

电子电路基础C

文凤

书山有路勤为径
学海无崖苦作舟

第八章 电路分析和电路构造案例分析

8.1 精密整流与集成运放应用

关注精密整流电路 的基本工作原理

8.2 比较指示器与集成运放的大信号应用

关注比较器的基本工作原理

8.3 电流模与电压模电路

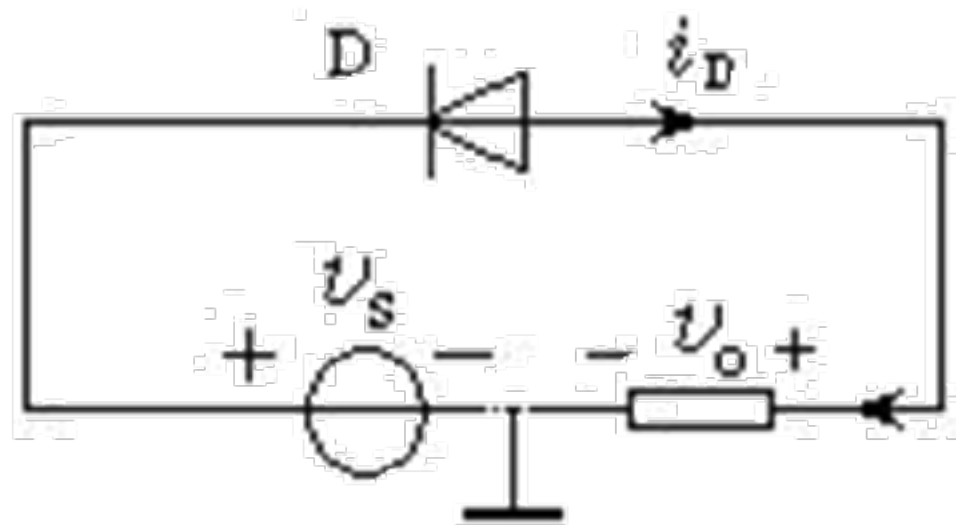
关注电压模与电流模电路的本质

8.4 直流稳压电源与运用

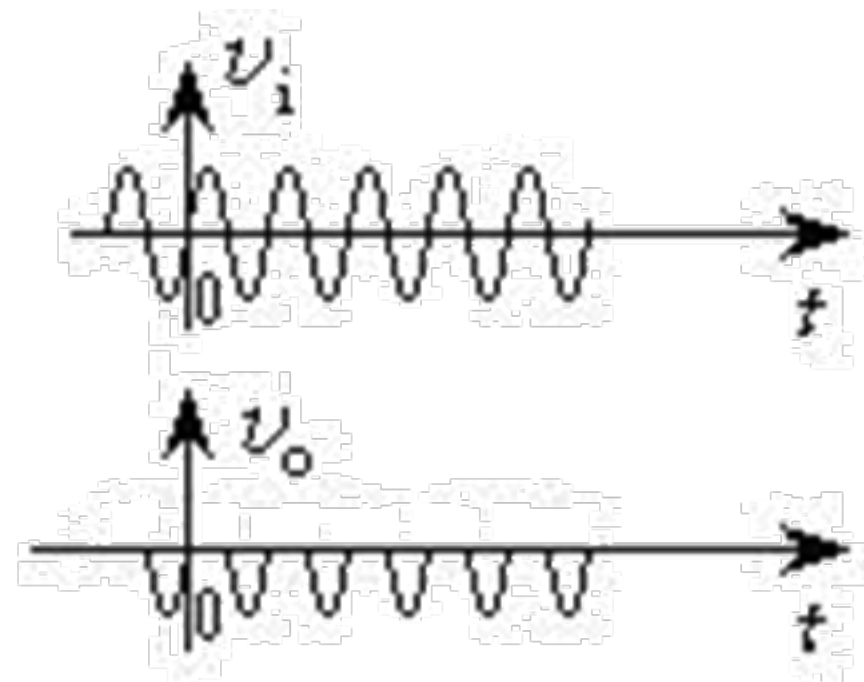
关注线性直流稳压电源的结构

8.1 精密整流与集成运放应用

1、二极管半波整流电路



(a) 电路



(b) 波形

两个缺陷：

- (1) 因二极管死区电压的存在，输出为零的区间约大于输入大于零的区间，即零点定位与输入存在差异；
- (2) 因二极管导通时间内的实际导通电压模糊，电路输出电压的绝对值应小于输入电压绝对值，其差值大小模糊不定，即导通期间输出波形与输入波形存在非线性转换情况。

2 精密整流电路

利用集成运放高差模增益与二极管单向导电特性，构成对微小幅值电压进行整流的电路。

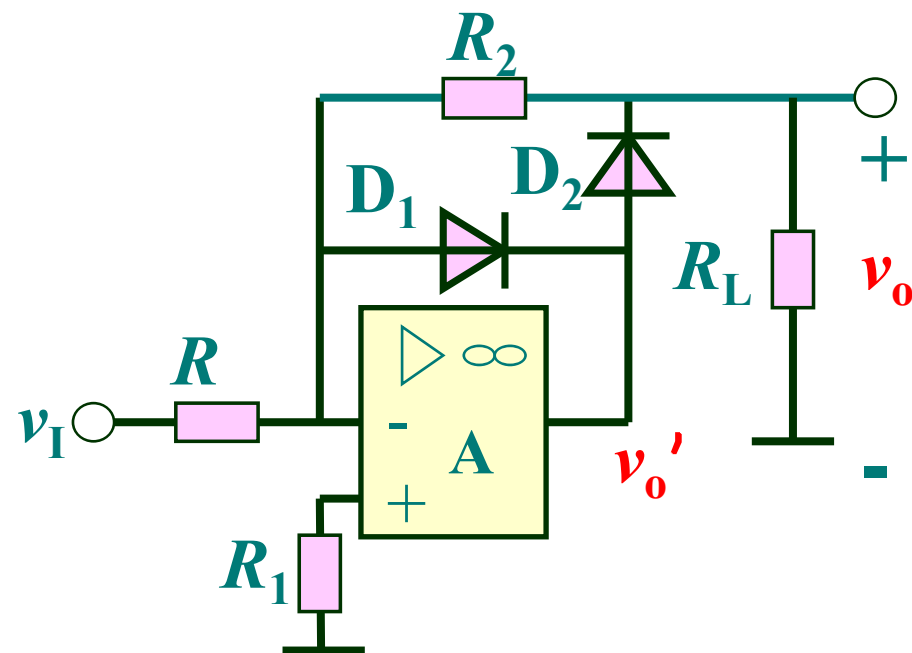
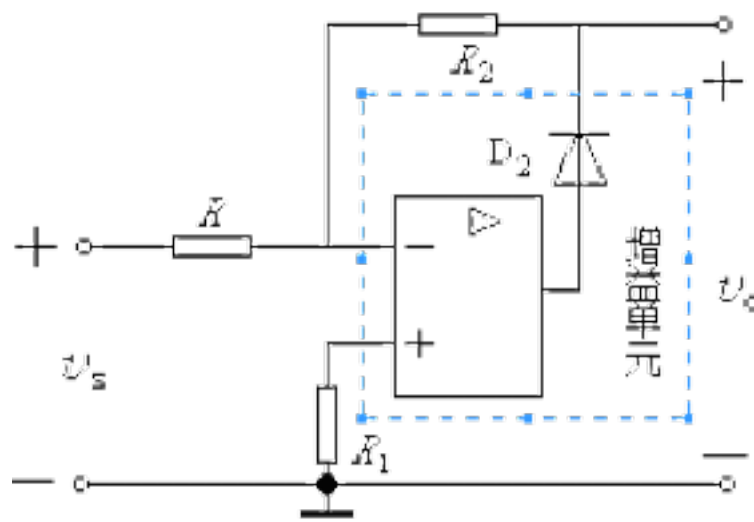
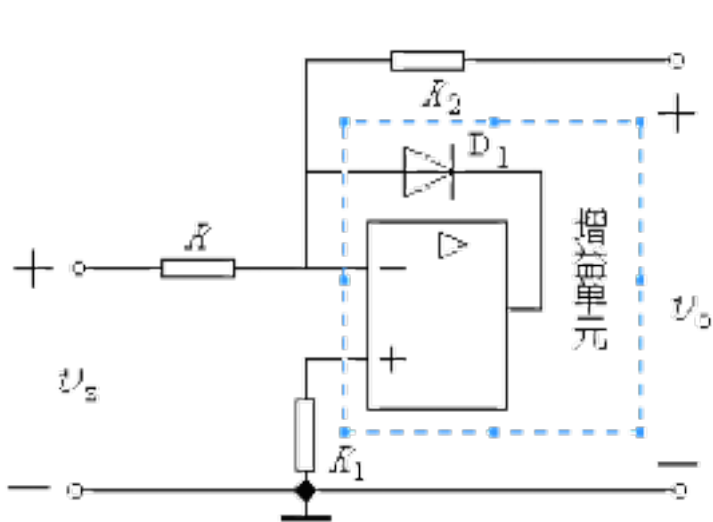


