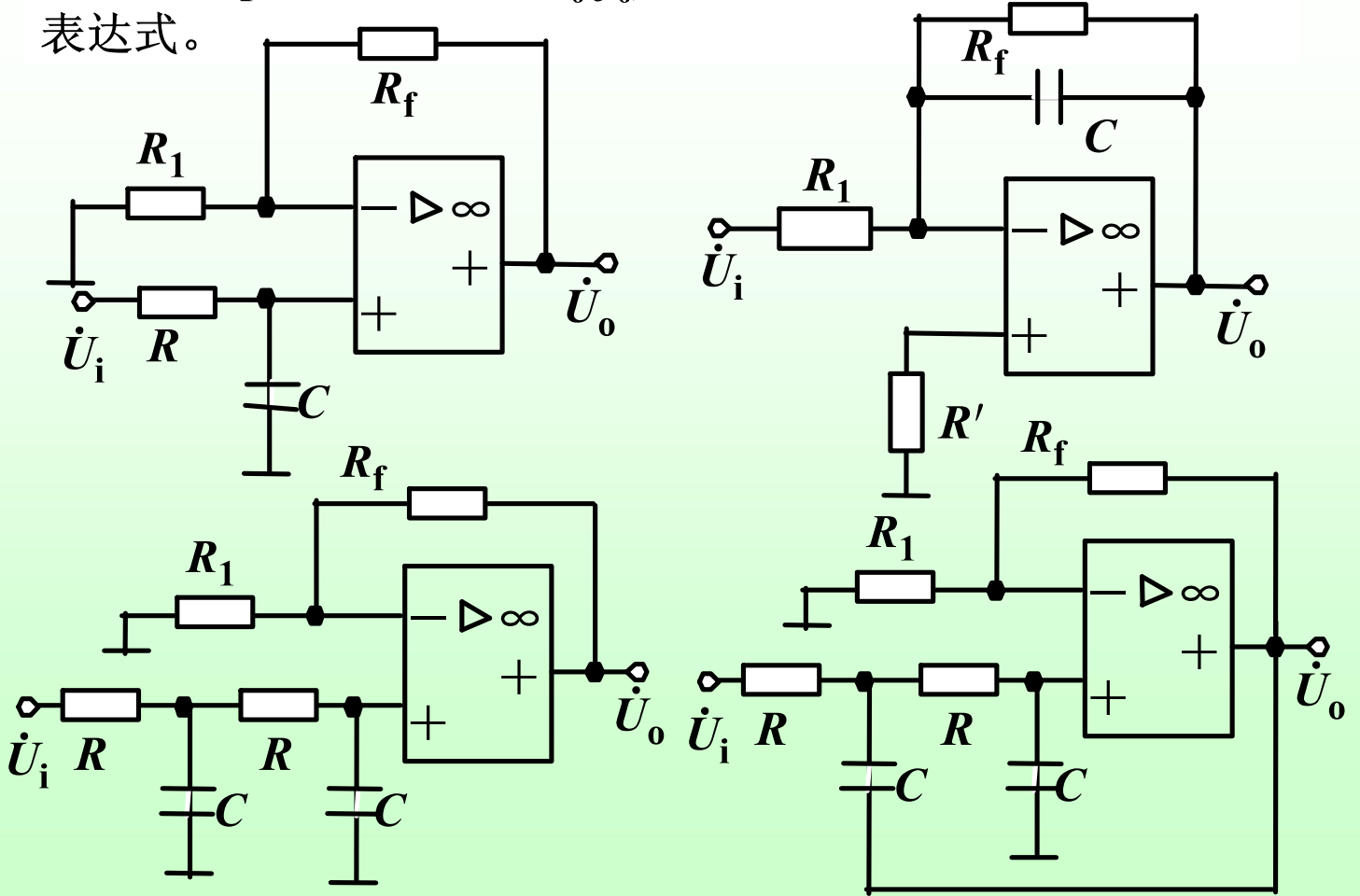
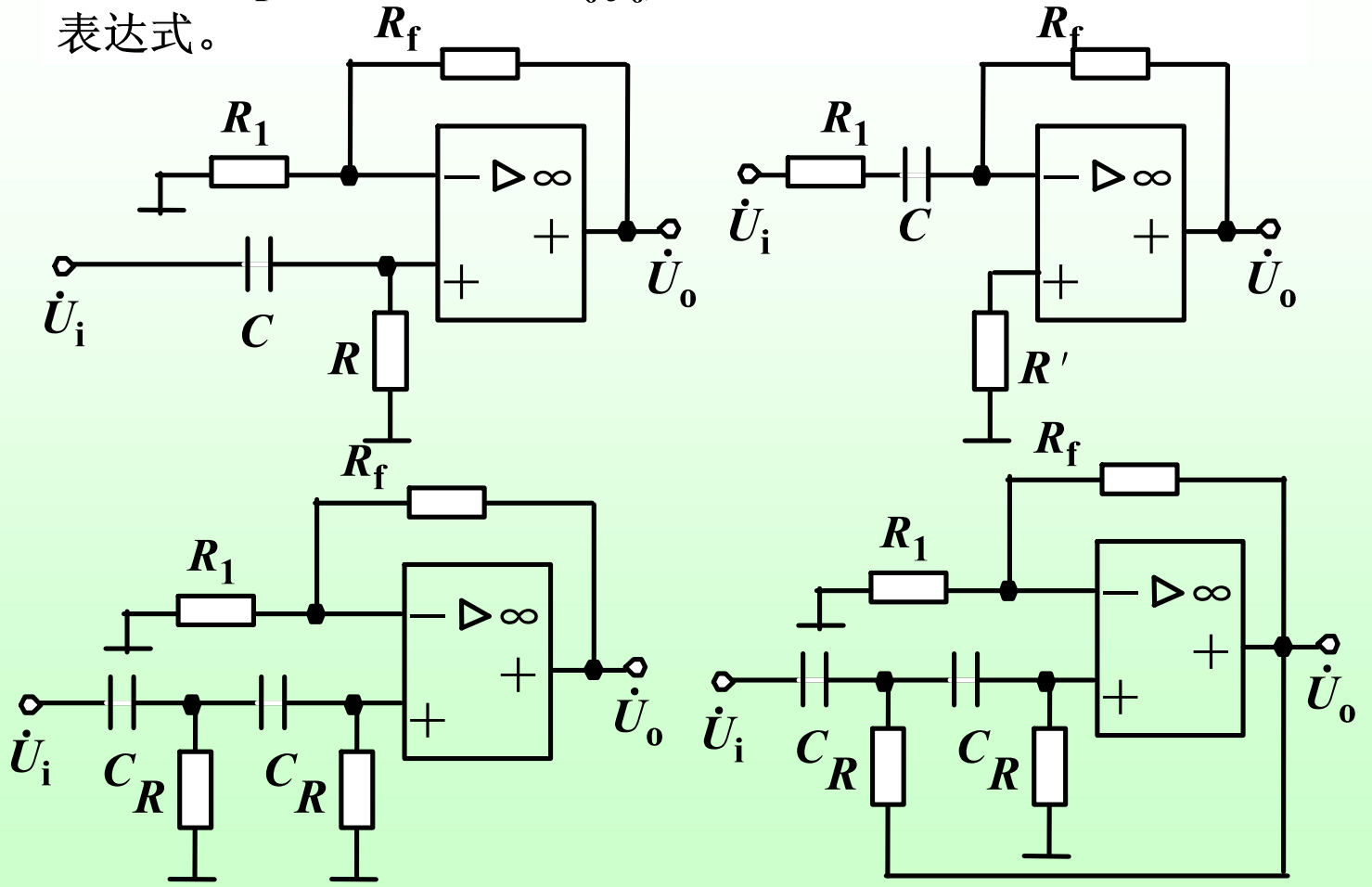


