

电子科技大学

《Multisim 与电路仿真设计》实验报告

实验 2: 基本放大电路设计与分析

学生姓名: 李聪 学号: 2019010398114

教师姓名: 张彪 日期: 2021-9-16

一、实验目的与任务

1、实验目的

掌握小信号放大电路的设计与仿真方法, 学习 Multisim 的直流、交流等分析方法以及 IV 分析仪等虚拟仪器的使用。

2、实验内容

采用BJT管2N2222设计一个如图所示的稳定静态工作点放大电路。

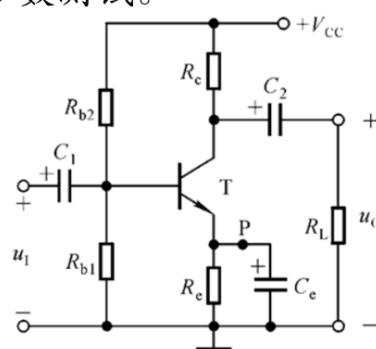
已知: BJT的 $r_{bb}' \approx 0$, $\beta \approx 140$, $r_{ce} \approx 8-10k\Omega$ ($I_{CQ}=1\sim 2mA$ 时), $V_{CC}=15V$, $R_L=5k\Omega$, $C_1=C_2=10\mu F$, $C_e=100\mu F$, $f=1kHz$, $u_i=1mV$ 有效值。

设计要求: $R_i \geq 2k\Omega$, $110 \leq |A_u| \leq 120$, $U_{CEQ}=5V \pm 0.3V$ 。

根据电路指标完成电路及元件初始参数计算, 然后进行调试, 完成表1, 并完成电路静态和动态参数测试。

	I_{BQ}	R_c	R_e	R_{b1}	R_{b2}
计算初始值	10 μA	3k Ω	4.1k Ω	64.4k Ω	85.6k Ω
调试最终值	12 μA	3.2k Ω	2.1k Ω	48k Ω	98k Ω

表1 电路参数计算值和最终值



- 1、测试电路静态工作点，完成表2。
- 2、测试输入和输出电压波形，测试输入电阻、输出电阻和电压放大倍数，完成表3。
- 3、利用参数扫描仿真分析 R_e 变化对 U_{CEQ} 和放大倍数 A_u 的影响。

问题1：解释该电路稳定静态工作点的原理。

问题2： R_e 增大时， U_{CEQ} 和 A_u 如何变化，解释原因。

I_{BQ}	I_{CQ}	U_{CEQ}	U_{BEQ}
0.5uA	70uA	5.2V	0.6V

表2 静态工作点测试数据

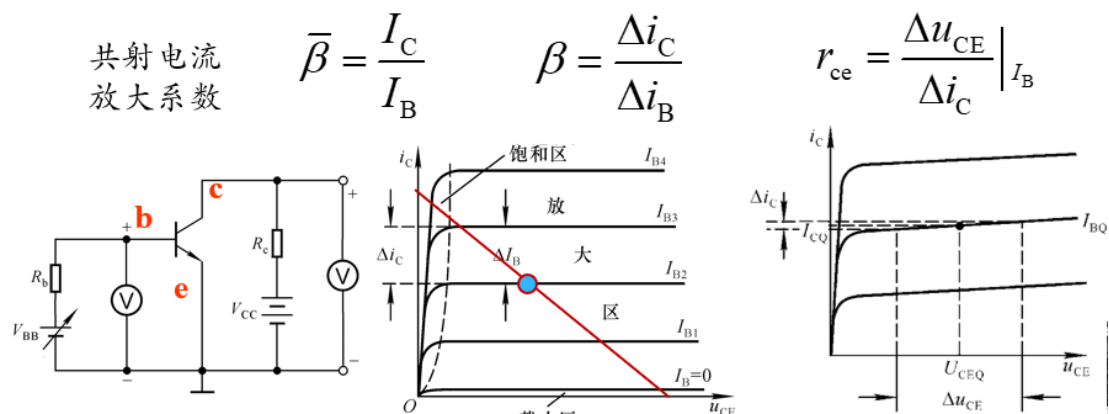
R_i 测试数据			R_o 测试数据			A_u 测试数据
输入电压 (无取样电阻)	输入电压 (取样电阻为2kΩ)	输入电阻	输出电压	输出电压 (负载开路)	输出电阻	放大倍数
1.0mV	1.0mV	2.1kΩ	113.6mV	161.5mV	5.0kΩ	113.6