图8-1-2(a) $v_s > 0$ 时等效电路

图8-1-2(b) $v_s < 0$ 时等效电路

图8-1-1(c) 精密半波整流电路

A、 $v_s > 0$ 时，只需极小电压激励就能通过集成运放使 D_1 导通、 D_2 截止，原电路简化为图8-1-2(a)；此时，在深度负反馈下，因反馈电阻为零。

$$v_o = v_- = \frac{0}{R} \times v_s = 0$$

B、 $v_s < 0$ 时，二极管 D_1 截止、 D_2 导通，简化为图8-1-2(b)；在深度负反馈下，通过 R_2 重建输出电压，即：

$$v_o = \frac{R_2}{R} \times v_s$$

可见，无论输入是否大于零，在整体上都可以理解为集成运放与二极管串联为整体非线性增益单元，反馈则由线性电阻构成，因此输出与输入成比例。

2 精密整流电路的特点及波形

电路特点:

(1) 以输入电压是否大于零为依据, 通过二极管单向导电特性构成的换路效果, 实现并完成电路整流目的。

(2) 可以认为, 电路利用集成运放与二极管串联整体的高增益作为深负反馈放大电路结构的增益单元, 因此, 二极管导通或截止期间的非线性影响, 必将被深负反馈结构减弱, 即克服了二极管整流电路的缺点, 也因此被称为精密整流电路。



整个电路在具有单个电路形式的同时, 采用二极管单相导电原理, 形成由输入信号是否大于零决定的不同具体电路通路或电路空间;

在各个电路空间又采用深负反馈的结构, 弱化了集成运放和二极管串联电路的非线性带来的影响, 从而提高了整流精度。

8.2 比较指示器与集成运放的大信号应用

比较指示器常称为比较器或检测器。

❑ 电压比较器的作用

比较两输入信号大小，并以输出高、低电平来指示。

❑ 电压比较器的特点

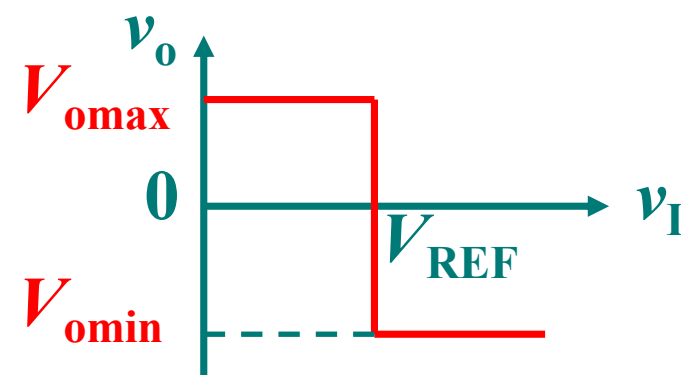
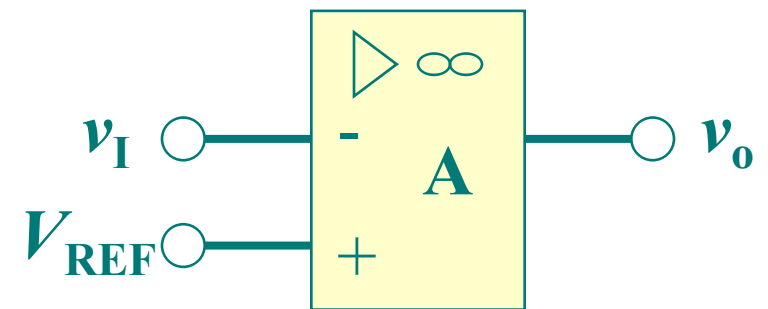
输入模拟量，输出数字量。实现模拟量与数字量间的转换。

❑ 电压比较器工作原理

由 $v_o = A_{vd}(v_+ - v_-)$ 可知

只要开环 A_{vd} 很大，则 v_+ 、 v_- 间的微小差值(10 μ V 左右)，即可使运放输出工作在饱和状态

因此 $\begin{cases} v_+ > v_- \text{ 时, } v_o = V_{omax} & \text{(正饱和值)} \\ v_+ < v_- \text{ 时, } v_o = V_{omin} & \text{(负饱和值)} \\ v_+ = v_- \text{ 时, 逻辑状态转换} \end{cases}$



❑ 理想运放在大信号非线性应用时的特点:

$$v_- \neq v_+$$

$$i_+ = i_- \rightarrow 0$$

8.2.1 单限比较器

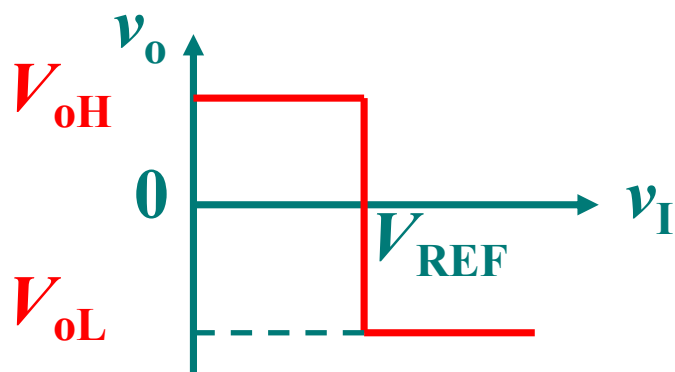
是以输入电压是否大于参考电压作为电路输出高低电平指示依据的比较电路。

特点：运放开环工作。

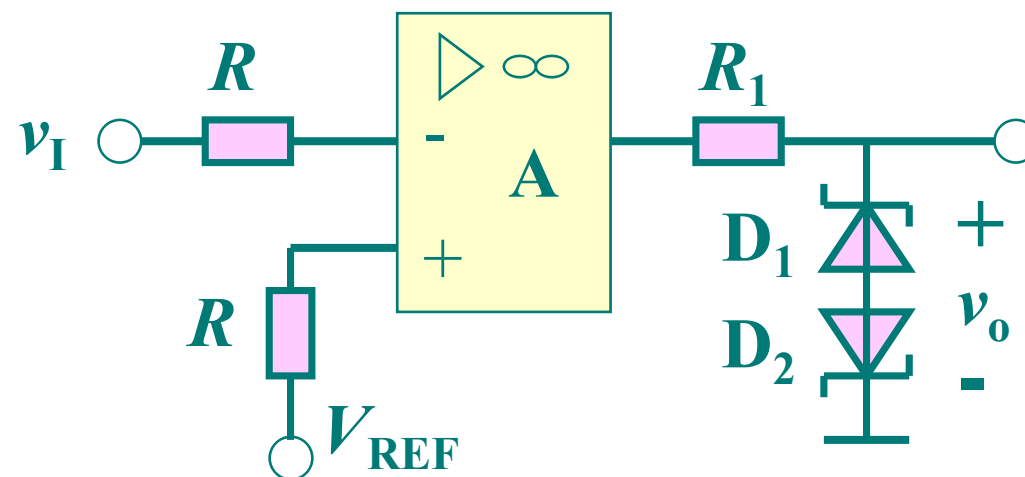
R_1 限流电阻，与 D_1 、 D_2 共同构成电平变换电路。

$$\left\{ \begin{array}{ll} v_I < V_{REF} \text{ 时, } & v_o = V_{oH} \\ v_I > V_{REF} \text{ 时, } & v_o = V_{oL} \\ v_I = V_{REF} \text{ 时, } & \text{逻辑状态转换} \end{array} \right.$$

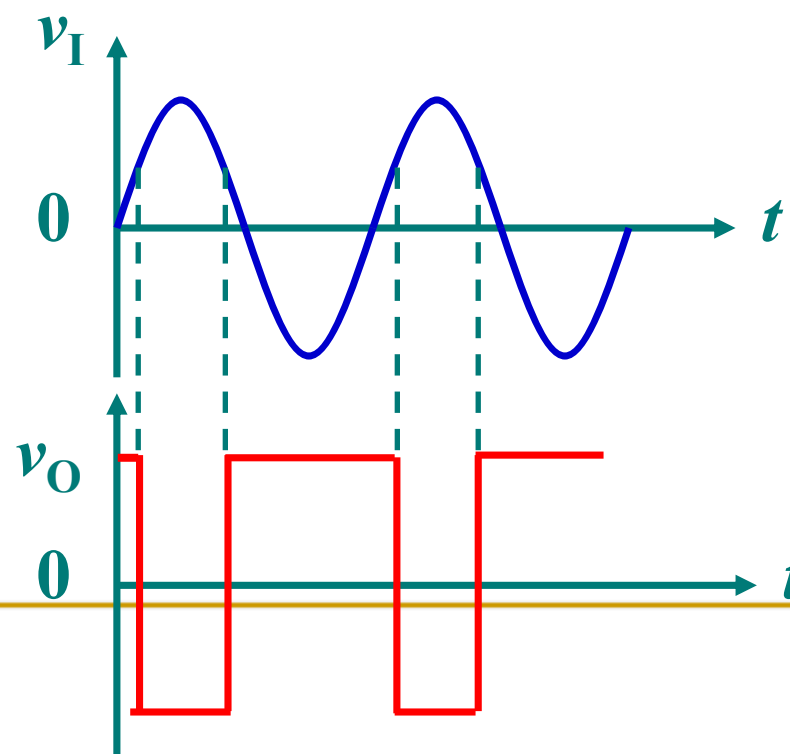
比较特性



(当 $V_{REF}=0$ 时为过零比较器)



$$\left\{ \begin{array}{l} V_{oH} = V_Z + V_{D(on)} \\ V_{oL} = -(V_Z + V_{D(on)}) \end{array} \right.$$

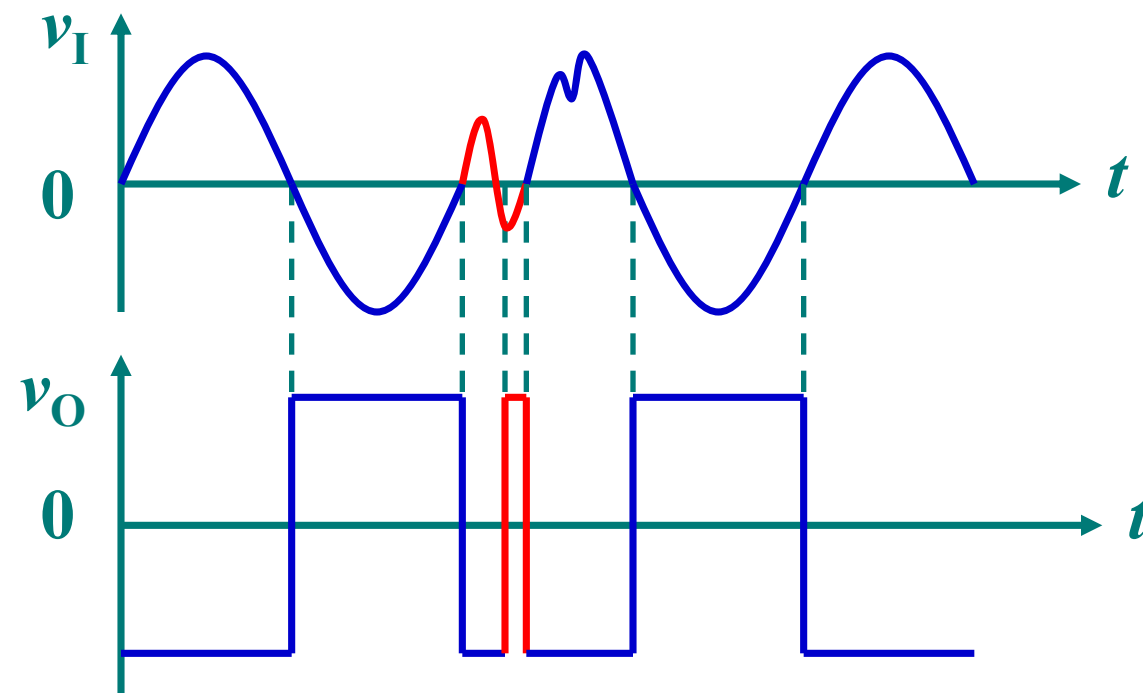


❓ 单限比较器优、缺点

优点：电路结构简单，可不计有限 K_{CMR} 的影响。

缺点：电路抗干扰能力差。

例如：过零比较器，当门限电平附近出现干扰信号时，输出会出现误操作。



对于叠加有噪声的波形,若采用上节的单限比较电路,往往会在参考电压时出现输出高低电平频繁翻转的现象。为避免此情况出现,需要设计一种迟滞比较特性,该特性具有取值不同的两个门限,即如图8-2-2 (a) 所示的下门限电压 V_L 和上门限电压 V_H 。

迟滞比较器 (施密特触发器)

