第8章 直流稳压电源

220V~ 220V~

电视机 电子电路　　计算机 电子电路

这些电子电路的
直流电源从哪里来？？

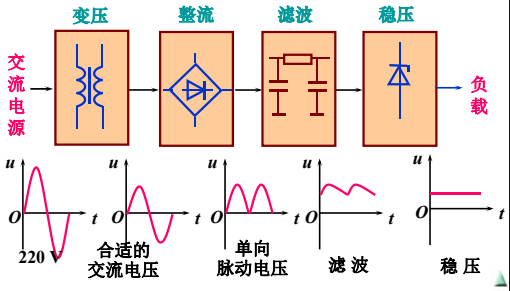
220V~ → ??? → 稳定直流

什么是稳定直流？

当电网电压波动或负载发生变化时，
输出直流保持恒定！！！

8.1 直流稳压电源的基本组成

组成框图

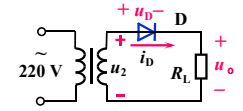


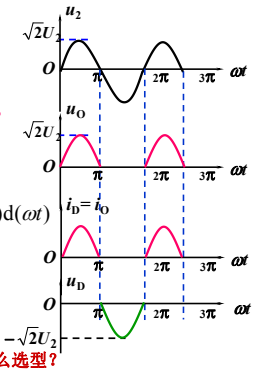
8.2 单相整流电路

8.2.1 单相半波整流电路

8.2.2 单相桥式全波整流电路

8.2.1 单相半波整流电路





$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t)$$

$$U_{O(av)} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t)\,\mathrm{d}(\omega t) = 0.45U_2$$

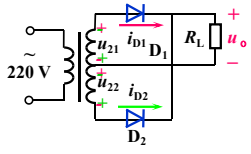
$$I_D = I_{O(AV)} = 0.45\frac{U_2}{R_L}$$

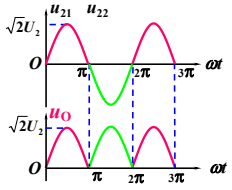
$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$

【问题引导】整流二极管怎么选型？

8.2.2 单相桥式全波整流电路

单相全波整流电路





设 $u_{21} = u_{22} = \sqrt{2}U_2 \sin\omega t$

$$U_{O(av)} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t)\,\mathrm{d}(\omega t) = 0.9U_2$$

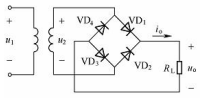
$$U_{RM} = 2\sqrt{2}U_2$$

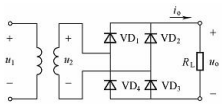
【问题引导】全波整流与半波整流相比怎么样？

单相桥式全波整流电路

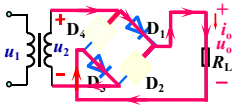
1. 工作原理

4只整流管如何接？

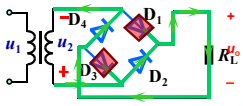




输入正半周



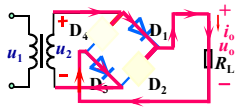
输入负半周



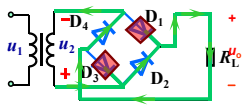
【问题引导】单相桥式全波整流与单相全波整流有何不同？

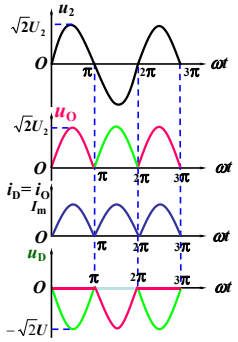
2. 波形

输入正半周



输入负半周





3. 参数估算

1）整流输出电压平均值

$$U_{O(AV)} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\sqrt{2}U\sin(\omega t)\mathrm{d}(\omega t)$$

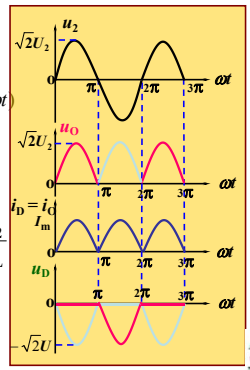
$$= \frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_2 = 0.9U_2$$

2）二极管平均电流

$$I_D = \frac{1}{2}I_{O(AV)} = \frac{U_{O(AV)}}{2R_L} = 0.45\frac{U_2}{R_L}$$

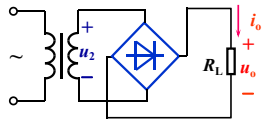
3）二极管最大反向压

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$



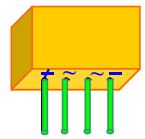
【问题引导】整流二极管怎么选型？

4. 简化画法



5. 整流桥

把四只二极管封装在一起称为整流桥



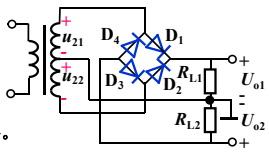
整流桥比四只整流二极管用起来是不是更方便？

例 8-1 $U_{21} = U_{22} = U_2 = 15\text{V}$，

(1) 什么整流电路？

(2) U_{o1}、U_{o2} 的极性？

(3) U_{o1}=?、U_{o2} =?



