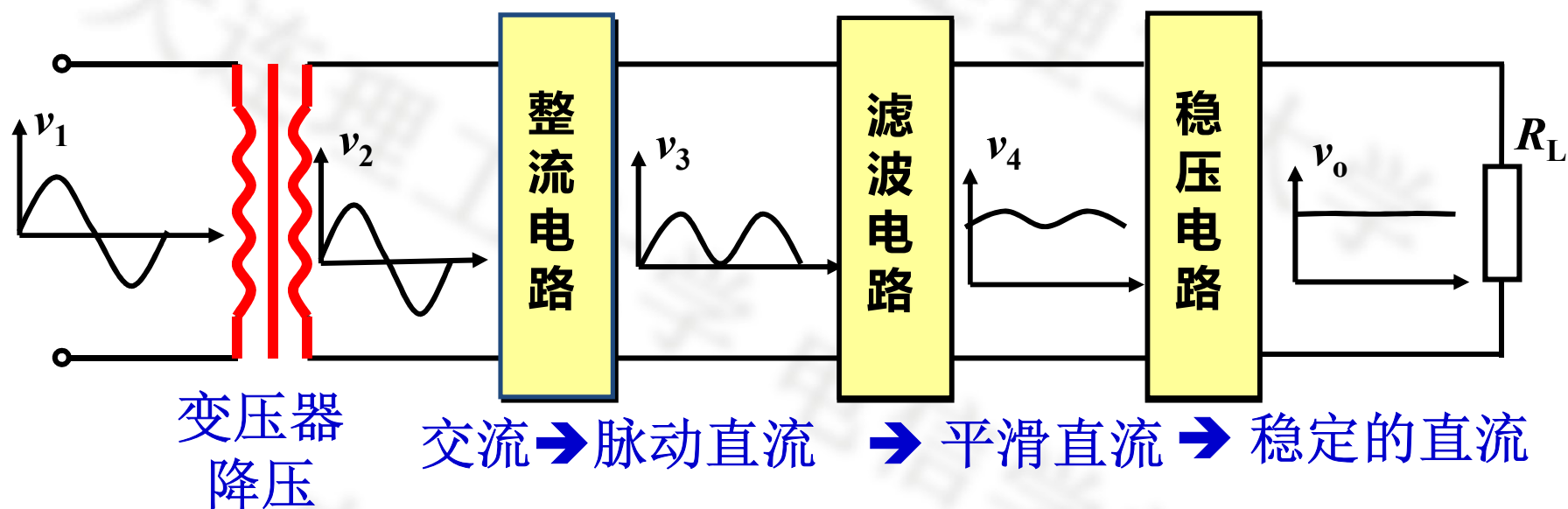


# 第十章 直流稳压电源

## 直流稳压电源—电源变压器



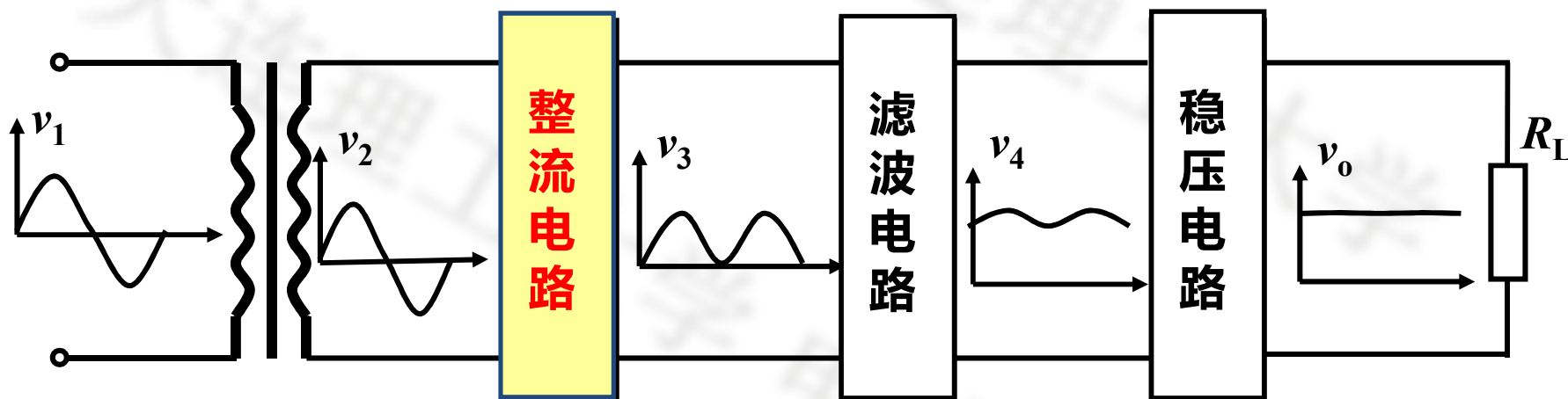
10.1 小功率整流滤波电路

10.2 串联反馈式稳压电路

10.3 开关式稳压电路

## 10.1 小功率整流滤波电路

### 10.1.1 单相桥式整流电路



单相整流电路 Rectifier Circuits 种类:

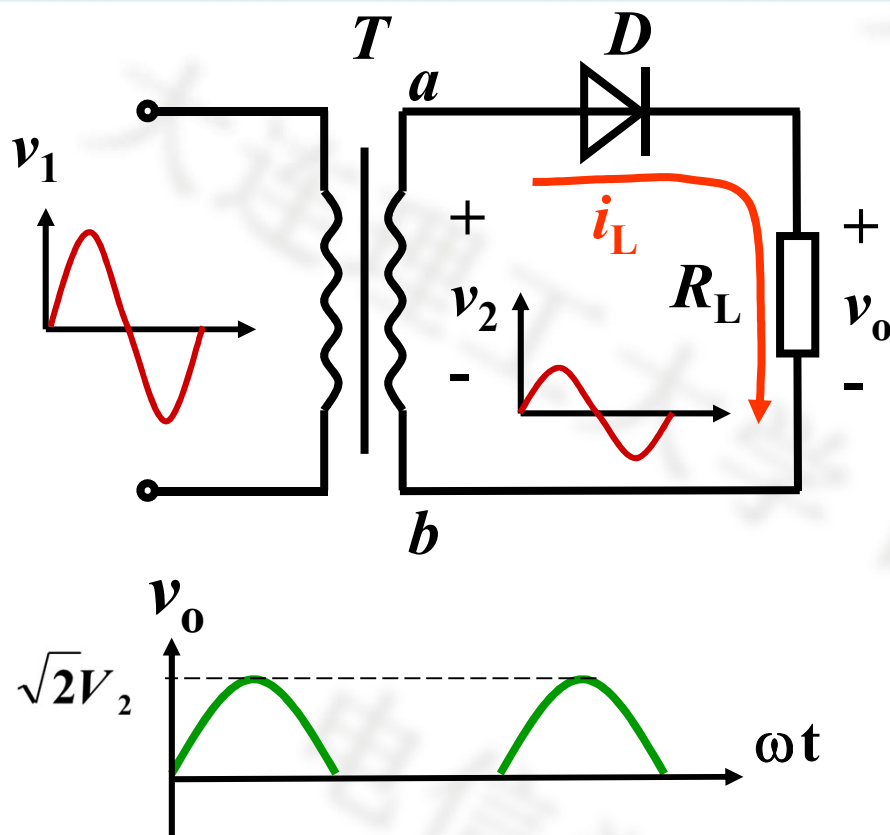
半波整流(Half-wave rectifier)

全波整流(Full-wave rectifier)

桥式整流(Full-wave bridge rectifier)

倍压整流(Voltage doubler rectifier)

