



# 电子技术实验报告

上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

姓名：UNikeEN

班级：

学号：

实验成绩：

同组姓名：无

实验日期：2022.11.22

指导老师：

## 波形发生器实验

### 实验目的

1. 了解运算放大器在正弦波信号发生器中的应用，掌握文氏电桥振荡器的工作原理。
2. 掌握由运算放大器构成的方波、三角波发生器的原理和设计方法。
3. 学会波形发生器的基本调试方法。
4. 了解振荡电路中为改善电路性能常用的稳幅措施。

### 实验原理

#### 一、文氏振荡电路

在电子技术电路中，振荡器应用非常广泛。如图 1 所示为不同频率的晶振，它可以提供较稳定的脉冲，广泛应用于微芯片的时钟电路里。晶振常与主板、南桥、声卡等电路连接使用，晶振可比喻为各板卡的“心跳”发生器。振荡器在组成和参数选择上必须保证自激振荡，从而为电子电路设备提供正弦波和非正弦波。

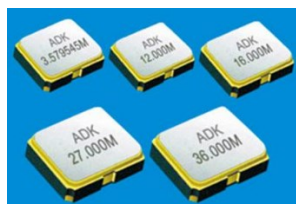


图 1 晶振实物图

如图 2(a)中，有源网络的复传递系数  $\dot{A} = Ae^{j\varphi}$ ，若  $\varphi=0^\circ$ ， $A \geq 3$ ，则电路就能建立振荡。因为对于 RC 串联与 RC 并联组成的电桥电路，其频率特性如图 3 所示，中间点其相移正好为  $0^\circ$ ，幅值为  $1/3$ 。如果利用其实现正反馈，倘若有源网络的输入阻抗为无穷大，那么振荡频率  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ 。如果  $A=3$ ，振荡就会稳定在原来的幅度上；如果  $A > 3$ ，导致增幅振荡，最终波形出现失真； $A < 3$ ，则导致振荡衰减。图 2(b)为实际电路。

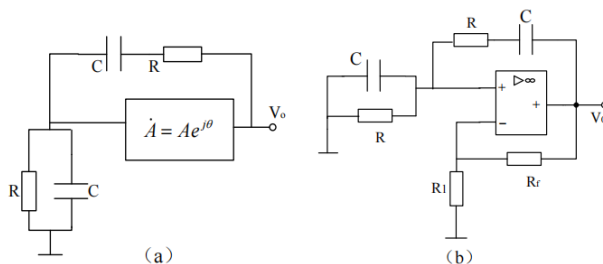


图 2 文氏电桥振荡器的原理图

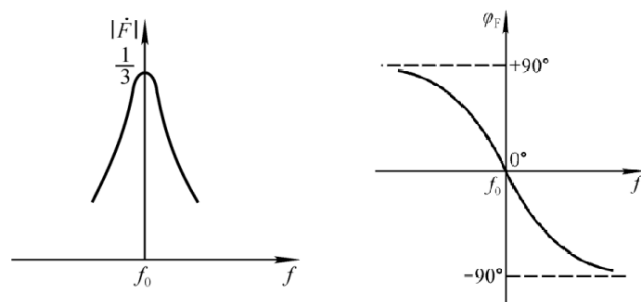


图3 RC 串并联电桥网络及其幅频特性

因此，对于文氏电桥振荡器，要使振荡电路工作，首先要能起振，即  $\dot{A}_V \geq 3$ ，起振后，要稳定振幅，即  $\dot{A}_V = 3$ 。可以利用热敏元件或二极管等非线性器件，在起振阶段时，由于热电阻较大或二极管不导通（相当于电阻较大），则直流反馈较小， $\dot{A}_V \geq 3$ ，振荡起来后，由于热敏电阻，发热后电阻减少，或二极管导通，反馈回路电阻减少，则负反馈增加，放大倍数减少，至  $\dot{A}_V = 3$  时，达到平衡。保持输出幅度稳定。

