



电子线路设计、测试与实验

Nov, 2024

正弦波产生、精密全波整流

杨明
华中科技大学电信学院
myang@hust.edu.cn



▶ 教材实验九、正弦波产生

• 目的

- 了解集成运放在振荡电路中的应用；
- 掌握集成运放构成RC桥式振荡电路；
- 掌握RC桥式振荡电路的工作原理；
- 研究负反馈强弱对振荡波形的影响。

▶ 教材实验十一、精密全波整流

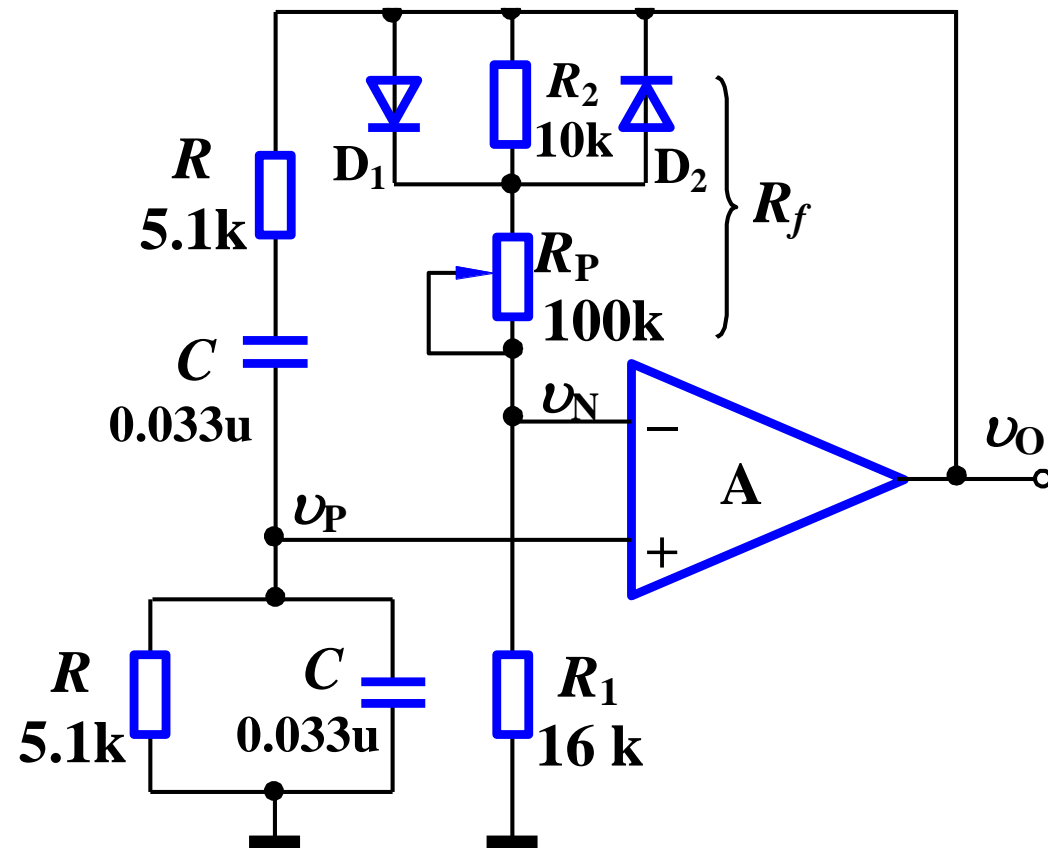
• 目的

- 进一步熟练掌握集成运算放大器的使用；
- 掌握用集成运放构成精密全波整流电路；
- 掌握精密全波整流电路的工作原理。

► 原理图

• RC文氏电桥正弦波振荡电路(115页)

- RC串并联网络构成正反馈，以产生正弦自激振荡；
- 其余为同相放大器；
- R_1 、 R_2 、 R_P 构成负反馈，调 R_P 可改变负反馈系数，从而调节放大器增益，使其满足振荡的幅值条件；
- D_1 、 D_2 的作用是有利于正弦波的起振和稳定输出幅度，改善输出波形。



原理图

• RC文氏电桥正弦波振荡电路(115页)

- 当输出电压 V_o 的值很小时， D_1 、 D_2 开路，等效电阻 R_f 较大

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_p} = \frac{R_1 + R_f}{R_1}$$

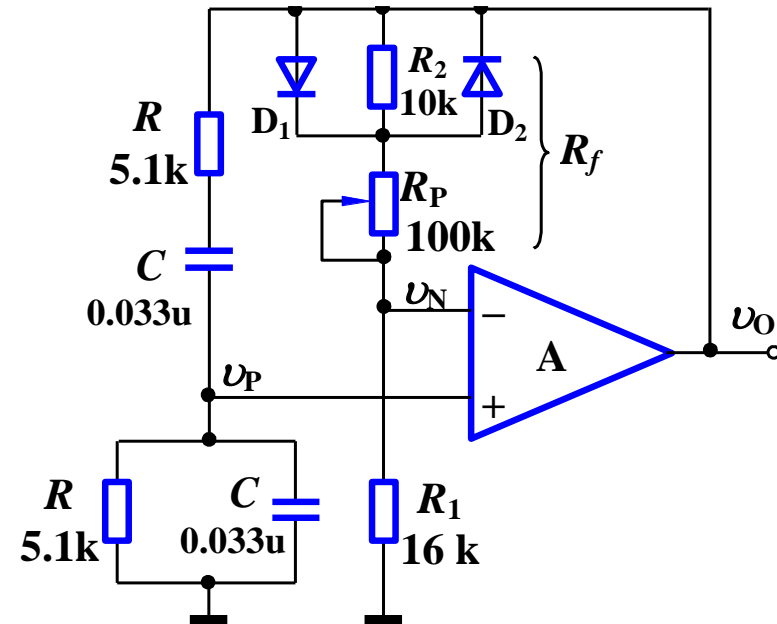
- 较大，有利于起振；而当输出电压 V_o 的幅值较大时，二极管 D_1 、 D_2 导通， R_f 减小，随之下降 A_{vf} ， V_o 的幅值趋于稳定。

