

实验三 负反馈电路仿真及实验

张蔚桐 2015011493 自 55

2017 年 4 月 22 日

1 预习任务

1.1 两级放大电路的恢复性调试

这里我们回顾一下两级放大电路在仿真和实验中的性能指标

1.2 两级放大电路电压并联负反馈电路的设计

如图 1所示是实验用电路图，首先进行理论计算

若电路引入深度负反馈，则有

$$A_{usf} \approx \frac{1}{FR} = -\frac{R_f}{R} = -10$$

可以立即解得 $R = -\frac{R_f}{A_{usf}} = 10\text{k}\Omega$

同时计算深度负反馈条件得到

$$1 + A_u F = 1 + A_u \frac{R_i}{R_f} \approx 154 \gg 1$$

满足负反馈条件

同时进一步有，因为引入电压并联负反馈，输入电阻减小为

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + AF} = 591\Omega$$

输出电阻减小为

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + AF} = 20\Omega$$

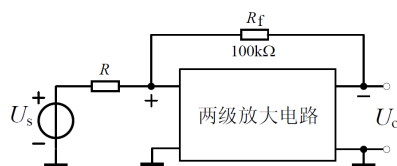


图 1: 实验用电路图

表 1: 两级放大电路在仿真和实验中的性能指标

测试情况	放大倍数 A_u	输入电阻 R_i	输出电阻 R_o
仿真	-168	91kΩ	3.08kΩ
实际电路	-155	91.6kΩ	3.08kΩ

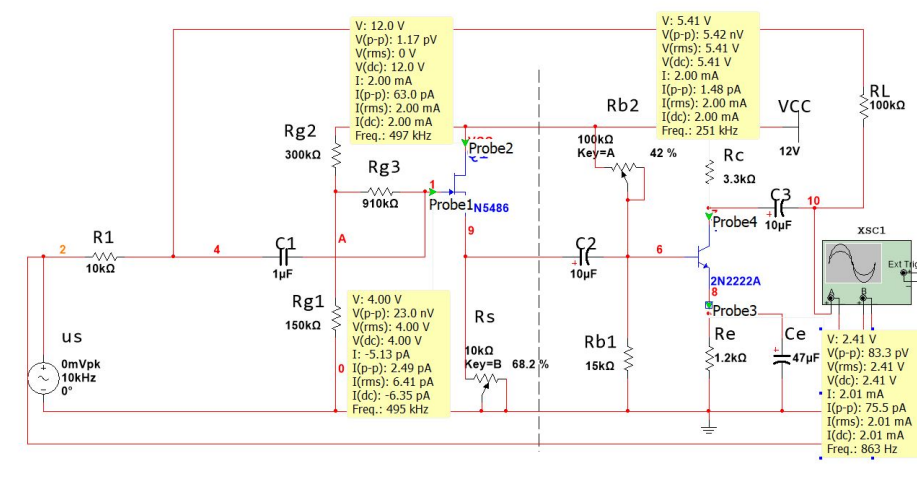


图 2: 实验电路

1.3 仿真测试

仿真按照设计的要求完成电路的设计，得到的电路如图 2 所示，相关的静态工作点已经标注在图中，我们得到 $I_{CQ} = I_{DQ} = 2\text{mA}$ ，同时得到

所示，相关的静态工作点已经标注在图中，我们得到 $I_{CQ} = I_{DQ} = 2\text{mA}$, $U_{GDQ} = -8\text{V}$, $U_{CEQ} = 3\text{V}$ 满足题目中给定的要求

