



厦门大学
XIAMEN UNIVERSITY

电力电子技术A实验

实验课程主讲：李 杰

实验课程辅导：朱晋英、严新金



实验九 集成运算放大器组成的RC文氏电桥振荡器

实验目的

一、自激振荡原理

二、实验内容

实验目的:

1. 掌握产生自激振荡的振幅平衡条件和相位平衡条件。
2. 了解文氏电桥振荡器的工作原理及起振条件和稳幅原理。



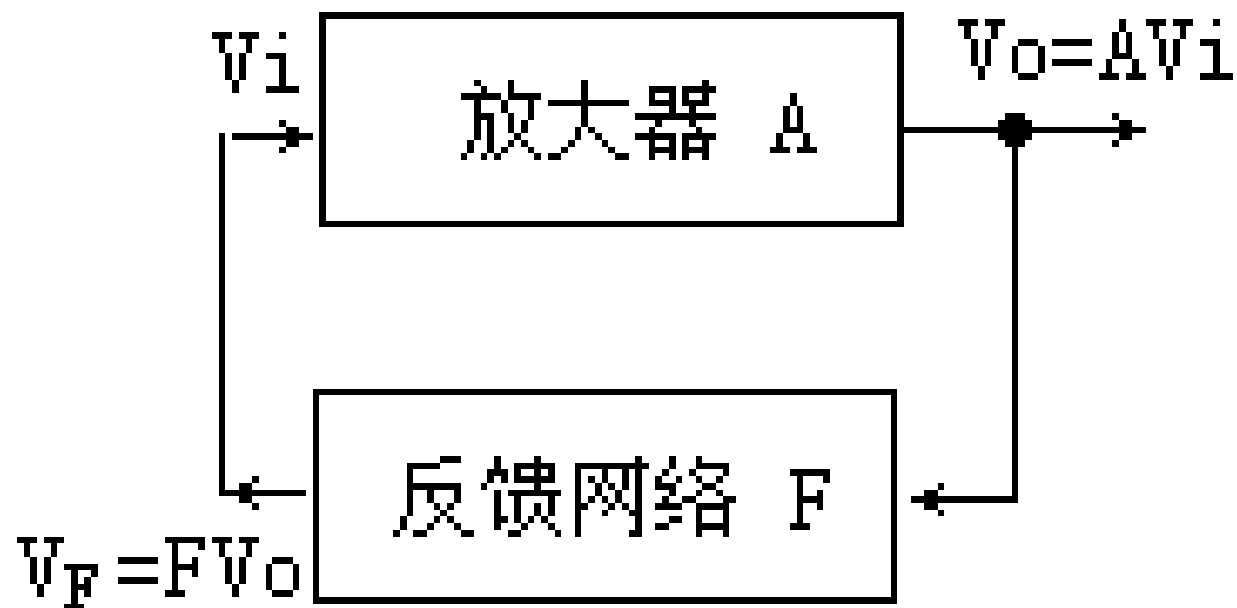
一、自激振荡原理

- 放大电路在**无输入信号**的情况下，就能输出一定频率和幅值的交流信号的现象，实际上是反馈信号代替了放大电路的输入信号。
- 集成运算放大器是一种高增益放大器，只要外加合适的反馈网络，就可方便地实现正弦波，方波，三角波等信号的产生。
- 由于受集成运放带宽的限制，集成运放比较适合产生**低频和超低频**信号。



一、自激振荡原理

1. 产生自激振荡的条件



没有输入信号、带选频网络的正反馈放大电路



一、自激振荡原理

1. 产生自激振荡的条件

➤ 相位平衡条件

反馈信号与输入信号应同相位，其相位差应为： $\varphi = \varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$
($n=0, 1, 2, \dots$) 即电路是正反馈

➤ 振幅平衡条件

反馈信号的振幅应该等于输入信号的幅度，即： $V_F = V_i$ 或 $|AF| = 1$

一、自激振荡原理

2. RC串-并联网络的选频特性

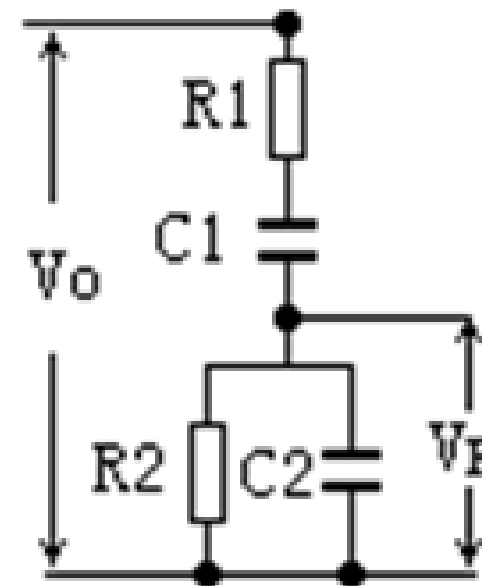
➤电压传输系数

$$F_{(+)} = \frac{V_{F(+)}}{V_o} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}} = \frac{1}{(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}) + j(\omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2})}$$

