



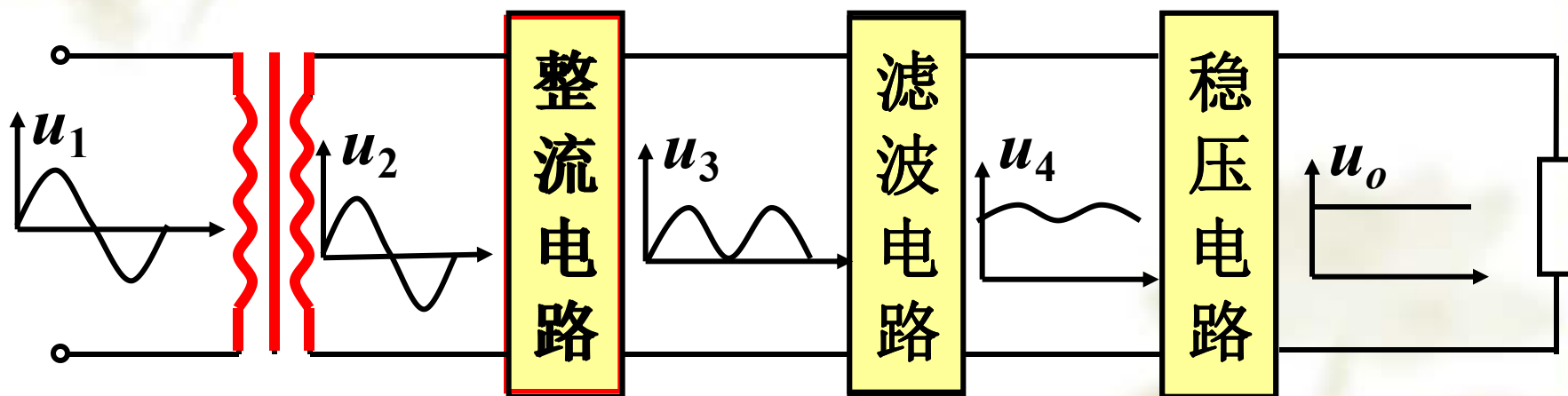
# 第七章 直流电源

## *direct current regulated power supply*

- 第一节 整流电路
- 第二节 滤波电路
- 第三节 稳压电路
- 第四节 开关稳压电路
- 第五节 可控硅整流电路



❖ 直流稳压电源是将交流电转换为稳定的直流电的装置，它一般由**电源变压器**、**整流电路**、**滤波电路**和**稳压电路**等四部分组成。



**变压器：**降压    **整流：**交流变脉动直流    **滤波：**脉动变平滑

**稳压：** 提高电压的稳定性和带负载能力



# 第一节 整流电路

## *(rectification circuit)*

- ❖ **整流 (rectifier)**：是利用**二极管的单向导电性**，把交流电转换成脉动直流电的过程。
- ❖ 整流电路分类：
  - ❧ 二极管整流和可控硅整流；
  - ❧ 单相和多相整流；
  - ❧ 半波和全波整流；
  - ❧ 倍压及多倍压整流等。

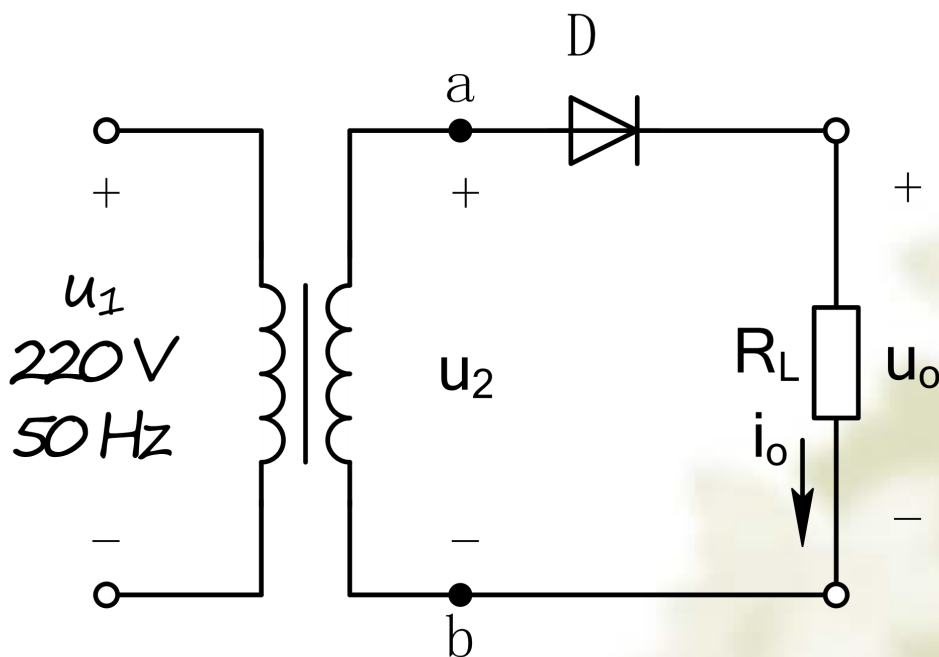
常见的小功率整流电路，有单相半波、全波、桥式整流等。



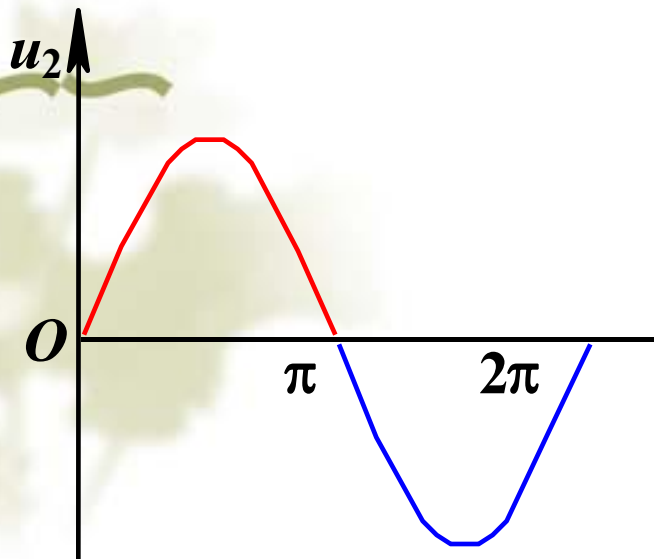
# 一. 单相半波整流电路

## 工作原理

单相半波整流 (*half wave rectifying circuit*) 电路是一种最简单的整流电路。二极管D为理想二极管，即正向导通电阻为零，反向电阻为无穷大。 $R_L$ 为纯电阻负载。



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



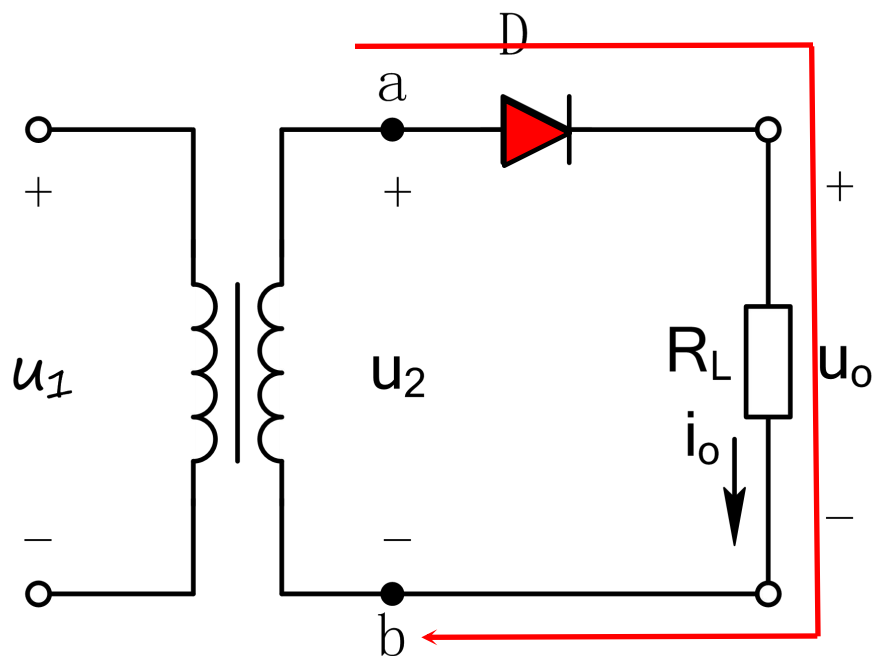
$u_2 > 0$  时，二极管  
导通。

忽略二极管正  
向压降：

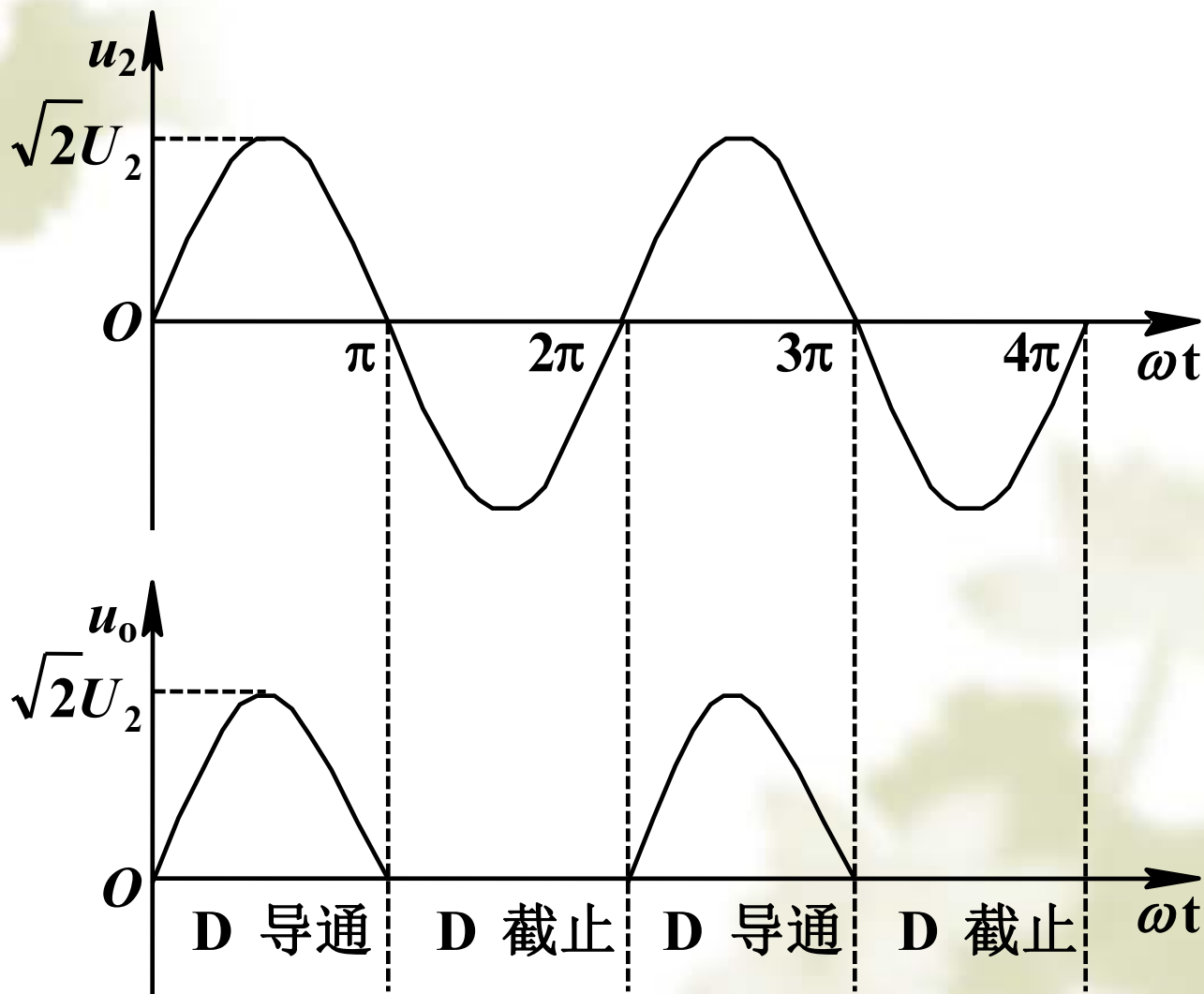
$$u_o = u_2$$

$u_2 < 0$  时，二极  
管截止，输出电  
流为0。

$$u_o = 0$$



如图所示， $u_2$ 经变为单一方向的直流电压 $u_o$ 。



半波整流电路波形图

## • 主要参数



(1) 输出电压平均值  $U_o$

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} \cdot U_2 \sin \omega t \cdot d\omega t = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} \approx 0.45U_2$$

(2) 输出电流平均值  $I_o$

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} \approx \frac{0.45U_2}{R_L}$$

(3) 输出电压脉动系数  $S$  (*ripple factor*) -- 基波峰值与输出电压平均值之比。

$$u_o = \sqrt{2}U_2 \left( \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} S \sin \omega t - \frac{\sqrt{2}U_2/2}{\sqrt{2}U_2/2} \cos 2\omega t - \frac{2}{15\pi} \cos 4\omega t - \dots \right)$$



## • 二极管的选择

半波整流电路对整流二极管的参数要求：

(1) 最大整流电流  $I_F$ 。

考虑到电网电压可能有  $\pm 10\%$  的波动，故应保证

$$I_F \geq 1.1 I_D = 1.1 \times \frac{0.45 U_2}{R_L}$$

(2) 最大反向工作电压  $U_R$ 。每个二极管截止时承受的最大反向电压为

$$U_D = \sqrt{2} U_2$$

考虑到电网电压可能有  $\pm 10\%$  的波动，故应保证

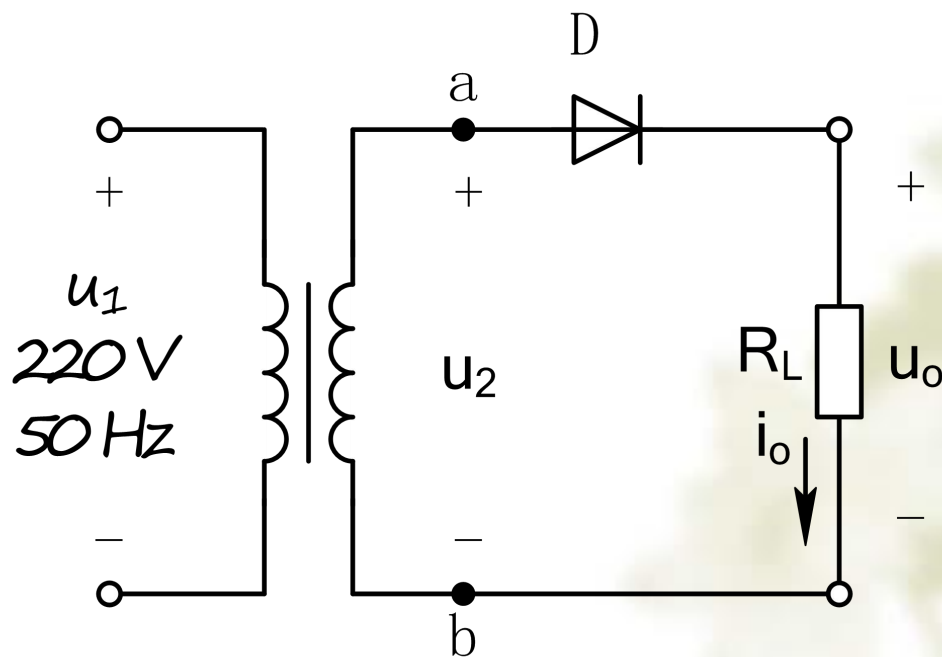
$$U_R \geq 1.1 U_D = 1.1 \sqrt{2} U_2$$



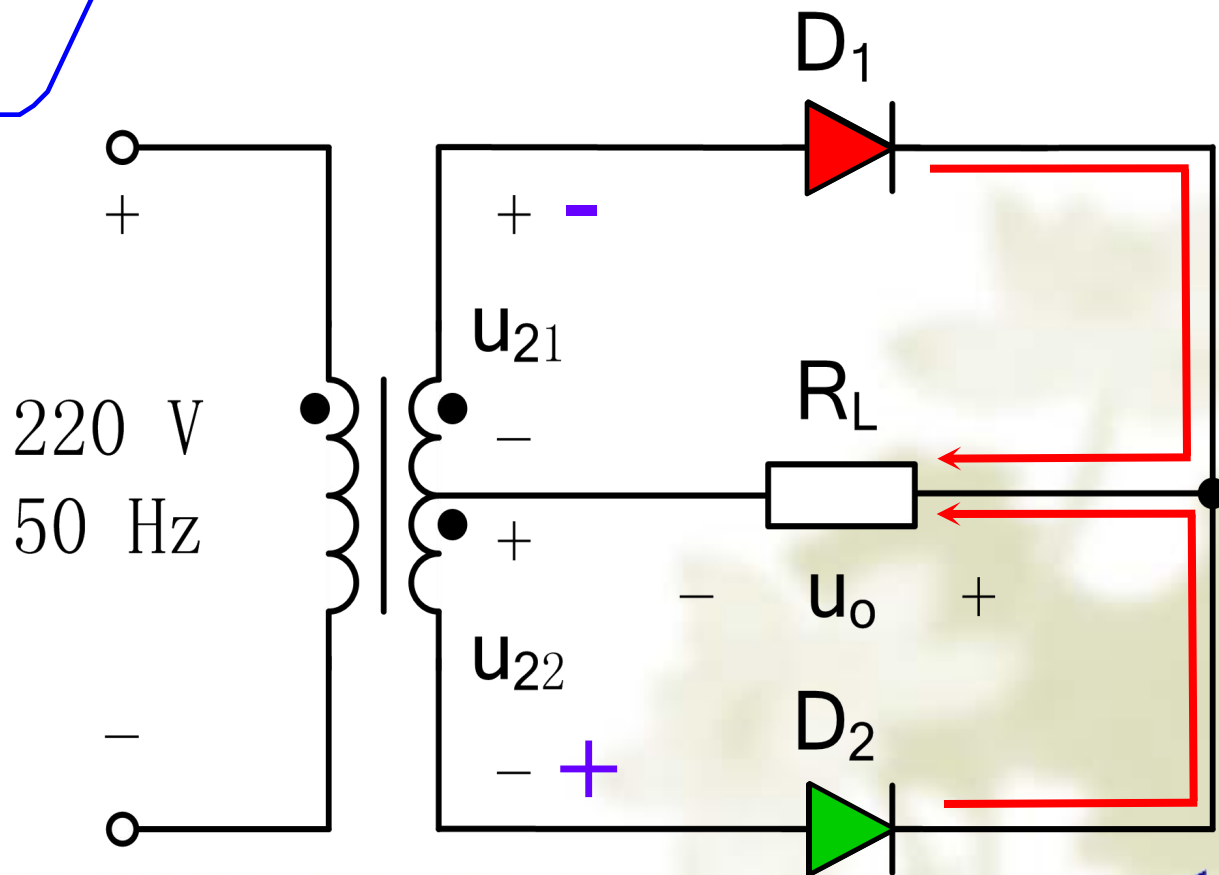
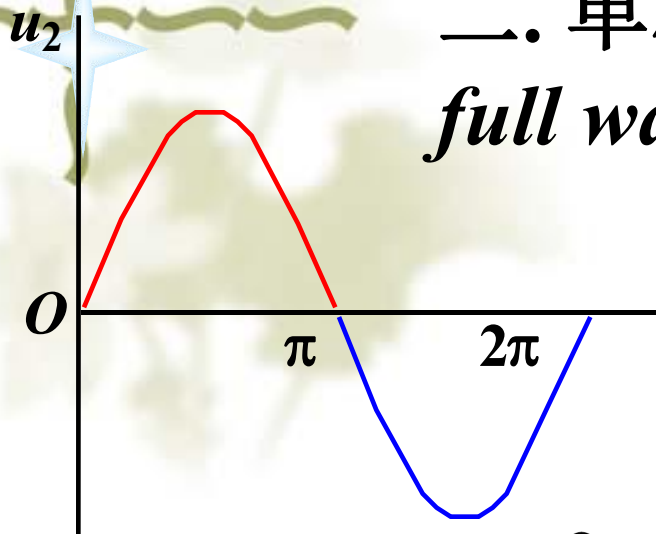
【例7-1】半波整流电路如图所示，已知变压器次级电压  $U_2=30\text{ V}$ ， $R_L=100\ \Omega$ ，电源频率  $f=50\text{ Hz}$ 。试问

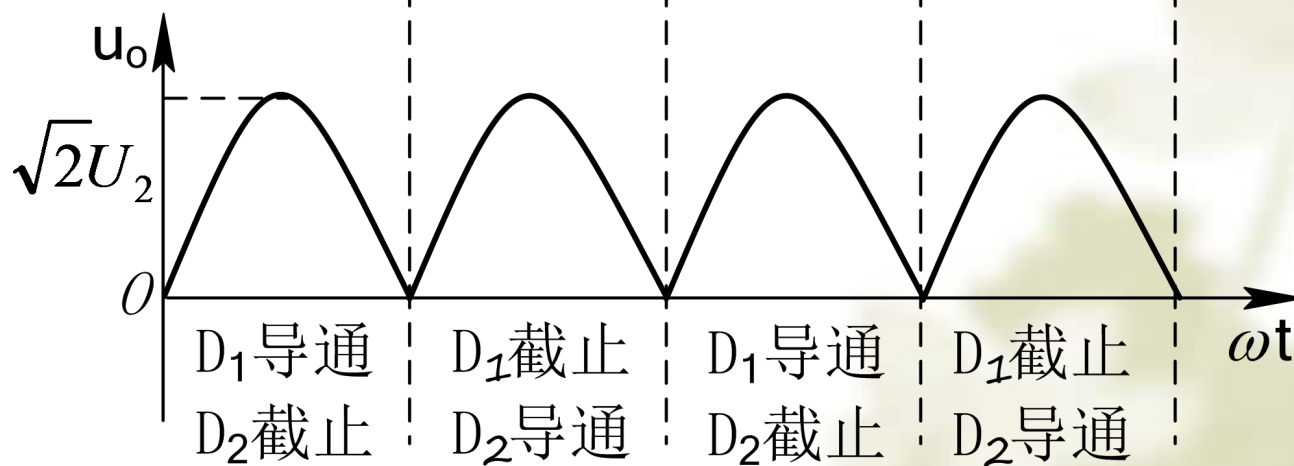
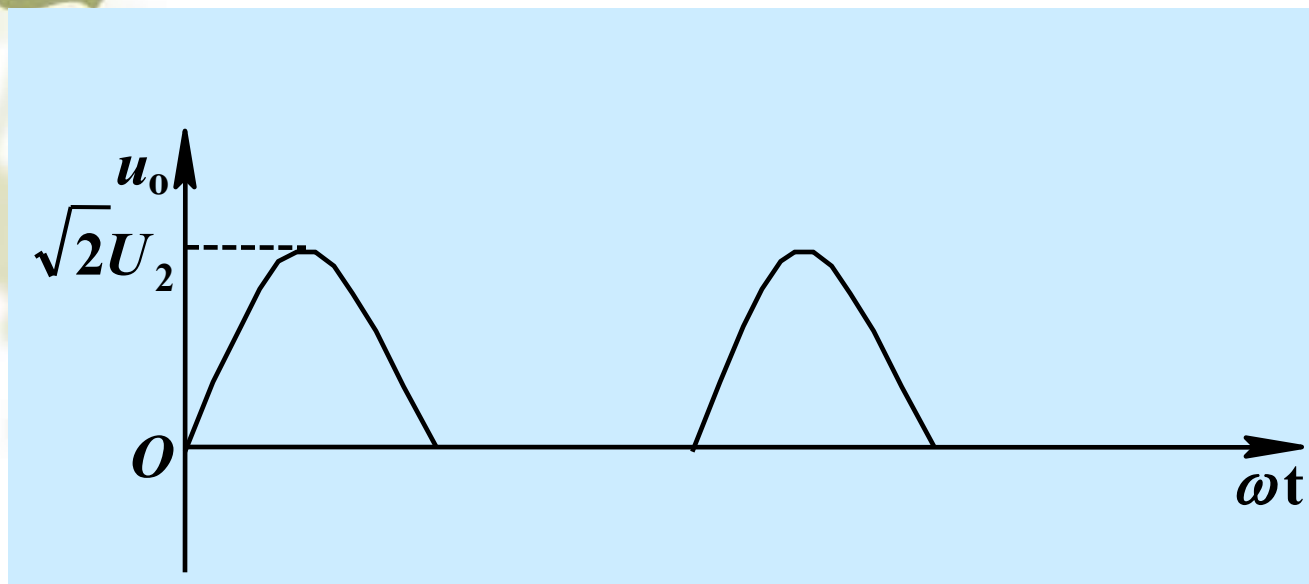
(1) 负载电阻  $R_L$  上的电压平均值和电流平均值各是多少？

(2) 若电网电压的波动范围为  $\pm 10\%$ ，二极管承受的最大反向电压和流过的最大电流平均值各是多少？



## 二. 单相全波整流电路 *full wave rectifying circuit*





全波整流电路波形图

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

(1) 输出电压平均值  $U_o$

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

(2) 输出电流平均值  $I_o$

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

(3) 脉动系数

$$S = \frac{4\sqrt{2}U_2 / (3\pi)}{2\sqrt{2}U_2 / \pi} \approx 0.67$$

(4) 二极管上承受的最高电压:

$$U_D = 2\sqrt{2}U_2$$

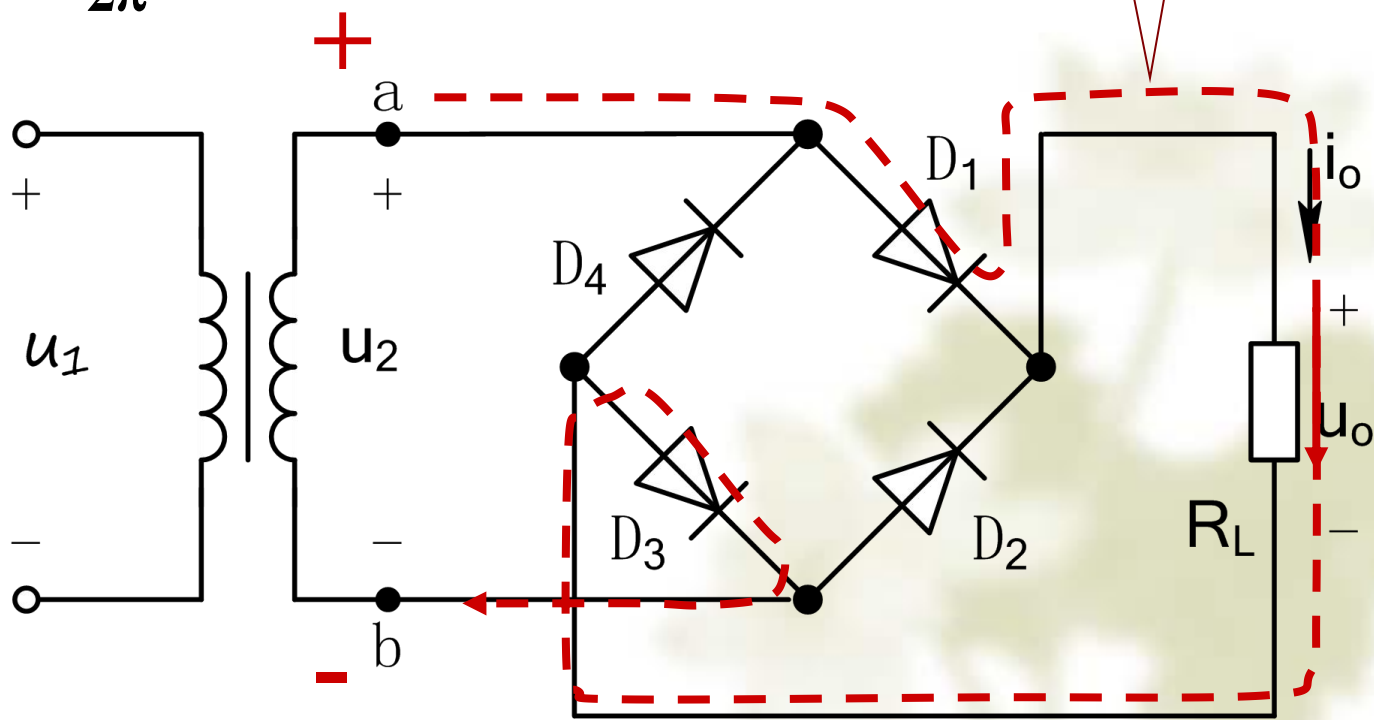
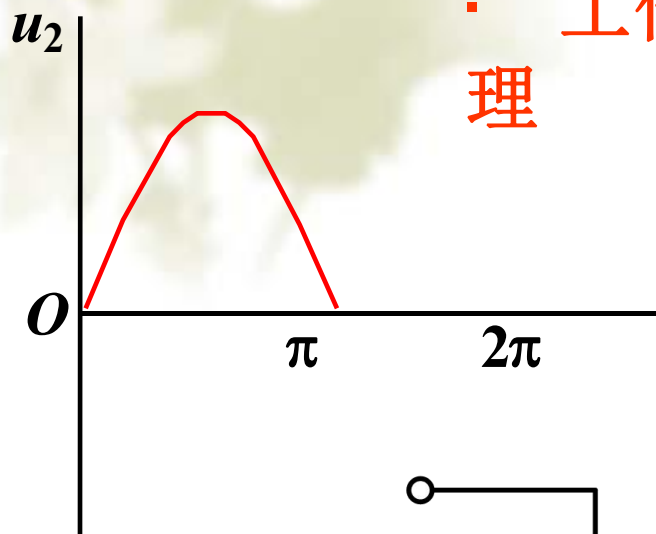


表7.1 两种整流电路主要参数对比

| 电路   | $U_O$     | $S$  | $I_D$         | $U_D$          |
|------|-----------|------|---------------|----------------|
| 半波整流 | $0.45U_2$ | 1.57 | $0.45U_2/R_L$ | $\sqrt{2}U_2$  |
| 全波整流 | $0.9U_2$  | 0.67 | $0.45U_2/R_L$ | $2\sqrt{2}U_2$ |