解 (1) 两个全波整流电路。

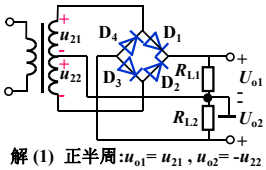
(2) 极性如图所示。

(3) $U_{o1} = U_{o2} = 0.9\,U_2 = 13.5\text{V}$

例 A $U_{21} = 15\text{V}$, $U_{22} = 18\text{V}$，

(1) U_{o1}、U_{o2} 的波形？

(2) U_{o1}=?、U_{o2} =?

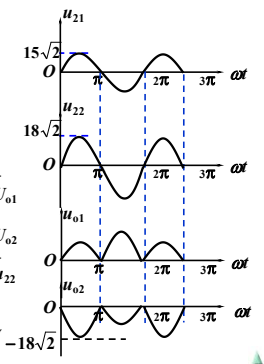


解 (1) 正半周：$u_{o1} = u_{21}$，$u_{o2} = -u_{22}$

负半周：$u_{o1} = u_{22}$，$u_{o2} = u_{21}$

$$U_{o1} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}u_{o1}\mathrm{d}(\omega t) = 14.85\text{V}$$

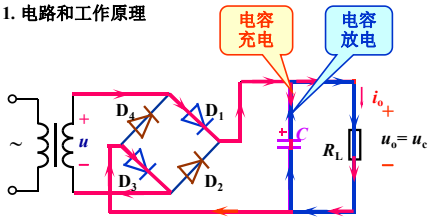
$$U_{o2} = -14.85\text{V}$$



8.3 滤波电路

8.3.1 电容滤波电路的工作原理

1. 电路和工作原理



D导通时给 C 充电，D 截止时 C 向 R_L 放电；

滤波后 u_o 的波形变得平缓，平均值提高。

【问题引导】整流之后为什么还要滤波？

2. 波形及输出电压

当 $R_L=\infty$ 时：$U_{O(av)}=\sqrt{2}U_2$

当 R_L 为有限值时：

$0.9U_2<U_{O(av)}<\sqrt{2}U_2$

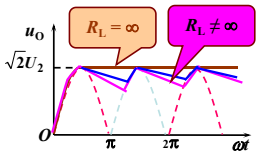
通常取 $U_{O(av)}=1.2U_2$

R_LC 越大 $U_{O(av)}$ 越大

为获得良好滤波效果，一般取：

$R_LC\geq(3\sim5)\frac{T}{2}$

（T 为输入交流电压的周期）



实际输出波形与二极管导通波形

实际波形为什么是这样？

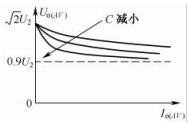
8.3.2 电容滤波电路的输出特性及主要参数

电容滤波电路的二极管的冲击电流较大！

$0.9U_2<U_{O(av)}<\sqrt{2}U_2$

τ =R_LC 越大，$U_{O(av)}$ 越大；

C 越大，$U_{O(av)}$ 越大；



当$\tau=R_LC=(3\sim5)\frac{T}{2}$时，

$U_{O(av)}\approx1.2U_2$

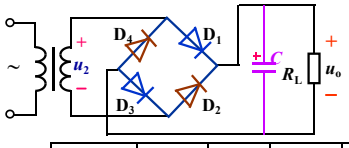
$I_{O(av)}=\frac{U_{O(av)}}{R_L}\approx1.2U_2$

$I_{D(av)}=\frac{I_{O(av)}}{2}\approx\frac{0.6U_2}{R_L}$

二极管导通角<180°！

例 B U_2= 20V, R_L = 50 Ω， C = 2000 μ F,

U_o= 28V、 18V、 24V、 9V，什么故障？

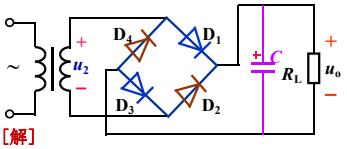


解：

U_o	28V	18V	24V	9V
计算公式	$1.4U_2$	$0.9U_2$	$1.2U_2$	$0.45U_2$
故障	R_L断开	C断开	正常	C断开且有一D断开

