

“模拟电子线路 EDA” 实验任务

实验一 单级放大电路的设计与仿真

实验要求:

- 1、设计一个分压偏置的单管电压放大电路，要求电压增益在 80-150 倍之间，输出电阻设计在 $3k\Omega$ 以内，带宽大于 500kHz。
- 2、已知供电电源为 12V，三极管型号 2N3903，负载电阻为 $15k\Omega$ 。输入信号为：频率为 10kHz，峰值 1mV~5mV 的正弦信号。
- 3、放大器指标测量：在放大器输入端接入正弦信号，调节电路静态工作点(调节偏置电阻)，观测电路输出信号，使得输出波形不失真。在此状态下测试：
 - (1) 电路静态工作点值；
 - (2) 三极管的输入、输出特性曲线和 β 、 r_{be} 、 r_{ce} 值；
 - (3) 利用示波器得到输出波形，求出该放大电路的放大倍数。
 - (4) 利用交流扫描分析 (AC Analysis/AC Sweep) 画出电路电压增益的幅频特性和相频特性
 - (5) 利用交流扫描分析画出输出变量为 $R_i=V_i/I_i$ 的频率特性曲线图，读出电路工作频率 10kHz 时的值，从而得到电路输入电阻的值。
 - (6) 将信号源 V_i 短路，负载电阻用一个信号源 V_T 替代。再进行交流扫描分析，画出输出变量 $R_o=V_T/I_T$ ，读出电路对应工作频率下的值，从而得到电路输出电阻的值。
- 4、观察失真波形：调节电路静态工作点(调节偏置电阻)，观察电路出现饱和失真和截止失真的输出信号波形，并测试对应的静态工作点值。

课堂验收要求:

学习通作业中提交 (截止时间：9 月 15 日晚 23: 55)

- 1、填写测量数据表后截图上传：

表 1

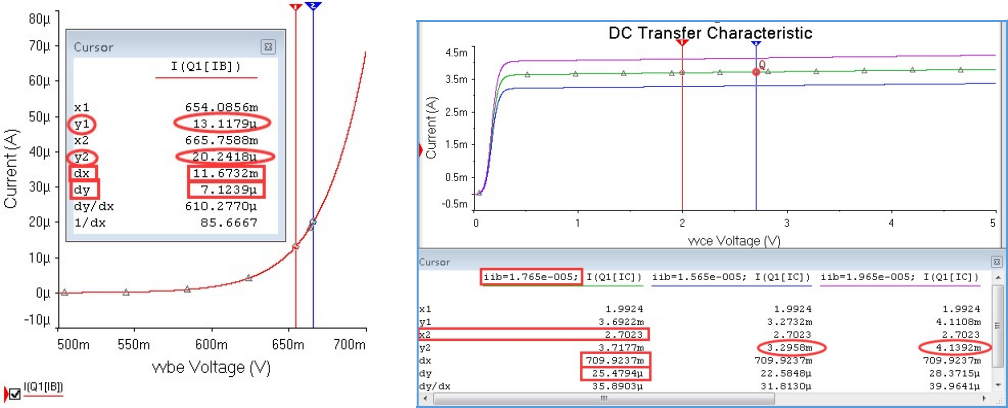
静态工作点测量数据					
三极管工作状态	输入信号峰值 (mV)	电位器接入百分比	I_{BQ} (μA)	I_{CQ} (mA)	V_{CEQ} (V)
放大					
饱和					
截止					

表 2

放大器技术指标测量数据					
输入信号峰值(mV)	三极管交流电流放大倍数 β		$r_{be}(k\Omega)$	$r_{ce}(k\Omega)$	
电压增益 A_v	输入电阻 $R_i(k\Omega)$	输出电阻 $R_o(k\Omega)$	下限频率 f_L	上限频率 f_H	带宽 BW

