

## 实验三：差动放大器分析与设计

### 1. 目的：

- (1) 通过使用 Multisim 来仿真电路，测试如图 3 所示的差分放大电路的静态工作点、差模电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。
- (2) 加深对差分放大电路工作原理的理解。
- (3) 通过仿真，体会差分放大电路对温漂的抑制作用。

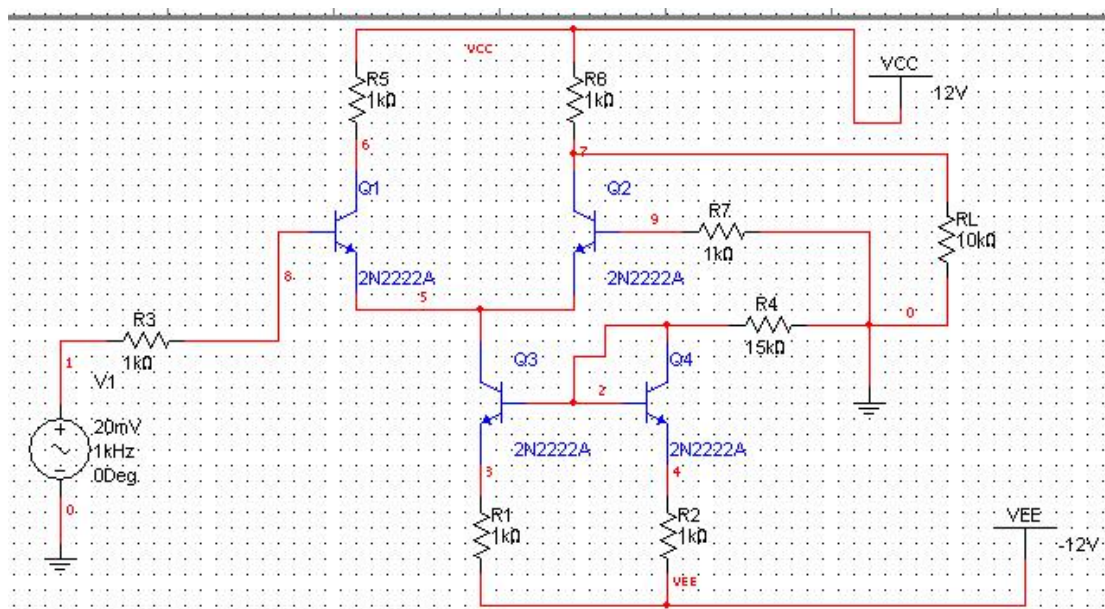


图 3

### 2. 步骤：

- (1) 请对该电路进行直流工作点分析,进而判断电路的工作状态。
- (2) 请利用软件提供的电流表测出电流源提供给差放的静态工作电流。
- (3) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的输入、输出电阻。

- (4) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的单端出差模放大倍数。
- (5) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的幅频、相频特性曲线。
- (6) 请利用交流分析功能给出该电路的幅频、相频特性曲线。
- (7) 请利用温度扫描功能给出工作温度从  $0^{\circ}\text{C}$  变化到  $100^{\circ}\text{C}$  时，输出波形的变化。

\*

- (8) 根据前面得到的静态工作点，请设计一单管共射电路，使其工作点和图 3 电路的静态工作点一样。利用温度扫描功能，给出单管共射电路工作温度从  $0^{\circ}\text{C}$  变化到  $100^{\circ}\text{C}$  时，输出波形的变化，比较单管共射电路与共射差分电路的区别。

### 3. 问题：

- (1) 根据直流工作点分析的结果，说明该电路的工作状态。
- (2) 请画出测量电流源提供给差放的静态工作电流时，电流表在电路中的接法，并说明电流表的各项参数设置。
- (3) 详细说明测量输入、输出电阻的方法（操作步骤），并给出其值。
- (4) 详细说明测量差模放大倍数的方法（操作步骤），并给出其值。
- (5) 详细说明两种测量幅频、相频特性曲线的方法（操作步骤），并分别画出幅频、相频特性曲线。
- (6) 对比实验步骤（7）和（8）的结果，你有何结论？
- (7) 请分析并总结仿真结论与体会。

