

第七章 信号处理电路

7.1 有源滤波器

7.2 电压比较器

7.1 有源滤波器

一、滤波电路基础知识

1. 滤波电路概念及分类

(1) 滤波电路概念：对信号的频率具有选择性的电路称滤波电路。通过有用频率信号，阻止无用频率信号。

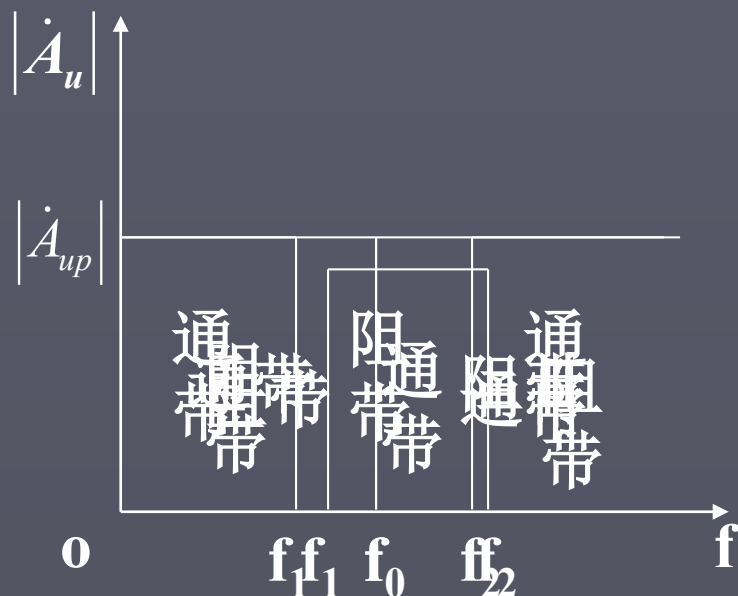
(2) 滤波电路种类

低通滤波 (LPF)

高通滤波 (HPF)

带通滤波 (BPF)

带阻滤波 (BEF)



