EDA设计（I） 实验报告

学号：9161040G0734

姓名：许晓明

班内序号：103

指导老师：黄琳

目录

[实验一 单级放大电路的设计与仿真 3](#_Toc525031533)

[1实验内容 3](#_Toc525031534)

[2实验要求 3](#_Toc525031535)

[3电路原理图 3](#_Toc525031536)

[4实验过程与结果 4](#_Toc525031537)

[4.1测量饱和失真的相关参数 4](#_Toc525031538)

[4.2测量截止失真的相关参数 5](#_Toc525031539)

[4.3测量最大不失真幅度的相关参数 7](#_Toc525031540)

[4.4测绘三极管相关曲线 8](#_Toc525031541)

[4.5计算三极管相关参数 10](#_Toc525031542)

[4.6计算电路相关参数 11](#_Toc525031543)

[4.7计算电路相关参数误差 12](#_Toc525031544)

[4.8电路幅频相频特性曲线绘制及值 13](#_Toc525031545)

[5实验结果分析 14](#_Toc525031546)

[实验二 负反馈放大电路的设计与仿真. 14](#_Toc525031547)

[1实验内容 14](#_Toc525031548)

[2实验要求 14](#_Toc525031549)

[3引入电压串联负反馈电路的实验接线图 15](#_Toc525031550)

[4两级放大电路原理图 15](#_Toc525031551)

[5实验过程与结果 16](#_Toc525031552)

[5.1测量接入负反馈前的相关参数 16](#_Toc525031553)

[5.2测量接入负反馈后的相关参数 18](#_Toc525031554)

[5.3验证 1/F 19](#_Toc525031555)

[5.4绘制负反馈前后频率特性曲线及 20](#_Toc525031556)

[5.5测量引入负反馈前后最大不失真幅度 21](#_Toc525031557)

[6 实验结果分析 22](#_Toc525031558)

[实验三 阶梯波发生器的设计与仿真 23](#_Toc525031559)

[1实验内容 23](#_Toc525031560)

[2实验要求 23](#_Toc525031561)

[3实验原理及原理图 23](#_Toc525031562)

[4实验过程 24](#_Toc525031563)

[4.1方波发生器 24](#_Toc525031564)

[4.2微分电路 25](#_Toc525031565)

[4.3限幅电路 26](#_Toc525031566)

[4.4积分累加电路 27](#_Toc525031567)

[4.5比较器 28](#_Toc525031568)

[4.6电子开关与振荡控制 29](#_Toc525031569)

[5实验相关问题回答 30](#_Toc525031570)

[6实验部分异常结果分析 30](#_Toc525031571)

# 实验一 单级放大电路的设计与仿真

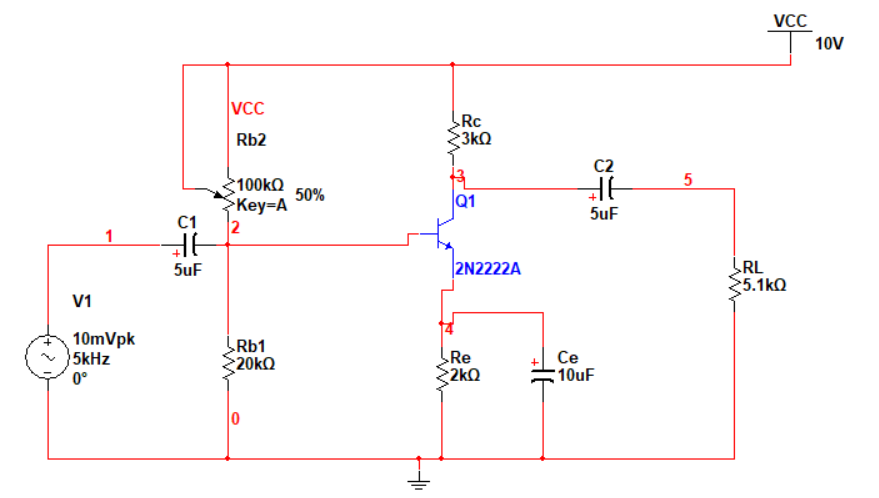
## 1实验内容

1. 设计一个分压偏置的单管电压放大电路，要求信号源频率5kHz(峰值10mV) ，负载电阻5.1kΩ，电压增益大于50。
2. 调节电路静态工作点(调节电位计)，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。
3. 调节电路静态工作点(调节电位计)，使电路输出信号不失真，并且幅度最大。在此状态下测试：
4. 电路静态工作点值；
5. 三极管的输入、输出特性曲线和、 、值；
6. 电路的输入电阻、输出电阻和电压增益；
7. 电路的频率响应曲线和、值。

## 2实验要求

1. 给出单级放大电路原理图。
2. 给出电路饱和失真、截止失真和不失真且信号幅度最大时的输出信号波形图，并给出三种状态下电路静态工作点值。
3. 给出测试三极管输入、输出特性曲线和、、值的实验图，并给出测试结果。
4. 给出测量输入电阻、输出电阻和电压增益的实验图，给出测试结果并和理论计算值进行比较。
5. 给出电路的幅频和相频特性曲线，并给出电路的、值。
6. 分析实验结果。