- RC串并联选频网络中，设并联阻抗为 Z_1 ，串联阻抗为 Z_2 ，振荡角频率

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}, \quad Z_1 = \frac{R}{1 + j\omega RC}, \quad Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

- 正反馈系数为

$$F_v = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{3 + j(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$$



► 原理图

• RC文氏电桥正弦波振荡电路(115页)

- 当 $\omega = \omega_0$ 时, 反馈系数的幅值为最大, 即

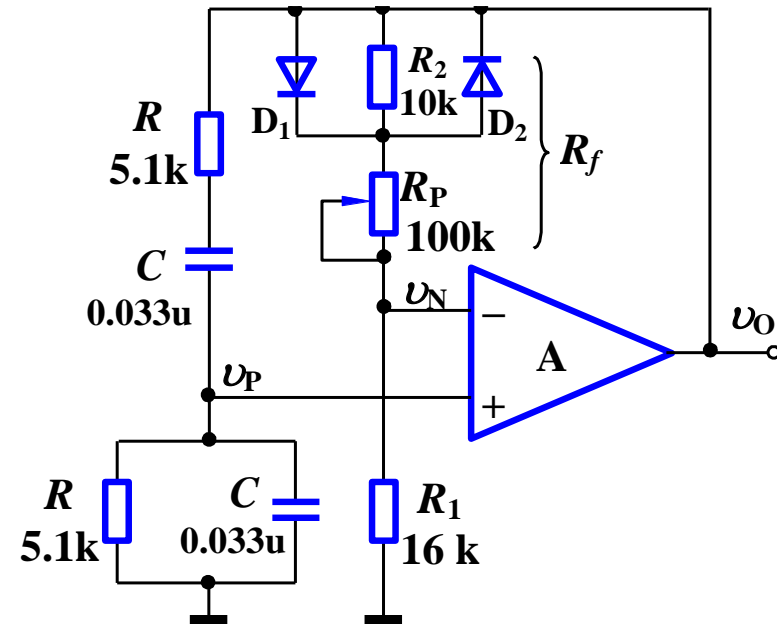
$$F_v = \frac{1}{3}$$

- 而相角 $\angle F_v = 0^\circ$, 此时, 经RC串并联网络反馈到运算放大器同相输入端的电压 V_P 与输出电压 V_O 同相, 满足自激振荡的相位条件。如果此时 $A_{vf} > 3$, 则满足 $A_{vf} > 3$ 的起振条件。

- 电路起振后, 经反馈, 输出电压幅度越来越大, 最后受电路中器件的非线性限制, 振荡幅度自动稳定下来, 放大电路的增益由 $A_{vf} > 3$ 过渡到 $A_{vf} = 3$, 达到幅值平衡状态。

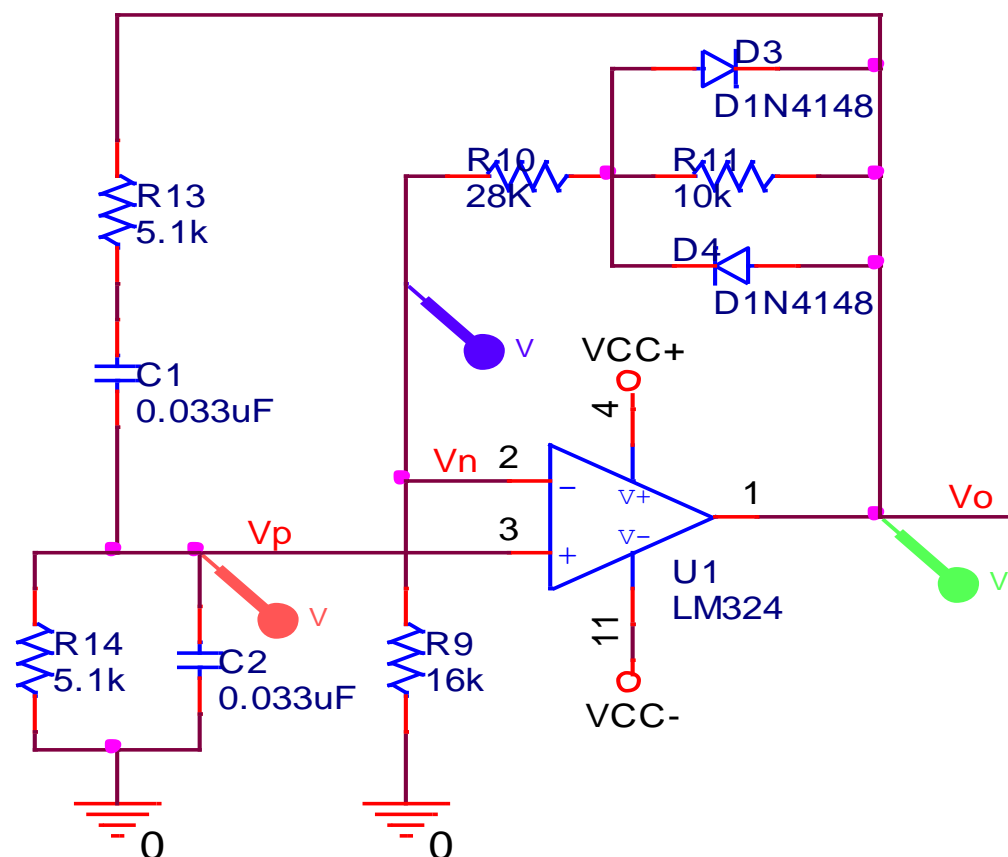
- 设振荡频率 $A_{vf} > 3$ $A_{vf} = 3$ 则由 $f_0 = 945\text{Hz}$, $C = 0.033\mu\text{F}$ 可算得 $\omega_0 = \frac{1}{RC}$

