

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

一、实验题目

· 差动放大器

二、实验目的

1. 加深理解差动放大器的基本性能特点和应用；
2. 学习差动放大器静态工作点的设置方法、掌握差模电压增益 A_{ud} 、共模电压增益 A_{uc} 、共模抑制比 K_{CMR} 等主要技术指标的测试方法；
3. 了解基本差动放大器与具有镜像恒流源的差动放大器的性能差别。

三、实验原理

1. 典型差动放大电路如图1所示：

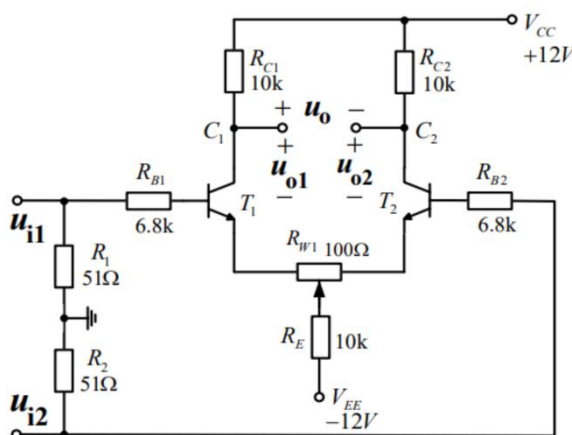


图1 典型差动放大电路

典型差动放大电路是由两个输入和输入特性均相同的三极管通过射极公共电阻耦合而成，电路结构对称，元件参数相同。

1) 差动放大器的主要性能指标

a. 差模电压增益 A_{ud} :

指差动放大电路对差模输入信号的放大倍数。差模电压增益越大，放大电路的性能越好。

$$A_{ud} = \frac{\Delta U_{od}}{\Delta U_{id}}$$

b. 共模电压增益 A_{uc} :

$$A_{uc} = \frac{\Delta U_{oc}}{\Delta U_{ic}}$$

c. 共模抑制比 K_{CMR} :

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| \text{ 或 } K_{CMR} = 20 \lg \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| \text{ (dB)}$$

2) 直流通路

直流通路电路图如图所示：

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

081565 王蕴璇

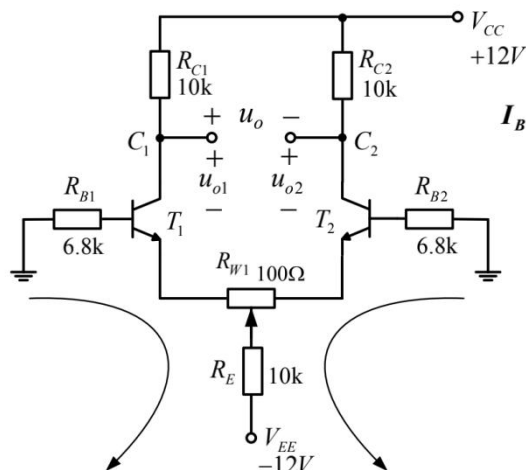


图2 典型差动放大电路的直流通路

根据电路有

$$I_B = \frac{-V_{EE} - V_{BE}}{R_{B1} + 2(1+\beta)R_E + (1+\beta)\frac{R_{W1}}{2}}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$U_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$U_{CE} = V_{CC} + |V_{EE}| - I_C R_C - 2I_C R_E - I_C \frac{R_{W1}}{2}$$

3) 差模电压增益

半电路（单端输出）如图所示

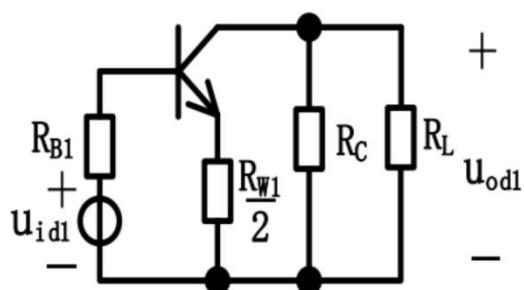


图3 差模半电路（单端输出）

由电路可得, $A_{ud\frac{1}{2}} = \frac{U_{od1}}{U_{id1}} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1+\beta)\frac{R_{W1}}{2}}$

