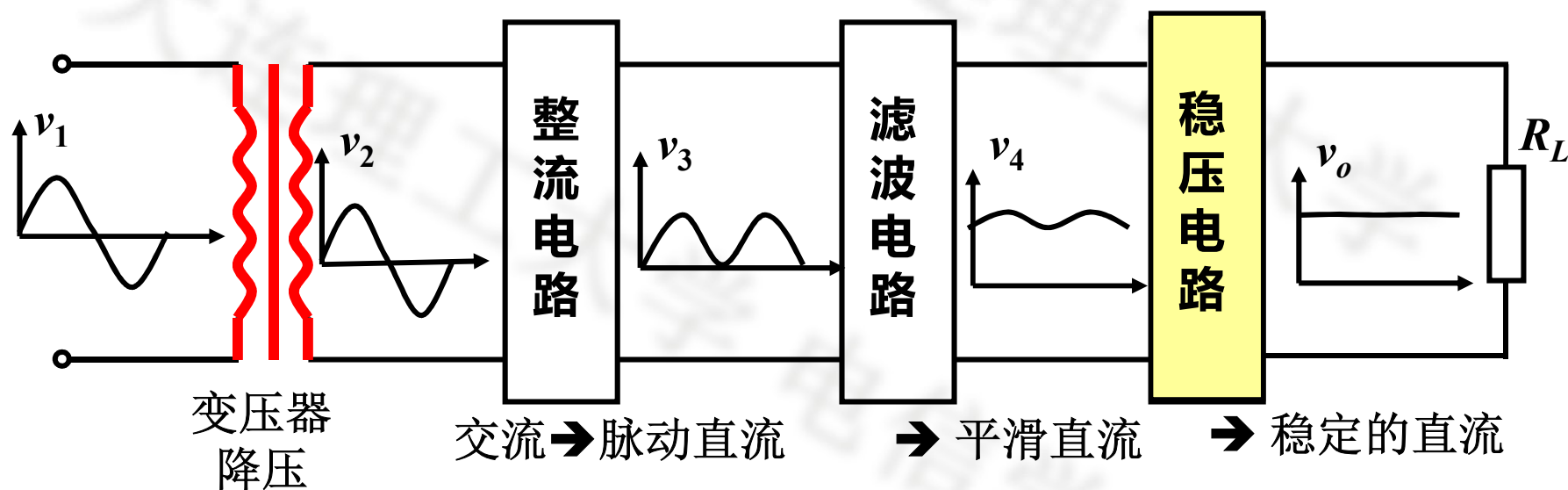


第十章 直流稳压电源

直流稳压电源—电源变压器



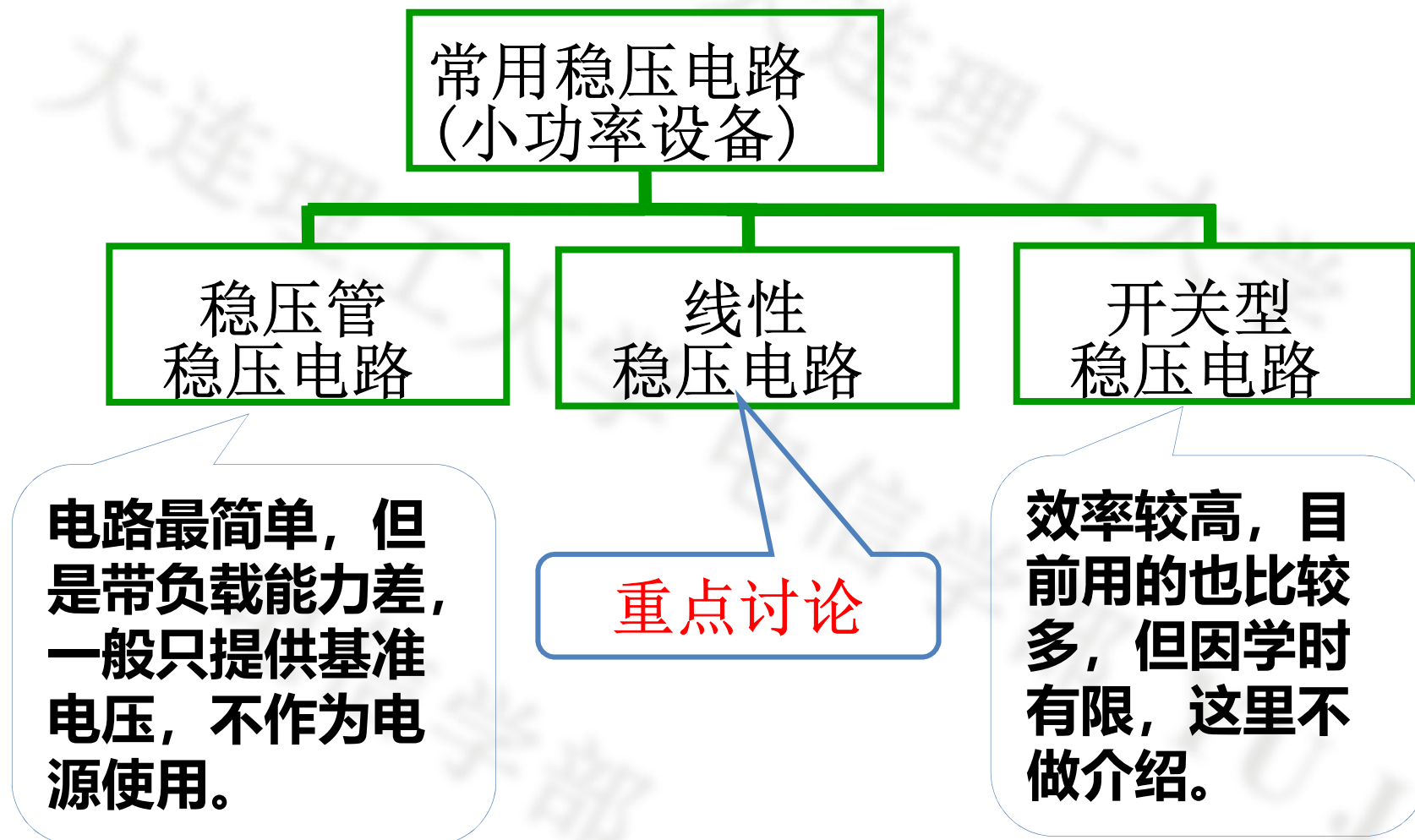
10.1 小功率整流滤波电路

10.2 串联反馈式稳压电路

10.3 开关式稳压电路

为负载提供稳定电压
(在电网波动及负载变化下)

10.2 串联反馈式稳压电路



10.2.1 稳压电路的质能指标

在电网波动及负载变化下为负载提供稳定电压。

ΔV_I 、 ΔI_O 对 ΔV_O 影响：

$$\Delta V_O \approx \frac{\partial V_O}{\partial V_I} \Delta V_I + \frac{\partial V_O}{\partial I_O} \Delta I_O = S_r \Delta V_I + R_o \Delta I_O$$

(1) Line regulation S_r
(输入调整因数) $S_r = \frac{\partial V_O}{\partial V_I} \approx \frac{\Delta V_O}{\Delta V_I} \Big|_{\Delta I_O=0}$