进一步按照题目中设置信号源幅度为 200mV，频率为 10kHz，得到电压放大倍数为如图 3 所示，并且得到

$$A_{usf} = -\frac{1878.9 + 1855.4}{199.97 + 199.96} = -9.34 \approx -10$$

和题目要求相近，同时测得负载开路输出电压峰峰值为 $U_{o0} \approx 1866\text{mV}$

同时采用串联电阻法测量输入电阻，如图 4 所示，可以计算得到输入电阻为

$$R_i = \frac{28.5\text{mV}}{37.1\mu\text{A}} = 768\Omega$$

输出电阻为

$$R_o = \frac{1878.9 + 1855.4 - 3680\text{mV}}{368\mu\text{A}} = 147\Omega$$

同时，在 10kΩ 负载电阻下 $A_{usf} = -9.2$ 基本的变化趋势和理论估算的是是一致的。

同时可以得到幅频特性曲线如图 5 所示。可以看出低频截止频率约为 17Hz，高频截止频率约为 9.6MHz，但是在 4MHz 以上已经不稳定。

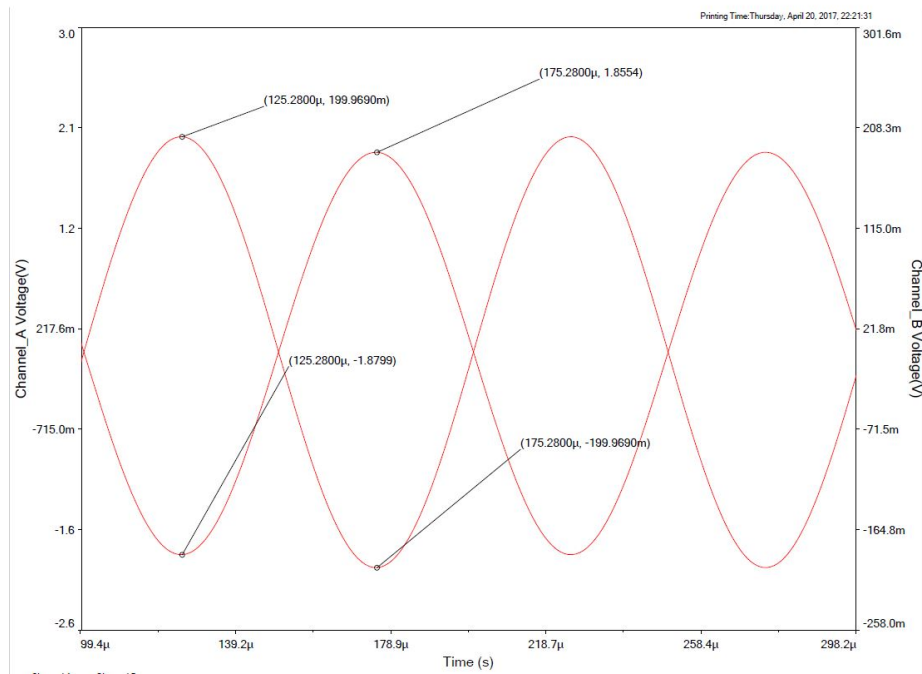


图 3: 负载开路放大倍数测试

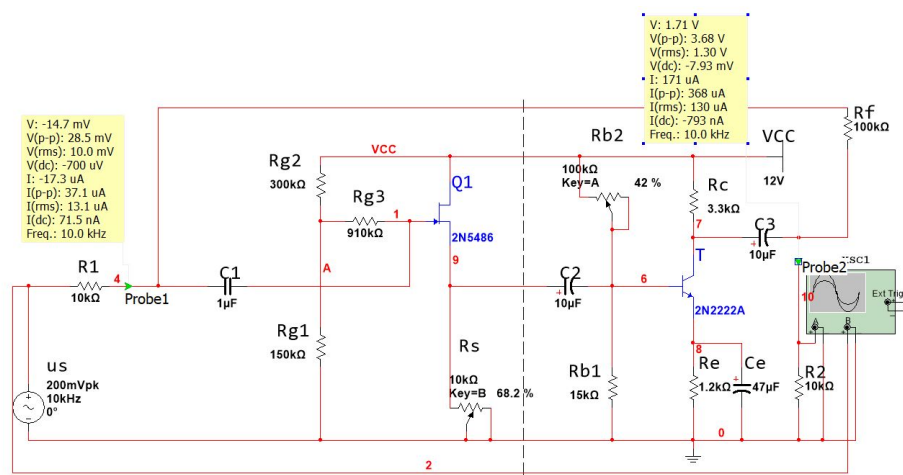


图 4: 输入输出电阻测试图

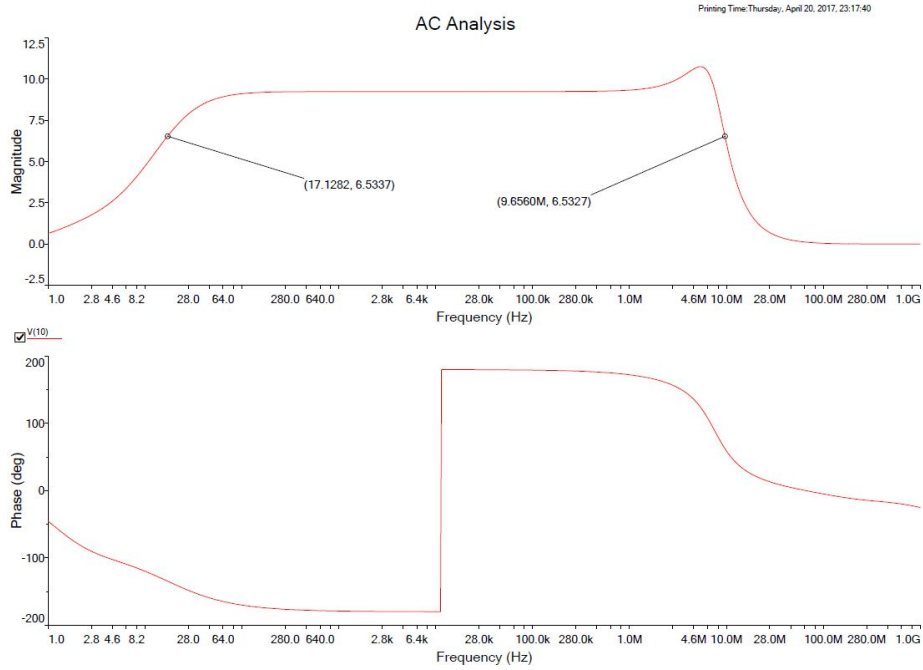


图 5: 幅频响应特性图

2 电流并联负反馈的电路理论估计

3 仿真分析

3.1 静态工作点测量

按照题目中的要求搭建电路如图 6 所示, 首先对电路的静态工作点进行测量, 得到 $I_{CQ} = 2.09\text{mA}$, $I_{DQ} = 1.95\text{mA}$, 同时得到 $U_{GDQ} = -4\text{V}$, $U_{CEQ} = 3\text{V}$ 满足题目中给定的要求.

3.2 动态工作特性测量

如图 7 所示测量电路的动态放大特性, 得到负载开路的时候电路的动态放大倍数为

$$A_{usf} = \frac{1885.3 + 1877.1\text{mV}}{400\text{mV}} = 9.406$$

进一步通过探针测量电路的输入输出电阻, 如图 8 所示, 可以得到电路的输入电阻为

$$R_{if} = \frac{36.6\text{mV}}{120\mu\text{A}} = 305\Omega$$

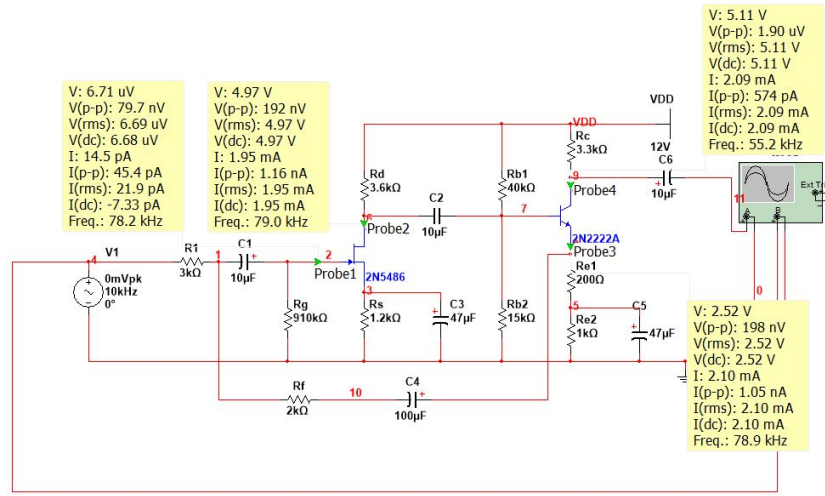


图 6: 电路图和静态工作点的测量

同时，在负载端加 5.0kΩ 的电阻，测量输出电压峰峰值为 2.25V，因此得到输出电阻为

$$R_{of} = \frac{1885.3 + 1877.1 - 2250\text{mV}}{449\mu\text{A}} = 3.36\text{k}\Omega$$

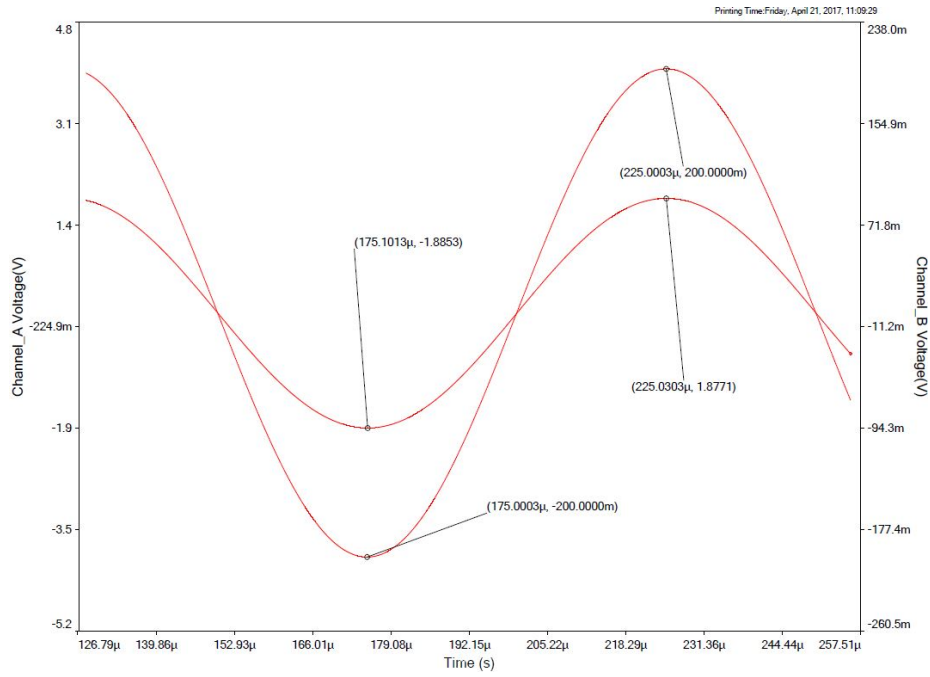


图 7: 负载开路时输出电压放大倍数的测试

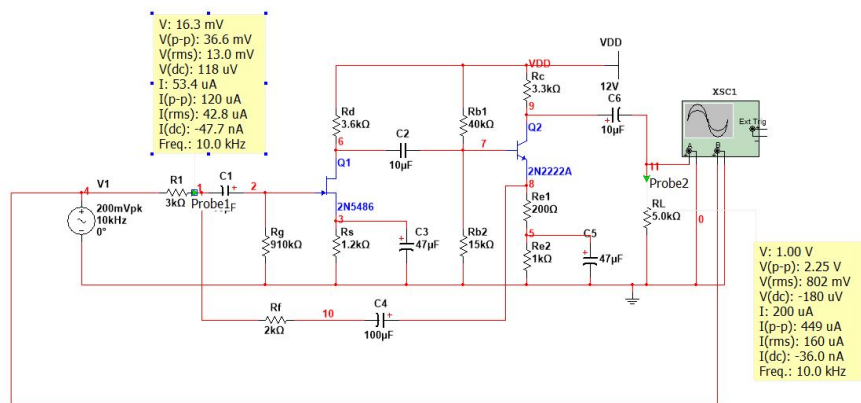


图 8: 输入输出电阻的测量