

## 仿真作业题及要求 2021.2-2021.6

### 一、 仿真作业要求

仿真作业共 3 次，分别于第 4、7、14 周周 3 在网络学堂提交。

仿真作业请用 Multisim 软件仿真。提交作业时请将仿真实验报告和仿真电路文件一起提交。仿真实验报告应包括但不限于：题目、理论分析及计算结果、仿真方法、仿真结果（包括电路截图、波形截图、参数设置、测量数据列表、结果分析等）、仿真中遇到的问题及解决方法、收获和体会等。

### 二、 参考资料

请从网络学堂下载：

- (1) Multisim14 正版软件、《Multisim 安装说明》。
- (2) 《Multisim14 教学版使用手册》
- (3) 《Multisim14 电子电路仿真方法和样例》：**做仿真作业前请参考**
- (4) 《Pspice 及 Multisim 器件模型参数说明》

### 三、 第一次仿真作业题：共 3 题，请于第 4 周周一网上提交仿真电路和报告

**实验目的：**掌握基本元件电路的分析方法。

- (1) 熟悉仿真软件环境；
- (2) 掌握仿真软件的基本测量手段（用万用表的交流和直流档测量电压和电流、用示波器测量和观察信号、用 IV 分析仪测量半导体器件的特性曲线）；
- (3) 熟悉仿真软件的基本分析方法（直流扫描分析方法）。

**1. 仿真题 1-1（6 分）：**用 IV 分析仪(IV Analyzer)测量二极管的伏安特性和晶体管、MOS 管的输出特性。要求如下：

- (1) 二极管可选用小功率二极管，如 1N3064。上网查阅 1N3064 手册(datasheet)，了解其参数。用 IV 分析仪测量二极管的伏安特性，观察电流随电压变化情况。改变电压(voltage range)和电流(current range)坐标显示范围，移动位于最左侧的测量标记线，测量正向电压为 0.7V 左右时的电流  $I_D$  以及反向击穿电压  $U_{BR}$ ，与手册上对应值比较。
- (2) 晶体管可选用小功率晶体管，如 2N2222A。上网查阅 2N2222A 手册(datasheet)，了解其参数。用 IV 分析仪测量晶体管的输出特性。调整仿真参数(simulate parameter)  $i_B$  步长，改变电压和电流坐标显示范围。然后移动位于最左侧的测量标记线，点击不同  $i_B$  对应的特性曲线，测量  $u_{CE}=2$  且  $i_B=10\mu A$ 、 $u_{CE}=2$  且  $i_B=50\mu A$ 、 $u_{CE}=6V$  且  $i_B=10\mu A$ 、 $u_{CE}=6V$  且  $50\mu A$  时的  $\beta$ ，观察  $\beta$  随  $u_{CE}$  和  $i_C$  的变化情况；测量并估算 Early 电压值  $V_A$ （输出特性上所有曲线反向延伸后与横轴相交于一点  $V_A$ ）。

(3) MOS 管可选用 2N7000G。上网查阅 2N7000G 手册(datasheet), 了解其参数。用 IV 分析仪测量其输出特性。调整仿真参数 (simulate parameter)  $u_{GS}$  步长, 改变电压坐标显示范围。然后移动位于最左侧的测量标记线, 点击不同  $u_{GS}$  对应的特性曲线, 测量  $u_{GS}=4V$  对应的输出特性在恒流区的  $i_D$ , 同时测量  $u_{GS}=4V$  时的跨导  $g_m=\Delta i_D/\Delta u_{GS}$ 。

**注意事项:** 选择仿真元件时, 可选择厂商, 最好选择 datasheet 中标明的厂商, 以便使得比较的参数基本一致。2N2222A 选择 Zetex 厂商的。

查阅器件手册常用网站参考: <https://www.2licsearch.com/> 和 <http://www.ic37.com/>

2. 仿真题 1-2 (4 分): 教材习题 1.16。电容  $C$  可用 100 $\mu F$ , 二极管可选用小功率二极管, 如 1N3064、1N4001、1N4446 等。

**提示:** 利用参数扫描 parameter sweep 分析方法可得到电路参数与输出直流信号之间的变化关系。例如, 将扫描参数设置为电阻阻值, 输出设置为二极管的直流电压, 可直接得到电阻变化时二极管两端直流电压的变化曲线。但是交流信号有些版本的不能用 parameter sweep 方法仿真。

3. 选做: 仿真题 1-3 (5 分): 现有晶体管、稳压管、电阻、直流电源+12V, 已知晶体管的  $\beta=200$ , 稳压管的  $U_Z=5V$ ,  $I_{ZM}=20mA$ 。请设计一个电路, 当输入电压  $u_i$  为 0 到 1V 时, 输出电压约为高电平+5V, 当  $u_i$  大于 2V 时输出电压约为低电平 0V。晶体管、稳压管、电阻可用虚拟元件。

