

第10章 正弦波振荡电路

第10章 信号产生与处理电路

■ 10.1 正弦波振荡电路的振荡条件

■ 10.2 正弦波振荡电路



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

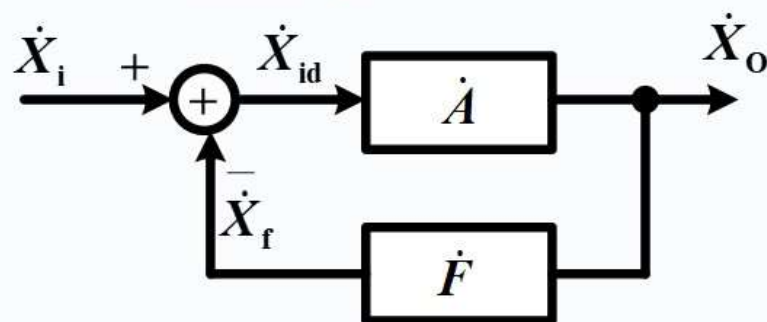
10.1 正弦波振荡电路

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

1. 正弦波振荡的条件

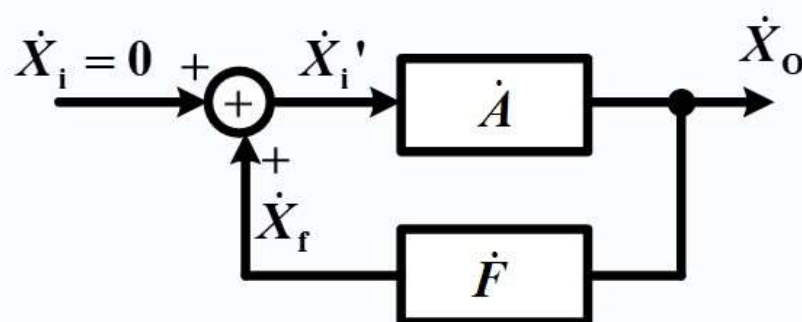
无外加信号，输出一定频率一定幅值的信号。

与负反馈放大电路的不同之处：在正弦波振荡电路中引入的是**正反馈**，且振荡频率可控。



负反馈：自激振荡

$$1 + \dot{A}\dot{F} = 0$$



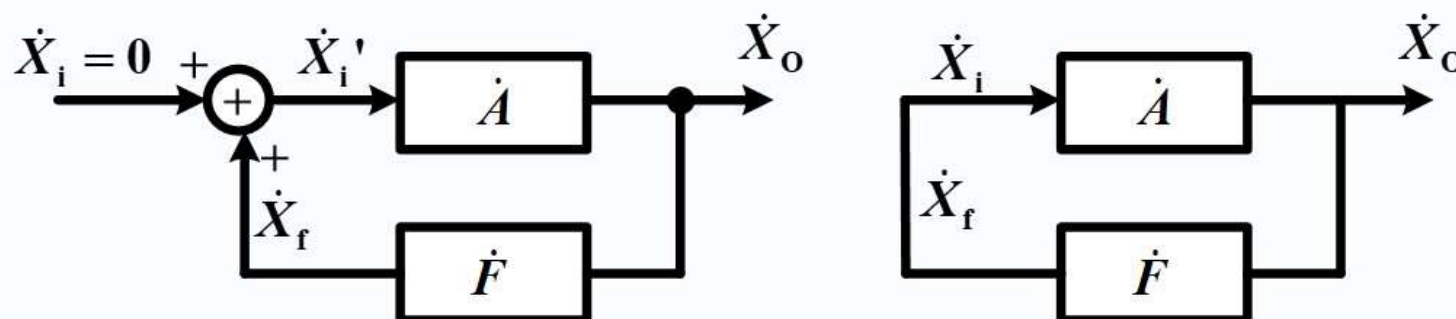
正反馈：振荡电路

$$\dot{A}\dot{F} = 1$$



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.1 正弦波振荡电路



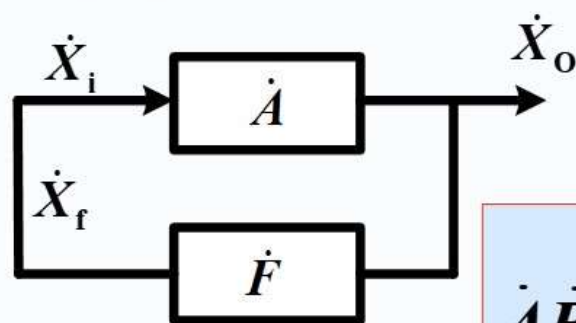
在电扰动下，对于某一特定频率 f_0 的信号形成正反馈：

$$X_o \uparrow \rightarrow X_i' \rightarrow X_o \uparrow \uparrow$$

由于半导体器件的非线性特性及供电电源的限制，最终达到**动态平衡**，稳定在一定的幅值。

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

1. 正弦波振荡的条件



显然，要使电路维持振荡，必须有

$$\dot{X}_i = \dot{X}_f \quad \dot{A} = \frac{\dot{X}_o}{\dot{X}_i}, \dot{F} = \frac{\dot{X}_f}{\dot{X}_o} \quad \dot{A}\dot{F} = 1$$

$$\dot{A}\dot{F} = 1 \Rightarrow \begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| = 1 \\ \phi_A + \phi_F = 2n\pi \end{cases}$$

