

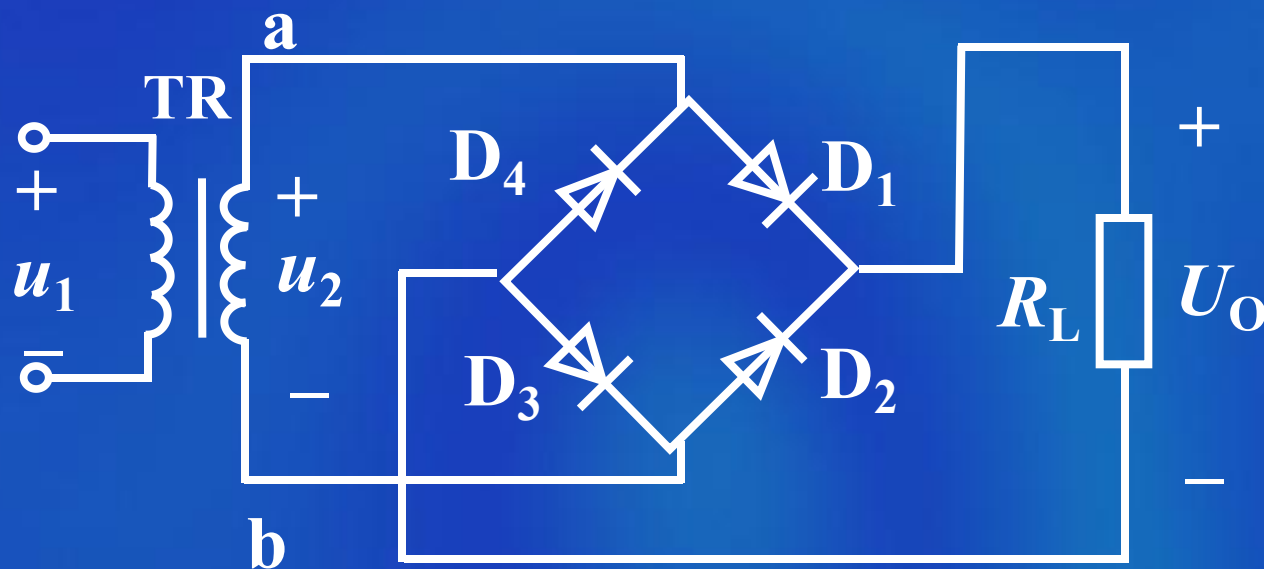
## 11.2 单相整流及电容滤波电路

### 11.2.1 单相桥式整流电路 设

#### 1. 电路组成

(a)  $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$

(b) 二极管 $D_1 \sim D_4$ 性能理想

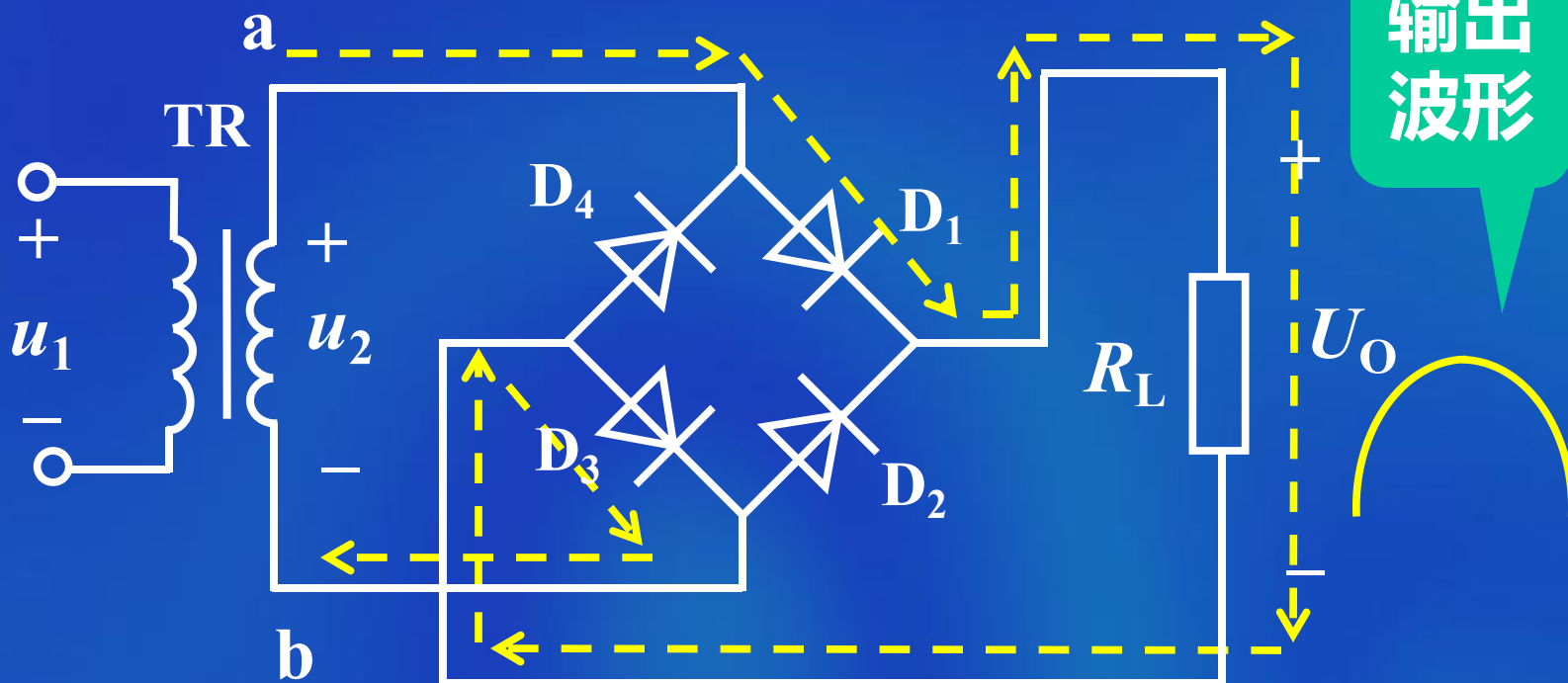


# 1. 工作原理

a. 当 $u_2 > 0$ 时

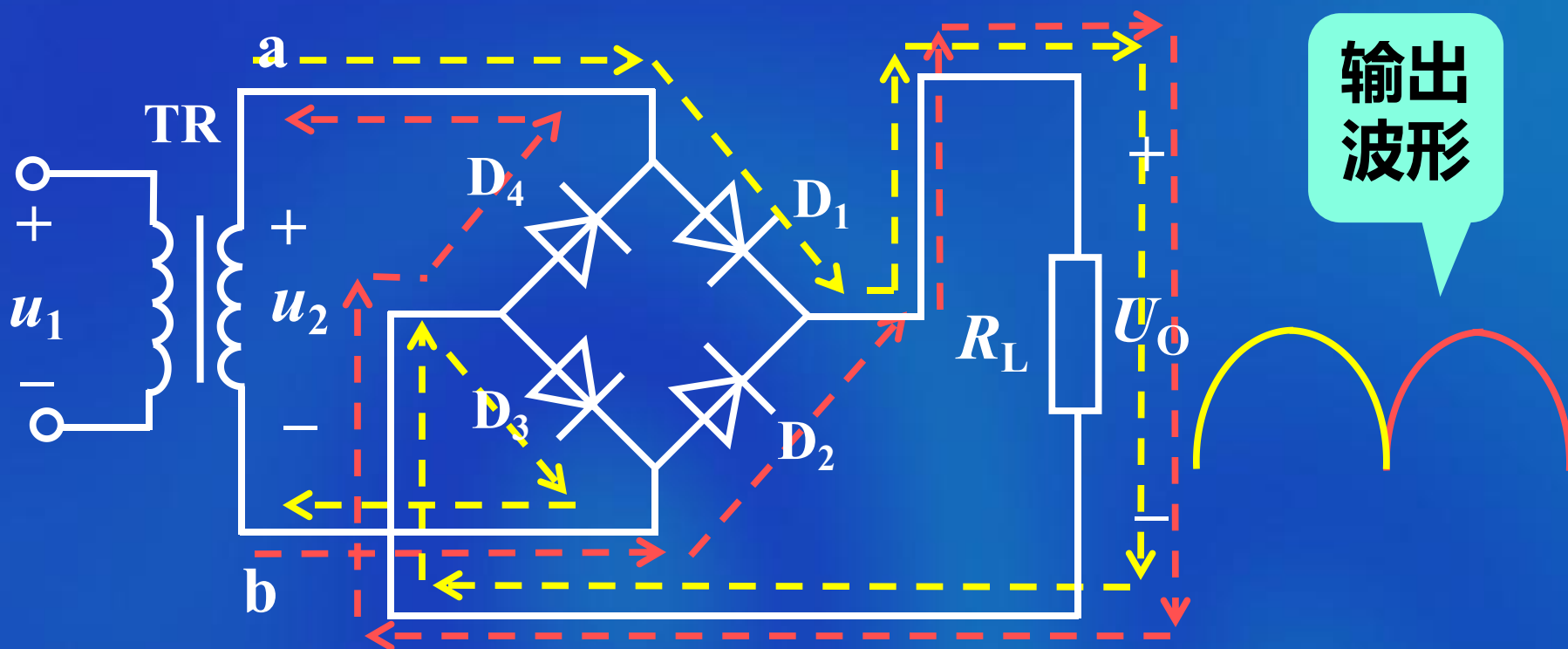
电流流动方向

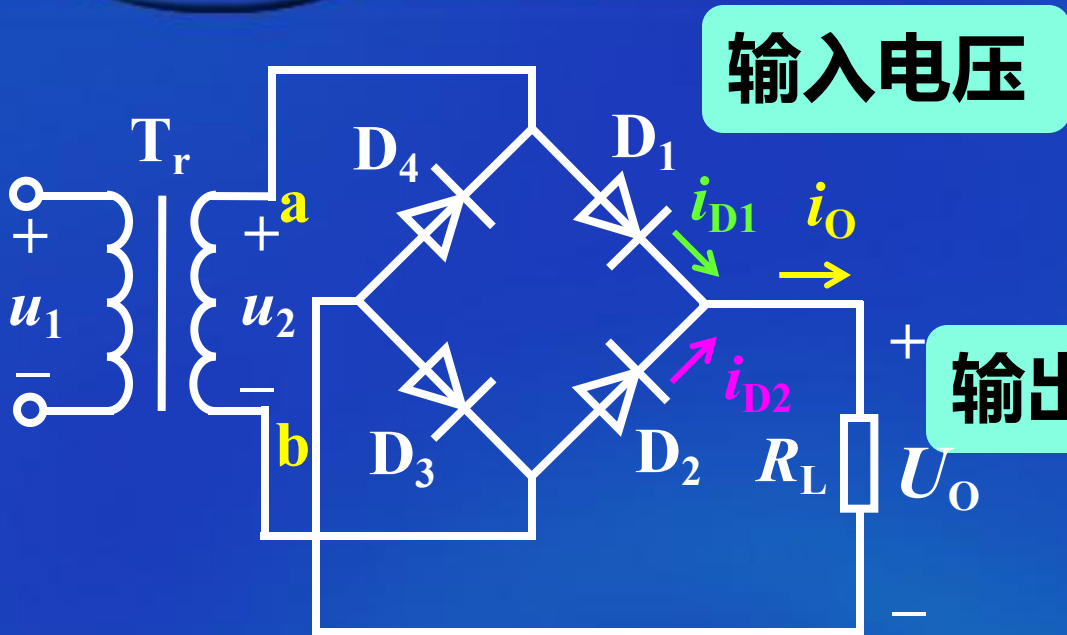
输出  
波形



