



# RC正弦波振荡器 实验



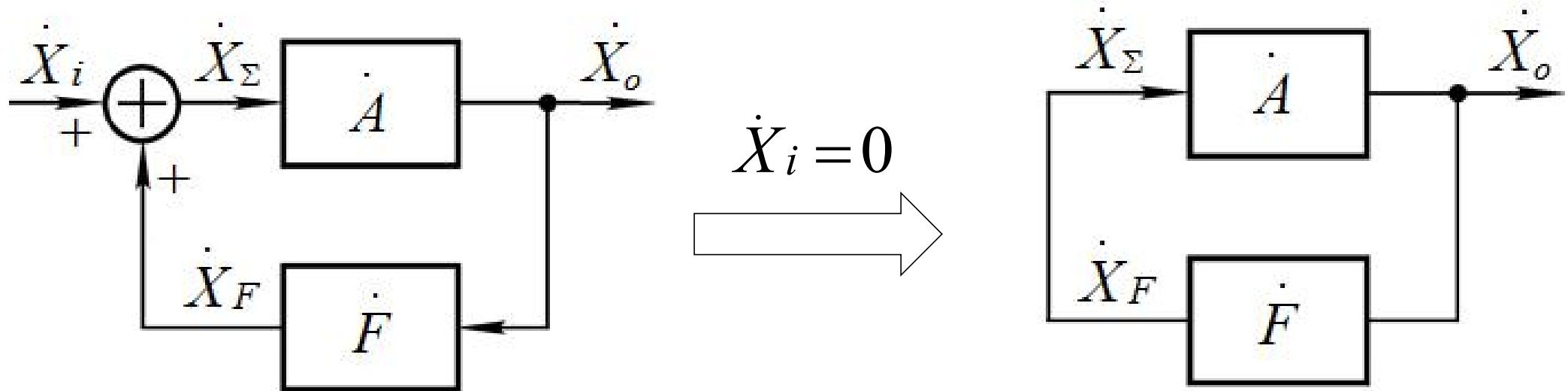
# 一、实验目的

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：

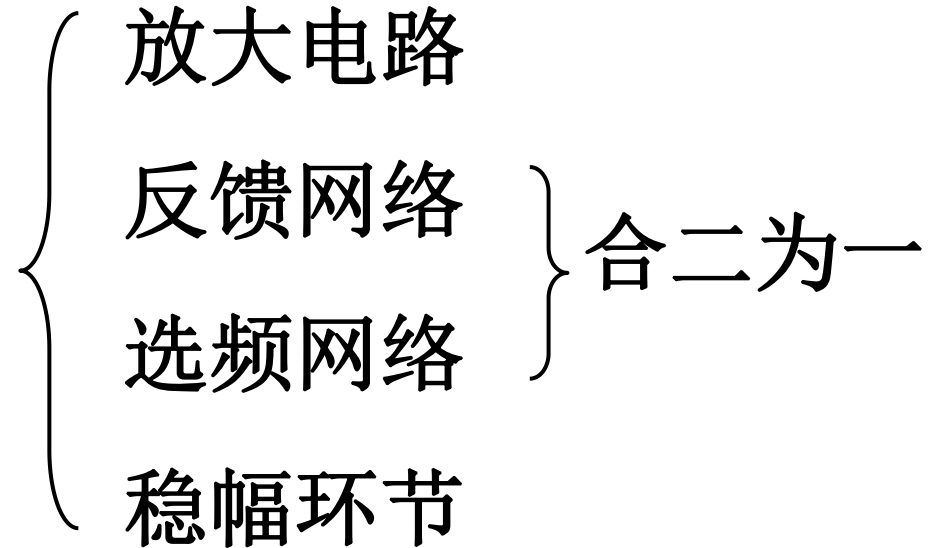
无需外加激励信号，能将直流电能转换成具有一定波形、一定频率、一定幅值的交变能量的电路。



