

## 11.3 串联反馈型线性稳压电路

### 11.3.1 稳压电路的功能和性能指标

#### 1. 稳压电路的功能

稳定输出直流电压。

#### 2. 稳压电路的主要性能指标

##### (1) 稳压系数

在负载电流和环境温度不变时，输出直流电压的相对变化量与输入直流电压相对变化量之比

$$S_r = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} \Big|_{\Delta I_o = 0, \Delta T = 0}$$



## (2) 电压调整率

在负载电流和环境温度不变及给定输入电压变化量（电网 $\pm 10\%$ 波动）时，单位输出电压增量与对应输入电压增量之比

$$S_U = \left\{ \frac{1}{U_O} \frac{\Delta U_O}{\Delta U_I} \right\}_{\Delta I_O=0, \Delta T=0} \times 100\%$$

## (3) 输出电阻

当输入电压和环境温度不变时，输出电压的变化量与输出电流的变化量之比

$$R_O = \left. \frac{\Delta U_O}{\Delta I_O} \right|_{\Delta U_I=0, \Delta T=0}$$

## (4) 电流调整率

当输入电压和环境温度保持不变及给定输出电流变化量（常指负载电流从空载到满载时的变化量）时，输出电压相对变化量的百分比

$$S_I = \left\{ \frac{\Delta U_o}{U_o} \right\}_{\Delta U_i=0, \Delta T=0} \times 100\%$$

## (5) 输出电压的温度系数

在规定的温度范围内，当输入电压和负载电流保持不变时，单位温度变化所引起的输出电压相对变化量的百分比

$$S_T = \left\{ \frac{1}{U_o} \frac{\Delta U_o}{\Delta T} \right\}_{\Delta I_o=0, \Delta U_i=0} \times 100\%$$

**以上系数越小，输出电压越稳定**

## (6) 纹波电压

稳压电路输出端的交流分量（通常为100Hz）的有效值或幅值。

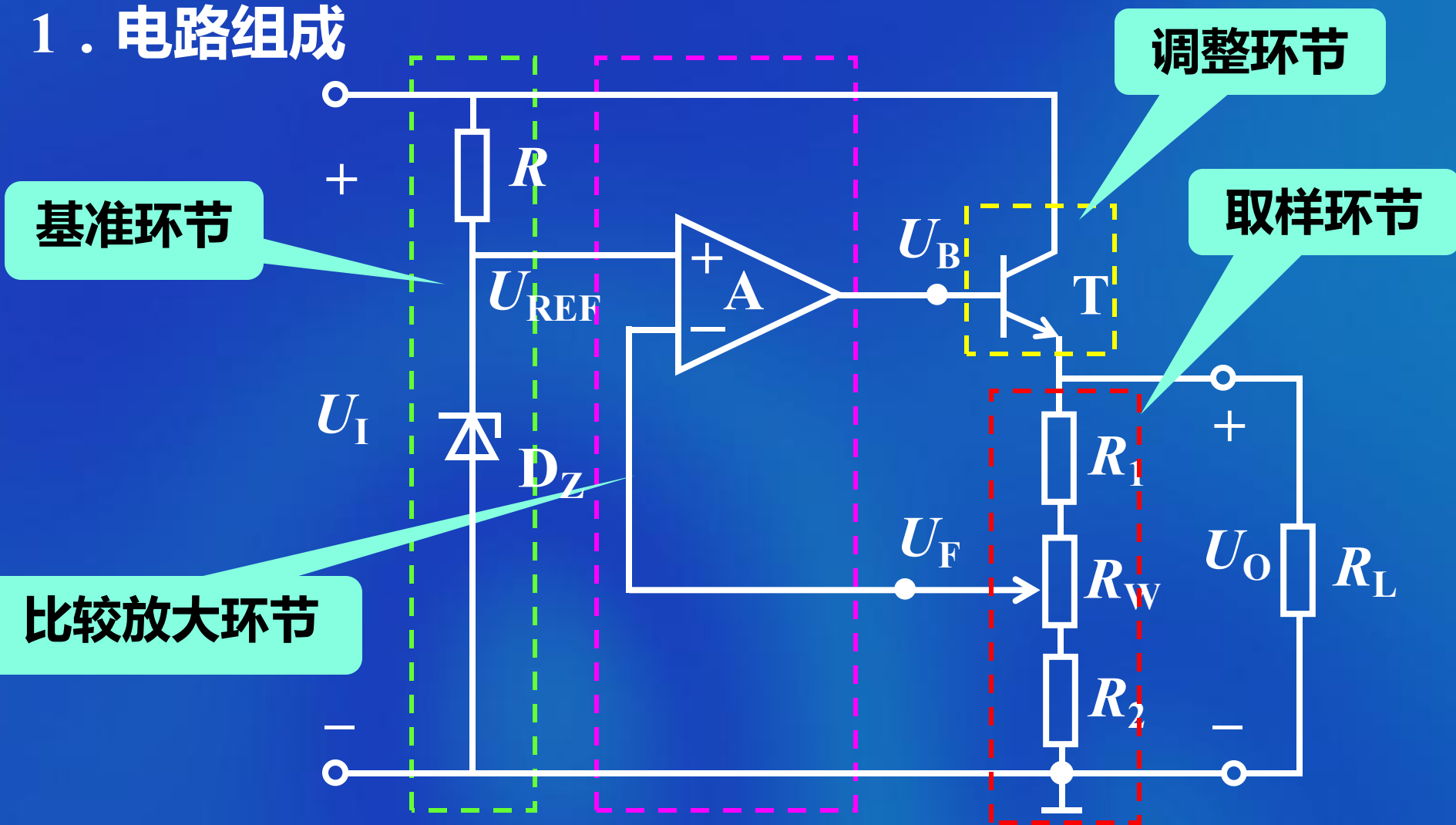
## (7) 纹波电压抑制比

输入、输出电压中的纹波电压之比

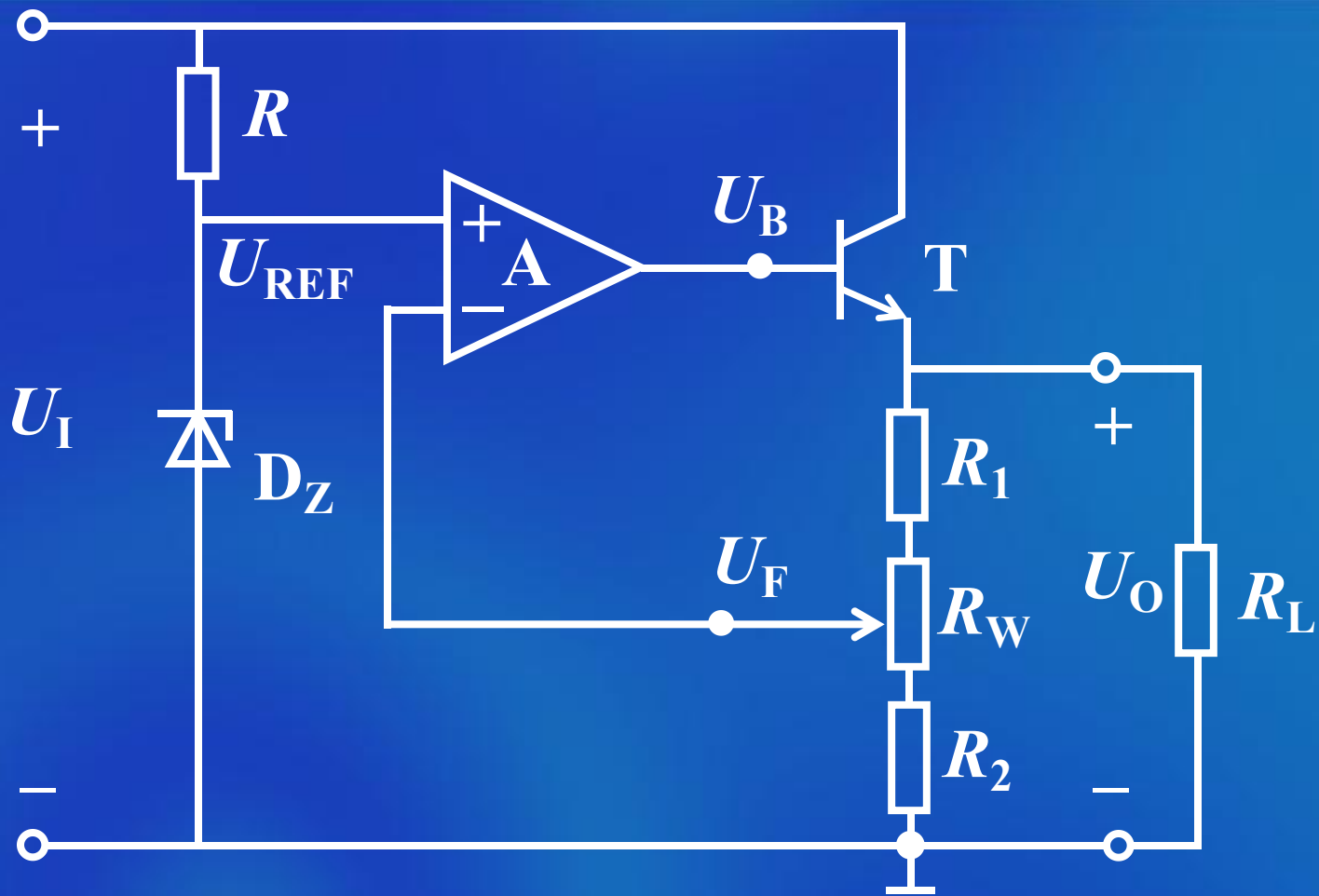
$$S_{\text{rip}} = 20 \lg \frac{U_{\text{ipp}}}{U_{\text{opp}}}$$

## 11.3.2 串联反馈型线性稳压电路的工作原理

### 1. 电路组成



## 2. 稳压原理



$U_I \uparrow (\text{或} R_L \uparrow) \rightarrow U_O \uparrow \rightarrow U_F \uparrow \rightarrow U_B \downarrow$   
 $U_O \downarrow \leftarrow \text{---} \leftarrow$

### 3. 输出电压

运放有**负反馈**

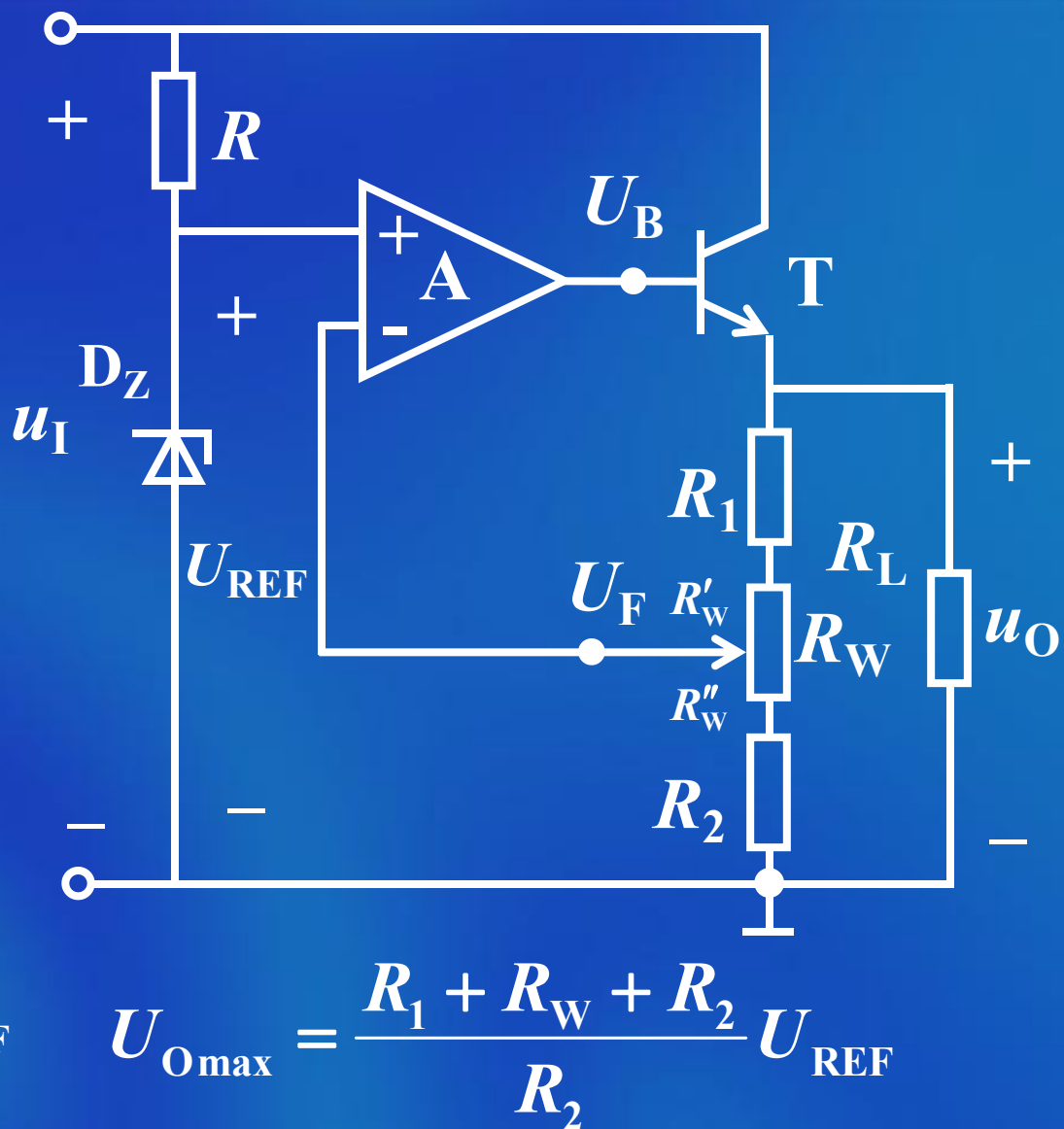
$$u_+ \approx u_-$$

所以

$$U_{\text{REF}} = \frac{R_2 + R''_{\text{W}}}{R_1 + R_{\text{W}} + R_2} U_{\text{O}}$$

$$U_{\text{O}} = \frac{R_1 + R_{\text{W}} + R_2}{R_2 + R''_{\text{W}}} U_{\text{REF}}$$

$$U_{\text{Omin}} = \frac{R_1 + R_{\text{W}} + R_2}{R_2 + R_{\text{W}}} U_{\text{REF}}$$



## 4. 调整管参数选取原则

$$(1) \quad I_{CM} \geq I_{Omax}$$

$$(2) \quad P_{CM} \geq U_{CE(max)} I_{O(max)}$$

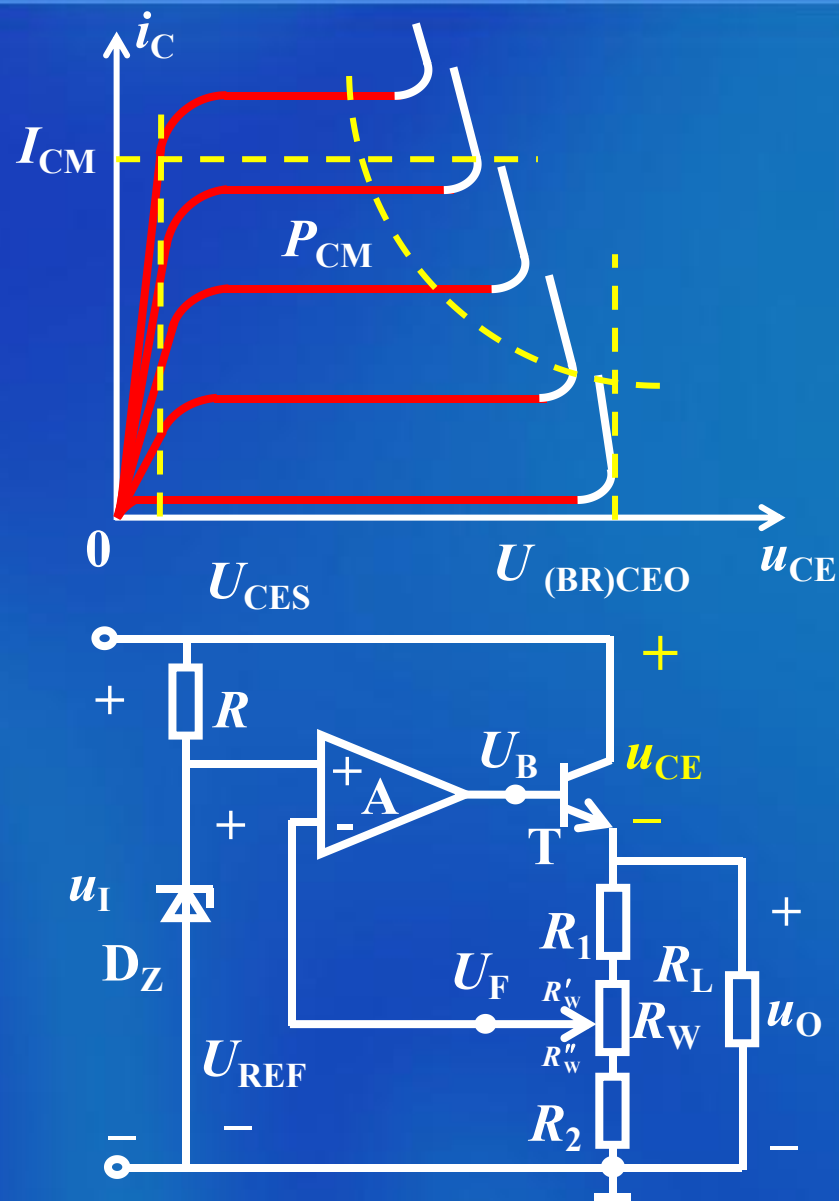
$$U_{CE(max)} = U_{I(max)} - U_{O(min)}$$

$$(3) \quad U_{(BR)CEO} \geq U_{CE(max)}$$

(4) 电路正常工作时,

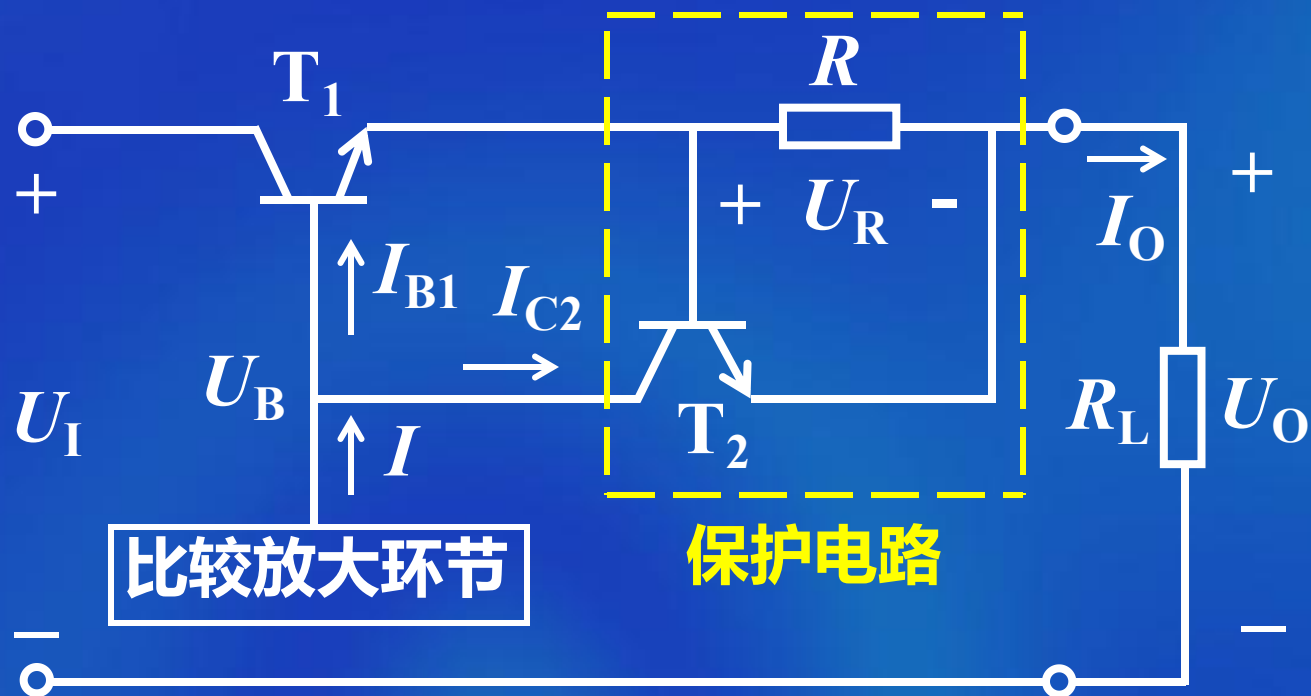
$$U_{CES} = 3 \sim 5V$$

$$U_{CE(min)} = U_{I(min)} - U_{O(max)}$$

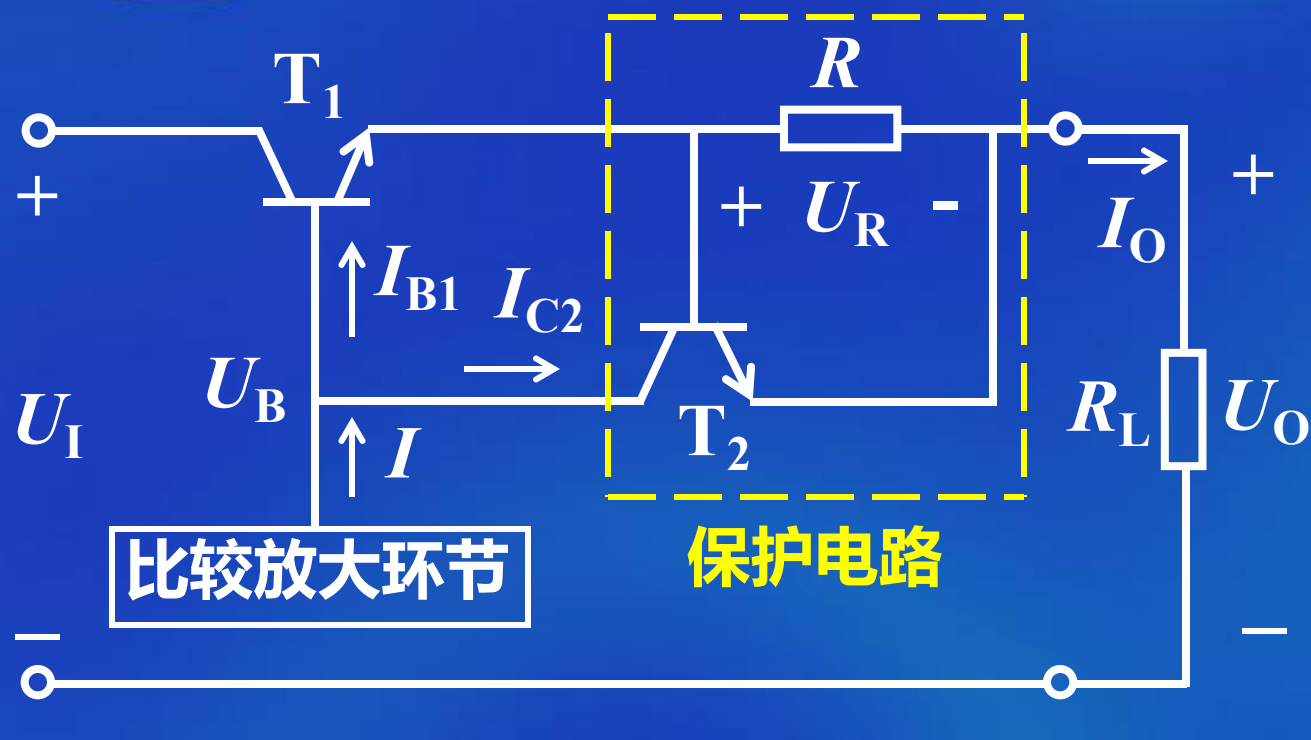




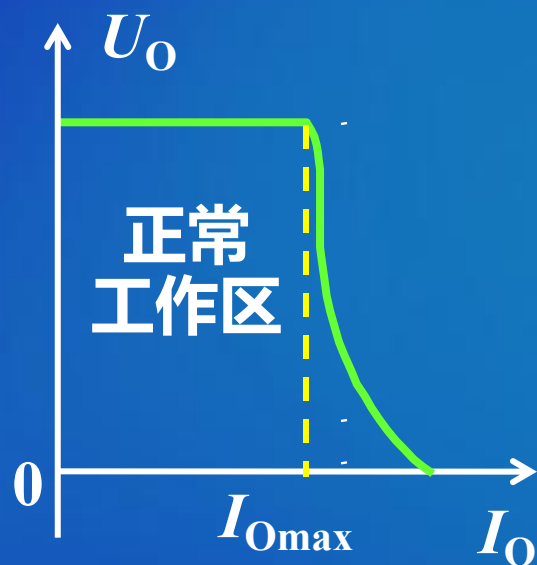
## 5. 限流保护电路



工作原理



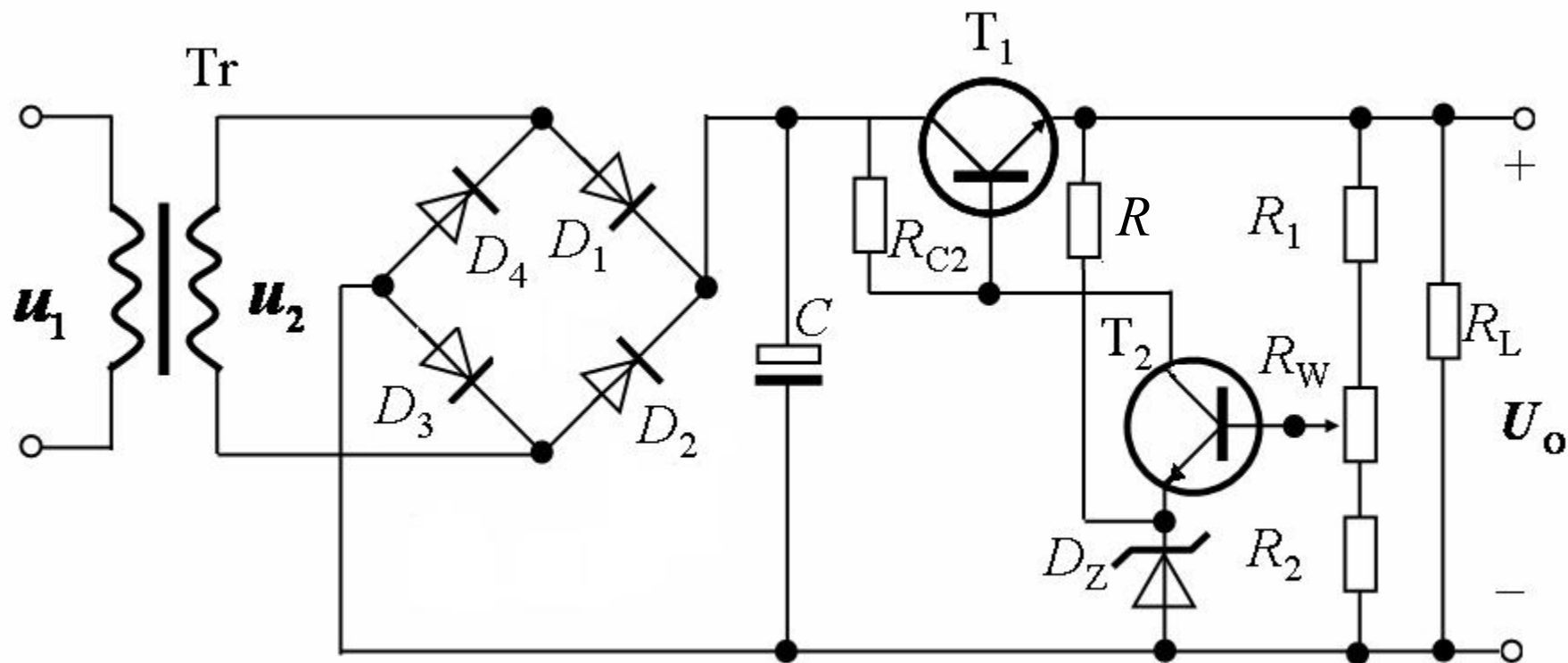
## 电路外特性

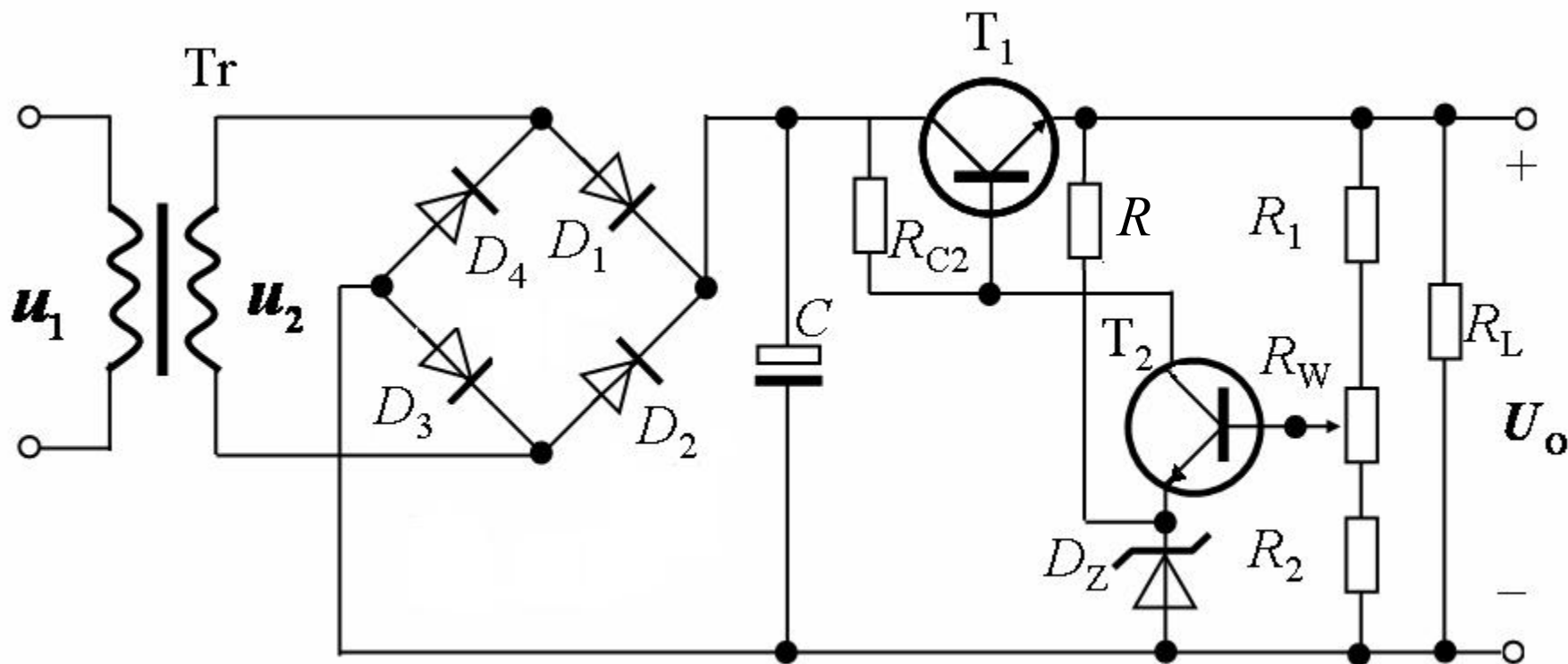


(1) 当  $I_O$  较小时,  $U_R < U_{BE2}$ ,  $T_2$  截止, 电路正常工作。

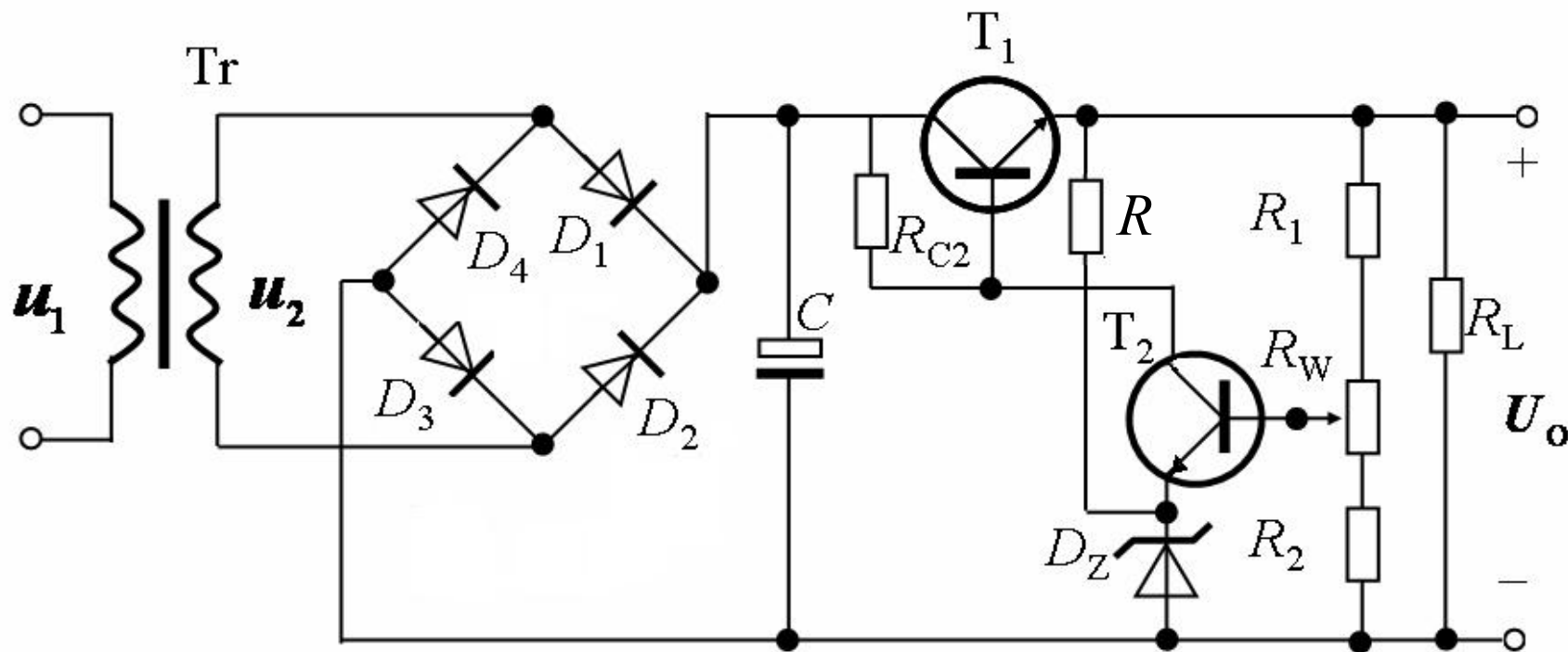
(2) 当  $I_O$  增大,  $T_2$  导通。  $I_{B1}$  减小, 限制了  $I_O$  的增大。

**例：**串联型稳压电路如下图。稳压管 $D_Z$ 的稳定电压 $V_Z=5.3V$ ，电阻 $R_1=R_2=200\Omega$ 。晶体管的 $V_{BE}=0.7V$ 。





- (1) 试说明电路的如下四个部分分别由哪些元、器件构成;
- (2) 当 $R_W$ 的滑动端在最下端时 $U_O=15V$  , 求 $R_W$ 的值;
- (3) 若 $R_W$ 的滑动端移至最上端 , 问 $U_O=?$



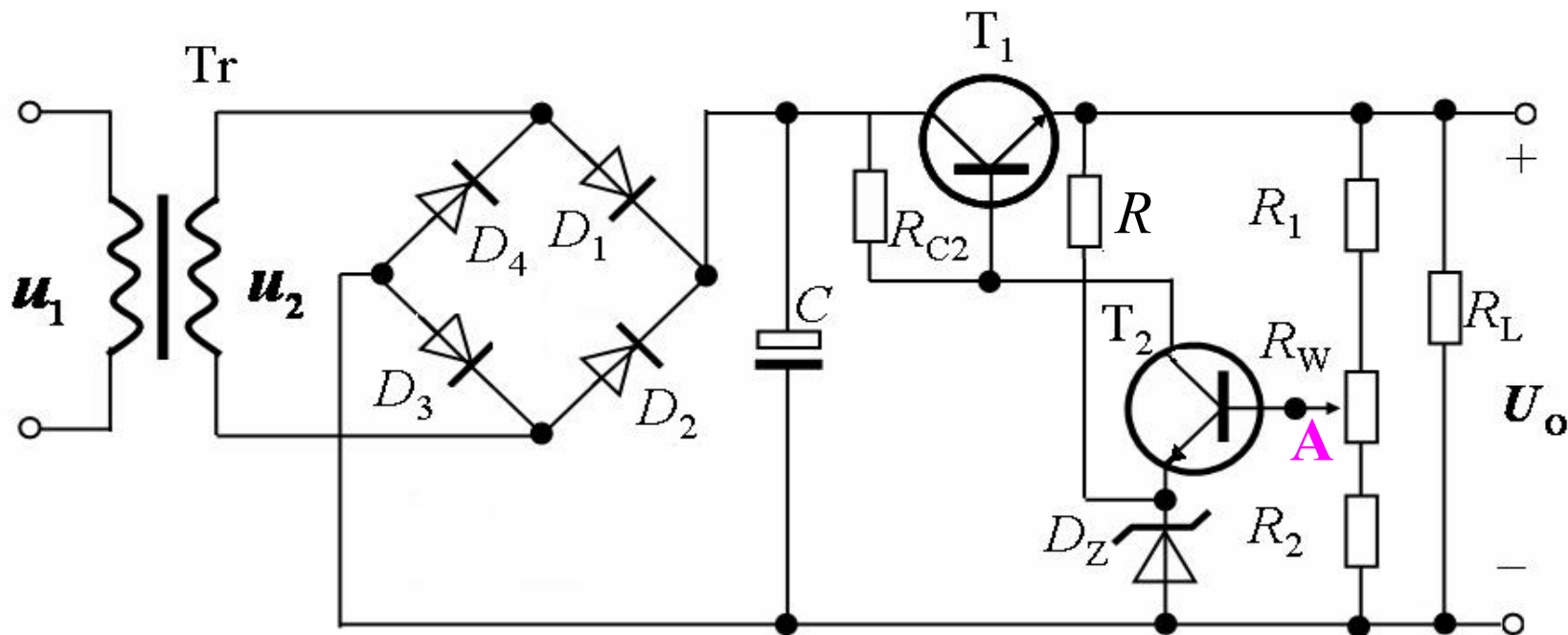
解：(1)

★ 调整管为： $T_1$

★ 放大环节为： $T_2$ ， $R_{C2}$

★ 基准电压为： $D_Z$ ， $R$

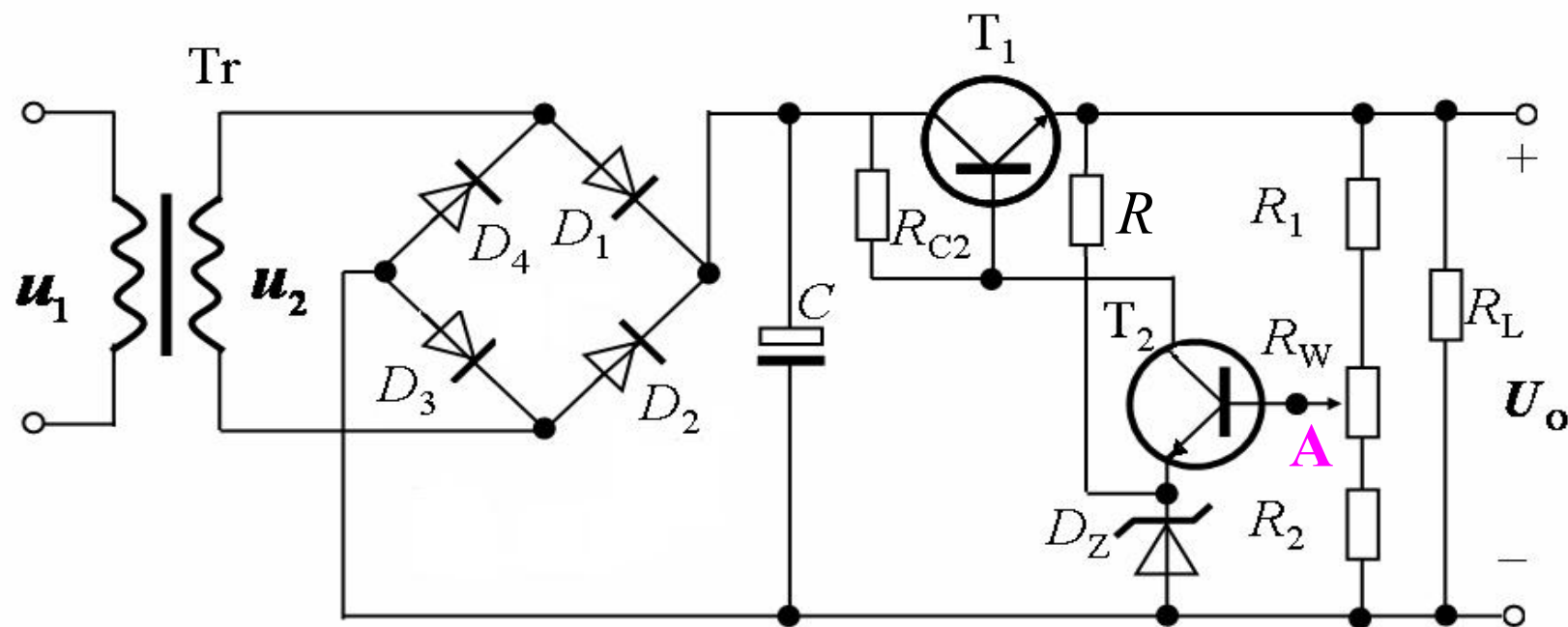
★ 取样环节为： $R_1$ ， $R_W$ ， $R_2$



(2) 当 $R_W$ 的滑动端在最下端时 $U_O=15V$

$$U_A = \frac{U_O \cdot R_2}{R_1 + R_W + R_2}$$

$$6 = \frac{200 \times 15}{200 + R_W + 200} \quad \text{得 } R_W = 100\Omega$$



(3) 若 $R_W$ 的滑动端移至最上端，问 $U_O = ?$

(2)  $U_A = U_Z + U_{BE2} = 6V$

$$\begin{aligned}
 U_O &= \frac{R_1 + R_W + R_2}{R_2 + R_W} U_A \\
 &= \frac{200 + 100 + 200}{100 + 200} \times 6 \\
 &= 10V
 \end{aligned}$$

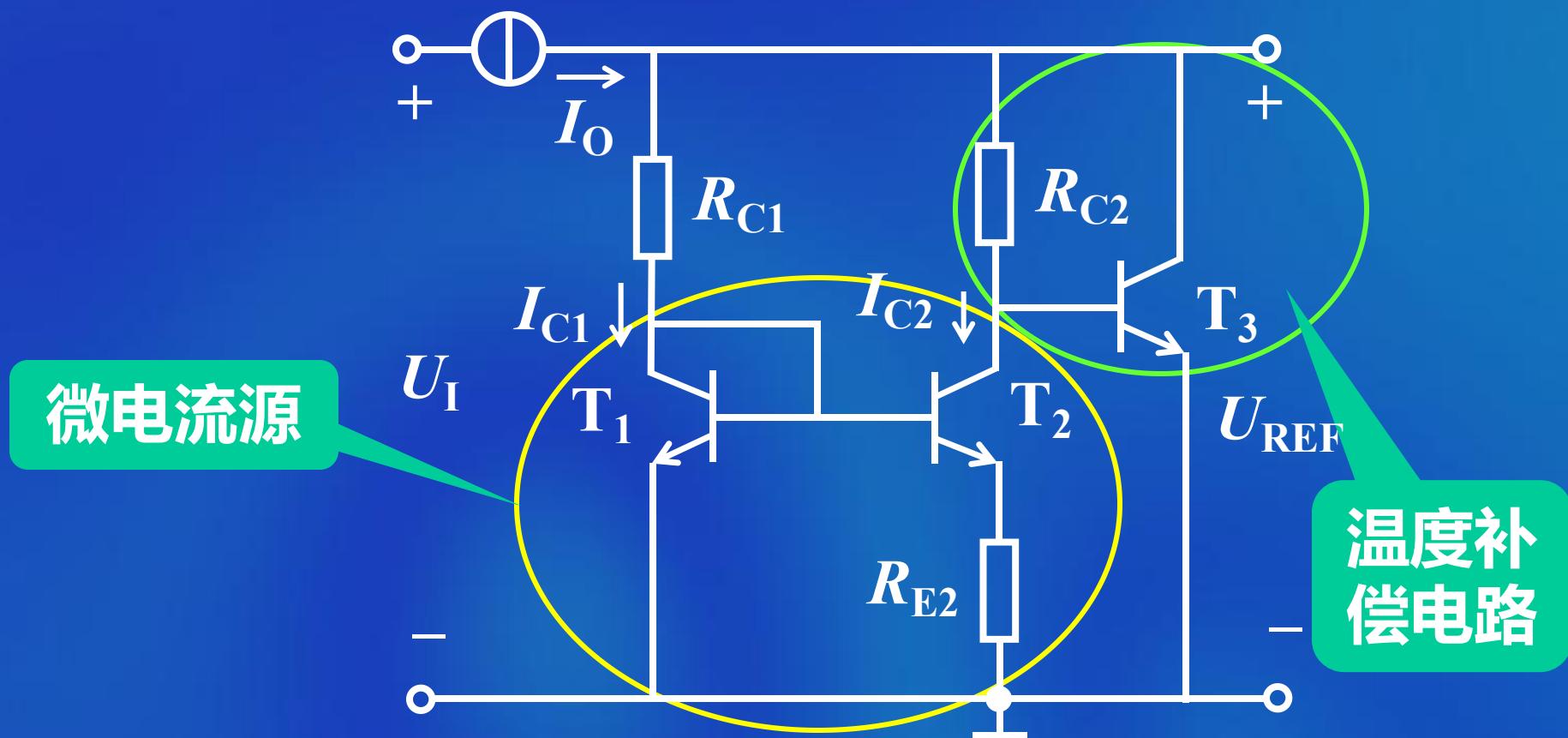


## 11.3.3 高精度基准电压源

(自学)



## 1. 电路组成





## 2. 工作原理

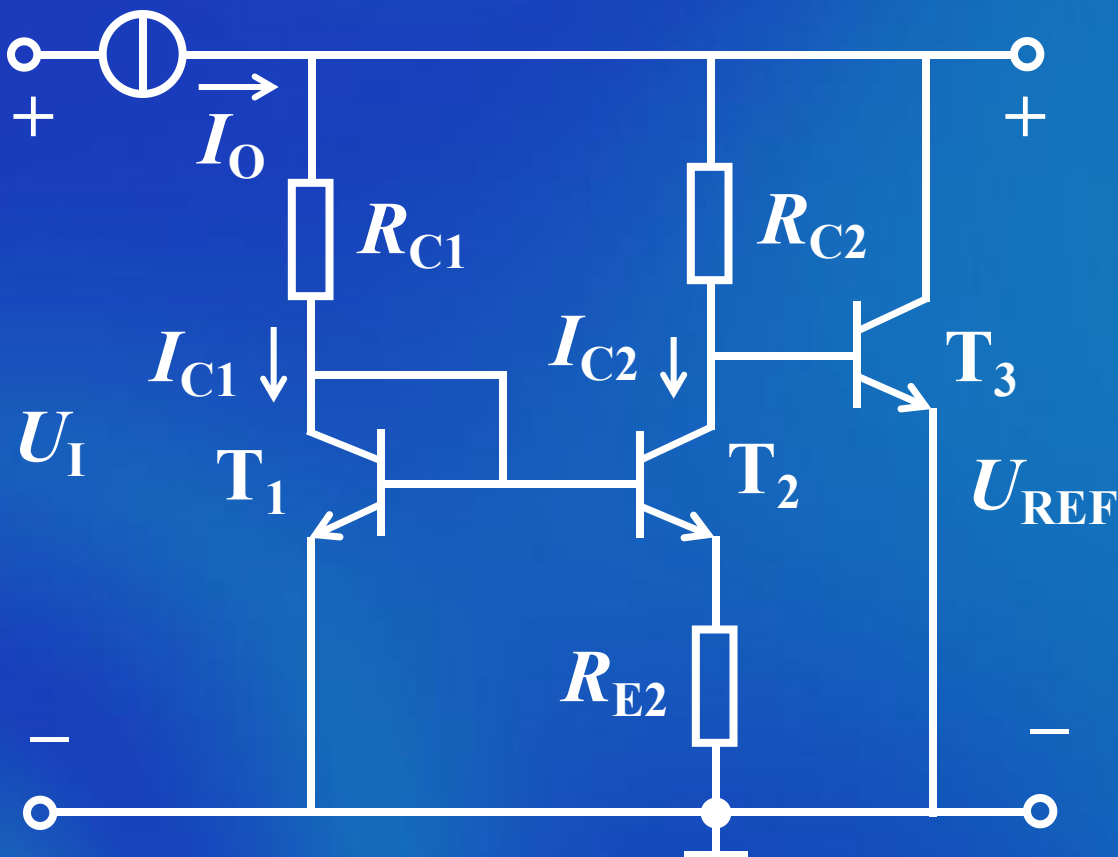
图中

$$U_{\text{REF}} = U_{\text{BE3}} + I_{\text{C2}} R_{\text{C2}}$$

$$I_{\text{C2}} = \frac{U_T}{R_{\text{E2}}} \ln\left(\frac{I_{\text{C1}}}{I_{\text{C2}}}\right)$$

由此可得

$$U_{\text{REF}} = U_{\text{BE3}} + \frac{R_{\text{C2}} U_T}{R_{\text{E2}}} \ln\left(\frac{I_{\text{C1}}}{I_{\text{C2}}}\right)$$



由式  $U_{\text{REF}} = U_{\text{BE3}} + \frac{R_{\text{C2}} U_{\text{T}}}{R_{\text{E2}}} \ln\left(\frac{I_{\text{C1}}}{I_{\text{C2}}}\right)$  可知

合理地选择  $I_{\text{C1}}/I_{\text{C2}}$  和  $R_{\text{C2}}/R_{\text{E2}}$  的值，使正温度系数的电压  $I_{\text{C2}} R_{\text{C2}}$  正好补偿负温度系数电压的  $U_{\text{BE3}}$ ，可获得零温度系数的基准电压。

基准电压为

$$U_{\text{REF}} = U_{\text{g0}} = 1.205\text{V}$$

式中

$U_{\text{g0}}$  为硅材料在0K时禁带宽度(能带间隙)的电压值。

## 11.3.4 集成三端稳压器

### 1. 电路主要组成部分

- (1) 串联反馈型线性稳压电路
- (2) 高精度基准电压源
- (3) 过流、过热保护等电路

### 2. 主要特点：

- (1) 工作可靠
- (2) 外接元件少
- (3) 使用方便

### 3. 分类

按输出电压是否可调

- 固定式三端稳压器
- 可调式三端稳压器

### 4. 固定式集成三端稳压器的型号

a.  $78 \times \times$  (输出正电压) 系列      b.  $79 \times \times$  (输出负电压) 系列

$\times \times$ ——输出电压的标称值

### 输出电压种类

5V、6V、9V、12V、15V和24V等

## W7800系列稳压器外形



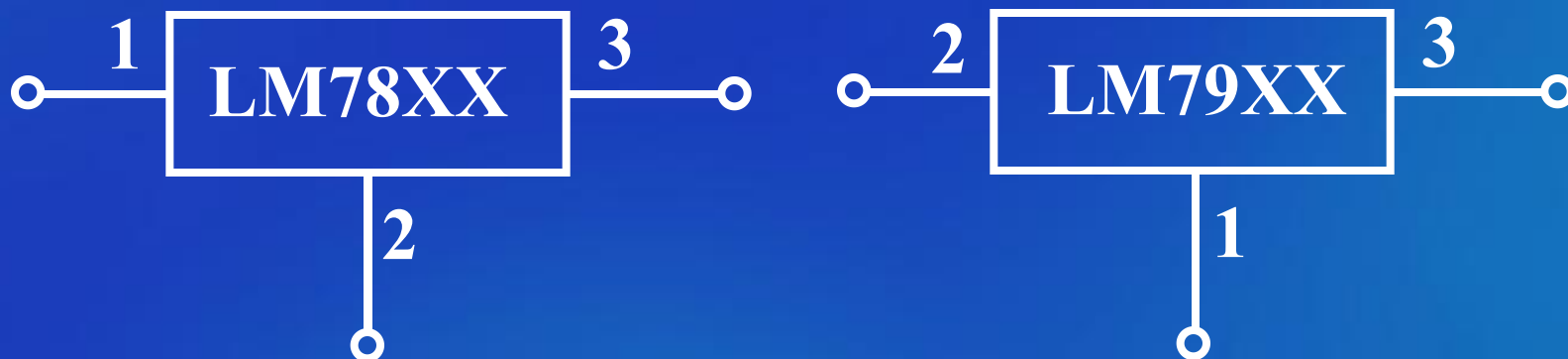
