

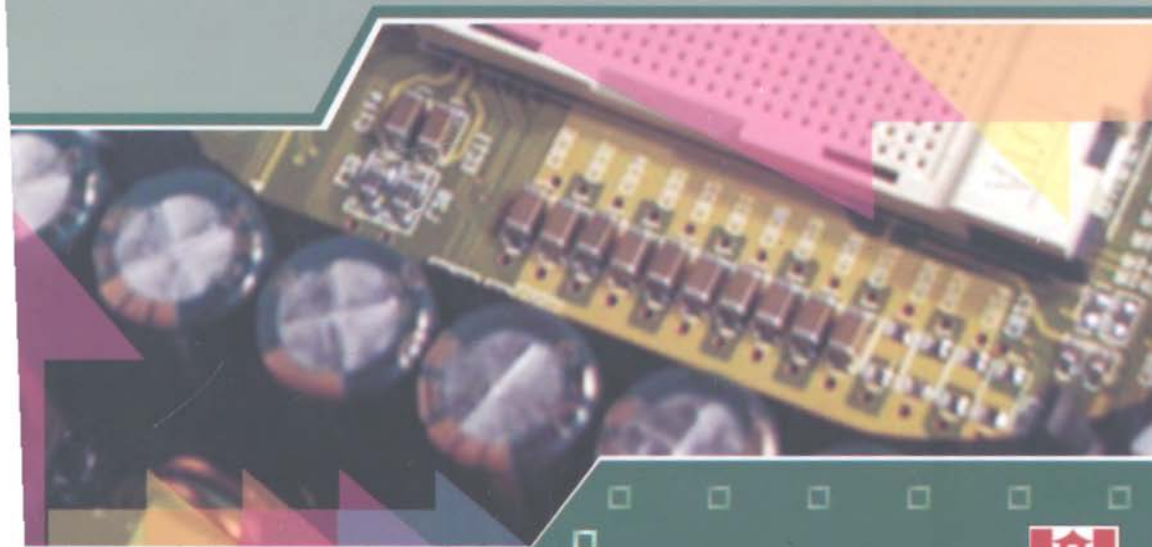


SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

KS. NGUYỄN VĂN ĐIỂM

GIÁO TRÌNH
MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm "50 năm giải phóng Thủ đô", "50 năm thành lập ngành" và hướng tới kỷ niệm "1000 năm Thăng Long - Hà Nội".

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Mạch điện tử cơ bản là giáo trình được biên soạn theo đề cương do Sở Giáo dục và Đào tạo thành phố Hà Nội xây dựng và thông qua. Đây là giáo trình dành cho chuyên ngành đào tạo hệ kỹ thuật viên trung cấp ngành kỹ thuật viễn thông. Nội dung biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ logic chặt chẽ. Giáo trình được biên soạn sau khi đã tham khảo rất nhiều tài liệu về mạch điện tử tương tự, đồng thời cũng được sự giúp đỡ nhiệt tình của các đồng nghiệp.

Giáo trình gồm 5 chương:

Chương 1: Những kiến thức chung.

Chương 2: Mạch khuếch đại cơ bản.

Chương 3: Mạch khuếch đại chuyên dụng.

Chương 4: Mạch tạo dao động.

Chương 5: Điều chế và giải điều chế.

Giáo trình này có thể được dùng làm tài liệu tham khảo cho học sinh trung cấp, sinh viên hệ cao đẳng các ngành kỹ thuật điện tử khác.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, tác giả đã nhận được sự đóng góp ý kiến của tiến sĩ Nguyễn Văn Thuấn, khoa Tự động hóa và thạc sĩ Nguyễn Mạnh Hiệp, khoa Đảm bảo kỹ thuật - Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả xin chân thành cảm ơn về sự giúp đỡ quý báu đó.

Mặc dù tác giả đã rất cố gắng nhưng giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của người sử dụng để giáo trình hoàn chỉnh hơn.

TÁC GIẢ

Chương 1

NHỮNG KIẾN THỨC CHUNG

I. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ TÍN HIỆU

1. Tín hiệu tương tự và các đại lượng đặc trưng

Tín hiệu là điện áp (hay dòng điện) biểu hiện dạng vật lý của tín tức, nó mang tín tức. Còn tín tức là thông báo về trạng thái, về sự kiện của một hệ vật chất nào đó được sắp xếp theo một quy luật bắt buộc. Dạng biểu diễn cụ thể hay gặp nhất của tín tức là tín hiệu âm thanh và tín hiệu hình ảnh. Nhờ các thiết bị như micro, camera mà các tín tức đó được biến đổi thành tín hiệu điện. Các tín hiệu điện này là các tín hiệu tương tự, là các hàm liên tục theo thời gian. Tín hiệu tương tự có các dạng sau:

1.1. Tín hiệu điều hoà

Tín hiệu điều hoà là dạng điển hình của tín hiệu tương tự có chu kỳ, tín hiệu điều hoà thường được biểu diễn bằng biểu thức toán học sau:

$$S(t) = S_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Trong đó:

- Biên độ S_m là giá trị biên độ lớn nhất mà hàm số có thể đạt được.
- Tần số góc ω (rad/s), với $\omega = 2\pi f$. Trong đó f là tần số, là số dao động toàn phần trong thời gian một giây và có đơn vị đo là Hec (viết tắt là Hz).

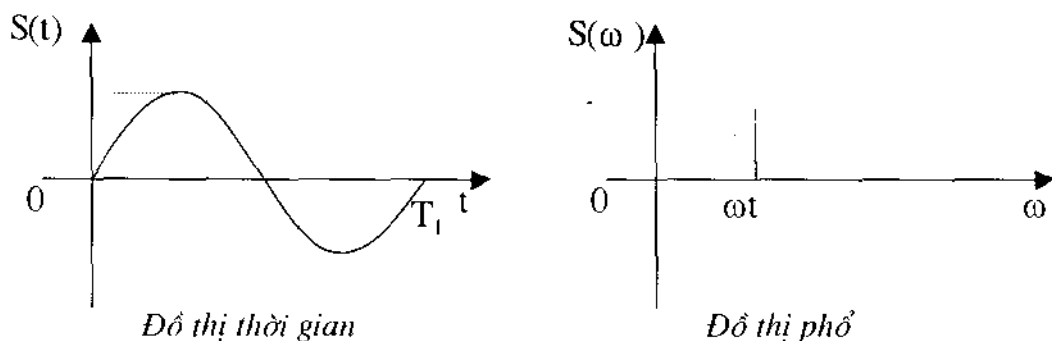
Nghịch đảo của tần số f là chu kỳ T :

$$T = \frac{1}{f} (s)$$

- Góc pha đầu φ .

Tín hiệu là một hàm số được biểu diễn theo thời gian thì được gọi là dạng tín hiệu hay dạng sóng tín hiệu. Nếu biểu diễn tín hiệu đó dưới dạng một hàm số theo tần số thì được gọi là phổ của tín hiệu. Đồ thị biểu diễn hàm số tín hiệu hình sin $S(\omega)$ được gọi là phổ của tín hiệu hình sin.

Vì tín hiệu hình sin $S(t) = S_m \sin \omega_1 t$ chỉ có một tần số ω_1 ứng với chu kỳ T_1 nên hàm phổ của nó chỉ có một giá trị tại ω_1 , đồ thị phổ của tín hiệu sin chỉ có một vạch như ở hình vẽ sau:



Hình 1.1. Đồ thị thời gian và đồ thị phổ của tín hiệu hình sin

Việc chuyển hàm $S(t)$ sang hàm $S(\omega)$ giúp cho việc nghiên cứu tín hiệu một cách dễ dàng hơn.

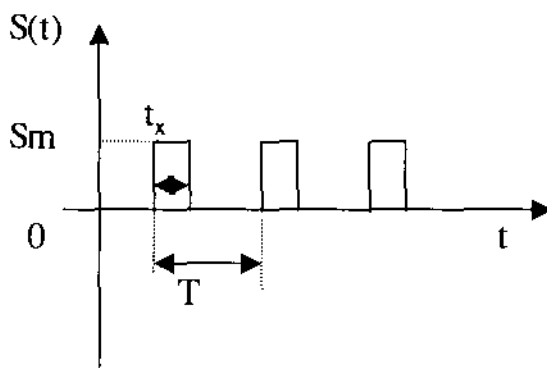
1.2. Tín hiệu tuần hoàn và các đại lượng đặc trưng

Một tín hiệu $S(t)$ thoả mãn điều kiện:

$$S(t) = S(t + T)$$

Ở mọi thời điểm t , với T là một hằng số, thì ta có $S(t)$ là một hàm tuần hoàn. Giá trị nhỏ nhất của T gọi là chu kỳ của tín hiệu.

Dạng tín hiệu tuần hoàn thường gặp là các dãy xung vuông, xung tam giác, xung nhọn... Một dãy xung vuông được biểu diễn như sau:



Hình 1.2. Tín hiệu tuần hoàn xung vuông

Tín hiệu xung có các thông số đặc trưng cơ bản sau:

- Biên độ xung S_m là giá trị biên độ lớn nhất của nó.
- Độ rộng xung t_x là khoảng thời gian tồn tại của tín hiệu xung.
- Chu kỳ T là thời gian nhỏ nhất lặp lại của tín hiệu xung.
- Độ rộng của xung Q , được tính theo công thức:

$$Q = \frac{T}{t_x}$$

Hay hệ số lấp đầy (điền đầy) được tính theo t_x/T .

Ngoài ra, còn có các khái niệm về độ rộng sườn trước, độ rộng sườn sau, thời gian quét thuận, thời gian quét ngược, độ sụt đỉnh xung...

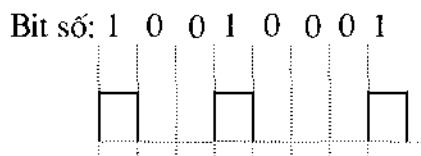
2. Tín hiệu số và các đại lượng đặc trưng

Tín hiệu số là tín hiệu rời rạc theo thời gian và có biên độ xác định. Tín hiệu số không có sẵn, muốn có tín hiệu số thì phải thực hiện quá trình chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số. Quá trình chuyển đổi được thực hiện theo các bước sau:

- Lấy mẫu tín hiệu theo định lý lấy mẫu.
- Lượng tử hoá.
- Mã hoá.

Vậy tín hiệu số là tín hiệu rời rạc theo thời gian và theo cả biên độ. Tín hiệu số chỉ gồm hai mức giá trị được gọi là mức hay giá trị logic: Mức (giá trị) logic 1 và mức (giá trị) logic 0. Mức logic 1 được gọi là bit 1, còn mức logic 0 được gọi là bit 0.

Ví dụ một dãy số 10010001 được biểu diễn như sau:



Tín hiệu số có hai thông số đặc trưng cơ bản, đó là:

- Biên độ, thường được quy định bởi một mức điện áp cố định là + 5V tương ứng với bit 1, còn mức điện áp là 0V tương ứng với bit 0 (có thể quy định ngược lại).
- Độ rộng của bit số là khoảng thời gian tồn tại của bit số đó. Độ rộng của bit 1 luôn bằng độ rộng của bit 0. Tùy thuộc vào từng hệ thống mà độ rộng của bit số trong các hệ thống có thể là khác nhau. Ví dụ trong các hệ thống ghép

kênh tín hiệu số thì độ rộng bit số chỉ cỡ μs , còn trong các hệ thống xử lý số khác thì độ rộng bit số có thể lớn hơn.

3. Nhiễu và sự ảnh hưởng của nhiễu đến tín hiệu

Nhiễu là loại tín hiệu không mong muốn, vì nhiễu tác động vào tín hiệu làm cho tín hiệu sai lệch và mất chính xác.

Về nguyên tắc, nhiễu rất đa dạng nên không thể xét hết được, ta phải quy về các loại nhiễu nhiệt, nhiễu cộng, nhiễu nhân, nhiễu trắng...

3.1. Nhiễu nhiệt

Nhiễu nhiệt, còn gọi là tạp âm nhiệt. Nhiễu nhiệt thường gặp trong các linh kiện điện tử như: đèn điện tử, Transistor, diot... Xuất xứ của tạp âm nhiệt là những dao động được hình thành do các phần tử mang điện chuyển động theo nhiệt độ. Nhiễu nhiệt là một quá trình ngẫu nhiên, biến thiên theo thời gian và việc nghiên cứu, khảo sát nhiễu nhiệt thường được thực hiện bằng phương pháp thống kê.

3.2. Nhiễu cộng và nhiễu nhân

- Nhiễu cộng là nhiễu cộng được với tín hiệu (cần truyền) làm cho tín hiệu (đến máy thu) bị sai lệch. Nếu gọi nhiễu là $N(t)$ và tín hiệu (cần truyền) là $S(t)$ thì (tại điểm thu) tín hiệu nhận được: $X(t) = S(t) + N(t)$.

- Nhiễu nhân là loại nhiễu nhân với tín hiệu (cần truyền). Nhiễu nhân thường gây ra điều chế phụ trong điều chế thông tin.

Khi có nhiễu nhân, tín hiệu thu được: $X(t) = S(t) \cdot N(t)$.

3.3. Nhiễu trắng

Các hiện tượng xáo động nhiệt trong các phần tử của mạch điện, đây dẫn hoặc hiện tượng bức xạ trong khí quyển đều gây ra tín hiệu nhiễu tác động bất lợi đến sự truyền tin. Loại nhiễu này có một giải phổ rất rộng nên được gọi là nhiễu trắng.

Để chống nhiễu, người ta có thể tăng công suất máy phát, tăng độ nhạy của máy thu, tăng tính định hướng của anten để làm tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu hoặc dùng phương thức điều chế thích hợp, hoặc dùng phương thức thông tin số.

II. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MẠCH ĐIỆN TỬ

1. Khái quát chung về mạch điện tử

Các mạch điện tử có nhiệm vụ gia công tín hiệu theo những thuật toán khác nhau, chúng được phân loại theo dạng tín hiệu được xử lý.

Tín hiệu là số đo (điện áp, dòng điện) của một quá trình, sự thay đổi của tín hiệu theo thời gian tạo ra tín tức hữu ích.

Trên quan điểm kỹ thuật, người ta phân biệt hai loại tín hiệu: Tín hiệu tương tự và tín hiệu số. Tín hiệu tương tự là tín hiệu biến thiên liên tục theo thời gian và có thể nhận mọi giá trị trong khoảng biến thiên của nó. Ngược lại, tín hiệu số là tín hiệu đã được rời rạc hoá về mặt thời gian và lượng tử hoá về biên độ, nó được biểu diễn bằng những tập hợp xung tại những điểm đo rời rạc. Do đó, tín hiệu số chỉ lấy một số hữu hạn giá trị trong khoảng biến thiên của nó mà thôi.

Tín hiệu có thể được khuếch đại, điều chế, tách sóng, chỉnh lưu, nhớ, đo, truyền đạt, điều khiển, biến dạng, tính toán (cộng, trừ, nhân, chia...). Các mạch điện tử có nhiệm vụ thực hiện các thuật toán này.

Để gia công hai loại tín hiệu tương tự và tín hiệu số, người ta dùng hai mạch cơ bản: Mạch tương tự và mạch số. Ở giáo trình này chỉ đề cập đến các mạch điện tử tương tự. Trong những năm gần đây, kỹ thuật số đã phát triển mạnh mẽ và đóng vai trò rất quan trọng trong việc gia công tín hiệu, nhưng trong tương lai chúng không thể thay thế hoàn toàn mạch tương tự. Thực tế có nhiều thuật toán không thể thực hiện được bằng các mạch số hoặc nếu thực hiện bằng mạch tương tự thì kinh tế hơn, ví dụ: khuếch đại tín hiệu nhỏ, đổi tần, chuyển đổi tương tự/số. Ngay cả trong hệ thống số cũng có nhiều phần tử chức năng tương tự, nếu như cần gia công tín hiệu tương tự ở một khâu nào đó.

Biên độ tín hiệu liên quan mật thiết đến độ chính xác của quá trình gia công tín hiệu và xác định mức độ ảnh hưởng của nhiễu đến hệ thống. Khi biên độ tín hiệu nhỏ thì nhiễu có thể lấn át tín hiệu. Vì vậy, khi thiết kế các hệ thống điện tử cần lưu ý nâng cao biên độ tín hiệu ngay ở tầng đầu của hệ thống.

Khuếch đại tín hiệu là chức năng quan trọng nhất của mạch tương tự. Thông thường trong một hệ thống tương tự, người ta phân ra thành các tầng gia công tín hiệu, các tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ, các tầng khuếch đại điện áp, các tầng khuếch đại công suất...

Trong thời gian qua, sự ra đời của mạch tổ hợp tương tự (hay còn được gọi là mạch (bộ) khuếch đại thuật toán) đã chiếm một vai trò quan trọng trong kỹ thuật mạch điện tử. Mạch tổ hợp tương tự không những đảm bảo thoả mãn các chỉ tiêu kỹ thuật mà còn có độ tin cậy cao và giá thành hạ, tuy nhiên chúng thường được dùng trong phạm vi tần số thấp. Sự ra đời của mạch khuếch đại thuật toán là một bước ngoặt quan trọng trong quá trình phát triển của kỹ thuật mạch tương tự. Trước đây, khi bộ khuếch đại thuật toán chưa ra đời đã có vô số các mạch chức năng khác nhau. Ngày nay, nhờ có sự xuất hiện của bộ khuếch

đại thuật toán nên số lượng các mạch đó đã giảm xuống một cách đáng kể, vì có thể dùng bộ khuếch đại thuật toán để thực hiện nhiều chức năng khác nhau nhờ mắc mạch hồi tiếp ngoài thích hợp. Trong nhiều trường hợp, dùng bộ khuếch đại thuật toán có thể tạo hàm đơn giản hơn, chính xác hơn và với giá thành rẻ hơn khi dùng các mạch khuếch đại rời rạc.

Xu hướng phát triển của kỹ thuật mạch điện tử tương tự là nâng cao độ tích hợp của mạch (được đặc trưng bởi mật độ linh kiện), khi độ tích hợp tăng thì có thể chế tạo các hệ thống có chức năng ngày càng hoàn hảo trên một chip (IC). Đối với các mạch tổ hợp tương tự thì nhà thiết kế thường có xu hướng giảm số chủng loại mạch, nhưng lại tăng khả năng sử dụng của từng chủng loại. Tóm lại, có thể nói có hai hướng phát triển của kỹ thuật mạch tương tự đó là giảm nhỏ kích thước bên trong của mạch trong chế tạo và tăng tính phổ biến của mạch trong ứng dụng.

2. Các ứng dụng của mạch điện tử

Mạch điện tử được ứng dụng rất rộng rãi và đa dạng, sau đây ta sẽ kể tên một số ứng dụng thường gặp:

2.1. Khuếch đại tín hiệu

Khuếch đại tín hiệu là một ứng dụng phổ biến nhất và nhiều nhất của mạch điện tử. Sử dụng mạch khuếch đại để khuếch đại tín hiệu trong các thiết bị điện tử, hay nói cách khác trong hầu hết các thiết bị điện tử đều có các mạch khuếch đại dùng để khuếch đại tín hiệu. Tùy thuộc vào từng loại tín hiệu và từng mục đích khuếch đại tín hiệu mà ta có các mạch khuếch đại như: Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ, khuếch đại công suất tín hiệu (biên độ lớn), mạch khuếch đại một chiều, khuếch đại xoay chiều...

2.2. Điều chế và giải điều chế tín hiệu

Đây là ứng dụng của mạch điện tử dùng để thu phát tín hiệu trong các hệ thống thông tin liên lạc. Điều chế tín hiệu được thực hiện bằng mạch điện tử gọi là mạch điều chế, ví dụ như có các mạch điều chế biên độ, mạch điều chế tần số, mạch điều chế pha..., các mạch điện này được sử dụng tại bên phát tín hiệu. Ngược lại, bên thu tín hiệu dùng mạch điện tử thu lại tín hiệu, mạch đó được gọi là mạch tách sóng, ví dụ như mạch tách sóng biên độ, tần số, pha...

2.3. Sử dụng mạch điện tử để tạo ra các tín hiệu

Ví dụ như tạo ra tín hiệu hình sin, tín hiệu xung vuông, tín hiệu xung răng cưa... Mạch điện tử loại này được gọi là mạch tạo dao động. Các mạch tạo dao

động thường gặp là: Mạch tạo dao động hình sin, mạch tạo xung vuông, mạch tạo xung tam giác...

Ngoài ra, mạch điện tử còn được sử dụng để trộn tần tín hiệu trong các máy thu thanh, máy thu hình; dùng để lọc tần số tín hiệu, lọc nhiễu nguồn cho các thiết bị có sử dụng mạng điện lưới; dùng để xử lý và chuyển đổi tín hiệu...

III. MẠCH MẮC TRANSISTOR LƯỜNG CỰC CƠ BẢN

1. Mạch mắc Emitter chung (EC)

1.1. Nhận biết cách mắc

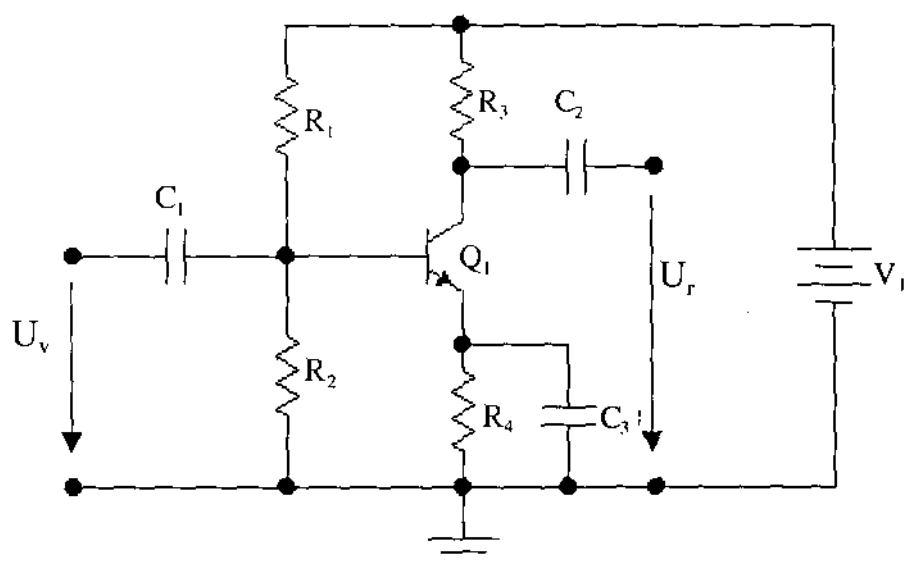
Mạch khuếch đại được mắc Emitter chung là mạch khuếch đại có:

- Cực Emitter là chung giữa điện áp (hay dòng điện) tín hiệu vào với điện áp (hay dòng điện) tín hiệu ra.
- Điện áp (hay dòng điện) tín hiệu vào được đưa vào cực Bazơ, và điện áp (hay dòng điện) tín hiệu ra được lấy ra trên cực Collector.

1.2. Mạch khuếch đại Emitter

Sau đây là một ví dụ về mạch khuếch đại mắc Emitter chung:

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.3. Mạch khuếch đại mắc Emitter chung

- Tác dụng linh kiện:

+ R_1 và R_2 là hai điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực Bazơ (B) của Transistor Q_1 theo phương pháp phân áp.

+ R_3 là điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực Colector (C) của Transistor Q_1 và là điện trở tải của mạch khuếch đại.

+ R_4 là điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực Emitter (E) của Transistor Q_1 theo phương pháp hồi tiếp.

+ C_1 , C_2 là các tụ ghép tầng khuếch đại, dùng để ghép giữa U_v và U_r với mạch khuếch đại.

+ C_3 là tụ điện nối mát cực E của Q_1 về thành phần tín hiệu xoay chiều.

+ Điện áp (dòng điện) tín hiệu U_v được đưa vào cực B thông qua C_1 , điện áp (dòng điện) tín hiệu U_r được lấy ra trên cực C thông qua tụ C_2 , và cực E là cực chung giữa U_v và U_r nên mạch là mạch khuếch đại mắc Emitter chung.

1.3. Đặc điểm của mạch

- Tổng trở vào cỡ vài $K\Omega$.

- Tổng trở ra từ vài chục $K\Omega$ đến vài trăm $K\Omega$.

- Hệ số khuếch đại dòng điện: Lớn từ vài chục đến hàng trăm lần.

$$K_I = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_C}{I_B} = \beta$$

- Hệ số khuếch đại điện áp: Lớn cỡ hàng trăm lần.

$$K_U = \frac{U_r}{U_v} = \frac{U_C}{U_B}$$

Điện áp tín hiệu ra có đảo pha so với điện áp tín hiệu vào (ngược pha nhau).

- Đãi thông của mạch hẹp.

2. Mạch mắc Colector chung (CC)

2.1. Nhận biết cách mắc

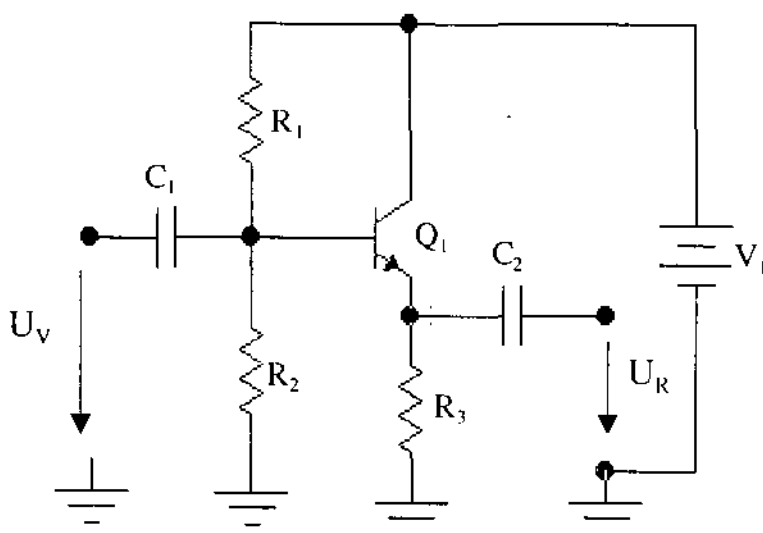
Mạch khuếch đại mắc Colector chung là mạch khuếch đại có:

- Cực Colector (C) là cực chung giữa điện áp (dòng điện) tín hiệu vào với điện áp (dòng điện) tín hiệu ra.

- Điện áp (dòng điện) tín hiệu vào được đưa vào cực Bazơ và điện áp (dòng điện) tín hiệu ra được lấy ra trên cực Emitter.

2.2. Mạch khuếch đại Collector

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.4. Mạch khuếch đại mắc Collector chung

- Tác dụng linh kiện:

+ R_1 và R_2 là hai điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực B của Transistor Q_1 .

+ R_3 là điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực E của Transistor Q_1 theo phương pháp hồi tiếp, và là điện trở tải của mạch.

+ Cấp điện một chiều cho cực C của Transistor Q_1 , được cấp điện trực tiếp từ nguồn điện.

+ C_1 và C_2 là hai tụ ghép tầng khuếch đại.

+ Điện áp tín hiệu vào được đưa vào cực B thông qua C_1 , điện áp tín hiệu ra được lấy ra trên cực E thông qua C_2 , và về thành phần tín hiệu xoay chiều thì nguồn điện V_1 bị ngắn mạch tạo thành cực C chung, vì vậy mạch khuếch đại là mạch mắc C chung.

2.3. Đặc điểm

- Tổng trở đầu vào (ngõ vào) cỡ vài $K\Omega$.

- Tổng trở đầu ra (ngõ ra) nhỏ khoảng vài chục $K\Omega$.

- Hệ số khuếch đại dòng điện: lớn từ vài chục đến hàng trăm lần.

$$K_I = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_E}{I_B} = \beta + 1$$

- Hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_U = \frac{U_r}{U_v} = \frac{U_E}{U_B} \approx 1$$

- Điện áp tín hiệu ra không đảo pha so với điện áp tín hiệu vào (đồng pha).
- Dải thông của mạch trung bình.

3. Mạch mắc Bazo chung (BC)

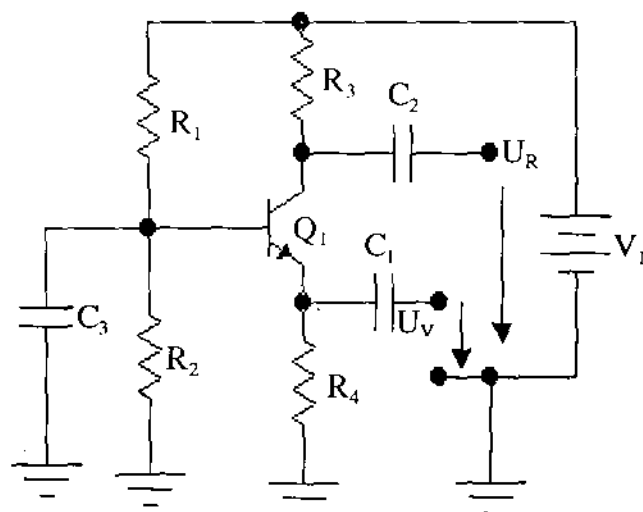
3.1. Nhận biết cách mắc

Mạch khuếch đại mắc Bazo chung được nhận biết như sau:

- Cực Bazo (B) là cực chung giữa điện áp (dòng điện) tín hiệu vào với điện áp (dòng điện) tín hiệu ra.
- Điện áp (dòng điện) tín hiệu vào được đưa vào cực Emitter (E), và điện áp (dòng điện) tín hiệu ra được lấy ra trên cực Collector (C).

3.2. Mạch khuếch đại Bazo

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.5. Mạch khuếch đại mắc Bazo chung

Tác dụng linh kiện:

- + R_1 và R_2 là hai điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực B của Transistor Q_1 theo phương pháp phân áp.
- + R_3 là điện trở dẫn điện một chiều cấp cho cực C của Transistor Q_1 , là điện trở tải của mạch.

+ R_4 dẫn điện một chiều cấp cho cực E của Transistor Q_1 , theo phương pháp hồi tiếp.

+ C_1 và C_2 là hai tụ ghép tầng khuếch đại.

+ C_3 là tụ nối cực B của Q_1 xuống mát về thành phần tín hiệu xoay chiều để tạo cực B nối mát.

+ Điện áp tín hiệu vào được đưa vào cực E thông qua C_1 ; điện áp tín hiệu ra được lấy ra trên cực C thông qua C_2 , và về thành phần tín hiệu xoay chiều thì cực B được nối mát nên tạo thành mạch khuếch đại mắc cực B chung.

3.3. Đặc điểm

- Tổng trở vào cỡ vài chục Ω .
- Tổng trở ngõ ra vài trăm $K\Omega$.
- Hệ số khuếch đại dòng điện: Nhỏ.

$$K_I = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1} \approx 1.$$

- Hệ số khuếch đại điện áp: Lớn cỡ hàng trăm lần.

$$K_U = \frac{U_r}{U_v} = \frac{U_C}{U_E}$$

- Điện áp tín hiệu ra không có đảo pha so với điện áp tín hiệu vào (đồng pha).
- Dải thông của mạch rộng.

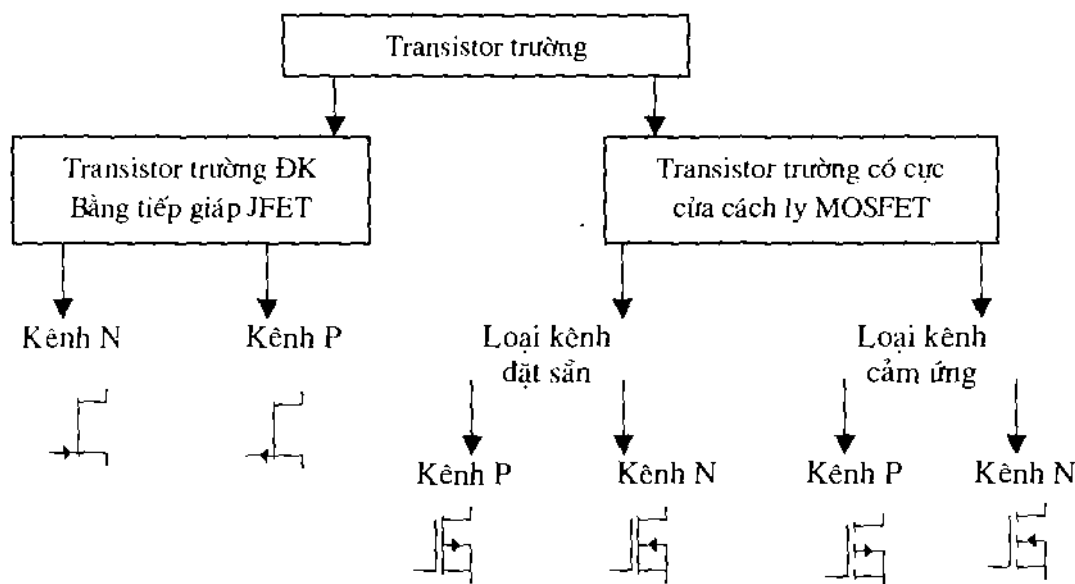
IV. MẠCH MẮC TRANSISTOR TRƯỜNG CƠ BẢN

1. Đặc điểm của Transistor trường

Transistor trường là linh kiện bán dẫn. Tuy nhiên, khác với Transistor lưỡng cực, chúng được điều khiển bằng điện trường nên ít tiêu tốn công suất của tín hiệu điều khiển.

Transistor trường cũng có ba điện cực: Cực nguồn S (Source), cực máng D (Drain) và cực cửa G (Gate). Trong đó, cực nguồn tương đương với cực Catốt của đèn điện tử hay cực Emitter của Transistor lưỡng cực; cực máng tương đương với cực Anốt của đèn điện tử hay cực Collector của Transistor lưỡng cực; còn cực G tương đương với cực lưới của đèn điện tử hay cực Bazơ của Transistor lưỡng cực.

Giữa cực S và D tồn tại một kênh dẫn, độ dẫn điện của kênh phụ thuộc vào điện áp trên cực cửa G. Thường có sáu loại Transistor trường cơ bản:



Hình 1.6. Phân loại Transistor trường

Các Transistor trường có một số đặc điểm như sau:

- Điện trở vào rất lớn, khoảng vài $M\Omega$ đến vài triệu $M\Omega$.
- Tạp âm nhỏ.
- Nhiệt độ tăng thì độ dẫn điện giảm.

Transistor trường dùng để khuếch đại, tạo dao động, phối hợp trở kháng, nắn điện có điều khiển...

Có hai loại Transistor trường chính đó là loại JFET và loại MOSFET. Để đơn giản ta chỉ khảo sát cho loại Transistor JFET.

2. Mạch mắc Transistor trường cơ bản

Mạch khuếch đại dùng Transistor trường thường có hai cách mắc cơ bản đó là cách mắc cực nguồn chung (SC) và cách mắc cực máng chung (DC) và ít khi có cách mắc cực cửa chung. Sau đây ta sẽ khảo sát hai cách mắc này.

2.1. Mắc cực nguồn chung (SC)

Cách mắc cực nguồn chung tương đương với cách mắc cực E chung của Transistor lưỡng cực.

2.1.1. Nhận biết cách mắc

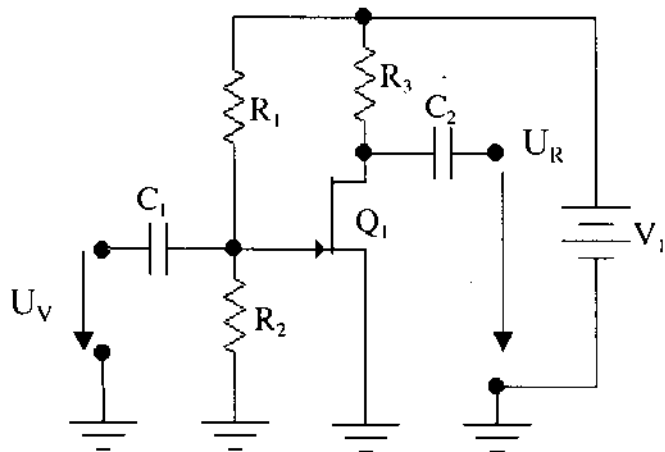
Ta có thể nhận biết cách mắc cực nguồn chung dựa vào hai đặc điểm sau:

- Cực S là cực chung giữa điện áp tín hiệu vào và điện áp tín hiệu ra.

- Điện áp tín hiệu vào được đưa vào cực G, điện áp tín hiệu ra được lấy ra trên cực D.

2.1.2. Sơ đồ cách mắc cực nguồn chung

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.7. Mạch khuếch đại mắc cực nguồn chung

Trên thực tế, hệ số khuếch đại điện áp đối với Transistor trường kênh N vào khoảng 100 - 300 lần, đối với các Transistor trường kênh P thì trị số này xấp xỉ bằng một nửa. Như vậy, hệ số khuếch đại điện áp của Transistor trường chỉ bằng một phần mười hệ số khuếch đại của Transistor lưỡng cực.

Về mặt tạp âm, ta thấy rằng dòng điện tạp âm của Transistor trường nhỏ hơn so với dòng điện tạp âm của Transistor lưỡng cực trong khi điện áp tạp âm có trị số cùng bậc. Như vậy, với nguồn tín hiệu vào có nội trở cao thì các Transistor trường đều có tạp âm nhỏ, còn các nguồn tín hiệu có nội trở thấp thì tạp âm của Transistor trường và Transistor lưỡng cực là như nhau.

2.2. Cách mắc cực máng chung (DC)

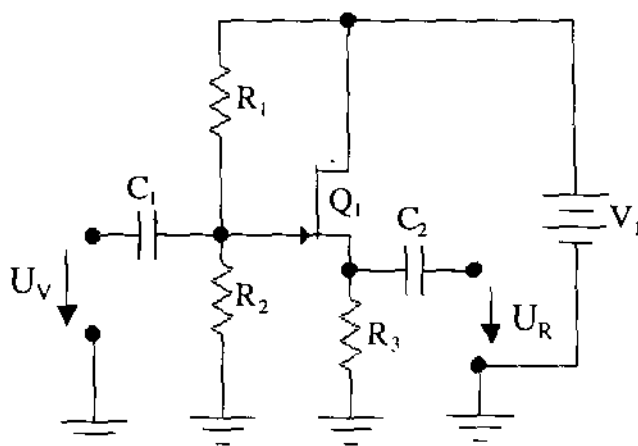
2.2.1. Nhận biết cách mắc

Cách mắc Transistor trường cực máng chung được nhận biết thông qua hai yếu tố sau:

- Cực máng (D) là cực chung giữa điện áp tín hiệu vào và điện áp tín hiệu ra.
- Điện áp tín hiệu vào được đưa vào cực G, điện áp tín hiệu ra được lấy ra trên cực S.

2.2.2. Sơ đồ cách mắc cực máng chung

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.8. Mạch khuếch đại mắc cực máng chung

- Sơ đồ mắc cực máng chung có trở kháng vào lớn hơn rất nhiều so với trở kháng vào của sơ đồ mắc cực nguồn chung, nhưng điện dung vào của mạch lại nhỏ.

- Hệ số khuếch đại điện áp $K_U < 1$; trở kháng vào $R_v \approx \infty$; trở kháng ra $R_R \approx 100 - 300\Omega$. Trở kháng ra của sơ đồ cực máng chung không nhỏ như trong sơ đồ cực góp chung của Transistor lưỡng cực.

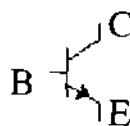
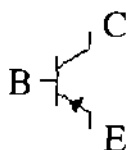
V. PHƯƠNG PHÁP CẤP NGUỒN CHO TRANSISTOR

1. Nguyên tắc chung về cấp nguồn cho Transistor lưỡng cực

Transistor lưỡng cực có 2 loại chính:

Transistor thuận (pnp).

Transistor ngược (npn).



Trong đó:

E là cực Emitter (cực phát).

C là cực Collector (cực góp).

B là cực Bazơ (cực gốc).

Gọi điện áp trên cực Collector là U_C ; điện áp trên cực Bazơ là U_B và điện áp trên cực Emitter là U_E . Từ đó nguyên tắc cấp nguồn cho Transistor lưỡng cực như sau:

- Đối với Transistor thuận: phải cấp điện (một chiều) sao cho thoả mãn điều kiện:

$$U_{BE} < 0 \text{ và } U_{BC} > 0, \text{ tương đương với } U_E > U_B > U_C$$

- Đối với Transistor ngược: có điều kiện hoàn toàn ngược lại:

$$U_{BE} > 0 \text{ và } U_{BC} < 0, \text{ tương đương với } U_E < U_B < U_C$$

Cụ thể như sau:

- Nếu dùng nguồn điện dương: $+E_C$; $-E_C$ tương đương 0V thì:

+ Điện áp $+E_C$ được nối về phía cực E; điện áp 0V được nối về phía cực C khi cấp cho Transistor thuận.

+ Điện áp $+E_C$ được nối về phía cực C; điện áp 0V được nối về phía cực E khi cấp cho Transistor ngược.

- Nếu dùng nguồn điện âm: $+E_C$ tương đương với điện áp 0V; $-E_C$ thì:

+ Điện áp 0V được nối về phía cực E; điện áp $-E_C$ được nối về phía cực C khi cấp điện cho Transistor thuận.

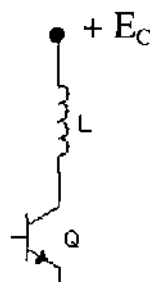
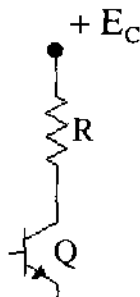
+ Điện áp 0V được nối về phía cực C; điện áp $-E_C$ được nối về phía cực E khi cấp điện cho Transistor ngược.

2. Phương pháp cấp nguồn cơ bản cho Transistor lưỡng cực

- Cấp điện cho cực C của Transistor:

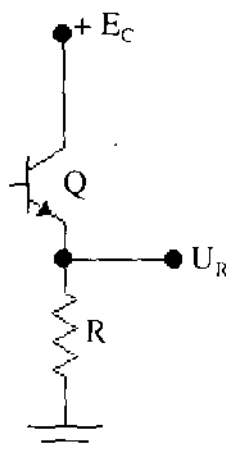
Dùng các điện trở R, cuộn dây L và dây dẫn (nối trực tiếp) để dẫn điện một chiều cấp cho cực C của Transistor.

+ Ví dụ: cấp điện dùng điện trở R và dùng cuộn dây L:



Hình 1.9. Cách cấp điện cho cực Collector chung dùng R và L

+ Ví dụ: cấp điện dùng dây dẫn nối trực tiếp (trừ trường hợp mạch khuếch đại mắc Emitter chung)



Hình 1.10. Cách cấp điện cho cực Collector dùng dây dẫn

- Cấp điện cho cực E của Transistor:

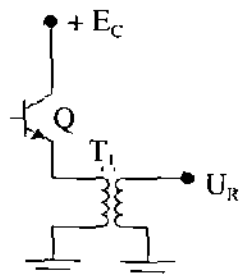
Cũng giống như cách cấp điện cho cực C, cấp điện cho cực E của Transistor lưỡng cực cũng có thể dùng điện trở R, cuộn dây L và dây dẫn (nối trực tiếp).

+ Ví dụ: cấp điện dùng điện trở R:



Hình 1.11. Cách cấp điện cho cực Emitter dùng R

+ Ví dụ: Cấp điện dùng cuộn dây L:

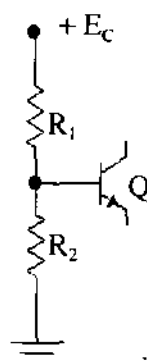


Hình 1.12. Cách cấp điện cho cực Emictor dùng R

- Cấp điện cho cực B của Transistor:

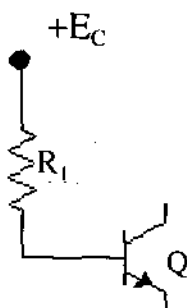
Có thể dùng điện trở R kết hợp với cuộn dây L để dẫn điện 1 chiều cấp điện cho cả cực B theo phương pháp phân áp hoặc theo phương pháp phân dòng.

+ Ví dụ: cấp điện theo phương pháp phân áp dùng điện trở:



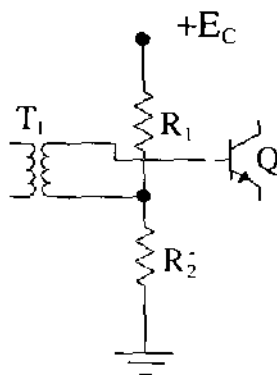
Hình 1.13. Cách cấp điện cho cực Bazơ theo kiểu phân áp dùng R

+ Ví dụ: cấp điện theo phương pháp phân dòng dùng điện trở:



Hình 1.14. Cách cấp điện cho cực Bazơ theo kiểu phân dòng dùng R

+ Ví dụ: dùng R kết hợp L cấp điện theo kiểu phân áp:



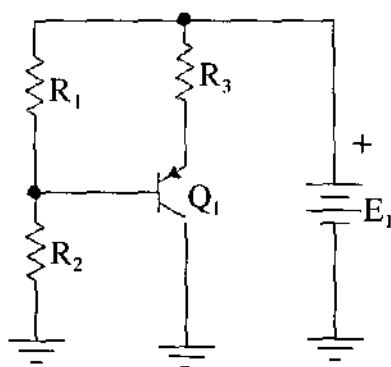
Hình 1.15. Cách cấp điện cho cực Bazơ dùng R-L

3. Một số ví dụ cấp nguồn cho Transistor

Chúng ta sẽ khảo sát các phương pháp cấp nguồn cho Transistor lưỡng cực thông qua một số ví dụ sau:

3.1. Sử dụng nguồn $+E_C$ và 0V cấp điện cho Transistor thuận

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.16. Cấp điện cho Transistor thuận dùng nguồn dương

- Phân tích cách cấp điện:

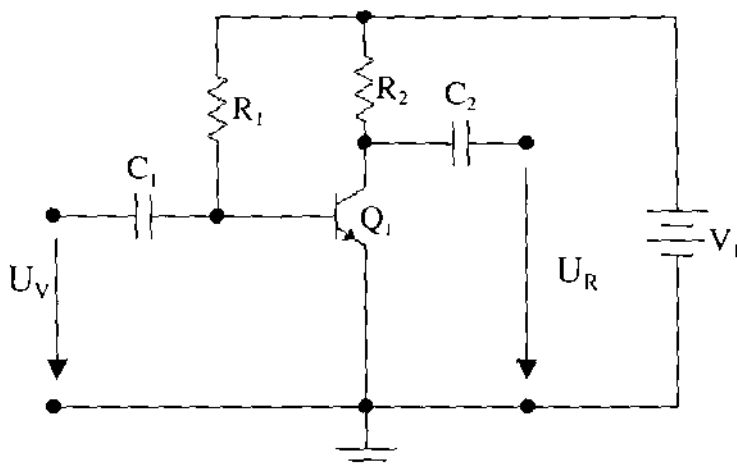
+ Để cho điện áp U_E lớn hơn U_B nên ta phải chọn điện trở R_3 thường có trị số nhỏ hơn R_2 .

+ Điện áp tại cực C của Transistor là 0V vì được nối trực tiếp nguồn mát.

Với cách mắc trên thì điều kiện $U_E > U_B > U_C$ được thỏa mãn.

3.2. Sử dụng nguồn $+E_C$ và $0V$ cấp điện cho Transistor ngược

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.17. Cấp điện cho Transistor ngược dùng nguồn dương

- Phân tích cách cấp điện:

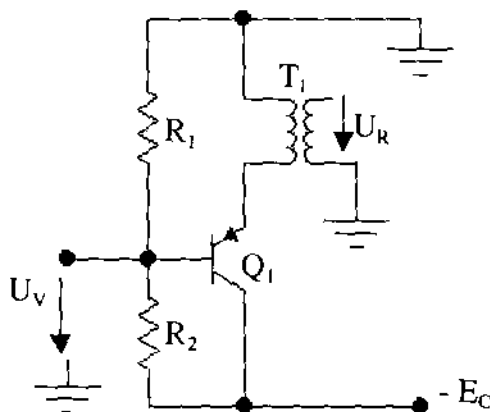
+ Điện trở R_2 thường có trị số nhỏ hơn R_1 nên điện áp $U_C > U_B$.

+ Điện áp tại cực E là $U_E \approx 0V$.

Nên mạch thỏa mãn điều kiện $U_E < U_B < U_C$

3.3. Sử dụng nguồn điện $-E_C$ và $0V$ cấp điện cho Transistor thuận

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.18. Cấp nguồn cho Transistor thuận dùng nguồn âm

- Phân tích cách cấp điện:

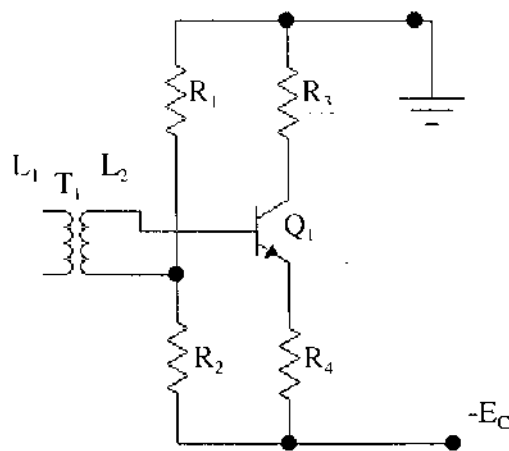
+ Vì trở kháng của L_1 thường nhỏ hơn R_2 nên $U_E > U_B$

+ $U_C = -E_C$ vì được nối trực tiếp với nguồn $-E_C$

Nên mạch thoả mãn điều kiện $U_E > U_B > U_C$

3.4. Sử dụng nguồn điện $-E_C$ và 0V cấp điện cho Transistor ngược

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.19. Cấp nguồn cho Transistor ngược dùng nguồn âm

- Phân tích cách cấp điện:

+ Vì R_3 thường nhỏ hơn R_1 về trị số nên $U_B < U_C$ (cuộn dây L_2 có trị số trở kháng không đáng kể).

+ Vì R_4 thường nhỏ hơn R_2 , nên $U_B > U_E$ (điện áp U_B âm ít hơn điện áp U_E).

Nên điều kiện cấp điện $U_C > U_B > U_E$ vẫn được thoả mãn.

4. Nguyên tắc chung và phương pháp cấp nguồn cho Transistor trường

Để cấp điện một chiều cho Transistor trường, chúng ta cấp điện theo nguyên tắc sau:

- Cấp điện cho Transistor JFET - kênh N:

$$U_{DS} > 0 \leftrightarrow U_D > U_S$$

$$U_{GS} < 0 \leftrightarrow U_G < U_S$$

- Cấp điện cho Transistor JFET - kênh P:

$$U_{DS} < 0 \leftrightarrow U_D < U_S$$

$$U_{GS} > 0 \leftrightarrow U_G > U_S$$

- Cấp điện cho Transistor MOSFET - kênh N:

$$U_{DS} > 0 \leftrightarrow U_D > U_S$$

$$U_{GS} < 0 \leftrightarrow U_G < U_S$$

- Cấp điện cho Transistor MOSFET - kênh P:

$$U_{DS} < 0 \leftrightarrow U_D < U_S$$

$$U_{GS} > 0 \leftrightarrow U_G > U_S$$

- Cấp điện cho Transistor MOSFET cảm ứng - kênh N (giống như Transistor lưỡng cực ngược):

$$U_{DS} > 0 \leftrightarrow U_D > U_S$$

$$U_{GS} > 0 \leftrightarrow U_G > U_S$$

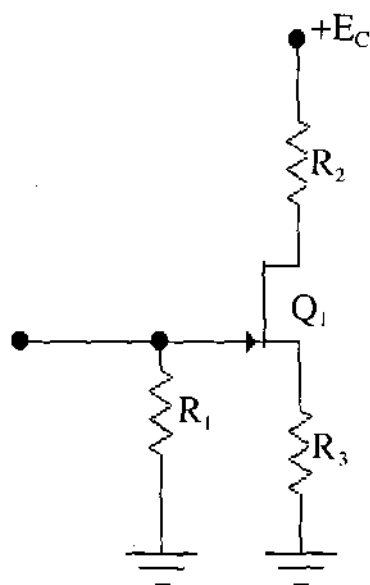
- Cấp điện cho Transistor MOSFET cảm ứng - kênh P (giống như Transistor lưỡng cực thuận):

$$U_{DS} < 0 \leftrightarrow U_D < U_S$$

$$U_{GS} < 0 \leftrightarrow U_G < U_S$$

Cách dùng các linh kiện R, L, dây dẫn cấp điện cho các cực của Transistor trường cũng tương tự như cách dùng R, L, dây dẫn để cấp cho Transistor lưỡng cực. Ngoài ra, cấp điện cho cực G Transistor trường còn có một phương pháp nữa được gọi là phương pháp cấp điện tự động hay còn được gọi là tự dẫn.

Ví dụ: Cho mạch điện như sau:



Hình 1.20. Cấp nguồn cho Transistor trường

Trong đó:

- Q_1 là Transistor trường JFET - kênh N.

- R_2 là điện trở dùng để dẫn nguồn cấp cho cực D.

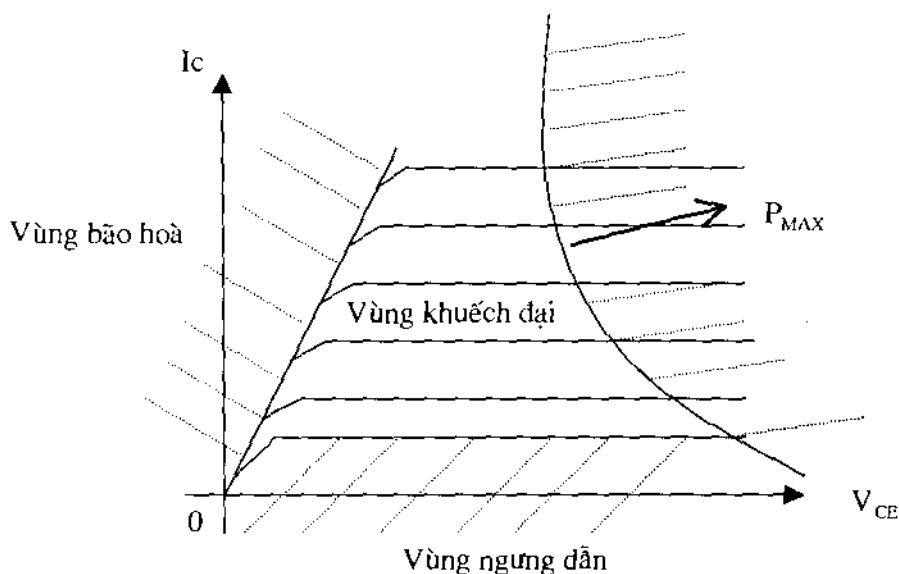
- R_3 là điện trở dùng để dẫn nguồn cấp cho cực S, đây là cách cấp theo kiểu hồi tiếp âm dòng điện một chiều nối tiếp.

- R_1 là điện trở cấp điện cho cực G theo phương pháp tự dẫn. Theo cách cấp điện cho cực G kiểu này thì điện áp tại cực G là điện áp âm.

VI. CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CỦA PHẦN TỬ KHUẾCH ĐẠI

Transistor lưỡng cực có ba trạng thái hoạt động: Trạng thái ngưng dẫn, trạng thái khuếch đại và trạng thái bão hoà.

Khi tính toán các điện trở phân cực cho Transistor có nghĩa là chọn điểm hoạt động tĩnh Q (điểm làm việc) cho Transistor đó. Khi có tín hiệu xoay chiều tác động vào ngõ vào (cửa vào, đầu vào) của Transistor thì điểm hoạt động Q sẽ bị dời chỗ và làm thay đổi các thông số khác của mạch. Dựa vào điểm hoạt động tĩnh Q người ta chia mạch khuếch đại ra các chế độ hoạt động hay còn được gọi là chế độ công tác. Có các chế độ hoạt động cơ bản sau: Chế độ hoạt động A, chế độ hoạt động B, chế độ hoạt động C và chế độ hoạt động AB.

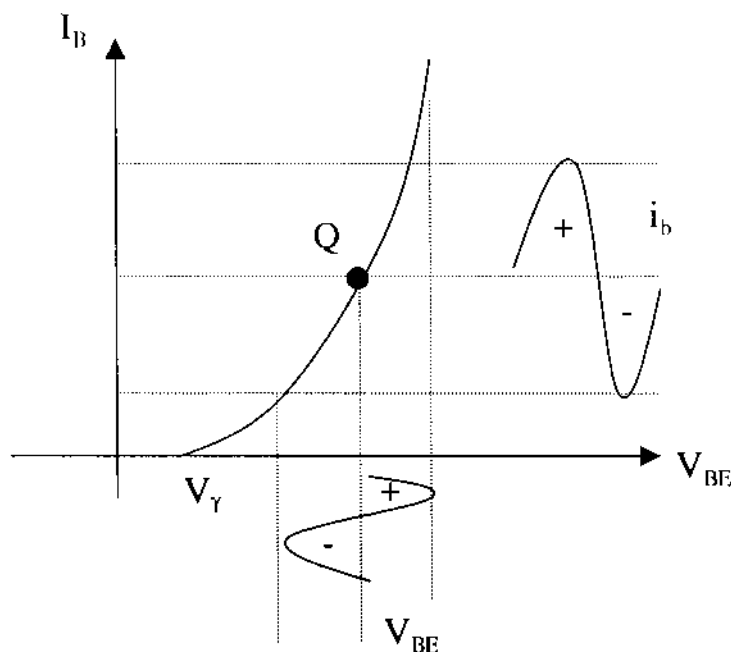


Hình 1.21. Các vùng làm việc của Transistor

- Chế độ hoạt động A: Transistor được phân cực cho điểm hoạt động tĩnh Q ở giữa vùng khuếch đại.
- Chế độ hoạt động B: Transistor được phân cực cho điểm hoạt động tĩnh Q ở trong vùng ngưng dẫn.
- Chế độ hoạt động C: Transistor được phân cực cho điểm hoạt động tĩnh Q nằm sâu trong vùng ngưng dẫn.
- Chế độ hoạt động AB: là hạng trung gian giữa chế độ hoạt động A và chế độ hoạt động B, Transistor sẽ được phân cực cho điểm Q nằm giữa vùng khuếch đại và vùng ngưng dẫn.