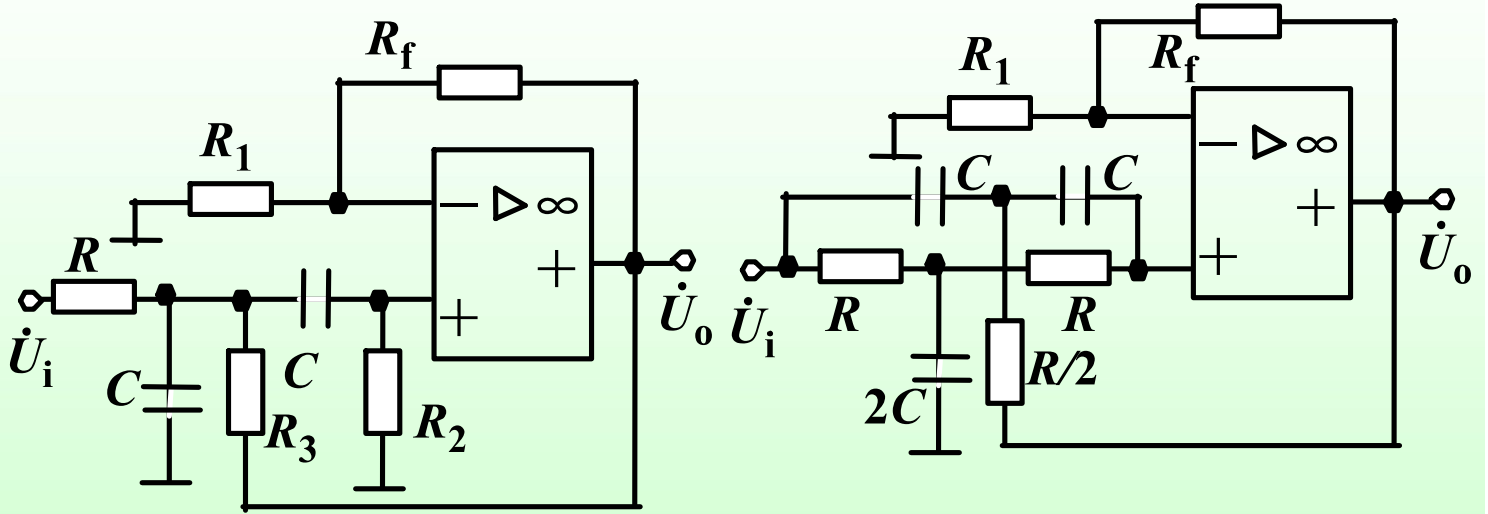
复习:判断电路属于何种滤波器? 画出其幅频特性图, 写出通带增益 $A_{up}=?$  截止频率 $\omega_0(f_0)=?$  写出一阶滤波器传递函数表达式。



