



RC正弦波振荡器 实验



一、实验目的

1. 了解RC正弦波振荡器的组成
2. 理解振荡器的起振条件和平衡条件
3. 掌握RC正弦波振荡器的设计、调试、
测量方法

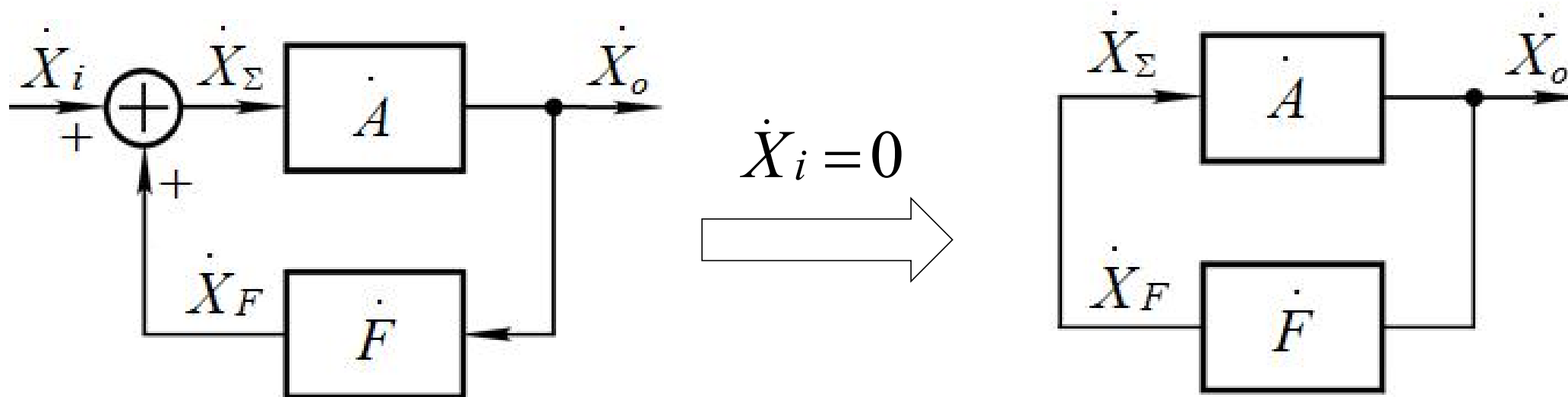


二、实验原理



1. 振荡器的概念：

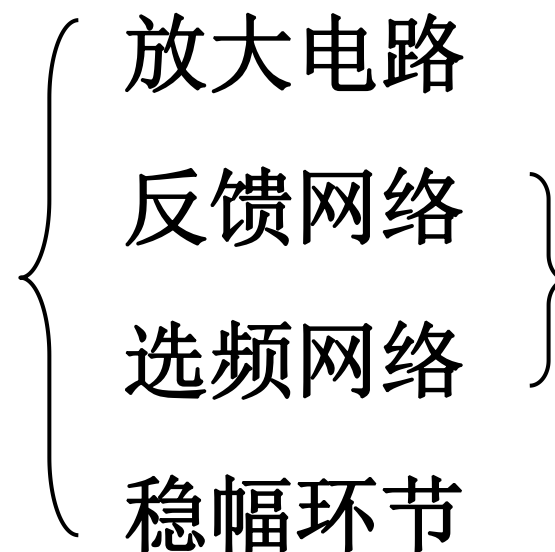
无需外加激励信号，能将直流电能转换成具有一定波形、一定频率、一定幅值的交变能量的电路。



