

TS. NGUYỄN VIỆT NGUYÊN (Chủ biên)
ThS. PHẠM THỊ THU HƯƠNG

KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ *I*

DÙNG CHO SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ
VÀ TRUNG CẤP NGHỀ



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

TS. NGUYỄN VIỆT NGUYÊN (*Chủ biên*)
ThS. PHẠM THỊ THU HƯƠNG

KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ I

(DÙNG CHO SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ VÀ CAO ĐẲNG NGHỀ)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty Cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm.

161-2009/CXB/7-208/GD

Mã số: 7B730 Y9 – DAI

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình kỹ thuật mạch điện tử I được biên soạn trên cơ sở chương trình giảng dạy theo tín chỉ của Tổng cục Dạy nghề.

Nội dung cuốn sách được chuẩn hoá bao gồm 18 bài học và phần Phụ lục là bài hướng dẫn thực hành điển hình, với thời lượng 60 tiết lý thuyết và 120 giờ thực hành tích hợp.

Mỗi bài học đều được trình bày chọn lọc với những vấn đề cơ bản nhất, thông dụng nhất để đưa vào giáo trình giúp học viên có điều kiện tốt nhất tiếp thu kiến thức cơ sở của kỹ thuật điện tử và những ứng dụng. Mỗi bài học đều có câu hỏi ôn tập củng cố, bài tập áp dụng và thông qua bài học thực hành giúp học viên có thể lắp ráp, đo lường, cân chỉnh các thông số kỹ thuật mạch điện đã học.

Sách dùng cho sinh viên Cao đẳng nghề và Trung cấp nghề ngành kỹ thuật điện tử, tự động hoá, tự động điều khiển, hệ thống điện...

Mặc dù đã có những cố gắng, trong quá trình biên soạn, nhưng vẫn không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến góp ý của độc giả để hoàn thiện hơn trong lần tái bản sau, mọi ý kiến đóng góp xin gửi về:

Công ty cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hà Nội – Hà Nội, điện thoại (04) 38264974.

Xin chân thành cảm ơn!

CÁC TÁC GIẢ

Bài 1

MẠCH CHỈNH LƯU

Mạch chỉnh lưu có nhiệm vụ cung cấp các điện áp và dòng điện một chiều có giá trị nhất định cho tải (là các mạch ngoài khác). Nhờ hiện tượng chỉnh lưu, trên tải xuất hiện điện áp (dòng điện) còn lẫn thành phần gợn sóng không mong muốn, cần phải dùng mạch lọc để có thành phần một chiều ở lối ra.

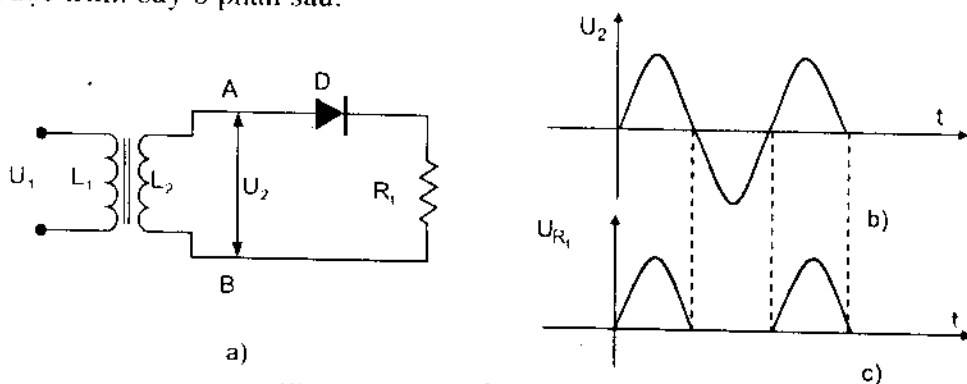
Ta lần lượt nghiên cứu các mạch chỉnh lưu thông dụng như:

- Chỉnh lưu bán kỳ;
- Chỉnh lưu toàn kỳ;
- Mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu;
- Mạch chỉnh lưu nhân đôi và nhân n lần giá trị điện áp vào.

1.1. MẠCH CHỈNH LƯU BÁN KỲ

1.1.1. Mạch điện và tác dụng của linh kiện

Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ chỉ sử dụng một điốt (diode) để chỉnh lưu, điốt chỉnh lưu có thể được mắc nối tiếp với cuộn dây thứ cấp biến áp hoặc mắc song song với biến áp. Ở đây ta chỉ xét mạch chỉnh lưu dùng điốt mắc nối tiếp vì trong thực tế mạch chỉnh lưu dùng điốt mắc song song ít khi được sử dụng, chỉ thường sử dụng trong chỉnh lưu bội áp, mạch này sẽ được trình bày ở phần sau.



Hình 1.1. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ

Mạch điện chỉnh lưu bán kỳ như hình 1.1a.

Mạch điện bao gồm:

- Biến áp có nhiệm vụ biến đổi điện áp xoay chiều đầu vào (U_1) thành điện áp ra (U_2) theo yêu cầu trên tải tiêu thụ.
- Điốt chỉnh lưu D.
- Điện trở tải (thiết bị tiêu thụ điện) R_t .

Sơ đồ dạng sóng được trình bày trên hình 1.1b: dạng điện áp ra của biến áp chính là điện áp vào của bộ chỉnh lưu (U_2).

Điện áp ra của bộ chỉnh lưu: U_{Rt} trên hình 1.1c.

1.1.2. Nguyên lý hoạt động của mạch điện

Khi cấp điện áp xoay chiều U_1 vào hai đầu cuộn L_1 thì ở hai đầu cuộn L_2 xuất hiện một điện áp cảm ứng xoay chiều U_2 (hình 1.1b).

Nếu ở nửa chu kỳ đầu điện thế tại A là (+), điốt D được phân cực thuận nên có dòng điện qua tải (đi từ A qua R_t tới B). Ở nửa chu kỳ tiếp theo, điện thế tại A là (-), điốt D bị phân cực ngược không cho dòng điện đi qua.

Như vậy dòng điện chỉ đi qua tải theo một chiều nhất định, (đi từ (+) R_t đến (-) R_t ở các nửa chu kỳ đầu của U_2).

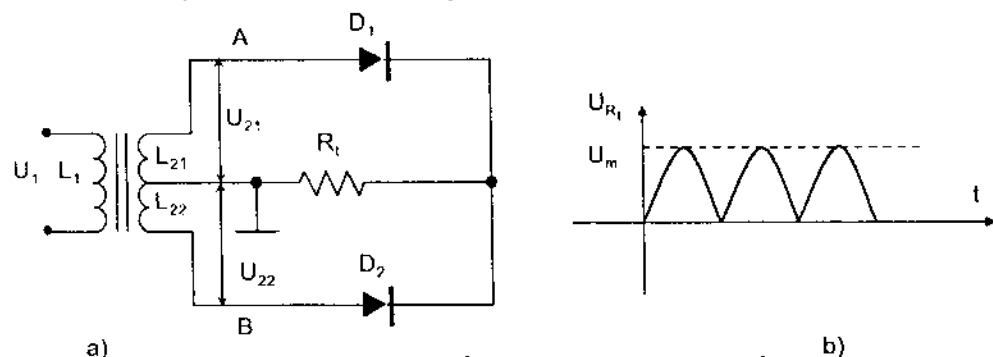
1.1.3. Ứng dụng của mạch điện

Mạch chỉnh lưu bán kỳ là loại mạch đơn giản, dễ dàng lắp ráp và sửa chữa. Giá thành thấp, nhưng mạch ít được sử dụng vì độ gợn sóng ở đầu ra lớn.

1.2. MẠCH CHỈNH LƯU TOÀN KỲ DÙNG 2 ĐIỐT

1.2.1. Mạch điện và tác dụng của linh kiện

Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ biểu diễn trên hình 1.2a.



Hình 1.2. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 điốt

Tác dụng linh kiện

– Biến áp đối xứng: yêu cầu điện áp ở đầu ra của biến áp dạng đối xứng

$$L_{21} = L_{22}$$

$$U_{21} = -U_{22}$$

– Điốt chỉnh lưu: D_1, D_2

– Điện trở tải: R_L

Sơ đồ dạng sóng tín hiệu tại cửa ra như hình 1.2b.

Đặc điểm của mạch chỉnh lưu toàn kỳ (mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ) là trong cả hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đều có dòng điện qua tải.

Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ sử dụng 2 điốt chỉnh là 2 sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ mắc song song có tải R_L chung.

Sơ đồ nguyên lý mạch điện hình 1.2a. Trên sơ đồ ta thấy biến áp phải có điểm giữa nối mát.

1.2.2. Nguyên lý làm việc của mạch chỉnh lưu

Trong bán kỳ dương giả thiết điốt D_1 thông, dòng điện đi qua $D_1 \rightarrow$ qua R_L , điốt D_2 tắt.

Trong bán kỳ âm tiếp theo điốt D_2 thông, dòng điện đi qua $D_2 \rightarrow$ qua R_L , điốt D_1 tắt.

Điện áp ra trên tải R_L có dạng như trên hình 1.2b.

1.2.3. Các tham số của mạch

Điện áp ra một chiều: $U_0 = 0,9\sqrt{2}U_2$

Dòng điện qua điốt: $I_d = \frac{1}{2}I_L$

Điện áp ngược đặt trên mỗi điốt: $U_{ngc} = 3U_2$

Hệ số gợn sóng nhỏ bằng 1/2 mạch chỉnh lưu bán kỳ.

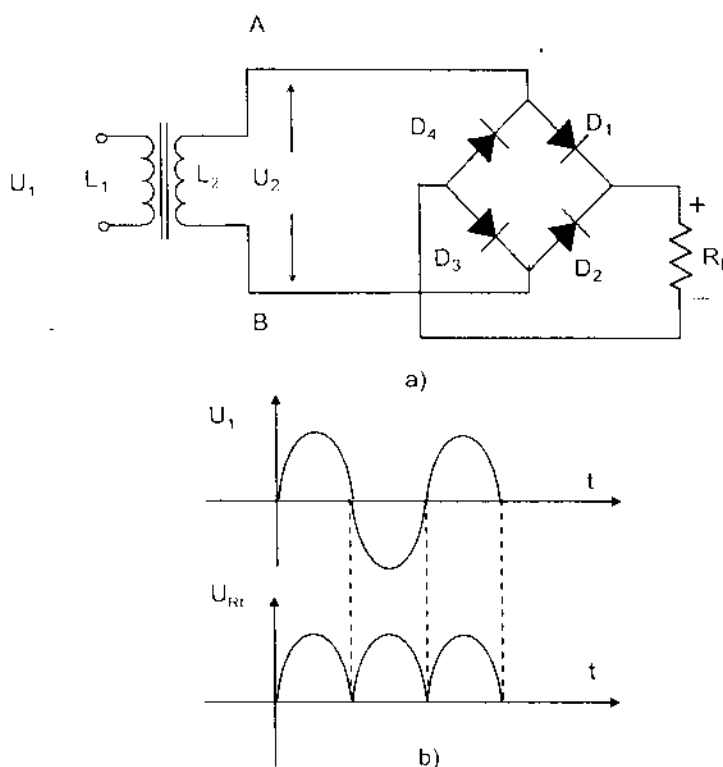
1.2.4. Ứng dụng của mạch điện

Do những đặc điểm trên, mạch chỉnh lưu toàn kỳ được dùng phổ biến hơn mạch chỉnh lưu bán kỳ. Tuy nhiên, mạch có hạn chế là biến áp phải có hai cuộn thứ cấp bằng nhau và trái pha nhau (đối xứng) và điểm giữa nối mát nên kết cấu của biến áp phức tạp hơn.

1.3. MẠCH CHỈNH LƯU TOÀN KỲ HÌNH CẦU

1.3.1. Sơ đồ mạch điện

Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu biểu diễn trên hình 1.3a.



Hình 1.3. Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu

Sơ đồ dạng sóng tín hiệu của ra: Điện áp ra trên tải có dạng hình 1.3b.

1.3.2. Nguyên lý hoạt động của mạch điện

Sơ đồ nguyên lý của mạch, hình 1.3a.

Đặc điểm của mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu (mạch chỉnh lưu cầu) là chỉnh lưu cả toàn kỳ điện áp đầu ra của cuộn thứ cấp, và điện áp ngược đặt lên diốt trong trường hợp này chỉ bằng một nửa điện áp ngược đặt lên mỗi diốt trong sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ sử dụng hai diốt.

Nguyên lý làm việc của mạch như sau:

Trong bán kỳ dương (giả thiết $A' \rightarrow B$): $D_1 D_3$ thông; $D_2 D_4$ tắt. Dòng điện chạy trong mạch theo chiều:

$$A' \rightarrow D_1 \rightarrow R_t \rightarrow D_3 \rightarrow B$$

Trong bán kỳ âm $A^- \rightarrow B^+$: D_1, D_3 tắt; D_2, D_4 thông. Dòng điện chạy trong mạch theo chiều sau:

$$B^+ \rightarrow D_2 \rightarrow R_1 \rightarrow D_4 \rightarrow A^-$$

1.3.3. Đặc điểm

So với mạch chỉnh lưu toàn kỳ, mạch chỉnh lưu cầu có những đặc điểm:

- Điện áp một chiều U_0 giống nhau;
- Dòng điện qua diốt I_d giống nhau;
- Điện áp ngược đặt trên từng diốt giảm một nửa: $U_{ngc} = 3U_2/2$;
- Hệ số gợn sóng giống nhau;

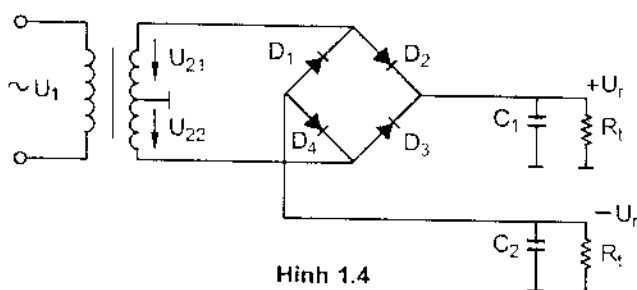
- Trong mạch chỉnh lưu toàn kỳ chỉ có tổn hao trên một diốt, nhưng ở mạch chỉnh lưu cầu, tổn hao trên hai diốt. Vì vậy, ở những mạch yêu cầu chỉnh lưu ra điện áp cao người ta thường dùng mạch chỉnh lưu cầu.

1.4. MẠCH CHỈNH LƯU TOÀN KỲ ĐIỆN ÁP ĐỐI XỨNG

1.4.1. Mạch điện và tác dụng của linh kiện

Ngày nay nhiều thiết bị điện tử đòi hỏi nguồn cung cấp đối xứng “+” và “-” so với điểm mát (mass) chung.

Sơ đồ mạch điện là hình 1.4.



Hình 1.4

Về cấu tạo, đây là hai mạch chỉnh lưu toàn kỳ (hình 1.2) có chung biến áp có hai cuộn thứ cấp đối xứng.

Trong sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu, nếu nối đất điểm giữa cuộn thứ cấp và mắc thêm tải sẽ được mạch chỉnh lưu có điện áp ra hai cực tính.

1.4.2. Nguyên lý hoạt động của mạch điện

Trong 1/2 chu kỳ dương (hình 1.4):

D_2 thông nạp cho C_1 tạo ra điện áp U_0^+ ;

D_4 thông nạp cho C_2 tạo ra điện áp U_0^- .

Trong 1/2 chu kỳ âm:

D_1 thông nạp cho tụ C_1 ;

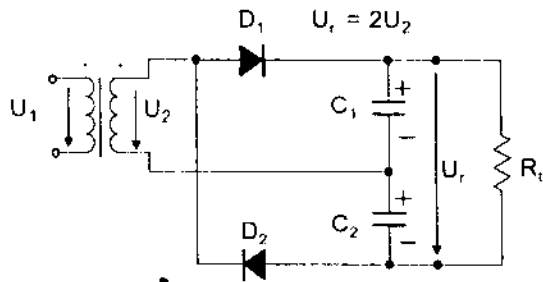
D_2 thông nạp cho tụ C_2 .

Mạch điện này cũng cho phép ta lấy điện áp tổng $U = 2U_0$.

1.5. MẠCH CHỈNH LƯU NHÂN ĐÔI VÀ NHÂN n ĐIỆN ÁP

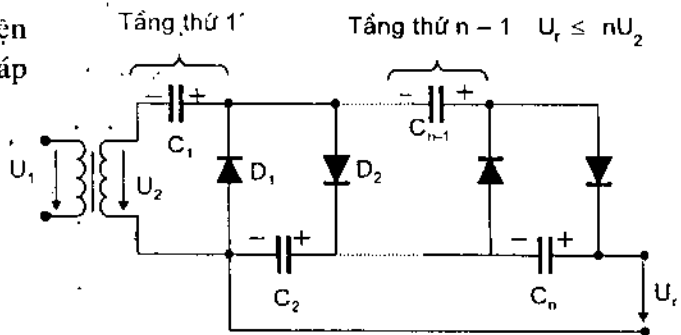
1.5.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch chỉnh lưu nhân đôi điện áp là hình 1.5a:



a) Hai lần

Mạch chỉnh lưu điện áp ra bằng n lần điện áp vào là hình 1.5b:



b) n lần

Hình 1.5. Mạch bội áp

a) Mạch nhân 2 điện áp vào; b) Mạch nhân n lần điện áp vào

1.5.2. Nguyên lý hoạt động của mạch điện

Mạch nhân đôi điện áp được dùng trong những trường hợp đặc biệt, ví dụ khi yêu cầu điện áp ra cao mà dòng tiêu thụ lại nhỏ (cỡ μA).

Nếu dùng một tầng (hình 1.5a) thì điện áp một chiều ở đầu ra gấp đôi trị số đỉnh của điện áp xoay chiều ở đầu vào, vì C_1 và C_2 được nạp đến giá trị đỉnh của điện áp vào qua D_1 và D_2 trong hai nửa chu kỳ $(-)$ và $(+)$.

Trên hình 1.5b trong nửa chu kỳ (-) của điện áp U_2 , C_1 được nạp đến giá trị đỉnh U_2 thông qua D_1 . Trong nửa chu kỳ tiếp theo C_1 được nạp thông qua C_2 và D_2 với giá trị $U_{C_2} = U_{C_1} + U_2 = 2U_2$.

Khi có n tầng như vậy thì điện áp ra tải $U_r \leq nU_2$. Thường chọn $n \leq 10$.

1.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu định nghĩa mạch chỉnh lưu, vai trò của mạch chỉnh lưu trong bộ nguồn cung cấp.

2. Vẽ mạch, trình bày sự khác và giống nhau giữa mạch chỉnh lưu toàn kỳ và mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu.

3. Trong trường hợp nào thì sử dụng mạch chỉnh lưu nhân đôi và nhân n lần giá trị điện áp vào? Số lượng điốt có trong mạch chỉnh lưu nhân n lần là bao nhiêu?

4. Biết điện áp một chiều ra sau bộ chỉnh lưu là $U_{dc} = 20V$.

Hãy vẽ, phân tích mạch điện, tính điện áp gợn sóng khi bộ chỉnh lưu là:

a) Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ.

b) Bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ.

MẠCH LỘC NGUỒN CƠ BẢN

2.1. TỔNG QUAN VỀ MẠCH LỘC

2.1.1. Khái niệm

Chức năng của bộ chỉnh lưu là chuyển đổi điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều. Đầu ra của bộ chỉnh lưu ta thu được điện áp một chiều. Tuy nhiên điện áp này chưa được ổn định như mong muốn. Vì vậy ta phải cho qua bộ lọc để được điện áp một chiều ổn định hơn.

2.1.2. Độ gợn sóng điện áp đầu ra của mạch lọc

Tín hiệu ra sau khi lọc được biểu diễn như hình vẽ gồm thành phần một chiều và thành phần thay đổi (độ gợn sóng) thành phần này có giá trị nhỏ.

Để đánh giá điện áp đầu ra của bộ lọc ta sử dụng vôn mét một chiều (DC voltmeter) và vôn mét xoay chiều (AC voltmeter). DC voltmeter cho ta giá trị trung bình hoặc giá trị của điện áp một chiều U_{dc} , AC voltmeter cho ta giá trị thành phần thay đổi $U_{(rms)}$, ta xác định được độ gợn sóng như sau:

$$r = \frac{U_{(rms)}}{U_{dc}} 100\%$$

Ví dụ 2.1: Sử dụng vôn mét một chiều và vôn mét xoay chiều đo tín hiệu ra của một mạch lọc ta đọc được từ vôn mét một chiều là 25V và vôn mét xoay chiều là 1,5V. Độ gợn sóng ở đầu ra của bộ lọc khi đó sẽ là:

$$r = \frac{U_{(rms)}}{U_{dc}} 100\% = \frac{1,5V}{25V} 100\% = 6\%$$

-- Hệ số ổn định điện áp.

Sự ổn định điện áp: Một nhân tố quan trọng khác trong bộ nguồn cung cấp đó là lượng chênh lệch điện áp một chiều giữa đầu ra của bộ nguồn và yêu cầu thực tế của mạch điện. Điện áp cung cấp ở đầu ra của bộ nguồn khi chưa có tải sẽ bị giảm đi khi có tải. Lượng chênh lệch điện áp trong trường hợp không tải U_k và có tải U_{ct} được xác định bởi hệ số ổn định điện áp ΔU_R :

$$\Delta U_R = \frac{U_k - U_{ct}}{U_{ct}} 100\%$$

Ví dụ 2.2: Nguồn điện áp một chiều cung cấp 60V khi đầu ra không có tải. Khi nối với tải, điện áp thực tế trên đó là 56V.

Tính giá trị ổn định điện áp.

Bài giải:

$$\Delta U_R = \frac{U_{kt} - U_{st}}{U_{st}} 100\% = \frac{60 - 56}{56} 100\% = 7,1\%$$

Nếu giá trị của điện áp có tải bằng giá trị của điện áp khi không có tải thì sự ổn định điện áp là 0%, đây cũng chính là điều mong muốn đạt được.

Hệ số gọn sóng của các bộ chỉnh lưu:

Điện áp sau khi đã được chỉnh lưu bao gồm thành phần một chiều và thành phần hài (gợn sóng).

+ Đối với tín hiệu chỉnh lưu nửa chu kỳ, điện áp một chiều đầu ra là:

$$U_{dc} = 0,318U_m$$

Giá trị của điện áp gọn sóng là:

$$U_{rms} = 0,385U_m$$

Độ gọn sóng r của mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ được tính:

$$r = \frac{U_{r(rms)}}{U_{dc}} 100\% = \frac{0,385U_m}{0,318U_m} 100\% = 121\%$$

+ Đối với mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ, điện áp một chiều đầu ra là:

$$U_{dc} = 0,636U_m$$

Giá trị của điện áp gọn sóng là:

$$U_{r(rms)} = 0,308U_m$$

Độ gọn sóng r của tín hiệu chỉnh lưu hai nửa chu kỳ được tính:

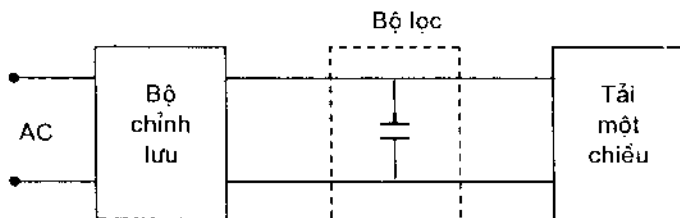
$$r = \frac{U_{r(rms)}}{U_{dc}} 100\% = \frac{0,308U_m}{0,636U_m} 100\% = 48\%$$

Tóm lại: Điện áp chỉnh lưu toàn kỳ có độ gọn sóng nhỏ hơn tín hiệu chỉnh lưu bán kỳ.

2.2. MẠCH LỌC DÙNG TỤ ĐIỆN

2.2.1. Sơ đồ mạch điện và tác dụng của linh kiện

Mạch lọc thông dụng nhất hiện nay là mạch lọc tụ điện, bao gồm một tụ điện mắc với đầu ra của bộ chỉnh lưu và mắc song song với tải một chiều (hình 2.1).



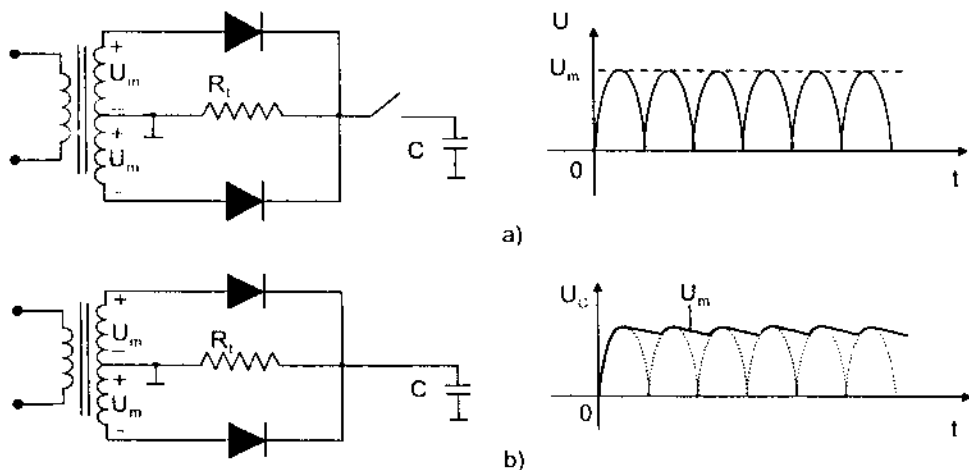
Hình 2.1. Sơ đồ khối bộ lọc dùng tụ điện

Hình 2.2a chỉ ra dạng điện áp của bộ chỉnh lưu cả hai nửa chu kỳ trước khi lọc.

Hình 2.2b là dạng điện áp ra của bộ chỉnh lưu sau khi đã được nối với tụ điện. Ta thấy rằng (dạng sóng) dạng điện áp sau khi đã lọc là điện áp một chiều nhưng vẫn còn nhấp nhô (còn thay đổi).

2.2.2. Nguyên lý hoạt động của mạch điện

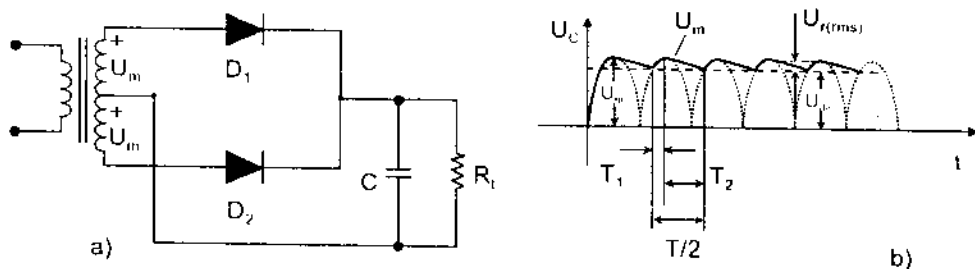
Hình 2.2a là bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ và dạng sóng đầu ra của mạch khi được kết nối với tải (R_t). Nếu không có tải, đầu ra của bộ chỉnh lưu được nối với tụ điện C , dạng sóng đầu ra lý tưởng sẽ là một hằng số và có giá trị bằng biên độ U_m của bộ chỉnh lưu.



Hình 2.2

a) Mạch chỉnh lưu khi chưa có tụ; b) Mạch chỉnh lưu khi có tụ.

Hình 2.3b là giản đồ dạng sóng đầu ra của bộ lọc tụ điện, thời gian T_1 là khoảng thời gian tụ đang nạp điện và nạp đến giá trị bằng biên độ điện áp đầu ra bộ chỉnh lưu U_m . Thời gian T_2 là khoảng thời gian và điện áp bộ chỉnh lưu giảm từ U_m và đồng thời tụ phóng điện vào tải.



Hình 2.3. Bộ lọc tụ điện

a) Sơ đồ mạch ; b) Dạng sóng đầu ra

Như vậy dạng sóng đầu ra gồm điện áp một chiều U_{dc} và hài $U_{r(rms)}$ chính là sự nạp và phóng của tụ điện.

2.2.3. Tính toán các thông số của mạch điện

Điện áp gợn sóng $U_{r(rms)}$:

Điện áp gợn sóng $U_{r(rms)}$ được tính theo công thức:

$$U_{r(rms)} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}.f.C}$$

Điện áp một chiều U_{dc} :

Ta có thể tính được giá trị điện áp một chiều ở đầu ra bộ lọc dùng tụ điện:

$$U_{dc} = U_m - \frac{I_{dc}}{4.f.C}$$

Trong đó U_m : Biên độ điện áp sau bộ chỉnh lưu;

I_{dc} : Dòng điện tải tính bằng mA;

C : Điện dung tụ lọc tính bằng μF ;

f : Tần số tín hiệu vào tính bằng kHz.

Ví dụ 2.3: Tính toán điện áp gợn sóng, điện áp một chiều đầu ra và độ gợn sóng của bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ với bộ lọc dùng tụ $C = 100\mu F$ nối với tải tiêu thụ dòng 50mA, tần số tín hiệu vào là 60Hz.

Bài giải:

Ta có điện áp gợn sóng: $U_{r(rms)} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}.f.C}$

Thay số vào ta có: $U_{r(rms)} = \frac{50}{4\sqrt{3}.60.10^{-3}.100} = 1,2V$.

Ta có điện áp một chiều đầu ra:

$$U_{dc} = U_m - \frac{I_{dc}}{4.f.C} = 30 - \frac{50}{4.60.10^{-3}.100} = 27,9V$$

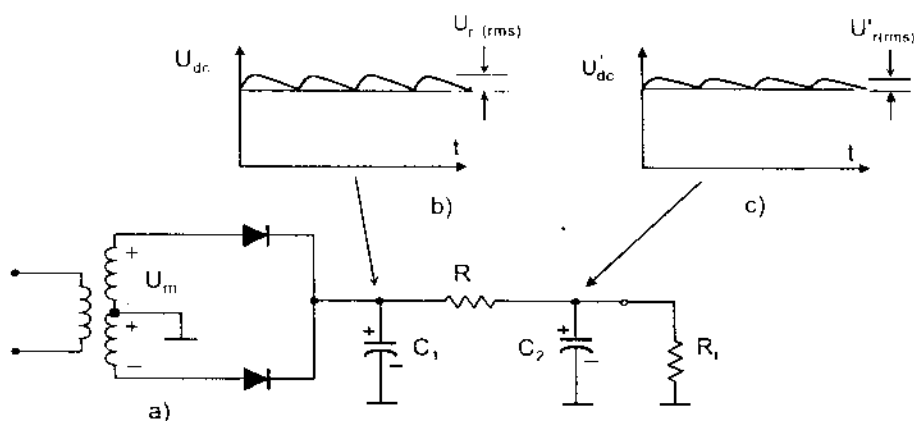
$$\text{Độ gợn sóng: } r = \frac{U_{r(rms)}}{U_{dc}} 100\%$$

$$\text{Thay số: } r = \frac{1,2V}{27,9V} 100\% = 4,3\%$$

2.3. MẠCH LỌC RC

2.3.1. Sơ đồ mạch điện

Để giảm nhỏ độ gợn sóng ở đầu ra bộ lọc tụ điện ta mắc thêm khâu lọc RC (hình 2.4a). Tín hiệu đầu ra của khâu lọc được chỉ ra trên hình 2.4b và 2.4c.

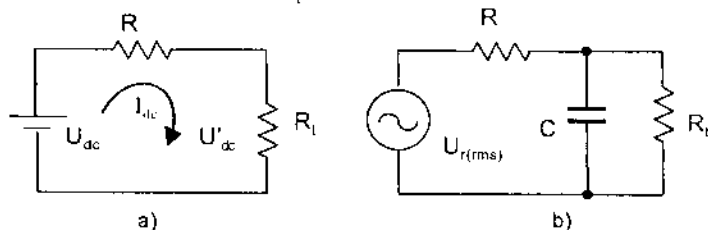


Hình 2.4. Mạch lọc RC và dạng sóng đầu ra

2.3.2. Tính toán các thông số của mạch điện

Xét ảnh hưởng của bộ lọc RC đối với thành phần DC, điện áp một chiều trên tải được tính như sau:

$$U'_{dc} = \frac{R_t}{R + R_t} U_{dc}$$



Hình 2.5. Sơ đồ tương đương của mạch lọc RC

Ví dụ 2.4: Tính điện áp một chiều ra tải có điện trở $R_t = 1k\Omega$. Khâu lọc RC có thông số $R = 120\Omega$, $C = 10\mu F$. Điện áp U_{dc} qua bộ lọc tụ điện $U_{dc} = 60V$.

Ta có:
$$U'_{dc} = \frac{R_t}{R + R_t} U_{dc} = \frac{1000}{120 + 1000} 60 = 53,6V$$

Xét ảnh hưởng của bộ lọc RC đối với thành phần AC, độ gợn sóng được biểu hiện như sơ đồ hình 2.4c.

Khi đó độ gợn sóng được xác định như sau:

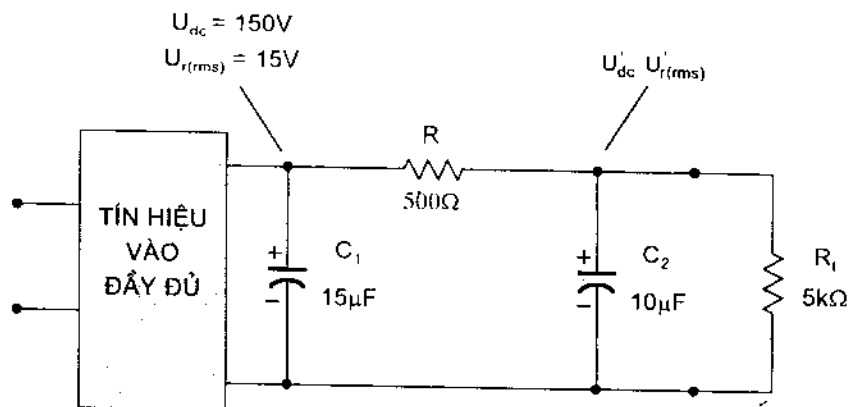
$$U'_{r(rms)} \approx \frac{X_C}{R} \cdot U_{r(rms)}$$

Đối với một bộ chỉnh lưu cả chu kỳ, có gợn sóng ở tần số 120Hz, trở kháng của tụ điện được tính theo công thức:

$$X_C = \frac{1,3}{C}$$

Với đơn vị của C là μF , đơn vị của X_C là $k\Omega$.

Ví dụ 2.5: Tính toán các thành phần một chiều và xoay chiều của tín hiệu ra tải R_t của mạch sau:



Hình 2.6. Mạch lọc RC

Bài giải:

Tính toán thành phần DC:

$$U'_{dc} = \frac{R_t}{R + R_t} U_{dc} = \frac{5k\Omega}{500\Omega + 5k\Omega} \cdot 150V = 136,4V$$

Tính toán thành phần AC:

$$X_C = \frac{1,3}{C} = \frac{1,3}{10} = 0,13k\Omega = 130\Omega$$

Trở kháng bộ lọc là thành phần xoay chiều AC điện áp đầu ra:

$$U_{r(rms)} \approx \frac{X_c}{R} \cdot U_{r(rms)} = \frac{130}{500} \cdot 15V = 3,9V$$

Độ gợn sóng đầu ra:

$$r = \frac{U_{r(rms)}}{U_{dc}} \cdot 100\% = \frac{3,9V}{136,4V} \cdot 100\% = 2,86\%$$

Ứng dụng của mạch lọc RC:

Mạch lọc RC có kích thước gọn, dễ dàng lắp ráp, sửa chữa nên được sử dụng trong hầu hết các mạch lọc điện.

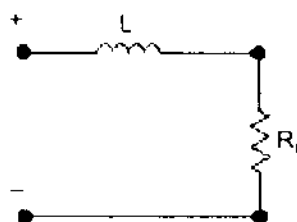
2.4. MẠCH LỌC DÙNG CUỘN DÂY L

2.4.1. Tác dụng của mạch điện

Mạch lọc sử dụng cuộn cảm còn gọi là mạch chỉnh lưu với tải điện cảm, có tác dụng duy trì, ổn định dòng điện ra. Khác với mạch tải điện dung là điện áp ra là đại lượng được ổn định.

2.4.2. Sơ đồ mạch điện

Mạch lọc dùng cuộn cảm L có sơ đồ như hình 2.7:



Hình 2.7

2.4.3. Tính toán các thông số của mạch điện

Cuộn dây L trên hình 2.7 lọc làm phẳng dòng điện ra của mạch chỉnh lưu, với quan hệ theo công thức sau:

$$L \approx \frac{U}{2 \cdot \omega_g \cdot I_{min}}$$

Trong đó:

L là điện cảm của cuộn dây;

U là điện áp ra một chiều;

$I_{\min}$ là dòng điện ra một chiều nhỏ nhất;

ω_p là tần số góc của dao động cơ bản.

Điện áp và dòng vào hiệu dụng được tính:

$$U_1 \approx 1,11.U$$

$$I_1 \approx 1,11.I$$

Dòng điện hiệu dụng:

$$I_D \approx \frac{I_1}{\sqrt{2}} \approx 0,7.I$$

Điện áp gợn sóng được tính:

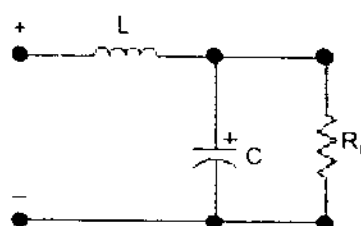
$$U_{\text{gợn sóng}} \approx 0,6.U.$$

2.5. MẠCH LỌC LC

2.5.1. Tác dụng của mạch điện

Để tăng hiệu suất của bộ lọc và để hiệu suất ra ít phụ thuộc vào tải hơn nữa vì điện trở thuần của cuộn cảm rất nhỏ, nên người ta sử dụng bộ lọc LC.

2.5.2. Sơ đồ mạch điện (hình 2.8)



Hình 2.8

2.5.3. Tính toán các thông số của mạch điện

Mạch lọc LC (hình 2.8) làm việc như một bộ chia áp phụ thuộc vào tần số. Vì điện trở thuần của cuộn dây rất nhỏ, tụ C có trở kháng rất lớn với thành phần 1 chiều nên xuất hiện ở đầu ra.

Khi đầu vào có độ gợn sóng, do X_L đủ lớn, X_C đủ nhỏ, nên điện áp gợn sóng bị suy hao gần hết trên cuộn cảm, hiệu ứng lọc đạt được với chất lượng cao.

Hệ số lọc k được tính:

$$k = \frac{U_{w1}}{U_{w2}} = \frac{I \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{I \frac{1}{\omega C}} = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \cdot \omega C$$

$$k = \omega_p^2 \cdot L \cdot C - 1$$

Thông thường giá trị của $k \gg 1$ nên có thể viết lại là:

$$k = \omega_p^2 \cdot L \cdot C$$

Mạch lọc LC cho phép dòng điện có trị số lớn đi qua.

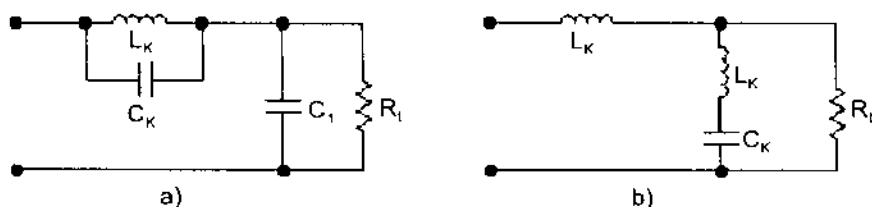
2.5.4. Ứng dụng của mạch lọc LC

Mạch lọc LC có chất lượng cao nên được sử dụng trong các trường hợp yêu cầu chất lượng cao, dòng điện cung cấp cho tải lớn.

2.6. MẠCH LỌC CÔNG HƯỞNG

2.6.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch điện các bộ lọc cộng hưởng có sơ đồ như hình 2.9.



Hình 2.9. Mạch điện các bộ lọc cộng hưởng

2.6.2. Tác dụng của mạch điện

Hình 2.9a biểu thị bộ lọc cộng hưởng dùng mạch cộng hưởng song song L_K , C_K mắc nối tiếp với tải R_L , nhờ vậy sẽ chặn sóng hài có tần số bằng tần số cộng hưởng của nó.

Hình 2.9b biểu thị bộ lọc cộng hưởng dùng mạch cộng hưởng nối tiếp L_K , C_K mắc song song với tải R_L , ở tần số cộng hưởng nối tiếp của mạch $L_K C_K$ trở kháng của mạch rất nhỏ, nên nó ngắn mạch các sóng hài có tần số bằng hay gần bằng tần số cộng hưởng.

2.6.3. Ứng dụng của mạch lọc cộng hưởng

Mạch lọc cộng hưởng có độ tổn hao nhỏ, được ứng dụng trong những mạch có dòng tiêu thụ nhỏ, công suất nhỏ.

2.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu những vai trò của bộ lọc trong bộ nguồn cơ bản. Nêu các loại mạch lọc nguồn thông dụng.

2. Vẽ mạch nguồn gồm: Biến áp nguồn (điện áp cuộn sơ cấp là 220V xoay chiều lưới điện, điện áp cuộn thứ cấp là 9V), mạch chỉnh lưu cầu toàn kỳ gồm 4 diốt, mạch lọc RC ($R = 100\Omega$; $C_1 = C_2 = 200\mu F$).

- Phân tích nguyên lý làm việc bộ nguồn đó.

- Tính độ gợn sóng của mạch.

3. Cho một bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ có tụ lọc $C = 100\mu F$, điện áp đầu vào bộ chỉnh lưu có tần số $f = 50\text{Hz}$. Khi nối với một điện trở tải $R_L = 2,5\text{k}\Omega$ điện áp một chiều ra là $U_{dc} = 12\text{V}$. Tính độ gợn sóng của mạch.

4. Cho một bộ chỉnh lưu có dùng tụ lọc $C = 500\mu F$, dòng điện chạy qua tải là 200mA với hệ số gợn sóng là 8%. Tính điện áp đỉnh (U_m) đưa vào bộ chỉnh lưu và điện áp trên tụ, biết điện áp đầu vào là 50Hz.

5. Hãy tính điện áp gợn sóng tại đầu ra của bộ lọc RC ($R = 100\Omega$; $C = 100\mu F$).

Biết tín hiệu vào bộ lọc là 50V với điện áp gợn sóng 2,5V (tín hiệu này được lấy từ bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ có dùng tụ lọc).

MẠCH XÉN VÀ MẠCH GHIM ÁP

Ngoài nhiệm vụ chỉnh lưu điện áp, diốt còn được sử dụng để xén (cắt) một phần điện áp trên, dưới mức điện áp bằng 0V hoặc xén cả hai phía, gọi tắt là mạch xén (clipper). Ngoài ra, còn có kiểu mạch khác, mạch sử dụng diốt để ghim một mức điện áp tín hiệu đầu vào gọi là mạch ghim hay mạch hạn chế (cắt, xén) biên độ – mạch hạn biên (clamper).

3.1. MẠCH XÉN (CLIPPER)

3.1.1. Khái niệm

Mạch sử dụng để xén một phần tín hiệu cho trước, có nhiệm vụ thay đổi dạng tín hiệu khi qua mạch. Mạch thực hiện cắt tín hiệu vào qua nó, kể từ giá trị độ cao đã được xác định trước.

Mạch chỉnh lưu nửa sóng là một ví dụ đơn giản về mạch xén tín hiệu.

3.1.2. Phân loại

a) Phân loại theo cách mắc mạch, ta có:

- Mạch xén mắc song song;
- Mạch xén mắc nối tiếp.

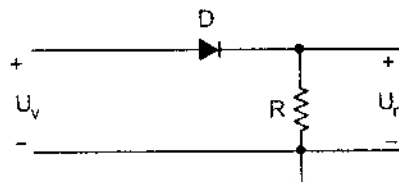
b) Phân loại theo tín hiệu đầu ra, ta có:

- Mạch xén trên;
- Mạch xén dưới.

Có thể sử dụng diốt hoặc tranzito trong mạch xén tín hiệu, tuy nhiên trong bài này ta chỉ xét các mạch xén sử dụng diốt.

3.1.3. Mạch xén mắc nối tiếp

Dạng mạch đơn giản như hình 3.1.

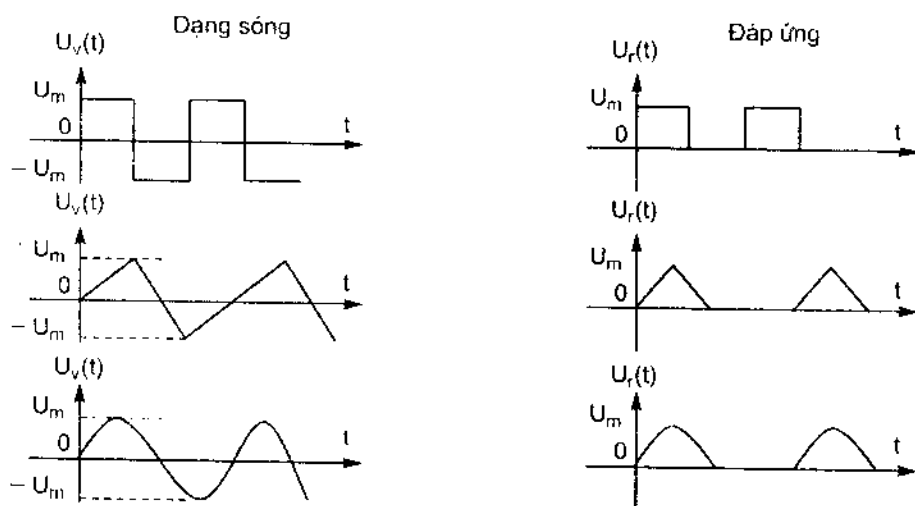


Hình 3.1

Mạch điện bao gồm diốt D mắc nối tiếp với điện trở R ở mạch ra.

Điện áp vào U_v , điện áp ra là U_r .

Hình 3.2 là dạng sóng thông dụng ở đầu vào và các dạng điện áp đáp ứng của mạch xén tại đầu ra, khi coi diốt D là lý tưởng.

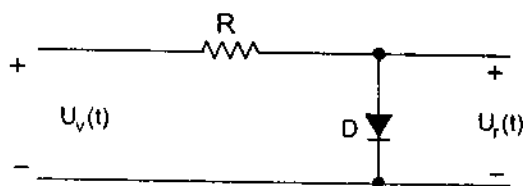


Hình 3.2

Ta thấy, tín hiệu ra sẽ là một phần của tín hiệu vào.

3.1.4. Mạch xén song song

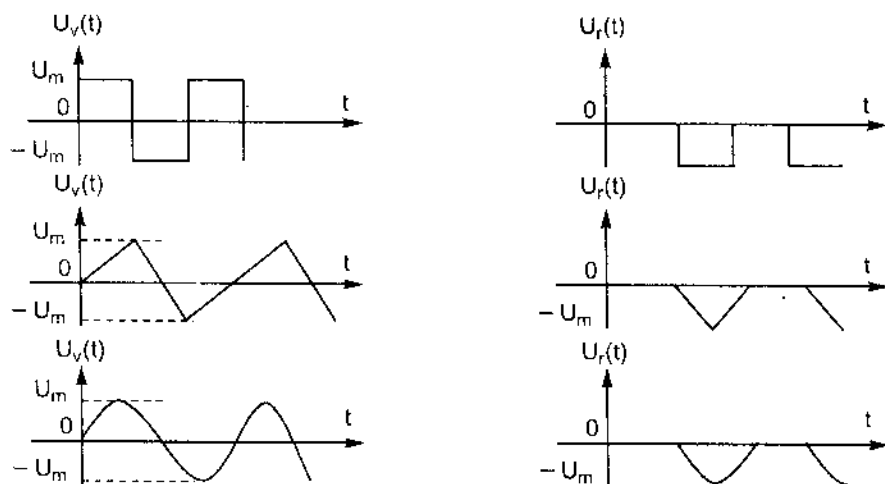
Sơ đồ mạch xén song song như hình 3.3:



Hình 3.3

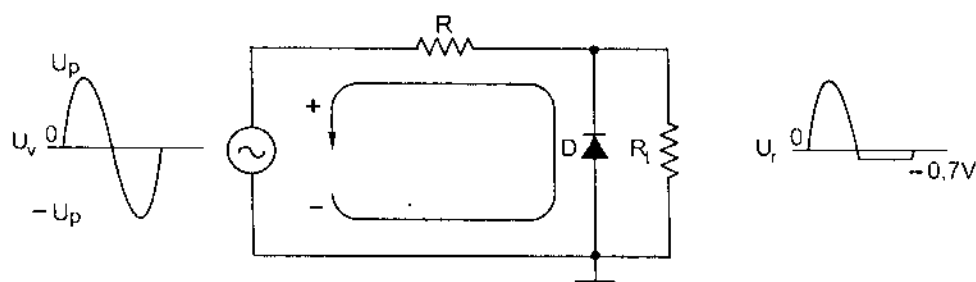
Mạch điện bao gồm diốt D mắc song song với mạch ra và điện trở hạn chế R.

Mạch điện thực hiện cắt một phần điện áp dương, vì vậy ở đầu ra ta nhận được phần âm của tín hiệu vào, mạch còn gọi là mạch xén trên. Hình 3.4 là những đáp ứng của mạch xén song song với các dạng sóng thông dụng ở đầu vào (diốt D được coi là lý tưởng).



Hình 3.4

Nếu ta đảo chiều diốt như hình 3.3, thì khi đó mạch sẽ cắt đi phần âm của tín hiệu vào, tại đầu ra là một phần tín hiệu vào lấy theo chiều dương như hình 3.5.



Hình 3.5

Trong trường hợp này điện áp ra được tính:

$$U_r = \left(\frac{R_1}{R + R_1} \right) \cdot U_v$$

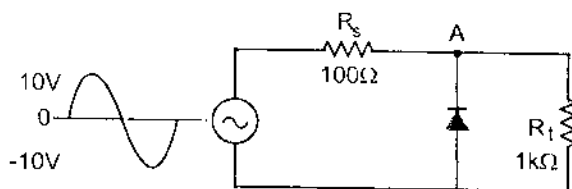
Ví dụ 3.1: Xác định điện áp ra và vẽ dạng tín hiệu ra của mạch xen hình 3.6 cho dạng tín hiệu vào như hình 3.6.

Bài giải:

Diốt sẽ mở khi điện áp vào $> +0,7V$. Mạch cắt điện áp theo chiều âm, vì vậy điện áp ra được tính:

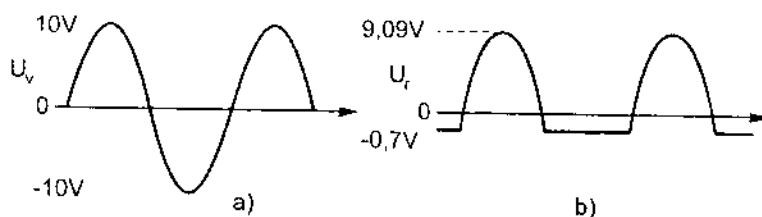
$$U_r = \left(\frac{R_1}{R + R_1} \right) \cdot U_v$$

$$U_r = \frac{10^3}{10^2 + 10^3} \cdot 10V = 9,09V$$



Hình 3.6

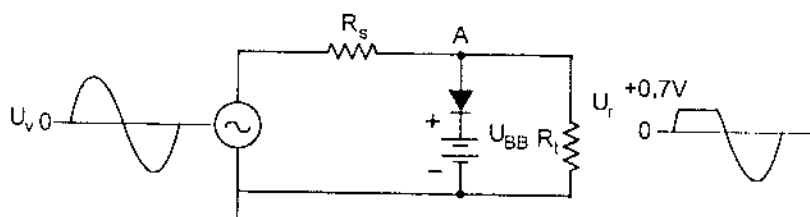
Điện áp ra có dạng như hình 3.7b với điện áp đỉnh là 9,09V, với điện áp vào hình 3.7a và điện áp đỉnh 10V.



Hình 3.7

3.1.5. Mạch xén điều chỉnh được mức ra

Khi mắc thêm điện thế một chiều U nối tiếp với diốt, dạng sóng đầu ra sẽ tùy thuộc vào cực tính của nguồn điện một chiều và diốt. Mạch điện như hình 3.8.

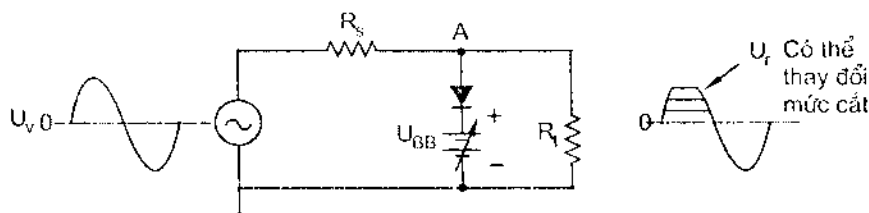


Hình 3.8

Điện áp tại điểm A khi $\geq +0,7V$ so với K của diốt thì diốt bắt đầu dẫn: tại thời điểm đó điện áp tại A bị cắt với giá trị $> +0,7V$ điện áp vào.

Nếu ta mắc nối tiếp diốt với một nguồn có thể điều chỉnh được (bằng cách mắc nguồn với một điện trở biến đổi), thì ta có thể thay đổi mức điện áp cắt ở đầu ra theo yêu cầu như hình 3.9.

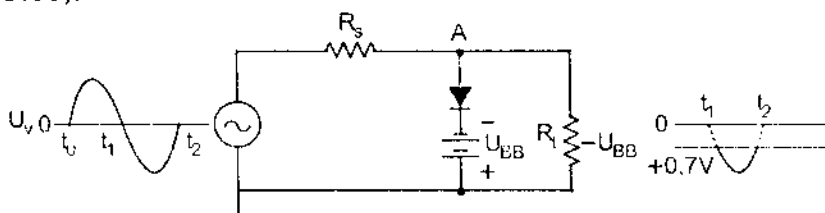
Khi ta đổi lại cực tính của nguồn E mắc nối tiếp với diốt D; trong trường hợp này, mức điện áp ra nằm dưới mức điện áp mở của diốt như hình 3.9.



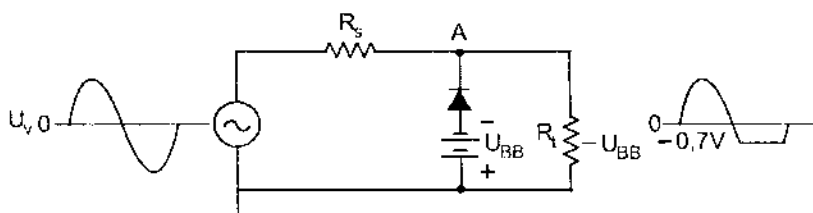
Hình 3.9

$$U_r < (-U_{BB} + 0,7)V$$

Từ hình 3.10, thay đổi cực tính của diốt D (đảo chiều diốt); khi đó điện áp ra (U_r) sẽ có dạng là điện áp tín hiệu vào bị cắt phần dưới của tín hiệu vào, đây chính là trường hợp mạch xén dưới để cập đến trong phần trên (hình 3.11).



Hình 3.10



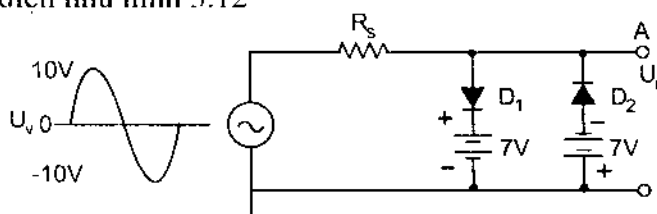
Hình 3.11

Điểm điện áp cắt được xác định bởi giá trị điện áp U_{BB} và giá trị điện áp mở của diốt:

$$U_r < (-U_{BB} - 0,7)V$$

3.1.6. Mạch xén hai mức

Mạch điện như hình 3.12



Hình 3.12

Bao gồm hai diốt D_1 và D_2 mắc song song và ngược chiều nhau, với mỗi nhánh song song mắc nối tiếp với một nguồn U_{BB} điện áp một chiều với mức điện áp cho trước E_1 nối tiếp với D_1 và E_2 nối tiếp với diốt D_2 .

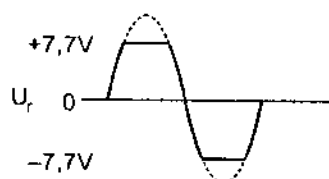
Điện áp ra sẽ bị xén theo hai chiều: phía trên và phía dưới.

Ví dụ 3.2: Cho mạch xén hai phía như hình 3.12, với dạng điện áp vào cho trước, hãy vẽ dạng điện áp ra.

Bài giải: Khi điện áp tại điểm A đạt giá trị $+7,7V$, diốt D_1 dẫn điện và tiến hành cắt dạng tín hiệu vào từ mức điện áp $+7,7V$.

Với nhánh song song thứ hai, diốt D_2 không dẫn điện cho tới khi đạt giá trị $-7,7V$.

Như vậy, ở mức điện áp dương lớn hơn $+7,7V$ và mức điện áp âm hơn $-7,7V$ thì điện áp vào bị cắt bỏ, tín hiệu ra có dạng như hình 3.13.

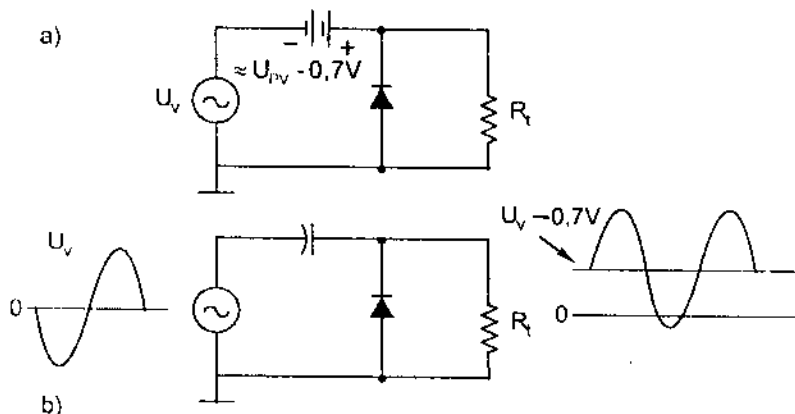


Hình 3.13

3.2. MẠCH GHIM

Nguyên tắc làm việc của các mạch ghim điện áp là đưa thêm thành phần một chiều cùng với điện áp xoay chiều đầu vào. Thực hiện bằng cách mắc nối tiếp nguồn một chiều hoặc tụ điện với nguồn xoay chiều đầu vào của mạch.

