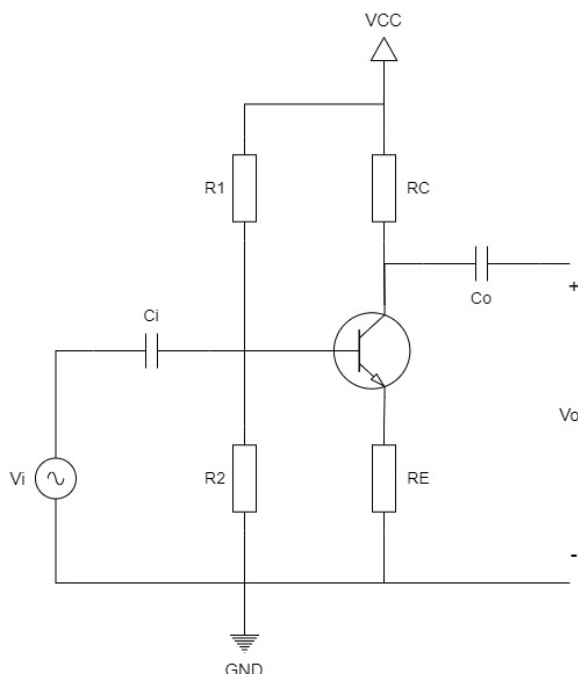


BÀI 4: MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANSISTOR NÓI

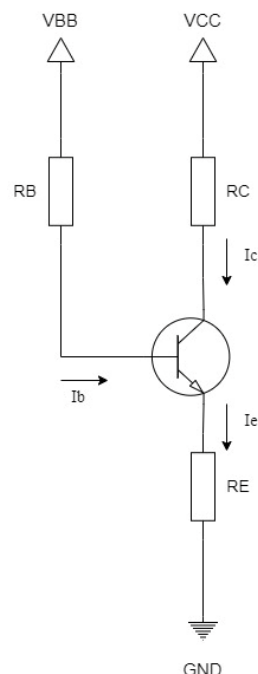
I. Mục đích

Transistor BJT thường được sử dụng trong các mạch khuếch đại tín hiệu nhờ khả năng khuếch đại dòng. Bài thực hành này nhằm khảo sát cách tính toán thiết kế một mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ sử dụng BJT qua các bước tính toán thông số hoạt động ở các chế độ một chiều và xoay chiều.

II. Tóm tắt lý thuyết



Hình 4.1: Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ



Hình 4.2: Mạch thay thế chế độ DC

Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ sử dụng BJT có sơ đồ nguyên lý như được biểu diễn trong Hình 4.1. Transistor được mắc phân cực dạng cực phát chung (Common E). Các thông số hoạt động của mạch khuếch đại phụ thuộc vào việc phân cực BJT ở chế độ một chiều được tính toán dựa trên mạch biến đổi ở Hình 4.2, trong đó R_B là điện trở thay thế theo định lý Thevenin và tương đương với $R_1 // R_2$, V_{BB} là điện áp ở cực B được tính theo công thức cầu chia áp ở mạch nguyên lý (Hình 4.1).

Công thức tính các dòng điện và thông số trong mạch gồm:

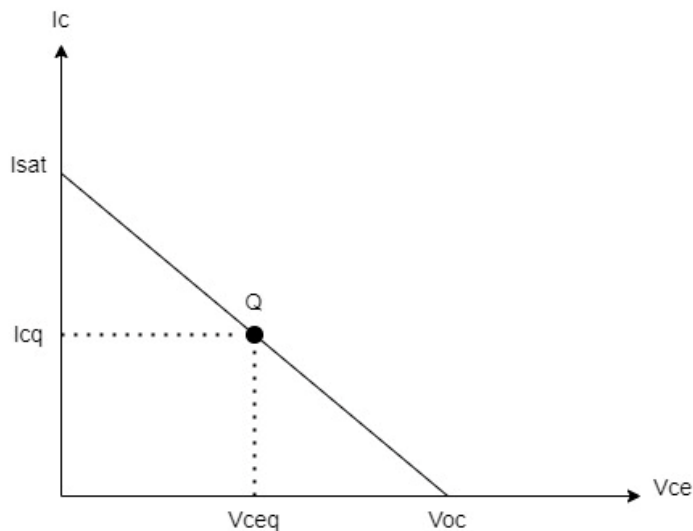
$$R_B = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{BB} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \times R_2$$