—— 幅值平衡条件

—— 相位平衡条件

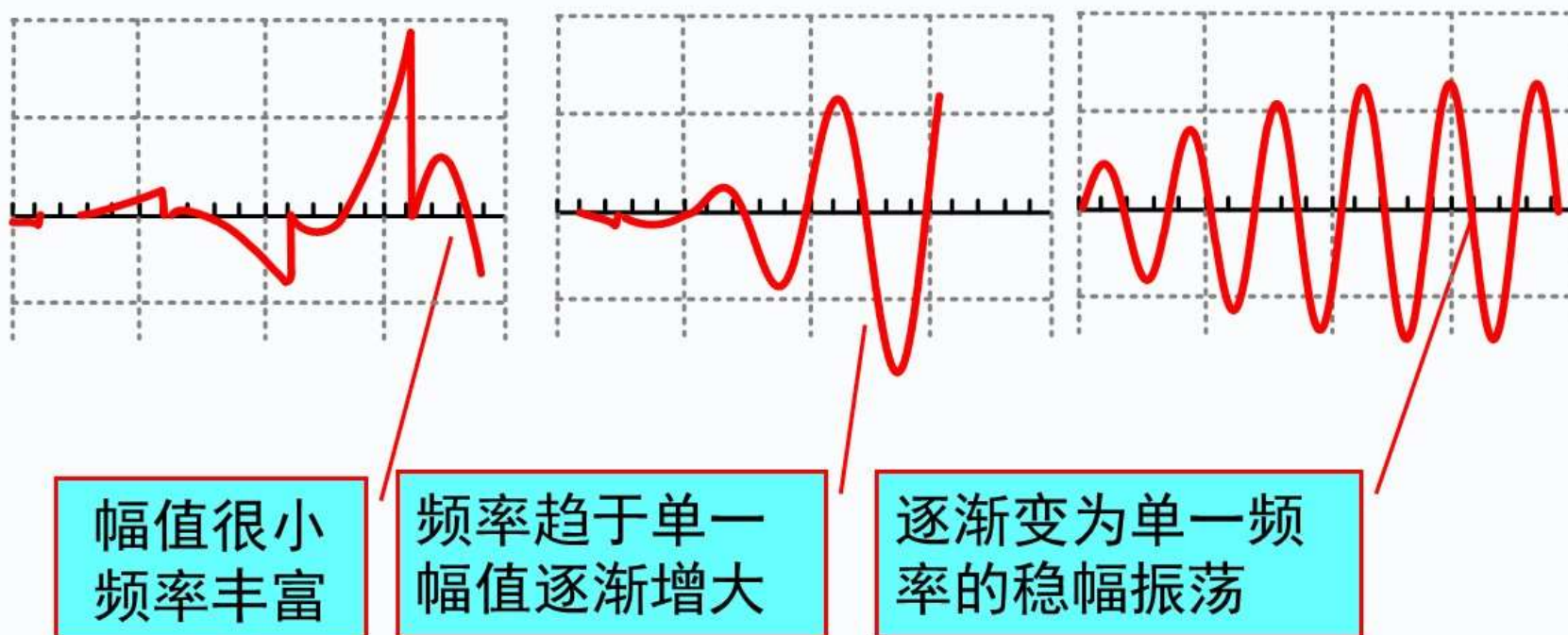
起振条件：

$$|\dot{A}\dot{F}| > 1$$

要产生正弦波振荡，必须有满足相位条件的 f_0 ，且在合闸通电时对于 $f=f_0$ 信号有从小到大直至稳幅的过程，即满足起振条件。

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

2. 起振与稳幅：输出电压从幅值很小、含有丰富频率，到仅有一种频率且幅值由小逐渐增大直至稳幅。



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

3. 基本组成部分

1) 放大电路(包括负反馈放大电路): 放大作用

2) 正反馈网络: 满足相位条件

3) 选频网络: 确定 f_0 , 保证电路产生正弦波振荡

4) 非线性环节(稳幅环节): 稳幅

常合二为一



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

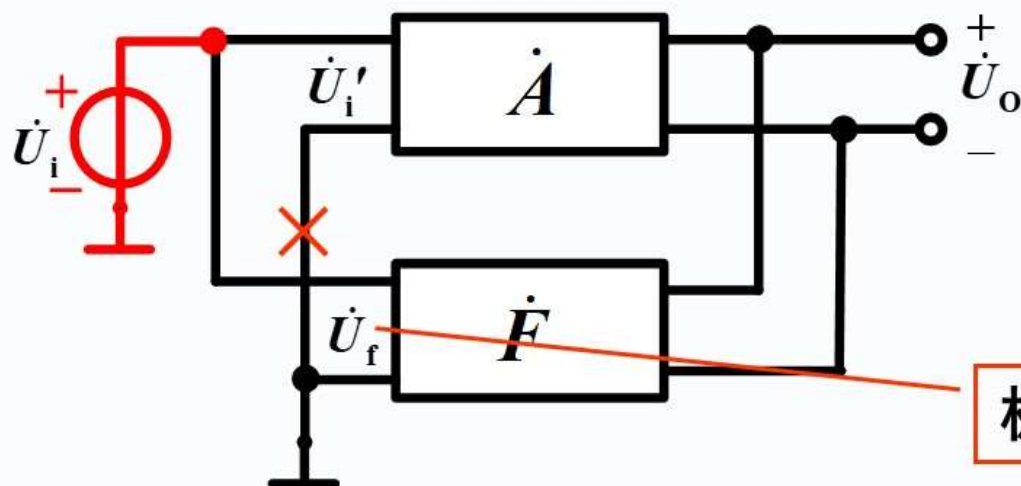
4、分析方法

- 1) 是否存在主要组成部分；
- 2) 放大电路能否正常工作，即是否有合适的 Q 点，信号是否能正常传递，没有被短路或断路；
- 3) 是否满足相位条件，即是否存在 f_0 ，是否可能振荡；
- 4) 是否满足幅值条件，即是否一定振荡。