这些系数很重要！

例8-2 单相桥式电容滤波整流，交流电源频率 f = 50 Hz，负载电阻 R_L = 120 Ω，要求直流输出电压 $U_{O\,(AV)}$ = 30 V，试估算变压器副绕组电压 U_2，选择整流二极管及滤波电容。



[解]

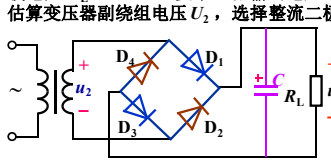
$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}=0.02\,\text{s}$

取 $\tau=R_LC=4\times\frac{T}{2}=0.04\,\text{s}$

则 $U_2=\frac{U_{O(AV)}}{1.2}=\frac{30}{1.2}=25\,\text{V}$

选择整流二极管和电容的参数时要留有余量！

例8-2 单相桥式电容滤波整流，交流电源频率 $f=50$ Hz，负载电阻 $R_L=120\ \Omega$，要求直流输出电压 $U_{O(AV)}=30$ V，试估算变压器副绕组电压 U_2，选择整流二极管及滤波电容。



选二极管应满足：

$I_F \geq (2\sim3)\ I_D$ $=0.25\sim0.375A$

$U_{RM} > \sqrt{2}U_2 \approx 35V$

整流二极管电流平均值：

$$I_D = \frac{1}{2}I_{O(AV)} = \frac{1}{2}\frac{U_{O(AV)}}{R_L} = 0.125\ \text{A}$$

二极管选

I_F =300mA， U_{RM} =100V

承受最高反压：

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 = 35\text{V}$$

由 $R_L C = 0.04$ 得 $C = 330\mu\text{F}$

电容选

C=330 μ F， 耐压 =50V

8.3.3 其他滤波电路

纯电容滤波有何缺点？

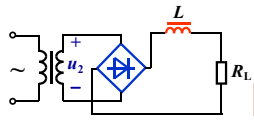
1. 电感滤波

整流后的输出电压：

直流分量被电感 L 短路

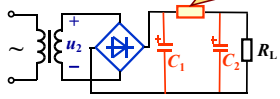
交流分量主要降在 L 上

电感越大，滤波效果越好



2. π 型滤波

负载电流小时



C_1、C_2 对交流容抗小

L 对交流感抗很大

8.4 稳压二极管稳压电路

8.4.1 稳压原理

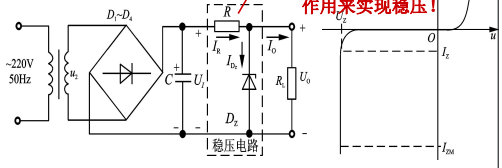
8.4.2 电路参数选择

8.4.1 稳压原理

该电阻可以不要吗？

滤波之后为什么还要稳压？

靠该电阻的电压补偿作用来实现稳压！



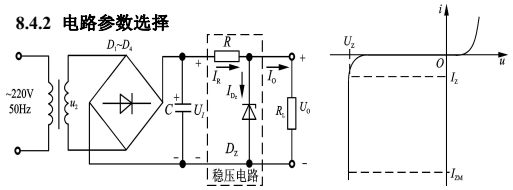
稳压原理：$U_I \uparrow \rightarrow U_O \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_O \downarrow$

稳压原理：$R_L \uparrow \rightarrow U_O \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_O \downarrow$