特点 { 正反馈电路。
具有双门限。

反相输入迟滞比较器

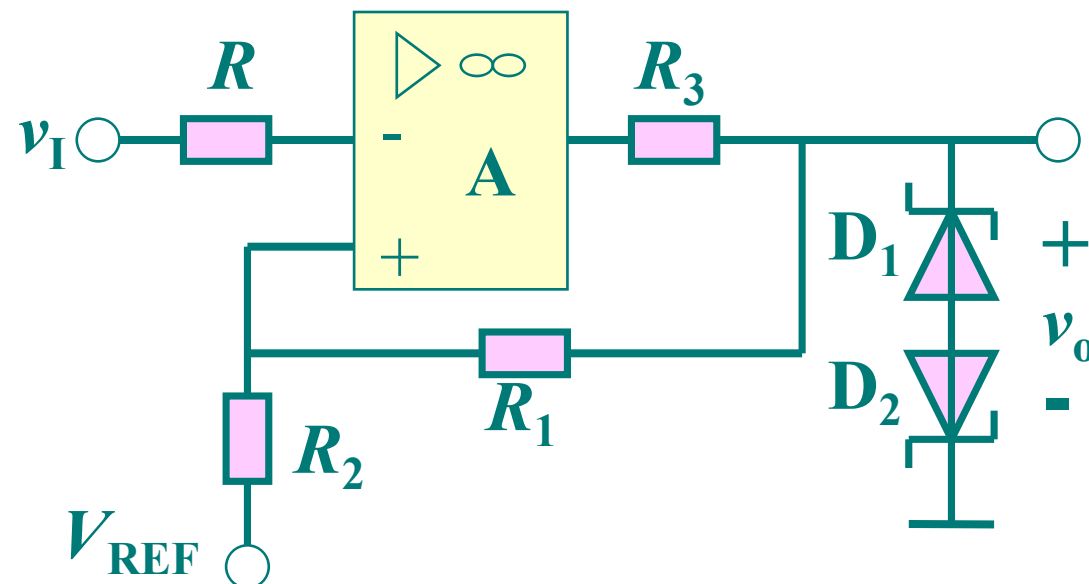
$$\text{令 } v_I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_O + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{REF}}$$

得门限电平:

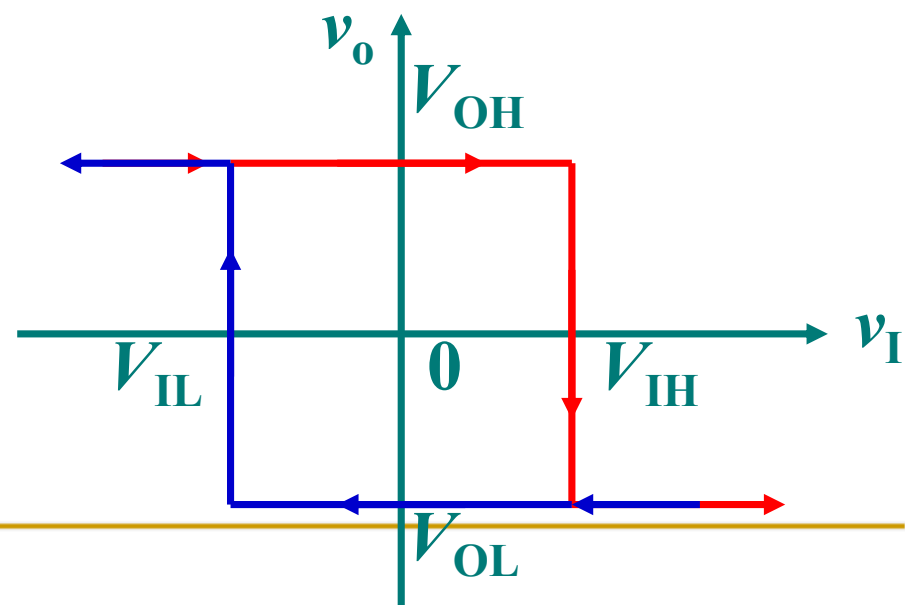
$$\left\{ \begin{aligned} v_{\text{IH}} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{OH}} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{REF}} \\ v_{\text{IL}} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{OL}} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{REF}} \end{aligned} \right.$$

迟滞宽度:

$$\Delta V = V_{\text{IH}} - V_{\text{IL}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{\text{OH}} - V_{\text{OL}})$$



比较特性



同相输入迟滞比较器

将反相迟滞比较器中的 v_I 与 V_{REF} 交换，即得同相输入迟滞比较器。

$$\text{令 } V_{REF} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_O + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_I$$

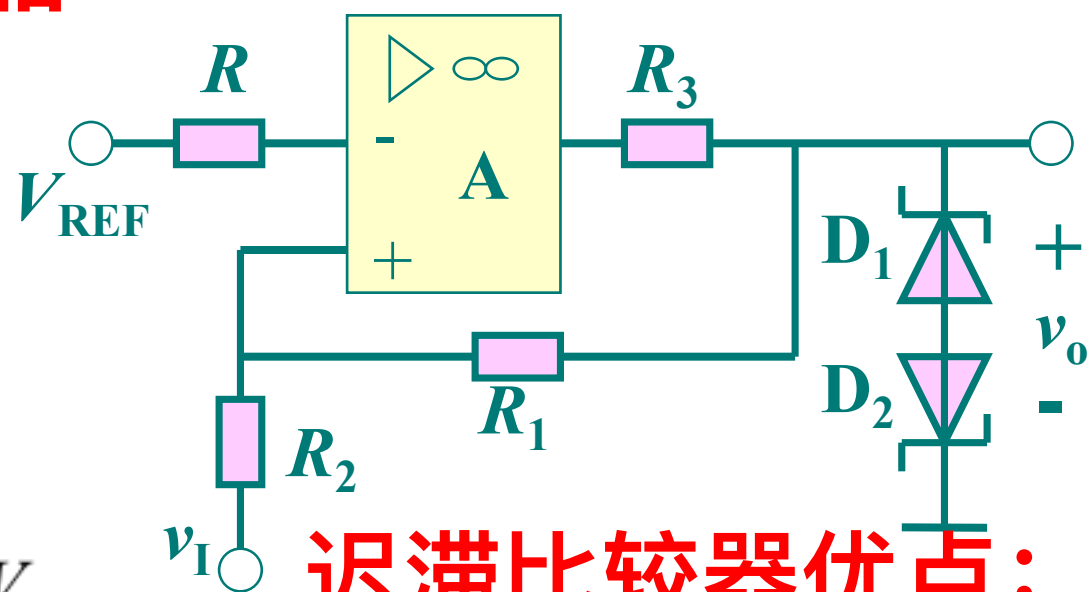
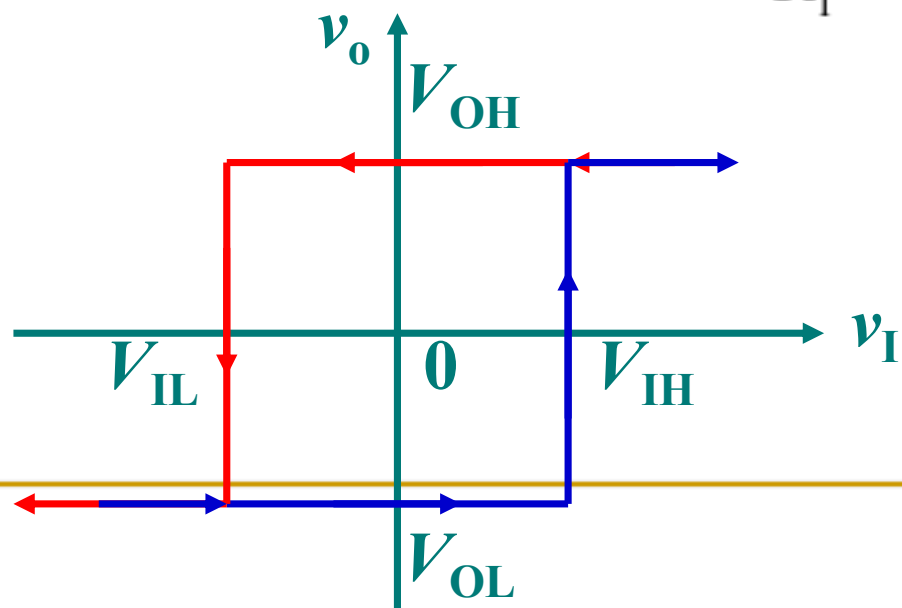
得门限电平：

$$\begin{cases} V_{IH} = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_{REF} - \frac{R_2}{R_1}V_{OL} \\ V_{IL} = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_{REF} - \frac{R_2}{R_1}V_{OH} \end{cases}$$