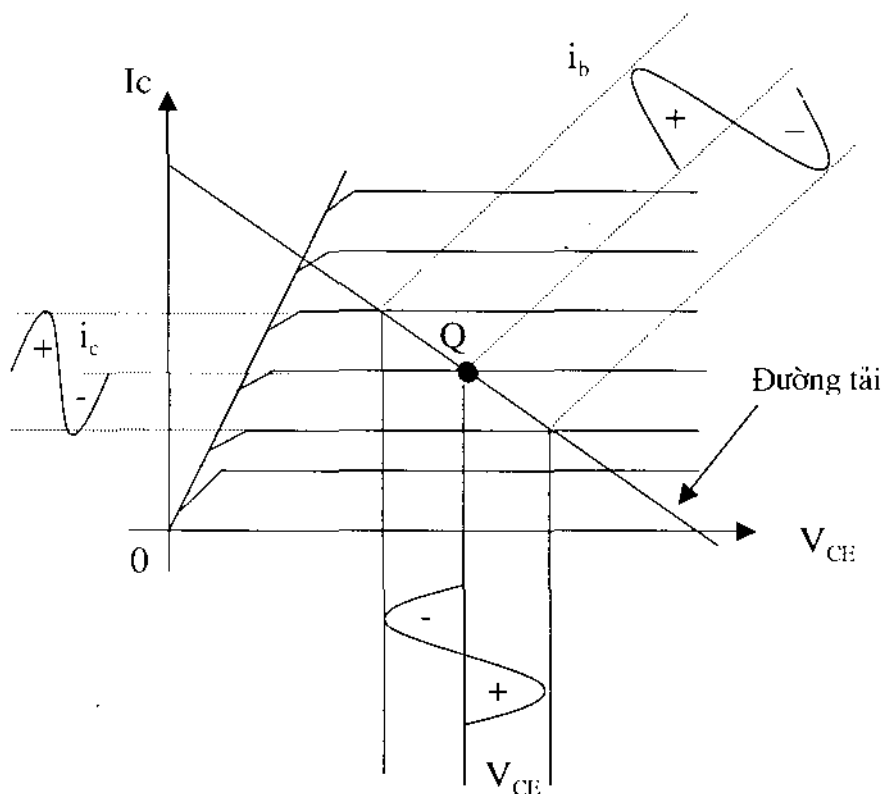
Sau đây ta sẽ khảo sát từng trường hợp cụ thể:

1. Chế độ hoạt động A



Hình 1.22. Đặc tuyến vào ở chế độ hoạt động A

Trên đặc tuyến ngõ vào (cửa vào) I_B/V_{BE} của Transistor, mạch khuếch đại chế độ hoạt động A có điểm hoạt động tĩnh Q nằm giữa đường đặc tuyến và có $V_{BE} \approx 0,65V \div 0,7V$ cho Transistor loại Si và $V_{BE} \approx 0,2V \div 0,25V$ cho Transistor loại Ge. Khi Transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì dòng điện I_B sẽ bị thay đổi theo tín hiệu xoay chiều này.



Hình 1.23. Đặc tuyến ra ở chế độ hoạt động A

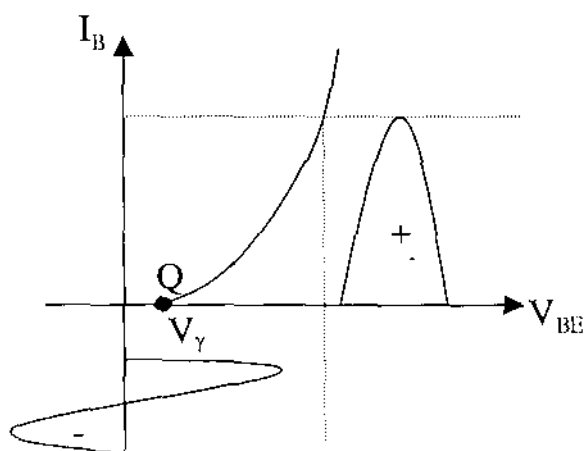
Trên đặc tuyến ngõ ra (cửa ra) I_C/V_{CE} của Transistor, mạch khuếch đại chế độ hoạt động A có điểm hoạt động tĩnh Q nằm giữa đường tải và $V_{CE} \approx 1/2 V_{CC}$. Khi dòng điện I_B bị thay đổi theo tín hiệu xoay chiều sẽ làm cho dòng điện I_C bị thay đổi và kéo theo điện áp V_{CE} cũng bị thay đổi.

Các đặc điểm của mạch khuếch đại chế độ hoạt động A là:

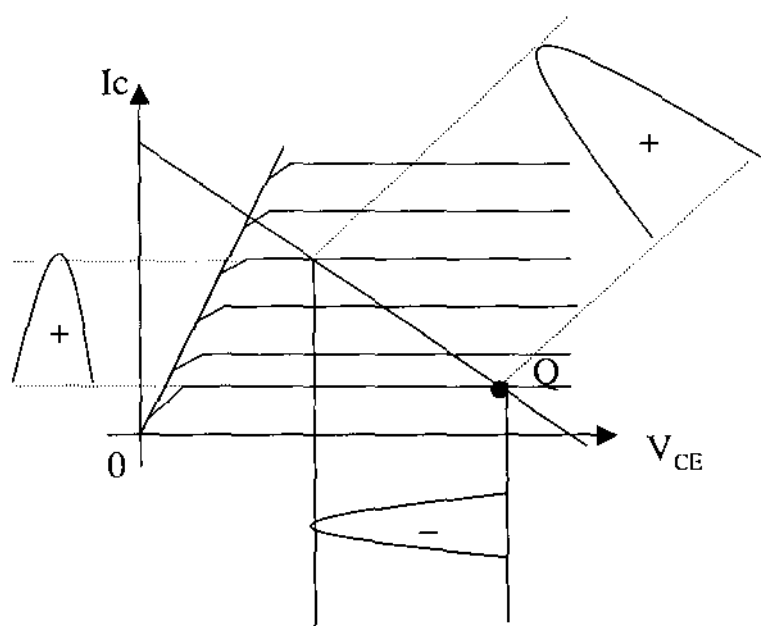
- Khuếch đại trung thực tín hiệu xoay chiều (khuếch đại được cả hai bán chu kỳ của tín hiệu xoay chiều hình sin).
- Dùng cho các mạch khuếch đại tín hiệu có biên độ nhỏ.

2. Chế độ hoạt động B

Trên đặc tuyến ngõ vào (cửa vào) I_B/V_{BE} thì mạch khuếch đại chế độ hoạt động B có điểm hoạt động tĩnh Q ở điểm $V_{BE} = 0V$ và $I_C = 0A$. Khi Transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì chỉ có một bán chu kỳ được khuếch đại vì làm phân cực tiếp giáp BE và I_B tăng lên, còn một bán chu kỳ làm giảm phân cực tiếp giáp BE xuống vùng ngưng dẫn nên tín hiệu không được khuếch đại.



Hình 1.24. Đặc tuyến vào ở chế độ hoạt động B

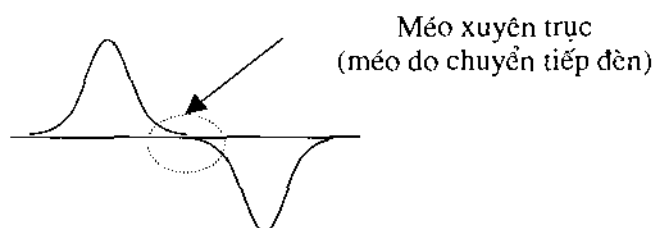


Hình 1.25. Đặc tuyến ra ở chế độ hoạt động B

Trên đặc tuyến ngõ ra (cửa ra) I_C/V_{CE} thì khuếch đại chế độ hoạt động B có điểm hoạt động tĩnh Q nằm trên đường biên giữa vùng khuếch đại và vùng ngưng dẫn, $V_{CE} \approx V_{CC}$. Khi dòng điện I_B tăng lên theo tín hiệu xoay chiều thì dòng điện I_C cũng tăng lên và làm cho điện áp V_{CE} giảm xuống. Ở ngõ ra (cửa ra) cũng chỉ có một bán chu kỳ tín hiệu được khuếch đại.

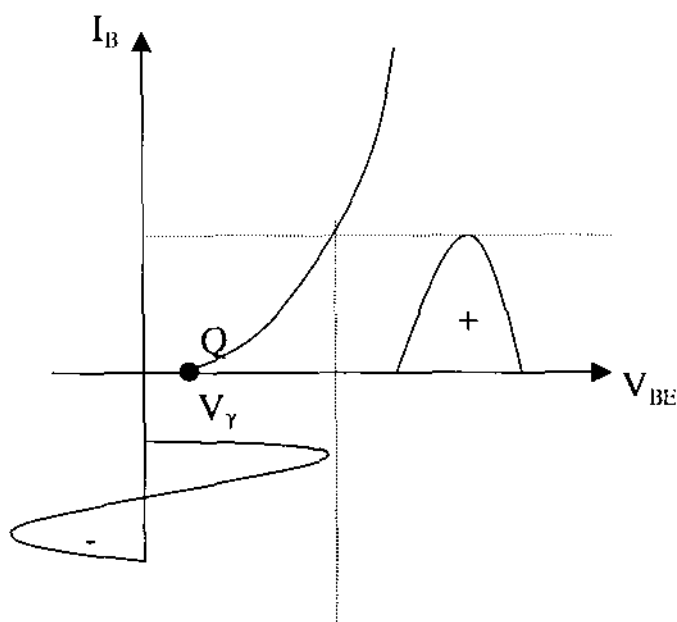
Các đặc điểm của mạch khuếch đại chế độ hoạt động B là:

- Khi không có tín hiệu thì Transistor không dẫn ($I_B = 0, I_C = 0$).
- Transistor chỉ khuếch đại được một bán chu kỳ nên muốn có đủ cả hai bán chu kỳ thì phải dùng hai Transistor để khuếch đại luân phiên cho hai bán chu kỳ.
- Dùng cho các mạch khuếch đại có biên độ lớn.
- Hiệu suất cao do công suất tiêu tán nhỏ.
- Tín hiệu ra bị méo dạng (biến dạng) xuyên trực.



Hình 1.26. Méo do chuyển tiếp đèn

3. Chế độ hoạt động C



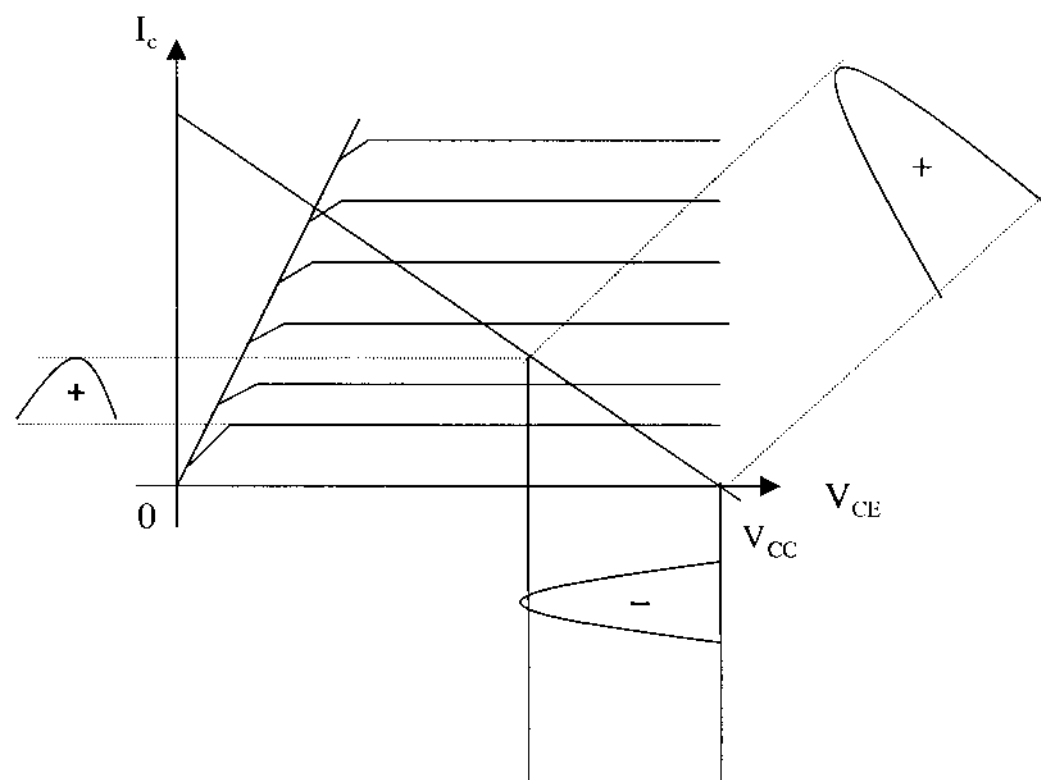
Hình 1.27. Đặc tuyến vào ở chế độ hoạt động C

Trên đặc tuyến ngõ vào (cửa vào) I_B/V_{BE} của Transistor, mạch khuếch đại chế độ hoạt động C có điểm hoạt động tĩnh Q nằm sâu trong vùng ngưng dẫn và có $V_{BE} \leq 0V$. Khi Transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B, nếu tín hiệu xoay chiều có điện áp đỉnh $V_p < V_\gamma$ thì Transistor vẫn chưa dẫn điện được nên không có tín hiệu ra, nếu tín hiệu xoay chiều có điện áp đỉnh $V_p > V_\gamma$ thì chỉ có một phần tín hiệu ra được khuếch đại.

Tương tự khi xét trên đặc tuyến ngõ ra (cửa ra) I_C/V_{CE} chỉ có một phần bán chu kỳ dương được mạch khuếch đại.

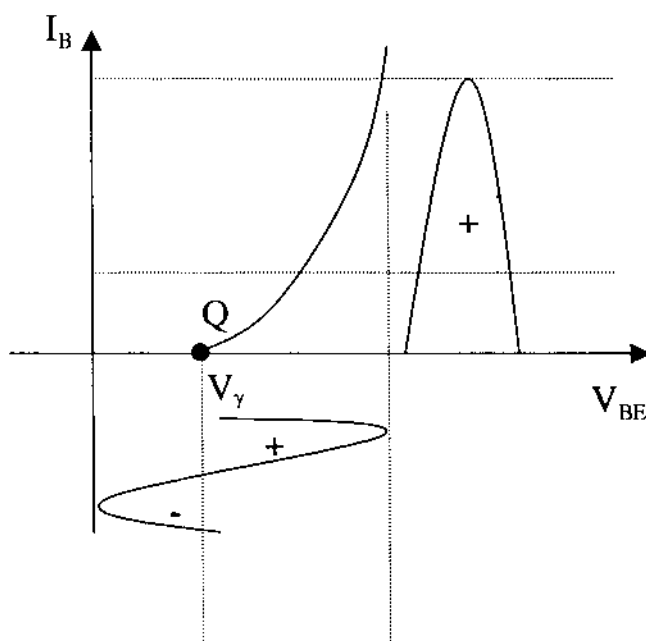
Các đặc điểm của mạch khuếch đại chế độ hoạt động C là:

- Khi không có tín hiệu vào thì Transistor không dẫn ($I_B = 0, I_C = 0$).
- Transistor chỉ khuếch đại được một phần của bán chu kỳ nên tín hiệu ra bị méo dạng (biến dạng) rất lớn.
- Mạch khuếch đại chế độ hoạt động C dùng trong mạch cắt bỏ phần dưới của các tín hiệu hay trong các mạch dao động, mạch nhân tần số...

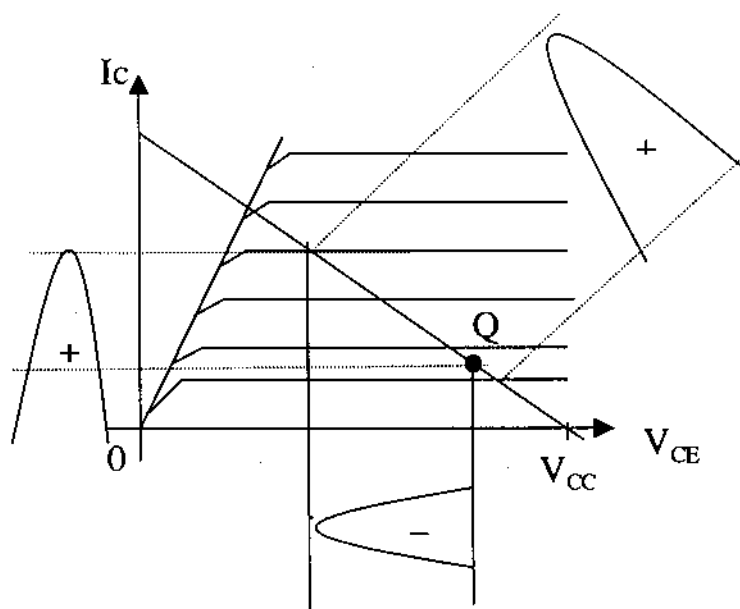


Hình 1.28. Đặc tuyến ra ở chế độ hoạt động C

4. Chế độ hoạt động AB



Hình 1.29. Đặc tuyến vào ở chế độ hoạt động AB



Hình 1.30. Đặc tuyến ra ở chế độ hoạt động AB

Trên đặc tuyến ngõ vào (cửa vào) I_B/V_{BE} thì mạch khuếch đại chế độ hoạt động AB có điểm hoạt động tĩnh Q nằm giữa chế độ hoạt động A và chế độ hoạt động B, có $V_{BE} = 0,6V$ cho Transistor loại Si và $V_{BE} = 0,15V$ cho Transistor loại Ge. Khi Transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì bán chu kỳ dương được rơi vào vùng gần như tuyến tính nên được khuếch đại mạnh, bán chu kỳ âm được rơi vào vùng dưới V_γ nên Transistor không dẫn và không có tín hiệu ra.

Trên đặc tuyến ngõ ra (cửa ra) I_C/V_{CE} điểm hoạt động tĩnh Q nằm ở vùng gần ngưng dẫn nên $V_{CE} \approx V_{CC}$. Ở chế độ hoạt động này thì chỉ có bán chu kỳ dương của tín hiệu được khuếch đại vì làm dòng điện I_C tăng lên.

Các đặc điểm của mạch khuếch đại chế độ hoạt động AB là:

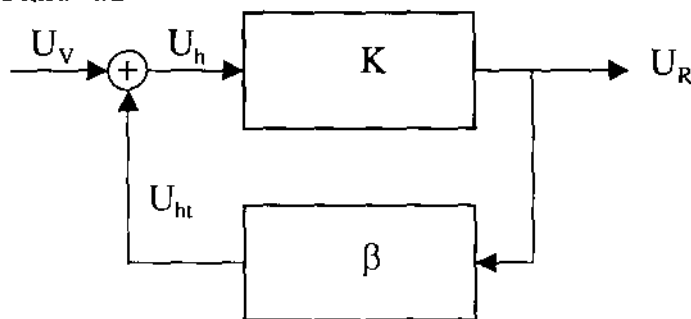
- Khi không có tín hiệu vào thì các dòng điện I_B , I_C có giá trị rất nhỏ so với dòng điện tương ứng ở chế độ hoạt động A.
- Transistor chỉ khuếch đại được một bán chu kỳ, bán chu kỳ âm rơi vào vùng ngưng dẫn nên biên độ tín hiệu ra bằng 0.
- Dùng cho các mạch khuếch đại có biên độ lớn.
- Hiệu suất cao do công suất tiêu tán nhỏ.
- Tín hiệu ra không bị méo dạng (biến dạng) xuyên trực như ở chế độ hoạt động B.

VII. HỒI TIẾP TRONG MẠCH KHUẾCH ĐẠI

1. Khái niệm và phân loại hồi tiếp

1.1. Khái niệm

Hồi tiếp là thực hiện việc truyền một phần tín hiệu (điện áp hay dòng điện) từ đầu ra trở về đầu vào của mạch khuếch đại. Một mạch khuếch đại có hồi tiếp có sơ đồ khối như sau:



Hình 1.31. Sơ đồ khối mạch khuếch đại có hồi tiếp

Trong đó:

K : là hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại.

β : là hệ số khuếch đại của mạch hồi tiếp.

$$K = U_R / U_V$$

$$\beta = U_{ht} / U_R$$

Hồi tiếp cho phép cải thiện các chỉ tiêu và chất lượng của mạch khuếch đại. Trong một số trường hợp nó làm cho mạch khuếch đại có một số tính chất đặc biệt. Hồi tiếp trong mạch khuếch đại có thể được thực hiện qua việc ghép điện trở, ghép điện cảm và mạch ghép hỗn hợp RC, LC, RL. Mạch hồi tiếp cùng với một phần mạch khuếch đại mà nó ghép vào tạo thành vòng kín gọi là vòng hồi tiếp. Mạch hồi tiếp khá đa dạng, nó phụ thuộc vào ý đồ của người thiết kế để đảm bảo một yêu cầu cụ thể nào đó.

1.2. Phân loại hồi tiếp

1.2.1. Phân loại theo pha của tín hiệu hồi tiếp

- Hồi tiếp dương: Tín hiệu hồi tiếp đồng pha với tín hiệu vào, do đó nó làm cho tín hiệu vào lớn lên. Hồi tiếp dương thường làm cho mạch khuếch đại mất ổn định, thường được sử dụng trong mạch dao động.

- Hồi tiếp âm: Tín hiệu hồi tiếp ngược pha với tín hiệu vào nên làm yếu tín hiệu vào. Hồi tiếp âm có tác dụng cải thiện chất lượng của mạch khuếch đại, vì thế nó được sử dụng rộng rãi.

1.2.2. Phân loại theo dạng tín hiệu

- Hồi tiếp một chiều: Là cho thành phần tín hiệu một chiều hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào mạch khuếch đại (có cả thành phần xoay chiều). Hồi tiếp loại này dùng để ổn định chế độ hoạt động của mạch khuếch đại.

- Hồi tiếp xoay chiều: Là cho thành phần tín hiệu xoay chiều hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào mạch khuếch đại (không có thành phần tín hiệu một chiều). Hồi tiếp loại này dùng để ổn định các tham số của mạch khuếch đại.

1.2.3. Phân loại theo cách lấy tín hiệu hồi tiếp ở đầu ra

- Hồi tiếp điện áp: Lấy điện áp ra để tạo hồi tiếp đưa về đầu vào.

- Hồi tiếp dòng điện: Lấy dòng điện ra để tạo hồi tiếp đưa về đầu vào.

1.2.4. Phân loại theo cách ghép hồi tiếp về đầu vào

- Hồi tiếp song song: Khi điện áp nguồn tín hiệu và điện áp hồi tiếp ghép song song với nhau (Nói cách khác, khi hồi tiếp song song là tín hiệu vào và tín hiệu hồi tiếp cùng đưa vào một cực của Transistor).

- Hồi tiếp nối tiếp: Khi điện áp nguồn tín hiệu và điện áp hồi tiếp ghép nối tiếp nhau (Nói cách khác, hồi tiếp nối tiếp là tín hiệu vào và tín hiệu hồi tiếp được đưa vào hai cực khác nhau của Transistor).

1.3. Cách xác định hồi tiếp

Thực tế hồi tiếp trong mạch khuếch đại rất phức tạp và rất khó xác định loại hồi tiếp, trong trường hợp đó, ta có thể dùng phương pháp sau:

- Nếu ngắn mạch tải của mạch khuếch đại mà điện áp hồi tiếp mất thì đó là hồi tiếp điện áp.

- Nếu hở mạch tải của mạch khuếch đại mà điện áp hồi tiếp mất thì đó là hồi tiếp dòng điện.

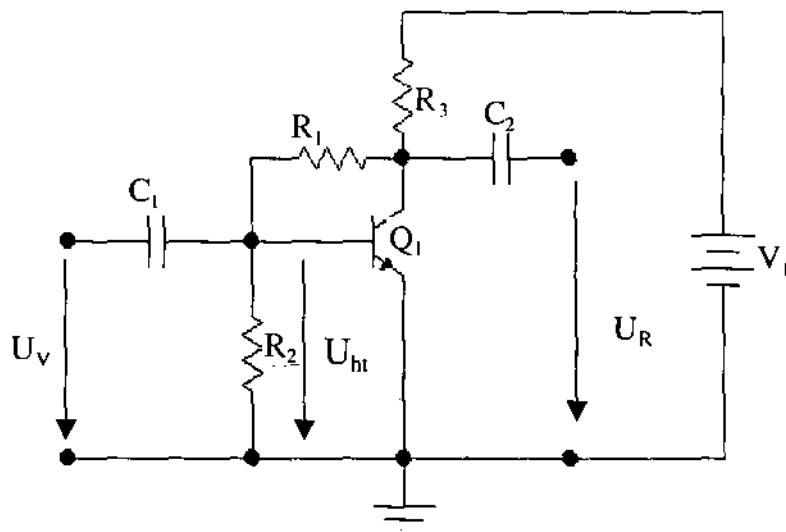
- Nếu hở mạch nguồn tín hiệu mà điện áp hồi tiếp mất thì đó là hồi tiếp nối tiếp.

- Nếu ngắn mạch nguồn tín hiệu mà điện áp hồi tiếp mất ở đầu vào thì đó là hồi tiếp song song.

1.4. Một số mạch khuếch đại có hồi tiếp

1.4.1. Mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp song song

- Sơ đồ mạch:



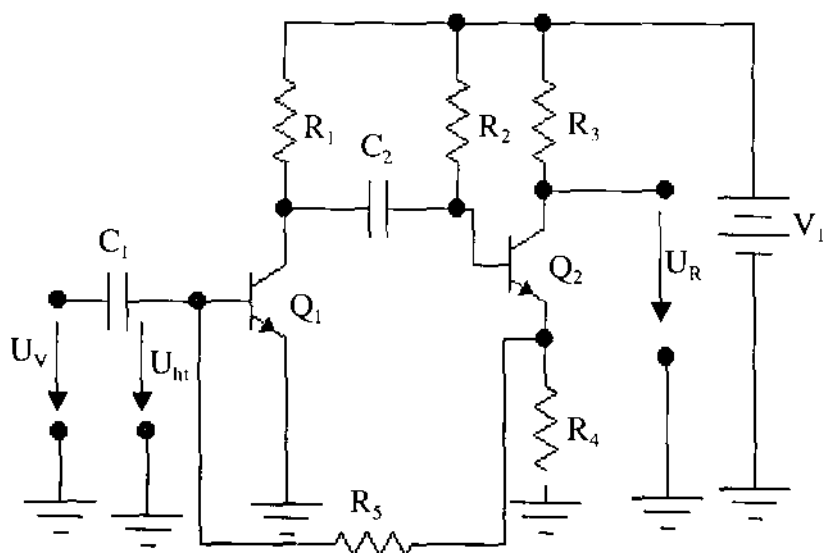
Hình 1.32. Mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp song song

- Điện trở R_1 lấy điện áp cực C để phân cực một chiều cho cực B, đồng thời là điện trở hồi tiếp để lấy điện áp ra đưa trở lại đầu vào.

- Điện áp tín hiệu vào và điện áp hồi tiếp ngược pha nhau, cùng đưa vào cực B và cùng tỷ lệ với điện áp ra nên mạch khuếch đại là mạch khuếch đại hồi tiếp âm điện áp song song.

1.4.2. Mạch khuếch đại hồi tiếp dòng điện song song

- Sơ đồ mạch:



Hình 1.33. Mạch khuếch đại hồi tiếp dòng điện song song

- R_5 là điện trở hồi tiếp.
- Tín hiệu vào và tín hiệu hồi tiếp được ghép song song với nhau.
- Pha của tín hiệu hồi tiếp và pha tín hiệu vào ngược nhau.
- Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào là dòng điện.

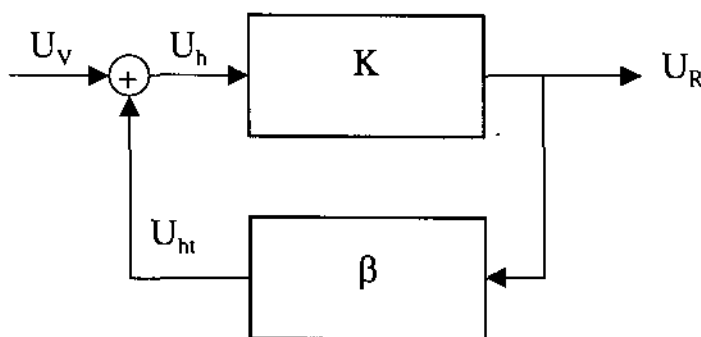
Vậy mạch trên là mạch khuếch đại có hồi tiếp và hồi tiếp là hồi tiếp âm dòng điện song song.

2. Ảnh hưởng của hồi tiếp đến mạch khuếch đại

Trong phần này ta chỉ phân tích các mạch hồi tiếp âm, mạch hồi tiếp dương được trình bày trong giáo trình chuyên ngành khác. Sau đây ta sẽ lần lượt xem xét ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến các thông số của một mạch khuếch đại.

Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến hệ số khuếch đại:

Sơ đồ khối mạch khuếch đại có hồi tiếp như sau:



Hình 1.34. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến hệ số khuếch đại

Hệ số khuếch đại của mạch khi có hồi tiếp là K : $K = U_R / U_v$.

Hệ số khuếch đại của mạch có hồi tiếp là K_{ht} , là tỷ số của điện áp ra của mạch khuếch đại và điện áp tín hiệu ở đầu vào mạch khuếch đại.

$$K_{ht} = U_R / U_v; \beta = U_{ht} / U_R; \text{ và } U_h = U_v - U_{ht}$$

Suy ra:

$$K_{ht} = \frac{U_R}{U_h + U_{ht}} = \frac{K}{1 + \frac{U_{ht}}{U_h}} = \frac{K}{1 + \frac{U_{ht}}{U_R} \cdot \frac{U_R}{U_h}} = \frac{K}{1 + \beta K}$$

Từ đó ta thấy hồi tiếp âm làm giảm hệ số khuếch đại của mạch $1/(1 + \beta K)$ lần.

Tương tự như vậy khi khảo sát hồi tiếp âm, ta rút ra được các kết luận như sau:

- Hồi tiếp âm ảnh hưởng đến độ ổn định của mạch khuếch đại: làm tăng độ ổn định của mạch khuếch đại.
- Hồi tiếp âm ảnh hưởng đến trở kháng vào của mạch khuếch đại:
 - + Hồi tiếp âm nối tiếp làm tăng trở kháng vào.
 - + Hồi tiếp âm song song làm giảm trở kháng vào.
- Hồi tiếp âm ảnh hưởng đến trở kháng ra của mạch khuếch đại:
 - + Hồi tiếp âm điện áp làm giảm trở kháng ra.
 - + Hồi tiếp âm dòng điện làm tăng trở kháng ra.
- Hồi tiếp âm ảnh hưởng đến tạp âm của mạch khuếch đại:

Hồi tiếp âm không làm giảm nhỏ được tạp âm của mạch khuếch đại nhưng nó làm tăng được tỷ số tín hiệu trên tạp âm (S/N), làm tăng hiệu quả của mạch khuếch đại.

- Hồi tiếp âm ảnh hưởng đến dải thông của mạch khuếch đại: làm mở rộng dải thông của mạch khuếch đại.

Câu hỏi

1. Thế nào là tín hiệu tương tự, tín hiệu số? Tín hiệu tương tự và tín hiệu số có những đặc trưng nào?
2. Có bao nhiêu loại nhiễu? Ảnh hưởng của nhiễu đến tín hiệu như thế nào?
3. Hãy kể tên một số loại mạch điện tử và ứng dụng của các loại mạch điện tử đó.
4. Như thế nào là cách mắc Transistor theo kiểu Emitor chung, Colector chung, Bazơ chung? Các cách mắc đó có đặc điểm gì?
5. Có bao nhiêu loại Transistor trường và cách mắc Transistor trường cơ bản? Các cách mắc Transistor trường cơ bản đó là như thế nào?
6. Hãy nêu nguyên tắc và phương pháp cấp nguồn cho Transistor lưỡng cực và Transistor trường.
7. Chế độ hoạt động A, B, C và AB của Transistor là như thế nào? Đặc điểm của các chế độ hoạt động đó là gì?
8. Thế nào là hồi tiếp? Có bao nhiêu loại hồi tiếp? Cách xác định các loại hồi tiếp đó là như thế nào?
9. Hồi tiếp có ảnh hưởng đến các thông số nào của mạch khuếch đại và các ảnh hưởng đó ra sao?

Chương 2

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN

I. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

1. Đặc tính của tín hiệu nhỏ

Tín hiệu nhỏ là tín hiệu điện có biên độ là điện áp hay dòng điện nhỏ (cỡ μV đến $1\text{-}3\text{V}$). Một tín hiệu có biên độ nhỏ có các đặc điểm như sau:

- Tín hiệu có biên độ nhỏ thì không thể đưa ngay ra tải (loa, đèn hình...) hay sử dụng được mà phải thông qua một khâu biến đổi trung gian (khuếch đại...). Ví dụ, tín hiệu âm thanh có biên độ nhỏ không thể đưa ra loa được vì tiếng quá bé hoặc không có biểu hiện gì ở loa cả.

- Tín hiệu có biên độ nhỏ có công suất, năng lượng yếu nên không có khả năng điều khiển hay kích thích các mạch điện lớn, mà tín hiệu phải qua nhiều lần khuếch đại lên thì mới điều khiển được mạch.

- Tín hiệu nhỏ nên thường bị nhiễu lấn át hoặc chèn ép làm cho bị sai lệch. Trong trường hợp tín hiệu nhỏ quá thì bị tín hiệu nhiễu lấn át hoàn toàn.

- Việc xử lý và gia công tín hiệu nhỏ cũng rất phức tạp và khó, nếu không cẩn thận thì sẽ bị sai lệch rất nhiều, khi đó tín hiệu không còn ý nghĩa nữa.

2. Đặc điểm của mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ

Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng để khuếch đại những tín hiệu có biên độ nhỏ hoặc rất nhỏ, mạch khuếch đại có các đặc điểm như sau:

- Mạch thường có điểm làm việc một chiều ở chế độ A, hay còn gọi là chế độ hoạt động (công tác, làm việc) A. Với chế độ hoạt động A thì mạch khuếch đại có thể khuếch đại mà không làm méo tín hiệu.

- Mạch thường có hệ số khuếch đại nhỏ (độ lợi nhỏ); mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ thường có hệ số khuếch đại trong khoảng vài lần đến vài chục lần (hoặc từ vài decibel đến vài chục decibel).

- Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ có hệ số khuếch đại thấp nên ít khi có khả năng khuếch đại làm bão hoà và cắt tín hiệu, hay nói cách khác, mạch khuếch đại không có khả năng làm biến dạng tín hiệu.

- Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ thường có công suất nhỏ, nên nguồn điện dùng để cung cấp cho mạch làm việc thường có trị số nhỏ; trị số nguồn cung cấp cho mạch làm việc thường từ vài vôn đến một hai chục vôn là cùng.

- Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ thường ít nên phải có biện pháp áp dụng để toả nhiệt cho nó, vì công suất tiêu thụ của mạch thấp. Các mạch điện khuếch đại tín hiệu nhỏ thường được đặt ở các tầng khuếch đại đầu tiên trong các thiết bị điện tử.

II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ THÔNG DỤNG

1. Khái quát chung

- Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ thường là những mạch khuếch đại sử dụng một phần tử khuếch đại trong mạch để khuếch đại tín hiệu, các mạch đặc biệt mới có tới hai phần tử khuếch đại trong một mạch khuếch đại.

- Các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng để khuếch đại tín hiệu có thể là các mạch khuếch đại dùng Transistor lưỡng cực mắc theo kiểu Emitter chung, Base chung, Collector chung; các mạch khuếch đại dùng Transistor trường mắc theo kiểu cực nguồn chung, cực máng chung (như đã xét ở chương 1); các mạch khuếch đại sử dụng mạch khuếch đại thuật toán, sử dụng IC... Đôi khi để tăng độ khuếch đại của mạch lên, hay để tạo ra mạch khuếch đại có hiệu ứng đặc biệt thì mới sử dụng hai phần tử khuếch đại mắc trong một mạch khuếch đại, ví dụ như mạch khuếch đại vi sai, mạch khuếch đại Darlington, mạch khuếch đại Kaskode...

Sau đây ta sẽ chỉ khảo sát một số mạch khuếch đại đặc biệt, còn các mạch khuếch đại khác sẽ được xem xét ở các chương khác hoặc trong các giáo trình chuyên ngành khác.

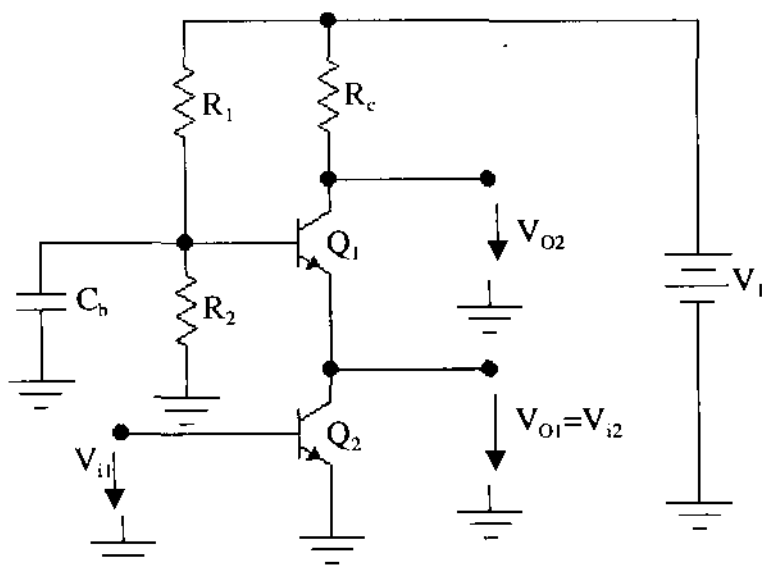
2. Mạch khuếch đại thông dụng

2.1. Mạch khuếch đại Kaskode

Mạch khuếch đại Kaskode là một mạch khuếch đại dùng hai Transistor, một Transistor mắc theo kiểu mạch khuếch đại Emitter chung, một Transistor

mắc theo kiểu khuếch đại Bazơ chung. Mạch khuếch đại Kaskode có loại ghép một chiều, có loại ghép xoay chiều. Sau đây ta sẽ khảo sát mạch khuếch đại Kaskode ghép một chiều.

Sơ đồ mạch:



Hình 2.1. Mạch khuếch đại Kaskode ghép một chiều

Trong mạch, Transistor Q_1 là Transistor khuếch đại mắc theo kiểu E chung, Transistor Q_2 là Transistor khuếch đại mắc theo kiểu B chung (vì có tụ C_b nối mát tín hiệu xoay chiều).

Cầu phân áp R_1 - R_2 để phân cực một chiều cho hai Transistor và điện áp V_{B2} phải đủ cao vì: $V_{C1} = V_{E2} = V_{B2} - V_{BE} = V_{B2} - 0,7V$. Lúc đó, V_{C1} mới có mức điện áp đủ lớn để Q_1 làm việc trong vùng tuyến tính (vùng khuếch đại) của Transistor.

Tín hiệu ra sau Q_1 là V_{o1} chính là tín hiệu vào V_{i2} của Transistor Q_2 . Do Transistor Q_2 mắc theo kiểu B chung nên có tổng trở vào nhỏ, tổng trở ra rất lớn, nhờ đó Transistor Q_2 có tác dụng ngăn cách ảnh hưởng của ngõ ra (đầu ra) đến ngõ vào (đầu vào), đặc biệt sự ảnh hưởng ở phạm vi tần số cao.

Mạch khuếch đại Kaskode có hệ số khuếch đại điện áp bằng hệ số khuếch đại điện áp của mạch mắc E chung, nhưng có điện dung ở ngõ vào nhỏ nên có dải thông rộng của mạch khuếch đại mắc B chung.

Điện áp tín hiệu V_{i1} và V_{o1} đảo pha nhau, nhưng điện áp tín hiệu V_{o1} và V_{o2} đồng pha nhau.

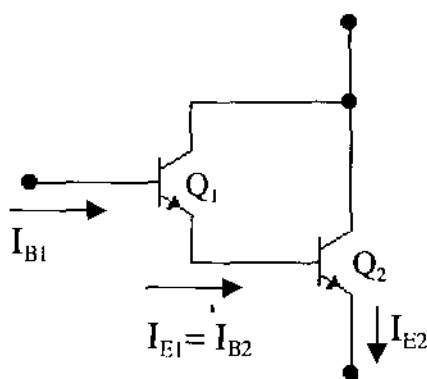
Khi điều chỉnh điện áp phân cực của cầu phân áp R_1 - R_2 sẽ làm thay đổi mức điện áp một chiều của cả V_{o1} và V_{o2} .

Mạch khuếch đại Kaskode hay được dùng để khuếch đại tín hiệu video trong các máy thu hình.

2.2. Mạch khuếch đại Darlington

Trong các mạch khuếch đại cần có độ khuếch đại dòng điện lớn hay các mạch cần có tổng trở vào lớn, người ta thường có thể dùng hai hay nhiều Transistor ráp theo tổ hợp sơ đồ Darlington để thay thế các Transistor đơn trong các mạch khuếch đại đã được trình bày.

Mạch Darlington cơ bản có sơ đồ như sau:



Hình 2.2. Mạch mắc Darlington

Vì cực E_1 nối trực tiếp vào cực B_2 nên $I_{E1} = I_{B1}$.

Transistor Q_1 có: $I_{E1} \approx I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1}$ (1)

Transistor Q_2 có: $I_{E2} \approx I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2}$ (2)

Nên khi thay (1) vào (2) ta có:

$$I_{E2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = \beta_2 \cdot I_{E1} = \beta_2 \cdot \beta_1 \cdot I_{B1}$$

Suy ra: $I_{E2} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{B1}$

Nếu gọi dòng điện ngõ vào (đầu vào) của mạch là $I_i = \beta_2 \cdot I_{B1}$, dòng điện ngõ ra (đầu ra) của mạch là I_o thì $I_o = I_{E2}$ và β là độ khuếch đại dòng điện của toàn mạch thì:

$$\beta = \frac{I_0}{I_i} = \frac{I_{E2}}{I_{B1}} = \beta_1 \cdot \beta_2$$

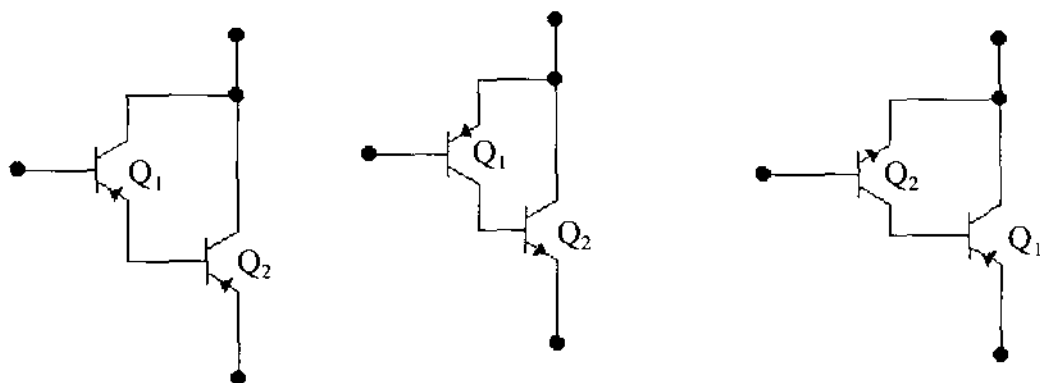
Giả sử Q_1 có $\beta_1 = 100$, Q_2 có $\beta_2 = 80$

Độ khuếch đại của mạch Darlington là:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 = 100 \cdot 80 = 8000.$$

Như vậy, dòng điện ra trên tải sẽ bằng 8000 lần dòng điện ở ngõ vào (đầu vào, cửa vào), mạch Darlington có độ khuếch đại dòng điện rất lớn. Mạch khuếch đại Darlington không những được sử dụng làm khuếch đại dòng điện, mà còn được sử dụng để đổi tổng trở từ rất lớn ở ngõ vào thành tổng trở ra rất nhỏ ở ngõ ra để dung hợp với tải nhỏ ở ngõ ra.

Ngoài kiểu mạch trên thì mạch khuếch đại Darlington còn có các kiểu mạch khác như sau:



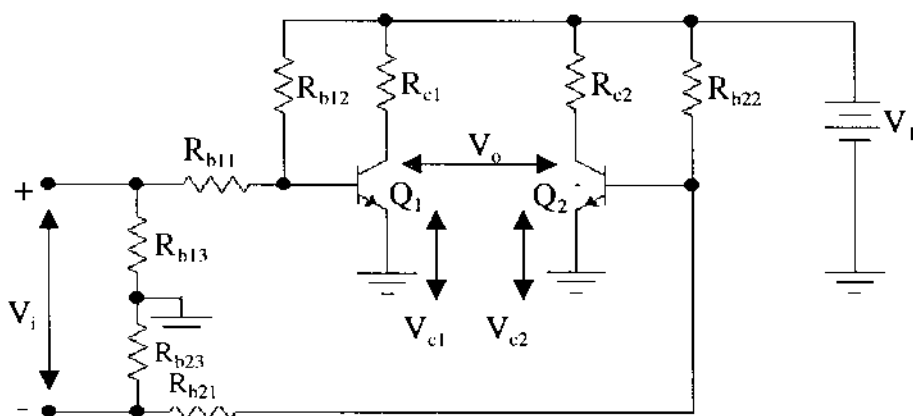
Hình 2.3. Các kiểu mắc Darlington khác

Mạch khuếch đại Darlington thường được ứng dụng làm các mạch khuếch đại khi có yêu cầu hệ số khuếch đại dòng điện lớn, làm mạch khuếch đại công suất...

III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

Để khuếch đại tín hiệu có tần số rất thấp hay các tín hiệu biến thiên chậm và không có tính chu kỳ, người ta thường dùng mạch khuếch đại DC theo kiểu liên lạc trực tiếp. Mạch này có đáp ứng tần số rất thấp tốt nhưng lại có hiện tượng điện áp trôi. Do đó, để tránh hiện tượng điện áp trôi và tăng khả năng chống nhiễu ở các tầng khuếch đại đầu tiên, người ta dùng mạch khuếch đại vi sai (Differential Amplifier).

1. Sơ đồ và các tham số cơ bản



Hình 2.4. Mạch khuếch đại vi sai cơ bản

Mạch khuếch đại vi sai cơ bản có sơ đồ như hình vẽ trên. Trong đó, hai Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor cùng loại, các điện trở phân cực đối xứng nhau có trị số giống nhau.

Tín hiệu vào được đưa vào hai cực B_1 và B_2 , trong đó R_{b13} , R_{b23} là điện trở nhận tín hiệu vào của mỗi Transistor.

Khi ở ngõ vào (đầu vào, cửa vào) có điện áp V_i thì $1/2V_i$ sẽ tác động vào mỗi Transistor do tính phân áp của hai điện trở R_{b13} , R_{b23} và sẽ có hai trường hợp khi cực B_1 nhận điện áp dương thì cực B_2 nhận điện áp âm so với mát và ngược lại.

Theo hình vẽ, ở ngõ ra (đầu ra, cửa ra) điện áp V_{C1} giảm và điện áp V_{C2} tăng, điện áp lấy ra giữa hai cực C là:

$$\Delta V_0 = \Delta V_{C1} - \Delta V_{C2}$$

Thông thường Transistor được phân cực với điều kiện $R_{B2} \gg r_{be}$ nên độ lợi (hệ số khuếch đại) điện áp của mỗi Transistor là:

$$AV_1 = AV_2 = \frac{\Delta V_{C1}}{\Delta V_{i1}} = \frac{\Delta V_{C1}}{\Delta V_{i2}} = -\beta \frac{R_C}{R_{B1} + r_{be}}$$

$$\Delta V_{C1} = AV_1 \cdot \Delta V_{i1} = 1/2 AV_1 \cdot \Delta V_i$$

$$\Delta V_{C2} = AV_2 \cdot \Delta V_{i2} = -1/2 AV_2 \cdot \Delta V_i$$

Do ta có:

$$\Delta V_0 = \Delta V_{C1} - \Delta V_{C2} = A_V \cdot \Delta V_i$$

Suy ra:

$$A_v = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = -\beta \frac{R_c}{R_{b1} + r_{be}}$$

Trong đó:

$$r_{be} = r_b + (1 + \beta) \cdot \frac{26mV}{I_E}$$

2. Đặc điểm của mạch khuếch đại vi sai

Như đã phân tích ở trên, khi có điện áp tín hiệu ở ngõ vào (đầu vào, cửa vào) thì do cấu phân áp dùng hai điện trở R_{b1} , R_{b2} làm cho cực B_1 có điện áp dương và cực B_2 có điện áp âm hay ngược lại, lúc đó Q_1 dẫn mạnh làm V_{C1} giảm và Q_2 dẫn yếu làm V_{C2} tăng sẽ cho tín hiệu ngõ ra (đầu ra, cửa ra) ΔV_{C1} và ΔV_{C2} ngược dấu, điện áp ra của mạch vi sai là:

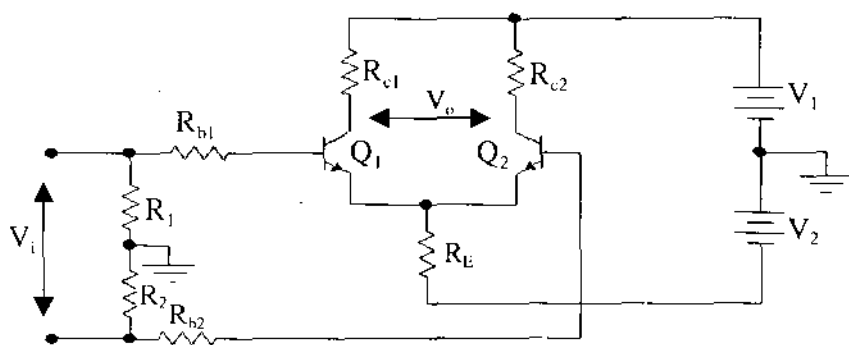
$$\Delta V_o = \Delta V_{C1} - \Delta V_{C2} = 2\Delta V_{C1} = 2\Delta V_{C2}$$

Khi có tín hiệu nhiễu phá rối thì tín hiệu nhiễu sẽ tác động đồng thời lên cực B_1 và B_2 với điện áp đồng pha (cùng dương hoặc cùng âm), như vậy ở ngõ ra (đầu ra, cửa ra) ΔV_{C1} và ΔV_{C2} biến thiên cùng hướng sẽ triệt tiêu nhau và $\Delta V_o = 0$.

Như vậy, mạch khuếch đại vi sai có khả năng chống nhiễu rất tốt. Tín hiệu nhiễu ở đây có thể là tín hiệu điện từ, nhiệt độ môi trường hay sự biến thiên điện áp của nguồn.

3. Sơ đồ mạch khuếch đại vi sai thông dụng

3.1. Mạch khuếch đại ngõ vào - ra cân bằng



Hình 2.5. Mạch khuếch đại vi sai ngõ vào - ra cân bằng

Đây là mạch vi sai cơ bản có R_E để tăng khả năng chống nhiễu. Mạch dùng hai nguồn $+V_1$ và $-V_2$ đối xứng (có thể không đối xứng). Với cách phân cực này cực B có thể không dùng cầu phân áp R_{B1}, R_{B2} và cực B có $V_{B1} = V_{B2} = 0V$. Lúc đó, V_E sẽ có điện áp âm $V_E \approx -0,7V$.

Các thông số kỹ thuật của mạch:

- Hệ số (độ) khuếch đại điện áp vi sai:

$$A_V = -\beta \frac{R_C}{R_{B1} + r_{be}}$$

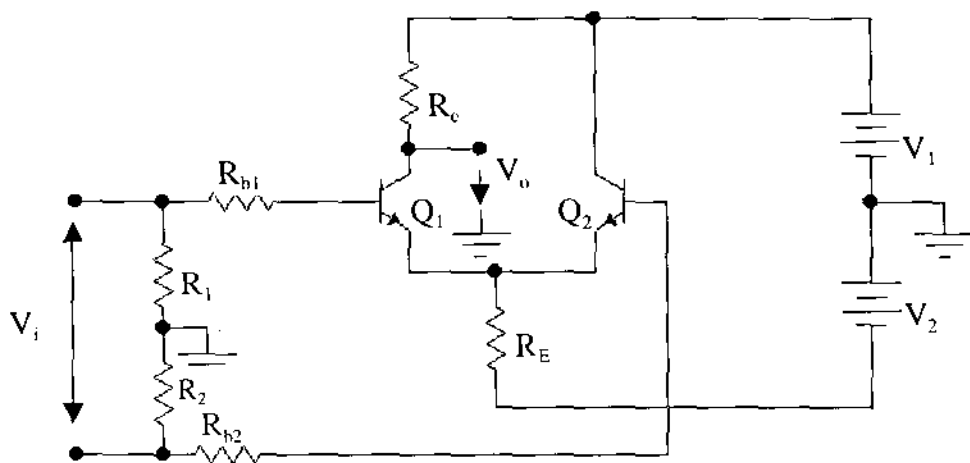
- Tỷ số nén tín hiệu đồng pha rất lớn:

- Tổng trở ngõ ra (đầu ra, cửa ra): $r_o = 2 R_C$

Mạch này thường được chọn làm mạch khuếch đại ngõ vào (đầu vào, cửa vào) của các tầng khuếch đại DC có ngõ ra (đầu ra, cửa ra) đối xứng.

3.2. Mạch khuếch đại ngõ vào cân bằng và ngõ ra không cân bằng

Mạch điện có ngõ ra không cân bằng, tín hiệu chỉ lấy từ cực C_1 xuống mát nên điện áp ra bị giảm đi $1/2$.



Hình 2.6. Mạch khuếch đại vi sai ngõ vào cân bằng và ngõ ra không cân bằng

Điện trở R_E có tác dụng giảm hiện tượng điện áp trôi.

Về phân cực ta vẫn có:

$V_{B1} = V_{B2} = 0V$ và $V_{E1} = V_{E2} = -0,7V$

Các thông số kỹ thuật của mạch:

- Hệ số (độ) khuếch đại điện áp vi sai:

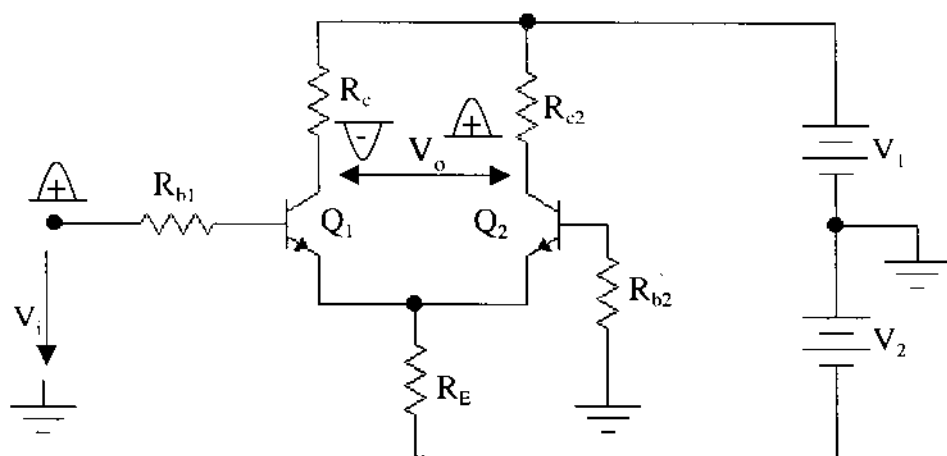
$$A_{v'} = -\frac{1}{2} \beta \frac{R_C}{R_{B1} + r_{be}}$$

- Tổng trở ngõ vào (đầu vào, cửa vào): $r_i = 2.(R_B + r_{be})$

- Tổng trở ngõ ra (đầu ra, cửa ra): $r_o = R_C$

Mạch này thường dùng làm các tầng khuếch đại trung gian trong Ampli hay làm các mạch khuếch đại DC.

3.3. Mạch khuếch đại ngõ vào không cân bằng, ngõ ra cân bằng



Hình 2.7. Mạch khuếch đại vi sai ngõ vào không cân bằng, ngõ ra cân bằng

Mạch chỉ có tín hiệu V_i cho vào cực B_1 so với mát.

Về phân cực một chiều ta có:

$$V_{B1} = V_{B2} = 0V.$$

$$V_{E1} = V_{E2} = -0,7V.$$

Khi có tín hiệu V_i ở ngõ vào (đầu vào, cửa vào) thì Q_1 khuếch đại sẽ cho ra hai tín hiệu ở cực C_1 và E_1 , lúc đó Q_2 được xem như Transistor khuếch đại ráp theo kiểu B chung có tín hiệu vào cực E_2 và ra ở cực C_2 .

Ta xét trường hợp tín hiệu V_i có bán chu kỳ dương vào cực B_1 , cực C_1 có tín hiệu ra đảo pha là bán chu kỳ âm, trong khi đó cực E_1 có tín hiệu ra đồng pha là bán chu kỳ dương. Đối với Q_2 có tín hiệu vào E_2 là bán chu kỳ dương nên

cực C_2 tín hiệu ra là đồng pha và có bán chu kỳ dương (vì mạch khuếch đại B chung là mạch khuếch đại đồng pha).

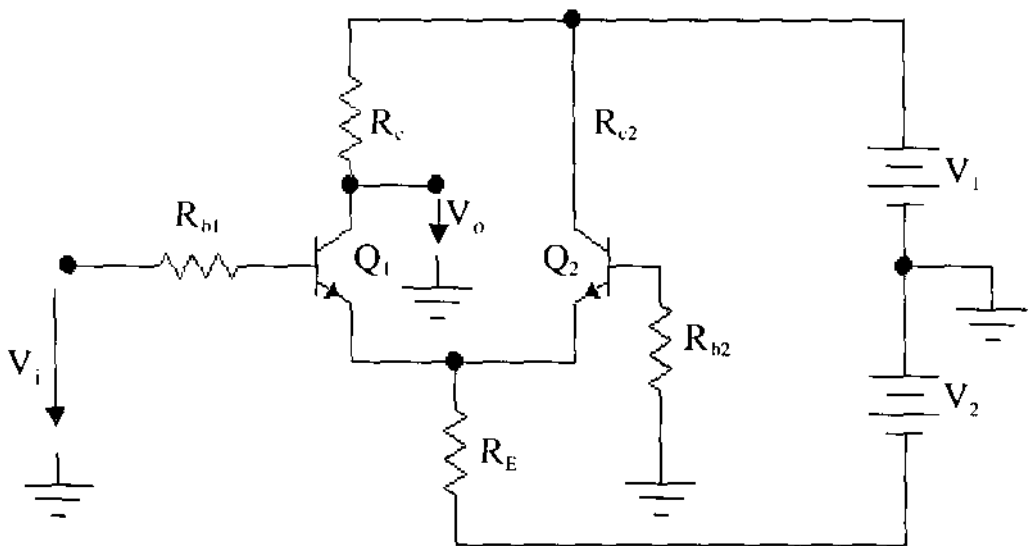
Như vậy, tín hiệu ra trên hai cực C_1 và C_2 cũng là hai tín hiệu ngược pha nhau sẽ làm cho điện áp ra V_o tăng gấp đôi so với tín hiệu V_{C1} .