稳压的基本要求？

电网电压波动或负载变化时，输出直流电压保持不变！

8.4.2 电路参数选择



(1) 选择U_I　U_I=(2~3) U_o　　$I_o = I_{omin}$时，$I_{DZ} = I_{ZM}$

(2) 选择稳压管　$U_Z = U_o$　　$I_o = I_{omax}$时，$I_{DZ} = I_Z$

若U_I恒定， 则I_R恒定， $\Delta I_{DZ} + \Delta I_o = 0$，

$(I_{ZM} - I_Z) + (I_{omin} - I_{omax}) = 0$

取$I_{omin} = 0$，则应使 $I_{ZM} > I_{omax} + I_Z$

记得让稳压管工作在反向击穿区！

8.5 串联型稳压电路

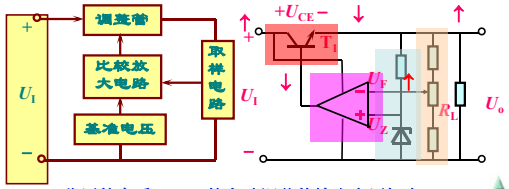
用稳压管稳压有什么缺点？

并联型稳压电路 — 调整管与负载并联

串联型稳压电路 — 调整管与负载串联

1. 结构和稳压原理

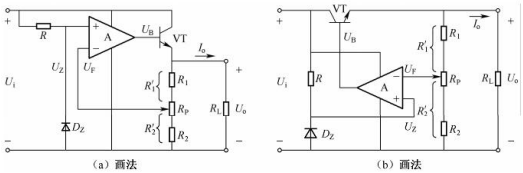
靠调整管的电压补偿作用来实现稳压！



稳压的实质：U_{CE} 的自动调节使输出电压恒定

串联型稳压电路结构

靠调整管的电压补偿作用来实现稳压！



【问题引导】串联型稳压电路是什么结构？

两级放大电路！
电压负反馈电路！
射极输出器输出电路！

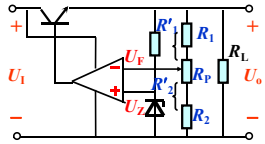
2. 输出电压的调节范围

$$\because U_F = \frac{U_O R_2'}{R_1+R_2+R_p} = U_Z$$

$$\therefore U_O = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2'} U_Z$$

$$\therefore U_{O\min} = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2+R_p} U_Z$$

$$U_{O\max} = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2} U_Z$$



能熟练求出输出电压调节范围！

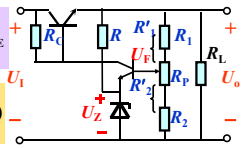
由三极管构成的串联型稳压电路

$$\because U_F = \frac{U_O R_2'}{R_1+R_2+R_p} = U_Z + U_{BE}$$

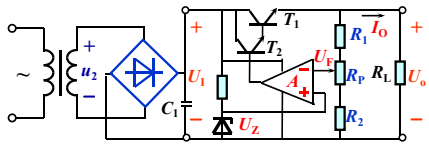
$$\therefore U_O = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2'}(U_Z+U_{BE})$$

$$\therefore U_{O\min} = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2+R_p}(U_Z+U_{BE})$$

$$U_{O\max} = \frac{R_1+R_2+R_p}{R_2}(U_Z+U_{BE})$$

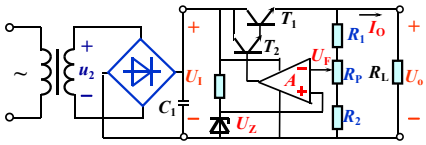


例 8-4 (1)U_I= 24V, 则U_2 =?



解 (1) $U_2 = \frac{U_I}{1.2} = 20\text{V}$

例8-4 (2)U_2= 15V, 整流桥有一D断开，则U_1 =?
若C也断开，则U_1 =?



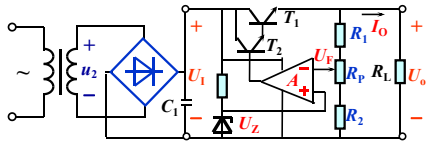
解 (2) 变为单相半波整流，接电容滤波，接负载。

$U_1 \approx 1.0U_2 = 15\text{V}$

若C也断开，变为单相半波整流，接负载。

$U_1 \approx 0.45U_2 = 6.75\text{V}$

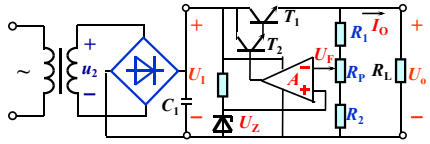
例8-4 (3)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, 则U_o 的范围?



解 (3) $U_{O\min} = \frac{R_1+R_2+R_P}{R_2+R_P} U_Z = 12\text{V}$

$U_{O\max} = \frac{R_1+R_2+R_P}{R_P} U_Z = 24\text{V}$

例8-4 (4)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, R=400Ω, R_L=100~300Ω, 则P_{T1}什么时候最大?最大值=?

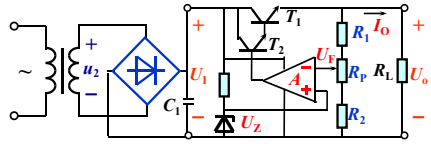


解 (4) ①R_L愈小，I_E愈大， P_{T1}愈大，故R_L取最小(100Ω)

② $U_{CE1}=U_I-U_O$ $\quad I_{C1}=\dfrac{U_O}{R_1+R_2+R_P}+\dfrac{U_O}{R_L}$

$$P_{T1}=U_{CE1}I_{C1}=-0.01025U_O^2+0.3075U_O$$

例8-4 (4)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, R=400Ω, R_L=100~300Ω, 则P_{T1}什么时候最大?最大值=?