## 3电路原理图

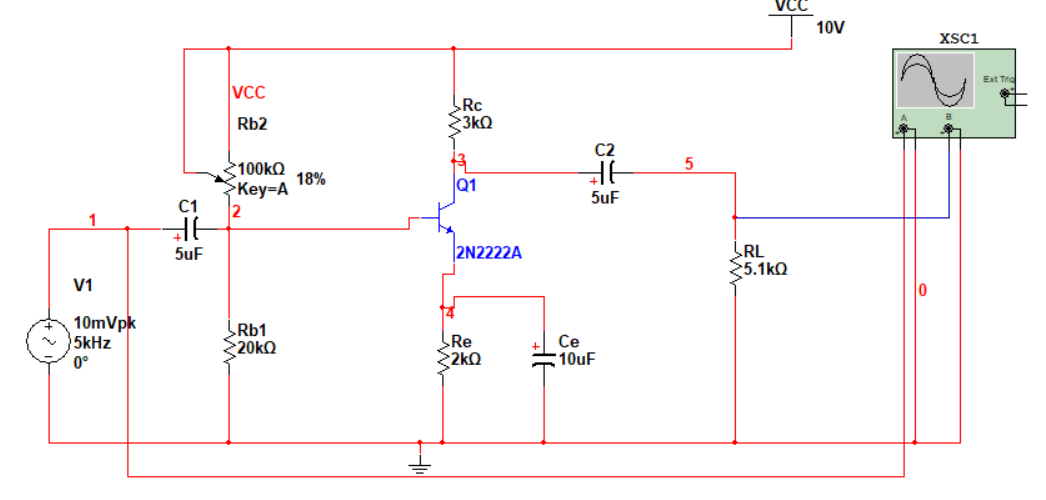


单级放大电路实验原理图

## 4实验过程与结果

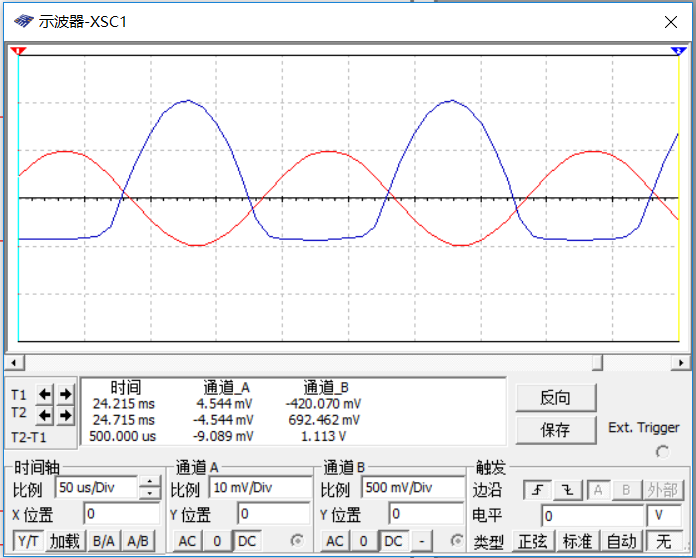
### 4.1测量饱和失真的相关参数

饱和失真的实验原理图如下，此时滑动变阻器阻值为



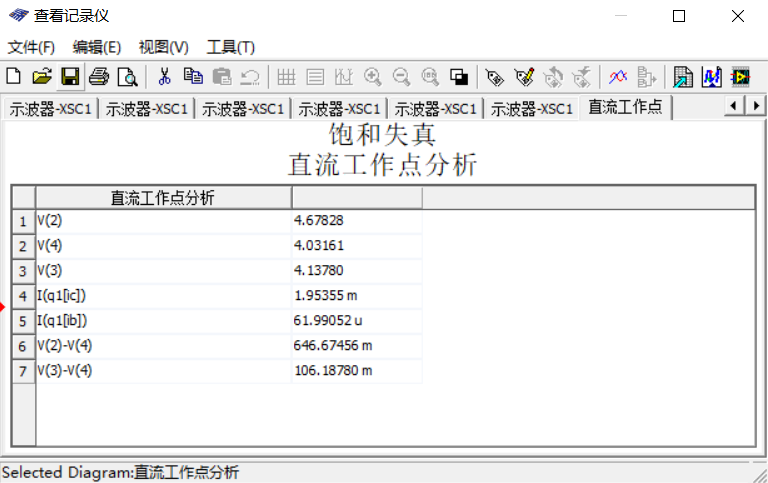
饱和失真实验原理图

饱和失真输出信号波形图如下，蓝色波形为失真波形，红色波形为输入信号波形。



饱和失真输出信号波形图

对该状态进行直流工作点分析，得到静态工作点值如下图：

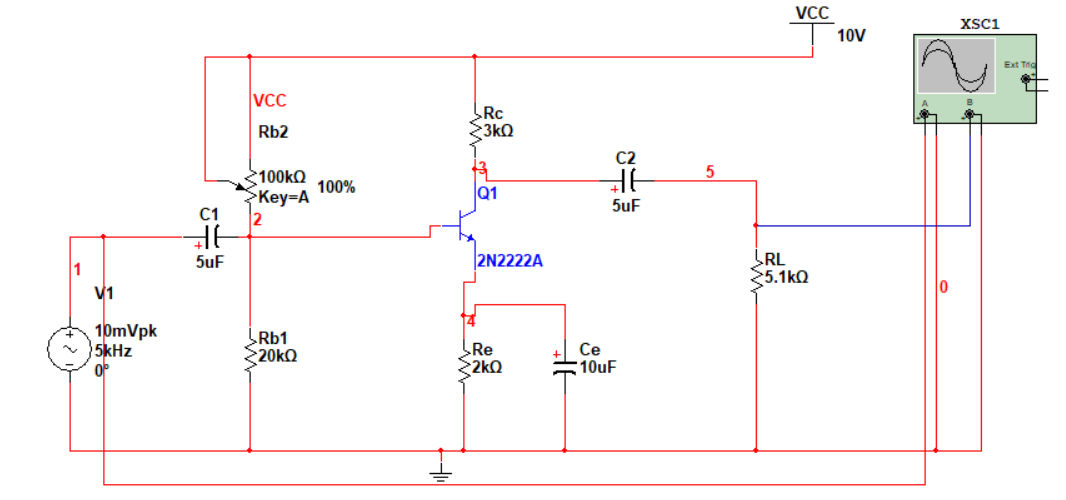


饱和失真静态工作点

由图可知该状态下，

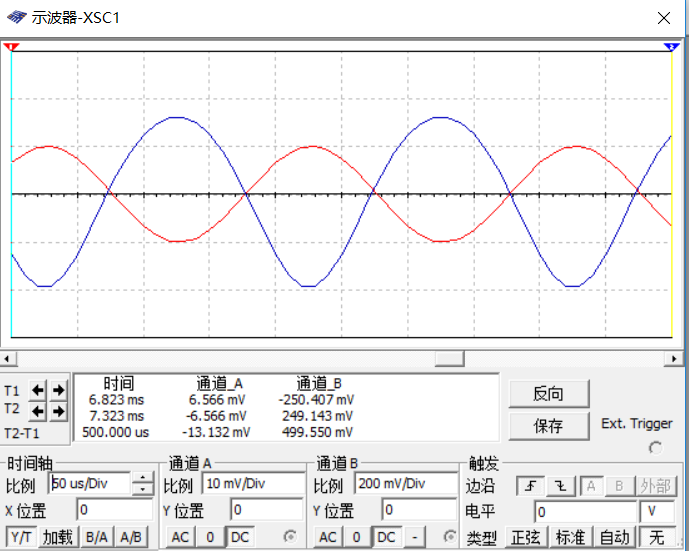
### 4.2测量截止失真的相关参数

截止失真的实验原理图如下，此时滑动变阻器阻值为



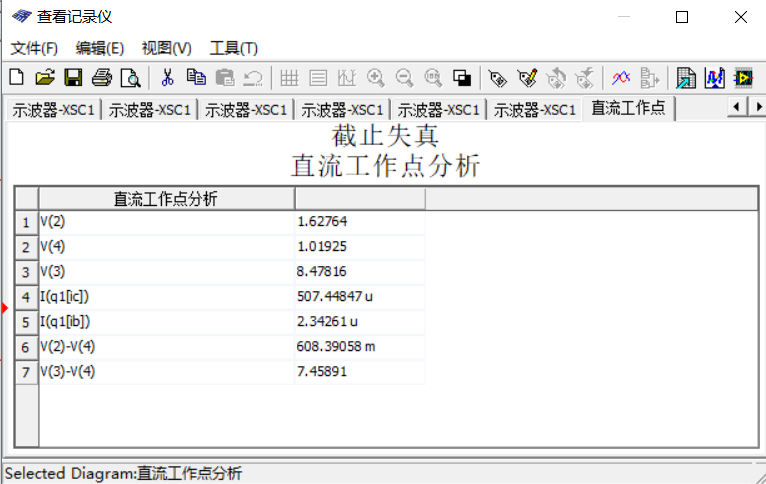
截止失真实验原理图

截止失真输出信号波形图如下，蓝色波形为失真波形，红色波形为输入信号波形。



截止失真输出信号波形图

对该状态进行直流工作点分析，得到静态工作点值如下图：

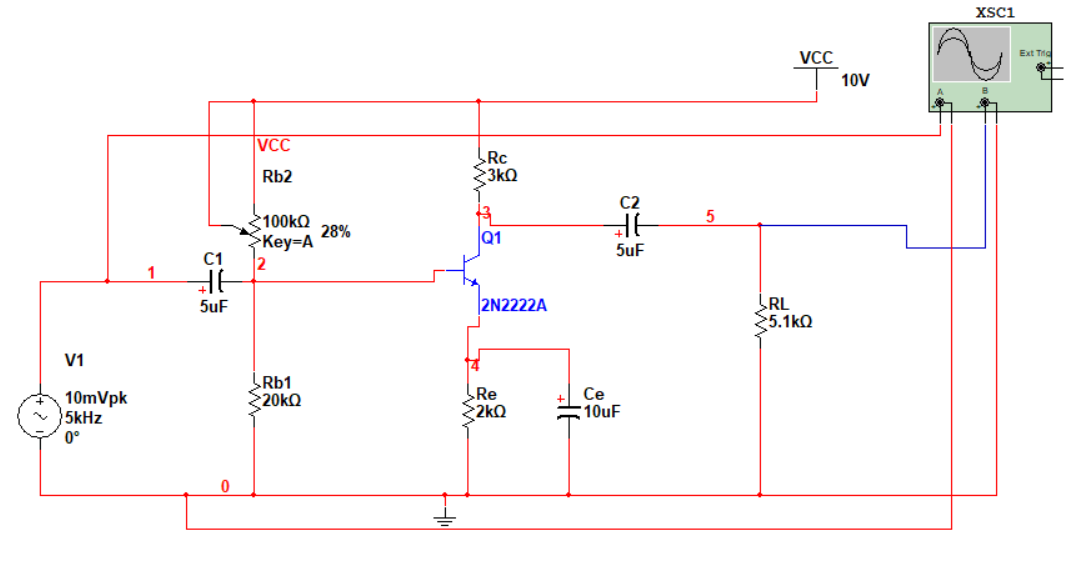


截止失真静态工作点

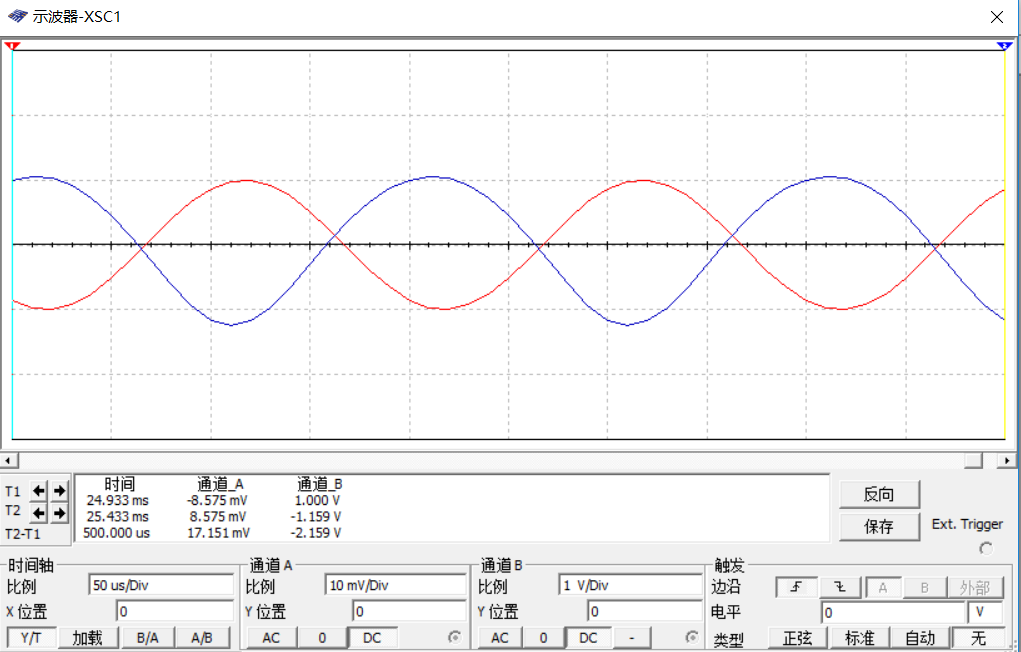
由图可知该状态下，

### 4.3测量最大不失真幅度的相关参数

最大不失真的实验原理图如下，此时滑动变阻器阻值为

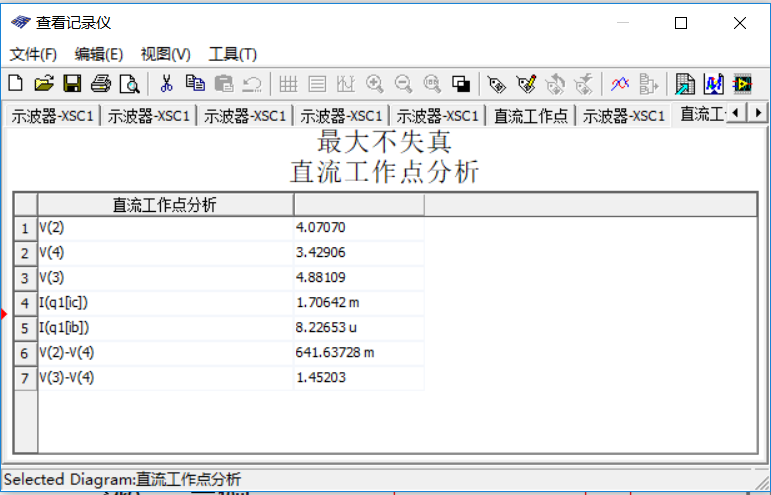


最大不失真实验原理图

最大不失真输出信号波形图如下，蓝色波形为输出波形，红色波形为输入信号波形。

最大不失真输出信号波形图

对该状态进行直流工作点分析，得到静态工作点值如下图：

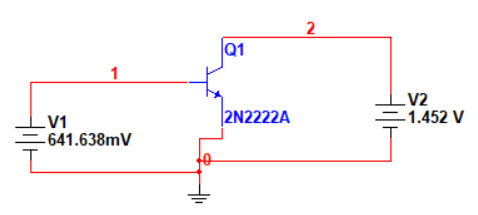


最大不失真静态工作点

有图可知该状态下，

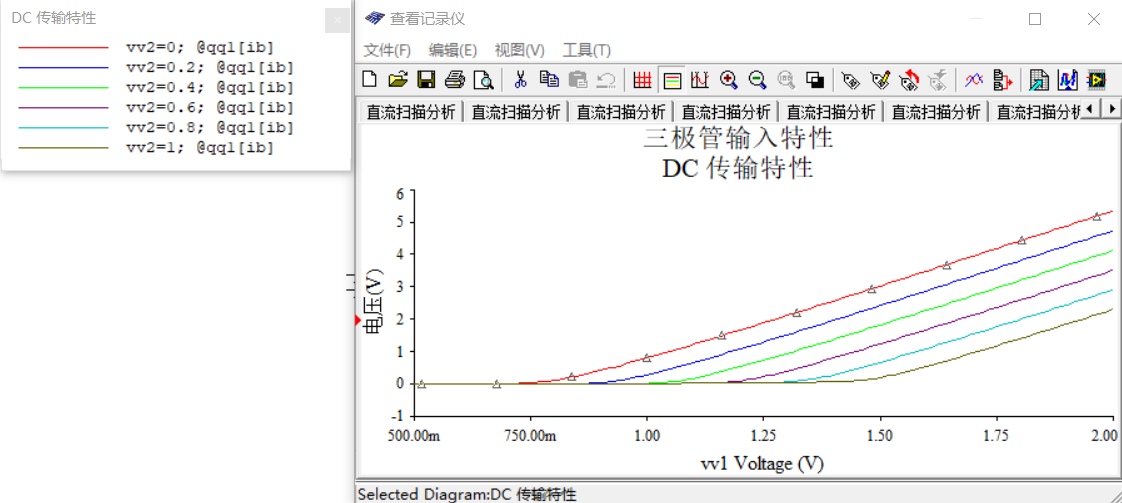
### 4.4测绘三极管相关曲线

1.输入特性曲线



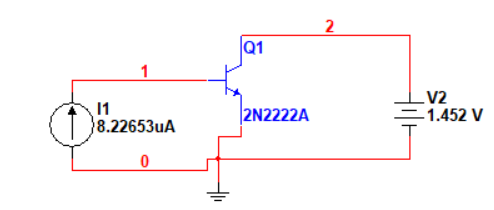
输入特性曲线实验图

进行DC sweep分析，得到输入特性曲线如图：



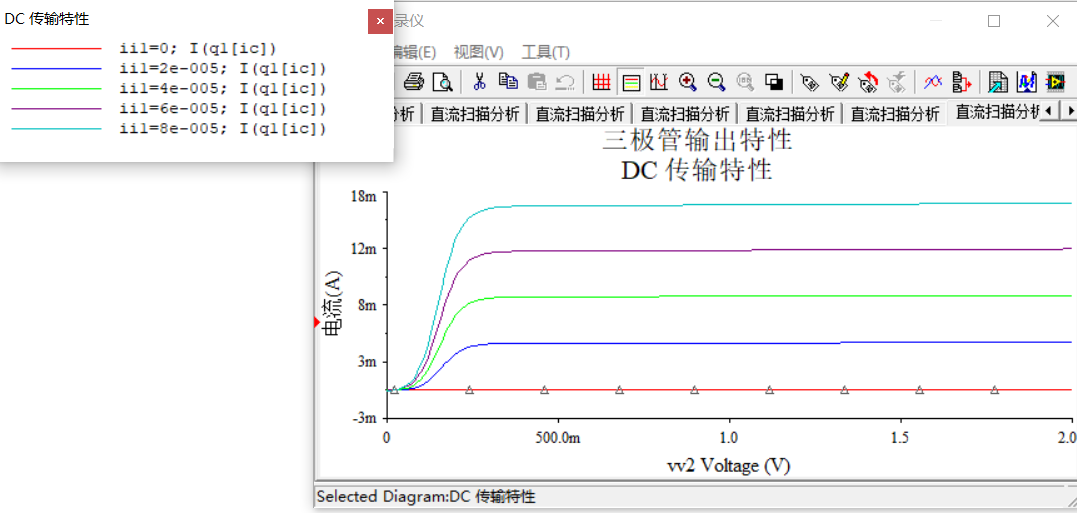
三极管输入特性曲线

2.输出特性曲线



输出特性曲线实验图

进行DC sweep分析，得到输出特性曲线如图：



三极管输出特性曲线

