

模拟电子电路系列
实用设计手册

段九州 主编

电源电路 实用设计手册

<https://315kkk.com>

DIANYUAN DIANLU

模拟电子电路实用设计手册系列



责任编辑 韩延本
封面设计 庄庆芳

<https://315kkk.com>

ISBN 7-5381-3627-4



9 787538 136272 >

ISBN 7-5381-3627-4

定价:26.00 元

156

模拟电子电路实用设计手册系列

电源电路实用设计手册

殷九州 主编

<https://315kkk.com>



A0970025

辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电源电路实用设计手册/段九州主编. - 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002. 8

ISBN 7-5381-3627-4

I. 电... II. 段... III. 电源电路-手册 IV. TN86-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 007708 号

出版者: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂

发行者: 各地新华书店

开本: 787mm × 1092mm 1/16

字数: 385 千字

印张: 16.75

印数: 1 ~ 4000

出版时间: 2002 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2002 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 庄庆芳

版式设计: 于 浪

定 价: 26.00 元

联系电话: 024 - 23284360

邮购咨询电话: 024 - 23284502

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

前 言

可以说,有电器的地方就有电源。所有的电子设备都离不开可靠的电源为其供电。现代电子设备中的电路使用了大量半导体器件,这些半导体器件需要几伏到几十伏的直流供电,以便得到正常工作所必需的能源。这些直流电源有的属于化学电源,如采用干电池和蓄电池,但这些不在本书讨论范围。大多数电子设备的直流供电方法都是将交流电源经过变压、整流、滤波、稳压等变换为所需的直流电压。完成这种变换任务的电源称为直流稳压电源。本书涉及的主要是这类电源。

现代电子设备中使用的直流稳压电源有两大类:线性稳压电源和开关型稳压电源。线性稳压电源亦称串联调整式稳压电源。它的稳压性能好,输出纹波很小,缺点是需要使用体积和重量都比较大的工频变压器,而且稳压效率较低。开关型稳压电源效率高,体积小,重量轻,缺点是输出的纹波及产生的电磁干扰比较大,开关电源和线性电源的成本都随着输出功率的增加而增长,但二者增长速率各异。通常,当输出功率较小时,线性电源的成本较低。但是,当线性电源成本在某一输出功率点上时,反而高于开关电源,这一点称为成本反转点。随着开关电源技术的不断创新,这一成本反转点日益向低输出功率端移动。

通常稳压电路中的控制器件工作于大功率状态,这使得稳压电路的集成化难度加大,因此稳压电源的集成化比其他电子电路的集成化步子总要慢一拍。尽管如此,由于现代集成电路技术发展很快,电源集成电路也已经进入快速发展阶段,其表现是集成规模越来越大,技术含量越来越高。由早期的串联稳压电源到后来的开关型稳压电源、专用智能电源,都不断有新的集成化产品推出。20世纪90年代中期出现的单片化的高性能稳压电源,直到今天还保持着强劲发展势头。

本书共分为7章。第1章简要介绍了稳压电路原理,包括线性稳压电路和开关稳压电路,既有分立元件,也有集成稳压电路的原理。其余各章按照功能分类,依次介绍了整流与稳压、开关型稳压、DC/DC变换稳压、电压基准与恒流源电路及其他类稳压电路的大量实例。虽然集成电路的使用已经极为普通,但是在介绍各类的基本原理时,本书仍以分立元件为主。经验证明,采用分立元件电路解释基础原理可以突出重点,易于达到事半功倍的效果。全书的主体部分收集介绍了大量的实用电路,这些电路多以集成电路为主,也有少部分是分立元件电路。这也是模拟电子技术应用上的一个特点,一切从实用出发。

为提高本书的质量,书中全部插图采用了计算机绘制。书末附录给出了编写本书所使用的主要参考资料,在此我们对这些资料的作者表示由衷的谢意,为了方便读者,附录中还给出了常用集成稳压器主要性能参数表、常见集成电路型号前缀和对应厂商及其网址等资料。参与本书编写的有张晓光、张威、邓明春、李纯钢等同志。参与计算机绘图的有宋艳丽、刘国旗、张幽等同志。

虽然尽了很大努力,但限于编写时间和作者的水平,书中难免会有错漏之处。恳望读者不吝指正。

编著者

目 录

前 言

第 1 章 稳压电源原理	1
1.1 整流电路	1
1.1.1 半波整流电路	1
1.1.2 全波整流电路	3
1.1.3 桥式整流电路	4
1.2 滤波电路	5
1.2.1 电容滤波	5
1.2.2 有源滤波器	7
1.3 倍压整流电路	8
1.4 线性稳压电路	9
1.4.1 稳压电路的指标	9
1.4.2 硅稳压管稳压电路	10
1.4.3 串联式稳压电路	10
1.4.4 串联式稳压电路的改进	12
1.5 线性集成稳压电源	14
1.5.1 三端固定电压输出集成稳压器	14
1.5.2 启动及偏置电路	15
1.5.3 采样及比较放大电路	16
1.5.4 保护电路	16
1.5.5 三端集成稳压器的并联应用	18
1.5.6 多端集成稳压电源电路 W723	19
1.6 线性集成稳压器(W317)	20
1.6.1 基准电路	21
1.6.2 稳压过程	21
1.6.3 保护电路	21
1.6.4 启动电路	22
1.6.5 应用电路	22
1.7 开关型稳压电源	23
1.7.1 开关型稳压电源的分类	23
1.7.2 开关稳压电路的工作原理	25
1.7.3 控制电路的稳压原理	27

1.7.4	并联式开关稳压电源	29
1.7.5	电路工作过程	31
1.7.6	稳压过程	32
1.8	集成开关稳压器	33
1.8.1	大功率开关稳压电源 LA6350	33
1.8.2	集成电路开关稳压电源 CW4960/4962/4964/296	34
1.8.3	CW4960 基本使用方法	35
1.8.4	CW4960 基本应用电路	36
1.8.5	CW4964/296 的基本应用	38
1.8.6	单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524	39
1.8.7	大功率三端集成稳压器	41
第2章	整流与基本稳压电路	43
2.1	常用二极管整流电路一览	43
2.2	低压输出半波同步整流电路	45
2.3	晶体管全波同步整流电路	46
2.4	简单实用的开关整流电源	46
2.5	恒流整流电路	47
2.6	低噪声、低压降 1A 线性稳压器 MAX687/688/689	47
2.7	双路高/低功率线性稳压器 MAX8862	48
2.8	双路 100mA 线性稳压器 MAX8865/8866	48
2.9	多端稳压器 5G14	49
2.10	5G14 的两种扩流电路	49
2.11	使用 5G14 组成的 5V/10A 固定输出稳压电源	50
2.12	使用 5G14 的正输出高压稳压电源	51
2.13	使用 5G14 的输出负高压稳压电源	51
2.14	5G14 的外加短路保护应用电路	52
2.15	利用 μ A723/W723 的 3~7V 稳压电源	52
2.16	利用 μ A723/W723 的 7~36V 稳压电源	53
2.17	μ A723/W723 扩展输出电流稳压电源	53
2.18	W723 线性可调稳压电源	54
2.19	三端固定稳压器 W78/79 的典型应用电路	54
2.20	0~+140V 高压高稳定度稳压电源	55
2.21	用 7805 组成的精密可调稳压电源	56
2.22	并联式稳压电源	57
2.23	简单的稳压电源	57
2.24	低温度系数可调稳压电源	57
2.25	高精度稳压电源	58

2.26	-12 ~ +12V 连续可调稳压电源	59
2.27	高效稳压电源	59
2.28	低压差三端稳压器 MC33269	60
2.29	停电备用电源	60
2.30	可编程输出稳压电源	61
2.31	低功耗三端稳压器应用电路	61
2.32	0 ~ 50V/2A 数控直流稳压电源	62
2.33	±30V/1A 精密数控直流稳压电源	62
2.34	±20V/5A 数控直流稳压电源	63
2.35	VMOS 管线性稳压电源	64
2.36	低压差、大电流稳压电源	64
2.37	具有恒流负载的直流稳压电源	65
2.38	自动转换的交直流电源	65
2.39	低压差稳压电源	66
2.40	降压器电路	67
2.41	变换型高压稳压电源	67
2.42	13.8 ~ 90V 的电源转换器	68
2.43	高压/低压变换电路	69
2.44	低压差可调稳压器 SM3941	69
2.45	自动电压倍增稳压电路	70
2.46	采用隐埋齐纳式基准电压源的高精度直流稳压电源	70
2.47	串联型高效稳压电源	71
2.48	3A/5V 稳压电源	72
2.49	具有限流过载保护的 3A/5V 稳压电源	73
2.50	高性能稳压电路	73
2.51	微功耗、低压差稳压器 LT1121 - 5	74
2.52	集成稳压器 W317 的多种用法	74
第 3 章	开关型稳压电源	78
3.1	使用 5G14 的开关型稳压电源	78
3.2	三路同步输出开关型稳压电源	78
3.3	高输入电压、微功耗线性稳压器 MAX1615	79
3.4	开关型稳压调整器 μ A78S40 的应用电路	80
3.5	开关型降压稳压器	81
3.6	脉冲调制式开关稳压器	82
3.7	高稳定度开关型稳压电源	82
3.8	串联型开关稳压电源	83
3.9	脉冲调宽式开关型电源	84

3.10	开关型稳压辅助电源	84
3.11	大电流开关型稳压启动电路	85
3.12	低噪声、超小型 3V 线性稳压器 MAX8863/8864	85
3.13	PS0500DC5S 超小型 DC/DC 开关型电源模块	86
3.14	0~5A、7~30V 实验室电源	86
3.15	智能电源开关型芯片 TPS2014/2015	87
3.16	电感储能式开关型升压电源	87
3.17	使用运放的开关型稳压电源	88
3.18	无电感开关型稳压源	89
3.19	采用电压基准 TL431 的开关型稳压电源电路	89

第 4 章 直流—直流电压变换电路 90

4.1	高效率的电压变换器	90
4.2	小型两节电池升压器 MAX856	91
4.3	小型 3.3V 备用电源 MAX679	91
4.4	高效升压输出电源 MAX848/849	92
4.5	0.85V 启动的寻呼机电源 MAX1642/1643	92
4.6	225mA 降压变换器 MAX640	93
4.7	2A 降压变换器 MAX1626	93
4.8	PWM 降压型直流变换器 MAX887	93
4.9	大电流高效率降压变换器 MAX797	94
4.10	DC/DC 变换器集成电路 LFD073	94
4.11	直流反转器电路	95
4.12	负电源变换电路	95
4.13	正负对称电源变换电路	96
4.14	负电压—正电压转换电路	96
4.15	负电压转换成正电压的电路	97
4.16	倍压变换器	97
4.17	倍压变换电路	98
4.18	0.5 倍压电路	98
4.19	二倍压电路	98
4.20	CMOS 电压反转器 MAX660	99
4.21	电压反转与二倍压电路	99
4.22	1.5V 升到 3V 的升压电路	100
4.23	3V 升到 5V 的升压电路	100
4.24	1.5~9V 升压电路	101
4.25	1.5~12V 升压电路	101
4.26	5~12V 升压电路	102

4.27	带关闭控制的升压电路	102
4.28	带有电池低电压检测的升压式电路	103
4.29	3V 升到 6V 的扩流电路	103
4.30	9V 电池降压电路	104
4.31	几种减小电压转换电路纹波的电路	104
4.32	3V/5V DC/DC 变换电路	105
4.33	3V/12V DC/DC 变换电路(1)	105
4.34	3V/12V DC/DC 变换电路(2)	106
4.35	降压式 DC/DC 变换电路	106
4.36	负压与倍压变换	107
4.37	升/降压变换器	107
4.38	用于数字面板表的 5 路输出变换器	108
4.39	无需电感可将 1.8 ~ 3.6V 转换为 3.3V	109
4.40	DC/DC 转换器	109
4.41	推挽转换器	110
4.42	回扫转换器	110
4.43	稳压升压转换器	111
4.44	3 ~ 6V 倍压电路	111
4.45	正电压—负电压变换器	111
4.46	电压极性反转器	112
4.47	负压与正倍压输出电路	112
4.48	由 +5V 直流电源转换成 +8V 和 -4V 电源	113
4.49	+5 ~ -15V 电压转换器	114
4.50	+15 ~ -15V 的反转器	114
4.51	+3V 转换成 $\pm 1.5V$ 电路	115
4.52	正电源变换为负电源	115
4.53	双极性电源变换电路	116
4.54	+5 ~ $\pm 15V$ 变换电路	116
4.55	12 ~ $\pm 7.4V$ 的转换电路	117
4.56	555 高效负电源变换电路	117
4.57	直流变换四种输出电压的升压电源	118
4.58	便携式仪表用电源	118
4.59	DC/DC 变换器 MC34063A	119
4.60	升压变换集成电路 MAX777	121
4.61	DC/DC 变换器 MAX752	122
4.62	高效升压器	123
4.63	-48V/ +5V 电压变换器	124
4.64	开关式电容反相电压变换器	125

4.65	简易直流升压器	125
4.66	高效开关升压器	126
4.67	LM257X 系列集成电路 DC/DC 变换器	126
4.68	升/降压型 DC/DC 变换器	127
4.69	双路输出 DC/DC 转换器	128
4.70	超小型 DC/DC 变换器	129
4.71	具有正负对称输出电压的 DC/DC 变换器	129
4.72	不用光耦的全隔离 DC/DC 变换器	129
4.73	掌上电脑用正负双输出 DC/DC 变换电路	129
第 5 章	电压基准及恒流源	133
5.1	低电压基准源	133
5.2	电压基准电路	133
5.3	双 100 μ A 电流源 REF200	134
5.4	1.2V 低噪声基准源	134
5.5	1.2V/2.5V 低功耗电压基准 REF1004	135
5.6	+1.235V 低功耗基准源	135
5.7	带缓冲级的 2.5V 低噪声电压基准	135
5.8	2.5V 电压基准 LM136 - 2.5/336 - 2.5	136
5.9	± 2.5 V 基准源电路	136
5.10	+5V 精密电压基准 REF02	137
5.11	± 5 V 基准电压电路	137
5.12	± 10 V 精密电压基准 REF01	138
5.13	± 5 V 精密电压基准	138
5.14	+5V 精密电压基准	139
5.15	± 10 V 基准电压电路	139
5.16	± 10 V 连续可调基准电压源	140
5.17	5V、10V 基准电压源	140
5.18	精密电压基准 LM1199/399	141
5.19	温度系数极低的 10V 电压基准	141
5.20	带滤波器的 +10V 基准电压源	141
5.21	+10V 精密电压基准 REF10	142
5.22	-10V 基准电压源	142
5.23	+2V、+12V 基准电压源	143
5.24	-2V、-12V 基准电压源	143
5.25	积木式基准电压源(1)	144
5.26	积木式基准电压源(2)	144
5.27	极低噪声精密基准电压源	145

5.28	标准电池替代电路	146
5.29	可以扩展输出电流的基准电压源	146
5.30	电压基准扩展电流电路	147
5.31	精密稳压器 TL431	147
5.32	由 TL431 组成的恒流源电路	148
5.33	简单的电流源电路	149
5.34	电流源电路	149
5.35	精密恒流源电路	150
5.36	50 μ A 电流源	150
5.37	200/300/400 μ A 浮置电流源	150
5.38	高精度 300/400 μ A 浮置电流源	151
5.39	双 1mA 精密电流源	151
5.40	25mA 浮置电流源	152
5.41	低噪声高精度电流阱	152
5.42	50 μ A 电流阱	153
5.43	电流源、电流阱电路	153
5.44	不同输出电流的恒流源电路	154
5.45	差动输入 FET 缓冲的电流源	155
5.46	可编程电流源	155
5.47	简单的压控电流源	156
5.48	200mA 的压控电流源电路	156
5.49	压控电流源电路	157
5.50	三端稳压器做恒流源电路	157
第 6 章	电池充电电路	158
6.1	单组电池充电电路	158
6.2	MAX712/713 可编程充电电路	163
6.3	恒压式镍镉电池充电器	166
6.4	恒流式镍镉电池充电器	166
6.5	可控硅电池自动充电器	167
6.6	并联式全自动脉冲充电器	168
6.7	自动断电的镍镉电池充电器	168
6.8	镍镉电池的充电保护电路	169
6.9	镍镉电池自动充电器	169
6.10	蓄电池充放电保护器	170
6.11	快充型充电器	171
6.12	锂离子电池的充电电路	171
6.13	电瓶安全充电报讯器	172

6.14	电动助力车充电器	173
6.15	无触点自动充电器	174
6.16	使用开关恒流电路的充电器	174
6.17	发电机启动用蓄电池自动监控装置	175
6.18	简易快速充电器	176
6.19	太阳能系统的电池稳压器	176
6.20	自动并联充电器	177
6.21	恒流充电器	178
6.22	具有恒流充电、放电功能的充电器	178
6.23	带有保护功能的小容量蓄电池充电器	179
6.24	用太阳能电池的镍镉电池充电器	179
6.25	无极性充电器	180
6.26	12V 自动充电器	180
6.27	使用汽车电瓶的镍镉电池充电器	181
6.28	具有保护功能的 8A/12V 充电电路	182
6.29	GP-21-12V 充电机电路	182
6.30	充电电池测试仪	183
6.31	充电器电池过压接反告警电路	184
6.32	性能良好的镍镉电池充电器	184
6.33	自动 NiCd 电池充电器	186
6.34	限压式镍镉电池充电器	186
6.35	电池充电调节器	187
6.36	脉冲式快速充电器	187
6.37	实用镍镉电池自动充电器	188
6.38	简易镍镉电池充电器	189
6.39	小型铅酸蓄电池充电器	189
6.40	高效镍镉电池充电器	190
6.41	可控硅恒流定压充电机	191
6.42	ZC-2-10A 自动充电机	191
6.43	铅酸电池保护器	191
6.44	恒压式铅蓄电池充电器	193
6.45	铅酸电池过充保护器	194
6.46	可延长镍镉电池寿命的电路	195
6.47	可预置充电终止电压的 9V 充电器	195
6.48	电压峰值增量型自动充电器	196
6.49	12V 大容量镍镉电池充电器	197
6.50	野外用快速充电器	198
6.51	具有数字电路定时器的 9V 充电器	198

6.52	可选择充电时间的小型电池充电器	200
6.53	改进型镍镉电池自动充电电路	201
6.54	高质量智能型镉镍电池充电电路	202
6.55	对讲机快速充电器	202
6.56	步升/步降型电流源电池充电电路	202
6.57	可以快速充电的高精度开关电流源	203
6.58	台式锂离子电池充电器	203
6.59	功能完善的 2A 锂离子电池充电器	206
第 7 章	其他类型电源	207
7.1	虚地发生器电路	207
7.2	脉冲调宽自动逆变电源	207
7.3	100W VMOS 管逆变电源	208
7.4	采用功率运放的 115V/400Hz 电源	209
7.5	伺服电源的正负跟踪	209
7.6	频率稳定的逆变电源	210
7.7	用 555 电路产生负压	211
7.8	可控高压变换器	212
7.9	110V/120V 交流电压 $\pm 2.5V$ /1600W 电源电路	213
7.10	7.5kV 稳压电源	213
7.11	100W/60Hz 正弦波电源电路	214
7.12	12V 直流、220V 交流/50W 电源电路	215
7.13	可调直流电源	215
7.14	线性可调直流电源	216
7.15	110V/220V 自适应电路	216
7.16	零触发交流稳压器	217
7.17	直流稳压电源的交流预稳电路	218
7.18	相角控制大功率动态电源	219
7.19	使用双向可控硅的交流稳压电路	220
7.20	简易交流稳压电源	220
7.21	复印机用交流稳压电路	220
7.22	高性能交流稳压器	221
7.23	零触发交流稳压电源	224
7.24	具有延时功能的交流电源稳压器	224
7.25	50/60Hz 交流 220V 逆变电源	224
7.26	小功率逆变电源电路	224
7.27	小功率变压器自激式逆变电路	227
7.28	CW3524 逆变器电路	227

7.29	稳流电源	229
7.30	直流电源净化器	229
7.31	大功率升压变换器	230
7.32	使用 TL431 的等效稳压二极管电路	232
7.33	过压保护电路	232
7.34	电压监视器电路	233
7.35	无绳电话座机用不间断电源	233
附录 A	常用集成稳压器性能参数表	235
附录 B	集成电路型号前缀与对应厂商及其网址	247
参考文献		254

<https://315kkk.com>

第 1 章 稳压电源原理

电子设备需要直流电源为其供电,以便使其内部的电子电路得到正常工作所必需的能源。考虑到成本问题,大多数电器的直流供电方式都是将交流电源经过变压、整流、滤波、稳压等变换为所需的直流电压。完成这种变换任务的电源称为直流稳压电源。现代电器中常用的稳压电源有两大类:线性稳压电源和开关型稳压电源。线性稳压电源亦称串联调整式稳压电源。它的成本较低,稳压性能好,输出纹波小,缺点是工作效率较低,在小功率应用场合用得最多。其基本组成如图 1-1 所示。

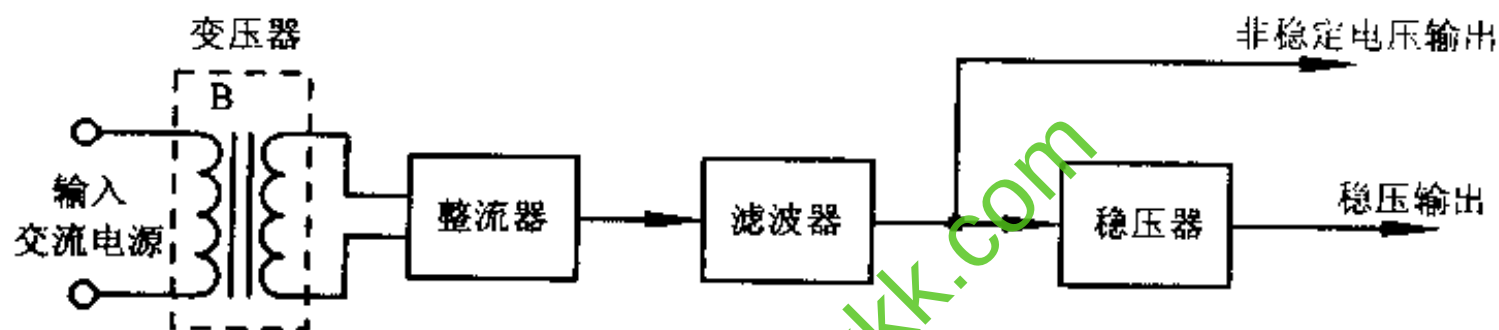


图 1-1 直流电源组成方框图

方框图中,变压器的作用是把交流电网供给的 220V、50Hz 交流电变换为合适的数值;整流器将交流电转变为直流脉动电压;滤波器将脉动电压进行平滑;稳压器能够把输出的直流电压稳定在所希望的数值上。

1.1 整流电路

整流电路是交流电压转换为直流电压的第一步。一个好的整流电路设计有助于取得更大范围的稳定电压输出。

1.1.1 半波整流电路

半波整流电路是最先被提出来的整流电路。基本的半波整流电路及其工作状态下各点的波形如图 1-2 所示。

电源变压器 B 将交流电压 u_1 变换为所需交流电压 u_2 ; 具有单向导电性能的二极管把交流电压 u_2 变为脉动直流; R_L 为负载(纯电阻)。

该电路的工作原理是:在 u_2 的正半周,a 端电位高于 b 端电位,二极管 D 在正向电压作用下导通,电流 i_D 由电源 a 端经 D 及负载 R_L 回到电源 b 端,完成整流通路。在 u_2 负半周时,b 端电位高于 a 端电位,二极管 D 截止,构不成通路,流过负载 R_L 上的电流为零。由此可见,半波整流电路只能在交流电的半周(此处为正半周)时间内提供脉动的直流电

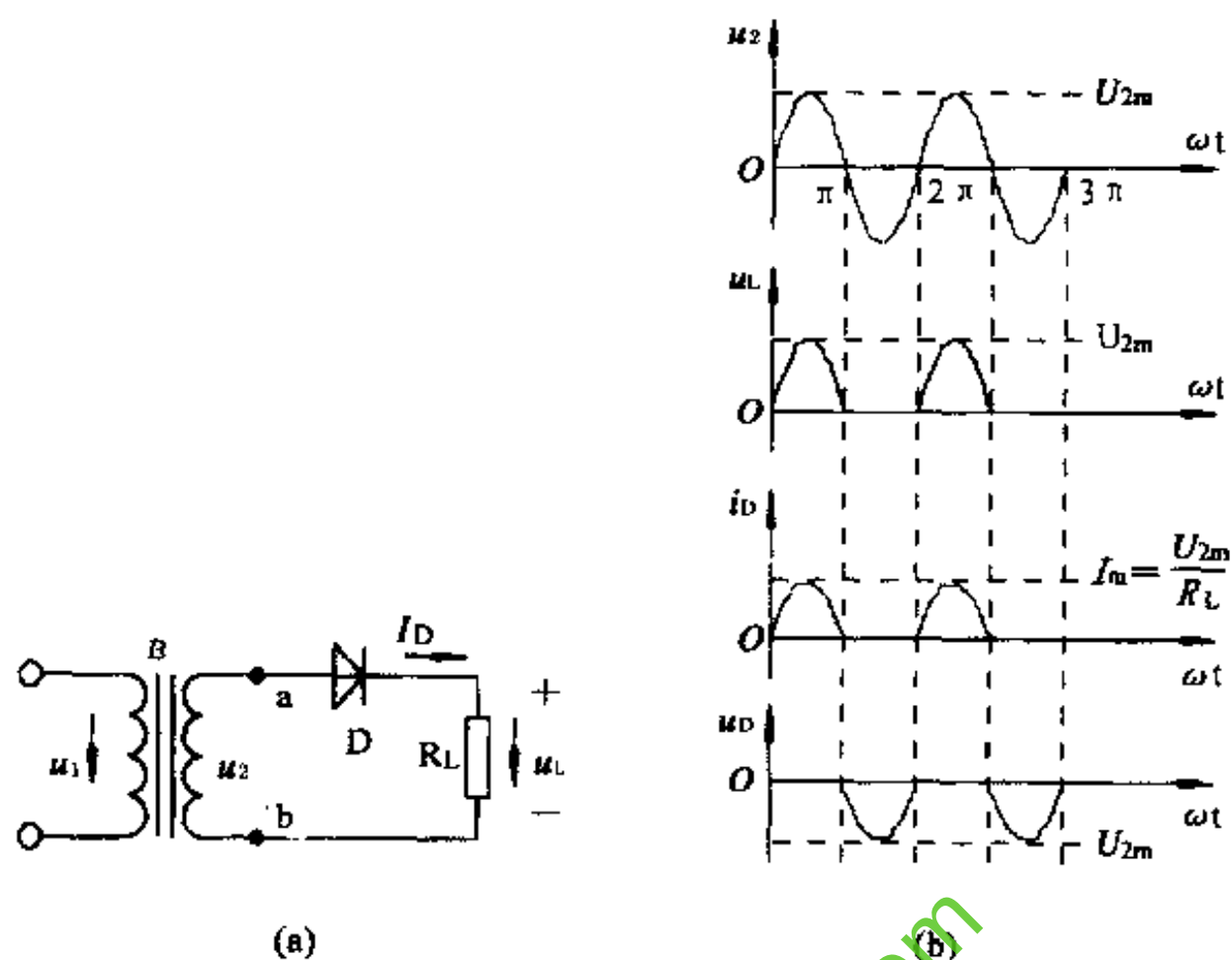


图 1-2 半波整流电路及其各点波形图

流。

半波整流电路中各点电压、电流波形如图中(b)所示。在正半周即 a 端电位高于 b 端电位时, $u_2 = u_D + u_L$ 。设二极管 D 为理想元件, 在不考虑其导通压降并认为其导通电阻为零时, 反向电阻为无穷大, 所以可认为 $u_2 \approx u_L$ 。在负半周时, $u_L = 0$ 、 $i = 0$, 二极管 D 两端的反向电压等于变压器次级电压 u_2 。

在一个周期内, 负载的脉冲电压平均值 $\bar{U}_L$ 可用 $\bar{U}_L = 0.45 U_2$ 来估算, 其中, U_2 为电源变压器次级交流电压的有效值。

在实际电路中, 可用交流电压表测出 U_2 , 用直流电压表近似测得负载电压 U_L , 也可以只测出其中之一, 而用上式近似求出另一值。

负载电流为 U_L 与 R_L 的比值

$$\bar{I}_L = \bar{U}_L / R_L$$

整流二极管的电流等于负载直流电流 I_L , 整流二极管的反向电压最大值为 u_2 的幅值

$$U_{DM} = \sqrt{2} U_2 = U_{2m}$$

对于不同的整流电路, 应选用既安全又经济的整流管, 必要时可用两只以上的管子串联, 以提高反向耐压; 或并联以增大输出电流。

通常, 若输出电压不大, 例如为几伏时, 整流管的正向导通压降不应省略。锗管正向导通压降约为 0.3V, 硅管为 0.7V。

半波整流电路简单, 需要的元件也少, 这是它的优点; 但它输出的直流电压脉动很大, 变压器的利用率也低, 这是它的缺点。所以, 半波整流电路仅适用于供电要求不高的场

合。

1.1.2 全波整流电路

图 1-3 为全波整流电路及其电压、电流波形图。

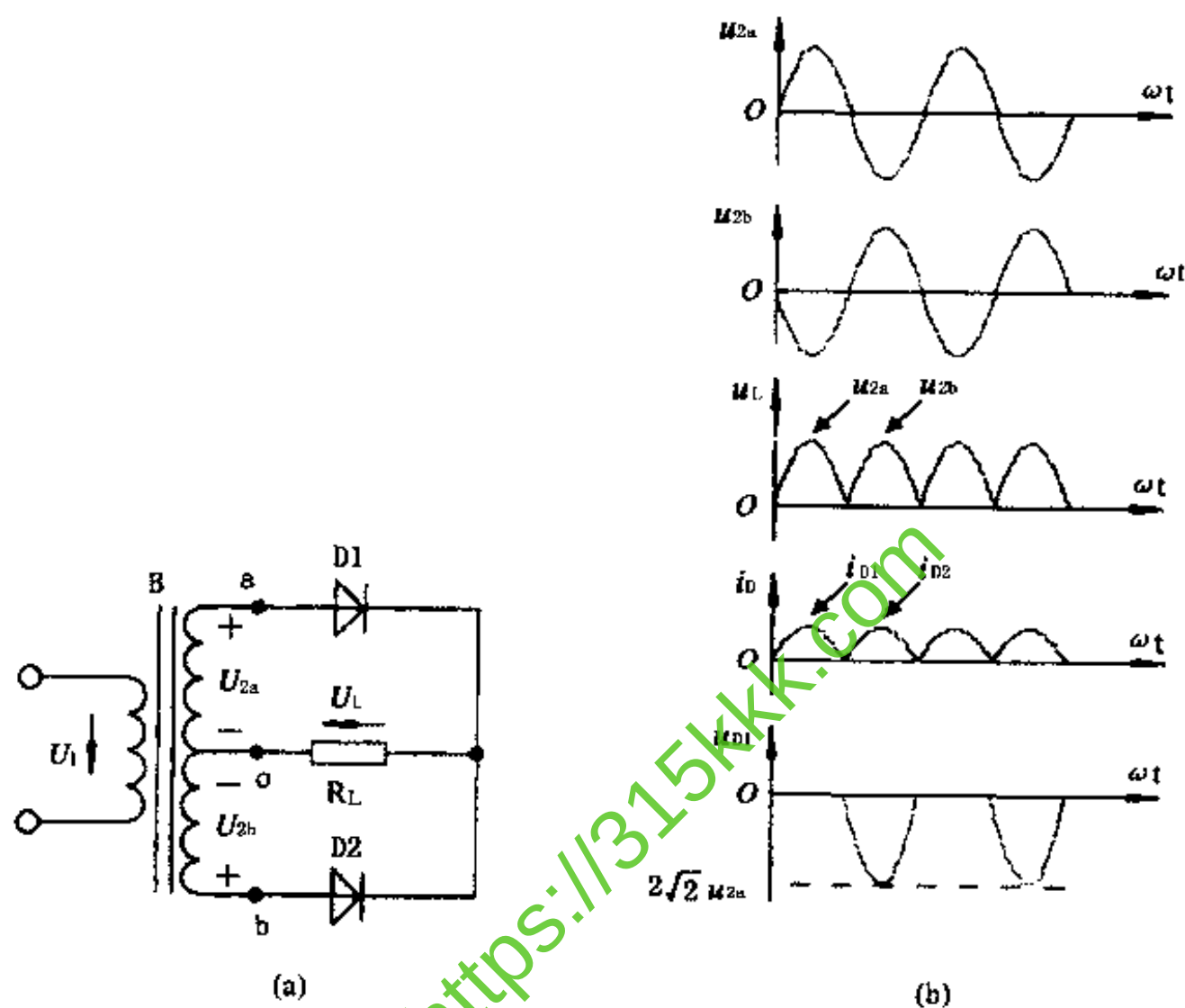


图 1-3 全波整流电路及各点波形图

电路中的电源变压器有一个中心抽头,把副边分成匝数相等的两个绕组,所以可以得到两个幅值相等、相位相反的电压 u_{2a} 和 u_{2b} ,如图中(b)所示。该电路实际上相当于两个半波整流电路,分别在 u_1 的正、负半周向同一负载 R_L 供电。与半波整流电路相比, R_L 上的直流电压、电流增加,脉动幅度也减小了。

这种整流电路的电压、电流可作如下的估算:在 u_{2a} 的正半周,D1 导通、D2 截止时

$$u_L \approx u_{2a} = \sqrt{2} U_{2a} \sin \omega t \quad 0 < \omega t < \pi$$

在 u_{2b} 的正半周,D2 导通、D1 截止时

$$u_L \approx u_{2b} = \sqrt{2} U_{2b} \sin \omega t \quad \pi < \omega t < 2\pi$$

负载电压的平均值为

$$\bar{u}_L = 0.9 U_{2a} = 0.9 U_{2b}$$

其中, U_{2a} 、 U_{2b} 分别为 u_{2a} 、 u_{2b} 的有效值。

负载平均电流为

$$\bar{I}_L = \bar{U}_L / R_L = 0.9 U_{2a} / R_L$$

整流管反向电压最大值 U_{DM} 为

$$U_{DM} = 2\sqrt{2} U_2 \approx 2 U_{2m}$$

整流管电流的最大值和负载电流的最大值相同,平均值则为负载电流平均值的一半。

和半波整流电路相比,如果负载电阻 R_L 相等,全波整流时的 U_{2a} 等于半波时的 U_2 ,则变压器次级绕组的匝数需增加一倍;工作时其初级正、负半周都有电流,而次级两线圈中每个只有半波电流时才被整流,因而变压器的利用率不高,整流管的数量增加了一倍,每个整流管承担的反向电压最大值也增加了一倍。这样,整流管的价格也相应增加,负载电流和电压各增加一倍,电流脉动值减小。

1.1.3 桥式整流电路

桥式整流电路如图 1-4 所示。这种电路的习惯画法有三种,图中均予以画出。第一种是最早的画法;第二种画法方便,不易出错;第三种是示意图,最为简单。三种画法的原理相同,都是 4 只相同的整流管接成电桥形式。

桥式整流电路的电源变压器与半波整流用的变压器一样,初、次级各有一个线圈。此整流电路的电压、电流波形如图(b)所示。在 u_2 正半周, a 点电位高于 b 点电位, D1、D3 导通, D2、D4 截止, 电流自 a 端经 D1、 R_L 和 D3 回到电源的 b 端; 在 u_2 的负半周, b 点电位

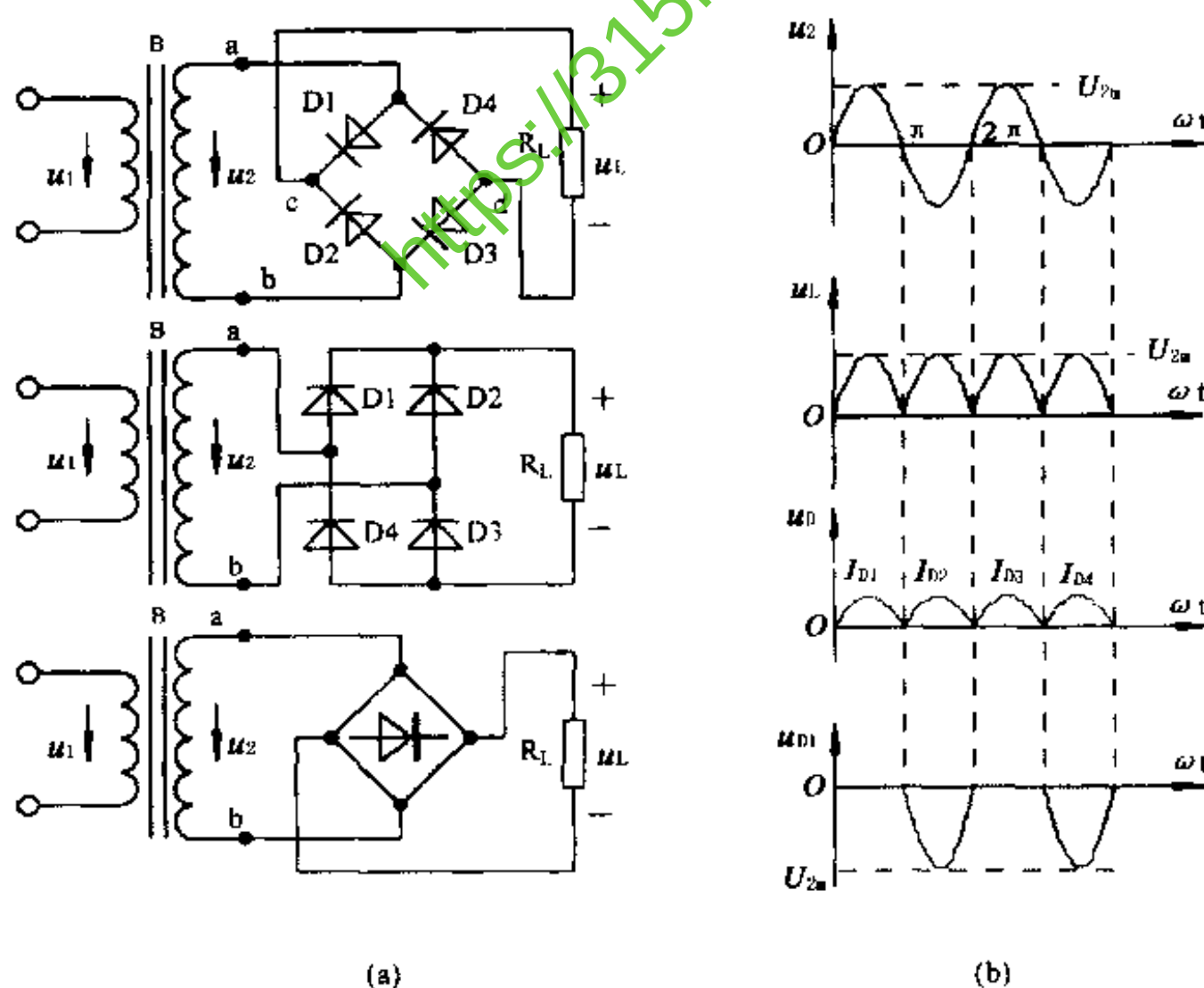


图 1-4 桥式整流电路及各点波形

高于 a 点电位, D2、D3 导通, D1、D3 截止, 电流自 b 端经 D2、 R_L 和 D4 回到电源的 a 端。

可见, 在交流电压 u_1 的整个周期内, 负载 R_L 都有电流流过, 并且保持同一方向, 如图 1-4(b) 所示。变压器初、次级在整个交流周期内都有电流流过, 像普通的变压器一样, 所以桥式整流也是全波整流电路。

桥式整流电路的电压和电流可作如下估算。整流元件仍认为是理想的, 在纯电阻负载条件下, 电压、电流的瞬时值为

$$\begin{aligned} u_L &= |\sqrt{2} U_2 \sin \omega t| & 0 < \omega t < 2\pi \\ i_{D1} &= i_{D3} = i_L & 0 < \omega t < \pi \\ i_{D2} &= i_{D4} = i_L & \pi < \omega t < 2\pi \\ i_L &= |\sqrt{2} U_2 \sin \omega t / R_L| & 0 < \omega t < \pi; \pi < \omega t < 2\pi \end{aligned}$$

负载直流电压平均值为

$$\bar{U}_L = 0.9 U_2$$

负载平均直流电流值为

$$\bar{I}_L = \bar{U}_L / R_L$$

每个二极管截止时的反向电压相同, 为 u_2 的幅值, 即

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

导通二极管的电流平均值为负载电流平均值的一半, 最大值与负载电流最大值相同。

综上所述, 桥式整流电路的特点是: 与半波整流电路相比, 在 u_2 、 R_L 相同条件下, 输出的直流电流、电压都提高一倍; 电流脉动程度减小; 变压器正、负半周都有对称电流流过, 既得到充分利用, 又不存在单向磁化的问题, 但需要 4 个整流二极管, 线路稍复杂。但有桥式整流成品元件(全桥), 它有 4 个引脚, 其中 2 个引脚间标有“~”的表示接交流电源; 另外两脚分别标有“+”和“-”, 为直流输出端, 接至负载。另外在外壳上还标有额定电流和电压, 使用很方便。与全波整流电路相比, 虽然多用了 2 个二极管, 但反向耐压低了一倍, 变压器次级少了一半线圈, 综合成本低于全波整流电路。

1.2 滤波电路

交流电经整流电路后可变为脉动直流电, 其中含有较大的交流分量, 为了使设备能用上纯净的直流电, 还必须用滤波电路滤除脉动电压中的交流成分。滤波电路一般由电抗元件组成, 如在负载电阻两端并联电容器 C, 或在负载中串联电感器 L, 或由电容、电感组合而成的各种复式滤波电路。

1.2.1 电容滤波

1. 电路及工作原理

电容滤波就是在整流电路的后面, 用大容量的电解电容器与负载并联, 例如以桥式整流为例, 整流滤波电路如图 1-5(a) 所示, 电压波形如图 1-5(b) 所示。

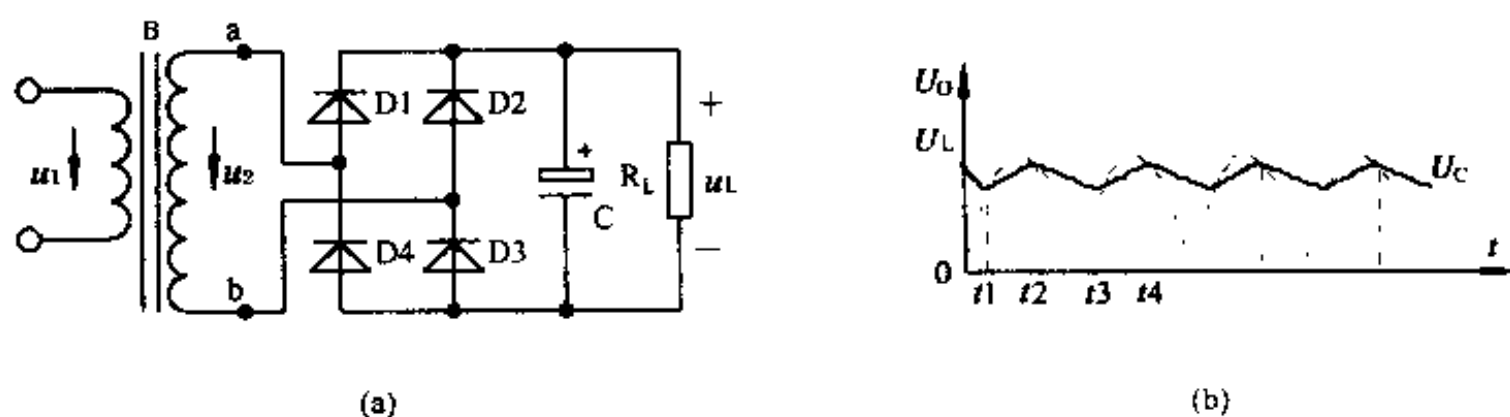


图 1-5 电容滤波电路及各点电压波形

下面以有负载 R_L 和无负载 R_L 两种情况来分析滤波电路的工作原理。

无负载,即 R_L 开路时,电路接通瞬间设电容 C 上起始电压为零。电源接通后,通过整流管及变压器次级给 C 充电,因导通的二极管及变压器次级电源内阻很小,所以充电时间常数很小,充电电流很大。只要合理选择元件参数,便不会发生过热或烧坏晶体管的现象。当 u_2 达到最大值时, u_c 也基本上达到最大值。此后, u_2 减小,导通的二极管由于 u_2 的绝对值小于 u_c ,处于反偏而截止(此过程在图 1-5(b)中未画出,图中只画出了稳定后的工作情况)。此后,输出电压保持为 u_c 不变, $u_c = \sqrt{2} u_2$ 。当 u_2 的负半周到来时,因 u_c 不变,晶体管也不再导电。

当有负载电阻 R_L 时,设 R_L 为定值,当电源接通且 C 上还有近似峰值电压时,电压波形如图 1-5(b)所示。在 $t_1 \sim t_4$ 间隔内,输入电压 $u_{ab} > u_c$, D_1 、 D_3 导电,电容 C 充电,考虑到电源及晶体管的内阻, u_c 略小于 u_{ab} 。在图 1-5(b)中,整流后的电压对 C 充电, u_c 随充电过程而上升,到 t_2 时达到最大值。在 $t_1 \sim t_2$ 间隔内,电路既对电容充电,又同时对负载电阻供电。在 t_2 以后, u_{ab} 按正弦规律下降,当 $u_c > u_{ab}$ 时,整流管 D_1 、 D_3 处于反向偏置,停止导通;已充电的电容开始对负载电阻 R_L 放电,即暂时代替电源向负载供电。电容 C 的放电电压按指数曲线下降。到 t_3 瞬间, u_{ab} 上升到 u_c ; t_3 以后, $u_{ab} > u_c$, 电容器由放电转换为充电, D_2 、 D_4 导通,构成电源向负载及电容供电的通路。 t_4 以后, $u_{ab} < u_c$, D_2 、 D_4 截止,电容又处于放电状态,其过程与 $t_2 \sim t_3$ 间隔内相同,以后的情况如此反复。当电源切断后,需待电容放电完毕,输出电压才能降到零。