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

相位条件的判断方法：瞬时极性法



在多数正弦波振荡电路中，输出量、净输入量和反馈量均为电压量。

极性？

断开反馈，在断开处给放大电路加 $f=f_0$ 的信号 U_i ，且规定其极性，然后根据

U_i 的极性 $\rightarrow U_o$ 的极性 $\rightarrow U_f$ 的极性

若 U_f 与 U_i 极性相同，则电路可能产生自激振荡；否则电路不可能产生自激振荡。

10.1.1 正弦波振荡电路的振荡条件

5. 分类

常用选频网络所用元件分类。

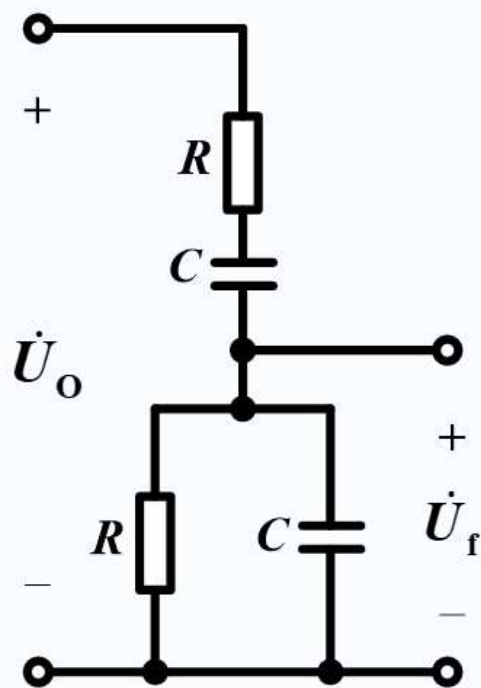
- 1) RC 正弦波振荡电路：1兆赫以下
- 2) LC 正弦波振荡电路：几百千赫~几百兆赫
- 3) 石英晶体正弦波振荡电路：振荡频率稳定



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

1、RC串并联选频网络的频率响应



由第三章的知识可以知道

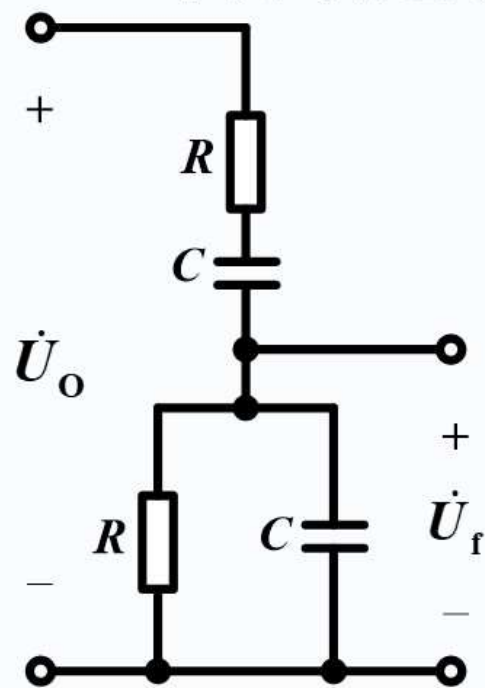
$$\text{令 } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}, \text{ 则 } \dot{F} = \frac{1}{3 + j\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}$$



