



实验15 正弦波发生电路设计P327

浙江大学电工电子教学中心
傅晓程

桌号请写在**实验地点**后

例如，**地点**：东3 - 2XX A1

验收任务见后述

本次需提交实验报告



实验目的

- 1、了解用**集成运算放大器**构成简单的**正弦波**的方法。
- 2、掌握 **RC 桥式正弦波振荡器**的设计、仿真与调试方法。
- 3、理解正弦波振荡电路的起振条件、稳幅特性。
- 4、了解其它类型正弦波振荡电路。

实验任务和验收内容

设计要求如下：振荡频率 $f_o = 500 \text{ Hz}$ （800Hz）；输出电压有效值 $V_o \geq 8 \text{ V}$ ，且输出幅度可调。

实验任务：

- ① 组装所设计的RC桥式正弦波发生电路，按起振条件调整电路，使其产生稳定的振荡输出。
- ② 调整电路到最大不失真输出幅度，测量振荡频率 f_o 和输出电压幅度 $V_{o(\max)}$ ，并与设计值相比较。
- ③ 在输出不失真条件下，分别测出二极管接入与断开两种情况下的输出电压、反馈电压的幅值，从中分析正弦波发生电路的起振条件和稳幅特性。
- ④ 改变RC，测量振荡频率，分析振荡频率 f_o 与RC参数之间的关系。

验收：

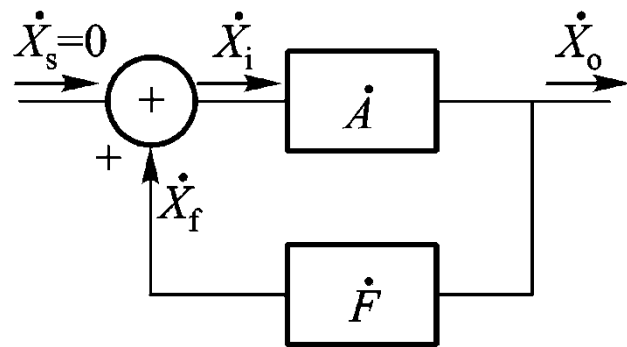
调整电路到最大不失真输出幅度，测量振荡频率 f_o 和输出电压幅度 $V_{o(\max)}$ ，并与设计值相比较。

振荡首要条件

- ✓ 线性放大电路：器件工作在线性放大区（通频带内），负反馈；
正弦波振荡电路：器件工作在线性放大区（通频带内），**正**反馈。

首要条件

- ✓ 正弦波振荡：无输入时，即能产生稳定（幅度、频率）的正弦波输出。



产生正弦波振荡的条件

✓ 稳定条件：

$$\begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| = 1 \\ \varphi_{AF} = \varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi \end{cases}$$

✓ 为能在无输入信号时也能振荡起来，应使电路的初始环路增益大于 1；利用开启电源时的噪声，使净输入信号（反馈信号）不断增大；最终产生振荡。

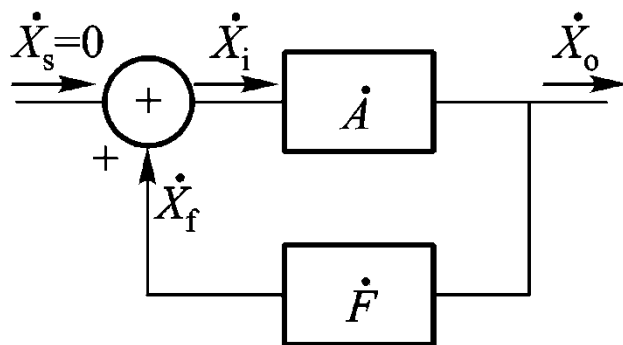
✓ 起振条件：

$$\begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| > 1 \\ \varphi_{AF} = \varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi \end{cases}$$