➤当 $R_1=R_2=R$, $C_1=C_2=C$ 时, 则

$$F_{(+)} = \frac{1}{3 + j(\omega RC - \frac{1}{\omega RC})}$$

➤若令上式虚部为零, 即得到谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ $\omega_0 = \frac{1}{RC}$

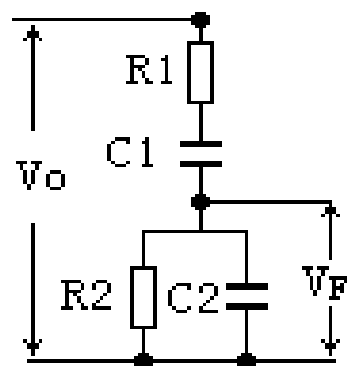




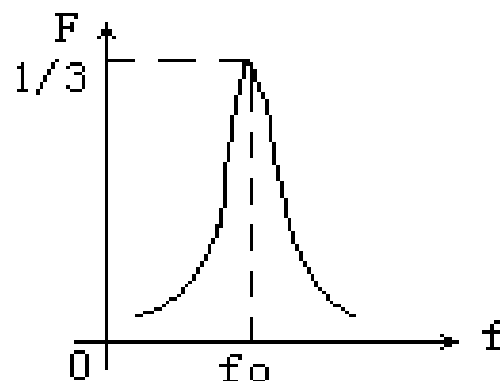
一、波形发生原理

2. RC串-并联网络的选频特性

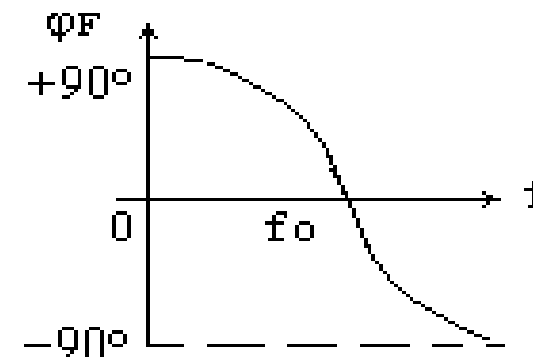
电路图



幅频响应



相频响应



当 $f = f_o$ 时:

幅频响应的幅值最大, $F_{vmax} = 1/3$

相频响应的相角为零, $\phi_f = 0$

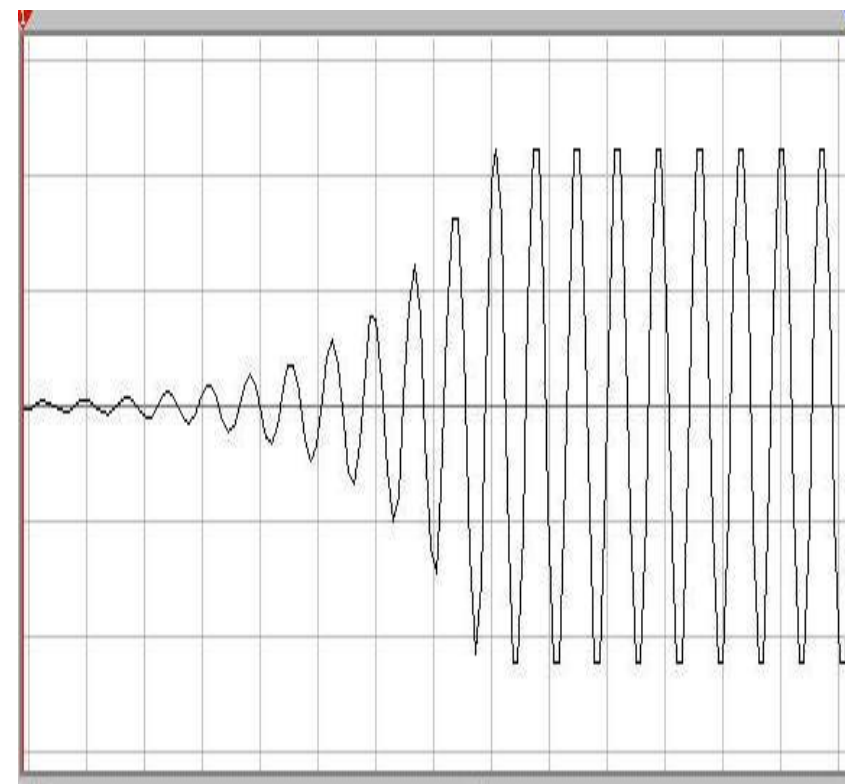
$V_A = V_o * F$ $V_{Amax} = V_o / 3$

一、波形发生原理

2. RC串-并联网络的选频特性

振荡的建立及稳定

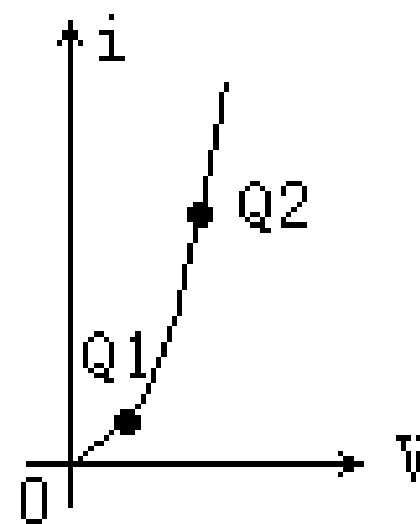
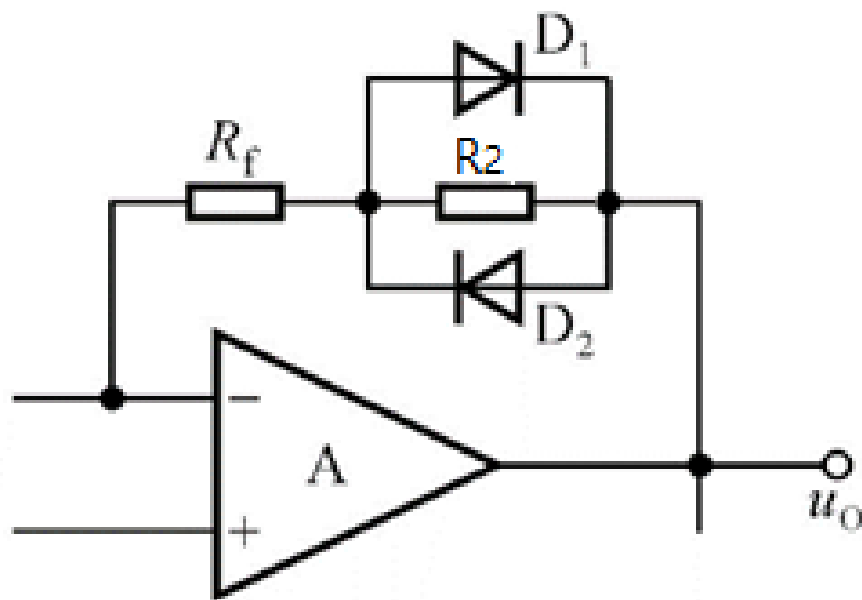
- 使电路自激，产生持续振荡，直流电变交流电
- RC振荡电路的直流电源即是能源，扣除电路内部分压因素，振荡幅度钳制在24V内（20V）
- 开始时， A_v 略大于3，稳定后， $A_v=3$ ， $F_v=1/3$



一、波形发生原理

3. 自动稳幅

二极管 D_1 、 D_2 并联在 R_2 两端，随着 V_O 的逐渐增大， R_D 减少，从而使总的反馈电阻 R_F 减小，负反馈增强，放大器增益下降，达到自动稳幅的目的。