2. 振荡器的分类

- ① 正弦波、非正弦波振荡器
- ② 反馈型、负阻型振荡器

3. 反馈型振荡器的组成

 放大电路
反馈网络
选频网络
稳幅环节

合二为一

4. 振荡的建立

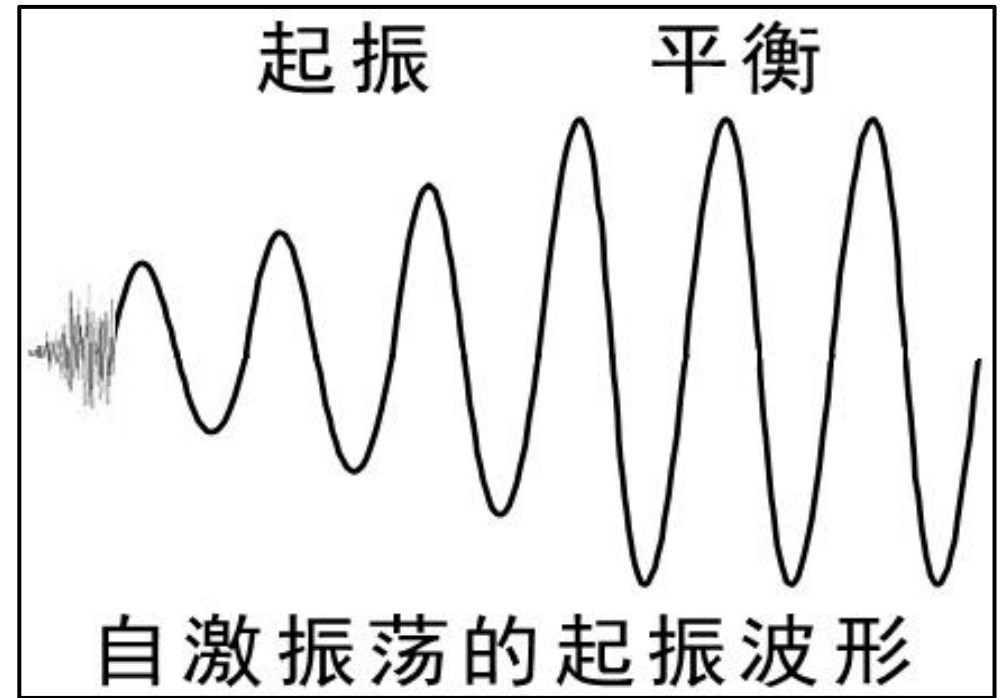
- 通电扰动信号

——→放大 ——→选频 (f_o)

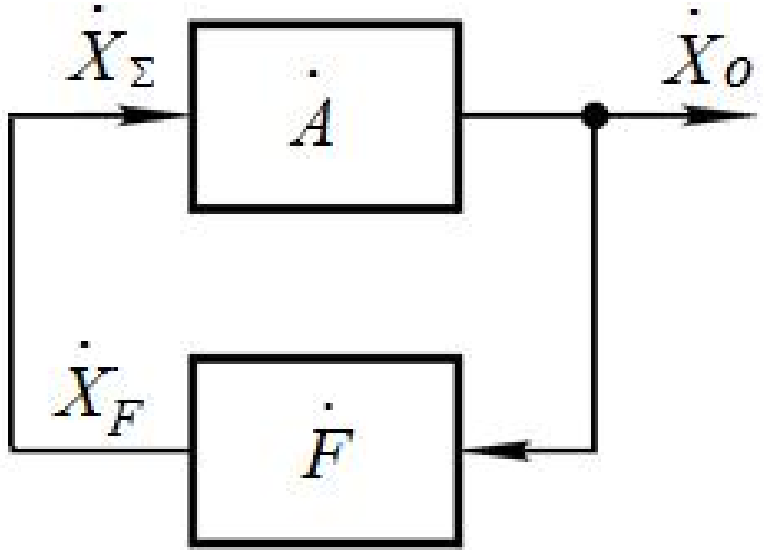
——→反馈 ——→放大 (f_o)

——→反馈 ——→.....