另一定义： $S_r = \frac{\Delta V_O / V_O}{\Delta V_I / V_I} \Big|_{\Delta I_O=0}$ 稳压系数

(2) 输出电阻 R_o $R_o = \frac{\Delta V_O}{\Delta I_O} \Big|_{\Delta V_I=0}$

10.2.2 稳压管并联稳压电路

$$\Delta V_I \rightarrow \Delta I_R, \Delta V_O$$

并联的 D_Z 和 R_L : $\Delta I_Z \gg \Delta I_L$

$$\rightarrow \Delta I_Z \approx \Delta I_R, \Delta I_L \approx 0$$

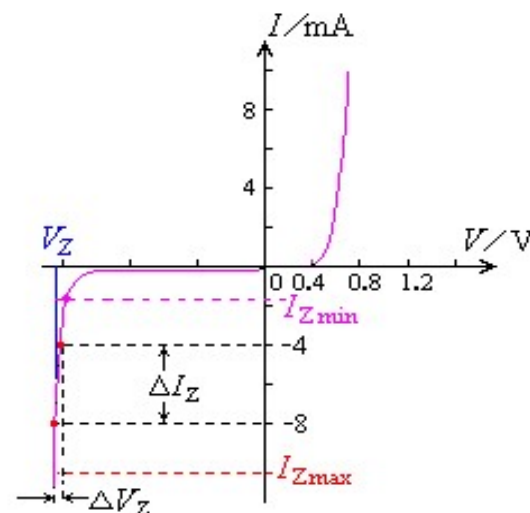
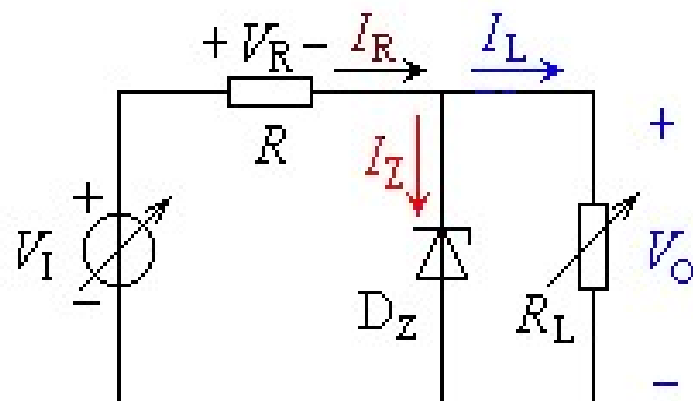
$$\rightarrow \Delta V_O \approx 0$$

稳压性能与稳压管的动态电阻 r_Z
以及稳压电阻 R 有关

稳压电阻 R 的作用:

限流: $I_{Zmin} \sim I_{Zmax}$

调压: 收纳 V_I 与 V_O 间额外电压



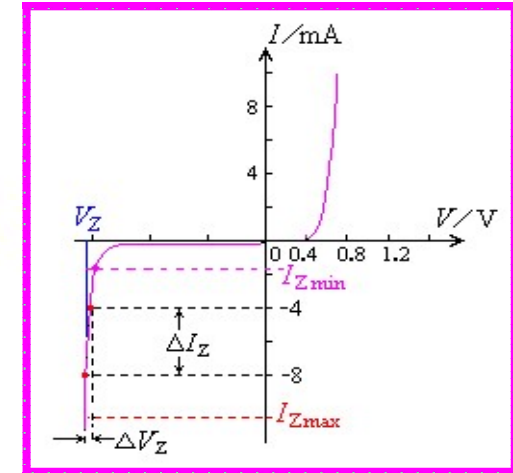
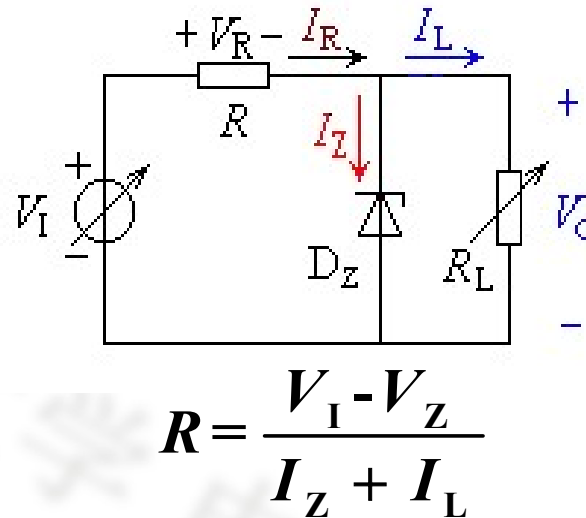
D_Z 的小信号电阻
远小于 R_L

10.2.2 稳压管并联稳压电路

稳压电阻的选择:

$$I_{Z\min} < I_Z < I_{Z\max}$$

$$\therefore R_{\min} < R < R_{\max}$$



(1) $R_{\max} \rightarrow I_{Z\min}$ (最恶劣情况: V_I 最小, I_L 最大)

$$R_{\max} = \frac{V_{I\min} - V_Z}{I_{Z\min} + I_{L\max}}$$

(2) $R_{\min} \rightarrow I_{Z\max}$ (最恶劣情况: V_I 最大, I_L 最小)

$$R_{\min} = \frac{V_{I\max} - V_Z}{I_{Z\max} + I_{L\min}}$$

缺点:

只适用于工作电流 $I_L \ll I_Z$ 的情况;
稳定电压值不能连续调节。

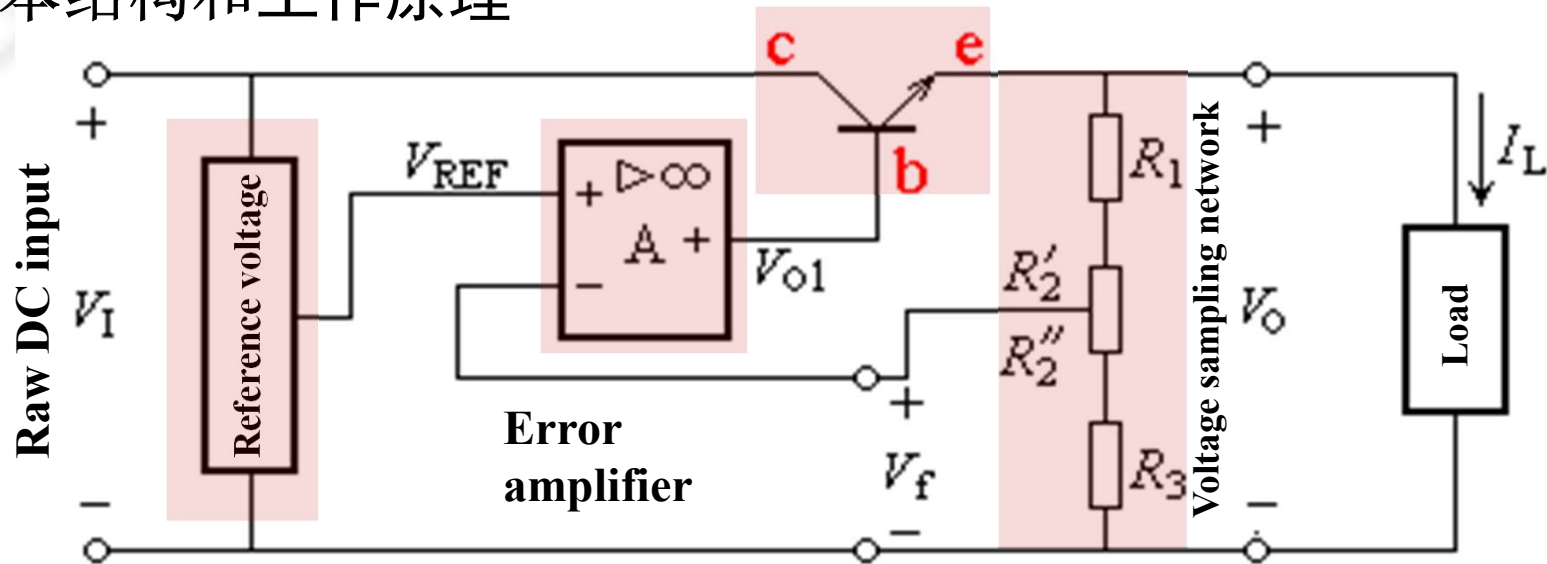
10.2.3 线性串联型稳压电源

Series Feedback Type Regulated Power Supply

- 1 基本结构和工作原理
- 2 稳压电路的保护环节
- 3 三端集成稳压器

10.2.3 线性串联型稳压电源

1 基本结构和工作原理



- (组成) : **Series-pass transistor** (调整管)
- (四部分) **Voltage sampling network** (取样环节)
- Error amplifier** (误差放大器, 比较放大器)
- Reference voltage** (基准电压源)

基准电压源

基准源

一般采用击穿电压十分稳定，电压温度系数经过补偿了的稳压芯片。

也称为参考源

型号	稳定电压(V)	工作电流(mA)	电压温度系数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
MC1403	$2.5 \pm 1\%$	1.2	10~100
LM136/236/336	2.5	10	30
	5.0	10	30
TL431	2.5~36	0.4~100	50
LM3999	$\pm 6.95 \pm 5\%$	10	5
AD2710K/L	$10.000 \pm 1\text{mV}$	10	2/1
MAX676	$4.096 \pm 0.01\%$	5	1
677	$5.000 \pm 0.01\%$	5	1
678	$10.000 \pm 0.01\%$	5	1

基准电压源芯片



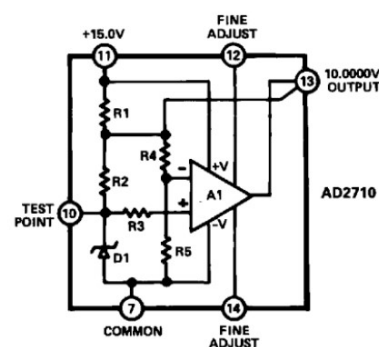
**±10.000 Volt Ultrahigh
Precision Reference Series**

AD2710/AD2712

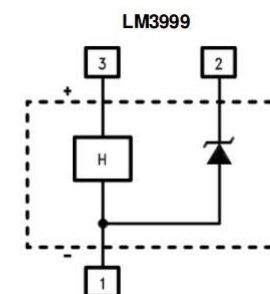
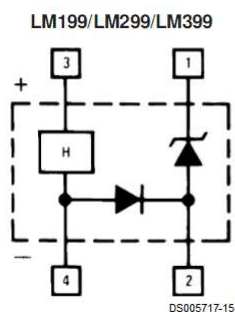
FEATURES

Laser Trimmed to High Accuracy: 10.000V ± 1.0mV
Low Temperature Coefficient: 1ppm/°C (L Grade)
Excellent Long Term Stability: 25ppm/1000hrs.
5mA Output Current Capability
Low Noise: 30μV p-p
Short Circuit Protected
No Heater Utilized
Small Size (Standard 14-Pin DIP Package)

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS

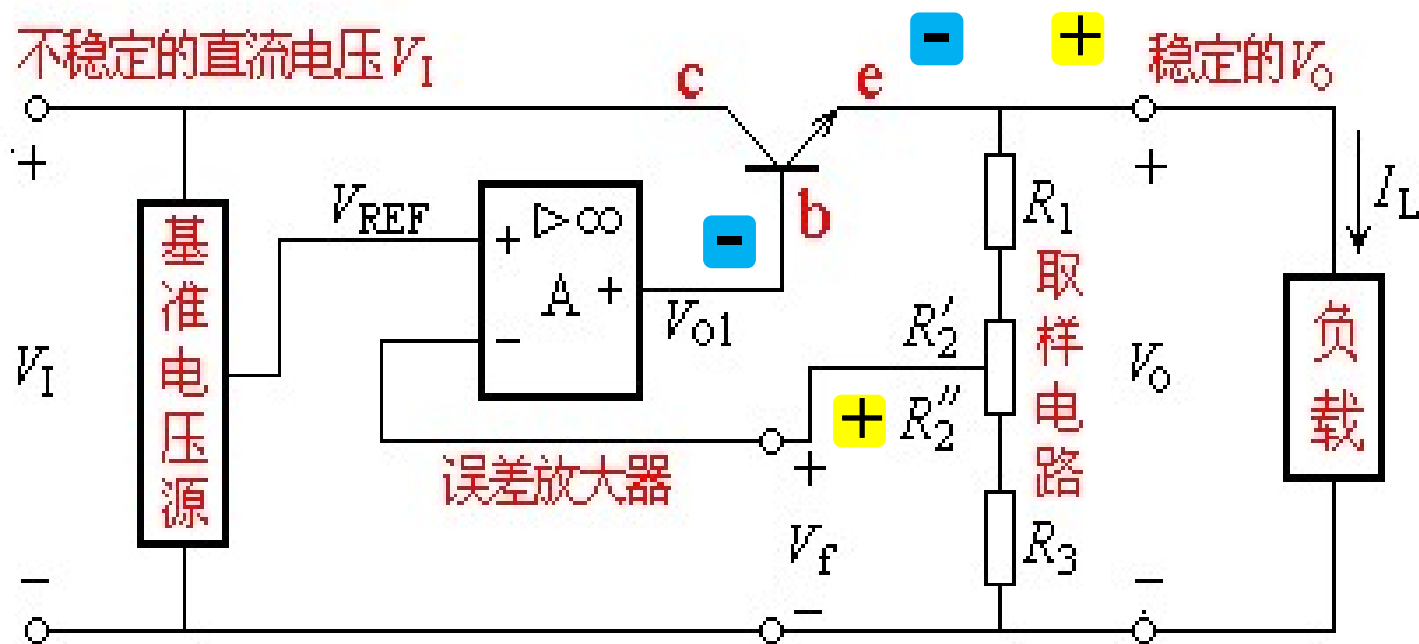


LM199/LM299/LM399/LM3999
Precision Reference



1 基本结构和工作原理

实质：深度电压负反馈 $V_f = V_{REF}$



采用瞬时极性法，

假设外界因素造成 $V_O \uparrow$ （瞬时极性为正）

$$\rightarrow V_f \uparrow \rightarrow V_{O1} \downarrow \rightarrow V_O = V_e \downarrow$$

1 基本结构和工作原理

参数计算:

(1) V_o 调节范围

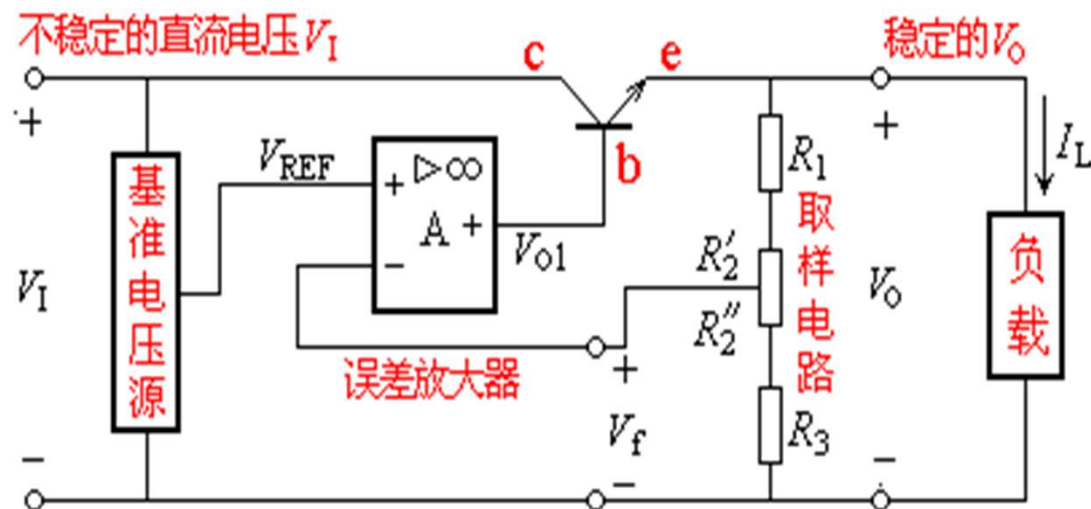
根据“虚短” $V_f \approx V_{REF}$

$$\therefore V_f = \frac{R_2'' + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V_o = k V_o$$

$$\therefore V_o = \frac{V_f}{k} \approx \frac{V_{REF}}{k}$$

(2) 调整管管耗

$$P_T = v_{CE} i_C \approx (V_I - V_o) I_L$$



(3) 调整管 V_{CE} 压降足够大
保证它工作在线性放大区。
一般大于 3V。

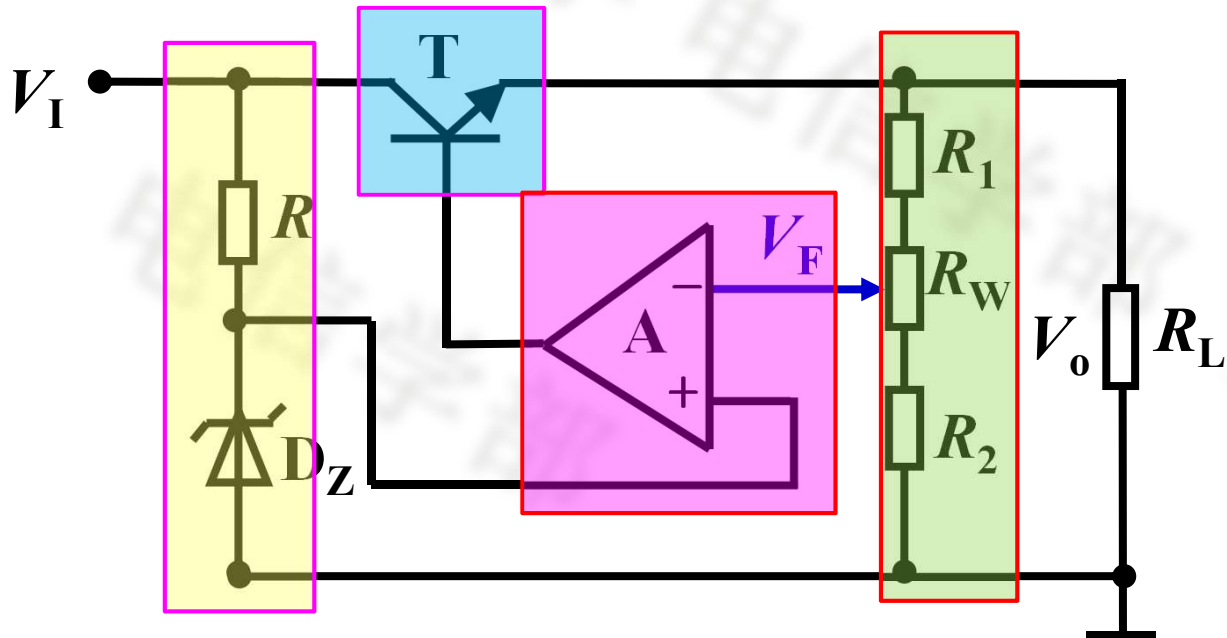
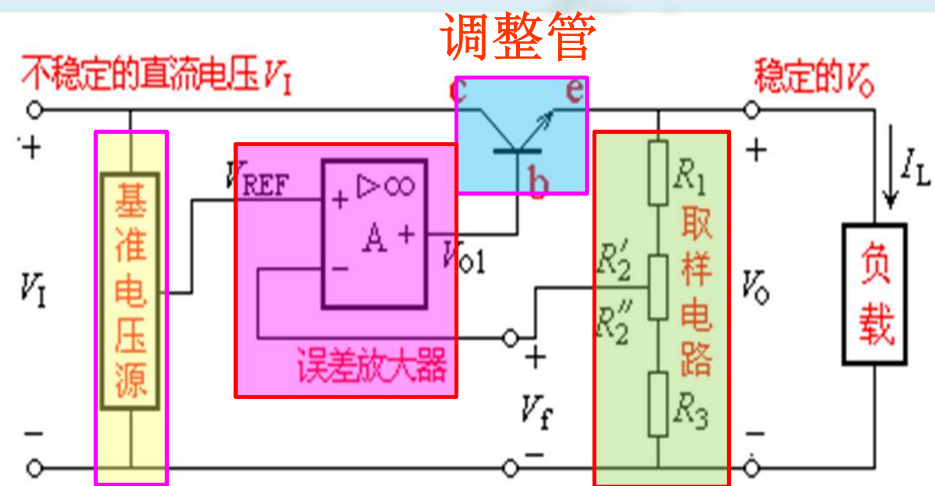
$$|\Delta V| = |V_I - V_o| \geq 3V$$