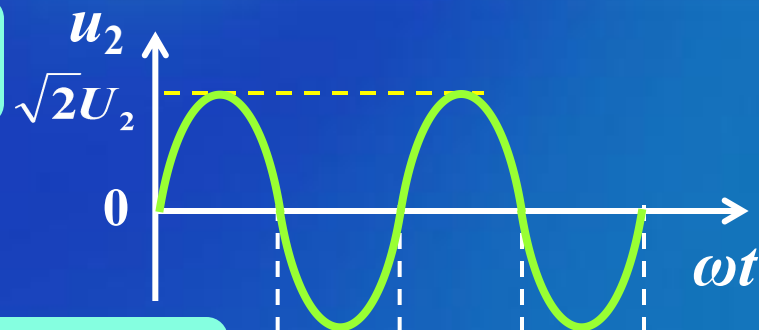
b. 当 $u_2 < 0$ 时

电流流动方向

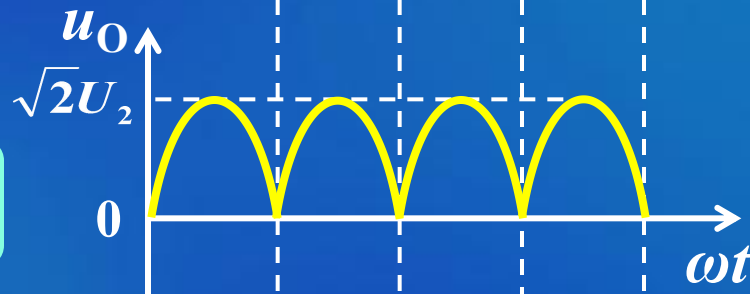




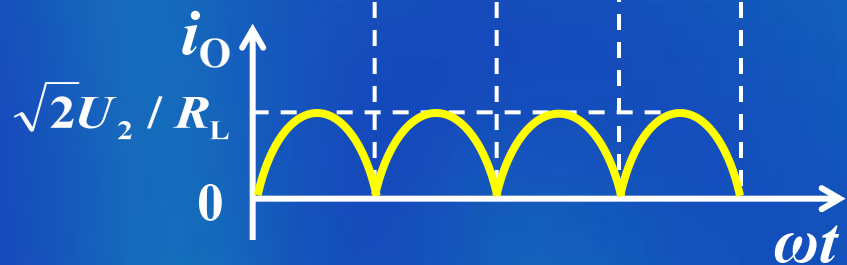
输入电压



输出电压

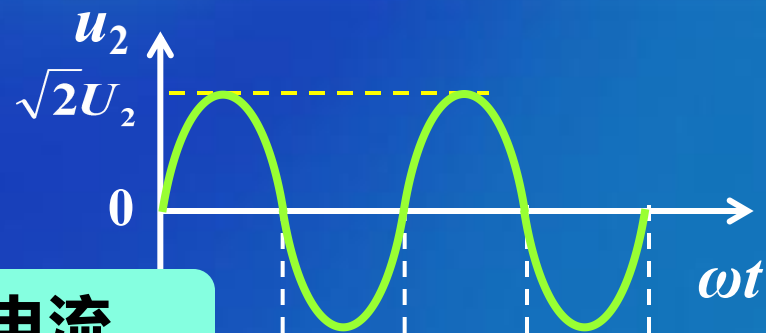


输出电流

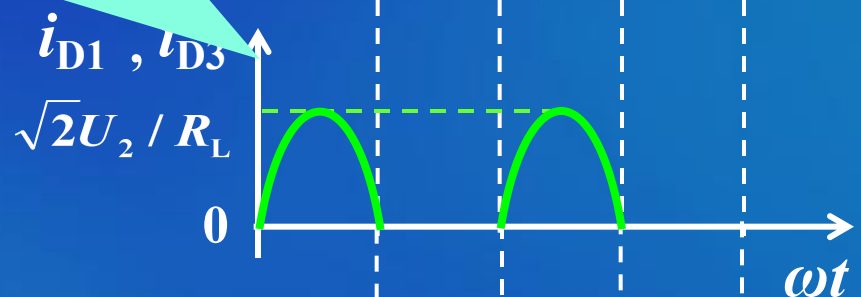


## 2. 信号波形

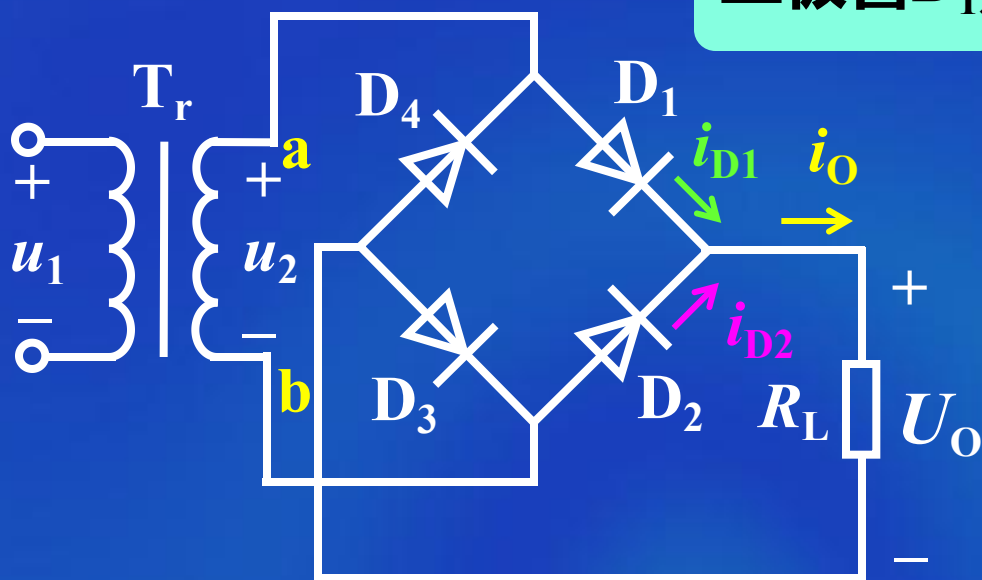
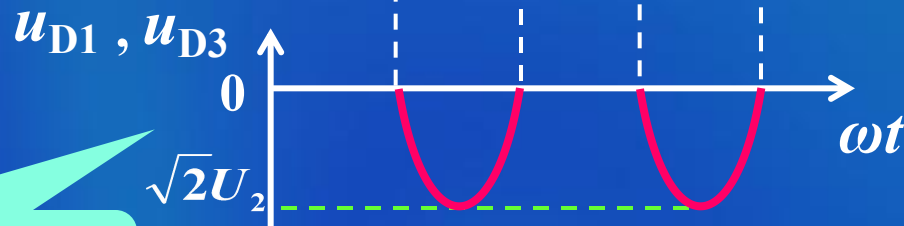
输入电压