Mạch điện cơ bản như hình 3.14a và 3.14b:



Hình 3.14

Mạch có thể ghim ở một mức điện áp xác định nào đó bằng hoặc khác không.

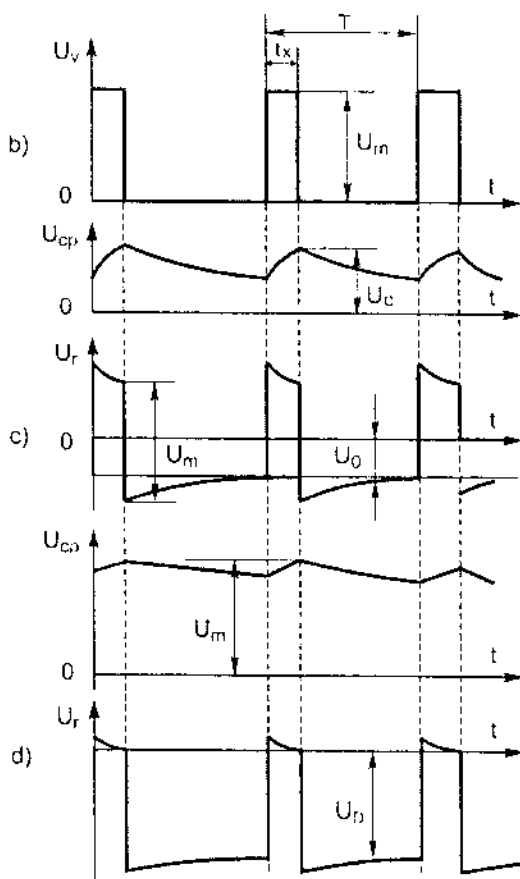
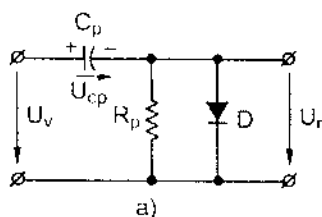
3.2.1. Mạch ghim trên mức không

Khi truyền điện áp tín hiệu từ một tầng này sang một tầng khác qua tụ nối tầng, tụ sẽ giữ lại thành phần một chiều của tín hiệu, nghĩa là trong chế

độ xác lập, tụ điện được nạp điện đến mức làm cho điện áp trên tụ điện đúng bằng thành phần một chiều của điện áp tín hiệu vào.

Nếu điện áp đầu vào là đối xứng, tức là có thành phần một chiều bằng không, thì sau một chu kỳ tín hiệu vào, điện áp trên tụ cũng bằng không. Điều này chỉ đúng khi mạch nạp và phóng có cùng hằng số thời gian. Thực tế, thì hằng số thời gian của mạch nạp và phóng là khác nhau. Khi đó, tụ phân cách sẽ được nạp điện đến một điện áp không đối nào đó, ngay cả khi điện áp tín hiệu vào là đối xứng cũng xuất hiện một mức điện áp còn gọi là thiên áp phụ hay thiên áp động. Mức điện áp này sẽ làm thay đổi ngưỡng và mức của mạch ghim.

Xét dạng tín hiệu xung hẹp ở đầu vào như hình 3.15.



Hình 3.15

Trong khoảng thời gian xung t_x tụ C_p sẽ được nạp điện với hằng số thời gian $\tau_{nạp}$:

$$\tau_{nạp} = C_p \cdot R_n ; R_n = \frac{R_{Dth} \cdot R_p}{R_{Dth} + R_p} \approx R_{Dth}$$

Và trong khoảng thời gian phóng, hằng số thời gian phóng $\tau_{phóng}$ sẽ là:

$$\tau_{phóng} = C_p \cdot R_{phóng}; \text{ trong đó: } R_{phóng} = \frac{R_{Dng} \cdot R_p}{R_{Dng} + R_p} \approx R_p$$

Như vậy, để mạch ghim hình 3.15 có kết quả theo yêu cầu cần chọn diốt và tính toán mạch thoả mãn điều kiện:

$$\tau_{\text{ nạp}} < t_x$$

$$\tau_{\text{ phóng}} \gg T - t_x$$

Phải chọn diốt có R_{Dth} rất nhỏ và R_{Dngc} rất lớn.

Điện trở mạch phân cách R_p lớn.

Tất cả các quan hệ nói trên được xét trong điều kiện đã bỏ qua nội trở của nguồn tín hiệu đầu vào.

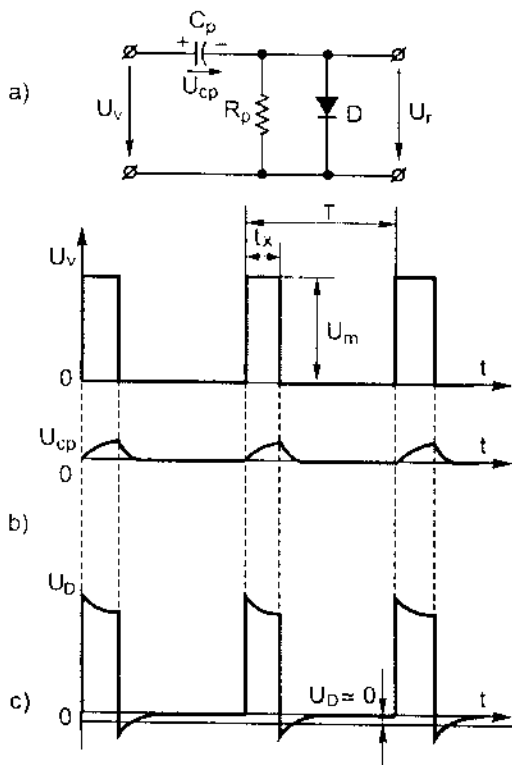
3.2.2. Mạch ghim dưới mức không

Mạch ghim dưới mức không có dạng tương tự như sơ đồ hình 3.15 đến như hình 3.16, nhưng đổi chiều diốt D, khi đó ta có:

$$R_n = \frac{R_{\text{Dth}} \cdot R_p}{R_{\text{Dth}} + R_p} \approx R_p$$

Và:

$$R_{\text{phóng}} = \frac{R_{\text{Dth}} \cdot R_p}{R_{\text{Dth}} + R_p} \approx R_{\text{Dth}}$$



Hình 3.16

Tương tự như trường hợp trên, việc chọn các tham số của mạch cũng phải tiến hành tương tự như trường hợp mạch ghim trên mức không để mạch thỏa mãn điều kiện:

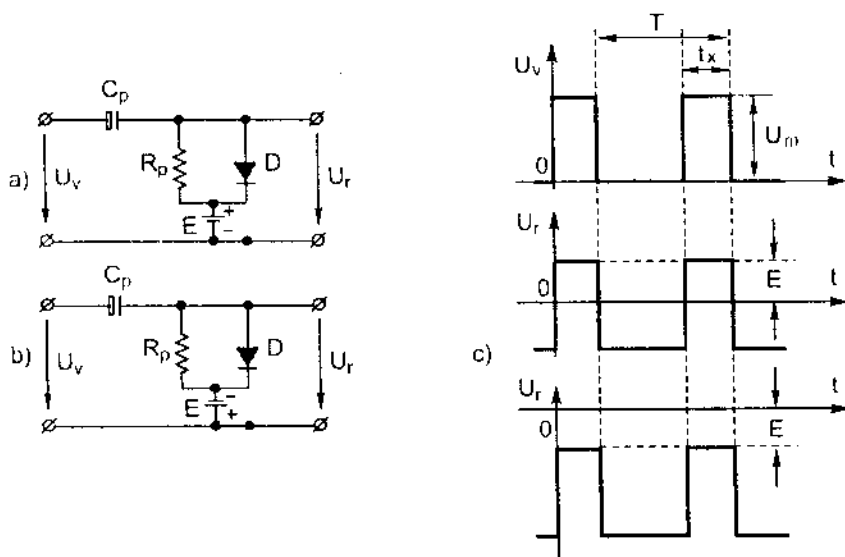
$$\tau_{\text{nap}} \gg t_v$$

$$\tau_{\text{phong}} \ll (T - t_v).$$

Ta nhận được giản đồ điện áp như hình 3.16c.

3.2.3. Mạch ghim có mức ghim khác không

Muốn ghim ở một mức điện áp (mức E) nào đó, ta phải mắc nối tiếp với điện trở R_p một nguồn điện áp như hình 3.17a và 3.17b.



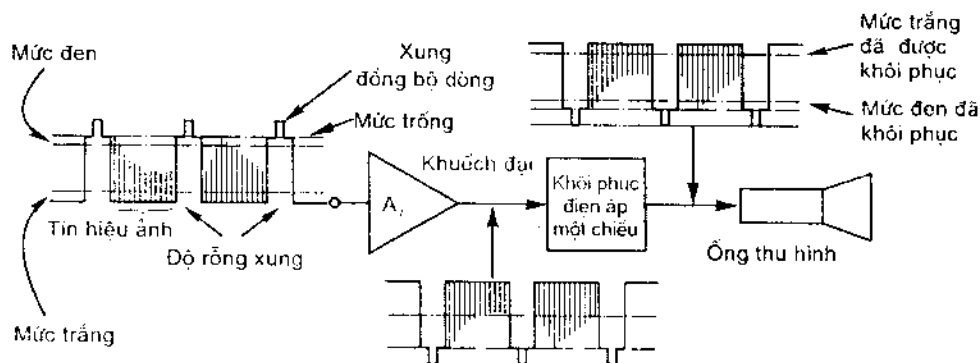
Hình 3.17

Để tránh ảnh hưởng đến chất lượng mạch ghim, cần lưu ý: Nguồn phụ E phải có điện trở thuần nhỏ so với điện trở thuần của diốt.

Ta có mức điện áp ra như hình 3.17c.

3.2.4. Ứng dụng của mạch ghim

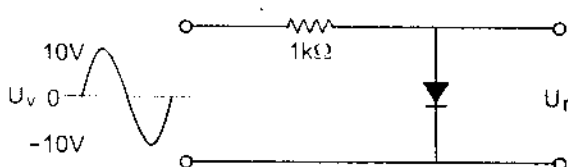
Các mạch ghim được sử dụng nhiều trong mạch khôi phục thành phần điện áp một chiều của tín hiệu (DC restore), trong kỹ thuật thông tin và vô tuyến truyền hình, mạch dùng để ổn định nền hoặc đỉnh của tín hiệu ở một mức xác định nào đó, bằng hoặc khác không (hình 3.18).



Hình 3.18

3.3. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

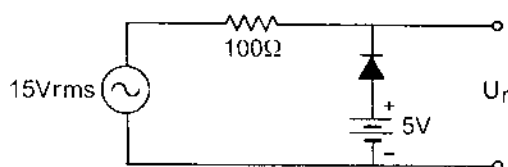
1. Định nghĩa mạch xén và mạch ghim sử dụng điốt. Phân biệt sự giống và khác nhau cũng như lĩnh vực sử dụng của hai loại mạch trên.
2. Vẽ và phân tích mạch xén trên, mạch xén dưới và mạch xén hai phía. Nêu ứng dụng của mạch xén trong kỹ thuật điện tử.
3. Vẽ và phân tích mạch ghim trên mức không, dưới mức không. Nêu ứng dụng của mạch ghim trong kỹ thuật điện tử.
4. Cho sơ đồ mạch xén và dạng điện áp vào như hình 3.19.



Hình 3.19

Hãy: Xác định giá trị và vẽ dạng điện áp ra.

5. Vẽ dạng điện áp ra của hình 3.20



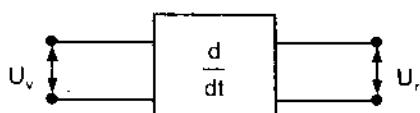
Hình 3.20

6. Vẽ sơ đồ mạch xén trên, phân tích mạch và xác định dạng điện áp ra nếu cho điện áp vào dạng hình sin, biên độ điện áp đỉnh – đỉnh là 50V.

MẠCH VI PHÂN VÀ TÍCH PHÂN

4.1. MẠCH VI PHÂN

Mạch vi phân được định nghĩa là mạch mà điện áp đầu ra $U_r(t)$ tỷ lệ với đạo hàm theo thời gian của điện áp tín hiệu đầu vào $U_v(t)$.



Hình 4.1. Sơ đồ khối mạch vi phân

Ta có: $U_r(t) = k \cdot \frac{dU_v(t)}{dt}$ (trong đó k là hệ số tỷ lệ)

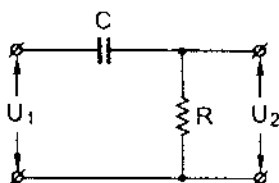
Để thực hiện mạch vi phân, khi sử dụng các phần tử thụ động, ta có hai loại mạch vi phân:

- Mạch vi phân RC;
- Mạch vi phân LC.

4.1.1. Mạch vi phân RC

a) Mạch điện và tác dụng của linh kiện

Mạch hình 4.2 là một khâu vi phân RC thực hiện lọc cao tần có tính chất cho qua các tần số cao ($f_c > f_{cắt}$) từ một giới hạn bởi tần số cắt ($f_{cắt}$); và chặn lại các tần số thấp ($f_l < f_{cắt}$) đối với các tín hiệu đầu vào là tương tự.



Hình 4.2

b) Sơ đồ dạng sóng tín hiệu

Đối với tín hiệu đầu vào là dạng xung vuông, có biên độ $U_v = 10V$ như hình 4.3a và 4.3b.

c) Phân tích quá trình làm việc

* Tại thời điểm t_1 tụ không được nạp, trở kháng của tụ bằng 0 $\rightarrow$ toàn bộ điện áp vào đặt tới điện áp ra.

* Khi $t > t_1$: tụ được nạp, trở kháng của tụ tăng theo mức nạp, làm cho phần lớn điện áp vào đặt trên tụ C.

Do đó: $U_v = U_c + U_r$

U_r giảm dần... khi $X_c \rightarrow \infty$; toàn bộ U_v sụt trên X_c nên $U_r = 0$.

Tốc độ giảm của U_r phụ thuộc vào trị số của tụ C;

với $\tau = RC$ là hằng số thời gian của mạch.

* Tại thời điểm t_2 : điện áp vào U_v trở về 0V.

Khi đó $U_c \approx U_v$, tụ C đóng vai trò như một nguồn điện áp với cực dương ở 0V; cực âm có mức $-U_c = -10V$.

* Khi $t > t_2$: sau khi U_v đạt mức $-10V$ bắt đầu quá trình phóng điện của tụ C, điện áp ra tăng dần từ $-10V \rightarrow 0V$.

Quá trình nạp và phóng của tụ C diễn ra rất nhanh khi $\tau = RC$ đủ nhỏ.

Tần số giới hạn của khâu vi phân RC càng cao khi $\tau = RC$ càng nhỏ.

Tần số cắt của mạch được tính:

$$f_{\text{cắt}} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

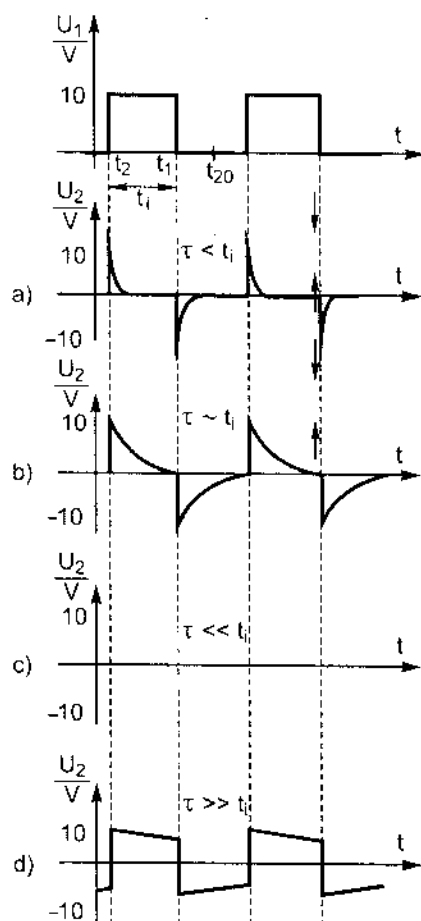
d) Biểu thức toán học quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra

Vi phân là một phép toán tác động lên hàm số thể hiện tốc độ biến thiên của một đại lượng theo thời gian (hay tổng quát theo một biến số nào đó).

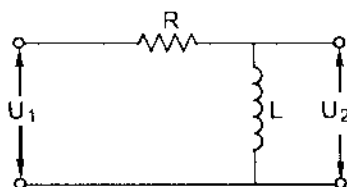
4.1.2. Mạch vi phân RL

a) Sơ đồ mạch điện

Mạch vi phân RL được minh họa như hình 4.4.



Hình 4.3



Hình 4.4

b) Phân tích mạch

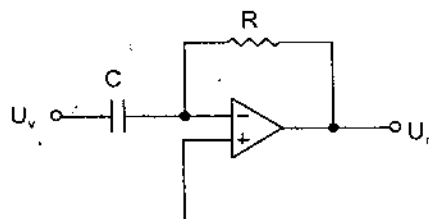
Tương tự như mạch vi phân RC đã phân tích ở trên, muốn tăng độ chính xác của mạch vi phân thì phải giảm hằng số thời gian của mạch vi phân, điều này có thể thực hiện nhờ mạch vi phân RL.

Với: $\tau = \frac{L}{R}$

Tuy nhiên, mạch vi phân RL lại làm giảm biên độ điện áp ra. Muốn tăng biên độ điện áp ra mà vẫn đảm bảo phép vi phân chính xác, người ta sử dụng các bộ khuếch đại thuật toán vi phân.

4.1.3. Mạch vi phân với bộ khuếch đại thuật toán

Để nâng cao hiệu quả của mạch vi phân, hiện nay người ta thường dùng mạch vi phân được sử dụng với bộ khuếch đại thuật toán như hình 4.5.

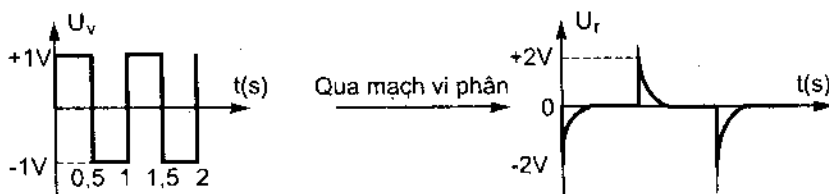


Hình 4.5. Mạch vi phân

Biểu thức quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra được tính:

$$U_r = -R_1 C_1 \cdot \frac{dU_v}{dt}$$

Sơ đồ dạng sóng tín hiệu như hình 4.6.



Hình 4.6

Với dạng tín hiệu vào của mạch vi phân là xung vuông thì tín hiệu ra có dạng xung nhọn.

Ví dụ 4.1: Thiết kế mạch khuếch đại thuật toán thực hiện chức năng sau:

$$U_r = -k \frac{dU_v(t)}{dt}$$

Biết: $U_v = 2V \cdot \sin 1000t$; $R = 2k\Omega$; $C = 0,47\mu F$

Hãy: – Tính U_r ;

Vẽ dạng điện áp ra.

Bài giải: Chức năng trên là mạch vi phân, sơ đồ hình 4.7.

– Tính điện áp ra

$$U_r = -k \frac{dU_v(t)}{dt}$$

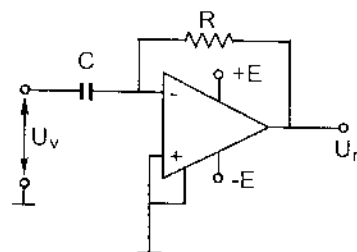
Với $k = \tau = RC$

$$U_r = -RC \cdot \frac{dU_v(t)}{dt}$$

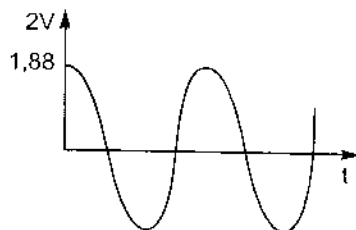
Thay số, ta tính được:

$$\begin{aligned} U_r &= -2 \cdot 10^3 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{d(2V \cdot \sin 1000t)}{dt} \\ &= -2 \cdot 0,47 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 1000 \cdot \cos 1000t \\ &= -1,88 \cdot \cos 1000t \end{aligned}$$

Vẽ dạng điện áp ra được biểu thị như hình 4.8.



Hình 4.7



Hình 4.8

4.1.4. Ứng dụng mạch vi phân

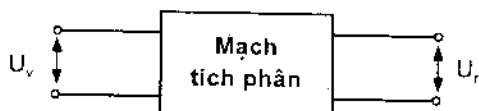
Mạch vi phân được sử dụng nhiều trong kỹ thuật mạch, với mục đích:

– Thu hẹp độ rộng xung và tạo ra những xung nhọn để kích thích và đồng bộ các thiết bị khác.

– Thực hiện thuật toán vi phân với những hàm số phức tạp trong máy tính và các thiết bị đo lường, các hệ thống theo dõi và tự động điều chỉnh.

4.2. MẠCH TÍCH PHÂN

Mạch tích phân được định nghĩa là mạch mà trị số điện trên đầu ra $f_r(t)$ tỷ lệ với tích phân theo thời gian của trị số điện đầu vào $f_v(t)$.



Hình 4.9. Sơ đồ khối mạch tích phân

$$f_r(t) = k \int_0^t f_v(t) dt$$

Với k là hệ số tỷ lệ;

$f_v(t)$, $f_i(t)$ là hàm của điện áp hoặc dòng điện theo thời gian.

4.2.1. Mạch tích phân RC

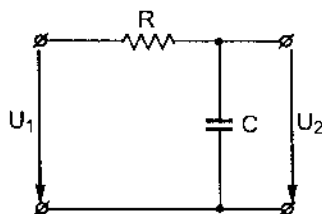
a) *Mạch điện và tác dụng linh kiện*

Khi tác động tới mạch tích phân đơn giản RC như hình 4.10. Một điện áp hình sin với tần số khác nhau, mạch thể hiện tính chất của một mắt lọc tần thấp, nghĩa là mạch cho qua những tần số thấp từ đầu vào đến đầu ra và không cho qua những tần số cao, tần số giới hạn trên của mạch phụ thuộc vào hằng số thời gian $\tau = RC$ của mạch được gọi là tần số cắt:

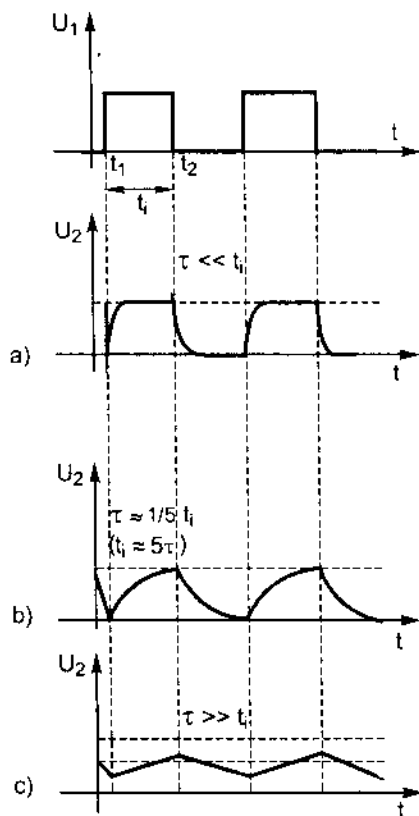
$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

b) *Khi tác động vào mạch một xung hình chữ nhật*

Do điện áp vuông góc được tạo ra từ vô số các điện áp hình sin có tần số khác nhau nên ở những tần số khác nhau, biên độ cũng sẽ khác nhau, với tần số càng cao thì biên độ càng nhỏ. Nghĩa là, chỉ phần tần thấp của xung hình chữ nhật được truyền đạt tốt ở đầu ra, vì vậy tại đầu ra, dạng tín hiệu vào đã bị thay đổi, tùy theo giá trị RC được chọn, điện áp ra sẽ có các dạng khác nhau được thể hiện trên hình 4.11.



Hình 4.10. Mạch tích phân RC



Hình 4.11. Đồ thị dạng sóng ra mạch tích phân với các giá trị τ khác nhau

Nhận xét: τ càng lớn thì dạng tín hiệu ra biến dạng càng nhiều.

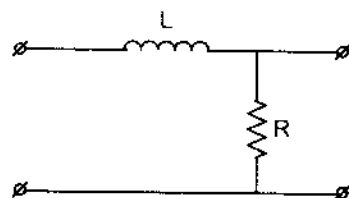
c) Biểu thức toán học quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra

Khi thực hiện phép tích phân theo thời gian một hàm số nào đó, chẳng hạn hàm một chiều, kết quả cho ta một hàm bậc nhất theo thời gian. Thực nghiệm chứng minh được, nếu đầu vào cho hàm bậc nhất thì ở lối ra ta có hàm bậc hai theo thời gian.

4.2.2. Mạch tích phân RL

Mạch điện như hình 4.12.

Tính chất tích phân của mạch tương tự như mạch tích phân RC, nhưng hệ số tỷ lệ k thay đổi, phụ thuộc vào giá trị khâu tích phân LR.



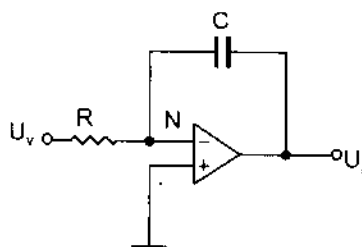
Hình 4.12

$$U_r = \frac{R}{L} \int_0^t U_v dt$$

4.2.3. Mạch tích phân với bộ khuếch đại thuật toán

Sơ đồ mạch điện như hình 4.13.

Với mạch tích phân mắc với bộ khuếch đại thuật toán đầu vào đảo, phần tử hồi tiếp là tụ điện trong mạch tích phân.

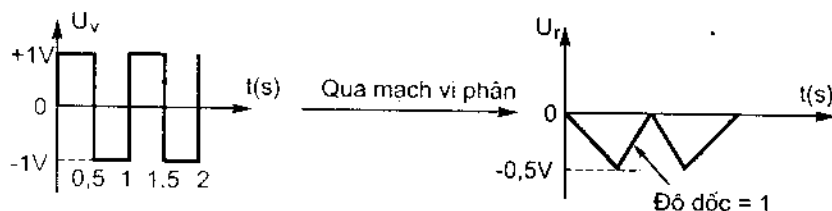


Hình 4.13

$$U_r = -\frac{1}{R_1 C_2} \int_0^t U_v dt$$

Dấu trừ thể hiện tín hiệu đầu ra đảo pha so với tín hiệu đầu vào.

Nếu đưa tín hiệu đầu vào là xung hình vuông, thì dạng xung ra là hình tam giác như hình 4.14.



Hình 4.14

Ví dụ 4.2: Cho mạch điện như hình 4.15.

Biết: $U_v = 10\sin 100t$; $C = 1\mu\text{F}$; $R = 100\text{k}\Omega$.

a) Cho biết chức năng của mạch.

b) Viết biểu thức U_r .

Bài giải

a) Đây là mạch tích phân thực hiện chức năng điện áp ra tỷ lệ với tích phân điện áp vào.

b) Để thiết lập biểu thức điện áp ra, viết phương trình tại nút N.

Coi khuếch đại thuật toán lý tưởng nên $I_N = 0$

Ta có: $i_R + i_C = 0$

$$i_R = \frac{U_v}{R} ; i_C = C \cdot \frac{dU_r}{dt}$$

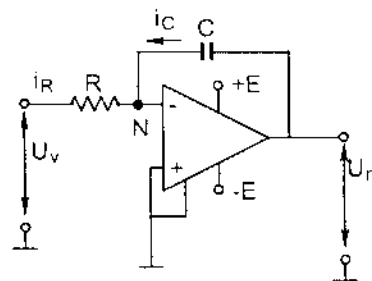
$$\frac{U_v}{R} + C \cdot \frac{dU_r}{dt} = 0$$

Suy ra: $U_r = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_v dt$

Thay số vào ta được:

$$U_r = -\frac{1}{100 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} \int_0^t 10 \sin 100t dt$$

$$U_r = 1(\text{V}) \cdot \cos 100t.$$



Hình 4.15

4.2.4. Ứng dụng mạch tích phân

Các mạch tích phân được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện tử để tạo điện áp và dòng điện biến đổi đường thẳng trong các bộ phận chỉ báo dùng ống tia điện tử của kỹ thuật radar, đo lường và vô tuyến truyền hình. Mạch tích phân còn được sử dụng để chọn xung theo độ rộng trong kỹ thuật thông tin và điều khiển, điều chỉnh đồng bộ các thiết bị.

4.3. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Mạch tích phân và mạch vi phân thực hiện chức năng gì? Cho ví dụ.
2. Nêu các dạng mạch tích phân và vi phân.

3. Chứng minh công thức

$$U_i = -k \frac{dU_v(t)}{dt}$$

khi sử dụng mạch vi phân với khuếch đại thuật toán đầu vào đảo.

4. Chứng minh công thức

$$U_r = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_v dt$$

khi sử dụng mạch tích phân với khuếch đại thuật toán đầu vào đảo.

5. Nêu ứng dụng của mạch vi phân và tích phân trong kỹ thuật mạch điện tử.

Bài tập 1.

Cho mạch điện như hình 4.16.

Biết: tại thời điểm $t = 0$; $U_r = 0V$

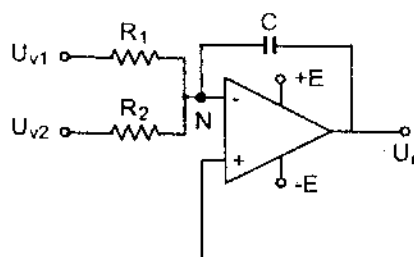
$$R_1 = R_2 = R = 100k\Omega ;$$

$$C = 1\mu F.$$

a) Xác định biểu thức $U_r = f(U_{v1} + U_{v2})$

b) Tính U_r nếu biết: $U_{v1} = (1 + 10\sin 100t)V$;

$$U_{v2} = -1V.$$

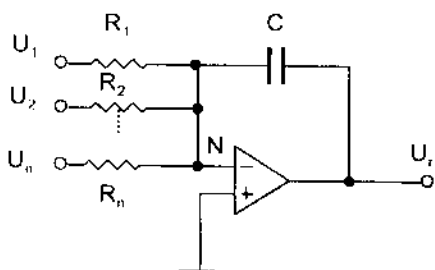


Hình 4.16

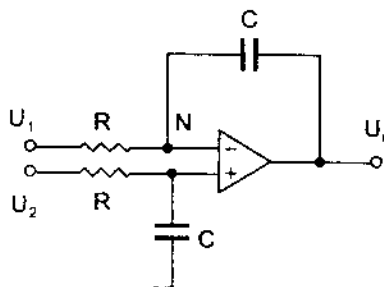
Bài tập 2.

Cho mạch điện tích phân tổng và tích phân hiệu như hình 4.17 và 4.18.

- Hãy xây dựng công thức tính điện áp ra (U_r), biết các dữ liệu đầu vào.



Hình 4.17. Mạch tích phân tổng



Hình 4.18. Mạch tích phân hiệu

VẤN ĐỀ CHUNG CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

5.1. NHIỆM VỤ CỦA MẠCH ĐIỆN TỬ

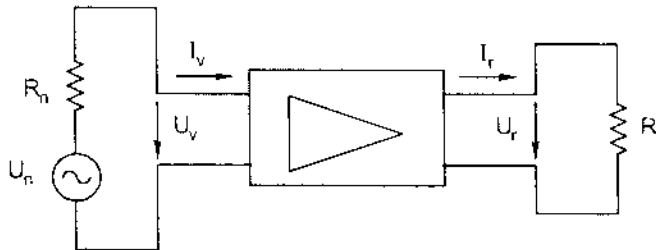
Các mạch điện tử có nhiệm vụ gia công tín hiệu theo những thuật toán khác nhau. Chúng được phân loại theo dạng tín hiệu được xử lý.

Tín hiệu có thể được khuếch đại, điều chế, tách sóng, chỉnh lưu, nhớ, truyền đạt, điều khiển, biến dạng, tính toán (cộng, trừ, nhân, chia...). Để gia công tín hiệu người ta thường dùng 2 loại mạch cơ bản: mạch tương tự và số. Theo giáo trình này chúng ta chỉ đi vào nghiên cứu các mạch tương tự.

Đối với các mạch tương tự khuếch đại tín hiệu là chức năng quan trọng nhất, người ta thường quan tâm đến hai thông số chủ yếu là biên độ và hệ số khuếch đại của tín hiệu.

5.2. ĐỊNH NGHĨA VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI

Mạch khuếch đại là một thiết bị điện tử được đặc trưng bởi một mạng bốn cực, khi ta đưa một công suất tín hiệu ở đầu vào thì ta nhận được vẫn tín hiệu đó ở đầu ra với công suất lớn hơn. Sơ đồ khối của bộ khuếch đại như hình 5.1.



Hình 5.1

Trên sơ đồ:

R_n là điện trở trong, U_n là suất điện động của nguồn tín hiệu;

R_L là tải để tiêu thụ năng lượng;

I_v là dòng điện vào;

U_v là điện áp vào;

P_v là công suất vào.

Tương tự ở đầu ra:

I_r, U_r, P_r lần lượt là dòng điện, điện áp, công suất ở đầu ra.

Ví dụ về mạch khuếch đại: Đối với hệ thống âm thanh, nguồn tín hiệu vào là tín hiệu đầu ra micro, tín hiệu từ đầu từ máy ghi âm, tín hiệu sau tách sóng của radio... Mạch khuếch đại là máy tăng âm, tải là loa để biến đổi tín hiệu điện âm tần thành âm thanh.

5.3. THAM SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI

5.3.1. Hệ số khuếch đại

a) Hệ số khuếch đại điện áp (K_u) là tỷ số giữa điện áp ra và điện áp vào:

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} \quad (5.1)$$

Tỷ số này cho biết điện áp ra lớn gấp bao nhiêu lần điện áp vào. Trong kỹ thuật vô tuyến, người ta thường dùng đơn vị dexiBel để đo hệ số khuếch đại và được tính như sau:

$$K_u = 20 \lg K_u \text{ (dB)} \quad (5.2)$$

K_u là hệ số khuếch đại điện áp tính theo đơn vị dB.

Trong kỹ thuật truyền thông còn dùng đơn vị Nepel viết tắt là N_p và được định nghĩa như sau:

$$K_u = \ln K_u (N_p) \quad (5.3)$$

b) Hệ số khuếch đại dòng điện (K_i) là tỷ số giữa dòng điện ra và dòng điện vào:

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} \quad (5.4)$$

c) Hệ số khuếch đại công suất (K_p) là tỷ số giữa công suất ra và công suất vào:

$$K_p = \frac{P_r}{P_v} \quad (5.5)$$

Nếu công suất tính theo đơn vị dexiBel thì:

$$K_p = 10 \lg K_p \quad (5.6)$$

5.3.2. Trở kháng vào và ra của mạch khuếch đại

a) Trở kháng vào là tỷ số giữa điện áp vào và dòng điện vào:

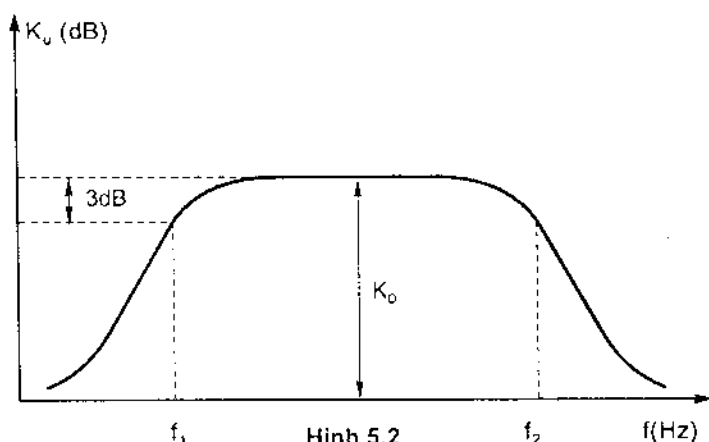
$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} \quad (5.7)$$

b) Trở kháng ra là tỷ số giữa điện áp ra và dòng điện ra:

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} \quad (5.8)$$

5.3.3. Đặc tuyến tần số của mạch khuếch đại

Hình 5.2 là đặc tuyến tần số của mạch khuếch đại.



Hình 5.2

Đó là đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại vào tần số. Trên đặc tuyến, khoảng tần số từ f_1 đến f_2 là dải tần số mà mạch khuếch đại có khả năng làm việc được. Tại những tần số này, hệ số khuếch đại của mạch giảm đi 3dB so với hệ số khuếch đại cực đại.

Hiện tượng hệ số khuếch đại giảm ở tần số thấp và tần số cao, gọi đó là hiện tượng méo tuyến tính. Sự méo tín hiệu này là do các phần tử tuyến tính trong mạch điện như cuộn cảm, tụ điện gây nên.

5.3.4. Méo phi tuyến trong bộ khuếch đại

a) Méo điều hoà: Hiện tượng méo tín hiệu này được biểu diễn trên hình 5.3.



Hình 5.3

Khi ta đưa tín hiệu có dạng hình sin ở đầu vào:

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

Thì ở đầu ra ta nhận được hình sin bị biến dạng. Phân tích hình sin biến dạng đó ta thấy nó bằng tổng hình sin có tần số cơ bản ban đầu và các hình sin khác có tần số lớn gấp 2, 3... n lần so với hình sin cơ bản ban đầu. Các hình sin này ta gọi là các hài phụ.

$$U_r = U_1 \sin \omega t + U_2 \sin 2\omega t + U_3 \sin 3\omega t + \dots + U_n \sin n\omega t \quad (5.9)$$

Để đánh giá mức độ méo của tín hiệu, người ta dùng hệ số méo không đường thẳng và được định nghĩa như sau:

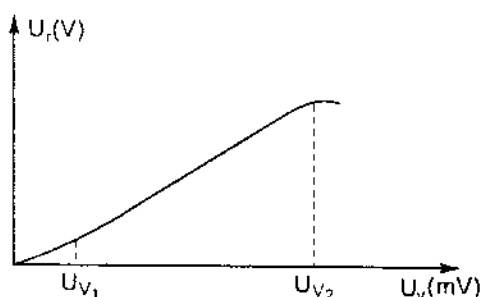
$$d = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100\% \quad (5.10)$$

Từ (5.10) ta thấy mạch có chất lượng cao thì hệ số méo nhỏ. Trong thực tế, các hài bậc hai và hài bậc ba thường gây ảnh hưởng lớn. Ta còn định nghĩa hệ số méo hài bậc hai và ba:

$$d_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad \text{và} \quad d_3 = \frac{U_3}{U_1} \cdot 100\% \quad (5.11)$$

b) Méo biên độ

Hiện tượng điện áp ra và điện áp vào biến đổi không theo quy luật đường thẳng ta gọi là méo biên độ. Suy từ hình 5.4, điện áp vào để cho mạch khuếch đại không méo là khoảng từ U_{v1} đến U_{v2} . Trong khoảng điện áp này tín hiệu không bị méo vì điện áp ra và vào biến đổi với nhau theo quy luật đường thẳng.



Hình 5.4. Méo biên độ

Hiện tượng méo này là do các phần tử phi tuyến như diốt, tranzito gây nên.

5.3.5. Tạp âm và nhiễu trong bộ khuếch đại

Khi ta không đưa tín hiệu vào nhưng vẫn có điện áp ra trên tải, thì điện áp đó là do nhiễu bên ngoài tác động vào hoặc do tạp âm của bản thân máy gây nên. Bộ khuếch đại có chất lượng cao thì mức tạp âm càng phải nhỏ.

Trong các bộ khuếch đại, người ta định nghĩa hệ số tạp âm S bằng tỷ số tín hiệu trên tạp âm:

$$S = \frac{U_{th}}{U_{ta}} \quad (5.12)$$

5.3.6. Hiệu suất của mạch khuếch đại

Hiệu suất của mạch khuếch đại ký hiệu là η , được định nghĩa là tỷ số giữa công suất ra trên tải và công suất tiêu thụ của mạch khuếch đại (P_o):

$$\eta = \frac{P_r}{P_o} \cdot 100\% \quad (5.13)$$

5.4. HỒI TIẾP TRONG BỘ KHUẾCH ĐẠI

5.4.1. Khái niệm về mạch hồi tiếp

Hồi tiếp là đưa một phần tín hiệu ra (điện áp ra, dòng điện ra) của mạch khuếch đại quay trở về đầu vào.

Mạch điện làm nhiệm vụ trên gọi là mạch hồi tiếp.

Người ta phân ra hai loại hồi tiếp cơ bản là hồi tiếp dương và hồi tiếp âm. Tín hiệu hồi tiếp âm ngược pha với tín hiệu vào và làm yếu tín hiệu vào. Ngược lại, hồi tiếp dương đồng pha với tín hiệu vào và làm tăng tín hiệu vào, thường làm bộ khuếch đại mất ổn định nên rất ít dùng trong các mạch khuếch đại mà chỉ dùng trong các mạch tạo dao động.

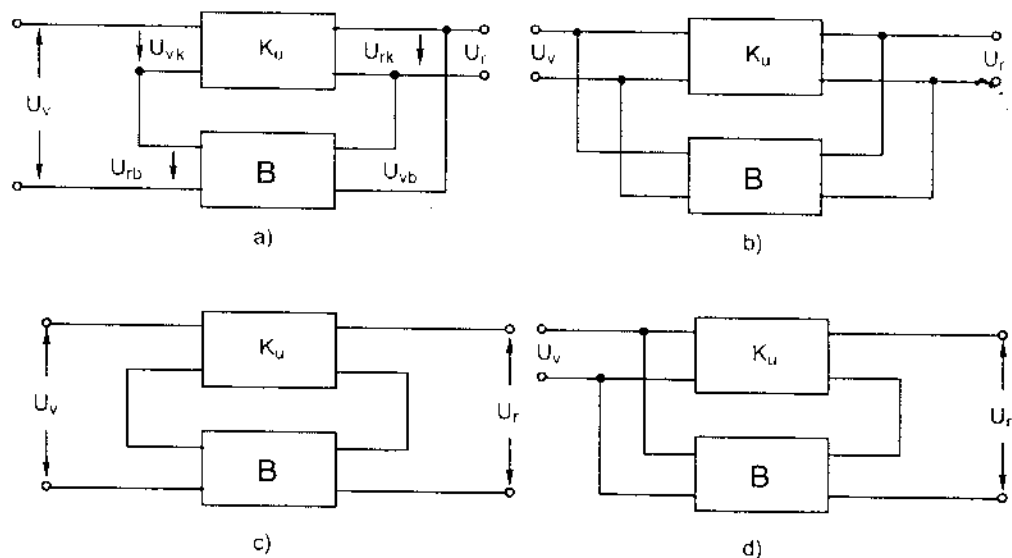
Ngoài ra còn phân biệt hồi tiếp âm một chiều, xoay chiều. Hồi tiếp âm một chiều để ổn định chế độ làm việc của mạch khuếch đại, hồi tiếp âm xoay chiều thường dùng để ổn định các tham số của mạch. Vì vậy trong các mạch khuếch đại chỉ xét các mạch hồi tiếp âm.

5.4.2. Phân loại mạch hồi tiếp

Theo cách mắc ở đầu vào và đầu ra của bộ khuếch đại, người ta chia làm 4 loại hồi tiếp sau:

a) Hồi tiếp điện áp nối tiếp

Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào mắc nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với điện áp đầu ra vẽ trên hình 5.5a.



Hình 5.5. Các loại mạch hồi tiếp

b) Hồi tiếp điện áp song song

Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mắc song song với nguồn điện áp ban đầu và tỷ lệ với điện áp ra (hình 5.5b).

c) Hồi tiếp nối tiếp dòng điện

Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mắc nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra (hình 5.5c).

d) Hồi tiếp song song dòng điện

Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mắc song song với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra (hình 5.5d).

Trên các sơ đồ được ký hiệu như sau:

U_v , U_r là điện áp vào và ra của mạch khuếch đại có hồi tiếp;

I_v , I_r là dòng vào và dòng ra của mạch khuếch đại có hồi tiếp;

I_{vk} , I_{rk} , U_{vk} , U_{rk} là dòng điện vào, dòng điện ra, điện áp vào và ra của mạch khuếch đại không có hồi tiếp.

I_{vh} , I_{rh} , U_{vh} , U_{rh} là dòng vào, ra, điện áp vào, ra của mạch hồi tiếp.

5.4.3. Ảnh hưởng của hồi tiếp tới các tính chất của mạch khuếch đại

a) Ảnh hưởng của hồi tiếp tới hệ số khuếch đại

Để xét ảnh hưởng này ta xét hình 5.5a. Ta ký hiệu:

K_u là hệ số khuếch đại khi không có hồi tiếp;

K_u là hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp;

B là hệ số truyền đạt của mạch hồi tiếp;

Theo định nghĩa hệ số khuếch đại ta có:

$$K_u = \frac{U_{rk}}{U_{vk}}$$
$$K_{u'} = \frac{U_r}{U_v} \quad (5.14)$$

Đầu vào ta có:

$$U_v = U_{vk} + U_{rh} \quad (5.15)$$

Hệ số truyền đạt của mạch hồi tiếp được định nghĩa như sau:

$$B = \frac{U_{rh}}{U_{vh}} \quad (5.16)$$

$$U_{rh} = B \cdot U_{vh} \quad (5.17)$$

Thay biểu thức (5.17) vào (5.15) ta có:

$$U_v = U_{vk} + B \cdot U_{rk} = U_{vk} + B \cdot K_u \cdot U_{vk} \quad (5.18)$$

Thay (5.18) vào (5.14) ta có:

$$K_{u'} = \frac{U_{rk}}{U_{vk}(1 + K_u \cdot B)} = \frac{K_u}{1 + B \cdot K_u} \quad (5.19)$$

Từ (5.19) ta thấy, khi có hồi tiếp âm, hệ số khuếch đại của mạch sẽ bị giảm. Nếu hệ số khuếch đại K_u lớn thì hệ số khuếch đại của mạch có hồi tiếp:

$$K_{u'} = \frac{1}{B}$$

Khi trong mạch có hồi tiếp dương điện áp hồi tiếp và điện áp vào cùng pha nhau ta có:

$$K_{u'} = \frac{U_{rk}}{U_{vk}(1 - K_u \cdot B)} = \frac{K_u}{1 - B \cdot K_u} \quad (5.20)$$

Như vậy, trong mạch có hồi tiếp dương thì hệ số khuếch đại của mạch sẽ tăng.

b) Ảnh hưởng của hồi tiếp tới trở kháng ra và vào của mạch khuếch đại

Xét sơ đồ hình 5.5a và theo công thức (5.19) ta có: Trở kháng vào của mạch khi có hồi tiếp:

$$R_{v'} = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_{vk}(1 + B \cdot K_u)}{I_v}$$

mà: $I_v = I_{vk}$

nên: $R_v = R_v (1 + B.K_u)$ (5.21)

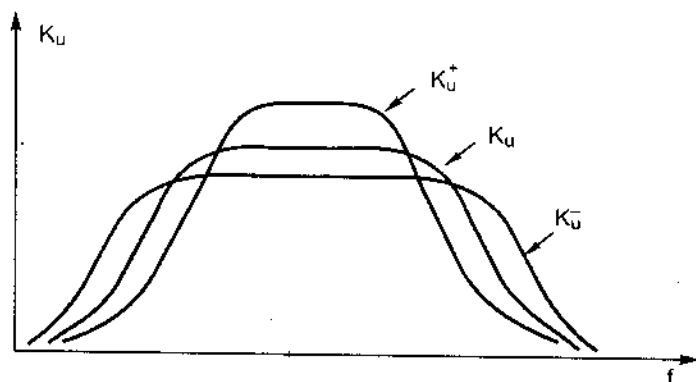
Từ (5.21) ta thấy, khi có hồi tiếp âm nối tiếp thì trở kháng vào của mạch sẽ tăng $(1 + B.K_u)$ lần. Bằng cách chứng minh tương tự ta rút ra được kết luận sau:

- Hồi tiếp âm điện áp nối tiếp như hình 5.5a trở kháng ra giảm, trở kháng vào tăng.
- Hồi tiếp âm điện áp song song như hình 5.5b trở kháng ra và vào đều giảm.
- Hồi tiếp âm song song dòng điện như hình 5.5d làm giảm trở kháng vào và tăng trở kháng ra.

c) Ảnh hưởng hồi tiếp tới đặc tuyến tần số

Ảnh hưởng của hồi tiếp được biểu diễn trên hình 5.6.

Như chứng minh ở phần trên hồi tiếp âm làm giảm hệ số khuếch đại của mạch nhưng dải tần số được mở rộng, hồi tiếp dương tuy làm tăng hệ số khuếch đại của mạch nhưng lại làm giảm dải tần số làm việc.



Hình 5.6. Ảnh hưởng hồi tiếp tới đặc tuyến tần số

Trên sơ đồ ta ký hiệu:

K_u là hệ số khuếch đại của mạch không có hồi tiếp;

K_u^+ là hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp dương;

K_u^- là hệ số khuếch đại của mạch khi có hồi tiếp âm.

d) Ảnh hưởng hồi tiếp đến hệ số méo không đường thẳng

Nếu gọi d' là hệ số méo không đường thẳng khi mạch có hồi tiếp thì ta có:

$$d' = \frac{d}{1 + B.K_u} \quad (5.22)$$

Như vậy, hồi tiếp âm làm giảm hệ số méo không đường thẳng.

e) Ảnh hưởng của hồi tiếp tới độ ổn định

Khi có hồi tiếp âm, độ ổn định của mạch khuếch đại sẽ tăng lên. Tính chất này đặc biệt quan trọng trong điều kiện các tham số ở đầu ra thay đổi theo nhiệt độ, khi đó điện áp cũng bị thay đổi dẫn đến điện áp vào cả mạch cũng thay đổi, sự thay đổi này có xu thế chống lại sự thay đổi các tham số ở đầu ra.

Tóm lại, để nâng cao chất lượng của mạch khuếch đại như tăng độ ổn định, giảm hệ số méo, thay đổi trở kháng vào và ra cho phù hợp, người ta thường dùng hồi tiếp âm. Ngoài ra, còn dùng hồi tiếp âm để làm mạch điều chỉnh âm lượng, âm sắc để thay đổi hệ số khuếch đại tùy theo tần số trong các mạch khuếch đại âm tần...

Dưới đây là một vài ví dụ về mạch hồi tiếp âm hay dùng trong thực tế:

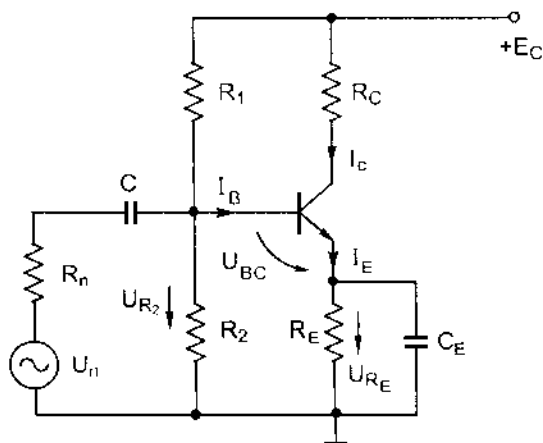
Mạch điện hình 5.7 là mạch khuếch đại có hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện được thực hiện trên điện trở R_E , ta có:

$$U_{vB} = U_{vE} = R_E I_E$$

Như vậy điện áp hồi tiếp phụ thuộc vào dòng điện ra, tại đầu vào ta có:

$$U_{i2} = U_{v1} = U_{BE} + U_{RE} \quad (5.23)$$

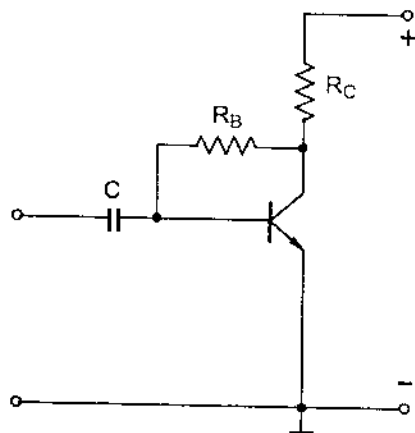
Điện áp vào khi chưa có hồi tiếp U_{BE} mắc nối tiếp với điện áp hồi tiếp trên R_E nên đây là hồi tiếp nối tiếp. Mặt khác từ (5.23) ta thấy, khi U_{vE} tăng thì điện áp vào khi chưa có hồi tiếp U_{BE} giảm (vì U_{i2} không đổi). Như vậy U_{vE} và U_{BE} ngược pha nhau. Hồi tiếp âm một chiều trên R_E có tác dụng làm tăng độ ổn định của mạch vì: giả thiết nhiệt độ tăng làm cho dòng điện I_E tăng, điện áp trên R_E tăng. Sự tăng điện áp hồi tiếp trên R_E sẽ có tác dụng làm giảm điện áp vào U_{BE} và làm cho I_E giảm.



Hình 5.7. Mạch khuếch đại có hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện

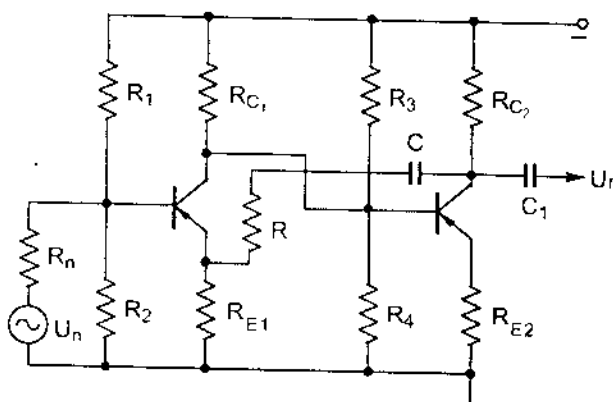
Tuy nhiên, hồi tiếp âm trên điện trở R_E có tác dụng làm giảm hệ số khuếch đại của mạch. Để khắc phục hiện tượng này, người ta mắc thêm tụ điện C_E song song với điện trở R_E .

Hình 5.8 là sơ đồ mạch khuếch đại có hồi tiếp âm điện áp song song. Mạch hồi tiếp được thực hiện qua điện trở R_B . Điện trở hồi tiếp R_B lấy điện áp từ đầu ra của mạch khuếch đại (cực C) về đầu vào (cực B) để cung cấp điện áp mở cho tranzito, đồng thời làm tăng sự ổn định của mạch.



Hình 5.8. Mạch khuếch đại có hồi tiếp âm điện áp song song

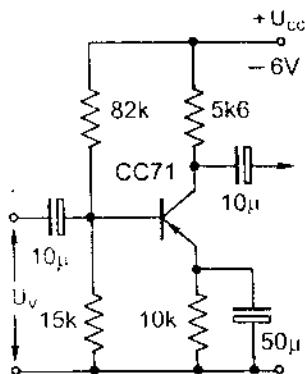
Hình 5.9 là sơ đồ mạch khuếch đại có hồi tiếp âm điện áp nối tiếp, tín hiệu ra được đưa về cực emitter của T_1 thông qua mạch hồi tiếp RC. Đây là mạch hồi tiếp xoay chiều.



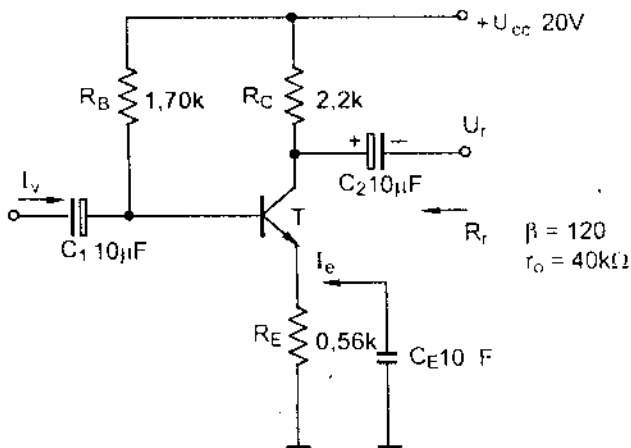
Hình 5.9. Mạch khuếch đại có hồi tiếp âm nối tiếp điện áp

5.5. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu vị trí, chức năng và ứng dụng của mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ trong bộ khuếch đại.
2. Trình bày các tham số cơ bản của mạch khuếch đại.
3. Phân tích những ảnh hưởng của hồi tiếp âm tới các tính chất của mạch khuếch đại, vẽ mạch điện minh họa.
4. Phân tích tác dụng linh kiện và nguyên lý làm việc của mạch điện hình 5.10.



Hình 5.10



Hình 5.11

Bài tập 1. Cho tăng khuếch đại như hình 5.11, với các thông số đã cho trong mạch điện; chọn tranzito loại Si với $U_{BE0} = 0.7V$.

a) Hãy phân tích tác dụng linh kiện và nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại (khi không có tụ C_E).

b) Phân tích tác dụng của tụ C_E trong mạch khuếch đại.

c) Hãy xác định:

r_{be} ;

R_{be} ;

R_r ;

K_u ;

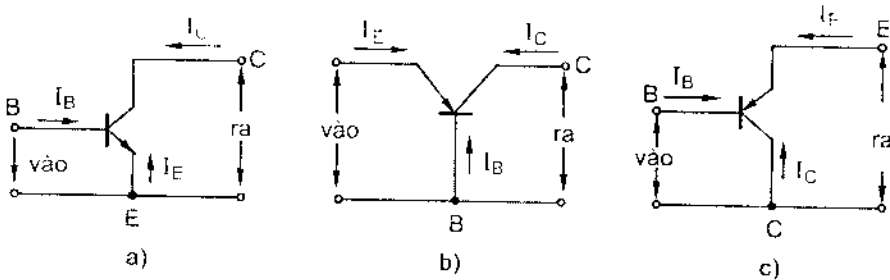
K_i với mạch không có tụ C_E ;

K_i với mạch không có tụ C_E , so sánh hệ số khuếch đại dòng điện thay đổi. Cho biết nguyên nhân sự thay đổi đó.

MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZITO LƯỜNG CỰC

6.1. KHÁI NIỆM VỀ CÁC CÁCH MẮC TRANZITO LƯỜNG CỰC

Trong thực tế người ta dùng ba cách mắc cơ bản của tranzito. Đó là cách mắc E chung (EC), B chung (BC), C chung (CC). Khái niệm chung ở đây có nghĩa là: cực đó vừa tham gia ở đầu vào, vừa tham gia ở đầu ra. Hình 6.1 là ba cách mắc cơ bản đó:



Hình 6.1. Các mạch khuếch đại
a) Mạch EC; b) Mạch BC; c) Mạch CC

Mạch mắc E chung điện áp vào được đưa tới cực B và E, điện áp ra được lấy ở C và E như vậy E là cực chung ở đầu vào và đầu ra của mạch khuếch đại.