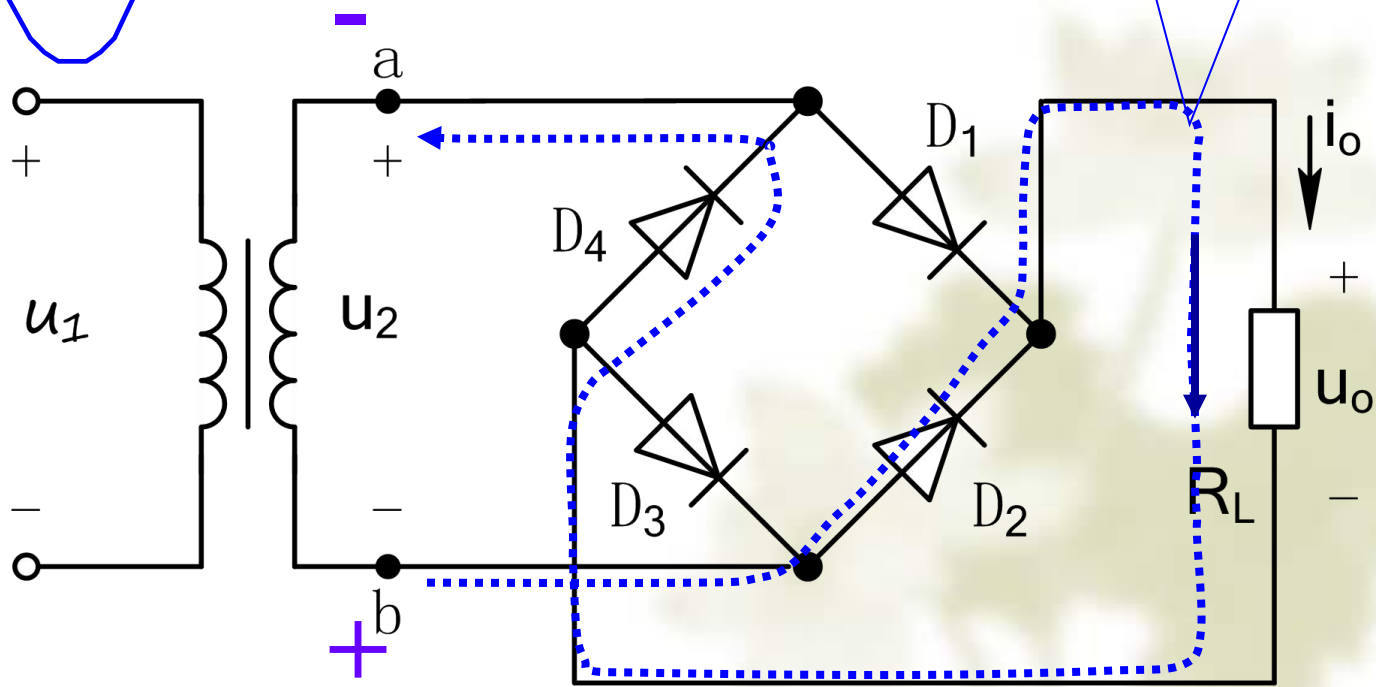
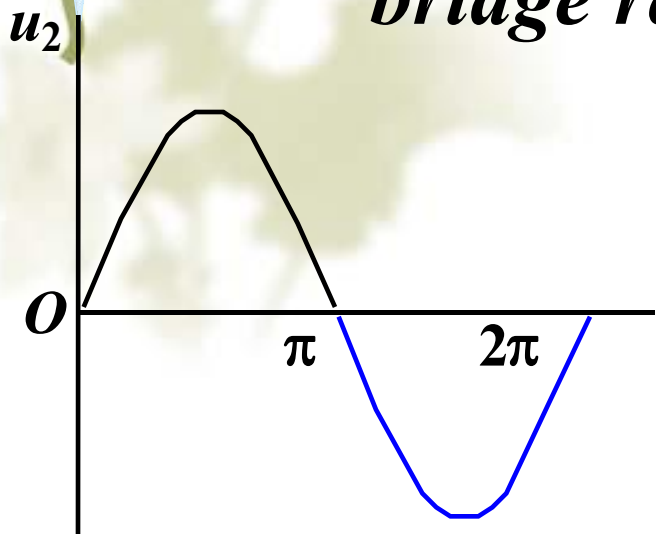
### 三. 单相桥式整流电路 *bridge rectifier circuit*

· 工作原理



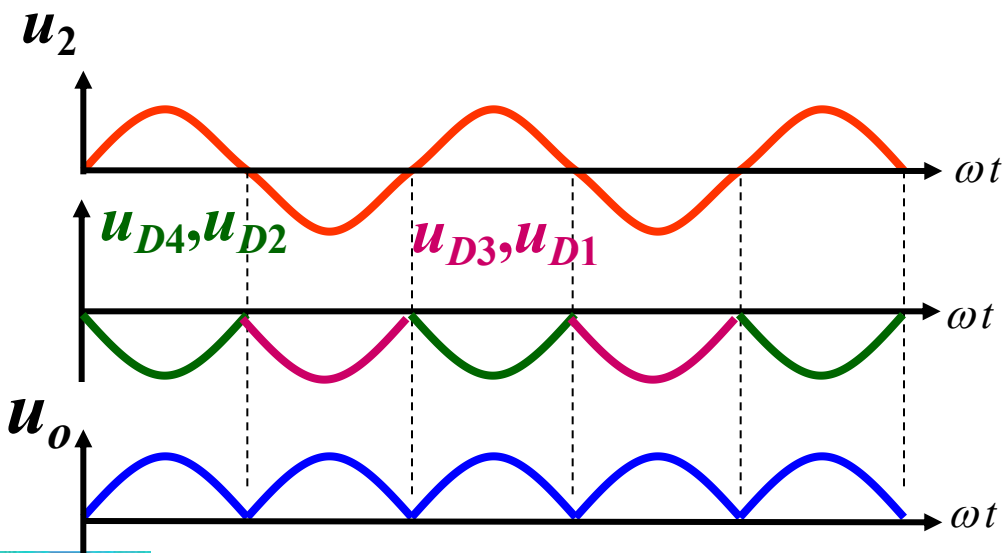
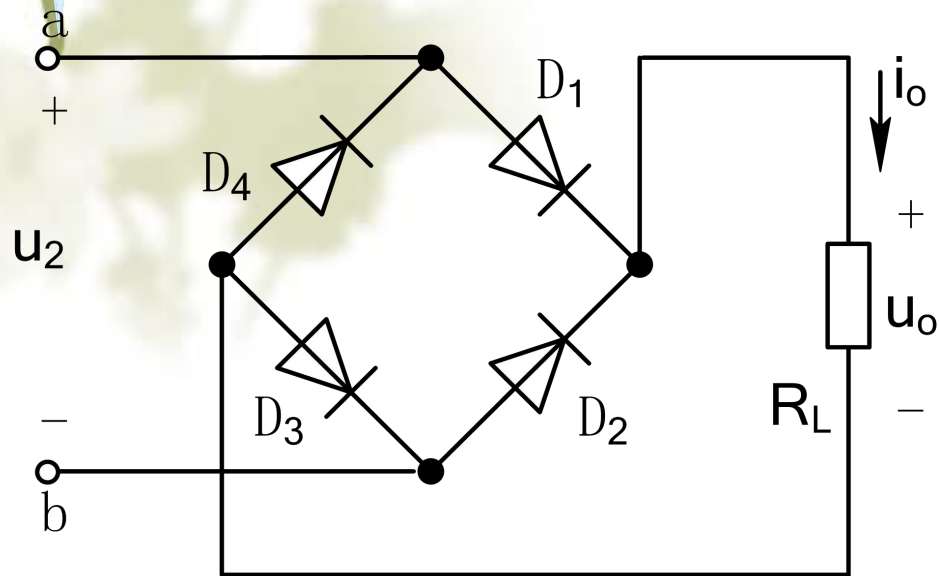
$u_2$  正半周时  
电流通路

### 三. 单相桥式整流电路 *bridge rectifier circuit*



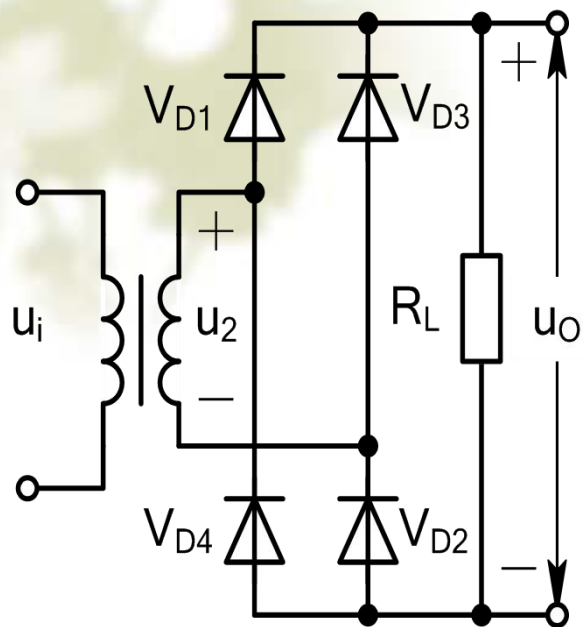
$u_2$ 负半周时  
电流通路

# 桥式整流电路输出波形及二极管上电压波形

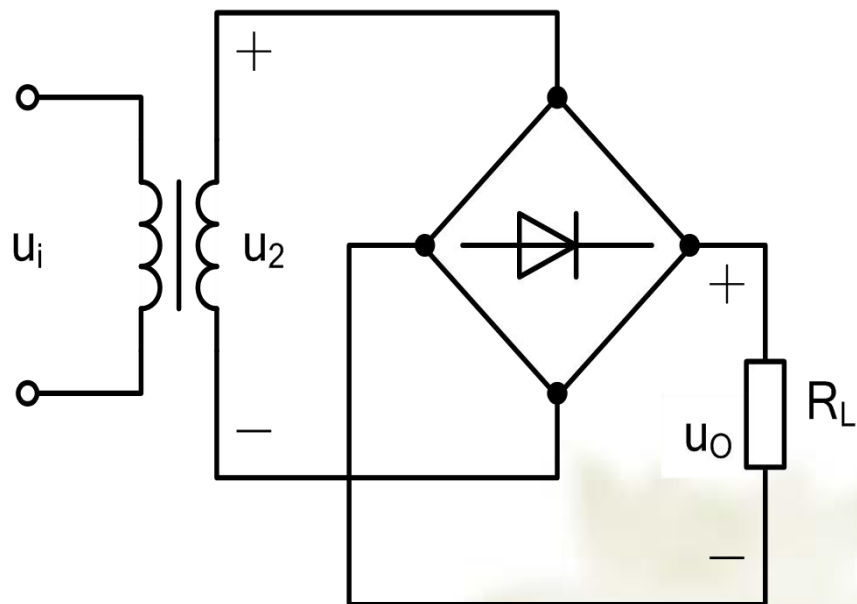


| $u_2 > 0$ 时                                                                                                  | $u_2 < 0$ 时                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $D_1, D_3$ 导通<br>$D_2, D_4$ 截止<br>电流通路:<br>$A \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_3 \rightarrow B$ | $D_2, D_4$ 导通<br>$D_1, D_3$ 截止<br>电流通路:<br>$B \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow A$ |
| 输出是脉动的直流电压!                                                                                                  |                                                                                                              |

$$U_D = \sqrt{2} U_2$$



(a)



(b)

桥式整流电路其他画法

## • 主要参数



(1) 输出电压平均值  $U_o$

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

(2) 输出电流平均值  $I_o$

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

(3) 输出电压脉动系数  $S$

$$u_o = \sqrt{2}U_2 \left( \frac{2}{\pi} \frac{4\sqrt{2}U_2 \cos(3\pi/2)}{2\sqrt{2}U_2 / \pi} \approx 0.67 \cos 4\omega t - \dots \right)$$



## • 二极管的选择

桥式整流电路对整流二极管的参数要求：

(1) 最大整流电流  $I_F$ 。

考虑到电网电压可能有  $\pm 10\%$  的波动，故应保证

$$I_F \geq 1.1 I_D = 1.1 \times \frac{0.45 U_2}{R_L}$$

(2) 最大反向工作电压  $U_R$ 。每个二极管截止时承受的最大反向电压为

$$U_D = \sqrt{2} U_2$$

考虑到电网电压可能有  $\pm 10\%$  的波动，故应保证

$$U_R \geq 1.1 U_D = 1.1 \sqrt{2} U_2$$



【例7-2】桥式整流电路如图所示，已知变压器次级电压  $U_2=30\text{ V}$ ， $R_L=100\ \Omega$ ，电源频率  $f=50\text{ Hz}$ 。试问

(1) 负载电阻  $R_L$  上的电压平均值和电流平均值各是多少？

(2) 若电网电压的波动范围为  $\pm 10\%$ ，二极管承受的最大反向电压和流过的最大电流平均值各是多少？

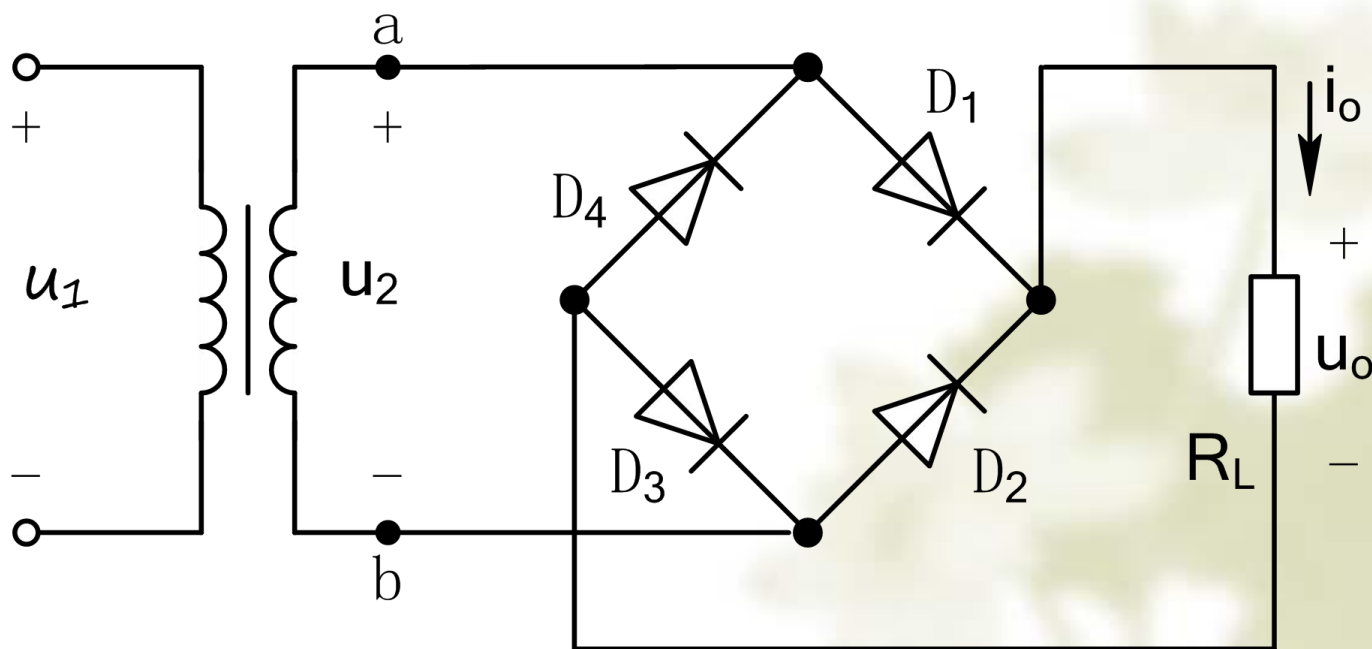


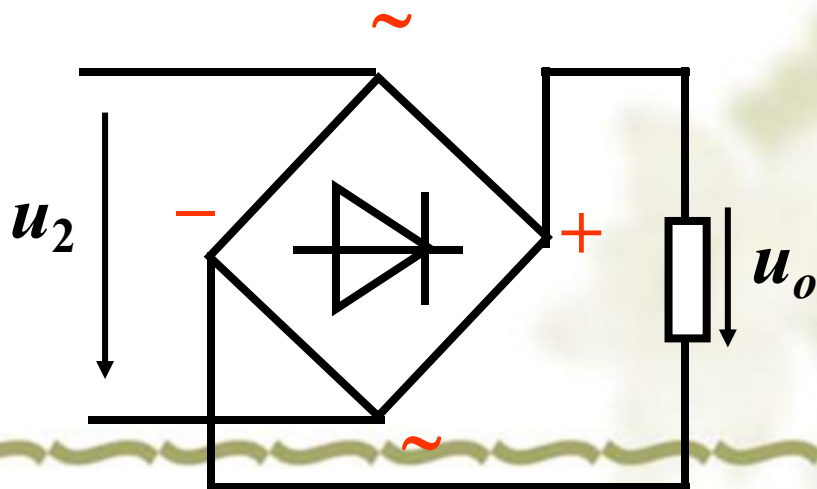
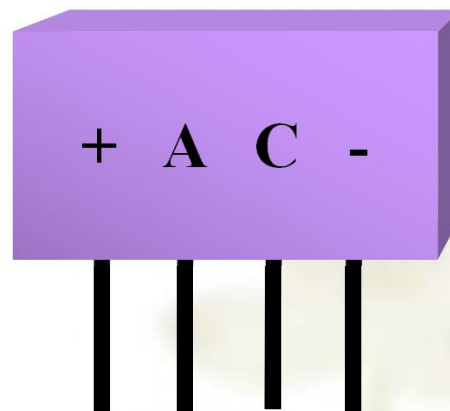
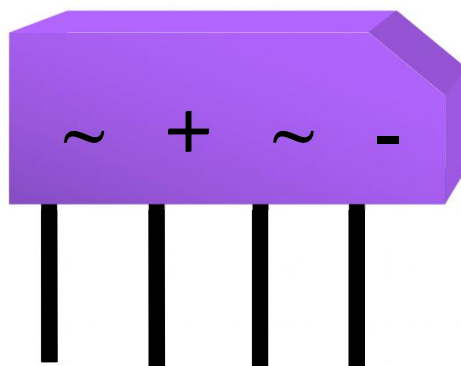
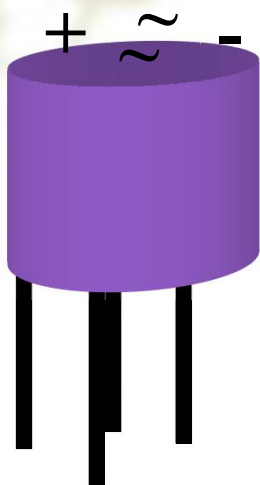
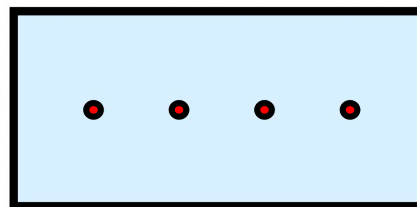
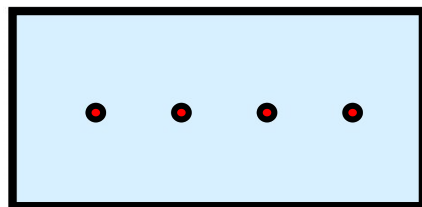
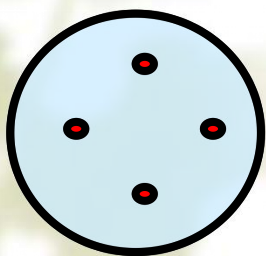


表7.2 三种整流电路主要参数对比

| 电路   | $U_O$     | $S$  | $I_D$         | $U_D$          |
|------|-----------|------|---------------|----------------|
| 半波整流 | $0.45U_2$ | 1.57 | $0.45U_2/R_L$ | $\sqrt{2}U_2$  |
| 全波整流 | $0.9U_2$  | 0.67 | $0.45U_2/R_L$ | $2\sqrt{2}U_2$ |
| 桥式整流 | $0.9U_2$  | 0.67 | $0.45U_2/R_L$ | $\sqrt{2}U_2$  |

桥式整流电路的性能最佳。

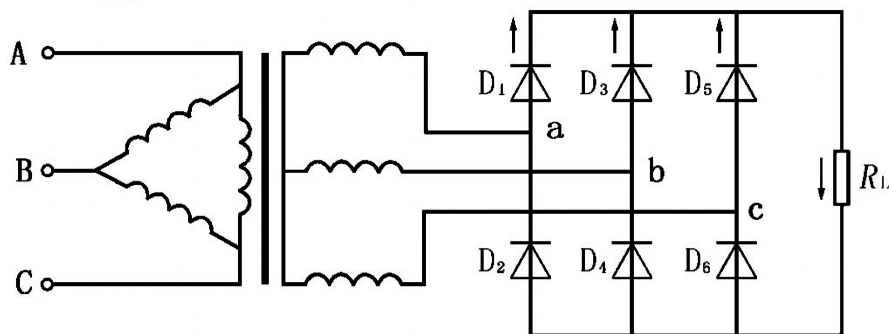
# 几种常见的硅整流桥外形:



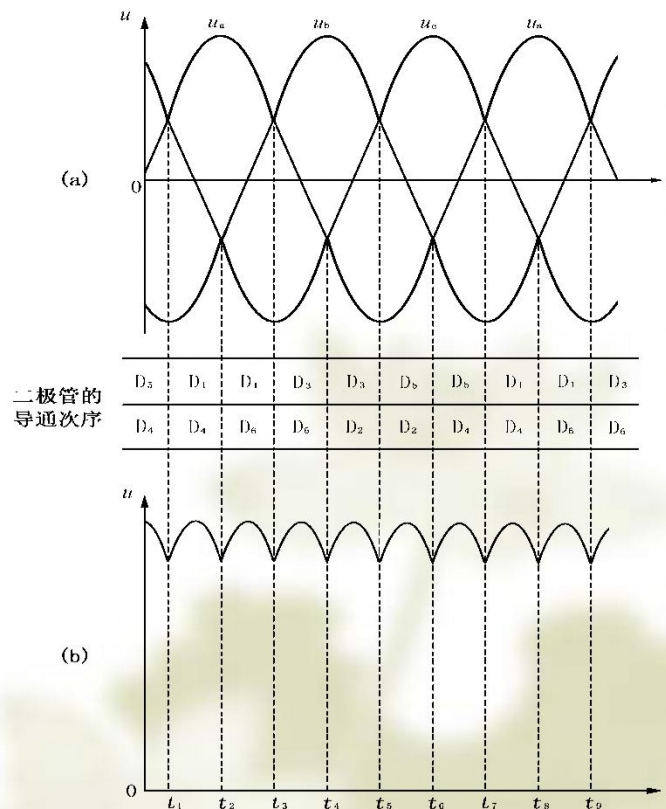


## 四、三相桥式整流电路

### 1. 电路



### 3. 波形



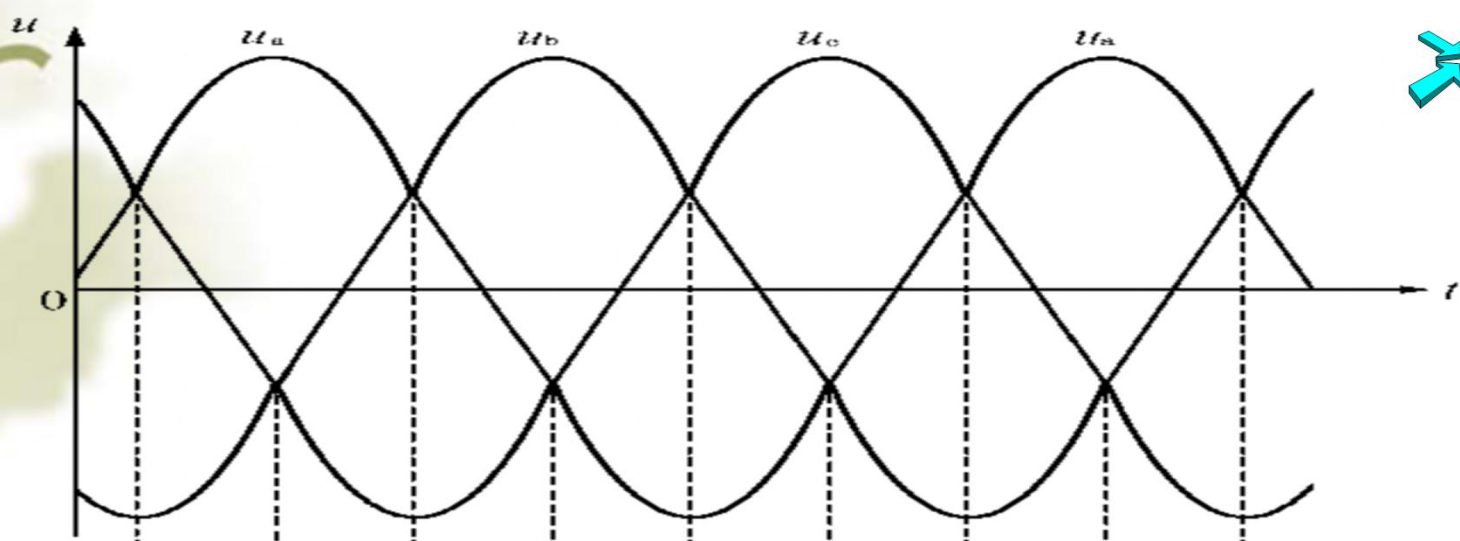
### 2. 工作原理

$t_1 \sim t_2$ ,  $D_1$ 、 $D_4$ 导通,  $a \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow b$

$t_2 \sim t_3$ ,  $D_1$ 、 $D_6$ 导通,  $a \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_6 \rightarrow c$



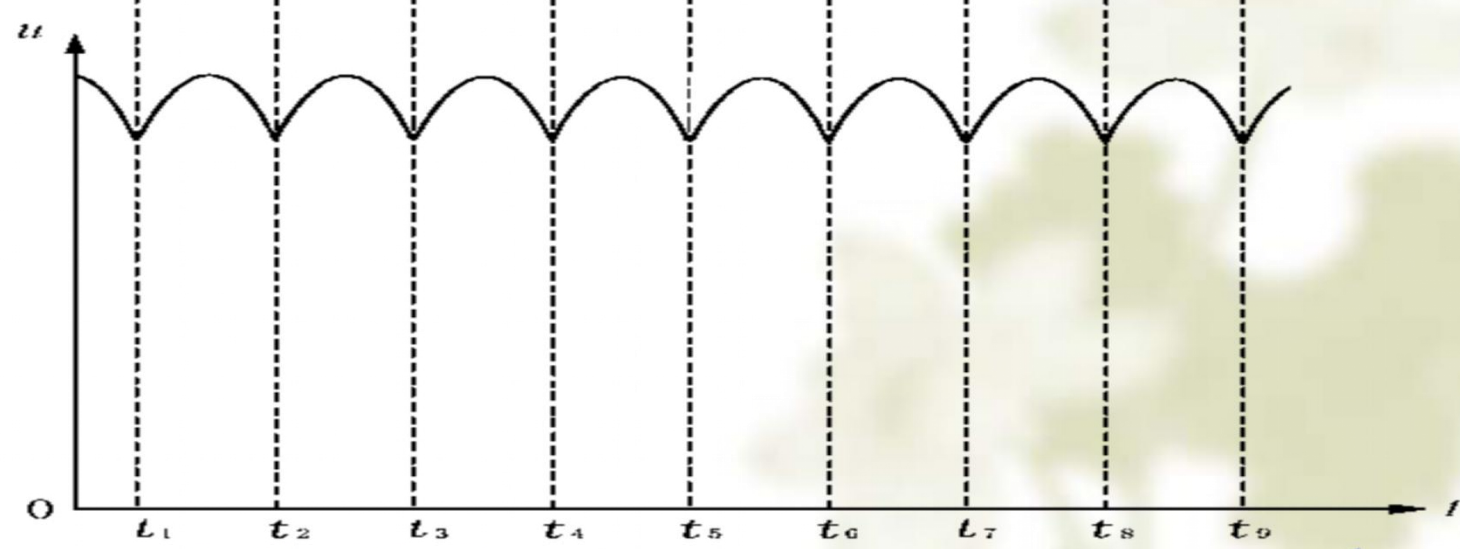
(a)



二极管的  
导通次序

|                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D <sub>5</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>5</sub> | D <sub>5</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>3</sub> |
| D <sub>4</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>6</sub> | D <sub>6</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>6</sub> | D <sub>6</sub> |

(b)





## 4. 三相整流电路主要参数

(1) 输出直流电压  $U_O$        $U_O = 2.34U_2$

(2) 整流电流平均值  $I_O$        $I_O = \frac{U_O}{R_L} = 2.34 \frac{U_2}{R_L}$

(3) 脉动率  $\varepsilon$  : 三相整流后直流电压的脉动程度。

$$\varepsilon = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}} \times 100\% \quad \varepsilon = \frac{1.732 - 1.5}{1.732} \times 100\% = 13.4\%$$