——→达到动态平衡。



5. 振荡器的环路增益



$$\dot{A} = \frac{\dot{X}_o}{\dot{X}_\Sigma}$$

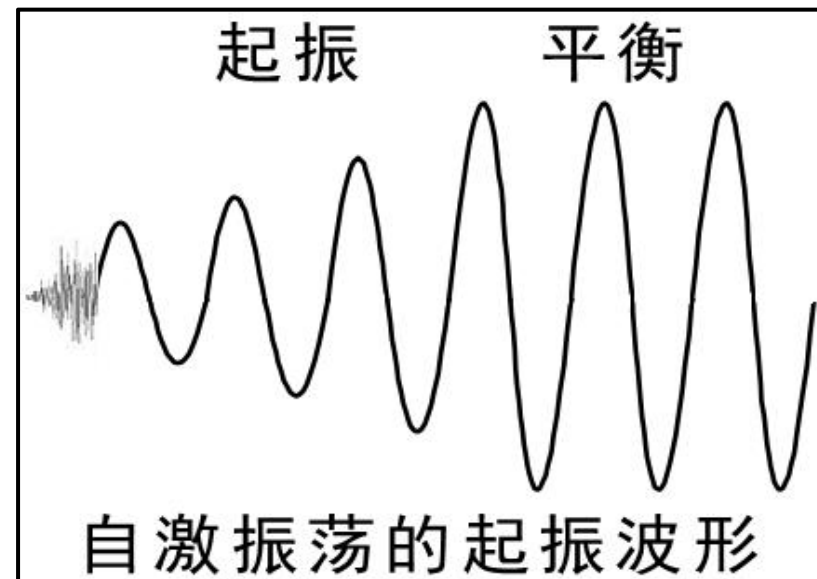
$$\dot{F} = \frac{\dot{X}_F}{\dot{X}_o}$$

\Rightarrow

$$\dot{A} \dot{F} = \frac{\dot{X}_F}{\dot{X}_\Sigma}$$

6. 振荡的条件

$$\dot{A}\dot{F} = \frac{\dot{X}_F}{\dot{X}_\Sigma}$$



① 起振条件:

$$\dot{A}\dot{F} > 1 \begin{cases} \text{振幅起振条件: } |\dot{A}\dot{F}| > 1 \\ \text{相位起振条件: } \phi_A + \phi_F = 2n\pi, n=0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

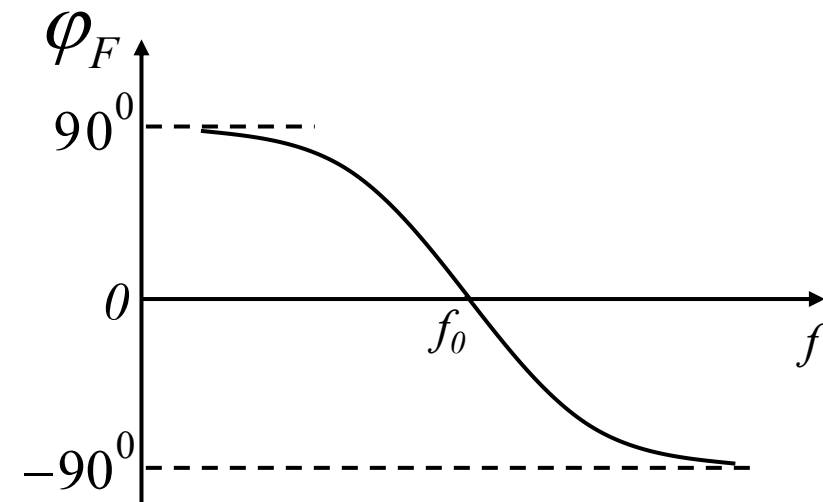
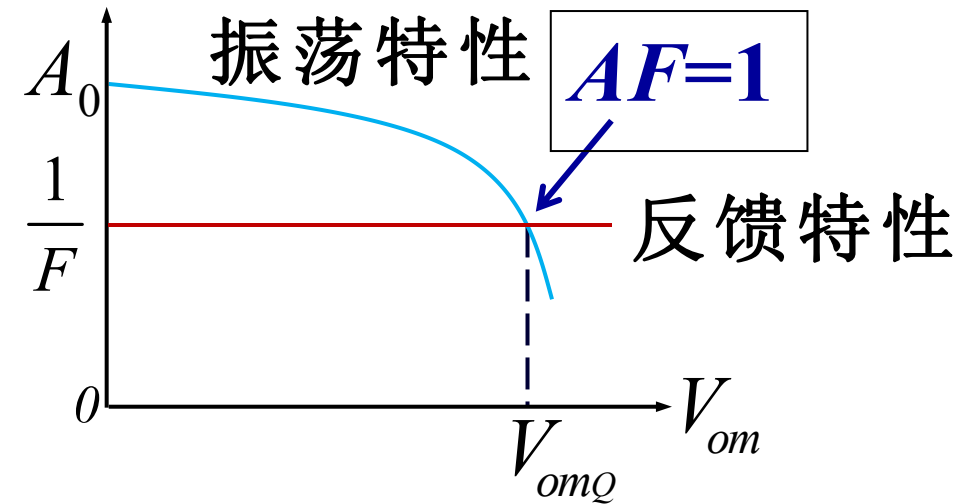
② 平衡条件

$$\dot{A}\dot{F} = 1 \begin{cases} \text{振幅平衡条件: } |\dot{A}\dot{F}| = 1 \\ \text{相位平衡条件: } \phi_A + \phi_F = 2n\pi, n=0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