表3 动态参数测试数据

二、实验原理

1. 三极管的工作状态

	U_{BE}	U_{CE}	i_c
截止	$< U_{on}$	V_{CC}	I_{CEO}
放大	$\geq U_{on}$	$\geq U_{BE}$	βi_B
饱和	$\geq U_{on}$	$\leq U_{BE}$	$< \beta i_B$



2. 静态工作点计算

$$R_{b1} \parallel R_{b2} \ll (1 + \beta) R_e$$

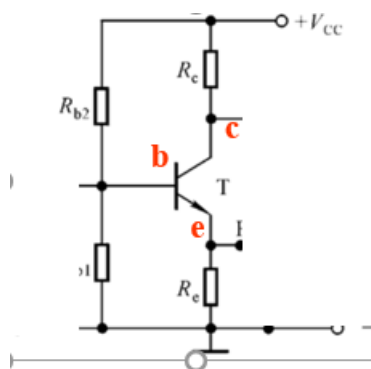
$$U_{BQ} \approx \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC}$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e}$$

$$I_{BQ} = I_{EQ} / (1 + \beta)$$

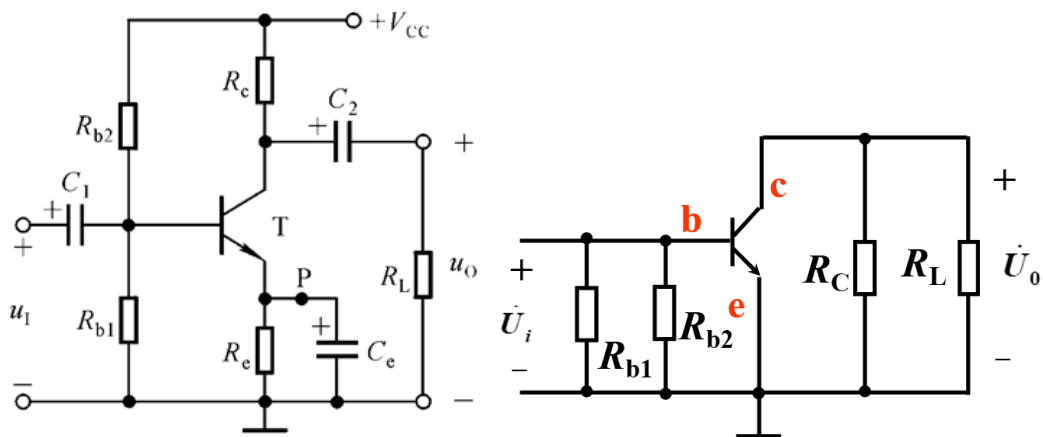
$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c - I_{EQ} R_e$$

$$\approx V_{CC} - I_{EQ} (R_c + R_e)$$

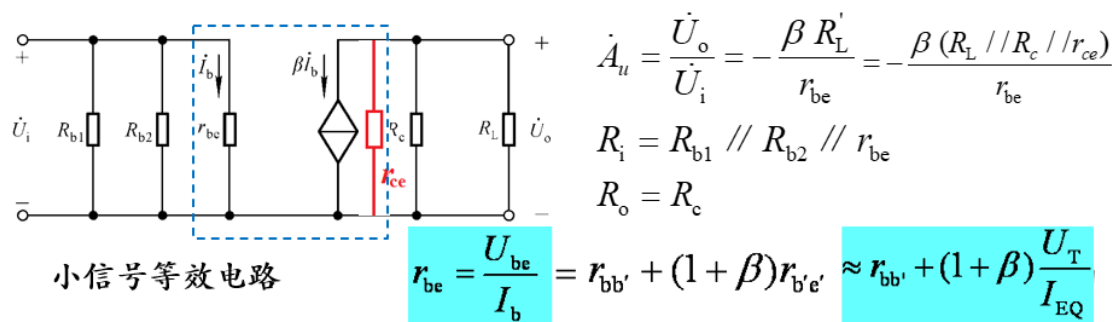


稳定静态工作点电路

3. 交流参数分析



交流通路



4.单管共射稳 Q 电路设计

(1) 已知 R_L 和 V_{CC} ，选定三极管，得到工作点附近的 β 、 r_{ce} 。

(2) 根据设计指标，确定4个电阻参数

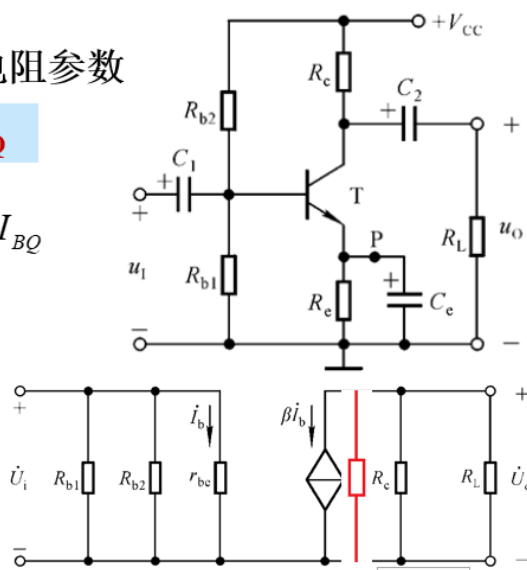
设计指标: A_u , R_i , U_{CEQ}

由 $R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} \approx r_{be} = r'_{bb} + U_T / I_{BQ}$

$U_T = 26mV$

取定 r_{be} ，然后得 I_{BQ} , I_{CQ}

r_{be} 取值应比实际 R_i 更大一些。

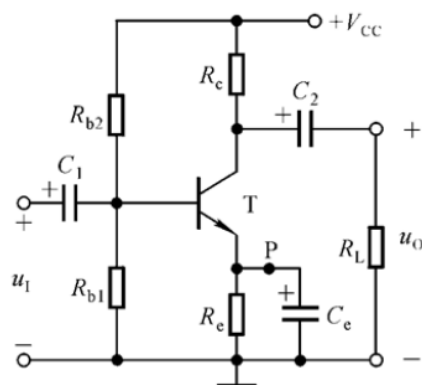


(2) 根据设计指标，选定电路参数。

由 $\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta (R_L // R_c // r_{ce})}{r_{be}}$ 得 R_c

若 V_{CC} 已知，

可由 $U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_c + R_e)$ 得 R_e



三、实验步骤

1、静态工作点测量

计算好 R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_c 和 R_e 的阻值，根据实验内容搭好放大电路，用探针测量 I_{BQ} 和 I_{CQ} ，用万用表测量输入、输出电压，并记录。再用示波器测量输入输出电压，最后用参数扫描法，测量 R_e 对输出电压和 U_{ce} 的影响。

