

## 具有恒流源的差动放大电路

### 一. 实验目的

1. 学习差动放大电路静态工作点的测试方法。
2. 学习差动放大电路动态指标（单端输入，单端输出或双端输出时差模放大倍数  $A_{vd}$ 、共模放大倍数  $A_{vc}$  以及共模抑制比  $K_{CMR}$ ）的测试方法。
3. 熟悉双电源的接法以及用示波器观察信号波形的相位关系。

### 二. 电路原理简述

实验电路见图 8-1，是一个带恒流源的差动放大电路。它具有静态工作点稳定，对共模信号有高抑制能力，而对差模信号具有放大能力的特点。根据结构，该电路有四种形式：单端输入，单端输出；单端输入、双端输出；双端输入、单端输出和双端输入、双端输出。

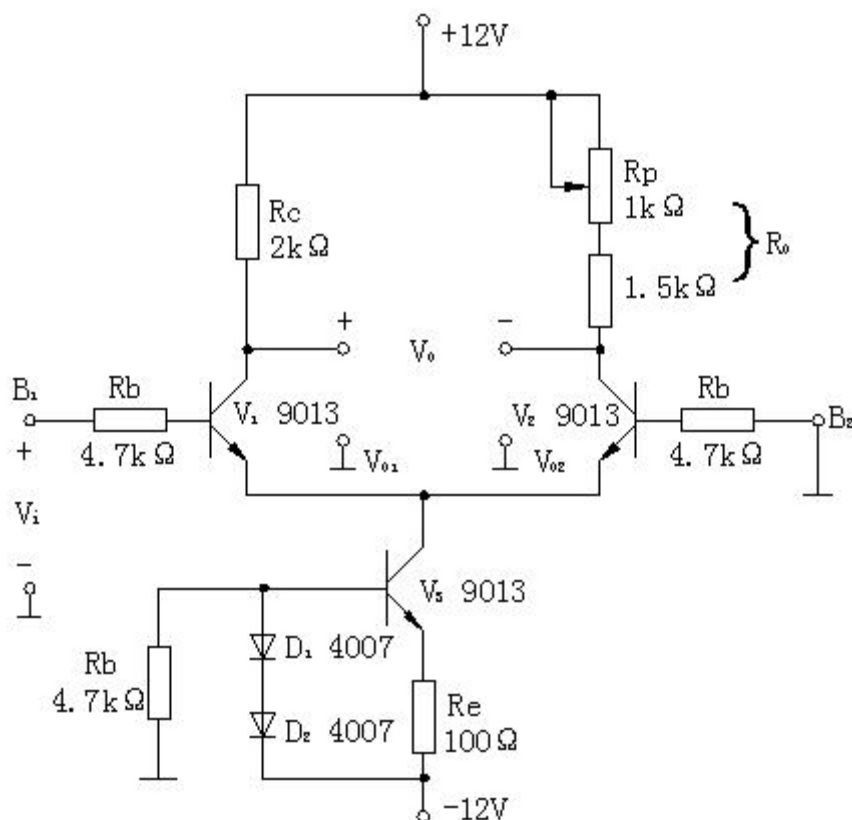


图 8-1

其中： $R_b \times 3 = 4.7k\Omega$ ， $R_c = 2k\Omega$ ， $R_e = 100\Omega$ ， $R_p = 1k\Omega$ ， $R_o - R_p = 1.5k\Omega$ ， $D_1 = D_2 = 1N4007$ ， $V_1 = V_2 = V_3 = 9013$

双端输出的差模放大倍数为：
$$\dot{A}_{vd} = -\frac{\beta R_L'}{R_b + r_{be}}$$

而共模放大倍数  $A_{vc} \approx 0$ 。共模抑制比  $K_{CMR} = \left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right| \rightarrow \infty$ ，单端输出时，差模放大

倍数为双端输出的一半，即，
$$\dot{A}_{vd1} = -\dot{A}_{vd2} = \frac{\dot{A}_{vd}}{2} = \frac{-\beta R_L'}{2(R_b + r_{be})}$$

