

BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

Nhóm 4 người

Yêu cầu thiết kế: Thiết kế mạch khuếch đại âm thanh đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật: công suất ra trên tải 1W, loa 8 Ohm, tín hiệu đầu vào hiệu dụng 100 mV.

1. PHÂN TÍCH THIẾT KẾ

1.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của mạch

*** Chức năng của mạch:**

Là một mạch khuếch đại tần số thấp, mắc phối hợp giữa các linh kiện điện tử để đảm bảo công suất đầu ra gần 1W tùy theo yêu cầu và đảm bảo độ méo thấp.

*** Chỉ tiêu kỹ thuật của mạch:**

a. Tín hiệu đầu vào

Tín hiệu đầu vào của mạch lấy từ máy điện thoại, radio hoặc máy nghe nhạc (có biên độ nhỏ, khoảng 0.1 V)

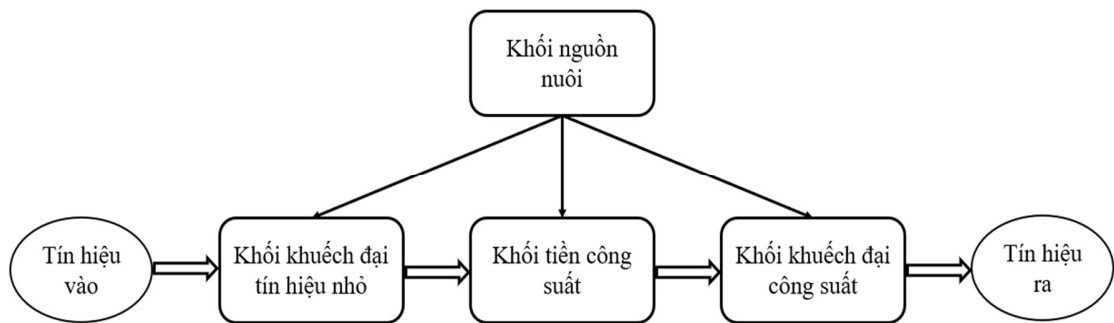
b. Tín hiệu đầu ra

Tín hiệu âm thanh mà tai người có thể cảm nhận được. (từ 20-20000 Hz)

c. Thông số

- Khối khuếch đại
- Công suất đầu ra: 1 W, tải 8 Ω
- Tín hiệu vào: 0.1 V
- Dải tần tín hiệu vào: 20÷20000 Hz

1.2. Thiết kế sơ đồ khối



Sơ đồ khối của mạch

Hình trên miêu tả sơ đồ khối của mạch. Mạch gồm 3 khối: khối khuếch đại tín hiệu nhỏ, khối tiền công suất và khối khuếch đại công suất.

Chức năng mỗi khối:

- Khối nguồn: cung cấp điện áp cho toàn hệ thống (sử dụng adapter cho đầu ra 12V DC).
- Khối khuếch đại tín hiệu nhỏ:
 - Nhiệm vụ là khuếch đại tín hiệu vào $V_{i(p)} = 100 \text{ mV}$ về điện áp để cho tín hiệu ra có công suất là $P_O = 1 \text{ W}$ trên tải loa là $R_L = 8 \Omega$.
- Khối tiền công suất:
 - Để phục vụ cho việc ghép nối tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ với tầng khuếch đại công suất, nhóm đưa ra thiết kế về tầng thứ hai để phối hợp trở kháng để chuẩn bị cho tầng khuếch đại công suất.
- Khối khuếch đại công suất:
 - Nhiệm vụ là khuếch đại công suất ra tải.

2. TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT

2.1. Tính toán trên cơ sở lý thuyết và lựa chọn linh kiện

Tính toán hệ số khuếch đại A_v để thỏa mãn yêu cầu $P = 1 \text{ W}$, $R_t = 8 \Omega$

$$\Rightarrow V_{o(p)} = \sqrt{2PR_t} = \sqrt{2 * 1 * 8} = 4 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{o(p)} = 4 \text{ V}$$

Sử dụng nguồn nuôi $V_{cc} = 12 \text{ V}$.