#### 四、 第二次仿真作业题: 共 3 题, 请于第 7 周周二网上提交仿真电路和报告

##### 实验目的:

- (1) 理解晶体管和场效应管放大电路以及集成运放的基本组成原则;
- (2) 理解放大电路性能参数的调试和测试方法、静态工作点对动态参数的影响;
- (3) 理解放大电路产生失真的原因和消除方法;
- (4) 熟悉仿真软件的基本分析和测量方法。

1、 仿真题 2-1 (5 分): 利用晶体管 2N2222A (请选择 Zetex 厂商的, 模型参数中的 BF 即  $\beta$ , RB 即  $r_{bb'}$ ) 或者 MOS 管 2N7000G, 设计一个单电源供电的单管共集、共基或者共源、共栅放大电路, 电源电压为  $V_{CC}=+15V$ 。具体要求如下:

- (1) 设计并调整电路参数, 使电路具有合适的静态工作点。
- (2) 调整电路参数, 改善某一性能指标 (如增大  $A_u$ 、或增大  $R_i$ 、或减小  $R_o$ )。要求先进行理论分析, 然后再实验验证。

- (3) 调整电路参数或输入信号大小，使输出波形产生失真，分析是何种失真，可采取哪些措施消除并进行实验验证。（通常，当失真度较大时，能够观察到波形顶部或底部变平或者曲率变小，而当失真度较小时，则需要借助失真度仪（**Distortion Analyzer**）来测量。）

**2、仿真题 2-2（10 分）：**利用晶体管和 MOS 管设计一个集成运放。晶体管可选用 2N2222A 和 2N3702。MOS 管可选用 2N7000 和 BST100。电源电压可选  $\pm 15V$ 。具体要求如下：

- (1) 要求为三级放大电路，第一级采用 MOS 管差分放大电路，第二级和第三级采用晶体管设计。采用电流源作为集成运放的偏置电路和有源负载，**电流源可以用电流源元件代替，即可用教材第 155 页图 3.4.1(b) 中的那种电流源元件。要求所用电流源元件不能超过三个。**
- (2) 设计并调整电路参数，使电路具有合适的静态工作点，测量静态工作点。（测量每级放大电路的每个放大管的  $I_{BQ}$ 、 $I_{CQ}$ 、 $U_{CEQ}$  或  $I_{DQ}$ 、 $U_{DSQ}$ 、 $U_{GSQ}$ ，其它管子的也可以测）
- (3) 测量动态参数  $A_u$ 、 $f_{bw}$ 、 $U_{IO}$ 、 $SR$ 。
- (4) 在上述电路中将某一个电流源**不用电流源元件**代替，而用管子（MOS 管或者晶体管）和电阻搭接电路，调整电路参数，使电路具有合适的静态工作点，并能够正常放大输入信号。

提示：先初步设计和估算，再搭建电路，然后根据仿真结果边分析计算边调试。先分级调试，看每一级是否能正常工作，再一级一级连接起来看是否正常工作。由于运放电压放大倍数大、带宽窄，因此输入信号幅值和频率都要小，例如幅值小于 100 $\mu V$ 、频率小于 1000Hz。

另外，若采用两个晶体管组成复合管，由于复合管  $\beta$  很大，基极电流可能得小于 1 $\mu A$ 。还有可以用参数扫描得到想要的电流或者电压值。

**3、选做：仿真题 2-3（5 分）：**设计一个电路将幅值为 10mV 左右、频率为 20Hz 至 20kHz、内阻为 1k $\Omega$  的语音信号放大 50 倍，作用在负载扬声器(**32 $\Omega$ ，用电阻代替**)上。要求采用晶体管或场效应管、电阻、电容、二极管等元件设计，电路**尽可能简单**，负载上静态功耗约为零。

**五、第三次仿真作业题：共 3 题，请于第 14 周周二网上提交仿真电路和报告**

**实验目的：**

- (1) 熟悉负反馈放大电路的应用；
- (2) 理解运算电路的设计方法；
- (3) 理解 VCVS 二阶滤波电路的特性和稳定工作条件；
- (4) 理解信号发生及转换电路的应用及分析。

**1、仿真题 3-1 (4 分) :**

利用运放设计一个中心频率为 1kHz 的 VCVS 二阶带通滤波器, 并完成以下任务:

- (1) 测量滤波器的幅频和相频特性, 观察不同  $Q$  值对幅频特性的影响;
- (2) 测量输入信号为 1kHz 方波时滤波器的输出信号波形;
- (3) 分析滤波器稳定工作的条件, 并观察不稳定工作的现象 (当电路满足不稳定工作条件时, 在输入端加入频率为 1kHz、幅值为 1mV 的正弦激励信号, 观察电路的不稳定现象)。

**2、仿真题 3-2 (6 分) :** 设计一个电路, 将电容的容值转换为与其成正比的直流电压值, 并实际测量多个电容值进行验证。

**3、选做: 仿真题 3-3 (5 分) :** 以下题目任选一题完成:

- (1) 教材习题 7.29。
- (2) 利用运放和模拟乘法器设计一个正弦波有效值测量电路。