Các thông số kỹ thuật của mạch:

- Hệ số (độ) khuếch đại điện áp vi sai: $A_v = -\beta R_C / (R_B + r_{be})$
- Tổng trở ngõ vào (đầu vào, cửa vào): $r_i = 2 \cdot (R_B + r_{be})$
- Tổng trở ngõ ra (đầu ra, cửa ra): $r_o = 2 R_C$

Mạch này có tác dụng đổi từ tín hiệu không cân bằng ra tín hiệu cân bằng.

3.4. Mạch khuếch đại có ngõ vào và ngõ ra không cân bằng



Hình 2.8. Mạch khuếch đại vi sai có ngõ vào và ngõ ra không cân bằng

Mạch chỉ có tín hiệu vào V_i được đưa vào cực B_1 so với mát và tín hiệu ra lấy trên cực C_1 so với mát.

Hai Transistor Q_1 và Q_2 vẫn có tác dụng loại trừ các tín hiệu nhiễu đồng pha hay khử ảnh hưởng của nhiệt độ tác dụng lên hai Transistor.

Về phân cực một chiều ta vẫn có:

$$V_{B1} = V_{B2} = 0V.$$

$$V_{E1} = V_{E2} = -0,7V.$$

Q_1 là Transistor khuếch đại đảo pha, ráp theo kiểu Emitter chung.

Các thông số kỹ thuật của mạch là:

- Hệ số (độ) khuếch đại điện áp vi sai:

$$A_v = -\frac{1}{2} \beta \frac{R_C}{R_B + r_{be}}$$

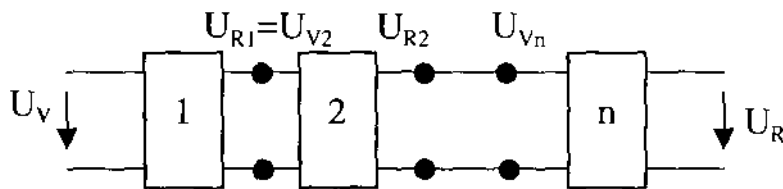
- Tổng trở ngõ vào (đầu vào, cửa vào): $r_i = 2 \cdot (R_B + r_{be})$

- Tổng trở ngõ ra (đầu ra, cửa ra): $r_o = R_C$.

Mạch khuếch đại vi sai thường được ứng dụng để chế tạo các mạch khuếch đại thuật toán, các IC...

IV. MẠCH GHÉP TẦNG KHUẾCH ĐẠI

Trong thực tế, điện áp ra từ micro, đầu từ của máy cassette, từ tầng tách sóng... thường có biên độ rất nhỏ, cỡ vài trăm μV đến vài mV. Để đạt được công suất ra yêu cầu thường phải có một mạch (bộ) khuếch đại gồm nhiều tầng khuếch đại mắc nối tiếp nhau, vì một tầng khuếch đại không đảm bảo đủ hệ số khuếch đại cần thiết. Một bộ khuếch đại gồm nhiều tầng được mắc với nhau theo sơ đồ khối sau:



Hình 2.9. Sơ đồ khối ghép tầng khuếch đại

Hệ số khuếch đại nhiều tầng bằng tích hệ số khuếch đại của mỗi tầng.

$$K_U = \frac{U_R}{U_v} = \frac{U_{R1}}{U_v} \cdot \frac{U_{R2}}{U_{v2}} \dots \frac{U_{Rn}}{U_{vn}} = K_{U1} \cdot K_{U2} \dots K_{Un}$$

Yêu cầu ghép tầng khuếch đại:

- Hệ số khuếch đại lớn.
- Độ méo tần số nhỏ.
- Độ méo không đường thẳng nhỏ.

Muốn đạt được yêu cầu này cần phải chọn:

- Chọn và đảm bảo chế độ tĩnh, chế độ động thích hợp.
- Chọn mạch ghép tầng sao cho đảm bảo phối hợp trở kháng giữa các tầng theo chức năng của bộ khuếch đại.

+ Bộ khuếch đại điện áp: $Z_v \gg Z_{\text{Nguồn}}$ và $Z_{\text{Ra}} \ll Z_t$.

+ Bộ khuếch đại công suất: $Z_v \approx Z_{\text{Nguồn}}$ và $Z_{\text{Ra}} \approx Z_t$.

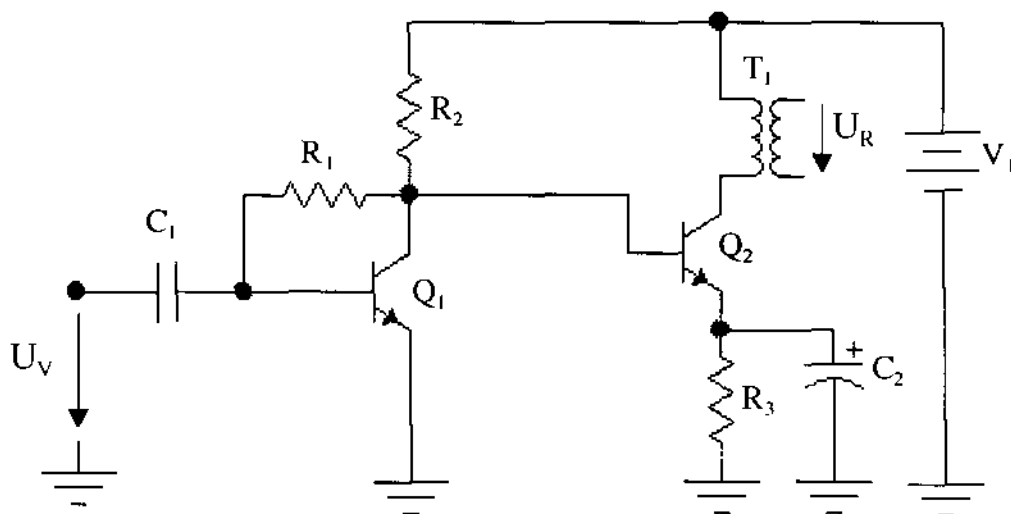
+ Bộ khuếch đại dòng điện: $Z_V \ll Z_{N\text{guồn}}$ và $Z_{Ra} \gg Z_L$.

Trong đó: Z_V , $Z_{N\text{guồn}}$, Z_{Ra} và Z_L lần lượt là trở kháng vào bộ khuếch đại, trở kháng nguồn tín hiệu, trở kháng ra bộ khuếch đại và trở kháng của tải.

Như vậy, việc chọn mạch ghép giữa các tầng khuếch đại là một vấn đề rất quan trọng, chúng ta sẽ lần lượt khảo sát các cách ghép tầng đó.

1. Mạch ghép trực tiếp

Sơ đồ mạch:



Hình 2.10. Mạch khuếch đại ghép tầng trực tiếp

R_1 là điện trở định thiên cho Transistor Q_1 .

R_2 là điện trở tải của Transistor Q_1 , vừa là điện trở định thiên cho Transistor Q_2 .

Ta có: $U_{C1} = U_{B2}$

Để cho tín hiệu không bị méo dạng, ta phải chọn trị số R_2 sao cho điện áp cực góp của Q_1 không nhỏ hơn 1,2V, đây cũng là điện áp đặt lên Bazơ Q_2 . Nếu điện áp này đặt hoàn toàn lên tiếp giáp Bazơ-Emitơ của Q_2 thì có thể làm hỏng tiếp giáp này. Do đó, trong mạch ta phải mắc thêm R_3 để làm sụt bớt điện áp U_{B2} , đảm bảo thiên áp cho Transistor Q_2 làm việc.

$$U_{BE2} = U_{B2} - U_{R3}$$

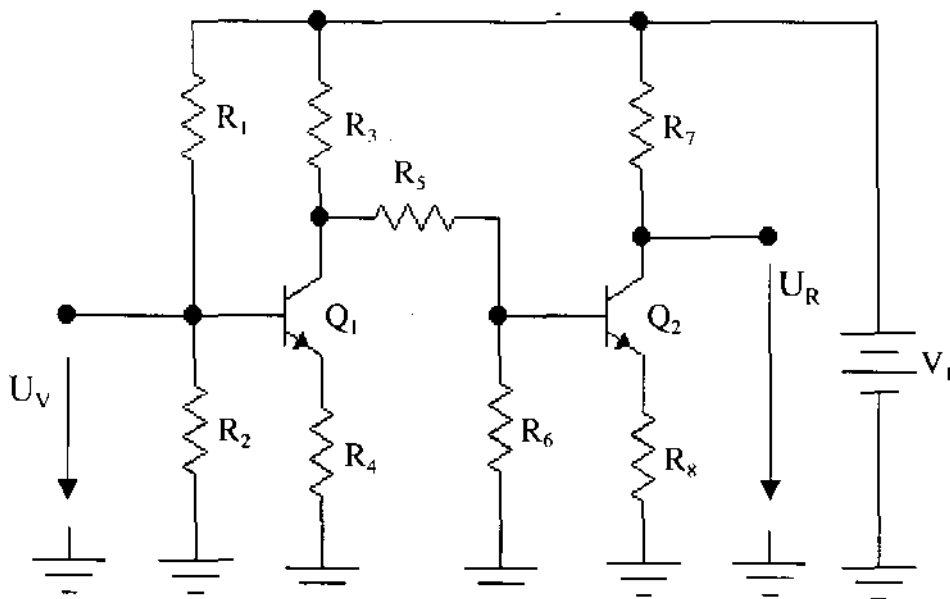
Thường chọn $R_2 = 5 - 15K\Omega$ để điện áp cực góp Q_1 khoảng 1,2 - 2,5V;
Điện trở $R_3 = 1,5 - 2,5K\Omega$.

Để khử hồi tiếp âm đối với tín hiệu trên R_3 ta dùng tụ điện C_2 cỡ 3 - 100 μ F.

Ưu điểm của kiểu ghép tầng trực tiếp là hệ số khuếch đại lớn và không gây ra hiện tượng méo tần số như các cách ghép khác. Tuy nhiên, điều chỉnh mạch phức tạp và rất không ổn định.

2. Mạch ghép điện trở

Sơ đồ mạch:



Hình 2.11. Mạch khuếch đại ghép tầng dùng điện trở

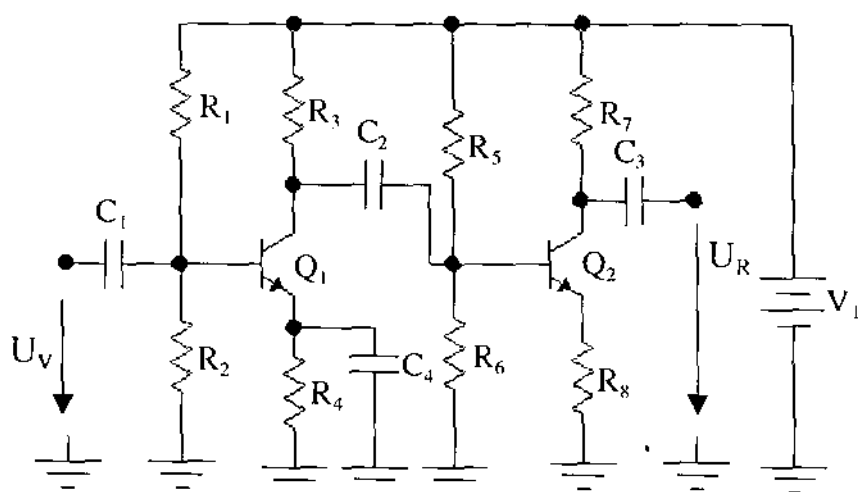
Do các điện trở R_5 và R_6 nên trong mạch có tổn hao và tạo ra một mức dịch điện áp nào đó. Trong thực tế điện dung vào của Transistor tầng sau có tham gia vào mạch ghép, do đó đây là một mạch ghép phụ thuộc vào tần số. Để truyền các tín hiệu tần số cao, người ta thường mắc song song với R_5 một tụ điện. Mạch phải thỏa mãn điều kiện I_0 (dòng qua R_5 , R_6) $\gg I_{B2}$ sao cho điện thế tại B_2 hầu như không đổi.

So với cách ghép trực tiếp, cách ghép này có ưu điểm hơn ở chỗ nhờ có điện trở hạn chế nên chế độ làm việc (hoạt động) tĩnh của các tầng khuếch đại ít bị ảnh hưởng lẫn nhau. Do đó, độ ổn định của mạch khuếch đại tốt hơn.

Ghép điện trở ít được sử dụng trong các mạch tổ hợp vì các điện trở lớn thường chiếm thể tích lớn.

3. Mạch ghép điện dung

Sơ đồ mạch:



Hình 2.12. Mạch khuếch đại ghép tầng bằng điện dung

Ghép điện dung còn được gọi là cách ghép RC. Trong mạch có R_3 , C_1 , C_2 và C_3 là các phần tử ghép. Vì trở kháng vào của đèn nhỏ $200\Omega - 2K\Omega$, nên thường chọn tụ nối tầng C_2 khoảng $2 - 10\mu F$ để ngắn mạch đối với thành phần xoay chiều. Tùy theo từng loại đèn được sử dụng mà đấu tụ sao cho tụ được phân cực thuận.

Nói chung R_3 lớn thì hệ số khuếch đại lớn, nhưng do R_3 gây giảm áp một chiều nên nếu chọn R_3 lớn quá làm U_C và I_C đều nhỏ, hệ số khuếch đại của mạch lại giảm và giảm nhiều ở tần số cao. Nếu chọn R_3 nhỏ sẽ làm giảm hệ số khuếch đại và giảm cả trở kháng vào tầng sau. Vì vậy R_3 thường chọn từ $2 - 5K\Omega$.

Trong một dải tần số làm việc, tụ điện và sự phụ thuộc các tham số của Transistor vào tần số sẽ làm cho điện áp đầu ra bộ khuếch đại thay đổi cả biên độ và pha khi tín hiệu vào thay đổi.

- Ở miền tần số trung bình, cho phép bỏ qua sự ảnh hưởng của tụ điện trong bộ khuếch đại và không tính đến sự phụ thuộc của các tham số Transistor vào tần số.

- Ở miền tần số thấp, tụ ghép tầng C_1 , C_2 , C_3 và C_4 ảnh hưởng lớn đến hệ số khuếch đại của mạch. Lúc này tụ C_1 , C_2 , C_3 có trở kháng lớn, sụt áp

trên tụ cũng tăng lên, nên điện áp từ nguồn tín hiệu đặt vào tầng đầu tiên hoặc điện áp ra tầng sau bị giảm. Vì vậy, biên độ điện áp ra của mỗi tầng và của cả mạch bị giảm.

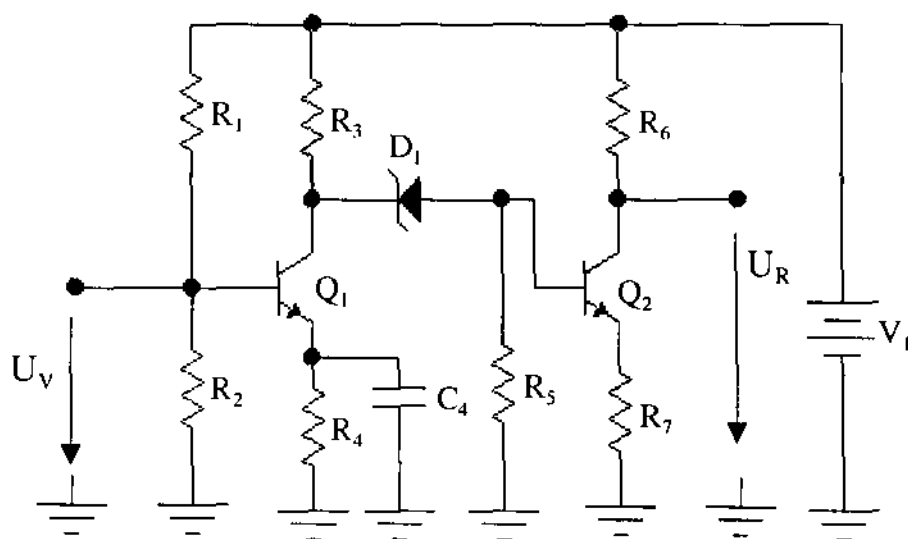
Trở kháng của tụ C_4 tăng lên cũng làm giảm sự rẽ mạch của tụ C_4 đối với thành phần xoay chiều, làm hồi tiếp âm dòng điện xoay chiều trên R_4 cũng tăng lên, hệ số khuếch đại của mạch giảm.

- Ở miền tần số cao, các tụ ghép tầng C_1 , C_2 , C_3 và C_4 sẽ làm dải thông của mạch rộng ra và hệ số khuếch đại của mạch tăng lên.

Kiểu ghép bằng điện dung hay bằng RC có nhược điểm là không phối hợp được trở kháng ra lớn của tầng trước với trở kháng nhỏ của tầng sau. Hơn nữa, trở kháng của tụ nối tầng C_2 ở tần số thấp lớn hơn ở tần số cao nên tín hiệu ở tần số thấp bị suy giảm nhiều hơn sự suy giảm tín hiệu ở tần số cao. Nếu mạch là mạch khuếch đại âm thanh thì tiếng trầm bị thiệt hơn tiếng thanh.

4. Mạch ghép diot

Sơ đồ mạch:



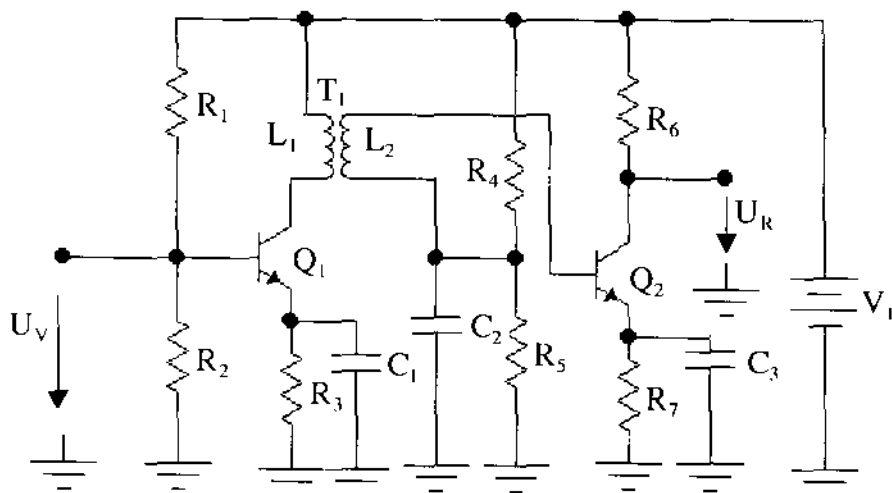
Hình 2.13. Mạch khuếch đại ghép tầng dùng diot

Trong mạch phân tử ghép là một diot zener. Loại ghép tầng này vẫn tạo ra một mức dịch điện áp nào đó trong khi hạ áp trên nó không đáng kể. Vì trở kháng của diot zener nhỏ, để diot luôn làm việc trong khu vực zener thì phải có dòng qua diot khoảng 1mA.

Ghép tầng bằng diot zener có giá thành đắt hơn các loại ghép khác nên ít được sử dụng. Để giảm giá thành, có thể thay diot zener bằng diot thường mắc nối tiếp theo chiều phân cực thuận. Mạch ghép diot có đặc điểm là truyền được tín hiệu với dải tần rộng.

5. Mạch ghép biến áp

Sơ đồ mạch:



Hình 2.14. Mạch khuếch đại ghép tầng dùng biến áp

Phần tử ghép là biến áp gồm hai cuộn dây L_1 và L_2 . Ghép biến áp không chỉ cách ly các tầng về dòng điện một chiều mà còn làm tăng hệ số khuếch đại K_U hay K_I (tùy thuộc biến áp giảm áp hay tăng áp).

Vì điện trở một chiều của cuộn sơ cấp biến áp nhỏ nên hạ áp một chiều trên nó nhỏ, nghĩa là hầu như toàn bộ điện áp nguồn cung cấp được đưa đến cực Collector của Transistor, điều đó cho phép dùng nguồn điện áp thấp cung cấp cho các tầng khuếch đại ghép biến áp.

Về mặt xoay chiều tụ C_2 và C_3 có trở kháng rất nhỏ nên toàn bộ điện áp tín hiệu ở hai đầu cuộn thứ cấp được đưa vào cực Bazơ của Transistor Q_2 , làm cho tín hiệu ra lớn. Ngoài ra, ghép biến áp sẽ dễ dàng phối hợp trở kháng và thay đổi cực tính tín hiệu trên các cuộn dây.

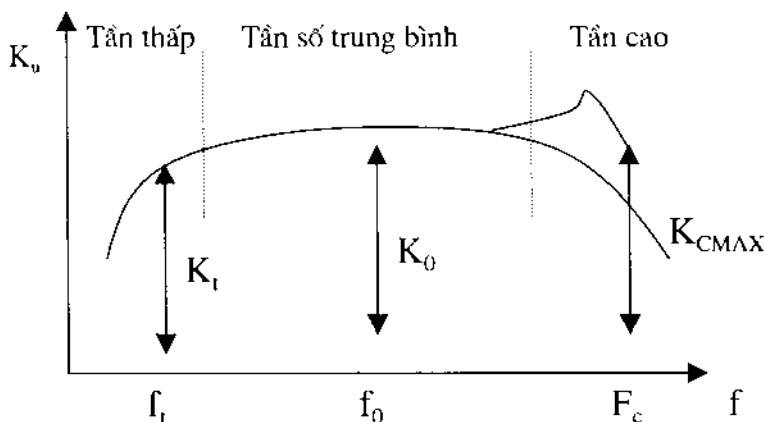
Khi xét đến sự phối hợp trở kháng giữa các tầng thì trở kháng vào của tầng sau sẽ phản ánh về tầng trước qua biến áp (quay về cuộn sơ cấp) sẽ là:

$$Z_{Ra} = n^2 \cdot Z_v = (W_1/W_2)^2 \cdot Z_v$$

Trong đó, W_1 và W_2 là số vòng dây của các cuộn L_1 và L_2 .

Vì trở kháng ra của Transistor tầng trước lớn hơn trở kháng vào của Transistor tầng sau nên số vòng cuộn sơ cấp thường nhiều hơn cuộn thứ cấp.

Méo tần số trong bộ khuếch đại ghép biến áp là do cuộn dây biến áp và các tụ C_1 , C_2 , C_3 và C_{CE} gây ra, làm cho đặc tuyến tần số trong dải tần không bằng phẳng.



Hình 2.15. Đặc tuyến tần số của mạch khuếch đại ghép biến áp

Ở miền tần số trung bình, hệ số khuếch đại thực tế không phụ thuộc vào tần số vì trở kháng của điện cảm rò nhỏ nên không ảnh hưởng đến việc truyền tín hiệu đến tầng sau. Ngoài ra, dung kháng C_{CE} , C_2 , L_1 (điện cảm cuộn sơ cấp) đủ lớn, tác dụng mắc rẽ của chúng đối với mạch rẽ của tầng đầu và tải là không đáng kể, vì vậy có thể không tính đến chúng.

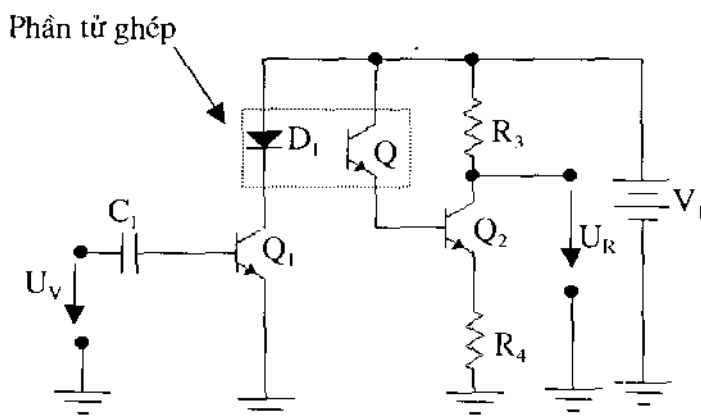
Ở miền tần số thấp, $X_L = 2\pi f L_1$ bị giảm sẽ gây tác dụng mắc rẽ đáng kể với Z_{Ra} và làm cho hệ số khuếch đại giảm. Tụ C_{CE} và C_2 có trở kháng $> X_{L1}$ ở miền tần số trung bình nên không ảnh hưởng đến tín hiệu ở tần số thấp.

Ở miền tần số cao, điện cảm rò tăng nên điện áp tín hiệu đưa ra tải tầng sau bị giảm, dung kháng $X_C = 1/2\pi f C$ của C_{CE} và C_2 sẽ làm giảm điện áp xoay chiều trên Collector của Q_1 , kết quả là làm cho hệ số khuếch đại bị giảm. Cần chú ý rằng, tầng khuếch đại ghép biến áp ở một miền tần số cao có thể xuất hiện cộng hưởng làm cho đặc tuyến vồng lên, đó là do các tụ điện nói trên tạo với điện cảm L của biến áp thành mạch cộng hưởng song song có trở kháng rất lớn ở tần số đó.

Mạch ghép biến áp là loại mạch ghép cổ nhất, có dải tần làm việc hẹp, không thể ghép một chiều được vì vậy nó ít được sử dụng.

6. Mạch ghép điện quang

Sơ đồ mạch:



Hình 2.16. Mạch khuếch đại ghép điện quang

Trong đó:

D_1 là diot phát quang.

Q là Transistor quang.

Cả hai linh kiện này thường được đóng gói trong một vi mạch gồm có bốn chân. Nguyên lý hoạt động của linh kiện này sẽ được trình bày ở các giáo trình linh kiện khác.

Ghép điện quang có thể truyền đạt được tín hiệu một chiều đến các tín hiệu có tần số nằm trong phạm vi GHz. Mạch ghép có thể cách điện cao, khoảng vài KV. Do phần tử quang có sai số phi tuyến tương đối lớn nên độ chính xác loại này có giới hạn. Nếu dùng mạch này trong sơ đồ khuếch đại đẩy kéo thì sai số phi tuyến được bớt đi một phần.

V. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU VỪA VÀ LỚN

1. Đặc tính của tín hiệu vừa và lớn

Tín hiệu vừa và lớn là tín hiệu điện có biên độ là điện áp hay dòng điện trung bình hoặc lớn (biên độ từ một, hai vôn tới năm, bảy vôn). Tín hiệu vừa và lớn có các đặc điểm như sau:

- Tín hiệu có biên độ trung bình và lớn nên chỉ cần xử lý, khuếch đại sơ bộ... là có thể sử dụng được (có thể đưa ra tải).

- Tín hiệu có biên độ trung bình và lớn nên tín hiệu khoẻ, có khả năng điều khiển hay kích thích các mạch điện lớn mà không phải qua nhiều tầng khuếch đại trung gian.

- Tín hiệu lớn nên nhiều lần át hoặc chèn ép tín hiệu là rất khó. Trong nhiều trường hợp nhiều nhỏ không thể chèn ép được tín hiệu. Ví dụ, ở tầng khuếch đại công suất tín hiệu có biên độ rất lớn nên nhiều ít khi lấn át được tín hiệu.

- Việc xử lý và gia công tín hiệu trung bình và lớn cũng ít phức tạp hơn và dễ dàng hơn. Đối với những nơi có yêu cầu không cao thì việc tín hiệu có méo dạng đôi chút cũng có thể chấp nhận được.

2. Đặc điểm của mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn

Mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn là các tầng, các mạch khuếch đại trung gian hay các tầng khuếch đại công suất trong các thiết bị điện tử. Các mạch khuếch đại này có đặc điểm như sau:

- Mạch khuếch đại làm việc ở chế độ hoạt động A, B hoặc AB. Nếu mạch làm việc ở chế độ hoạt động A thì cũng có kết cấu tương tự như các mạch khuếch đại làm việc ở chế độ hoạt động A đã được học. Còn những mạch khuếch đại làm việc ở chế độ B hoặc AB thì phải mắc theo kiểu đẩy kéo.

- Mạch thường có hệ số khuếch đại lớn (độ lợi lớn). Mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn thường có hệ số khuếch đại trong khoảng vài chục lần đến hàng trăm lần, hàng nghìn lần.

- Mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn có hệ số khuếch đại lớn nên đối với tín hiệu vào không lớn lắm thì mạch vẫn làm việc bình thường mà không làm bão hoà hay cắt mất tín hiệu.

- Mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn thường có công suất lớn, nên nguồn điện dùng để cung cấp cho mạch làm việc thường có trị số rất lớn, từ hàng chục vôn đến hàng trăm vôn. Ví dụ như nguồn điện một chiều cung cấp cho mạch khuếch đại công suất tín hiệu video của tivi màu lên tới 180V.

- Mạch khuếch đại tín hiệu lớn thường có công suất lớn nên mạch tỏa nhiệt rất lớn, vì vậy phải có biện pháp để toả nhiệt cho mạch. Một số mạch khuếch đại công suất lớn phải dùng quạt gió kết hợp với các tấm toả nhiệt để toả nhiệt cho mạch.

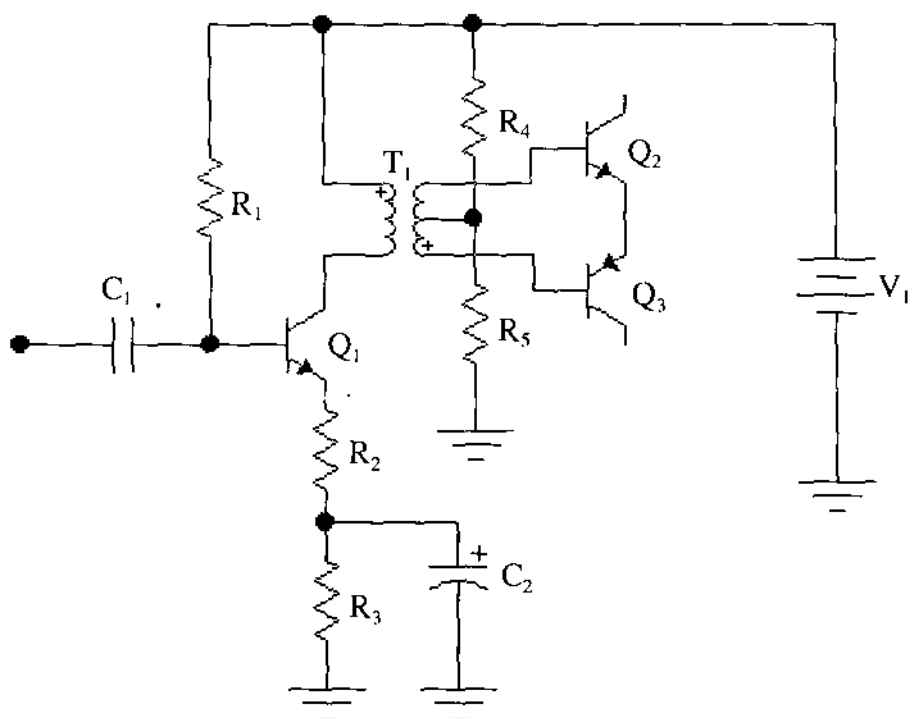
- Mạch khuếch đại công suất mắc đẩy kéo có hiệu suất lớn hơn các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ...

VI. MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO PHA

Nếu tầng khuếch đại cuối cùng là tầng khuếch đại công suất mắc đẩy kéo thì trước nó phải có tầng khuếch đại đảo pha. Tầng khuếch đại đảo pha có nhiệm vụ tạo ra hai tín hiệu ngược pha và biên độ bằng nhau để kích thích cho tầng công suất. Sau đây ta sẽ khảo sát một số mạch khuếch đại đảo pha cụ thể.

1. Mạch đảo pha dùng biến áp

Sơ đồ mạch:



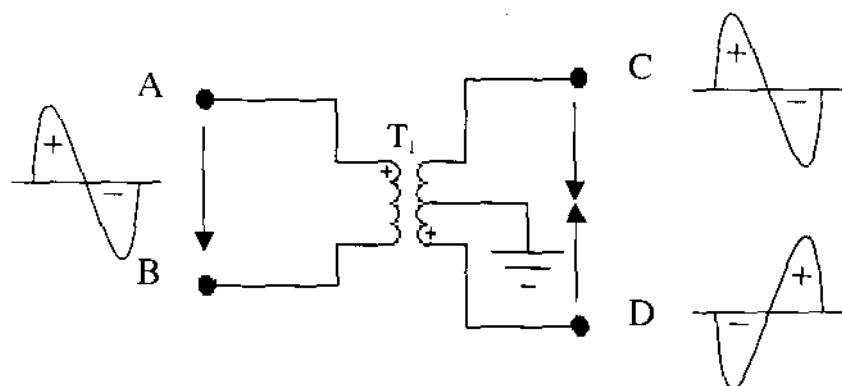
Hình 2.17. Mạch khuếch đại đảo pha dùng biến áp

Tầng khuếch đại đảo pha dùng biến áp thường được mắc theo sơ đồ cực phát chung. Biến áp đảo pha ngoài nhiệm vụ tạo ra hai tín hiệu có điện áp bằng nhau nhưng ngược pha nhau còn làm nhiệm vụ phối hợp trở kháng giữa trở

kháng ra lớn của tầng trước với trở kháng nhỏ của tầng sau. Do vậy, mạch khuếch đại đảo pha phải có chất lượng tốt và cuốn thật cân, nếu cuốn không cân thì hai cuộn thứ cấp có điện trở lệch nhau và hai Transistor công suất sẽ được định thiên lệch nhau, do vậy tín hiệu ra sẽ bị méo dạng.

Tầng khuếch đại đảo pha mắc theo sơ đồ trên là tầng khuếch đại Q_1 mắc theo cực phát chung. Điện trở R_1 định thiên cho Transistor bằng dòng cực gốc ban đầu. Nguồn cấp cho cực góp được cấp qua cuộn sơ cấp của biến áp đảo pha. Điện trở R_2 và R_3 đóng vai trò ổn định nhiệt. Tụ C_2 loại bỏ hồi tiếp âm trên R_3 .

Nguyên lý tạo ra điện áp đảo pha cùng biên độ bằng biến áp đảo pha được trình bày trên hình sau:



Hình 2.18. Mạch đảo pha dùng biến áp

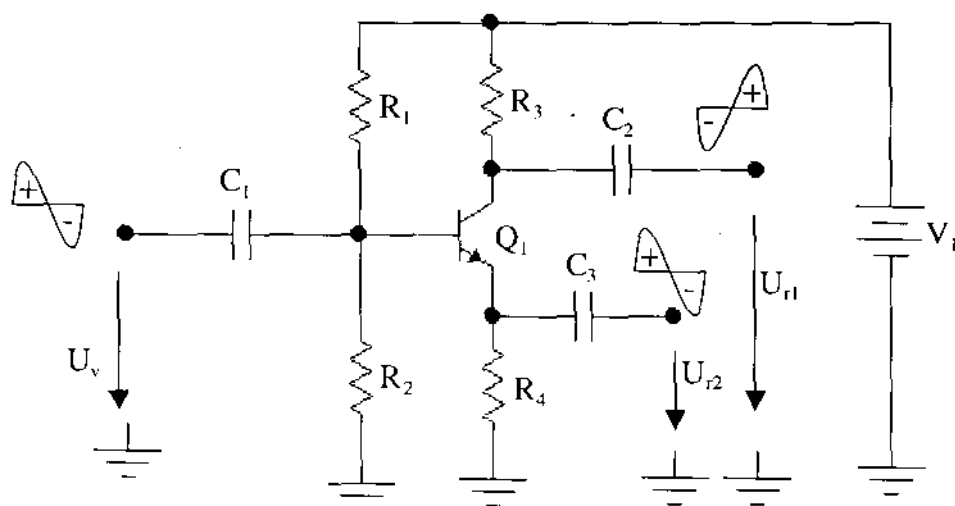
Giả sử trong một nửa chu kỳ dương của tín hiệu đầu A có điện thế dương hơn đầu B, nếu cuộn thứ cấp cuốn cùng chiều với cuộn sơ cấp thì đầu C sẽ dương hơn đầu D vì giữa cuộn thứ cấp đầu ra mát của điện trở định thiên của tầng khuếch đại công suất.

Như vậy cuộn thứ cấp được chia làm hai nửa, một nửa trên là đầu ra C và mát, còn đầu D có điện áp âm hơn so với mát. Hai nửa của cuộn dây thứ cấp có cùng số vòng thì suất áp xoay chiều trên hai nửa có biên độ bằng nhau và ngược pha. Điểm C và D được nối cực gốc của hai Transistor công suất mắc đẩy kéo thì mỗi Transistor chỉ công tác trong một nửa chu kỳ (chế độ B).

Tới nửa chu kỳ âm của tín hiệu thì quá trình diễn ra hoàn toàn ngược lại nên tại đầu ra C và D so với mát là hai điện áp có biên độ bằng nhau nhưng có pha lệch nhau 180° hay còn gọi là ngược pha nhau.

2. Mạch đảo pha phân phụ tải

Sơ đồ mạch:



Hình 2.19. Mạch khuếch đại đảo pha phân phụ tải

Mạch khuếch đại đảo pha phân phụ tải (gánh) là mạch khuếch đại đảo pha không sử dụng biến áp. Điện áp lấy ra trên cực gốc và cực phát của tầng khuếch đại được lấy ra trên hai điện trở R_3 và R_4 , với R_3 và R_4 bằng nhau.

Khi lấy điện áp ra trên cực góp thì tầng khuếch đại được mắc như sơ đồ cực phát chung, điện áp tín hiệu ra đảo pha 180 độ so với điện áp tín hiệu vào.

Khi lấy điện áp ra trên cực phát thì mạch được mắc như sơ đồ lặp lại cực phát (mạch mắc cực góp chung), và điện áp tín hiệu ra đồng pha với điện áp tín hiệu vào.

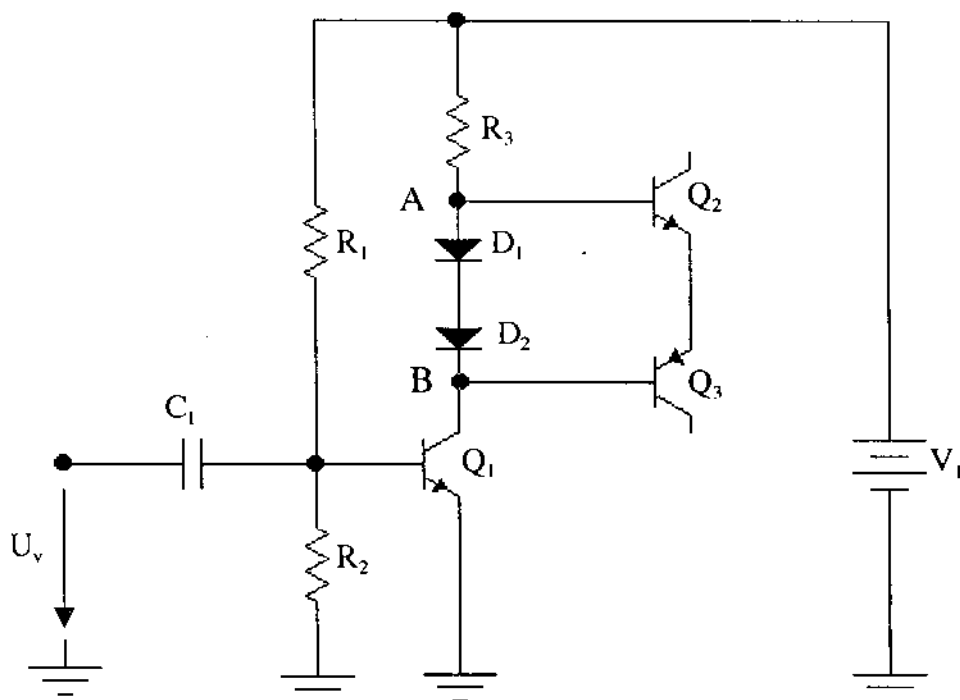
Về mặt biên độ, hai tín hiệu ra xấp xỉ bằng nhau vì $R_3 = R_4$, trong khi đó dòng cực góp xấp xỉ bằng dòng cực phát. Ưu điểm của sơ đồ này là mạch đơn giản, không cần dùng biến áp, nhược điểm là độ khuếch đại của mạch nhỏ.

3. Mạch đảo pha dùng Transistor - Diot

Sơ đồ mạch: Hình 2.20

Tác dụng linh kiện:

- R_1 và R_2 dùng để phân áp cho tầng đảo pha Q_1 .
- R_3 , D_1 , D_2 dùng để phân áp cho hai Transistor khuếch đại công suất Q_2 và Q_3 , đây cũng là tải của tầng khuếch đại Q_1 . Ta phải dùng tới hai diot trở lên để đảo pha thì mới đủ phân cực một chiều cho hai Transistor Q_2 và Q_3 .



Hình 2.20. Mạch khuếch đại đảo pha dùng diot

Nguyên lý của mạch như sau:

Khi điện áp tín hiệu vào giảm thì trên cực C (điểm B) của Transistor Q_1 có điện áp tăng, làm cho Transistor Q_3 khoá, nên Transistor Q_3 không làm việc. Trong khi đó, điện áp trên cực C (điểm B) của Transistor Q_1 tăng làm cho D_1 và D_2 có xu hướng phân cực ngược và khoá lại, làm cho điện áp tại cực B của Transistor Q_2 (điểm A) tăng, Q_2 làm việc.

Khi điện áp tín hiệu vào tăng thì quá trình diễn ra hoàn toàn ngược lại, có nghĩa là điện áp tại điểm B giảm và điện áp tại điểm A cũng giảm, Transistor Q_2 không làm việc và Transistor Q_3 làm việc.

Vì vậy ở hai nửa chu kỳ của tín hiệu vào là hìn sin thì điện áp tại các điểm A, B không có đảo pha (đồng pha) nhưng chúng có thể dùng để điều khiển mạch khuếch đại công suất đẩy kéo giống như một mạch khuếch đại đảo pha thực thụ.

Mạch trên có ưu điểm là kết cấu đơn giản và dễ dàng điều chỉnh.

Ứng dụng của các mạch đảo pha là dùng để điều khiển (kích thích) các mạch khuếch đại công suất đẩy kéo.

VII. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐƠN

1. Đặc điểm của mạch khuếch đại công suất đơn

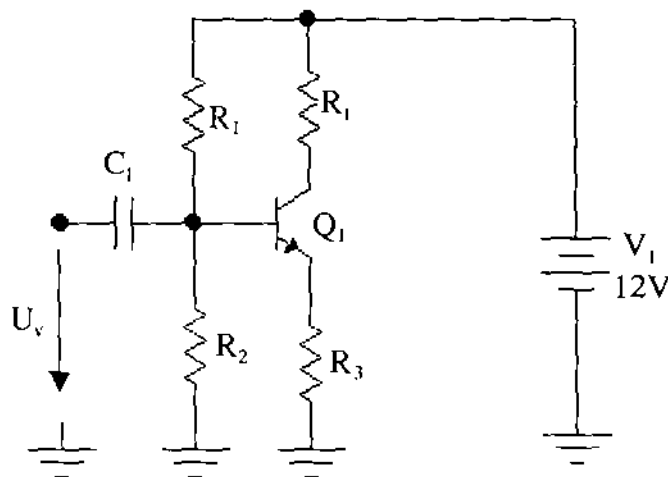
Mạch khuếch đại dùng một Transistor làm phần tử khuếch đại, làm nhiệm vụ khuếch đại công suất nên được gọi là mạch khuếch đại công suất đơn. Mạch khuếch đại công suất đơn có một số đặc điểm như sau:

- Mạch khuếch đại dùng một Transistor để khuếch đại nên phải làm việc ở chế độ A để tín hiệu ra khuếch đại không bị méo dạng.
- Công suất của mạch khuếch đại công suất đơn thường nhỏ nên chỉ đáp ứng được cho các tải yêu cầu có công suất không lớn lắm.
- Hiệu suất của mạch thường nhỏ, vì mạch làm việc ở chế độ A nên khi không có tín hiệu vào mạch thì mạch vẫn tiêu thụ công suất nguồn một chiều.
- Nguồn một chiều cung cấp cho mạch khuếch đại công suất đơn làm việc thường nhỏ, hơn nữa công suất của mạch cũng thấp nên mạch khuếch đại thường ít khi có gắn toả nhiệt đi kèm. Mạch khuếch đại công suất đơn có thể là mạch khuếch đại mắc Emitter chung, mạch khuếch đại mắc Collector chung (lập Emitter) nhưng ít khi là mạch khuếch đại Bazơ chung. Sau đây ta sẽ khảo sát một số mạch khuếch đại công suất đơn.

2. Các loại mạch khuếch đại công suất đơn

2.1. Mạch khuếch đại cơ bản

Sơ đồ mạch:



Hình 2.21. Mạch khuếch đại công suất đơn có tải mắc trực tiếp

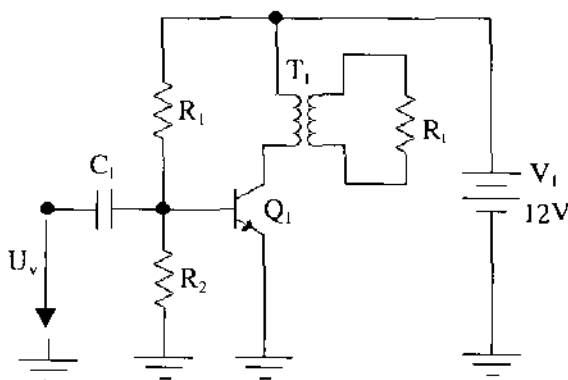
Mạch trên là mạch khuếch đại mắc Emitter chung làm việc ở chế độ hoạt động A. Tải được đặt trực tiếp ở cực C của Transistor Q_1 . Thông thường tải có trị số điện trở nhỏ để có thể nhận dòng điện lớn sẽ cho ra công suất lớn, vì công suất ra tỷ lệ với hình phương dòng điện.

Điện trở R_3 nhận dòng điện tải rất lớn nên tiêu hao công suất cũng rất lớn một cách vô ích, do đó người ta thường bỏ điện trở R_3 đi. Trường hợp dùng điện trở R_3 để ổn định nhiệt thì chỉ chọn chỉ số R_3 rất nhỏ.

Mạch khuếch đại có hiệu suất thấp $\eta \leq 25\%$

2.2. Mạch khuếch đại có biến áp ra

Sơ đồ mạch:



Hình 2.22. Mạch khuếch đại công suất đơn có tải ghép biến áp

Mạch khuếch đại trên dùng biến áp ra để đưa tín hiệu xoay chiều ở ngõ ra của Transistor ra tải R_L .

Xét về yếu tố dòng điện một chiều thì điện trở của cuộn dây sơ cấp của biến áp T_1 có trị số rất nhỏ và cực Emitter của Transistor Q_1 trong mạch được nối trực tiếp xuống mát nên mạch không tiêu hao công suất vô ích trên điện trở. Vì vậy có thể dùng nguồn có điện áp thấp hơn để cung cấp cho mạch.

Công suất ra trên tải (sơ cấp):

$$P_{0Max} = \frac{i_{cmax}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{CCmax}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

Công suất tiêu tán nhiệt trung bình trên Transistor là:

$$P_D = V_{CC} \cdot I_D = V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

Trong mạch, cuộn dây sơ cấp biến áp T_1 có điện trở nhỏ không đáng kể nên công suất tiêu hao trên cuộn dây coi như không có.

Như vậy hiệu suất của mạch là:

$$\eta = \frac{P_{0 \max}}{P_D} = \frac{\frac{V_{CC}^2}{2 R_L}}{\frac{V_{CC}^2}{R_L}} \cdot 100\% = 50\%$$

Như vậy, với cách mắc biến áp ra thì hiệu suất của mạch được tăng lên từ 25% đến 50%.

Trong thực tế vẫn có công suất tiêu thụ một chiều trên cuộn dây sơ cấp của biến áp nên hiệu suất của mạch khuếch đại chỉ đạt khoảng 35%.

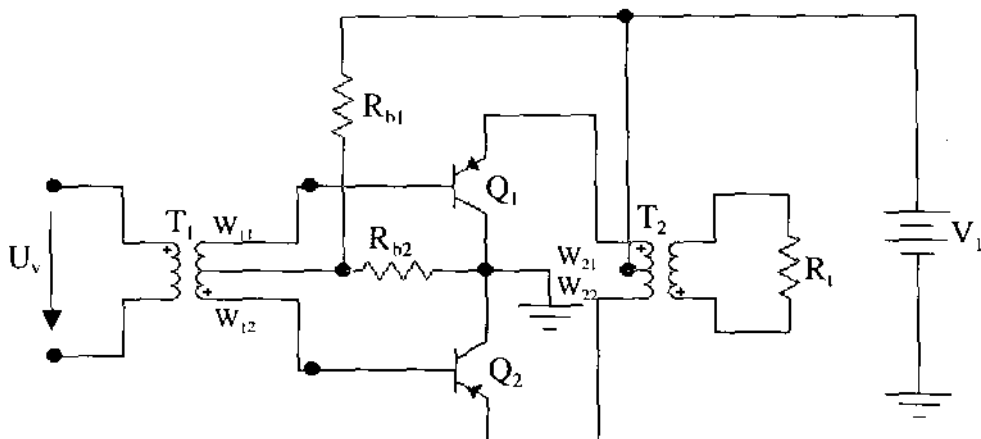
Các mạch khuếch đại công suất đơn thường được ứng dụng làm các mạch khuếch đại công suất trong các thiết bị điện tử có công suất ra nhỏ.

VIII. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT DẪY KÉO

Mạch khuếch đại công suất đơn có hiệu suất thấp, vì khi làm việc có dòng tĩnh lớn (dòng một chiều). Để khắc phục nhược điểm này, người ta mắc tầng khuếch đại công suất đẩy kéo làm việc ở chế độ B, hoặc AB.

1. Mạch khuếch đại dùng biến áp

Sơ đồ mạch:



Hình 2.23. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo dùng biến áp ra

Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor cùng loại. Biến áp T_1 cung cấp tín hiệu vào hai cực Bazo của hai Transistor. Biến áp T_2 dùng để cấp nguồn cho các cực Emitter của hai đèn công suất và lấy tín hiệu ra.

Điện trở R_{b1} và R_{b2} là bộ phân áp, dùng để định thiên cho mỗi đèn. Trong chế độ làm việc AB, R_{b1} và R_{b2} được chọn sao cho dòng điện tĩnh qua chúng nhỏ. Còn trong chế độ làm việc B thì sẽ không có điện trở R_{b1} nên thiên áp ban đầu $U_{be} = 0$. R_{b2} dùng để đảm bảo công tác của mạch ở chế độ nguồn áp.

Nguyên lý làm việc như sau:

- Khi không có tín hiệu vào thì Q_1 và Q_2 đều tắt. U_{be1} và U_{be2} đều bằng không, dòng điện I_{c1} và I_{c2} bằng không, U_{c1} và U_{c2} đều bằng điện áp nguồn.

- Khi có tín hiệu vào:

- + Ở nửa chu kỳ dương, giả sử trên cuộn W_{11} của Transistor T_1 có nửa chu kỳ điện áp âm, còn trên cuộn W_{12} có nửa chu kỳ điện áp dương, kết quả là Transistor Q_2 khoá và Transistor Q_1 thông, có dòng chảy qua Q_1 và cuộn dây W_{21} , dòng điện này cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp nên trên tải sẽ có tín hiệu ứng với nửa chu kỳ dương.

- + Ở nửa chu kỳ âm, cực tính trên các cuộn dây W_{11} và W_{12} đổi chiều làm cho Transistor Q_1 khoá và Transistor Q_2 thông, khi đó có dòng điện chảy qua cuộn dây W_{22} và Transistor Q_2 , dòng điện này lại cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp và tạo ra trên tải nửa chu kỳ tín hiệu âm còn lại.

Như vậy, quá trình khuếch đại tín hiệu được thực hiện theo hai nhịp nửa chu kỳ, nửa chu kỳ đầu một Transistor làm việc, nửa chu kỳ sau Transistor còn lại làm việc.

Hiệu suất của mạch khuếch đại công suất đẩy kéo làm việc ở chế độ B lớn hơn hiệu suất của mạch khuếch đại đơn làm việc ở chế độ A rất nhiều. Tuy nhiên ở chế độ B, vì điện áp thiên áp ban đầu bằng không nên méo không đường thẳng của điện áp ra lớn (vì đoạn đầu của đường đặc tuyến của Transistor là phi tuyến).

Để giảm méo, người ta mắc thêm vào mạch R_{b2} để chuyển mạch trở về làm việc ở chế độ AB. Vì ở chế độ AB có dòng I_b khác không, nên dòng I_c cũng khác không, do đó hiệu suất của mạch bị giảm đi đôi chút và làm giảm hệ số khuếch đại của mạch.

Ngày nay, mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có biến áp ra được dùng trong những trường hợp yêu cầu phải cách điện một chiều đối với tải hoặc yêu

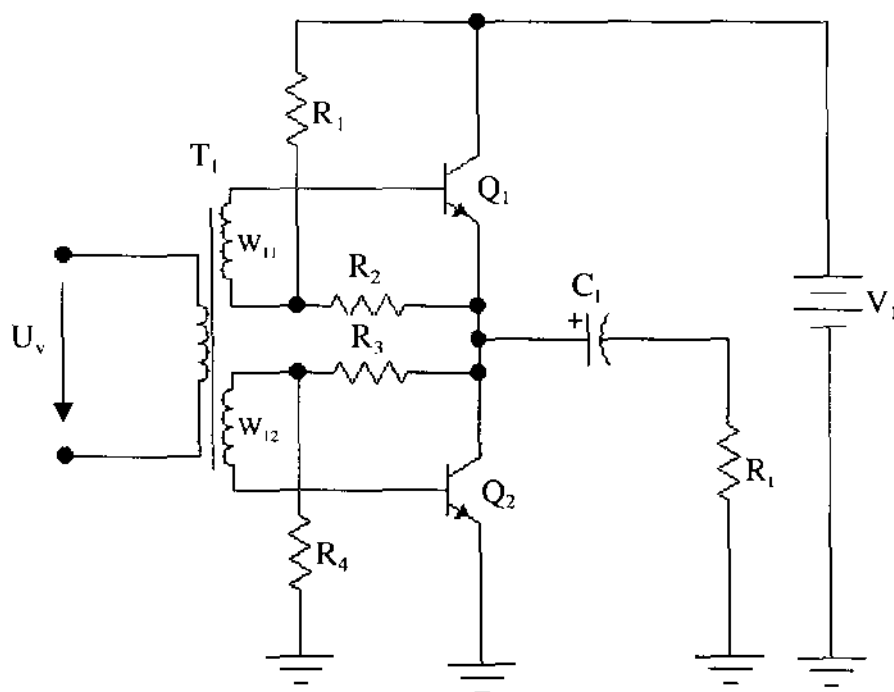
cầu mạch phải có hiệu suất cao, trong khi nguồn cung cấp nhỏ. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có một số nhược điểm rất đáng kể do biến áp gây ra méo tín hiệu nhiều, dải tần hẹp, kích thước lớn, giá thành cao và không thể thực hiện được dưới dạng mạch tích hợp.

2. Mạch khuếch đại không dùng biến áp

Tầng khuếch đại công suất đẩy kéo có thể làm việc theo sơ đồ không biến áp ra, nhờ đó sẽ giảm được kích thước, trọng lượng, giá thành; nâng cao được các chỉ tiêu chất lượng cũng như dễ dàng tích hợp trong vi mạch.

2.1. Sơ đồ khuếch đại đẩy kéo dùng hai Transistor cùng loại

- Sơ đồ mạch



Hình 2.24. Mạch khuếch đại đẩy kéo dùng tụ xoay

- Tác dụng linh kiện:

Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor cùng loại (NPN).

Điện trở R_1 , R_2 là bộ phân áp cho Transistor Q_1 .

Điện trở R_3 , R_4 là bộ phân áp cho Transistor Q_2 .

Các điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 được chọn sao cho Transistor Q_1, Q_2 làm việc ở chế độ AB.

Tụ C_1 là tụ ghép tầng của tầng khuếch đại công suất đẩy kéo Q_1 và Q_2 với tải.

Biến áp T_1 là biến áp đảo pha tín hiệu.

Transistor Q_1 được mắc theo kiểu Collector chung, Transistor Q_2 được mắc theo kiểu Emitter chung.

Để đảm bảo chế độ làm việc của Transistor Q_1 và Q_2 là như nhau thì phải có điều kiện $R_1 = R_3, R_2 = R_4$.

Điện thế tại điểm chung giữa Collector Q_2 và Emitter Q_1 bằng $+V_1/2$.

Nguyên lý làm việc:

- Khi chưa có tín hiệu vào:

$$U_{BE1} = U_{BE2} = U_{R2} = U_{R4}$$

Trong đó:

$U_{R2} = E_C \cdot R_2 / 2 (R_1 + R_2)$ do bộ phân áp R_1, R_2 tạo ra và đặt lên mặt tiếp giáp B-E của Transistor Q_1 qua cuộn dây W_{11} .

$U_{R4} = E_C \cdot R_4 / 2 (R_3 + R_4)$ do bộ phân áp R_3, R_4 tạo ra và đặt lên mặt tiếp giáp B-E của Transistor Q_2 qua cuộn W_{12} .

- Khi có tín hiệu vào (giả sử là hình sin) đặt lên sơ cấp của biến áp đảo pha, trên cuộn W_{11}, W_{12} của cuộn thứ cấp có điện áp cùng biên độ nhưng ngược pha nhau.

+ Ở nửa chu kỳ dương của tín hiệu vào, giả sử điện áp trên W_{11} là ngược pha với U_V , trên W_{12} là đồng pha với U_V . Transistor Q_1 làm việc, Transistor Q_2 khoá. Lúc này tụ C_1 sẽ nạp theo đường:

$$+V_1 \rightarrow Q_1 \rightarrow C_1 \rightarrow R_1 \rightarrow \text{Mát } (-V_1).$$

Trên tải sẽ có dòng điện chạy theo quy luật nửa dương tín hiệu vào.