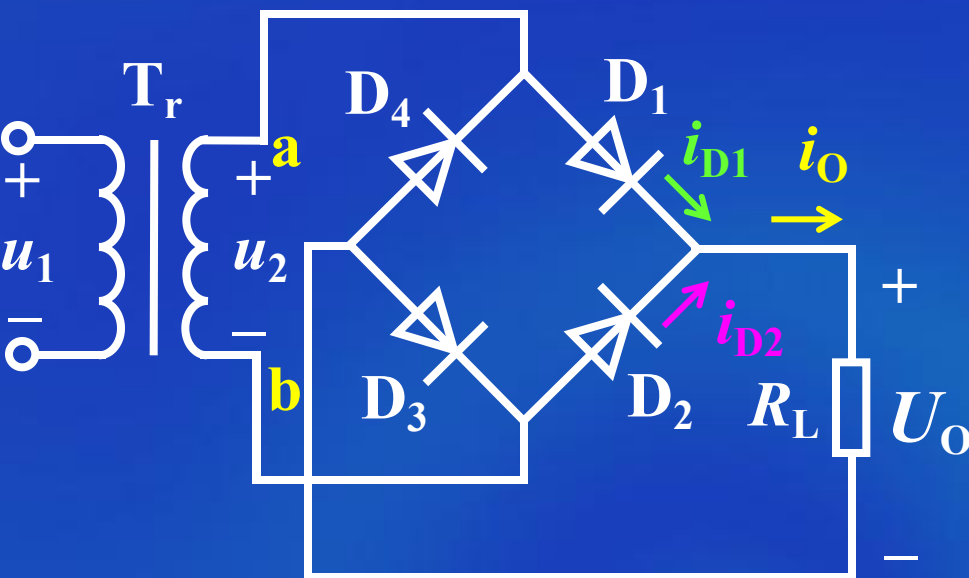
二极管  $D_1$ 、 $D_3$  电流



二极管  $D_2$ 、 $D_4$  电压



## 思考题



1.如果 $D_1$ 开路或者短路，输出电压如何变化？

**$D_1$ 开路**：半波整流，输出电压平均值减小；

**$D_1$ 短路**：短接变压器二次侧，烧毁二极管 $D_2$ 和变压器；

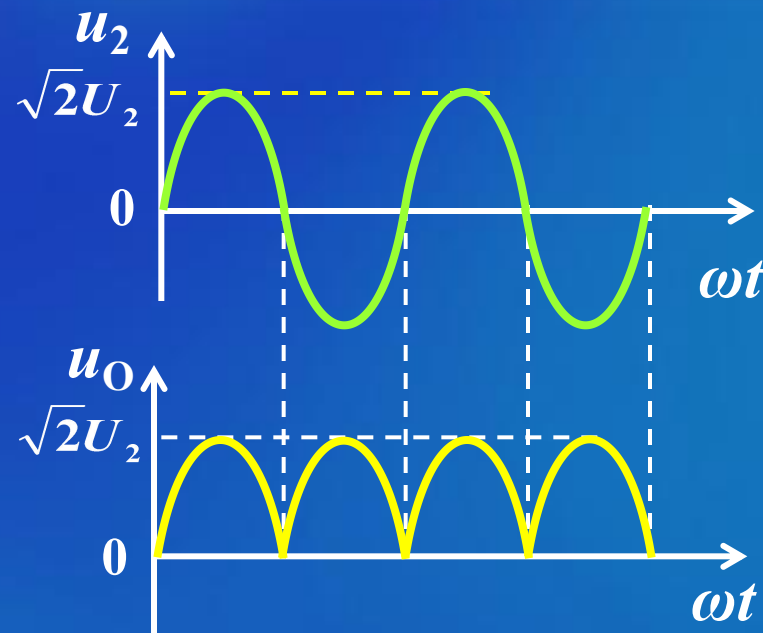
2.如果有二极管有一个接反，后果如何？

会出现两个正偏二极管并接的情况，短接变压器二次侧，烧毁二极管和变压器，输出电压为零。

### 3. 主要性能指标

#### (1) 整流输出直流电压

因为输出电压



$$u_O = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \left( 1 - \frac{2}{3} \cos 2\omega t - \frac{2}{15} \cos 4\omega t - \frac{2}{35} \cos 6\omega t - \dots \right)$$

输出直流电压

$$U_O = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} u_2 d\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9U_2$$

## (2) 输出电压纹波因数 $\gamma$

定义

$$\gamma = \frac{U_{or}}{U_o}$$

式中

$U_{or}$ ——输出电压中各次谐波电压有效值的总和

$U_o$ ——输出电压的平均值



## 对于全波整流电路

由于

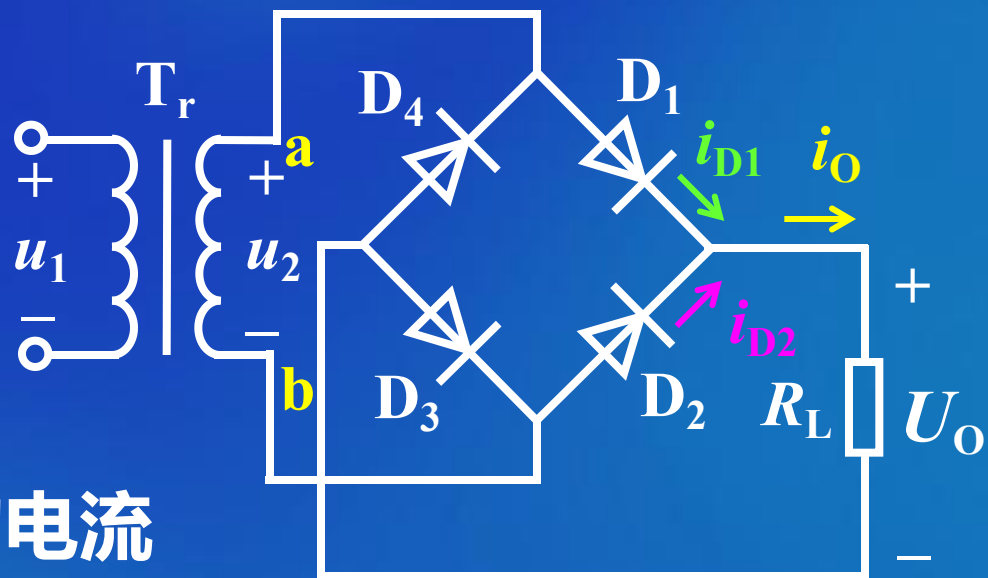
$$u_o = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \left( 1 - \frac{2}{3} \cos 2\omega t - \frac{2}{15} \cos 4\omega t - \frac{2}{35} \cos 6\omega t - \dots \right)$$

$$U_{or} = \sqrt{U_{o2}^2 + U_{o4}^2 + U_{o6}^2 + \dots}$$

$$= \sqrt{U_2^2 - U_o^2}$$

故

$$\gamma = \frac{U_{or}}{U_o} = \frac{\sqrt{U_2^2 - U_o^2}}{U_o} = \sqrt{\left(\frac{U_2}{U_o}\right)^2 - 1} = 0.483$$



### (3) 整流二极管的正向平均电流

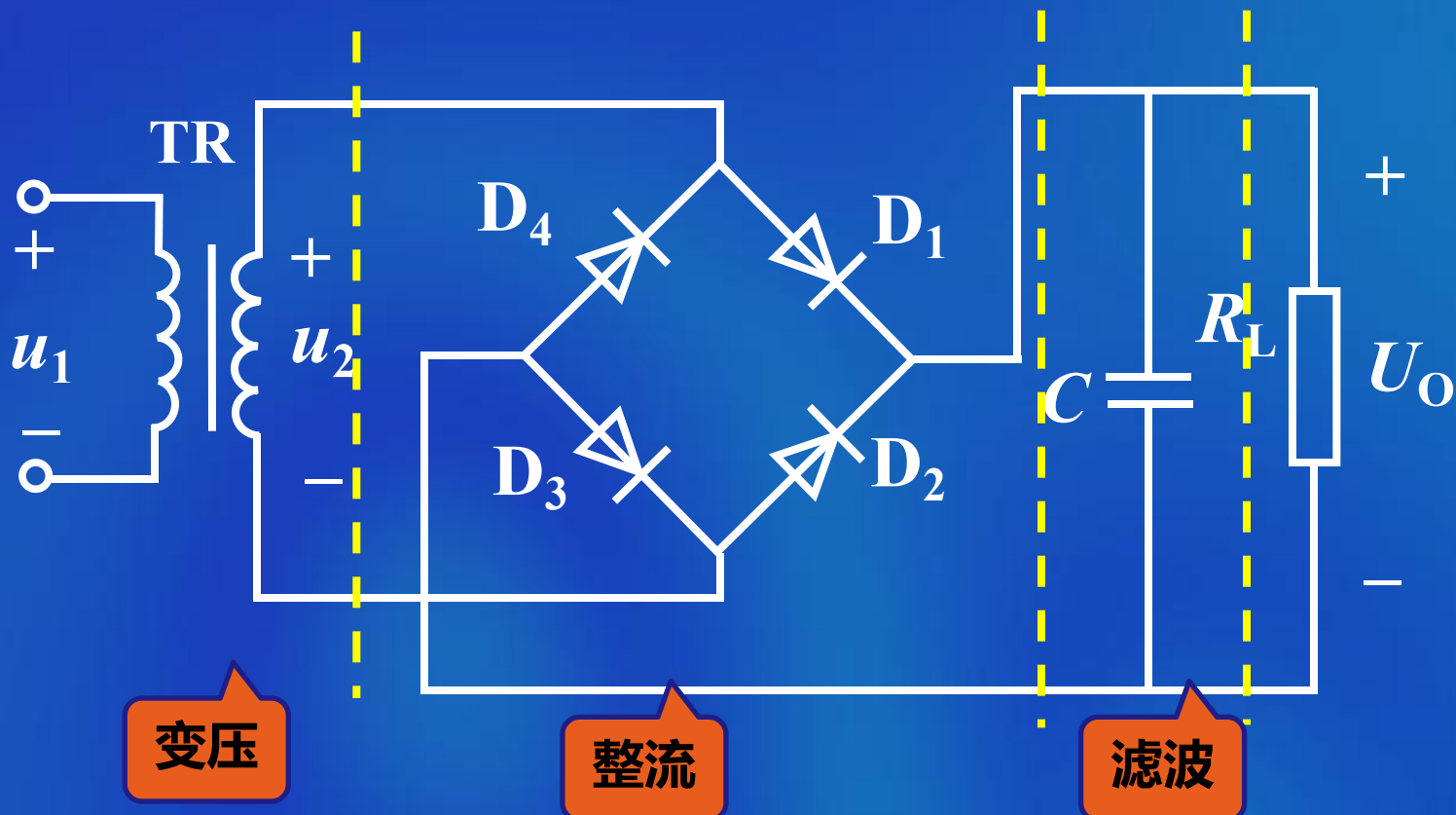
$$I_D = \frac{I_O}{2} = \frac{U_O}{2R_L} = \frac{0.9U_2}{2R_L} = \frac{0.45U_2}{R_L}$$

