

新型集成稳压器

应用实例

何希才 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新型集成稳压器应用实例

何希才 编 著



机械工业出版社

本书共收集新型集成稳压器应用电路实例 240 多例。内容包括通用集成稳压器、线性集成稳压器、降压型开关集成稳压器、升压型开关集成稳压器、开关电源集成控制器和充电电路等的应用，内容丰富，实用性强。

本书可供电路设计人员和电子电路爱好者，以及大专院校电子电路类专业师生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

新型集成稳压器应用实例/何希才编著. —北京: 机械工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-111-17946-3

I. 新... II. 何... III. 稳压器 IV. TM44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137628 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 张沪光 版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 马精明 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·8.75 印张·339 千字

0001—4000 册

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

电源是电子产品的核心部分，本书介绍的是集成稳压器，也就是电源的集成电路，它保证了电子产品中整个电路的工作可靠性和稳定性。集成稳压器有两类：一类称为线性集成稳压器，它是利用改变稳压器中调整管上压降的变化来保持输出电压的稳定；另一类称为开关集成稳压器，它是利用开关管的通/断时间的比值不同或改变其开关频率来保持输出电压的稳定。

随着电子产品的发展，尤其是通信、计算机与音频等便携式的电子产品的发展，促进了集成稳压器的相应发展，各类新型集成稳压器纷纷上市，以满足各种电子产品的需要。这些新型集成稳压器有以下特点：工作电压越来越低，相应的电流越来越大。目前集成电路的工作电压由原来的 5V 降到 2.5、1.8V，或更低 1.5、1.2V 等，这就要求相应的集成稳压器输出电流为 1~3A、3~5A，甚至达到 10A 以上；专用集成稳压器越来越多。大部分集成稳压器是通用器件，但随着产品的发展而开发的适合某种产品的专用集成稳压器也越来越多，例如，DSP 专用电源、白色 LED 驱动电源、USB 电源、移动电话中的电源管理系统等，它们要求功耗低，变换效率高。由于便携式电子产品均采用电池供电，因此要求集成稳压器的功耗越小越好，以获得较高的变换效率。目前，直流/直流变换器的变换效率可以达到 93%~97%，低压差线性集成稳压器的变换效率可以提高到 85% 以上，并且可靠性高。新型集成稳压器内有完善的保护措施，以提高其安全可靠，这些保护措施有限流、过电流保护与短路保护、过热关闭保护、输入低电压锁定保护、软启动功能、电池反接保护和电池过放电防止功能等。

编者参考了最新资料和根据自己的实践编写了这本书，为读者提供了新型集成稳压器应用电路实例 240 多例。这些集成稳压器包括通用集成稳压器、线性集成稳压器、降压型开关集成稳压器、升压型开关集成稳压器、开关电源集成控制器和充电电路等的应用。期望对大专院校电子类专业师生、电路设计人员和电子爱好者有所帮助。

参加本书编写的还有苏文平、何川、王桂琴、徐茜、王慧艳、侯春明、何涛、张明莉、薛永毅、尤克、侯莉、徐天福等。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2005 年 8 月

目 录

前言

第 1 章 通用集成稳压器	1
1.1 三端固定输出稳压器	1
1.2 三端输出可调稳压器	10
1.3 多端稳压器	16
第 2 章 线性集成稳压器	23
2.1 低压降型稳压器	23
2.2 CMOS 系列稳压器	44
2.3 交流直接输入型稳压器	50
第 3 章 降压型开关集成稳压器	57
3.1 HL、HLN 系列和 YDS-105-S2 稳压器	57
3.2 LTC1147、LTC1148 稳压器	63
3.3 LT1074、LT1076、SI-8000 稳压器	68
3.4 LM2595、LM2825、LM2575-5.0 系列稳压器	73
3.5 MAX639、MAX730 稳压器	81
3.6 MAX1685、LT1766、LM305、CS51022 稳压器	85
3.7 MAX1637、LTC1435、UCC39421、LTC1702 稳压器	88
3.8 MAX1843、BIC221C、MIC4576-5、MAX1771 稳压器	92
3.9 LT3430、LTC1876 稳压器	96
第 4 章 升压型开关集成稳压器	99
4.1 LM2577-ADJ、LT1109、LT1109A 稳压器	99
4.2 MAX732、MAX856、ML4890 稳压器	103
4.3 LTC3401、LTC3402、BIC1222、LT1930 稳压器	108
4.4 LTC1872、LT1619、MAX629、MAX756 稳压器	111
4.5 LT1618、MAX631、MAX635、MAX641 稳压器	113
4.6 LT1072、LTC1700、LT1930A 稳压器	117
第 5 章 其他类型开关集成稳压器	124
5.1 MAX764、MC34063 稳压器	124
5.2 MIP160、PWR-TOP100 系列稳压器	127
5.3 MA3000、MAX714、MAX715、MAX716 稳压器	133
5.4 MAX634、NJM2360、LT1425、LT1767 稳压器	140
5.5 MAX866、MAX865、MAX860、LTC1871 稳压器	143