单端输出时差模电压增益:

$$A_{ud1} = \frac{\frac{1}{2}U_{od}}{U_{id}} = \frac{U_{od1}}{2U_{id1}} = \frac{1}{2}A_{ud\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \left(R_{B1} + r_{be} + (1+\beta)\frac{R_{W1}}{2} \right)$$

其中, $R'_L = R_C // R_L$, $A_{ud\frac{1}{2}}$ 为单管电压增益, β 取160

半电路（双端输出）如图所示

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

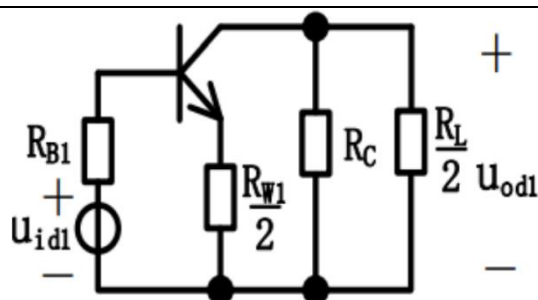


图4 差模半电路（双端输出）

双端输出时差模电压增益：

$$A_{ud} = \frac{U_{od1} - U_{od2}}{U_{id1} - U_{id2}} = \frac{2U_{od1}}{2U_{id1}} = A_{ud\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}}$$

其中, $R'_L = R_C \parallel \frac{R_L}{2}$

由此可见，虽然差动放大器电路用了两个晶体管，但它的电压放大能力只相当于单管共射放大电路。因而差动放大器是以牺牲一个管子的放大倍数为代价，换取了对零点漂移的抑制。

4) 共模电压增益

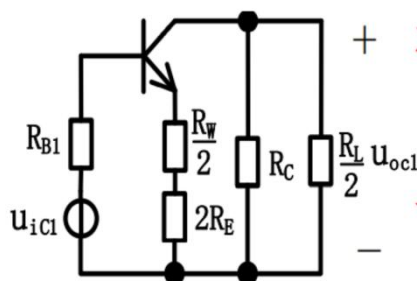


图5 共模半电路（单端输出）

单端输出时共模电压增益：

$$A_{uc1} = A_{uc2} = \frac{U_{oc1}}{U_{ic}}$$

$$= \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2} + 2(1 + \beta) R_E}$$

双端输出时共模电压增益：

$$A_{uc} = \frac{U_{oc1} - U_{oc2}}{U_{ic}}$$

5) 共模抑制比

差动放大电器性能的优劣常用共模抑制比 K_{CMR} 来衡量，即：

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| \text{ 或 } K_{CMR} = 20 \lg \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| (\text{dB})$$

单端输出时，共模抑制比为：

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

$$K_{CMR} = \frac{A_{ud1}}{A_{UC1}} = \frac{\beta R_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}}$$

双端输出时，共模抑制比为：

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = \infty$$

K_{CMR} 越大，抑制零漂能力越强。

2. 具有恒流源的差动放大电路如图6所示：

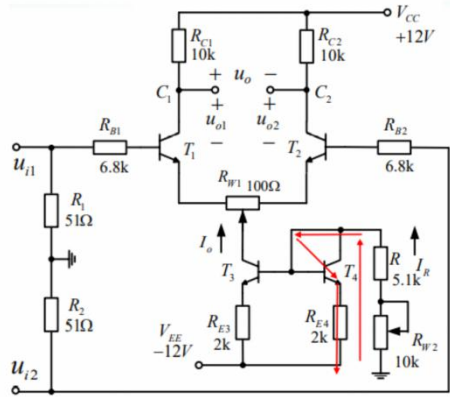


图6 具有恒流源的差动放大电路

1) 差模电压增益

双端输出时差模电压增益：

$$A_{ud} = \frac{U_{od}}{U_{id}} = \frac{U_{od1} - U_{od2}}{U_{id1} - U_{id2}} = \frac{2U_{od1}}{2U_{id1}} = A_{ud\neq} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}}$$