## (1) 单相半波整流电路的工作原理



简化：理想二极管模型，  
即正向导通，反向截止。

$v_2$ 为ab两端电压有效值。

二极管选管条件：

二极管反向承受的最高电压：

$$V_{RM} = 1.1 * \sqrt{2}V_2$$

考虑市电波动 $\pm 10\%$

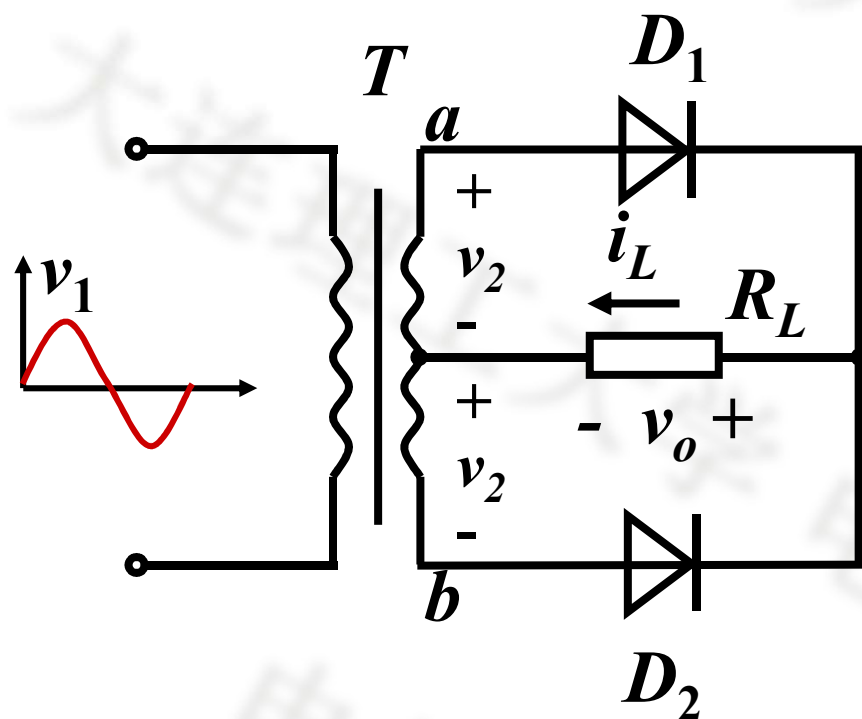
二极管的平均电流：

$$I_D = I_L = 0.45V_2/R_L$$

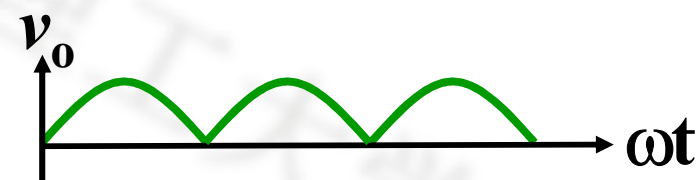
输出电压平均值 ( $V_o$ ) :

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}V_2}{\pi} = 0.45V_2$$

## (2) 单相全波整流电路的工作原理



输出电压波形:



$v_o$  平均值:

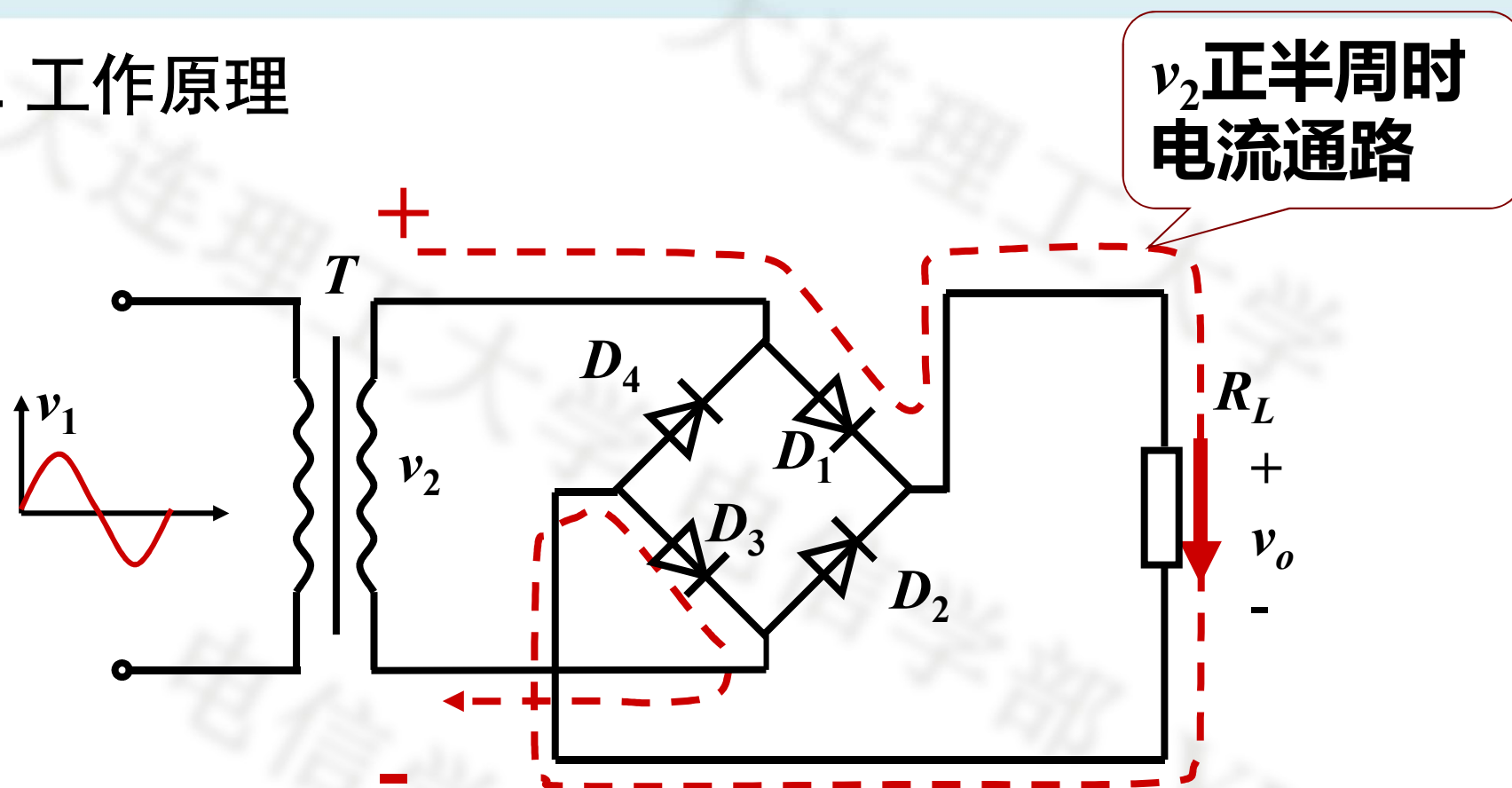
$$V_o = 0.9 V_2$$

二极管上承受的最高电压:  $V_{RM} = 2\sqrt{2}V_2$  还需要考虑市电波动  $\pm 10\%$

二极管的平均电流:  $I_D = \frac{1}{2} I_L = 0.45 V_2 / R_L$

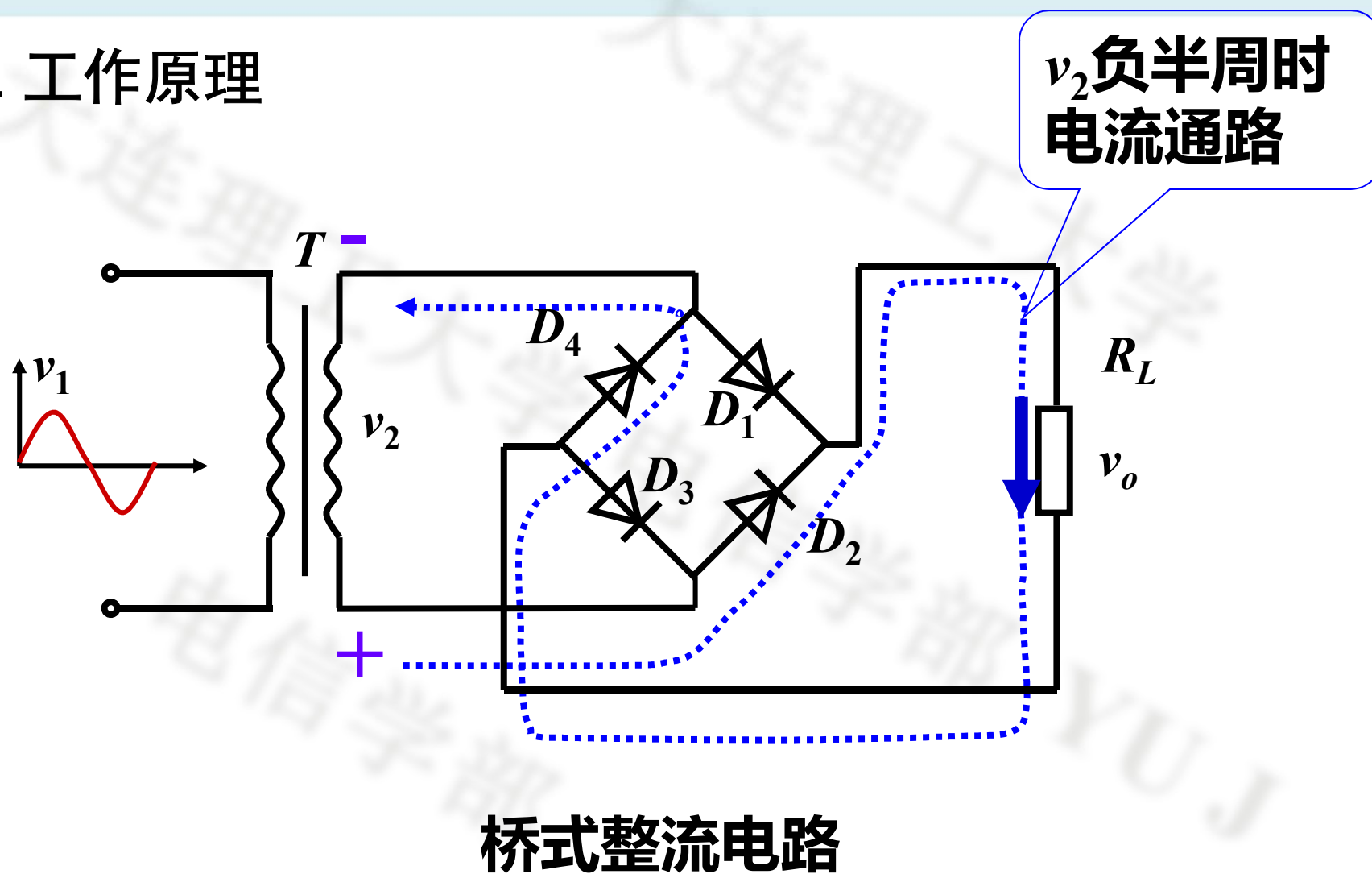
### (3) 单相桥式整流电路

#### 1. 工作原理



### (3) 单相桥式整流电路

#### 1. 工作原理

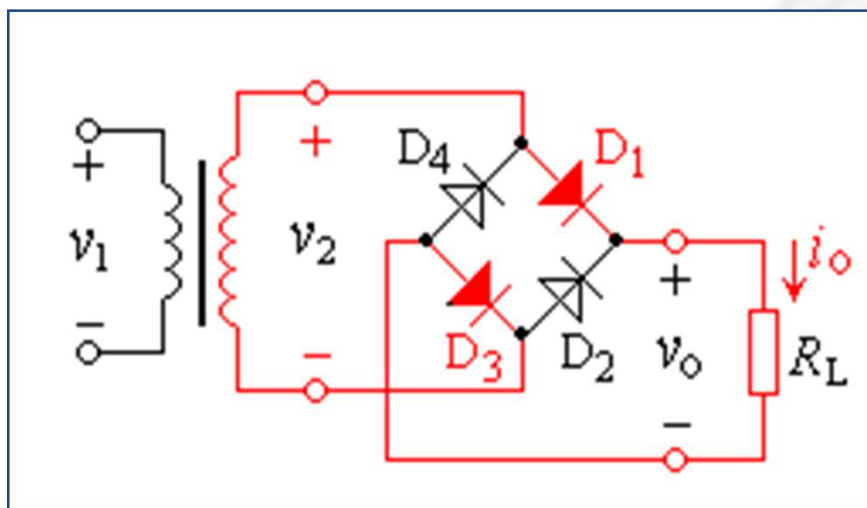


### (3) 单相桥式整流电路

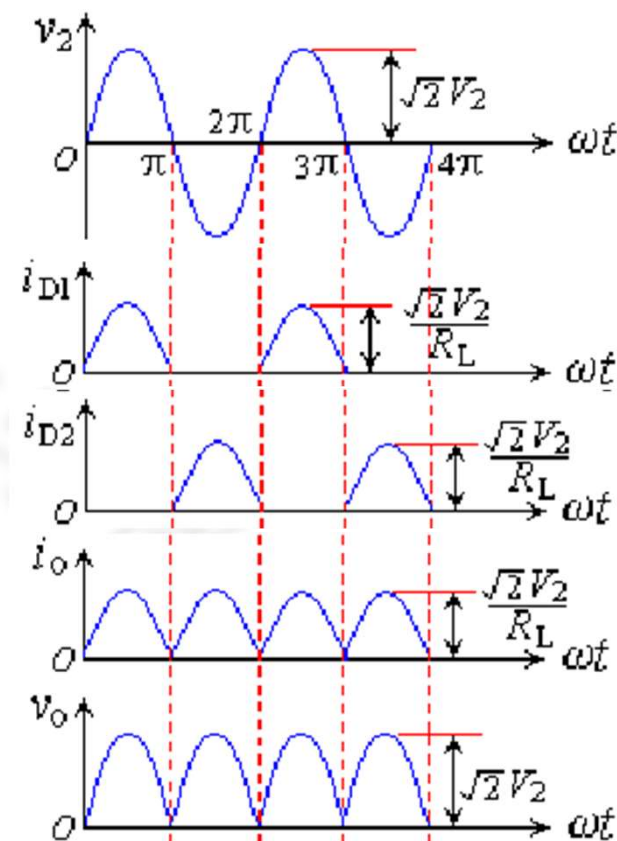
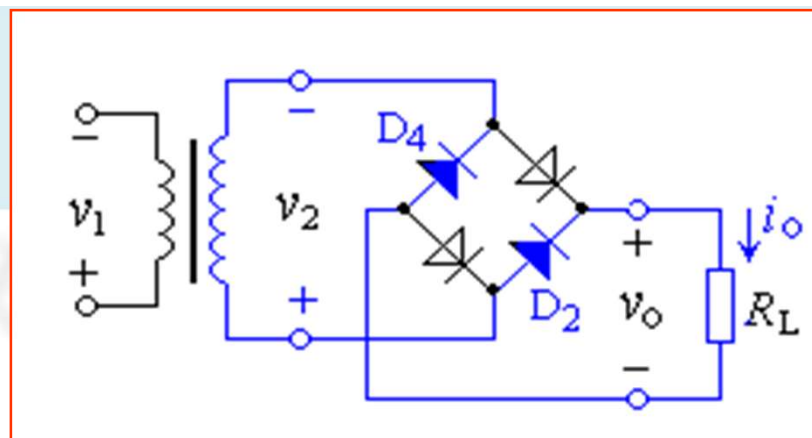
#### 1. 工作原理

(1) 输入正半周

(2) 输入负半周

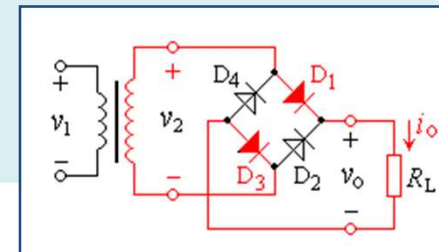


(a) 桥式整流



(b) 波形图

# 桥式整流电路关键参数



一、输出的直流电压 $V_o$ 和脉动系数的计算

**整流输出电压的平均值 $V_o$ 和输出电压的脉动系数 $S$ 是衡量整流滤波电路性能的两个主要指标。**

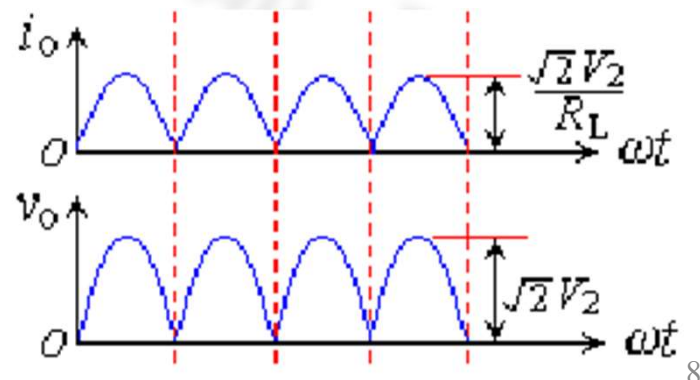
## 1. 整流输出电压、电流平均值

全波整流时，负载电压  $V_o$  的平均值为：

$$V_o = V_L = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} V_2 \sin \omega t d\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_2 = 0.9 V_2$$

