

## 实验一 单管放大电路仿真及实验

2022 年春季学期 工物系

单管放大电路实验包括仿真实验和硬件实验两部分。仿真实验由同学们课下自行完成，**第 5 周实验**时间到实验室进行仿真检查，并对部分同学进行抽查提问。如有问题，可以答疑。仿真检查通过以后，可以开展硬件实验，**第 7 周实验**时间到实验室进行硬件实验验收。

### 一、实验目的

1. 学习基于 Multisim 的电路设计和测量方法。
2. 熟悉放大电路的基本原理，掌握静态工作点的调节方法。
3. 掌握放大电路的主要性能指标的测量方法。
4. 了解静态工作点对放大电路动态特性的影响。
5. 了解发射极负反馈电阻对放大电路性能的影响。

### 二、预习要求

请仔细阅读网络学堂中的 PPT 和本文档，按以下要求完成预习。

1、请在第 5 周实验课前完成理论估算和电路仿真，并写出完整的仿真报告。仿真报告内容应包含实验电路及理论估算、仿真电路及仿真波形，并将所有理论估算和仿真数据列成表格，便于检查。理论估算中， $r_{bb'}$  与 Multisim 中 2N2222A 模型参数中的 RB 保持一致，取  $5\Omega$ 。老师已经对实验所用 2N2222A 的  $\beta$  值进行测量，所有同学在理论估算和仿真时  $\beta$  统一取 **220**。第 5 周实验时将检查所有同学的理论估算和仿真数据，并对部分同学进行抽查提问。

2、请在第 6 周实验课前熟悉硬件实验内容，拟定测试方法、步骤和数据表格，写出预习报告。预习报告应包含实验电路、对“思考”中问题的预先思考、拟定的实验步骤和原始数据记录表格。第 6 周实验时将检查所有同学的预习报告。

### 三、实验电路及测试内容

实验电路如下图所示（也见实验 PCB 板中的“单管共发射极放大电路”）。按照“先静态后动态”的原则，先调整到合适的静态工作点，然后测量放大电路的各项动态参数。具体如下：

#### 1. 静态工作点的调节

通过调节电位器  $R_W$  来调节静态工作点。

调节  $R_W$ ，使  $I_{CQ}=1\text{mA}$ ，记录相应的  $U_{CQ}$ 、 $U_{EQ}$  以及  $R_W$  值，并计算  $U_{CEQ}$  的值。

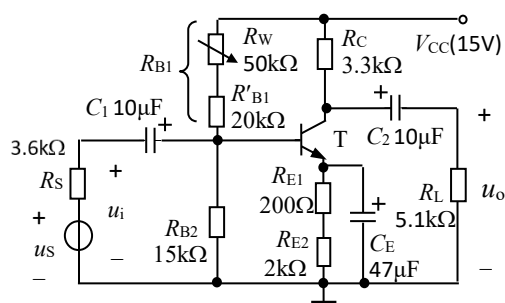
**注意：**实验中一般不直接测量电流，通过监测  $R_C$  两端的电压来达到调节  $I_{CQ}$  的目的。可使用万用表来测量  $U_{CQ}$ 、 $U_{EQ}$  以及  $R_W$  的值，其中测量  $R_W$  的阻值前，需要把电位器两端的电路断开，或直接将电位器取下测量。

**思考：**调节静态工作点时，电阻  $R_S$  的下端应该怎么连接？如果不管怎么调节  $R_W$ ， $I_{CQ}$  都没有变化，应该如何进行故障排查？

#### 2. 动态特性的测量

在静态工作点  $I_{CQ}=1\text{mA}$  下，测量放大电路的动态特性。其中信号源  $u_s$  是峰-峰值为  $20\text{mV}$ ，频率为  $1\text{kHz}$  的正弦波。用口袋仪器中的示波器同时显示  $u_i$  和  $u_o$  的波形，在输出波形  $u_o$  不失真的前提下，测量放大电路的电压放大倍数  $A_u=u_o/u_i$ ，输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。**请注意对实验波形进行截图保存。**

**注意：** $R_S$  为信号源内阻，并非放大电路输入电阻的一部分。 $R_L$  为负载内阻，并非放大电路输出电阻的一部分。硬件实验中输入电阻和输出电阻的测量方法见实验讲解 PPT 图示，可以直接利用  $R_S$  和  $R_L$  作为输入、输出电阻测量时的串、并联电阻。仿真测量时，也应当尽可能