6.2. ĐƯỜNG TẢI VÀ ĐIỂM CÔNG TÁC TĨNH

Đường tải tĩnh được vẽ trên đặc tuyến tĩnh của tranzito (hình 6.2) để nghiên cứu dòng điện và điện áp khi mắc trong mạch cụ thể có tải. Điểm làm việc tĩnh là điểm nằm trên đường tải tĩnh, nó xác định điện áp và dòng điện khi không có tín hiệu. Để hiểu rõ vấn đề này ta xét mạch khuếch đại mắc EC như hình 6.3.

Phương trình quan hệ dòng điện ra và điện áp ra có dạng:

$$U_{CE} = E_C - I_C R_C \quad (6.1)$$

Nếu điện áp phân cực U_{BE} làm cho tranzito khoá, khi ấy:

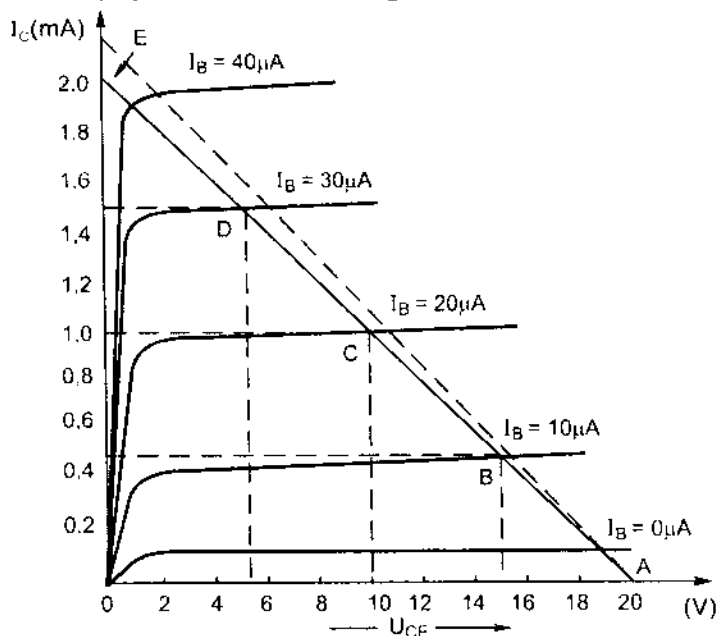
$I_C = 0$ và $U_{CE} = E_C = 20V$. Như vậy điểm có toạ độ ($I_C = 0$, $U_{CE} = 20$) là

điểm A trên đặc tuyến ra. Giả thiết rằng U_{BE} làm tăng cho tranzito mở và $I_C = 0,5\text{mA}$, khi ấy ta có:

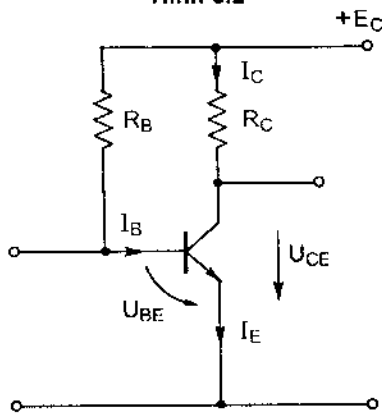
$$U_{CE} = 20\text{V} - 10\text{k}\Omega \cdot 0,5\text{mA} = 20 - 5 = 15\text{V}$$

Khi $U_{CE} = 0$ thì $I_C = 2,8\text{mA}$.

Nối các điểm trên ta sẽ được đường tải tĩnh với $R = 10\text{k}\Omega$. Qua những phân tích trên ta thấy đường tải chính là đồ thị biến thiên của dòng điện I_C theo điện áp U_{CE} ứng với tải R_L và điện áp nguồn nhất định. Khi thiết kế mạch, điểm làm việc phải nằm trên đường tải.



Hình 6.2

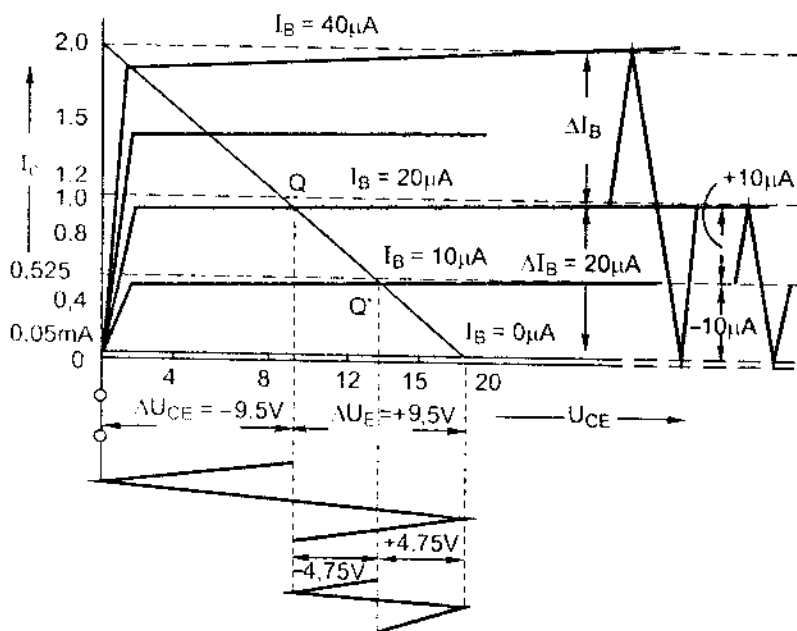


Hình 6.3. Sơ đồ mạch EC, đặc tuyến và đường tải tĩnh

Như đã nói trên, điểm làm việc xác định dòng điện I_C và điện áp U_{CE} khi không có tín hiệu vào. Khi có tín hiệu vào, dòng I_B biến đổi theo sự biến đổi của biên độ tín hiệu dẫn tới dòng I_C biến đổi, kết quả biến áp ra trên tải biến đổi giống như quy luật biến đổi của điện áp vào. Với sơ đồ nguyên lý hình 6.3, đường tải tĩnh $R = 10k\Omega$. Giả thiết chọn điểm làm việc tĩnh Q như hình 6.4, ứng với điểm này $I_B = 1mA$, $U_{CE} = 10V$.

Khi I_B tăng từ $20\mu A$ đến $40\mu A$. Trên hình 6.4 ta thấy I_C có giá trị bằng $1.95mA$ và $U_{CE} = 0.5V$.

Có thể thấy rằng, khi $I_B = +20mA$ dẫn tới $\Delta U_{CE} = -9.5V$, khi I_B giảm từ $20mA$ xuống 0 thì I_C giảm chỉ còn $0.05mA$ và $U_{CE} = 19.5V$, tức là khi I_B giảm đi một lượng $\Delta I_B = -20mA$ làm cho U_C tăng lên một lượng $\Delta U_C = +9.5V$.



Hình 6.4. Chọn điểm làm việc tĩnh

Tóm lại, nếu chọn điểm làm việc Q thì ở đầu ra ta có thể nhận được sự biến đổi cực đại điện áp $\Delta U_{CE} = 9.5V$.

Nếu chọn điểm làm việc khác, ví dụ điểm Q', tại đây ta có $I_C = 0.525mA$, $U_{CE} = 14.75V$, tính toán tương tự như trên ta thấy để tín hiệu ra không méo ta chỉ có thể đạt được giá trị U_{CE} tối đa là $4.75V$. Như vậy, để tín hiệu ra lớn và không bị méo, điểm làm việc tĩnh thường chọn ở điểm giữa của đường tải tĩnh.

6.3. MẠCH CUNG CẤP VÀ ỔN ĐỊNH CHO TRANZITO

Để cho tranzito làm việc ta cần phải cung cấp điện áp một chiều, chọn điểm làm việc cho phù hợp. Mặt khác, trong quá trình làm việc, các tham số của tranzito phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ, vì vậy ta luôn phải có biện pháp để ổn định điểm làm việc cho tranzito.

6.3.1. Nguyên tắc chung về phân cực

Muốn tranzito làm việc, phải thoả mãn điều kiện sau:

Tiếp giáp giữa E - B phải được phân cực thuận;

Tiếp giáp giữa C - B phải được phân cực ngược.

Để có dòng tĩnh I_{CO} trong mạch colectơ, phải cung cấp cho bazơ một điện áp nào đó gọi là thiên áp. Cung cấp thiên áp cho bazơ thường lấy từ nguồn cung cấp cho colectơ. Để cung cấp cho bazơ có thể dùng các phương pháp

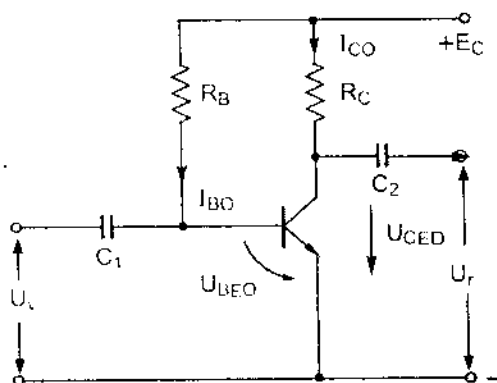
Định dòng không đổi cho bazơ;

- Định điện áp bằng mạch phân áp;

- Định điện áp bằng hồi tiếp âm điện áp song song.

6.3.2. Mạch cung cấp cho tranzito

a) Mạch cung cấp điện áp cho cực B bằng dòng cố định



Hình 6.5. Mạch định dòng cho bazơ

Sơ đồ mạch điện hình 6.5. Ta có:

$$E_C = I_{BO} R_B + U_{BE0} \quad (6.2)$$

Suy ra:
$$I_{BO} = \frac{E_C - U_{BE0}}{R_B} \quad (6.3)$$

Do U_{EB} rất nhỏ so với E_C nên có thể bỏ qua:

$$I_{BO} = \frac{E_C}{R_B} \quad (6.4)$$

Như vậy, nhờ có điện trở R_B ta đã xác định được một dòng điện không đổi I_{BO} . Điện trở R_B phải có trị số lớn khoảng vài trăm $k\Omega$. Trên mạch ra:

$$E_C = I_C R_C + U_{CEO} \quad (6.5)$$

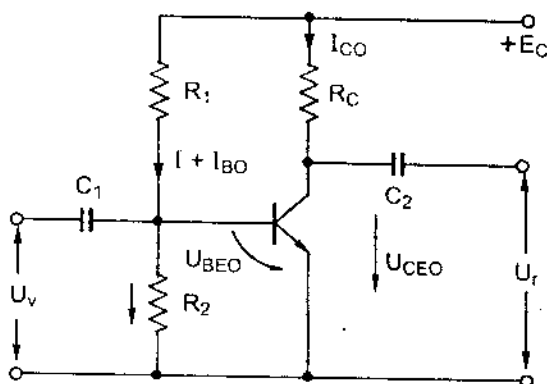
Biểu thức (6.5) gọi là phương trình đường tải. Trong phương trình E_C , R_C cố định nên I_C tăng thì U_{CEO} giảm. Về cấu tạo, sơ đồ này kém ổn định vì như ta đã biết:

$$I_{CO} = \beta I_{BO} + (\beta + 1) I_{ngc} \quad (6.6)$$

Trong đó I_{ngc} là dòng ngược phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng, I_{CO} tăng làm cho U_{CEO} như vậy lệch khỏi điểm làm việc đã được tính toán ban đầu. Hiện tượng này ta gọi là hiện tượng trôi nhiệt.

b) Mạch cấp điện áp cho bazơ bằng mạch phân áp

Sơ đồ của mạch như hình 6.6:



Hình 6.6

Trong mạch thường chọn dòng điện $I = (5 \div 10) I_{BO}$ và có thể bỏ qua I_{BO} so với I . Ta có:

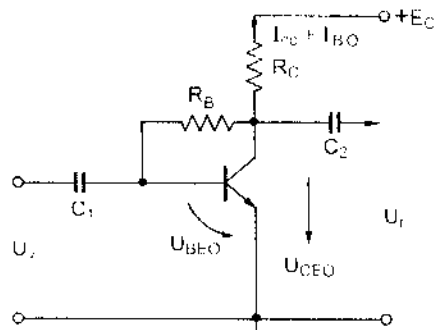
$$U_2 = U_{EBO} = \frac{E_C \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (6.7)$$

$$U_{CEO} = E_C - R_C \cdot I_{CO} \quad (6.8)$$

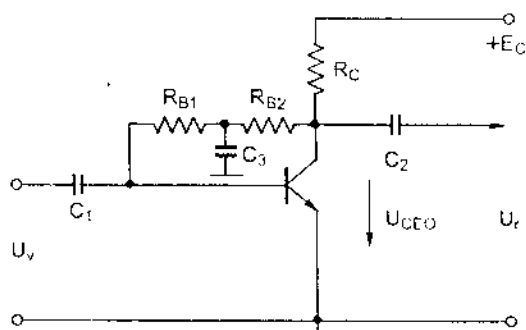
Từ biểu thức (6.8) phương pháp cung cấp này cũng chưa khắc phục được hiện tượng trôi nhiệt vì chưa có mạch điện để ổn định dòng điện I_{CO} .

c) Mạch cung cấp điện áp cho bazơ bằng hồi tiếp âm điện áp song song

Sơ đồ mạch điện như hình 6.7.



Hình 6.7



Hình 6.8

Như đã phân tích ở các mạch điện trên các phương pháp cung cấp đó còn có độ ổn định nhiệt kém, ngoài ra khi dòng điện I_C tăng làm điện áp U_{CE} giảm. Có thể lợi dụng hiện tượng này làm cho dòng điện I_B giảm, do đó ổn định được dòng I_C . Thật vậy, dòng I_{CO} phụ thuộc vào hai yếu tố I_{BO} và I_{nec} do ảnh hưởng nhiệt độ I_{nec} tăng lên khiến I_{CO} cũng tăng. Nhưng nếu lợi dụng sự tăng của dòng I_{CO} để làm giảm dòng I_{BO} khiến I_{CO} giảm bớt thì kết quả là dòng I_C trở lại giá trị ban đầu. Việc mắc như hình 6.7 sẽ thỏa mãn điều kiện trên. Trên sơ đồ, điện trở R_B được nối trực tiếp giữa collector và bazơ nên từ hình 6.7 ta có mối quan hệ trong mạch ra như sau:

$$E_C = (I_{CO} + I_{BO})R_C + U_{CE0} \quad (6.9)$$

Còn quan hệ điện áp trong mạch bazơ có thể viết dưới dạng sau:

$$U_{CE0} = I_{BO} R_B + U_{BE0} \quad (6.10)$$

Vì U_{BE0} nhỏ có thể bỏ qua nên suy ra

$$U_{CE0} \approx I_{BO} R_B$$

Từ (6.9) và (6.10) ta thấy, giả sử nhiệt độ tăng làm cho dòng điện I_{CO} tăng thì điện áp U_{CE0} sẽ giảm kéo theo dòng điện I_{BO} sẽ giảm. Như vậy điện áp hồi tiếp qua R_B làm tăng độ ổn định nhiệt nhưng lại làm giảm hệ số khuếch đại tín hiệu xoay chiều. Để khắc phục mâu thuẫn này mạch được mắc như hình 6.8. Điện trở R_B trong trường hợp này được chia thành hai phần R_{B1} , R_{B2} , điểm nối tiếp hai điện trở này được nối với đất qua tụ C . Đối với điện áp và dòng một chiều, tụ C coi như hở mạch không ảnh hưởng gì đến chế độ một chiều. Ngược lại với tín hiệu xoay chiều thì tụ C coi như ngắn mạch xuống đất không cho phản hồi trở về đầu vào.

6.4. PHƯƠNG PHÁP ỔN ĐỊNH ĐIỂM LÀM VIỆC CHO TRANZITO

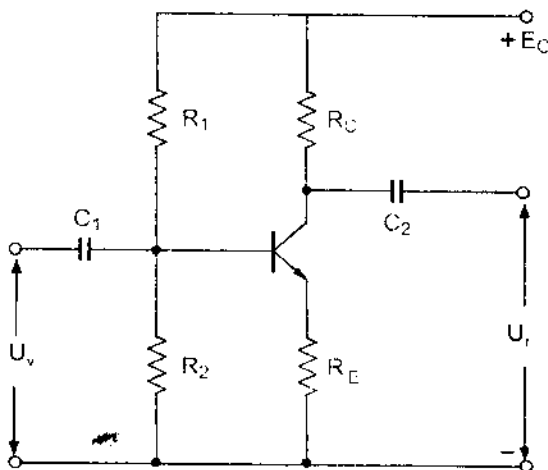
6.4.1. Đặt vấn đề

Chế độ tĩnh nghĩa là khi chưa đưa tín hiệu vào trên các cực của tranzito có các dòng tĩnh và điện áp một chiều. Khi có tín hiệu vào, điện áp và dòng điện biến đổi xung quanh giá trị của điểm làm việc tĩnh. Để đảm bảo cho mạch làm việc bình thường trong những điều kiện khác nhau về độ ẩm, nhiệt độ môi trường xung quanh, ngoài việc cung cấp điện áp một chiều thích hợp cho các cực còn phải có các biện pháp ổn định điểm làm việc, nếu không, chất lượng của mạch sẽ giảm sút vì các tham số của tranzito phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Mục đích của các mạch ổn định là giữ cho dòng điện I_C không đổi do những tác động của môi trường.

6.4.2. Các mạch ổn định tuyến tính

Trong bài 4 đã phân tích hồi tiếp có tác dụng làm tăng độ ổn định của mạch, vì vậy người ta thường dùng các mạch hồi tiếp trong các bộ khuếch đại. Dưới đây ta xét một số ví dụ:

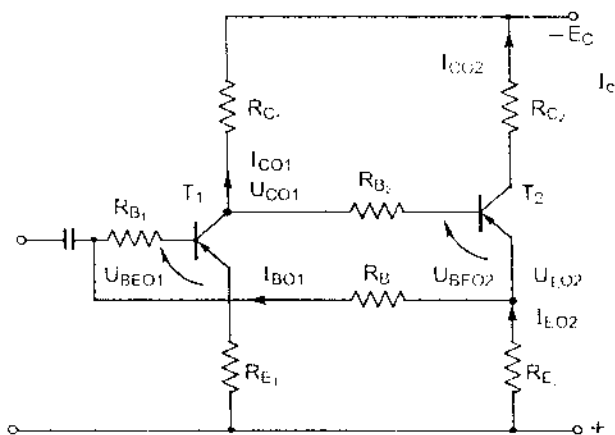
Mạch khuếch đại được ổn định bằng hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện. Sơ đồ mạch điện là hình 6.9



Hình 6.9. Mạch khuếch đại có hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện

Nguyên tắc ổn định của mạch như sau: Khi I_C tăng (do nhiệt độ tăng hoặc do độ tập tán tham số tranzito...) thì điện áp hạ trên điện trở R_E là $U_{CE} = R_E I_{E0}$ tăng. Vì điện áp bazơ lấy trên bộ phân áp R_1, R_2 gần như không đổi, nên thiên áp giữa emítơ và bazơ U_{BE0} giảm làm cho I_{B0} giảm theo, do đó I_{C0} không tăng được.

Trong sơ đồ này R_E làm nhiệm vụ hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định chế độ làm việc. Để tránh hồi tiếp âm xoay chiều làm giảm hệ số khuếch đại của mạch, cần mắc song song với R_E một tụ có trị số sao cho ngắn mạch đối với dòng tín hiệu xoay chiều. Ngoài ra còn phương pháp ổn định điểm làm việc bằng cách ghép trực tiếp các tầng như hình 6.10.



Hình 6.10

Trong trường hợp này điện áp cấp cho bazơ tầng một được lấy từ emitter của tầng hai thông qua điện trở hồi tiếp R_B . Khi do yếu tố nào đó làm cho dòng điện I_{C2} tăng thì điện áp trên R_{E2} tăng, điện áp U_{BE1} tăng dẫn tới dòng I_{B1} , I_{C1} tăng

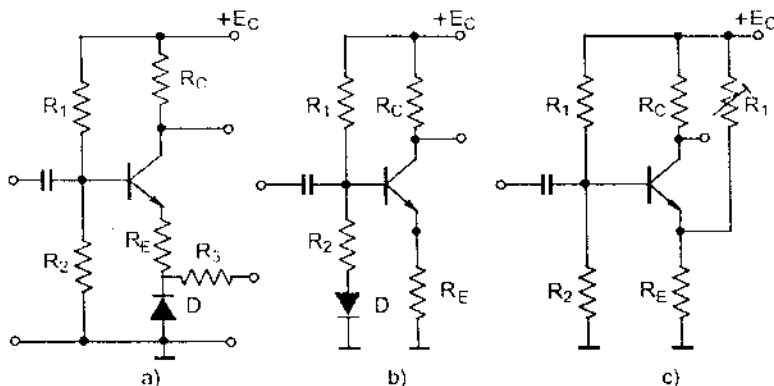
$$\text{mà: } E_c = R_{C1} I_{C01} + U_{CE01}$$

$$\text{mặt khác ta có: } U_{CE01} = U_{BE02} + U_{CE02}$$

nên khi U_{CE01} giảm làm cho U_{BE02} giảm dẫn tới dòng điện I_{C02} giảm

6.4.3. Các sơ đồ ổn định phi tuyến

Để ổn định điểm làm việc trong các sơ đồ ổn định phi tuyến người ta thường dùng phương pháp bù nhiệt nhờ các phần tử có tham số phụ thuộc vào nhiệt độ như tranzito, diốt, điện trở nhiệt. Các sơ đồ này thường dùng trong các mạch công suất và mạch tổ hợp. Hình 6.11 là các sơ đồ ổn định phi tuyến.



Hình 6.11. Các sơ đồ ổn định phi tuyến

Nếu diốt và tranzito trên hình 6.11a đều được sản xuất từ một loại bán dẫn như nhau và nếu nhiệt độ mặt ghép của chúng như nhau thì đặc tính nhiệt của điện áp bazơ-emitor và điện áp hạ trên diốt như nhau, hơn nữa U_{BE} và U_D có chiều ngược nhau nên ảnh hưởng của nhiệt độ được bù nhau hoàn toàn. Để giảm ảnh hưởng do độ tập tán của tham số tranzito gây ra còn dùng thêm hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện R_1 .

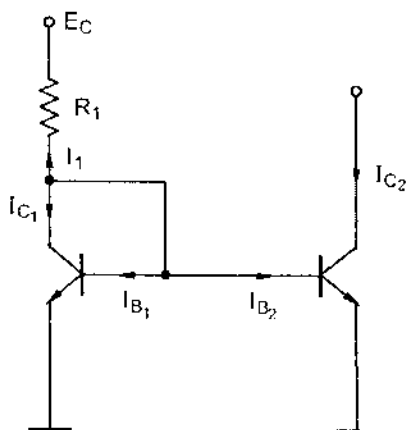
Sơ đồ hình 6.11b cũng làm việc theo nguyên tắc đó. Tuy nhiên sơ đồ hình 6.11b còn có thể bù được các biến đổi của nguồn cung cấp: khi mắc nối tiếp R_2 với một diốt phân cực thuận, thì R_1 , R_2 cùng diốt tạo thành bộ phân áp đưa điện áp cấp cho bazơ, nếu chọn $R_1 \gg R_2$ thì điện áp bazơ hầu như không phụ thuộc vào điện áp nguồn cung cấp.

Sơ đồ hình 6.11c dùng điện trở nhiệt có hệ số nhiệt âm để bù. Khi nhiệt độ tăng thì R_1 giảm, U_F tăng, làm cho U_{BE} giảm, dòng điện I_C giảm. Tương tự có thể mắc một điện trở có hệ số nhiệt âm song song với điện trở R_2 hoặc mắc song song với R_1 điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương.

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

6.4.4. Mạch ổn định trong các mạch tổ hợp

Trong các mạch tổ hợp tương tự, để ổn định điểm làm việc người ta thường dùng các nguồn dòng điện chế tạo dưới dạng vi mạch.



Hình 6.12. Sơ đồ nguồn dòng

Hình 6.12 là sơ đồ nguồn dòng điện. Giả thiết I_C không phụ thuộc vào U_{CE} và các tranzito T_1 , T_2 có tham số hoàn toàn giống nhau và ở cùng nhiệt độ. Ta có:

$$I_{C1} = I_{C2} \text{ và } I_{R1} = I_{R2} = \frac{2I_{C2}}{\beta} \quad (6.11)$$

Trên sơ đồ hình 6.12 ta có:

$$I_1 = I_{C1} + 2 I_{R2} = I_{C2} + \frac{2I_{C2}}{\beta} \quad (6.12)$$

suy ra:
$$I_{C2} = \frac{I_1}{1 + \frac{2}{\beta}} \text{ với } \beta \gg 2 \quad (6.13)$$

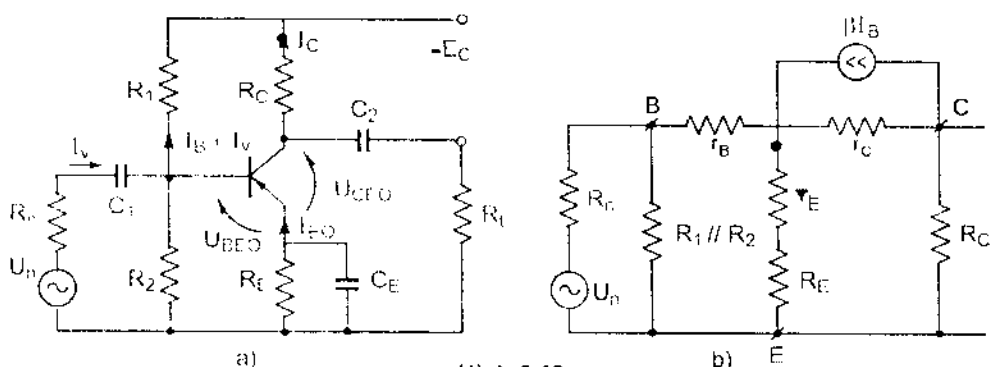
Từ biểu thức (6.13) ta thấy có thể dùng dòng I_1 để điều khiển trị số của dòng I_{C2} , vì vậy còn gọi đây là mạch gương dòng. Để ổn định I_1 , đơn giản nhất là nối điểm với nguồn điện áp một chiều ổn định qua điện trở R .

Mạch này yêu cầu T_1 và T_2 phải hoàn toàn giống nhau nên thường chế tạo thành mạch tổ hợp.

6.5. CÁC MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN

6.5.1. Mạch khuếch đại EC

Sơ đồ mạch EC trong thực tế được mắc như hình 6.13.

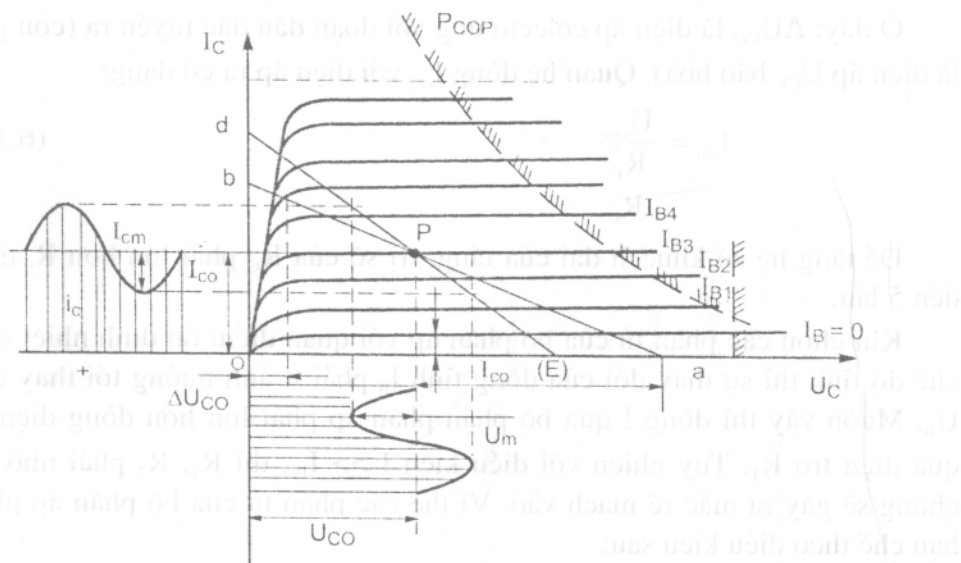


Hình 6.13

a) Sơ đồ mạch EC; b) Sơ đồ tương đương mạch EC

Trong sơ đồ này tụ C_1 loại trừ ảnh hưởng lẫn nhau của nguồn tín hiệu và mạch vào đối với thành phần một chiều, tụ C_2 ngăn không cho thành phần một chiều, chỉ cho thành phần điện áp xoay chiều ra tải. Điện trở R_1 , R_2 để xác định chế độ tĩnh của tầng. Nguyên lý làm việc của mạch như sau:

Khi đưa điện áp xoay chiều tới đầu vào xuất hiện dòng xoay chiều bazơ và do đó xuất hiện dòng xoay chiều collector ở mạch ra của tầng. Hạ áp trên điện trở R_C tạo nên điện áp xoay chiều trên collector. Điện áp này được đưa qua tụ C_2 tới mạch tải.



Hình 6.14. Xác định chế độ tĩnh của tầng EC

Dùng phương pháp đồ thị dựa vào đặc tuyến ra để tìm mối quan hệ giữa các giá trị biên độ của thành phần xoay chiều (điện áp ra U_{cm} và I_{cm}). Sự phụ thuộc $U_{CE} = f(I_C)$ có thể tìm được từ phương trình:

$$U_{CE0} = E_C - I_{C0} R_E - I_{CE} R_E \quad (6.14)$$

Vì $I_{E0} \approx I_{C0}$ nên ta có thể viết:

$$U_{CE0} = E_C - I_{C0}(R_C + R_E) \quad (6.15)$$

Biểu thức (6.15) là phương trình đường tải một chiều của tầng. Dựa vào đặc tuyến vào ta chọn được dòng bazơ tĩnh cần thiết, chính là xác định toạ độ điểm P là giao điểm của dòng $I_B = I_{B0}$ với đường tải một chiều trên đặc tuyến hình 6.14.

Để xác định thành phần xoay chiều của điện áp ra và dòng colectơ phải dùng đường tải xoay chiều. Điện trở xoay chiều của gồm hai điện trở R_C và R_L mắc song song. Từ đó thấy rằng tải một chiều lớn hơn tải xoay chiều. Khi có tín hiệu vào, điện áp và dòng điện là tổng của thành phần một chiều và xoay chiều, đường tải xoay chiều đi qua điểm làm việc tĩnh P. Độ dốc của đường tải xoay chiều dốc hơn đường tải một chiều.

Để tín hiệu ra không bị méo, các tham số tĩnh phải thoả mãn những điều kiện sau:

$$U_{C0} > U_{m} + \Delta U_{C0} \quad (6.16)$$

$$I_{C0} > I_{cm} + I_{C0} \quad (6.17)$$

Ở đây: ΔU_{co} là điện áp colector ứng với đoạn đầu đặc tuyến ra (còn gọi là điện áp U_{cr} bão hòa). Quan hệ dòng I_{cm} với điện áp ra có dạng:

$$I_{cm} = \frac{U_{cm}}{R_c + R_1} \quad (6.18)$$

Để tăng hệ số khuếch đại của tầng, trị số của R_c phải lớn hơn R_1 từ 3 đến 5 lần.

Khi chọn các phần tử của bộ phân áp với quan điểm ổn định nhiệt cho chế độ tĩnh thì sự thay đổi của dòng tĩnh I_b phải ít ảnh hưởng tới thay đổi U_b . Muốn vậy thì dòng I qua bộ phân phân áp phải lớn hơn dòng điện I_b qua điện trở R_1 . Tuy nhiên với điều kiện $I \gg I_{b0}$ thì R_1 , R_2 phải nhỏ và chúng sẽ gây ra mắc rẽ mạch vào. Vì thế các phần tử của bộ phân áp phải hạn chế theo điều kiện sau:

$$R_2 = \frac{R_1}{R_2} = (2 \text{ đến } 5) r_e \quad (6.19)$$

$$I_p = (2 \text{ đến } 5) I_{b0} \quad (6.20)$$

r_e là điện trở vào của tranzito, đặc trưng cho điện trở xoay chiều mạch bazơ-emitor ($r_e = \Delta U_{be} / \Delta I_b$)

Điện trở R_1 , R_2 có thể tính theo công thức sau:

$$R_2 = \frac{U_{b0}}{I_p} \quad (6.21)$$

$$R_1 = \frac{E_c - U_{b0}}{I_p - I_{b0}} \quad (6.22)$$

Khi chọn tranzito cần chú ý tới các tham số giới hạn như: dải tần số làm việc cũng như các tham số về điện áp và dòng điện và công suất. Dòng điện cho phép cực đại là I_{cp} phải lớn hơn trị số tức thời lớn nhất của dòng colector trong khi làm việc, nghĩa là:

$$I_{cm} = I_{co} + I_{cm} < I_{c,cp} \quad (6.23)$$

Về mặt điện áp, người ta chọn tranzito $U_{co,cp} > E_c$.

Công suất tiêu hao trên colector của tranzito $P_c = U_{co} I_{co}$ phải nhỏ hơn công suất cực đại cho phép của tranzito $P_{c,cp}$.

Các hệ số khuếch đại K_v , K_u cũng như điện trở vào, điện trở ra là những chỉ tiết quan trọng của bộ khuếch đại. Những chỉ tiêu đó được xác

định khi tính toán mạch đối với tín hiệu xoay chiều. Phương pháp giải thích dựa trên cơ sở thay thế tranzito và tầng khuếch đại bằng sơ đồ tương đương dòng xoay chiều. Sơ đồ thay thế tầng E_c vẽ trên hình 6.13b. Để đơn giản, ta giả thiết rằng tầng khuếch đại được tính ở miền tần số trung bình, tín hiệu vào là hình sin và điện trở của nguồn cung cấp đối với dòng xoay chiều bằng 0, dòng điện và điện áp trong mạch tính theo giá trị hiệu dụng.

Điện trở vào của tầng:

$$R_i = R_1 // R_2 // r_v \quad (6.24)$$

Vì điện trở trong của nguồn dòng I_B rất lớn còn $r_c + R_c // R_1 \gg r_{be} + R_E$ nên:

$$U_{BE} = I_B r_B + I_E (R_E + r_{be}) \text{ hay là:}$$

$$U_{BE} = I_B \{ r_{be} + (1 + \beta) r_{be} + (1 + \beta) R_E \}$$

chia cả hai vế cho I_B ta có:

$$r_{be} = r_{be} + (1 + \beta) r_{be} + (1 + \beta) R_E \quad (6.25)$$

với điều kiện $R_1 // R_2 > (2 \text{ đến } 3) r_{be}$ ta có R_i của tầng E_c không vượt quá 1 đến 3kΩ

Xác định hệ số khuếch đại $K_i = I_i / I_1$ từ sơ đồ (6.13), tính gần đúng ta có:

$$K_i = \beta \frac{R_c // R_1}{R_i} \quad (6.26)$$

Xác định hệ số khuếch đại điện áp $K_u = U_r / E_u$

$$K_u = \frac{I_i R_c}{I_1 (R_{in} + R_v)} \quad (6.27)$$

Qua tính toán tìm ra được:

$$K_u = \beta \frac{R_c // R_1}{R_{in} + R_v} \quad (6.28)$$

Từ (6.28) ta thấy β càng lớn, và điện trở mạch ra của tầng càng lớn so với điện trở mạch vào thì hệ số khuếch đại càng lớn. Đặc biệt hệ số khuếch đại điện áp sẽ tăng khi điện trở trong của nguồn giảm. Hệ số khuếch đại điện áp trong mạch E_c khoảng 20 đến 100. Vì tầng khuếch đại E_c đảo pha điện áp đầu ra so với điện áp vào nên đôi khi việc đảo pha đó được biểu thị bằng dấu " - " trong biểu thức K_u .

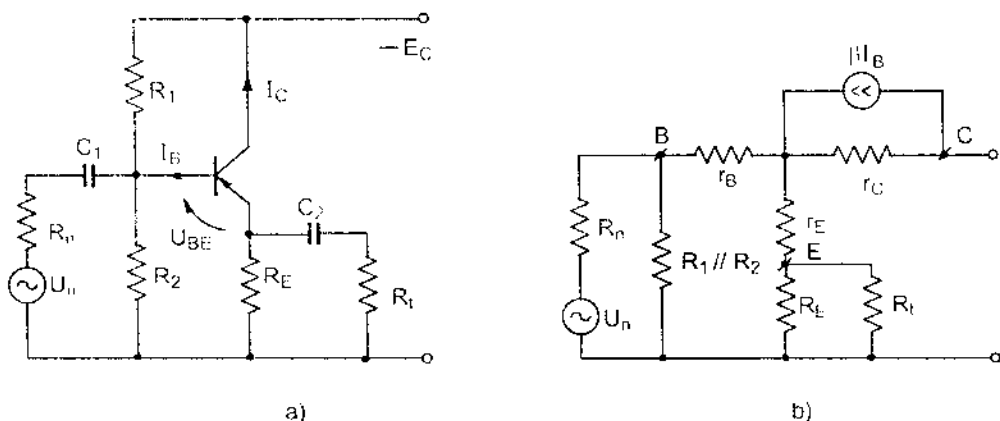
Điện trở ra của tầng:

$$R_r = R_c // r_c \quad (6.29)$$

Vì $r_c \gg R_c$ nên $R_r = R_c$.

6.5.2. Mạch khuếch đại CC

Sơ đồ hình 6.15 là mạch khuếch đại mắc CC. Hình 6.15a là sơ đồ nguyên lý và hình 6.15b là sơ đồ thay thế.



Hình 6.15. Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ tương đương mạch CC

Điện trở R_E đóng vai trò như điện trở R_C trong sơ đồ mạch E_C , nghĩa là tạo nên một điện áp biến đổi ở đầu ra do dòng điện chạy qua nó lớn. Tụ C_2 có nhiệm vụ truyền ra tải thành phần xoay chiều của tín hiệu ra. Điện trở R_1 , R_2 dùng để xác định chế độ tĩnh của tầng. Dùng sơ đồ thay thế người ta cũng chứng minh được:

Điện trở của tầng $R_v = R_1 // R_2 // r_v$

mặt khác ta có: $U_v = I_B [r_B + (1 + \beta) (r_E + R_E // R_L)]$ chia U_v cho I_B ta có:

$$r_v = r_B + (1 + \beta) (r_E + R_E // R_L) \quad (6.30)$$

Từ biểu thức (6.30) ta nhận thấy r_v của sơ đồ mắc CC lớn hơn sơ đồ E_C . Vì r_E thường rất nhỏ so với $R_E // R_L$, còn r_B nhỏ hơn số hạng thứ hai của biểu thức. Vì vậy điện trở vào của tầng lập điện áp

$$R_v = R_1 // R_2 // (1 + \beta) (R_E // R_L) \quad (6.31)$$

Hệ số khuếch đại dòng điện trong sơ đồ CC

$$K_i = (1 + \beta) \frac{R_E // R_L}{R_i} \quad (6.32)$$

Hệ số khuếch đại K_u gần bằng một.

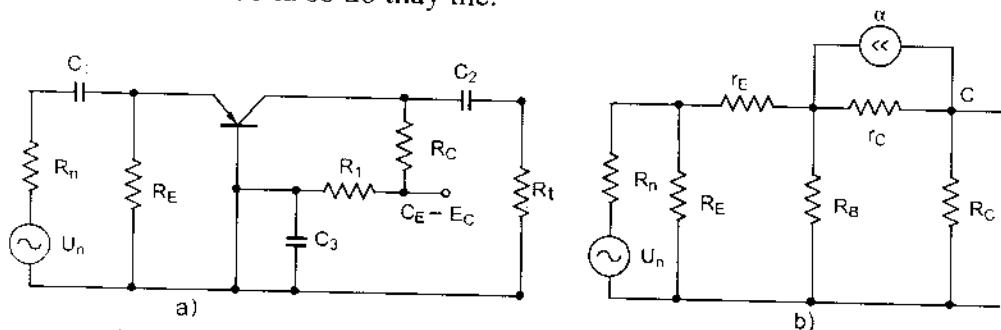
Điện trở ra của tầng CC:

$$R_r = R_E // \left(\frac{r_B + R_B // R_1 // R_2}{1 + \beta} \right) \quad (6.33)$$

điện trở của tầng rất nhỏ, nó được dùng để phối hợp mạch ra của tầng khuếch đại với tải có điện trở nhỏ.

6.5.3. Mạch khuếch đại BC

Sơ đồ hình 6.16 là tầng mắc BC, sơ đồ hình 6.16a là sơ đồ nguyên lý và sơ đồ hình 6.16b là sơ đồ thay thế.



Hình 6.16. Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ tương đương dương mạch BC

Từ sơ đồ thay thế ta có:

$$R_v = R_t // \{r_l + (1 - \alpha) \cdot r_B\} \quad (6.34)$$

Hệ số khuếch đại dòng điện

$$K_i = \alpha \frac{R_C // R_t}{R_i} \quad (6.35)$$

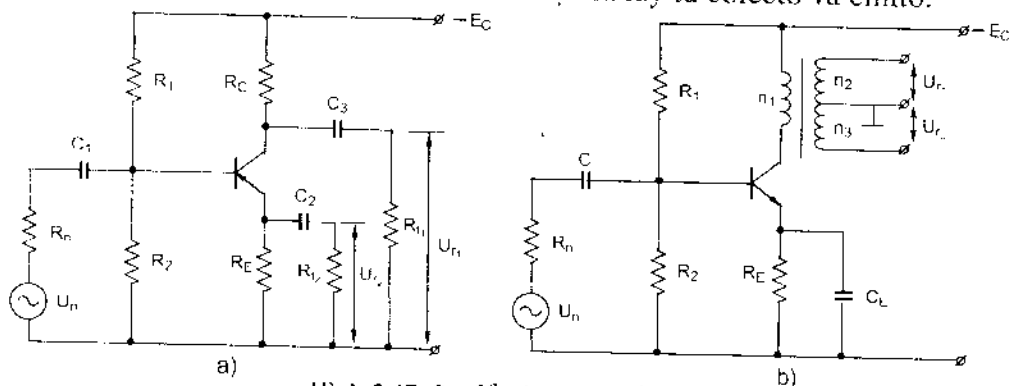
hệ số khuếch đại điện áp

$$K_u = \alpha \frac{R_C // R_t}{R_n + R_v} \quad (6.36)$$

Điện trở ra của tầng

$$R_r = R_C // r_C \quad (6.37)$$

Sơ đồ hình 6.17a là tầng khuếch đại đảo pha dùng để nhận hai tín hiệu bằng nhau và lệch pha nhau 180° . Tín hiệu ra lấy từ collector và emitter.



Hình 6.17. Sơ đồ các mạch đảo pha
a) Mạch đảo pha bằng phụ tải; b) Mạch đảo pha bằng biến áp

Tín hiệu ra U_{r2} lấy từ emitter đồng pha với tín hiệu vào. Trong sơ đồ này nếu chọn $R_C // R_{L1} = R_E // R_{L2}$ thì sẽ được $U_{r1} = U_{r2}$. Mạch này có tên là mạch đảo pha phân áp phụ tải, ưu điểm của mạch là đơn giản, gọn nhẹ, nhưng nhược điểm không khuếch đại điện áp, vì muốn điện áp ra U_{r2} lớn ta phải tăng giá trị của điện trở tải nhưng điện trở này lại cũng chính là điện trở hồi tiếp, nên hệ số khuếch đại của mạch bị giảm. Mặt khác ở đầu ra thứ hai ta luôn có $U_v > U_r$.

Ta cũng có thể đảo pha bằng biến áp như sơ đồ hình 6.17b. Hai tín hiệu lấy ra từ hai nửa cuộn thứ cấp có pha lệch nhau 180° so với điểm 0. Nếu hai nửa cuộn thứ cấp có số vòng bằng nhau thì điện áp ra sẽ bằng nhau. Mạch đảo pha bằng biến áp được dùng rất rộng rãi vì dễ dàng thay đổi cực tính của điện áp và còn có tác dụng để phối hợp trở kháng.

6.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch KĐ với tranzito BJT mắc bazơ chung.
2. Vẽ mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch KĐ với tranzito BJT mắc emitter chung.
3. Vẽ mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch KĐ với tranzito BJT mắc collector chung.
4. Lập bảng so sánh và cho nhận xét về các thông số: Z_u , Z_v , K_u , K_i của các mạch BC, EC, CC.

Bài tập 1. Cho tầng KĐ như hình 6.18, với các thông số đã cho.

a) Xác định cách mắc tranzito trong tầng KĐ?

b) Tính:

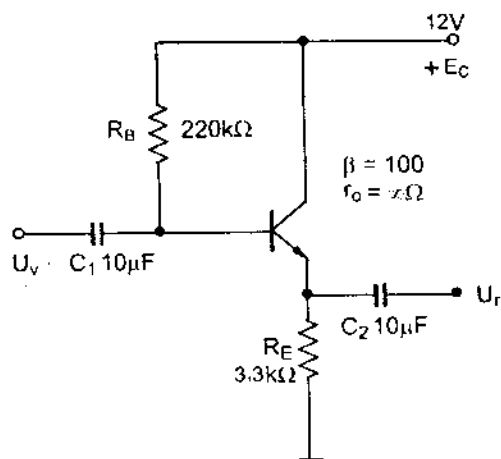
r_B ;

R_v ;

R_i ;

K_u ;

K_i .



Hình 6.18

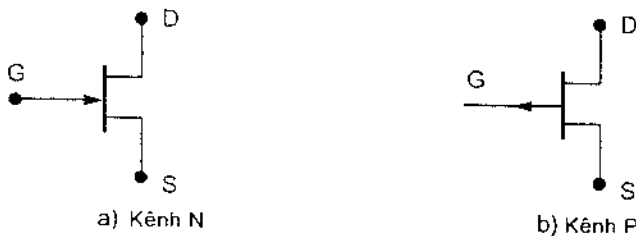
MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZITO TRƯỜNG

7.1. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANZITO TRƯỜNG

Tranzito trường (FET - Field Effect Tranzito) là loại tranzito được chế tạo dựa vào hiệu ứng trường, có thể điều khiển độ dẫn điện của bán dẫn loại N hoặc P, nhờ một điện trường bên ngoài.

Có hai loại thông dụng của FET là J-FET (điều khiển bằng tiếp xúc P-N) và MOS-FET (FET có cực cửa cách ly).

Hình 7.1 là ký hiệu J-FET kênh N và kênh P



Hình 7.1. Ký hiệu của J - FET

Chú thích: S -- Cực nguồn; D -- Cực máng; G -- Cực cửa

Nguyên lý xây dựng tầng khuếch đại dùng tranzito trường cũng giống như tầng khuếch đại dùng tranzito lưỡng cực (bipolar). Điểm khác nhau là loại lưỡng cực có thể điều khiển bằng điện áp lẫn dòng điện nhưng tranzito trường chỉ điều khiển bằng điện áp. Khi xác định chế độ tĩnh cũng cần phải đưa tới cực cửa một điện áp một chiều nhất định và có cực tính cần thiết, mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng tranzito trường FET cũng sử dụng các mạch định thiên kiểu cố định, kiểu sử dụng mạch phân áp và kiểu mạch hồi tiếp âm điện áp.

Vì phân cực cho cực cửa của J-FET luôn là phân cực ngược nên điện trở vào rất lớn, do đó dòng điện vào có thể xem như bằng không:

$$I_v = I_G = 0$$

Vì vậy: $I_D = I_S$

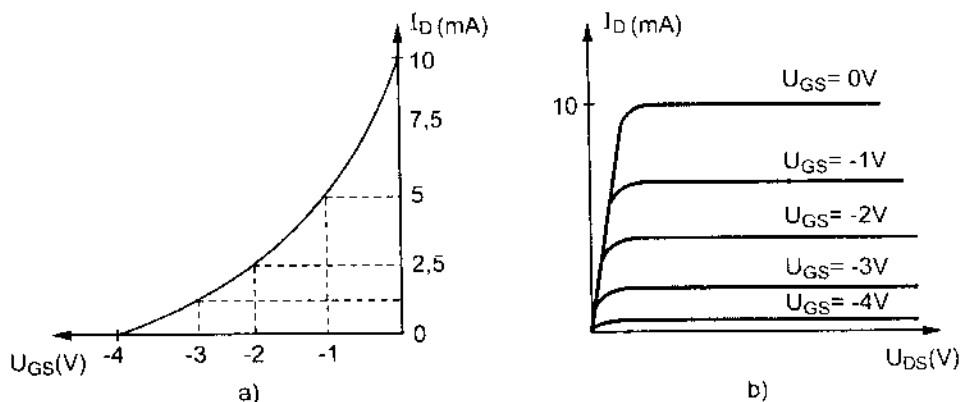
Dòng I_D được điều khiển bằng điện áp đặt vào cực cửa (U_{GS}) nên:

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GSK}}\right)^2$$

Trong đó: U_{GS} là điện áp đặt giữa cực cửa và cực nguồn;

U_{GSk} là điện áp khoá ứng với dòng $I_D = 0$

Quan hệ giữa I_D và U_{GS} được mô tả bằng đặc tuyến truyền đạt (hình 7.2a), còn đặc tuyến ra (hình 7.2b) cho biết quan hệ $I_D = f(U_{DS})$ với các trị số khác nhau, đó là hai đặc tuyến quan trọng, từ đó có thể xác định gần đúng các thông số của FET.



Hình 7.2. Đặc tuyến truyền đạt (a) và đặc tuyến ra (b) của J-FET kênh N

Độ hở dẫn của FET G_m cho biết khi điện áp vào cực cửa thay đổi 1V thì dòng điện I_D thay đổi bao nhiêu mA

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \text{ (mA / V) hay mS (milisimen).}$$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_p|}$$

7.2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CỰC NGUỒN CHUNG (SC)

Sơ đồ mạch khuếch đại SC loại MOS được trình bày trên hình 7.3a. Tải một chiều R_D được mắc vào cực máng (Drain). Các điện trở R_G , R_S dùng để xác lập điện áp U_{GS} ở chế độ tĩnh. Điện trở R_S còn tạo nên hồi tiếp âm một chiều để ổn định chế độ.

Điểm làm việc tĩnh P dịch chuyển trên đường tải một chiều sẽ qua hai điểm C và D trên trục toạ độ.

Tại điểm a $I_D = 0$, $U_{DS} = E_D$.

Tại điểm b ta có $U_{DS} = 0$, $I_D = E_D / (R_D + R_S)$

Đường tải xoay chiều xác định theo điện trở $R_t = R_D // R_L$

Gọi I_{D0} là dòng máng tĩnh, ở đầu ra của mạch ta có:

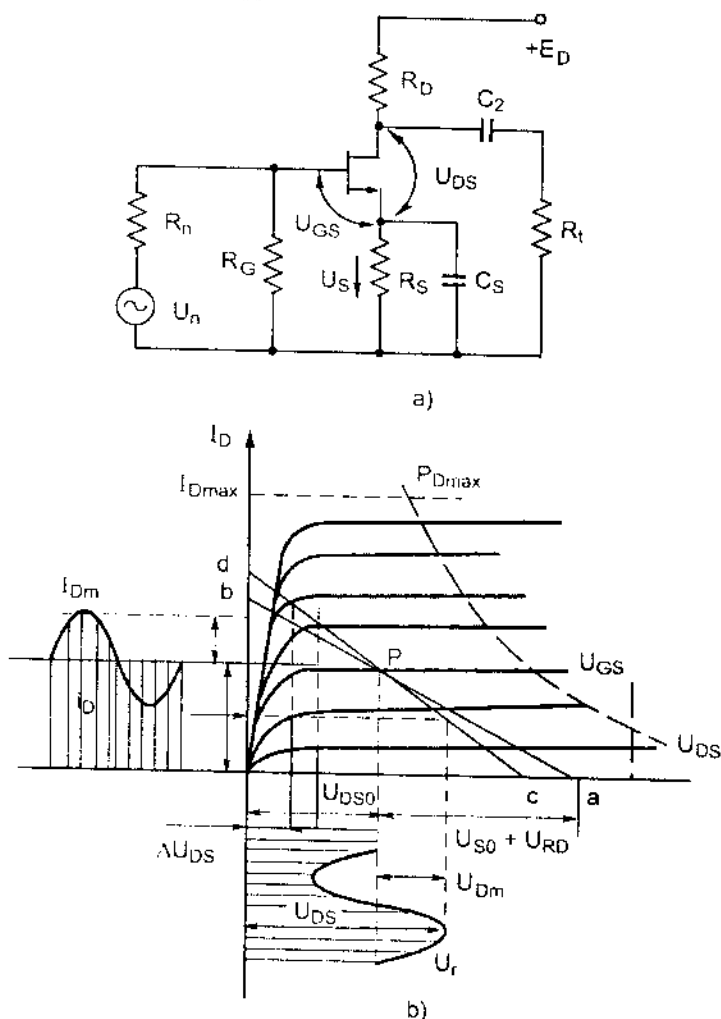
$$U_{DS0} = E_D - I_{D0} (R_D + R_S) \quad (7.1)$$

U_{DS0} là điện áp tĩnh giữa cực máng và cực nguồn, ở mạch vào ta có:

$$U_{GS} = R_S \cdot I_{D0} \quad (7.2)$$

mà:

$$U_{GS} = -U_{SO} \quad (7.3)$$



Hình 7.3. Mạch khuếch đại SC
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tuyến của mạch

Vì vậy ta có thể nói rằng R_S là điện trở để tạo điện áp mở âm U_{GS0} . Từ (7.1) và (7.2) ta thấy: điện trở R_S càng tăng dòng điện ra I_{D0} càng giảm. Như vậy R_D là điện trở hồi tiếp âm nối tiếp dòng điện có tác dụng ổn định dòng ra tĩnh I_{D0} . Như vậy việc chọn điện áp U_{GS0} cũng như việc chọn điện áp U_{DS0}

cũng như việc chọn U_{GS} ở tăng E_c , nghĩa là tăng U_{SO} sẽ làm tăng độ ổn định, nhưng làm giảm hệ số khuếch đại của mạch. Vì thế U_{SO} thường chọn khoảng $(0,1 \text{ đến } 0,3) E_D$. Trong thực tế điện trở R_D thường được chọn $R_D = (0,05 \text{ đến } 0,15) r_i$. Trong đó r_i là điện trở trong của tranzito.

Với mạch khuếch đại SC hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = \frac{R_s \cdot S \cdot (r_i // R_i)}{U_v} = S(r_i // R_i) \quad (7.4)$$

trong đó S là hồ dẫn và $S \cdot r_i = \beta$ là hệ số khuếch đại tĩnh của FET. Thay β vào (7.4) ta có:

$$K_u = \frac{S \cdot r_i \cdot R_i}{r_i + R_i} = \frac{\beta \cdot R_i}{r_i + R_i} \quad (7.5)$$

Cũng giống như mạch emitter chung của BJT, mạch nguồn chung của FET có điện áp vào và ra ngược pha nhau.

Điện trở vào của tăng:

$$R_v = R_G \quad (7.6)$$

Điện trở ra của tăng:

$$R_r = R_D // r_i \quad (7.7)$$

Ví dụ 7.1. Cho mạch điện dùng J-FET kênh N. Biết: điện áp nguồn $E_D = 15V$, điểm làm việc tĩnh được chọn ứng với $R_D = 1k\Omega$

Hãy xác định:

- R_s
- U_{GS0}
- U_{DS}

Bài giải:

- Xác định giá trị điện trở R_s

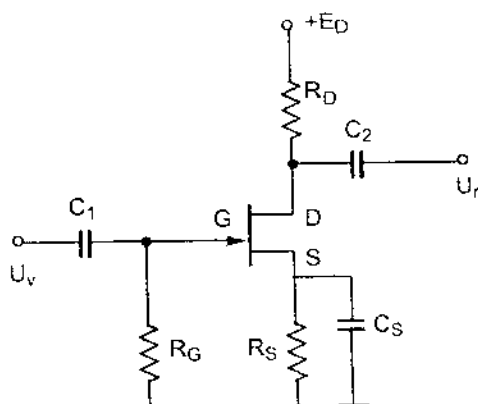
$$R_s = \frac{-U_{GDK}}{2I_{DSS}} = \frac{8}{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 266 \Omega$$

- Điện áp U_{GS0} được tính:

$$U_{GS0} = R_s \cdot I_D = 266 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 2V$$

- $U_{D0} = E - I_D \cdot R_D = 15 - 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 7,5V$

$$U_{DS} = U_{D0} - U_s = 7,5 - 5 = 2,5V$$



Hình 7.4

7.3. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CỰC MẮNG CHUNG (DC)

Hình 7.5 là sơ đồ mạch DC. Cũng như mạch SC: điện trở R_S và điện trở R_G để xác định chế độ làm việc tĩnh. Mặt khác R_S còn là tải một chiều, tải xoay chiều là:

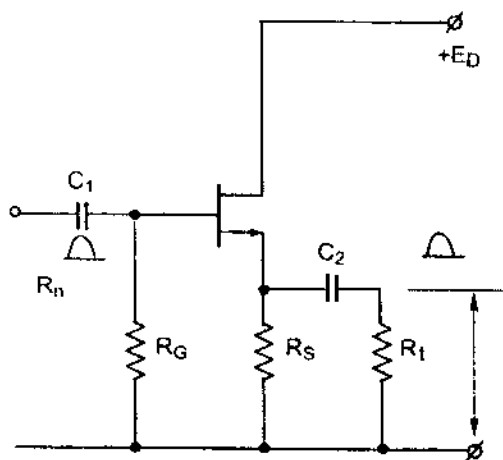
$$R_r = R_S // R_l \quad (7.8)$$

Tầng mắc DC cũng giống như tầng mắc CC điện áp ra và vào cùng pha với nhau.

$$U_r = U_v - U_{GS} \quad (7.9)$$

Bằng sơ đồ tương đương ta tính được hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_u = \frac{\beta \cdot R_l}{r_i + (1 + \beta) \cdot R_l} \quad (7.10)$$



Hình 7.5. Mạch DC

Cũng giống như mạch collector chung (CC), mạch mắc cực máng chung (DC) có trở kháng ra nhỏ hơn mạch mắc cực nguồn chung (SC) và trở kháng vào lớn hơn mạch SC.