+ Ở nửa chu kỳ âm của tín hiệu vào, quá trình xảy ra hoàn toàn tương tự và ngược lại. Tụ C_1 phóng điện theo đường:

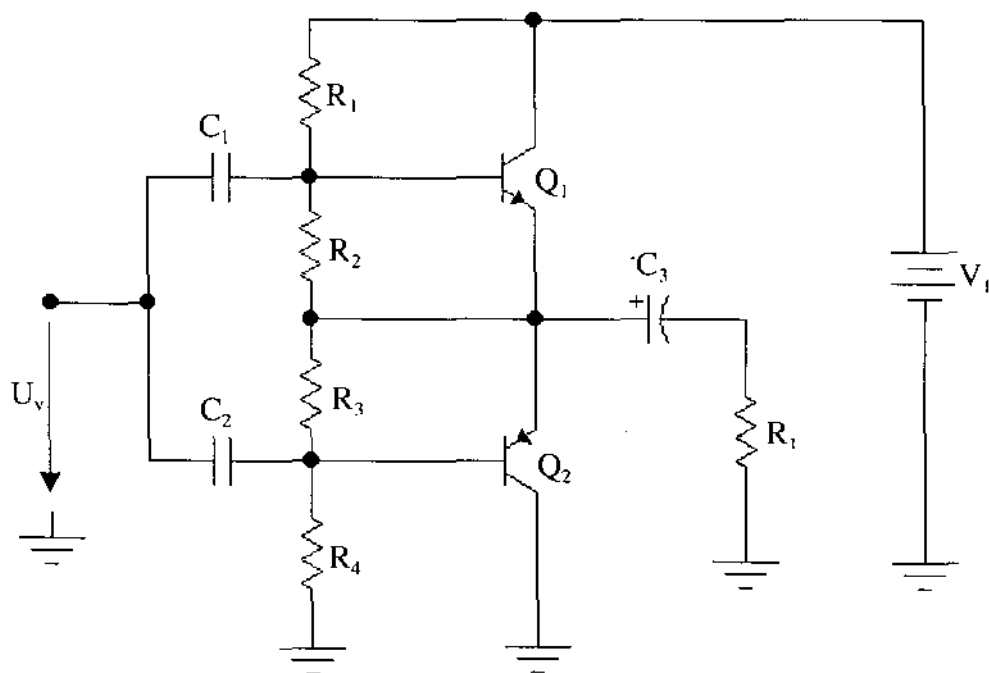
$$+C_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow \text{Mát} \rightarrow -C_1.$$

Trên tải sẽ có dòng điện chạy theo quy luật nửa âm của tín hiệu vào.

Như vậy, điện áp ra trên tải cũng biến thiên theo quy luật của tín hiệu đầu vào nhưng có biên độ, công suất lớn hơn nhiều.

2.2. Mạch khuếch đại đẩy kéo dùng hai Transistor khác loại

- Sơ đồ mạch:



Hình 2.25. Mạch khuếch đại đẩy kéo dùng hai Transistor khác loại

- Tác dụng linh kiện:

Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor khác loại nhưng giống nhau về mặt thông số kỹ thuật. Transistor Q_1 và Q_2 đều mắc theo kiểu Collector chung và có cùng chung tải R_L , cả hai Transistor đều làm việc ở chế độ AB.

Điện trở R_1 , R_2 và R_3 , R_4 là các bộ phân áp dùng để định thiên cho Transistor Q_1 và Q_2 .

- Nguyên lý làm việc:

+ Khi chưa có điện áp vào:

$$U_{BE1} = U_{BE2} = U_{BE0} \text{ nhờ chọn } R_1 = R_4, R_2 = R_3.$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C0}$$

+ Khi có tín hiệu vào hình sin U_v :

Ở nửa chu kỳ dương của U_v , Transistor Q_1 thông (làm việc), Transistor Q_2 khoá (không làm việc). Tụ C_3 nạp điện theo đường sau:

$$+V_1 \rightarrow Q_1 \rightarrow C_3 \rightarrow R_L \rightarrow \text{Mất } (-V_1).$$

Dòng nạp biến đổi theo quy luật của điện áp tín hiệu vào nên trên tải nhận được điện áp giống với nửa chu kỳ dương của điện áp tín hiệu U_v .

Ở nửa chu kỳ âm của U_v , Transistor Q_1 khoá (không làm việc), Transistor Q_2 thông (làm việc). Tụ C_3 phóng điện theo đường sau:

$$+C_3 \rightarrow Q_2 \rightarrow \text{Mát} \rightarrow R_t \rightarrow -C_3.$$

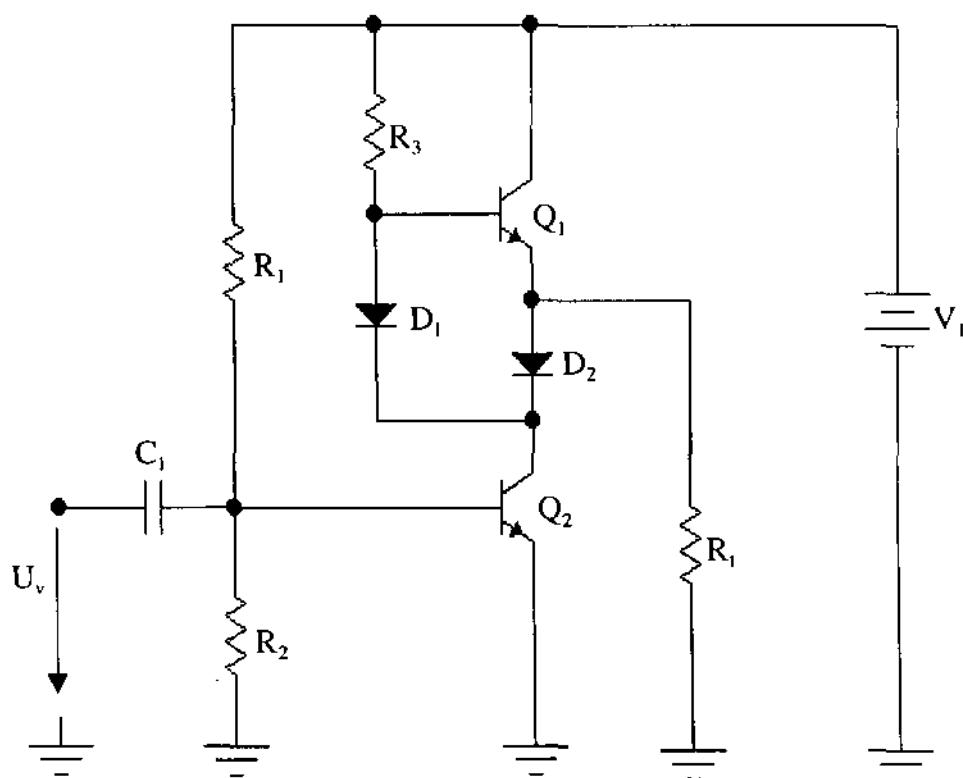
Lúc này dòng điện phóng ngược chiều với dòng điện nạp nên trên tải nhận được điện áp ứng với nửa chu kỳ âm.

Sơ đồ này khắc phục được méo tín hiệu triệt để so với Transistor làm việc ở chế độ B, đặc biệt khi U_v nhỏ.

3. Một số mạch khuếch đại công suất khác

3.1. Mạch ghép dùng diot đảo pha

- Sơ đồ mạch:



Hình 2.26. Mạch khuếch đại đẩy kéo đảo pha dùng diot

Theo hình vẽ, điện áp kích thích được dẫn trực tiếp vào Bazơ của Transistor Q_2 , còn điện áp kích thích cho Transistor Q_1 lấy từ cực Colector của Transistor Q_2 ghép qua diot sang để điều khiển cho cực Bazơ của Transistor Q_1 .

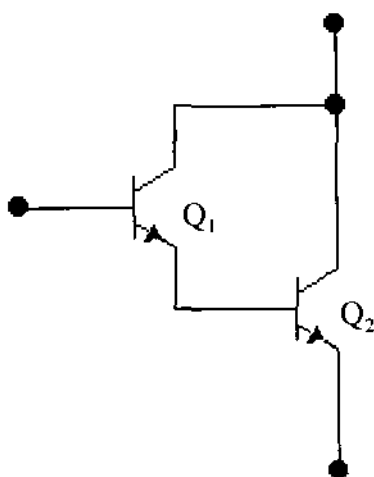
Bộ phân áp R_1, R_2 xác định điểm làm việc cho Transistor Q_2 để Transistor Q_2 dẫn dòng với mức trung bình.

Ở bán kỳ âm Transistor Q_2 khoá (không làm việc), điện áp trên Collector Transistor Q_2 tăng lên, làm cho điện áp U_B của Transistor Q_1 cũng tăng lên, làm cho Transistor Q_1 mở (làm việc), dòng điện chảy qua tải theo chiều:

$$+V_1 \rightarrow Q_1 \rightarrow D_2 \rightarrow R_1 \rightarrow \text{Mát } (-V_1).$$

Ở bán kỳ dương Transistor Q_2 mở (làm việc), điện áp trên Collector Transistor Q_2 giảm, nên làm cho điện áp U_B của Transistor Q_1 giảm, Transistor Q_1 khoá (không làm việc) và dòng điện chảy qua tải giảm (dòng điện qua tải giảm do Q_1 khoá, đồng thời Transistor Q_2 mở nên dòng điện qua tải được rẽ bớt dòng qua Q_2). Vậy dòng điện chảy qua tải tăng giảm biến đổi theo quy luật của điện áp tín hiệu U_v nhưng ngược pha với điện áp tín hiệu U_v .

Nếu cần phải tăng hệ số khuếch đại dòng điện hoặc tăng trở kháng vào để có được một công suất ra lớn, ta có thể thay mỗi một Transistor bằng một cặp Transistor mắc theo kiểu Darlington.



Hình 2.27. Mạch mắc Darlington

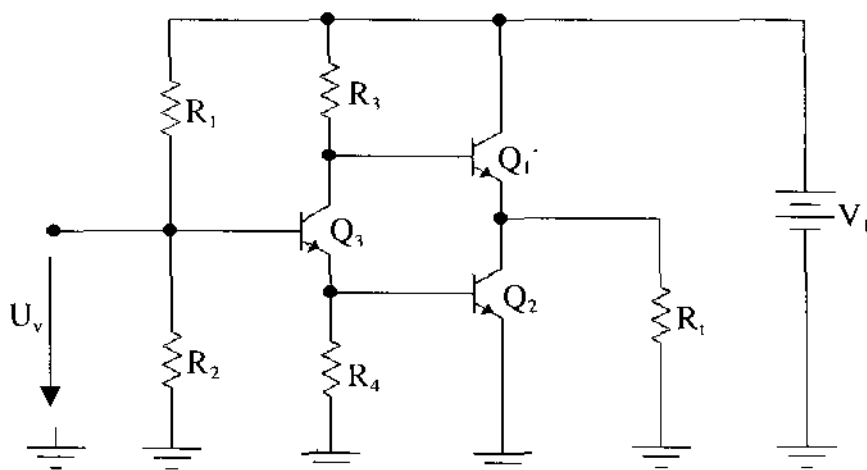
Gọi β_1 và β_2 lần lượt là hệ số khuếch đại dòng điện của các Transistor Q_1 và Transistor Q_2 . β là hệ số khuếch đại của cặp Transistor Darlington.

Ta có: $\beta \approx \beta_1 \times \beta_2$

Nên hệ số khuếch đại dòng điện của mạch được tăng lên đáng kể, làm cho công suất của mạch lớn lên rất nhiều.

3.2. Mạch khuếch đại phân phụ tải ghép trực tiếp

Sơ đồ mạch:



Hình 2.28. Mạch khuếch đại đẩy kéo ghép trực tiếp

Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor cùng loại làm nhiệm vụ khuếch đại công suất đẩy kéo.

Transistor Q_3 làm nhiệm vụ khuếch đại đảo pha và định điểm làm việc cho Transistor Q_1 và Transistor Q_2 nhờ điện áp tĩnh trên các cực Collector và Emitter của nó.

Trong các mạch rời rạc thường dùng cách ghép điện dung giữa các tầng khuếch đại đảo pha và tầng công suất, nhờ đó có thể định điểm làm việc riêng cho Transistor Q_1 và Transistor Q_2 . Nhưng trong mạch tích hợp không thể thực hiện được điều này, vì vậy trong sơ đồ này rất khó chọn R_3 để thoả mãn yêu cầu về độ méo và công suất ra. Để khắc phục khó khăn đó, người ta thay điện trở R_4 bằng một diot mắc theo phân cực thuận.

Nguyên lý hoạt động của mạch như sau:

- Với nửa chu kỳ âm của tín hiệu vào:

Tại cực B của Transistor Q_1 có điện áp dương (chu kỳ dương) làm cho Transistor Q_1 mở, còn tại cực B của Transistor Q_2 có điện áp âm (chu kỳ âm) làm cho Transistor Q_2 khoá, vậy dòng điện chạy qua điện trở tải R_t theo đường sau:

$$+V_1 \rightarrow Q_1 \rightarrow R_t \rightarrow \text{Mát } (-V_1).$$

Dòng điện này có quy luật giống như bán kỳ âm của dòng điện tín hiệu vào.

- Với nửa chu kỳ dương của tín hiệu vào:

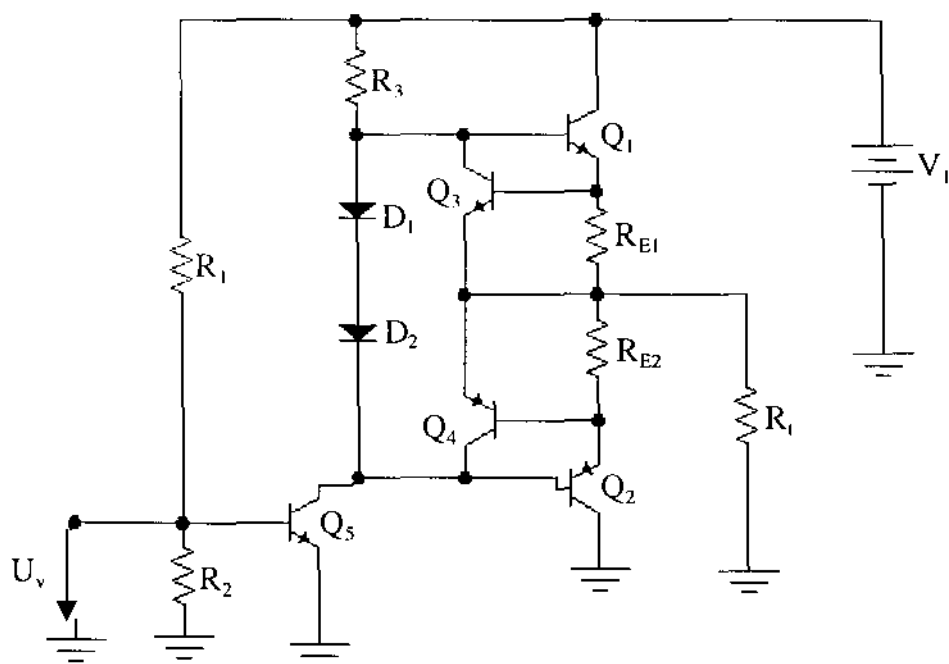
Tại cực B của Transistor Q_1 có điện áp âm (chu kỳ âm) làm cho Transistor Q_1 khoá, còn cực B của Transistor Q_2 có điện áp dương (chu kỳ dương) làm cho Transistor Q_2 mở nên dòng điện chạy qua tải giảm theo quy luật của nửa âm tín hiệu vào.

Đặc điểm của mạch khuếch đại kiểu này là kết cấu mạch đơn giản, nhưng khó điều chỉnh vì điểm làm việc một chiều của các đèn ảnh hưởng lẫn nhau. Mạch làm việc không được ổn định, khi nhiệt độ tăng rất dễ gây méo tín hiệu.

3.3. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có mạch hạn dòng

Bình thường mạch khuếch đại công suất kết có tải Emitter để xuất hiện nguy cơ quá tải (quá dòng) nếu trở kháng của tải quá nhỏ. Để khắc phục hiện tượng đó ta sử dụng sơ đồ mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có bảo vệ quá tải.

Sơ đồ mạch:



Hình 2.29. Mạch khuếch đại đẩy kéo có hạn chế dòng điện

Tác dụng linh kiện:

- Transistor Q_1 và Q_2 là hai Transistor khuếch đại công suất đẩy kéo, là hai Transistor khác loại.
- Điện trở R_1 và R_2 là cầu phân áp dùng để định thiên áp cho Q_5 làm việc.
- Transistor Q_5 là tầng khuếch đại kích thích.

- Điện trở R_3 , diot D_1 và D_2 dùng để thiên áp cho Transistor Q_1 và Q_2 làm việc ở chế độ AB.

- Transistor Q_3 và Q_4 là hai Transistor bảo vệ quá dòng (hạn dòng).

Khi mạch công suất làm việc bình thường thì hai Transistor bảo vệ Q_3 và Q_4 đều khoá (không hoạt động), điện áp Bazơ-Emitơ của chúng phụ thuộc vào hạ áp trên các điện trở R_{E1} và R_{E2} .

Khi dòng điện ra tải quá lớn, hạ áp trên các điện trở R_{E1} và R_{E2} đều tăng làm cho hai Transistor Q_3 và Q_4 đều dẫn (làm việc), thì điện áp Bazơ-Emitơ của hai Transistor Q_1 và Q_2 đều giảm và dòng điện ra tải giảm.

Điện trở R_{E1} và R_{E2} được chọn có trị số bằng nhau và được chọn sao cho dòng điện ra bị hạn chế trong trường hợp dòng điện vượt quá trị số dòng điện đã tính toán một chút.

Các mạch khuếch đại công suất đẩy kéo thường được ứng dụng làm mạch khuếch đại tầng cuối trong các thiết bị điện tử có công suất trung bình, lớn.

Câu hỏi

1. Tín hiệu nhỏ có đặc điểm gì? Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ có đặc điểm gì? Hãy kể tên một số mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ.
2. Mạch khuếch đại Darlington có cấu tạo như thế nào? Mạch khuếch đại Darlington có hệ số khuếch đại dòng điện bằng bao nhiêu? Mạch khuếch đại Darlington được ứng dụng khi nào?
3. Mạch khuếch đại vi sai có cấu tạo như thế nào? Mạch khuếch đại vi sai có những đặc điểm gì?
4. Mục đích ghép tầng khuếch đại để làm gì? Có bao nhiêu cách ghép tầng khuếch đại? Các loại ghép đó có đặc điểm gì?
5. Tín hiệu vừa và lớn có đặc điểm gì? Mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn có đặc điểm gì?
6. Các mạch khuếch đại đảo pha dùng để làm gì? Có bao nhiêu loại mạch khuếch đại đảo pha? Đặc điểm của từng loại mạch đảo pha là gì?
7. Đặc điểm về cấu trúc chung của các mạch khuếch đại đẩy kéo là gì? Mạch khuếch đại đẩy kéo hoạt động ở chế độ nào? Nguyên lý chung của các mạch khuếch đại đẩy kéo là như thế nào?

Chương 3

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CHUYÊN DỤNG

I. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DẢI RỘNG

1. Yếu tố ảnh hưởng đến hệ số khuếch đại của mạch

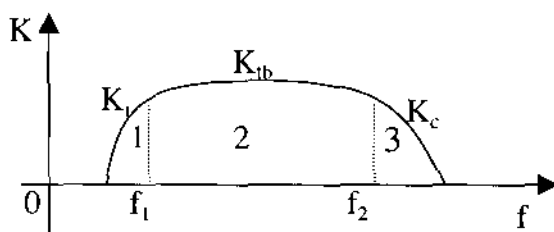
Hệ số khuếch đại [HSKD] của mạch khuếch đại phụ thuộc rất nhiều vào tần số của tín hiệu vào. Với một mạch khuếch đại cụ thể, có một dải tần số được ưu tiên khuếch đại gọi là dải tần công tác, ngoài dải tần số đó thì hệ số khuếch đại bị suy giảm. Vì vậy, để đảm bảo khuếch đại tín hiệu trung thực, phải thiết kế mạch khuếch đại cho dải tần công tác của nó bao hàm dải tần số của tín hiệu vào.

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 0Hz đến vài chục, vài trăm MHz.

Về nguyên tắc, có thể dùng các mạch khuếch đại thông thường để khuếch đại dải rộng. Tuy nhiên, khi thiết kế phải chú ý dùng các biện pháp để mở rộng dải tần công tác của mạch.

Hệ số khuếch đại $[K]$ của một mạch khuếch đại phụ thuộc vào dải tần số của tín hiệu vào được khuếch đại theo sơ đồ sau:

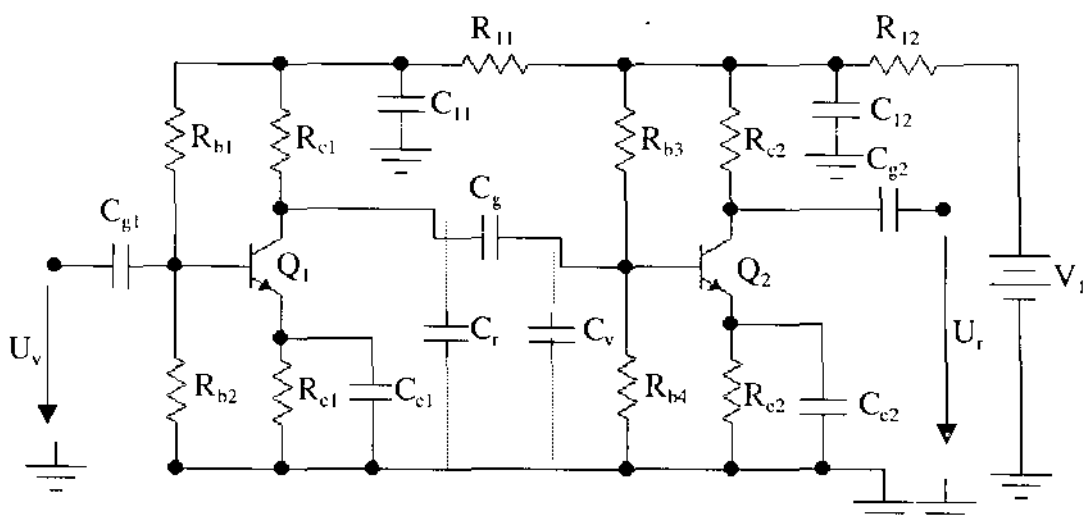


Hình 3.1. Đặc tuyến tần số mạch khuếch đại

Vùng (1) là vùng tần số thấp (từ $f = 0$ đến $f = f_1$), vùng (2) là vùng tần số trung bình (từ f_1 đến f_2), vùng (3) là vùng tần số cao (từ f_2 đến: ∞).

Ta thấy hệ số khuếch đại của mạch ở vùng (1) và (3) nhỏ hơn hệ số khuếch đại ở vùng (2). Khi tần số càng thấp thì hệ số khuếch đại càng nhỏ, hiện tượng này cũng đúng khi tần số lớn hơn f_2 .

Để tìm hiểu hiện tượng này, ta hãy xem xét mạch khuếch đại ghép tầng bằng điện dung như hình vẽ sau:



Hình 3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến dải thông mạch khuếch đại

Các Transistor Q_1 và Q_2 là phần tử khuếch đại.

Các điện trở R_{b1} , R_{b2} , R_{b3} , R_{b4} làm nhiệm vụ tạo điểm làm việc cho Transistor Q_1 và Transistor Q_2 .

Điện trở R_{c1} , R_{c2} ổn định nhiệt cho Q_1 và Q_2 , R_{c1} và R_{c2} là điện trở tải.

Tụ điện C_{c1} và C_{c2} chống phản hồi âm xoay chiều trên R_{c1} và R_{c2} để không làm suy giảm hệ số khuếch đại đối với tín hiệu xoay chiều.

Các điện trở R_{11} , R_{12} và C_{11} , C_{12} làm nhiệm vụ lọc nguồn.

Tụ C_{g1} , C_{g2} , C_g là các tụ ghép giữa các tầng, C_r là tụ điện ký sinh ở đầu ra tầng khuếch đại thứ nhất, C_v là tụ điện ký sinh ở đầu vào tầng khuếch đại thứ hai.

Tụ ký sinh là tụ điện không phải được chế tạo và lắp ráp vào mạch, nó tồn tại tương ứng với sự tích lũy điện áp trái dấu ở các mặt ghép P-N, giữa các linh kiện, giữa các mạch in... trị số của tụ ký sinh rất nhỏ (vài PF đến vài chục PF).

Đặc điểm của tụ điện là có trở kháng nhỏ (ít cản trở tín hiệu) đối với tín hiệu qua nó có tần số cao và ngược lại có trở kháng lớn đối với tín hiệu qua nó tần số quá nhỏ.

Giả sử ta đưa tới tầng khuếch đại thứ nhất tín hiệu có tần số thay đổi ở cả ba vùng tần số thấp, tần số trung bình và tần số cao.

- Ở vùng tần số trung bình, các tụ C_{g1} , C_{g2} , C_g , C_{c1} , C_{c2} , C_{11} , C_{12} có trở kháng rất nhỏ và có thể coi như bằng không. Trong khi đó các tụ C_r , C_v có trở kháng rất lớn nên tín hiệu qua nó về đất không đáng kể. Vì vậy tín hiệu coi như không bị tổn hao ở thành phần tần số này khi đi từ đầu vào tới đầu ra của mạch khuếch đại. Hệ số khuếch đại cực đại bằng K_0 .

- Ở vùng tần số thấp, các tụ C_{g1} , C_g , C_{g2} có trở kháng đáng kể, vì thế gây sụt áp tín hiệu trên chúng làm cho tín hiệu từ đầu ra tầng trước tới đầu vào tầng sau giảm, gây ra sự suy giảm hệ số khuếch đại. Các tụ C_{c1} , C_{c2} làm nhiệm vụ chống hồi tiếp âm xoay chiều, trở kháng đối với tín hiệu xoay chiều của chúng yêu cầu phải gần bằng 0, song điều đó không thỏa mãn được khi tần số tín hiệu nhỏ, vì vậy hiện tượng phản hồi âm không khử được làm cho hệ số khuếch đại của mạch bị giảm. Tần số tín hiệu càng thấp thì trở kháng của các tụ C_c và C_g càng lớn, dẫn tới HSKĐ càng bị suy hao mạnh.

Mặt khác, ở tần số thấp tụ (tụ lọc) lọc nguồn có trở kháng đáng kể làm cho tín hiệu qua nó ít đi và qua điện trở lọc nhiều hơn. Do đó, R_{11} , C_{11} tham gia vào tải Colector khiến cho tải Colector khi đó lớn hơn R_c . Vì hệ số khuếch đại tỷ lệ điện trở tải trên R_{11} , C_{11} làm tăng hệ số khuếch đại ở vùng tần số thấp, song vai trò là tăng hệ số khuếch đại của R_{11} và C_{11} không bù được sự suy giảm mạnh ở vùng tần số thấp.

- Ở vùng tần số cao, các tụ C_g và C_c có trở kháng không đáng kể nên không ảnh hưởng đến việc truyền và khuếch đại tín hiệu. Trong khi đó các tụ C_r và C_v lại giảm trở kháng rõ rệt khiến cho tín hiệu qua nó về đất nhiều hơn (làm suy giảm tín hiệu), tín hiệu đi tới đầu vào của tầng sau bị giảm dẫn tới hệ số khuếch đại của mạch bị giảm. Tần số cao, hệ số khuếch đại càng giảm mạnh và khi $f = \infty$ thì hệ số khuếch đại bằng 0.

Các tụ kí sinh không thể loại bỏ được, chỉ có thể giảm nhỏ nó bằng cách chọn các linh kiện và mắc nối mạch hợp lý. Tụ kí sinh là một trong những số liệu để thiết kế và phân loại Transistor cao tần, âm tần...

2. Biện pháp mở rộng dải tần số của mạch khuếch đại

Mạch khuếch đại dải rộng là mạch khuếch đại có dải thông lớn (có thể đạt tới hàng MHz), nó có thể làm việc bình thường khi tần số của tín hiệu vào thay đổi trong phạm vi rất lớn, dùng để khuếch đại tín hiệu xung, tín hiệu thị tần...

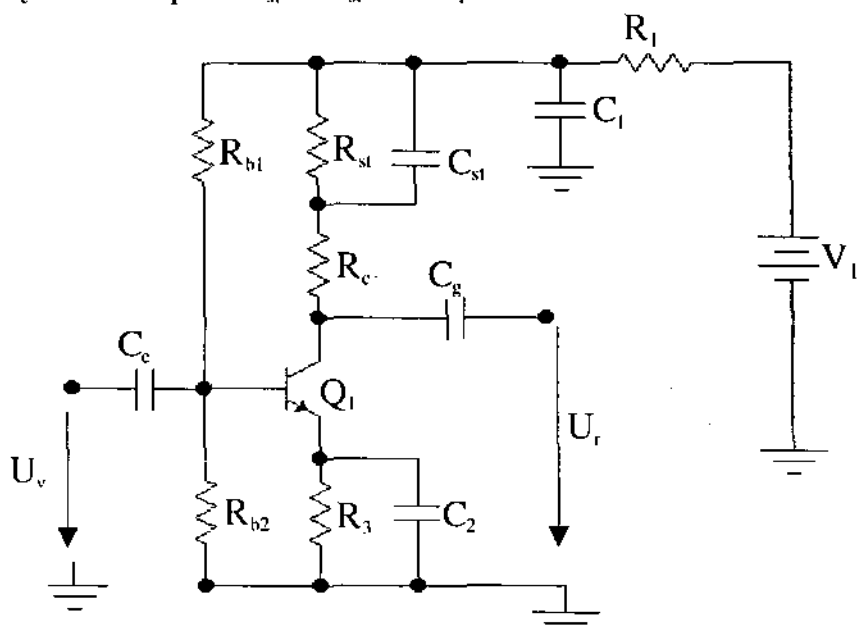
Với mạch ghép điện cảm hoặc tụ điện thông thường dải thông của mạch khuếch đại chỉ từ vài chục KHz đến vài trăm KHz, để trở thành mạch khuếch

đại dải rộng, cần phải mở rộng dải thông của nó về hai phía tần số thấp và tần số cao, muốn vậy phải nâng cao hệ số khuếch đại của mạch ở hai vùng tần số này. Để đạt được mục đích đó, ta dùng các mạch sửa tần số thấp và tần số cao hoặc đồng thời sửa cả tần số thấp và cao.

2.1. Mạch khuếch đại có sửa tần số thấp

Như đã phân tích ở trên, nguyên nhân gây ra sự suy giảm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại ở vùng tần số thấp là do các tụ C_c và C_g có trở kháng lớn, tụ C_g gây sụt áp tín hiệu trên nó làm cho tín hiệu tới tầng sau bị suy giảm, còn tụ C_c gây ra hồi tiếp âm trong mạch do đó cũng làm giảm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại. Ta có thể giảm trở kháng của tụ C_g và C_c bằng cách tăng giá trị của chúng, song điều đó lại khiến cho kích thước của tụ điện lớn, mạch điện cồng kềnh. Mặt khác, tụ C_g phải chịu đựng được điện áp một chiều khá lớn (điện thế cao ở Colector tầng trước với điện thế thấp ở Bazơ tầng sau). Muốn tụ chịu đựng được điện áp cao lại phải tăng kích thước của tụ thêm nữa vì thế mà tụ C_g và C_c không thể chọn quá lớn.

Ta biết tụ C_{11} và điện trở R_{11} làm tăng hệ số khuếch đại của mạch ở tần số thấp, tụ C_{11} càng nhỏ thì càng tăng hệ số khuếch đại ở vùng tần số này, điều đó càng đúng khi R_{11} có trị số lớn. Song R_{11} và C_{11} dùng để lọc nguồn nên không thể tùy tiện thay đổi chúng. Ta có thể sửa tần số bằng cách mắc nối tiếp với điện trở R_c hai thành phần R_{s1} và C_{s1} như mạch sau:



Hình 3.3. Mạch khuếch đại sửa tần số thấp

Tụ C_{st} được chọn sao cho ở vùng tần số trung bình, và tần số cao trở kháng của nó rất nhỏ (xấp xỉ bằng không), vì vậy ở hai vùng tần số này, tải Colector của Transistor coi như bằng R_c , khi đó R_{st} và C_{st} không ảnh hưởng gì đến việc khuếch đại tín hiệu. Còn ở vùng tần số thấp trở kháng của C_{st} là đáng kể, vì vậy mà tải Colector được cộng thêm một lượng $R_{id} = (R_{st} // C_{st})$ và như vậy, hệ số khuếch đại của mạch được tăng lên (hệ số khuếch đại K tỷ lệ thuận với điện trở tải). Tần số càng nhỏ thì trở kháng của tụ càng lớn và vì thế hệ số khuếch đại của mạch càng lớn.

Điện trở R_{id} bao giờ cũng nhỏ hơn R_{st} . Khi tần số tín hiệu tiến đến không ($f_{th} = 0$) thì R_{id} tiến đến R_{st} ($R_{id} \rightarrow R_{st}$), vì vậy để sửa tần số thấp tốt cần phải tăng R_{st} song R_{st} không thể chọn quá lớn vì nó còn làm nhiệm vụ cung cấp điện áp một chiều cho Colector của Transistor qua R_c . Khi mắc R_{st} và C_{st} vào mạch, đặc tuyến sẽ được nâng lên ở vùng tần số thấp.

Mạch sửa tần số thấp dùng R_{st} và C_{st} rất thông dụng trong những mạch điện thực tế.

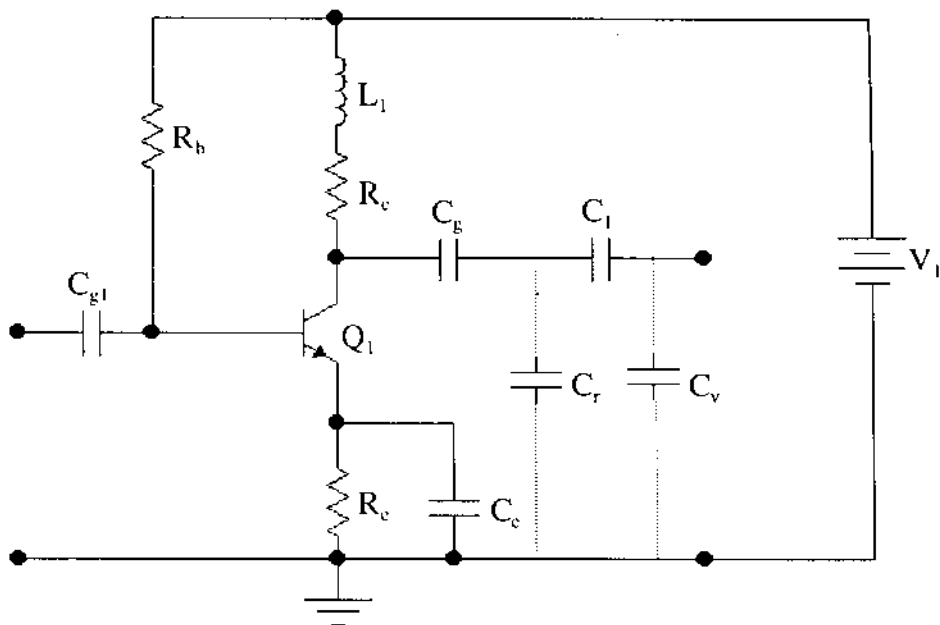
Để nâng cao hệ số khuếch đại ở vùng tần số thấp, ta cũng có thể tăng trở kháng vào của tầng sau. Một trong những cách tăng trở kháng vào là dùng một điện trở để tạo điểm làm việc cho Transistor (bỏ điện trở R_{b2}). Trong mạch điện không dùng điện trở R_{b2} tín hiệu tới chân B của Transistor sẽ không tổn hao qua R_{b2} xuống đất, vì thế mà hệ số khuếch đại của mạch tăng lên.

Ta đã biết C_c gây ra phản hồi âm tín hiệu ở vùng tần số thấp, bởi vậy nếu yêu cầu cần ổn định cho Transistor không cao, ta có thể không dùng C_2 và R_3 mà nối trực tiếp chân E xuống đất.

2.2. Mạch khuếch đại sửa tần số cao

Nguyên nhân gây ra suy giảm hệ số khuếch đại ở vùng tần số cao là do các tụ kí sinh ở đầu ra của tầng trước và đầu vào của tầng sau. Có thể bù lại sự suy giảm này bằng cách nâng cao hệ số khuếch đại ở vùng tần số cao.

Sơ đồ mạch khuếch đại sửa tần số cao bằng phương pháp mắc thêm điện cảm vào tải Colector như sau:



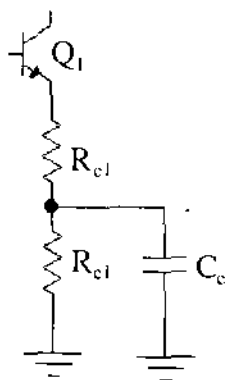
Hình 3.4. Mạch khuếch đại sửa tần số cao

Đặc điểm của điện cảm là trở kháng của nó tỷ lệ thuận với tần số tín hiệu qua nó. Trong mạch điện cảm, L_1 được chọn sao cho trở kháng của nó không đáng kể ở vùng tần số thấp, trung bình và đáng kể ở tần số cao.

Khi mạch điện làm việc với tín hiệu tần số cao, phụ tải Collector sẽ là điện trở R_c mắc nối tiếp với trở kháng của điện cảm L_1 , vì vậy phụ tải Collector khi đó lớn hơn R_c và vì thế hệ số khuếch đại của mạch được nâng lên ở vùng tần số cao.

Tụ kí sinh tổng cộng ở đầu ra tầng thứ nhất và đầu vào tầng thứ hai của mạch là $C_o = C_r + C_v$ và có trị số đáng kể, ta có thể tách riêng hai tụ này bằng một điện cảm nối giữa chúng, hệ số khuếch đại của mạch cũng được nâng lên ở tần số cao.

Nếu như hệ số khuếch đại của mạch ở vùng tần số thấp và trung bình lớn, người ta sẽ làm cho hồi tiếp âm nhiều ở vùng tần số thấp và trung bình còn hồi tiếp âm ở tần số cao ít, khi đó hệ số khuếch đại của mạch ở cả ba vùng đồng đều hơn. Có thể thực hiện điều này bằng cách tách đôi điện trở R_c thành R_{c1} và R_{c2} sau đó dùng tụ khử hồi tiếp âm xoay chiều trên R_{c2} .



Hình 3.5. Mạch khử một phần hồi tiếp âm xoay chiều

II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CHỌN LỌC

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

Trong các mạch khuếch đại tín hiệu 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 đôi chút tần số cộng hưởng nhưng không ảnh hưởng đến hệ số khuếch đại của mạch ở tần số cao như trong mạch khuếch đại điện tử. Do đó, mạch khuếch đại chọn lọc có thể khuếch đại tín hiệu có tần số cao hơn so với mạch khuếch đại tải điện trở.

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

1. Chọn lọc tín hiệu theo tần số

Nếu đưa tín hiệu qua một mạch lọc tần số thì mạch lọc sẽ cho một dải tần số đi qua và chặn dải tần còn lại. Khi đó ta nói mạch lọc có tính chất chọn lọc tần số.

Trong kỹ thuật có thể có những loại mạch lọc tần số như sau:

* Phân loại theo linh kiện:

- Mạch lọc thụ động: là mạch chỉ gồm những linh kiện điện trở R, cuộn dây L và tụ điện C. Các loại mạch lọc thụ động như sau:

+ Mạch lọc RC, RL, RLC.

+ Mạch lọc hình Π , T, Γ , $\bar{\Gamma}$.

- Mạch lọc tích cực: là mạch lọc kết hợp các linh kiện R, L, C với các linh kiện tích cực như Transistor, khuếch đại thuật toán...

* Phân loại theo tác dụng:

Tuỳ theo tác dụng chọn lọc hay loại bỏ tần số của mạch lọc, người ta chia ra thành các loại như sau:

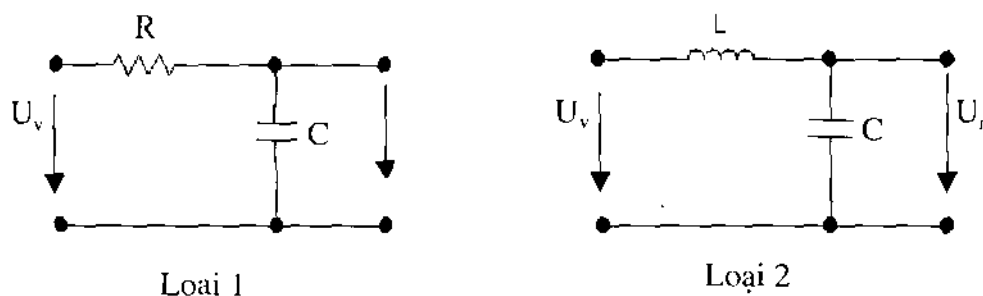
- Mạch lọc hạ thông (Mạch lọc thông thấp).
- Mạch lọc thượng thông (Mạch lọc thông cao).
- Mạch lọc dải thông (Mạch lọc thông dải).
- Mạch lọc dải triệt (Mạch lọc chắn hay chắn dải).

Sau đây ta nghiên cứu tín hiệu chọn lọc tần số của các mạch lọc này.

1.1. Mạch lọc thông thấp

Mạch lọc thông thấp là mạch lọc cho thành phần tín hiệu tần số thấp đi qua đồng thời làm suy hao hay chặn lại thành phần tín hiệu có tần số cao.

Sơ đồ mạch lọc thông thấp:



Hình 3.6. Mạch lọc thông thấp

Với mạch loại 1:

- Tại dải tần số thấp: Tụ điện C có trở kháng lớn nên làm suy hao tín hiệu xuống rất ít, trong khi điện trở cho tín hiệu tần số thấp đi qua dễ dàng nên điện áp tại đầu ra lớn.

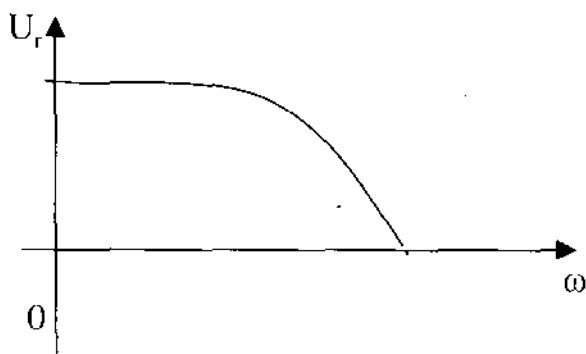
- Tại dải tần số cao: Tụ điện C có trở kháng nhỏ nên làm suy hao tín hiệu xuống rất nhiều, điện trở ít ảnh hưởng đến tần số cao nên điện áp ra nhỏ.

Với mạch loại 2:

- Tại vùng tần số cao có: X_L lớn, X_C nhỏ nên tín hiệu ra bị chặn lại nhiều và suy hao nhiều nên điện áp tín hiệu ra nhỏ.

- Tại vùng tần số thấp, X_L nhỏ, X_C lớn nên tín hiệu ra bị chặn lại ít và cũng suy hao ít nên điện áp tín hiệu ra lớn.

Đặc tuyến của mạch lọc thông thấp như sau:

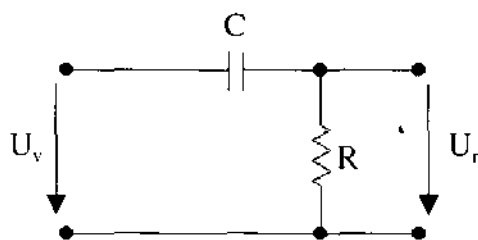


Hình 3.7. Đặc tuyến tần số mạch lọc thông thấp

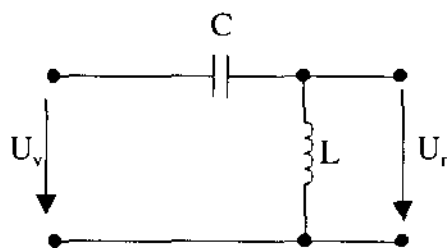
1.2. Mạch lọc thông cao

Mạch lọc thông cao là mạch lọc cho tín hiệu tần số cao đi qua, đồng thời làm suy hao hay chặn lại tín hiệu có tần số thấp.

Sơ đồ lọc thông cao:



Loại 1



Loại 2

Hình 3.8. Mạch lọc thông cao

Tương tự như trên ta có:

- Tại miền tần số thấp:

+ Mạch loại 1: X_C lớn, nên tín hiệu bị chặn lại nhiều làm cho U_r nhỏ.

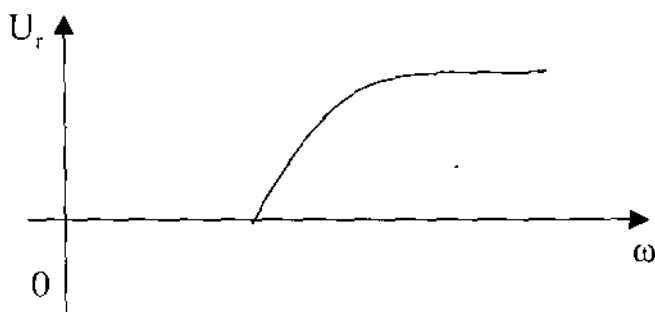
+ Mạch loại 2: X_C lớn, X_L nhỏ, nên tín hiệu bị chặn lại nhiều và cũng suy hao nhiều làm cho tín hiệu U_r nhỏ.

- Tại miền tần số cao:

+ Mạch loại 1: X_C nhỏ, nên tín hiệu bị chặn lại ít làm cho U_r lớn.

+ Mạch loại 2: X_C nhỏ, X_L lớn, nên tín hiệu bị chặn lại ít, suy hao cũng ít, làm cho U_r lớn.

Đặc tuyến tần số như sau:

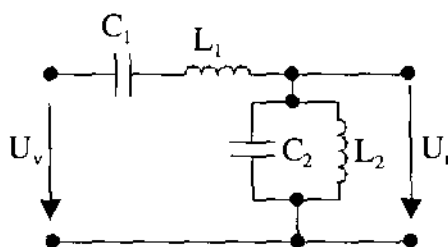


Hình 3.9. Đặc tuyến tần số mạch lọc thông cao

1.3. Mạch lọc thông dải

Mạch lọc thông dải là mạch lọc cho tần số tín hiệu trong dải tần số trung bình đi qua, đồng thời làm suy hao hay chặn lại tín hiệu có tần số thấp và tần số cao.

Sơ đồ mạch lọc:



Hình 3.10. Mạch lọc thông dải

- Tại miền tần số thấp:

X_{C1} lớn, X_{L1} nhỏ $\rightarrow (X_{C1} + X_{L1})$ lớn $\rightarrow$ tín hiệu bị chặn lại nhiều ở nhánh nối tiếp.

X_{C2} lớn, X_{L2} nhỏ $\rightarrow (X_{C2} || X_{L2})$ nhỏ $\rightarrow$ tín hiệu bị suy hao lớn ở nhánh song song.

Nên điện áp tín hiệu ra nhỏ.

- Tại miền tần số cao:

X_{C1} nhỏ, X_{L1} lớn $\rightarrow (X_{C1} + X_{L1})$ lớn $\rightarrow$ tín hiệu bị chặn lại nhiều ở nhánh nối tiếp.

X_{C2} nhỏ, X_{L2} lớn $\rightarrow (X_{C2} || X_{L2})$ nhỏ $\rightarrow$ tín hiệu bị suy hao lớn ở nhánh song song.

Nên điện áp tín hiệu ra nhỏ.

- Tại miền tần số trung bình: trở kháng của nhánh nối tiếp là nhỏ nhất và trở kháng của nhánh song song là lớn nhất nên điện áp tín hiệu bị chặn lại ở nhánh nối tiếp nhỏ và bị suy hao ở nhánh song song ít. Vì vậy điện áp tín hiệu ra lớn.

Đặc tuyến tần số:

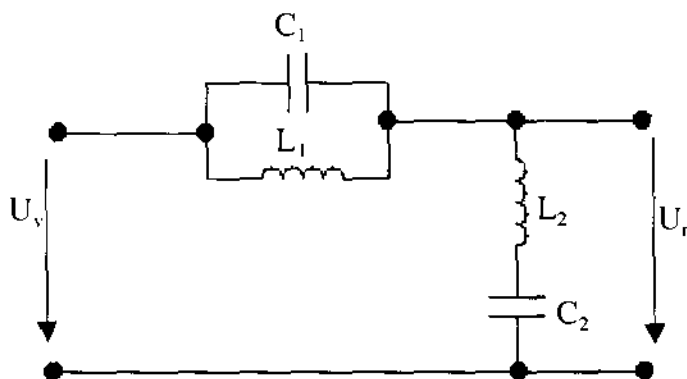


Hình 3.11. Đặc tuyến tần số mạch lọc thông dải

1.4. Mạch lọc chặn dải

Mạch lọc chặn dải là mạch lọc cho tín hiệu tần số ở dải tần số thấp và tần số cao đi qua, đồng thời làm suy hao hay chặn lại tín hiệu ở dải tần số trung bình.

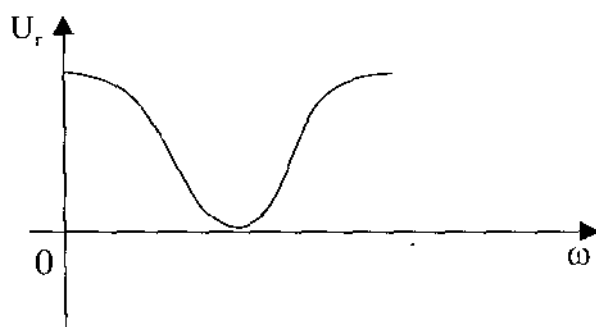
Sơ đồ mạch:



Hình 3.12. Mạch lọc chặn dải

Với lý luận tương tự ta có:

- Ở miền tần số thấp và tần số cao có điện áp tín hiệu ra lớn.
- Ở miền tần số trung bình có điện áp tín hiệu ra nhỏ.
- Đặc tuyến tần số của mạch như sau:



Hình 3.13. Đặc tuyến tần số mạch lọc chặn dải

Các loại mạch lọc thường được ứng dụng làm mạch lọc nhiễu nguồn, nhiễu tín hiệu; làm các mạch lọc tần số trong các mạch khuếch đại...

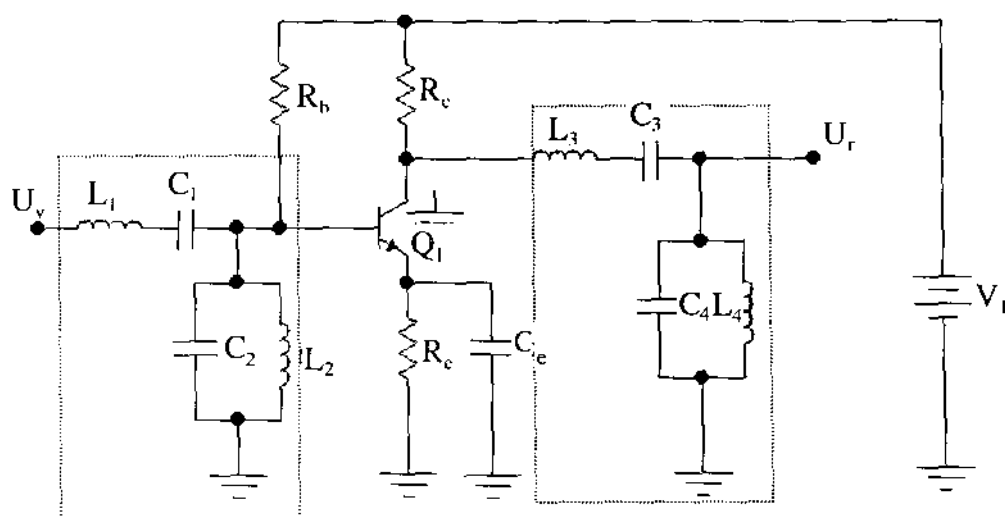
2. Mạch khuếch đại chọn lọc tín hiệu theo tần số

Để đảm bảo tính chọn lọc và tần số của mạch khuếch đại, có thể thực hiện bằng các cách sau đây:

- Mặc xen kẽ một số mắt lọc với tầng khuếch đại (lọc phân bố).
- Mặc một mạch lọc gồm nhiều mắt lọc với tầng khuếch đại (lọc tập trung).
- Ghép nối tiếp từ đầu ra về đầu vào bộ khuếch đại bằng một mạch lọc (lọc tích cực).

Sau đây ta sẽ xem xét một trong các kiểu mạch trên.

Ví dụ 1: Ta có một mạch khuếch đại chọn lọc như sau:

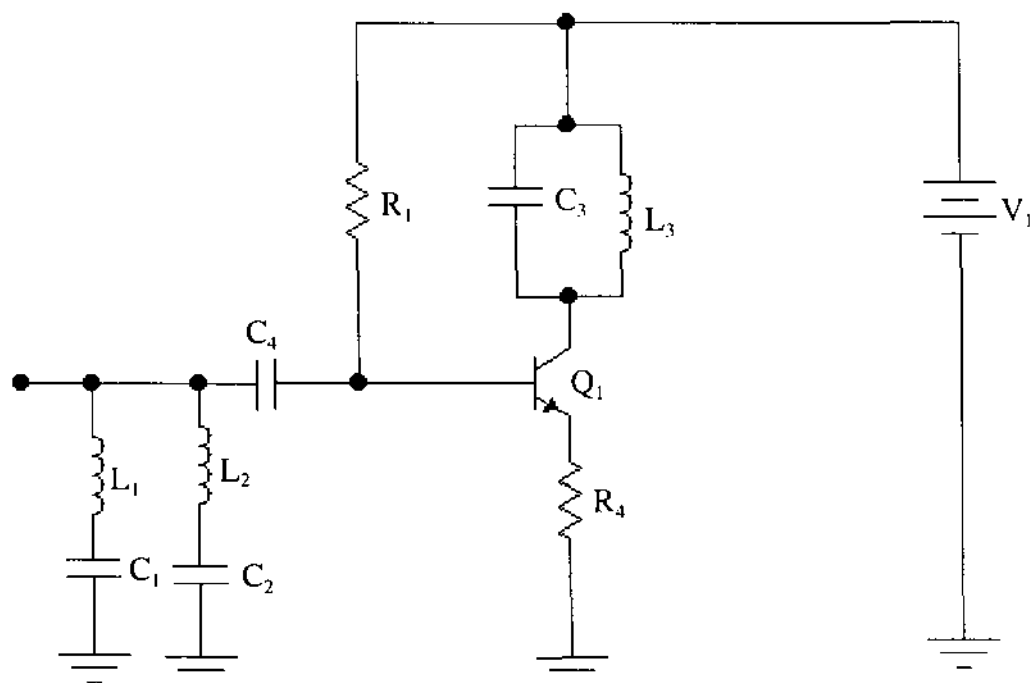


Hình 3.14. Mạch khuếch đại chọn lọc dùng bộ lọc

Mạch trên là một mạch khuếch đại trung tần gồm một bộ khuếch đại kết hợp với các mạch lọc tần số.

Giả sử mạch cho tín hiệu có tần số trung tâm đi qua là $f_0 = 30\text{MHz}$, dải tín hiệu đi qua là $2\Delta f = 7\text{MHz}$ thì mạch lọc sẽ cho tín hiệu có tần số đi qua từ $(30 - 3,5)\text{MHz}$ đến $(30 + 3,5)\text{MHz}$. Nghĩa là cho các thành phần tín hiệu có tần số từ $26,5\text{MHz}$ đến $33,5\text{MHz}$ đi qua, còn các thành phần tần số không thuộc dải tần này sẽ bị chặn lại.

Ví dụ 2: Cho một mạch khuếch đại như sau:



Hình 3.15. Mạch khuếch đại cộng hưởng kết hợp lọc tần số

Mạch khuếch đại trên là một mạch khuếch đại thông dải dùng làm mạch khuếch đại trung tần. Trong mạch sử dụng mạch lọc để nén tần số. Mạch nén tần số làm nhiệm vụ ngăn mạch những tín hiệu không mang thông tin có ích xuống đất.

Giả sử có hai tín hiệu có tần số f_1 và f_2 không mang thông tin có ích, vì vậy cần phải khử bỏ nó bằng mạch lọc.

Mạch L_1 , C_1 cộng hưởng, trở kháng của mạch bằng không vì thế tín hiệu có tần số f_1 bị ngắn mạch xuống đất. Do vậy, tại cực Bazơ của Transistor ứng với

tín hiệu có tần số f_1 có biên độ bằng không. Tương tự L_2 , C_2 được chọn để cộng hưởng tại tần số f_2 . Vậy tín hiệu nằm trong dải tần số từ f_1 đến f_2 mới tới được mạch khuếch đại và được mạch khuếch đại lên, còn tín hiệu nằm ngoài dải tần số này không được khuếch đại.

III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

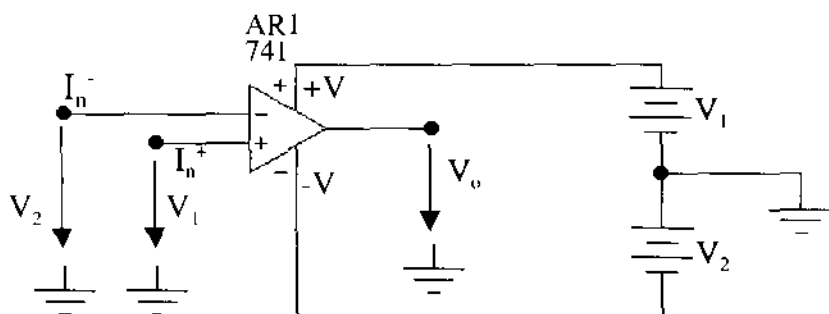
1. Tính chất và tham số cơ bản

Mạch khuếch đại thuật toán thường được gọi tắt là OP-AMP (Operational-Amplifier) được thiết kế để thực hiện các phép toán như: cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, tích phân... trong các máy tính tương tự. Trong quá trình phát triển, OP-AMP còn có thể thêm nhiều ứng dụng khác và trở thành linh kiện tích cực quan trọng nhất trong các mạch khuếch đại AC, mạch khuếch đại DC, mạch so sánh, mạch dao động, mạch tạo xung, mạch đo...

Trong các loại OP-AMP đã được sản xuất và sử dụng hiện nay IC 741 được xem là OP-AMP tiêu chuẩn, là loại vi mạch đơn khối tích hợp lớn được chế tạo theo công nghệ màng mỏng. Nhờ khả năng tích hợp lớn nên IC 741 được ứng dụng rất rộng rãi và đa dạng.

Trong phần này chủ yếu chỉ giới thiệu đặc tính kỹ thuật và các mạch ứng dụng cơ bản của IC 741.

Hầu hết các OP-AMP có ngõ vào kiểu vi sai và được ký hiệu như hình vẽ sau:



Hình 3.16. Ký hiệu bộ khuếch đại thuật toán

Các chân ra:

- I_n^+ : ngõ vào (đầu vào) không đảo.
- I_n^- : ngõ vào (đầu vào) đảo.
- V_o : ngõ ra.
- $+V$: nối nguồn dương.

- -V: nối nguồn âm.
- GND: điểm chung, điểm 0V (mất).

Theo tiêu chuẩn, OP-AMP phải được cấp bởi hai nguồn đối xứng $\pm V$ như hình vẽ. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp OP-AMP cũng có thể làm việc với nguồn đơn.

Trường hợp OP-AMP dùng nguồn đôi, tín hiệu ra có thể biến đổi về phía điện áp dương hay điện áp âm so với mất (mass).

Trường hợp OP-AMP dùng nguồn đơn thì tín hiệu ra chỉ có mức điện áp dương nhưng sẽ biến đổi quanh một giá trị trung bình, thường là 1/2 nguồn +V.

Đặc tính kỹ thuật của OP-AMP:

Một OP-AMP lý tưởng là mạch có tổng trở vào vô cùng lớn, tổng trở ra vô cùng nhỏ, độ lợi điện áp và băng thông cũng vô cùng lớn, tốc độ bám giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào không bị hạn chế.