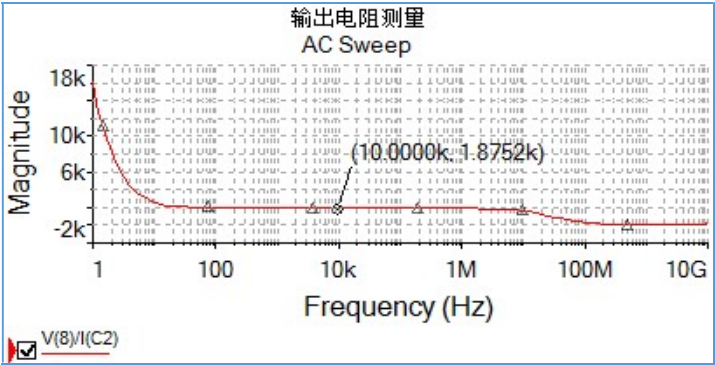
2、上传测量三极管 r_{be} 和 r_{ce} 的过程图片

范例：



3、上传测量输出电阻的测量电路图和波特图

范例：



实验报告要求：

- 1、给出单级放大电路原理图。
- 2、电路工作在不失真状态下：
 - (1) 给出三极管静态工作点的测量值；
 - (2) 给出测试三极管在该工作点下的 β 、 r_{be} 、 r_{ce} 值的实验图和测试结果；
 - (3) 给出输出波形图，求出放大倍数，并与理论计算值进行比较；
 - (4) 给出电路的幅频和相频特性图，并得出下限截止频率 f_L 、上限截止频率 f_H 以及带宽 Bw 值。
 - (5) 给出输入电阻的幅频特性图，求出工作频率下输入电阻的测试结果，并和理论计算值进行比较。
 - (6) 给出测量输出电阻的实验图，以及输出电阻的幅频特性图，求出工作频率下输出电阻的测试结果，并和理论计算值进行比较。
- 3、给出电路饱和失真和截止失真时输出电压的波形图。并给出两种状态下三极管的静态工作点值。分析出现失真原因。

实验二 差动放大电路的设计与仿真

实验要求：

1. 设计一个带恒流源的差动放大电路，晶体管型号同实验一，要求空载时的 A_{VD} 大于 20。
2. 给电路输入 10mV 的直流差模小信号，分别测试电路的双端输出的差模增益 A_{VD} 、单端输出的差模增益 A_{VD1} ；
3. 给电路输入 1V 的直流共模信号，分别测试双端输出的共模增益 A_{VC} 以及单端输出的共模增益 A_{VC1} 值。
4. 测量差分放大电路的传输特性曲线。

课堂验收要求：学习通上提交（截止时间为 9 月 16 日 23: 55）

- 1、填写数据记录表，截图上传学习通作业中

表 3

实验二 测量数据				
静态参数	I_{BQ} (μA)	I_{CQ} (mA)	V_{CEQ} (V)	恒流源输出电流 I_o (mA)
动态技术指标	A_{VD}	A_{VD1}	A_{VC}	A_{VC1}

- 2、上传测量单端输出时测量共模增益的截图。
- 3、上传传输特性曲线。

实验报告要求：

- (1) 给出自行设计的差分放大电路原理图，测量其空载时的差模增益。
- (2) 给出测量双端输出和单端输出差模增益的电路。求出差模增益的值，并说明单端输出时从 Q1 管输出和从 Q2 管输出的不同。
- (3) 给出测量双端输出和单端输出共模增益的电路。求出共模增益，并计算共模抑制比。
- (4) 给出电压传输特性曲线，并对曲线进行必要的说明。

实验三 负反馈放大电路的设计与仿真

实验要求：

- 1. 设计一个两级电压放大电路，要求信号源频率 20kHz(峰值 1mv) ， 负载电阻 15kΩ，电压增益大于 200。
- 2. 给电路引入电压串联负反馈，要求反馈系数为 0.1~0.05 之间：
 - ① 测试负反馈接入前后电路放大倍数、输入、输出电阻和频率特性。
 - ② 改变输入信号幅度，观察负反馈对电路非线性失真的影响。
- 3.分析反馈电阻与反馈系数的关系，利用参数扫描分析方法，设置不同反馈电阻阻值，观察反馈系数与闭环增益的变化。

课堂验收要求：学习通上提交（截止时间 9 月 17 日 23：55）

- 1、填写数据记录表上传到学习通作业上：

两级放大电路的静态工作点	I_{BQ1} (μA)	I_{CQ1} (mA)	V_{CEQ1} (V)		I_{BQ2} (μA)	I_{CQ2} (mA)	V_{CEQ2} (V)
反馈前后指标变化	A_v	反馈系数	R_i (k Ω)	R_o (k Ω)	f_L (Hz)	f_H (kHz)	最大不失真输入信号幅度(mV)
无反馈							
有反馈							