其中, $R'_L = R_C \parallel \frac{R_L}{2}$

单端输出时差模电压增益：

$$A_{ud1} = \frac{U_{od1}}{U_{id}} = \frac{U_{od1}}{2U_{id1}} = \frac{U_{od1}}{2U_{id1}} = \frac{1}{2} A_{ud\neq} = \frac{1}{2} \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}}$$

其中, $R'_L = R_C \parallel R_L$

2) 共模电压增益

双端输出时共模电压增益：

$$A_{uc} = \frac{U_{OC1} - U_{OC2}}{U_{ic}} = 0$$

单端输出时共模电压增益：

$$A_{uc1} = \frac{U_{OC1}}{U_{ic}} = A_{uc2} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2} + 2(1 + \beta) R'_e} \approx \frac{R'_L}{2R'_e}$$

$R'_e = r_{ce3} \left(1 + \frac{\beta R_{E3}}{r_{be3} + R_{E3} + R_B} \right)$

3) 共模抑制比

单端输出时共模抑制比：

$$K_{CMR} = \frac{A_{ud1}}{A_{UC1}} = \frac{\beta R'_e}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}}$$

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

双端输出时共模抑制比：

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = \infty$$

K_{CMR} 越大，抑制零漂能力越强。

3. 差分放大电路四种接法的性能比较：

接法	双端输入 双端输出	双端输入 单端输出	单端输入 双端输出	单端输入 单端输出
A_d	$-\frac{\beta (R_c // \frac{R_L}{2})}{R_b + r_{be}}$	$-\frac{1}{2} \frac{\beta (R_c // R_L)}{R_b + r_{be}}$	$-\frac{\beta (R_c // \frac{R_L}{2})}{R_b + r_{be}}$	$-\frac{1}{2} \frac{\beta (R_c // R_L)}{R_b + r_{be}}$
R_{od}	$2R_c$	R_c	$2R_c$	R_c
R_{id}	$2(R_b + r_{be})$	$2(R_b + r_{be})$	$2(R_b + r_{be})$	$2(R_b + r_{be})$

模电压增益、共模电压增益、共模抑制比、输入电阻、输出电阻都与输入方式无关；

b. 双端输出时的差模电压增益、输出电阻是单端输出时的2倍。

四、实验内容

1. 典型差动放大电路的性能测试

1) 调整静态工作点

如图1所示，将开关打到1点，构成典型电路，不加输入信号，将输入端 u_{i1}, u_{i2} 两点对地短路，调节 R_{W1} 电位器，使 $U_{c1} = U_{c2}$ 。用万用表直流电压档分别测量差分对管T1、T2的各极电位，记录数据，表格自拟。

2) 测量差模放大倍数 A_{ud}

采用单端输入方式，两个 51Ω 不接，将 u_{i2} 端接地，从 u_{i1} 端输入 $U_i=20\text{mV}$ (有效值)、 $f=1\text{kHz}$ 的差模信号，用毫伏表或者示波器分别测出单端输出电压 U_{od1} ， U_{od2} 计算出双端输出的差模电压 U_{od} ，并计算出差模双端输出的放大倍数 A_{ud} 和单端输出的差模放大倍数 A_{ud1} 或 A_{ud2} ，与理论值进行比较，分析和讨论。用示波器观察并画出 U_{od1} 和 U_{od2} 的波形以及双端输出的波形 U_{od} 。

3) 测量差模输入电阻

差模信号单端输入方式，在信号源 u_s 与差分 u_{i1} 输入端之间串联一个 $R_s=10\text{K}\Omega$ 的电阻， $U_s=80\text{mv}$ （有效值）， $f=1\text{kHz}$ ，用毫伏表测量 $R_s=10\text{K}\Omega$ 前后对地电压 U_s 和 U_i ，计算差模单端输入时的电阻 R_i 。