Trong thực tế, OP-AMP có độ lợi, băng thông, tổng trở vào... hữu hạn và có tốc độ bám bị hạn chế giữa tín hiệu vào và ra. Do đó, khi sử dụng OP-AMP loại nào, cần thiết phải biết các thông số đặc trưng sau đây:

1.1. Hệ số khuếch đại điện áp vòng hở: A_{v0}

Mạch khuếch đại không có đường hồi tiếp được gọi là mạch khuếch đại vòng hở. A_{v0} là tỷ số giữa điện áp tín hiệu ra và điện áp tín hiệu vào.

$$A_{v0} = \frac{v_0}{v_1 - v_2}$$

A_{v0} thường được biểu diễn bằng đơn vị deciBel (dB).

Độ khuếch đại điện áp theo đơn vị dB được định nghĩa là: $A(\text{dB}) = 20 \lg A$.

Ví dụ: $A_{v0} = 10000$ cho ra $A(\text{dB}) = 20 \lg 10000 = 20.4 = 80\text{dB}$

$A_{v0} = 100000$ cho ra $A(\text{dB}) = 20 \lg 100000 = 20.5 = 100\text{dB}$

1.2. Tổng trở ngõ vào (đầu vào): Z_i

Z_i là số đo trở kháng nhìn trực tiếp từ các ngõ vào của OP-AMP. Z_i được tính bằng đơn vị điện trở và thường Z_i có trị số khoảng vài chục $M\Omega$.

Đối với các tín hiệu có tần số cao thì tổng trở Z_i bị giảm trị số.

1.3. Tổng trở ngõ ra: Z_o

Z_o là số đo trở kháng nhìn trực tiếp từ ngõ ra và cũng được tính bằng đơn vị điện trở. Z_o thường có trị số từ vài Ω đến 100Ω . Đối với các tín hiệu có tần số cao thì tổng trở Z_o tăng trị số.

1.4. Dòng điện phân cực ngõ vào (đầu vào): I_b

Ngõ vào của OP-AMP thường dùng Transistor nên cần một dòng điện phân cực cho cực B ở mỗi ngõ vào. Dòng điện phân cực ngõ vào I_b có trị số khoảng dưới 1 micro-ampe.

1.5. Nguồn điện cung cấp

Thường dùng nguồn điện đối xứng $\pm V$, nguồn cung cấp phải ở trong giới hạn nhỏ nhất và lớn nhất. Nếu nguồn có điện áp quá cao sẽ dễ làm hỏng OP-AMP; nếu nguồn có điện áp quá thấp thì OP-AMP hoạt động kém, không thực hiện đầy đủ và chính xác các chức năng của nó.

Mức giới hạn của nguồn điện cung cấp là: $\pm 3V$ đến $\pm 15V$.

1.6. Mức điện áp tín hiệu vào: $V_{i\text{Max}}$

Mức điện áp tín hiệu vào không được vượt quá mức điện áp nguồn cung cấp. Trị số $V_{i\text{Max}}$ thường nhỏ hơn nguồn từ 1V đến 2V.

1.7. Mức điện áp tín hiệu ra: $V_{o\text{Max}}$

Nếu điện áp tín hiệu vào quá lớn thì ở ngõ ra (đầu ra) sẽ có trạng thái bão hoà. Điện áp tín hiệu ra $V_{o\text{Max}}$ phụ thuộc vào điện áp nguồn và thường nhỏ hơn 1V đến 2V.

1.8. Điện áp lệch ngõ vào vi sai: V_D

Điện áp vào vi sai V_D là hiệu số giữa hai điện áp V_1 và V_2 .

Trường hợp OP-AMP lý tưởng, nếu ngõ vào (đầu vào) có $V_1 = V_2$ thì điện áp vào vi sai $V_D = 0$, điện áp ra vi sai $V_o = 0$. Trong thực tế, các Transistor ở ngõ vào rất khó chế tạo để có các thông số hoàn toàn giống nhau, do đó sẽ có một điện áp lệch rất nhỏ giữa các ngõ vào (đầu vào).

Điện áp lệch ngõ vào (đầu vào) vi sai có trị số khoảng vài milivôn nhưng do OP-AMP có độ khuếch đại rất lớn nên điện áp ở ngõ ra (đầu ra) của khuếch đại thuật toán có thể ở trạng thái bão hoà.

Để tránh ảnh hưởng của điện áp lệch ngõ vào (đầu vào) vi sai, người ta phải dùng mạch điều chỉnh bù trừ.

1.9. Tỷ số nén tín hiệu đồng pha CMRR (Common Model Rejection Ratio)

Bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng có điện áp ra V_o tỷ lệ với hiệu số hai điện áp vào V_1 và V_2 . Khi hai tín hiệu ở ngõ vào (đầu vào) bằng nhau (gọi là tín hiệu đồng pha) thì $V_1 - V_2 = 0$, ở ngõ ra sẽ có $V_o = 0$.

Thực tế, khi ngõ vào (đầu vào) có tín hiệu đồng pha thì ngõ ra (đầu ra) vẫn có tín hiệu ra nhỏ. Khả năng giảm tín hiệu đồng pha của bộ khuếch đại thuật toán được định nghĩa là tỷ số giữa độ (hệ số) khuếch đại tín hiệu vi sai với độ khuếch đại tín hiệu đồng pha.

$$CMRR = \frac{A_V - V_{i\text{ sai}}}{A_V - \text{đồng pha}}$$

CMRR cũng có thể tính theo công thức decibel:

$$CMRR = 20 \lg \frac{A_V - V_{i\text{ sai}}}{A_V - \text{đồng pha}}$$

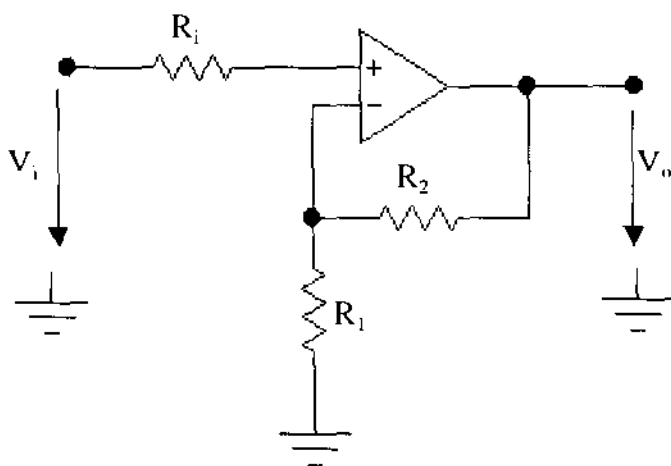
Tỷ lệ nén tín hiệu đồng pha CMRR có thể đạt từ 80 đến 100dB.

Ngoài ra, bộ (mạch) khuếch đại thuật toán còn rất nhiều các thông số khác nữa (sẽ được giới thiệu ở các tài liệu chuyên ngành khác).

2. Mạch khuếch đại thuật toán cơ bản

2.1. Mạch khuếch đại thuật toán không đảo

Mạch khuếch đại thuật toán không đảo hay còn được gọi là mạch khuếch đại thuật toán thuận, là mạch có điện áp ngõ vào V_i nối đến ngõ vào thuận (không đảo) qua điện trở ngõ vào R_i . Ngõ vào đảo sẽ nhận tín hiệu hồi tiếp từ ngõ ra qua cầu phân áp R_1 - R_2 . Mạch khuếch đại thuật toán không đảo có sơ đồ mạch như sau:



Hình 3.17. Mạch khuếch đại thuật toán thuận

Độ khuếch đại hồi tiếp còn được gọi là độ khuếch đại vòng kín, được tính theo công thức:

$$A_{VF} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Điện trở R_i ở ngõ vào thuận có tác dụng ổn định nhiệt, tránh không cho điện áp ngõ ra (đầu ra) trôi đến trạng thái bão hoà.

Qua biểu thức A_{VF} cho thấy:

- Nếu giảm $R_2 = 0\Omega$ thì $A_{VF} = 1$.

- Nếu giảm $R_1 = 0\Omega$ thì $A_{VF} \rightarrow \infty$. Thực tế thì A_{VF} tiến tới giới hạn là độ khuếch đại vòng hở của bộ khuếch đại thuật toán.

Mạch khuếch đại không đảo có ưu điểm là tổng trở vào rất lớn. Theo lý thuyết, tổng trở vào là tích số của tổng trở vào của bộ khuếch đại thuật toán trong mạch vòng hở ($Z_i \approx 1M\Omega$) nhân với tỷ số của độ lợi vòng hở trên độ lợi vòng kín.

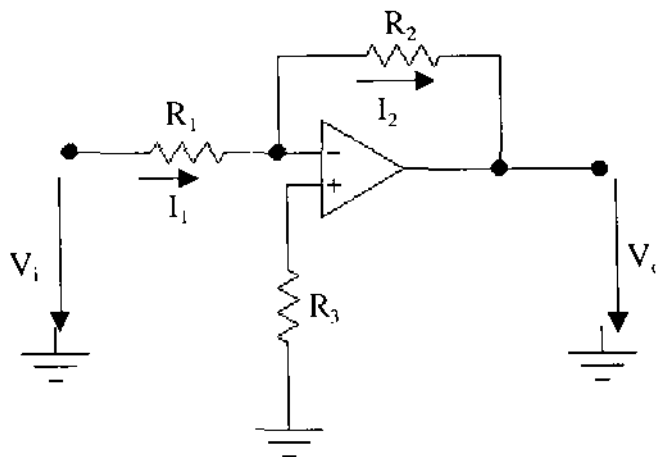
Ta có:

$$Z_i = Z_i \cdot \frac{A_{V'0}}{A_{VF}}$$

Trị số của Z_i có thể lên đến hàng trăm $M\Omega$. Điện trở ngõ vào R_i thường được chọn có trị số: $R_i = R_1 // R_2$.

2.2. Mạch khuếch đại đảo

Mạch khuếch đại thuật toán đảo có điện áp ngõ vào V_i được đưa đến cửa đảo qua điện trở $R_1 = R_1$. Điện trở R_2 là điện trở hồi tiếp âm, điện trở R_3 nối cửa thuận xuống mát có tác dụng ổn định nhiệt, tránh không cho điện áp ngõ ra trôi đến trạng thái bão hoà. Mạch khuếch đại đảo dùng khuếch đại thuật toán được mô tả như sau:



Hình 3.18. Mạch khuếch đại thuật toán đảo

Do bộ khuếch đại thuật toán có tổng trở ngõ vào (đầu vào) lớn nên dòng điện ngõ vào I_1 rất nhỏ. Ngõ vào (đầu vào) thuận có R_3 nối mát nên có điện áp $V_{in}^+ = 0V$. Ngõ vào (đầu vào) đảo có điện áp chênh lệch với ngõ vào (đầu vào) thuận rất nhỏ nên $V_{in}^- \approx 0V$ và ngõ vào (đầu vào) đảo được xem như điểm mát giả.

Do tín hiệu V_i vào ngõ vào đảo nên tín hiệu ra V_o sẽ có điện áp ngược dấu.

Nếu $V_i > 0V$ thì $V_o < 0V$ và ngược lại.

Theo sơ đồ mạch, dòng điện I_1 đi qua R_1 từ ngoài vào là do $V_i > 0V$. Như vậy điện áp $V_o < 0V$ và dòng điện I_2 sẽ đi từ ngõ vào đảo qua R_2 đến ngõ ra. Thực tế dòng I_1 chính là dòng điện $I_2 \rightarrow I_1 = I_2$.

Hai điện trở R_1 và R_2 tạo thành cầu phân áp có điểm giữa là ngõ vào đảo với điện áp ngõ vào đảo $V_{in}^- \approx 0V$.

Suy ra:

$$i_1 = \frac{V_i}{R_1} \qquad i_2 = -\frac{V_o}{R_2}$$

Suy ra:

$$\frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2}$$

Vì $I_1 = I_2$.

Cuối cùng có:

$$A_{VF} = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Qua biểu thức A_{VF} ta thấy:

- Nếu giảm $R_2 = R_1$ thì $A_{VF} = -1$.

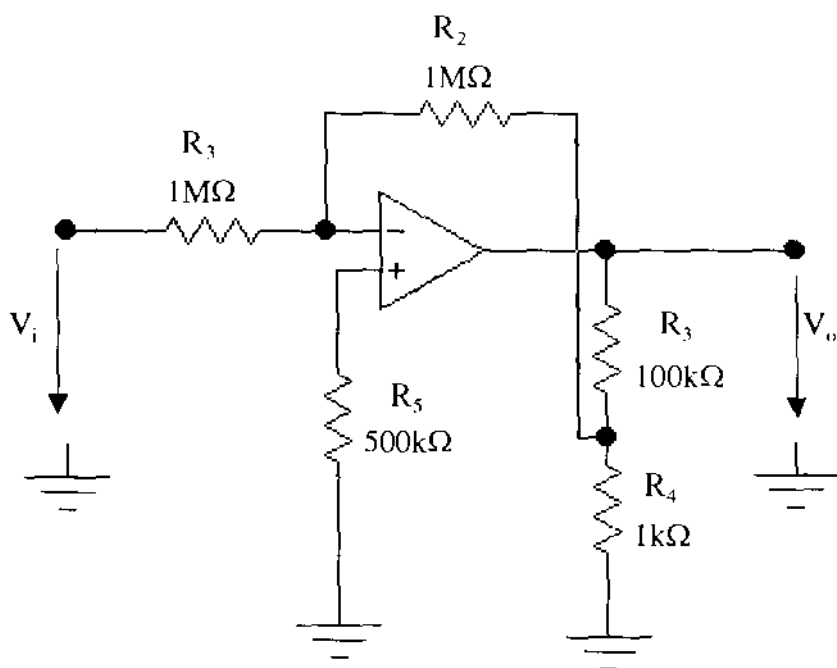
- Nếu giảm $R_1 = 0\Omega$ thì $A_{VF} \rightarrow \infty$. Thực tế thì A_{VF} tiến tới giới hạn bão hòa là độ khuếch đại vòng hở A_{Vo} .

Khi thay đổi trị số R_1 thì sẽ làm thay đổi tổng trở ngõ vào (đầu vào), khi thay đổi trị số R_2 chỉ làm thay đổi độ khuếch đại còn tổng trở vào không đổi. Tuy nhiên, giá trị R_2 phải được chọn trong giới hạn cho phép. Nếu chọn trị số R_2 quá nhỏ thì dòng ngõ ra của bộ khuếch đại thuật toán sẽ vượt quá trị số I_{oMax} vì dòng ngõ ra (dầu ra) là dòng qua tải và dòng hồi tiếp qua R_2 . Nếu chọn trị số R_2 có trị số quá lớn thì mạch khuếch đại sẽ bị nhiễu và làm việc không ổn định.

Thông thường R_2 thường được chọn trong khoảng $2K\Omega$ đến $2M\Omega$. Điện trở ổn định nhiệt R_3 thường chọn có trị số: $R_3 = R_1 // R_2$.

Trong mạch khuếch đại đảo, tổng trở vào của mạch Z_i chính là R_1 vì ngõ vào (đầu vào) đảo được xem là điểm mát giả. Muốn tăng tổng trở ngõ vào (đầu vào) thì phải tăng R_1 , điều này sẽ làm giảm độ (hệ số) khuếch đại hồi tiếp A_{VF} .

Để có tổng trở vào của mạch Z_i lớn mà độ khuếch đại hồi tiếp vẫn lớn thì có thể dùng mạch khuếch đại đảo theo sơ đồ sau:



Hình 3.19. Mạch khuếch đại có tổng trở ngõ vào lớn

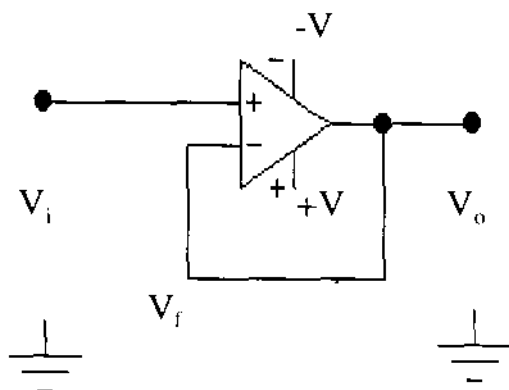
Với các trị số của điện trở trong mạch, độ khuếch đại của mạch là:

$$A_{VF} = -100$$

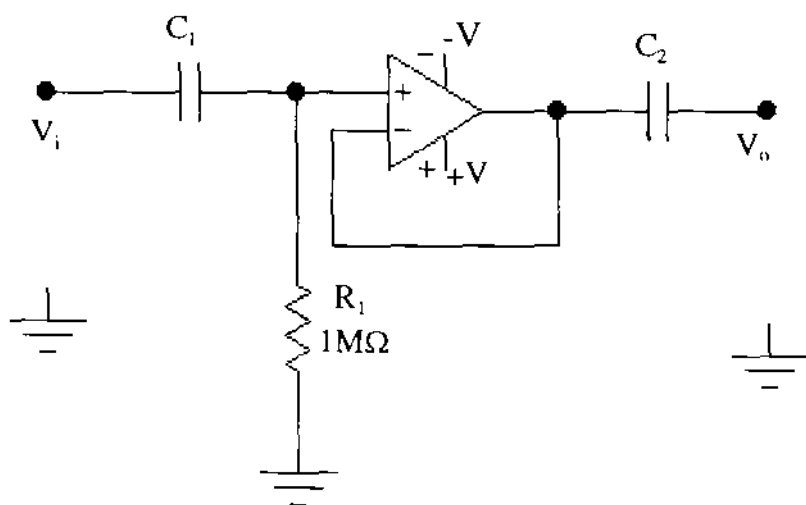
Điện trở $R_1 = 1M\Omega$ nên tổng trở ngõ vào của mạch Z_i vẫn có trị số lớn.

2.3. Mạch khuếch đại lặp hay mạch khuếch đại đệm

Mạch lặp là mạch khuếch đại không đảo có độ (hệ số) khuếch đại $A_{VF} = 1$. Trong mạch này, tín hiệu vào đưa đến ngõ vào thuận, ngõ vào đảo được nối trực tiếp đến ngõ ra. Như vậy, điện áp hồi tiếp V_f bằng điện áp ra V_o (mạch hồi tiếp âm 100%). Sơ đồ mạch như sau:



Hình 3.20. Mạch lặp DC



Hình 3.21. Mạch lặp AC

Hệ số (độ) khuếch đại hồi tiếp là: $A_{VF} = \frac{V_o}{V_i} = 1$

Tổng trở vào của mạch là: $Z_i = Z_i \cdot \frac{AV_o}{A_{VF}} = Z_i \cdot AV_o$

Tổng trở này rất lớn, khoảng xấp xỉ vài trăm MΩ.

Trong mạch lặp AC có tụ liên lạc C_1 và C_2 để cách ly điện áp một chiều giữa các khối. Điện trở $1M\Omega$ ở ngõ vào thuận nối xuống mát có tác dụng ổn định nhiệt cho bộ khuếch đại thuật toán và để tạo dòng nạp xả cho tụ C_1 . Do có điện trở $1M\Omega$ nên tổng trở vào của mạch sẽ giảm và bằng trị số $1M\Omega$.

Đặc điểm của mạch là tổng trở vào rất lớn, tổng trở ra rất nhỏ (xấp xỉ vài Ω) nên mạch lặp được dùng làm mạch đổi tổng trở từ lớn ra nhỏ.

Các mạch khuếch đại thuật toán thường được sử dụng để thay thế cho các mạch khuếch đại dùng Transistor, đèn điện tử để khuếch đại tín hiệu; dùng để gia công xử lý và tạo các loại tín hiệu, tạo dao động...

IV. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG IC

1. Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng IC

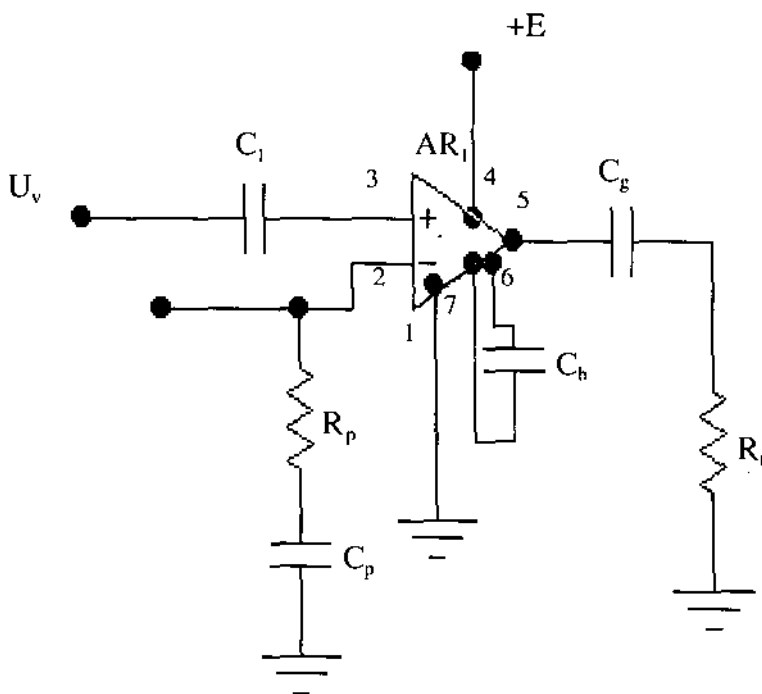
Ngày nay, việc sử dụng IC trong khuếch đại rất phổ biến, nhất là để khuếch đại tín hiệu nhỏ thay cho các mạch khuếch đại dùng đèn điện tử, Transistor là rất cần thiết, vì mạch khuếch đại dùng IC khuếch đại tín hiệu cho chất lượng khuếch đại tốt (tín hiệu trung thực). Hơn nữa mạch khuếch đại có kết cấu đơn giản, dễ sử dụng và làm việc ổn định. Việc sử dụng IC để khuếch đại tín hiệu nhỏ rất đa dạng vì mỗi một loại IC thiết kế ra có một chức năng riêng nên việc nghiên cứu chúng rất mất nhiều thời gian. Trong phần này ta chỉ tập trung xem xét việc sử dụng IC trong khuếch đại công suất.

2. Mạch khuếch đại công suất dùng IC

Mạch IC (Integrated Circuit) và các bộ khuếch đại thông thường về cơ bản không có sự khác nhau, cả hai loại này đều được dùng để khuếch đại điện áp, dòng điện, công suất. Trong khi tính chất của bộ khuếch đại thông thường phụ thuộc vào kết cấu bên trong của mạch thì tính chất của mạch IC có thể thay đổi được và chỉ phụ thuộc vào các linh kiện mắc ở mạch ngoài. Để thực hiện điều đó, IC phải có hệ số khuếch đại lớn, trở kháng vào rất lớn và trở kháng ra rất nhỏ.

IC với ưu điểm gọn nhẹ, hệ số khuếch đại lớn, độ tin cậy cao, giá thành hạ, tiêu tốn ít năng lượng nguồn cung cấp nên đã được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật khuếch đại, tạo dao động, bộ ổn áp, bộ lọc tích cực...

Cho một sơ đồ tổng quát của tầng khuếch đại công suất dùng IC như sau:



Hình 3.22. Mạch khuếch đại công suất dùng IC

Chân 1: nối đất.

Chân 2: đầu vào đảo. Được đánh dấu là (-).

Chân 3: đầu vào không đảo (+).

Chân 4: nối với dương nguồn.

Chân 5: đầu ra.

Chân 6, chân 7 mắc thêm tụ C_b gọi là tụ bù pha để chống dao động tự kích.

Tín hiệu vào có thể đưa tới đầu vào đảo hoặc không đảo, nhưng thường tín hiệu được đưa tới đầu vào không đảo. Đầu đảo mắc thêm mạch hồi tiếp âm R_p , C_p nhằm ổn định chế độ làm việc cho IC.

Tụ C_1 là tụ nối tăng, có trị số cỡ 1 đến $10\mu F$.

Hệ số khuếch đại công suất $K_p = P_{ra}/P_v$ = vài chục đến vài trăm.

Nguồn cung cấp cho IC có thể là nguồn đơn hoặc là nguồn đối xứng.

IC công suất có thể được chế tạo riêng hoặc đồng thời làm các nhiệm vụ khác như khuếch đại cao tần, khuếch đại trung tần, khuếch đại âm tần... Cũng có thể có 2 kênh khuếch đại công suất độc lập được chế tạo trên cùng một vỏ.

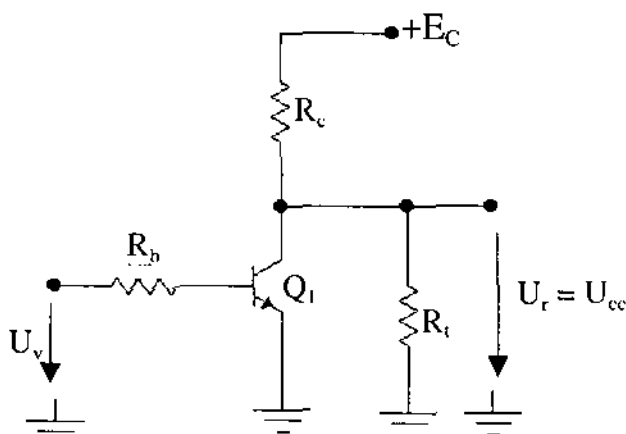
V. MẠCH KHOÁ ĐIỆN TỬ DÙNG TRANSISTOR

Trong sơ đồ của mạch khuếch đại dùng Transistor hay còn gọi là sơ đồ khuếch đại tuyến tính, điện thế cực góp Transistor được thiết lập nằm trong giới hạn nhỏ hơn E_c (E_c là nguồn cung cấp). Lúc đó xảy ra hiện tượng trị số tín hiệu vào nhỏ đến nỗi tín hiệu ra phụ thuộc tuyến tính vào nó và không vượt qua khỏi các giới hạn cận trên và cận dưới của khu vực tuyến tính của đặc tuyến, hay nói cách khác, sự khuếch đại tín hiệu xảy ra lân cận điểm làm việc. Bởi vì, trong trường hợp ngược lại sẽ xuất hiện méo tín hiệu rõ rệt. Đồng thời, như chúng ta đã biết, để đảm bảo cho Transistor làm việc ở chế độ khuếch đại thì tiếp giáp Bazơ-Emitơ được phân cực thuận, tiếp giáp Bazơ-Colector được phân cực ngược (đối với Transistor loại pnp: $U_{cb} > 0$, $U_{cb} < 0$; loại npn hoàn toàn ngược lại). Còn khi Transistor làm việc ở chế độ khoá thì tiếp giáp Bazơ-Emitơ và Bazơ-Colector đều được phân cực ngược, khi đó Transistor đóng vai trò một khoá điện tử đóng mở mạch với tốc độ nhanh (10^{-9} đến 10^{-6} s) do đó có nhiều đặc điểm khác với chế độ khuếch đại đã xét.

Yêu cầu cơ bản đối với khoá điện tử:

Các loại khoá điện tử chỉ làm việc ở hai trạng thái đặc trưng. Các trạng thái này biểu thị bằng điện áp ra có thể là lớn hơn một mức điện áp vào U_H nào đó, hoặc nhỏ hơn một mức điện áp U_L cho trước, trong đó $U_L < U_H$.

Nếu điện áp ra vượt quá U_H thì người ta nói rằng sơ đồ nằm ở trạng thái cao H, còn nếu nhỏ hơn U_L thì nói rằng sơ đồ ở trạng thái thấp L. Các trị số mức U_L , U_H chỉ phụ thuộc vào sơ đồ được chọn dùng. Chúng ta sẽ xét vấn đề này qua một mạch đảo dùng Transistor như hình vẽ sau:



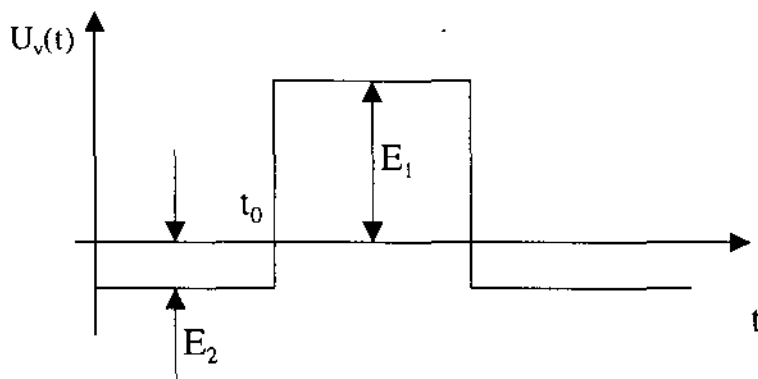
Hình 3.23. Khóa điện tử dùng Transistor

Trong sơ đồ phải thực hiện các yêu cầu sau:

$$U_{ra} \geq U_H \text{ khi } U_v \leq U_L$$

$$\text{và } U_{ra} \leq U_L \text{ khi } U_v \geq U_H \text{ (3-1).}$$

Các điều kiện như vậy có thể được thực hiện bằng cách lựa chọn tương ứng các mức U_H và U_L cũng như các trị số R_C và R_B . Để tính toán đơn giản, khi U_v có dạng như hình vẽ:



Hình 3.24. Dạng tín hiệu điều khiển khoá

Ta coi khoá Transistor thoả mãn được điều kiện:

$$R_B \gg R_v, E_1 \gg e_0, E_2 \gg e_0. \text{ (3-2)}$$

Trong đó R_v là điện trở của khoá, e_0 là điện áp định thiên cho khoá, E_1, E_2 là các mức điện áp. Sở dĩ khoá phải thoả mãn điều kiện (3-2) là để đảm bảo không suy giảm nguồn tín hiệu, đồng thời làm cho khoá ở hẳn một trong hai trạng thái thông hoặc tắt hẳn. Hay nói cách khác, khoá làm việc khi mặt ghép cực phát thiên áp thuận dù ở chế độ khuếch đại hay bão hoà thì dòng điện I_b cũng do mạch ngoài quyết định. Bởi vậy, mạch ngoài của khoá coi như ngắn mạch ($R_v \approx 0$). Khi đó, dòng cực gốc có thể xác định theo biểu thức:

$$I_b = I_{b1} = \frac{E_1}{R_B}$$

Ở thời điểm $t < t_0$ khoá tắt do $U_v = E_2, E_2 < 0$. Tại thời điểm $t = t_0$, U_v đột biến chuyển sang trị số $U_v = E_1 > 0$, khoá dẫn thông rồi chuyển chế độ bão hoà (quá trình quá độ này diễn ra rất nhanh).

Sau khi các điện áp trong khoá đã xác lập, nghĩa là khoá đã hoàn toàn nằm trong chế độ ứng với $U_v = E_1$, phải chọn sao cho các tham số của mạch đảm

bảo cho khoá nằm ở chế độ bão hoà khi Transistor có hệ số khuếch đại β là nhỏ nhất. Bởi vì ở chế độ bão hoà cả mặt ghép cực góp do mạch ngoài quyết định tức là:

$$I_{cbh} \approx \frac{E_C}{R_C}$$

Mặt khác $I_{cbh} \gg I_{c0}$ là dòng góp ngược bão hoà, ta xác định được dòng điện cực gốc ở chế độ bão hoà theo biểu thức:

$$I_{cbh} = \frac{I_{cbh}}{\beta} \approx \frac{E_C}{\beta R_C}$$

Do đó, để đảm bảo khoá tồn tại ở chế độ bão hoà các tham số của mạch phải chọn sao cho $I_b \geq I_{bbh}$ tức là phải thoả mãn điều kiện:

$$\frac{E_1}{R_B} \geq \frac{E_C}{\beta R_C} \quad (3-3)$$

Nếu chọn $E_1 = E_C$, khi đó (3-3) được viết thành:

$$R_B \leq \beta R_C \quad (3-4)$$

Minh hoạ cụ thể các dẫn giải trên qua một số ví dụ dưới đây:

Nếu trong sơ đồ Transistor khoá thì lúc không tải điện áp ra sẽ bằng $+E_C$. Với điện trở tải nhỏ nhất $R_L = R_C$, điện áp ra U_{CE} sẽ bằng $E_C/2$. Như vậy, $E_C/2$ là điện áp ra nhỏ nhất của sơ đồ ở trạng thái H. Để phân biệt chắc chắn các trạng thái, chúng ta chọn $U_H < E_C/2$. Chẳng hạn $U_H = 1,5V$ với $E_C = 5V$. Phù hợp với các điều kiện trên khi $U_{ra} \leq U_H$, điện áp vào phải tương ứng với mức L, mức L được hiểu là điện áp lớn nhất để khi đó Transistor vẫn còn bị khoá chắc. Đối với các Transistor silic làm việc ở nhiệt độ phòng, có thể chọn điện áp 0,4V làm mức L. Khi mức U_L và U_H đã chọn xong, cần phải tính các tham số của sơ đồ để khi $U_V = U_H$ điện áp ra thoả mãn $U_{ra} \leq U_L$. Sơ đồ cần phải tính sao cho yêu cầu này được thoả mãn cả khi trong trường hợp bất lợi nhất, tức là ngay cả khi $U_V = U_H = 1,5V$ thì điện áp U_{ra} vẫn cứ nhỏ hơn $U_L = 0,4V$. Điện trở cực R_C được chọn thích hợp để thời gian chuyển mạch của Transistor đủ nhỏ, còn trị số dòng cực góp không được quá lớn, chẳng hạn ta chọn $R_C = 5k\Omega$. Tiếp theo, ta tính trị số R_B để với điện áp vào $U_V = 1,5V$, điện áp ra không vượt quá trị số 0,4V. Muốn thế, dòng cực góp cần phải vào khoảng $I_{cbh} \approx E_C/R_C \approx 1mA$. Các Transistor dùng trong sơ đồ này cần phải có hệ số khuếch đại dòng điện $\beta \approx 100$.

Khi đó dòng cực gốc bão hoà.

$$I_{bbh} = \frac{I_{cbh}}{\beta} = \frac{1mA}{100} = 10\mu A$$

Để Transistor bão hoà, chúng ta chọn $I_b = 100\mu A$ tức là dự trữ gấp 10 lần.
Lúc đó R_b có trị số:

$$R_b = \frac{1,5V - 0,6V}{100\mu A} = \frac{0,9V}{100\mu A} = 9k\Omega$$

Khoá điện tử dùng Transistor thường được ứng dụng làm khoá chuyển mạch, điều khiển tín hiệu xung; dùng để khuếch đại, biến đổi dạng xung...

Câu hỏi

1. Có những yếu tố nào làm ảnh hưởng đến dải thông tần số của mạch khuếch đại?
2. Biện pháp mở rộng dải thông tần số thấp và tần số cao của mạch khuếch đại là như thế nào?
3. Thế nào là mạch lọc thông thấp (hạ thông), thông cao (thượng thông), thông dải (băng thông) và chắn dải (triệt dải, chắn dải)? Các loại mạch lọc đó dùng để làm gì?
4. Hãy cho biết ký hiệu và đặc điểm của mạch khuếch đại thuật toán.
5. Khoá điện tử sử dụng Transistor làm việc trong vùng đặc tuyến nào? Khoá điện tử sử dụng để làm gì?

Chương 4

MẠCH TẠO DAO ĐỘNG

I. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MẠCH TẠO DAO ĐỘNG HÌNH SIN

1. Khái quát chung

Trong lĩnh vực điện - điện tử, dòng điện xoay chiều hình sin rất quan trọng vì những đặc tính riêng của nó như:

- Dòng điện hình sin rất dễ phát sinh.
- Các dòng điện xoay chiều có tính chất tuần hoàn đều có thể phân tích thành một chuỗi các tín hiệu hình sin. Điều này thuận lợi cho việc phân tích, tính toán nhờ có nhiều công cụ toán học.
- Dòng điện hình sin thường được dùng để khảo sát đặc tính kỹ thuật của các mạch điện tử như mạch lọc, mạch khuếch đại...

Mạch dao động được hiểu là mạch khuếch đại nhưng không có tín hiệu vào mà nó tự tạo ra tín hiệu ra.

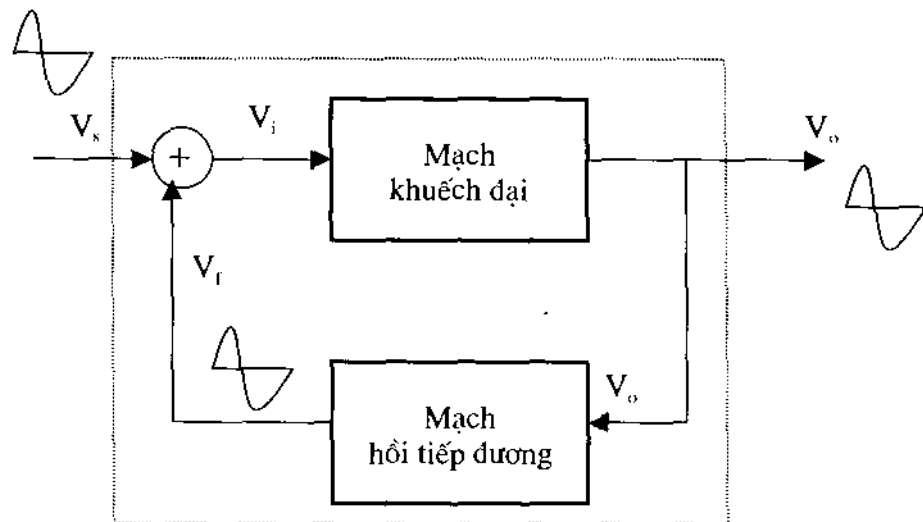
Mạch dao động tạo xung vuông nhờ hiện tượng nạp xả của mạch RC kết hợp với hai trạng thái bão hòa và ngưng dẫn của linh kiện tích cực.

Mạch tạo dao động hình sin dựa trên hiện tượng cộng hưởng của mạch LC kết hợp với mạch khuếch đại hồi tiếp để tạo tín hiệu.

Để có tín hiệu hình sin ra, mạch khuếch đại hồi tiếp phải thoả mãn các điều kiện sau:

+ Xét riêng mạch khuếch đại có tín hiệu vào V_i , tín hiệu ra V_o . Hệ số khuếch đại vòng hở (không có hồi tiếp) của mạch khuếch đại là:

$$A_{v_o} = \frac{V_o}{V_i} \Rightarrow V_o = V_i \cdot A_{v_o}$$



Hình 4.1. Sơ đồ khối mạch tạo dao động

+ Xét riêng mạch hồi tiếp dương có tín hiệu vào là V_o , tín hiệu ra là V_f . Hệ số hồi tiếp hay độ lợi của mạch hồi tiếp là:

$$b = \frac{V_f}{V_o} \Rightarrow V_f = b.V_o$$

Do có hồi tiếp dương nên V_s và V_f cùng pha. Tín hiệu V_i chính là tổng của V_s và V_f .

Ta có:

$$V_i = V_s + V_f \Rightarrow V_s = V_i - V_f$$

+ Xét mạch khuếch đại có hồi tiếp dương (đường rời nét) bao gồm cả mạch khuếch đại và mạch hồi tiếp dương. Tín hiệu ngõ vào là V_s , tín hiệu ra là V_o . Hệ số khuếch đại của toàn mạch là:

$$A_{VF} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i - V_f} = \frac{V_i - A_{Vo}V_o}{V_i - b.V_i.A_{Vo}}$$

Suy ra:
$$A_{VF} = \frac{A_{Vo}}{1 - b.A_{Vo}}$$

Do đây là mạch khuếch đại đồng pha nên b và A_{Vo} có trị số dương, do đó $b.A_{Vo}$ cũng có trị số dương.

Tích số $b.A_{vo}$ chính là tích số của hai hệ số khuếch đại, hệ số khuếch đại vòng hở của mạch khuếch đại và hệ số khuếch đại của mạch hồi tiếp. Tích số $b.A_{vo}$ còn được gọi là hệ số khuếch đại vòng hay độ lợi vòng (loop gain).

Khi hệ số khuếch đại vòng $b.A_{vo} = 1$ hay $1 - b.A_{vo} = 0$ thì:

$$A_{VF} = \frac{A_{vo}}{0} \Rightarrow \infty$$

Lúc đó mạch có độ khuếch đại vô cùng lớn và mạch sẽ dao động, và tự tạo ra tín hiệu mà không cần tín hiệu vào V_s .

Từ đó ta rút ra điều kiện của mạch là:

- Hệ số khuếch đại vòng $b.A_{vo} = 1$. (Tích hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại và hệ số khuếch đại của mạch hồi tiếp). Điều kiện này còn được gọi là điều kiện cân bằng về biên độ dao động.

- Góc lệch (dịch) pha của mạch bằng 0° hoặc 360° . (Tổng góc dịch pha của mạch khuếch đại và mạch hồi tiếp phải là hồi tiếp dương). Điều kiện này còn được gọi là điều kiện cân bằng về góc pha.

Nếu hai điều kiện trên không được thoả mãn thì mạch không có khả năng dao động.

Nếu $b.A_{vo} > 1$ thì mạch dao động tự kích, biên độ dao động tăng dần. Đến một mức nào đó thì mạch ở trạng thái bão hoà.

Nếu $b.A_{vo} < 1$ thì mạch dao động tự tắt dần. Đến một mức nào đó thì mạch trở về trạng thái cắt (khóa), không có tín hiệu ra.

Nếu điều kiện góc pha không được thoả mãn thì mạch chỉ là mạch khuếch đại có hồi tiếp. Vì không có điện áp tín hiệu vào nên cũng không có tín hiệu ra.

2. Các loại mạch dao động hình sin

Mạch tạo dao động hình sin có rất nhiều loại, tùy theo từng cách phân loại mà ta có các loại mạch dao động như sau:

- * Nếu ta phân loại theo phần tử tích cực, có:
 - Mạch dao động dùng Transistor.
 - Mạch dao động dùng IC (mạch khuếch đại thuật toán).
- * Nếu phân loại theo linh kiện thụ động RLC, có:
 - Mạch dao động RC.
 - Mạch dao động LC.
- * Nếu phân loại theo mạch sử dụng biến áp, có:
 - Mạch dao động ghép biến áp.

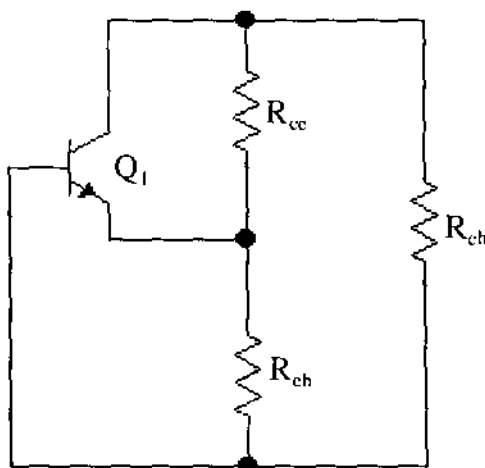
- Mạch dao động không dùng biến áp.
- * Nếu phân loại theo kết cấu của mạch hồi tiếp, có:
 - Mạch dao động 3 điểm điện cảm, 3 điểm điện dung.
 - Mạch dao động dùng cầu chữ T, chữ T kép.
 - Mạch dao động dùng khâu hồi tiếp di pha RC, CR.
 - Mạch dao động cầu viên.
- * Nếu phân loại theo linh kiện kết hợp khác, có:
 - Mạch dao động dùng thạch anh.
 - Mạch dao động dùng diot biến dung...

II. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG 3 ĐIỂM

Mạch dao động 3 điểm cũng dùng để biến đổi điện áp một chiều thành điện áp xoay chiều hình sin tần số cao.

Gọi là mạch dao động 3 điểm vì từ khung dao động có 3 điểm được nối với 3 cực của Transistor (còn đối với IC khuếch đại thuật toán sẽ được trình bày ở giáo trình chuyên ngành khác) theo nguyên tắc:

Cực E phải mắc vào điểm trung gian giữa B và C.



Hình 4.2. Nguyên lý mạch tạo dao động 3 điểm

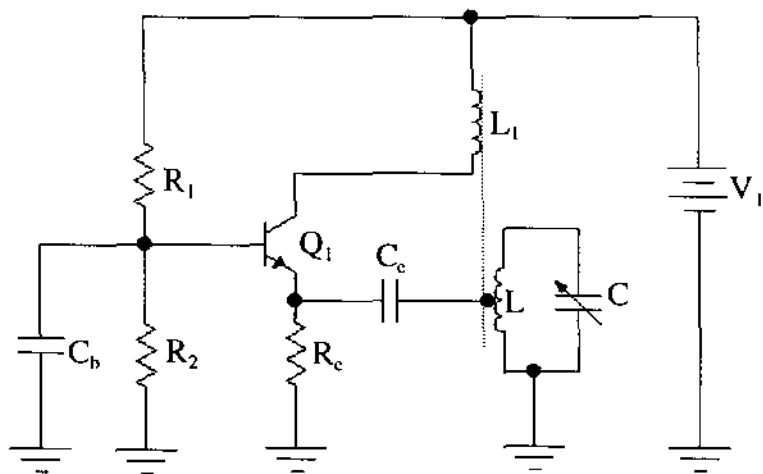
- Xét về tính chất điện kháng của từng đoạn mạch thì Z_{ch} phải cùng tính chất với Z_{cc} và cả 2 ngược tính chất với Z_{cb} .

$Z_{ce} + Z_{cb} + Z_{cb} = 0$. Do vậy ta có 2 loại mạch dao động 3 điểm đó là:

- Mạch dao động 3 điểm điện dung khi Z_{ce} và Z_{cb} đều mang tính dung kháng.
- Mạch dao động 3 điểm điện cảm khi Z_{ce} và Z_{cb} đều mang tính chất cảm kháng.

1. Mạch tạo dao động 3 điểm điện cảm

Một trong các mạch dao động 3 điểm điện cảm như hình vẽ sau:



Hình 4.3. Mạch tạo dao động 3 điểm điện cảm

Khung dao động gồm cuộn dây L và tụ C tạo dao động có:

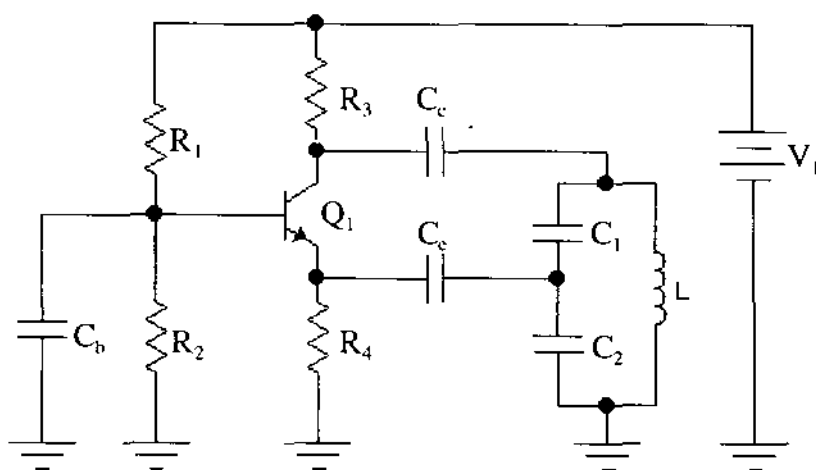
$$m_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Trong mạch này, cực B nối mát qua C_b ; cực E qua C_e nối vào 1 điểm trung gian của cuộn dây L. Còn cực C có thể dùng R_3C_c để mắc với đầu trên khung dao động, cách mắc này làm giảm U_{ce} . Do đó, trong các mạch 3 điểm người ta thay nhóm R_3C_c bằng cuộn dây ghép Lgh cuốn trên cùng một lõi với cuộn dây L nên ta vẫn coi đầu trên khung dao động mắc với cực C vì khi có i_c qua Lgh sẽ bổ sung năng lượng cho dao động trong khung LC.

Trong mạch khi bật nguồn, có i_c qua Lgh sẽ hồ cảm sang L tạo ra sức điện động hồ cảm e_M , nhờ e_M trong khung tạo ra dao động. Lấy một phần dao động ở phần dưới cuộn dây L đưa về B-E điều khiển i_c qua Lgh để bổ sung năng lượng trong khung LC. Mạch này có Transistor mắc B chung và rõ ràng U_{cb} cùng pha với U_L .

2. Mạch tạo dao động 3 điểm điện dung

Có nhiều kiểu dao động ba điểm điện dung khác nhau, một trong các mạch loại này như hình vẽ sau:



Hình 4.4. Mạch dao động 3 điểm điện dung

Trong đó khung dao động gồm cuộn dây L và tụ C_1, C_2 có:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

Cực E qua tụ C_e được mắc vào điểm giữa C_1, C_2 . Cực B qua tụ C_b tiếp mát. Cực C qua tụ C_c mắc với đầu trên khung do đó, $Z_{cb} = X_{c2}$; $Z_{cc} = X_{c1}$ và $Z_{cy\text{ đảo}} = X_L$. Các tụ C_b, C_e, C_c có điện dung lớn để $X_c = 0$, $R_1 R_2$ mạch phân áp tạo $+U_{BQ} = U_{R2} R_3$; R_4 hạn chế dòng xoay chiều i_c, i_e để chúng ít ảnh hưởng sang khung dao động.

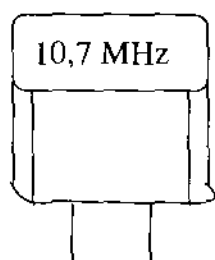
Khi bật nguồn, nhờ dòng nạp ban đầu của C_c và C_e qua khung mà trong khung $LC_1 C_2$ có dao động. Một phần dao động được lấy ở C_2 đưa qua C_e, C_b tới đoạn mạch E-B. Rõ ràng U_{cb} hoàn toàn đồng pha với U_{cc} có tác dụng điều khiển i_c bổ sung năng lượng cho khung dao động.

Do điều kiện $Z_{cc} + Z_{cb} + Z_{cb} = 0$ nên nếu C_1, C_2, L , đã cố định thì chỉ có một tần số đáp ứng được điều kiện trên nên tại tần số đó mạch sẽ dao động. Mạch dao động kiểu này có độ ổn định hơn mạch dao động ghép biến áp.

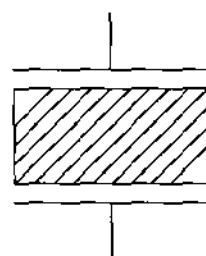
III. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG DÙNG THẠCH ANH

1. Đặc tính của thạch anh

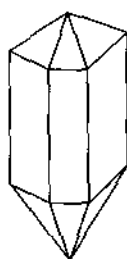
Tinh thể thạch anh là loại đá (trong mờ) có cấu tạo sáu mặt và có hai tháp ở hai đầu.



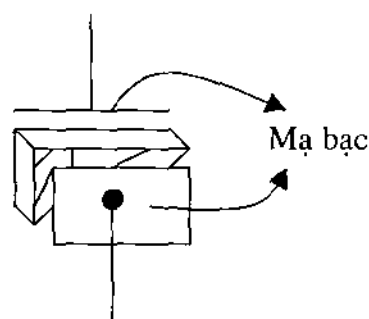
Hình dáng



Ký hiệu



Tinh thể



Cấu tạo

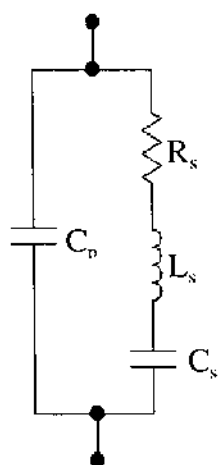
Hình 4.5. Tinh thể - cấu tạo ký hiệu - hình dạng thạch anh

Người ta cắt tinh thể thạch anh theo một phương vị góc xác định theo dạng tròn, dạng vuông dài hay dạng thanh... Diện tích của lát thạch anh khoảng vài cm^2 và bề dày rất mỏng, khoảng vài mm. Hai mặt lát thạch anh được mài phẳng, mạ lên lớp kim loại thường là loại bạc và nổi ra các điện cực. Cuối cùng lát thạch anh được bỏ trong hộp có chứa bột cách điện và được nối ra hai chân. Tinh thể thạch anh có ký hiệu như hình vẽ.

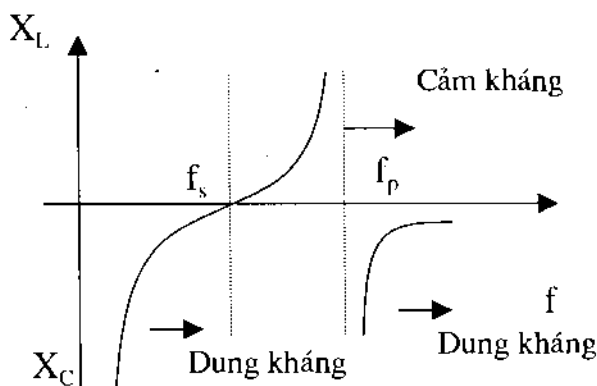
Tinh thể thạch anh có đặc tính là khi bị kích thích bởi một lực ép cơ học thì thạch anh sẽ phát ra điện trường, giữa hai bản cực sẽ xuất hiện một điện áp gọi là hiệu ứng áp điện. Ngược lại, khi kích thích tinh thể thạch anh bằng nguồn

điện AC, tinh thể thạch anh sẽ rung ở tần số không đổi và hiện tượng rung này gây ra hiệu ứng áp điện, thạch anh lại phát ra điện trường và cho tín hiệu xoay chiều có tần số không đổi.

Tinh thể thạch anh có mạch tương đương và đặc tính trở kháng như hình sau:



Mạch tương đương



Hình 4.6. Mạch tương đương và đặc tuyến tần số cộng hưởng của thạch anh

Các thông số của tinh thể thạch anh có trị số tùy thuộc mặt cắt, thường trong khoảng:

R_s = vài chục Ω tới vài $k\Omega$

L_s = vài chục mH tới vài ngàn mH

C_s = nhỏ hơn 1pF

C_p = vài pF tới vài chục pF

Tinh thể thạch anh cộng hưởng ở hai tần số khác nhau:

- Cộng hưởng nối tiếp ở tần số f_s do L_s và C_s theo công thức:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s \cdot C_s}}$$

Cộng hưởng song song ở tần số f_p do L_s và C_s (C_s song song C_p) theo công thức:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s \cdot \frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p}}}$$

$$\text{Do } C_p \gg C_s \text{ nên } \frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p} \approx C_s$$

Như vậy, f_s và f_p có trị số gần bằng nhau.

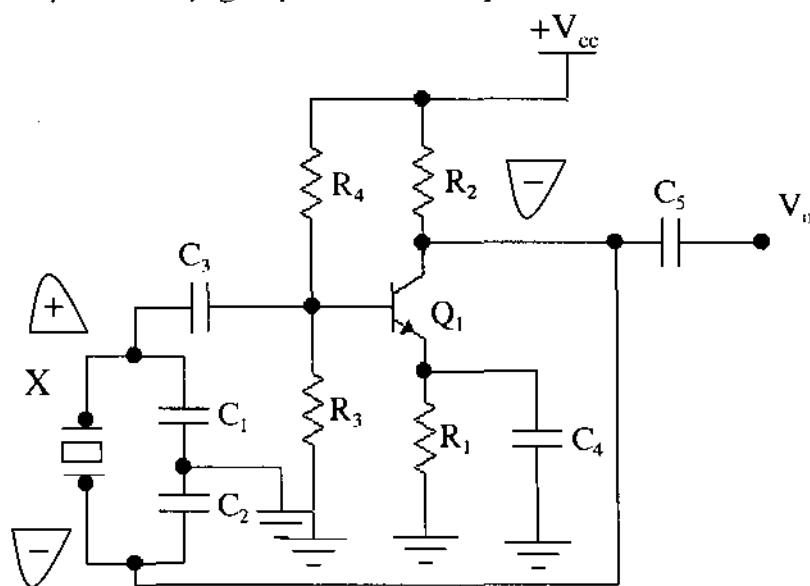
Thạch anh còn có $X_{L_s} \gg R_s$ và $X_{C_s} \gg R$ nên dao động thạch anh có hệ số phẩm chất Q rất lớn. Điều này có nghĩa là tinh thể thạch anh trong mạch dao động có độ ổn định tần số rất lớn.

Các thông số của tinh thể thạch anh rất ít thay đổi theo nhiệt độ và thời gian nên thường được dùng trong các mạch dao động cần độ ổn định tần số cao.

Bộ dao động thạch anh có thể cho mạch dao động ở tần số f_s , lúc đó trở kháng cộng hưởng $Z \rightarrow 0\Omega$. Ngược lại cũng có thể cho mạch dao động ở tần số f_p , lúc đó trở kháng cộng hưởng $Z \rightarrow \infty\Omega$. Như vậy, dao động thạch anh được chia ra hai loại là dao động nối tiếp và dao động song song.

2. Mạch dao động dùng thạch anh

2.1. Mạch dao động thạch anh nối tiếp

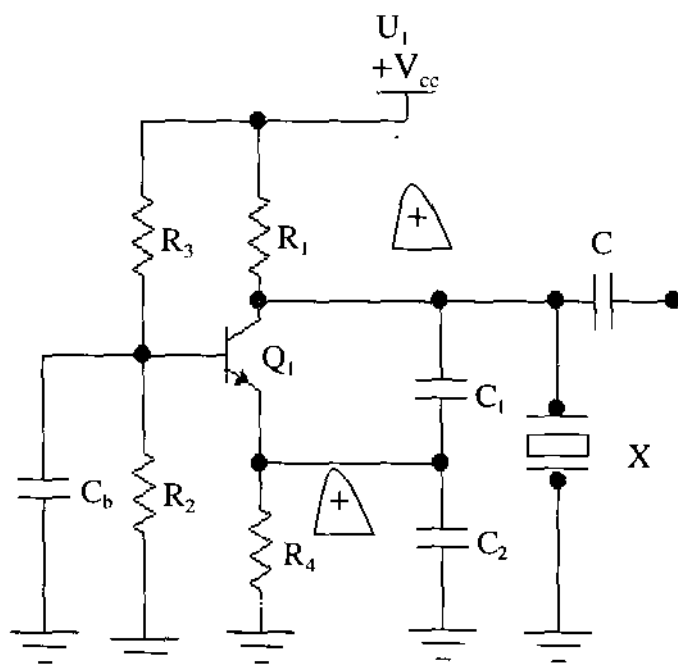


Hình 4.7. Mạch dao động dùng thạch anh mắc nối tiếp

Trong sơ đồ, thạch anh X như là mạch cộng hưởng LC ghép nối tiếp kết hợp với hai tụ C_1 - C_2 để tạo tín hiệu đảo pha. Nguyên lý như mạch dao động Colpitts (dao động 3 điểm chung).

Thạch anh X nằm trên đường hồi tiếp từ cực C về cực B nên chỉ có tín hiệu ở tần số cộng hưởng được hồi tiếp để tạo dao động ra tần số này.

2.2. Mạch dao động thạch anh song song



Hình 4.8. Mạch dao động dùng thạch anh mắc song song

Trong mạch điện, thạch anh X như mạch cộng hưởng song song ở ngõ ra để chọn tần số. Tần số cộng hưởng chính là tần số f_p của thạch anh.