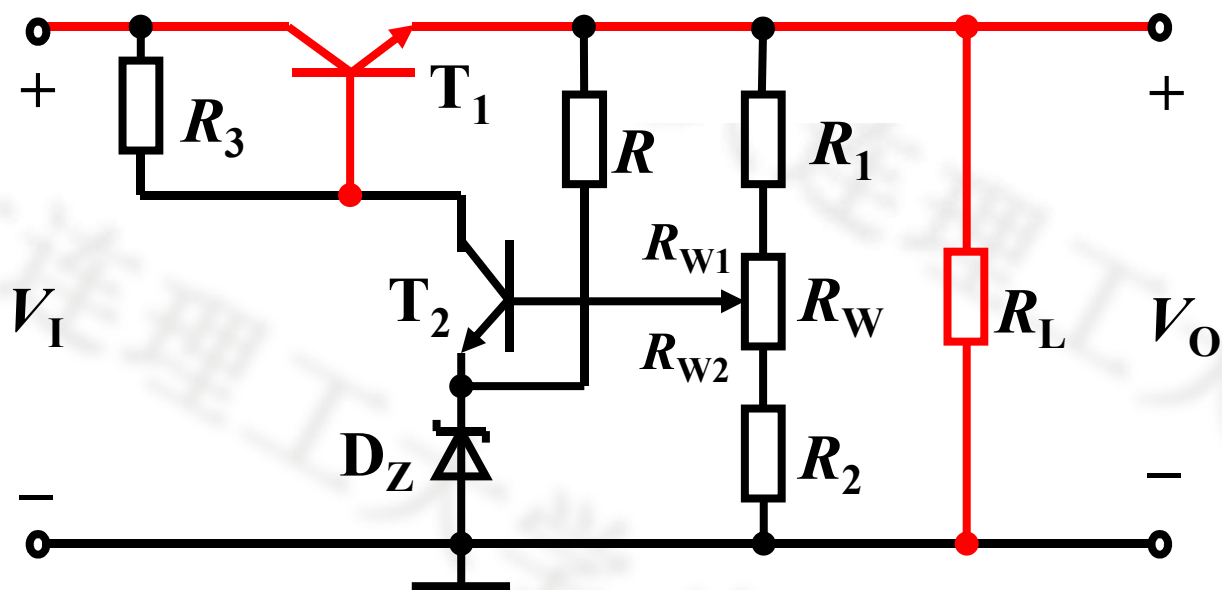
(4) 通常取样电路电阻远
大于负载电阻，所以：

$$I_L \approx I_e \approx I_c$$

1 基本结构和工作原理

几个具体的电路





输出电压
的确定和
调节范围

$$V_O = \frac{R_1 + R_2 + R_w}{R_{w2} + R_2} (V_Z + V_{BE2})$$

$$V_{Omax} = \frac{R_1 + R_2 + R_w}{R_2} (V_Z + V_{BE2})$$

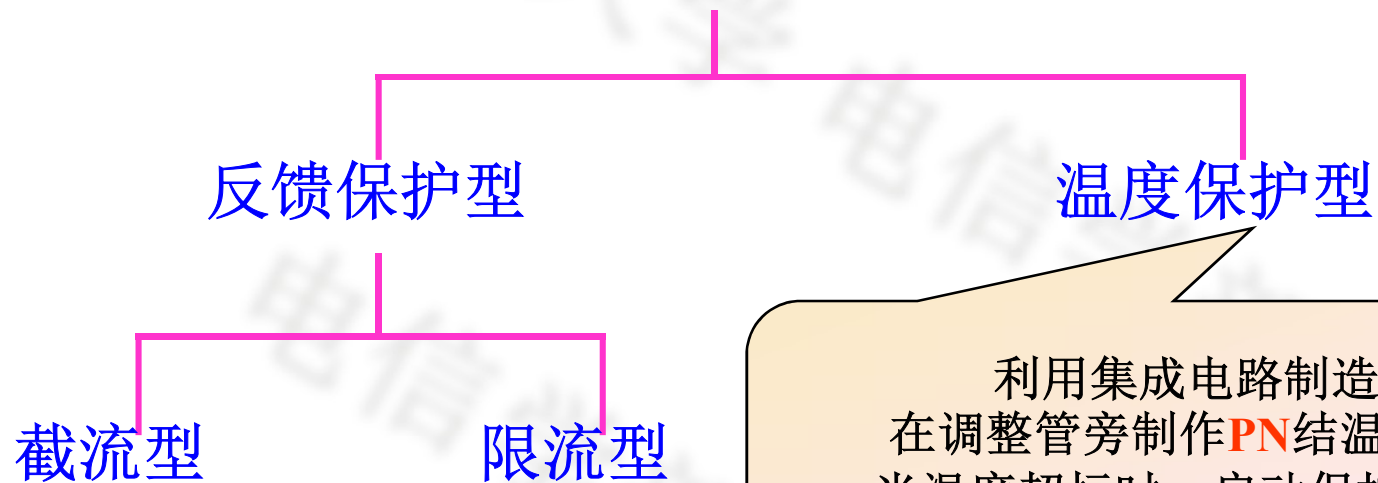
$$V_{Omin} = \frac{R_1 + R_2 + R_w}{R_2 + R_w} (V_Z + V_{BE2})$$

2 稳压电路的保护环节

输出端短路保护

调整管过损耗发热保护

保护的方法



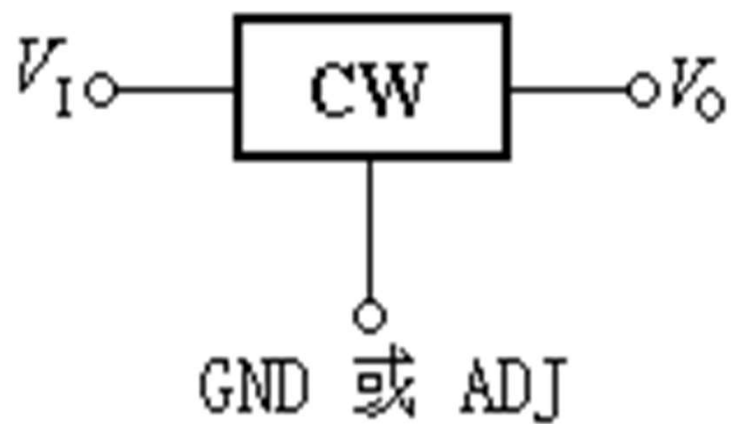
利用集成电路制造工艺，
在调整管旁制作PN结温度传感器。
当温度超标时，启动保护电路工作，
工作原理与反馈保护型相同。