2. 电容滤波的特点

电容滤波使输出直流电压脉动减小,输出电压呈锯齿波形。当负载电流不大时,输出直流电压可能大于 u_2 的有效值。当负载电阻减小时,负载电流加大,电容的放电过程加快,输出平均电压值降低。因此,电容滤波不适于大电流供电。

采用电容滤波后,在桥式电路中,整流管的反向电压最大值仍为 $\sqrt{2} U_2$; 在半波整流电路中,若 R_L 开路,整流管反向电压最大值可达 $\sqrt{2} U_2$ 的两倍;在全波整流电路中增加电容滤波后,晶体管的最大反向电压不变。

3. π 型滤波

仅有电容滤波的整流器,其输出电压为锯齿形脉动电压,往往不能满足要求。由电容、电感或电阻器组成的各种复式滤波电路,可使输出电压更加平滑,交流分量更少。常见电

路为 π 型滤波器,如图 1-6 所示,图 1-6(a)为 LC 型,图 1-6(b)为 RC 型。

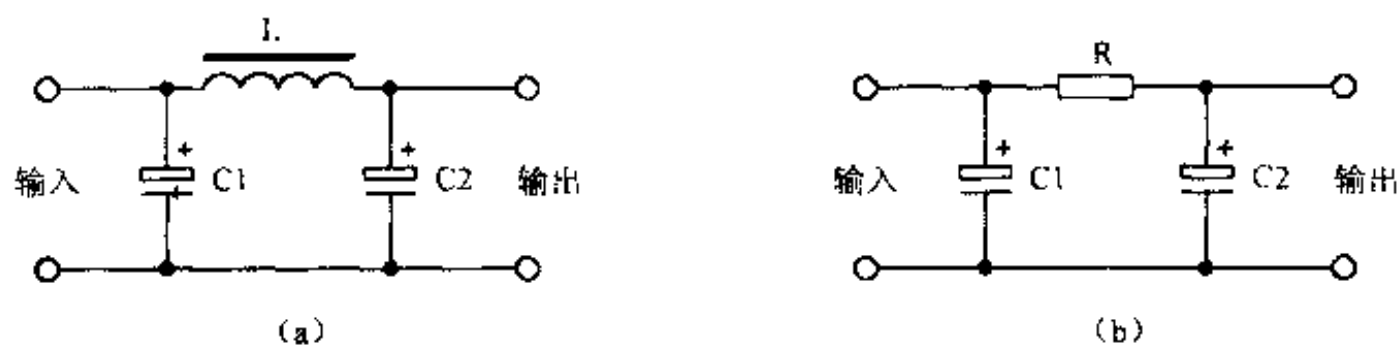


图 1-6 π 型滤波器

在 LC 型的 π 型滤波器中, C_1 所起的作用和仅有电容滤波时的情况相同,其两端为一锯齿形电压,等效于一个直流分量和一个较小的交流分量。设 C_1 、 L 、 C_2 分别具有的阻抗为 X_{C1} 、 X_L 和 X_{C2} ,选择它们的关系为

$$X_{C2} \ll R_L; X_{C2} \ll X_L; X_{C1} \ll X_L$$

使得 C_2 与 R_L 并联后, $X_{C2} // R_L \approx X_{C2}$, 电路变为近似是 L 与 C_2 串联后与 C_1 并联; 因为 $X_L \gg X_{C2}$, 故 R_L 及 C_2 两端的交流分量电压很小; 由于 $X_{C1} \ll (X_L + X_{C2})$, 故 X_L 上的交流分量远小于 C_1 两端的交流电流。这样, 输入的脉动电压经 C_1 大量分流、 L 降压、 C_2 再分流, 使得负载 R_L 两端得到近似为平滑的直流。

大功率输出的电源稳压电路中, 由于输出电流较大, 为了减小功率损耗, 一般不用电阻作滤波器件, 经常使用的是 LC 元件构成的 π 型滤波电路。为了增大电感量, 一般来说, L 选用铁心电感, C 选用电解电容。

由于铁心电感体积大、笨重、成本高, 当输出电流不大时, 常用电阻 R 代替电感, 这便形成了 RC 型的 π 型滤波电路。它的工作原理和 LC 型相似, 只是电阻 R 不仅降低了交流分量, 同时也降低了直流分量。在使用时, 常把电容 C_1 、 C_2 的容量加大, 把 R 的阻值减小。通常, R 上的压降应小于负载 R_L 上的压降。当电压为几伏至几十伏时, R 的阻值约为几十至几百欧姆, C_1 、 C_2 选择几百至几千微法, 输出电流越大, R 应该越小。

1.2.2 有源滤波器

1. 电路及工作原理

使用晶体三极管构成的滤波电路, 称为有源滤波器。图 1-7 是一种简单的有源滤波电路, 其核心是由三极管组成的射极输出器。

根据三极管的输出特性可知, 只要正确地选择静态工作点, 则三极管的集电极交流电阻 $\Delta U_{CE} / \Delta I_C$ 将远远大于它的直流电阻 U_{CE} / I_C 。有源滤波器输入直流电压分量等于 $U_{CE} + U_O$ 。为了

使三极管工作在线性放大区, U_{CE} 需大于 1 伏, 但通常 U_{CE} 比 U_O (输出直流电压) 小, 以减少电路的直流损耗。对于变化的交流分量, 三极管相当于很大的交流电阻 R_{CE} 与 R_L 串联, 绝大部分电压降在集电极和发射极之间, 对负载的影响很小。

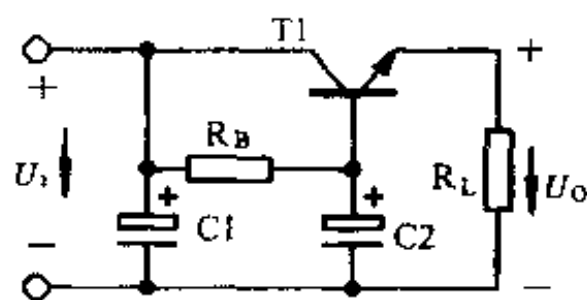


图 1-7 有源滤波电路

由射极输出器的工作原理可知,射极电压的变化取决于基极电压的变化。由于有源滤波器中的基极偏流电阻 R_B 比一般 RC 元件组成的 π 型滤波器的电阻大得多(基极电流很小,电压损失不大), C_1 、 R_B 和 C_2 构成了一个良好的滤波器。 U_B 和 U_C 近似为直流电压,负载的交流成分很小。

2. 与 π 型滤波器的比较

与 LC 型滤波器相比,集电极的直流电阻相当于电感线圈的直流电阻,集电极的交流电阻相当于电感线圈的感抗,但其体积、重量和价格都比铁心线圈要低得多。

与 RC 型滤波器相比,由于 RC 型的直流与交流压降相同,因此直流损耗大。而三极管的直流压降小于交流压降,损耗减小, R_B 比 R 大得多,滤波效果好。

有源滤波器所用的 C_2 与前两个电路相比,在同样平滑输出的条件下,可选用较小的容量。

在选用三极管时,应选用功率管,其最大电流最好比正常电流值大一个数量级,以保证安全。

1.3 倍压整流电路

倍压整流电路可以使输出的直流电压增倍。我们先通过下面一个电路看看倍压整流与普通整流电路的区别。

在如图 1-8 所示的电路中:当倍压开关 K 断开时,电路为普通的桥式整流电路,此时在理想的状态下,输出电压 $U_0 = \sqrt{2} U_i$ (U_i 为输入电压)。

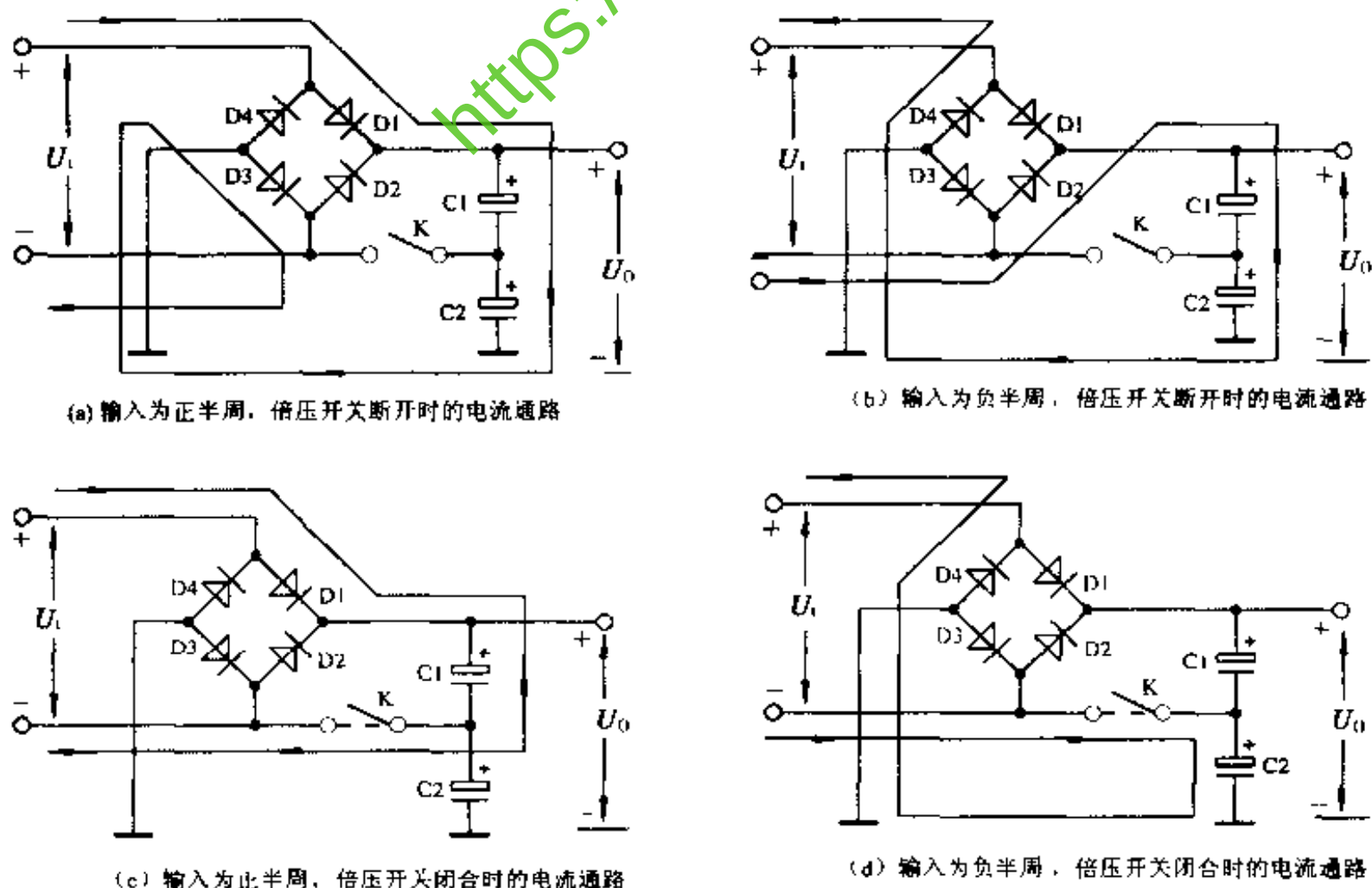


图 1-8 倍压整流电路

当倍压开关闭合,在输入电源的正半周(上正下负)时,流经整流器 D1 的电流对 C1 进行充电,电压充至输入电压 U_i 的峰值, C1 上的电压为上正下负。当 U_i 进入负半周时,电流通过整流器中的 D4 对 C2 进行充电,充电电压也为 U_i 的峰值电压, C2 上的电压同样为上正下负。而负载上的电压则取自 C1 + C2 的两端,在不考虑负载时情况下可得到 $2\sqrt{2} U_i$ 的输出电压。

采用倍压输出的目的,主要是为了保证有足够的直流整流电压输出,使整机电源电路工作在电源电压较低的情况下使用,而在电源电压正常时不起作用。

上述分析只考虑了电容的充电情况,并未考虑其放电影响。事实上,由于负载的存在,在倍压整流中,当电源正半周对 C1 充电至 $\sqrt{2} U_i$ 时,即停止充电,同时 C1 向负载供电,负半周相同,这样,实际加在负载上的电压大约为输入电压的 2 倍。

1.4 线性稳压电路

经过整流和滤波后的直流电压,会由于交流电网电压的波动以及负载电阻的变动而发生变化。在绝大多数情况下,这种输出电压的变化波动显得太大,仍需进一步对其稳定,这就需要采用稳压电路。通常,完整的稳压电源电路包括有整流、滤波和稳压调整等电路。其中稳压调整电路如果工作在线性状态,就称此稳压电路为线性稳压电路。本节讨论的主要就是这类稳压电路。

1.4.1 稳压电路的指标

衡量稳压器的性能有许多指标,例如额定输出电压、电流和电压调节范围等,这属于特性指标;稳压系数、等效内阻、纹波电压(即交流电压分量)等属于质量指标。下面介绍质量指标的定义和测试方法。测试时要保持温度稳定。

1. 稳压系数 γ

当负载电流一定时,输出电压的相对变化量与输入电压相对变化量之比称为稳压系数,即

$$\gamma = \left. \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} \right|_{I_L = \text{额定值}}$$

上式中, γ 为稳压系数; U_o 为稳压器的额定输出电压; U_i 为稳压器额定输入电压; ΔU_o 为输出电压的变化量; ΔU_i 为输入电压的变化量; I_L 为负载电流。

另外还有以 γ 的倒数 S 为标准,称 $S = 1/\gamma$ 为稳定系数的。

测量稳压系数时,利用调压器改变整流器输入的交流电压,则稳压器的输入电压也近似地成比例变化,而 U_o 变化不大;用电压表测试的数据可求出 γ 值。通常, γ 值约为 $10^{-2} \sim 10^{-4}$, S 在 $100 \sim 10000$ 之间。

2. 等效电阻 R_o

等效电阻 R_o 又称动态电阻,是包括整流、滤波和稳压在内的等效电阻。当 U_i 保持不变时,输出电压增量 ΔU_o 与输出电流增量 ΔI_o 之比称为等效内阻:

$$R_o = \left. \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o} \right|_{U_i = \text{额定值}}$$

上式中, R_o 为正值, 由于电流增加(增量为正)时其两端电压受内阻影响要下降(增量为负), 故上式中加了“-”号, 使得 R_o 为正值。通常稳压器在额定范围内使用时, R_o 约在 0.5Ω 以下, 测试时可参考此值。

3. 纹波电压

纹波电压就是叠加在输出直流电压上的交流电压分量, 通常经滤波及稳压后, 它的数值在几毫伏以内, 以不影响电子设备工作为准。可用一容量较大的电容器与交流毫伏表串联进行测量, 此电容是隔直流用的。

1.4.2 硅稳压管稳压电路

如图 1-9 所示, 硅稳压管 D 与负载电阻 R_L 并联, 故负载电压为 D 的额定稳定电压 U_o ; R_s 为串联的限流电阻, 配合稳压管起电压调整作用。

电路中具体的电压、电流的关系为

$$U_i = IR_s + U_o$$

$$I = I_o + I_L$$

稳压管在反向击穿状态下工作, 当稳压管电流 I_o 在一定范围内变化时, U_o 几乎不变。该电路的稳压过程是:

(1) 设 R_L 不变, 当 U_i 升高时会使 U_o 有些增高, 但由于稳压管 D 的存在, U_o 的微小增加引起 I_o 有较大的增加, I_o 的增加使得 $I = I_o + I_L$ 增大, 造成限流电阻 R_s 上的压降 IR_s 增大。当 IR_s 的增加部分与 U_i 的增大部分相等时, U_o 便保持不变。同样, 当 U_i 减小时, IR_s 减小, U_o 也几乎不变。

(2) 设 U_i 不变, 当负载电阻 R_L 增加时, 会使 U_o 有些增加, U_o 的微小增加引起 I_o 有较大的增加。本来, R_L 的增加会使负载电流 I_L 减小, 因而使电流 I 下降, 但由于当 I_o 的增加部分几乎和 I_L 的减小部分相等时, 仍会使总电流 I 几乎保持不变, 因而保证了输出电压的稳定。当 R_L 减小时, 该电路仍能保持 U_o 的稳定。

可见, 稳压管的电流调节作用是这种稳压电路能够稳压的关键。

1.4.3 串联式稳压电路

1. 稳压原理

串联式稳压电路是目前应用较多的电路, 它能提供几十毫安至十几安培的负载电流, 稳定系数 S 比单管稳压电路要大得多。串联式稳压电路的原理如图 1-10 所示。图中: R_L 为等效负载电阻; R_s 为串联调整元件的等效可变电阻, 利用它能自动调整的原理, 达到稳压的目的。当输入电压 U_i 增加时, 使 R_s 增加, 其上电压 U_s 的增量 ΔU_s 若等于 U_i 的增量 ΔU_i , 则负载两端的电压保

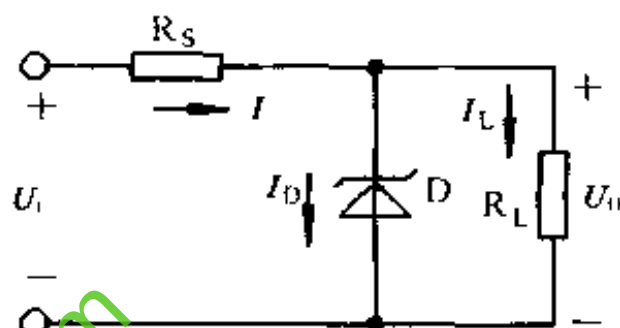


图 1-9 硅稳压管稳压电路

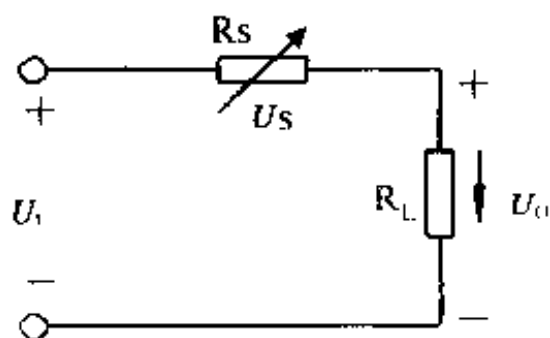


图 1-10 串联式稳压原理

持不变。当 U_i 减小时, R_s 也相应减小, 作相反的调整。

当 R_L 减小时, 输出电流增加, R_s 及 U_s 也自动减小, 维持输出电压不变; 而当 R_L 增加使输出电流减小时, 该系统则作相反的调整。

目前使用最多的调整元件是三极管, 从图 1-11 的三极管基本放大电路可知, 改变发射结电压 U_{BE} 使 I_B 改变时, R_{Ct} 也发生相应的变化。当 U_{BE} 减小时, I_B 减小, U_{CE} 增大 (I_C 减小); 当 U_{BE} 增大时, I_B 增加, U_{CE} 减小。因此, 三极管可作为调整元件, 通过电压控制实现自动调整。

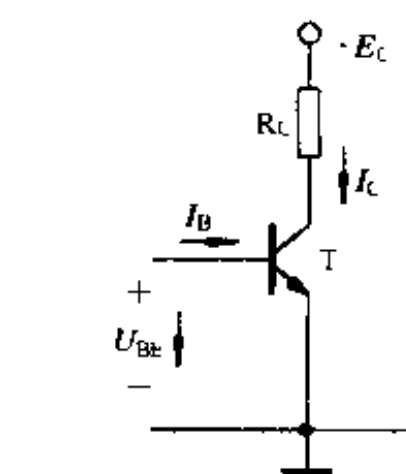


图 1-11 三极管等效可变电阻

2. 稳压过程

串联式稳压电路的基本原理及组成方框图如图 1-12 所示。

图中的 T1 为比较放大管, T2 为调整管, D 为稳压管。经过稳压后的 U_D 通过 R3 向稳压管 D 提供一定的电流, 使 U_D 比 U_o 更加稳定, 以使用 U_D 作为基准电压。R1 和 R2 组成分压器供给取样电压。由图(b)可知(略去 I_{B1} 时):

$$U_{B1} = U_o \frac{R_2}{R_1 + R_2}; \quad U_{B1E1} = U_{B1} - U_D$$

式中的 U_{B1} 称为取样电压。

当 U_o 有变化时, 使 $\Delta U_{B1E1} = U_{B1E1}$ (U_D 不变化), 这样, 从 T1 基极输入的信号 U_{B1} 与发射极的基准电压 U_D 比较后得到 U_{B1E1} , 作为放大信号经 T1 放大。R4 是 T1 的集电极电阻, 也是 T2 的基极偏流电阻, 所以 T1 集电极的输出直接耦合到 T2 的基极, 经 T2 放大后起控制调整作用。

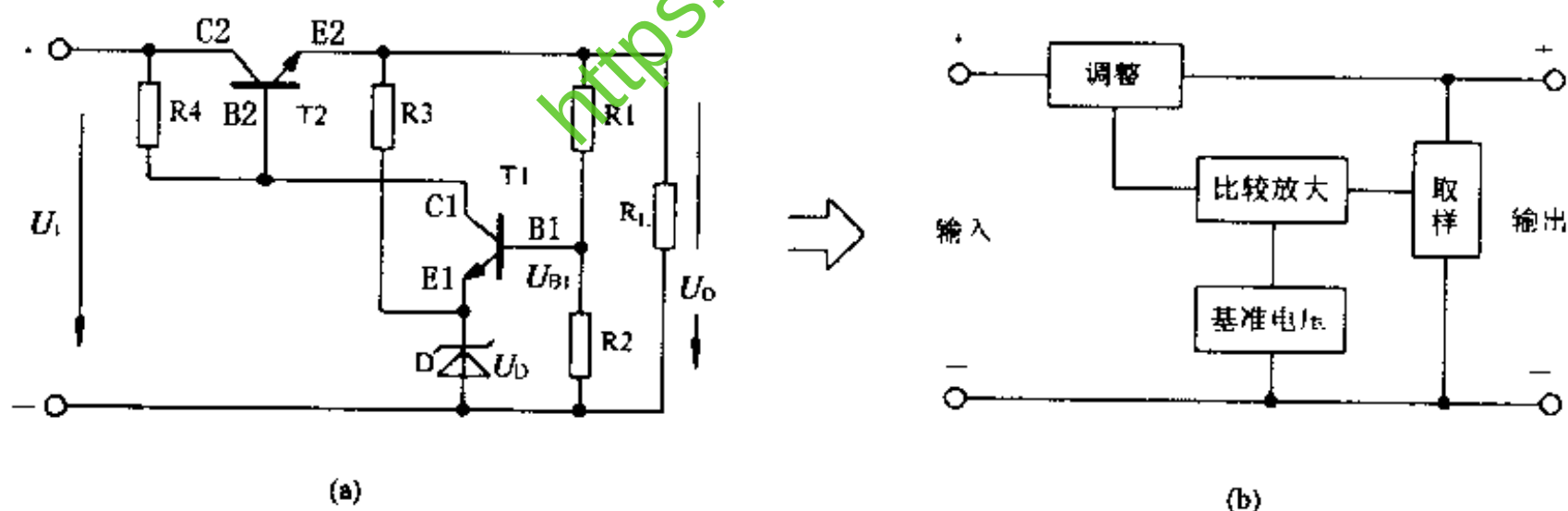


图 1-12 串联稳压电路及组成方框

由于通过 R1 和 R2 的电流很小, R3 通过的电流也不大, 所以可以认为 T2 的射极电流与负载电流 I_o 近似相等, T2 与负载可称为串联, 这便是串联式稳压电路名称的由来。它的基本电路是个射极输出器。串联稳压电路的稳压过程如下:

设负载 R_L 固定而 U_i 变化。当 U_i 增加时, 其稳定过程(其负反馈过程是)可以用流程图表示为:

若 U_i 减小, 则上述调整过程相反。

$$\begin{array}{l}
 U_0 \uparrow \rightarrow U_{B1} \uparrow \rightarrow U_{B1F1} \uparrow \rightarrow I_{B1} \uparrow \rightarrow I_{C1} \uparrow \\
 \downarrow U_0 \leftarrow \uparrow U_{C1B1} \leftarrow \downarrow I_{B2} \leftarrow \downarrow U_{B2} \leftarrow \downarrow U_{C1}
 \end{array}$$

再设 U_i 固定而 R_L 变化。当 R_L 的减小引起 U_0 降低时,稳压过程如下:

$$\begin{array}{l}
 U_0 \downarrow \rightarrow U_{B1} \downarrow \rightarrow U_{B1F1} \downarrow \rightarrow I_{B1} \downarrow \rightarrow I_{C1} \downarrow \\
 \uparrow U_0 \leftarrow \uparrow U_{C1B1} \leftarrow \uparrow I_{B2} \leftarrow \uparrow U_{B2} \leftarrow \uparrow U_{C1}
 \end{array}$$

若 R_L 不是减小而是增加,则调整过程与上述过程相反。

在串联式稳压电路中, T_2 射极输出的电压加到 R_1 、 R_2 分压电路上, 通过 T_1 加以放大, 输出并去控制 T_2 的基极, 这是一个很强的负反馈。由于有负反馈, 其稳压性能比单独的射极输出器更好。实践证明, 当 U_i 或 R_L 在一定范围内变化时, 输出电压几乎保持不变。

在串联式稳压电路中, 稳压管的工作电流应在最大及最小稳定电流之间。

1.4.4 串联式稳压电路的改进

实际应用中的串联式稳压电路还应具有输出电压调节、扩大输出电流、有必要的过载保护电路等, 下面介绍这三种电路。

1. 输出电压调节电路

在取样电路上加装电位器, 改变电位器的可动触头位置即可改变取样电压 U_{B1} , 进而达到调整输出电压 U_0 的目的, 电路如图 1-13 所示。

这是因为

$$U_{B1} = U_{BE1} + U_D$$

并且

$$U_{B1} = U_0 \frac{R'2}{R'2 + R'1} = \frac{U_0 R'2}{R1 + R2 + P1}$$

或写成

$$U_0 = U_{B1} \frac{R'1 + R'2}{R2} = (U_{BE1} + U_D) \frac{R'1 + R'2}{R'2}$$

其中稳压管的稳定电压 U_D 为已知的定值, U_{BE1} 约为 0.7V。已知 $R1$ 、 $R2$ 及 $P1$ 的值, 就可估算出 U_0 的极大值和极小值。当 $R'2 = R2$ 时, 可得 U_{0max} :

$$U_{0max} = U_{B1} \frac{R1 + R2 + P1}{R2}$$

当 $R'2 = R2 + P1$ 时

$$U_{0min} = U_{B1} \frac{R1 + R2 + P1}{R2 + P1}$$

要求 U_0 在这个最大、最小值之间调整时, 要保证基准电压 U_D 的稳定。

2. 输出电流的扩大

当调整管只有一个 T_2 时, 该稳压器输出电流在 100 ~ 200 毫安级。这是因为比较放大

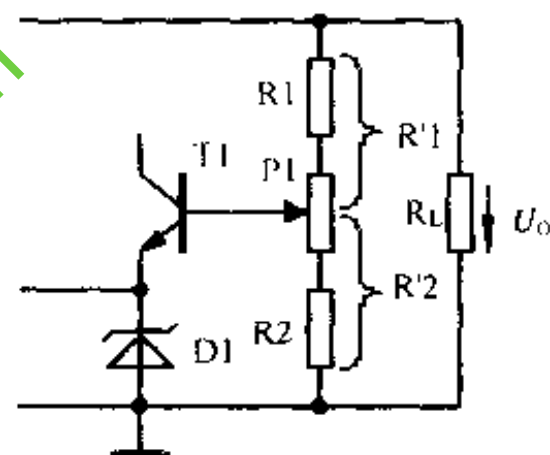


图 1-13 U_0 调节电路

管 T1 能控制 T2 的基极电流 I_{B2} 为微安级, 而 T2 集电极电流 $I_{C2} = \beta_2 I_{B2}$, 不超过 100 ~ 200 毫安。采用 2 ~ 3 只晶体管组成的复合调整管可满足大电流输出的要求, 如图 1-14 所示。

在这个电路中, 合成电流 I_{C3} 为

$$I_{C3} = I_{B3} \beta_3 = I_{B2} \beta_3 = I_{B2} (1 + \beta_3) \beta_3 \approx \beta_2 \beta_3 I_{B2}$$

采用复合管后, 输出电流可增加很多。例如, 设 $\beta_2 = \beta_3 = 50$, $\beta_2 \beta_3 = 2500$, 若 I_{B2} 为 1mA, 则 I_{C3} 为 2.5A。

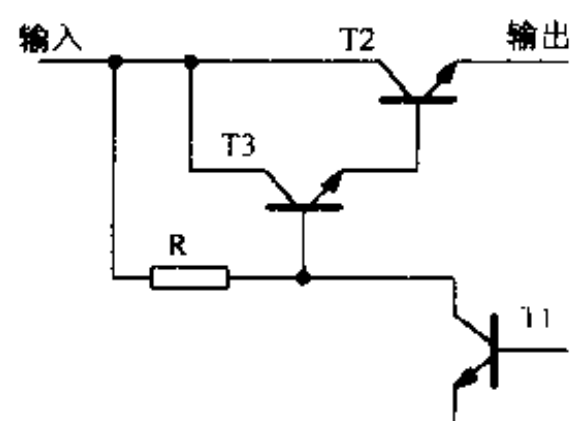


图 1-14 用复合管扩大输出电流

3. 增加保护电路

当稳压器输出电流过大或输出短路时, 调整管的电压和电流都可能超过额定值, 而引起元件损坏。所以常用的稳压器除在输入电源上接快速熔断保险外, 还必须设置有过载保护措施。保护电路很多, 通常可分为限流型和截止型两大类。

(1) 用稳压管保护, 其电路如图 1-15 所示。

电路中的 R 为检测电阻, 用以检测出输出电流的大小; D 为低压硅稳压管, 可在必要时对调整管基极电流起分流和限制作用。

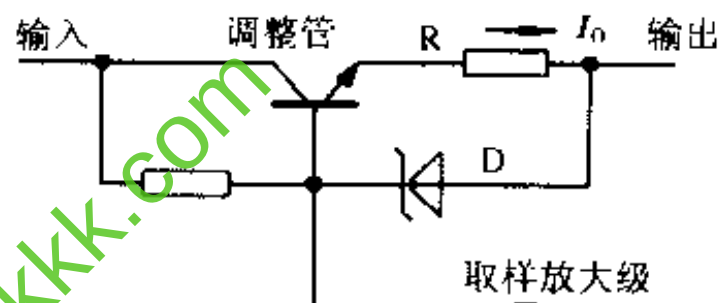


图 1-15 使用稳压管的过流保护电路

当输出电流 I_o 小于一定值时, $U_{BE} + I_o R < U_D$, 稳压管 D 的外加电压小于其反向击穿电压, D 截止, 对整个电路无影响; 当输出电流 I_o 大于设定值时, $U_{BE} + I_o R \approx U_D$, 该稳压管被击穿, 起到稳压作用, 使

$$U_{BE} + I_o R = \text{稳定值}$$

并不再变化。此时, 限制稳压器的最大输出电流为

$$I_o = (U_D - U_{BE}) / R$$

在上式中, U_D 为保护稳压管的稳压值; U_{BE} 为调整管发射结正电压; R 为检测电阻。我们已经知道, 对于硅管, $U_{BE} \approx 0.7V$, 为使 R 不致损耗太大的输出功率, 其值不应过大, 可见, U_D 也不应过大, 通常约为 1 ~ 2V。

(2) 图 1-16 是由三极管组成的过流保护电路。

电路中, R_B 为保护管的基极电阻, R 为检测电阻。当检测电压 $I_o R$ 小于保护管发射结导通电压和 R_B 上的压降时, 保护管不工作, I_o 在安全范围内工作; 当 I_o 大于一定值时, $I_o R$ 将使保护管导通, 其集电极电流为调整管的基极电流分流, 使调整管基极电流、集电极电流及输出电流 (射极电流) 相应减小, 从而起到限制作用。

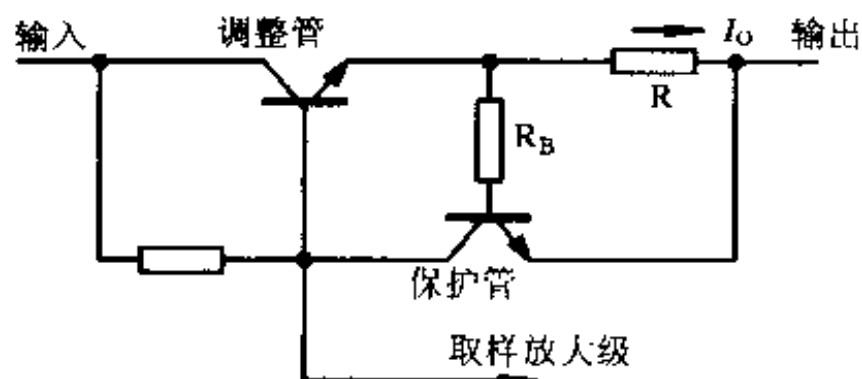


图 1-16 由三极管构成的过流保护电路

1.5 线性集成稳压电源

1.5.1 三端固定电压输出集成稳压器

随着集成电路规模的发展,电子设备的体积、重量和功耗越来越小,对比起来,电源部分的体积和重量显得过大,因此对电源电路的集成化、小型化及性能提出了越来越高的要求。国外在 20 世纪 60 年代中期出现了小功率多端可调式集成稳压器,大约 10 年以后,国内也出现了如 WA700 系列、WB700 系列、Y200 系列、W723、5G14、W611、W616、XWY8、XWY9 等各种类似产品。这些稳压器需要外接较多的元件,如取样电阻、消振电容、调整管以及各种过载保护电路才能工作。后来便出现了使用更方便的“三端固定电压式集成稳压器”,它只有一个输入端、一个输出端和一个公共端,使用安装和三极管一样方便。国内的 W78 系列便是三端集成稳压器,它与国外的 MC78、 μ A78 等系列相同,因具有性能优良、可靠性高等优点,应用很广泛。

W78 系列是具有固定输出电压分别为 5V、9V、12V、15V、18V、24V 的三端正输出稳压器,对应型号为 W7805、W7809、W7812、W7815、W7818、W7824。这个系列的产品加上适当的散热器,输出电流可达 1.5A。

W78 系列三端集成稳压器有金属外壳封装和塑料封装两种形式,外形及在电路图中的常见画法如图 1-17 所示。

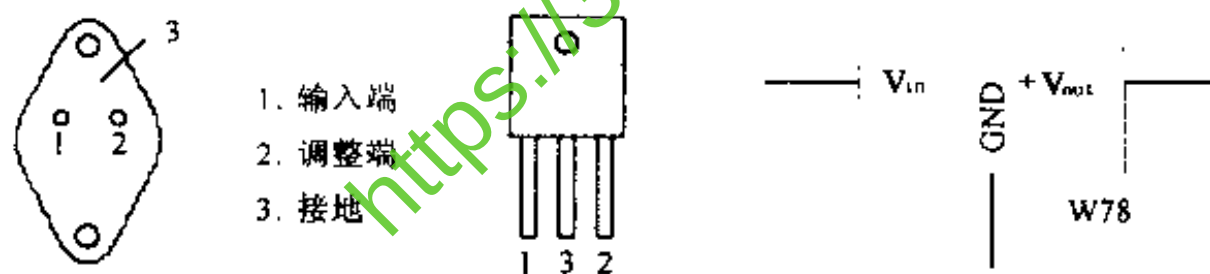


图 1-17 W78 系列稳压器外壳封装及常见画法

W78 系列三端集成稳压器的原理方框图如图 1-18 所示。

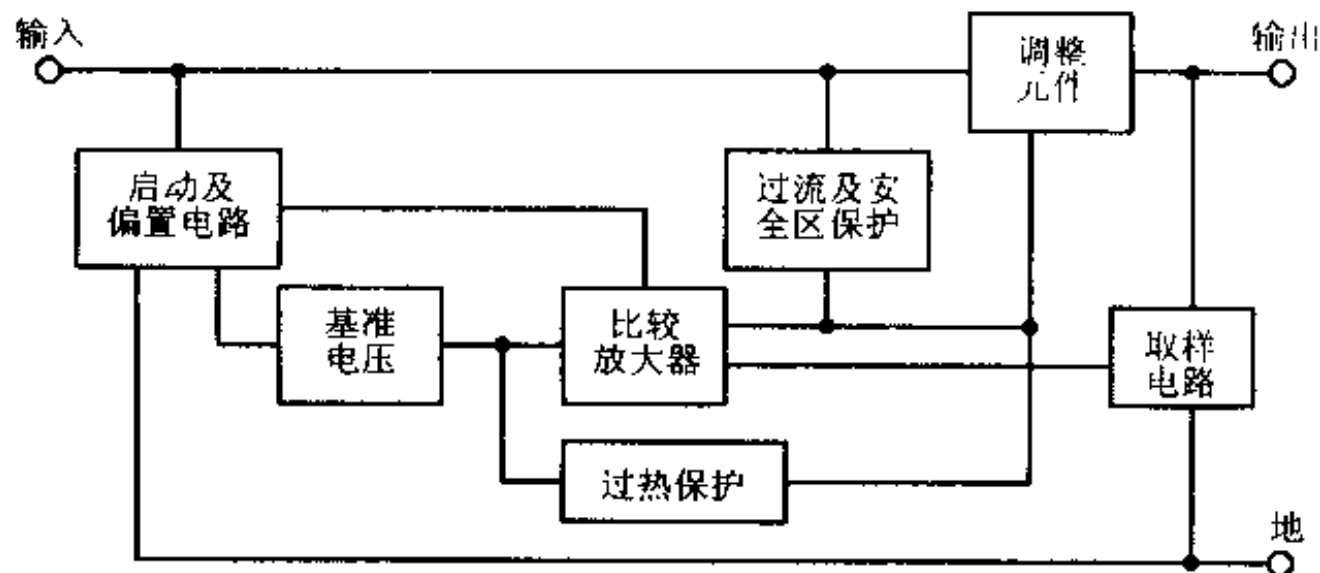


图 1-18 W78 系列三端集成稳压器内部方框图

由于 W78 系列三端集成稳压器的所有主要部分都已集成在管心上,通常在使用时只需接到整流滤波电路之后,而不必外接其他元件即可工作,这样就可简化电路板的设计,减小电源部分的体积。如果适当外接少量元件还可扩展其功能,如组成输出电压可调的稳压器。也可以将输出电压扩展到 24V 以上,增加扩流元件可把输出电流扩展到 1.5A 以上。

W78 系列稳压器具有较完善的短路和限流保护、过热保护和调整管安全工作区保护电路,因而它的工作是比较可靠的。

W78 系列三端集成稳压器的内部等效电路如图 1-19 所示。

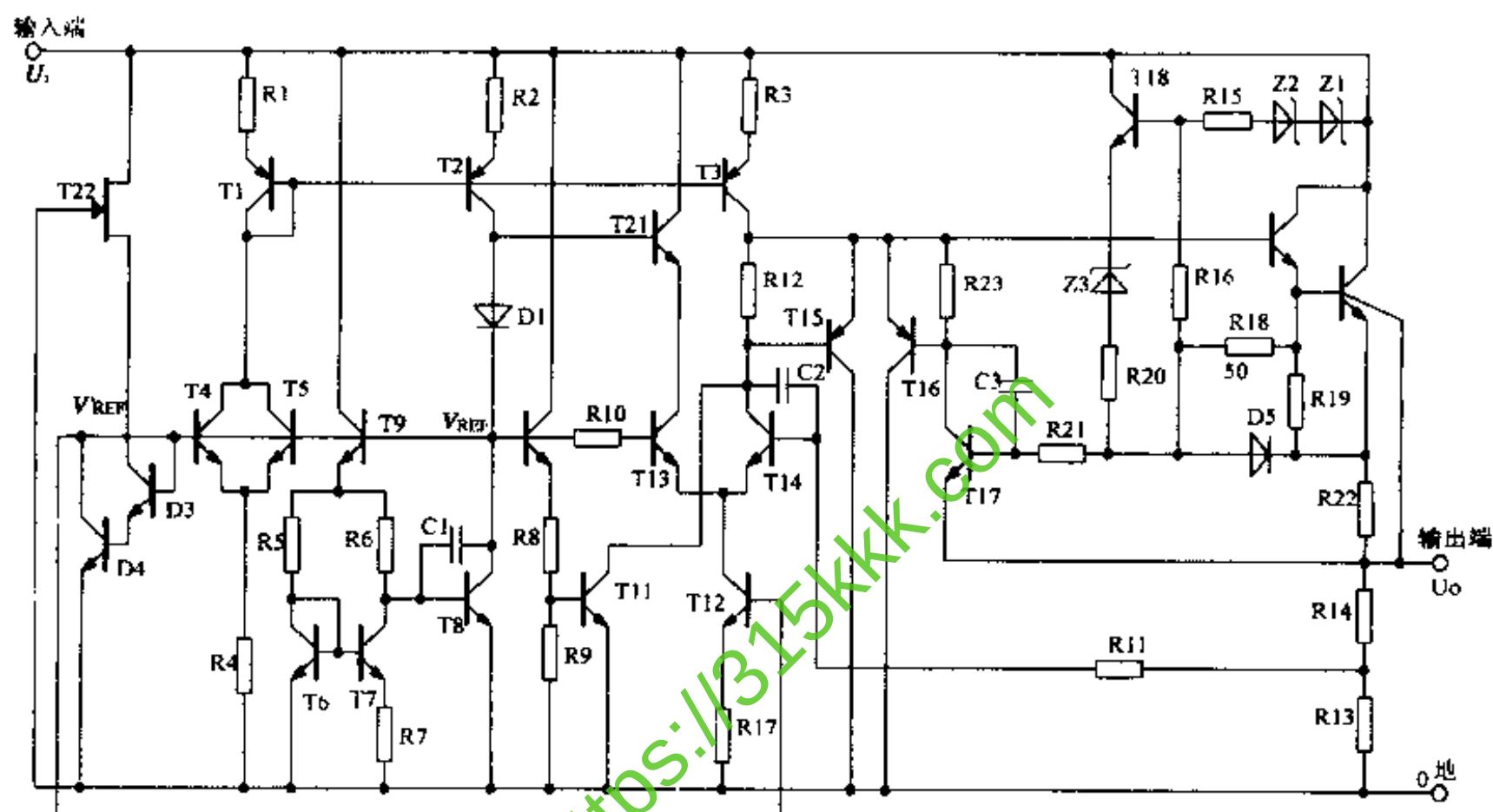


图 1-19 W78 系列稳压器的内部等效电路

1.5.2 启动及偏置电路

改变 W78 系列稳压器中的采样电阻,就可以得到 5 ~ 24V 的输出电压,同时,为了生产的方便,应该使它在不同的输入电压下工作点基本一致,这就要求采用恒流源来确定工作点(因为不管输入电压怎样变化,恒流源流出的电流基本不变)。但恒流源电路不能为自己建立工作点,因此需要有启动电路。W78 系列稳压器的启动电路由 N 沟道 J 型场效应管 T22 与晶体管 T4、D3、D4 组成,只要在输入端和公共端之间加上输入电压,就有电流流过 T22 和 D3、D4。D3、D4 的发射结给 T22 提供一个 $-1.2V$ 的偏置电压,使 T22 工作在恒流状态,D3、D4 的压降同时给晶体管 T4 建立 $V_{B4} \approx 1.2V$ 的偏压,使 T4 导通,T4 又给晶体管 T1、T2、T3 提供了偏置电流通路,使他们导通,并提供一定的集电极电流。其中 I_{C2} 通过 D1、R5、R6 为 T6、T7、T8、T9 提供基极偏流,使它们导通,并由 T8、T9 的正向 BE 结电压和 V_{R6} 组成基准电压源,其电压基准为 $V_{REF} = V_{BE9} + V_{R6} + V_{BE8} = V_{BE5} \approx 2.8V$ 。这时,由于 $V_{BE5} \approx 2.8V > V_{B4} \approx 1.2V$,故 V_{REF} 建立后,T5 将导通,并迫使 T4 的发射结反偏,使 T4 截

止,这时启动电路将完成其启动任务,并被截止的 T4 管与后面的主偏置电路相隔离。与此同时,通过场效应管 T22 在 T3、T4 上所建立起来的 1.2V 基准电压 V'_{REF} 给稳压器的差分放大管 T13、T14 的有源射极电阻恒流管 T12 建立起固定偏压,因为 T12 的发射结压降 $V_{BE12} \approx 0.6V$,所以 R17 两端的压降 $V_{R17} \approx 0.6V$,这就确定了它的工作点电流 $I_{E13} + I_{E14} \approx I_{R17} \approx 0.6V/R17$ 。这样,通过启动电路便为差分放大管 T13、T14 确定了工作点电流,不管输入电压怎样变化,该电流基本不变,从而保证了 W78 系列产品对输入电压具有较好的适应性。

1.5.3 采样及比较放大电路

W78 系列稳压器的比较放大器由 T13、T14 组成,是典型的差分放大电路,其有源射极电阻由 T12、R17 组成,采用有源射极电阻是为了利用动态较高的恒流源引入较强的负反馈,以稳定差分电路的工作点。基准电压 V_{REF} 通过偏置电阻 R10 加到 T13 的基极。R13、R14 组成采样电路,它是由一个电阻网络构成的,在输出电压不同的稳压器中(如 5V、12V),采用不同的串、并接法,形成不同的分压比来控制输出电压的大小,形成 5V、12V 等一系列预定输出电压。采样信号 $R13/(R13 + R14) V_o$ 通过 R11 加到 T14 的基极,并与 V_{REF} 进行比较,比较放大后的误差信号通过 T14 的集电极单端输出,去控制调整管 T19、T20。接在 T14 管集电极和基极之间的电容 C2 起高频负反馈作用,以抑制稳压器可能出现的自激振荡,T3、R3 组成放大管 T14 的有源负载。T14 的集电极上还接有 R12 和 T15,假如没有 T15 和 R12,T3 和 R3 组成的恒流源电流 $I_{C3} (I_{C14} + I_{B19})$ 应能保证在满载时推动调整管 T19、T20,使之能输出 1.5A 的负载电流。这时的 I_{B19} 最大,为 I_{B19max} ,而流入放大管 T14 的电流已达最小值,为 I_{C14min} ,当稳压器空载,即输出端开路时,输出电流 $I_o = 0$,这时 I_{C20} 近似为零,故其推动电流 I_{B19} 也近似为零。因此 I_{C3} 将全部流入放大管 T14,所以这时 I_{C14} 最大,有 $I_{C3} = I_{C14max}$ 。当输出负载电流发生变化时,T14 的工作电流将有较大的变化。而实际上,比较放大电路的设计不允许 I_{C14} 有太大的变化范围,因此在 T14 和恒流源之间插入了由 R12、T15 所组成的缓冲级,当负载电流由 1.5A 减小时, I_{B19} 也随之减小,而 $I_{C14} (I_{C3} - I_{B19})$ 逐渐增大,当 I_{C14} 增大到使 $V_{R12} = I_{C14} \cdot R12 > 0.6V$ 时,T15 将开始导通,并对 I_{C3} 分流。输出电流越小, I_{C14} 越大,T15 的分流作用就越强,因此,T15 起到了帮助 T14 吸收一部分 I_{C3} 的缓冲作用。此外,R12、T15 也是稳压器热过载保护电路的一部分。