✓ 稳定的正弦波振荡还应该具备：

（1）选频网络：用于产生单一频率的正弦波；

（2）稳幅环节：用于产生稳定幅度（环路增益自动调整为 1）的正弦波。



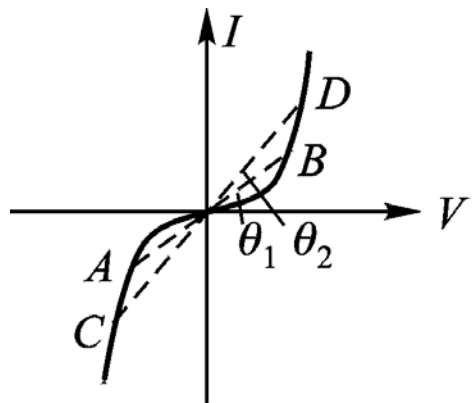
二极管稳幅方案

右下图所示用二极管实现自动稳幅的 RC 桥式正弦波振荡电路。

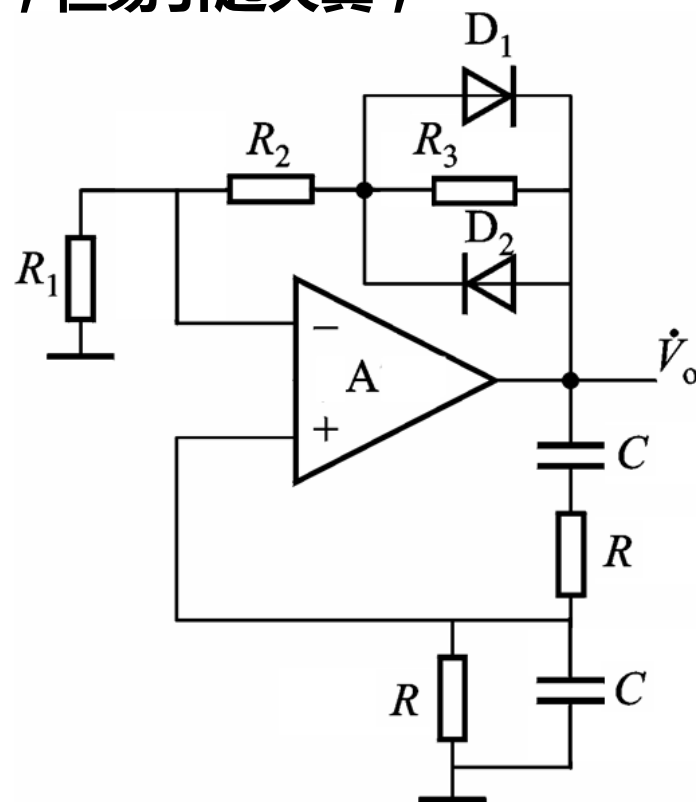
二极管的非线性：实现稳幅并有利于稳幅，但易引起失真；

R_3 ：减少失真，但不利于稳幅。

若振荡幅度增加，二极管
工作点由 AB 移至 CD ；
对应的二极管等效电阻 R_D
下降；所以，增益 ...



问题1：保持电路的振荡频率不变，要求输出正弦电压峰峰值约为 $26V_{pp}$ ，如何调整电阻值？



$$\dot{A}_v = 1 + \frac{R_3 // R_D + R_2}{R_1}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad R_f / R_1 > 2$$

桥式正弦波振荡电路的设计

- 设计一个振荡频率为 $f_0 = 1.54\text{kHz}$ 的桥式正弦波振荡电路。 $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ $R_f/R_1 > 2$

选 $R = 10\text{k}\Omega$, $C = 0.01\mu\text{F}$; $R_f = 2.1 R_1$, 这样既能保证起振 , 又不至于引起严重的波形失真。此外 , 为了减小运放输入失调电流及其温漂的影响 , 还应尽量满足 $R = R_1 // R_f$,

即 : $R = (2.1/3.1) R_1$;