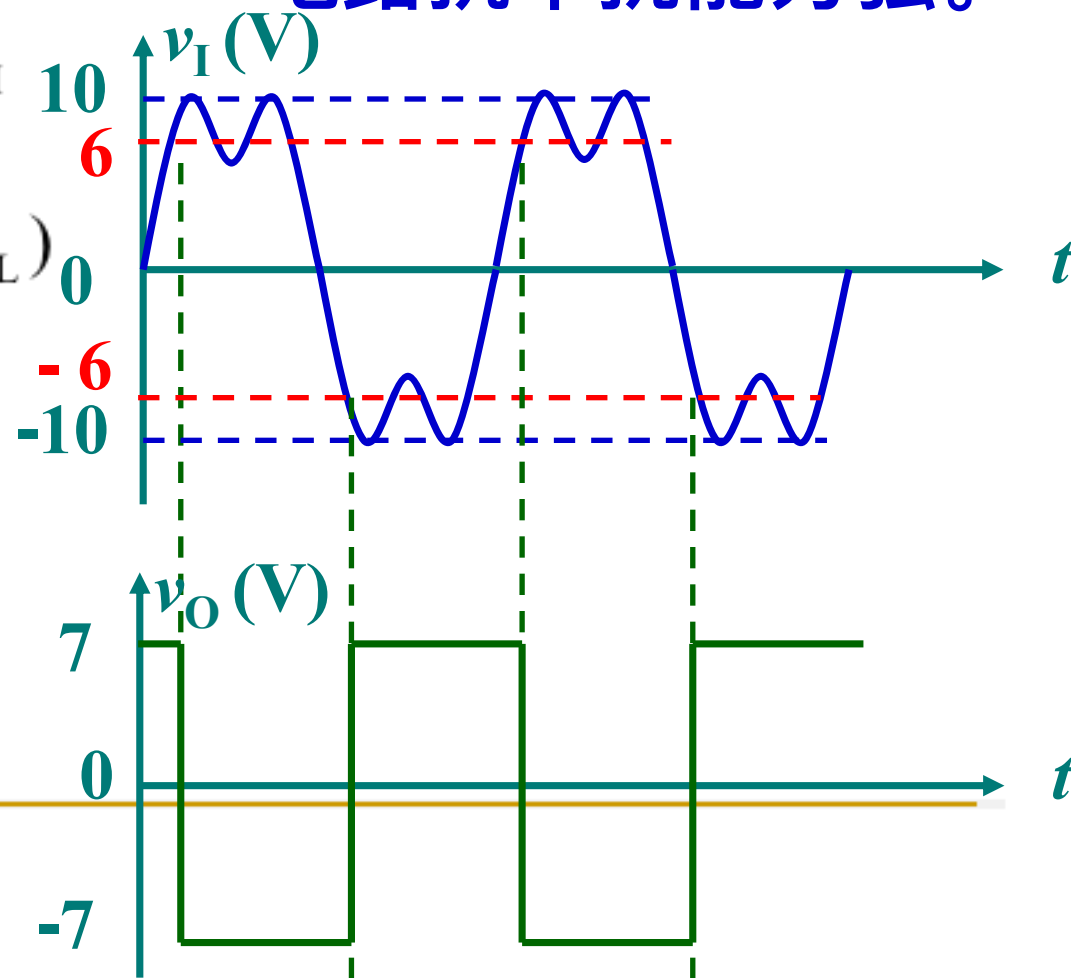
迟滞宽度：

$$\Delta V = V_{IH} - V_{IL} = \frac{R_2}{R_1}(V_{OH} - V_{OL})$$

比较特性



迟滞比较器优点：
电路抗干扰能力强。



8.3 电流模与电压模电路

以电流作为电路中的处理变量→电流模电路。

以电压作为电路中的处理变量→电压模电路。

两者主要区别：表现在节点阻抗电平的高低上。

低阻节点上的变量：主要表现为电流量。

高阻节点上的变量：主要表现为电压量。

利用低节点阻抗的特点，电流模电路特点：

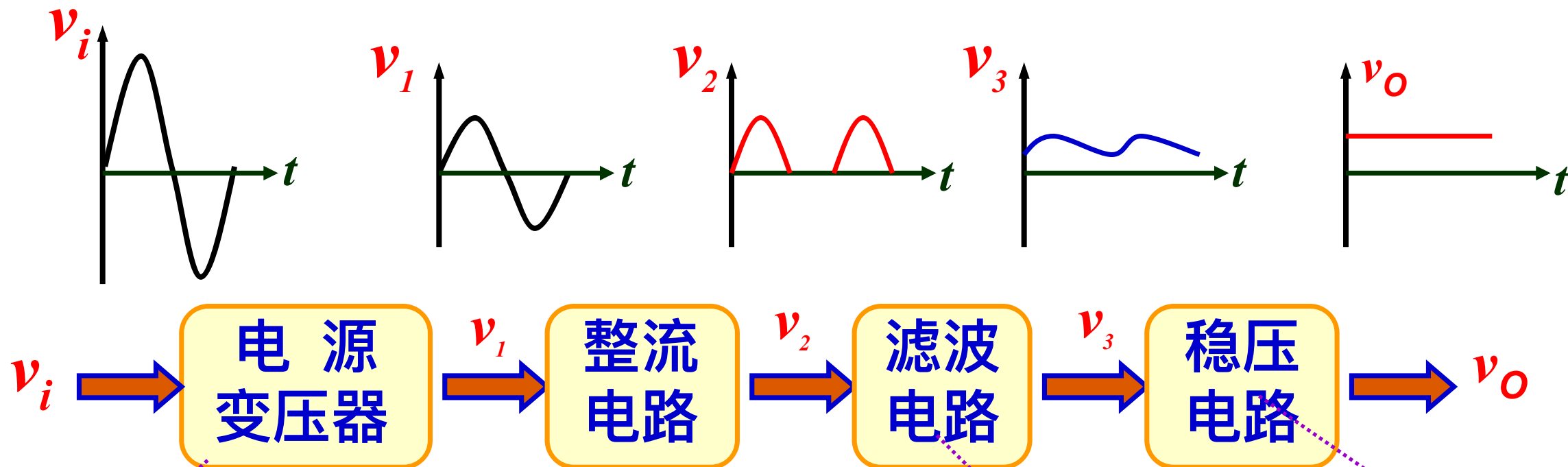
频带宽、速度高、动态范围大、非线性失真小。

常用的电流模电路：

电流放大器、跨导线性电路、开关电流电路、动态电流镜等。

8.4 直流稳压电源与运用

电源设备组成框图:



实现两个功能:

1. 将电网供给的220V交流电压 v_i 变换为符合整流电路需要的交流电压 v_1 ;
2. 使电源与电网电气隔离, 有效的保护电气设备。

将正负交替的交流电压 v_1 整流为单向脉动的含直流分量的电压 v_2 的转换功能。

将脉动电压 v_2 中的脉动成分尽量滤除掉, 得到平滑的直流电压 v_3 的功能, (v_3 易受电网电压波动、负载和温度变化的影响)