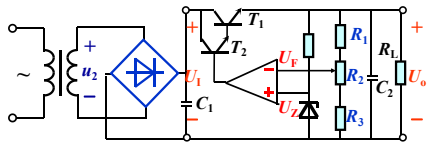


解 (4) $P_{T1}=U_{CE1}I_{C1}=-0.01025U_O^2+0.3075U_O$

③ $\dfrac{dP_{T1}}{dU_O}=-0.0205U_O+0.3075$ $\quad \dfrac{dP_{T1}}{dU_O}=0$得$U_O=15$V

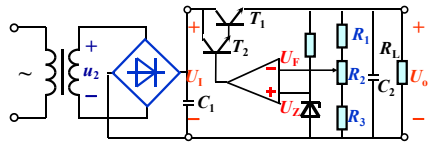
$$P_{T1\max}=U_{CE1}I_{C1}=-0.01025U_O^2+0.3075U_O=2.30625\text{W}$$

例 D (1)U_I= 24V, 则U_2 =?



解 (1) $\quad U_2=\dfrac{U_I}{1.2}=20\text{V}$

例D (2)U_2= 15V, 整流桥有一D断开，则U_I =?
若C也断开，则U_I =?



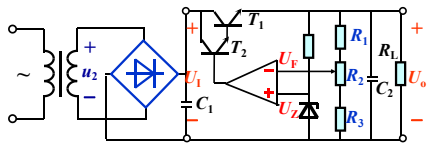
解 (2) 变为单相半波整流，接电容滤波，接负载。

$U_I\approx 1.0U_2=15\text{V}$

若C也断开，变为单相半波整流，接负载。

$U_1\approx 0.45U_2=6.75\text{V}$

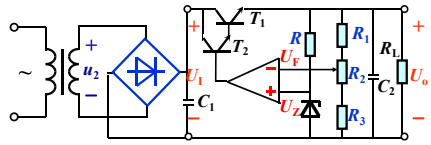
例D (3)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, 则U_o 的范围?



解 (3) $\quad U_{O\min}=\dfrac{R_1+R_2+R_3}{R_2+R_3}U_Z=12\text{V}$

$$U_{O\max}=\frac{R_1+R_2+R_3}{R_3}U_Z=24\text{V}$$

例D (4)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, R=400Ω, R_L=100~300Ω, 则P_{T1}什么时候最大?最大值=?

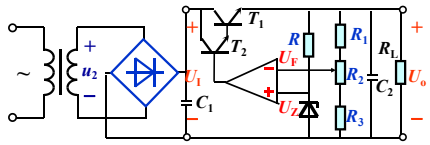


解 (4) ①R_L愈小，I_E愈大， P_{T1}愈大，故R_L取最小(100Ω)

② $U_{CE}=U_I-U_O$ $\quad I_E=\dfrac{U_O-U_Z}{R}+\dfrac{U_O}{R_1+R_2+R_3}+\dfrac{U_O}{R_L}$

$$P_{T1}=U_{CE}I_E=-12.75U_O^2+397.5U_O-450$$

例D (4)U_I=30V, U_Z=6V, R_1=2k, R_2=1k, R_3=1k, R=400 Ω, R_L=100~300 Ω, 则P_{T1}什么时候最大?最大值=?



解 (4) $P_{T1} = U_{CE} I_E = -12.75U_O^2 + 397.5U_O - 450$

③ $\frac{dP_{T1}}{dU_O} = -25.5U_O + 397.5$ $\frac{dP_{T1}}{dU_O} = 0$得$U_O = 15.588$V

$P_{T1max} = 3.548$W

8.6 集成三端稳压器的应用

8.6.1 固定式集成三端稳压器

8.2.1 可调式集成三端稳压器

8.6.1 三端固定集成稳压器

还用分立元件型串联型稳压电路?

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

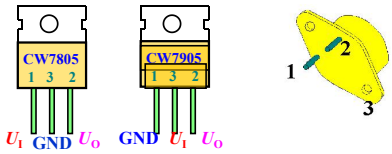
例如: CW7805 输出 5 V, 最大电流 1.5 A

CW78M05 输出 5 V, 最大电流 0.5 A

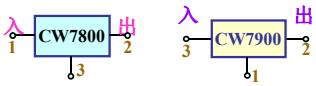
CW78L05 输出 5 V, 最大电流 0.1 A

封装

塑料封装 金属封装



符号



接线时先查一查手册,
不要将管脚接错!