Ví dụ 7.2: Hình 7.6 thể hiện tầng khuếch đại dùng J-FET mắc kiểu cực máng chung có các thông số đã cho, biết thêm: $U_{GS0} = -2,86V$; $U_p = -4V$; $I_{D0} = 4,56mA$; $I_{DSS} = 16mA$; $g_s = 25\mu S$.

Tính:

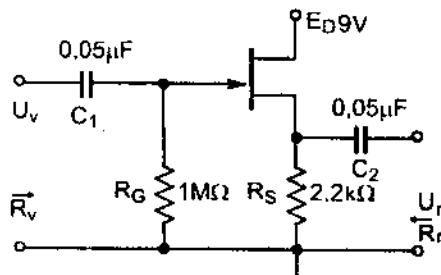
- | | |
|---------------|------------|
| a) g_m ; | c) R_v ; |
| b) r_{D0} ; | d) R_r . |

Bài giải:

a) Trước hết tính g_{m0}

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_p|} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{4} = 8 \cdot 10^{-3} (S)$$

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{U_{GS0}}{U_p}\right) = 8 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-2,86}{-4}\right) = 2,28 (mS)$$



Hình 7.6

$$b) r_D = \frac{1}{g_D} = \frac{1}{25\mu S} = 40k\Omega$$

$$c) R_i = R_G // r_{ci} = R_G // \infty = R_G = 1M\Omega$$

$$d) R_i = r_D // R_S // \frac{1}{g_m} = 40k\Omega // 2,2k\Omega // \frac{1}{2,28 \cdot 10^{-3}} = 362,52\Omega$$

Mạch cực cửa chung (GC) trong thực tế ít dùng nên không xét đến, tuy nhiên mạch cũng có những đặc điểm giống như mạch BC.

7.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại với tranzito FET mắc cực nguồn chung, có thể so sánh mạch nguồn chung của FET với mạch nào khi sử dụng BJT.

2. Vẽ mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại với tranzito FET mắc cực máng chung, có thể so sánh với mạch nào khi sử dụng BJT.

4. Lập bảng so sánh và cho nhận xét về các thông số: Z_u , Z_i , K_u , K_i của các mạch SC, DC.

Bài tập 1. Cho tầng khuếch đại như hình 7.7, với các thông số đã cho.

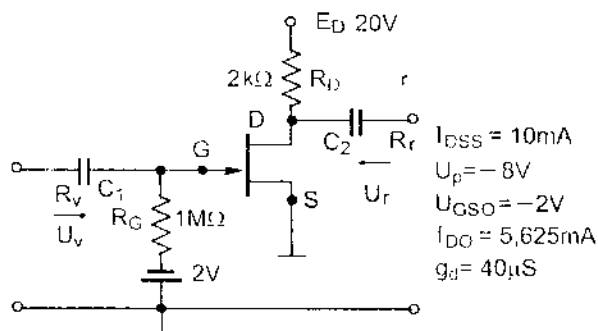
c) Phân tích tác dụng linh kiện và nguyên lý hoạt động của mạch điện.

d) Tính:

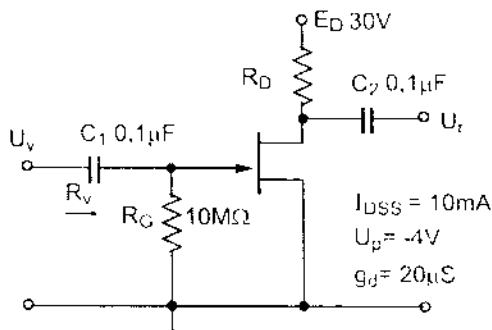
$$\begin{array}{lll} g_m; & R_u; & K_u \\ r_D; & R_i; & \end{array}$$

Bài tập 2. Cho tầng khuếch đại dùng J – FET hình 7.8 và các số liệu cho trên hình vẽ.

Hãy xác định điện trở tải một chiều R_D của tầng với hệ số khuếch đại điện áp $K_u = 10$.



Hình 7.7



Hình 7.8

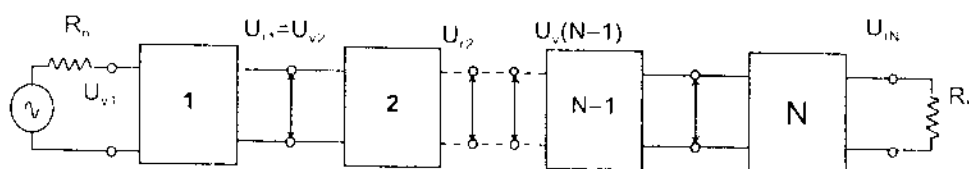
MẠCH GHÉP TẦNG KHUẾCH ĐẠI

8.1. VẤN ĐỀ CHUNG CỦA MẠCH GHÉP TẦNG

8.1.1. Khái niệm chung

Khi một tầng khuếch đại không đảm bảo đủ hệ số khuếch đại cần thiết, có thể ghép nối nhiều tầng khuếch đại đơn mắc nối tiếp với nhau.

8.1.2. Sơ đồ khối bộ khuếch đại nhiều tầng



Hình 8.1. Sơ đồ khối mạch khuếch đại ghép nhiều tầng

Một bộ khuếch đại thường có nhiều tầng mắc nối tiếp với nhau như hình 8.1. Trong bộ khuếch đại có nhiều tầng thì tín hiệu ra của tầng đầu hay tầng trung gian bất kỳ sẽ là tín hiệu vào của tầng sau. Tải của tầng trước là trở kháng vào của tầng sau đó. Việc ghép nhiều tầng trong bộ khuếch đại phải đảm bảo hệ số khuếch đại cao, dễ phối hợp trở kháng, méo không đáng kể, có thể thực hiện được các loại điều chỉnh như: điều chỉnh âm lượng, điều chỉnh âm sắc, điều chỉnh đặc tuyến tần số... Tùy theo yêu cầu của mạch có các cách ghép tầng sau:

Ghép điện dung (mạch điện này được gọi là mạch khuếch đại RC);

Ghép biến áp;

- Ghép trực tiếp.

Hai cách ghép đầu chỉ phù hợp với ghép dòng xoay chiều.

8.1.3. Phương pháp tính toán hệ số khuếch đại cho mạch ghép tầng

a) Hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại nhiều tầng

Theo sơ đồ 8.1 ta có hệ số của bộ khuếch đại nhiều tầng bằng tích hệ số khuếch đại của mỗi tầng (tính theo đơn vị số lần) hay bằng tổng của chúng (tính theo đơn vị decibel).

$$K_u = \frac{U_1}{E_n} = \frac{U_{r1}}{E_n} \cdot \frac{U_{r2}}{U_1} \cdot \dots \cdot \frac{U_{rN}}{U_{rN-1}} \quad (8.1)$$

Vậy hệ số khuếch đại của toàn mạch là:

$$K_u = K_{u1} \cdot K_{u2} \cdot K_{u3} \dots K_{un} \quad (8.2)$$

Nếu tính theo đơn vị dB thì:

$$K_u(\text{dB}) = K_{u1}(\text{dB}) + K_{u2}(\text{dB}) + \dots + K_{un}(\text{dB}) \quad (8.3)$$

b) Phối hợp trở kháng

Bài toán về phối hợp trở kháng theo hình 8.1: Nguồn tín hiệu có điện trở trong R_n ; suất điện động của nguồn tín hiệu E_n ; tải của mạch là R_l

Theo sơ đồ ta có:

$$I_r = \frac{E_n}{R_n + R_l} \quad (8.4)$$

Công suất ra trên tải P_r :

$$P_r = I_r^2 \cdot R_l = R_l \cdot \left(\frac{E_n}{R_n + R_l} \right)^2 \quad (8.5)$$

$$\text{Công suất ra trên tải } P_r \text{ lớn nhất khi: } R_n = R_l. \quad (8.6)$$

Điều kiện (8.6) đó là điều kiện phối hợp trở kháng.

Vậy phối hợp trở kháng là chọn giá trị của tải thích hợp với giá trị của nguồn tín hiệu sao cho công suất ra trên tải là lớn nhất.

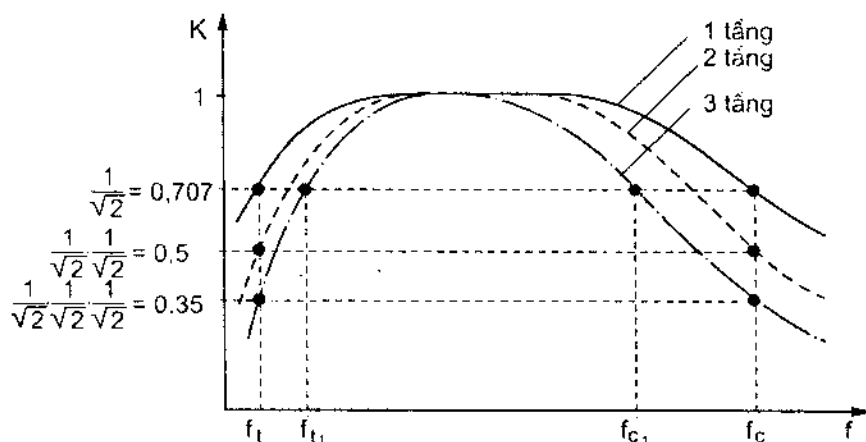
Điều kiện phối hợp trở kháng là trở kháng tải phải có giá trị bằng điện trở trong của nguồn tín hiệu.

c) Đặc tuyến tần số của bộ khuếch đại

Mỗi tầng khuếch đại thành phần có dải tần làm việc riêng và do đó giá trị dải tần chung của mạch khuếch đại nhiều tầng được xác định như hình 8.2 mô tả đặc tuyến tần số của bộ khuếch đại gồm nhiều tầng:

Ta thấy với 3 tầng khuếch đại, dải tần mới sẽ xác định khi hệ số khuếch đại K_u giảm ($\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.353$ lần) hay (-9dB).

Như vậy, dải tần làm việc của bộ khuếch đại nhiều tầng luôn hẹp hơn dải tần của mỗi tầng khuếch đại thành phần.

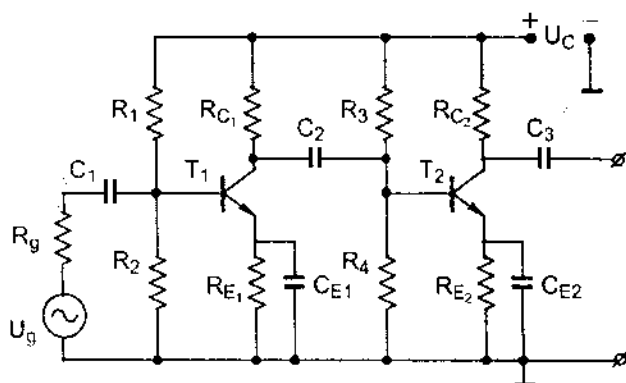


Hình 8.2

8.2. GHÉP TẦNG KHUẾCH ĐẠI BẰNG TỤ ĐIỆN

8.2.1. Sơ đồ nguyên lý

Sơ đồ mạch khuếch đại ghép tụ điện được biểu diễn trên hình 8.3.



Hình 8.3. Mạch khuếch đại ghép tụ điện

Nhiệm vụ linh kiện:

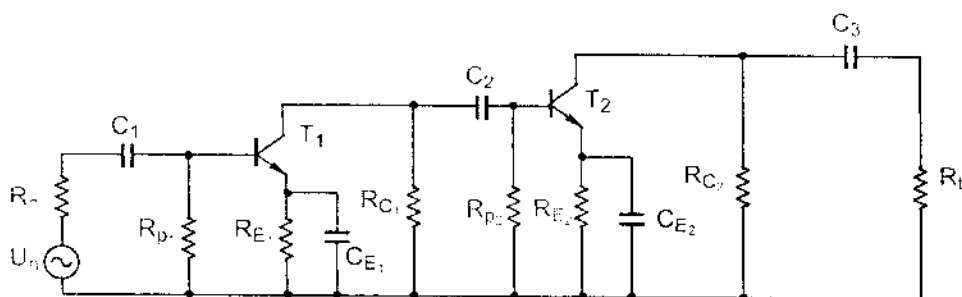
R_1, R_2, R_3, R_4 tạo thành bộ phân áp để xác định điện áp U_{BE} cho T_1, T_2 .

R_{E1}, R_{E2} là các điện trở hồi tiếp ổn định chế độ cho T_1, T_2 .

C_1, C_2, C_3 là các tụ nối tầng có nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu xoay chiều và ngăn điện áp một chiều giữa các tầng khuếch đại không cho ảnh hưởng đến nhau.

8.2.2. Sơ đồ tương đương

a) Sơ đồ tương đương ở tần số thấp (hình 8.4)



Hình 8.4. Sơ đồ tương đương mạch RC ở tần số thấp

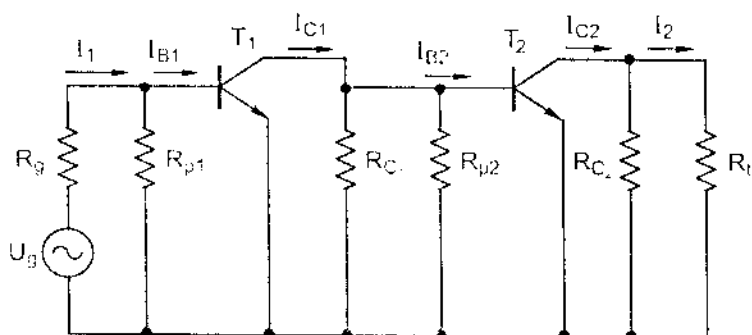
Trong đó: $R_{p1} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$; $R_{p2} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$

Từ sơ đồ tương đương ta thấy hệ số khuếch đại của mạch ở tần số thấp phụ thuộc vào trở kháng của tụ nối tăng, tụ hồi tiếp C_E . Trở kháng của tụ được xác định theo công thức:

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

Từ công thức trên ta thấy tần số càng giảm thì hệ số khuếch đại càng giảm.

b) Sơ đồ tương đương ở tần số trung bình (hình 8.5)



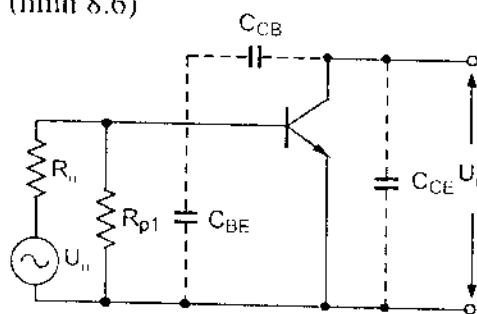
Hình 8.5. Sơ đồ tương đương mạch RC ở tần số trung bình

Trong dải tần số trung bình, trở kháng của tụ rất nhỏ ta có thể coi như ngắn mạch. Vì vậy hệ số khuếch đại không bị phụ thuộc vào tần số.

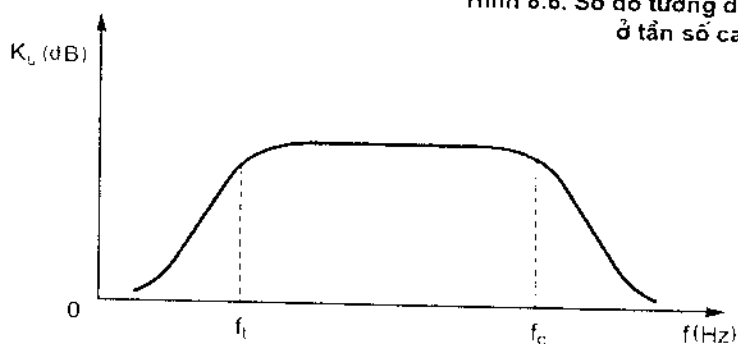
c) Sơ đồ tương đương ở tần số cao (hình 8.6)

Trong dải tần số cao điện dung ký sinh C_{BE} , C_{CE} , C_{CB} có trở kháng nhỏ mà nó được mắc song song với trở kháng ra và vào của mạch khuếch đại nên làm giảm hệ số khuếch đại ở tần số cao.

Đặc tuyến tần số của mạch khuếch đại RC như hình 8.7.



Hình 8.6. Sơ đồ tương đương mạch RC ở tần số cao



Hình 8.7. Đặc tuyến tần số mạch khuếch đại RC

Dải tần làm việc từ $f_L \div f_C$

- Trong dải tần đặc tuyến tần số tương đối bằng phẳng.

- Tại các tần số thấp $f < f_L$: hệ số khuếch đại suy giảm, phần lớn do trị số tụ nối tăng và tụ C_p gây nên.

- Tại các tần số cao $f > f_C$: hệ số khuếch đại trong vùng tần số này suy giảm chủ yếu vì ảnh hưởng của các điện dung tiếp giáp giữa các cực của tranzito gây ra.

Đối với mạch khuếch đại âm tần, thường chọn tụ hoá có trị số từ $1\mu F \div 10\mu F$ làm tụ nối tăng (tụ liên lạc).

Đối với các mạch khuếch đại có tần số cao, chỉ cần tụ có giá trị điện dung nhỏ làm tụ liên lạc (vài chục pF $\div$ vài nghìn pF).

8.2.3. Ưu, nhược điểm của mạch ghép tầng RC

Ưu điểm:

- Giữa các tầng liên kết bằng tụ điện nên chế độ một chiều giữa các tầng không liên quan đến nhau và việc chọn điểm làm việc cho các tầng rất dễ dàng, thuận lợi.

- Đặc tuyến tần số của mạch bằng phẳng trong dải tần số trung bình, giảm đi ở tần số thấp do ảnh hưởng của tụ nối tầng và tụ C_E , giảm đi ở tần số cao do ảnh hưởng của điện dung ký sinh giữa các cực của tranzito.

- Về cấu tạo thì đơn giản, gọn nhẹ, dễ dàng lắp ráp và sửa chữa.

Do những đặc điểm trên mạch khuếch đại RC hay được dùng trong thực tế, đặc biệt là ở các tầng khuếch đại điện áp.

Nhược điểm:

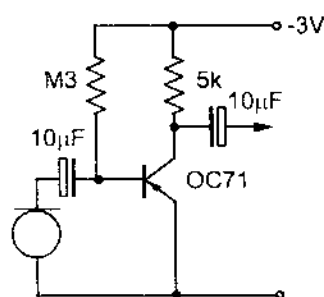
Trở kháng ra của tầng trước mắc song song với trở kháng vào của tầng sau nên mạch không phối hợp trở kháng giữa các tầng, nên hệ số khuếch đại không lớn.

8.2.4. Một số ví dụ về mạch khuếch đại RC

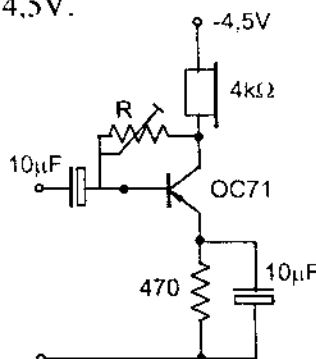
Hình 8.8a là mạch khuếch đại dùng cho micro điện động.

Mạch này có đặc điểm là độ ổn định kém, dòng tĩnh của mỗi tranzito khoảng 0.4mA. Hệ số khuếch đại toàn mạch khoảng 500 đến 600 lần. Mạch do hãng TESLA của Cộng hoà Séc sản xuất.

Hình 8.8b là mạch khuếch đại đơn giản để kiểm tra tín hiệu bằng tai nghe của máy ghi âm. Mạch định thiên dùng theo kiểu hồi tiếp âm điện áp song song, nguồn cấp có thể từ 1,5V đến 4,5V.



Hình 8.8a



Hình 8.8b. Mạch kiểm tra tín hiệu bằng tai nghe

8.3. MẠCH KHUẾCH ĐẠI GHÉP BIẾN ÁP

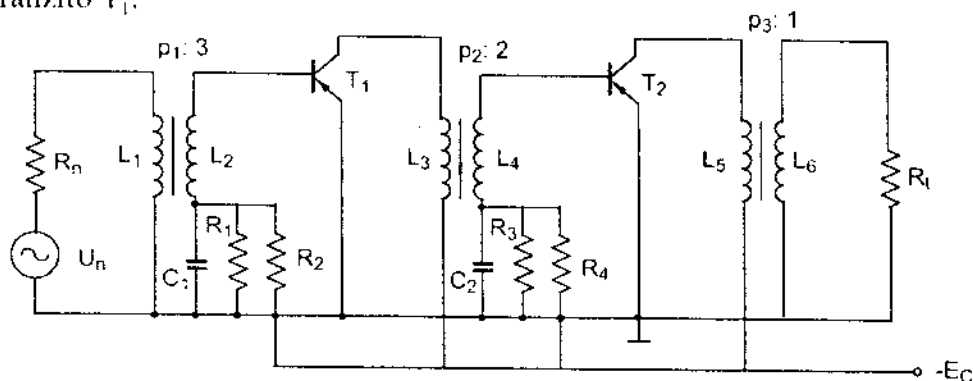
8.3.1. Sơ đồ nguyên lý và tác dụng linh kiện

Trên sơ đồ hình 8.9: các điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 tạo thành bộ phân áp để xác định điện áp U_{BE0} cho T_1 và T_2 .

Các tụ C_1 , C_2 có tác dụng làm kín mạch đối với thành phần xoay chiều.

Các biến áp TR_1 , TR_2 và TR_3 có nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu xoay chiều, ngăn điện áp một chiều và phối hợp trở kháng giữa các tầng khuếch đại.

Điện áp một chiều tại cực C của T_1 không ảnh hưởng đến điện áp phân cực B- T_2 , cuộn sơ cấp TR_2 đóng vai trò như một điện trở tải của tranzito T_1 .



Hình 8.9. Sơ đồ nguyên lý mạch ghép biến áp

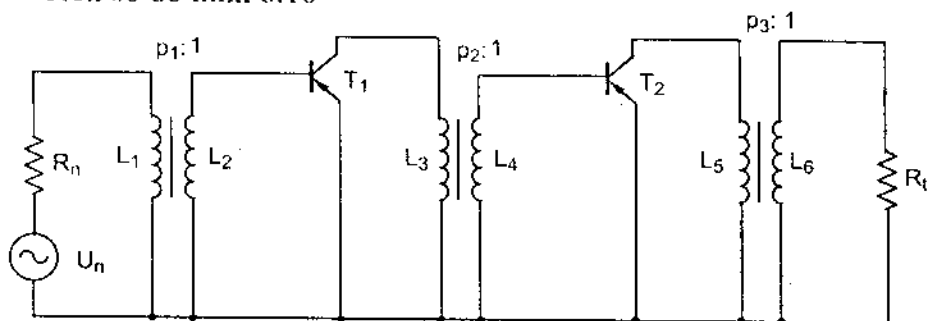
8.3.2. Nguyên lý hoạt động

Tín hiệu vào từ sơ cấp biến áp TR_1 cảm ứng sang cuộn thứ cấp, vào cực B- T_1 khuếch đại.

Tín hiệu lấy ra trên cuộn sơ cấp của biến áp TR_2 sẽ cảm ứng sang cuộn thứ cấp, tiếp tục đưa vào cực B- T_2 khuếch đại rồi ghép qua biến áp TR_3 đến cửa ra.

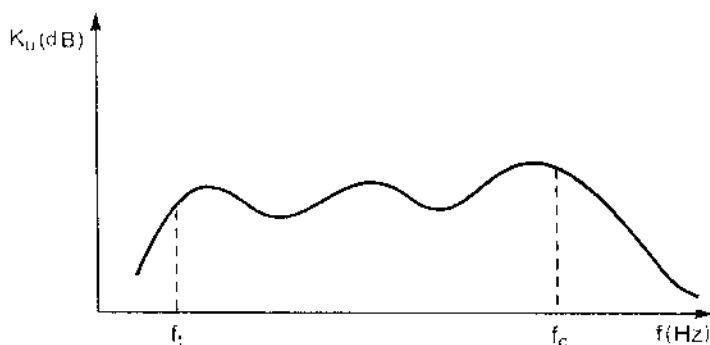
8.3.3. Sơ đồ tương đương đối với thành phần xoay chiều

Trên sơ đồ hình 8.10



Hình 8.10. Sơ đồ tương đương của mạch ghép biến áp

Từ sơ đồ tương đương ta có thể vẽ đặc tuyến tần số hình 8.11.



Hình 8.11. Đặc tuyến tần số mạch ghép biến áp

Nhận xét:

Đặc tuyến tần số của mạch không bằng phẳng vì ở tần số thấp do ảnh hưởng của điện trở rò, điện cảm của cuộn dây.

Tại khu vực tần số cao, do ảnh hưởng của điện dung ký sinh giữa các cực của tranzito.

Trong dải tần số làm việc ở một tần số nhất định của mỗi mạch điện thì điện dung ký sinh kết hợp cùng với điện cảm tạo nên hiện tượng cộng hưởng ở khu vực tần số cao, làm cho đặc tuyến bị võng lên.

8.3.4. Ưu, nhược điểm của mạch ghép biến áp

Ưu điểm:

- Do các tầng ghép biến áp nên chế độ một chiều hoàn toàn không liên quan đến nhau và việc chọn điểm làm việc cho các tầng dễ dàng giống như mạch khuếch đại RC.

- Mạch dễ phối hợp trở kháng nên dễ đạt được công suất ra lớn.

- Vì không bị sụt áp trên tải một chiều nên không cần nguồn cung cấp cao.

Nhược điểm:

- Đặc tuyến tần số không bằng phẳng trong dải tần số làm việc.

- Mạch công kênh không chế tạo được dưới dạng vi mạch.

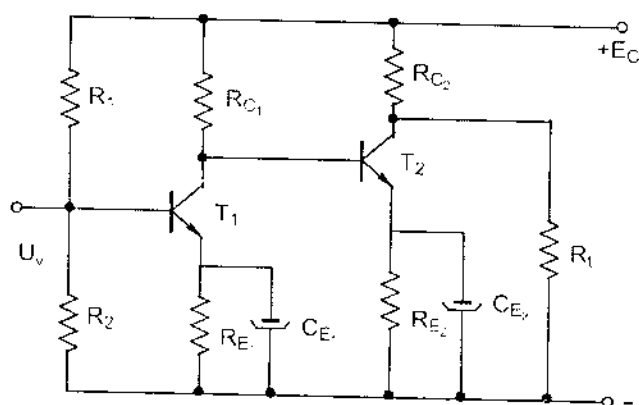
Do những đặc điểm trên đây nên mạch khuếch đại ghép biến áp chỉ dùng trong những mạch yêu cầu chất lượng thấp như máy thu thanh nhỏ. Với công nghệ chế tạo vi mạch như ngày nay thì mạch ghép biến áp rất ít được dùng.

8.4. MẠCH KHUẾCH ĐẠI GHÉP TRỰC TIẾP

8.4.1. Sơ đồ mạch ghép thường

Sơ đồ mạch điện:

Các mạch ghép trực tiếp hay được dùng ở các mạch khuếch đại tín hiệu biến thiên chậm. Người ta dùng phương pháp ghép trực tiếp nguồn tín hiệu với đầu vào; giữa các tầng; giữa đầu ra với tải. Từ sơ đồ hình 8.12 ta thấy điện áp cấp cho B của T_2 được lấy từ cực C của T_1 nên:



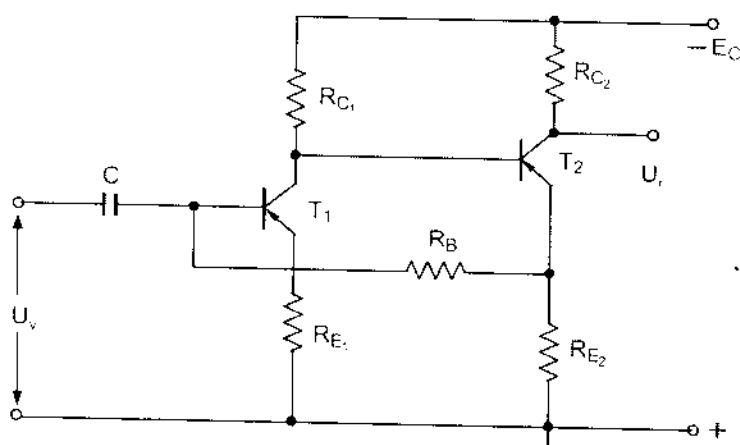
Hình 8.12. Mạch khuếch đại ghép trực tiếp

$U_{B2} = U_{C1}$, mặt khác ta có:

$$U_{B2} = U_{C1} - U_{R2} \quad (8.7)$$

Từ (8.7) ta thấy để đảm bảo chế độ làm việc cho T_2 phải tăng giá trị của điện trở $R_{1,2}$ mà $R_{1,2}$ là điện trở hồi tiếp nên việc tăng điện trở hồi tiếp sẽ khó đạt được hệ số khuếch đại lớn.

Để khắc phục hiện tượng trên, trong thực tế người ta thường dùng mạch điện như hình 8.13. Trên sơ đồ này điện áp định thiên cho T_1 được lấy từ cực E của T_2 qua điện trở R_B .



Hình 8.13. Mạch khuếch đại ghép trực tiếp

Điện áp lấy từ C của T_1 được lấy để định điện áp U_{BEQ} cho T_2 . Như vậy chế độ một chiều giữa hai tranzito liên quan chặt chẽ với nhau.

Phương pháp này có độ ổn định cao vì: Giả sử khi mạch không ổn định (nhiệt độ tăng) $\rightarrow i_{C1} \cdot T_1$ tăng $\rightarrow U_{RC1}$ tăng $\rightarrow U_{C1} - T_1$ giảm $\rightarrow U_{BE} \cdot T_2$ giảm $\rightarrow i_{C2} \cdot T_2$ giảm $\rightarrow U_{RE2}$ giảm $\rightarrow$ thông qua R_B , $U_{BE} - T_1$ giảm $\rightarrow i_{C1} \cdot T_1$ giảm.

Do có vòng hồi tiếp trên nên chế độ một chiều của mạch rất ổn định, vì vậy mạch rất hay được dùng.

8.4.2. Ưu, nhược điểm của mạch ghép trực tiếp

Ưu điểm:

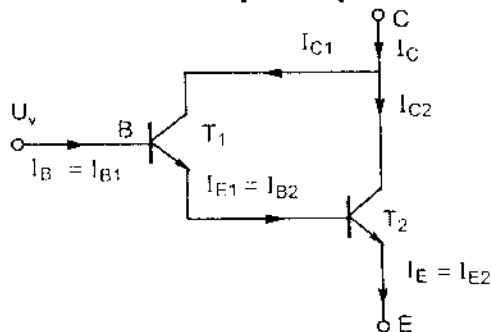
- Chế độ một chiều liên quan chặt chẽ giữa các tầng nên việc định điểm làm việc có nhiều khó khăn hơn so với mạch ghép biến áp và ghép RC.
- Đặc tuyến tần số của mạch bằng phẳng ít méo tuyến tính.
- Dễ chế tạo dưới dạng vi mạch.

Nhược điểm:

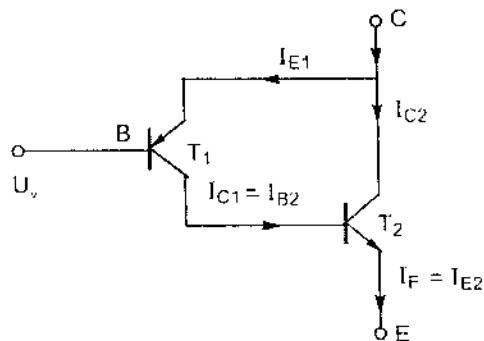
- Mạch không phối hợp trở kháng.
- Khó điều chỉnh để có chế độ một chiều phù hợp cho cả T_1 và T_2 .

8.5. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DARLINGTON

8.5.1. Sơ đồ mạch điện



Hình 8.14. Mạch Darlington



Hình 8.15. Mạch Darlington bù

8.5.2. Phân tích mạch

Mạch Darlington thực chất là một cách ghép trực tiếp hai hay nhiều tranzito với nhau để tạo thành một tranzito mới như sơ đồ hình 8.14 hoặc mạch Darlington bù như hình 8.15.

Xét mạch Darlington hình 8.14. Nếu gọi β_1, β_2 là hệ số khuếch đại dòng của T_1 và T_2 ta có:

$$I_{B2} = I_{E1} = \beta_1 \cdot I_{B1} \quad (8.8)$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} \quad (8.9)$$

$$I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = \beta_2 (\beta_1 \cdot I_{B1} + I_{B1}) \quad (8.10)$$

$$I_C = \beta_1 \cdot I_{B1} + \beta_2 \cdot I_{B1} (\beta_1 + 1) = I_{B1} (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) \quad (8.11)$$

Hệ số khuếch đại toàn mạch:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (8.12)$$

Thay (8.11) vào (8.12) ta có:

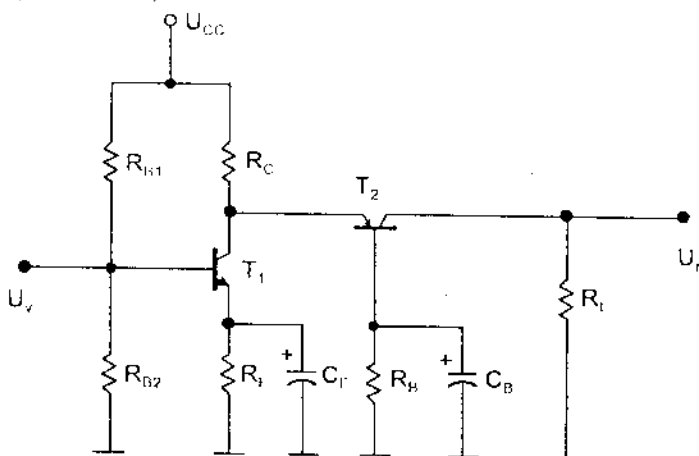
$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \quad (8.13)$$

Từ (8.13) ta thấy hệ số khuếch đại dòng của mạch rất lớn có thể đạt tới hàng trăm đến hàng nghìn lần.

Mặt khác, trở kháng vào của mạch rất lớn và độ ổn định cao nên hay được dùng trong chế tạo vi mạch và ở các mạch đòi hỏi chất lượng cao hoặc mạch yêu cầu công suất lớn.

8.6. MẠCH CASCODE

Đặc điểm của mạch khuếch đại Cascode là dùng 2 tầng khuếch đại mắc nối tiếp (hình 8.16).

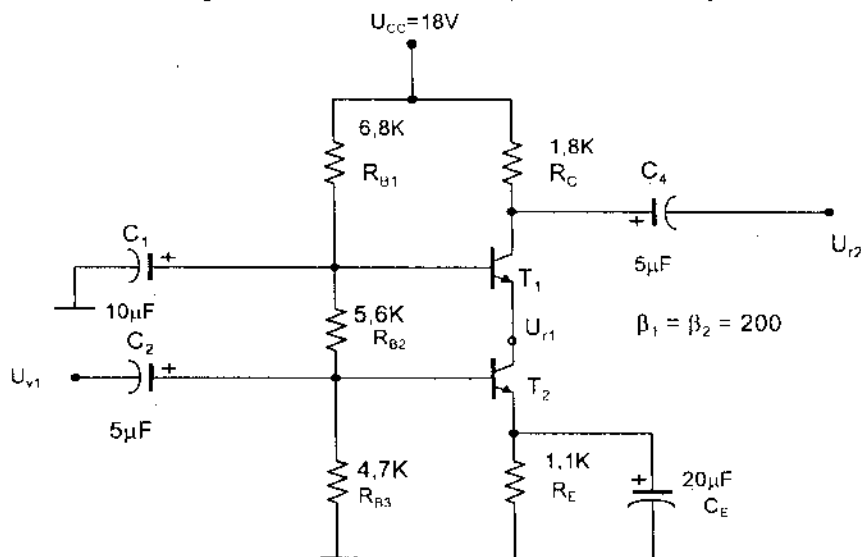


Hình 8.16. Mạch khuếch đại Cascode

Tầng thứ hai mắc kiểu BC để tăng tần số cắt, giảm tạp nhiễu (vì điện trở vào của tầng thứ nhất mắc kiểu EC nhỏ nên hệ số khuếch đại của tầng này nhỏ), giảm thiểu hiệu ứng miller ở tần số cao. Tầng thứ nhất mắc kiểu EC, làm việc ở điện áp thấp, hệ số khuếch đại điện áp nhỏ (cũng nhằm

giảm hiệu ứng miller của tụ ở tần số cao). Song hệ số khuếch đại điện áp toàn mạch lại lớn (khoảng vài trăm lần).

Ta có thể dùng ví dụ tính toán cho mạch Cascode thực tế ở hình 8.17:



Hình 8.17

Bài giải:

* *Tính các thông số một chiều:*

$$I_{E2} \approx I_{E1} \text{ hoặc } I_{C2} \approx I_{C1}$$

$$\text{Từ } \beta_1 = \beta_2 \text{ ta có: } \frac{I_{C2}}{\beta_2} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \text{ hoặc } I_{B2} \approx I_{B1}$$

Dòng I_{B1} rẽ mạch qua βR_E mà nó được mắc song song với $R_{B3} = 4,7k\Omega$.

Vì $\beta R_E = 100(1k\Omega) = 100k\Omega$, có giá trị lớn hơn R_{B3} nhiều lần nên có thể bỏ qua hiệu ứng I_{B1} lên mạch R_E . Từ cách tính gần đúng, có thể coi $I_{B2} \approx I_{B1}$.

Áp phân cực:

$$U_{B1} = \frac{R_{B3}(U_{CC})}{R_{B3} + R_{B2} + R_{B1}} = \frac{4,7k\Omega(18)}{4,7k\Omega + 5,6k\Omega + 6,8k\Omega} = \frac{84,6}{17,1} = 4,95V$$

$$\text{Và } I_{E1} = \frac{U_{E1}}{R_E} = \frac{U_{B1} - U_{BE}}{R_E} = \frac{4,95 - 0,7}{1k} = 4,25mA$$

Điện trở tiếp giáp BE của T_1 là:

$$r_{E1} = \frac{26mV}{I_{E1}} = \frac{26mV}{4,25mA} = 6,12\Omega$$

Từ $I_{E1} \approx I_{E2}$, ta có: $r_{E2} = 6,12\Omega$.

* *Tính các thông số AC:*

$$K_{u1} = \frac{U_{r1}}{U_{v1}} \approx \frac{-R_1}{r_{E1}}$$

Tải của T_1 là trở vào của T_2 tức là trở tiếp giáp EB của nó, nên: $R_{t1} = r_{E2}$

Vậy: $K_{u1} = \frac{-r_{E2}}{r_{E1}} = -1$ (hệ số khuếch đại nhỏ nên giảm được hiệu ứng miller).

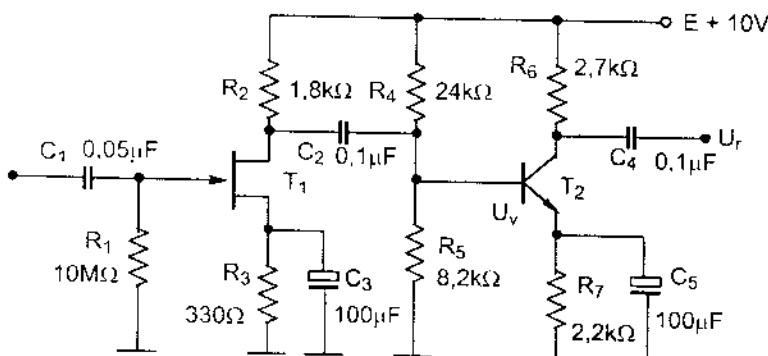
Và
$$K_{u2} = \frac{R_C}{r_{E2}} = \frac{1,8k\Omega}{6,12} \approx 294,1$$

Vậy:
$$K_u = \frac{U_{r2}}{U_{v1}} = K_{u1} \cdot K_{u2} = (-1) \cdot (294,1) = -294,1$$

8.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu nhiệm vụ, yêu cầu của bộ khuếch đại điện áp. Hệ số khuếch đại của mạch có nhiều tầng.
2. Thế nào là phối hợp trở kháng? Điều kiện phối hợp trở kháng giữa các tầng khuếch đại.
3. Vẽ sơ đồ, phân tích tác dụng các linh kiện, giải thích sơ đồ tương đương, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại ghép tụ điện.
4. Vẽ sơ đồ, phân tích tác dụng các linh kiện, giải thích sơ đồ tương đương, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại ghép biến áp.
5. Vẽ sơ đồ, phân tích tác dụng các linh kiện, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại ghép trực tiếp.
6. Vẽ sơ đồ, phân tích tác dụng các linh kiện, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại Darlington.

Bài tập 1. Cho mạch khuếch đại gồm 2 tầng như hình 8.18.

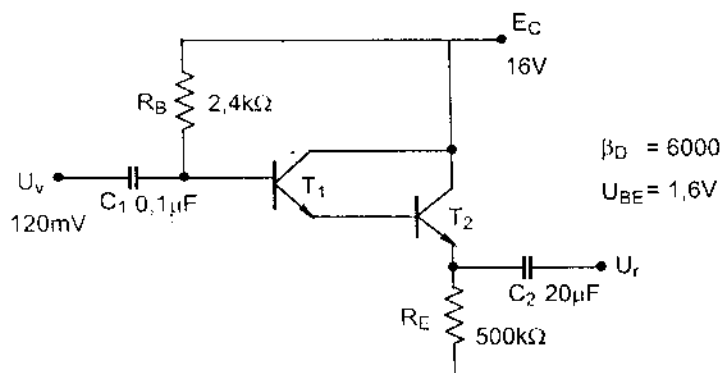


Hình 8.18

Hãy phân tích tác dụng các linh kiện, đặc điểm, nguyên lý làm việc mạch điện.

– Cho biết $I_{DSS} = 6\text{mA}$; $U_p = -3\text{V}$; $\beta = 150$. Xác định hệ số khuếch đại điện áp của mạch điện.

Bài tập 2. Cho tầng khuếch đại darlington như hình 8.19. Tính K_u



Hình 8.19

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐƠN HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ A

9.1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

9.1.1. Đặc điểm chung

Các mạch khuếch đại đã nghiên cứu ở các bài học trước, tín hiệu ra của các mạch đó còn nhỏ. Để tín hiệu ra đủ lớn đáp ứng yêu cầu các phụ tải, ví dụ: cho loa (radio – cattset); cho các cuộn lái tia (tivi) v.v... ta phải dùng đến mạch khuếch đại công suất. Để tín hiệu ra có công suất lớn và chất lượng đáp ứng những yêu cầu của tải như độ méo phi tuyến, hiệu suất các mạch vì thế mạch công suất phải được nghiên cứu khác với các mạch khuếch đại trước đó.

Vậy khuếch đại công suất là tầng khuếch đại cuối cùng của bộ khuếch đại, có tín hiệu vào lớn. Nó có nhiệm vụ cho ra tải một công suất lớn nhất có thể được, với độ méo cho phép và bảo đảm hiệu suất cao.

Do khuếch đại tín hiệu lớn, tranzito làm việc trong miền không tuyến tính nên không thể dùng sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ nghiên cứu mà phải dùng đồ thị.

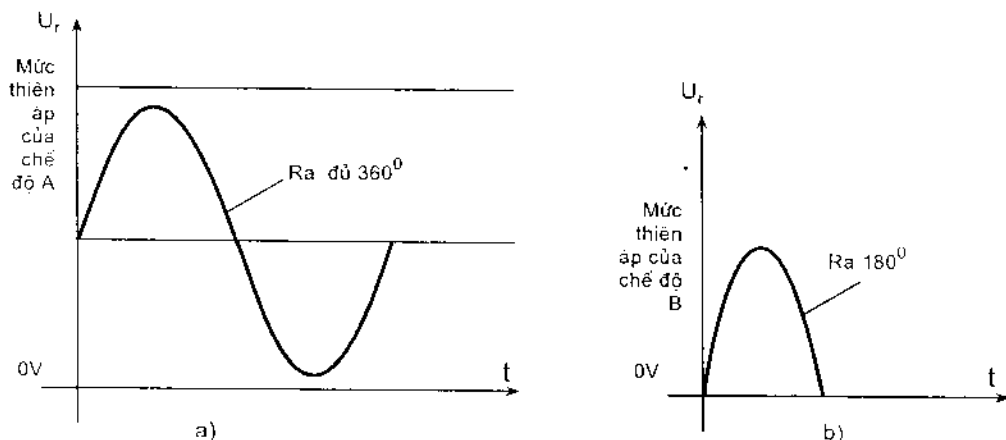
9.1.2. Các chế độ làm việc của mạch khuếch đại công suất

Tầng khuếch đại công suất có thể làm việc ở các chế độ A, B, AB và C, D tùy thuộc vào chế độ công tác của tranzito.

* *Chế độ A* là chế độ khuếch đại cả tín hiệu hình sin vào. Chế độ này có hiệu suất thấp (với điện trở tải dưới 25%) nhưng méo phi tuyến nhỏ nhất, nên được dùng trong trường hợp đặc biệt (hình 9.1a).

* *Chế độ B* là chế độ khuếch đại nửa hình sin vào, đây là chế độ có hiệu suất lớn ($\eta = 78\%$), tuy méo xuyên tâm lớn nhưng có thể khắc phục bằng cách kết hợp với chế độ AB và dùng hồi tiếp âm (hình 9.1b).

* *Chế độ AB* có tính chất chuyển tiếp giữa A và B. Nó có dòng tĩnh nhỏ để tham gia vào việc giảm méo lúc tín hiệu vào có biên độ nhỏ.



Hình 9.1. Tín hiệu ra của mạch khuếch đại chế độ A: (a) và B: (b)

* Chế độ C khuếch đại tín hiệu ra bé hơn nửa hình sin, có hiệu suất khá cao (>78%) nhưng méo rất lớn. Nó được dùng trong các mạch khuếch đại cao tần có tải là khung cộng hưởng để chọn lọc sóng đài mong muốn và để có hiệu suất cao.

* Chế độ D tranzito làm việc như một khóa điện tử đóng mở. Dưới tác dụng của tín hiệu vào điều khiển tranzito thông báo hòa là khóa đóng, dòng I_C đạt cực đại, còn khóa mở khi tranzito tắt, dòng $I_C = 0$.

9.2. KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT CHẾ ĐỘ A

9.2.1. Khuếch đại công suất đơn, hoạt động chế độ A sử dụng tải điện trở

1. Sơ đồ mạch điện, tác dụng linh kiện

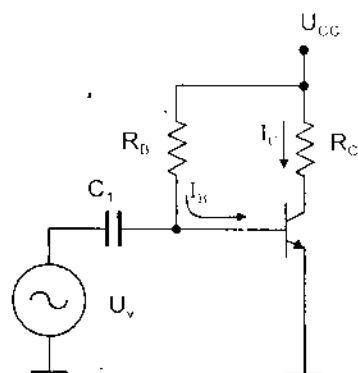
Sơ đồ mạch điện như hình 9.2a.

Tác dụng linh kiện:

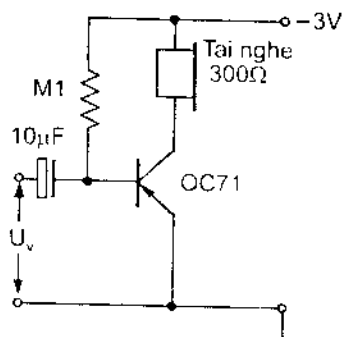
C_1 : Tụ nối tăng.

R_B : Cung cấp điện áp phân cực cho cực B tranzito.

R_C : có nhiệm vụ cung cấp điện áp 1 chiều cho cực C tranzito và là tải xoay chiều cho tranzito. Vì tầng khuếch đại công suất là tầng khuếch đại cuối nên R_C thường được sử dụng là loa hoặc tai nghe như hình 9.2b.



Hình 9.2a. Sơ đồ khuếch đại chế độ A dùng tải điện trở

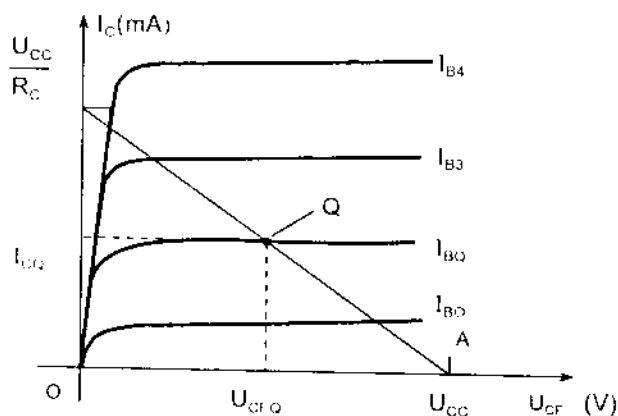


Hình 9.2b

2. Nguyên lý hoạt động

Trong tầng khuếch đại chế độ A, điểm làm việc luôn thay đổi đối xứng xung quanh điểm làm việc tĩnh.

Xét tầng khuếch đại đơn mắc emitter chung, mạch này có hệ số khuếch đại lớn và méo nhỏ. Ta chỉ xét mạch ở dạng nguồn cấp nối tiếp. Mạch điện được cho ở hình 9.2a.



Hình 9.3. Điểm làm việc của mạch khuếch đại chế độ A

3. Xây dựng đường tải tĩnh

Dòng phân cực một chiều được tính theo U_{CC} và R_B :

$$I_B = \frac{U_{CC} - 0,7V}{R_B}$$

Tương ứng với dòng collector sẽ là:

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

Điện áp collector – emitter:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Từ giá trị U_{CC} , ta vẽ được đường tải một chiều AB. Từ đó sẽ xác định được điểm làm việc Q tương ứng với I_{BQ} trên đặc tuyến ra. Hạ đường chiếu từ điểm Q đến hai trục tọa độ sẽ có I_{CQ} và U_{CEQ} như hình 9.3.

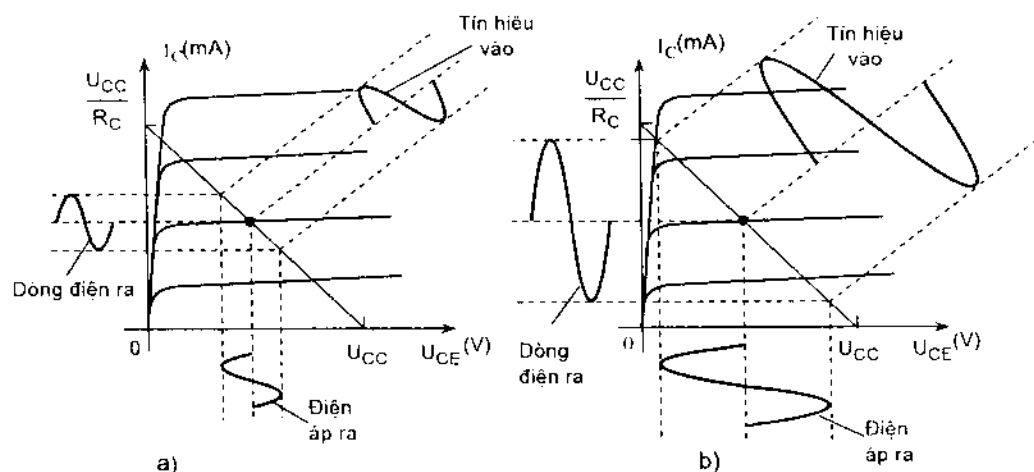
4. Xây dựng đường tải động (khi có tín hiệu)

Khi có một tín hiệu AC được đưa tới đầu vào của bộ khuếch đại, dòng điện và điện áp ra sẽ thay đổi theo đường tải một chiều.

Một tín hiệu đầu vào nhỏ (hình 9.4a) sẽ gây ra dòng điện cực gốc thay đổi ở bên trên và bên dưới của điểm làm việc tĩnh, dòng collector (I_C) và điện áp collector – emitter (U_{CE}) cũng thay đổi xung quanh điểm làm việc tĩnh này.

Khi tín hiệu đầu vào lớn hơn (hình 9.4b) đầu ra sẽ biến thiên xa hơn so với điểm làm việc tĩnh đã được thiết lập từ thời điểm trước, cho tới khi cả dòng điện và điện áp đều đạt đến một giá trị giới hạn.

Đối với dòng điện, giá trị giới hạn này có thể là 0 ở điểm kết thúc thấp hoặc U_{CC}/R_C ở điểm kết thúc cao của chu kỳ hoạt động của nó. Đối với điện áp U_{CE} , giới hạn cũng có thể là 0V hay bằng giá trị nguồn cung cấp U_{CC} .



Hình 9.4. Quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra

* Công suất cung cấp từ nguồn một chiều:

$$P_V(\text{dc}) = U_{CC} \cdot I_{CQ}$$

* Công suất ra:

+ Tính theo giá trị hiệu dụng:

$$P_r(ac) = U_{CE(rms)} \cdot I_{C(rms)}$$

$$P_r(ac) = I_{C(rms)}^2 \cdot R_C$$

$$P_r(ac) = \frac{U_{C(rms)}^2}{R_C}$$

+ Tính theo giá trị đỉnh:

$$P_r(ac) = \frac{U_{CE(p)} \cdot I_{C(p)}}{2} = \frac{I_{C(p)}^2}{2} R_C$$

$$P_r(ac) = \frac{U_{CE(p)}^2}{2R_C}$$

+ Tính theo giá trị đỉnh – đỉnh:

$$P_r(ac) = \frac{U_{CE(p-p)} \cdot I_{C(p-p)}}{8}$$

$$P_r(ac) = \frac{I_{C(p-p)}^2}{8} R_C$$

$$P_r(ac) = \frac{U_{CE(p-p)}^2}{8R_C}$$

* **Hiệu suất mạch:** Hiệu suất của một mạch khuếch đại phụ thuộc vào tổng công suất xoay chiều trên tải và tổng công suất cung cấp từ nguồn một chiều. Hiệu suất được tính theo công thức sau:

$$\eta = \frac{P_r(ac)}{P_v(dc)} \cdot 100\%$$

* **Hiệu suất cực đại:**

Với mạch khuếch đại công suất chế độ A, hiệu suất cực đại có thể được xác định thông qua giá trị dòng điện cực đại và điện áp cực đại:

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

$$I_{C(p-p)} = \frac{U_{CC}}{R_C}$$

$$\left[P_{r\max}(ac) = \frac{U_{CC} \cdot U_{CC}}{8} \right]$$

Công suất một chiều (dc) từ nguồn điện áp cung cấp cực đại được tính ứng với giá trị dòng thiên áp bằng một nửa giá trị cực đại:

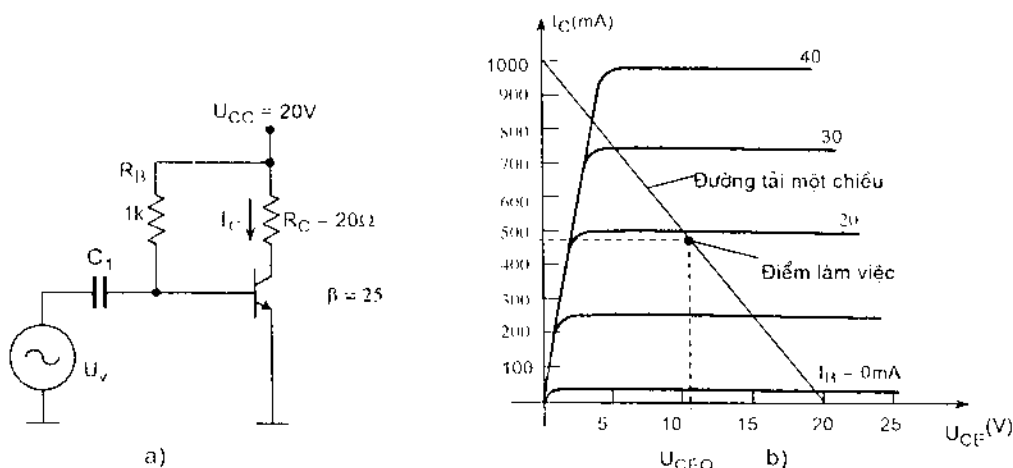
$$P_{v\max}(\text{dc}) = U_{CC} \cdot I_{C\max} = U_{CC} \cdot \frac{U_{CC}}{2R_C} = \frac{U_{CC}^2}{2R_C}$$

ta tính được hiệu suất cực đại:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{r\max}(\text{ac})}{P_{v\max}(\text{dc})} \cdot 100\% = \frac{U_{CC}^2}{2R_C} \cdot 100\% = 25\%$$

Hiệu suất cực đại của mạch khuếch đại tại chế độ A dùng tải điện trở như ta thấy là 25%. Hiệu suất này chỉ đạt được trong trường hợp đặc biệt, còn hầu hết các mạch khuếch đại chế độ A dùng tải điện trở đều có hiệu suất nhỏ hơn giá trị 25%.

Ví dụ 9.1: Tính công suất vào, công suất ra, hiệu suất và công suất tổn hao tranzito khi cho tín hiệu vào với dòng bazơ $I_{B(\text{peak})} = 10\text{mA}$.



Hình 9.5. Sơ đồ cho ví dụ 9.1

Bài giải: Tính các giá trị để xác định điểm Q:

$$I_B = [U_{CC} - 0,7\text{V}] / R_B = (20 - 0,7) / 1\text{k}\Omega = 19,3\text{mA}$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_B = 25 \cdot 19,3 = 482,5\text{mA}$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ} \cdot R_C = 20 - 482,5 \cdot 20 = 10,35\text{V}$$

Mạch điện không có R_E , nên $U_{CE} = U_{CC} = 20\text{V}$

Ta có:
$$I_C = \frac{U_{CC}}{R_C} = \frac{20V}{20\Omega} = 1A = 1000mA.$$

Ta vẽ được đường tải một chiều R_{DC} (2 điểm $U_{CE} = 20V$; $I_C = 1000mA$).
Với I_{CQ} và U_{CEQ} ta xác định được điểm làm việc trên đường tải.