$$R = 5.1\text{K}\Omega$$



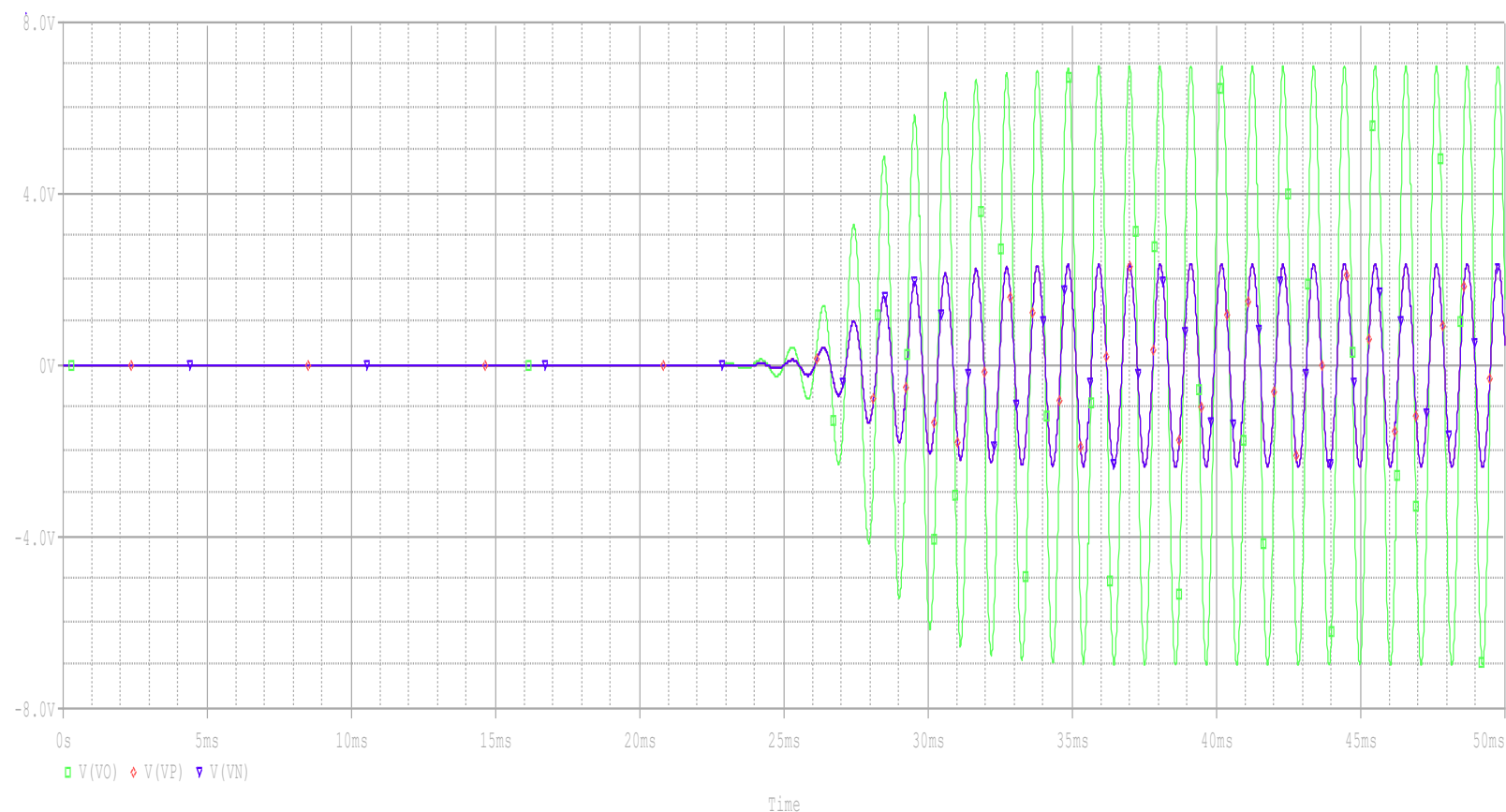
► 原理图

- RC文氏电桥正弦波振荡电路(115页)
 - Pspice仿真



► 原理图

- RC文氏电桥正弦波振荡电路(115页)
 - Pspice仿真



► 实验内容

- 调节Rp，使Vo最大不失真，记录Rp及Vo波形，并完成下列内容。

f_O Hz	V_N p-p	V_P p-p	V_O p-p	$F_- = \frac{V_N}{V_O}$	$F_+ = \frac{V_P}{V_O}$	$A_{vf} = \frac{V_O}{V_P}$

