

第四次作业

廖汶锋 无研 231 2023270010

2023 年 1 月 2 日

1. 以 NPN 晶体管为例，阐述晶体管具有放大能力所满足的条件，解释为什么 I_C 总是小于 I_E ？

解答：

$$J_{p,BE} = \frac{qD_p p_{E0}}{L_p \tanh\left(\frac{x_E}{L_p}\right)} \left(\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right) \quad (1.1)$$

$$J_{n,BE} = \frac{qD_n n_{B0}}{L_n \sinh\left(\frac{x_B}{L_n}\right)} \left\{ \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] \cosh\left(\frac{x_B}{L_n}\right) + \left[1 - \exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) \right] \right\} \quad (1.2)$$

$$J_{n,CB} = \frac{qD_n n_{B0}}{L_n \sinh\left(\frac{x_B}{L_n}\right)} \left\{ \left[\exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) - 1 \right] + \left[1 - \exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) \right] \cosh\left(\frac{x_B}{L_n}\right) \right\} \quad (1.3)$$

$$J_{p,CB} = \frac{qD_p p_{C0}}{L_p \tanh\left(\frac{x_C}{L_p}\right)} \left(1 - \exp\left(\frac{qV_{BC}}{kT}\right) \right) \quad (1.4)$$

考虑 $V_{BE} > 0$ 、 $V_{BC} < 0$ 、 $x_B \ll L_n$ 及 $x_C \gg L_p$ 的情况

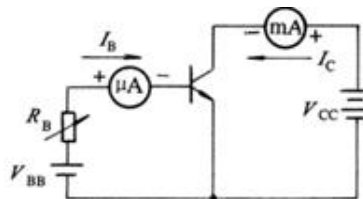
$$J_{CB} = J_{n,CB} + J_{p,CB} \approx \frac{qD_n n_{B0}}{x_B} \exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right) \quad (1.5)$$

集电极电流受发射结电压控制，即流过晶体管一端的电流受另一端电压的影响，就是晶体管的放大作用。

因为发射极电流不仅包含集电极电流，还包含由基区注入到发射极的空穴电流，所以， $I_E = I_C + I_B > I_C$ 。

2. 如图所示的电路可以用来测量晶体管的直流参数，改变电阻 R_B 的值，由两只电流表测得两组 I_B 和 I_C 的数值如下：

I_B	6 μ A	18 μ A
I_C	0.4mA	1.12mA



试问

- (1) 该晶体管是 PNP 型还是 NPN 型
- (2) 该电路是共基极电路，共集电极还是共射级电路？
- (3) 根据数据表中的值计算 β , α , I_{CBO} , I_{CEO}

解答：

(1) 由图可知是 NPN 型。

(2) 该电路是共射级电路。

(3) $I_{E1} = 0.406mA$, $I_{E2} = 1.138mA$

$$\alpha = \frac{I_{C1} - I_{C2}}{I_{E1} - I_{E2}} = \frac{0.72}{0.732} = 0.98361 \quad (2.1)$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} - 1} = 60.013 \quad (2.2)$$

$$I_{CBO} = I_C - \beta I_B = 39.766\mu A \quad (2.3)$$

$$I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} = 2.4262mA \quad (2.4)$$

3. (a)画出 NPN 晶体管在平衡时以及在正向放大模式下的能带图；

(b)画出晶体管的示意图并表输出主要的电流成分；

(c)画出发射区、基区、集电区少子分布示意图

解答：