#### 4. 实验结果:

(1) 请对该电路进行直流工作点分析,进而判断电路的工作状态。

DC Operating Point		DC Operating Point
实验3		
DC Operating Point Analysis		
	Variable	Operating point value
1	V(2)	11.63205
2	V(3)	10.59072
3	V(4)	-2.11735 m
4	V(5)	-585.02393 m
5	V(6)	-10.66932
6	V(7)	-11.27359
7	V(8)	-11.29272
8	V(9)	-2.11726 m

其中, Q1:

基极: -2.11726mV

发射极: -585.02393mV

集电极: 11.63205V

发射结正偏, 集电结反偏, 工作于放大状态

Q2:

基极: -2.11735mV

发射极: -585.02393mV

集电极: 10.59072V

发射结正偏, 集电结反偏, 工作于放大状态

Q3:

基极: -10.66932V

发射极: -11.27359V

集电极: -582.02393mV

发射结正偏, 集电结反偏, 工作于放大状态

Q4:

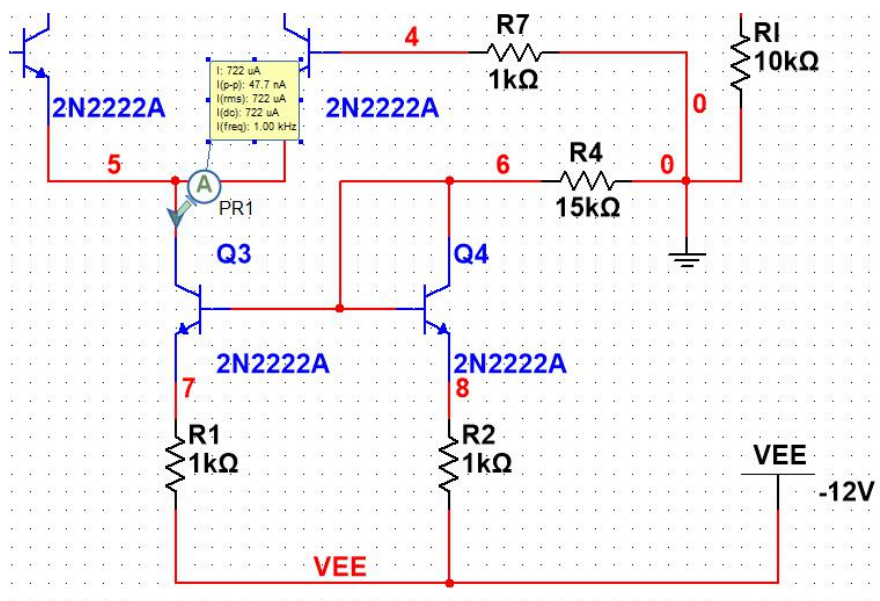
基极: -10.66932V

发射极: -11.29272V

集电极: -10.66932V

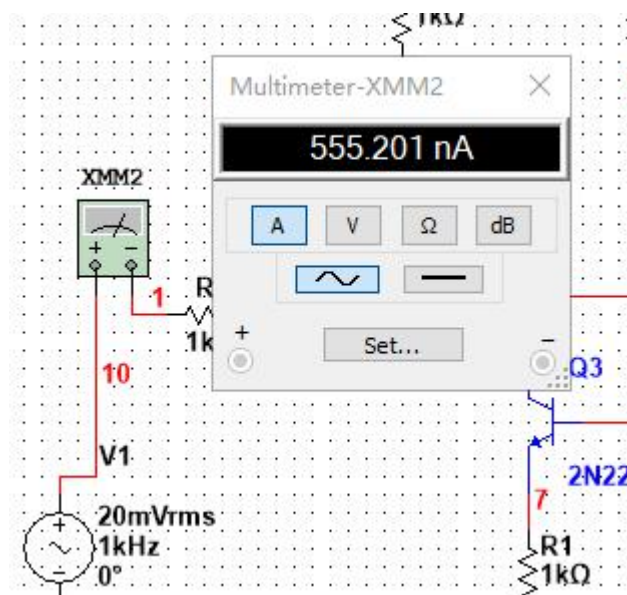
发射结正偏,  $u_{BC} = 0$ , 工作于临界饱和状态

(2) 请利用软件提供的电流表测出电流源提供给差放的静态工作电流。



静态工作电流为  $722\mu\text{A}$ 。

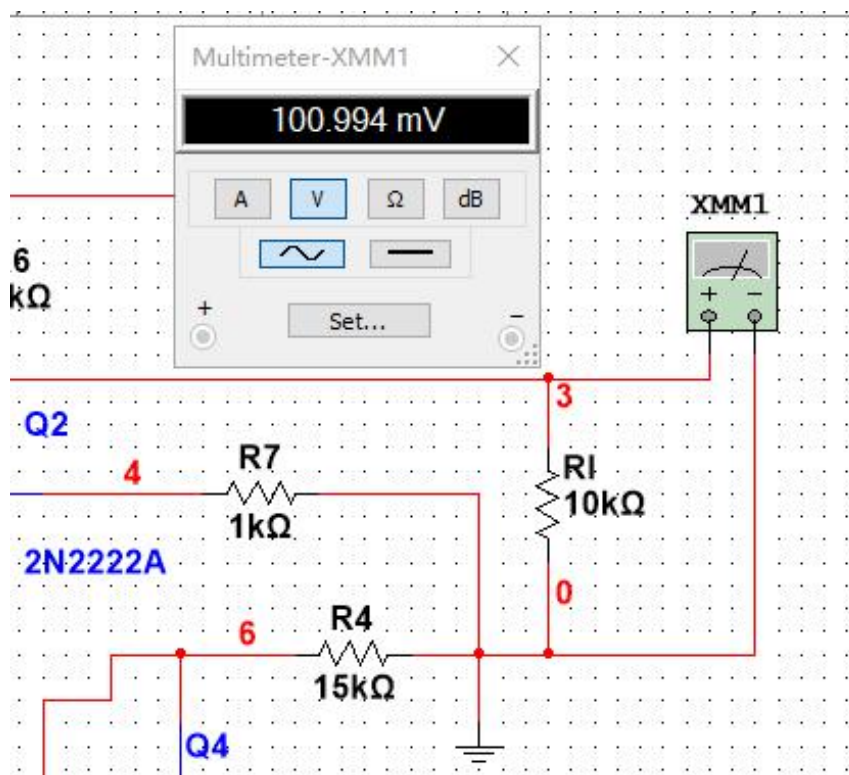
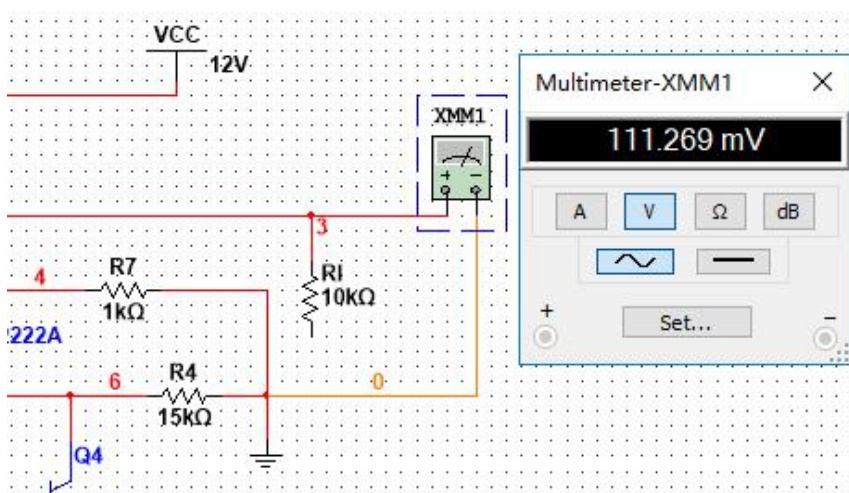
(3) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的输入、输出电阻。