5.6	FA5501、FA5702P、FA7703、FA7704 稳压器	147
5.7	MAX630、MAX634、TPS60403、MC33262 稳压器	152
5.8	TL499A、RH5RC 系列、LM3477 稳压器	156
5.9	LT1768、LT1619、TPS62044、TPS6050X 稳压器	160
5.10	NJM2374A、NJM2369M、NJM2379M 稳压器	166
5.11	NE555、IR2111、FA5500、MA4530 稳压器	169
第 6 章	开关电源集成控制器	176
6.1	SG3524、TL494 控制器	176
6.2	UC3842、TL1451 控制器	186
6.3	MC34060、MC34065、AN8028 控制器	190
6.4	μ PC1099、HA16654A、HA16664A、HA16107、HA16108 控制器	196
6.5	TDA4718、TDA4700、MAX668 控制器	204
6.6	UCC3895N、UC3875、FA5311P、FA7612P 控制器	210
6.7	HA17385、UCC3580、MC3420、M51978 控制器	222
第 7 章	充电电路	232
7.1	电池的充电方式	232
7.2	bq24010、bp2002、MAX1879、LT1510、DS2711 充电集成电路	235
7.3	SM6781B、MAX713、MB3759、MB3813A、TB1004F、H8/3694F 充电集成控制器	240
7.4	NJM2340、TL496、TA8532P/F、SI8050S 开关电源集成控制器	251
7.5	NE555 定时器、S8081B 定时集成电路	256
7.6	LM317 集成稳压器、LT1620 电流源控制器、LM8365 时钟集成芯片	268
	参考文献	274

第1章 通用集成稳压器

1.1 三端固定输出稳压器

1.1.1 三端固定输出稳压器的特点

三端固定输出稳压器是一种串联调整式稳压器。它将全部电路集成在一块芯片上，整个集成稳压电路只有输入（ V_I ）、输出（ V_O ）和公共端（COM）三个引出端，使用非常方便。典型产品有78××正电压输出系列和79××负电压输出系列。其封装形式和引脚功能如图1-1所示，其中，图a为78××系列的正电压输出，图b为79××系列的负电压输出。

内部电路由恒流源、基准电压源、取样电阻、比较放大、调整管、保护电路、温度补偿电路等组成。输出电压值取决于内部取样电阻的数值。每类稳压器电路输出电压有5V（-5V）、6V（-6V）、7V（-7V）、8V（-8V）、9V（-9V）、10V（-10V）、12V（-12V）、15V（-15V）、18V（-18V）、24V（-24V）等多档，输出电流一般为100mA（78L××/79L××）、500mA（78M××/79M××）、1.5A（78××/79××）等，最大输入电压为40V。

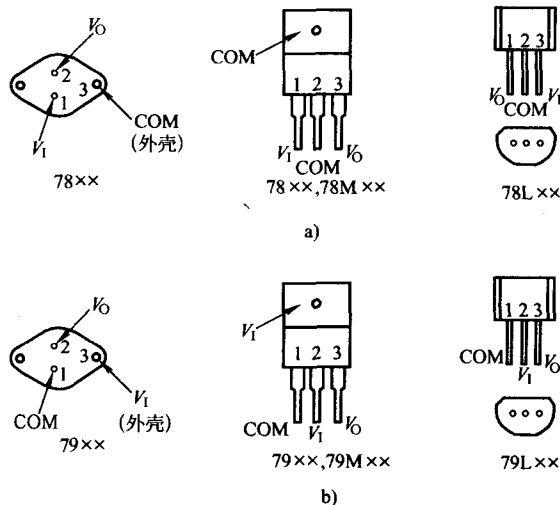


图1-1 三端固定输出稳压器的封装型式和引脚功能
a) 78××系列的正电压输出 b) 79××系列的负电压输出

三端固定输出稳压器，因内部有过热、过电流保护电路，因此它的性能优良、可靠性高。又因这种稳压器具有体积小、使用方便、价格低廉等优点，所以得到广泛应用。

1.1.2 典型应用电路

1. 一般应用电路

这里以 $78 \times \times$ 系列正电压输出稳压器为例, 介绍其典型应用电路, $79 \times \times$ 系列负电压输出稳压器也有类似的电路, 故省略。图 1-2 是 $78 \times \times$ 的基本应用电路, 为了改善纹波特性, 在输入端加接电容 C_i , 一般取值为 $0.33 \mu\text{F}$; 在输出端加接电容 C_o , 一般取值为 $0.1 \mu\text{F}$, 其目的是改善负载的瞬态响应。

输入电压的选择是

$$U_{i\max} > U_i > U_o + 2\text{V} \quad (1-1)$$

式中, $U_{i\max}$ 为产品允许的最大输入电压; U_i 为输入电压; U_o 为输出电压; 2V 为最小输入输出电压差。电路中的外接二极管 VD 起输出短路保护作用。