## 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



# 4. 振荡的建立

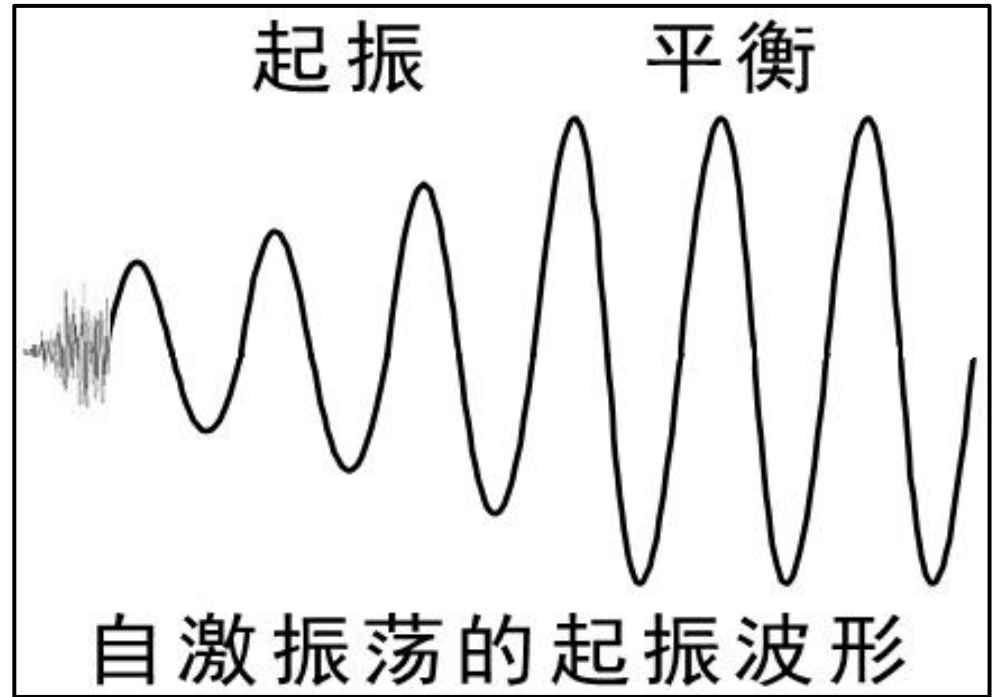
- 通电扰动信号

→ 放大 → 选频 ( $f_o$ )

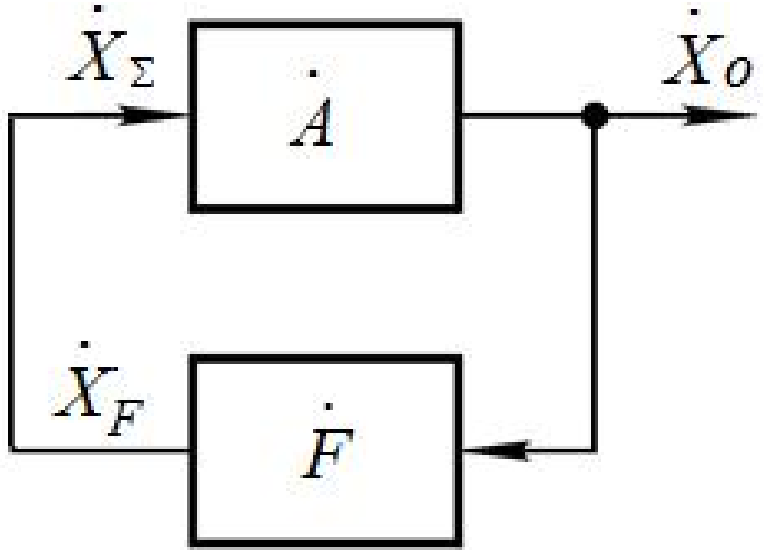
→ 反馈 → 放大 ( $f_o$ )

→ 反馈 → .....

→ 达到动态平衡。



# 5. 振荡器的环路增益



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

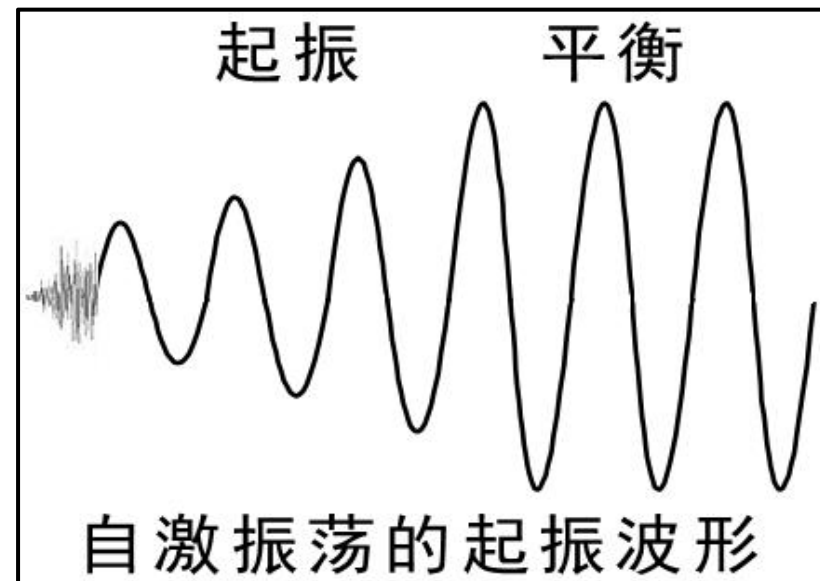
$$\dot{F} = \frac{\dot{X}_F}{\dot{X}_o}$$

$\Rightarrow$

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

## 6. 振荡的条件

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



### ① 起振条件:

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

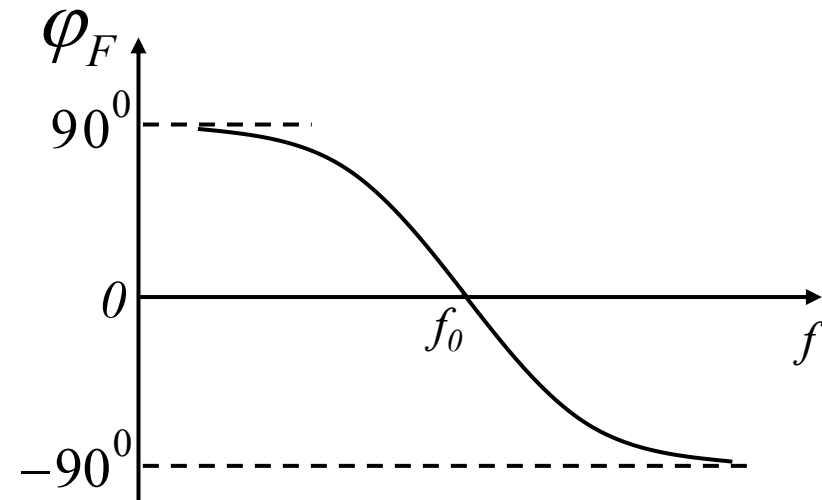
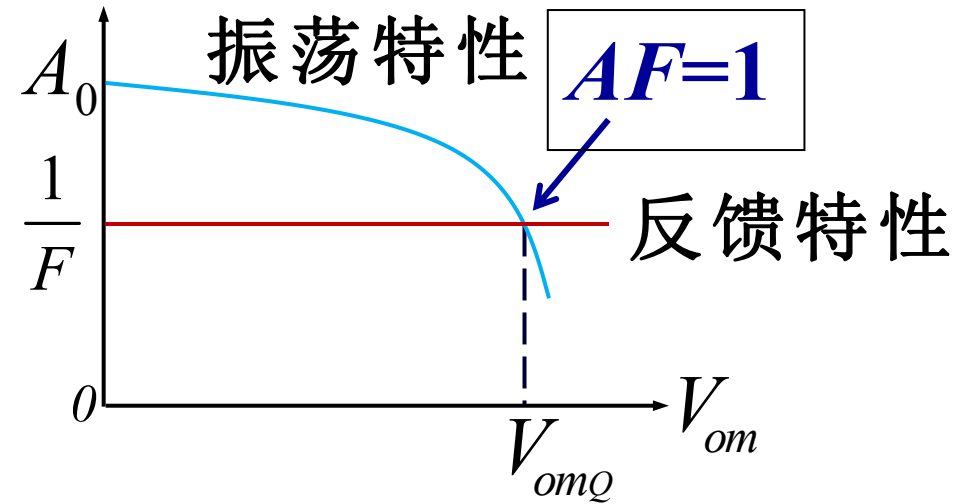
### ② 平衡条件

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

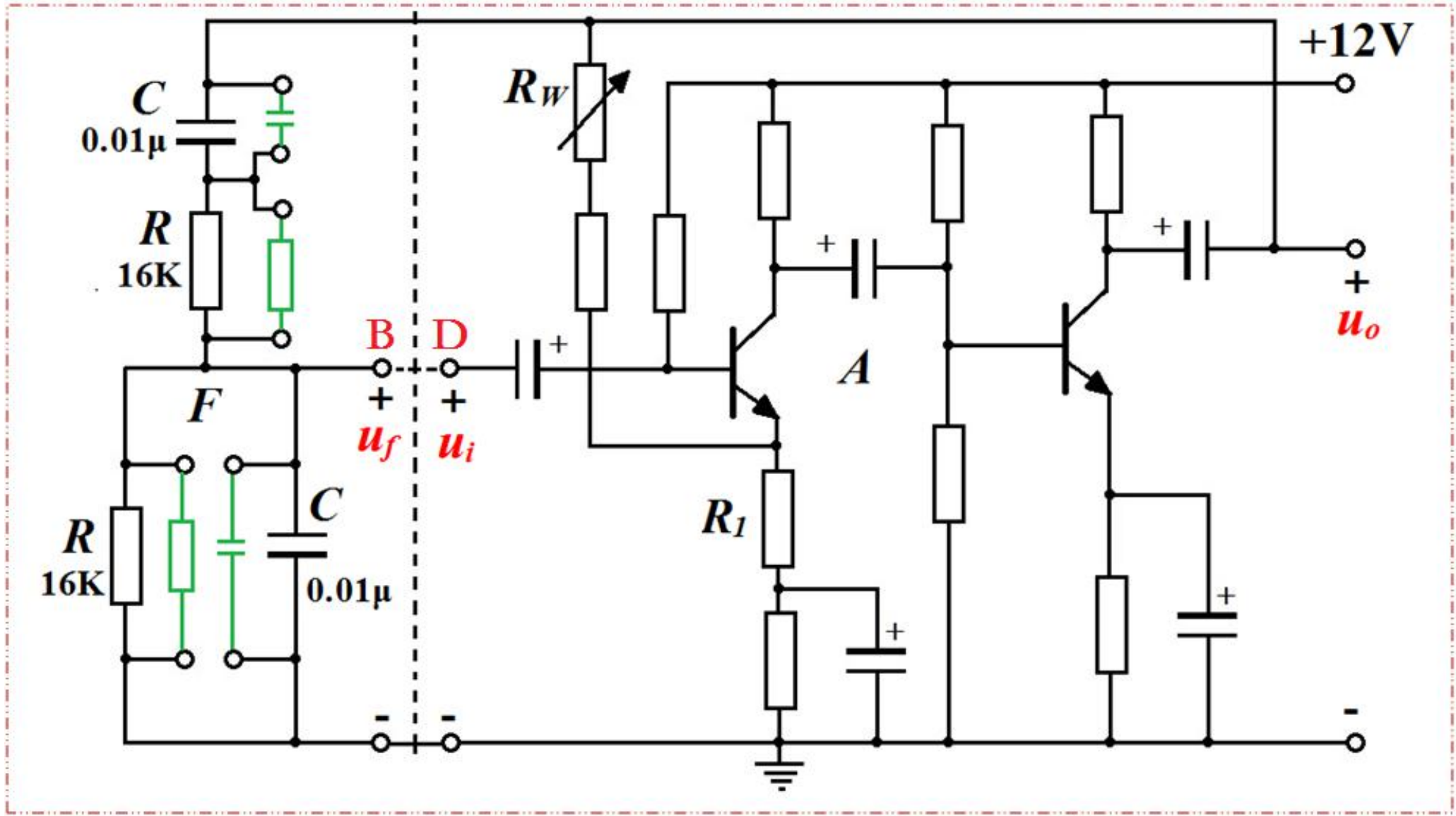
### ③ 稳定条件

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

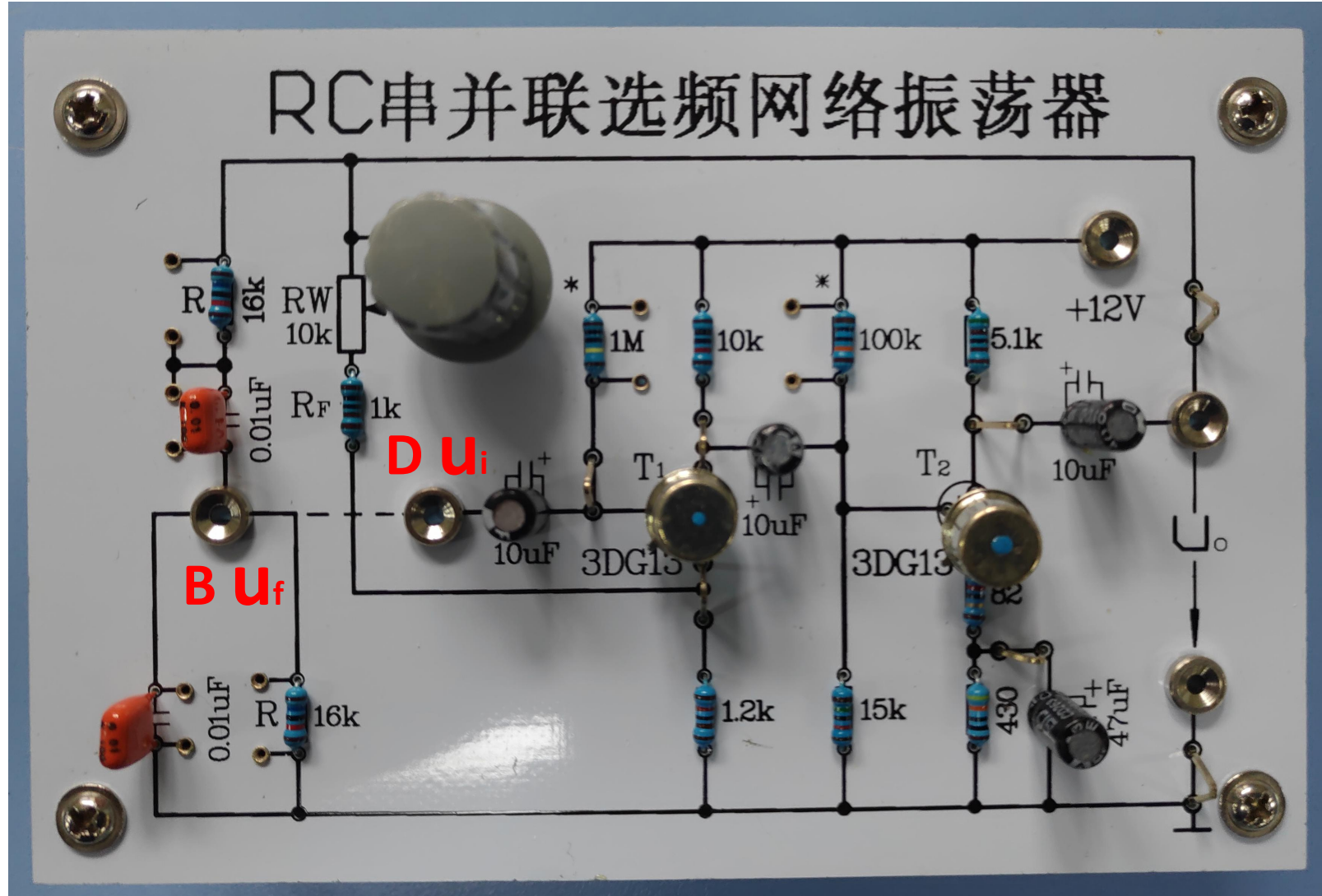
- 相位稳定条件:  $\frac{\partial \varphi}{\partial \omega} < 0$   
(选频网络自行满足)