输入电压的有效值:  $20.0\text{mV}$

输入电流的有效值:  $555.201\text{nA}$

输入电阻:  $36022.9\Omega$



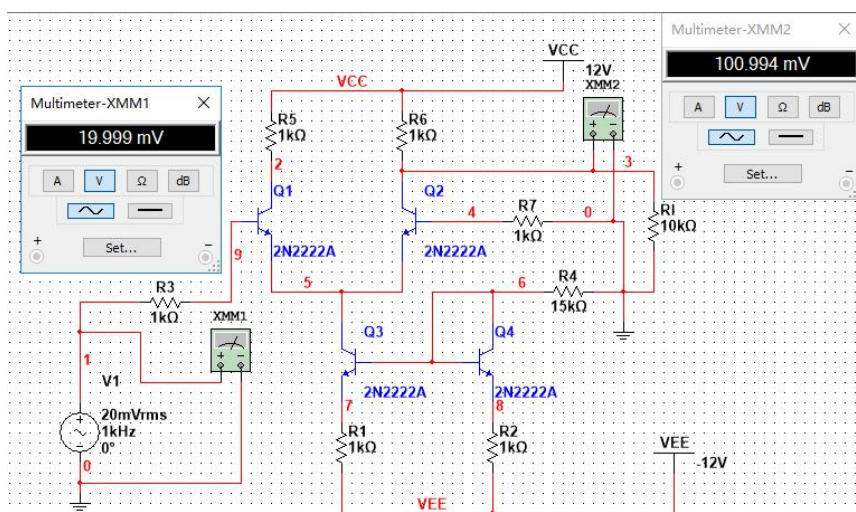
空载电压  $V_0$ : 111.269mV

负载电压  $V_r$ : 100.994mV

输出电阻  $R_o = (V_0 - V_r)R / V_r \approx 1017.4\Omega$



(4) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的单端出差模放大倍数。



