

实验二 差动放大器

一、实验目的

- 1、加深对差动放大器性能及特点的理解
- 2、学习差动放大器主要性能指标的测试方法

二、实验原理

图 6-1 是差动放大器的基本结构。它由两个元件参数相同的基本共射放大电路组成。当开关 K 拨向左边时，构成典型的差动放大器。调零电位器 R_P 用来调节 T_1 、 T_2 管的静态工作点，使得输入信号 $U_i=0$ 时，双端输出电压 $U_o=0$ 。 R_E 为两管共用的发射极电阻，它对差模信号无负反馈作用，因而不影响差模电压放大倍数，但对共模信号有较强的负反馈作用，故可以有效地抑制零漂，稳定静态工作点。

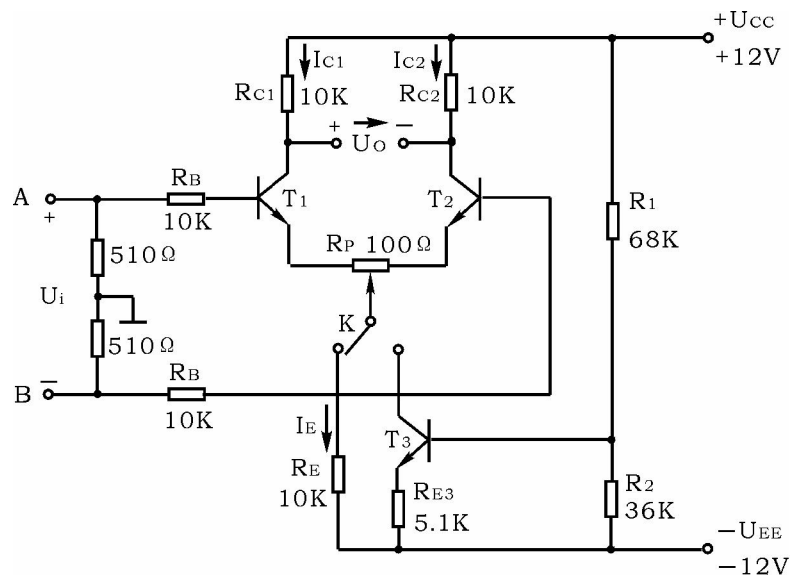


图 6-1 差动放大器实验电路

当开关 K 拨向右边时，构成具有恒流源的差动放大器。它用晶体管恒流源代替发射极电阻 R_E ，可以进一步提高差动放大器抑制共模信号的能力。

1、静态工作点的估算

典型电路

$$I_E \approx \frac{|U_{EE}| - U_{BE}}{R_E} \quad (\text{认为 } U_{B1} = U_{B2} \approx 0)$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_E$$

恒流源电路

$$I_{C3} \approx I_{E3} \approx \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} (U_{CC} + |U_{EE}|) - U_{BE}}{R_{E3}}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_{C3}$$

2、差模电压放大倍数和共模电压放大倍数

当差动放大器的射极电阻 R_E 足够大，或采用恒流源电路时，差模电压放大倍数 A_d 由输出端方式决定，而与输入方式无关。

双端输出： $R_E = \infty$ ， R_P 在中心位置时，

$$A_d = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} = - \frac{\beta R_C}{R_B + r_{bc} + \frac{1}{2}(1 + \beta) R_P}$$

单端输出

$$A_{d1} = \frac{\Delta U_{C1}}{\Delta U_i} = \frac{1}{2} A_d$$

$$A_{d2} = \frac{\Delta U_{C2}}{\Delta U_i} = -\frac{1}{2} A_d$$

当输入共模信号时，若为单端输出，则有

$$A_{c1} = A_{c2} = \frac{\Delta U_{C1}}{\Delta U_i} = \frac{-\beta R_C}{R_B + r_{bc} + (1 + \beta) \left(\frac{1}{2} R_P + 2R_E \right)} \approx -\frac{R_C}{2R_E}$$

若为双端输出，在理想情况下

$$A_c = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} = 0$$

实际上由于元件不可能完全对称，因此 A_c 也不会绝对等于零。

3、共模抑制比 CMRR

为了表征差动放大器对有用信号（差模信号）的放大作用和对共模信号的抑

制能力，通常用一个综合指标来衡量，即共模抑制比

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right| \quad \text{或} \quad CMRR = 20 \text{Log} \left| \frac{A_d}{A_c} \right| (\text{dB})$$