$R_1 = (3.1/2.1) R \approx 15\text{k}\Omega$

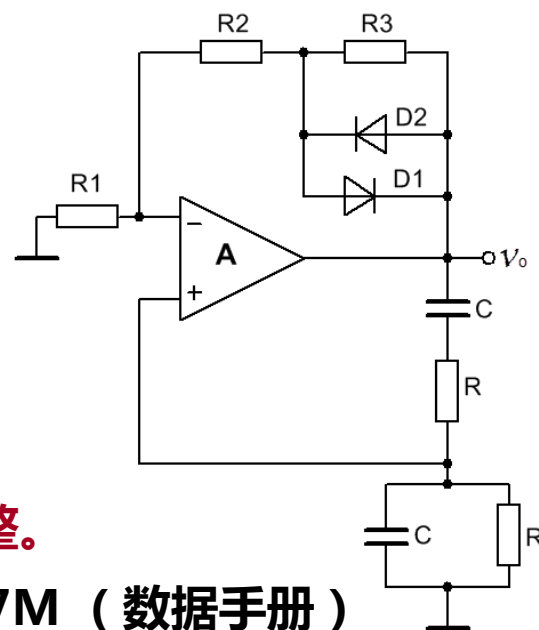
起振时 v_o 很小 , D_1 、 D_2 截止 ,

根据 $R_f = R_2 + (R_3 // R_d) = R_2 + R_3$,

取 $R_3 = 10\text{k}\Omega$,

得 $R_2 = R_f - R_3 = 21.5\text{k}\Omega \approx 22\text{k}\Omega$ 。