2. 提高输出电压的电路

图 1-3 是提高输出电压的电路, 电路中采用稳压管 VS 来提高输出电压, 此时输出电压为

$$U_o = U_{\infty} + U_z \quad (1-2)$$

式中, U_{∞} 为产品输出电压; U_z 为稳压二极管 VS 的稳定电压。

二极管 VD 作输出保护, 正常工作时它处于截止状态; 一旦输出电压小于 U_z , 或对地短路时, VD 将导通, 使输出电流旁路, 保护电源输出级不受损坏。

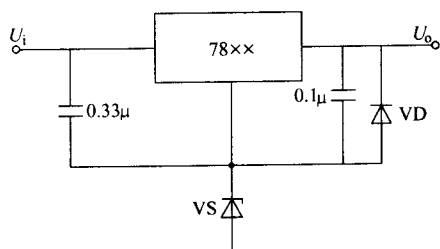


图 1-3 采用稳压管提高输出电压

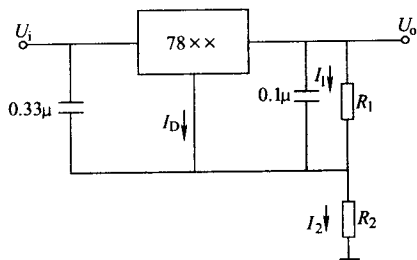


图 1-4 采用电阻升压法提高输出电压

图 1-4 是采用电阻升压法来提高输出电压。因为 R_1 两端的电压为稳压器固定输出电压 U_{∞} , 在 R_1 上的电流为

$$I_1 = \frac{U_{\infty}}{R_1} \quad (1-3)$$

而 R_2 上的电流为

$$I_2 = I_1 + I_D \quad (1-4)$$

式中, I_D 为电路的静态工作电流。因此, 输出电压为

$$U_o = U_{\infty} + I_2 R_2 = U_{\infty} + (I_1 + I_D) R_2$$

所以

$$U_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_{\infty} + I_D R_2$$

通常 $I_D = 5\text{mA}$ 。在 R_2 的取值较低时, 可以忽略 $I_D R_2$ 的影响, 所以

$$U_o \approx \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_{\infty} \quad (1-5)$$

图 1-5a 所示电路适于高可调电压输出之用, 但其外接元件较多, 成本较高。图 1-5b 所示电路适于低可调电压输出之用。它们都是利用常用 F007 集成运算放大器来实现电压扩展的。

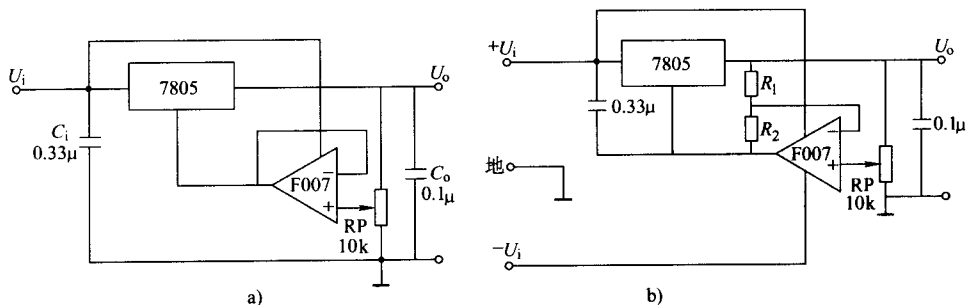


图 1-5 提高输出电压的电路
a) 7 ~ 30V 可调电源 b) 0.5 ~ 10V 可调电源

3. 扩大输出电流的电路

图 1-6 是扩大输出电流的电路, 电路中, VT_1 是外接扩流功率管, 它能提供的输出电流为 I_{o1} , 而稳压器本身输出电流为 I_{∞} , 则总的输出电流 I_o 为

$$I_o = I_{o1} + I_{\infty} \quad (1-6)$$

VT_2 和 R_s 组成限流保护电路。当输出电流过大时, R_s 上的压降增大, 使 VT_2 管导通, 电流由此被旁路。这时

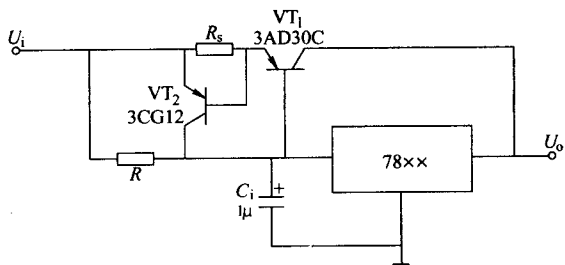


图 1-6 扩大输出电流的电路

VT_1 管的输出电流减小, 起到保护功率管 VT_1 的作用。 C_1 是减小纹波电压用的电容。电阻 R 为 VT_2 管提供必要的管压降 U_{ce} 。

4. 提高输入电压

对一般的稳压器来说, 输入电压 U_i 不能超过稳压器允许输入的最高电压 U_{imax} , U_{imax} 是由内部电路器件的击穿电压决定的。实际应用中, 有时输入电压 U_i 大于 U_{imax} 。这时可采用图 1-7 所示电路来解决。