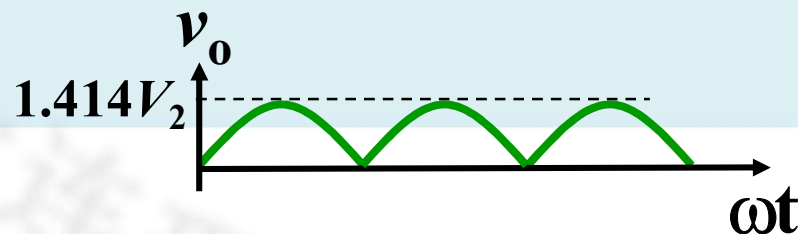
负载上的(平均)电流：

$$I_L = 0.9 V_2 / R_L$$





## 桥式整流电路关键参数



### 2. 脉动系数 $S$

定义：输出电压的基波幅值  $V_{o1m}$  与平均值  $V_o$  之比。

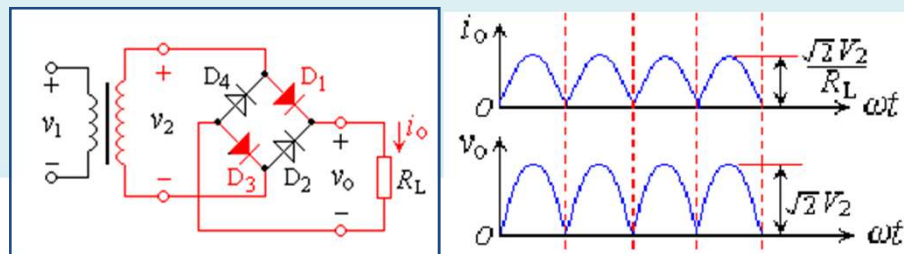
此值越大，电压波动越大。

用傅氏级数对全波整流的输出  $v_o$  分解后可得：

$$v_o = \sqrt{2}V_2 \left( \frac{2}{\pi} - \frac{4}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4}{15\pi} \cos 4\omega t - \frac{4}{35\pi} \cos 6\omega t \cdots \right)$$

$$S = \frac{V_{o1m}}{V_o} = \frac{\frac{4\sqrt{2}V_2}{3\pi}}{\frac{2\sqrt{2}V_2}{\pi}} = \frac{2}{3} \approx 0.67$$

## 二. 整流元件参数的计算



二极管的平均电流( $I_D$ )与反向峰值电压( $V_{RM}$ )是选择整流管的主要依据。

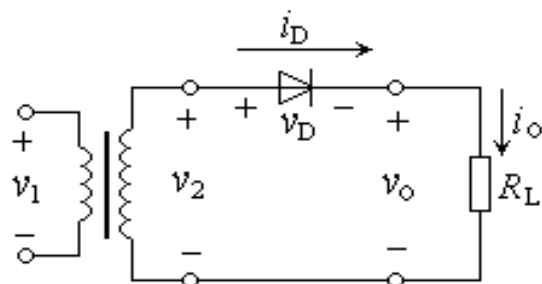
例如: 在桥式整流电路中, 每个二极管只有半周导通。

因此, 流过每只整流二极管的平均电流  $I_D$  是负载平均电流的一半。

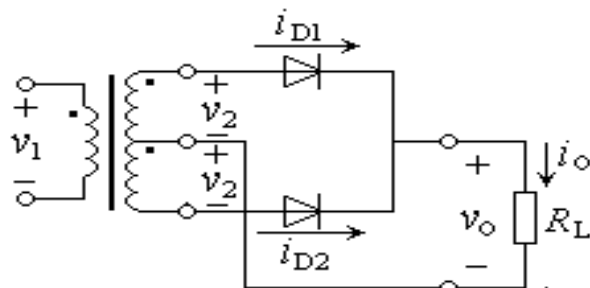
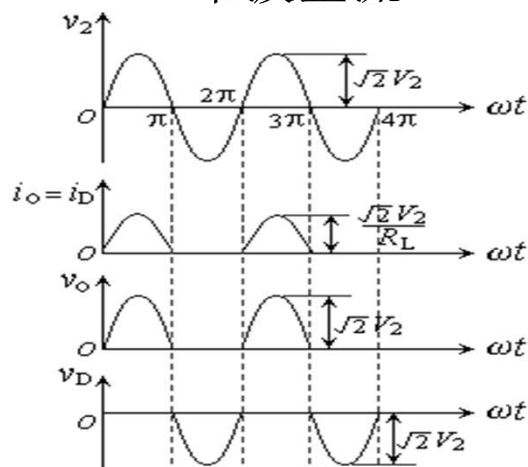
$$I_D = \frac{1}{2} I_o = 0.45 \frac{V_2}{R_L}$$

二极管截止时两端承受的最大反向电压:

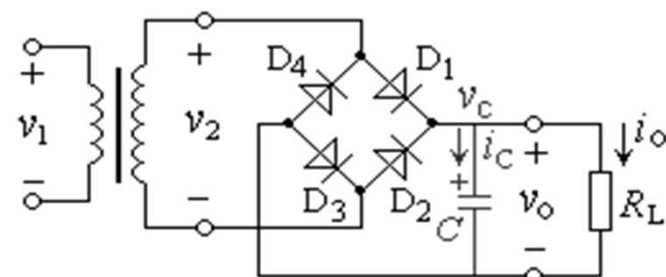
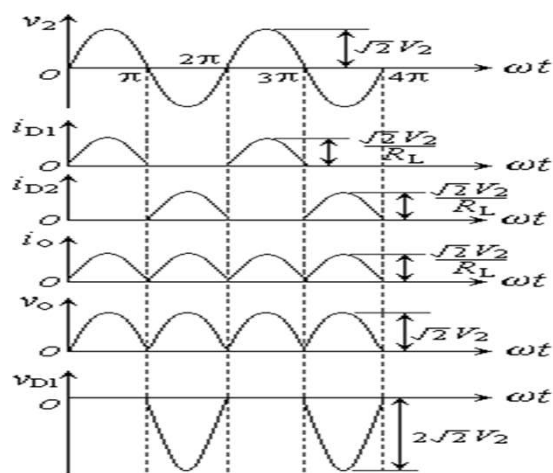
$$V_{RM} = \sqrt{2} V_2$$