## 二、方波三角波发生电路

方波三角波发生电路如图4所示， $A_1$ 是滞回比较器，因  $u_{i1}=0$ ，所以当  $u_{+1}=0$  时， $A_1$  的状态改变，当  $u_{+1} = \frac{R_2}{R_2+R_3}u_{o1} + \frac{R_3}{R_2+R_3}u_o = U_{-1} = 0$ ，即当  $u_o = -\frac{R_2}{R_3}u_{o1} = -\frac{R_2}{R_3}(\pm U_Z)$  时， $u_{+1} = u_{-1}$ ，输出  $u_{o1}$  发生跃变（如图5），同时积分电路的输入、输出电压随之改变，此时的  $u_o$  即门限电压。

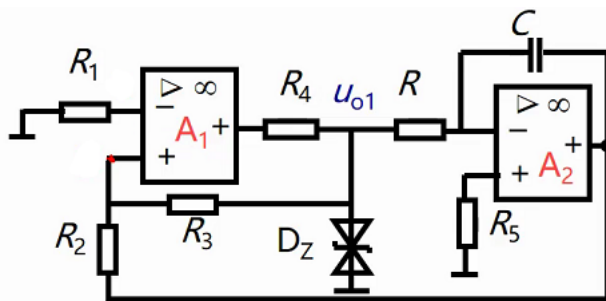


图4 方波三角波发生电路原理图

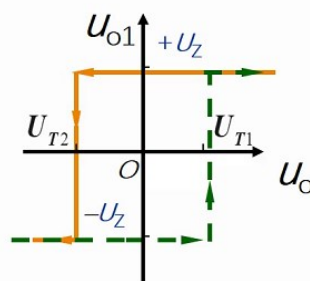


图5

$A_2$  是反向积分电路，输出电压  $u_o$  为： $u_o(t) - u_o(t_0) = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^t u_{o1} dt = -\pm \frac{U_Z}{RC} (t - t_0)$

可得  $T_1 = \frac{2RCR_2}{R_3}$ ，则周期  $T = 2T_1 = \frac{4RCR_2}{R_3}$ ，振荡频率  $f = \frac{1}{T} = \frac{R_3}{4RCR_2}$ ，幅值  $U_{OM} = \pm \frac{R_2}{R_3} U_Z$

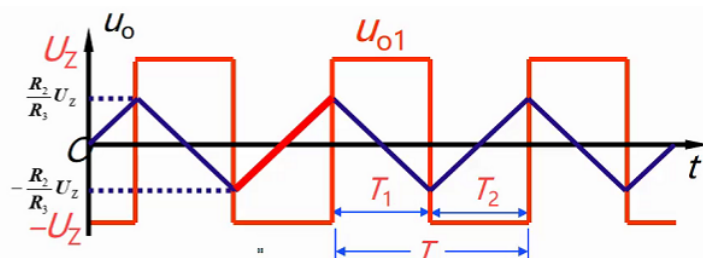


图6 反向积分电路理论波形

## 实验电路与实验过程

### 一、文氏振荡电路

1. 按图 7 连接文氏振荡电路，为使电路在振荡建立期间做增幅振荡，应调节可调电阻  $R_3$  使得  $A_V \geq 3$ ，达到稳定平衡状态后，通过稳幅电路使  $A_V = 3$ ，满足振幅平衡条件，最后得到一个稳定的正弦波信号。