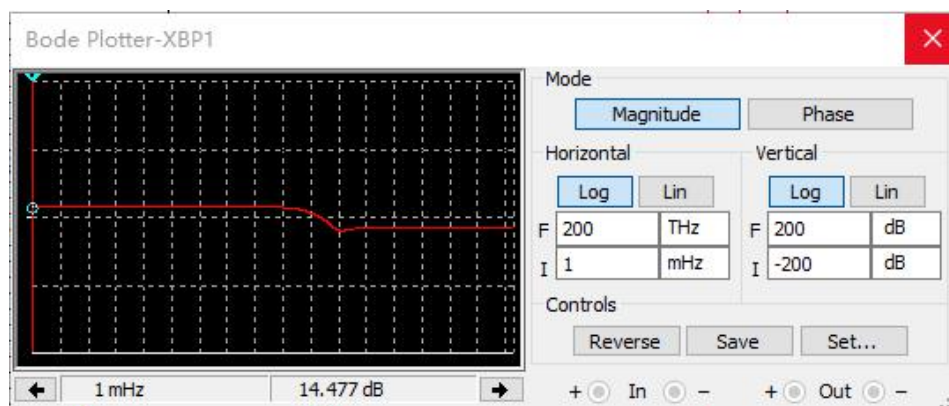
输入电压：19.999mV

输出电压：100.994mV

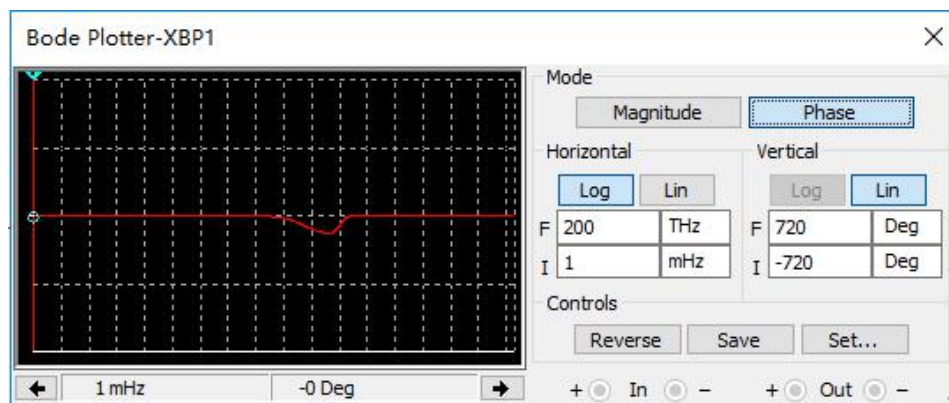
差模放大倍数：5.05

(5) 请利用软件提供的各种测量仪表测出该电路的幅频、相频特性曲线。

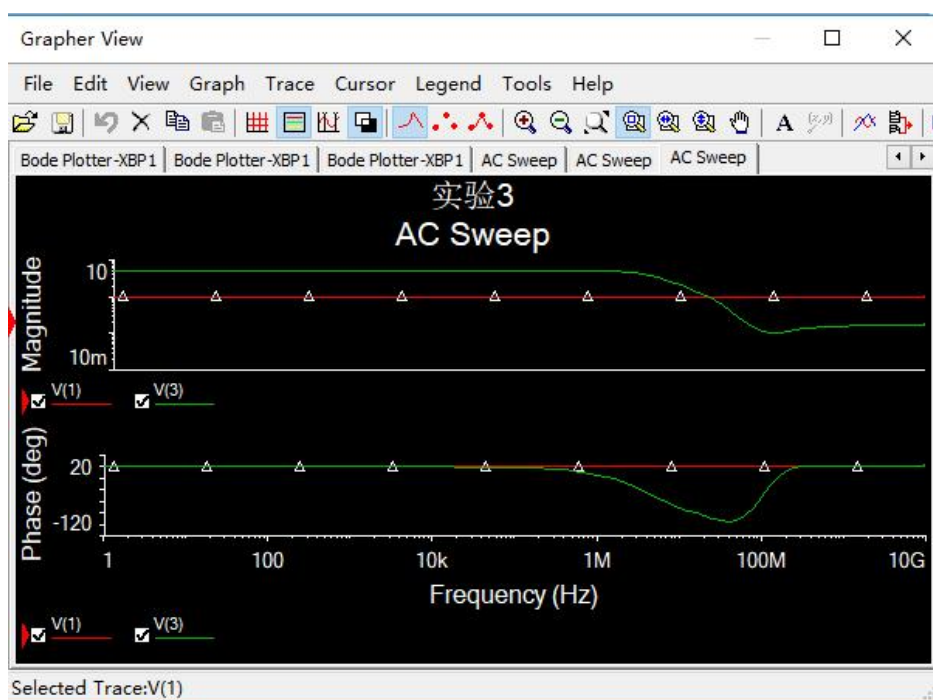
幅频特性曲线：



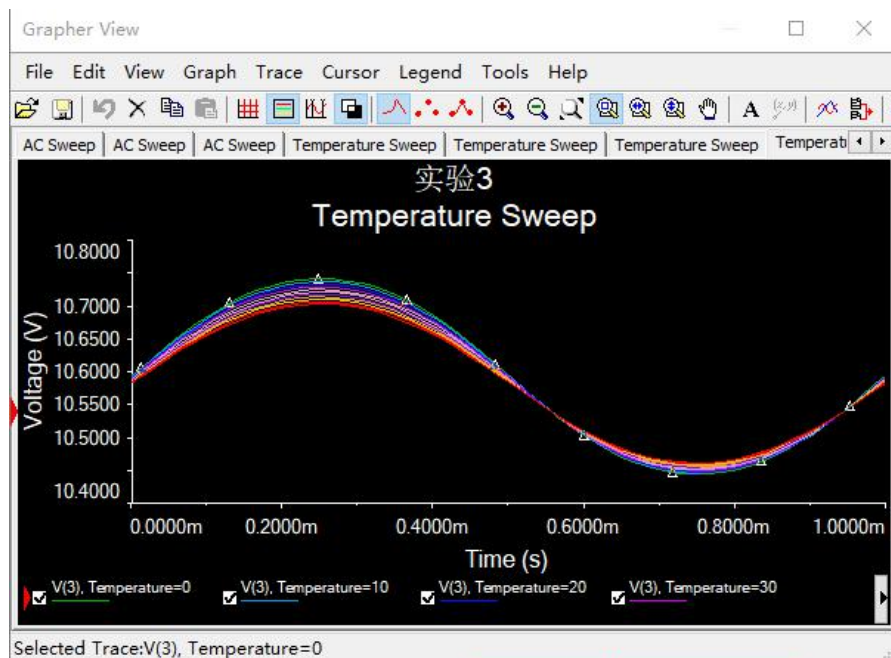
相频特性曲线：



(6) 请利用交流分析功能给出该电路的幅频、相频特性曲线。