Để tạo hồi tiếp, hai tụ C_1 và C_2 là hai cấu phân áp xoay chiều lấy tín hiệu ra ở cực C hồi tiếp về cực E. Như vậy, Transistor được ráp kiểu B chung nên mạch khuếch đại có tín hiệu vào cực E và tín hiệu ra ở cực C là hai tín hiệu đồng pha, nên mạch hồi tiếp nhờ cấu phân áp C_1 - C_2 là mạch hồi tiếp dương đúng theo điều kiện của mạch dao động.

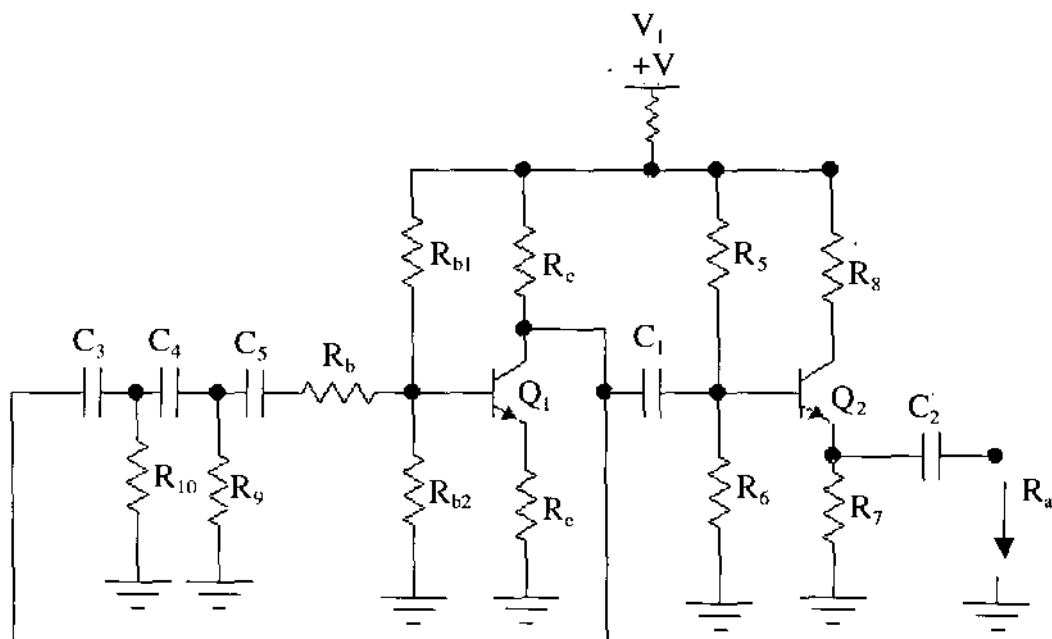
Thực chất mạch dao động này cũng là mạch dao động Colpitts cải tiến (loại mạch ba điện dung).

Hiện nay, dao động thạch anh được ứng dụng rất rộng rãi trên các thiết bị điện tử dân dụng hay chuyên dùng nhờ độ ổn định tần số rất lớn. Tuy nhiên thạch anh chỉ được chế tạo có tần số dao động từ 100KHz trở lên, ở tần số thấp rất khó chế tạo vì cần thạch anh có kích thước lớn.

IV. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG DỪNG R-C

1. Mạch dao động dùng khâu di pha

Sơ đồ mạch:



Hình 4.9. Mạch dao động dùng RC

Trong sơ đồ, Transistor Q_1 được ráp kiểu E chung nên là mạch khuếch đại đảo pha 180° . Mạch hồi tiếp từ cực C về cực B gồm ba mạch lọc RC là loại lọc thông cao. Ở đây, mạch lọc RC được chọn trị số sao cho mỗi mạch làm sớm pha 60° (tính chất của mạch vi phân). Như vậy, qua ba mạch lọc RC sẽ làm sớm pha 180° . Tín hiệu từ cực C qua mạch hồi tiếp sẽ trùng pha với tín hiệu vào ở cực B, tạo thành hồi tiếp dương.

Để có hệ số khuếch đại vòng $b.A_{V0} = 1$, người ta có thể thay đổi trị số điện trở R_E để có độ khuếch đại điện áp của Transistor thích hợp.

Mạch lọc RC thứ ba (trên đường hồi tiếp) có tụ C kết hợp với điện trở R ($R = R_9 = R_{10}$) chính là mạch tương đương của $R_{B1} // R_{B2} // r_i$ của mạch khuếch đại T_1 . Do trị số của ba điện trở này song song nhau và có giá trị nhỏ nên phải ghép nối tiếp thêm R_B để có giá trị chung bằng các điện trở R phía trước.

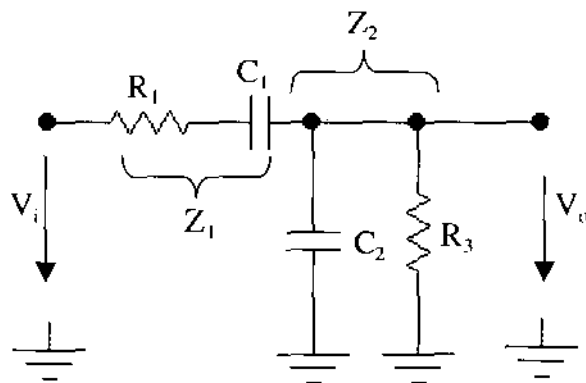
Tần số dao động của mạch được tính theo công thức:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{6 + 4 \cdot \frac{R_C}{R}}}$$

Transistor Q_2 là mạch khuếch đại đệm ráp kiểu C chung, có tác dụng làm giảm tổng trở ra của mạch, dung hợp với tổng trở của tải thường có giá trị số nhỏ và không làm ảnh hưởng đến mạch dao động dùng Transistor Q_1 .

2. Mạch dao động dùng cầu viên

2.1. Mạch lọc dùng cầu viên



Hình 4.10. Mạch lọc cầu viên

Trong sơ đồ mạch lọc cầu viên chia ra hai cặp linh kiện, điện trở $R = R_1$ nối tiếp với tụ $C = C_1$ có tổng trở chung là Z_1 , điện trở $R = R_2$ song song với tụ $C = C_2$ có tổng trở chung là Z_2 .

Ta có: $Z_1 = R + X_C$

$$Z_2 = \frac{R \cdot X_C}{R + X_C}$$

Hai tổng trở Z_1 và Z_2 tạo thành cầu phân áp cho ra điện áp tín hiệu V_o tính theo công thức:

$$V_o = V_i \cdot \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Nhận xét:

- Khi có tần số f thấp $\rightarrow 0$ thì $X_C \rightarrow \infty$ nên tổng trở $Z_1 \rightarrow \infty$. Điện áp ra V_o bị giảm rất nhỏ.

- Khi có tần số f cao $\rightarrow \infty$ thì $X_C \rightarrow 0$ nên tổng trở $Z_2 \rightarrow 0$. Điện áp ra V_o cũng bị giảm rất nhỏ.

Bằng phương pháp phân tích và tính toán, người ta chứng minh rằng tần số có biên độ điện áp V_o ra lớn nhất là:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Tại tần số f_0 :

$$Z_1 = \sqrt{2} \cdot R$$

Và:

$$Z_2 = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

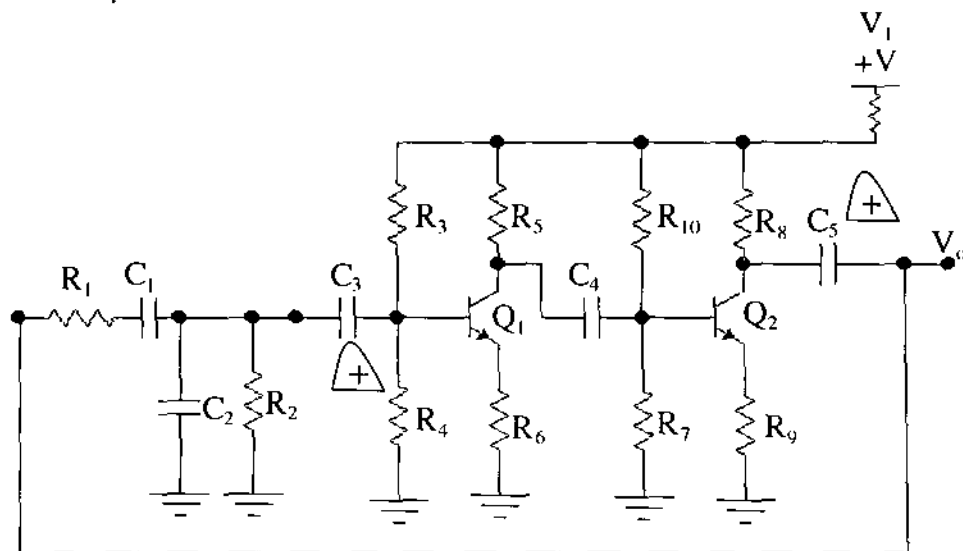
Suy ra:

$$V_o = \frac{1}{3} V_i$$

Là biên độ ra cực đại.

2.2. Mạch tạo dao động cầu viên

Sơ đồ mạch:



Hình 4.11. Mạch dao động cầu viên

Hai Transistor Q_1 và Q_2 đều ráp theo kiểu E chung nên là mạch khuếch đại đảo pha. Tín hiệu vào cực B_1 và ra cực C_2 sẽ là hai tín hiệu đồng pha để tạo hồi tiếp dương.

Mạch hồi tiếp từ cực C_2 về B_1 là mạch cầu viên để chọn lọc tần số.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Theo phân tích trên, mạch cầu viên có hệ số khuếch đại hồi tiếp là:

$$b = \frac{1}{3} \quad (v_o = \frac{1}{3} v_i)$$

Theo điều kiện của mạch dao động phải có hệ số khuếch đại vòng là:

b. $A_{v0} = 1$.

Do: $b = \frac{1}{3}$ nên chỉ cần có: $A_{v0} = 3$ thì đủ để cho mạch dao động được.

A_{v0} là hệ số khuếch đại của T_1 và T_2 .

V. SỬ DỤNG IC TRONG CÁC MẠCH TẠO DAO ĐỘNG HÌNH SIN

1. Khái quát chung

Ta đã biết rằng, mạch dao động bao gồm mạch khuếch đại và mạch hồi tiếp. Vậy mạch dao động dùng IC là mạch sử dụng IC (thường là IC khuếch đại thuật toán) làm mạch khuếch đại, còn mạch hồi tiếp là để tạo ra hồi tiếp dương. Mạch hồi tiếp rất đa dạng, do đó mạch khuếch đại dùng IC kết hợp với mạch hồi tiếp để tạo thành mạch dao động cũng rất đa dạng. Mạch dao động dùng IC có thể có các loại sau:

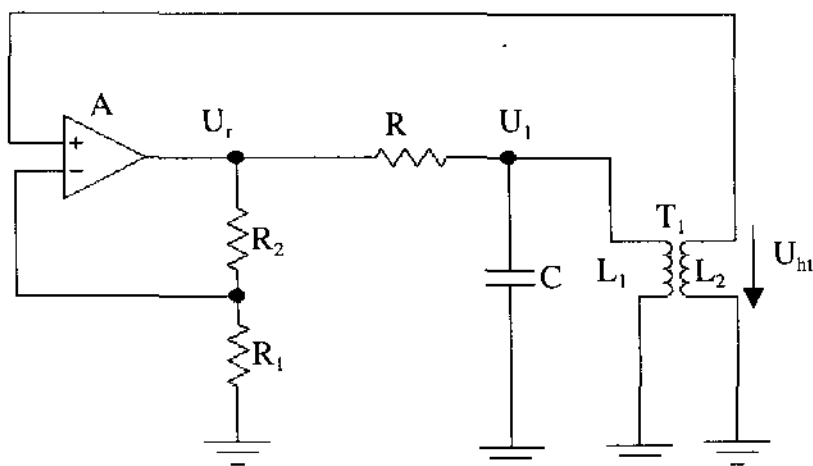
- Mạch dao động dùng biến áp.
- Mạch dao động kiểu ba điểm: Ba điểm điện cảm, ba điểm điện dung.
- Mạch dao động dùng thạch anh.
- Mạch dao động dùng khâu di pha (lệch pha) kiểu CR (lọc thông cao), RC (lọc thông thấp), kiểu ba khâu hay bốn khâu.
- Mạch dao động dùng cầu viên.
- Mạch dao động dùng hồi tiếp là mạch lọc chữ T hay chữ T kép...

Trong phần này chúng ta chỉ khảo sát một số mạch dao động, các mạch còn lại sẽ được trình bày ở các giáo trình chuyên ngành khác.

2. Mạch dao động hình sin dùng IC

2.1. Mạch dao động dùng khuếch đại thuật toán kết hợp với biến áp

* Sơ đồ mạch:



Hình 4.12. Mạch dao động khuếch đại thuật toán ghép biến áp

Trong đó:

- A là mạch khuếch đại sử dụng IC khuếch đại thuật toán.
- R_1 , R_2 là các điện trở hồi tiếp âm dùng để ổn định mạch dao động.
- L_1 , C là khung cộng hưởng để tăng cường điện áp ra đưa vào mạch hồi tiếp.
- R là điện trở ghép làm giảm sự ảnh hưởng giữa trở kháng đầu ra mạch khuếch đại nhỏ đến khung cộng hưởng L_1 C.
- Biến áp T_1 gồm hai cuộn dây L_1 và L_2 dùng để tạo hồi tiếp dương (đưa về đầu vào hay cửa vào thuận). Muốn cho mạch dao động được thì lượng hồi tiếp dương phải lớn hơn lượng hồi tiếp âm.

Vì mạch khuếch đại là mạch khuếch đại thuận nên hệ số khuếch đại của mạch là: $K = (R_2 + R_1)/R_1 = 1 + R_2/R_1$.

Do đó, để đảm bảo điều kiện cân bằng về biên độ dao động K. $K_{ht} = 1$ thì

$$K_{ht} = U_{ht}/U_{vt} = 1/K \approx 1/(1 + R_2/R_1) = R_1/(R_1 + R_2)$$

U_{ht} là điện áp lấy ra trên cuộn dây L_2 của biến áp T_1 , tỷ lệ với số vòng dây của cuộn L_2 (n_2).

U_{vht} là điện áp đưa vào cuộn dây L_1 của biến áp T_1 , tỷ lệ với số vòng dây của cuộn dây L_1 (n_1).

Như vậy $K_{\text{ht}} \approx R_1/(R_1 + R_2) < 1$ tỷ lệ với $n_2/n_1 \Rightarrow n_2/n_1 < 1$ (số vòng dây n_2 nhỏ hơn số vòng dây n_1).

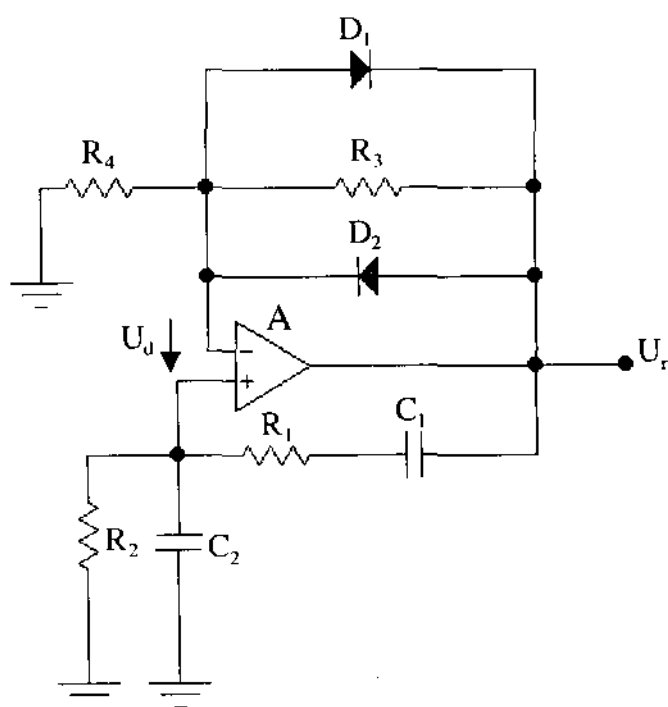
Còn điều kiện cân bằng về góc pha để tạo hồi tiếp dương luôn được thỏa mãn khi cuộn dây L_1 được cuốn cùng chiều với cuộn dây L_2 .

* Hoạt động của mạch như sau:

Khi mới đóng mạch K. K_{ht} phải luôn lớn hơn 1 làm cho biên độ dao động tăng dần cho đến khi mạch khuếch đại chuyển sang làm việc ở trạng thái bão hoà, khi đó hệ số khuếch đại của mạch giảm dần cho $K \cdot K_{\text{ht}} = 1$. Lúc này dao động được tạo ra nhưng không phải là dao động hình sin. Để có dao động điều hoà hình sin thì mạch phải điều chỉnh hệ số khuếch đại sao cho $K \cdot K_{\text{ht}} = 1$ và xác lập tại đó khi mạch khuếch đại chuyển sang làm việc ở trạng thái bão hoà.

2.2. Mạch dao động cầu viên dùng IC

* Sơ đồ mạch:



Hình 4.13. Mạch dao động cầu viên dùng IC

Trong đó:

A là mạch khuếch đại dùng IC khuếch đại thuật toán, trong trường hợp này mạch đóng vai trò là mạch khuếch đại thuận.

Nhánh R_3 và R_4 đóng vai trò là nhánh hồi tiếp âm để ổn định dao động, và không phụ thuộc vào tần số.

R_1 , C_1 và R_2 , C_2 là mạch lọc cầu viên dùng làm mạch hồi tiếp, có hệ số khuếch đại hồi tiếp là: $K_{ht} = K_{ht} \max = 1/3$.

Góc lệch pha (đi pha) của mạch hồi tiếp là: $\varphi_{ht} = 0$ khi $\omega_{dd} = 1/R_1 C_1 = 1/R_2 C_2 = 1/RC$.

D_1 , D_2 mắc song song với R_3 làm nhiệm vụ ổn định biên độ dao động cho mạch dao động. Khi biên độ dao động tăng thì điện trở tương đương của nhánh R_3 giảm làm cho hồi tiếp âm tăng và do đó hệ số khuếch đại của mạch giảm và ổn định với K . $K_{ht} = 1$.

* Điều kiện của mạch như sau:

- Điều kiện cân bằng về biên độ:

Khi $\omega_{dd} = 1/R_1 C_1 = 1/R_2 C_2 = 1/RC$ thì nhánh hồi tiếp dương tạo dao động có $K_{ht}(+) = K_{ht}(+) \max = 1/3$.

Và mạch khuếch đại là mạch khuếch đại thuận có nhánh hồi tiếp âm là R_3 và R_4 (bỏ qua trở kháng của D_1 và D_2). Khi đó hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại là: $K = U_r/U_p$, U_p là điện áp vào đầu vào thuận (vì mạch khuếch đại là khuếch đại thuận).

Mạch khuếch đại thuật toán luôn có $U_p = U_n$.

Suy ra $K = U_r/U_n$; $U_n = U_r \times R_4/(R_3 + R_4)$. Vậy $K = (R_3 + R_4)/R_4$.

Để cho điều kiện cân bằng biên độ dao động được thỏa mãn $K \cdot K_{ht} = 1 \Rightarrow$

$$(R_3 + R_4)/R_4 \times 1/3 = 1 \Rightarrow (R_3 + R_4)/R_4 = 3 \Rightarrow R_3 = 2 R_4$$

- Điều kiện cân bằng về góc pha:

Điều kiện cân bằng về góc pha luôn được thỏa mãn với cách mắc như trên.

Vì mạch hồi tiếp cầu viên có $\varphi_{ht} = 0$ và mạch khuếch đại là khuếch đại thuận cũng có $\varphi = 0$, nên $\varphi + \varphi_{ht} = 0$ thỏa mãn điều kiện góc pha dao động.

* Nguyên lý hoạt động như sau:

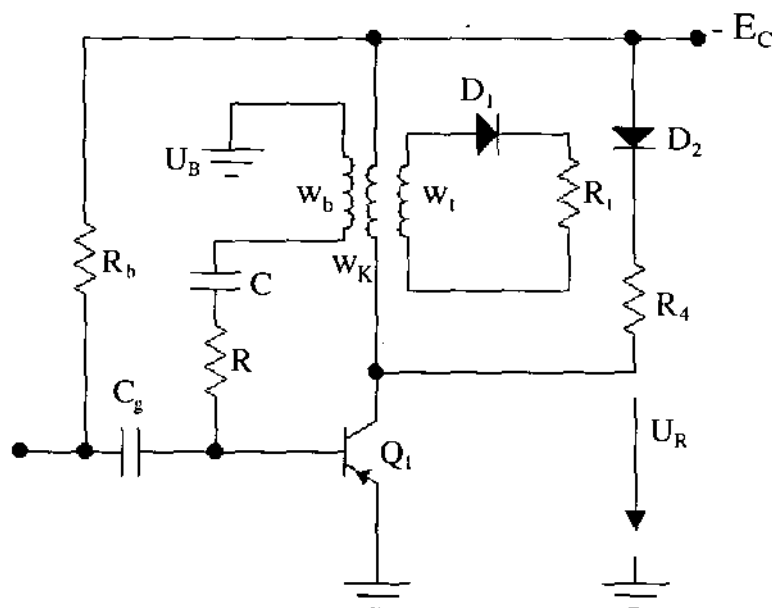
- Khi mới đóng nguồn điện một chiều cho mạch thì hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại tăng làm cho hệ số khuếch đại vòng $K \cdot K_{ht} > 1$, khi đó mạch khuếch đại tiến tới làm việc ở trạng thái bão hòa.

- Hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại tăng làm cho hồi tiếp âm về đầu vào đảo của mạch khuếch đại tăng mạnh, kéo hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại giảm xuống.

- Khi mạch hoạt động ổn định thì hệ số khuếch đại vòng sẽ đạt K . Khi $t = 1$ và khi đó mạch sẽ phát ra tín hiệu dao động hình sin.

VI. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG NGHỆT

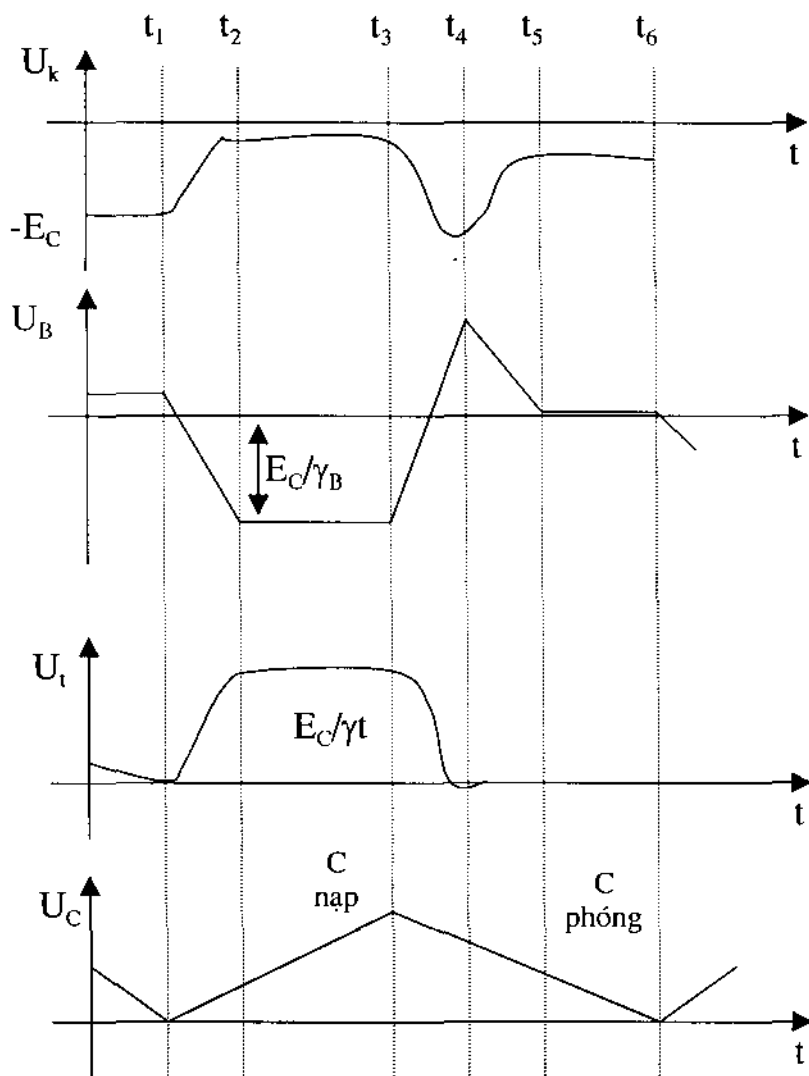
1. Mạch dao động nghệt dùng Transistor



Hình 4.14. Mạch dao động nghệt

Mạch nguyên lý dao động nghệt (Blocking) tự tạo dao động gồm một Transistor Q_1 mắc Emittơ chung với biến áp xung có 3 cuộn: W_k là cuộn sơ cấp, 2 cuộn thứ cấp W_t và W_b . Quá trình thực hiện hồi tiếp dương từ W_k qua cuộn W_b nhờ cực tính ngược nhau của chúng (có chiều cuộn ngược nhau). Tụ C và R để hạn chế dòng điện cực Bazơ. Điện trở R tạo dòng phóng cho tụ điện C (lúc Transistor khoá). Khâu mạch R_1 , D_2 để bảo vệ Transistor khi transistor chuyển từ thông sang tắt. Các hệ số biến áp xung γ_B và γ_t được xác định bởi:

$$\gamma_B = \frac{w_k}{w_B} \quad \gamma_t = \frac{w_k}{w_t}$$



Hình 4.15. Dạng điện áp mạch dao động nghet

Các quá trình vật lý xảy ra trong mạch điện:

Trong khoảng thời gian 0 đến t_1 , Transistor bị tắt do điện áp đã nạp trên tụ C, $U_C < 0$ tụ C phóng điện qua cuộn dây theo đường sau:

$+C \rightarrow R \rightarrow R_b \rightarrow -E_C \rightarrow \text{Mát} \rightarrow w_B \rightarrow -C$

Cho tới $t = t_1$ thì $U_C \approx 0$, trong khoảng thời gian trên thì U_B và $U_C \approx 0$ vì sụt áp trên cuộn w_B rất nhỏ do dòng ngược trong W_K gây ra, cảm ứng sang cuộn dây W_B và ω_1 một điện áp rất nhỏ, coi như xấp xỉ không.

Trong khoảng thời gian t_1 đến t_2 , khi $U_C = 0$ xuất hiện quá trình Blocking thuận nhờ hồi tiếp dương qua ω_B làm cho Transistor thông dần đến bão hoà làm cho U_B tụt từ giá trị $0 \rightarrow -E_C/\gamma_i$ (vì có cực tính ngược với W_k) còn U_i tăng từ $0 \rightarrow E_C/\gamma_i$.

Trong khoảng t_2 đến t_3 , T bão hoà sau điện áp trên cuộn W_k gần bằng E_c do đó U_k sẽ có giá trị ≤ 0 . Đây là giai đoạn tạo đỉnh xung, có sự tĩnh lặng từ trong các cuộn dây của biến áp. Khi đó, hồi tiếp qua cuộn W_B sẽ là $U_B = E_C/\gamma_B$ và điện áp trên cuộn tải sẽ là:

$$U_i = \frac{E_c}{\gamma_i}$$

Trong khoảng t_3 đến t_4 lúc này tốc độ thay đổi của dòng Collector giảm nhỏ do đó suất điện động cảm ứng W_k , W_B giảm, dẫn đến giảm dòng cực Bazơ I_B . Vì thế, làm giảm mức bão hoà của Transistor. Lúc này tụ C được nạp điện do năng lượng tích lũy trong cuộn W_B :

$$+U_B \rightarrow r_{EBT} \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow -U_B$$

Lúc đó I_B giảm tới giá trị tới hạn $I_{Bbh} = I_{Chh}/\beta$ xuất hiện quá trình Blocking ngược (hồi tiếp dương theo hướng ngược lại): T thoát khỏi trạng thái bão hoà $I_C \downarrow I_B \downarrow$ đưa Transistor đột biến trở về trạng thái tắt dòng $I_C = 0$, tuy nhiên do quán tính của cuộn dây, trên cực Collector xuất hiện suất điện động tự cảm cùng chiều chống sự giảm của dòng điện I_C do đó gây ra một mức điện áp âm biên độ lớn (tại thời điểm $t_1 = t_4$) vượt qua cả giá trị $-E_C$, đây là quá trình tiêu tán năng lượng từ trường đã tích lũy từ trước nhờ dòng thuận từ chảy qua mạch $D_2 R_1$:

$$+W_k \rightarrow D_2 \rightarrow R_1 \rightarrow -W_k$$

Lúc này cuộn W_i cảm ứng điện áp âm làm cho D_1 bị tắt và tách mạch khỏi sơ đồ, còn $U_B > 0$ và có giá trị nhỏ dần đến 0 (t_4 đến t_5).

Sau đó tụ C phóng điện duy trì T khoá cho tới khi $U_C = 0$ sẽ lặp lại một nhịp làm việc mới.

Độ rộng xung Blocking được tính là:

$$t_x = t_3 - t_1 = (R + r_v).c. \ln \frac{\beta R t'}{\lambda_B (R_i + W)}$$

Trong đó $R_i + \gamma_i^2 . R_i$ là tải phản ánh về mạch cực Collector (mạch sơ cấp) β là hệ số khuếch đại dòng tĩnh của Transistor khi mắc chung Emitter.

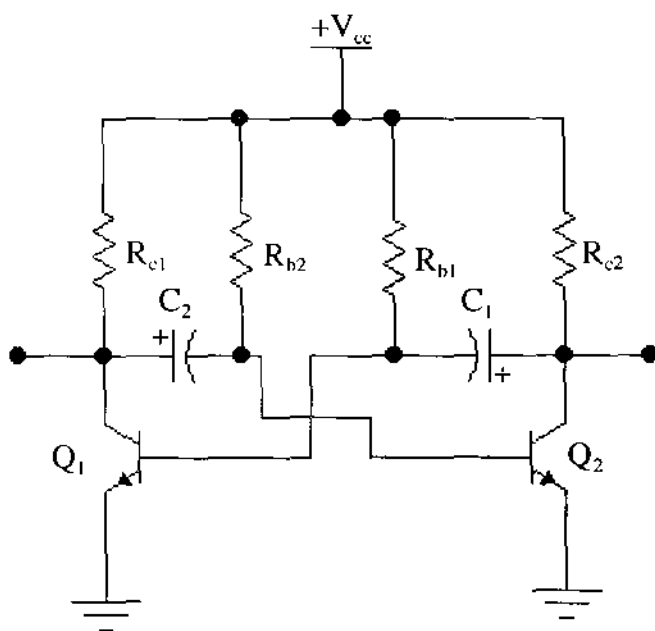
VII. MẠCH TẠO XUNG VUÔNG

Mạch dao động tạo ra xung vuông còn được gọi là mạch dao động đa hài. Mạch dao động đa hài có nhiều loại, ví dụ như: mạch dao động đa hài đợi hay còn được gọi là mạch dao động đa hài đơn ổn (một trạng thái ổn định), mạch dao động đa hài lưỡng ổn (hai trạng thái ổn định), mạch đa hài phi ổn (không ổn định) hay còn được gọi là mạch đa hài tự dao động... Trong phần này sẽ trình bày một trong các mạch dao động đó.

1. Mạch tạo xung vuông dùng Transistor

Mạch dao động tạo ra xung vuông điển hình và thường hay gặp nhất là mạch dao động đa hài tự dao động.

* Sơ đồ mạch như sau:



Hình 4.16. Mạch dao động đa hài tự dao động

* Nguyên lý hoạt động:

Thông thường mạch đa hài tự dao động là mạch đối xứng nên hai Transistor cùng tên và các linh kiện điện trở, tụ điện có cùng trị số.

Tuy hai Transistor cùng tên, các linh kiện cùng trị số nhưng không thể giống nhau một cách tuyệt đối. Điều này làm cho hai Transistor trong mạch

dẫn điện không bằng nhau. Khi mới cấp điện sẽ có một Transistor dẫn điện mạnh hơn và một Transistor dẫn điện yếu hơn. Nhờ tác dụng của mạch hồi tiếp dương từ C_1 về B_1 và từ C_2 về B_2 sẽ làm cho Transistor dẫn điện mạnh hơn tiến dần đến trạng thái bão hoà, Transistor dẫn điện yếu hơn tiến dần đến ngưng dẫn.

Giả thiết T_1 dẫn điện mạnh hơn, tụ C_1 được nạp điện qua R_{c2} làm cho dòng I_{B1} tăng cao nên T_1 tiến đến trạng thái bão hoà.

Khi T_1 tiến đến trạng thái bão hoà làm cho I_{C1} tăng cao và $V_{C1} \approx 0,2V$, tụ C_2 phóng điện qua T_1 và R_{b2} . Khi tụ C_2 phóng điện, điện áp âm trên tụ C_2 đưa vào cực B_2 làm Transistor T_2 ngưng dẫn. Thời gian ngưng dẫn của T_2 chính là thời gian phóng của C_2 qua R_{b2} .

Sau khi C_2 phóng xong, cực B_2 lại được phân cực nhờ R_{b2} nên T_2 dẫn bão hoà, làm cho $V_{C2} \approx 0,2V$. Điều này làm cho tụ C_1 phóng điện qua R_{b1} và điện áp âm trên C_1 đưa về T_1 làm cho T_1 ngưng dẫn. Lúc đó tụ C_2 lại được nạp điện qua R_{c1} làm cho dòng I_{B2} tăng cao và T_2 tiến tới trạng thái bão hoà nhanh.

Thời gian ngưng dẫn của T_1 chính là thời gian tụ C_1 phóng điện qua R_{b1} . Sau khi tụ C_1 phóng xong, cực B_1 lại được phân cực nhờ R_{b1} nên Transistor T_1 lại trở về trạng thái dẫn bão hoà, như trạng thái giả thiết ban đầu. Và quá trình này được lặp đi lặp lại một cách tuần hoàn.

* Dạng tín hiệu:

Xét cực B_1 , khi T_1 bão hoà $V_{B1} \approx 0,8V$. Khi T_1 ngưng dẫn cho tụ C_1 phóng điện làm cho cực B_1 có điện áp âm khoảng $-V_{CC}$, và điện áp âm này giảm dần theo hàm số mũ.

Xét cực C_1 , khi T_1 bão hoà $V_{C1} \approx 0,2V$. Khi T_1 ngưng dẫn $V_{C1} \approx +V_{CC}$. Dạng sóng tín hiệu ra ở cực C là dạng sóng vuông.

Tương tự khi xét cực B_2 và C_2 , dạng sóng tín hiệu ở hai cực này giống với dạng sóng tín hiệu ở cực B_1 và cực C_1 nhưng đảo pha nhau.

Chu kỳ của tín hiệu xung vuông là:

$$T = t_1 + t_2$$

Trong đó, t_1 là thời gian tụ C_1 phóng điện qua R_{b1} từ điện áp $-V_{CC}$ lên $\approx 0V$. Vì tụ C_1 phóng điện từ $-V_{CC}$ lên nguồn $+V_{CC}$ nên điện áp tức thời của tụ (lấy mức $-V_{CC}$ làm gốc) là: $V_{C1}(t) = 2 V_{CC} \cdot \exp(-t_1/R_{B1} \cdot C_1)$.

Thời gian t_1 để tụ C_1 phóng điện qua R_{b1} từ $-V_{CC}$ lên $0V$ cho bởi công thức:

$$V_{CC} = 2 V_{CC} \cdot \exp(-t_1/R_{B1} \cdot C_1).$$

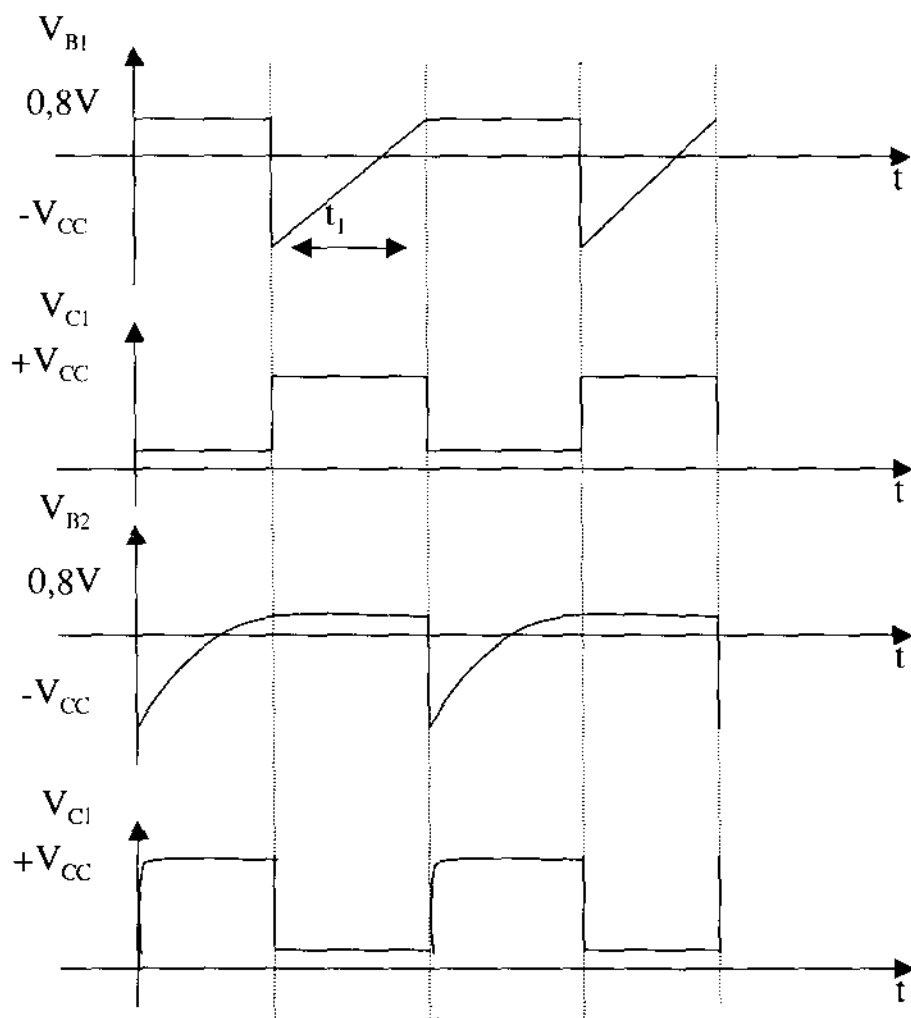
Suy ra: $\exp(t_1/R_{B1} \cdot C_1) = 2$

$$\Rightarrow t_1/(R_{B1} \cdot C_1) = \ln 2$$

$$\Rightarrow t_1 = R_{B1} \cdot C_1 \cdot \ln 2 \approx 0,69 R_{B1} \cdot C_1$$

Tương tự, thời gian t_2 để tụ C_2 phóng điện qua R_{B2} từ $-V_{CC}$ lên 0V là:

$$t_2 \approx 0,69 R_{B2} \cdot C_2$$



Hình 4.17. Dạng tín hiệu mạch dao động đa hài

Chu kỳ dao động là:

$$T = t_1 + t_2 = 0,69 (R_{B1} \cdot C_1 + R_{B2} \cdot C_2)$$

Trong mạch đa hài đối xứng có: $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ và $C_1 = C_2 = C$

Khi đó chu kỳ dao động là:

$$T = 2 \cdot 0,69 \cdot R_B \cdot C$$

Tần số dao động của xung vuông là:

$$f = 1/T = 1/0,69 (R_{B1} \cdot C_1 + R_{B2} \cdot C_2)$$

Nếu là mạch đa hài đối xứng thì:

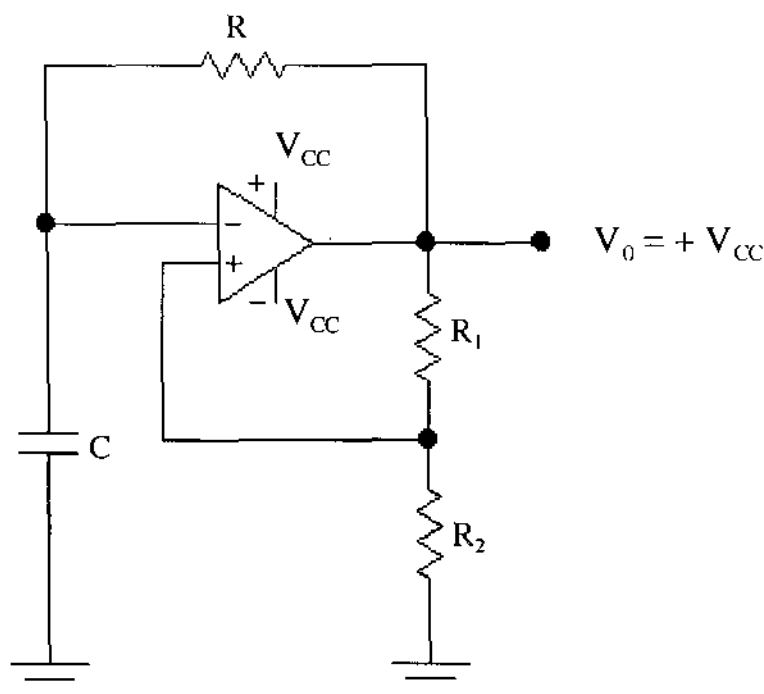
$$f = 1/T = 1/1,4 R_B C$$

2. Mạch tạo xung vuông dùng IC

Sau đây ta sẽ khảo sát một trong các mạch dao động tạo xung vuông là dao động tích thoát.

Mạch dao động tích thoát dùng mạch khuếch đại thuật toán để cho ra tín hiệu vuông có sơ đồ như sau:

* Sơ đồ mạch:



Hình 4.18. Mạch dao động tích thoát dùng IC

Sơ đồ có hai mạch hồi tiếp từ đầu ra về hai đầu vào. Cầu phân áp RC hồi tiếp về đầu vào đảo I_n^- , cầu phân áp $R_1 - R_2$ hồi tiếp về đầu vào thuận I_n^+ .

Để giải thích nguyên lý của mạch, ta giả sử tụ C chưa nạp điện và mạch khuếch đại thuật toán đang ở trạng thái bão hoà dương, $V_0 = +V_{CC}$. Lúc này, cầu phân áp R_1 - R_2 đưa điện áp dương về đầu vào thuận I_n^+ với mức điện áp là:

$$V_m^+ = +V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_A \quad (V_{in}^+ > 0V)$$

Trong khi đó, đầu vào đảo I_n^- có điện áp tăng dần lên từ 0V, điện áp tăng do tụ C nạp qua R theo quy luật hàm mũ với các hằng số thời gian $\tau = RC$.

Khi tụ nạp và có $V_{in}^- < V_{in}^+$ thì mạch khuếch đại thuật toán vẫn ở trạng thái bão hoà dương. Khi tụ C nạp đến mức điện áp $V_{in}^- > V_{in}^+$ thì mạch khuếch đại thuật toán đổi thành trạng thái bão hoà âm, đầu ra có $V_0 = -V_{CC}$. Lúc này, cầu phân áp R_1 - R_2 đưa điện áp âm về đầu vào thuận I_n^+ với mức điện áp là:

$$V_m^+ = -V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_B \quad (V_{in}^+ < 0V)$$

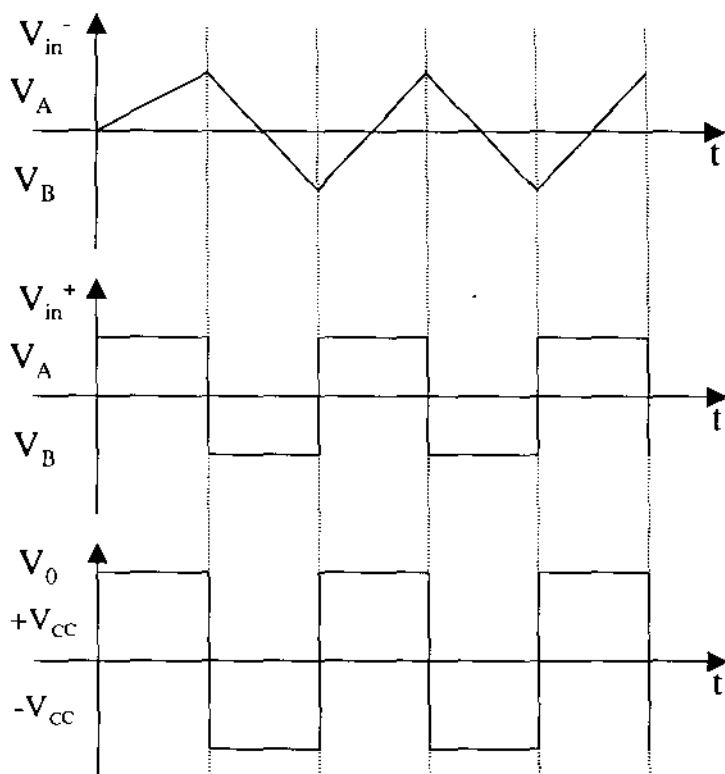
Trong khi đó, ở đầu vào đảo I_n^- vẫn còn đang ở mức điện áp dương với trị số $V_{in}^- > +V_{CC} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$, do tụ C còn nạp điện. Như vậy, khuếch đại thuật toán sẽ chuyển sang trạng thái bão hoà âm nhanh, cho cạnh xung vuông thẳng đứng. Tụ C bây giờ sẽ phóng điện áp dương đang nạp trên tụ qua điện trở R_1 và tải ở đầu ra xuống mát.

Khi tụ C phóng điện áp dương đang có thì V_{in}^+ vẫn ở mức điện áp âm nên khuếch đại thuật toán vẫn ở trạng thái bão hoà âm. Khi tụ C đã phóng hết điện áp dương thì sẽ nạp điện qua R để có điện áp âm đang có, do đầu ra đang ở trạng thái bão hoà âm. Chiều nạp điện bây giờ ngược với chiều dòng nạp trên.

Khi tụ C nạp điện áp âm đến mức $V_{in}^- < V_{in}^+$ (điện áp đầu vào đảo nhỏ hơn điện áp đầu vào thuận) thì khuếch đại thuật toán lại đổi thành trạng thái bão hoà dương và đầu ra có $V_0 = +V_{CC}$.

Mạch trở lại giả thiết ban đầu và quá trình trên tiếp tục diễn ra một cách tuần hoàn.

* Dạng tín hiệu:



Hình 4.19. Dạng điện áp tín hiệu mạch dao động tích thoát

Mức giới hạn điện áp đầu ra là: $V_{0MAX} \approx +V_{CC}$ và $V_{0MIN} \approx -V_{CC}$.

Mức giới hạn điện áp ở hai đầu vào là:

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

Dạng điện áp ở đầu vào đảo I_{in}^- có dạng tam giác. Thời gian điện áp ở vào đầu vào đảo I_{in}^- tăng từ V_B lên V_A là khuếch đại thuật toán ở trạng thái bão hoà dương, thời gian điện áp đầu vào đảo I_{in}^- giảm từ V_A xuống V_B là khuếch đại thuật toán ở trạng thái bão hoà âm. Dạng điện áp ở đầu vào thuận I_{in}^+ và đầu ra là xung vuông đối xứng. Chu kỳ của tín hiệu được tính theo công thức:

$$T = 2RC \ln \frac{R_1 + 2R_2}{R_1}$$

Suy ra, tần số của tín hiệu được tính theo công thức: $f = 1/T$.

Trường hợp đặc biệt:

$$R_1 = 2 R_2 \rightarrow T = 2 R. C. \ln 2 = 2 .R. C . 0,69 \quad (\ln 2 = 0,69)$$

$$\rightarrow f = 1/2. 0,69. R. C = 1/1,4.R. C$$

$$R_1 = R_2 \rightarrow T = 2 R. C. \ln 3 = 2 .R. C . 1,1 \quad (\ln 3 = 1,1)$$

$$\rightarrow f = 1/2.2 R. C$$

Các mạch dao động được sử dụng làm các mạch tạo ra tín hiệu sóng mang trong các hệ thống thu phát tín hiệu, các mạch tạo tín hiệu quét trong các thiết bị tạo màn sáng...

Câu hỏi

1. Sơ đồ khối mạch dao động tạo tín hiệu hình sin gồm có những khối cơ bản nào? Quan hệ giữa các khối đó ra sao? Điều kiện để cho một mạch dao động là gì? Hãy kể tên một số mạch dao động tín hiệu hình sin.
2. Mạch dao động ba điểm là gì? Có bao nhiêu loại mạch dao động ba điểm? Hãy phân tích nguyên lý dao động của mạch dao động ba điểm điện cảm.
3. Có bao nhiêu loại mạch dao động sử dụng thạch anh? Đặc điểm của các mạch dao động thạch anh là gì?
4. Cấu trúc của khâu di pha như thế nào? Các khâu di pha có thể kết hợp được với các mạch khuếch đại nào để tạo thành mạch dao động?
5. Hãy kể tên các loại mạch dao động dùng IC.
6. Hãy trình bày nguyên lý mạch dao động đa hài sử dụng Transistor.
7. Hãy trình bày nguyên lý mạch dao động đa hài sử dụng IC.

Chương 5

ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ

I. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ

1. Khái niệm về điều chế và giải điều chế

Điều chế là chuyển điện áp hay dòng điện mang tin tức ở miền tần số thấp lên miền tần số cao để truyền được đi xa. Quá trình điều chế là ghi tin tức vào một dao động cao tần nhờ biến đổi một thông số nào đó của dao động cao tần theo tin tức.

Ví dụ: Biến đổi biên độ của dao động cao tần theo tin tức được gọi là điều chế biên độ. Trong trường hợp này tin tức được gọi là tín hiệu điều chế, dao động cao tần được gọi là tải tin, còn dao động cao tần mang tin tức được gọi là dao động cao tần đã điều chế.

Giải điều chế đồng nghĩa với quá trình tách sóng, là quá trình khôi phục lại tín hiệu điều chế ban đầu. Tín hiệu điều chế sau khi được tách sóng phải giống dạng tín hiệu nguyên thủy ban đầu. Trong thực tế, tín hiệu sau khi qua điều chế và đưa qua kênh truyền đến mạch tách sóng đã bị méo dạng, hơn nữa do méo phi tuyến trong bộ tách sóng nên sau khi tách sóng tín hiệu nhận được khác với tín hiệu nguyên thủy ở phía điều chế.

Trong một hệ thống thông tin, điều chế được thực hiện ở phía phát, còn giải điều chế được thực hiện ở phía thu.

2. Các loại điều chế và giải điều chế

2.1. Các loại điều chế

- Phân loại theo dạng tín hiệu:
- + Điều chế tín hiệu tương tự.
- + Điều chế tín hiệu xung.

- + Điều chế tín hiệu số.
- Phân loại theo thông số điều chế:
- + Điều chế biên độ.
- + Điều chế tần số.
- + Điều chế góc pha.
- Phân loại theo linh kiện:
- + Điều chế dùng Transistor.
- + Điều chế dùng diot.
- + Điều chế dùng đèn điện tử...

Từ đó, ta có các loại điều chế như: điều chế biên độ tín hiệu tương tự, điều chế biên độ số, điều chế biên độ xung... Ngoài các phương pháp điều chế cơ bản, còn có cách phương pháp điều chế đặc biệt khác, ví dụ như: điều chế biên độ đơn biên, điều chế cầu phương...

2.1. Các loại giải điều chế

Tương ứng với mỗi loại điều chế được thực hiện ở phía phát thì ở phía thu có ít nhất một loại giải điều chế. Như vậy, có thể có các loại giải điều chế sau:

- Giải điều chế biên độ tín hiệu tương tự, số.
- Giải điều chế tần số tín hiệu tương tự, số.
- Giải điều chế pha tín hiệu tương tự, số...

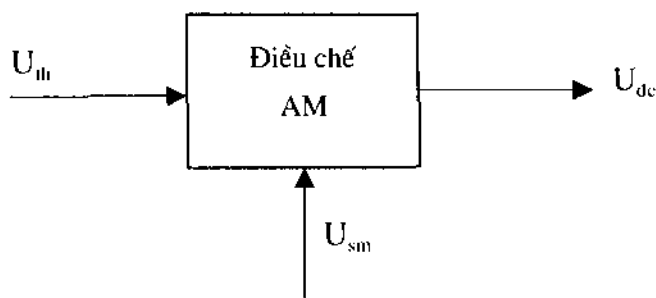
II. ĐIỀU CHẾ BIÊN ĐỘ TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ (AM)

Điều chế biên độ tín hiệu tương tự là làm cho biên độ tải tin biến đổi theo biên độ (điện áp hay dòng điện) của tín hiệu.

1. Nguyên lý và mạch điều chế biên độ

1.1. Nguyên lý điều chế biên độ

- Sơ đồ khối:



Hình 5.1. Sơ đồ nguyên lý điều chế biên độ

Trong đó:

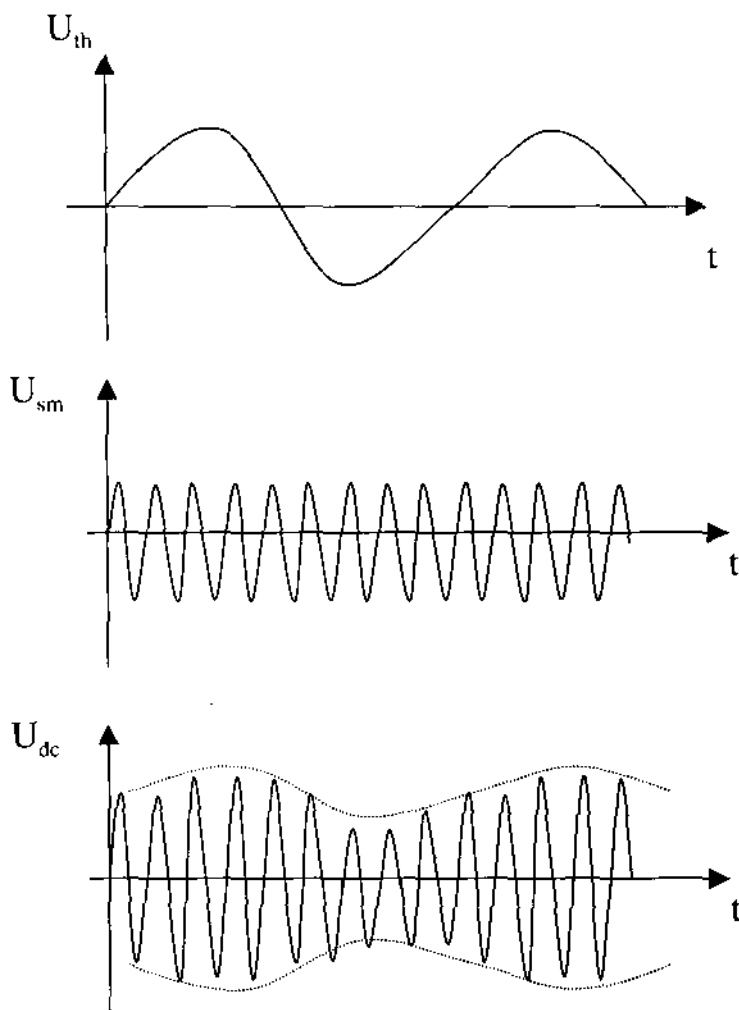
U_{th} là tín hiệu cần được điều chế, có dạng bất kỳ.

U_{sm} là tín hiệu sóng mang cao tần, có dạng là sóng sin, sóng vuông hoặc sóng răng cưa, nhưng nhất thiết phải có tần số cao (dao động cao tần).

U_{dc} là tín hiệu đã được điều chế biên độ.

- Dạng sóng điều chế:

Giả sử tín hiệu cần điều chế có dạng là tín hiệu hình sin có tần số thấp (âm tần), tín hiệu sóng mang là sóng mang cao tần có dạng hình sin, thì dạng sóng tín hiệu ra được thể hiện theo hình vẽ sau:



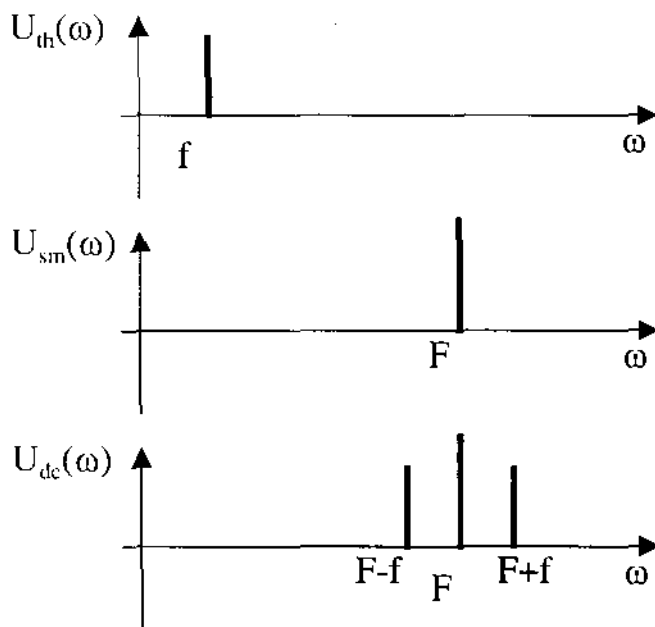
Hình 5.2. Dạng tín hiệu điều chế biên độ

Trong đó tín hiệu sóng mang là sóng sin cao tần có biên độ không đổi.

Hai tín hiệu: tín hiệu âm tần U_{th} và tín hiệu cao tần U_{sm} được đưa vào mạch điều chế biên độ để trộn với nhau, làm cho biên độ của sóng mang cao tần U_{sm} biến thiên theo biên độ của tín hiệu âm tần U_{th} . Đầu ra mạch điều chế sẽ là tín hiệu đã được điều chế biên độ U_{dc} (có dạng như hình vẽ).

- Phổ của tín hiệu điều chế biên độ:

Phổ của tín hiệu điều chế biên độ là dạng biểu diễn tín hiệu dưới dạng đặc tuyến biên độ tần số (trong khi dạng sóng điều chế là biểu diễn tín hiệu dưới dạng biên độ thời gian). Phổ của tín hiệu điều chế biên độ có dạng như sau:



Hình 5.3. Dạng phổ điều chế biên độ tín hiệu sin

Trong đó:

Dạng phổ tín hiệu $U_{th}(\omega)$ là một vạch phổ có tần số là f , (vì tín hiệu sin chỉ có một tần số duy nhất).

Dạng phổ của tín hiệu $U_{sm}(\omega)$ cũng có một vạch phổ duy nhất giống như phổ của tín hiệu $U_{th}(\omega)$ nhưng có tần số lớn hơn rất nhiều.