### (4) 整流二极管的最高反向电压

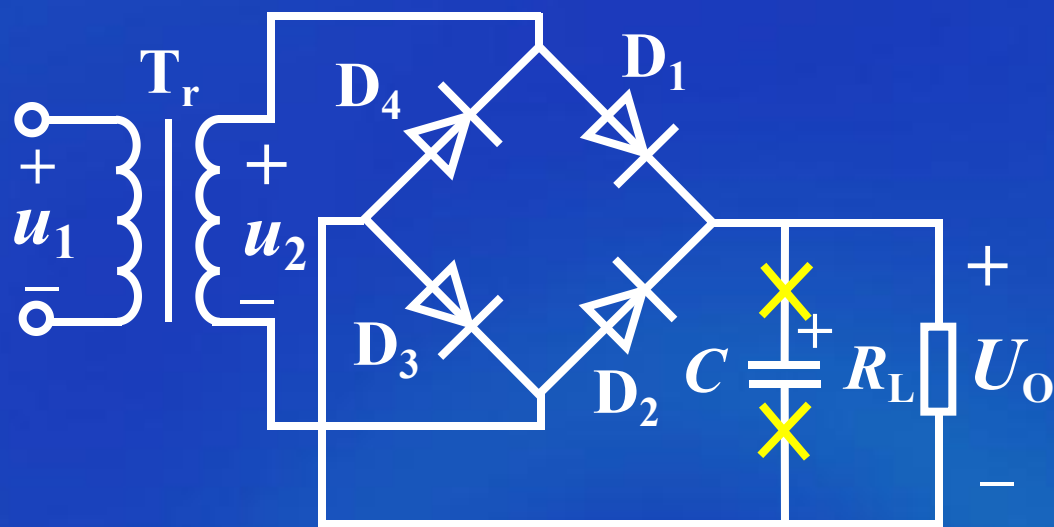
$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$

