

## 第5章 直流-直流变流电路

■ **直流-直流变流电路**功能是将直流电变为另一固定电压或可调电压的直流电。也称**DC/DC变换器**。包括**直接直流变流电路**和**间接直流变流电路**。

■ **直接直流变流电路**，也称**斩波电路**。功能是**直接将**直流电变为另一固定电压或可调电压的直流电的电路。输入与输出之间不隔离。

■ **间接直流变流电路**是在直流变流电路中**增加了交流环节**。在交流环节中通常采用变压器实现输入输出间的隔离，因此也称为**直—交—直**电路。

### 学习内容:

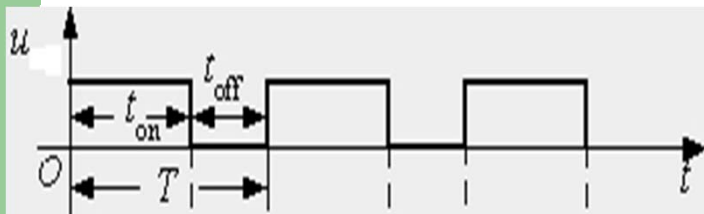
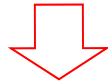
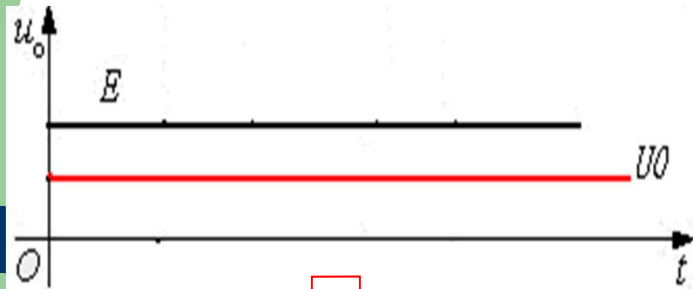
两种最基本的斩波电路:

- 降压斩波电路
- 升压斩波电路

### 掌握:

- 电路结构
- 工作原理
- 分析计算方法

## 基本思想:



## 负载电压平均值:

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T E dt = \frac{t_{on}}{T} E = \alpha E$$

- 占空比:  $\alpha = t_{on}/T$
- 开关元件: 自关断器件

## 控制方式:

- 脉冲宽度调制 (PWM: T不变, 调节 $t_{on}$ )
- 脉冲频率调制 (PFM:  $t_{on}$ 不变, 调节T)
- 混合调制 ( $t_{on}$ 和T都调节)

## 5.1 基本斩波电路

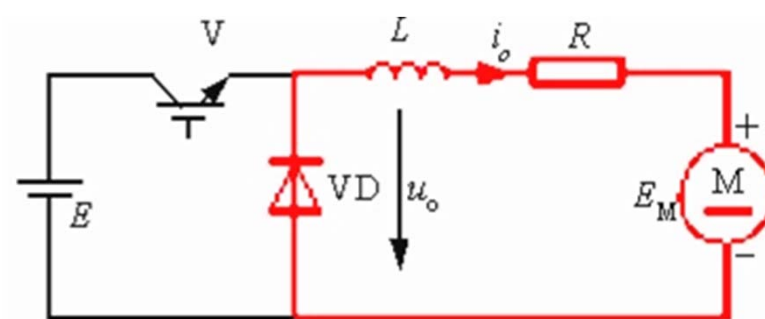
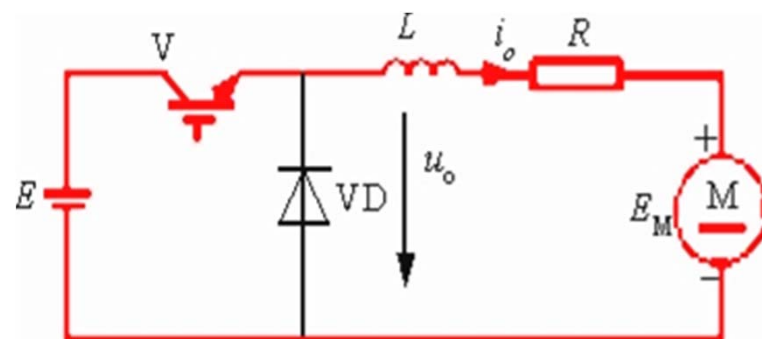
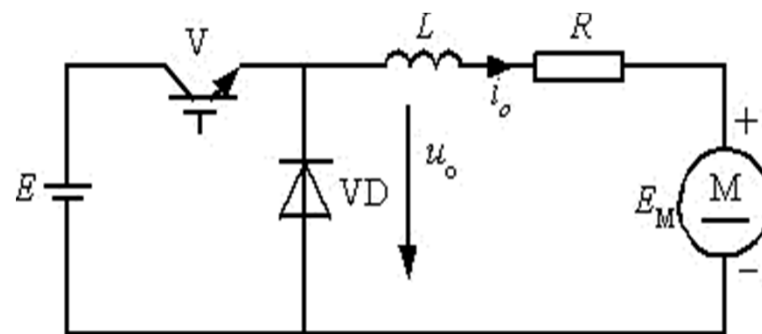
### 5.1.1 降压斩波电路

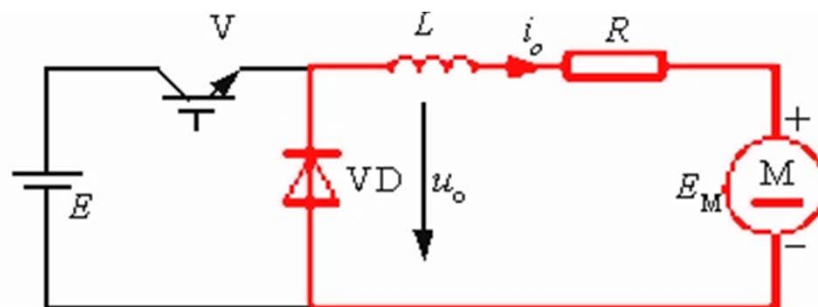
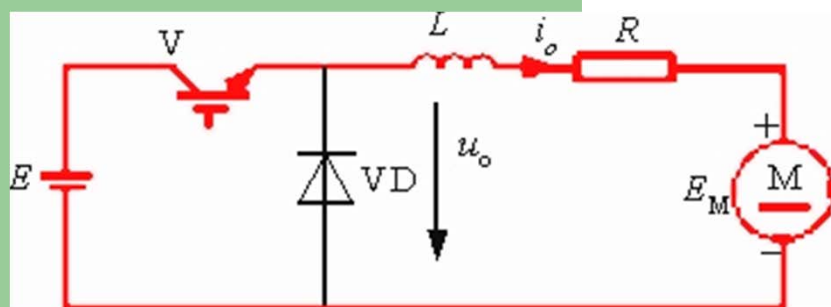
#### ◆ 电路分析

- 一个全控型器件V--IGBT，若用SCR，需有辅助关断电路。
- 续流二极管VD，在V关断时给负载中电感电流提供通道。
- 典型用途：直流电源；拖动直流电动机；带蓄电池负载，后两种出现反电动势。

#### ◆ 电路分析

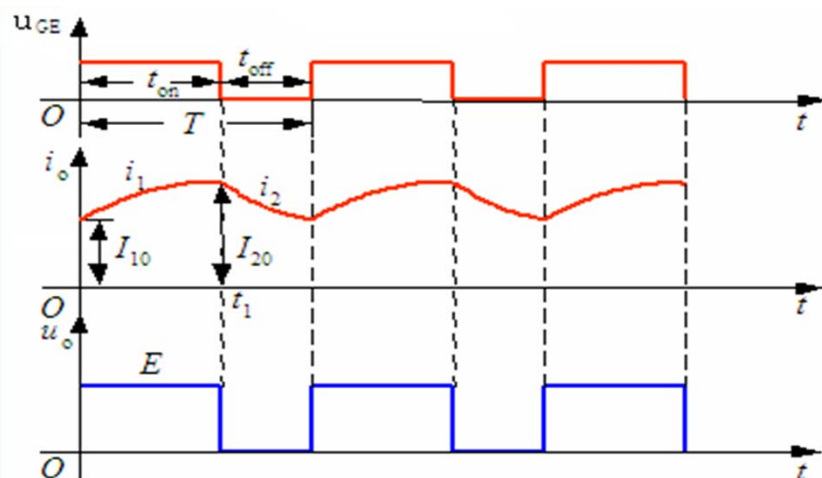
- 开关器件V在开通和关断两种状态，等效电路见图。
- 两个等效电路均可按线性电路进行分析。
- 实际应用电路会比该电路复杂，但基本的分析方法是一致的。





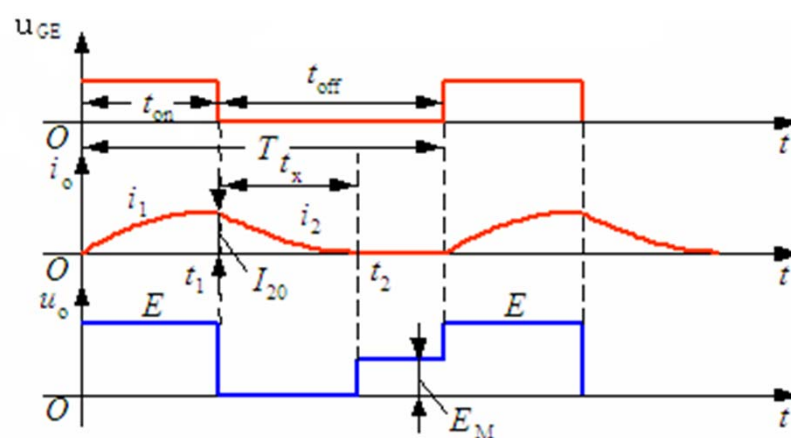
◆ 工作原理，基本的数量关系：

- $t=0$ , **V导通**, 电源E向负载供电, 负载的 $u_o=E$ ,  $i_o$ 按指数曲线上升。
- $t=t_1$ , **V关断**, **VD续流**, 负载的 $u_o$ 为零,  $i_o$ 呈指数曲线下降。
- 通常串接较大电感L使负载电流连续且脉动小。



负载电压平均值:  $U_0 = t_{on}E/T = \alpha E$

负载电流平均值:  $I_0 = (U_0 - E_M)/R$



负载电压平均值:  $U_0 = [\alpha + (1 - \frac{t_{on} + t_x}{T})m]E$

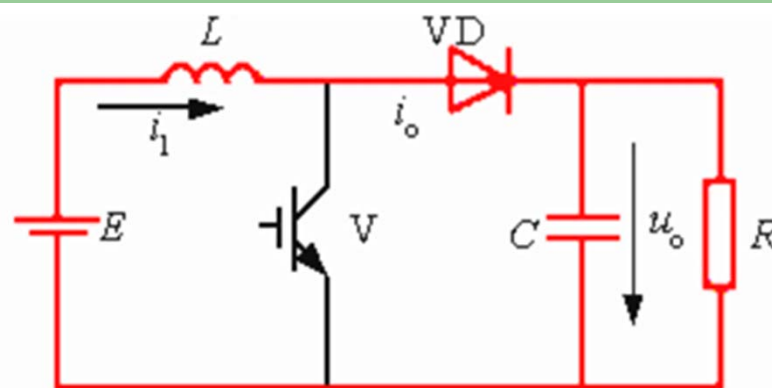
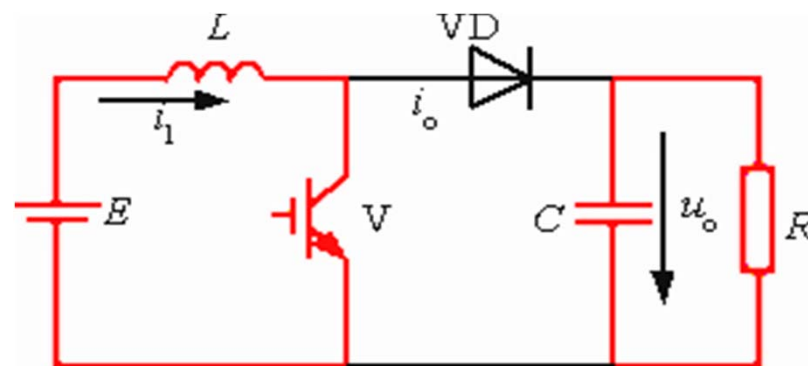
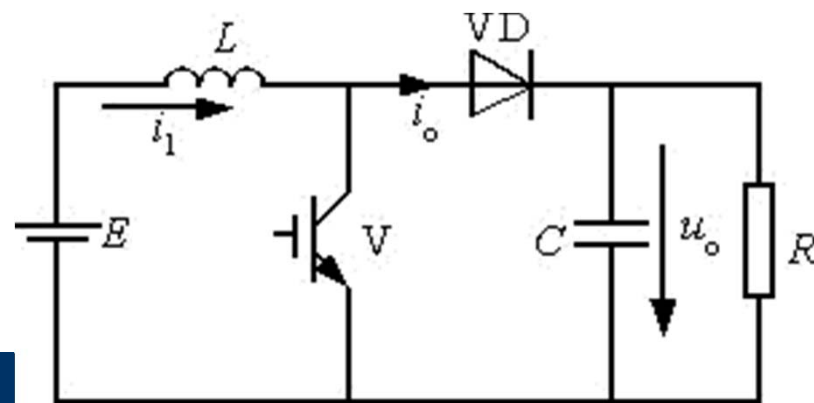
负载电流平均值:  $I_0 = (U_0 - E_M)/R$

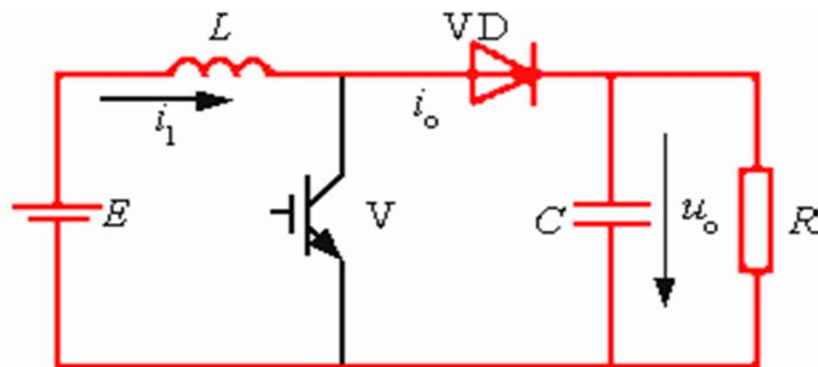
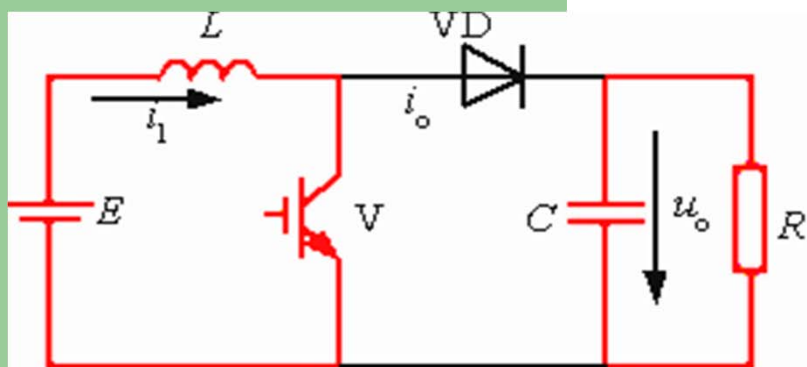
电流断续的条件:  $m > \frac{e^{\alpha\rho} - 1}{e^{\rho} - 1}$

## 5.1.2 升压斩波电路

### ◆ 工作原理

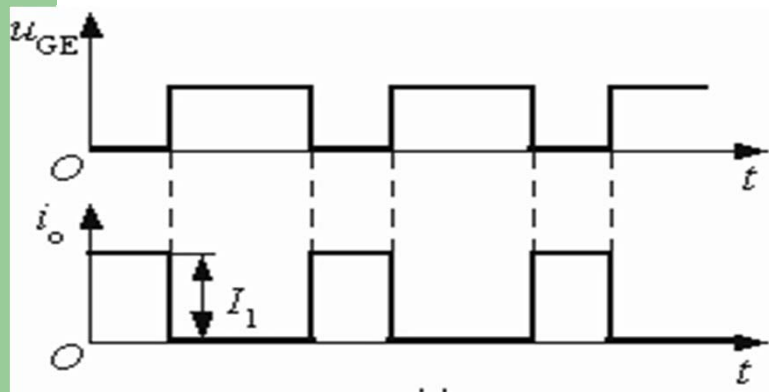
- 假设 $L$ 和 $C$ 值很大。
- $V$ 处于**通态**时，电源 $E$ 向电感 $L$ 充电，电流恒定 $I_L$ ，电容 $C$ 向负载 $R$ 供电，输出电压 $U_o$ 恒定。
- $V$ 处于**断态**时，电源 $E$ 和电感 $L$ 同时向电容 $C$ 充电，并向负载提供能量。





### ◆基本的数量关系:

电感、电容足够大:  $V$  为通态时, 电流  $i_1$  基本恒定; 输出电压  $u_0$  为恒定。



电路工作于稳态, 一个周期  $T$  中电感  $L$  积蓄的能量与释放的能量相等:

$$EI_1 t_{\text{on}} = (U_0 - E) I_1 t_{\text{off}}$$

$$\rightarrow U_0 = (T/t_{\text{off}}) E$$

$$\beta = t_{\text{off}} / T,$$

$$U_0 = (1/\beta)E = [1/(1-\alpha)]E$$

$$I_0 = U_0 / R$$

输出电压高于电源电压, **关键原因**:  
一是  $L$  储能之后具有使电压泵升的作用, 二是电容  $C$  可将输出电压保持住。