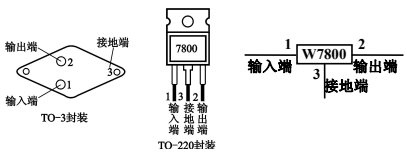


图8.13 W7800外形图及电路符号

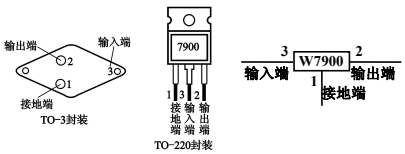
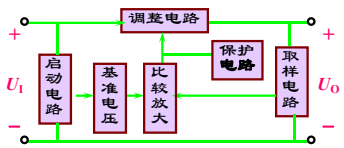


图8.14 W7900外形图及电路符号

CW7800 的内部结构



三端集成稳压器的内部电路就是联型稳压电路!
只不过增加了各种保护电路!

1. 基本应用电路

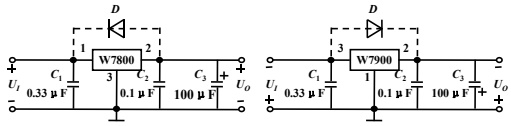
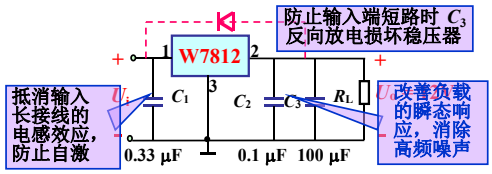
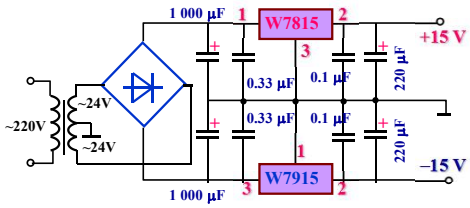


图8.15 固定式三端集成稳压器的典型接法



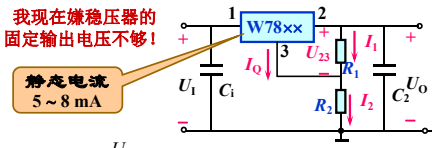
2. 正负两路电源电路

需要正负两路电源的连接！



3. 电压扩展与恒流源电路

我现在嫌稳压器的固定输出电压不够！



要求 $I_1 = \dfrac{U_{23}}{R_1} \geq 5I_Q$

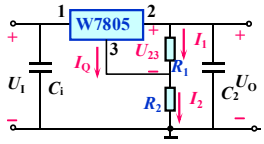
$$U_O = U_{23} + (I_1 + I_Q)R_2 = U_{23} + (\frac{U_{23}}{R_1} + I_Q)R_2 \approx (1 + \frac{R_2}{R_1})U_{23}$$

输出电压 $U_O > U_{23}$　　我现在需要输出电流恒定！

若以I_2作为输出电流，　R_2作为负载电阻，则

$I_2 = \dfrac{U_{23}}{R_1} + I_Q$　输出电流I_2恒定，与负载电阻 R_2无关

例8-5 已知公共端电流 I_Q= 4.5mA，R_1= 100 Ω，R_2= 200 Ω，求 I_2= ？ U_O= ？



解：

$$U_O = U_{23} + (\frac{U_{23}}{R_1} + I_Q)R_2 = 15.9\text{V}$$

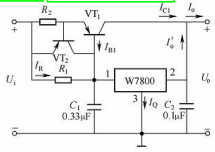
$$I_2 = \frac{U_{23}}{R_1} + I_Q = 54.5\text{mA}$$

4. 电流扩展电路

负载太大！超过稳压器的额定输出电流了！

扩流管 T_1	限流保护管 T_2	扩流取样 R_1	限流保护取样 R_2

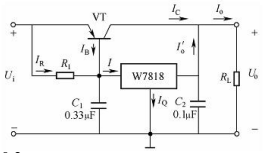
① 当I_O<集成稳压器最大输出电流时，无需扩流，扩流控制取样电阻R_1的电流及电压较小，不足以使扩流管 T_1 导通，I_{C1}= 0 ；



② 当I_O>集成稳压器最大输出电流时，扩流控制取样电阻 R_1 的电流及电压较大，扩流管 T_1 导通，$I_O = I_{C1} + I_O'$；

③ 当I_O>超过最大允许电流时，限流保护电阻 R_2 的电流及电压较大，限流保护管 T_2 导通，其电压U_{EC2}下降，再使 T_1 的 U_{EB1} 下降，再使 T_1 的 I_{C1} 下降，从而保护了扩流管T1，限制了输出电 I_O。

例8-6 已知三极管T的 β = 20，$|U_{BE}|$ = 0.3V，R = 1 Ω，I_O'=0.5 A, I_Q 可以忽略，U_I 能够为稳压电路提供足够的电压和电流。试求负载电流 I_O 和负载电阻 R_L。