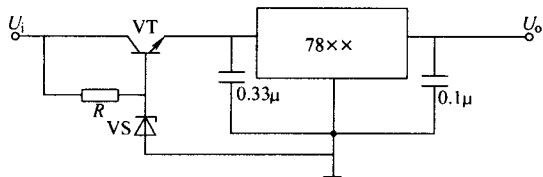


图 1-7 提高输入电压的电路

电路中, R 、 VT 和 VS 组成了一个预稳压系统。由于输入电压直接加在外接晶体管的集电极, 因此只需选用具有足够高的击穿电压的晶体管 VT , 就能使外电路的输入电压提高。稳压器输入端电压将被稳定在

$$U_i = U_Z - U_{be} \quad (1-7)$$

外电路的输入电压

$$U'_i = U_i + U_{ce} \quad (1-8)$$

式中, U_{ce} 是外接 VT 管的集电极到发射极的管压降。

图 1-8 所示电路是采用稳压管 VS 加晶体管 VT 的前向压降 U_{be} 的方法来提高稳压器的输入电压, 它可将输入电压降低 $U_Z + U_{be}$ (式中 U_Z 为 VS 的稳定电压), 降压功能由 VT 承担。

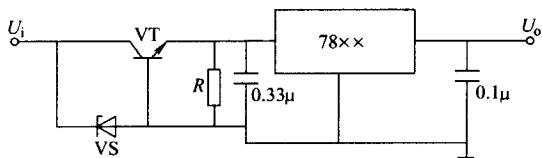


图 1-8 采用晶体管和稳压管提高输入电压的电路

图 1-9 是采用电阻降压的电路, 但这种方法要求稳压器能承受足够的瞬时过电压。电路正常工作后, 电阻承担降压功能。这种电路不允许轻载或空载工作, 仅适合于额定负载条件的应用。

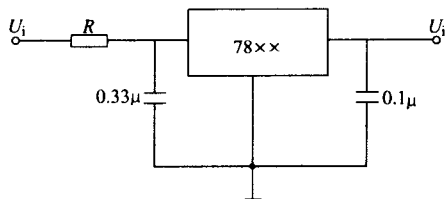


图 1-9 电阻降压法电路

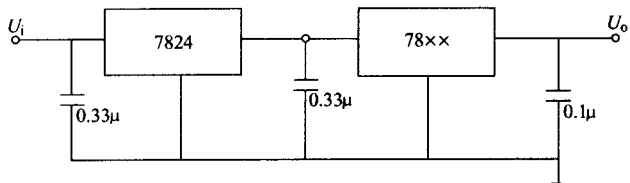


图 1-10 稳压器降压法

图 1-10 是第一级采用

24V 输出的 7824 稳压器, 第二级再采用其他稳压器 (如 7805 ~ 7818) 的电路, 因 7824 可以承受比 7805 ~ 7818 高的瞬时输入电压。

5. 恒流源电路

图 1-11 是采用 7805 构成的恒流源电路。在输出端和公共端并接电阻 R , 形成一个固定的恒流, 让这个电流流过负载 R_L , 再回到电源。稳压器本身工作在悬浮状态。当负载变化时, 稳压器用改变自身压差来维持通过负载的恒定电流。输出电流 $I_o = 5V/R + I_D$ (式中, $I_D = 5mA$)。因此, 改变 R 可调输出电流的大小。

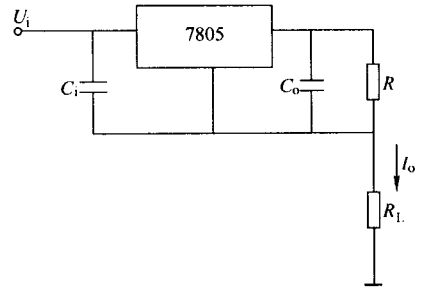


图 1-11 恒流源电路

6. 实用电路

图 1-12 是高精度稳压电源, 电路中, WC78M15C 三端集成稳压器为运算放大器 A_1 提供稳定的 15V 工作电路。电路工作原理简介如下: 电路采用全波整流, 再经电容平滑, 获得的直流电压通过 VT_1 和 VT_2 达林顿连接的晶体管供给负载稳定的直流电压。负载电流 (即 VT_1 的发射极电流) 为 1A 时, 需要选用直流电流放大倍数高达 1000 倍的晶体管, 为此, 采用 VT_1 和 VT_2 构成达林顿管, 当输出电流为 1A 时, VT_2 的发射极只需要 1mA 的电流, VT_2 的基极只需要 $10\mu A$ 的微小电流。这样, 若降低 VT_2 的基极电流, 反馈放大器的输出电流就可减小, 有载与空载时电流变化小。从 A_1 内部损耗变化产生热的影响来看, 应能防止输出电压发生变化。