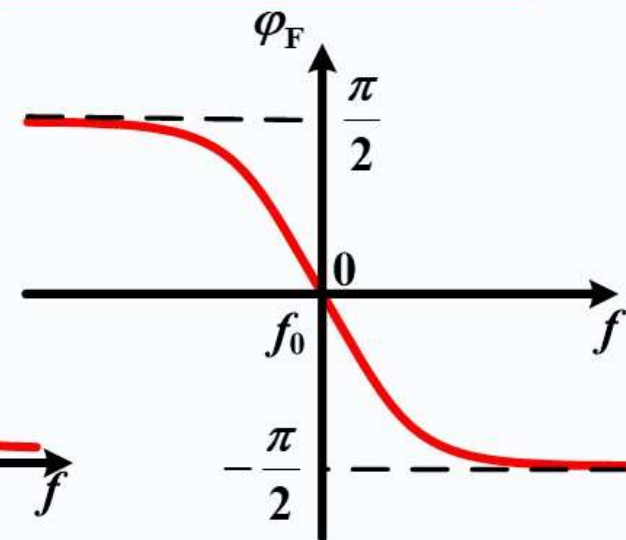
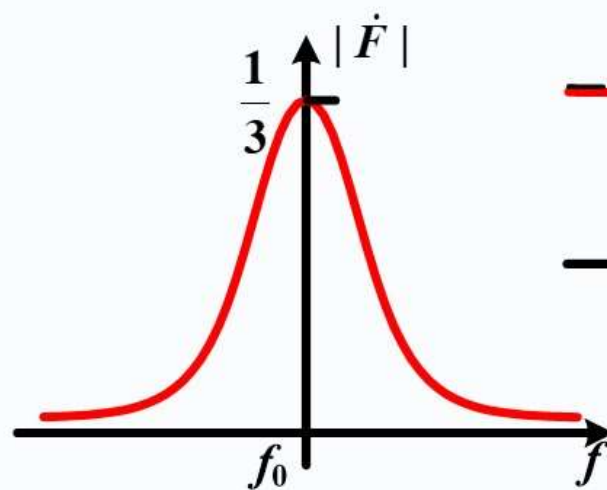
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

1、RC串并联选频网络的频率响应



$$\dot{F} = \frac{1}{3 + j\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}$$



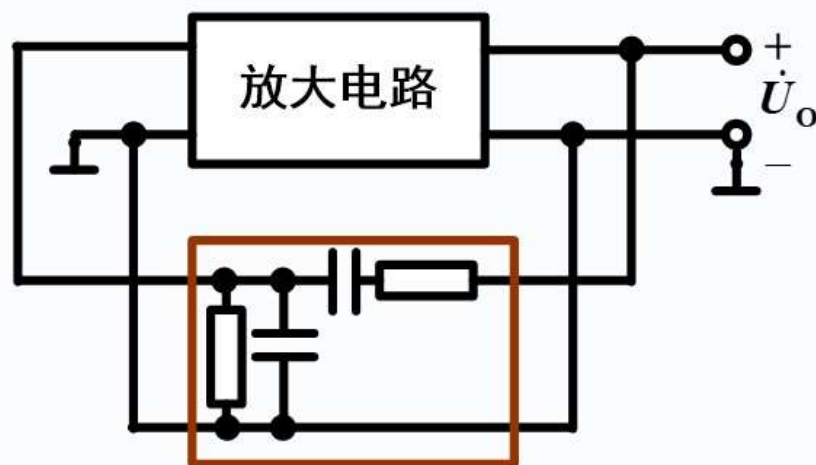
当 $f=f_0$ 时, 不但 $\varphi=0$, 且 $|\dot{F}|$ 最大, 为 $1/3$ 。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

2.RC文氏桥正弦波振荡电路



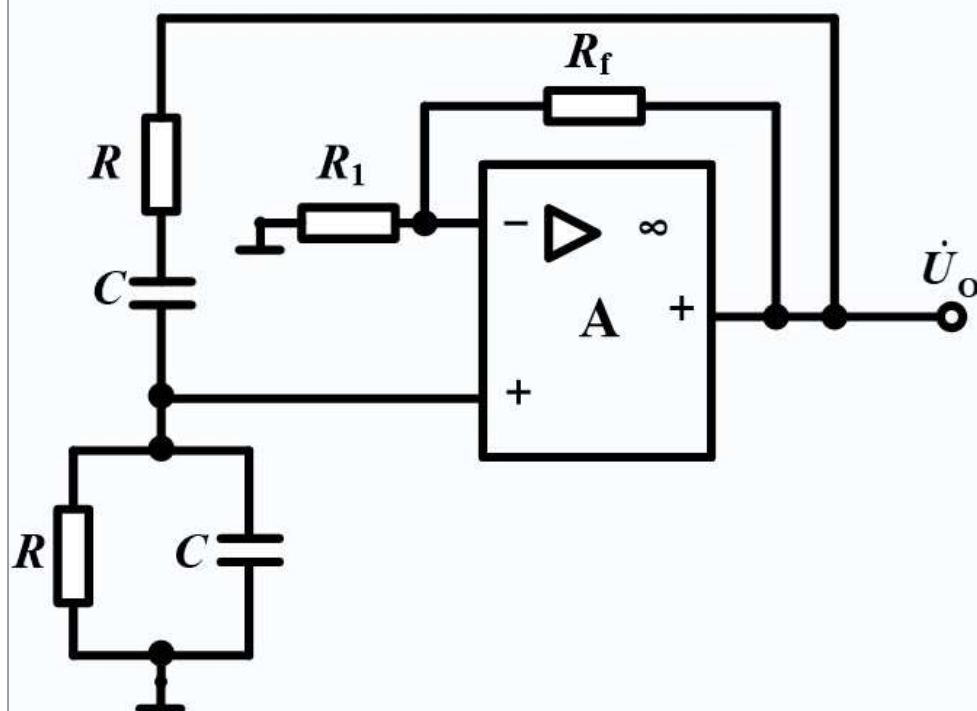
应为RC串并联网络配一个电压放大倍数略大于3、输入电阻趋于无穷大、输出电阻趋于0的放大电路。