1端: 输入端  
2端: 公共端  
3端: 输出端

## W7900系列稳压器外形



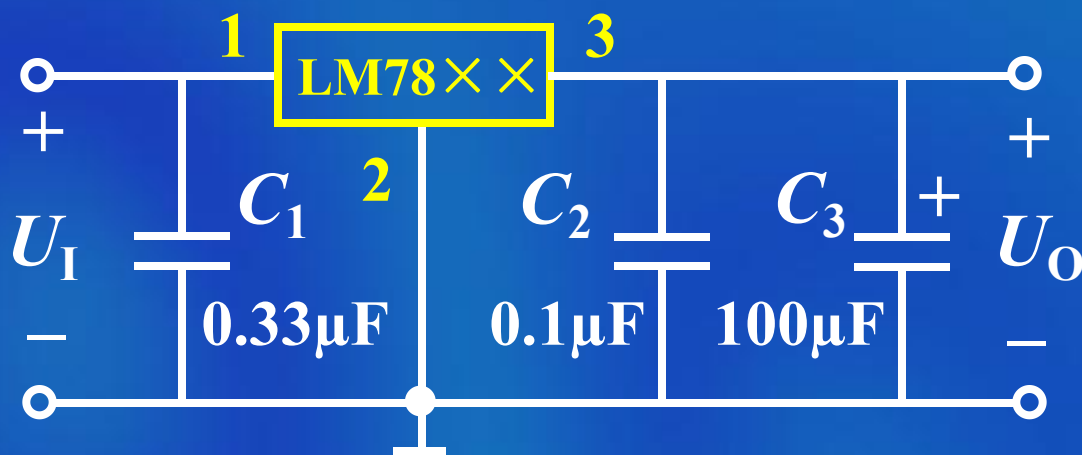
1端: 公共端  
2端: 输入端  
3端: 输出端

## 6. 稳压器电路符号

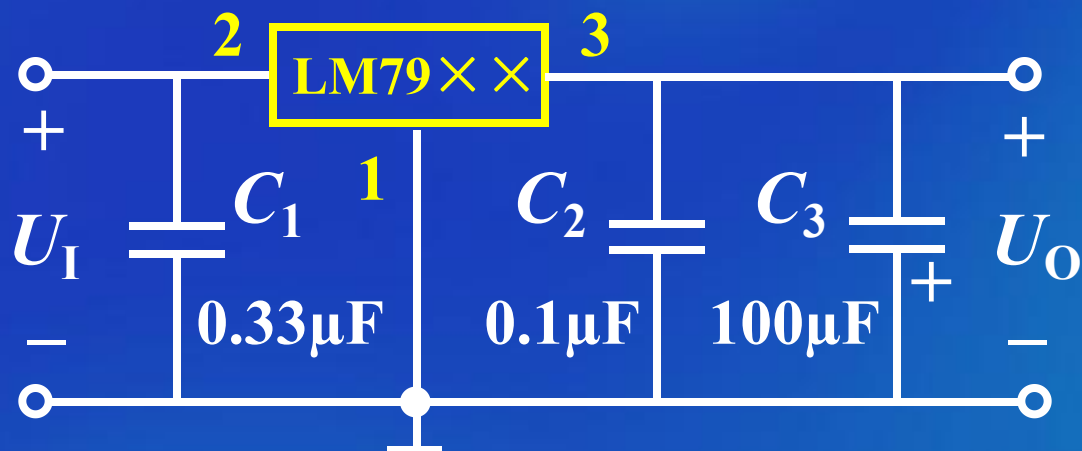


## 7. 固定式三端稳压器的典型接法

a. 78系列



## b. 79系列



电容作用

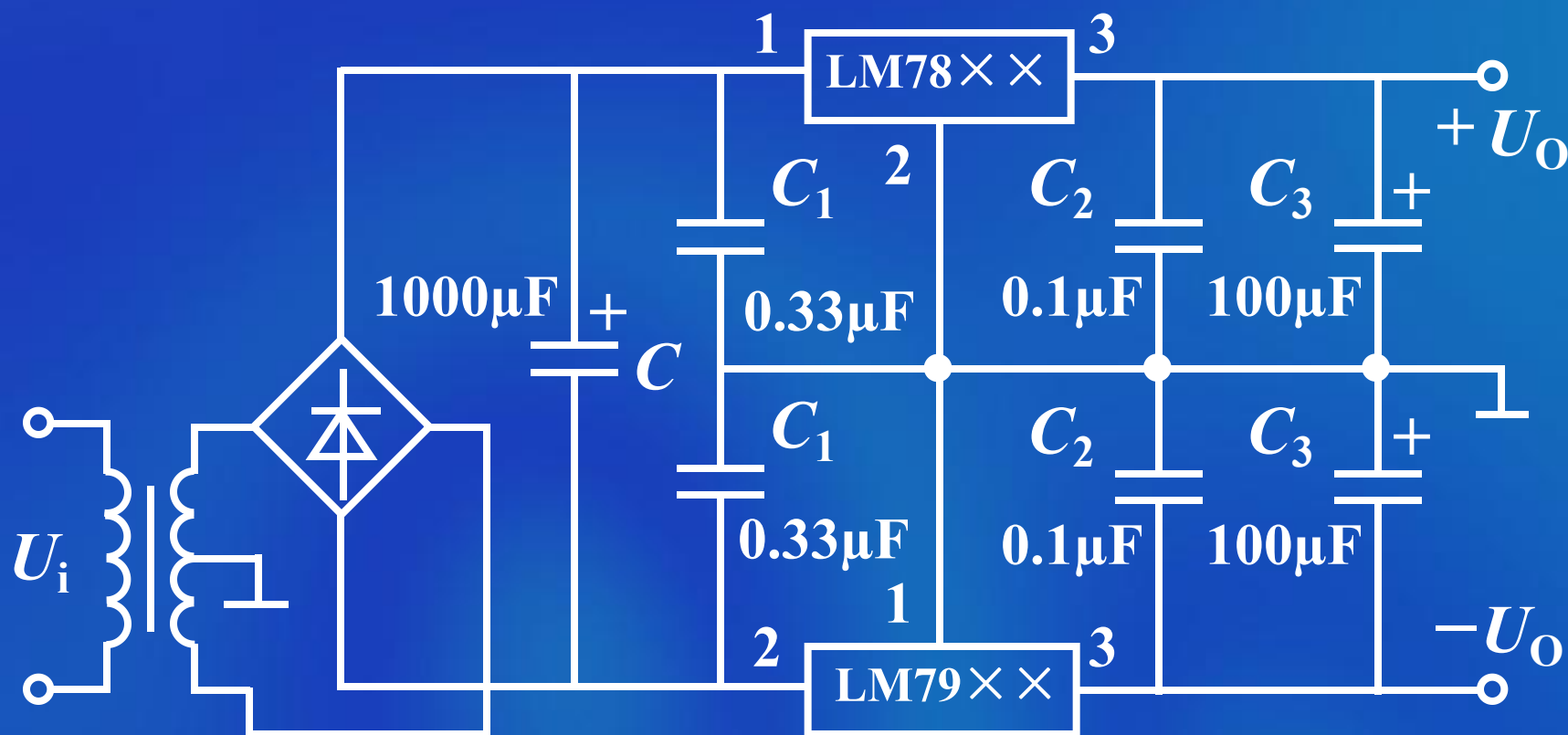
$C_1$ —防止自激振荡

$C_2$ —减小高频干扰

$C_3$ —减小输出纹波和低频干扰

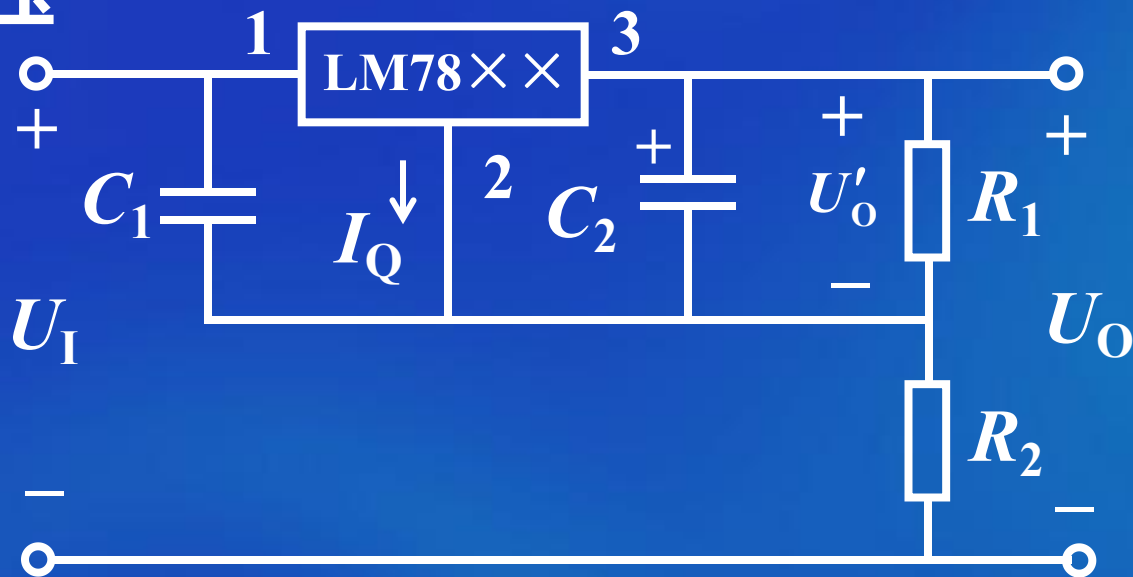
## 8. 固定式三端稳压器的应用电路

### a. 输出正、负电压的稳压电路





## b. 提高输出电压



$$U'_O = U_{R1} = U_{XX}$$

因为

$$U_O = U'_O + \left( \frac{U'}{R_1} + I_Q \right) R_2 \quad \text{所以} \quad U_O = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U'_O + I_Q R_2$$

忽略公共端电流  $I_Q$        $U_O \approx \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U'_O$

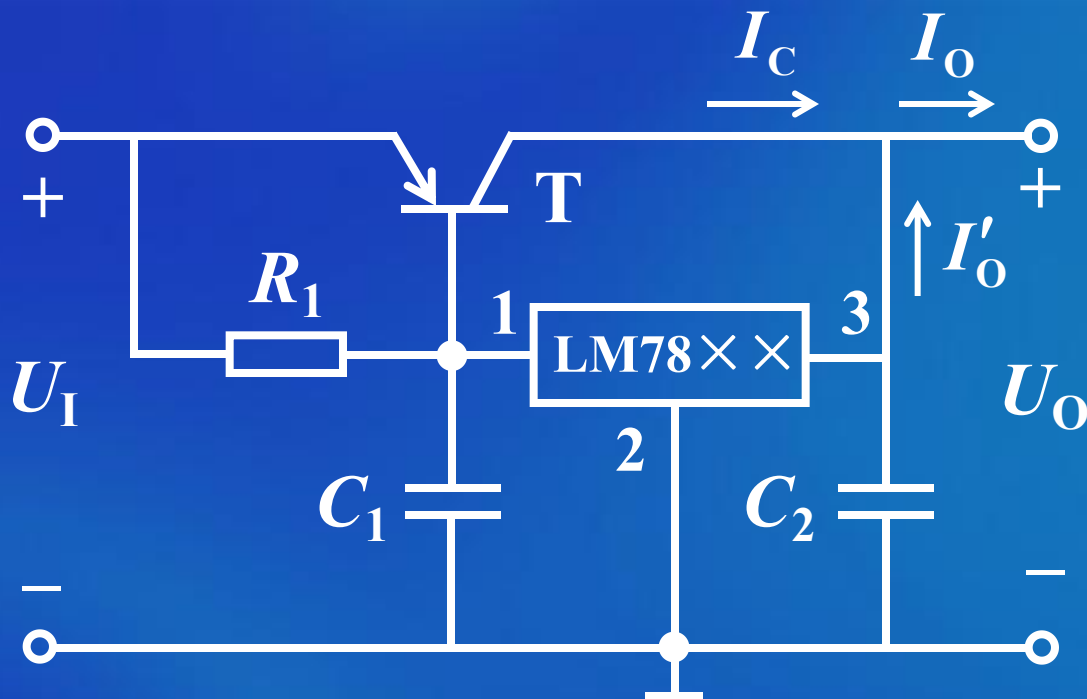


## c. 扩大输出电流

图中

$$I_O = I_C + I'_O$$

$$= \beta I_B + I'_O$$



若  $\beta=10$  ,  $R_1=0.5\Omega$  ,  $|U_{BE}|=0.3V$  ,  $I'_O=1A$  。 则

$$I_C = 4A \quad I_O = 5A$$