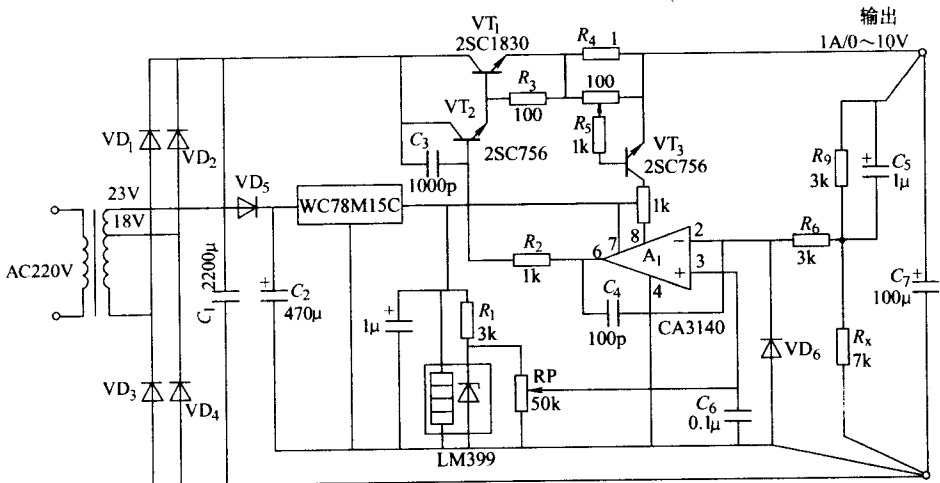


图 1-12 高精度稳压电源

另外, 变压器 23V 二次电压经 VD_5 和 VD_3 半波整流、电容 C_2 平滑滤波, 再经过 MC78M15C 稳压器变成 +15V 稳定电压, 一路作为运算放大器 A_1 的工作电源, 另一路加到 LM399。

输入电压变化对 A_1 的输入影响是 $150\mu\text{V}/\text{V}$ 。放大器增益高达 10^5 , 即使输入电压变化, 输出电压变化只有 $150\mu\text{V} \times 10^{-5}/\text{V}$, 此影响可忽略不计, 因此, A_1 不一定需要稳压工作电源。然而, 若电源电压变化, A_1 内部损耗变化, 结温也变化。电源电压为 15V 时, 若 A_1 的电源电压增加 1V, 其内部损耗约增加 6.5mW。 A_1 的热阻约为 $6.7\text{mW}/^\circ\text{C}$, 电源电压变化 1V, 结温变化约 1°C , 输入偏置电压约变化 $8\mu\text{V}$ 。为此, A_1 要采用稳压电源供电。

+15V 稳定电压通过 R_1 加到 LM399 内稳压管上, 它是一种温度系数为 $2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 的高稳定性稳压管, 并由内加热器自动调节温度。这样, 就保证提供高稳定性的基准电压, 输出电压的稳定度由 A_1 偏置电压的温度系数所决定。 A_1 的偏置电压对温度变化是 $8\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 经 R_8 和 R_9 分压后变成 $11\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。因此, R_8 和 R_9 要选用电阻温度系数尽可能小的电阻。另外, 输出电压可调电位器 RP 要选用多圈、分辨率高的电位器。

当输出电流超过规定值时, 电流检测电阻 R_4 上电压降增大, VT_3 导通, A_1 的控制电平降低, 防止发生过电流。 C_6 和 C_5 用于降低 A_1 的输入阻抗, 防止外界电场感应引起的纹波增大。 VD_6 用于输出短路时, 防止电容 C_5 中蓄积能量释放损坏 A_1 。

图 1-13 是宽输入电压的稳压电路。电路中, A_1 为误差放大器, 78L15 和 79L15 为其提供稳定的 $\pm 15\text{V}$ 工作电压。 VT_1 和 VT_2 构成复合调整管, 目的在于提高控制灵敏度。 VT_3 构成过电流保护电路, 当电流检测电阻 R_4 上的电压降超过电流设定值时, VT_3 导通使 VT_1 截止, 从而使其免受损坏。调节 R_2 和 R_1 的比

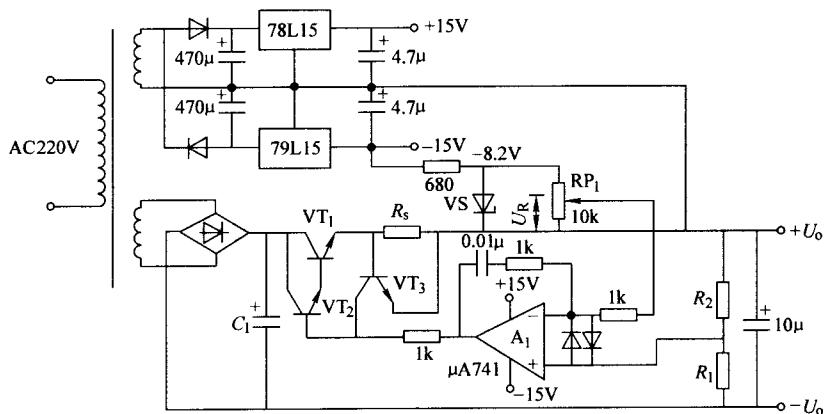


图 1-13 宽输入电压的稳压电路

值就能调节输出电压的大小, 即 $U_o = U_R [(R_1 + R_2)/R_2]$, 式中, U_R 为 VS 和 RP_1 提供的基准电压。

图 1-14 是压力传感器的供电电路。AC220V 电压一路经变压器 T_1 降压、二极管整流和 $2200\mu\text{F}$ 电容平滑后变为非稳定的直流电压, 这种非稳定的直流电压经 7815 和 7915 三端集成稳压器, 为 A_1 和 A_2 提供 $\pm 15\text{V}$ 稳定的工作电压。另一路经变压器降压、二极管整流和 $470\mu\text{F}$ 电容平滑后, 再经 7824 三端集成稳压器为压力传感器提供 24V 稳定的工作电压。