$$I_b = \frac{V_{CC} - V_{be}}{R_B + (\beta + 1) \times R_E} \approx \frac{V_{CC} - V_{be}}{R_B + \beta \times R_E}, \quad \beta \gg 1$$

$$I_e \approx I_C = \beta \times I_b$$

$$V_{ce} = V_{CC} - I_C \times (R_C + R_E)$$



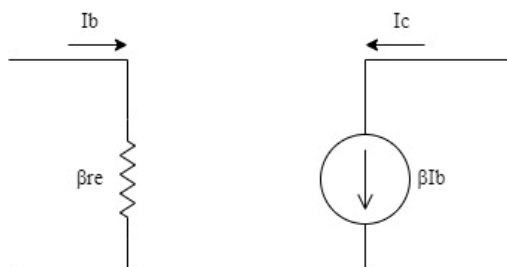
Hình 4.3: Đường làm việc chế độ một chiều (DCLL)

Hình 4.3 biểu diễn đường làm việc chế độ một chiều, hay DC load line (DCLL), của BJT. Trong đó V_{oc} là điện áp hở mạch đặt lên 2 cực C và E của BJT tương ứng với trạng thái không phân cực, tức không có dòng chạy trong mạch. Mặt khác I_{sat} là dòng điện bão hòa mà tại đó ta có thể xem như dòng điện trong mạch bỏ qua BJT hay $V_{ce} = 0$. Khi thiết kế mạch với chức năng khuếch đại tín hiệu nhỏ, ta mong muốn điểm làm việc tĩnh Q nằm ngay khoảng giữa DCLL, khi đó:

$$V_{OC} = V_{CC}$$

$$V_{ceq} = V_{CC}/2$$

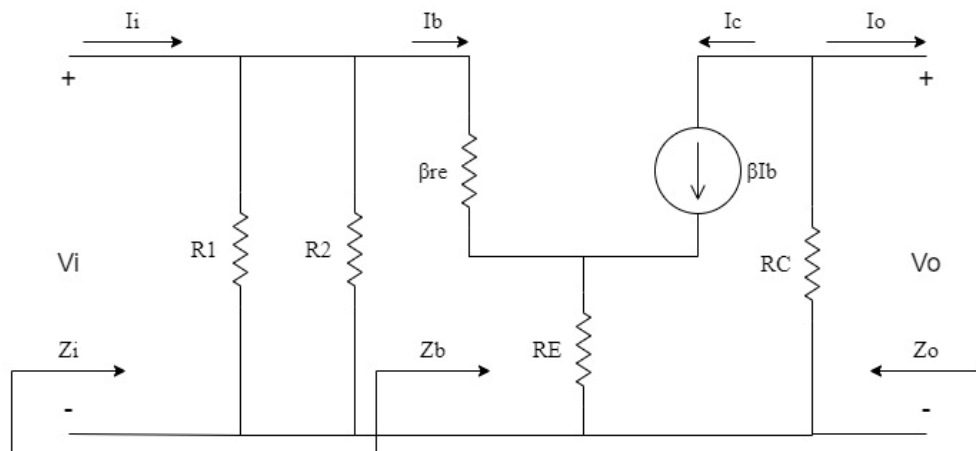
$$I_{ceq} = \frac{V_{ceq}}{R_C + R_E}$$



Hình 4.4: Mạch thay thế BJT ở chế độ AC

Ở chế độ AC, ta sử dụng mạch thay thế dạng thông số h của transistor BJT như ở Hình 4.4. Điện trở nội r_e của transistor theo công thức: $r_e = \frac{26\text{mV}}{I_e} \approx \frac{26\text{mV}}{I_C}$

Ta đưa mạch thay thế vào mạch nguyên lý Hình 4.1 ta sẽ có được mạch tính toán như được biểu diễn trong.