## 11.2.2 电容滤波电路

### 1. 电路组成

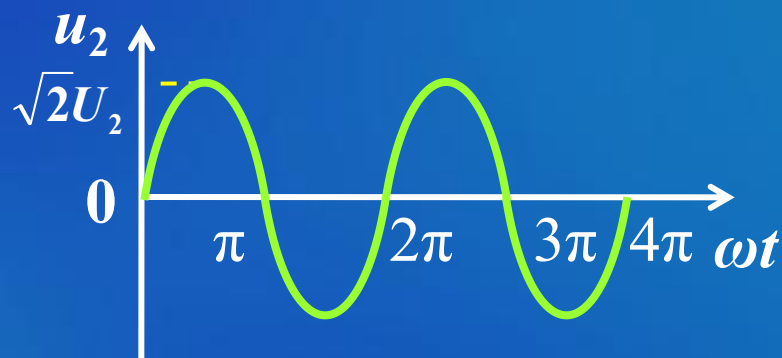


## 2. 工作原理



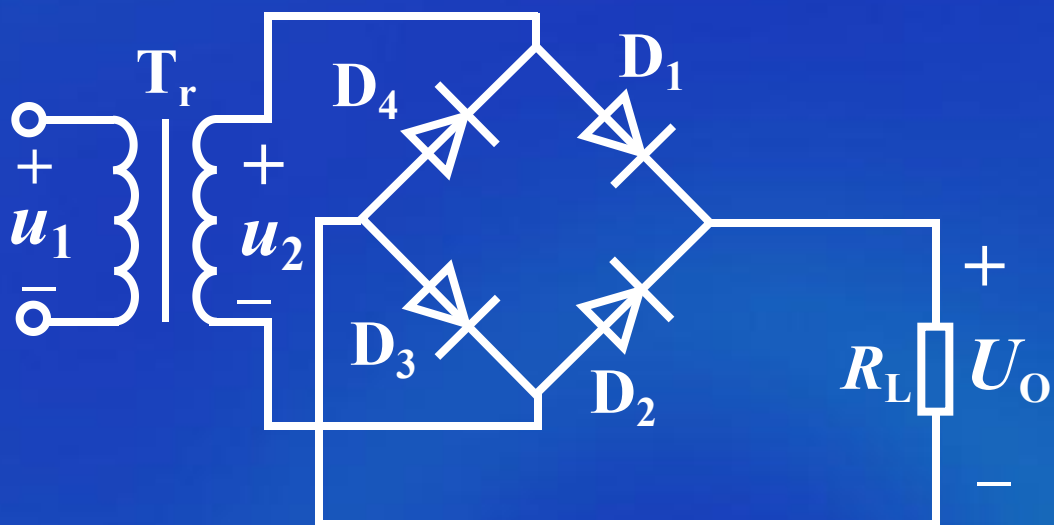
### 输入电压

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$$



(1) 当  $C=0$  时      无滤波

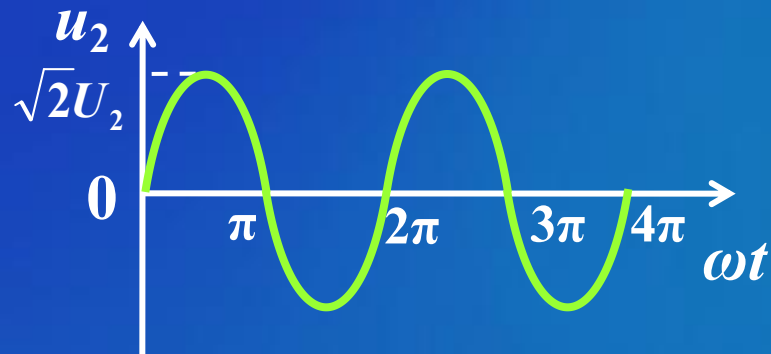
# 桥式整流电路



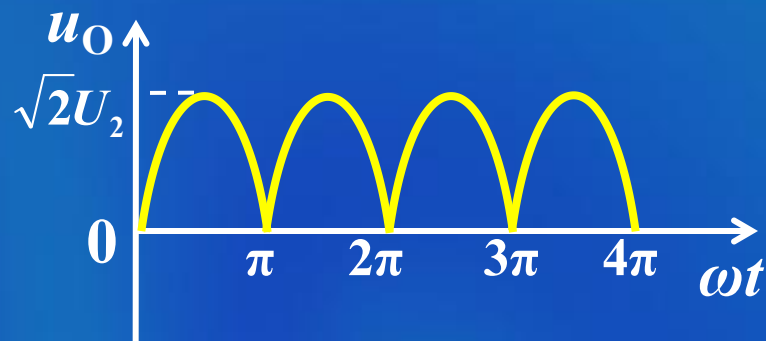
## 输出电压

$$U_O \approx 0.9U_2$$

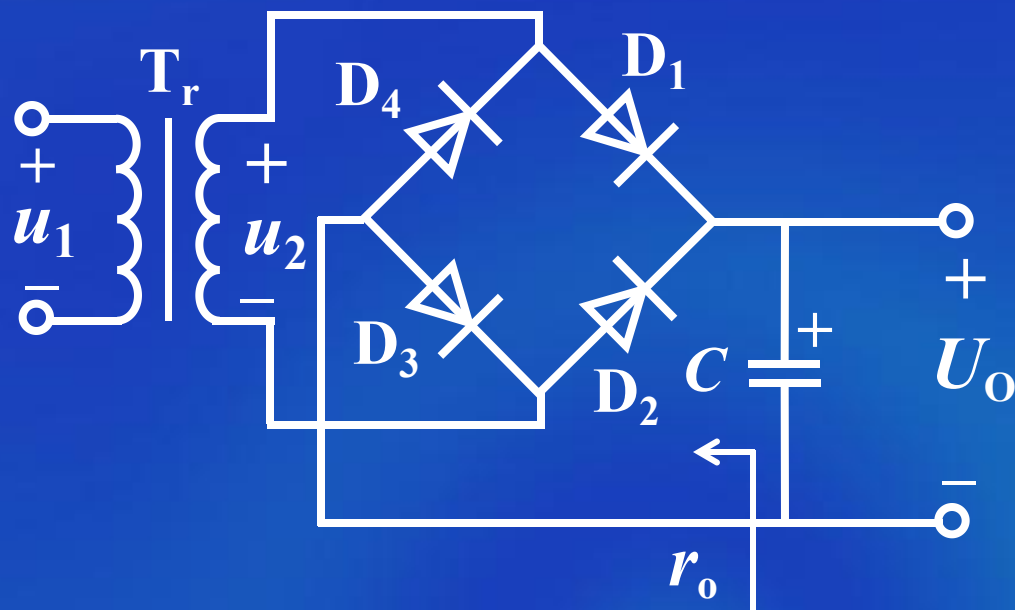
## 输入电压



## 输出电压波形



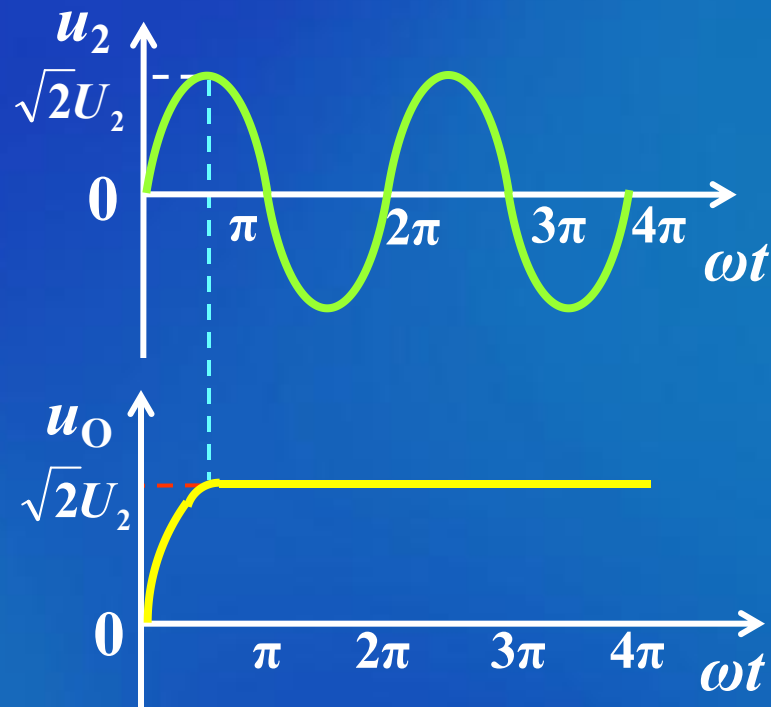
(2) 当  $C \neq 0$ 、 $R_L = \infty$  时



由于电容器的充电时间常数

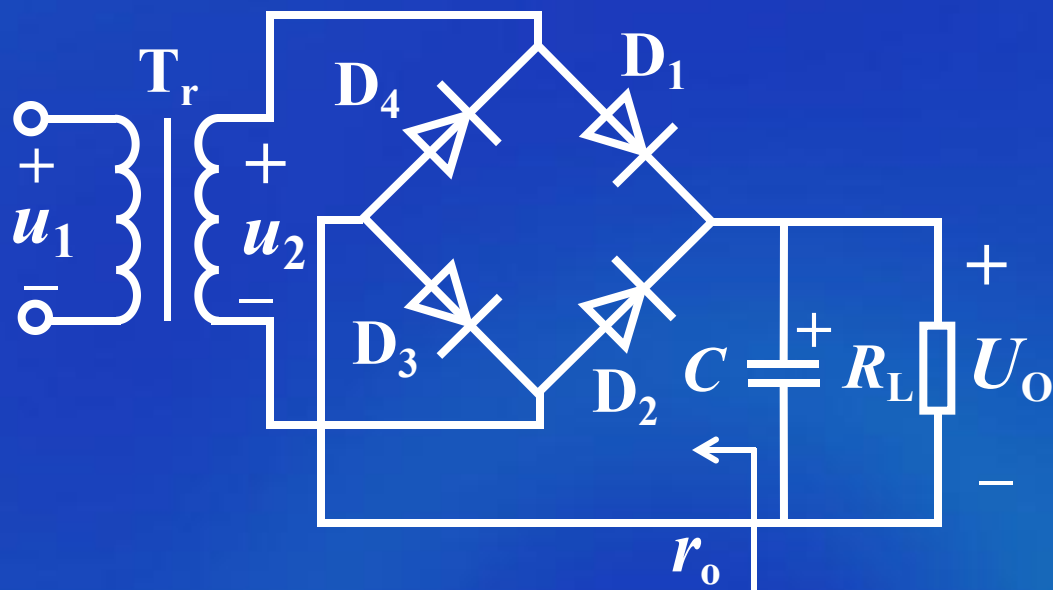
$$\tau_1 = r_o C = (r_T + 2r_D)C \approx 0$$

输入电压



输出电压波形

### (3) 当 $C \neq 0$ 、 $R_L \neq \infty$ 时

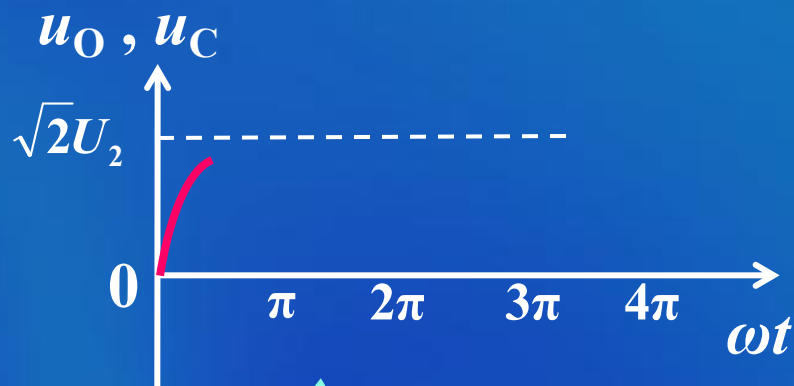
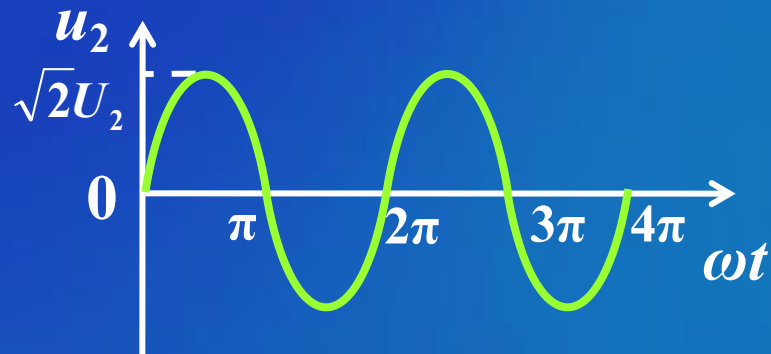


电容器的充电时间常数

$$\tau_1 = (r_0 // R_L)C \approx r_0 C \approx 0$$

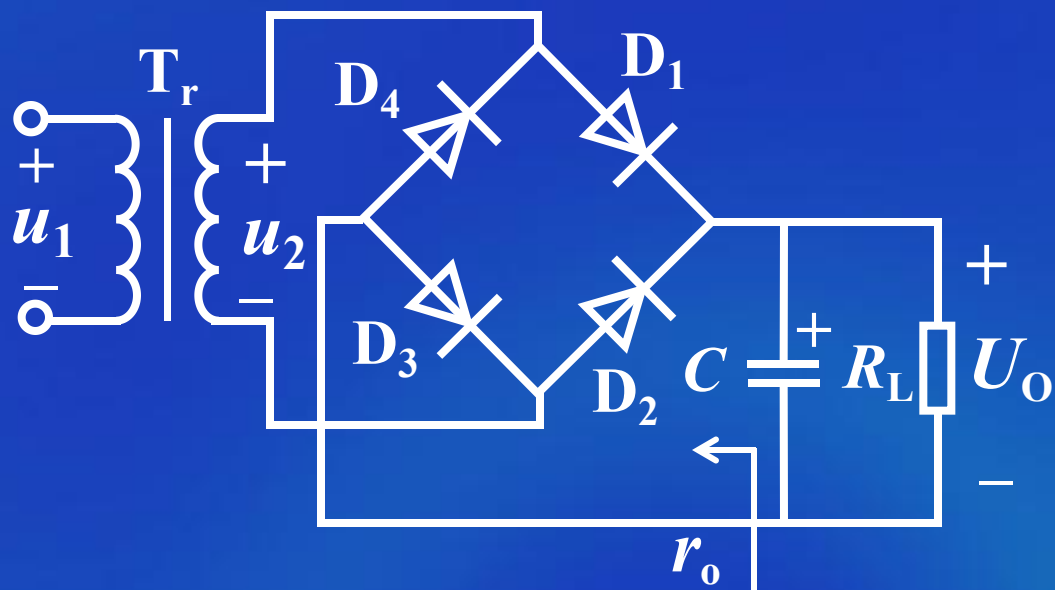
$$u_O = u_C \approx u_2$$

输入电压

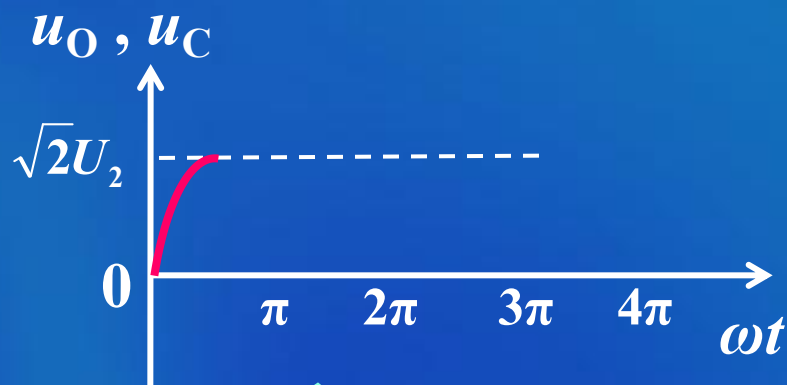
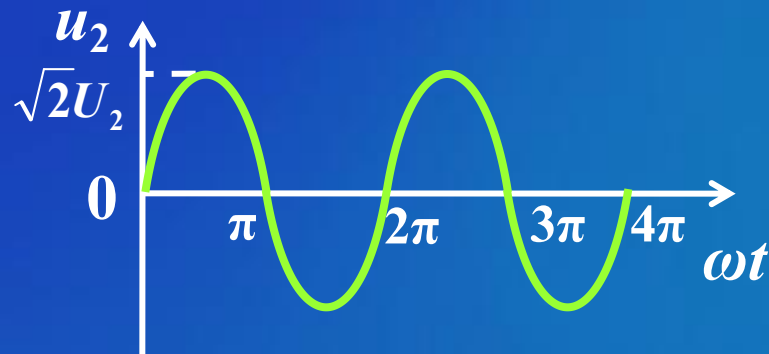