- Khối khuếch đại tín hiệu nhỏ (phân cực phân áp chung E)

- $|A_v| = V_{o(p)} / V_{i(p)} = 4 / 0.1 \approx 40$ (lần) (lựa chọn tín hiệu đầu vào 100mV).
- Chọn transistor khuếch đại tín hiệu nhỏ BC547

- Khối tiền khuếch đại công suất (Darlington)

- Sử dụng khối Darlington mắc kiểu phân cực Emitter - Follower ($A_v \sim 1$).
- Lựa chọn linh kiện BC547 và TIP41 cho tầng này.

- Khối khuếch đại công suất:

- Sử dụng khuếch đại Class AB để thu được tín hiệu không bị méo và ít tiêu hao nhất dùng khuếch đại đẩy kéo.
- Dùng TIP41, TIP42, 1N4148 cho tầng này

Duy.ntt213848

2.2. Datasheet về những linh kiện đã chọn:

DATASHEET:

BC547 :	https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/11551/ONSEMI/BC547.html	TIP41 :	https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/441675/ISC/TIP41.html
1N4148:	https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/190208/WTE/1N4148.html	TIP42 :	https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/663495/BOURNS/TIP42.html

3. MÔ PHỎNG MẠCH VÀ ĐO ĐẶC

3.1. Tầng 1: Cấu hình chung E phân cực phân áp (Tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ):

* Chế độ một chiều:

Chọn điểm làm việc tĩnh $Q(U_{CE}; I_{CQ}) = (5 \text{ V}; 1 \text{ mA})$, ở điểm làm việc này hệ số β của transistor vào khoảng 250.

$$\Rightarrow A_v = V_{Rt} / V_{in} = 4 / 0.1 = 40$$

Ta có:

$$V_{cc} = U_{CE} + I_c(R_3 + R_4 + R_5)$$

$$\Rightarrow 12 = 5 + 1.10^{-3}(R_3 + R_4 + R_5)$$

$$\Rightarrow R_3 + R_4 + R_5 = 7000 \Omega$$

Do $V_E \ll V_{cc}$ ta chọn $V_E = \frac{1}{10} V_{cc} = 1.2 \text{ V}$

$$\Rightarrow R_E = R_4 + R_5 = V_E / I_E = \frac{1.2}{1.10^{-3}} = 1200 \Omega$$

$$R_3 = 7000 - 1200 = 5800 \Omega, \text{ chọn } R_3 = 6.2 \text{ K}\Omega, g_m = I_c / V_t = 1 / 26$$

$$A_v = \frac{-R_3}{\frac{1}{g_m} + R_4} = -40 \Rightarrow R_4 = 100 \Omega \Rightarrow R_5 = R_E - R_4 = 1.1 \text{ K}\Omega$$

$$U_B = U_{BE} + I_E \cdot R_E = 0.7 + 1.2 = 1.9 \text{ V}$$

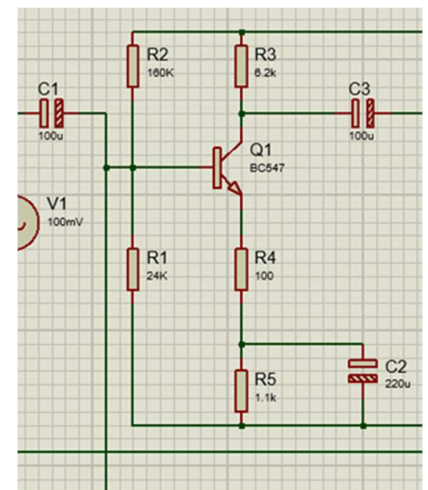
$$U_B = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1.9}{12}$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \beta \cdot R_E = \frac{1}{10} \cdot 250 \cdot 1000 = 25000 \Omega \Rightarrow R_1 = 150000 \Omega, \text{ chọn } R_1 = 150 \text{ K}\Omega$$

Tuy nhiên do linh kiện chỉ xấp xỉ nên chọn $R_1 = 150 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 24 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 6.2 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 100 \Omega$, $R_5 = 1.1 \text{ k}\Omega$ rất gần với thông số tính toán lý thuyết.