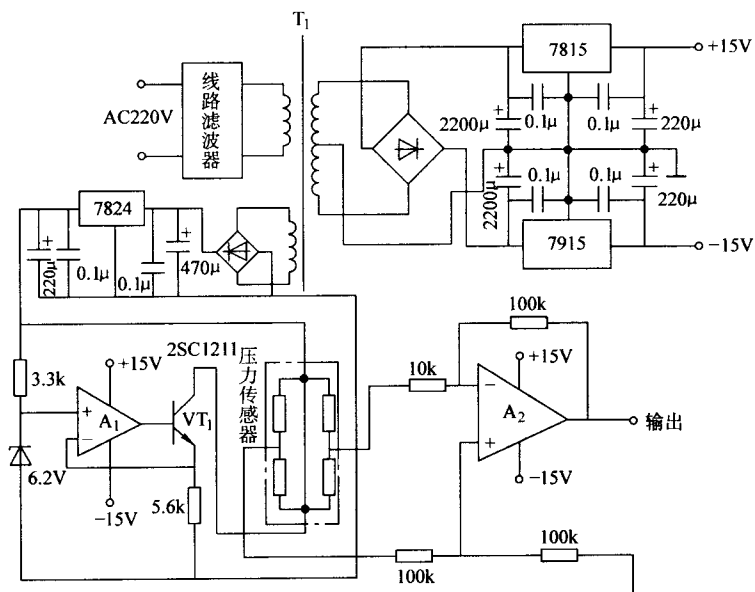


图 1-14 压力传感器的供电电路

图 1-15 是热释电传感器的供电电路。热释电传感器是一种将生物体移动时发出的热量转换为电信号的换能器。AC220V 电压经变压器降压、二极管整流和电容平滑后变为非稳定的 $\pm 20\text{V}$ 的直流电压 (该电路与图 1-14 中一样), 这种非稳定的直流电压经 7815 和 7915 三端集成稳压器, 为 A_1 和 A_2 提供 $\pm 15\text{V}$ 稳定的工作电压。另外, $+15\text{V}$ 电压经 7808 三端集成稳压器为热释电传感器提供 $+8\text{V}$ 稳定的工作电压。

图 1-16 是电池充电电路。7808 集成稳压器为充电控制电路等提供稳定的 $+8\text{V}$ 工作电压。这是对镍镉电池进行充电的电路, 采用热敏电阻 RT 监视过程中电池的温度, 镍镉电池充电时温度一般限于 45°C 。 RT 具有负温度系数, 即温

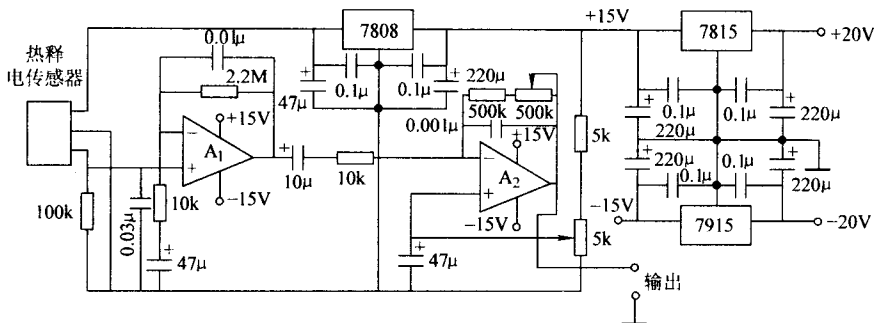


图 1-15 热释电传感器的供电电路

度升高而阻值减小，要紧贴电池配置。接通电源开关 S_1 ，由于电池未充电，温度低，RT 阻值较大， VT_1 截止，则 VT_2 饱和导通，继电器 K 得电动作，其常开触点 K 闭合，电源对电池进行充电。镍镉电池温度随之升高，当温度上升到 45°C 时，RT 阻值减小， VT_1 导通，则 VT_2 截止，继电器失电，触点 K 断开充电电路。电路中， LED_1 为电源显示灯， LED_2 为充电显示灯。

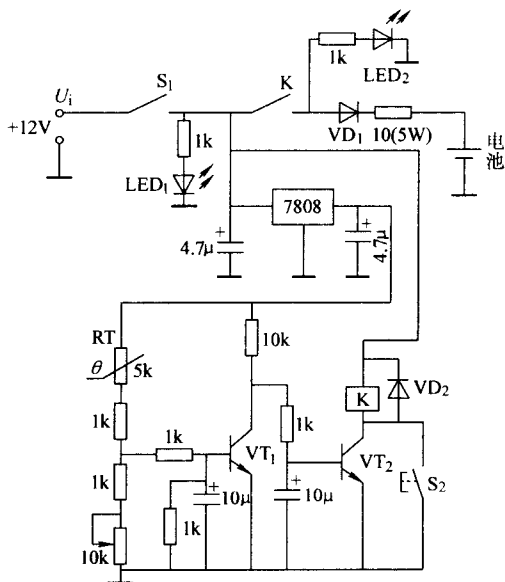


图 1-16 镍镉电池充电电路

图 1-17 是输出 $400\text{V}/150\text{mA}$ 的稳压电路。它是误差放大器 A_1 的基准电压 (VS 的稳定电压) 接在输出端的浮地放大型的稳压器， A_1 的工作电源由变压器 T_1 的另外一个绕组的 18V 电压经整流 (VD_3) 稳压 (7815) 得到。为了避免输出短路时产生较大损耗，该电路采用下垂特性的过电流保护电路。