复习:判断电路属于何种滤波器? 画出其幅频特性图, 写出通带增益  $A_{up}=?$  截止频率  $\omega_0(f_0)=?$  写出一阶滤波器传递函数表达式。

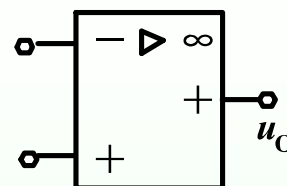


复习:判断电路属于何种滤波器? 画出其幅频特性图, 写出通带增益 $A_{up}=?$  截止频率 $\omega_0(f_0)=?$  写出一阶滤波器传递函数表达式。



## 7.4 电压比较器

作用：比较两个信号的大小。



当  $U_+ > U_-$  时,  $U_o = U_{OH}$  (正向饱和)

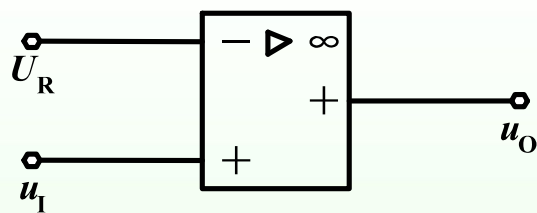
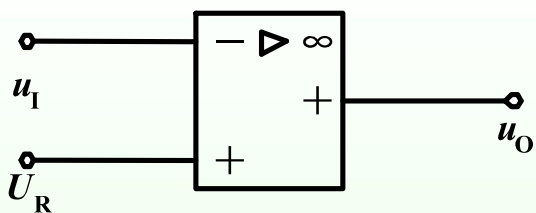
当  $U_+ < U_-$  时,  $U_o = U_{OL}$  (负向饱和) ( $U_{OL} = -U_{OH}$ )

当  $U_+ = U_-$  时,  $U_{OL} < U_o < U_{OH}$  (状态不定)

几个概念：

1. **阈值**：使输出发生跳变所对应的输入值(门限)。记作  $U_T$ 。
2. **传输特性**：  $u_o$  与  $u_i$  的对应关系。
3. **比较器的组态**：  $u_i$  从运放“-”端输入，称反相比较器；从“+”端输入，称同相比较器。