4) 测量差模输出电阻

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

$U_s=50\text{mV}$ (有效值), $f=1\text{KHz}$, 用毫伏表测量空载时的 U_o , 再测量有载 (将 $R_L=10\text{K}\Omega$ 并接在T1的集电极和地之间) 时的 U_L , 计算差模单端输入单端输出时的输出电阻 R_o 。

5) 测量共模放大倍数 A_{uc}

将输入端 U_{i1} 、 U_{i2} 两点连接在一起, 两个 51Ω 不接, 从 U_{i1} 和 U_{i2} 两端输入 90mV (有效值), $f=1\text{KHz}$ 的共模信号, 用毫伏表或者示波器分别测量T1、T2两管集电极对地的共模输出电压 U_{oc1} , U_{oc2} 。用示波器观察并画出 U_{oc1} 和 U_{oc2} 的波形以及双端输出的波形 U_{oc} (方法同 U_{od} 测量), 双端输出的共模电压为 $U_{oc}=U_{oc1}-U_{oc2}$, 计算单端输出共模放大倍数 A_{uc1} (或 A_{uc2}) 和双端输出的共模放大倍数 A_{uc} , 并与理论值进行比较。

2. 具有恒流源的差动放大电路性能测试

1) 静态工作点调节

如图6所示, 将开关打到2点, 构成具有恒流源差动放大电路, 不加输入信号, 将输入端 U_{i1} , U_{i2} 两点对地短路, 调节恒流源电路 R_{W2} 电位器, 使 $U_{RC1}=5\text{V}$ 或 $U_{RC2}=5\text{V}$, 用万用表直流电压档分别测量差分对管T1、T2的各极电位, 记录数据, 表格自拟。

2) 重复实验内容1中(2)、(5)的内容。

五、原始数据

1. 典型差动放大电路的性能测试

1) 调整静态工作点

T1、T2的各极电位测量结果如下表所示。

U_{C1}	U_{C2}	U_{E1}	U_{E2}	U_{B1}	U_{B2}
6.1806V	6.2855V	-0.6381V	-0.6462V	-14.932mV	-18.440mV

2) 测量差模放大倍数 A_{ud}

测量结果为: $U_{id} = 19.79\text{mV}$, $U_{od1} = 0.751\text{V}$

$U_{od2} = -0.741\text{V}$, U_{od} (峰值) = 2.17V 。

U_{od1} 、 U_{od2} 和 U_{od} 的波形见原始数据。

3) 测量差模输入电阻

测量结果为: $U_s=79.9\text{mV}$, $U_i=67.2\text{mV}$ 。

4) 测量差模输出电阻

测量结果为: $U_s=49.9\text{mV}$, $U_o=1.874\text{V}$, $U_L=0.936\text{V}$

5) 测量共模放大倍数 A_{uc}

测量结果为: $U_{oc1} = 43.1\text{mV}$, $U_{oc2} = 44.8\text{mV}$, $U_{ic} = 89.9\text{mV}$

U_{oc1} 、 U_{oc2} 和 U_{oc} 的波形见原始数据。

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

2. 具有恒流源的差动放大电路性能测试

1) 调整静态工作点

T1、T2的各极电位测量结果如下表所示。

U_{C1}	U_{C2}	U_{E1}	U_{E2}	U_{B1}	U_{B2}
6.8062V	6.8171V	-0.63483V	-0.67806V	-13.425mV	-14.512mV

$$R_{w2} = 4.0617k\Omega$$

2) 测量差模放大倍数 A_{ud}

测量结果为： $U_{id} = 19.8mV$, $U_{od1} = 713mV$, $U_{od2} = -721mV$

U_{od1} 、 U_{od2} 和 U_{od} 的波形见原始数据。

3) 测量共模放大倍数 A_{uc}

测量结果为： $U_{ic} = 89.9mV$, $U_{oc1} = 1.260mV$

$U_{oc2} = 1.212mV$ 。

六、数据处理与分析

1. 典型差动放大电路的性能测试

1) 调整静态工作点

理论计算：

$$I_B = \frac{-V_{EE} - V_{BE}}{R_{B1} + 2(1+\beta)R_E + (1+\beta)\frac{R_{W1}}{2}} = \frac{12 - 0.7}{6.8k + 2 \times (1+160) \times 10k + (1+160) \times 100/2} A = 3.5\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 160 \times 3.5 = 560\mu A$$