- 观察负反馈强弱对输出波形的影响：
 - 调节RP最大和最小，分别记录两种情况下VO

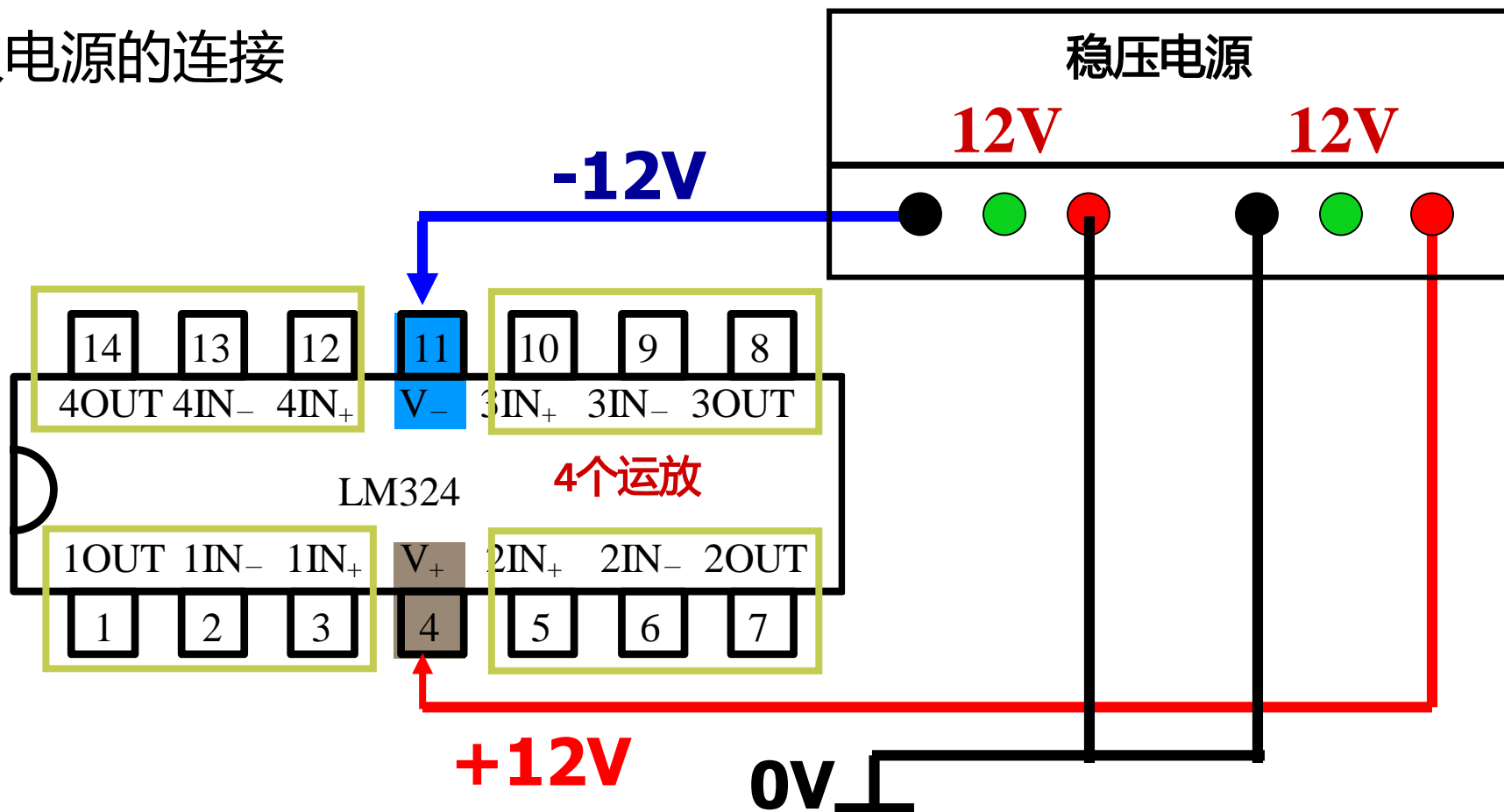
► 注意事项：

- 电源电压为±12V，务必仔细无误接入；
- 用万用表实测电阻；



► 注意事项

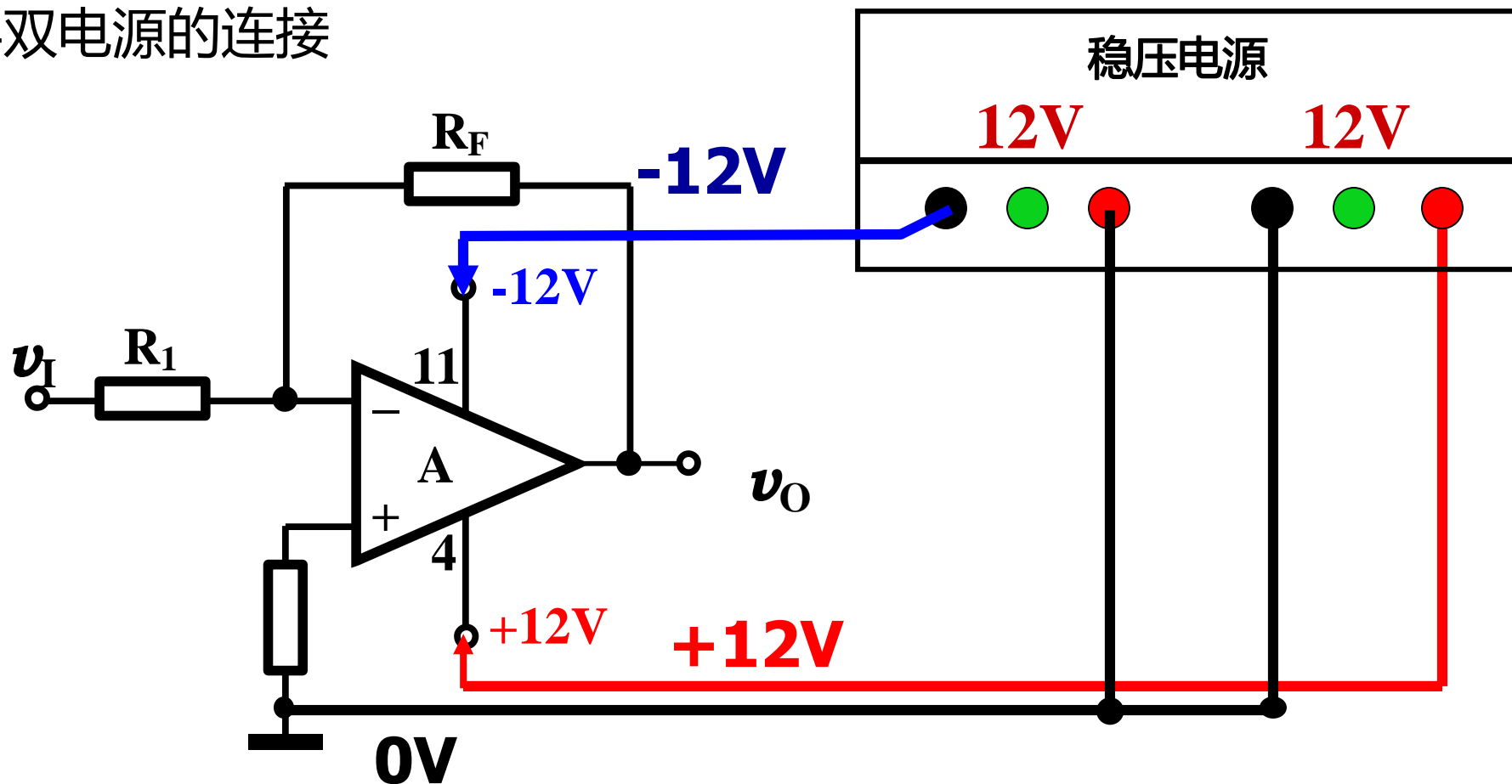
- LM324双电源的连接



注意：正、负电源的千万别接反！

► 注意事项

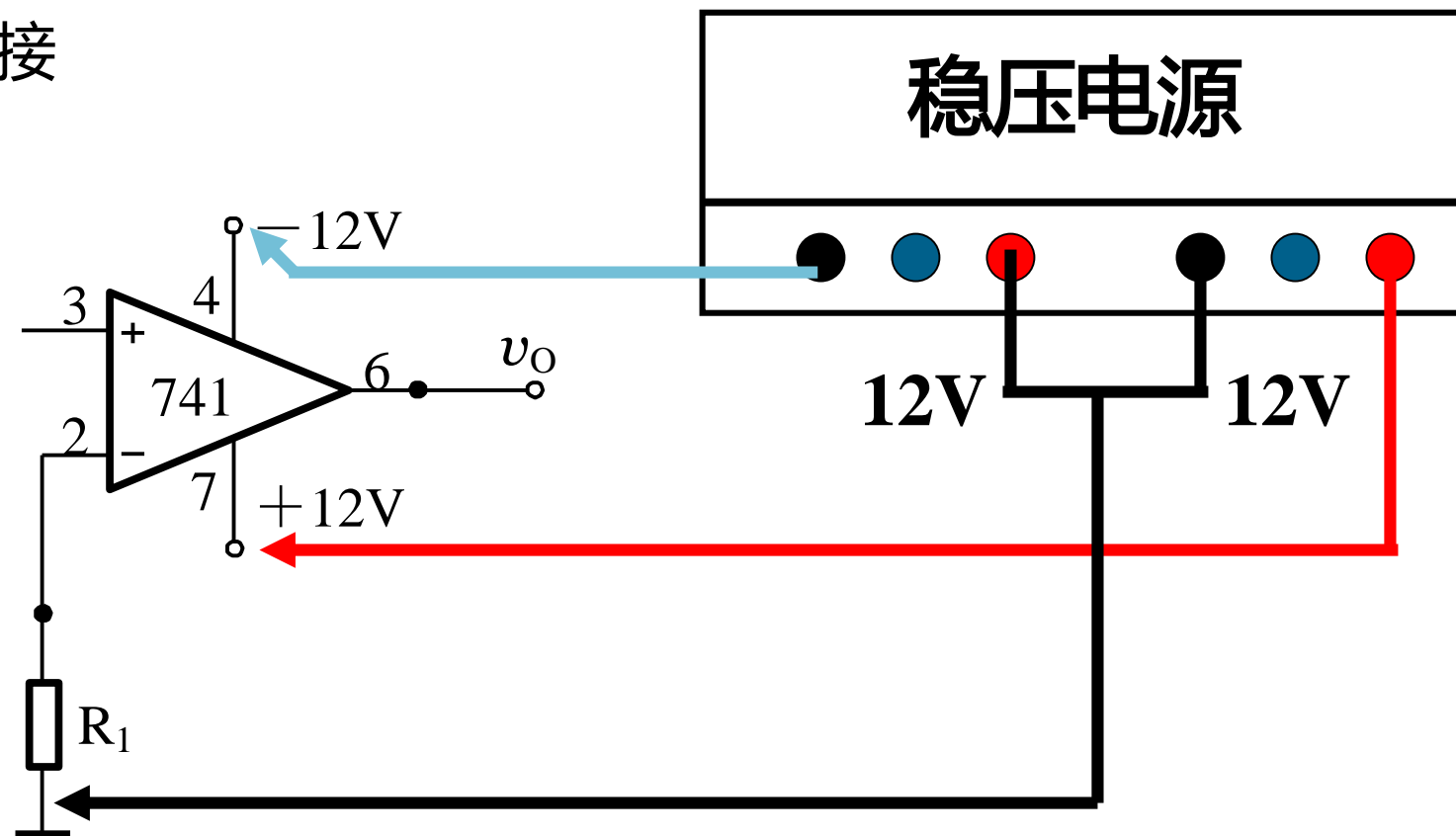