而共模放大倍数  $A_{vc} \approx -\frac{R_c}{2R_{e'}}$ ,  $R_{e'}$  为恒流源的等效电阻。

### 三. 实验设备

名称	数量	型号
1. 直流稳压电源	1 台	MC1095
2. 低频信号发生器	1 台	学校自备
3. 示波器	1 台	学校自备
4. 万用表	1 台	学校自备
5. 差动放大电路模块	1 块	ST2020
6. 短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
7. 实验用 9 孔插件方板		297mm×300mm

### 四. 实验内容与步骤

#### 1. 测试各级静态工作点

1) 在 ST2020 差动放大电路模块上进行实验, 接通电源  $\pm 12V$ , 调节电位器  $R_p$ , 使  $V_i=0$  时 (输入端对地短接),  $V_o=0$  (即  $V_{o1}=V_{o2}$ )。然后, 用万用表分别测量  $V_{c1}$ 、 $V_{c2}$ 、 $V_{c3}$  填入表 8-1 中。

2) 用万用表测出  $R_e$  两端电压  $V_{Re}$  (0.605V), 然后计算出  $I_{E3}$  和  $I_{C1}$ 、 $I_{C2}$  ( $I_{E3}=V_{Re}/R_e$ ,  $I_{C1}=I_{C2}=\frac{1}{2}I_{E3}$ ), 填入表 8-1 中。

表 8-1

$I_{C1}$ (mA)	$I_{C2}$ (mA)	$I_{E3}$ (mA)	$V_{C1}$ (V)	$V_{C2}$ (V)	$V_{C3}=V_{E1}=V_{E2}$ (V)
3.025	3.025	6.05	6.14	6.23	-0.752

#### 2. 测试单端输入、双端输出时差模电压放大倍数

调节 XD-2 信号发生器, 将  $V_{IPP}=100mV$ ,  $f=1kHz$  的音频信号送至三极管  $V_1$  的输入端  $B_1$  ( $B_2$  接地)。用示波器观察和测量  $V_{IPP}$  与  $V_{OPP}$  的大小及相位, 算出差模放大倍数  $A_{vd}$ , 并与理论值比较, 填入表 8-2 中。

注意: 示波器的信号负端和信号源的信号负端均与电源地相接, 故在测单入双出方式的  $V_{OPP}$  时, 必须使二者的电源地隔离, 否则会引起短路。或者采用万用表或其他仪表代替示波器测试, 但注意万用表测出的值是有效值。

表 8-2 ( $V_{IPP}=100mV$ ,  $f=1kHz$ )

输入 输出方式	$V_{OPP}$	$A_{vd}$	$V_{O1PP}$	$V_{O2PP}$	$A_{vd1}$	$A_{vd2}$
单入双出	5.21V	-52.1	2.722V	-2.520V	-27.22	25.20
单入单出						

#### 3. 测试单端输入、单端输出时差模放大倍数

步骤同上, 用示波器观察和测量  $V_{O1PP}$ 、 $V_{O2PP}$  (即集电极输出) 的大小及相位, 算出差模放大倍数  $A_{vd1}$  和  $A_{vd2}$ , 并与理论值比较, 填入表 8-2 中。

#### 4. 测试单端输出的共模抑制比 $K_{CMR}$

将差模电压改为共模电压, 将  $V_{IPP}=100mV$ ,  $f=1kHz$  的信号同时送入三极管  $V_1$  和  $V_2$  的输入端  $B_1$ 、 $B_2$ , 用示波器测量  $V_{O2PP}$ , 算出  $A_{vc2}$  及  $K_{CMR}=A_{vd2}/A_{vc2}$ , 填入表 8-3 中。

表 8-3 ( $V_{IPP}=100mV$ ,  $f=1kHz$ )

$V_{O2PP}$	$A_{vc2}$	$K_{CMR}=\frac{A_{vd2}}{A_{vc2}}$

--	--	--

5. 从 XD-2 信号发生器输出  $V_{IPP}=100\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$  的正弦波

1) 将信号送  $B_1$  端,  $B_2$  端接地。观察并定性测绘出  $V_{IPP}$  与  $V_{O1}$ 、 $V_{O2}$  波形及相位关系。

2) 将信号送  $B_2$  端,  $B_1$  端接地。观察并定性测绘出  $V_{IPP}$  与  $V_{O1}$ 、 $V_{O2}$  波形及相位关系。