差动放大器的输入信号可采用直流信号也可采用交流信号。本实验由函数信号发生器提供频率 $f = 1\text{KHZ}$ 的正弦信号作为输入信号。

三、实验设备与器件

- 1、±12V 直流电源
- 2、函数信号发生器
- 3、双踪示波器
- 4、交流毫伏表
- 5、直流电压表
- 6、晶体三极管 3DG6×3，要求 T_1 、 T_2 管特性参数一致。
(或 9011×3)。

电阻器、电容器若干。

四、实验内容

1、典型差动放大器性能测试

按图 6-1 连接实验电路，开关 K 拨向左边构成典型差动放大器。

1) 测量静态工作点

①调节放大器零点

信号源不接入。将放大器输入端 A、B 与地短接，接通±12V 直流电源，用直流电压表测量输出电压 U_o ，调节调零电位器 R_p ，使 $U_o = 0$ 。调节要仔细，力求准确。

②测量静态工作点

零点调好以后，用直流电压表测量 T_1 、 T_2 管各电极电位及射极电阻 R_E 两端电压 U_{RE} ，记入表 6-1。

表 6-1

测量值	U_{C1} (V)	U_{B1} (V)	U_{E1} (V)	U_{C2} (V)	U_{B2} (V)	U_{E2} (V)	U_{RE} (V)
计算值	I_C (mA)		I_B (mA)		U_{CE} (V)		

2) 测量差模电压放大倍数

断开直流电源，将函数信号发生器的输出端接放大器输入 A 端，地端接放大器输入 B 端构成单端输入方式，调节输入信号为频率 $f=1\text{KHz}$ 的正弦信号，并使输出旋钮旋至零，用示波器监视输出端（集电极 C_1 或 C_2 与地之间）。

接通 $\pm 12\text{V}$ 直流电源，逐渐增大输入电压 U_i （约 100mV ），在输出波形无失真的情况下，用交流毫伏表测 U_i ， U_{C1} ， U_{C2} ，记入表 6-2 中，并观察 u_i ， u_{C1} ， u_{C2} 之间的相位关系及 U_{RE} 随 U_i 改变而变化的情况。

3) 测量共模电压放大倍数

将放大器 A、B 短接，信号源接 A 端与地之间，构成共模输入方式，调节输入信号 $f=1\text{kHz}$ ， $U_i=1\text{V}$ ，在输出电压无失真的情况下，测量 U_{C1} ， U_{C2} 之值记入表 6-2，并观察 u_i ， u_{C1} ， u_{C2} 之间的相位关系及 U_{RE} 随 U_i 改变而变化的情况。

表 6-2

	典型差动放大电路		具有恒流源差动放大电路	
	单端输入	共模输入	单端输入	共模输入
U_i	100mV	1V	100mV	1V
$U_{C1}(\text{V})$				
$U_{C2}(\text{V})$				
$A_{d1} = \frac{U_{C1}}{U_i}$		/		/
$A_d = \frac{U_o}{U_i}$		/		/
$A_{C1} = \frac{U_{C1}}{U_i}$	/		/	
$A_c = \frac{U_o}{U_i}$	/		/	
$\text{CMRR} = \left \frac{A_{d1}}{A_{C1}} \right $				

2、具有恒流源的差动放大电路性能测试

将图 6—1 电路中开关 K 拨向右边，构成具有恒流源的差动放大电路。重复内容 1—2)、1—3) 的要求，记入表 6—2。

五、预习要求

1、根据实验电路参数，估算典型差动放大器和具有恒流源的差动放大器的静态工作点及差模电压放大倍数（取 $\beta_1 = \beta_2 = 100$ ）。

2、测量静态工作点时，放大器输入端 A、B 与地应如何连接？

3、实验中怎样获得双端和单端输入差模信号？怎样获得共模信号？画出 A、B 端与信号源之间的连接图。

4、怎样进行静态调零点？用什么仪表测 U_o ？

5、怎样用交流毫伏表测双端输出电压 U_o ？

六、实验总结

1、整理实验数据，列表比较实验结果和理论估算值，分析误差原因。

1) 静态工作点和差模电压放大倍数。

2) 典型差动放大电路单端输出时的 CMRR 实测值与理论值比较

3) 典型差动放大电路单端输出时 CMRR 的实测值与具有恒流源的差动放大器 CMRR 实测值比较。

2、 比较 u_i , u_{c1} 和 u_{c2} 之间的相位关系。

3、 根据实验结果, 总结电阻 R_e 和恒流源的作用。