3 三端集成稳压器

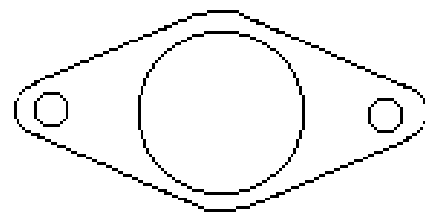
Three-Terminal Regulator

(1) 概述

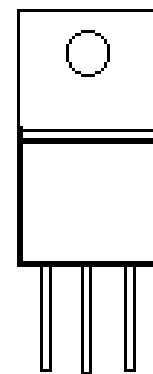
三个端子：输入端、输出端和公共端。



符号



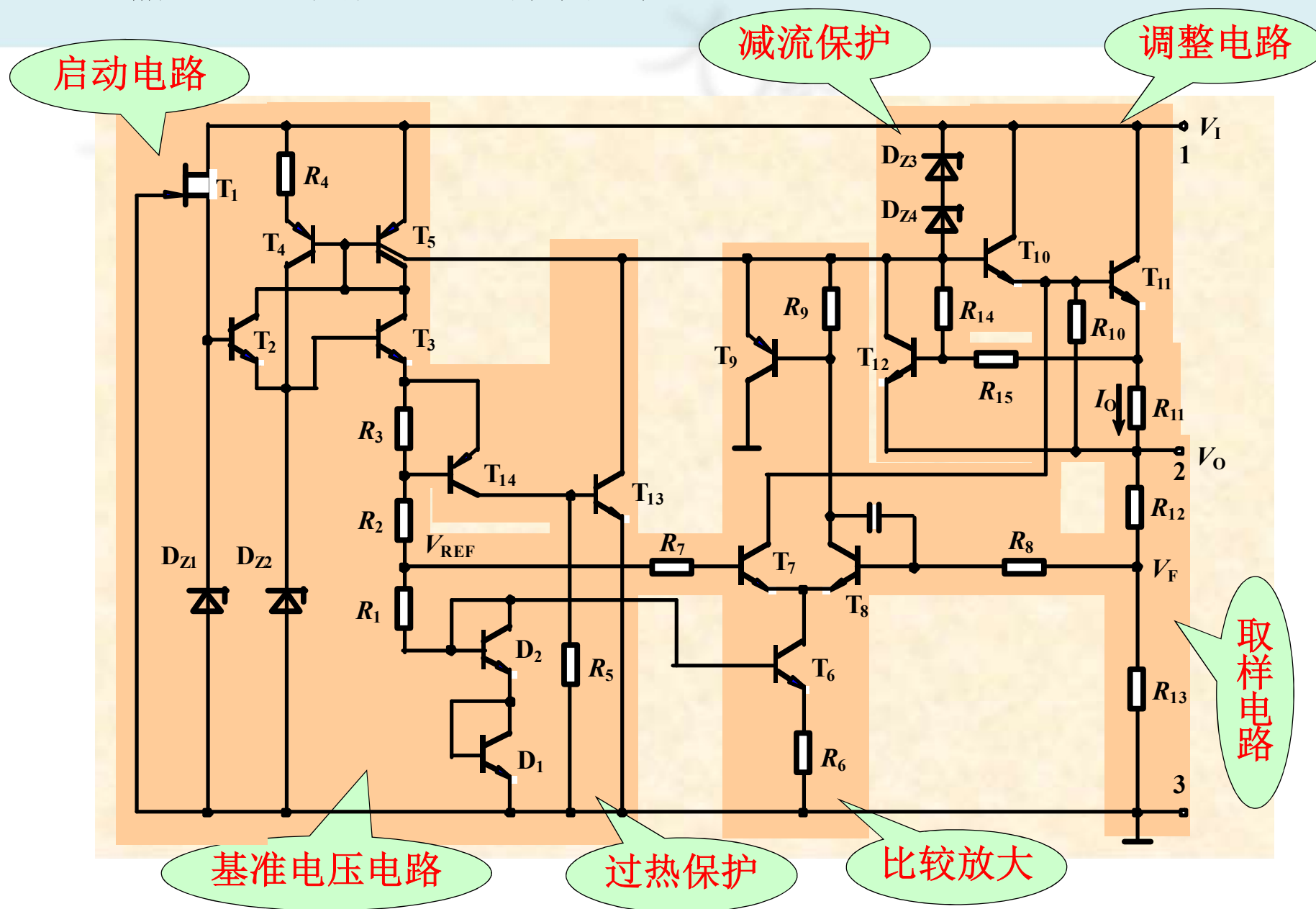
金属菱形封装



塑料封装

外形图

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



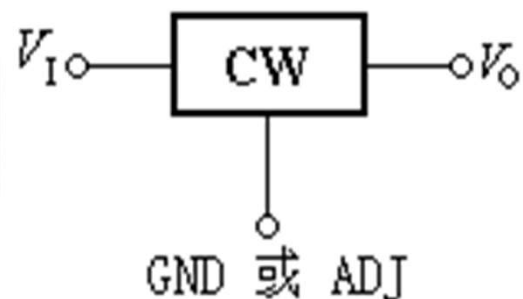
(3) 三端固定输出集成稳压器特性

三端固定正输出~

CW78__: 05、09、12、15、18、24...

三端固定负输出~

CW79__: 05、09、12、15、18、24...