二极管特性曲线

二、实验内容



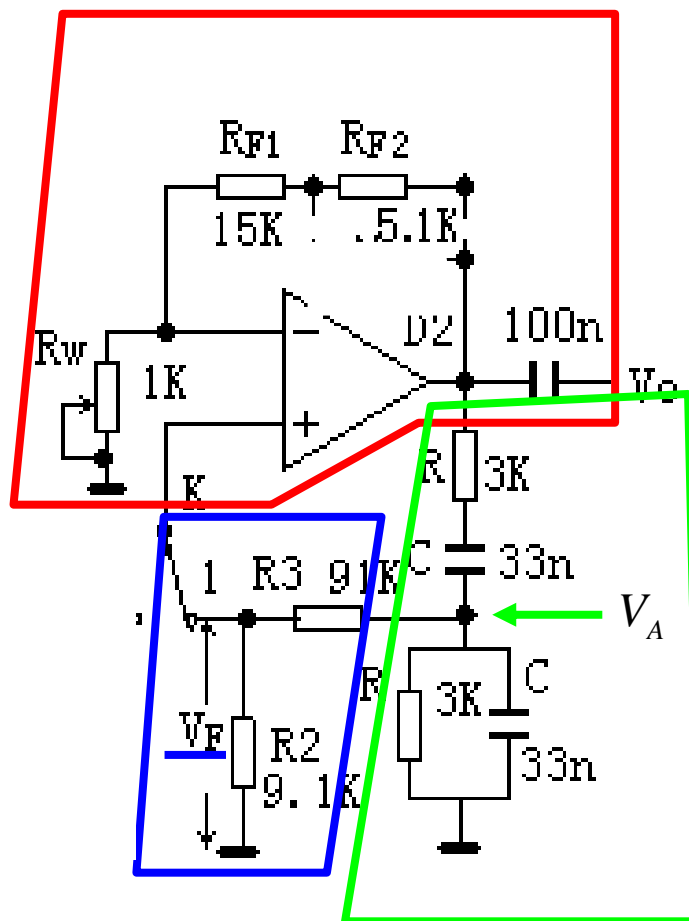
放大电路

$$A = \frac{R_w + R_{F1} + R_{F2}}{R_w}$$

调节 R_w , 使得 $A=33$

分压电路

$$\begin{aligned} V_F &= \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_A \\ &= \frac{V_A}{11} = \frac{V_O}{33} \end{aligned}$$



选频网络

$$f_o = 1/2\pi RC$$

且在 f_o 时

$$V_A = V_O / 3$$



二、实验内容

1. 电路分析及参数计算

➤ 在不接稳幅二极管时，在谐振频率点

$$\text{正反馈系数为 } F_{(+)} = \frac{V_{F(+)}}{V_o} = \frac{1}{3} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

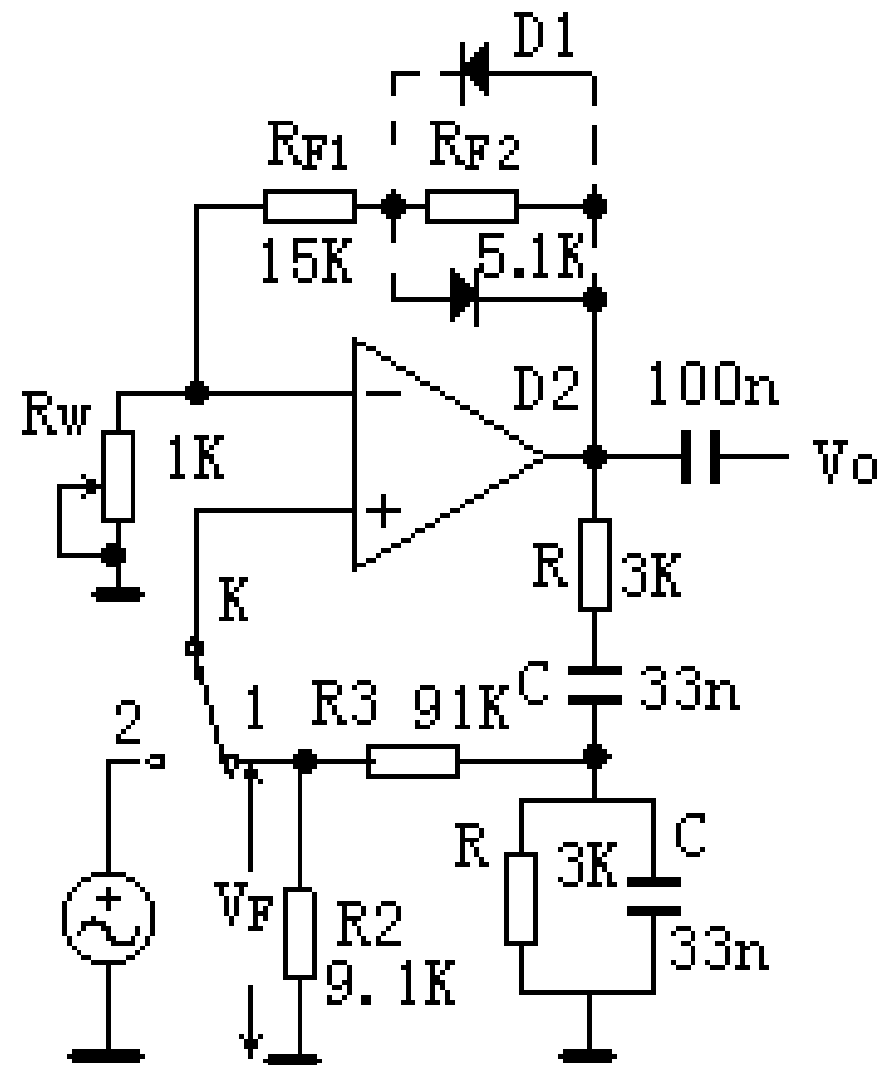
$$\text{负反馈系数为 } F_{(-)} = \frac{R_w}{R_{F1} + R_{F2} + R_w}$$