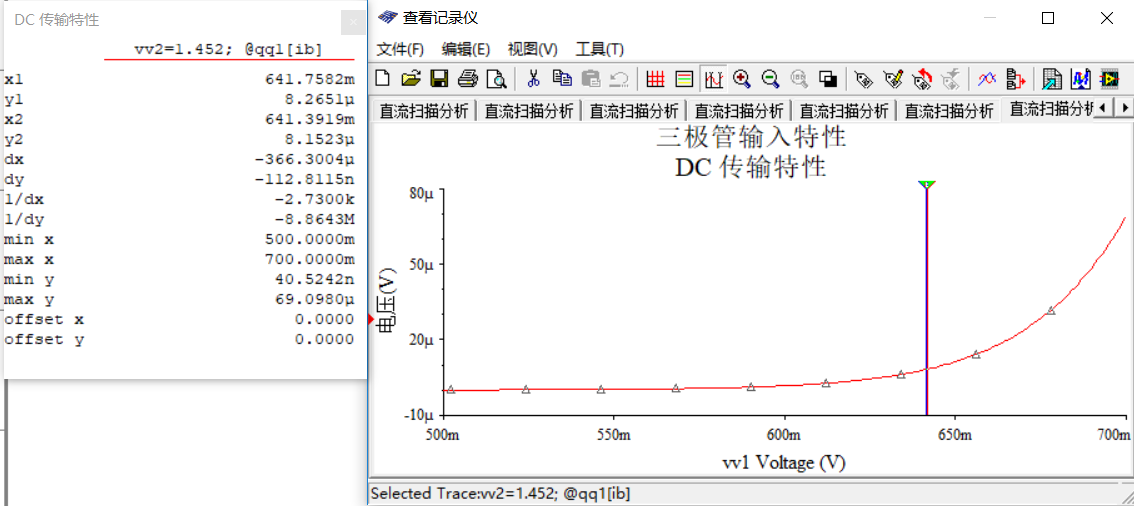
### 4.5计算三极管相关参数

#### 1.

结合最大不失真幅度下的直流分析数据，，可得：

#### 2.

结合三极管输入特性曲线图，令,得到如下图：

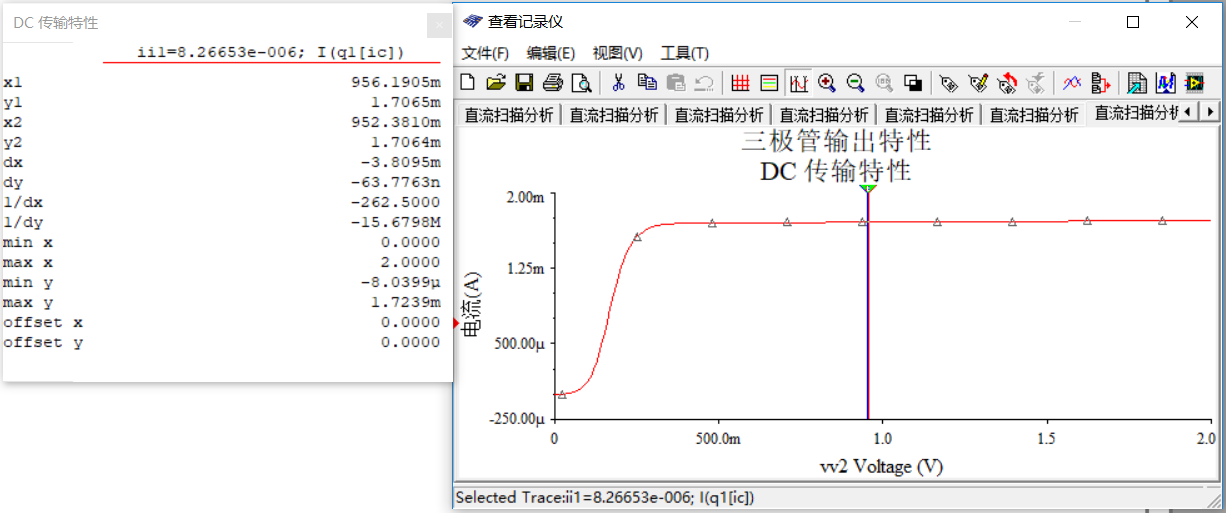


输入特性直流传输特性图

图中，横坐标为纵坐标为,于是

#### 3.

结合三极管输出特性曲线图，令,得到下图：



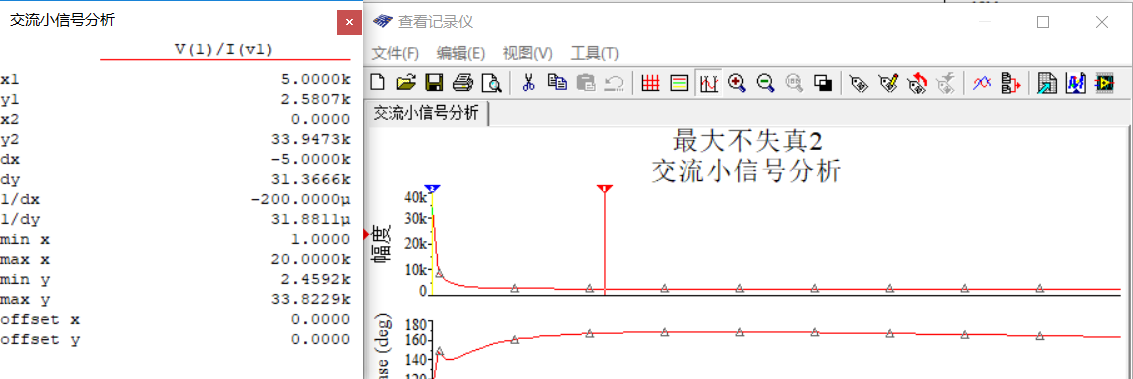
输出特性直流传输特性图

图中，横坐标为纵坐标为,于是

### 4.6计算电路相关参数

#### 1.输入电阻

利用交流分析，将扫描类型与纵坐标均设置为线性，输出变量为,并设置X坐标为5KHz，可直观得到输入电阻的变化图如下（之后的相关参数也尽量按此方法给出）

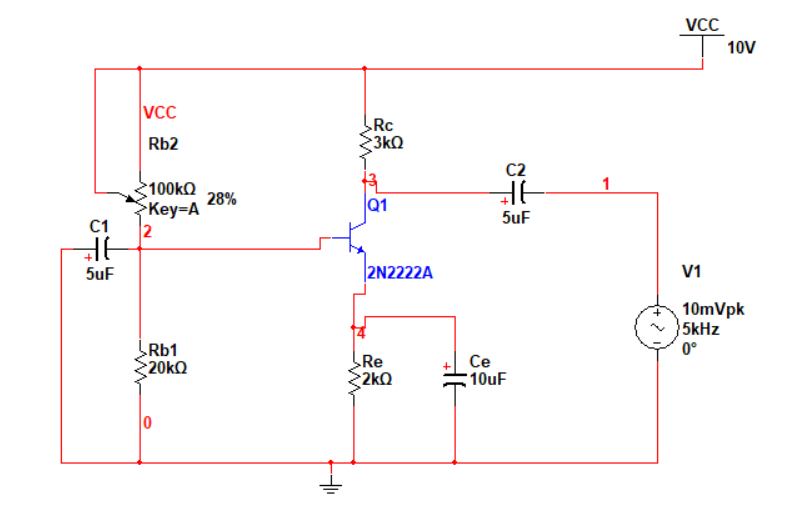


计算输入电阻

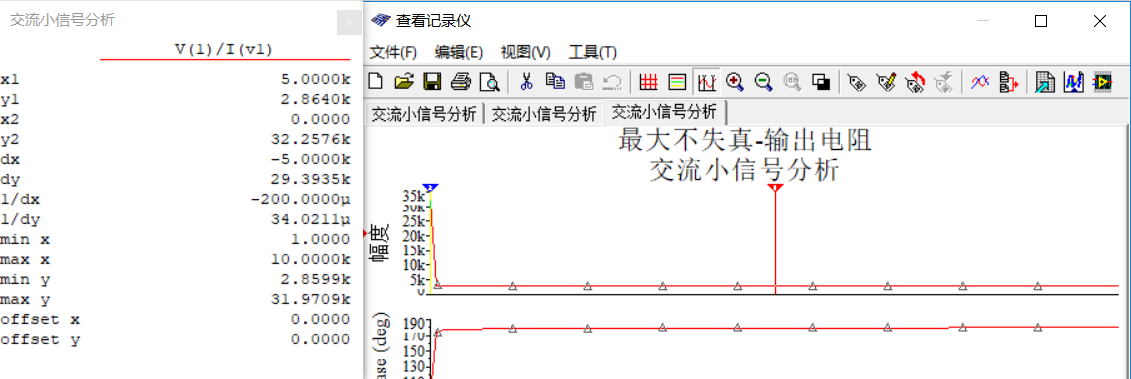
由图中的数据，可得

#### 2.输出电阻

按下图的原理，进行交流分析：



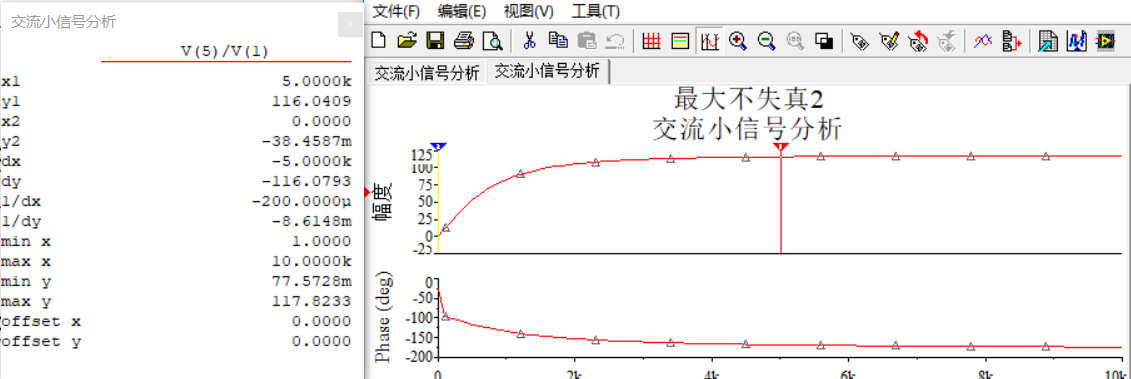
输出电阻原理



计算输出电阻

由图中的数据，可得

#### 3.电压增益



计算电压增益

由图中的数据，可得

### 4.7计算电路相关参数误差

#### 1.输入电阻误差

输入电阻理论值

相对误差：

#### **2.输出电阻误差**

输出电阻理论值

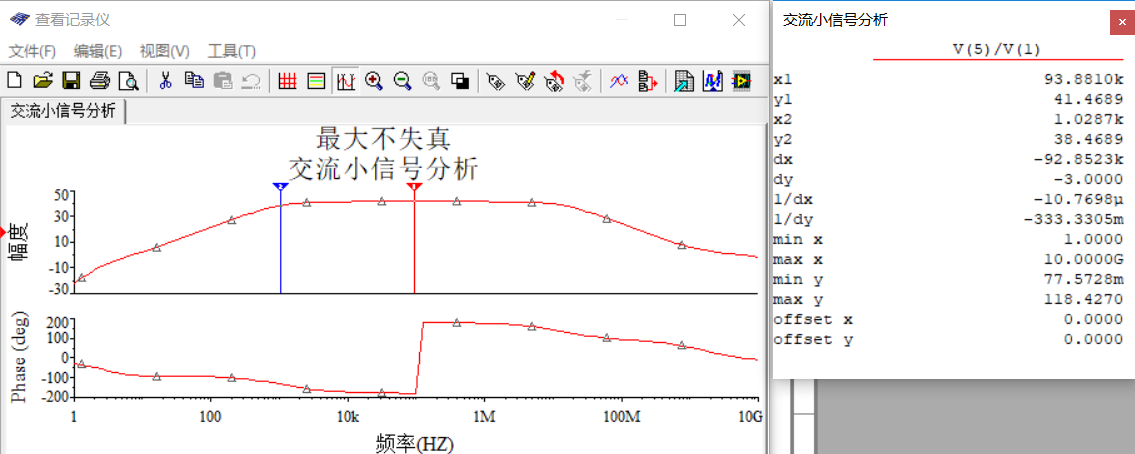
相对误差：

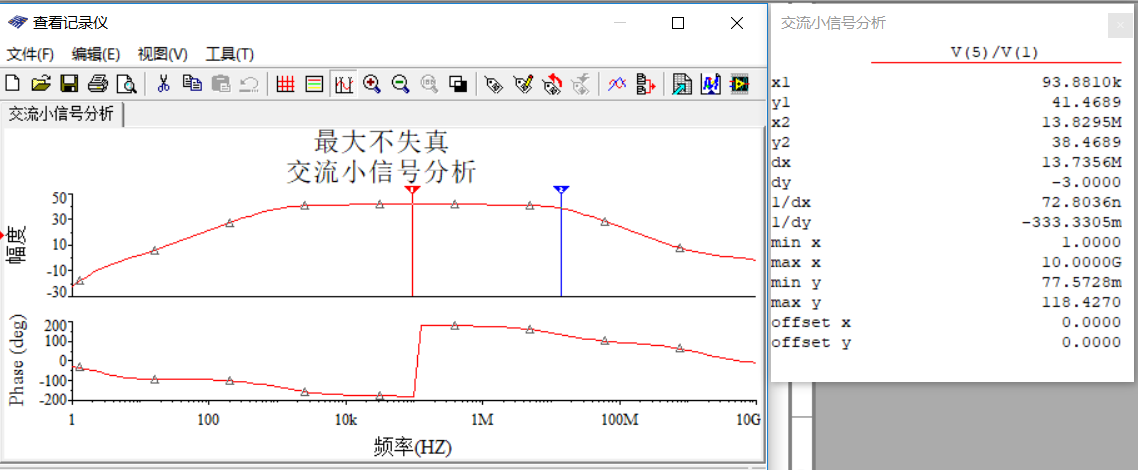
#### 3.电压增益误差

电压增益理论值

### 4.8电路幅频相频特性曲线绘制及值

对最大不失真幅度进行交流分析，输出变量为，并设置纵坐标为最大值略小3dB的频率值，记录其频率





频率响应图

于是，

## 5实验结果分析

首先将实验相关数据整合如下

电路各状态相关参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 状态 | 滑动变阻器阻值（） |  |  |  |  |
| 饱和失真 | 18 | 61.99052 | 1.95355 | 646.67456 | 106.18780 |
| 截止失真 | 100 | 2.34261 | 0.5074487 | 608.39058 | 7.45891 |
| 最大不失真 | 28 | 8.22653 | 1.70642 | 641.63728 | 1.45203 |