同相比例电路

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

2.RC文氏桥正弦波振荡电路

用同相比例运算电路作放大电路。



$$R_f \geq 2R_1$$

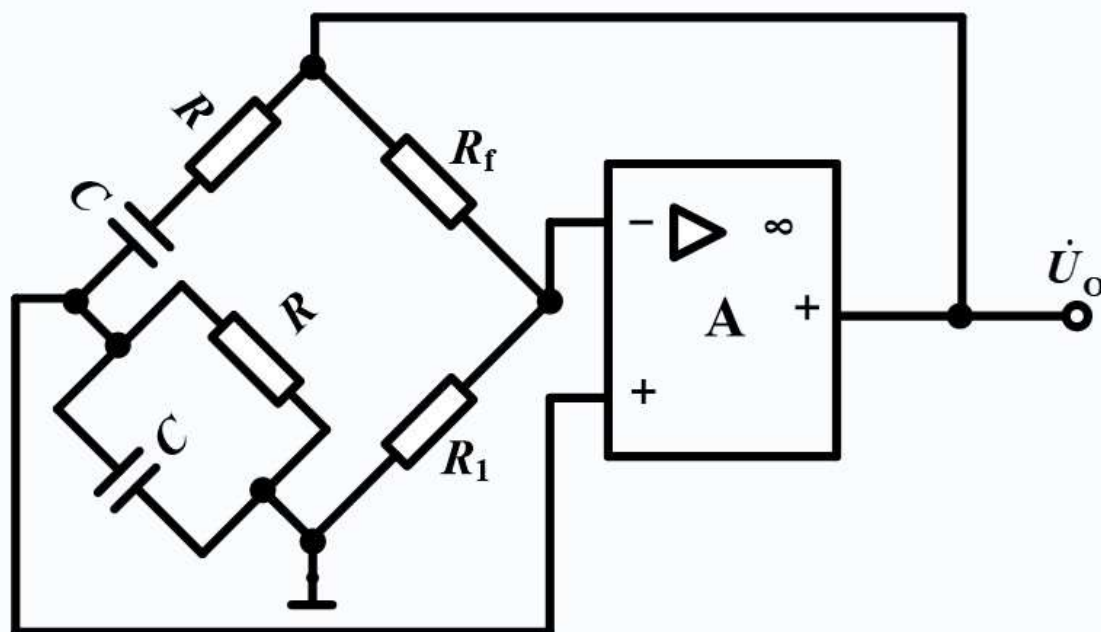
因同相比例运算电路有非常好的线性度，故 R_1 或 R_f 用热敏电阻，或加二极管作为非线性环节。