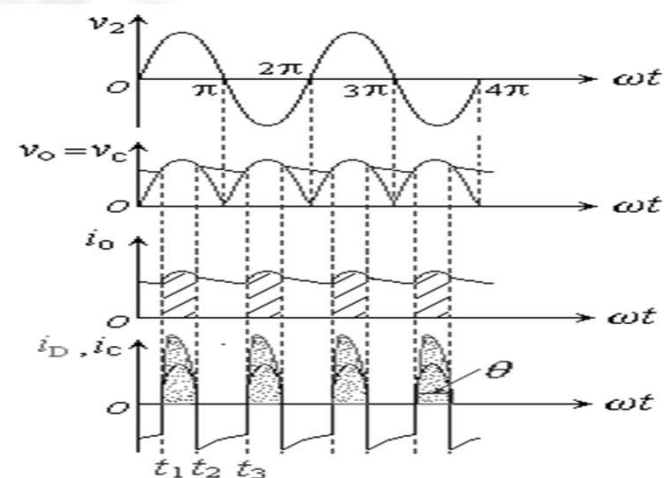
半波整流



全波整流



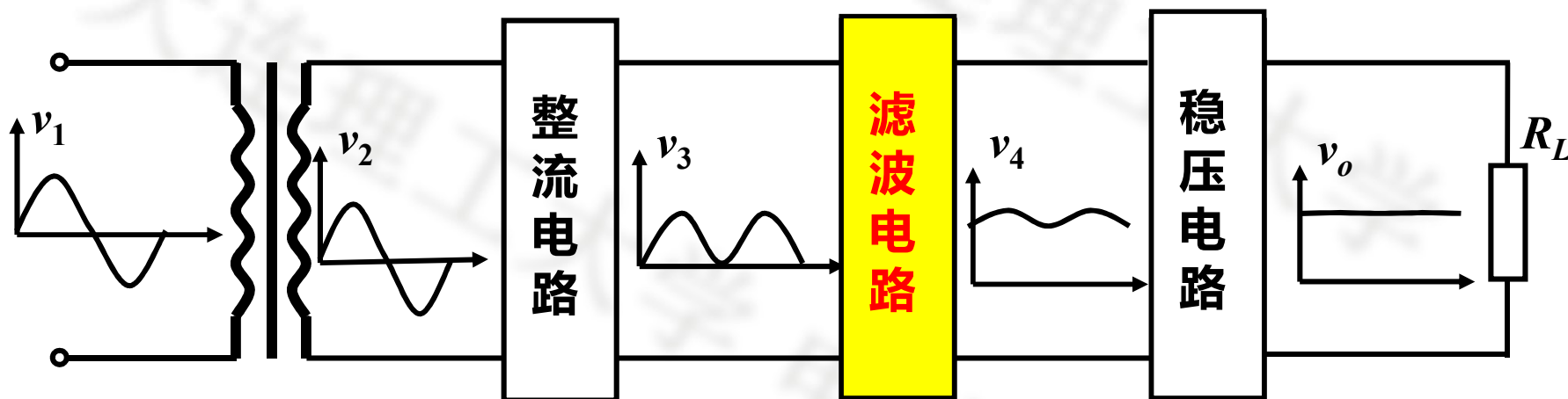
桥式（全波）整流



名 称	$V_L(\text{空载})$	$V_L(\text{带载})$	二极管最大 反向电压( $V_{RM}$ )	每管平均 电流( $I_D$ )
半波整流	$\sqrt{2}V_2$	$0.45V_2$	$\sqrt{2}V_2$	$I_L$
全波整流 电容滤波	$\sqrt{2}V_2$	$0.9V_2$ $1.2V_2$	$2\sqrt{2}V_2$	$0.5I_L$
桥式整流 电容滤波	$\sqrt{2}V_2$	$0.9V_2$ $1.2V_2$	$\sqrt{2}V_2$	$0.5I_L$

# 10.1 小功率整流滤波电路

## 10.1.2 滤波电路



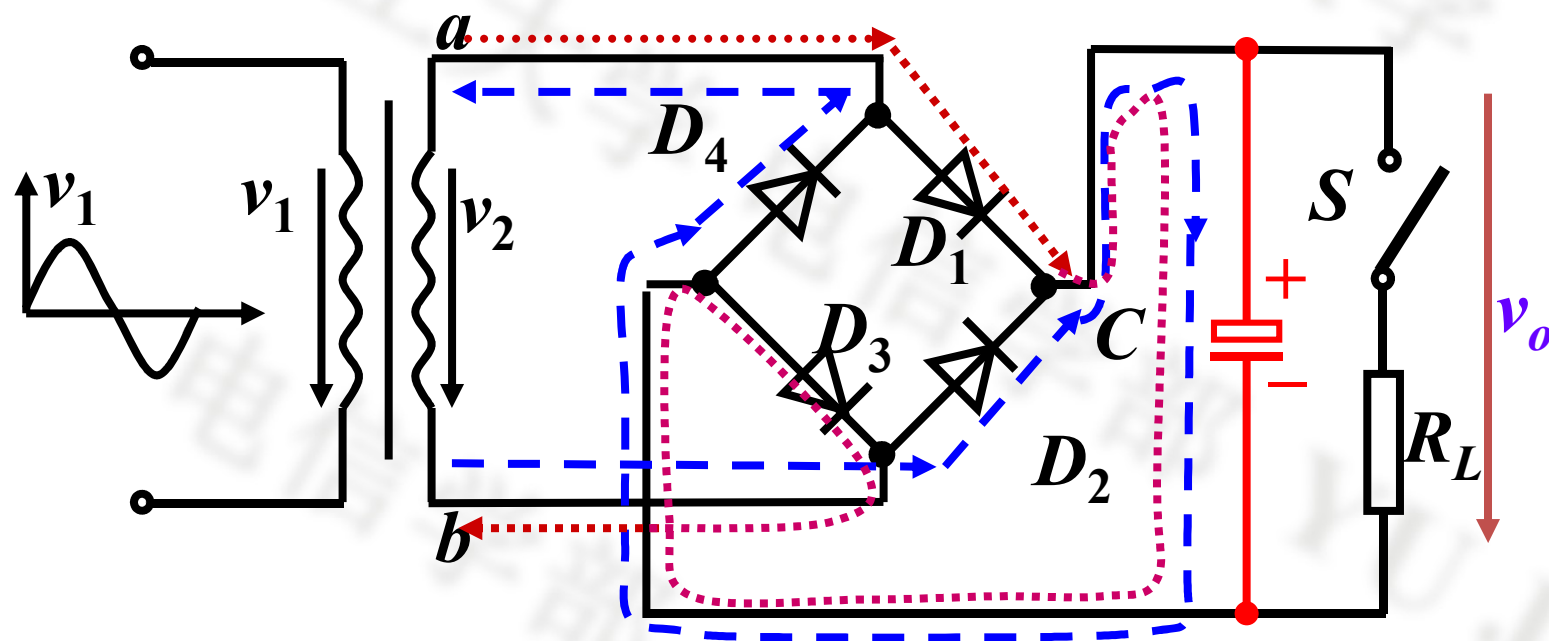
结构特点: 电容与负载  $R_L$  并联，或电感与  $R_L$  串联。

原理: 利用储能元件**电容**两端的电压(或通过**电感**中的电流)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。