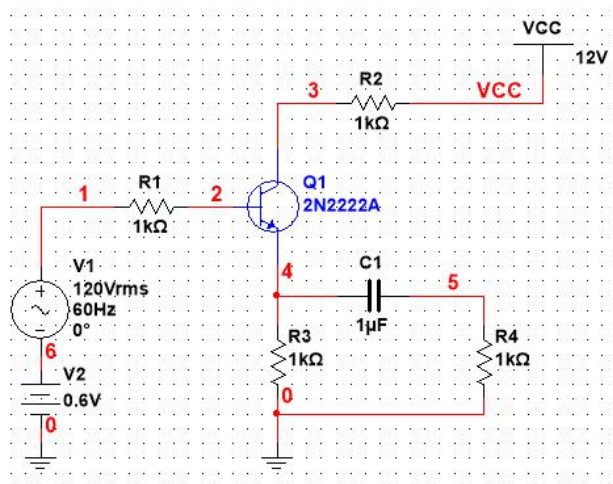


(7) 请利用温度扫描功能给出工作温度从 0°C变化到 100°C时，输出波形的变化。



\*

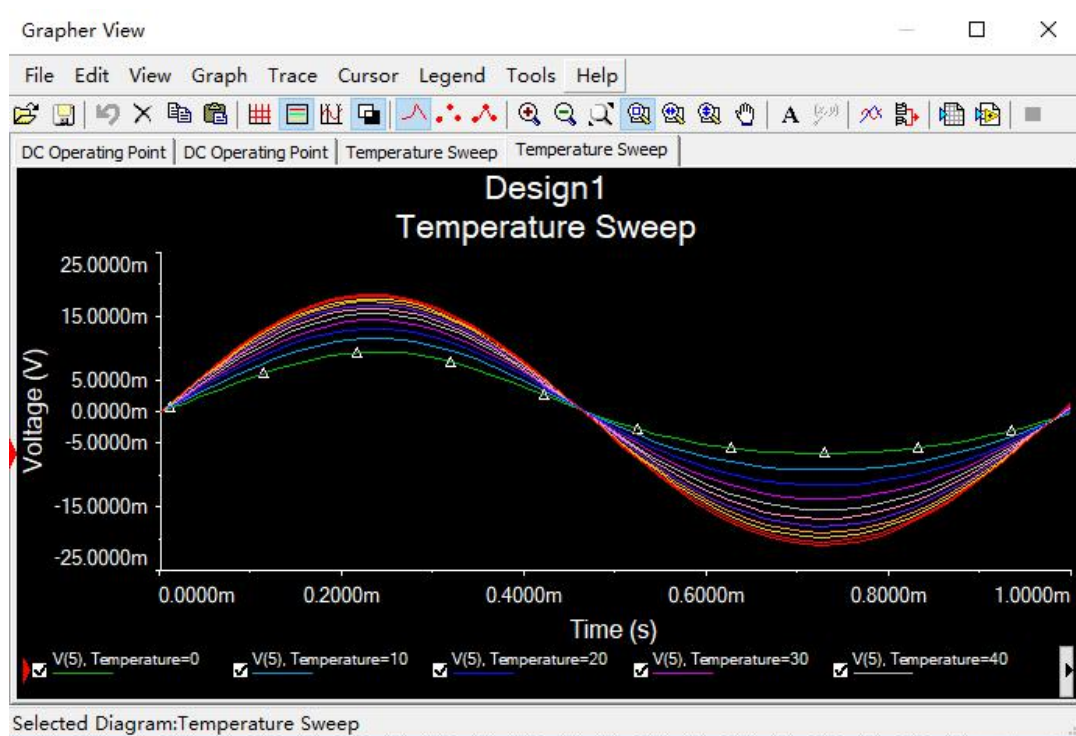
(8)根据前面得到的静态工作点，请设计一单管共射电路，使其工作点和图 3 电路的静态工作点一样。利用温度扫描功能，给出单管共射电路工作温度从  $0^{\circ}\text{C}$ 变化到  $100^{\circ}\text{C}$ 时，输出波形的变化，比较单管共射电路与共射差分电路的区别。