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

2.RC文氏桥正弦波振荡电路



以RC串并联网路为选频网络和正反馈网络、并引入电压串联负反馈，两个网络构成桥路，一对顶点作为输出电压，一对顶点作为放大电路的净输入电压，就构成文氏桥振荡器。

文氏桥振荡器的特点？



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

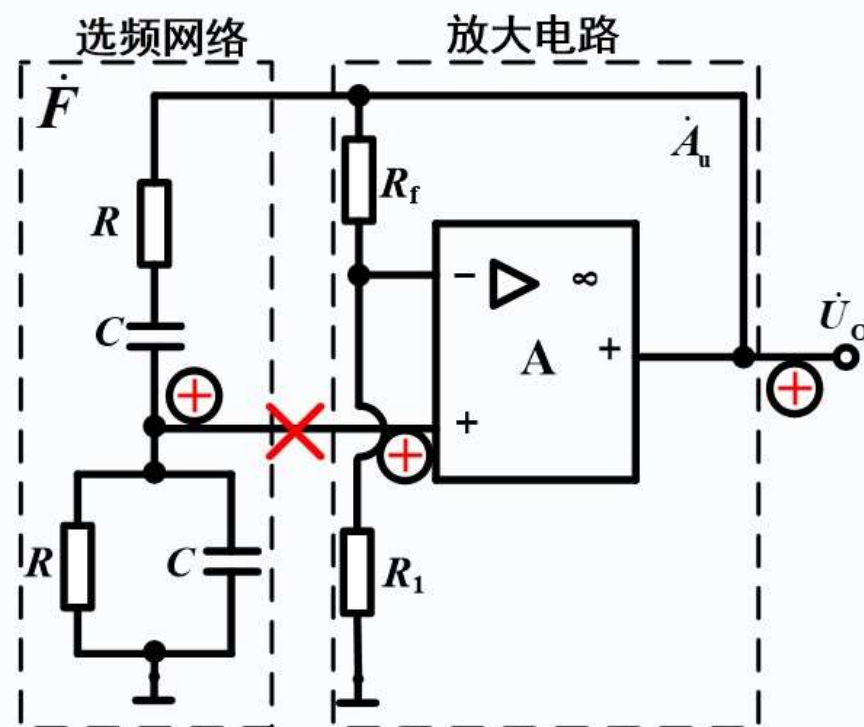
振荡电路工作原理

当 $\omega = \omega_0 = \frac{1}{RC}$ 时,

$$\varphi_F = 0$$

用瞬时极性法判断可知，
电路满足相位平衡条件

$$\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$$



10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

振荡电路工作原理

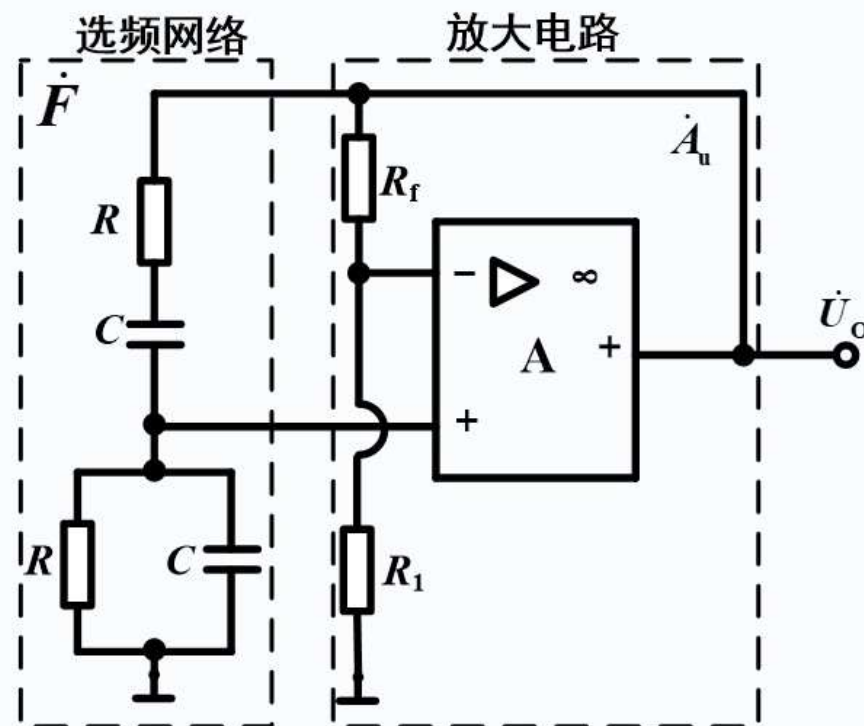
此时若放大电路的电压增益为

$$A_u = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 3$$

则振荡电路满足振幅平衡条件

$$A_u F = 3 \times \frac{1}{3} = 1$$

电路可以输出频率为 $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ 的正弦波



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

稳幅措施

采用非线性元件