三极管相关参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 207.43 | 3.25 | 61.01 |

电路相关参数及其误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 理论值 | 测量值 | 相对误差 |
| 电压增益 |  |  |  |
| 输入电阻 |  |  |  |
| 输出电阻 |  |  |  |

从相关表格中可知，输入电阻、输出电阻和电压增益的理论值均与测量值误差不大。

其中，误差产生的可能原因是计算（所谓的）理论值时的一些近似；同时，由于三极管的参数标准程度可能有误，也会引起误差。

由于等参数与三极管的所处工作状态有关，往往难以在实验前得知，因此在电路设计阶段，电压增益只能做初步估计，其前期估计值（并非是理论值）可能会与实验的结果有一定差异。

# 实验二 负反馈放大电路的设计与仿真.

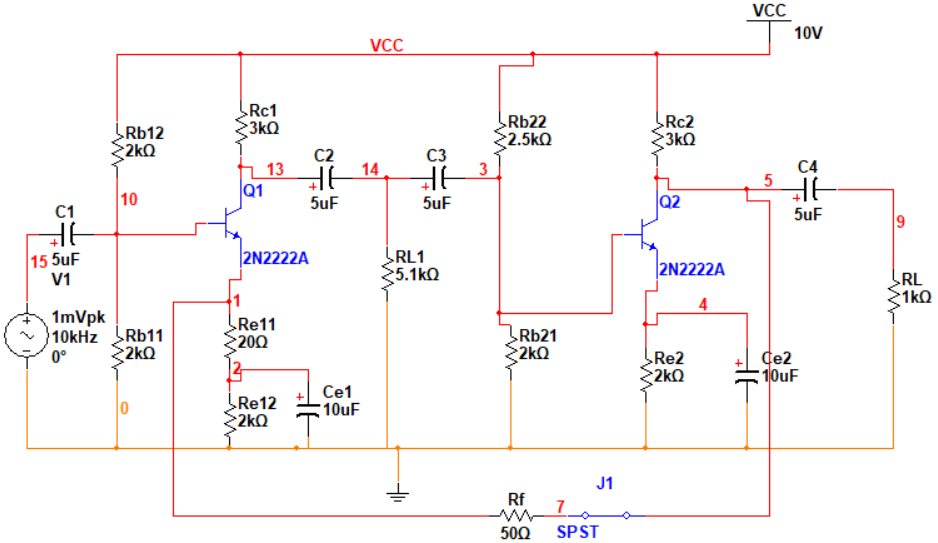
## 1实验内容

1. 设计一个阻容耦合两级电压放大电路，要求信号源频率10kHz(峰值1mv) ，负载电阻1kΩ，电压增益大于100。
2. 给电路引入电压串联负反馈
3. 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。
4. 改变输入信号幅度，观察负反馈对电路非线性失真的影响。

## 2实验要求

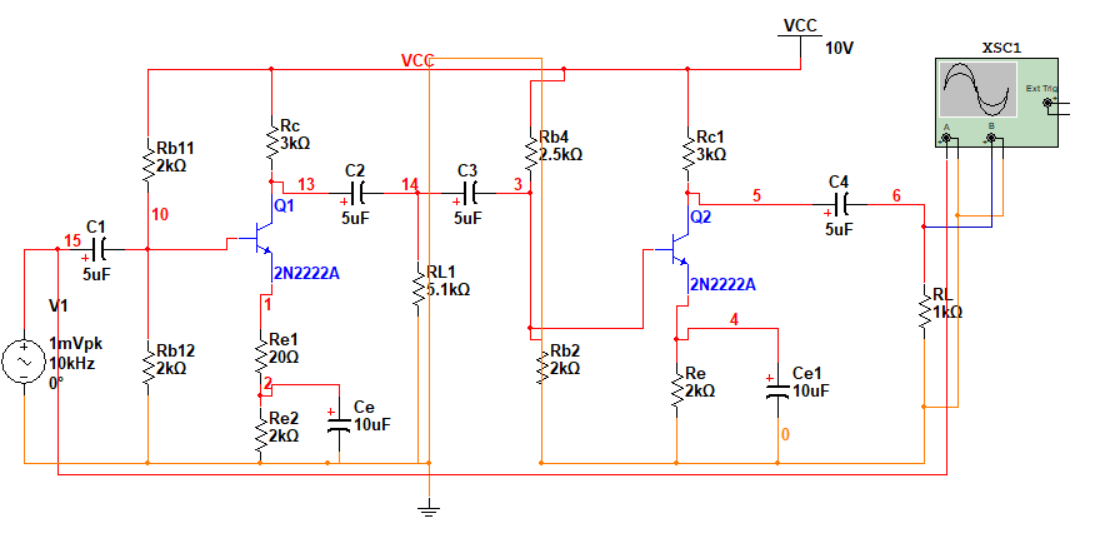
1. 给出引入电压串联负反馈电路的实验接线图。
2. 给出两级放大电路的电路原理图。
3. 给出负反馈接入前后电路的放大倍数、输入电阻、输出电阻，并验证。
4. 给出负反馈接入前后电路的频率特性和、值，以及输出开始出现失真时的输入信号幅度。
5. 分析实验结果。

