



10 直流稳压电源

授课内容

10.0 引言

10.1 小功率整流滤波电路

10.2 串联反馈式稳压电路



10 直流稳压电源

教学目的、要求：

1. 熟练掌握整流及滤波电路的组成和原理
2. 熟练掌握串联反馈式稳压电路的稳压原理
3. 熟练掌握三端集成稳压器及应用



10 直流稳压电源

教学重点、难点：

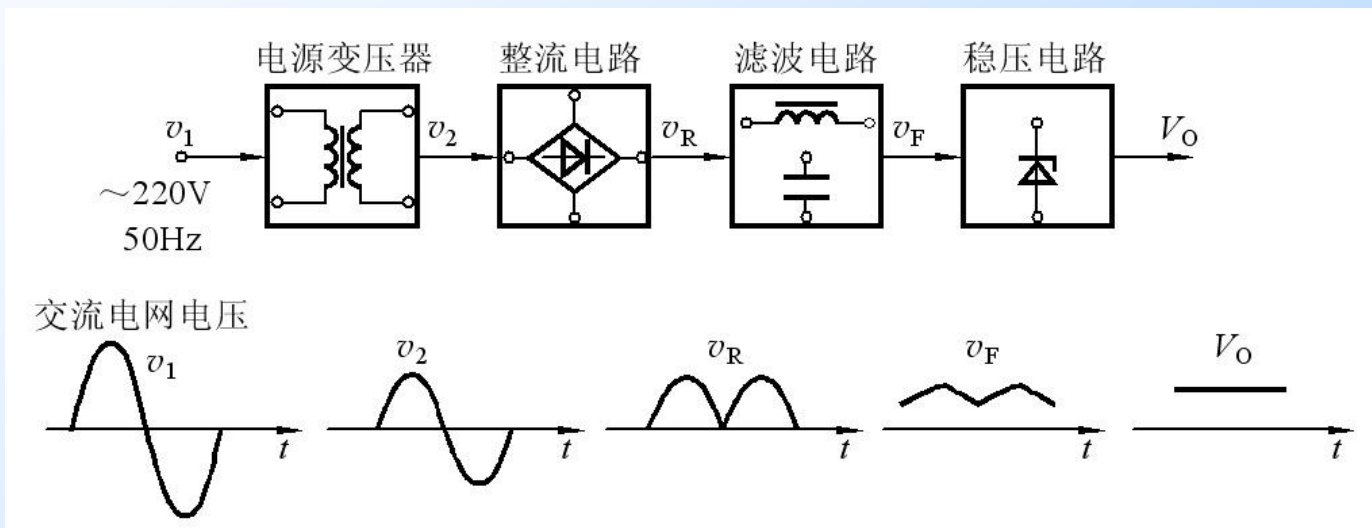
开关稳压电路的原理分析

引言

直流稳压电源的作用

将交流电网电压转换为直流电压，为放大电路提供直流工作电源。

组成



各部分功能

变压器: 降压 **整流:** 交流变脉动直流 **滤波:** 滤除脉动

稳压: 进一步消除纹波，提高电压的稳定性和带载能力



10.1 小功率整流滤波电路

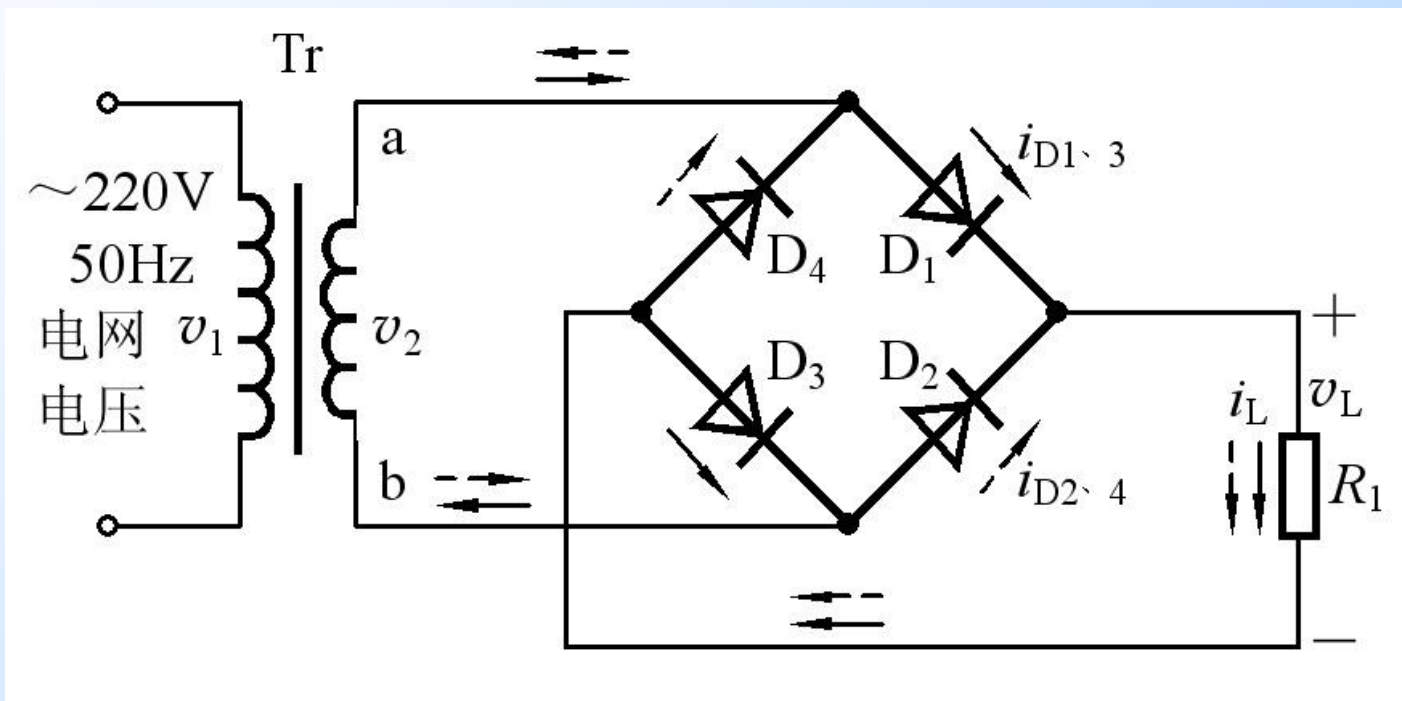
10.1.1 单相桥式整流电路

10.1.2 滤波电路

10.1.1 单相桥式整流电路

1. 工作原理

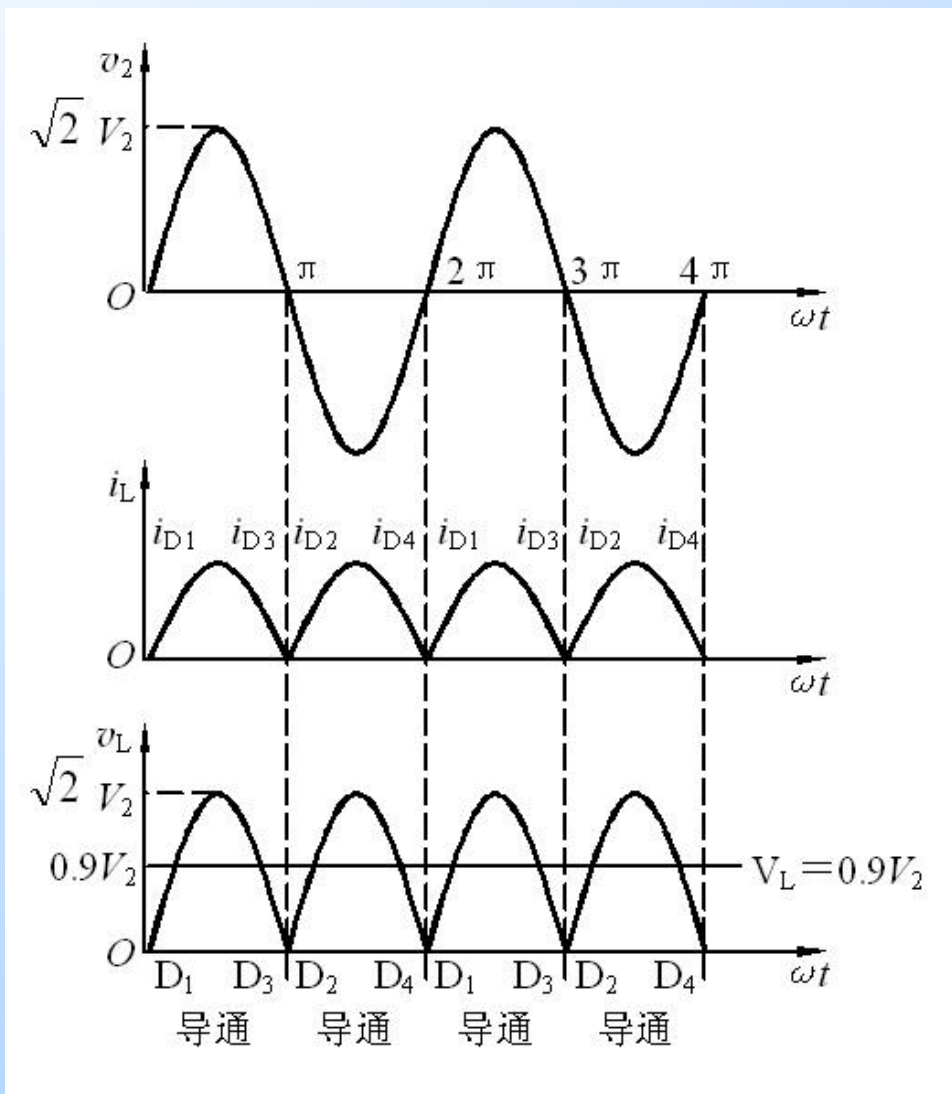
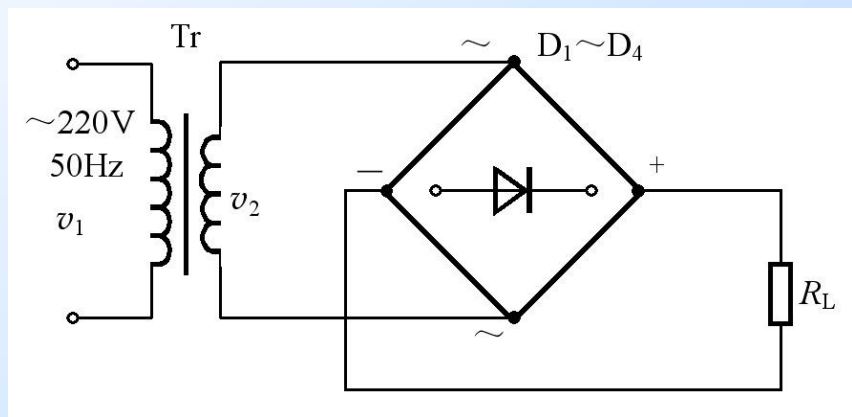
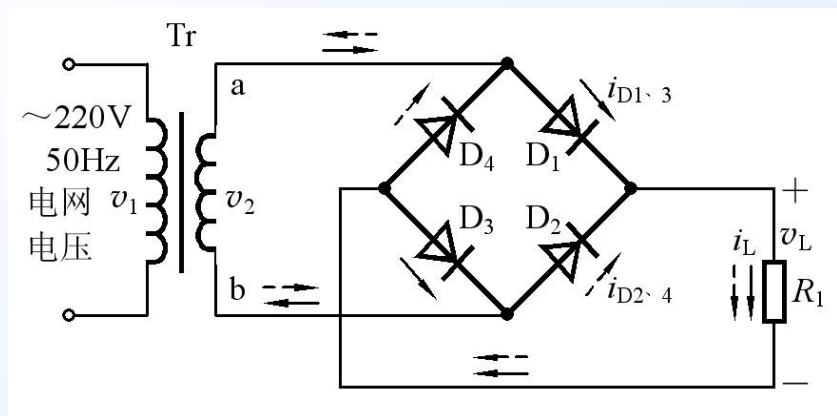
利用二极管的单向导电性



10.1.1 单相桥式整流电路

1. 工作原理

利用二极管的单向导电性



10.1.1 单相桥式整流电路

2. V_L 和 I_L

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

$$= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_2 \approx 0.9V_2$$

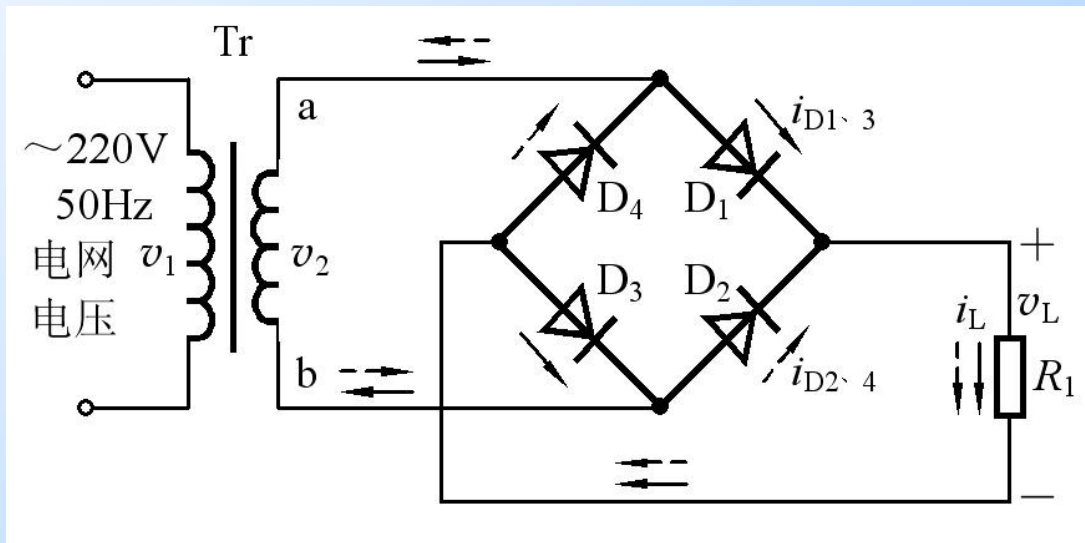
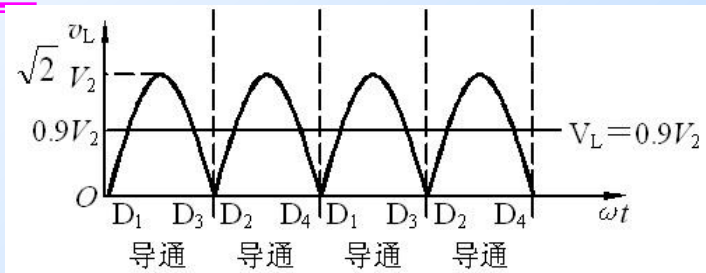
$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{0.9V_2}{R_L}$$

3. 纹波系数

$$K_r = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_L^2}}{V_L} = 0.483$$

4. 平均整流电流

$$I_{D1} = I_{D3} = I_{D2} = I_{D4} = \frac{1}{2} I_L = 0.45 \frac{V_2}{R_L}$$

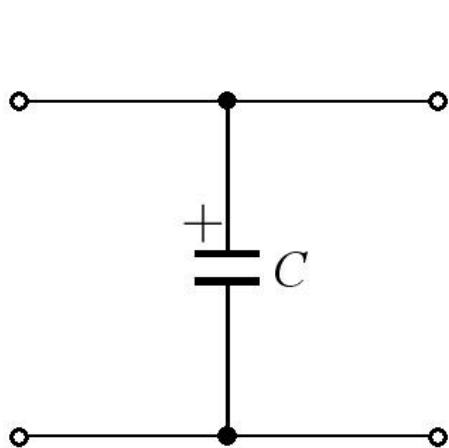


5. 最大反向电压

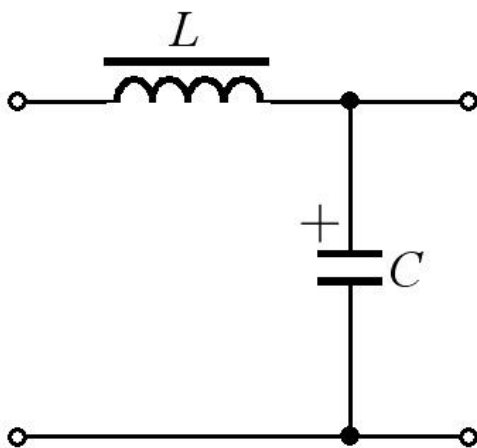
$$V_{RM} = \sqrt{2} V_2$$

10.1.2 滤波电路

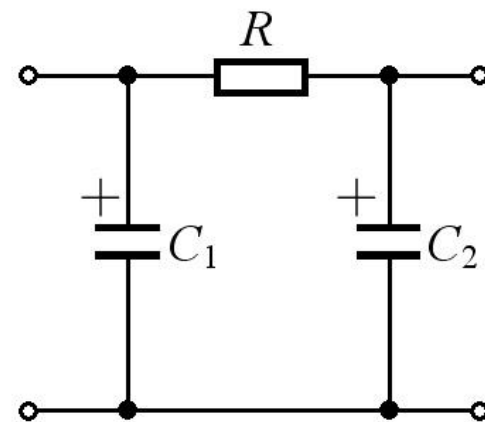
几种滤波电路



(a)



(b)



(c)

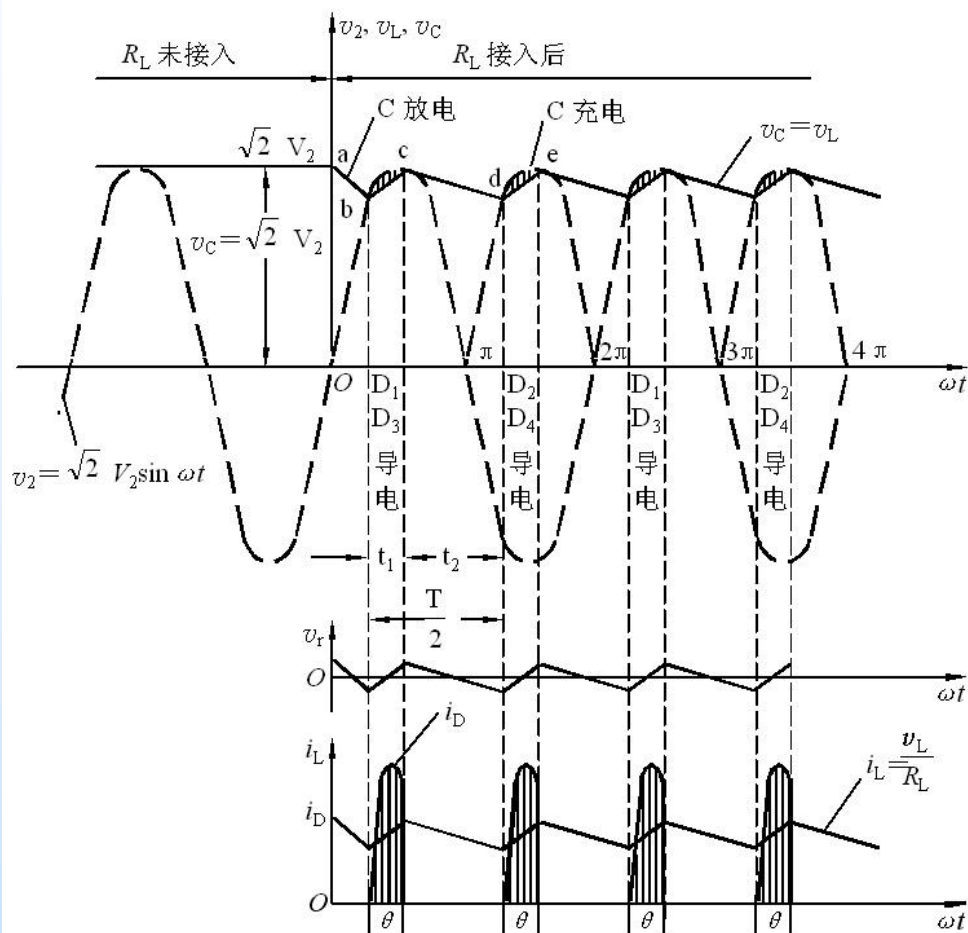
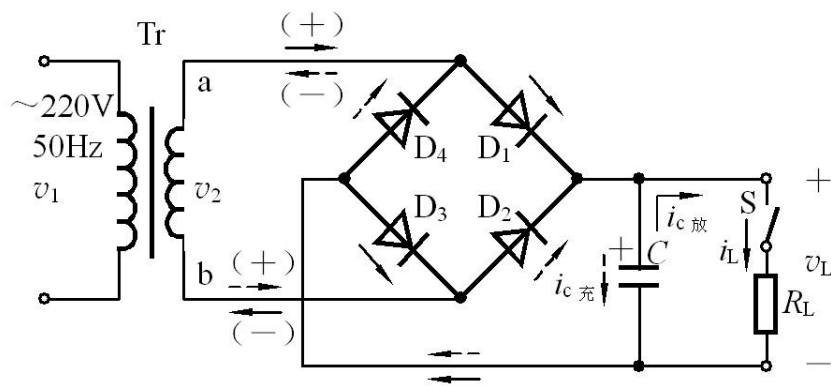
(a) 电容滤波电路

(b) 电感电容滤波电路（倒L型）

(c) Π 型滤波电路

10.1.2 滤波电路

电容滤波电路



10.1.2 滤波电路

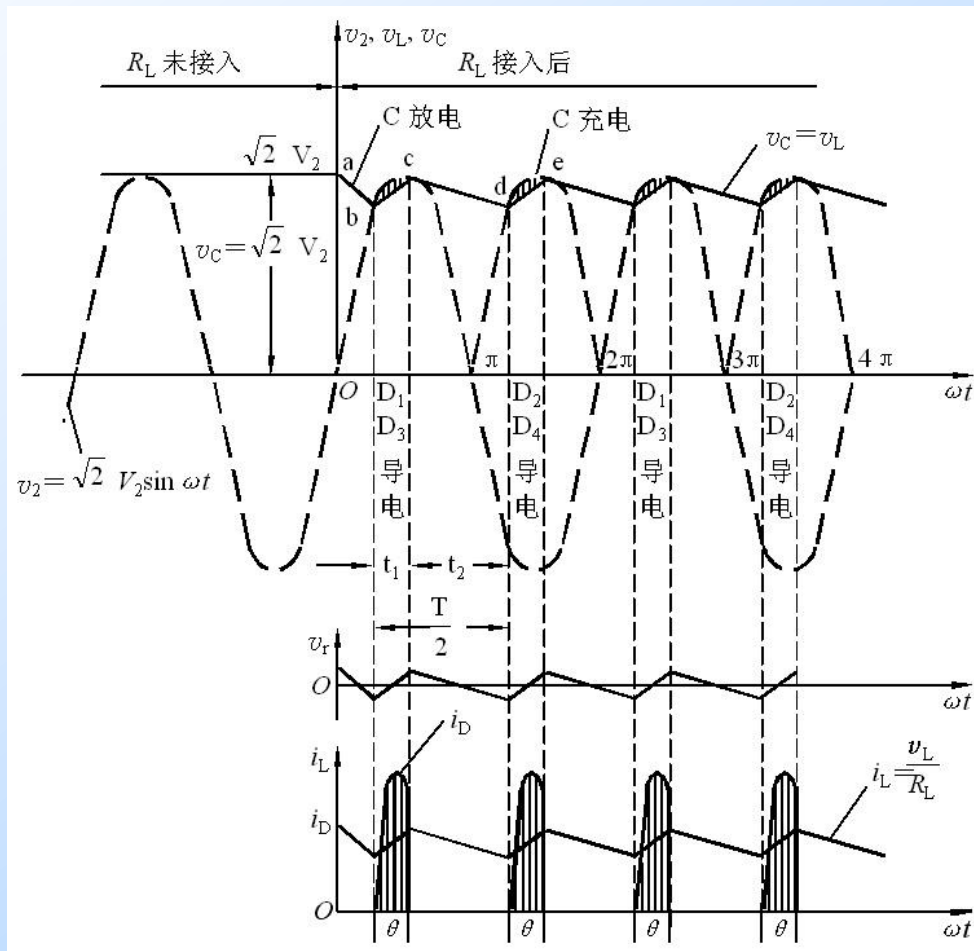
电容滤波的特点

A. 二极管的导电角 $\theta < \pi$ ，
流过二极管的瞬时电流很大。

B. 负载直流平均电压 V_L 升高
 $\tau_d = R_L C$ 越大， V_L 越高

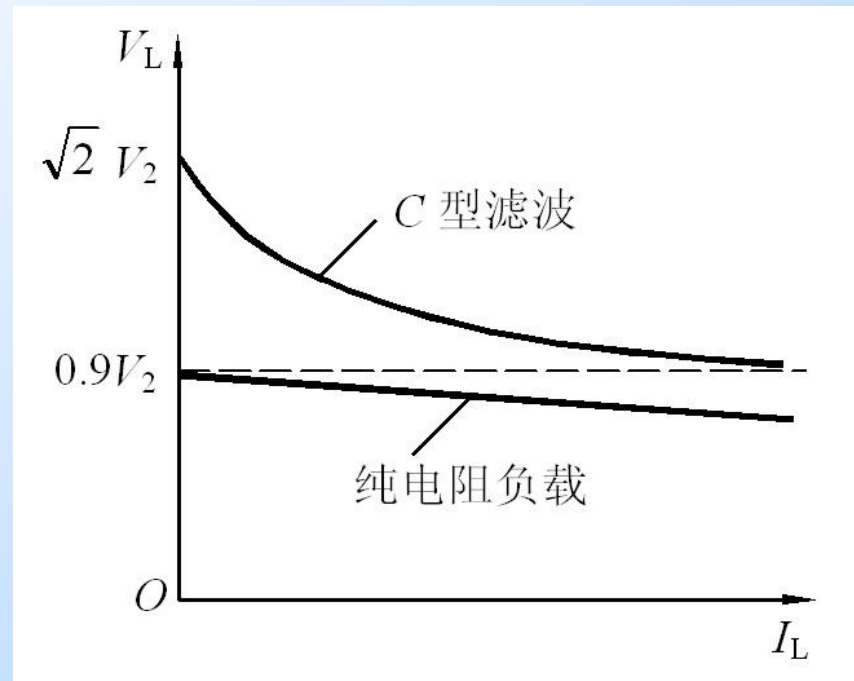
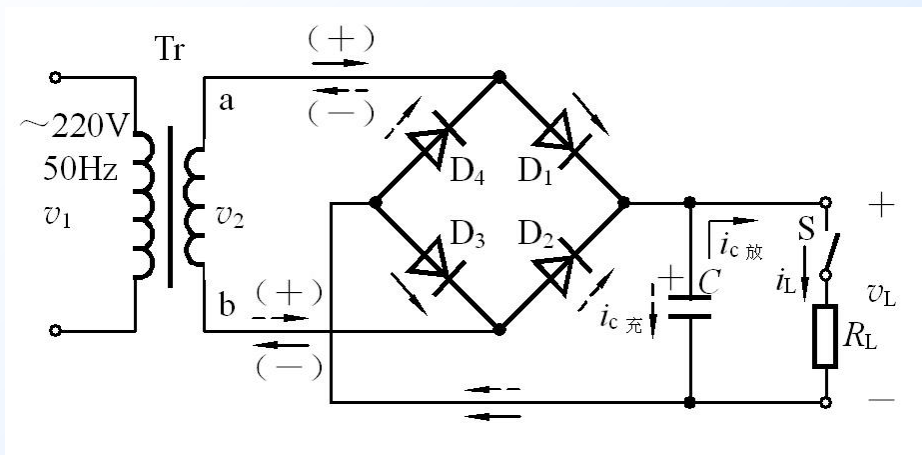
C. 直流电压 V_L 随负载电流
增加而减少

当 $\tau_d \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2}$ 时， $V_L = (1.1 \sim 1.2) V_2$



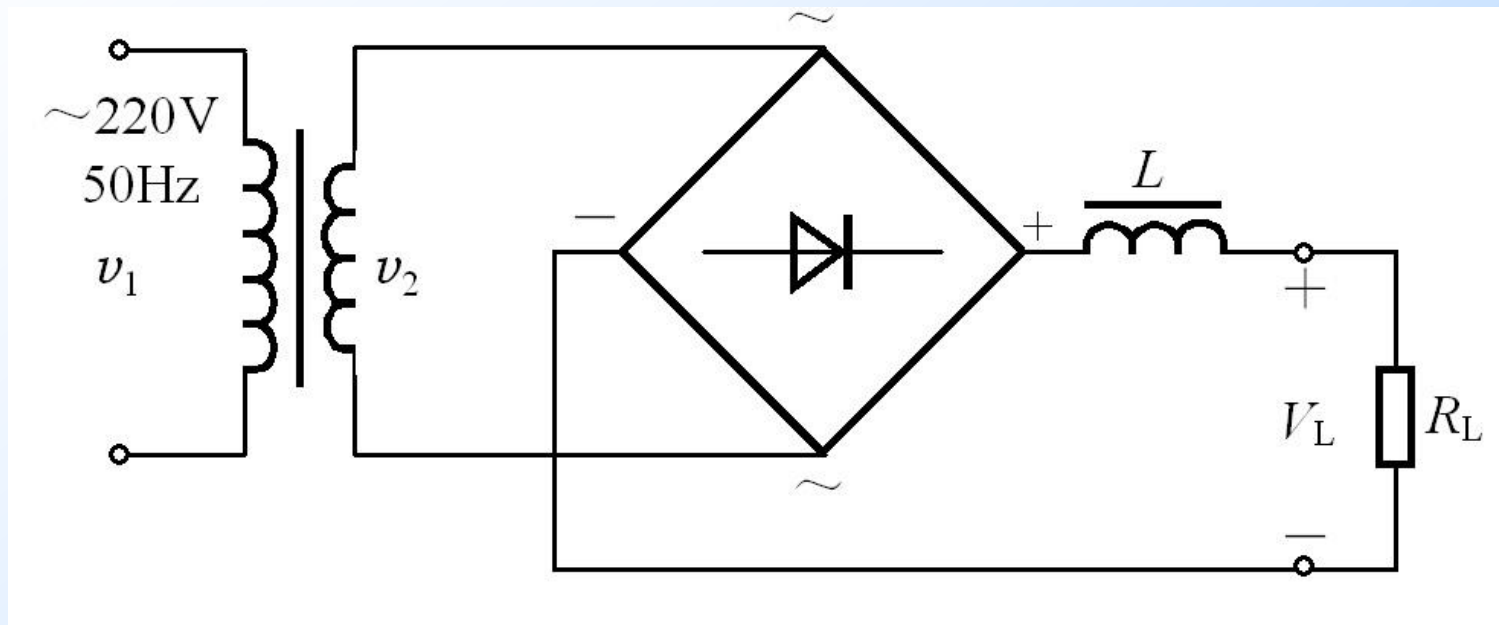
10.1.2 滤波电路

V_L 随负载电流的变化



10.1.2 滤波电路

电感滤波电路





10.2 串联反馈式稳压电路

10.2.1 稳压电源质量指标

10.2.2 串联反馈式稳压电路工作原理

10.2.3 三端集成稳压器

10.2.4 三端集成稳压器的应用

10.2.1 稳压电源质量指标

输出电压 $V_O = f(V_I, I_O, T)$

输出电压变化量 $\Delta V_O = K_V \Delta V_I + R_O \Delta I_O + S_T \Delta T$

输入调整因数 $K_V = \left. \frac{\Delta V_O}{\Delta V_I} \right|_{\substack{\Delta I_O=0 \\ \Delta T=0}}$

电压调整率 $S_V = \left. \frac{\Delta V_O / V_O}{\Delta V_I} \times 100\% \right|_{\substack{\Delta I_O=0 \\ \Delta T=0}}$

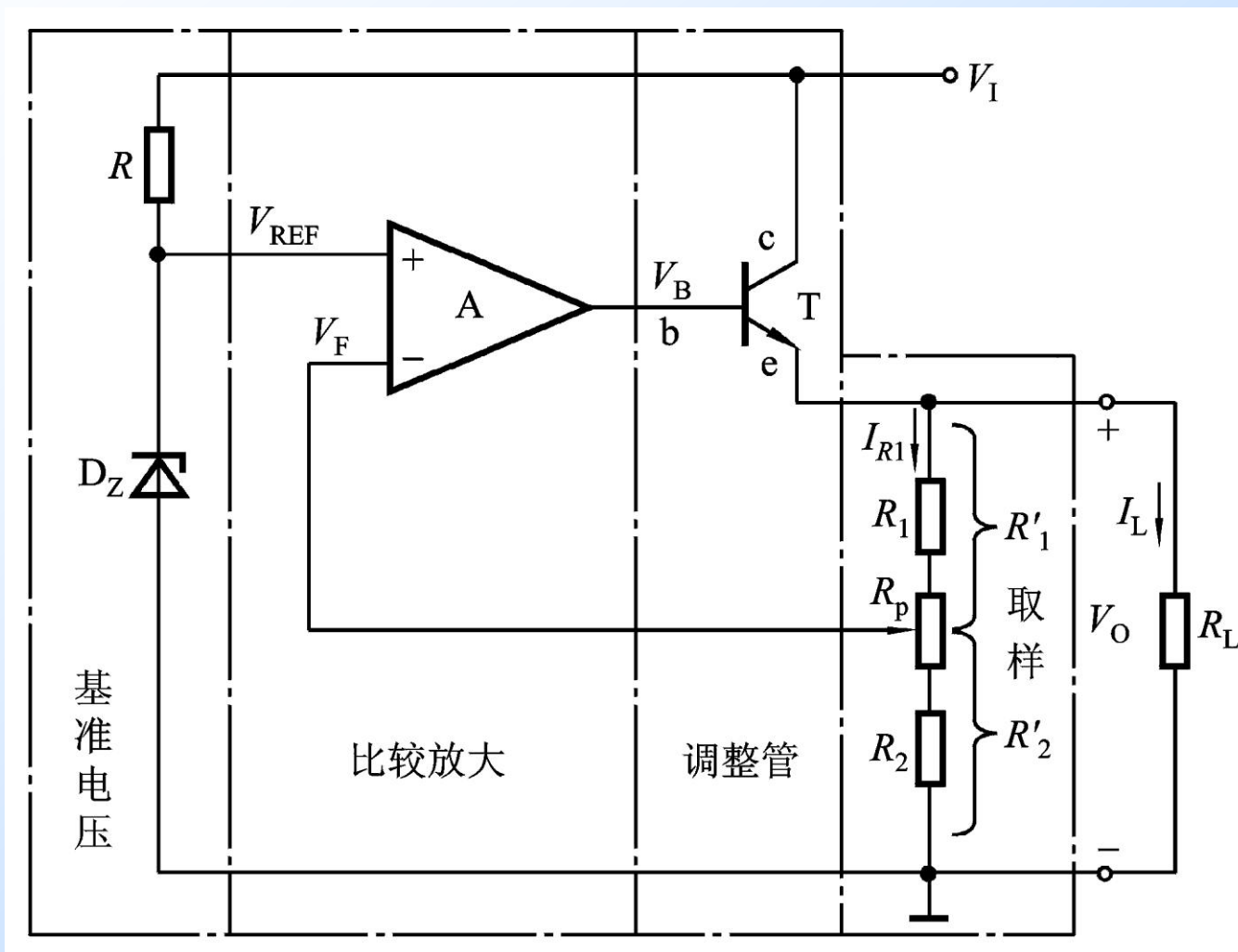
稳压系数 $\gamma = \left. \frac{\Delta V_O / V_O}{\Delta V_I / V_I} \right|_{\substack{\Delta I_O=0 \\ \Delta T=0}}$

输出电阻 $R_O = \left. \frac{\Delta V_O}{\Delta I_O} \right|_{\substack{\Delta V_I=0 \\ \Delta T=0}}$

温度系数 $S_T = \left. \frac{\Delta V_O}{\Delta T} \right|_{\substack{\Delta V_I=0 \\ \Delta I_O=0}}$

10.2.2 串联反馈式稳压电路的工作原理

1. 结构



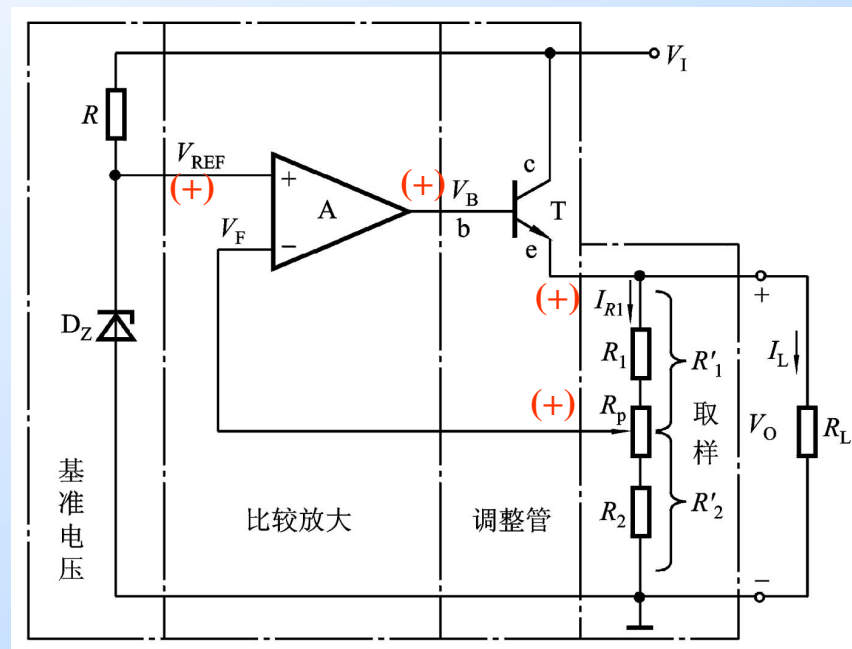
10.2.2 串联反馈式稳压电路的工作原理

2. 工作原理

电压串联负反馈

输入电压波动
负载电流变化 } → 输出电压变化

$V_O \downarrow \rightarrow V_F \downarrow (V_{REF} \text{ 不变}) \rightarrow V_B \uparrow$
 $V_O \uparrow \leftarrow$



满足深度负反馈，根据虚短和虚断有

$$\begin{cases} V_F = V_{REF} \\ \frac{V_F}{V_O} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

所以输出电压 $V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$

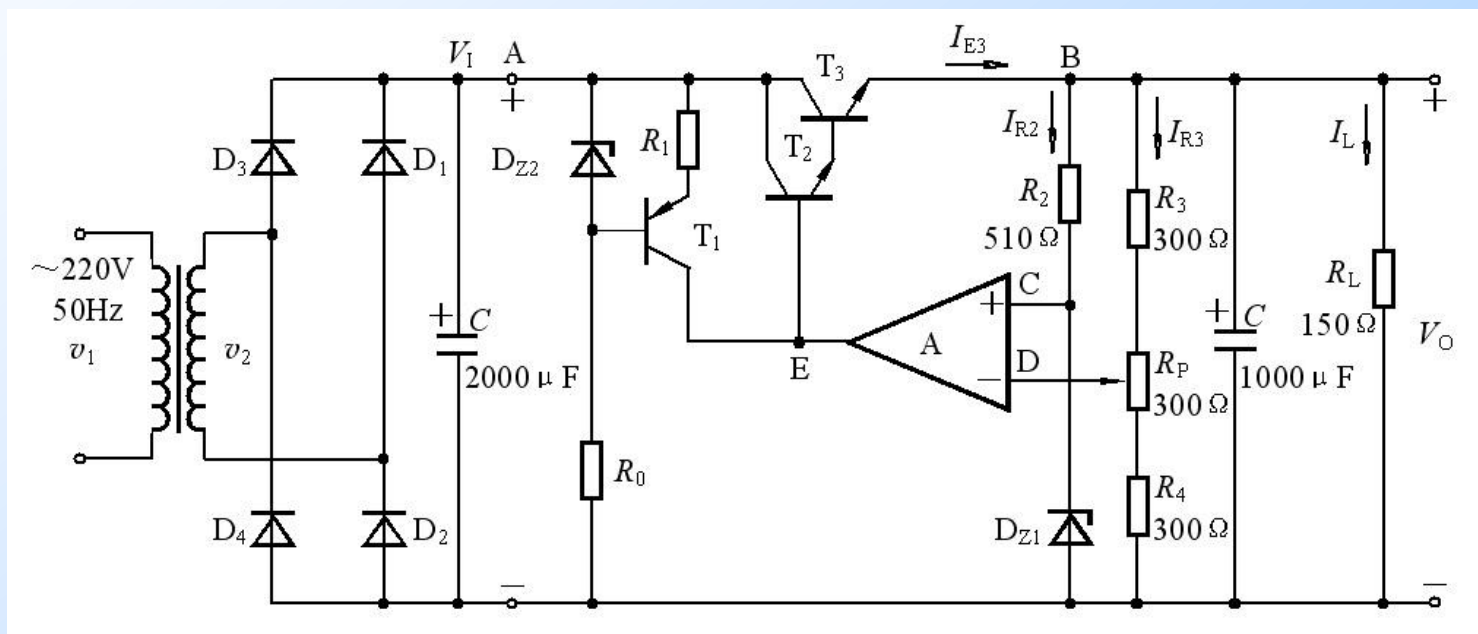
例10.2.1 (1) 设变压器副边电压的有效值 $V_2 = 20\text{ V}$, 求 $V_I = ?$ 说明电路中

T_1 、 R_1 、 D_{Z2} 的作用;

(2) 当 $V_{Z1} = 6\text{ V}$, $V_{BE} = 0.7\text{ V}$, 电位器 R_P 箭头在中间位置, 不接负载电阻 R_L 时, 试计算A、B、C、D、E点的电位和 V_{CE3} 的值;

(3) 计算输出电压的调节范围。

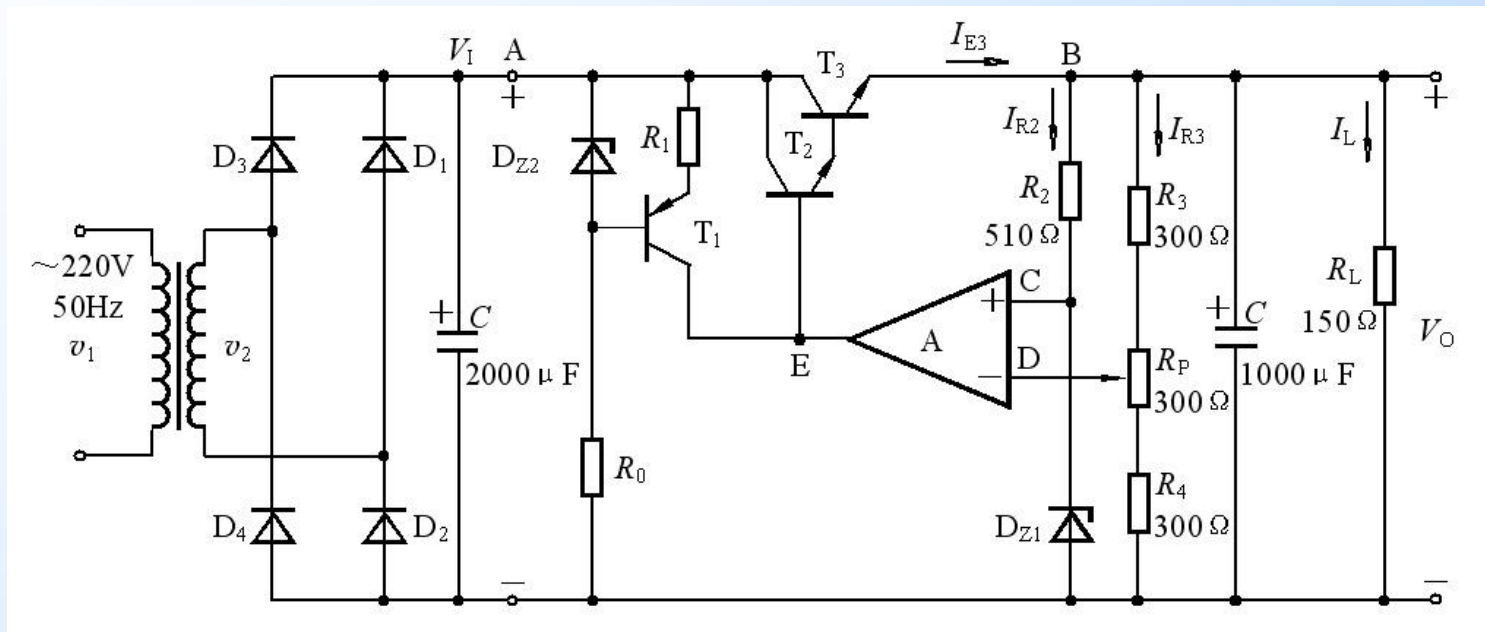
(4) 当 $V_O = 12\text{ V}$ 、 $R_L = 150\Omega$, $R_2 = 510\Omega$ 时, 计算调整管 T_3 的功耗 P_{C3} 。



例

(1) 设变压器副边电压的有效值 $V_2 = 20\text{ V}$, 求 $V_I = ?$ 说明电路中 T_1 、 R_1 、 D_{Z2} 的作用;

解:



$$V_I = (1.1 \sim 1.2) V_2 \quad \text{取 } V_I = 1.2V_2$$

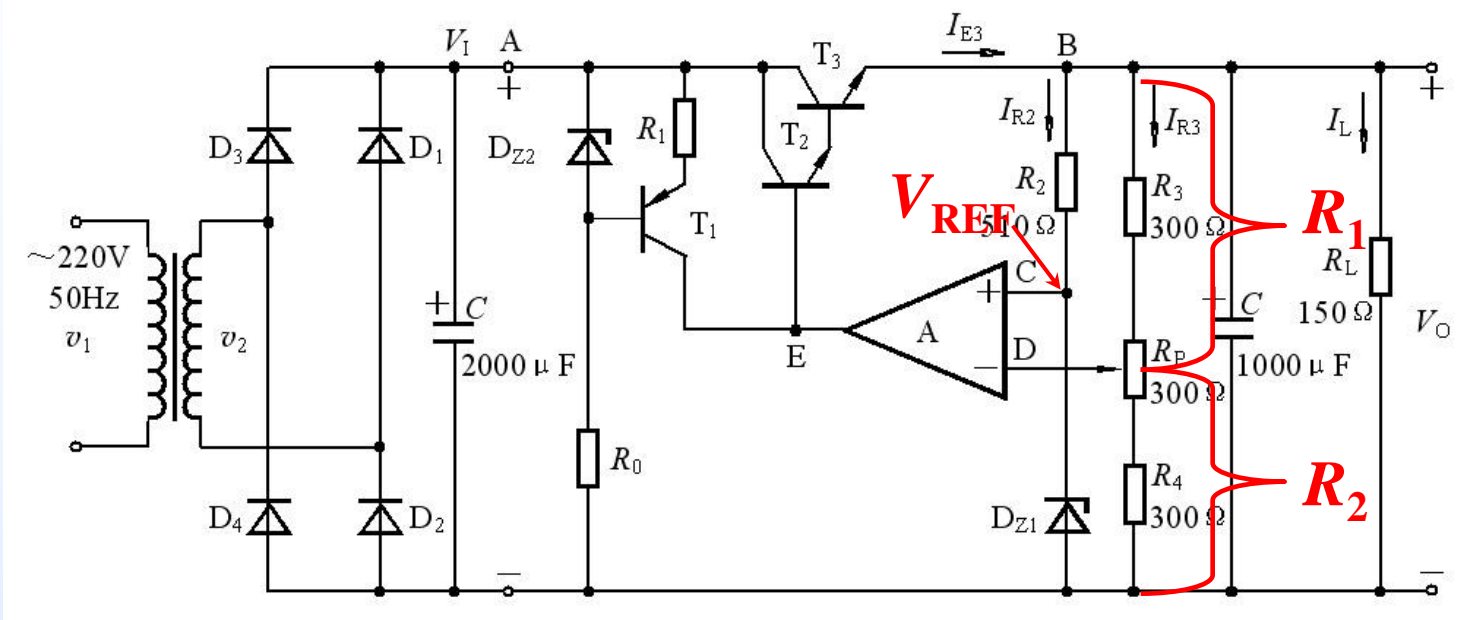
$$\text{则 } V_I = 1.2V_2 = 1.2 \times 20 = 24\text{V}$$

T_1 、 R_1 和 D_{Z2} 为启动电路

例

(2) 当 $V_{Z1} = 6 \text{ V}$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$, 电位器 R_P 箭头在中间位置, 不接负载电阻 R_L 时, 试计算 A、B、C、D、E 点的电位和 V_{CE3} 的值;

解:



$$V_A = V_I = 24 \text{ V}$$

$$V_B = V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = V_{Z1} \left(\frac{R_3 + R_P + R_4}{R_4 + \frac{1}{2}R_P}\right) = 12 \text{ V}$$

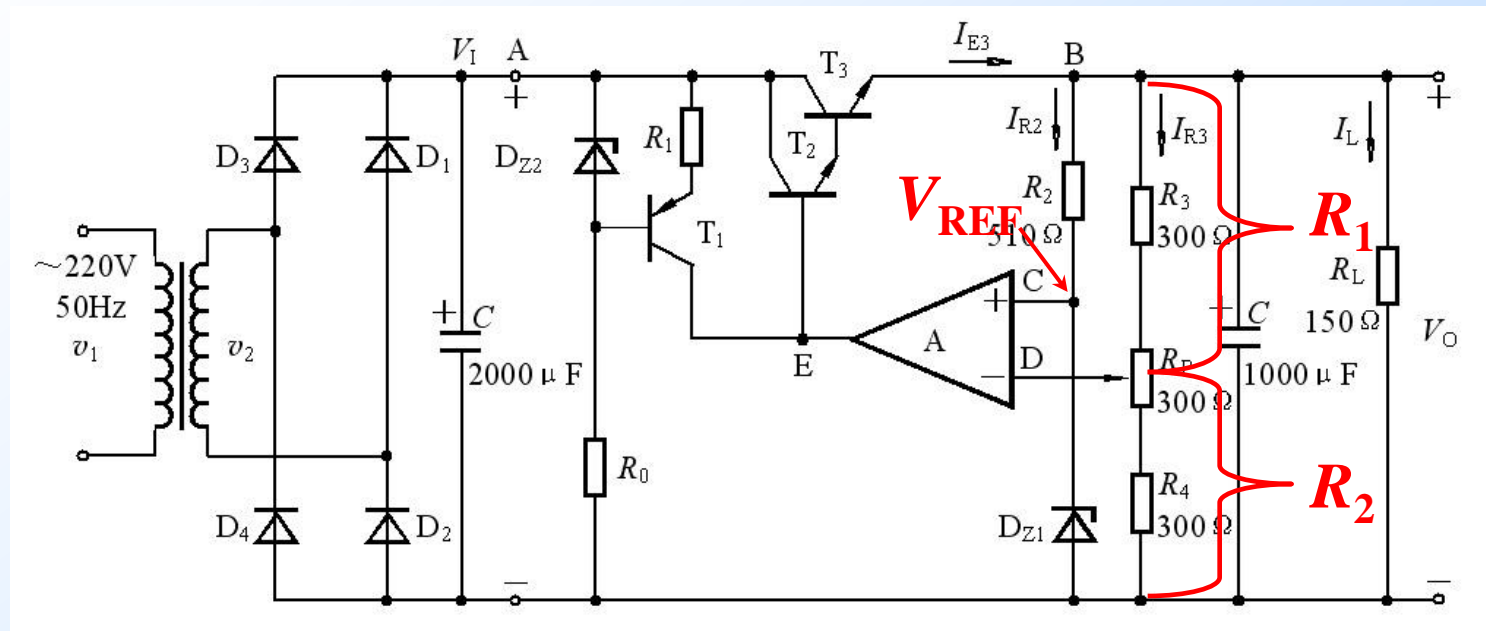
$$V_C = V_D = V_{Z1} = 6 \text{ V} \quad V_E = V_O + 2V_{BE} = 12 \text{ V} + 1.4 \text{ V} = 13.4 \text{ V}$$

$$V_{CE3} = V_A - V_O = 24 \text{ V} - 12 \text{ V} = 12 \text{ V}$$

例

(3) 计算输出电压的调节范围。

解:



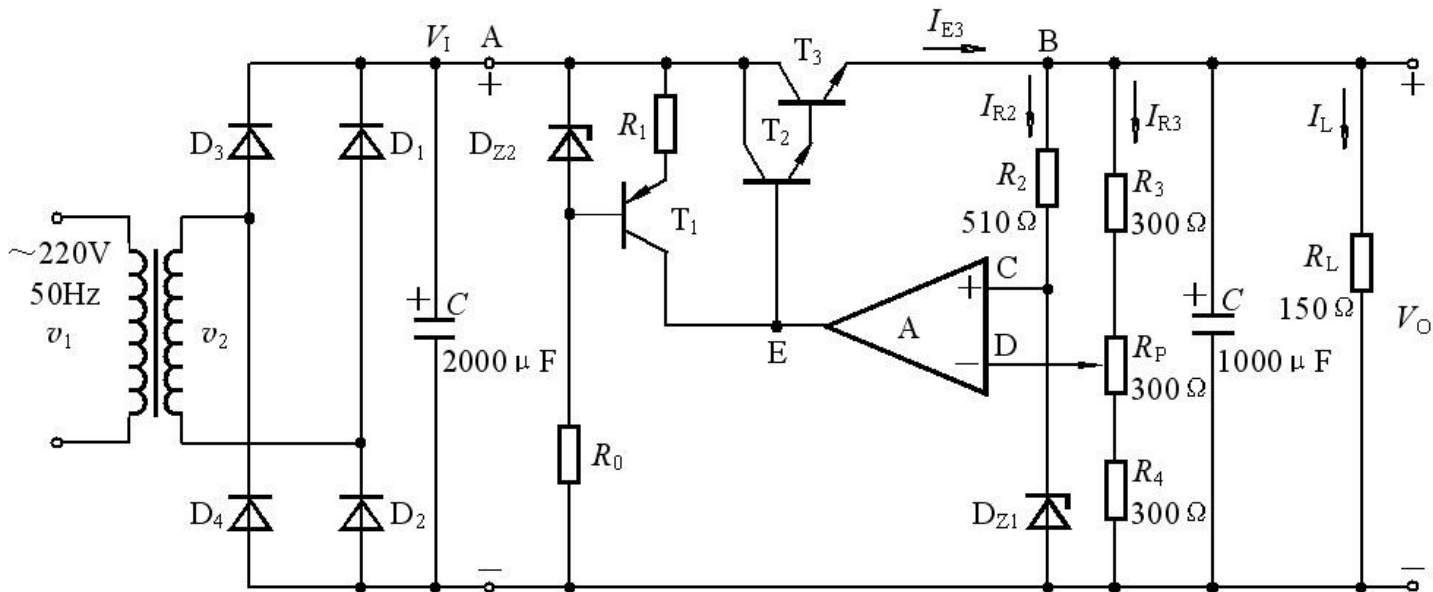
$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = V_{Z1} \left(\frac{R_3 + R_P + R_4}{R_4 + \frac{1}{2}R_P}\right)$$

$$V_{Omin} = V_{Z1} \left(\frac{R_3 + R_P + R_4}{R_4 + R_P}\right) = 9V \quad V_{Omax} = V_{Z1} \left(\frac{R_3 + R_P + R_4}{R_4}\right) = 18V$$

例

(4) 当 $V_O = 12\text{ V}$ 、 $R_L = 150\Omega$ 、 $R_2 = 510\Omega$ 时，计算调整管 T_3 的功耗 P_{C3} 。

解：



$$I_L = \frac{V_O}{R_L} = \frac{12\text{V}}{150\Omega} = 0.08\text{A} = 80\text{mA}$$

$$I_{R_3} = \frac{V_O}{R_3 + R_p + R_4} = \frac{12\text{V}}{900\Omega} = 13.3\text{mA}$$

$$I_{R_2} = \frac{V_O - V_{Z1}}{R_2} = \frac{12\text{V} - 6\text{V}}{510\Omega} = 11.7\text{mA}$$

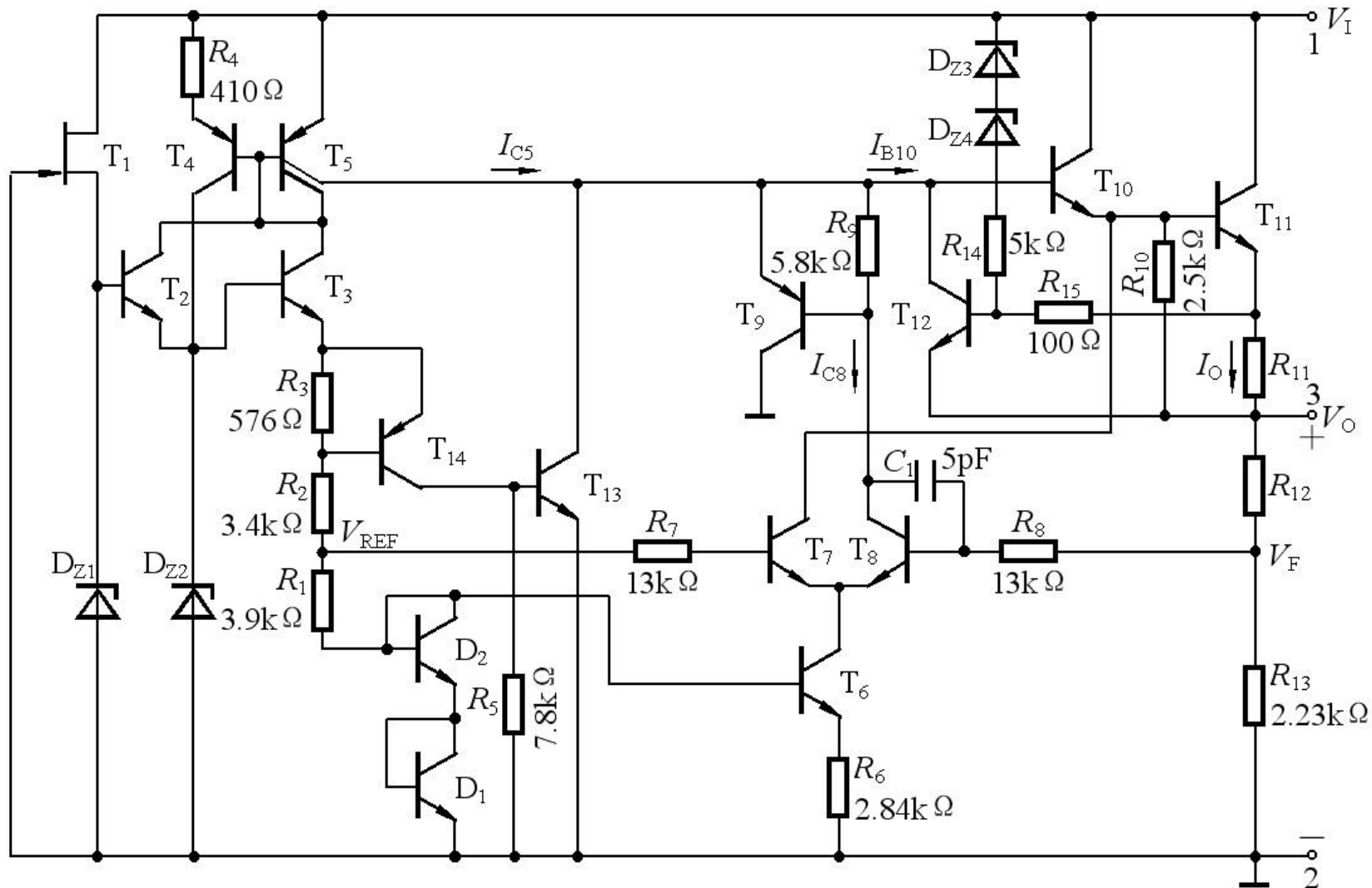
所以

$$I_{C3} = I_L + I_{R_3} + I_{R_2} = 105\text{mA}$$

$$P_{C3} = V_{CE3} \times I_{C3} = (V_A - V_O) \times I_{C3} = 1.26\text{W}$$

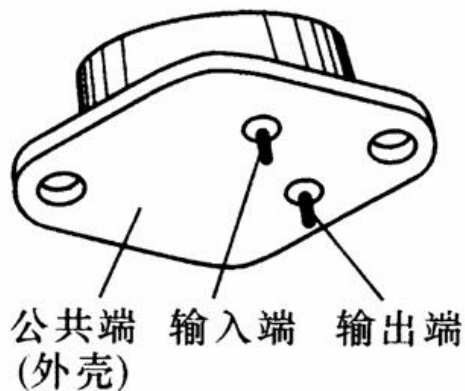
10.2.3 三端集成稳压器

1. 输出电压固定的三端集成稳压器 (正电压 78xx、负电压 79xx)

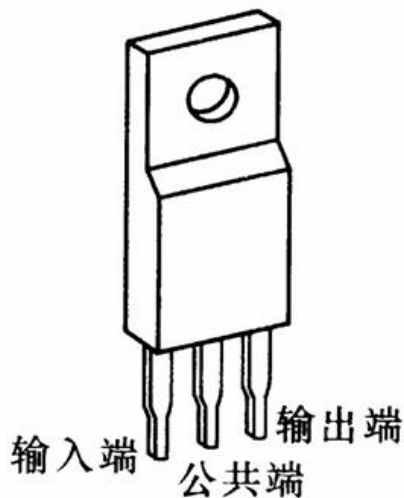


10.2.3 三端集成稳压器

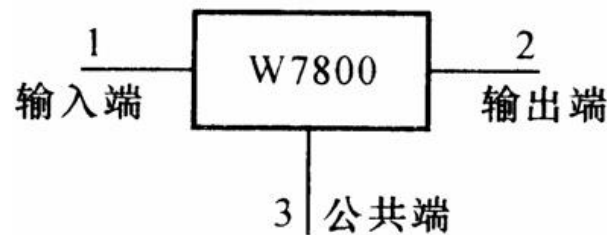
1. 输出电压固定的三端集成稳压器 (正电压 78xx、负电压 79xx)



(b) 金属封装外形图



(c) 塑料封装外形图



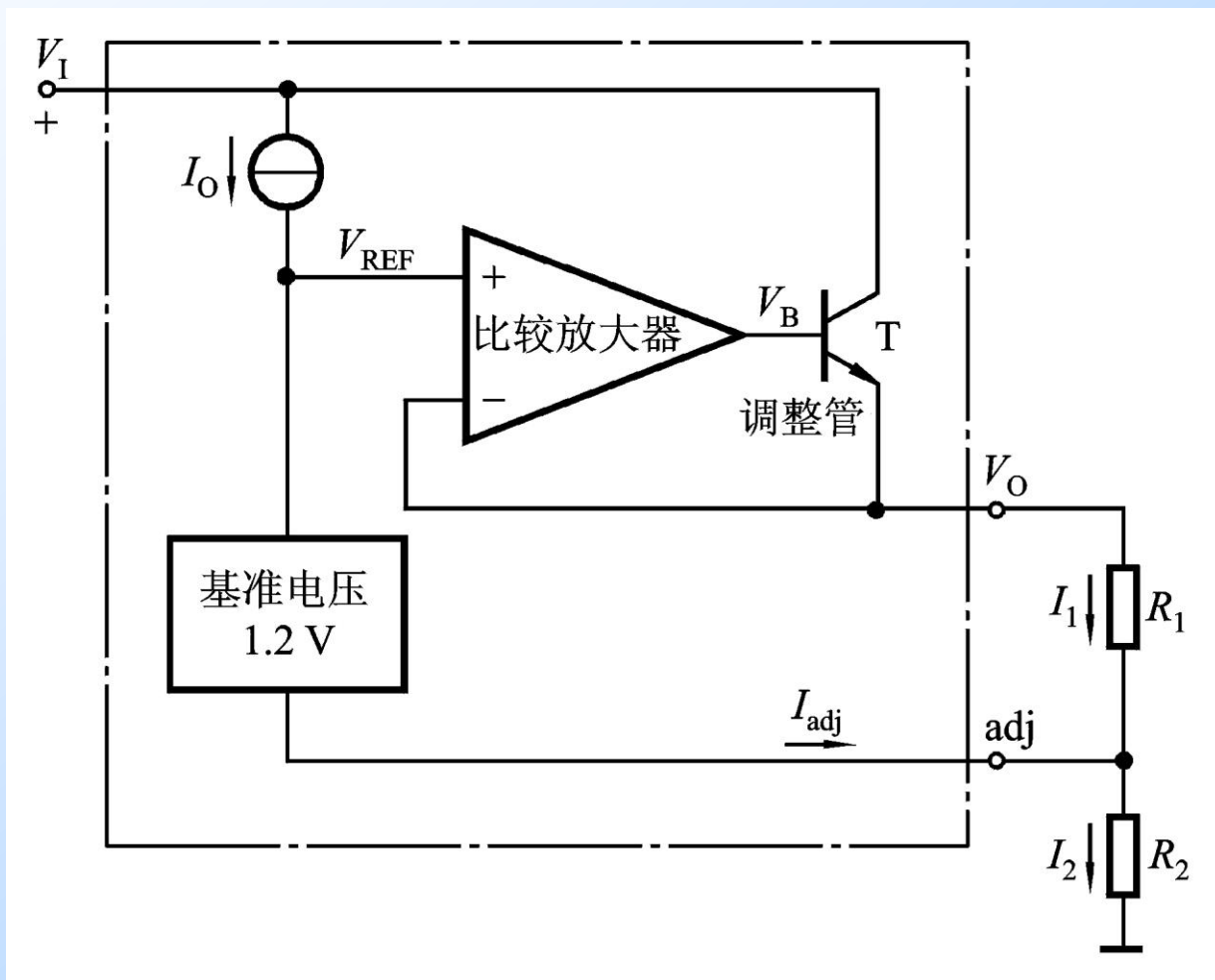
(d) 方框图

10.2.3 三端集成稳压器

2. 可调式三端集成稳压器（正电压LM317、负电压LM337）

输出电压

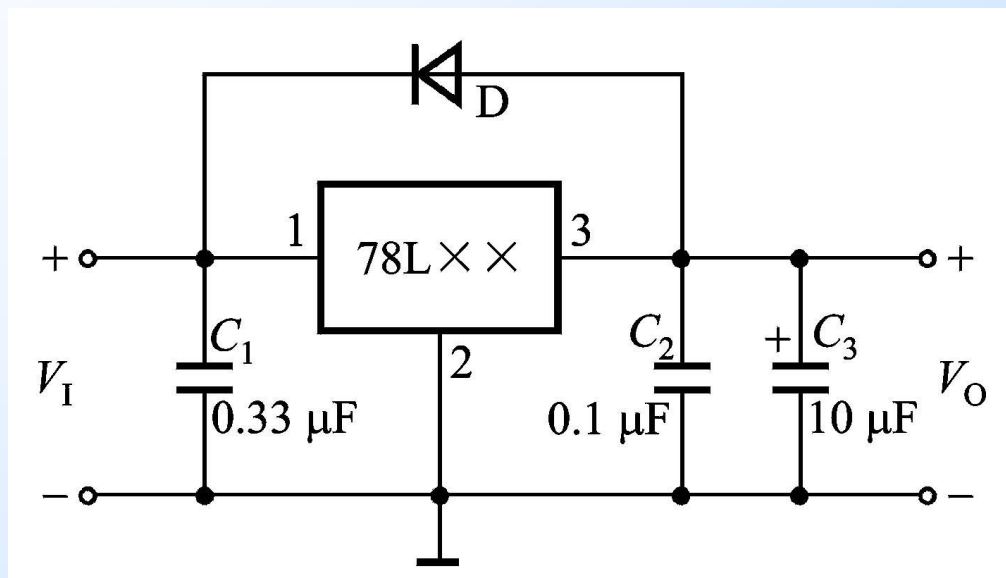
$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$





10.2.4 三端集成稳压器的应用

1. 固定式应用举例



10.2.4 三端集成稳压器的应用

2. 可调式应用举例