► 热敏元件

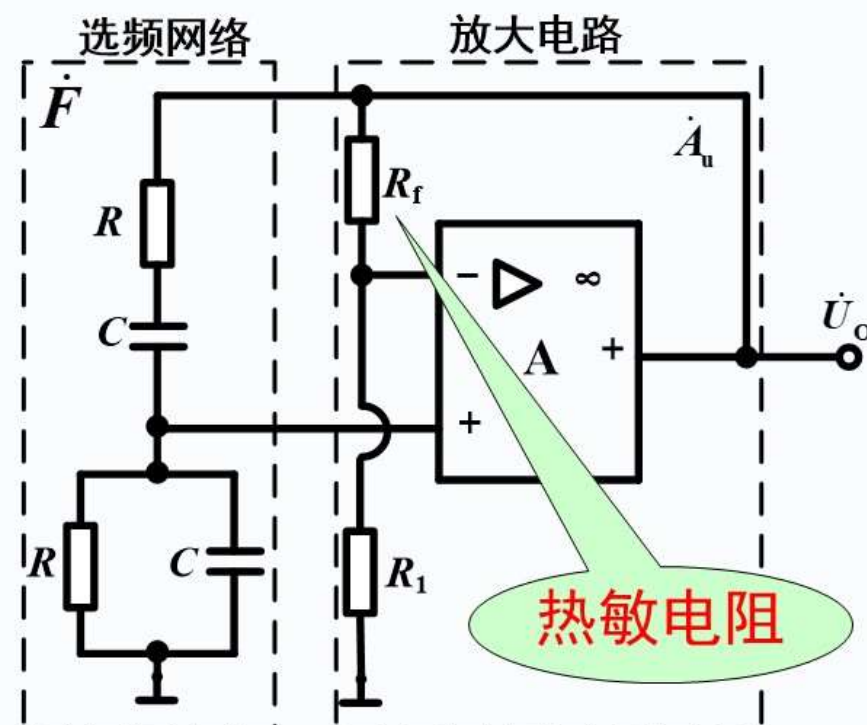
起振时, $A_u = 1 + \frac{R_f}{R_1} > 3$

即 $A_u F > 1, R_f > 2R_1$

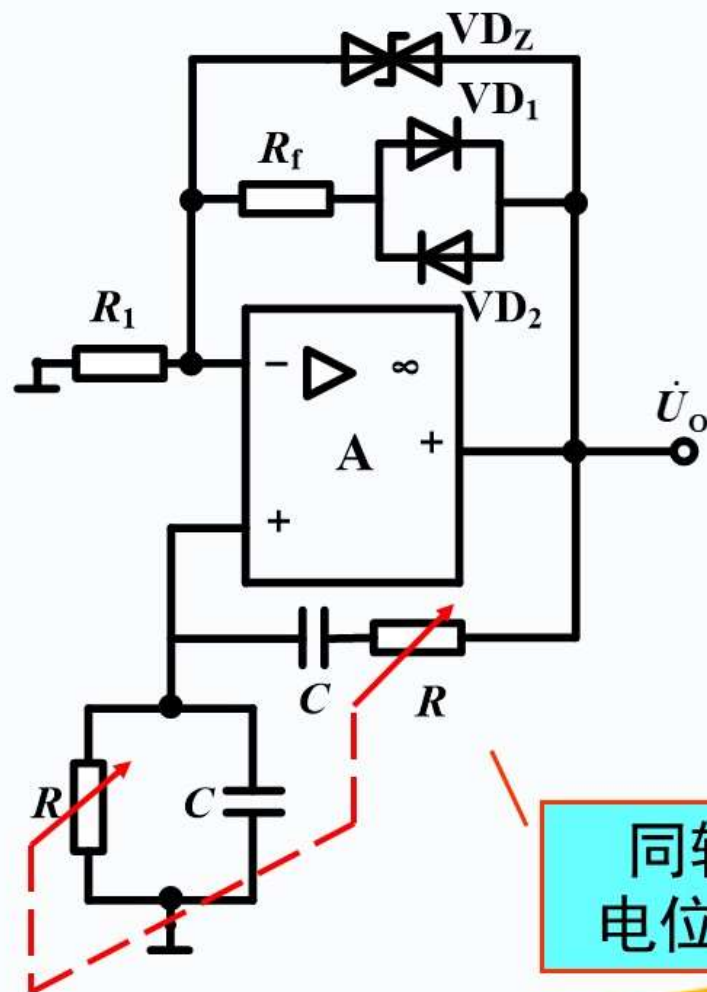
热敏电阻的作用

$|\dot{U}_o| \uparrow \rightarrow |\dot{I}_o| \uparrow \rightarrow R_f \text{ 功耗} \uparrow \rightarrow R_f \text{ 温度} \uparrow$

$R_f \text{ 阻值} \downarrow \rightarrow A_u \downarrow \rightarrow |\dot{U}_o| \downarrow$



频率可调的文氏桥振荡器



$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

改变电容以粗调，
改变电位器滑动端以微调。

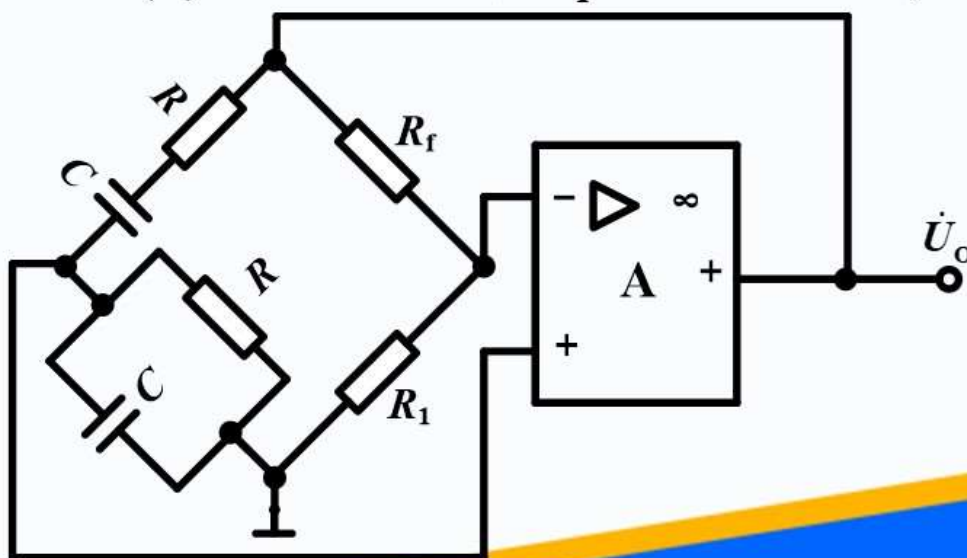
加稳压管可以限制
输出电压的峰-峰值。

同轴
电位器

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

【例10.1.1】电路如图所示，已知 $R=10\text{k}\Omega$, $C=0.01\mu\text{F}$ 。

- (1) 试求振荡器的振荡频率 f_0 。
- (2) 为保证电路起振， R_f 与 R_1 应有何种关系？ $R_f > 2R_1$
- (3) 若用热敏电阻来稳幅， R_f 应具有何种温度系数？负
- (4) 若不小心使 R_f 开路或短路，则输出电压波形将如何变化？



