



南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电工电子实验报告

课程名称： 电工电子实验（一）
实验项目： 差动放大电路

学 院： 贝尔英才学院
班 级：
学 号：
姓 名：
学 期： 2021-2022学年第1学期

晶体二极管及其基本应用

一、实验目的

- 1.熟悉差动放大器电路的组成原理及用途;
- 2.掌握差动放大器静态参数的测量方法;
- 3.掌握差动放大器动态参数(差模放大倍数 A_{ud} ,共模放大倍数 A_{uc} ,共模抑制比 K_{CMR})的测试方法;
- 4.掌握带恒流源差动放大电路的调试方法。

二、主要仪器设备

- 1.双踪示波器;
- 2.函数信号发生器;
- 3.直流稳压电源;
- 4.交流毫伏表;
- 5.实验箱;
- 6.万用表;
- 7.阻容元件及导线若干。

三、实验原理

差动放大电路又称差分放大器,它是一种特殊的直接耦合放大电路。它的基本特点是能有效地抑制共模信号,放大差模信号。它广泛应用于模拟集成电路中,常作为输入级或中间放大级。如图 5.20 所示,当开关拨向 2 时,图中电路两边左右完全对称, T_1 、 T_2 管型号性能参数相同。 R_e 的作用是为 T_1 、 T_2 确定合适的静态电流 I_e ,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,所以可以抑制温度漂移。这种电路称为长尾式差动放大电路。当开关拨向 3 时,是一个带恒流源的差动放大电路,与长尾型差动放大电路相比,它进一步降低了共模电压增益,提高差动放大器的共模抑制比,使静态工作点更加稳定。它具有静态工作点稳定,共模信号抑制能力强,对差模信号有一定放大能力的特点。根据电路结构,该电路可组成 4 种形式:单端输入单端输出、双端输入双端输出、双端输入单端输出、单端输入单端输出。

1.静态工作点的计算

如图 5.20 所示静态时,差动放大器的输入端不加信号。当开关拨向 3 时,对于恒流源电路,该电路的基准电流为

$$I_R = \frac{|-U_{EE}| - 0.7}{R} \quad (5.5.1)$$

此处的 R 是 R 与 R_W 的串联。

$$\text{恒流源电路的电流值为 } I_o = \frac{U_T}{R_{e3}} \ln \frac{I_R}{I_o} \quad (5.5.2)$$

$$\text{对于差分对管 } T_1、T_2 \text{ 组成的对称电路,有 } I_{CQ1} = I_{CQ2} = \frac{I_o}{2} \quad (5.5.3)$$

$$U_{CQ1} = U_{CQ2} = U_{CC} - \frac{I_o R_{C1}}{2} \quad (5.5.4)$$

当开关置于 2 时的静态工作点请读者自行推算。

2.双端输出的差模电压放大倍数为

$$A_{ud} = -\frac{\beta R'_L}{R_b + r_{be}} \quad (5.5.5)$$

其中当 $R_{C1} = R_{C2} = R_C$ 时, $R'_L = R_C // R_L / 2$

共模(电压)放大倍数为 $A_{uc} \cong 0$

共模抑制比 $K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| \rightarrow \infty$ (5.5.6)

单端输出时,差模电压放大倍数为双端输出的一半,即

$$A_{ud1} = -A_{ud2} = \frac{A_{ud}}{2} = -\frac{\beta R'_L}{2(R_b + r_{be})}$$

而共模电压放大倍数 $A_{uc} \cong -\frac{R_c // R_L}{2R_e}$ (若接恒流源 R_e ,则为恒流源等效电阻)。

则共模抑制比 $K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = \frac{\beta R_L R_e}{(R_b // R_L)(R_b + r_{be})}$