- LM324双电源的连接



注意：正、负电源的千万别接反！

► 注意事项

- uA741双电源连接



注意：正、负电源的千万别接反！

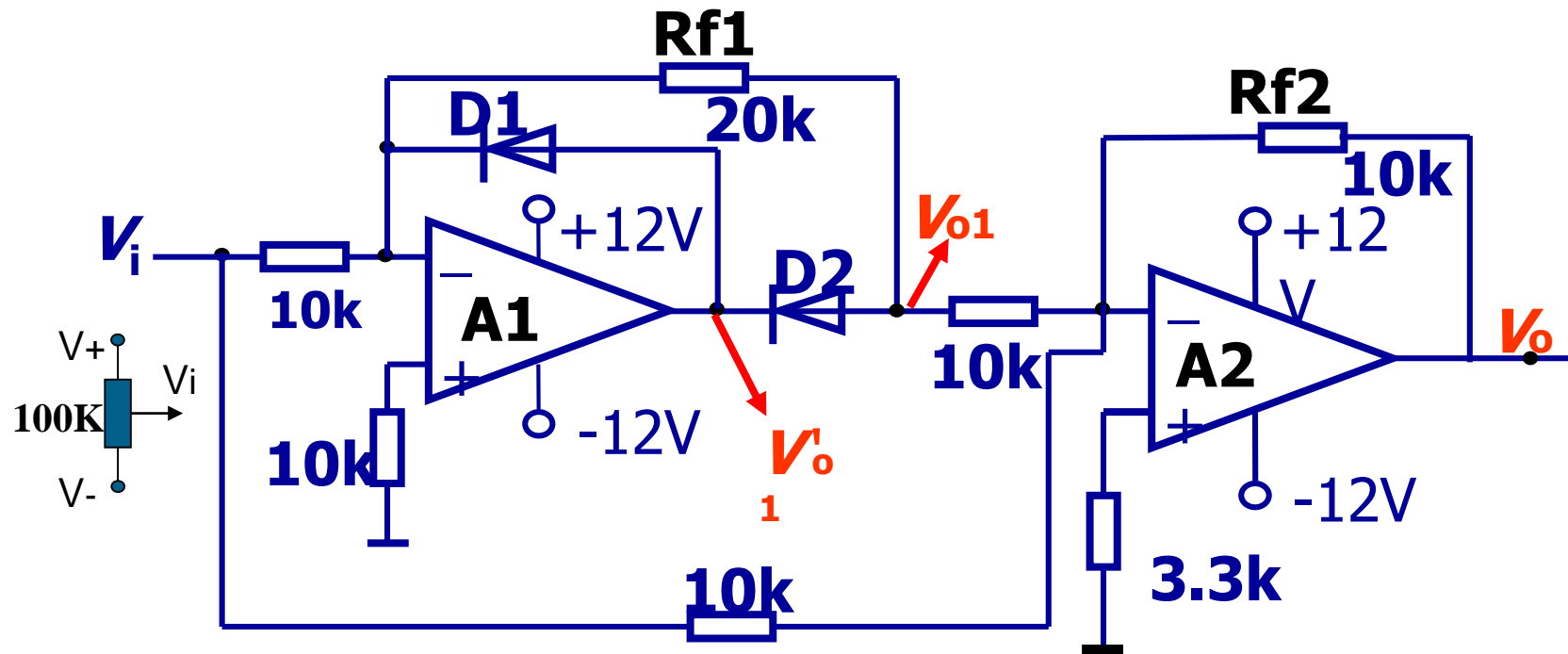
► 实验报告要求

- 在绘制的电路图上标明实际操作时所用芯片和管脚号。
- 整理表格数据和两种 V_o 波形;
- 分析 f_o 实验结果与理论值差别的原因;
- 实验思考题 1 , 2 , 3 ;