在稳压器工作时,由于输入电压会有较大的波动,在 W78 系列稳压器中,T14 的集电极通过恒流源与输入端隔离,为使输入的波动不影响 T13,在 T13 的集电极与输入端之间插入了 T21 进行隔离,并通过二极管 D1、晶体管 T21 把 T13 的集电结钳位在近似为零偏的状态(因 $V_{R10} = I_{B13} \cdot R10$ 很小,分析时认为 $V_{R10} \approx 0$,又假定 $V_{D1} \approx V_{BE21}$,故有 $V_{B13} \approx 0$),这就使 T13 的管压降始终被钳制在 $V_{CE13} \approx V_{BE13} \approx 0.6V$,不受输入电压波动的影响。W78 系列的放大电路比较简单,但因为采用了由 T3 组成的有源集电极负载,并通过 T19、T20 复合射随器与负载隔离,因而仍具有较高的电压放大倍数,以保证它具有较好的稳压精度。

1.5.4 保护电路

W78 系列稳压器有完善的保护电路,主要有过热、过流及调整管安全工作区保护电

路。

过热保护电路由 T10、T11、R8、R9 以及 R12、T15 等组成。由于晶体管 T10 的基极电压就是基准电压 V_{REF} ，该电压是固定的，所以 T10 将向 R8、R9 提供恒流，并使 R9 两端压降 $V_{R9} = V_{BE11} \approx 0.4V$ ，这时晶体管 T11 是截止的，保护电路不工作。晶体管 T11 的位置在芯片上靠近大功率调整管 T20，所以可以较快地感受到芯片的热过载信号。如果芯片的温度达到 $125^{\circ}C$ 以上，根据晶体管的 V_{BE} 随着温度的升高而下降的特点，T11 基极间的导通电压将由 $0.6V$ 下降到 $0.4V$ 左右，又由于 $V_{R9} \approx 0.4V$ ，所以这时 T11 便导通，通过 R12 对恒流源 I_{C3} 进行分流。当这个分流电流较大时，又将使 R12 两端压降 V_{R12} 增大到足以使 T15 导通，T15 将原来驱动调整管基极的电流短路到地，从而使调整管 T19、T20 截止，并关断稳压器，这就防止了芯片温度的进一步上升，直到温度下降到安全线以下，稳压器才恢复正常的工作状态。

过流保护电路由 R22、R19、R18、R21、T17 组成，当稳压器的输出电流超过 $1.5A$ 时，采样电阻 R22 上的压降将增大，这时 $V_{R19} + V_{R22}$ 将超过 $0.7V$ ，并通过 R18、R21 向 T17 注入一定的基极电流，使 T17 导通。T17 的导通将通过 R23 对 I_{C3} 分流，从而限制了流入调整管基极的驱动电流，使输出电流被限制在 $1.8A$ 左右而不致过大。因 W78 系列稳压器采用电流限制型的过流保护措施，它对瞬间的输出短路故障能起到较好的保护作用，并在输出端故障排除后自动恢复工作。

由 Z1、Z2、R15、T18、Z3、R20、R21、T17、R23、T16、R18、R19、D5、R22 组成了调整管安全工作区保护电路。对于大功率晶体管，可以根据其集电极最大允许电流 I_{CM} 、集电极最大允许电压 BV_{CE0} 、集电极直流功率耗散线 P_{CM} 以及二次击穿功耗线 P_{SB} 做出它的安全工作区，图 1-20 中被 4 条线所包围的区域即是。

晶体管在工作时，只要其工作点不超出这个范围就是安全的。当稳压器出现输出端对地短路，或输入电压意外升高时，就会使调整管压降 V_{CE20} 过大，保护电路就开始工作。

在调整管压降 V_{CE20} 小于 $14.5V$ 时，稳压器提供了最大的输出电流 I_{OM} ，如图 1-21 中的线段 A，这时稳压器仍处于正常工作状态。

当调整管压降 V_{CE20} 在 $14.5 \sim 22V$ 之间时，与调整管 T20 的 c、e 极并联的 Z1、Z2、R15、R16、R18、R19 支路将因稳压管 Z1、Z2（其击穿电压约为 $7V$ ）被击穿而导通，这时的击穿电流 I_Z 与 $V_{CE20} - (V_{Z1} + V_{Z2})$ 成正比。 I_Z 流过 R18、R19 时，R19 上的压降 V_{R19} 仍被钳位在近似等于 $0.6V$ 上，而 R18 上的压降 V_{R18} 则是一个附加的压降，处于尚未导通状态的 T17 在附加的 V_{R18} 驱动下导通，这时的导通条件为 $(V_{R18} + V_{R19} + V_{R22}) > 0.7V$ ，可见 V_{CE20} 越大则 I_Z 越大，相应地 V_{R18} 就越大，这时即使 V_{R22} 较小，保

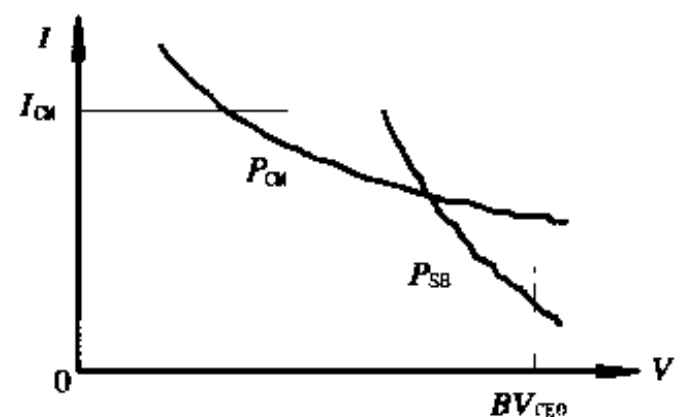


图 1-20 大功率管的安全工作区

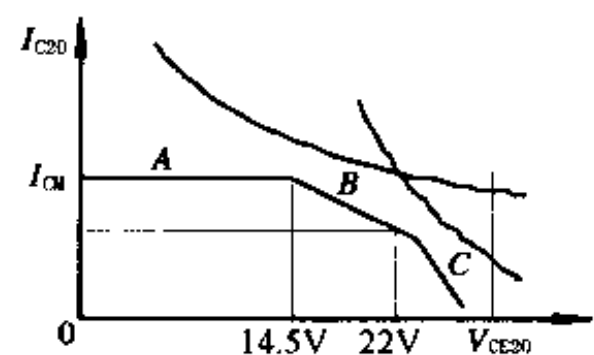


图 1-21 大功率管最大的输出电流 I_{OM}

护管 T17 也能导通,或者说为使 T17 工作所对应的输出电流限制值 I_0 就相应减小。因此当 V_{CE20} 超过 14.5V 后,稳压器被 T17 所限制的最大输出电流将逐渐减小。

当调整管压降 V_{CE20} 超过 22V 时, I_Z 增大,相应地 V_{R16} 也增大,以致使 T18、Z3 导通,从而使 T18 产生较大的集电极电流 I_{C18} ,这个电流流过 R18、R19 形成较大的压降,并进而使二极管 D5 导通,同时对 $(V_{R18} + V_{R19})$ 钳位,使它稍大于 0.7V,这时在大于 0.7V 的 V_{D5} 的驱动下,保护管 T17 将饱和导通,并有较大的电流 I_{C17} 流过。当 I_{C17} 增大到使 $I_{C17}R_{23} \approx 0.7V$ 时,晶体管 T16 将被 V_{R23} 驱动而导通,这样就把恒流管 T3 原来注入调整管的基极驱动电流通过 T17、T16 全部转移到电源地,使调整管 T19、T20 截止并关断稳压器,使输出电压迅速下降至近似为零(这时虽然 $I_{C20} = 0$,但 I_{C17} 、 I_{C18} 仍流出稳压器,并在负载上形成很小的输出电压),从而使 T20 的工作点避开 BV_{CEO} 及二次击穿功耗线而保护了调整管。当 V_{CE20} 大于 22V 时,调整管电流 I_{C20} 的变化如图 1-21 中的线段 C 所示。

稳压器在轻负载下工作时,当 V_{CE20} 超过 14.5V, Z1、Z2、R15、R16、R18、R19 支路导通后,因 $V_{R22} = I_0 R_{22} < I_{OM} R_{22}$,这时保护管 T17 并不马上导通, I_0 也不会立即减小,而是要等 $V_{R18} + V_{R19} + I_0 R_{22}$ 大于 0.7V 后, T17 才开始导通,并对输出电流进行限制。这种保护并不完全以 V_{CE20} 是否超过 14.5V 而开始动作,而是以调整管的工作点将超出安全工作区时才开始工作的,故称为安全工作区保护而不是过电压保护。

稳压器出现故障后, W78 的保护功能是互相关联的,如输出短路引起过流的同时也必然使调整管的管压降增大,并使调整管发热而引起安全工作区及热过载保护电路动作。

1.5.5 三端集成稳压器的并联应用

三端集成稳压器使用方便,但由于它的输出电流只能达到 1.5A,在负载要求较大的场合就无法满足要求。在实际应用中,有很多对三端稳压器进行扩流的电路,但比起利用多个稳压器并联进行扩流都显得复杂了许多。图 1-22 是由两个及两个以上的 W78 系列稳压器组成的扩流电路。

这个电路保持了三端稳压器的过热、过流保护功能,它输出的电流为组成扩流电路的集成稳压器的个数乘上 1.5A,即 $I_0 = n1.5A$ 。该电路除了使用两个电容 C1、C2 外,其余的均为同一型号的三端稳压器,电路很简单且不用调整,有较好的实用性。

图 1-23 是用两块三端稳压器组成的输出电流为 3A 的稳压电路。

若 IC1 输出电压值为 U_{o1} , IC2 的输出电压值为 U_{o2} ,且 $U_{o1} > U_{o2}$,则该电路输出电压 U_o 与输出电流 I_0 的关系如图 1-24 所示。

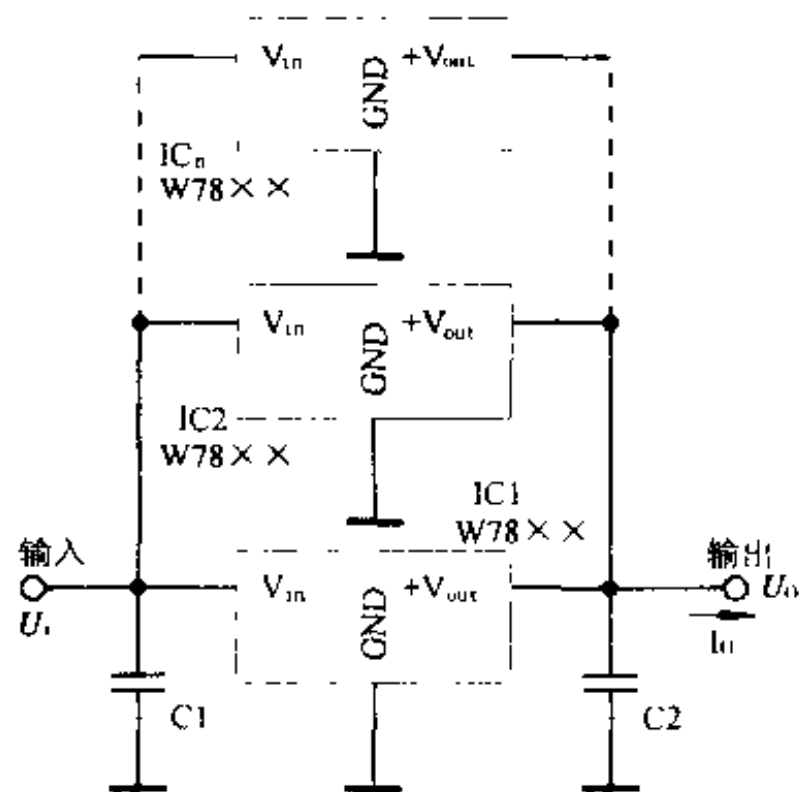


图 1-22 W78 系列稳压器组成扩流电路

由此可知,在输出电流 $\leq 1.5\text{A}$ 时,稳压器并联电路的输出电压为 U_{o1} 。这是因为在IC1、IC2并联情况下,由于 $U_{o1} > U_{o2}$,导致IC2内部的取样放大电路促使IC2内部的调整管处于截止状态,所以输出电流小于1.5A时,输出的电压就是IC1的额定输出电压。当输出电流超过1.5A时,由于IC1内部电路的限流作用会使其输出电压下降,当它的输出电压下降到与IC2的额定输出电压相同时,IC2将和IC1一起开始向负载电路供电,它们可提供的最大电流就是 $I_{o1} + I_{o2} = 3\text{A}$,此时的输出电压就是IC2的额定输出电压 U_{o2} 。

当选用的稳压器的额定输出电压相同,即 $U_{o1} = U_{o2}$ 时,则在输出电流0~3A的范围内, $U_o = U_{o1} = U_{o2}$,这是最理想的情况。

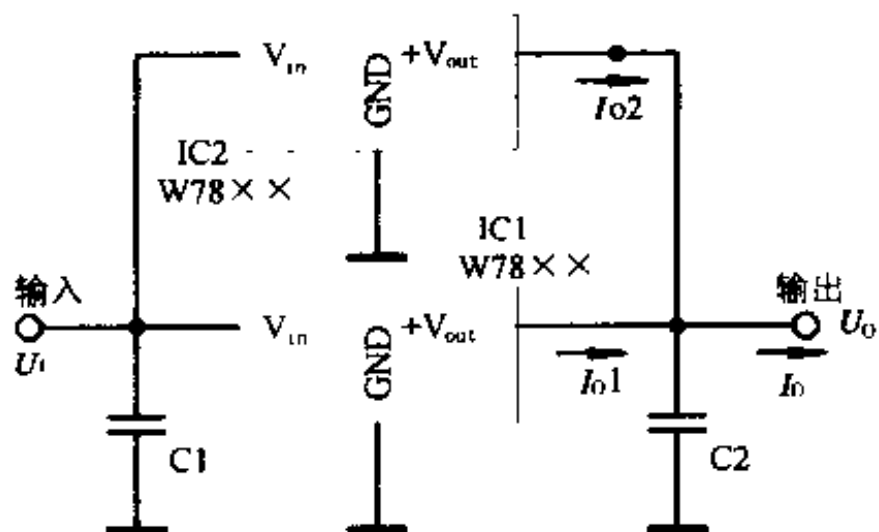


图 1-23 两只三端稳压器组成输出 3A 的稳压电路

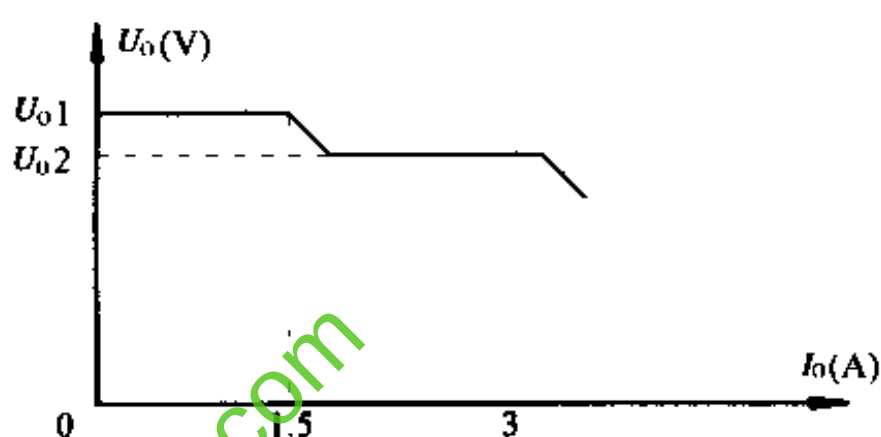


图 1-24 输出电压 U_o 与输出电流 I_o 的关系

1.5.6 多端集成稳压电源电路 W723

W723 集成电路稳压器由基准电压、恒流源、差分放大器、调整电路及过流保护电路几部分组成,特别是采用了恒流源作基准电压,并且加了温度补偿,因此温度性能极好。图

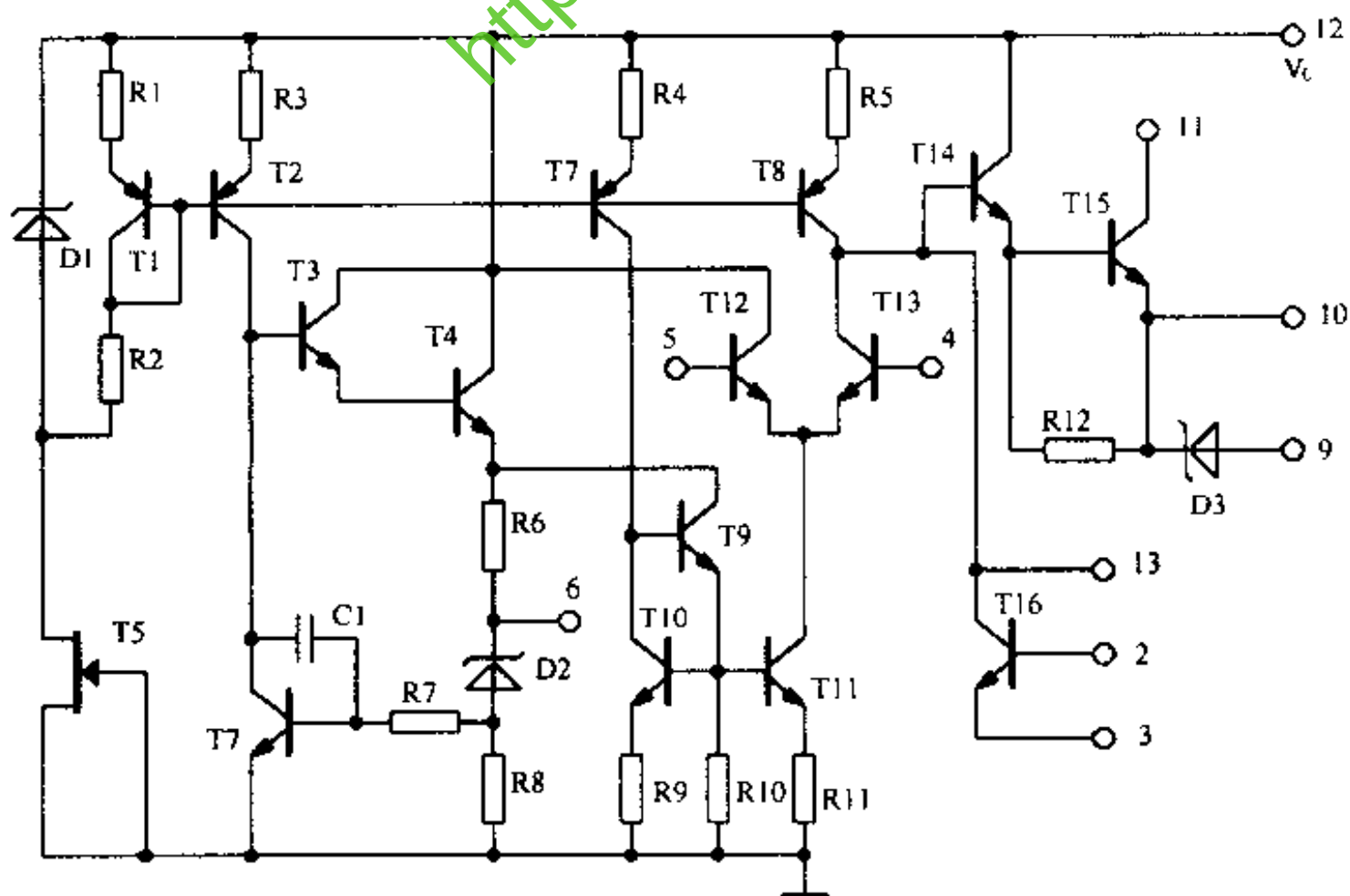


图 1-25 集成稳压电源电路 W723 内部电路组成

1-25 为其内部电路组成。

使用 W723 组成的稳压电源如图 1-26 所示, 其输出电压可在 9~24V 连续可调, 负载电流可达 2A, 内阻小于 0.05Ω , 纹波电压小于 1mV。

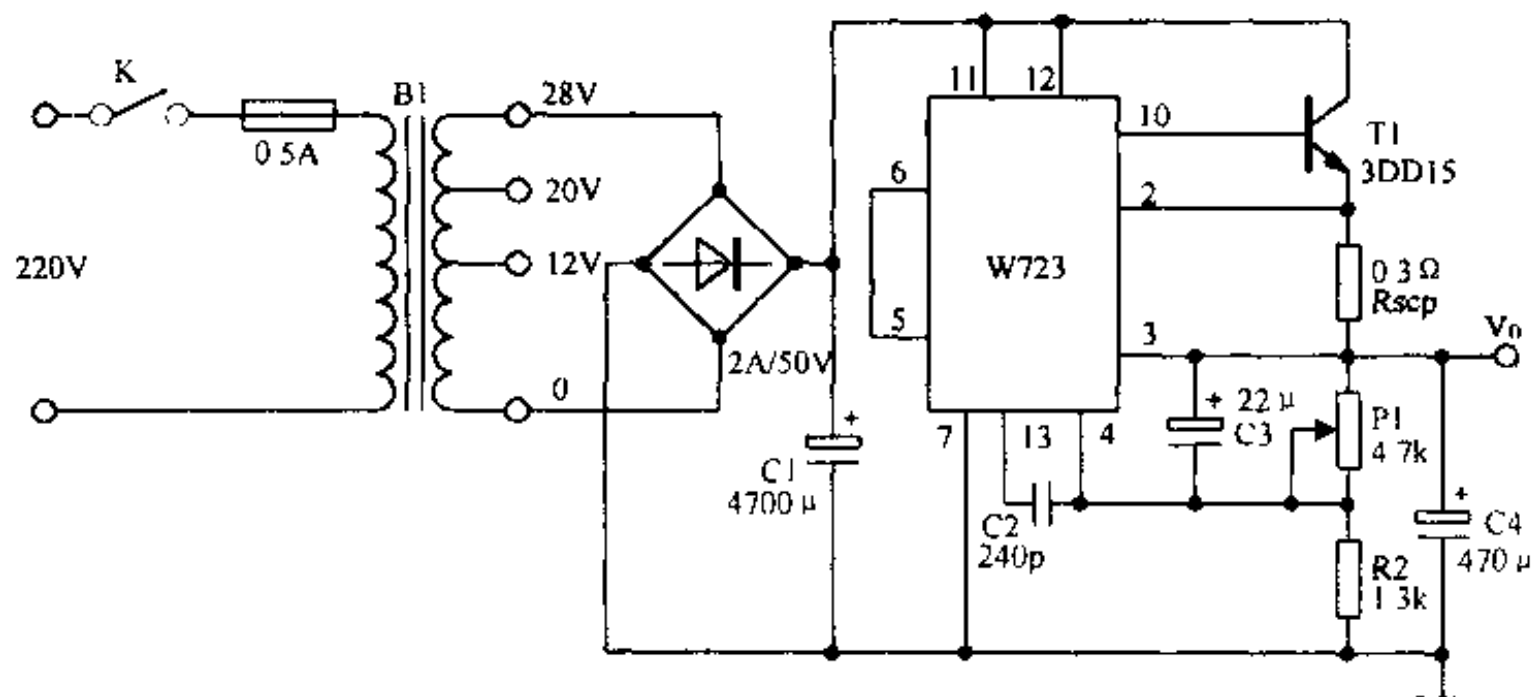


图 1-26 W723 组成的稳压电源

电路中的变压器可选择输出电流 2A 以上的, 过流保护电阻 R_{scp} 可用电阻丝自行绕制, 应使用电桥测其电阻为 0.3Ω 。扩流管 T1 应选用 β 大于 100 的大功率管, 并要安装在 $250\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的铝质散热板上。

1.6 线性集成稳压器(W317)

三端可调式稳压器 W317 的外形及内部电路如图 1-27 所示, 它没有接地端, 采用只

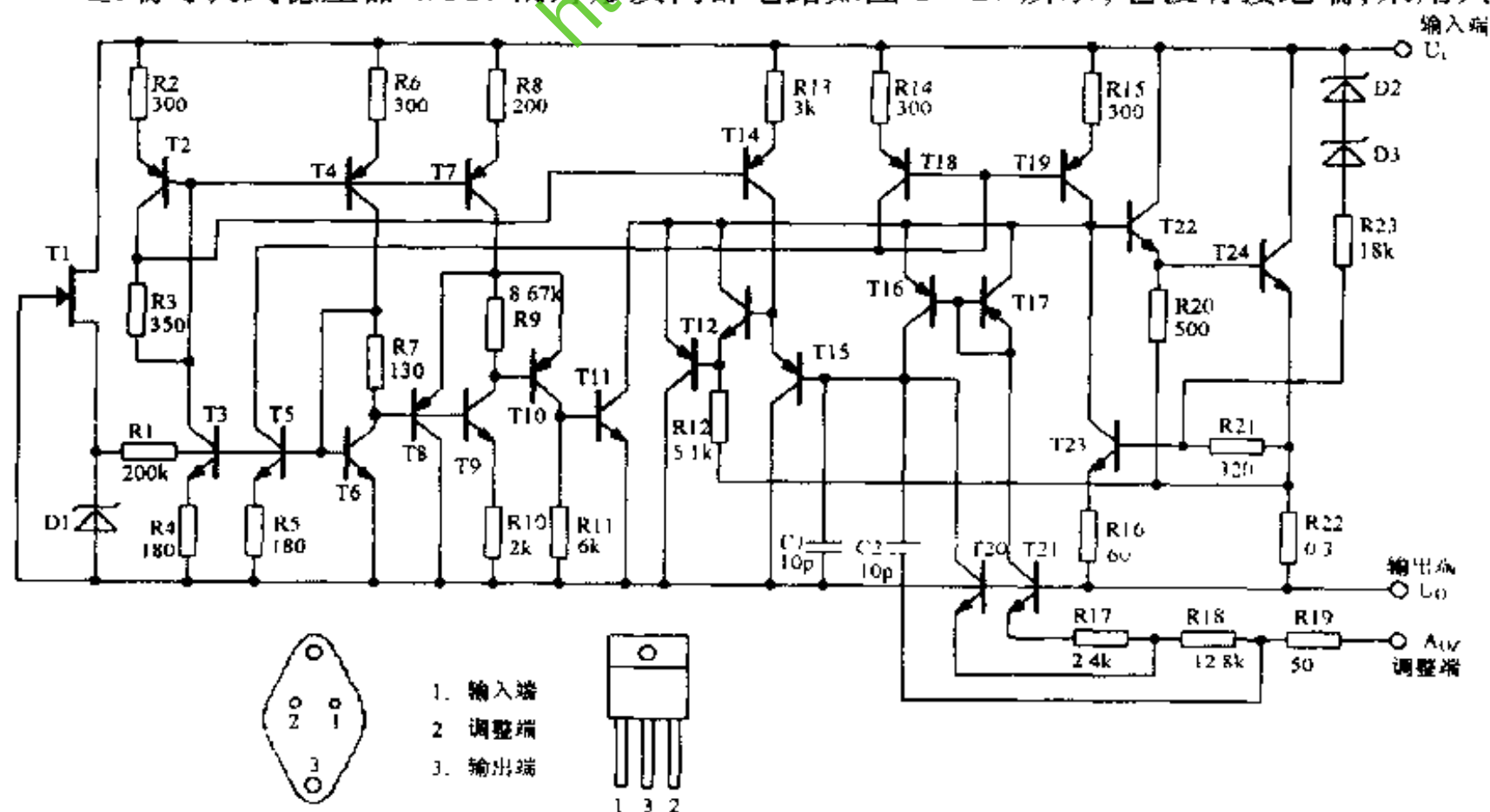


图 1-27 可调式稳压器 W317 的外形及内部电路

有“输入端”、“输出端”和“调整端”的悬浮式电路结构。W317 具有较高的性能指标,它的电压调整率可达 0.02%,电流调整率可达 0.1% 以上,纹波抑制比为 66dB。

从图 1-27 可以看出,其误差放大器、偏置电路及保护电路等都接在输入端和输出端之间,而只有它的基准电路例外,相当于接在误差放大器的同相输入端和调整端之间。

1.6.1 基准电路

W317 内部电路中,由 T16、T17、T20、T21 组成了一个封闭的超级恒流系统,它作为该稳压器的基准稳压电路。它的电流约为 $50\mu\text{A}$,从稳压器的调整端输出。在 W317 中,T16、T17 的物理结构相同,几何尺寸相等,组成镜像恒流源,其电流比为 1:1。T20、T21 的物理结构相同,而几何尺寸不同,为了确定超级恒流源的工作点,T20、T21 的发射极的周长面积之比为 1:10,因流过这两点的电流相同,所以其发射极的电流密度比为 10:1。由于电流密度不同造成的 U_{BE} 之差,用电阻 R17(2.4k)的压降来弥补,于是 R18 上的电流是 T21 发射极电流的两倍。

因超级恒流系统被输出调整管 T22、T24 的两级 U_{BE} 电压钳位,所以,当输入、输出电压差在很大的范围内变化时,这 4 只晶体管的工作电压几乎不变,因此其工作点也就不变。稳压器调整端电流只由 T20 及 T21 之电流密度之比和电阻 R17 阻值确定,所以该电流十分恒定,因此流过电阻 R18 的电流就十分恒定。电阻 R18 上的压降叠加上 T20 管的 U_{BE} 电压,就构成了该稳压器的基准电压 1.25V。

基准电路中的 T20 同时又作为稳压器的误差放大器的主放大管,它是一个共发射极放大器。由 T16 组成的恒流源做 T20 集电极有源负载。稳压器输出电压的变动信号,全部馈送至 T20 基极,它与基准电压比较后的误差信号被 T20 放大,从其集电极输出后经三级射随器进行电流放大,第一级是 T15, T14 是它的有源负载;第二级是 T13, T12 是它的负载;第三级是 T12, T19 是它的有源负载,并给输出调整推动管 T22 基极注入电流,再由 T22 推动末级管 T24。调整管 T24 的射极输出电压就是稳压器的输出电压,该电压再馈送至 T20 的基极,形成的是 1:1 的全反馈,因此稳压器的输出端至调整端电压与基准电压相等。

1.6.2 稳压过程

若由于某种原因使稳压器的输出电压 ΔU_o 增大(如输入电压变高或负载变轻),由于稳压器采用了全反馈,所以误差放大管 T20 基极电位 U_{b20} 也增加 ΔU_o ,其集电极电位 U_{c20} 则下降,于是 T15 的射极电位 U_{e15} 下降,致使 T13 射极电位 U_{e13} 下降, T12 射极电位 U_{e12} 随之也下降,导致 T22 基极电位 U_{e22} 下降,注入电流减小,其基—射极之间的等效电阻增大,迫使输出电压 U_o 降低,直至与基准电压相平衡为止。

1.6.3 保护电路

T23 和电阻 R22(0.3Ω)用于过载或短路保护。当输出电流过大,在电阻 R22 上的压降超过 0.6V 时, T23 导通,其集电极电流将会分流注入 T22 的电流,并迫使其截止。T23 还与稳压二极管 D2、D3 及电阻 R23 一起组成调整管安全工作区保护电路。当稳压器输

入、输出之间压差超过稳压管 D2、D3 的击穿电压(14V)时,在 D2、D3 及 R23 支路中将产生电流,该电流随着稳压器输入、输出的压差增大而增大,并先经电阻 R21、R22 流出,待它在电阻 R21、R22 上的压降超过 0.6V 时,T23 也会导通,分流 T22 的基极电流。这样可以保证稳压器在较大的输入、输出压差下工作时,输出电流不会过大,就使得输出调整管的工作总保持在其安全工作区内。

T10 为热敏保护元件,其发射极和基极接于电阻 R9 两端,当 W317 工作在规定的温度范围内时,T10 不工作。当芯片温度升高到 150℃ 左右,T10 的 U_{BE} 阈值下降到约 0.45V 时,T10 导通,产生的集电极电流经 T11 放大,控制 T22,从而使 T24 输出电流减小,于是稳压器的功耗降低,使芯片不会超过最高结温。

1.6.4 启动电路

T1 是个结型场效应管,它同二极管 D1、电阻 R1 组成启动电路,R1 给 T3、T5、T6 注入基极电流后启动各组恒流源,其中 T2、T3、T4、T6 组成一个恒流闭合系统。T2 集电极启动 T14 组成的小电流源,它形成很高的等效阻抗,作 T15 射极有源负载。T5 启动 T18、T19 组成的恒流源,它作为 T12 射极有源负载。T19 同时又为 T22 提供基极电流,以便通过 T22、T24 为负载提供电流。T6 集电极启动 T9,使 T9 和 T7 中流过一个恒流,该恒流几乎不随温度和输入电压而变化。在 T7 与 T9 集电极之间串接有一只电阻 R9(8.67k),稳压器正常工作时,R9 上的压降为 0.45V,该电压作为过热保护管 T10 的 U_{BE} 阈值电压。

1.6.5 应用电路

与 W317 同系列的稳压器还有 W117、W217 集成电路以及 W317T、W317M 等,它们的区别在于封装形式、输出电流及功耗。使用 W317 组成的稳压电源具有电路简单可靠等很多优点,所以应用广泛。

由 W317 组成的可调式集成稳压器如图 1-28 所示。

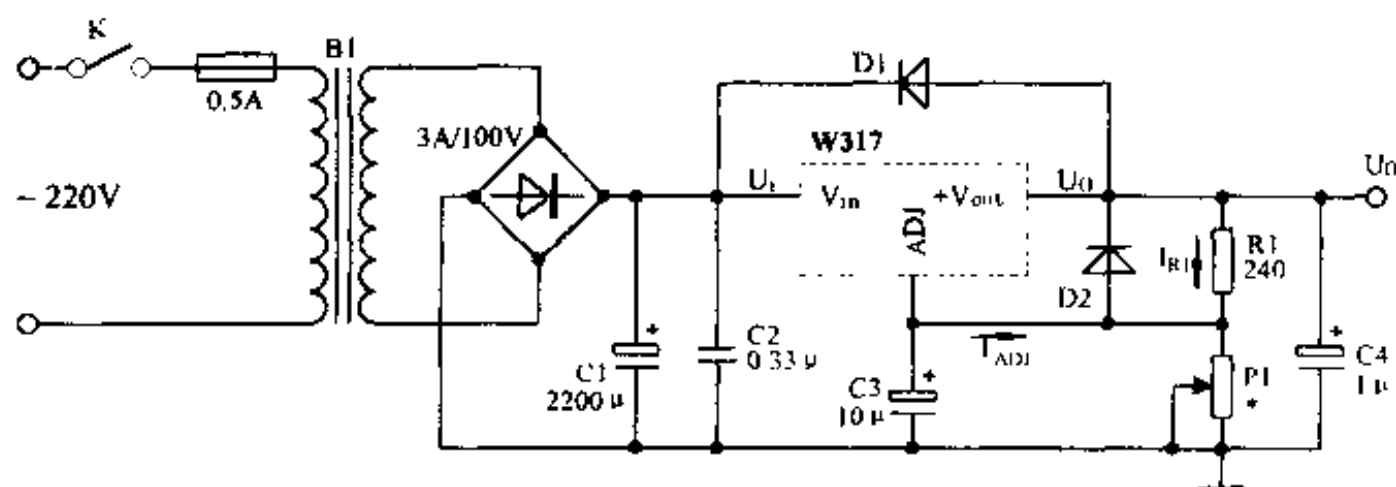


图 1-28 W317 组成的可调式集成稳压器

图中稳压器 W317 能在最大输入电压不超过 40V 的条件下工作,固定电阻 R1 (240Ω),调节电位器 P1(0~6.8kΩ),就可从输出端 U_o 获得从 1.25~37V 的连续可调电压。电阻 R1 接在稳压器输出端(U_o)至调整端(ADJ)之间,其两端电压为 1.25V。由于稳压

器有维持它不变的能力,所以电阻 R_1 上流过的是一个恒定的电流,其值为:

$$I_{R1} = U_{REF} / R_1 = 1.25V / 240\Omega = 5mA。$$

由于 W317 的最小负载电流为 5mA,所以 240Ω 是 R_1 的最大值。电位器 P_1 从稳压器的调整端接往电源地端。 P_1 中有两个电流:一是电阻 R_1 中的电流 I_{R1} ;另一个是稳压器调整端流出的电流 I_{ARJ} ,它们在电位器 P_1 上形成电压降 U_{P1} 为:

$$U_{P1} = (I_{R1} + I_{ARJ}) \cdot P_1 = I_{R1} \cdot P_1 + I_{ARJ} \cdot P_1$$

施加于负载的电压等于电阻 R_1 和电位器 P_1 上的电压之和。即:

$$\begin{aligned} U_O &= U_{R1} + U_{P1} \\ &= U_{REF} + I_{R1} \cdot P_1 + I_{ARJ} \cdot P_1 \\ &= U_{REF} + U_{REF} / R_1 \cdot P_1 + I_{ARJ} \cdot P_1 \\ &= U_{REF}(1 + P_1 / R_1) + I_{ARJ} \cdot P_1 \end{aligned}$$

由于稳压器调整端电流 I_{ARJ} 非常小 ($50\mu A$),并极其稳定 ($\Delta I_{ARJ} = 0.2\mu A$)。所以可简化为:

$$U_O = U_{REF}(1 + P_1 / R_1) = 1.25 / (1 + P_1 / R_1)$$

因此将 R_1 固定,调节电位器 P_1 就可以改变稳压器的输出电压。

W317 型稳压器的输出端不接电容也能工作,但是,由于其放大器是在 1:1 的深度负反馈下工作,当输出端负载为容性的某些值时,稳压器有可能出现自激现象,为此,在输出端至地间接一个 $1\mu F$ 左右的钽电容或 $25\mu F$ 的铝电解电容。

1.7 开关型稳压电源

20 世纪 60 年代中期出现了一种新的稳压电源,它和线性稳压电源在原理上有本质的区别,它的电压调整管工作在开关状态,必须经过储能电路的变换才能得到平滑、稳定的直流电压输出,它是通过取样电压控制和改变调整管导通或截止时间来实现稳定的电压输出的,这就是开关型稳压电源。工作在开关状态下的电压调整管简称为开关管。

事实上,开关型稳压电源是利用了晶体管在截止与饱和——即开关工作状态下功耗极小的优点。由于晶体管在截止时流过的电流几乎为零,饱和导通时的管压降很小,两种情况下的晶体管功耗都极小,所以电压调整管在这种开关状态工作时,工作效率很高,可以达到 80% ~ 90% 之多。相比之下,普通的稳压电源的工作效率有 30% ~ 40% 就很不错了。同时,由于开关电源可以省去笨重的电源变压器,使得电子设备的重量更轻,体积更小,这些优点使得开关型稳压电源在后来的各种电子设备中得到了长足的发展。

1.7.1 开关型稳压电源的分类

按开关晶体管的连接方式分类,可以把开关型稳压电源分为如下几种类型。

1. 串联型开关稳压电源

串联型开关稳压电源组成原理框图如图 1-29 所示。

开关晶体管串联在输入电压与输出负载之间,正常工作时,脉冲调宽电路驱动开关晶体管 Q (开关晶体管可看作是一个理想的开关),在推动管脉冲作用下,使输入与输出之间

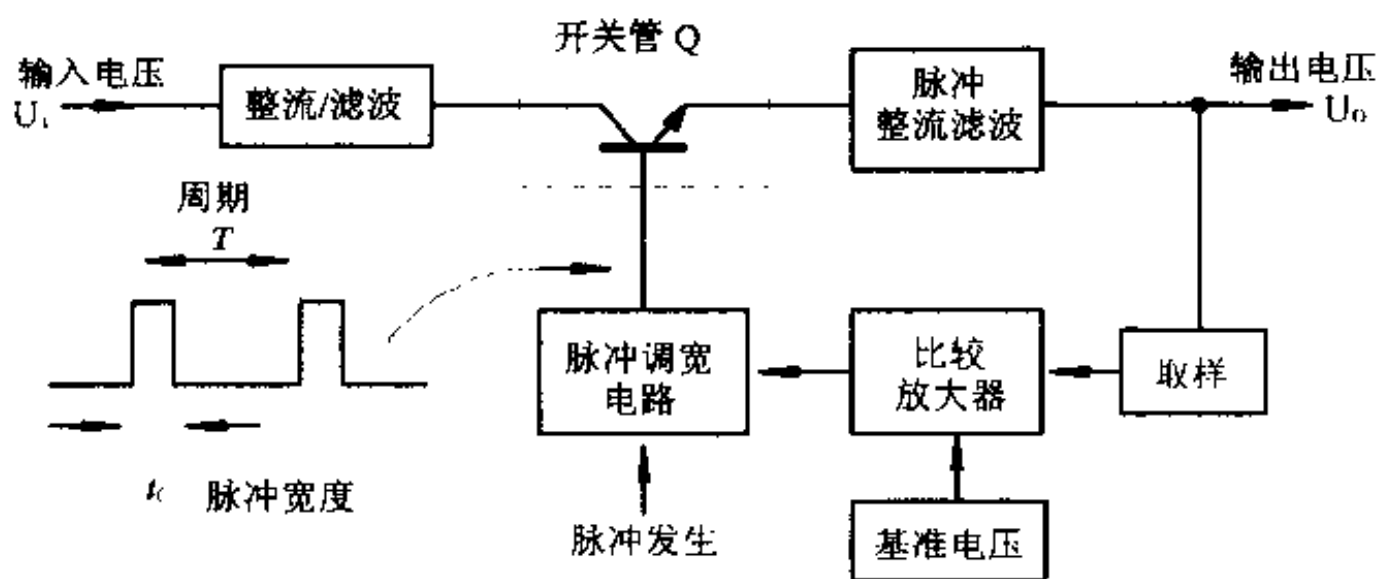


图 1-29 串联型开关稳压电源组成框图

呈周期性闭合与断开。当晶体管导通时,输出端为输入电压 E_1 ,在晶体管截止时,输出端为零电压。这样,输入不稳定的直流电压通过开关晶体管后输出周期性脉冲电压,再经过滤波后,就取得平均直流电压 E_2 ,该电压与开关晶体管输出脉冲的占空比有关,即

$$U_o = U_i \frac{t_c}{T}$$

t_c 是晶体管导通时间, T 是开关周期。

由于输入的交流电压或负载电流变化,会引起输出电压变化,因此可通过取样电路取出其变化量与基准电压比较,其误差电压通过比较放大器放大,控制推动级的输出脉冲宽度(即脉冲的占空比),达到稳定直流输出电压的目的。

2. 并联型开关稳压电源

并联型开关稳压电源的一般组成如图 1-30 所示。

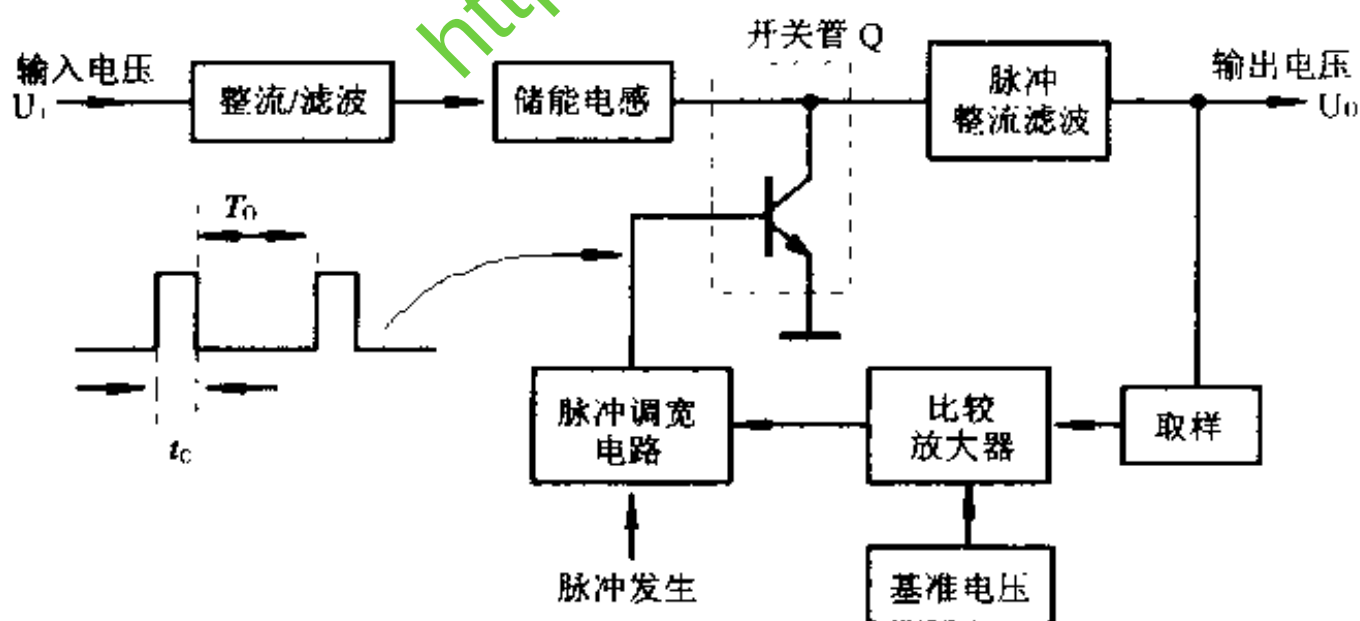


图 1-30 并联型开关稳压电源的组成方框

开关晶体管与输入电压及输出负载并联,同样采用脉冲控制开关晶体管,其输出电压为

$$U_o = U_i \frac{(t_c + T_0)}{T_0} = \frac{U_i}{1 - \frac{t_c}{T}}$$

3. 脉冲变压器耦合并联型开关稳压电源

开关晶体管 Q 与脉冲变压器初级并联在输入端, 开关晶体管在脉冲控制下, 周期性地截止、导通。其集电极输出脉冲电压通过变压器耦合, 在次级取得脉冲电压, 经过整流、滤波后获得直流输出电压。同时, 通过取样电路的取样与基准作比较, 将其误差电压由比较放大器放大后去控制开关脉冲的占空比, 来稳定输出直流电压。电路组成如图 1-31 所示。