③ 稳定条件

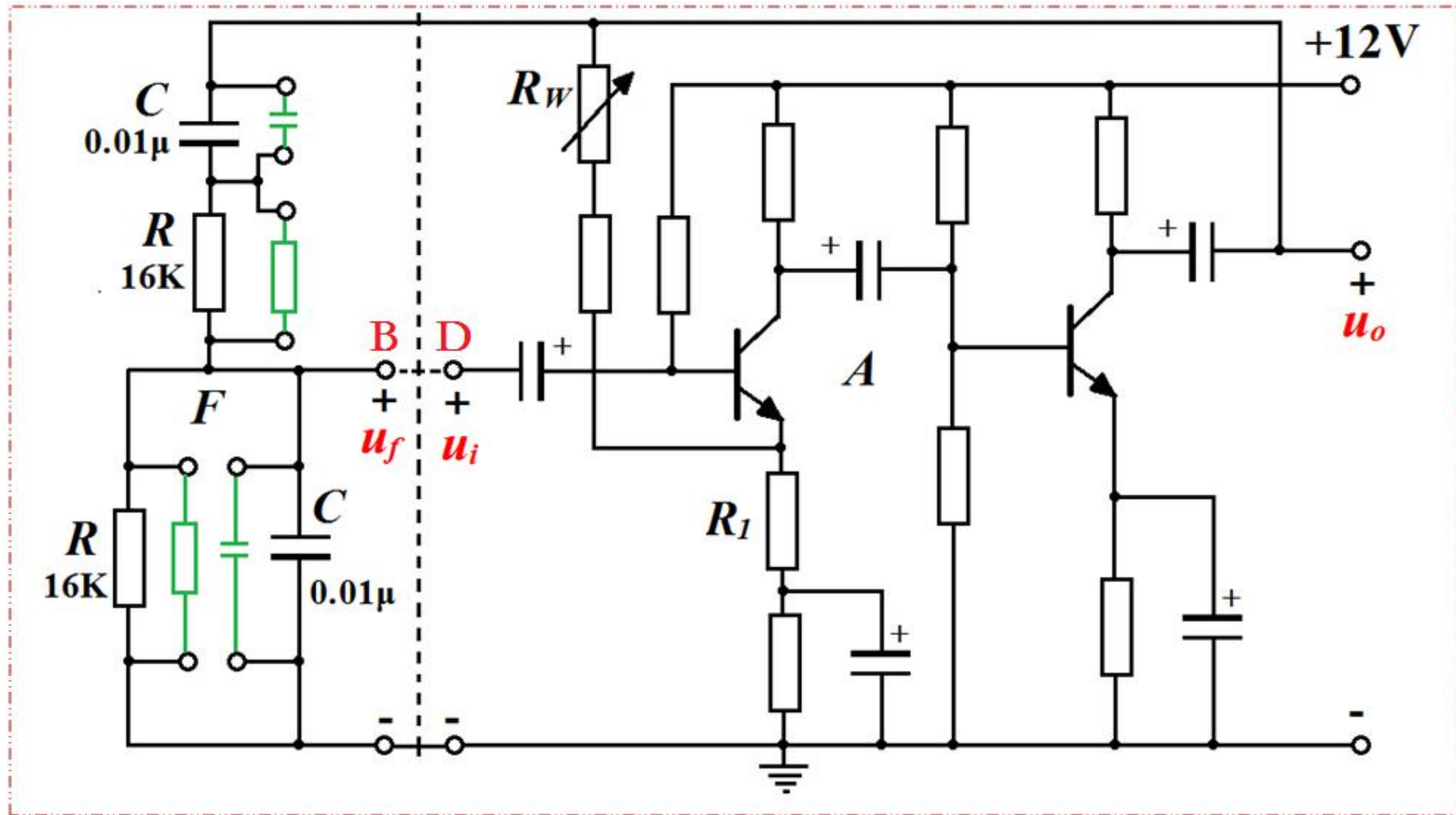
- 振幅稳定条件: $\frac{\partial A}{\partial V_{om}} < 0$
(放大器自行满足)