- 实验过程中遇到的故障现象及其解决办法。



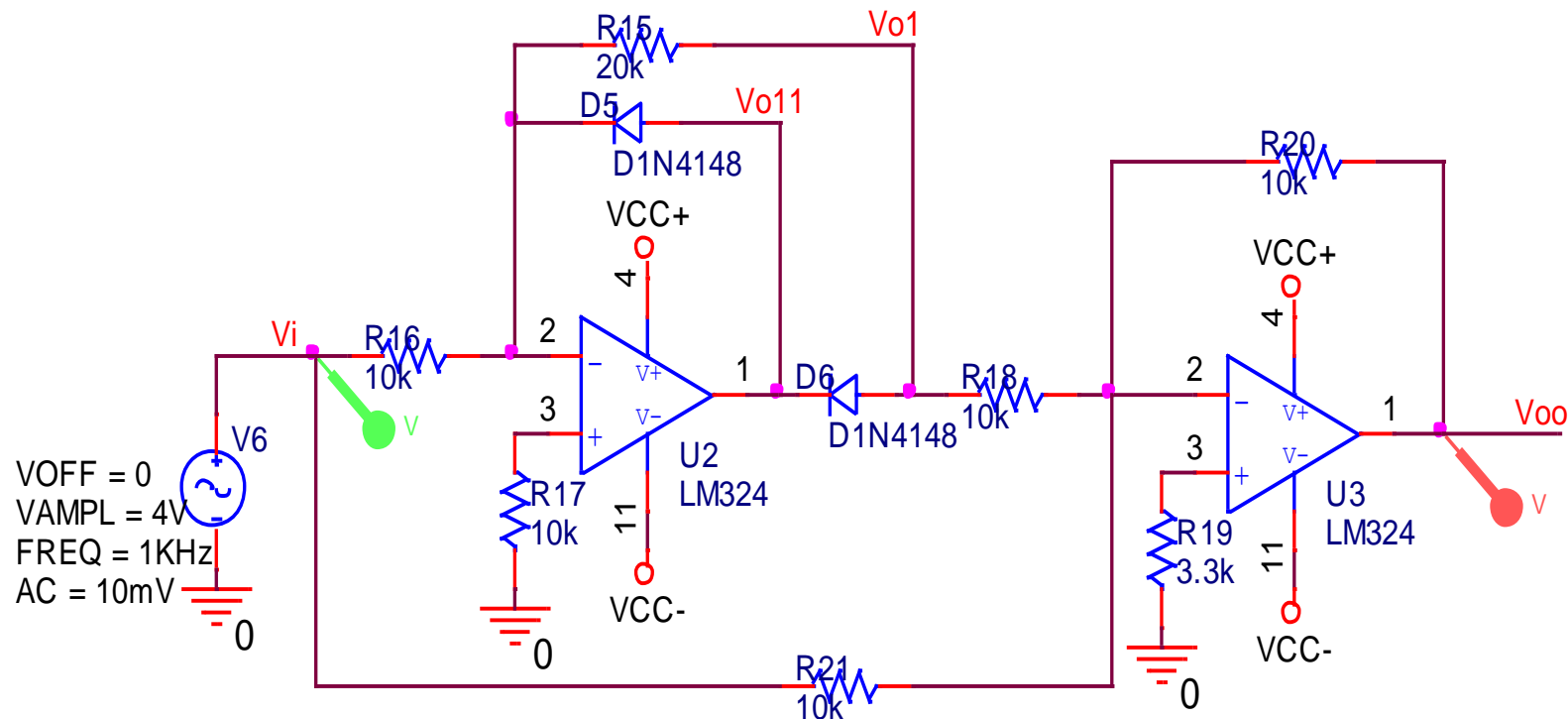
► 原理图

- A1半波整流
 - $V_i > 0$, $V_a < 0$, D1截止 , D2导通 , $V_{o1} = -2V_i$; $V_o = V_i$
 - $V_i < 0$, $V_a > 0$, D1导通 , D2截止 , $V_{o1} = 0$; $V_o = -V_i$
- A2反相加法 : $V_o = -(V_i + V_{o1})$