以上波形均绘于图 8-2 中。

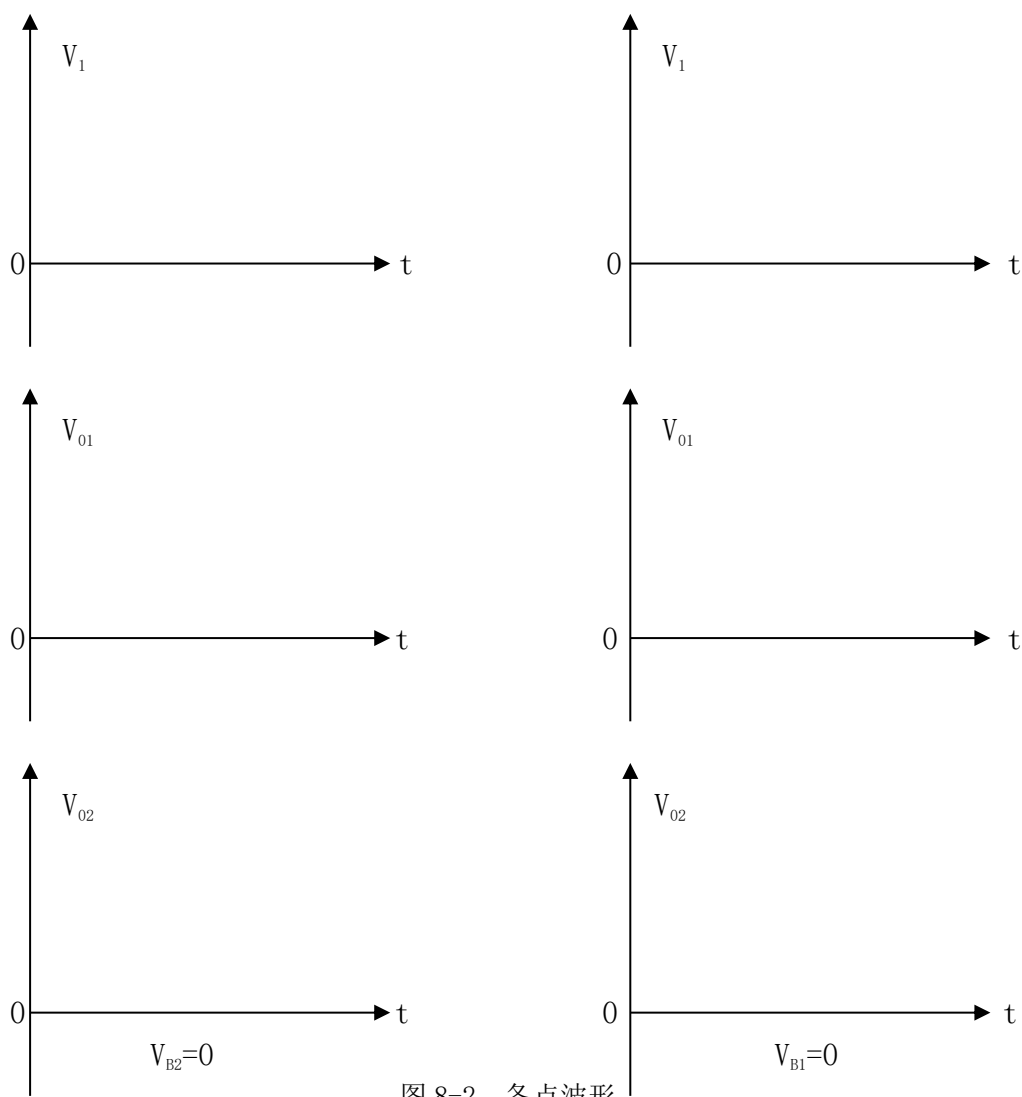


图 8-2 各点波形

## 五. 分析与讨论

1. 差模放大器的差模输出电压是与输入电压的差还是和成正比?
2. 加到差动放大器的两管基极的输入信号幅值相等、相位相同时, 输出电压等于多少?
3. 差动放大器对差模输入信号起放大作用, 还是起抑制作用?
4. 现假设放大器的  $V_1$  集电极为输出端, 试指出该放大器的反相输入端和同相输入端。