*Chế độ xoay chiều:

Hệ số khuếch đại: $A_v = \frac{-R_3}{\frac{1}{g_m} + R_4} = -40$, $r_{\pi} = \beta / g_m = 6500 \Omega$



$$A_i = \frac{\beta(R_1 \parallel R_2)}{\beta r_e + (R_1 \parallel R_2)} = 191$$

Trở kháng ra: $R_o = R_3 = 6200 \Omega$

Trở kháng vào: $R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta r_e = 4956 \Omega$

Tụ vào: $f_1 = 1 / (2\pi \cdot R_{in} \cdot C_1) \leq 20 \Rightarrow C_1 \geq 0,82 \mu F$, chọn $C_1 = 100 \mu F$

Tụ nối tầng: $f_2 = 1 / (2\pi \cdot R_3 \cdot C_3) \leq 20 \Rightarrow C_2 \geq 1.224 \mu F$, chọn $C_2 = 100 \mu F$

Tụ nối đất: $f_3 = 1 / (2\pi \cdot (R_4 \parallel ((R_1 \parallel R_2) + r_\pi) / \beta)) \cdot C_3 \leq 20 \Rightarrow C_3 \geq 140.2 \mu F$, chọn $C_3 = 220 \mu F$

3.2. Tầng 2: Darlington cấu hình phân cực Emitter-Follower.(tầng tiền khuếch đại công suất)

Ta có: BC547 ($I_{CQ} = 2.0 \text{ mA}$, $U_{CEQ} = 4 \text{ V}$, $\beta = 250$) và TIP41 ($I_{CQ} = 0.3 \text{ A}$, $U_{CEQ} = 4 \text{ V}$, $\beta = 40$)

* DC bias :

$I_{E2Q} = I_{C2Q} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{B1}$ mà $\beta_D = \beta_1 \cdot \beta_2$ khi đó $I_{E2Q} = I_{C2Q} = \beta_D \cdot I_{B1}$

$U_{CE2} = V_{cc} - I_{E2Q} R_E = V_{cc} - \beta_D \cdot I_{B1} \cdot R_E \sim 4 \text{ V}$. $\beta_D = 250 \cdot 40 = 10000$

Ta có: $I_{B2Q} = I_{C2Q} / \beta_2 = 0.3 / 40 = 7.5 \text{ mA}$, $I_{E1Q} \sim I_{C1Q} = \beta_1 I_{B1}$

$$\Rightarrow I_{B1Q} = 7.5 / 250 \text{ (mA)}$$

$$I_{B1Q} = (V_{cc} - U_{BE1} - U_{BE2}) / (R_B + \beta_D R_E) = 7.5 / 250 \text{ (mA)}$$

$$\Rightarrow R_B + 10000 R_E = 353333 \quad (1)$$

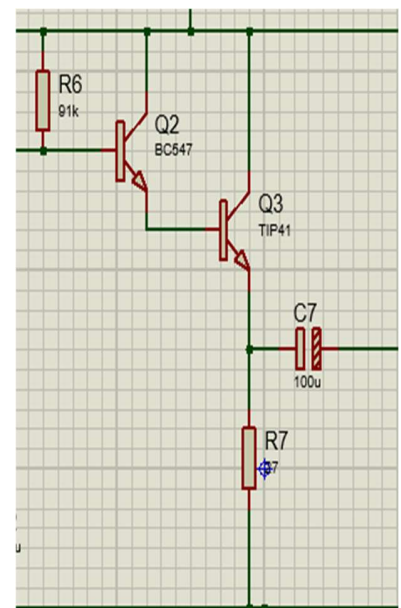
$$U_{CE2Q} = V_{CC} - I_{C2Q} R_E = 12 - 0.3 R_E = 4 \text{ V} \quad (2)$$

Từ (2) thì $R_E \sim 26.67 \Omega$, chọn $R_7 = R_E = 27 \Omega$

Thay R_E vào (1) $\Rightarrow R_B = 83333 \Omega$, chọn $R_6 = R_B = 91 \text{ K}\Omega$