- ① 为保证电路能稳定振荡，要求： $F_{(+)} = F_{(-)}$ 由此，根据电路参数，计算 R_w 的理论值；
- ② 同相放大器的电压增益 $A_{VF} = \underline{\hspace{2cm}}$ ；
- ③ 电路的振荡频率 $f_o = \underline{\hspace{2cm}}$ ；

二、实验内容

2. 振荡器参数测试

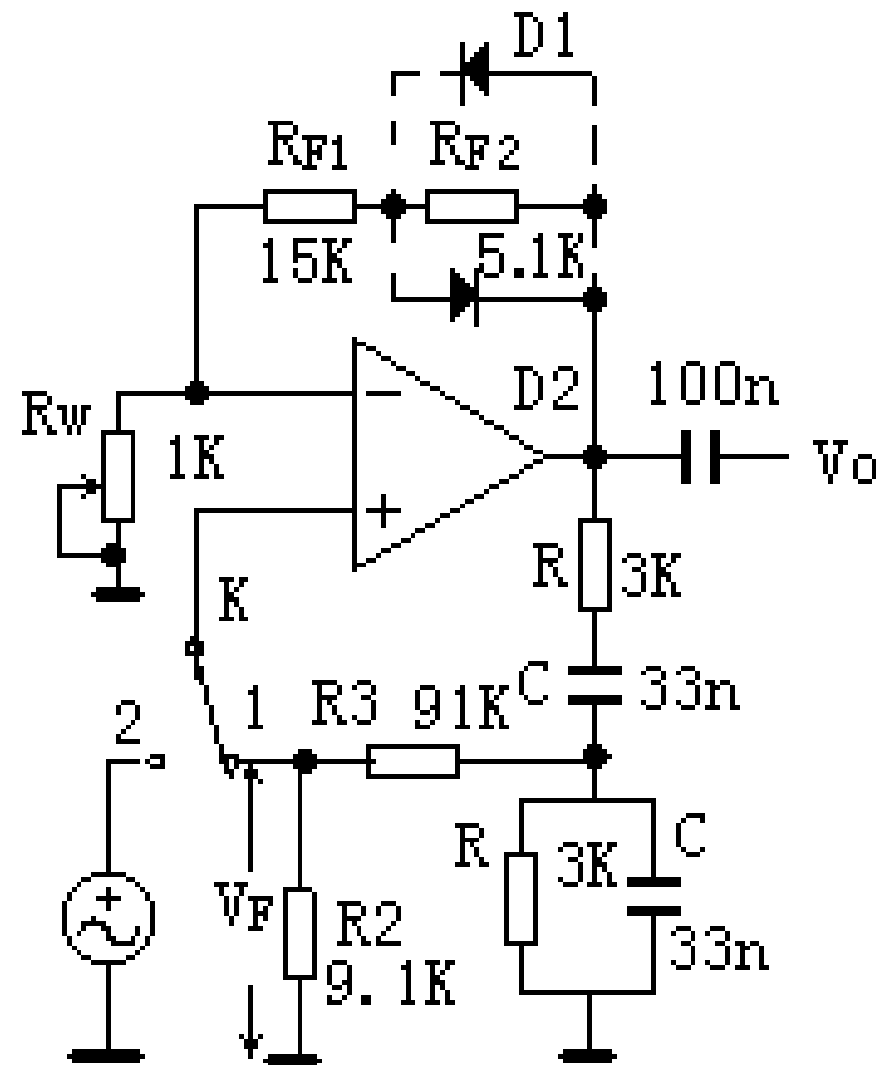
- 如图搭接电路，**不接稳幅二极管D1和D2，K拨向1**，检查无误后，接通芯片 $\pm 12\text{V}$ 电源
- 示波器CH1通道观察输出波形，调节 R_W ，使得输出为最佳正弦波（**允许略微失真**），在示波器上读取峰峰值 V_{p-p}
- 断开 1k 滑阻与电路的连接，用四位半测量 R_W 的值