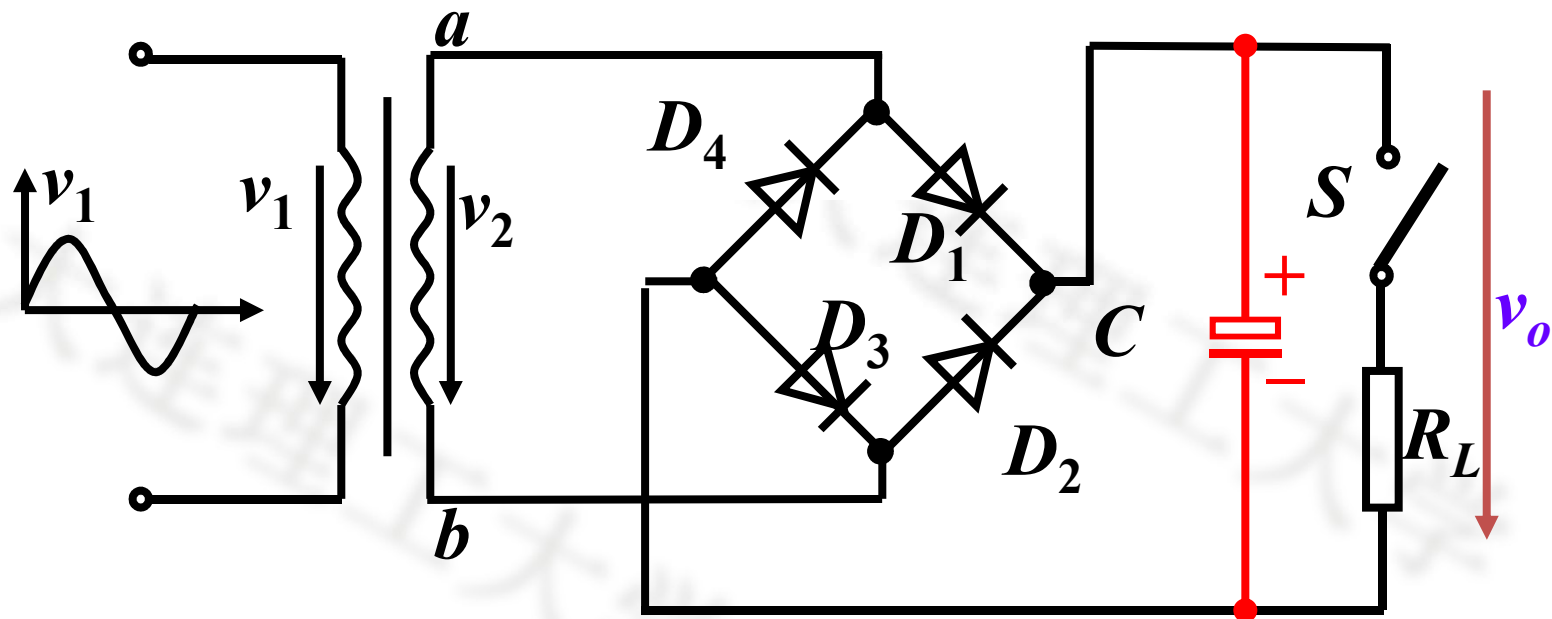
## 10.1.2 滤波电路

### 1. 电容滤波电路

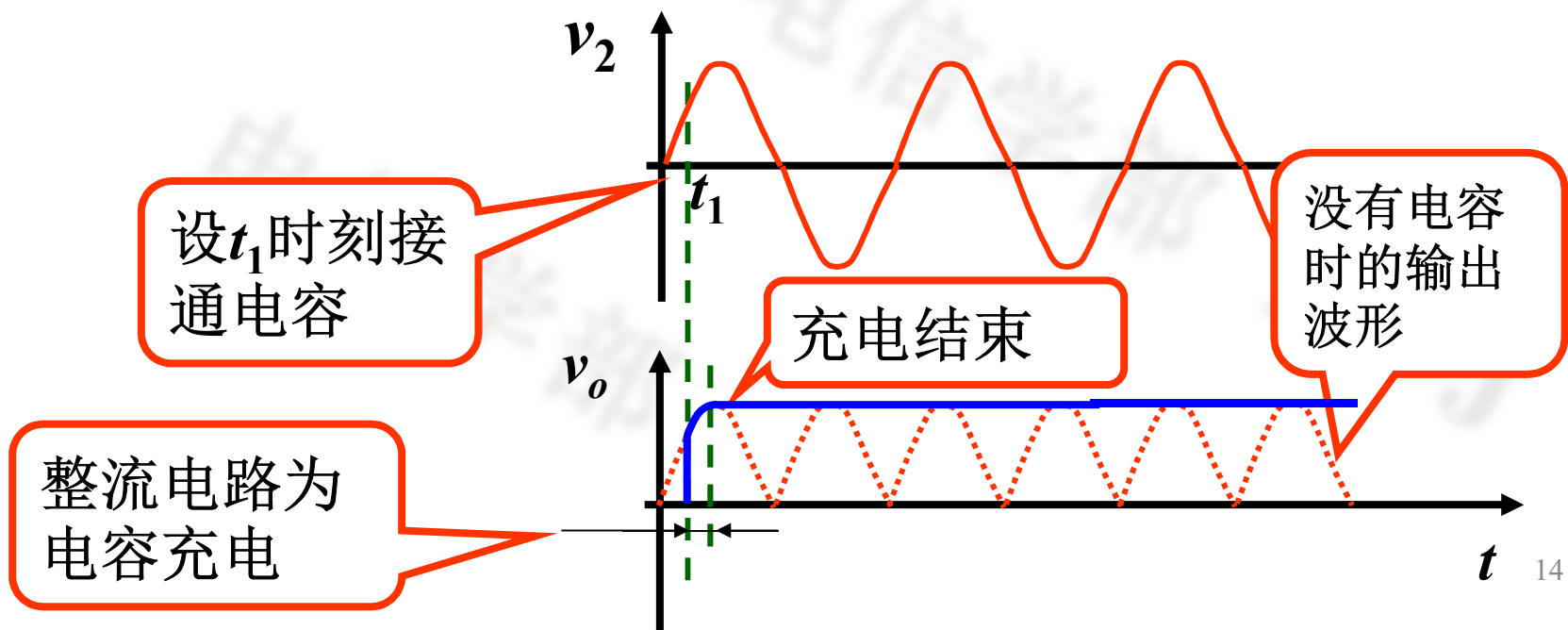
以单相桥式整流电容滤波为例进行分析。

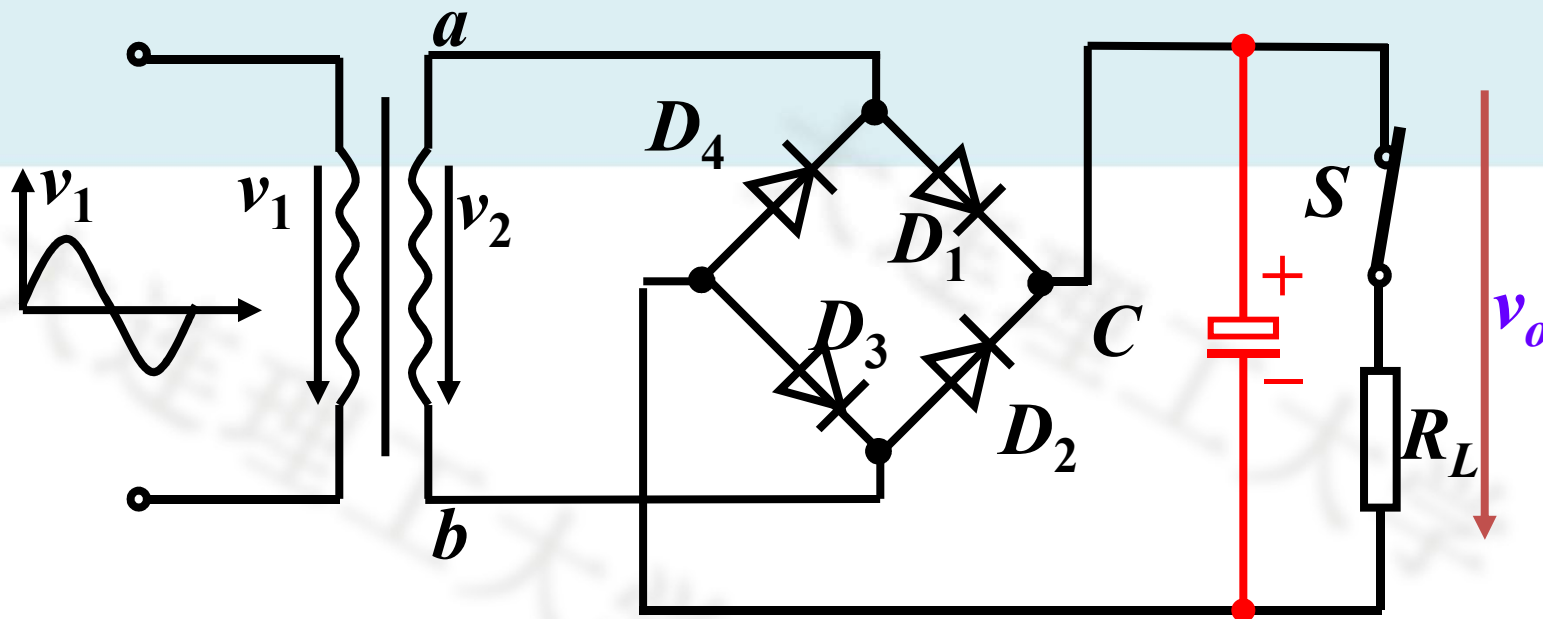


桥式整流、电容滤波电路



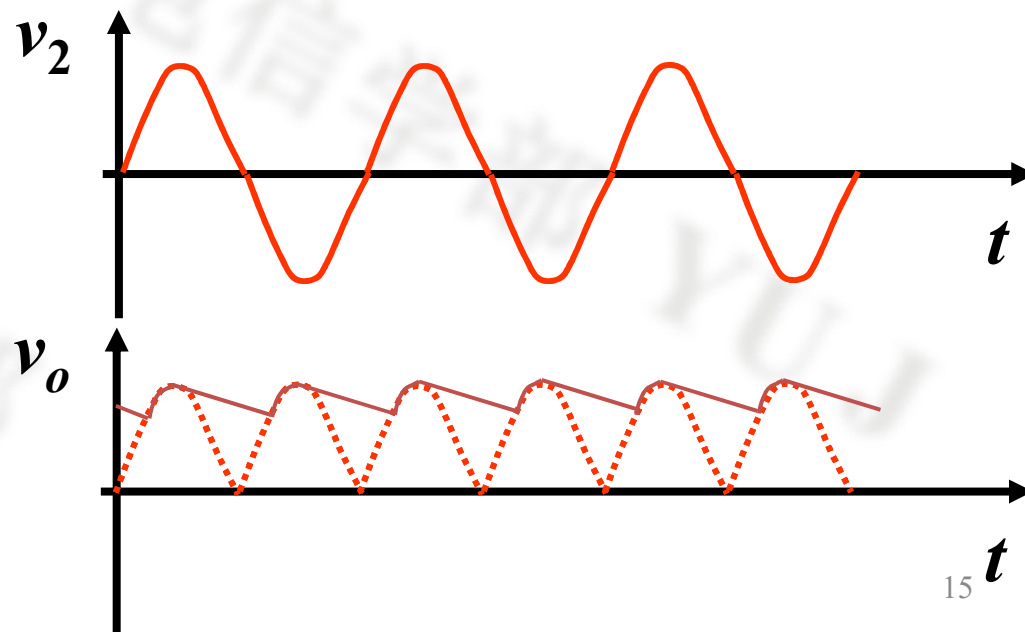
(1).  $R_L$ 未接入时(忽略整流电路内阻)