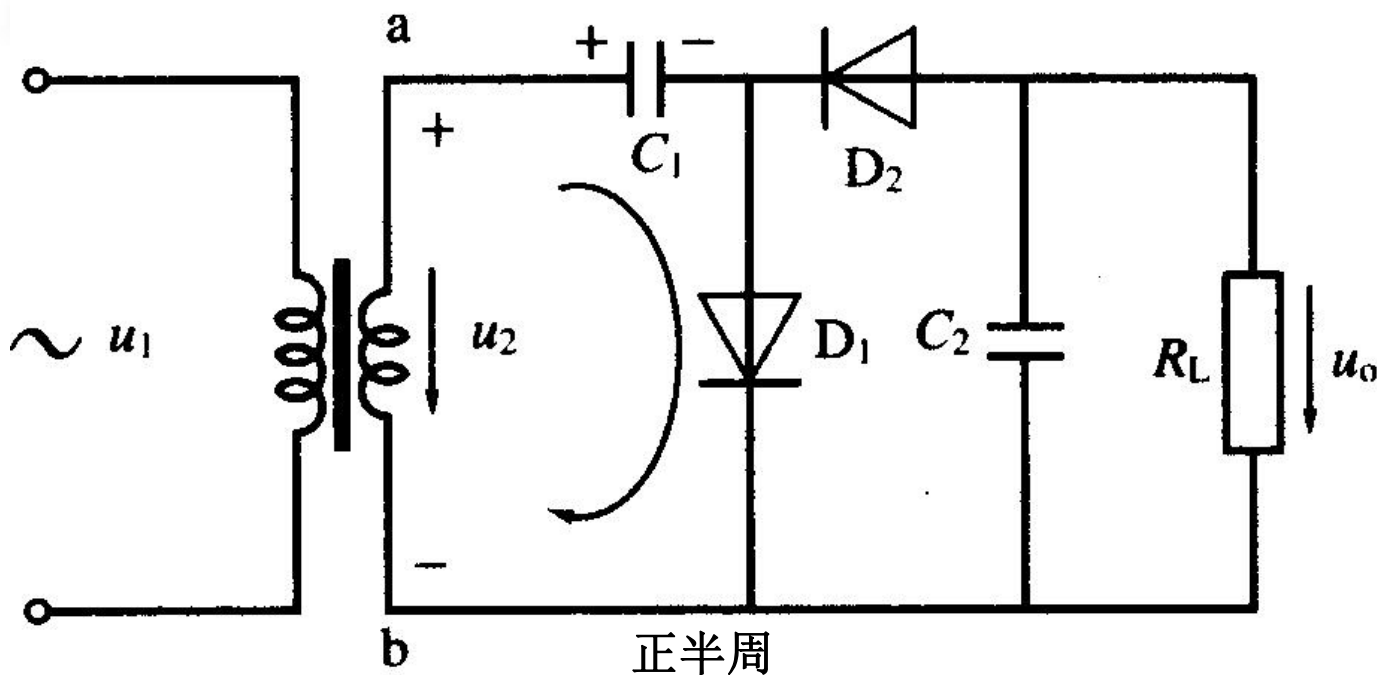
(4) 二极管最大反向峰值电压  $U_{RM}$

$$U_{RM} = \sqrt{3}U_{2M} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2}U_2 = 2.45U_2$$

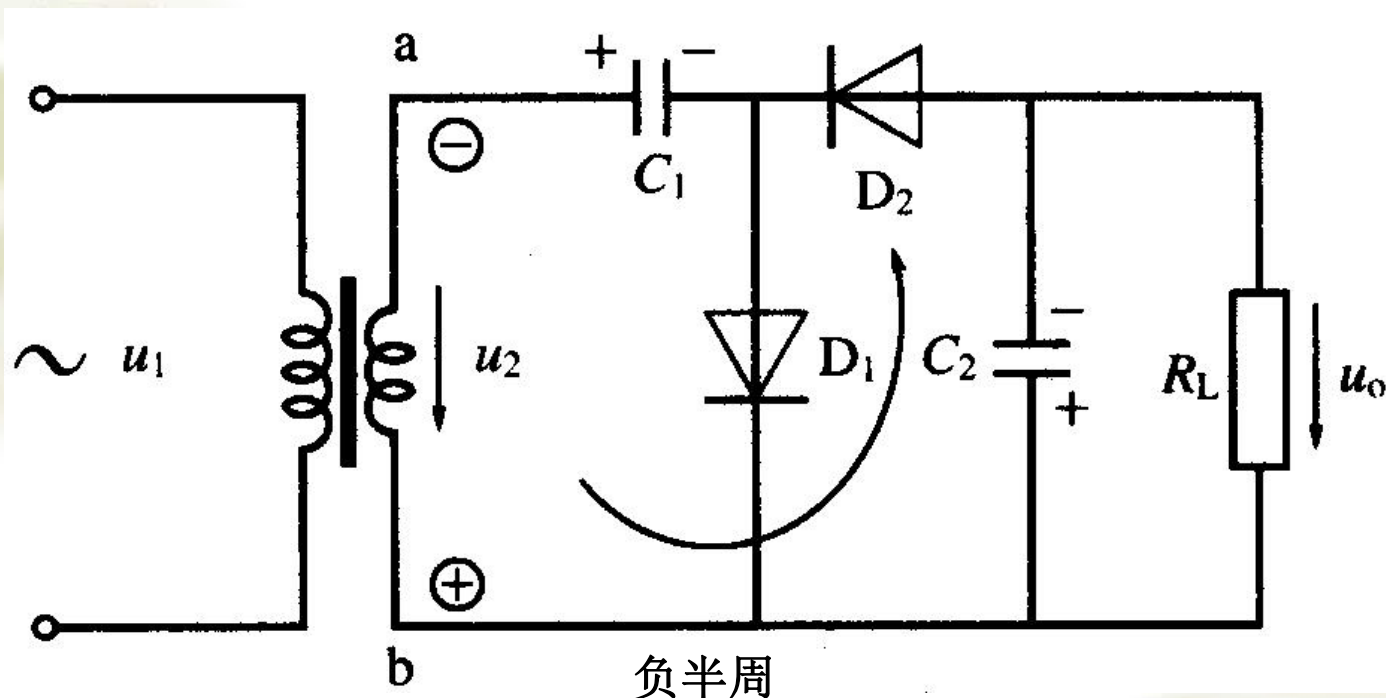


## ❖ 五. 倍压整流电路

- ❖ 倍压整流电路可以从低电压的交流电源获得很高的直流输出电压，而对变压器次级绕组绝缘层、电容和二极管的耐压要求都不高。



$u_2$ 的第一个正半周： $u_2$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ 构成回路， $C_1$ 充电到： $\sqrt{2}U_2$



$u_2$ 的第一个负半周： $u_2$ 、 $C_2$ 、 $D_2$ 、 $C_1$ 构成回路， $C_2$ 充电到： $2\sqrt{2}U_2$

- ❖ 若负载电阻小，则电容放电快，输出电压下降较多，电容放电产生的电压脉动也较大。所以倍压整流电路只适用于高电压、小电流的场合。

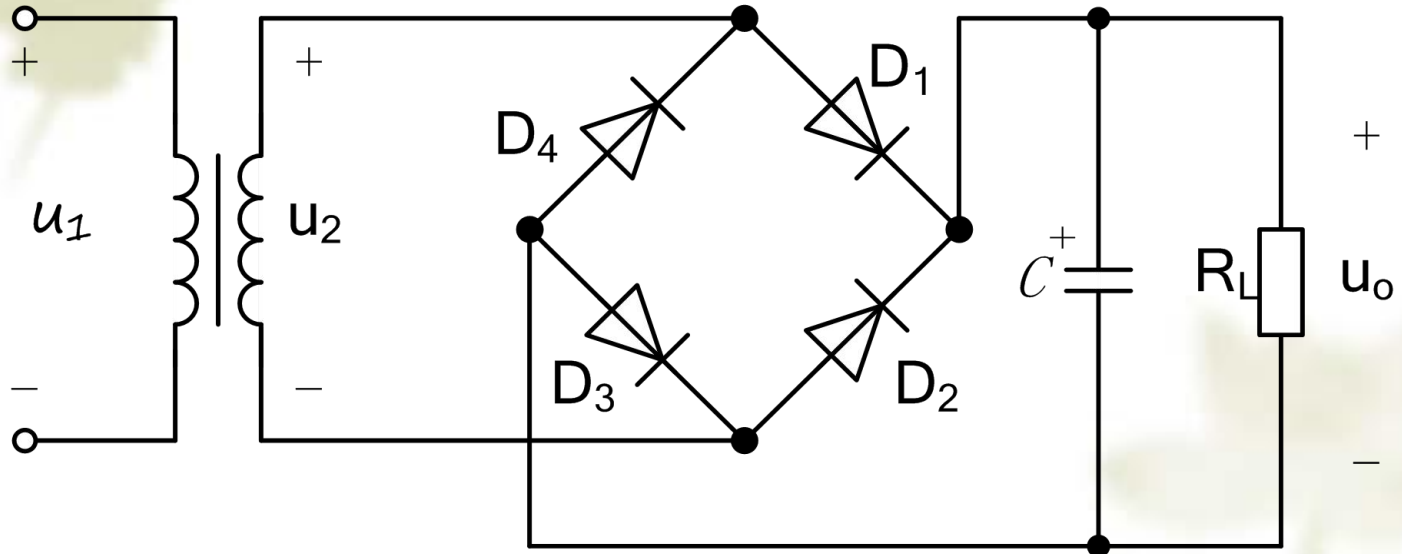
## 第二节 滤波电路



- ❖ **滤波(filter)**是利用电容、电感元件对直流、交流电呈现不同阻抗的特点，消除脉动直流中的交流成分。
- ❖ 常见滤波电路：
  - ❧ 电容滤波
  - ❧ 电感滤波
  - ❧ 复式滤波

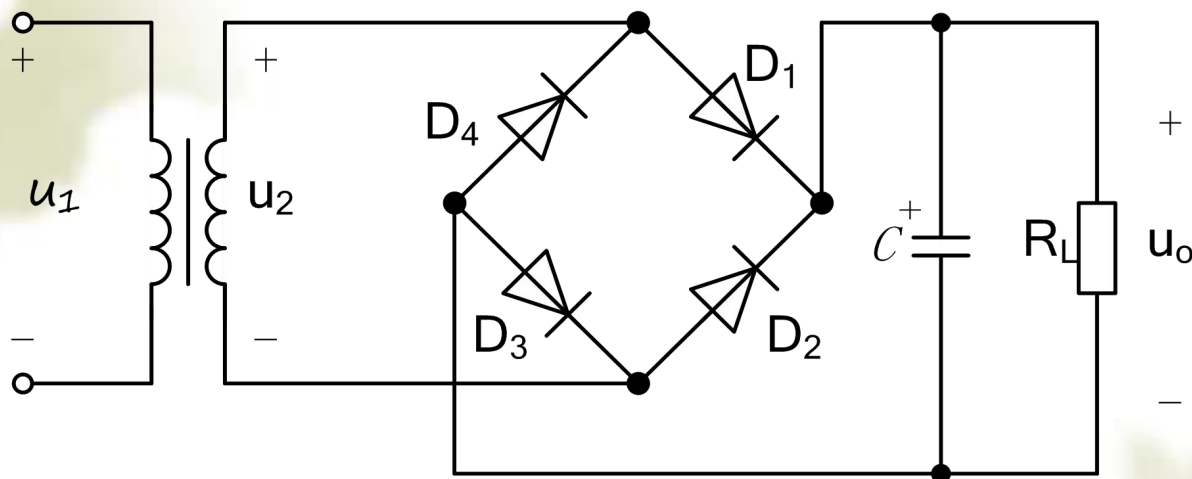


## 一. 电容滤波(*capacitor filter*)



(1) 空载 ( $R_L = \infty$ ) 时:

$$u_o = u_C = \sqrt{2}u_2$$



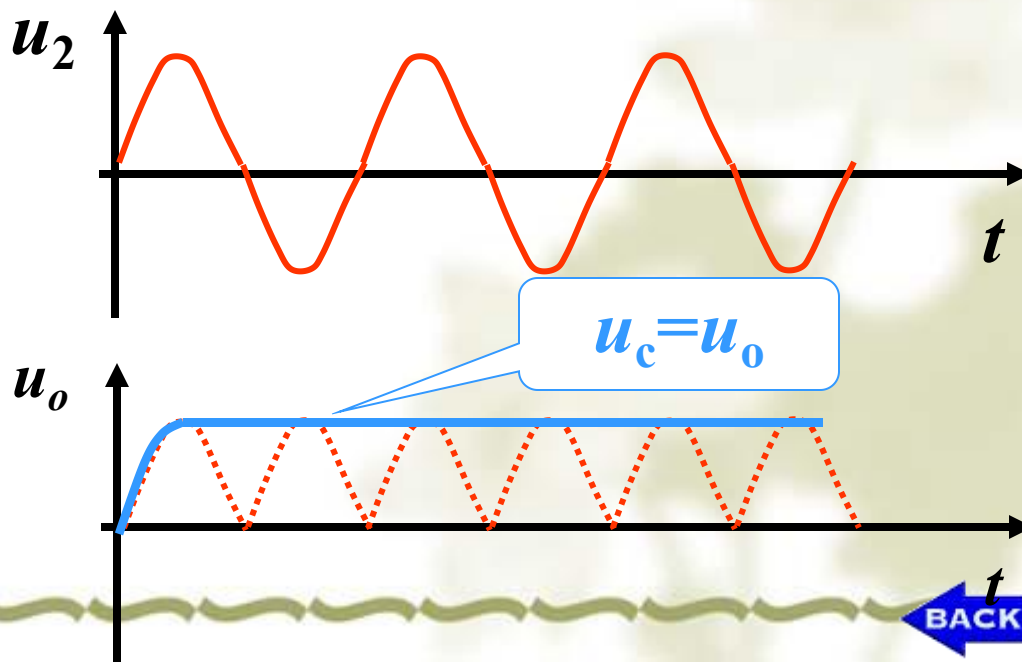
$u_2 > u_C$  时:

二极管导通, C 充电

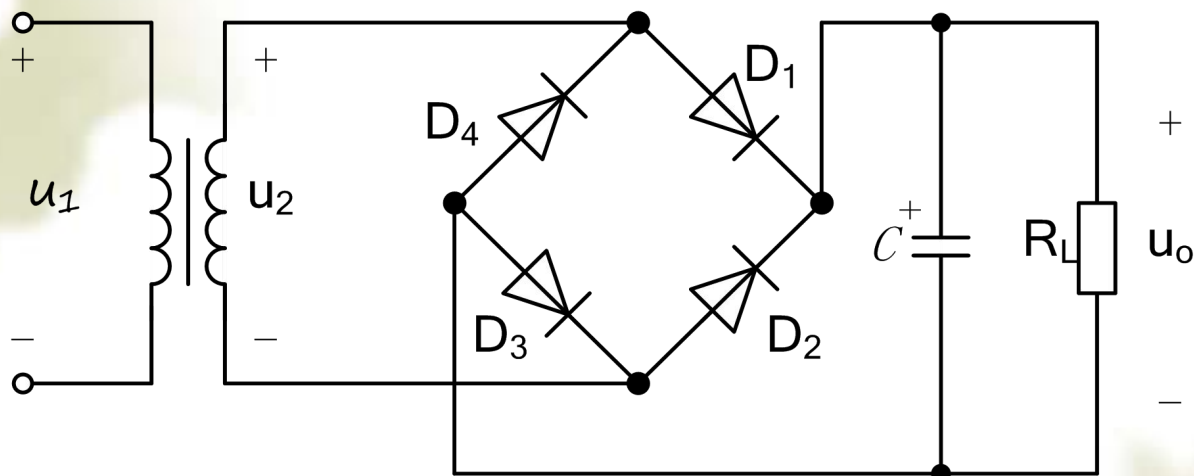
$u_2 < u_C$  时:

二极管截止, C 放电。

由于  $R_L = \infty$ , 无放电回路, 所以  $u_C$  保持。



## (2) 接入 $R_L$ (且 $R_L C$ 较大) 时

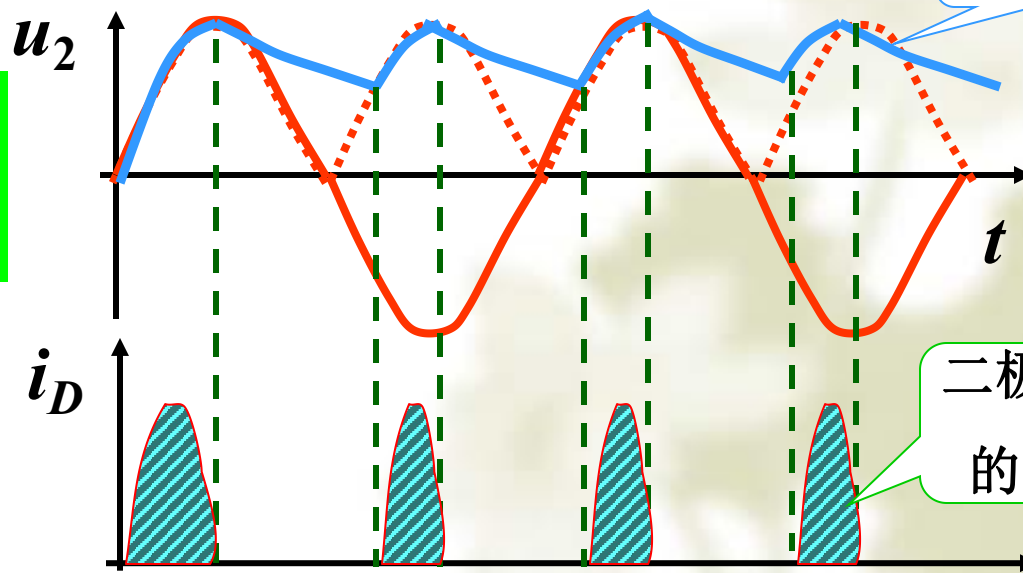


$u_2 > u_c$  时:

二极管导通, C 充电

$u_2 < u_c$  时:

二极管截止, C 放电。



二极管中的  
电流

# 电容滤波电路的特点:

(a)  $U_o$  与  $R_L C$  的关系:

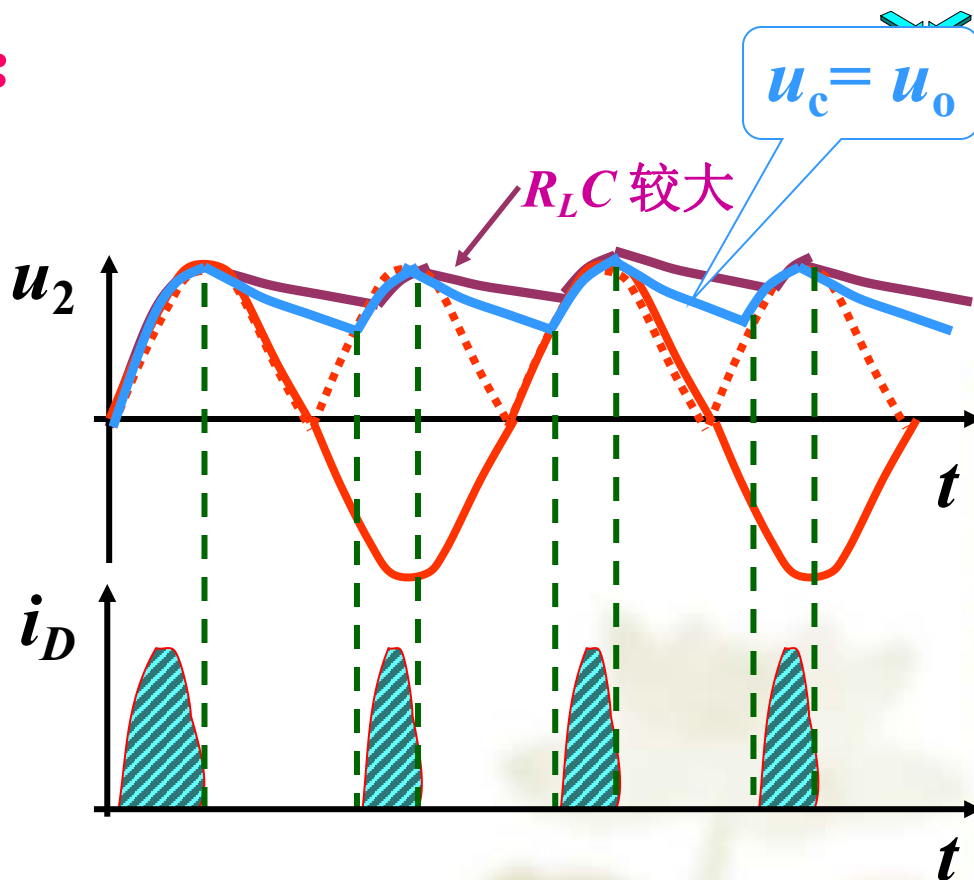
$R_L C$  愈大  $\rightarrow$  C 放电愈慢  
 $\rightarrow U_L$  (平均值) 愈大

一般取:

$$\tau = R_L C \geq (3-5) \frac{T}{2}$$

( $T$ : 电源电压的周期)

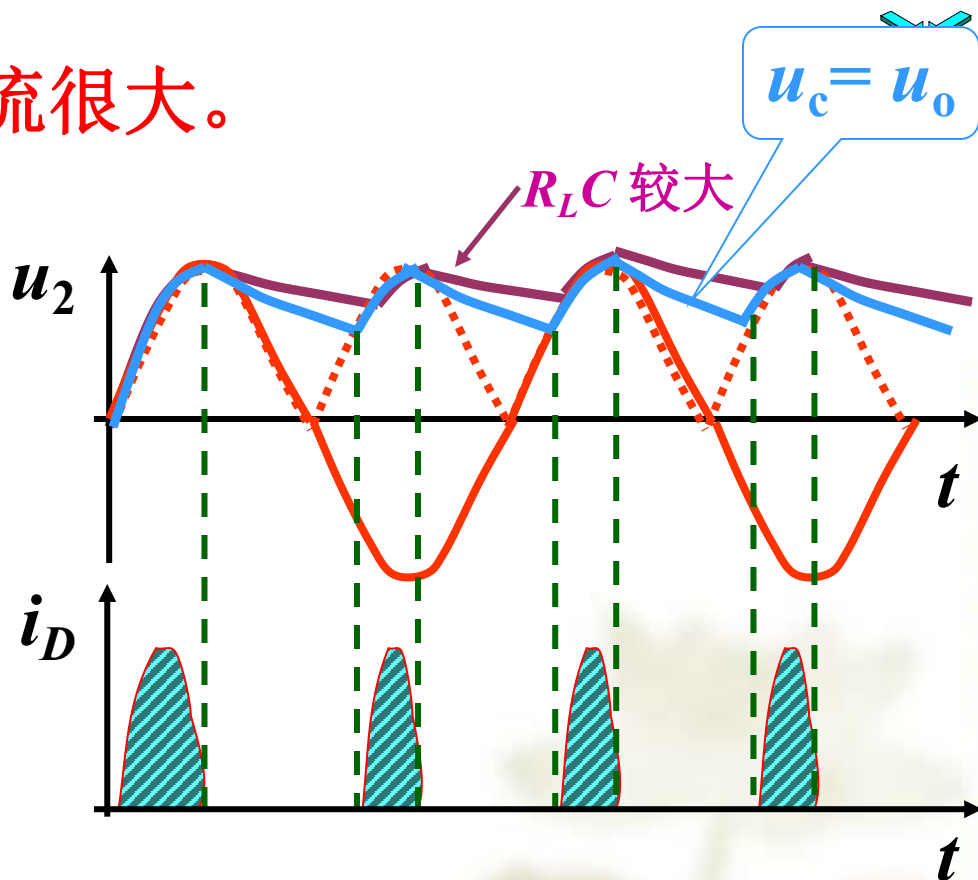
近似估算:  $U_o = 1.2 U_2$



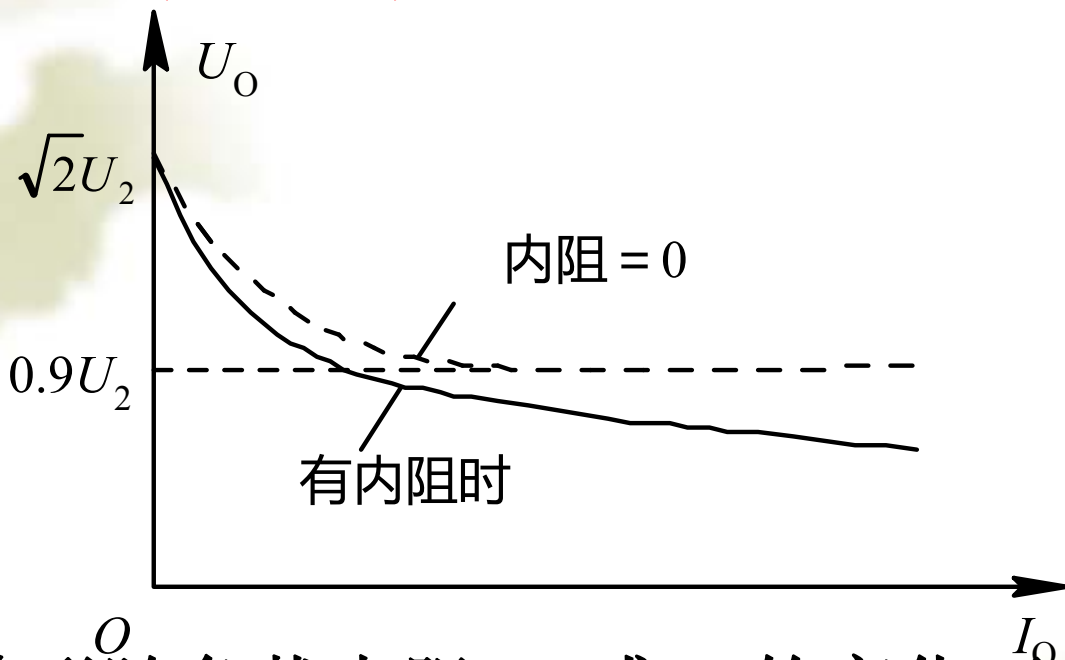
(b) 流过二极管瞬时电流很大。

$R_L C$  越大  $\rightarrow U_o$  越高  
 $\rightarrow$  负载电流的平均  
值越大；整流管导电  
时间越短  $\rightarrow i_D$  的峰  
值电流越大  
一般选管时，取

$$I_{DF} = (2 \sim 3) \frac{I_L}{2} = (2 \sim 3) \frac{1}{2} \frac{U_o}{R_L}$$



### (c) 输出特性(外特性)



输出波形 <sup>$O$</sup> 随负载电阻  $R_L$  或  $C$  的变化而改变,  $U_o$  和  $S$  也随之改变。

如:  $R_L$  愈小(  $I_L$  越大),  $U_o$  下降多,  $S$  增大。

**结论:** 电容滤波电路适用于输出电压较高, 负载电流较小且负载变动不大的场合。

### 【例7-3】

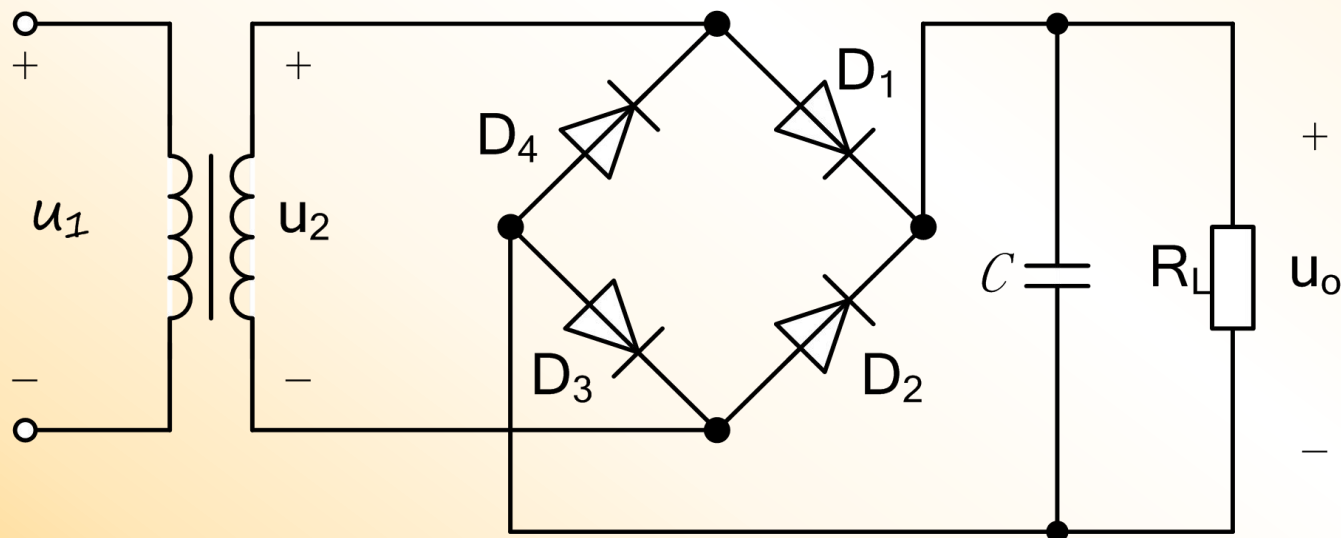


桥式整流电容滤波电路如图所示，已知输出电压  $U_o = 30 \text{ V}$ ， $R_L = 200 \ \Omega$ ，电源频率  $f = 50 \text{ Hz}$ 。试问

(1) 电容  $C$  的极性如何？ 葛

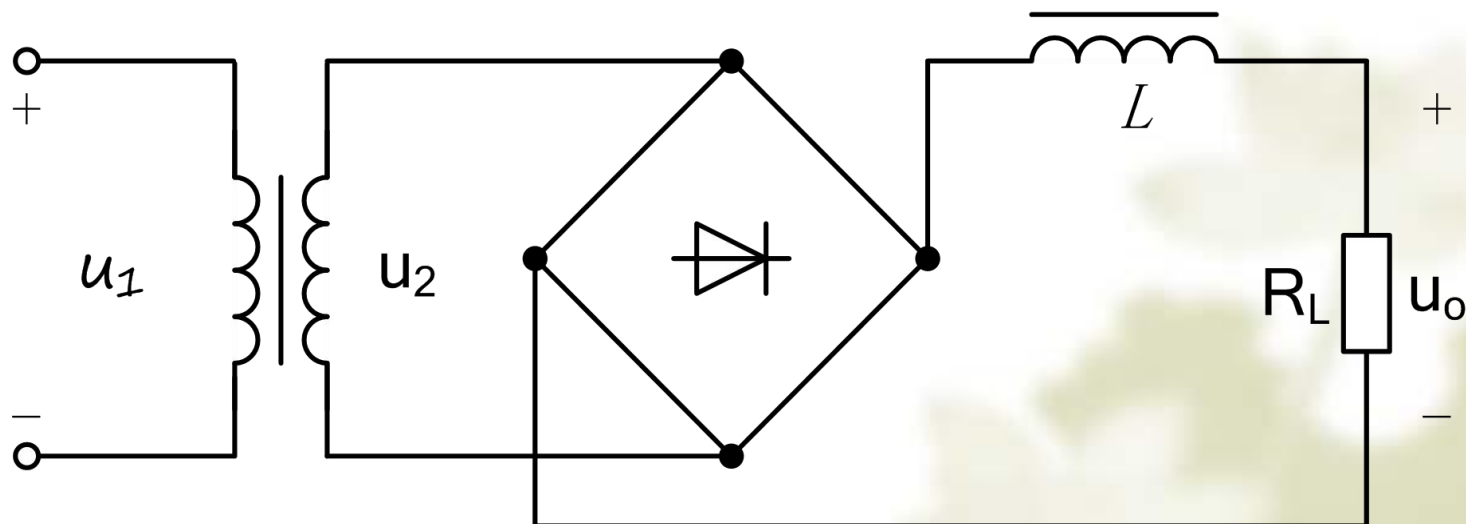
(2) 变压器次级电压  $u_2$  的有效值为多少？若电网电压的波动范围为  $\pm 10\%$ ，求电容耐压值。 葛