二、实验内容

2. 振荡器参数测试

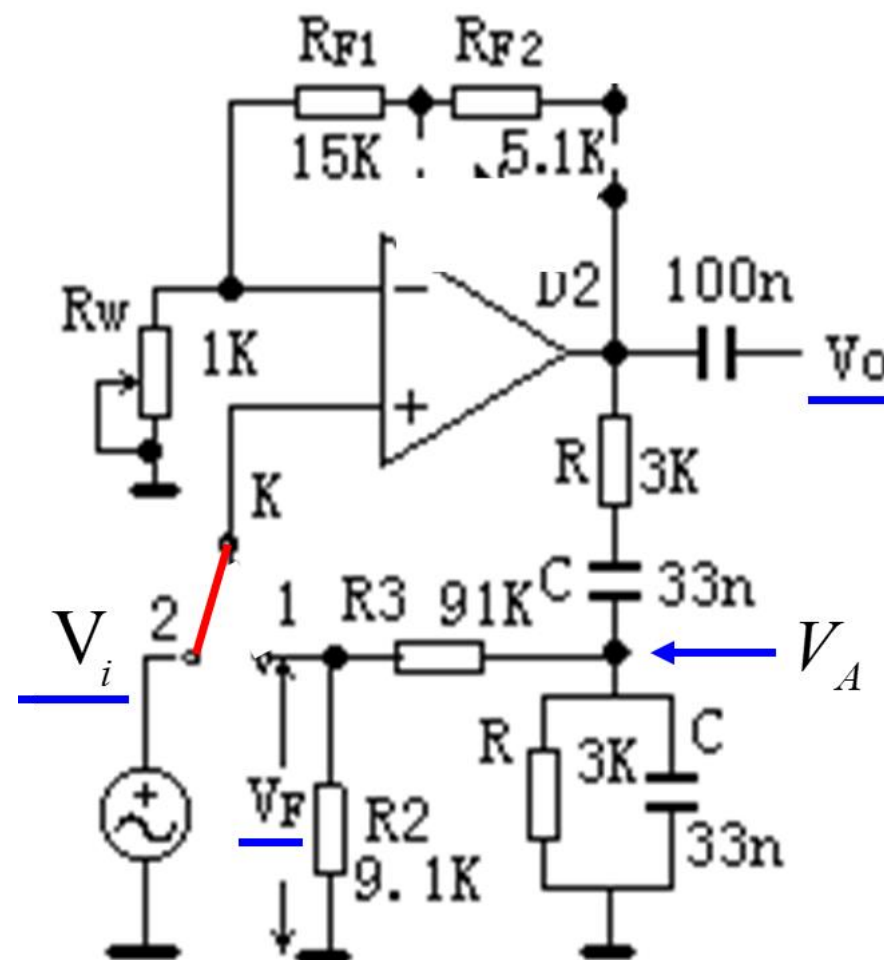
- CH1通道还是观察振荡电路的输出波形
- 信号发生器选择正弦波输出，用示波器CH2通道观察
- 示波器选择 “x—y”方式
- 调节信号发生器频率（旋钮，低位），在振荡电路的理论值 f_0 附近范围调节，直到示波器上出现李萨茹图形。越接近则转动越缓慢，调至最佳效果，记下此时频率。