Khi tín hiệu vào với dòng bazơ $I_{B(p)} = 10mA$ thì biên độ dòng collector trên đặc tuyến sẽ là:

$$I_{C(p)} = \beta \cdot I_{B(p)} = 25 \cdot 10 = 250mA \text{ (giá trị định)}$$

$$P_r(ac) = \frac{I_{C(p)}^2}{2} \cdot R_C = \frac{(250 \cdot 10^{-3} A)^2}{2} \cdot (20\Omega) = 60W$$

$$P_{V(DC)} = U_{CC} \cdot I_{CQ} = 20 \cdot 482,5 \cdot 10^{-3} = 9,65W$$

$$\eta(\%) = P_r(ac) / P_{V(DC)} \cdot 100\% = (0,625/9,65) \cdot 100\% = 6,48\%$$

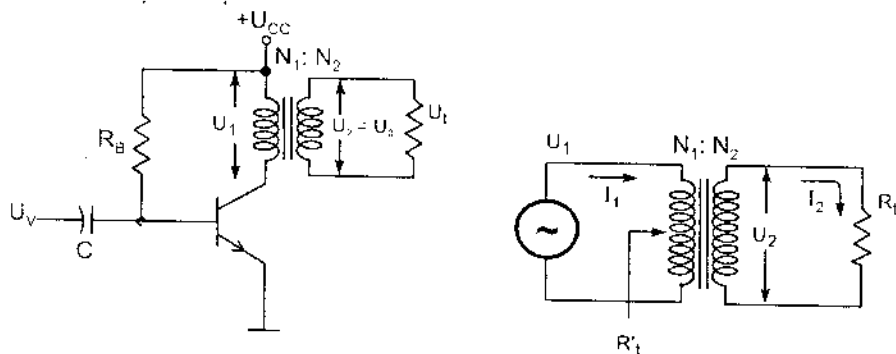
$$P_Q = P_{V(DC)} - P_r(ac) = 9,65 - 0,625 = 9,025W$$

Qua ví dụ ta thấy rõ mạch khuếch đại RC dùng chế độ A có hiệu suất thấp, chỉ đạt 6,5% so với hiệu suất cực đại là 25%.

9.2.2. Khuếch đại công suất đơn, chế độ A tải ghép biến áp

1. Sơ đồ mạch điện, tác dụng linh kiện

Sơ đồ mạch điện:

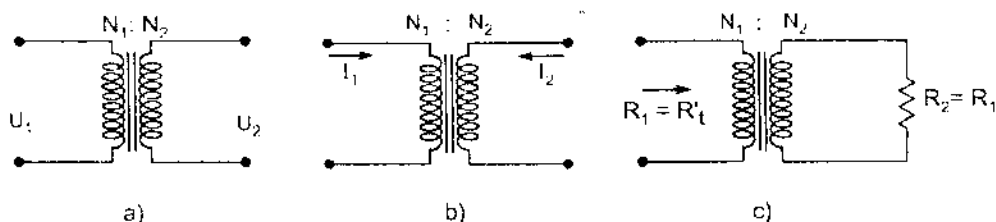


Hình 9.6. Mạch khuếch đại công suất âm tần ghép biến áp

Đây là một dạng của khuếch đại chế độ A với hiệu suất tối đa là 50%, sử dụng một máy biến áp để lấy tín hiệu đầu ra đến tải như hình 9.6.

Tác dụng linh kiện:

Hoạt động của máy biến áp: một máy biến áp có thể tăng hay giảm giá trị điện áp và dòng điện theo tỷ lệ đã được định trước. Giả sử máy biến áp được nghiên cứu là loại máy tăng áp và bỏ qua sự tổn hao công suất.



Hình 9.7. Hoạt động của biến áp

a) Biến đổi điện áp; b) Biến đổi dòng điện; c) Biến đổi trở

Biến đổi điện áp:

Như ta thấy ở hình 9.7a, máy biến áp có thể làm tăng hay giảm điện áp phụ thuộc vào những số vòng dây ở mỗi bên.

Sự biến đổi áp theo công thức: $U_1/U_2 = N_1/N_2$

Điều này cho thấy nếu số vòng dây cuộn thứ cấp lớn hơn cuộn sơ cấp thì điện áp ra thứ cấp sẽ lớn hơn điện áp vào sơ cấp.

Sự biến đổi của dòng điện:

Dòng điện biến đổi sẽ tỷ lệ nghịch với số vòng dây ở 2 cuộn. Tức là:

$$I_2/I_1 = N_1/N_2$$

Mối quan hệ này được thể hiện ở hình 9.7b. Nếu số vòng dây ở cuộn thứ cấp lớn hơn cuộn sơ cấp thì dòng điện chạy ở cuộn thứ cấp sẽ nhỏ hơn dòng điện ở cuộn sơ cấp.

Tải của biến áp có biến đổi trở kháng:

Khi biến áp thay đổi điện áp và dòng điện thì trở kháng ở cả 2 cuộn cũng có thể bị thay đổi, như ta thấy ở hình 9.7c.

Ta gọi R_1' là điện trở nhìn vào từ cuộn dây sơ cấp máy biến áp, trên đó đã tính đến ảnh hưởng tải ghép từ cuộn dây thứ cấp thông qua hệ số biến áp:

$$a^2 = (N_1/N_2)^2$$

Điện trở tải ở cuộn dây thứ cấp phản ánh qua điện trở sơ cấp được tính như sau:

$$R_1'/R_1 = R_1/R_2 = (N_1/N_2)^2 = a^2$$

Trong đó, tỷ số: $U_1/U_2 = N_1/N_2$ và $I_2/I_1 = N_1/N_2$

Hệ số phản ánh từ tải qua sơ cấp biến áp biểu thị tỷ số giữa tải phản ánh R_1' và tải R_1 qua tỷ số biến áp:

$$R_1'/R_1 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = a^2$$

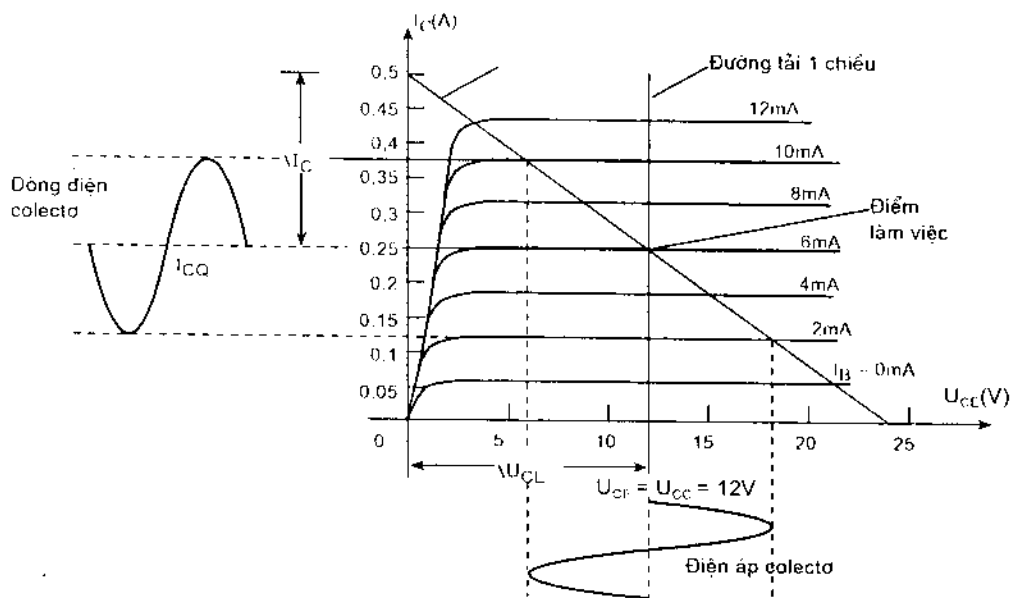
Ví dụ 9.2: + Tính R'_1 biết $R_1 = 8\Omega$ và tỷ số vòng của biến áp $a = 15/1$

$$R'_1 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \cdot R_1 = 15^2 \cdot 8 = 1,8k\Omega$$

+ Tính tỷ số vòng của biến áp khi cho $R_1 = 16\Omega$, $R'_1 = 10k\Omega$

$$\left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{R'_1}{R_1} = \frac{10000}{16} = 625, \text{ suy ra: } \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{625} = 25/1$$

2. Xây dựng đường tải một chiều, điểm làm việc tĩnh



Hình 9.8. Đường tải của mạch khuếch đại công suất chế độ A ghép biến áp

Vì điện trở một chiều của cuộn dây biến áp rất nhỏ, lý tưởng coi như bằng 0. Như vậy, đường đặc tuyến tải một chiều R_{DC} lúc này sẽ thẳng đứng song song với trục tung (I_C).

Điện áp tại điểm làm việc tĩnh: $U_{CEQ} = U_{CC}$.

Nếu cho biết dòng định thiên I_B thì chỉ việc kẻ một đoạn thẳng song song với trục tung I_C , cắt đặc tuyến với dòng I_B sẽ tìm được điểm làm việc Q.

3. Xây dựng đường tải động

Khi chọn dòng I_B – phải căn cứ vào đặc tuyến để xác định sao cho có độ méo là thấp nhất. Điều này có quan hệ với biên độ điện áp và dòng tín hiệu ở ngõ ra, có nghĩa là biên độ của chúng không vượt quá đoạn cong đặc tuyến và đường cong giới hạn tổn hao cho phép của tranzito.

Điểm làm việc được chọn trên giao điểm của đường tải R_{DC} và dòng I_C ứng với tham số $I_B = 6\text{mA}$. Để đảm bảo cho tín hiệu làm việc ở phần đặc tuyến thẳng thì dòng điện vào có biên độ đỉnh 4mA (peak). Từ đó sẽ xác định được biên độ của điện áp ra và dòng ra trên tải biến áp.

Xác định đường tải xoay chiều R_{AC} bằng cách kẻ một đoạn thẳng có độ nghiêng $(1/R'_L)$ lệch về trục I_C đi qua điểm làm việc Q .

Nếu tín hiệu bắt đầu từ điểm làm việc ở mức 0V , thì dòng collector từ điểm Q , I_{CQ} sẽ biến đổi một lượng:

$$\Delta I_C = \Delta U_{CE} / R'_L$$

Từ giá trị ΔI_C trên trục I_C , kéo đường thẳng đến điểm Q tới trục U_{CE} sẽ có đặc tuyến tải R_{AC} .

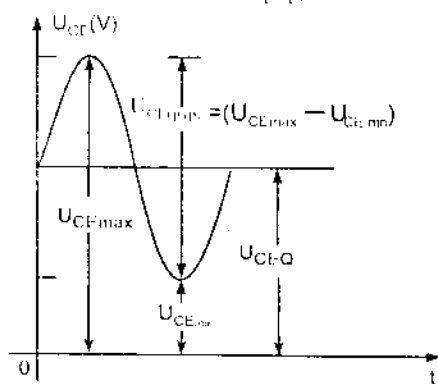
4. Tính toán thông số mạch điện

– Dạng tín hiệu ra và công suất ra:

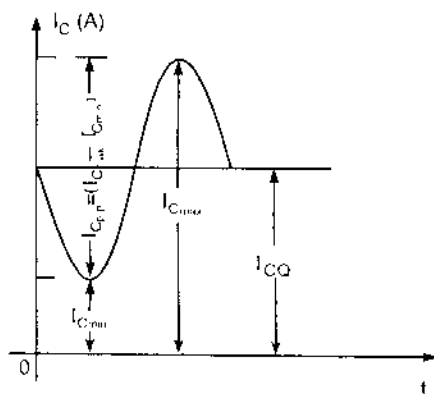
Từ hình 9.9 ta xác định được các giá trị sau:

$$U_{CE(p-p)} = U_{CEmax} - U_{CEmin}$$

$$I_{C(p-p)} = I_{Cmax} - I_{Cmin}$$



a)



b)

Hình 9.9. Dạng điện áp và dòng điện ra của tầng khuếch đại công suất của chế độ A

Công suất xoay chiều gửi tới biến áp:

$$P_r(ac) = \frac{(U_{CEmax} - U_{CEmin}) \cdot (I_{Cmax} - I_{Cmin})}{8}$$

Phần công suất này được gửi tới cuộn sơ cấp của biến áp, nếu biến áp là lý tưởng thì công suất trên tải gần bằng với giá trị này.

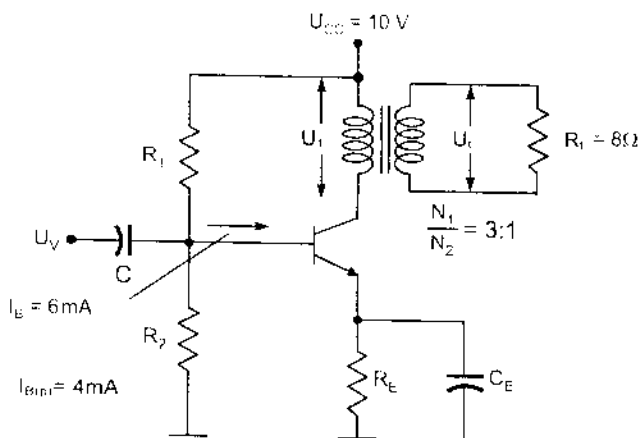
Công suất ra cũng có thể được tính theo điện áp rơi trên tải.

Ví dụ 9.3: Cho mạch điện như hình 9.10.

Biết tranzito có đặc tuyến tĩnh như hình 9.11a.

Xác định các thông số giá trị hiệu dụng của dòng điện, điện áp, công suất trên tải.

Cho biết: tỷ số biến áp 3/1, dòng tĩnh $I_B = 6\text{mA}$, biên độ tín hiệu vào $I_{B\text{rms}} = 4\text{mA}$.



Hình 9.10. Sơ đồ cho ví dụ 9.3

Bài giải:

+ Đặc tuyến tải R_{DC} bắt đầu từ điểm:

$$U_{CEQ} = U_{CC} = 10\text{V};$$

+ Từ đặc tuyến tương ứng với $I_B = 6\text{mA}$, tìm được:

$$U_{CEQ} = 10\text{V};$$

$$I_{CQ} = 140\text{mA}$$

+ Điện trở phản ánh từ tải qua sơ cấp R'_1 :

$$R'_1 = (N_1/N_2)^2 \cdot R_L = 3^2 \cdot 8 = 72\Omega$$

+ Xác định đường tải xoay chiều như sau:

Giá trị biến đổi của dòng I_C kể từ điểm Q:

$$\Delta I_C = \Delta U_{CE} / R'_1 = 10/72 = 139\text{mA}$$

Giá trị dòng tại điểm A trên đặc tuyến I_C (hình 9.11b)

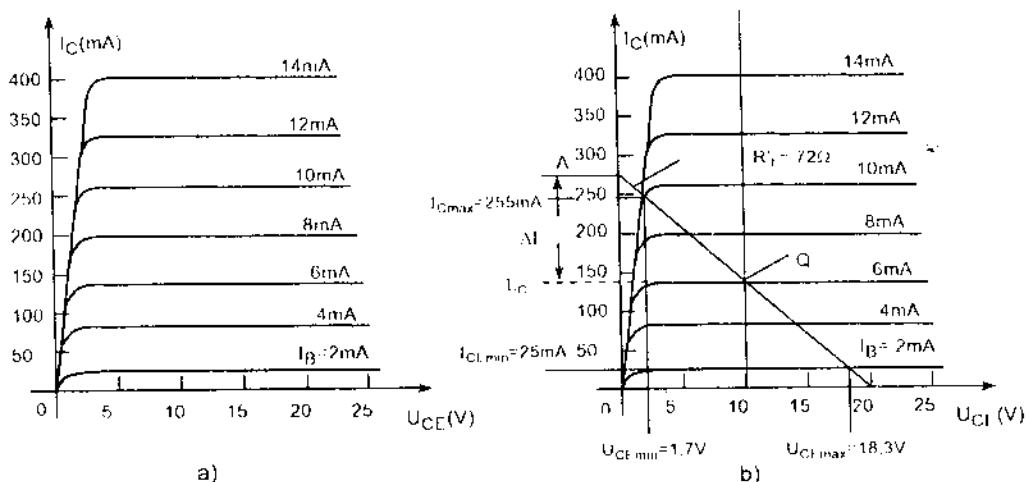
$$I_{CQ} + I_C = 140 + 139 = 279\text{mA}$$

Nối A và Q sẽ được đặc tuyến tải R_{AC} .

+ Xác định giá trị cực đại và cực tiểu của dòng và áp trên collector BJT:

Đường đặc tuyến tải R_{AC} cắt đặc tuyến ra tại đường có $I_B = 2\text{mA}$ và đường có $I_B = 10\text{mA}$. Tại đường có $I_B = 2\text{mA}$ xác định được $I_{C\text{min}} = 25\text{mA}$ và

$U_{CE\max} = 18,3V$. Tại đường có $I_B = 1,7mA$ xác định được $U_{CE\min} = 1,7V$ và $I_{C\max} = 255mA$.



Hình 9.11. Xác định điểm làm việc trên đặc tuyến $I_C(U_{CE})$

$$U_{CE\min} = 1,7V; I_{C\min} = 25mA$$

$$U_{CE\max} = 18,3V; I_{C\max} = 255mA$$

+ Công suất ra trên cuộn sơ cấp biến áp:

$$P_r(ac) = \frac{(U_{CE\max} - U_{CE\min})(I_{C\max} - I_{C\min})}{8} = \frac{(18,3 - 1,7)(255 - 25)}{8} = 0,477W.$$

+ Giá trị điện áp hiệu dụng trên cuộn sơ cấp:

$$U_{(rms)} = U_{(pp)}/2 = (U_{CE\max} - U_{CE\min})/2\sqrt{2} = 16,6/2,828 = 5,87V$$

+ Giá trị điện áp hiệu dụng trên tải:

$$U_{(rms)} = (N_2/N_1) \cdot U_{(rms)} = 1/3 \cdot 5,87 = 1,96V$$

+ Công suất ra trên tải tính theo áp U_L :

$$P_{L(ac)} = U_L^2/R_L = 1,96^2/8 = 0,48W$$

+ Giá trị hiệu dụng của dòng tải:

$$I_{L(rms)} = \frac{N_1}{N_2} \cdot I_{C(rms)} = \frac{N_1}{N_2} \left[(I_{C\max} - I_{C\min}) \frac{1}{\sqrt{2}} \right] = 3 \cdot 230mA/2,828 = 244mA$$

+ Công suất ra tính theo dòng I_L :

$$P_{L(ac)} = I_L^2 \cdot R_L = (244 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8 = 0,476W$$

– **Tính công suất một chiều và hiệu suất:**

Công suất của nguồn cung cấp DC:

$$P_{U(DC)} = U_{CE} \cdot I_{CQ}$$

Công suất tiêu tán trên tranzito ở chế độ tĩnh:

$$P_Q = P_{V(DC)} - P_{U(AC)}$$

Với các thông số ở ví dụ 3, ta tính được:

$$P_{V(DC)} = U_{CC} \cdot I_{CQ} = 10 \cdot (140 \cdot 10^{-3}) = 1,4W$$

$$P_Q = P_{V(DC)} - P_{U(AC)} = 1,4 - 0,48 = 0,92W$$

$$\eta = (P_{U(AC)} / P_{V(DC)}) \cdot 100\% = (0,48 / 1,4) \cdot 100\% = 34,3\%$$

Như vậy, mạch khuếch đại công suất ở chế độ A ghép biến áp đã đạt trên 25%. Hiệu suất cực đại của nó có thể đạt được tới 50%.

Ta có thể tính hiệu suất cực đại theo U_{CC} và U_{CE} bằng công thức kinh nghiệm cho mạch ghép RC và biến áp:

+ Đối với mạch ghép RC:

$$\eta = 25 [(U_{CE \max} - U_{CE \min})^2 / U_{CC} (U_{CE \max} + U_{CE \min})] \cdot \%$$

+ Đối với mạch ghép biến áp:

$$\eta = 50 [(U_{CE \max} - U_{CE \min})^2 / U_{CC} (U_{CE \max} + U_{CE \min})] \cdot \%$$

Ví dụ 9.4: Tính hiệu suất của một mạch khuếch đại công suất ghép biến áp với $U_{CC} = 12V$ trong các trường hợp:

a) $U_{peak} = 12V$ biến đổi xung quanh định thiên của điểm Q với $U_{CEQ} = 12V$;

b) $U_{peak} = 6V$, $U_{CEQ} = 12V$;

c) $U_{peak} = 6V$, $U_{CEQ} = 18V$.

Bài giải:

$$a) U_{CE \max} = U_{CEQ} + U_p = 12 + 12 = 24V$$

$$U_{CE \min} = U_{CEQ} - U_p = 12 - 12 = 0V$$

$$\eta = 25 [(U_{CE \max} - U_{CE \min})^2 / U_{CC} (U_{CE \max} + U_{CE \min})] \cdot \%$$

$$= 25 [(24 - 0)^2 / 24 \cdot (24 + 0)] \cdot \% = 25\%$$

$$b) U_{CE \max} = U_{CEQ} + U_p = 12 + 6 = 18V$$

$$U_{CE \min} = U_{CEQ} - U_p = 12 - 6 = 6V$$

$$\eta = 25 [(U_{CE \max} - U_{CE \min})^2 / U_{CC} (U_{CE \max} + U_{CE \min})] \cdot \%$$

$$= 25 [(18 - 6)^2 / 18 \cdot (18 + 6)] \cdot \% = 6,25\%$$

$$c) U_{CE \max} = U_{CEQ} + U_p = 18 + 6 = 24V$$

$$U_{CE \min} = U_{CEQ} - U_p = 18 - 6 = 12V$$

$$\eta = 25 [(U_{CE \max} - U_{CE \min})^2 / U_{CC} (U_{CE \max} + U_{CE \min})] \cdot \%$$

$$= 25 [(24 - 12)^2 / 24 \cdot (24 + 12)] \cdot \% = 41,7\%$$

Qua ví dụ trên ta thấy mối tương quan giữa biên độ điện áp ra U_{peak} với điện áp nguồn U_{CC} . Khi $U_{peak} = U_{CC}$ thì hiệu suất đạt mức lớn nhất ($\eta = 50\%$).

Độ méo sóng hài của mạch khuếch đại chế độ A tương đối nhỏ. Trong trường hợp ghép biến áp, do có dòng một chiều chạy trong cuộn dây khá

lớn làm tăng dòng từ hoá của lõi sắt biến áp dẫn đến trạng thái bão hoà. Điều này sẽ gây méo dạng tín hiệu ra. Để giảm méo do bão hoà từ, người ta tăng từ trở của lõi sắt bằng vật liệu cách từ đặt ở khe hở giữa các lá sắt.

Như vậy, khuếch đại chế độ A chỉ dùng cho tín hiệu nhỏ như tăng khuếch đại micro, tiền khuếch đại và đảo pha,...

9.3. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu điều kiện, đặc điểm mạch khuếch đại làm việc ở chế độ A?

2. Vẽ sơ đồ, trình bày nguyên lý làm việc, đặc điểm mạch khuếch đại công suất chế độ A.

Bài tập 1. Cho mạch khuếch đại công suất đơn có biến áp ra như hình 9.12.

Biết: $I_{BQ} = 5\text{mA}$; $E_C = 12\text{V}$; $U_{BEQ} = 0,6\text{V}$; $\beta = 50$;

Biên độ dòng điện vào $I_{bm} = 4\text{mA}$

$U_{RE} = 1\text{V}$; $R_1 = 8\Omega$; tỷ số biến áp $n = w_1/w_2 = 4$.

Tính:

a) Giá trị điện trở R_1 , R_2

b) Xác định điểm làm việc tĩnh, đường tải một chiều trên đặc tuyến ra của tranzito khuếch đại công suất chế độ A.

c) Xác định dòng I_{cm} và điện áp U_{cm} .

Bài tập 2. Sử dụng mạch 9.12 và các kết quả tính được trên bài tập 3.

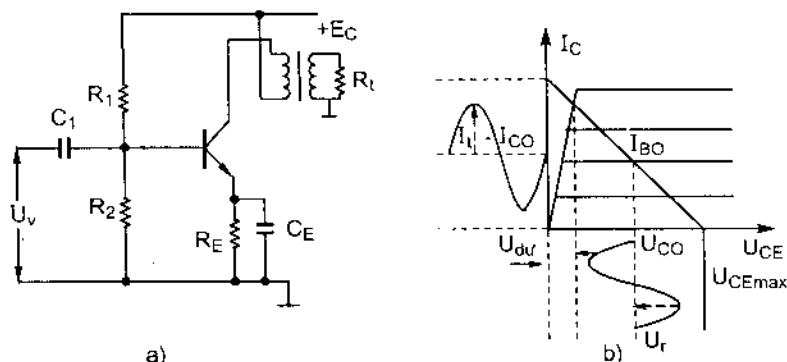
Hãy:

a) Tính công suất ra trên tải.

b) Tính công suất tiêu thụ.

c) Xác định hiệu suất của tầng khuếch đại công suất đơn.

Bài tập 3. Sử dụng mạch 9.12, và các kết quả tính toán trong các bài tập trước; chọn điện trở tải $R_L = 4\Omega$. Hãy tính P_r ; η ; và công suất tiêu tán P_c .



Hình 9.12

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO SONG SONG GHÉP BIẾN ÁP HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ B VÀ AB

10.1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TĂNG KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO

10.1.1. Những vấn đề chung

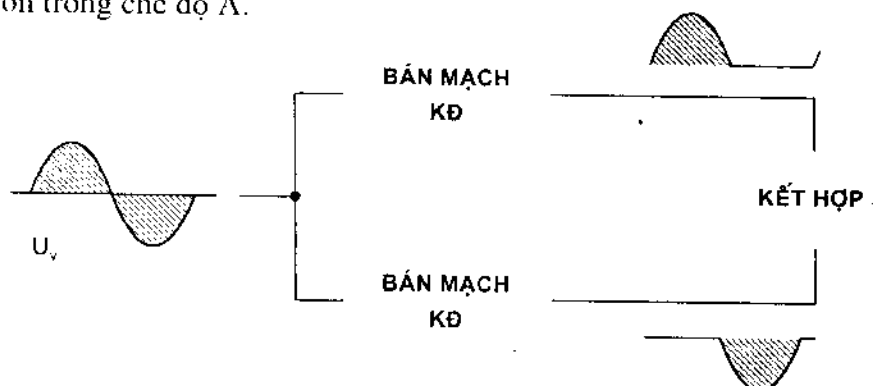
Sơ đồ khối chung mạch khuếch đại công suất chế độ B như hình 10.1.

Ở chế độ B, tranzito sẽ điều khiển dòng điện ở mỗi nửa chu kỳ của tín hiệu. Để thu được cả chu kỳ tín hiệu đầu ra, thì cần sử dụng hai tranzito, mỗi tranzito được sử dụng ở mỗi nửa chu kỳ khác nhau của tín hiệu, sự vận hành kết hợp sẽ cho ra chu kỳ đầy đủ của tín hiệu.

Khi một bộ phận của mạch đẩy tín hiệu lên cao trong suốt nửa chu kỳ còn lại, mạch điện khi đó gọi là mạch đẩy kéo.

Một tín hiệu đầu vào AC được đưa vào trong mạch điện đẩy kéo với sự hoạt động ở mỗi phần trên mỗi nửa chu kỳ thay đổi nhau, tải sau đó sẽ nhận được cả chu kỳ của tín hiệu.

Tranzisto công suất được sử dụng trong mạch đẩy kéo có khả năng cung cấp công suất mong muốn cho tải, và sự vận hành chế độ B của những tranzito này sẽ có hiệu suất lớn hơn so với việc sử dụng một tranzito đơn trong chế độ A.



Hình 10.1. Sơ đồ khối tăng khuếch đại công suất chế độ B

10.1.2. Công suất và hiệu suất

Vì tầng khuếch đại công suất chiếm phần lớn công suất của toàn bộ thiết bị, nên trong tính toán, vấn đề ta quan tâm đầu tiên là công suất và hiệu suất.

Công suất nguồn cung cấp:

$$P_{DC} = U_{CC} \cdot I_{DC}$$

$I_{DC} = I_{AV}$ là dòng trung bình chạy qua nguồn cung cấp.

Biên độ hay dòng đỉnh $I_{C(p)} = \sqrt{2} \cdot I_C$, nên dòng trung bình chạy qua nguồn trong toàn chu kỳ sẽ là:

$$I_{avg} = 2I_{C(p)}/\pi$$

Vì dòng trung bình $I_{avg} = I_{C1} + I_{C2}$ nên ta có:

$$I_{avg} = 2\sqrt{2} I_C/\pi$$

Có thể coi: $U_{Cmin} \approx 0$ thì: $U_{CC} = \sqrt{2} U_C$

Ta có: $P_{DC} = U_{CC} I_{DC} = \sqrt{2} U_C \cdot 2\sqrt{2} I_C/\pi = 4U_C I_C/\pi$

Công suất trên tải R_L của một tranzito là:

$$P'_L = U_C I_C$$

Do đó: $P_{DC} = \frac{4 \cdot P'_L}{\pi}$

Công suất trên tải R_L sẽ tính theo các giá trị sau:

$$P_{r(LC)} = U_{L(p)}^2/8R_L = U_{L(p)}^2/2R_L = U_{Lrms}^2/R_L$$

Hiệu suất: $\eta = (P_r/P_{DC}) \cdot 100\% = (\pi/4) \cdot 100\% = 78,5\%$

Ví dụ 10.1: Xác định công suất cung cấp, công suất ra và hiệu suất ở chế độ B trong trường hợp cho điện áp tín hiệu ra trên tải 16Ω là 20V và $U_{CC} = 30V$

Bài giải:

Dòng đỉnh trên tải 16Ω là:

$$I_p = U_{L(p)}/R_L = 20/16 = 1,25A$$

Dòng chạy qua nguồn U_{CC} :

$$I_{DC} = \frac{2}{\pi} I_p = 0,796A$$

Công suất của điện áp nguồn:

$$P_{(DC)} = U_{CC} \cdot I_{DC} = 30V \cdot 0,796A = 23,9W$$

Công suất ra trên tải R_L :

$$P_{r(AC)} = U_{r(p)}^2 / 2R_L = (20V)^2 / (2 \cdot 16) = 12,5W$$

Hiệu suất:

$$\eta = (P_{r(AC)} / P_{v(DC)}).100\% = (12,5W / 23,9W).100\% = 52,3\%$$

Công suất tổn hao trên hai tranzito và một tranzito lần lượt là:

$$P_{2T} = P_v - P_r \qquad P_T = P_{2T} / 2$$

10.1.3. Giá trị cực đại

Ở chế độ B, khi $U_{r(p)} = U_{CC}$ thì công suất ra đạt giá trị cực đại:

$$P_{r(AC) \max} = U_{CC}^2 / 2R_L$$

Dòng trung bình qua nguồn cung cấp:

$$I_{DC} = \frac{2}{\pi} \cdot I_p = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_{CC}}{R_L}$$

Công suất nguồn cung cấp cực đại:

$$P_{v(DC) \max} = U_{CC} I_{DC} = U_{CC} \left(\frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_{CC}}{R_L} \right) = 2U_{CC}^2 / \pi R_L$$

Hiệu suất cực đại:

$$\begin{aligned} \eta &= P_{r(AC)} / P_{v(DC)}.100\% = (U_{CC}^2 / R_L) / [U_{CC} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_{CC}}{R_L}].100\% \\ &= \frac{\pi}{4}.100\% = 78,54\% \end{aligned}$$

Khi điện áp ra trên tải đạt $0,636 \cdot U_{CC} (\frac{2}{\pi} \cdot U_{CC})$ thì tổn hao cực đại trên 2 tranzito (nằm trong đường giới hạn tổn hao cho phép) sẽ là:

$$P_{2Q \max} = \frac{2}{\pi^2} \cdot \frac{U_{CC}^2}{R_L}$$

Tải của 2 tranzito trên cuộn sơ cấp biến áp:

$$R_{CC} = (2a)^2 R_L = 4a^2 R_L = 4R'_L$$

Ví dụ 10.2: Xác định công suất cực đại ở chế độ B khi cho $U_{CC} = 30V$, tải $R_L = 16\Omega$.

Bài giải: $P_{r(AC) \max} = U_{CC}^2 / 2R_L = 28,125W$

$$P_{vmax(DC)} = 2U_{CC}^2 / \pi R_L = 35,81W$$

$$\eta_{\max} = \frac{P_r}{P_v}.100\% = 78,54\%$$

$$P_{T \max} = P_{2T \max} / 2 = 5,7W$$

Hiệu suất cực đại ở chế độ B còn có thể xác định theo giá trị định:

$$P_{r(AC)} = \frac{U_p^2}{2R_L}$$

$$P_v = U_{cc} I_{DC} = U_{cc} \frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_p}{R_L}$$

$$\eta = \frac{P_{r(AC)}}{P_{v(DC)}} \cdot 100\% = 78,74\% \cdot \frac{U_p}{U_{cc}}$$

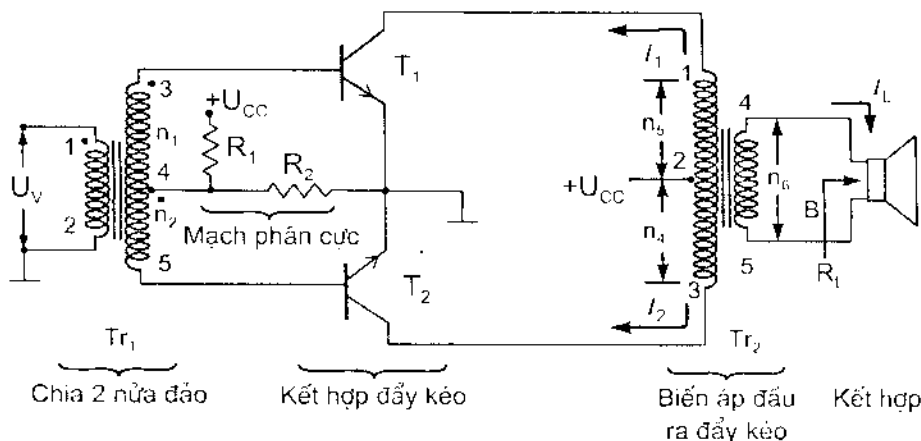
Qua kết quả trên ta thấy rằng, hiệu suất tăng theo tỷ số giữa U_p / U_{cc} .

10.1.4. Một số đặc điểm mạch khuếch đại công suất

- Mạch điện khuếch đại chế độ B phải dùng ít nhất là hai tranzito có cùng cực tính hay khác cực tính (P hoặc N).
- Khi cần tăng công suất ra, ở mỗi tầng công suất cuối thường hay dùng hai tranzito ở mỗi vế, mắc kiểu darlington.
- Khi tăng công suất dùng hai tranzito cùng cực tính thì tầng kích phải là tầng đảo pha để cấp hai tín hiệu ngược pha ở cửa vào.

10.2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO GHÉP BIẾN ÁP

10.2.1. Mạch điện và tác dụng của linh kiện



Hình 10.2. Mạch đẩy kéo ghép biến áp

* Tác dụng linh kiện:

TR_1 : Biến áp đảo pha, có nhiệm vụ tạo ra hai điện áp bằng nhau và ngược pha nhau, muốn đạt được điều đó phải chọn số vòng dây:

$$n_1 = n_2$$

Biến áp đảo pha có cuộn sơ cấp đưa ra ở hai chân 1 và 2.

Cuộn thứ cấp của TR_1 gồm hai nửa cuộn 3 – 4 và 4 – 5 đưa ra ở ba chân, trong đó chân 3 và 5 lấy ra hai điện áp đối xứng hoàn toàn ngược pha nhau, còn chân 4 là điểm chung. Do đó, trong chế tạo TR_1 , hai nửa cuộn 3 – 4 và 4 – 5 có số vòng dây bằng nhau, nhưng cuốn ngược chiều so với điểm đất chung.

R_1, R_2 : Mạch định thiên kiểu phân áp cho BT_1 và BT_2 .

T_1, T_2 : Hai tranzito khuếch đại công suất, mắc đẩy kéo cùng loại NPN có thông số hoàn toàn giống nhau.

TR_2 là biến áp ra loa (biến áp suất): Biến áp Tr_2 là biến áp ra để truyền tín hiệu từ tầng khuếch đại công suất ra loa, phối hợp trở kháng giữa tầng công suất và loa, ngăn điện áp một chiều ra loa. Biến áp phải được cuốn sao cho số vòng $n_4 = n_5$.

Biến áp suất có 5 chân ra: cuộn sơ cấp có 3 chân 1, 2 và 3 trong đó chân 2 là điểm giữa của cuộn sơ cấp. Hai nửa cuộn 1 – 2 và 2 – 3 có số vòng hoàn toàn bằng nhau nhưng cuốn ngược chiều nhau.

Cuộn thứ cấp 4 – 5 mắc song song với loa. Để phù hợp với trở kháng của loa, tiết diện dây cuộn thứ cấp biến áp ra loa thường lớn và số vòng dây ít hơn so với cuộn sơ cấp.

10.2.2. Nguyên lý hoạt động của mạch

Phân tích mạch điện hình 10.2, các tranzito công suất được phân cực để làm việc ở chế độ AB nên mỗi tranzito khuếch đại trong một bán kỳ của tín hiệu.

Giả thiết tại thời điểm xét, tín hiệu hình sin đưa vào cực B T_2 có bán kỳ dương, T_2 khuếch đại; do tính chất đảo pha của biến áp TR_1 tín hiệu đưa vào cực B T_1 tại bán kỳ âm nên T_1 tắt.

Dòng I_{C2} biến đổi chạy trong mạch có chiều:

$$+ U_{CC} \rightarrow T_2 \rightarrow L_1 \rightarrow - U_{CC}$$

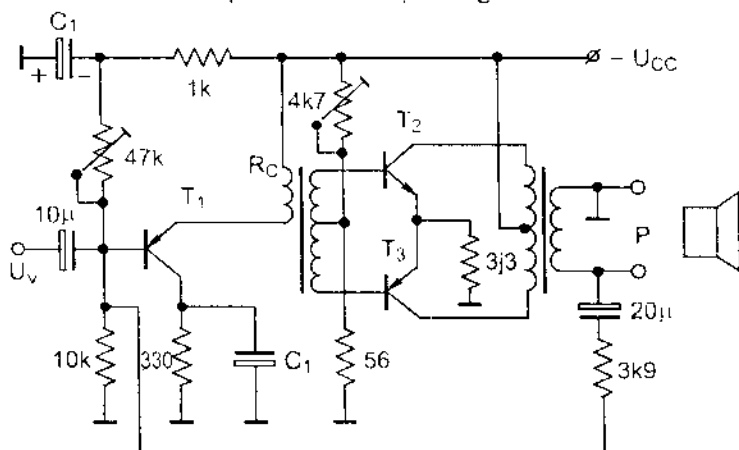
Dòng điện biến đổi qua cuộn dây sơ cấp của biến áp loa sẽ tạo ra điện áp cảm ứng sang cuộn thứ cấp của biến áp loa. Nửa chu kỳ sau T_2 tắt, T_1 khuếch đại sẽ có dòng I_{C1} từ:

$$+ U_{CC} \rightarrow T_1 \rightarrow L_2 \rightarrow - U_{CC}$$

và gây dòng cảm ứng sang loa.

Kết quả ta có hai dòng điện chạy ngược chiều nhau qua loa trong hai nửa chu kỳ khác nhau nên dòng tổng sẽ có dạng lặp lại tín hiệu như ở đầu vào.

Ví dụ 10.3: Phân tích mạch khuếch đại công suất hình 10.3.



Hình 10.3

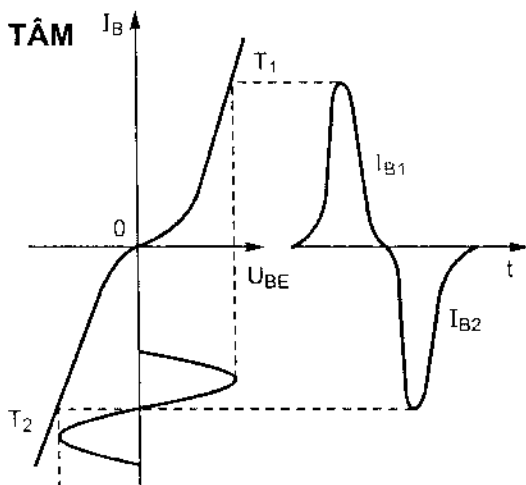
Phân tích:

Hình 10.3 là sơ đồ mạch khuếch đại công suất đẩy kéo sử dụng hai biến áp đảo pha và biến áp ra loa, có công suất xoay chiều ra trên tải khoảng 100mW. Để tín hiệu ra không méo, hai vế của T_2 , T_3 phải cân nhau nên điện áp ra ở collector của T_3 có giá trị khoảng $4 \div 5V$. Biến áp đảo pha thường cuốn theo tỷ lệ $7/(1 + 1)$. Điện trở $R = 470\Omega$ và tụ C_1 có giá trị hàng trăm μF đến hàng nghìn μF , có tác dụng lọc các thành phần xoay chiều biến đổi qua điện trở trong của nguồn cung cấp. Mạch còn có vòng hồi tiếp âm từ đầu ra về cực B của tranzito T_1 . Đây là vòng hồi tiếp xoay chiều có tác dụng ổn định hệ số khuếch đại của toàn mạch.

10.3. HIỆN TƯỢNG MÉO XUYÊN TÂM

Méo xuyên tâm là hiện tượng khi tín hiệu vào nhỏ, cả hai vế của mạch khuếch đại công suất đẩy kéo khuếch đại không được cân bằng.

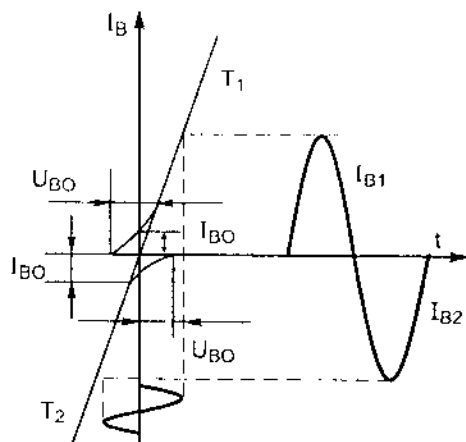
Từ hình 10.4 ta thấy điểm làm việc chọn vào đặc tuyến không thẳng $U_{BE0} = 0$ nên tín hiệu ra bị méo nhiều so với chế độ A. Nguyên nhân là do tính không đường thẳng ở đoạn đầu của đặc tuyến vào khi dòng I_B



Hình 10.4. Ảnh hưởng đặc tuyến vào méo xuyên tâm ở chế độ B

nhỏ. Đó là hiện tượng méo xuyên tâm (còn gọi là méo góc) được vẽ trên hình 10.4.

Tại đây đặc tuyến vào của hai tranzito được vẽ chung một đồ thị. Từ hình 10.4 ta thấy rõ khi tín hiệu vào là hình sin thì dạng I_{B1} , I_{B2} bị méo ở phần gốc ứng với dòng I_B nhỏ do đó dạng dòng điện I_{C1} , I_{C2} và điện áp ra cũng bị méo. Muốn giảm méo trong mạch bazơ, người ta chọn chế độ làm việc AB. Đó là chế độ giữa A và B nhưng gần B hơn. Đặc tuyến vào được thể hiện trên hình 10.5.



Hình 10.5. Giảm méo xuyên tâm ở chế độ AB

10.4. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA MẠCH

* Ưu điểm:

Ưu điểm của mạch này là ở chế độ tĩnh sẽ không tiêu thụ dòng do nguồn cung cấp nếu không có tổn hao trên tranzito. Mặt khác, vì không có dòng một chiều chảy qua biến áp nên không gây méo do bão hoà từ. Hiệu suất của mạch đạt lớn nhất, khoảng 78,5%.

– Mạch khuếch đại công suất chế độ B có thể khai thác được tối đa công suất của mỗi tranzito vì nó chỉ làm việc trong 1/2 chu kỳ nên có thời gian toả nhiệt.

– Mạch dùng biến áp nên dễ phối hợp trở kháng, vì vậy dễ đạt được công suất ra lớn.

– Tín hiệu ra méo nhiều nên trong thực tế thường chọn mạch làm việc ở chế độ AB.

* Nhược điểm:

– Do dùng biến áp nên đặc tuyến tần số không bằng phẳng trong dải tần số làm việc.

Về cấu tạo, mạch dùng biến áp nên quá công kênh.

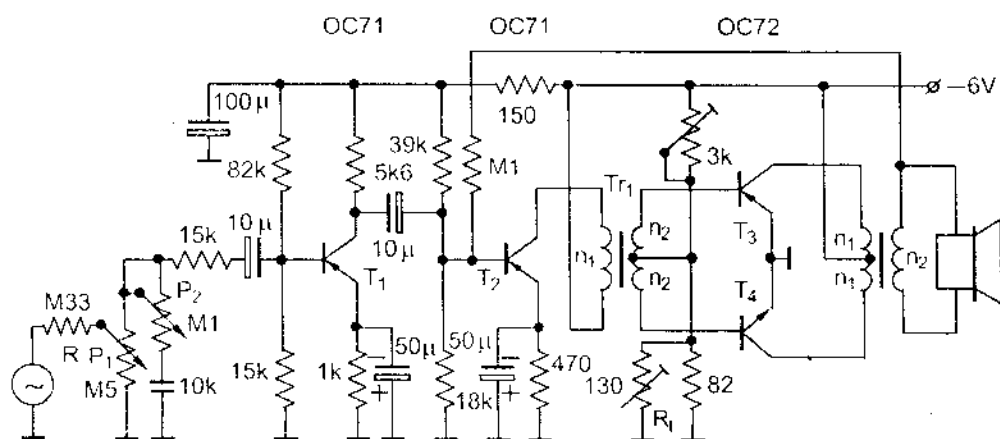
- Tại thời điểm chuyển tiếp giữa quá trình khuếch đại, tắt của T_1 và T_2 sẽ gây nên hiện tượng méo dạng sóng, gọi là méo dạng xuyên tâm mà trong mạch khuếch đại công suất đơn không có.

10.5. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu điều kiện, đặc điểm mạch khuếch đại làm việc ở chế độ B.
2. Nêu điều kiện, đặc điểm mạch khuếch đại làm việc ở chế độ AB.
3. Vẽ sơ đồ, trình bày nguyên lý làm việc, đặc điểm mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có biến áp đảo pha và biến áp ra.
4. Giải thích hiện tượng méo xuyên tâm. Trình bày biện pháp khắc phục hiện tượng méo xuyên tâm trên đặc tuyến vào của tranzito khuếch đại đẩy kéo.

Bài tập 1

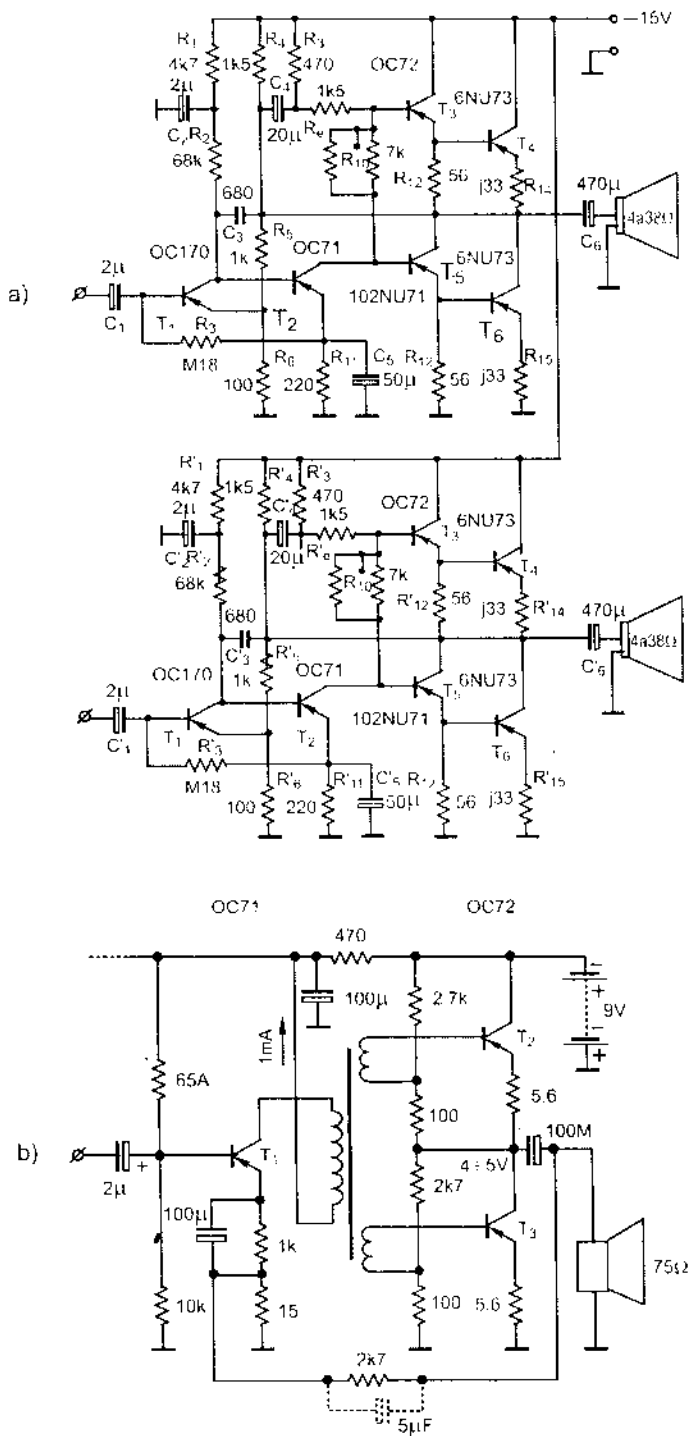
Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch điện trên hình 10.6.



Hình 10.6

Bài tập 2. Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của các mạch điện hình 10.7a.

Bài tập 3. Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch điện hình 10.7b.



Hình 10.7

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OTL HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ AB

11.1. ĐỊNH NGHĨA MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OTL

Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OTL là loại mạch khuếch đại công suất đẩy kéo không dùng biến áp suất (OTL -- Output Transformless).

Mạch sử dụng biến áp đảo pha 6 đầu dây ra: Trong đó sơ cấp biến áp 2 đầu dây; thứ cấp biến áp có 4 đầu dây, tạo thành hai cuộn dây cung cấp điện áp đảo pha cho cực B hai tranzito khuếch đại công suất đẩy kéo.

Do sử dụng ghép biến áp nên đặc tuyến tần số không bằng phẳng trong dải tần số làm việc.

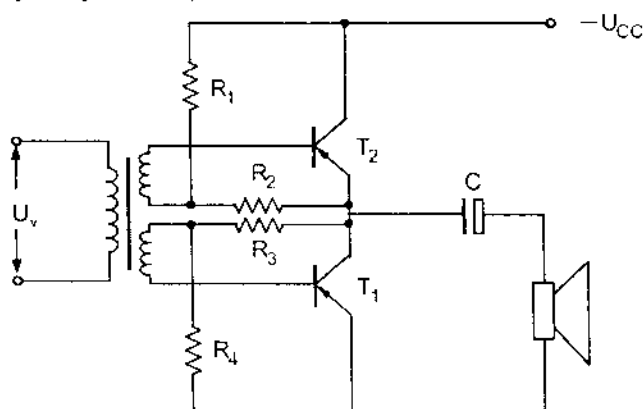
Về cấu tạo mạch dùng biến áp nên quá cồng kềnh.

Thực tế thường gọi là mạch công suất có biến áp đảo pha, không có biến áp ra.

11.2. MẠCH OTL

11.2.1. Sơ đồ mạch điện và tác dụng linh kiện

Sơ đồ nguyên lý của mạch hình 11.1.



Hình 11.1. Mạch công suất có biến áp đảo pha không biến áp xuất

a) Tác dụng linh kiện

U_{cc} là nguồn cung cấp điện áp một chiều;

R_1, R_3 là các điện trở định thiên cho T_1 ;

R_2, R_4 là các điện trở định thiên cho T_2 .

Các linh kiện phải chọn sao cho thoả mãn các điều kiện sau:

$$* T_1 \text{ tương đương với } T_2$$

$$* R_1 = R_3, R_2 = R_4$$

Tụ C có tác dụng ngăn điện áp một chiều và truyền đạt tín hiệu xoay chiều ra loa. Tụ phải chọn có điện dung lớn khoảng hàng trăm đến hàng nghìn μF .

b) Nguyên lý làm việc

Để mạch làm việc ở chế độ B ta phải chọn $R_2 = R_4$ có giá trị nhỏ. Khi có tín hiệu đưa vào sơ cấp của biến áp đảo pha, biến áp sẽ tạo ra điện áp có biên độ bằng nhau và ngược pha nhau đưa tới cực B của T_1 và T_2 . Trong 1/2 chu kỳ đầu, giả sử tín hiệu làm cho T_1 tắt, tiếp giáp B – E của T_2 phân cực thuận, T_2 khuếch đại, xuất hiện dòng điện chạy trong mạch theo chiều:

$$+ U_{cc} \rightarrow \text{loa} \rightarrow C \rightarrow T_2 \rightarrow - U_{cc}$$

Trong nửa chu kỳ sau: T_2 tắt, T_1 khuếch đại, tụ C phóng điện theo chiều:

$$+ C \rightarrow \text{Loa} \rightarrow T_1 \rightarrow - C$$

Như vậy có hai dòng điện chạy ngược chiều nhau trong hai nửa chu kỳ khác nhau qua loa nên tín hiệu ra loa đã lập lại dạng tín hiệu ở đầu vào với biên độ lớn hơn.

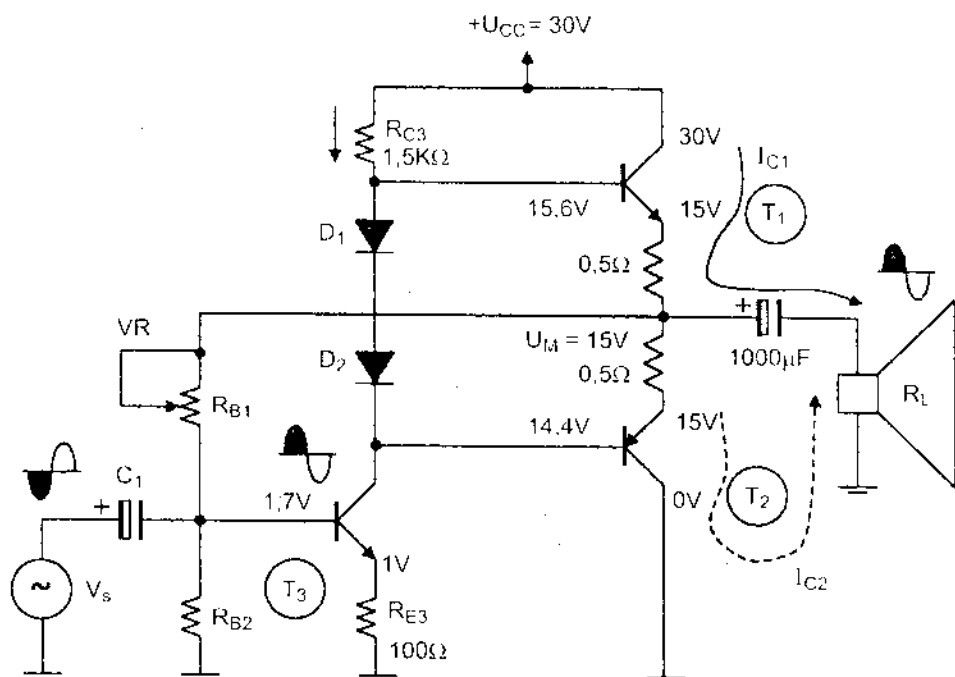
c) Đặc điểm của mạch

Sơ với tầng khuếch đại có biến áp đảo pha và biến áp ra mạch có phần gọn nhẹ hơn nhưng loa mắc trực tiếp với mạch nên khó phối hợp trở kháng. Vì vậy thường phải chọn loại loa có trở kháng lớn, và khó đạt được công suất ra lớn, tụ nối ra loa phải chọn có điện dung lớn. Vì vậy mạch ít được dùng trong thực tế.

11.2.2. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo OTL dùng tranzito phụ

Mạch OTL sẽ có hiệu suất cao hơn, giảm nhỏ kích thước, trọng lượng, giá thành và tránh được những nhược điểm của biến áp đảo pha liên quan đến đặc tuyến tần số và từ trường của biến áp, người ta dùng một tranzito phụ để đảo pha thay thế biến áp đảo pha, mạch OTL dùng tranzito phụ còn gọi là mạch OTL bổ phụ, với hai tranzito khuếch đại công suất khác loại PNP và NPN.

a) Mạch điện như hình 11.2



Hình 11.2. Mạch điện công suất OTL dùng tranzito phụ

Điều kiện:

T_1 , T_2 là hai tranzito cùng loại chất chế tạo (thường là Si), T_1 , T_2 phải có các thông số hoàn toàn tương ứng với nhau, có cùng hệ số khuếch đại β .

Hai diốt D_1 , D_2 cùng loại, cùng ký hiệu, có thông số giống nhau, dùng để tạo mức chênh lệch điện áp $2U_D = 1,2V$ để phân cực chênh lệch cho cực B T_1 và B T_2 .

b) Tác dụng linh kiện

C₁: Tự nối tăng;

VR, R₁₃: Mạch định thiên kiểu phân áp cung cấp cho B-T₃;

D_1, D_2 : Tạo phân cực chênh lệch cho cực B-T₁ và B-T₂;

R_{c1} : Cung cấp điện áp phân cực thuận cho D_1 , D_2 đồng thời tạo điện áp định thiên cho BT_1 ;

R_{E3} : Điện trở tạo hồi tiếp âm dòng điện cho T_3 ;

R_{E1}, R_{E2} : hồi tiếp âm dòng điện cho T_1, T_2 ;

C₂: Tụ nổi tăng, dẫn tín hiệu từ đầu ra tầng khuếch đại công suất ra loa;

T_2, T_3 : khuếch đại công suất đẩy kéo.

a) Tác dụng linh kiện

U_{cc} là nguồn cung cấp điện áp một chiều;

R_1, R_2 là các điện trở định thiên cho T_1 ;

R_3, R_4 là các điện trở định thiên cho T_2 .