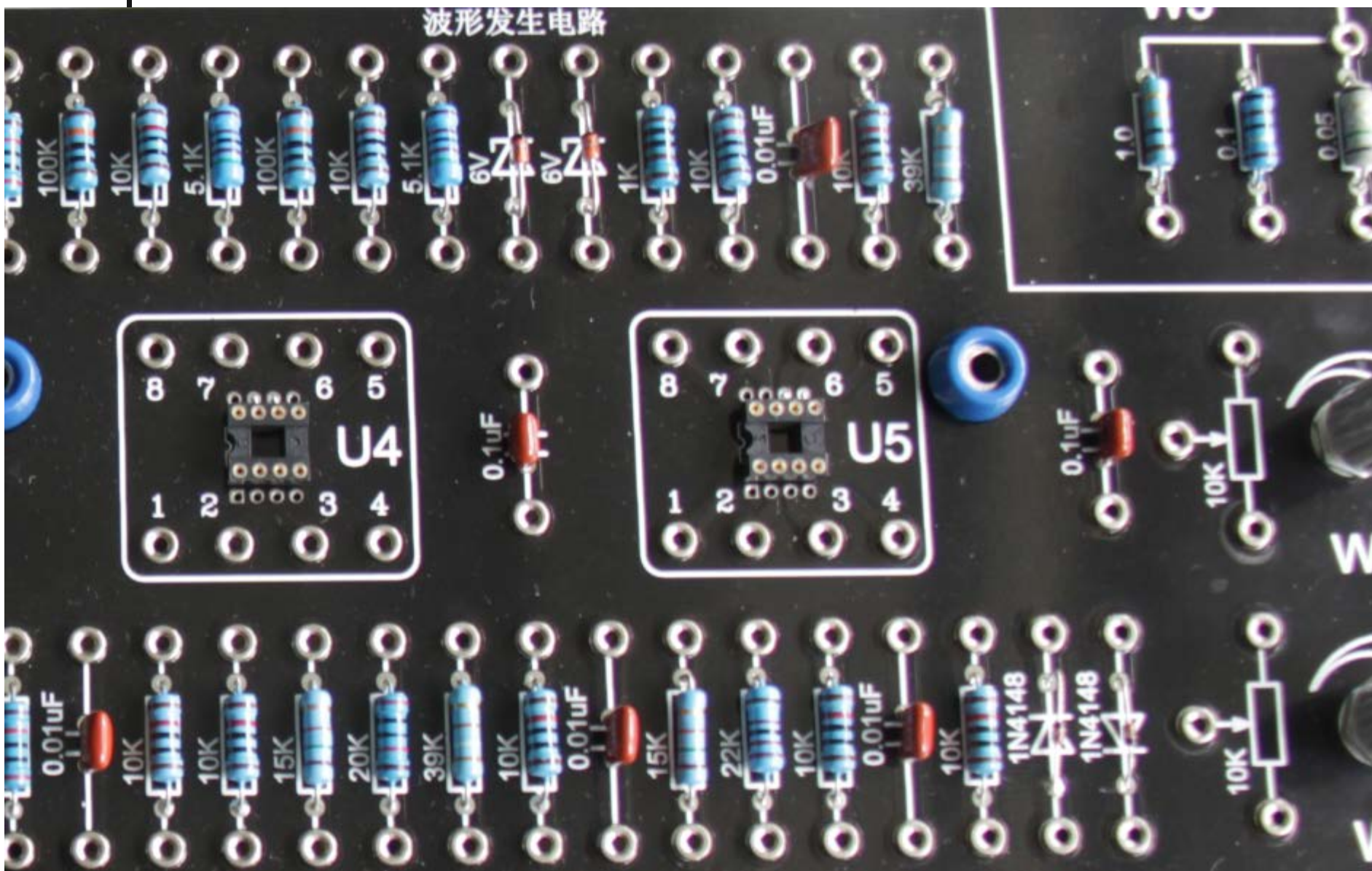
- R_3 的取值需兼顾稳幅作用和波形失真 , 可通过实验来调整。
- 运放选择 : $A \cdot f_{\text{BW}} > 3f_0$ —— LM358 单位增益带宽积 0.7M (数据手册)
- 器件选择时 , 先确定电容 , 然后再确定电阻。(当 $f_0 = 10 \sim 10\text{kHz}$ 时 , 电容约为 $1 \sim 0.001\mu\text{F}$) (电阻一般为 $\text{k} \sim \text{M}$ 数量级)