$$U_{C理论} = V_{CC} - I_C R_C = 12V - 560\mu A \times 10k\Omega = 6.4V$$

$$U_{CE理论} = V_{CC} + |V_{EE}| - I_C R_C - 2I_C R_E - I_C \frac{R_{W1}}{2} = 12 + 12 - 560\mu A \times 10k\Omega - 2 \times 560\mu A \times 10k\Omega - 560\mu A \times 100\Omega/2 = 7.172V$$

误差计算：

$$U_{CE1} = U_{C1} - U_{E1} = 6.8187V, U_{CE2} = U_{C2} - U_{E2} = 6.9317V$$

$$\frac{|U_{C1} - U_{C理论}|}{U_{C理论}} \times 100\% = 3.42\%, \frac{|U_{C2} - U_{C理论}|}{U_{C理论}} \times 100\% = 1.79\%$$

$$\frac{|U_{CE1} - U_{CE理论}|}{U_{CE理论}} \times 100\% = 4.93\%, \frac{|U_{CE2} - U_{CE理论}|}{U_{CE理论}} \times 100\% = 3.35\%$$

2) 测量差模放大倍数 A_{ud}

理论计算：

$$r_{be} = 300\Omega + (1+\beta) \frac{26mV}{I_E(mA)} = 300\Omega + 161 \times \frac{26mV}{5.6V/10k\Omega} = 7775\Omega$$

$$R'_L = R_C \parallel \frac{R_L}{2} = R_C$$

$$A_{ud理论} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1+\beta)\frac{R_{W1}}{2}} = \frac{-160 \times 10k\Omega}{6.8k\Omega + 7775\Omega + 161 \times \frac{100\Omega}{2}} = -70.7$$

$$R'_L = R_C \parallel R_L = R_C$$

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

$$A_{ud1理论} = A_{ud2理论} = \frac{1}{2} A_{ud半} = \frac{1}{2} \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1+\beta) \frac{R_{W1}}{2}} = \frac{1}{2} \times \frac{-160 \times 10k\Omega}{6.8k\Omega + 7775\Omega + 161 \times \frac{1000}{2}} = -35.4$$

由测量结果得:

$$A_{ud} = -\frac{U_{od}}{U_{id}} = -77.5$$

$$A_{ud1} = -\frac{U_{od1}}{U_{id}} = -37.9$$

$$A_{ud2} = -\frac{U_{od2}}{U_{id}} = -37.4$$

误差计算:

$$\left| \frac{A_{ud} - A_{ud理论}}{A_{ud理论}} \right| \times 100\% = 9.61\%$$

$$\left| \frac{A_{ud1} - A_{ud1理论}}{A_{ud1理论}} \right| \times 100\% = 7.06\%$$

$$\left| \frac{A_{ud2} - A_{ud2理论}}{A_{ud2理论}} \right| \times 100\% = 5.64\%$$

3) 测量差模输入电阻 R_i

理论计算:

$$R_i = 2(R_{B1} + h_{ie}) + (1+\beta)R_{W1} \\ = 2 \times (6.8 + 7.61) + (1+160) \times 0.1 = 44.92k\Omega$$

由测量结果可得:

$$R_i = \left(\frac{U_i}{U_S - U_i} \right) \times R_S = 52.9k\Omega$$

误差计算:

$$\left| \frac{R_i - R_{i理论}}{R_{i理论}} \right| \times 100\% = 17.8\%$$

4) 测量差模输出电阻 R_o

理论计算:

$$R_o = R_c = 10k\Omega$$

由测量结果得:

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) \times R_L = \left(\frac{1.874}{0.936} - 1 \right) \times 10k\Omega = 10.02k\Omega$$