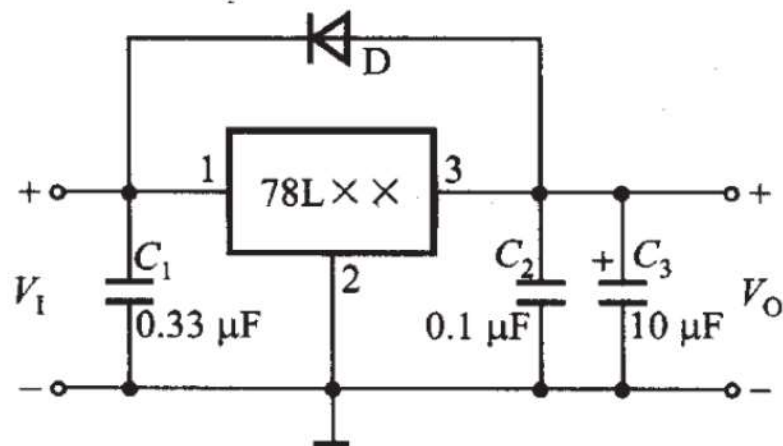
1、 $V_{O-GND} = __ V$

2、 $|\Delta V| = |V_I - V_O| \geq 3V$

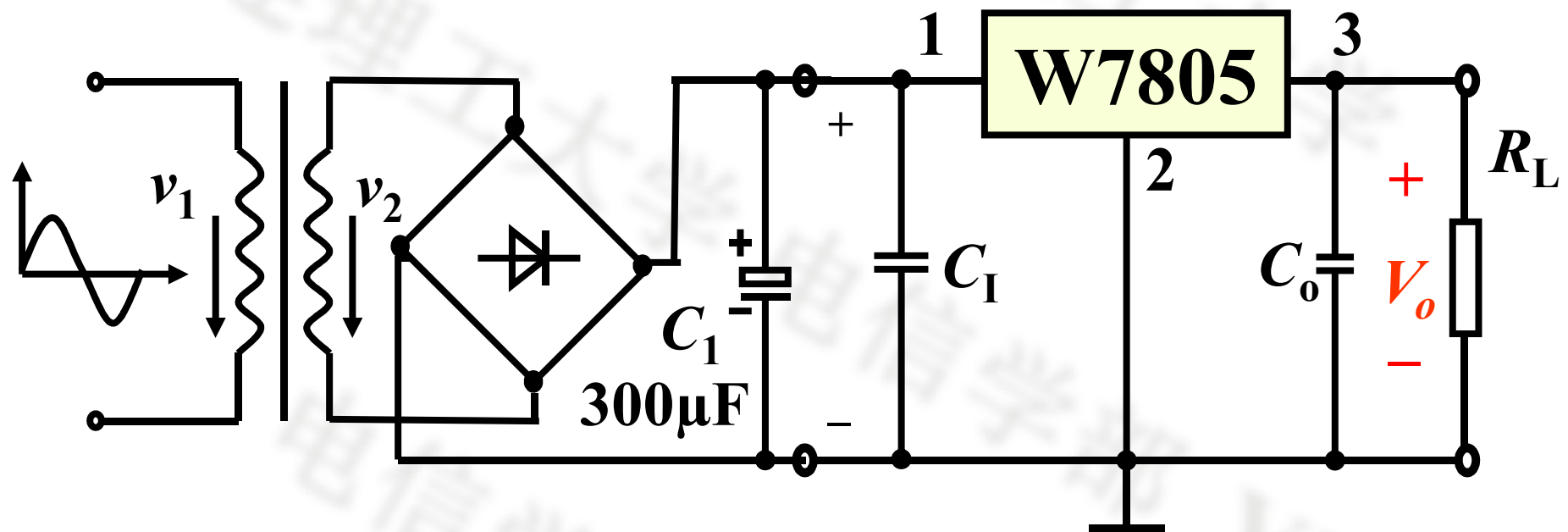
3、 $I_I \approx I_O$

(4) 应用电路

固定电压输出：
连接说明见教材P504



实际应用接线图：变压+整流+滤波+稳压

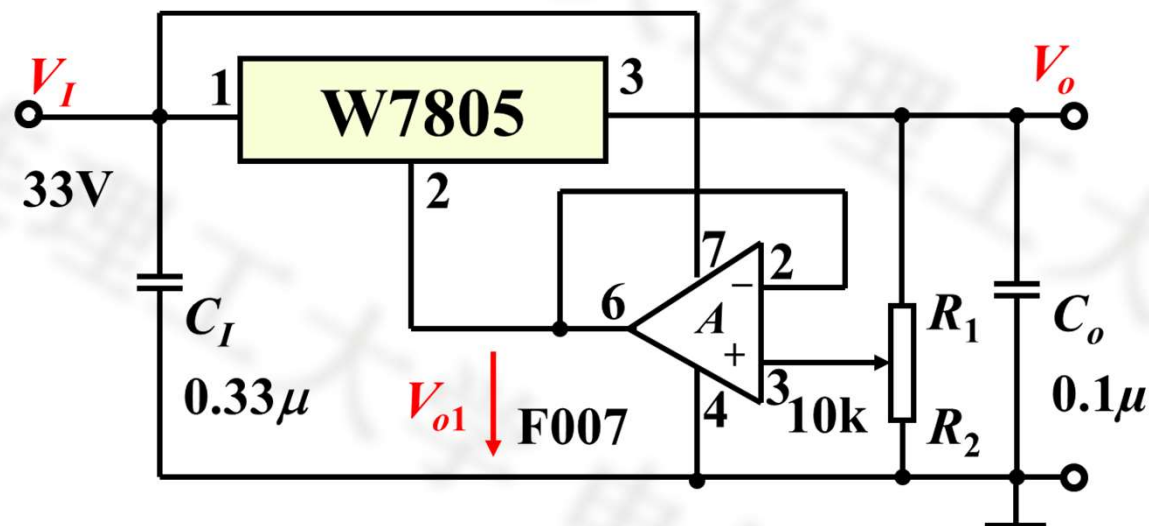


$$V_2 = 8\text{V}$$

$$V_{C1} = 1.2 V_2 = 9.6\text{V}$$

$$V_o = 5\text{V}$$

用三端稳压器也可以实现输出电压可调



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。

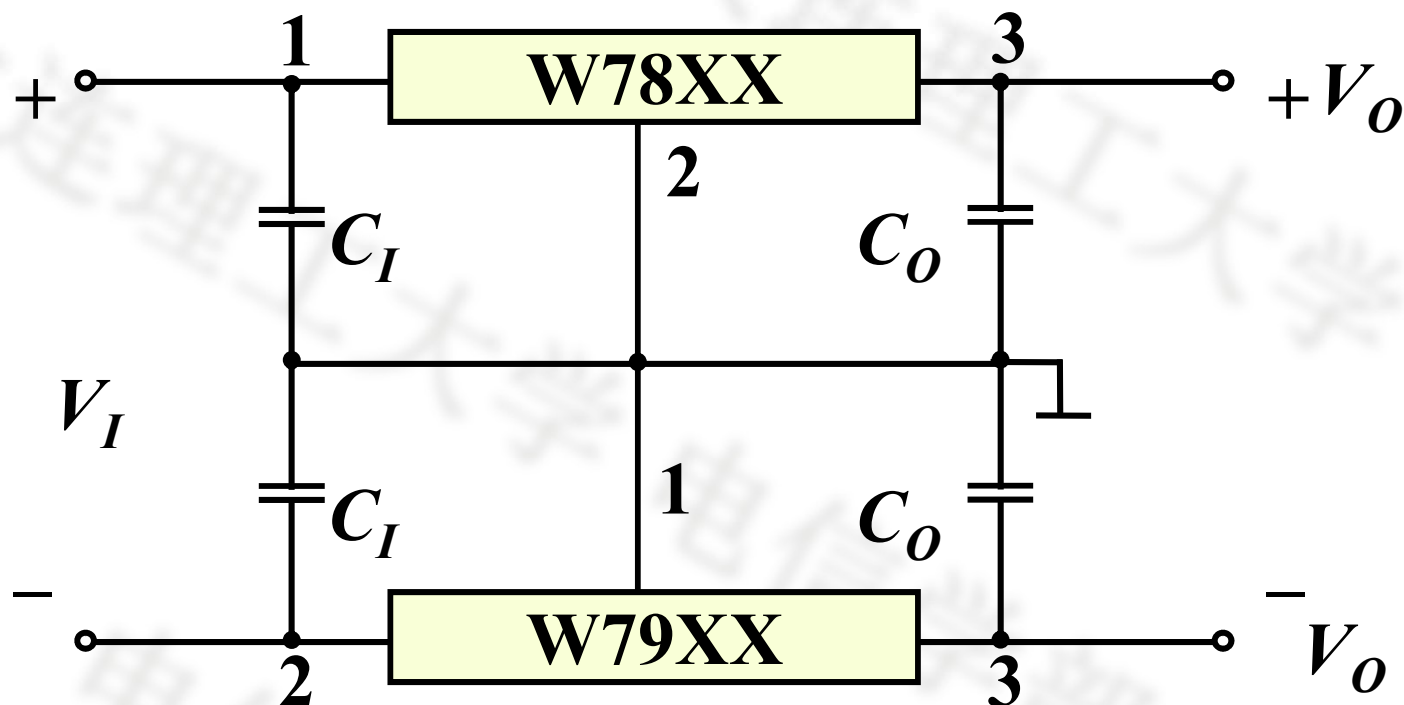
$$V_{o1} = V_- = V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_o$$