实验准备工作

- 1、在断电情况下，观察是否准确插入LM358。
- 2、用万用表测量实验箱上的+15V、-15V，或应用稳压电源调节+15V和-15V；以万用表测量示数为准。
- 3、检查万用表、示波器、函数发生器是否正常。
- 4、关闭实验箱直流电源，连接实验电路。**注意：**用导线将实验电路模板的工作电源与+15V、-15V和COM2（GND）的连接方式。

实验电路模板



参考图片

◆ RC 桥式正弦波振荡器

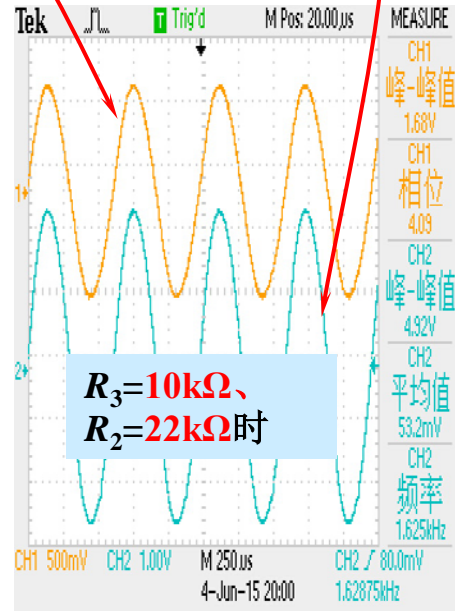
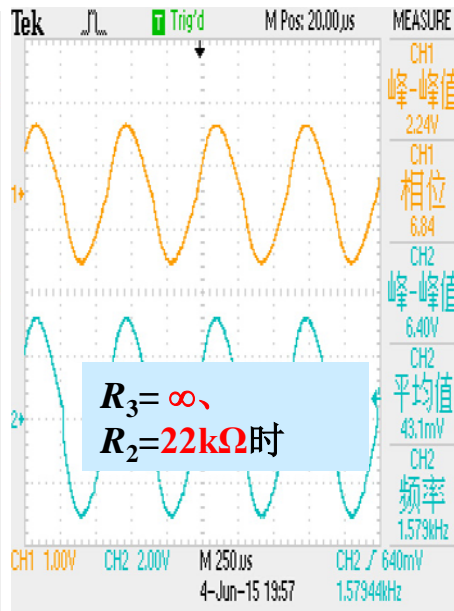
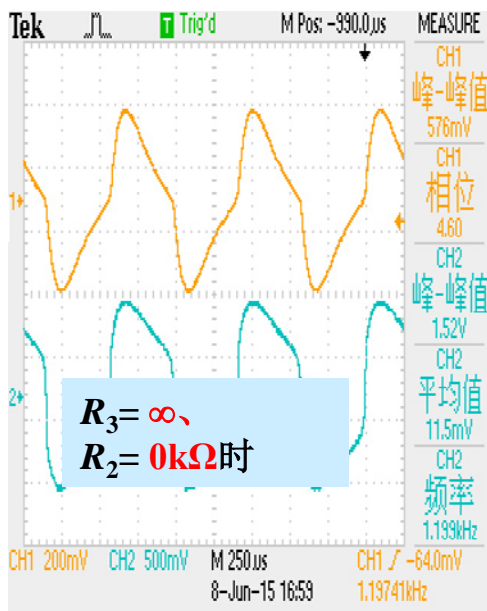
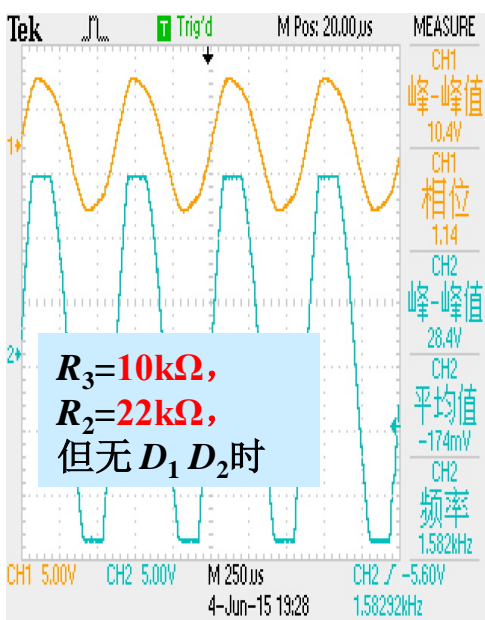
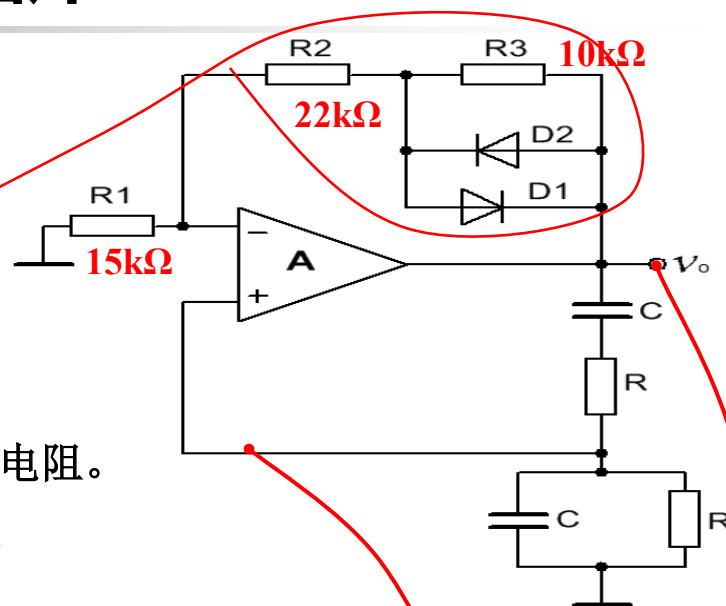
设计 RC 桥式正弦波振荡器。