误差计算:

$$\left| \frac{R_o - R_{o理论}}{R_{o理论}} \right| \times 100\% = 2\%$$

5) 测量共模放大倍数 A_{uC}

理论计算:

$$A_{uC1理论} = A_{uC2理论} \\ = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1+\beta) \frac{R_{W1}}{2} + 2(1+\beta) R'_e} \approx \frac{R'_L}{2R'_e} = \frac{10k\Omega}{2 \times 10k\Omega} = 0.5$$

$$A_{uC理论} = 0$$

由测量结果得:

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

$$A_{u_{C1}} = \frac{U_{OC1}}{U_{ic}} = 0.47, A_{u_{C2}} = \frac{U_{OC2}}{U_{ic}} = 0.49, A_{u_C} = \frac{|U_{OC1} - U_{OC2}|}{U_{ic}} = 0.02$$

误差计算:

$$\left| \frac{A_{u_{C1}} - A_{u_{C1理论}}}{A_{u_{C1理论}}} \right| \times 100\% = 6\%$$

$$\left| \frac{A_{u_{C2}} - A_{u_{C2理论}}}{A_{u_{C2理论}}} \right| \times 100\% = 2\%$$

6) 误差分析

- 电源电压不严格等于 $\pm 12V$ (已测量验证);
- 电阻阻值与标称值之间有误差 (已测量验证);
- 万用表在测量过程中存在误差;
- 两个三极管并不完全相同。

2. 具有恒流源的差动放大电路性能测试

1) 调整静态工作点

理论计算:

$$I_O = 1mA$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_O}{2} = 0.5mA$$

$$U_{C1理论} = U_{C2理论}$$

$$= U_{CC} - I_{C1}R_{C1} = 12V - 0.5mA \times 10k\Omega = 7V$$

误差计算:

$$\left| \frac{U_{C1} - U_{C1理论}}{U_{C1理论}} \right| \times 100\% = 2.7\%$$

$$\left| \frac{U_{C2} - U_{C2理论}}{U_{C2理论}} \right| \times 100\% = 2.6\%$$

2) 测量差模放大倍数 A_{ud}

理论计算:

$$r_{be} = 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_E(mA)} = 300\Omega + 161 \times \frac{26mV}{0.5mA} = 8672\Omega$$

$$R'_L = R_C \parallel \frac{R_L}{2} = R_C$$

$$A_{ud理论} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}} = \frac{-160 \times 10k\Omega}{6.8k\Omega + 8672\Omega + 161 \times \frac{100\Omega}{2}} = -68.0$$

$$R'_L = R_C \parallel R_L = R_C$$

$$A_{ud1理论} = A_{ud2理论} = \frac{1}{2} A_{ud半}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_{W1}}{2}} = \frac{1}{2} \times \frac{-160 \times 10k\Omega}{6.8k\Omega + 8672\Omega + 161 \times \frac{100\Omega}{2}} = -34.0$$

由测量结果得:

$$A_{ud} = -\frac{U_{od}}{U_{id}} = -72.4$$

$$A_{ud1} = -\frac{U_{od1}}{U_{id}} = -36.0$$

$$A_{ud2} = -\frac{U_{od2}}{U_{id}} = -36.4$$

误差计算:

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

$$\left| \frac{A_{ud} - A_{ud理论}}{A_{ud理论}} \right| \times 100\% = 6.4\%$$

$$\left| \frac{A_{ud1} - A_{ud1理论}}{A_{ud1理论}} \right| \times 100\% = 5.8\%$$

$$\left| \frac{A_{ud2} - A_{ud2理论}}{A_{ud2理论}} \right| \times 100\% = 7.0\%$$

3) 测量共模放大倍数 A_{uC}

理论计算：

$$A_{uC1理论} = A_{uC2理论} = \frac{-\beta R'_L}{R_{B1} + r_{be} + (1+\beta) \frac{R_{W1}}{2} + 2(1+\beta) R'_e} \approx \frac{R'_L}{2R'_e}$$