Các linh kiện phải chọn sao cho thoả mãn các điều kiện sau:

$$* T_1 \text{ tương đương với } T_2$$

$$* R_1 = R_3, R_2 = R_4$$

Tụ C có tác dụng ngăn điện áp một chiều và truyền đạt tín hiệu xoay chiều ra loa. Tụ phải chọn có điện dung lớn khoảng hàng trăm đến hàng nghìn μF .

b) Nguyên lý làm việc

Để mạch làm việc ở chế độ B ta phải chọn $R_3 = R_4$ có giá trị nhỏ. Khi có tín hiệu đưa vào sơ cấp của biến áp đảo pha, biến áp sẽ tạo ra điện áp có biên độ bằng nhau và ngược pha nhau đưa tới cực B của T_1 và T_2 . Trong 1/2 chu kỳ đầu, giả sử tín hiệu làm cho T_1 tắt, tiếp giáp B - E của T_2 phân cực thuận, T_2 khuếch đại, xuất hiện dòng điện chạy trong mạch theo chiều:

$$+ U_{cc} \rightarrow \text{loa} \rightarrow C \rightarrow T_2 \rightarrow \dots U_{cc}$$

Trong nửa chu kỳ sau: T_2 tắt, T_1 khuếch đại, tụ C phóng điện theo chiều:

$$+ C \rightarrow \text{Loa} \rightarrow T_1 \rightarrow - C$$

Như vậy có hai dòng điện chạy ngược chiều nhau trong hai nửa chu kỳ khác nhau qua loa nên tín hiệu ra loa đã lập lại dạng tín hiệu ở đầu vào với biên độ lớn hơn.

c) Đặc điểm của mạch

So với tầng khuếch đại có biến áp đảo pha và biến áp ra mạch có phần gọn nhẹ hơn nhưng loa mắc trực tiếp với mạch nên khó phối hợp trở kháng. Vì vậy thường phải chọn loại loa có trở kháng lớn, và khó đạt được công suất ra lớn, tụ nối ra loa phải chọn có điện dung lớn. Vì vậy mạch ít được dùng trong thực tế.

11.2.2. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo OTL dùng tranzito phụ

Mạch OTL sẽ có hiệu suất cao hơn, giảm nhỏ kích thước, trọng lượng, giá thành và tránh được những nhược điểm của biến áp đảo pha liên quan đến đặc tuyến tần số và từ trường của biến áp, người ta dùng một tranzito phụ để đảo pha thay thế biến áp đảo pha, mạch OTL dùng tranzito phụ còn gọi là mạch OTL bổ phụ, với hai tranzito khuếch đại công suất khác loại PNP và NPN.

c) Nguyên lý hoạt động

T_3 là mạch khuếch đại chế độ A, mắc kiểu E chung là mạch khuếch đại đảo pha. Tín hiệu xoay chiều từ nguồn V_1 đưa tới cực BT_3 , T_3 khuếch đại đủ cả hai bán kỳ, sau đó đưa tới cực BT_1 và BT_2 của tầng khuếch đại công suất.

Xét tại đầu ra cực CT_3 , giả thiết là bán kỳ dương thì T_1 được phân cực thuận và T_1 khuếch đại, T_2 tắt (vì T_2 – PNP khác loại với T_1). Dòng I_{C1} sẽ đi từ nguồn $+U_{CC}$ qua T_1 , nạp cho $C_2(1000\mu F)$ và đi qua tải (loa) theo chiều từ trên xuống mass cho ra bán kỳ dương của tín hiệu trên tải.

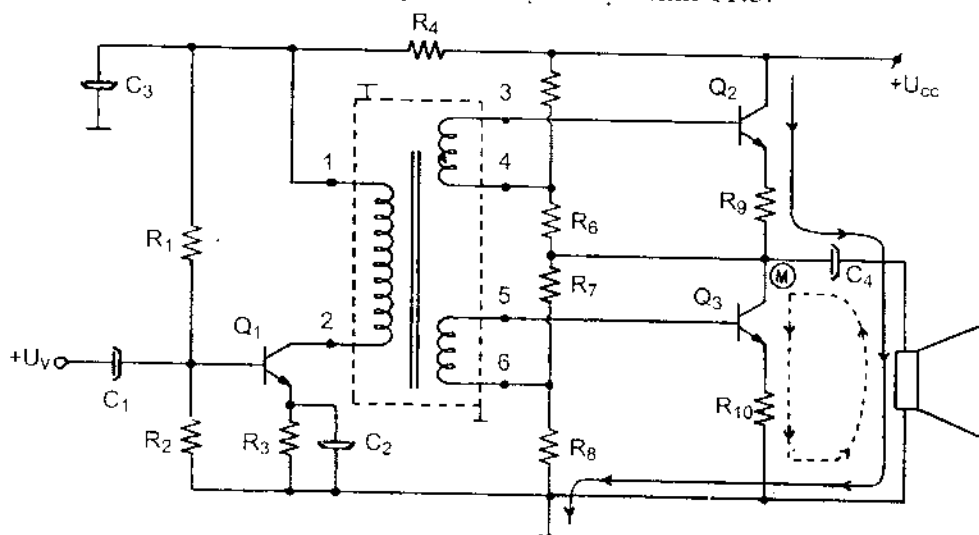
Khi ở đầu ra CT_1 ở bán kỳ âm, thì điện áp trên BT_1 giảm, T_1 tắt. Lúc đó U_{B2} cũng giảm nên T_2 được phân cực thuận, T_2 dẫn. Dòng I_{C2} sẽ do tụ C_2 $1000\mu F$ phóng điện qua T_2 xuống mass đi qua cuộn dây loa (tải công suất).

Như vậy, hai T_1 , T_2 đã luân phiên nhau khuếch đại, cho ra tải đủ cả chu kỳ tín hiệu.

11.3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA MẠCH ĐIỆN

Ví dụ 11.1: Phân tích và tính toán mạch điện sau:

Tính công suất ra và hiệu suất mạch điện hình 11.3.



Hình 11.3. Mạch khuếch đại công suất OTL

Bài giải:

a) Nhiệm vụ linh kiện

Q_1 : tranzito khuếch đại điện áp, được phân cực hoạt động ở chế độ A;

R_1, R_2 : Mạch phân áp cho cực BQ_1 ;

R_3, C_2 : Điện trở và tụ điện mắc tại cực EQ_1 nhằm mục đích hồi tiếp dòng điện một chiều, ổn định chế độ hoạt động cho Q_1 ;

R_4, C_1 : Mạch lọc nguồn chống nhiễu và hồi tiếp vòng;

T: Biến áp đảo pha;

R_5, R_6, R_7, R_8 : Mạch định thiên kiểu phân áp cung cấp cho BQ_2, BQ_3 (trong đó để đảm bảo tính cân bằng: $R_5 = R_7$ và $R_6 = R_8$);

R_9, R_{10} : điện trở cực EQ_2, EQ_3 ;

C_3 : Tụ liên lạc dẫn tín hiệu từ cửa ra của tầng khuếch đại công suất đến loa.

Biến áp T: đảo pha tín hiệu cung cấp cho BQ_2 và BQ_3 sao cho:

$$U_{3,4} = -U_{5,6}$$

Các tranzito được phân cực để hoạt động ở chế độ AB nên điện áp tại điểm giữa M do cầu phân áp R_5, R_6, R_7, R_8 quyết định.

Vì đã chọn $R_5 = R_7$ và $R_6 = R_8$, nên điện áp U_M được tính:

$$U_M = \frac{1}{2} U_{cc} = U_{CE \max} \quad (11.1)$$

b) Nguyên lý hoạt động

Khi có tín hiệu âm tần (AF) vào cực B của Q_1 khuếch đại, sẽ xuất hiện dòng tín hiệu chạy qua cuộn sơ cấp của biến áp đảo pha T. Tại thứ cấp của biến áp, ở chân 3 và chân 5 xuất hiện hai tín hiệu có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nhau, cung cấp cho hai cực B của hai tranzito Q_2 và Q_3 .

Xét mỗi chu kỳ của tín hiệu:

– Giả sử ở bán kỳ đầu, cực B của Q_2 nhận bán kỳ dương, nên Q_2 khuếch đại, Q_3 tắt. Chiều dòng điện I_{C2} (theo chiều mũi tên liền nét):

$$U_{cc} \rightarrow Q_2 \rightarrow \text{điểm M} \rightarrow C_4 \rightarrow \text{Loa} \rightarrow \text{mass.}$$

– Đến nửa chu kỳ tiếp theo, cực B- Q_2 nhận bán kỳ âm nên Q_2 tắt, còn cực B- Q_3 nhận bán kỳ dương, được phân cực thuận nên dẫn. Dòng I_{C3} (theo chiều mũi tên đường đứt nét trên hình 11.3) như sau:

$$\text{Điểm M} \rightarrow Q_3 \rightarrow R_{10} \rightarrow \text{Loa} \rightarrow C_4.$$

Kết quả là trên tải (loa) xuất hiện đủ cả chu kỳ của tín hiệu.

c) Tính công suất và hiệu suất

$$I_{c \max} = \frac{1 \cdot U_{cc}}{2 \cdot R_L} \quad (\text{vì } R_E \ll R_L \text{ nên bỏ qua } R_E \text{ tức là } R_9, R_{10} \text{ khi tính}) \quad (11.2)$$

Công suất trên tải do hai tranzito cung cấp là:

$$P_o = \frac{I_{cmax}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_{CEmax}}{\sqrt{2}} \quad (11.3)$$

Thay 11.1, 11.2 vào 11.3 ta có:

$$P_o = \frac{U_{cc}}{2\sqrt{2} \cdot R_L} \cdot \frac{U_{cc}}{2\sqrt{2}} = \frac{U_{cc}^2}{8R_L} \quad (11.4)$$

Ở trạng thái tĩnh, tranzito không dẫn nên không tiêu hao công suất điện. Khi có tín hiệu vào, tranzito khuếch đại tín hiệu nên có tiêu hao năng lượng do đốt nóng, dòng điện lúc này được tính là dòng điện trung bình

$$I_{TB} = \frac{I_{cmax}}{\Pi} = \frac{U_{cc}}{2\Pi \cdot R_L} \quad (11.5)$$

Công suất điện cung cấp cho mạch bởi nguồn U_{cc} là:

$$P_{cc} = U_{cc} \cdot I_{TB} = U_{cc} \cdot \frac{U_{cc}}{2\Pi \cdot R_L} = \frac{U_{cc}^2}{2\Pi \cdot R_L} \quad (11.6)$$

Hiệu suất của mạch là:

$$\eta = \frac{P_o}{P_{cc}} \cdot 100\% = \frac{\frac{U_{cc}^2}{8R_L}}{\frac{U_{cc}^2}{2\Pi R_L}} = \frac{\Pi}{4} \cdot 100\% = 78,5\% \quad (11.7)$$

11.4. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO OTL

Ưu điểm:

- Giảm được biến áp xuất nên mạch khuếch đại công suất gọn nhẹ hơn, ít tốn kém linh kiện.
- Giá thành mạch điện hạ so với mạch khuếch đại công suất sử dụng hai biến áp.
- Khắc phục được nhược điểm của mạch sử dụng biến áp xuất.
- Hiệu suất tương đối cao, khoảng 80%.

Nhược điểm:

- Do vẫn còn dùng biến áp đảo pha nên mạch vẫn còn phức tạp.
- Công suất ra còn bị hạn chế.
- Hiện nay loại mạch này ít được sử dụng so với các loại mạch khuếch đại công suất khác.

11.5. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ sơ đồ, trình bày nguyên lý làm việc, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có biến áp đảo pha và không biến áp ra.

2. Vẽ sơ đồ, trình bày nguyên lý làm việc, đặc điểm, ứng dụng mạch khuếch đại công suất đẩy kéo dùng tranzito cùng loại; đảo pha bằng tranzito phụ và không biến áp ra.

Bài tập 1. Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của các mạch điện (hình 11.4).

Bài tập 2. Vẽ 1 mạch khuếch đại chế độ B đẩy kéo ghép biến áp ở đầu vào mạch khuếch đại công suất.

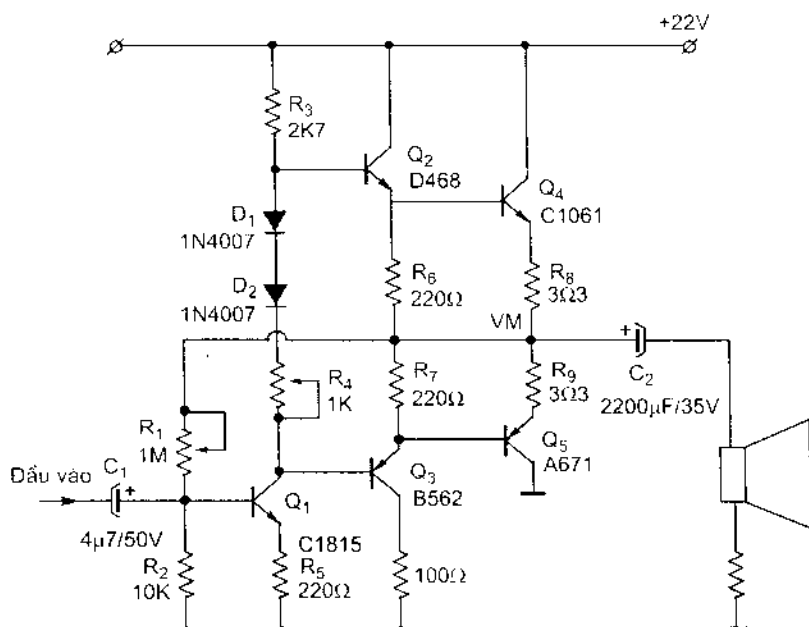
- Cho mạch khuếch đại đó hoạt động với $U_{CC} = 25V$ nối với tải 8Ω .

Hãy tính công suất ra và hiệu suất của mạch điện vừa vẽ.

Bài tập 3. Cho mạch điện và các số liệu theo hình 11.4

a) Cho biết tên mạch điện, phân tích tác dụng linh kiện và nguyên lý làm việc mạch điện.

b) Tính công suất, hiệu suất với các thông số đã cho.



Hình 11.4

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OCL HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ AB

12.1. ĐỊNH NGHĨA

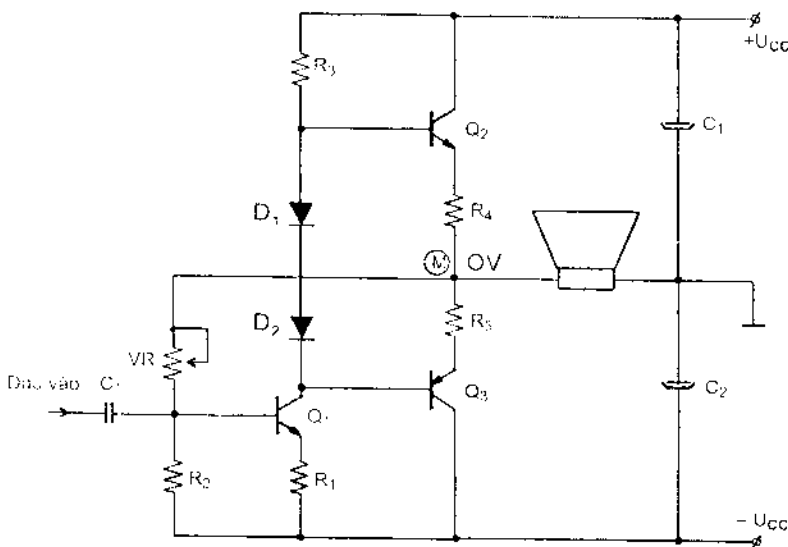
Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OCL là loại mạch khuếch đại công suất đẩy kéo không dùng biến áp đảo pha và biến áp xuất, mạch dùng nguồn đối xứng.

Do không dùng mạch đảo pha nên mạch khuếch đại công suất sử dụng hai tranzito khác loại NPN và PNP thành một cặp.

Các mạch khuếch đại công suất đã nghiên cứu trong bài 10 và 11 đều có biến áp nên cồng kềnh, không chế tạo được dưới dạng vi mạch. Vì vậy, ngày nay kiểu mạch này ít dùng và dùng chủ yếu là loại kết hợp hai loại tranzito thuận nghịch NPN và PNP (mạch OCL), vì mạch có ưu điểm dễ chế tạo dưới dạng vi mạch có công suất lớn.

12.2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OCL

12.2.1. Mạch điện và tác dụng của linh kiện



Hình 12.1. Mạch khuếch đại công suất dùng nguồn đối xứng OCL

Mạch sử dụng hai tranzito khác loại NPN – Q_2 và PNP – Q_1 . Cả hai tranzito làm việc ở chế độ B nên trong trường hợp lý tưởng thì thiên áp U_{B10} bằng 0; Q_2 và Q_1 là hai loại tranzito có các tham số hoàn toàn đối xứng nhau.

VR_1, R_2 : mạch định thiên kiểu phân áp cung cấp cho cực B- Q_1 . Trong đó Q_1 chỉnh điện áp phân cực cho Q_1 nhằm làm cho Q_2 và Q_1 cân bằng nhau, để điện áp điểm M bằng 0 ($U_M = 0$).

R_4 : Điện trở cực E- Q_1 .

Q_1 : Khuếch đại điện áp.

Q_2, Q_3 : Khuếch đại công suất đẩy kéo.

D_1, D_2 : Tạo chênh lệch điện thế phân cực cho cực B- Q_2 và B- Q_3 .

R_3 : Cung cấp điện áp để D_1, D_2 luôn được phân cực thuận.

C_1 : Tự liên lạc.

12.2.2. Nguyên lý làm việc

Với tín hiệu âm tần AF thông qua tự liên lạc C_1 , đưa vào cực B Q_1 , được khuếch đại và lấy ra ở cực C, đưa tới hai cực B của hai tranzito Q_2 và Q_3 , các tín hiệu giống hệt nhau. Do hai diốt D_1 và D_2 luôn được phân cực thuận nên nội trở của chúng rất bé, có thể coi như nối tắt về mặt tín hiệu.

Xét trong một chu kỳ của tín hiệu đưa vào cực B của Q_1 . Giả thiết tại thời điểm xét ở bán kỳ dương, ở cực C Q_1 cho tín hiệu ra ở bán kỳ âm, do đó Q_3 khuếch đại, Q_2 tắt.

Trên sơ đồ hình 12.1. khi Q_2 tắt Q_3 khuếch đại, xuất hiện dòng điện chạy qua tranzito Q_3 , dòng I_{c3} có chiều:

$$\text{Mass} \rightarrow \text{Loa} \rightarrow R_5 \rightarrow Q_3 \rightarrow -U_{CC}$$

Sang nửa chu kỳ sau Q_3 tắt Q_2 khuếch đại, dòng I_{c2} có chiều:

$$+U_{CC} \rightarrow Q_2 \rightarrow R_4 \rightarrow \text{Loa} \rightarrow \text{Mass chung.}$$

Như vậy hai tranzito luân phiên nhau làm việc trong hai nửa chu kỳ của tín hiệu. Với các chu kỳ sau của tín hiệu, quá trình trên được lặp lại, do đó ở loa ta có cả hai bán kỳ của tín hiệu.

Với mạch này hệ số khuếch đại điện áp $K_u \approx 1$; $K_i = \beta$

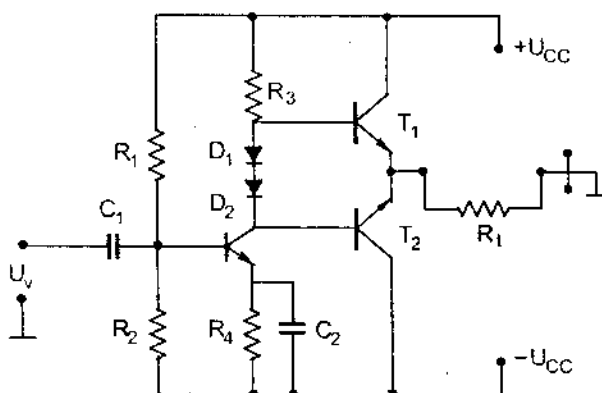
12.3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA MẠCH ĐIỆN

Các thông số cần thiết tính toán cho tầng khuếch đại công suất thường là:

- Công suất ra P_r ;
- Công suất tiêu tán trên mỗi tranzito P_T ;
- Công suất tiêu tán cực đại cho phép ở mỗi tranzito P_{Tmax} ;
- Điện áp trên tranzito U_{CE} ;
- Dòng DC chạy qua nguồn I_{Cmax} ;

Ví dụ 12.1:

Cho tầng khuếch đại công suất như hình 12.2.



Hình 12.2

Hai tranzito T_1 và T_2 có $U_{ce} = 0,5V$; $I_{C0} = 1mA$.

Công suất ra $P_r = 25W$; Điện trở tải $R_L = 8\Omega$.

- a) Xác định dòng điện cực đại qua tranzito.
- b) Xác định điện áp nguồn cần thiết để cung cấp cho mạch.

Bài giải:

a) Từ biểu thức:

$$P_r = \frac{I_{cm}^2}{2} \cdot R_L \quad (\text{trong đó } I_{cm} \text{ là dòng điện ra mỗi nhánh}).$$

Suy ra:
$$I_r = I_{cm} \sqrt{\frac{2P_r}{R_L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25}{8}} = 2,5A$$

b) Từ biểu thức: $P_r = \frac{U_m^2}{2R_L}$ (U_m là biên độ điện áp ra cực đại)

Điện áp trên tranzito $U_{CE} = U_{uc} + U_{du} = \sqrt{P_r \cdot 2R_L} + U_{du}$

$$U_{CE} = \sqrt{2,5 \cdot 2,8} + 0,5 = 20,5V.$$

Điện áp nguồn $U_{CC} = 2(\sqrt{P_r \cdot 2R_L} + U_{du}) = 2(\sqrt{2,5 \cdot 2,8} + 0,5) = 41V$

Vậy $U_{CC} = \pm 20,5V$

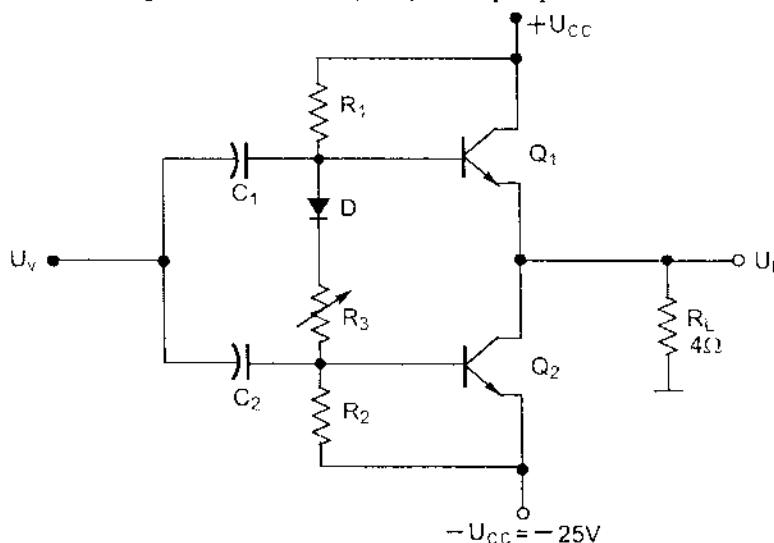
Ví dụ 12.2:

Từ mạch phân cực dòng tĩnh bằng diốt như hình 12.3, hãy xác định:

a) Công suất tiêu tán trên mỗi tranzito khi cấp điện áp hiệu dụng ở đầu vào là $12V_{rms}$.

b) Nếu tín hiệu vào tăng đến giá trị cực đại mà tín hiệu ra chưa méo dạng, hãy tính giá trị cực đại của công suất vào, ra và công suất tiêu tán trên mỗi tranzito.

c) Xác định công suất tiêu tán cực đại cho phép ở mỗi tranzito.



Hình 12.3. Mạch phân cực dòng tĩnh bằng diốt

Bài giải:

a) Giá trị đỉnh của điện áp vào:

$$U_{v(p)} = \sqrt{2} \cdot U_{v(rms)} = \sqrt{2} \cdot 12 = 16,97 = 17V.$$

Với biên độ tín hiệu ra trên tải ra R_L trong trường hợp lý tưởng gần bằng điện áp vào (độ lợi điện áp bằng 1) thì $U_{L(p)} = 17V$.

Công suất ra trên tải:

$$P_{r(AC)} = U_{L(p)}^2 / 2 \cdot R_L = 17^2 / 2 \cdot 4 = 36,125W$$

$$I_{L(p)} = U_{L(p)} / R_L = 17 / 4 = 4,25A$$

Dòng DC chạy qua nguồn lưỡng cực:

$$I_{DC} = 2 \cdot I_{L(tp)} / \pi = 2 \cdot 4,25 / \pi = 2,71 \text{ A}$$

Công suất nguồn:

$$P_{V(DC)} = U_{CC} \cdot I_{DC} = 25 \cdot 2,7 = 67,75 \text{ W}$$

Hiệu suất (với $U_V = 12 \text{ V}_{rms}$):

$$\eta = (P_V / P_V), 100\% = (36,125 / 67,75) \cdot 100\% = 53,3\%$$

Công suất tiêu tán trên mỗi tranzito:

$$P_T = P_{2T} / 2 = (P_V - P_{VX}) / 2 = (67,75 - 36,125) / 2 = 15,8 \text{ W}$$

b) Nếu điện áp vào tăng bằng điện áp U_{CC} , $U_V = 25 \cdot U_{peak}$

$$(U_V = 17,68 \text{ V}_{rms}) \text{ thì } U_{L(tp)} = U_{CC} = 25 \text{ V}$$

suy ra: $P_{Vmax} = U_{CC}^2 / 2 \cdot R_L = 25^2 / 2 \cdot 4 = 78,125 \text{ W}$

$$P_{Vmax} = (2 / \pi) \cdot (U_{CC}^2 / R_L) = (2 / \pi) \cdot (25^2 / 4) = 99,47 \text{ W}$$

$$\eta_{max} = (P_V / P_V), 100\% = (78,125 / 99,47) \cdot 100\% = 78,54\%$$

Với tín hiệu vào cực đại thì công suất tiêu tán mỗi tranzito sẽ là:

$$P_T = P_{2T} / 2 = (P_V - P_V) / 2 = (99,47 - 78,125) / 2 = 10,67 \text{ W}$$

c) Công suất tiêu tán cực đại cho phép ở mỗi tranzito:

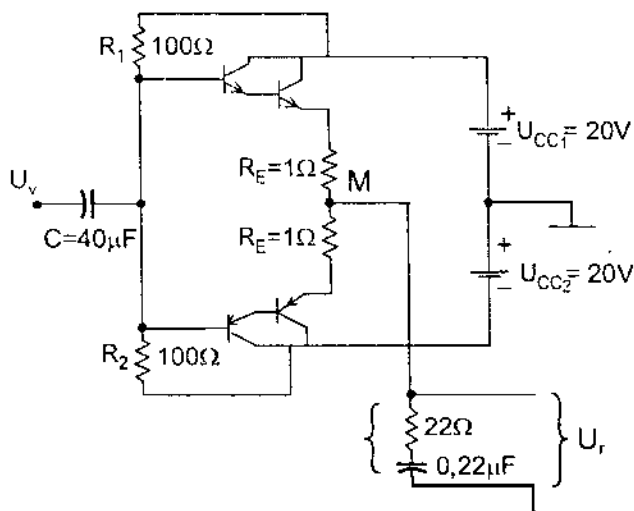
$$P_{Tmax} = (2 / \pi^2) \cdot (U_{CC}^2 / R_L) = (2 / \pi^2 \cdot 2) \cdot (25^2 / 4) = 31,66 \text{ W}$$

$$P_T = \frac{P_{2T}}{2} = 31,66 / 2 = 15,83 \text{ W}$$

12.4. MẠCH BÙ ĐỐI XỨNG

Một sự bất lợi của mạch khuếch đại công suất OCL là cần phải có hai nguồn cung cấp riêng biệt, và hạn chế nữa của mạch bù là méo xuyên tâm. Đây là sự gây khúc của tín hiệu ra trên tải ở thời điểm chuyển tiếp từ nửa chu kỳ dương sang âm. Để giảm méo xuyên tâm cho chế độ B lúc tín hiệu đầu vào còn yếu, người ta sẽ dùng chế độ AB để làm tăng kích thích cho tăng công suất cuối chế độ B.

Một dạng mạch đẩy kéo dùng các tranzito bù được trình bày ở hình 12.4. Mạch này ở mỗi vế là một cặp tranzito cùng tính đồng thời khác tính với cặp tranzito cùng tính kia, gọi là mạch darlington bù đối xứng. Ở mạch này thì dòng điện đầu ra sẽ cao hơn, còn trở kháng thì thấp hơn.



Hình 12.4. Mạch bù đẩy kéo

12.5. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

Ưu điểm:

– Mạch không dùng biến áp nên tín hiệu ra ít bị méo, gọn nhẹ dễ chế tạo đặc biệt là dưới dạng vi mạch, các mạch kích cho tầng công suất chủ yếu dùng theo phương pháp kích dòng vì thế dễ đạt được công suất ra lớn mà không cần nguồn cung cấp cao. Tuy nhiên để tránh méo phi tuyến trong thực tế các mạch công suất này đều được định thiên để làm việc ở chế độ B.

- Mạch OCL có đặc tuyến tần số rộng và khả năng chống nhiễu tốt.
- Mạch có kết cấu gọn, giá thành hạ nên được sử dụng rộng rãi.

Nhược điểm:

– Do tải thường liên lạc trực tiếp nên nếu có sự cố nhỏ ở mạch công suất thì điện áp tại điểm M sẽ lệch và làm cho tải bị hỏng, để khắc phục người ta thường mắc thêm mạch bảo vệ.

12.6. MỘT SỐ MẠCH THỰC TẾ

Sơ đồ hình 12.5 là tầng công suất và tầng kích.

Hình 12.5: T_1 , T_2 được kích thích bởi T_3 . Trên T_3 có các diốt và điện trở R_C . Điện áp mở $2U_{BE0} = 2U_{D1}$ (trong đó U_{D1} là điện áp khi diốt được phân cực thuận). Do đó ta có:

$$U_{BE1} = U_{CT3} + U_{D1} = U_{CT3} + U_{BE01}$$

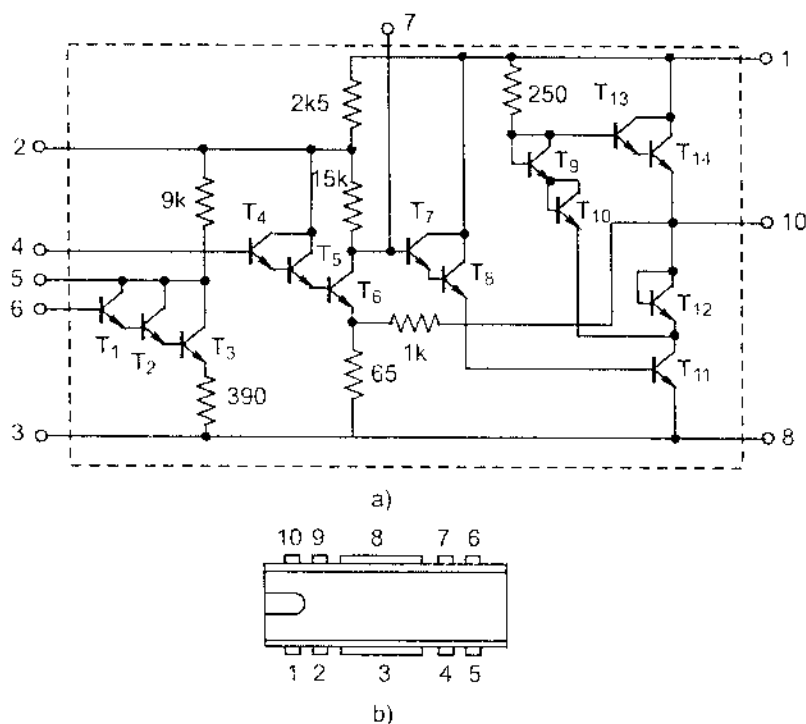
$$U_{BE2} = U_{CT3} + U_{D2} + U_{CT3} + U_{BE02}$$

12.7. ỨNG DỤNG CỦA MẠCH CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OCL

Hình 12.7 là sơ đồ cấu trúc IC loại MA 0403 của hãng TESLA Cộng hoà Séc. Mạch công suất làm việc ở chế độ AB (T_{11} và T_{12}) cả hai đều là bán dẫn NPN, mạch được thay thế loại kết hợp NPN và PNP. Vì vậy, một trong hai tranzito phải đóng vai trò đồng thời là mạch đảo pha. Tải của T_{11} được hợp thành bởi hai phần: phần một là mạch T_9 , T_{10} (được mắc như diốt), phần thứ hai là mạch tải ra.

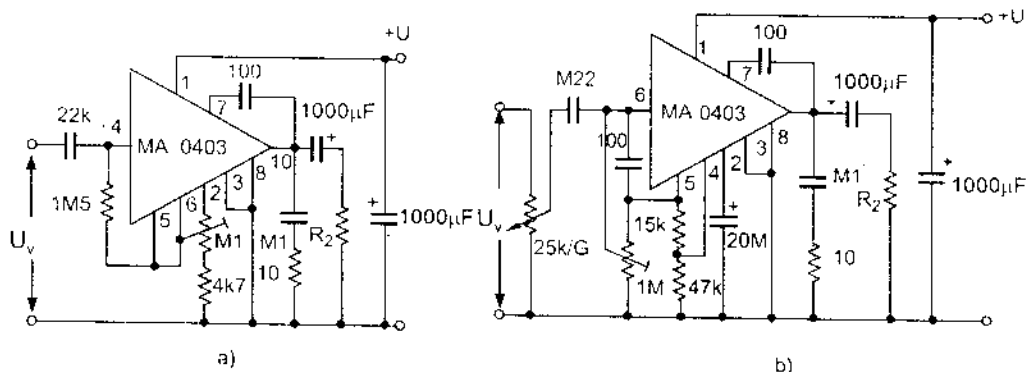
Mạch gồm T_{11} , T_{10} , T_9 , điện trở 250Ω , ở điều kiện bình thường có dòng tĩnh khoảng 10mA. Nếu đưa tới cực B của T_{11} chu kỳ dương của tín hiệu T_{11} mở sẽ có dòng qua tải, nguồn năng lượng lúc này là do tụ C phóng điện. Khi đến nửa chu kỳ âm đưa tới B- T_{11} đóng làm giảm dòng tĩnh, tăng điện áp trên B của T_{13} , T_{13} và T_{14} mở có dòng qua tải. T_{11} và mạch T_9 , T_{10} và điện trở 250Ω hoạt động như một mạch đảo pha.

Trong trường hợp này dòng tĩnh chạy trong mạch T_9 , T_{10} , T_{11} có ngay cả khi T_{11} đóng đối với tín hiệu xoay chiều.



Hình 12.7. Sơ đồ IC loại MA 0403

Sơ đồ hình 12.8 là các cách mắc IC MA0403. Hình 12.8a là cách mắc với trở kháng vào nhỏ, hình 12.8b là cách mắc với trở kháng vào lớn.



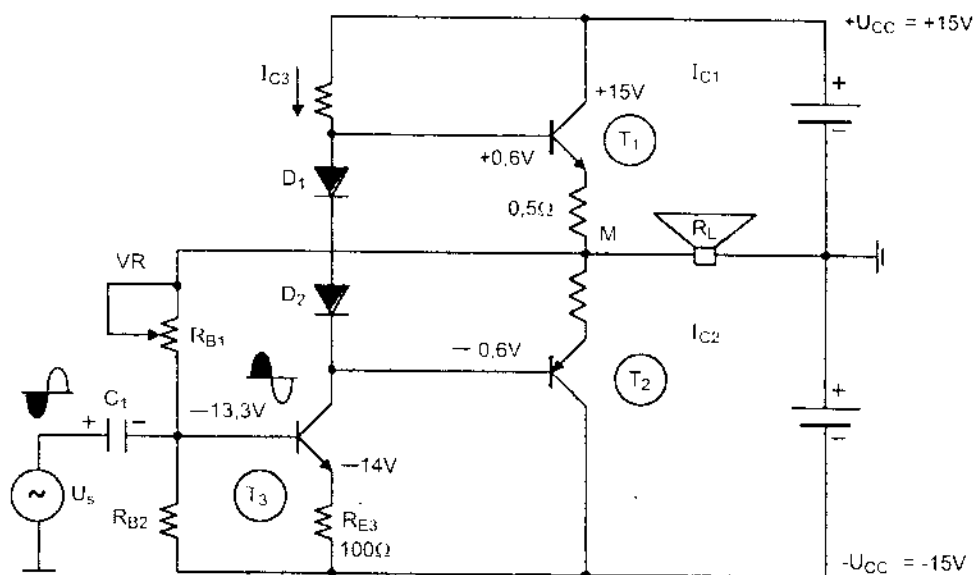
Hình 12.8. Mạch ứng dụng IC MA 0403

12.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ và phân tích mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OCL hoạt động ở chế độ AB.
2. Nêu những điều kiện để mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OCL có thể hoạt động được ở chế độ AB.

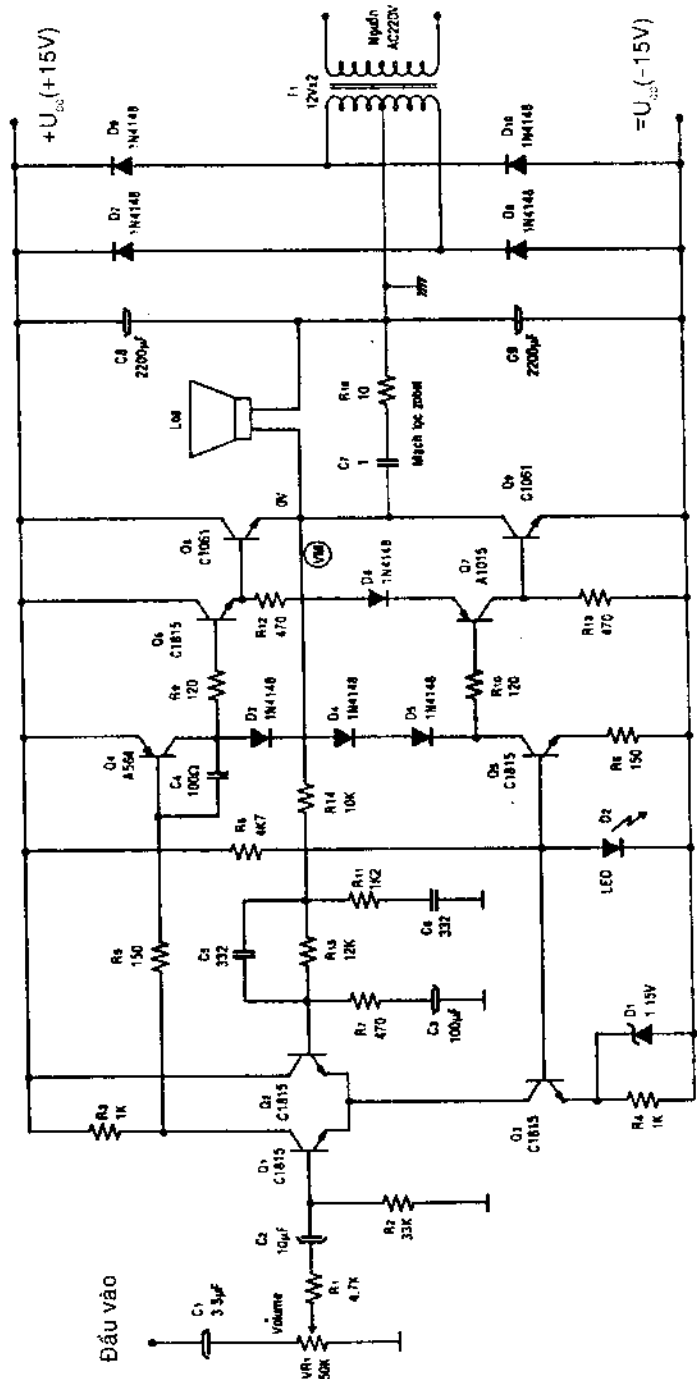
Bài tập 1. Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của các mạch điện hình 12.9.

– Tính công suất ra và hiệu suất theo các thông số đã cho trên mạch hình 12.9.



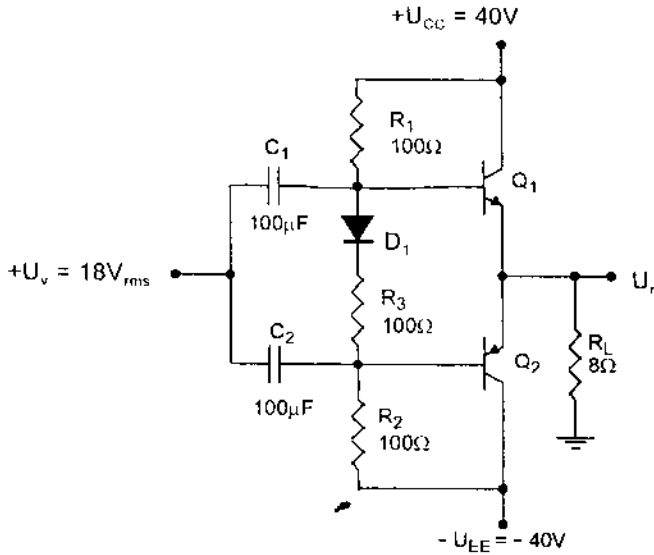
Hình 12.9

Bài tập 2. Phân tích tác dụng các linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch điện hình 12.10.



Hình 12.10

Bài tập 3. Cho mạch điện hình 12.11



Hình 12.11

Tính:

- $P_{r(ac)}$;
- $P_{v(dc)}$;
- η ;
- Tính công suất tổn hao trên cả 2 tranzito.

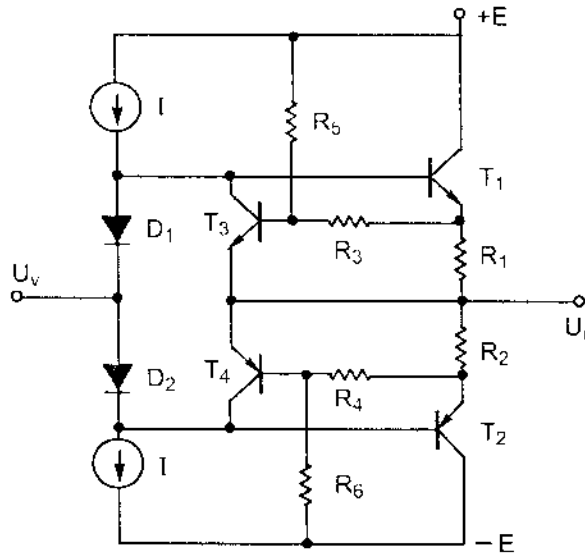
MẠCH BẢO VỆ TRANZITO CÔNG SUẤT LỚN

13.1. VẤN ĐỀ BẢO VỆ TRANZITO CÔNG SUẤT

Do trở kháng ra của các mạch công suất thường nhỏ, đặc biệt là các IC công suất nên dòng ra lớn dễ bị quá tải và tranzito bị phá hỏng, vì vậy phải sử dụng một cách hợp lý các giải pháp hạn chế giá trị quá lớn của dòng điện ra.

13.2. BIỆN PHÁP TỰ ĐỘNG HẠN CHẾ DÒNG ĐIỆN RA

Để bảo vệ các tranzito công suất trong điều kiện tải nhỏ hay bị ngắn mạch tải, người ta thường dùng các biện pháp tự động hạn chế dòng điện ra không quá một giới hạn cho trước $\pm I_{rmax}$ (có hai cực tính) - như hình 13.1 là mạch thường gặp trong các IC khuếch đại công suất hiện nay.



Hình 13.1. Mạch bảo vệ quá dòng cho tầng ra của IC khuếch đại công suất

Bình thường các tranzito T_3, T_4 ở chế độ khoá cho tới lúc dòng điện ra chưa đạt tới giá trị tới hạn $\pm I_{rmax}$. Khi dòng điện mạch ra qua R_1 và R_2 đạt tới giới hạn này, giảm áp trên R_1 và R_2 do nó gây ra đẩy tới ngưỡng mở

của T_3 , T_4 (khoảng $\pm 0,6V$) làm T_3 , T_4 mở ngăn sự gia tăng tiếp của I_T nhờ tác dụng phân dòng I_{B1} , I_{B2} của T_3 và T_4 .

Từ đó có thể chọn R_1 và R_2 theo điều kiện:

$$R_1 = \frac{+0,6V}{I_{Tmax}} \quad R_2 = \frac{-0,6V}{I_{Tmax}}$$

Các điện trở R_3 , R_4 để hạn chế dòng và bảo vệ cho tranzito T_3 , T_4 .

Các điện trở định thiên cho T_3 , T_4 để tránh méo tín hiệu. Để ổn định nhiệt ta mắc điện trở nhiệt R_1 có hệ số nhiệt âm. Khi nhiệt độ tăng, giá trị của R_1 giảm, suy ra U_{BEO} giảm, mạch còn được mắc thêm điện trở hồi tiếp R_E để ổn định nhiệt cho T_2 và T_3 .

13.3. DÙNG ĐIỐT ĐỂ ỔN ĐỊNH NHIỆT

Trên sơ đồ hình 13.2, việc duy trì dòng tĩnh I_{B0} ổn định (ở chế độ AB) trong dải nhiệt độ rộng, điều đó đạt được nhờ tác dụng bù nhiệt của diốt D_1 và D_2 .

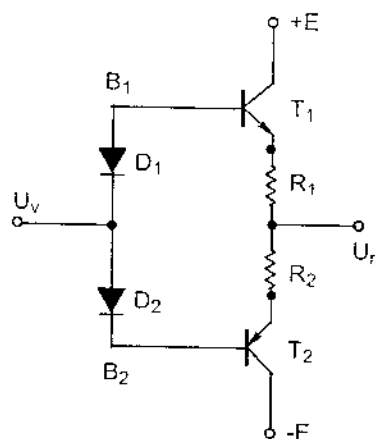
Để xác lập chế độ AB cho cặp tranzito T_1 , T_2 cần có nguồn điện áp phụ 1 chiều phân cực cho T_1 , T_2 . Các điện áp phụ này được tạo ra nhờ hai điện áp thuận rơi trên hai diốt D_1 và D_2 (loại diốt silic) để có tổng điện áp chung giữa hai điểm B_1 và B_2 là $U_{B(B0)} = + (1,1 \div 1,2)V$; hệ số nhiệt âm là: $(-1mV/^{\circ}C)$.

Việc duy trì dòng điện tĩnh I_{B0} ổn định trong một dải nhiệt độ rộng đạt được nhờ

tác dụng bù nhiệt của cặp diốt D_1 , D_2 : Khi nhiệt độ tăng, điện trở thuận của diốt giảm nhưng dòng thuận của diốt tăng nên điện áp thuận của diốt gần như không đổi.

Mặt khác, điện áp thuận của diốt nhỏ nên vẫn đảm bảo cho mạch làm việc ở chế độ AB, và do điện trở vi phân lúc mở của D_1 , D_2 đủ nhỏ nên mạch vào không làm tổn hao công suất tín hiệu, góp phần nâng cao hiệu suất của tầng.

Ngoài ra, nhờ sử dụng thêm các điện trở hồi tiếp âm mắc ở cực emitter T_1 và T_2 , với R_1 , R_2 nhỏ (R_1 , $R_2 < R_E$).



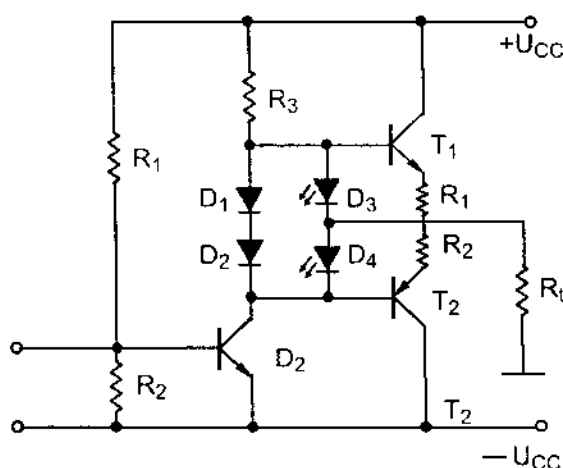
Hình 13.2. Tầng ra đẩy kéo không biến áp ở chế độ AB dùng các diốt ổn định nhiệt

13.4. DÙNG PHIẾN TOẢ NHIỆT

Tăng công suất làm việc với dòng điện ra lớn nên nhiệt độ khi làm việc của các tranzito thường tăng, dẫn đến làm cho dòng tiếp tục tăng và các tiếp giáp sẽ bị đánh thủng. Vì vậy, phải gắn tranzito công suất với phiến toả nhiệt để có thể toả nhiệt nhanh. Các phiến toả nhiệt thường được làm bằng nhôm có xẻ rãnh để tăng diện tích toả nhiệt, kích thước được chế tạo tùy thuộc vào công suất của tầng khuếch đại. Cần lưu ý khi sửa chữa, thay thế hoặc cân chỉnh mạch khuếch đại công suất phải lắp các phiến toả nhiệt cho tranzito khuếch đại công suất trước khi cho mạch hoạt động.

13.5. MẠCH BẢO VỆ QUÁ DÒNG CỦA TẦNG CÔNG SUẤT BẰNG ĐIỐT PHÁT QUANG

Sơ đồ mạch điện hình 13.3.



Hình 13.3. Mạch bảo vệ dùng điốt quang

Trên sơ đồ này, dòng ra cực đại sẽ là:

$$+ I_{m} = \frac{U_{D3} - U_{BE1}}{R_1}$$

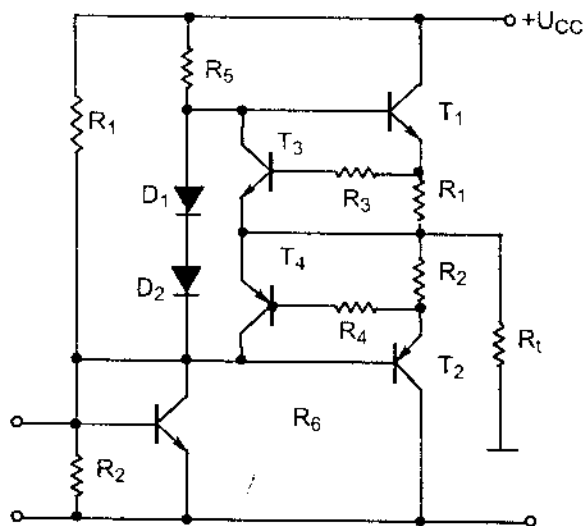
$$- I_{m} = \frac{U_{D4} - |U_{BE2}|}{R_2}$$

Việc hạn chế dòng xảy ra khi D_3 , D_4 mở. Điện áp thuận của D_3 , D_4 cần phải lớn hơn U_{BE} khoảng 0,7V. Ta thường chọn điốt phát quang màu đỏ, có

điện áp thuận khoảng 1,6V. Nếu có sự cố xảy ra làm cho dòng ra tăng, dẫn đến sụt áp trên R_1 và R_2 tăng, làm cho D_3 , D_4 thông $\rightarrow$ dòng vào sẽ bị phân nhánh qua D_3 , D_4 nên hạn chế dòng ra.

13.6. MẠCH HẠN CHẾ DÒNG ĐIỆN RA BẰNG TRANZITO PHỤ

Sơ đồ của mạch trên hình 13.4.



Hình 13.4. Mạch bảo vệ dùng tranzito

T_3 , T_4 mở nếu sụt áp trên R_1 , R_2 vượt quá trị số 0,6V. Khi đó sẽ giảm bớt sự gia tăng dòng cực gốc của T_1 , T_2 . Các điện trở R_4 , R_3 dùng để bảo vệ các tranzito T_3 , T_4 khỏi những giá trị đỉnh của dòng cực gốc.

13.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Tại sao phải có mạch bảo vệ tăng công suất, có những loại mạch bảo vệ nào?
2. Vẽ mạch và phân tích mạch dùng diốt để ổn định nhiệt.
3. Vẽ mạch và phân tích mạch hạn chế dòng điện ra bằng tranzito phụ.
4. Vẽ và phân tích mạch bảo vệ dùng diốt quang.

MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU BIẾN THIÊN CHẬM GHÉP TRỰC TIẾP

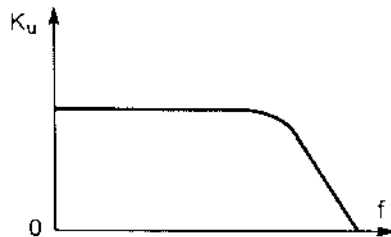
14.1. VẤN ĐỀ CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI BIẾN THIÊN CHẬM

14.1.1. Định nghĩa

Mạch khuếch đại một chiều biến thiên chậm (tín hiệu một chiều), làm việc với tần số gần bằng không, với hệ số khuếch đại theo yêu cầu.

14.1.2. Đặc tuyến biên độ tần số của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều

Tại $f = 0$ thì hệ số khuếch đại $K = 0$.



Hình 14.1. Đặc tuyến tần số – biên độ mạch khuếch đại tín hiệu một chiều

14.1.3. Phương pháp ghép nguồn tín hiệu với đầu vào của mạch điện

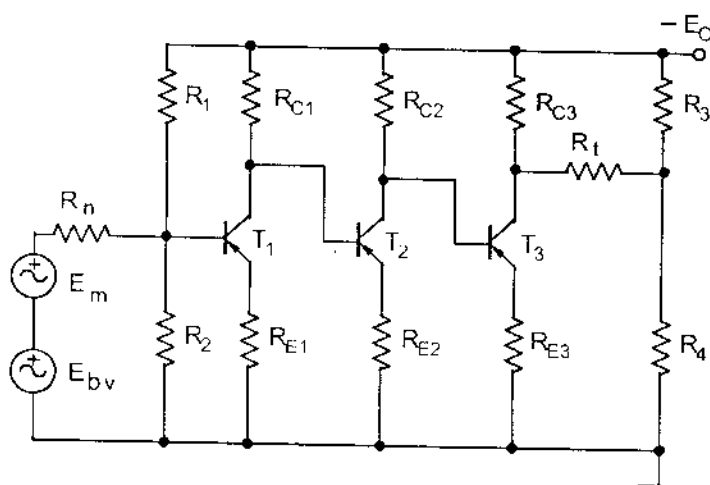
Để thực hiện mạch khuếch đại một chiều biến thiên chậm theo yêu cầu, nghĩa là đặc tuyến tần số – biên độ như hình 14.1, nên việc ghép tín hiệu vào với mạch khuếch đại và ghép giữa các tầng không thể dùng phương pháp ghép điện dung (ghép tụ) hay ghép điện cảm (ghép biến áp), vì khi đó đặc tuyến tần số – biên độ không đạt yêu cầu (hình 14.2 – mạch ghép tầng trong khuếch đại).

Như vậy, để truyền đạt tín hiệu một chiều biến thiên chậm, cần phải ghép trực tiếp theo dòng một chiều giữa nguồn tín hiệu với bộ và giữa các tầng với nhau.

Trong mạch khuếch đại ghép trực tiếp không có phần tử cách ly thành phần một chiều. Vì vậy, điện áp ra không chỉ được xác định bằng tín hiệu ra có ích, mà cả tín hiệu giả do sự thay đổi chế độ một chiều của các tầng theo thời gian, theo nhiệt độ hay một nguyên nhân lạ nào khác. Vì vậy, cần quan tâm đặc biệt đến những tầng đầu, vì sự thay đổi chế độ một chiều ở đây sẽ được các tầng khuếch đại sau tiếp tục khuếch đại.

14.2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU BIẾN THIÊN CHẬM GHÉP TRỰC TIẾP BA TẦNG KHUẾCH ĐẠI

14.2.1. Mạch điện và tác dụng linh kiện



Mạch 14.2. Mạch khuếch đại tín hiệu một chiều 3 tranzito

* Tác dụng linh kiện:

E_n , E_{bv} , R_n : Các thông số nguồn đầu vào;

T_1 , T_2 , T_3 : Phần tử khuếch đại;

R_1 , R_2 : Mạch định thiên kiểu phân áp cho B_{T1} ;

R_{E1} , R_{E2} , R_{E3} : Lần lượt là điện trở cực E- T_1 , T_2 , T_3 ;

R_{C1} , R_{C2} : Điện trở cung cấp điện áp cho cực B- T_1 , B- T_2 , đồng thời cũng là điện trở tải cực C- T_1 , C- T_2 .

R_{C3} : Điện trở cung cấp điện áp cho cực C- T_3 và là điện trở tải T_3 .

R_3 , R_4 : tạo thành mạch phân áp tải mạch ra.

* Nguyên lý làm việc:

Sơ đồ mạch điện hình 14.2. Mạch khuếch đại tín hiệu biến thiên chậm,

người ta thường dùng phương pháp ghép trực tiếp nguồn tín hiệu với đầu vào, giữa các tầng, giữa đầu ra với tải. Tín hiệu từ cửa vào được đưa vào mạch khuếch đại gồm 3 tầng khuếch đại T_1 , T_2 và T_3 . Điện áp ra sau khuếch đại được lấy ra trên tải R_4 .

Hệ số khuếch đại chung của mạch được tính:

$$K_{\Sigma} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (14.1)$$

Với K_1 , K_2 , K_3 lần lượt là hệ số khuếch đại của tầng 1(T_1), tầng 2(T_2) và tầng 3(T_3).

14.2.2. Tính toán các thông số của mạch điện

Từ sơ đồ mạch điện 14.2 gồm ba tầng khuếch đại, collector của tranzito trước được nối trực tiếp với bazơ của tranzito sau, ta thấy điện áp cấp cho B của T_2 được lấy từ C của T_1 nên:

$$U_{B2} = U_{C1} \quad (14.2)$$

Khi đó điện trở R_E nhờ dòng I_{B0} tạo nên điện áp cần thiết U_{BE0} cho chế độ tĩnh của mỗi tầng. Điều đó đạt được bằng cách tăng điện thế âm trên emitter của mỗi tranzito.

Xét tranzito thứ hai, ta có:

$$U_{BE2} = U_{C01} - U_{E02} = U_{C01} - I_{B02} \cdot R_{E2} \quad (14.3)$$

Để xác định hệ số khuếch đại của mỗi tầng, ta giả thiết $R_C // R_V = R_C$;

$R_{vi} > R_n$ khi đó các hệ số khuếch đại tương ứng của mỗi tầng được tính là:

$$K_1 = \beta_1 \frac{R_{c1} // R_{v2}}{R_{v1}} = \beta_1 \frac{R_{c1}}{\beta_1 R_{E1}} = \frac{R_{C1}}{R_{E1}} \quad (14.4)$$

$$K_2 = \beta_2 \frac{R_{c2} // R_{v3}}{R_{v2}} = \beta_2 \frac{R_{c2}}{\beta_2 R_{E2}} = \frac{R_{C2}}{R_{E2}} \quad (14.5)$$

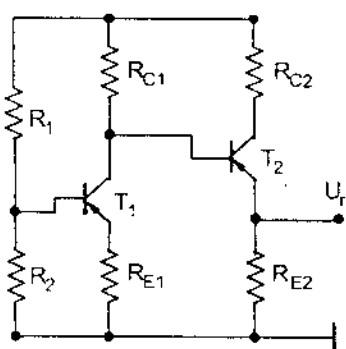
$$K_3 = \beta_3 \frac{R_{c3} // (R_1 + R_3 // R_4)}{R_{v3}} = \frac{R_{c3} // (R_1 + R_3 // R_4)}{R_{E3}} \quad (14.6)$$

Như vậy hệ số khuếch đại của từng tầng tỷ lệ nghịch với điện trở emitter của nó.