## 3引入电压串联负反馈电路的实验接线图



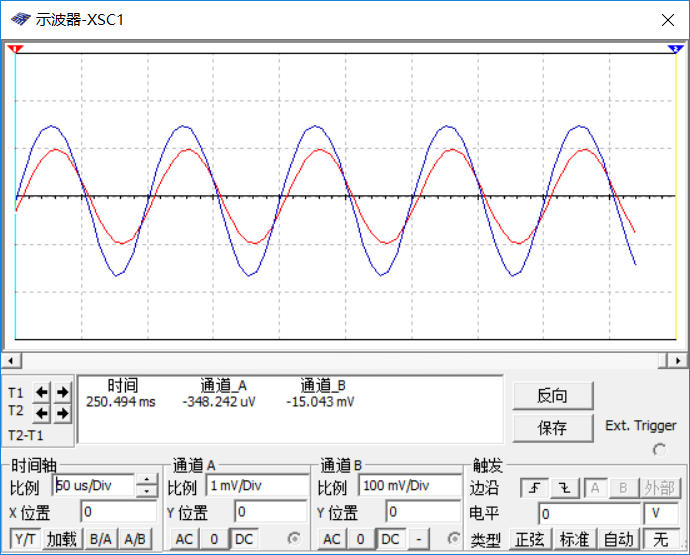
引入电压串联负反馈电路的实验接线图

## 4两级放大电路原理图



两级放大电路原理图

对其分析，得到如下图结果，其中红色为输入波形，蓝色为第二级输出波形



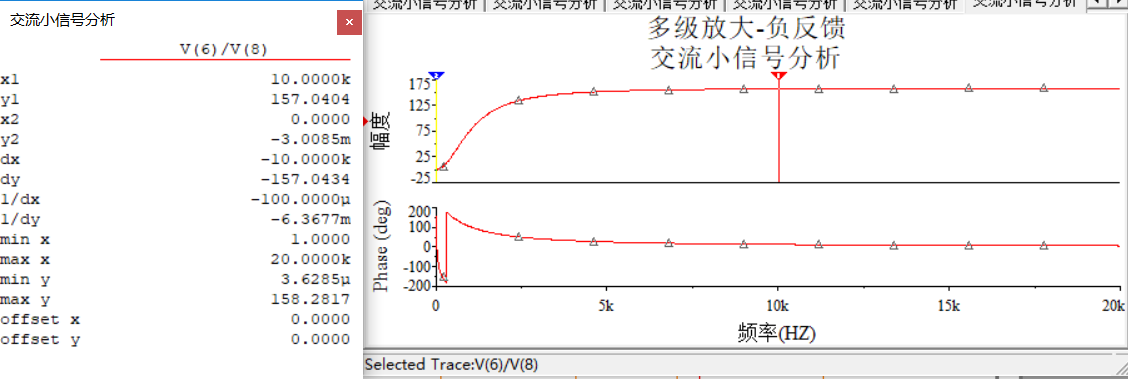
第二级放大电路输出信号波形图

由此，可知该电路的电压增益大于100，且能不失真的放大频率10kHz，峰值1mv的信号。

## 5实验过程与结果

### 5.1测量接入负反馈前的相关参数

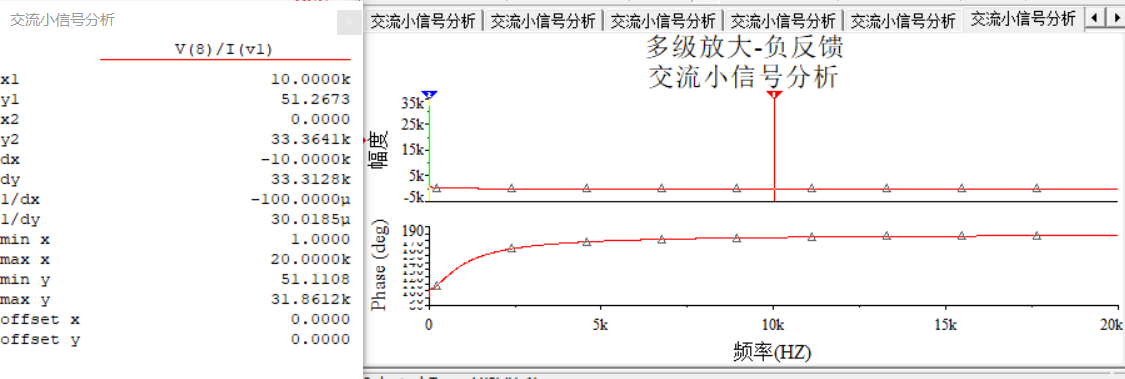
#### 1.放大倍数



计算放大倍数

由图中数据，可得

#### 2.输入电阻

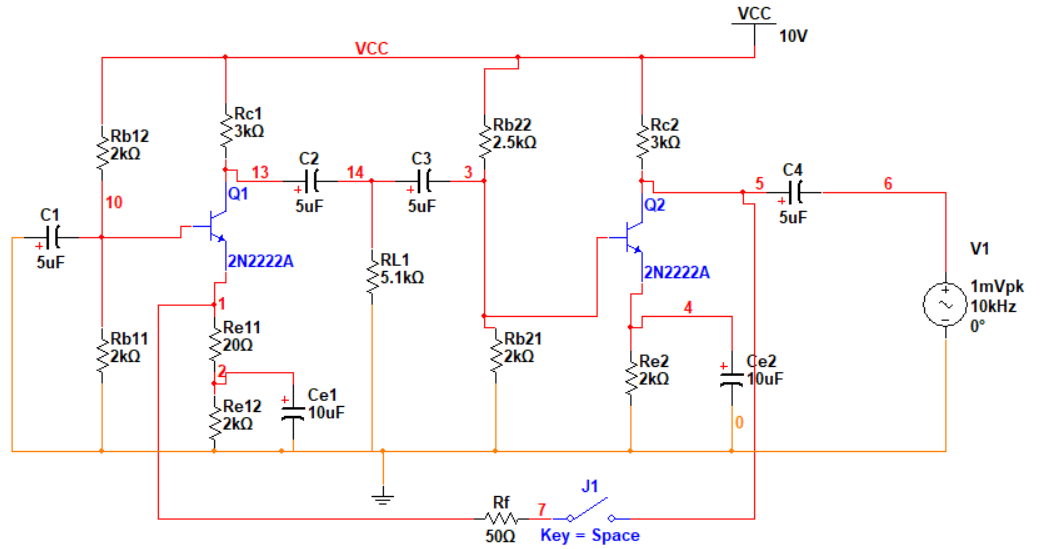


计算输入电阻

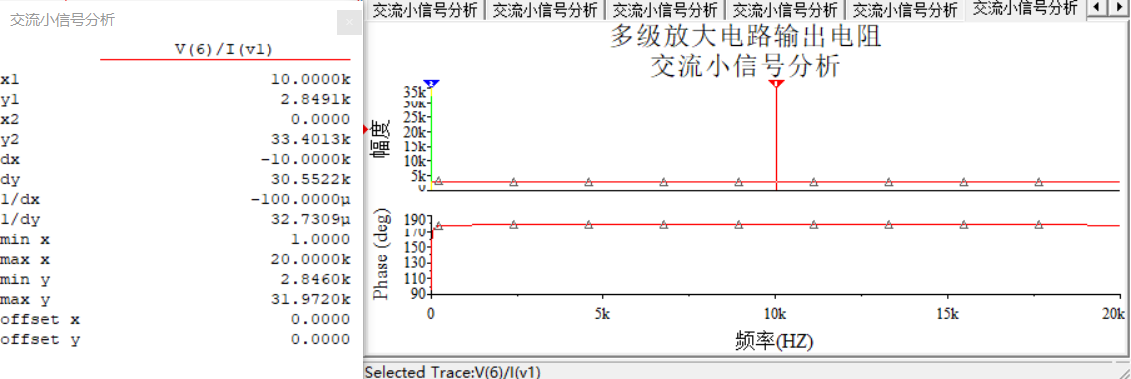
由图中数据，可得

#### 3.输出电阻

对如下电路交流分析：



输出电阻原理图

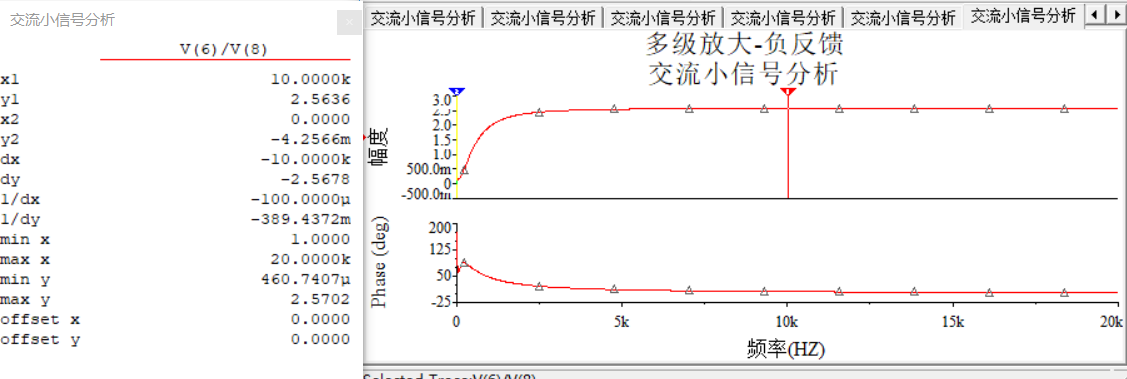


计算输出电阻

由图中数据，可得

### 5.2测量接入负反馈后的相关参数

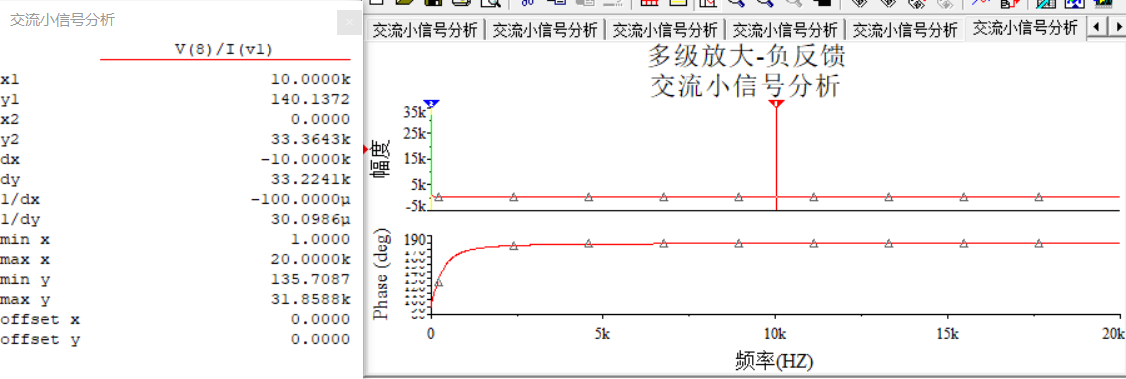
#### 1.放大倍数



计算放大倍数

由图中数据，可得

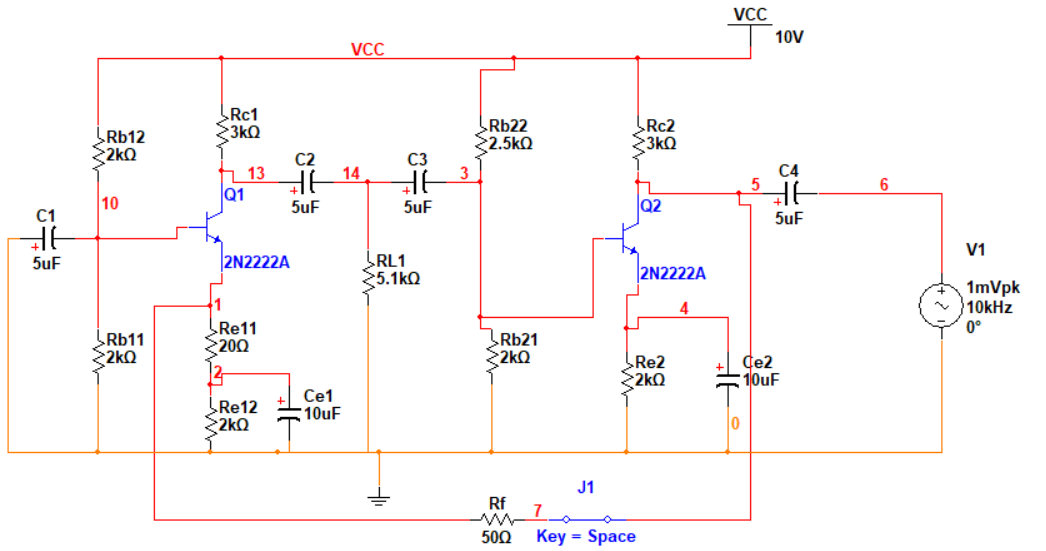
#### 2.输入电阻



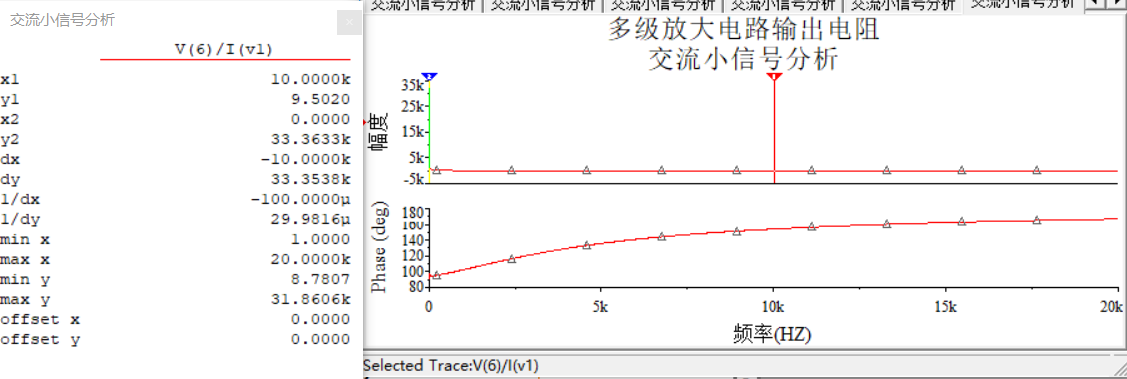
计算输入电阻

由图中数据，可得

#### 3.输出电阻



输出电阻原理图



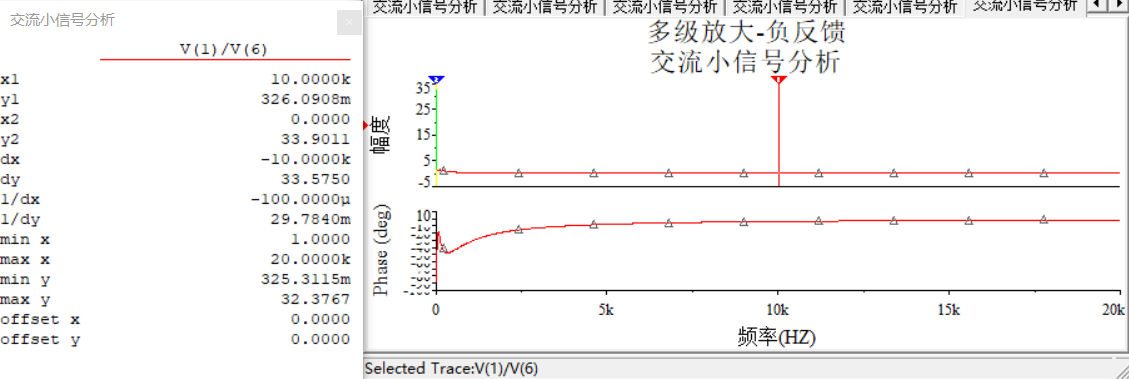
计算输出电阻

由图中数据，可得

### 5.3验证 1/F

在之前的步骤中，已经计算出了放大倍数

对负反馈电路，借助交流分析，可得到F的值：



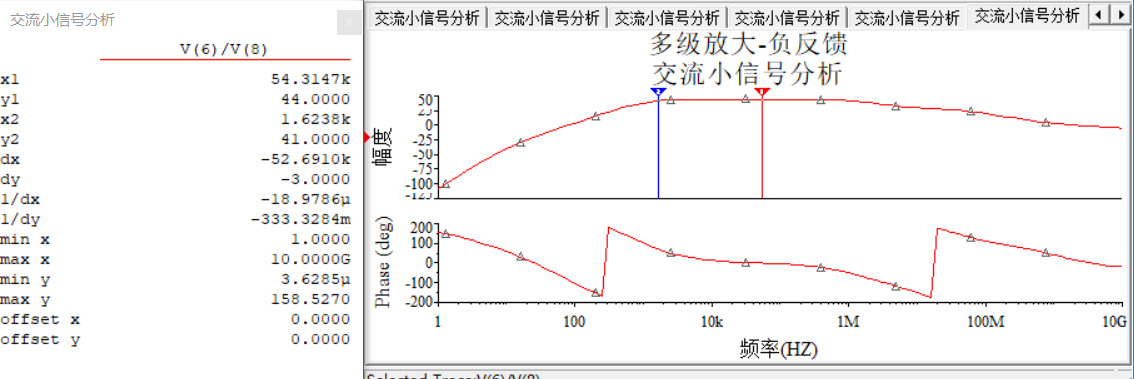
负反馈系数

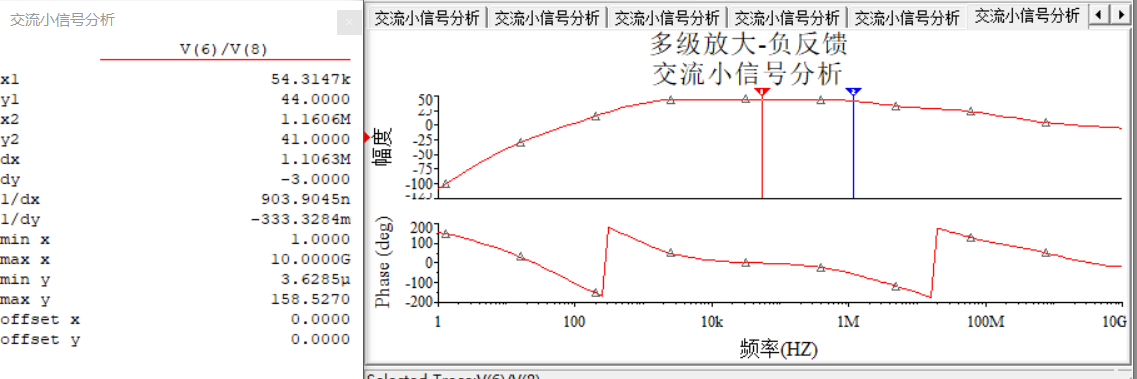
由图中数据，可得

于是

### 5.4绘制负反馈前后频率特性曲线及

#### 1.接入负反馈前的频率特性

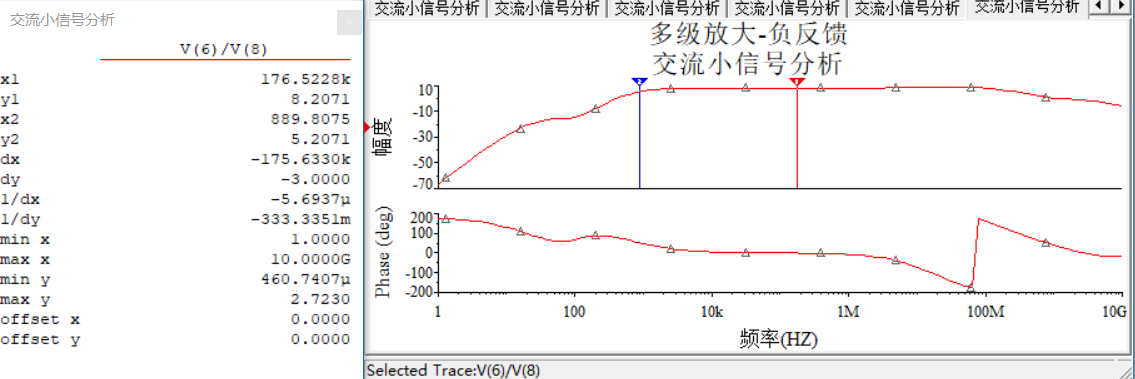


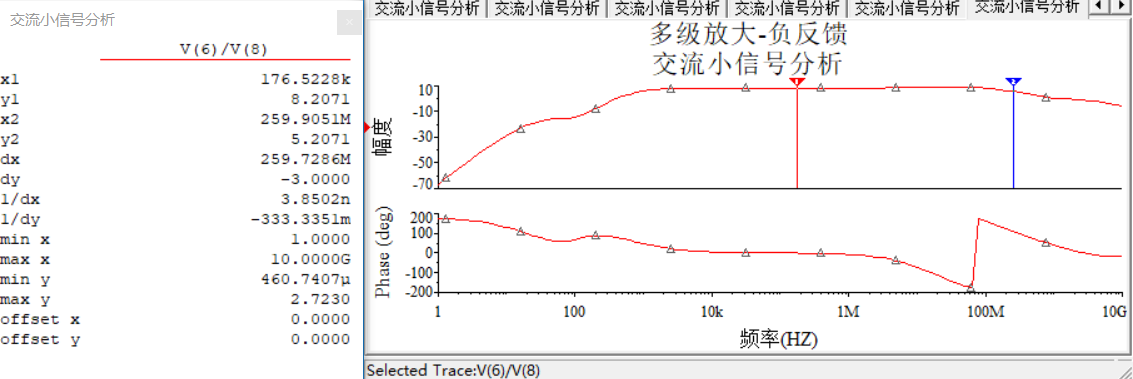


引入负反馈前频率特性

由图可知

#### 1.接入负反馈后的频率特性



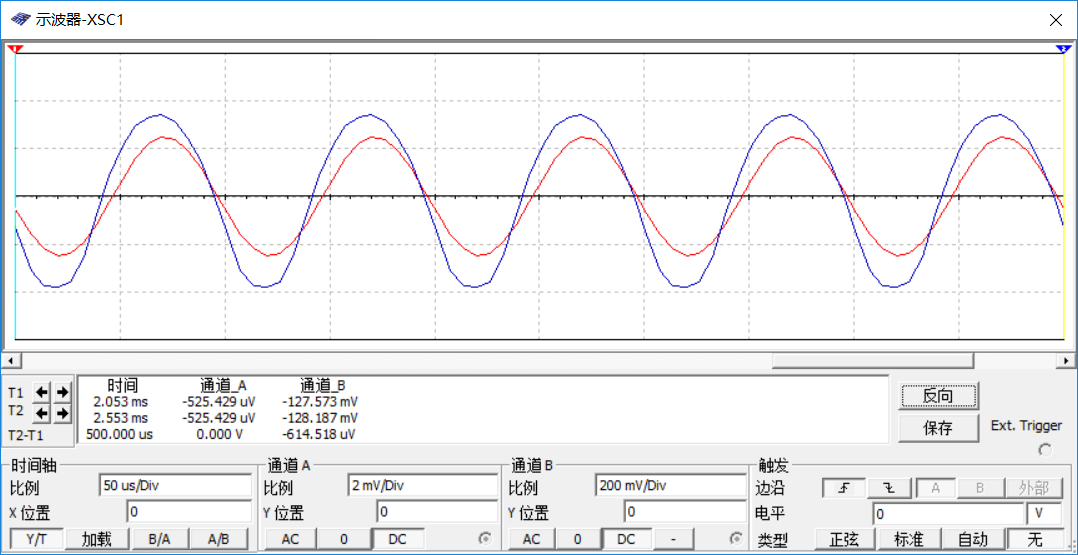


引入负反馈后频率特性

由图可知

### 5.5测量引入负反馈前后最大不失真幅度

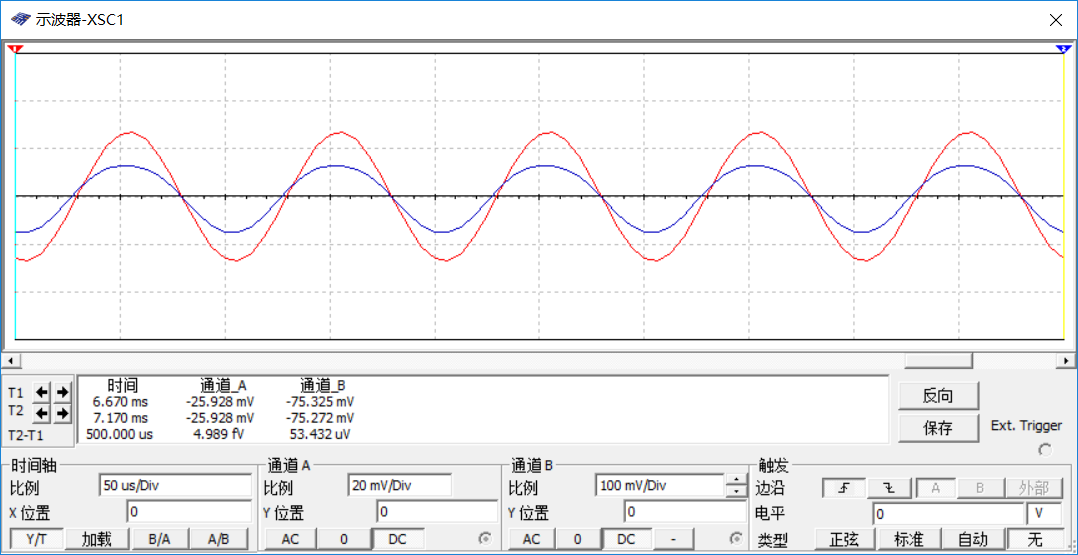
#### 1.引入负反馈前的最大不失真幅度/开始出现失真时的输入信号幅度

最大不失真幅度/开始出现失真时的输入信号幅度时，波形大致如下，其中，红色为输入信号，蓝色为输出信号。