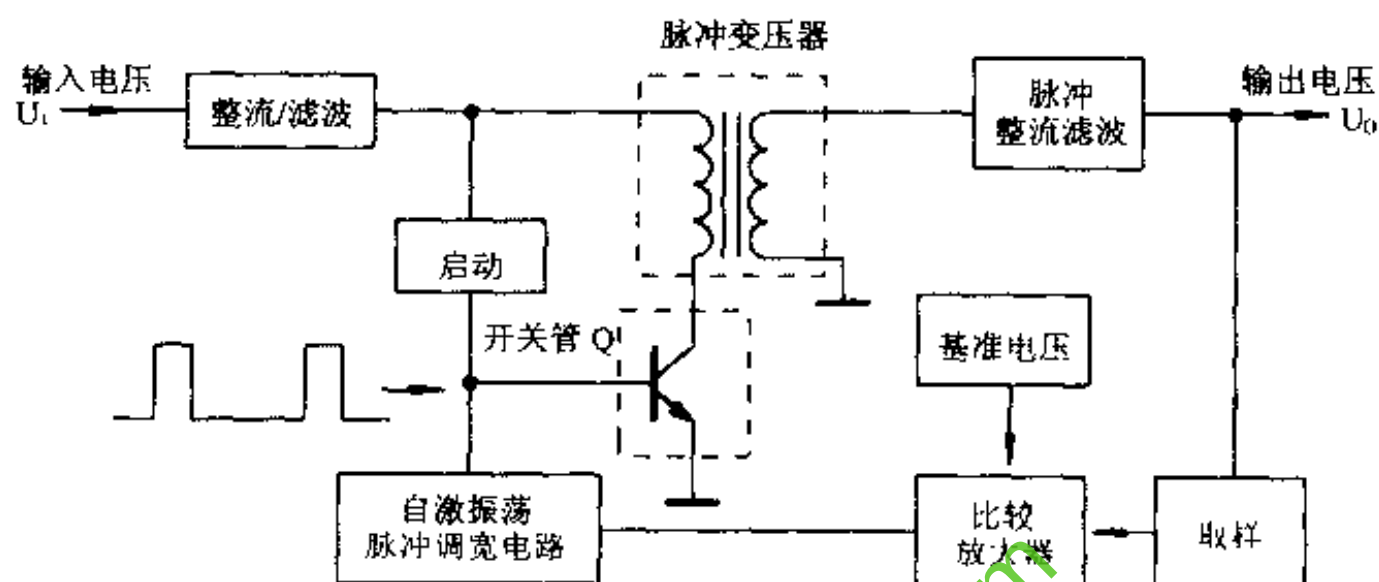


图1-31 脉冲变压器耦合并联型开关稳压电源

另外, 按开关式稳压电源启动形式的不同, 可分为自激式开关稳压电源与他激式开关稳压电源。

他激式开关稳压电源电路必须附加一个振荡器, 振荡器产生脉冲, 控制电源中的开关晶体管(振荡器可以是多谐振荡器或其他电路), 让电源电路开关工作而有直流输出电压。

自激式开关稳压电源是利用电源电路中的开关晶体管、脉冲变压器构成正反馈环路, 来完成自激振荡, 使开关稳压电源有直流电压输出。

1.7.2 开关稳压电路的工作原理

开关稳压电源的调整管是在开关状态下工作的, 也就是说流过调整管的电流是断续的, 要想有稳定的电压输出, 必须依靠储能电路。

图 1-32(a) 是一个典型的串联型开关稳压电源。

图中只画出了开关管和储能电路部分。其中 T 为开关管, 储能电路包括电感 L 、电容 C 和续流二极管 D 。

当在开关管的基极加上正向的脉冲电压时, 开关管将进入饱和导通状态, 这时二极管 D 反偏截止, 输入电压 U_i 加到储能电感 L 和负载电阻 R_L 上, 由于电感中的电流不能突变, 所以流过电感的电流随着开关管的导通而逐渐增大, 这时是输入电压 U_i 向电感 L 输送并储存能量。开关管导通时间越长, 即正脉冲越宽, 电流增加的越大, 储存的磁能就越多。因为电感 L 和负载 R_L 是串联的, 所以 L 还同时向电容 C 充电和给负载 R_L 供电, 充电电流如图 1-32(b) 所示。

当开关管基极上没有正向脉冲电压或所加的是负脉冲电压时, 基极处于零电位或负

电位, 开关管截止, 这时电感 L 中的电流停止增长。因为电感中的电流不能突变, 所以在 L 两端产生一个自感反电动势, 它的极性是左负右正, 它使二极管 D 处于正偏而导通, 于是电感 L 中储存的能量通过 D 向电容 C 充电, 将磁能变换成电能, 并同时向负载 R_L 供电, 其电流方向如图 1-32(c) 所示。在开关管截止的后期, 电感 L 中的电流下降到较小时, 电容 C 开始放电, 以维持负载所需的电流。当电容 C 上的电能释放到一定程度, 将要使负载两端电压降低时, 开关管又开始导通, 输入电压 U_i 又通过开关管向电容 C 充电, 并向负载供电。这样就保证了输出电压 U_o 维持在一定数值上。各点电压电流波形如图 1-33 所示。

由于电容 C 是和负载 R_L 并联的, 所以, 输出的 U_o 电压就是电容两端的电压, 这个电压的高低是由电容储存电荷的多少决定的, 而这些电荷是由输入电压 U_i 和电感 L 中储存的磁能转换供给的, 因此, 只要提供的电荷足够多, 就能保证电容两端的电压, 即输出电压的数值很稳定。

由此可见, 虽然开关管中的电流是断续的, 但由于储能电路的作用, 输出电压却是连续的, 数值波动也不大。储能电路中的电感 L 起着储存和供给能量的作用, 开关管导通时储存能量, 开关管截止时释放能量, 这就保证了输出电流的连续性。储能电路中的电容 C 除了储能作用外, 主要起着调节和平滑作用, 或者说是滤波作用, 它有时充电, 有时放电, 使输出电压维持在一定的数值上。二极管 D 的作用是为电感 L 释放能量提供通路, 所以称它为续流二极管。这三个元件是储能电路的关键, 它们互相配合, 缺一不可。整个储能电路就好像是个大水库, 水多是把水存起来, 没有水时把水放出来, 保证了连续不断和定量地供应能量。

图 1-34 是另一种形式的储能电路, 这个电路中的电感 L 是和负载并联的。开关脉冲信号加到开关管 T 的基极, 当输入脉冲为正极性时, 晶体管 T 导通。在开关管 T 导通时, 电感 L 上出现上正下负的电压, 因此二极管 D 截止, 输入电压 U_i 只能对电感储能, 这时流过负载 R_L 的电流是由前几个周期充了电的电容 C 放电供给。在开关管 T 截止时, 电感将产生自感电动势, 极性为上负下正, 电感把储存的磁能释放出来, 并通过二极管 D 向电容 C 补充能量和向负载供电。

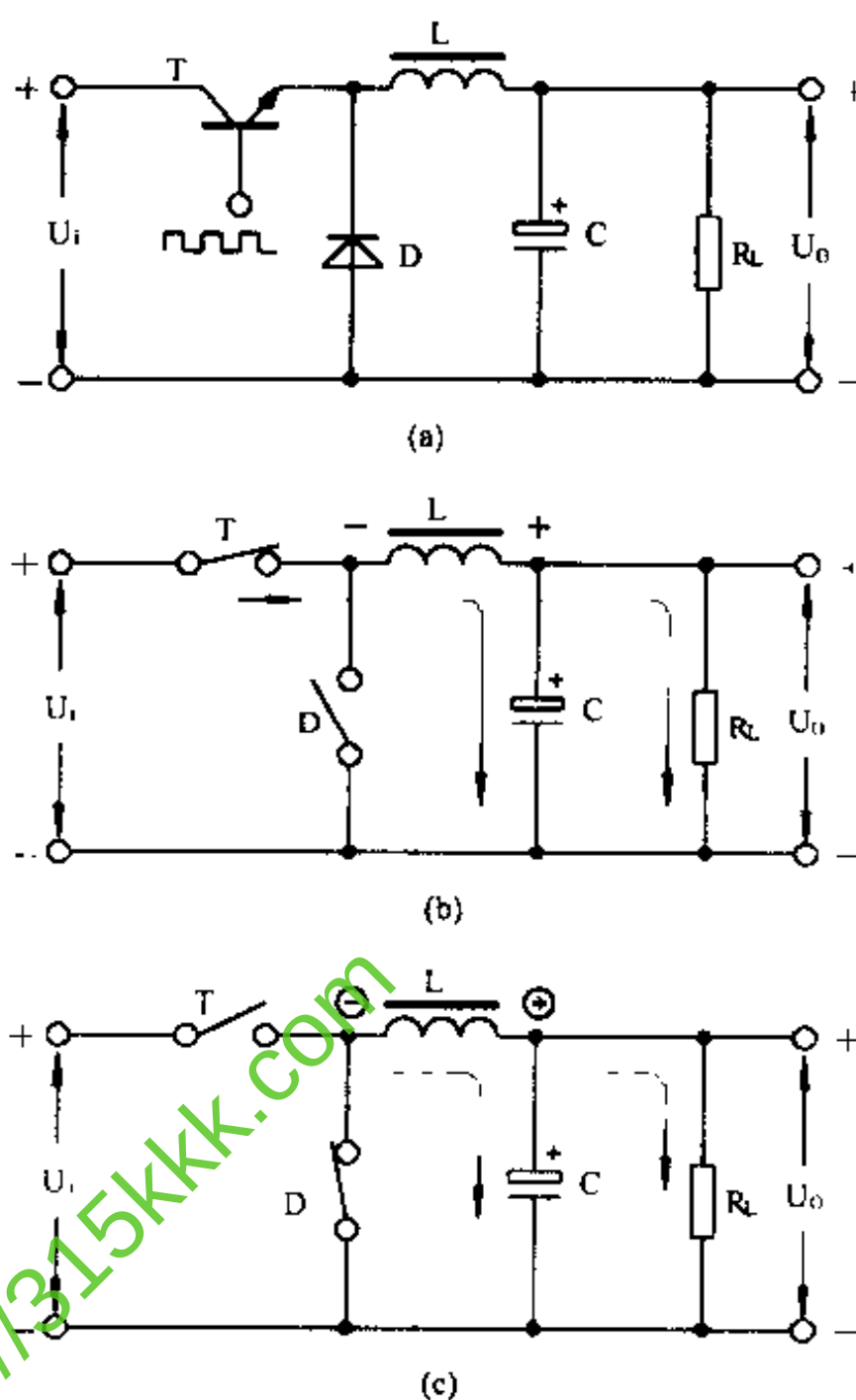


图 1-32 典型串联型开关稳压电源工作过程

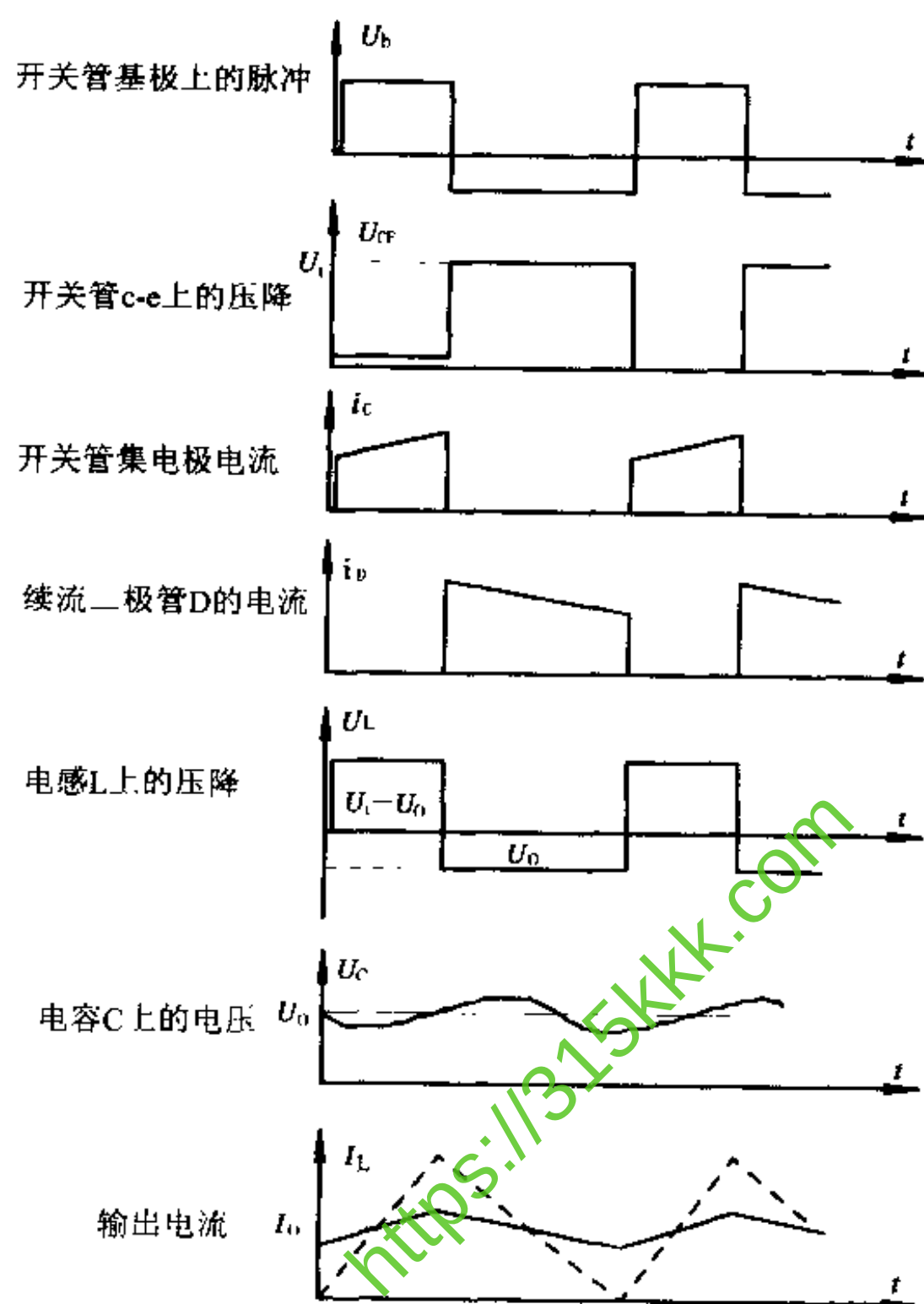


图 1-33 典型串联型开关电源各点电压电流波形

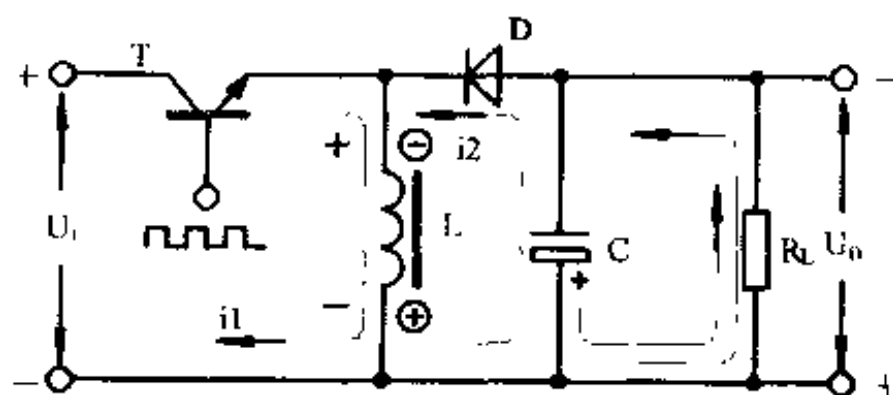


图 1-34 电感 L 和负载并联的储能电路

1.7.3 控制电路的稳压原理

在储能电路的作用下,稳压电源的输出端将得到一个连续平滑的直流电压。我们以一个实际的电路来说明其稳压原理。如图 1-35 所示是北京 847 型电视机的开关电源。

电网电压经降压、整流和滤波后,得到约 18V 的直流电压。这个 18V 的直流电压就是

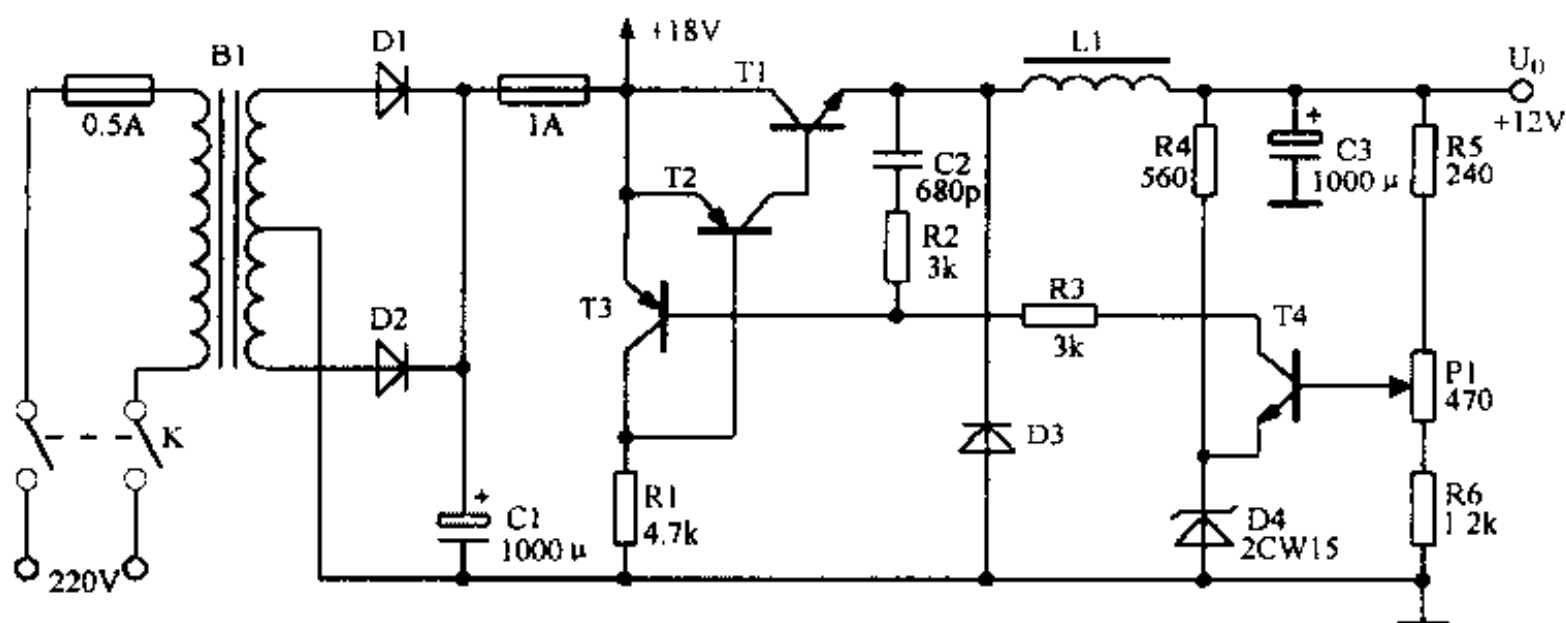


图 1-35 北京 847 型电视机的开关电源

开关稳压电源的输入电压,经过储能变换和控制电路后,成为 +12V 稳定的电压输出。

电路中由晶体管 T1、T2 复合组成 PNP 型开关管。L1、C3、D3 组成储能电路。D4、R5、R4、P1、R6 和 T4 组成基准电压、取样和比较放大电路,这部分电路的作用和一般线性稳压电源相同。

将图 1-35 的工作原理可等效为如图 1-36 所示。其中 T1、T2 等效为 PNP 的 T 管。

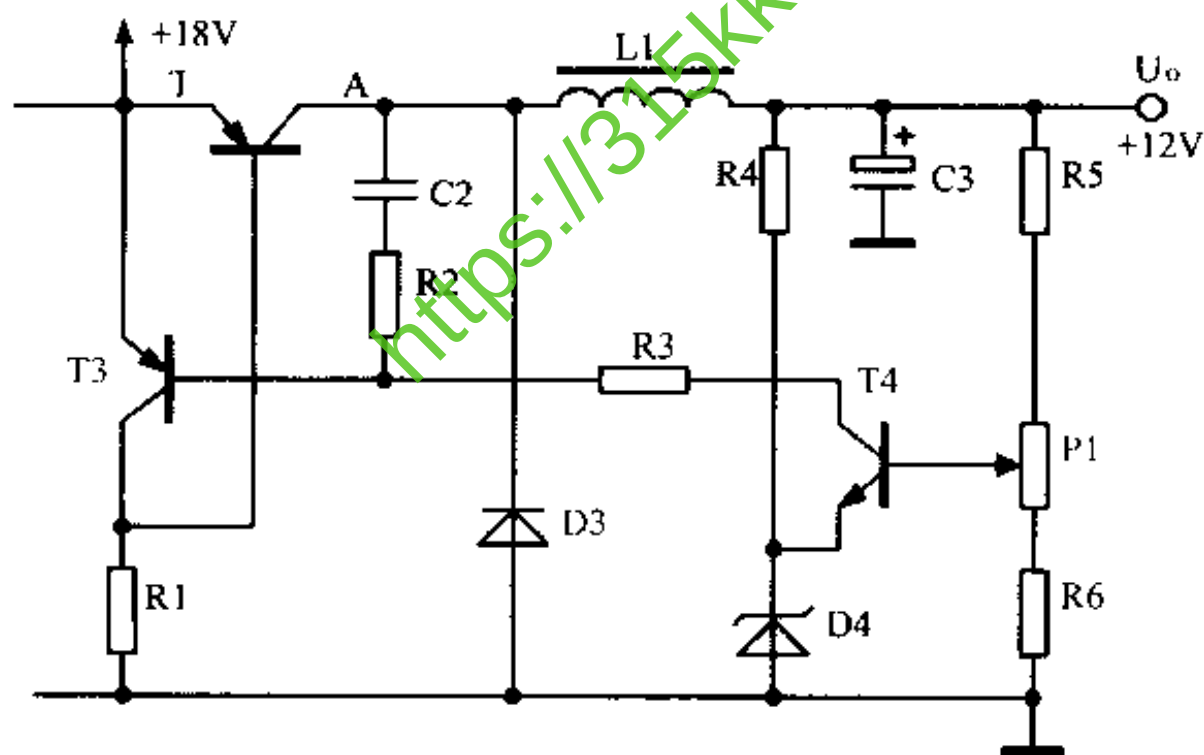


图 1-36 开关电源原理等效电路

当等效复合开关管晶体管 T 的基极输入负脉冲时,它处于饱和导通状态,T 的集电极为 +18V(忽略晶体管的饱和压降),二极管 D3 处于反偏而截止,电感 L1 中的电流呈线性上升,向电容 C3 充电,同时向负载供电,此时的 L1 也储存了一定的能量。当复合开关管的基极输入正向脉冲时,开关管 T 截止,因电感中的电流不能突变,L1 将感应出左负右正的电压,这一感应电压的负端加到二极管 D3 的负极,使二极管 D3 导通,这样 L1、C3、D3 形成导通回路,电感 L1 开始释放能量,L1 的电流线性下降。

电路的自激振荡过程解释如下。该电路可以看作是由复合管 T(T1、T1) 和晶体管

T3 组成的多谐振荡器,如图 1-37 所示。

电源接通时,可以将 R1 看成是复合管 T 的偏置电阻,输入电压经 R1 使 T 导通,电路中 A 点的电位开始上升,同时通过 R2、C2 的正反馈使 T3 的基极电位上升,引起 T3 的集电极电位下降,这进一步使 T 的基极电位下降,促使 T 更加导通。这一正反馈过程很快使 T 进入饱和导通状态,而 T3 处于截止状态,这时 A 点的电位为 +18V,如假设前一段时间是 T3 导通,T 就为截止状态,C2 已充有电压(极性为左正右负),现在 C2 开始放电,放电回路是 $R2 \rightarrow C2 \rightarrow R3 \rightarrow R_{T4}$ (晶体管 T4 的 c-e 极之间的电阻) $\rightarrow C3 \rightarrow L1$,随着 C2 的放电,H 点电位逐渐下降。由此可以看出,开关管 T 的导通时间取决于 C2 的放电时间。当 H 点电位下降到可以使 T3 导通时,引起 B 点电位上升,就会使 T 从饱和状态退入放大区,流过 T 的电流下降,A 点电位降低,又经 R2、C2 的正反馈,使 T3 基极电位更加下降,正反馈的结果造成 T3 导通而 T 截止,此后,C2 开始充电,输入电压通过 T3 的发射结 $\rightarrow C2 \rightarrow R2 \rightarrow L1 \rightarrow C3$ 充电,这个充电的时间常数决定了 T 的截止时间。H 点电位逐渐上升又会使 T3 退出饱和,多谐振荡器进入下一个振荡周期。多谐振荡器各点波形如图 1-38 所示。

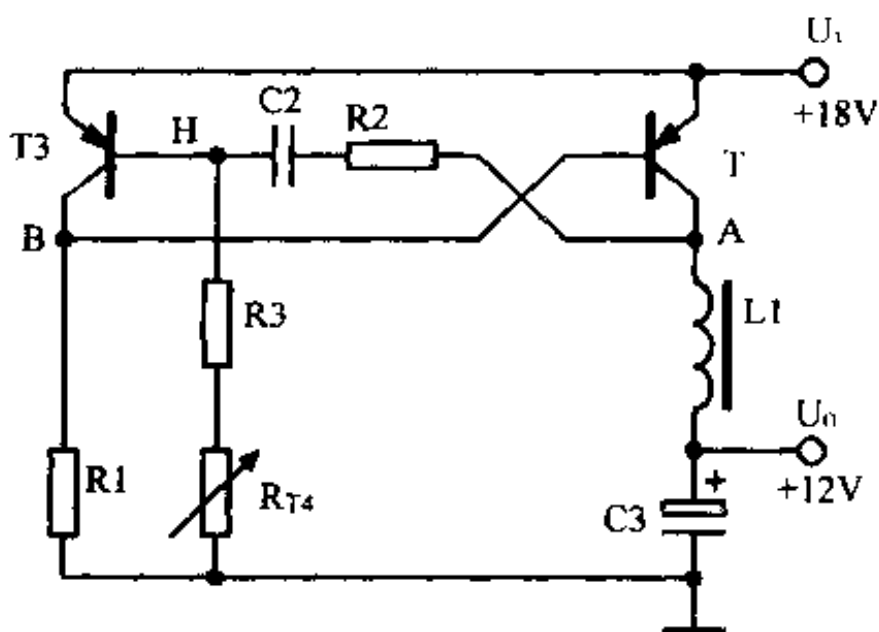


图 1-37 自激振荡过程的解释

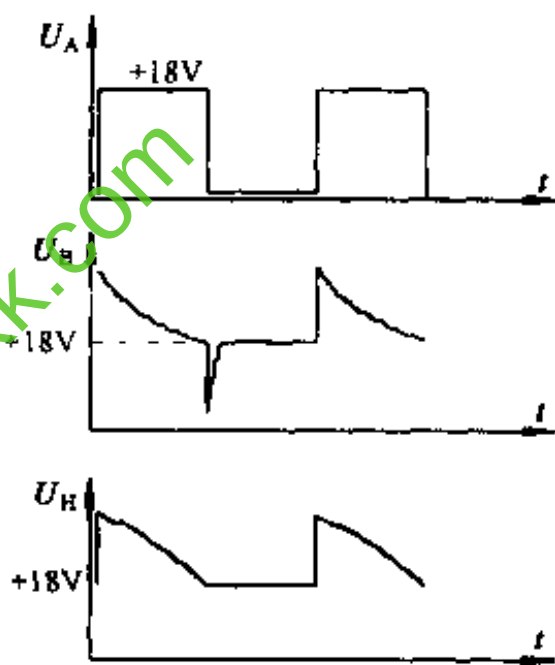


图 1-38 多谐振荡器各点波形

现在我们来分析它的稳压控制过程,因为只要控制开关管的导通和截止时间,就能达到控制输出电压的目的。在这个电路中,当输出电压过高时,晶体管 T4 的发射极电位使升高,T4 的集电极电流增大,于是电容 C2 的放电速度加快,放电时间缩短,使 T3 较快地从截止进入饱和导通,同时可使复合开关管的导通时间缩短,提前进入截止状态。开关管导通时间变短的结果,使储能电路所得到的能量减小,从而使输出电压的幅度降低,迫使它回到正常值。反之,当输出电压降低时,T4 的发射极电位降低,集电极电流减小,C2 的放电时间变长,也就是 T3 的截止时间变长,复合开关管的导通时间加长,储能电路得到的能量增加,于是提高了输出电压,达到稳压的目的。

1.7.4 并联式开关稳压电源

除了串联式开关稳压电源外,常用的还有并联式开关稳压电源,如图 1-39(a) 所示。

图中只画出了电路的开关管和储能电路部分,其中:T 为开关晶体管;L 是储能电感;

其铁心是铁氧体材料；D 为整流二极管；C 是滤波电容； R_L 是负载电阻。因为开关管 T 和输入电压及输出电压是并联的，所以称为并联型开关稳压电源。

当加到开关管基极的是正向脉冲时，晶体管 T 饱和导通，假如认为 T 是理想开关，则它的集电极电位为零，即输入电压全部加在电感 L 上，流过电感 L 的电流线性上升，对电感储能。二极管 D 由于是反偏而截止，这时负载电流是靠前几个周期充了电的电容来提供的，电流方向如图 1-39(b) 所示。

当开关管的基极上没有正向脉冲或所加的是反向脉冲时，开关管 T 截止，集电极升为高电位。由于电感 L 中的电流不能突变，在 L 两端将出现感应电压，极性为左负右正，此时输入电压与 L 上感应的电压相加，使二极管 D 正偏导通，对电容 C 充电并向负载供电，电流方向如图 1-39(c) 所示。

当电感 L 中的能量由于释放而逐渐减小时，就由电容 C 向负载供电，并很快又转入开关管饱和导通期，再一次由输入电压对电感储存能量。电路中各点波形如图 1-40 所示。

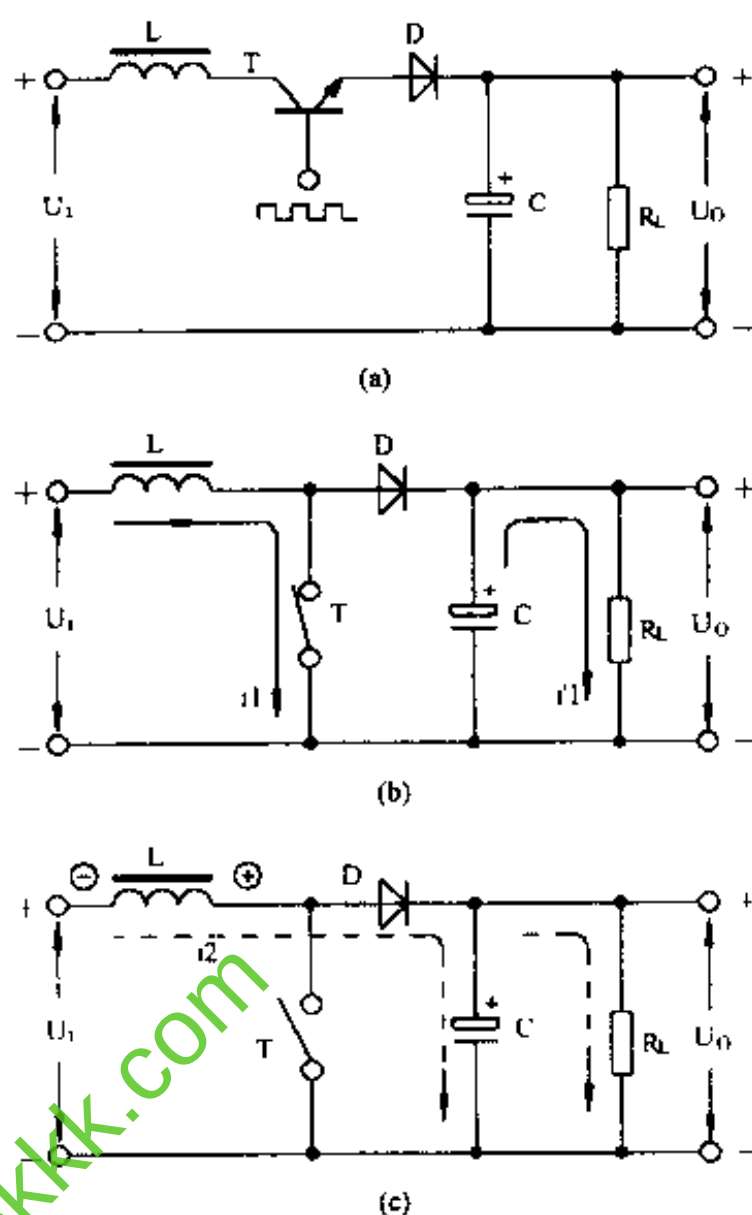


图 1-39 电路开关管工作过程

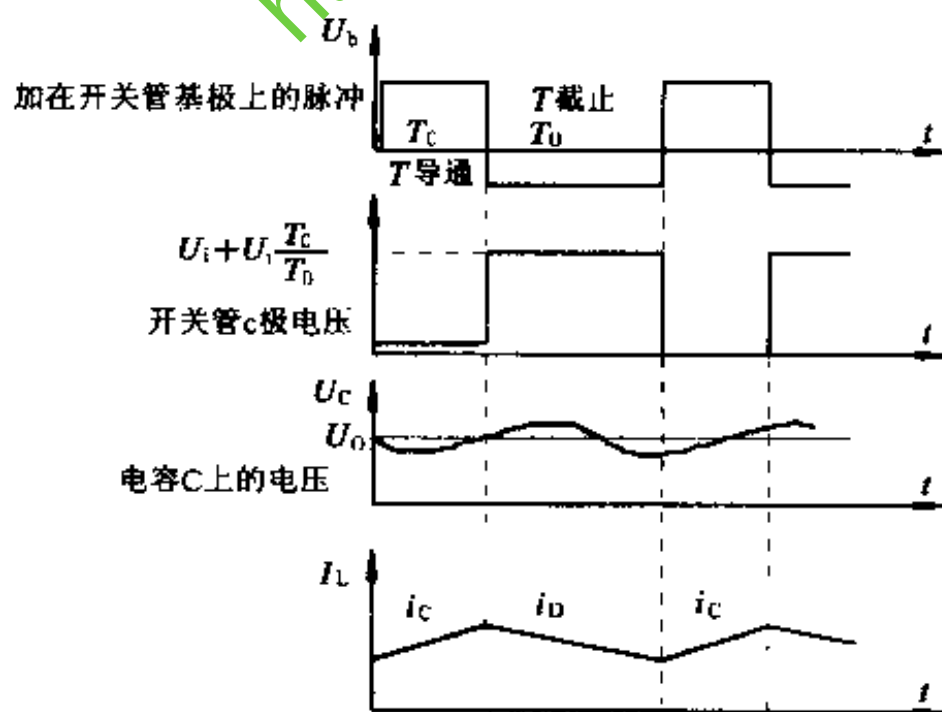


图 1-40 开关管电路各点波形

用这种并联型的开关稳压电路可以组成不用变压器的开关电源，这在彩色电视机等电子设备中被广泛采用，图 1-41 是应用于一个电视机开关稳压电源中的实际电路。

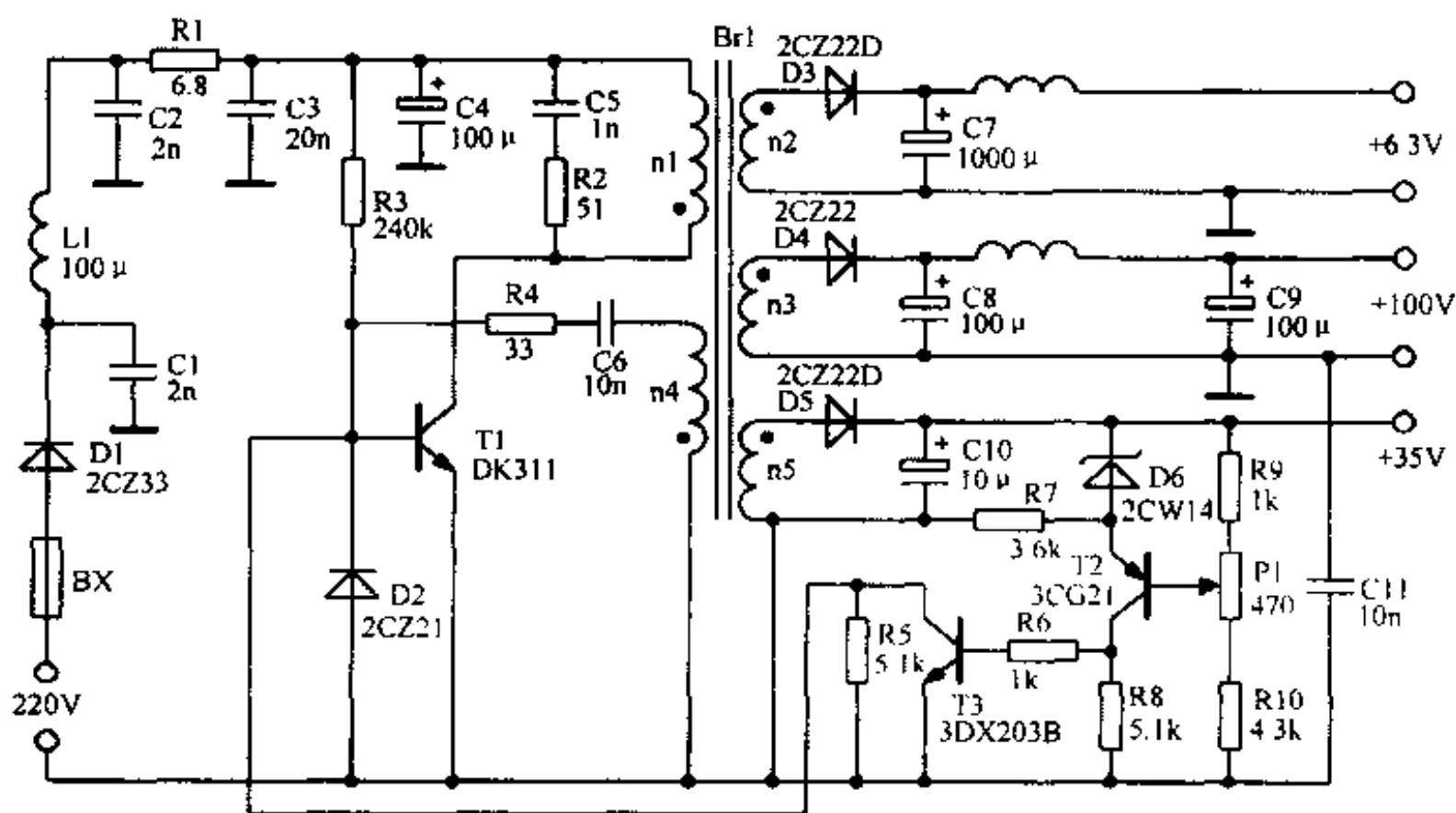


图 1-41 一个电视机的开关稳压电源实际电路

该电路采用脉冲变压器耦合的并联型开关稳压电路,无电源变压器,电网输入的电压 220V 直接加到整流电路,为了防止省去电源变压器后所带来的底板带电问题,它利用脉冲变压器作为隔离元件,脉冲变压器单独有一取样绕组 n5,构成取样比较及稳压控制电路部分。从电路中可以看出,输出直流电压 +100V 与初级电路隔离,无公共端,从而解决了底板带电问题。该电路属于间接稳压方式,直接稳压与间接稳压方式的区别如下:

(1) 直接稳压方式的取样电压是从输出直流电压中直接取得,在省去电源变压器后,输出直流电压与初级开关电路必须有公共端,结果造成底板带电,但具有稳压性能好、动态响应快等优点。

(2) 间接稳压方式由于不是直接对输出电压进行稳压,取样电压由脉冲变压器独立绕组产生。虽然这一取样电压仍与输出电压成正比,但由于电容等元件的过渡特性,对输出端的瞬态变化反映差,因此输出电阻大,动态响应慢。

1.7.5 电路工作过程

电网电压 220V 直接输入,经二极管 D1 半波整流,获得约 +300V 的不稳定电压。电阻 R1 用以防止浪涌电流。

接脉冲变压器的同名端,当开关管 T1 导通时,绕组 n2 感应出的电压是上负下正, D3 反偏截止,这时变压器储存能量,负载电流由 C7 放电供给。当 T1 截止时, n2 上感应的电压是上正下负,续流二极管 D3 导通,变压器释放能量,向 C7 充电并向负载供电。

这个电路中, T1 既是开关管又是振荡管。它的振荡过程是:电路接通后, 220V 交流电压经整流滤波后得到的直流电压通过 R2 加到 T1 的基极上,产生基极电流和集电极电流。由于集电极电流是从小到大逐渐增加的,所以在集电极电路中,线圈 n1 内部产生一个力图阻止电流增加的自感电动势,它的极性是上正下负。同时在变压器的绕组 n4 中感应

出一个感应电势,其极性也是上正下负。由于电容 C6 两端的电压不能突变,因此, n4 感应电势刚产生的瞬间, C6 并不立即充电。线圈 n4 的接法使感应电势的正端(高电位)通过 C6 和 R4 加到 T1 基极,使 T1 的基极电位升高,基极电流增大,因此是正反馈。由于这种正反馈作用, T1 集电极电流的加大通过 n4 使基极电位提高,从而使集电极电流增大的更快……,这种连锁反应的结果使 T1 很快进入饱和状态。

T1 饱和导通后, n4 上的感应电势通过 R4 和 T1 的发射极向 C6 充电,充电电流方向是从 n4 的上端经 C6、R4 到 T1 的基极,于是 C6 两端被充电电压的极性是左负右正。随着充电的进行, C6 两端电压逐渐升高, C6 左端电位也随之降低。经过一段时间,当 C6 左端电位下降到一定数值时, T1 基极电流开始减小,集电极电流也随之减小。由于线圈有抵制电流变化的特性, n4 中就产生一个力图阻止集电极电流减小的自感电势,它的极性是上负下正。同时,在 n4 中感应的电势通过 C6、R4 反馈到 T1 的基极,使基极电位进一步减小……,这种正反馈作用使 T1 很快脱离饱和,转入截止状态。

T1 截止后, C6 停止充电,并经过 n4、D2、R4 放电,放电电流方向从 C6 右端经过 n4、D2、R4 到左端。随着放电的进行, C6 两端电压逐渐降低, C6 左端电位相应升高,于是通过 R4 和 C6 左端连接的 T1 基极电位也随之升高。当 T1 基极电位升高到一定数值时就重新产生基极电流,如上所述,又由于正反馈作用使 T1 很快进入饱和,于是振荡电路就因 T1 的饱和→截止→饱和,周而复始地振荡起来。

1.7.6 稳压过程

假定由于某种原因使输出电压升高, n5 绕组整流所得的电压也相应升高,由于稳压二极管 D6 两端电压恒定不变,则 T2 射极电压增加量与 n5 绕组整流所得的电压增加量相等,而基极电压增加量为 R9、P1、R10 的取样分压值,所以 T2 射极电位比基极电位增加得多,这样就会引起比较放大级 T2 集电极电流增加,该电流在电阻 R8 上的压降增大,引起 T3 基极电位上升, T3 的 c-e 之间电阻减小。T3 相当于一个可变电阻,并联在开关管 T1 的发射极上,电阻值受基极的电压控制。当 T3 的 c-e 之间电阻减小时,导致 $\tau_{充电} = C6(R4 + R_{be1} // R_{ce3})$ 减小,即开关管 T1 的导通时间减小,因而使输出电压减小,并最终使输出电压保持稳定。

电路的脉冲调宽过程如图 1-42 中的虚线所示。

从以上的振荡过程可以看出:
n4 和 n1 之间的正反馈是保证振荡的

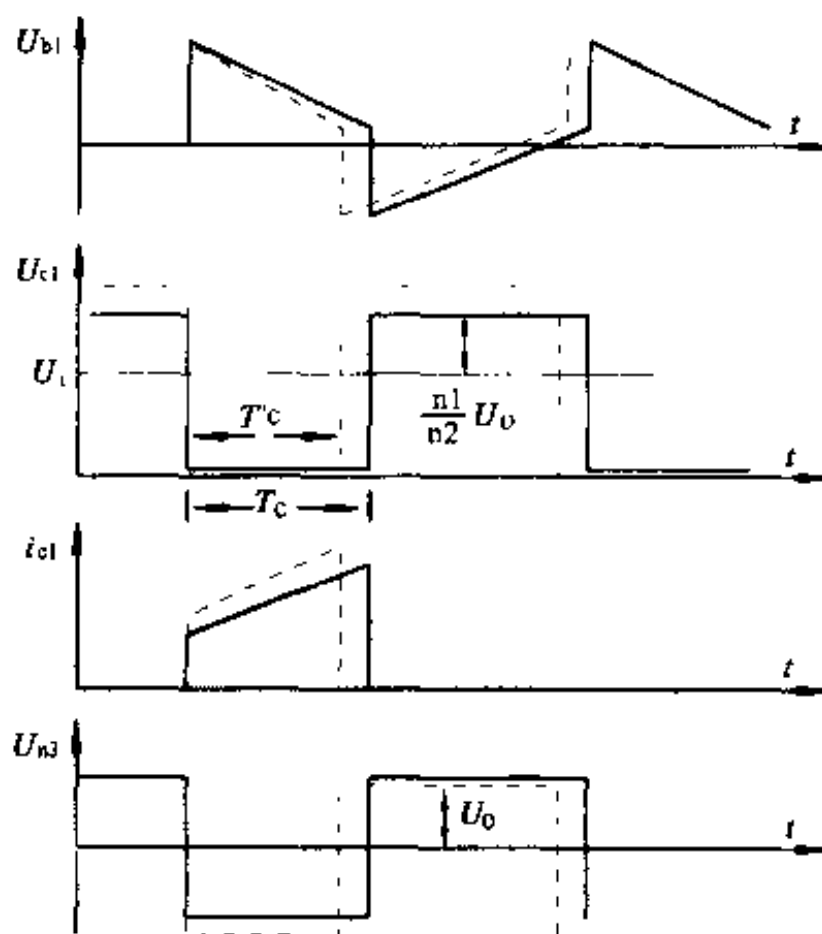


图 1-42 电视机中开关稳压电源的工作波形

必要条件, 而且还有加快饱和→截止→饱和的转换作用。晶体管 T1、脉冲变压器 Br1 及 R4、C6 组成间歇振荡器, n4 为正反馈绕组, R4、C6 形成正反馈通路, 开关晶体管导通与截止的时间由 R4、C6 的充放电时间常数决定。二极管 D2 提供 C6 的放电回路, 使开关管的导通和截止时间相差不多。 $\tau_{\text{充电}} = C6(R4 + R_{be1})$, $\tau_{\text{放电}} = C6(R4 + R_D)$, 如无二极管 D2, 就像一般的间歇振荡器一样, 导致晶体管的导通时间短而截止时间很长, 即脉冲占空比太小。