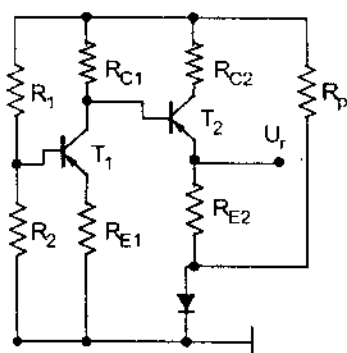
Điện trở R_{E1} tính theo chế độ ổn định nhiệt của tầng đầu có trị số từ vài trăm Ω đến vài $k\Omega$, điện trở R_E của những tầng sau vừa để ổn định nhiệt độ, vừa đảm bảo trị số U_{BE0} yêu cầu tương ứng trong chế độ tĩnh.

Khi thực hiện ghép trực tiếp thì điện áp trên emitter cũng như của mỗi tầng sau phải tăng dần, dẫn đến làm giảm hệ số khuếch đại từng tầng ($K_1 > K_2 > K_3$) dẫn đến hệ số khuếch đại chung (K_T) giảm.

Nhược điểm của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm hình 14.2 được khắc phục bằng hình 14.3 và 14.4.



Hình 14.3



Hình 14.4

Trong sơ đồ hình 14.3, điện trở R_E có thể chọn nhỏ đi vì có mắc thêm điện trở R_p mắc giữa cực E của T_2 và nguồn cung cấp E_c , tạo thêm một dòng điện phụ chạy qua R_E .

Theo công thức (14.3) đối với sơ đồ 14.2 ta có:

$$R_{E2} = \frac{U_{C01} - U_{BE02}}{I_{E02}} \quad (14.7)$$

Đối với sơ đồ hình 14.3, tính R_{E2} :

$$R_{E2} = \frac{U_{C01} - U_{BE02}}{I_{E02} + I_p} \quad (14.8)$$

Còn với sơ đồ hình 14.4, do mắc thêm diốt ổn áp D_z vào mạch emitter, R_{E2} được tính:

$$R_{E2} = \frac{U_{C01} - U_{BE02} - U_D}{I_{E02}} \quad (14.9)$$

Các mạch khuếch đại một chiều ghép trực tiếp có đặc điểm là đơn giản, nhưng hệ số khuếch đại không cao (khoảng vài chục lần) được sử dụng khi tín hiệu cửa vào tương đối lớn $0,05 \div 0,1V$ và độ trôi điểm 0 đòi hỏi không chặt chẽ.

Muốn có hệ số khuếch đại lớn hơn (hàng trăm đến hàng nghìn lần) thì không thể dùng cách ghép tầng như trên vì sẽ xuất hiện độ trôi quá mức cho phép và việc bù nhiệt độ cũng rất khó khăn, các mạch khuếch đại vi sai trong bài 17 sẽ khắc phục những nhược điểm trên.

14.3. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI GHÉP TRỰC TIẾP

Ưu điểm:

- Đặc tuyến tần số của mạch bằng phẳng ít méo tuyến tính do phần tử nổi tăng gây ra.

Hệ số khuếch đại lớn hơn các mạch tương đương có sử dụng phần tử ghép.

Nhược điểm:

Chế độ một chiều liên quan chặt chẽ giữa các tầng nên việc ổn định điểm làm việc có nhiều khó khăn hơn so với mạch ghép biến áp và ghép RC.

- Mạch không phối hợp trở kháng.

14.4. PHƯƠNG PHÁP GIẢM ĐỘ TRÔI ĐIỂM KHÔNG CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU BIẾN THIÊN CHẬM GHÉP TRỰC TIẾP

Sự thay đổi một cách ngẫu nhiên của điện áp ra trong bộ khuếch đại một chiều khi tín hiệu vào không đổi $\Delta U_V = 0$ gọi là sự trôi điểm không của bộ khuếch đại.

Nguyên nhân trôi là do tính không ổn định của điện áp nguồn cung cấp, của tham số tranzito, của giá trị điện trở thay đổi theo nhiệt độ và thời gian.

Giá số điện áp trôi ở đầu ra ΔU_V được xác định khi gần mạch đầu vào của bộ khuếch đại ($e_u = 0$).

Chất lượng của bộ khuếch đại một chiều được đánh giá theo điện áp trôi quy về đầu vào của nó:

$$\Delta U_{TV} = -\frac{\Delta U_{TK}}{K_v}$$

Độ trôi quy về đầu vào và đặc trưng cho trị số tín hiệu giả ở đầu vào, bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại là K_v . Tùy thuộc vào yêu cầu của bộ khuếch đại mà trị số nhỏ nhất của tín hiệu đầu ra cũng phải lớn hơn ΔU_{TV} hàng chục hoặc hàng trăm lần.

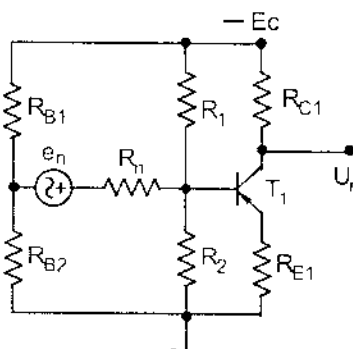
14.5. PHƯƠNG PHÁP BÙ ĐIỆN ÁP NGÕ VÀO

Để tránh hiện tượng trôi điểm không, cần mắc thêm nguồn e_n nối tiếp với nguồn e_n (hình 14.2) ở mạch vào của bộ khuếch đại.

Ở cửa vào mạch khuếch đại (hình 14.2), người ta mắc một nguồn điện áp bù đầu vào e_n nối tiếp với nguồn tín hiệu vào, sao cho khi $e_n = 0$, dòng qua nguồn bằng không. Muốn thế phải chọn điện áp bù $e_n = U_{B01}$

Có thể tạo ra điện áp bù U_{B01} nhờ R_{B1} và R_{B2} theo sơ đồ hình 14.5, tại đây điện áp bù của vào được tính:

$$U_{B01} = U_{B01} = \frac{E_c R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \quad (14.10)$$



Hình 14.5

14.6. PHƯƠNG PHÁP BÙ ĐIỆN ÁP NGÕ RA

Trong mạch khuếch đại tín hiệu một chiều, do đặc điểm ghép trực tiếp, không có phần tử cách ly thành phần một chiều, nên điện áp ra không những chỉ được xác định bằng tín hiệu ra có ích mà còn cả tín hiệu giả do sự thay đổi chế độ một chiều của các tầng theo thời gian, theo nhiệt độ hay vì một nguyên nhân lạ nào khác.

Sự thay đổi ngẫu nhiên của điện áp ra trong bộ khuếch đại một chiều, chủ yếu là nguyên nhân do sự không ổn định của điện áp nguồn cung cấp, của tham số tranzito, giá trị điện trở tải thay đổi theo nhiệt độ và theo thời gian.

Muốn bù điện áp ngõ ra, phải nâng cao hệ số khuếch đại tín hiệu có ích. Trước hết, cần phải xác định dải điện áp ΔU_{TR} , sao cho ΔU_{TR} là một phân không đáng kể so với tín hiệu ra có ích. Tùy thuộc vào yêu cầu của bộ khuếch đại, mà trị số nhỏ nhất của tín hiệu có ích ra cũng phải lớn hơn ΔU_{TR} nhiều lần.

Tại mạch ra cần có điện áp bù, tải R_L được mắc vào đường chéo mạch cầu gồm các phần tử mạch ra tầng cuối và các điện trở R_3, R_4 (hình 14.2). Khi đó sẽ đảm bảo điều kiện $U_i = 0$ khi $e_n = 0$; điện trở R_3, R_4 đóng vai trò bộ phân áp để tạo nên điện áp bù bằng U_{C03} cho mạch ra của tầng khi $e_n = 0$.

$$U_i = \frac{E_C \cdot R_4}{R_3 + R_4} = U_{C03} \quad (14.11)$$

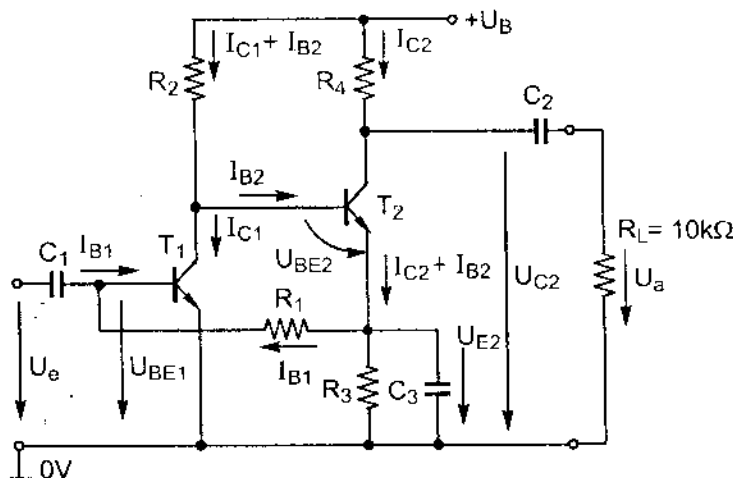
14.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ và phân tích đặc tuyến biên độ – pha của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm.

2. Vẽ và giải thích tác dụng linh kiện, nguyên lý làm việc của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều gồm 3 tầng khuếch đại.

3. Phân tích ưu, nhược điểm của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm so với các mạch khuếch đại ghép điện trở – điện dung và mạch khuếch đại ghép biến áp? Giải thích tại sao mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm không sử dụng các mạch ghép trên? Đề xuất biện pháp khác cho mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm.

4. Cho mạch điện như hình vẽ



Hình 14.6

Tính các thông số của mạch điện: $I_{B1}, U_{CE1}, U_{CE2}, K_{U1}, K_{U2}$

5. Sử dụng mạch điện trong hình 14.6, tính tần số giới hạn trên (f_H), tần số giới hạn dưới (f_L), từ đó vẽ đặc tuyến biên độ – tần số mạch điện; nhận xét đặc tuyến tần số – biên độ vừa vẽ.

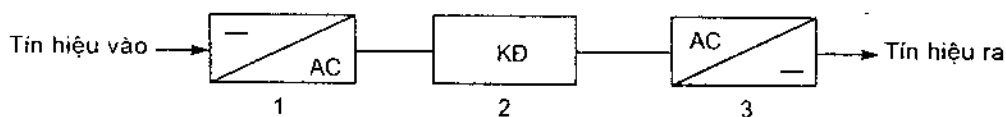
KHUẾCH ĐẠI MỘT CHIỀU CÓ BIẾN ĐỔI TRUNG GIAN

15.1. SƠ ĐỒ KHỐI CHỨC NĂNG CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI MỘT CHIỀU CÓ BIẾN ĐỔI TRUNG GIAN

Để xây dựng bộ khuếch đại một chiều tín hiệu biến thiên chậm thường sử dụng mạch khuếch đại ghép trực tiếp, có thể dùng phương pháp khác (phương pháp gián tiếp) sử dụng mạch điều chế để biến đổi trung gian sang tín hiệu xoay chiều, xử lý khuếch đại tín hiệu cho đủ lớn rồi lại biến đổi trở lại tín hiệu một chiều.

15.1.1. Sơ đồ khối của mạch khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian

Sơ đồ khối được thể hiện trên hình 15.1.



Hình 15.1

Với tín hiệu đầu ra gấp K lần tín hiệu đầu vào:

$$U_r = K \cdot U_v \quad (15.1)$$

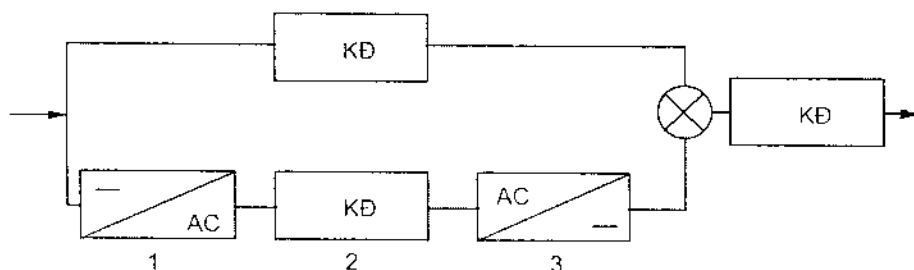
15.1.2. Chức năng của sơ đồ

Khối 1: Điện áp một chiều được đưa tới bộ điều chế làm biến đổi một trong những thông số của điện áp xoay chiều (các thông số đó là: biên độ, tần số, pha của tín hiệu) theo quy luật của tín hiệu một chiều biến thiên chậm. Ở đây thường dùng nguyên lý điều biên, ít khi dùng điều tần hay điều pha. Lúc đó ở đầu ra của bộ điều chế, ta có điện áp xoay chiều có biên độ tỷ lệ với điện áp vào U_v biến đổi chậm.

Khối 2: Tín hiệu xoay chiều được đưa tới bộ khuếch đại xoay chiều, có hệ số đủ lớn, tín hiệu sau khuếch đại tại khối 2 được đưa đến khối 3.

Khối 3: Điện áp sau khi khuếch đại được tách sóng bằng bộ giải điều chế 3, nhằm chuyển đổi tín hiệu xoay chiều có chứa thông số của tín hiệu một chiều biến thiên chậm, thành tín hiệu một chiều gốc đã được khuếch đại lên nhiều lần.

15.1.3. Sơ đồ khối bộ khuếch đại một chiều hai đường có biến đổi trung gian



Hình 15.2

Đây là phương án khác, khi thiết kế bộ khuếch đại tín hiệu một chiều có biến đổi trung gian.

Điện áp một chiều U_v đồng thời đặt lên hai nhánh song song. Một trong hai nhánh đó là bộ khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian (hình 15.1) mà nguyên lý làm việc đã được trình bày ở trên.

Nhánh còn lại là bộ khuếch đại một chiều ghép trực tiếp có hệ số khuếch đại K_1 , như đã trình bày trong bài 14.

Điện áp ra của hai bộ khuếch đại trên được đưa tới một bộ cộng và sau đó đưa vào bộ khuếch đại chung tiếp sau. Nếu tính đến điện áp trôi ΔU do bộ khuếch đại tín hiệu một chiều ghép trực tiếp gây ra, thì điện áp đưa vào bộ cộng sẽ là:

$$U_i = K_2 \cdot U_v + K_1(U_v + \Delta U) \quad (15.2)$$

$$U_i = (K_1 + K_2)U_v + K_1 \cdot \Delta U \quad (15.3)$$

Khi đó độ trôi điểm "0" tương đối (h) của bộ khuếch đại một chiều là:

$$h = \frac{K_1 \cdot \Delta U}{(K_1 + K_2)U_v} = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \cdot h' \quad (15.4)$$

Trong đó h' là độ trôi của nhánh khuếch đại một chiều trực tiếp, được tính:

$$h' = \Delta U / U_v \quad (15.5)$$

Từ biểu thức trên ta thấy rằng độ ổn định của bộ khuếch đại một chiều càng cao khi tỷ số K_2/K_1 càng lớn.

Vì tham số của bộ khuếch đại một chiều hai nhánh có biến đổi trung gian tốt hơn nhiều so với bộ khuếch đại một chiều tương tự khác, cho nên chúng được dùng cho những trường hợp khi cần hệ số khuếch đại cao với độ trôi điểm "0" nhỏ nhất, như trong máy tính tương tự hay trong các thiết bị đo lường.

15.2. MẠCH ĐIỀU CHẾ DÙNG TRANZITO

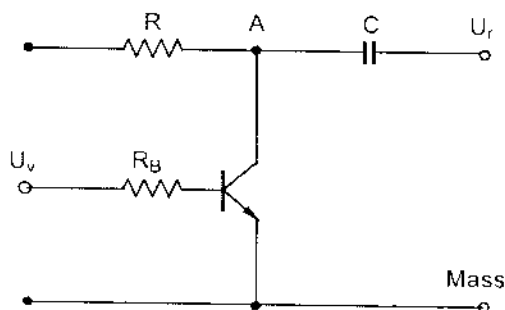
15.2.1. Sơ đồ mạch điện và tác dụng linh kiện

Sơ đồ mắc tranzito theo kiểu colectơ chung, nhiệm vụ linh kiện trong mạch như sau:

R: Điện trở cung cấp điện áp cho cực E tranzito.

C: Tụ nối tầng dẫn tín hiệu sau khi điều chế tới mạch ra.

R_B : Điện trở mắc nối tiếp tín hiệu vào và cực B tranzito để phối hợp trở kháng và cách ly cực B tranzito với cửa vào.



Hình 15.3

T: Tranzito hoạt động như một khoá điện tử đóng mở.

15.2.2. Nguyên lý hoạt động mạch điện

Đây là một bộ điều chế đơn giản dùng khoá điện tử, hoạt động như sau: điện áp U_v được truyền tới điểm A, nếu tranzito tắt; nếu tranzito mở $\rightarrow U_A \approx 0$.

Khi đặt tới đầu vào của tranzito một xung điện áp hình chữ nhật, thì ở điểm A cũng sẽ có một điện áp xung có biên độ tỷ lệ với điện áp vào U_v . Điện áp này qua tụ C đặt tới đầu ra, nghĩa là đầu vào của bộ khuếch đại xoay chiều.

15.3. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI MỘT CHIỀU CÓ BIẾN ĐỔI TRUNG GIAN

Ưu điểm:

– Mạch có độ ổn định càng cao trong khi hệ số khuếch đại điện áp của mạch càng lớn (thể hiện ở biểu thức 15.5).

– Mạch có độ trôi điểm "0" nhỏ nên độ chính xác của mạch cao.

Nhược điểm:

- Mạch điện phức tạp, có thêm nhiều thành phần, chức năng mới mà mạch khuếch đại một chiều ghép trực tiếp không có.
- Tồn hao năng lượng một chiều lớn.

15.4. ỨNG DỤNG CỦA MẠCH ĐIỆN

Mạch khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian dạng một nhánh hay hai nhánh có hệ số khuếch đại cao với độ trôi điểm "0" nhỏ hơn so với mạch khuếch đại tín hiệu một chiều khác, nên được ứng dụng nhiều trong các mạch yêu cầu độ chính xác cao như trong thiết bị đo lường, trong máy tính tương tự.

15.5. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ sơ đồ khối và phân tích chức năng các khối trong mạch khuếch đại tín hiệu một chiều có biến đổi trung gian.
2. Phân loại các mạch khuếch đại tín hiệu một chiều có biến đổi trung gian? Phân tích sự khác nhau giữa các loại mạch vừa nêu.
3. Tại sao nói mạch khuếch đại tín hiệu một chiều có biến đổi trung gian một nhánh thực chất là một nhánh trong mạch khuếch đại tín hiệu một chiều có biến đổi trung gian hai nhánh? Hãy vẽ và phân tích sơ đồ khối thể hiện quan điểm vừa nêu?
4. Vẽ và phân tích tác dụng linh kiện, nguyên lý hoạt mạch điều chế sử dụng tranzito.
5. Phân tích ưu, nhược điểm của mạch khuếch đại tín hiệu một chiều biến thiên chậm có biến đổi trung gian so với mạch khuếch đại tín hiệu một chiều ghép trực tiếp.

MẠCH ỔN ÁP

16.1. ĐỊNH NGHĨA MẠCH ỔN ÁP

Mọi thiết bị hoặc mạch điện tử đều cần có nguồn điện áp hay dòng điện một chiều ổn định cung cấp để duy trì hoạt động của chúng một cách tin cậy và hiệu quả. Thông thường nguồn năng lượng đó là nguồn năng lượng điện áp một chiều chỉnh lưu từ mạng lưới điện xoay chiều 110V – 220V(AC).

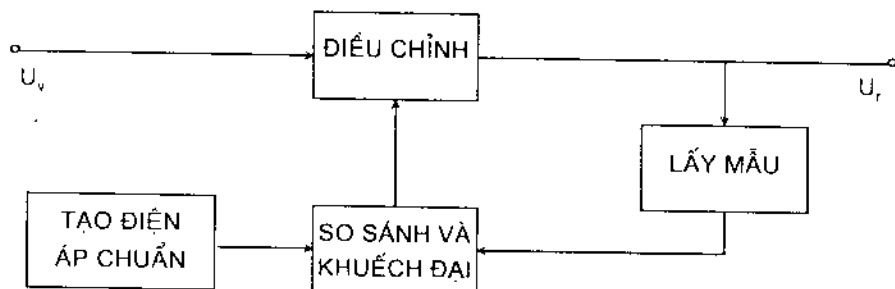
Nhiệm vụ của mạch ổn định điện áp (gọi tắt là mạch ổn áp) là cung cấp điện áp một chiều không đổi cho tải tiêu thụ khi điện áp lưới điện thay đổi, khi tải biến đổi thường gặp trong thực tế.

Có hai loại mạch ổn áp dùng tranzito là mạch ổn áp nối tiếp và mạch ổn áp song song. Các mạch ổn áp này có thể cung cấp một điện áp một chiều đầu ra ổn định ở một giá trị nhất định ngay cả khi giá trị đầu vào của mạch thay đổi hoặc tải của mạch thay đổi.

16.2. MẠCH ỔN ÁP TUYẾN TÍNH NỐI TIẾP DÙNG TRANZITO

16.2.1. Sơ đồ khối và chức năng của các khối

Sơ đồ mạch ổn áp tuyến tính nối tiếp như hình 16.1:



Hình 16.1. Sơ đồ mạch ổn áp nối tiếp

Chức năng các khối:

– Khối lấy mẫu: lấy thành phần sai lệch điện áp chưa ổn định cung cấp cho khối so sánh.

Khối tạo điện áp chuẩn: tạo ra một mức điện áp chuẩn để đưa tới khối so sánh.

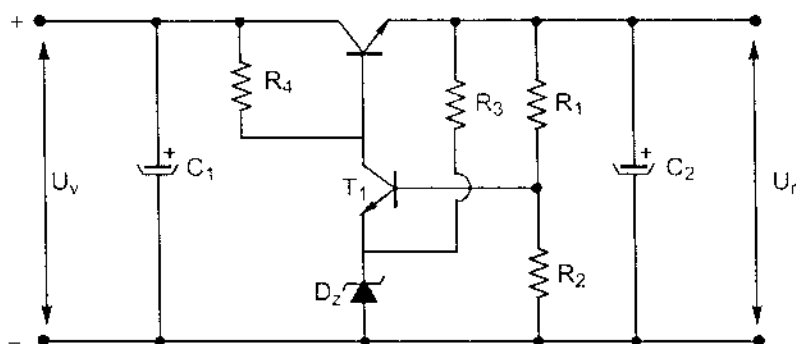
· Khối so sánh (SS), khuếch đại (KĐ): So sánh điện áp chưa ổn định do khối lấy mẫu cung cấp với điện áp chuẩn để lấy ra thành phần sai lệch rồi khuếch đại lên, cung cấp cho khối điều chỉnh.

· Khối điều chỉnh: Điều chỉnh điện áp rơi trên khối này theo hướng ngược lại với điện áp thay đổi ở đầu vào, giữ cho điện áp ra không đổi.

Nguyên tắc hoạt động:

Trong quá trình làm việc, một phần điện áp ra nhờ phần tử lấy mẫu luôn được so sánh với điện áp chuẩn (do phần tử tạo điện áp chuẩn tạo ra). Khi điện áp vào không ổn định xuất hiện tín hiệu sai lệch, thành phần sai lệch này được khuếch đại lên (nhờ phần tử so sánh, khuếch đại), tác động lên phần tử điều chỉnh, làm cho tham số của phần tử điều chỉnh thay đổi bù lại tác nhân gây mất ổn định. Do đó: $U_i = \text{Hằng số}$.

16.2.2. Mạch điện và tác dụng của linh kiện



Hình 16.2. Sơ đồ mạch ổn áp tuyến tính

Tác dụng của linh kiện:

Ta đối chiếu bản vẽ sơ đồ mạch điện nguyên lý và sơ đồ khối mạch ổn áp tuyến tính để xác định tác dụng linh kiện.

C_1, C_2 : Các tụ điện lọc;

R_1, R_2 : Phần tử lấy mẫu;

D_2, R_3 : Phần tử điện áp chuẩn;

T_1, R_1 : Phần tử so sánh, khuếch đại;

T_2 : Phần tử điều chỉnh.

16.2.3. Nguyên lý hoạt động

Giả sử điện áp U_c tăng, điện áp trên R_2 tăng, U_{BE1} tăng. So sánh với điện áp chuẩn U_{ch} trên D_1 , do đó U_{B1} tăng. Dòng I_{C1} tăng. Dòng điện I_{C1} chạy qua R_1 dẫn đến U_{R1} tăng, U_{C1} giảm. Vì cực CT_1 nối trực tiếp với cực BT_2 nên U_B giảm $\rightarrow$ tranzito T_2 bớt thông hay $R_{CE}-T_2$ tăng, sụt áp ΔU tăng, bù lại sự tăng ở đầu vào. Do đó, điện áp ra được ổn định. Phân tích tương tự với trường hợp điện áp vào giảm: lúc này điện áp trên phân tử lấy mẫu giảm, do đó U_{BE1} giảm. So sánh với điện áp chuẩn U_{ch} nên giá trị U_{B1} giảm, dòng I_{C1} giảm, điện áp rơi trên R_1 (U_{R1}) giảm. Điện thế dương ở bazơ T_2 tăng, nội trở của T_2 giảm hay $R_{CE}-T_2$ giảm. Sụt áp ΔU giảm tương đương với lượng giảm U_c . Do đó, điện áp ra được giữ ở mức không đổi.

Như vậy ΔU tỷ lệ thuận với điện áp vào:

$$U_r = U_c - \Delta U$$

U_r tăng thì ΔU tăng còn khi U_r giảm thì ΔU cũng giảm một lượng tương ứng, do đó:

$$U_r = \text{Hằng số}$$

Qua nhiều công trình nghiên cứu, điện áp ra càng ổn định và điện trở ra của mạch ổn áp càng nhỏ nếu độ khuếch đại của mạch khuếch đại một chiều lớn. Vì vậy, cần phải chọn tranzito T_1 có hệ số khuếch đại lớn. Ta có biểu thức điện áp:

$$U_{B1} = U_r \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$\text{Suy ra: } U_r = U_{B1} \cdot (R_1 + R_2) / R_2$$

$$U_r = U_{B1} \cdot (1 + R_1/R_2)$$

Từ biểu thức trên ta thấy điện áp ra có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh giá trị phân tử lấy mẫu R_1 , R_2 . Ở đây, ta mắc thêm một điện trở biến đổi VR vào giữa R_1 và R_2 .

Ngoài ra, vì phân tử điều chỉnh T_2 mắc nối tiếp với tải nên T_2 phải chịu dòng điện lớn. Ta biết rằng trong mạch mắc song song:

$$I_t = I_1 + I_2$$

Để bảo vệ cho T_2 , ta cần mắc thêm một điện trở R_3 song song với T_2 . R_3 làm nhiệm vụ phân dòng cho T_2 .

16.2.4. Tính toán các thông số của mạch điện

Ví dụ 16.1:

Tính toán điện áp đầu ra và dòng điện ra tải của mạch ổn áp hình 16.3.

Cho biết các thông số:

$$R_1 = 1\text{k}\Omega; U_Z = 12\text{V}; R = 220\Omega; \beta = 50; U_V = 20\text{V}; U_{BE} = 0,7\text{V}.$$

Bài giải

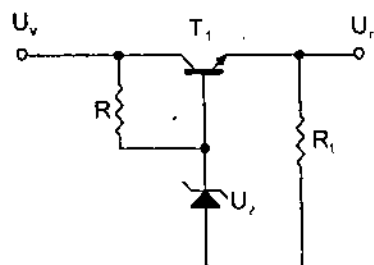
Tính U_r

$$U_r = U_Z - U_{BE} = 12\text{V} - 0,7\text{V} = 11,3\text{V}.$$

$$U_{CE} = U_V - U_r = 20\text{V} - 11,3\text{V} = 8,7\text{V}$$

$$I_R = \frac{U_V - U_r}{R} = \frac{20\text{V} - 12\text{V}}{220\Omega} = 36,4\text{mA}$$

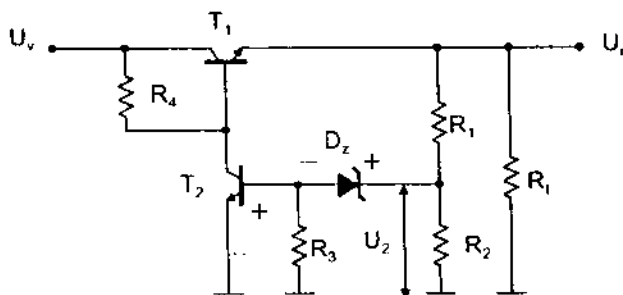
$$\text{Dòng chạy qua } R_1: I_1 = \frac{U_r}{R_1} = \frac{11,3\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 11,3\text{mA}$$



Hình 16.3

Ví dụ 16.2:

Cho sơ đồ mạch hình 16.4.



Hình 16.4

Hãy phân tích mạch điện và tính điện áp ổn định ra của mạch với các thông số cho sau:

$$R_1 = 20\text{k}\Omega, U_Z = 8,3\text{V}, R_2 = 30\text{k}\Omega.$$

Bài giải:

– Phân tích mạch điện hình 16.4:

Mạch ổn áp tuyến tính. Tác dụng linh kiện:

Hai điện trở R_1 và R_2 : Mạch lấy mẫu;

Điốt zener D_Z và R_3 : Cung cấp điện áp chuẩn;

T_2 : Phân tử so sánh và khuếch đại;

T_1 : Phân tử điều khiển.

– Nguyên lý hoạt động:

Nếu điện áp đầu ra tăng qua phân áp R_1 và R_2 , điện áp U_2 tăng, làm điện áp U_{BE} của T_2 tăng (điện áp U_Z không đổi), làm dòng qua T_2 tăng dẫn

đến điện áp U_{BE} của T_1 giảm làm cho nội trở của T_1 tăng, làm cho sụt áp trên T_1 tăng, vì vậy duy trì được điện áp đầu ra của mạch.

Trường hợp điện áp đầu ra giảm, giải thích tương tự.

-- Xác định điện áp đầu ra:

Điện áp U_2 bằng tổng của điện áp U_{BE} của T_2 và U_Z và được tính:

$$U_2 = U_{BE2} + U_Z = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_r$$

Do đó điện áp đầu ra U_r được xác định:

$$U_r = \frac{R_1 + R_2}{R_2} (U_Z + U_{BE2})$$

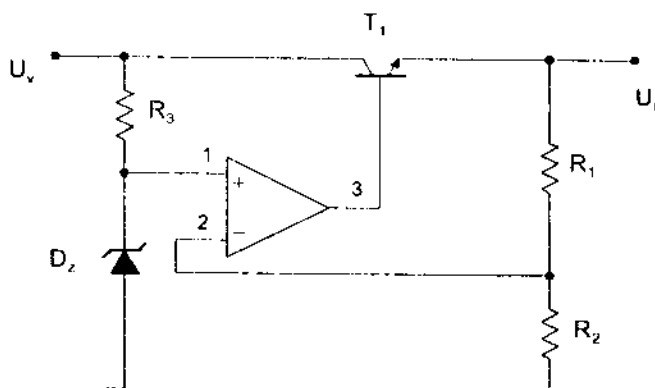
Theo công thức: $U_r = \frac{R_1 + R_2}{R_2} (U_Z + U_{BE2})$

Thay số vào, điện áp ổn áp ra sẽ là:

$$U_r = \frac{20k\Omega + 30k\Omega}{30k\Omega} (8,3V + 0,7V) = 15V$$

16.3. MẠCH ỔN ÁP TUYẾN TÍNH NỐI TIẾP DÙNG OP – AMP

16.3.1. Mạch ổn áp nối tiếp dùng khuếch đại thuật toán



Hình 16.5

Trong hình 16.5, bộ OP – AMP đóng vai trò bộ so sánh và khuếch đại như trong sơ đồ khối hình 16.1.

Bộ phân áp R_1 và R_2 : Mạch lấy mẫu;

D_Z : Cung cấp điện áp chuẩn cho OP – AMP;

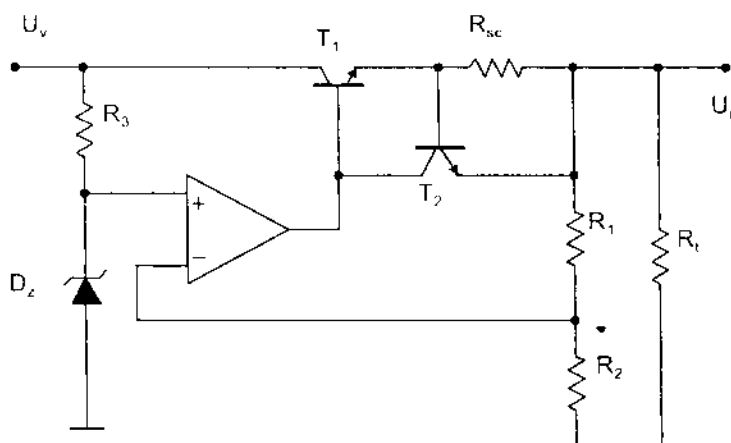
T_1 : Phần tử điều chỉnh, sẽ điều chỉnh để điện áp ra này không thay đổi.

Điện áp ra được tính theo công thức:

$$U_r = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) U_e$$

16.3.2. Mạch hạn chế dòng điện

Để bảo vệ mạch ổn áp khi bị quá tải hoặc ngắn mạch thì sơ đồ ổn áp được vẽ lại như hình 16.6.

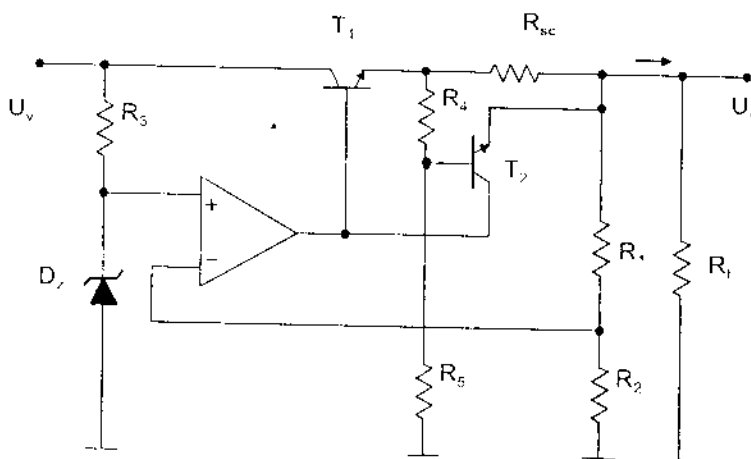


Hình 16.6. Mạch hạn chế dòng

Khi dòng tải I_L tăng thì điện áp rơi trên R_{sc} (sampling circuit), điện trở này đóng vai trò mạch lấy mẫu, cũng tăng lên. Khi điện áp trên R_{sc} tăng đủ lớn, làm T_2 mở. T_2 mở làm dòng cực bazơ của tranzito T_1 giảm, và làm giảm dòng tải qua tranzito T_1 , tránh cho R_L quá tải. Như vậy hoạt động của R_{sc} và T_2 làm hạn chế dòng tải cực đại.

Mạch hạn chế dòng (hình 16.6.) chỉ làm giảm điện áp tải khi dòng điện vượt quá giá trị giới hạn.

Hình 16.7 là mạch hạn chế dòng cải tiến. Mạch này sẽ làm giảm cả điện áp ra và dòng điện ra bảo vệ tải khỏi quá dòng. Trong sơ đồ này có thêm bộ phân áp R_4 và R_5 , bộ phân áp sẽ lấy một phần điện áp tại đầu ra của T_1 . Khi dòng I_L tăng lên đến giá trị cực đại, điện áp rơi trên R_{sc} đủ lớn mở T_2 để hạn chế dòng. Nếu điện trở tải nhỏ, điện áp điều khiển T_2 mở nhỏ. Khi điện trở tải trở lại giá trị của nó, mạch điện trở lại hoạt động ổn áp.

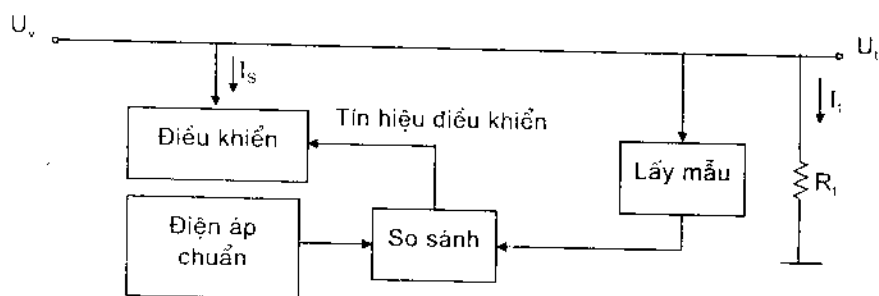


Hình 16.7. Mạch hạn chế dòng cải tiến

16.4. MẠCH ỒN ÁP TUYẾN TÍNH MẮC SONG SONG

16.4.1. Sơ đồ khối và chức năng của các khối

Mạch ổn áp song song thực hiện ổn áp bằng dòng tiêu hao song song với tải để ổn định điện áp ra. Hình 16.8 là sơ đồ khối của mạch ổn áp đó.

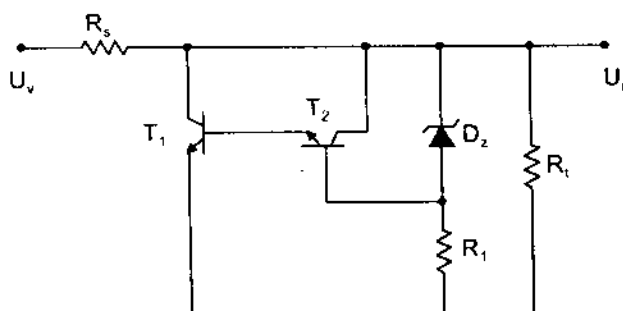


Hình 16.8. Sơ đồ khối mạch ổn áp song song

Điện áp đầu vào không ổn định cung cấp dòng cho tải. Một phần dòng điện bị mất đi do phần tử điều khiển để bảo đảm cho điện áp ra được ổn định đưa đến tải. Mạch lấy mẫu cung cấp tín hiệu hồi tiếp tới bộ so sánh, sau đó lấy ra một tín hiệu điều khiển để làm thay đổi dòng điện chảy qua phần tử điều khiển. Ví dụ, khi điện áp đầu ra tăng, mạch lấy mẫu cung cấp tín hiệu hồi tiếp tới mạch so sánh, đầu ra mạch so sánh đưa tín hiệu điều khiển làm tăng dòng điện song song qua phần tử điều khiển, làm cho dòng tải giảm xuống giữ điện áp ổn định.

16.4.2. Mạch điện và tác dụng của linh kiện mạch ổn áp song song dùng tranzito

Mạch điện như hình vẽ 16.9.



Hình 16.9. Ổn áp song song dùng tranzito

R_1 : Phân tử lấy mẫu;

D_z : Tạo điện áp chuẩn;

T_2 : Phân tử so sánh;

T_1 : Phân tử điều khiển.

16.4.3. Nguyên lý hoạt động

Điốt zener cung cấp một điện áp chuẩn, do đó điện áp trên phân tử lấy mẫu R_1 sẽ quyết định điện áp ra. Khi điện áp ra thay đổi, làm dòng song song qua T_1 cũng thay đổi, để giữ cho điện áp ra ổn định. Tranzito T_2 làm cho dòng cực bazơ của T_1 lớn hơn mạch dùng một tranzito, vì vậy ổn định dòng qua tải lớn hơn.

Điện áp ra được xác định như sau:

$$U_r = U_i = U_z + U_{BE1} + U_{BE2}$$

16.4.4. Tính toán các thông số của mạch điện

Ví dụ 16.3: Cho mạch điện hình 16.10.

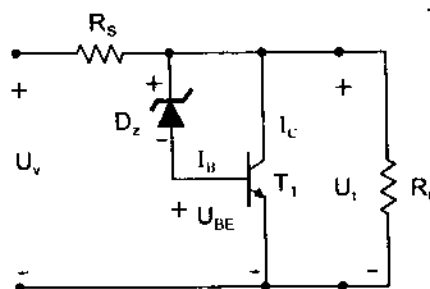
Hãy phân tích mạch điện và xác định điện áp ổn áp ra, dòng I_C , I_1 , I_S .

Cho biết: $R_s = 120\Omega$; $R_1 = 100\Omega$;
 $U_z = 8,2V$; $U_v = 22V$.

Bài giải:

– Phân tích mạch:

Mạch ổn áp song song đơn giản hình 16.10.



Hình 16.10

Trên điện trở R_s điện áp chưa ổn định, sụt áp do dòng cung cấp tới tải R_t . Điện áp trên tải được xác định bởi điện áp zener và điện áp giữa bazơ – emitter. Nếu điện trở tải giảm, dòng điều khiển cực B của T_1 cũng giảm, làm dòng collector cũng giảm, sẽ làm dòng tải lớn lên và ổn định được điện áp trên tải. Điện áp ra trên tải là:

$$U_t = U_z + U_{BE}$$

- Xác định điện áp ổn áp ra, dòng I_c , I_t , I_s :

Điện áp ổn áp trên tải là:

$$U_t = U_z + U_{BE} = 8,2V + 0,7V = 8,9V$$

Dòng qua tải là:

$$I_t = \frac{U_t}{R_t} = \frac{8,9V}{100\Omega} = 89mA$$

Với điện áp vào 22V, dòng qua R_s là:

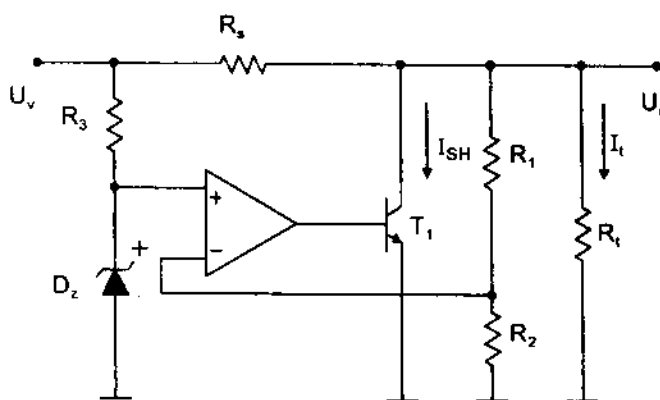
$$I_s = \frac{U_v - U_t}{R_s} = \frac{22V - 8,9V}{120\Omega} = 109mA$$

Do đó dòng qua collector là:

$$I_c = I_s - I_t = 109mA - 89mA = 20mA$$

16.4.5. Mạch ổn áp song song dùng OP-AMP

Hình 16.11 là mạch ổn áp song song dùng OP-AMP như là bộ so sánh điện áp.



Hình 16.11. Mạch ổn áp dùng OP-AMP

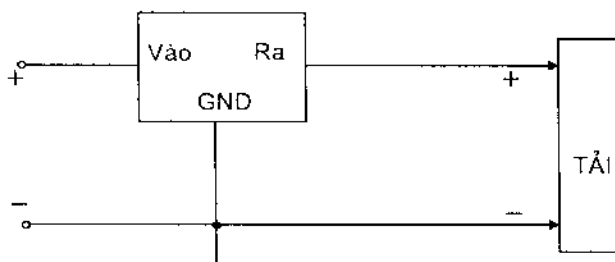
Điện áp chuẩn nhờ diốt ổn áp D_z được so sánh với điện áp hồi tiếp từ bộ phân áp R_1 và R_2 để điều khiển T_1 . Dòng qua R_s sẽ được điều khiển sụt áp trên R_s , vì vậy điện áp ra được ổn định.

16.5. MẠCH ỔN ÁP DÙNG IC

16.5.1. Khái niệm chung

Rất nhiều mạch ổn áp sử dụng các loại IC ổn áp. Các IC ổn áp chứa nguồn điện áp chuẩn, bộ khuếch đại so sánh, phần tử điều khiển bảo vệ quá tải, tất cả nằm trong một IC đơn lẻ.

Mặc dù cấu tạo bên trong IC có khác với các mạch ổn áp trước nhưng hoạt động bên ngoài thì như nhau. Điện áp ổn áp cũng có thể điều chỉnh được hoặc có thể là cố định. Dòng tải của các IC từ hàng trăm mA đến hàng chục A, do đó rất phù hợp với nhiều mạch thiết kế yêu cầu gọn nhẹ.



Hình 16.12. Sơ đồ khối bộ ổn áp dùng IC

Hình 16.12 cho thấy sự ghép nối IC ổn áp 3 chân với mạch.

Điện áp vào U_v được đưa tới một chân, điện áp ra được ổn áp U_r từ chân thứ 2, chân thứ 3 được nối với mass.

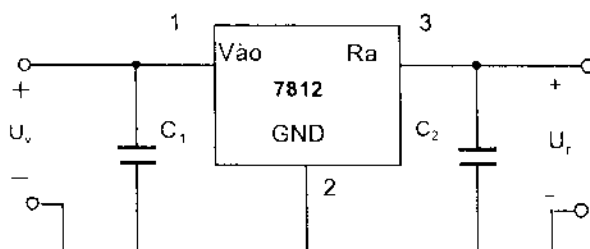
16.5.2. Các họ IC ổn áp thông dụng và ứng dụng của chúng

a) Ổn áp cố định dùng IC

* Họ IC 78xx cung cấp điện áp ra cố định từ (+)5V đến (+)24V. Ký hiệu xx để chỉ điện áp ra.

Ví dụ, 7805 là ổn áp 5V; 7824 là ổn áp 24V.

Sơ đồ mạch mắc trong thực tế như hình 6.13.



Hình 6.13. Mạch ổn áp dùng 7812

Trong đó:

Chân 1 được nối với điện áp vào;

Chân 2 được nối với mát;

Chân 3 được nối với tải;

Tụ điện $C = 0,1\mu\text{F}$ để cải thiện quá trình quá độ và lọc nhiễu tần số cao.

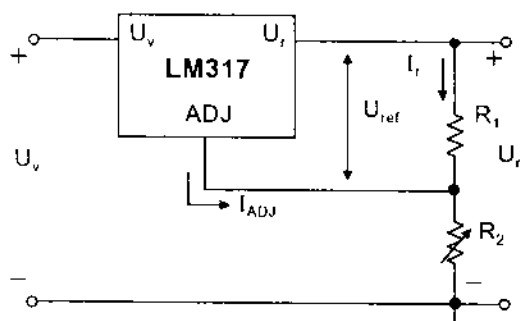
Dòng điện đưa ra của họ 78xx thường $\leq 1\text{A}$.

* Họ 79xx tương tự như họ 78xx nhưng cung cấp điện áp ra cố định từ $(-5\text{V}$ đến (-24V) .

b) Ổn áp dùng IC có thể điều chỉnh được điện áp ra

Các IC ổn áp cũng sẵn có một số loại cho phép người sử dụng có thể điều chỉnh điện áp ra như mong muốn.

LM317 trong hình là một mạch ví dụ.



Hình 16.14. Mạch ổn áp dùng LM317

LM317 có thể hoạt động với phạm vi điện áp ra từ $1,2\text{V}$ đến 37V , điện trở R_1 và R_2 xác định điện áp ra ($1,2\text{V}$ đến 37V).

Có thể tính điện áp ra cho mạch theo công thức sau:

$$U_r = U_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{adj} R_2 \quad (*)$$

Trong đó $U_{ref} = 1,25\text{V}$ và $I_{adj} = 100\mu\text{A}$

Ví dụ 16.4: Xác định điện áp ra của IC LM317 với $R_1 = 240\Omega$ và $R_2 = 2,4\text{k}\Omega$.

Bài giải: Theo công thức (*) ta có:

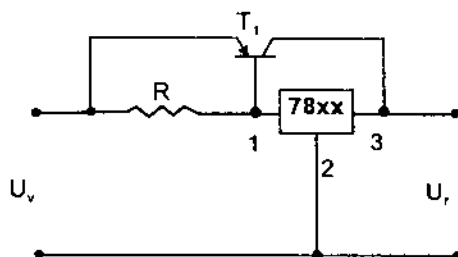
$$\begin{aligned} U_r &= 1,25\text{V} \left(1 + \frac{2,4\text{k}\Omega}{240\Omega}\right) + (100\mu\text{A})(2,4\text{k}\Omega) \\ &= 13,75\text{V} + 0,24\text{V} = 13,99\text{V} \end{aligned}$$

IC LM318 cũng tương tự như vậy nhưng điện áp ra là điện áp âm.

16.5.3. Một số mạch ổn áp khác dùng IC

a) Mạch tăng dòng ra

IC họ 78xx hay 79xx thường có dòng ra không lớn, do đó để tăng dòng ra có thể kết hợp với tranzito như hình 16.15.



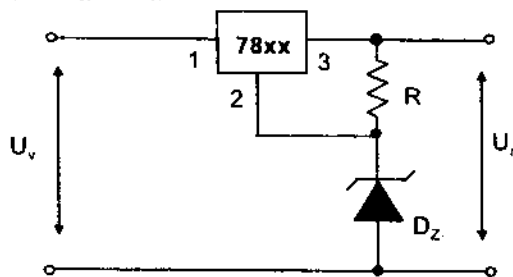
Hình 16.15. Mạch tăng dòng ra

b) Mạch tăng điện áp ra

Để tăng điện áp ra, đầu thêm diốt zener vào chân 2 của IC như hình 16.16.

Khi đó điện áp ra sẽ là:

$$U_r = U_Z + U_R$$



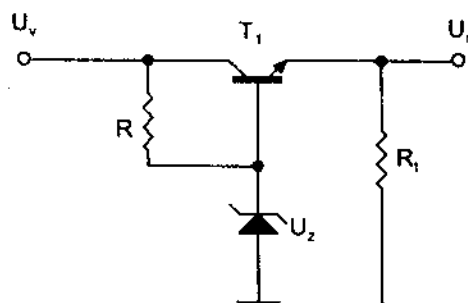
Hình 16.16. Mạch tăng điện áp ra

16.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Bài tập 1. Cho mạch điện như hình 16.17.

Biết $R = 1,8k\Omega$;
 $U_Z = 8,3V$;
 $R_1 = 2k\Omega$;
 $U_v = 20V$;
tranzito Si có $\beta = 50$.

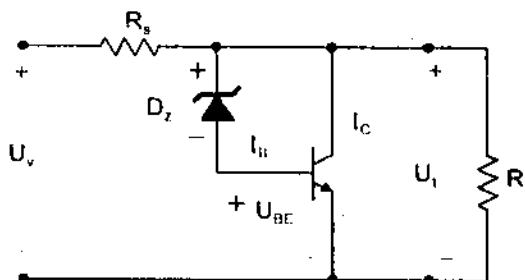
Hãy tính điện áp ra U_r và dòng điện chạy qua zener.



Hình 16.17

Bài tập 2. Cho mạch điện như hình 16.18.

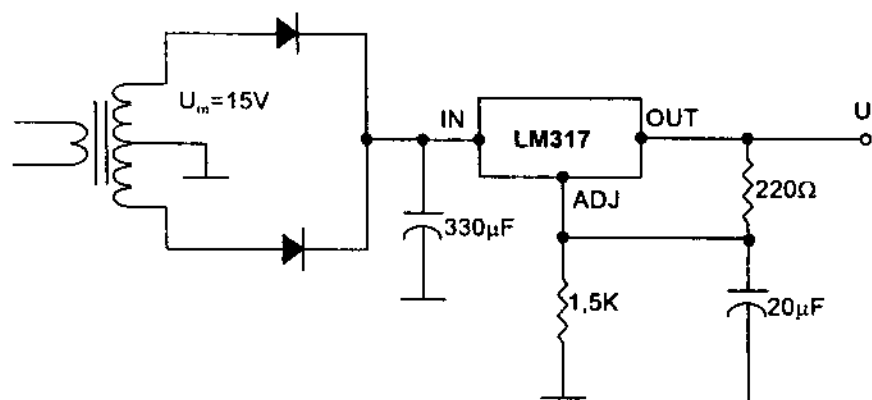
Biết $R_s = 33\Omega$; $U_z = 10V$; $R_l = 100\Omega$. Hãy tính điện áp ổn áp đầu ra và các dòng điện tại các cực của tranzito.



Hình 16.18

Bài tập 3. Cho mạch ổn áp như hình 16.19.

Hãy xác định điện áp ra.



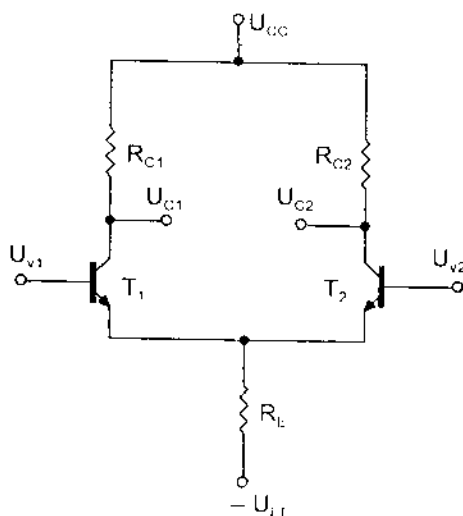
Hình 16.19

MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

17.1. VẤN ĐỀ CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

Sơ đồ mạch điện nguyên lý tổng quát:

Hình 17.1 là cấu trúc điển hình của mạch vi sai.



Hình 17.1. Mạch khuếch đại vi sai

Các điều kiện và đặc điểm của mạch điện:

Mạch vi sai gồm hai đầu vào, hai đầu ra và cực emitter của hai tranzito được nối với nhau.

Mạch làm việc theo nguyên lý cầu cân bằng song song với hai nhánh cầu là hai điện trở R_{C1} và R_{C2} có giá trị như nhau: $R_{C1} = R_{C2} = R_C$.

Hai tranzito T_1 , T_2 có các thông số giống hệt nhau.

Điện áp ra:

Điện áp ra có thể lấy giữa hai cực collector $U_r = U_{C1} - U_{C2}$, hoặc lấy từ hai cực C so với đất.

Khi điện áp ra được lấy giữa hai collector (kiểu đối xứng).

-- Khi điện áp ra được lấy trên mỗi collector đối với đất (kiểu không đối xứng).

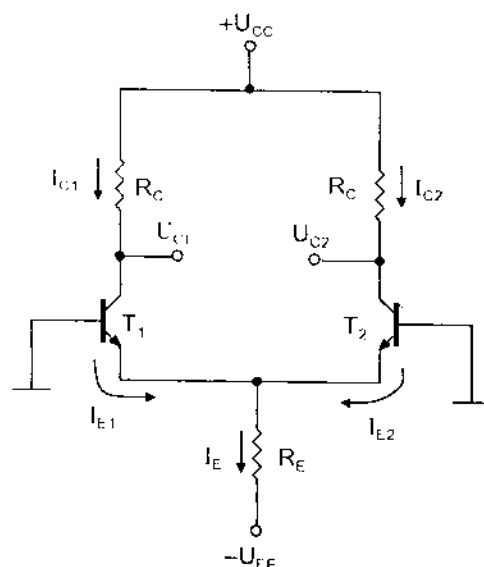
Điện áp vào:

Tùy theo cách đưa tín hiệu vào mà có các chế độ khác nhau:

- Đưa tín hiệu vào một đầu vào, còn một đầu nối đất: chế độ đơn.
- Hai đầu vào đưa hai tín hiệu khác nhau: chế độ vi sai.
- Đưa cùng một tín hiệu vào hai đầu vào: chế độ đồng pha.

17.2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI CHẾ ĐỘ MỘT CHIỀU

Sơ đồ phân cực cho mạch vi sai như hình 17.2.



Hình 17.2. Phân cực cho mạch vi sai

Theo hình vẽ ta tính được:

Điện thế tại cực E:

$$U_E = U_B - U_{BE} = 0 - 0,7 = -0,7V$$

Tổng dòng điện cực E của T_1 và T_2 :

$$I_E = \frac{U_E - (-U_{EE})}{R_E} = \frac{U_{EE} - 0,7V}{R_E}$$

Nếu T_1 , T_2 hoàn toàn giống nhau thì:

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_E}{2}$$

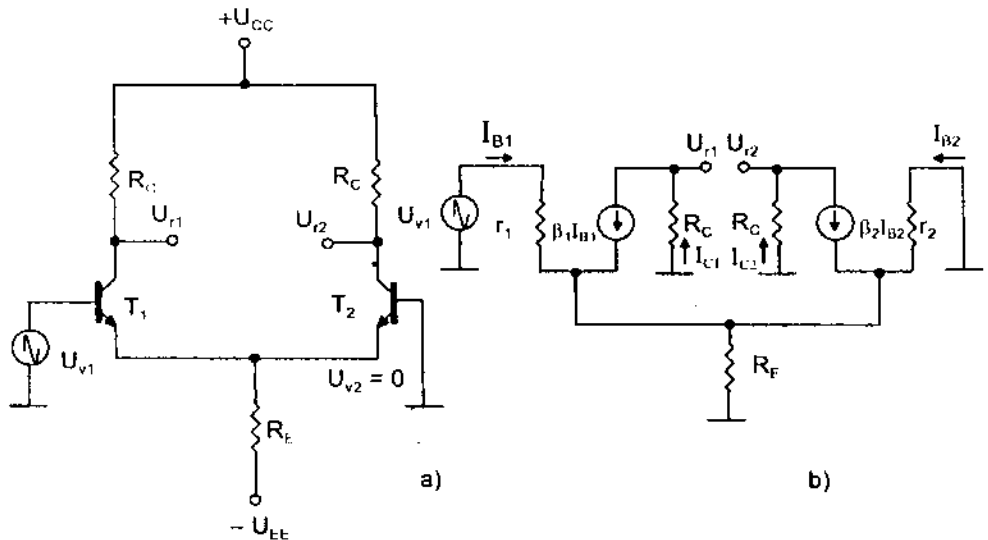
Và
$$I_{C1} = I_{C2} = I_C \approx \frac{I_E}{2}$$

Điện áp trên mỗi colectơ sẽ là:

$$U_{C1} = U_{C2} = U_{CC} - I_C R_C$$

17.3. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI HOẠT ĐỘNG Ở CHẾ ĐỘ KHUẾCH ĐẠI XOAY CHIỀU NGỒ VÀO ĐƠN

Sơ đồ mạch như hình 17.3.