2. 先将电位器  $R_3$  调至零，再调节电位器  $R_3$  使得示波器上产生的正弦波达到最大失真状态时，记录正弦波波形、其峰峰值及频率。

3. 观察去掉二极管  $D1$ 、 $D2$  后输出信号的变化，记录其波形。

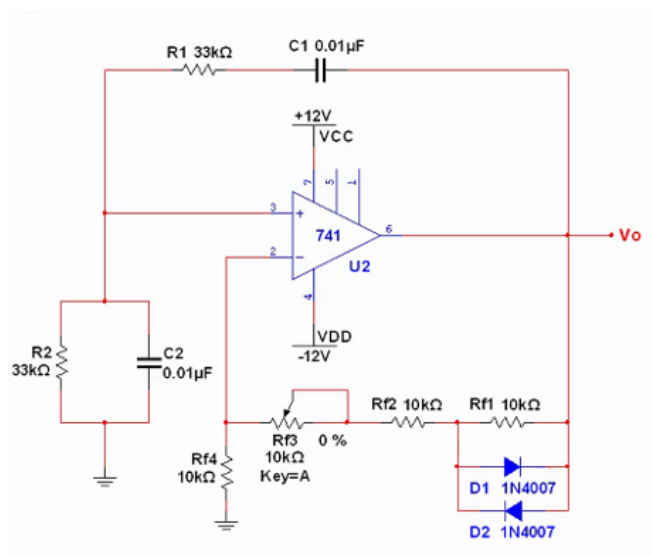


图 7 文氏电桥正弦波振荡电路图

### 二、方波三角波发生电路

1. 按图 8 所示连接电路，将三角波和方波显示在示波器的同一时间轴上，用示波器的光标测量方波、三角波的峰峰值和频率。

2. 观察去掉双向稳压管 2DW7 后输出信号的变化并记录其波形。

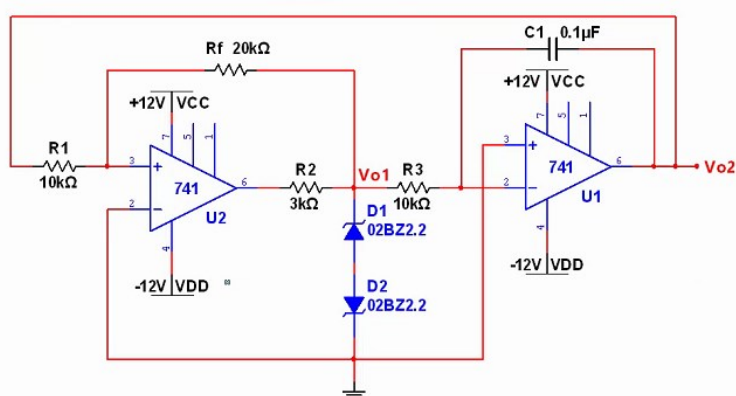
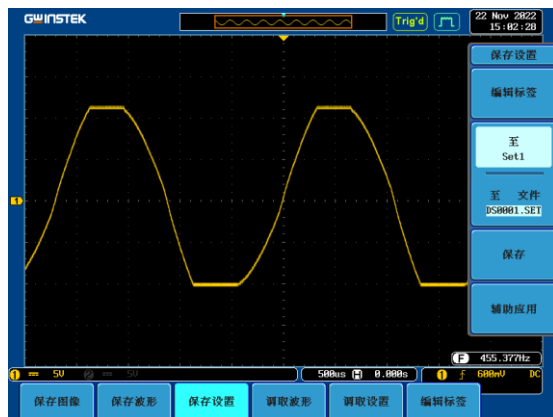


