

第三章 传感检测系统

3.4 信号调节

a. 信号调节器的功能

对传感器输出的原始信号或系统中某一环节的输出信号进行再加工，以满足下一环节输入要求的需要。



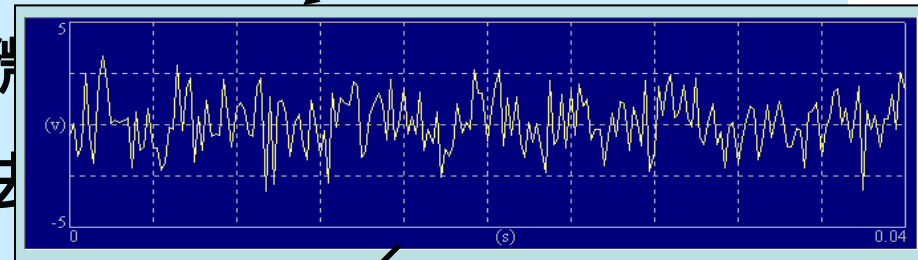
b. 信号调理的目的

信号调理的目的是便于信



1. 传感器输出的电信号很微

义器中去



的是电信号中混杂有干扰噪声，需要
去掉噪声，提高信噪比。

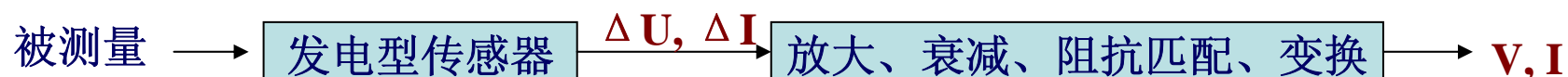
3. 某些场合，为便于信号的远距离传输，需要对传感器测量信进行调制解调处理。

c.信号调节器的种类

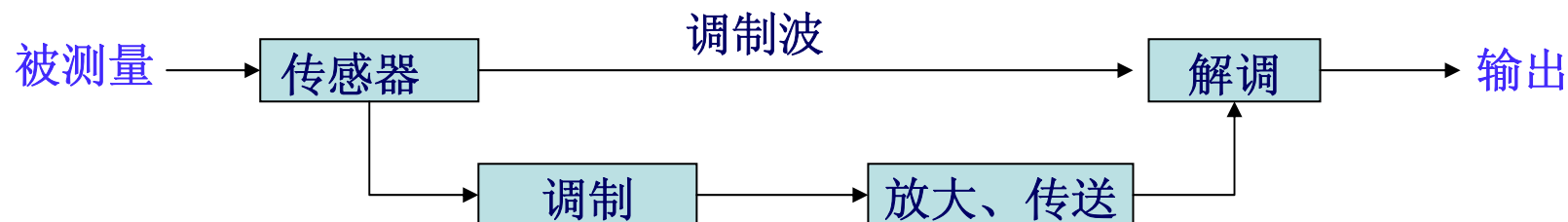
1. 参量变换型：常用于参量型传感器，将电参量变换成电压和电流量。



2. 阻抗变换、幅度调节



3. 调制、解调



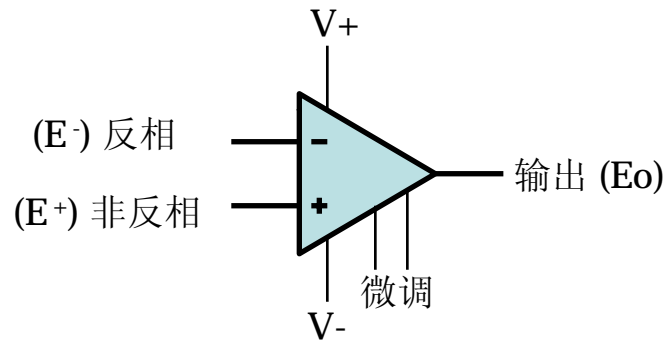
4. 品质调节：线性化处理—扩大测量范围，减少非线性失真；
滤波—保持有用信号，消除干扰；
倍频、细分—提高测量精度；
5. A/D、D/A转换：与计算机相联系。



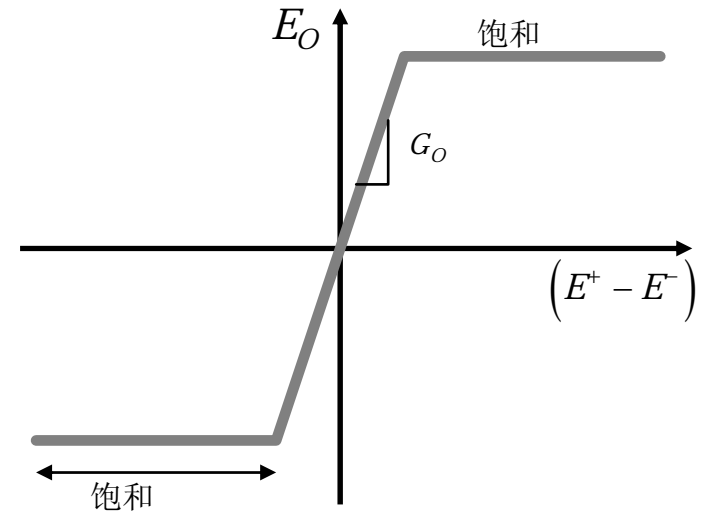
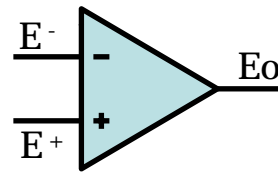
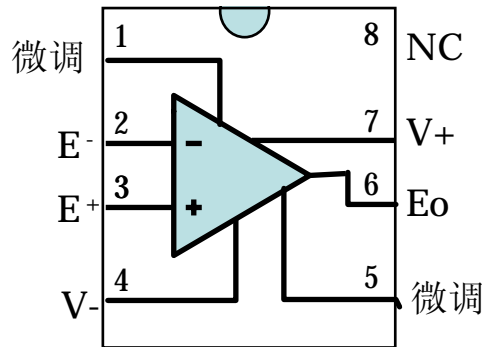
e.信号调节过程

- 1.通过保护装置来防止大电流或高电压对下一级元件造成的损坏。
- 2.将信号转化为适当的信号类型。
- 3.使信号大小在适当的范围内。
- 4.消除或减少噪声。
- 5.信号处理。

3.4.1 运算放大器



$$E_o = G_o(E^+ - E^-)$$



a. 运算放大器特点

	理想	实际	
GΩ	无限	大开环增益	10^4 to 10^6
	无限	高输入阻抗	300 KΩ to 1000
	0	低输出阻抗	10 Ω to 5 KΩ (通常为150 - 200)

应用:

- 在开环模式下很少使用
- 大多用于反馈模式

b. 运算放大器重要原则

- 输入端电压(反相和同相) 相同。

- 输出端将会使输入端的电压差为0

从输入终端看,可以改变其输出电压,这样使外部反馈网络输入差为零。

- 无电流流入运算放大器。

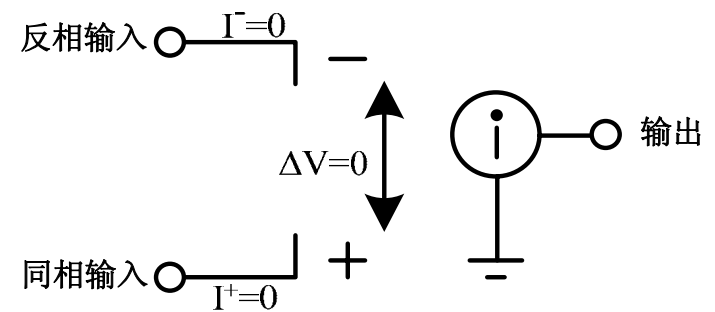
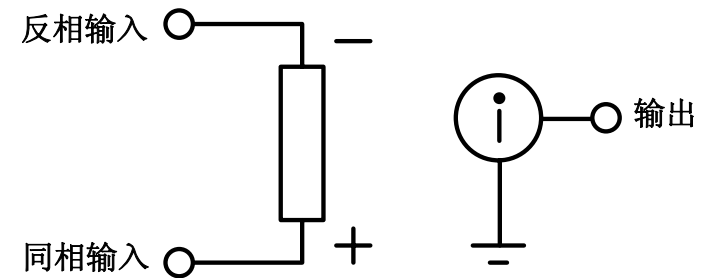
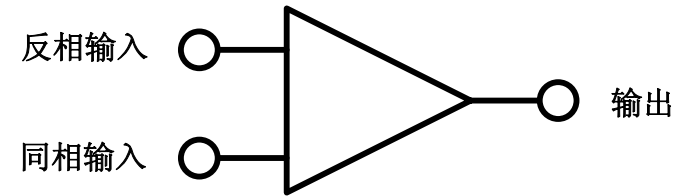
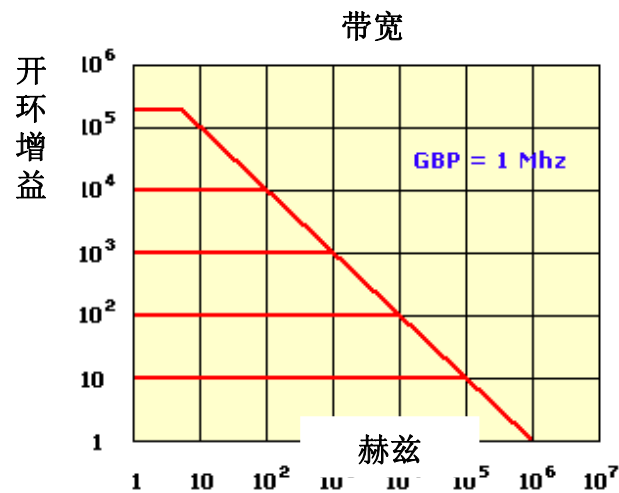
- 运算放大器的输入电流非常小 (0.5 mA for a 741C) , 实际计算时取整为零

- 特点

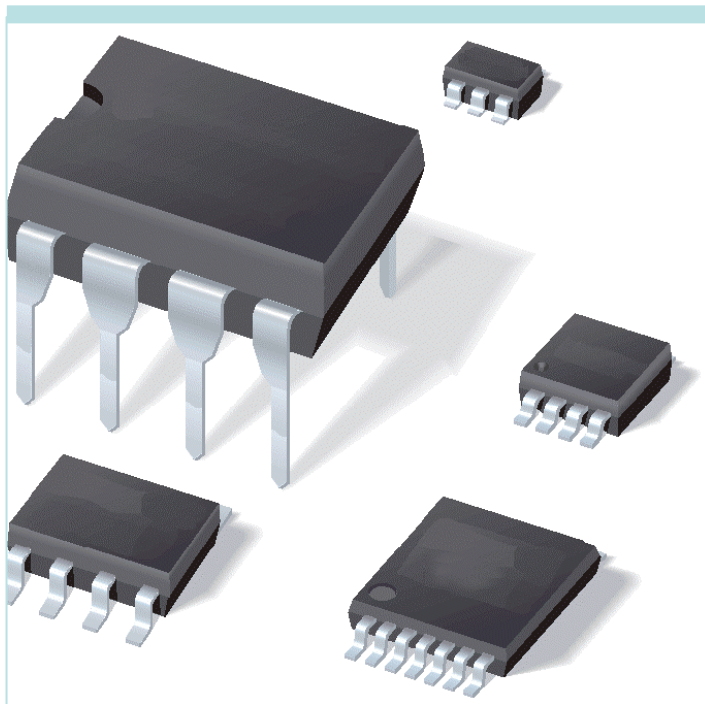
- 高增益
- 高输入阻抗
- 低输出阻抗

- 模型

- 输入阻抗为无限大
- “虚零”电压差



c. 典型的运算放大器集成电路封装

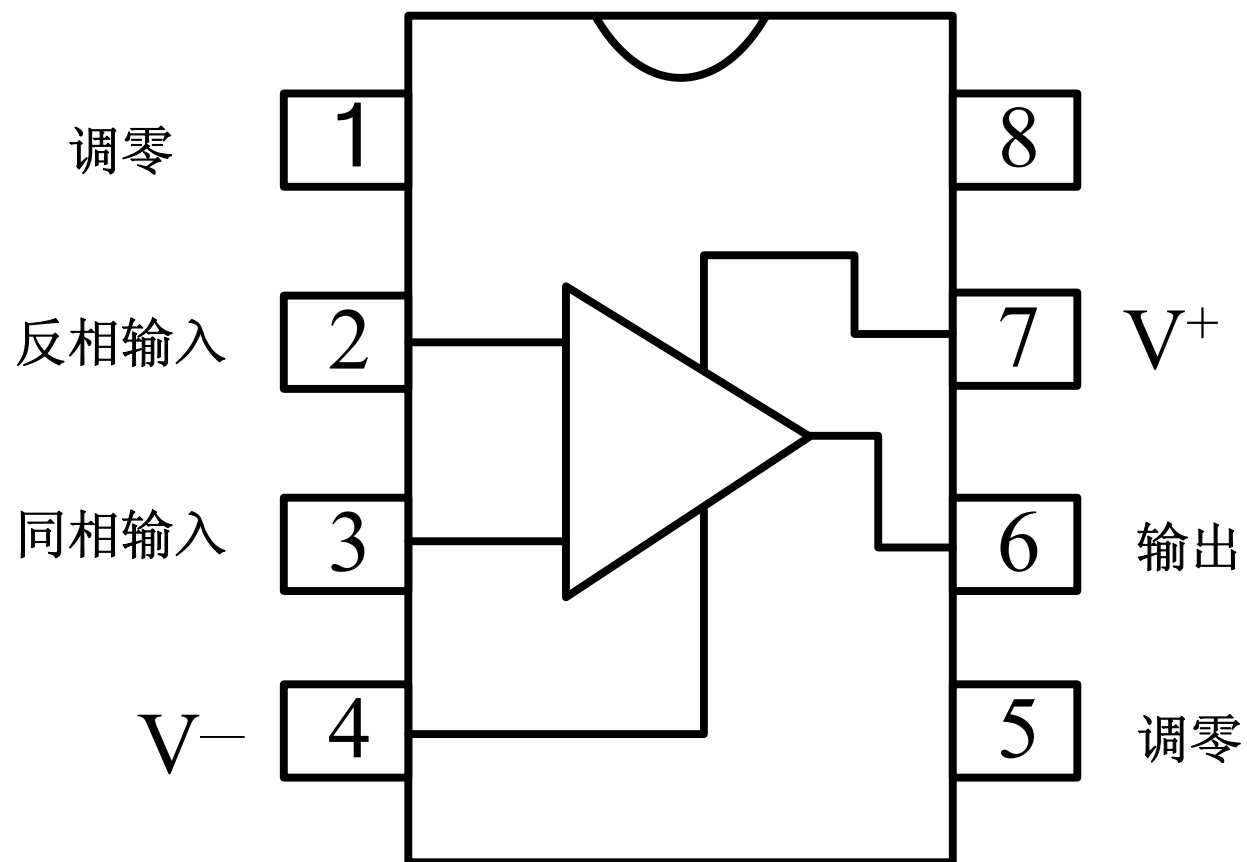


双列直插式组装(DIP)



金属外壳式

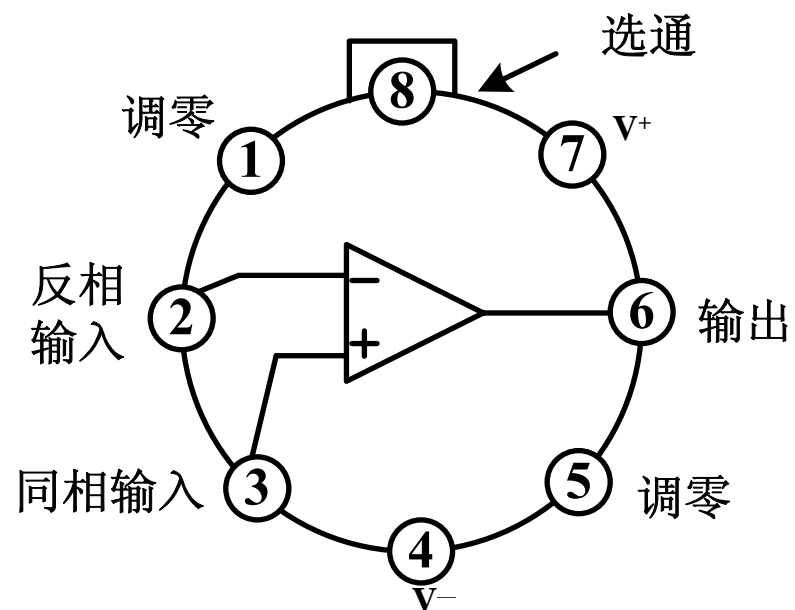
1、741型运算放大器引脚连接



2、金属外壳式运算放大器引脚

CA3140(金属外壳)

府视图

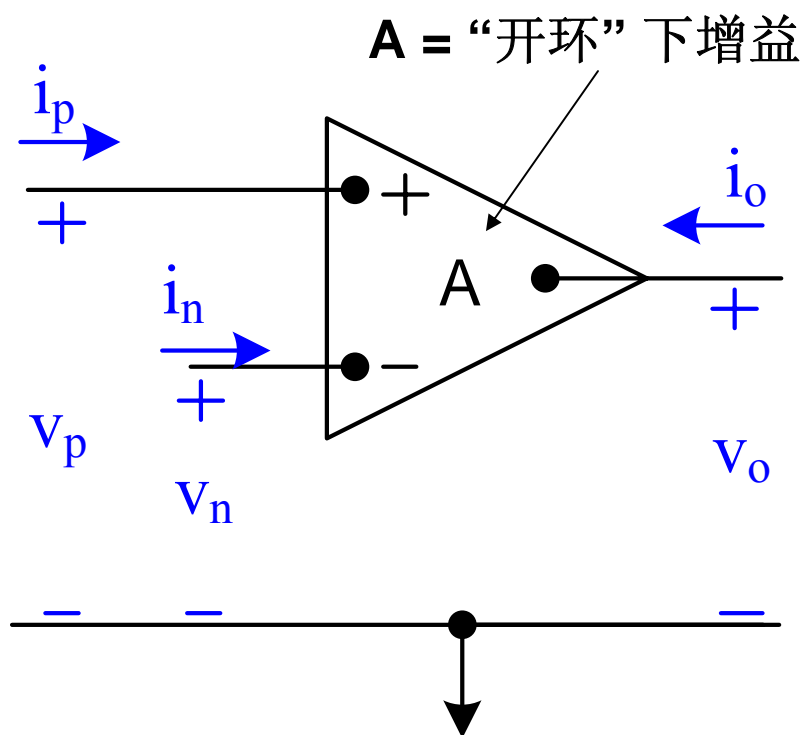


d. 运算放大器主要特征

1. 高开环增益 (理想情况下为无限大) , 即使是差值很小的输入电压 , 其结果也是输出饱和电压
2. 高输入阻抗(理想情况下无限大) , 即运算放大器中没有电流流入

e. 几种常用的运算放大器

1、理想运算放大器(开环)



$$v_o = A(v_p - v_n)$$

$$R_{in} \rightarrow \infty$$

$$A \rightarrow \infty$$

$$v_p = v_n$$

$$i_p = i_n = 0$$

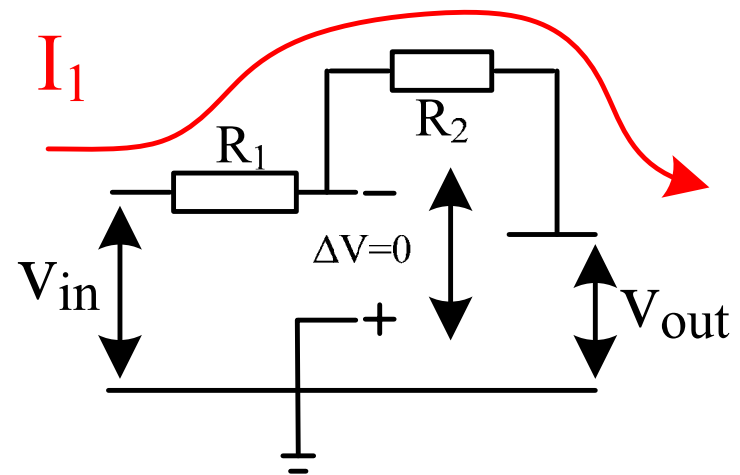
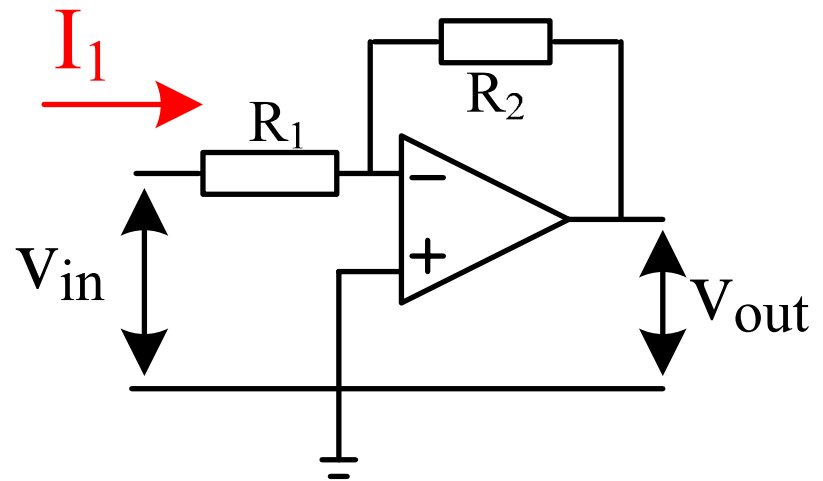
2、反相放大器

- 反相和放大

- $V_{in} = I_1 \cdot R_1$

- $V_{out} = -I_1 \cdot R_2$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{I_1 R_2}{I_1 R_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$



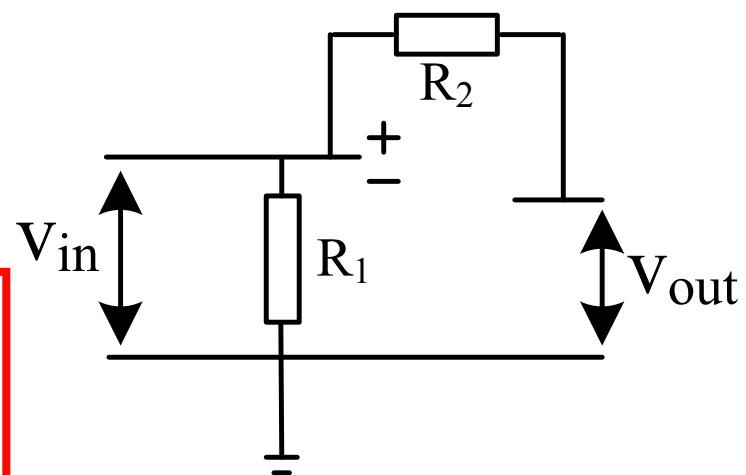
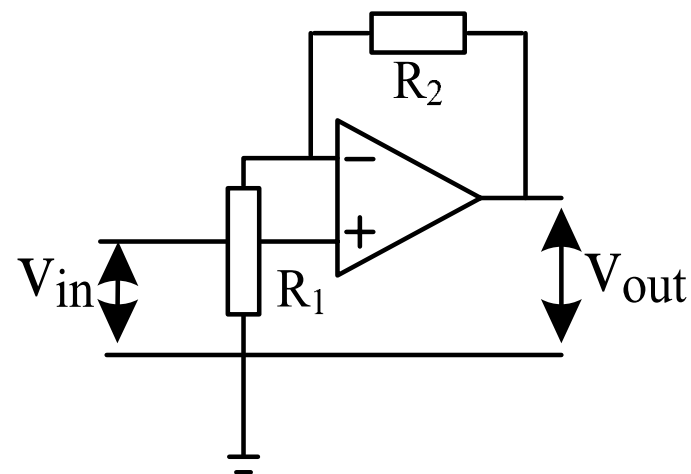
3、同相放大器

- 同相和放大
- 作为一个分压器

$$V_{in} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * V_{out}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

电压跟随器 $R_2=0$ 增益 = 1



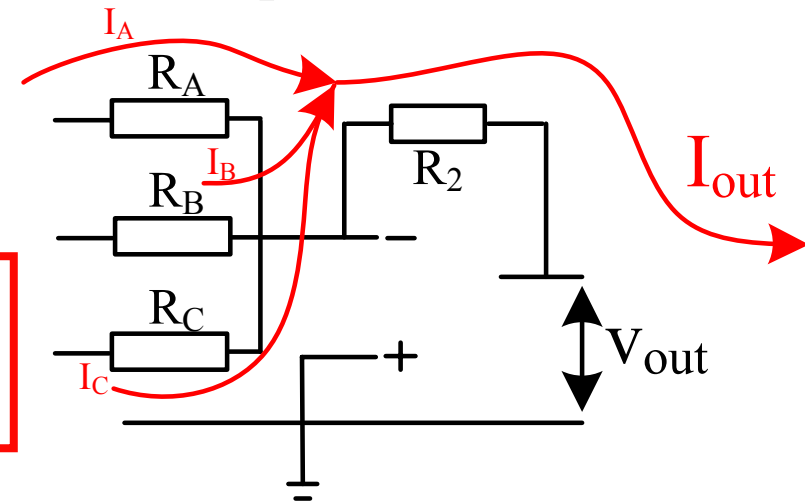
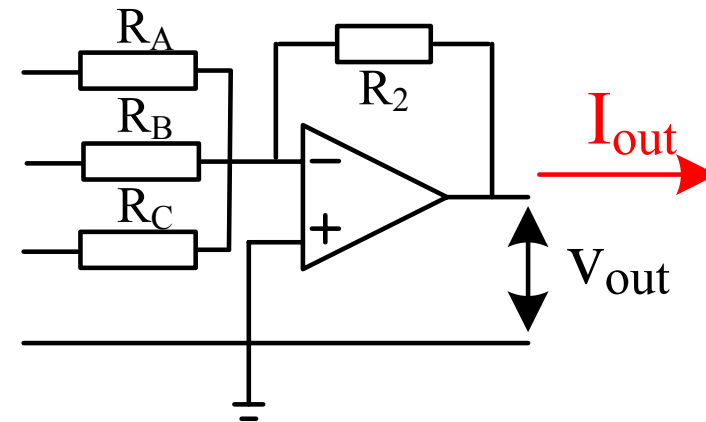
4、反相求和放大器

- 多个输入的平均或总和

$$I_{out} = I_A + I_B + I_C$$

$$-\frac{V_{out}}{R_2} = \frac{V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_B} + \frac{V_C}{R_C}$$

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_A} * V_A + \frac{-R_2}{R_B} * V_B + \frac{-R_2}{R_C} * V_C$$



5、差分放大器

- 放大两输入之间的差值

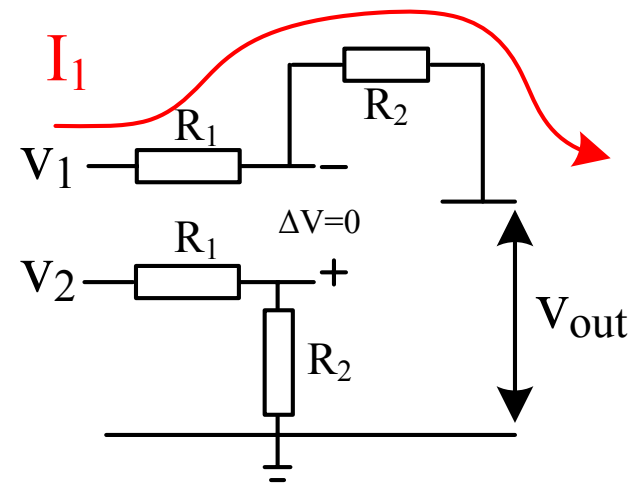
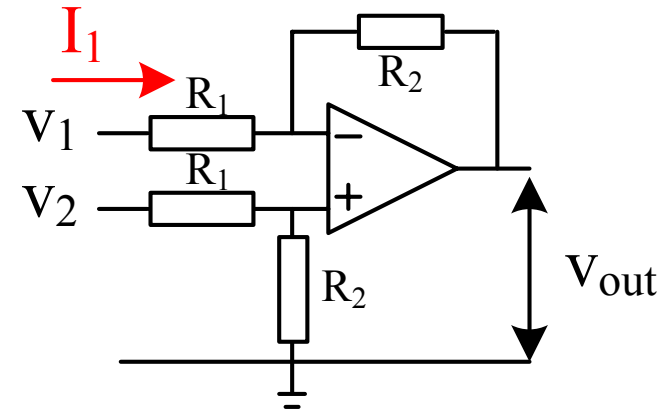
$$V_{\pm} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2$$

$$V_1 - IR_1 - V_{\pm} = 0$$

$$V_{\pm} - IR_2 - V_{out} = 0$$

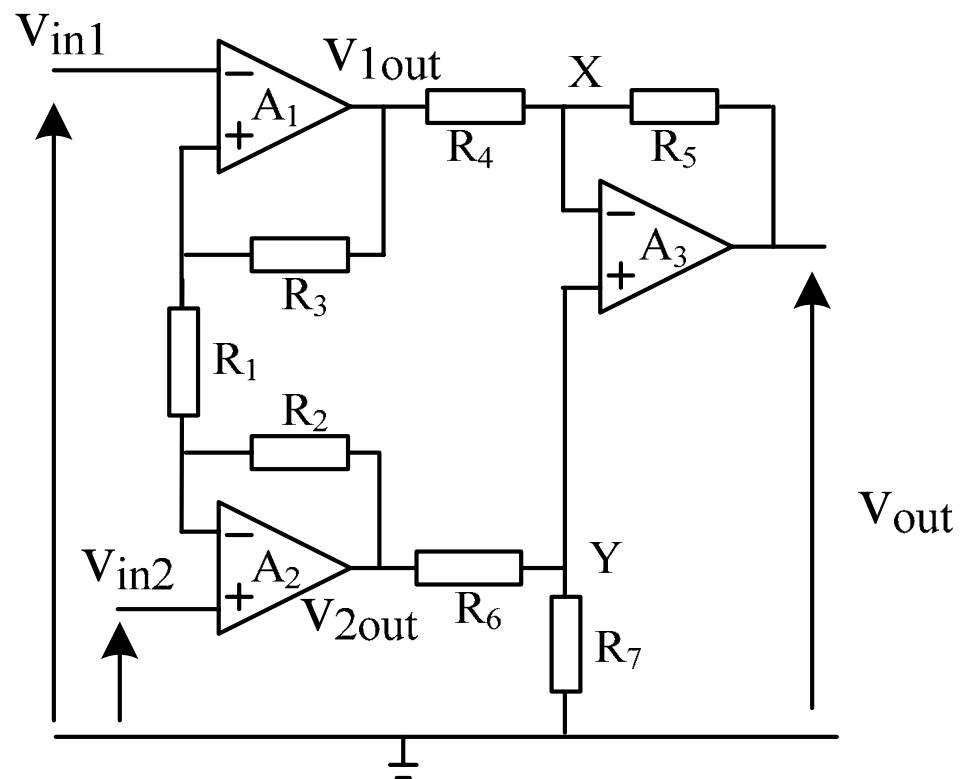
$$\frac{V_1 - V_{\pm}}{R_1} = I = \frac{V_{\pm} - V_{out}}{R_2}$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$



6、测量放大器(差动放大器)

- 放大两输入之差
 - 高增益 $\sim 10,000$
 - 高共模抑制比 $< 100\text{dB}$
 - 两个同相/反相放大器

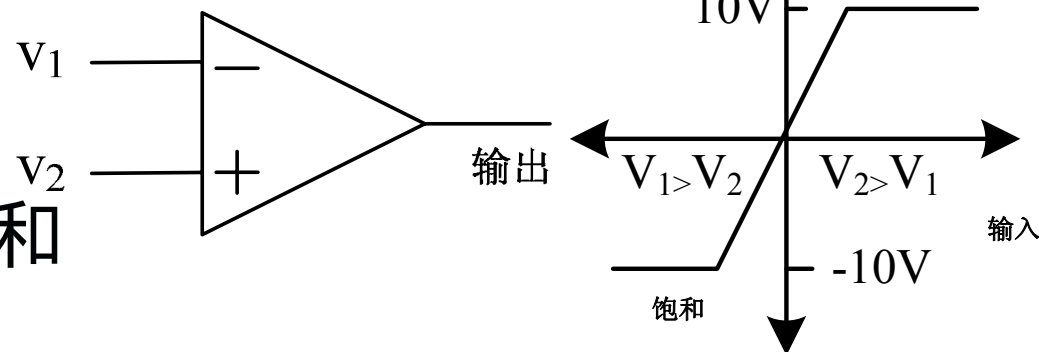


7、比较器

- 开环运算放大器

- 高增益使输出饱和

- 开或关~高或低

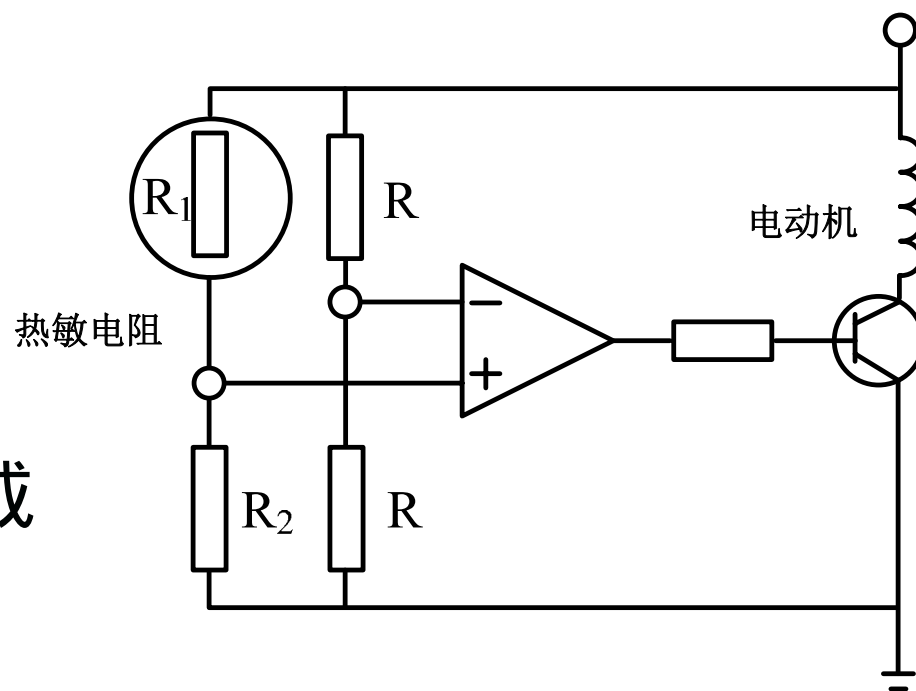


- 例子

- 温度开关

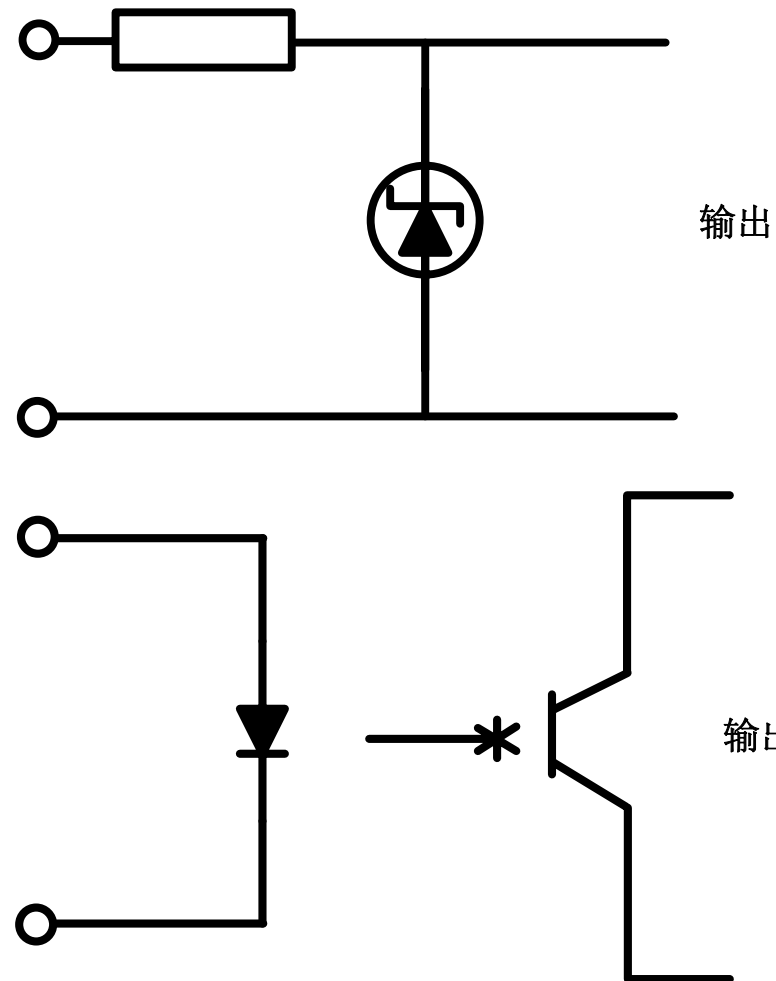
- 热敏电阻和电阻组成

分压器

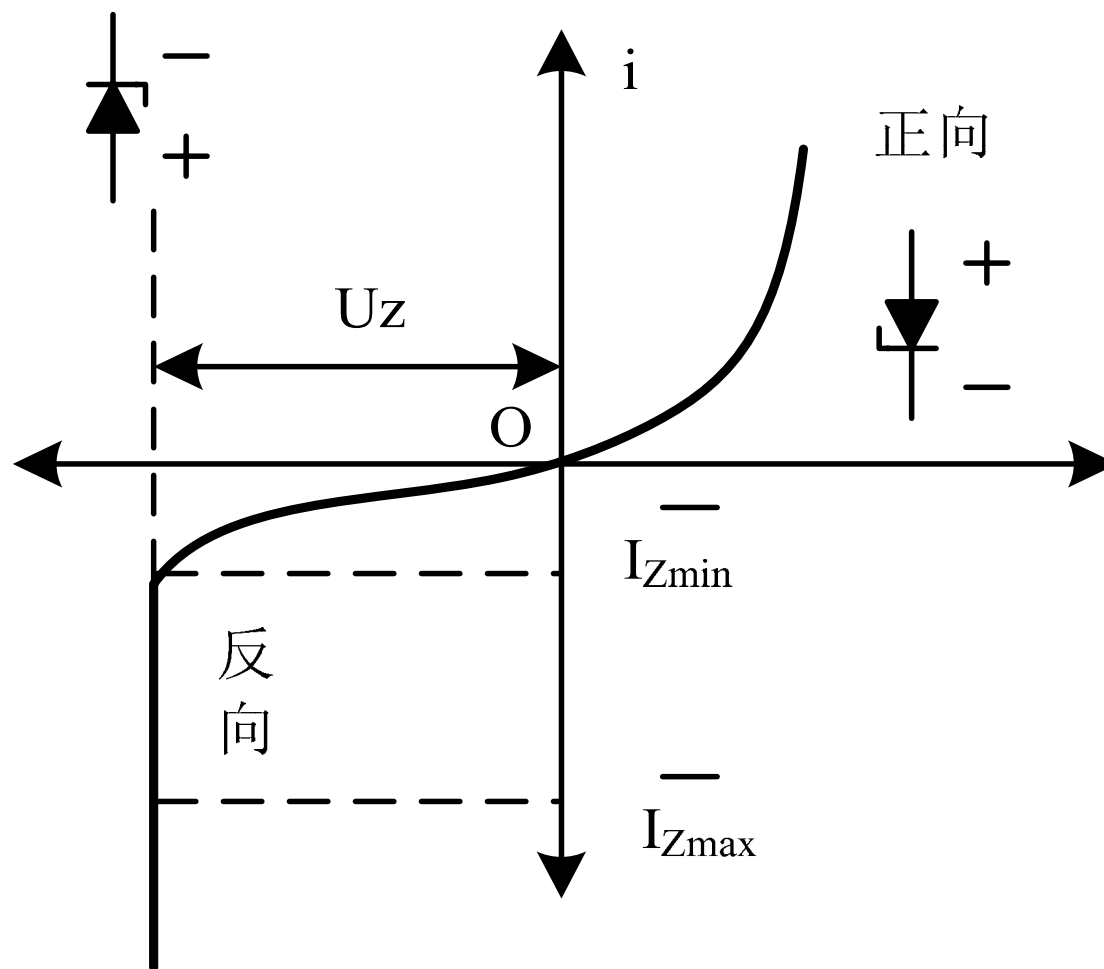


3.4.2 保护电路

- 稳压二极管（防止过压）
 - 需要串联电阻，以防止过度的反向电流
 - 可能需要串联二极管防止反向电流
- 光电隔离器
 - 输入和输出之间没有用电气连接
 - LED 需要防止电流过大



a. 稳压二极管的伏安特性



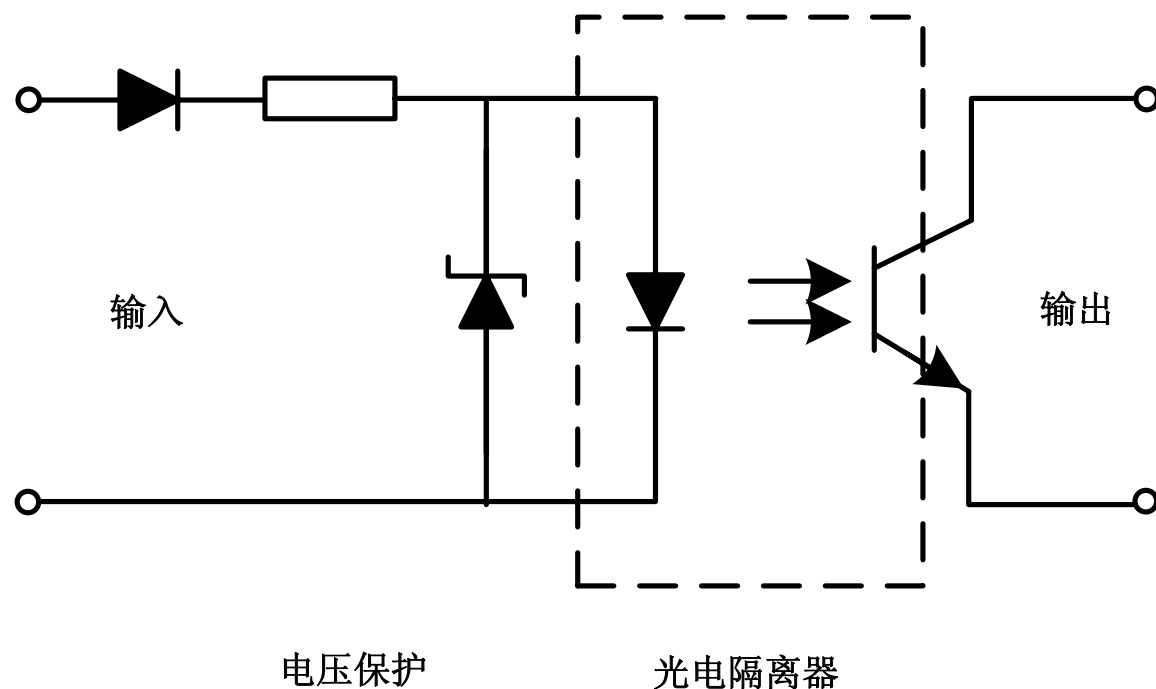
稳压二极管与普通二极管的区别

第一，二极管一般在正向电压下工作，稳压管则在反向击穿状态下工作，二者用法不同；

第二，普通二极管的反向击穿电压一般在40V以上，高的可达几百伏至上千伏，而且在伏安特性曲线反向击穿的一段不陡，即反向击穿电压的范围较大，动态电阻也比较大。对于稳压管，当反向电压超过其工作电压 V_z （亦称齐纳电压或稳定电压）时，反向电流将突然增大，而器件两端的电压基本保持恒定。对应的反向伏安特性曲线非常陡，动态电阻很小。

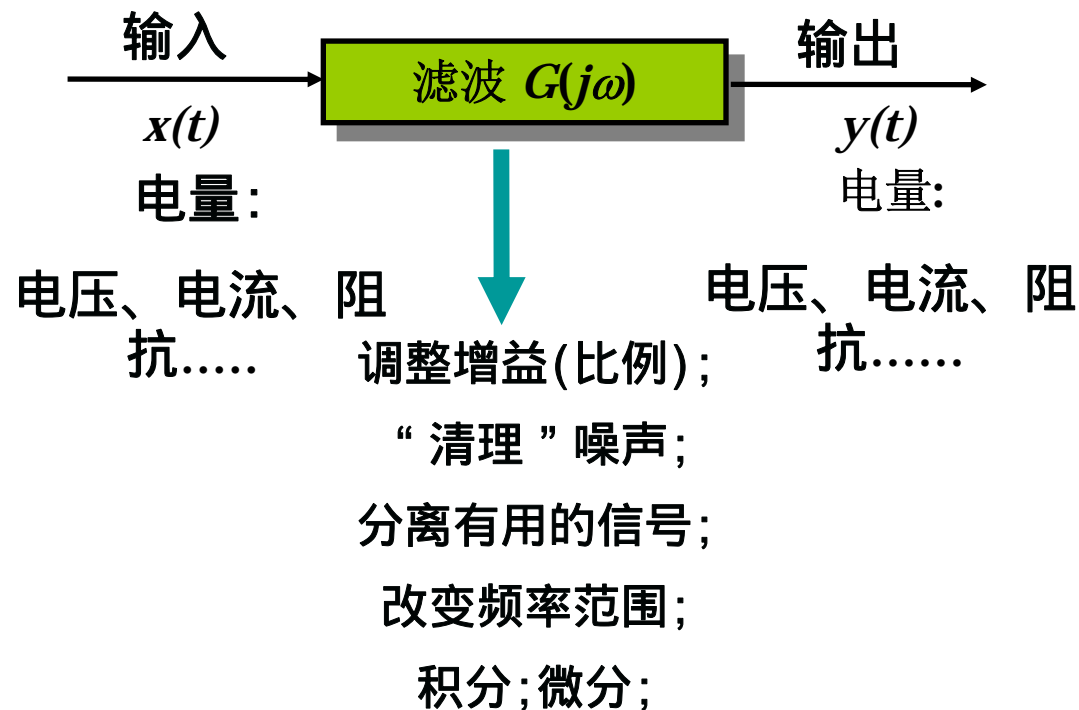
b.光电隔离器

光电隔离器可以用来完全隔离电路和消除它们之间的所有电气连接。光电隔离器广泛应用于可编程序逻辑控制器的输入/输出端口，从而保护微处理器免受损害。



3.4.3 信号的滤波

滤波用来描述消除一定频带范围的信号，允许其他信号传递的过程。



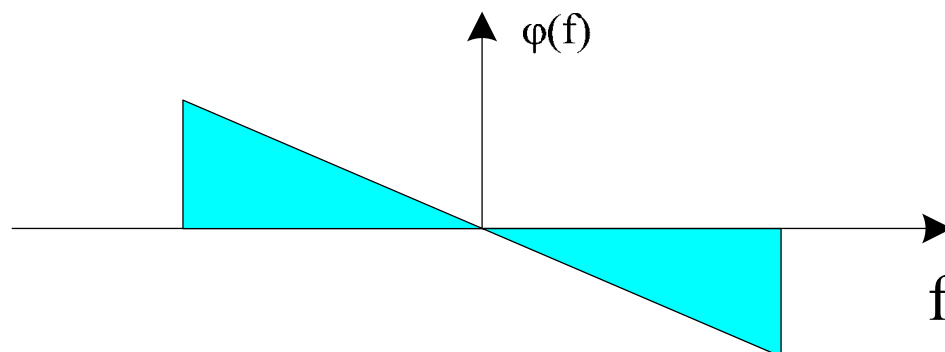
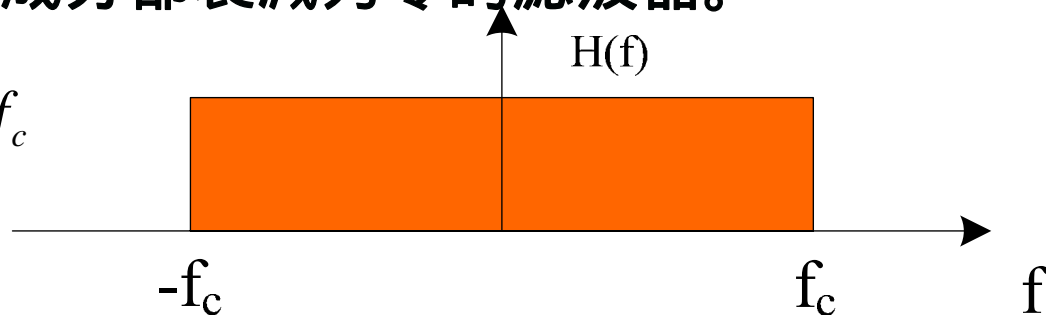
滤波器是一种选频装置，可以使信号中特定频率的信号通过，而极大地衰减其他频率的成分。

a. 理想滤波器

理想滤波器是指能使通带内信号的幅值和相位都不失真，阻带内的频率成分都衰减为零的滤波器。

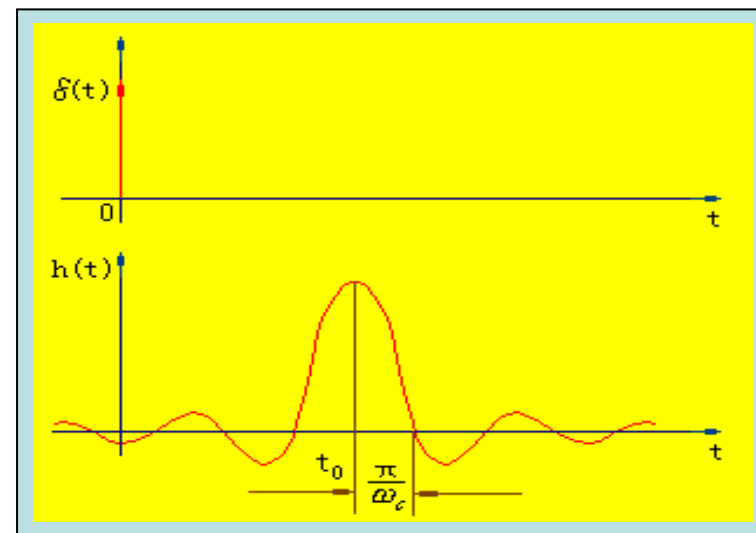
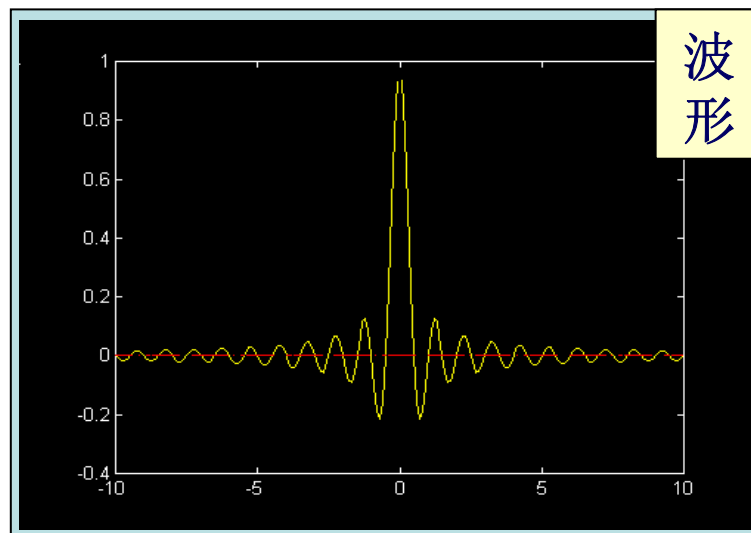
$$|H(f)| = \begin{cases} A_0 & -f_c < f < f_c \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$\varphi(f) = -2\pi f t_0$$



物理不可实现

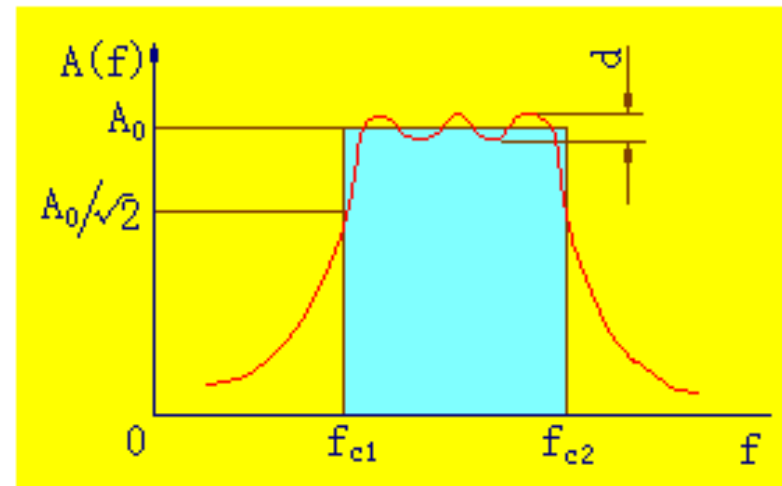
理想滤波器在时域内的脉冲响应函数 $h(t)$ 为 sinc 函数。脉冲响应的波形沿横坐标左、右无限延伸。



给理想滤波器一个脉冲激励，从图中可以看出，在 $t=0$ 时刻单位脉冲输入滤波器之前，即在 $t < 0$ 时，滤波器就已经有响应了。故物理不可实现。

b. 实际滤波器

理想滤波器是不存在的，在实际滤波器的幅频特性图中通带和阻带间应没有严格的界限，存在一个过渡带。



1) 纹波幅度 d : 波动幅度 d 与幅频特性平均值 A_0 相比应小于 -3dB 。

2) 截止频率 f_c : 幅频特性值等于 $0.707A_0$ 所对应的频率。

3) 带宽 B 和品质因数 Q : 上下两截止频率间的频率范围称为带宽
中心频率和带宽之比称为品质因数

4) 倍频程选择性 W : 指在上截止频率 f_{c2} 与 $2f_{c2}$ 之间幅频特性的衰减值，即频率变化一个倍频程时的衰减量。

- 可以采用无源元件（ R, L, C ），有源元件（运算放大器，晶体管）或数字元件实现。

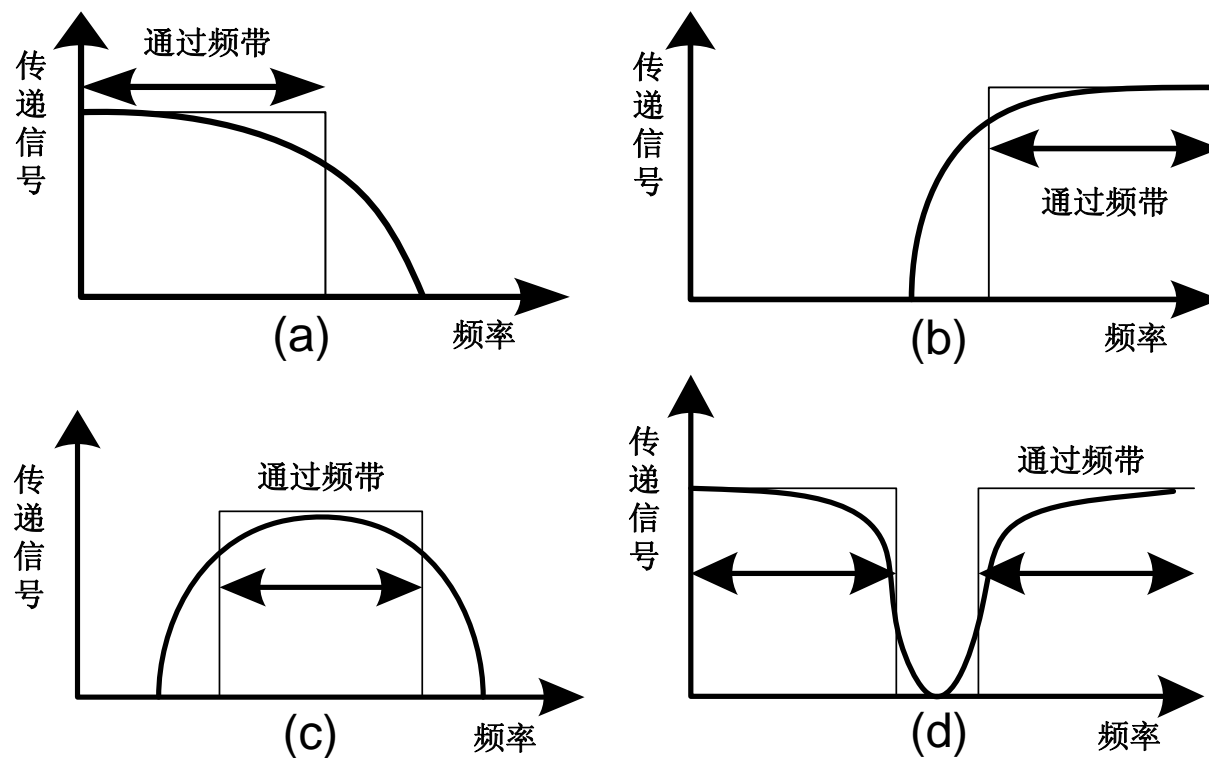
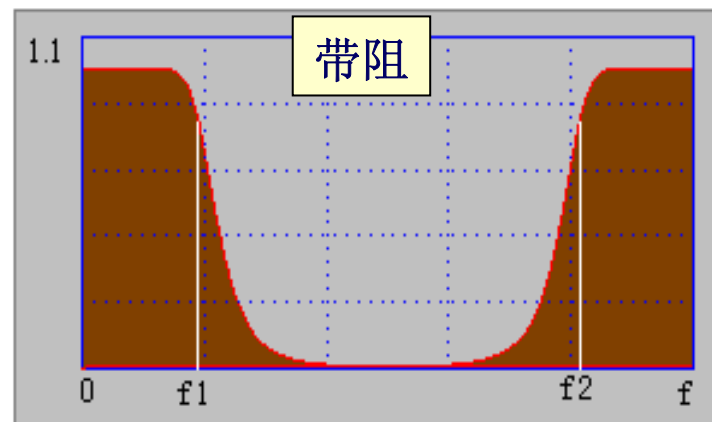
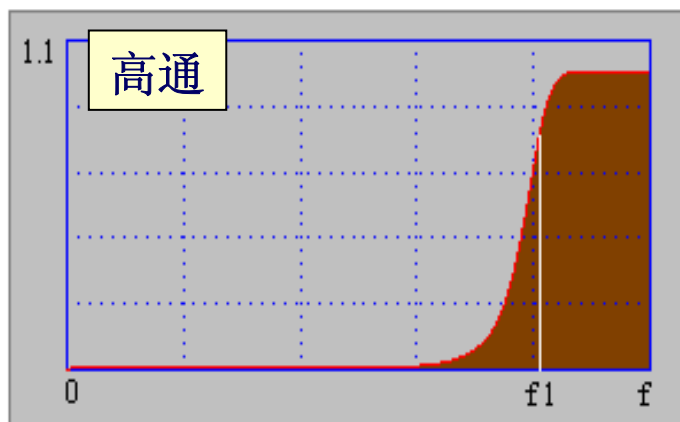
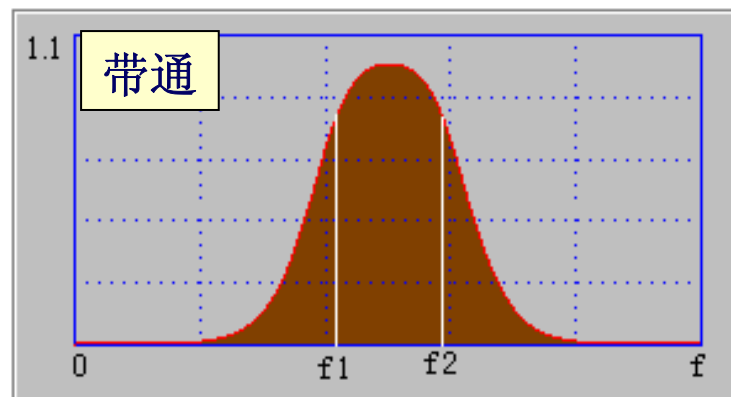
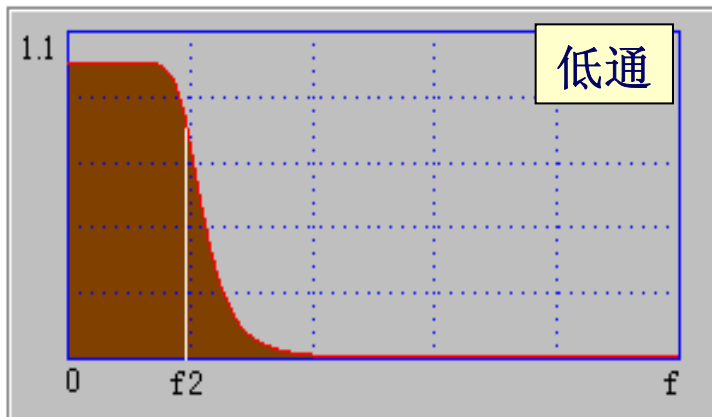


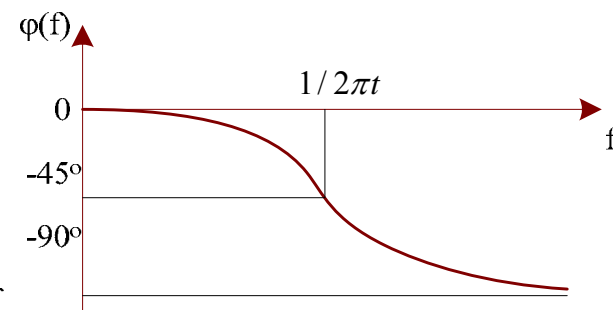
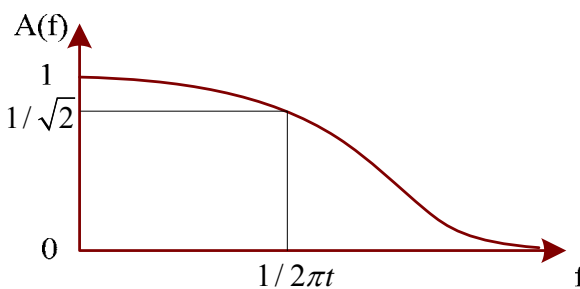
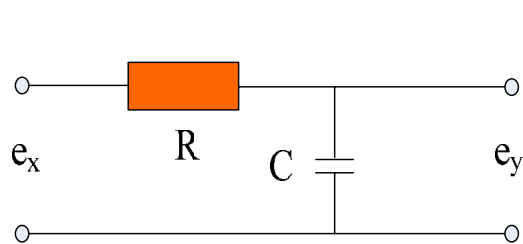
图 滤波器的特性: (a) 低通滤波器, (b) 高频滤波器, (c) 带通滤波器, (d) 带阻滤波器



RC无源滤波器

在测试系统中，常用RC滤波器。因为这一领域中信号频率相对来说不高。而RC滤波器电路简单，抗干扰强，有较好的低频性能，并且选用标准阻容元件。

1) 一阶RC低通滤波器



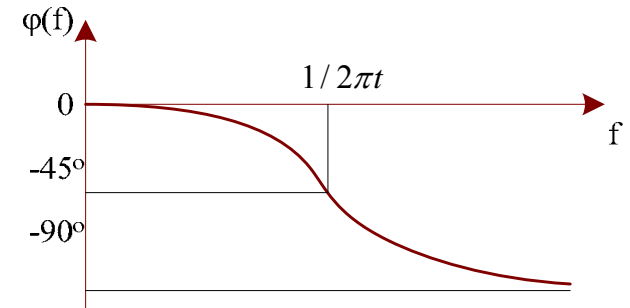
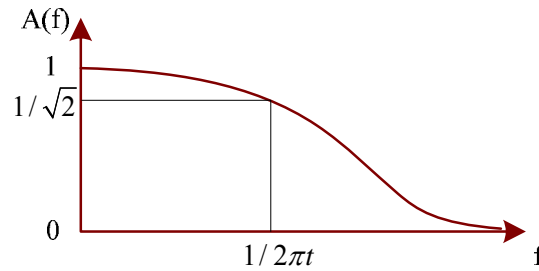
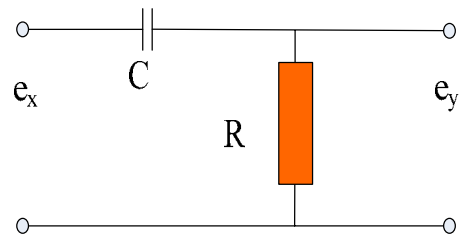
$$RC \frac{de_y}{dt} + e_y = e_x$$

$$H(f) = \frac{1}{j2\pi ft + 1}$$

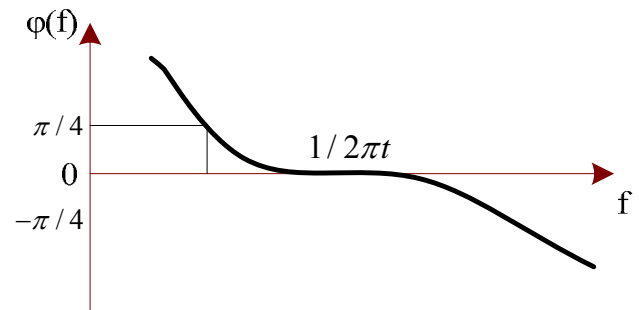
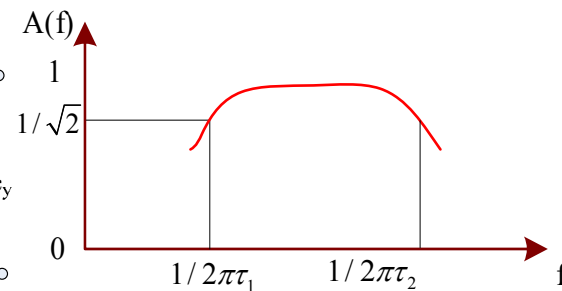
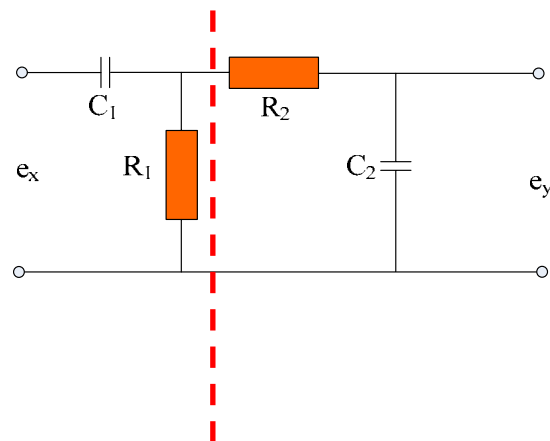
$$A(f) = |H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\tau 2\pi f)^2}}$$

$$\varphi(f) = -\text{arctg}(2\pi ft)$$

2) 一阶RC高通滤波器

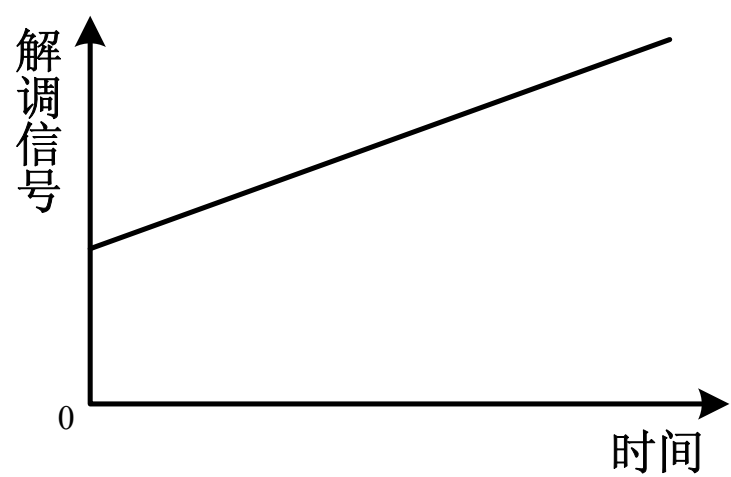
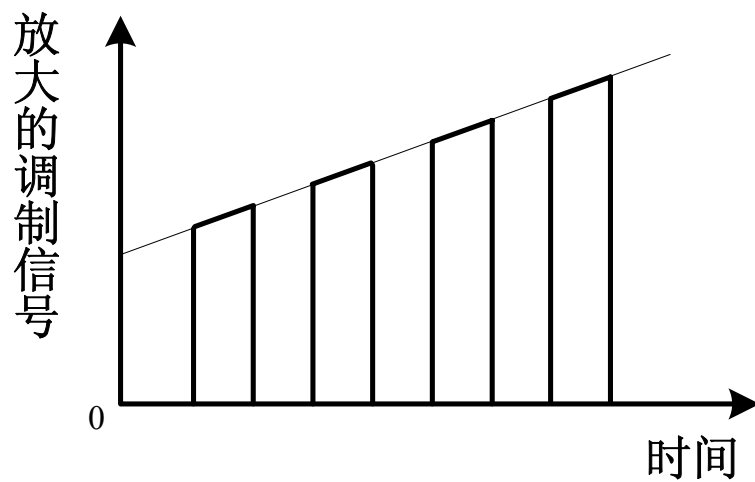
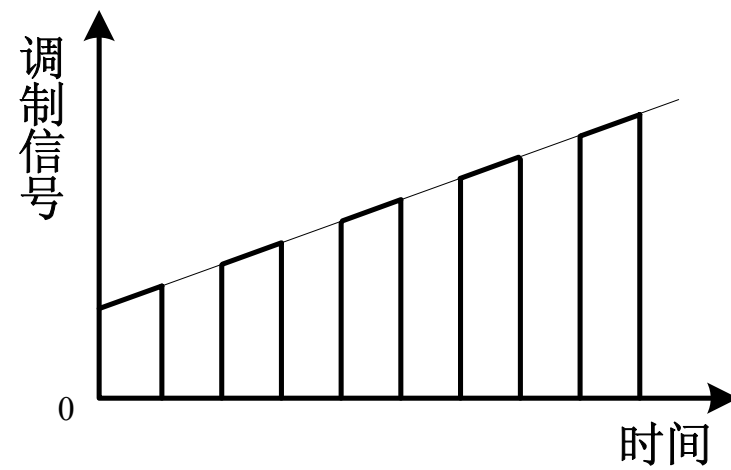
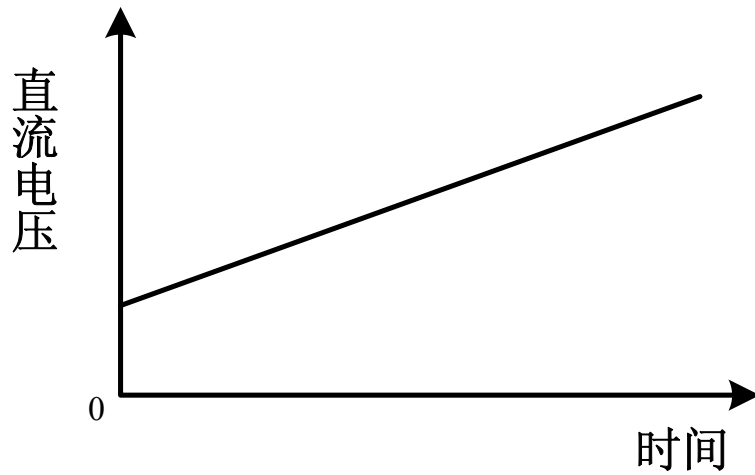


3) RC带通滤波器



可以看作低通滤波器和高通滤波器的串联

3.4.4信号的调制



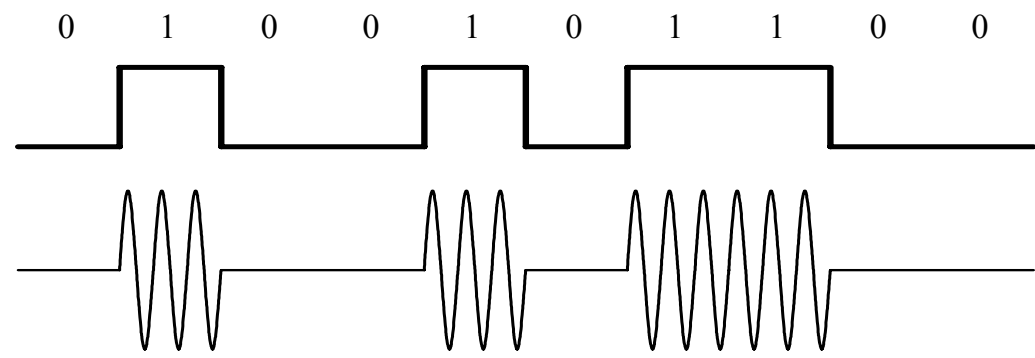
直流信号的脉冲幅度调制

交流信号的调制

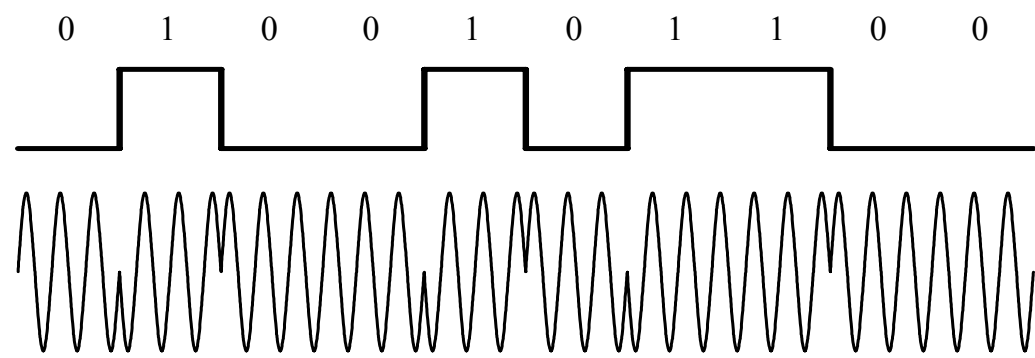
$$S_c(t) = A \cdot \cos(2\pi f t + \phi)$$

- A. 幅值调制(AM):** 载波信号幅值的变化与基波信号的变化成比例。
- B. 相位调制(PM):** 载波信号相位的变化与基波信号的变化成比例。
- C. 频率调制 (FM):** 载波信号频率的变化与基波信号的变化成比例。

AM



PM



FM