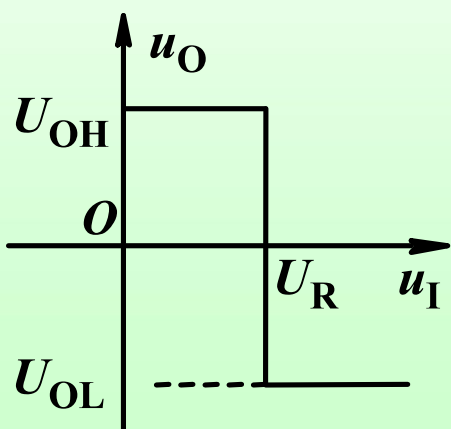
### 7.4.1 简单比较器



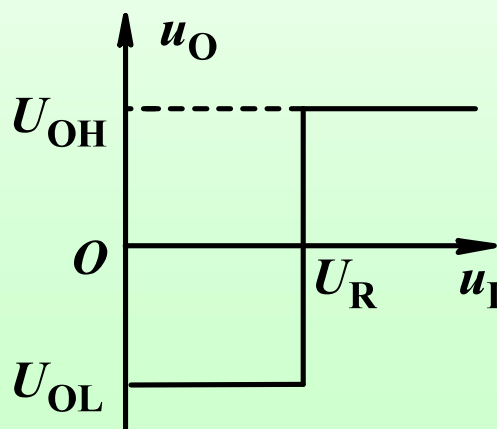
(a) 反相比较器

(b) 同相比较器

图 7-32 简单电压比较器

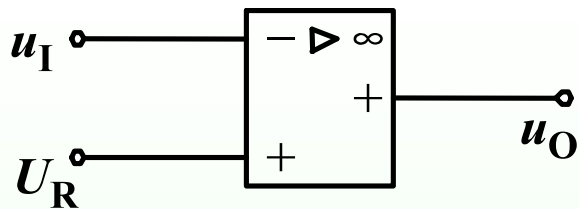


a的传输特性

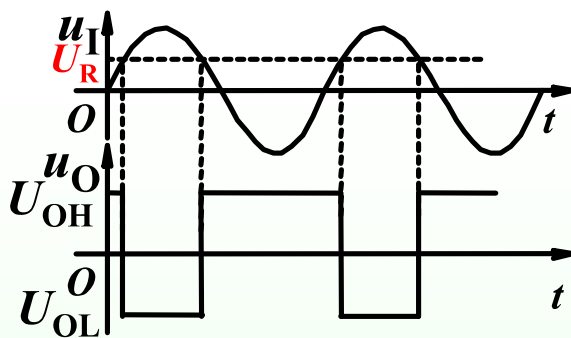


b的传输特性

# 第七章 集成运算放大器的应用



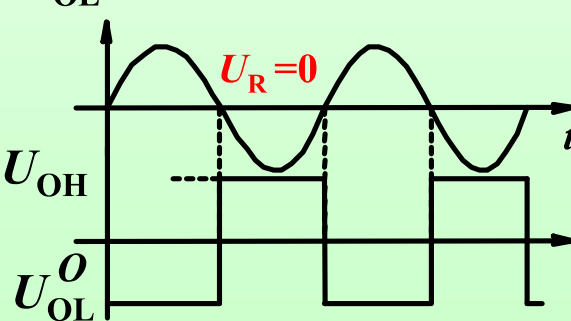
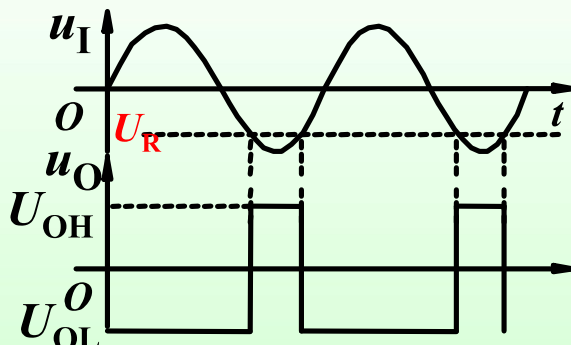
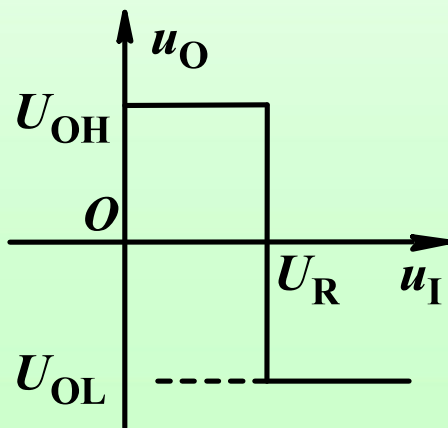
(a) 反相比较器



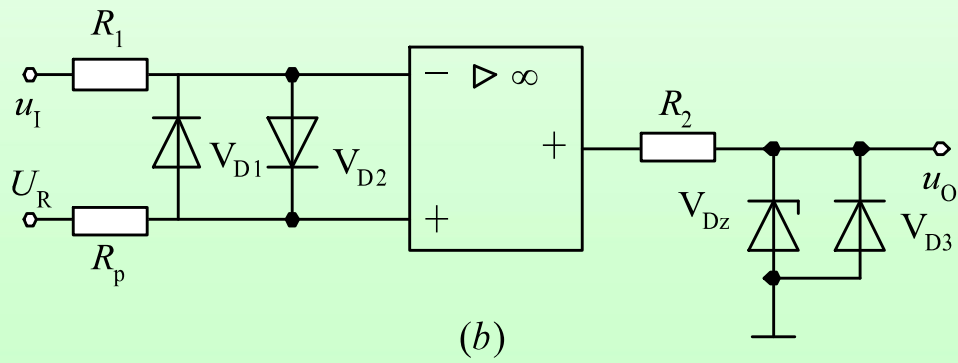
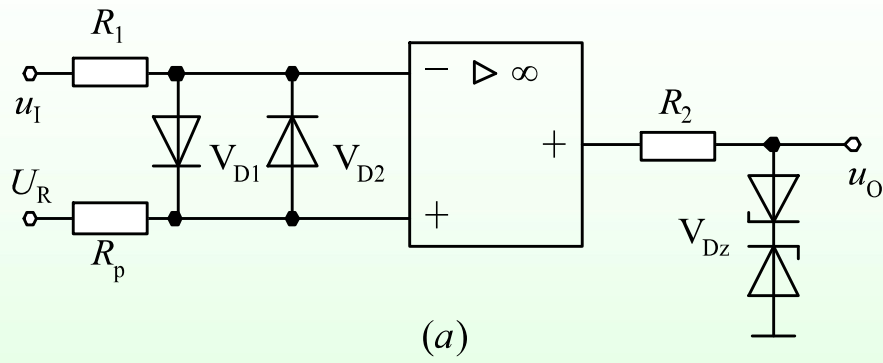
【例2】 在图7-32(a)所示的电路中,输入电压 $u_I$ 为正弦波,画出 $U_R > 0$ ,  $U_R < 0$ ,  $U_R = 0$  时的输出电压波形。

解:

电压传输特性



### 具有输入保护和输出限幅的比较器



简单比较器的优、缺点？如何解决？

## 小结:

集成电压比较器的结构与运放相似,用途不同,其特点:

- (1) 可直接驱动数字电路。
- (2) 响应速度比运放构成的比较器要快。
- (3) 为提高速度,比较器输入级工作电流较大。

作业: P190 34, 42(改图上错)