- 相位稳定条件: $\frac{\partial \varphi}{\partial \omega} < 0$
(选频网络自行满足)

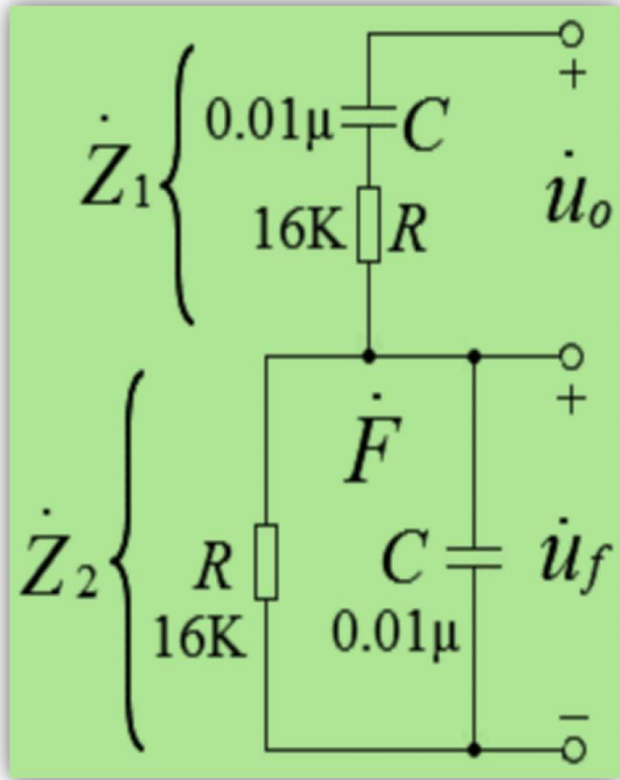




三. 实验电路（文氏电桥振荡器）



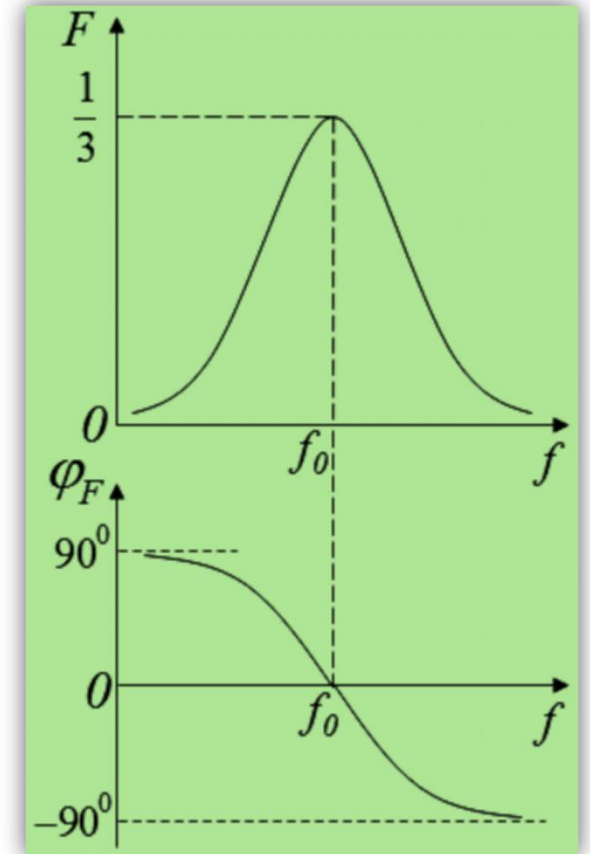
RC串、并联网络特性



$$\dot{Z}_1 = R + \frac{1}{j\omega C} ; \quad \dot{Z}_2 = R // \frac{1}{j\omega C}$$

$$\dot{F} = \frac{\dot{u}_f}{\dot{u}_o} = \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} = \frac{1}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)};$$

$$\text{令 } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}, \text{ 则 } \dot{F} = \frac{1}{3 + j\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}$$