(3) 电容  $C$  开路或短路时，电路会产生什么后果？



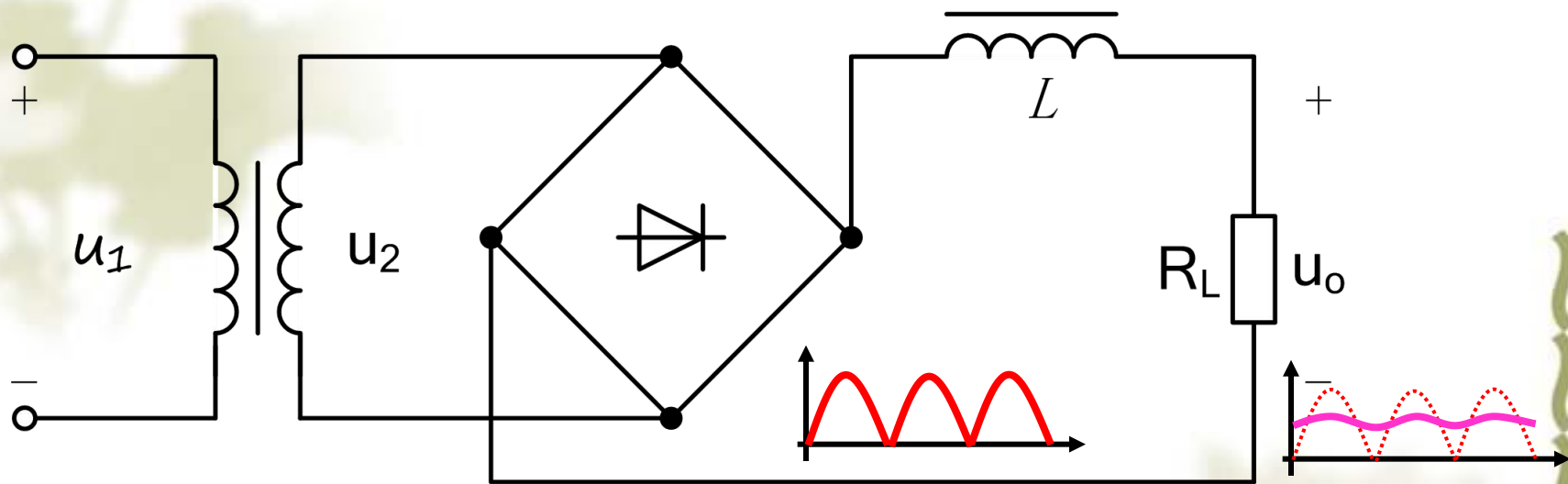
## 二. 电感滤波 (*inductance filter*) 葛

**电路结构：** 在桥式整流电路与负载间串入一电感 $L$ 就构成了电感滤波电路。



单相桥式整流电感滤波电路

# 滤波原理

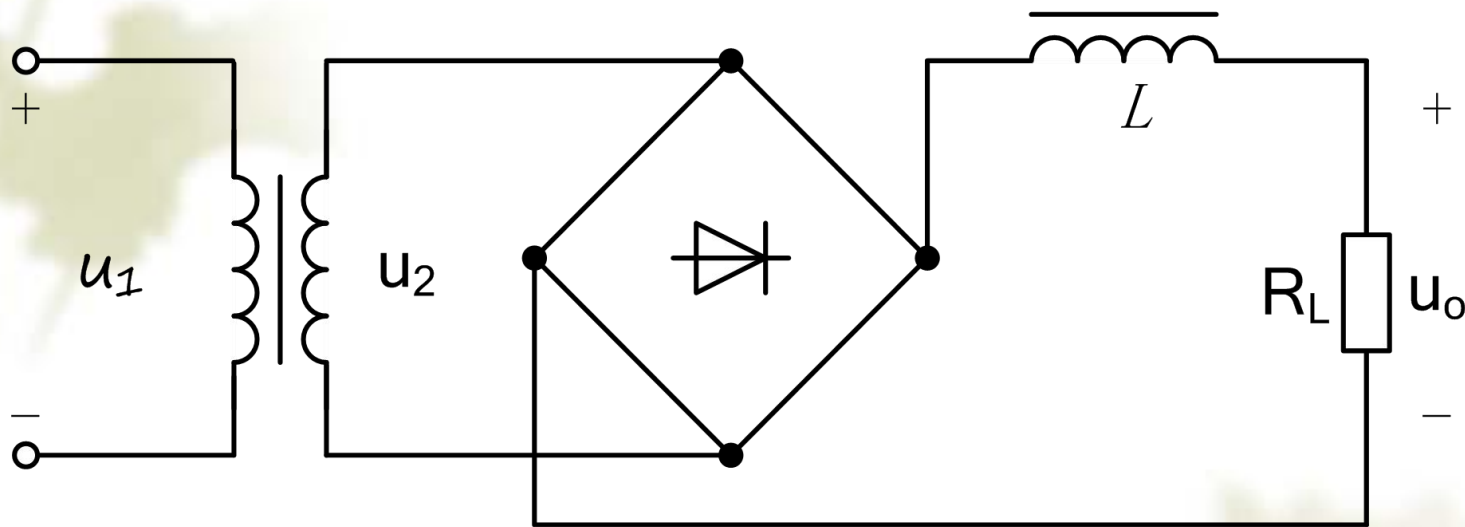


对直流分量:  $X_L=0$  相当于短路,电压大部分降在 $R_L$ 上。

对谐波分量:  $f$  越高,  $X_L$  越大,电压大部分降在 $X_L$ 上。

因此, 在输出端得到比较平滑的直流电压。

输出电压平均值:  $U_o=0.9U_2$



## 电感滤波的特点

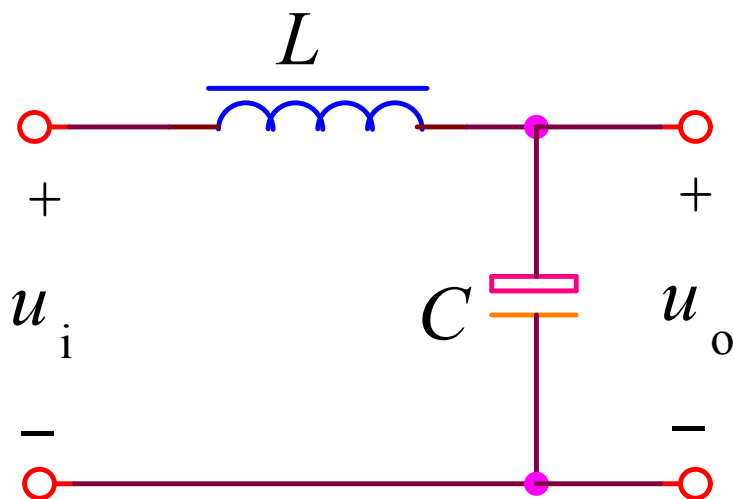
整流管导电角较大，峰值电流很小，输出特性比较平坦，适用于低电压大电流( $R_L$ 较小)的场合。缺点是电感铁芯笨重，体积大，易引起电磁干扰。

### 三. 其它滤波电路

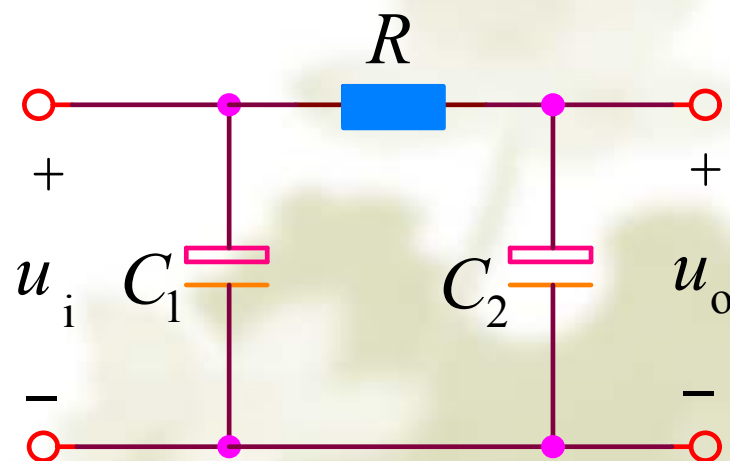


为进一步改善滤波特性，可将上述滤波电路组合起来使用。

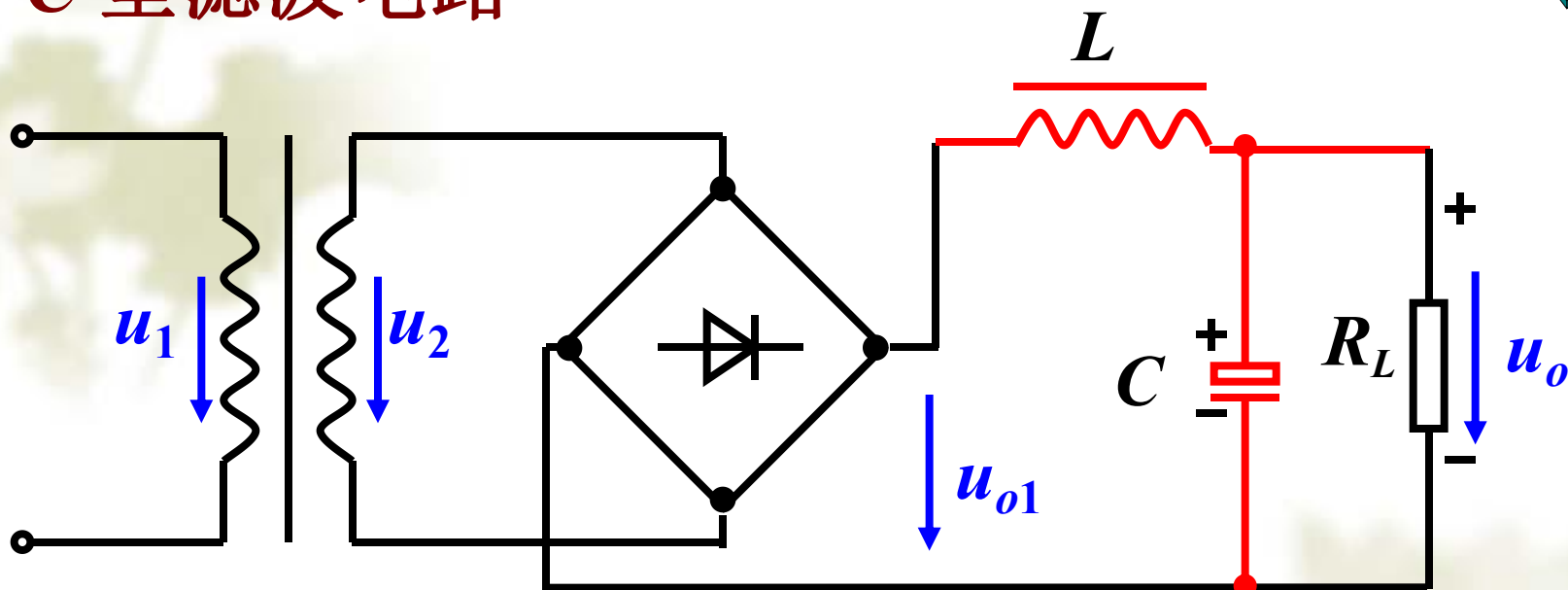
#### LC滤波电路



#### RC $\pi$ 型滤波电路



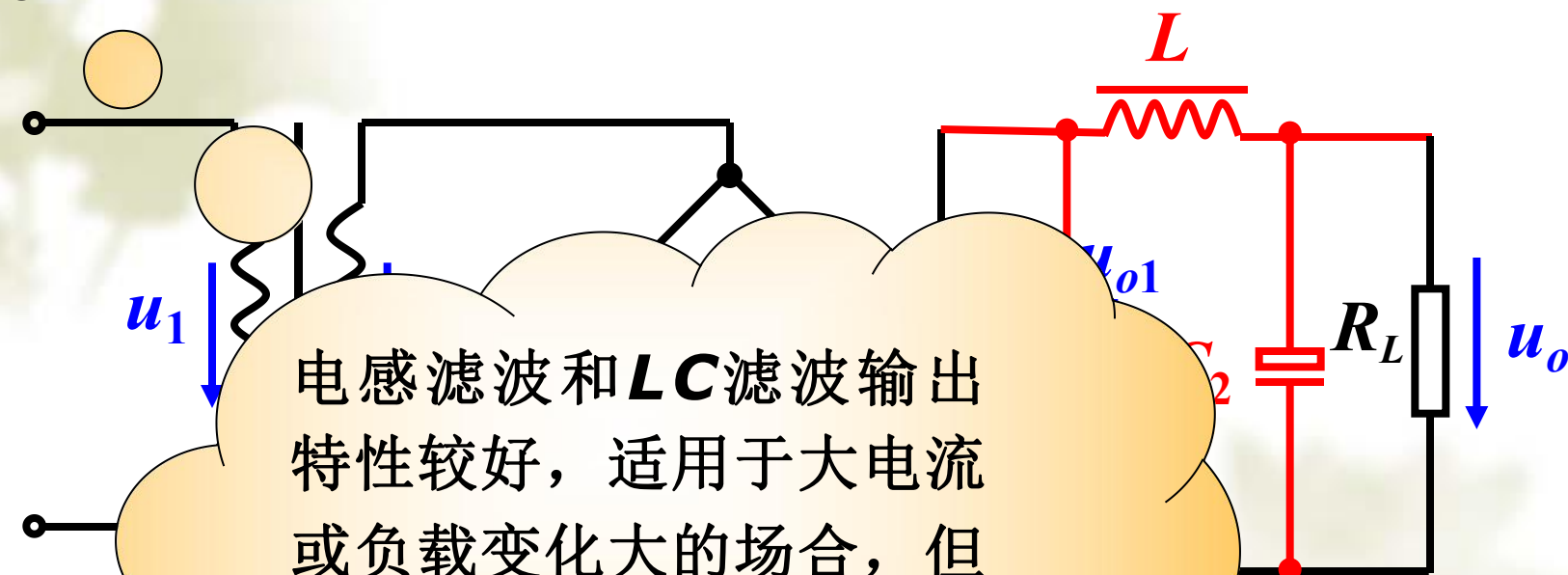
# $L$ - $C$ 型滤波电路



$$\frac{1}{\omega C} \ll R_L \ll \omega L$$

$$U_o = 0.9 U_2$$

# LC- $\pi$ 型滤波电路



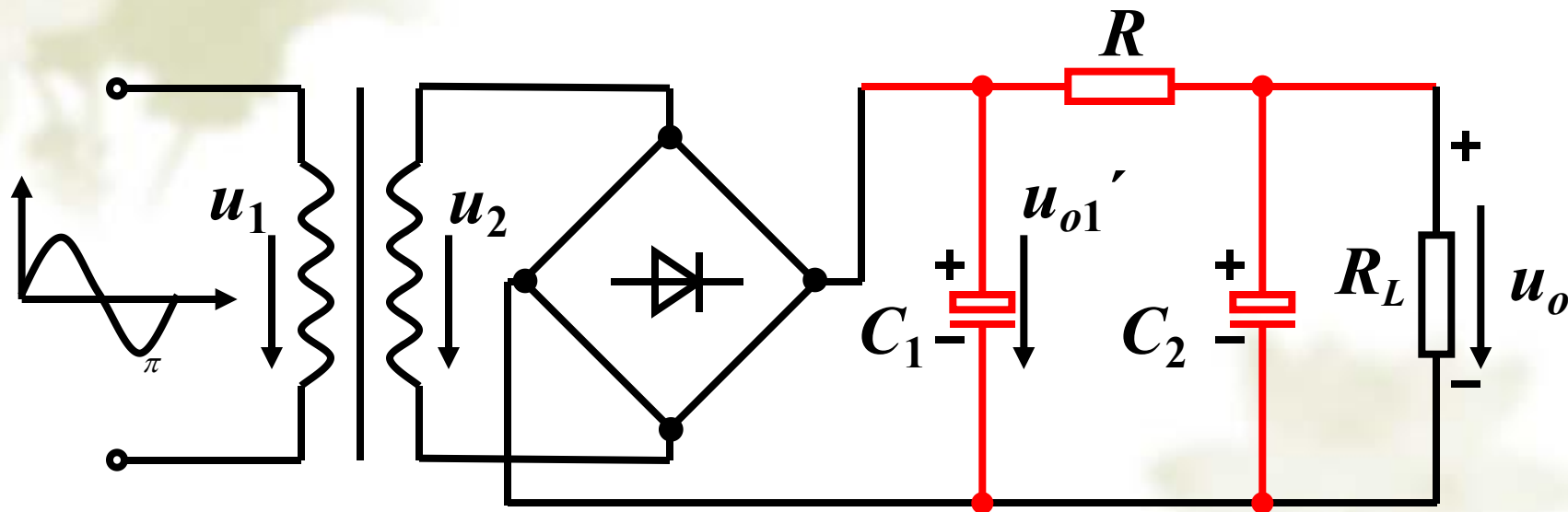
电感滤波和**LC**滤波输出特性较好，适用于大电流或负载变化大的场合，但电感体积大，十分笨重，通常只用于工频大功率整流或高频电源中。

**LC**滤波时又系数比**LC**

由于在输入端接入了电容 **$C_1$** ，因而比**LC**滤波时提高了输出电压。



## $RC-\pi$ 型滤波电路

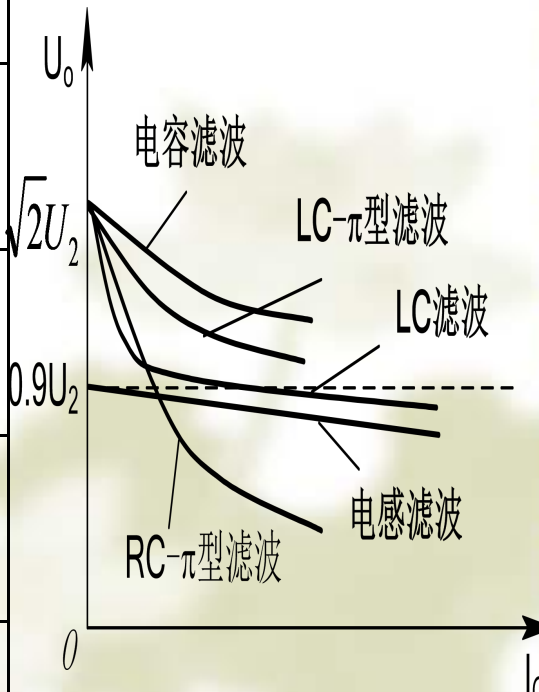


当输出电流较小时，可用电阻代替电感 $L$ ，构成 $L$ 型和 $\pi$ 型 $RC$ 滤波器。

由于电阻上要降掉一部分直流电压，所以输出直流电压降低，外特性更差些。



表 7-3 各种滤波器性能比较

| 外特性<br>序号 | 性能<br>类型       | $U_o' / U_2$<br>(小电流) | 适用场合  | 整流管的<br>冲击电流 | 外特性                                                                                  |
|-----------|----------------|-----------------------|-------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 电容滤波           | $\approx 1.2$         | 小电流   | 大            |  |
| 2         | RC - $\pi$ 型滤波 | $\approx 1.2$         | 小电流   | 大            |                                                                                      |
| 3         | LC - $\pi$ 型滤波 | $\approx 1.2$         | 小电流   | 大            |                                                                                      |
| 4         | L滤波            | 0.9                   | 大电流   | 小            |                                                                                      |
| 5         | LC滤波           | 0.9                   | 适应性较强 | 小            |                                                                                      |

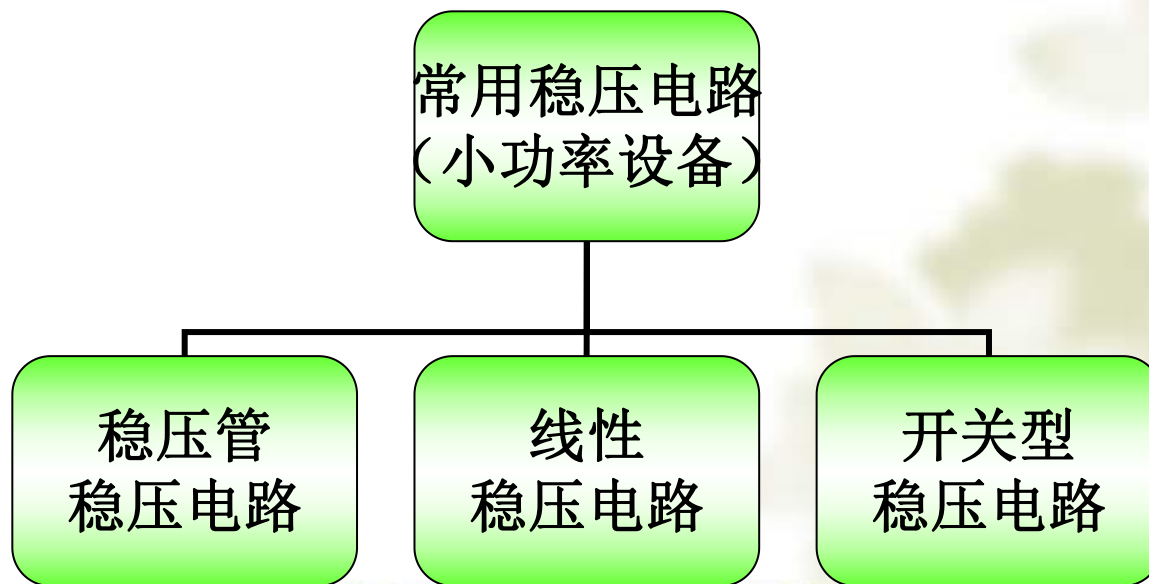
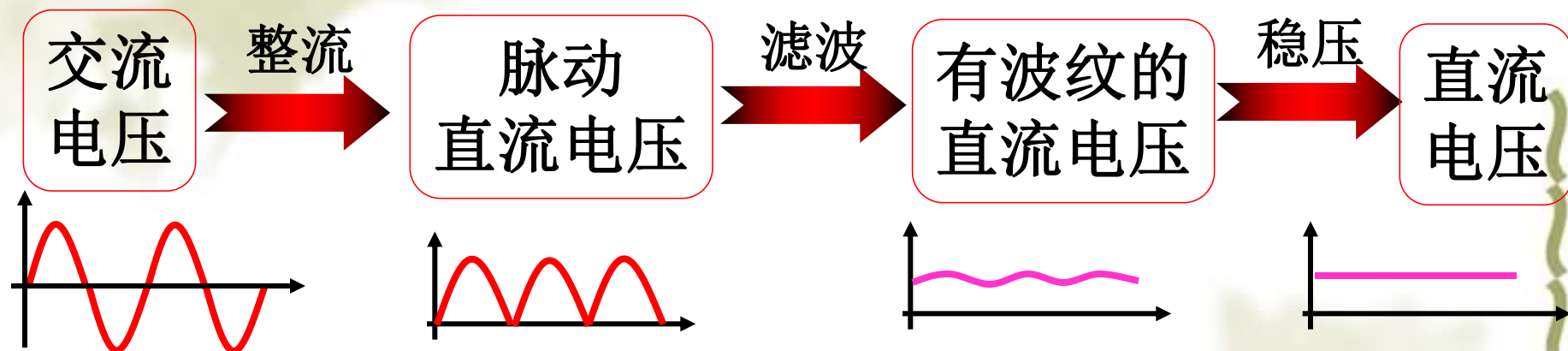


# 小 结



- ❖ 整流滤波的概念
- ❖ 三种整流电路的特点、参数
- ❖ 三种滤波电路的特点
- ❖ 电路元件参数的选择方法
- ❖ 思考题：
  - ❖ 1. 将市场销售的**6V**直流电源接到收音机上，为什么有的声音清晰，有的含有交流声？
  - ❖ 2. 一个**5V**交流电压是否可能转换为**6V**直流电压？

# 第三节 稳压电路



# 一、稳压电路的主要性能指标



## 1、稳压系数 $S_r$ (*coefficient of voltage stabilization*)

稳压系数 $S_r$ 定义为在固定负载条件下，输出电压相对变化量与输入电压相对变化量之比。

$$S_r = \left. \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} \right|_{R_L = \text{常数}}$$

**\*\* 电压调整率 $S_u$** ，是指当输入电压变化 $\pm 10\%$ 时的输出电压变化量 $\Delta U_o$ 。

稳压系数和电压调整率均表征了稳压电路**抗电网电压波动**能力的大小， $S_r$ 或 $S_u$ 越小，电路的稳压性能越好。



## 2、输出电阻

定义为在固定输入电压条件下，负载变化产生的输出电压变化量  $\Delta U_o$  与负载输出电流变化量  $\Delta I_o$  之比，即

$$R_o = \left. \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o} \right|_{U_i = \text{常数}}$$

\*\* **电流调整率  $S_i$** ，是指当  $I_o$  在  $0 \sim I_{o\max}$  范围内变化时的输出电压变化量  $\Delta U_o$ 。

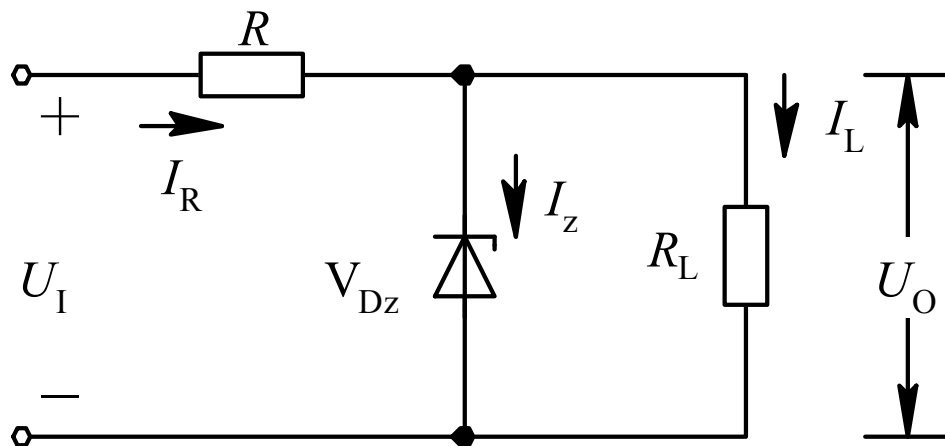
输出电阻和电流调整率均表征了稳压电路**抗负载变化能力**的大小， **$R_o$  或  $S_i$  越小**，电路的稳压性能越好。

## 二、稳压管稳压电路

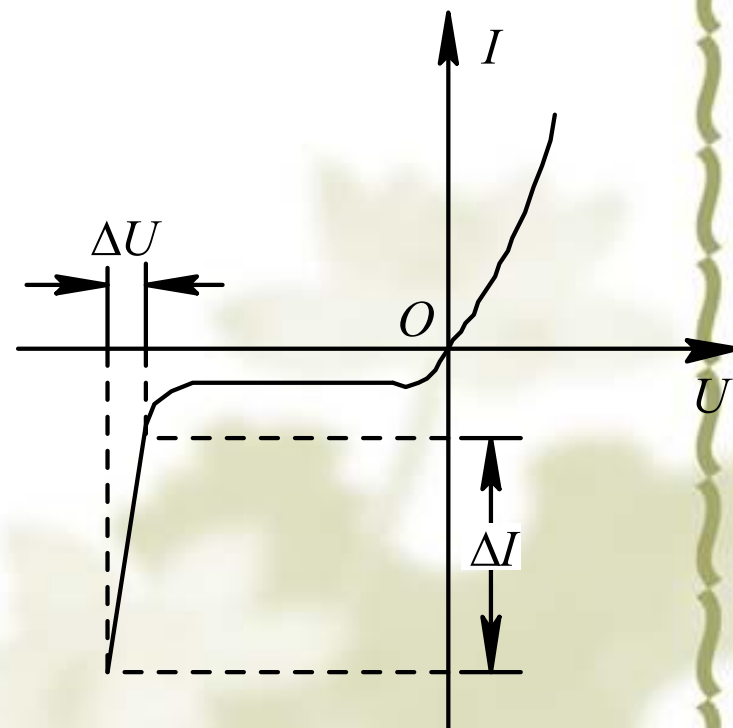


### 1. 稳压原理——利用稳压管的反向击穿特性。

由于反向特性陡直，较大的电流变化，只会引起较小的电压变化。



(a)



(b)

# 稳压原理:

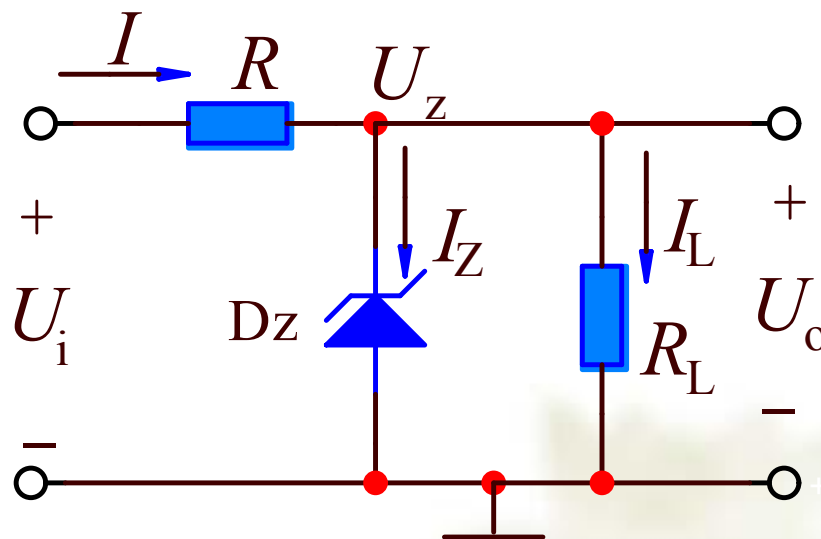


由图知:

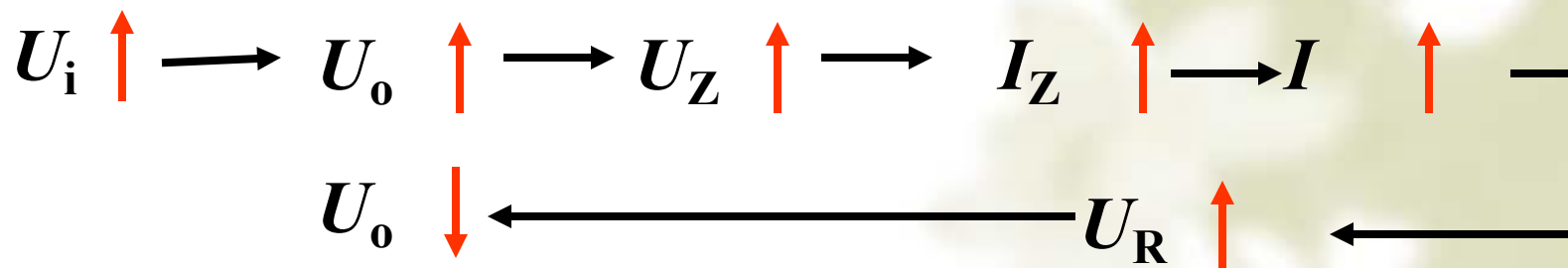
$$U_O = U_Z = U_i - U_R$$

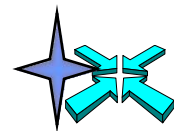
$$= U_i - IR$$

$$I = I_L + I_Z$$



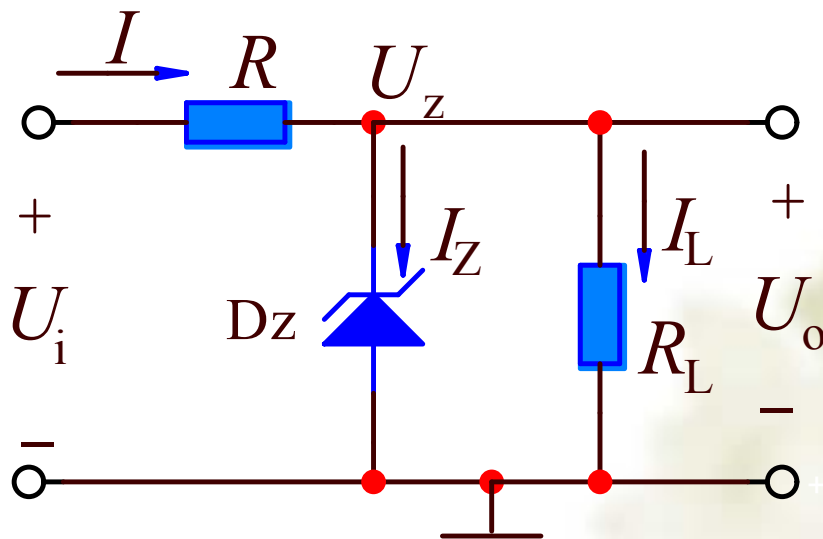
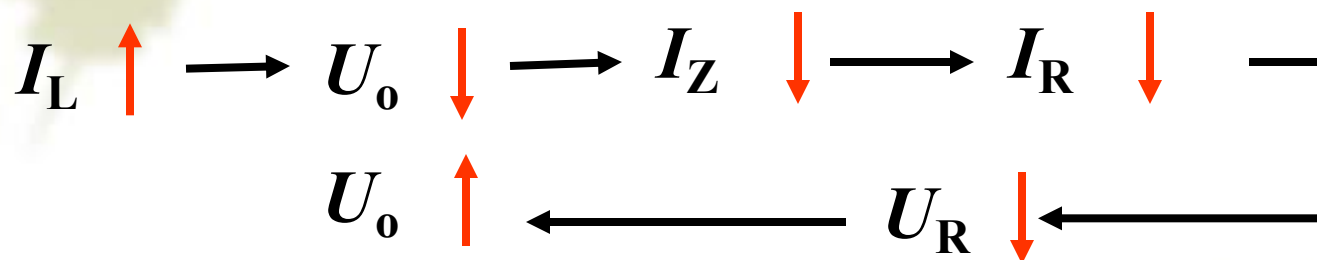
(1) 当输入电压变化时





## (2) 当负载电流变化时

稳压过程:



### 三、串联型稳压电路

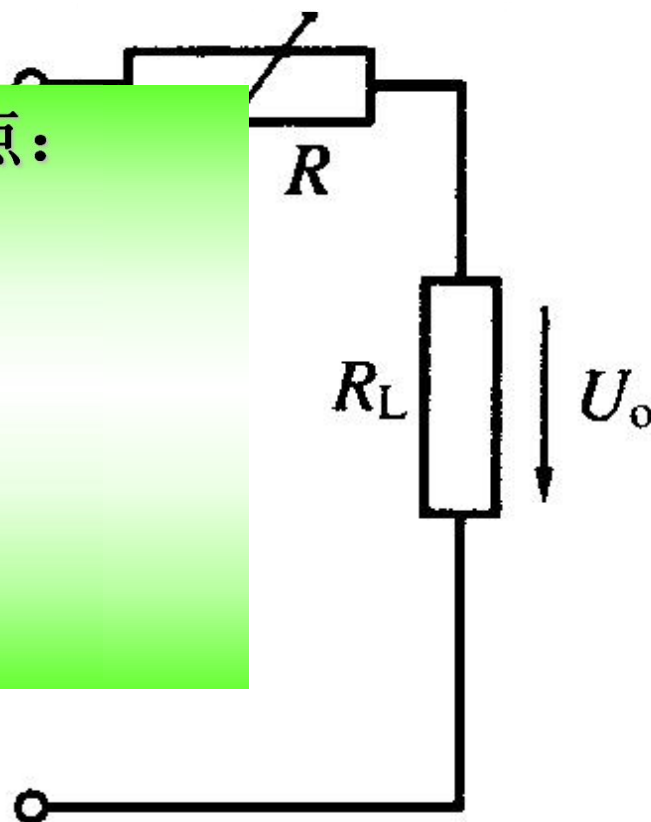


#### 1. 简单串联型稳压电路

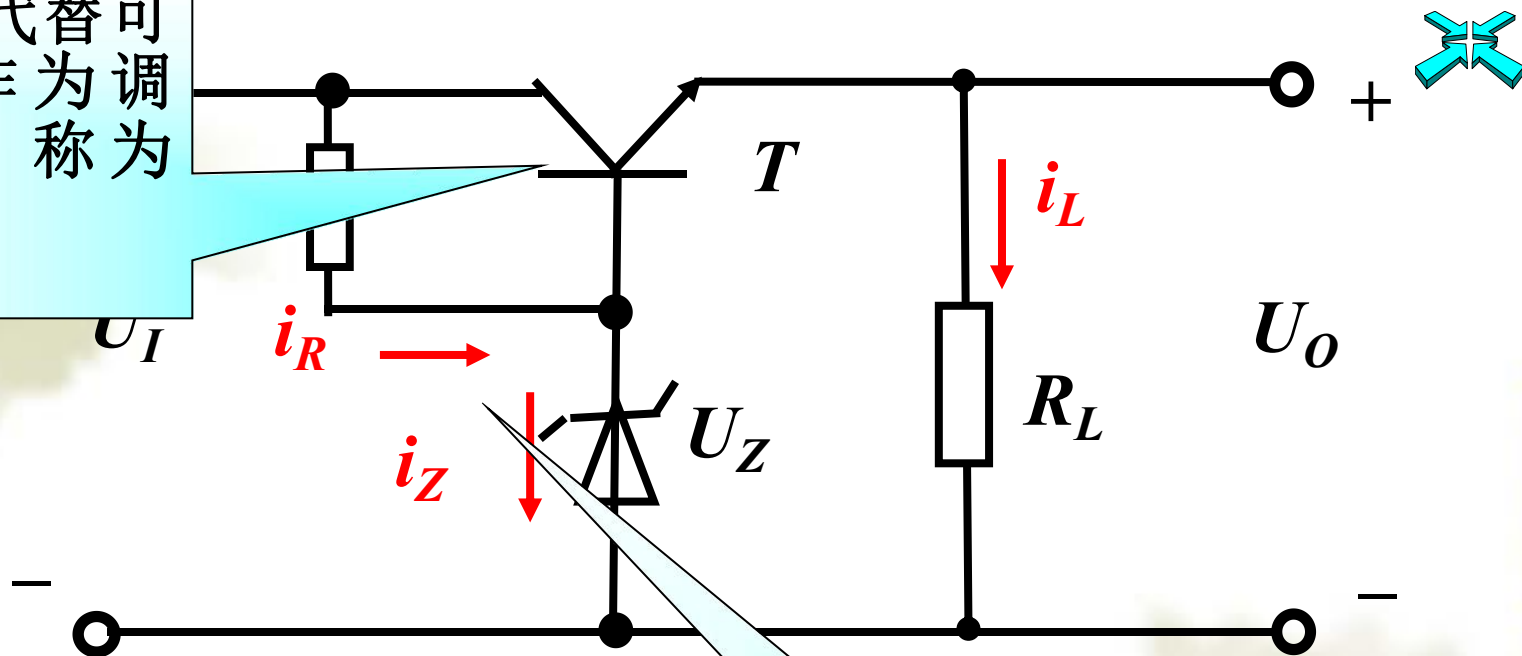
当输入电压 $U_i$ 或输出电流 $I_o$ 发生变化，并联型稳压电路的特点：  
阻值也相应改变，输出电压稳定。

电路简单；  
输出电压不可调整；  
稳定精度不高；  
输出电流较小。

晶体管的电极电流具有  
得其集电极与  
有一个可变电阻的性质。



三极管**T**代替可  
变电阻作为调  
整元件，称为  
调整管。

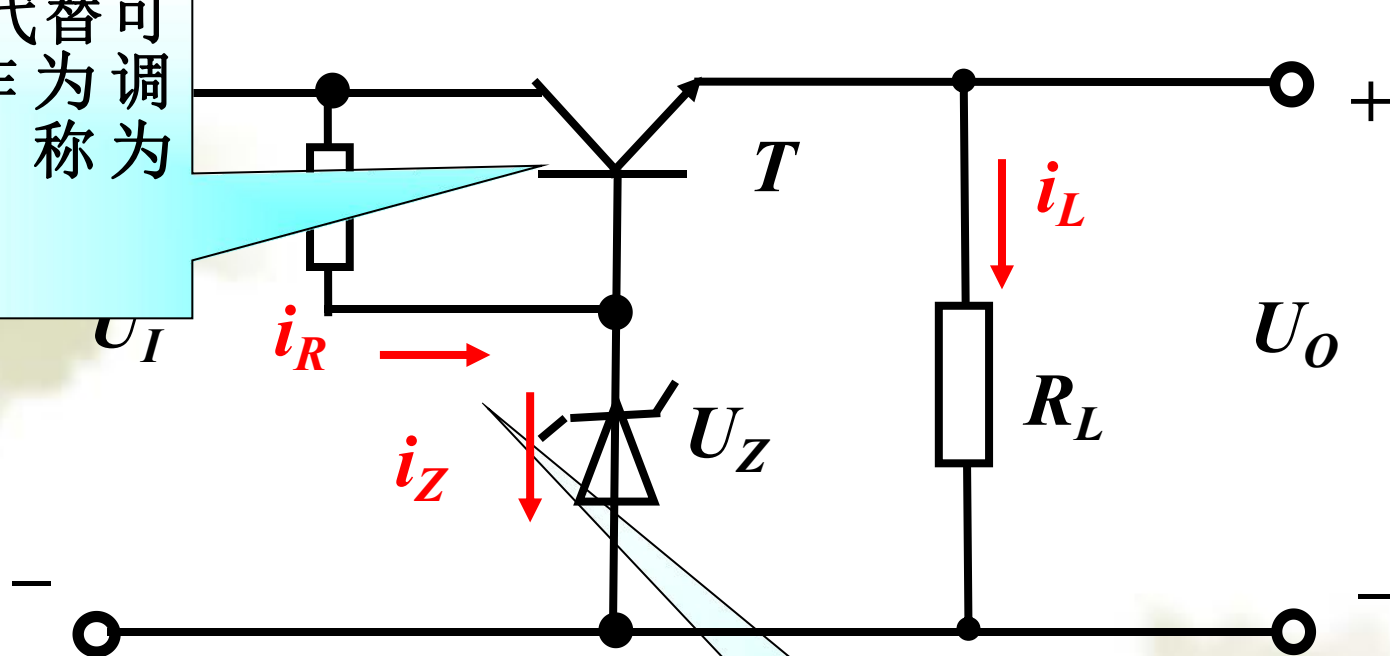


$$\Delta i_R = 0, \quad \Delta i_Z = \Delta i_B \Rightarrow \Delta i_L = \Delta i_E = (1 + \beta) \Delta i_B$$

负载电流的变化量可以比稳压管  
化量扩大  $(1 + \beta)$  倍。

**R**和**D<sub>Z</sub>**稳定调整管  
的基极电压**U<sub>b</sub>=U<sub>Z</sub>**，  
此电压称为**基准电  
压**。

三极管T代替可变电阻作为调整元件，称为调整管。



两个主要缺点：

- (1)  $U_{BE} = U_Z - U_O$ ，稳压效果不好。
- (2) 输出电压不可调。

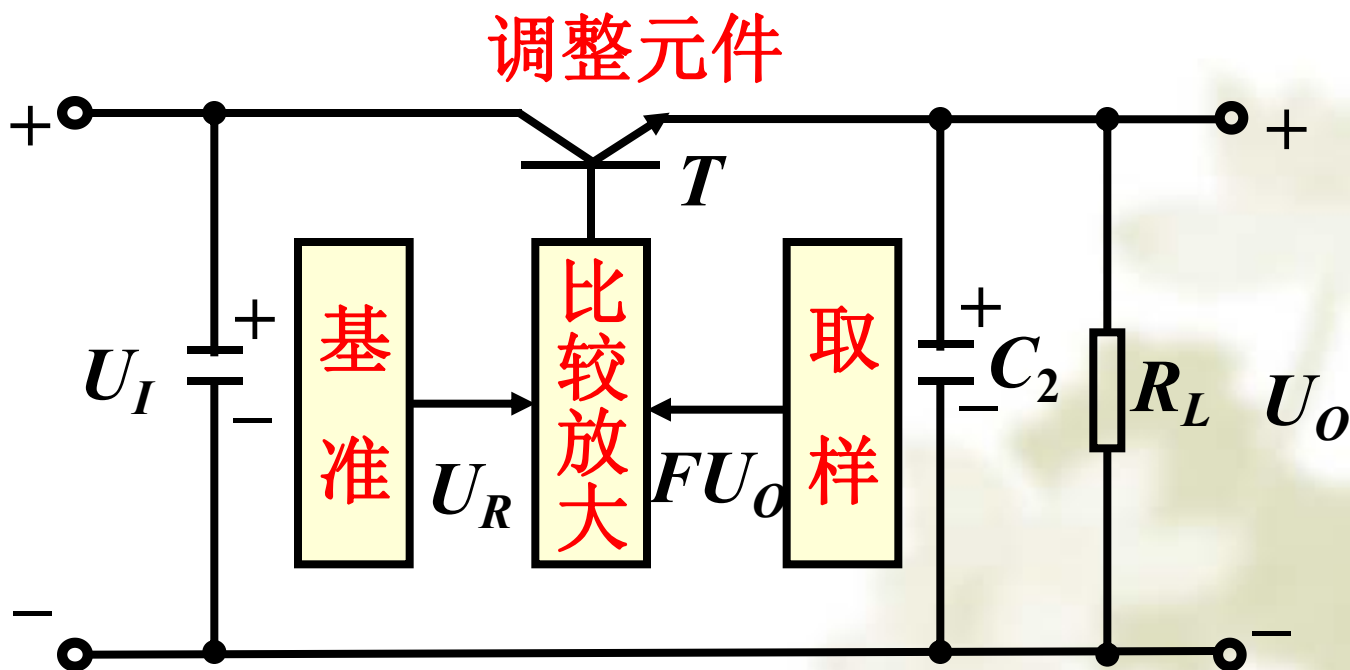
改进的方法：在稳压电路中引入带电压负反馈的放大环节。

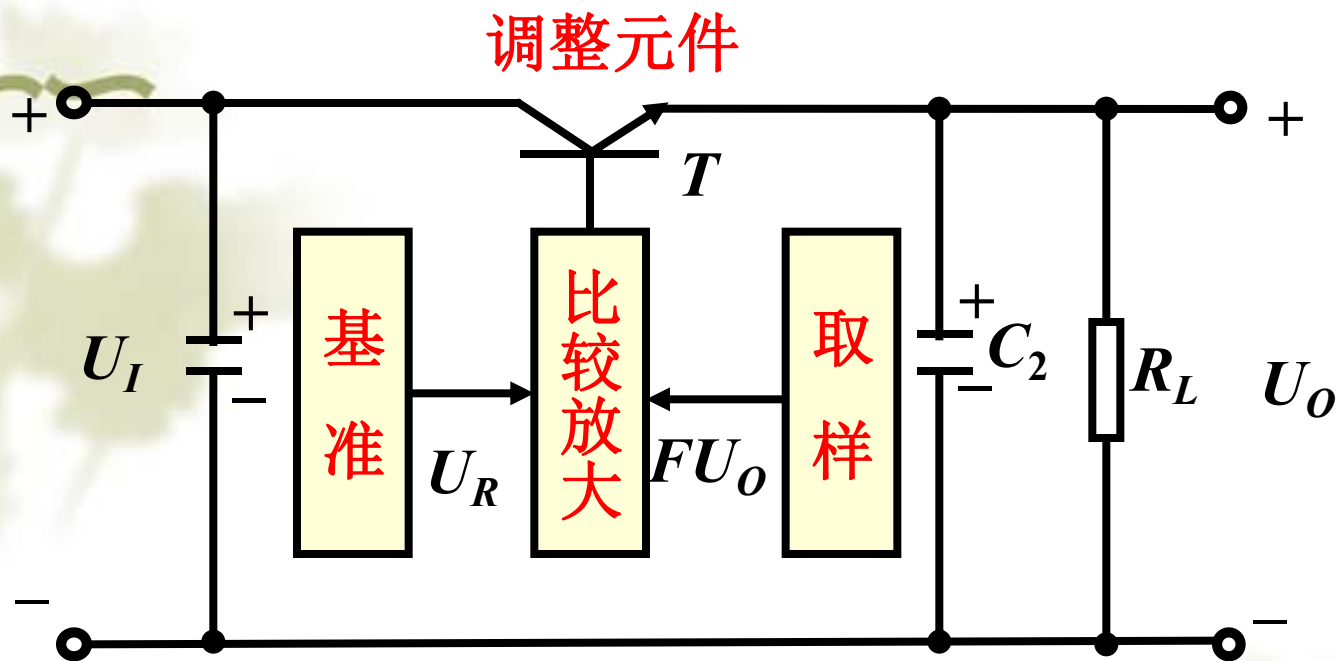
R和D<sub>Z</sub>稳定调整管的基极电压  $U_b = U_Z$ ，此电压称为基准电压。



## 2. 具有放大环节的串联型稳压电路

串联式稳压电路由基准电压、比较放大、取样电路和调整元件四部分组成。





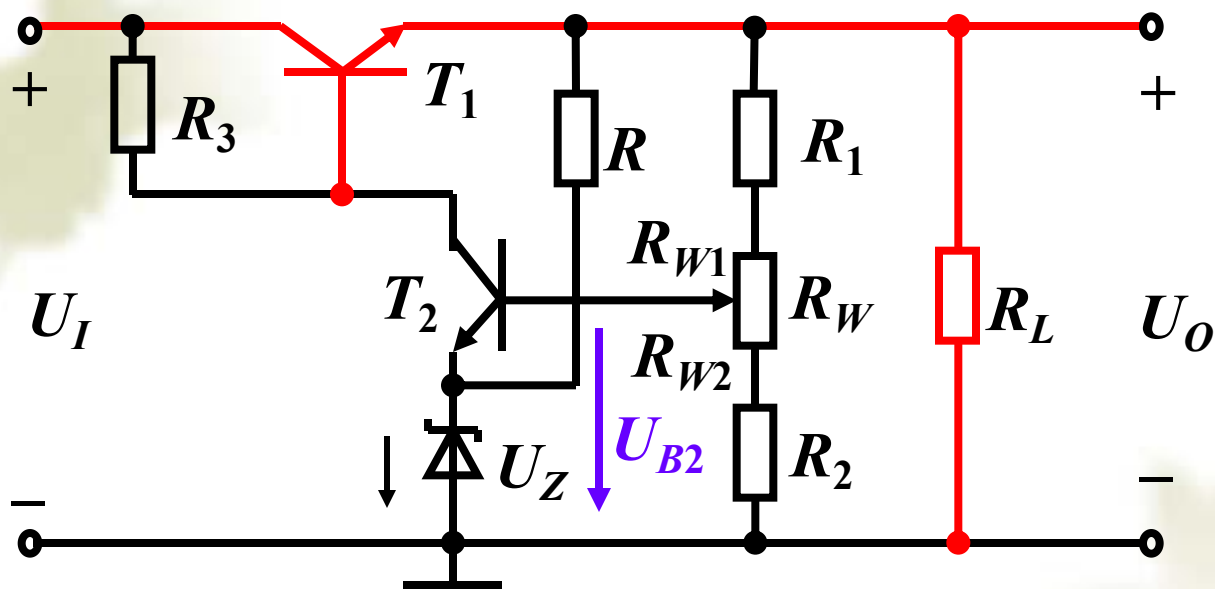
**调整元件 $T$ :** 与负载串联，通过全部负载电流。可以是单个功率管，也可以是几个功率管并联。

**比较放大** 为深度串联电压负反馈，故称之为**串联电路**，**集联反馈式稳压电路**。

**基准电压:** 可由稳压管稳压电路组成。取样电路取出输出电压  $U_O$  的一部分和基准电压相比较。

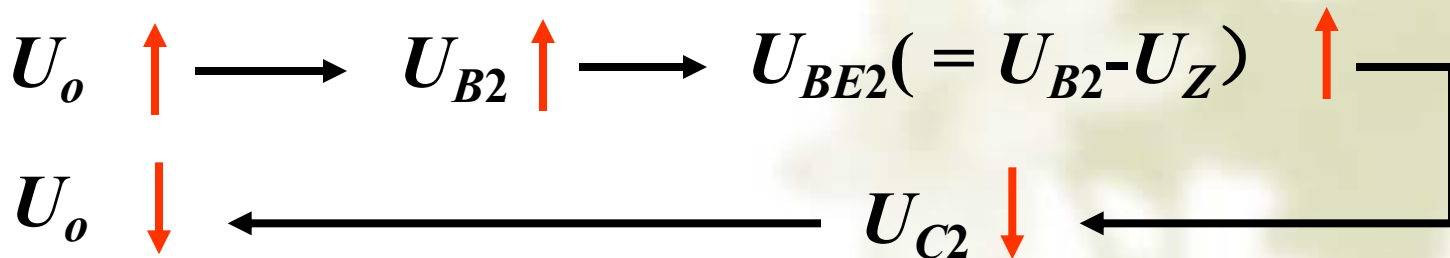


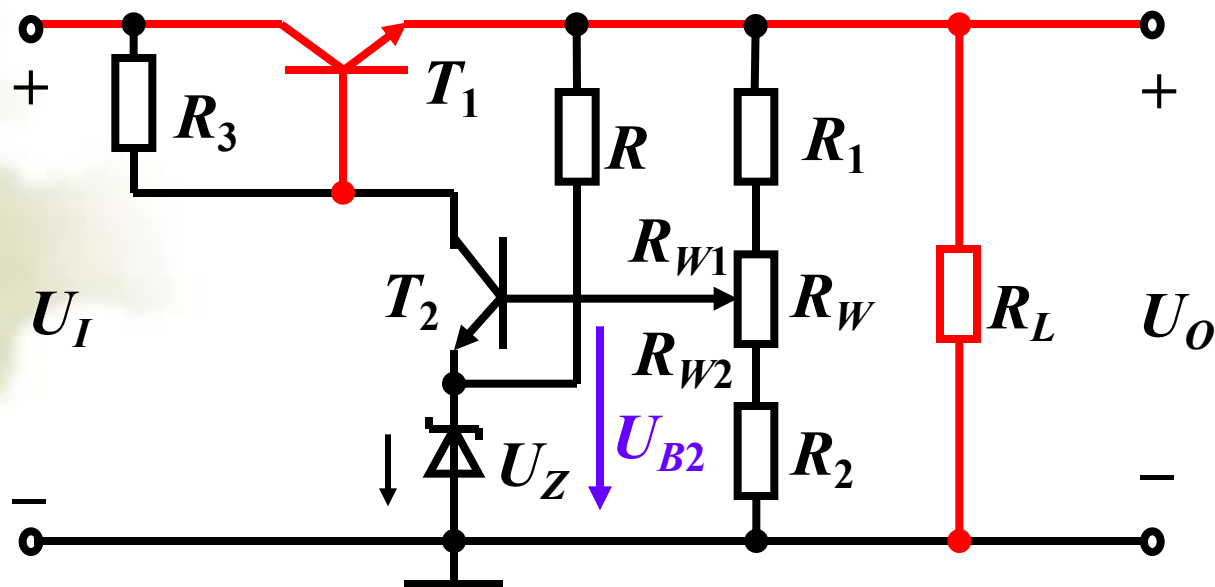
### 3、一种实际的串联式稳压电源



#### 稳压原理

当  $U_I$  增加或输出电流减小使  $U_o$  升高时



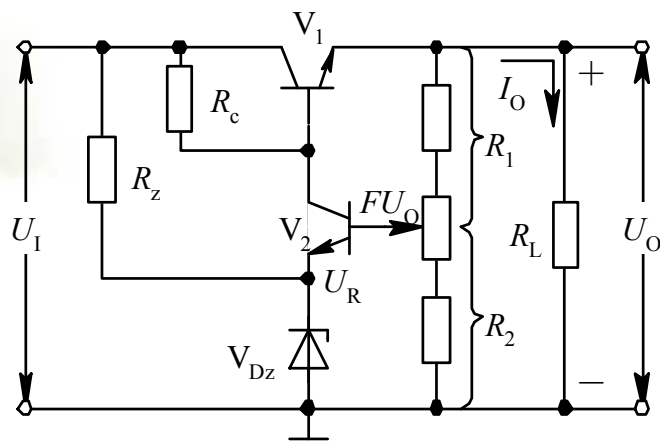


## 输出电压的确定和调节范围

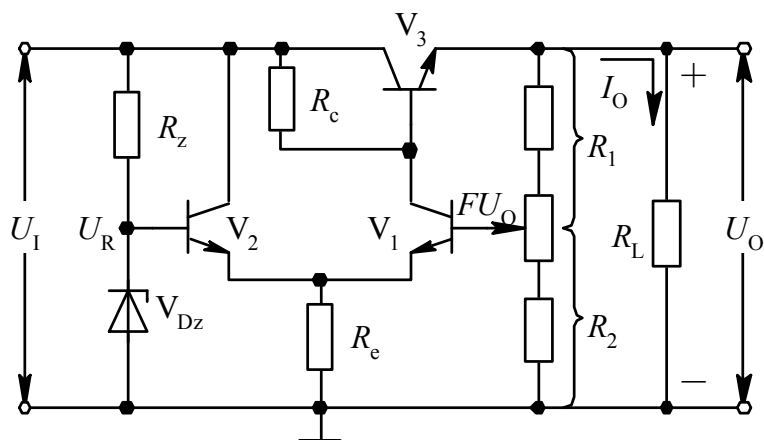
$$U_O = \frac{R_1 + R_2 + R_W}{R_{W2} + R_2} (U_Z + U_{BE2})$$

$$U_{O\max} = \frac{R_1 + R_2 + R_W}{R_2} (U_Z + U_{BE2})$$

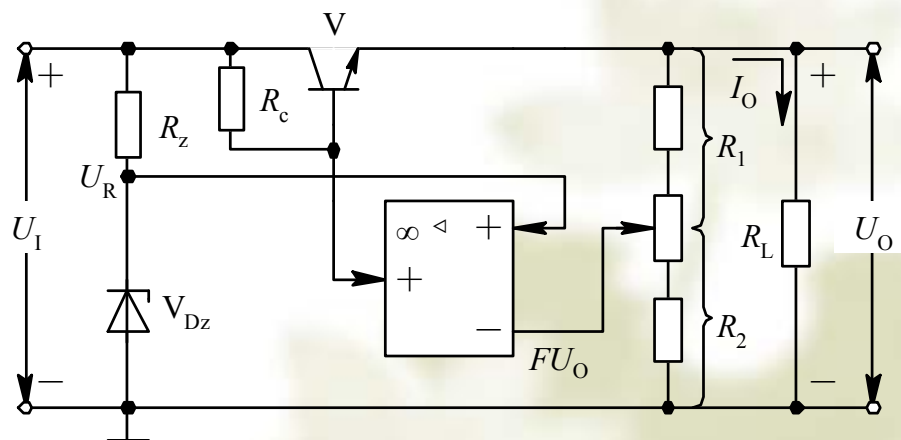
$$U_{O\min} = \frac{R_1 + R_2 + R_W}{R_W + R_2} (U_Z + U_{BE2})$$



(a)