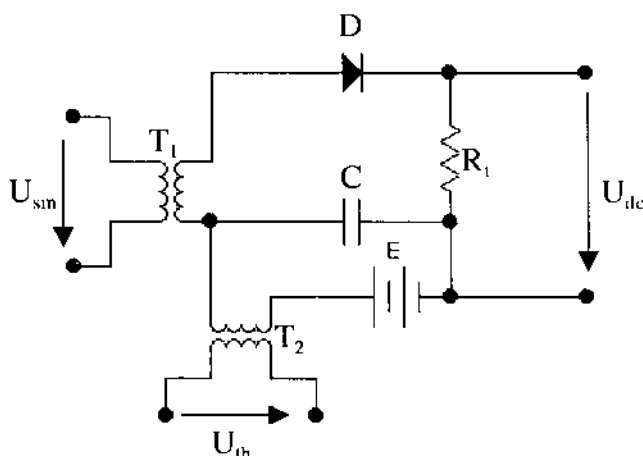
Trong khi đó, dạng phổ của tín hiệu đã điều chế là một tổ hợp gồm một sóng mang (không mang tin tức) có biên độ rất lớn, và hai biên tần (mang tin tức) có biên độ nhỏ hơn. Biên tần $F+f$ gọi là biên tần trên, còn biên tần $F-f$ gọi là biên tần dưới. Biên độ của sóng mang và biên độ các biên tần có ý nghĩa về

mật năng lượng lớn hay nhỏ, trong khi sóng mang có biên độ lớn lại không mang tin tức nên điều chế biên độ theo kiểu này thường không có hiệu quả về mặt năng lượng.

1.2. Mạch điều chế biên độ

Mạch điều chế biên độ có nhiều loại, mạch đơn giản nhất là mạch điều chế dùng diot.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5.4. Mạch điều chế biên độ dùng diot

- Tác dụng linh kiện:

Biến áp T_1 dùng để ghép tín hiệu sóng mang với mạch điều chế.

Biến áp T_2 dùng để ghép tín hiệu điều chế với mạch điều chế.

Diot D là phần tử phi tuyến, dùng để trộn hai tín hiệu U_{sm} với tín hiệu U_{th} .

Tụ C dùng để lọc bỏ nhiễu cao tần từ tín hiệu điều chế U_{th} .

Nguồn điện E dùng để xác định mức điều chế ban đầu (xác định mức thông ban đầu cho diot D).

- Nguyên lý hoạt động:

+ Khi có tín hiệu vào U_{th} nhưng không có tín hiệu sóng mang thì tín hiệu ra trên tải R_1 là tín hiệu âm tần có dạng giống như dạng tín hiệu U_{th} . Tín hiệu này không thể truyền đi xa được.

+ Khi có cả hai tín hiệu U_{th} và U_{sm} được đưa vào mạch điều chế thông qua hai biến áp, hai tín hiệu này đều được đưa tới diot D và nhân với nhau tại đây, sinh ra tín hiệu điều chế có dạng sóng mang cao tần với biên độ biến đổi theo dạng tín hiệu âm tần.

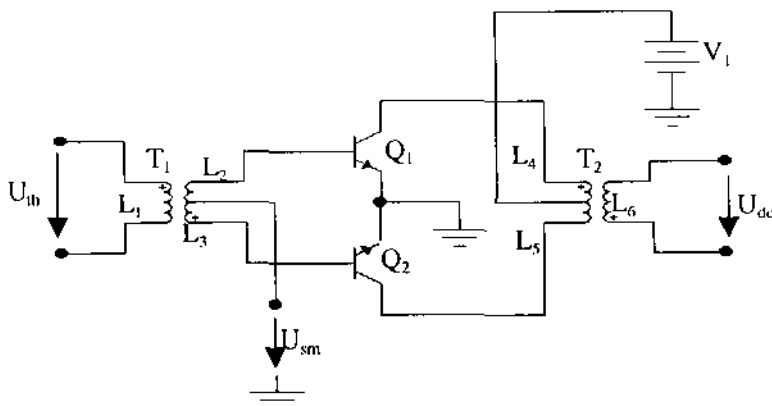
Mạch điều chế biên độ kiểu này còn được gọi mạch điều chế song biên không triệt sóng mang, gọi tắt là mạch điều chế biên độ.

Ưu điểm của mạch là đơn giản, nhưng hiệu quả không cao. Chính vì vậy mạch loại này thường ít được sử dụng.

2. Mạch điều chế biên độ nén

Mạch điều chế biên độ nén là mạch điều chế biên độ có nén sóng mang, sóng mang bị nén hoàn toàn khi không có tín hiệu vào. Mạch điều chế biên độ nén có nhiều loại, sau đây ta sẽ khảo sát mạch điều chế dùng Transistor.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5.5. Mạch điều chế biên độ nén dùng Transistor

Trong đó:

T_1 dùng để ghép tín hiệu điều chế và tín hiệu sóng mang vào mạch điều chế.

T_2 dùng để lấy ra tín hiệu điều chế và ghép tín hiệu điều chế với tải.

Q_1 và Q_2 là hai Transistor mắc theo kiểu đẩy kéo.

- Nguyên lý hoạt động:

Khi không có tín hiệu vào (U_{th}) và chỉ có tín hiệu sóng mang đưa vào mạch, thì tín hiệu sóng mang (U_{sm}) tác động lên hai cực B của hai Transistor Q_1 và Q_2 một lượng (điện áp hay dòng điện) như nhau, làm cho Transistor Q_1 và Q_2 cùng thông (hoạt động) hoặc cùng khoá (không hoạt động) với một lượng như nhau. Khi đó, dòng điện chảy qua hai Transistor là:

+ Dòng qua Transistor Q_1 :

$+V_1 \rightarrow L_4 \rightarrow Q_1 \rightarrow \text{Mát } (-V_1)$

+ Dòng qua Transistor Q_2 :

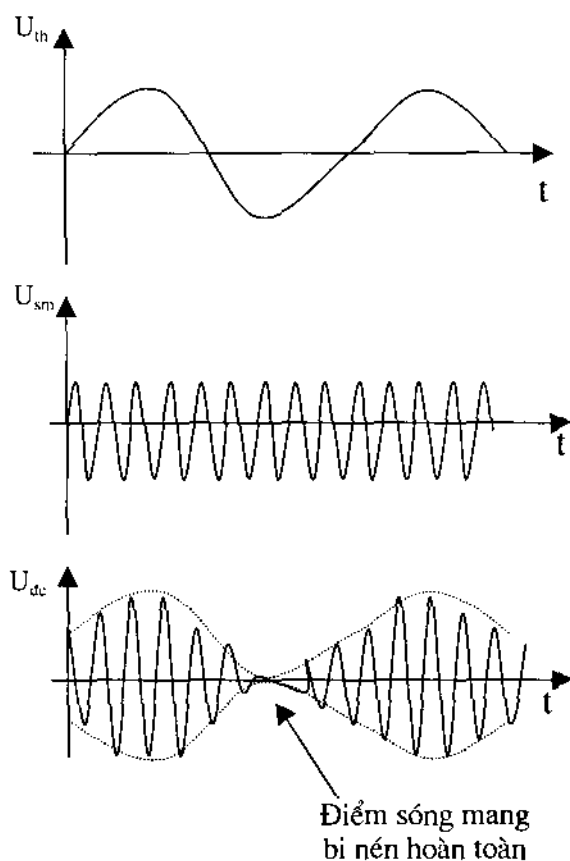
$+V_1 \rightarrow L_5 \rightarrow Q_2 \rightarrow \text{Mát } (-V_1)$

Hai dòng điện này có biên độ bằng nhau nhưng ngược chiều nhau trên cuộn sơ cấp của biến áp T_2 , làm cho dòng điện tổng bằng không nên không có dòng cảm ứng qua thứ cấp biến áp T_2 , làm cho điện áp ra điều chế U_{dc} bằng không. Khi đó sóng mang cũng bị triệt tiêu.

Khi đồng thời có hai tín hiệu U_{th} và U_{sm} đưa vào mạch, dưới tác động của tín hiệu vào (U_{th}) nên điện áp tại cực B của hai Transistor khác nhau, làm cho hai Transistor thông hoặc khoá lệch nhau, do đó dòng điện tổng trên cuộn dây sơ cấp của biến áp T_2 khác không. Dòng điện khác không này cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp tạo thành dòng điện (hay điện áp) tín hiệu điều chế.

Sự tăng giảm của dòng điện tổng trong cuộn dây sơ cấp biến áp T_2 và cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp có biên độ biến thiên theo dạng tín hiệu vào điều chế (U_{th}) và có tần số bằng tần số của sóng mang cao tần.

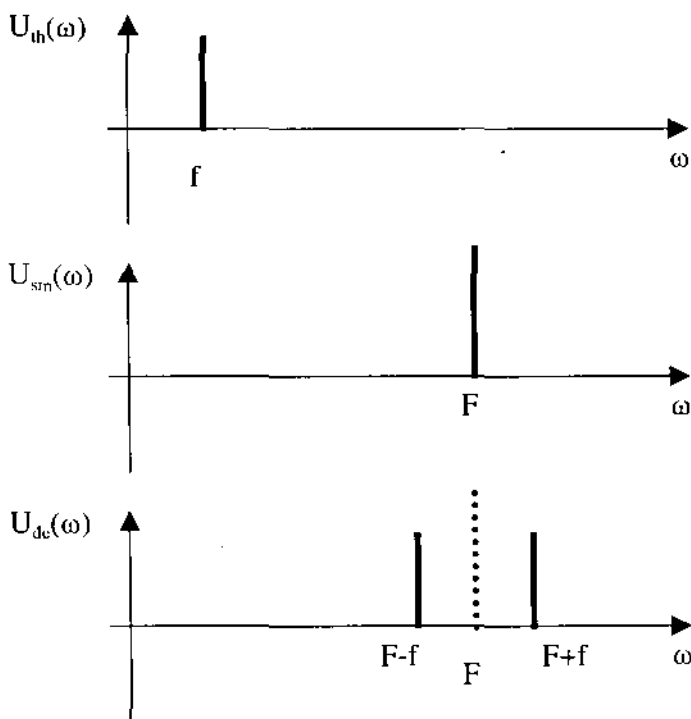
- Sóng tín hiệu điều chế có dạng như sau:



Hình 5.6. Tín hiệu điều chế biên độ nén

Chú ý: Nếu sóng mang đi qua điểm có biên độ tín hiệu điều chế bằng không thì pha của sóng mang bị thay đổi.

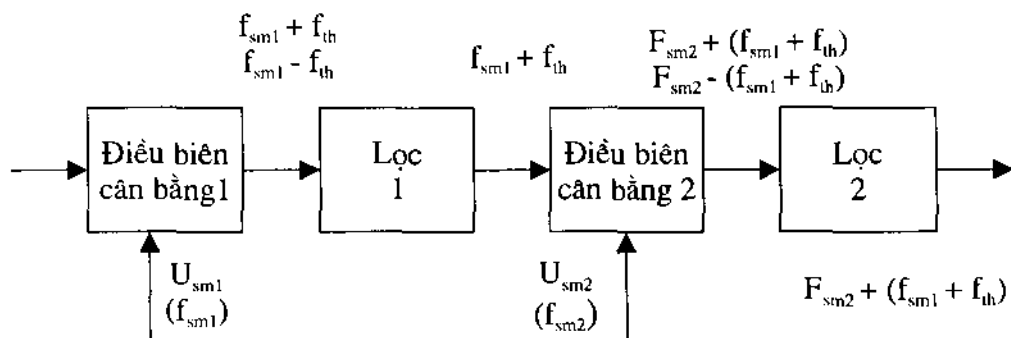
- Dạng phổ tín hiệu điều chế như sau:



Hình 5.7. Phổ điều chế biên độ nén

3. Điều chế đơn biên

Phương pháp điều chế đơn biên đơn giản nhất là điều chế theo phương pháp lọc. Điều chế theo phương pháp lọc có sơ đồ khối như sau:



Hình 5.8. Sơ đồ khối điều chế đơn biên theo phương pháp lọc

Từ sự phân tích phổ của tín hiệu điều chế biên độ, ta thấy rõ ràng muốn có tín hiệu đơn biên chỉ cần lọc bỏ bớt một dải biên tần số. Nhưng trong thực tế không làm được như vậy, vì khi tải tần cao thì vấn đề lọc để tách ra một dải biên tần gặp khó khăn do khoảng cách giữa hai biên tần rất nhỏ.

Trong sơ đồ trên, trước hết dùng tín tức để điều chế một tải tín trung gian có tần số f_{sm1} khá thấp so với tải tần yêu cầu nên việc dùng bộ lọc để lọc bỏ một biên tần là dễ dàng. Trên đầu ra bộ lọc thứ nhất sẽ nhận được một tín hiệu có dải phổ bằng dải phổ của tín hiệu vào nhưng dịch đi một lượng bằng f_{sm1} .

Tín hiệu này lại đưa đến bộ điều chế cân bằng 2, tương tự như vậy đầu ra của mạch điều chế có tải tần là $f_{sm} = f_{sm1} + f_{sm2}$.

Các mạch điều chế biên độ được sử dụng trong các hệ thống phát tín hiệu. Ví dụ như trong các hệ thống phát tín hiệu âm thanh audio, trong các hệ thống phát tín hiệu truyền hình (video)...

III. ĐIỀU CHẾ TẦN SỐ, PHA TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

1. Nguyên lý chung về điều chế tần số và pha

Ta đã biết quan hệ giữa tần số và góc pha của điện áp điều hoà theo công thức:

$$\omega = \frac{d\psi}{dt}$$

nên
$$\psi(t) = \int_0^t \omega dt + \varphi_0$$

Như vậy, điều chế tần số và điều chế pha đều làm cho góc pha thay đổi theo tín hiệu điều chế U_Ω nên điều chế tần số và điều chế pha được gọi chung là điều chế góc.

Điều tần làm cho tần số sóng mang ω_0 biến đổi tỷ lệ theo tín hiệu U_Ω . Biểu thức điều tần như sau:

$$U_{dt} = U_0 \cos \left[\omega_t - K_{dt} \int_0^t U_\Omega dt \right]$$

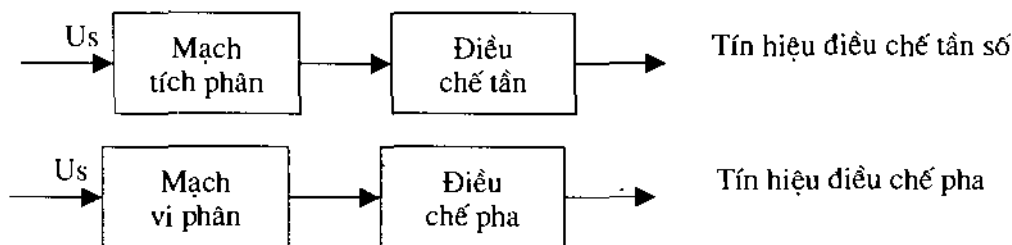
Trong đó, K_{dt} là một hệ số.

Còn điều pha là làm cho pha của sóng mang biến đổi tỷ lệ theo tín hiệu U_Ω . Biểu thức điều pha như sau:

$$U_{dt} = U_0 \cos[\omega_0 t + K_{dt} U_\Omega]$$

Trong đó, K_{dt} là một hệ số.

Do đó, điều tần và điều pha có quan hệ theo sơ đồ như sau:

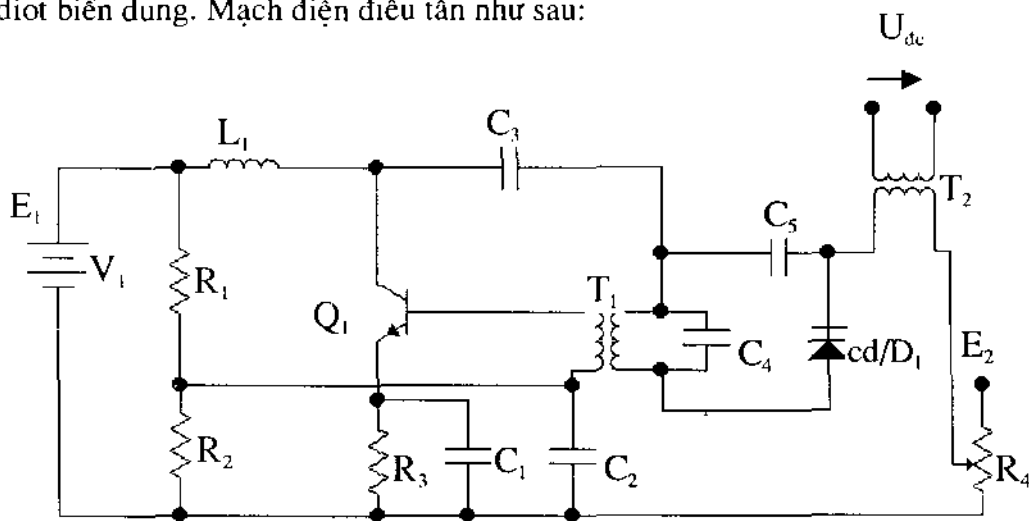


Hình 5.9. Sơ đồ khối điều chế tần số - pha tương quan

2. Mạch điện điều chế tần số và điều chế pha

Sau đây ta sẽ khảo sát mạch điện điều chế tần số, còn mạch điện điều pha sẽ được thực hiện theo sơ đồ khối tương quan như ở trên.

Có nhiều phương pháp điều tần: điều tần dùng Transistor, điều tần dùng diot biến dung... Trong phần này ta chỉ khảo sát phương pháp điều tần dùng diot biến dung. Mạch điện điều tần như sau:



Hình 5.10. Mạch điều chế tần số

Trong đó:

Q_1 là Transistor tạo thành một mạch dao động hình sin ghép biến áp.

R_1, R_2 là mạch phân áp, phân điện áp một chiều cho cực gốc.

R_3, C_1 là mạch ổn định nhiệt.

C_2 là tụ thoát cao tần.

L_3, C_4, C_d là khung dao động (C_d là điện dung của diot biến dung D).

C_5 là tụ ngăn điện áp một chiều, $C_5 \gg C_6$ nên không ảnh hưởng đến điện dung của khung cộng hưởng.

L_1 là cuộn chặn, L_2 là cuộn dây nối tiếp.

C_3 là tụ ngăn điện áp một chiều E_1 .

L_4, L_5 là hai cuộn dây của biến áp đưa tín hiệu U_Ω vào để điều chế.

D_1 là diot biến dung.

R_4 là chiết áp, xác định điểm làm việc của diot biến dung.

E_1 là nguồn cấp cho mạch dao động, E_2 nguồn cấp cho diot biến dung.

Bình thường, nếu chưa có tín hiệu điều chế U_Ω , thì mạch dao động làm việc cho ra điện áp hình sin có tần số không đổi:

$$\omega_{ad} = \frac{1}{\sqrt{L_3(C_4 + C_d)}}$$

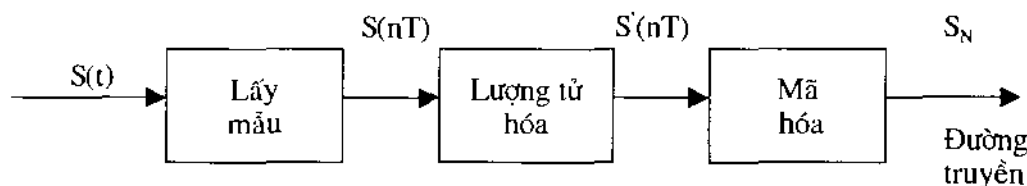
Khi có tín hiệu điều chế U_Ω , làm cho điện áp đặt lên diot biến dung thay đổi, điện dung của diot C_d thay đổi theo U_Ω nên tần số của điện áp dao động ra biến đổi theo U_Ω , điện áp này chính là điện áp tín hiệu điều tần.

Các mạch điều tần số và điều chế pha cũng được sử dụng trong các hệ thống phát tín hiệu giống như ứng dụng của các mạch điều chế biên độ, có nghĩa là điều chế tần số và điều chế pha cũng được ứng dụng để phát tín hiệu âm thanh audio và hình ảnh video...

IV. ĐIỀU CHẾ XUNG

1. Khái quát chung

Có một vài kỹ thuật điều chế tín hiệu tương tự được phổ dụng trong kỹ thuật truyền dẫn radio, truyền dẫn tín hiệu truyền hình, đó là điều chế biên độ, điều chế tần số. Trong hệ thống điện thoại, điều chế xung ngày càng được phát triển rộng rãi. Điều chế xung thực hiện được khi tín hiệu ở dạng tín hiệu số, có nghĩa là tín hiệu tương tự phải được chuyển đổi sang tín hiệu số. Sơ đồ khối sau miêu tả quá trình chuyển đổi này:



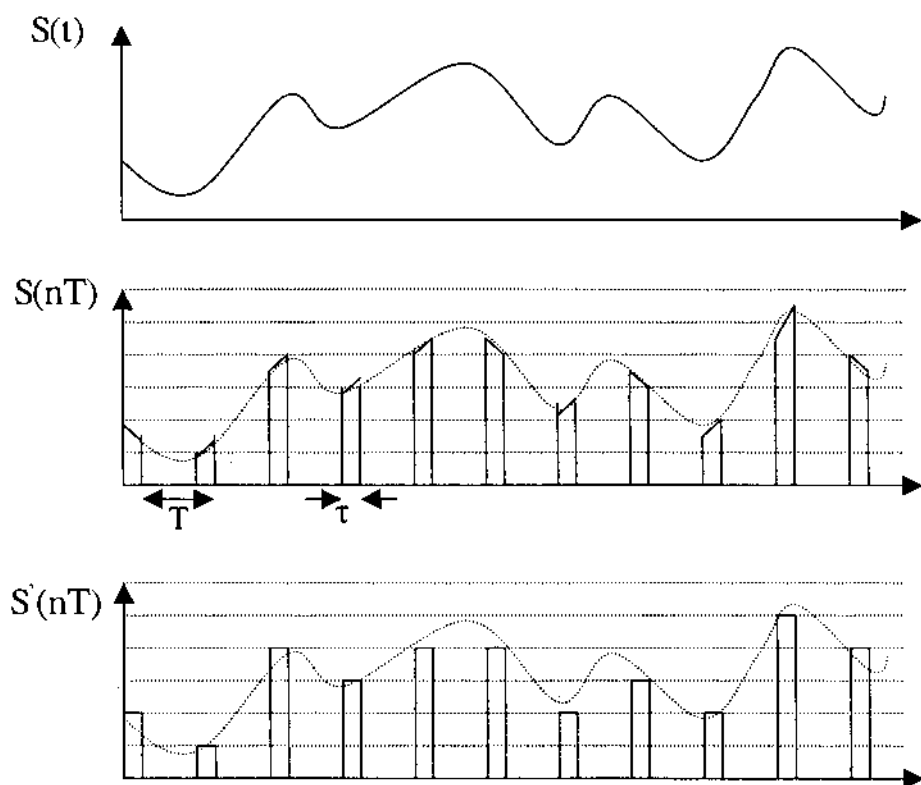
Hình 5.11. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế xung

Trong sơ đồ trên, $S(t)$ là tín hiệu tương tự được lấy mẫu với chu kỳ T (tại khối lấy mẫu). $S(nT)$ là tín hiệu đầu ra của khối lấy mẫu, thực chất đây là trích đoạn tín hiệu $S(t)$ với chu kỳ T và thời gian trích đoạn tín hiệu tại mỗi mẫu là τ . Như vậy $S(nT)$ là dãy xung, có biên độ tỷ lệ với biên độ tín hiệu $S(t)$. Quá trình này được gọi là điều chế biên độ xung (PAM) và $S(nT)$ gọi là tín hiệu PAM.

Sau khi qua khối lượng tử hoá $S(nT)$ được đổi thành $S'(nT)$, thực chất đây là sự làm tròn tín hiệu $S(nT)$ tại mỗi mức lượng tử.

Cuối cùng, $S'(nT)$ qua khối mã hoá, để biểu diễn các mẫu tín hiệu dưới dạng tập các bit nhị phân, trước khi đưa chúng qua đường truyền dẫn.

Để hiểu rõ hơn quá trình xử lý thông tin, hãy quan sát dạng tín hiệu trong quá trình xử lý như sau:



Hình 5.12. Dạng sóng điều chế xung

- $S(t)$: Tín hiệu tương tự.
 $S(nT)$: Tín hiệu đã lấy mẫu.
 $S'(nT)$: Tín hiệu đã lượng tử hoá.

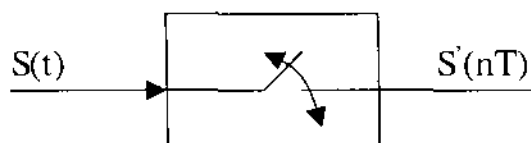
Còn tín hiệu mã hoá PCM sẽ phụ thuộc vào từng loại mã sử dụng.

Ngoài việc thể hiện tín hiệu điều chế dưới dạng biên độ xung ở trên, còn có hai phương pháp điều chế nữa là:

- Điều chế độ rộng xung (PWM - Pulse Width Modulation)
- Điều chế vị trí xung (PPM - Pulse Position Modulation)

** Vấn đề cơ bản của lý thuyết lấy mẫu*

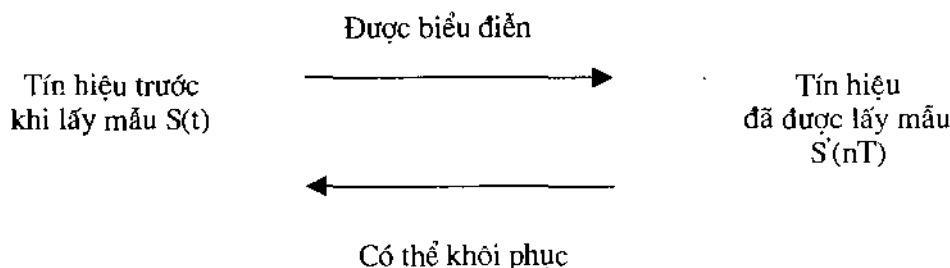
Lấy mẫu là quá trình trích đoạn tín hiệu theo chu kỳ (thời gian) nhất định T , thời gian lấy mẫu thường nhỏ (τ). Các đoạn tín hiệu được trích ra như vậy gọi là các mẫu. Sơ đồ khối sau đây minh họa quá trình này:



Hình 5.13. Sơ đồ khối nguyên lý lấy mẫu

Trong đó, $S(t)$ là tín hiệu tương tự. Chuyển mạch được đóng sau mỗi khoảng thời gian T , lúc đó ở đầu ra chuyển mạch sẽ có tín hiệu $S(nT)$ là tín hiệu đã được lấy mẫu. Chu kỳ lấy mẫu quá trình trên chính là T . Từ tín hiệu $S(nT)$, người ta hoàn toàn có thể khôi phục lại được tín hiệu $S(t)$ trong những điều kiện nhất định.

Để đảm bảo độ chính xác quá trình xử lý thông tin thì điều kiện sau phải được thoả mãn:



Để có thể thoả mãn điều kiện trên, theo thuyết Shannon thì tần số lấy mẫu phải lớn hơn hoặc bằng hai lần giải tần số tín hiệu được lấy mẫu.

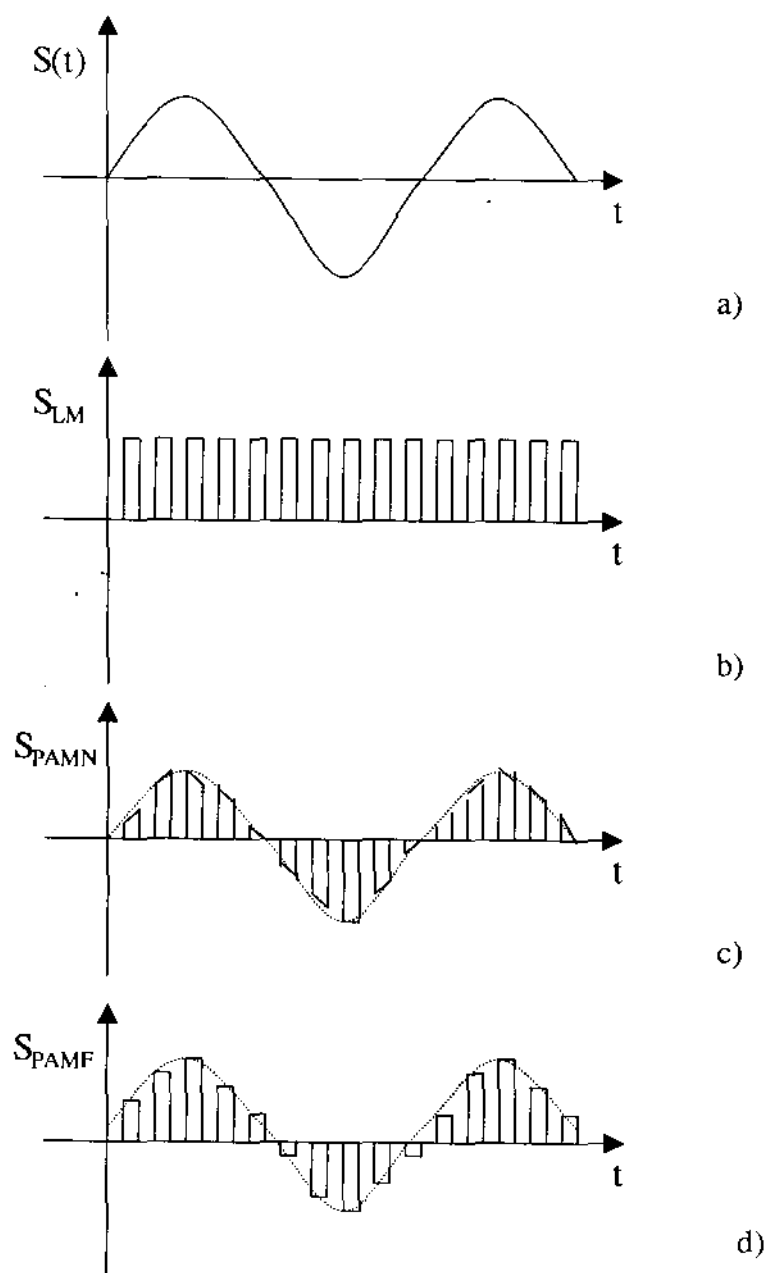
Nói cách khác: $f \geq 2B$

f : là tần số lấy mẫu $f = 1/T$ (T : chu kỳ lấy mẫu)

B : là giải tần tín hiệu được lấy mẫu $S(t)$

Nếu $f < 2B$ thì hiện tượng chồng phổ sẽ xảy ra.

2. Điều chế biên độ xung



Hình 5.14. Dạng tín hiệu điều biên xung

a. Tín hiệu tương tự ($S(t)$)

b. Xung lấy mẫu (S_{LM})

c. Tín hiệu PAM kiểu tương tự (S_{PAMN})

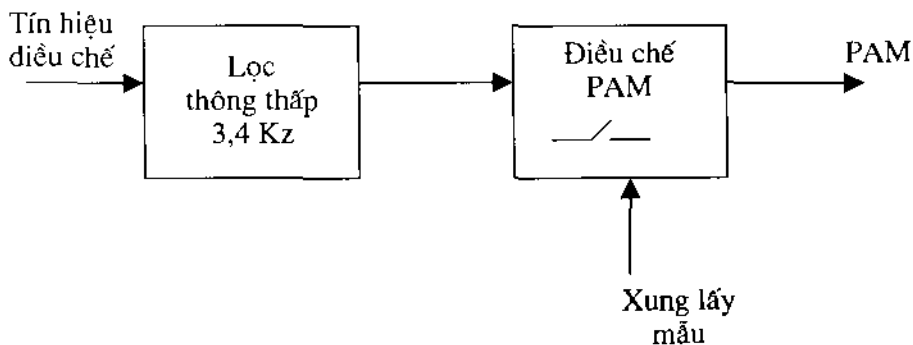
d. Tín hiệu PAM kiểu phẳng (S_{PAMF})

Tín hiệu điều chế biên độ xung PAM là tín hiệu mẫu được tạo bởi một chuỗi các xung mà biên độ của chúng tỷ lệ với biên độ tín hiệu tương tự điều chế.

Lấy mẫu gồm hai kiểu: Kiểu tự nhiên và kiểu phẳng. Trong trường hợp thứ nhất các mẫu tín hiệu sau khi lấy mẫu là đoạn trích nguyên vẹn của tín hiệu tương tự. Trong trường hợp thứ hai biên độ của các xung lấy mẫu được giữ nguyên trong thời gian có xung và biên độ này chính là biên độ tín hiệu tương tự tại thời điểm bắt đầu lấy mẫu.

2.1. Lấy mẫu PAM tự nhiên

Sơ đồ khối:

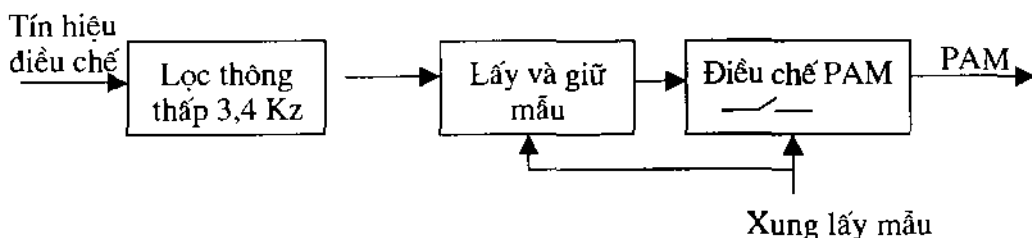


Hình 5.15. Sơ đồ khối lấy mẫu PAM tự nhiên

Tín hiệu tương tự đầu vào qua bộ lọc thông thấp, bộ lọc này có tác dụng loại trừ hiệu ứng răng cưa (nhiều). Sau đó tín hiệu được đưa tới bộ điều chế PAM, tại bộ điều chế này tín hiệu được lấy mẫu vào các thời điểm xuất hiện xung lấy mẫu, đầu ra là tín hiệu xung PAM có biên độ bám theo tín hiệu đầu vào.

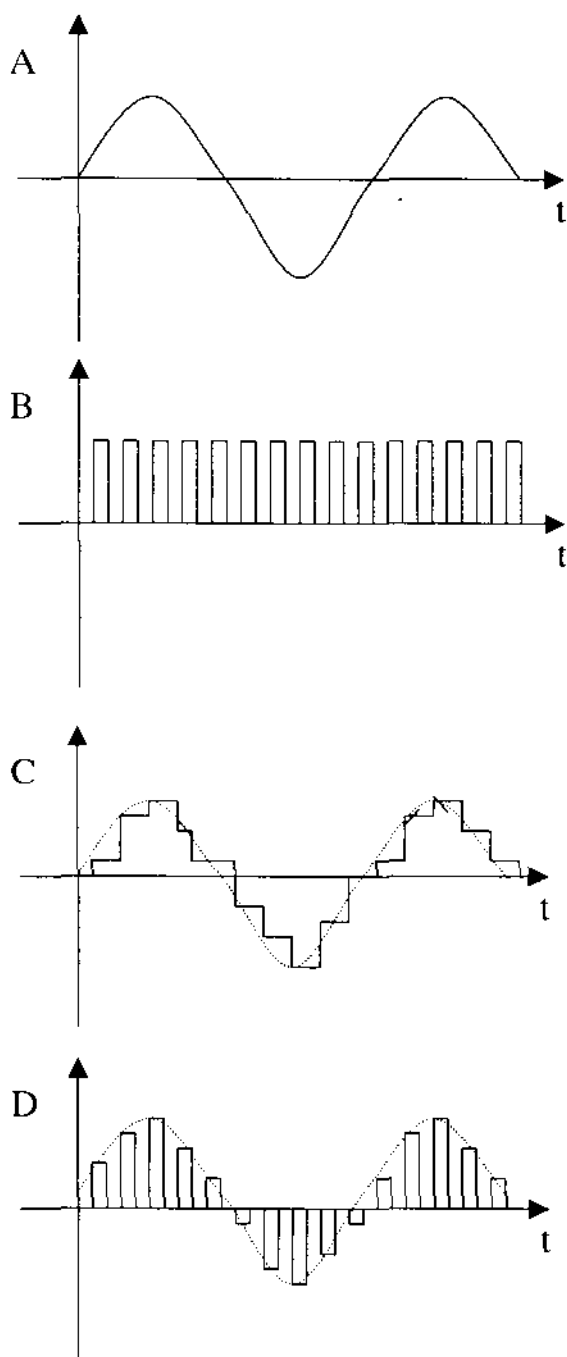
2.2. Lấy mẫu PAM phẳng

Sơ đồ khối:



Hình 5.16. Sơ đồ khối lấy mẫu PAM phẳng

Mô tả nguyên lý bằng giản đồ dạng sóng như sau:



Hình 5.17. Dạng tín hiệu điều chế PAM

A: Tín hiệu tương tự

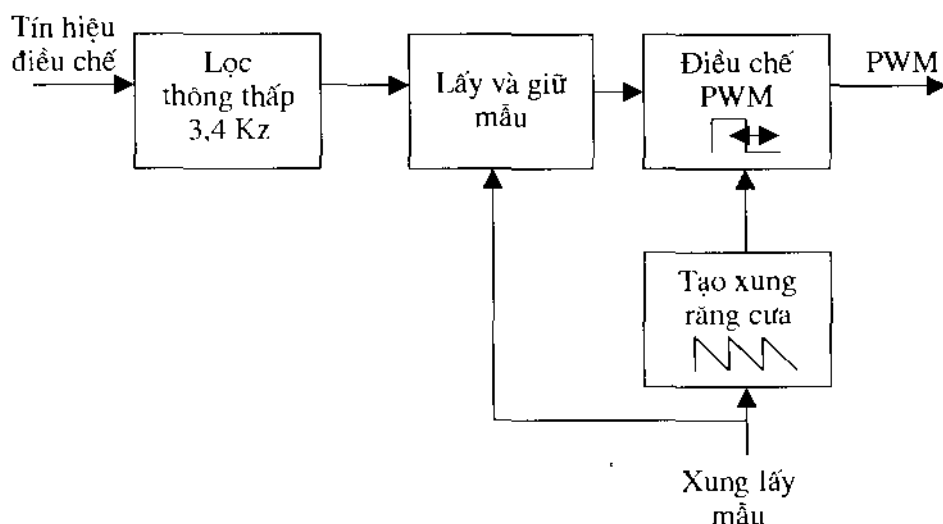
B: Các xung mẫu

C: Đầu ra khối giữ và lấy mẫu

D: Tín hiệu lấy mẫu PAM phẳng

3. Điều chế độ rộng xung (PWM)

Sơ đồ khối:



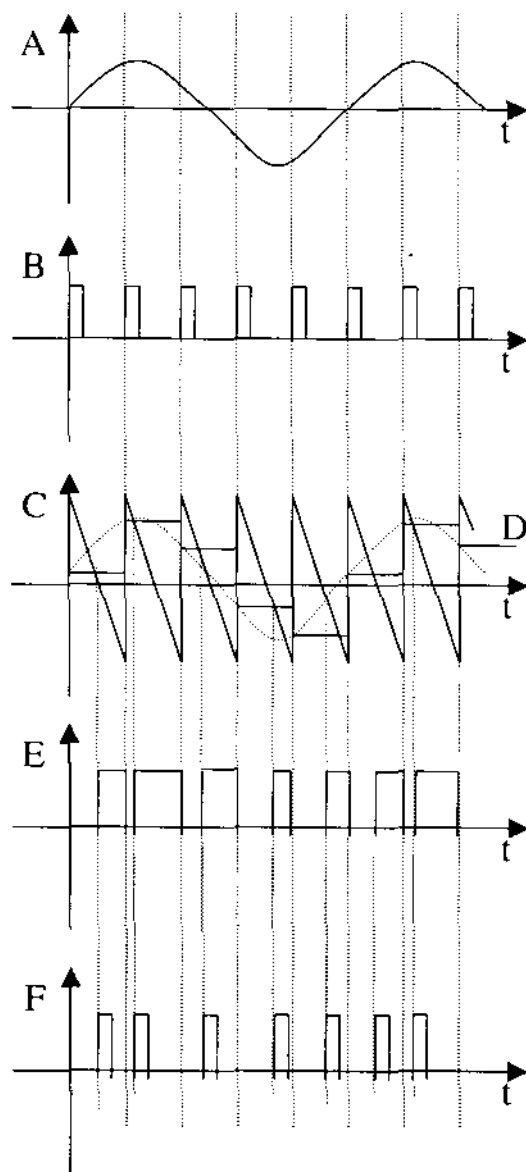
Hình 5.18. Sơ đồ khối điều chế PWM

Trong sơ đồ khối, bộ điều chế PWM là một bộ so sánh, so sánh hai biên độ tín hiệu:

- Tín hiệu PAM nhận được từ bộ lấy và giữ mẫu.
- Tín hiệu (đồng bộ) xung răng cưa.

Bộ so sánh trong điều chế PWM sẽ chuyển trạng thái đầu ra khi biên độ tín hiệu PAM vượt qua biên độ tín hiệu xung răng cưa, điều này dẫn đến kết quả là độ rộng xung sau điều chế phụ thuộc vào biên độ tín hiệu PAM (hay tỷ lệ với biên độ tín hiệu đầu vào).

Mô tả nguyên lý hoạt động bằng giản đồ dạng sóng sau:

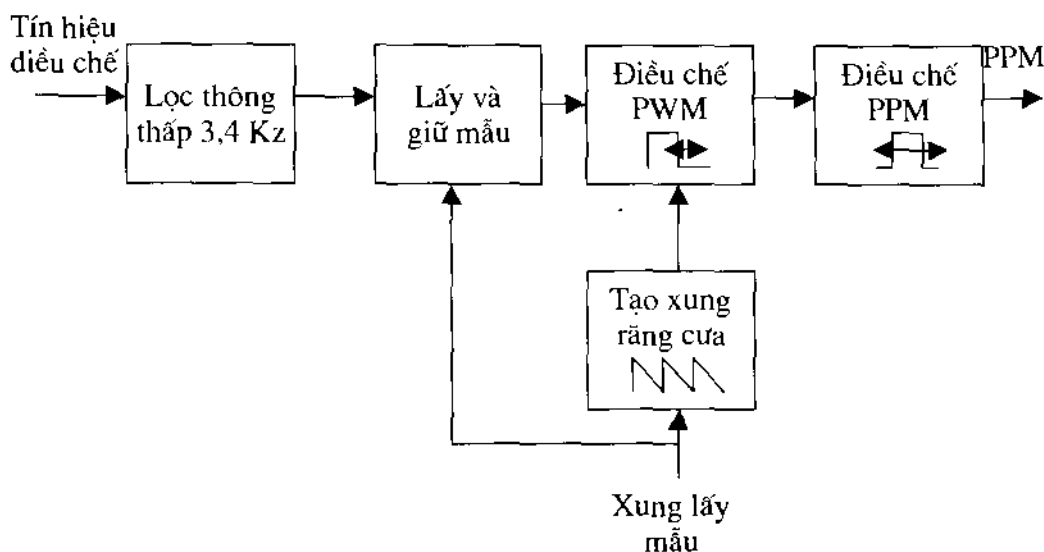


Hình 5.19. Dạng tín hiệu điều chế PAM - PWM - PPM

- A: Tín hiệu tương tự.
- B: Các xung mẫu.
- C: Các xung răng cưa (xiên).
- D: Tín hiệu PAM
- E: Tín hiệu PWM.
- F: Tín hiệu PPM

4. Điều chế vị trí xung (PPM)

Sơ đồ khối:



Hình 5.20. Sơ đồ khối điều chế PPM

Tín hiệu PPM nhận được từ tín hiệu PWM bằng cách tạo ra các xung có độ rộng cố định, trong đó sườn trước các xung PPM trùng với sườn trước các xung PWM, với kết quả này vị trí các xung PPM phụ thuộc vào biên độ tín hiệu điều chế.

Các phương pháp điều chế xung được sử dụng trong các hệ thống phát tín hiệu thoại và phát dữ liệu trong hệ thống tổng đài.

V. TÁCH SÓNG BIÊN ĐỘ TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

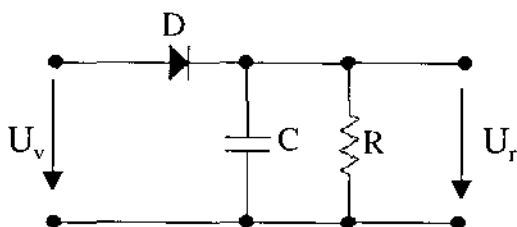
1. Tách sóng biên độ

Tách sóng biên độ được thực hiện nhờ các mạch chỉnh lưu dùng phân tử phi tuyến hoặc các mạch dùng phân tử tuyến tính tham số. Trong phần này ta chỉ khảo sát các mạch tách sóng dùng diot, còn các loại mạch tách sóng khác sẽ được nghiên cứu ở các giáo trình chuyên ngành khác.

Có hai loại mạch tách sóng dùng mạch chỉnh lưu: mạch tách sóng nối tiếp và mạch tách sóng song song. Trong mạch tách sóng nối tiếp, diot tách sóng mắc nối tiếp với tải. Còn trong mạch tách sóng song song, diot tách sóng mắc song song với tải.

1.1. Mạch tách sóng nối tiếp

Sơ đồ mạch:



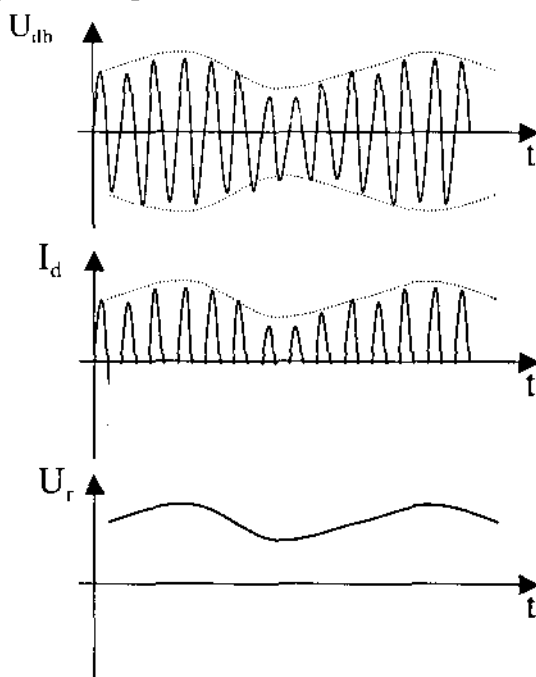
Hình 5.21. Tách sóng biên độ nối tiếp dùng diot

Nguyên lý tách sóng:

- Khi điện áp U_v dương thì diot D được phân cực thuận, thông. Tụ C được nạp điện.
- Khi điện áp U_v âm thì diot D bị phân cực ngược, tắt. Tụ C sẽ phóng điện qua điện trở R .

Sự phóng và nạp của tụ điện theo quy luật biến đổi của biên độ sóng mang nên biên độ tín hiệu âm tần được khôi phục lại.

Dạng sóng tách sóng như sau:



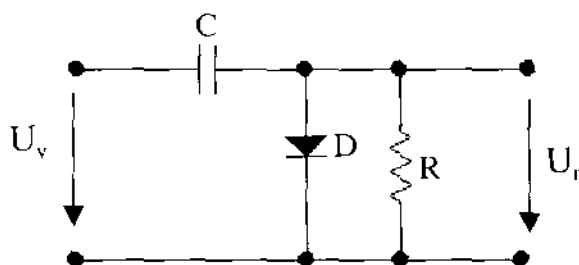
Hình 5.22. Dạng tín hiệu tách sóng biên độ

Trong đó:

- $U_{\text{đb}}$ là tín hiệu điều chế biên độ được đưa vào đầu vào của mạch tách sóng (U_v).
- I_d là dòng điện chảy qua diot tách sóng D hoặc là điện áp tín hiệu ra khi chưa có lọc.
- U_r là dạng điện áp tín hiệu đã được lọc bỏ các thành phần sóng mang cao tần bởi tụ C.

1.2. Mạch tách sóng song song

Sơ đồ mạch:



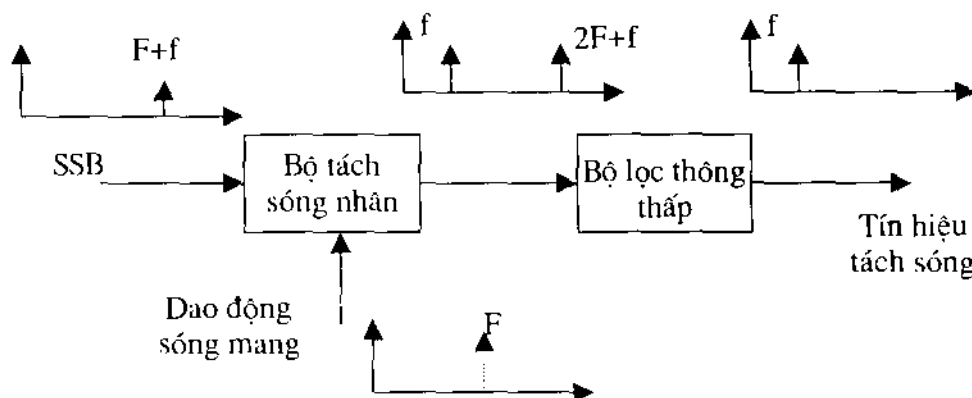
Hình 5.23. Mạch tách sóng biên độ song song dùng diot

Nguyên lý tách sóng và dạng sóng tương tự như mạch tách sóng nối tiếp.

2. Tách sóng đơn biên

Tách sóng đơn biên có nhiều phương pháp khác nhau. Sau đây ta sẽ khảo sát phương pháp tách sóng đơn biên bằng bộ nhân tần số.

Sơ đồ khối tách sóng:



Hình 5.24. Sơ đồ khối tách sóng đơn biên

Bộ tách sóng nhân là một bộ nhân dùng để nhân tín hiệu điều chế đơn biên SSB có tần số $F + f$ với tín hiệu sóng mang có tần số F , đầu ra của bộ tách sóng là tín hiệu có các thành phần tần số là f và $2F + f$.

Sau đó, tín hiệu đầu ra bộ nhân được đưa qua một bộ lọc thông thấp để lọc lấy thành phần tín hiệu có tần số là f , còn thành phần tín hiệu có tần số là $2F + f$ bị loại bỏ.

Như vậy, đầu ra của bộ lọc thông thấp là tín hiệu âm tần có đường bao biên độ giống với đường bao của sóng mang cao tần SSB.

Các mạch tách sóng biên độ được sử dụng ở phía thu tín hiệu để tách lấy tín hiệu đã được điều chế biên độ trong các hệ thống phát thanh và truyền hình.

VI. MẠCH TÁCH SÓNG ĐIỀU TẦN, ĐIỀU PHA TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

Tách sóng tín hiệu điều tần là quá trình biến đổi độ lệch tần số tức thời (so với tần số trung bình) của tín hiệu đã được điều tần thành biến thiên điện áp ở đầu ra.

Tách sóng tín hiệu điều pha là quá trình biến đổi độ lệch pha (so với pha dao động sóng mang chuẩn) tín hiệu đã điều chế pha thành biến thiên điện áp tín hiệu ra.

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 độ rộng xung rồi thực hiện tách sóng tín hiệu điều chế độ rộng xung nhờ một mạch tích phân.

- Làm cho tần số của tín hiệu cần tách sóng bám theo tần số của một bộ dao động nhờ một hệ thống vòng khoá pha PLL (Phase Locked Loop), điện áp sai số chính là điện áp cần tách sóng.

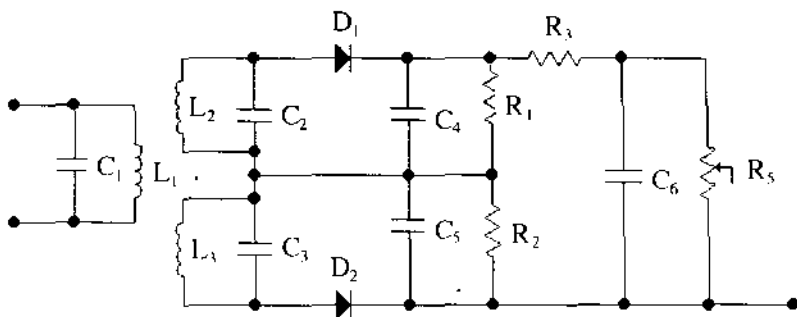
Sau đây ta sẽ khảo sát một số phương pháp tách sóng tần số thông dụng nhất.

1. Tách sóng tần số dùng mạch lệch cộng hưởng

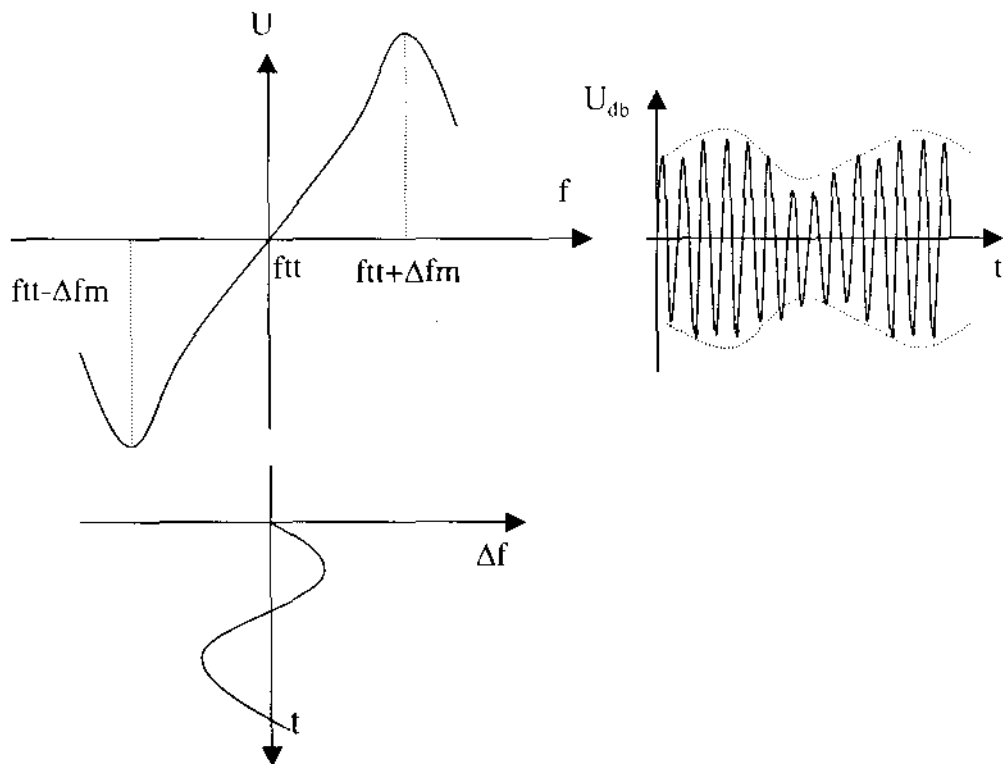
Sơ đồ mạch: Hình 5.25

Khung cộng hưởng L_1, C_1 là tải nhận tín hiệu vào điều chế FM, cộng hưởng tại tần số trung tâm f_{tt} .

L_2, C_2 và L_3, C_3 là hai khung cộng hưởng được điều chỉnh cộng hưởng ở hai tần số đối xứng nhau qua tần số trung tâm: mạch L_2, C_2 cộng hưởng ở tần số cao hơn tần số trung tâm một lượng là Δf_m ; mạch L_3, C_3 cộng hưởng ở tần số thấp hơn tần số trung tâm một lượng là Δf_m . Trong đó Δf_m là lượng di tần cực đại của tín hiệu điều tần.



Hình 5.25. Mạch tách sóng cộng hưởng lệch



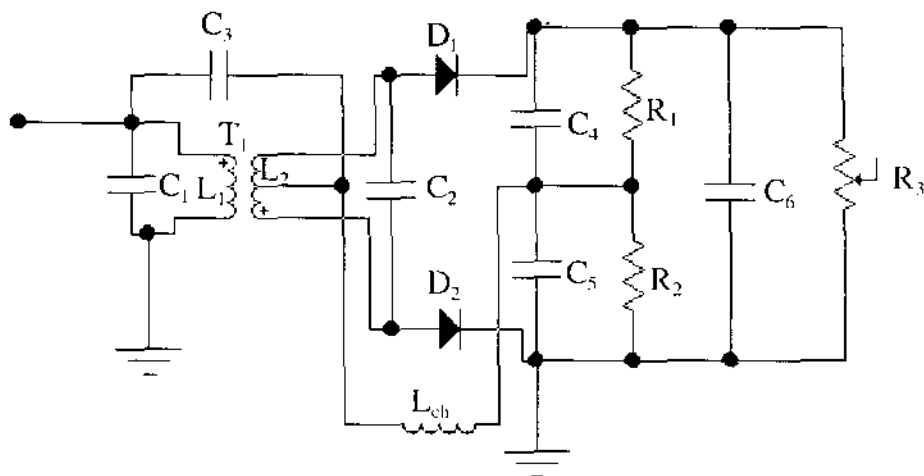
Hình 5.26. Đặc tuyến tách sóng cộng hưởng lệch

Mạch L_2, C_2 cộng hưởng tại tần số $f_{tt} + \Delta f_m$ còn L_3, C_3 cộng hưởng tại tần số $f_{tt} - \Delta f_m$. $\Delta f(t)$ là độ dãn tần số của tín hiệu FM biến đổi theo quy luật của tín hiệu âm tần; $U_{db}(t)$ là điện áp tín hiệu biến thiên trong khung cộng hưởng. Vậy các mạch cộng hưởng có nhiệm vụ là biến đổi tín hiệu điều chế tần số FM thành tín hiệu điều chế biên độ AM.

Như vậy các linh kiện D_1 , C_4 , R_1 và D_2 , C_5 , R_2 là hai mạch tách sóng biên độ làm nhiệm vụ tách sóng đối với hai nửa tín hiệu (nguyên lý tách sóng biên độ xem ở phần tách sóng AM). R_3 , C_6 , R_5 dùng để lấy tín hiệu ra.

2. Mạch tách sóng điều biên theo pha

Sơ đồ mạch:



Hình 5.27. Mạch tách sóng điều biên theo pha

Hai khung cộng hưởng ở sơ cấp và thứ cấp đều được chỉnh cộng hưởng ở tần số trung tâm f_{tt} . Tụ ghép C_3 có trị số khá lớn để tần số trung tâm gây sụt áp trên nó không đáng kể. Điểm a gọi là điểm giữa của L_2 chia điện áp trên cuộn này thành hai nửa U_{21} và U_{22} luôn bằng nhau về biên độ và ngược pha. L_{ch} là cuộn chặn đột biến với tần số cao làm giảm ảnh hưởng của mạch tách sóng đến mạch thứ cấp tách sóng.

Nguyên lý tách sóng của mạch là biến đổi tín hiệu điều tần thành tín hiệu điều biên sao cho biên độ điện áp tín hiệu FM đặt lên mỗi diot sẽ tỷ lệ với sự biến thiên của tần số tín hiệu; các diot thực hiện tách sóng biên độ để tách lấy tín hiệu âm tần.