1.8 集成开关稳压器

随着半导体技术的发展, 开关稳压电源也实现了集成化。这里介绍几种典型的集成电路开关型稳压器。

1.8.1 大功率开关稳压电源 LA6350

LA6350 是美国 Lambda 公司生产的单片大功率开关稳压集成电路。LA6350 的输出电压可在 2.5 ~ 30V 内调节, 单片输出电流可达 5A, 开关工作频率高于 200kHz, 转换效率大于 90%, 工作温度范围为 -55 ~ 125℃, 具有软启动、过流快速关断及过热保护等功能。

图 1-43 是使用 LA6350 组装的开关稳压电路, 它的输出电流达 10A, 可在 5 ~ 12V 之间调整输出电压。

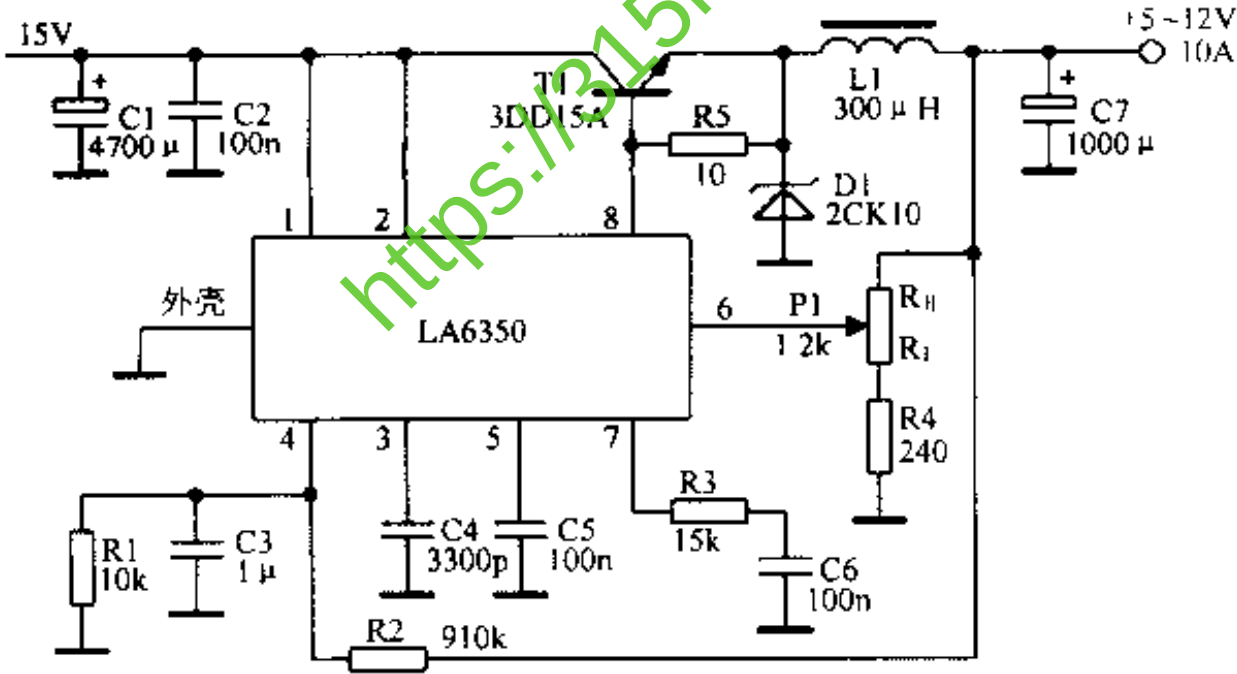


图 1-43 LA6350 组装的开关稳压电路

LA6350 的 1、2 脚是直流电压输入端, 其最高输入电压为 $\pm 40V$ 。该直流电压经 IC 内部的振荡器调制成 200kHz 左右的高频开关电压, 振荡器的开关频率由外接电容 C4 决定, 当 C4 的取值为 3300pF 时, 电源的开关频率约为 200kHz, R3、C6 为环路调节放大器的频率补偿网络, 由 7 脚输入。4 脚为抑制输入端, 其闭锁电压的阈值为 0.7V, 输出电压经取样电阻 R2 反馈到 4 脚后与 R1 比较, 当阈值电压大于 0.7V 时, 输出关闭, 起到短路过流保护作用。6 脚为输出电压调节控制端, 由电位器 P1 及 R4 将输出电压分压后得到调节电压检测值, 调节电位器 P1 可控制输出电压的大小。电路中, 晶体管 T1 为扩流管, 由于它

工作在开关状态,所以功耗很小,其散热板仅为普通电源中的 1/3。电阻 R5 的功率应大于 5W,除振荡电容 C4 选择高频电容、R1 和 R2 应选择误差在 1% 的金属膜电阻外,其他元件无太大的要求,电路即可正常工作。

1.8.2 集成电路开关稳压电源 CW4960/4962/4964/296

集成电路开关稳压电源系列 CW4960/4962/4964/296(对应国外型号为 1A960/4962/4964/296),将功率晶体管集成在芯片内部,所以只需少量外接元件,就可组成一个完善的直流降压式开关电源。图 1-44 是这一系列电路的封装形式,CW4964 外形与 CW296 相同,管脚排列除 1、4、15 脚为空脚外,其余各脚排列名称与 CW296 相同。CW4964/296 与 CW4960/4962 相比,除了输出电流较大外,还增加了限制输入电流和过压保护功能。

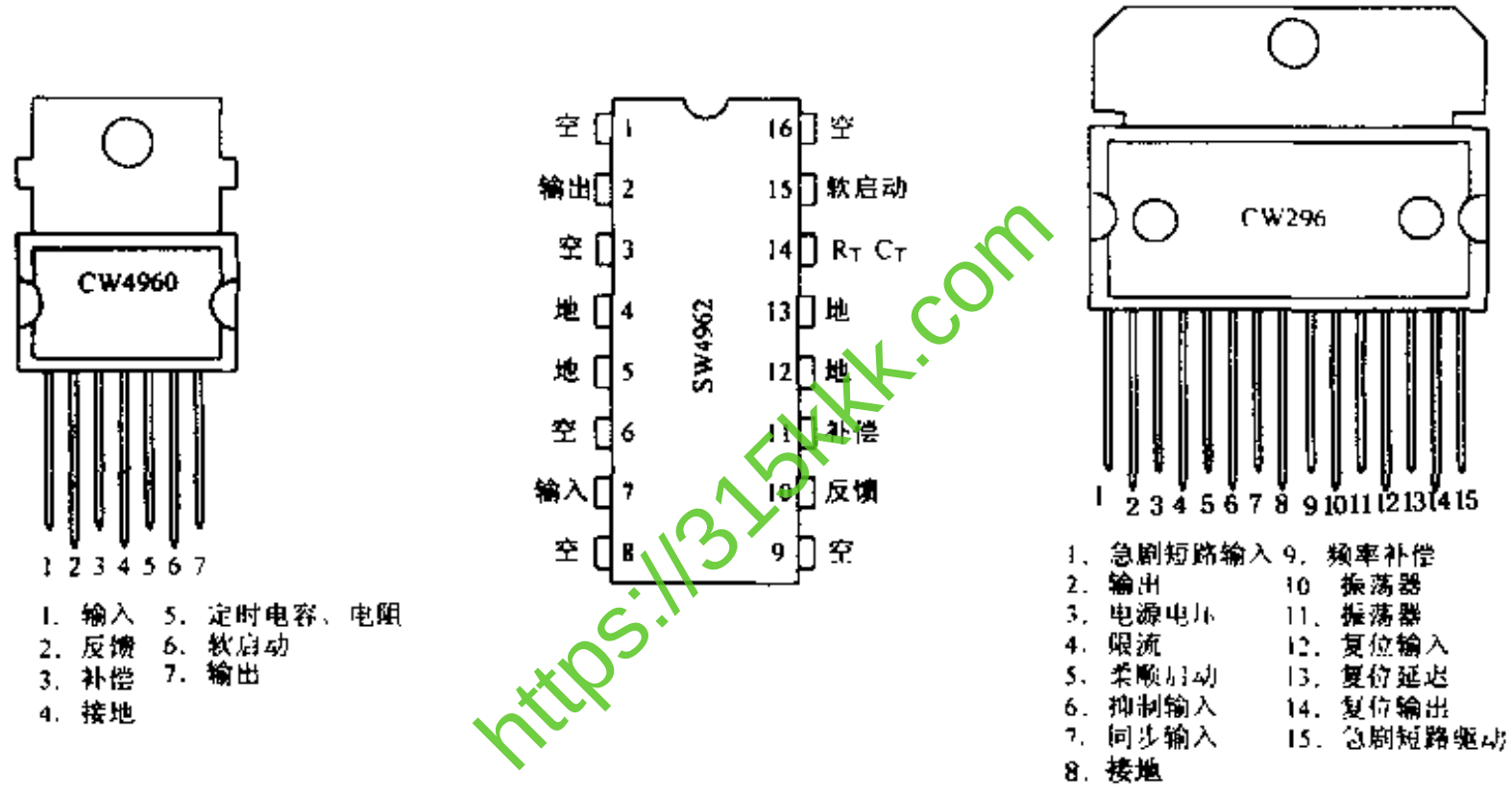


图 1-44 CW49 系列集成开关稳压电源的封装形式

由这一系列芯片组成的电路所需外围元件极少,输出电流大,输出电压可调范围为 5.1~40V,并且连续可调,其脉冲占空比可以在 0~100% 内调整,整个电源的变换效率高 达 80% 以上。表 1-1 是它们的基本参数。

表 1-1 CW49 系列集成开关稳压电源基本参数

	最大输入电压	最大输出电流	输出电压	工作频率	过流点	封装形式
CW4960	50V	2.5A	5.1~40V	100kHz	3~4.5A	单列 7 脚
CW4962	50V	1.5A	5.1~40V	100kHz	2.5~3.5A	双列 16 脚
CW4964	36V	4A	5.1~28V	50kHz	4.5~8A	单列 15 脚
CW296	50V	4A	5.1~40V	100kHz	4.5~8A	单列 15 脚

图 1-45 是 CW4960 的内部电路,此系列其他几种型号与此相似。

从图中可以看出,CW4960 的工作原理为串联开关降压方式,其内部电路由 5V 精密电压基准、误差放大器、振荡器、比较器以及功率开关管组成,内部还有软启动、过流、过热

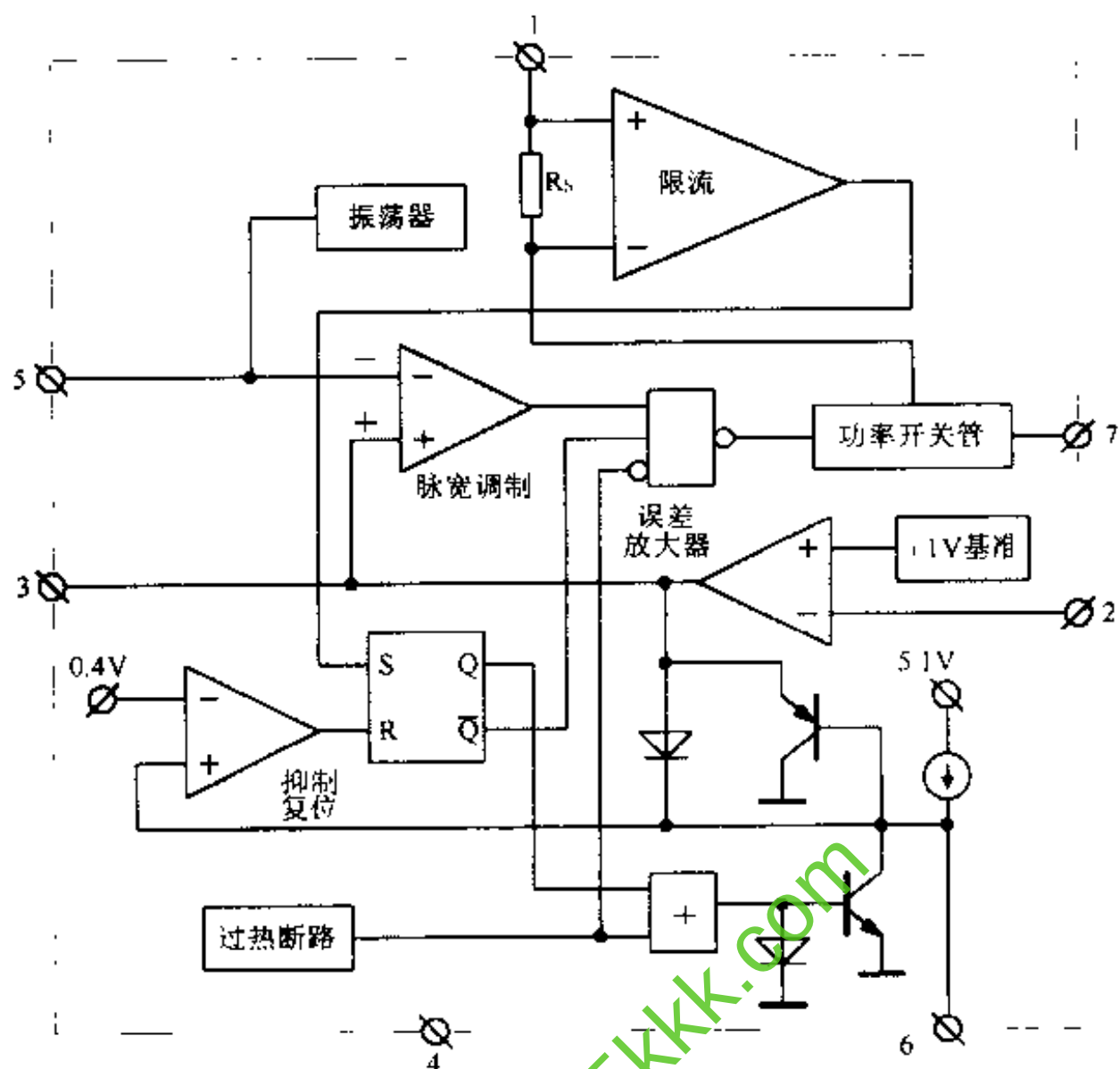


图 1-45 CW4960 的内部电路

保护等电路。高速开关功率管在振荡器确定的频率下工作,将输入的直流电压斩为方波,再输出到电路外边的滤波器后成为直流电压。由于开关管工作时的占空比是受误差放大器、比较器控制的,所以经过滤波后的直流电压便是变换后的电压。

1.8.3 CW4960 基本使用方法

CW49 系列集成稳压电路的使用很是方便,只需极少元件的配合即可正常工作,以 CW4960 为例,如图 1-46 所示就是它的基本配置。

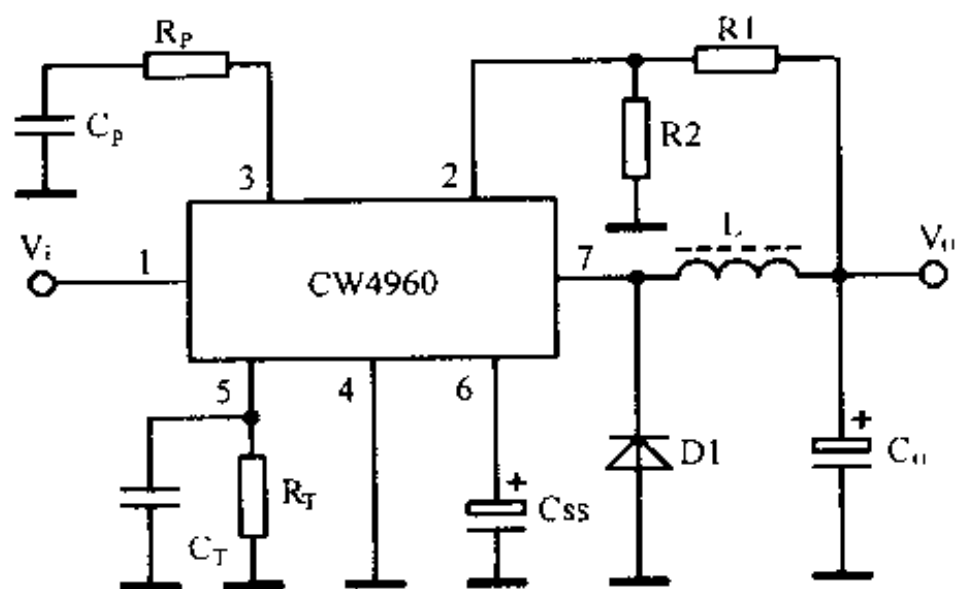


图 1-46 CW4960 的基本配置

CW4960 的 5 脚所接的是定时电容 C_T 、定时电阻 R_T ，调整其数值，使电路工作在 80 ~ 100kHz 即可，用示波器可以看到振荡器的锯齿波形；3 脚为误差放大器的补偿端；6 脚为软启动端，一般软启动电容取 2.2 ~ 4.7 μ F 的电解电容器；2 脚为调压取样端；7 脚为电压输出端，它外接滤波电感 L 、电容 C 及续流二极管 D 。表 1-2 是 CW49 系列的具体元件选值范围。

表 1-2 CW49 系列的元件选值范围

元 件	推荐选值	用 途	可选范围		说 明
			最大值	最小值	
R_T C_T	4.3k Ω 2200pF	决定开关电源的工作频率	27k Ω 3300pF	1k Ω 1000pF	开关电源频率为 $f = 1 / R_T C_T$
$R1$ $R2$	4.7k Ω 4.7k Ω	决定输出电压	10k Ω 10k Ω	500 Ω 500 Ω	输出电压为 $5.1(R1 + R2) / R2$
R_P C_P	15k Ω 33nF	频率补偿		10k Ω	
C_{SS}	2.2 μ F	软启动	4.7 μ F	1 μ F	当 C_{SS} 为 2.2 μ F 时，启动时间 100ms
L	150 μ H	输出滤波			采用 FeHiMo 磁环绕制
D	4A/50V	续流			肖特基或快恢复二极管

CW4960 的 7 脚输出的是方波信号，方波频率由 C_T 、 R_T 决定，方波宽度由输入电压、输出电压及输出电流几个因素决定。对于这种串联式开关电路，电感 L 、续流二极管 D 的选择是很重要的。其中 D 选择肖特基二极管或快恢复二极管比较合适，电感 L 建议采用 FeHiMo 磁环来绕制，电感量约为 300 μ H。另外，CW4960 的 1 脚的滤波电容在很多情况下也是必要的，为了减小输出电压的纹波，最好选用低阻抗、高频电解电容器，多个并联使用。电路中的可调电阻 $R4$ 用来调整输出电压的大小。

1.8.4 CW4960 基本应用电路

下面给出 CW4960 集成开关稳压电源的几个基本应用电路。

1. CW4960 的简单应用

图 1-47 是 CW4960 的简单应用电路。此电路与它的基本配置要求类似，只是在它的

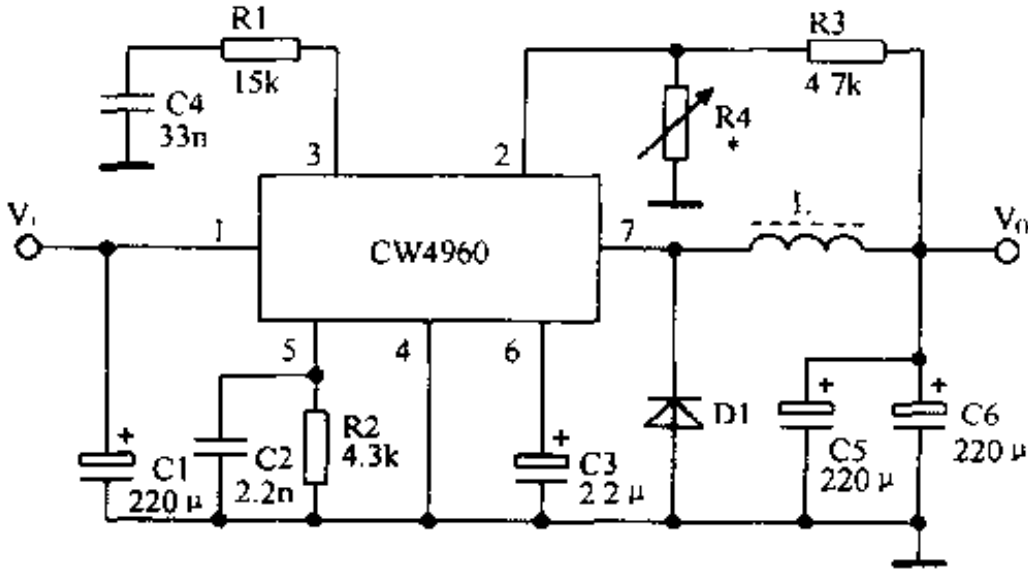


图 1-47 CW4960 的简单应用

输入和输出端子上多安排了几个实际应用中不可缺少的滤波元件。同时,在 2 脚外部接入了可调电阻,以便通过调节得到所需的输出直流电压。

2. 双电压输出稳压电源

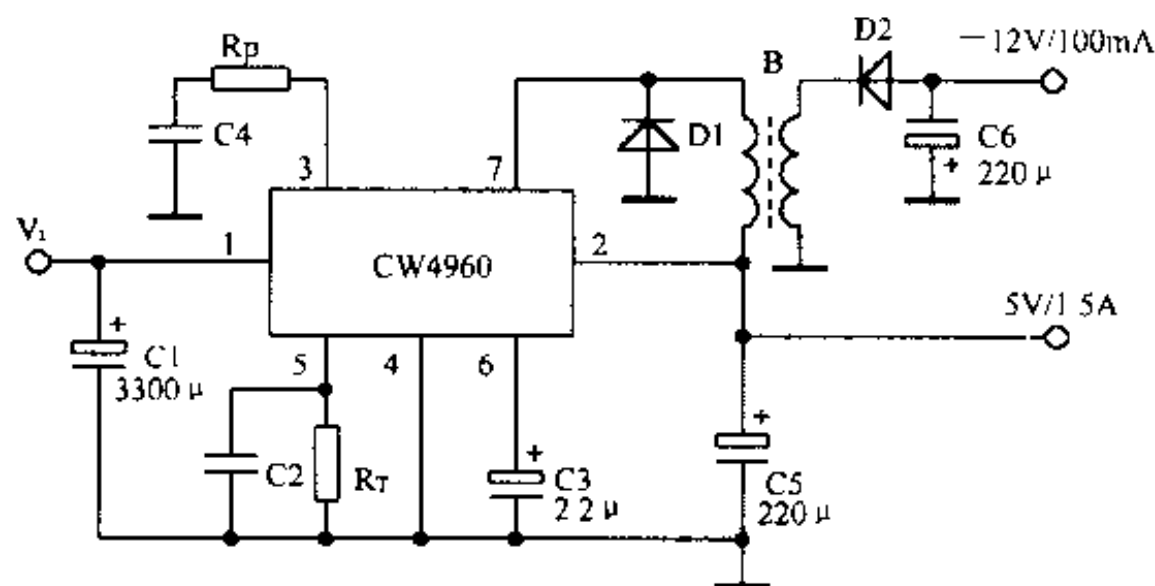


图 1-48 CW4960 作双电压输出稳压电源

开关稳压器的输出在其滤波之前是一个交变的电流,利用这个交变电流可以在电感回路中感应出电压的特点,可以产生额外的输出电压,如图 1-48 所示,是通过在输出滤波电感上增加一个副绕组,可以产生输出电流较小的第二个直流电压。如果需要,还可以增加更多的绕组,取得更多组输出电压。

3. 输出电流扩展

当需要电路的输出电流超过 4A 时,可以在 CW4960 的基本配置上增加一只高速功率开关三极管,来满足扩展其输出电流的要求。图 1-49 是输出电流大于 10A 的应用电路(扩流部分的电路)。

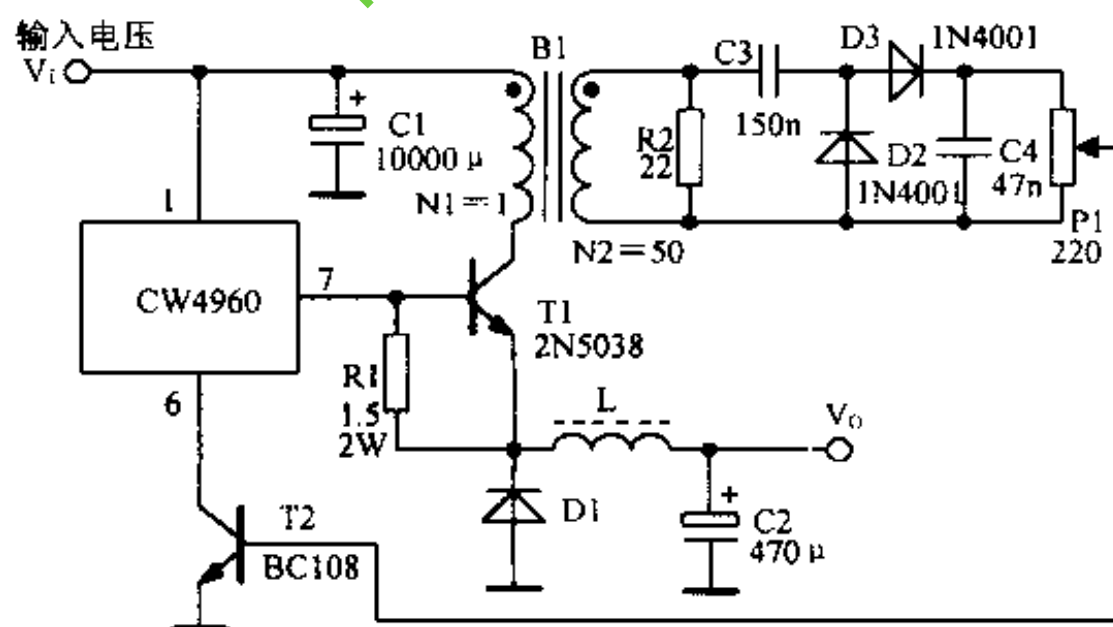


图 1-49 CW4960 输出电流扩展电路

图中的 B1 为电流互感器,过电流信号通过倍压整流检出,启动三极管 T2(软启动端 15 脚接地时 CW4960 停止输出电流),以限制稳压器的平均工作电流。同样, CW4962/4964/296 也可以用这种方法来扩展电流。还有一种电流扩展电路比较简单,其最大电流

也可以达到 10A。如图 1-50 所示。

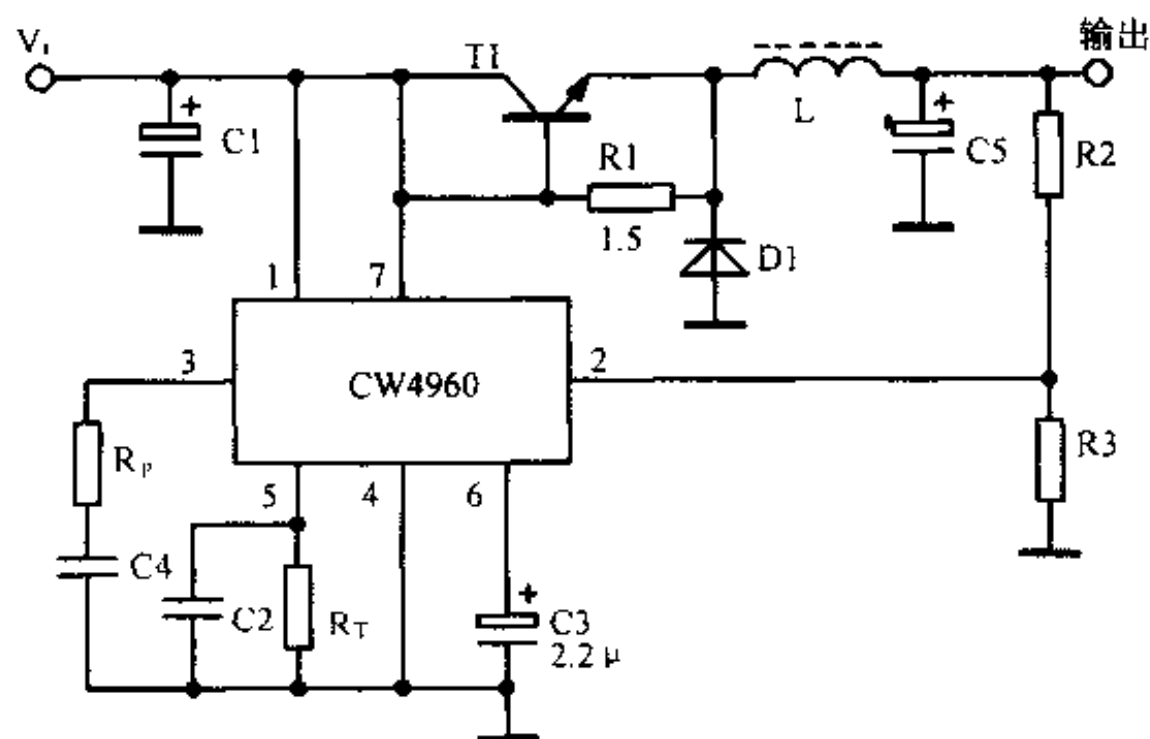


图 1-50 CW4960 电流扩至 10A 的电路

4. 升压变换器

由 CW4960 组成的升压转换电路如图 1-51 所示。

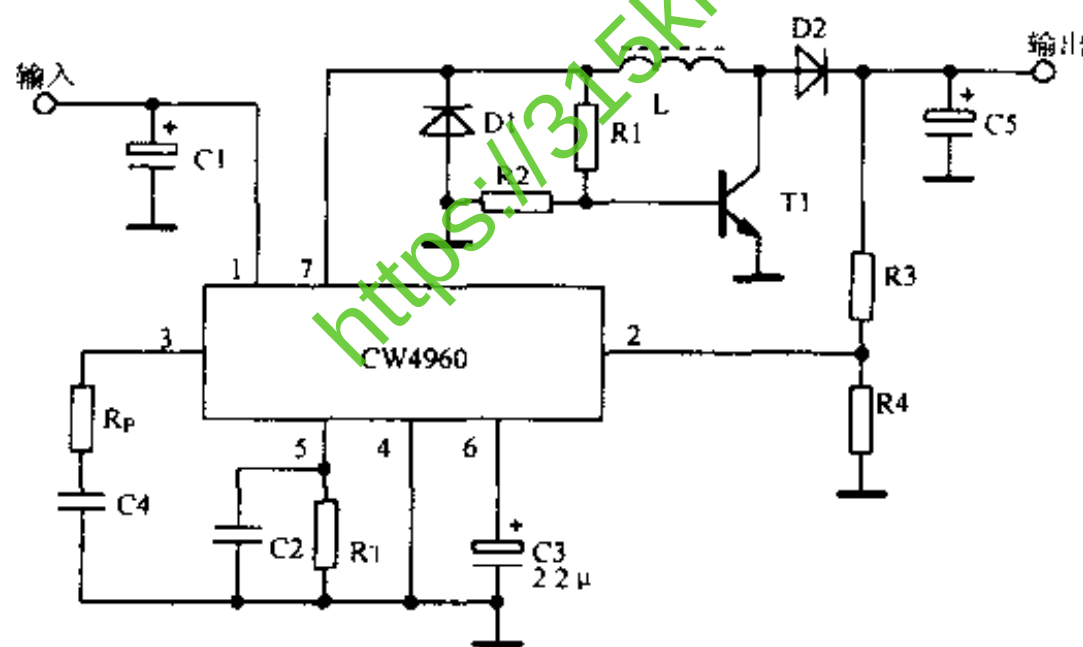


图 1-51 CW4960 组成的升压转换电路

通过灵活运用, CW4960 这一系列电路还可以实现更多的功能, 例如从 0V 起调的稳压电路等, 这里不再一一列举。

1.8.5 CW4964/296 的基本应用

CW4964 和 CW296 都是单列 15 脚封装, CW4964 外形与 CW296 相同, 管脚排列除 1、4、15 为空脚外, 其余各脚排列名称与 CW296 相同。

CW4964/296 与 CW4960/4962 相比除了输出电流较大外, 还增加了限制输入电流和过压保护功能。图 1-52 是 CW296 的基本应用电路。

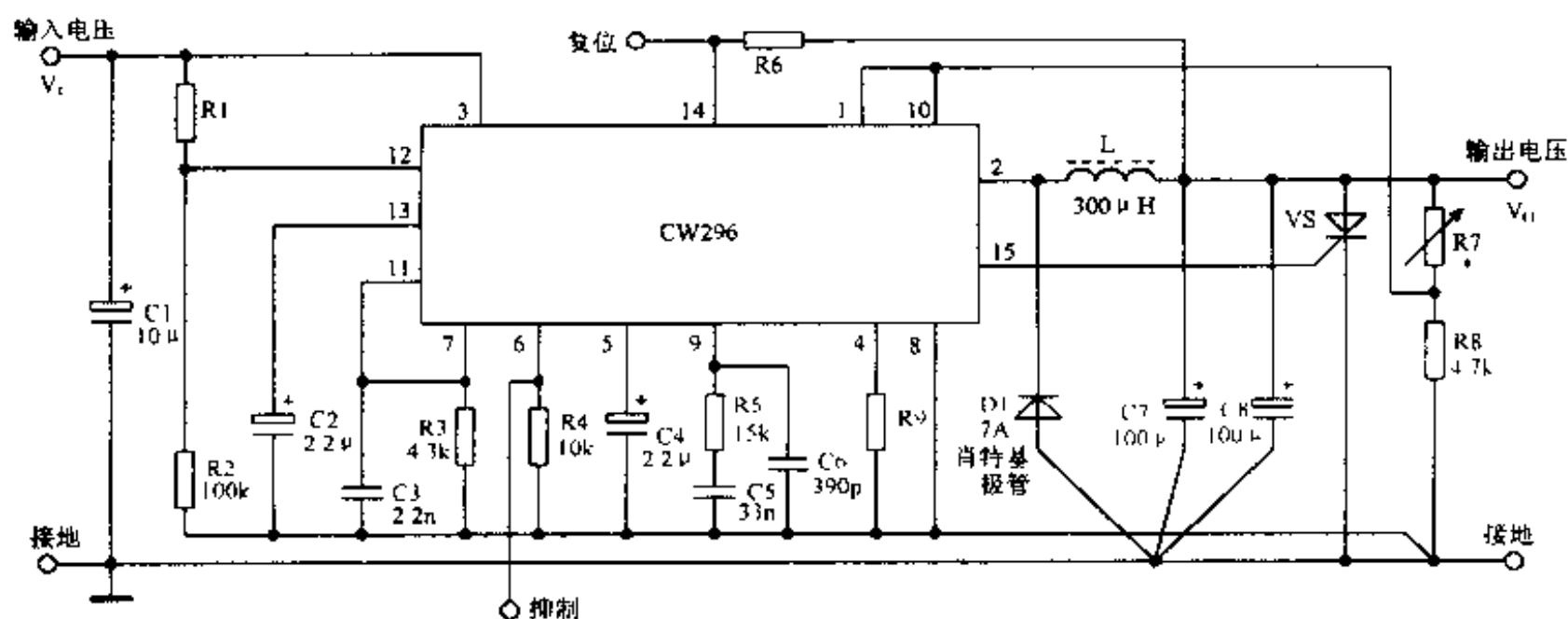


图 1-52 CW296 的基本应用电路

图中, CW296 的 6 脚为抑制输入端, 当它输入逻辑高电平时, CW296 停止工作, 此功能不用时要将 6 脚接地。7 脚为同步输入端, 将多个 CW296 的 7 脚并联, 而只保留一个器件的 C_T 、 R_T 网络, 可使这些器件同步工作(不使用时一定要与 11 脚短接)。12、13、14 脚是为配合微型计算机而设置的重置电路(或叫复位电路), 其中 12 脚是限定为 5V 的重置输入端, 它可以检测输入或输出电压的下降。当被检测电压经分压后略低于 5V 时, 14 脚重置输出端将输出一个经延迟的低电平信号(正常时为高电平), 延迟时间由 13 脚的重置延迟电容的大小决定。

除了上述功能以外, 还有两个功能是 CW296 独有的, 如 4 脚输入限流功能, 在该脚对地接一电阻, 便可以限制电路的输入电流。例如电阻为 $33k\Omega$ 时, 可使输入电流小于 3A(4 脚开路时限流为 5A)。1 脚为过压保护输入端, 当此端电压超过基准电压 5V 的 $\pm 20\%$ 时, 保护电路动作, 15 脚输出信号触发可控硅 VS, 使输出端对地短路, 防止输出过电压, 可控硅的短路电流由 4 脚的过流阈值确定。

1.8.6 单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524

单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524 与美国国家半导体公司的产品 LM3524 相同, 它内含 5V 基准稳压器、振荡器、误差放大器、T 触发器、脉宽调制器、限流检测、或非门等电路, 采用双列直插式 16 脚封装, 其管脚排列及等效电路如图 1-53 所示。

电源从 15 脚输入, 经基准稳压器后从 16 脚输出稳定的 +5V 电压, 同时也为内部电路提供电源。振荡器输出同频率的 f_1 斜波与 f_2 方波, f_1 作为脉宽调制器的输入, f_2 驱动 T 触发器以产生对称的反向门控信号; 其振荡频率由 6、7 脚的外接 R_1 、 C_1 决定。取样电压从 1 脚输入, 基准电压从 2 脚输入, 经误差放大器输出的差值信号与 f_1 斜波进行脉宽调制, 即输出一个宽度随取样信号变化的矩形脉冲, 再与 T 触发器输出的相位相差 180° 的方波及 f_2 方波共同经过两个与非门的控制, 输出两路反相的脉冲调制信号, 再经末级推动, 由 11~14 脚输出。4、5 脚为限流检测输入, 当电路过载时, 它的输出也同样能控制脉宽调制器输出的脉冲宽度。

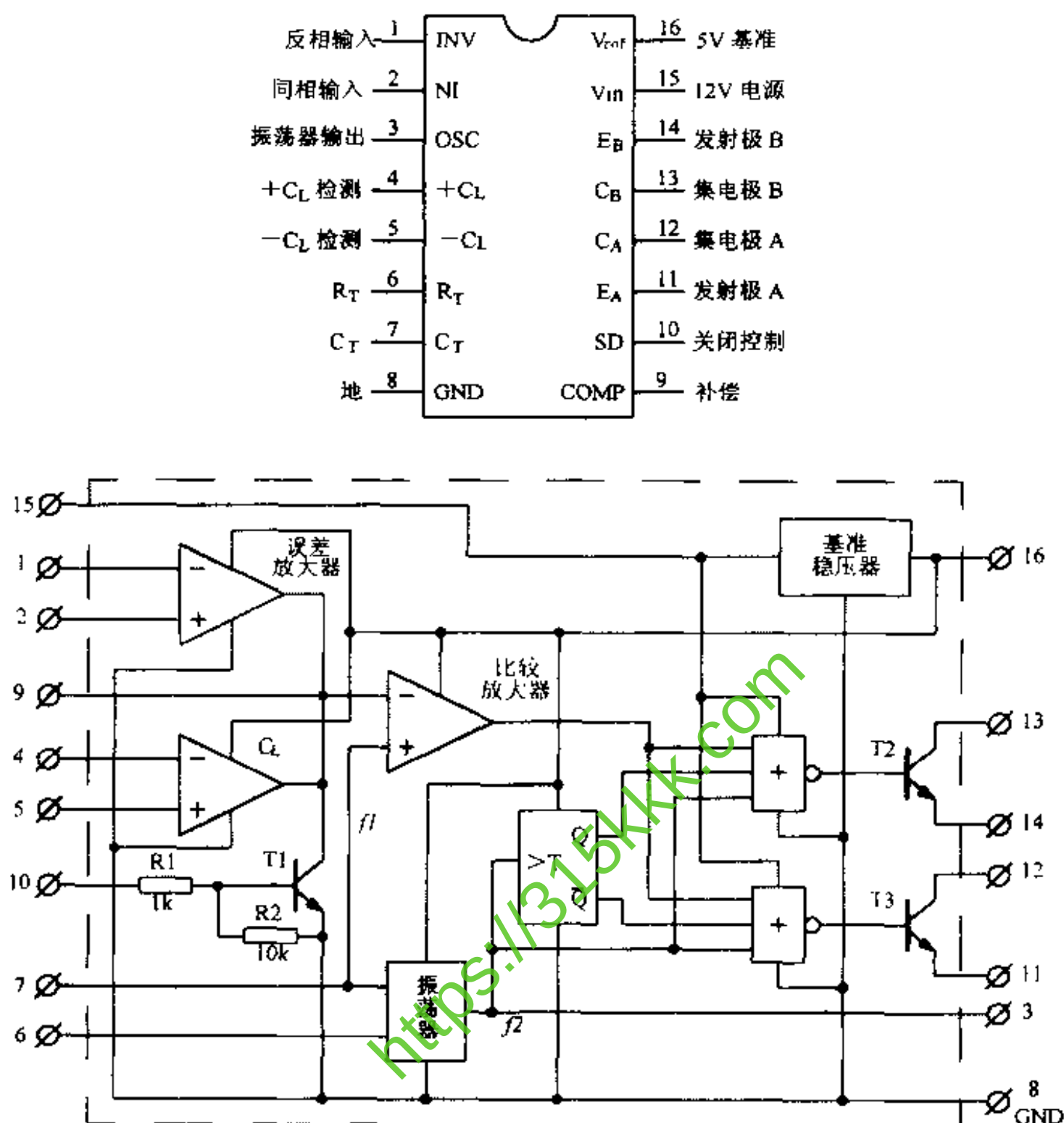


图 1 - 53 单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524

利用单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524, 组成自动逆变电源, 电路简单, 转换效率高, 输出误差小 (5%), 具有过载自动保护、过充过放保护、开机软启动等功能。如图 1 - 54 所示。

在这个电路中, 取样电压由 L3 感应, 经整流、滤波后供给 CW3524 的 1 脚, R7、C5 滤波电路可以提高脉宽调制的线性度。11、13 脚交替输出 50Hz 脉宽调制信号, 直接推动后级的 VMOS 大功率场效应管, 经变压器 B1 输出交流 220V 电压。空载时输出脉冲宽度变窄, 满载时脉冲宽度变宽, 以确保输出电压的稳定。

继电器 J2 完成换向功能, 该机转换时间小于 10ms。由大功率场效应管 T1 ~ T4 的二极管特性完成整流, 从而对电瓶进行充电, 运算放大器 LM324 等组成的电路对电瓶电压进行检测并保护, 以防止过充电或过放电。正常充电时继电器 J1 吸合, 电瓶电压超出 10.5 ~ 14.5V 范围时, J1 释放, 切断充电或放电, 以延长电瓶的寿命。本机的充电电流为

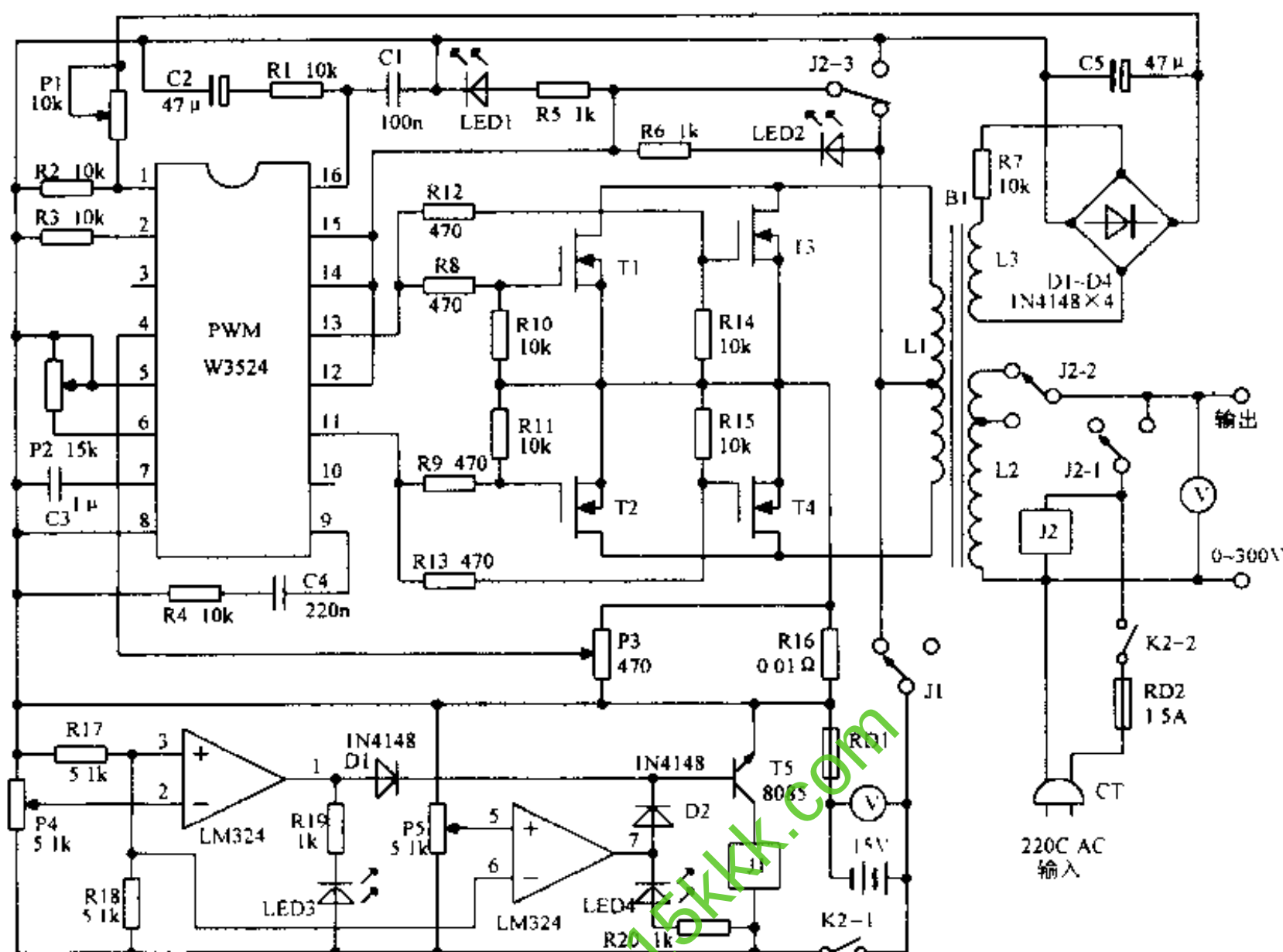


图 1-54 单片脉宽调制开关稳压电路 SW3524 组成的自动逆变电源

8A 左右。发光二极管 LED3、LED4 为过充电、过放电指示。电路中,由于 C2 的充电作用,使基准电压在 CW3524 的 2 脚缓慢建立,限制了开机大电流的冲击,实现了软启动。R16 是对电瓶充电的限流保护检测电阻,当逆变器输出过载时,R16 上的电压信号加到 SW3524 的 4、5 脚上,完成限流功能,限流的上限值为 $0.2V/0.01\Omega = 20A$ 。