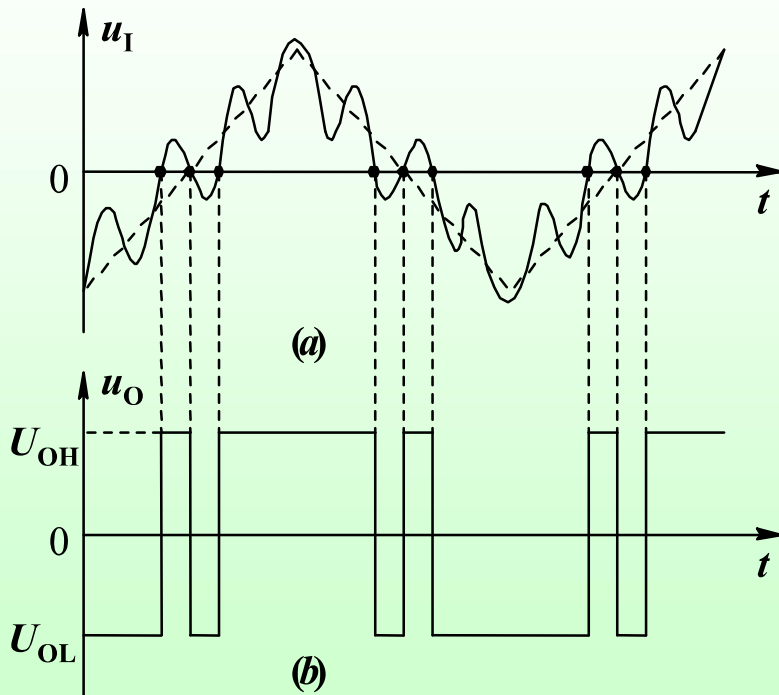
预习7.4.2(滞回比较器)



### 简单比较器的优、缺点？

噪声对简单比较器的影响

如何解决？



### 7.4.2 滞回比较器

滞回比较器特点：

1. 电路：接有正反馈
2. 传输特性：有两个阈值（回差）
3. 抗干扰性和抗噪声性强
4. 不必加平衡电阻。

## 一、同相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是 **阈值**。

工作原理:  $u_- = U_R$ ,

$$u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_I + \frac{R_2}{R_2 + R_3} u_O \quad (1)$$

$$u_O = U_{OH} \text{ 或者 } u_O = U_{OL}, \quad (U_{OL} = -U_{OH}),$$

1. 当  $u_I$  很负, 使  $u_+ < u_-$ , 则:  $u_O = U_{OL}$  (负的最大值),

则(1)式为  $u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_I + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OL} \quad (2)$ ,  $u_I \uparrow \rightarrow u_+ \uparrow$ ,

当  $u_I \geq$  某值  $U_{TH1}$  时, 使  $u_+ > u_- = U_R$  则:  $u_O = U_{OH}$  (突跳为正最大值)

则(2)式为  $U_R = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_{TH1} + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OL}$ ,

$$\therefore U_{TH1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_R - \frac{R_2}{R_3} U_{OL} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_R + \frac{R_2}{R_3} |U_{OL}|$$

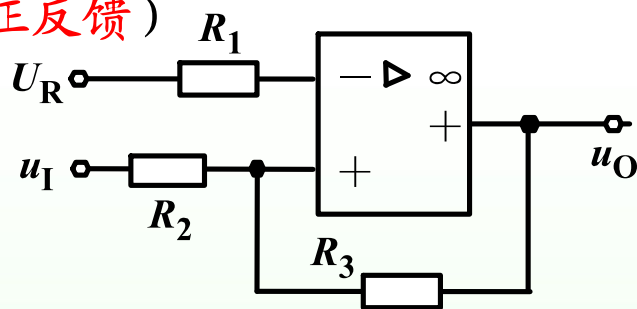


图 7-37

## 一、同相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是**阈值**。

工作原理:  $u_- = U_R$ ,

$$u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_I + \frac{R_2}{R_2 + R_3} u_O \quad (1)$$

$$u_O = U_{OH} \text{ 或者 } u_O = U_{OL}, \quad (U_{OL} = -U_{OH}),$$

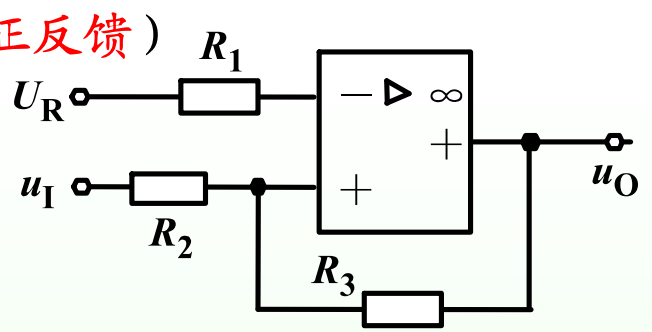


图 7-37

2. 当  $u_I$  很正, 使  $u_+ > u_-$ , 则:  $u_O = U_{OH}$  (正的最大值),

则(1)式为  $u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_I + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OH} \quad (3)$ ,  $u_I \downarrow \rightarrow u_+ \downarrow$ ,

当  $u_I \leq$  某值  $U_{TH2}$  时, 使  $u_+ < u_- = U_R$  则:  $u_O = u_{OL}$  (突跳为负最大值)

则(3)式为  $U_R = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_{TH2} + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OH}$ ,

$$\therefore U_{TH2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_R - \frac{R_2}{R_3} U_{OH}$$

# 一、同相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是**阈值**。

工作原理:

电压传输特性:

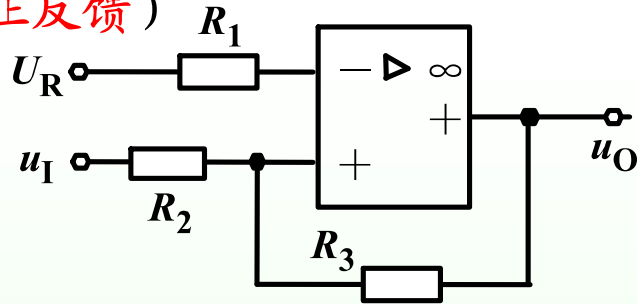
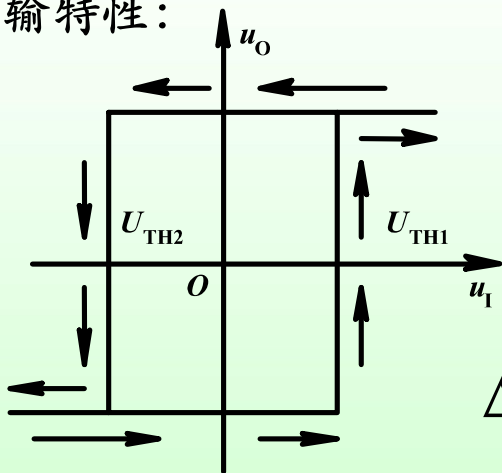


图 7-37

调节  $U_R$ , 使特性左右平移;

若  $U_R = 0$ ,

特性对于横轴、纵轴均对称。

回差:

$$\Delta U_{TH} = U_{TH1} - U_{TH2} = 2 \frac{R_2}{R_3} U_{OH}$$

$$\therefore U_{TH1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_R + \frac{R_2}{R_3} |U_{OL}|$$

$$\therefore U_{TH2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_R - \frac{R_2}{R_3} U_{OH}$$

调节  $R_2$  或  $R_3$ ,

可调节回差大小。

回差大小对电路性能影响?

## 二、反相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是 **阈值**。

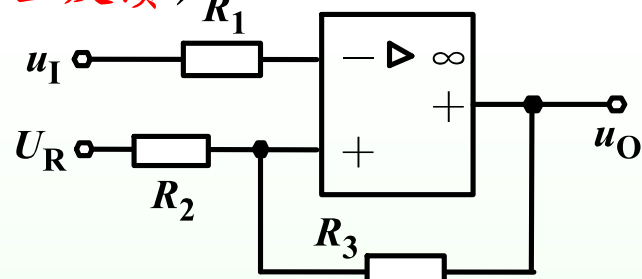


图7-37

工作原理:  $u_- = u_I,$

$$u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} u_O \quad (1),$$

$$u_O = U_{OH} \text{ 或者 } u_O = U_{OL}, \quad (U_{OL} = -U_{OH}),$$

1. 当  $u_I$  很负, 使  $u_- < u_+$ , 则:  $u_O = U_{OH}$  (正的最大值),

则(1)式为  $u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OH} \quad (2), u_I \uparrow \rightarrow u_- \uparrow,$

当  $u_I \geq$  某值  $U_{TH1}$  时, 使  $u_- > u_+$ , 则:  $u_O = u_{OL}$  (负最大值)

则(2)式为  $U_{TH1} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OH},$

$u_I$  再增大,  $u_O = u_{OL}$  (不变)

## 二、反相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是 **阈值**。

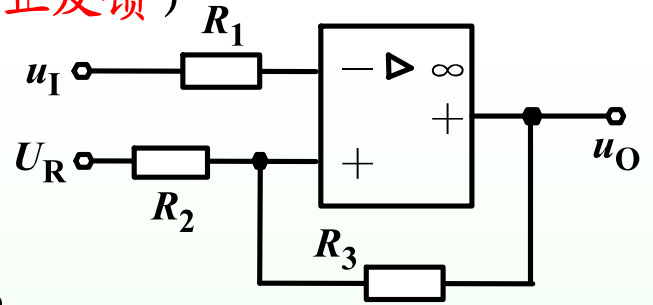


图 7-37

工作原理:  $u_- = u_I$ ,

$$u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} u_O \quad (1),$$

$$u_O = U_{OH} \text{ 或者 } u_O = U_{OL}, \quad (U_{OL} = -U_{OH}),$$

2. 当  $u_I$  很正, 使  $u_- > u_+$ , 则:  $u_O = U_{OL}$  (负的最大值),

则(1)式为  $u_+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OL} \quad (3)$ ,  $u_I \downarrow \rightarrow u_- \downarrow$ ,

当  $u_I \leq$  某值  $U_{TH2}$  时, 使  $u_- < u_+$ , 则:  $u_O = u_{OH}$  (正最大值)

$$\text{则(3)式为 } U_{TH2} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OL},$$

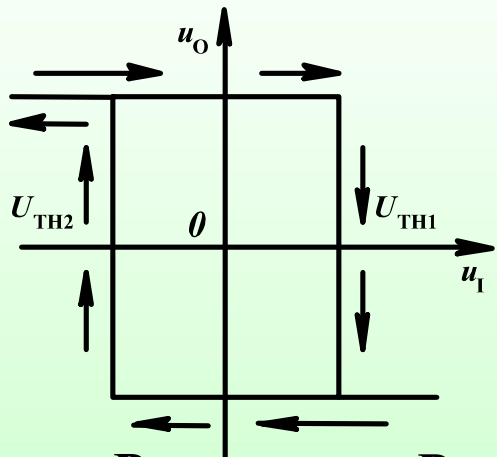
$u_I$  再减小,  $u_O = u_{OH}$  (不变)