图 1-18 是采用 3 个三端线性集成稳压器构成的实验用稳压电源。这种多路稳压电源可获得实验用 1A 的 $\pm 15\text{V}$ 和 $+5\text{V}$ 的电压，稳压器要加适当的散热片，若 1A 的容量不够时，可增设图 1-6 所示的扩流电路。

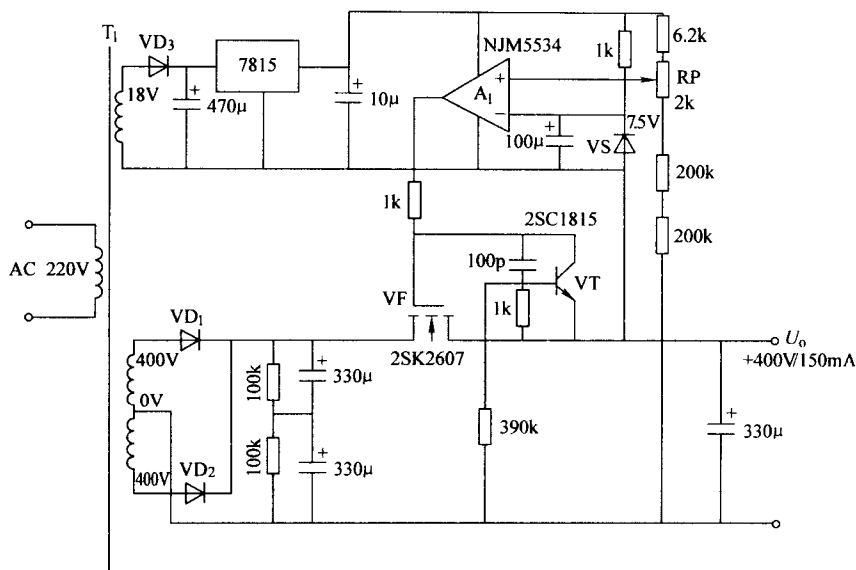


图 1-17 输出 400V/150mA 的稳压电路

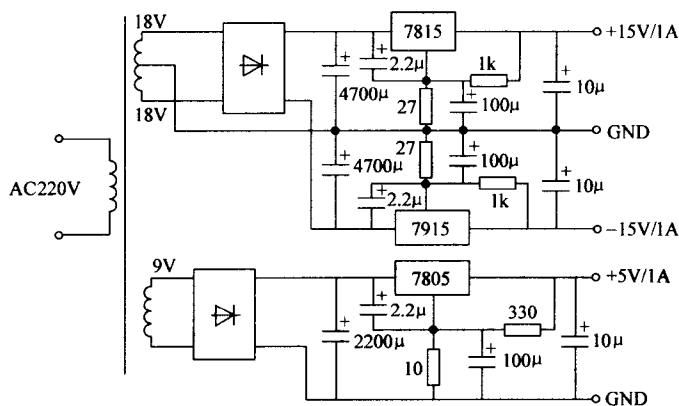


图 1-18 实验用稳压电源

图 1-19 是设有过电压、过电流保护/报警的稳压电源。电路中，晶体管 VT_1 和 VT_2 组成过电流检测报警电路，由电阻 R_s 检测过电流。当电流过大时， R_s 上压降超过 0.6V，则晶体管 VT_1 导通，驱动 VT_2 发出报警信号，声音报警由压电蜂鸣器 B 发出，光报警由发光二极管 LED 显示。当然过电流动作点必须设定在稳压电源允许电流范围以内。另外，当稳压电源出现过电压时，有可能损坏负载，这时需要切断电源。电路中，MC78L05 构成的电源和 MC14093 构成的施密特