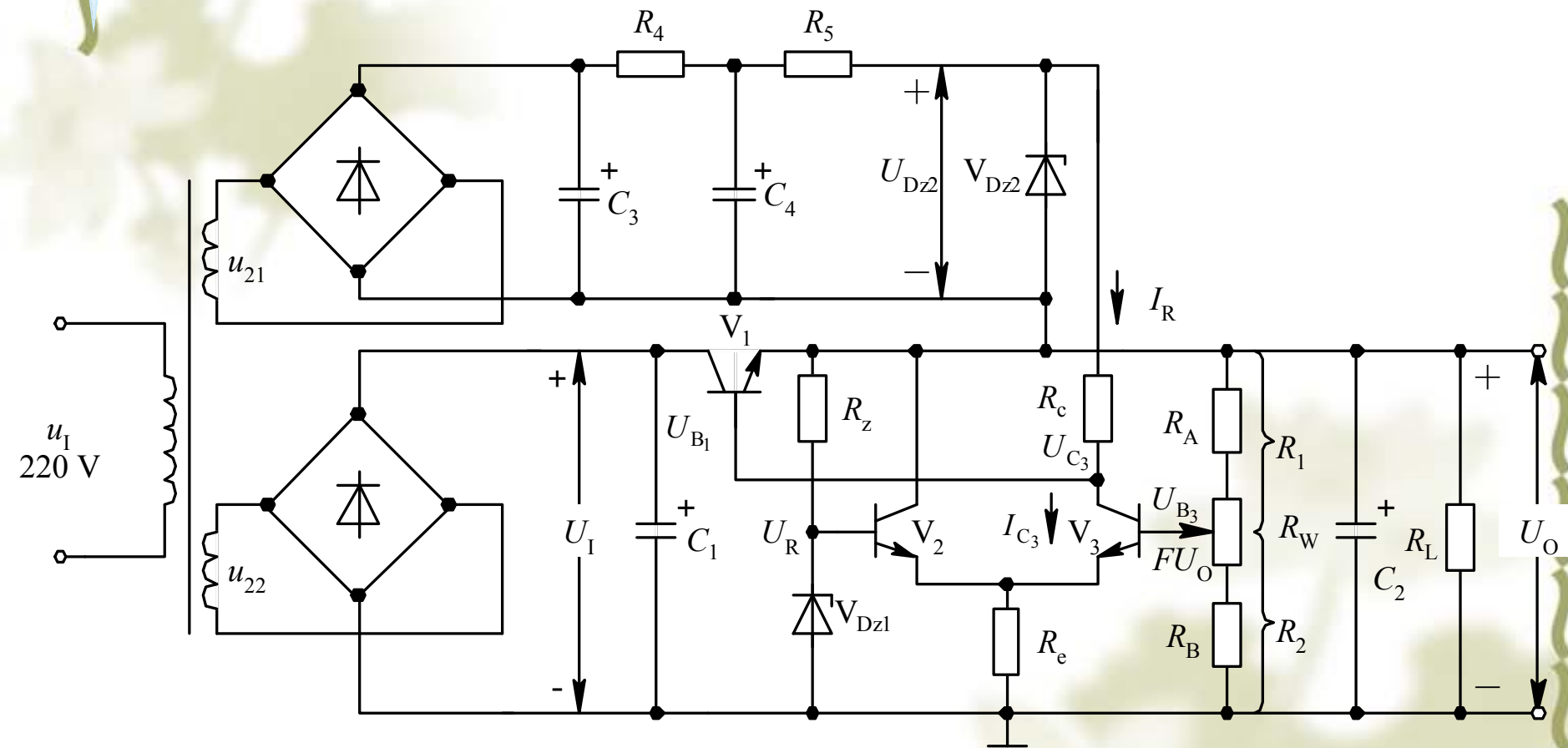


(b)



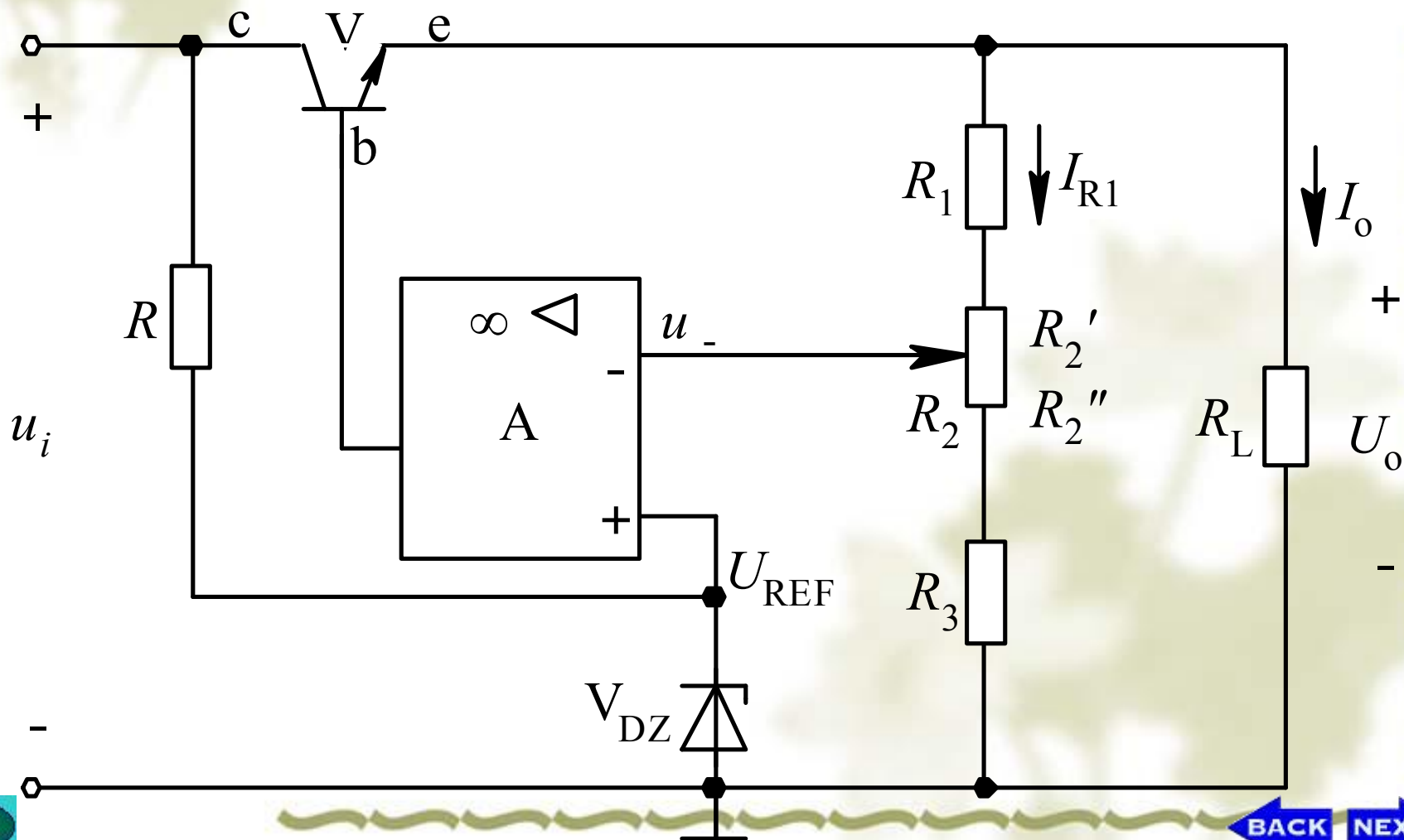
(c)

## 几种串联型稳压电路



具有辅助电源的稳压电路

【例7-5】串联型稳压电路如图所示。已知稳压管的稳定电压  $U_Z=6\text{ V}$ ， $R_1=2\text{ k}\Omega$ ， $R_2=1\text{ k}\Omega$ ， $R_3=1\text{ k}\Omega$ 。试问输出电压  $U_O$  的调节范围？





解：当 $R_2$ 的滑动端位于最上方时， $U_o$ 有最小值 $U_{o\min}$ ，即

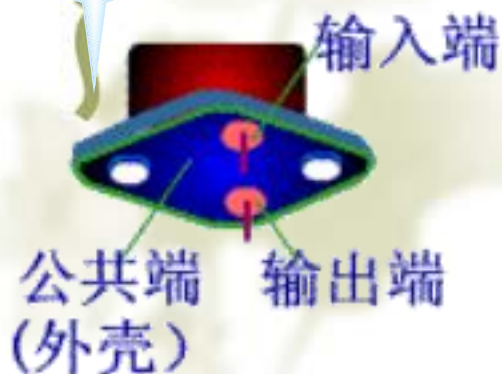
$$U_{o\min} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} U_Z = 12V$$

当 $R_2$ 的滑动端位于最下方时， $U_o$ 有最大值 $U_{o\max}$ ，即

$$U_{o\max} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} U_Z = 24V$$

因此，输出电压 $U_o$ 的调节范围为12~24 V。

## 四、三端集成稳压器



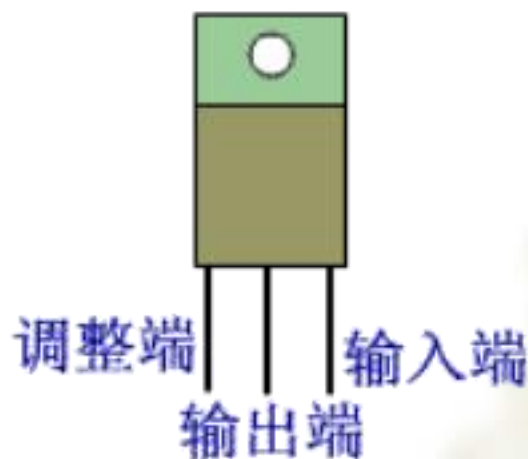
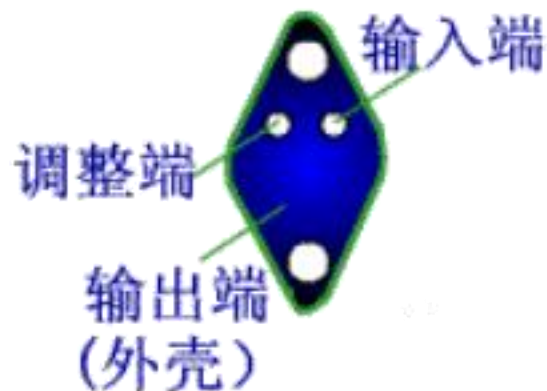
(a) W7800金属封装外形图



(b) W7800塑料封装外形图



(c) W7800方框图



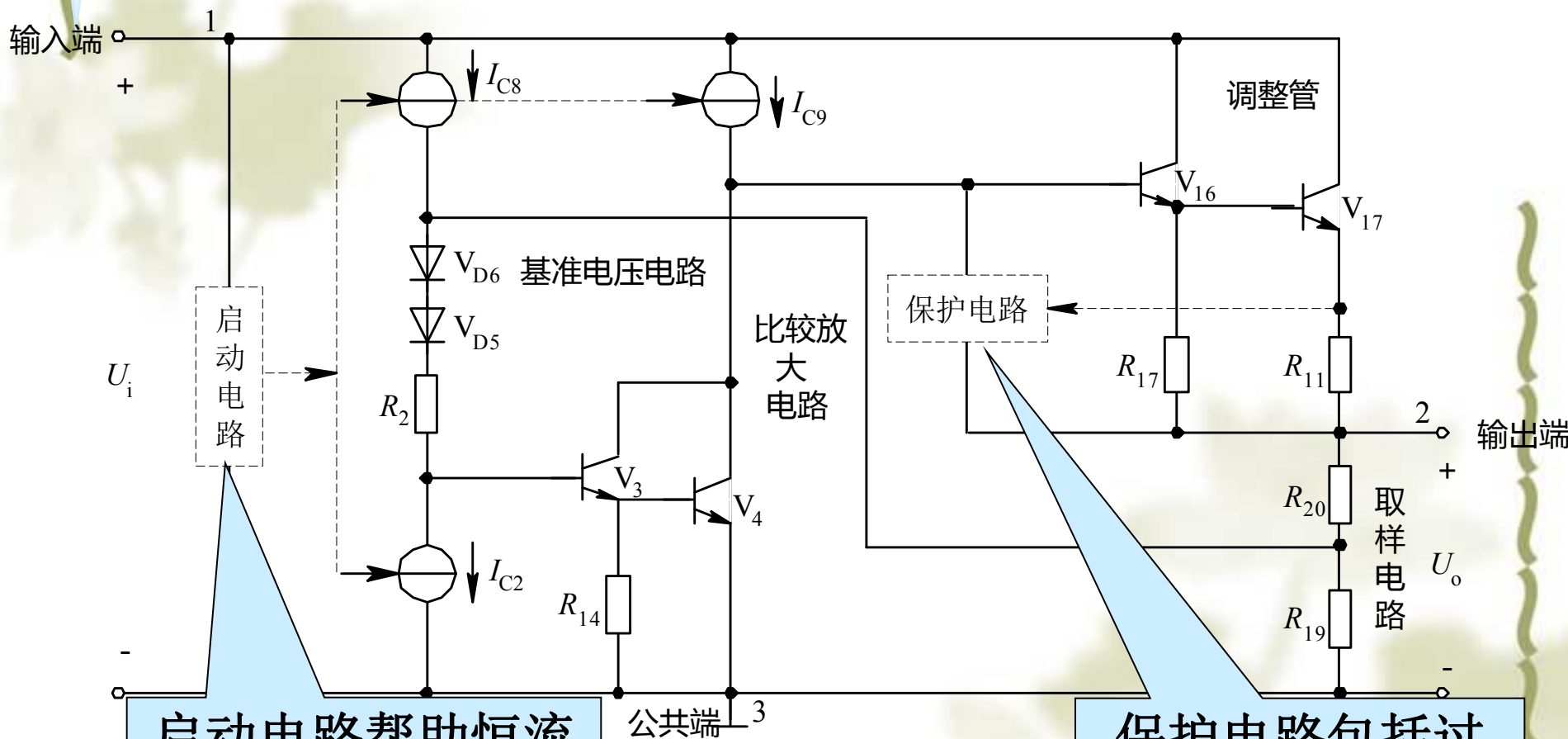
(d) W117外形和方框图

## 1. W7800三端稳压器



| 参数名称   | 符号         | 单位 | W7805<br>典型值 | W7812<br>典型值 |
|--------|------------|----|--------------|--------------|
| 输入电压   | $U_I$      | V  | 10           | 19           |
| 输出电压   | $U_O$      | V  | 5            | 12           |
| 最小输入电压 | $U_{Imin}$ | V  | 7            | 14.5         |
| 电压调整率  | $S_U$      | mV | 7            | 14.5         |
| 电流调整率  | $S_I$      | mA | 25           | 25           |
| 输出电阻   | $R_o$      | mΩ | 17           | 18           |

W7800系列输出电压有5、6、9、12、15、18、24V等七种；  
输出电流有1.5A、0.5A（W78M00）和0.1A（W78L00）三种。



启动电路帮助恒流源建立工作点，使基准电压电路、比较放大电路和调整管等投入正常工作。

W7805简化框图

保护电路包括过流保护、短路保护、调整管安全工作区保护和芯片过热保护等

2. W117三端稳压器



| 参数名称     | 符号               | 单位      | W117/W217M      | W317L           |
|----------|------------------|---------|-----------------|-----------------|
|          |                  |         | 典型值             | 典型值             |
| 输出电压     | $U_O$            | V       | 1.2~37          | 1.2~37          |
| 电压调整率    | $S_U$            | %/V     | 0.01            | 0.01            |
| 电流调整率    | $S_I$            | %       | 0.1             | 0.1             |
| 调整端电压    | $I_{adj}$        | $\mu A$ | 50              | 50              |
| 调整端电流变化  | $\Delta I_{adj}$ | $\mu A$ | 0.2             | 0.2             |
| 基准电压     | $U_{REF}$        | V       | 1.25            | 1.25            |
| 最小负载电流   | $I_{Omin}$       | mA      | 3.5             | 3.5             |
| 可调输出电压范围 | $I_{Omax}$       | A       | 0.1~1.5 (W117M) | 0.1~0.5 (W117L) |

输出电流有1.5 A (W117M) 和0.1 A (W117L) 三种。



输入端

1

$I_1$

$I_2$

调整端电流  
 $I_{adj}$  很小 (约  
 $50 \mu A$ ) ,

$U_i$

基准电  
压电路

$\infty$

A

保护  
电路

调

输出端

2

$U_{REF}$

$I_{adj}$

调整端

3

$R_1$

$U_o$

$R_2$

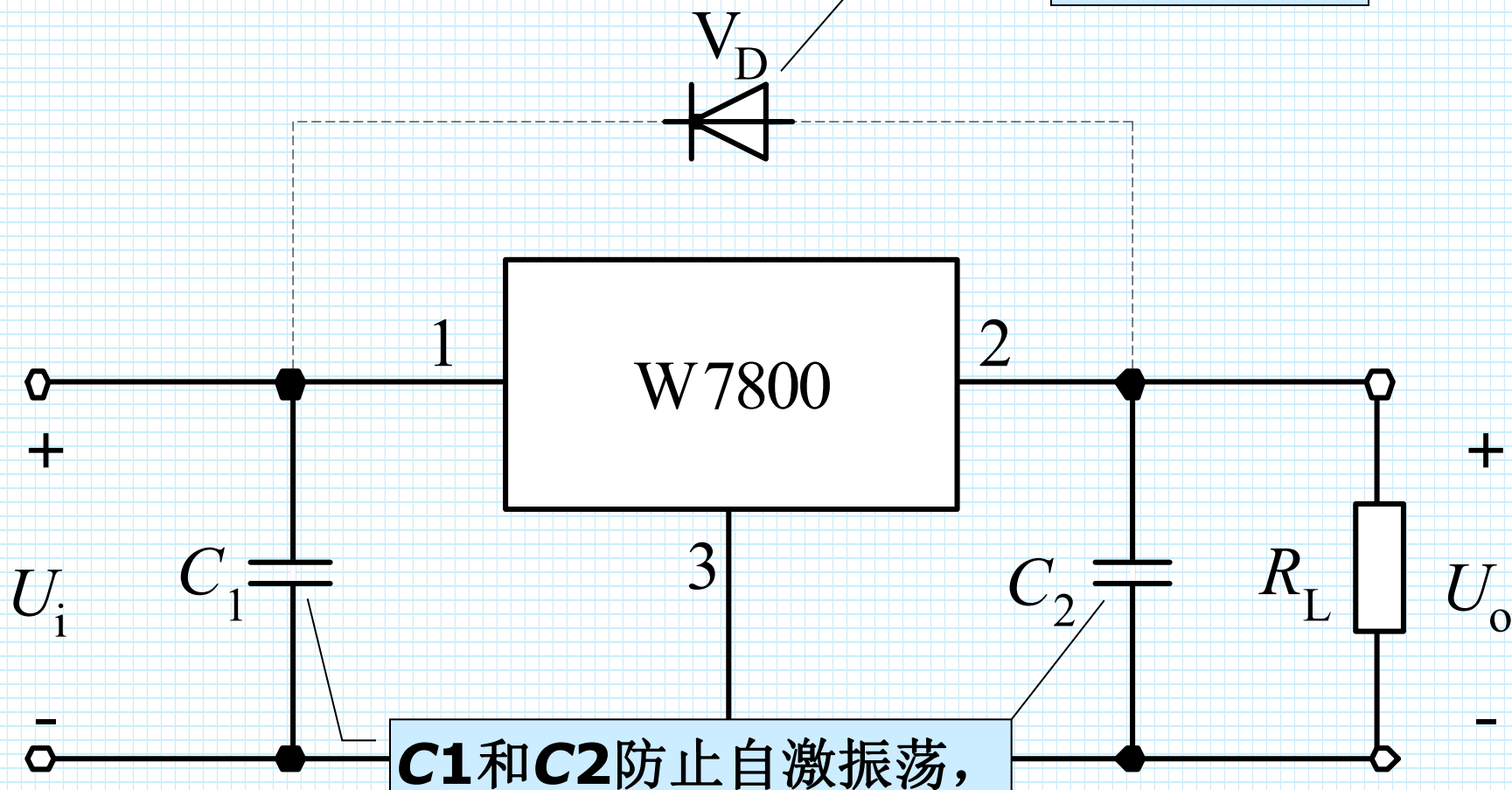
$$U_o \approx \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot U_{REF}$$

### 3. 三端集成稳压器的应用



#### (1) W7800的应用

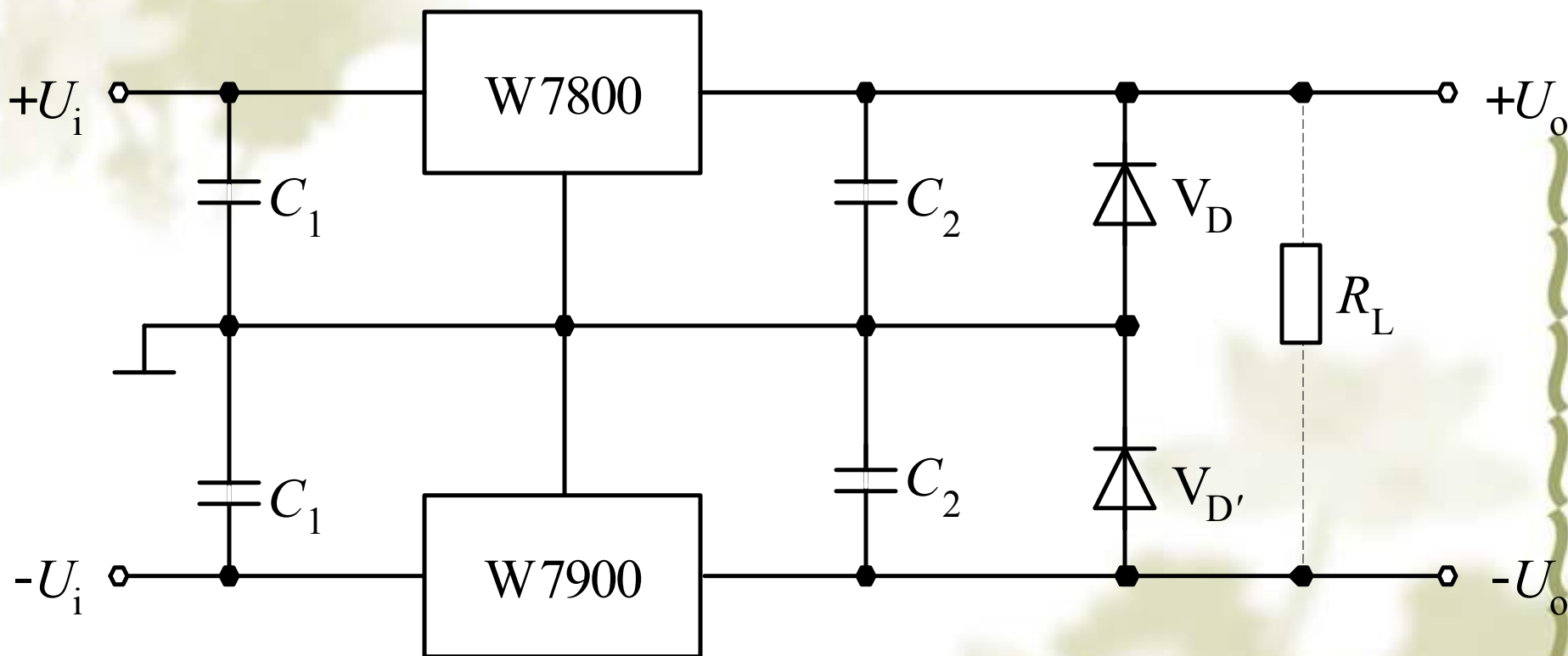
保护二极管



**C1和C2防止自激振荡，**

**注意：输入电压 $U_i$ 一般应比输出电压端 $U_o$ 高3V以上。**

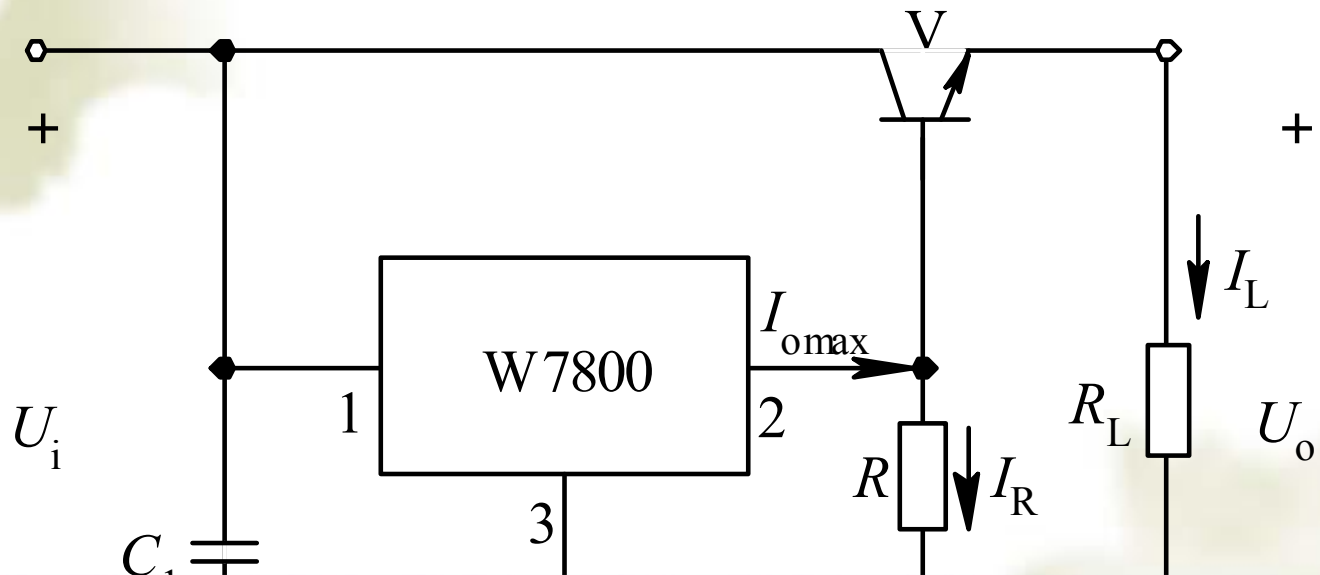
# W7800和W7900



正、负输出稳压电路



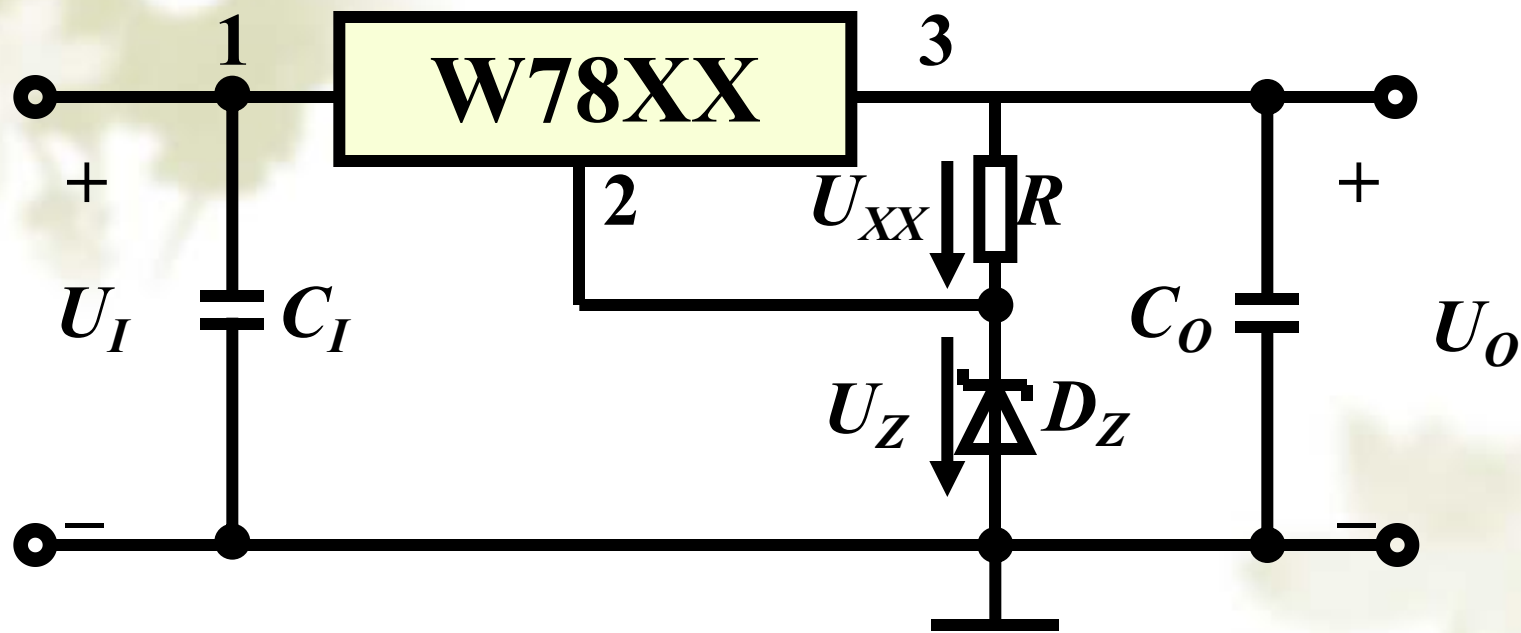
## 采用外接功率管的方法来扩大输出电流



若外接功率管发射结压降为  $U_{BE}$ ，电流放大系数为  $\beta$ ，则负载电流最大可达  $I_{Lmax} = (1 + \beta)(I_{omax} - I_R)$

二极管  $V_D$  的作用是为抵消  $U_{BE}$  对  $U_o$  的影响，维持输出电压的稳定。因为当  $U_{BE} = U_D$  时， $U_o = I_R \cdot R = U_{23}$ 。