图 8 方波三角波发生器电路图

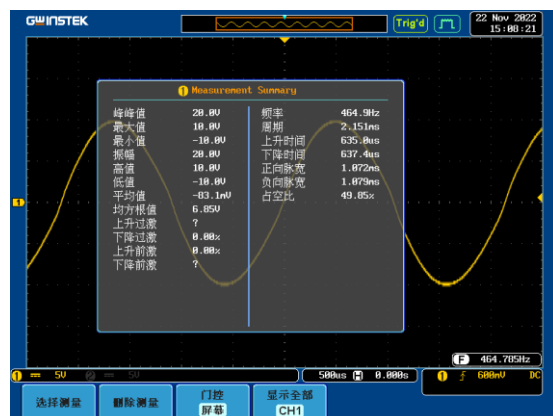
## 实验数据记录与计算

## 一、文氏振荡电路

1. 初始  $R_3=0$  时，波形如下（图 9）：



2. 调节到最大稍失真状态时，正弦波波形如下（图 10）：



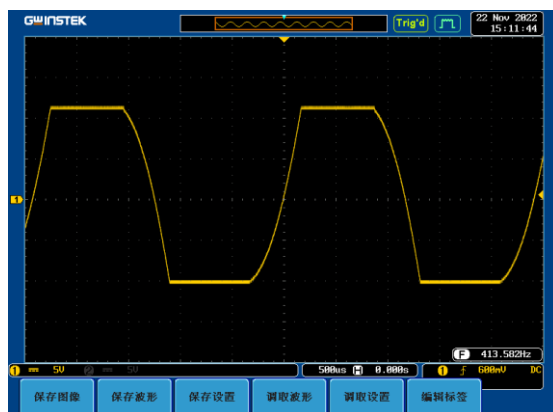
测量所得结果如下表（其中  $R_3$  由万用表电阻档测得）

表 1 最大稍失真状态波形测量表

峰峰值 Vpp/V	频率 f/Hz	$R_3/\Omega$
20.0	464.9	792.21

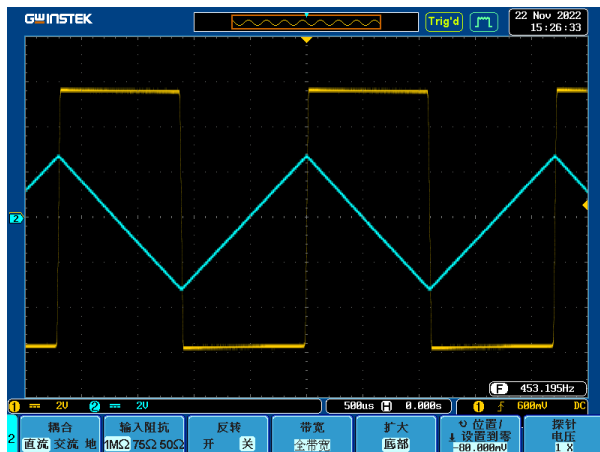
理论计算所得频率为 482.29Hz，相对误差 3.6%，实验较为成功。

3. 去掉二极管 D1、D2 后输出波形如下（图 11），可以发现无二极管时波形偏离正弦波较大，有失真，测量频率与理论值偏离也越大。



## 二、方波三角波发生器

1.观察到的波形如下（图 12）：



对波形的测量结果如下表，结果较符合理论：

表 2 方波三角波数据测量表

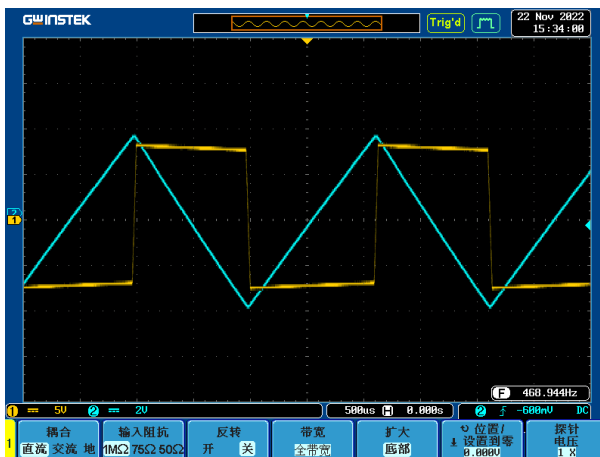
	峰峰值 Vpp/V	周期 T/ms	频率 f/Hz
方波	11.3	2.20	454.5
三角波	5.76	2.18	458.7

频率理论值 500Hz，误差约 8.26%，实验较为成功。



图 13 方波三角波光标测量结果

2.去除双向稳压管 2DW7 后记录波形如下（图 14）：



## 误差分析

1. 测量时，电路存在集成电路内部噪声及电容电阻参数热噪声，示波器显示的输出波形宽度较宽，在确定中心点使用坐标功能测量时存在误差。
2. 实验板、导线存在的电阻不容忽略。

本次实验，示波器得到的波形符合理论，实验较为成功。

## 注意事项

1. 改接电路时务必关闭电源输出开关，否则有较大概率烧坏芯片。
2. 信号发生器使用通道的输出电阻需要设置为高阻状态。
3. 741 芯片使用前先测试芯片是否故障。

## 实验思考

1. 正弦波振荡电路和负反馈放大电路产生的自激振荡有何异同？

负反馈放大电路是一种稳定工作点的放大电路，其通过负反馈作用抑制因温度上升引起的工作点偏移问题，起到放大电路的工作稳定性，同时拓宽放大电路的频率响应范围。

正弦波振荡电路是以正反馈的方式工作，通过正反馈作用产生自激振荡，但其正反馈电路原件的参数是经计算设计确定，因此其振荡的频率是在控制的允许范围内的，其输出的频率也是设计者需要的频率。无序的自激振荡频率是一种干扰信号，在电路的设计中是必须加以考虑并消除，其产生的主要原因是电路的分布参数引起。

2. 简述方波、三角波所示电路的工作原理。

见“实验原理”第二节。