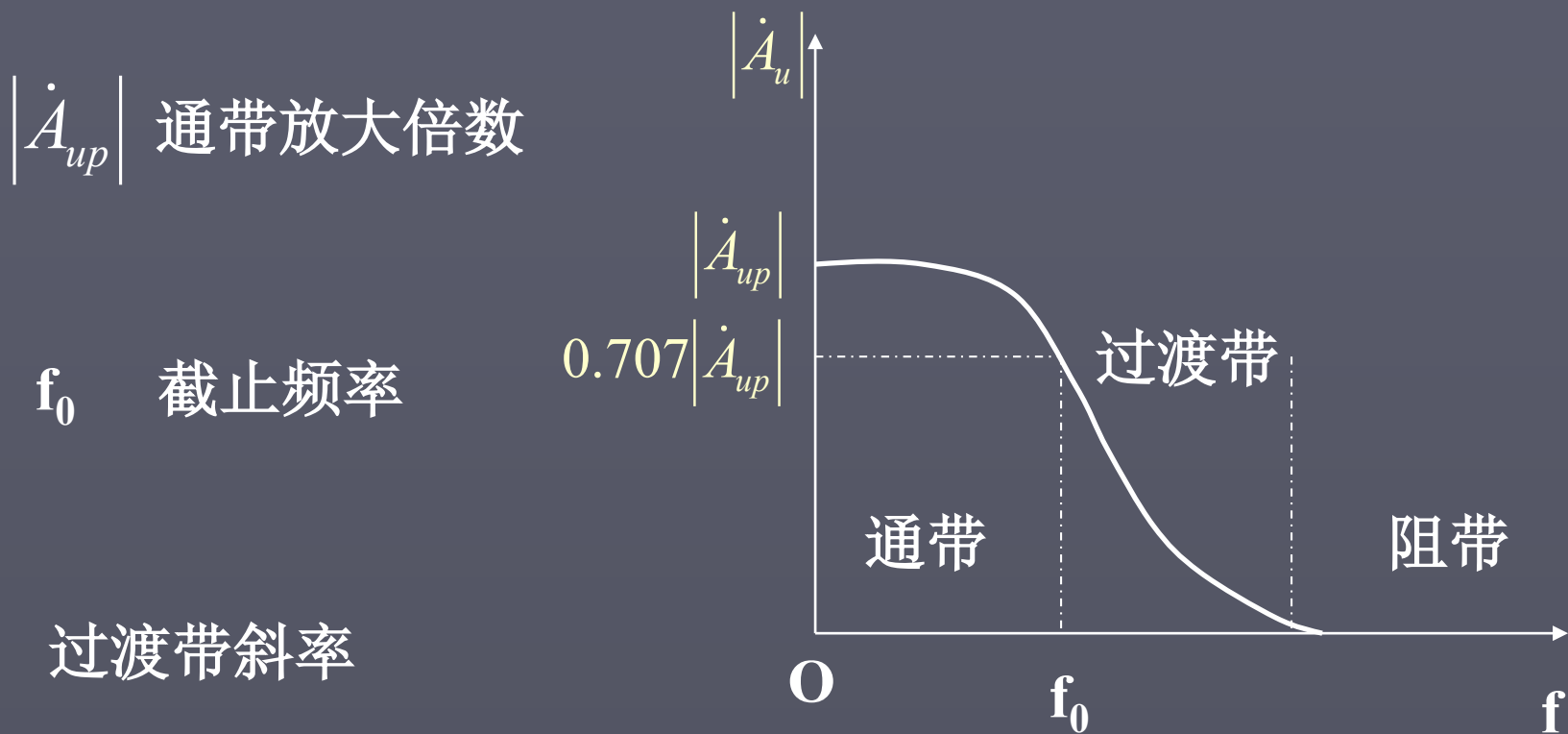
理想滤波器幅频特性

f_0 截止频率

► 问题：以下情况，应采用哪种类型的滤波电路？

1. 希望抑制50Hz的干扰信号
2. 放大音频信号
3. 从输入信号中取出低于2KHZ的信号
4. 抑制频率为100KHZ以上的高频干扰
5. 处理具有1HZ固有频率的有用信号