四. 实验内容

1. 测量振荡器的振荡幅度 V_0

- ① $R=16\text{K}\Omega$, $C=0.01\mu\text{F}$, 振荡器接+12V电源、连接B、D两点, 振荡器输出端接示波器;
- ② 调节振荡器中 R_W , 使振荡器输出不失真正弦波, 测量输出电压幅值 (cursors法、meas法、万用表ACV法) 。

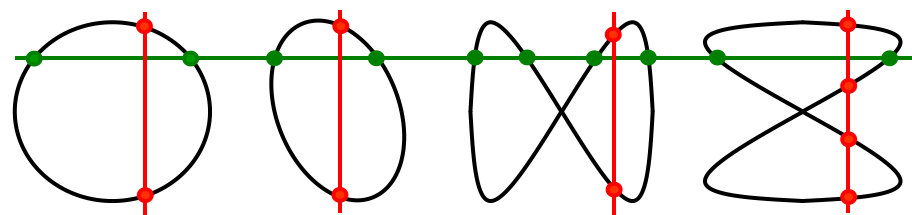


2. 测量振荡频率 f_0

- ① 频率计测量 f_0 (略)
- ② 示波器测量 f_0 (**cursors**法、**meas**法)
- ③ 李莎育图形法测量 f_0 (见下页)

李莎茹图形法测量 f_0

- ① 调节振荡器中 R_W ，使振荡器输出不失真正弦波。
- ② 示波器1通道接信号源，示波器2通道接振荡器，示波器设置为【X-Y】工作模式（*Horiz* → 时基模式 → X-Y）。
- ③ 调节信号源频率 f_i 出现如下稳定图形之一，计算振荡频率 f_0 。



$$f_o = \frac{N_x}{N_y} f_i \quad \text{式中: } \begin{array}{l} N_x \cdots \cdots \text{水平线与图形的交点数} \\ N_y \cdots \cdots \text{垂直线与图形的交点数} \end{array}$$

3. 测量频率稳定度 $\Delta f / f_0$

- 频率稳定度：一定时间内或一定温度、湿度、电源电压及负载等变化范围内振荡频率的相对变化程度。

① 一定时间内： $\frac{\Delta f}{f_o} = \frac{|f_{ox} - f_o|}{f_o}$ f_{ox} ……为最大偏离值
 f_o ……多次测量平均值

② E_C 变化： $\frac{\Delta f}{f_o} = \frac{|f_{ox} - f_o|}{f_o}$ f_{ox} …… $E_C=10V$ 测量数据
 f_o …… $E_C=12V$ 测量数据

4. 测试振荡器的三种工作状态

状态1:

- ① 连接 u_f (B) 与 u_i (D) 两点, 调节 R_W 使振荡器输出不失真正弦波形。
- ② 断开 u_f 与 u_i 两点, 从 u_i 点接入频率为 f_0 的正弦信号, 选择合适的 u_i 幅值使 u_o 不失真, 用数字电压表ACV功能测量 u_i 、 u_o 及 u_f , 计算放大器的电压放大倍数 $A = u_o / u_i$ 和环路增益 FA 。

状态2:

断开 u_i 信号, 连接 u_f 与 u_i 两点, 调节 R_W 使振荡器输出失真波形, 重复②。

状态3:

断开 u_i 信号, 连接 u_f 与 u_i 两点, 调节 R_W 使振荡器停振, 重复②。

5. 观察起振与停振过程

- ① 扫描速率 $T/DIV \approx 100ms$ 。
- ② 缓慢调节 R_w ，观察起振与停振过程。
- ③ 记录起振与停振过程图。

6. 测量RC串并联网络的幅频特性和相频特性

- (1) 将RC串并联网络的输出端 u_f 与放大器的输入端 u_i 断开。
- (2) 信号源输出接放大器输入 u_i ($0.5V_{pp}$)，示波器1通道接放大器输出 u_o 端，2通道接RC网络输出 u_f 端。
- (3) 选取不同的信号频率 f ，测量 u_o （不失真）和 u_f 以及它们之间的相移 $\pm\theta^\circ$ ，计算反馈系数 $F = \frac{u_f}{u_o}$
找出使 F 值最大的频率点及对应 $0.707F$ 的频率点。

五. 思考题

- 1、分析出现三种工作状态的原因。
- 2、如果本实验电路中的放大器改用单级共射放大器，请分析电路的工作状态。
- 3、设计一个振荡频率为30KHz的RC文氏电桥振荡器。