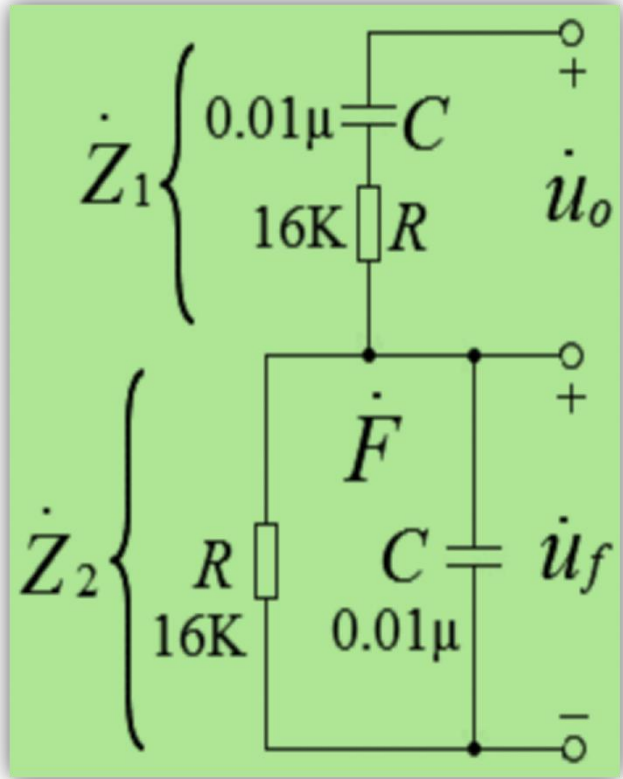
# 三. 实验电路 (文氏电桥振荡器)



# 三. 实验电路 (文氏电桥振荡器)



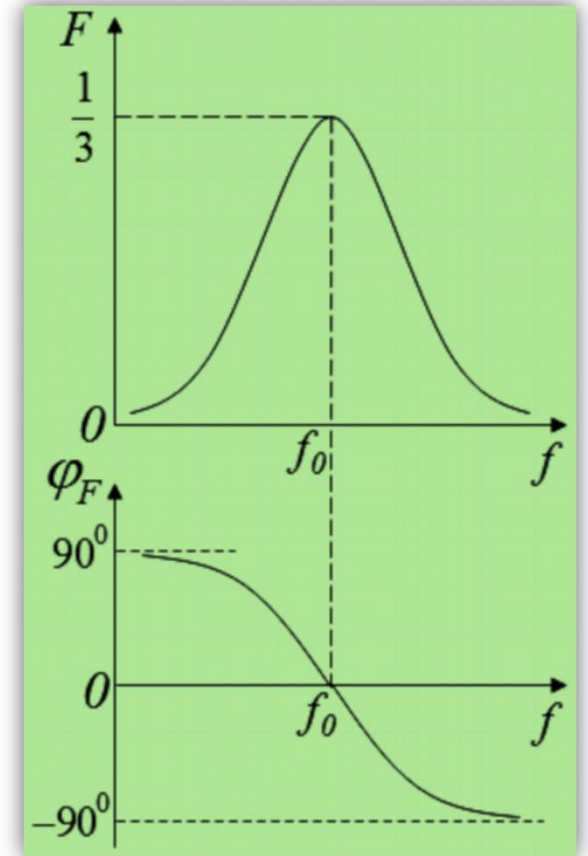
# RC串、并联网络特性



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

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

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



## 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）。



## 2. 测量振荡频率 $f_0$

- ① 示波器测量  $f_0$  (cursors法)
- ② 示波器测量  $f_0$  (meas法)

### 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：
$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{|f_{ox} - f_0|}{f_0}$$
 $f_{ox}$ ……为最大偏离值  
 $f_0$ ……多次测量平均值

②  $E_C$ 变化：
$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{|f_{ox} - f_0|}{f_0}$$
 $f_{ox}$ …… $E_C=10V$ 测量数据  
 $f_0$ …… $E_C=12V$ 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, 用毫伏表测量  $u_i$ 、 $u_o$  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:

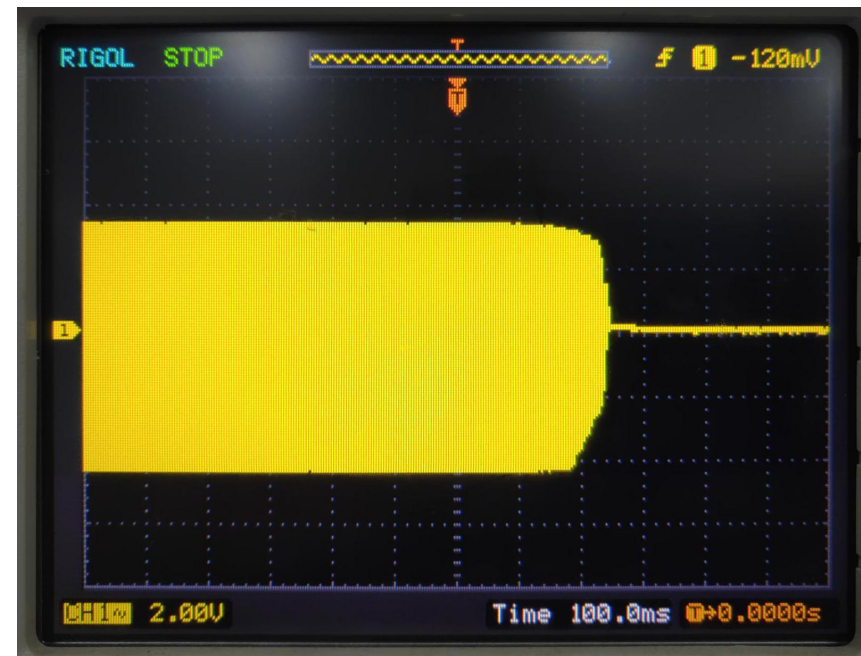
断开  $u_i$  信号, 连接  $u_f$  与  $u_i$  两点, 调节  $R_W$  使振荡器输出失真波形, 重复②。

### 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。

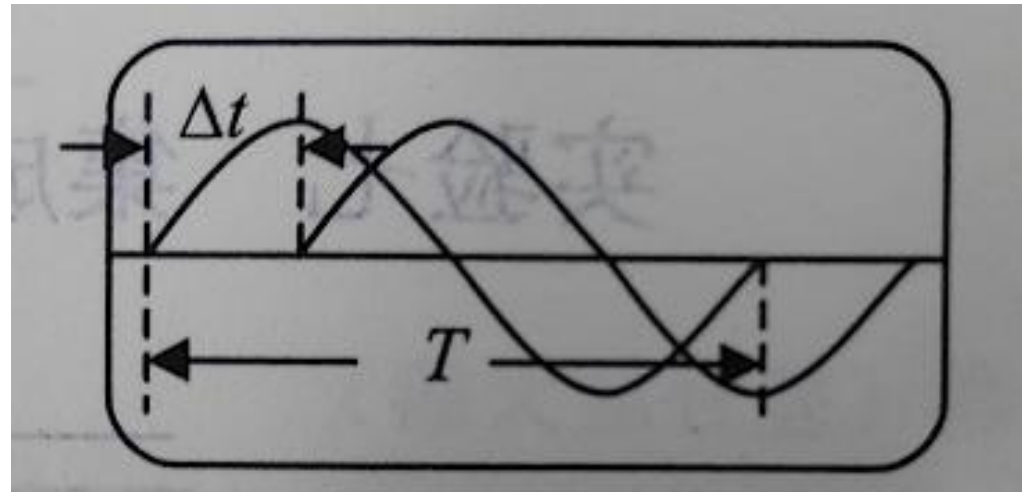
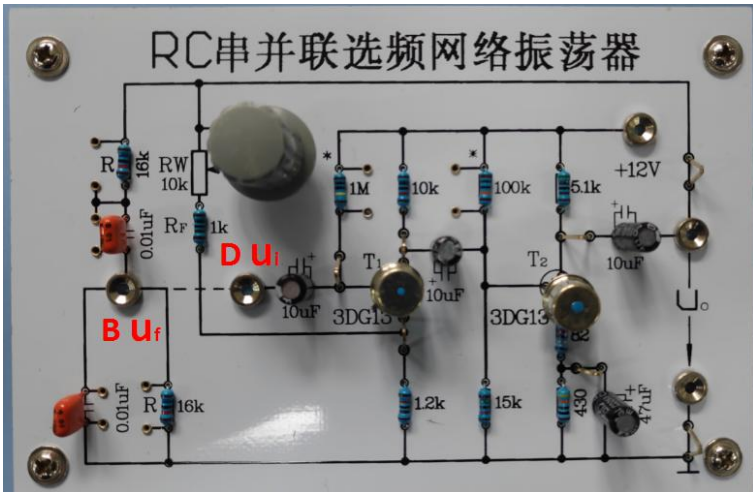
## 5. 观察起振与停振过程

- 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  $u_f$  以及两波形之间的  $\Delta t$  和  $T$ ，计算反馈系数  $F = \frac{u_f}{u_o}$  和相位差  $\pm\theta^\circ = \frac{\pm\Delta t}{T} \times 360^\circ$ ，绘制曲线。





## 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。