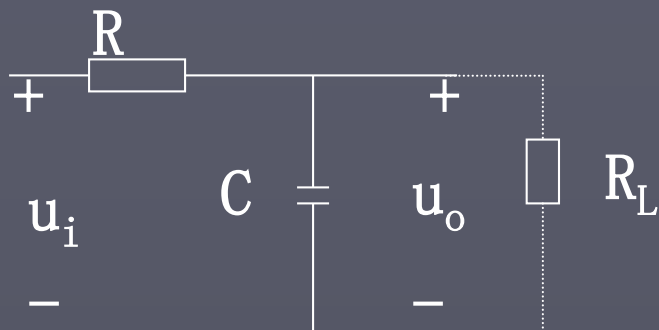
2. 实际滤波电路幅频特性



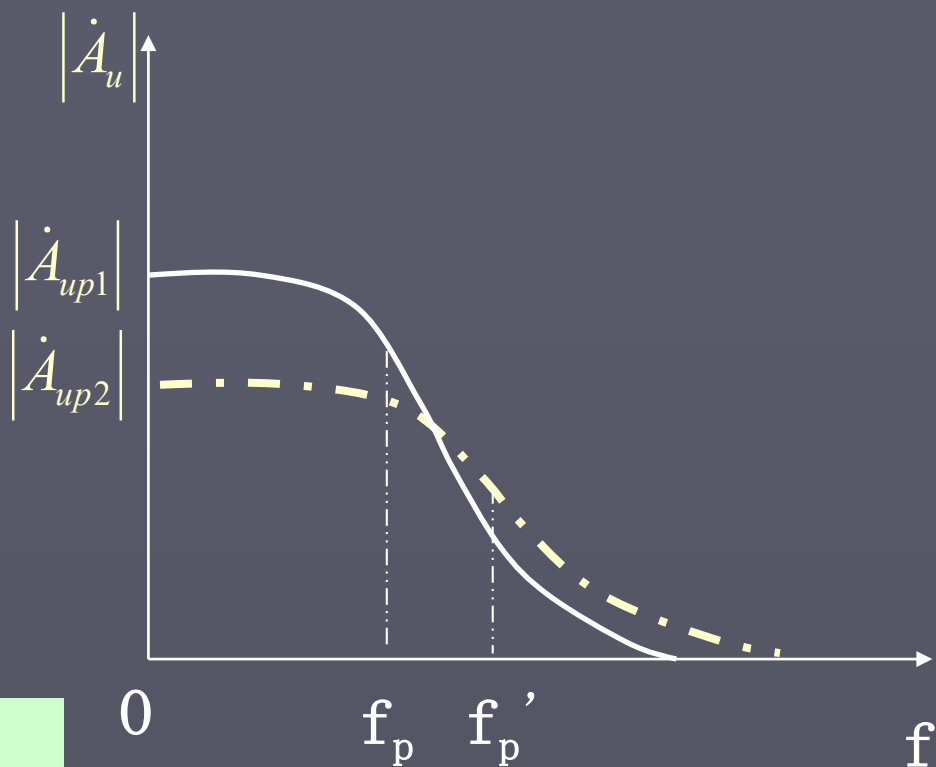
低通滤波器的实际幅频特性

3. 有源滤波电路和无源滤波电路

(1) 无源低通滤波电路



无源滤波电路负载的变化将会影响通带放大倍数及截止频率。

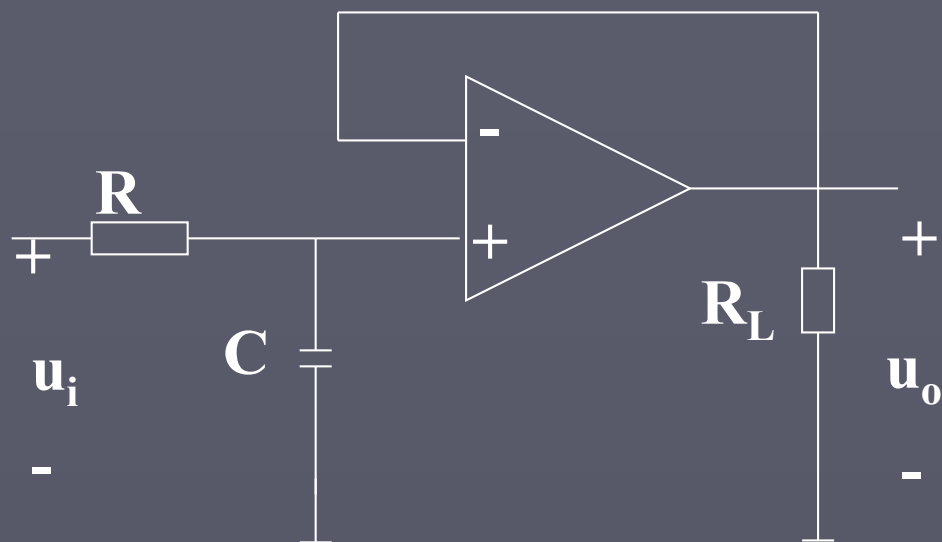


RC低通滤波器及其幅频特性

(2) 有源滤波电路

滤波功能由**RC**网络完成，

运放构成电压跟随器，
再带负载。



优点：

- a. 负载不是直接和RC网络相连，而是通过高输入阻抗和低输出阻抗的运放来连接，从而使滤波性能不受负载的影响；
- b. 电路不仅具有滤波功能，当运放构成比例运算电路时还能起放大作用。