# 提高输出电压的电路



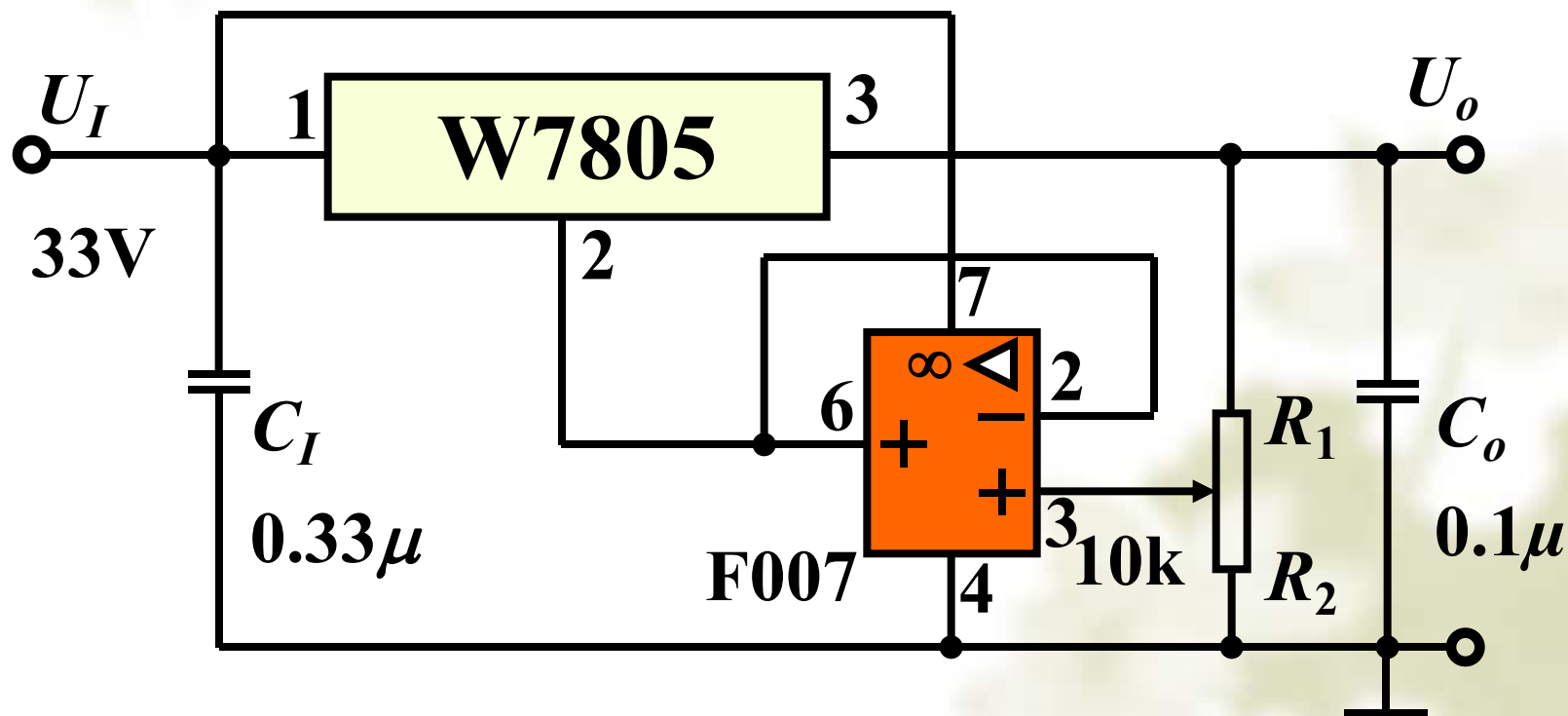
$U_{XX}$ : 为W78XX固定输出电压

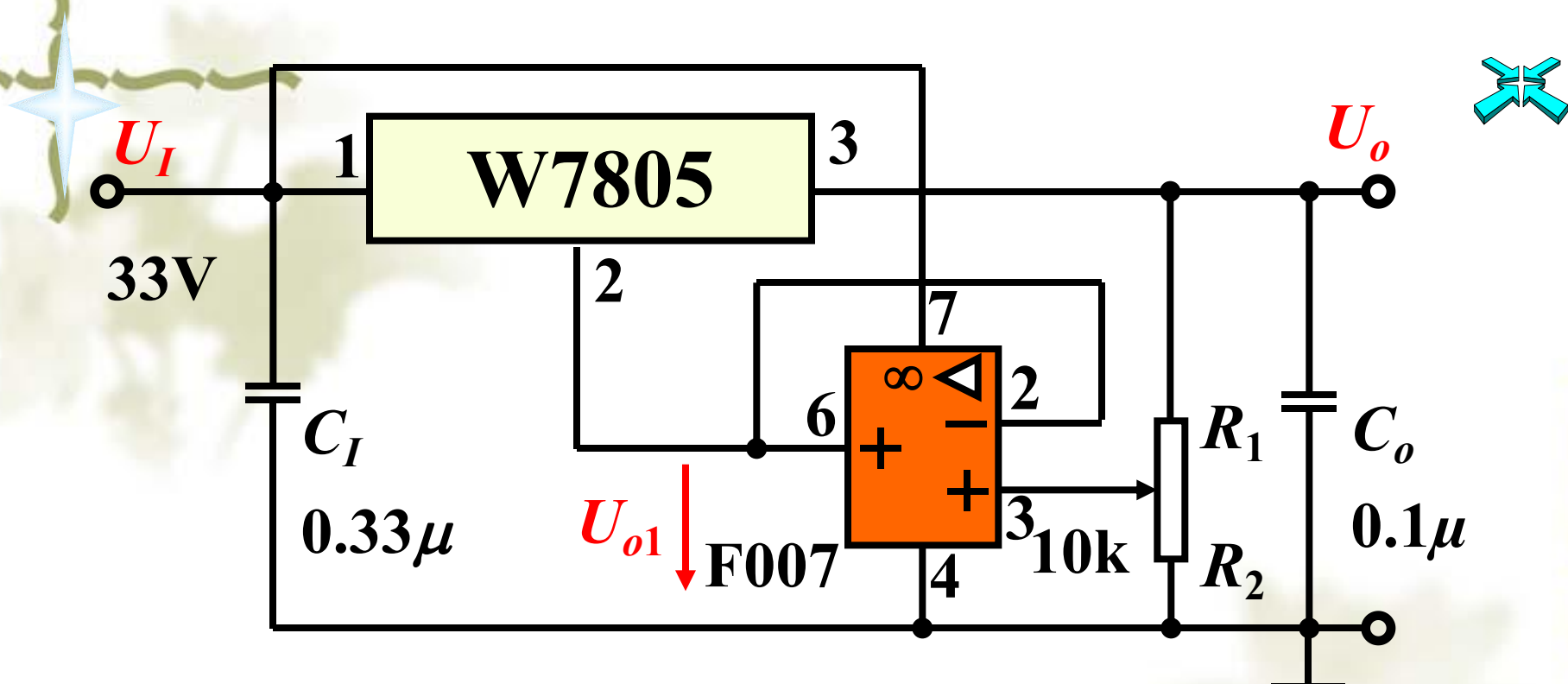
$$U_O = U_{XX} + U_Z$$

# 输出电压可调式电路



用三端稳压器也可以实现输出电压可调，下图是用W7805组成的7—30V可调式稳压电源。





运算放大器作为电压跟随器使用，它的电源就借助于稳压器的输入直流电压。由于运放的输入阻抗很高，输出阻抗很低，可以克服稳压器受输出电流变化的影响。

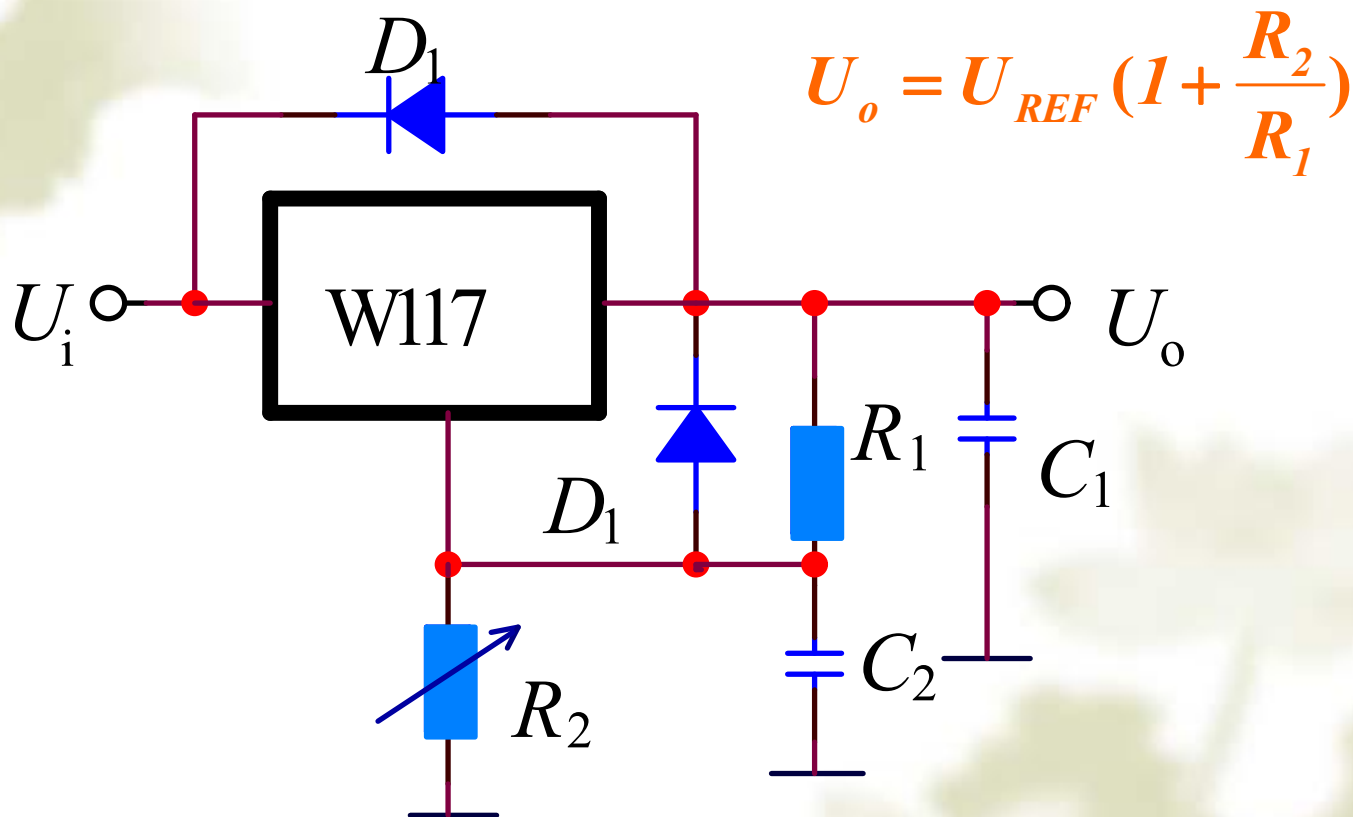
$$U_{o1} = U_- = U_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_o$$

$$U_o = U_{o1} + U_{XX}$$

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

(U<sub>XX</sub>=5V)

## (2) W117的应用



电容 $C_1$ ：防止自激。

电容 $C_2$ ：减小电阻 $R_2$ 上的电压波动。

$D_1$ 、 $D_2$ ：保护二极管。

# 小 结



- ❖ 稳压管稳压原理、特点、参数
- ❖ 串联稳压原理、特点、参数
- ❖ 电路元件参数的选择方法
- ❖ 思考题：
  - ❖ 1. 标称输出**6V**直流电源，在未接收音机时，为什么测量输出端子的电压，有的为**6V**，有的为**7-8V**？用后者给收音机供电，会造成收音机损坏吗？
  - ❖ 2. 对一般直流电源，若不慎将输出端短路，则一定会使电源损坏吗？



## 第四节 开关型稳压电路

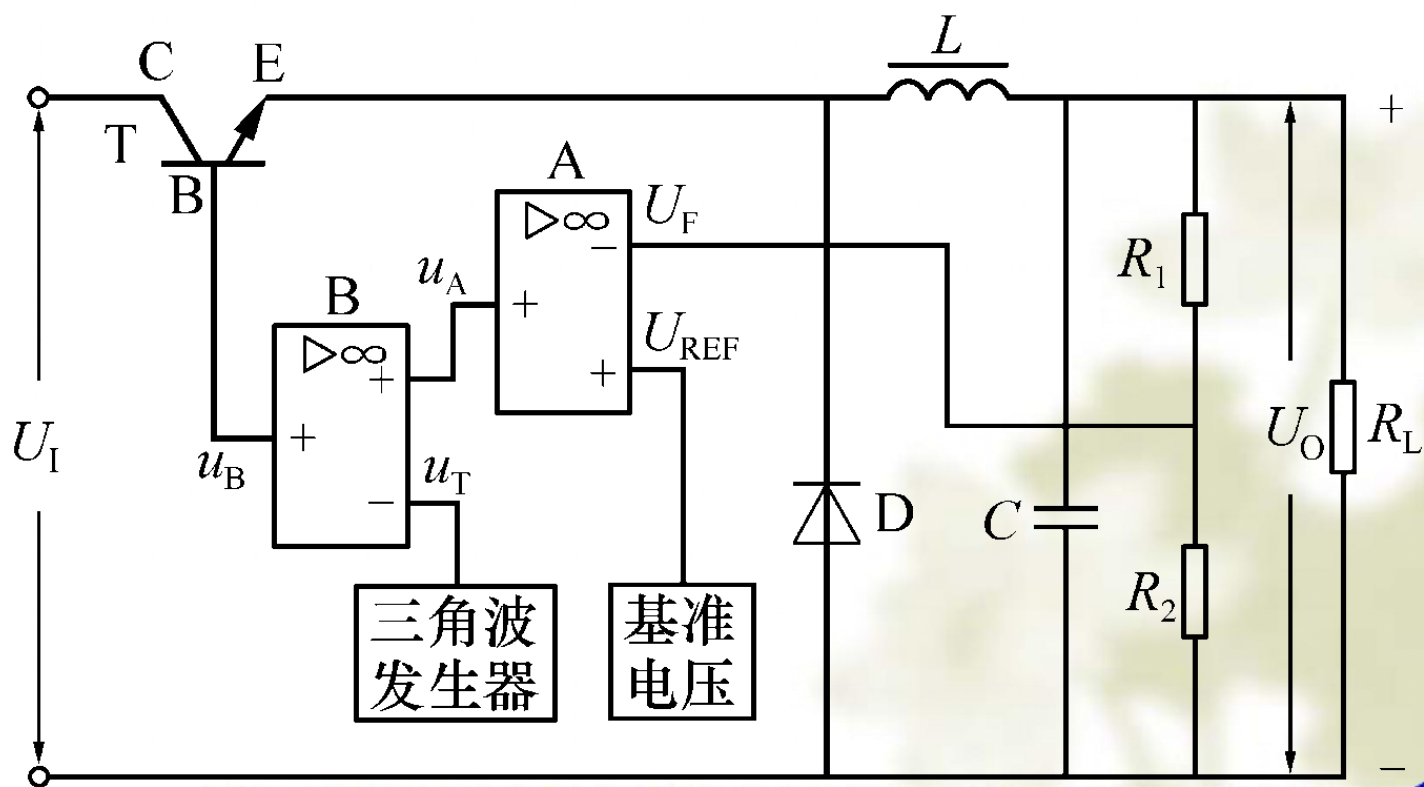
一、开关型稳压电路的特点

二、电路组成及工作原理

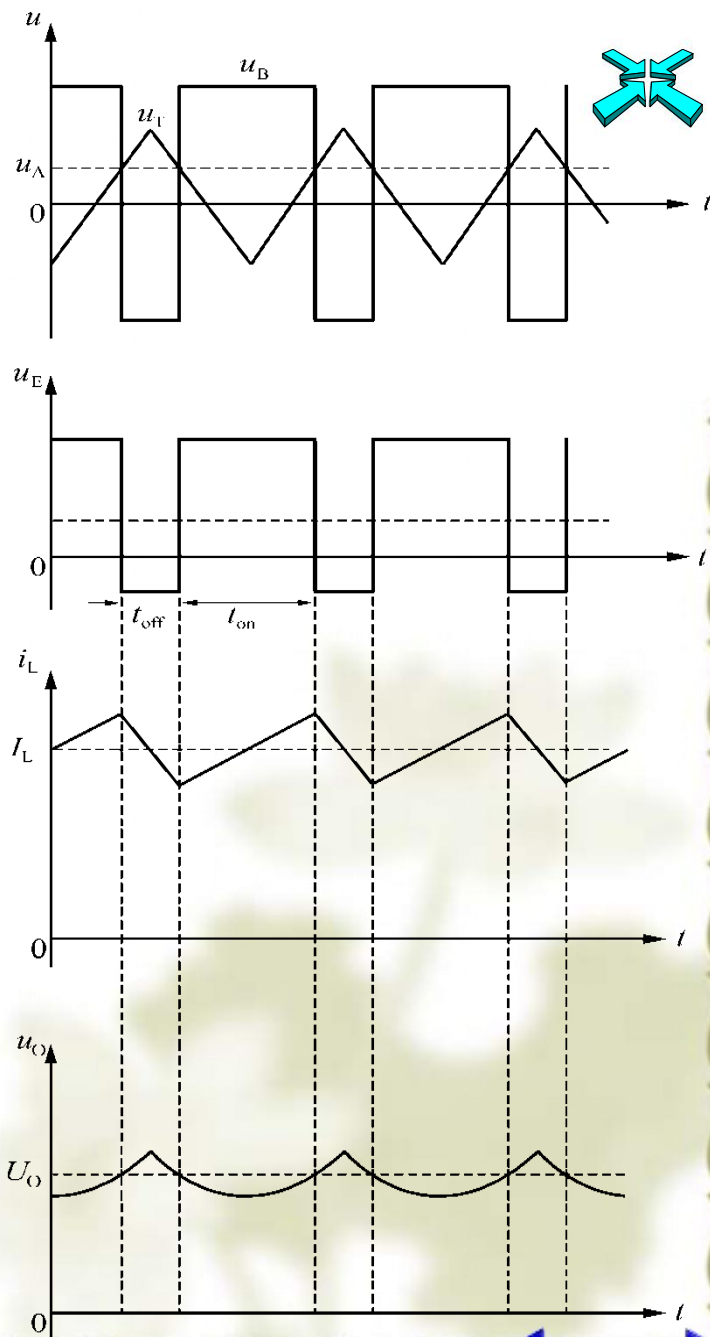
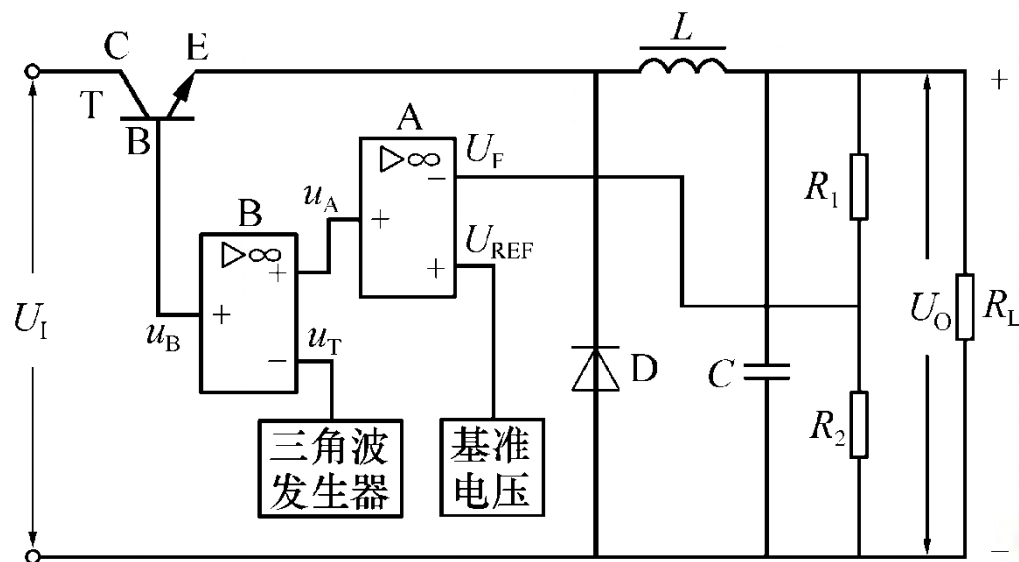


## 一、开关型稳压电路的特点

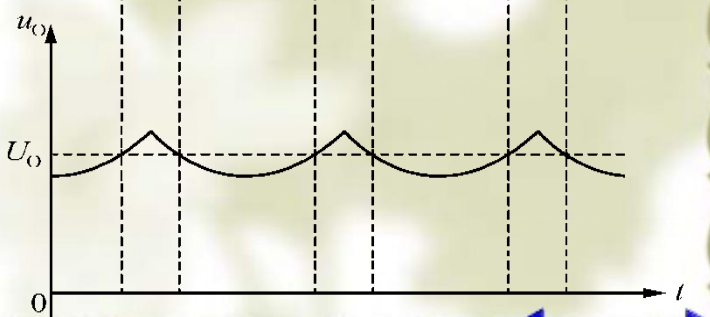
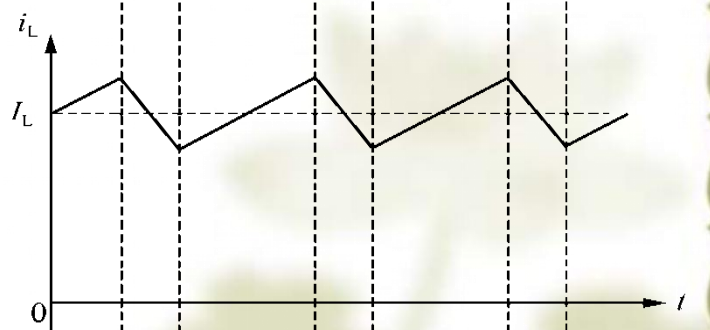
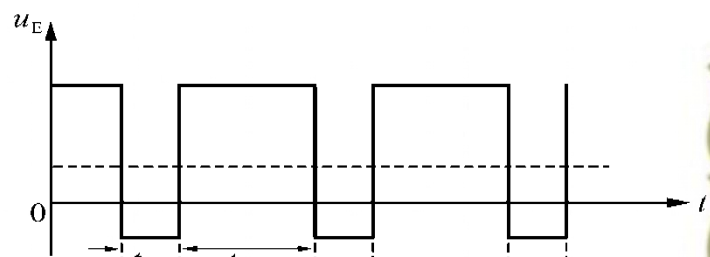
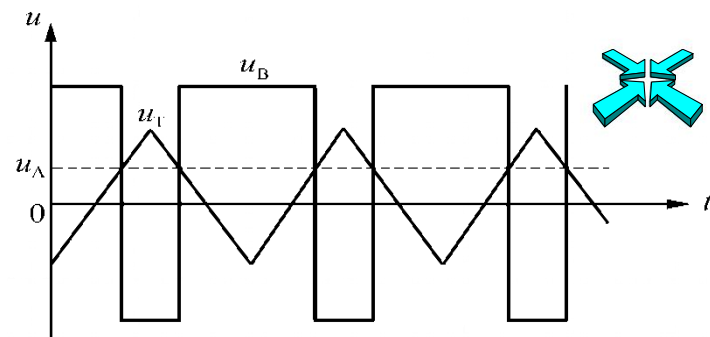
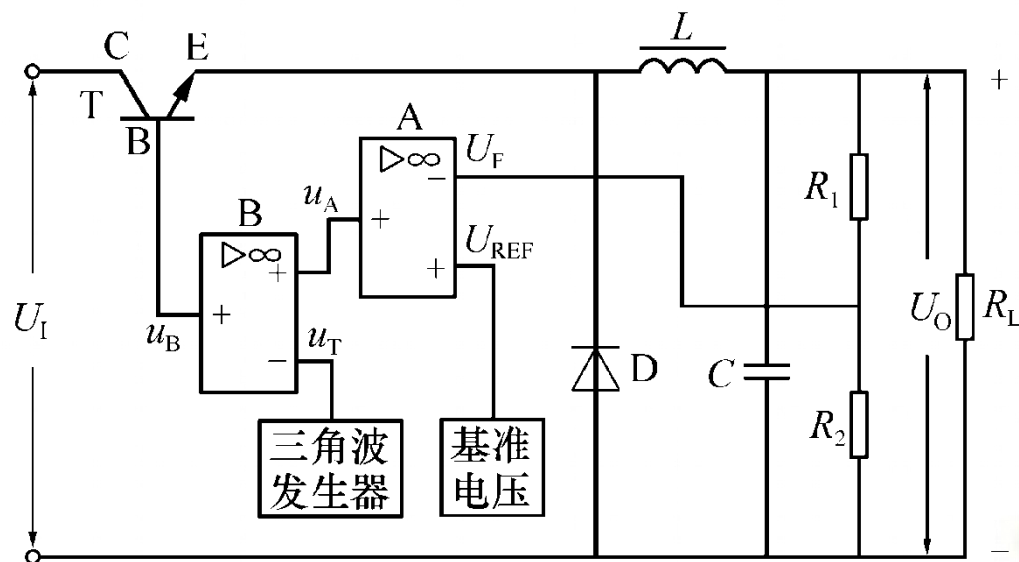
效率高，一般可达65%~70%，功耗低、体积小、重量轻。



当 $u_A > u_T$ 时，T导通，电源通过调整管T向负载供电和给电容C充电，同时电感L储存能量。二极管D承受反向电压而截止。



当 $u_A < u_T$ 时，为低电平，T截止，电感中储存的能量通过D向负载 $R_L$ 释放，使负载在调整管截止时仍然有电流通过，因此称二极管D为续流二极管。

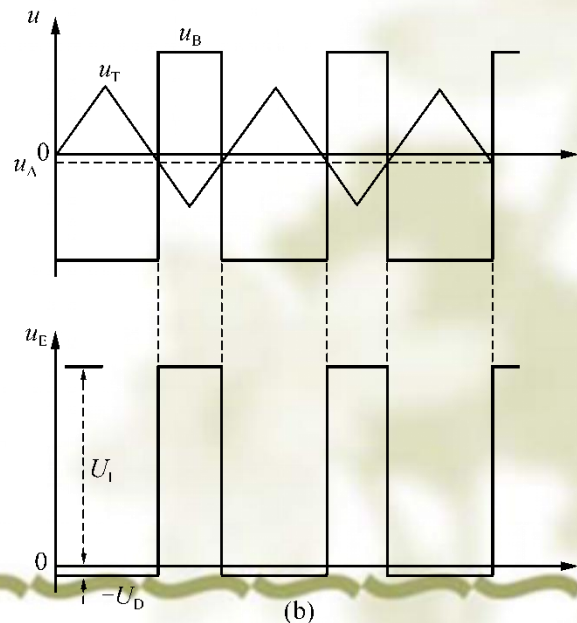
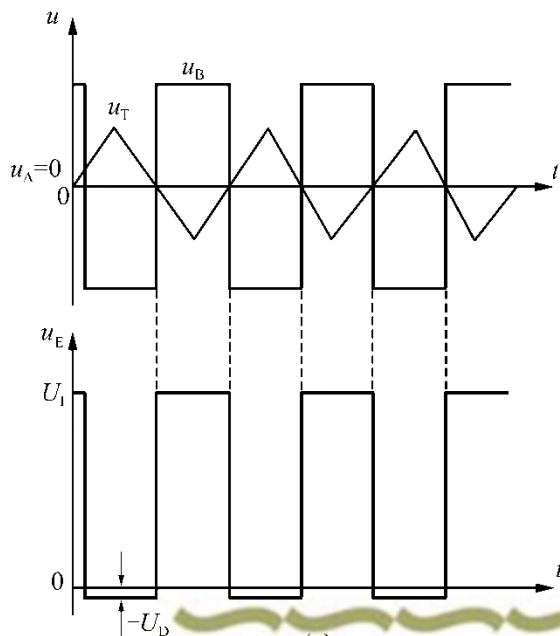


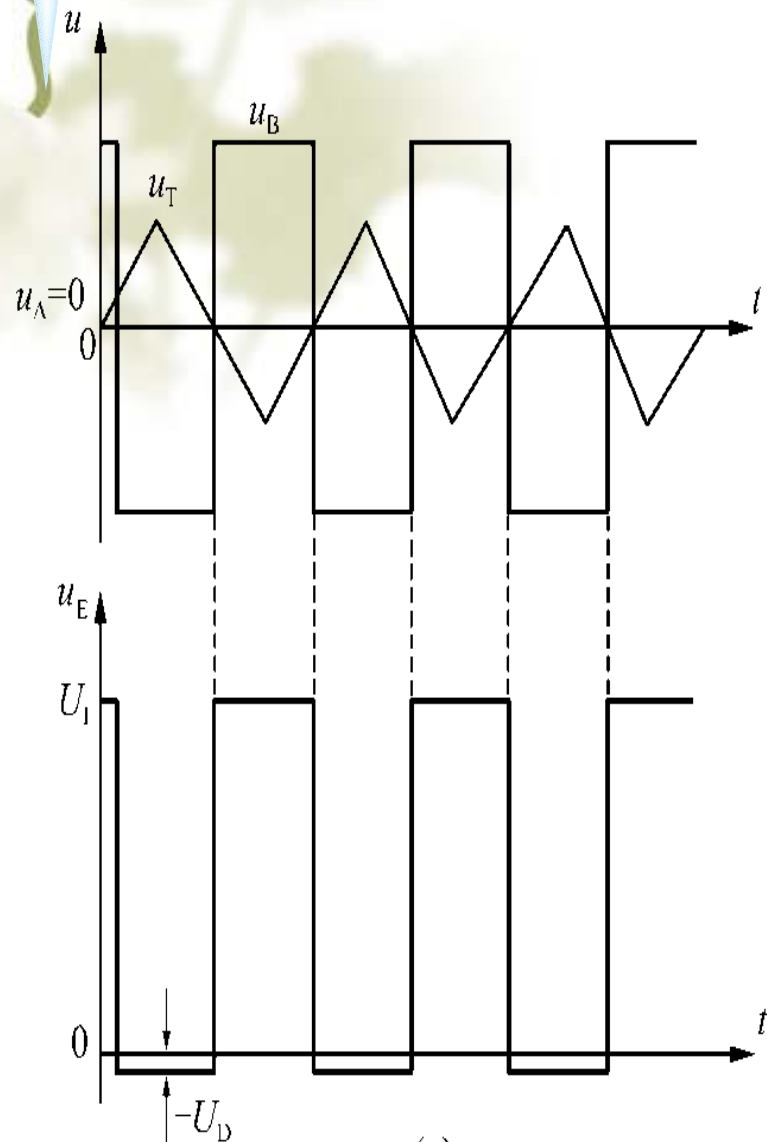


## 二、工作原理

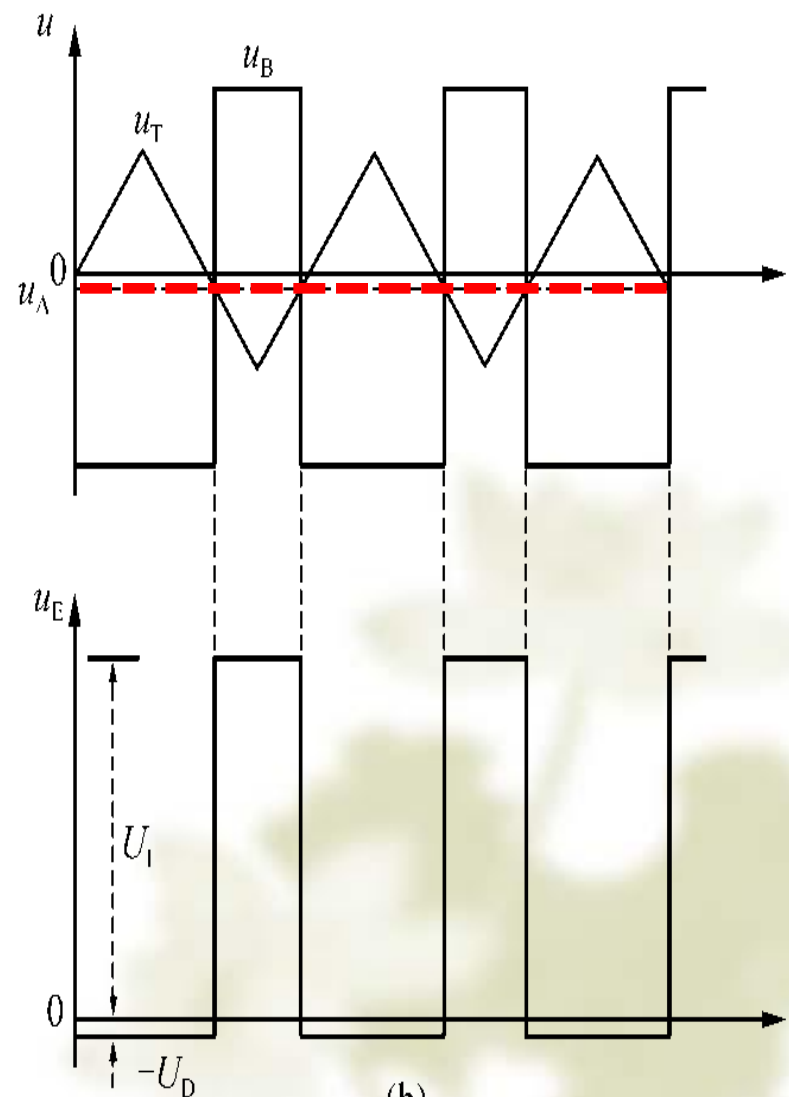
正常工作状态时  $U_F = U_{REF}$   $u_A = 0$  放大器B的输出只与三角波发生器产生的三角波有关，即放大器B的输出脉冲电压的占空比  $q = 50\%$ ；