(电网电压或负载电流发生变化时)稳定输出直流电压 v_o 的功能。
(利用稳压元件或负反馈控制电路等措施)

整流电路

利用二极管的单向导电性。

➤ 半波整流电路

若输入信号为正弦波：

当 $v_i > 0V$ 时，D导通，则 $v_o = v_i$

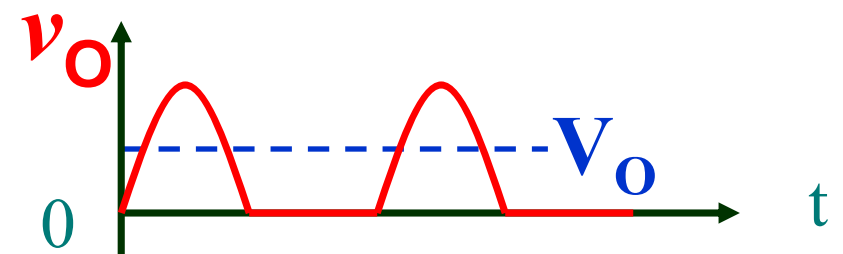
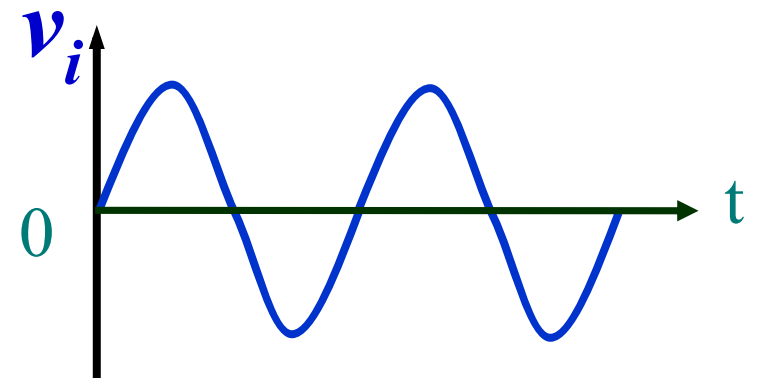
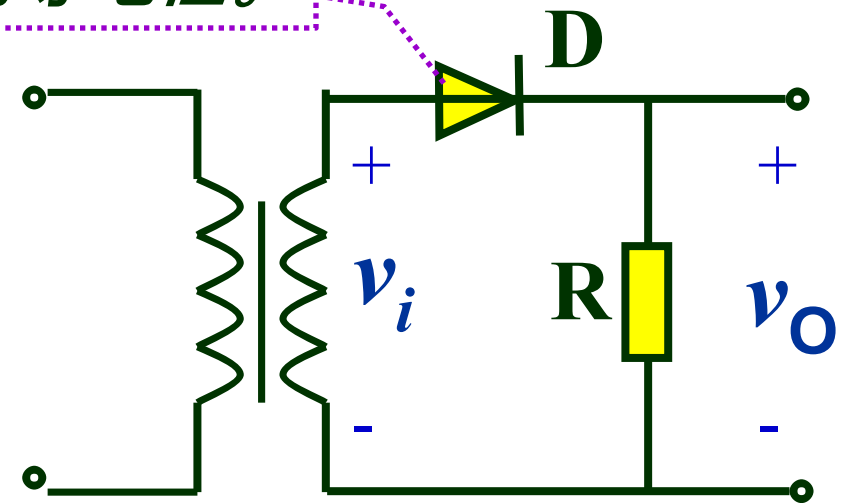
当 $v_i \leq 0V$ 时，D截止，则 $v_o = 0V$

