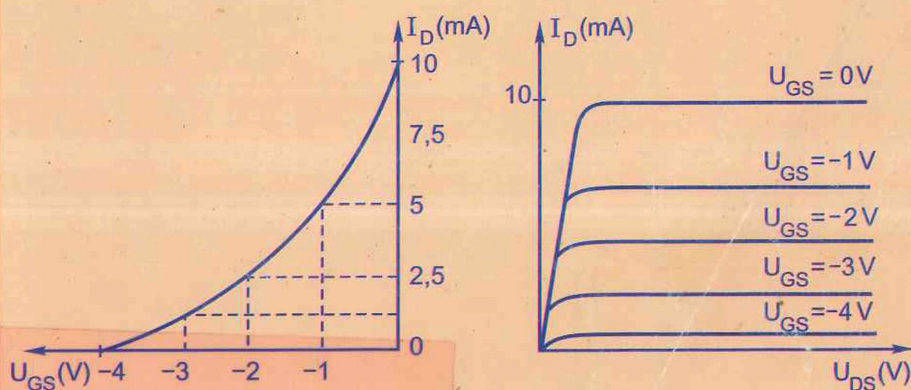


NGUYỄN THANH TRÀ - THÁI VINH HIỀN

250 bài tập KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ



Thư Viện ĐHKTCN-TN



MGT10064725

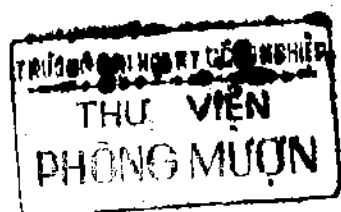


NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

NGUYỄN THANH TRÀ - THÁI VINH HIỂN

250 BÀI TẬP KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

(Tái bản lần thứ ba)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

$$U_{R_1} = I_{R_1} \cdot R_1 = I_{D_0} \cdot R_1 = 9,25 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 9,25V$$

Hoặc U_{R_1} có thể được tính:

$$U_{R_1} = E - U_{D_0} = 10 - 0,78 = 9,22V$$

Sự khác nhau trong hai kết quả trên do sai số khi xác định theo đồ thị biểu diễn đặc tuyến V-A đối với diốt trên hình 1-3 và hình 1-4.

6 Bài tập 1-6. Tính toán lặp lại như bài tập 1-5 với $R_1 = 2k\Omega$.

Bài giải

a) Từ biểu thức:

$$I_D = \frac{E}{R_1} = \frac{10V}{2k\Omega} = 5mA$$

$$U_D = E = 10V$$

Đường tải một chiều (R_1) được dựng như trên hình 1-5 và ta được tọa độ điểm Q [I_{D_0} ; U_{D_0}] tương ứng:

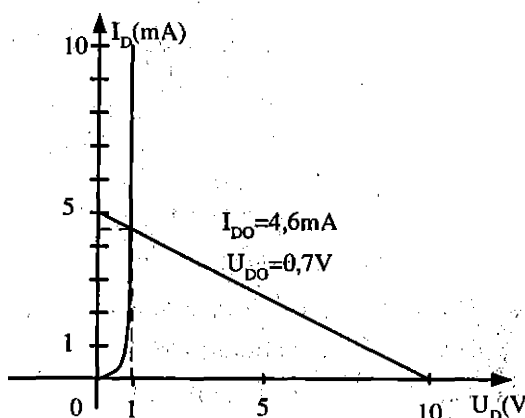
$$I_{D_0} = 4,6mA$$

$$U_{D_0} = 0,7V$$

b) Điện áp rơi trên tải R_1 sẽ là:

$$U_{R_1} = I_{R_1} \cdot R_1 = I_{D_0} \cdot R_1 = 4,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 9,2V \quad \text{hoặc}$$

$$U_{R_1} = E - U_{D_0} = 10V - 0,7V = 9,3V$$



Hình 1-5

7 Bài tập 1-7. Tính toán lặp lại cho bài tập 1-5 bằng cách tuyến tính hoá đặc tuyến Volt-Ampe cho trên hình 1-3b và diốt loại Si.

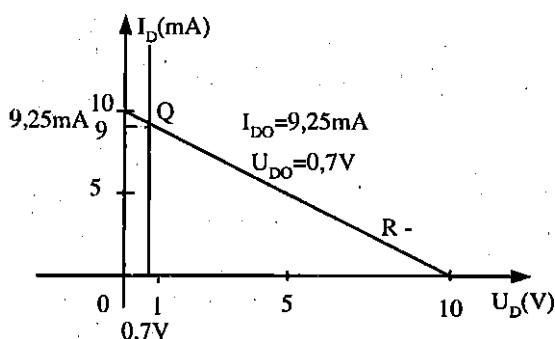
Bài giải

Với việc tuyến tính hoá đặc tuyến V-A của diốt trên ta vẽ lại đặc tuyến đó như trên hình 1-6.

Dựng đường tải một chiều (R_-) cho mạch tương tự như trong câu a) của bài tập 1-5 và được biểu diễn trên hình 1-6. Đường tải một chiều đặc tuyến V-A tại Q với toạ độ tương ứng.

$$I_{DQ} = 9,25\text{mA}$$

$$U_{DQ} = 0,7\text{V}.$$



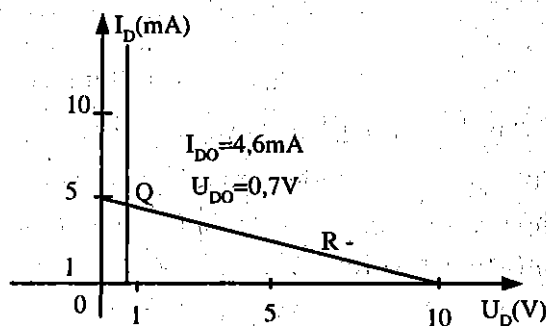
Hình 1-6

- 8) **Bài tập 1-8.** Tính toán lặp lại cho bài tập 1-6 bằng cách tuyến tính hoá đặc tuyến V-A cho trên hình 1-3b và diốt loại Si.

Bài giải

Với việc tuyến tính hoá đặc tuyến V-A của diốt trên ta vẽ lại đặc tuyến đó như trên hình 1-7.

Dựng đường tải một chiều (R_-) cho mạch tương tự như trong câu a) của bài tập 1-6 và được biểu diễn trên hình 1-7.



Hình 1-7

Đường tải một chiều (R_-) cắt đặc tuyến V-A tại Q. Với toạ độ tương ứng:

$$I_{DQ} = 4,6\text{mA}$$

$$U_{DQ} = 0,7\text{V}.$$

- 9) **Bài tập 1-9.** Tính toán lặp lại cho bài tập 1-5 bằng cách lý tưởng hoá đặc tuyến V-A cho trên hình 1-3b và diốt loại Si.

Bài giải

Với việc lý tưởng hoá đặc tuyến V-A của diốt, ta có nhánh thuận của đặc tuyến trùng với trục tung (I_D), còn nhánh ngược trùng với trục hoành (U_D) như trên hình 1-8.

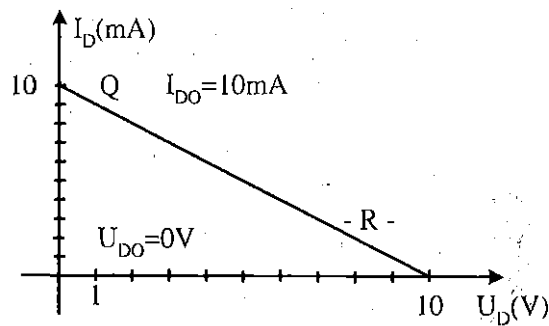
Dựng đường tải một chiều (R_{L}) cho mạch tương tự như trong câu a) của bài tập 1-5.

Đường tải một chiều cắt đặc tuyến V-A tại điểm Q với tọa độ tương ứng:

$$I_{DQ} = 10\text{mA}$$

$$U_{DQ} = 0\text{V}$$

Đường tải một chiều (R_{L}) được biểu diễn như trên hình 1-8.



Hình 1-8

10) Bài tập 1-10. Cho mạch điện dùng điốt loại Si như hình 1-9.

Xác định các giá trị điện áp và dòng điện U_D , U_R , I_D .

Bài giải

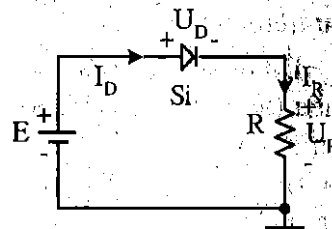
Biết rằng để điốt loại Si làm việc bình thường ngưỡng thông nằm trong khoảng từ 0,5V ÷ 1,25V. Chọn ngưỡng làm việc cho điốt:

$$U_D = 0,7\text{V}; E = 8\text{V}.$$

Điện áp rơi trên điện trở tải R sẽ là:

$$U_R = E - U_D = 8 - 0,7 = 7,3\text{V}$$

Dòng điện chảy qua điốt $I_D = I_R$ (dòng qua tải R) sẽ là:



Hình 1-9

$$I_D = I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{7,3}{2,2 \cdot 10^3} = 3,32\text{mA}$$

11) Bài tập 1-11. Cho mạch điện dùng điốt như hình 1-10. Xác định điện áp ra trên tải U_{ra} và dòng điện I_D qua các điốt D_1 , D_2 .

Bài giải

Chọn ngưỡng điện áp thông cho hai điốt D_1 và D_2 tương ứng.

$$U_{D_1} = 0,7\text{V} \text{ đối với điốt Si}$$

$U_{D_2} = 0,3V$ đối với diốt Ge.

Điện áp ra trên tải sẽ là:

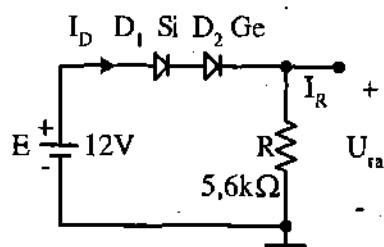
$$U_{ra} = E - U_{D_1} - U_{D_2}$$

$$= 12 - 0,7 - 0,3 = 11V.$$

Dòng điện qua các diốt D_1, D_2

và E sẽ là:

$$I_D = I_R = \frac{U_{ra}}{R} = \frac{11}{5,6 \cdot 10^3} = 1,96mA.$$

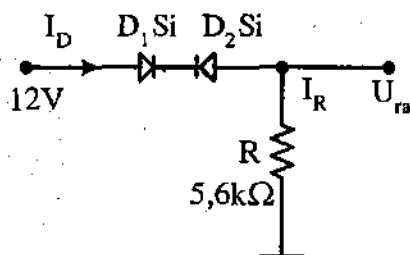


Hình 1-10

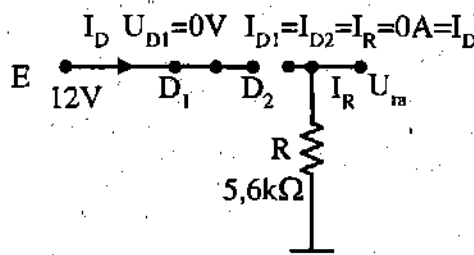
12 Bài tập 1-12. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-11.

Xác định các điện áp và dòng điện U_{ra}, U_{D_2}, I_D .

Bài giải



Hình 1-11



Hình 1-12

Do D_1 được phân cực thuận, còn D_2 được phân cực nghịch, ta vẽ lại sơ đồ tương đương của mạch với giả thiết cả hai diốt đều lý tưởng như trên hình 1-12.

Khi đó: $U_{ra} = I_D \cdot R = I_R \cdot R = 0A \cdot R = 0V$

Vì diốt D_2 ở trạng thái hở mạch nên điện áp rơi trên nó chính là điện áp nguồn E :

$$U_{D_2} = E = 12V$$

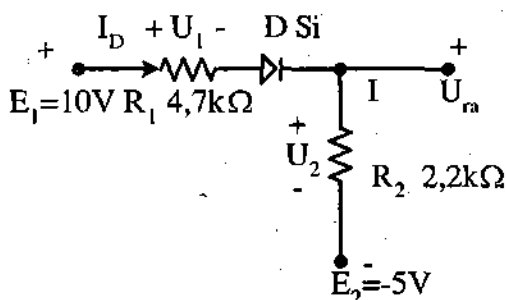
Nếu theo định luật Kirchoff ta cũng sẽ có kết quả như trên.

$$E - U_{D_2} - U_{D_m} = 0$$

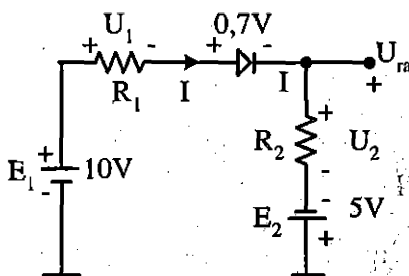
$$U_{D_2} = E - U_{D_1} - U_{ra} = 12 - 0 - 0 = 12V.$$

13 Bài tập 1-13. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-13

Xác định các dòng điện và điện áp I , U_1 , U_2 , U_m



Hình 1-13



Hình 1-14

Chọn điện áp thông cho diốt D loại Si 0,7V ta vẽ lại sơ đồ trên như hình 1-14.

Dòng điện I được tính:

$$I = \frac{E_1 + E_2 - U_D}{R_1 + R_2} = \frac{(10 + 5 - 0,7)}{(4,7 + 2,2)10^3} = 2,07\text{mA}$$

Điện áp U_1 , U_2 tương ứng trên R_1 , R_2 sẽ là:

$$U_1 = IR_1 = 2,07 \cdot 10^{-3} \cdot 4,7 \cdot 10^3 = 9,73\text{V}$$

$$U_2 = IR_2 = 2,07 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 10^3 = 4,55\text{V}$$

Điện áp ra sẽ là:

$$U_m = U_2 - E_2 = 4,55 - 5 = -0,45\text{V}$$

Dấu trừ (-) trong kết quả biểu thị rằng cực tính của điện áp ra (U_m) sẽ có dấu ngược lại so với dấu trên hình 1-13 và hình 1-14.

14 Bài tập 1-14. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-15.

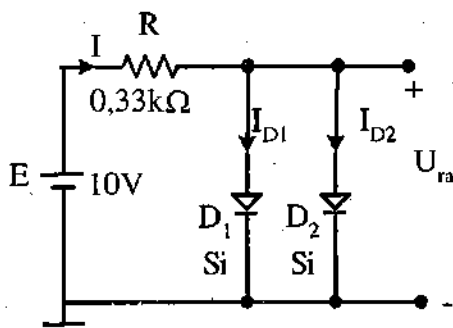
Xác định giá trị các dòng điện và điện áp I , I_{D1} , I_{D2} , U_m .

Bài giải

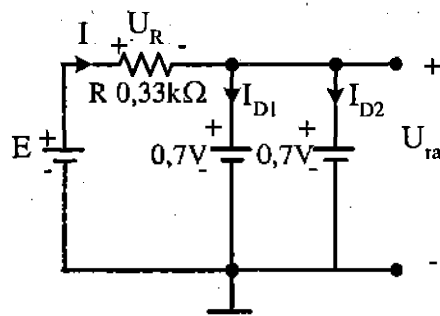
Chọn giá trị điện áp thông cho các diốt D_1 , D_2 loại Si 0,7V. Sơ đồ 1-15 được vẽ lại như hình 1-16.

Dòng điện I được tính

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{E - U_D}{R} = \frac{10 - 0,7}{0,33 \cdot 10^3} = 28,18\text{mA}$$



Hình 1-15



Hình 1-16

Nếu chọn D_1 và D_2 giống nhau ta có dòng qua chúng sẽ như nhau và tính được:

$$I_{D_1} = I_{D_2} = \frac{I}{2} = \frac{28,18}{2} = 14,09 \text{mA}$$

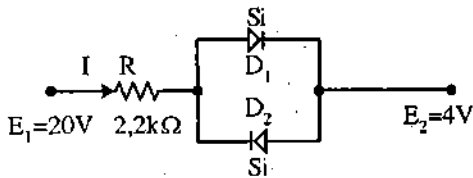
Điện áp ra chính là điện áp thông rơi trên diốt D_1 và D_2

$$U_{ra} = 0,7\text{V}$$

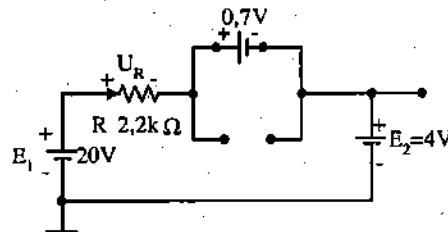
- 15 Bài tập 1-15. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-17. Xác định dòng điện I chảy qua mạch.

Bài giải

Dưới tác động của hai nguồn điện áp E_1 và E_2 . D_1 được phân cực thuận, còn D_2 được phân cực nghịch, ta vẽ lại sơ đồ tương đương như hình 1-18 dưới đây:



Hình 1-17



Hình 1-18

òng điện I được tính:

$$I = \frac{E_1 - E_2 - U_D}{R} = \frac{20 - 4 - 0,7}{2,2 \cdot 10^3} = 6,95 \text{mA}$$

Như vậy so với trường hợp D lý tưởng trong bài 1-20 điện áp ra giảm 0,22V tương đương 3,5%.

- 22 Bài tập 1-22.** Tính toán lặp lại bài 1-20 và 1-21 với giá trị $U_{vm} = 200V$ và rút ra kết luận gì?

Bài giải

Đối với diốt D lý tưởng ta có:

$$U_{dc} = 0,318U_{vm} = 0,318.200V = 63,6V$$

Đối với diốt D thực (không lý tưởng) ta có:

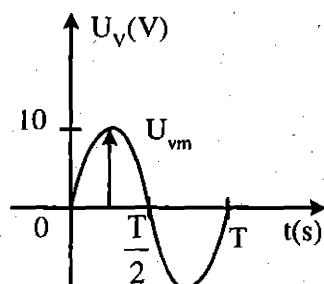
$$\begin{aligned} U_{dc} &= 0,318 (U_{vm} - U_D) \\ &= 0,318 (200 - 0,7) = 63,38V \end{aligned}$$

Kết luận: Khi điện áp vào có mức lớn ($U_{vm} = 200V$).

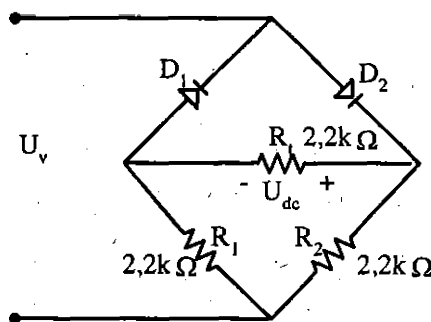
Đối với trường hợp diốt thực, điện áp ra một chiều giảm 0,22V tương đương 0,3459% ít hơn 10 lần so với kết quả trong bài 1-21 khi U_{vm} có mức bé ($U_{vm} = 20V$).

- 23 Bài 1-23.** Cho mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ dùng diốt như trên hình 1-30

- Vẽ dạng sóng sau chỉnh lưu trên tải R_1 .
- Tính giá trị điện áp ra một chiều trên tải U_{dc} .
- Tính giá trị điện áp ngược đặt lên D_1 và D_2 .



a)



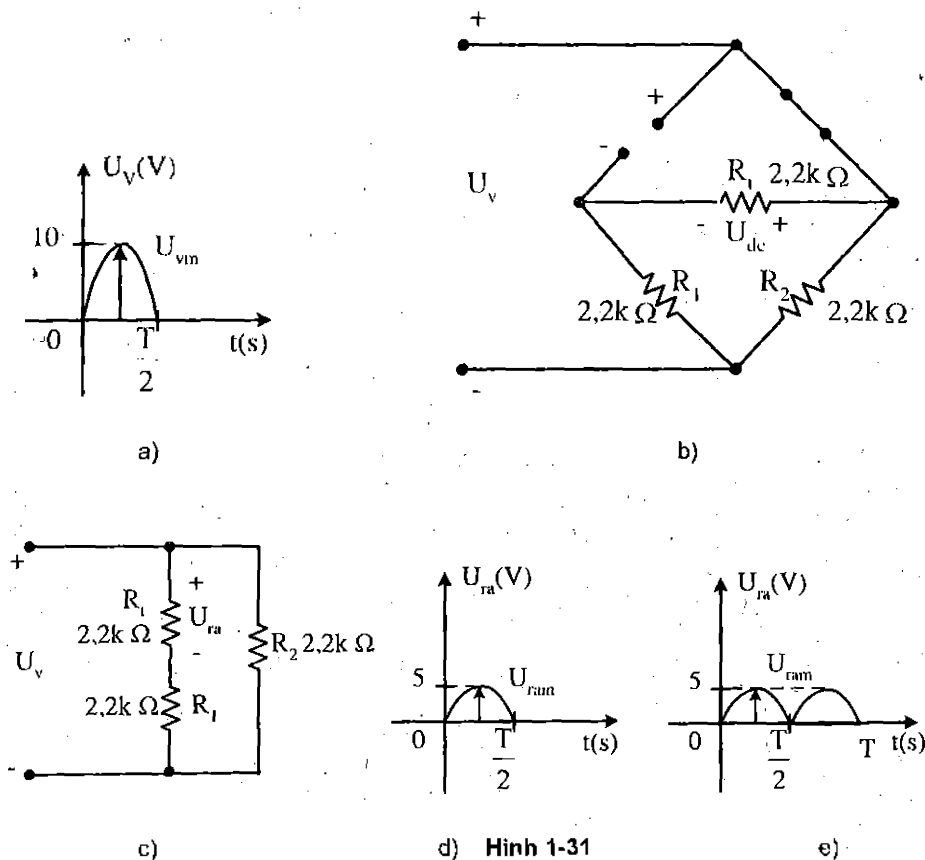
b)

Hình 1-30

Bài giải

a) Đây là mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ dùng diốt. Để dễ dàng nhận biết trạng thái làm việc của mạch ta vẽ lại sơ đồ tương đương khi các diốt

thông, khoá với từng $1/2$ chu kỳ của tín hiệu vào. Ví dụ: với $1/2$ chu kỳ dương của tín hiệu vào (từ $0 \rightarrow T/2$) sơ đồ tương đương được biểu diễn trên hình 1-31.



d) Hình 1-31

b) Giá trị điện áp một chiều trên tải R_1 sẽ là:

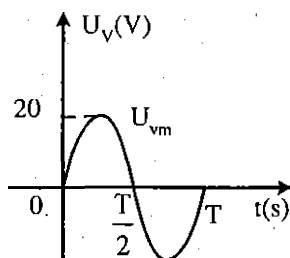
$$U_{dc} = 0,63 U_{ram} = 0,636 \frac{U_{vm}}{2} \\ = 0,636 \cdot 5 = 3,18V$$

Dạng điện áp ra sau chỉnh lưu đầy đủ cả hai nửa chu kỳ như trên hình 1-31e).

c) Điện áp ngược đặt lên D_1, D_2 đúng bằng điện áp ra cực đại U_{ram} trong từng $1/2$ chu kỳ hay bằng $1/2$ trị cực đại của điện áp vào và bằng 5V.

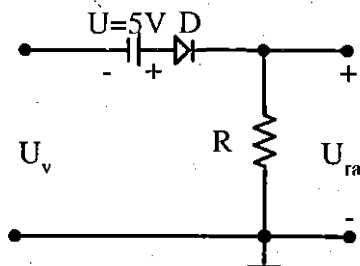
24 Bài tập 1-24. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-32 (mạch hạn biên nối tiếp)
Vẽ dạng điện áp ra trên tải R:

Bài giải



a)

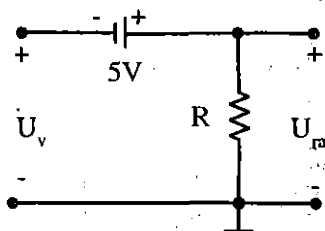
Hình 1-32



b)

Giả thiết diốt D lý tưởng, dễ dàng nhận thấy D luôn luôn thông với chu kỳ dương (+) của điện áp vào. Mạch điện tương đương lúc này được như trên hình 1-33.

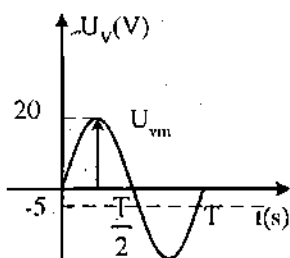
Điện áp ra sẽ là: $U_{ra} = U_v + 5V$ và diốt D sẽ thông cho đến thời điểm U_v giảm xuống đến $-5V$ ở nửa chu kỳ âm. Sau khoảng thời gian đó diốt D sẽ ở trạng thái phân cực ngược, dòng qua diốt và qua tải R luôn bằng không, nên điện áp ra cũng sẽ bằng không (tương ứng với mức điện áp vào $U_v < -5V$). Khi $U_v > -5V$ cũng tương



Hình 1-33

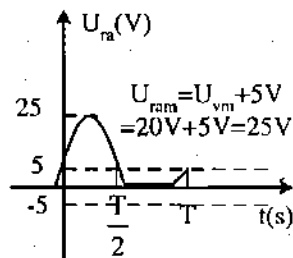
ứng trong khoảng nửa chu kỳ âm của tín hiệu vào, tức khi $U_v > -5V$ diốt thông trở lại và quá trình sẽ lặp lại như phân tích trên.

Dạng điện áp ra được biểu diễn như trên hình 1-34:



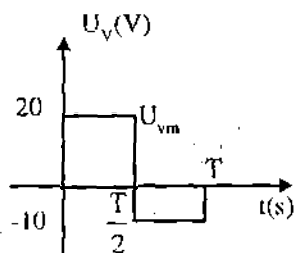
a)

Hình 1-34



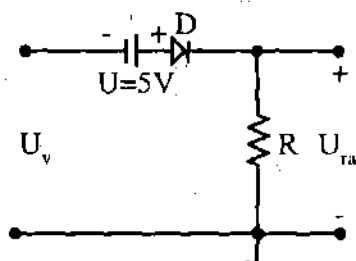
b)

- 25) Bài tập 1-25. Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-35. Vẽ dạng điện áp ra trên tải R.



a)

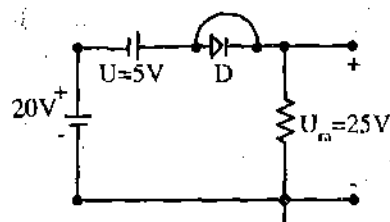
Hình 1-35



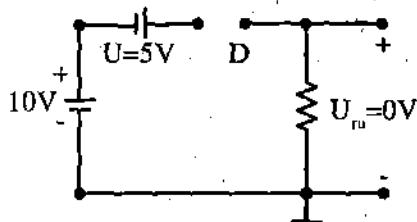
b)

Bài giải

Giả thiết diốt D lý tưởng. Trong khoảng thời gian từ $0 \div T/2$ với $U_v = 20V$ diốt D thông hoàn toàn, sơ đồ điện tương đương được vẽ lại như trên hình 1-36 và điện áp ra sẽ là:



Hình 1-36



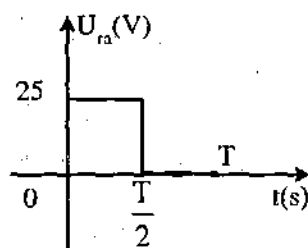
Hình 1-37

$$U_{ra} = U_v + U = 20 + 5 = 25V$$

Trong khoảng thời gian từ $T/2 \div T$ với $U_v = -10V$ diốt D luôn luôn ở trạng thái khoá, sơ đồ điện tương đương được vẽ lại như trên hình 1-37 và điện áp ra trên tải R lúc đó sẽ là:

$$U_{ra} = I_R \cdot R = 0 \cdot R = 0V$$

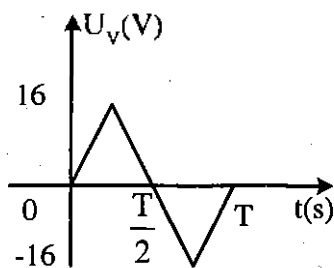
Dạng điện áp ra trên tải R được biểu diễn như trên hình 1-38.



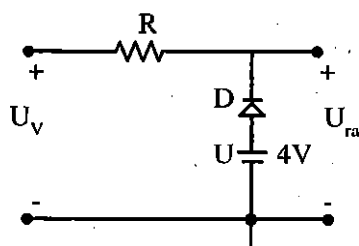
Hình 1-38

- 26) **Bài tập 1-26.** Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-39 (mạch hạn biên song song).

Vẽ dạng điện áp ra trên tải R_L .



a)

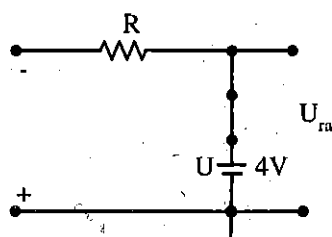


b)

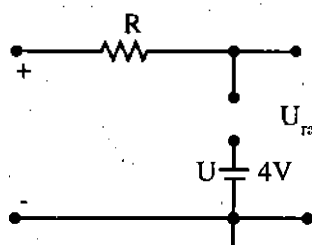
Hình 1-39

Bài giải

Với giả thiết diốt D lý tưởng, nó sẽ thông khi điện áp vào $U_v \leq 4V$, nghĩa là toàn bộ 1/2 chu kỳ âm (-) của điện áp vào và một phần của 1/2 chu kỳ (+) dương của điện áp vào với $U_v \leq 4V$. Sơ đồ điện tương đương được vẽ lại như trên hình 1-40 và trong khoảng thời gian đó điện áp ra luôn luôn bằng nguồn $U = U_{ra} = 4V$.



Hình 1-40

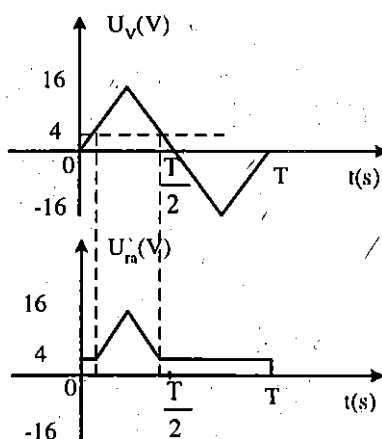


Hình 1-41

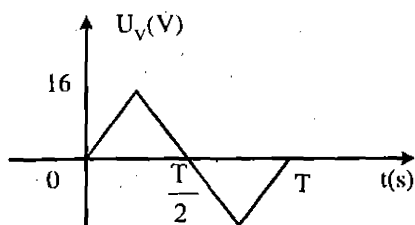
Trong khoảng thời gian khi $U_v > 4V$, diốt luôn luôn ở trạng thái khoá nên điện áp ra trên tải sẽ lớn hơn 4V và bằng điện áp vào. Sơ đồ điện tương đương được vẽ lại như hình 1-41.

Dạng điện áp ra được biểu diễn như trên hình 1-42 dưới đây.

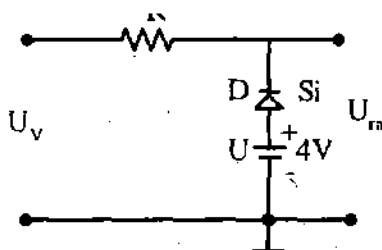
- 27) **Bài tập 1-27.** Cho mạch điện dùng diốt như hình 1-43. Vẽ dạng điện áp ra khi dùng diốt D loại silic với $U_D = 0,7V$.



Hình 1-42



a)



b)

Hình 1-43

Bài giải

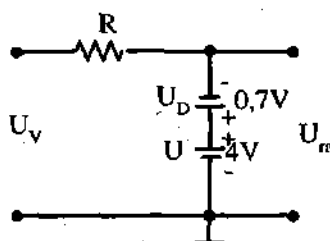
Với diốt thực, ngưỡng thông cho trong đầu bài $U_D = 0,7V$ mạch điện được vẽ lại như hình 1-44.

Theo định luật Kirchoff về điện áp vòng ta có:

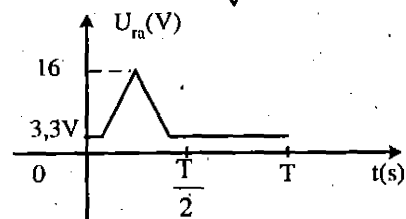
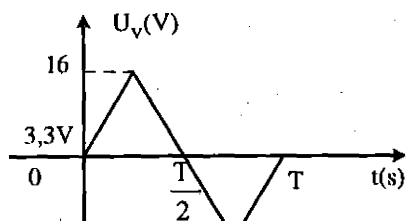
$$U_v + U_D - U = 0$$

hay $U_v = U - U_D = 4 - 0,7 = 3,3V$

Với $U_v > 3,3V$ diốt D luôn luôn ở trạng thái khoá nên điện áp ra sẽ đúng bằng điện áp vào (U_v).



Hình 1-44



Hình 1-45

Với điện áp vào $U_v < 3,3V$ diốt ở trạng thái thông hoàn toàn nên điện áp ra sẽ là:

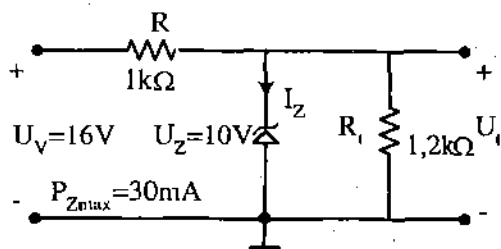
$$U_{ra} = 4 - 0,7 = 3,3V$$

Dạng điện áp ra được biểu diễn như hình 1-45.

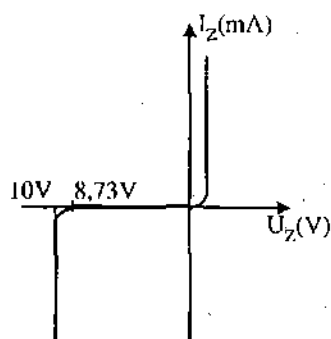
28) Bài tập 1-28. Cho mạch điện dùng diốt zener như hình 1-46 và đặc tuyến V-A của zener như trên hình 1-47.

a) Xác định các giá trị điện áp U_R , U_Z , dòng điện I_Z qua zener và công suất tiêu tán trên zener P_Z .

b) Lặp lại tính toán trong câu a, khi thay $R_1 = 3k\Omega$



Hình 1-46



Hình 1-47

Bài giải

a) Để thuận tiện cho việc tính toán các thông số của mạch ta vẽ lại sơ đồ tương đương như hình 1-48.

Từ hình 1-48 ta có:

$$U = U_L = \frac{U_V}{R + R_L} \cdot R_L$$

$$= \frac{16V \cdot 1,2 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 1,2 \cdot 10^3} = 8,73V$$

Điện áp $U = U_L$ đặt lên zener bằng 8,73V luôn luôn nhỏ hơn $U_Z = 10V$ nên zener luôn luôn ở trạng thái khoá và $I_Z = 0A$.

Điện áp sụt trên R sẽ là:

$$U_R = U_V - U_L = 16 - 8,73 = 7,27V$$

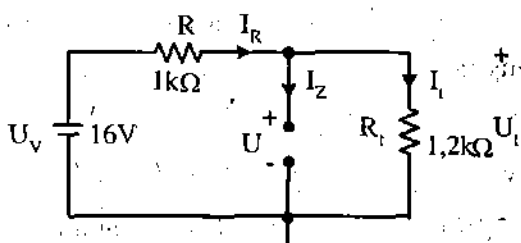
Công suất tiêu tán trên zener là:

$$P_Z = U_Z \cdot I_Z = U_Z \cdot 0 = 0W$$

b) Với $R_L = 3k\Omega$.

Điện áp U trên sơ đồ hình 1-48 sẽ là:

$$U = \frac{U_V}{R + R_L} \cdot R_L = \frac{16 \cdot 3 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3} = 12V$$



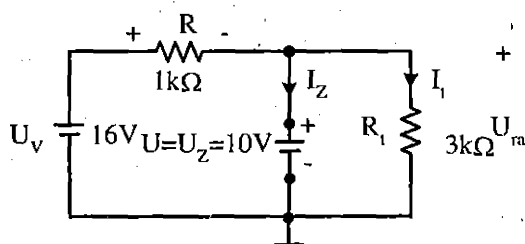
Hình 1-48

Vì điện áp đặt lên zener $U = 12V > U_z = 10V$ nên zener sẽ được mở thông. Sơ đồ mạch điện được vẽ lại như hình 1-49.

Điện áp trên tải R_1 chính bằng điện áp U_z và bằng $10V = U_1 = U_z$.

Khi đó: $U_R = U_V - U_1 = 16 - 10 = 6V$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10V}{3k\Omega} = 3,33mA$$



Hình 1-49

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{6V}{1k\Omega} = 6mA$$

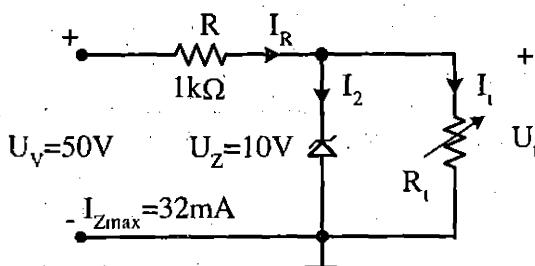
$$I_z = I_R - I_1 = 6 - 3,33 = 2,67mA$$

$$P_z = U_z \cdot I_z = 10V \cdot 2,67mA = 26,7mW$$

Thấp hơn trị cực đại cho phép $P_{zmax} = 30mW$.

29) Bài tập 1-29. Cho mạch ổn áp dùng zener như hình 1-50.

a) Xác định khoảng giá trị điện trở tải R_1 và dòng điện qua tải R_1 sao cho điện áp ra trên nó luôn luôn ổn định $U_m = U_z = 10V = U_1$.



Hình 1-50

b) Xác định công suất tiêu tán cực đại trên zener.

Bài giải

a) Ta biết rằng zener bắt đầu thông khi điện áp ngược đặt lên nó $U \geq U_z$ (hình 1-47 hay 1-48). Khi đó điện trở tải cực tiểu R_{tmin} được xác định:

$$R_{tmin} = \frac{R \cdot U_z}{U_V - U_z} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 10}{50 - 10} = 250\Omega$$

Chú ý: Khi dòng qua zener cực tiểu (lý thuyết thì $I_{zmin} = 0$), dòng qua tải tương ứng có giá trị cực đại I_{imax} . Với điện áp ổn định trên tải $U_1 = U_z$ thì

trong trường hợp đó giá trị R_i được xác định chính là $R_{i\min}$ để điện áp ra trên tải không đổi $U_i = U_z = \text{const}$.

Điện áp rơi trên điện trở hạn chế R sẽ là:

$$U_R = U_V - U_Z = 50 - 10 = 40\text{V}$$

$$\text{Và } I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{40\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 40\text{mA}$$

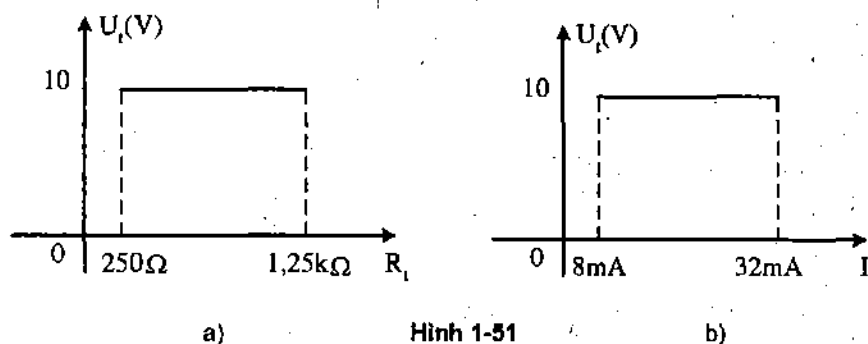
Dòng điện cực tiểu trên tải sẽ là:

$$I_{i\min} = I_R - I_{i\max} = 40 - 32 = 8\text{mA}$$

Điện trở tải cực đại $R_{i\max}$ sẽ là:

$$R_{i\max} = \frac{U_Z}{I_{i\min}} = \frac{10}{8 \cdot 10^{-3}} = 1250\Omega = 1,25\text{k}\Omega$$

Đồ thị biểu diễn vùng ổn áp của mạch vẽ trên hình 1-51.



b) Công suất tiêu tán cực đại trên zener sẽ là:

$$P_{Z\max} = U_Z \cdot I_{Z\max} = 10\text{V} \cdot 32\text{mA} = 320\text{mW}$$

30 Bài tập 1-30. Cho mạch điện dùng diốt ổn áp (zener) như trên hình 1-52.

Xác định khoảng biến đổi của điện áp vào để điện áp ra trên tải luôn ổn định và bằng $10\text{V} = U_Z$.

Bài giải

Ta biết rằng với $R_i = \text{const}$ (cố định) điện áp thông cho zener bắt đầu từ $U \geq U_Z$ đặt lên zener.

Từ sơ đồ ta có:
$$U_i = U_Z = \frac{U_V}{R + R_i} \cdot R_i$$

$$U_i R_i + U_i R = U_v R_i$$

$$\text{Nên } U_v = U_i \frac{(R + R_i)}{R_i}$$

$$= \frac{U_z (R + R_i)}{R_i} = U_{vmin}$$

Thay các giá trị U_z , R , R_i
ta xác định được được U_{vmin} là:

$$U_{vmin} = 20 \cdot \frac{(1,2 \cdot 10^3 + 220)}{1,2 \cdot 10^3} = 23,67V$$

Dòng qua tải sẽ là

$$I_i = \frac{U_i}{R_i} = \frac{U_z}{R_i} = \frac{20}{1200} = 16,67mA$$

Dòng điện cực đại qua R sẽ là:

$$I_{Rmax} = I_i + I_{Zmax} = 16,67 + 60$$

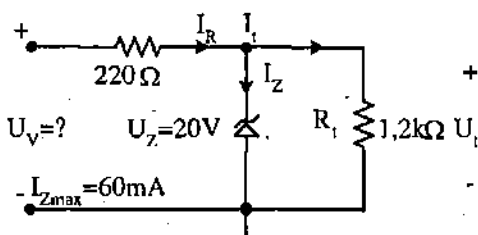
$$= 76,67mA$$

Điện áp vào cực đại sẽ là:

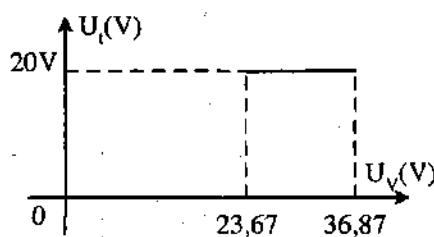
$$U_{vmax} = U_{Rmax} + U_z = R \cdot I_{Rmax} + U_z$$

$$= 220 \cdot 76,67 \cdot 10^{-3} + 20 = 36,87V$$

Đồ thị biểu diễn vùng ổn áp của mạch được biểu diễn như trên hình 1-53.



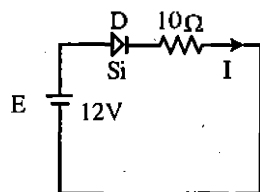
Hình 1-52



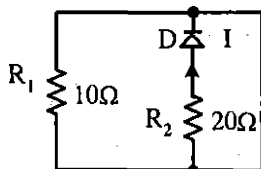
Hình 1-53

1.3. ĐỀ BÀI TẬP

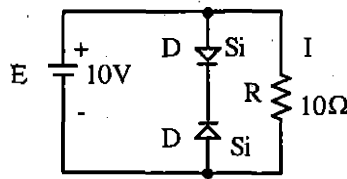
- 31) Bài tập 1-31. Cho mạch điện dùng diốt như trên hình 1-54. Xác định dòng điện I với điều kiện đặc tuyến V-A của diốt được tuyến tính hoá.



a)



b)



c)

Hình 1-54

55 Bài tập 1-55. Đề và sơ đồ lặp lại bài 1-77.

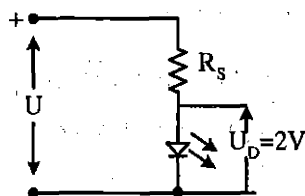
- Xác định điện áp trên R_s .
- Xác định dòng qua diốt Zener D_z .
- Xác định công suất tiêu tán trên D_z .

56 Bài tập 1-56. Cho mạch điện như hình 1-78.

Nếu biết điện áp một chiều là 12V, điện áp trên LED là 2V, dòng LED là 20mA.

a) Hãy xác định điện trở hạn chế R_s .

b) Nếu mắc song song 10 LED thay cho một LED trong sơ đồ. Hãy định điện trở R_s cần thiết.



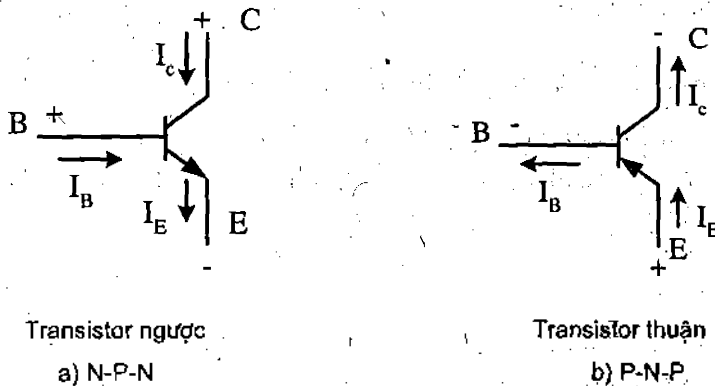
Hình 1-78

Chương 2

TRANSISTOR LƯỜNG CỰC VÀ TRANSISTOR TRƯỜNG

2.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Transistor lưỡng cực (BJT) gồm ba lớp bán dẫn P và N ghép xen kẽ nhau; tùy thuộc vào các tiếp giáp P-N mà hình thành hai loại transistor: P-N-P (transistor thuận) và N-P-N (transistor ngược) như ký hiệu trong hình 2-1.



Hình 2-1. Ký hiệu hai loại transistor N-P-N và P-N-P

Chiều của dòng điện một chiều chạy qua transistor được chỉ trong hình vẽ trùng với chiều mũi tên quy ước cực emitter.

Để làm việc ở chế độ khuếch đại, điện áp nguồn E được cấp cho cực E-C tùy thuộc vào loại transistor được chỉ trong hình 2-1. Điện áp phân cực cho tiếp giáp B-E phải luôn là phân cực thuận, tức là đối với transistor N-P-N cực bazơ phải dương so với cực emitter, ngược lại, đối với transistor thuận P-N-P cực B phải âm hơn so với cực E.

Trong cả hai loại transistor, các dòng điện đều có thể coi như tập trung tại một nút

$$I_E + I_C + I_B = 0 \text{ hay } I_E = I_C + I_B \text{ và } I_B \ll I_E, I_C$$

Có ba cách mắc sơ đồ cơ bản của transistor là emitter chung (EC) bazơ chung (BC) và collector chung (CC) căn cứ vào cực nào được lấy làm điểm chung cho cả đầu vào và đầu ra.

Trong các sổ tra cứu và thuyết minh thường cho các thông số và đặc tuyến theo sơ đồ mắc EC hay BC.

Đối với sơ đồ mắc BC dòng điện vào là I_B , dòng điện ra là I_C , hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh α được xác định:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_C}{I_C + I_B} < 1$$

thực tế hệ số α vào khoảng (0,9 + 0,99).

Đối với chế độ xoay chiều, khi điểm làm việc thay đổi trên đặc tuyến ra, hệ số khuếch đại dòng xoay chiều $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ trong đó ΔI_E là biến thiên dòng điện emitter còn ΔI_C là biến thiên dòng collector.

- Sơ đồ mắc emitter chung (EC): dòng điện vào là dòng I_B , dòng điện ra là dòng I_C . Hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh được xác định:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

tùy thuộc vào loại transistor β có giá trị từ vài chục đến hàng trăm lần. I_C và I_B là giá trị dòng điện tại điểm làm việc tĩnh.

Ở chế độ xoay chiều hệ số β được xác định $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$.

Nếu biết hệ số khuếch đại α có thể xác định được hệ số β và ngược lại:

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \text{ và } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Ngoài ra còn các tham số khác như điện trở vào, điện trở ra, hồ dẫn... Các tham số của transistor cũng có thể xác định gần đúng bằng phương pháp đồ thị dựa vào đặc tuyến của transistor.

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{E_{C_2} - I_{C_1}}{I_{B_2} - I_{B_1}}$$

$$\text{Điện trở vào } R_v = r_{BE} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{U_{BE_2} - U_{BE_1}}{I_{B_2} - I_{B_1}}$$

$$\text{Điện trở ra } R_{ro} = r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{U_{CE_2} - U_{CE_1}}{I_{C_2} - I_{C_1}}$$

Để transistor lưỡng cực làm việc bình thường ngoài điện áp cung cấp E cho cực E và C cần một điện áp phân cực một chiều đặt vào Bazơ-Emitơ gọi là thiên áp. Điện áp này dùng để thiết lập chế độ một chiều và điểm làm việc tĩnh.

Thiên áp ban đầu U_{BE0} sẽ quyết định dòng điện tĩnh, độ khuếch đại, độ méo.

$U_{BE0} \approx (0,2 \div 0,6) \text{ V}$ đối với transistor Ge

$U_{BE0} \approx (0,5 \div 1,0) \text{ V}$ đối với transistor Si.

Có ba cách tạo thiên áp cho transistor.

- Tạo thiên áp bằng dòng bazơ (hình 2.2a)

Thiên áp U_{BE0} được xác định

$$U_{BE0} = E - I_{BO} R_1$$

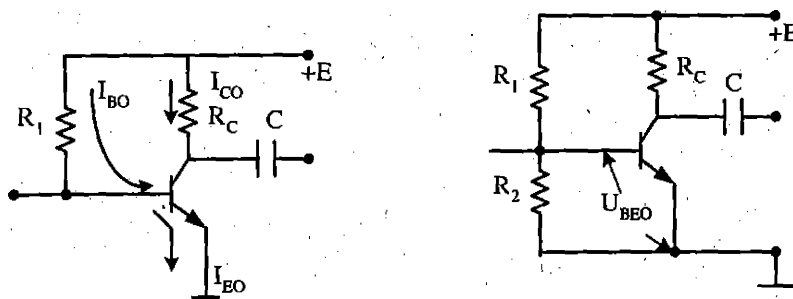
Suy ra điện trở R_1 cần thiết

$$R_1 = \frac{E - U_{BE0}}{I_{BO}}$$

Trong đó: E là điện áp nguồn;

U_{BE0} là thiên áp cần tạo ra;

I_{BO} là dòng bazơ xác định theo U_{BE0} trên đặc tuyến vào của transistor.



a) b) Hình 2-2. Tạo thiên áp cho transistor lưỡng cực

- Tạo thiên áp bằng phương pháp phân áp (hình 2-2b)

Thiên áp $U_{BEO} = I_p \cdot R_2$. Suy ra

$$R_2 = \frac{U_{BEO}}{I_p}$$

trong đó I_p - dòng phân áp $I_p = \frac{E}{R_1 + R_2}$

I_p được chọn bằng $(4 \div 10) I_{BO}$

Nếu cho trước U_{BEO} xác định được I_{BO} trên đặc tuyến vào của transistor.

Điện trở R_1 xác định từ biểu thức:

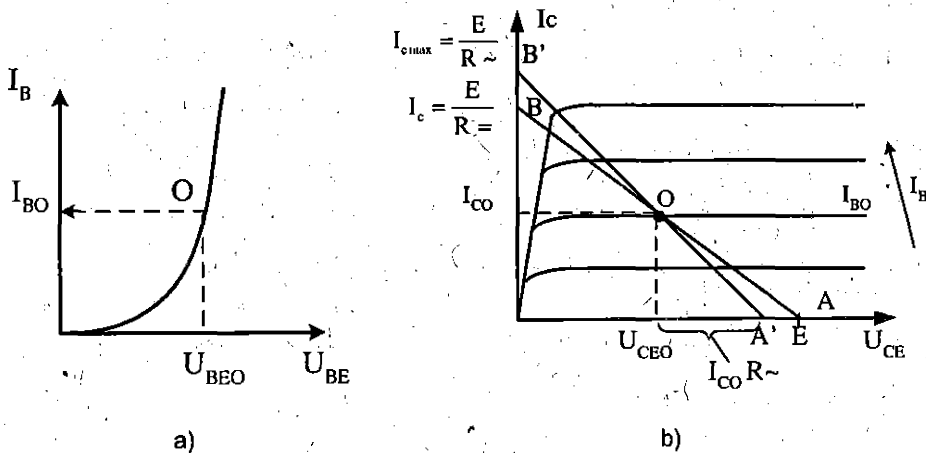
$$(I_p + I_{BO}) R_1 = E - I_p \cdot R_2 = E - U_{BEO}$$

Suy ra
$$R_1 = \frac{E - U_{BEO}}{I_p + I_{BO}}$$

Trong trường hợp có điện trở mắc ở emitter thì trong các công thức trên phải tính đến sụt áp một chiều trên điện trở đó.

- Chế độ một chiều và đường tải một chiều.

Xác định điểm làm việc tĩnh O; khi cung cấp cho bazơ thiên áp ban đầu U_{BEO} , thì sẽ thiết lập dòng tĩnh I_{CO} và điện áp một chiều U_{CEO} . Tọa độ của điểm làm việc tĩnh O (I_{CO} , U_{CEO}). Điểm O cũng chính là giao điểm của đường tải một chiều với đường đặc tuyến ứng với dòng I_{BO} (hình 2-3).



Hình 2-3. Đặc tuyến vào (a) và đặc tuyến ra (b)

- Đường tải một chiều là sự phụ thuộc dòng I_C vào điện áp U_{CE} ứng với điện trở tải một chiều R_e và được xác định theo biểu thức:

$$U_{ra} = E - I_C R_e$$

Cách dựng: Cho $U_{ra} = 0 \rightarrow I_C = \frac{E}{R_e}$, xác định được điểm B.

Cho $I_C = 0 \rightarrow U_{ra} = U_{CE} = E$, xác định được điểm A.

Nối điểm A với B được đường tải một chiều.

- Đường tải xoay chiều R_L , cũng được xây dựng trên đặc tuyến ra nhưng đối với điện trở tải xoay chiều, tức là khi có tín hiệu vào, đó cũng là đường thẳng và đi qua điểm làm việc tĩnh O.

Cách dựng: Từ điểm U_{CEO} trên trục hoành, cộng thêm một điện áp bằng $I_{CO} R_L$, được điểm A'. Kẻ đường thẳng qua hai điểm O và A', được đường tải xoay chiều.

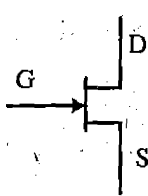
Cũng có thể xác định dòng $I_{C_{max}} = \frac{E}{R_L}$ được điểm B' trên trục tung, kẻ

đường qua B' và O cũng nhận được đường tải xoay chiều.

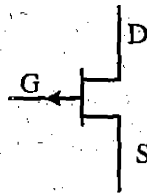
Trong các bài tập áp dụng, có thể sử dụng một trong hai cách trên, tùy từng trường hợp cụ thể.

- Transistor trường (FET) là loại transistor được chế tạo dựa vào hiệu ứng trường, đó là điều khiển độ dẫn điện của bán dẫn loại N hay P, nhờ một điện trường bên ngoài.

Có hai loại FET - đó là J-FET (điều khiển bằng tiếp xúc P-N) và MOSFET là loại FET có cực cửa cách ly bằng lớp oxit. Hình 2-4 là ký hiệu JFET kênh N và kênh P.



a) J-FET kênh N



b) J-FET kênh P

Hình 2-4. J-FET kênh N và kênh P

S - là cực nguồn

D - cực máng

G - cực cửa.

Vì phân cực cho cực cửa của J-FET luôn là phân cực ngược nên điện trở vào rất lớn và dòng điện $I_V = I_G = 0$; $I_D = I_S$.

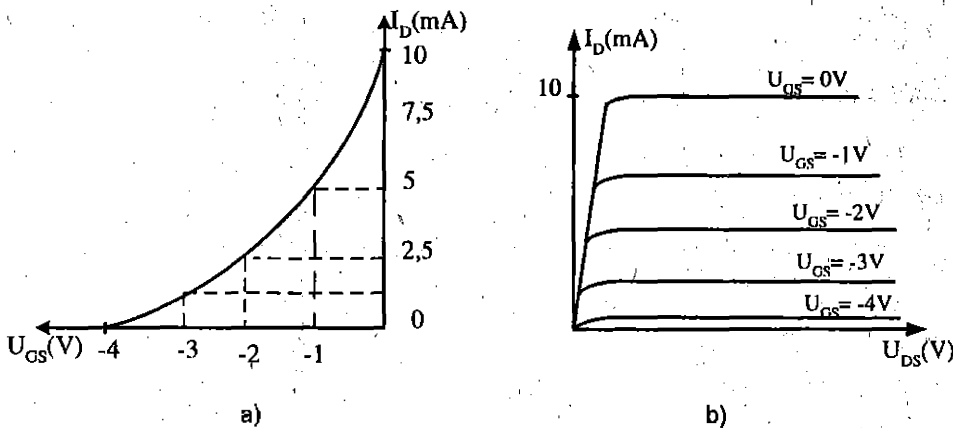
Dòng I_D được điều khiển bằng điện áp đặt vào cực cửa U_{GS} và được xác định bằng biểu thức:

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

trong đó U_{GS} là điện áp bất kỳ đặt vào G-S;

U_{GSK} là điện áp khóa ứng với dòng $I_D = 0$.

Quan hệ giữa I_D và U_{GS} được diễn tả bằng đặc tuyến truyền đạt còn quan hệ $I_D = f(U_{DS})$ với các trị số U_{GS} khác nhau được gọi là họ đặc tuyến ra. Đây là hai đặc tuyến đặc trưng cho FET, căn cứ vào đó, có thể xác định gần đúng các thông số của FET.



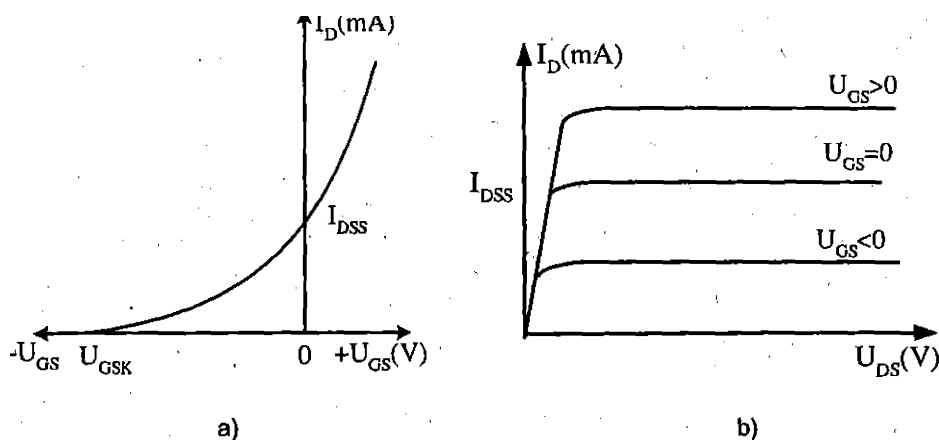
Hình 2-5. Đặc tuyến truyền đạt (a) và đặc tuyến ra (b) của J-FET kênh N

Hỗ dẫn của FET: $g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}}$, $\frac{mA}{V}$ hay mS (milisimen) chỉ rõ khi điện

áp đặt vào cực cửa thay đổi 1V thì dòng I_D thay đổi bao nhiêu mA.

MOSFET gồm hai loại: MOSFET kênh đặt sẵn và MOSFET kênh cảm ứng.

- MOSFET kênh đặt sẵn: kênh dẫn điện loại N hay P hình thành ngay từ khi chế tạo. Đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra chỉ dẫn trong hình 2-6a, b.



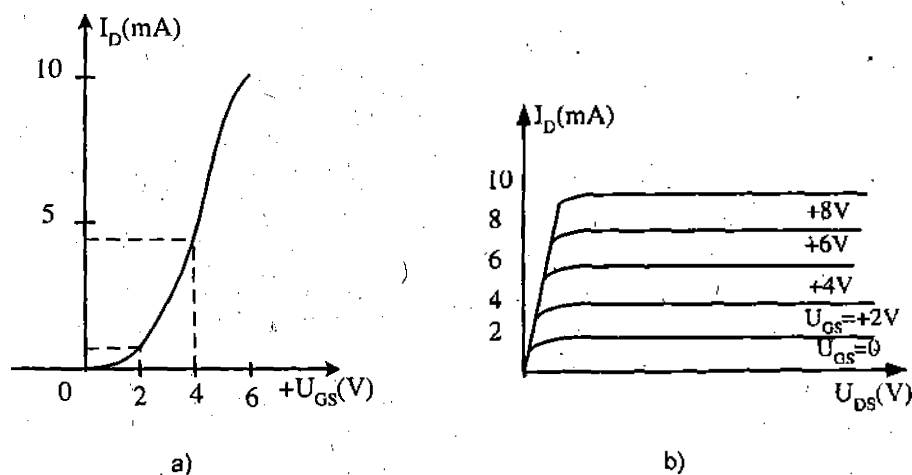
Hình 2-6. Đặc tuyến truyền đạt (a) và đặc tuyến ra (b) của MOSFET kênh N đặt sẵn

Căn cứ vào đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra có thể xác định gần đúng các thông số của MOSFET.

- MOSFET kênh cảm ứng: chỉ khi đặt vào cực cửa điện áp ngoài (kênh N là điện áp dương), thì kênh dẫn điện mới hình thành và mới có dòng điện chạy qua (hình 2-7).

Phân cực cho FET.

Có hai phương pháp phân cực (tạo thiên áp) phổ biến cho FET: tạo thiên áp tự cấp và dùng phân áp.



Hình 2-7. Đặc tuyến truyền đạt (a) và đặc tuyến ra (b) của MOSFET kênh cảm ứng N

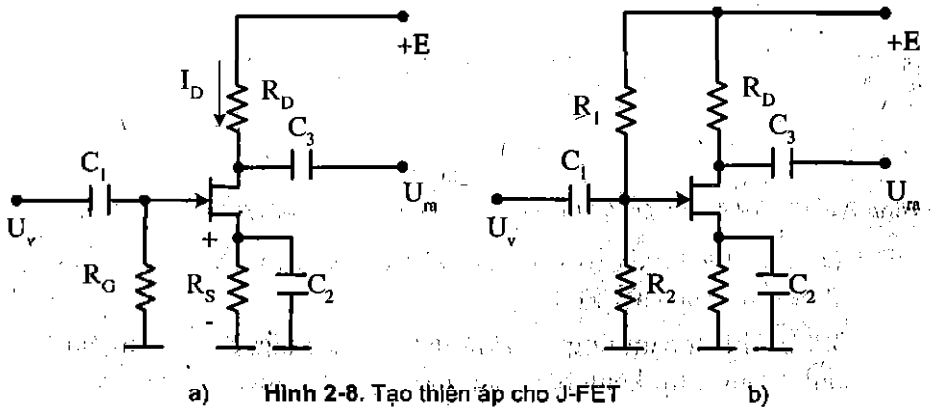
Phương pháp tự cấp sử dụng ngay dòng I_D chạy qua R_s tạo sụt áp và dẫn qua điện trở R_G đặt vào cực cửa G (hình 2-8a).

Vì $I_G = 0$; $I_D = I_S$ nên $U_{RS} = I_D \cdot R_S = U_{GS}$; cực (+) đặt vào cực S và cực (-) đặt vào cực G.

R_S - gọi là điện trở tạo thiên áp.

R_G - là điện trở dẫn thiên áp; R_G có trị số lớn hàng chục hoặc trăm $k\Omega$.

$$R_S = \frac{U_{GS}}{I_D}$$



Hình 2-8b là sơ đồ tạo thiên áp bằng phương pháp phân áp.

Điện áp trên cực cửa U_G được xác định

$$U_G = \frac{E}{R_1 + R_2} R_2$$

U_G là điện áp cực G so với đất.

$$U_{GS} = U_G - U_S = U_G - I_D R_S$$

Mạch phân áp cho MOSFET kênh N đặt sẵn cũng tương tự như hình 2-8b. Riêng đối với MOSFET kênh cảm ứng, việc tạo thiên áp có khác với J-FET, nó được tạo thiên áp giống như với transistor lưỡng cực N-P-N: có thể dùng phương pháp hồi tiếp từ cực D về cực G hay dùng phương pháp phân áp (hình 2-9a, b).

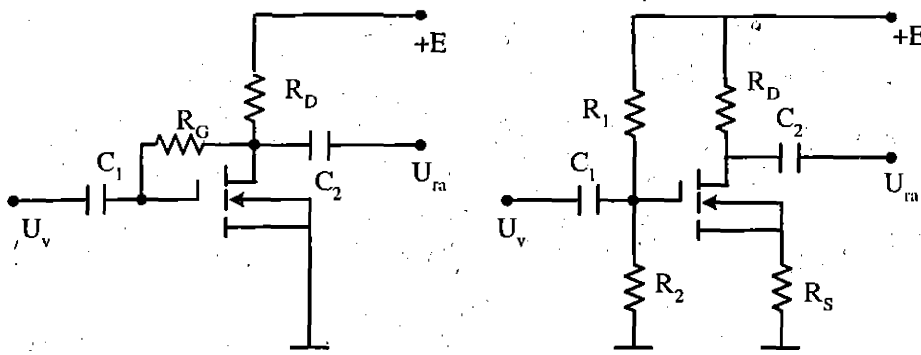
Trong sơ đồ 2-9a $U_{DS} = U_{GS}$ (vì dòng $I_G = 0$, qua R_G không có dòng chạy qua)

$$U_{DS} = E - I_D \cdot R_D$$

Suy ra

$$U_{GS} = E - I_D \cdot R_D$$

Trong sơ đồ 2-9b, điện áp cực cửa so với đất.



a) Hình 2-9. Tạo thiên áp cho MOSFET kênh cảm ứng N b)

$$U_G = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$

$$U_{GS} = U_G - I_D \cdot R_S = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2 - I_D \cdot R_S$$

$$\text{Điện áp } U_{DS} = E = U_{r_s} - U_{r_D} = E - I_D(R_S + R_D)$$

2.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

57) Bài tập 2-1. Một transistor N-P-N mắc theo sơ đồ BC có dòng điện $I_V = I_E = 50\text{mA}$; dòng điện $I_C = 45\text{mA}$.

- Xác định hệ số khuếch đại dòng một chiều α .
- Nếu mắc transistor theo sơ đồ emitter chung (EC), hãy tính hệ số β .

Bài giải

- Hệ số khuếch đại dòng một chiều α

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{45}{50} = 0,9$$

- Hệ số β tính theo α

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0,9}{1 - 0,9} = 9$$

58) Bài tập 2-2. Một transistor có dòng tĩnh emitter $I_E = 1,602\text{mA}$; dòng tĩnh bazơ $I_B = 0,016\text{mA}$; bỏ qua dòng điện ngược.

- Xác định dòng tĩnh colector I_C
- Tính hệ số khuếch đại β , α .

Bài giải

Tính dòng tĩnh colector I_C

$$I_C = I_E - I_B = 1,602 - 0,016 = 1,586 \text{ mA}$$

$$\text{Hệ số khuếch đại } \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{1,586}{1,602} = 0,99$$

$$\text{Hệ số khuếch đại } \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B} = \frac{1,602 - 0,016}{0,016} = 99,125$$

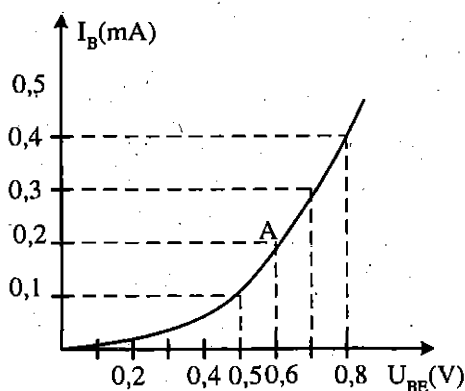
Cũng có thể xác định β theo công thức:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0,99}{1 - 0,99} = 99$$

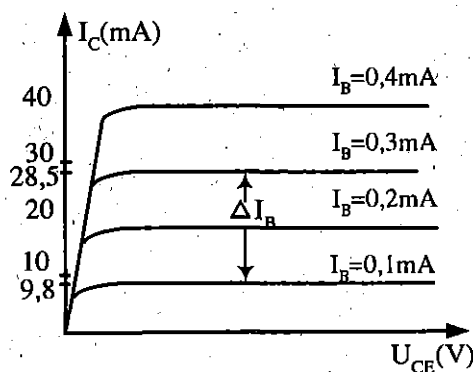
- 59) Bài tập 2-3.** Biết đặc tuyến vào và đặc tuyến ra của transistor mắc theo sơ đồ emitter chung EC như hình 2-10.

Bằng phương pháp đồ thị hãy xác định:

- Hệ số khuếch đại β tại điểm làm việc A.
- Điện trở vào $R_v = r_{BE}$.
- Hệ số khuếch đại α nếu mắc theo sơ đồ bazơ chung BC.
- Nếu tín hiệu vào I_B thay đổi, xác định hệ số khuếch đại dòng xoay chiều.



a)



b)

Hình 2-10. Đặc tuyến vào (a) và ra (b) của transistor

Bài giải

a) Hệ số khuếch đại tĩnh tại điểm A.

$$\beta = \frac{I_{CO}}{I_{BO}} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 100$$

b) Điện trở vào $R_v = r_{be} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{0,70 - 0,5}{(0,3 - 0,1)10^{-3}} = \frac{0,65}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 3,25 k\Omega$

c) Nếu mắc theo sơ đồ bazơ chung BC hệ số khuếch đại tĩnh α được xác định

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{100}{100 + 1} = 0,989$$

d) Khi dòng điện vào I_B thay đổi từ 0,1 đến 0,3mA, tìm biến thiên dòng I_C tương ứng trên đặc tuyến ra, tính được hệ số khuếch đại β xoay chiều.

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{(28,5 - 9,8)10^{-3}}{(0,3 - 0,1)10^{-3}} = 93,5$$

60 Bài 2-4. Cho mạch khuếch đại dùng transistor như hình 2-11

Biết: $R_C = 5k\Omega$

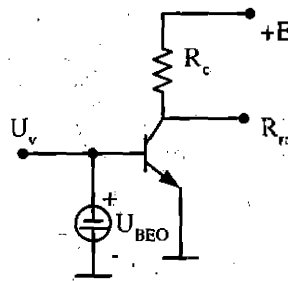
$\beta = 50$

điện trở vào $R_v = r_{BE} = 1k\Omega$

điện áp vào $U_v = U_{BE} = 0,1V$

a) Xác định dòng điện vào và dòng điện ra.

b) Tính hệ số khuếch đại điện áp của transistor.



Hình 2-11

Bài giải

a) Dòng điện vào

$$I_v = I_B = \frac{U_v}{R_v} = \frac{0,1}{1 \cdot 10^3} = 10^{-4} = 0,1mA$$

Dòng điện ra:

$$I_{ra} = I_C = \beta I_B = 50 \cdot 0,1 = 5mA$$

Điện áp ra:

$$U_{ra} = I_{ra} \cdot R_{ra} = I_C \cdot R_C = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 25V$$

b) Hệ số khuếch đại điện áp

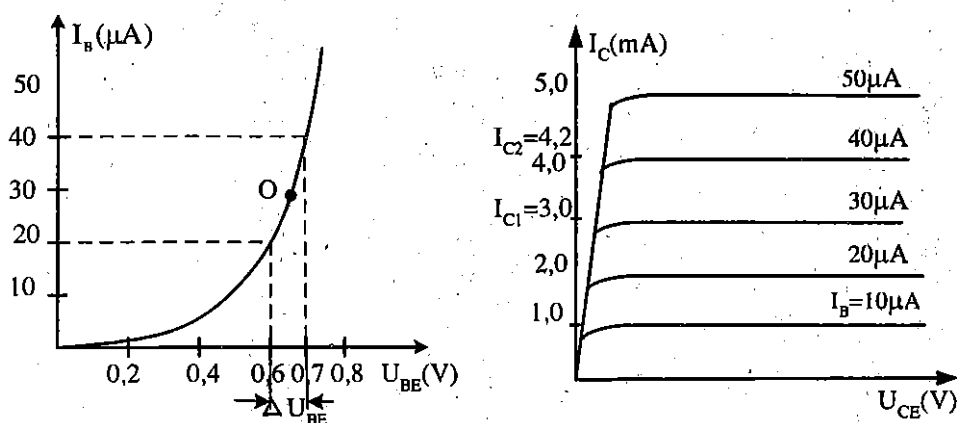
$$K_U = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{25}{0,1} = 250$$

61 Bài tập 2-5. Đặc tuyến vào và ra của transistor có dạng như hình 2-12.

a) Hãy xác định hồ dẫn của transistor tại điểm làm việc O.

b) Nếu biết điện áp U_{BE} thay đổi $0,2mV$, điện trở $R_C = 4k\Omega$. Hãy xác định điện áp ra.

c) Tính hệ số khuếch đại điện áp.



a) Hình 2-12. Đặc tuyến vào (a) và đặc tuyến ra (b) của transistor b)

Bài giải

a) Hồ dẫn của transistor được xác định bằng phương pháp đồ thị

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}}, \frac{mA}{V}$$

$$S = \frac{I_{C_2} - I_{C_1}}{U_{BE_2} - U_{BE_1}} = \frac{(4,2 - 3,0)10^{-3}}{0,7 - 0,6} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 12 \frac{mA}{V} \text{ hay } 12mS$$

b) Nếu $\Delta U_{BE} = 0,2V$ thì dòng I_C biến thiên

$$\Delta I_C = \Delta U_{BE} \cdot S = 0,2 \cdot 12 = 2,4mA$$

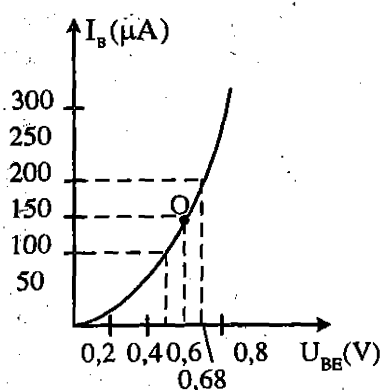
$$\text{Điện áp ra } U_{ra} = \Delta I_C \cdot R_C = 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^3 = 9,6V$$

c) Hệ số khuếch đại điện áp

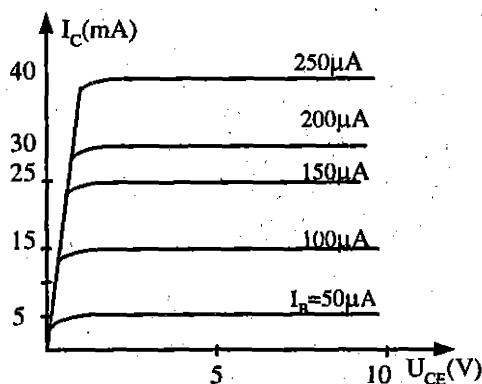
$$K_U = \frac{U_m}{U_v} = \frac{9,6}{0,2} = 48$$

62 Bài tập 2-6. Transistor lưỡng cực có đặc tuyến vào và ra mắc theo sơ đồ EC như hình 2-13. Căn cứ vào đặc tuyến hãy xác định gần đúng các thông số sau:

- Điện trở vào tĩnh tại điểm O.
- Điện trở vào động.
- Hệ số khuếch đại dòng điện một chiều β .
- Hệ số khuếch đại dòng xoay chiều.



a)



b)

Hình 2-13. Đặc tuyến vào (a) và ra (b) của transistor lưỡng cực

Bài giải

a) Điện trở vào tĩnh

$$R_v = r_{BE} = \frac{U_{BE0}}{I_{B0}} = \frac{0,6}{150 \cdot 10^{-6}} = 4 \text{ k}\Omega$$

b) Điện trở vào động R_{vd}

$$R_{vd} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{U_{BE_2} - U_{BE_1}}{I_{B_2} - I_{B_1}} = \frac{0,68 - 0,52}{(200 - 100) \cdot 10^{-6}} = 1,6 \text{ k}\Omega$$

c) Hệ số khuếch đại dòng một chiều β

$$\beta = \frac{I_{CO}}{I_{BO}} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{150 \cdot 10^{-6}} = 166$$

d) Hệ số khuếch đại dòng xoay chiều β_+

$$\beta_+ = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

$$\Delta I_B = I_{B_2} - I_{B_1} = (200 - 100)10^{-6} = 100 \cdot 10^{-6}$$

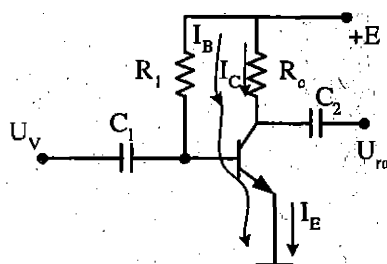
Tìm ΔI_C tương ứng trên đặc tuyến ra

$$I_{C_2} = 30\text{mA}; I_{C_1} = 15\text{mA}$$

$$\Delta I_C = (30 - 15) \cdot 10^{-3}$$

$$\beta_+ = \frac{(30 - 15)10^{-3}}{(200 - 100)10^{-6}} = 150$$

- 63) Bài tập 2-7. Cho mạch điện như hình 2-14. Nếu biết dòng $I_{CO} = 5\text{mA}$; hệ số $\beta = 100$; $U_{CEO} = 5\text{V}$; thiên áp $U_{BEO} = 0,6\text{V}$; $E = 10\text{V}$.



Hình 2-14

a) Vẽ các dòng điện một chiều chạy trong mạch.

b) Tính điện trở R_C .

c) Điện áp U_C so với đất.

Bài giải

a) Dòng điện một chiều chạy trong mạch như chỉ dẫn trong hình 2-14.

$$I_E = I_C + I_B$$

b) Điện trở tạo thiên áp R_1 được xác định.

$$R_1 = \frac{E - U_{BEO}}{I_{BO}} = \frac{E - U_{BEO}}{\frac{I_{CO}}{\beta}} = \frac{10 - 0,6}{\frac{5}{100} \cdot 10^{-3}} = \frac{9,4}{5 \cdot 10^{-5}} = 188\text{k}\Omega$$

c) Tính điện trở R_C

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_{CO}} = \frac{E - U_{CEO}}{I_{CO}} = \frac{10 - 5}{5 \cdot 10^{-3}} = 1k\Omega$$

d) Điện áp U_C so với điểm mass chính là điện áp U_{CEO}

$$U_C = U_{CEO} = 5V$$

- 64) **Bài tập 2-8.** Cho mạch điện như hình 2-14. Nếu biết $R_1 = 220k\Omega$; $R_C = 2k\Omega$; $\beta = 50$; $U_{BEQ} = 0,5V$. Hãy xác định các thông số tĩnh: dòng I_B , I_C , I_E , điện áp U_{CEO} .

Bài giải

a) Xác định dòng I_{BO}

$$I_{BO} = \frac{E - U_{BEQ}}{R_1} = \frac{10 - 0,5}{220 \cdot 10^3} = \frac{9,5}{220 \cdot 10^3} = 43,2\mu A$$

b) Dòng $I_{CO} = \beta I_B = 50 \cdot 34,2\mu A = 1,7mA$

c) Dòng $I_{EO} = I_{CO} + I_{BO} = 1,7 + 0,0342 = 1,7342mA$.

d) Điện áp U_{CEO}

$$U_{CEO} = E - I_{CO} \cdot R_C = 10 - 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 6,6V$$

- 65) **Bài tập 2-9.** Mạch điện như bài 2-7 nhưng mắc thêm điện trở R_E ở emitor và biết sụt áp trên điện trở này là $1V$.

a) Xác định trị số R_1 , R_C , R_E .

b) Xác định điện áp U_C , U_B so với điểm mass của máy.

Bài giải

a) Xác định R_E

$$U_{RE} = I_{EO} \cdot R_E = 1V$$

Suy ra

$$R_E = \frac{1V}{I_{EO}} = \frac{1V}{I_{CO} + \frac{I_{CO}}{\beta}} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} + \frac{5}{100} \cdot 10^{-3}} = 198\Omega$$

- Điện trở R_1

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{BO}} = \frac{E - U_{BE0} - U_{RE}}{I_{BO}} = \frac{10 - 0,6 - 1}{5 \cdot 10^{-3}} = 168 \text{ k}\Omega$$

- Điện trở R_C

$$I_{CO} \cdot R_C = E - U_{CE0} - U_{RE}$$

$$\text{Suy ra: } R_C = \frac{E - U_{CE0} - U_{RE}}{I_{CO}} = \frac{10 - 0,6 - 1}{5 \cdot 10^{-3}} = 800 \Omega$$

$$\text{b) Điện áp } U_C = E - I_{CO} R_C = 10 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 800 = 6 \text{ V}$$

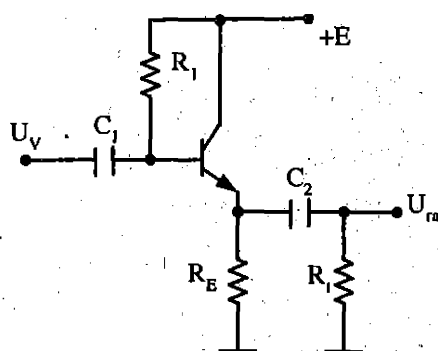
$$\text{hay } U_C = U_{CE0} + U_{RE} = 5 + 1 = 6 \text{ V}$$

$$\text{Điện áp } U_B = U_{BE0} + U_{RE} = 0,6 + 1,0 = 1,6 \text{ V}$$

66 Bài tập 2-10. Cho mạch điện như hình 2-15. Biết $R_1 = 300 \text{ k}\Omega$; $R_E = 2,7 \text{ k}\Omega$; $\beta = 100$; $U_{BE0} = 0,5 \text{ V}$; $E = 12 \text{ V}$.

a) Xác định các tham số tĩnh.

b) Nếu mắc $R_1 = 2,7 \text{ k}\Omega$ hãy tính điện trở tải xoay chiều.



Hình 2-15

Bài giải

a) Trước hết xác định dòng tĩnh bazơ I_{BO}

$$E = I_{BO} R_1 + U_{BE0} + I_{EO} R_E = I_{BO} R_1 + U_{BE0} + (1 + \beta) I_{BO} R_E$$

$$(\text{ở đây } I_{EO} = I_{CO} + I_{BO} = I_{BO} + \beta I_{BO} = (1 + \beta) I_{BO})$$

$$\text{Suy ra } I_{BO} = \frac{E - U_{BE0}}{R_1 + (1 + \beta) R_E} = \frac{12 - 0,5}{300 \cdot 10^3 + (1 + 100) \cdot 2,7 \cdot 10^3} = 20 \mu\text{A}$$

$$\text{- Dòng tĩnh } I_{CO} = 100 I_{BO} = 100 \cdot 20 \mu\text{A} = 2 \text{ mA}$$

$$\text{- Dòng tĩnh } I_{EO} = I_{CO} + I_{BO} = 2 + 0,02 = 2,02 \text{ mA}$$

- Điện áp trên cực E, cực C và B so với điểm mass:

$$U_E = I_{EO} \cdot R_E = 2,02 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \cdot 10^3 = 5,45V$$

Điện áp $U_C = E = 12V$

Điện áp $U_B = U_E + U_{BEO} = 5,45 + 0,5 = 5,95V$

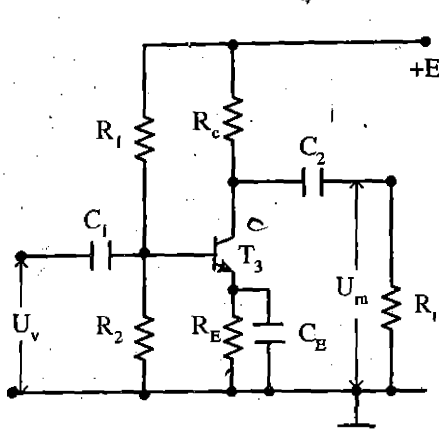
b) Nếu mắc $R_1 = 2,7k\Omega$ thì điện trở tải xoay chiều ở mạch emitter.

$$R_- = R_E // R_1 = \frac{R_E \cdot R_1}{R_E + R_1} = \frac{2,7 \cdot 2,7}{2,7 + 2,7} = 1,35k\Omega$$

67) Bài tập 2-11. Cho mạch khuếch đại dùng transistor lưỡng cực như hình 2-16a. Biết $E = 10V$; $R_C = 5k\Omega$; $R_E = 0,2R_C$; $R_1 = 85k\Omega$; $R_2 = 15k\Omega$; $U_{CEO} = 4V$; $I_{CO} \approx I_{EO}$; $\beta = 50$.

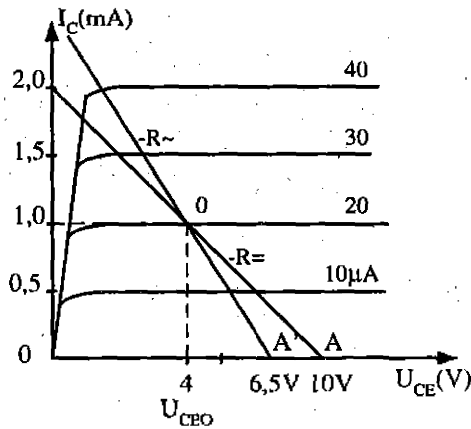
a) Hãy xác định các tham số tĩnh của transistor.

b) Điểm làm việc tĩnh O và dựng đường tải một chiều.



a)

Hình 2-16



b)

Bài giải

a) Có thể coi $I_{EO} = I_{CO}$

$$I_{CO}(R_E + R_C) = E - U_{CEO}$$

Suy ra:
$$I_{CO} = \frac{E - U_{CEO}}{R_C + R_E} = \frac{E - U_{CEO}}{R_C + 0,2R_C}$$

$$I_{CO} = \frac{10 - 4}{(5 + 1) \cdot 10^3} = 10^{-3} A = 1mA$$

- Dòng tĩnh bazơ I_{BO} :

$$I_{BO} = \frac{I_{CO}}{\beta} = \frac{1}{50} = 0,02\text{mA} = 20\mu\text{A}$$

- Thiên áp

$$\begin{aligned} U_{BEO} &= I_P \cdot R_2 - U_{RE} = \frac{E}{(R_1 + R_2)} R_2 - I_{EO} \cdot R_E \\ &= \frac{10 \cdot 15 \cdot 10^3}{(15 + 85) \cdot 10^3} - 10^{-3} \cdot 10^3 = 0,5\text{V} \end{aligned}$$

b) Toạ độ điểm làm việc tĩnh O: $I_{CO} = 1\text{mA}$; $U_{CEO} = 4\text{V}$. Để dựng đường tải một chiều cần xác định một điểm nữa. Từ biểu thức phương trình đường tải một chiều.

$$U_n = E - I_C \cdot R_C$$

Cho $I_C = 0 \rightarrow U_n = E = 10\text{V}$ (điểm A trên trục hoành) nối qua điểm A và O, ta được đường tải một chiều R_+ (hình 2-16b).

68 Bài tập 2-12. Như bài 2-11 nhưng nếu mắc với đầu ra điện trở tải $R_L = 5\text{k}\Omega$. Hãy xác định điện trở tải xoay chiều và dựng đường tải xoay chiều.

Bài giải

- Điện trở tải xoay chiều R_- .

$$R_- = R_C // R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} = \frac{5 \cdot 5}{5 + 5} = 2,5\text{k}\Omega$$

- Để dựng đường tải xoay chiều R_- cần xác định một điểm trên trục hoành hay trên trục tung rồi nối với điểm làm việc tĩnh O. Từ điểm U_{CEO} cộng thêm một đoạn ứng với điện áp bằng $I_{CO} R_-$.

$$I_{CO} R_- = 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^3 = 2,5\text{V}$$

ta được điểm A' trên trục hoành (hình 2-16b).

Nối điểm A' với điểm O và kéo dài sẽ được đường tải xoay chiều. Cũng có thể dựng đường tải xoay chiều bằng cách xác định điểm B' trên trục tung ứng với dòng $I_{\max} = \frac{E}{R_-} = \frac{10}{2,5 \cdot 10^3} = 4\text{mA}$, rồi nối điểm B' và O.

69) Bài tập 2-13. Cho mạch điện như hình 2-16a. Nếu $E = 10V$; $U_{CEO} = 4V$; $R_E = 0,1R_C$; $I_{CO} = 20mA$; $U_{BEO} = 0,7V$, từ đặc tuyến vào của transistor ứng với $U_{BEO} = 0,7V$, tìm được $I_{BO} = 0,2mA$.

a) Xác định trị số các điện trở R_C , R_E , R_1 , R_2 để đảm bảo được các thông số trên.

b) Xây dựng đường tải một chiều.

Bài giải

a) Xác định trị số các điện trở

Từ biểu thức:

$$E = I_{CO}R_C + U_{CEO} + I_{EO}R_E \approx I_{CO}(R_C + R_E) + U_{CEO}$$

(ở đây có thể coi $I_{CO} \approx I_{EO}$ để đơn giản cho việc tính toán).

$$\text{Suy ra } R_C + R_E = \frac{E - U_{CEO}}{I_{CO}} = \frac{10 - 4}{20 \cdot 10^{-3}} = 300\Omega$$

$$R_C + R_E = R_C + 0,1R_C = 1,1R_C = 300\Omega$$

$$R_C = \frac{300}{1,1} = 272,7\Omega$$

$$R_E = 0,1R_C = 27,2\Omega.$$

- Điện trở R_2 được xác định theo biểu thức:

$$I_P R_2 = U_{BEO} + I_{EO} R_E$$

$$\text{Suy ra } R_2 = \frac{U_{BEO} + I_{EO} R_E}{I_P}$$

(ở đây chọn dòng phân áp $I_P = 5 I_{BO}$)

$$R_2 = \frac{U_{BEO} + I_{EO} R_E}{5 I_{BO}} = \frac{0,7 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot 27,27}{5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 1,245k\Omega$$

- Điện trở R_1 được xác định từ biểu thức:

$$R_1(I_P + I_{BO}) = E - I_P R_2 = E - U_{BEO} - I_{EO} R_E$$

$$\text{Suy ra } R_1 = \frac{E - U_{BEO} - I_{EO} R_E}{5 I_{BO} + I_{BO}} = \frac{10 - 0,7 - 0,545}{6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 7,3k\Omega$$

$$U_s = I_s R_s = I_{DQ} R_s \rightarrow R_s = \frac{U_s}{I_{DQ}} = \frac{3,5}{5 \cdot 10^{-3}} = 700 \Omega$$

c) Khi điện áp vào U_{GS} thay đổi trong phạm vi $-2V \pm 0,5V$, xác định trên đồ thị 2-21b dòng I_D thay đổi từ $2,5mA$ đến $6,25mA$, như vậy biến thiên dòng I_D từ đỉnh - đỉnh

$$\Delta I_D = 6,25 - 2,5 = 3,75mA$$

Điện áp ra (đỉnh - đỉnh) sẽ biến thiên

$$U_n = \Delta I_D R_D = 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 4,5V$$

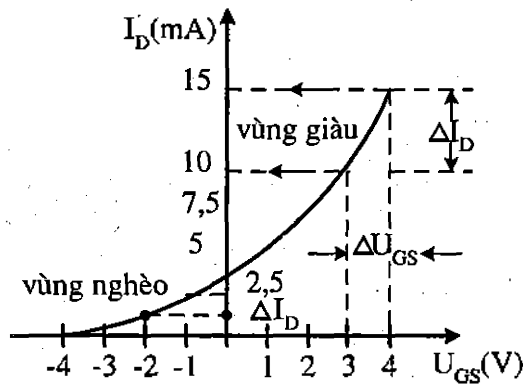
Hệ số khuếch đại điện áp

$$K_u = \frac{U_n}{U_v} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

75) Bài tập 2-19. Một MOSFET kênh đặt sẵn có đặc tuyến truyền đạt như hình 2-22.

a) Căn cứ vào đặc tuyến xác định hồ dẫn tại vùng nghèo $U_{GS} = -2V$ và tại vùng giàu $U_{GS} = +3V$.

b) Cho nhận xét.



Hình 2-22

Bài giải

a) Tại vùng nghèo, theo đồ thị

$$U_{GS} = -2V \rightarrow I_D = 1,2mA$$

$$U_{GS} = -1V \rightarrow I_D = 2,5mA$$

$$\Delta U_{GS} = 1V$$

$$\Delta I_D = 2,5mA - 1,2mA = 1,3mA$$

$$\text{Hỗ dẫn } g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = 1,3 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \text{ hay } 1,3 \text{mS (milisimen)}$$

Tại vùng giàu $U_{GS} = +3\text{V} \rightarrow I_D = 10\text{mA}$

$$U_{GS} = +4\text{V} \rightarrow I_D = 15\text{mA}$$

$$\text{Hỗ dẫn } g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{15-10}{4-3} = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \text{ hay } 5\text{mS}$$

b) Nhận xét:

Ở vùng giàu hỗ dẫn của MOSFET lớn hơn vùng nghèo.

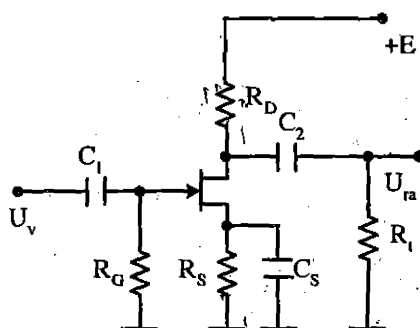
76 Bài tập 2-20. Cho mạch điện dùng J-FET kênh N như hình 2-23. Biết $R_G = 1,5\text{M}\Omega$; $R_S = 300\Omega$; $R_D = 2,2\text{k}\Omega$; $R_L = 15\text{k}\Omega$; $E = 15\text{V}$.

a) Xác định điện trở tải xoay chiều $R_{\sim}$.

b) Hỗ dẫn động tại $U_{GS} = -2\text{V}$.

c) Tính hệ số khuếch đại K_U .

d) Tính điện áp ra U_{ra} nếu $U_v = 0,5\text{V}$.



Hình 2-23

Bài giải

a) Điện trở tải xoay chiều $R_{\sim}$

$$R_{\sim} = \frac{R_D \cdot R_L}{R_D + R_L} = \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^3}{(2,2 + 15) \cdot 10^3} = 1,92 \text{k}\Omega$$

b) Hỗ dẫn tại gốc:

$$g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{-U_{GSK}} = \frac{2 \cdot 15}{6} = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \text{ hay } 5\text{mS}$$

Hỗ dẫn tại điểm $U_{GS} = -2\text{V}$.

$$g_m = g_{mo} \left[1 - \frac{U_{GS}}{U_{GSK}} \right] = 5\text{mS} \left[1 - \frac{-2}{-6} \right] = 3,33 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

c) Tính hệ số khuếch đại

$$K_U = g_m R_{\sim} = 3,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,92 \cdot 10^3 = 6,393$$

d) Xác định điện áp ra

$$U_{ra} = K_U \cdot U_v = 6,393 \cdot 0,5 = 3,196V.$$

77) Bài tập 2-21. Một MOSFET kênh đặt sẵn có dòng bão hoà $I_{DSS} = 15mA$, điện áp khoá $U_{GSK} = -6V$. Hãy xác định dòng I_D ứng với các giá trị U_{GS} sau:

$$U_{GS} = 0V; U_{GS} = +2,0V; U_{GS} = -2,0V.$$

Bài giải

- Khi $U_{GS} = 0 \rightarrow I_D = I_{DSS} = 15mA$.

- Khi

$$U_{GS} = +2V \rightarrow I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{U_{GS}}{U_{GSK}} \right]^2 = 15 \cdot 10^{-3} \left[1 - \frac{2}{-6} \right]^2 = 26,66mA$$

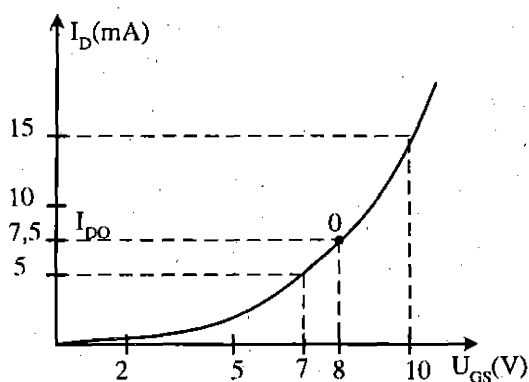
$$- \text{ Khi } U_{GS} = -2V \rightarrow I_D = 15 \cdot 10^{-3} \left[1 - \frac{-2}{-6} \right]^2 = 6,6mA.$$

78) Bài tập 2-22. Một MOSFET kênh N cảm ứng có đặc tuyến truyền đạt và mạch điện như hình 2-24.

a) Hãy xác định bằng phương pháp đồ thị hồ dẫn g_m tại điểm làm việc O(8V, 7,5mA).

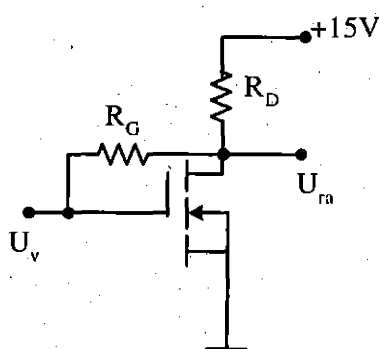
b) Tính trị số R_D .

c) Tính điện áp ra nếu điện áp vào biến thiên 1V.



a)

Hình 2-24



b)

Bài giải

a) Xác định hồ dẫn g_m

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{7,5\text{mA} - 5\text{mA}}{8\text{V} - 7\text{V}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{1} = 2,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \text{ hay } 2,5\text{mS}$$

b) Điện trở R_D

$$R_D = \frac{E - U_{DS}}{I_{DQ}} = \frac{15 - 8}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 933\Omega \text{ chọn } R_D = 1\text{k}\Omega$$

(ở đây $U_{DS} = U_{GS} = 8\text{V}$ vì $I_G = 0$).

c) Xác định U_{ra} nếu $U_V = 1\text{V}$.

$$U_{ra} = K_U \cdot U_V \approx g_m \cdot R_D \cdot U_V = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 2,5\text{V}$$

79) Bài tập 2-23. Cho mạch điện dùng J-FET kênh N như hình 2-25. Biết:

$E = 12\text{V}$; $R_G = 1\text{M}\Omega$;

$U_{GSO} = 1,2\text{V}$. Điện áp trên R_S ,

$U_{RS} = 0,2E = 2,4\text{V}$. Hồ dẫn

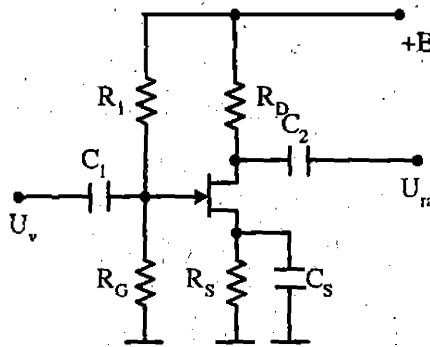
$g_m = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$. Điện trở cực máng

nguồn $r_{ds} = 200\text{k}\Omega$.

$R_D = 0,1r_{ds} = 0,1 \cdot 200\text{k}\Omega = 20\text{k}\Omega$.

a) Tính điện trở R_1 .

b) Tính hệ số khuếch đại K_U .



Hình 2-25

Bài giải

a) Tính R_1

$$U_{GSO} = U_{RS} - U_{RG} = I_D R_S - E \frac{R_G}{R_1 + R_G}$$

$$\begin{aligned} \text{Suy ra } R_1 &= \frac{E \cdot R_G}{U_{RS} - U_{GSO}} - R_G = R_G \left(\frac{E}{U_{RS} - U_{GSO}} - 1 \right) \\ &= 10^6 \left(\frac{12}{2,4 - 1,2} - 1 \right) = 9\text{M}\Omega. \end{aligned}$$

b) Hệ số khuếch đại K_U .

$$K_U = g_m \cdot R_D = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3 = 100.$$

Chương 3

CÁC MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU BÉ

3.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Để phân tích và tính toán các thông số kỹ thuật đối với bộ khuếch đại điện tử dùng transistor làm việc ở chế độ tín hiệu bé thường dựa vào các loại sơ đồ tương đương.

Transistor thường được biểu diễn bằng hai loại sơ đồ tương đương:

- Loại thứ nhất gọi là sơ đồ tương đương vật lý hay sơ đồ tương đương hình T và cũng có tên gọi là sơ đồ tương đương r_e (The r_e transistor model).
- Loại thứ hai được gọi là sơ đồ tương đương tham số bao gồm các tham số trở kháng, điện dẫn hoặc hỗn hợp.

Cả hai loại sơ đồ tương đương của transistor có thể coi là không phụ thuộc vào tần số đến một phạm vi khá cao:

- Đối với các loại transistor lưỡng cực (BJT) khi tần số tín hiệu $f_s \leq (0,1 \div 0,5)f_t$.

- Đối với các loại transistor hiệu ứng trường (FET) khi tần số tín hiệu $f_s \leq (10 \div 150)\text{MHz}$.

Ở phạm vi tần số cao hơn những số liệu trên, khi sử dụng các loại sơ đồ tương đương phải được lựa chọn một cách thích hợp và không được bỏ qua ảnh hưởng của các tụ ký sinh (C_{ks}) bản thân transistor đến sự truyền đạt tín hiệu qua nó.

Với mỗi kiểu mắc đối với transistor có ba họ đặc tuyến Volt-Ampe quan trọng: họ đặc tuyến vào, họ đặc tuyến ra và họ đặc tuyến truyền đạt.

Có thể xây dựng đường tải một chiều (R_c) và đường tải xoay chiều (R_{ac}) trên các họ đặc tuyến cơ bản của transistor và xác định các tham số một chiều cũng như xoay chiều của tầng khuếch đại điện tử.

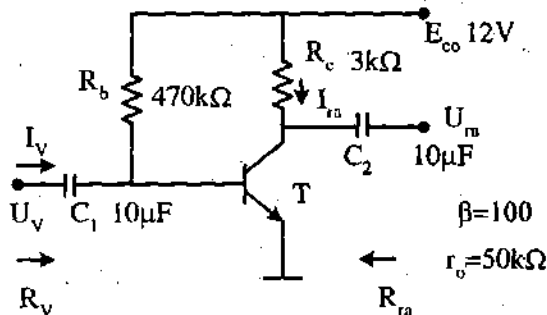
Các thông số kỹ thuật cơ bản đối với tầng khuếch đại điện tử dùng transistor bao gồm: trở kháng vào (R_v), trở kháng ra (R_{ra}), các hệ số khuếch đại điện áp (K_U) dòng điện (K_I), công suất (K_P).

Hệ số khuếch đại nhiều tầng ghép liên tiếp bằng tích các hệ số thành phần.

3.2. BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

80 Bài tập 3-1. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-1.

- Xác định r_e .
- Xác định trở kháng vào của tầng R_v .
- Xác định trở kháng ra của tầng R_{ra} (với $r_0 = \infty$)
- Xác định hệ số khuếch đại điện áp K_U (với $r_0 = \infty$)
- Xác định hệ số khuếch đại dòng điện K_I (với $r_0 = \infty$)



Hình 3-1

Bài giải

Chọn transistor T loại Si và thiên áp $U_{BE0} = 0,7V$

a) Dòng tĩnh I_{B0} sẽ là:

$$I_{B0} = \frac{E_{CC} - U_{BE0}}{R_B} = \frac{12V - 0,7V}{470k\Omega} = 24,04\mu A$$

Dòng tĩnh I_{E0} sẽ là:

$$I_{E0} = (1 + \beta)I_{B0} = (1 + 100)24,04 \cdot 10^{-6} A = 2,428mA$$

Điện trở r_e được xác định:

$$r_e = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2,428 \cdot 10^{-3}} = 10,71 \Omega$$

b) Trở kháng vào được tính:

$$R_v = R_B // r_{VT}$$

trong đó r_{VT} - trở kháng vào của transistor

$$r_{VT} = \beta r_e = 100 \cdot 10,71 = 1,071 \text{ k}\Omega$$

$$R_v = 470 // 1,071 = 1,069 \text{ k}\Omega.$$

c) Trở kháng ra của tầng được tính:

$$R_{ra} = R_C // r_o = R_C // \infty = R_C = 3 \text{ k}\Omega.$$

d) Hệ số khuếch đại điện áp của tầng:

$$K_u = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{3 \cdot 10^3}{10,71} = -280,11$$

e) Vì $R_B > 10r_{VT} = 10\beta \cdot r_e$ ($470 \text{ k}\Omega > 10,71 \text{ k}\Omega$)

nên $K_i \approx \beta = 100$

81) Bài tập 3-2. Tính toán lặp lại cho bài tập trên hình 3-1 với $r_o = 50 \text{ k}\Omega$.

Bài giải

Ta nhận thấy các thông số trong hai câu a, b sẽ không có gì thay đổi nên:

a) $r_e = 10,71 \Omega$

b) $R_v = 1,071 \text{ k}\Omega$.

c) Trở kháng ra của tầng được tính:

$$R_{ra} = R_C // r_o = 3 // 50 = 2,83 \text{ k}\Omega.$$

d) Hệ số khuếch đại điện áp của tầng.

$$K_u = -\frac{R_C // r_o}{r_e} = -\frac{2,83 \cdot 10^3}{10,71} = -264,24$$

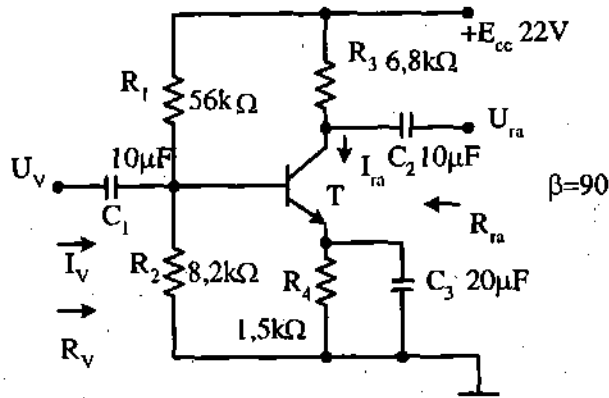
e) Hệ số khuếch đại dòng điện K_i

$$K_i = \frac{\beta \cdot R_B \cdot r_o}{(r_o + R_C)(R_B + r_{VT})} = \frac{100 \cdot 470 \cdot 50}{(50 + 3)(470 + 1,071)} = 94,13$$

Có thể tính K_i theo biểu thức khác:

$$K_i = -K_u \frac{R_v}{R_c} = \frac{-(-264,24)1,069}{3} = 94,16$$

82 Bài tập 3-3. Cho tầng khuếch đại dùng transistor lưỡng cực (BJT) như trên hình 3-2. Hãy xác định:



Hình 3-2

- a) r_e
- b) R_v
- c) R_{ra} (với $r_0 = \infty$)
- d) K_u (với $r_0 = \infty$)
- e) K_i (với $r_0 = \infty$)

Bài giải

Chọn transistor T loại Si với thiên áp $U_{BE0} = 0,7V$

a) Ta có:

$$U_B = \frac{R_2 E_{cc}}{R_1 + R_2} = \frac{8,2 \cdot 22}{56 + 8,2} = 2,81V$$

$$U_E = U_B - U_{BE0} = 2,81 - 0,7 = 2,11V$$

$$I_E = \frac{U_E}{R_4} = \frac{2,11V}{1,5k\Omega} = 1,41mA$$

Kết quả là: $r_e = \frac{U_T}{I_E} = \frac{26}{1,41} = 18,44\Omega$

b) Ta có: $R_p = R_1 // R_2 = 56k\Omega // 8,2k\Omega = 7,15k\Omega$

Và $R_v = R_p // r_{VT} = R_p // \beta \cdot r_e = 7,15k\Omega // 90 \cdot 18,44\Omega$

$R_v = 7,15k\Omega // 1,66k\Omega = 1,35k\Omega.$

c) $R_{in} = R_C // r_o = R_C // \infty = R_C = 6,8k\Omega.$

d) $K_u = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{6,8 \cdot 10^3}{18,44} = -368,76$

e) $K_i = \frac{\beta \cdot R_p}{R_p + r_{VT}} = \frac{\beta \cdot R_p}{R_p + \beta \cdot r_e} = \frac{90 \cdot 7,15}{7,15 + 1,66} = 73,04.$

83) Bài tập 3-4. Tính toán lặp lại cho bài tập trên hình 3-2. với $r_o = 50k\Omega$.

Bài giải

Với hai câu a, b sẽ hoàn toàn tương tự trong bài 3-3 nghĩa là:

a) $r_e = 18,44\Omega$

b) $R_v = 1,35k\Omega.$

c) $R_{in} = R_C // r_o = R_3 // r_o = 6,8k\Omega // 50k\Omega = 5,98 k\Omega.$

d) $K_u = -\frac{R_C // r_o}{r_e} = -\frac{5,98 \cdot 10^3}{18,44} = -324,3$

e) $K_i = \frac{\beta \cdot R_p \cdot r_o}{(r_o + R_C)(R_p + r_{VT})} = \frac{\beta \cdot R_p \cdot r_o}{(r_o + R_3)(R_p + \beta \cdot r_e)}$
 $= \frac{90 \cdot 7,15 \cdot 50}{(50 + 6,8)(7,15 + 1,66)} = 64,3$

84) Bài tập 3-5. Cho tầng khuếch đại dùng transistor như trên hình 3-3.

Hãy xác định:

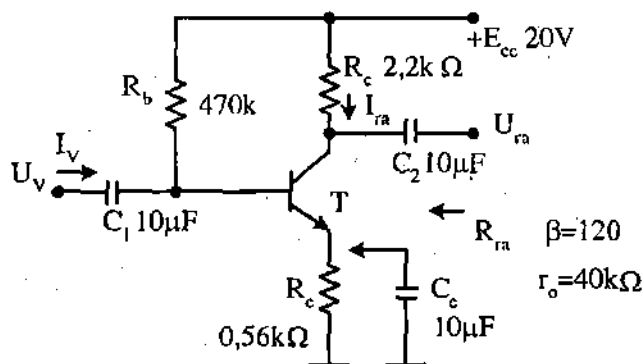
a) r_e

b) R_v

c) R_{in}

d) K_u

e) K_i với mạch không có tụ C_e .



Hình 3-3

Bài giải

Chọn transistor T loại s_i với $U_{BE0} = 0,7V$

a) Điện trở r_e được tính như sau:

$$\text{Từ: } I_{B0} = \frac{E_{CC} - U_{BE0}}{R_B + (1 + \beta)R_E} = \frac{20 - 0,7}{470 \cdot 10^3 + 121 \cdot 0,56 \cdot 10^3} = 35,89 \mu A$$

$$I_{E0} = (\beta + 1)I_{B0} = 121 \cdot 35,89 \mu A = 4,34 \text{ mA}$$

$$\text{và } r_e = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26}{4,34} = 5,99 \Omega$$

$$\text{b) } R_V = R_B // r_{VT} \text{ mà } r_{VT} = \beta(r_e + R_E) = 120(5,99 + 560) = 67,92 \text{ k}\Omega$$

$$R_V = 470 \text{ k}\Omega // 67,92 \text{ k}\Omega$$

$$\text{c) } R_{ra} = R_C // r_o \approx R_C = 2,2 \text{ k}\Omega$$

$$\text{d) } K_U = -\frac{\beta R_C}{r_{VT}} = -\frac{120 \cdot 2,2}{67,92} = -3,89$$

$$\text{e) } K_i = -K_U \frac{R_V}{R_C} = -(-3,89) \frac{59,34}{2,2} = 104,92$$

85) Bài tập 3-6. Tính toán lặp lại cho bài tập trên hình 3-3 khi có tụ C_e .

Bài giải

Với câu a việc tính toán hoàn toàn tương tự trong bài 3-5, nghĩa là:

$$\text{a) } r_e = 5,99 \Omega$$

b) Vì điện trở R_E sẽ bị ngắn mạch đối với thành phần xoay chiều của tín hiệu qua tụ C_e nên:

$$R_V = R_B // r_{VT} \text{ mà } r_{VT} = \beta \cdot r_e$$

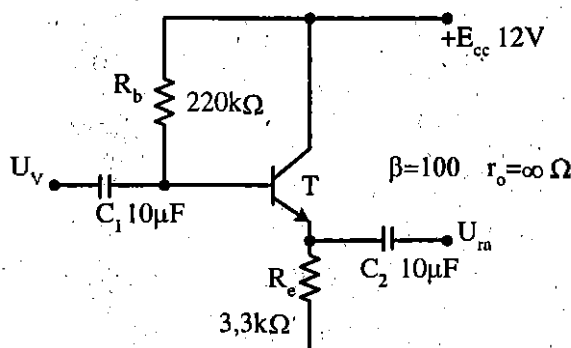
$$\text{nên: } R_V = R_B // \beta \cdot r_e = 470k\Omega // 120 \cdot 599\Omega \\ = 470k\Omega // 718,8\Omega = 717,70\Omega.$$

$$c) R_{ia} = R_C = 2,2k\Omega.$$

$$d) K_U = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{2,2 \cdot 10^3}{5,99} = -367,28$$

$$e) K_i = \frac{\beta R_B}{R_B + r_{VT}} = \frac{120 \cdot 470 \cdot 10^3}{470 \cdot 10^3 + 718,8} = 119,82.$$

86 Bài tập 3-7. Cho tầng khuếch đại dùng transistor như trên hình 3-4 (tầng lặp emitter). Hãy xác định:



Hình 3-4

- a) r_e
- b) R_V
- c) R_{ia}
- d) K_U
- e) K_i

Bài giải

Chọn transistor T loại Si với $U_{BE0} = 0,7V$

a) Điện trở r_e được tính:

$$\text{Từ: } I_{BO} = \frac{E_{CC} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E} = \frac{12V - 0,7V}{220k\Omega + 101,3,3k\Omega} = 20,42\mu A$$

$$I_{EO} = (1 + \beta)I_{BO} = 101,20,42\mu A = 2,062mA$$

$$\text{nên: } r_e = \frac{U_T}{I_{EO}} = \frac{26}{2,062} = 12,61\Omega$$

$$\begin{aligned} \text{b) } R_v &= R_B // r_{VT} = R_B // \beta \cdot r_e + (1 + \beta)R_E \\ &= 220k\Omega // 100 \cdot 12,61\Omega + 101,3,3k\Omega \\ &= 220k\Omega // 334,56k\Omega = 132,72k\Omega. \end{aligned}$$

$$\text{c) } R_{ra} = R_E // r_e = 3,3k\Omega // 12,61\Omega = 12,56\Omega \approx r_e.$$

$$\text{d) } K_u = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{R_E}{r_e + R_E} = \frac{3,3 \cdot 10^3}{3,3 \cdot 10^3 + 12,61} = 0,996$$

$$\text{e) } K_i = -\frac{\beta R_B}{R_B + r_{VT}} = -\frac{100 \cdot 200}{220 + 334,56} = -39,67.$$

hoặc có thể xác định theo biểu thức khác:

$$K_i = -K_u \frac{R_v}{R_E} = -0,996 \frac{137,72k\Omega}{3,3k\Omega} = -40,06$$

87 Bài tập 3-8. Tính toán lặp lại như bài 3-7 với $r_0 = 25k\Omega$, xem hình 3-4.

Bài giải

a) Việc tính toán đối với r_e giống như trong bài 3-7 nên: $r_e = 12,61\Omega$.

b) Vì $r_0 \ll \infty\Omega$ hay $r_0 < 10R_E$ nên r_{VT} được tính như sau:

$$r_{VT} = \beta \cdot r_e + \frac{(1 + \beta)R_E}{1 + \frac{R_E}{r_0}} = 100 \cdot 12,61\Omega + \frac{101,3,3k\Omega}{1 + \frac{3,3k\Omega}{25k\Omega}} = 295,7k\Omega$$

$$\text{và } R_v = R_B // r_{VT} = 220k\Omega // 295,7k\Omega = 126,15k\Omega.$$

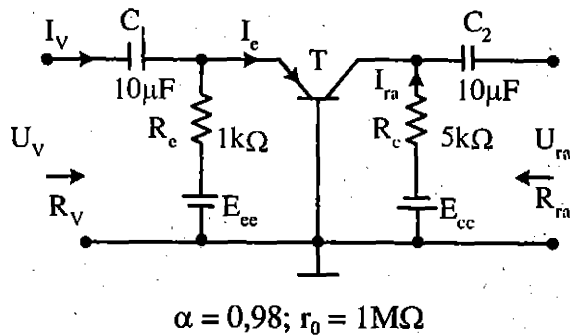
$$\text{c) } R_{ra} = R_E // r_e = 12,56\Omega.$$

$$\text{d) } K_u = \frac{(1 + \beta) \frac{R_E}{r_{VT}}}{1 + \frac{R_E}{r_0}} = \frac{(100 + 1) \frac{3,3}{295,7}}{1 + \frac{3,3}{25}} = 0,996.$$

$$e) K_i = -K_U \frac{R_v}{R_E} = -0,996 \frac{126,15k\Omega}{3,3k\Omega} = -38,07.$$

88) **Bài tập 3-9.** Cho tầng khuếch đại dùng transistor mắc BC như trên hình 3-5. Hãy xác định:

- r_e
- R_v
- R_{ra}
- K_U
- K_i



Hình 3-5

Bài giải

Chọn transistor T loại Si với $U_{BE0} = 0,7V$

$$a) \text{ Từ: } -I_{EO} = \frac{U_{EE} - U_{BE0}}{R_E} = \frac{2 - 0,7}{1} = \frac{1,3V}{1k\Omega} = 1,3mA$$

$$\text{ nên } r_e = \frac{U_T}{I_{EO}} = \frac{26}{1,3} = 20\Omega.$$

b) Trở kháng vào khi mắc BC sẽ là:

$$R_v = R_E // r_e = 1k\Omega // 20\Omega = 19,61\Omega.$$

$$c) R_{ra} = R_E // r_0 = R_C // 1M\Omega = R_E = 5k\Omega.$$

$$d) K_U = \frac{R_C}{r_e} = \frac{5 \cdot 10^3}{20} = 250$$

$$e) K_i = \frac{I_{ra}}{I_v} = \frac{-\alpha I_E}{I_v} = \frac{-\alpha I_E}{I_E} = -\alpha = -0,98 = -1$$

89) **Bài tập 3-10.** Cho tầng khuếch đại dùng transistor như trên hình 3-6. Hãy xác định:

- r_e

b) R_v

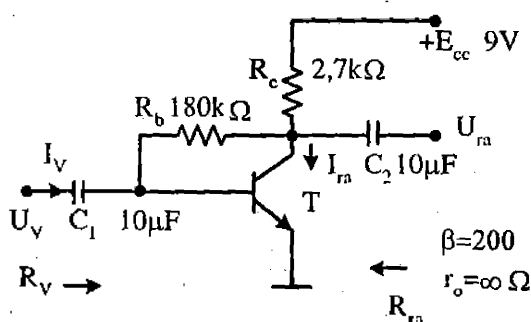
c) R_m

d) K_u

e) K_i

Bài giải

Chọn transistor loại Si
với $U_{BE0} = 0,7V$.



Hình 3-6

a) Từ:

$$I_{B0} = \frac{E_{CC} - U_{BE0}}{R_B + \beta R_C} = \frac{9V - 0,7V}{180k\Omega + 200 \cdot 2,7k\Omega} = 11,53\mu A$$

$$I_{E0} = (1 + \beta)I_{B0} = (1 + 200)11,53\mu A = 2,32mA$$

và
$$r_e = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26}{2,32} = 11,21\Omega$$

b)
$$R_v = \frac{r_e}{\frac{1}{\beta} + \frac{R_C}{R_B}} = \frac{11,21}{\frac{1}{200} + \frac{2,7}{180}} = 560,5\Omega$$

c) $R_m = R_C // r_o // R_B$ với $r_o \geq 10R_C$ thì
 $R_m \approx R_C // R_B$ và với $R_B \gg R_C$ ta có:

$$R_m \approx R_C$$

Ở đây ta tính được:

$$R_m = R_C // R_B = 2,7k\Omega // 180k\Omega = 2,66k\Omega$$

d)
$$K_u = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{27 \cdot 10^3}{11,21} = -240,86$$

e)
$$K_i = \frac{\beta R_B}{R_B + \beta R_C} = \frac{200 \cdot 180}{180 + 200 \cdot 2,7} = 50$$

90 Bài tập 3-11. Cho tầng khuếch đại dùng transistor như trên hình 3-7. Hãy xác định:

a) R_v

b) R_m

c) K_u

d) K_i

Bài giải

a) Trở kháng vào của tầng được xác định theo biểu thức:

$$R_v = R_b // h_{11e} = 330k\Omega // 1,175k\Omega = 1,171k\Omega.$$

b) Trở kháng ra của tầng được xác định theo biểu thức:

$$R_{ra} = \frac{1}{h_{22e}} // R_c = r_o // R_c = 50k\Omega // 2,7k\Omega = 2,56k\Omega \approx R_c$$

ở đây:

$$\frac{1}{h_{22e}} = r_o = \frac{1}{20 \frac{\mu A}{V}} = 50k\Omega$$

c) Hệ số khuếch đại điện áp của tầng sẽ là:

$$K_u = - \frac{h_{21e} (R_c // \frac{1}{h_{22e}})}{h_{11e}} = - \frac{120(2,7 // 50)}{1,171} = -262,34$$

d) Hệ số khuếch đại dòng điện sẽ là:

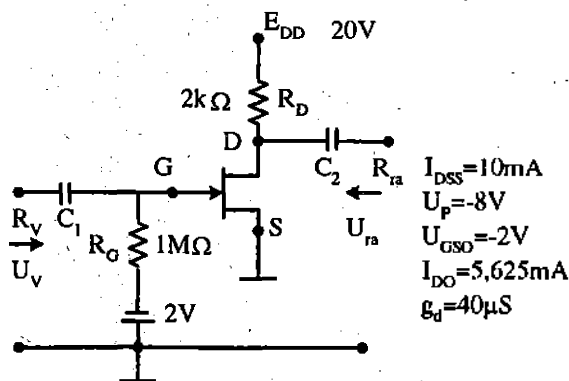
$$K_i = \frac{I_{ra}}{I_v} \approx h_{21e} = 120.$$

91) Bài tập 3-12. Cho tầng khuếch đại dùng transistor trường như trên hình 3-8. Hãy xác định:

a) g_m

b) r_d

c) R_v



Hình 3-8

- d) R_{ra}
e) K_U

Bài giải

a) Từ phương trình Shockley đối với transistor trường loại J-FET ta có:

$$g_{m_0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} = \frac{2 \cdot 10 \text{mA}}{8 \text{V}} = 2,5 \text{mS}$$

$$g_m = g_{m_0} \left(1 - \frac{U_{GS_0}}{U_P}\right) = 2,5 \text{mS} \left(1 - \frac{-2}{-8}\right) = 1,88 \text{mS}$$

b) $r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{1}{40 \cdot 10^{-6}} = 25 \text{k}\Omega$

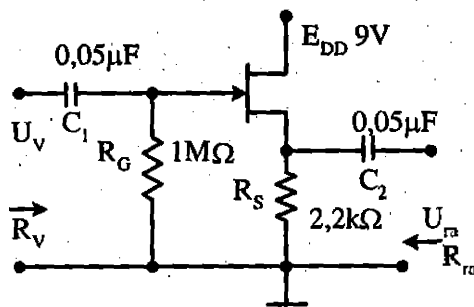
c) $R_v = R_G // r_{VT} = R_G // \infty = R_G = 1 \text{M}\Omega$

d) $R_m = R_D // r_d = 2 \text{k}\Omega // 25 \text{k}\Omega = 1,85 \text{k}\Omega$

e) $K_U = -g_m(R_D // r_d) = -1,88 \text{mS} \cdot 1,85 \text{k}\Omega = -3,48$.

92 Bài tập 3-13. Cho tăng khuếch đại lắp dùng J-FET như trên hình 3-9 và biết thêm: $U_{GS_0} = -2,86 \text{V}$; $U_P = -4 \text{V}$; $I_{D_0} = 4,56 \text{mA}$; $I_{DSS} = 16 \text{mA}$; $g_d = 25 \mu\text{S}$.
Hãy xác định:

- a) g_m
b) r_d
c) R_v
d) R_{ra}



Hình 3-9

Bài giải

a) $g_{m_0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} = \frac{2 \cdot 16 \text{mA}}{4 \text{V}} = 8 \text{mS}$

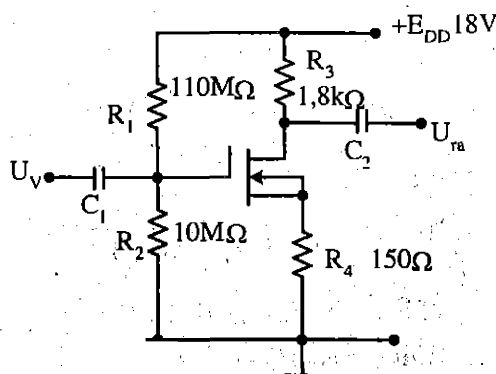
$$g_m = g_{m_0} \left(1 - \frac{U_{GS_0}}{U_P}\right) = 8 \text{mS} \left(1 - \frac{-2,86}{-4}\right) = 2,28 \text{mS}$$

$$b) r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{1}{25\mu S} = 40k\Omega$$

$$c) R_v = R_G // r_{VT} = R_G // \infty = R_G = 1M\Omega$$

$$d) R_{ra} = r_d // R_s // \frac{1}{g_m} = 40k\Omega // 2,2k\Omega // \frac{1}{2,28mS} = 362,52\Omega$$

- 93) Bài tập 3-14. Cho tầng khuếch đại dùng D-MOSFET (MOSFET loại nghèo) như trên hình 3-10 và cho biết thêm: $U_{GSO} = 0,35V$; $I_{DO} = 7,6mA$; $I_{DSS} = 6mA$; $U_p = -3V$; $g_d = 10\mu S$. Hãy xác định:



Hình 3-10

- g_m
- r_d
- Vẽ sơ đồ tương đương của tầng
- R_v
- R_{ra}
- K_U

Bài giải

$$a) g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{|U_p|} = \frac{2 \cdot 6mA}{3V} = 4mS$$

$$g_m = g_{mo} \left(1 - \frac{U_{GS_{th}}}{U_p}\right) = 4 \left(1 - \frac{0,35}{-3}\right) = 4,046mS$$

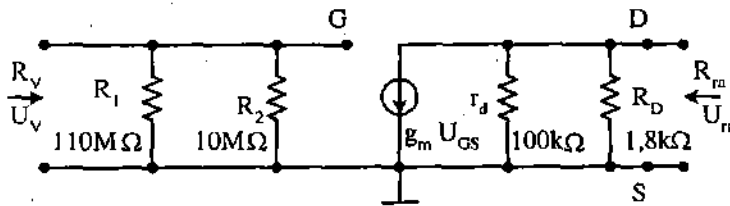
$$b) r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{1}{10\mu S} = 100k\Omega$$

c) Sơ đồ tương đương của tầng được vẽ như trên hình 3-11 dưới đây.

$$d) R_v = R_1 // R_2 // r_{VT} = R_1 // R_2 // \infty \\ = R_1 // R_2 = 10M\Omega // 110M\Omega = 9,17M\Omega$$

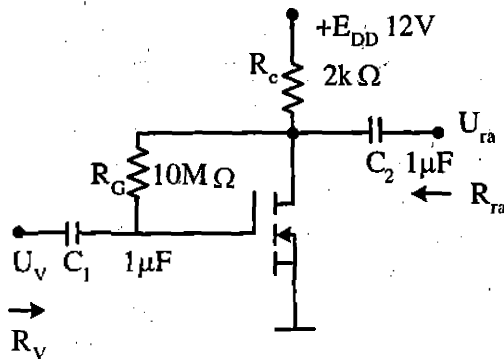
e) $R_m = r_d // R_D = (100 // 1,8)k\Omega = 1,77k\Omega$

f) $K_U = -g_m R_D = -4,046mS \cdot 1,8 = -7,28$.



Hình 3-11

94) Bài tập 3-15. Cho mạch khuếch đại dùng transistor E-MOSFET như trên hình 3-12.



Hình 3-12

$I_D^* = 6mA$

$U_{GS}^* = 8V$

$U_T = 3V$

$g_d = 20\mu S$

$(0,24 \cdot 10^{-3} A/V^2)$

$k = 0,24 \cdot 10^{-3} A/V^2$

$U_{GS0} = 6,4V$

$I_{D0} = 2,75mA$

Hãy xác định:

a) g_m

b) r_d

c) R_v

d) R_m

e) K_U .

Bài giải

a) $g_m = 2k(U_{GS0} - U_T) = 2 \cdot 0,24 \cdot 10^{-3} (6,4 - 3) = 1,63mS$.

b) $r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{1}{20\mu S} = 50k\Omega$

$$c) R_v = \frac{R_G + r_d // R_D}{1 + g_m(r_d // R_D)} = \frac{10M\Omega + 50k\Omega // 2k\Omega}{1 + 1,63mS(50k\Omega // 2k\Omega)} = 2,42M\Omega$$

Nếu không tính đến ảnh hưởng của r_d thì:

$$R_v = \frac{R_G}{1 + g_m R_D} = \frac{10}{1 + 1,63 \cdot 2} = 2,53M\Omega$$

$$d) R_{ra} = R_G // r_d // R_D = 10M\Omega // 50k\Omega // 2k\Omega = 1,92k\Omega.$$

Khi $r_d \geq 10R_D$ thì trở kháng ra có thể được tính:

$$R_{ra} \approx R_G // R_D = R_D = 2k\Omega$$

$$e) K_U = -g_m R_D = -1,63mS \cdot 2 = -3,26.$$

Khi bỏ qua ảnh hưởng của r_d với $r_d \geq 10R_D$.

Khi tính đến r_d thì:

$$K_U = -g_m(R_G // r_d // R_D) = -1,6mS(10M\Omega // 50k\Omega // 2k\Omega) = -3,21.$$

- 95 Bài tập 3-16. Cho tăng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-13. Hãy xác định điện trở tải một chiều R_D của tăng với hệ số khuếch đại điện áp $K_U = 10$.

Bài giải

Với $R_S = 0\Omega$ trên sơ đồ hình 3-13 của đầu bài ta có $U_{GS_0} = 0V$ và điều đó có nghĩa là:

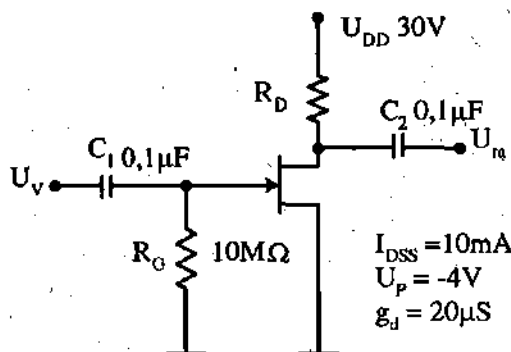
$$K_U = -g_m R_{ra} = -g_{m_0} R_{ra} = -g_m(R_D // r_d) = -g_{m_0}(R_D // r_d)$$

Từ đó ta tính được:

$$-g_{m_0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} = \frac{2 \cdot 10mA}{4V} = 5mS$$

và ta có: $K_U = -10 = -5mS(R_D // r_d)$

$$\text{nên: } R_D // r_d = \frac{10}{5mS} = 2k\Omega$$



Hình 3-13

Mặt khác ta có:

$$r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} = 50 \text{ k}\Omega$$

Khi đó: $R_D // r_d = R_D // 50 \text{ k}\Omega = 2 \text{ k}\Omega$

$$\frac{R_D 50 \text{ k}\Omega}{R_D + 50 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ k}\Omega$$

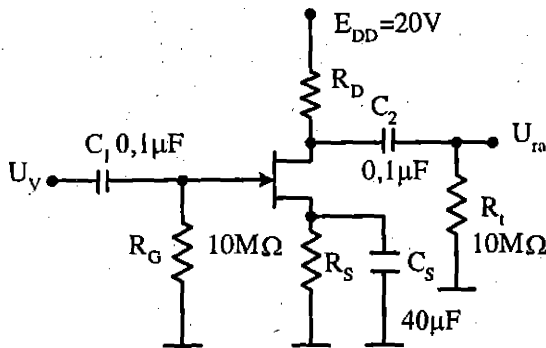
$$R_D 50 \text{ k}\Omega = 2(R_D + 50) \text{ k}\Omega$$

Vậy $R_D = 2,08 \text{ k}\Omega$ và chọn điện trở R_D theo tiêu chuẩn sẽ là $R_D = 2 \text{ k}\Omega$.

96 Bài tập 3-17. Cho mạch khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-14.

Hãy xác định điện trở R_D và R_S với $K_U = 8$ và $U_{GS_0} = \frac{1}{4} U_P = -1 \text{ V}$. Biết

thêm: $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$; $U_P = -4 \text{ V}$; $g_d = 20 \mu\text{S}$.



$$I_{DSS} = 10 \text{ mA}$$

$$U_P = -4 \text{ V}$$

$$g_d = 20 \mu\text{S}$$

Hình 3-14

Bài giải

$$\text{Ta có: } g_{m_0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} = \frac{2 \cdot 10 \text{ mA}}{4} = 5 \text{ mS}$$

$$\text{và } g_m = g_{m_0} \left(1 - \frac{U_{GS_0}}{U_P}\right) = 5 \text{ mS} \left(1 - \frac{-1}{-4}\right) = 3,75 \text{ mS}$$

mặt khác: $K_U = -g_m(R_D // r_d)$

$$-8 = -3,75 \text{ mS}(R_D // r_d)$$

nên
$$R_D // r_d = \frac{8}{3,75\text{mS}} = 2,13\text{k}\Omega$$

$$R_D // r_d = R_D // \frac{1}{g_d} = R_D // \frac{1}{20\mu\text{S}} = R_D // 50\text{k}\Omega = 2,13\text{k}\Omega$$

Từ đó ta xác định được $R_D = 2,2\text{k}\Omega$ (đúng theo tiêu chuẩn).

Để xác định điện trở R_S có thể xuất phát từ biểu thức:

$$U_{GS0} = -I_{D0}R_S$$

$$I_{D0} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS0}}{U_P}\right)^2 = 10\text{mA} \left(1 - \frac{-1}{-4}\right)^2 = 5,625\text{mA}$$

$$\text{Vậy } R_S = \frac{U_{GS0}}{I_{D0}} = \frac{1}{5,625 \cdot 10^{-3}} = 177,8\Omega$$

Chọn theo bảng điện trở tiêu chuẩn $R_S = 180\Omega$.

- 97) Bài tập 3-18.** Cho tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-14 (xem số liệu bài tập 3-17). Hãy xác định giá trị R_D , R_S khi không có tụ C_S .

Bài giải

Khi không có tụ C_S trên mạch, các đại lượng tính toán cho chế độ một chiều của tầng không có gì thay đổi nghĩa là: $U_{GS0} = -1\text{V}$; $I_{D0} = 5,625\text{mA}$;

$R_S = 180\Omega$ (như trong bài 3-17).

Biểu thức tính hệ số khuếch đại điện áp K_U sẽ là:

$$K_U = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S}$$

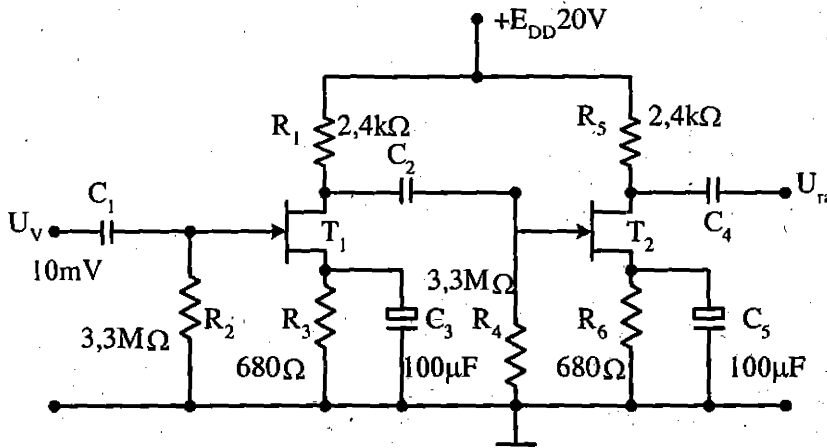
$$|8| = \left| \frac{-3,75\text{mS} \cdot R_D}{1 + 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 180} \right| = \frac{3,75\text{mS} \cdot R_D}{1 + 0,675}$$

từ đó tính được R_D sẽ là:

$$R_D = \frac{13,4}{3,75\text{mS}} = 3,573\text{k}\Omega$$

Chọn điện trở R_D theo tiêu chuẩn là $R_D = 3,6\text{k}\Omega$.

- 98 **Bài tập 3-19.** Cho bộ khuếch đại điện tử như trên hình 3-15. Hãy xác định K_U ; R_v ; R_a ; U_m ; U_i với $U_{GS0} = -1,9V$; $I_{D0} = 2,8mA$ và $R_1 = 10k\Omega$. $I_{DSS} = 10mA$; $U_p = -4V$; T_1 và T_2 cùng loại và có cùng các tham số.



Hình 3-15

Bài giải

$$g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{|U_p|} = \frac{2 \cdot 10mA}{4V} = 5mS$$

$$g_m = g_{mo} \left(1 - \frac{U_{GS0}}{U_p}\right) = 5mS \left(1 - \frac{-1,9}{4}\right) = 2,6mS$$

$$K_{U_1} = K_{U_2} = -g_m R_D = -g_m R_1 = -g_m R_8 = -2,6mS \cdot 2,4k\Omega = -6,2$$

Hệ số khuếch đại K_U sẽ là:

$$K_U = K_{U_1} \cdot K_{U_2} = (-6,2)(-6,2) = 38,4$$

Điện áp ra sẽ là:

$$U_m = K_U \cdot U_v = 38,4 \cdot 10mV = 384mV$$

Trở kháng vào của bộ khuếch đại là:

$$R_v = R_G = R_2 = 3,3M\Omega$$

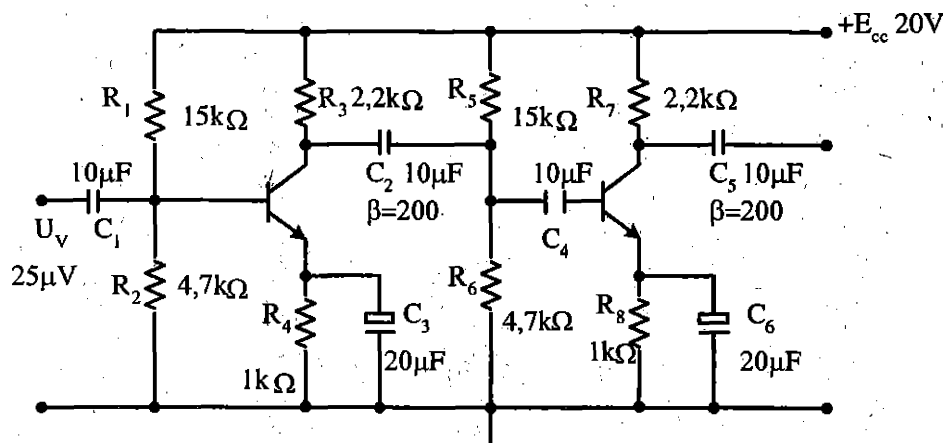
Trở kháng ra của bộ khuếch đại là:

$$R_{ra} = R_D = R_S = 2,4k\Omega.$$

Khi mắc tải $R_l = 10k\Omega$, điện áp ra trên tải sẽ là:

$$U_l = \frac{R_l}{R_{ra} + R_l} U_{ra} = \frac{10}{2,4 + 10} 384mV = 310mV$$

- 99 **Bài tập 3-20.** Cho bộ khuếch đại điện tử dùng BJT như trên hình 3-16 với $U_B = 4,7V$; $U_E = 4V$; $U_C = 11V$; $I_E = 4mA$. Hãy xác định: K_U ; U_m ; R_v ; R_{ra} và U_l khi mắc tải $R_l = 10k\Omega$.



Hình 3-16

Bài giải

Trước tiên ta xác định điện trở r_e

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26}{4} = 6,5\Omega$$

Hệ số khuếch đại điện áp tầng 1:

$$K_{U_1} = -\frac{R}{r_e} = \frac{R_C // R_4 // R_5 // \beta r_e}{r_e} \\ = -\frac{2,2k\Omega // (15k\Omega // 4,7k\Omega // 200 \cdot 6,5\Omega)}{6,5\Omega} = -102,3$$

ở đây $R_{r_1} = R_3 // (R_4 // R_5 // \beta r_e)$

Hệ số khuếch đại K_{u_2} sẽ là:

$$K_{u_2} = -\frac{R_{m_2}}{r_e} = -\frac{R_6}{r_e} = -\frac{2,2k\Omega}{6,5} = -\frac{2,2 \cdot 10^3}{6,5} = -338,46$$

$$K_u = K_{u_1} \cdot K_{u_2} = (-102,3)(-338,46) = 34624$$

$$U_{ra} = K_u \cdot U_v = 34624 \cdot 25\mu V = 0,866V$$

Trở kháng vào của bộ khuếch đại là:

$$R_v = R_1 // R_2 // \beta r_e = 4,7k\Omega // 15k\Omega // 200 \cdot 6,5\Omega = 953,6\Omega$$

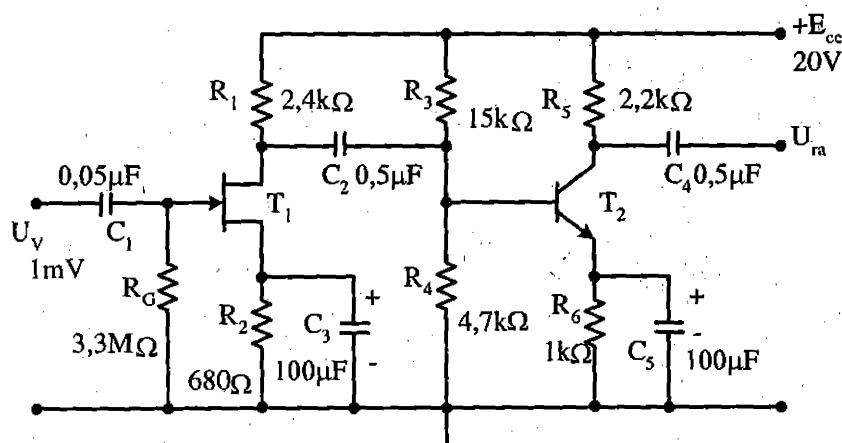
Trở kháng ra:

$$R_{ra} = R_C = R_6 = 2,2k\Omega.$$

Khi mắc $R_i = 10k\Omega$ điện áp ra trên tải sẽ là:

$$U_i = \frac{R_i}{R_{ra} + R_i} U_{ra} = \frac{10}{2,2 + 10} 0,866V = 0,71V$$

- 100 Bài tập 3-21.** Cho bộ khuếch đại như trên hình 3-17. Hãy xác định R_v , R_{ra} , K_u và U_{ra} . Với $g_m = 2,6mS$; $R_{v_2} = 953,6\Omega$; $I_{DSS} = 10mA$; $U_p = -4V$; $\beta = 200$; $K_{u_2} = -338,46$.



Hình 3-17

Bài giải

Hệ số khuếch đại của tầng thứ nhất:

$$K_{u_1} = -g_m(R_D // R_{v_2}) = -2,6\text{mS}(2,4\text{k}\Omega // 953,6\Omega) = -1,77$$

Hệ số khuếch đại K_U sẽ là:

$$K_U = K_{u_1} K_{u_2} = (-1,77)(-338,46) = 599,1$$

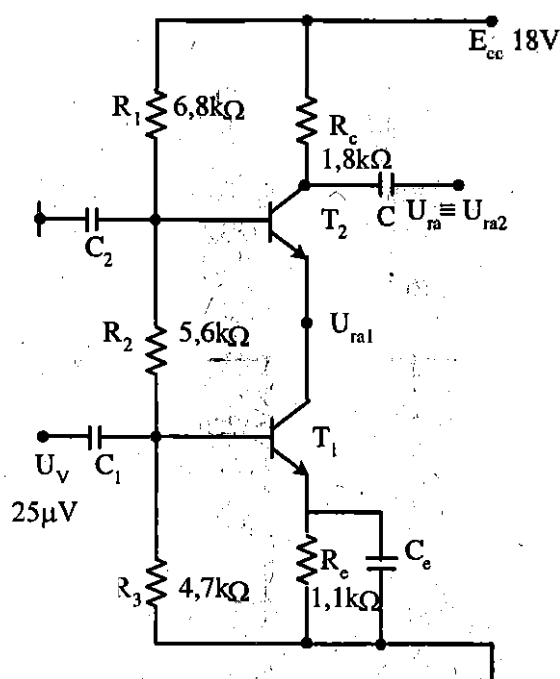
Điện áp ra $U_{ra} = K_U \cdot U_v = 599,1 \cdot 1\text{mV} = 0,6\text{V}$

Trở kháng vào $R_v = R_G = 3,3\text{M}\Omega$

Trở kháng ra $R_{ra} = R_C = 2,2\text{k}\Omega = R_s$.

101 Bài tập 3-22. Cho tầng khuếch đại cascode như trên hình 3-18. Hãy xác định K_U của tầng với $U_{B_1} = 4,9\text{V}$; $U_{B_2} = 10,8\text{V}$;

$I_{C_1} = I_{C_2} = 3,8\text{mA} = I_C \approx I_E$; $\beta_1 = \beta_2 = 200$; $T_1 = T_2 = T$ (giống nhau).



$$\beta_1 = \beta_2 = 200$$

$$T_1 = T_2 = T$$

(giống nhau)

Hình 3-18

Bài giải

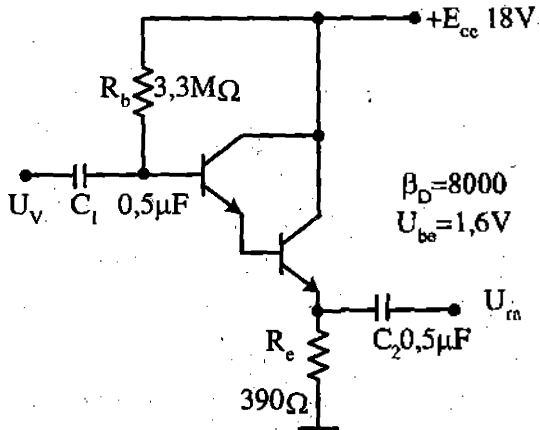
$$r_s = \frac{26\text{mV}}{I_E} = \frac{26}{3,8} = 6,8\Omega$$

$$K_{U_1} = -\frac{R_c}{r_e} = -\frac{r_e}{r_e} = -1$$

$$K_{U_2} = \frac{R_c}{r_e} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{6,8} = 265$$

Vậy $K_U = K_{U_1} \cdot K_{U_2} = -265$.

- 102 Bài tập 3-23.** Cho tầng khuếch đại dùng transistor Darlington như trên hình 3-19. Hãy xác định hệ số khuếch đại dòng điện K_i .



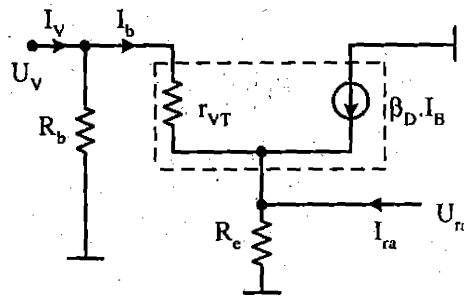
Hình 3-19

Bài giải

Ta có thể vẽ lại sơ đồ tương đương mạch điện như trên hình 3-20 dưới đây:

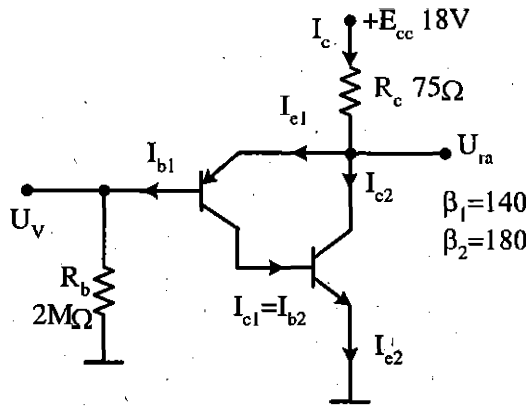
$$K_i = \frac{\beta_D R_B}{R_B + \beta_D R_E}$$

$$= \frac{8000 \cdot 3,3 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^6 + 8000 \cdot 390} = 4112$$



Hình 3-20

- 103 Bài tập 3-24.** Cho tầng khuếch đại dùng transistor Darlington như trên hình 3-21. Hãy xác định R_v ; R_{ra} ; K_i ; K_U với $r_{VT_1} = 3k\Omega$.



Hình 3-21

Bài giải

$$R_v \approx R_B // (r_{VT} + \beta_1 \beta_2 R_C) = 2M\Omega // (3k\Omega + 140 \cdot 180 \cdot 75\Omega) = 974k\Omega.$$

$$K_i = \beta_1 \beta_2 \frac{R_B}{R_B + R_v} = 140 \cdot 180 \left(\frac{2 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6 + 974 \cdot 10^3} \right) = 3,7 \cdot 10^6$$

$$R_{ra} = \frac{r_{VT_1}}{\beta_1 \beta_2} = \frac{3 \cdot 10^3 \Omega}{140 \cdot 180} = 0,12 \Omega$$

$$\text{và } K_u = \frac{\beta_1 \beta_2 R_C}{\beta_1 \beta_2 R_C + r_{VT_1}} = \frac{140 \cdot 180 \cdot 75}{140 \cdot 180 \cdot 75 + 3000} = 0,9984.$$

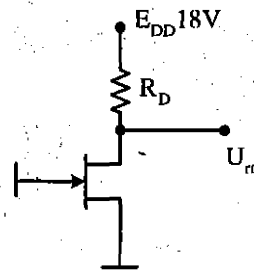
104) Bài tập 3-25. Cho mạch điện dùng J-FET như trên hình 3-22 (mạch tạo nguồn dòng).

Hãy xác định dòng I_D và U_m khi:

a) $R_D = 1,2k\Omega$.

b) $R_D = 3,3k\Omega$.

Với $I_{DSS} = 4mA$ và $U_p = -3,5V$.



Hình 3-22

Bài giải

Từ mạch điện đã cho khi $U_{GS} = 0V$.

$$I_D = I_{DSS} = 4mA.$$

a) $U_m = E_{DD} - I_D R_D = 18V - 4mA \cdot 1,2k\Omega = 13,2V$.

b) $U_m = E_{DD} - I_D R_D = 18 - 4,3,3 = 4,8V$.

- 105 Bài tập 3-26. Cho mạch điện dùng BJT như trên hình 3-23 (mạch tạo nguồn dòng). Hãy xác định dòng điện I.

Bài giải

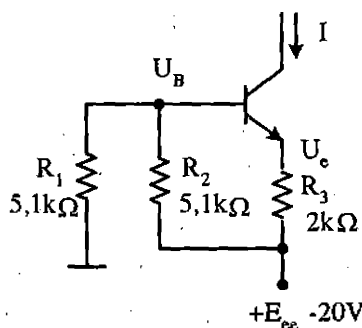
Chọn transistor loại Si với $U_{BE} = 0,7V$.

Ta có: $U_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-E_{cc})$

$$= \frac{5,1}{(5,1 + 5,1)} (-20) = -10V$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = -10 - 0,7 = -10,7V$$

$$I = I_E = \frac{U_E - E_{cc}}{R_E} = \frac{-10,7 - (-20)}{2} = 4,65mA$$



Hình 3-23

- 106 Bài tập 3-27. Cho nguồn dòng dùng transistor và zener như trên hình 3-24. Hãy xác định dòng điện I với $U_z = 6,2V$.

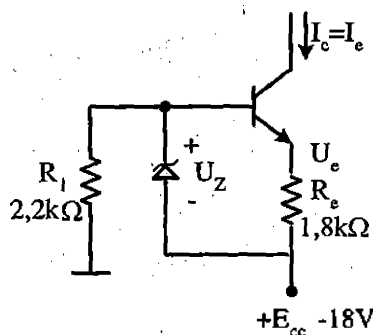
Bài giải

Chọn transistor loại Si với

$$U_{BE} = 0,7V.$$

Ta có:

$$I = \frac{U_z - U_{BE}}{R_E} = \frac{6,2 - 0,7}{1,8} = 3,06mA$$



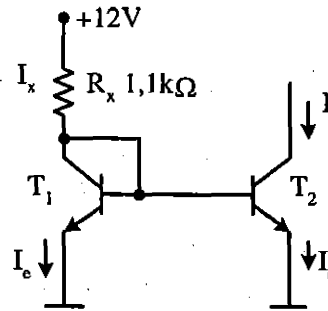
Hình 3-24

- 107 Bài tập 3-28. Cho mạch điện dùng transistor như trên hình 3-25 (mạch gương dòng). Hãy xác định dòng điện I.

Bài giải

Chọn transistor T_1 và T_2 cùng loại Si.

Ta có: $I = I_x = \frac{E_{CC} - U_{BE}}{R_x}$
 $= \frac{(12 - 0,7)}{1,1} = 10,27 \text{mA}$



Hình 3-25

- (108) Bài tập 3-29. Cho tầng khuếch đại vi sai dùng BJT như trên hình 3-26. Hãy xác định điện áp ra U_m . Với $r_{VT_1} = r_{VT_2} = 20 \text{k}\Omega$; $\beta_1 = \beta_2 = 75$.

Bài giải

Chọn transistor T_1 và T_2 loại

Si với $U_{BE} = 0,7 \text{V}$.

Ta có:

$$I_E = \frac{E_{CC} - U_{BE}}{R_E}$$

$$= \frac{9 - 0,7}{43 \cdot 10^3} = 193 \mu\text{A}$$

Dòng colectơ:

$$I_C = \frac{I_E}{2} = \frac{193 \mu\text{A}}{2} = 96,5 \mu\text{A}$$

Từ đó ta có U_C được tính:

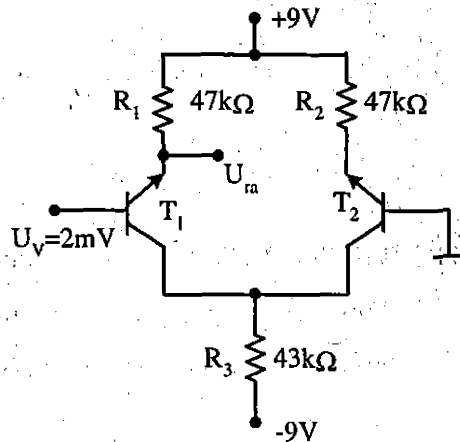
$$U_C = E_{CC} - I_C R_C = 9 - 96,5 \cdot 10^{-6} \cdot 47 \cdot 10^3 = 4,5 \text{V}$$

Điện trở r_e được tính:

$$r_e = \frac{U_T}{I_{E_1}} = \frac{U_T}{I_{E_2}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{96,5 \cdot 10^{-6}} = 269 \Omega$$

Hệ số khuếch đại điện áp K_U sẽ là:

$$K_U = \frac{R_C}{2r_e} = \frac{47 \cdot 10^3}{2 \cdot 269} = 87,4$$



Hình 3-26

Vậy U_{ra} sẽ là:

$$U_{ra} = K_u \cdot U_v = 2 \cdot 10^3 \cdot 87,4 = 1,175V.$$

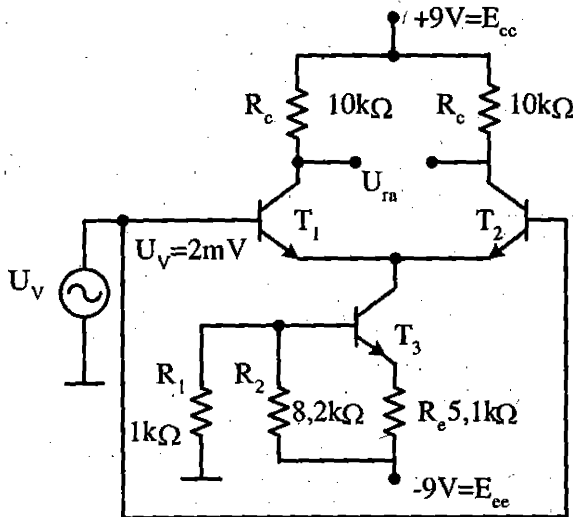
- 109) Bài tập 3-30.** Hãy xác định hệ số khuếch đại tín hiệu đồng pha của tầng khuếch đại vi sai dùng transistor trên hình 3-26.

Bài giải

Từ biểu thức cơ bản tính toán cho hệ số khuếch đại tín hiệu đồng pha đối với tầng vi sai ta xác định được K_C như dưới đây:

$$K_C = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{\beta R_c}{r_{VT} + 2(\beta + 1)R_E} = \frac{75 \cdot 47}{20 + (1 + 75)2,43} = 0,54$$

- 110) Bài tập 3-31.** Hãy xác định K_C của tầng vi sai cho trên hình 3-27 dưới đây:



$T_1 \text{ \& } T_2$

$$\beta_1 = \beta_2 = 75$$

$$r_{VT1} = r_{VT2} = r_{VT} = 11k\Omega$$

T_3

$$\beta_3 = 75$$

$$r_{o3} = R_E = 200k\Omega$$

Hình 3-27

Bài giải

Transistor T_3 kết hợp với các linh kiện mắc trên mạch tạo thành một nguồn dòng nhằm nâng cao trở kháng một chiều R_E và vì thế khi thay các giá trị vào biểu thức tính K_C ta được:

$$K_C = \frac{\beta R_c}{r_{VT} + 2(1 + \beta)R_E} = \frac{75 \cdot 10}{11 + 2 \cdot 76 \cdot 200} = 24,7 \cdot 10^{-3}$$

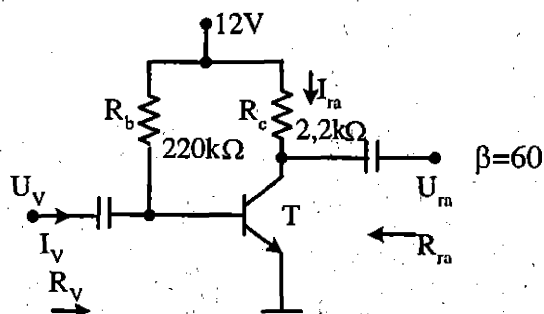
3.3. ĐỀ BÀI TẬP

111) Bài tập 3-32. Cho tầng khuếch đại dùng BJT mắc EC như trên hình 3-

28. Hãy xác định R_v ; R_{ra} ; K_u ; K_i

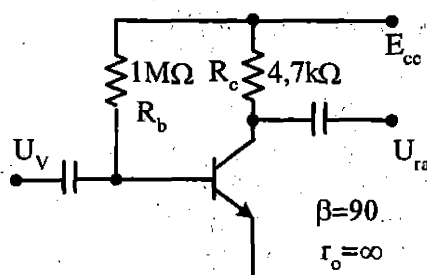
a) với $r_0 = 40k\Omega$

b) với $r_0 = 20k\Omega$.



Hình 3-28

112) Bài tập 3-33. Cho mạch điện dùng transistor như trên hình 3-29. Hãy xác định E_{cc} sao cho $K_u = -200$.



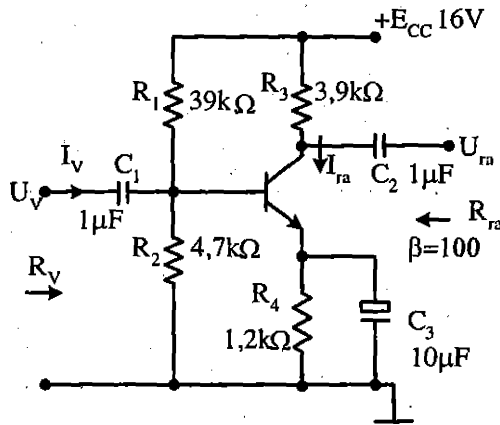
Hình 3-29

113) Bài tập 3-34. Cho tầng khuếch đại dùng transistor như trên hình 3-30.

Hãy xác định r_e ; R_v ; R_{ra} ; K_u ; K_i với:

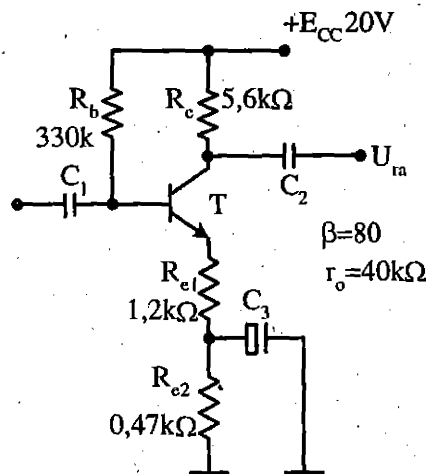
a) $r_0 = 50k\Omega$

b) $r_0 = 25k\Omega$.



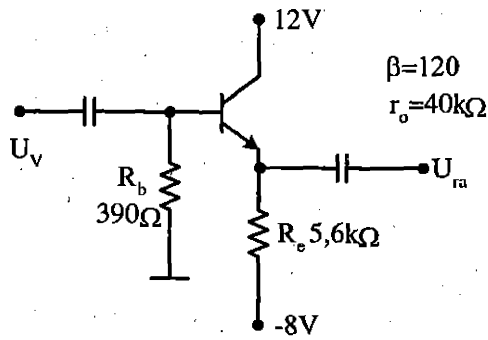
Hình 3-30

- 114 Bài tập 3-35. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-31. Hãy xác định r_e ; R_v ; R_{ra} ; K_U ; K_i .



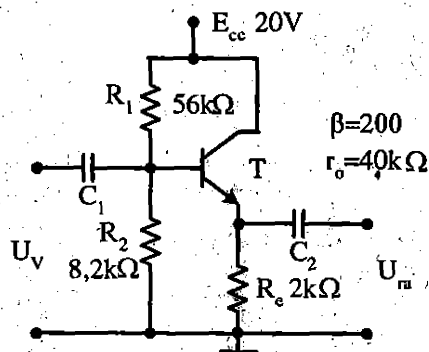
Hình 3-31

- 115 Bài tập 3-36. Cho mạch điện dùng transistor như trên hình 3-32. Hãy xác định R_v ; R_{ra} ; K_U ; K_i và U_{ra} khi $U_v = 1mV$.



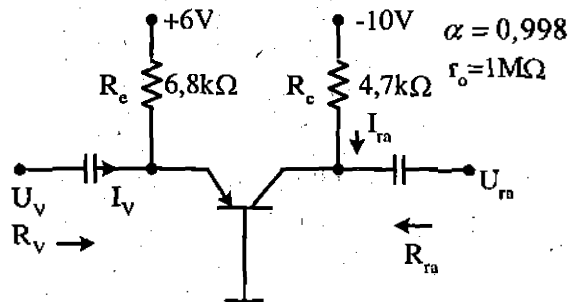
Hình 3-32

- 116 Bài tập 3-37. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-33. Hãy xác định I_B ; I_C ; r_e ; R_V ; R_{ra} ; K_U ; K_i .



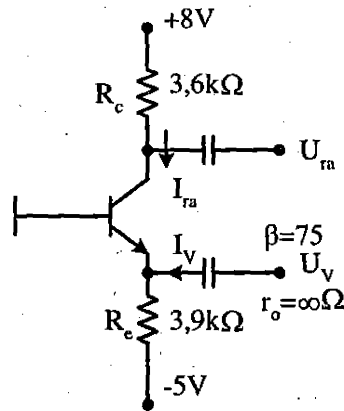
Hình 3-33

- 117 Bài tập 3-38. Cho mạch khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-34. Hãy xác định r_e ; R_V ; R_{ra} ; K_U ; K_i .



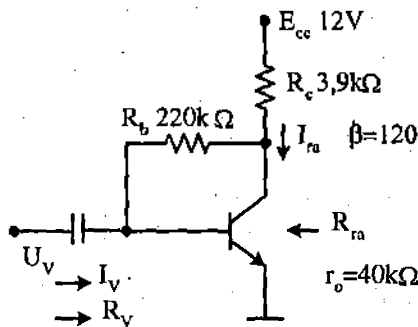
Hình 3-34

- 118 Bài tập 3-39. Cho mạch khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-35. Hãy xác định K_U ; K_I .



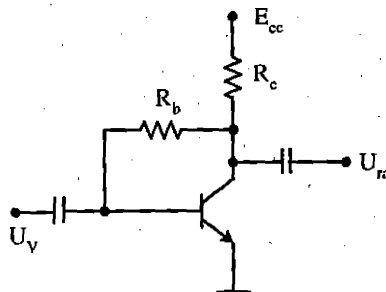
Hình 3-35

- 119 Bài tập 3-40. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-36. Hãy xác định r_e ; R_v ; R_m ; K_U ; K_I .



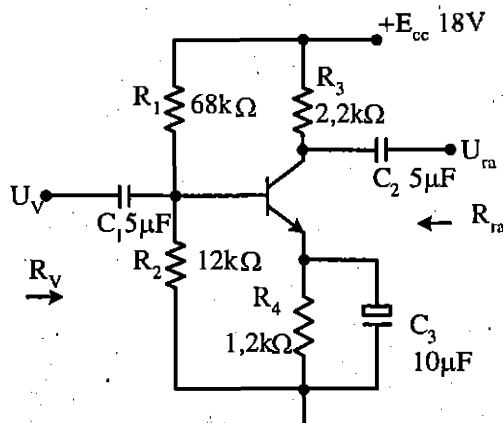
Hình 3-36

- 120 Bài tập 3-41. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-37. Với $r_e = 10Ω$; $β = 200$; $K_U = -160$; $K_I = 19$; $r_o = 80kΩ$. Hãy xác định R_C ; R_B ; E_{CC} .



Hình 3-37

- 121 Bài tập 3-42. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-38 với $h_{21_e} = 180$; $h_{11_e} = 2,75k\Omega$; $h_{22_e} = 25\mu S$. Hãy xác định R_V ; R_m ; K_U ; K_i ; r_e .

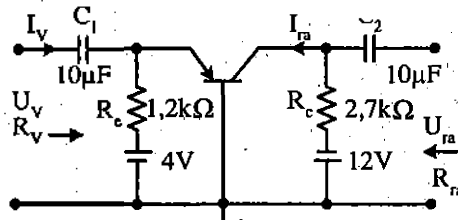


Hình 3-38

- 122 Bài tập 3-43. Cho tầng khuếch đại dùng BJT như trên hình 3-39 với $h_{21_b} = -0,992$;

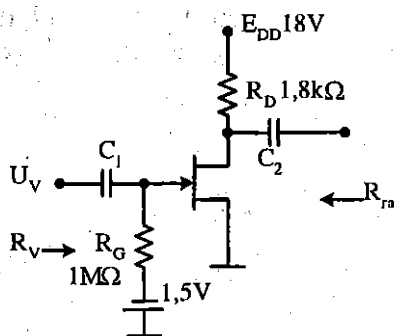
$$h_{11_b} = 9,45\Omega; \quad h_{22_b} = 1 \frac{\mu A}{V}$$

Hãy xác định R_V ; R_m ; K_U ; K_i ; α ; β ; r_e ; r_o .



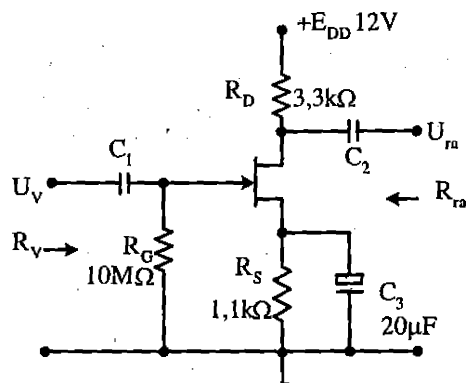
Hình 3-39

- 123 Bài tập 3-44. Cho tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-40. Hãy xác định R_V ; R_m ; K_U với $I_{DSS} = 10mA$; $U_p = -4V$; $r_d = 40k\Omega$.



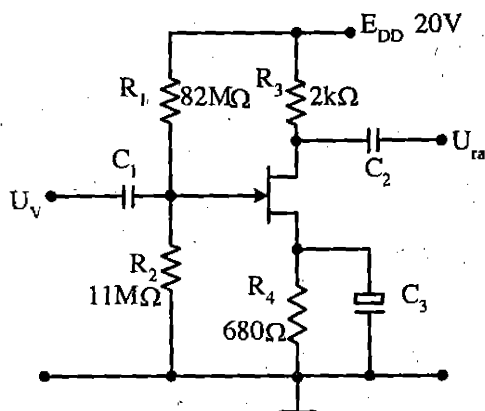
Hình 3-40

- (124) **Bài tập 3-45.** Cho tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-41. Hãy xác định R_v ; R_m ; K_U với $g_m = 3000\mu S$ và $g_d = 50\mu S$.



Hình 3-41

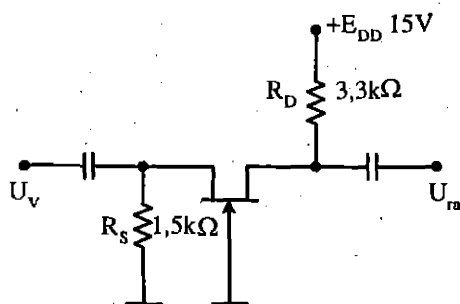
- (125) **Bài tập 3-46.** Hãy xác định R_v ; R_m ; K_U của tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-41 (xem bài 3-45) khi ngắt tụ C_3 ra khỏi mạch.
- (126) **Bài tập 3-47.** Cho tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-42. Hãy xác định R_v ; R_m ; U_m với $U_v = 20mV$; $I_{DSS} = 12mA$; $U_p = -3V$; $r_d = 100k\Omega$.



Hình 3-42

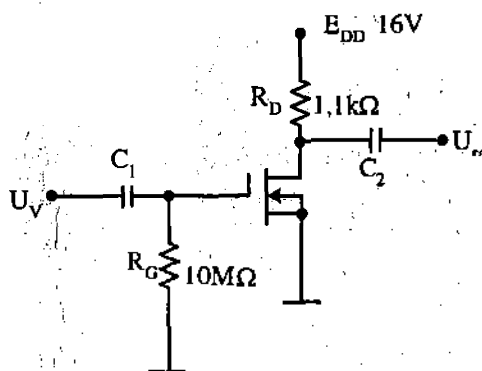
- (127) **Bài tập 3-48.** Hãy xác định R_v ; R_m ; U_m của tầng khuếch đại dùng J-FET như trên hình 3-42 (xem bài 3-47) khi ngắt tụ C_3 ra khỏi mạch.
- (128) **Bài tập 3-49.** Tính toán lặp lại cho bài 3-47 khi thay $r_d = 20k\Omega$.
- (129) **Bài tập 3-50.** Tính toán lặp lại cho bài 3-48 khi thay $r_d = 20k\Omega$.

- 130) Bài tập 3-51. Cho tầng khuếch đại mắc GC dùng J-FET như trên hình 3-43. Hãy xác định R_v ; R_m ; U_m ; với $U_v = 0,1\text{mV}$; $I_{DSS} = 8\text{mA}$; $U_p = -2,8\text{V}$; $r_d = 40\text{k}\Omega$.



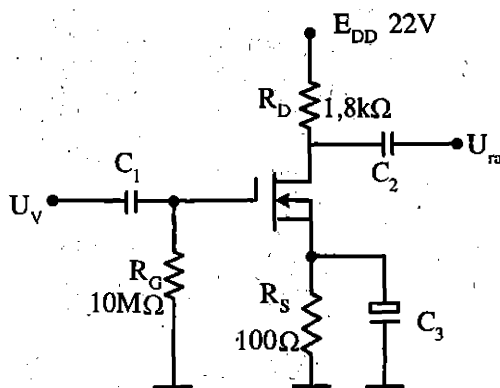
Hình 3-43

- 131) Bài tập 3-52. Cho tầng khuếch đại dùng DMOSFET như trên hình 3-44. Hãy xác định U_m biết $g_d = 20\mu\text{S}$; $U_v = 2\text{mV}$; $I_{DSS} = 8\text{mA}$; $U_p = -3\text{V}$.



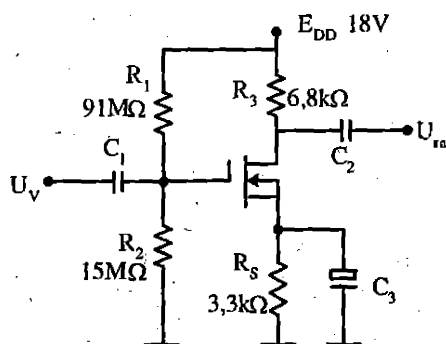
Hình 3-44

- 132) Bài tập 3-53. Cho tầng khuếch đại dùng D-MOSFET như trên hình 3-45. Hãy xác định R_v ; R_m ; K_v . Biết $r_d = 60\text{k}\Omega$; $I_{DSS} = 12\text{mA}$; $U_p = -3,5\text{V}$; $E_{DD} = 22\text{V}$.



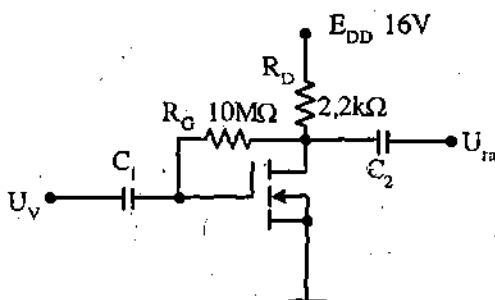
Hình 3-45

- 133) Bài tập 3-54. Tính toán lặp lại cho bài tập như hình 3-45 với $r_d = 25k\Omega$.
- 134) Bài tập 3-55. Cho tầng khuếch đại dùng D-MOSFET như trên hình 3-46. Hãy xác định U_{ra} với $U_v = 4mV$; $g_d = 35\mu S$; $g_m = 6000\mu S$.



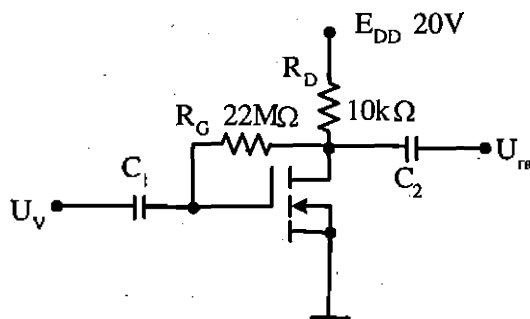
Hình 3-46

- 135) Bài tập 3-56. Tính toán lặp lại như bài tập 3-54 trên hình 3-46 với $g_d = 50\mu S$; $g_m = 3000\mu S$.
- 136) Bài tập 3-57. Cho tầng khuếch đại dùng E-MOSFET như trên hình 3-47. Hãy xác định R_v ; R_{ra} ; K_U với $k = 0,3 \cdot 10^{-3}$; $U_T = 3V$; $r_d = 100k\Omega$.



Hình 3-47

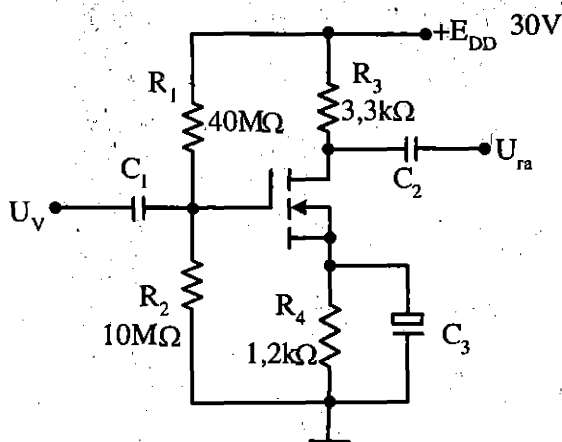
- 137) Bài tập 3-58. Tính toán lặp lại cho bài 3-57 (xem hình 3-47) với $k = 0,2 \cdot 10^{-3}$ và so sánh các kết quả.
- 138) Bài tập 3-59. Hãy xác định U_{ra} với tầng khuếch đại dùng E-MOSFET cho trên hình 3-48. Với $U_v = 20mV$; $U_T = 3,5V$; $k = 0,3 \cdot 10^{-3}$; $g_d = 30\mu S$.



Hình 3-48

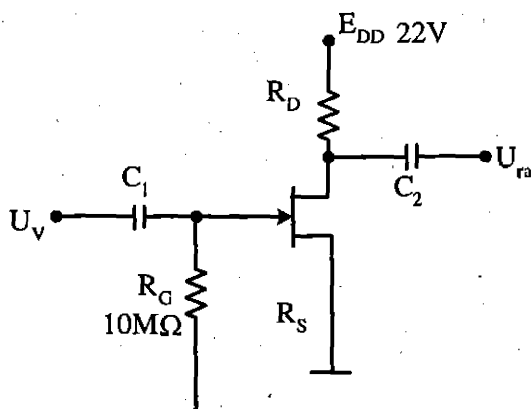
- (139) **Bài tập 3-60.** Hãy xác định U_{ra} của tầng khuếch đại dùng E-MOSFET cho trên hình 3-48. Biết: $U_v = 4\text{mV}$; $U_T = 4\text{V}$; $I_{D(ON)} = I_D^* = 4\text{mA}$; $U_{GS(ON)} = U_{GS}^* = 7\text{V}$; $g_d = 20\mu\text{S}$.

- (140) **Bài tập 3-61.** Cho tầng khuếch đại dùng E-MOSFET như trên hình 3-49. Hãy xác định U_{ra} với $U_v = 0,8\text{mV}$; $r_d = 40\text{k}\Omega$; $U_T = 3\text{V}$; $k = 0,4 \cdot 10^{-3}$.



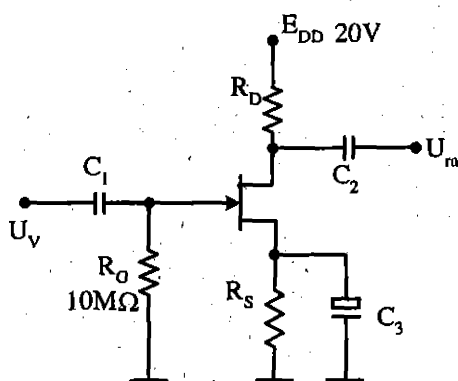
Hình 3-49

- (141) **Bài tập 3-62.** Cho mạch khuếch đại dùng JFET như trên hình 3-50. Hãy xác định R_D với: $I_{DSS} = 8\text{mA}$; $U_p = -2,5\text{V}$; $g_d = 25\mu\text{S}$; $K_U = 8$.



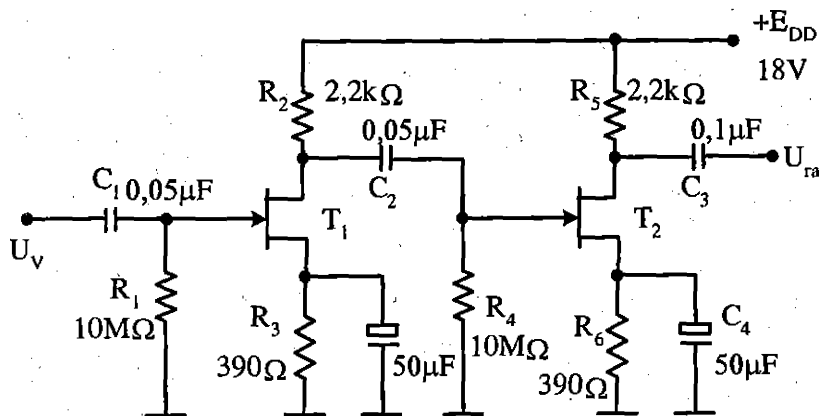
Hình 3-50

- 142) Bài tập 3-63.** Cho tăng khuếch đại dùng JFET như trên hình 3-51. Hãy xác định R_D và R_S . Với $K_U = 10$; $U_{GS_0} = \frac{1}{3}U_P$; $I_{DSS} = 12\text{mA}$; $U_P = -3\text{V}$; $r_d = 40\text{k}\Omega$.



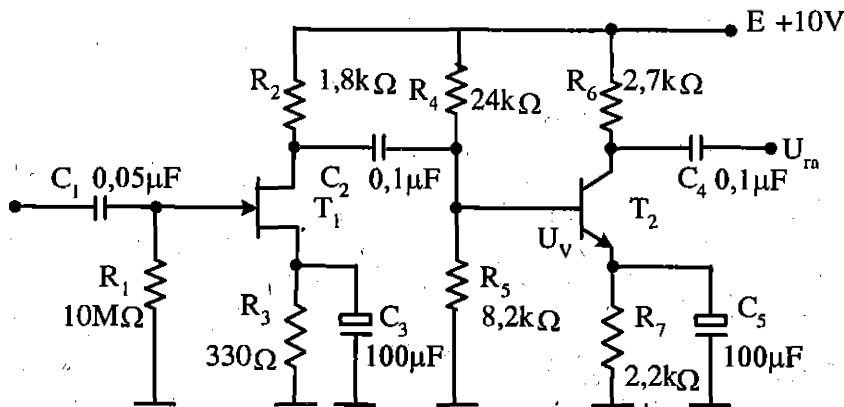
Hình 3-51

- 143) Bài tập 3-64.** Cho bộ khuếch đại gồm hai tầng như trên hình 3-52. Hãy xác định điện áp ra U_{ra} . Với $I_{DSS} = 8\text{mA}$; $U_P = -4,5\text{V}$.



Hình 3-52

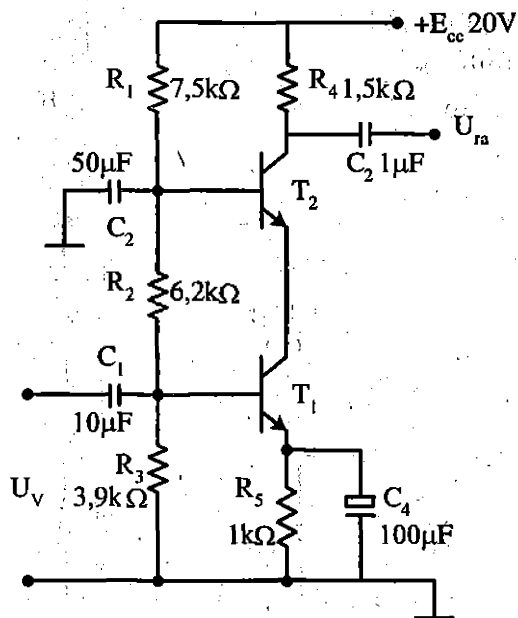
- 144 Bài tập 3-65. Cho bộ khuếch đại gồm hai tầng như trên hình 3-53. Hãy xác định hệ số khuếch đại K_u . Với $I_{DSS} = 6\text{mA}$, $U_p = -3\text{V}$, $\beta = 150$.



Hình 3-53

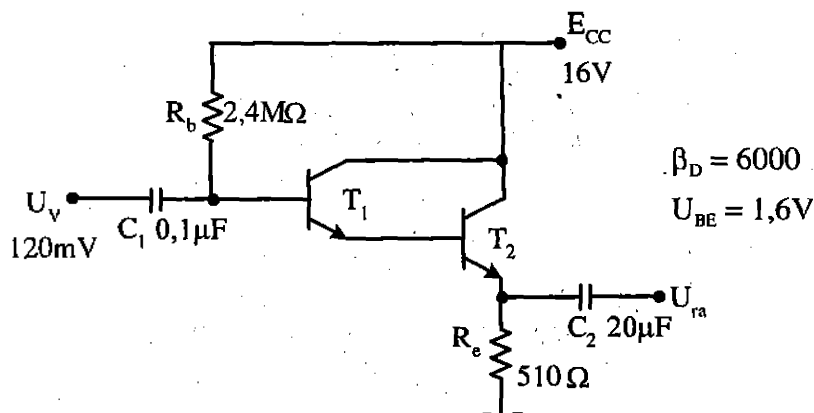
- 145 Bài tập 3-66. Hãy xác định R_v và R_o của bộ khuếch đại cho trên hình 3-53.

- 146 Bài tập 3-67. Cho tầng khuếch đại Cascode như trên hình 3-54. Hãy xác định hệ số khuếch đại K_u và điện áp ra U_{ra} . Với $U_v = 10\text{mV}$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta = 200$.



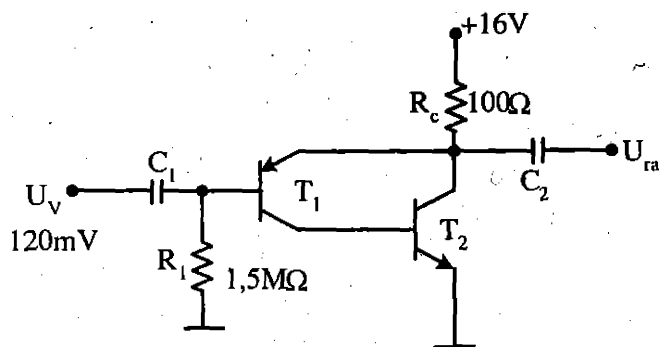
Hình 3-54

- 147 Bài tập 3-68. Cho tầng khuếch đại Darlington như trên hình 3-55. Hãy xác định K_u .



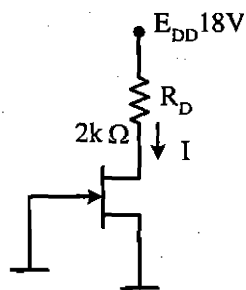
Hình 3-55

- 148 Bài tập 3-69. Cho tầng khuếch đại Darlington như trên hình 3-56. Hãy xác định điện áp ra U_{ra} . Với $\beta_1 = 160$; $\beta_2 = 200$.



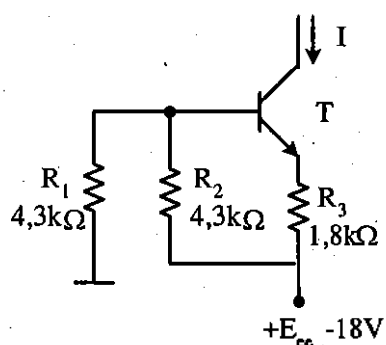
Hình 3-56

- 149 Bài tập 3-70. Cho mạch điện dùng JFET như trên hình 3-57. Hãy xác định dòng điện I với $I_{DSS} = 6mA$; $U_p = -3V$.



Hình 3-57

- 150 Bài tập 3-71. Hãy xác định dòng điện I cho mạch điện trên hình 3-58.
với $\beta = 100$.



Hình 3.58

Chương 4

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

4.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Nhiệm vụ của tầng khuếch đại công suất là đưa ra tải một công suất đủ lớn theo yêu cầu, có thể từ vài chục mW đến hàng trăm hay hàng ngàn W. Hệ số khuếch đại công suất đóng vai trò quan trọng, còn hệ số khuếch đại điện áp chỉ là thứ yếu.

- Tầng công suất có thể làm việc ở các chế độ khác nhau: chế độ A, AB, B hay chế độ C, nhưng để khuếch đại các tín hiệu điều hòa thường sử dụng hơn cả là chế độ A và AB (hay còn gọi là chế độ B₁).

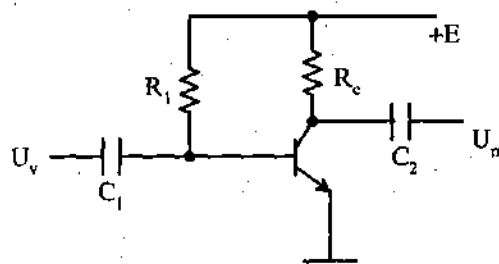
- Đây là tầng khuếch đại tín hiệu lớn nên buộc phải làm việc ở đoạn cong của đặc tuyến transistor nên sẽ gây méo phi tuyến.

- Tầng công suất có thể mắc theo sơ đồ đơn hay sơ đồ đẩy kéo, có thể dùng nguồn cấp điện đơn cực hay nguồn đối xứng có điểm giữa trung hòa.

- Hiệu suất của tầng công suất quyết định hiệu suất của máy khuếch đại; việc nâng cao hiệu suất ngoài ý nghĩa tiết kiệm năng lượng còn làm giảm công suất tiêu tán trên vỏ transistor dưới dạng nhiệt.

- Các tầng khuếch đại công suất được phân ra: tầng đơn, tầng đẩy kéo, tầng có biến áp ra, tầng không biến áp ra...

** Tầng công suất mắc đơn tải điện trở (hình 4-1)*



Hình 4-1. Tầng công suất mắc đơn tải điện trở

Để khuếch đại các dao động điều hòa tầng chỉ làm việc ở chế độ A, trong đó transistor làm việc trong cả hai nửa chu kỳ tín hiệu.

Công suất ra
$$P_{ra} = \frac{U_{cm} \cdot I_{cm}}{2} = \frac{I_{cm}^2 R_c}{2} = \frac{U_{cm}^2}{2R_{ra}}$$

Trong đó $U_{cm} = U_{CEO} = \frac{E}{2}$ và $I_{cm} = I_{co}$

$$P_{ra, \max} = \frac{U_{cm} \cdot I_{cm}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{2} \cdot I_{co} = \frac{1}{4} I_{co} \cdot E$$

Công suất tiêu thụ từ nguồn

$$P_0 = I_{co} \cdot E$$

Hiệu suất cực đại khi $P_{ra} \rightarrow P_{ra, \max}$

$$\eta = \frac{1}{4} \frac{I_{co} E}{I_{co} E} \cdot 100\% = 25\%$$

Thực tế hiệu suất còn thấp hơn.

Điện trở tải xoay chiều tối ưu được xác định:

$$R_{c, \text{t.ư}} = \frac{U_{cm}}{I_{cm}} = \frac{E}{2I_{co}}$$

Ưu điểm: tín hiệu ít bị méo

Nhược điểm: công suất ra nhỏ, hiệu suất thấp.

* Tầng công suất mức đơn có biến áp ra (hình 4-2)

Biến áp ra có chức năng ngăn một chiều, dẫn tín hiệu xoay chiều ra tải R_l đồng thời phối hợp trở kháng.

Điều kiện phối hợp trở kháng

$$R_{ra} = R_l = n^2 R_t$$

Trong đó $n = \frac{W_1}{W_2}$ hệ số biến áp;

R_{ra} - điện trở ra của tầng khuếch đại;

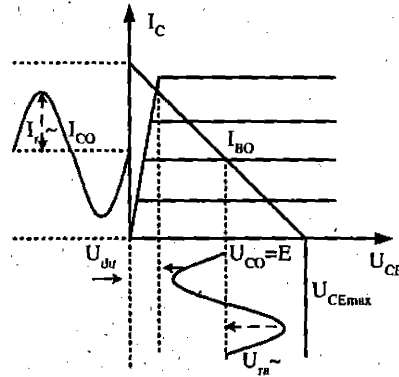
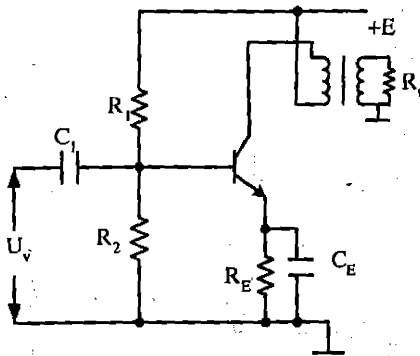
R_l - điện trở tải;

R_t - điện trở tải quy về sơ cấp biến áp.

Từ đó suy ra
$$n = \sqrt{\frac{R_l}{R_t}}$$

Nếu biến áp ra là lý tưởng thì điện trở tải xoay chiều ở mạch ra

$$R_{\sim} = \frac{U_{m\sim}}{I_{ra\sim}} \approx \frac{U_{co}}{I_{co}}$$



a) Hình 4-2. Tầng công suất mắc đơn, có biến áp ra b)

- Công suất ra cực đại

$$P_{ra\max} = \frac{U_{m\sim} \cdot I_{ra\sim}}{2} = \frac{1}{2} E \cdot I_{co}$$

- Công suất tiêu thụ từ nguồn:

$$P_0 = U_{co} \cdot I_{co} = I_{co} E$$

- Hiệu suất cực đại:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{ra\max}}{P_0} = \frac{1}{2} \frac{E \cdot I_{co}}{E \cdot I_{co}} 100\% = 50\%$$

Trong thực tế biến áp luôn có tổn hao và tồn tại điện áp dư U_{du} nên hiệu suất còn nhỏ hơn.

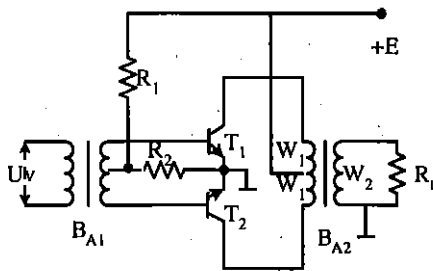
Khi làm việc với tải tối ưu biên độ điện áp cực đại U_{CEmax} bằng $2E$ vì tải mang tính điện kháng nên xuất hiện sức điện động cảm ứng trong cuộn sơ cấp biến áp.

* Tầng công suất mắc theo sơ đồ đẩy kéo có biến áp ra (hình 4-3)

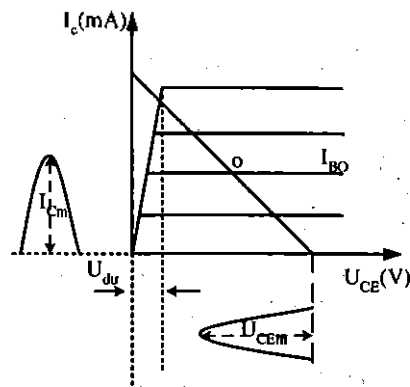
BA_1 là biến áp đảo pha;

BA_2 là biến áp ra.

Tầng có thể làm việc ở chế độ A hay chế độ B nhưng thường là chế độ AB với dòng tĩnh $I_{co} \approx (10 \div 100) \mu A$.



a)



b)

Hình 4-3. Sơ đồ công suất (a) và đặc tuyến ra (b)

Điện trở tải của mỗi transistor (1/2 cuộn sơ cấp là w_1 vòng) được xác định.

$$R'_t = n^2 \cdot R_t \text{ Suy ra } n = \sqrt{\frac{R'_t}{R_t}}; \quad n = \frac{w_1}{w_2}$$

- Công suất ra cực đại một nhánh

$$P_{\text{ra max}} = \frac{I_{\text{cm}}^2 R'_t}{2} = \frac{I_{\text{cm}} U_{\text{CEm}}}{2} = \frac{I_{\text{cm}} E}{2}$$

Dòng điện trung bình trong một chu kỳ của một nhánh (1 transistor)

$$I_{\text{tb}} = \frac{1}{T} \int_0^T i_{\text{cm}}(t) dt = \frac{I_{\text{cm}}}{\pi}$$

Dòng tiêu thụ từ nguồn E (cả hai nhánh): $I_{\text{tb}} = 2 \cdot \frac{I_{\text{cm}}}{\pi}$

- Công suất tiêu thụ từ nguồn E:

$$P_0 = I_{\text{tb}} \cdot E = \frac{2}{\pi} I_{\text{cm}} E$$

Hiệu suất cực đại của tầng

$$\eta_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ra max}}}{P_0} = \frac{I_{\text{cm}} E}{2.2 \frac{I_{\text{cm}} E}{\pi}} 100\%$$

$$= \frac{\pi}{4} 100\% = 78,5\%$$

Thực tế biến áp có tổn hao và $U_{CEm} < E$ nên hiệu suất thấp hơn.

Công suất tiêu tán trên colectơ của một transistor dưới dạng nhiệt.

$$P_c = \frac{P_b - P_n}{2} = \frac{1}{\pi} I_{cm} E - \frac{1}{4} I_{cm}^2 R'_l$$

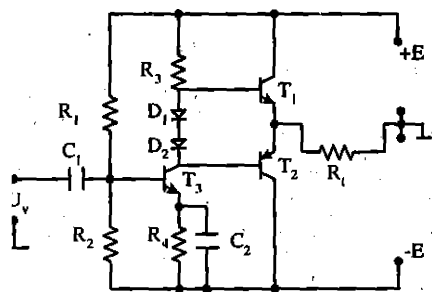
$$\text{Suy ra } P_{cmax} = \frac{4}{\pi^2} P_n \approx 0,4 P_{nmax}$$

Kết luận:

- Ở chế độ B hay AB khi $U_v = 0$ tầng không tiêu thụ năng lượng.

- Ngắn mạch tải và hở mạch tải khi có tín hiệu vào đều rất nguy hiểm cho transistor.

* Tầng công suất đẩy kéo mắc nối tiếp không biến áp ra (hình 4-4)



Hình 4-4

Để mắc tải trực tiếp không qua biến áp phải dùng nguồn đối xứng $\pm E$ có điểm giữa trung hoà, các cực + và -E không được nối với vỏ máy. Transistor T_1, T_2 là hai nhánh của tầng công suất, dùng hai transistor khác loại dẫn điện, đều mắc theo sơ đồ tải emitter nên không khuếch đại được điện áp. Tầng T_3 là tầng kích công suất và khuếch đại điện áp, tải xoay chiều là R_L ; D_1 và D_2 làm nhiệm vụ tạo thiên áp và ổn định nhiệt cho T_1 và T_2 .

Tầng thường làm việc ở chế độ AB. Các tính toán của tầng này giống như đã xét ở trên.

* Tầng công suất mắc theo sơ đồ đẩy kéo dùng tụ phân cách C_p

Trong trường hợp không có nguồn đối xứng mà chỉ có nguồn đơn cực, muốn mắc tải trực tiếp, không qua biến áp thì phải dùng tụ phân cách C_p mắc nối tiếp với tải.

Tụ C_p có hai chức năng: ngăn thành phần dòng một chiều qua R_L và làm nguồn thứ cấp cho T_2 khi T_1 tắt. Tụ C_p sẽ phóng, nạp qua T_1, T_2 và R_L .

Tăng T_j và các linh kiện hợp thành giống như sơ đồ dùng nguồn đối xứng.

4.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

151) Bài tập 4-1. Cho mạch khuếch đại công suất như hình 4-5a

Biết: $E = 12V$

$R_C = 20\Omega$

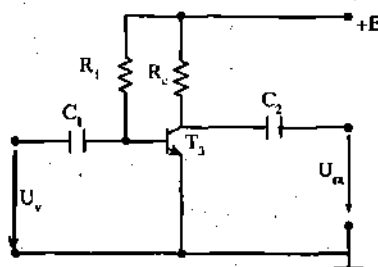
$R_1 = 2k\Omega$

$U_{BE} = 0,5V; \beta = 50$

Dòng điện vào có biên độ $I_v = I_B = 5mA$.

a) Xác định điểm làm việc tĩnh 0 và đường tải một chiều, xoay chiều.

b) Xác định dòng I_C ứng với $I_v = 5mA$.



Hình 4-5a

Bài giải

a) Dòng tĩnh I_{BO} được xác định

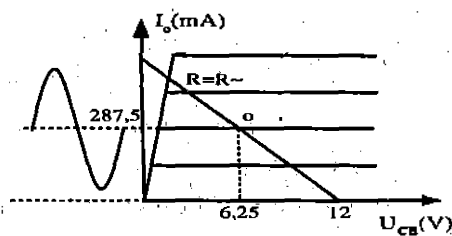
$$I_{BO} = \frac{E - U_{BE0}}{R_1} = \frac{12 - 0,5}{2 \cdot 10^3} = 5,75mA$$

Dòng tĩnh collector I_{CO}

$$I_{CO} = \beta I_{BO} = 50 \cdot 5,75 = 287,5mA$$

$$\text{- Điện áp } U_{CE0} = 12 - I_{CO} R_C = 12 - 287,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 12 - 5,75 = 6,25V$$

Điểm làm việc tĩnh O có tọa độ O (6,25V; 287,5mA).



Hình 4-5b

- Để vẽ đường tải một chiều và xoay chiều (ở đây $R_L = R_C = R_C$) cần xác định thêm một điểm nữa ngoài điểm O. Biết phương trình đường tải $U_m = E - I_C R_C$

Cho $I_C = 0 \rightarrow U_m = U_{CE} = E = 12V$. Nối điểm O với điểm 12V trên trục hoành ta được đường tải một chiều.

Trong trường hợp này vì $R_L = R_C$ nên đường tải một chiều và xoay chiều trùng với nhau.

b) Khi dòng điện vào I_B biến thiên 5mA thì dòng điện ra sẽ biến thiên
 $I_C = \beta I_B = 50 \cdot 5\text{mA} = 250\text{mA}$.

152) Bài tập 4-2. Số liệu như bài 4-1.

Hãy xác định:

- Hiệu suất của tầng.
- Công suất tiêu tán trên collector của transistor.

Bài giải

a) Để xác định hiệu suất, cần xác định công suất ra tải và công suất tiêu thụ.

- Công suất ra $P_m = \frac{I_{cm}^2}{2} R_c = \frac{(250 \cdot 10^{-3})^2}{2} \cdot 20 = 0,625\text{W}$

- Công suất tiêu thụ từ nguồn

$$P_o = E \cdot I_{co} = 12,287,5 \cdot 10^{-3} = 3,45\text{W}$$

Hiệu suất $\eta = \frac{0,625}{3,45} 100\% = 18,1\%$

b) Công suất tiêu tán trên collector transistor

$$P_C = P_o - P_m = 3,45 - 0,625 = 2,825\text{W}$$

153) Bài tập 4-3. Để lặp lại bài 4-1.

Nếu giảm biên độ dòng tín hiệu vào còn 3mA

Hãy xác định:

- Công suất ra.
- Hiệu suất η của tầng.
- Công suất tiêu tán trên collector.
- Cho nhận xét.

Bài giải

a) Xác định công suất ra

- Dòng điện ra $I_{cm} = I_B \cdot \beta = 3 \cdot 50 = 150\text{mA}$

- Công suất ra $P_m = \frac{I_{cm}^2}{2} R_c = \frac{(150 \cdot 10^{-3})^2}{2} \cdot 20 = 0,225\text{W}$

- Công suất tiêu thụ, không đổi

$$P_0 = I_{co} E = 12 \cdot 287,5 \cdot 10^{-3} = 3,45 \text{ W}$$

b) Hiệu suất của tầng

$$\eta = \frac{P_{sa}}{P_0} 100\% = \frac{0,225}{3,45} 100\% = 6,52\%$$

c) Công suất tiêu tán trên collector P_c

$$P_c = P_0 - P_{sa} = 3,45 - 0,225 = 3,225 \text{ W}$$

d) Nhận xét:

- Công suất tiêu thụ từ nguồn là cố định, không phụ thuộc vào mức tín hiệu vào, vì tầng làm việc ở chế độ A.

- Biên độ tín hiệu vào giảm thì hiệu suất giảm và công suất tiêu tán P_c tăng lên.

154) Bài tập 4-4. Cho mạch khuếch đại công suất có biến áp ra như hình 4-2.

Biết dòng điện tĩnh $I_{BO} = 5 \text{ mA}$; $\beta = 20$; $E = 12 \text{ V}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$, biên độ dòng điện vào $I_{bm} = 4 \text{ mA}$.

Sụt áp trên R_E : $U_{RE} = 1 \text{ V}$; $R_1 = 8 \Omega$; $n = \frac{w_1}{w_2} = 4$.

a) Xác định điện trở R_1 và R_2 .

b) Xác định điểm làm việc tĩnh, đường tải một chiều và xoay chiều.

c) Xác định dòng I_{cm} và điện áp U_{cm} .

Bài giải

a) Xác định trị số điện trở R_1 và R_2

$$U_{R2} = U_{RE} + U_{BE0} = 1,0 + 0,6 = 1,6 \text{ V}$$

$$U_{R2} = I_p R_2 \rightarrow R_2 = \frac{U_{R2}}{I_p} = \frac{U_{R2}}{4I_{BO}} = \frac{1,6}{4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 80 \Omega$$

$$U_{R1} = (I_p + I_{BO}) R_1 = E - U_{R2}$$

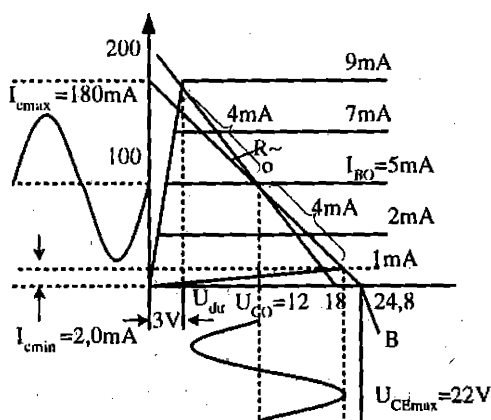
$$\text{Suy ra } R_1 = \frac{E - U_{R2}}{I_p + I_{BO}} = \frac{E - U_{R2}}{5I_{BO}} = \frac{12 - 1,6}{5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 416 \Omega$$

b) Xác định điểm làm việc tĩnh

Nếu coi biến áp là lý tưởng thì $U_{CEO} = E = 12V$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 20.50 = 100\text{mA}$$

Toa độ điểm làm việc tĩnh O (12V; 100mA)



Hình 4-6

Điện trở tải quy về sơ cấp biến áp

$$R' = n^2 R = 4^2 \cdot 8 = 128 \, \Omega$$

Từ điểm trên trục hoành có điện áp $U_{CEO} = 12V$ cộng thêm một đoạn điện áp bằng $I_{co} \cdot R' = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 128 \Omega = 12,8 V$, được điểm B kẻ đường thẳng qua B và O ta được đường tải xoay chiều.

Từ đồ thị xác định, ứng với dòng I_{gm} biến thiên $\pm 4mA$.

$$U_{CE, \max} = 22V$$

$$U_{CE\min} = U_{dr} = 3V$$

$$I_{C_{\max}} = 180 \text{ mA}$$

$$I_{C \min} = 2,0 \text{ mA.}$$

$$\text{Biên độ dòng } I_{cm} \text{ cực đại } I_{cm\max} = \frac{I_{u\max} - I_{u\min}}{2} = \frac{180 - 2}{2} = 89 \text{ mA}$$

Biên độ điện áp ra cực đại

$$U_{CE_{\text{max}}} = \frac{I_{CE_{\text{max}}} - I_{CE_{\text{min}}}}{2} = \frac{22 - 3}{2} = 9,5 \text{ V}$$

155 Bài tập 4-5. Để lặp lại bài 4-4

- a) Xác định công suất ra tải.
- b) Xác định công suất tiêu thụ.
- c) Xác định hiệu suất của tầng.
- d) Công suất tiêu tán trên transistor.

Bài giải

a) Điện áp hiệu dụng trên cuộn sơ cấp biến áp:

$$I_{rms} = \frac{U_{CEm}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{CEmax} - I_{CEmin}}{2\sqrt{2}} = \frac{22 - 3}{2\sqrt{2}} = 6,74V$$

- Giá trị hiệu dụng điện áp bên thứ cấp biến áp tức là trên tải R_L .

$$U_i = U_{rms} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \cdot 6,74 = 1,685V$$

- Công suất ra tải:

$$P_o = \frac{U_i^2}{R_L} = \frac{(1,685)^2}{8} = 0,355W$$

b) Công suất tiêu thụ từ nguồn:

$$P_o = E \cdot I_{co} = 12V \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 1,2W$$

c) Hiệu suất của tầng:

$$\eta = \frac{P_o}{P_o} 100\% = \frac{0,355}{1,2} 100\% = 29,58\%$$

d) Công suất tiêu tán trên vỏ transistor P_C

$$P_C = P_o - P_{ra} = 1,2 - 0,355 = 0,845W$$

156 Bài tập 4-6. Để lặp lại bài 4-4. Nhưng giảm điện trở tải xuống còn 4Ω . Hãy xác định công suất ra, hiệu suất và công suất tiêu tán P_C .

Bài giải

a) Nếu $R_L = 4\Omega$, thì $R'_L = n^2 \cdot R_L = 4^2 \cdot 4 = 64\Omega$, tọa độ điểm B trên trục hoành bây giờ là $12V + 100 \cdot 10^{-3} \cdot 64 = 18,4V$. Từ đồ thị (hình 4-6) ứng với $I_{Bm} = \pm 4mA$ so với I_{B0} ta xác định được

$$U_{ra\max} = U_{CE\max} = 18V$$

$$U_{ra\min} = U_{CE\min} = U_{dư} = 3V$$

$$I_{c\min} = 2mA$$

$$C_{c\max} = 180mA$$

Biên độ điện áp ra không méo

$$U_{CEm} = \frac{U_{CE\max} - U_{CE\min}}{2} = \frac{18-3}{2} = 7,5V$$

- Điện áp hiệu dụng bên sơ cấp biến áp

$$U_{rms} = \frac{U_{CEm}}{\sqrt{2}} = \frac{7,5}{\sqrt{2}} = 5,32V$$

- Điện áp hiệu dụng bên thứ cấp biến áp

$$U_i = U_{rms} \cdot \frac{1}{4} = \frac{5,32}{4} = 1,33V$$

- Công suất ra

$$P_{ra} = \frac{U_i^2}{R_i} = \frac{(1,33)^2}{4} = 0,442W$$

Công suất tiêu thụ

$$P_o = I_{co} \cdot E = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 1,2W$$

$$b) \text{ Hiệu suất } \eta = \frac{P_{ra}}{P_o} \cdot 100\% = \frac{0,442}{1,2} \cdot 100\% = 36,83\%$$

c) Công suất tiêu tán

$$P_c = P_o - P_{ra} = 1,2 - 0,442 = 0,758 W$$

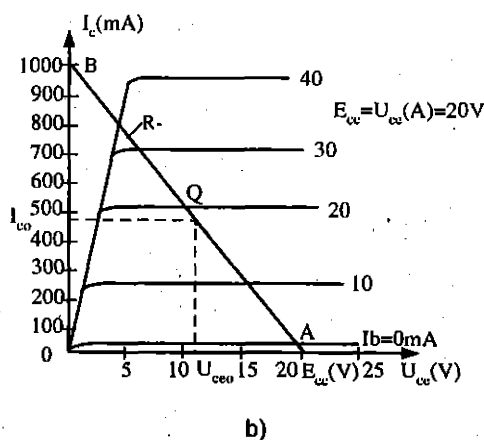
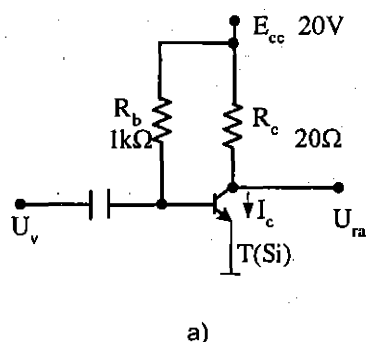
Kết luận: Khi điện trở tải giảm công suất ra tăng lên.

157) Bài tập 4-7. Cho tầng khuếch đại công suất (KĐCS) mắc đơn làm việc ở chế độ A như hình 4-7.

Hãy xác định công suất ra (P_{ra}) hiệu suất của tầng (η) với biên độ dòng

$$\text{bazơ } I_{Bm} = 10mA; \beta = 25; I_C(B) = \frac{E_{CC}}{R_C} = \frac{20}{20} = 1000mA$$

$$E_{CC} = U_{CE(A)} = 20V; \quad U_{BE} = 0,7 V$$



Hình 4-7

Bài giải

Toạ độ điểm Q được xác định theo phương trình đường tải một chiều (R_-)

$$I_{b0} = \frac{E_{cc} - 0,7V}{R_b} = \frac{20 - 0,7}{1 \cdot 10^3} = 19,3 \text{ mA}$$

$$I_{c0} = \beta \cdot I_{b0} = 25 \cdot 19,3 \text{ mA} = 0,48 \text{ A}$$

$$U_{c0} = E_{cc} - I_{c0} R_c = 20 - 0,48 \cdot 20 = 10,4 \text{ V}$$

- Toạ độ hai điểm A và B trên trục hoành và trục tung tương ứng sẽ là: 20V và 1000mA.

- Biên độ dòng ra (dòng collector) sẽ là:

$$I_{cm} = I_{bm} \cdot \beta = 10 \text{ mA} \cdot 25 = 250 \text{ mA}$$

$$P_m = \frac{I_{cm}^2}{2} R_c = \frac{(250 \cdot 10^{-3})^2}{2} \cdot 20 = 0,625 \text{ W}$$

$$P_0 = E_{cc} \cdot I_{c0} = 20 \cdot 0,48 = 9,6 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_0} 100\% = \frac{0,625}{9,6} 100 = 6,5\%$$

158 Bài tập 4-8. Cho tầng khuếch đại công suất ghép biến áp như hình 4-8.

Hiệu suất của tầng là:

$$\eta = \frac{P_{ra}}{P_0} 100\% = \frac{12,5}{23,9} 100\% = 52,3\%$$

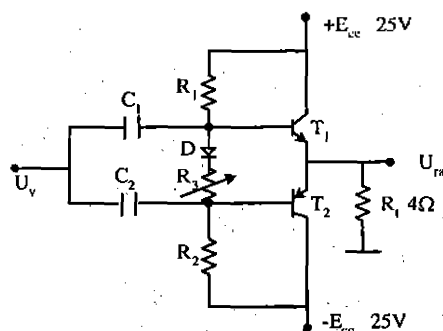
161) Bài tập 4-11. Cho bộ KĐCS dùng transistor làm việc ở chế độ B mắc dây

kéo như hình 4-9 (giả thiết transistor lý tưởng). Hãy xác định công suất tiêu tán P_c trên mỗi transistor, P_{ra} , P_0 và η . Với U_v hiệu dụng (rms) là $12V = U_{vms}$.

Bài giải

Biên độ điện áp vào là:

$$U_{vm} = \sqrt{2} \cdot U_{vms} = \sqrt{2} \cdot 12V = 17V$$



Hình 4-9

Với tầng KĐCS lý tưởng ta coi U_{ram} đúng bằng U_{vm} (không có tổn hao trên tiếp giáp bazơ-emitor).

$$U_{ram} = U_{vm}$$

Công suất ra sẽ là:

$$P_{ra} = \frac{U_{ram}^2}{2R_L} = \frac{17^2}{2 \cdot 4} = 36,125W$$

Biên độ dòng tải là:

$$I_{ram} = I_{im} = \frac{U_{ram}}{R_L} = \frac{17}{4} = 4,25A$$

Dòng trung bình được tính

$$I_{tb} = \frac{2}{\pi} \cdot I_{ram} = \frac{2 \cdot 4,25}{\pi} = 2,71A$$

Công suất tiêu thụ từ nguồn cung cấp là:

$$P_{tb} = E_{cc} \cdot I_{tb} = 25 \cdot 2,71 = 67,75W$$

Công suất tiêu tán trên mỗi transistor là

$$P_c = \frac{P_{tb} - P_{ra}}{2} = \frac{67,75 - 36,125}{2} = 15,8W$$

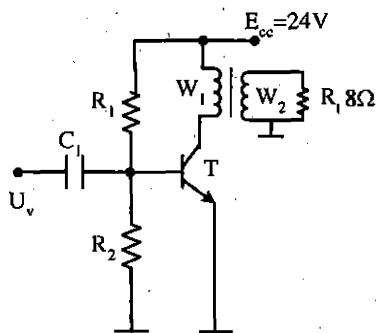
Hiệu suất η là:

$$\eta = \frac{P_m}{P_{ib}} 100\% = \frac{36,125}{67,75} 100\% = 53,3\%$$

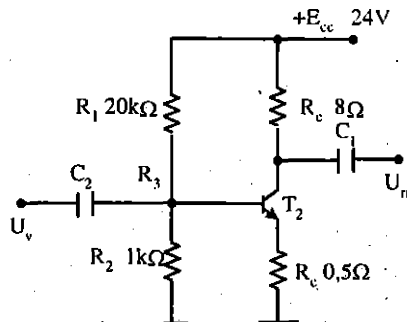
- 162) Bài tập 4-12.** Cho tầng KĐCS làm việc ở chế độ A như hình 4-10. Hãy xác định dòng tĩnh I_{co} và công suất tiêu thụ từ nguồn cung cấp P_0 .

Bài giải

$$I_{co} = \frac{E_{cc}}{R_+ + R_-} = \frac{E_{cc}}{R_c + R_c + R_e}$$



Hình 4-11



Hình 4-10

$$= \frac{E_{cc}}{2R_c + R_e} = \frac{24}{2 \cdot 8 + 0,5} = 1,454 A$$

(ở đây $R_+ = R_c$; $R_- = R_c + R_e$)

$$P_0 = E_{cc} \cdot I_{co} = 24 \cdot 1,454 = 34,896 W$$

- 163) Bài tập 4-13.** Cho tầng KĐCS như hình 4-11. Hãy xác định hệ số biến áp n với $P_m = 9 W$?

Bài giải

$$P_m = \frac{U_{im}^2}{2R_t} = 9W, \text{ từ đó ta xác định được biên độ điện áp ra trên tải } U_{im}$$

$$U_{im} = \sqrt{P_m \cdot 2R_t} = \sqrt{9 \cdot 2 \cdot 8} = 12V$$

Với giả thiết $r_t = 0\Omega$ (biến áp có cuộn sơ cấp lý tưởng) nên biên độ điện áp ra phản ánh về sơ cấp U'_{im} đúng bằng U_{ceo} và bằng E_{cc} .

$$U'_{im} = U_{ceo} = E_{cc} = 24V$$

$$\text{Vậy } n = \frac{U'_{im}}{U_{im}} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{24}{12} = 2$$

- 164) **Bài tập 4-14.** Cho tầng KĐCS làm việc ở chế độ A như hình 4-11 (xem bài tập 4-13). Hãy xác định công suất tiêu tán trên collector của transistor T.

Bài giải

$$I_{co} = \frac{E_{cc}}{R_{cc} + R_{cc}} = \frac{E_{cc}}{R'_{cc} + 0} = \frac{E_{cc}}{n^2 \cdot R_t} = \frac{24}{2^2 \cdot 8} = 0,75A$$

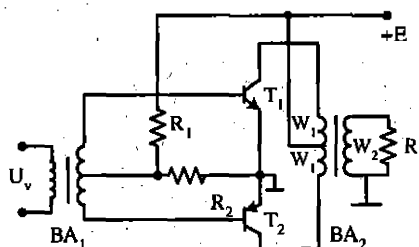
$$P_0 = E_{cc} \cdot I_{co} = 24 \cdot 0,75 = 18W$$

$$\text{Vậy } P_c = P_0 - P_m = 18 - 9 = 9W$$

- 165) **Bài tập 4-15.** Cho mạch khuếch đại công suất như hình 4-12. Biết hai transistor là lý tưởng $U_{be} = 0$, $I_{cm} = 0$, $E = 20V$. Biến áp ra là lý tưởng, hệ số biến áp $n = 2$.

$$R_1 = 8\Omega; R_2 = 100\Omega.$$

- a) Xác định trị số điện trở R_1 để tầng làm việc ở chế độ AB với $|U_{BEO}| = 0,4V$.



Hình 4-12

- b) Tính dòng điện cực đại qua transistor.
c) Tính hiệu suất của tầng.
d) Công suất tiêu tán trên collector.

Bài giải

- a) Điện áp U_{BEO} được xác định theo biểu thức:

$$U_{BEO} = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 0,4$$

$$\text{Suy ra } R_1 = \frac{E \cdot R_2}{U_{BEO}} - R_2 = \frac{20 \cdot 100}{0,4} - 100 = 4,9k\Omega$$

Biến áp lý tưởng nên $U_{BEO} = E = 20V$ và dòng tĩnh $I_{co} = 0mA$

- b) Dòng collector cực đại

$$I_{cm} = \frac{E}{R'_t} = \frac{E}{n^2 \cdot R_t} = \frac{20}{2^2 \cdot 8} = 1,25A$$

- Công suất ra cực đại

$$P_{ra\max} = \frac{U_{CEm} \cdot I_{cm\max}}{2} = \frac{20 \cdot 1,25}{2} = 12,5 \text{ W}$$

- Công suất tiêu thụ từ nguồn

$$P_0 = E \cdot I_{th} = E \cdot \frac{2}{\pi} \cdot I_{cm\max} = 20 \cdot \frac{2}{3,14} \cdot 1,25 = 15,92 \text{ W}$$

c) Hiệu suất cực đại của tầng:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{ra}}{P_0} \cdot 100\% = \frac{12,5}{15,92} \cdot 100\% = 78,5\%$$

d) Công suất tiêu tán:

$$P_c = P_0 - P_{ra} = 15,92 - 12,5 = 3,42 \text{ W}$$

166 Bài tập 4-16. Để lặp lại bài 4-15. Nếu giả thiết tầng làm việc ở chế độ A với thiên áp $U_{BEO} = 1,2 \text{ V}$. Hãy xác định điện trở R_1 .

Bài giải

Ở chế độ A cả hai transistor T_1 và T_2 làm việc đồng thời, thiên áp đặt vào T_1 và T_2 là $1,2 \text{ V}$

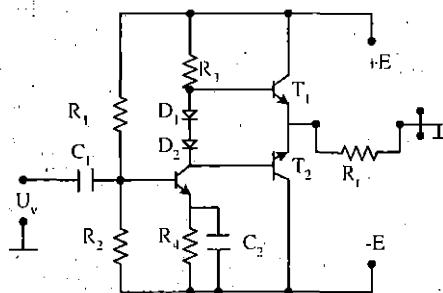
$$U_{BEO} = 1,2 \text{ V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$\text{Suy ra } R_1 = \frac{E \cdot R_2}{U_{BEO}} - R_2 = \frac{20 \cdot 100}{1,2} - 100 = 1,566 \text{ k}\Omega$$

167 Bài tập 4-17. Cho tầng khuếch đại công suất như hình 4-13. Hai transistor T_1 và T_2 có $U_{be} = 0,5 \text{ V}$; $I_{co} = 1 \text{ mA}$. Tầng làm việc ở chế độ AB. Công suất ra $P_{ra} = 25 \text{ W}$; điện trở tải $R_L = 8 \Omega$.

a) Xác định dòng điện cực đại qua transistor.

b) Điện áp nguồn cần thiết.



Hình 4-13

Bài giải

a) Từ biểu thức $P_{ra} = \frac{I_{cm}^2}{2} R_l$ (trong đó I_{cm} là biên độ dòng điện ra một nhánh)

$$\text{Suy ra } I_{cm} = I_{cm} \sqrt{\frac{2P_{ra}}{R_l}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,25}{8}} = 2,5 \text{ A}$$

b) Từ biểu thức $P_{ra} = \frac{U_{cm}^2}{2R_l}$ (U_{cm} là biên độ điện áp ra cực đại)

$$\text{Điện áp } U_{CE} = U_{cm} + U_{dr} = \sqrt{P_{ra} \cdot 2R_l} + U_{dr} = \sqrt{2,25 \cdot 8} + 0,5 = 20,5 \text{ V}$$

$$\text{Điện áp nguồn } E = 2(\sqrt{P_{ra} \cdot 2R_l} + U_{dr}) = 2(\sqrt{2,25 \cdot 8} + 0,5) = 41 \text{ V}$$

$$E \pm 20,5 \text{ V.}$$

168 Bài tập 4-18. Cho mạch khuếch đại công suất như hình 4-14. Biết $R_l = 8\Omega$;

$P_{in} = 5 \text{ W}$. Hệ số khuếch đại T_1 và T_2 $\beta_{1min} = \beta_{2min} = 50$

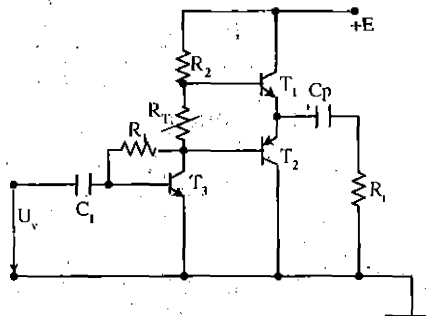
$U_{dr} = 0,5 \text{ V}$; Tầng làm việc ở chế độ B₁ có $|U_{BE01}| = |U_{BE02}| = 0,2 \text{ V}$

a) Tính dòng cực đại qua transistor.

b) Điện áp U_{CEO} .

c) Điện áp nguồn cung cấp.

d) Công suất ra cực đại.



Hình 4-14

Bài giải

a) Từ biểu thức $P_{ra} = \frac{I_{cm}^2}{2} R_l$

$$\text{Suy ra dòng cực đại } I_{cm} = \sqrt{\frac{2P_{ra}}{R_l}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5}{8}} = 1,118 \text{ A}$$

b) Điện áp $U_{CEO} = \sqrt{2P_{ra} R_l} + U_{dr} = \sqrt{2 \cdot 2,5 \cdot 8} + 0,5 = 9,44 \text{ V}$

c) Điện áp nguồn cung cấp

$$E = 2(\sqrt{2P_{ra} R_l} + U_{dr}) = 2(\sqrt{2 \cdot 2,5 \cdot 8} + 0,5) = 18,88 \text{ V}$$

d) Công suất ra cực đại $P_{r\max} = \frac{U_{ce\max}^2}{2 \cdot R_1} = \frac{(\sqrt{2P_m \cdot R_1})^2}{2 \cdot 8} = 5W$

- 169) Bài tập 4-19.** Để lập lại bài 4-18. Nếu biết dòng colectơ của transistor T_3
 $I_{CO3} = 1,5I_{BO1} = 1,5I_{BO2}$ (I_{BO1} , I_{BO2} dòng tĩnh bazơ của transistor T_1 và T_2)
 a) Hãy xác định điện trở R_2 và điện trở nhiệt R_T .
 b) Xác định công suất tiêu thụ.
 c) Xác định hiệu suất của tầng.

Bài giải

- Dòng tĩnh qua transistor T_3

$$I_{CO3} = 1,5I_{B1} = 1,5 \frac{I_{cm\max}}{\beta_{\min}} = 1,5 \frac{1,118}{50} = 33,5mA$$

a) Điện trở R_2 được xác định

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{CO3}} = \frac{\frac{1}{2}E}{I_{CO3}} = \frac{E}{2I_{CO3}} = \frac{18,88}{2 \cdot 33,5 \cdot 10^{-3}} = 281,8\Omega$$

- Điện trở nhiệt R_T

$$R_T = \frac{2|U_{BE0}|}{I_{CO3}} = \frac{2 \cdot 0,2}{33,5 \cdot 10^{-3}} = 11,9\Omega \approx 12\Omega$$

b) Công suất tiêu thụ từ nguồn

$$P_0 = \frac{2}{\pi} I_{ra\max} \cdot U_{CEO} = \frac{2}{3,14} \cdot 1,18 \cdot 9,44 = 7,095W$$

c) Hiệu suất cực đại của tầng

$$\eta_{\max} = \frac{P_{ra}}{P_0} = \frac{4,99}{7,095} \cdot 100\% = 70,33\%$$

- 170) Bài tập 4-20.** Để bài lập lại bài 4-18. Nếu thay R_T bằng hai diốt giống nhau mắc nối tiếp thuận chiều. Giả sử dòng qua T_3 bằng $1,2 I_{BO1}$, I_{BO2} . Hãy chọn hai diốt; dòng qua T_3 , điện trở R_2 .

Bài giải

a) Xác định dòng qua T_3

$$I_{CO3} = 1,2 I_{BO1} = 1,2 \frac{I_{CO1}}{\beta_1} = 1,2 \frac{1,118}{50} = 26,8 \text{mA}$$

b) Điện trở R_2 .

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{CO3}} = \frac{E}{I_{CO3}} = \frac{9,44}{26,8 \cdot 10^{-3}} = 352,2 \Omega$$

c) Điện trở thuận của hai diốt

$$R_{D1} + R_{D2} = \frac{|U_{BEO1}| + |U_{BEO2}|}{I_{CO3}} = \frac{0,4}{26,8 \cdot 10^{-3}} = 14,92 \Omega$$

Chọn hai diốt hoàn toàn giống nhau có điện trở thuận

$$R_{D1} = R_{D2} = \frac{14,92}{2} = 7,46 \Omega.$$

171 Bài tập 4-21. Cho mạch khuếch đại công suất như hình 4-13. Biết

$$E = \pm 25 \text{V}$$

$$R_t = 4 \Omega$$

Giả sử điện áp vào có giá trị hiệu dụng là 10V.

- a) Tính công suất ra tải.
- b) Tính công suất tiêu thụ từ nguồn.
- c) Tính hiệu suất của tầng.
- d) Tính công suất tiêu tán trên mỗi transistor.

Bài giải

a) Giá trị biên độ của điện áp vào

$$U_{v(p)} = \sqrt{2} U_{v(rms)} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{V}$$

T_1 và T_2 mắc theo sơ đồ tải emitter nên điện áp ra coi như bằng điện áp vào

$$U_{l(p)} = 14,1 \text{V}$$

Công suất ra tải

$$P_n = \frac{U_{i(p)}^2}{2R_l} = \frac{(14,1)^2}{2,4} = 24,85 \text{ W}$$

Biên độ dòng điện tải

$$I_{i(p)} = \frac{U_{i(p)}}{R_l} = \frac{14,1}{4} = 3,525 \text{ A}$$

b) Xác định công suất tiêu thụ từ nguồn

- Dòng trung bình I_{ib} trong cả chu kỳ

$$I_{ib} = \frac{2}{\pi} I_{i(p)} = \frac{2}{3,14} \cdot 3,525 = 2,245 \text{ A}$$

Công suất tiêu thụ

$$P_o = I_{ib} \cdot E = 2,245 \cdot 25 = 56,125 \text{ W}$$

c) Hiệu suất của tầng

$$\eta = \frac{P_n}{P_o} 100\% = \frac{24,85}{56,25} 100\% = 44,17\%$$

d) Công suất tiêu tán trên colectơ của mỗi transistor

$$P_c = \frac{P_o - P_n}{2} = \frac{56,125 - 24,85}{2} = 15,6 \text{ W}$$

- 172 Bài tập 4-22. Một tầng khuếch đại khi chưa có hồi tiếp âm có hệ số khuếch đại điện áp $k_{(dB)} = 40 \text{ dB}$, và điện áp vào $U_v = 100 \text{ mV}$. Để tăng độ ổn định và giảm méo, đưa vào mạch hồi tiếp âm điện áp có hệ số hồi tiếp $k_{ht} = \frac{1}{200}$.

a) Tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp.

b) Điện áp ra khi chưa có hồi tiếp và khi có hồi tiếp.

c) Điện áp hồi tiếp.

Bài giải

a) Hệ số khuếch đại khi chưa có hồi tiếp $k_{dB} = 40 \text{ dB}$. Suy ra $K = 100$

- Hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm:

$$K' = \frac{K}{1 + K.K_{ht}} = \frac{100}{1 + 100 \cdot \frac{1}{200}} = 66,6$$

b) Điện áp ra khi chưa có hồi tiếp

$$U_{ra} = K.U_v = 66,6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 6,66V$$

c) Điện áp hồi tiếp

$$U_{ht} = K_{ht} \cdot U_{ra} = \frac{1}{200} \cdot 10 = 0,05V = 50mV$$

173) Bài tập 4-23. Một tầng khuếch đại công suất sau khi lắp ráp đo được méo phi tuyến là 6%.

Để giảm méo phi tuyến xuống còn 1% người ta mắc vào một mạch hồi tiếp âm.

a) Hãy tính độ sâu hồi tiếp.

b) Tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp. Nếu giả thiết khi chưa có hồi tiếp $U_v = 0,5V$ thì $U_{ra} = 10V$.

Bài giải

a) Tính độ sâu hồi tiếp g

Từ biểu thức $\gamma' = \frac{\gamma}{1 + K.K_{ht}}$, trong đó γ : méo phi tuyến khi chưa có hồi tiếp

γ' : méo phi tuyến sau khi có hồi tiếp âm.

$$\text{Suy ra độ sâu hồi tiếp } g = 1 + K.K_{ht} = \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{6}{1} = 6$$

$$K.K_{ht} = 6 - 1 = 5$$

$$K_{ht} = \frac{5}{K}$$

$$\text{Đã biết } K = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ lần}$$

$$K_{ht} = \frac{5}{20} = 0,25$$

b) Hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp

$$K' = \frac{K}{1 + K.K_{ht}} = \frac{20}{6} = 3,33$$

174 Bài tập 4-24. Cho mạch khuếch đại dùng J-FET có hồi tiếp như hình 4-15.

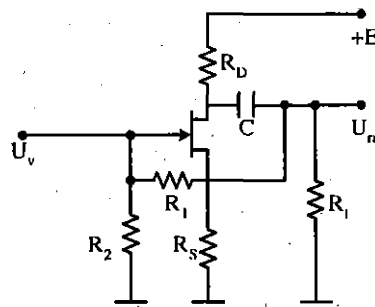
Biết: $R_1 = 120k\Omega$

$R_2 = 30k\Omega$

$R_3 = 20k\Omega$

$R_D = 20k\Omega$

Hỗ dẫn của FET $g_m = 5 \frac{mA}{V}$



Hình 4-15

- Tính hệ số khuếch đại khi chưa có hồi tiếp âm.
- Tính độ sâu hồi tiếp g và K_{ht} .
- Tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp K' .

Bài giải

Đây là mạch hồi tiếp âm, khi chưa tính đến hồi tiếp (hở R_1 và R_2)

a) Hệ số khuếch đại

$K = g_m.R_{-}$ trong đó R_{-} là tải xoay chiều

$$R_{-} = \frac{R_1.R_D}{R_1 + R_D} = \frac{20.20}{20 + 20} = 10k\Omega$$

$$K = 5.10^{-3}.10^4 = 50$$

b) Hệ số hồi tiếp K_{ht}

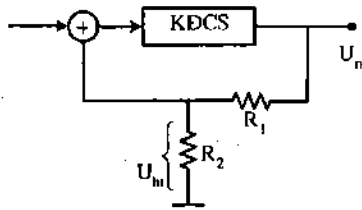
$$K_{ht} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30}{120 + 30} = \frac{1}{5}$$

Độ sâu hồi tiếp $g = 1 + K.K_{ht} = 1 + 50 \frac{1}{5} = 11$

c) Hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm

$$K' = \frac{K}{1 + K.K_{ht}} = \frac{50}{11} = 4,545$$

- 175) Bài tập 4-25.** Để giảm méo phi tuyến cho tầng khuếch đại công suất từ 5% xuống còn 1% người ta đưa vào mạch hồi tiếp âm qua phân áp R_1 , R_2 . Biết khi chưa có hồi tiếp $K = 20\text{dB}$. Hãy xác định trị số R_1 và R_2 .



Hình 4-16

Bài giải

- $K(\text{dB}) = 20\text{dB}$. Suy ra $K = 10$

a) Xác định hệ số hồi tiếp K_{ht}

$$\text{Biết } \gamma' = \frac{\gamma}{1 + K \cdot K_{ht}} \rightarrow 1 + K \cdot K_{ht} = \frac{\gamma}{\gamma'}$$

$$K_{ht} = \frac{1}{K} \left(\frac{\gamma}{\gamma'} - 1 \right) = \frac{1}{10} \left(\frac{5}{1} - 1 \right) = \frac{4}{10}$$

b) Điện trở phân áp hồi tiếp

$$K_{ht} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4}{10}$$

giải ra: $R_1 = 1,5R_2$

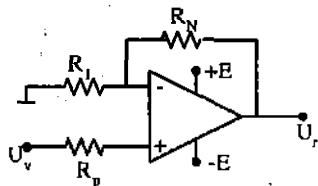
Nếu chọn $R_2 = 20\text{k}\Omega$ thì $R_1 = 30\text{k}\Omega$.

- 176) Bài tập 4-26.** Mạch khuếch đại thuật toán không đảo như hình 4-17.

Biết hệ số khuếch đại của bản thân bộ KĐTT $K_0 = 10^4$; $R_N = 1\text{M}\Omega$; $R_1 = 20\text{k}\Omega$

a) Tính hệ số hồi tiếp K_{ht} .

b) Tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp.



Hình 4-17

Bài giải

a) Hệ số hồi tiếp

$$K_{ht} = \frac{R_1}{R_N} = \frac{20 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^6} = \frac{1}{50} = 0,02$$

b) Hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm K'

$$K' = \frac{K_0}{1 + K_0 \cdot K_{ht}} = \frac{10^4}{1 + 10^4 \cdot 0,02} = 49,75$$

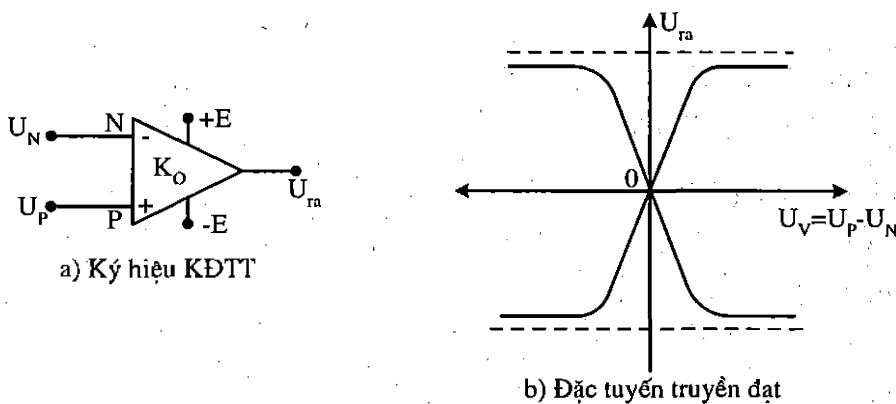
Chương 5

BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

5.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Bộ khuếch đại thuật toán (KĐTT) là bộ khuếch đại một chiều, có hai đầu vào một đầu ra, hệ số khuếch đại rất lớn, điện áp ra tỷ lệ với hiệu điện áp vào, điện trở vào rất lớn và điện trở ra rất nhỏ.

Hiện nay hầu như chỉ sử dụng bộ KĐTT dưới dạng IC. Hình 5-1a là ký hiệu bộ KĐTT.



Hình 5-1

Theo định nghĩa $U_{ra} = K_0(U_p - U_n) = K_0U_d$

trong đó: $U_d = U_p - U_n$ là sai lệch điện áp đầu vào;

K_0 là hệ số khuếch đại của bản thân bộ KĐTT.

Nếu $U_n = 0$ thì $U_{ra} = K_0 U_p$ điện áp ra đồng pha với điện áp vào và cửa P được gọi là cửa vào thuận, ký hiệu +.

Nếu $U_p = 0$ thì $U_{ra} = -K_0 U_n$, điện áp ra luôn ngược với điện áp vào và cửa N được gọi là cửa đảo và ký hiệu là (-).

Các tham số cơ bản của ICKĐTT

Tham số	Lý tưởng	Thực
- Trở kháng vào Z_v	∞	Trăm k Ω
- Trở kháng ra Z_{ra}	0	Trăm Ω
- Hệ số khuếch đại K_0	∞	10^4 - 10^5
- Dòng điện vào I_p, I_N	0	Trăm nA

** Hệ số nén đồng pha*

Nếu $U_N = U_p = U_{cm} \neq 0$ (U_{cm} gọi là điện áp đồng pha), theo lý thuyết $U_{ra} = 0$, nhưng trong thực tế U_{ra} khác không.

$U_m = K_c \cdot U_{cm} - K_c$ gọi là hệ số khuếch đại đồng pha.

Hệ số nén đồng pha (CMRR) là tỷ số giữa hệ số khuếch đại của IC TT lý tưởng K_0 và hệ số khuếch đại đồng pha K_c .

$$CMRR = \frac{K_0}{K_c}; CMRR(dB) = 20 \lg \frac{K_0}{K_c}, dB.$$

CMRR vào khoảng (70 ÷ 100) dB.

** Đặc tuyến truyền đạt* (hình 5-1b) là quan hệ giữa U_m và $U_v = U_p - U_N$. U_m và U_v chỉ tuyến tính trong một khoảng hẹp, ngoài phạm vi đó điện áp ra không thay đổi và gọi là điện áp bão hoà. Khi chưa có mạch hồi tiếp âm bên ngoài, IC TT làm việc ở chế độ bão hoà $U_m \approx \pm E$.

** Lềch không và bù lềch không*

Nếu thông số tĩnh hai cửa vào P và N không hoàn toàn cân bằng $I_p \neq I_N$ và $Z_p \neq Z_N$ thì khi $U_N = U_p = 0$ vẫn tồn tại điện áp một chiều U_0 nào đó $U_0 = I_p Z_p - I_N Z_N$.

Điện áp này được khuếch đại và ở đầu ra tồn tại điện áp $U_{ro} \neq 0$ gọi là điện áp lềch không, bởi vậy phải có biện pháp để U_m luôn bằng 0 khi $U_v = 0$ gọi là mạch bù lềch không.

Về nguyên lý, mạch bù lềch không được thực hiện bằng cách bù vào đầu vào một điện áp một chiều có trị số đúng bằng U_0 và có cực tính ngược với U_0 . Mạch này có thể thực hiện bằng cách đưa điện áp vào cửa P hay N hoặc IC có sẵn các chân để mắc mạch bù lềch không.

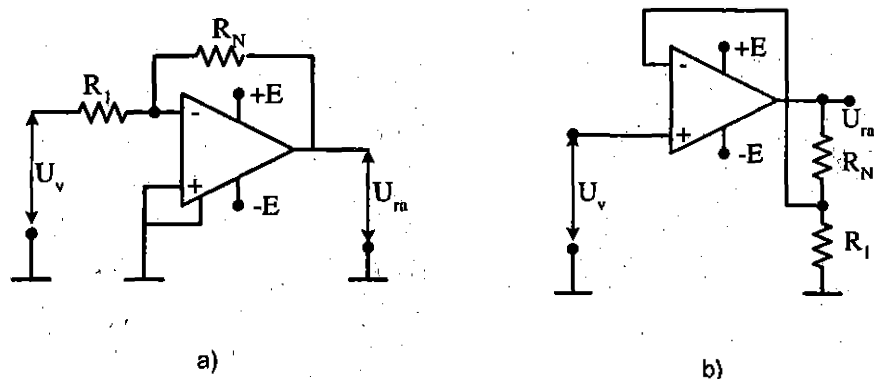
** Mạch khuếch đại đảo*

Điện áp cân khuếch đại được đưa đến cửa đảo N, còn R_N và R_1 là hai điện trở hồi tiếp mạch ngoài (hình 5-2).

Đối với IC TT lý tưởng, hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp được xác định

$$K' = \frac{R_N}{R_1} \text{ và điện áp ra } U_m = - \frac{R_N}{R_1} \cdot U_v$$

Dấu (-) ở đây có nghĩa là điện áp ra và vào luôn ngược pha.



Hình 5-2. Các sơ đồ khuếch đại thuật toán cơ bản

*** Bộ khuếch đại không đảo**

Điện áp cân khuếch đại được đưa vào cửa thuận P (hình 5-2b).

Hệ số khuếch đại điện áp được xác định theo biểu thức:

$$U_m = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) U_p$$

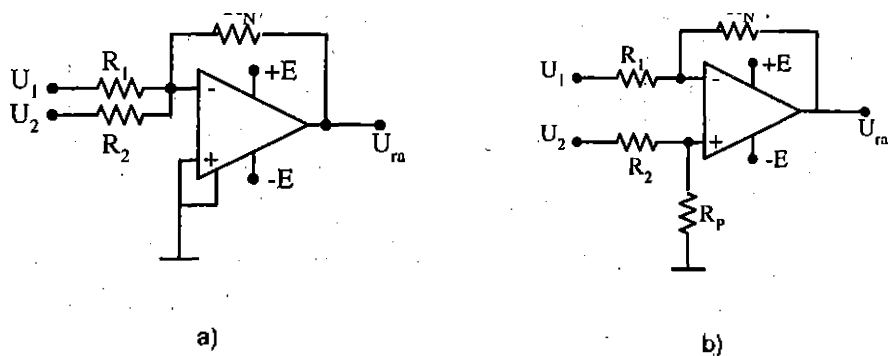
Nếu giữa U_v và điện áp cửa P có mạch phân áp điện trở thì U_p xác định theo U_v qua mạch phân áp đó.

*** Mạch cộng và trừ (hình 5-3)**

Mạch cộng là mạch thực hiện hàm $U_m = A(U_1 + U_2 + \dots + U_n)$.

Trong đó $U_1, U_2, \dots, U_n$ là các điện áp vào.

Tùy theo sơ đồ có thể là mạch cộng đảo hay cộng không đảo.



Hình 5-3. Mạch cộng (a) và trừ (b)

Hình 5-3a là mạch cộng đảo.

Điện áp ra được xác định.

$$U_{ra} = - \left(\frac{R_N}{R_1} U_1 + \frac{R_N}{R_2} U_2 \right).$$

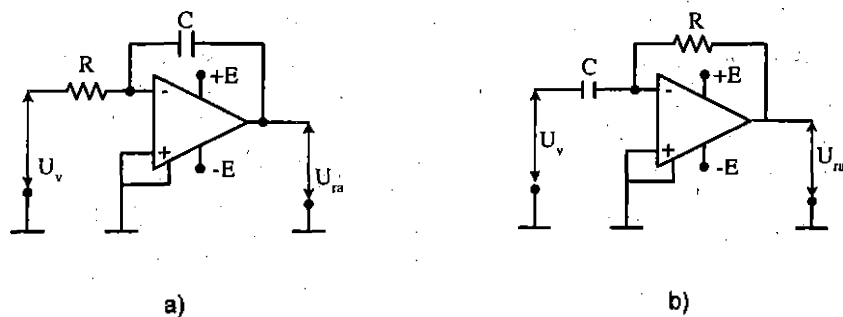
Mạch trừ (hình 5-3b)

Có thể giải mạch điện theo nhiều phương pháp khác nhau, nhưng thuận tiện hơn cả là sử dụng phương pháp xếp chồng.

$$\begin{aligned} U_{ra} &= \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) U_P - \frac{R_N}{R_1} U_1 \\ &= \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_P}{R_2 + R_P} U_2 - \frac{R_N}{R_1} U_1 \end{aligned}$$

* Mạch vi phân và tích phân (hình 5-4)

Hình 5-4a là mạch vi phân dùng IC TT



Hình 5-4. Mạch vi phân (a) và tích phân (b)

Điện áp ra mạch vi phân (hình 5-4a)

$$U_{ra} = -RC \frac{dU_v}{dt} = -\tau \frac{dU_v}{dt}$$

Hình 5-4b là mạch tích phân dùng IC TT

Điện áp ở đầu ra mạch tích phân (hình 5-4b)

$$U_{ra} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_v(t) dt = -\frac{1}{\tau} \int_0^t U_v dt$$

Trong đó $\tau = RC$ gọi là hằng số thời gian.

5.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

177) Bài tập 5-1. Cho mạch KĐTT như hình 5-5

$$R_1 = 10k\Omega$$

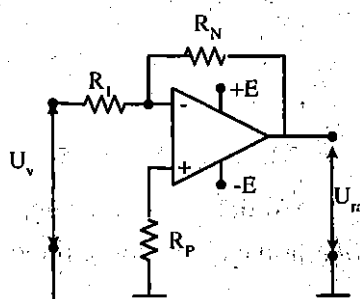
$$R_N = 500k\Omega$$

$$R_P = 10k\Omega$$

$$E = 12V$$

Viết biểu thức U_m .

Tính U_m nếu $U_v = 0,2V$ và cho nhận xét.



Hình 5-5

Bài giải

$$a) U_m = -\frac{R_N}{R_1} \cdot U_v$$

$$b) U_{ra} = -\frac{R_N}{R_1} U_v = -\frac{500}{10} \cdot 0,2 = -10V.$$

Điện áp ra $-10V$ lớn hơn $E = -12V$ nên tín hiệu ra nằm trong vùng tuyến tính, không bị méo.

178) Bài tập 5-2. Hãy tính toán và thiết kế mạch khuếch đại thuật toán với các yêu cầu sau:

a) Điện áp ra ngược pha với điện áp vào.

b) Nếu $U_v = 0,5V$ thì $U_{ra} = 15V$.

Điện trở vào $R_v = 20k\Omega$.

Bài giải

Vì điện áp ra ngược pha với điện áp vào nên đây là mạch khuếch đại đảo, sơ đồ mạch điện như hình 5-4.

Hệ số khuếch đại:

$$K = - \frac{U_n}{U_v} = \frac{-15}{0,5} = -30.$$

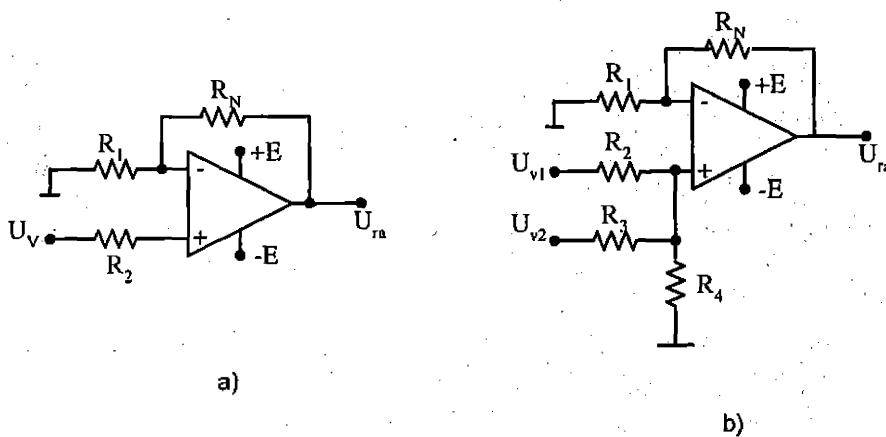
Mặt khác

$$K = - \frac{R_N}{R_1} = 30 \text{ suy ra } R_N = 30R_1$$

Vì R_1 chính là điện trở vào $R_1 = R_v = 20k\Omega$

Suy ra $R_N = 20k\Omega \cdot 30 = 600k\Omega$.

179) Bài tập 5-3. Cho mạch KĐTT như hình 5-6a



Hình 5-6

Biết $R_1 = 20k\Omega$

$R_N = 780k\Omega$

$R_2 = 20k\Omega$

$E = 15V$

a) Viết biểu thức xác định U_{ra} .

b) Tính U_{ra} nếu biết $U_v = 0,30V$.

Bài giải

a) Vì điện trở vào của p rất lớn nên có thể coi như không có dòng qua

$$R_2 \text{ nên điện áp } U_v = U_p, U_m = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) U_p = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) U_v$$

b) Tính U_m : $U_m = \left(1 + \frac{780}{20}\right) \cdot 0,3 = 12V$

$$U_m = 12V < E = 15V, \text{ tín hiệu không bị méo.}$$

180) Bài tập 5-4. Cho mạch điện như hình 5-6b

Biết

$$R_N = 500k\Omega$$

$$R_1 = 20k\Omega$$

$$R_2 = 20k\Omega$$

$$R_3 = 10k\Omega$$

$$R_4 = 30k\Omega$$

$$U_{v_1} = 400mV$$

$$U_{v_2} = 500mV$$

a) Xác định biểu thức U_m .

b) Tính trị số của U_m .

Bài giải

a) Có thể giải mạch điện trên theo các phương pháp khác nhau, nhưng tiện hơn cả là dùng phương pháp xếp chồng.

- Nếu chỉ tác động $U_{v_1} \rightarrow U_{m_1} = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \cdot \frac{R_3 // R_4}{R_2 + (R_3 // R_4)} \cdot U_{v_1}$

- Nếu chỉ tác động $U_{v_2} \rightarrow U_{m_2} = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \cdot \frac{R_2 // R_4}{R_3 + (R_2 // R_4)} \cdot U_{v_2}$

$$U_m = U_{m_1} + U_{m_2} = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \cdot \left[\frac{R_3 // R_4}{R_2 + (R_3 // R_4)} U_{v_1} + \frac{R_2 // R_4}{R_3 + (R_2 // R_4)} U_{v_2} \right]$$

$$R_3 // R_4 = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30} = 7,5k\Omega$$

$$R_2/R_4 = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12k\Omega$$

b) Tính trị số U_m :

Thay số vào

$$U_m = \left(1 + \frac{500}{20}\right) \left[\frac{7,5}{20 + 7,5} \cdot 0,4 + \frac{12}{10 + 12} \cdot 0,5 \right] = 9,906V$$

181) Bài tập 5.5. Cho mạch điện như hình 5-7

Đây là mạch gì?

Viết biểu thức tính U_{ra} .

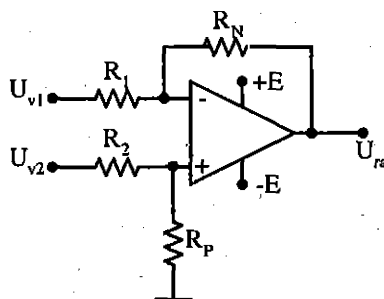
Tính U_{ra} nếu biết:

$$U_1 = 0,15V$$

$$U_2 = 1V$$

$$R_N = 500k\Omega, R_1 = 20k\Omega$$

$$R_2 = 30k\Omega, R_p = 20k\Omega$$



Hình 5-7

Bài giải

a) Đây là mạch trừ, thực hiện thuật toán $U_m = AU_{v2} - BU_{v1}$

Để thiết lập biểu thức U_m , tiện hơn cả là giải theo phương pháp xếp chồng

- Nếu chỉ tác động nguồn tín hiệu U_{v1} , đây là mạch khuếch đại đảo

$$U_{ra1} = - \frac{R_N}{R_1} \cdot U_{v1}$$

Nếu chỉ tác động tín hiệu U_{v2} , đây là mạch khuếch đại thuận

$$U_{ra2} = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_p}{R_2 + R_p} \cdot U_{v2}$$

$$\text{Điện áp ra: } U_{ra} = U_{ra1} + U_{ra2} = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_p}{R_2 + R_p} U_{v2} - \frac{R_N}{R_1} \cdot U_{v1}$$

b) Thay số vào

$$U_m = \left(1 + \frac{500}{20}\right) \cdot \frac{20}{20 + 30} \cdot 1,0 - \frac{500}{20} \cdot 0,15 = 6,65V$$

182) Bài tập 5-6. Thiết kế và tính toán mạch khuếch đại thuật toán thực hiện thuật toán sau:

$$Y = 2a - 4b *$$

Trong đó: Y là điện áp đầu ra;

a và b là hai điện áp vào;

4 và 2 là hệ số.

Bài giải

Để thực hiện thuật toán trên phải dùng mạch trừ. Sơ đồ như hình 5-7.

a) Xác định biểu thức điện áp ra

$$Y = \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_p}{R_2 + R_p} \cdot a - \frac{R_N}{R_1} \cdot b **$$

So sánh biểu thức ** và * suy ra

$$\begin{cases} \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_p}{R_2 + R_p} = 2 \\ \frac{R_N}{R_1} = 4 \end{cases}$$

$$\frac{R_N}{R_1} = 4. \text{ Suy ra } R_N = 4R_1$$

Thay $\frac{R_N}{R_1} = 4$ vào:

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{R_N}{R_1}\right) \frac{R_p}{R_2 + R_p} = 2 &\rightarrow (1 + 4) \frac{R_p}{R_2 + R_p} = 2 \\ \frac{R_p}{R_2 + R_p} = \frac{2}{5} &\text{ suy ra } R_2 = \frac{3}{2} R_p = 1,5 R_p \end{aligned}$$

Như vậy để thực hiện thuật toán trên phải chọn:

$$R_N = 4R_1 \text{ và } R_2 = 1,5 R_p$$

Nếu $R_1 = 20k\Omega$ thì $R_N = 80k\Omega$.

Nếu $R_p = 20k\Omega$ thì $R_2 = 30k\Omega$.

(183) Bài tập 5-7. Cho mạch khuếch đại thuật toán như hình 5-8

a) Viết biểu thức tính hệ số khuếch đại K_v .

b) Tính trị số U_n nếu biết:

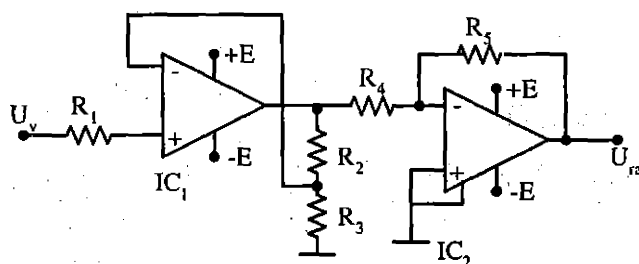
$$R_1 = 10k\Omega, R_2 = 200k\Omega$$

$$R_3 = 20k\Omega, R_4 = 15k\Omega$$

$$R_5 = 150k\Omega, E = \pm 15V$$

$$U_v = 0,15V$$

Cho nhận xét



Hình 5-8

Bài giải

a) Ở đây có thể coi như hai tầng khuếch đại mắc kế tiếp nhau, tầng IC_1 có hệ số khuếch đại là K_1 , tầng IC_2 có hệ số khuếch đại là K_2 .

Hệ số khuếch đại K_u được xác định:

$$K_u = \frac{U_n}{U_v} = K_1 \cdot K_2$$

Trong đó: $K_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

$$K_2 = -\frac{R_5}{R_4} \quad \text{Suy ra: } K_u = K_1 \cdot K_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(-\frac{R_5}{R_4}\right)$$

$$= -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_5}{R_4}$$

b) Tính U_n

$$U_n = K_u \cdot U_v = -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4} \cdot U_v = -\left(1 + \frac{200}{10}\right) \cdot \frac{150}{15} \cdot 0,15 = -16,5V$$

Nhận xét: Vì điện áp nguồn $-E = -15V$ trong khi $U_m = -16,5V$, như vậy điện áp ra bị xén đỉnh, nên bị méo. Để điện áp ra tuyến tính phải giảm U_v hay giảm hệ số khuếch đại K_v .

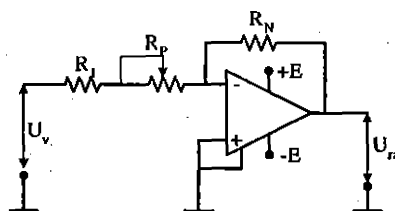
184 Bài tập 5-8. Xác định phạm vi điều chỉnh điện áp ra trong mạch hình 5-9

Biết: $R_1 = 10k\Omega$

$R_N = 250k\Omega$

$R_p = (0 \div 20)k\Omega$

$U_v = 0,2V$



Hình 5-9

Bài giải

- Viết biểu thức điện áp ra

$$U_m = - \frac{R_N}{R_1 + R_p} \cdot U_v$$

- Điện áp ra sẽ cực tiểu khi chiết áp $R_p = 0\Omega$

$$U_m = - \frac{R_N}{R_1} \cdot U_v = - \frac{250}{10} \cdot 0,2 = -5V$$

- Điện áp ra sẽ cực đại khi $R_p = 20k\Omega$

$$U_m = - \frac{R_N}{R_1 + R_p} \cdot U_v = - \frac{250}{10 + 20} \cdot 0,2 = -1,66V$$

Như vậy điện áp ra sẽ biến thiên trong khoảng từ $-5V$ đến $-1,66V$ khi điều chỉnh chiết áp R_p .

185 Bài tập 5-9. Cho mạch KĐTT như hình 5-10.

Biết: $R_1 = 15k\Omega$

$R_2 = 250k\Omega$

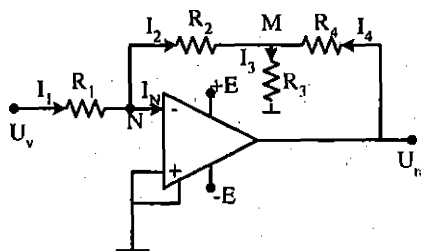
$R_3 = 20k\Omega$

$R_4 = 470k\Omega$

$E = \pm 9V$

$U_v = 25mV$

IC TT là lý tưởng



Hình 5-10

- a) Viết biểu thức hệ số khuếch đại K_u .
 b) Tính trị số U_m và cho nhận xét.

Bài giải

Dòng điện tại nút N

$$I_1 = I_2 + I_N \text{ vì } I_N = 0 \text{ nên } I_1 = I_2$$

$$\text{Trong đó } I_1 = \frac{U_v - U_N}{R_1}; I_2 = \frac{U_N - U_M}{R_2}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{U_v - U_N}{R_1} = \frac{U_N - U_M}{R_2}$$

Vì N là điểm đất ảo, nên $U_N = U_p = 0$

$$\text{và cuối cùng } \frac{U_v}{R_1} = -\frac{U_M}{R_2}. \text{ Suy ra } U_M = -\frac{R_2}{R_1} U_v *$$

Tại nút M: $I_2 + I_4 - I_3 = 0$

$$-\frac{U_M}{R_2} + \frac{U_N - U_M}{R_4} - \frac{U_M}{R_3} = 0$$

$$\frac{U_N}{R_4} = \frac{U_M}{R_2} + \frac{U_M}{R_3} + \frac{U_M}{R_4}$$

Thay giá trị U_M từ * vào và giải ra ta được.

$$U_m = -\frac{R_2}{R_1} R_4 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) U_v$$

Hệ số khuếch đại

$$K = \frac{U_m}{U_v} = -\frac{R_2}{R_1} R_4 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)$$

Tính điện áp ra:

$$U_m = -\frac{250}{15} \cdot 470 \left(\frac{1}{250} + \frac{1}{20} + \frac{1}{470} \right) 25 \cdot 10^{-3} \approx 11V$$

Điện áp ra $U_m = 11V > +E = 9V$. Tín hiệu ra bị xén đỉnh.

186 Bài tập 5-10. Cho mạch cộng đảo như hình 5.11

Biết $R_1 = 20k\Omega$

$R_2 = 25k\Omega$

$R_3 = 30k\Omega$; $R_N = 500k\Omega$

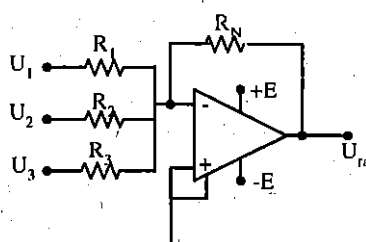
$U_1 = 0,1V$

$U_2 = 0,2V$

$U_3 = 0,3V$

a) Viết biểu thức U_{ra} .

b) Tính U_{ra} .



Hình 5-11

Bài giải

a) Đây là mạch cộng với ba điện áp vào U_1 , U_2 và U_3 . giải mạch theo phương pháp xếp chồng:

$$U_{ra1} = -\frac{R_N}{R_1} \cdot U_1$$

$$U_{ra2} = -\frac{R_N}{R_2} \cdot U_2$$

$$U_{ra3} = -\frac{R_N}{R_3} \cdot U_3$$

$$\begin{aligned} U_{ra} &= U_{ra1} + U_{ra2} + U_{ra3} = -\left[\frac{R_N}{R_1} \cdot U_1 + \frac{R_N}{R_2} \cdot U_2 + \frac{R_N}{R_3} \cdot U_3 \right] \\ &= -\left[\frac{500}{20} U_1 + \frac{500}{25} U_2 + \frac{500}{30} U_3 \right] = -\left[25U_1 + 20U_2 + \frac{500}{30} U_3 \right] \end{aligned}$$

b) Thay số vào

$$U_{ra} = -\left[\frac{500}{20} \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,2 + \frac{500}{30} \cdot 0,3 \right] = -11,5V$$

187 Bài tập 5-11. Cho mạch điện như hình 5-12

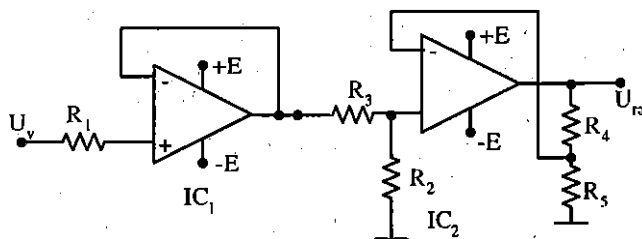
a) Viết biểu thức hệ số khuếch đại K_0 .

b) Xác định trị số U_{ra} nếu biết:

$$U_v = 0,5V$$

$$R_1 = 20k\Omega; R_2 = 20k\Omega; R_3 = 30k\Omega$$

$$R_4 = 250k\Omega; R_5 = 10k\Omega$$



Hình 5-12

Bài giải

a) Hệ số khuếch đại $K_u = K_1 \cdot K_2$

trong đó $K_1 = 1$ đây là mạch lặp điện áp $U_{ra} = U_v$

$$K_2 = 1 + \left(\frac{R_4}{R_5} \right) \text{ và } K_u = \left(1 + \frac{R_4}{R_5} \right)$$

b) Điện áp ra

$$U_{ra} = \left(1 + \frac{R_4}{R_5} \right) \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot U_v = \left(1 + \frac{250}{10} \right) \frac{20}{20 + 30} \cdot 0,5 = 5,2V$$

188 Bài tập 5.12. Cho mạch điện như hình 5-13

Biết $R_N = 500k\Omega$

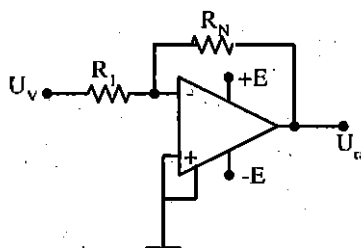
$R_1 = 25k\Omega$

$\pm E = \pm 12V$

Điện áp bão hoà $\pm 10V$

Xác định điện áp vào cực đại mà điện áp ra vẫn trong phạm vi tuyến tính.

Xác định U_m với các giá trị $U_{ra} = 0$;
 $U_v = 0,4V$.



Hình 5-13

Bài giải

Hệ số khuếch đại:

$$K = -\frac{R_N}{R_1} = -\frac{500}{25} = -20.$$

Điện áp vào đỉnh - đỉnh V_{p-p}

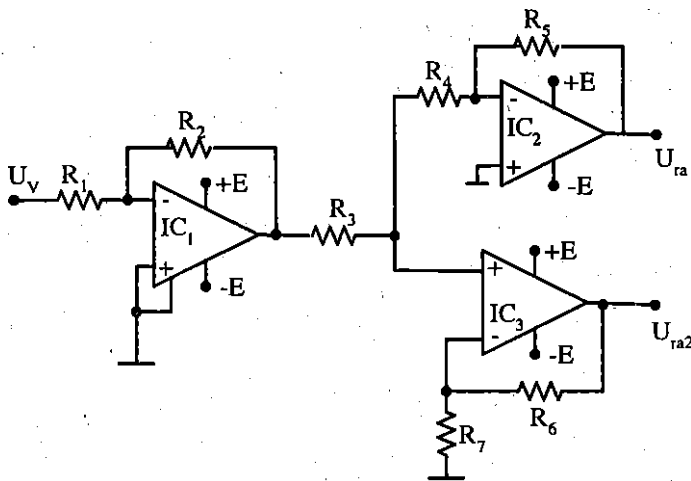
$$|U_{v.p.p.}| = \frac{U_{\text{biến đổi}}}{|K|} = \pm \frac{10}{20} = \pm 0,5V$$

$$U_{ra} = -\frac{R_N}{R_1} U_v = -\frac{500}{25} U_v = -20U_v$$

Tính trị số U_{ra}

U_v	U_m
0V	0V
+0,4V	-8V
-0,4V	+8V

189) Bài tập 5-13. Cho mạch khuếch đại như hình 5-14



Hình 5-14

- Viết biểu thức U_{ra1} và U_{ra2}
- Tính trị số U_{ra1} và U_{ra2} nếu biết:
 $U_v = 0,5V$

$$R_1 = R_2 = 20k\Omega ; R_3 = 30k\Omega ; R_4 = 25k\Omega$$

$$R_5 = 500k\Omega ; R_6 = 500k\Omega ; R_7 = 25k\Omega .$$

Bài giải

a) $U_{m1} = K_1 \cdot K_2 \cdot U_v$; trong đó K_1 là hệ số khuếch đại của IC_1
 K_2 là hệ số khuếch đại của IC_2

$$U_{m1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \left(-\frac{R_3}{R_4} \right) \cdot U_v = +\frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} \cdot U_v$$

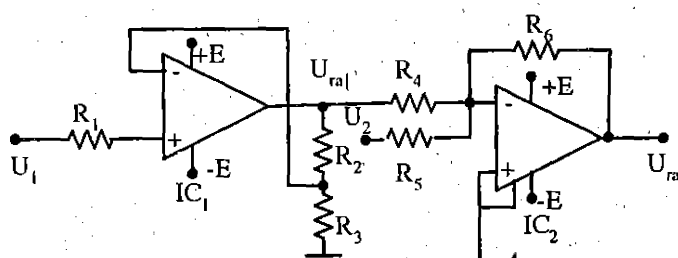
$$U_{m2} = K_1 \cdot K_2 \cdot U_v = -\frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_6}{R_7} \right) \cdot U_v$$

b) Thay số ta có:

$$U_{m1} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_4} \cdot U_v = \frac{20 \cdot 500}{20 \cdot 25} \cdot 0,5 = 10V$$

$$U_{m2} = -\frac{20}{20} \left(1 + \frac{500}{25} \right) \cdot 0,5 = -10,5V$$

190) Bài tập 5-14. Cho mạch khuếch đại thuật toán như hình 5-15.



Hình 5-15

a) Viết biểu thức U_{m2} .

b) Xác định trị số U_{m2} nếu biết:

$$R_1 = 20k\Omega ; R_2 = 500k\Omega , R_3 = 25k\Omega$$

$$R_4 = 20k\Omega ; R_5 = 30k\Omega ; R_6 = 60k\Omega$$

$$U_1 = 0,2 V ; U_2 = 0,3V.$$

Bài giải

a) Đây là bộ khuếch đại có hai tầng IC_1 và IC_2 có hai điện áp vào.

Trước hết xác định điện áp U_{ra1}

$$U_{ra1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_1$$

Đây chính là điện áp đưa vào cửa đảo của IC_2 .

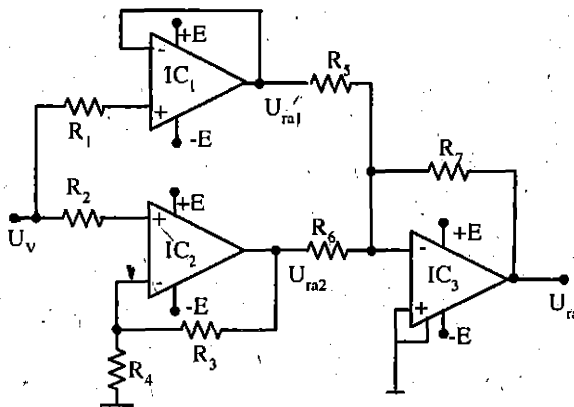
Giải mạch điện IC_2 :

$$\begin{aligned} U_{ra} &= \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_1 \cdot \left(-\frac{R_6}{R_4}\right) - \frac{R_6}{R_5} U_2 \\ &= - \left[\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_1 \cdot \frac{R_6}{R_4} + \frac{R_6}{R_5} U_2 \right] \end{aligned}$$

b) Thay số vào để tính U_{ra}

$$U_{ra} = - \left[\left(1 + \frac{500}{25}\right) \cdot 0,2 \cdot \frac{60}{20} + \frac{60}{30} \cdot 0,3 \right] = -13,2V$$

(191) Bài tập 5-15. Cho mạch điện như hình 5-16.



Hình 5-16

Biết: $R_1 = 20k\Omega$
 $R_2 = 20k\Omega$
 $R_3 = 600k\Omega$

$$R_4 = 30\text{k}\Omega$$

$$R_5 = 30\text{k}\Omega$$

$$R_6 = 50\text{k}\Omega$$

$$R_7 = 150\text{k}\Omega; U_v = 0,1\text{V}$$

a) Hãy viết biểu thức $U_m = f(U_v)$.

b) Tính trị số U_m .

Bài giải

a) Thiết lập biểu thức U_m

- Điện áp ở đầu ra IC_1 : $U_{ra1} = U_v$ vì đây là mạch lặp điện áp.

- Điện áp ở đầu ra IC_2 : $U_{ra2} = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) U_v$

Cả hai điện áp này đều đưa vào đầu vào đảo của IC_2 nên đây là mạch cộng đảo.

Giải theo phương pháp xếp chồng:

$$U_m = -\frac{R_7}{R_5} U_v - \frac{R_7}{R_6} \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) U_v$$

$$U_m = -\left[\frac{R_7}{R_5} + \frac{R_7}{R_6} \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)\right] U_v$$

b) Thay số vào để tính U_m

$$U_m = -\left[\frac{150}{30} + \frac{150}{50} \left(1 + \frac{600}{30}\right)\right] 0,1 = -6,8\text{V}$$

192 Bài tập 5-16. Cho mạch điện như hình 5-17

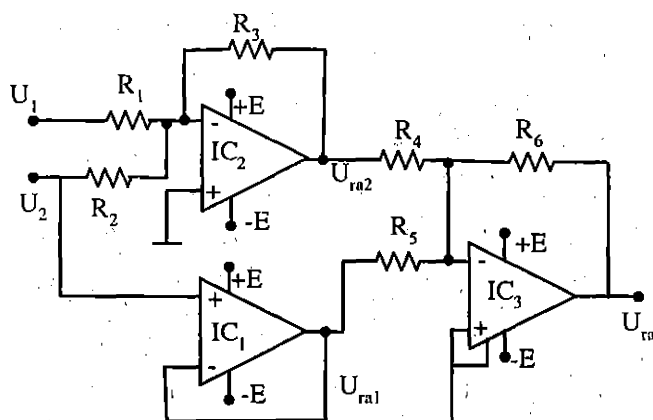
a) Xác định biểu thức $U_m = f(U_1, U_2)$

b) Tính trị số U_m nếu biết:

$$U_1 = 30\text{mV}; U_2 = 20\text{mV}$$

$$R_1 = 20\text{k}\Omega, R_2 = 40\text{k}\Omega, R_3 = 200\text{k}\Omega, R_4 = 40\text{k}\Omega$$

$$R_5 = 20\text{k}\Omega, R_6 = 500\text{k}\Omega.$$



Hình 5-17

Bài giải

a) - Điện áp đầu ra IC₁

$U_{ra1} = U_2$, đây là mạch lặp điện áp vào

- Điện áp đầu ra IC₂

$U_{ra2} = - \left[\frac{R_3}{R_1} U_1 + \frac{R_3}{R_2} U_2 \right]$ đây là mạch cộng đảo.

Cả hai điện áp U_{ra1} và U_{ra2} đều được đưa vào cửa đảo của IC₃, IC₃ là mạch cộng đảo.

Giải theo phương pháp xếp chồng, ta được:

$$\begin{aligned}
 U_{ra} &= - \frac{R_6}{R_5} U_2 - \frac{R_6}{R_4} \left(- \frac{R_3}{R_1} U_1 - \frac{R_3}{R_2} U_2 \right) \\
 &= - \frac{R_6}{R_5} U_2 + \frac{R_6}{R_4} \left(\frac{R_3}{R_1} U_1 + \frac{R_3}{R_2} U_2 \right) \\
 &= - \frac{500}{20} \cdot 20 \cdot 10^{-3} + \frac{500}{40} \left(\frac{200}{20} \cdot 30 \cdot 10^{-3} + \frac{200}{40} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \right) = 4,5V
 \end{aligned}$$

193 Bài tập 5-17. Cho mạch điện ICTT lý tưởng như hình 5-18

Biết $R_N = 500k\Omega$

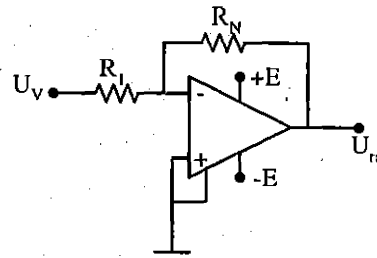
$R_1 = 20k\Omega$

$$E = \pm 14V$$

Điện áp bão hoà $\pm 12V$

a) Hãy xác định U_v cực đại mà điện áp ra vẫn trong phạm vi tuyến tính.

b) Xác định U_m với các giá trị $U_v = 0V; \pm 0,2V; \pm 0,4V$.



Hình 5-18

Bài giải

a) Hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm

$$|K| = \frac{R_N}{R_i} = \frac{500}{20} = 25$$

Điện áp vào đỉnh - đỉnh cực đại

$$U_{vp-p} = \frac{U_{bão\ hòa}}{|K|} = \frac{\pm 12}{25} = \pm 0,48V$$

b) Tính trị số U_m

$$U_v = 0 \quad U_m = 0$$

$$U_v = +0,2V \rightarrow U_m = -KU_v = -25 \cdot 0,2 = -5V$$

$$U_v = -0,2V \rightarrow U_m = -25 \cdot (-0,2) = 5V$$

$$U_v = +0,4V \rightarrow U_m = -K \cdot U_v = -25 \cdot 0,4 = -10V$$

$$U_v = -0,4V \rightarrow U_m = -25 \cdot (-0,4) = +10V$$

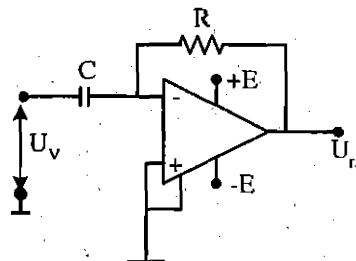
U_v	0	-0,2V	+0,2V	-0,4V	+0,4V
U_m	0	5V	-5V	10V	-10V

194 Bài tập 5-18. Thiết kế mạch khuếch đại thuật toán thực hiện chức năng sau:

$$U_m = -A \frac{dU_v(t)}{dt}$$

a) Nếu biết $U_v = 2V \sin 1000t$; $R = 2k\Omega$; $C = 0,47\mu F$. Hãy tính U_m .

b) Vẽ dạng điện áp ra.



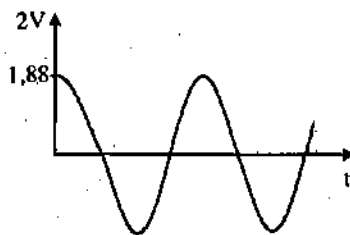
Hình 5-19a

Bài giải

a) Chức năng trên là mạch vi phân, sơ đồ như hình 5-19a

$$\begin{aligned}
 U_n &= -RC \frac{dU_v}{dt} \\
 &= -2.10^3 \cdot 0,4710^{-6} \frac{d(2V \cdot \sin 1000t)}{dt} \\
 &= -2.0,47 \cdot 10^{-3} \cdot 2.1000 \cos 1000t = \\
 &\quad -1,88 \cos 1000t.
 \end{aligned}$$

b) Dạng điện áp ra (hình 5-19b)



Hình 5-19b

195) Bài tập 5-19. Cho mạch điện như hình 5-20. Biết $U_v = 10 \sin 100t$

$$C = 1 \mu F$$

$$R = 100k\Omega$$

a) Đây là mạch gì?

b) Viết biểu thức U_n .

Bài giải

a) Đây là mạch tích phân, điện áp ra tỷ lệ với tích phân điện áp vào.

b) Để thiết lập biểu thức U_n , viết phương trình tại nút N.

$$i_R + i_C = 0 \text{ (vì ICTT lý tưởng nên } I_N = 0)$$

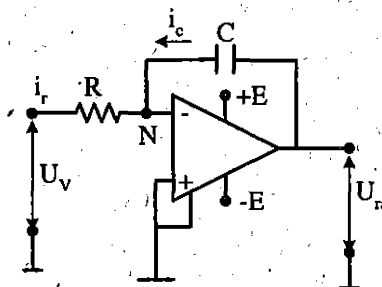
$$\frac{U_v}{R_1} + C \frac{dU_n}{dt} = 0$$

Suy ra:

$$U_n = -\frac{1}{RC} \int U_v(t) dt$$

Thay số ta được

$$\begin{aligned}
 U_n &= \frac{1}{100 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} \int_0^T 10 \sin 100t dt \\
 &= 1(V) \cos 100t.
 \end{aligned}$$



Hình 5-20

196 Bài tập 5-20. Cho mạch điện như hình 5-21

Biết tại thời điểm $t = 0$, $U_m = 0V$

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

$$C = 1\mu F$$

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

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

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

Bài giải

a) Xác định biểu thức U_m

Phương trình dòng điện tại nút N

$$\frac{U_{v1}}{R_1} + \frac{U_{v2}}{R_2} + C \frac{dU_m}{dt} = 0$$

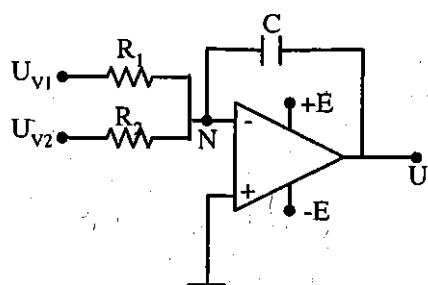
$$C \frac{dU_m}{dt} = - \left(\frac{U_{v1}}{R_1} + \frac{U_{v2}}{R_2} \right)$$

Suy ra
$$U_m = - \frac{1}{C} \int \left(\frac{U_{v1}}{R_1} + \frac{U_{v2}}{R_2} \right) dt$$

b) Tính U_m , ở đây $R_1 = R_2 = R = 100k\Omega$, nên có thể viết:

$$U_m = - \frac{1}{RC} \int (U_{v1} + U_{v2}) dt = \frac{1}{10^5 \cdot 10^{-6}} \int (1 + 10 \sin 100t - 1) dt$$

$$U_m = 1(V) \cos 100t.$$



Hình 5-21

Chương 6

NGUỒN ỔN ÁP

6.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Mạch ổn áp là mạch điện nhằm bảo đảm cho điện áp nguồn một chiều ổn định, không thay đổi khi các tác nhân bất ổn định tác động, ví dụ khi điện áp lưới điện thay đổi, khi điện trở tải và nhiệt độ thay đổi. Mạch ổn áp được bố trí sau mạch lọc phẳng của mạch chỉnh lưu. Đồng thời mạch ổn áp cũng có tác dụng giảm nhiễu, do vậy giảm được trị số phần tử lọc nguồn L_L , C_L làm cho bộ nguồn đơn giản và gọn nhẹ hơn.

* Mạch ổn áp đơn giản nhất là dùng diốt ổn áp (diốt zener) (hình 6-1)

Trong sơ đồ D_z là diốt ổn áp, luôn được phân cực ngược, mỗi diốt tồn tại một giá trị điện áp ổn định nhất định là U_z .

U_1 là điện áp một chiều sau mạch chỉnh lưu và lọc chưa ổn định.

U_2 là điện áp đã ổn định.

Từ sơ đồ có thể viết

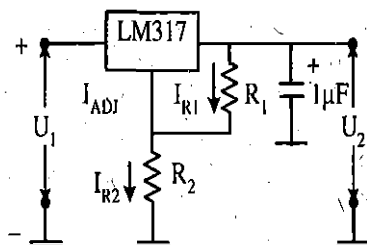
$$U_1 = U_R + U_z = I_z R + U_z$$

R là điện trở bù

$$\text{Suy ra } U_{ra} = U_z = I_z \cdot r_z = \frac{U_1}{R + r_z} \cdot r_z = U_1 - I_z R$$

r_z là điện trở động của diốt ổn áp $r_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z}$, trị số r_z càng nhỏ độ ổn áp càng cao.

Nếu vì lý do nào đó (ví dụ điện áp lưới điện tăng) $U_1 \uparrow \rightarrow I_z \uparrow \rightarrow I_z R \uparrow$,



Hình 6-1. Mạch ổn áp đơn giản dùng diốt zener

kết quả là U_m được giữ nguyên. Điện trở tĩnh của diốt zener được xác định bằng tỷ số giữa điện áp đặt vào diốt và dòng điện qua diốt I_z

$$R_{\text{tinh}} = \frac{U_z}{R_z}$$

Hệ số ổn áp một chiều chính là hệ số lọc độ ù

$$G = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \frac{R + r_z}{r_z} = 1 + \frac{R}{r_z} \approx \frac{R}{r_z} \text{ vì } R \gg r_z$$

hay
$$\frac{R}{r_z} \gg 1$$

Mạch ổn áp trực tiếp dùng diốt zener chỉ dùng cho nguồn công suất nhỏ, có hiệu suất thấp khoảng 50%, vì tổn hao trên điện trở R và trên D_z khá lớn.

* Mạch ổn áp tham số đơn giản (hình 6-2)

Đây thực chất là mạch lặp emitter (tải emitter). Khi hở tải $R_L = \infty$ dòng qua D_z rất nhỏ.

$$\text{Dòng tĩnh } I_{BO} = \frac{I_E}{\beta}$$

Điện áp ổn áp ở đầu ra $U_{ra} = U_2 = U_z + U_{BE} \approx U_z$.

Ở đây U_{BE} rất nhỏ so với U_z nên $U_2 \approx U_z = \text{const.}$

Điện trở trong của bộ ổn áp chính là điện trở ra của mạch tải emitter

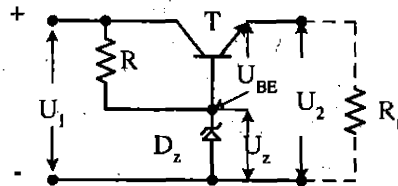
$$R_i = \frac{r_{BE}}{1 + \beta}; \text{ vì } R_i < r_z \text{ nên điện áp ra}$$

của mạch ổn áp ít phụ thuộc vào R_L .

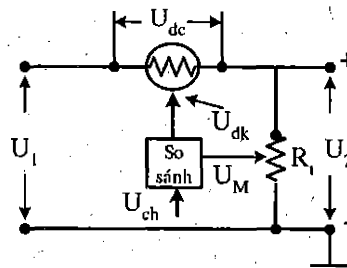
* Mạch ổn áp tham số (hình 6-3)

Phần tử điều chỉnh có điện trở thay đổi theo điện áp điều khiển U_{ek} được mắc nối tiếp với tải R_L .

U_{ch} là điện áp chuẩn, thường sử dụng diốt ổn áp có $U_z = \text{const.}$



Hình 6-2. Mạch ổn áp tham số đơn giản



Hình 6-3. Sơ đồ khối mạch ổn áp tham số

U_M là điện áp mẫu, tỷ lệ với điện áp ra U_2 .

Bộ so sánh: so sánh điện áp mẫu U_M và điện áp chuẩn U_{ch} và khuếch đại lên, tạo ra điện áp điều khiển U_{dk} .

Điện áp U_2 có thể viết:

$$U_2 = U_1 - U_{dc} = U_1 - I \cdot r_{dc}$$

Trong đó r_{dc} là điện trở của phần tử điều chỉnh phụ thuộc vào U_{dk} . Nếu vì nguyên nhân nào đó mà U_1 tăng $\rightarrow U_2$ cũng có xu thế tăng và $U_M \uparrow \rightarrow (U_M - U_2) \uparrow$ làm cho $U_{dk} \downarrow$ và $r_{dc} \uparrow$ kết quả là $U_{dc} \uparrow$, cuối cùng $U_2 = U_1 - U_{dc}$ được giữ ổn định.

Hình 6-4 là mạch điện nguyên lý ổn áp tham số dùng transistor.

Từ sơ đồ mạch điện suy ra

$$I_{R3} = I_{C2} + I_{B1}$$

$$U_M = \frac{U_2}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = U_{BE2} + U_{ch}$$

Điện áp ra được xác định theo biểu thức:

$$U_2 = \frac{U_z + U_{BE2}}{R_2} (R_2 + R_1) = (U_z + U_{BE2}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

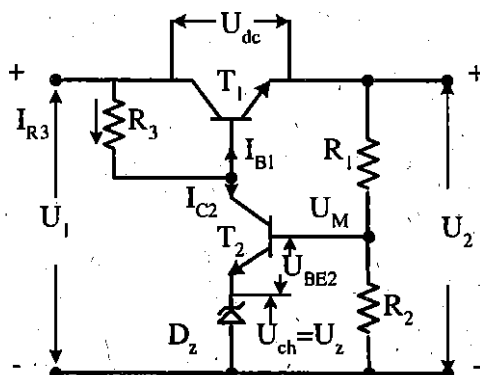
$$\text{Có thể tính gần đúng } U_2 \approx U_z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Nếu thay đổi tỷ số

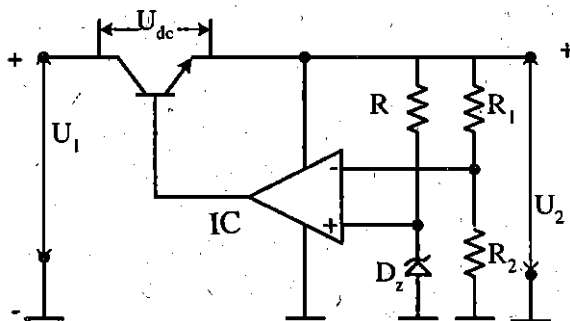
$\frac{R_1}{R_2}$ thì có thể điều chỉnh được điện áp ra U_2 .

* Mạch ổn áp dùng IC thuật toán

Thay cho transistor T_2 trong hình 6-4 có thể dùng IC thuật toán đồng thời làm nhiệm vụ



Hình 6-4. Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp tham số



Hình 6-5. Mạch ổn áp dùng IC thuật toán

so sánh và khuếch đại để tạo điện áp điều khiển U_{dk} như hình 6-5.

Điện áp U_2 được xác định theo công thức

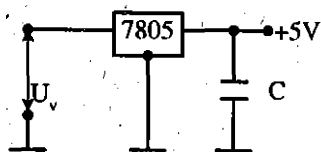
$$U_2 \approx U_z \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) = U_z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right), V$$

Thay đổi trị số R_1 và R_2 có thay đổi được điện áp ra U_2 .

* Mạch IC ổn áp

IC ổn áp có hai loại: Loại không điều chỉnh được điện áp ra và loại có thể điều chỉnh được điện áp ra.

- Loại IC ổn áp không điều chỉnh được điện áp ra thông thường có 3 chân. Muốn nguồn ổn áp bao nhiêu vôn thì cần chọn loại IC ổn áp thích hợp. Hình 6-6 là ví dụ IC ổn áp họ 78XX.



Hình 6-6: IC ổn áp có điện áp ra cố định

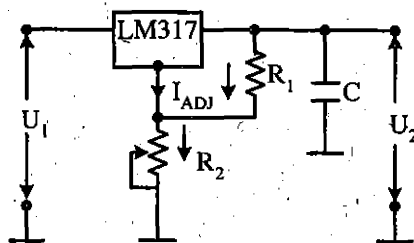
- Loại IC ổn áp có thể điều chỉnh được điện áp ra, ví dụ IC LM 117 hoặc LM 317 (hình 6-7).

Trường hợp lý tưởng, dòng bổ sung $I_{ADJ} = 0$, điện áp ra được xác định theo biểu thức

$$U_2 = U_{ch} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right), V$$

Trong đó: U_{ch} là điện áp chuẩn bên trong IC và được đặt vào điện trở R_1 , khi đó tạo ra dòng $I_{R1} = \frac{U_{ch}}{R_1}$;

điện áp U_{ch} thường là 1,25V. Tụ C có trị số khoảng $1\mu F$ dùng để cải thiện đặc tuyến ra. Trong trường hợp thực, tồn tại dòng bổ sung I_{ADJ} dù rất nhỏ,



Hình 6-7: IC ổn áp điều chỉnh được điện áp ra

khi đó qua R_2 có hai dòng điện chạy qua và điện áp ra được xác định.

$$U_2 = U_{ch} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_2, V$$

Như vậy có thể điều chỉnh điện áp U_2 bằng cách thay đổi trị số R_2 .

Điện áp chưa ổn định U_1 phải lớn hơn U_2 vài vôn.

6.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

- (197) **Bài tập 6-1.** Một nguồn điện một chiều, khi chưa có tải điện áp là 12V. Khi có tải điện áp sụt xuống còn 10V. Tính độ mất ổn định điện áp.

Bài giải

Độ mất ổn định điện áp

$$\Delta U = U_0 - U_1 = 12 - 10 = 2V$$

Trong đó: U_0 là điện áp khi hở tải

U_1 là điện áp khi có tải.

Hệ số mất ổn định điện áp

$$K = \frac{U_0 - U_t}{U_t} \cdot 100\% = \frac{(12 - 10)}{10} \cdot 100\% = 20\%$$

- (198) **Bài tập 6-2.** Cho mạch ổn áp dùng diốt zener như hình 6-8.

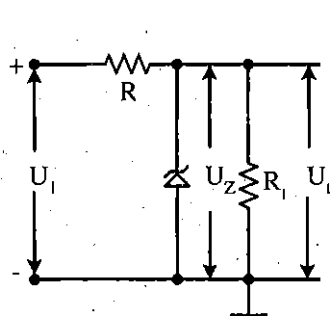
Biết $U_1 = 20V$

$$U_2 = U_z = 6V$$

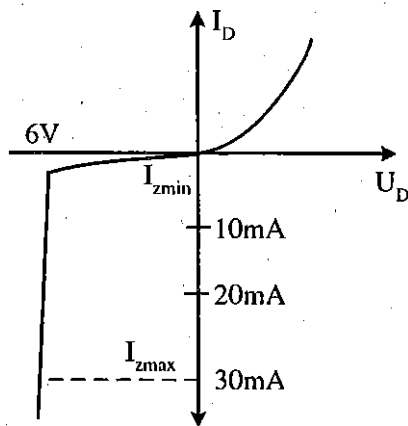
Dòng $I_{zmax} = 30mA$.

$$R = 400\Omega$$

Đặc tuyến diốt ổn áp như hình 6-8b. Xác định phạm vi R_L để mạch làm việc trong dải ổn áp.



a)



b)

Hình 6-8

Bài giải

- Khi R_1 có trị số nhỏ nhất, dòng I_1 lớn nhất và dòng I_z nhỏ nhất.

$$I_z = I_{zmin} = 0 \text{mA (căn cứ vào đặc tuyến)}$$

Điện áp trên tải:

$$U_1 = U_z = \frac{U_1}{R + R_{tmin}} R_{tmin}, \text{ Suy ra } R_{tmin} = \frac{U_z R}{U_1 - U_z}$$

$$\text{Thay số } R_{tmin} = \frac{6.400}{20 - 6} = 171,4 \Omega$$

- Khi $R_1 = R_{tmax}$

$$U_R = U_1 - U_z = 20 - 6 = 14 \text{V}$$

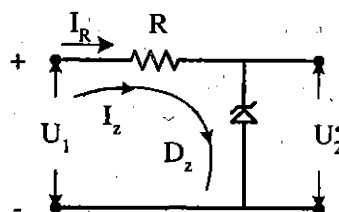
$$\text{Dòng qua } R, I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{14}{400} = 35 \text{mA}$$

Dòng qua R_1 có giá trị nhỏ nhất

$$I_1 = I_{tmin} = I_R - I_{zmax} = 35 \text{mA} - 30 \text{mA} = 5 \text{mA}$$

$$\text{Suy ra } R_1 = R_{tmax} = \frac{U_z}{I_{tmin}} = \frac{6}{5 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \text{k}\Omega$$

- 199 Bài tập 6-3. Cho mạch ổn áp như hình 6-9. Biết $U_1 = 12V$; $U_2 = 9V$
 Dòng $I_z = 25mA$
 Xác định điện trở bù R .



Hình 6-9

Bài giải

Vì điện trở bù R và diốt zener mắc nối tiếp nên dòng $I_R = I_z$

$$U_R = I_R R = I_z R = U_1 - U_2 = U_1' - U_z$$

$$R = \frac{U_1 - U_z}{I_z} = \frac{12 - 9}{25 \cdot 10^{-3}} = 120 \Omega$$

- 200 Bài tập 6-4. Cho mạch ổn áp như hình 6-10

Biết $U_z = 12V$

Điện trở động của diốt ổn áp

$$r_z = 7 \Omega$$

$$R_1 = 390 \Omega$$

$$R_E = 12k\Omega$$

$$R_L = 240 \Omega$$

$$U_1 = 20V \text{ khi hở tải } R_L = \infty$$

$$U_1 = 18V \text{ khi có tải và dòng}$$

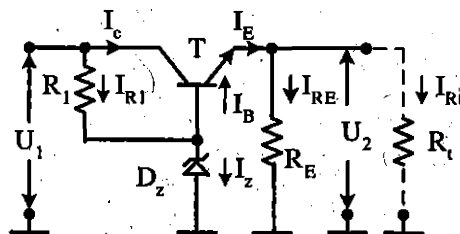
$$\text{tải } I_z = 50mA$$

$$\text{Hệ số khuếch đại tĩnh của transistor } \beta = 50$$

$$\text{Thiên áp } U_{BE} = 0,6V$$

a) Vẽ các dòng điện chạy trong mạch.

b) Tính dòng qua diốt khi hở tải và khi có tải.



Hình 6-10

Bài giải

a) Chiều và ký hiệu các dòng điện được thể hiện trong sơ đồ hình 6-10.

b) Tính dòng I_z khi hở tải ($R_L = \infty$, $I_L = 0$)

$$U_{BE} = I_E R_E = U_z - U_{BE} = 12V - 0,6V = 11,4V$$

Suy ra $I_E = \frac{U_z - U_{BE}}{R_E} = \frac{11,4}{12 \cdot 10^3} \approx 0,95 \text{mA}$

Dòng $I_B = \frac{I_E}{1 + \beta} = \frac{0,95}{1 + 50} = 18,6 \cdot 10^{-6} \text{A} = 18,6 \mu\text{A}$

Dòng $I_C = \beta I_B = 50 \cdot 18,6 \cdot 10^{-6} \text{A} = 0,93 \text{mA}$

- Điện áp sụt trên điện trở R_1

$$U_{R1} = U_1 - U_z = 20 - 12 = 8 \text{V}$$

- Dòng điện qua $R_1 \rightarrow I_{R1} = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{8}{390} = 20,5 \text{mA}$

- Dòng điện qua diốt ổn áp

$$I_z = I_{R1} - I_B = 20,5 - 0,018 = 20,48 \text{mA}$$

* Khi có tải $R_L = 240 \Omega$

Dòng điện qua R_1

$$I_E = \frac{U_z}{R_E} + \frac{U_z}{R_L} = \frac{12}{12 \cdot 10^3} + \frac{12}{240} = 51 \text{mA}$$

Dòng bazơ $I_B = \frac{I_E}{1 + \beta} = \frac{51}{1 + 50} = 1 \text{mA}$

Dòng qua điện trở R_1 : $I_{R1} = \frac{U_1 - U_z}{R_1} = \frac{18 - 12}{390} = 15,38 \text{mA}$

Dòng qua D_z : $I_z = I_{R1} - I_B = 15,38 - 1 = 14,38 \text{mA}$

201) Bài tập 6-5. Để lặp lại bài 6-4.

a) Khi điện áp U_1 thay đổi 10%, xác định độ mất ổn định đường dây

$$K_{\text{đd}} = \frac{\Delta U_z}{U_z} 100\%$$

b) Xác định độ mất ổn định tải $K_t = \frac{\Delta U_z}{U_z} 100\%$ khi đóng và ngắt tải.

Bài giải

a) Độ mất ổn định điện áp U_1 khi biến thiên 10% là

$$\Delta U_1 = 10\% U_1 = 10\% \cdot 20 = 2V$$

ΔU_1 sẽ gây ra biến thiên dòng điện trên điện trở R_1 là ΔI_{R1}

$$\Delta I_{R1} = \frac{\Delta U_1}{R_1} = \frac{2}{390} = 5,128mA$$

Dòng điện này coi như đi qua D_z ; Độ mất ổn định tuyệt đối của điện áp ra ΔU_z tỷ lệ với ΔU_z .

$$\Delta U_z = \Delta I_z \cdot r_z = \Delta I_{R1} \cdot r_z = 5,128 \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 35,89mV \approx 36mV$$

Độ mất ổn định đường dây

$$K_{dd} = \frac{\Delta U_z}{U_z} = \frac{36 \cdot 10^{-3}}{12} 100\% = 0,3\%$$

b) Độ mất ổn định tải K_t

Khi $I_1 = 0$; $I_z = 20,48mA$

Khi $I_1 = 50mA$; $I_z = 14,38mA$

Sự sai lệch dòng qua D_z

$$\Delta I_z = 20,48 - 14,38 = 6,1mA$$

$$\Delta U_z = \Delta I_z \cdot r_z = 6,1 \cdot 7 = 42,7mV$$

Độ mất ổn định tải

$$K_t = \frac{\Delta U_z}{U_z} 100\% = \frac{42,7 \cdot 10^{-3}}{12} 100\% = 0,356\%$$

(202) Bài tập 6-6. Cho mạch ổn áp tham số như hình 6-11. Biết:

$$U_z = 6V$$

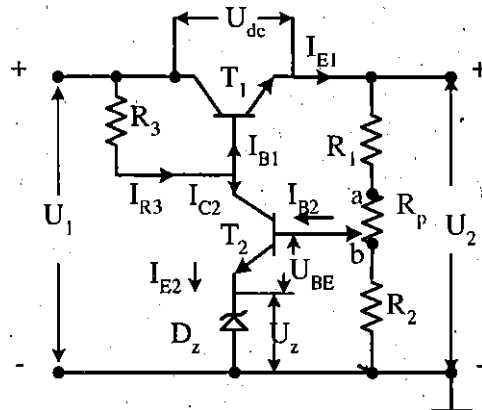
$$U_1 = 18V$$

$$U_{BE} = 0,5V$$

$$R_1 = 10k\Omega; R_2 = 10k\Omega;$$

$$R_p = 5,6k\Omega; R_3 = 560\Omega$$

a) Vẽ dòng điện chạy trong mạch.



Hình 6-11

b) Xác định phạm vi điều chỉnh điện áp ra.

Bài giải

a) Dòng điện một chiều trong mạch được ký hiệu và chỉ trong sơ đồ hình 6-11. Dòng I_{E1} chính là dòng tải I_L .

b) Điện áp ra U_2 được xác định theo biểu thức

$$U_2 = (U_z + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Trong đó R_1 và R_2 là điện trở nhánh trên và nhánh dưới của phân áp.

- Nếu con chạy của chiết áp ở vị trí a, điện áp ra sẽ nhỏ nhất:

$$U_{2min} = (U_z + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_1}{R_p + R_2} \right) = (6 + 0,5) \left(1 + \frac{10}{10 + 5,6} \right) = 10,66V$$

Nếu con chạy của chiết áp R_p ở vị trí b, điện áp ra sẽ đạt giá trị cực đại:

$$U_{2max} = (U_z + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_1 + R_p}{R_2} \right) = (6 + 0,5) \left(1 + \frac{10 + 5,6}{10} \right) = 16,64V$$

203) Bài tập 6-7. Đề lập lại bài 6-6.

a) Hãy xác định trị số biến trở R_p để điện áp có thể điều chỉnh nhỏ nhất là 8V.

b) Tính điện áp ra cực đại trong trường hợp đó.

Bài giải

a) Điện áp ra nhỏ nhất được xác định theo biểu thức.

$$U_{2min} = 6,5 \left(1 + \frac{R_1}{R_p + R_2} \right) = 8V$$

$$1 + \frac{R_1}{R_p + R_2} = \frac{8}{6,5} \rightarrow \frac{R_1}{R_p + R_2} = \frac{8}{6,5} - 1 = 0,2307$$

$$R_p = \frac{R_1}{0,2307} - R_2 = \frac{10}{0,2307} - 10 = 33,346k\Omega$$

b) Khi đó U_{rmax}

$$U_{2max} = (U_z + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_1 + R_P}{R_2} \right) =$$

$$= (6 + 0,5) \left(1 + \frac{10 + 33,346}{10} \right) = 34,67V$$

204) Bài tập 6-8. Cho mạch ổn áp dùng diốt zener như hình 6-12

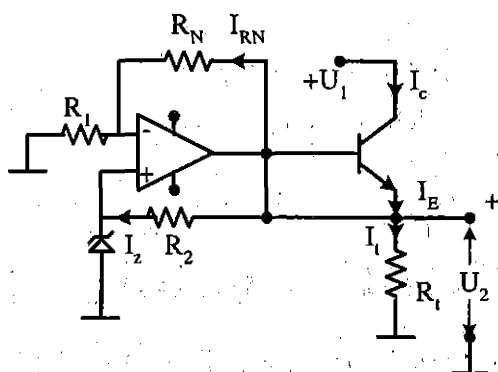
Yêu cầu điện áp ổn định cần lấy ra trên R_1 là $U_2 = 12V$.

- Điện áp chưa ổn định $U_1 = 18V$.

Điốt zener D_z có $U_z = 6V$, và dòng $I_z = 25mA$.

a) Xác định trị số R_2 cần thiết.

b) Tính trị số R_N và R_1 .



Hình 6-12

Bài giải

a) Dòng điện chạy trong mạch được chỉ trong sơ đồ 6-12.

Nếu IC thuật toán là lý tưởng, thì dòng $I_p = 0$

Do vậy
$$R_2 = \frac{U_2 - U_z}{I_z} = \frac{12 - 6}{25 \cdot 10^{-3}} = 240\Omega$$

b) Để xác định điện trở R_N và R_1 , có thể coi đây là bộ KĐTT thuận với yêu cầu:

Nếu $U_v = U_p = U_z = 6V$ thì $U_m = U_2 = 12V$

Vậy
$$U_2 = \left(1 + \frac{R_N}{R_1} \right) U_z$$

Suy ra
$$\frac{R_N}{R_1} = \frac{U_2}{U_z} - 1 = \frac{12}{6} - 1 = 1$$

và $R_N = R_1$

Nếu R_1 chọn bằng $20k\Omega$ thì $R_N = 20k\Omega$.

205 Bài tập 6-9. Cho mạch ổn áp tham số dùng IC thuật toán như hình 6-13. Biết: $R_1 = 390\Omega$

$$R_2 = 5,6k\Omega$$

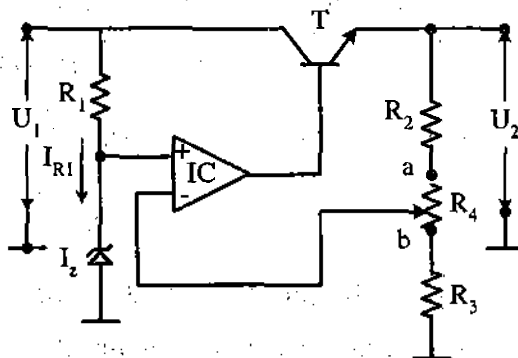
$$R_3 = 5,6k\Omega$$

$$R_4 = 4,7k\Omega$$

$$U_1 = 20V$$

$$U_z = 6V$$

$$r_z = 7\Omega$$



Hình 6-13

a) Phân tích nguyên lý hoạt động của mạch ổn áp.

b) Xác định điện áp ra cực đại và cực tiểu khi điều chỉnh R_4 .

Bài giải

a) Bộ phân áp R_2, R_3, R_4 tạo điện áp mẫu U_M tỷ lệ với điện áp ra U_2 và được đưa vào cửa N để so sánh với điện áp chuẩn U_z do diốt zener D_z tạo ra, sai lệch điện áp $U_d = U_p - U_N$ được khuếch đại lên và đưa vào điều khiển transistor T làm cho điện trở r_{CE} của transistor thay đổi theo nguyên lý, nếu U_2 có xu thế tăng lên thì điện trở r_{CE} của T điều chỉnh cũng tăng và nếu U_2 có xu thế giảm thì r_{CE} của T cũng giảm, mà $U_2 = U_1 - U_{dc}$, nên U_2 được giữ ổn định.

b) Điện áp ra cực đại khi con chạy chiết áp R_4 ở vị trí b

$$U_{2max} = U_z \left(1 + \frac{R_2 + R_4}{R_3} \right) = 6 \left(1 + \frac{5,6 + 4,7}{5,6} \right) = 17V$$

- Điện áp ra cực tiểu khi con chạy của chiết áp R_4 ở vị trí a

$$U_{2min} = U_z \left(1 + \frac{R_2}{R_3 + R_4} \right) = 6 \left(1 + \frac{5,6}{5,6 + 4,7} \right) = 9,26V$$

206 Bài tập 6-10. Đề bài lặp lại bài 6-9

Nếu hở tải ($R_l = \infty$) thì $U_1 = 21V$

Nếu có tải $R_l = 390\Omega$ thì $U_1 = 20V$ và $I_z = 50mA$

a) Xác định độ mất ổn định đường dây K_{dd} khi U_1 thay đổi trong phạm vi 10%.

b) Xác định độ mất ổn định tải khi đóng và ngắt tải.

Bài giải

a) Độ mất ổn định đường dây

$$K_{dd} = \frac{\Delta U_z}{U_z} 100\%$$

Khi U_1 thay đổi 10% $\rightarrow \Delta U_1 = 10\% U_1 = 10\% 20V = 2V$

ΔU_1 sẽ làm thay đổi dòng qua D_z

$$\Delta I_z = \Delta I_{R_1} = \frac{\Delta U_1}{R_1} = \frac{2}{390} = 5,128mA$$

Biến thiên $\Delta U_z = \Delta I_z r_z = 5,128 \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 35,89mV$

Cuối cùng tính được độ mất ổn định

$$K_{dd} = \frac{\Delta U_z}{U_z} = \frac{35,89 \cdot 10^{-3}}{6} 100\% = 0,598\%$$

b) Tính độ mất ổn định tải

Khi hở tải, dòng qua D_z

$$I_z = \frac{U_1 - U_z}{R_1} = \frac{21 - 6}{390} = 38,46mA$$

Khi có tải:

$$I_z = \frac{U_1 - U_z}{R_1} = \frac{20 - 6}{390} = 35,89mA$$

Biến thiên dòng I_z

$$\Delta I_z = 38,46 - 35,89 = 2,57mA$$

Biến thiên điện áp ra $\Delta U_z = \Delta U_z = \Delta I_z r_z = 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 17,99mV$

$$K_t = \frac{\Delta U_z}{U_z} 100\% = \frac{17,99 \cdot 10^{-3}}{6} 100\% = 0,299\%$$

207 Bài tập 6-11. Cho mạch ổn áp song song đơn giản như hình 6-14. Biết:

$$R_s = 100\Omega$$

$$R_l = 120\Omega$$

$$U_z = 9V$$

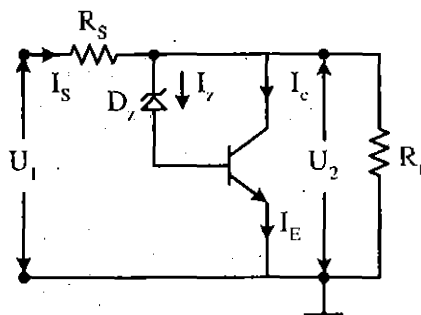
$$U_{BE} = 0,6V$$

$$\beta = 50$$

a) Vẽ các dòng điện trong mạch.

Phân tích nguyên lý ổn áp.

b) Xác định điện áp U_2 và các dòng điện I_c , I_b , I_s .



Hình 6-14

Bài giải

a) Điện áp một chiều U_1 chưa ổn áp, còn điện áp U_2 có thể coi như ổn định

$$U_2 = U_z + U_{BE} \approx U_z = \text{const (vì } U_z \gg U_{BE})$$

Nếu U_1 biến thiên thì điện áp trên điện trở là R_s là U_{RS} cũng biến thiên và U_2 được giữ nguyên.

Dòng điện chạy trong mạch như chỉ dẫn trong sơ đồ hình 6-14.

b) Điện áp trên R_l được coi là ổn định

$$U_2 = U_z + U_{BE} = 9 + 0,6 = 9,6V$$

- Dòng điện trên R_l

$$I_l = \frac{U_2}{R_l} = \frac{9,6}{120} = 0,08A = 80mA$$

- Dòng I_s qua điện trở R_s

$$I_s = \frac{U_{RS}}{R_s} = \frac{U_1 - U_2}{R_s} = \frac{20 - 9,6}{100} = 104mA$$

- Dòng $(I_c + I_b) = I_s - I_l$

$$50 I_b + I_b = I_s - I_l \rightarrow 51 I_b = I_s - I_l$$

$$\text{Suy ra } I_b = I_z = \frac{I_s - I_l}{51} = \frac{104 - 80}{51} = 0,47mA$$

$$I_c = \beta I_b = 50 \cdot 0,47 = 23,53mA$$

(208) Bài tập 6-12. Mạch IC ổn áp LM 317 như hình 6-15.

Biết $R_1 = 240\Omega$

$R_2 = 3k\Omega$

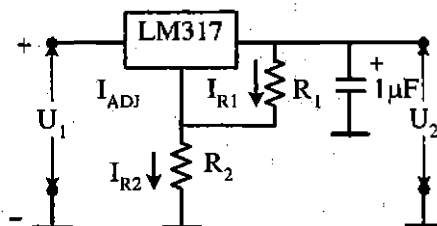
$U_{ch} = U_{R1} = 1,25V$

Dòng bổ sung $I_{ADJ} = 25\mu A$

Hãy xác định điện áp ra U_2 trong trường hợp:

a) Tính đến dòng I_{ADJ} .

b) Không tính đến dòng I_{ADJ} .



Hình 6-15

Bài giải

a) Điện áp ra khi tính đến dòng I_{ADJ}

$$U_2 = U_{ch} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_2 = 1,25 \left(1 + \frac{3 \cdot 10^3}{240} \right) + 25 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^3 = 16,95V$$

b) Khi không tính đến dòng I_{ADJ}

$$U_2 = U_{ch} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{3 \cdot 10^3}{240} \right) = 16,875V$$

Sai số giữa IC thực và lý tưởng

$$\Delta U_2 = 16,95 - 16,875 = 0,075V = 75mV$$

(209) Bài tập 6-13. Đề lặp lại bài 6-12. Nhưng nếu thay điện trở R_2 bằng chiết áp có trị số $R_{2min} = 1k\Omega$; $R_{2max} = 4,7k\Omega$.

a) Hãy xác định phạm vi điều chỉnh điện áp ra U_2 .

b) Nếu dòng bổ sung cực đại $I_{ADJmax} = 100\mu A$. Hãy xác định sai số điện áp ra giữa IC thực và lý tưởng.

Bài giải

a) Điện áp ra cực tiểu

$$\begin{aligned} U_{2min} &= 1,25 \left(1 + \frac{R_{2min}}{R_1} \right) = \\ &= 1,25 \left(1 + \frac{1 \cdot 10^3}{240} \right) = 6,458V \end{aligned}$$

Điện áp cực đại

$$U_{2\max} = 1,25 \left(1 + \frac{R_{2\max}}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{4,7 \cdot 10^3}{240} \right) = 25,73V$$

Phạm vi điều chỉnh điện áp U_2 từ 6,458V đến 25,73V

b) Trường hợp tính đến dòng $I_{ADJ} = 100\mu A$

$$U_{2\min} = 1,25 \left(1 + \frac{R_{2\min}}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_{2\min} = 1,25 \left(1 + \frac{10^3}{240} \right) + 100 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 6,558V$$

Điện áp ra $U_{2\max}$

$$\begin{aligned} U_{2\max} &= 1,25 \left(1 + \frac{R_{2\max}}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_{2\max} \\ &= 1,25 \left(1 + \frac{4,7 \cdot 10^3}{240} \right) + 100 \cdot 10^{-6} \cdot 4,7 \cdot 10^3 = 26,2V \end{aligned}$$

Phạm vi điều chỉnh U_2 từ 6,558V đến 26,2V.

(210) Bài tập 6-14. Thiết kế mạch ổn áp LM 317 như hình 6-15 nhằm tạo ra điện áp ổn định $U_2 = 12V$ từ một nguồn chưa ổn định $U_1 = 18V$.

a) Hãy xác định trị số điện trở R_1 , R_2 .

b) Muốn điều chỉnh điện áp U_2 xuống còn 8V, xác định điện trở R_2 cần thay thế.

Bài giải

a) Nếu bỏ qua I_{ADJ} (coi IC ổn áp là lý tưởng) thì điện áp ra U_2 được xác định qua R_1 và R_2 theo biểu thức.

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$12 = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\text{Suy ra } \frac{R_2}{R_1} = \frac{12}{1,25} - 1 \rightarrow R_2 = \left(\frac{12}{1,25} - 1 \right) \cdot R_1$$

$$R_2 = 8,6R_1$$

$$\text{Nếu } R_1 = 240\Omega \text{ thì } R_2 = 8,6 \cdot 240 = 2,064k\Omega$$

b) Nếu $U_2 = 8V$

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 8V$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{8}{1,25} - 1 \rightarrow R_2 = \left(\frac{8}{1,25} - 1 \right) \cdot R_1$$

$R_2 = 5,4 R_1$. Nếu $R_1 = 240\Omega$ thì $R_2 = 5,4 \cdot 240 = 1296\Omega = 1,296k\Omega$

(211) Bài tập 6-15. Cho mạch IC ổn áp LM 317 như hình 6-16. Biết

$R_1 = R_2 = R_3 = 2400\Omega$

$R_4 = 2400\Omega$

$R_5 = 240\Omega$; $U_{ch} = 1,25V$

T_1, T_2, T_3 làm việc ở chế độ khoá (tắt, mở) bởi xung điều khiển x_1, x_2, x_3 .

Nếu $x = +5V$ mức 1 thì transistor thông, $r_{CE} = 0$.

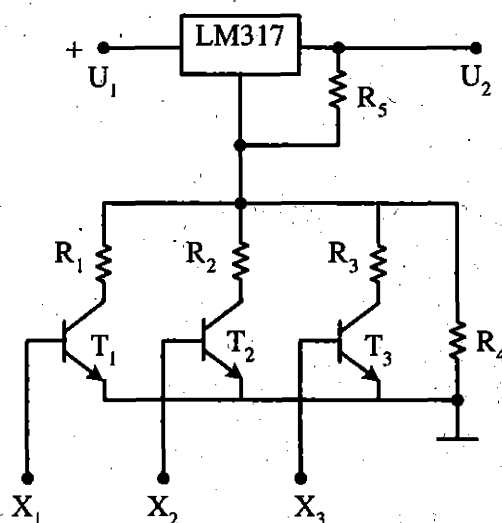
Nếu $x = 0V$ thì transistor tắt, $r_{CE} = \infty$. Bỏ qua dòng I_{ADJ} .

Xác định điện áp ra U_2 trong các trường hợp sau.

a) $X_1 = X_2 = X_3 = 0$

b) $X_1 = X_2 = 0$; $X_3 = 1$

c) $X_1 = X_2 = X_3 = 1$



Hình 6-16

Bài giải

a) Trường hợp $X_1 = X_2 = X_3 = 0$, cả ba transistor đều ở trạng thái khoá ($r_{CE} = \infty$) điện trở nhánh dưới phân áp R_p chính là R_4 khi đó điện áp ra.

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{2400}{240} \right) = 13,75V$$

b) Trường hợp $X_1 = X_2 = 0$; $X_3 = 1$; T_1, T_2 tắt, T_3 thông.

$$\text{Khi đó } R_p = R_3 // R_4 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{2400 \cdot 2400}{2400 + 2400} = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{1200}{240} \right) = 7,5 \text{ V}$$

c) Trường hợp $X_1 = X_2 = X_3 = 1$ cả ba transistor đều thông.

Khi đó $R_p = R_1 // R_2 // R_3 // R_4$

$$R_1 // R_2 = \frac{2400}{2} = 1200 \Omega$$

$$R_3 // R_4 = \frac{2400}{2} = 1200 \Omega$$

$$R_1 // R_2 // R_3 // R_4 = \frac{1200}{2} = 600 \Omega$$

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{600}{240} \right) = 4,375 \text{ V}$$

(212) Bài tập 6-16. Đề lập lại bài 6-15, với trị số các điện trở là:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega; R_2 = 2 \text{ k}\Omega; R_3 = 3 \text{ k}\Omega; R_4 = 2,4 \text{ k}\Omega$$

Hãy xác định ra cho các trường hợp sau:

	X_1	X_2	X_3
a)	0	0	1
b)	0	1	0
c)	0	1	1
d)	1	1	1

a) Trường hợp $X = 001$, $X_3 = 1 \rightarrow T_3$ thông, khi đó điện trở nhánh dưới R_p

$$R_p = R_3 // R_4 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{3 \cdot 2,4}{3 + 2,4} = 1,333 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Điện áp } U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{1,333}{240} \right) = 8,192 \text{ V}$$

b) Trường hợp $X = 010$. $X_1 = 0$; $X_2 = 1$; $X_3 = 0$

T_2 thông, T_1 và T_3 tắt

Khi đó
$$R_p = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{2,2,4}{2 + 2,4} = 1,09 k\Omega$$

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{1090}{240} \right) = 6,927V$$

c) Trường hợp $X = 011 \rightarrow T_1$ tắt T_2 và T_3 thông

$$R_p = R_2 // R_3 // R_4 = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_4 R_2} = \frac{2.3.2,4}{2.3 + 3.2,4 + 2,4.2} = 0,8 k\Omega = 800\Omega$$

$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{800}{240} \right) = 5,416V$$

d) Trường hợp $X = 111 \rightarrow X_1 = 1$; $X_2 = 1$; $X_3 = 1$

T_1 , T_2 và T_3 đều thông. Khi đó $R_p = R_1 // R_2 // R_3 // R_4$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{1k\Omega} + \frac{1}{2k\Omega} + \frac{1}{3k\Omega} + \frac{1}{2,4k\Omega}$$

$$\frac{1}{R_p} = 2,25 \rightarrow R_p = \frac{1}{2,25} = 0,444 k\Omega$$

Điện áp
$$U_2 = 1,25 \left(1 + \frac{R_p}{R_1} \right) = 1,25 \left(1 + \frac{444}{240} \right) = 3,56V$$

Cuối cùng có thể thiết lập điện áp U_2 ứng với tín hiệu số đầu vào điều khiển transistor.

X	U_2
000	13,75V
001	8,19V
010	6,927V
011	5,416V
111	3,56V

213) Bài tập 6-17. Cho mạch IC ổn áp LM117 như hình 6-17. Biết

$$R_1 = 240\Omega$$

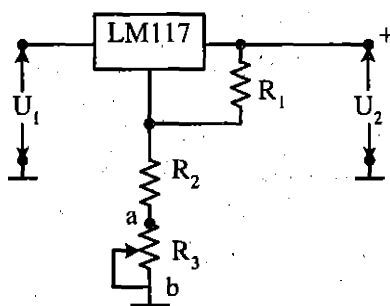
$$R_{ch} = 1,25V$$

$$R_2 = 1k\Omega$$

Biến trở $R_3 = 0 \div 3,3k\Omega$. Bỏ qua dòng I_{ADJ} .

a) Xác định phạm vi điều chỉnh U_2 nhờ biến trở R_3 .

b) Như câu a nhưng nếu tính đến dòng $I_{ADJ} = 50\mu A$.



Hình 6-17

Bài giải

a) Xác định phạm vi điều chỉnh U_2 khi bỏ qua I_{ADJ}

- Điện áp ra nhỏ nhất ứng với vị trí a của con chạy biến trở R_3 .

$$\begin{aligned} U_{2min} &= 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \\ &= 1,25 \left(1 + \frac{1000}{240} \right) = 6,458V \end{aligned}$$

- Điện áp U_2 lớn nhất ứng với vị trí b của con chạy R_3

$$\begin{aligned} U_{rmax} = U_{2max} &= 1,25 \left(1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} \right) \\ &= 1,25 \left(1 + \frac{1 + 3,3}{0,24} \right) = 23,64V \end{aligned}$$

Phạm vi điều chỉnh U_2 từ 6,458V đến 23,64V

b) Trường hợp tính đến I_{ADJ}

$$\begin{aligned} U_{2min} &= 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_2 \\ &= 1,25 \left(1 + \frac{1000}{240} \right) + 50 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 6,506V \end{aligned}$$

* Mạch dao động ba điểm điện dung (hình 7-2a)

Sơ đồ gọi là mạch dao động ba điểm điện dung vì dùng tụ điện C_1 và C_2 để phân áp và lấy một phần điện áp trên C_2 hồi tiếp về đầu vào.

Điều kiện pha

$$X_{BE} = \frac{1}{\omega C_2} < 0$$

$$X_{CE} = -\frac{1}{\omega C_1} < 0$$

$$X_{CB} = \omega L > 0$$

Lý thuyết đã chứng minh mạch thỏa mãn điều kiện cân bằng pha, c
hồi tiếp dương.

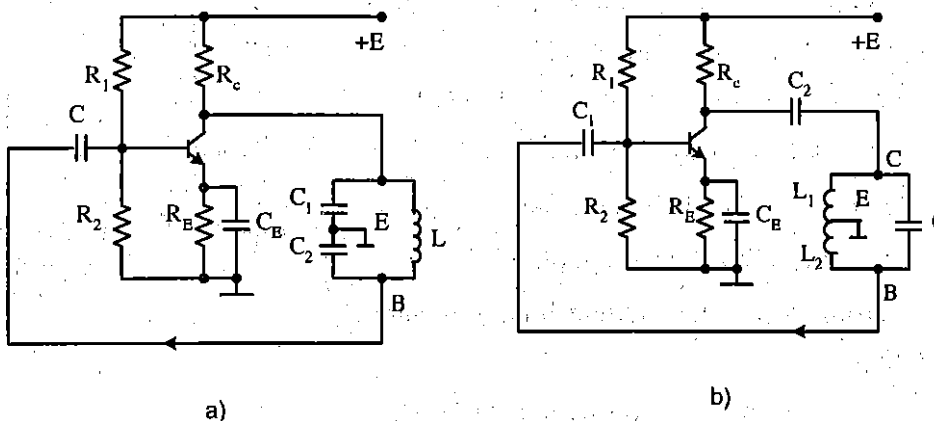
Điều kiện biên độ:

$$K.K_{ht} \geq 1$$

Trong đó: K là hệ số khuếch đại của tầng mắc theo sơ đồ E

$$K \approx -\frac{\beta}{r_{BE}} . R_c$$

K_{ht} là hệ số truyền đạt hồi tiếp.



Hình 7-2. Mạch dao động ba điểm điện dung (a) và ba điểm điện cảm (b)

Thỏa mãn điều kiện pha và biên độ sẽ có dao động điều hoà hình sin
tần số dao động được xác định theo biểu thức:

$$f_{dd} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}}}, \text{Hz}$$

Trong đó C tính bằng Fara;

L tính bằng Henri.

Để thay đổi tần số dao động có thể thay đổi điện cảm L hay điện dung C_1, C_2 nhưng trong trường hợp này tiện lợi hơn là thay đổi trị số L.

* Mạch dao động ba điểm điện cảm (hình 7-2b)

Mạch này chỉ khác mạch dao động ba điểm điện dung ở chỗ mạch phân áp để tạo điện áp hồi tiếp dùng hai điện cảm L_1 và L_2 ; điện áp trên cuộn L_2 được đưa về hồi tiếp.

Điều kiện pha $X_{BB} = \omega L_2 > 0$

$$X_{CB} = \omega L_1 > 0$$

$$X_{CB} = -\frac{1}{\omega C} < 0$$

Lý thuyết đã chứng minh thoả mãn điều kiện cân bằng pha và có hồi tiếp dương.

Điều kiện biên độ: $K.K_m \geq 1$

Nếu thoả mãn cả hai điều kiện trên, mạch sẽ dao động và tạo ra dao động điều hoà hình sin.

Tần số dao động được xác định theo biểu thức:

$$f_{dd} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}}, \text{Hz}$$

Để thay đổi tần số dao động ở đây thuận tiện là thay đổi trị số điện dung C.

* Mạch dao động R-C di pha (hình 7-3)

Mạch dao động R-C thích hợp tạo dao động ở tần số thấp; mạch có thể dùng linh kiện rời rạc transistor hay dùng IC thuật toán.

Ở đây các mắt lọc R-C dùng để di pha và chọn lọc tần số, thường dùng hơn cả là 3 mắt lọc R-C.

Điều kiện pha: Vì mạch khuếch đại thuật toán là khuếch đại đảo nên để có hồi tiếp dương thì mạch hồi tiếp gồm ba mắt lọc R-C phải lệch pha thêm

một góc $\varphi_{ht} = 180^\circ$. Nếu dùng ba mắt lọc R-C giống nhau thì mỗi mắt lọc R-C phải lệch pha $\varphi_{ht} = 60^\circ$.

Lý thuyết đã chứng minh rằng để thoả mãn điều kiện pha thì

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{6} RC}$$

$$\text{hay } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6} RC} \text{ và khi đó}$$

$$K_{ht} = \frac{1}{29}$$

- Để đảm bảo điều kiện biên

$$\text{độ } K \cdot K_{ht} \geq 1 \text{ suy ra } K \geq \frac{1}{K_{ht}} = 29.$$

Trong đó K là hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại đảo

$$K = 29 = \frac{R_N}{R_1} \text{ và } R_N = 29 R_1.$$

Khi đó tần số dao động.

$$f_{dd} = \frac{1}{2\pi\sqrt{6} RC}, \text{ Hz}$$

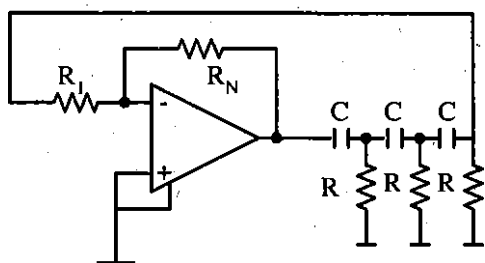
* Mạch dao động cầu Wien

Mạch dao động cầu Wien là mạch dao động R-C dùng mạch cầu Wien làm mạch hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào (hình 7-4).

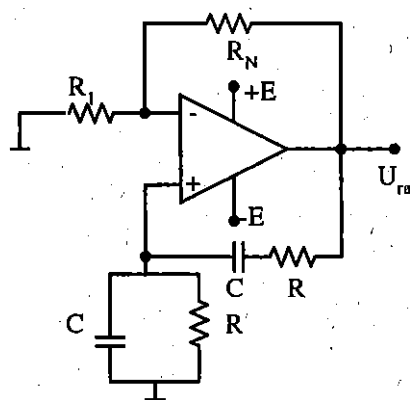
Điều kiện cân bằng pha: vì mạch hồi tiếp đưa về đầu vào thuận nên để có hồi tiếp dương thì góc lệch pha $\varphi_{ht} = 0$ và khi đó $\omega = \frac{1}{RC}$. Suy ra tần

$$\text{số chọn lọc } f = \frac{1}{2\pi RC} \text{ và } K_{ht} = \frac{1}{3}.$$

Điều kiện cân bằng biên độ:



Hình 7-3. Mạch dao động R-C di pha



Hình 7-4. Mạch dao động cầu Wien

$K.K_{ht} \geq 1$. Suy ra $K = 3$ và $K_{ht}(-) = \frac{R_1}{R_1 + R_N} = \frac{1}{3}$ do vậy $R_N = 2R_1$.

7.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

215) Bài tập 7-1. Cho mạch dao động ba điểm điện dung (hình 7-2a). Giả thiết mạch đảm bảo điều kiện pha và biên độ.

a) Nếu biết điện cảm $L = 0,4\text{mH}$, điện dung tương đương $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 0,1\mu\text{F}$. Hãy xác định tần số dao động.

b) Nếu giả thiết $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 0,47\mu\text{F}$. Hãy xác định điện cảm L cần thiết để tạo mạch dao động ở tần số 8000 Hz .

Bài giải

a) Tần số dao động được xác định theo biểu thức:

$$f_{dd} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}} \text{ Thay số vào ta được}$$

$$f_{dd} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}} = 25,19 \text{ kHz}$$

b) Từ biểu thức trên suy ra

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} = \frac{1}{(2 \cdot 3,14)^2 (8000)^2 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}} = 6,74 \text{ mH}$$

216) Bài tập 7-2. Để lặp lại bài 7-1. Nếu biết $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 1\mu\text{F}$, điện cảm L

có thể điều chỉnh từ $0,5\text{mH}$ đến $1,5\text{mH}$. Hãy xác định phạm vi thay đổi tần số dao động.

Bài giải

Tần số dao động cực tiểu ứng với trị số $L_{\max}$

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} L_{\max}}} = \frac{1}{2.3,14 \sqrt{10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}} = 4111,4 \text{ Hz}$$

Tần số dao động cực đại ứng với trị số $L_{\min}$.

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} L_{\min}}} = \frac{1}{2.3,14 \sqrt{10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}} = 7120 \text{ Hz}$$

(217) Bài tập 7-3. Cho mạch dao động ba điểm điện, cảm như hình 7-2b. Giả sử mạch đảm bảo điều kiện biên độ và pha.

a) Nếu biết $L = L_1 + L_2 = 0,1 \text{ mH}$, tụ $C = 0,47 \mu\text{F}$. Hãy xác định tần số dao động.

b) Nếu $L = L_1 + L_2 = 0,1 \text{ mH}$. Hãy xác định khoảng biến thiên của tụ C để mạch dao động từ tần số 12 kHz đến 160 kHz.

Bài giải

a) Tần số dao động được xác định theo biểu thức:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2.3,14 \sqrt{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}}} = 23,376 \text{ kHz}$$

b) Tần số dao động cực tiểu $f_{\min}$ ứng với trị số cực đại của tụ điện $C_{\max}$.

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C_{\max}}} \text{ Suy ra } C_{\max} = \frac{1}{L \left(\frac{1}{2\pi f_{\min}} \right)^2}$$

$$\text{Thay số ta được } C_{\max} = \frac{1}{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{2.3,14 \cdot 12 \cdot 10^3} \right)^2} = 1,76 \mu\text{F}$$

tần số dao động cực đại ứng với trị số $C_{\min}$.

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C_{\min}}} \text{ Suy ra } C_{\min} = \frac{1}{L \left(\frac{1}{2\pi f_{\max}} \right)^2}$$

$$\text{Thay số } C_{\min} = \frac{1}{10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{2.3,14 \cdot 160 \cdot 10^3} \right)^2} = 9,9 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 9,9 \text{ nF}.$$

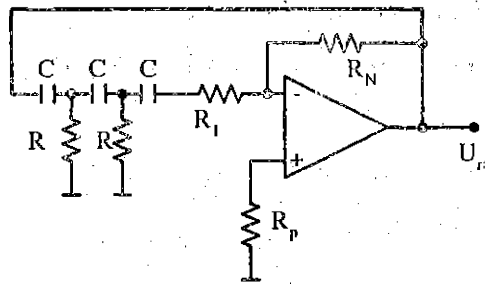
(218) Bài tập 7-4. Cho mạch dao động R-C di pha như hình 7-5 dưới đây.
Biết $R = R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

$$C = 0,01\mu F$$

$$R_p = 10k\Omega$$

a) Xác định tần số dao động của mạch.

b) Tính trị số cần thiết của R_N .



Bài giải

Hình 7-5. Mạch dao động R-C di pha

a) Xác định tần số dao động

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 14 \cdot \sqrt{6} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} = 650,2\text{Hz}$$

b) Để mạch dao động phải đảm bảo điều kiện biên độ.

Đã biết để đảm bảo điều kiện pha $\varphi_{ht} = 180^\circ$ thì $K_{ht} = \frac{1}{29}$.

Điều kiện biên độ $K \cdot K_{ht} = 1$. Suy ra $K = \frac{1}{K_{ht}} = 29$

Mặt khác $K = \frac{R_N}{R_I}$. Suy ra $R_N = 29R_I = 29 \cdot 10 = 290k\Omega$

(219) Bài tập 7-5. Hãy thiết kế mạch dao động R-C di pha dùng IC thuật toán để có tần số dao động 2kHz.

Biết trị số tụ điện C trong các mắt lọc R-C là như nhau và được chọn bằng $0,01\mu F$.

Bài giải

a) Mạch dao động R-C di pha 3 khâu RC được thiết kế như hình 7-5.

Trước hết xác định trị số R của mắt lọc R-C.

Từ biểu thức tần số dao động

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC} \quad \text{Suy ra } R = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}C \cdot f}$$

thay số vào ta được

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 14 \cdot \sqrt{6} \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3} = 3251\Omega = 3,251k\Omega$$

lấy điện trở chuẩn $R = 3,3k\Omega$

Điện trở R_1 cũng có trị số bằng R .

b) Tính R_N

Để đảm bảo điều kiện biên độ đã xác định được hệ số truyền đạt của mạch hồi tiếp $K_m = \frac{1}{29}$

Điều kiện biên độ $K.K_m = 1$. Suy ra $K = \frac{1}{K_m} = 29$

K là hệ số khuếch đại của mạch IC thuật toán

$$K \frac{R_N}{R_1} = 29 \rightarrow R_N = 29R_1 = 29.3,251k\Omega = 94,279k\Omega$$

$$R_N = 94,279k\Omega$$

Xác định lại tần số dao động, ứng với các trị số điện trở chọn theo tiêu chuẩn.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R.C}} = \frac{1}{2.3,14.\sqrt{6.3,3.10^3.0,10.10^{-6}}} = 1970Hz$$

(220) Bài tập 7-6. Cho mạch dao động R-C di pha 3 khâu như hình 7-5. Nếu biết điện trở $R = 10k\Omega$.

a) Hãy xác định trị số tụ C của mắt lọc R-C để mạch dao động ở tần số 2500Hz

b) Tính trị số điện trở R_N .

c) Nếu thay đổi đồng trục cả ba điện trở R từ $4,7k\Omega$ đến $20k\Omega$. Hãy xác định phạm vi thay đổi tần số.

Bài giải

a) Từ biểu thức $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R.C}}$ Suy ra $C = \frac{1}{2\pi\sqrt{6Rf}}$

Thay số ta được

$$C = \frac{1}{2.3,14.\sqrt{6.10.10^3.2500}} = 2,6.10^{-9} = 2,6nF$$

b) Để đảm bảo điều kiện biên độ thì hệ số khuếch đại $k = 29$

$$K = \frac{R_N}{R_1} = 29 \rightarrow R_N = 29 R_1 = 29 R = 29 \cdot 10k\Omega = 290k\Omega.$$

c) Khi $R_{\max} = 20k\Omega$ tần số dao động đạt giá trị cực tiểu

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R_{\max}} \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{6} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 2,6 \cdot 10^{-9}} = 1250\text{Hz} = 1,25\text{kHz}$$

Khi $R = R_{\min} = 4,7k\Omega$ tần số dao động đạt giá trị cực đại

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R_{\min}} \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{6} \cdot 4,7 \cdot 10^3 \cdot 2,6 \cdot 10^{-9}} = 5320\text{Hz} = 5,32\text{kHz}$$

(221) Bài tập 7-7. Tính toán một mạch dao động R-C di pha ba khâu dùng FET (hình 7-6).

Biết: hồ dẫn của FET

$$g_m = \frac{8\text{mA}}{\text{V}} (8\text{mS}); \text{ điện trở}$$

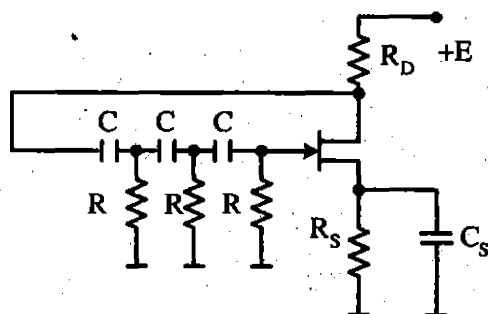
cực máng - nguồn

$r_{ds} = 50k\Omega$. Điện trở mất

lọc $R = 20k\Omega$.

a) Xác định trị số tụ C để mạch dao động ở tần số 500Hz.

b) Tính trị số điện trở R_D .



Hình 7-6. Mạch dao động R-C di pha dùng FET

Bài giải

a) Từ biểu thức tính tần số dao động

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R} \cdot C} \text{ Suy ra } C = \frac{1}{2\pi\sqrt{6R}f}$$

Thay số vào ta được

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{6} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 500} = 6,510^{-9} \text{F} = 6,5\text{nF}$$

b) Để xác định điện trở R_D , trước hết xét điều kiện biên độ.

Để có dao động điều hoà $K > 29$; ở đây có thể chọn $K = 50$.

Khi đó $K = g_m R_{-}$, trong đó $R_{-} = \frac{R_D \cdot r_{ds}}{R_D + r_{ds}}$ là tải xoay chiều của tầng

khuếch đại.

$$R_{-} = \frac{K}{g_m} = \frac{R_D \cdot r_{ds}}{R_D + r_{ds}}. \text{ Suy ra } R_D = \frac{K \cdot r_{ds}}{g_m r_{ds} - K}$$

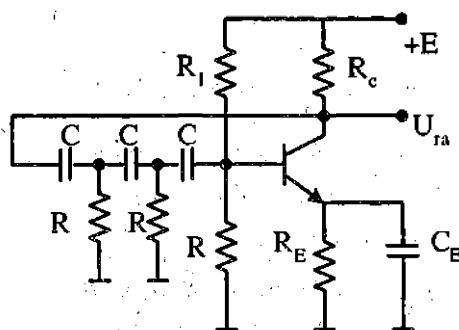
Thay số vào ta được

$$R_D = \frac{50 \cdot 50 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^3 - 50} = 7,140 \text{ k}\Omega$$

- (222) Bài tập 7-8. Cho mạch dao động R-C di pha 3 khâu dùng transistor như hình 7-7. Biết $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 0,01 \mu\text{F}$.

Hệ số khuếch đại $\beta = 50$, điện trở emito-bazơ $r_{BE} = 2 \text{ k}\Omega$, giả sử mạch đảm bảo điều kiện biên độ và pha.

- Xác định tần số dao động.
- Tính trị số điện trở R_C .



Bài giải

Hình 7-7. Mạch dao động R-C dùng transistor

- Tần số dao động:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 14 \cdot \sqrt{6} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} = 650 \text{ Hz}$$

- Để thỏa mãn điều kiện biên độ, thì hệ số khuếch đại K của mạch khuếch đại transistor mắc EC.

$$K \cdot K_{ht} = 1; \text{ đã biết } K_{ht} = \frac{1}{29}$$

Vậy
$$K = \frac{1}{K_{ht}} = 29$$

Mặt khác, hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại R-C mắc emito chung

$$K = -\frac{\beta}{r_{be}} R_C = -S R_C$$

Trong đó $S = \frac{\beta}{r_{be}}$ là hệ dẫn của transistor;

Dấu – có nghĩa điện áp ra và vào ngược pha.

Suy ra
$$R_C = \frac{K r_{be}}{\beta} = \frac{29 \times 2 \cdot 10^3}{50} = 1,16 k\Omega$$

Chọn điện trở chuẩn $R = 1,2 k\Omega$.

223 Bài tập 7-9. Cho mạch dao động cầu Wien như hình 7-8.

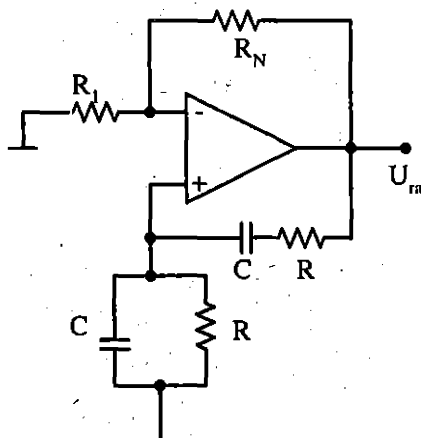
Biết: $R = 33 k\Omega$

$C = 10 nF$

Giả thiết mạch thỏa mãn điều kiện biên độ và pha.

a) Xác định tần số dao động.

b) Tính trị số R_N nếu cho $R_1 = 47 k\Omega$.



Hình 7-8. Mạch dao động cầu Wien

Bài giải

a) Tần số dao động

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 33 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} = 482,5 kHz$$

b) Từ điều kiện cân bằng biên độ

$$R_N = 2R_1 \rightarrow R_N = 2 \cdot 47 \cdot 10^3 = 94 \cdot 10^3 \Omega = 94 k\Omega$$

224 Bài tập 7-10. Đề lập lại bài 7-9. Nếu thay điện trở R bằng chiết áp đồng trục có điện trở biến đổi từ $10 k\Omega$ đến $100 k\Omega$.

Hãy xác định phạm vi tần số dao động.

Bài giải

Tần số f_{min} ứng với trị số cực đại của chiết áp $R_{max} = 100 k\Omega$

$$f_{min} = \frac{1}{2\pi C R_{max}} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^3} = 159,23 Hz$$

Tần số $f_{\max}$ ứng với trị số cực tiểu của chiết áp $R_{\min} = 10\text{k}\Omega$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi C R_{\min}} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3} = 1592,3\Omega = 1,592\text{k}\Omega$$

- 225 Bài tập 7-11.** Thiết kế mạch dao động cầu Wien để tạo dao động hình sin tần số 500Hz.

Bài giải

Có thể thiết kế mạch dao động cầu Wien dùng transistor rời rạc hay dùng IC thuật toán, nhưng thuận tiện hơn là dùng IC thuật toán. Mạch điện nguyên lý như hình 7-8.

- Muốn có dao động điều hoà hình sin phải đảm bảo điều kiện biên độ và điều kiện pha.

Điều kiện biên độ: $R_N = 2R_1$; R_1 chính là nhánh dưới của phân áp hồi tiếp. Ở đây chọn $R = 22\text{k}\Omega$ và khi đó $R_N = 2 \cdot 22\text{k}\Omega = 44\text{k}\Omega$.

- Điều kiện pha: Để hồi tiếp về cửa P là hồi tiếp dương thì góc pha $\varphi_m = 0$. Suy ra $\omega = \frac{1}{RC}$ hay $f = \frac{1}{2\pi RC}$

Muốn dao động ở tần số 500Hz có thể chọn R và C tùy ý. Nếu chọn tụ C có trị số chuẩn là $0,01\mu\text{F}$ thì trị số R được xác định:

$$R = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} = 31,847\text{k}\Omega$$

Như vậy trị số điện trở cần tính toán:

$$R_1 = 22\text{k}\Omega, R_N = 44\text{k}\Omega$$

$$R = 31,847\text{k}\Omega, C = 0,001\mu\text{F}.$$

- 226 Bài tập 7-12.** Cho mạch dao động cầu Wien như hình 7-9.

$$\text{Biết } R = 10\text{k}\Omega$$

$$R_1 = 80\text{k}\Omega$$

$$C = 0,022\mu\text{F}$$

Chiết áp R_p có trị số thay đổi từ 0 đến $30\text{k}\Omega$.

a) Hãy xác định phạm vi tần số dao động khi điều chỉnh chiết áp R_p .

b) Tính điện trở R_N .

Bài giải

a) Phạm vi tần số dao động phụ thuộc vào trị số chiết áp R_p mắc nối tiếp với R .

- Tần số $f_{\min}$ ứng với giá trị cực đại của $R_p = 30k\Omega$.

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi \cdot C(R + R_{p\max})}$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 14,0,022 \cdot 10^{-6} (10 \cdot 10^3 + 30 \cdot 10^3)}$$

$$= \frac{1}{2,2,34,0,022 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 10^3} = 180,95\text{Hz}$$

- Tần số cực đại $f_{\max}$ ứng với $R_p = 0 \Omega$.

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi \cdot CR} = \frac{1}{2\pi \cdot 14,0,022 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3} = 723,8\text{Hz}$$

b) Xác định trị số R_N

$$R_N = 2R_1 = 2 \cdot 140k\Omega = 280k\Omega = 280k\Omega$$

227 Bài tập 7-13. Cho mạch tạo dao động cầu Wien như hình 7-10 dưới đây.

Biết: $R_1 = 22k\Omega$

$R = 4,7k\Omega$

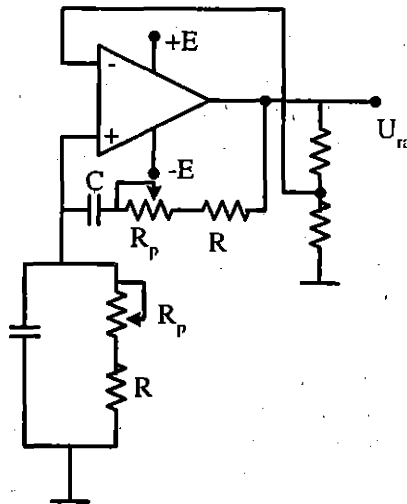
a) Xác định trị số R_N cần thiết.

b) Tác dụng của D_1, D_2 .

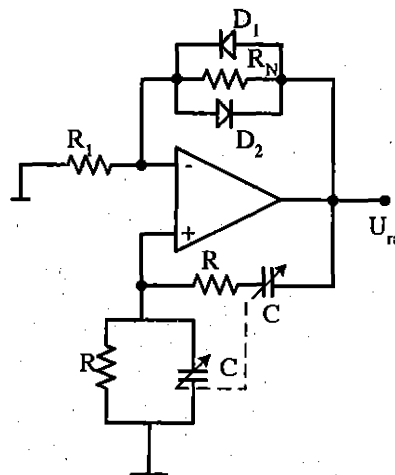
c) Tính trị số biến đổi của tụ C để tần số dao động từ 100Hz đến 2000Hz.

Bài giải

a) Để đảm bảo điều kiện độ, R_N được tính theo biểu thức



Hình 7-9. Mạch dao động cầu Wien có tần số điều chỉnh



Hình 7-10. Mạch dao động cầu Wien

$$R_N = 2R_1 = 2.22.10^3 \Omega = 44.10^3 \Omega = 44k\Omega$$

b) Diốt D_1 và D_2 mắc ngược chiều và song song với điện trở R_N , tức là song song với nhánh trên của phân áp hồi tiếp, nhằm hạn chế biên độ điện áp ra. Nếu biên độ điện áp ra tăng quá một ngưỡng nào đó thì hoặc D_1 hay D_2 dẫn, điện trở của diốt giảm xuống và hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại thuật toán cũng giảm và điện áp ra được hạn chế.

c) Tần số dao động được xác định

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

Khi tần số cực tiểu $f_{\min}$, thì trị số tụ C phải đạt giá trị cực đại

$$C_{\max} = \frac{1}{2\pi \cdot Rf_{\min}} = \frac{1}{2.3,14.4.7.10^3.100} = 0,338\mu F$$

Khi tần số cực đại $f_{\max}$ thì trị số của C là cực tiểu

$$C_{\min} = \frac{1}{2\pi \cdot Rf_{\max}} = \frac{1}{2.3,14.4.7.10^3.2000} = 16,94nF$$

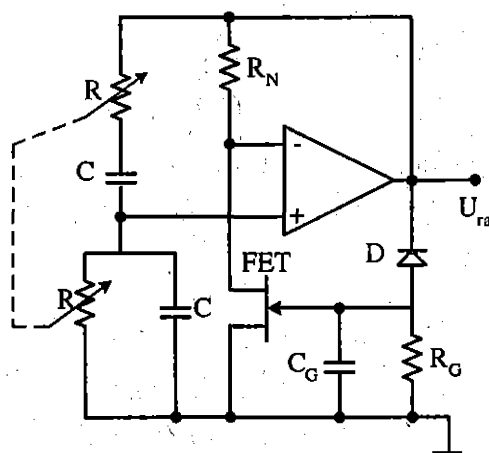
228) Bài tập 7-14. Cho mạch dao động cầu Wien như hình 7-11.

Biết: tụ $C = 0,05\mu F$.

Tần số dao động cần thay đổi được từ 200Hz đến 2000Hz nhờ biến trở R .

a) Phân tích nguyên lý hoạt động của mạch.

b) Xác định khoảng biến thiên cần thiết của R .



Hình 7-11

Bài giải

a) Phân tích sơ đồ

Đây là mạch dao động cầu Wien; mạch cầu R-C được mắc giữa đầu ra và đầu vào P của khuếch đại thuật toán làm thành mạch hồi tiếp dương. Nếu

đảm bảo điều kiện cân bằng pha và biên độ thì sẽ có dao động điều hoà. Trị số R và C của cầu Wien sẽ quyết định tần số dao động.

Điốt D , R_d và FET nhằm ổn định và hạn chế điện áp ra. Khi U_m tăng, điện áp âm qua điốt D đặt vào cực cửa của FET làm cho điện trở máng - nguồn r_{ds} của FET tăng lên, đây là nhánh dưới của phân áp hồi tiếp nên hệ số khuếch đại giảm đi và U_m được hạn chế.

b) Từ biểu thức xác định tần số dao động

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \text{ suy ra } R = \frac{1}{2\pi Cf}$$

Tần số dao động cực đại sẽ ứng với giá trị cực tiểu của R .

$$R_{\min} = \frac{1}{2\pi Cf_{\max}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14.0 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3} = 1592\Omega$$

Tần số dao động cực tiểu $f_{\min}$ sẽ ứng với giá trị cực đại của R .

$$R_{\max} = \frac{1}{2\pi Cf_{\min}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14.0 \cdot 10^{-6} \cdot 200} = 15,923\text{k}\Omega$$

229) Bài tập 7-15. Cho mạch điện như hình 7-12.

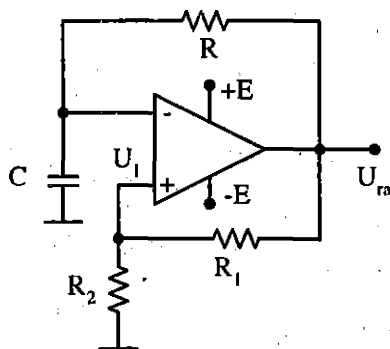
Biết: $R_1 = 150\text{k}\Omega$; $R_2 = 100\text{k}\Omega$

a) Phân tích mạch.

b) Hãy xác định hằng số thời gian $\tau = RC$ để tạo tín hiệu ra có tần số 1 kHz.

c) Nếu biết $C = 0,02 \mu\text{F}$ hãy xác định trị số cần thiết của R .

d) Xác định trị số cực đại của điện áp U_i đặt vào cửa P nếu điện áp bão hoà $U_{\text{sat}} = \pm 12\text{V}$.



Hình 7-12

Bài giải

a) Phân tích mạch:

Đây là mạch dao động đa hài (dao động Schmitt, điện áp ra là các xung chữ nhật có mức $+U_{\text{sat}}$ và $-U_{\text{sat}}$). R_1 và R_2 là hai điện trở phân áp tạo hồi tiếp dương, điện áp hồi tiếp đưa về cửa P.

Điện áp hồi tiếp về cửa P

$$U_1 = \frac{U_{sat}}{R_1 + R_2} R_2$$

Khi trị số trên tụ C nạp bằng U_1 thì mạch chuyển trạng thái và $U_m = -U_{sat}$.

b) Chu kỳ dao động được xác định theo biểu thức

$$T = 2RC \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right)$$

Suy ra
$$\tau = RC = \frac{T}{2 \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right)}$$

Trong đó chu kỳ $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$.

$$\tau = RC = \frac{10^{-3}}{2 \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^3} \right)} = 0,592 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

c) Nếu biết trị số $C = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, trị số R được xác định

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{0,592 \cdot 10^{-3}}{0,02 \cdot 10^{-6}} = 29,6 \text{ k}\Omega$$

d) Điện áp $U_1 = \frac{U_{sat}}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{12}{100 \cdot 10^3 + 150 \cdot 10^3} \cdot 100 \cdot 10^3 = 4,8 \text{ V}$

Trị số đỉnh đỉnh của điện áp vào U_1

$$U_{1p-p} = \pm 2 \cdot 4,8 = \pm 9,6 \text{ V}$$

230 Bài tập 7-16. Cho mạch điện như hình 7-12

Giả sử điện áp bão hoà $\pm U_{sat} = \pm 12 \text{ V}$

$R_1 = 30 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$; $R = 12 \text{ k}\Omega$; $C = 0,02 \mu\text{F}$

a) Hãy xác định điện áp hồi tiếp U_1 đặt vào cực P.

b) Xác định chu kỳ T và tần số dao động.

Bài giải

a) Điện áp U_1

$$U_1 = \frac{\pm U_{\text{sat}}}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{\pm 12}{30 + 20} \cdot 20 = \pm 4,8 \text{V}$$

b) Xác định chu kỳ T

$$T = 2RC \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) = 2 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 0,02 \cdot 10^{-6} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3} \right) = 0,406 \cdot 10^{-3} \text{s}$$

$$\text{Tần số dao động } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,406 \cdot 10^{-3}} = 2458,8 \text{Hz}$$

231 Bài tập 7-17. Cho mạch điện như hình 7-13a.

Biết: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$

$R = 100 \text{ k}\Omega$

$C = 0,01 \mu\text{F}$

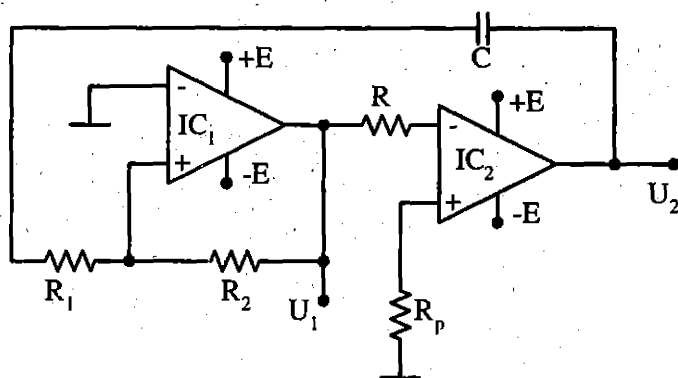
Giả sử điện áp bão hoà là $\pm 12 \text{V}$

a) Phân tích nguyên lý tạo dao động.

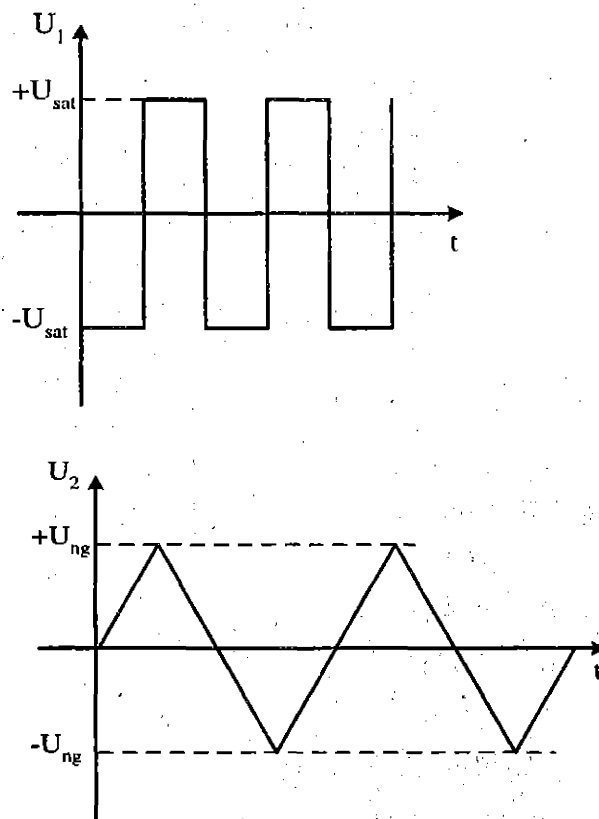
b) Xác định chu kỳ dao động.

c) Xác định tần số dao động.

d) Xác định trị số đỉnh xung chữ nhật và xung tam giác.



Hình 7-13a



Hình 7-13b

Bài giải

a) Đây là mạch tạo xung vuông U_1 và xung tam giác U_2 ; IC_1 là mạch so (Triger Schmitt) và IC_2 là mạch tích phân.

Giả sử tại thời điểm $t = 0$ điện áp đầu ra IC_1 là $U_1 = -U_{sat}$.

Điện áp ngưỡng hoặc điện áp lật trạng thái là $\pm U_{ng}$.

$$U_{ng} = U_{sat} \frac{R_1}{R_2} = \frac{U_{sat}}{K} \text{ trong đó } R_2 = KR_1 \text{ (hệ số } K \text{ phải } > 1)$$

Ở đầu ra của bộ tích phân IC_2

$$U_2 = -U_{ng}$$

$U_2(t)$ biến thiên theo thời gian t .

$$U_2(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_1(t) dt + U_2(0), \text{ trong đó } U_2(t) \text{ điện áp } U_2 \text{ tại thời điểm } t = 0.$$

Thay $U_{1, \text{sat}} = -U_{\text{ng}}$

$$U_2(0) = -U_{\text{ng}}$$

$$U_2(t) = \frac{U_{\text{sat}}}{RC}t - U_{\text{ng}}$$

Dạng điện áp ở đầu ra IC_1 – xung vuông và đầu ra IC_2 – xung tam giác như hình 7-13b.

b) Chu kỳ dao động T

$$T = \frac{4RC}{K} \text{ ở đây } K = \frac{R_2}{R_1} = \frac{20}{10} = 2$$

$$T = \frac{4RC}{2} = 2RC = 2 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} = 0,002s = 2ms$$

c) Tần số dao động

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} = 500Hz$$

d) Trị số đỉnh xung chữ nhật là $U_{1P,P} = \pm 12V$

Trị số đỉnh xung tam giác chính là điện áp ngưỡng $\pm U_{\text{ng}} = \frac{U_{\text{sat}}}{K} = \frac{\pm 12}{2} = \pm 6V$

232) Bài tập 7-18. Thiết kế mạch tạo xung tam giác có tần số 1kHz với điện áp bão hoà $U_{\text{sat}} = \pm 12V$, điện áp đỉnh là 8V.

Bài giải

Sơ đồ mạch tạo xung tam giác như hình 7-13a. Điện áp đỉnh - đỉnh là 8V tương ứng với điện áp ngưỡng $U_{\text{ng}} = 4V$, hệ số $K = \frac{U_{\text{sat}}}{U_{\text{ng}}} = \frac{12}{4} = 3$

Điện trở R_1 và R_2 được xác định theo tỷ lệ

$$\frac{R_2}{R_1} = K. \text{ Suy ra } R_2 = KR_1 = 3R_1.$$

Chọn $R_1 = 12k\Omega$ thì $R_2 = 36k\Omega$

Hằng số thời gian $\tau = RC$ được xác định theo biểu thức

$$f = \frac{K}{4RC} \text{ suy ra } \tau = RC = \frac{K}{4f} = \frac{3}{4 \cdot 1000} = 0,75 \cdot 10^{-3}s = 75ms$$

Nếu chọn tụ $C = 0,01\mu F$ thì điện trở R được xác định

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{0,01 \cdot 10^{-6}} = 75k\Omega$$

Chương 8

CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ – SỐ VÀ SỐ – TƯƠNG TỰ

8.1. TÓM TẮT PHẦN LÝ THUYẾT

Trong hệ thống thông tin số bất kỳ bắt buộc phải có bộ chuyển đổi tương tự – số (ADC) và số – tương tự (DAC). Việc chuyển đổi được thực hiện ở khâu đầu và khâu cuối của kênh thông tin và dùng mã nhị phân.

Tín hiệu số được biểu diễn dưới dạng mã nhị phân

$$U_D = b_{n-1}.2^{n-1} + b_{n-2}.2^{n-2} + \dots + b_1.2^1 + b_0.2^0.$$

$$\text{Ví dụ: } 1.2^5 + 0.2^4 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = 45$$

$$\text{Tín hiệu } U_D = 101101.$$

b_{n-1} : là bit có nghĩa lớn nhất (MSB)

b_0 : là bit có nghĩa nhỏ nhất (LSB).

Số số hạng trong dãy số nhị phân gọi là số bit, ví dụ trên là 6 bit. Chuyển đổi tương tự – số gồm các khâu chính: lấy mẫu và giữ mức, lượng tử hoá và mã hoá.

Lấy mẫu là rời rạc hoá tín hiệu theo thời gian và phải tuân theo định luật Shannon. Tần số lấy mẫu được xác định.

$$f_{sa} \geq 2F_{max} \text{ hay chu kỳ lấy mẫu } T = \frac{1}{f_{sa}}, s$$

Trong đó: F_{max} là tần số cực đại của tín hiệu cần chuyển đổi. Nếu số bit là N bit, điện áp mẫu là U_M thì số mức lượng tử là 2^N và bước lượng tử Q (khoảng cách giữa hai mức lượng tử liên kế) được xác định:

$$Q = \frac{U_M}{2^N - 1}$$

Sai số lượng tử lớn nhất E_{max} ứng với $\frac{1}{2}Q$, tức là

$$E = \frac{1}{2} Q = \frac{U_M}{2(2^N - 1)}$$

Như vậy số bit N càng lớn thì sai số càng nhỏ.

* Các phương pháp chuyển đổi AD

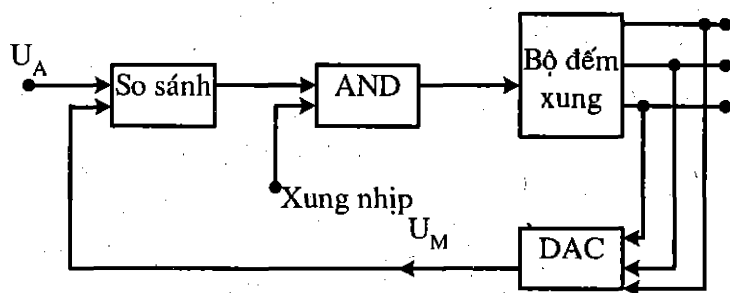
Tồn tại một số phương pháp chuyển đổi AD:

- Phương pháp chuyển đổi song song. Điện áp analog cần chuyển đổi được đồng thời đưa vào các bộ so sánh để so với điện áp chuẩn đã được chia áp thành các mức điện áp trùng với các mức lượng tử. Đầu ra của các mạch so được đưa vào các mạch AND sau đó đưa vào mạch đếm xung và mã hoá.

Ưu điểm của mạch chuyển đổi A/D song song là tốc độ chuyển đổi rất cao, vì điện áp chuyển đổi được đưa đồng thời vào các tất cả các bộ so, chỉ phụ thuộc vào tần số xung nhịp (xung đồng hồ) đưa vào mạch AND.

Nhược điểm: Cấu trúc mạch rất phức tạp, muốn chuyển đổi N bit cần $2^N - 1$ bộ so sánh và $2^N - 1$ mạch AND.

- Chuyển đổi theo phương pháp tiệm cận gần đúng. Điện áp tương tự cần chuyển đổi được so sánh với điện áp analog U_M . Đây là điện áp được chuyển đổi ngược từ đầu ra đưa về bộ so (hình 8-1).



Hình 8-1. Bộ chuyển đổi DA tiệm cận gần đúng

Nếu $U_A > U_M$ thì đầu ra bộ so có mức 1 và sau một chu kỳ xung nhịp có một xung được đưa vào bộ đếm, đồng thời tín hiệu số U_D lại được chuyển đổi ngược thành điện áp analog U_M , rồi lại đưa vào bộ so. Nếu $U_A < U_M$ thì đầu ra bộ so có mức 0 và không có xung nào được đưa vào bộ đếm và quá trình chuyển đổi dừng. Số vòng so sánh phụ thuộc vào số bit lượng tử N .

Ưu điểm: Cấu trúc mạch đơn giản.

Nhược điểm: Tốc độ chuyển đổi bị hạn chế, không cao.

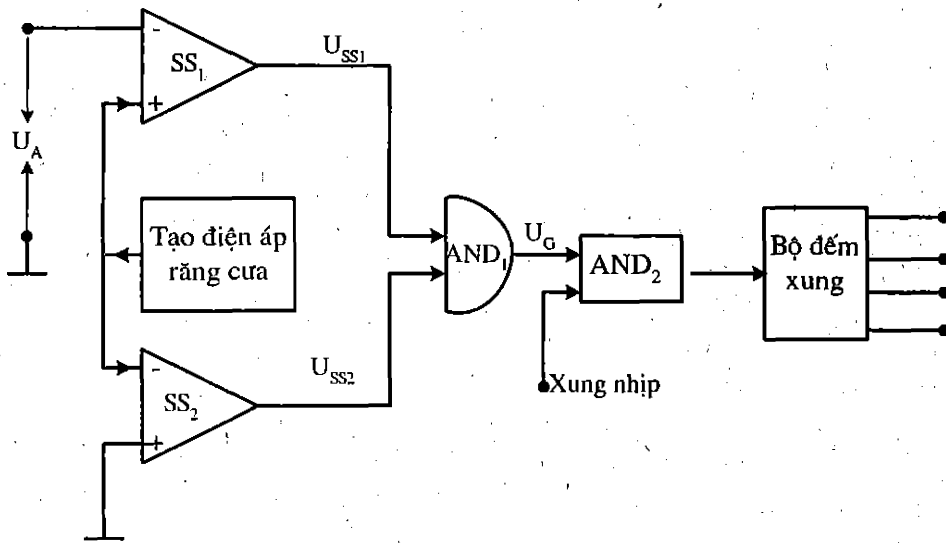
- Chuyển đổi theo phương pháp đếm xung đơn giản (hình 8-2)

Điện áp cần chuyển đổi U_A được đưa vào bộ so sánh SS_1 để so sánh với điện áp hình răng cưa U_C do bộ tạo điện áp răng cưa tạo ra.

Nếu $U_A > U_C$ thì đầu ra SS_1 có mức 1.

Nếu $U_A < U_C$ thì đầu ra SS_1 có mức 0.

Bộ so sánh SS_2 so sánh điện áp răng cưa U_C với đất. Nếu $U_C > 0$ thì đầu ra SS_2 nhận giá trị 1.



Hình 8-2. Chuyển đổi theo phương pháp đếm xung đơn giản

Cả hai điện áp ở đầu ra SS_1 và SS_2 là U_{SS1} và U_{SS2} đều được đưa đến mạch AND_1 - Điện áp U_G ở đầu ra mạch AND_1 tỷ lệ với độ lớn của U_A .

Tiếp đến xung U_G đưa đến mạch AND_2 , đầu vào thứ 2 là xung nhịp.

Từ đầu ra mạch AND_2 tín hiệu được đưa đến bộ đếm xung. Số lượng xung được đếm tỷ lệ với điện áp U_A .

$$\text{Điện áp răng cưa } U_C = \frac{1}{RC} \int U_{ch} \cdot dt = \frac{U_{ch}}{RC} t$$

Tại thời điểm $t = t_M$ thì $U_C = U_A$

$$U_A = \frac{U_{ch}}{RC} t_M \Rightarrow t_M = \frac{U_A}{U_{ch}} \cdot RC$$

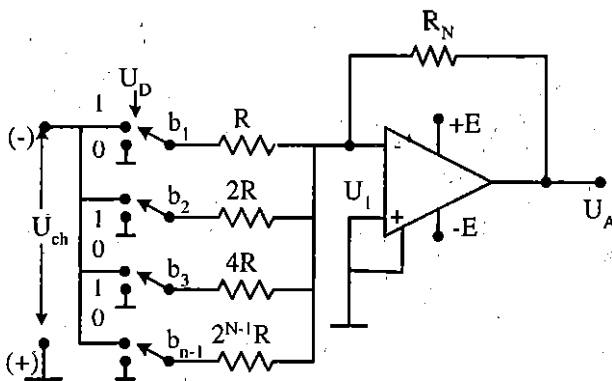
Số xung nhịp được đếm trong khoảng thời gian t_M là

$$Z = f_{nh} \cdot t_M = f_{nh} \cdot \frac{U_A}{U_{ch}} \cdot RC$$

Trong đó f_{nh} là tần số xung nhịp, H_z .

* *Chuyển đổi số tương tự (DAC)*, là quá trình chuyển đổi ngược từ tín hiệu số U_D sang tín hiệu tương tự U_A . Hai phương pháp được sử dụng rộng rãi là phương pháp thang điện trở và phương pháp mạng điện trở.

- Phương pháp thang điện trở (hình 8-3)



Hình 8-3. Chuyển đổi DAC theo phương pháp thang điện trở

Điện áp cần chuyển đổi U_D đưa đến điều khiển khoá điện tử, hai trạng thái 1 và 0 ứng với số hạng bit của U_D và nối qua một thang điện trở, trị số của chúng được phân bố theo mã nhị phân rồi đưa đến đầu vào bộ khuếch đại thuật toán.

Điện áp đầu ra được xác định theo biểu thức

$$U_A = \frac{2R_N}{R} \cdot U_{ch} (b_1 \cdot 2^{-1} + b_2 \cdot 2^{-2} + \dots + b_n \cdot 2^{-n})$$

Biểu thức $b_1 \cdot 2^{-1} + b_2 \cdot 2^{-2} + \dots + b_n \cdot 2^{-n}$ là mức chuẩn hoá; $b_1, b_2, \dots, b_n$ là các số hạng nhị phân, ứng với giá trị 1 hay 0 trong dãy số nhị phân U_D .

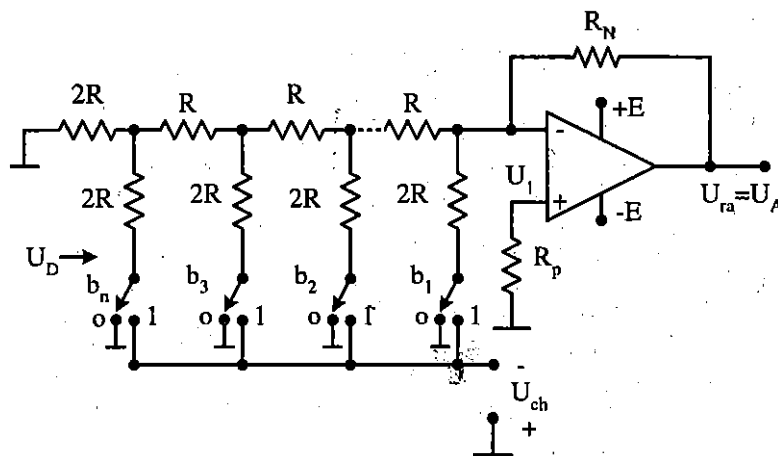
Điện áp toàn thang ứng với điều kiện khi tất cả các số hạng b_k đều có giá trị 1.

$$U_{Amax} = \frac{2R_N U_{ch}}{R} (1.2^{-1} + 1.2^{-2} + 1.2^{-3} + \dots + 1.2^{-N})$$

Mức lượng tử có giá trị nhỏ nhất, ứng với $b_n = 1$ còn tất cả các số hạng b_k còn lại đều bằng 0.

$$1U_{LSB} = \frac{2R_N}{R} U_{ch} . 2^{-N}$$

* Chuyển đổi DA theo phương pháp mạng điện trở R - $2R$ (hình 8-4)



Hình 8-4. Chuyển đổi DA theo phương pháp mạng điện trở

Điện áp analog U_A phụ thuộc vào tín hiệu số U_D , và được xác định theo biểu thức

$$U_{ra} = U_A = \frac{R_N}{R} . U_{ch} (b_1 . 2^{-1} + b_2 . 2^{-2} + b_3 . 2^{-3} + \dots + b_n . 2^{-N})$$

Trong đó U_{ch} là điện áp chuẩn;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ là các số hạng nhị phân của tín hiệu số U_D ứng với giá trị 1 hay 0.

Ví dụ: $U_D = 1101$ thì $b_1 = 1; b_2 = 1, b_3 = 0, b_4 = 1,$

Điện áp ra cực đại khi tất cả các bit b_k đều có trị số bằng 1.

$$U_{ra \max} = \frac{R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-2} + 1.2^{-3} + \dots + 1.2^{-N})$$

Bit có nghĩa nhỏ nhất hay một mức lượng tử ứng với $b_n = 1$ còn tất cả các bit b_k còn lại đều bằng 0.

$$U_{ra \min} = U_{LSB} = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-N}$$

8.2. PHẦN BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

233 Bài tập 8-1. Một hệ xử lý chuyển đổi AD, tín hiệu tương tự U_A có tần số từ 0 đến 2,5 kHz. Giả sử tốc độ lấy mẫu thực tế lớn hơn tần số lấy mẫu cực tiểu theo lý thuyết là 50%.

- Xác định tần số lấy mẫu.
- Xác định chu kỳ lấy mẫu.
- Nếu sử dụng chuyển đổi AD với $N = 8$ bit, hãy xác định độ rộng mỗi bit.

Bài giải

- a) Tần số lấy mẫu nhỏ nhất theo lý thuyết

$$f_{sa \min} = 2 F_{\max}$$

Ở đây tần số lấy mẫu thực tế được chọn lớn hơn lý thuyết là 50%

$$f_{sa} = 1,5 \cdot 2 F_{\max} = 1,5 \cdot 2 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ kHz}$$

- b) Chu kỳ lấy mẫu T được xác định

$$T = \frac{1}{f_{sa}} = \frac{1}{7500} = 133,3 \mu\text{s}$$

c) Bộ chuyển đổi AD có khả năng biến đổi mỗi trị số tương tự thành một từ không vượt quá 133,3 μs .

$$\text{Độ rộng bit } \tau = \frac{133,3 \mu\text{s}}{N} = \frac{133,3 \mu\text{s}}{8} = 16,66 \mu\text{s}$$

234 Bài tập 8-2. Tần số lấy mẫu của chuyển AD trong công nghệ ghi đĩa compact (CD) là 44,1 kHz

- a) Xác định tần số cao nhất của tín hiệu tương tự theo lý thuyết khi tạo lại tín hiệu số đó.
- b) Xác định thời gian biến đổi tối đa của bộ chuyển đổi AD (chu kỳ lấy mẫu T).

Bài giải

- a) Từ biểu thức tần số lấy mẫu

$$f_{sa} = 2F_{max} = 44,1\text{kHz}$$

$$\text{Suy ra } F_{max} = \frac{44,1}{2} = 22,05\text{kHz}$$

- b) Thời gian biến đổi tối đa của bộ chuyển đổi AD

$$T = \frac{1}{f_{sa}} = \frac{1}{44,1 \cdot 10^3} = 22,6\mu\text{s}$$

- 235 Bài tập 8-3:** Một bộ chuyển đổi AD dùng để chuyển đổi tín hiệu tương tự có tần số 20Hz ÷ 10.000Hz. Giả sử tần số lấy mẫu thực tế được chọn lớn hơn tần số lấy mẫu lý thuyết 25%.

- a) Xác định tần số lấy mẫu.
- b) Chu kỳ lấy mẫu.
- c) Nếu dùng bộ chuyển đổi AD 16 bit, hãy xác định độ rộng bit cực đại?

Bài giải

- a) Tần số lấy mẫu thực tế

$$f_{sa} = 1,25 \cdot 2F_{max} = 1,25 \cdot 2 \cdot 10.000\text{Hz} = 25.000\text{Hz} = 25\text{kHz}$$

- b) Chu kỳ lấy mẫu

$$T = \frac{1}{f_{sa}} = \frac{1}{25 \cdot 10^3} = 40\mu\text{s}$$

- c) Độ rộng bit cực đại

$$\tau = \frac{T}{N} = \frac{40\mu\text{s}}{16\text{ bit}} = 2,5\mu\text{s}$$

- 236) Bài tập 8-4. Trong một hệ chuyển đổi AD nào đó, cần lượng tử hoá tín hiệu thành 2048 mức lượng tử.

Hãy xác định số bit cần thiết N cho mỗi mẫu.

Bài giải

Số mức lượng tử n phụ thuộc vào số bit lượng tử hoá N và được xác định theo biểu thức

$$n = 2^N = 2048$$

$$\log_2 2^N = \log_2 2048 \rightarrow N = \log_2 2048 = 11.$$

- 237) Bài tập 8-5. Trong bộ chuyển đổi AD sử dụng lượng tử hoá 10 bit.

- a) Hãy xác định số mức lượng tử cho mỗi mẫu.
b) Nếu điện áp mẫu $U_M = 2V$, hãy xác định bước lượng tử Q .

Bài giải

- a) Số mức lượng tử

$$n = 2^N = 2^{10} = 1024 \text{ mức}$$

- b) Bước lượng tử Q

$$Q = \frac{U_M}{2^N - 1} = \frac{2}{2^{10} - 1} = \frac{2}{1024 - 1} = 1,955 \text{mV}.$$

- 238) Bài tập 8-6. Một bộ chuyển đổi AD 12 bit dùng để biến đổi tín hiệu analog có điện áp toàn thang $U_A = 10V$.

Hãy xác định các đại lượng sau đây:

- a) Số mức lượng tử.
b) Bước lượng tử.
c) Sai số lượng tử cực đại.
d) Sai số lượng tử theo phần trăm.

Bài giải

- a) Số mức lượng tử

$$n = 2^N = 2^{12} = 4096 \text{ mức}$$

- b) Bước lượng tử

$$Q = \frac{U_A}{2^N - 1} = \frac{10}{2^{12} - 1} = \frac{10}{4096 - 1} = 0,002442V$$

$$= 2,442mV$$

c) Sai số lượng tử cực đại E_{max}

$$E_{max} = \frac{Q}{2} = \frac{U_A}{2(2^N - 1)} = \frac{10}{2(2^{12} - 1)} = 0,001221V$$

$$= 1,221mV$$

d) Sai số lượng tử theo phần trăm

$$E\% = \frac{E_{max}}{U_A} \cdot 100\% = \frac{0,001221}{10} \cdot 100\% = 0,1221\%$$

(239) Bài tập 8-7. Cho mạch chuyển đổi AD song song (hình 8-5)

Biết: $N = 3$ bit

$U_{ch} = 7V$

$R = 10k\Omega$

Giải trình chuyển đổi các điện áp sau sang tín hiệu số U_D

$U_A = 1V; 3V; 5V$ và $7V$.

Bài giải

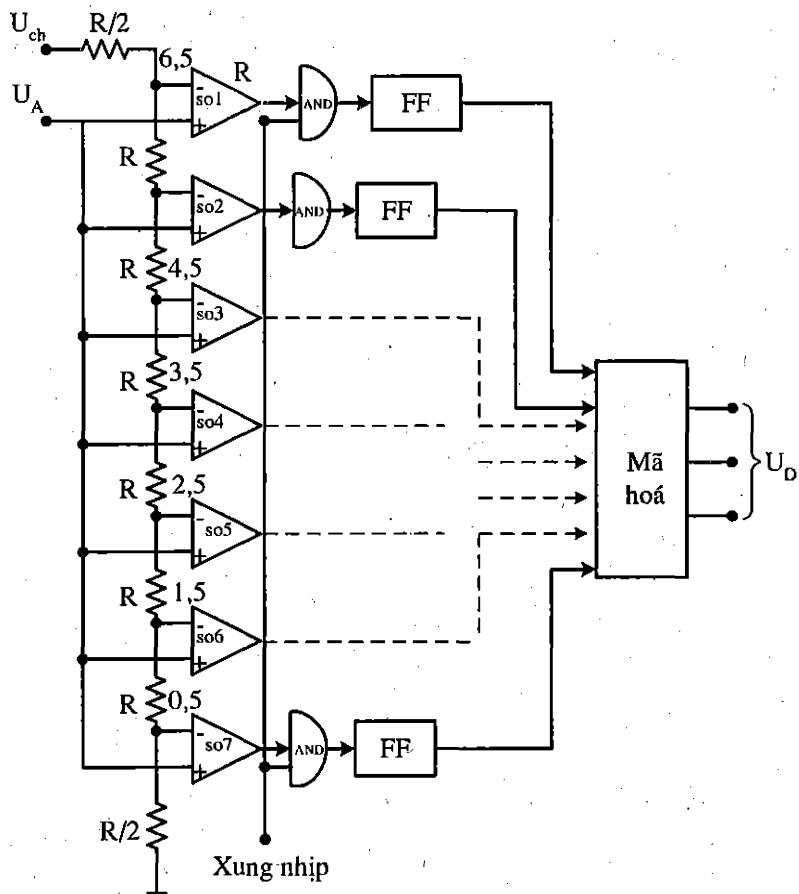
Mức điện áp U_{ch} được phân áp bởi các điện trở R và $\frac{R}{2}$ rồi đưa vào các đầu vào và bộ so theo các mức lượng tử

$0,5V; 1,5V; 2,5V; 3,5V; 4,5V; 5,5V; 6,5V$.

Bước lượng tử Q hay $1U_{LSB}$ được xác định

$$Q = 1U_{LSB} = \frac{U_{ch}}{2^N - 1} = \frac{7}{2^3 - 1} = 1V$$

Để giải trình việc chuyển đổi các điện áp trên sang tín hiệu số thiết lập bảng dưới đây, trong đó diễn tả mối quan hệ giữa điện áp analog U_A , các trị số ở các đầu ra của mạch so và tín hiệu số U_D ở đầu ra.



Hình 8-5. Chuyển đổi AD song song

Mức U_A, V	Đầu ra các mạch so							U_D
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	C B A
0	0	0	0	0	0	0	0	000
<u>1</u>	1	0	0	0	0	0	0	<u>001</u>
2	1	1	0	0	0	0	0	010
<u>3</u>	1	1	1	0	0	0	0	<u>011</u>
4	1	1	1	1	0	0	0	100
<u>5</u>	1	1	1	1	1	0	0	<u>101</u>
6	1	1	1	1	1	1	0	110
<u>7</u>	1	1	1	1	1	1	1	<u>111</u>

$$U_A = 1V \rightarrow U_D = 001$$

$$U_A = 3V \rightarrow U_D = 011$$

$$U_A = 5V \rightarrow U_D = 101$$

$$U_A = 7V \rightarrow U_D = 111$$

- 240 Bài tập 8-8.** Cho mạch chuyển đổi AD theo phương pháp tiệm cận (xấp xỉ đúng) như hình 8-6.

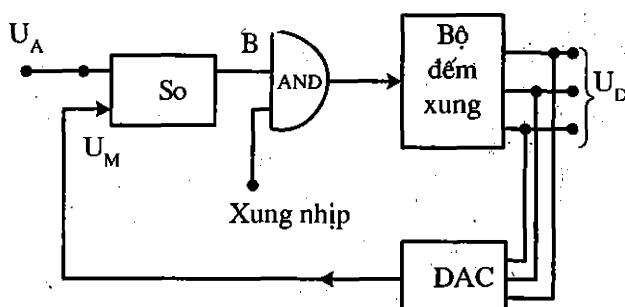
Biết:

$$N = 4 \text{ bit}$$

$$U_{A \max} = 6V$$

Xác định U_D cho các điện áp cần chuyển đổi sau:

$$U_A = 0,6V \text{ và } U_A = 1,75V.$$



Hình 8-6. Bộ chuyển đổi AD tiệm cận

Bài giải

- a) Trước hết xác định bước lượng tử hay bit nhỏ nhất

$$1U_{LSB} = \frac{U_A}{2^N - 1} = \frac{6}{2^4 - 1} = 0,4V$$

- b) Trường hợp chuyển đổi $U_A = 0,6V$

- So sánh lần 1: $U_M = 0 \rightarrow U_{A(0,6)} > U_{M(0)} \rightarrow B = 1$, một xung được đưa vào bộ đếm và mã hoá, $U_D = 0001$, chuyển đổi ngược, được $U_M = 0,4V$.

- So sánh lần 2: $U_A = 0,6V$; $U_M = 0,4V$

$U_A > U_M \rightarrow B = 1$, thêm 1 xung vào bộ đếm $U_D = 0010$ chuyển đổi ngược, được $U_M = 0,8V$.

- So sánh lần 3: $U_A = 0,6$; $U_M = 0,8 \rightarrow U_A < U_M$ dẫn ra $B = 0$, quá trình đếm dừng, như vậy $U_A = 0,6V \rightarrow U_D = 0010$.

c) Trường hợp $U_A = 1,75V$

- Vòng 3: $U_A = 1,75$; $U_M = 0,8V \rightarrow U_A > U_M \rightarrow B = 1$ và $U_D = 0011$, chuyển đổi ngược DAC, được $U_M = 1,2V$.

- Vòng 4: $U_A = 1,75V$; $U_M = 1,2V \rightarrow U_A > U_M$ và $U_D = 0100$, chuyển đổi ngược DAC, được $U_M = 1,6V$.

- Vòng 5: $U_A = 1,75V$; $U_M = 1,6V \rightarrow U_A > U_M \rightarrow B = 1$ và $U_D = 0101$, chuyển đổi ngược DAC, được $U_M = 2,0V$.

- Vòng 6: $U_A = 1,75V$; $U_M = 2,0V \rightarrow U_A < U_M \rightarrow B = 0$ quá trình chuyển đổi dừng.

Vậy $U_A = 1,75V$ ứng với $U_D = 0101$.

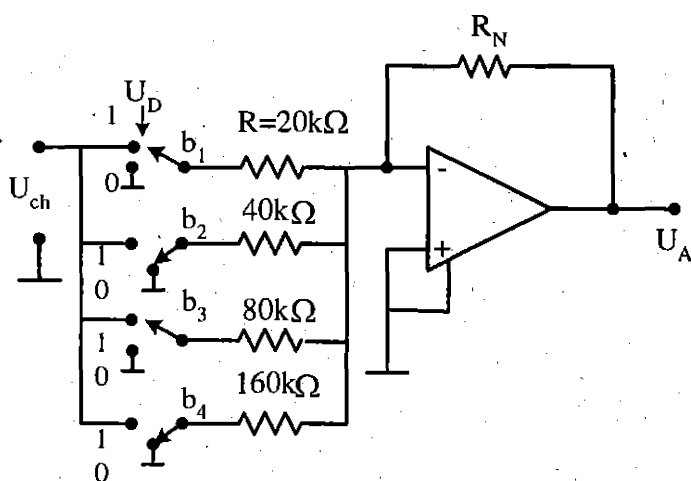
241) Bài tập 8-9. Cho mạch chuyển đổi DAC theo phương pháp thang điện trở như hình 8-7.

Biết: $N = 4$ bit, $R_N = 20k\Omega$; $R = 20k\Omega$; $U_{ch} = 3V$

a) Hãy xác định bit có nghĩa nhỏ nhất $1U_{LSB}$.

b) Tính U_A nếu $U_D = 0110$; $U_D = 0011$.

c) Tính điện áp toàn thang.



Hình 8-7. Chuyển đổi DAC theo phương pháp thang điện trở

Bài giải

a) Bit có nghĩa nhỏ nhất ứng với $b_4 = 1$ còn tất cả $b_1 = b_2 = b_3 = 0$

$$1U_{LSB} = \frac{2R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-N} = \frac{2 \cdot 20}{20} \cdot 3 \cdot 2^{-4} = 0,375V$$

b) Theo biểu thức tính U_A

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (b_1 \cdot 2^{-2} + b_2 \cdot 2^{-2} + b_3 \cdot 2^{-3} + b_4 \cdot 2^{-4})$$

Với $U_D = 0110$ có nghĩa là $b_1 = b_4 = 0$

$$b_2 = b_3 = 1$$

thay trị số của b vào

$$U_A = \frac{2 \cdot 20}{20} \cdot 3 (1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-4}) = \frac{2 \cdot 20}{20} \cdot 3 \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right) = 2,25V$$

với $U_D = 0011 \rightarrow b_1 = b_2 = 0; b_3 = b_4 = 1$

$$U_A = \frac{2 \cdot 20}{20} \cdot 3 (1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4}) = \frac{2 \cdot 20}{20} \cdot 3 \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = 1,125V$$

c) Xác định điện áp toàn thang

Điện áp toàn thang ứng với trường hợp $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 1$

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4}) \\ &= \frac{2 \cdot 20}{20} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = 5,62V \end{aligned}$$

(242) Bài tập 8-10. Đề giống như bài 8-9. Nhưng $N = 8$ bit.

a) Hãy xác định bit có trị số nhỏ nhất $1U_{LSB}$.

b) Xác định U_A nếu biết $U_D = 10000000$

$$U_D = 10101010$$

c) Tính điện áp toàn thang.

Bài giải

a) Xác định bit có trị số nhỏ nhất

U_{LSB} ứng với trường hợp $b_8 = 1$, còn tất cả các b_k đều bằng 0

$$1U_{LSB} = 2 \frac{R_N}{R} U_{ch} \left(\frac{1}{2^8} \right) = \frac{2.20}{20} . 3 \left(\frac{1}{256} \right) = 0,0234V$$

b) Nếu $U_D = 10000000$, có nghĩa là $b_1 = 1; b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 = b_7 = b_8 = 0$.

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1}) = \frac{2.20}{20} . 3 \left(\frac{1}{2} \right) = 3V$$

Nếu $U_D = 10101010$ có nghĩa $b_1 = b_3 = b_5 = b_7 = 1$

$$b_2 = b_4 = b_6 = b_8 = 0$$

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-3} + 1.2^{-5} + 1.2^{-7})$$

$$= \frac{2.20}{20} . 3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{32} + \frac{1}{128} \right) = 3,984V$$

c) Điện áp toàn thang ứng với trường hợp tất cả các số hạng b_k đều có trị số là 1.

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-2} + 1.2^{-3} + 1.2^{-4} + 1.2^{-5} + 1.2^{-6} + 1.2^{-7} + 1.2^{-8})$$

$$= \frac{2.20}{20} . 3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right) = 5,9765V$$

(243) Bài tập 8-11. Bộ chuyển đổi DAC 4 bit như hình 8-7

Biết $U_{ch} = 3V$

$R = 10k\Omega$

a) Hãy xác định trị số R_N để ứng với $U_D = 1001$ thì $U_A = 2,2V$.

b) Xác định điện áp toàn thang cho trường hợp đó.

Bài giải

a) Theo biểu thức

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + b_4 2^{-4})$$

ở đây $b_1 = b_4 = 1$

$$b_2 = b_3 = 0$$

$$U_A = 2,2V = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-4})$$

$$2,2V = \frac{2R_N}{R} U_{ch} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16} \right)$$

$$\text{Suy ra } R_N = \frac{2,2R}{2U_{ch} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16} \right)} = \frac{2,2 \cdot 10}{2 \cdot 3 \cdot \frac{9}{16}} = 6,518k\Omega$$

b) Xác định điện áp toàn thang

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-2} + 1.2^{-3} + 1.2^{-4}) \\ &= \frac{2 \cdot 6,518}{10} \cdot 3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = 3,666V \end{aligned}$$

244) Bài tập 8-12. Cho mạch chuyển đổi DAC 4 bit như hình 8-7.

Biết $R_N = 30k\Omega$

$U_{ch} = 6V$

a) Hãy xác định trị số điện trở R để ứng với $U_D = 1000$ thì $U_A = 9V$.

b) Xác định bit có nghĩa nhỏ nhất U_{LSB} và bit có nghĩa lớn nhất U_{MSB} .

c) Xác định điện áp toàn thang.

Bài giải

a) Biểu thức tính U_A

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + b_4 2^{-4})$$

Nếu $U_D = 1000$ thì $b_1 = 1, b_2 = b_3 = b_4 = 0$

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} \left(\frac{1}{2} \right). \text{ Suy ra } R = \frac{R_N \cdot U_{ch}}{U_A}$$

$$R = \frac{30 \cdot 6}{9} = 20k\Omega.$$

b) Bit có nghĩa nhỏ nhất khi $b_4 = 1$ còn $b_1 = b_2 = b_3 = 0$

$$1U_{LSB} = \frac{2R_N}{R} U_{ch} \cdot 1.2^{-4} = \frac{2.30}{20} \cdot 6 \cdot \frac{1}{16} = 1,125V$$

Bit có nghĩa lớn nhất U_{MSB} ứng với trường hợp $b_1 = 1, b_2 = b_3 = b_4 = 0$

$$U_{MSB} = \frac{2R_N}{R} U_{ch} \cdot 1.2^{-1} = \frac{2.30}{20} \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 9V$$

c) Điện áp toàn thang, ứng với trường hợp $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 1$

$$U_A = \frac{2R_N}{R} U_{ch} (1.2^{-1} + 1.2^{-2} + 1.2^{-3} + 1.2^{-4})$$

$$= \frac{2.30}{20} \cdot 6 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = 16,875V$$

245 Bài tập 8-13. Cho mạch chuyển đổi ADC mạng điện trở R-2R, 4 bit như hình 8-8.

Biết: $R = 10k\Omega; R_p = 10k\Omega$

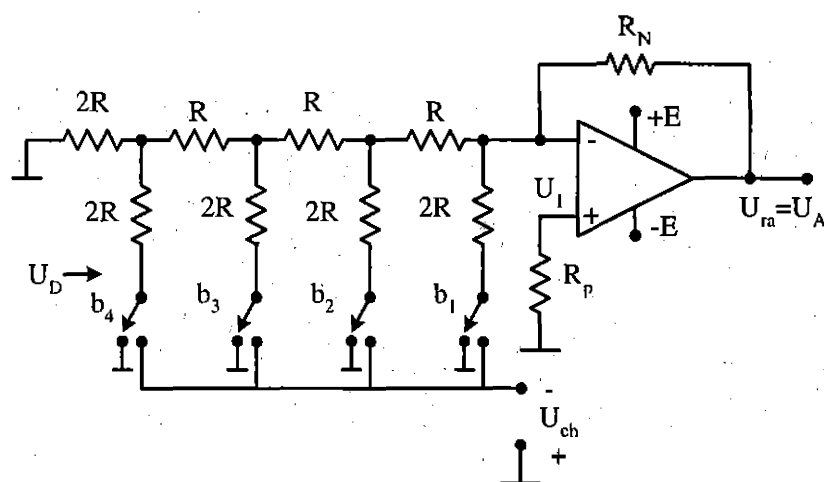
$$U_{ch} = 10V$$

Hãy xác định R_N để:

a) $1U_{LSB} = 0,5V$

b) Ứng với $U_D = 1000$ thì $U_A = 6V$

c) Điện áp toàn thang $U_A = 10V$



Hình 8-8. Chuyển đổi DA theo phương pháp mạng điện trở R-2R

Bài giải

a) Theo biểu thức xác định điện áp ra U_A

$$U_A = \frac{R_N}{R} U_{ch} (b_1 \cdot 2^{-1} + b_2 \cdot 2^{-2} + b_3 \cdot 2^{-3} + b_4 \cdot 2^{-4})$$

Bit có nghĩa nhỏ nhất $1U_{LSB}$ ứng với trường hợp $b_4 = 1, b_1 = b_2 = b_3 = 0$

$$U_A = U_{LSB} = 0,5V = \frac{R_N}{R} \cdot U_{ch} \cdot 2^{-4}$$

Suy ra
$$R_N = \frac{0,5 \cdot R}{U_{ch} \cdot 2^{-4}} = \frac{0,5 \cdot 10}{10 \cdot 2^{-4}} = 8k\Omega$$

b) $U_D = 1000$, ứng với $b_1 = 1; b_2 = b_3 = b_4 = 0$. Đây chính là bit có nghĩa lớn nhất $U_A = U_{MSB} = 6V$

$$U_A = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-1} \text{ . Suy ra}$$

$$U_A = 6 = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-1}$$

$$R_N = \frac{6R}{U_{ch} \cdot 2^{-1}} = \frac{6R \cdot 2}{U_{ch}} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 2}{10} = 12k\Omega$$

c) Điện áp toàn thang ứng với trường hợp

$$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 1$$

$$U_A = 10V = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4})$$

$$R_N = \frac{10R}{U_{ch} (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4})} = \frac{10 \cdot 10}{10 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right)} = 10,66k\Omega$$

246 Bài tập 8-14. Bộ chuyển đổi DAC mạng điện trở R-2R 8 bit.

Biết: $R_N = 20k\Omega$

$$U_{ch} = 6V$$

a) Hãy xác định điện trở R và 2R để bit có trị số nhỏ nhất $1U_{LSB} = 0,046875V$.

b) Xác định bit có trị số lớn nhất U_{MSB} trong trường hợp đó.

c) Tính điện áp toàn thang.

Bài giải

a) Bit có nghĩa nhỏ nhất ứng với trường hợp $b_8 = 1$. Các số hạng b_k còn lại đều bằng 0.

$$U_{LSB} = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-8} = 0,046875$$

$$\text{Suy ra } R = \frac{R_N}{U_{LSB}} U_{ch} \cdot 2^{-8} = \frac{20}{0,046875} \cdot 6 \cdot \frac{1}{2^8} = 10k\Omega$$

$$2R = 20k\Omega.$$

b) Bit có nghĩa lớn nhất U_{MSB} ứng với trường hợp $b_1 = 1$, các số hạng b_k còn lại đều bằng 0.

$$U_{MSB} = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-1} = \frac{20}{10} \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 6V$$

c) Điện áp toàn thang ứng với trường hợp $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 = b_7 = b_8 = 1$

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-8}) \\ &= \frac{20}{10} \cdot 6 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right) = 11,953V \end{aligned}$$

247) Bài tập 8-15. Cho mạch chuyển đổi DA như hình 8-8.

Biết: $N = 4$ bit

$$R = 10 k\Omega$$

$$R_N = 10 k\Omega$$

a) Hãy xác định điện áp chuẩn U_{ch} cần thiết để khi $U_D = 1100$ thì $U_A = 4,5V$.

b) Tính U_{LSB} .

c) Tính điện áp toàn thang.

Bài giải

a) Điện áp ra được xác định theo biểu thức

$$U_A = \frac{R_N}{R} U_{ch} (b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + b_4 2^{-4})$$

với $U_D = 1100$ thì $b_1 = 1, b_2 = 1, b_3 = b_4 = 0$

$$U_A = \frac{R_N}{R} U_{ch} (2^{-1} + 2^{-2})$$

Suy ra
$$U_{ch} = \frac{U_A R}{R_N \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right)} = \frac{10,4,5}{10 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right)} = 6V$$

b) Xác định bit có nghĩa nhỏ nhất

$b_4 = 1; b_1 = b_2 = b_3 = 0$

$$1U_{LSB} = \frac{R_N}{R} U_{ch} 2^{-4} = \frac{10}{10} \cdot 6 \cdot 2^{-4} = 0,375V$$

c) Điện áp U_A toàn thang, ứng với trường hợp $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 1$

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{R_N}{R} U_{ch} (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4}) \\ &= \frac{10}{10} \cdot 6 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = 5,625V \end{aligned}$$

248 Bài tập 8-16. Cho mạch chuyển đổi DA như hình 9-8 nhưng $N = 5$ bit;

$U_{ch} = 10V; R = 10k\Omega$.

Hãy xác định R_N cần thiết để đạt được các điều kiện sau:

a) Ứng với bit có nghĩa nhỏ nhất thì $U_A = 200mV$.

b) Khi điện áp $U_D = 10001$ thì $U_A = 5V$.

c) Điện áp toàn thang $U_A = 12V$.

Bài giải

a) Bit có nghĩa nhỏ nhất khi $b_5 = 1; b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 0$

$$U_{LSB} = 0,2V = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-5}$$

Suy ra
$$R_N = \frac{0,2R}{U_{ch} 2^{-5}} = \frac{0,2 \cdot 10}{10 \cdot 2^{-5}} = 6,4k\Omega$$

b) Khi $U_D = 10001$ ứng với $b_1 = b_5 = 1$

$$b_2 = b_3 = b_4 = 0$$

$$U_A = 5V = \frac{R_N}{R} U_{ch} (2^{-1} + 2^{-5})$$

$$\text{Suy ra } R_N = \frac{U_A R}{U_{ch} (2^{-1} + 2^{-5})} = \frac{5 \cdot 10}{10 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{32} \right)} = 9,412 k\Omega$$

c) Điện áp toàn thang $U_A = 12V$ ứng với trường hợp $U_D = 11111$

$$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = 1$$

$$U_A = 12V = \frac{R_N}{R} U_{ch} (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5})$$

$$\begin{aligned} \text{Suy ra } R_N &= \frac{U_A R}{U_{ch} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} \right)} \\ &= \frac{12 \cdot 10}{10 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} \right)} = 12,387 k\Omega \end{aligned}$$

249) Bài tập 8-17. Cho mạch chuyển đổi DA 8 bit dùng IC DA806 (hình 8-9).

Giả sử: $R_{14} = R_{15} = R = R_N = 10k\Omega$

$$U_{REF} = U_{ch} = 5,12V$$

a) Hãy xác định bit có nghĩa nhỏ nhất $1U_{LSB}$.

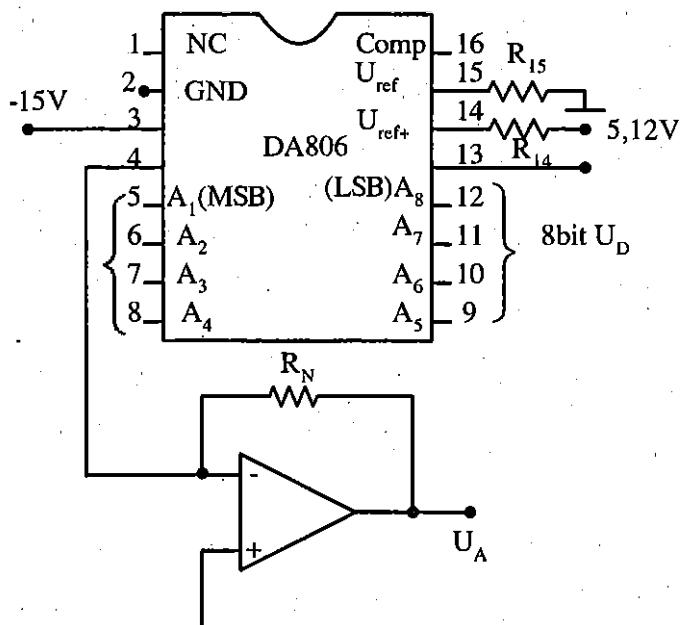
b) Xác định điện áp toàn thang.

Bài giải

a) Bit có nghĩa nhỏ nhất ứng với $b_8 = 1$ còn tất cả các số hạng b_K còn lại đều bằng 0.

$$U_A = U_{LSB} = \frac{R_N}{R} U_{ch} \cdot 2^{-8} = \frac{10}{10} \cdot 5,12 \cdot 2^{-8} = 0,02V$$

b) Điện áp toàn thang U_A ứng với trường hợp $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 = b_7 = b_8 = 1$.



Hình 8-9

$$U_{A_{\max}} = \frac{R_N}{R} U_{\text{ch}} (2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-8})$$

$$= \frac{10}{10} \cdot 5,12 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right) = 5,1\text{V}$$

(250) Bài tập 8-18. Cho mạch chuyển đổi AD 801 8 bit như hình 8-10

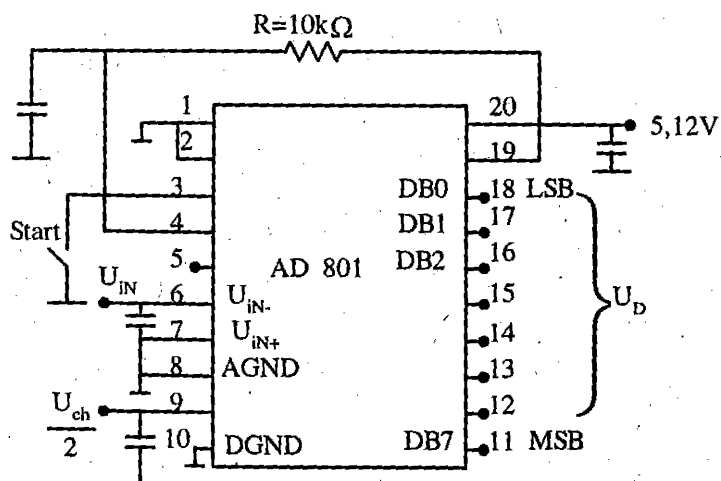
Biết $U_1, U_2, \dots, U_8$ là tám mức điện áp ứng với tám trị số

00000001, 00000010, 00000100, 00001000, 00010000, 00100000, 01000000, 10000000.

Hãy tính những điện áp đó.

Bài giải

Đối với mỗi trong 8 điện áp được tính ở đây chỉ có một bit duy nhất ứng với mức 1, còn các bit khác ứng với mức 0.



Hình 8-10. Mạch chuyển đổi AD 801

00000001	→	$U_1 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-8} = 20 \text{ mV}$
00000010	→	$U_2 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-7} = 40 \text{ mV}$
00000100	→	$U_3 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-6} = 80 \text{ mV}$
00001000	→	$U_4 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-5} = 160 \text{ mV}$
00010000	→	$U_5 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-4} = 320 \text{ mV}$
00100000	→	$U_6 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-3} = 640 \text{ mV}$
01000000	→	$U_7 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-2} = 1280 \text{ mV}$
10000000	→	$U_8 = 5,12 \text{ V} \cdot 2^{-1} = 2560 \text{ mV}$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Minh Hà, 2003. *Kỹ thuật mạch điện tử*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
2. Đặng Văn Chuyết (Chủ biên), 2004. *Giáo trình Kỹ thuật mạch điện tử*, NXB Giáo dục.
3. Nguyễn Việt Nguyên, 2004. *Giáo trình Linh kiện điện tử và ứng dụng*, NXB Giáo dục.
4. Nguyễn Thanh Trà, Thái Vĩnh Hiến, 2005. *Giáo trình Điện tử dân dụng*, NXB Giáo dục.
5. Đỗ Xuân Thụ, Nguyễn Việt Nguyên, 2004. *Bài tập Kỹ thuật điện tử*, NXB Giáo dục.
6. William D.Stanley, 1990. *Operational amplifiers with linear integrated circuits*, Macmilan Publishing Company.
7. Lê Văn Doanh, Võ Thạch Sơn, 1994. *Kỹ thuật điện tử (Phần Bài tập)*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1. Điốt	
1.1. Tóm tắt phần lý thuyết	5
1.2. Phần bài tập có lời giải	6
1.3. Đề bài tập	29
Chương 2. Transistor lưỡng cực và transistor trường	
2.1. Tóm tắt phần lý thuyết	39
2.2. Phần bài tập có lời giải	47
Chương 3. Các mạch khuếch đại tín hiệu bé	
3.1. Tóm tắt phần lý thuyết	66
3.2. Phần bài tập có lời giải	67
3.3. Đề bài tập	92
Chương 4. Mạch khuếch đại công suất	
4.1. Tóm tắt phần lý thuyết	105
4.2. Phần bài tập có lời giải	110
Chương 5. Bộ khuếch đại thuật toán	
5.1. Tóm tắt phần lý thuyết	130
5.2. Phần bài tập có lời giải	134
Chương 6. Nguồn ổn áp	
6.1. Tóm tắt phần lý thuyết	152
6.2. Phần bài tập có lời giải	156
Chương 7. Mạch dao động	
7.1. Tóm tắt phần lý thuyết	173
7.2. Phần bài tập có lời giải	177
Chương 8. Mạch chuyển đổi tương tự - số và số - tương tự	
8.1. Tóm tắt phần lý thuyết	192
8.2. Phần bài tập có lời giải	197
Tài liệu tham khảo	214
	215

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUỲ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc CTCP sách ĐH-DN TRẦN NHẬT TÂN

Biên tập nội dung và sửa bản in:

DƯƠNG VĂN BẰNG

Trình bày bìa:

HOÀNG MẠNH DỪA

Chế bản:

NGUYỄN LÊ BẢO NGỌC

250 BÀI TẬP KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Mã số: 7B653y9 – DAI

In 1.500 bản (QĐ : 01), 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 : 04 - 2009/CXB/204 - 2117/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2009.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ

HEVOBCO

25 Hàn Thuyên, Hà Nội

Website : www.hevobco.com.vn.

**TÌM ĐỌC GIÁO TRÌNH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG
ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP - DẠY NGH
CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC
(NGÀNH ĐIỆN TỬ-TIN HỌC)**

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Lĩnh kiện điện tử và ứng dụng | TS. Nguyễn Viết Nguyên |
| 2. Điện tử dân dụng | ThS. Nguyễn Thanh Trà |
| 3. Điện tử công suất | Trần Trọng Minh |
| 4. Mạch điện tử | TS. Đặng Văn Chuyết |
| 5. Kỹ thuật số | TS. Nguyễn Viết Nguyên |
| 6. Kỹ thuật điều khiển | Vũ Quang Hồi |
| 7. Kỹ thuật xung - số | TS. Lương Ngọc Hải |
| 8. Điện tử công nghiệp | Vũ Quang Hồi |
| 9. Toán ứng dụng trong tin học | PGS. TS. Bùi Minh Trí |
| 10. Nhập môn tin học | Tô Văn Nam |
| 11. Cấu trúc máy vi tính và vi xử lý | Lê Hải Sâm |
| | Phạm Thanh Liêm |
| 12. Hệ các chương trình ứng dụng
(Window, Word, Excel) | GVC. Trần Viết Thường |
| 13. Cơ sở dữ liệu | Tô Văn Nam |
| 14. Lập trình C | GVC. Tiêu Kim Cương |
| 15. Cấu trúc dữ liệu và giải thuật | PGS. TS. Đỗ Xuân Lôi |
| 16. Cài đặt và điều hành mạng máy tính | TS. Nguyễn Vũ Sơn |
| 17. Phân tích thiết kế hệ thống | GVC. Tô Văn Nam |
| 18. ACCESS và ứng dụng | TS. Huỳnh Quyết Thắng |
| 19. Sử dụng Corel Draw | Nguyễn Phú Quảng |
| 20. Bảo trì và quản lý phòng máy tính | Phạm Thanh Liêm |
| 21. Kỹ thuật lắp ráp, sửa chữa
và bảo quản máy tính | Phạm Thanh Liêm |
| 22. Kinh tế và quản trị doanh nghiệp
(kinh tế và TCQLSX) | TS. Ngô Xuân Bình |
| 23. Thực hành sửa chữa Tivi màu | TS. Hoàng Văn Hải |
| 24. 250 bài tập kỹ thuật điện tử | Nguyễn Văn Huy |
| 25. Sửa chữa đầu máy CD - VCD - DVD | ThS. Nguyễn Thanh Trà |
| | Nguyễn Văn Huy |

Bạn đọc có thể tìm mua tại các Công ty Sách và Thiết bị trường học
ở địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục :
Tại TP Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;
Tại TP Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh ;
Tại TP Hồ Chí Minh : 104 Mai Thị Lựu, Quận 1 ; cửa hàng 451B - 453,
Hai Bà Trưng, Quận 3 ; 240 Trần Bình Trọng, Quận 5 ;
Tại TP. Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4.
Website : www.nxbgd.com.vn.



8 934980 935767



Giá: 23.500đ