- 2、上传测量反馈系数的电路图。
3. 反馈电阻与反馈系数以及闭环增益的数据记录表

反馈电阻 Rf 阻值 (Ω)					
反馈系数 V_f/V_o					
闭环电压增益 V_o/V_i					

实验报告要求：

- 1. 给出引入电压串联负反馈电路的实验接线图。
- 2. 给出负反馈接入前后电路的放大倍数、输入电阻、输出电阻
- 3. 给出反馈电阻与反馈系数以及闭环增益的关系，验证 $A_F \approx 1/F$ 。
- 4. 给出负反馈接入前后电路的频率特性和 f_L 、 f_H 值，以及输出开始出现失真时的输入信号幅度。
- 5. 分析实验结果。

实验四 阶梯波发生器电路的设计

实验要求：

- 1、设计一个能产生周期性阶梯波的电路，要求阶梯波周期在 30ms 左右，输出电压范围 8V，阶梯个数 4 个。（注意：电路中均采用模拟、真实器件，不可以选用计数器、555 定时器、D/A 转换器等数字器件，也不可选用虚拟器件。）
- 2、对电路进行分段测试和调节，直至输出合适的阶梯波。
- 3、改变电路元器件参数，观察输出波形的变化，确定影响阶梯波电压范围和周期的元器件。
- 4、使用直流扫描分析（DC Sweep）工具绘制结型场效应管的转移特性曲线，分析场效应管参数 I_{DSS} 对阶梯波影响的参数。

实验报告要求：

1. 给出阶梯波发生器实验原理图。
2. 介绍电路的工作原理。
3. 给出电路的分段测试波形和最终输出的阶梯波，并回答以下问题：
 - (a) 调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的周期？
 - (b) 调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的输出电压范围？
 - (c) 调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的阶梯个数？
4. 说明设计和调试过程中出现的问题与解决办法
5. 如何设计输出正阶梯的电路？给出可行性方案，并进行仿真论证。（加分项）

课堂验收要求：学习通上完成（截止时间 9 月 18 日 23: 55）

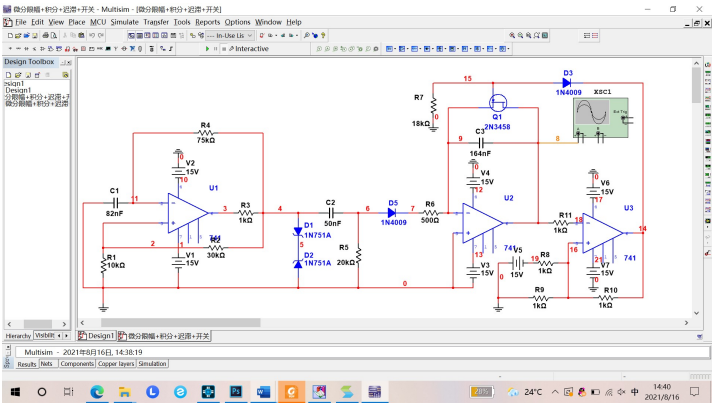
- 1、给出满足实验要求的阶梯波波形，注意提供周期和幅度值。

范例：



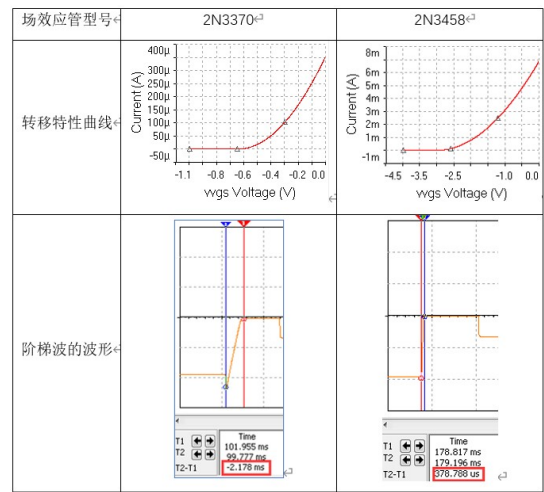
- 2、提供最后一个实验展现完整电路的电脑桌面截图。

范例：



3、提交两个型号场效应管的转移特性曲线，和对应的阶梯波的波形

范例：



实验报告有关要求

- 1、实验报告格式一律使用指导教师提供的统一模版进行书写。
- 2、实验报告一式两份，分别为电子档及电子档直接打印的纸制文档。
- 3、实验报告电子档（word 文档或 PDF 文档均可）9 月 26 号前发邮件至：wushaoqin@njust.edu.cn,电子档文件名一律以学号+姓名的格式命名，如 9191040G05**某某某。
- 4、实验报告纸制文档等返校日期确定后再通知。