3. 差动放大电路各指标参数的测试方法

以图 5.20 电路为例,且图中开关打向位置 2。

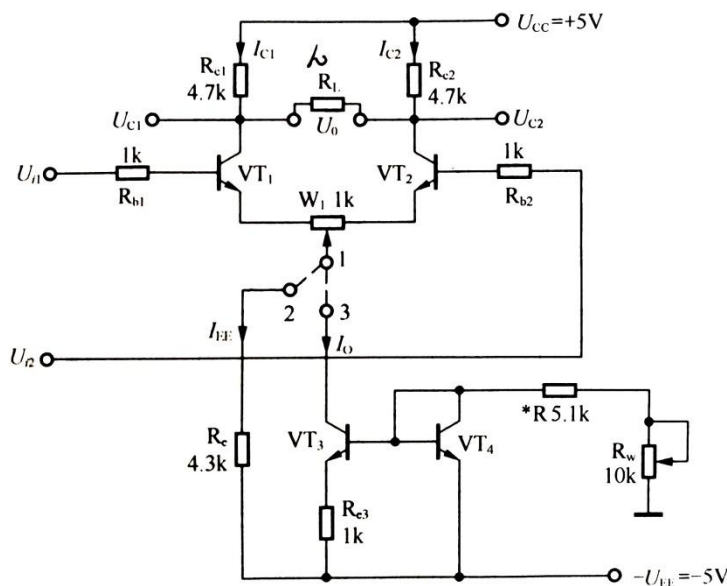


图 5.20 差动放大器实验电路

(1) 测量静态工作点

① 调节放大器零点。交流信号不接入,将放大器输入端接地,接通直流电源,用万用表直流挡测量输出电压 U_o ,调节调零电位器 W_1 ,使 $U_o=0$ 。

② 测量静态工作点。零点调好后,用万用表直流挡测量 T_1 、 T_2 管各个电极电位、集电极电流 I_{C1} 、 I_{C2} ;以及射极电阻 R_e 两端的电压 U_{Re} 。

(2) 测量差模增益的方法:测量差模电压放大倍数时,若差动人备用端输入双出方式,在 u_{i1} 处输入 $U_{id}=100\text{mV}$, $f=1\text{kHz}$ 的正弦信号, u_{i2} 接地,双而出时,用双波器分别观测 u_{i1} 和 u_{i2} 的波形,它们应该是大小相等、极性相度的不的正弦波,用示器测量 U_{c1} 和 U_{c2} ,则差模电压放大倍数

$$A_{ud} = \frac{U_{c1} + U_{c2}}{U_{id}}。$$

如果是单端输出,用示波器观测 U_{c1} 或 U_{c2} ,则差模电压放大倍数为

$$A_{ud} = \left| \frac{U_{c2}}{U_{id}} \right| = \left| \frac{U_{c1}}{U_{id}} \right|$$

(3) 共模抑制比 K_{CMR} 的测试方法:将差动放大器的两个输入端接在一起,即 u_{i1} 和 u_{i2} 接在同一点,输入 $U_{ic}=0.5\text{V}$, $f=1\text{kHz}$ 的正弦信号,用示波器观测 U_{c1} 和 U_{c2} ,则共模电压放大倍数 $A_{uc} = \frac{U_{c1} - U_{c2}}{U_{id}}$ (双端输出时),

$$A_{uc} = \left| \frac{U_{c2}}{U_{id}} \right| = \left| \frac{U_{c1}}{U_{id}} \right| (\text{单端输入时}),$$

则共模抑制比为

$$K_{CMR} = 20lg \frac{A_{ud}}{A_{uc}}$$

(4)差模输入电阻和输出电阻的测量方法和晶体管单级放大电路的输入电阻和输出电阻的测试方法一样。

四、实验内容

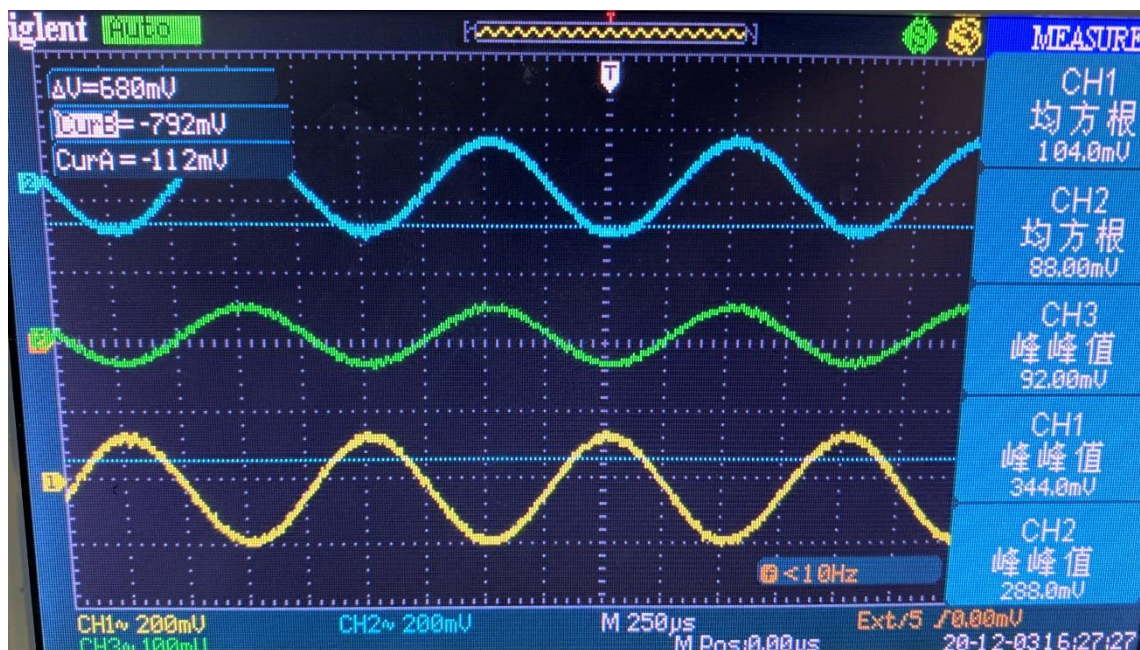
1. 在实验箱上安装差动放大器,如图5. 20所示,将开关拨至左侧2端。检查接线无误后接通电源,将输入端接地,调节W₂使U_o=0。