二、实验内容

3. 振幅平衡条件的验证 良好正弦波

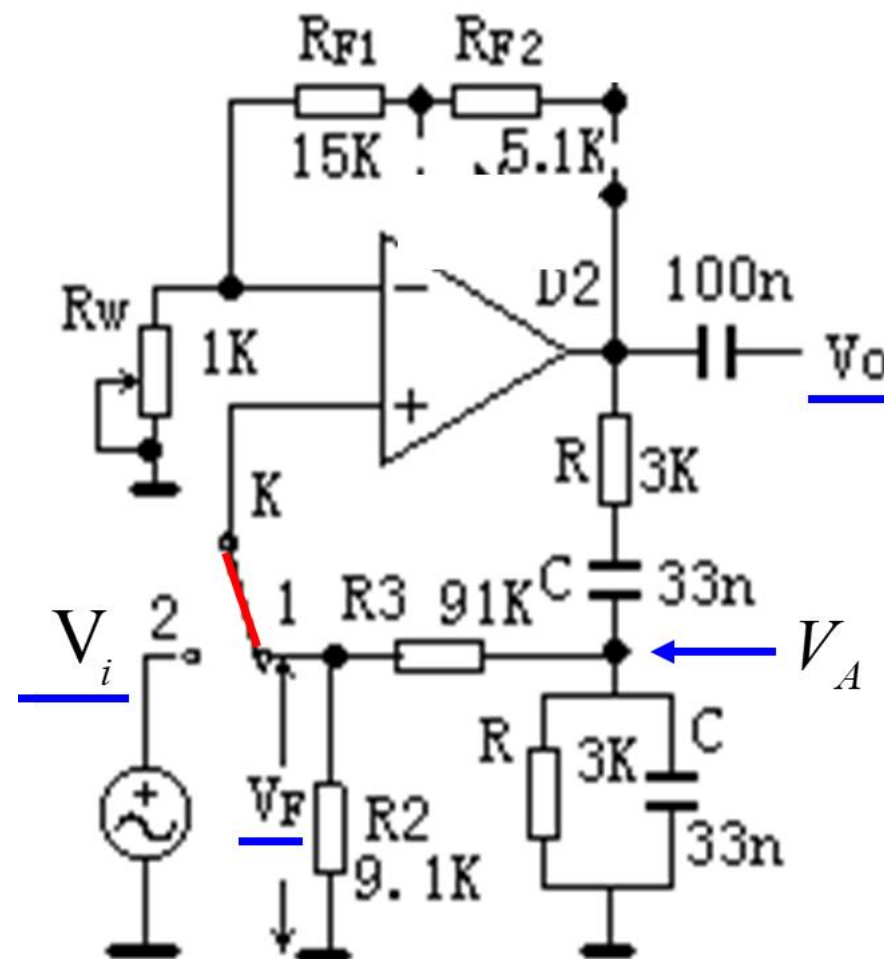
- 保持振荡电路输出波形为**最佳正弦波**， R_w 不**变**
- 开关拨到2，从信号发生器输入正弦信号（如右图），即变为**同相放大器**电路
- 输入信号频率为 f_0 ，峰峰值为100mv
- 四位半测量 V_i 、 V_o 、 V_A 、 V_f



二、实验内容

3. 振幅平衡条件的验证 略微失真

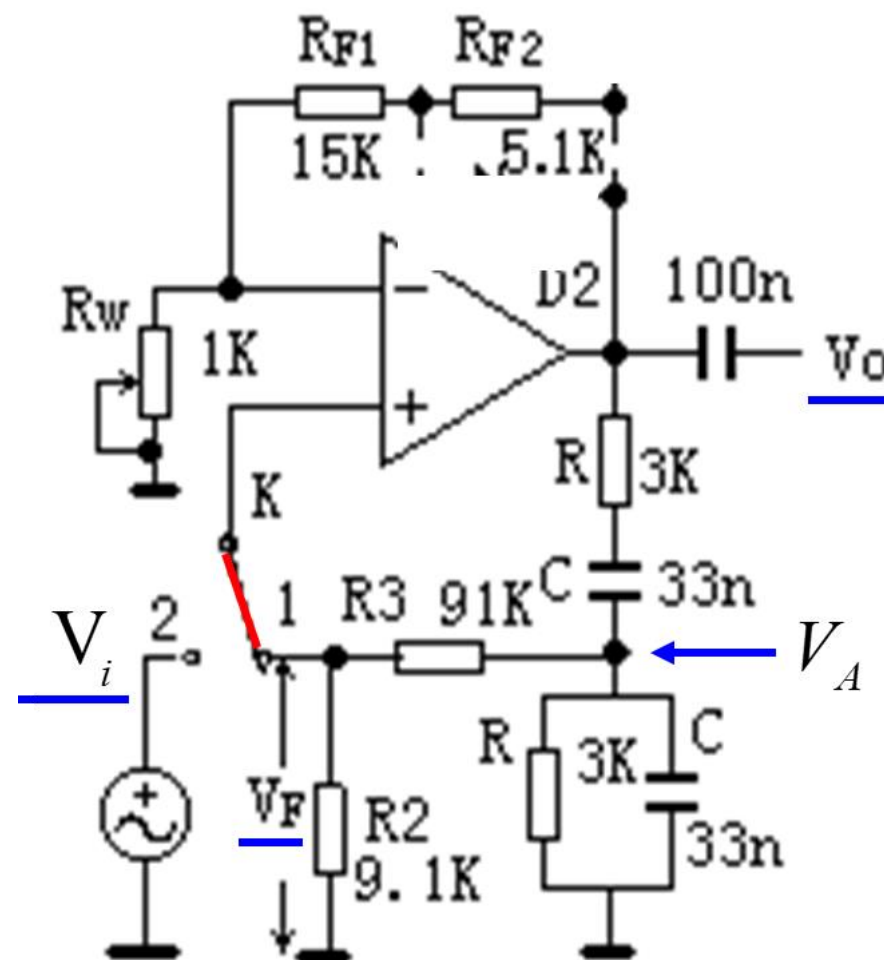
- 开关K拨回1，接回振荡电路，(如右图)
- 调节 R_w ，使输出波形(略微)失真
- 再将开关K拨回2，变为同相放大器电路
- 分别测量四个参数