## 二、反相输入滞回比较器 (接有正反馈)

当  $u_- = u_+$  时所对应的  $u_I$  值就是**阈值**。

工作原理:

电压传输特性:



$$U_{TH1} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OH},$$

$$U_{TH2} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U_R + \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_{OL},$$

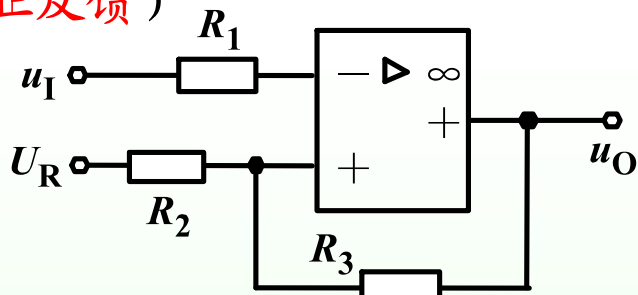


图 7-37

调节  $U_R$ , 使特性左右平移;

若  $U_R = 0$ ,  
特性对于横轴、纵轴均对称。

回差: 
$$\Delta U_{TH} = U_{TH1} - U_{TH2}$$

$$= \frac{2R_2}{R_2 + R_3} U_{OH}$$

调节  $R_2$  或  $R_3$ ,  
可调节回差大小。

**【例3】** 图中各电路属于何种类型的比较器？画出传输特性。设运放 $U_{OH}=12V$ ,  $U_{OL}=-12V$ , 稳压管 $U_Z=6V$ , 正向 $V_{DZ}=U_D=0.7V$ 。

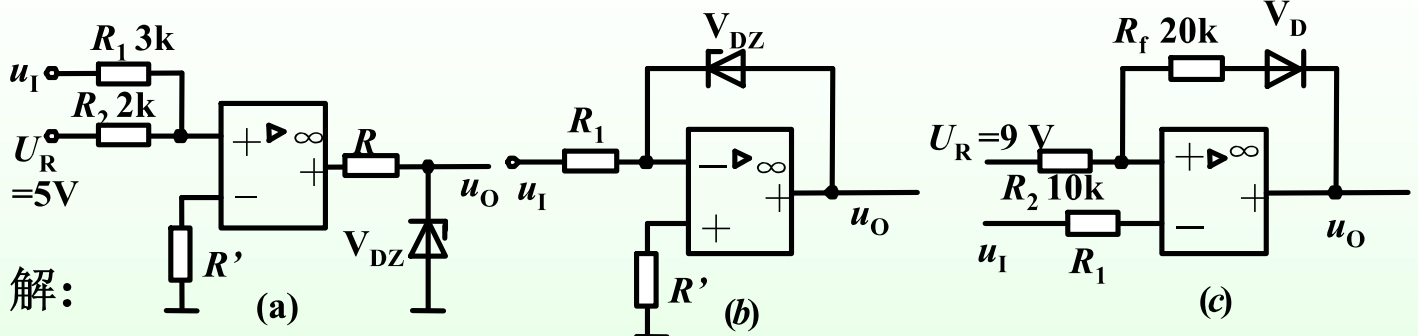


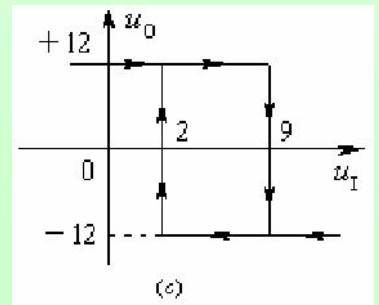
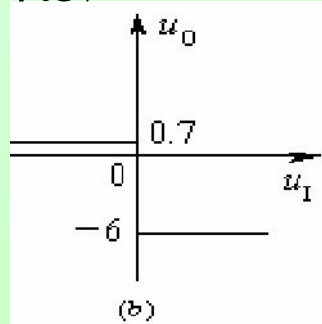
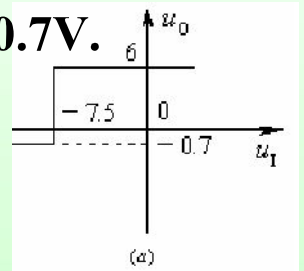
图 (a) 是同相简单比较器, 输出  $U'_{OH}=6V$ ,  $U'_{OL}=-0.7V$ .

$$u_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_R$$

$$U_{TH} = u_I \Big|_{u_+ = u_-} = -\frac{R_1}{R_2} U_R = -7.5V$$

图(b) 是反相过零比较器

图(c) 是反相滞回比较器

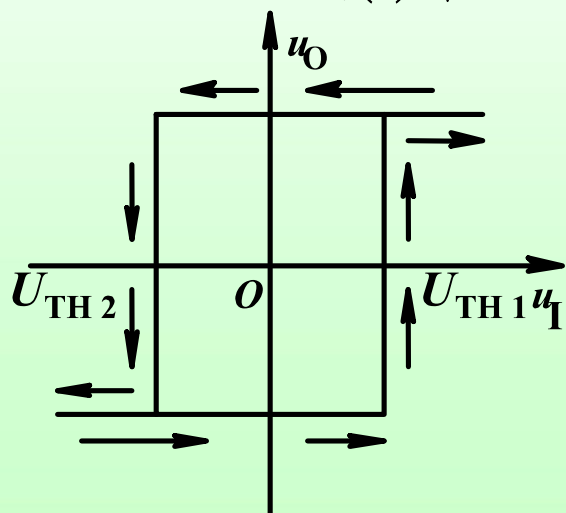




【例4】同相滞回比较器如图7-37(a)所示，其上、下阈值及输入波形如图7-41(a)所示，其中虚线三角波是未受干扰时的输入波形，实线是受干扰后的输入波形，请画出受干扰后的输出电压波形。