电路的振荡频率为: $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

电路在起振时须满足: $R_f/R_1 > 2$

$R_f = R_2 + (R_3 // R_d)$, R_d 为二极管正向导通时的等效电阻。

当电路达到稳定振荡时, 其幅度平衡条件为: $R_f/R_1 = 2$



参考电路调试

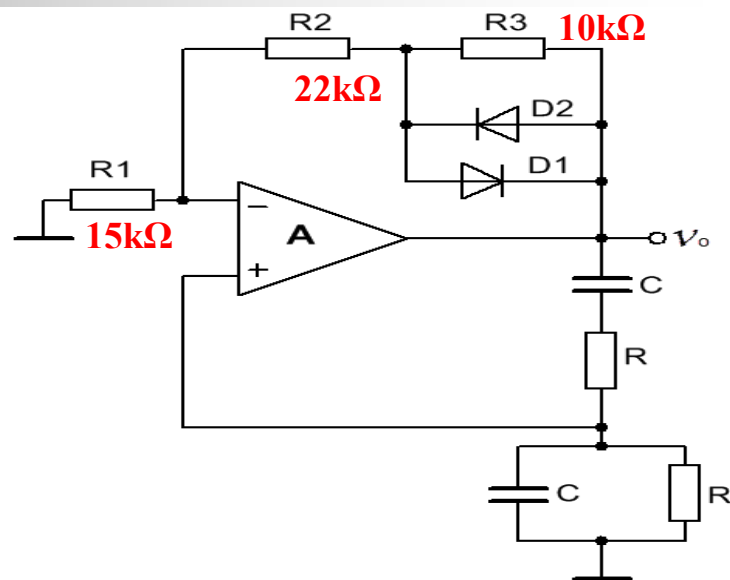
问题2：如果电路不输出正弦波，怎么办？

若电路不起振，应如何调整电路参数？

若波形有失真，应如何调整电路参数？

注意：D1和D2选取为1N4148。

选做1、 D1和D2选取为1N4007。



电路调试：

- 调整反馈电阻 R_f ，使电路起振，且波形失真最小。如不能起振，应适当增大 R_f (R_2)。如波形失真严重，则应适当减小 R_f (R_2)。
- R_3 的取值需兼顾稳幅作用和波形失真，可通过实验来调整。
- 改变选频网络的 R 或 C ，即可调节振荡频率。一般采用改变 C 作频率量程的切换，改变 R 作频率量程内的细调。
- 若要改变正弦波输出幅度，可将 R_1 或 R_2 用 **电位器** 替换，调节电位器阻值可改变输出正弦波的幅度，频率保持不变。