有源滤波电路不适宜高压大电流的情况，只适用于信号处理。

二、低通滤波器

一阶低通有源滤波器

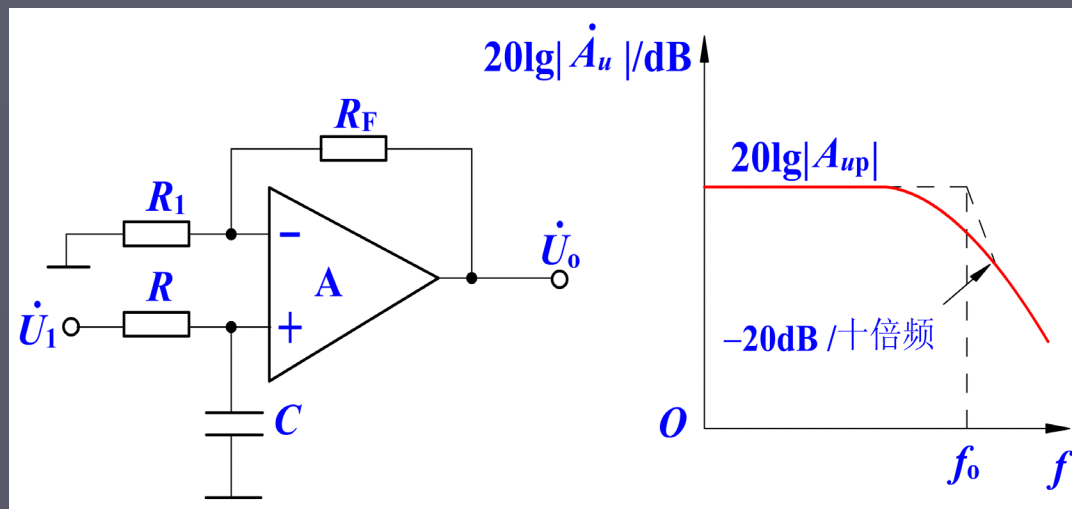
电压放大倍数

$$\dot{A}_u = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}}$$

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

$$|\dot{A}_{up}| = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

截止频率 f_0 过渡带斜率-20dB/十倍频



缺点：一阶低通有源滤波器在 $f > f_0$ 时，滤波特性不理想。对数幅频特性下降速度为 $-20 \text{ dB} / \text{十倍频}$ 。

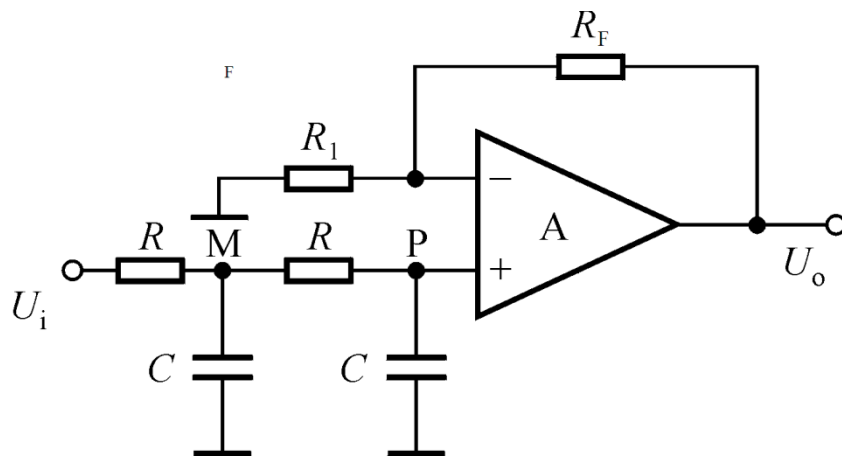
解决办法：采用二阶低通有源滤波器。

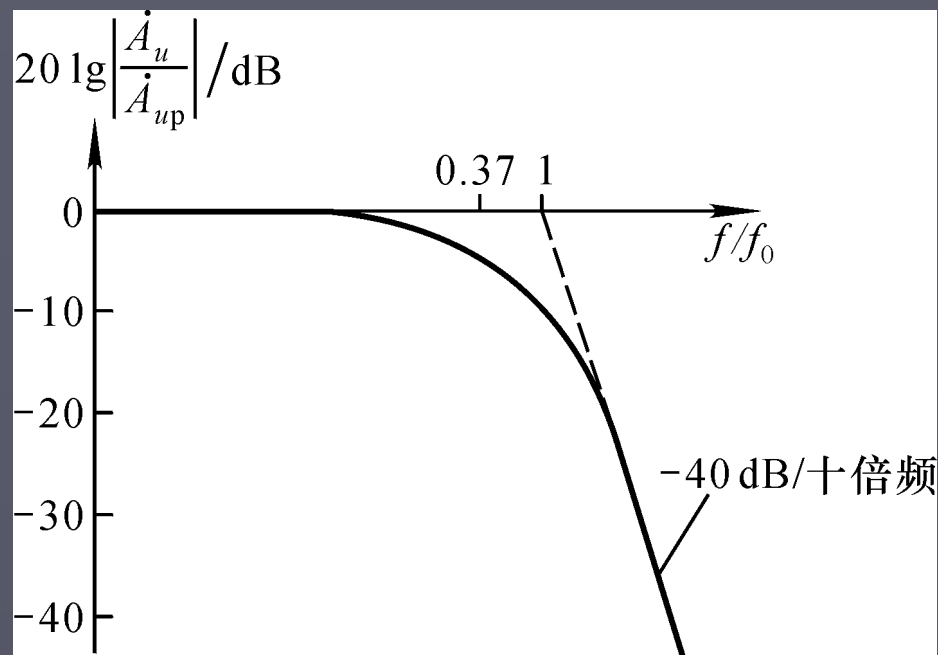
简单二阶低通滤波电路

$$\dot{A}_u = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \frac{1}{1 + 3j\omega RC + (j\omega RC)^2}$$

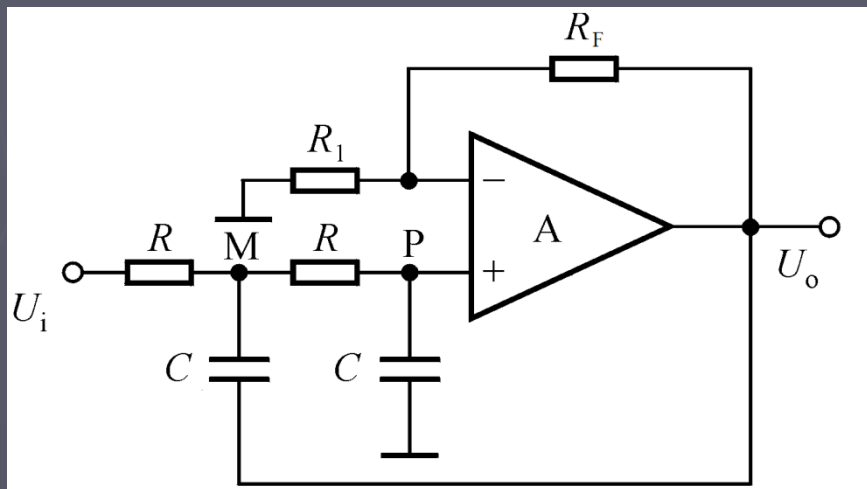
$$\left| \dot{A}_{up} \right| = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

过渡带斜率-40dB/十倍频





二阶有源滤波电路通带外衰减速率变快（ -40dB/十倍频 ），但这种简单的二阶滤波电路，截止频率远离 f_0 ，为使滤波特性更趋近于理想，应使截止频率接近 f_0 。这样在接近截止频率的范围内输出电压不致于下降太多，在高频端输出电压会迅速下降，从而有利于改善滤波特性，通过引入正反馈来增大 $f=f_0$ 附近的电压放大倍数。



引入正反馈

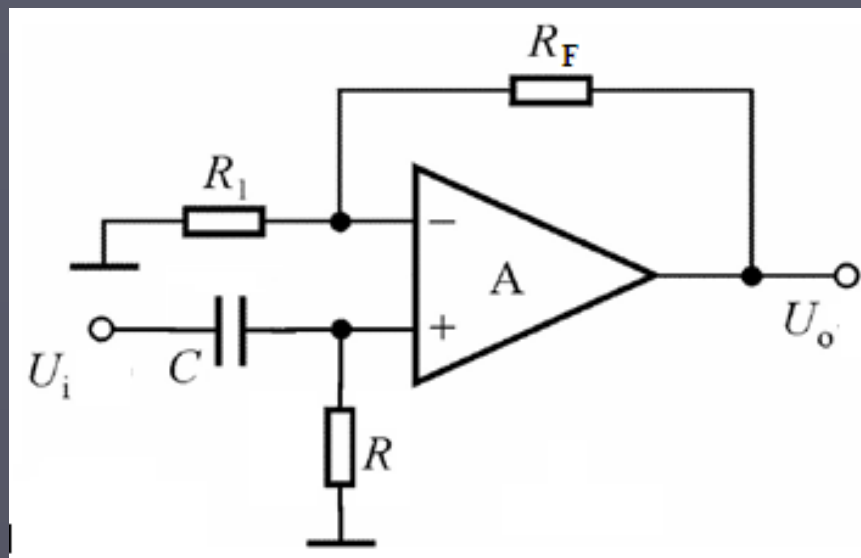
$f \rightarrow 0$ 时，引入正反馈的 C 断路，正反馈断开，放大倍数为通带放大倍数；

$f \rightarrow \infty$ ，接地的 C 短路，正反馈不起作用，放大倍数小 $\rightarrow 0$ ；

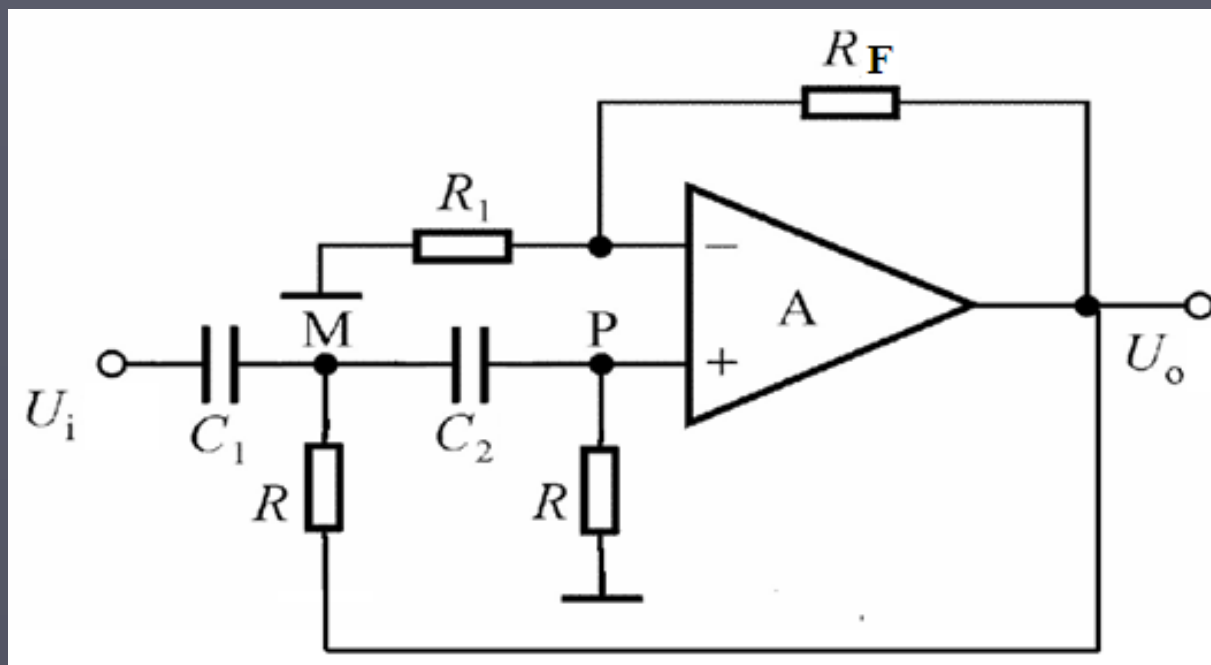
因而有可能在 $f = f_0$ 时放大倍数等于或大于通带放大倍数。对于不同频率的信号正反馈的强弱不同。