解：电压传输特性如图(a)所示

输出电压波形如图(b)所示。



(a) 同相滞回比较器

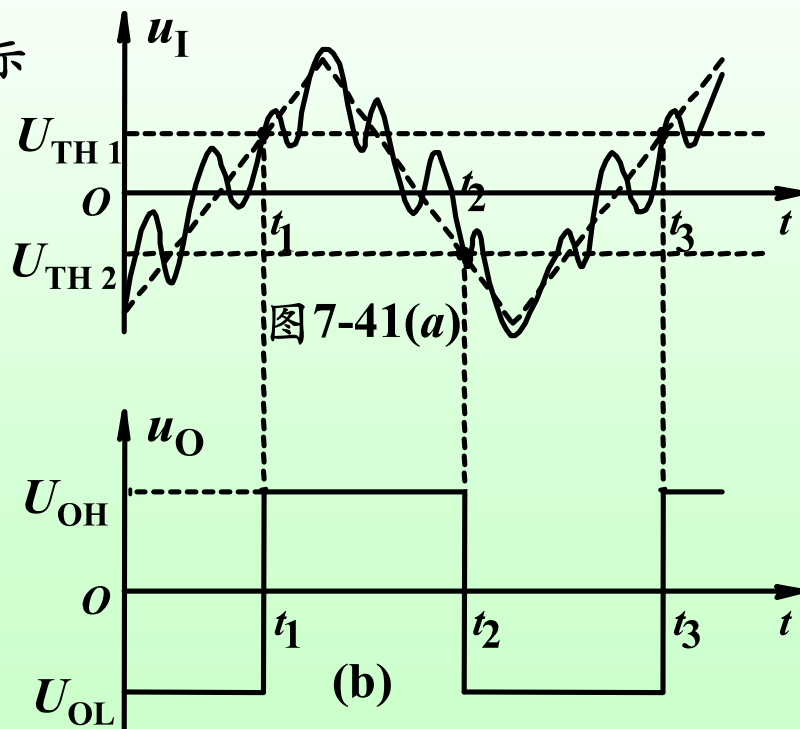


图7-41(a)

(b)

### 7.4.3 窗口比较器

电路中两个基准电压  $U_A > U_B > 0$ ，画出电压传输特性。

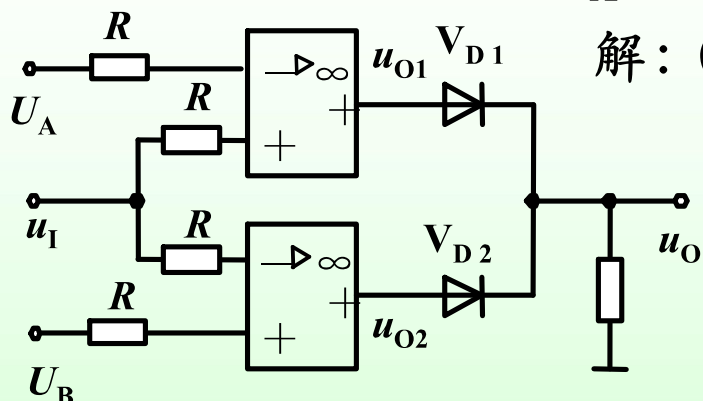
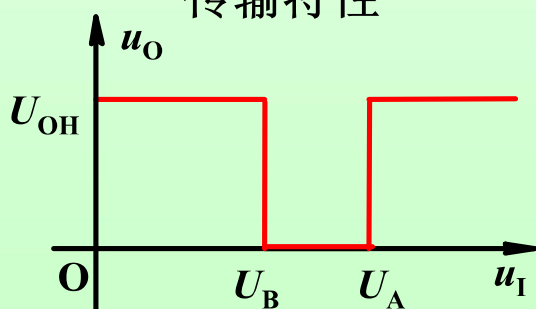


图7-42

传输特性



解：(1)  $0 < u_I < U_B < U_A$

则  $u_{O1} = U_{OL}$ ,  $u_{O2} = U_{OH}$ ,

$V_{D2}$  导通  $V_{D1}$  截止,  $u_O = U_{OH}$ ,

(2)  $u_I > U_A > U_B$

则  $u_{O1} = U_{OH}$ ,  $u_{O2} = U_{OL}$ ,

$V_{D1}$  导通  $V_{D2}$  截止,  $u_O = U_{OH}$

(3)  $U_B < u_I < U_A$

则  $u_{O1} = U_{OL}$ ,  $u_{O2} = U_{OL}$ ,

$V_{D1} V_{D2}$  均截止,  $u_O = 0$ 。

小结:

集成电压比较器内部结构与运放相似,用途不同,其特点:

- (1) 可直接驱动数字电路。
- (2) 响应速度比运放构成的比较器要快。
- (3) 为提高速度,比较器输入级工作电流较大。

作业: P191 40, 42 预习第八章