四、实验数据和数据分析

静态工作点测量结果如图 1 所示

输入电压和输出电压波形测试结果如图 2 所示

取样电阻为 0 测试结果如图 3 所示

取样电阻输入为 $2k\Omega$ 测试结果如图 4 所示

负载为开路测试结果如图 5 所示

参数扫描 R_e 对 U_{CEQ} 参数扫描图片如图 6 所示

参数扫描 R_e 对放大倍数影响如图 7 所示

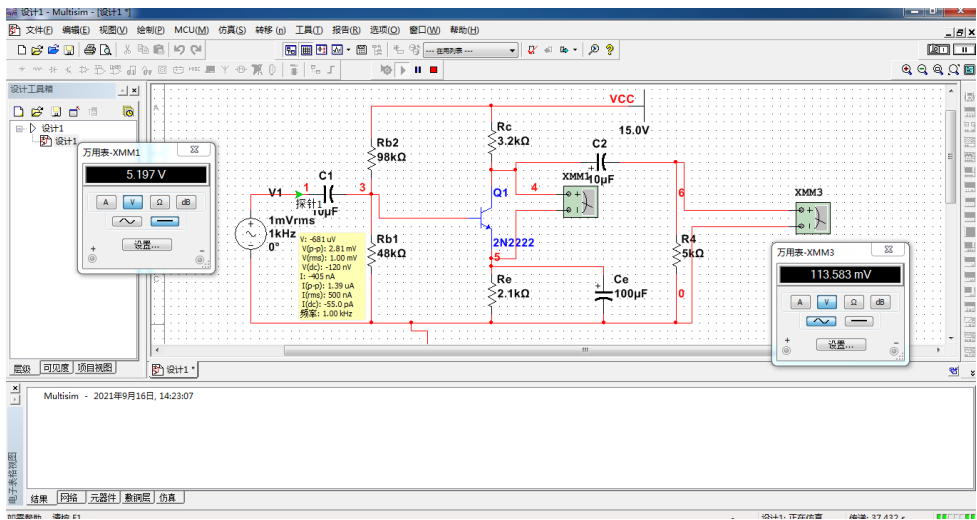


图 1

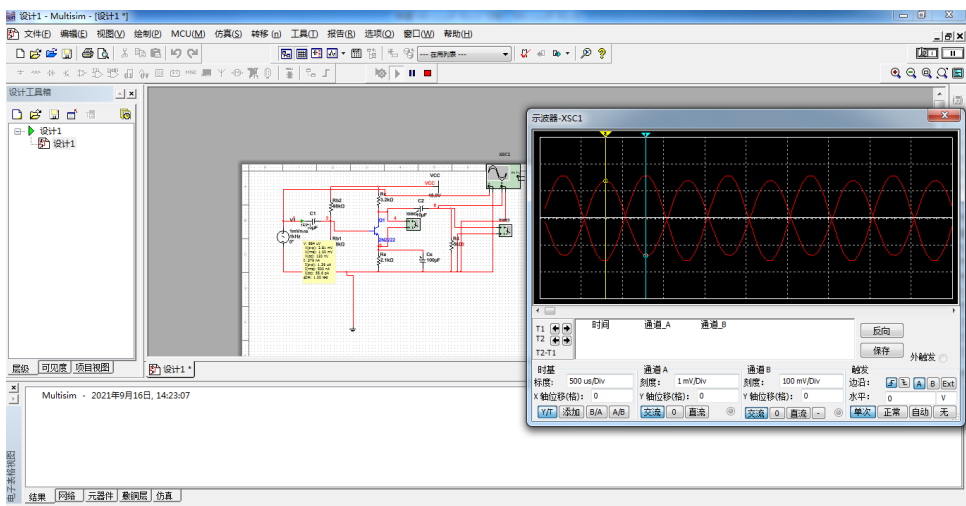


图 2

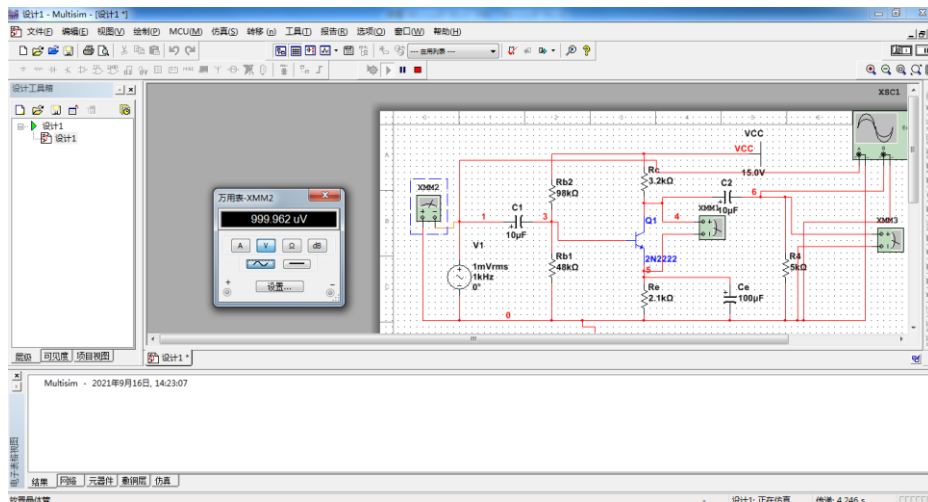


图 3

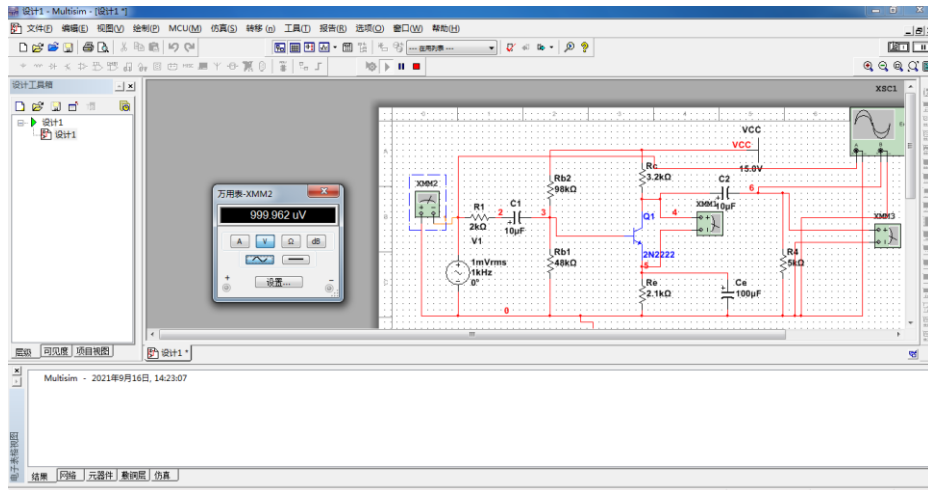


图 4

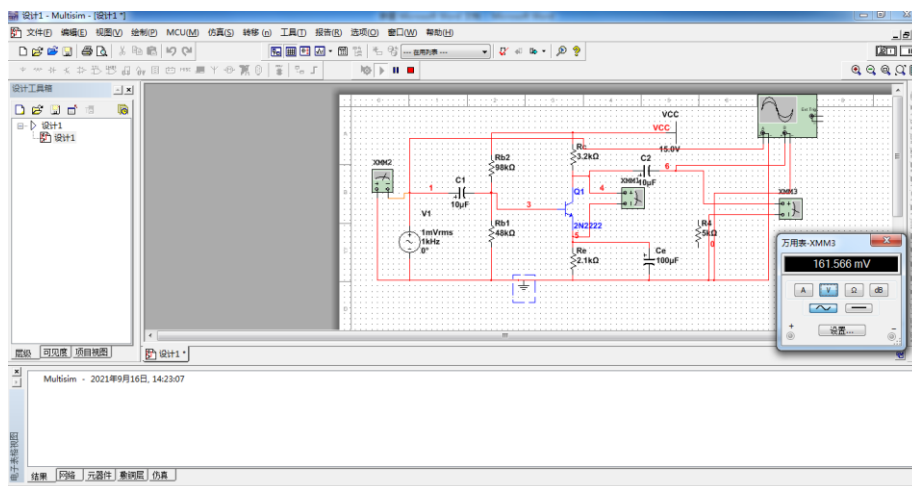


图 5

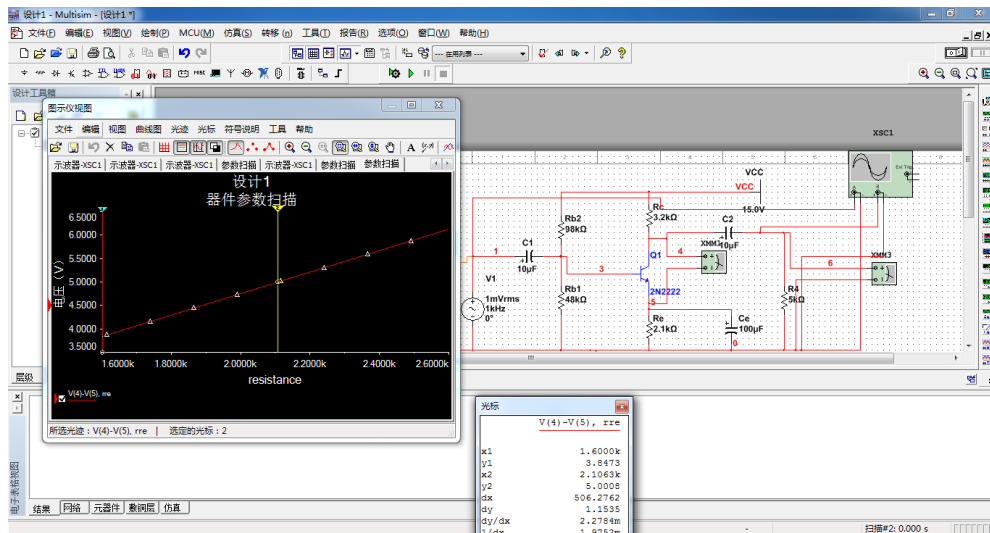


图 6

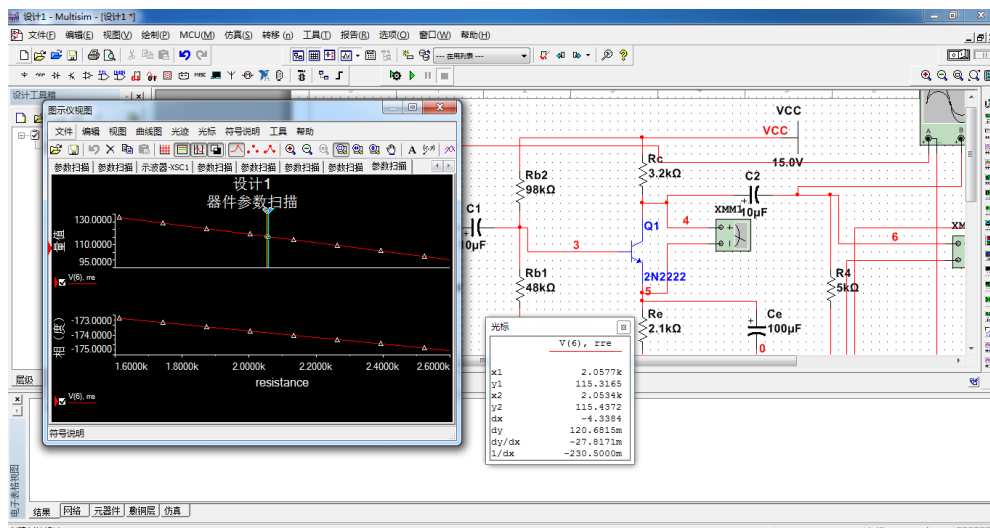