单管共发射极放大电路

模拟硬件实验的方法。

### 3. 输出电压失真的观测

在静态工作点  $I_{CQ}=1\text{mA}$  下，增大信号源  $u_s$  的峰-峰值，观察输出波形先出现顶部失真还是底部失真。至少记录失真过程中的三个波形。

**思考：**首先出现的是截止失真还是饱和失真？在不改变电路参数的前提下，若要提高实际的最大不失真输出电压，可以怎么做？

### 4. 射极负反馈电阻对动态特性的影响

将电容  $C_E$  改为与  $R_{E2}$  并联，测量在静态工作点  $I_{CQ}=1\text{mA}$  下放大电路的电压放大倍数，并与 2 中的结果进行比较。观察当输入信号增大时，输出电压失真的过程，至少记录三个波形。

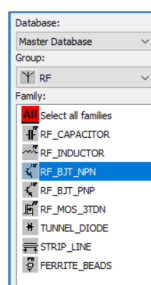
**思考：**电路改接后，预期的电压放大倍数大了还是小了？此时，在输出不失真的前提下，测量中是否可以适当增大信号源  $u_s$  的峰-峰值，以方便测量呢？和“3”中观测到的失真情况有何不同？

### 5. 静态工作点对放大电路动态特性的影响

调节  $R_W$ ，使  $I_{CQ}=2\text{mA}$ ，重复上述全部或部分实验内容。

## 四、仿真实验内容

利用 Multisim 对上述单管放大电路进行仿真，完成“三、实验电路及测试内容”中的**全部测试内容**。其中三极管选用实际元件，型号为 2N2222A，将模型参数中的  $\beta$  (即 BF) 改为 **220**；其它元件均可以选用虚拟元件。2N2222A 在元件库的 RF 家族的 RF\_BJT\_NPN 组。

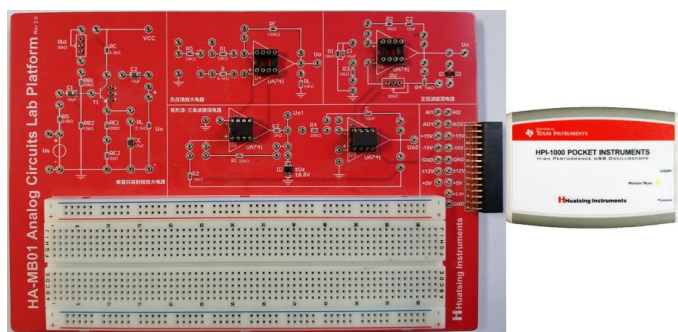


## 五、硬件实验内容

1. **必做：**“三、实验电路及测试内容”中的**实验内容 1~4**。
2. **选做：**“三、实验电路及测试内容”中的**实验内容 5**。

## 六、硬件实验注意事项

1. 检查电路接线，准确无误后，再给电路供电。
2. 将实验电路板和口袋仪器如下图插接，然后从插座旁边的+15V 插孔，通过导线连接到单管放大电路的 VCC，即可给电路供电。插槽连接时，注意将**上下左右边沿对齐后再插接**，避免弄断插针。实验电路的“地”已经和 PCB 上的 GND 相连，不必再用导线连接。



3. 实验 PCB 上的插孔，只能用导线进行连接，与杜邦线的插针不匹配。实验 PCB 上的面包板，既可以用来插接导线，也可以插接杜邦线。

4. 测量放大电路的各项动态特性时，要始终用示波器监测输入、输出波形。只有在不失真的情况下进行测量才有意义。

## 七、实验报告要求

请于第 6 周实验结束后，在网络学堂提交电子版实验总结报告。也就是说，第 5 周和第 6 周的实验，只需提交一份实验报告。实验总结报告内容应包括（但不限于）：

- 1、实验电路及理论估算；
- 2、仿真电路、仿真波形及仿真结果；
- 3、硬件实验内容、测试方法和步骤、实验数据记录及相应分析；
- 4、对思考内容的解答；
- 5、实验中遇到的问题及解决方法（出现的故障、原因查找、解决方法等。此部分为实验总结报告评分的重要内容，请务必出具。如果实验一马平川，确实没有碰到问题，也请专门说明）；
- 6、实验体会（如有）。