基极：599.75973mV

发射极：51.80674mV

集电极：11.94843V



通过比较单管放大电路和差放电路温度扫描的结果，可知差放电路抑制温漂的性能要明显好于共射放大电路。



## 5. 问题:

(1) 根据直流工作点分析的结果, 说明该电路的工作状态。

根据步骤中可知, Q1、Q2、Q3 工作于放大状态, Q4 工作于饱和状态。

(2) 请画出测量电流源提供给差放的静态工作电流时, 电流表在电路中的接法, 并说明电流表的各项参数设置。

根据步骤 2 中, 可知静态工作电流为  $722\mu\text{A}$ 。

(3) 详细说明测量输入、输出电阻的方法(操作步骤), 并给出其值。

对于输入电阻的测量, 只需测量其输入电压  $U_i$  和输入电路  $I_i$ , 则输入电阻为  $R_i=U_i/I_i$ 。

对于输出电阻, 可以利用戴维南定理将电路等效为一个理想恒压源和输出电阻, 然后测量其开路电压  $U_o$ , 然后再测量其负载电压  $U_r$ , 则输出电阻为  $R_o=(U_o-U_r)R/U_r$ 。

根据步骤 3 中, 可知输入电阻为  $36022.9\Omega$ , 输出电阻为  $1017.4\Omega$ 。

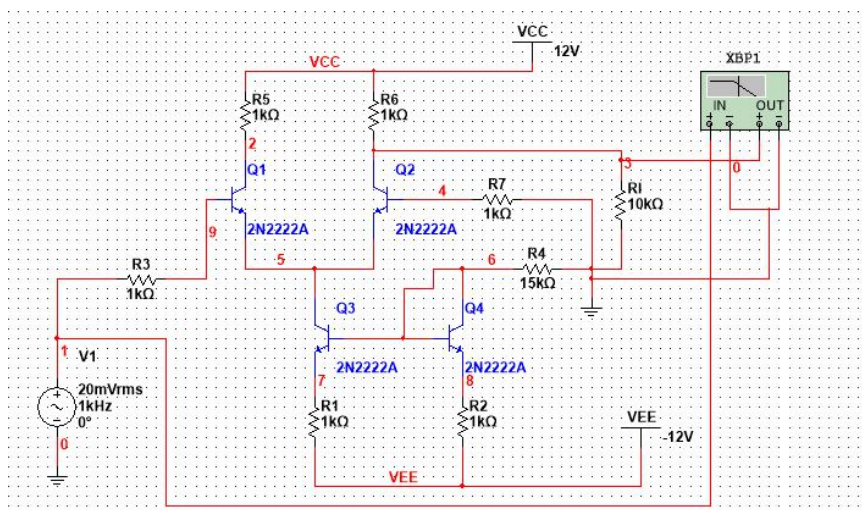
(4) 详细说明测量差模放大倍数的方法(操作步骤), 并给出其值。

于差模放大倍数, 我们通过使用电压表测量其输入电压和输出电压,  $U_o/U_i$  为差模放大倍数。

根据步骤 4 可知差模放大倍数为 5.05。

(5) 详细说明两种测量幅频、相频特性曲线的方法(操作步骤), 并分别画出幅频、相频特性曲线。

第一, 可以使用 multisim 中波特图示意图来测量频率特性, 按如图所示的解法:



IN+接输入，OUT+接输出，IN-和 OUT-接地。

第二，可以利用 multisim 中交流分析功能来测量频率响应曲线，在交流分析功能中选择 V1 和 V3，绘制其幅频特性和相频特性。

具体操作和实验图像见步骤 5。

**\***

**(6)对比实验步骤（7）和（8）的结果，你有何结论？**

通过比较单管放大电路和差放电路温度扫描的结果，可知差放电路抑制温漂的性能要明显好于共射放大电路。

**（7）请分析并总结仿真结论与体会。**

本次实验对差动放大器进行了 Multisim 仿真，对它的基本参数用一种对多种方法进行了测定，同时与普通的单管放大电路进行比较，通过仿真结果和比较可发现差动放大器的优点是工作特性受温度影响较小，可以起到抑制温度漂移的作用，这是由于差分放大器有着高共模抑制比导致的。