输出电压

## 输入电压

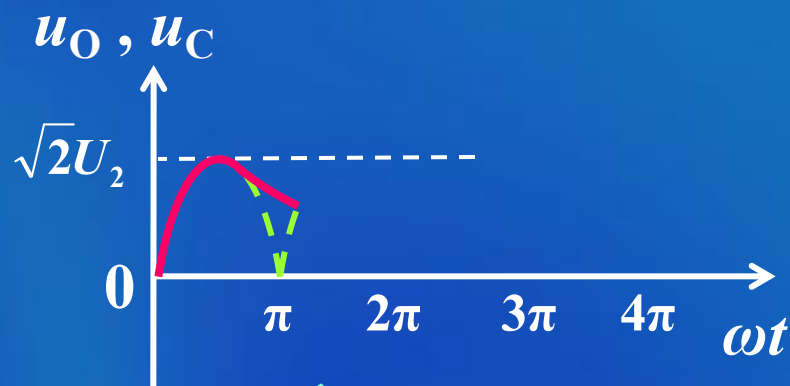
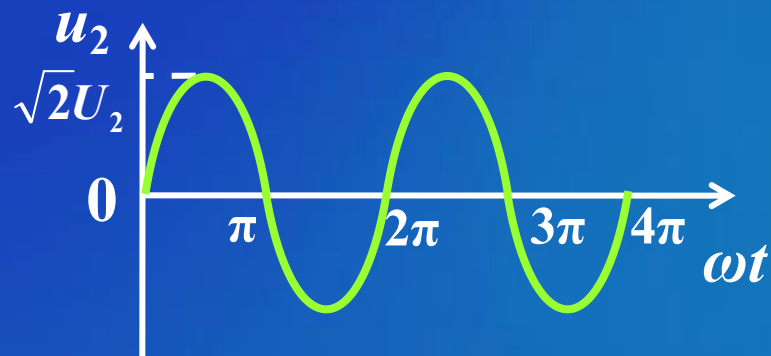
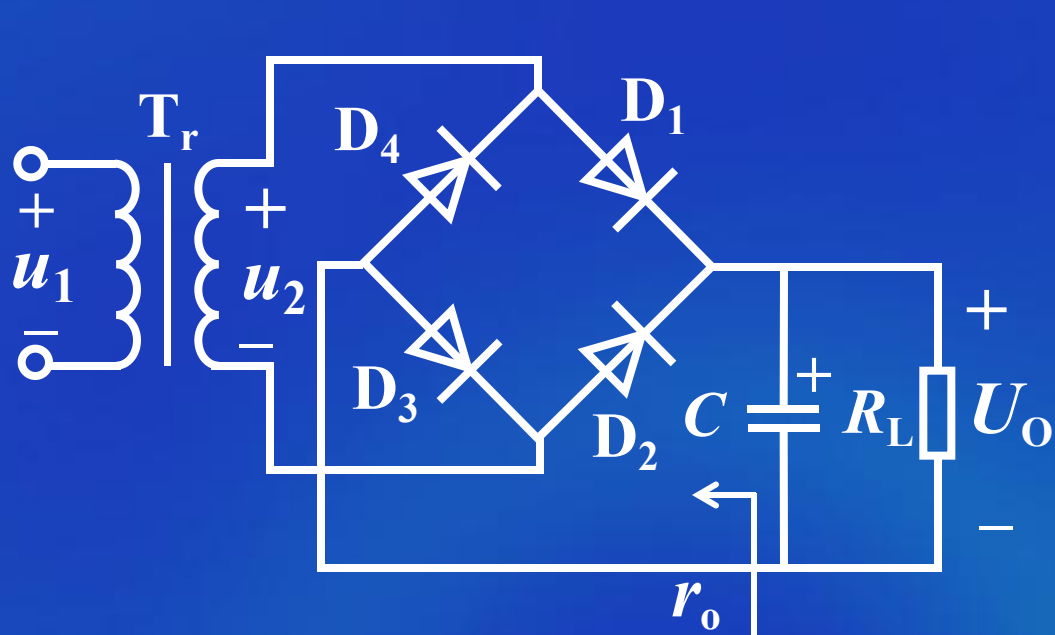


当 $C$ 充电到最高点时，  
二极管 $D_1$ 、 $D_3$ 将截止，  
 $C$ 将通过 $R_L$ 开始放电。



## 输出电压



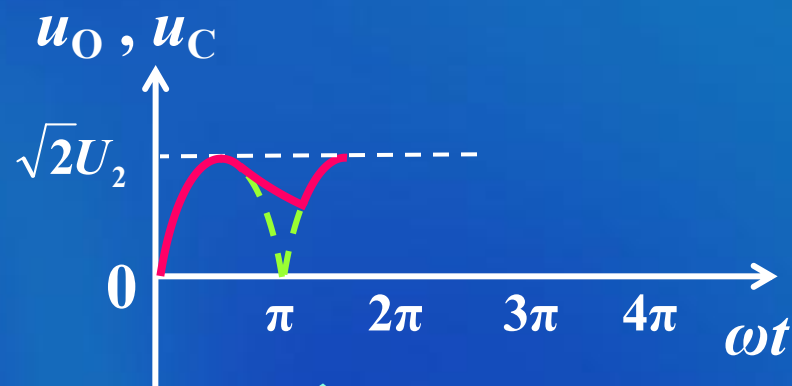
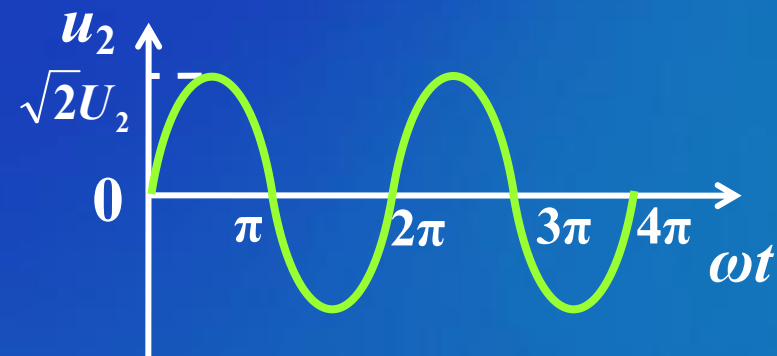
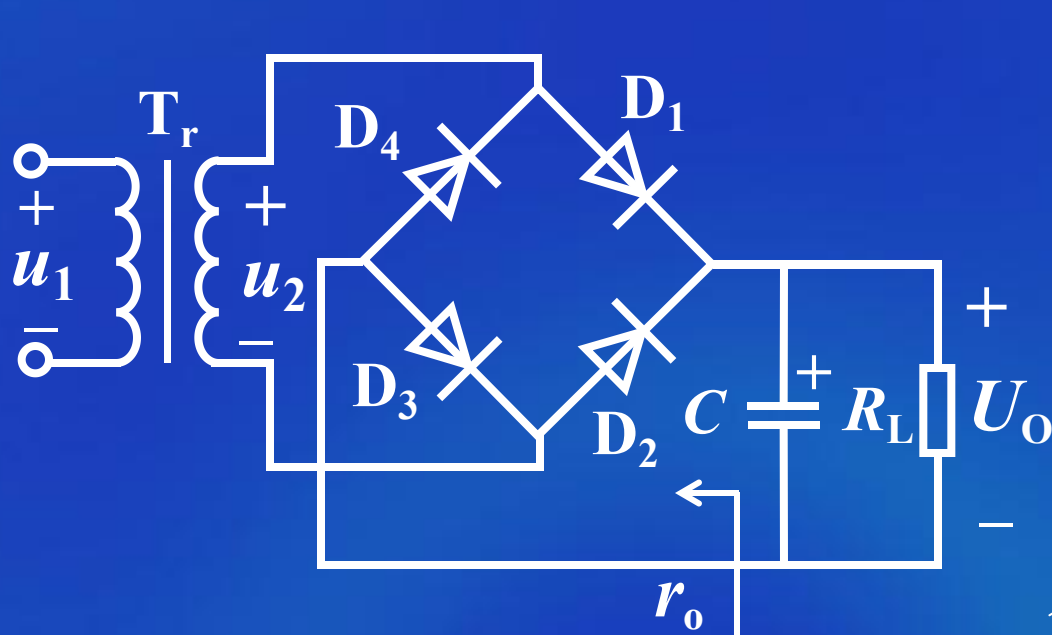


输出电压

电容器的放电时间常数

$$\tau_2 = R_L C$$

由于 $\tau_2$ 较大，放电比较缓慢



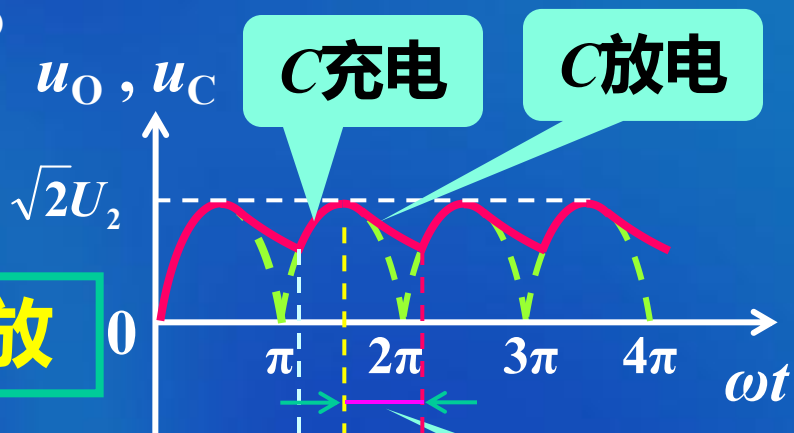
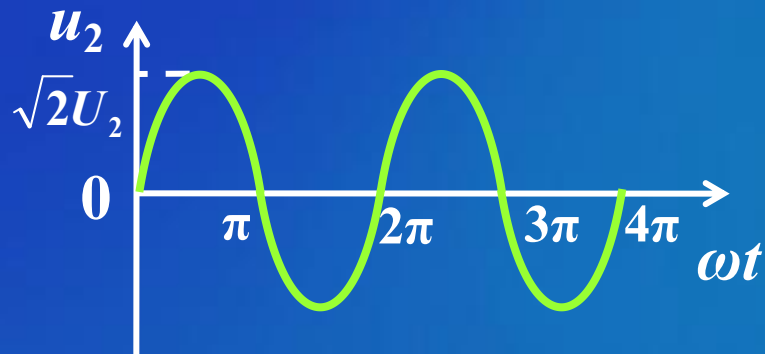
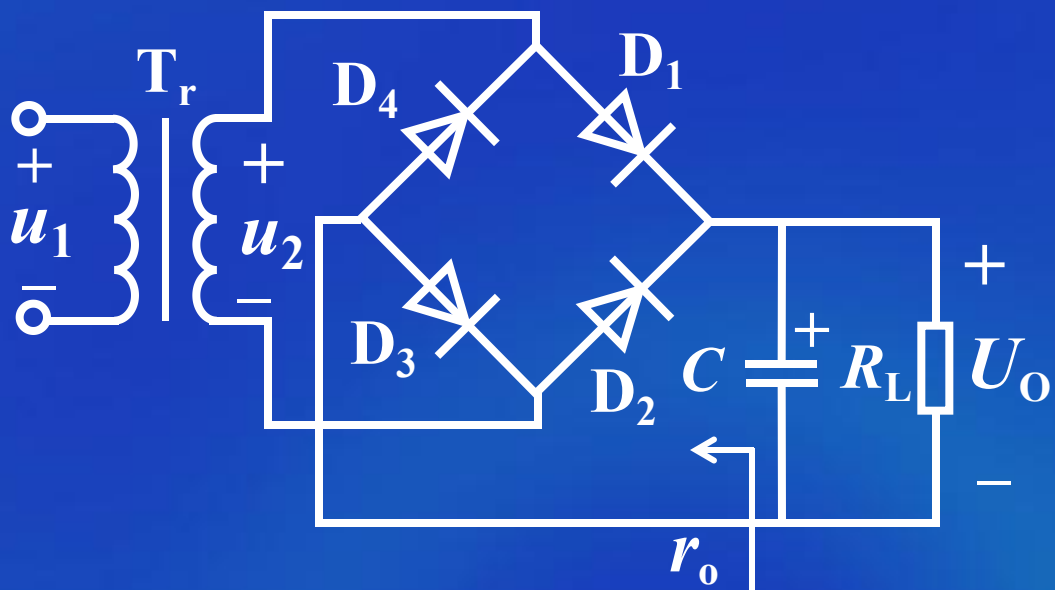
输出电压

当 $|u_2| > u_C$ 时

二极管 $D_2$ 、 $D_4$ 导通

$C$ 又开始充电，直到最大值。

# 输入电压



周而复始

特点：快冲慢放

可画出输出电压波形

D导通

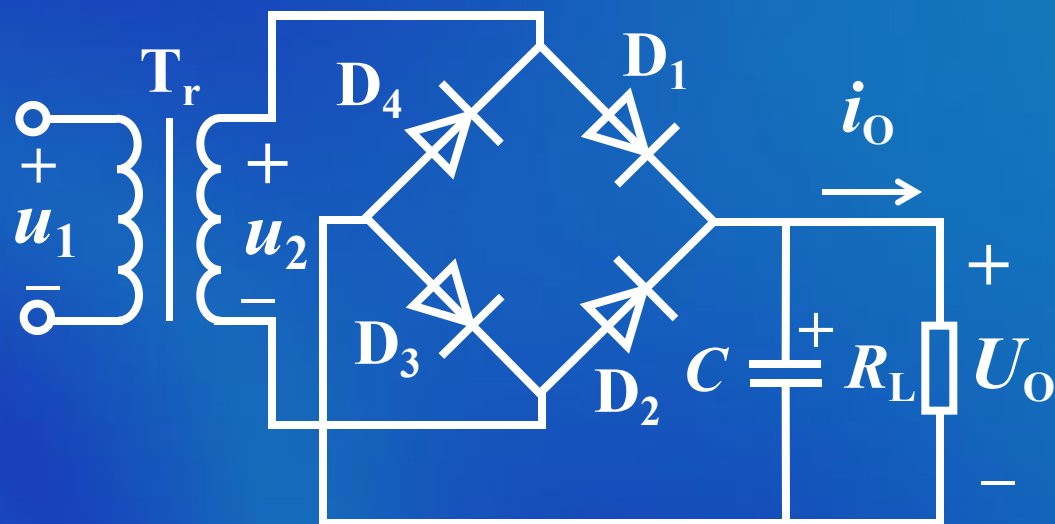
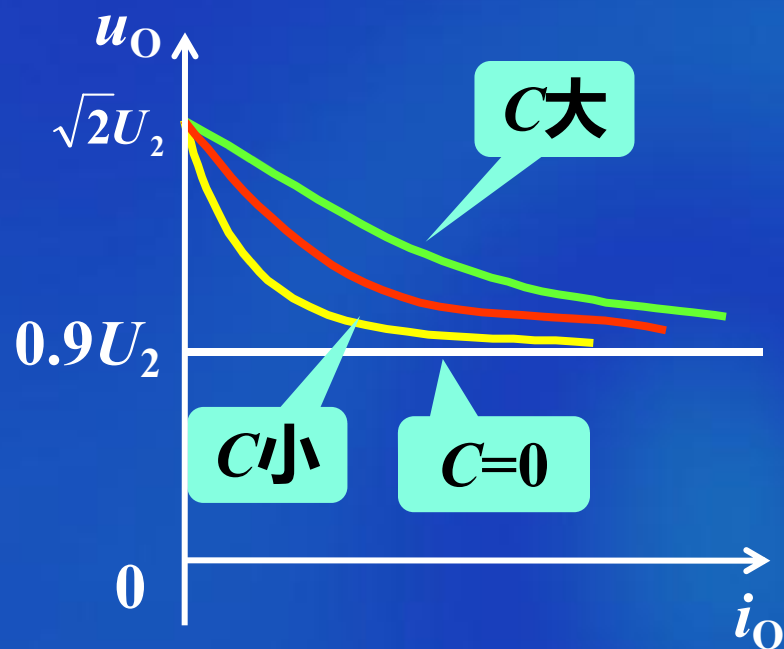
输出电压

D截止

### 3. 电容滤波电路的外特性及主要参数估计

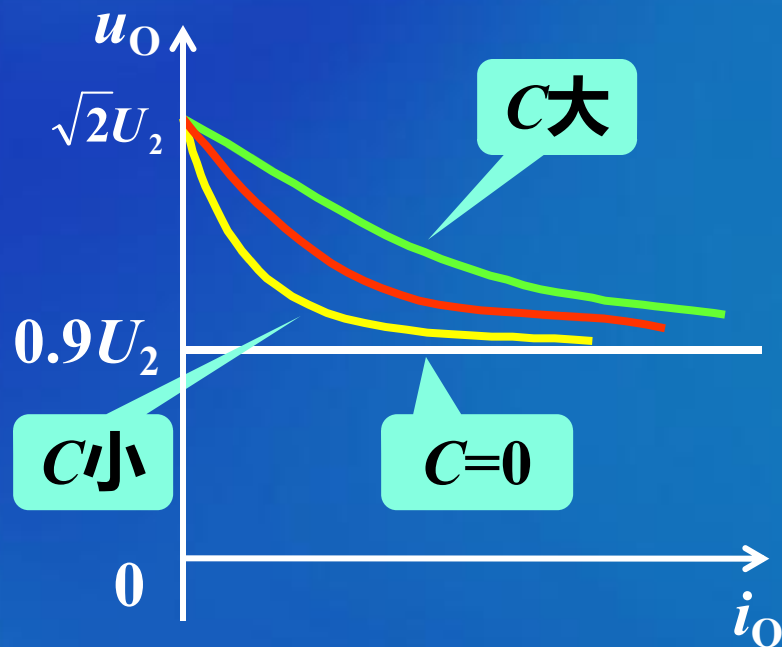
#### (1) 电容滤波电路的外特性

$$u_o = f(i_o)$$



## 外特性特点：

- a.  $C$  越小,  $u_{O(AV)}$  越小, 纹波越大。
- b.  $i_O$  越大,  $u_{O(AV)}$  越小。



**结论：外特性差**

电容滤波电路适用于负载电流比较小或基本不变的情况。

## (2) 输出电压平均值

$$\text{若 } \tau = CR_L \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2}$$

$$U_{O(AV)} = (1.1 \sim 1.4)U_2$$

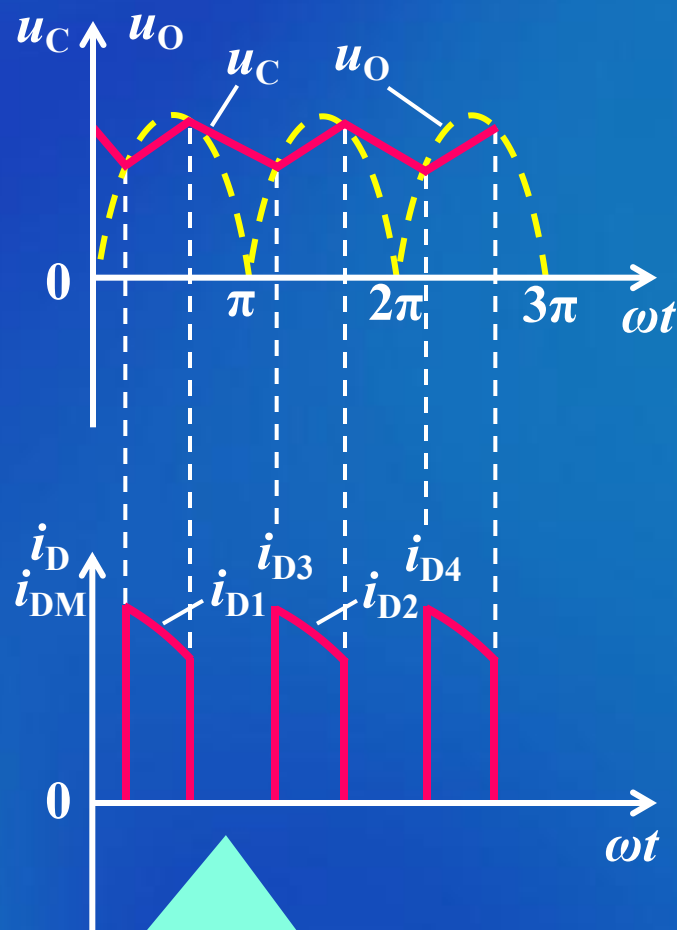
$$\text{一般取 } U_{O(AV)} \approx 1.2U_2$$

## (3) 输出电流平均值

$$I_{O(AV)} = \frac{U_{O(AV)}}{R_L} \approx 1.2 \frac{U_2}{R_L}$$

## (4) 整流二极管的平均电流

考虑二极管内阻时  
输出电压波形



二极管电流波形

二极管电流的特点：

(a) 比无滤波电容时的平均电流大。

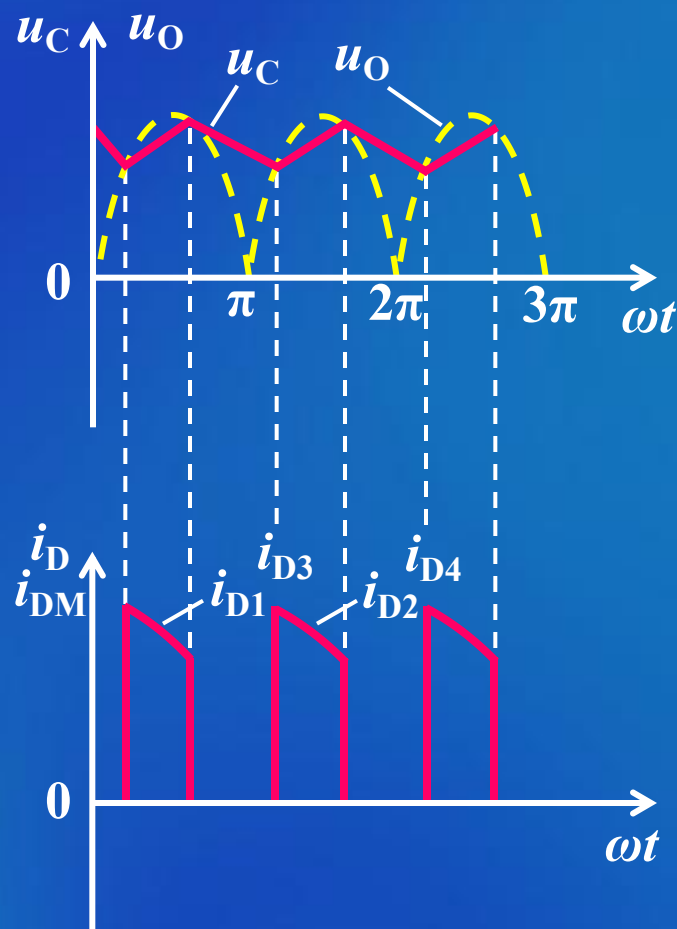
(b) 二极管导通时，有冲击电流。

(c) 冲击电流与二极管的导通角 $\theta$  ( $\theta < \pi$ ) 有关。

放电时间常数越大， $\theta$  越小，冲击电流越大。

(5) 整流二极管的最高反向电压

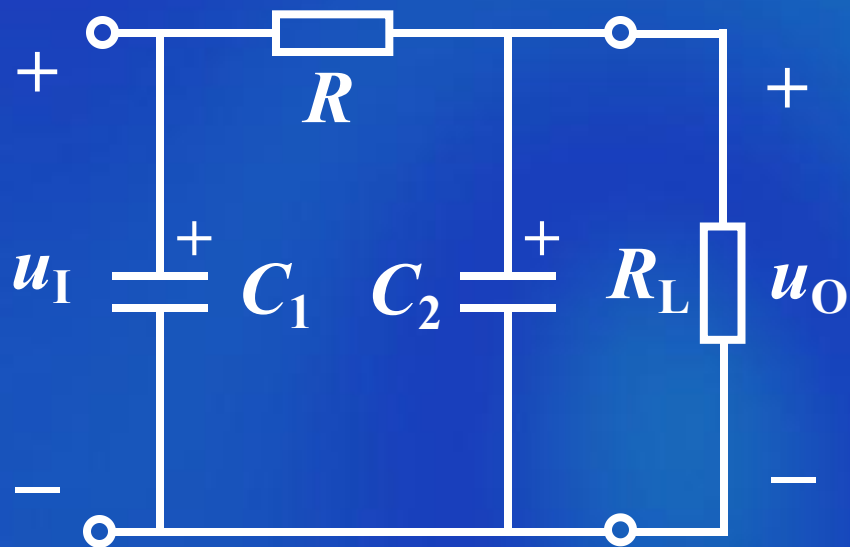
$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$



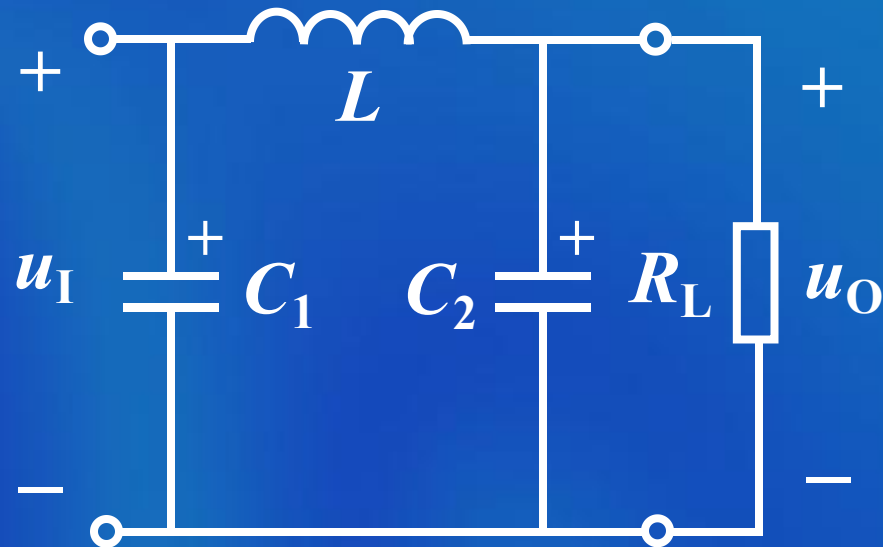


## 2. $\pi$ 型滤波电路

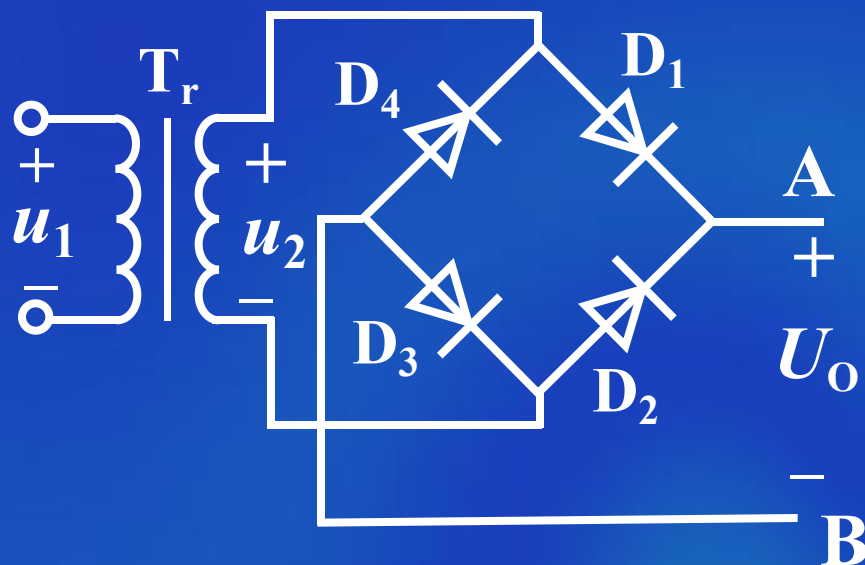
### $RC$ — $\pi$ 型滤波电路



### $LC$ — $\pi$ 型滤波电路



例1. 下图D为理想二极管，C足够大，求以下三种情况下的直流平均电压 $U_0$  (注： $U_2$ 的有效值为10V)



- (1) A、B间接 $R_L$ ；
- (2) A、B间接C；
- (3) A、B间接 $R_L$ 和C并联。

解：(1)  $U_0 = 0.9 U_2 = 9V$   
 (2)  $U_0 = \sqrt{2} U_2 = 14V$   
 (3)  $U_0 = 1.2 U_2 = 12V$

例2 下图电路中有否不妥之处？( $U_2$ 有效值为30V)

电容  $C=100\mu\text{F}/30\text{V}$ ,  $R_L=50\Omega$ 。

解：有，一是滤波电容耐压应为

$$\sqrt{2}U_2 = 30\sqrt{2} \text{ V}$$

而此处只有 30V，**电容耐压不够。**

二是滤波电容容量太小，

$$RC = 50 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-3}$$

$$\frac{T}{2} = 0.01 \text{ s} \quad RC < (3 \sim 5) \frac{T}{2}$$

**$\therefore$  滤波效果不佳。**