解：由于I_Q≈0，所以

$$I = I'_O + I_Q \approx I'_O = 0.5A$$

$$I_B = I - I_R = 0.5 - \frac{|U_{BE}|}{R} = 0.5 - \frac{0.3}{1} = 0.2A$$

$$I_C = \beta I_B = 20 \times 0.2 = 4A$$

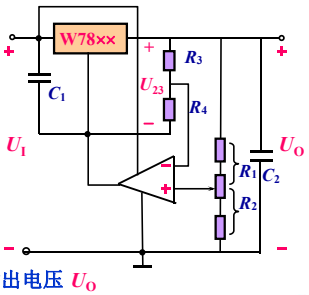
$$I_O = I_C + I'_O = 4 + 0.5 = 4.5A \qquad R_L = \frac{U_O}{I_O} = \frac{18}{4.5} = 4\Omega$$

5. 输出电压可调电路(1)　我现在需要输出电压可调！

$U_- \approx U_+$　（虚短）

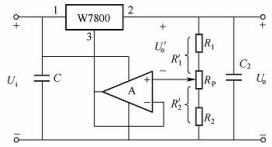
$$\frac{R_3}{R_3+R_4}U_{23}=\frac{R_1}{R_1+R_2}U_O$$

$$U_O=(1+\frac{R_2}{R_1})\frac{R_3}{R_3+R_4}U_{23}$$



可产生小于 U_{23} 的输出电压 U_O

5. 输出电压可调电路(2)　我现在需要输出电压可调！



根据 $U'_O=\frac{R'_1}{R_1+R_2+R_P}U_O$ 得 $U_O=\frac{R_1+R_2+R_P}{R'_1}U'_O$

调节电位器R_P的滑动端可得输出电压调节范围为

$$\frac{R_1+R_2+R_P}{R_1+R_P}U'_O\le U_O\le\frac{R_1+R_2+R_P}{R_1}U'_O$$

U'_O ——集成稳压器标称输出电压

8.6.2 可调式集成三端稳压器

一、典型产品型号命名

CW117/217/317系列(正电源)

CW137/237/337系列(负电源)

工作温度　CW117(137)— −55 ~ 150°C

CW217(237)— −25 ~ 150°C

CW317(337)— 0 ~ 125°C

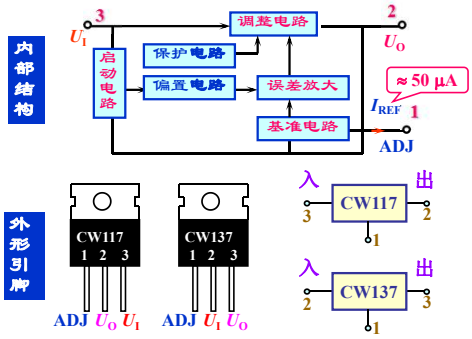
基准电压　1.25 V

输出电流　L 型 — 输出电流 100 mA

M 型 — 输出电流 500 mA

可调式比固定式三端集成稳压器应用更灵活！

CW117 内部结构



CW117 原理框图与外形图

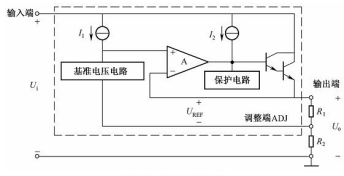
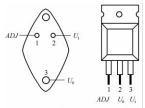
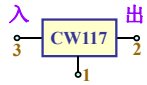


图 8-21　W117 原理框图



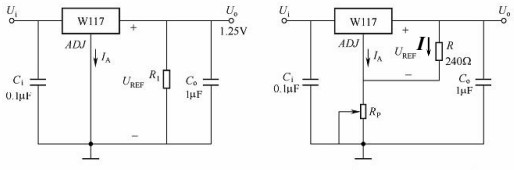
F-1、F-2型　S-7型

图 8-22　W117 外形图



接线时先查一查手册，不要将管脚接错！

1. 基本应用电路



(a) 1.25V 低电压输出　(b) 可调式集成三端稳压器典型接法

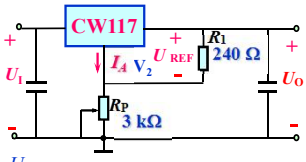
$$U_O=U_{REF}+(\frac{U_{REF}}{R_1}+I_A)R_P\approx(1+\frac{R_P}{R_1})\times1.25V$$