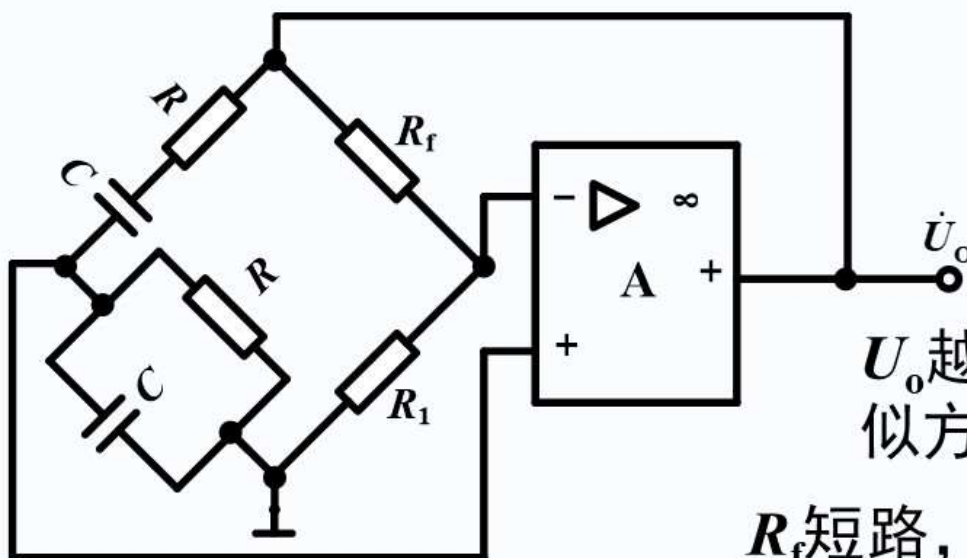
解：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 0.01} \approx 1.59(\text{kHz})$$

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

【例10.1.1】电路如图所示，已知 $R=10\text{k}\Omega$, $C=0.01\mu\text{F}$ 。

(4) 若不小心使 R_f 开路或短路，则输出电压波形将如何变化？



解： R_f 开路， $R_f \rightarrow \infty$

$$A = 1 + \frac{R_f}{R_1} > 3$$

U_o 越来越大，达到饱和，形成近似方波输出。

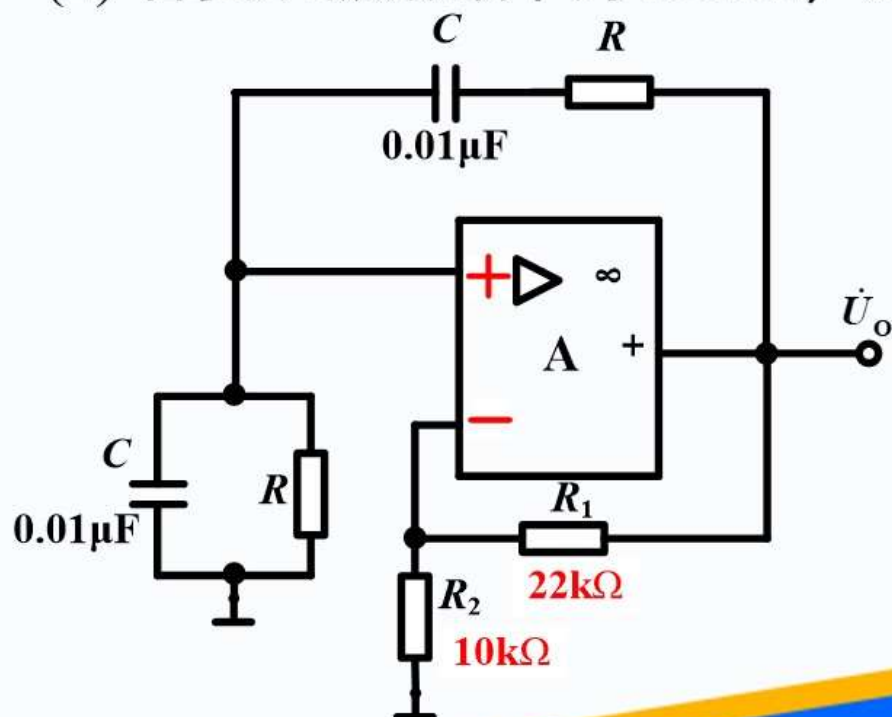
$$R_f \text{短路， } R_f \rightarrow 0 \quad A = 1 + \frac{R_f}{R_1} < 3$$

U_o 越来越小，电路停振，输出电压为0。

10.2 RC文氏桥正弦波振荡电路

例：电路如图所示

- (1) 该电路能否起振，若不能，请改正错误使其能够起振；
- (2) 若要求振荡频率为480Hz，试确定 R 的阻值。



解：不能振荡

- (1) 同相端反相端接反了；
- (2) R_1 和 R_2 阻值接反了。

$$R = \frac{1}{2\pi f_0 C} = 33.16(\text{k}\Omega)$$



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

第10章 正弦波振荡电路

本节小结

- 1、了解正弦波振荡电路的振荡条件、RC文氏桥正弦波振荡电路。
- 2、了解正弦波振荡电路存在的场景。

作业：无



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY