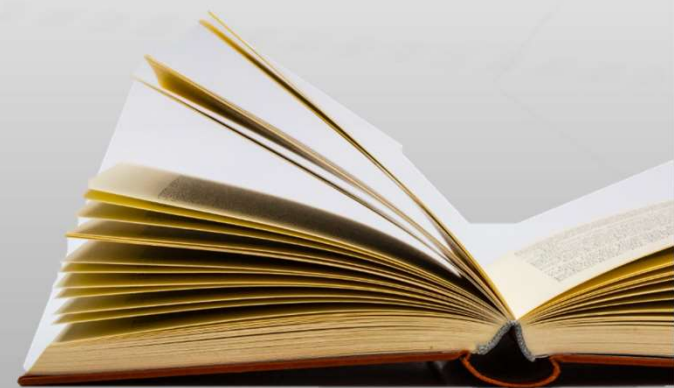


# 直流稳压电源

DC Regulated Power Supply



## 本章目录 / contents

01

电源组成及工作过程

02

整流电路

03

滤波电路

03

稳压电路



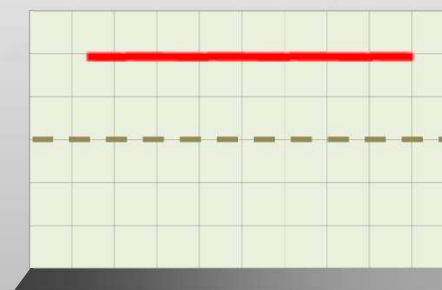
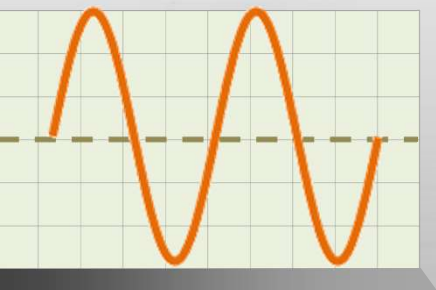
# 01 电源的组成及工作过程

## 01 组成及工作过程

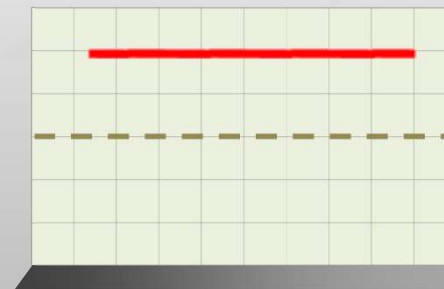
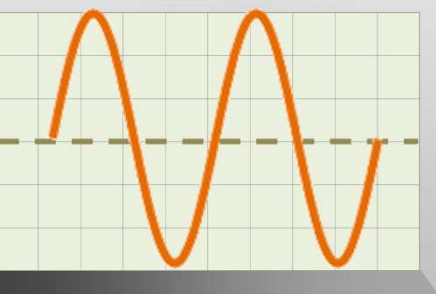
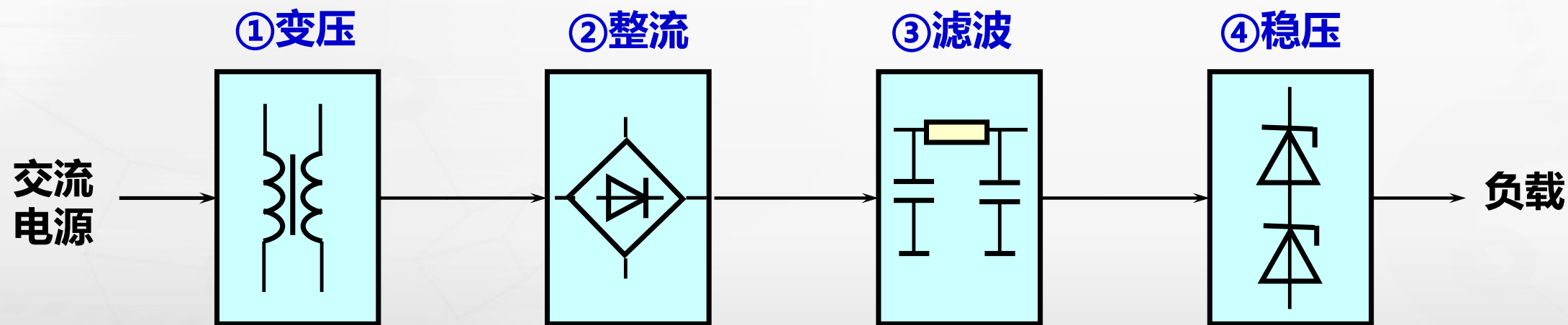
交流  
电源

小功率直流稳压电源

负载



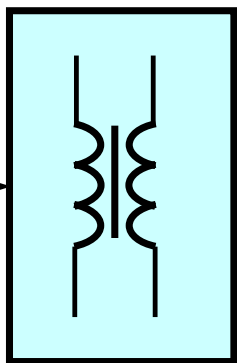
# 01 组成及工作过程



## 01 组成及工作过程

将交流电源电压变换为符合整流需要的电压。

① 变压



交流电源

② 整流



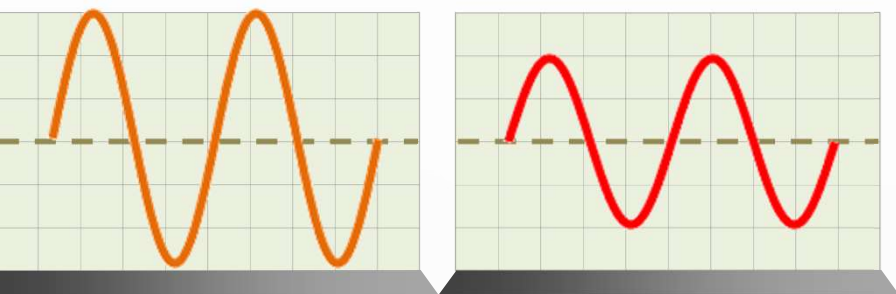
③ 滤波



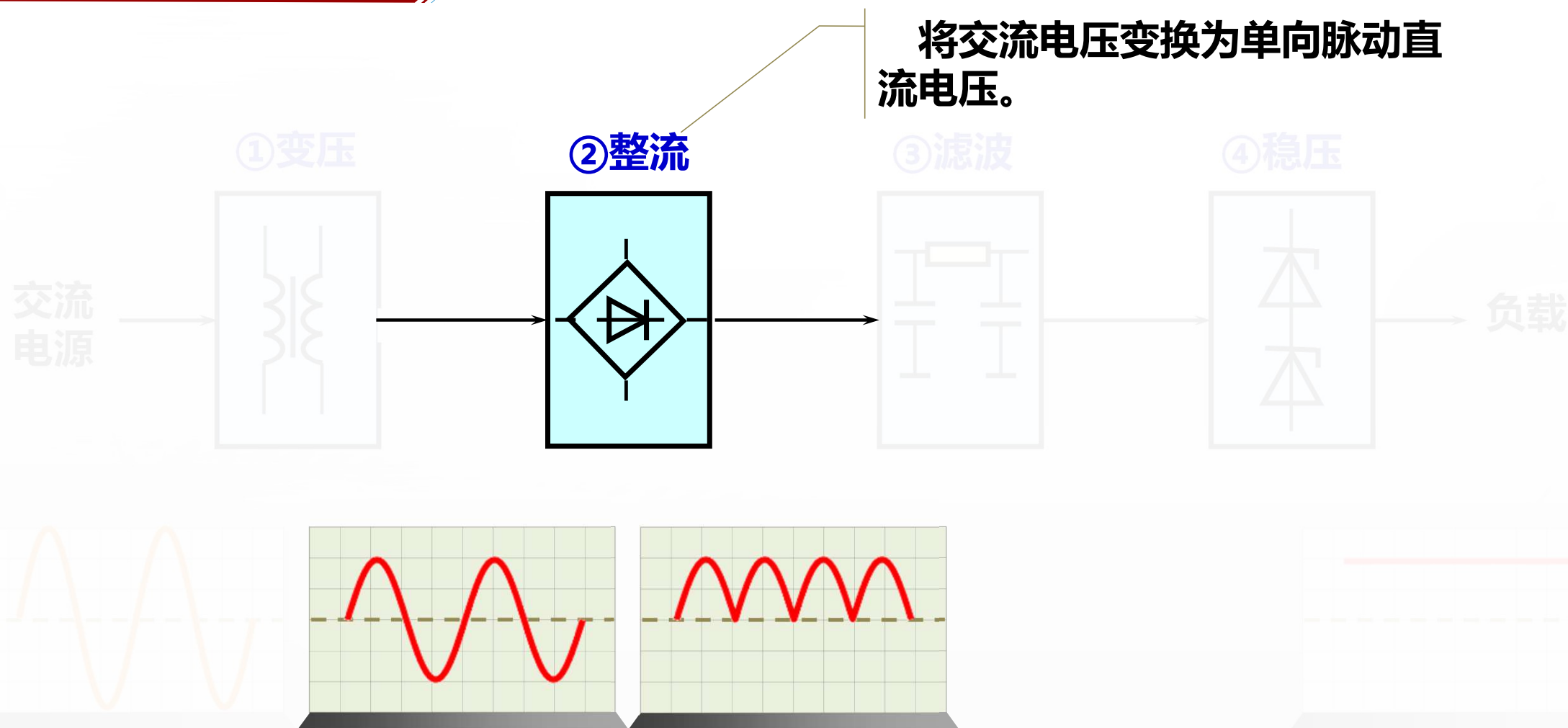
④ 稳压



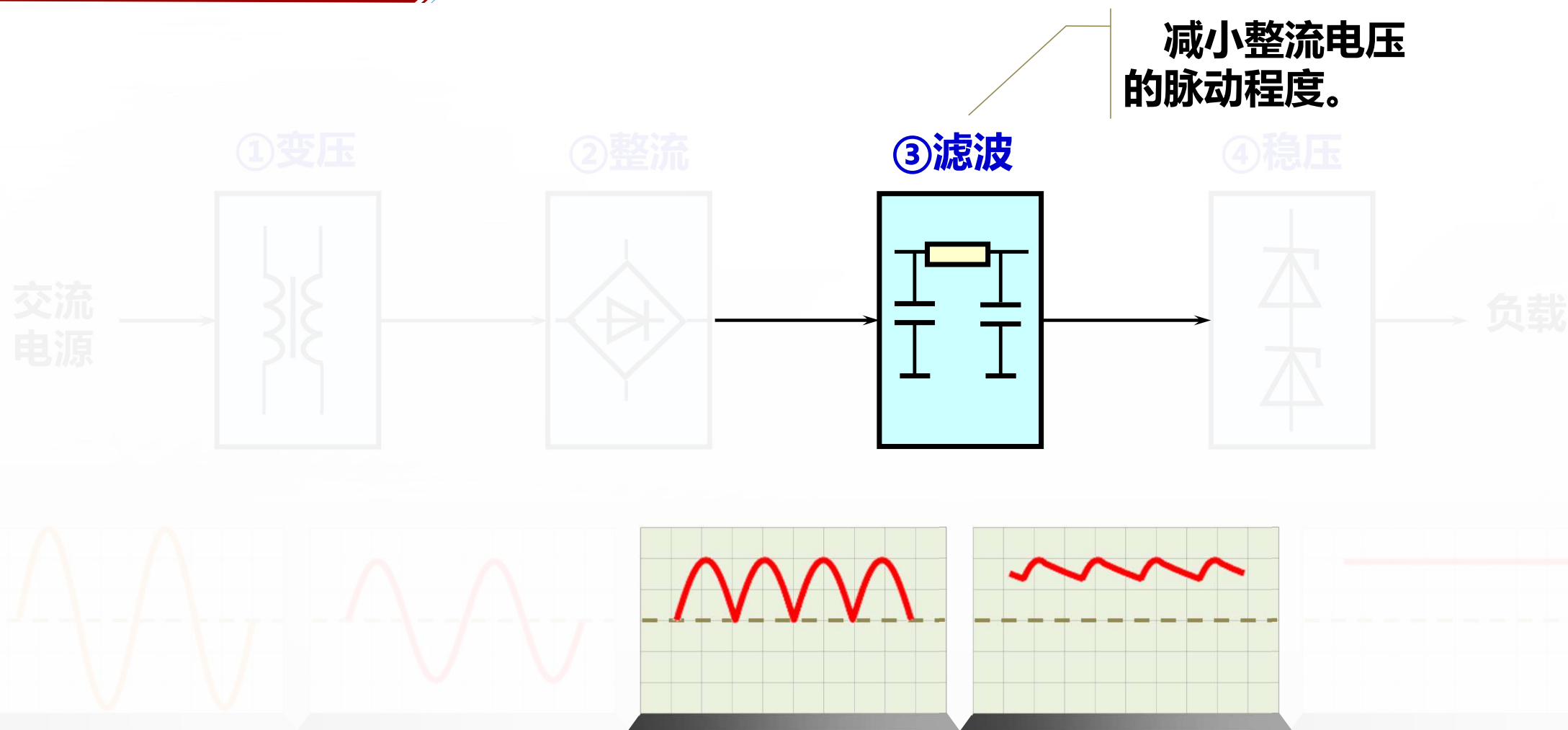
负载



# 01 组成及工作过程



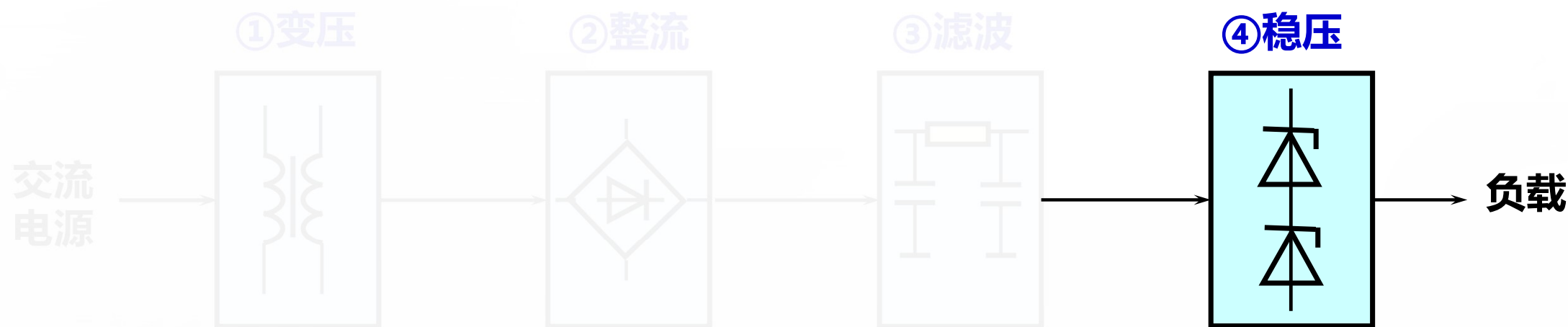
# 01 组成及工作过程



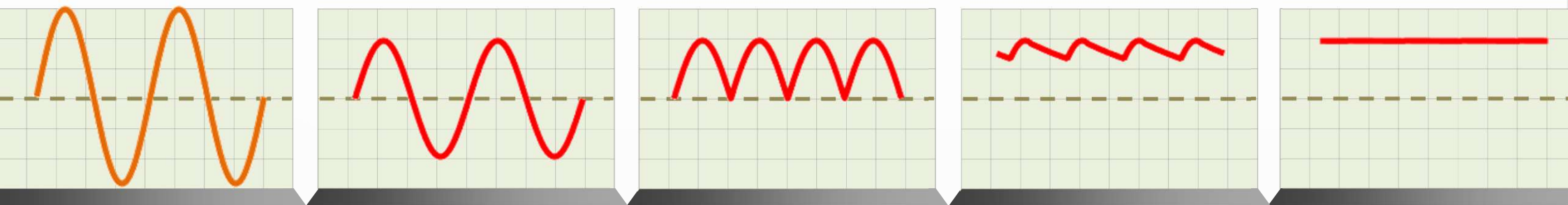
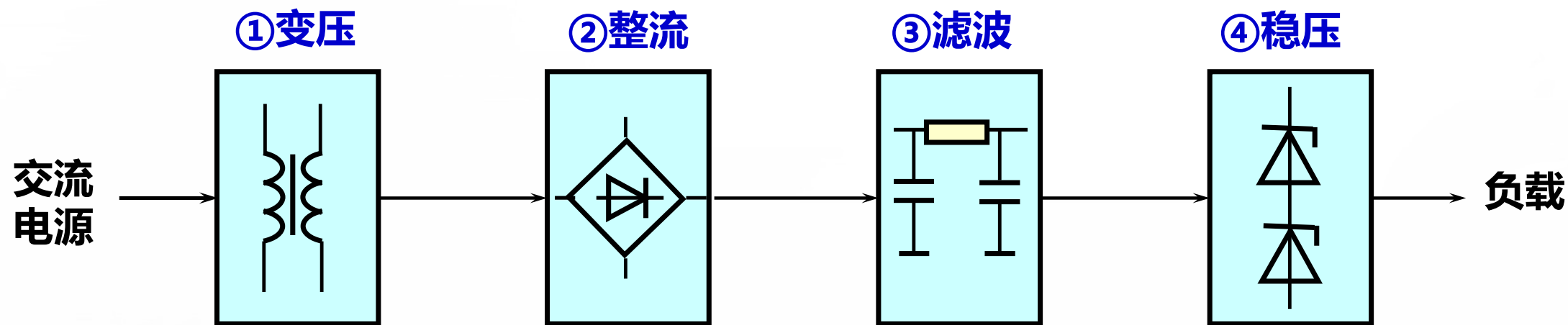


# 01 组成及工作过程

在交流电源电压波动或负载变动时，使直流输出电压稳定。



## 01 组成及工作过程

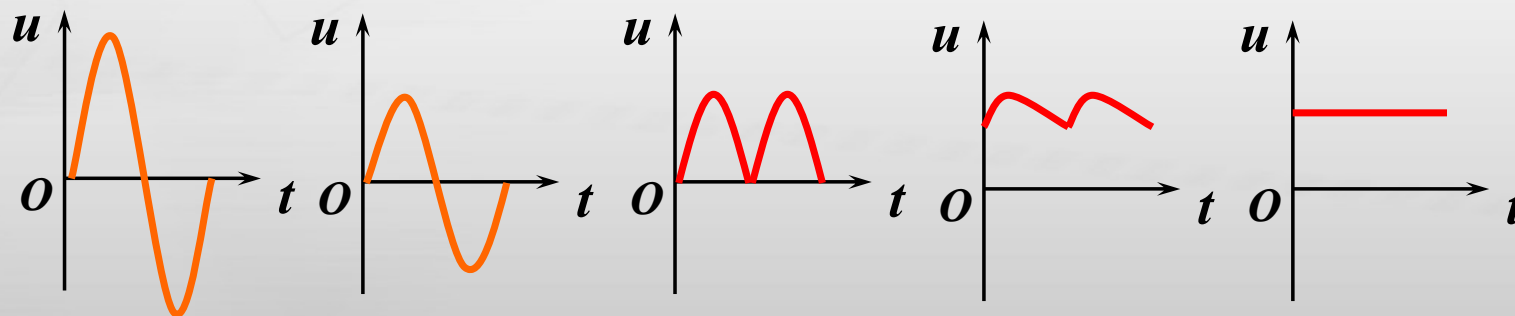


## 01 组成及工作过程

交流  
电源

小功率直流稳压电源

负载



## 02 整流电路

## 02 整流电路

### 常见的整流电路

半波、桥式

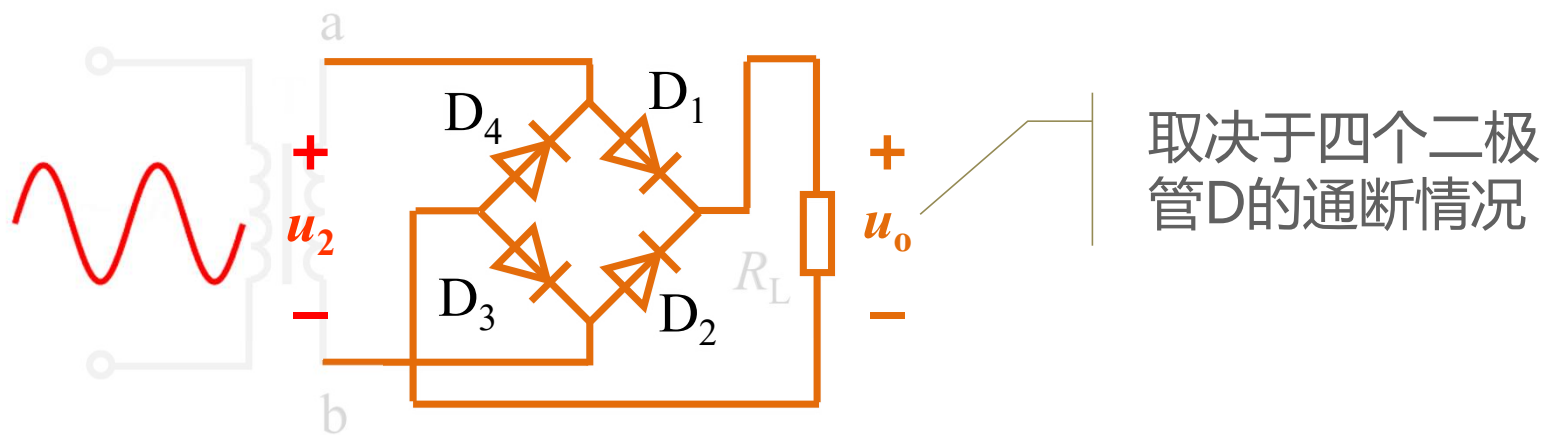
单相和三相整流等

**整流原理：**利用二极管的单向导电性。

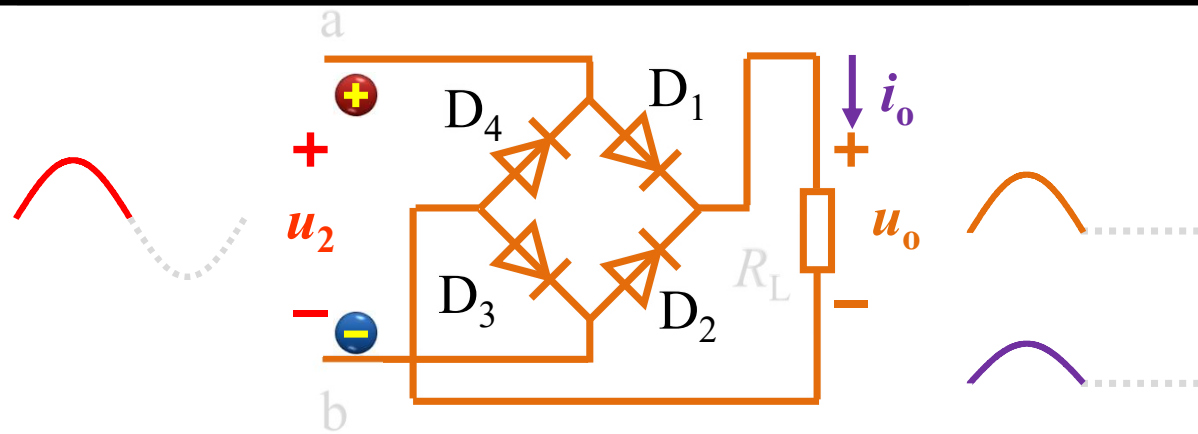
分析时：将二极管视为理想元件

正向导通电阻为零，相当于二极管短接；  
反向电阻为无穷大，相当于二极管断开。

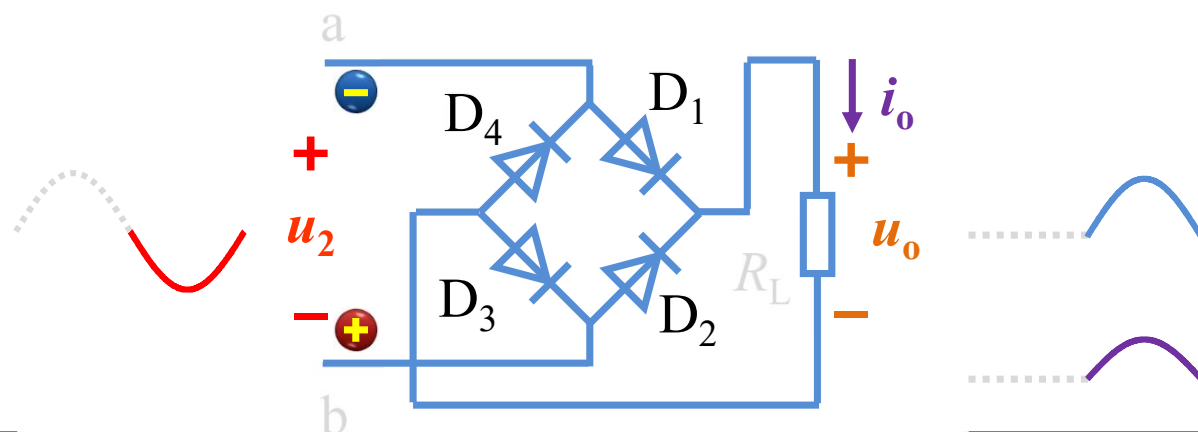
## 桥式整流电路（单相）



# 桥式整流电路（单相）

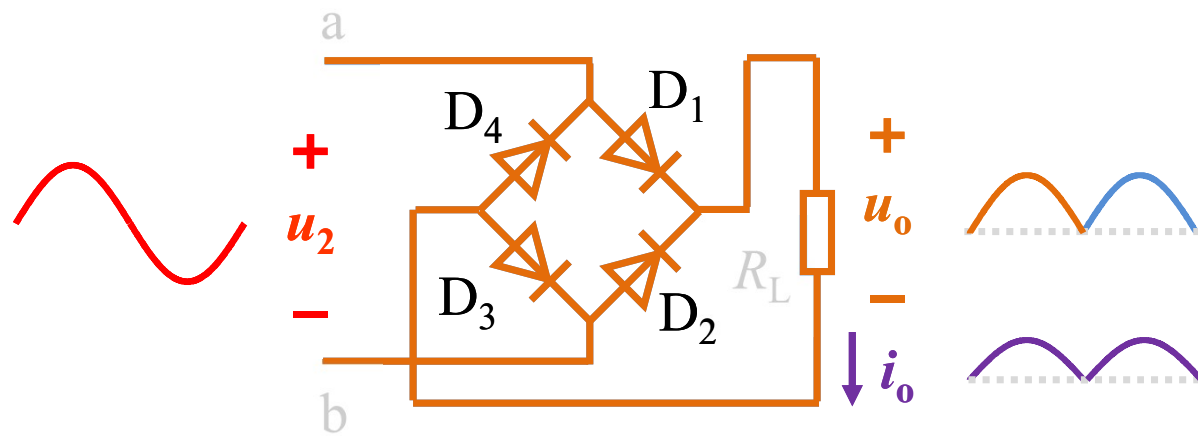


	状态	正向导通电流	反向截止电压
$D_2 D_4$	截止	0	
$D_1 D_3$	导通		0



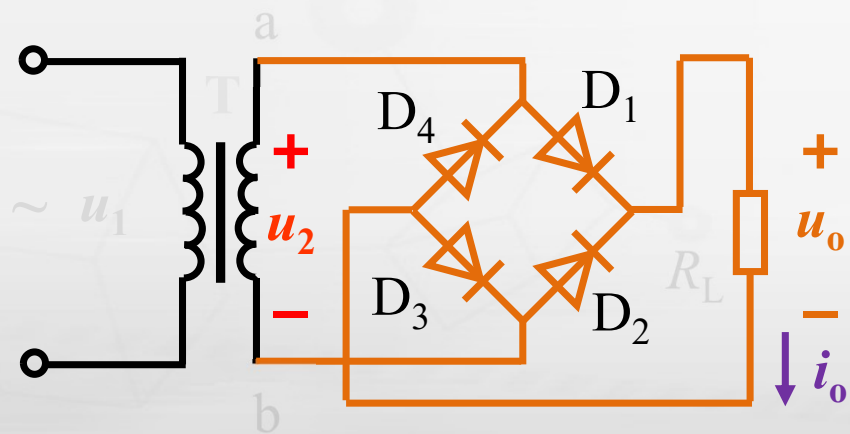
	状态	正向导通电流	反向截止电压
$D_2 D_4$	导通		0
$D_1 D_3$	截止	0	

## 桥式整流电路（单相）

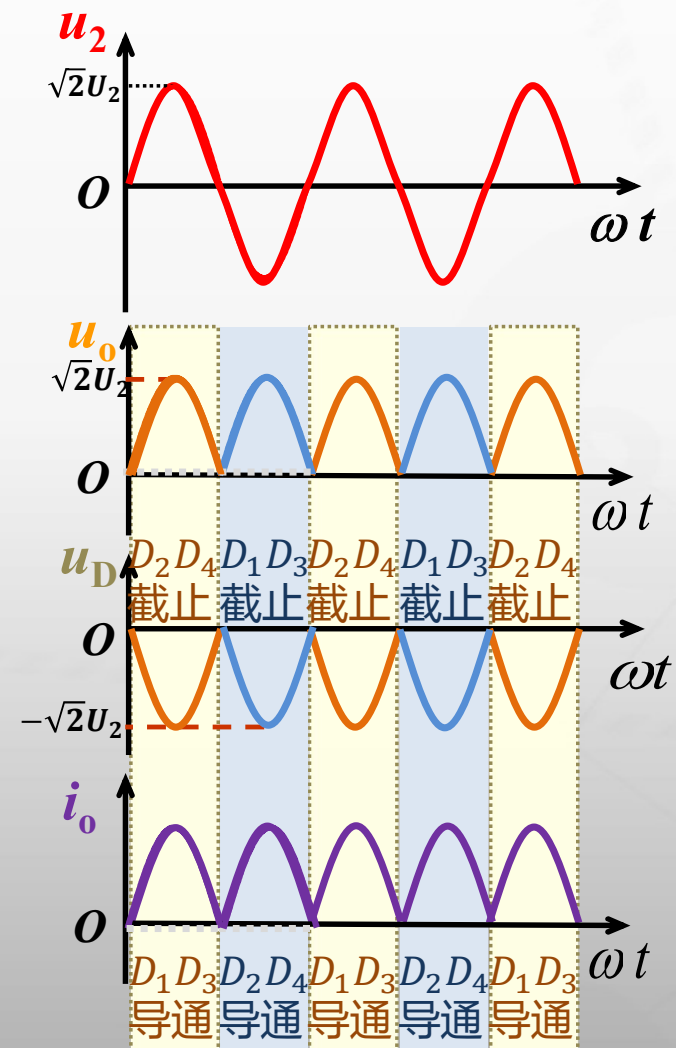




## 02 整流电路



工作波形



## 02 整流电路

(1) 整流电压平均值  $U_o$

$$U_o = 0.9U_2$$

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 0.9U_2$$

(2) 整流电流平均值  $I_o$

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L}$$

(3) 流过每管电流平均值  $I_D$

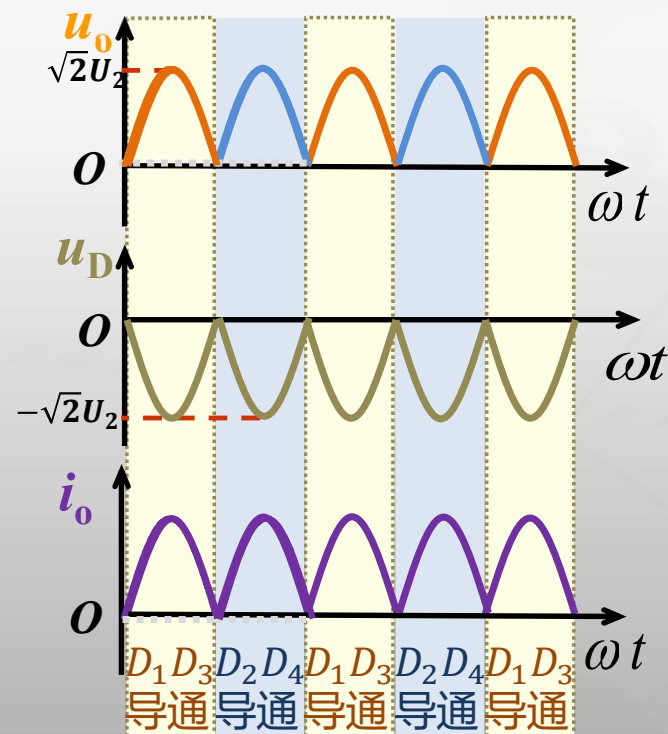
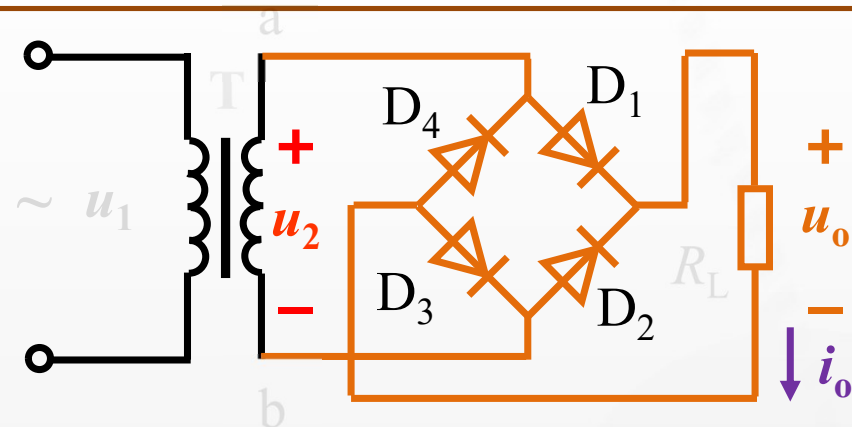
$$I_D = \frac{1}{2} I_o$$

(4) 每管承受的最高反向电压  $U_{DRM}$

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

(5) 变压器副边电流有效值  $I_2$

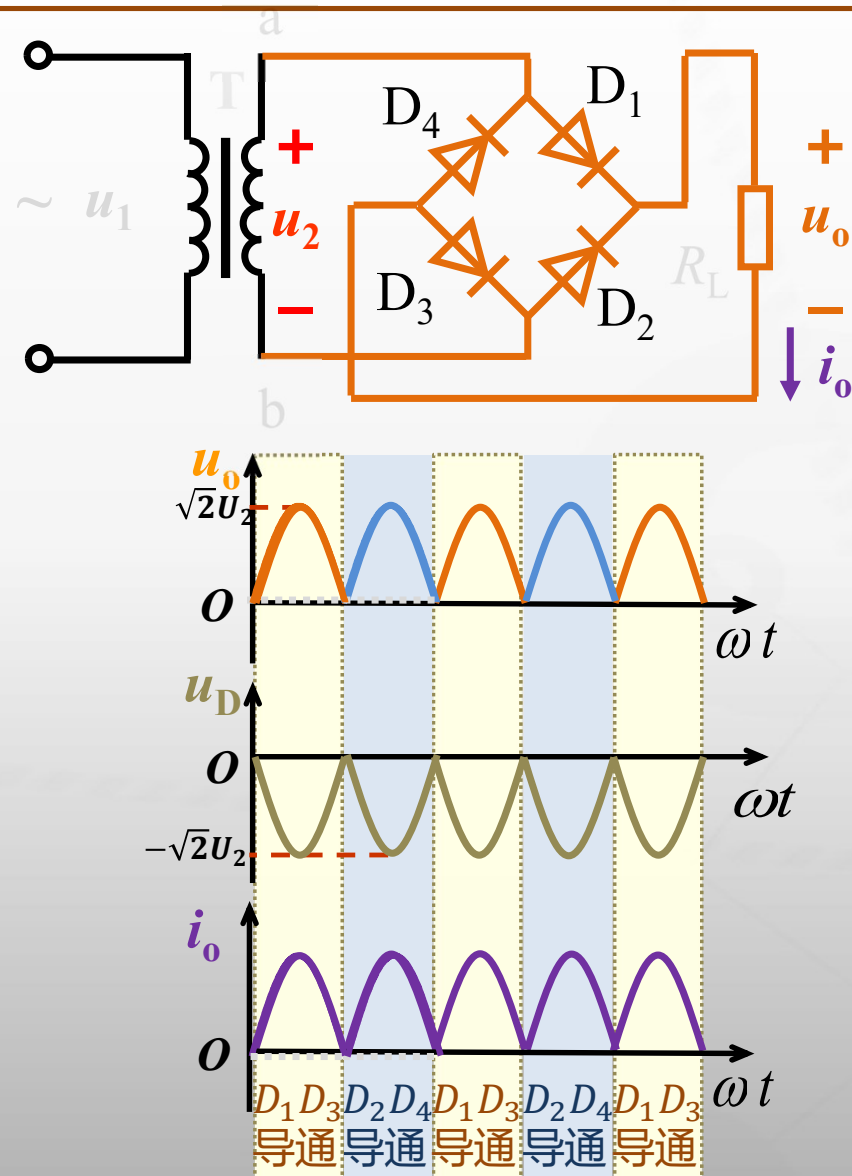
$$I_2 = 1.11I_o$$



## 02 整流电路

### 桥式整流的特点及用途

- 二极管用得较多，稍复杂；
- 但**变压器利用率高**，输出直流电压高、波形脉动稍小一些；
- 相对于其它整流方式，**桥式整流使用更广泛**。



## 02 整流电路

**例1：**单相桥式整流电路，已知交流电网电压为380V，负载电阻  $R_L=80\Omega$ ，负载电压  $U_O=110V$ 。(1)选择二极管；(2)求整流变压器的变比和容量。

**解：**(1) 选择二极管主要考虑两个因素：

### 最大整流电流

$$I_O = \frac{U_O}{R_L} = \frac{110}{80} = 1.4A$$

$$I_D = \frac{1}{2} I_O = 0.7A$$

### 反向工作峰值电压

$$U_2 = \frac{U_O}{0.9} = \frac{110}{0.9} = 122V$$

$$U_2 = 122 \times 1.1 = 134V$$

$$U_{DRM} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 134 = 189V$$

考虑变压器二次侧绕组及管子上的压降，变压器的二次侧电压大约高出10%，即

选用二极管**2CZ55E**，其最大整流电流为1A，反向工作峰值电压为300V。

## 02 整流电路

**例2：**单相桥式整流电路，已知交流电网电压为380V，负载电阻  $R_L=80\Omega$ ，负载电压  $U_O=110V$ 。(1)选择二极管；(2)求整流变压器的变比和容量。

(2) 变压器副边电压

$$U_2=134V$$

变压器变比

变压器副边电流有效值

$$I_2 = 1.11 I_O = 1.11 \times 1.4 = 1.55 \text{ A}$$

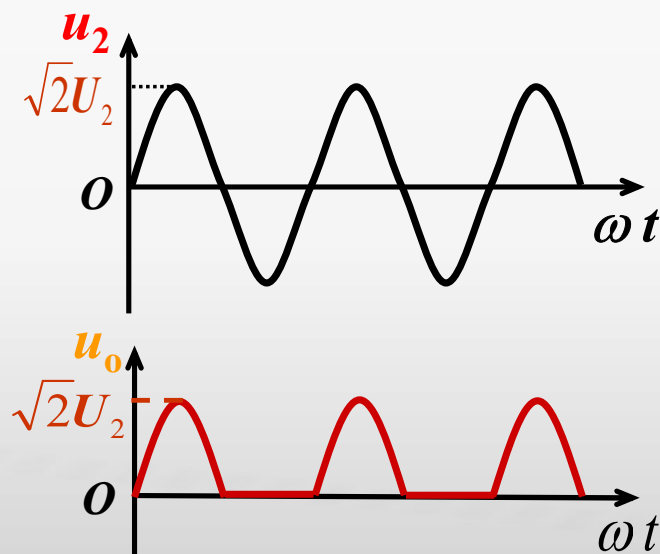
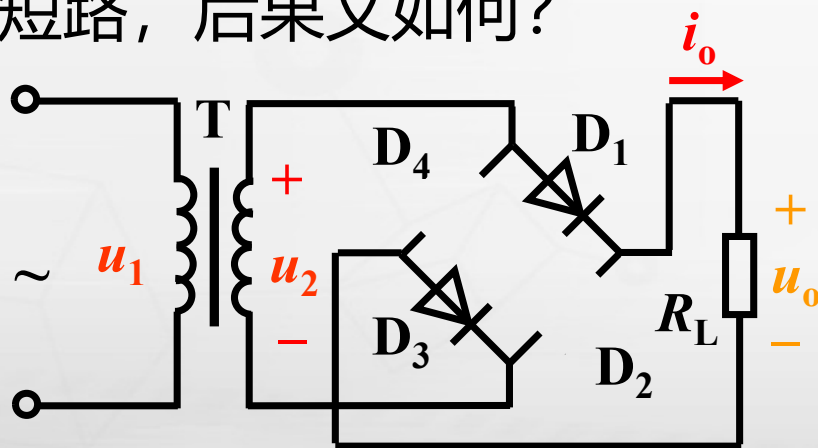
$$K = \frac{380}{134} = 2.8$$

变压器二次侧容量  $S = U_2 I_2 = 134 \times 1.55 = 208 \text{ V} \cdot \text{A}$

选用BK300 (300VA) , 380/134V的变压器。

## 02 整流电路

**例：** 试分析图示桥式整流电路中，(1)二极管 $D_2$ 或 $D_4$ 断开时负载电压的波形；(2)如果 $D_2$ 或 $D_4$ 接反，后果如何？(3)如果 $D_2$ 或 $D_4$ 因击穿或烧坏而短路，后果又如何？



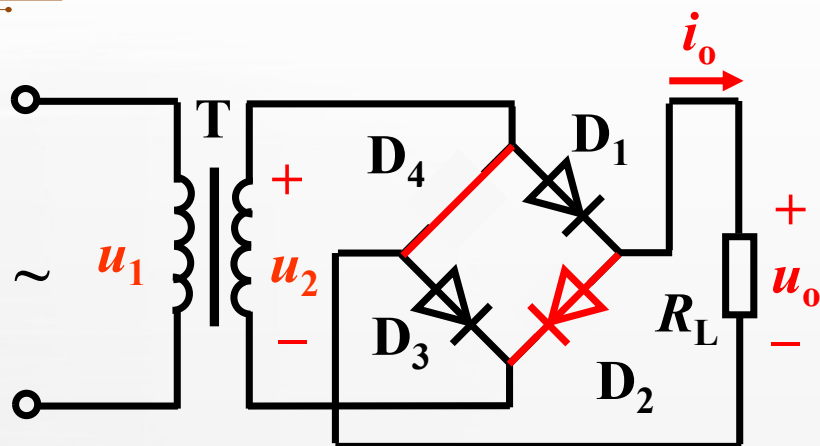
**解：** (1) 当 $D_2$ 或 $D_4$ 断开时

电路为单相半波整流电路。

正半周时， $D_1$ 和 $D_3$ 导通，负载电压  $u_o = u_2$ ；

负半周时， $D_1$ 和 $D_3$ 截止，负载中无电流通过， $u_o = 0$

## 02 整流电路



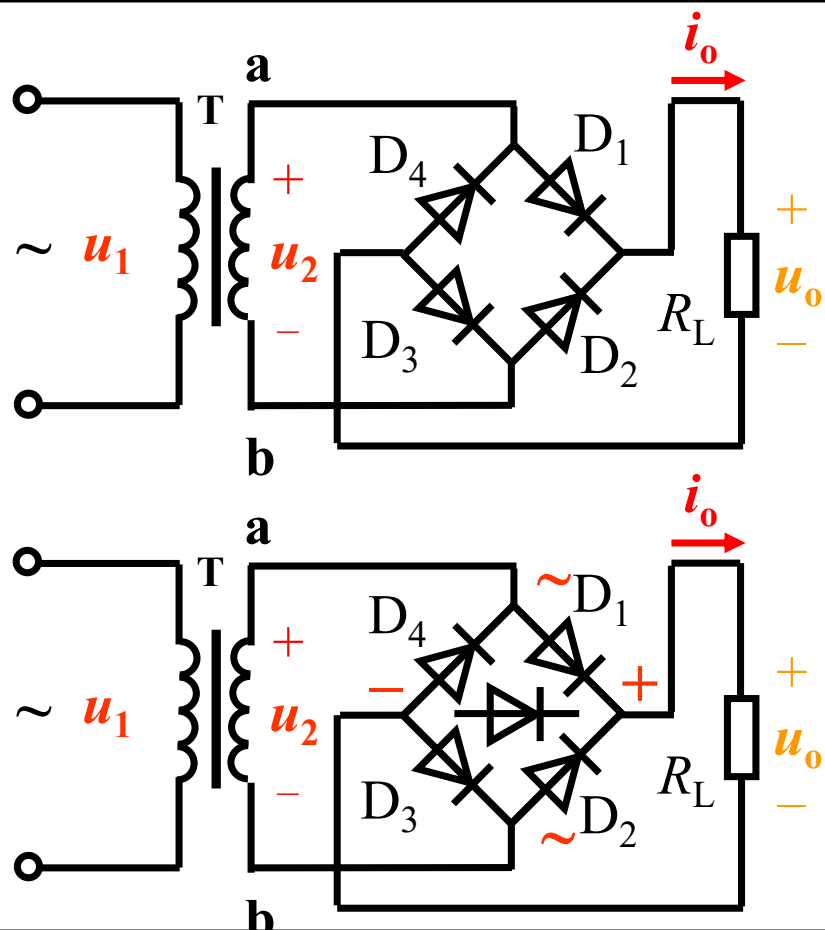
### (2) 如果 $D_2$ 或 $D_4$ 接反

假设 $D_2$ 接反，正半周时，二极管 $D_1$ 、 $D_2$ 导通，电流经 $D_1$ 、 $D_2$ 而造成电源短路，电流很大，因此变压器及 $D_1$ 、 $D_2$ 将被烧坏。 $D_4$ 接反同理。

### (3) 如果 $D_2$ 或 $D_4$ 因击穿烧坏而短路

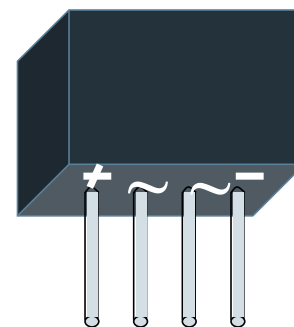
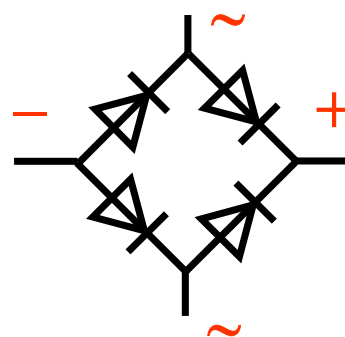
正半周时，情况与 $D_2$ 或 $D_4$ 接反类似，电源及 $D_1$ 或 $D_3$ 也将因电流过大而烧坏。

## 桥式整流电路画法的简化



整流桥 (硅桥堆)

把四只二极管封装  
在一起称为整流桥





## 03 滤波电路

## 03 滤波电路

**滤波原因：**交流电压经整流电路整流后**输出**的是单向脉动直流，其中既有**直流成份**又有**交流成份**。

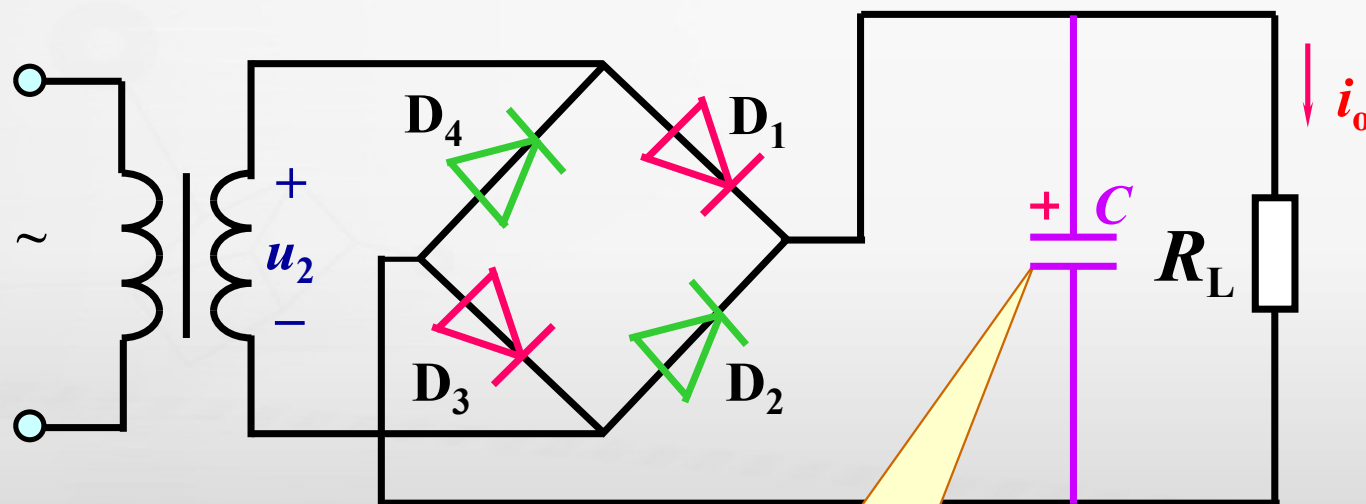
**滤波原理：**利用储能元件电容两端的电压不能突变的特性，**滤掉**整流电路输出电压中的**交流成份**，**保留**其**直流成份**，达到平滑输出电压波形的目的。

**滤波方法：**将电容与负载 $R_L$ 并联。

## 03 滤波电路

### 一、电容滤波器(C 滤波器)

#### 1. 电路结构

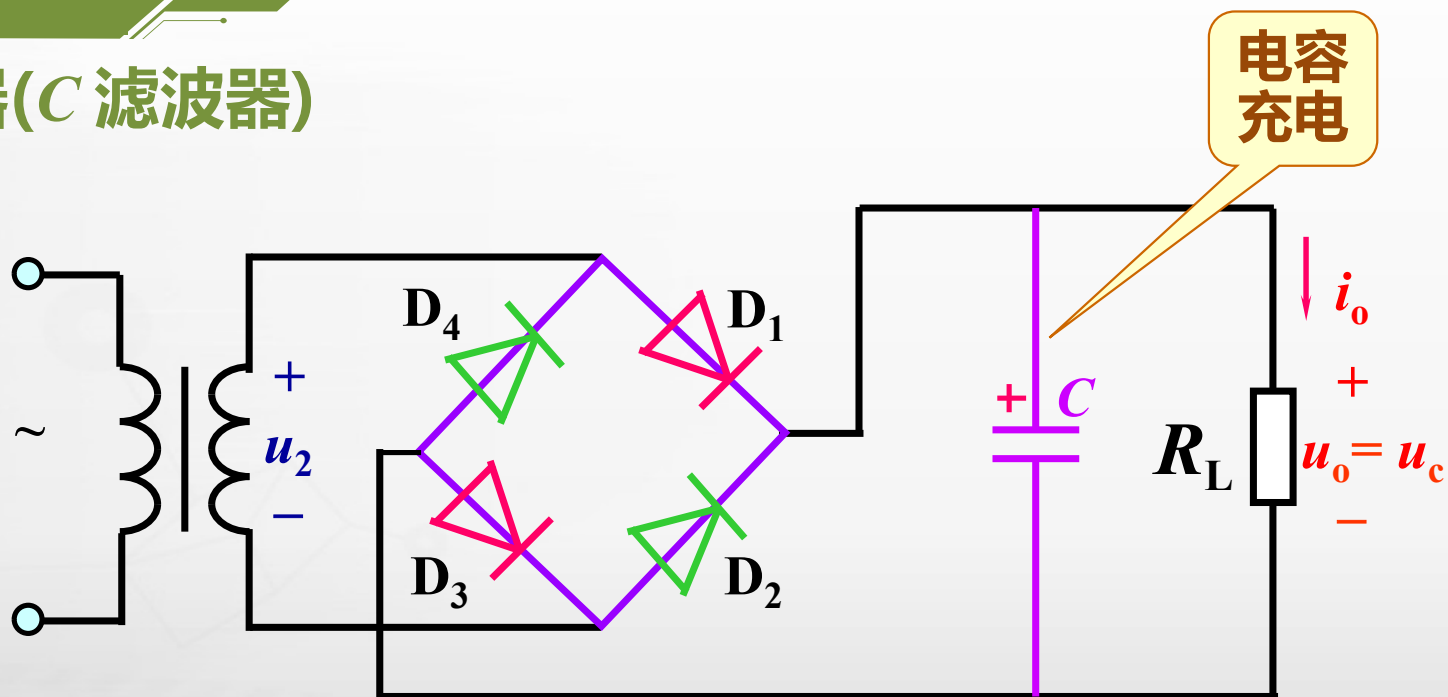


滤波电容（使用时注意极性）

## 03 滤波电路

### 一、电容滤波器(C 滤波器)

#### 2. 工作原理



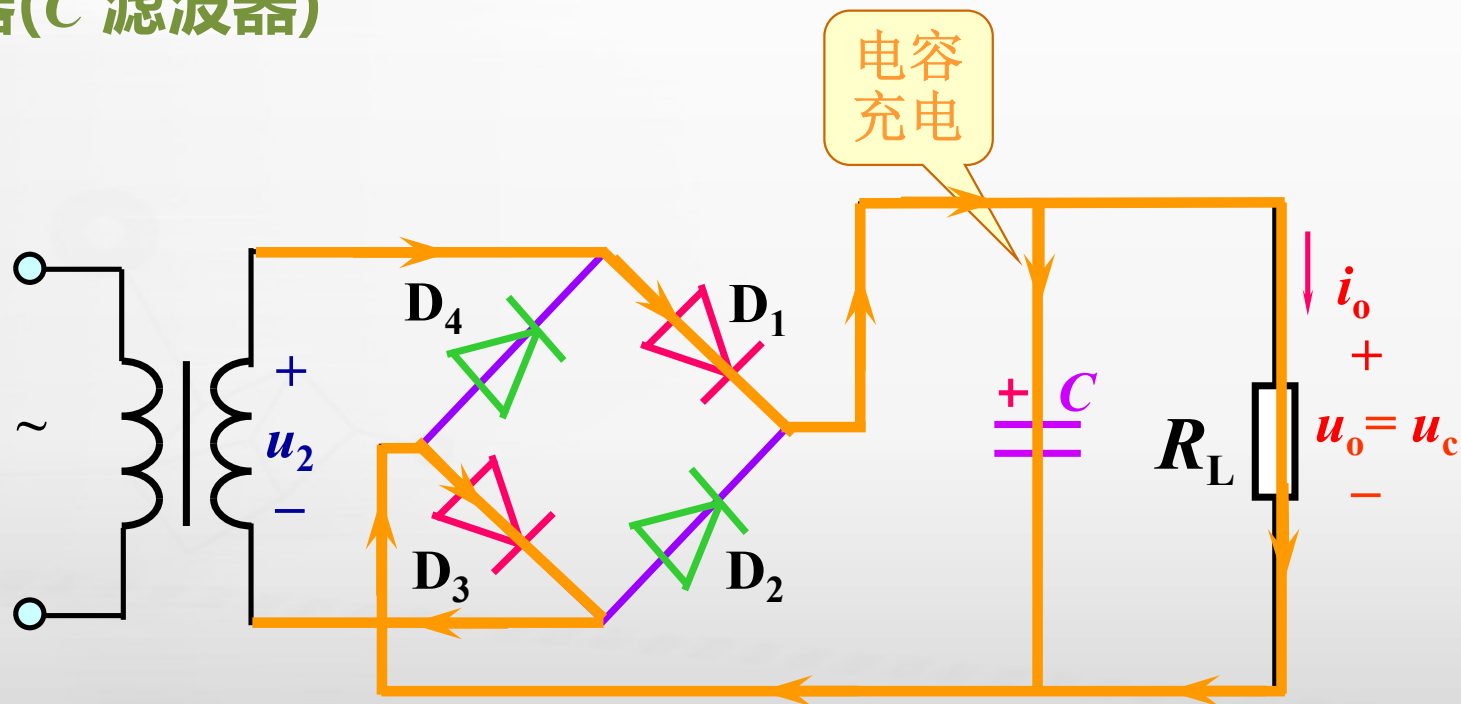
$u_2$  的正半周, 当  $u_2 > u_C$ , 二极管  $D_1$  和  $D_3$  导通, 电源在给负载  $R_L$  供电的同时也给电容充电,  $u_C$  增加,  $u_o = u_C$

$u_2$  的负半周  $|u_2| > u_C$  时, 二极管  $D_2$  和  $D_4$  导通, 电源在给负载  $R_L$  供电的同时也给电容充电,  $u_C$  增加,  $u_o = u_C$ 。

### 03 滤波电路

#### 一、电容滤波器(C 滤波器)

##### 2. 工作原理

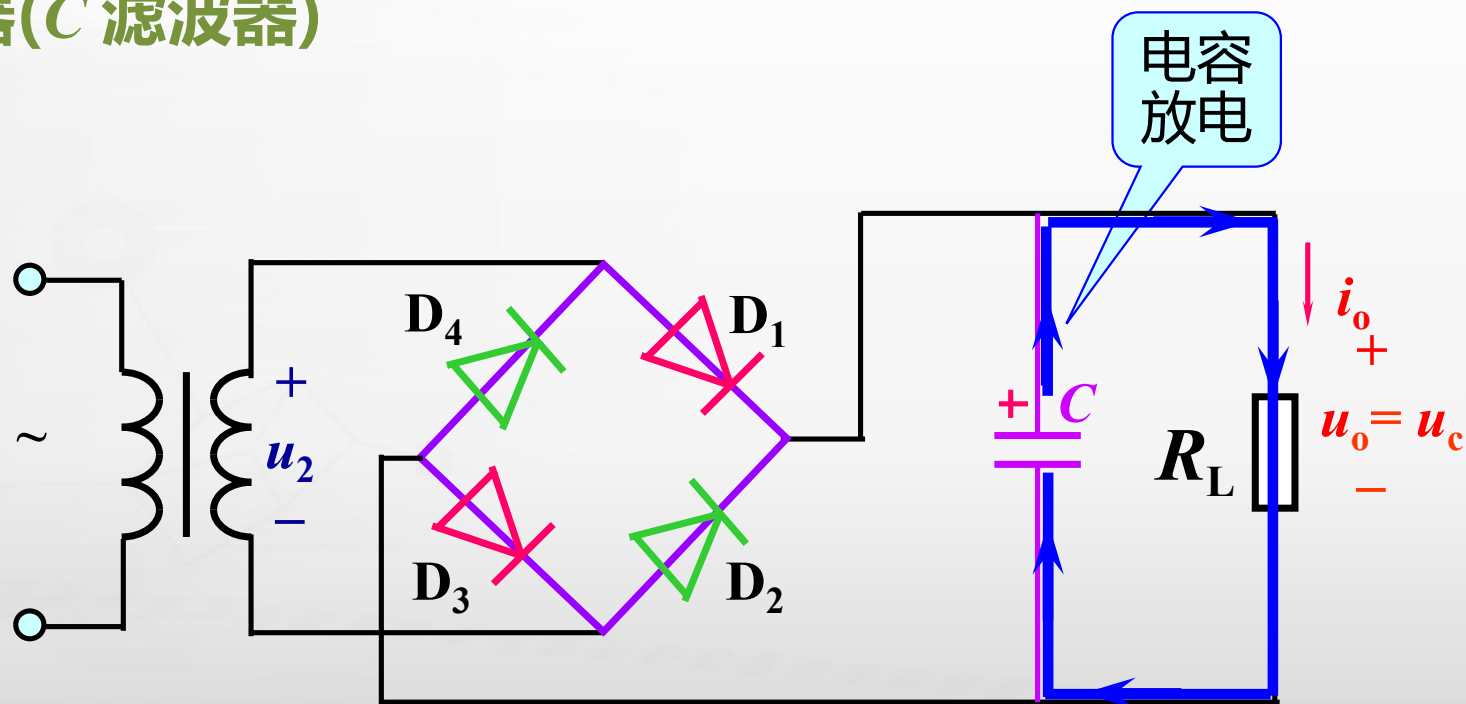


$|u_2| > u_C$  时, 二极管导通, 电源在给负载  $R_L$  供电的同时也给电容充电,  $u_C$  增加,  $u_o = u_C$ 。

## 03 滤波电路

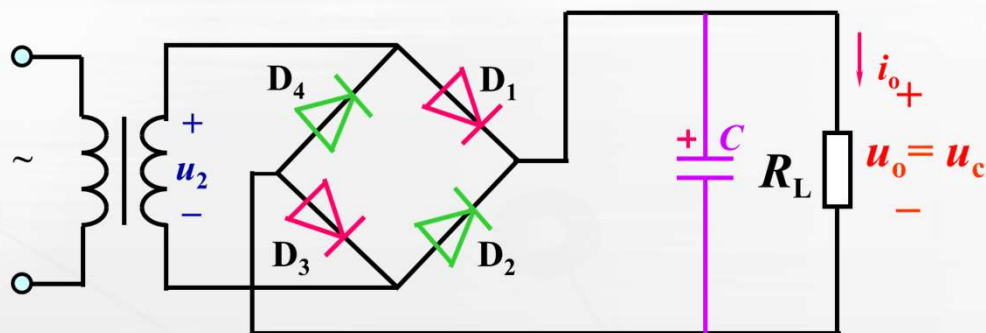
### 一、电容滤波器(C 滤波器)

#### 2. 工作原理



$|u_2| < u_C$  时, 二极管截止, 电容通过负载  $R_L$  放电,  $u_C$  按指数规律下降,  $u_o = u_C$ 。

## 03 滤波电路

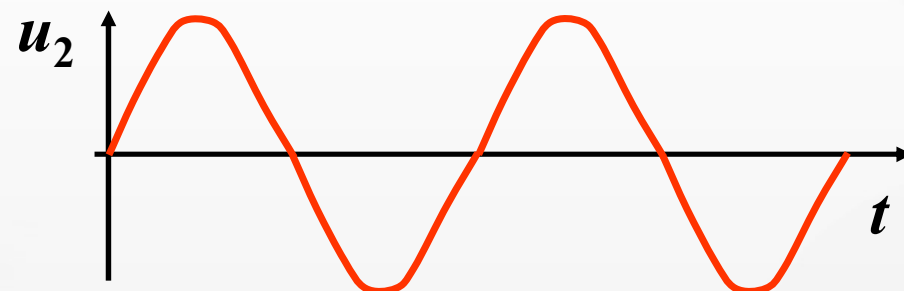


设电容初始电压为0

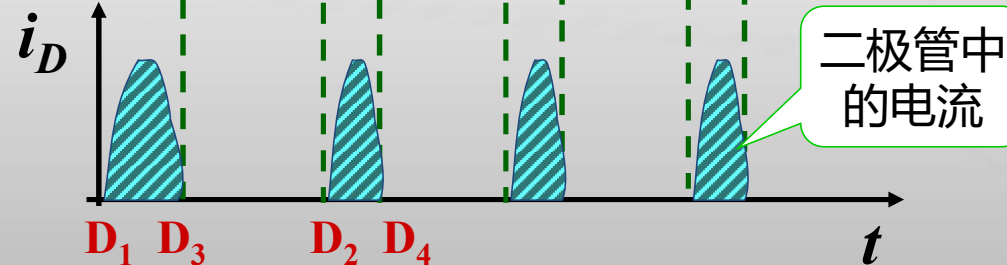
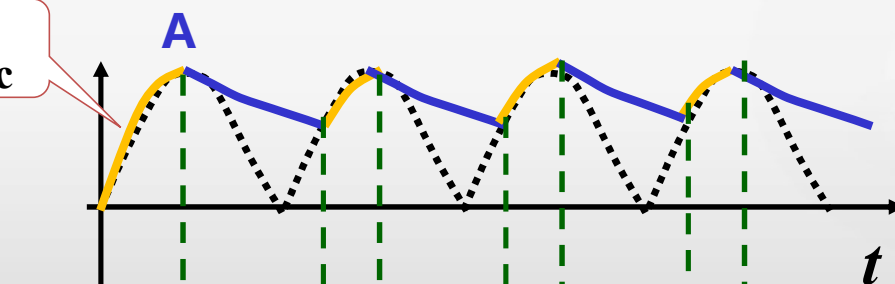
$|u_2| > u_C$  时, 二极管导通, 电容充电,  $u_C$  增加,  $u_o = u_C$ 。

$|u_2| < u_C$  时, 二极管截止, 电容放电,  $u_C$  按指数规律下降,  $u_o = u_C$ 。

### 3. 波形



$$u_o = u_c$$



## 03 滤波电路

### 4. 特点

#### (a) $U_o$ 与 $R_L C$ 的关系:

$R_L C$  愈大  $\rightarrow$   $C$  放电愈慢  $\rightarrow U_o$  (平均值) 愈大

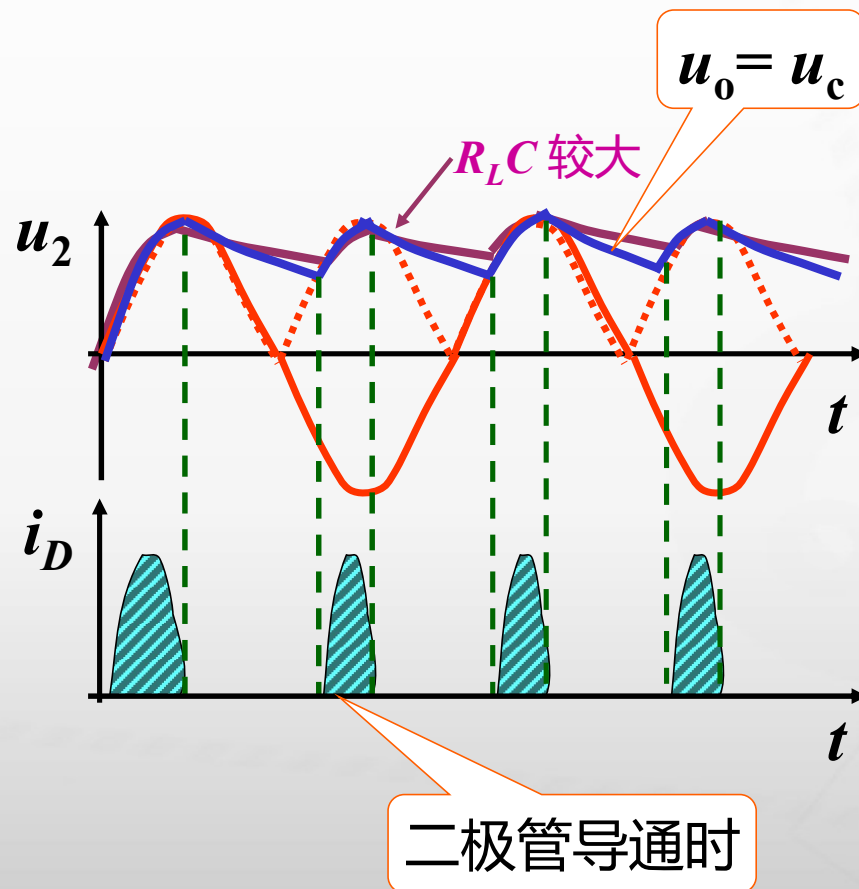
一般取:

$$\tau = R_L C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2} \quad (T: \text{电源电压的周期})$$

近似估算:  $U_o = 1.2 U_2$

#### (b) 流过二极管瞬时电流很大

$R_L C$  越大:  $U_o$  越高,  $I_o$  ( $I_D$ ) 越大; 整流二极管导通时间越短;  $i_D$  的峰值电流越大。





### 03 滤波电路

**例1:** 有一单相桥式整流滤波电路, 已知交流电源频率  $f=50\text{Hz}$ , 负载电阻  $R_L=200\Omega$ , 要求直流输出电压  $U_o=30\text{V}$ , 选择整流二极管及滤波电容器。

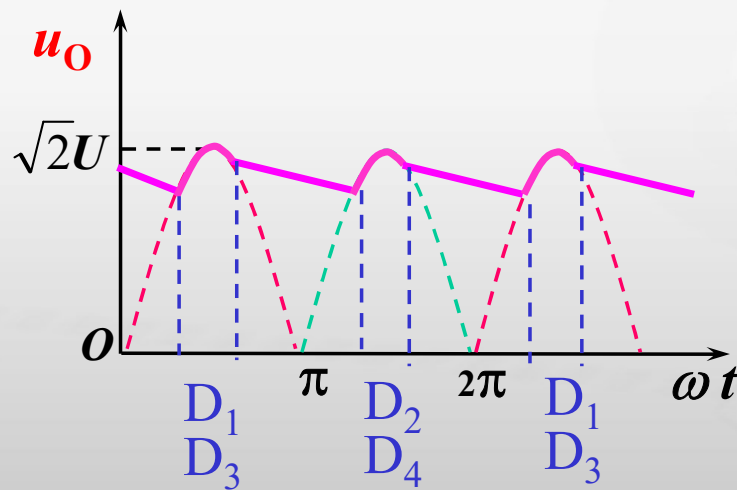
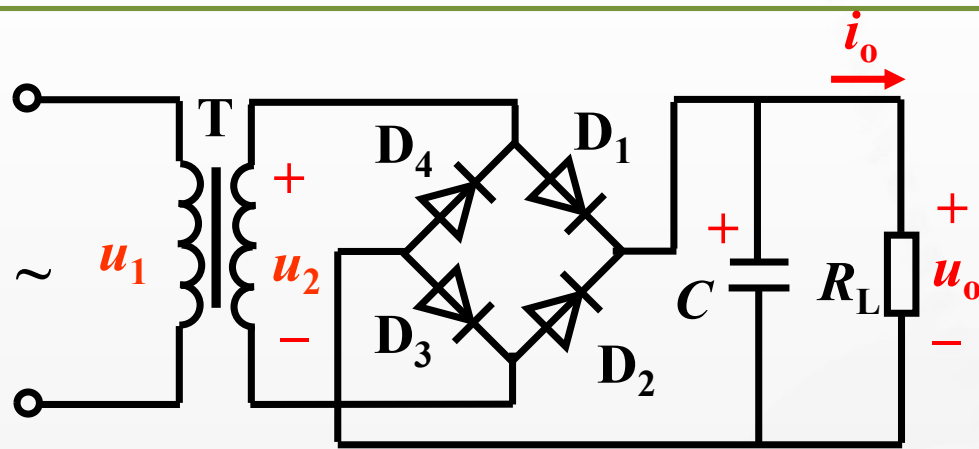
解: 1. 选择整流二极管

**提示** 
$$I_C = \frac{1}{T} \int_0^T i_C dt = \frac{1}{T} \int_0^T C \frac{du_C}{dt} dt = 0$$

因而负载电流的大小就是流经二极管电流大小, 而D1、D3和D2、D4轮流导通

所以, 流过每个二极管的电流

$$I_D = \frac{1}{2} I_O = \frac{1}{2} \times \frac{U_O}{R_L} = 0.075 \text{ A}$$



### 03 滤波电路

变压器副边电压的有效值

$$U_2 = \frac{U_o}{1.2} = 25\text{V}$$

二极管承受的最高反向电压  $U_{\text{DRM}} = \sqrt{2}U_2 = 35\text{V}$

可选用二极管2CZ52B(100mA, 50V)

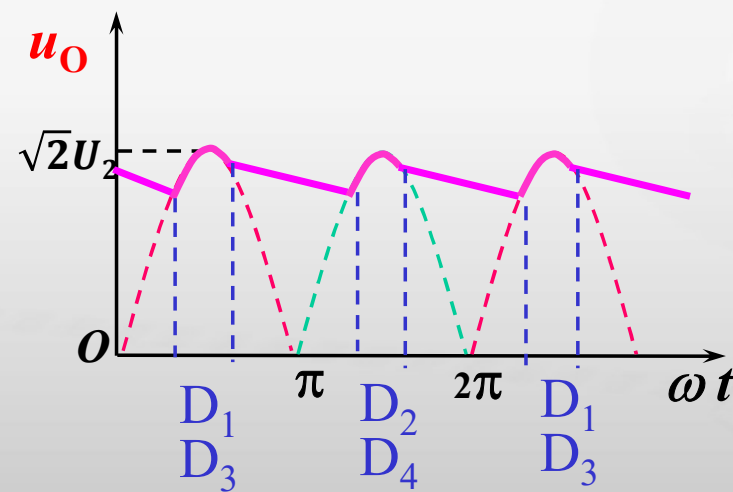
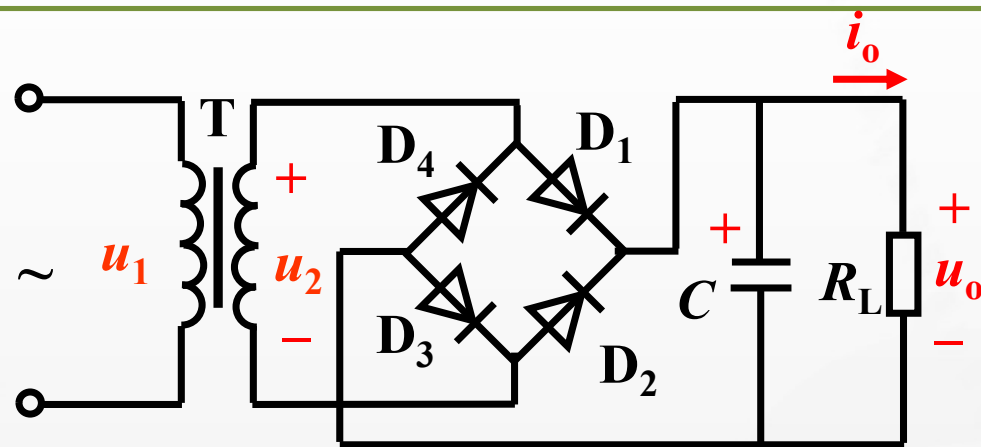
#### 2. 选择滤波电容器

取  $R_L C = 5 \times T/2$

$$R_L C = 5 \times \frac{1/50}{2} = 0.05\text{S}$$

$$\therefore C = \frac{0.05}{R_L} = \frac{0.05}{200} = 250 \times 10^{-6}\text{F} = 250\mu\text{F}$$

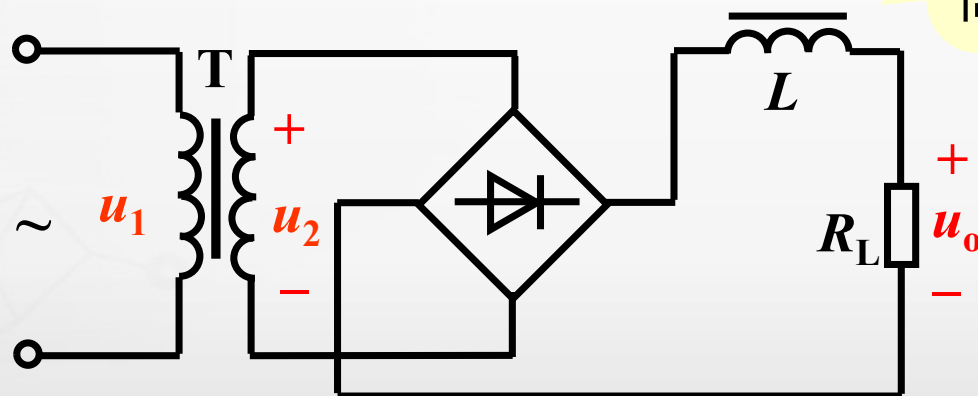
可选用极性电容器( $C=250\mu\text{F}$ , 耐压为50V)



## 03 滤波电路

### 二、电感滤波电路

#### 1. 电路结构



适合于负载电流较大、电流变化较大的场合，用于高频时更为合适。

#### 2. 滤波原理

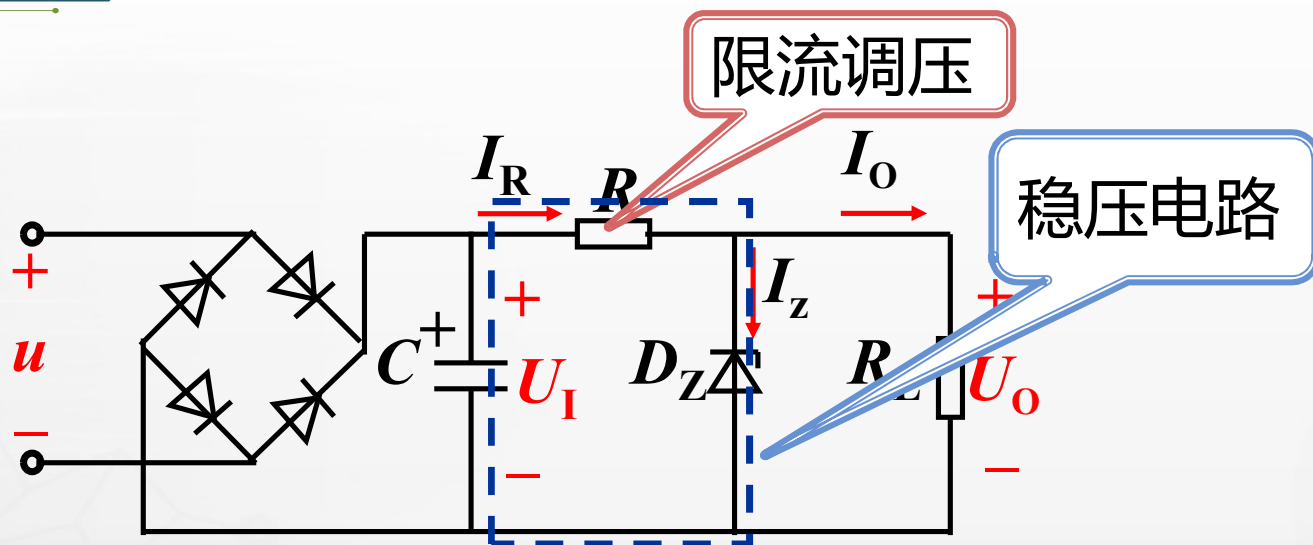
对直流分量： $L$  相当于短路，电压大部分降在  $R_L$  上。  
对谐波分量： $f$  越高， $X_L$  越大，电压大部分降在  $L$  上。

## 04 稳压电路

## 04 稳压电路

### 一、稳压管稳压电路

#### 1. 电路



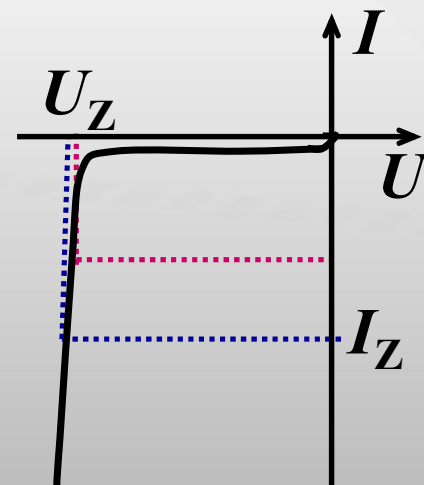
#### 2. 工作原理

$$U_O = U_Z \quad I_R = I_O + I_Z \quad U_I = U_R + U_Z$$

设  $U_I$  一定, 负载  $R_L$  变化

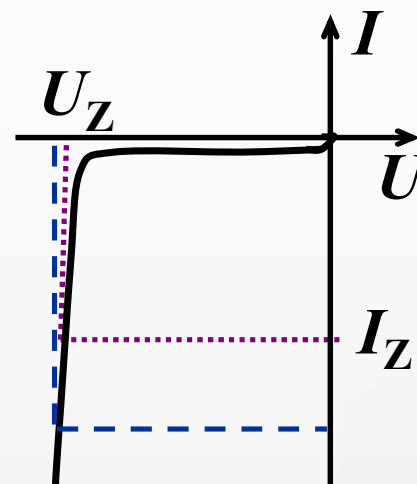
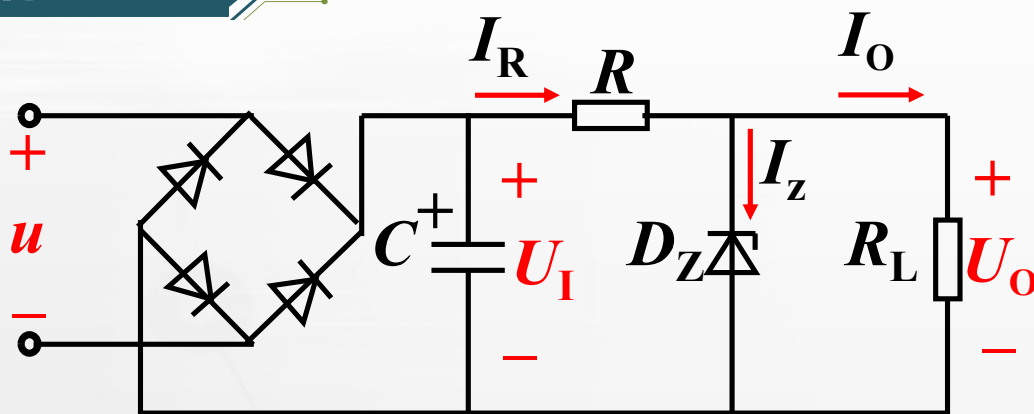
$$R_L \downarrow (I_O \uparrow) \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_O (U_Z) \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow$$

$$U_O \text{ 基本不变} \leftarrow I_R (U_R = I_R R) \text{ 基本不变} \leftarrow$$



## 04 稳压电路

### 1. 电路



### 2. 工作原理

$$U_O = U_Z \quad I_R = I_O + I_Z \quad U_I = U_R + U_Z$$

设负载  $R_L$  一定,  $U_I$  变化

$$U_I \uparrow \rightarrow U_Z \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R \uparrow$$

$U_O$  基本不变  $\leftarrow U_R = I_R R \uparrow \leftarrow$

### 3. 选择稳压管时一般取

(1)  $U_Z = U_o$ ,

(2)  $I_{ZM} = (1.5 \sim 3) I_{OM}$

(3)  $U_I = (2 \sim 3) U_o$

## 04 稳压电路

### 二、集成稳压电源

#### 1、分类

#### 三端集成稳压器

```
graph TD; A[三端集成稳压器] --> B[固定式]; A --> C[可调式]; B --> D[正稳压 W7800系列]; B --> E[负稳压 W7900系列]; C --> F[正电压 CW×17系列]; C --> G[负电压 CW×37系列];
```

#### 固定式

正稳压  
W7800系列

负稳压  
W7900系列

输出电压  
额定  
值有: 5V、6V、9V、  
12V、15V、  
18V、24V等。

#### 可调式

正电压  
CW×17系列

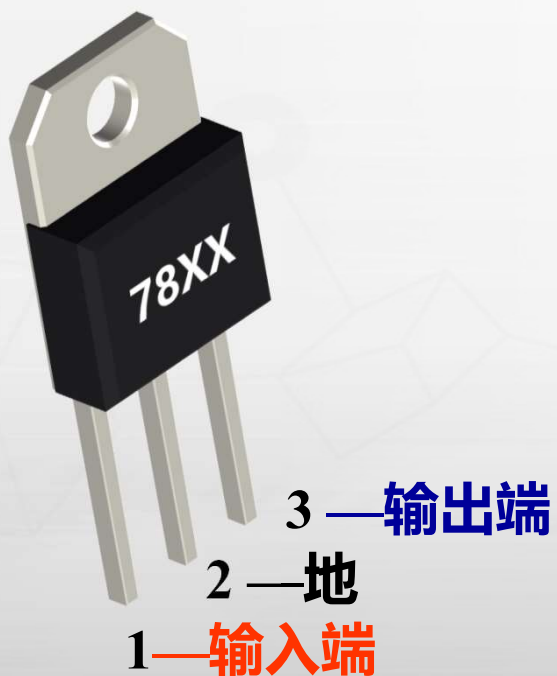
负电压  
CW×37系列

(1.25 ~ 37V 连续可调)

## 04 稳压电路

### 2. 外形及引脚功能

(塑料封装)



W7800系列稳压器外形



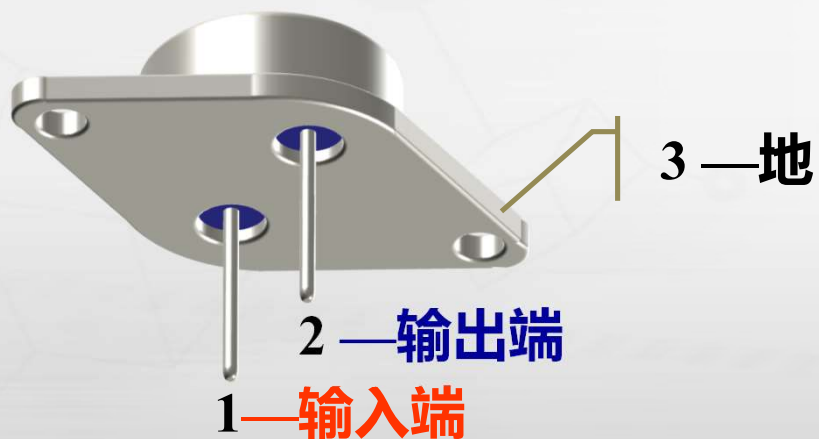
W7900系列稳压器外形



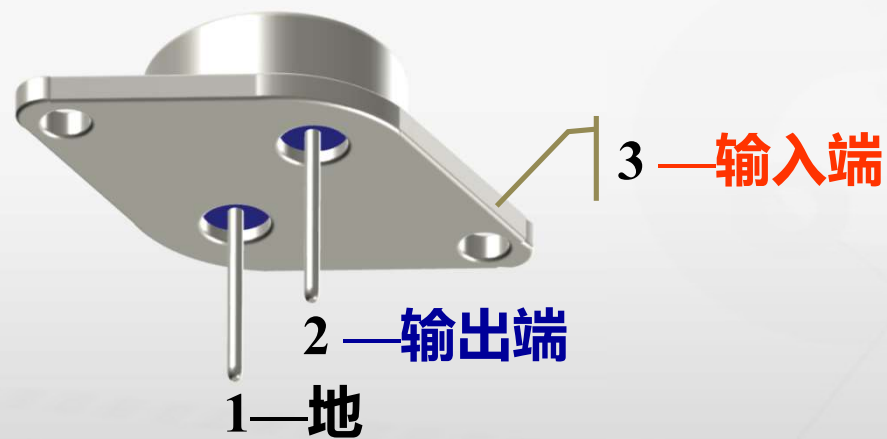
## 04 稳压电路

### 2. 外形及引脚功能

(金属封装)



W7800系列稳压器外形



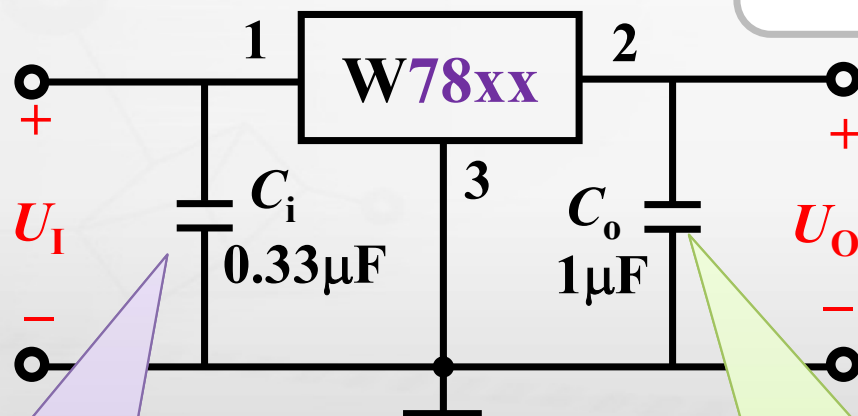
W7900系列稳压器外形

## 04 稳压电路

### 3. W7800、W7900系列集成稳压器的应用

#### (1) 输出为固定电压的电路

若芯片为**W7815**，则 $U_O=+15V$



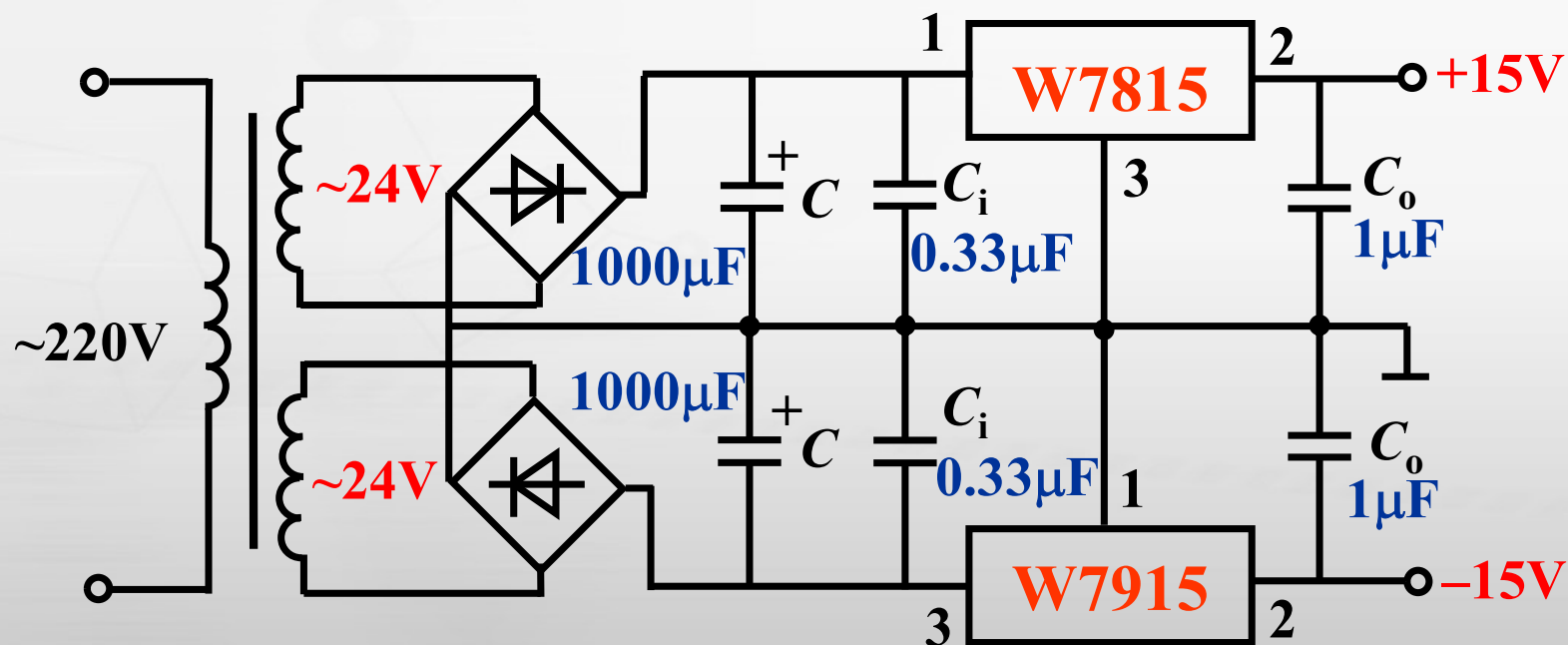
用来抵消输入端接线较长时的电感效应，防止产生自激振荡。

为了瞬时增减负载电流时，不致引起输出电压有较大的波动。

## 04 稳压电路

### 3. W7800、W7900系列集成稳压器的应用

#### (2)同时输出正、负电压的电路



## 04 稳压电路

### (3) 输出电压可调的电路

由KVL得

$$-U_{R3} + U_{R1} + (U_+ - U_-) = 0$$

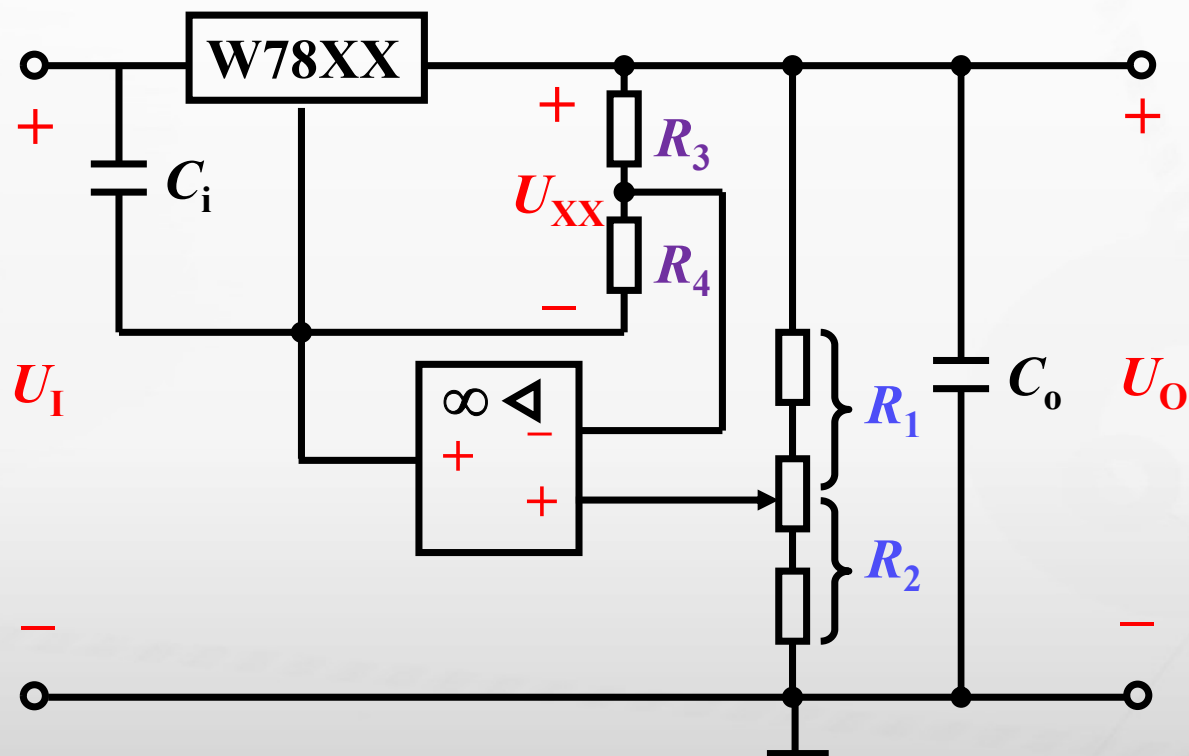
根据理想运放的虚断和虚短特性

$$\therefore U_- \approx U_+$$

$$U_{R3} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} U_{XX}$$

$$U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_O$$

$$U_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} U_{XX}$$



$\therefore$  调整电阻  $R_2$  与  $R_1$  的比值, 可以调节输出电压的大小。