未引入负反馈时，最大不失真输入信号幅度/开始出现失真时的输入信号幅度约为2.5mV

#### 2.引入负反馈前的最大不失真幅度/开始出现失真时的输入信号幅度

最大不失真幅度/开始出现失真时的输入信号幅度时，波形大致如下，其中，红色为输入信号，蓝色为输出信号。



未引入负反馈时，最大不失真输入信号幅度/开始出现失真时的输入信号幅度约为27mV

## 6 实验结果分析

首先将实验相关数据整合如下

相关数据表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 负反馈情况 | 放大倍数 | 输入电阻 | 输出电阻\ |  |  | 最大不失真幅度\mV |
| 无 | 157.0404 | 51.2673 | 2.8491K | 1.6238K | 1.1606 | 2.5 |
| 有 | 2.5636 | 140.1372 | 9.5020 | 889.8075 | 259.9051 | 27 |

由表中数据可以看出，负反馈电路能展宽通频带，减小非线性失真，提高最大不失真幅度，但会减小放大倍数。引入的电压串联负反馈，使得输入电阻升高、输出电阻减小，能稳定输出电压。

负反馈在减少失真的同时也降低了放大倍数，而放大倍数具体将会降低多少是前期难以计算的。

# 实验三 阶梯波发生器的设计与仿真

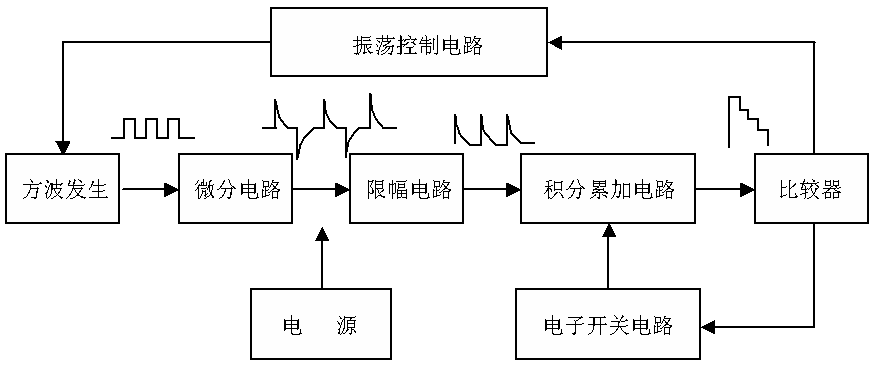
## 1实验内容

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20ms左右，输出电压范围10V，阶梯个数5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。

## 2实验要求

1. 给出阶梯波发生器实验原理图，图中器件均要有型号和参数值标注。
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：
4. 调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的周期
5. 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

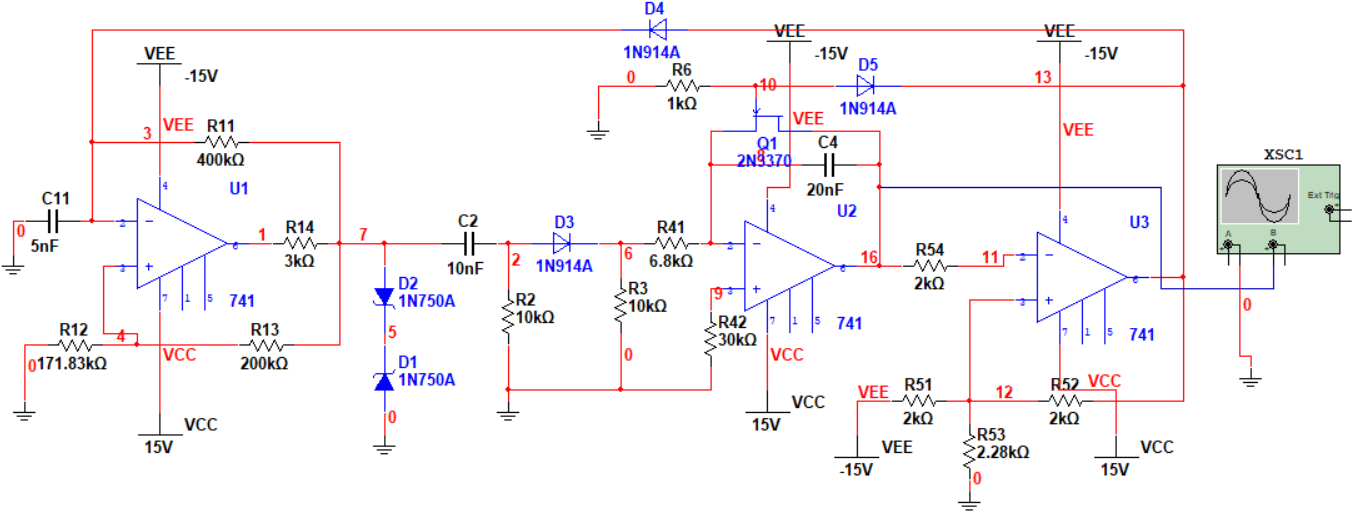
## 3实验原理及原理图



阶梯波的产生过程是：

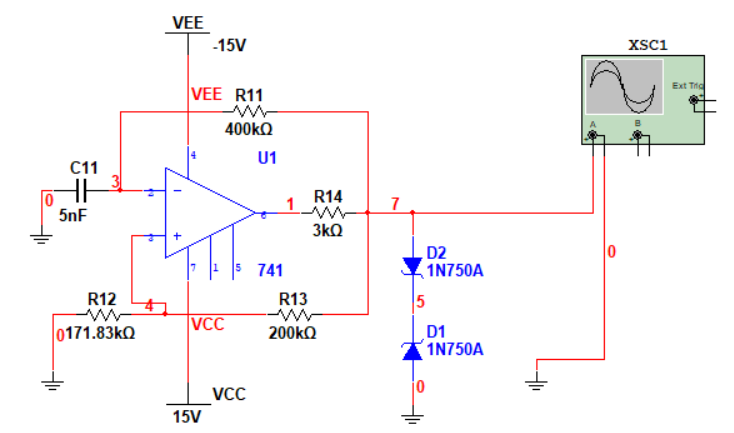
* 1. 方波电路产生方波，产生向上与向下两种脉冲；
  2. 借助微分与限幅电路，消去某一种台阶，只留下所需的正脉冲；
  3. 通过积分电路后，得到只含有向下的阶梯；
  4. 通过比较器，当阶梯达到滞回比较器的下门限电压时，比较器翻转，同时输出一个正的电压；
  5. 振荡控制电路控制方波停振、正电压使电子开关导通；
  6. 积分器的电容放电，并恢复到初始状态，积分器输出0电位；
  7. 达到比较器上门限电压，发生翻转，比较器输出一个负电压；
  8. 振荡控制电路不起作用，方波正常输出、电子开关截止、积分器正常工作；
  9. 重复-，产生循环的阶梯波。