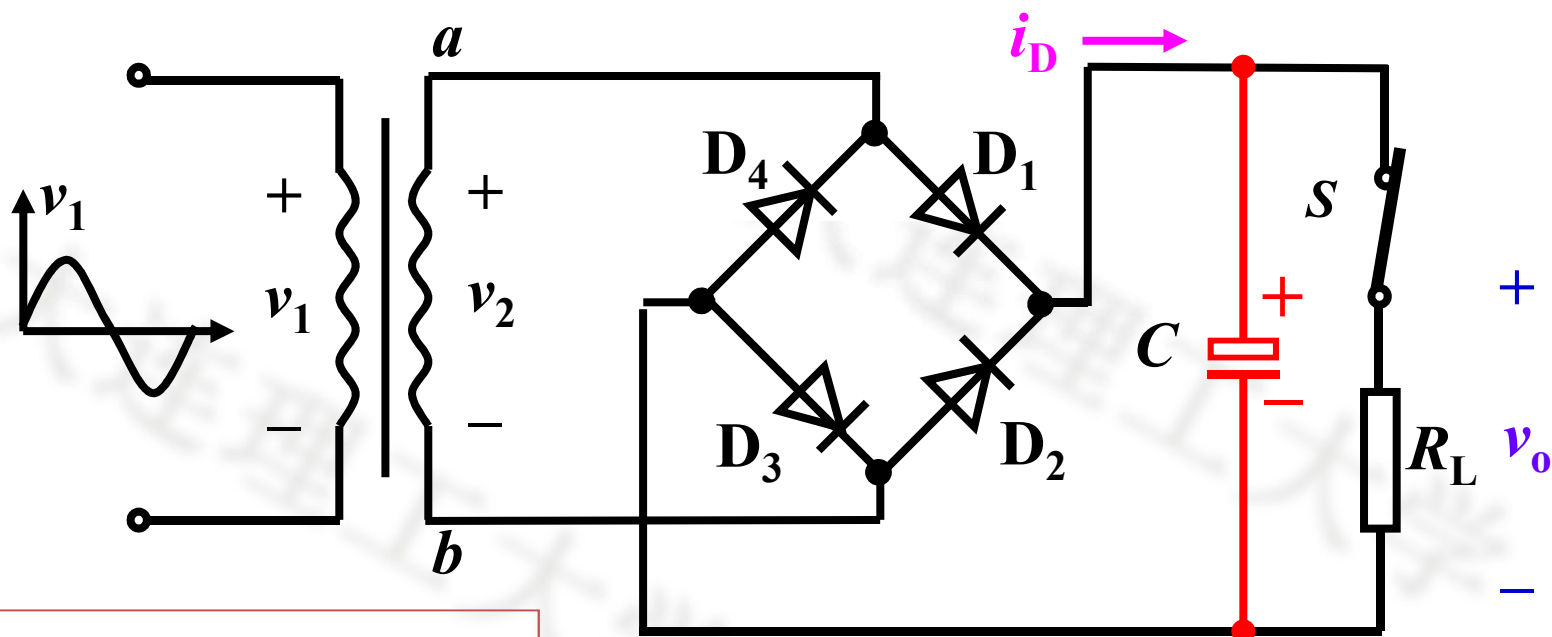




(2).  $R_L$  接入 (且  $R_L C$  较大) 时 (忽略整流电路内阻)

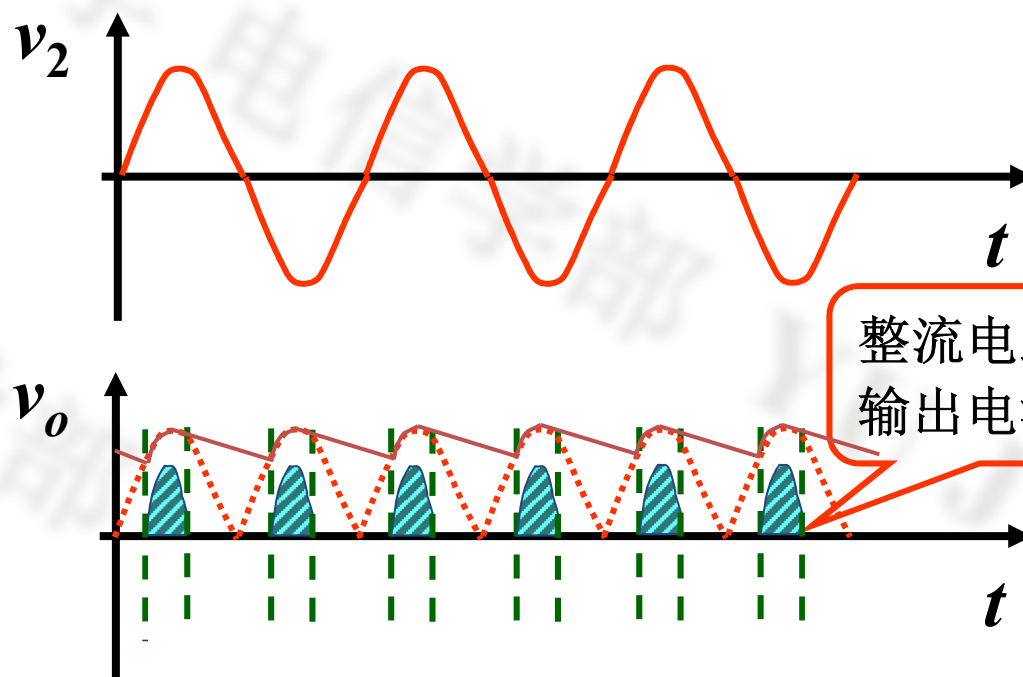
电容通过  $R_L$  放电，  
在整流电路电压小于电容电压时，二  
极管截止，整流电  
路不为电容充电，  
 $v_o$  会逐渐下降。





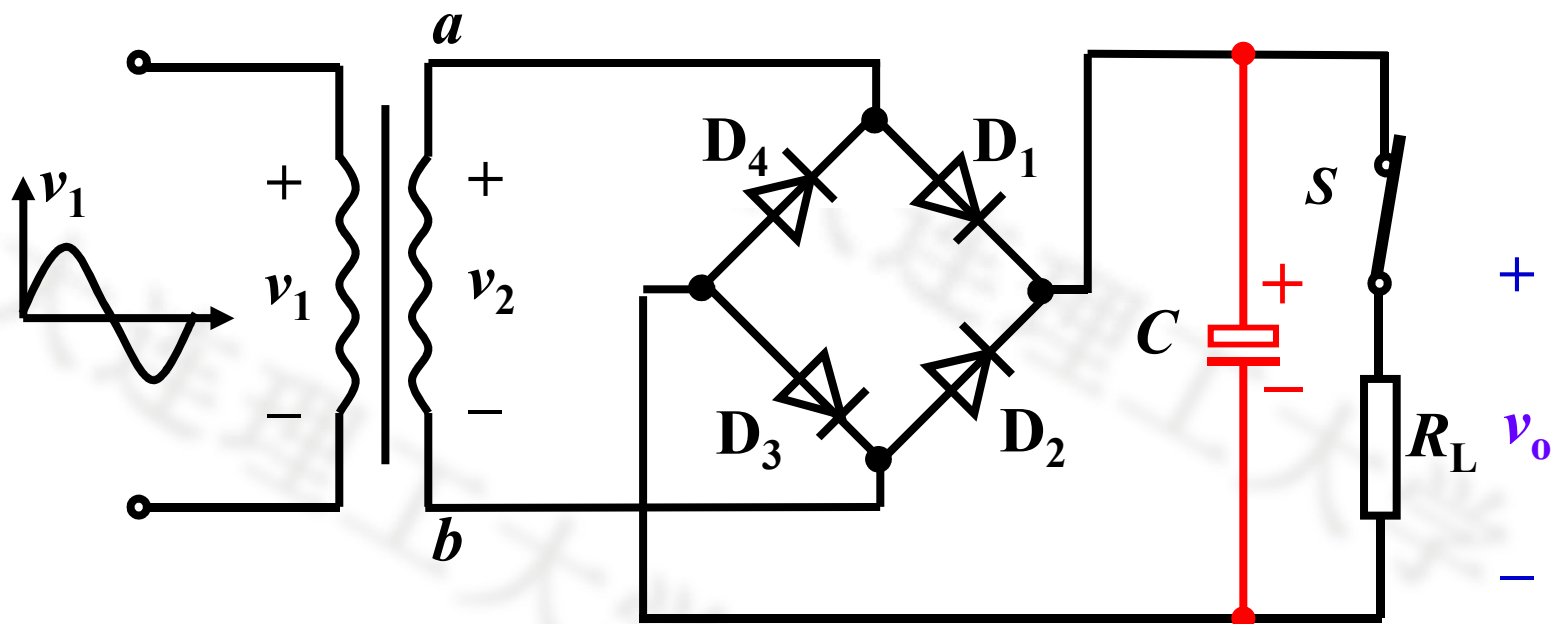
只有整流电路输出电压大于 $v_0$ 时，才有充电电流 $i_D$ 。因此整流电路的输出电流是脉冲波。