三、高通滤波器

高通滤波电路与低通滤波电路具有对偶性。将前面低通滤波电路中滤波环节的电容换为电阻，电阻换为电容，就可得到各种高通滤波电路。

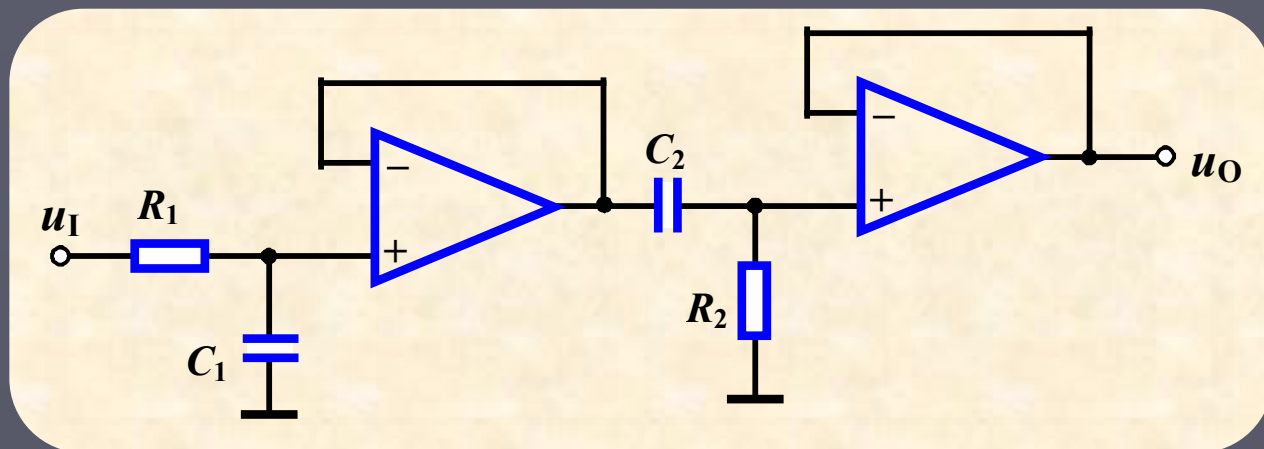


二阶高通滤波电路



四、带通滤波器

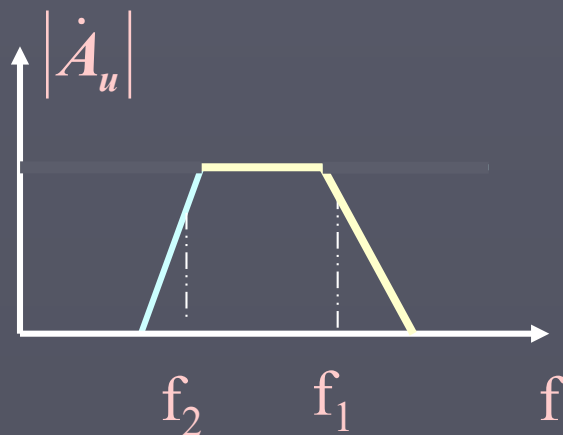
可由低通和高通串联得到