最终的实验电路如下



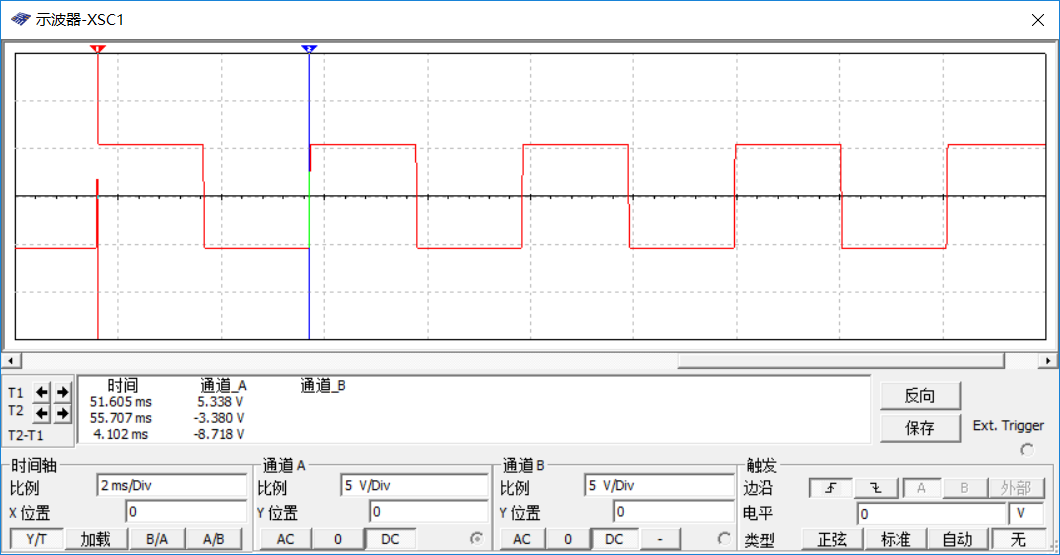
## 4实验过程

### 4.1方波发生器

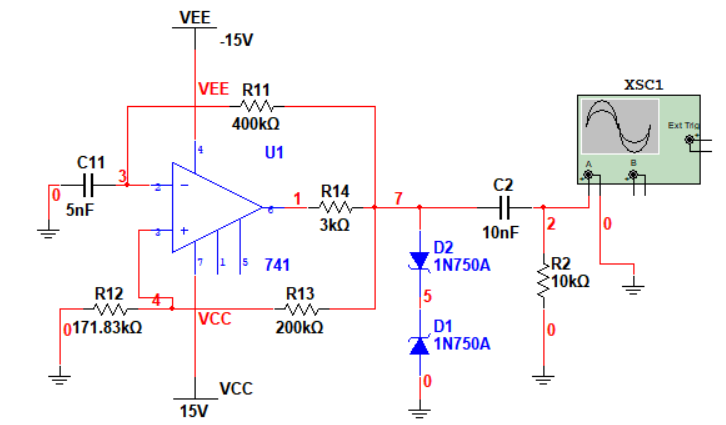


方波发生器实验图

方波发生器的周期，为满足要求，周期应为4ms，令，则，取则周期T=4ms，对应的波形如下图



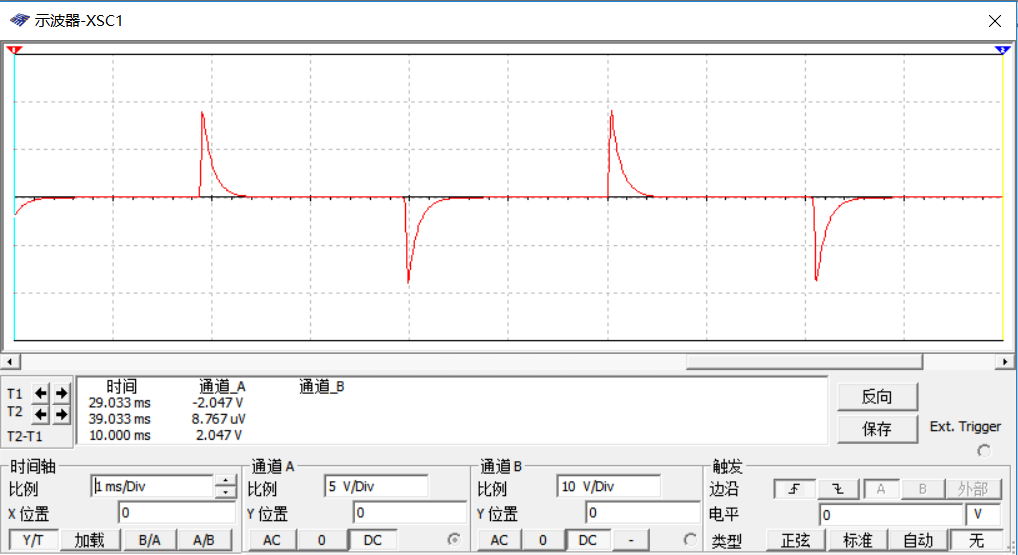
### 4.2微分电路



微分电路图

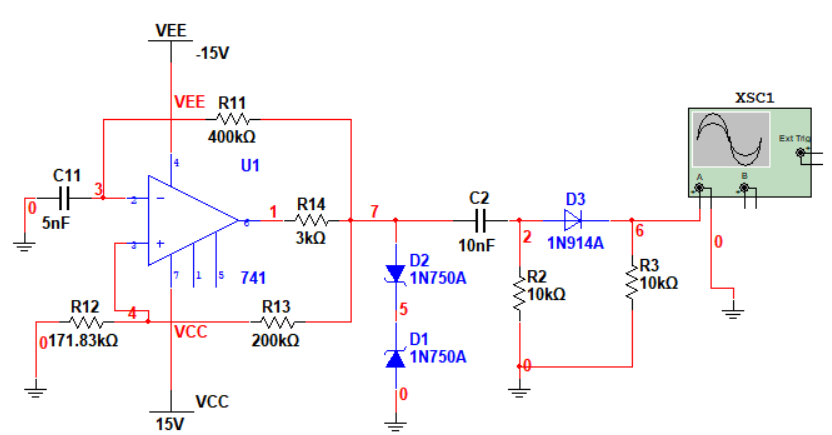
借由微分电路，将方波变为向上或向下的的脉冲，并满足

其波形如下图



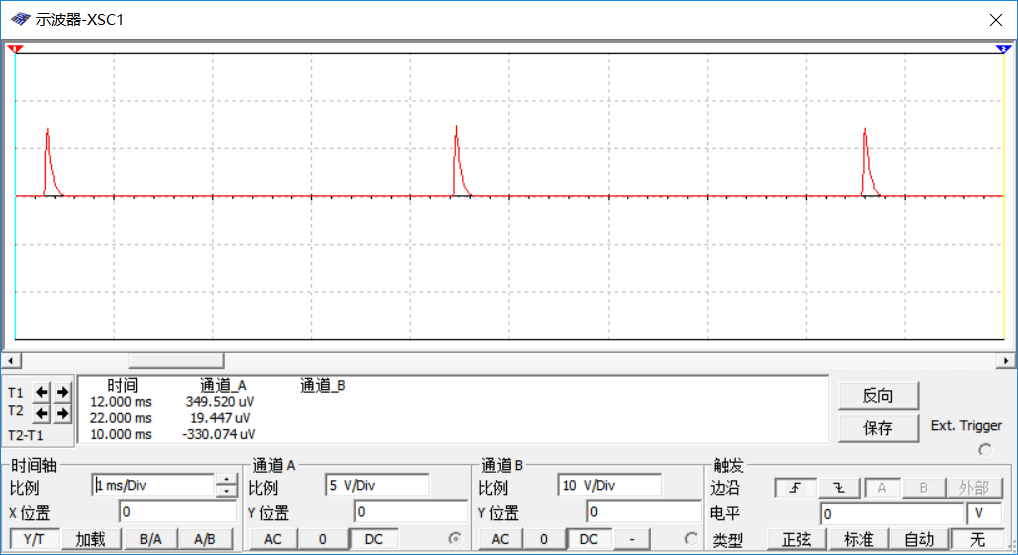
### 4.3限幅电路

借助半波整流电路，只保留一个方向的脉冲。由于积分器积分的结果带有负号，这里保留正向的脉冲，以在后期形成向下的阶梯。

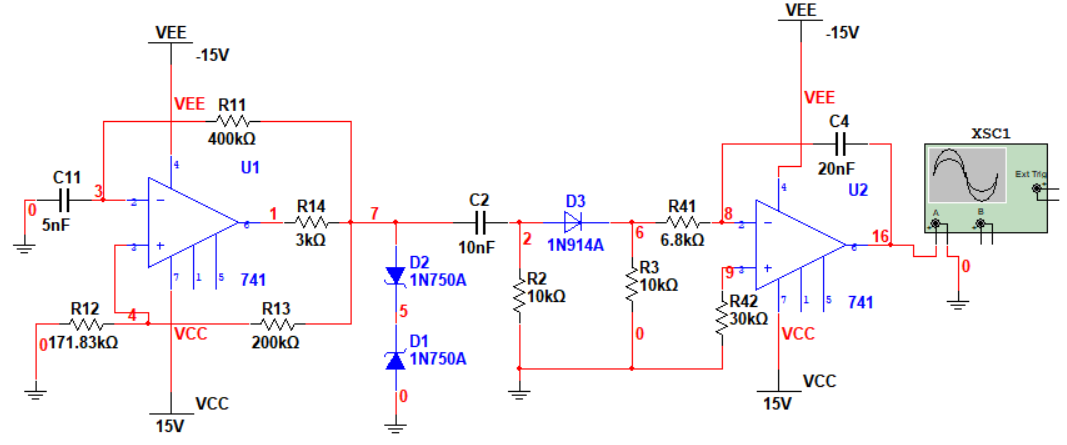


限幅电路

对应的波形情况如下图



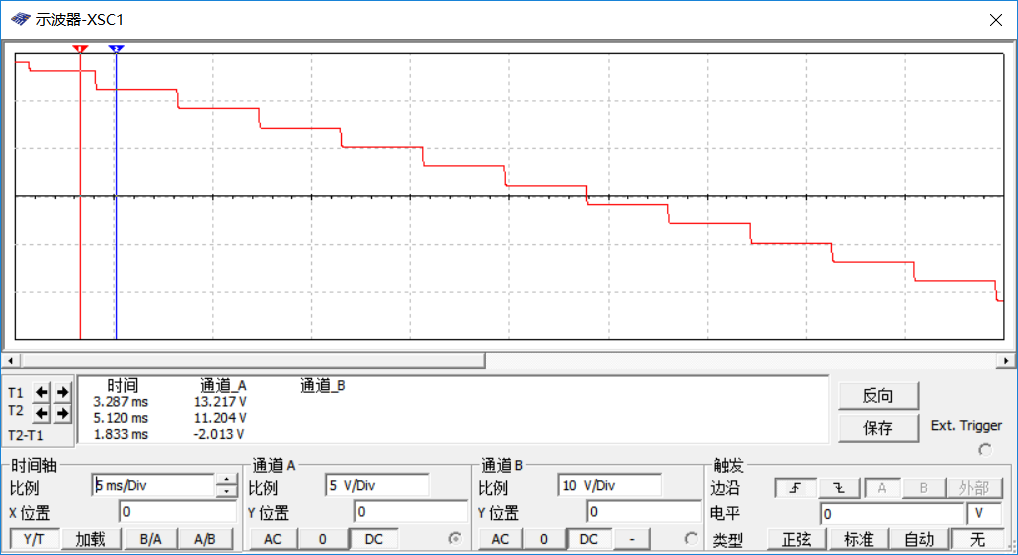
### 4.4积分累加电路



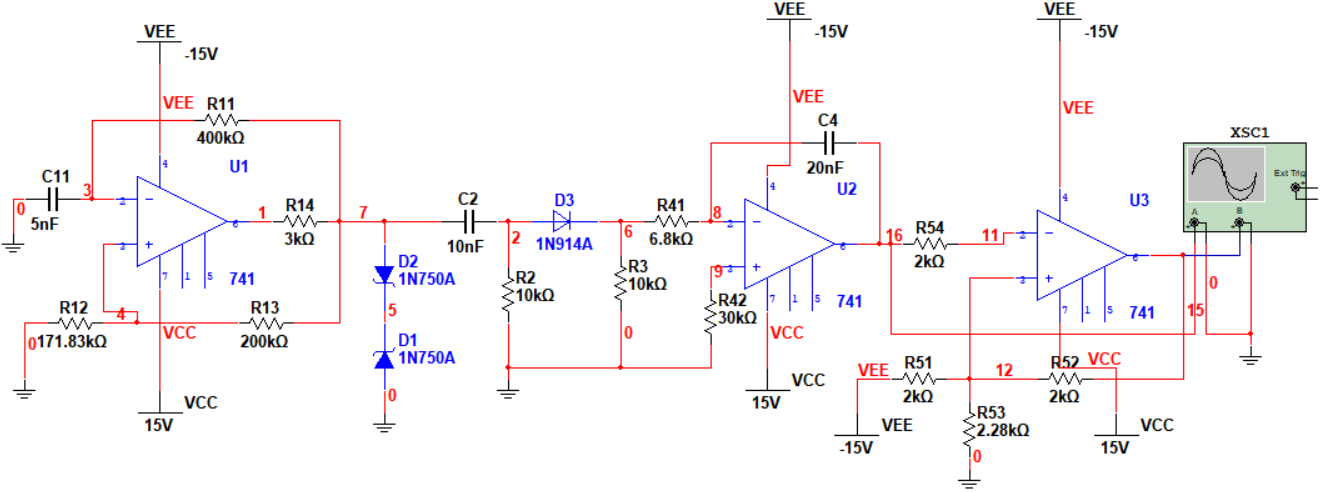
积分电路

对微分限幅重新积分，得到仅含有下阶梯的阶梯信号，满足

调节的值，使得阶梯波阶梯高度大约为2V，此时，对应的波形如下图



### 4.5比较器



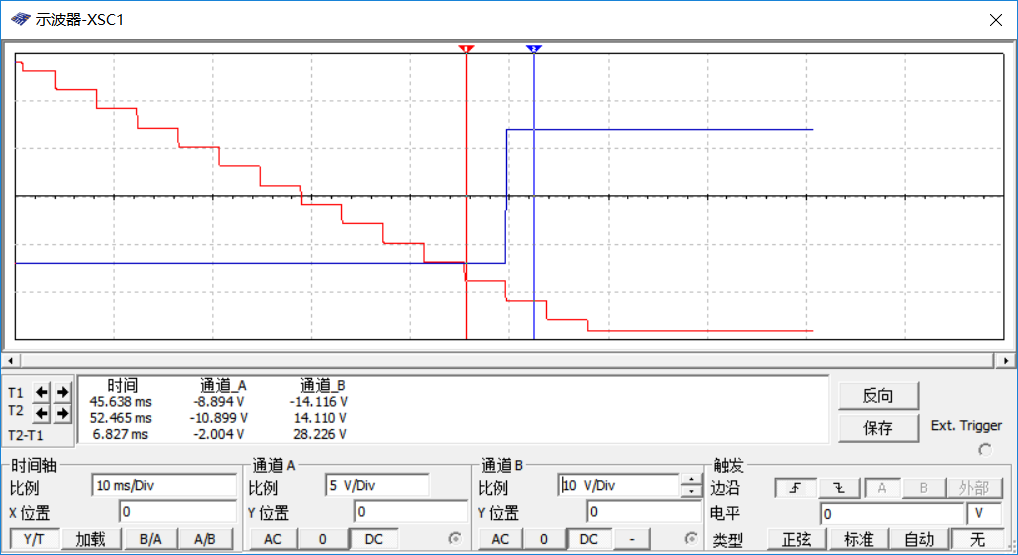
迟滞比较器

对于运算放大器而言，其输出电压有一定范围，绝对值的最大值大约在14-15V之间，记作，那么对于图中的迟滞比较器而言，于是有

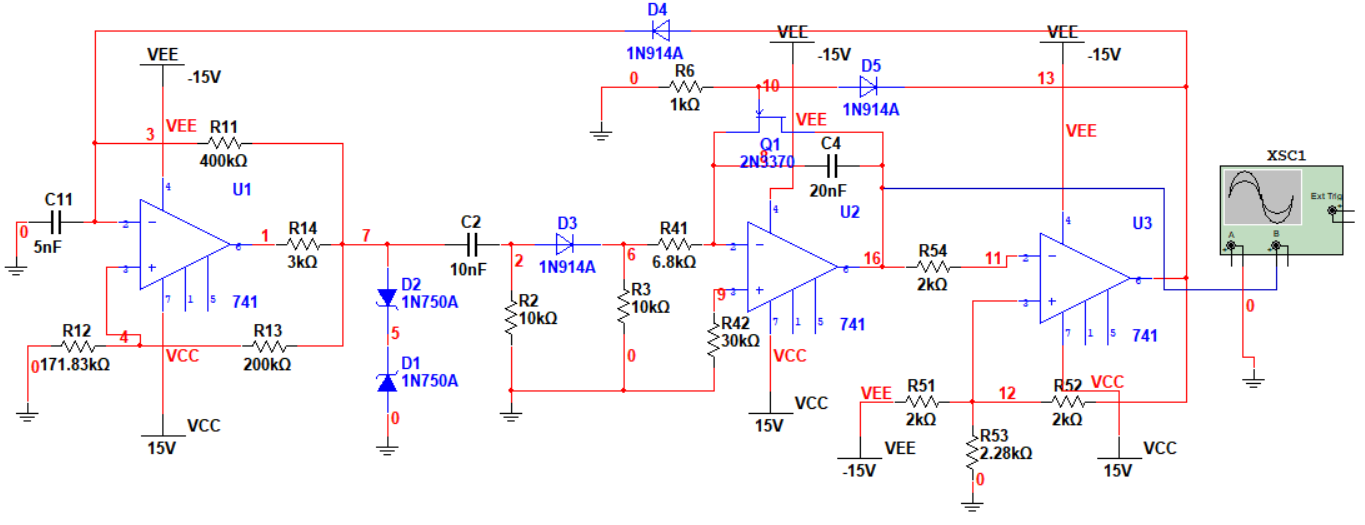
即

为了让阶梯波的范围在-10~0V范围内，要求。为了方便计算，认为。观察公式，当时，只要，则可实现，调节的值，使得。计算可得时，可以实现要求。（事实上，由于阶梯的高度不恰好为2V，还要做进一步调整，这里采用。）