► 原理图

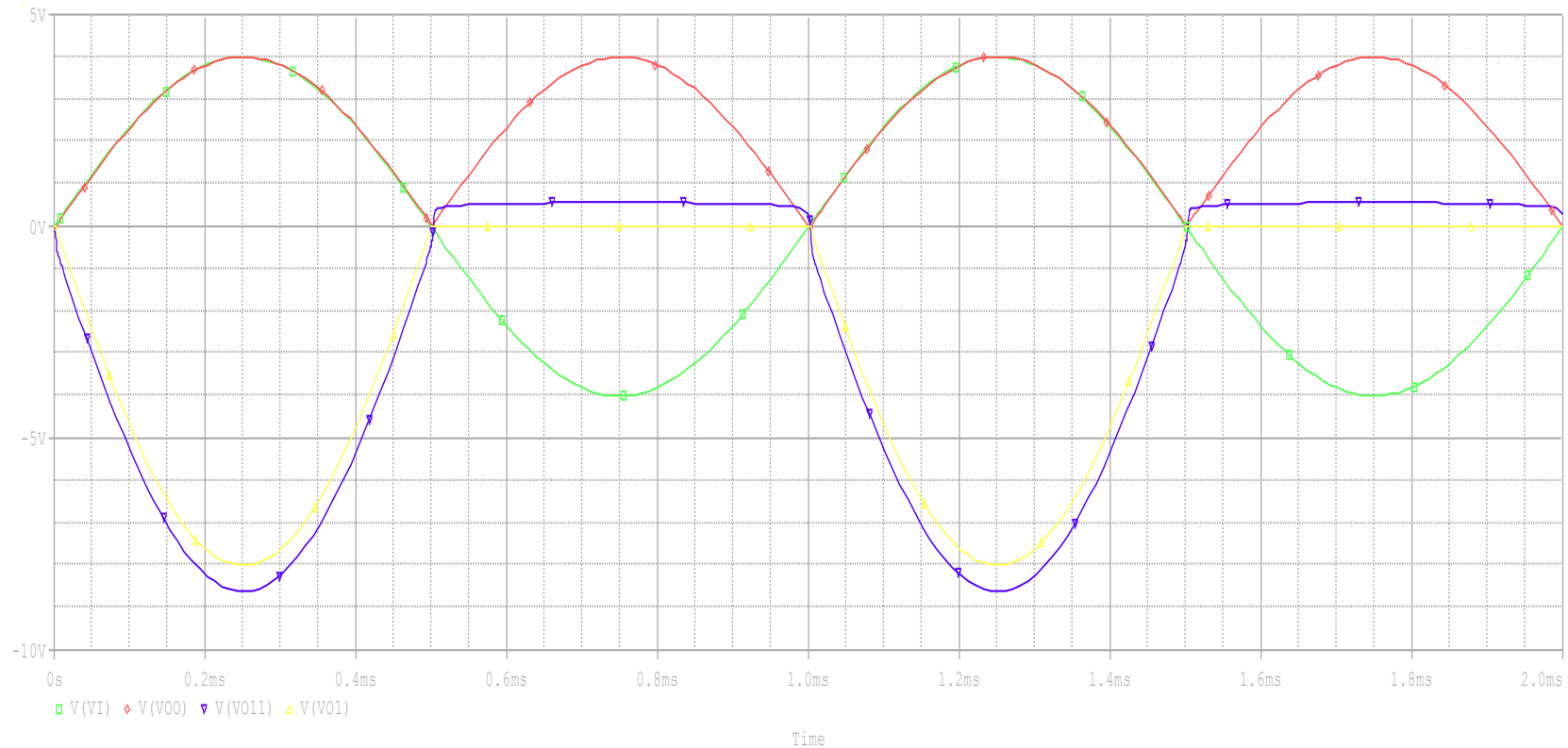
- A1半波整流
 - $V_i > 0$, $V_a < 0$, D1截止 , D2导通 , $V_{o1} = -2V_i$; $V_o = V_i$
 - $V_i < 0$, $V_a > 0$, D1导通 , D2截止 , $V_{o1} = 0$; $V_o = -V_i$
- A2反相加法 : $V_o = -(V_i + V_{o1})$



► 原理图

• Pspice仿真

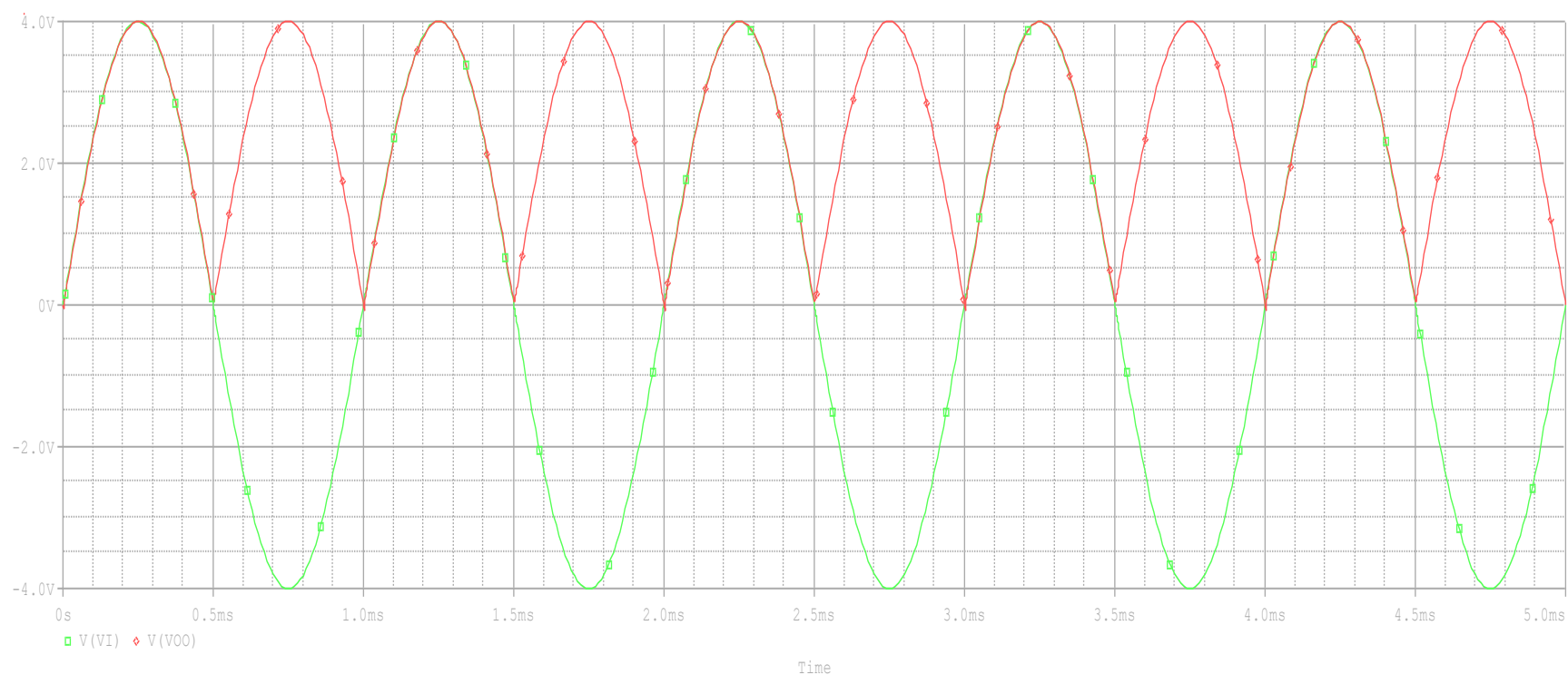
- $V_i > 0$ (green) , $V_{o1} = -2V_i$ (yellow) ; $V_o = V_i$ (red)
- $V_i < 0$ (green) , $V_{o1} = 0$ (yellow) ; $V_o = -V_i$ (red)