图 7

取 $R_d = 2.5 k\Omega$
 r_{be} 略大于 R_d 取 $2.6 k\Omega$
 $I_{BQ} = \frac{26mV}{2.6k\Omega} = 10\mu A$
 $\beta = 140$
 $I_{CQ} = 1.4mA$
 $A_u = 120 = \frac{140(r_{be} // R_L // R_C)}{2.6}$
 $R_C = 3 k\Omega$
 $U_{CEQ} = 5 = 15 - I_{CQ}(R_C + R_E)$
 $R_E = 4.1 k\Omega$
 $U_{BQ} = 1.4mA \cdot 4.1k\Omega + 0.7 = 6.44V$
 $R_{B1} = 64.4 k\Omega$
 $R_{B2} = 85.6 k\Omega$

根据计算分析和结果， R_{B1} 和 R_{B2} 提供稳定工作点，在共射放大电路中，输入电压与输出电压相位相反，幅值增大 A 倍。从参数扫描的结果来看， R_E 越大， U_{CE} 就越大，输出电压就越大。

五、回答问题

问题1：解释该电路稳定静态工作点的原理。

问题2： R_E 增大时， U_{CEQ} 和 A_u 如何变化，解释原因。

- 1、 R_{B1} 和 R_{B2} 为三极管的输入端提供了稳定的直流电压，这个电压不会受温度的影响，基极电位几乎取决于 R_{B1} 和 R_{B2} 的分压。
- 2、 R_E 越大， U_{CE} 就越大，输出电压就越大。 R_E 的作用是一个直流负反馈电阻， R_E 增大的过程中会导致 I_C 和 I_E 的电流减小，导致 $R_C + R_E$ 上的分压减小，导致 U_{CE} 增大；另一方面 R_E 增大的过程中，会导致 U_{eq} 电位升高，减小 U_{BE} 之间的导通电压，从而减小 I_C ，形成负反馈。

六、总结

通过本次实验，我掌握了小信号放大电路的设计与仿真方法，学习了 Multisim 的直流、交流分析方法，由于调试过程中对 R_{B1} 、 R_{B2} 、 R_C 、 R_E 的认识还不足，导致最终结果还与理论计算相差较大，如果在调试之前先对 R_E 进行参数扫描，可能效果会更好。总体来说实验还是比较顺利，这次试验增强了我对小信号放大的认识，为我以后的学习打下了基础。