f_1 低通截止频率

f_2 高通截止频率

必须满足 $f_2 < f_1$

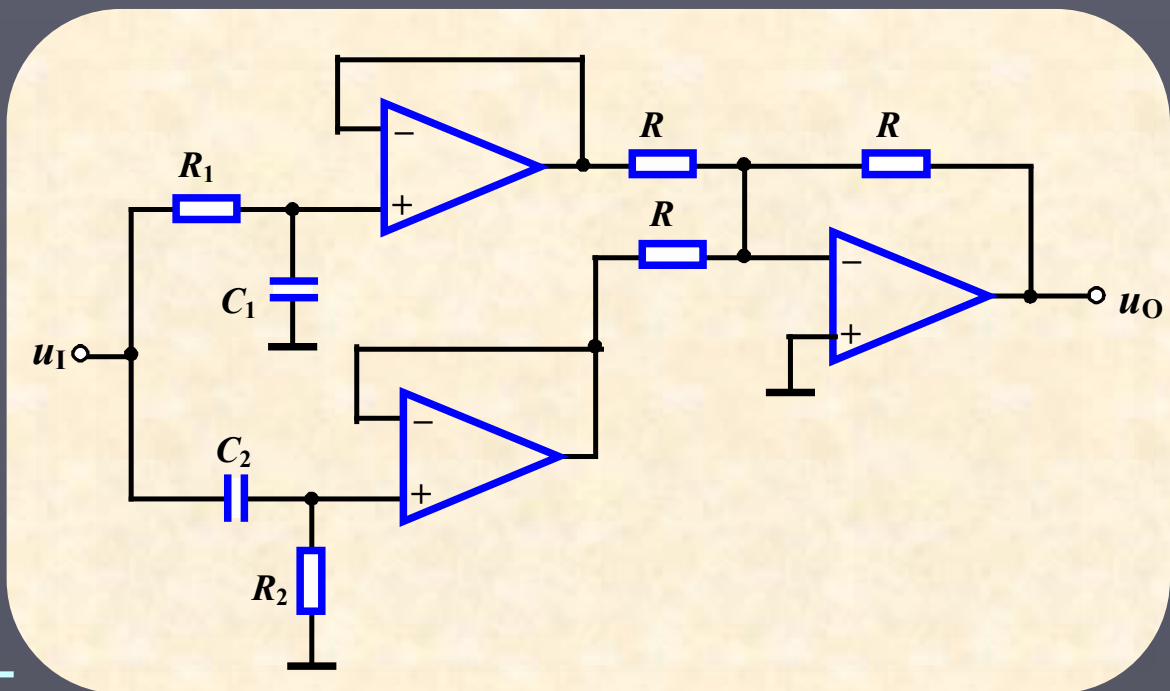
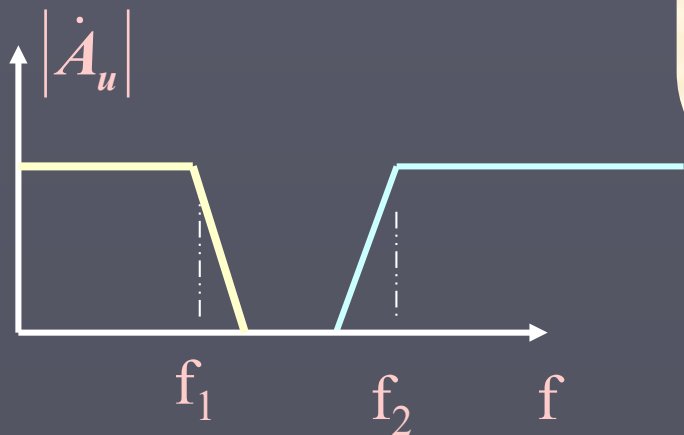


五、带阻滤波器

可由低通和高通并联
得到

必须满足

$$f_2 > f_1$$



例：分析下列电路是那种类型的滤波电路