* AC bias: $A_v \sim 1$, $A_i = 2.5 \times 10^3$, $R_o = 108 \Omega$, $R_i = 68060 \Omega$

Tụ nối tầng: $f_7 = 1 / (2\pi C_7 R_7) \leq 20 \Rightarrow C_7 \geq 66.3145 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, chọn $C_7 = 100 \mu F$



3.3. Tầng 3: Mạch khuếch đại công suất kéo-dẩy AB (Tầng khuếch đại công suất)

Phân cực cho 2 transistor TIP41 và TIP42 có $Q_4(6\text{ V}, 0.15\text{ A})$ và $Q_5(-6\text{ V}, -0.15\text{ A})$, $\beta = \beta_4 = \beta_5 = 40$ bằng 2 diode (1N4148) với $I_d = 1\text{ mA}$, $U_d = 0.7\text{ V}$ và 4 trở được xác định

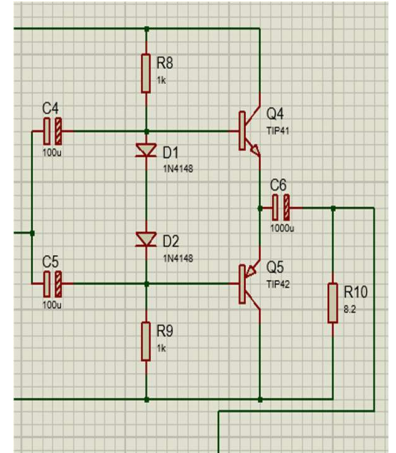
$$I_8 = I_{B4} + I_d = I_{C4} / \beta + I_d = 0.15 / 40 + 0.001 = 4.75\text{ mA}$$

$$R_8 = (U_{CE} - U_{BE}) / I_8 = (6 - 0.7) / 4.75 \times 10^{-3} = 1115\ \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Tương tự} \Rightarrow I_9 = -I_{B5} + I_d = 4.75\text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_9 = (U_{BE} + U_{EC}) / I_9 = (-0.7 + 6) / 4.75 \times 10^{-3} = 1115\ \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } R_8 = R_9 = 1\text{ K}\Omega$$

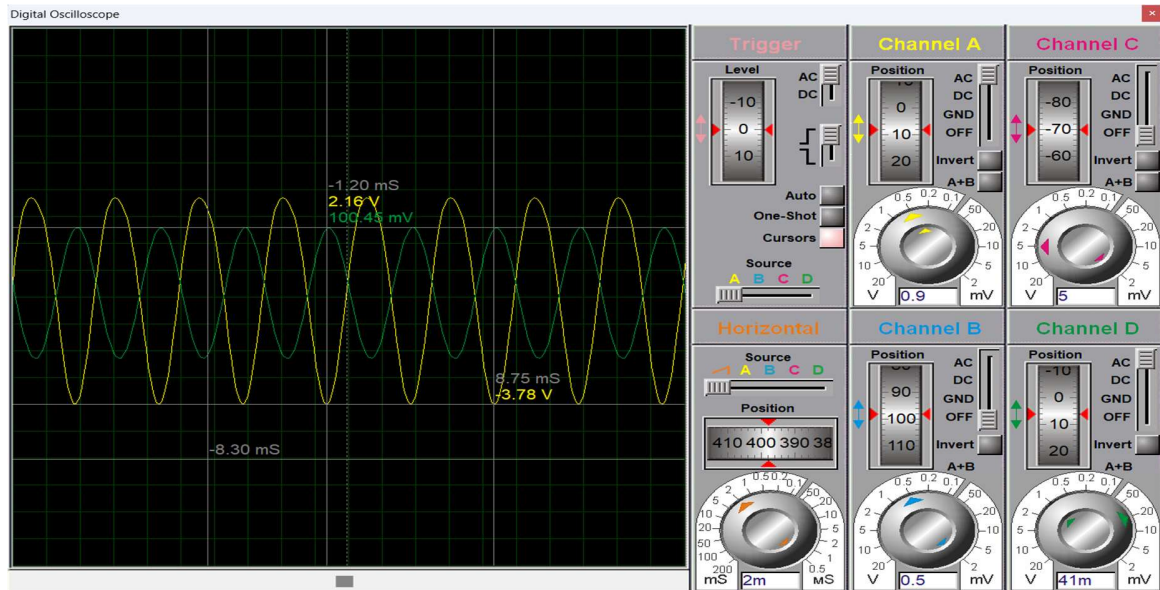


- Khi có nửa tín hiệu cùng đưa vào T_1, T_2 khuếch đại. Ở nửa chu kỳ (+) T_1 khuếch đại, T_2 tắt vì $U_{D1} > 0$ và $U_{D2} > 0$ (T_2 thuận), T_1 khuếch đại nửa hình sin. Trong nửa chu kỳ sau $U_{D1} < 0$ $U_{D2} < 0$, T_2 khuếch đại nửa hình sin.
- $C_6 \geq 1 / (2\pi * 8.2 * 20) = 970\ \mu\text{F} \Rightarrow \text{chọn } C_6 = 1000\ \mu\text{F}$
- $C_4 = C_5 \geq 1 / (2\pi * (R_8 // R_9) * 20) = 1 / (2\pi * 900 * 20) = 8.8\ \mu\text{F} \Rightarrow \text{chọn } C_4 = C_5 = 100\ \mu\text{F}$
- $P_{R10} = V_{(p)R}^2 / 2 * R10 = 4^2 / 2 * 8.2 = 0.97\text{ W}$
- $A_v \sim 1 \Rightarrow V_o = 4\text{ V}$
- $R_o = R_e = 26 / 300 = 0.086\ \Omega \Rightarrow$ Tín hiệu sẽ không bị sụt khi qua tải 8Ω
- $R_i = R_8 // \beta R_e = 4.2\ \Omega$
- $A_{i3} = \frac{i_{o3}}{i_{i3}} = -\frac{V_o / R_8 + \beta_4 R_e}{V_i / \beta_4 R_5} = -\frac{\beta_4 R_8}{R_8 + \beta_4 R_e} = \frac{-40 \times 1000}{1000 + 4 \times 0.086} \approx -39.86 \text{ (lần)}$

Thông số toàn mạch : $A_{vT} = A_{v1} * A_{v2} * A_{v3} = 40 \text{ (lần)}$

$$A_{i(total)} = -A_{vT} \times \frac{R_{in1}}{R_L} = 27 * 10^{-3} \text{ (Lần)}$$

*** Mô phỏng mạch khuếch đại:**



4. THỰC HIỆN MẠCH VÀ ĐO ĐẶC

Thông số	Lý thuyết	Thực tế
Tín hiệu đầu ra	4 V	3.8 V
A_v	40	38
V_{CEQ1}	5 V	4.55 V
$I_{C(Q1)}$	1 mA	5 mA
$V_{CE(Q2)}$	4 V	3.5 V
$I_{C(Q2)}$	2 mA	3 mA

Thông số	Lý thuyết	Thực tế
$V_{CE(Q3)}$	5 V	4.5 V
$I_{C(Q3)}$	0.3 A	0.25 A
$V_{CE(Q4)}$	6 V	-5.4 V
$I_{C(Q4)}$	0.15 A	0.145 A
$V_{CE(Q5)}$	-6 V	-5.6 V
$I_{C(Q5)}$	-0.15 A	0.14 A

5. SO SÁNH, ĐÁNH GIÁ, NHẬN XÉT

- Mạch thỏa mãn yêu cầu thiết kế đề ra là trở kháng vào lớn trở kháng ra nhỏ và thỏa mãn các giá trị A_v , điện áp tối thiểu ra tải .

- Trong quá trình mô phỏng các số liệu vẫn chưa sát với tính toán theo lý thuyết. Nguyên nhân có thể do trong quá trình tính toán có nhiều sự làm tròn số và các giá trị như điện trở và hệ số khuếch đại chưa thực sự chính xác.

- Kết quả mô phỏng có sự chênh lệch không đáng kể so với yêu cầu.
- Tầng khuếch đại hoạt động khá tốt với tín hiệu đầu ra ngược pha tín hiệu vào và không bị méo.
- Tầng Darlington hoạt động đúng chức năng.