Hình 4.5: Mạch tính toán

Các thông số khuếch đại của mạch được tính toán như sau:

Tỉ số khuếch đại điện áp A_v

Ta có:

$$V_i = I_b \cdot \beta \cdot r_e + I_b \cdot (\beta + 1) \cdot R_E$$

$$V_o = -I_C \cdot R_C = -\beta \cdot I_b \cdot R_C$$

Suy ra:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta \cdot I_b \cdot R_C}{I_b \cdot \beta \cdot r_e + I_b (\beta + 1) R_E} = \frac{-\beta \cdot R_C}{\beta \cdot r_e + (\beta + 1) R_E} \approx \frac{-\beta \cdot R_C}{\beta (r_e + R_E)} = -\frac{R_C}{r_e + R_E}$$

Mà thông thường $r_e \ll R_E$ nên $A_v \approx -\frac{R_C}{R_E}$

Do tín hiệu V_i là xoay chiều nên dấu – trong biểu thức mang ý nghĩa tín hiệu ngõ ra và tín hiệu ngõ vào ngược pha nhau.

Tỉ số khuếch đại dòng điện A_i

Ta có $I_i = \frac{V_i}{Z_i}$, mà Z_i bao gồm R_1 song song R_2 song song với phần mạch thay thế của transistor. R_1 song song R_2 chính là giá trị R_B ta đã tính ở chế độ DC. Ta đặt phần trở kháng của mạch Transistor là Z_b ta có:

$$Z_b = \frac{V_i}{I_b} = \beta \cdot r_e + (\beta + 1) \cdot R_E \approx \beta \cdot (r_e + R_E) \approx \beta \cdot R_E$$

Suy ra $Z_i = R_B // Z_b$

$$\text{Mặt khác } I_o = -\frac{V_o}{Z_o} = -\frac{V_o}{R_C}$$

Vậy:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = -\frac{V_o}{V_i} \frac{Z_i}{R_C} \approx -A_v \frac{R_B \cdot Z_b}{(R_B + Z_b) \cdot R_C}$$

Lưu ý: Trong trường hợp ở cực E ta mắc một tụ song song với trở R_E thì ở chế độ AC, tín hiệu sẽ bỏ qua R_E . Lúc này khi tính toán $R_E = 0$, các công thức xấp xỉ ta thay thế R_E thành giá trị r_e .

III. Thiết bị và linh kiện

- Board thực hành điện tử cơ bản
- Máy phát sóng
- Máy dao động ký
- Đồng hồ VOM
- Transistor C1815
- Điện trở 560R Ω , 2.2K Ω , 10K Ω , 560K Ω
- Tụ điện 10uF, 47uF

IV. Thực hành

1. Câu hỏi chuẩn bị

1. Có các loại transistor nào? Nêu các thông số đặc trưng đại diện cho linh kiện transistor BJT.
2. Nêu mối quan hệ giữa tín hiệu điện áp ngõ vào và ngõ ra trong mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ về mặt biên độ và góc pha.
3. Bên cạnh tính năng khuếch đại, transistor còn có thể được sử dụng trong các mạch chức năng gì?

2. Thực hành

1. Lắp mạch như sơ đồ nguyên lý ở Hình 4.1 với các thông số: $V_{CC} = 12V$, $R_1 = 56k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_C = 2.2k\Omega$, $R_E = 560\Omega$, $C_i = C_o = 10\mu F$. Dùng VOM đo điện áp ở các cực transistor V_c , V_b , V_e . Tính toán cường độ dòng điện I_b , I_c , I_e và cho biết hệ số khuếch đại của transistor, sau đó so sánh với lý thuyết.
2. Sử dụng máy phát sóng cấp tín hiệu V_i hình sine với $V_{P-P} = 10mV$, tần số $f = 1kHz$. Dùng máy dao động ký quan sát tín hiệu ngõ ra V_o . Chụp và vẽ lại tín hiệu V_i và V_o trên giản đồ thời gian. Cho biết tỉ số khuếch đại A_v và mối quan hệ về pha giữa 2 tín hiệu.