Khi không bị điều tần, tín hiệu chỉ có tần số là f_{tt} thì cả hai nửa cuộn dây L_2 cộng hưởng với một lượng như nhau tạo ra các điện áp trên hai diot D_1 và D_2 một lượng bằng nhau, điện áp trên $C_4//R_1$ và $C_5//R_2$ là bằng nhau nhưng ngược pha nhau nên giá trị điện áp trên $C_6//R_3$ là bằng không.

Khi có điều tần, trên hai nửa cuộn dây L_2 cộng hưởng là khác nhau tạo ra các điện áp trên hai diot D_1 và D_2 một lượng khác nhau, điện áp trên $C_4//R_1$ và $C_5//R_2$ là lệch và ngược pha nhau, nên giá trị điện áp trên $C_6//R_3$ là khác không. Nếu tín hiệu điều tần có tần số lớn hơn tần số fitt thì trên $C_4//R_1$, có điện áp lớn hơn điện áp trên $C_5//R_2$, khi đó điện áp tín hiệu âm tần ra trên $C_6//R_3$ có mức điện áp tín hiệu dương (tăng). Ngược lại, nếu tín hiệu điều tần có tần số nhỏ hơn tần số fitt thì trên $C_4//R_1$, có điện áp nhỏ hơn điện áp trên $C_5//R_2$, khi đó điện áp tín hiệu âm tần ra trên $C_6//R_3$ có mức điện áp tín hiệu âm (giảm).

Như vậy, quy luật biến đổi tần số của tín hiệu FM đã được mạch tách sóng biến đổi thành sự biến đổi biên độ của tín hiệu âm tần.

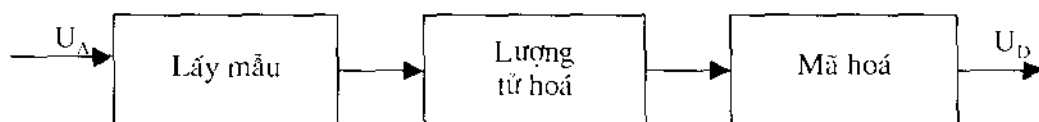
Các mạch tách sóng tần số và tách sóng pha được sử dụng trong các hệ thống thu tín hiệu khi phía phát tín hiệu được điều chế tần số và pha. Các mạch này cũng được sử dụng trong các máy radio, tivi màu, tivi đen trắng (thu tiếng).

VII. MÃ HOÁ VÀ GIẢI MÃ PCM

1. Mã hoá và giải mã PCM

Mã hoá và giải mã PCM được thực hiện theo sơ đồ khối sau:

- Mã hoá PCM:

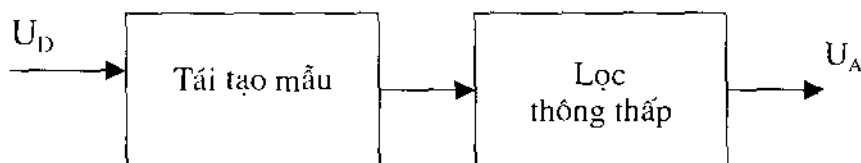


Hình 5.28. Sơ đồ khối mã hóa PCM

Trong đó: U_A là tín hiệu tương tự.

U_D là tín hiệu số.

- Giải mã PCM:



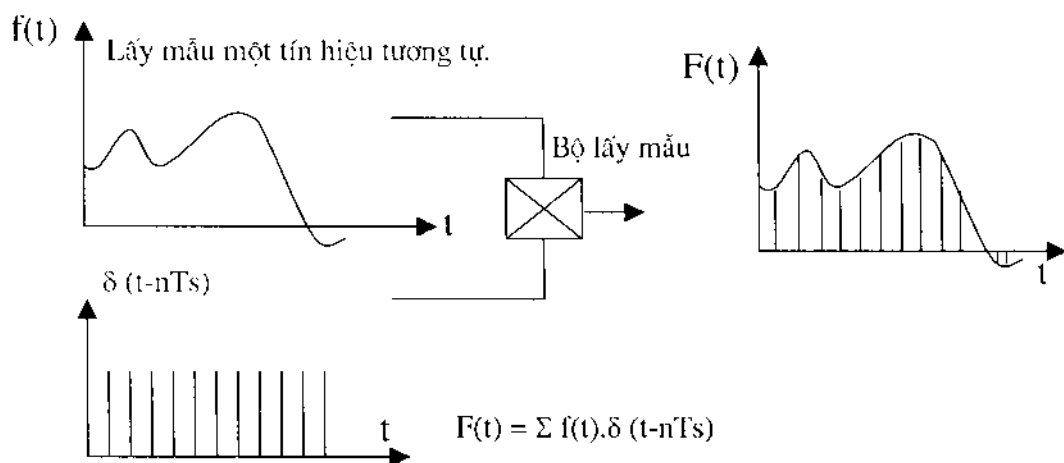
Hình 5.29. Sơ đồ khối giải mã PCM

Sau đây ta sẽ xem xét các quá trình của điều chế PCM.

1.1. Lấy mẫu

Lấy mẫu là triển khai có chu kỳ tín hiệu tương tự để thu được biên độ tín hiệu có giá trị tức thời tại thời điểm lấy mẫu. Giới hạn của tần số lấy mẫu được xác định theo định lý Niquist.

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu nguyên lý lấy mẫu một tín hiệu tương tự.



Hình 5.30. Nguyên lý lấy mẫu

Chu kỳ lấy mẫu không được vượt quá nửa chu kỳ lớn nhất của tín hiệu hoặc nói một cách khác, tần số lấy mẫu không được nhỏ hơn 2 lần tần số lớn nhất của tín hiệu được lấy mẫu (tín hiệu đầu vào tương tự). Nghĩa là:

$$(Ts)_{\max} \leq Ta/2 = 1/2f_a \quad (5-1)$$

$Ts_{\max}$: Chu kỳ lấy mẫu lớn nhất

Ta : Chu kỳ tín hiệu tương tự đầu vào.

f_a : Tần số tín hiệu tương tự đầu vào

(5-1) có thể tương đương $f_{s \min} = 2f_a$

$f_{s \min}$: Tần số lấy mẫu nhỏ nhất.

$Ts_{\max}$ gọi là khoảng cách (chu kỳ) Niquist và là khoảng thời gian dài nhất được dùng để lấy mẫu tín hiệu có băng tần hạn chế.

1.2. Lượng tử hoá

Lượng tử hóa là quá trình thay thế một tín hiệu tương tự đã lấy mẫu bằng một tập hữu hạn các mức biên độ, tức là quá trình biến đổi tín hiệu có biên độ liên tục thành tín hiệu có biên độ rời rạc.

Lượng tử hoá có hai phương pháp cơ bản đó là lượng tử hoá tuyến tính hay còn gọi là lượng tử hoá đều và lượng tử hoá phi tuyến hay còn gọi là lượng tử hoá không đều.

* *Lượng tử hoá đều:* Cho phép các mức lượng tử cách đều nhau. Với phương pháp lượng tử này thì khi phục hồi tín hiệu tương tự từ các xung lượng tử ở phía thu sẽ có sự chênh lệch (sai số) giữa tín hiệu khôi phục được và tín hiệu gốc. Sự chênh lệch này được gọi là méo lượng tử hoặc sai số lượng tử.

* *Lượng tử hoá không đều:* Lượng tử không đều được thực hiện theo quy luật logarit, có nghĩa là khi mức tín hiệu nhỏ thì sử dụng mức lượng tử nhỏ và ngược lại với mức tín hiệu lớn thì sử dụng mức lượng tử lớn. Phương pháp này thực hiện nén tín hiệu ở phía điều chế và ở phía thu muốn thu được tín hiệu thì phải tiến hành theo phương pháp ngược lại, có nghĩa là phải giải nén (giãn) tín hiệu. Ở phía thu sử dụng phương pháp giãn tín hiệu theo quy luật đối logarit.

1.3. Mã hoá

Mã hoá là một quá trình so sánh và thay thế các giá trị lượng tử rời rạc nhận được ở quá trình lượng tử hoá bằng tập các bit nhị phân; tập các bit nhị phân được gọi là từ mã.

Thông thường, các mã nhị phân được sử dụng trong việc mã hoá là các mã nhị phân tự nhiên, các mã Gray...

Ở phía thu, các bit nhị phân được sắp xếp thành các xung mẫu PAM, rồi chúng được phục hồi biên độ nhờ một mạch lọc thông thấp.

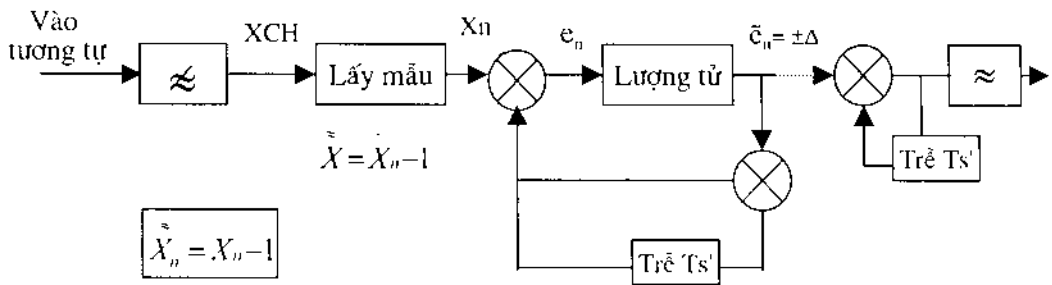
Trong các hệ thống PCM thực tế thì bộ lượng tử hoá và mã hoá phối hợp một cách có hiệu quả trong bộ biến đổi A/D (Analog/Digital) - Chuyển đổi tương tự/số.

2. Mã hoá và giải mã delta

Điều chế delta (DM) là một loại điều xung mã vi sai (DPCM), trong đó, mỗi từ mã chỉ có một bit nhị phân. Ưu điểm của điều chế delta so với các loại điều chế khác là mạch đơn giản và dễ dàng chế tạo các vi mạch CODEC (mã hoá và giải mã...).

Điều chế delta là phương pháp mã hoá đơn giản nhất hiện có, vì từ mã chỉ có 1 bit nên tần số lấy mẫu và tần số bit như nhau. Tuy nhiên, để phối hợp các hệ thống từ mã bit cao thông thường phải tăng dần tần số lấy mẫu một cách đáng kể.

Sơ đồ mã hoá và giải mã delta:



Hình 5.31. Sơ đồ khối mã hóa - giải mã delta

Tại phía điều chế, tín hiệu tương tự $X(t)$ được hạn chế hằng tần, được lấy mẫu để tạo ra tín hiệu PAM X_n , tín hiệu này đem so sánh với trị số dự đoán $\tilde{X}_n$, độ chênh lệch giữa chúng e_n được lượng tử thành một trong hai trị số biên độ $+\Delta$ hay $-\Delta$. Đầu ra bộ lượng tử được đưa tới bộ mã hoá. Mã hoá ở đây là sử dụng một bit nhị phân để mã hoá cho một xung lấy mẫu, sau đó tín hiệu mã hoá được chuyển đến phía thu.

Tại phía thu, các bit được đại diện cho các xung lấy mẫu e_n có biên độ là $\pm\Delta$ (giá trị chênh lệch), biên độ này được cộng với giá trị dự đoán tức thời ở đầu ra phía thu để khôi phục lại biên độ thực của các xung mẫu. Tín hiệu xung mẫu này được lọc thông thấp để khôi phục lại biên độ (hình dạng) tín hiệu giống như dạng tín hiệu tương tự ở đầu vào phía điều chế.

Các phương pháp mã hoá và giải mã PCM, mã hoá và giải mã delta được ứng dụng trong hệ thống thu phát tín hiệu và dữ liệu thoại, thu phát tín hiệu dữ liệu... trong hệ thống tổng đài.

VIII. ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ TÍN HIỆU SỐ

1. Khái quát chung

Điều chế và giải điều chế số là một phần của máy phát và máy thu tín hiệu số trong hệ thống thông tin số. Tại phía phát thực hiện quá trình điều chế số là kỹ thuật dùng tín hiệu số để làm thay đổi một trong các thông số của sóng mang. Trong điều chế tín hiệu số thường có các loại điều chế cơ bản sau đây:

- Điều chế biên độ số (ASK).
- Điều chế tần số số (FSK).
- Điều chế pha số (PSK).

Ngoài các kỹ thuật cơ bản trên, điều chế số còn có các loại điều chế đặc biệt khác như: điều chế biên độ và pha kết hợp (CASK), điều chế cầu phương... Mỗi loại đều có ưu và nhược điểm khác nhau.

Về phía thu, kỹ thuật tách tín hiệu số ra khỏi sóng mang được gọi là giải điều chế số hay còn gọi là tách sóng tín hiệu số. Tương ứng với mỗi kỹ thuật điều chế được sử dụng ở phía phát thì ở phía thu sẽ sử dụng kỹ thuật giải điều chế tương ứng. Ví dụ tại phía phát sử dụng kỹ thuật điều chế biên độ số thì phía thu phải dùng kỹ thuật giải điều chế biên độ số để thu lại tín hiệu nguyên thủy như trước khi điều chế.

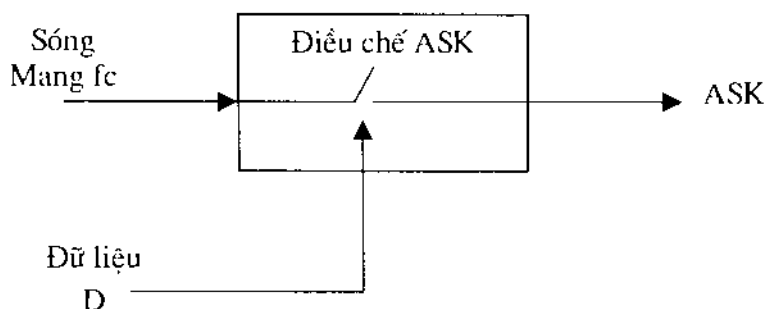
Sau đây chúng ta sẽ khảo sát một số kỹ thuật điều chế và giải điều chế tín hiệu số cơ bản.

2. Điều chế và giải điều chế biên độ số (ASK)

2.1. Điều chế

Điều chế biên độ số hay còn gọi là điều biên số, là kỹ thuật dùng tín hiệu số để làm dịch chuyển biên độ của sóng mang. Chính vì vậy mà điều chế biên độ số còn được biết đến với tên gọi là “khóa dịch chuyển biên độ” (Amplitude Shift Keying).

* Sơ đồ khối điều chế:



Hình 5.32. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế ASK

Trong đó:

- Sóng mang (f_c) là một dao động cao tần (dao động có tần số cao). Dạng của sóng mang có thể là hình sin, có thể là sóng răng cưa và cũng có thể là sóng xung vuông, nhưng thường sử dụng sóng mang dạng hình sin.

- Dữ liệu (D) là một dãy số nhị phân gồm toàn bit không (0) và bit một (1), là dãy số được đưa đến bộ điều chế dùng để điều khiển sóng mang (f_c).

Bộ điều chế biên độ được ví như một khoá chuyển mạch K, dùng để đóng mở sóng mang.

Đầu ra bộ điều chế là tín hiệu đã điều chế biên độ số ASK, là tín hiệu đại diện cho dãy số dùng để truyền đi trong các hệ thống thông tin số.

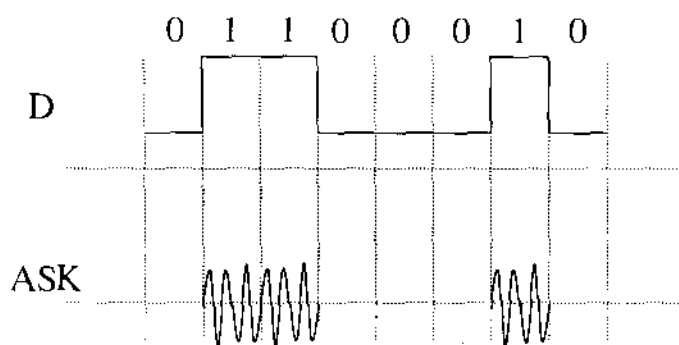
* Nguyên lý điều chế như sau:

Sóng mang f_c là một dao động cao tần hình sin luôn hiện diện tại đầu vào sóng mang, còn dòng tín hiệu số là một dãy số nhị phân gồm toàn 0 và 1 được đưa đến đầu vào dữ liệu từng bit nối tiếp một để điều khiển bộ điều chế theo nguyên tắc sau:

- Nếu bit đưa đến là bit 1 thì khoá K đóng, khi đó cho sóng mang f_c đi qua tới đầu ra.

- Nếu bit đưa đến là bit 0 thì khoá K mở, khi đó không cho sóng mang f_c đi qua tới đầu ra.

Để diễn tả một cách trực quan ta xét ví dụ sau:

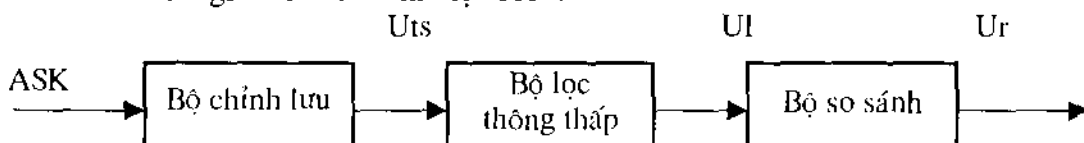


Hình 5.33. Dạng tín hiệu điều chế ASK

2.2. Giải điều chế

Giải điều chế là quá trình khôi phục lại dãy tín hiệu số nhị phân từ dòng thông tin tín hiệu ASK. Quá trình giải điều chế (tách sóng) được thực hiện tại phía thu. Ứng với mỗi phương pháp điều chế ở phía phát thì ở phía thu có thể có nhiều giải pháp tách sóng khác nhau, sau đây là một phương pháp tách sóng ASK.

Sơ đồ khối giải điều chế tín hiệu ASK:

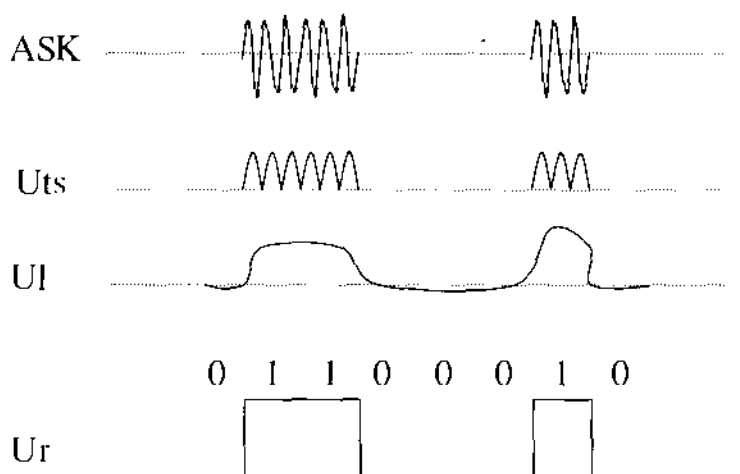


Hình 5.34. Sơ đồ khối giải mã ASK

Trong đó:

- Bộ chỉnh lưu dùng để lọc lấy biên độ tín hiệu có cực tính cần thiết.
- Bộ lọc thông thấp dùng để loại bỏ tín hiệu sóng mang có tần số cao.
- Bộ so sánh dùng để sửa dạng tín hiệu.

Ta có thể mô tả nguyên lý của mạch thông qua ví dụ sau:



Hình 5.35. Dạng tín hiệu giải điều chế ASK

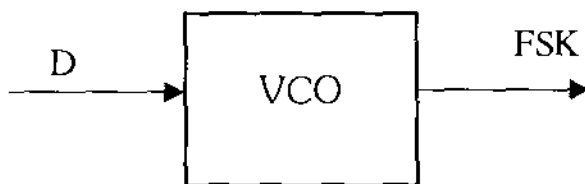
3. Điều chế và giải điều chế tần số số (FSK)

3.1. Điều chế tần số số

Điều chế tần số số là dùng tín hiệu số để điều khiển làm cho tần số sóng mang thay đổi theo các bit tín hiệu. Điều chế tần số số còn được gọi là khoá dịch chuyển tần số (Frequency Shift Keying). Điều chế tần số số có thể có nhiều loại, sau đây ta xét một số loại cụ thể.

3.1.1. Điều chế FSK theo kiểu pha liên tục

Sơ đồ khối:



Hình 5.36. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế FSK

Trong đó:

D là dòng tín hiệu số cần được điều chế gồm toàn bit 0 và bit 1.

FSK là tín hiệu ra điều chế tần số số.

VCO là bộ dao động được điều khiển bằng điện áp, đóng vai trò là bộ điều chế.

Nguyên lý điều chế như sau:

- Khi không có dòng dữ liệu D tại đầu vào thì bộ dao động VCO phát ra một dao động có tần số là f_0 , nên đầu ra FSK là một dao động có tần số không đổi là f_0 , tần số không đổi này không mang trong nó thông tin của tín hiệu số.

- Khi dòng dữ liệu điều chế D được đưa tới bộ dao động từng bit nối tiếp một, thì tần số của bộ dao động VCO thay đổi theo nguyên tắc:

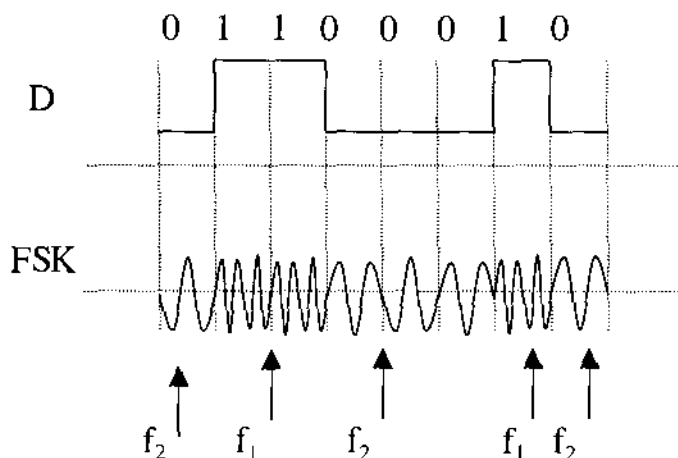
+ Nếu bit điều chế là 1 thì tần số dao động f_0 đổi thành tần số f_1 (giả sử f_0 tăng thành f_1).

+ Nếu bit điều chế là 0 thì tần số dao động f_0 đổi thành tần số f_2 (giả sử f_0 giảm thành f_2).

Và $f_2 < f_1$.

Như vậy, tần số f_0 của bộ dao động VCO đã bị thay đổi theo bit tín hiệu điều chế ở đầu vào. Tần số sóng mang f_1 đại diện cho bit thông tin 1, và tần số sóng mang f_2 đại diện cho bit thông tin 0, các tần số này đều là sóng mang cao tần nên có khả năng truyền dẫn đi xa được.

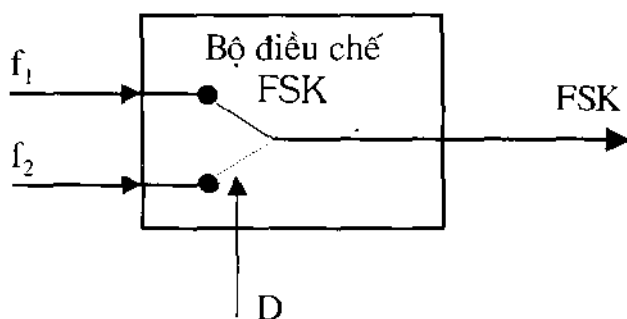
Ví dụ dạng sóng của tín hiệu điều chế FSK cho dòng bit dữ liệu 01100010 có dạng như sau:



Hình 5.37. Dạng tín hiệu điều chế FSK

3.1.2. Điều chế FSK theo kiểu pha không liên tục

Sơ đồ khối:



Hình 5.38. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế FSK không liên tục

Trong đó:

- f_1 là sóng mang có tần số là f_1 .
- f_2 là sóng mang có tần số là f_2 . Giả sử $f_1 > f_2$.
- D là dãy dữ liệu số nhị phân.
- Bộ điều chế FSK được coi như là một bộ chuyển mạch dùng để đóng mở giữa hai vị trí f_1 và f_2 .

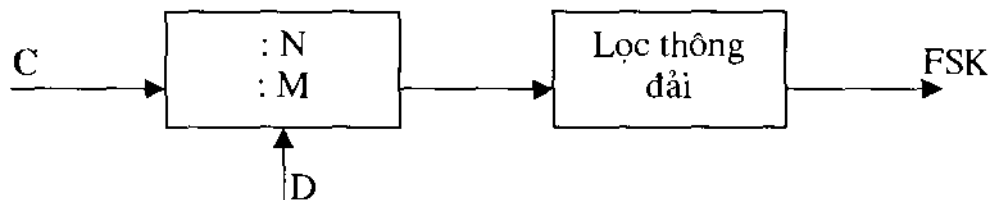
Nguyên lý điều chế như sau:

- Khi dữ liệu vào là bit 1 thì khoá được chuyển sang vị trí sóng mang f_1 để cho tần số sóng mang f_1 được chuyển mạch qua đầu ra FSK.
- Khi dữ liệu vào là bit 0 thì khoá lại được chuyển mạch qua vị trí sóng mang f_2 và sóng mang f_2 được chuyển mạch tới đầu ra FSK.

Với phương pháp này thì sự chuyển đổi sóng mang từ f_1 sang f_2 (dữ liệu chuyển từ bit 1 sang bit 0) hoặc chuyển từ sóng mang f_2 sang sóng mang f_1 (dữ liệu chuyển từ bit 0 sang bit 1) là không liên tục.

3.1.3. Điều chế FSK bằng phương pháp chia tần

Sơ đồ khối:



Hình 5.39. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế FSK chia tần

Trong đó:

- C là dao động sóng mang cao tần có tần số cố định là f_0 .
- D là dòng bit số nhị phân cần được điều chế.

Bộ chia có thể thay đổi hệ số chia theo tín hiệu điều khiển từ bên ngoài.

Bộ lọc thông dải dùng để lọc tần số trong dải thông (hạn chế dải thông).

Nguyên lý điều chế như sau:

- Khi tín hiệu điều chế đưa vào là bit 1 thì bộ chia có hệ số chia là N, khi đó sóng mang C có tần số là f_0 sẽ được chia cho N để chuyển tần số f_0 về tần số f_1 .

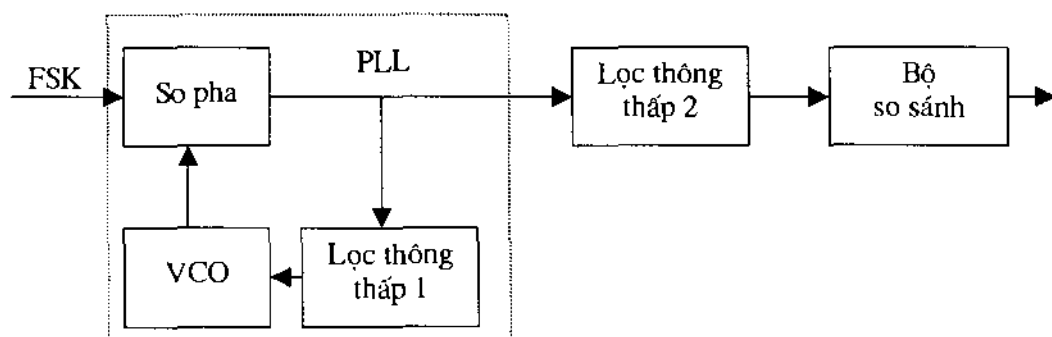
- Khi dữ liệu đưa vào là bit 0 thì bộ chia chuyển sang hệ số chia M, khi đó sóng mang C có tần số f_0 sẽ được chia cho M để chuyển tần số f_0 về tần số f_2 .

Hai tần số f_1, f_2 được đi qua bộ lọc thông dải để lấy ra tần số f_1 hoặc f_2 , còn các tần số khác (nhiều ngoài dải tần số này chẳng hạn) bị chặn lại.

3.2. Giải điều chế FSK

Giải điều chế FSK có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp. Sau đây ta khảo sát phương pháp tách sóng FSK dùng vòng khoá pha.

Sơ đồ khối tách sóng:



Hình 5.40. Sơ đồ khối nguyên lý giải điều chế dùng PLL

Trong đó:

- Bộ so pha dùng để so sánh pha của tín hiệu FSK với pha của sóng dao động từ khối VCO.
- Bộ lọc thông thấp 1 và 2 dùng để lọc thành phần tín hiệu tần số cao, khôi phục biên độ tín hiệu có tần số thấp.
- Bộ so sánh dùng để sửa dạng tín hiệu.

Nguyên lý tách sóng FSK như sau:

- Khi chưa có tín hiệu tách sóng FSK thì bộ dao động VCO phát ra dao động có tần số là f_0 .

- Khi có tín hiệu tách sóng FSK đưa vào bộ so pha, pha của tín hiệu này được so sánh với pha của tín hiệu f_0 :

+ Nếu hai tần số này bằng nhau, có nghĩa là hai tín hiệu có sai pha bằng không, khi đó đầu ra bộ so pha có một điện áp cố định U_0 nào đó; điện áp được đưa qua bộ lọc thông thấp 1 để lọc nhiễu sau đó lại đưa tới bộ dao động VCO. Vì điện áp đưa tới bộ dao động VCO là U_0 nên tần số của bộ dao động không thay đổi.

+ Nếu hai tần số không bằng nhau, có nghĩa là hai tín hiệu đã có sai pha, khi đó đầu ra bộ so pha có mức điện áp khác U_0 là $\pm \Delta U$ (dấu + hay - là phụ thuộc vào tần số FSK lớn hơn hay nhỏ hơn tần số f_0), điện áp $U_0 \pm \Delta U$ được lọc và đưa trở lại bộ VCO để điều chỉnh tần số f_0 dao động bám theo tần số FSK.

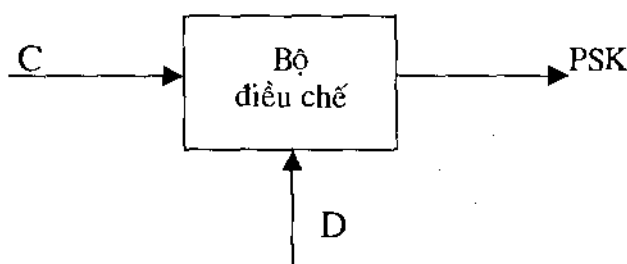
Do vậy, tín hiệu FSK được tái tạo lại bằng điện áp đầu ra bộ so pha, tín hiệu này được lọc nhiễu bằng bộ lọc thông thấp 2, sau đó được sửa dạng tạo thành các bit 0 hoặc bit 1.

Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản và có độ chính xác cao, hoàn toàn có thể thực hiện bằng một vi mạch.

4. Điều chế pha số (PSK)

Điều chế pha số còn được gọi là khoá dịch chuyển pha (Phase Shift Keying), là pha của dao động sóng mang thay đổi theo bit của dòng tín hiệu số điều chế đầu vào. Điều chế pha có thể có nhiều loại, ví dụ như điều chế pha hai trạng thái, điều chế pha bốn trạng thái... Trong phần này ta chỉ xem xét điều chế pha hai trạng thái.

Sơ đồ khối điều chế:



Hình 5.41. Sơ đồ khối nguyên lý điều chế PSK

Trong đó:

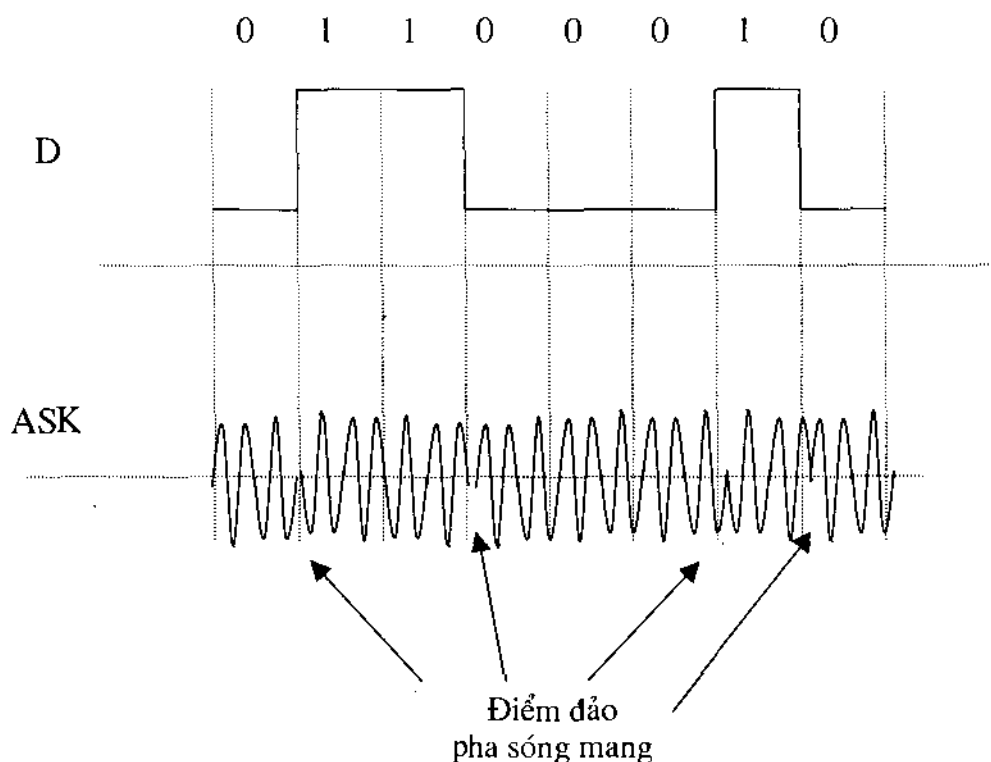
- C là sóng mang dao động cao tần dùng để điều chế tín hiệu.
- D là dòng số nhị phân cần được điều chế.
- PSK là tín hiệu điều chế pha.

Nguyên lý điều chế pha có thể được mô tả như sau:

- Khi dòng số D là toàn bit 1 hoặc toàn bit 0, thì tín hiệu PSK có tần số là tần số của sóng mang C, có pha không đổi (0^0 hoặc 180^0).

- Khi dòng số D có sự thay đổi từ bit 1 sang bit 0 hoặc từ bit 0 sang bit 1, thì pha của sóng mang D thay đổi. Trong trường hợp này thì pha của sóng mang C đảo pha 180^0 so với giá trị pha ban đầu.

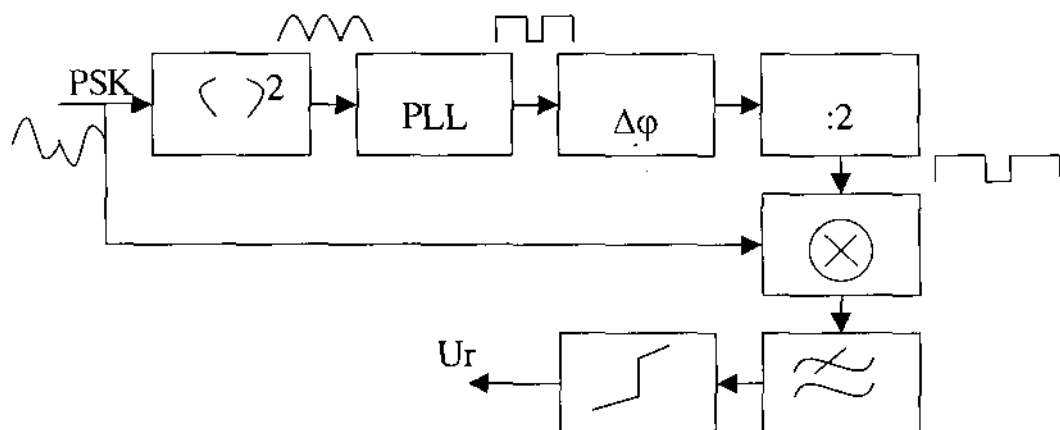
Giả sử bit điều chế là bit 0 thì sóng mang có pha là 0^0 , bit 1 có pha là 180^0 . Như vậy, pha của sóng mang biểu hiện thông tin của bit 0 và bit 1 của dòng dữ liệu cần điều chế. Ví dụ ta điều chế cho dòng bit sau:



Hình 5.42. Dạng tín hiệu điều chế PSK

** Giải điều chế tần số*

Sơ đồ khối giải điều chế:



Hình 5.43. Sơ đồ khối giải điều chế tần số

Trong đó, các khối lần lượt là:

- Bộ bình phương (nhân tín hiệu).
- Bộ vòng khoá pha.
- Bộ so pha.
- Bộ chia hai.
- Bộ nhân (Bộ trộn).
- Bộ lọc thông thấp.
- Bộ so sánh, dùng để sửa dạng tín hiệu.

Giải điều chế theo phương pháp này có độ chính xác cao và có thể thực hiện được bằng vi mạch.

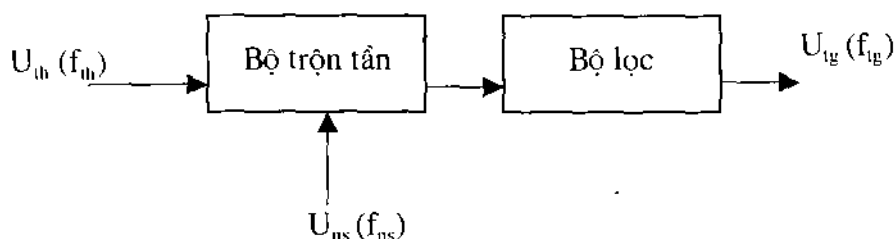
Các phương pháp điều chế và giải điều chế ASK, FSK và PSK cũng được sử dụng trong các hệ thống thu phát tín hiệu và dữ liệu số trong các hệ thống tổng đài số.

IX. TRỘN TẦN

1. Nguyên lý chung

Trộn tần là sự trộn lẫn giữa hai tín hiệu tại mạch trộn tần làm cho trên đầu ra bộ trộn tần thu được tín hiệu có các thành phần tần số là tổng và hiệu hai thành phần tần số tín hiệu ở đầu vào.

Sơ đồ khối trộn tần:



Hình 5.44. Sơ đồ khối nguyên lý trộn tần

Thông thường, một trong hai tín hiệu vào là tín hiệu đơn âm (có một vạch phổ), tín hiệu đó gọi là tín hiệu ngoại sai và có tần số là f_{ns} . Tín hiệu còn lại là tín hiệu hữu ích với tần số là f_{th} cố định hoặc biến thiên trong một phạm vi nào đó. Tín hiệu mong muốn được tách ra nhờ một bộ lọc, tần số của nó thường gọi là tần số trung gian f_{lg} .

Để trộn tần, ta có thể sử dụng phần tử phi tuyến hoặc phần tử tuyến tính tham số. Có thể có các loại trộn tần sau:

- Khi phân loại theo phần tử tích cực được dùng để trộn tần, người ta phân biệt trộn tần dùng phần tử tuyến tính tham số (mạch nhân) và trộn tần dùng phần tử phi tuyến (Transistor, diot...)
- Khi phân loại theo sơ đồ trộn tần, có trộn tần diot, Transistor... hoặc trộn tần theo phương pháp chuyển phổ (chuyển phổ về phía tần số cao hay phía tần số thấp).

2. Mạch trộn tần dùng diot

Mạch trộn tần dùng diot được ứng dụng rộng rãi ở mọi dải tần số, đặc biệt ở phạm vi tần số cao (trên 1GHz). Trộn tần dùng diot có nhược điểm là làm suy giảm tín hiệu.

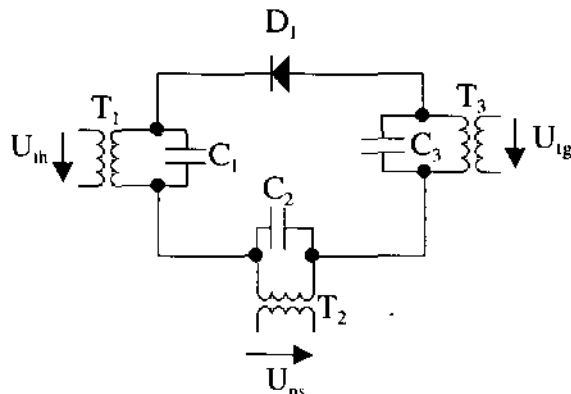
Mạch trộn tần dùng diot có các kiểu sau:

2.1. Mạch trộn tần đơn dùng diot

Sơ đồ mạch: Hình 5.45

Biến áp T_1 , T_2 và T_3 dùng để ghép các tín hiệu U_{th} và U_{ns} vào mạch trộn tần và để lấy tín hiệu ra U_{lg} .

Cuộn dây thứ cấp của biến áp T_1 kết hợp với tụ C_1 tạo thành mạch cộng hưởng dùng để chọn lọc tín hiệu vào U_{th} .



Hình 5.45. Mạch trộn tần dùng diot

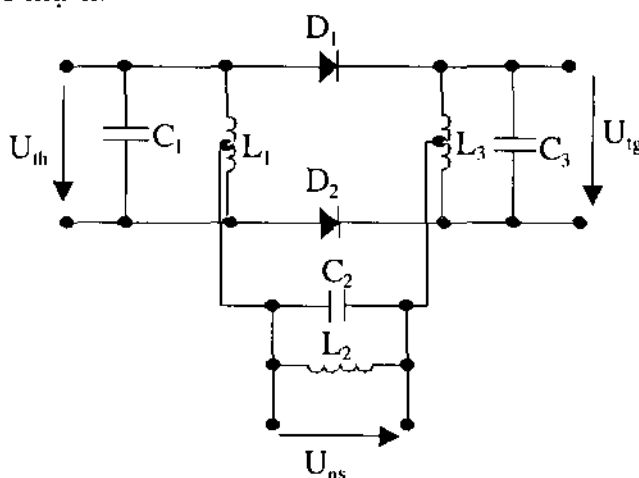
Cuộn dây thứ cấp của biến áp T_2 kết hợp với tụ C_2 tạo thành mạch cộng hưởng dùng để chọn lọc tín hiệu ngoại sai U_{ns} .

Cuộn dây thứ cấp của biến áp T_3 kết hợp với tụ C_3 tạo thành mạch cộng hưởng dùng để chọn lọc lấy tín hiệu U_{tg} .

Mạch có đặc điểm là mạch ngoại sai và mạch trung gian được mắc nối tiếp với nhau, còn mạch tín hiệu và mạch trung gian được mắc đối xứng nhau, do đó có thể đổi lẫn cho nhau; nghĩa là trong mạch có xảy ra hiện tượng trộn tần ngược. Trong sơ đồ này thường chọn điểm công tác tĩnh ở đoạn đầu của đặc tuyến diot để được hồ dẫn trộn tần lớn.

2.2. Mạch trộn tần cân bằng

Sơ đồ mạch:



Hình 5.46. Mạch trộn tần cân bằng dùng diot

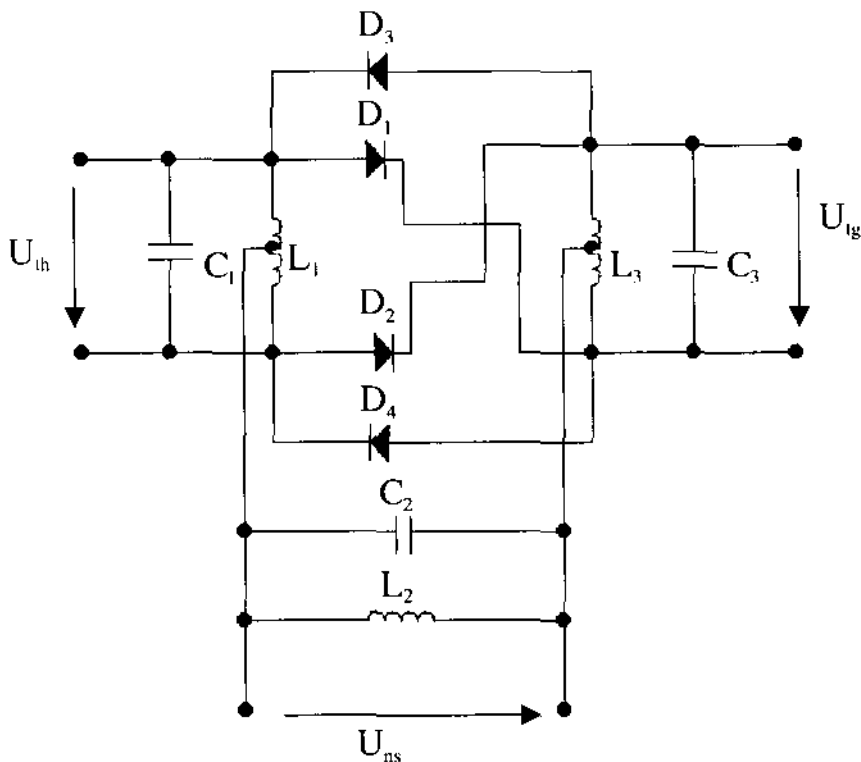
Trong mạch, điện áp tín hiệu được đặt lên hai diot ngược pha, còn điện áp ngoại sai được đặt lên hai diot đồng pha.

Mạch trộn tần cân bằng có khả năng làm tăng dòng trung gian ở đầu ra và chống tạp âm ngoại sai tốt.

Thành phần của tín hiệu ra không có các tần số bậc chẵn.

2.3. Mạch trộn tần vòng

Sơ đồ mạch:



Hình 5.47. Mạch trộn tần vòng dùng diot

Mạch trộn tần vòng gồm hai mạch trộn tần cân bằng nối tiếp. Mạch có các đặc điểm của mạch trộn tần cân bằng. Trên đầu ra của tín hiệu chỉ còn lại thành phần tần số $f_{th} + f_{ns} = f_{ig}$.

3. Mạch trộn tần dùng phần tử khuếch đại

Mạch trộn tần dùng Transistor và vi mạch là kiểu trộn tần tích cực, sử dụng Transistor hoặc vi mạch làm phần tử trộn tần. Mạch trộn tần kiểu này có ưu điểm là có khả năng khuếch đại tăng cường điện áp tín hiệu ra. Trong phần này

chỉ đề cập đến các mạch trộn tần dùng Transistor, còn trộn tần dùng vi mạch sẽ được đề cập tới ở các giáo trình khác.

Mạch trộn tần dùng Transistor có thể mắc theo sơ đồ Bazo chung hoặc Emitter chung. Sơ đồ Bazo chung thường được sử dụng trong phạm vi tần số cao và siêu cao vì tần số giới hạn của nó cao. Tuy nhiên sơ đồ Bazo chung có hệ số truyền đạt của bộ trộn tần thấp hơn sơ đồ mắc Emitter 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 Transistor.

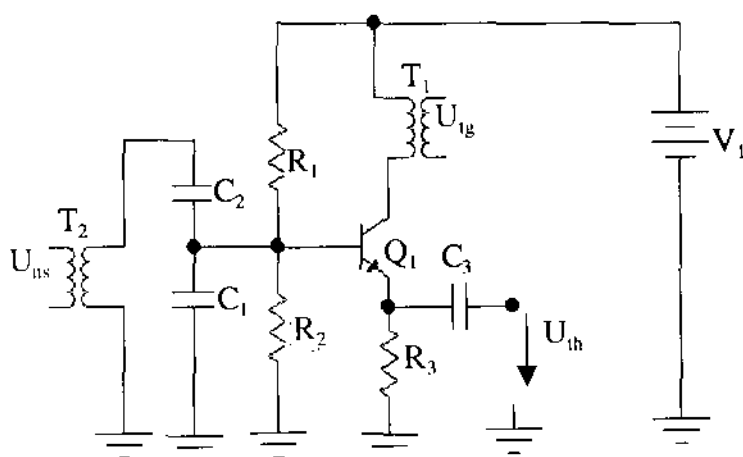
Trộn tần dùng Transistor có thể dùng Transistor đơn, Transistor mắc theo kiểu đẩy kéo, nhưng cách đưa các tín hiệu vào và lấy tín hiệu ra là không thay đổi. Cách đưa tín hiệu vào và lấy tín hiệu ra thường có các khả năng như sau:

- Điện áp tín hiệu U_{th} và điện áp tín hiệu ngoại sai U_{ns} cùng được đưa vào cực Emitter trong sơ đồ mắc Bazo chung.
- Điện áp tín hiệu U_{th} được đưa vào cực Emitter, còn điện áp tín hiệu ngoại sai U_{ns} được đưa vào cực Bazo trong sơ đồ mắc Bazo chung.
- Điện áp tín hiệu U_{th} và điện áp tín hiệu ngoại sai U_{ns} cùng được đưa vào cực Bazo trong sơ đồ mắc Emitter chung.
- Điện áp tín hiệu U_{th} được đưa vào cực Bazo, còn điện áp tín hiệu ngoại sai U_{ns} được đưa vào cực Emitter trong sơ đồ mắc Bazo chung.

Sau đây ta sẽ khảo sát một số mạch trộn tần dùng Transistor.

3.1. Mạch trộn tần dùng Transistor đơn

Sơ đồ mạch:



Hình 5.48. Mạch trộn tần dùng Transistor đơn

Trong đó:

- R_1, R_2 là cầu phân áp dùng để thiên áp cho cực B của Transistor Q_1 .
- R_3 là điện trở hồi tiếp âm dòng điện một chiều, dùng để ổn định mạch.
- C_1 là tụ thoát tín hiệu xoay chiều thành mạch khuếch đại Bazo chung.

Cuộn dây thứ cấp của biến áp T_2 cùng với hai tụ C_1, C_2 tạo thành mạch cộng hưởng để tăng cường điện áp tín hiệu ngoại sai đưa vào cực Bazơ của mạch.

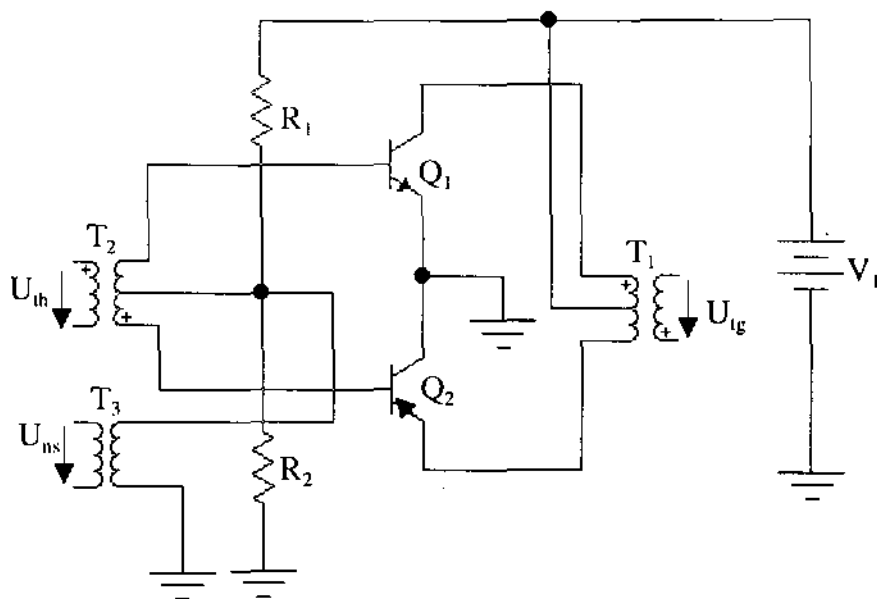
Điện áp tín hiệu được đưa vào cực Emitor để trộn tần thông qua tụ ghép C_3 .

Tín hiệu trung gian được lấy ra trên cực Collector của Q₁ bằng cách ghép biến áp.

Mạch trộn tần kiểu này có đặc điểm là dải tần làm việc rộng, mạch làm việc ổn định, có khả năng trộn tần và khuếch đại tín hiệu. Tín hiệu ra trộn tần có nhiều do không khử được nhiễu ngoại sai sinh ra.

3.2. Mach tron tần đẫy kéo

Sơ đồ mạch:



Hình 5.49. Mạch tròn tần dùng Transistor mắc đẩy kéo

Điện trở R_1, R_2 là cầu phân áp để phân áp cho cực B hai Transistor Q_1 và Q_2 làm việc ở chế độ AB.

Tải của mạch là sơ cấp biến áp T_1 , biến áp T_2 dùng để lấy tín hiệu ra.

Điện áp tín hiệu và điện áp ngoại sai được ghép qua biến áp T_2 và T_3 đều đưa vào cực Bazơ của hai đèn Q_1 và Q_2 .

Hai Transistor Q_1 và Q_2 tạo thành mạch khuếch đại đẩy kéo dùng hai Transistor khác loại.

Khi không có tín hiệu đưa vào mạch thì điện áp ngoại sai tác động lên hai cực Bazơ của hai Transistor Q_1 và Q_2 một lượng như nhau, do đó dòng điện chạy trên hai nửa cuộn dây sơ cấp của biến áp T_1 có cường độ bằng nhau nhưng có chiều ngược nhau nên dòng điện tổng trên cuộn dây bằng không, khi đó đầu ra bằng không, hay nói cách khác nhiễu ngoại sai bị loại bỏ.

Khi có tín hiệu vào U_{th} và tín hiệu sóng mang U_{sm} đưa tới mạch thì hai tín hiệu này được trộn với nhau tại hai Transistor Q_1 và Q_2 , đầu ra là tín hiệu U_{lg} có tần số là tổ hợp các tần số của các tín hiệu U_{th} và U_{ns} .

Cũng giống như trộn tần cân bằng dùng diot, mạch trộn tần kiểu này không có thành phần hài bậc chẵn trong thành phần tín hiệu ra.

Các mạch trộn tần được sử dụng trong các máy thu thanh, thu hình đổi tần, dùng để trộn tín hiệu có tần số cao từ phía phát với tín hiệu dao động tạo ra tại máy thu để có được tín hiệu trung tần...

Câu hỏi

1. Điều chế biên độ là gì? Vẽ dạng sóng và phổ của điều chế biên độ.
2. Điều chế biên độ nén và điều chế đơn biên là gì? Ưu điểm của điều chế biên độ nén và điều chế biên độ đơn biên so với điều chế biên độ là gì?
3. Thế nào là điều chế tần số, điều chế pha tín hiệu tương tự? Tín hiệu điều chế tần số và pha có đặc điểm gì?
4. Điều chế xung là gì? Có bao nhiêu loại điều chế xung? Đặc điểm của từng loại tín hiệu điều chế đó là gì?
5. Hãy trình bày nguyên lý tách sóng biên độ bằng diot.
6. Nguyên lý tách sóng đơn biên như thế nào?
7. Hãy trình bày nguyên lý tách sóng điều tần theo phương pháp cộng hưởng.
8. Mã hoá PCM là gì? Các quá trình cơ bản của mã hoá PCM và giải mã PCM gồm có những quá trình cơ bản nào?
9. Thế nào là điều chế và giải điều chế ASK?
10. Thế nào là điều chế và giải điều chế FSK?
11. Thế nào là điều chế và giải điều chế PSK?
12. Trộn tần là gì? Nguyên lý cơ bản của trộn tần ra sao?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Kỹ thuật mạch điện tử* - Phạm Minh Hà - NXB KHKT, 1997.
2. *Mạch điện tử tập 1, 2, 3* - Nguyễn Tấn Phước - NXB TP Hồ Chí Minh.
3. *Giáo trình điện tử thông tin* - PTS. Phạm Hồng Liên - NXB KHKT.
4. *Kỹ thuật điện tử* - Nhóm tác giả Đỗ Xuân Thụ - NXB ĐH và GDCN, 1990.
5. *Kỹ thuật vi ba số tập 1* - Tổng cục Bưu điện.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Chương 1. NHỮNG KIẾN THỨC CHUNG	7
I. Khái quát chung về tín hiệu	7
II. Khái quát chung về mạch điện tử	10
III. Mạch mắc Transistor lưỡng cực cơ bản	13
IV. Mạch mắc Transistor trường cơ bản	17
V. Phương pháp cấp nguồn cho Transistor	20
VI. Chế độ công tác của phân tử khuếch đại	28
VII. Hồi tiếp trong mạch khuếch đại	35
Chương 2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN	41
I. Khái quát chung về mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ	41
II. Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ thông dụng	42
III. Mạch khuếch đại vi sai	45
IV. Mạch ghép tầng khuếch đại	51
V. Khái quát chung về mạch khuếch đại tín hiệu vừa và lớn	58
VI. Mạch khuếch đại đảo pha	60
VII. Mạch khuếch đại công suất đơn	64
VIII. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo	66
Chương 3. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CHUYÊN DỤNG	76
I. Mạch khuếch đại dải rộng	76
II. Mạch khuếch đại chọn lọc	82
III. Mạch khuếch đại thuật toán	89
IV. Mạch khuếch đại dùng IC	97
V. Mạch khoá điện tử dùng Transistor	99

Chương 4. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG	103
I. Khái quát chung về mạch tạo dao động hình sin	103
II. Mạch tạo dao động 3 điểm	106
III. Mạch tạo dao động dùng thạch anh	109
IV. Mạch tạo dao động dùng R-C	113
V. Sử dụng IC trong các mạch tạo dao động hình sin	116
VI. Mạch tạo dao động nghet	120
VII. Mạch tạo xung vuông	123
Chương 5. ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ	130
I. Khái quát chung về điều chế và giải điều chế	130
II. Điều chế biên độ tín hiệu tương tự	131
III. Điều chế tần số, pha tín hiệu tương tự	138
IV. Điều chế xung	140
V. Tách sóng biên độ tín hiệu tương tự	148
VI. Mạch tách sóng điều tần, điều pha tín hiệu tương tự	151
VII. Mã hoá và giải mã PCM	154
VIII. Điều chế và giải điều chế tín hiệu số	157
IX. Trộn tần	166
<i>Tài liệu tham khảo</i>	173

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỐNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 8257063

GIÁO TRÌNH
MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Chịu trách nhiệm xuất bản:

NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập:

TRƯỜNG ĐỨC HÙNG

Bìa:

TRẦN QUANG

Kỹ thuật vi tính:

HẢI YẾN

Sửa bản in:

LÊ HỒNG QUYÊN

In 1660 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội
Giấy phép xuất bản số: 63GT/407 CXB
In xong và nộp lưu chiểu tháng 6 năm 2005.

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2005
KHOA TRƯỜNG TRUNG HỌC ĐIỆN TỬ - ĐIỆN LẠNH

1. LÝ THUYẾT ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
2. ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ
3. KỸ THUẬT GHÉP KÊNH SỐ
4. MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN
5. THỦY KHÍ ĐỘNG LỰC
6. VẬT LIỆU - LINH KIỆN ĐIỆN TỬ
7. KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH SỐ
8. HỆ ĐIỀU HÀNH
9. KỸ THUẬT AN TOÀN HỆ THỐNG LẠNH
10. LẮP ĐẶT VÀ VẬN HÀNH MÁY LẠNH
11. TỔNG ĐÀI ĐIỆN TỬ SỐ

4509 147



8 935075 903289

Giá: 23.000 đ