可见，采用电容滤波时，整流管的导通角较小。



整流电路的输出电流 $i_D$

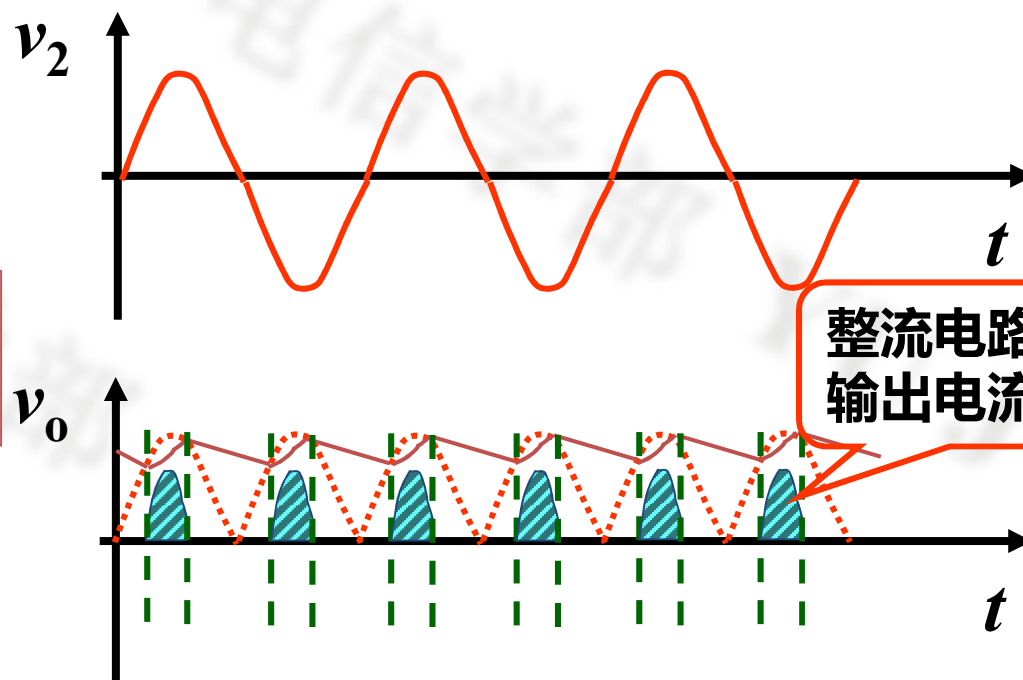




(3).  $R_L$  接入（且  $R_L C$  较小）时（考虑整流电路内阻）

电容充电时，电容电压滞后于  $v_2$ 。

$R_L C$  越小，输出电压越低。



### 3.电容滤波电路的特点

(1) 流过二极管瞬时电流很大。

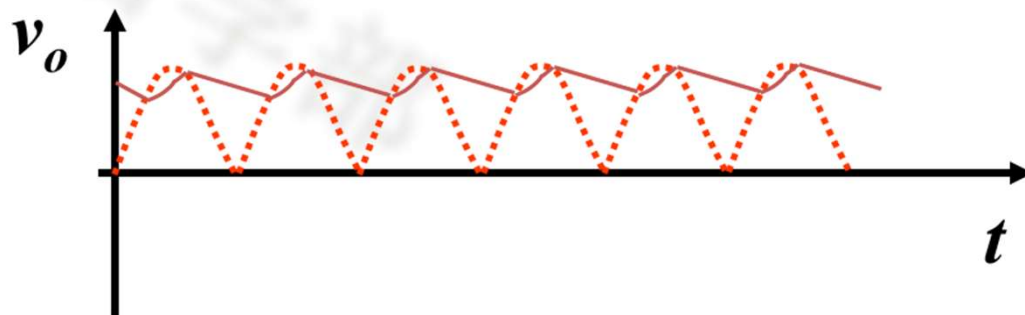
故一般选管时, 取  $I_{DF} = (3 \sim 4) \frac{I_L}{2} = (3 \sim 4) \frac{1}{2} \frac{V_o}{R_L}$

(2) 输出电压  $V_o$  与时间常数  $R_L C$  有关。

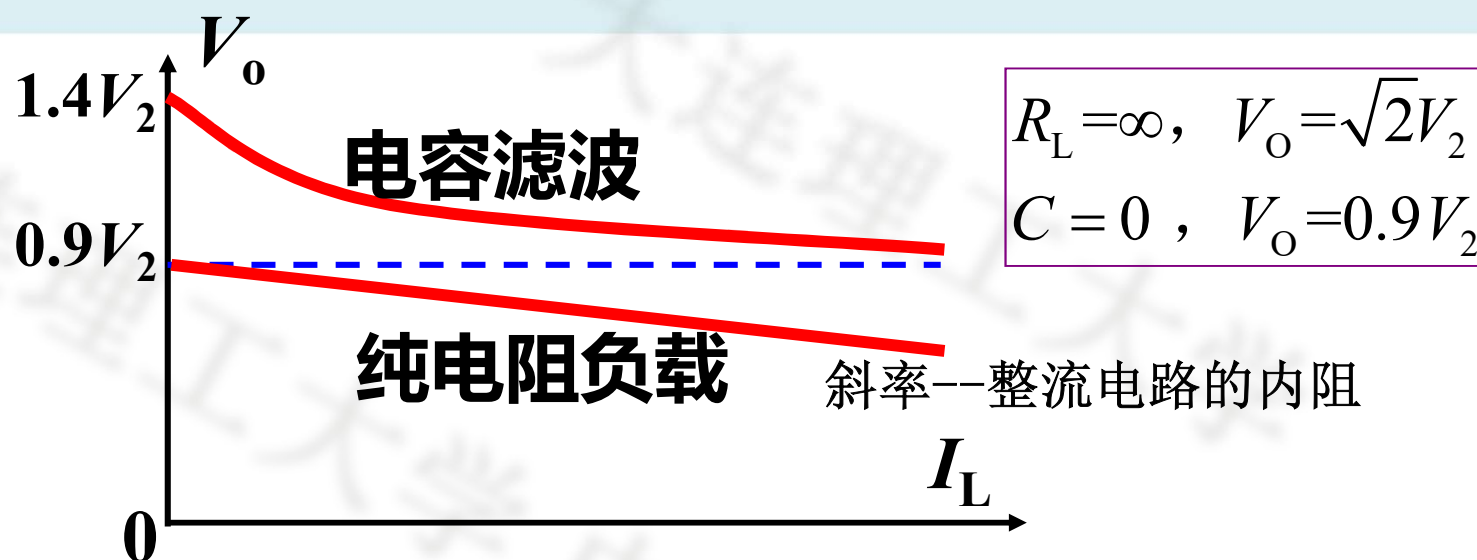
$R_L C$  愈大  $\rightarrow$  电容器放电愈慢  $\rightarrow V_o$  (平均值) 愈大

一般取  $\tau_d = R_L C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2}$  ( $T$ : 电源电压的周期)

近似估算:  $V_o = 1.2 V_2$ 。



### (3) 输出特性(外特性)



输出波形随负载电阻  $R_L$  或  $C$  的变化而改变,  $V_o$  和  $S$  也随之改变。

如:  $R_L$  愈小(  $I_L$  越大),  $V_o$  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。

# 10.1 整流和滤波

## 小结

**掌握：小功率直流稳压电源的四个组成部分；**

**掌握：单相桥式整流电路的结构、原理和参数计算；**

**掌握：电容滤波电路的特点和关键参数估算；**

**预习：稳压电路**

## 作业

**P521: 10.1.6**

**练习：10.1.1; 10.1.2; 10.1.4**