$R_L=\infty$时，为了保证正常工作，I不能太小。取I=10 mA

则　$R_1=U_{REF}/I_Q=125\ \Omega$

$R_2=0\sim2.2\ k\Omega$ 时，　$U_O=1.25\sim24$ V

例8-7 已知W117的基准电压 $U_{REF}=1.25$V，调整端电流 I_A=50 μA， R_P为30kΩ的电位器，输出电压调节范围？



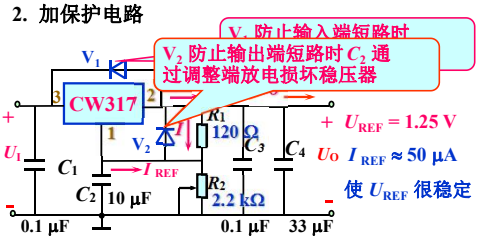
解：

$$U_O = U_{REF} + (\frac{U_{REF}}{R_1} + I_A)R_P$$

当 R_P调到零时得最小输出： $U_{Omin} = U_{REF} = 1.25V$

当 R_P为30kΩ时得最大输出： $U_O = U_{REF} + (\frac{U_{REF}}{R_1} + I_A)R_P = 17V$

2. 加保护电路



$$U_O = \frac{U_{REF}}{R_1}(R_1 + R_2) + I_{REF}R_2 \approx 1.25(1 + R_2 / R_1)$$

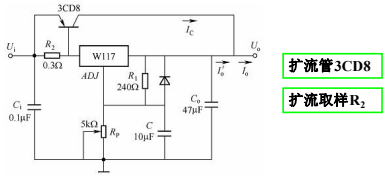
R_L =∞时，为了保证正常工作， I不能太小。取I=10 mA

则 $R_1 = U_{REF} / I_O$= 125 Ω

R_2 = 0 ~ 2.2 kΩ 时， U_O = 1.25 ~ 24 V

3. 输出电流扩展电路

负载太大！
超过稳压器的额定输出电流了！



① 当I_O<集成稳压器最大输出电流时，无需扩流，扩流控制取样电阻R_2 的电流及电压较小， 不足以使扩流管 3CD8导通，I_C= 0 ；

② 当I_O>集成稳压器最大输出电流时，扩流控制取样电阻 R_2 的电流及电压较大， 扩流管 3CD8导通， $I_O = I_C + I_O'$ 。

4. 正负两路电源电路

我现在需要正负两路电源！

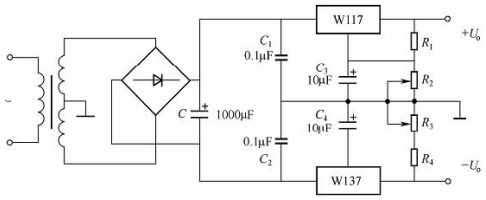
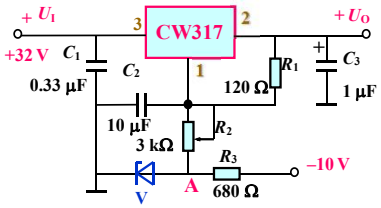


图 8-26 正、负输出可调稳压电路

5. 0～30V连续可调电路



$U_A = -1.25$ V

当 R_2 = 0 时， U_O= 0 V

小 结

一、整流滤波电路的参数关系

1. 整流

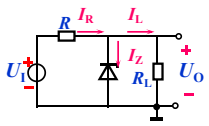
	输出电压均值U_O	流过二极管电流均值 I_D	二极管最高反压 U_{RM}
半波整流	$0.45U_2$	I_O	$\sqrt{2}U_2$
全波整流	$0.9U_2$	$0.5I_O$	$2\sqrt{2}U_2$
桥式整流	$0.9U_2$	$0.5I_O$	$\sqrt{2}U_2$

2. 电容滤波

当： $R_L C = (3 \sim 5)\frac{T}{2}$ $U_O \approx 1.2U_2$

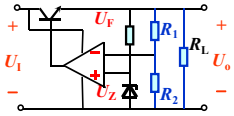
二、分立元件稳压电路

1. 稳压管稳压



适合于负载电流小，输出电压固定的场合

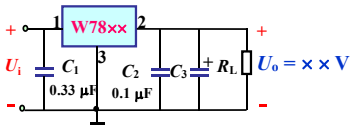
2. 三极管作调整管的稳压电路



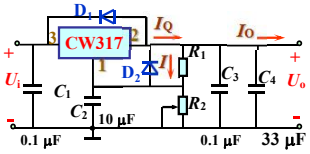
$$U_O = \frac{R_1 + R_2}{R_2} U_Z$$

三、三端集成稳压电路

1. 三端固定集成稳压器



2. 三端可调集成稳压器



$$U_O \approx 1.25(1 + R_2 / R_1)$$