Hình 17.3

a) Chế độ đơn ; b) Sơ đồ tương đương

Nếu hai tranzito hoàn toàn như nhau thì:

$$I_{B1} = I_{B2} = I_B$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta$$

$$r_1 = r_2 = r = \beta r_E$$

Vì R_E thường rất lớn, nên áp dụng định luật Kirchhoff (hình 17.3c):

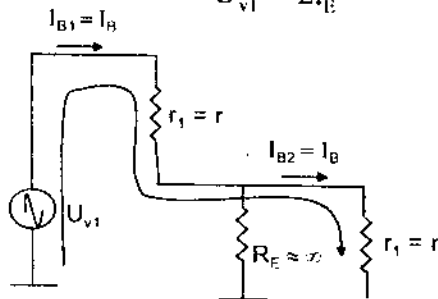
$$U_{v1} - I_B r - I_B r = 0$$

Suy ra:
$$I_B = \frac{U_{v1}}{2r}$$

Dòng điện tại colectơ:
$$I_C = \beta I_B = \beta \frac{U_{v1}}{2r}$$

Điện áp ra:
$$U_r = I_C R_C = \beta \frac{R_C}{2r} U_{v1} = \beta \frac{R_C}{2\beta r_E} U_{v1} = \frac{R_C}{2r_E} U_{v1}$$

Hệ số khuếch đại điện áp: $K_u = \frac{U_r}{U_{v1}} = \frac{R_C}{2r_E}$



Hình 17.3

c) Xác định I_B

Ví dụ 17.1: Cho mạch điện như hình 17.4. Hãy xác định điện áp ra U_{r1} .

Bài giải:

Dòng I_E được tính:

$$I_E = \frac{U_{EE} - 0,7V}{R_E} = \frac{9V - 0,7V}{43k\Omega} = 193\mu A$$

Dòng tại cực emitter:

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_E}{2} = 96,5\mu A$$

Giá trị điện trở r_E :

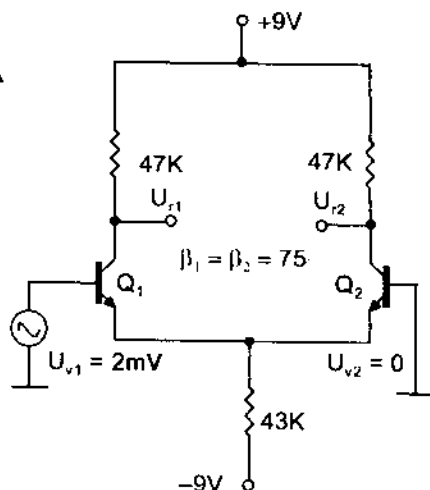
$$r_E = \frac{26mV}{96,5\mu A} \approx 269\Omega$$

Hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_u = \frac{R_C}{2r_E} = \frac{47k\Omega}{2.269\Omega} = 87,4$$

Điện áp ra là:

$$U_{r1} = K_u \cdot U_{v1} = 87,4.2mV = 0,175V$$



Hình 17.4

17.4. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI HOẠT ĐỘNG Ở CHẾ ĐỘ KHUẾCH ĐẠI XOAY CHIỀU NGỒ VÀO VI SAI

Khi đưa tín hiệu khác nhau vào hai đầu vào của mạch vi sai, mạch sẽ làm việc trong chế độ vi sai.

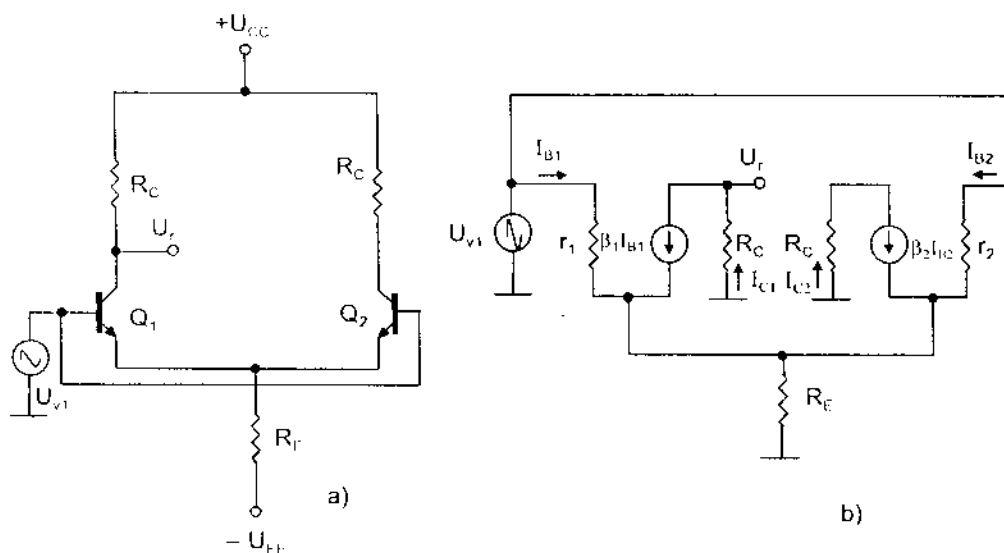
Tương tự chế độ đơn, dễ dàng tính được hệ số khuếch đại vi sai:

$$K_{vs} = \frac{U_r}{U_{vs}} = \frac{R_C}{2r_E}$$

Với $U_{vs} = U_{v1} - U_{v2}$, $U_r = U_{r1} - U_{r2}$.

17.5. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI HOẠT ĐỘNG Ở CHẾ ĐỘ KHUẾCH ĐẠI XOAY CHIỀU NGỒ VÀO ĐỒNG PHA

Sơ đồ mạch vi sai hoạt động ở chế độ đồng pha được cho trên hình 17.5.



Hình 17.5

a) Chế độ đồng pha; b) Sơ đồ tương đương

Theo sơ đồ tương đương ta viết được:

$$I_B = \frac{U_v - 2(\beta + 1)I_B R_E}{r}$$

Suy ra:
$$I_B = \frac{U_v}{r + 2(\beta + 1)R_E}$$

Điện áp ra:
$$U_r = I_C \cdot R_C = \beta I_B R_C = \frac{\beta U_v R_C}{r + 2(\beta + 1)R_E}$$

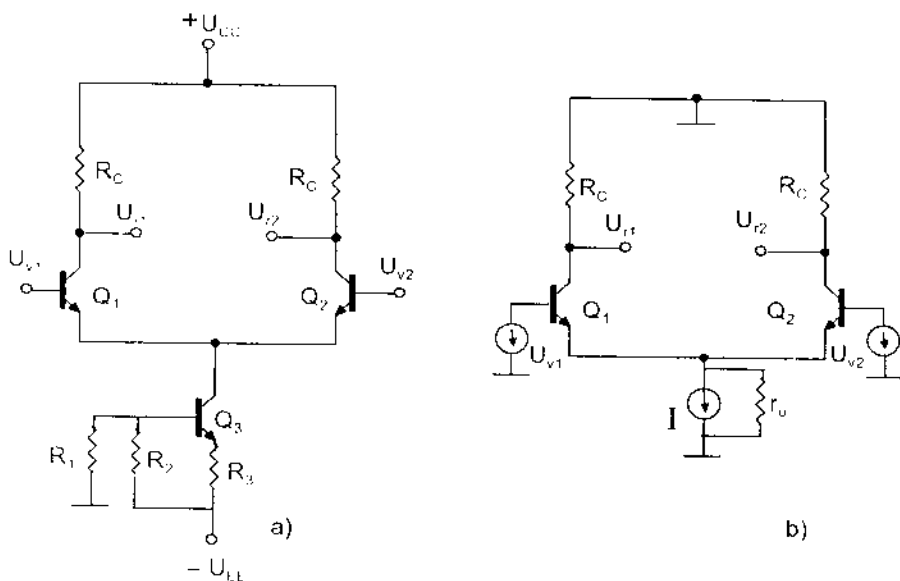
Hệ số khuếch đại đồng pha:
$$K_{dp} = \frac{\beta R_C}{r + 2(\beta + 1)R_E}$$

17.6. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI CÓ NGUỒN DÒNG CỐ ĐỊNH

Một mạch khuếch đại vi sai tốt khi hệ số khuếch đại vi sai K_v lớn, hệ số khuếch đại đồng pha nhỏ, $K_{dp} \rightarrow 0$. Theo công thức tính K_{dp} , nếu R_E lớn thì K_{dp} sẽ giảm.

Trong thực tế, để tăng R_E , mà dòng I_E không đổi, người ta dùng một nguồn dòng cố định như hình 17.6a. Trong sơ đồ này, trở kháng ra của mạch CE là r_u đóng vai trò của R_E trong các sơ đồ trước.

Sơ đồ tương đương xoay chiều như hình 17.6b.



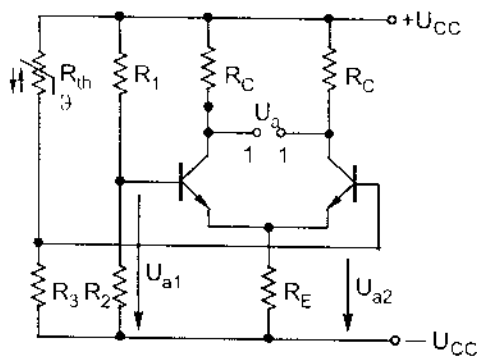
Hình 17.6

a) Mạch khuếch đại vi sai dùng nguồn dòng ; b) Sơ đồ tương đương xoay chiều

17.7. ỨNG DỤNG

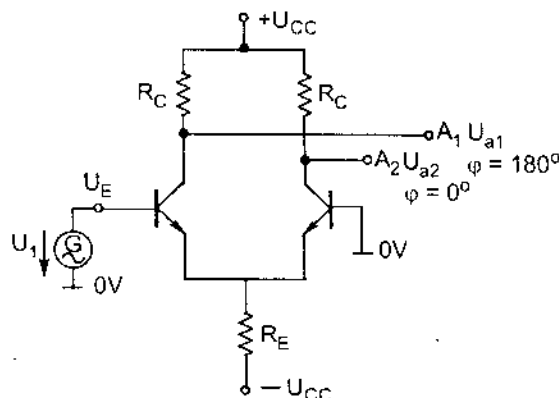
Mạch khuếch đại vi sai được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện tử, là thành phần không thể thay thế được trong cấu tạo đầu vào của bộ khuếch đại thuật toán (còn gọi là vi điện tử tuyến tính).

Mạch khuếch đại vi sai được sử dụng trong đo lường, trong các mạch đo nhiệt độ, khi kết hợp với cầu điện trở cân bằng (hình 17.7).



Hình 17.7

Ngoài ra, một ứng dụng phổ biến khác, mạch còn được sử dụng trong khuếch đại tần số thấp (hình 17.8).



Hình 17.8

17.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Vẽ và phân tích cấu trúc mạch khuếch đại vi sai, phân tích chế độ một chiều phân cực cho mạch khuếch đại vi sai, trình bày ứng dụng của mạch khuếch đại vi sai.

2. Vẽ mạch điện và phân tích mạch khuếch đại vi sai ở chế độ đồng pha.

3. Cho mạch điện hình 17.9.

Biết:

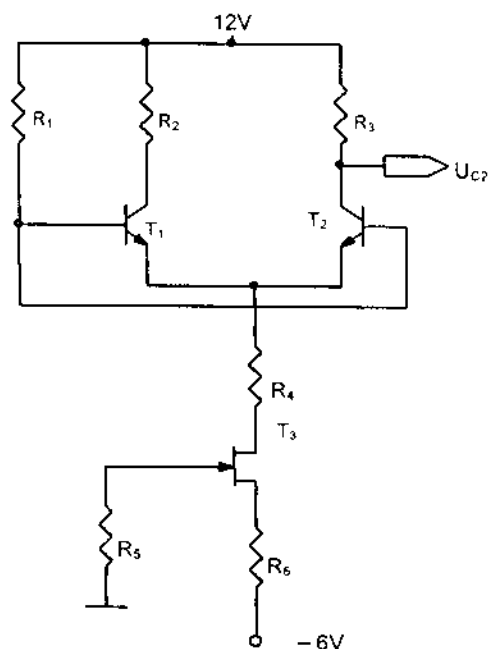
$R_1 = 560k$; $R_2 = R_3 = 2,2k$;
 $R_4 = R_6 = 1k$; $R_5 = 1M$.

T_1, T_2 cùng loại, cùng ký hiệu và có $\beta = 100$; $U_{BE} = 0,6V$.

Dòng bão hoà $I_{DSS} = 5mA$;

Điện áp ngắt $U_p = -6V$.

Tính $U_{C2} = ?$



Hình 17.9

VI MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (OP-AMP)

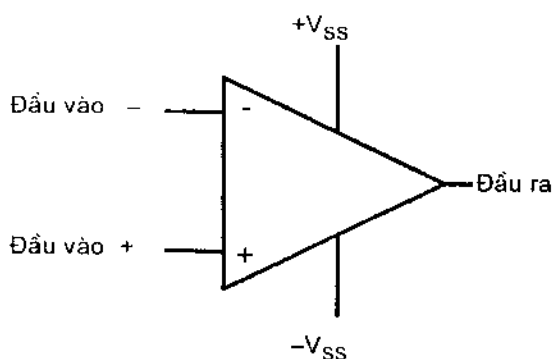
18.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ KÝ HIỆU CỦA VI MẠCH THUẬT TOÁN

18.1.1. Định nghĩa

Bộ khuếch đại thuật toán OP – AMP (Operational Amplifier) là mạch khuếch đại tổ hợp có hệ số khuếch đại rất lớn, trở kháng vào lớn và trở kháng ra nhỏ. Hiện nay, các bộ khuếch đại thuật toán (OP – AMP) đóng vai trò quan trọng và được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật khuếch đại, tạo tín hiệu sin, xung, trong bộ ổn áp và bộ lọc tích cực...

18.1.2. Ký hiệu

Ký hiệu của OP – AMP như trên hình 18.1



Hình 18.1. Ký hiệu OP – AMP

Với đầu vào U_p gọi là đầu vào không đảo (P – positive).

Đầu vào U_n gọi là đầu vào đảo (N – negative).

Khi tín hiệu đưa vào đầu không đảo thì tín hiệu ra cùng dấu (cùng pha) với tín hiệu vào.

Khi tín hiệu đưa tới đầu vào đảo thì tín hiệu ra ngược dấu (ngược pha) với tín hiệu vào. Đầu vào đảo thường được sử dụng để thực hiện hồi tiếp âm bên ngoài cho OP – AMP.

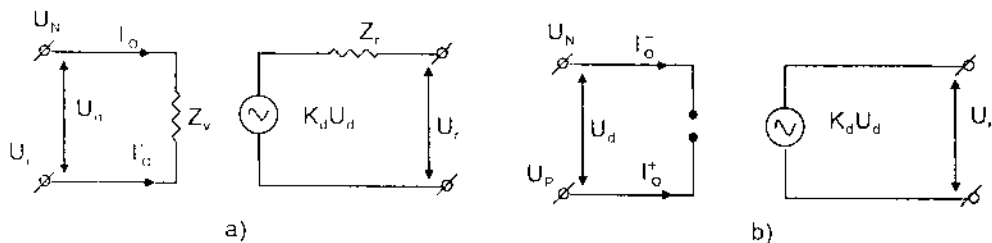
Ngoài ra OP – AMP còn có hai chân để cấp nguồn đối xứng, các chân bù điện áp, bù tần số...

18.2. TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA OP-AMP

Một bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng có các tính chất sau:

- Trở kháng vào $Z_N = \infty$;
- Trở kháng ra $Z_r = 0$;
- Hệ số khuếch đại $K_d = \infty$.

Theo sơ đồ tương đương hình 18.2, OP-AMP lý tưởng sẽ có đặc điểm $U_N = U_P$, dòng điện vào OA ở đầu P và đầu N, $I_N^+ = I_N^- = 0$.



Hình 18.2

a) Sơ đồ tương đương OA; b) Sơ đồ tương đương OA lý tưởng

Trên thực tế không có bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng.

- Trở kháng vào lớn.
- Trở kháng ra nhỏ.
- Hệ số khuếch đại lớn.

18.2.1. Hệ số khuếch đại

OP-AMP khuếch đại hiệu điện áp $U_d = U_P - U_N$ với hệ số khuếch đại K_d .

Ta có: $U_r = K_d U_d = K_d (U_P - U_N)$.

Nếu $U_N = 0$ thì $U_r = K_d U_P$, nên U_r đồng pha với tín hiệu vào U_P , vì vậy đầu vào P (Positive) được gọi là đầu vào không đảo và ký hiệu bởi dấu (+).

Nếu $U_P = 0$ thì $U_r = -K_d U_N$ nên U_r ngược pha với tín hiệu vào U_N , vì vậy đầu vào N (Negative) được gọi là đầu vào đảo và ký hiệu bởi dấu (-).

Thực tế, không có bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng, hệ số khuếch đại thực cỡ vài trăm tới hàng triệu lần.

18.2.2. Trở kháng vào

Z_N rất lớn với một OP-AMP thông thường, có Z_N cỡ hàng trăm k Ω tới hàng M Ω .

Còn với OP-AMP lý tưởng, Z_N có thể so sánh với ∞ .

18.2.3. Trở kháng ra

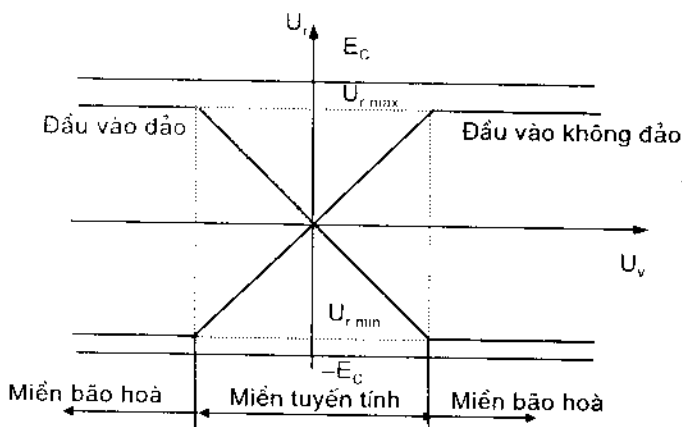
Z_r của khuếch đại thuật toán OP – AMP rất nhỏ, trong tính toán thường giả định giá trị OP – AMP lý tưởng trở kháng ra $Z_r = 0$;

Thực tế, trở kháng ra của OP – AMP (Z_r) từ khoảng hàng vài Ω tới vài chục Ω .

18.3. THAM SỐ CƠ BẢN CỦA OP – AMP

18.3.1. Đặc tuyến truyền đạt

Đặc tuyến truyền đạt của OP – AMP được thể hiện trên hình 18.3.



Hình 18.3. Đặc tuyến truyền đạt của OA

Theo đặc tuyến này, U_r chỉ tỷ lệ với U_v trong dải điện áp ($U_{r\min} - U_{r\max}$) nào đó. Dải điện áp này gọi là dải biến đổi điện áp ra của OP – AMP (hay miền tuyến tính). Ngoài dải này, điện áp ra không thay đổi và được xác định bằng các trị số $U_{r\min}$, $U_{r\max}$ gọi là điện áp bão hòa, giá trị điện áp này không phụ thuộc vào điện áp vào và gần bằng trị số nguồn cung cấp (điện áp bão hòa này thường thấp hơn trị số nguồn từ 1V đến 3V về giá trị).

18.3.2. Hệ số khuếch đại đồng pha

Nếu đặt vào đầu vào đảo và đầu vào không đảo các điện áp bằng nhau, nghĩa là: $U_N = U_P = U_{cm} \neq 0$ (U_{cm} gọi là điện áp đồng pha).

Theo lý thuyết thì $U_r = 0$. Tuy nhiên, trong thực tế không như vậy, ta có:

$$U_r = K_c U_{cm}$$

Với K_c được gọi là hệ số khuếch đại đồng pha.

Nếu OP – AMP lý tưởng thì $K_c = 0$.

18.3.3. Hệ số nén đồng pha

Để đánh giá khả năng làm việc của OP –AMP thực so với OP –AMP lý tưởng người ta dùng hệ số nén đồng pha, ký hiệu CMRR (Common Mode Rejection Ratio).

Hệ số nén đồng pha được xác định bằng công thức:

$$CMRR = \frac{K_d}{K_c}$$

Giá trị CMRR càng lớn thì OP – AMP càng gần với OP – AMP lý tưởng.

Thông thường giá trị của hệ số nén đồng pha $CMRR = 10^3 - 10^5$.

18.3.4. Dòng vào tĩnh, điện áp vào lệch không

Dòng vào tĩnh là trị trung bình của dòng vào đầu vào đảo và đầu vào không đảo:

$$I_t = \frac{I_u + I_o}{2}$$

với $U_p = U_N$

Dòng vào lệch không là hiệu dòng vào tĩnh ở hai đầu vào:

$$I_n = I_u - I_o$$

Thông thường $I_o = 0, I_t$.

Dòng vào lệch không phụ thuộc nhiệt độ, do đó khi nhiệt độ thay đổi trị số dòng vào lệch không cũng thay đổi theo.

Trong OP –AMP thực, khi $U_p = U_N = 0$ thì U_r vẫn khác không. Lúc này điện áp ra do điện áp lệch không ở đầu vào gây nên.

Do vậy điện áp lệch không U_0 là hiệu điện áp cần phải đặt giữa hai đầu vào OA để cho $U_r = 0$.

Ta có: $U_u = U_p - U_N$ khi $U_r = 0$

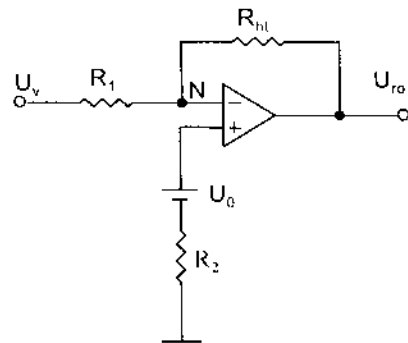
Điện áp lệch không U_0 sẽ bù tới đầu ra một điện áp U_{r0} :

$$U_{r0} = K_d U_d = K_d (U_p - U_N)$$

Theo hình 18.4 ta có thể tính được:

$$U_N = \frac{R_1}{R_1 + R_{in}} U_{r0}$$

$$U_p = U_0$$



Hình 18.4. Điện áp lệch không

Do đó:
$$U_{r_0} = K_d \left(U_0 - \frac{R_l}{R_l + R_{ht}} U_{r_0} \right)$$

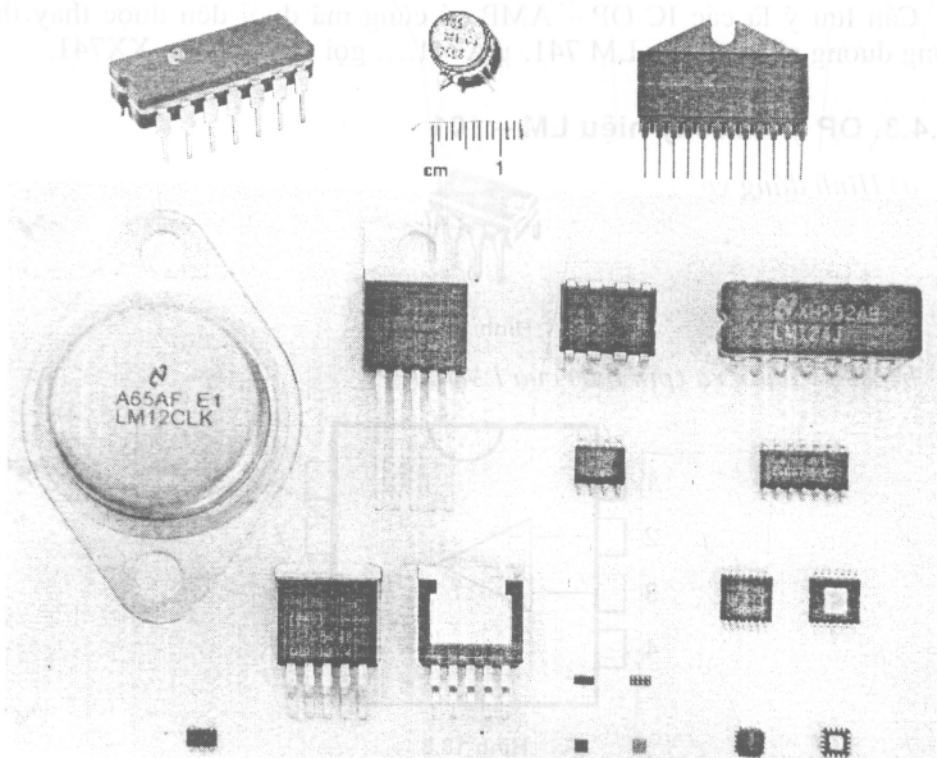
Từ đó ta rút ra được:

$$U_{r_0} = U_0 \frac{K_d}{1 + K_d \left(\frac{R_l}{R_l + R_{ht}} \right)} \approx U_0 \frac{R_l}{R_l + R_{ht}}$$

18.4. GIỚI THIỆU MỘT SỐ VI MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (OP – AMP) THÔNG DỤNG

18.4.1. Hình dạng OP – AMP

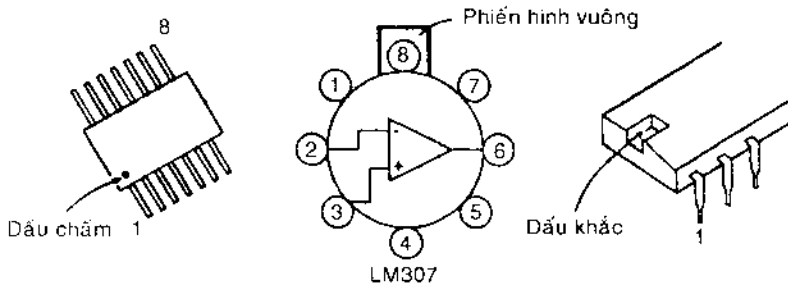
Vi mạch khuếch đại thuật toán có thể có hình dạng dẹt (flat pack), hình trụ dạng tranzito hoặc hai hàng chân như hình 18.5 minh họa các dạng của khuếch đại thuật toán, với các kích thước khác nhau.



Hình 18.5. Các dạng vỏ và kiểu chân của OP – AMP

18.4.2. Phương pháp nhận dạng chân OP – AMP

Cần nhận dạng chân 1 sau đó đếm theo thứ tự vòng thuận chiều kim đồng hồ. Để xác định chân 1 cần quan sát các chấm, rãnh, dấu khắc trên OA hình 18.6.



Hình 18.6. Cách nhận dạng chân của OP – AMP

Các IC khuếch đại thuật toán LM – 101 và μ A741 là các IC OP – AMP được dùng nhiều trong thực tế, trong mạch điện các máy ampli, máy cassette, radio, tivi...

Cần lưu ý là các IC OP – AMP có cùng mã đuôi đều được thay thế tương đương nhau. Ví dụ LM 741, μ A741,... gọi chung là họ XX741.

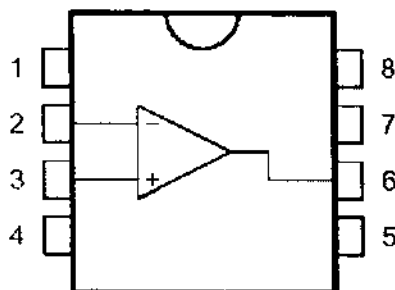
18.4.3. OP – AMP ký hiệu LM – 101

a) Hình dáng vỏ



Hình 18.7

b) Sơ đồ chân ra (pin out) của LM101

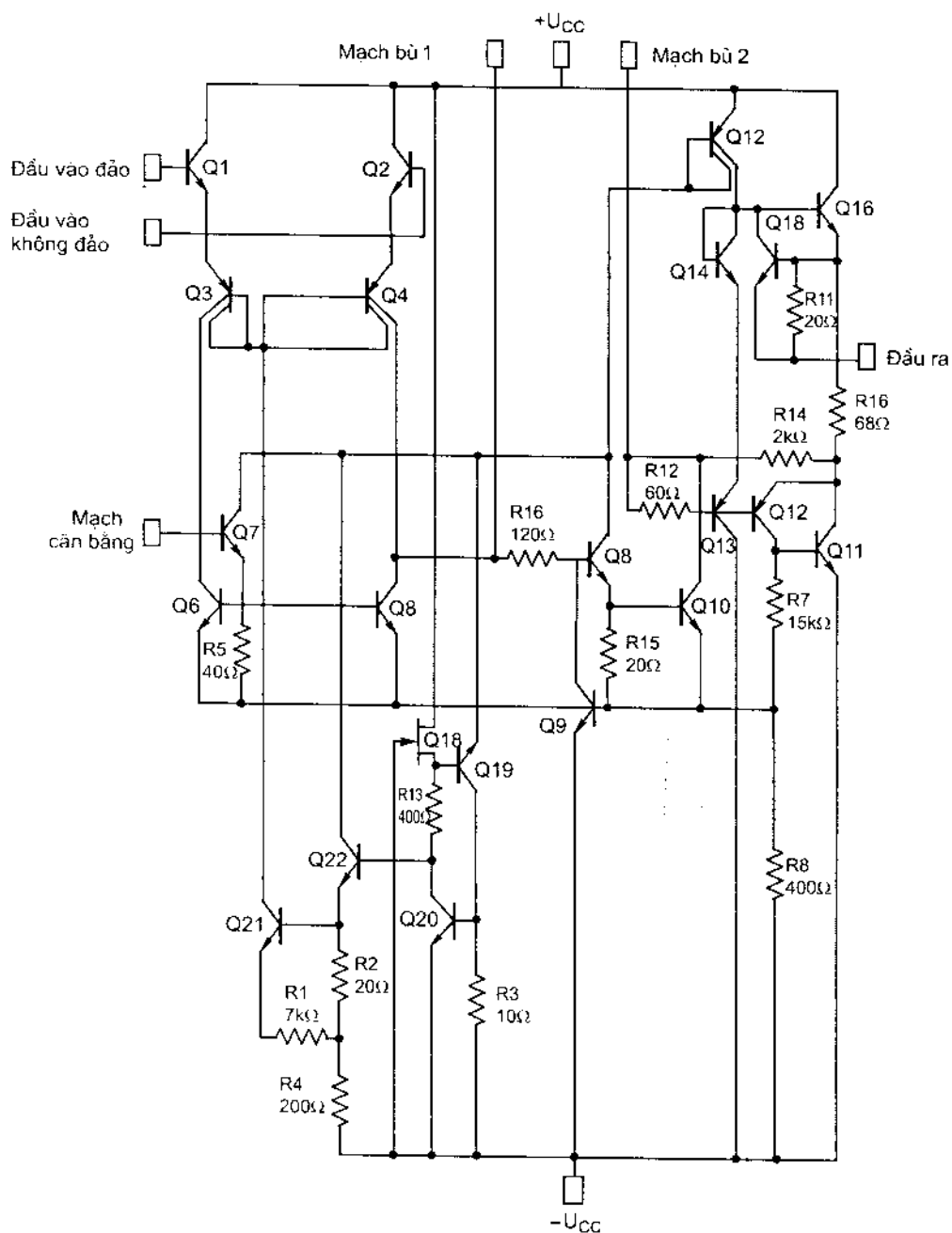


Hình 18.8

Chân 1: mạch bù
Chân 2: đầu vào đảo
Chân 3: đầu vào không đảo
Chân 4: điện áp âm nguồn cung cấp

Chân 5: cân bằng
Chân 6: đầu ra
Chân 7: điện áp dương nguồn cung cấp
Chân 8: mạch bù 2

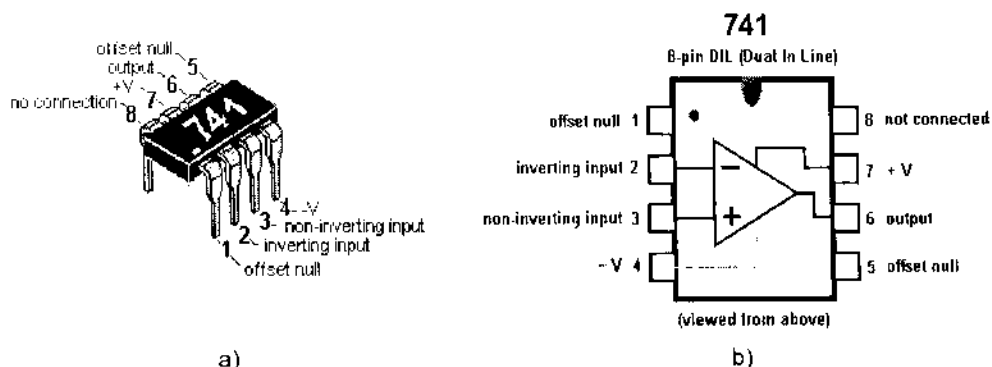
c) Sơ đồ mạch điện cấu trúc bên trong của OP – AMP ký hiệu LM 101



Hình 18.9

18.4.4. Khuếch đại thuật toán ký hiệu $\mu A 741$

a) Hình dạng vỏ và sơ đồ chân ra của OP – AMP ký hiệu $\mu A 741$



Hình 18.10

Chân 1: mạch bù không

Chân 2: đầu vào đảo

Chân 3: đầu vào không đảo

Chân 4: điện áp âm nguồn cung cấp

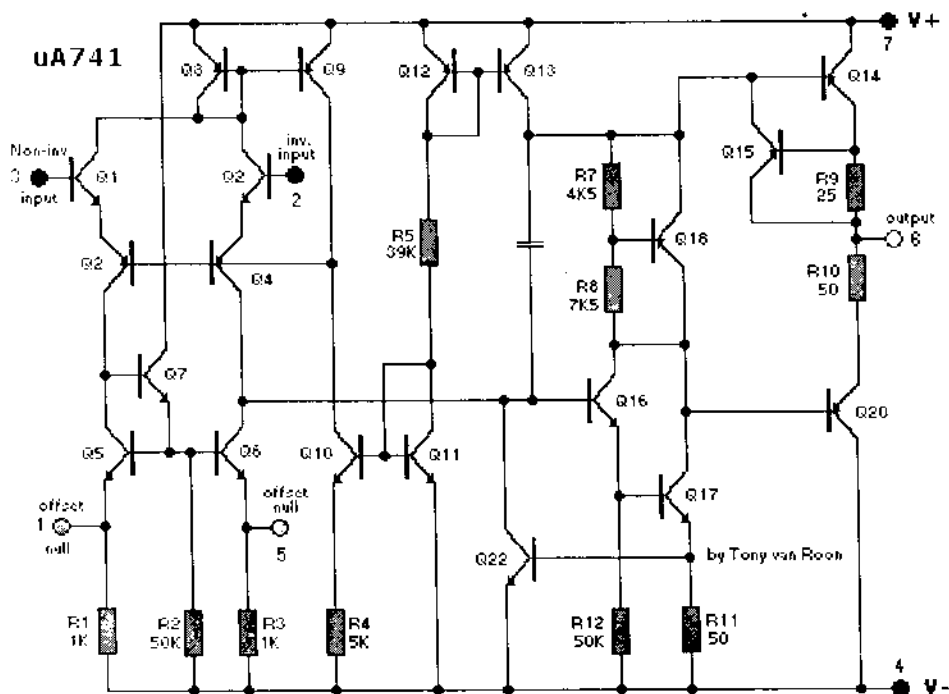
Chân 5: mạch bù không

Chân 6: đầu ra

Chân 7: điện áp dương nguồn cung cấp

Chân 8: không kết nối

b) Sơ đồ cấu trúc của OP – AMP ký mã hiệu $\mu A 741$ (hình 18.11)



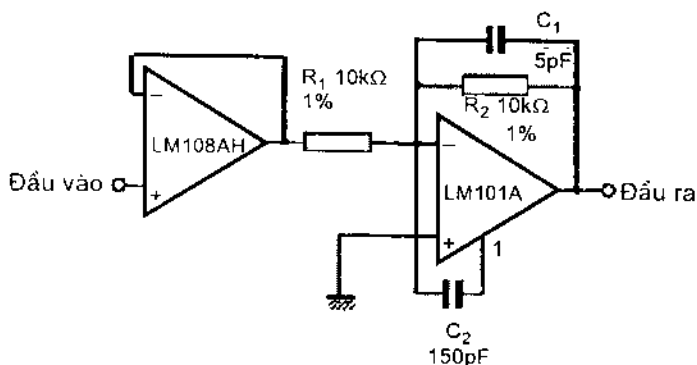
Hình 18.11. Sơ đồ cấu trúc bên trong OP – AMP ký mã hiệu $\mu A 741$

18.4.5. Các tham số đặc trưng của LM 101 và $\mu A741$

Tham số của OA	Ký hiệu	Đơn vị đo	LM 101	$\mu A 741$
Dải điện áp nguồn nuôi	$\pm U_B$	V	$\pm 5 \dots \pm 18$	$\pm 5 \dots \pm 18$
Dòng làm việc tĩnh	I_B	mA	3	3
Dòng điện vào	I_V	nA	200	500
Dòng sai lệch lỗi vào	I_{0s}	nA	100	200
Điện áp sai lệch lỗi vào	U_{0s}	mV	5	6
Hệ số trôi điện áp sai lệch	$\frac{\Delta U_{0s}}{\Delta U}$	$\frac{\mu V}{K}$	10	10
Dòng ra cực đại	I_{amax}	mA	30	20
Hệ số khuếch đại hở mạch	$V_{uo} (dc)$		10^5	10^5
Hệ số nền đồng pha	CMR	dB	96	90
Điện áp đồng pha cực đại	U_{Cm}	V	± 15	± 12
Tốc độ biến thiên cực đại của U_o	$\frac{\Delta U_o}{\Delta t}$	$\frac{V}{\mu s}$	0,5	0,5

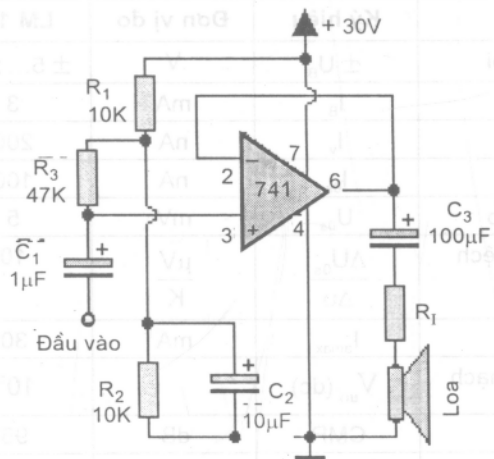
18.5. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày các tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán OP – AM.
2. Phân tích các tham số cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán OP – AMP.
3. Nêu tác dụng của các chân của OP – AMP, ký hiệu LM 101 theo hình 18.8.
4. Nêu tác dụng của các chân của OP – AMP, ký hiệu $\mu A741$ theo hình 18.11).
5. Phân tích mạch khuếch đại sử dụng LM101 (hình 18.12).



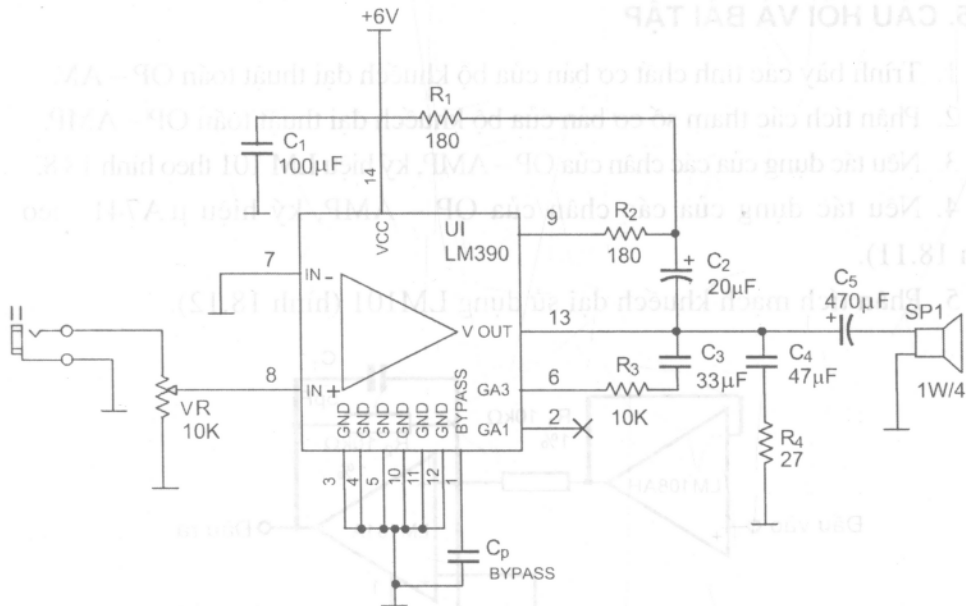
Hình 18.12

6. Phân tích mạch sử dụng $\mu A741$ khuếch đại công suất nhỏ hình 18.13.



Hình 18.13

7. Phân tích mạch điện sau:



Hình 18.14

Bài thực hành điển hình

THỰC HÀNH BÀI 18

LẮP RÁP VÀ CÂN CHỈNH MẠCH KHUẾCH ĐẠI SỬ DỤNG OP – AMP

Mục tiêu bài học

Mục tiêu củng cố bài học lý thuyết về mạch khuếch đại thuật toán cơ bản.

– Rèn luyện kỹ năng thực hành lắp ráp và cân chỉnh các mạch OP – AMP.

Củng cố tác phong làm việc khoa học, cẩn thận, chính xác và an toàn cho người và thiết bị.

A. Đồ dùng và trang thiết bị dạy học

1. Dụng cụ

- Mỏ hàn, panh cặp, kìm cặp, kìm cắt.
- Tước nơ vít các loại.
- Đồng hồ đo điện vạn năng (VOM).
- Bộ nguồn một chiều đối xứng điện áp $\pm 5V \div \pm 18V$.
- Máy hiện sóng hai tia.
- Máy phát tín hiệu.

2. Vật liệu

- Bảng mạch cắm chân IC 8 và 14 chân.
- Bảng mạch hàn dây; dây tráng thiếc; dây có vỏ nhựa các màu.
- $\Phi = 0,2 \text{ mm}$.
- Thiếc hàn, nhựa thông.

3. Linh kiện: Các chủng loại linh kiện có trong bài thực hành.

a) Mạch điện hình 18.13

TT	Tên	Thông số	Số lượng	Ghi chú
1	IC	$\mu A741$	1	
2	Tụ C_1	$1\mu F$	1	
3	Tụ C_2	$10\mu F$	1	
4	Tụ C_3	$100\mu F$	1	
5	Điện trở R_1, R_2	$10k\Omega$	2	
6	Điện trở R_3	$47k\Omega$	1	
7	Điện trở R_x	$720\Omega (< 1k\Omega)$	1	
8	Loa	$1W/ 4$	1	
9	Dây nối nguồn	$200mm$	2	
10	Dây nối tín hiệu	$1200mm$	2	
11	Bộ mạch lắp ráp	$100 \times 150mm$	1	

b) Mạch điện hình 18.14

TT	Tên	Thông số	Số lượng	Ghi chú
1	IC	LM390	1	
2	Tụ C_1	100 μ F	1	
3	Tụ C_2	20 μ F	1	
4	Tụ C_3	33 μ F	1	
5	Tụ C_4	47 μ F	1	
6	Tụ C_5	470 μ F	1	
7	Tụ C_p	Tuỳ chọn	1	Tu trị số nhỏ
8	Điện trở R_1, R_2	180 Ω	2	
9	Điện trở R_3	10k Ω	1	
10	Điện trở R_4	27 Ω	1	
11	Điện trở VR	10k Ω	1	
12	Loa	1W/ 4	1	
13	Dây nối nguồn	200mm	2	
14	Dây nối tín hiệu	1200mm	2	
15	Bộ mạch lắp ráp	100 x150mm	1	
	Jắc cắm nguồn tín hiệu	J-12	1	

4. Học liệu

- Phần lý thuyết bài 18 về mạch khuếch đại thuật toán.
- Tài liệu phát tay chuẩn bị trước cho bài thực hành hướng dẫn thực hiện đơn nguyên học tập.

Các mạch điện hình 18.13; hình 18.14.

- Sơ đồ chân IC LM390 (hình 18.14) và μ A741 (hình 18.10b).

5. Hình thức tổ chức dạy học

- Tập trung toàn lớp hướng dẫn ban đầu và làm mẫu thực hành.
- Sinh viên hoạt động theo nhóm, giáo viên hướng dẫn thường xuyên.
- Giáo viên kết thúc, rút kinh nghiệm, đánh giá kết quả học tập từng nhóm.

6. Địa điểm tổ chức dạy học

Phòng học lý thuyết, thực hành điện tử hoặc phòng học chuyên môn hoá.

B. Trình tự lắp ráp và cân chỉnh mạch

Các bước thực hành lắp ráp mạch:

Bước 1. Bố trí hợp lý, thực hiện thiết kế mạch điện tử theo đúng các yêu cầu kỹ thuật, dưới sự hướng dẫn, kiểm tra của giáo viên thực hành.

Bước 2. Đo khoảng cách vị trí các chân linh kiện, uốn chân linh kiện vuông góc và cắt chân linh kiện đúng yêu cầu kỹ thuật.

Chuẩn bị dây nối, tuốt, cắt dây theo đúng vị trí đã chuẩn bị.

Bước 3. Thực hành hàn mạch các linh kiện, hàn chân IC theo đúng các vị trí đã bố trí.

- Kiểm tra mạch điện theo sơ đồ nguyên lý.

- Kiểm tra đường cấp nguồn một chiều (dùng VOM), báo cáo kết quả cho nhóm trưởng và giáo viên hướng dẫn.

Bước 4. Cấp nguồn một chiều cho mạch.

- Cho chạy thử mạch đã lắp ráp và kiểm tra mạch.

- Điều chỉnh những thông số kỹ thuật bảo đảm cho phép.
- Ghi lại những kết quả, giá trị đầu vào, đầu ra.
- Đo dạng sóng tín hiệu vào và ra.

C. Báo cáo các kết quả thực hành

- Ghi chép, tập hợp số liệu trong các bảng với các nội dung thực hành đã cho theo mẫu.

Mạch hình 18.13:

- Đo lấy số liệu điện áp chuẩn.
- + Cấp nguồn cho mạch điện.
- + Đồng hồ vạn năng để vẽ thang đo điện áp DC, tiến hành đo và ghi chép vào bảng sau các mức điện áp chuẩn ở các chân OP-AMP IC μ A741.

Chân	U(V)	Chân	U(V)
1		5	
2		6	
3		7	
4		8	

- Dùng máy hiện sóng, đo và vẽ lại dạng tín hiệu tại chân 3 và chân 6 (IC μ A741).

- Tính hệ số khuếch đại của mạch điện bằng công thức và tính hệ số khuếch đại bằng phương pháp đo trên máy hiện sóng sau đó so sánh hai kết quả trên, cho nhận xét.

- Nhận xét kết quả thu được qua bài thực hành.
- Báo cáo kết thúc.

Mạch hình 18.14:

- Đo lấy số liệu điện áp chuẩn:
- + Cấp nguồn cho mạch điện.
- + Đồng hồ vạn năng để vẽ thang đo điện áp DC, tiến hành đo và ghi chép vào bảng sau các điện áp chuẩn ở các chân OP-APM IC LM 390.

Chân	U(V)	Chân	U(V)
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5		12	
6		13	
7		14	

- Dùng máy hiện sóng đo dạng tín hiệu tại chân 8 và chân 13 (IC LM 390) mạch hình 18.14.

- Tính hệ số khuếch đại của mạch điện bằng công thức và tính hệ số khuếch đại bằng phương pháp đo trên máy hiện sóng sau đó so sánh hai kết quả trên, cho nhận xét.

- Nhận xét kết quả thu được qua bài thực hành.
- Báo cáo kết thúc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Klaus Beuth, Nguyễn Viết Nguyên dịch, *Linh kiện điện tử*,
Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2008.
- [2] Klaus Beuth/ Wolfgang Schmusch, Nguyễn Viết Nguyên dịch, *Mạch điện tử*,
Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2008.
- [3] KS. Phạm Đình Bảo, *Điện tử căn bản -- tập II*,
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [4] Thomas L. Floyd, *Electronics devices*,
Charles E. Merrill Publishing company, 1984.
- [5] Đỗ Xuân Thu, *Kỹ thuật điện tử*,
Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 1999.
- [6] Vương Cộng, *Kỹ thuật xung*,
Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 1979.
- [7] Đặng Văn Chuyết (chủ biên) và các tác giả, *Giáo trình Kỹ thuật mạch điện tử*,
Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2008.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Bài 1. MẠCH CHỈNH LƯU	
1.1. Mạch chỉnh lưu bán kỳ.....	5
1.2. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 diốt.....	6
1.3. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu.....	8
1.4. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ điện áp đối xứng.....	9
1.5. Mạch chỉnh lưu nhân đôi và nhân n điện áp.....	10
1.6. Câu hỏi và bài tập.....	11
Bài 2. MẠCH LỌC NGUỒN CƠ BẢN	
2.1. Tổng quan về mạch lọc.....	12
2.2. Mạch lọc dùng tụ điện.....	13
2.3. Mạch lọc RC.....	16
2.4. Mạch lọc dùng cuộn dây L.....	18
2.5. Mạch lọc LC.....	19
2.6. Mạch lọc cộng hưởng.....	20
2.7. Câu hỏi và bài tập.....	21
Bài 3. MẠCH XÉN VÀ MẠCH GHIM ÁP	
3.1. Mạch xén (Clipper).....	22
3.2. Mạch ghim.....	27
3.3. Câu hỏi và bài tập.....	31
Bài 4. MẠCH VI PHÂN VÀ TÍCH PHÂN	
4.1. Mạch vi phân.....	32
4.2. Mạch tích phân.....	35
4.3. Câu hỏi và bài tập.....	38
Bài 5. VẤN ĐỀ CHUNG CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ	
5.1. Nhiệm vụ của mạch điện tử.....	40
5.2. Định nghĩa về mạch khuếch đại.....	40
5.3. Tham số cơ bản của mạch khuếch đại.....	41
5.4. Hồi tiếp trong bộ khuếch đại.....	44
5.5. Câu hỏi và bài tập.....	49
Bài 6. MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZITO LƯỜNG CỰC	
6.1. Khái niệm về các cách mắc tranzito lưỡng cực.....	51
6.2. Đường tải và điểm công tác tĩnh.....	51
6.3. Mạch cung cấp và ổn định cho tranzito.....	54
6.4. Phương pháp ổn định điểm làm việc cho tranzito.....	57
6.5. Các mạch khuếch đại cơ bản.....	60
6.6. Câu hỏi và bài tập.....	66
Bài 7. KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZITO TRƯỜNG	
7.1. Mạch khuếch đại dùng tranzito trường.....	67
7.2. Mạch khuếch đại cực nguồn chung (SC).....	68
7.3. Mạch khuếch đại cực máng chung (DC).....	71
7.4. Câu hỏi và bài tập.....	72

Bài 8. MẠCH GIẾP TĂNG KHUẾCH ĐẠI	
8.1. Vấn đề chung của mạch ghép tầng.....	73
8.2. Ghép tầng khuếch đại bằng tụ điện.....	75
8.3. Mạch khuếch đại ghép biến áp.....	78
8.4. Mạch khuếch đại ghép trực tiếp.....	81
8.5. Mạch khuếch đại Darlington.....	82
8.6. Mạch cascode.....	83
8.7. Câu hỏi và bài tập.....	85
Bài 9. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐƠN HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ A	
9.1. Đặc điểm chung mạch khuếch đại công suất.....	87
9.2. Khuếch đại công suất chế độ A.....	88
9.3. Câu hỏi và bài tập.....	100
Bài 10. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO SONG SONG	
GHÉP BIẾN ÁP HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ B VÀ AB.....	101
10.1. Vấn đề chung về tầng khuếch đại công suất đẩy kéo.....	101
10.2. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép biến áp.....	104
10.3. Hiện tượng méo xuyên tâm.....	106
10.4. Ưu, nhược điểm của mạch.....	107
10.5. Câu hỏi và bài tập.....	108
Bài 11. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OTL	
HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ AB	
11.1. Định nghĩa mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OTL.....	110
11.2. Mạch OTL.....	110
11.3. Tính toán các thông số của mạch điện.....	113
11.4. Ưu, nhược điểm của mạch khuếch đại công suất đẩy kéo OTL.....	115
11.5. Câu hỏi và bài tập.....	116
Bài 12. MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT ĐẨY KÉO NỐI TIẾP OCL	
HOẠT ĐỘNG CHẾ ĐỘ AB	
12.1. Định nghĩa.....	117
12.2. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo nối tiếp OCL.....	117
12.3. Tính toán các thông số của mạch điện.....	119
12.4. Mạch bù đối xứng.....	121
12.5. Ưu nhược điểm mạch khuếch đại công suất.....	122
12.6. Một số mạch thực tế.....	122
12.7. Ứng dụng của mạch công suất đẩy kéo nối tiếp OCL.....	124
12.8. Câu hỏi và bài tập.....	125
Bài 13. MẠCH BẢO VỆ TRANZITO CÔNG SUẤT LỚN	
13.1. Vấn đề bảo vệ tranzito công suất.....	128
13.2. Biện pháp tự động hạn chế dòng điện ra.....	128
13.3. Dùng diốt để ổn định nhiệt.....	129
13.4. Dùng phiên toả nhiệt.....	130
13.5. Mạch bảo vệ quá dòng của tầng công suất bằng diốt phát quang.....	130
13.6. Mạch hạn chế dòng điện ra bằng tranzito phụ.....	131
13.7. Câu hỏi và bài tập.....	131

Bài 14. MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU BIẾN THIÊN CHẬM GHEP TRUC TIẾP	
14.1. Vấn đề chung về mạch khuếch đại biến thiên chậm	132
14.2. Mạch khuếch đại tín hiệu biến thiên chậm ghép trực tiếp ba tầng khuếch đại	133
14.3. Ưu, nhược điểm của mạch khuếch đại ghép trực tiếp	136
14.4. Phương pháp giảm độ trôi điểm không của mạch khuếch đại tín hiệu biến thiên chậm ghép trực tiếp	136
14.5. Phương pháp bù điện áp ngõ vào	137
14.6. Phương pháp bù điện áp ngõ ra	137
14.7. Câu hỏi và bài tập	138
Bài 15. KHUẾCH ĐẠI MỘT CHIỀU CÓ BIẾN ĐỔI TRUNG GIAN	
15.1. Sơ đồ khối chức năng của mạch khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian	139
15.2. Mạch điều chế dùng tranzito	141
15.3. Ưu, nhược điểm của mạch khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian	141
15.4. Ứng dụng của mạch điện	142
15.5. Câu hỏi và bài tập	142
Bài 16. MẠCH ỔN ÁP	
16.1. Định nghĩa mạch ổn áp	143
16.2. Mạch ổn áp tuyến tính nối tiếp dùng tranzito	143
16.3. Mạch ổn áp tuyến tính nối tiếp dùng OP-AMP	147
16.4. Mạch ổn áp tuyến tính mắc song song	149
16.6. Mạch ổn áp dùng IC	152
16.7. Câu hỏi và bài tập	154
Bài 17. MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI	
17.1. Các vấn đề chung về mạch khuếch đại vi sai	156
17.2. Mạch khuếch đại vi sai chế độ một chiều	157
17.3. Mạch khuếch đại vi sai hoạt động ở chế độ khuếch đại xoay chiều ngõ vào đơn	158
17.4. Mạch khuếch đại vi sai hoạt động ở chế độ khuếch đại xoay chiều ngõ vào vi sai	159
17.5. Mạch khuếch đại vi sai hoạt động ở chế độ khuếch đại xoay chiều ngõ vào đồng pha	160
17.6. Mạch khuếch đại vi sai có nguồn dòng cố định	160
17.7. Ứng dụng	161
17.8. Câu hỏi và bài tập	162
Bài 18. VI MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (OP – AMP)	
18.1. Định nghĩa và ký hiệu của vi mạch thuật toán	163
18.2. Tính chất cơ bản của OP – AMP	164
18.3. Tham số cơ bản của OP – AMP	165
18.4. Giới thiệu một số vi mạch khuếch đại thuật toán (OP – AMP) thông dụng	167
18.5. Câu hỏi và bài tập	171
Thực hành bài 18	173
Lắp ráp và căn chỉnh mạch khuếch đại sử dụng OP – AMP	173
Tài liệu tham khảo	176

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc Công ty CP Sách ĐH – DN
TRẦN NHẬT TÂN

Biên tập nội dung và sửa bản in:

DƯƠNG VĂN BẰNG

Trình bày bìa:

BÍCH LA

Thiết kế sách và chế bản:

TRỊNH THỰC KIM DUNG

KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ 1

Mã số: 7B730Y9 – DAI

In 1.000 bản (QĐ : 65), khổ 16 x 24 cm. In tại Công ty Cổ phần In Phúc Yên.

Địa chỉ : Đường Trần Phú, thị xã Phúc Yên, Vĩnh Phúc.

Số ĐKKH xuất bản : 161 – 2009/CXB/7 – 208/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2009.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
25 HÀN THUYỀN - HÀ NỘI
Website : www.hevobco.com.vn



VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO KỸ THUẬT NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

(Bộ giáo trình dùng cho sinh viên Cao đẳng nghề và Trung cấp nghề)

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. Kỹ thuật mạch điện tử I | TS. Nguyễn Viết Nguyên (CB) |
| 2. Kỹ thuật mạch điện tử II | TS. Nguyễn Viết Nguyên (CB) |
| 3. Thiết kế mạch điện tử | TS. Nguyễn Hữu Trung (CB) |
| 4. Kỹ thuật số | TS. Nguyễn Viết Nguyên |
| 5. Thực hành cắt gọt kim loại | TS. Nguyễn Chí Bảo... |
| 6. Giáo trình máy điện | PGS. TS. Đào Hoa Việt (CB) |

Bạn đọc có thể mua sách tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam :

- Tại TP. Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187 Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền.
- Tại TP. Đà Nẵng : 15 Nguyễn Chí Thanh ; 62 Nguyễn Chí Thanh.
- Tại TP. Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng - Quận 3 ;
240 Trần Bình Trọng - Quận 5.
- Tại TP. Cần Thơ : 5/5, đường 30/4.

Website : www.nxbgd.com.vn



Giá: 25.000đ