► 原理图

• Pspice仿真

- $V_i > 0$ (green) , $V_o = V_i$ (red)
- $V_i < 0$ (green) , $V_o = -V_i$ (red)

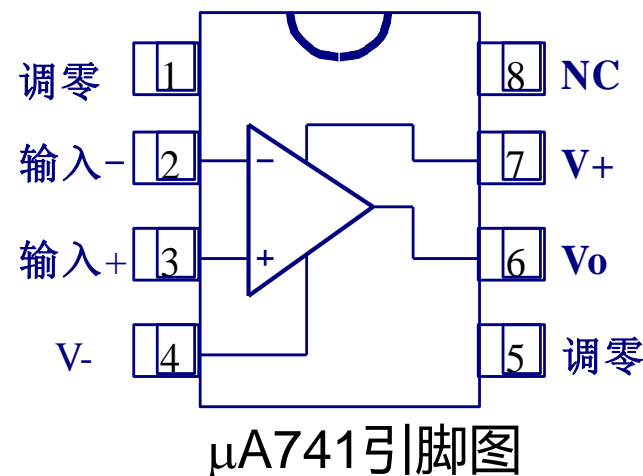
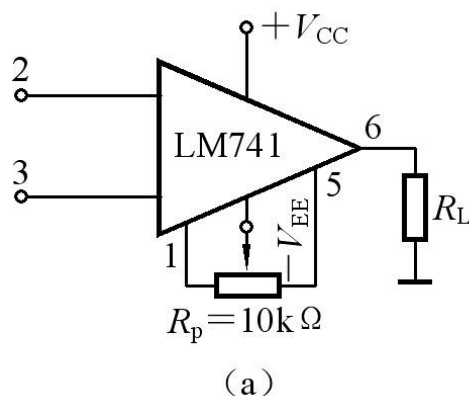


► 实验内容

- 电路调零。将输入端接地(使 $V_i = 0$)，缓慢调节运放调零端的外接电位器，使输出电压为零；
- 输入正弦电压 $v_i = 6V$ （峰峰值）、 $f = 1kHz$ ，用示波器观察并记录 v_i 、 v_{o1} 、 v_o 的波形，标明其峰谷幅值（观察信号时示波器通道**务必用直流耦合方式**！）。
- 用**示波器X-Y方式**，观察**电压传输特性曲线**。
- 输入端加正负直流电压，用万用表测量三点电压，完成表4.11.1——**电路功能正确才做此步**

► 注：

- 调零电路



► 注意事项

- 电源电压为 $\pm 12V$ ，务必仔细无误；
- 用万用表实测电阻，选取整流匹配电阻；
- X-Y方式操作和坐标原点的调节。

► 注意事项

• 示波器X-Y方式

▪ 操作要点：

- (1) 首先：观察CH1、CH2波形是否正确
 - (耦合 = 直流, 2V或5V divs)
 - (2) 然后：按示波器命令按键 “display”，边菜单中选 “格式”：YT → XY
 - (X-CH1; Y-CH2; T-Time)
 - (3) 确定XY坐标系
 - (4) 记录重要的点以作图
- 利用CH1和CH2的垂直控制Position旋钮可改变XY坐标系位置。
 - 只要按屏幕下方显示的读数值来调原点位置，比如调到0,0(div)即显示区中心，以此定坐标系。
 - 或者CH1和CH2交替接地，以轴线来调整和定坐标系。

► 实验报告要求

- 在绘制的电路图上标明实际操作时所用芯片和管脚号。
- 表4.11.1 - 正负各测4组数据即可。
- 画出电压传输特性图及 v_i 、 v_{o1} 、 v_o 的波形；
 - 如果输出两种波峰相差明显，要记录两个值。
- 分析实验结果与理论值差别的原因；
- 思考题1；
- 实验过程中遇到的故障现象及其解决办法；

► 教材实验九、正弦波产生

• 目的

- 了解集成运放在振荡电路中的应用；
- 掌握集成运放构成RC桥式振荡电路；
- 掌握RC桥式振荡电路的工作原理；
- 研究负反馈强弱对振荡波形的影响。

► 教材实验十一、精密全波整流

• 目的

- 进一步熟练掌握集成运算放大器的使用；
- 掌握用集成运放构成精密全波整流电路；
- 掌握精密全波整流电路的工作原理。

► 正弦波产生

- 在绘制的电路图上标明实际操作时所用芯片和管脚号。
- 整理表格数据和两种 V_o 波形;
- 分析 f_o 实验结果与理论值差别的原因;
- 实验思考题 1, 2, 3;
- 实验过程中遇到的故障现象及其解决办法。

► 精密全波整流

- 在绘制的电路图上标明实际操作时所用芯片和管脚号。
- 表4.11.1 - 正负各测4组数据即可。
- 画出电压传输特性图及 v_i 、 v_{o1} 、 v_o 的波形;
 - 如果输出两种波峰相差明显, 要记录两个值。
- 分析实验结果与理论值差别的原因;
- 思考题1;
- 实验过程中遇到的故障现象及其解决办法;

► 音乐彩灯控制电路及音响放大器

- 内容
 - 多模块音乐彩灯控制电路及音响放大器设计
- 阅读教材
- 完成预习报告（有预习报告才能实验、验收）、插板
 - 完成实验电路（见实验内容）设计
 - 原理、电路、参数、器件型号等
 - 确定实验方案
 - 电源、信号及输入方式、测试仪器及测试方法



Thanks