平均值：
$$V_o \approx \frac{1}{\pi} V_{im}$$

优点：结构简单，所用元件少。

缺点：波形脉动大；直流成分较低；
变压器利用率低；变压器电流含有直
流成分，易饱和。

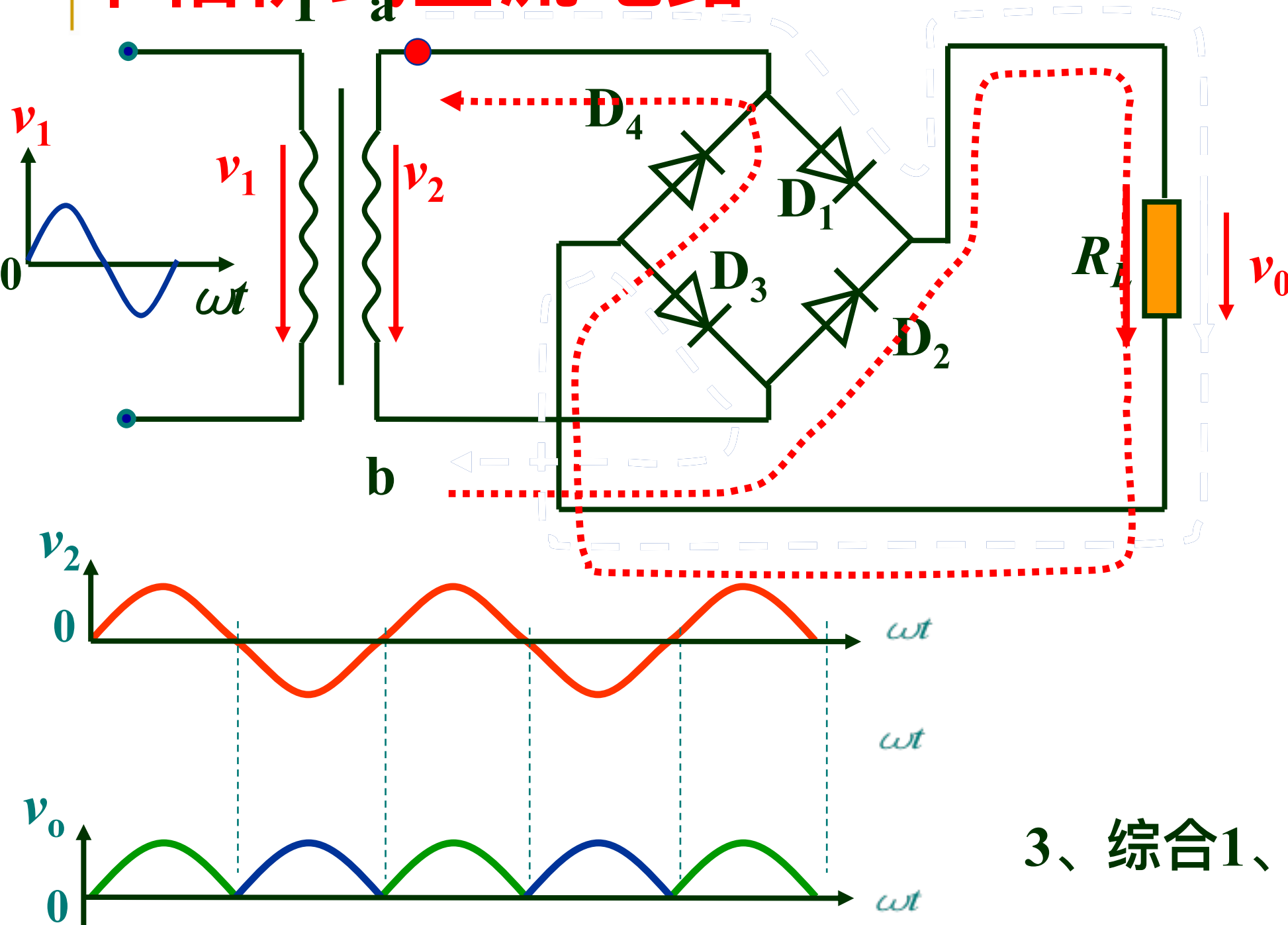
应用：用在输出电流较小，要求不高的场合。



全波整流电路

返回

单相桥式整流电路



1、当 $v_2 > 0$ 时,

$D_1 D_3$ 导通

$D_2 D_4$ 截止

$$v_o = v_{ab} = v_2$$

2、当 $v_2 < 0$ 时,

$D_2 D_4$ 导通

$D_1 D_3$ 截止

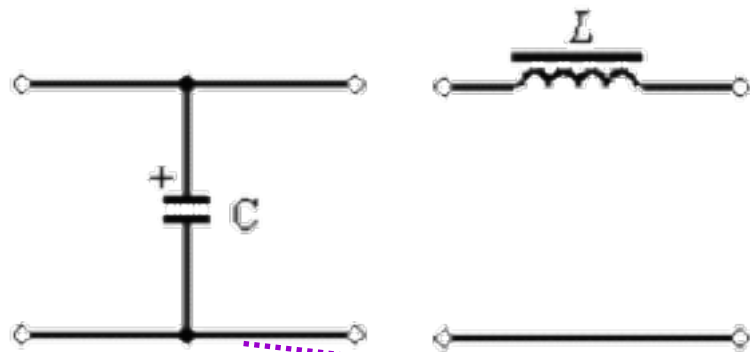
$$v_o = v_{ba} = -v_2$$

3、综合1、2得: $v_o = |v_2|$

输出电压 v_o 平均值(直流分量):
$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} V_2 \sin \omega t d\omega t \approx 0.9 V_2$$

返回

滤波电路



(a) 电容滤波电路 (b) 电感滤波电路

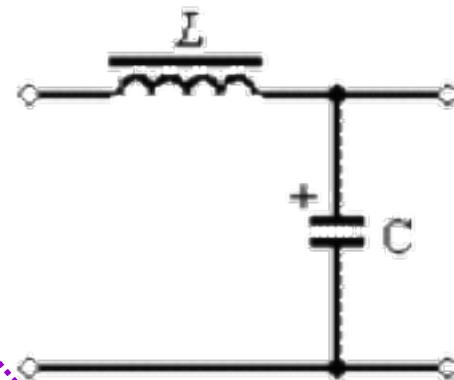
1. 适用于大电流负载。
2. 外特性比较硬。
3. 由于电感有延长整流管导电管电角的趋势，因此电流的波形比较平滑，避免了在整流管中产生较大的冲击电流。

1. 适用于小电流负载。
2. 外特性比较软： $V_{O(AV)}$ 随 $I_{O(AV)}$ 而变
3. 采用电容滤波时，整流二极管中将流过较大的冲击电流。必须选用较大容量的整流二极管。

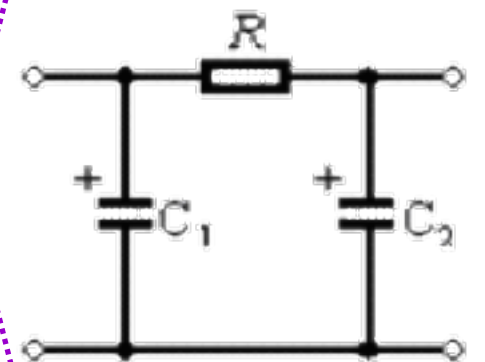
优点：与电容滤波相比可进一步降低输出电压的脉动系数。

缺点： R 上有直流压降；整流管的冲击电流仍比较大；外特性比电容滤波更软，只适用于小电流的场合。

1. 负载电流较大或较小时均有良好的滤波作用。
2. 电感滤波和 LC 滤波电路克服了整流管冲击电流较大的缺点，
3. 外特性比较硬
4. 与电容滤波相比， $V_{O(AV)}$ 较低，体积、重量大为增加。