电路中,继电器 J1 选用 JQX-15F(12V 直流继电器),J2 选用 JQX-18F(交流继电器);T1~T4 选用 IRF131(14A/60V)VMOS 大功率场效应管;变压器 B1 的铁心截面尺寸为 34mm×60mm,可满足 200W 的逆变器;L1 用线径 2mm 的漆包线双线并绕 30 匝,L2 用线径 0.61mm 漆包线绕 660 匝,在 550 匝处抽头,L3 用线径 0.21mm 漆包线绕 25 匝。

1.8.7 大功率三端集成稳压器

美国新纪元公司生产的大功率稳压集成电路很适合在音响电路中使用,其 78H05A、78P05A、78H12A、78P12 是三端固定式正电压稳压电路,其外形及基本使用方法如图 1-55 所示。

该系列固定集成稳压电路工作时,外部不需要接补偿元件,但根据布线的情况可加适当的滤波电容器。另外还有 78HGA 和 78PGA 四端可调整稳压和 79HG 四端负可调整稳压集成电路,其外形及基本应用电路如图 1-56 所示。

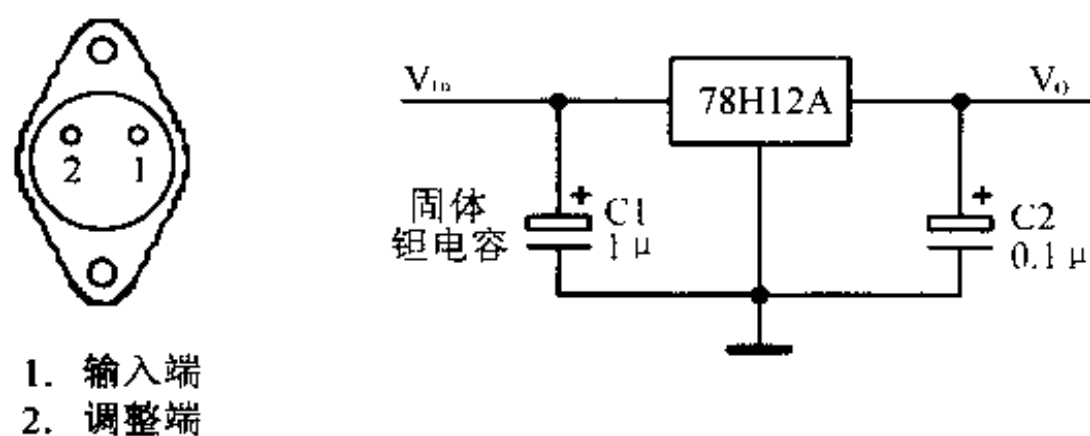


图 1-55 大功率集成稳压器外形及基本使用方法

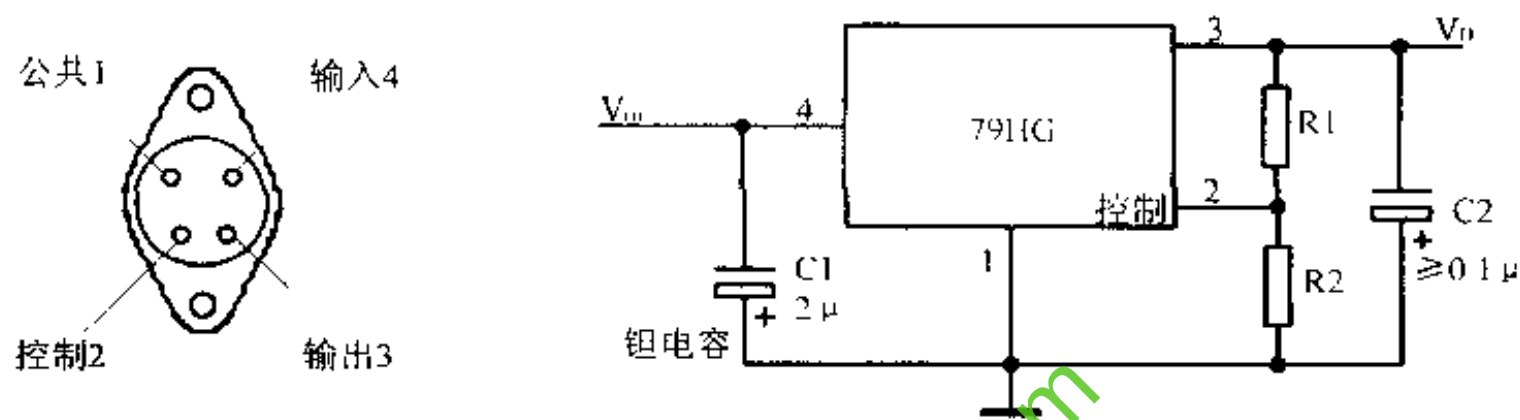


图 1-56 79HG 四端负可调稳压集成电路外形及基本应用电路

输出电压可通过改变 R_1 、 R_2 的阻值来确定。

该系列的稳压集成电路有完善的自动保护功能，当输出功率过大及温升过高时能及时切断输出电压，待温度降低时又可自动接通电路。具体的参数如表 1-3 所示。

表 1-3 大功率三端集成稳压器参数

参 数	78H05A	78P05A	78H12A	78P12	78HGA	78PGA	78HC	单位
负载电流	5	10	5	10	5	10	~ 5	A
功耗	50	70	50	70	20	70	50	W
电压调整率	10	10	20	10	2	2	4	mV
负载调整率	10	25	20	25	2	2	7	mV
静态电流	3.0	3.4	3.7	3.4	3.4	3.4	~ 5	mA
纹波抑制比	60	60	60	60	60	60	50	dB
最大输入电压	40	40	40	40	40	40	~ 40	V
工作温度范围	- 50 ~ 150							℃

第2章 整流与基本稳压电路

电子设备中的直流稳压电源通常是一种把交流电压转换为直流稳定电压,向设备中的各种电子电路供电的装置。对电子电路供电所需要的直流电压一般仅为几伏到十几伏,因此,从交流到直流的变换通常需要有降压变压器。变压器之后的电路依次为整流电路、滤波电路、稳压电路等,这些电路一起构成了电子设备中的基本稳压电路。本章收集了各种用途的整流电路和常见的基本稳压电路,同时给出了电路应用方面的简要说明。其中,稳压电路大多采用了集成电路。

2.1 常用二极管整流电路一览

- (1) 半波整流电路,最简单的基本整流电路。如图 2-1(a)所示。
- (2) 全波整流电路,要求变压器次级带中心抽头。如图 2-1(b)所示。
- (3) 桥式整流电路,无需抽头,但是多用两个二极管。如图 2-1(c)所示。
- (4) 单管全波整流,所用二极管较少,但电阻额外消耗功率,并要求电阻数值 $R_1 > R_2$ 。如图 2-1(d)所示。
- (5) 全波整流电路,所用二极管较少,并允许二极管带有接地散热片,但需要变压器上带有两个对称绕组。如图 2-1(e)所示。
- (6) 全波倍压整流电路,可以产生两倍的电压输出。如图 2-1(f)所示。
- (7) 半波倍压整流电路,可应用于负载较轻的场合。如图 2-1(g)所示。
- (8) 正负对称电压和倍压整流电路,变压器有中心抽头,用上部绕组额外增加电流需求不大的倍压整流电路。如图 2-1(h)所示。
- (9) 单绕组桥式和倍压整流电路,一个变压器绕组同时担负桥式和倍压整流两项任务。如图 2-1(i)所示。
- (10) 对称桥式双电压全波整流电路,可以输出正、负两组直流电压。如图 2-1(j)所示。
- (11) 利用一个转换开关的切换,能输出高、低两个直流电压的整流滤波电路。如图 2-1(k)所示。
- (12) 桥式全波开关变压电路,开关切换到“2”位可以使变压器中心抽头接地。开关切换到“1”位则变为普通桥式整流电路,此时的输出电压减小一半。如图 2-1(l)所示。
- (13) 桥式全波倍压开关三变压电路。开关从“1”切换到“2”、“3”两个位置时,输出电压即相应增加一倍和增加两倍。如图 2-1(m)所示。
- (14) 电容隔离桥式整流电路,变压器初级带有二极管过压保护,并具有安全性,次级可输出较高的电压。如图 2-1(n)所示。

(15) 开关控制四变压整流电路, K1、K2 均闭合时为桥式整流电容滤波电路, K2 断开时为桥式整流, 但无滤波作用, K1 也断开时成为半波整流电路。如图 2-1(o) 所示。

(16) 电容分压对称整流电路, 可以在无变压器中心抽头的情况下获得正、负对称电压输出。如图 2-1(p) 所示。

(17) 半波对称整流电路, 可以输出正、负对称的两个直流电压。如图 2-1(q) 所示。

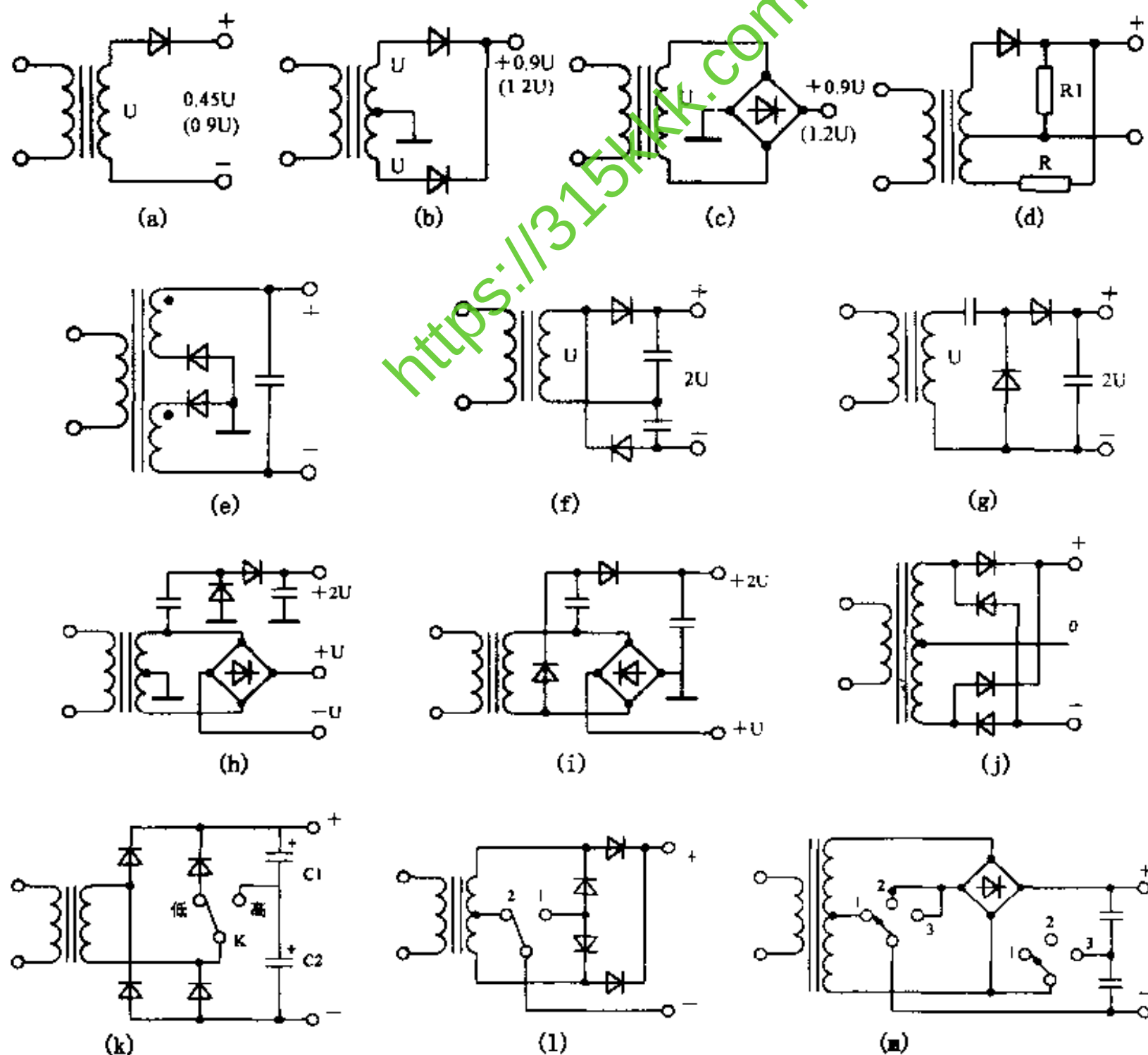
(18) 双半波整流电路, 可以在必要时同时带 R1、R2 两个负载。如图 2-1(r) 所示。

(19) 1.5 倍压电路, 这里是利用了 C2 上的半波整流电压来提高 C1 上的输出电压。如图 2-1(s) 所示。

(20) 三倍压整流电路, 可以输出 $-U$ 、 $+U$ 、 $+2U$ 三种电压。利用二极管 D2 把变压器的两个绕组相联系, 以产生更高的电压输出。如图 2-1(t) 所示。

(21) 五种电压输出整流电路。此电路不但利用二极管 D8 把两个绕组相联系, 同时还利用了全波整流电路和开关的切换作用以产生更多的输出电压。如图 2-1(u) 所示。

(22) 非对称桥式双电压全波整流电路, 选择变压器上、下两个绕组的匝数比, 可以输出两个不同的电压 U_1 和 U_2 。如图 2-1(u) 所示。



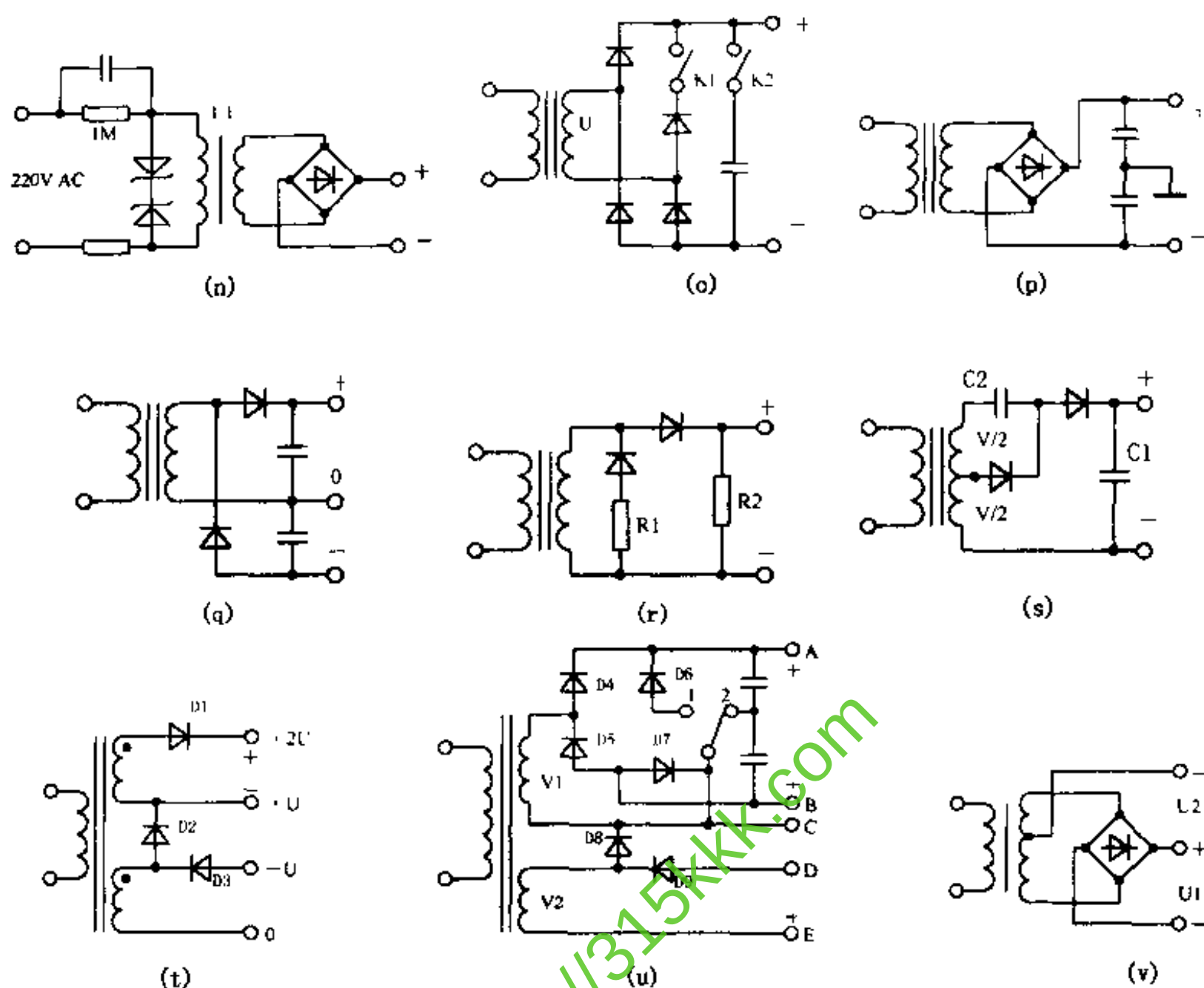


图 2-1 常用二极管整流电路

2.2 低压输出半波同步整流电路

电路中的晶体管 T1 由交流输入的电压同步偏置,可以在负载电阻上得到效率很高的低电压稳压输出。如图 2-2 所示。

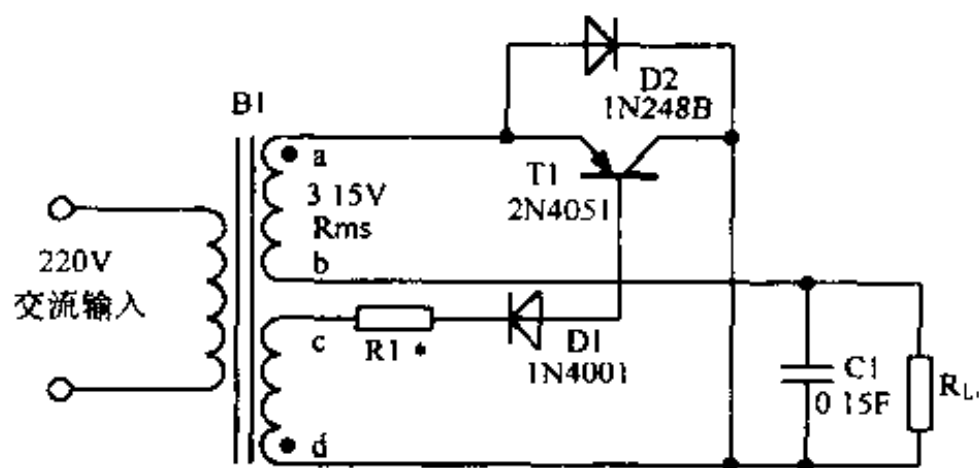


图 2-2 低压输出半波同步整流电路

交流电源为正半周时(变压器次级两绕阻的 a 点相对于 b 点、d 点相对于 c 点为正), 晶体管 T1 的基—射极此时为正向偏置, 集电极电流流过负载 R_L ; 在电源的负半周时, T1 的基—射极为反偏, 晶体管截止。

2.3 晶体管全波同步整流电路

为了使晶体管 T1、T2 在交流的正、负半周能交替地向负载电阻 R_L 提供电流, 在变压器次级的交流电压应轮流地向晶体管提供偏置电压。电路如图 2-3 所示。

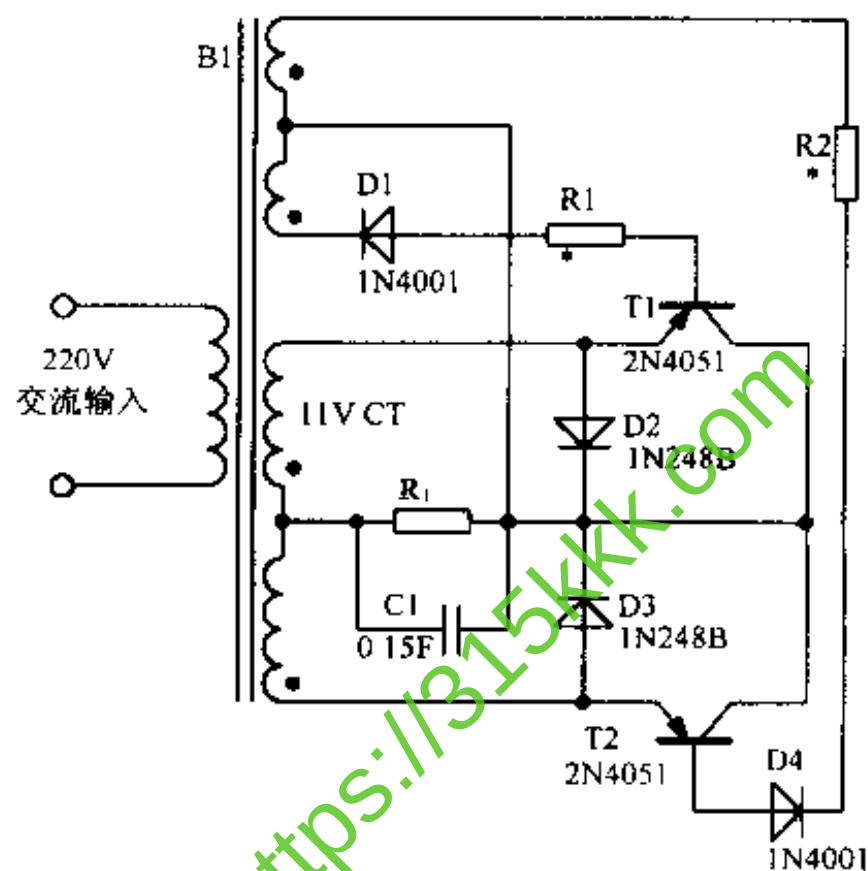


图 2-3 晶体管全波同步整流电路

电路中的硅二极管 D2、D3 用于保护晶体管 T1、T2 免遭电容负载充电电流的冲击。在晶体管的基极电路中应用了二极管 D1、D4, 可将由电容器放电引起的影响降低到最低限度。

2.4 简单实用的开关整流电源

此电路可输出 $\pm 20 \sim \pm 30V$ 的直流电压, 输出电流可达 1.5A, 并具有简单实用的过流保护功能。如图 2-4 所示。

输出电压的高低可通过调节电位器 P1, 从而改变振荡脉冲宽度来实现。变压器 B1 选用 $14mm \times 14mm$ 铁氧体铁心, 初级用线径 0.35mm 漆包线绕 290 匝; 次级线径 0.8mm, 双线并绕 29 匝。GZL 选用直径 30mm 的磁罐, 用线径 0.45mm 漆包线绕 100 匝。

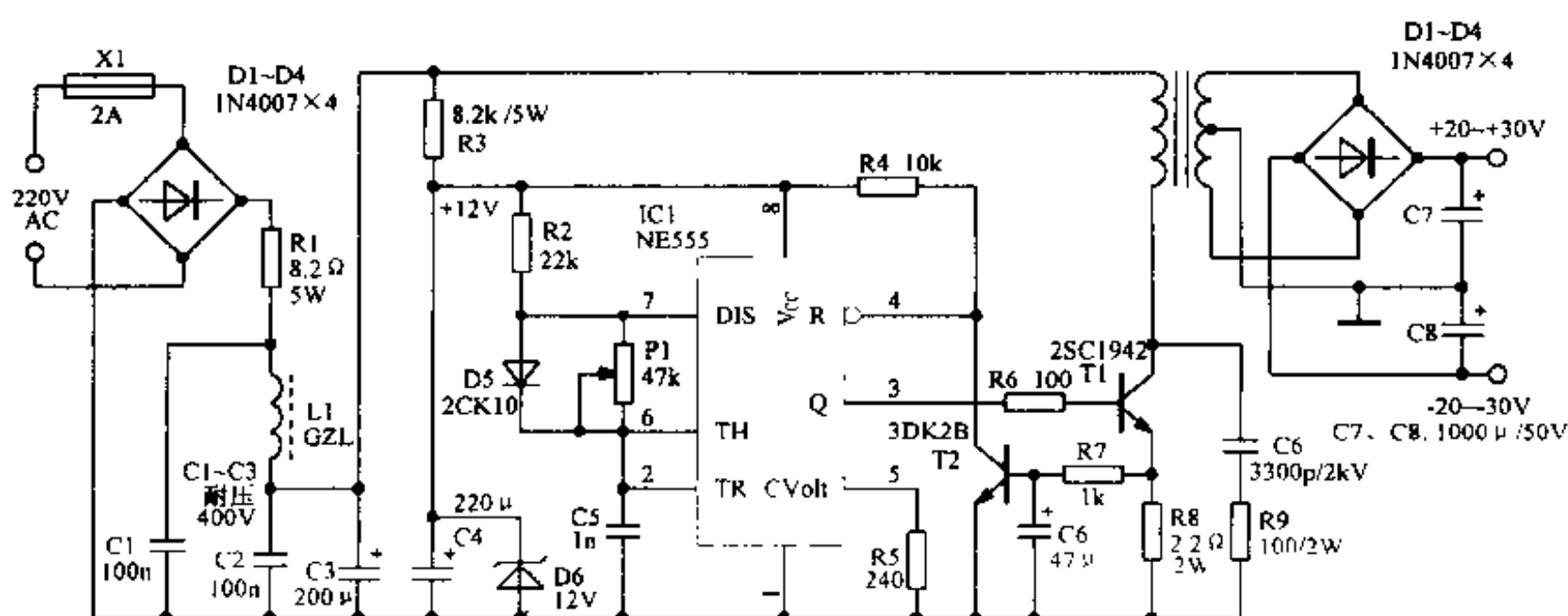


图 2-4 简单的开关整流电源

2.5 恒流整流电路

将交流 220V 经变压器降压至 20V，再经桥式整流输出约为 18V 的脉动电压，VMOS 管 T1 的栅源电压决定了输出电流的大小，栅源电压由电位器 P1 进行调节。P1 动点位置

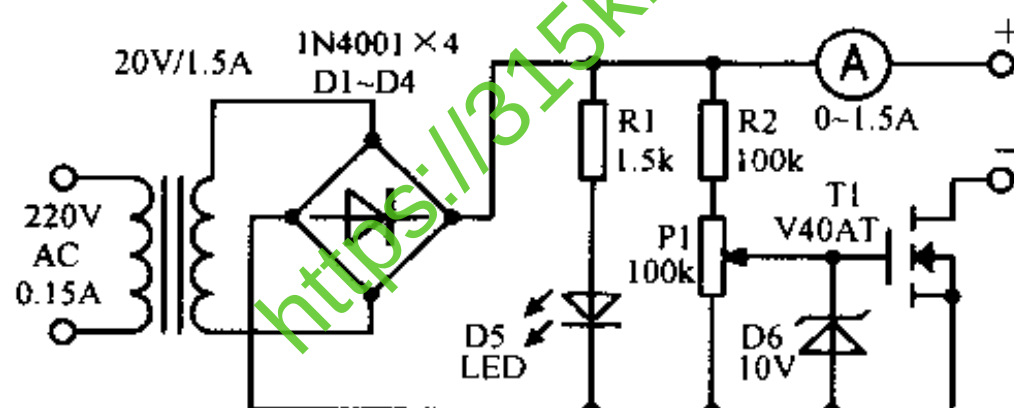


图 2-5 恒流整流电路

确定后，输出电流便具有恒流特性，为了防止输出电流随电网电压变化，在栅源之间并入一只 9V 的稳压管，适当调节 R2 的值，使稳压管的电流为 10mA 左右，以保证输出电流稳定。电路如图 2-5 所示，可用于恒流充电机中。

2.6 低噪声、低压降 1A 线性稳压器 MAX687/688/689

本电路在输出电流为 650mA 时电压降为 100mV；集成电路具有 150μA 电源电流，1μA 关闭电流；外接 PNP 管基极电流可达 10mA。如图 2-6 所示。

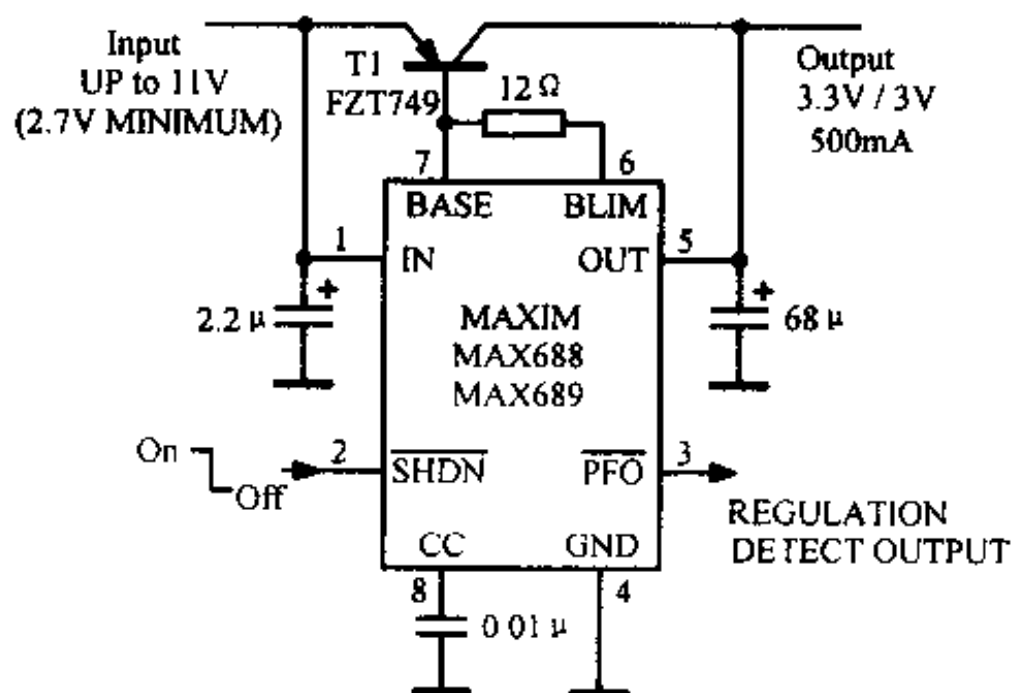


图 2-6 MAX687/688/689

2.7 双路高/低功率线性稳压器 MAX8862

双输出: 250mA/100mA; 低电压降: 250mA 时为 200mV; 1μA 关闭电流; 采用 1.8W 大功率封装。如图 2-7 所示。

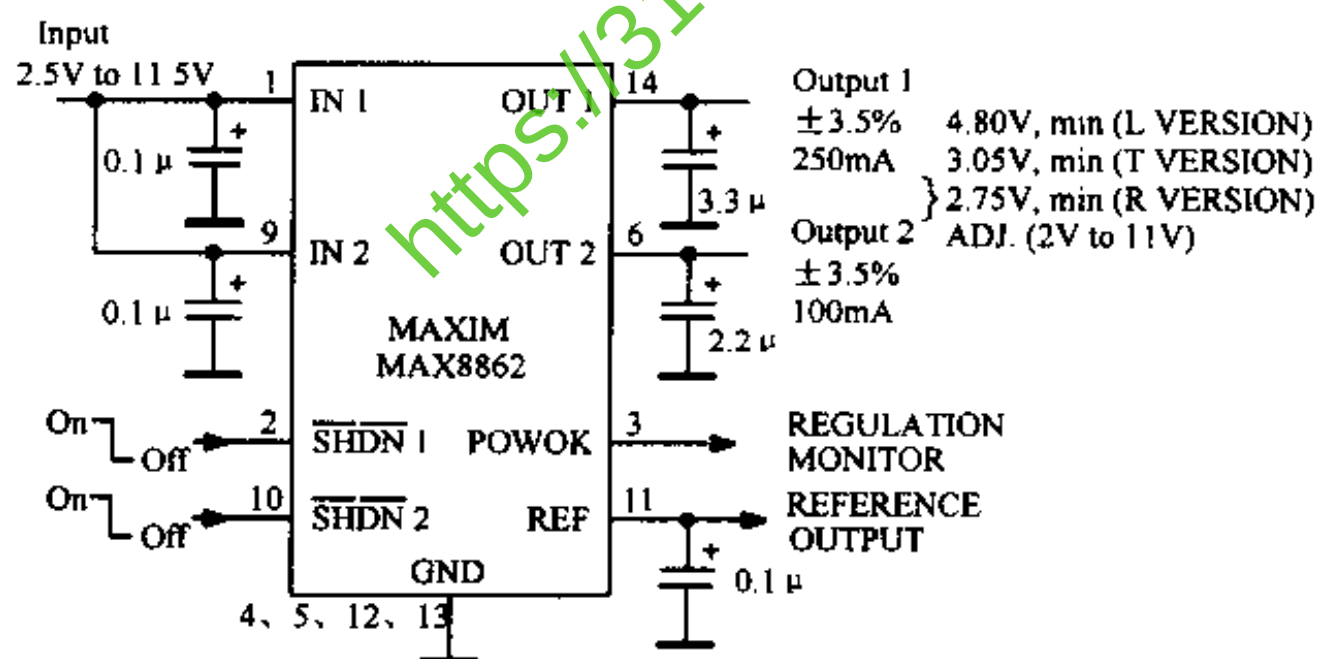


图 2-7 MAX8862

2.8 双路 100mA 线性稳压器 MAX8865/8866

使用 MAX8865/MAX8866 系列线性稳压器组成的电源, 输入电压为 2.5~6.5V 时, 输出电压: R 型 2.73V, T 型 3.08V; 具有 145μA 的电源电流, 1μA 关闭电流; P 沟 MOSFET 开关; 电池反接及过热保护。如图 2-8 所示。

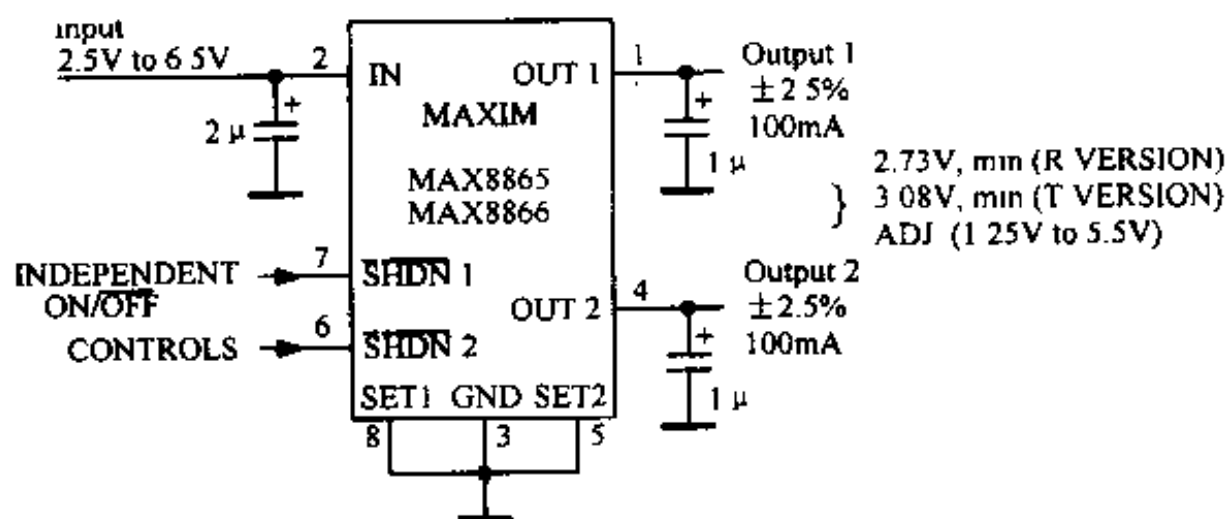


图 2-8 MAX8865/8866

2.9 多端稳压器 5G14

如图 2-9 所示为 5G14 的内部等效电路。5G14 本身输出电流只有 5~10mA, 一般使用时需要扩流。了解其内部电路结构就能灵活设计扩流电路。

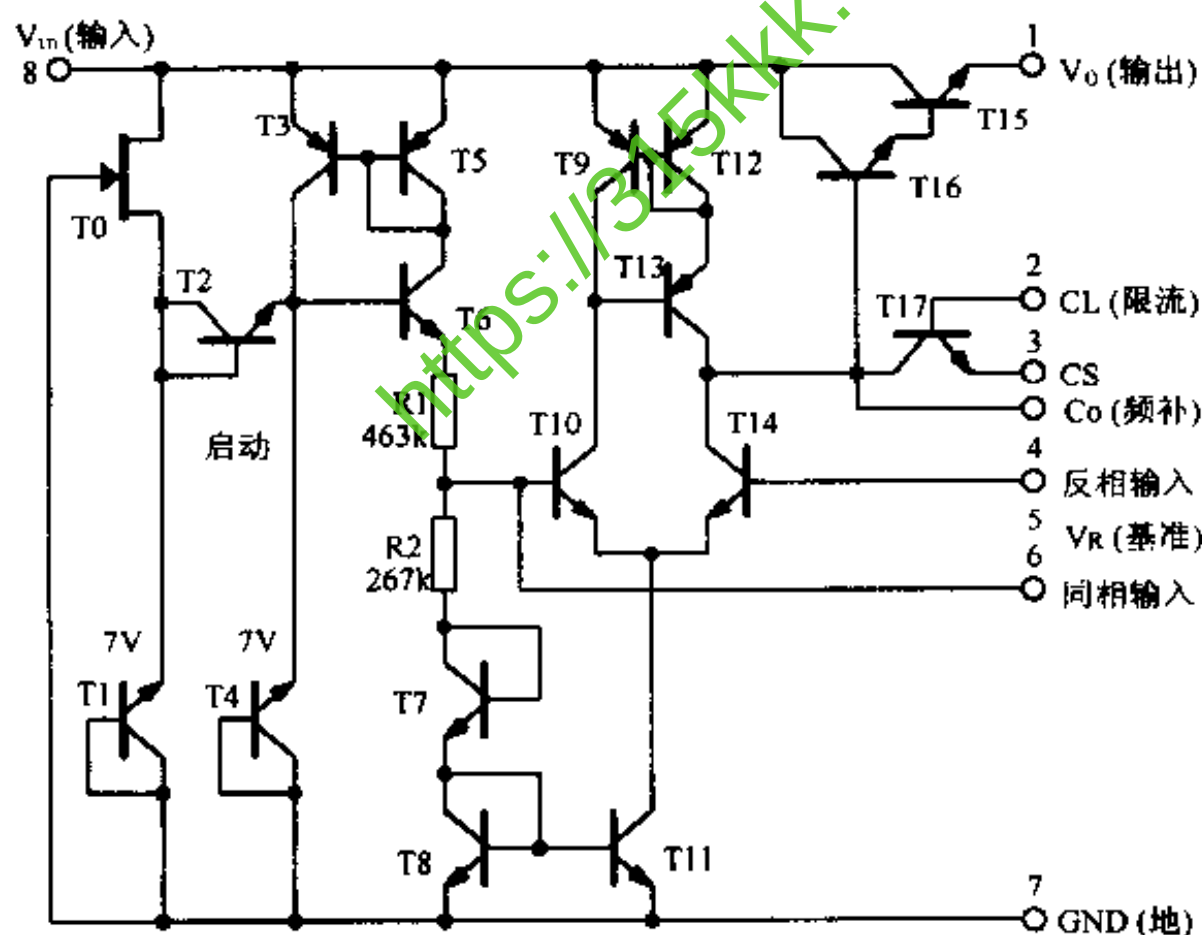


图 2-9 5G14 内部等效电路

2.10 5G14 的两种扩流电路

图 2-10(a) 是 NPN 管的典型扩流电路, 输出电流 5A。图 2-10(b) 是 PNP 管扩展输出电流电路, 实质上是小功率 NPN 管和大功率 PNP 管复合等效 NPN 功率管的一种用法,

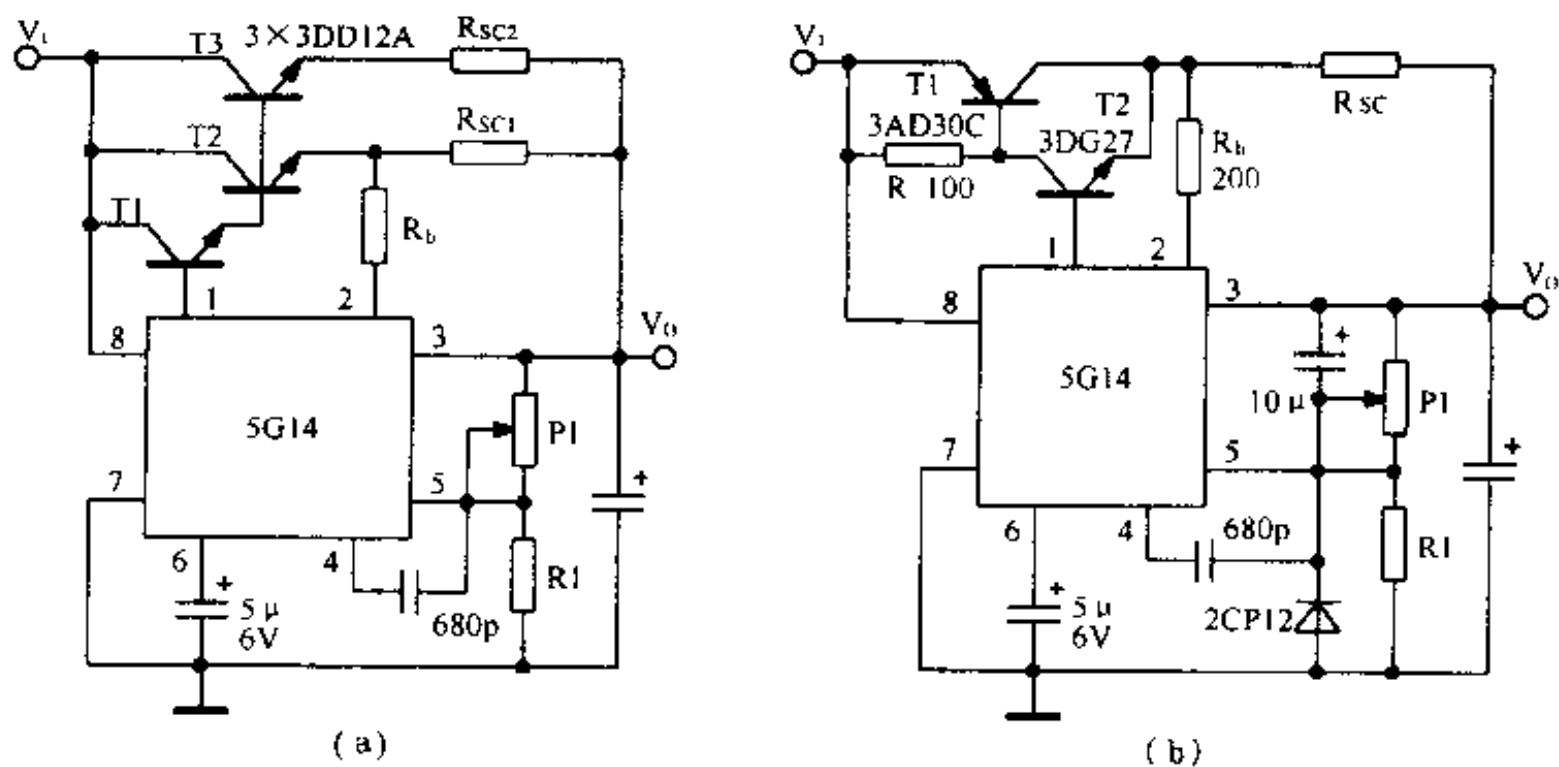


图 2-10 5G14 的扩流电路

输出电流和所使用的晶体管 T1 有关。

2.11 使用 5G14 组成的 5V/10A 固定输出稳压电源

本电路输出电压 5V, 输出电流 10A, 选用 4 只功耗为 50W 的 3DD12 并联使用 (需加适当的散热板)。如图 2-11 所示。

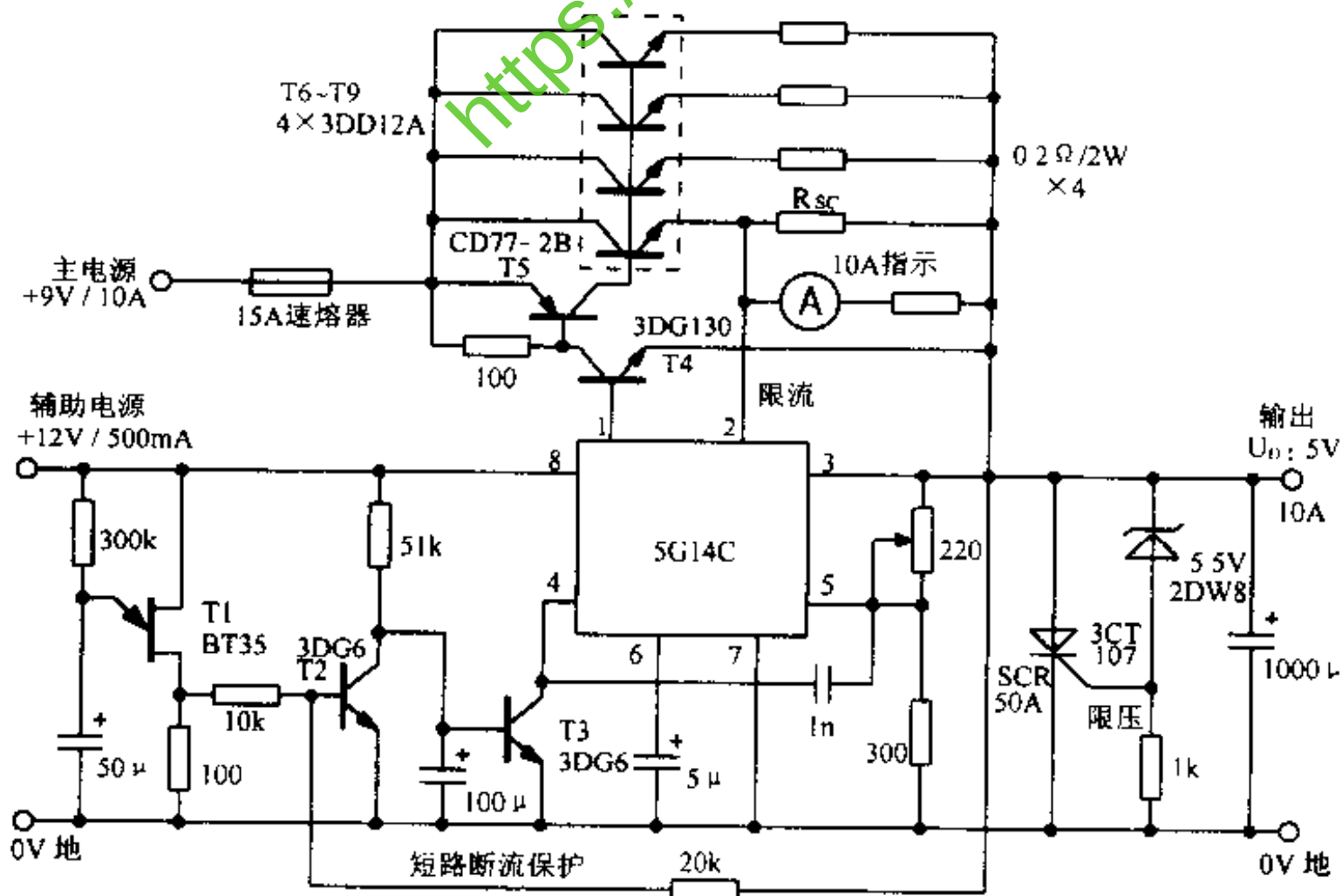


图 2-11 由 5G14 组成的 5V/10A 稳压电源

整流输出的滤波电容容量,可按每安培 $1000 \sim 1500\mu\text{F}$ 选择。这个电路具有三种保护:在 5G14C 的 2、3 脚之间的电阻 R_{sc} 设定了内部的限流保护;T2、T3 组成延时启动短路截流保护,且带有 T1 组成的自激振荡,完成短路消除后的自动启动;输出过压时,由可控硅 SCR 和稳压管组成的电路实现对负载的保护。