F

C

选做2、采用稳压管稳幅方案

◆ RC 桥式正弦波振荡器

设计 RC 桥式正弦波振荡器。

电路的振荡频率为: $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

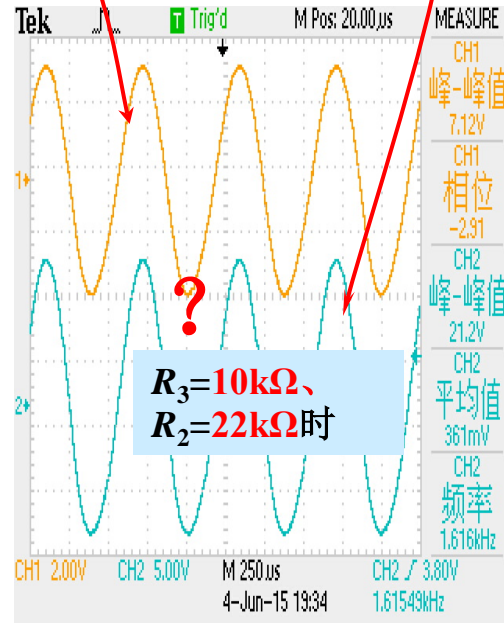
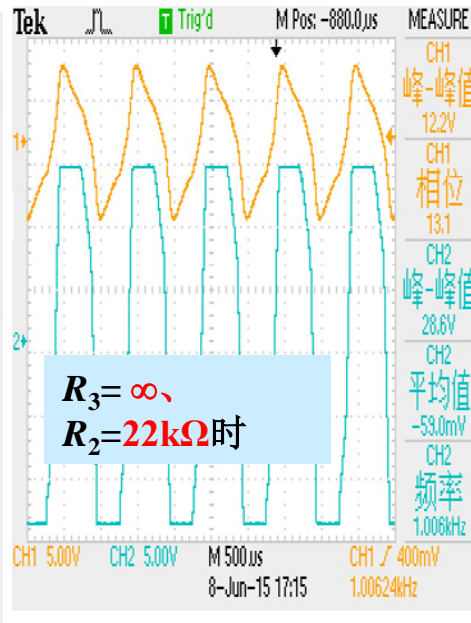
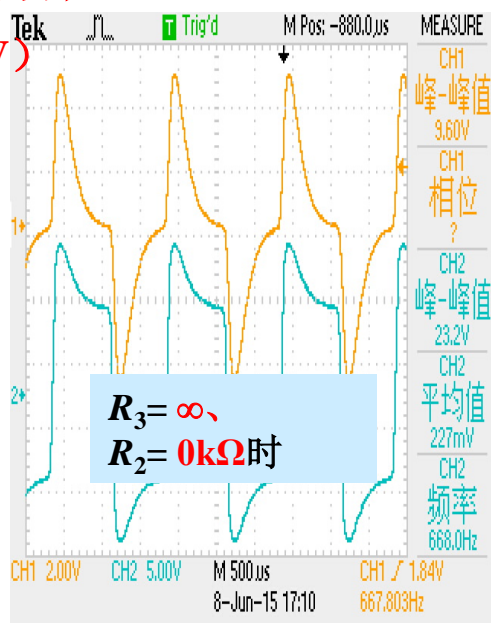
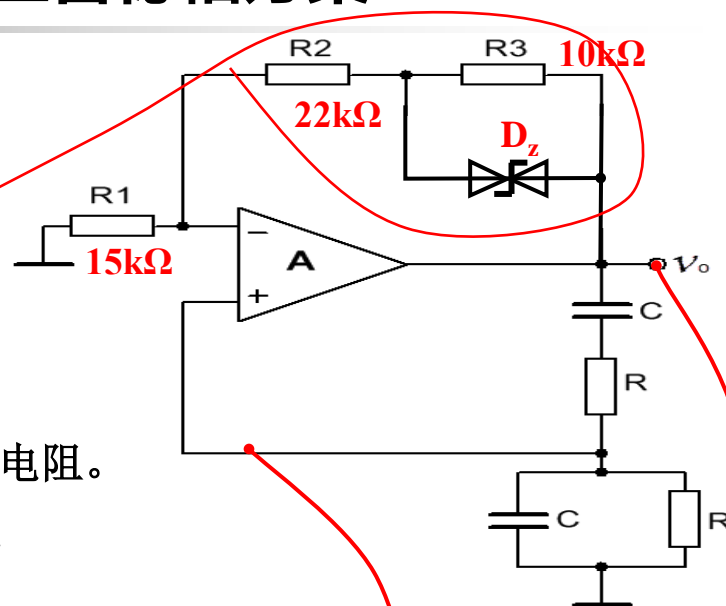
电路在起振时须满足: $R_f/R_1 > 2$