此时，可观察对应的波形如下图，由于此时，阶梯只有下降、没有上升，图中只能体现下门限：

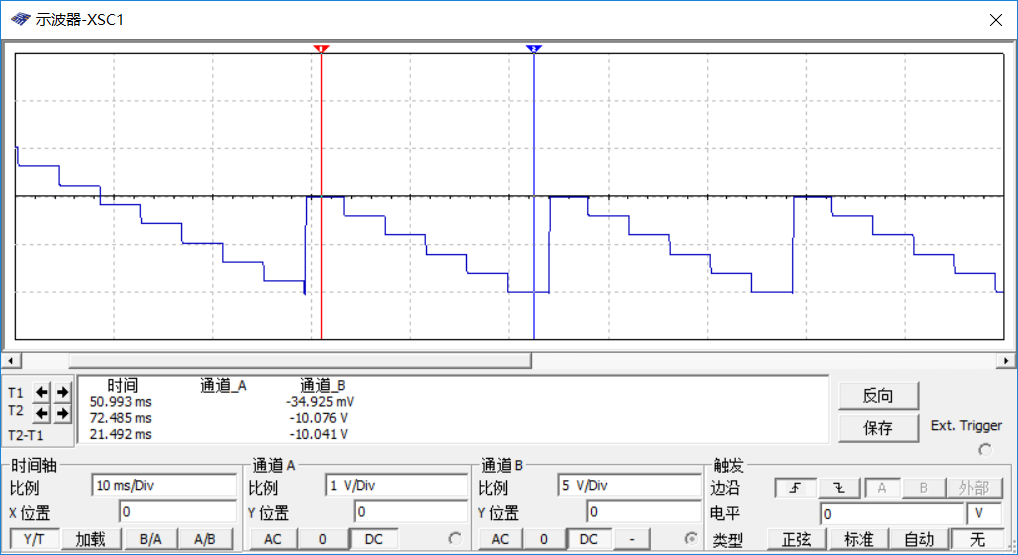


### 4.6电子开关与振荡控制



电子开关与振荡控制电路

选择合适的场效应管，得到最终波形如下：



如图所示，其周期为20ms，输出电压范围-10V~0V，阶梯个数5个。

## 5实验相关问题回答

*1.调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的周期*

既然方波发生器的周期为，则调整电阻的阻值、电容的容值，可以改变阶梯波的周期。

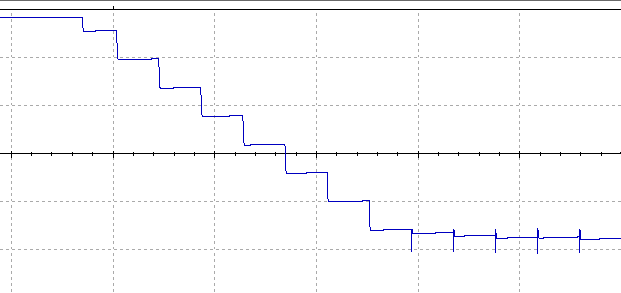
*2.调节电路中哪些元器件值可以改变阶梯波的输出电压范围*

阶梯波的输出电压范围与迟滞比较器的上下门限电压有关，其公式为

其中，为定值无法改变，则通过调节电阻的阻值，以及的电压值，可以实现改变阶梯波输出电压范围。

## 6实验部分异常结果分析

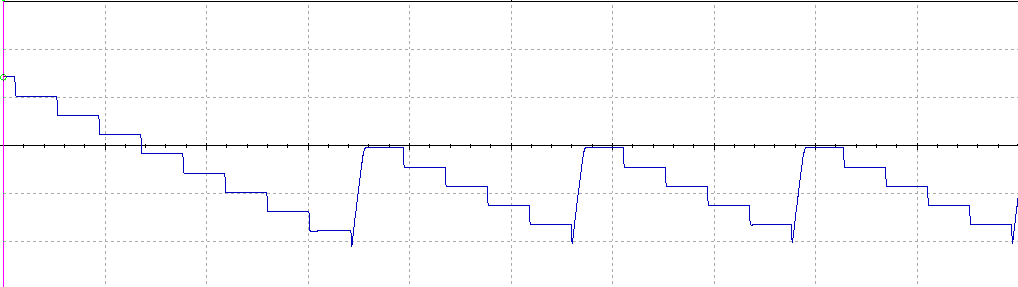
*1.无法重复产生阶梯波：*



无法循环

可能的原因是（1）积分器的电容容值太小，使得电子开关场效应管放电速率异常，比较器输出电平变化过快。可尝试适当增加该电容容值。（2）场效应管的性能不适合该电路，使得场效应管放电速率异常，选取合适的场效应管。

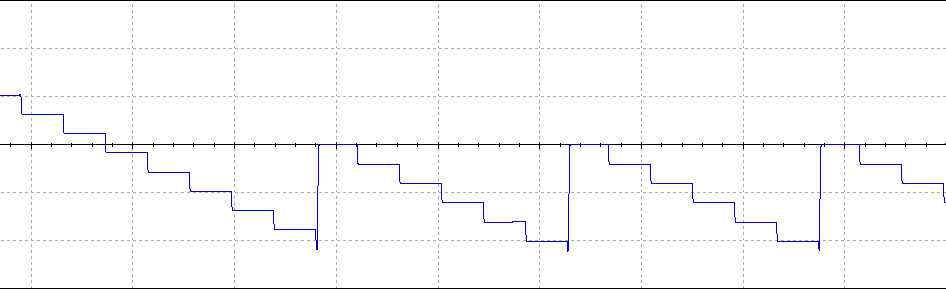
*2.阶梯波上升线过于倾斜*：



过于倾斜

场效应管的性能会影响阶梯波的上升线，若阶梯波上升线倾斜，则可能是选取的场效应管性能不适合该电路。可尝试更换场效应管。

*3.阶梯波上升线出现明显的毛刺：*



明显毛刺

下门限电压值太大（由于前期的分析，上门限电压只要控制两电阻阻值相等即可，是不需要计算的，因此出现调配错误的必是下门限电压），使得比较器输出跳变后的电压的时机太晚，调节使得门限电压合适即可（当然，由于阶梯波的幅度并不是恰好为2V，所以事实上该电阻的阻值在计算后还需要不断调试。）