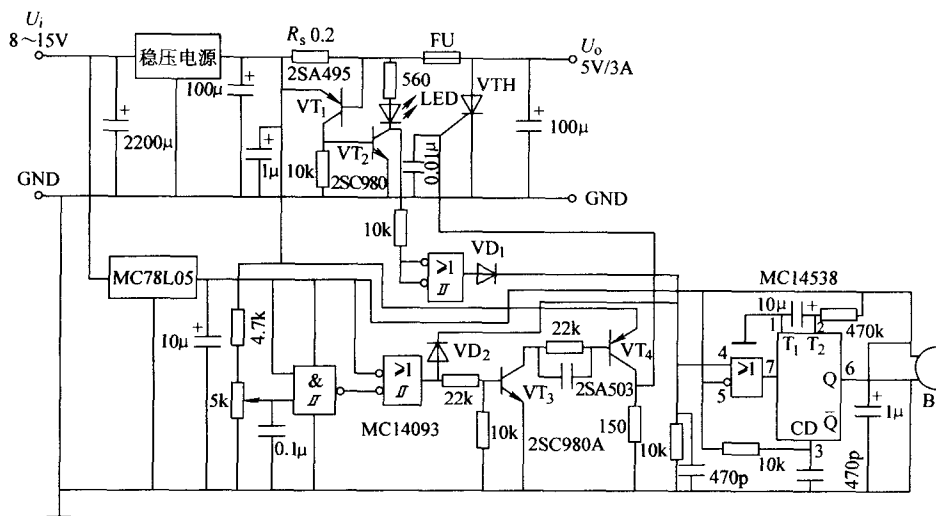


图 1-19 设有过电压、过电流保护/报警的稳压电源

特触发器组成过电压检测电路，稳压电源的输出电压超过 5.5V 时，触发器动作，驱动晶体管 VT_3 和 VT_4 ，使晶闸管 V_{TH} 导通。 V_{TH} 一导通，使负载短路，较大的电流可使熔丝 FU 熔断。因此，发生过电压时，负载就得到保护。过电压的同时，压电蜂鸣器 B 发声报警。

1.2 三端输出可调稳压器

1.2.1 三端输出可调稳压器的特点

三端输出可调稳压器的输出电压可调，稳压精度高，输出纹波小。其一般输出电压为 1.2 ~ 37V 或 -1.2 ~ -37V 连续可调。比较典型的产品有 LM317 和 LM337 等。其中，LM317 为可调正电压输出稳压器，LM337 为可调负电压输出稳压器，其外形与引脚配置如图 1-20 所示。这种集成稳压器有三个输出端，即电压输入端 V_i 、电压输出端 V_o 和调节端 ADJ ，它没有公共端，接地端往往通过接电阻再到地。

三端输出可调稳压器的输出电压在 1.2 ~ 37V。每一类中按其输出电流又分为 0.1、0.5、1、1.5、10A 等。例如，LM317L 输出电压为 1.2 ~ 37V，输出电流 0.1A；LM317H 输出电压为 1.2 ~ 37V，输出电流为 0.5A；LM317 输出电压为 1.2 ~ 37V，输出电流为 1.5A；LM138 输出电压为 1.2 ~ 32V，输出电流为 5A；LM196 输出电压为 1.25 ~ 15V，输出电流为 10A。负电压输出，例如，LM337L 输出

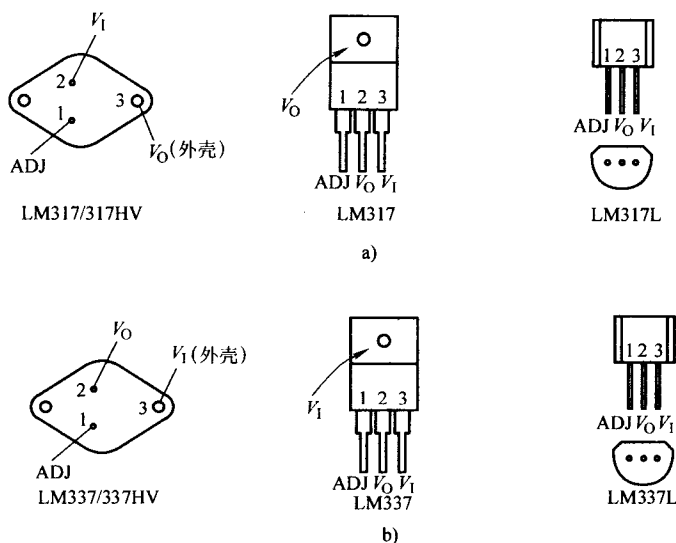


图 1-20 三端可调稳压器的外形与引脚配置

a) LM317 b) LM337

电压为 $-1.2 \sim -37\text{V}$ ，输出电流为 0.1A ；LM337M 输出电压为 $-1.2 \sim -37\text{V}$ ，输出电流为 0.5A ；LM137 输出电压为 $-1.2 \sim -37\text{V}$ ，输出电流为 1.5A 等。

1.2.2 典型应用电路

1. 一般应用电路

图 1-21 是三端可调正输出集成稳压器的—般应用电路（三端可调负输出集成稳压器也有类似的电路）。电路中， R_1 和 RP 组成可调输出的电阻网络。为了能使电路中偏置电流和调整管的漏电流被吸收，所以设定 R_1 为 $120 \sim 240\Omega$ 。通过 R_1 泄放的电流为 $5 \sim 10\text{mA}$ 。输入电容 C_i 用于抑制纹波电压，输出电容 C_o 用于消振，缓冲冲击性负载，保证电路工作稳定。

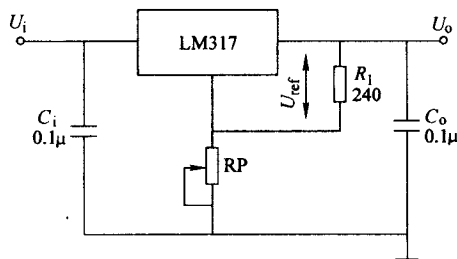


图 1-21 一般应用电路

输出电压为

$$U_o = 1.25\text{V} \left(1 + \frac{R_{RP}}{R_1} \right) + I_D R_{RP} \quad (1-9)$$

式中， I_D 一般为 $50\mu\text{A}$ 。