其中 R'_e 为恒流源的交流等效电阻。

$$R'_e = r_{ce3} \left(1 + \frac{\beta R_{E3}}{r_{be3} + R_{E3} + R_B} \right)$$

其中：

$$r_{be3} = 300\Omega + (1+\beta) \frac{26mV}{I_{E3mA}} = 300\Omega + 161 \times \frac{26mV}{1mA} = 4486\Omega$$

$$R_B \approx (R + R_{W2}) \parallel R_{E4} = (5.1k\Omega + 4.0916k\Omega) \parallel 2k\Omega = 1.64k\Omega$$

$$R'_e = r_{ce3} \left(1 + \frac{\beta R_{E3}}{r_{be3} + R_{E3} + R_B} \right) = 4486\Omega \times \left(1 + \frac{160 \times 2k\Omega}{4486\Omega + 2k\Omega + 1.64k\Omega} \right) = 181.14k\Omega$$

$$A_{uC1理论} = A_{uC2理论} = \frac{R'_L}{2R'_e} = \frac{10k\Omega}{2 \times 181.14k\Omega} = 0.0276$$

$$A_{uC理论} = 0$$

由测量结果得：

$$A_{uC1} = \frac{U_{OC1}}{U_{IC}} = 0.0140$$

$$A_{uC2} = \frac{U_{OC2}}{U_{IC}} = 0.0134$$

$$A_{uC} = \frac{|U_{OC1} - U_{OC2}|}{U_{IC}} = 0.53 \times 10^{-3}$$

误差计算：

$$\left| \frac{A_{uC1} - A_{uC1理论}}{A_{uC1理论}} \right| \times 100\% = 49.2\%$$

$$\left| \frac{A_{uC2} - A_{uC2理论}}{A_{uC2理论}} \right| \times 100\% = 51.4\%$$

4) 误差分析：

- 电源电压不严格等于 $\pm 12V$ （已测量验证）；
- 电阻阻值与标称值之间有误差（已测量验证）；
- 万用表在测量过程中存在误差；
- 两个三极管并不完全相同。

七、思考题

1. 为什么要对差分放大器调零？在实验中是不是非常重要？

答：对差分放大器调零在实验中非常重要。因为差分放大电路的工作原理依赖于电路对称性，但是即使电路结构对称，所用元件

差动放大器

微电子学院

2022.11.28

17号台

PB21061324 徐铭鸽

PB21081565 王蕴璇

相同，由于制作工艺、实验环境等因素的影响，电路的对称性极可能被破坏，因此需要对电路进行调零。

2. 差分放大器的差模输出电压是与输入电压的差还是与输入电压的和成正比？

答：差分放大器的差模输出电压和输入电压之差成正比。

3. 典型差动放大电路与恒流源差动放大电路在观测 U_{C1} 与 U_{C2} 的波形时，其大小、极性及共模抑制比 K_{CMR} 有何区别？为什么？

答：（1）由共模放大倍数的表达式，由于恒流时发射极电阻 R_e 比典型差动放大电路的大得多，因此共模放大倍数远小于差动放大电路，共模抑制比远大于差动放大电路；由于两种电路均是在集电极输出，因此极性不变。

（2）对于差分放大电路， R_e 越大，每一边的漂移越小，共模负反馈越强，单端输出时的 A_c 越小， K_{CMRR} 越大，差分放大电路的性能越好。但为使静态电流不变， R_e 越大， V_{EE} 越大，以至于 R_e 太大就不合理了。所以为了在低电源条件下，既可以设置合适的 I_{EQ} 又得到趋于无穷大的 R_e ，就采用电流源取代 R_e ，即为恒流源差分放大电路。

八、实验总结

1. 在本实验中，我们对典型差分放大电路和恒流源差分放大电路的静态工作点、差模和共模信号下的放大倍数，差模输入和输出电阻，共模抑制比等重要参数进行了测量和误差分析，测量结果基本与差分放大电路的原理相符合，完成了实验要求。
2. 通过该实验，我们对于差动放大器相关理论知识进行具体实践，对于差动放大器的相关内容有了更为深刻的理解。
3. 通过本次实验，对于相关实验器材的使用更加熟练，相关处理方法也有了一定的了解。