2. 测量差动放大电路的静态参数,并记入表5. 8

差动放大器的静态参数

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
U_E	0. 6046V	0. 6404V		
U_B	1. 637mV	40. 16mV		
U_C	2. 911V	2. 911V		
U_{CE}	3. 515V	3. 550V		

3. 在处输入 $U_{id}=0. 05V$, $f=1kHz$ 的正弦信号, u_{i2} 接地,用示波器分别测量 U_{C1} 、 U_{C2} 的值,计算 A_{ud}



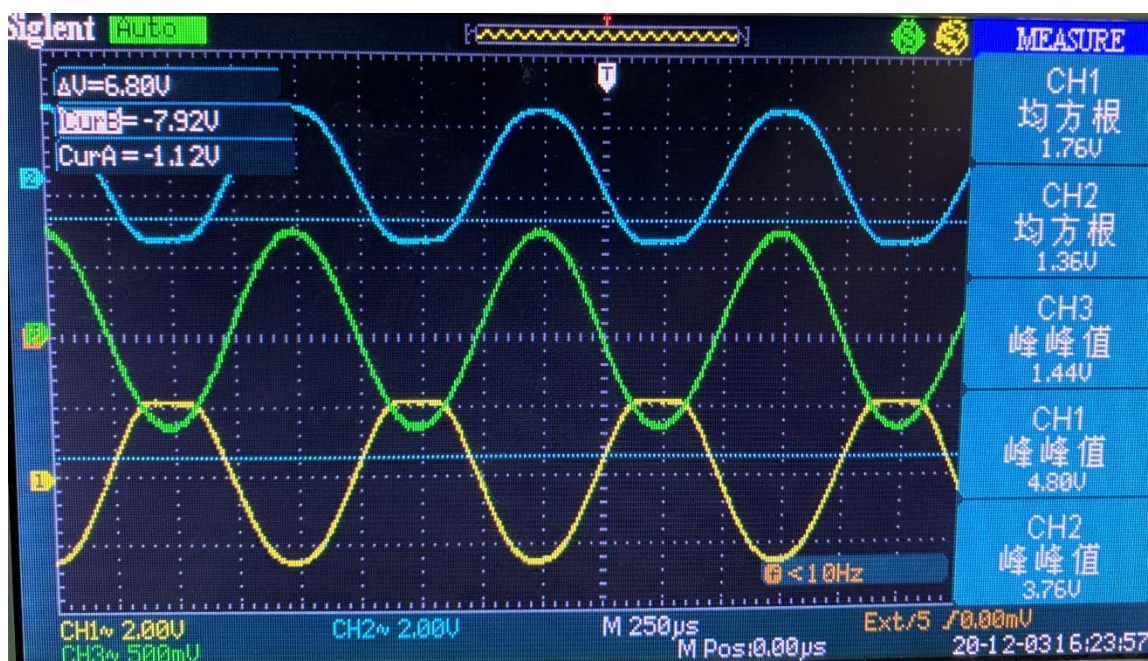
$U_{id}=0. 05V$, $f=1kHz$ 波形图

$$U_{C1}=115mV$$

$$U_{C2}=91mV$$

$$A_{ud} = \frac{U_{C1}+U_{C2}}{U_{id}}=4. 12$$

4. 在 u_{i1} 、 u_{i2} 处输入 $U_{i1} = U_{i2} = U_{ic}=0. 5V$, $f=1kHz$ 的正弦信号,用示波器分别测量 U_{C1} 、 U_{C2} 的值,计算 A_{uc} 及共模抑制比 K_{CMR} 。



$U_{i1} = U_{i2} = U_{ic} = 0.5V$, $f = 1kHz$ 波形图

$$U_{C1} = 1.81V$$

$$U_{C2} = 1.42V$$

$$A_{ud} = \frac{U_{C1} + U_{C2}}{U_{id}} = 6.46$$

$$U_{C1}' = 247mV$$

$$U_{C2}' = 218mV$$

$$A_{uc} = \frac{U_{C1}' - U_{C2}'}{U_{id}} = 0.06$$

$$K_{CMR} = 20lg \frac{A_{ud}}{A_{uc}} = 40.64$$

五、实验小结

通过搭建差动放大电路模型，测量差动放大器静态和动态参数，记录并计算了放大倍数和共模抑制比。对差动放大电路的组成原理有了更深的认识。