$$V_o = V_{o1} + V_{XX}$$

$$V_o = V_{XX} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

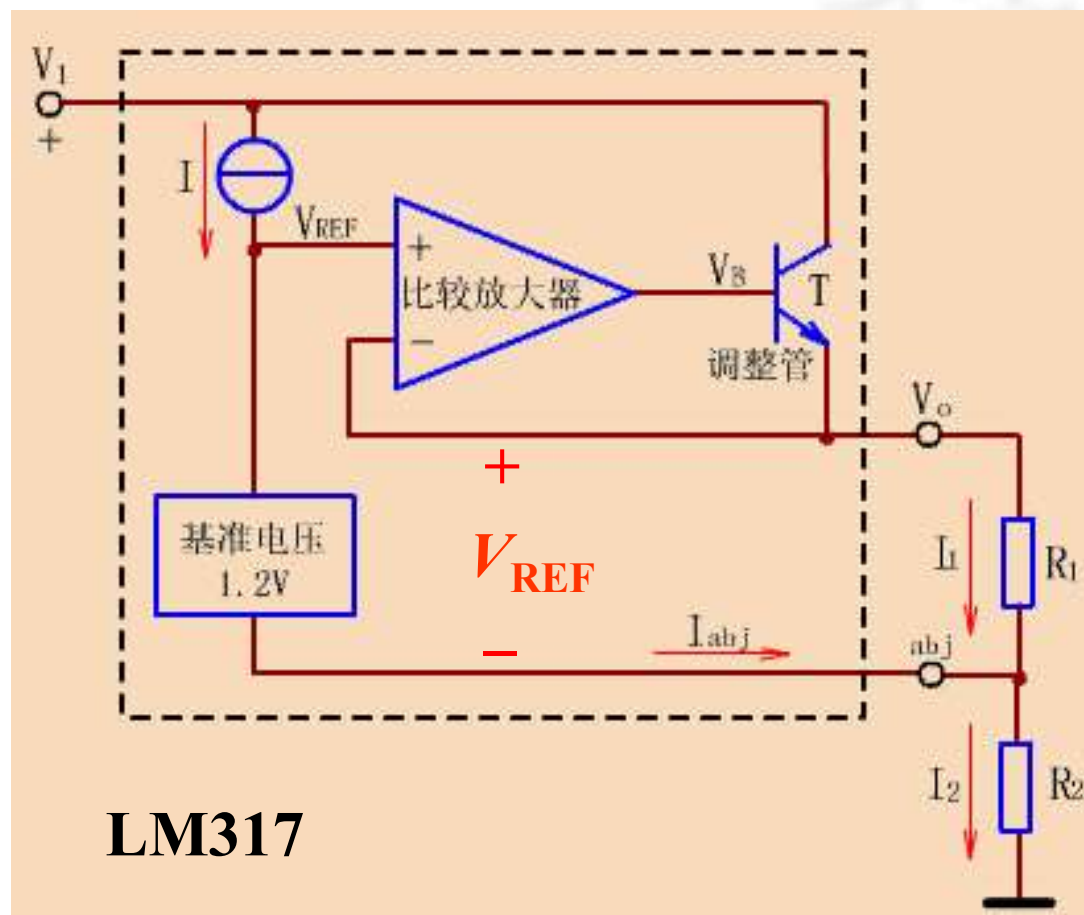
($V_{XX}=5V$)

输出正负电压的电路



正负电压同时输出电路

三端可调式集成稳压器结构图

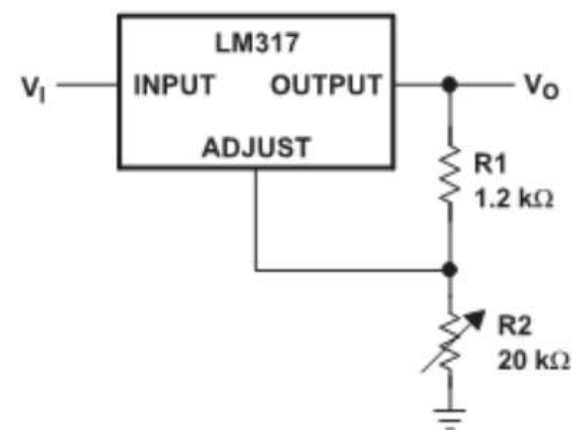


$$I_{\text{adj}} \approx 50\mu\text{A}$$

$$I_1 = \frac{V_{\text{REF}}}{R_1}$$

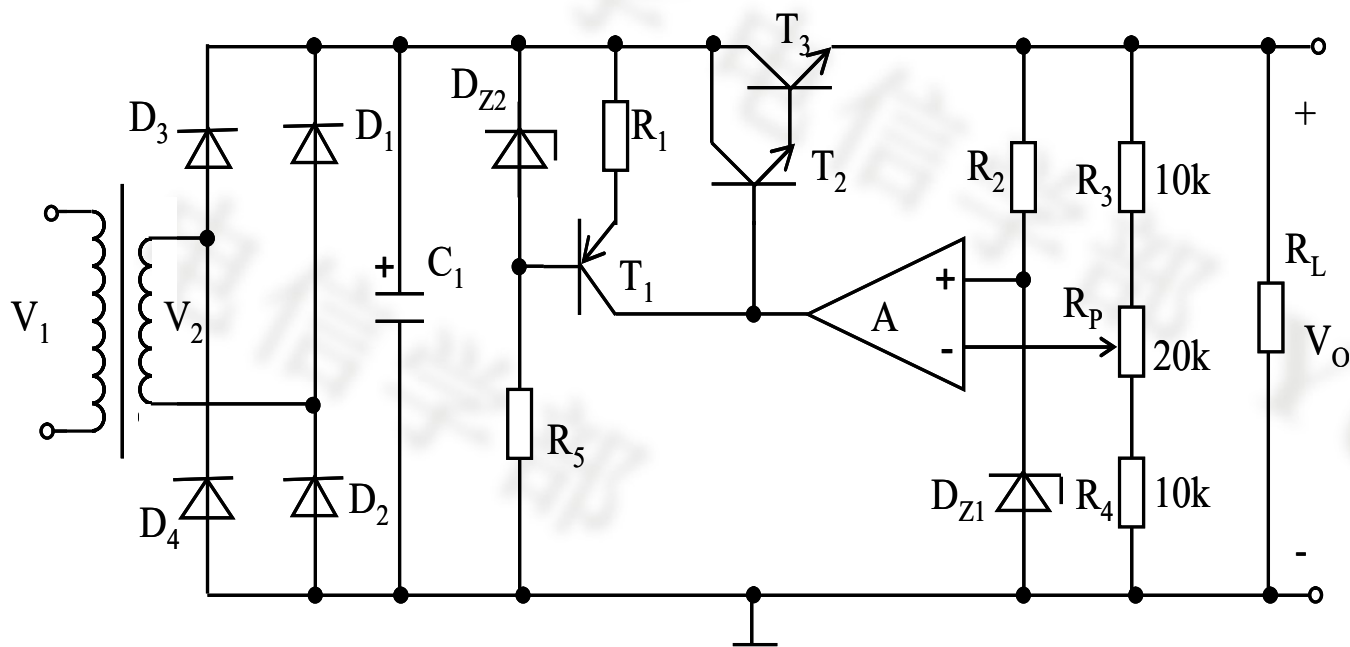
$$I_2 = I_1 + I_{\text{adj}} \approx I_1$$

$$\therefore V_o \approx V_{\text{REF}} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$



直流稳压电源如下图所示，已知稳压管 D_{Z1} 的稳定电压 $V_{Z1}=6V$ 。

- (1) 说明本电路中稳压电路的四个组成部分；
- (2) 求 V_O 的调节范围；
- (3) 若正常工作时T3管的 V_{CE} 至少为3V，确定变压器副边电压（二次电压） $V_{2min}=?$
- (4) 若变压器副边电压 $V_2=25V$ ，当 $R_L=100\Omega$ 时，电位器 R_p 处于最下面位置时，求T3管的耗散功率 $P_T=?$



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

P522：10.2.1 (1) (2) (4)； 10.2.3

P523：10.2.4