$R_f = R_2 + (R_3 // R_d)$, R_d 为二极管正向导通时的等效电阻。

当电路达到稳定振荡时, 其幅度平衡条件为: $R_f/R_1 = 2$

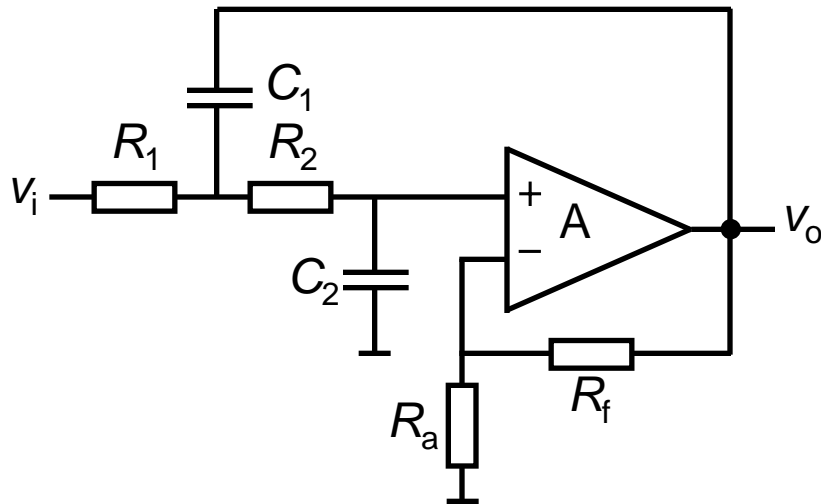
采用 稳压管稳幅方案。

D_z : $\pm (6.2V + 0.7V)$



选做3、有源滤波器-回顾

- 正弦波振荡电路，要求有正反馈
- 之前做过的实验中，有正反馈的是 ... ?
- 低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器都可以构成正弦波振荡吗？



$$\dot{A}_v = \frac{A_0}{[1 - (\frac{f}{f_c})^2] + j(3 - A_0)\frac{f}{f_c}}$$

调整电路参数，此电路会有很强的正反馈效果（产生自激）

F

C

思考题

问题1：保持电路的振荡频率不变，要求输出正弦电压峰峰值约为 $26V_{pp}$ ，如何调整电阻值？

问题2：如果电路不输出正弦波，怎么办？若电路不起振，应如何调整电路参数？若波形有失真，应如何调整电路参数？

实验教程：思考与讨论

P330

- ① 在图9.12电路中，若二极管 D_1 和 D_2 开路，则输出波形会有何变化？
- ② 在图9.12电路中，若二极管 D_1 和 D_2 短路，则输出波形会有何变化？
- ③ 在图9.12电路中，若 R_3 开路，则输出波形会有何变化？



课后作业

本次需提交实验报告，要求请参看实验教材的要求和课件要求，及请回答教材和课件中思考问题。

选做：请仿真本次实验任务，且请把整个文件夹提交至FTP。**注意：**仿真时间要适当的长些。

- 1、请提交做好的整个EDA文件夹的内容；请配上word文档说明。
- 2、提交时需压缩文件，压缩文件名的命名“座号_姓名.rar”。
- 3、提交的位置和截止时间：
“选做14 正弦波发生电路_下次上课前提交”

(针对16周开始) 下次选做 “15 有源滤波器之二”

- 1、FilterPro软件地址。(软件使用操作下，学生机上应该已安装)
/-1-Student/1-课件&资料下载/傅晓程老师/电路与电子技术实验II/FilterProDTSetup.exe
- 2、参看理论检查有源滤波器相关章节。
- 3、参看 “运算放大器应用技术手册中文版.pdf” 有关内容
/-1-Student/1-课件&资料下载/傅晓程老师/电路与电子技术实验II/00电子书/
- 4、参看《电路实验教程(第3版)》 “简易波形分解与合成仪设计P343”



下次实验

- 1、闭卷；随堂练习时间下午1:15~3:15
- 2、内容填空、简答题、设计操作题（涵括这个学期所以实验内容）
- 3、请提前进入实验，检查：
 - （1）所需导线是否连通；
 - （2）仪器是否正常；
 - （3）其他？
- 4、请带计算器
- 5、**请音频功率放大电路线路板带过来，将根据实验试卷要求调试相关技术指标。**

备注：元件参数及管脚图会告知；仪器技术指标会告知。