2.12 使用 5G14 的正输出高压稳压电源

此电路采用电平移动方法提高输出电压。如图 2-12 所示。

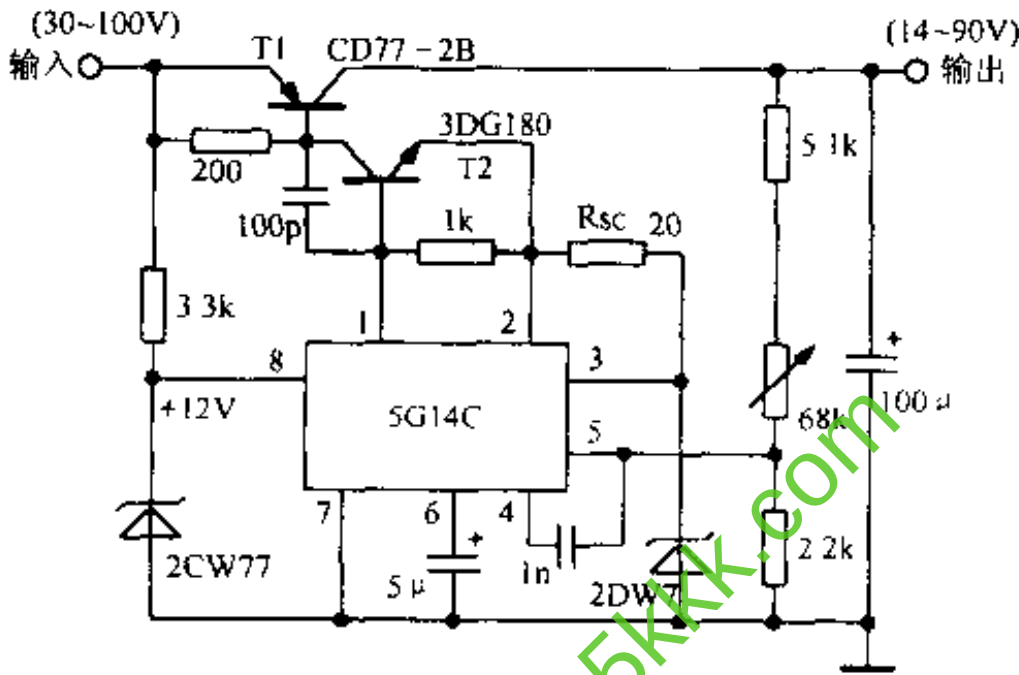


图 2-12 使用 5G14 的正输出高压稳压电源

改变 $68\text{k}\Omega$ 可调电阻,输出电压范围为 $+14 \sim +90\text{V}$ 。输出电压的上限主要由 T1、T2 的耐压来决定,而与 5G14 无关。 R_{sc} 限制 T2 的射极电流,也限制了 T1 的最大输出电流。

2.13 使用 5G14 的输出负高压稳压电源

此电路采用浮动式输出负高压。如图 2-13 所示。

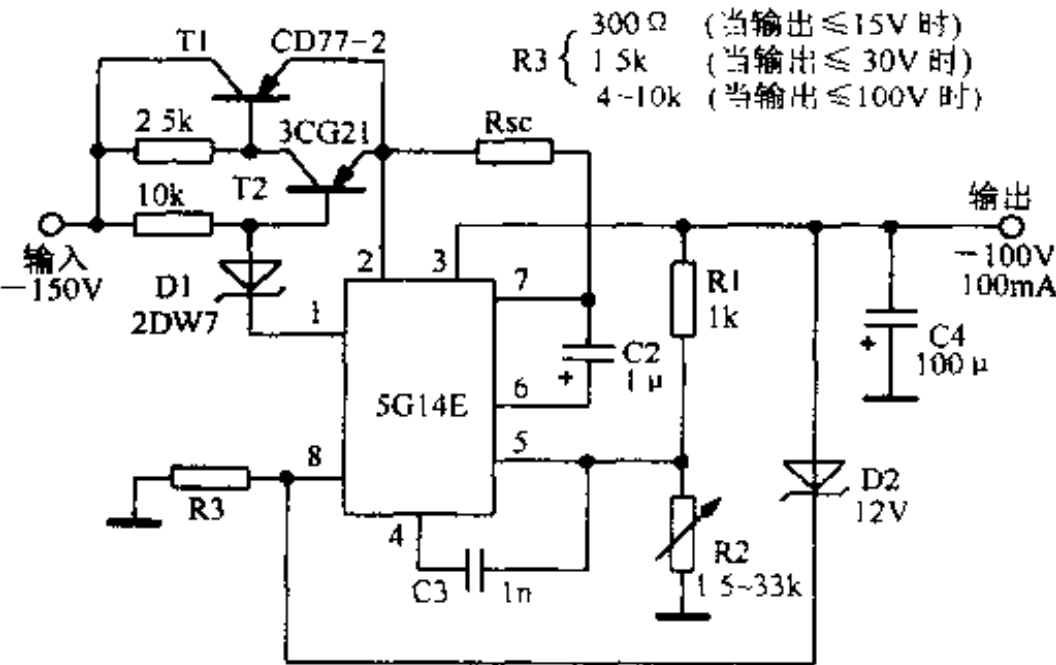


图 2-13 使用 5G14 的输出负高压稳压电源

稳压管 D2 保证了 5G14 的 1 脚电位比 7 脚电位高 4V 以上,处于正常工作状态。如果在 5G14 的允许范围内,输出小的负电压时, R3 短路也可以;如果要输出更高的负电压,需要适当地增大 R3 的值,以免 D1 中的电流过大。输出电压 $U_o = -U_{ref}(R1 + R2)/R1$ 。

2.14 5G14 的外加短路保护应用电路

使用 5G14 时,除了可利用它内部的限流保护电路外,还可以利用 4、6 脚来实现其他保护控制功能。

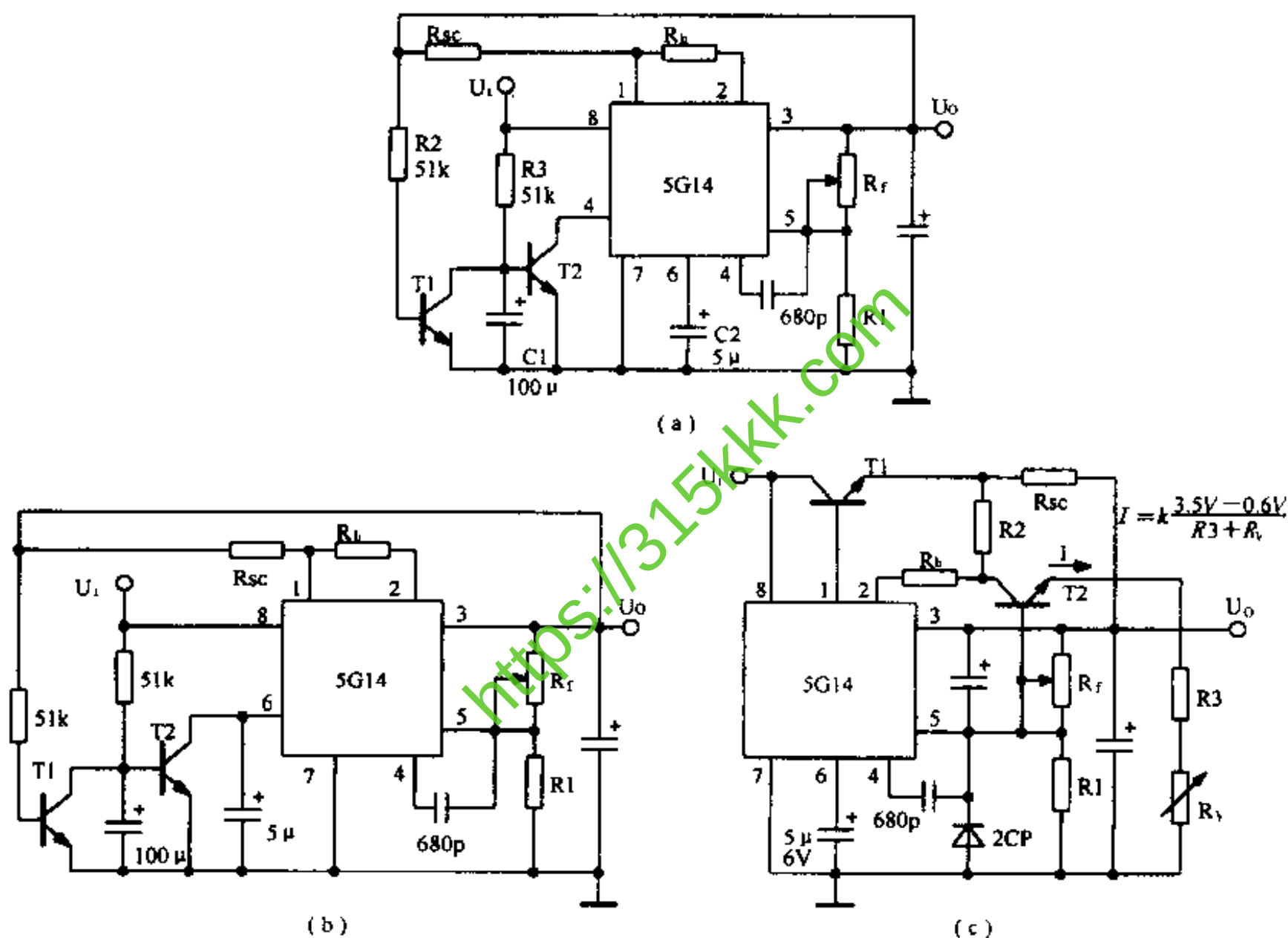


图 2-14 5G14 的外加保护应用电路

图 2-14(a)是利用 4 脚进行截流保护。当输出短路时晶体管 T1 截止而 T2 导通,使 4 脚电位为零,内部调整管截止。图 2-14(b)是利用 6 脚间接控制 4 脚,从而达到截流保护的日的。图 2-14(c)为限流保护电路,其中 T2 为恒流源。

2.15 利用 $\mu A723/W723$ 的 3~7V 稳压电源

$\mu A723(W723)$ 的 7V 基准电压是独立引出的,可以采用分压方法,使基准电压为 R_2 上的电压,从而使输出电压范围为 2~7V。如图 2-15 所示。

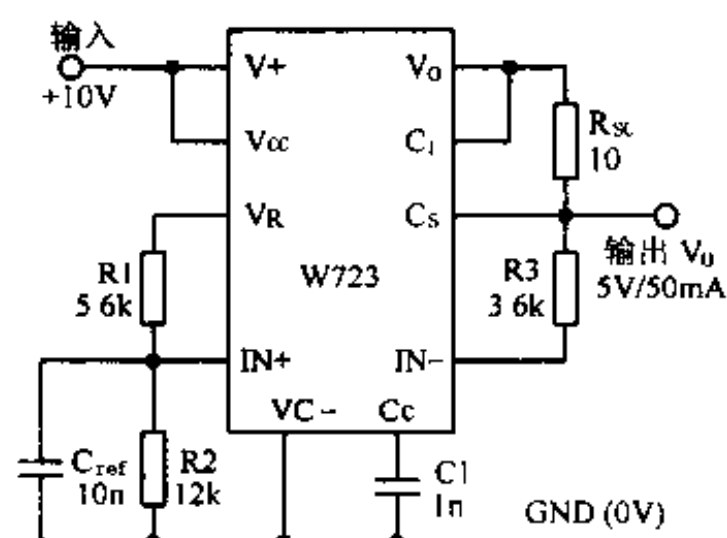


图 2-15 利用 $\mu A723/W723$ 的 3 ~ 7V 稳压电源

电阻分压后输出电压为 5V, 723 不加电流扩展可输出 50mA。

2.16 利用 $\mu A723/W723$ 的 7 ~ 36V 稳压电源

在使用 $\mu A723(W723)$ 时, 如果将输出电压分压采样后与基准电压进行比较, 可使输出电压在 7 ~ 36V 范围内。如图 2-16 所示。

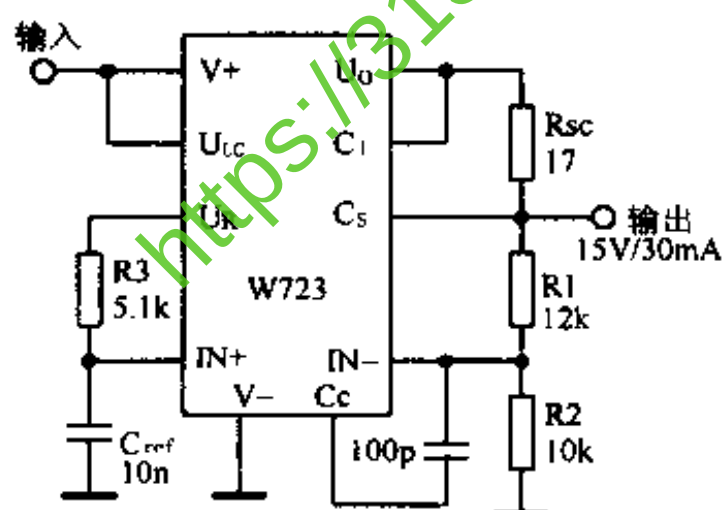


图 2-16 利用 $\mu A723/W723$ 的 7 ~ 36V 稳压电源

电阻分压后输出电压为 15V, 输出电流 30mA。

2.17 $\mu A723/W723$ 扩展输出电流稳压电源

图 2-17(a) 采用了 NPN 功率管来扩展电流, R_a 和 R_b 构成降流式短路保护。如果负载离电源较远, 应将输出电流线与采样反馈线分别引出, 以避免长线路压降的影响。

图 2-17(b) 是采用 PNP 功率管来扩展输出电流。

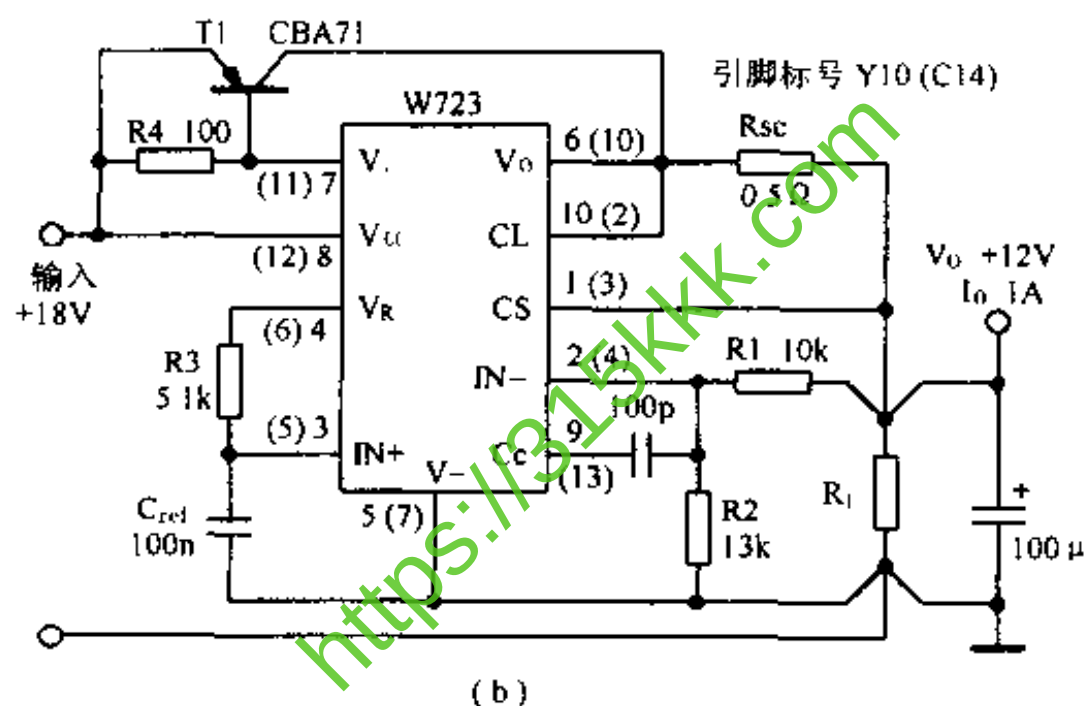
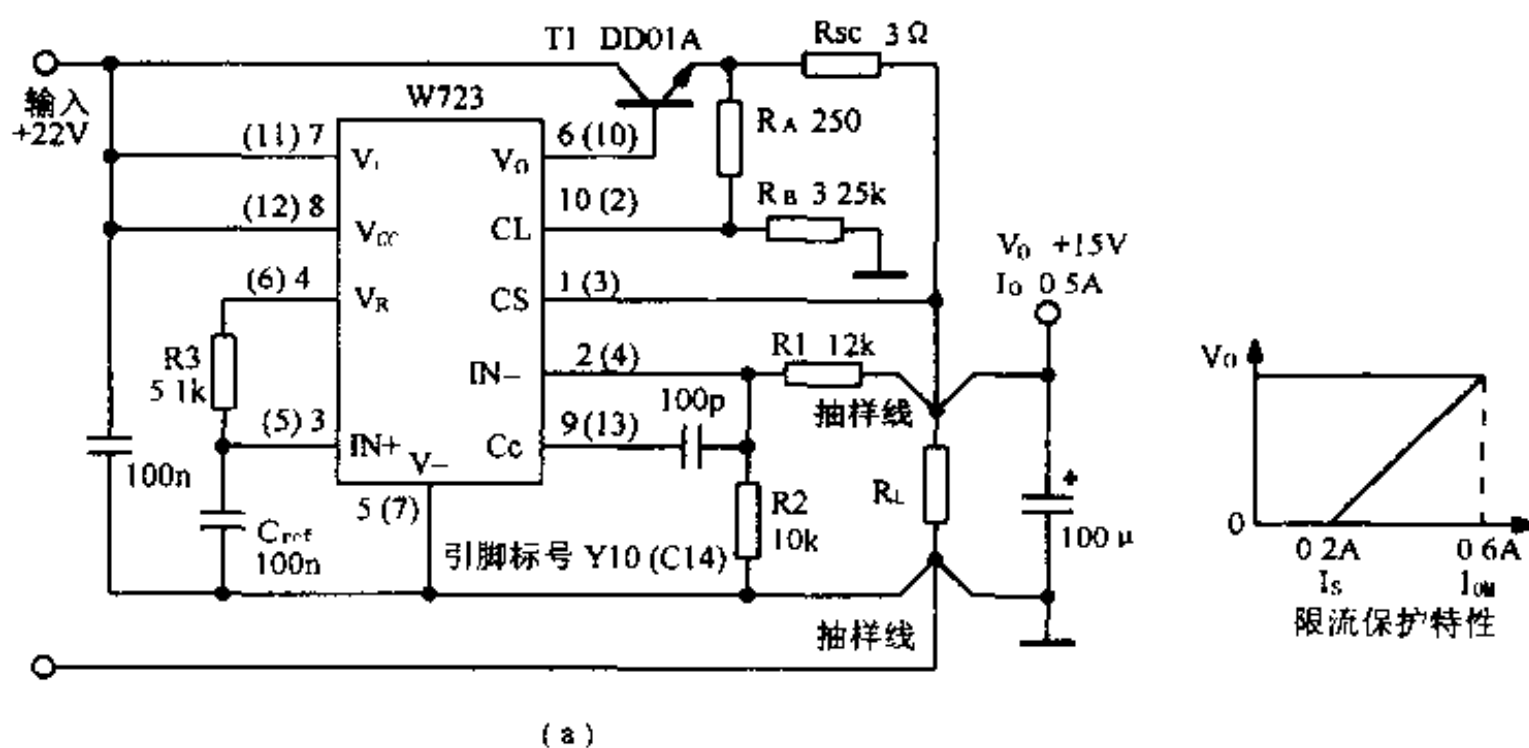


图 2-17 $\mu A723/W723$ 扩展输出电流稳压电源

2.18 W723 线性可调稳压电源

在大多数的可调电源中，输出电压调节电位器游标的指示与输出电压之间的关系是非线性的，这就要求输出电压必须是可以测量或者在显示仪表上显示出来的。如图 2-18 所示的电路输出的可调电压是线性的，所以在电位计上有简单的线性标度就可以了。

2.19 三端固定稳压器 W78/79 的典型应用电路

图 2-19(a) 为正负输出电压电路；图 2-19(b) 为升压式正负电压输出电路。

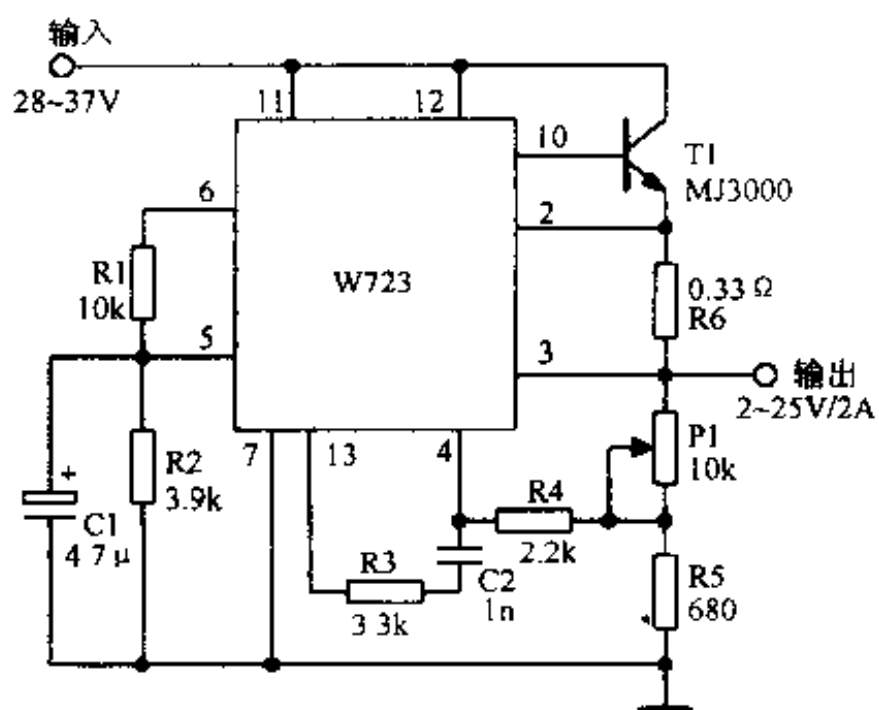


图 2-18 W723 线性可调稳压电源

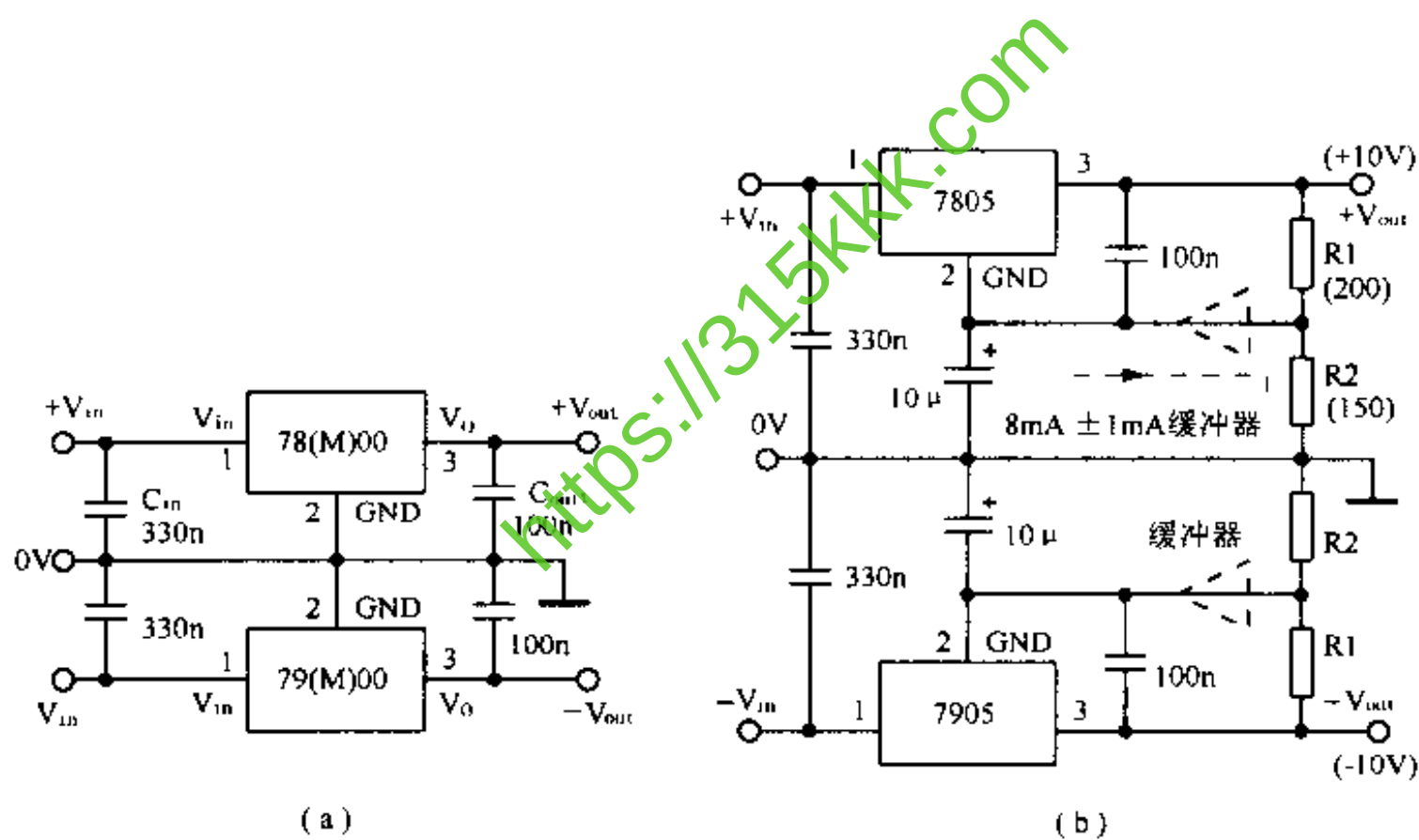


图 2-19 W78/79 的典型应用电路

2.20 0 ~ +140V 高压高稳定度稳压电源

本电路输出电压为 0 ~ +140V 连续可调, 输出电流 10mA。纹波电压小, 温度稳定性高。如图 2-20 所示。

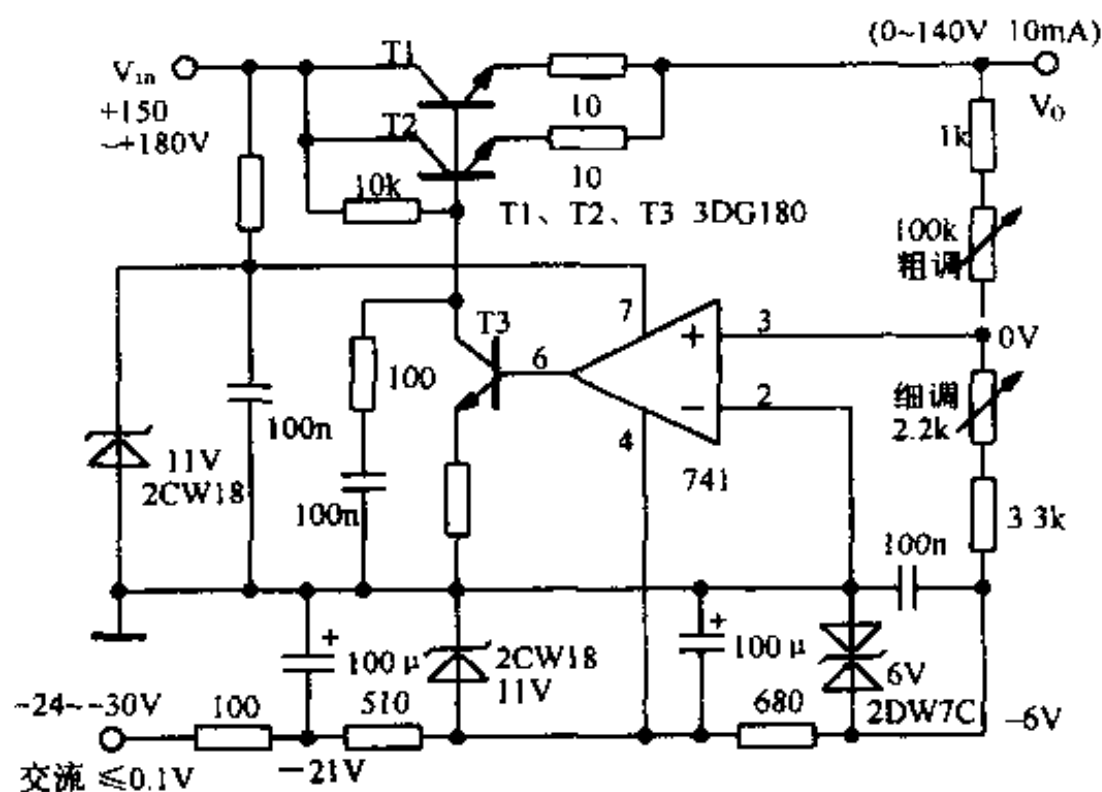


图 2-20 0 ~ +140V 高压高稳定度稳压电源

2.21 用 7805 组成的精密可调稳压电源

利用三端稳压器 7805, 配合可编程精密电压基准 TL431, 可以组成简单的高压可调压电路。如图 2-21 所示。

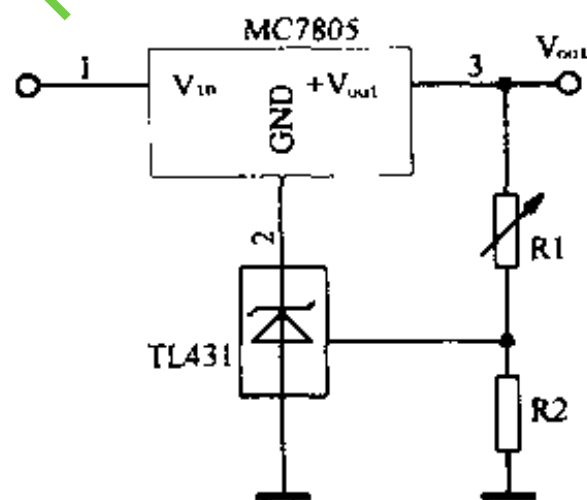


图 2-21 用 7805 组成的精密可调稳压电源

这个电路的输出电压可以用下式计算: $V_o = (1 + R_1/R_2) \times 2.5V$ 。最小输出电压 2.5V, 最大输出电压 40V。从电路输出电压表达式可以看到: 当电路中的可调电阻 R_1 为零时, 即 TL431 的参考端与阴极相接时, 输出电压为 2.495V。

2.22 并联式稳压电源

利用可编程精密电压基准 TL431，可以组成简单的并联式稳压电路。输出电压 $V_o = (1 + R_1/R_2) \times 2.5V$ 。如图 2-22 所示。

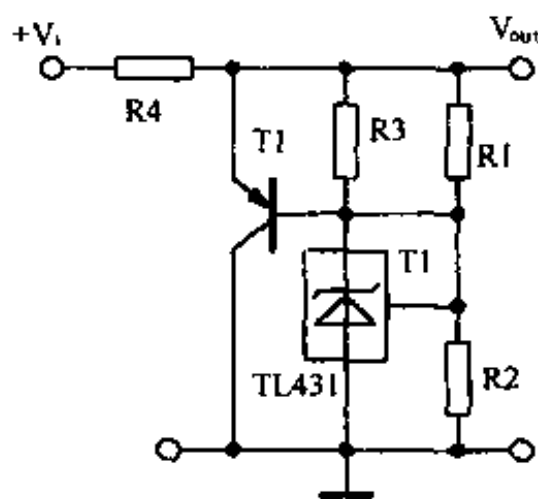


图 2-22 并联式稳压电源

选择 R_1 、 R_2 的比值,可以得到不同的输出电压值。

2.23 简单的稳压电源

利用编程精密电压基准 TL431 与晶体三极管,可以组成简单的串联式稳压电源。如图 2-23 所示。输出电压为 $(1 + R_1/R_2) V_{ref}$, 最小输出电压约为 3.2V, 最大输出电流取决于三极管 T_1 的集电极最大允许电流。

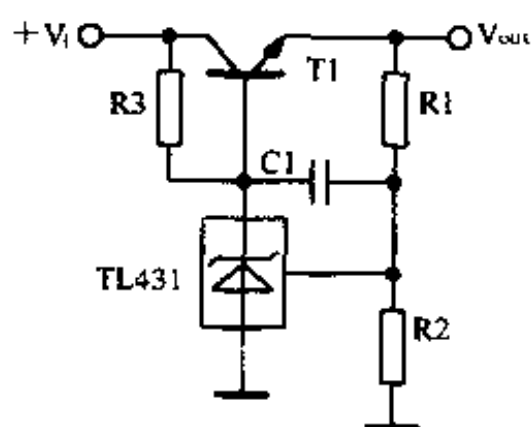


图 2-23 简单的稳压电源

2.24 低温度系数可调稳压电源

利用集成稳压器 LT317A 和 2.5V 基准电压 LM336 可以组成低温度系数可调稳压电源。如图 2-24 所示。

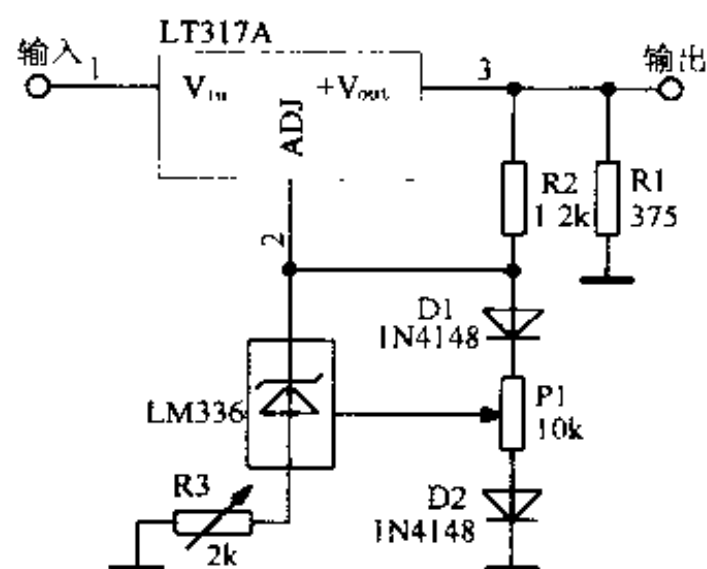


图 2-24 低温度系数可调稳压电源

本电路最小输出电压为 3.75V，调整 2k Ω 可调电阻 R3 可以改变输出电压。先将 R3 调至零位，再调 10k Ω 电位器 P1，使 LT317A 的 ADJ 端为 4.90V，可得到最小温度系数。

2.25 高精度稳压电源

此电路采用集成稳压块 μ A723(或 CA723、LM723) 和少量元件，可实现输出电压在 1.25 ~ 27V 可调，输出电流达 6.5A(起保护)。当输出电流在 0 ~ 4.5A 范围内时，输出电压变化为 0.03V。如图 2-25 所示。

输出保护电路的计算方法为 $R7 = 0.6/I$ ， I 为保护电流值。由时基集成块 555 及外围元件组成输出短路指示电路。

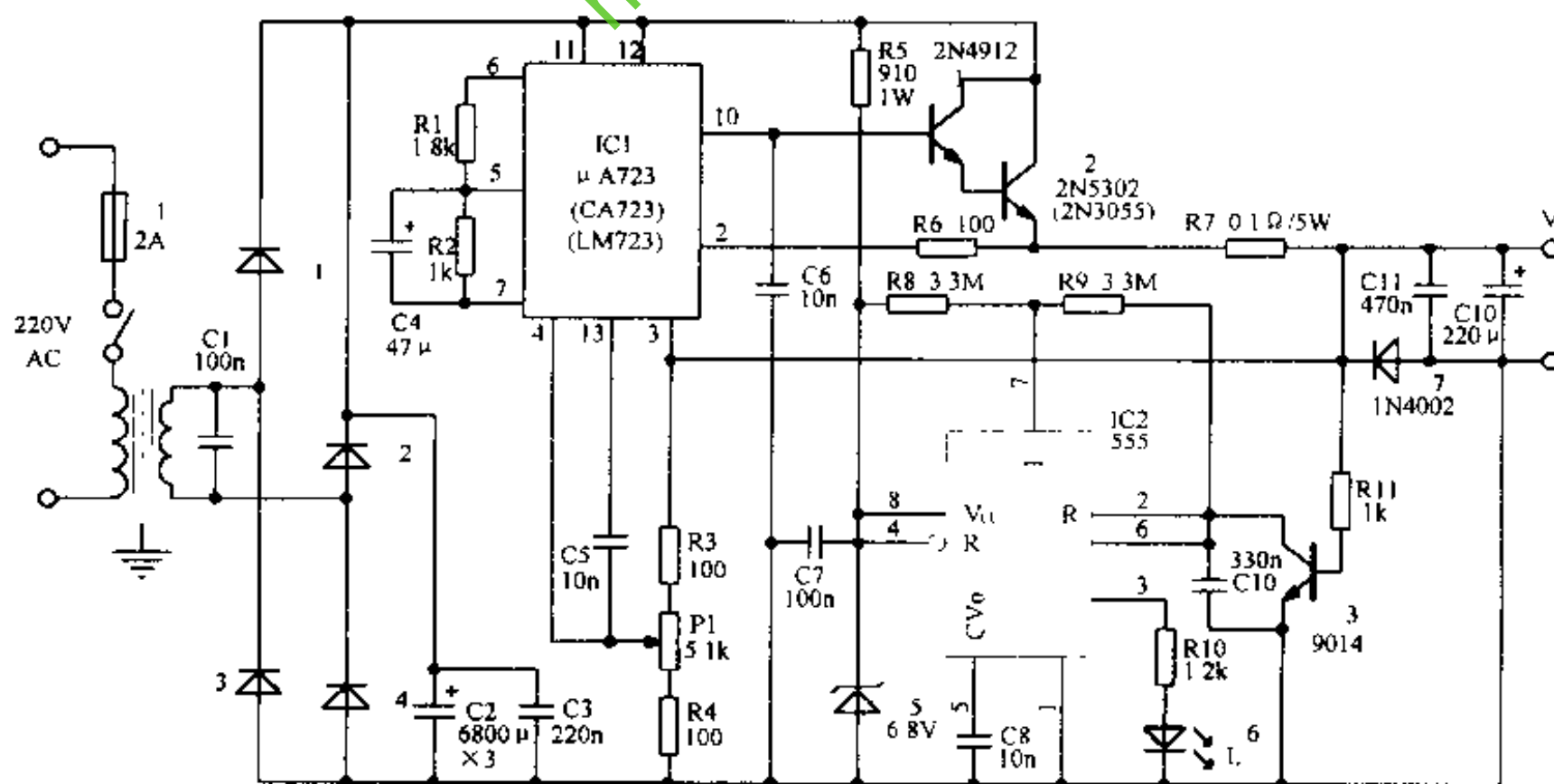


图 2-25 高精度稳压电源

2.26 $-12 \sim +12\text{V}$ 连续可调稳压电源

只要调节调压旋钮,本电路输出电压便可实现在正负之间连续而平滑地变化,且稳定度较高。这种电源可用于直流电机的无级变速和顺逆转向运行、栅极可关断晶闸管 GTO 器件与双向触发器件的检测试验等特殊场合。

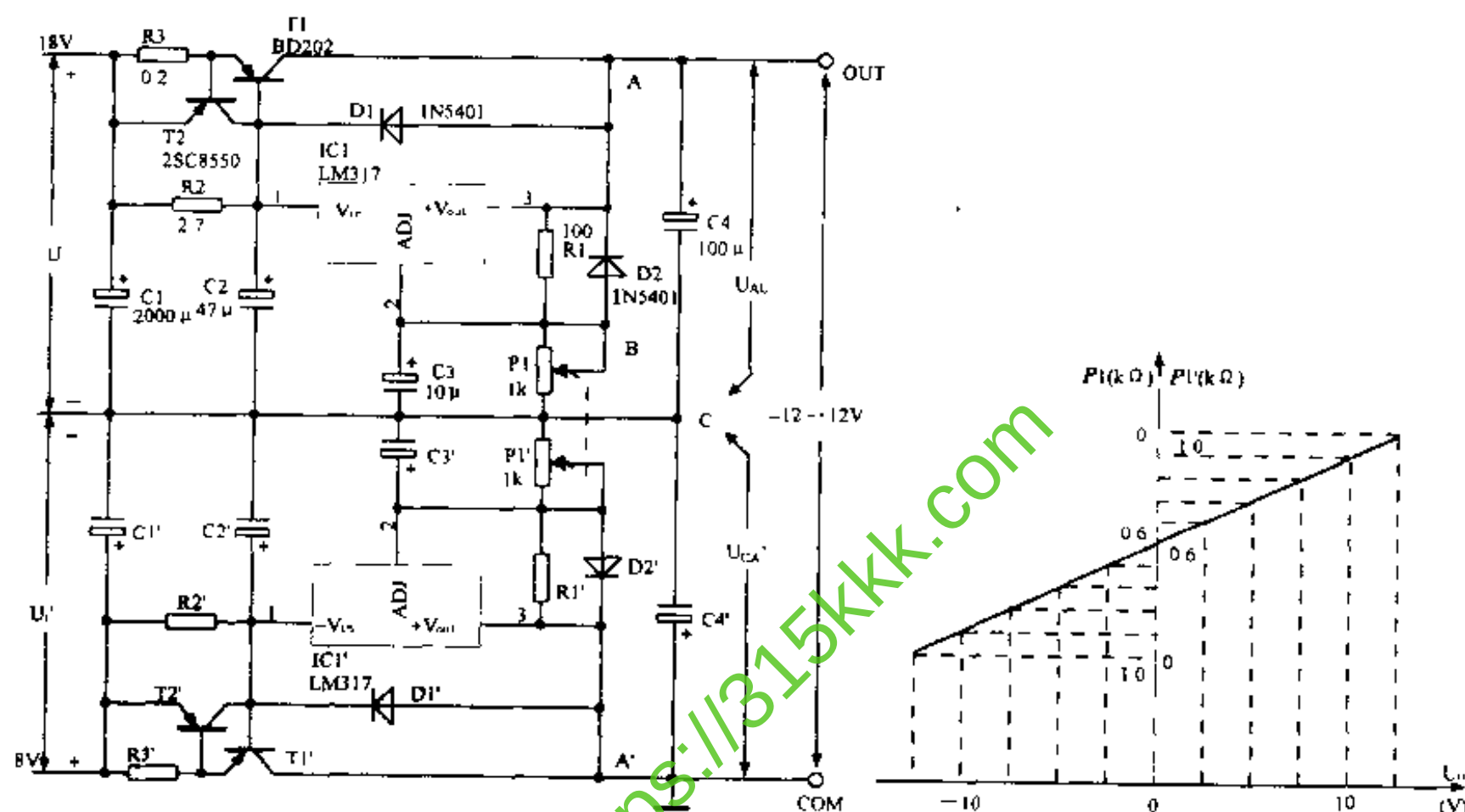


图 2-26 $-12 \sim +12\text{V}$ 连续可调稳压电源

如图 2-26 所示,采用两片三端可调稳压集成电路 LM317 组成正负对称电路。线性同轴双联电位器 $P1(P1')$ 可调整正、负电源的输出电压。 $P1$ 的连接要保证互补特性,即始终处于 $P1 + P1' = 1k\Omega$,这样就可保证输出的正负电源电压绝对值也为互补关系。输出电压 U_o 和电容 C_4 、 C_4' 两端的电压 U_{AC} 、 $U_{CA'}$ 的关系为:当 $U_{AC} > U_{CA'}$ 时, $U_o > 0$; 当 $U_{AC} = U_{CA'}$ 时, $U_o = 0$; 当 $U_{AC} < U_{CA'}$ 时, $U_o < 0$ 。输出电压 U_o 也可以看作: $U_o = U_{REF}(P1 - P1')/R1$, 其中 $U_{REF} = U_{AB} = U_{A'B'}$, 它是 LM317 的基准电压。