(c) Γ 型滤波电路



(d) π 型滤波电路

图8-4-6 常见的各种滤波电路

稳压电路

(1) 稳压管稳压电路

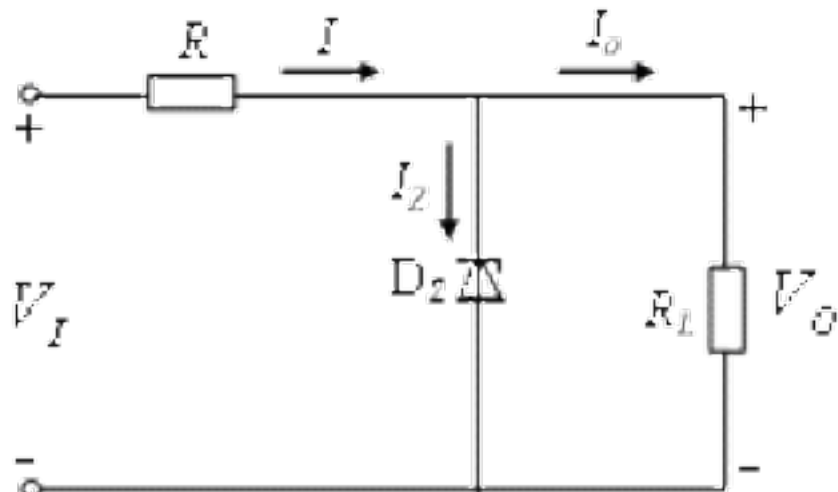


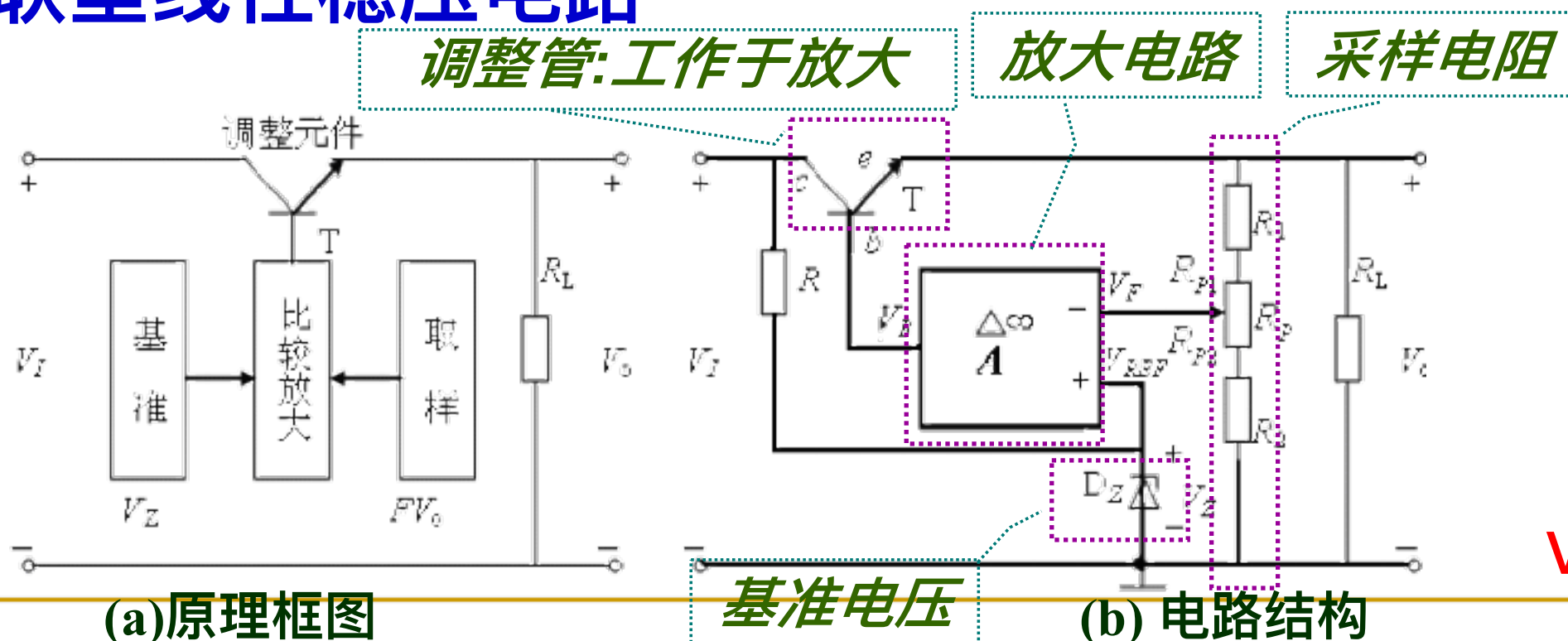
图8-4-7 稳压管稳压电路

优点：结构简单

缺点：

- (a) 稳压管反向饱和电流 I_Z 的调节范围仅仅几十mA，这大大限制了负载电流 I_O 的变化范围；
- (b) 输出电压 $V_O = V_Z$ ，因此受到稳压管性能的影响，输出电压受制于稳压管的稳定电压的波动；
- (c) 限流电阻 R 将以耗能形式消耗输入的多余能量。

(2) 串联型线性稳压电路



(a) 原理框图

基准电压

(b) 电路结构

图8-4-8 串联型稳压电路及原理框图

思考：
 V_O 的范围

返回

串联型直流稳压电源的输出电压范围

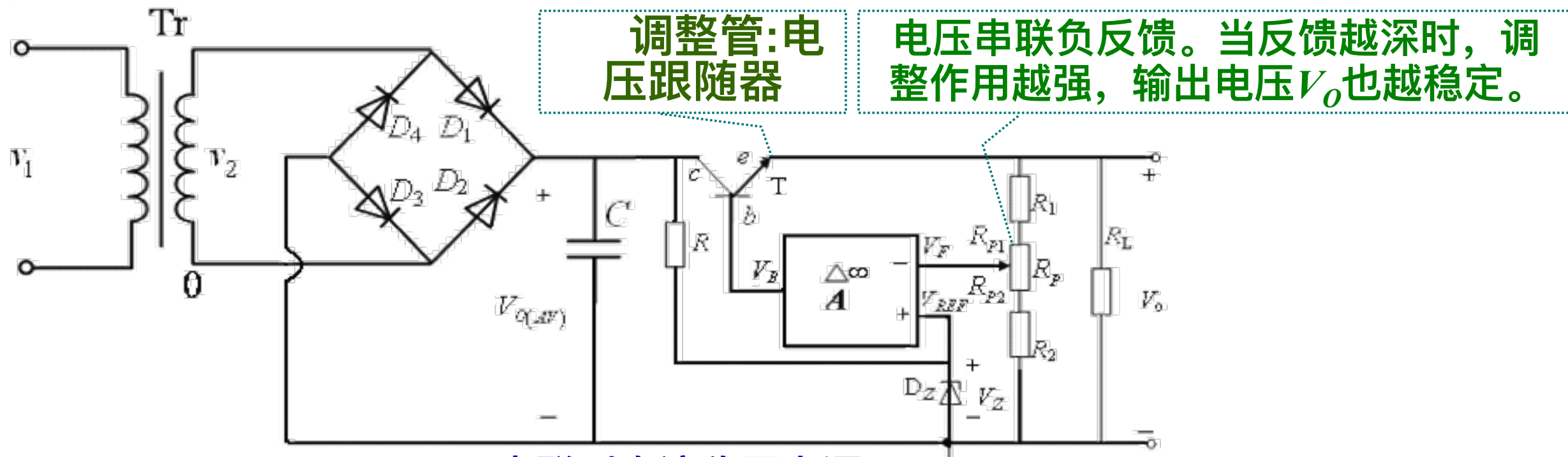


图8-4-9 串联型直流稳压电源

通过改变采样电阻中电位器 R_p 的滑动端位置进行调节。

集成运放工作于线性区，满足虚短、虚断

$$V_Z = V_F = \frac{R_{p2} + R_p}{R_1 + R_2 + R_p} V_O \quad V_O = \frac{R_1 + R_2 + R_p}{R_{p2} + R_2} V_Z$$

$$V_{Omax} = \frac{R_1 + R_2 + R_p}{R_p} V_Z \quad V_{Omin} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} V_Z$$

(3) 三端集成稳压器

一、78、79 系列的型号命名

CW7800 系列(正电源)

CW7900 系列(负电源)

输出电压

5 V / 6 V / 9 V / 12 V / 15 V / 18 V / 24 V

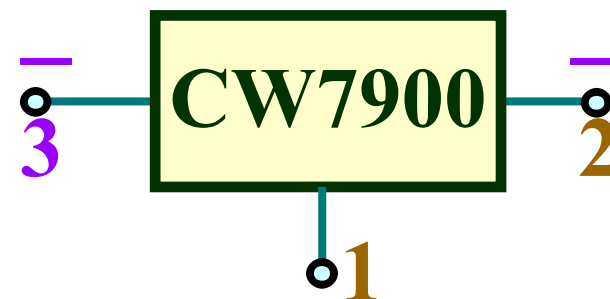
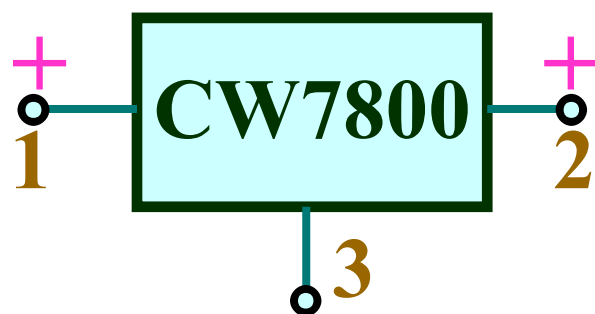
输出电流

78L ** / 79L ** — 输出电流 100 mA

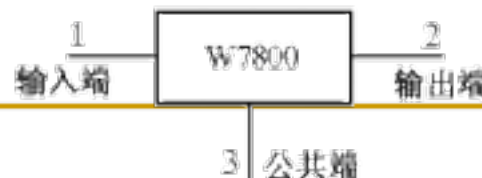
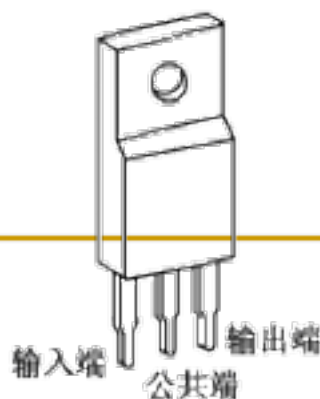
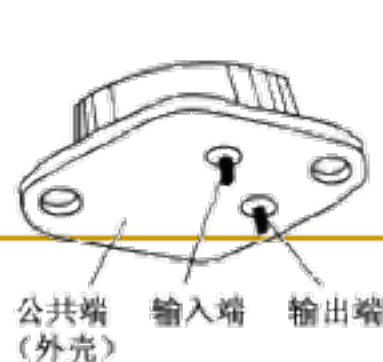
78M ** / 79M ** — 输出电流 500 mA

78 ** / 79 ** — 输出电流 1.5 A

符号



封装



返回