$U_I$  的增加使输出电压增加时， $U_F > U_{REF}$  放大器A输出负电压，T的导通时间变短了，输出电压下降。





(a)



(b)



## 第五节 可控硅整流电路

- 一、可控硅的结构与导通条件
- 二、单结晶体管及触发电路
- 三、单相桥式可控整流电路

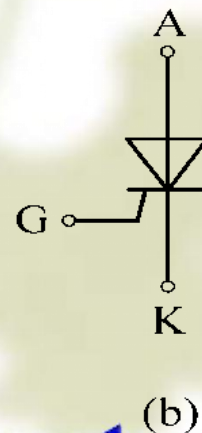
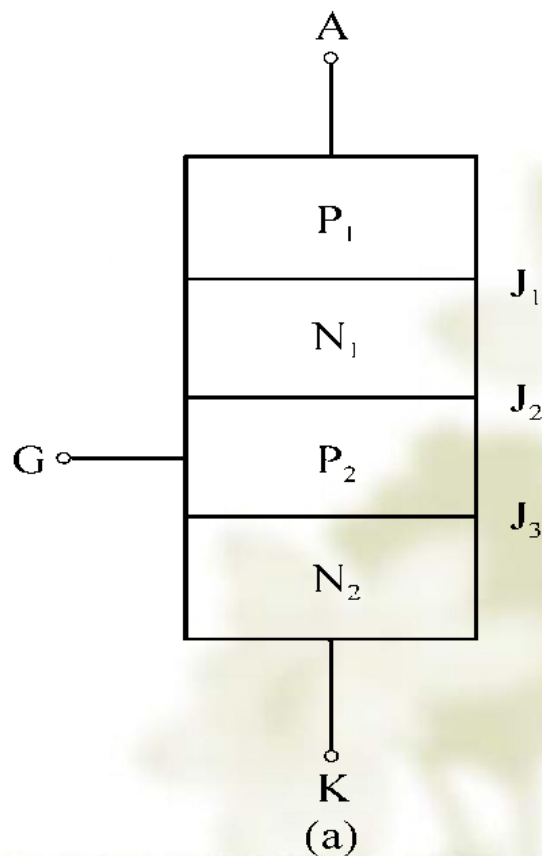


## 一、可控硅的结构与导通条件

可控硅 (thyristor) 也称晶闸管

### 1. 结构

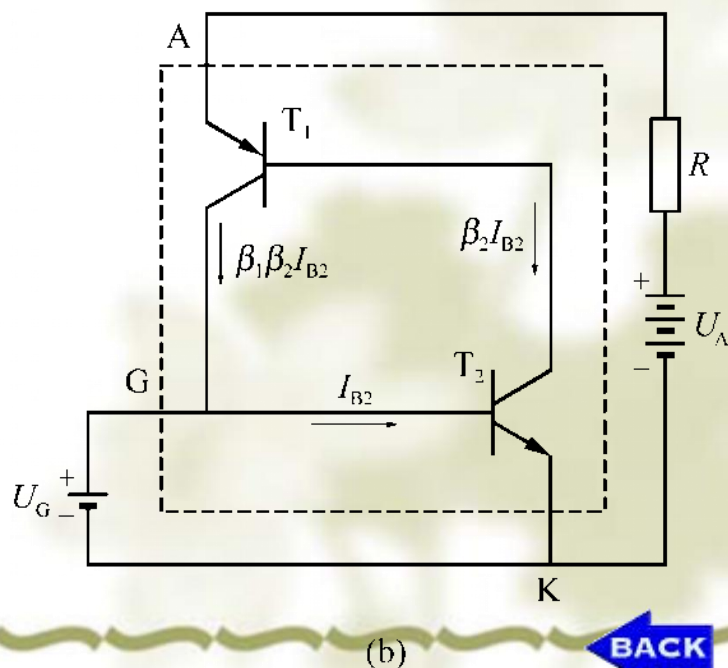
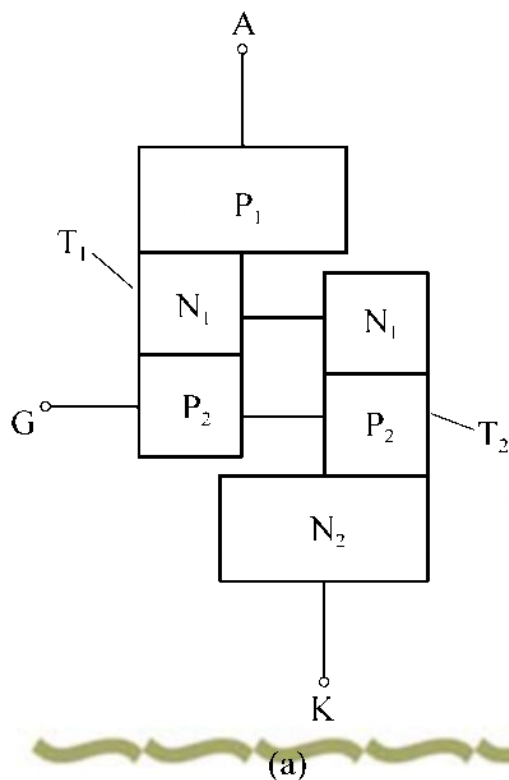
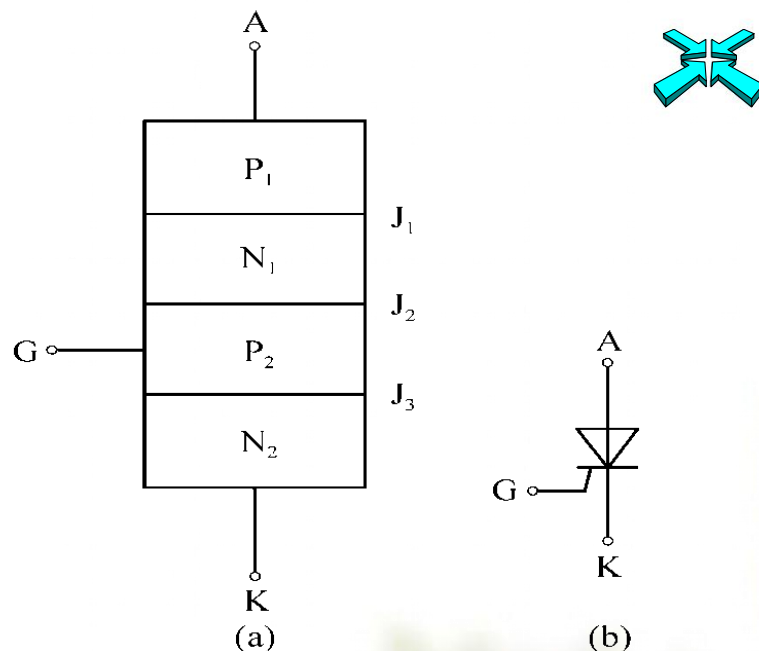
四层半导体材料组成，  
形成三个PN结



## 2. 导通条件

①阳极和阴极之间加正向电压 $U_{AK}$ 。

②控制极和阴极之间加正向触发电压 $U_G$ 。



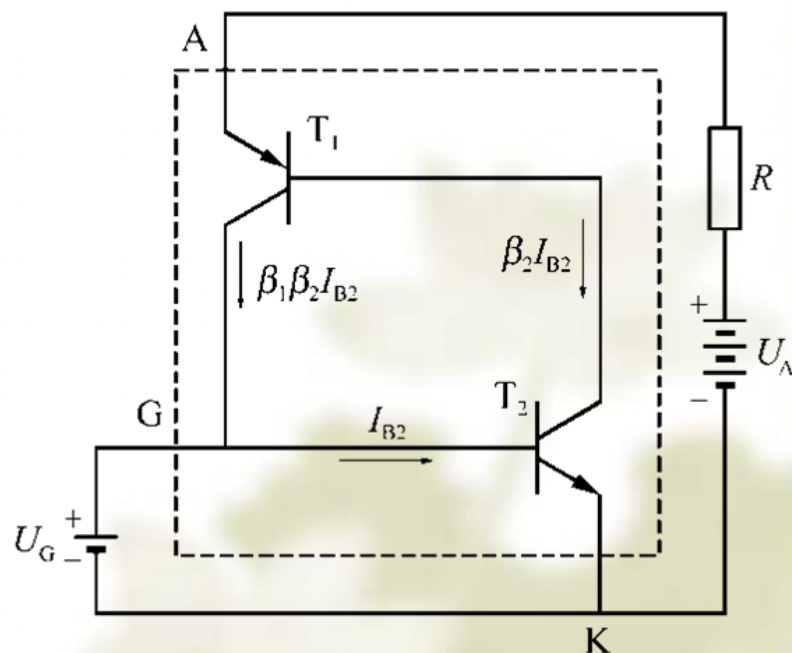


可控硅导通后，控制极便失去作用，依靠正反馈仍可维持导通状态。

### 3. 关断的条件：

①必须使可控硅阳极电流减小，直到正反馈效应不能维持。

②将阳极电源断开或者在可控硅的阳极和阴极间加反相电压。

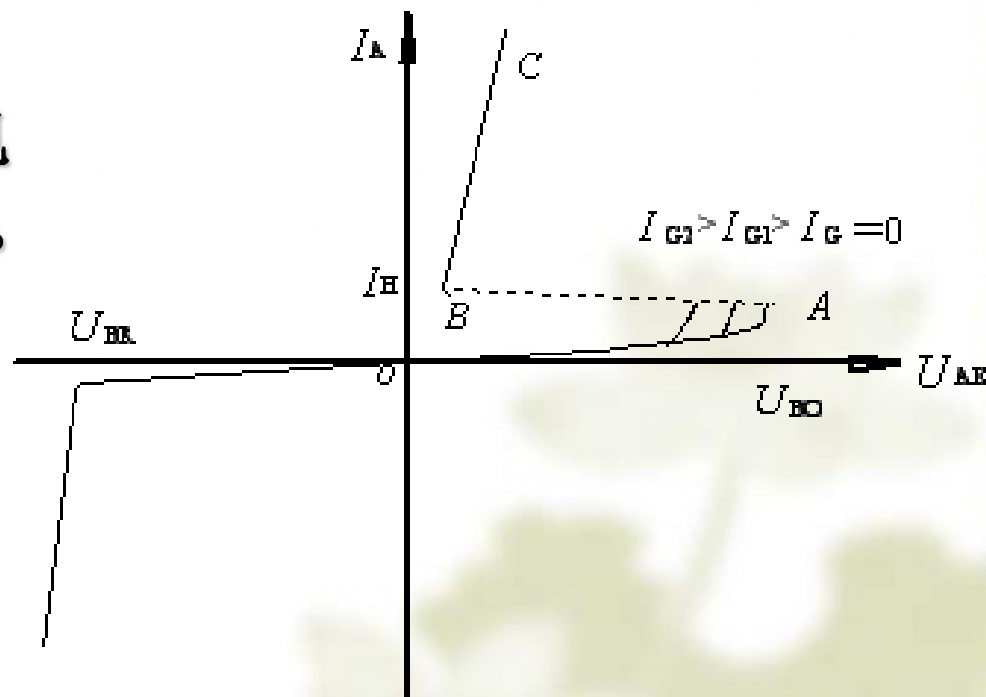




## 4. 伏安特性

转折电压、正向平均电流、触发电流、管压降。

导通时电流 $I_A$ 的大小由可控硅所在回路的电阻和电源电压决定。

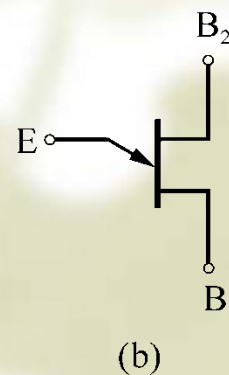
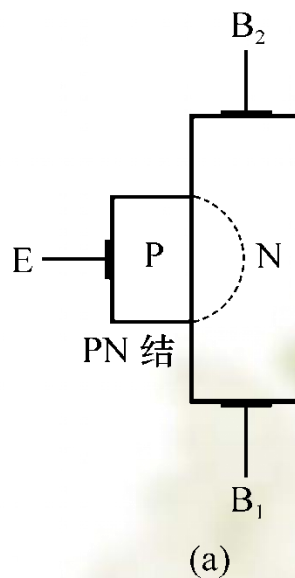
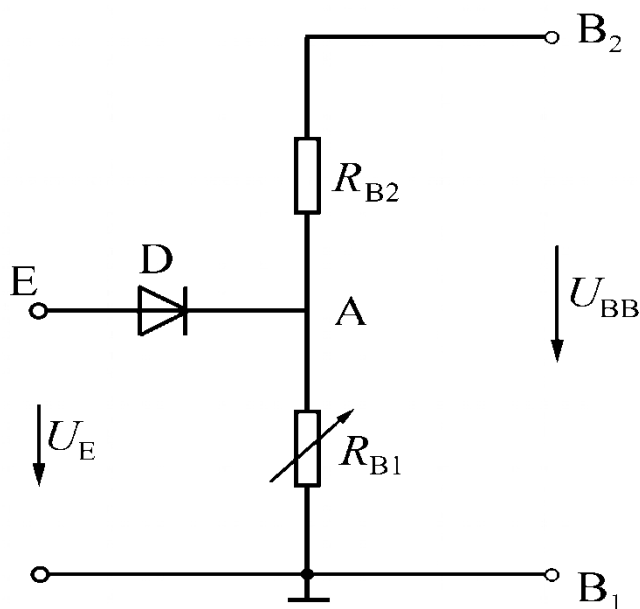




## 二、单结晶体管及触发电路

### 单结晶体管(unijunction transistor)

#### 1. 单结晶体管的结构



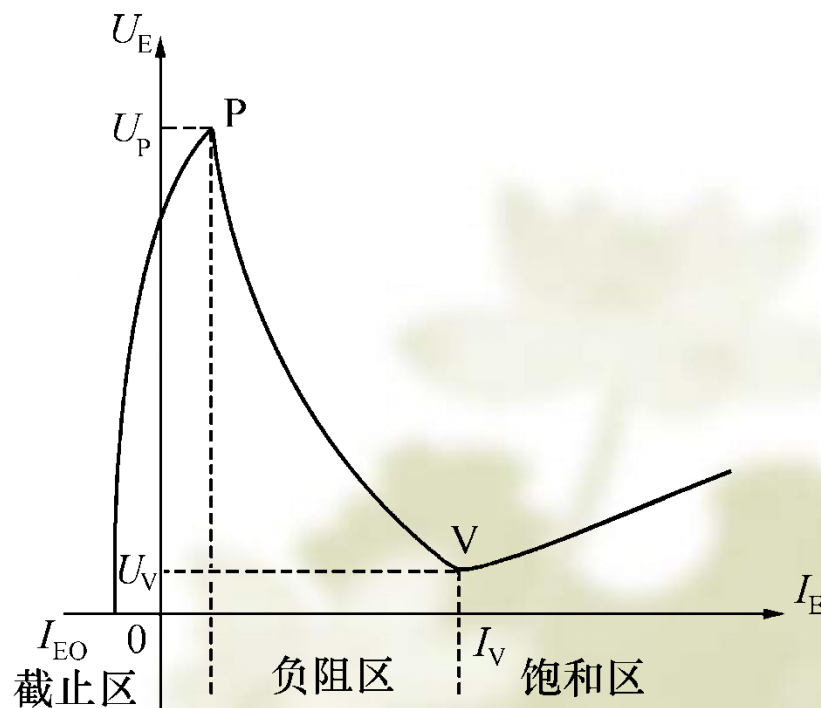


## 2. 单结晶体管的伏安特性曲线

突变点P称峰点，对应P点的电压 $U_E$ 称峰点电压 $U_P$ 、电流 $I_E$ 称峰点电流 $I_P$ 。

曲线中的最低点V称谷点，对应的电压和电流分别称谷点电压 $U_V$ 和谷点电流 $I_V$ 。

截止区、负阻区、饱和区

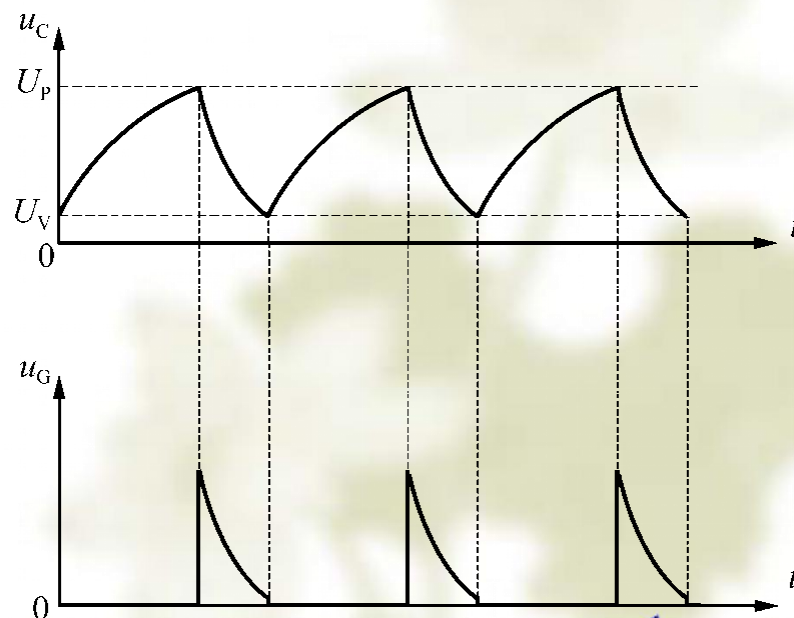
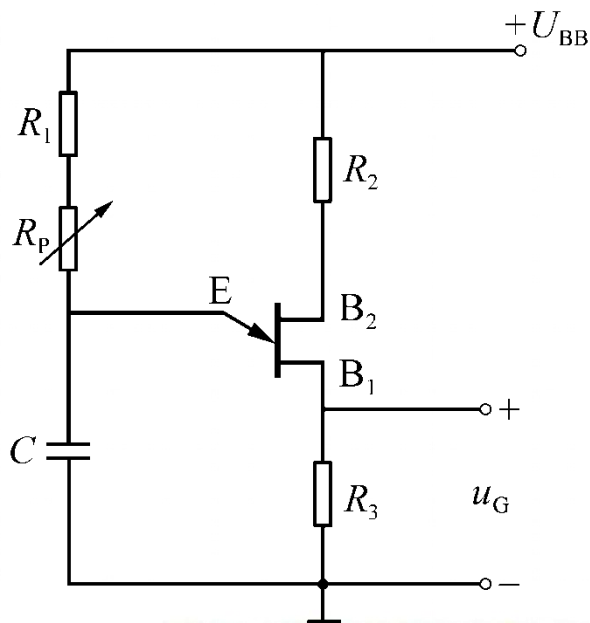




### 3. 单结晶体管振荡电路

接通电源后，经电阻 $R_1$ 和 $R_p$ 充电，电容电压 $u_C$ 逐渐升高。

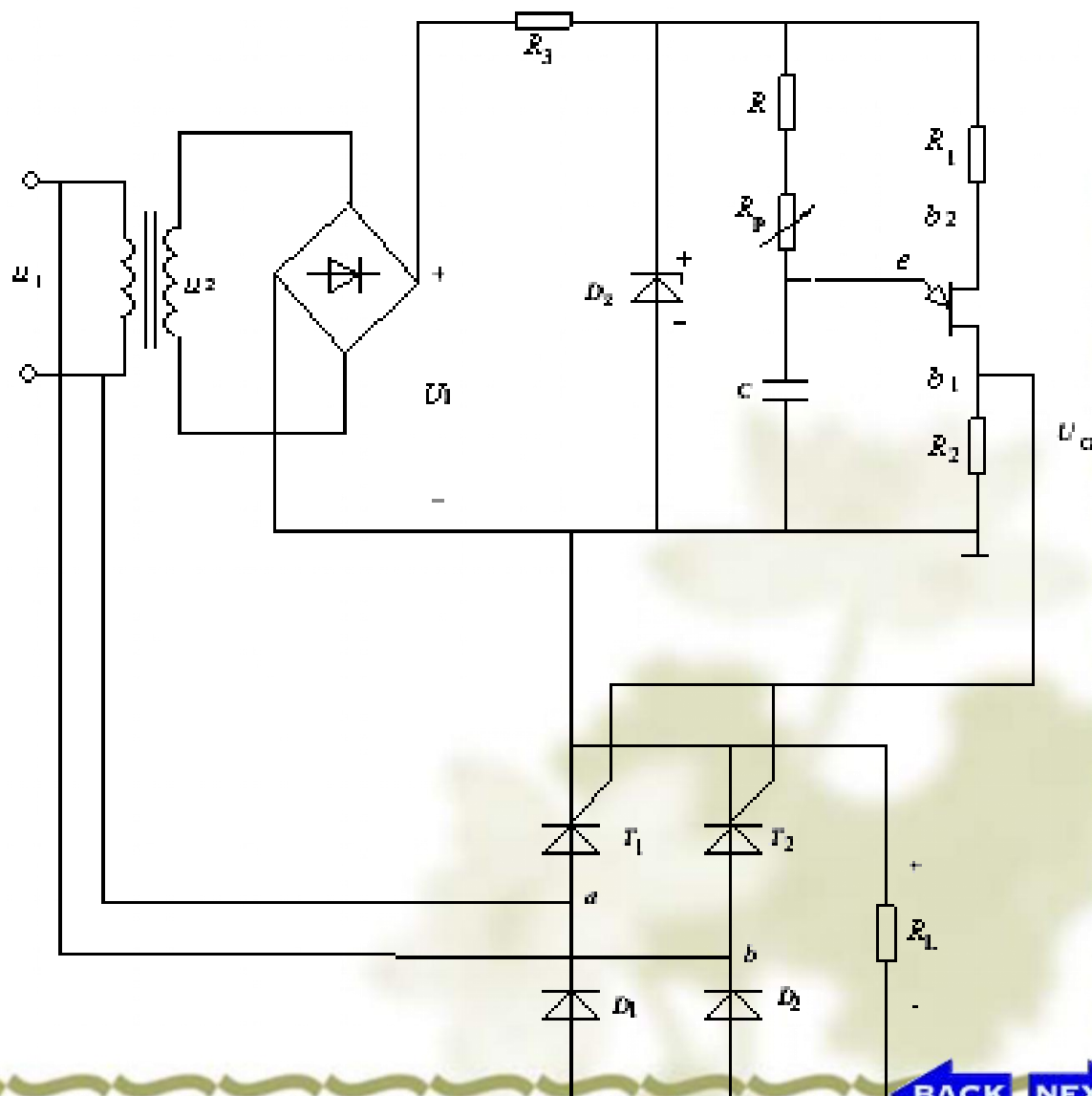
当 $u_C \geq U_P$ 时，单结管导通，电容 $C$ 经 $R_3$ 放电， $R_3$ 上得到一脉冲电压。





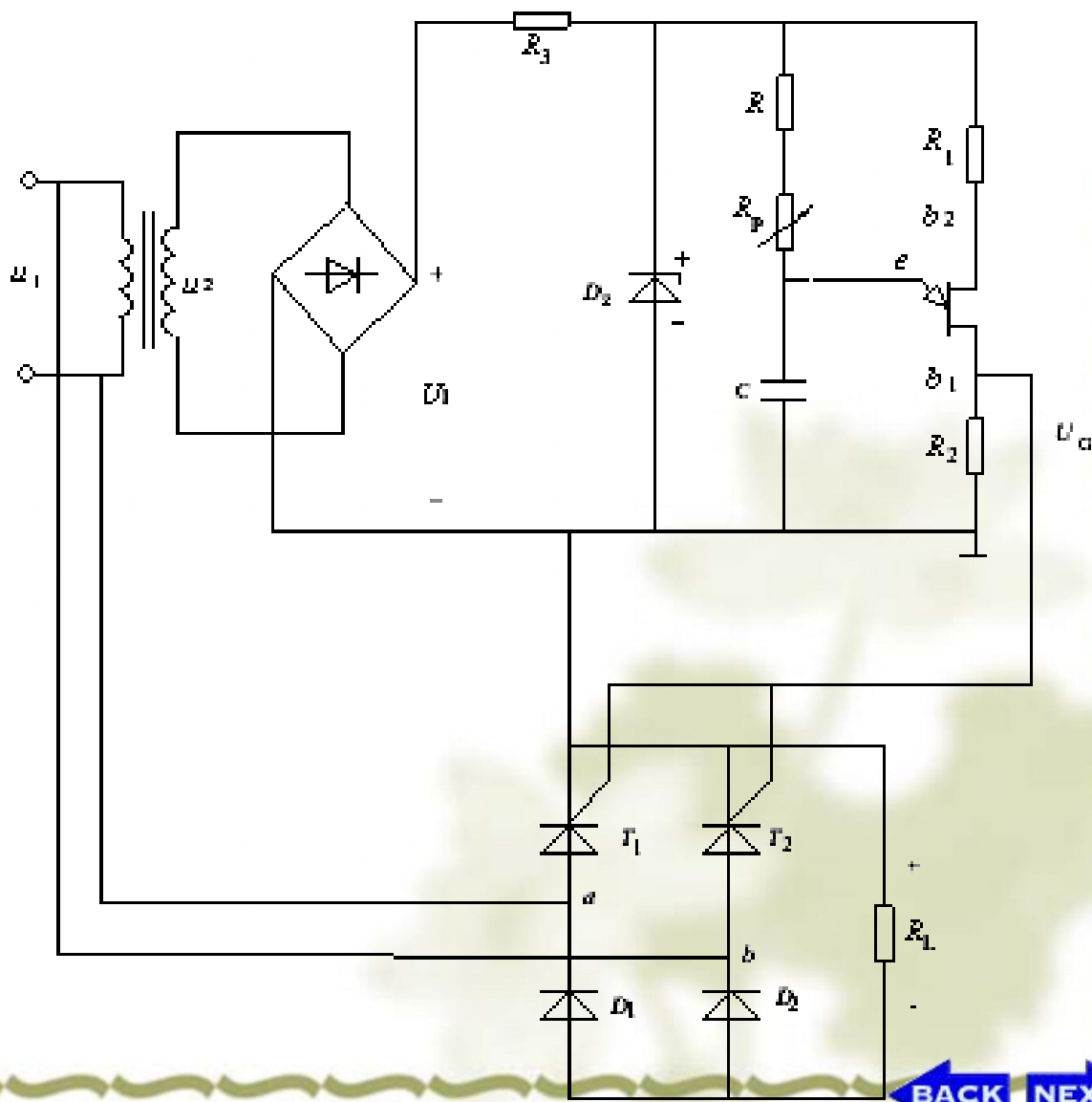
### 三、单相桥式可控整流电路

正半周时， $T_1$ 和二极管 $D_2$ 承受正向电压。如果在  $\omega t = \alpha$  时，触发脉冲送到可控硅 $T_1$ 和 $T_2$ 的控制极，可控硅 $T_1$ 满足导通条件将由截止变为导通。电流经 $T_1$ 、 $R_L$ 和 $D_2$ 构成回路。





负半周时， $T_2$ 和 $D_1$ 承受正向电压，如果在  $\omega t = \pi + \alpha$  时，触发脉冲送到可控硅  $T_1$  和  $T_2$  控制极，可控硅  $T_2$  将由截止变为导通，电流经  $T_2$ 、 $R_L$  和  $D_1$  构成回路。





## 输出电压的平均值

$$U_O = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_1 \sin \omega t d(\omega t) = 0.9 U_1 \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

## 输出电流的平均值

$$I_O = \frac{U_O}{R_L} = 0.9 \frac{U_1}{R_L} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

## 电路特点

- ①触发电路与主电路同步
- ②梯形波
- ③改变输出电压