二、实验内容

3. 振幅平衡条件的验证 刚好停振

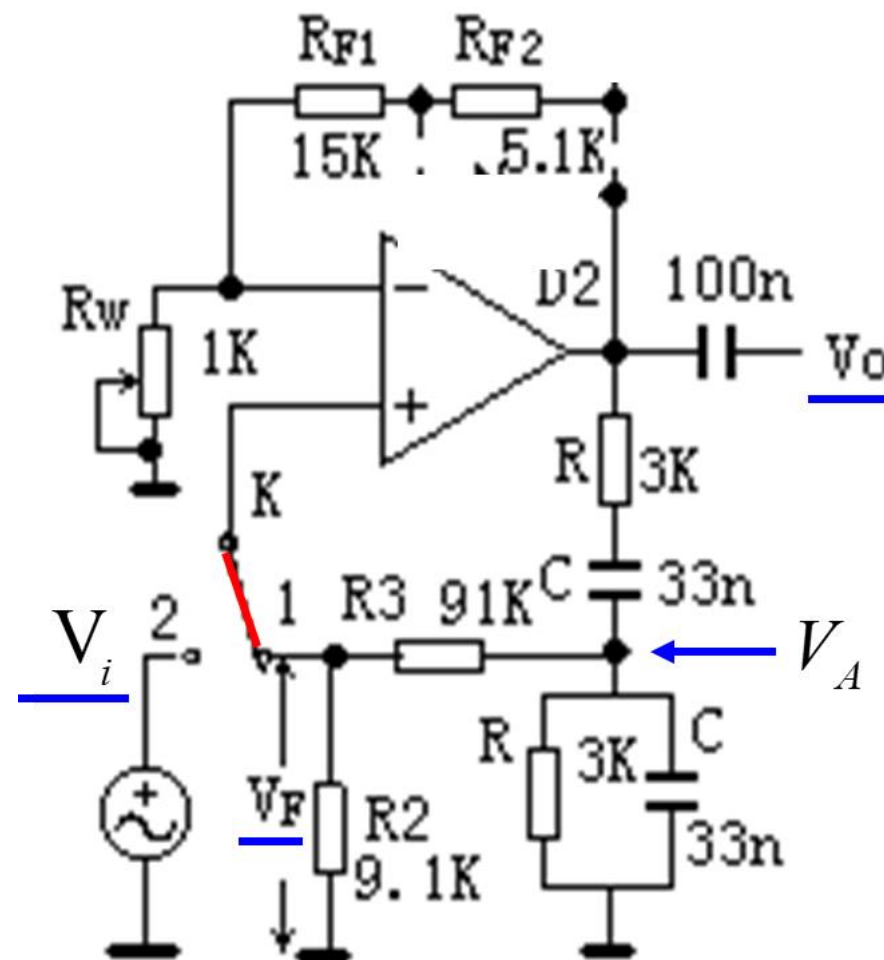
- 开关K拨回1，接回振荡电路，(如右图)
- 调节 R_w ，使输出波形刚好停振
- (失真效果的反方向)
- 再将开关K拨回2，变为同相放大器电路
- 分别测量四个参数



二、实验内容

3. 振幅平衡条件的验证

- A: 理论值33,
失真>良好>停振
- AF: 理论值1,
失真>良好>停振
- 表1注意峰峰值和有效值, 计算时采用同一度量方法!



二、实验内容

4. 观察自动稳幅电路作用

- 接入两个稳幅二极管，注意二极管的极性
- 调节 R_w ，用示波器观察 V_{op-p} 的最小值和最大值
- 观察最小值时，要切换示波器量程，观察振荡的最小值（不是停振0V）