电位器 $P1$ 的阻值变化与输出电压的关系如图中右边部分所示。为了增大电路的输出能力增加了扩流管,本电路的输出电流为 3A 。

2.27 高效稳压电源

电路中的比较放大和调整管驱动电路由倍压整流滤波电路供电,调整管压降在 $2 \sim 3\text{V}$ 以上,功耗小,效率高达 80% ,尤其适用于大电流时应用。如图 2-27 所示。

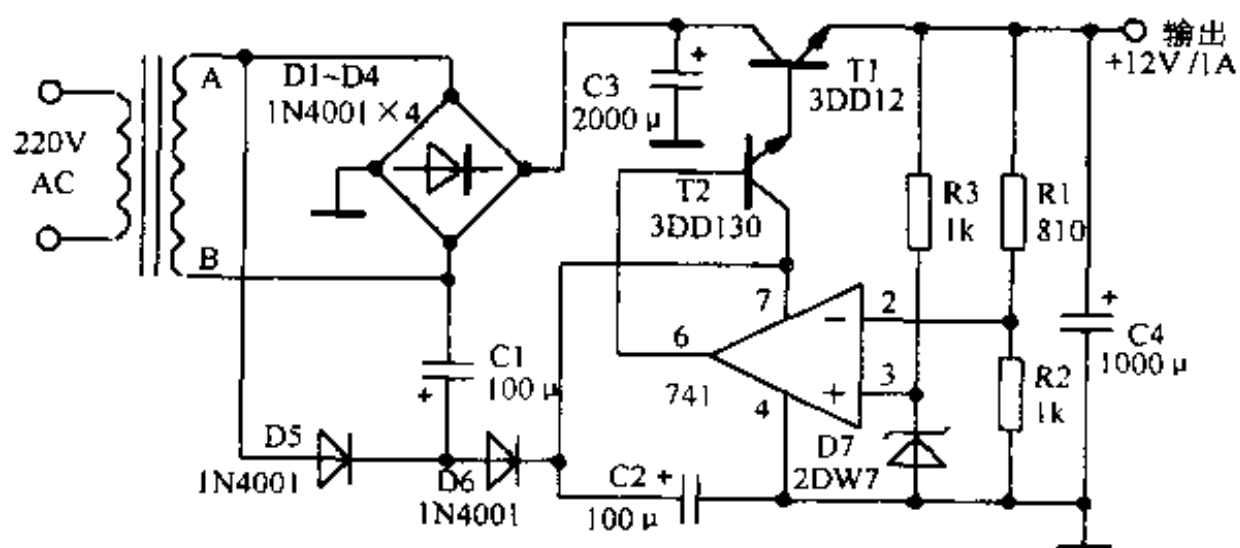


图 2-27 高效稳压电源

2.28 低压差三端稳压器 MC33269

MC33269 系列是低压差、中电流、正输出电压集成稳压器。有固定输出(3.3V、5.0V、12V)及可调整输出 4 种不同型号,最大输出电流为 800mA。在输出电流为 500mA 时,压差为 1V,它的内部有过热保护和输出短路保护,适用于电池供电的电子产品。

典型固定输出应用如图 2-28(a) 所示,为了保证工作的稳定性,输出电容不小于 $10\mu\text{F}$ (串联等效电阻要求小于 10Ω),最好采用钽电容,输入电容对稳定性来说是不必要的,但可改善整体性能。典型的可调整输出应用如图 2-28(b) 所示,输出电压 $V_o \approx 1.25\text{V} \cdot (1 + R2/R1) + I_{\text{ADJ}} \cdot R2$,第二项可以忽略。在使用时应注意,MC33269 的最小负载电流应大于 8mA。

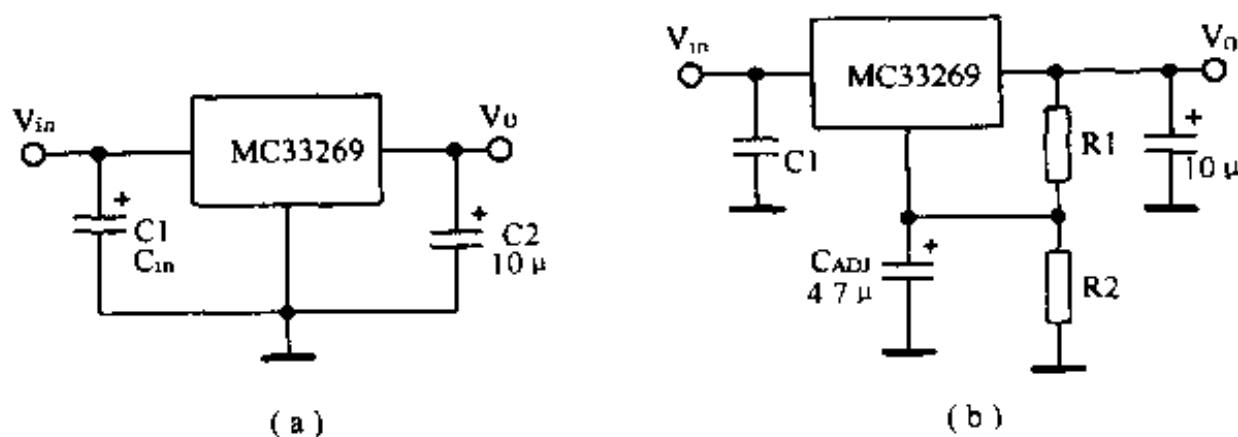


图 2-28 低压差三端稳压器 MC33269

2.29 停电备用电源

利用低压差三端稳压器 MC33269,可以组成停电备用电源,应用在低功耗的电子产品中。如图 2-29 所示。

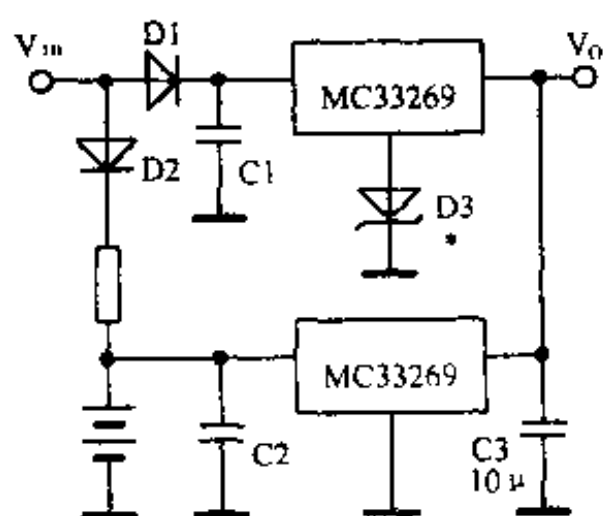


图 2-29 停电备用电源

当有交流电供电时,经整流滤波的电压 V_{in} 加在电路的输入端,上面稳压器的接地端加了一个肖特基二极管 D3,使输出电压提高了 0.4V,使下面的稳压器不工作。停电时,下面的稳压器利用备用电池经稳压器输出供电。

2.30 可编程输出稳压电源

利用 MC33269 外加一些元件可以组成数控可编程输出的稳压器。

图 2-30 中画出了三个控制端,当某一个控制端出现高电平时,相应的集电极电阻与 R2 并联,改变了输出电压。控制端的多少可按实际要求设计。

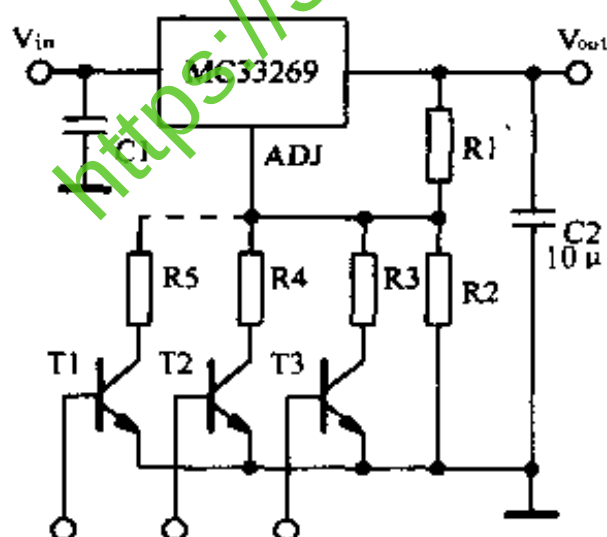


图 2-30 可编程输出稳压电源

2.31 低功耗三端稳压器应用电路

低压差、低功耗三端稳压器 XC62AP 的输出电压,除了标准的 3.0V、4.0V、5.0V 外,还可根据用户的要求,提供 1.1~9.9V 的产品。

图 2-31(a)是采用 XC62AP 制作的基本电源电路;图 2-31(b)是使用 XC62AP 作为比较器的基准电压。

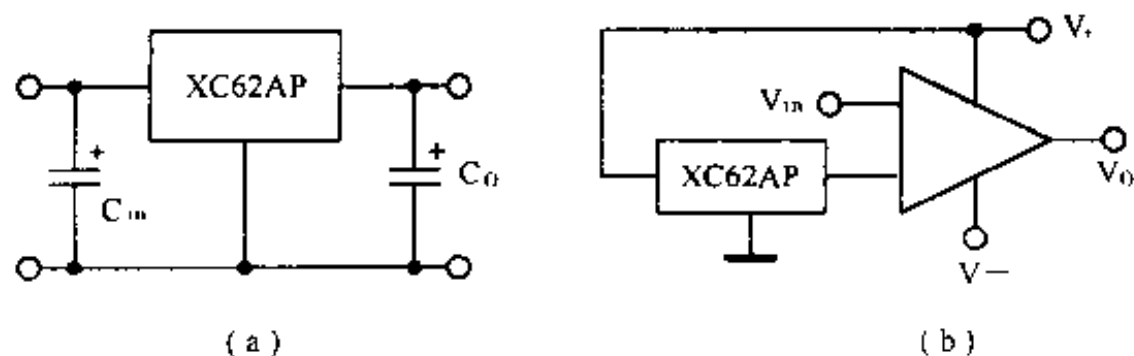


图 2-31 低功耗三端稳定器应用电路

2.32 0 ~ 50V/2A 数控直流稳压电源

利用大功率运放 OPA541(电源电压 $\pm 40\text{V}$, 输出电流 10A, 功耗 125W), 配合 D/A 转换器 DAC80-CBI-1, 可以组成 0 ~ 50V、最大电流 2A 的数控直流稳压电源。如图 2-32 所示。

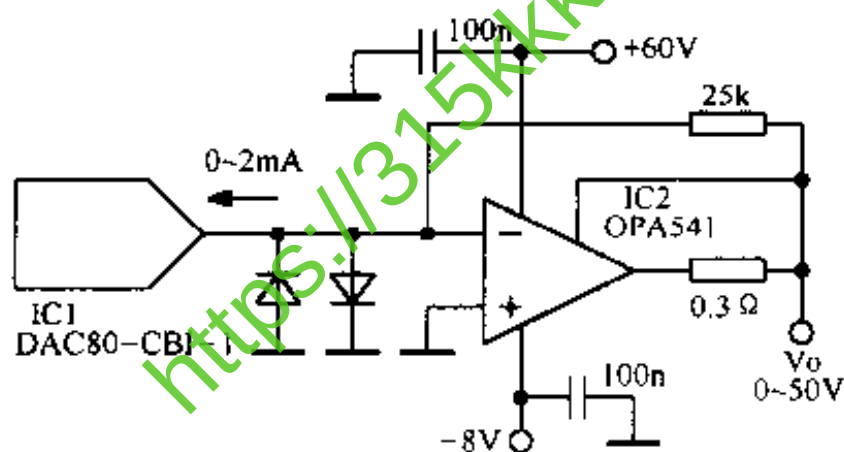


图 2-32 0 ~ 50V/2A 数控直流稳压电源

D/A 转换器在二进制数码控制下输出 0 ~ 2mA 的输出电流, 大功率运放 OPA541 构成 I/V 变换器。0.3Ω 电阻为限流保护电阻, 二极管起输入钳位保护作用, 在信号翻转瞬间吸收大的干扰信号, 以保护 D/A 转换器。

2.33 $\pm 30\text{V}/1\text{A}$ 精密数控直流稳压电源

利用大功率运放 OPA541、D/A 转换器 DAC702 及超低噪声精密运放 OPA27, 可以组成输出电流 $\pm 1\text{A}$, 输出电压 $\pm 30\text{V}$ 的精密数控直流稳压电源。如图 2-33 所示。

电路中, 16 位二进制数控 D/A 转换输出电流, 大功率运放构成 I/V 转换器。

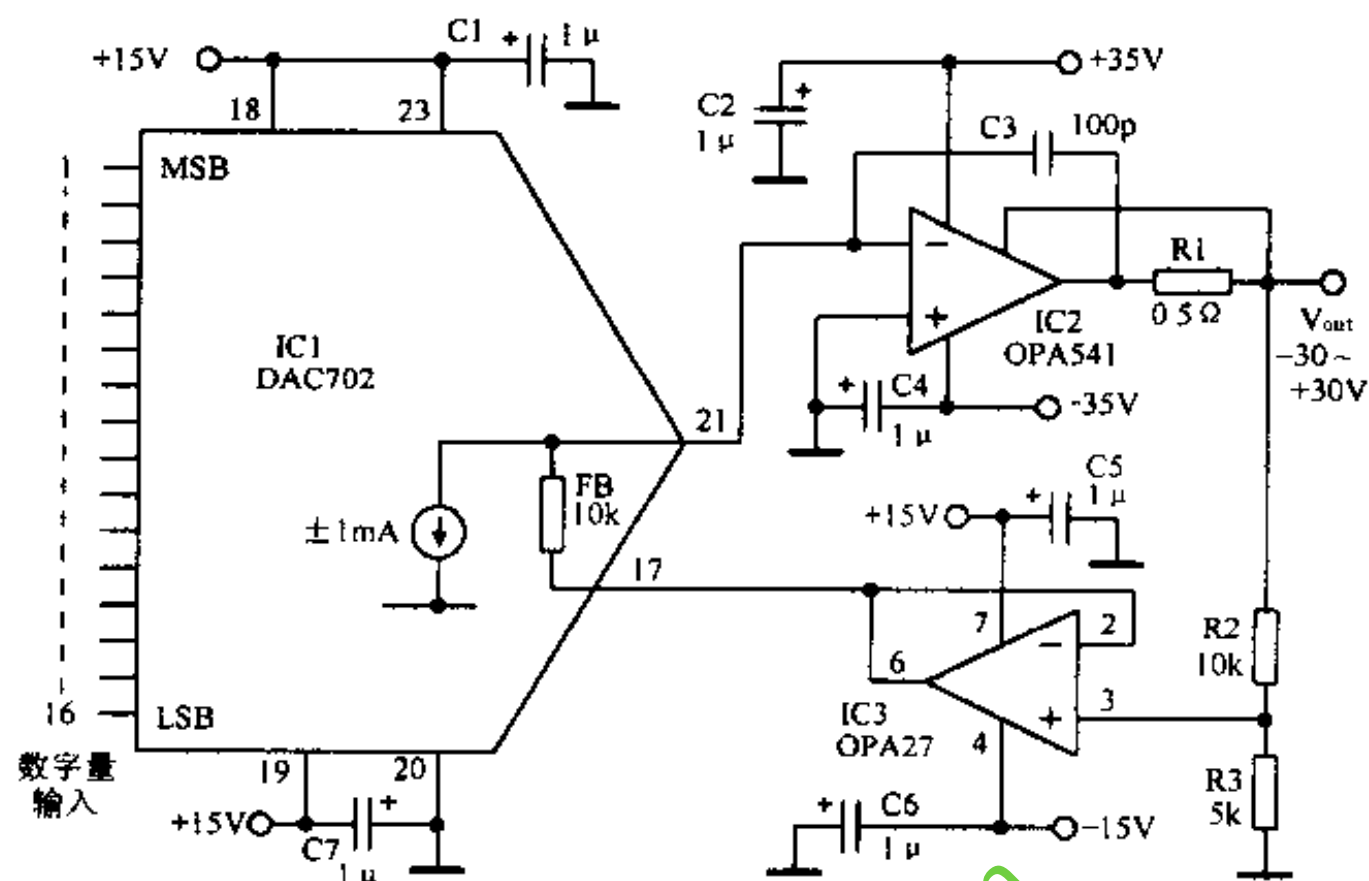


图 2-33 $\pm 30\text{V}/1\text{A}$ 精密数控直流稳压电源

2.34 $\pm 20\text{V}/5\text{A}$ 数控直流稳压电源

利用大功率运放 OPA502(电源电压 $\pm 10 \sim \pm 45\text{V}$ 、输出电流 10A) 与 D/A 转换器 DAC7801、高速精密运放 OPA602 等, 可以组成精密数控直流稳压电源。如图 2-34 所示。

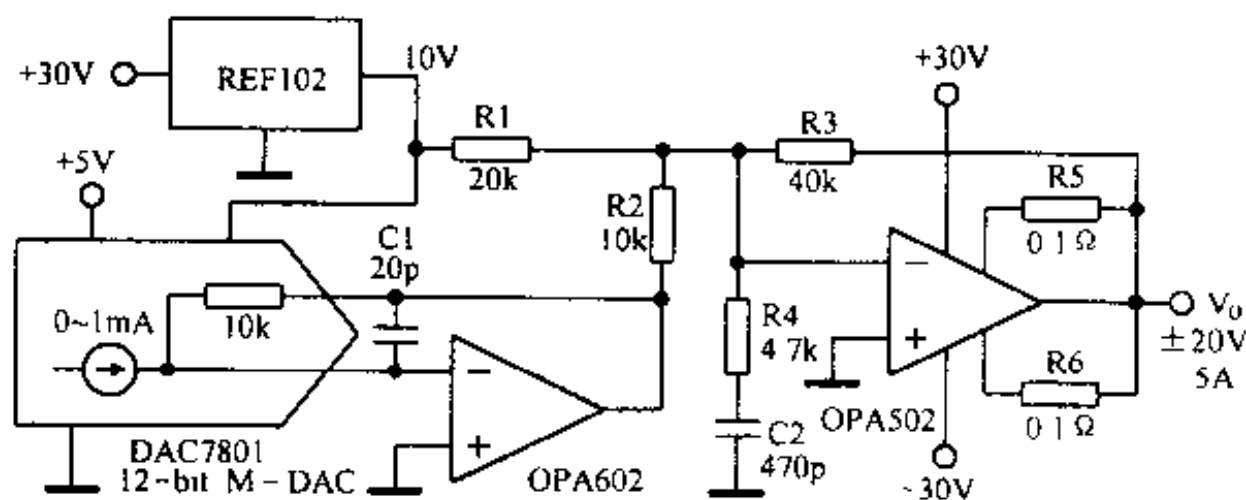


图 2-34 $\pm 20\text{V}/5\text{A}$ 数控直流稳压电源

OPA602 采用 $\pm 15\text{V}$ 供电, OPA502 采用 $\pm 30\text{V}$ 供电。20pF 电容防止高频自激, 两个 0.1Ω 电阻是限流电阻, 功耗应大于 6.6W, 限流值 8A。

2.35 VMOS 管线性稳压电源

该电路采用 VMOS 管 T1 作为调整元件, 恒流二极管 D1、稳压二极管 D2、电容 C1 构成基准电压源。运放构成误差放大器, 晶体管 DA308 构成限流保护电路。该电路输出电压 9 ~ 15V, 输出电流 4A, 稳压性能好。如图 2-35 所示。

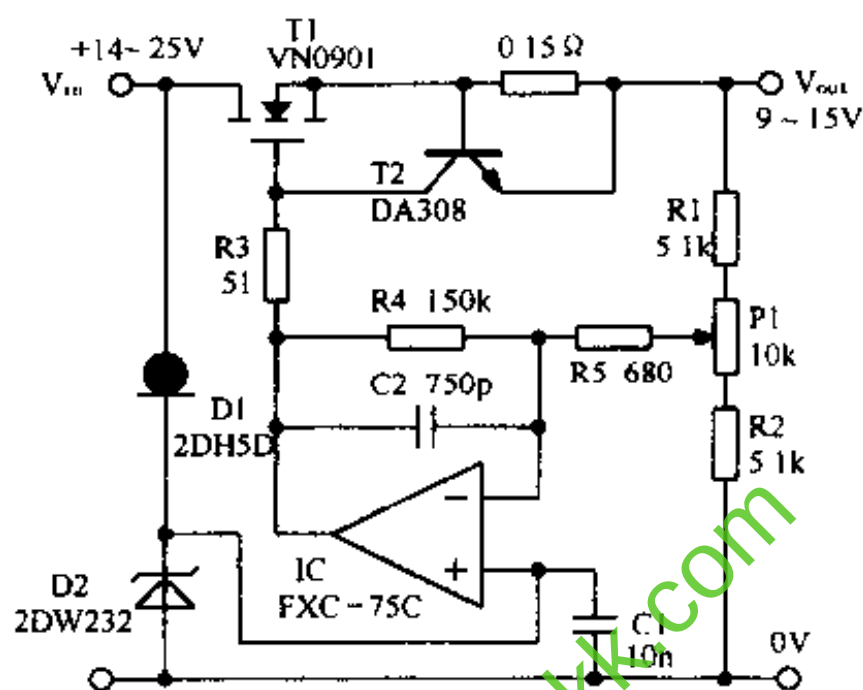


图 2-35 VMOS 管线性稳压电源

VMOS 管具有负温度系数, 抗二次击穿性能好, 用作调整管则大大提高了稳压电源的可靠性。

2.36 低压差、大电流稳压电源

利用三端低压差稳压器 EZ158X, 可以组成固定输出和可调整输出的低压差大电流稳压电源。如图 2-36 所示。

可调整输出电压 $V_o = 1.25 V(1 + R_2/R_1) + I_{ADJ} \cdot R_2$ 。R1、R2 应采用金属膜电阻。

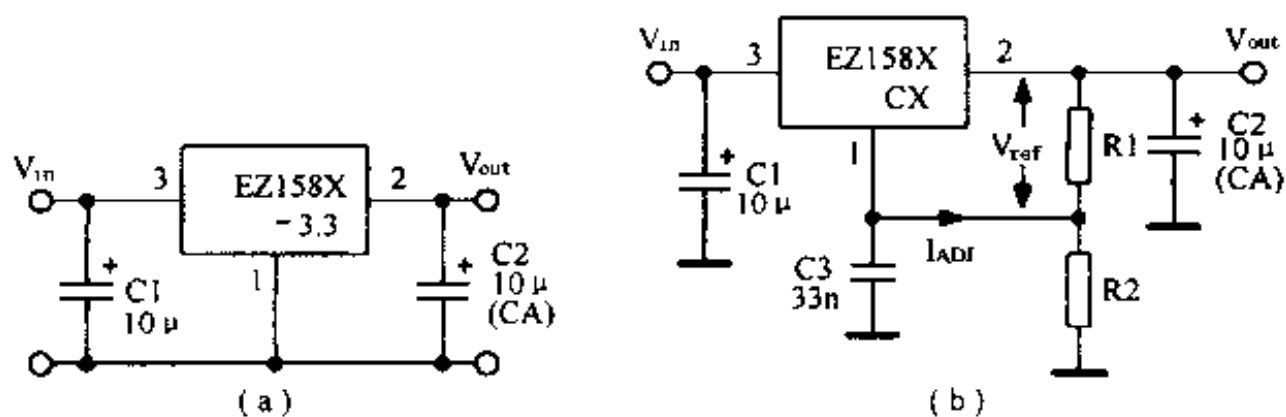


图 2-36 低压差、大电流稳压电源

2.37 具有恒流负载的直流稳压电源

该电路在普通电路的基础上引入了恒流源电路,降低了输出电阻,提高了电压的稳定度。如图 2-37 所示。

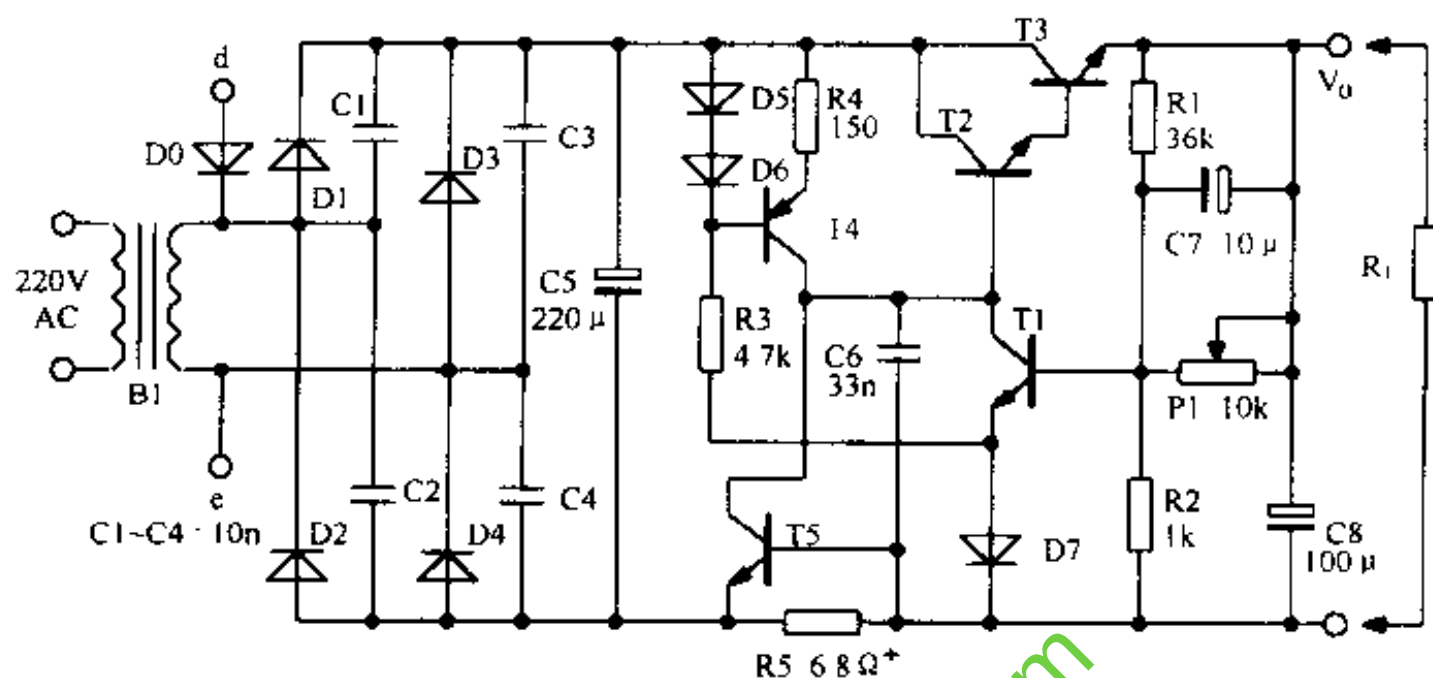


图 2-37 具有恒流负载的直流稳压电源

电路的输出电压为 1.5 ~ 9V 连续可调,最大输出电流 80mA,并且设有 100mA 过流保护电路,在 d、e 之间还可提供电池充电电压。

2.38 自动转换的交直流电源

正常供电时,电路可输出 +5V 直流电压。当供电停止时, T1 截止, B 点电位瞬时升高,可控硅 T2 导通,电池提供电源电压加至 IC2 的输入端,经 D10 输出 +5V 电压。如图 2-38 所示。

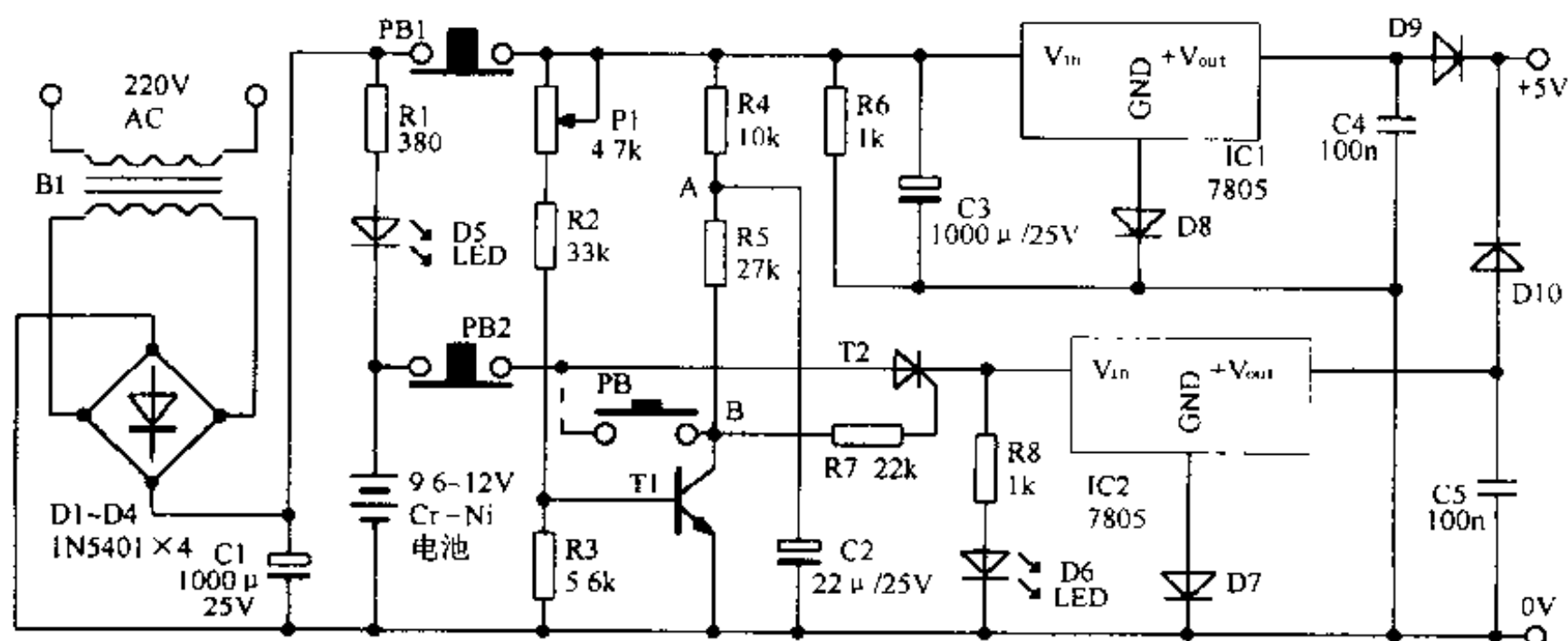


图 2-38 自动转换的交直流电源

在使用时,每次关机后应立即按一下 PB2,避免电池放电。PB1 为检验开关,按一下可以检验转换功能是否正常。如果使用的电池电压超过 9.6V,可适当增加电阻 R8 的值,减小 R1 的值,电位器 P1 先置于中间位置,然后调整,以获得最佳工作状态。

2. 39 低压差稳压电源

用于 3V 系统的线性稳压器必须具有极小的电压降。如图 2 - 39 所示的电路很适合这种场合,当其负载电流为 100mA 时,其压降的典型值为 130mV。

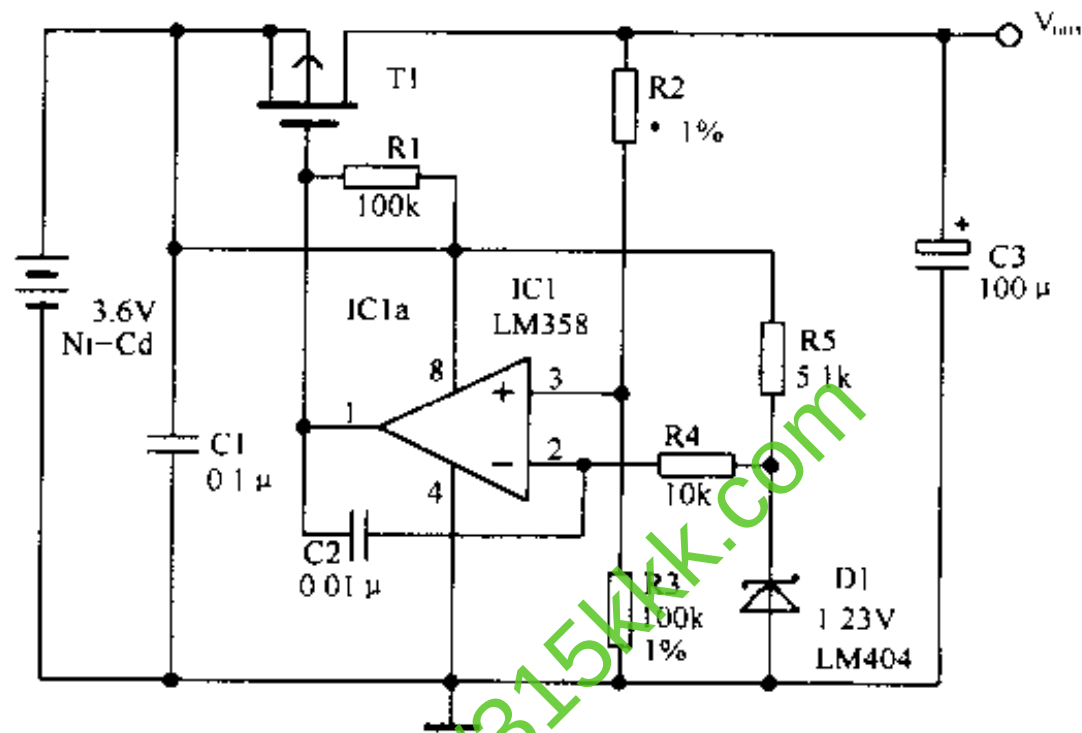


图 2 - 39 低压差稳压电源

在电路中使用了压降较低的场效应管 T1,如果用几个场效应管并联起来,还可以得到较大的负载电流,或更小的电压降。此电路使用 IC1(LM358)作为误差放大器,并由微功率参考电压源 D1(LM404 - 1.2)提供 1.23V 的基准电压,输出电压由 R2、R3 的分压来决定。当 R3 = 100kΩ 时,R2 由下式得出:

$$R2 = (R3 \frac{V_{OUT}}{1.23}) - R3$$

当 R3 为 100kΩ 时,R2 的取值与输出电压的关系如表 2 - 1 所示。

表 2 - 1 R2 与输出电压的关系

R1/kΩ(%)	输出电压/V	R1/kΩ(%)	输出电压/V
19	3.3	154	3.1
12	3.2	143	3.0

C2、C3 和 R4 可减小带宽,并保持环路的稳定。LM358 放大器具有足够的共模范围,而且其输出将下拉为对地 60mV 以内,以便使 T1 得到最大的栅极驱动电压。

在选用场效应管时,也应选择栅极电压在 3V 就可导通的。许多场效应管标出的 R_{DS(ON)} 指的是栅极驱动电压为 5V 的值,而在本电路用 3V 电压时,其导通电阻 R_{DS(ON)} 将会增大。表 2 - 2 列出了在各种条件下的压降,表中值是负载电阻为 31Ω,环境温度为

22℃时测得的。

表 2-2 各种条件下的压降

输出电压/V	最低输入电压/V	T1 上的压降/mV
3.400	3.523	123
3.300	3.424	124
3.200	3.328	128
3.200	3.228	128
3.000	3.133	133
2.900	3.04	14

2.40 降压器电路

利用 3.3V 或 3.0V 固定输出电压变换器 EZ5Z3L, 可以组成降压电路, 如图 2-40(a) 所示。在 5V 输出电路上, 增加 3.3V 或 3.0V 输出电路, 如图 2-40(b) 所示。可调输出电路如图 2-40(c) 所示。输出电压 $V_o = V_i - V_d$, $V_d = 1.25V \cdot (1 + R1/R2)$, $R1$ 、 $R2$ 的选择应满足: $R1 + R2$ 不大于 $V_d/300(\mu A)$ 。

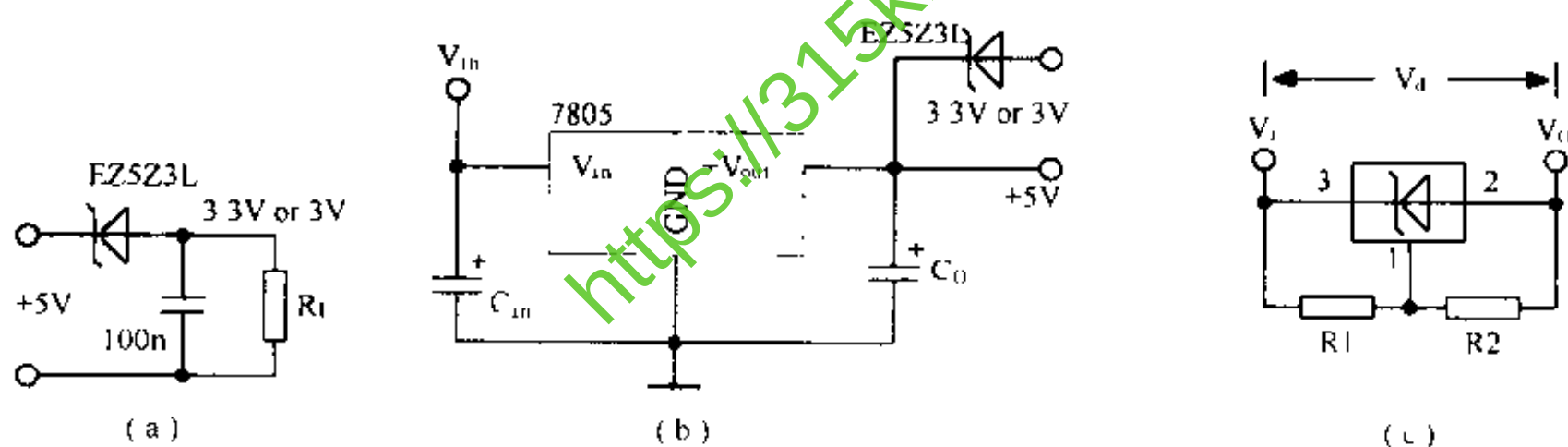
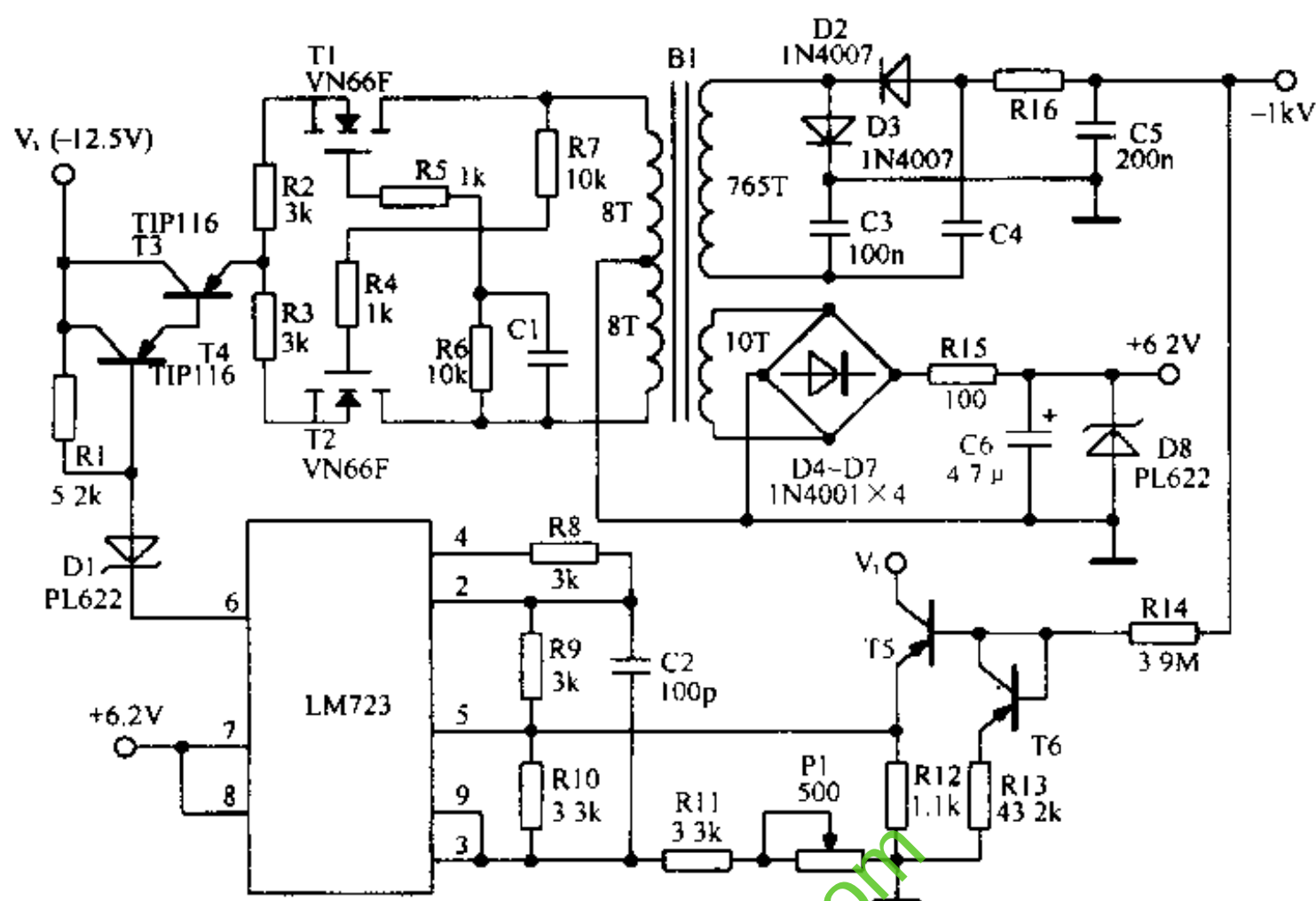


图 2-40 降压器电路

2.41 变换型高压稳压电源

该电路可用低压器件将 12V 直流电压变换成 1000V 直流高压。输出电流从零到 2.5mA 时, 输出电压仅变化 0.1%。如图 2-41 所示。

两只 VMOS 管和罐形磁芯变压器 B1 产生 12kHz 的振荡频率, D2、D3 两只二极管及电容 C3、C4 构成倍压整流电路, 将 B1 次级输出的电压提高到 1000V。LM723 的 6 脚控制达林顿管, 3 脚外接的电位器 P1 可用来调整输出电压。



2.42 13.8 ~ 90V 的电源转换器

电路输入为 13.8V, 输出为 +45V 和 +90V。如图 2-42 所示。

调节电阻 R1, 在 C3 上可以产生最大为 +140V 的电压。T1 是一个 6.3V/1.2A 初级带有中心抽头的 Stancor P-6134 变压器。

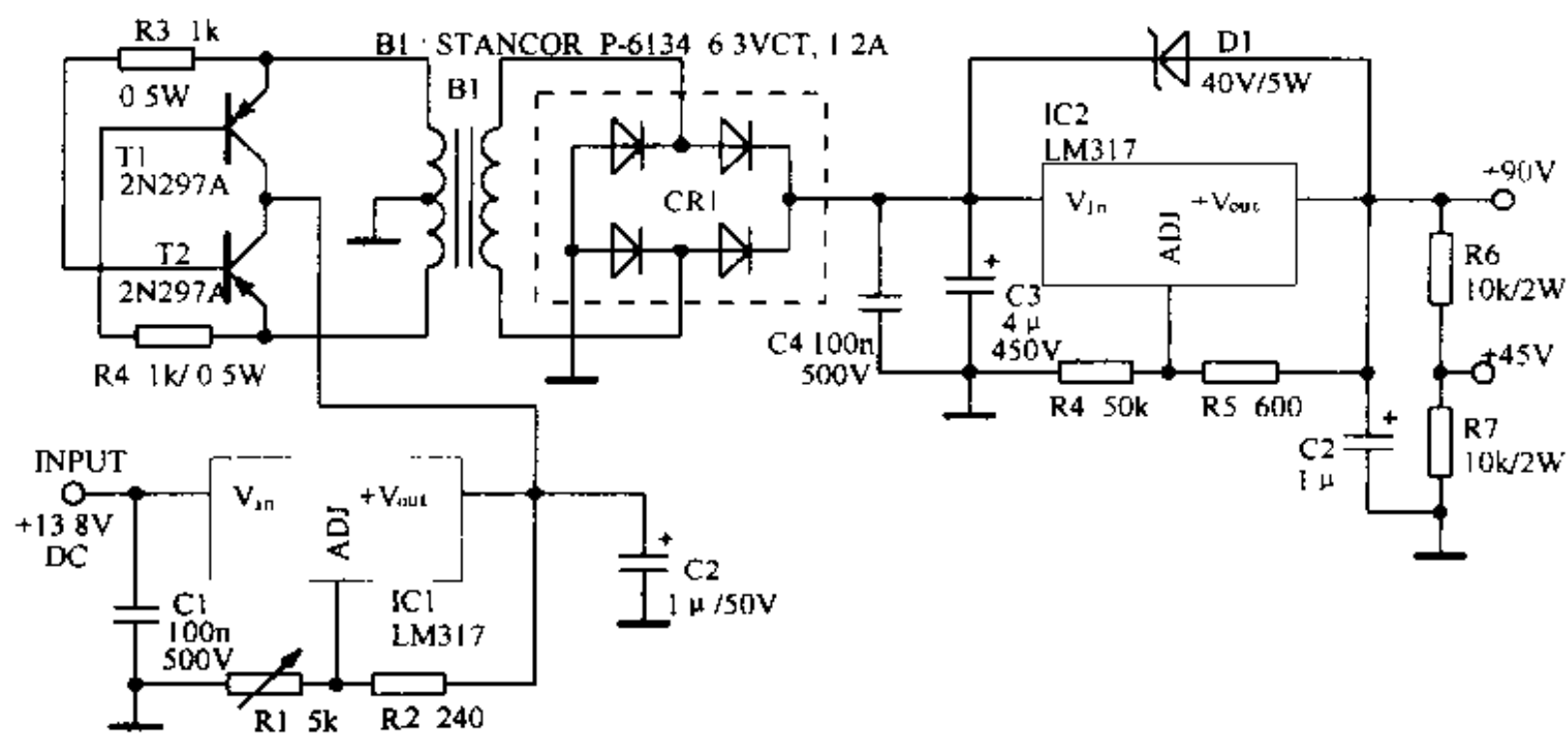


图 2-42 13.8V ~ 90V 的电源转换器

2.43 高压/低压变换电路

利用输入高压线性稳压器 LR6 的扩流电路, 加上三端稳压器 78M05 或 78M06, 可以组成 5V 或 6V、150mA 的稳压器。如图 2-43 所示。

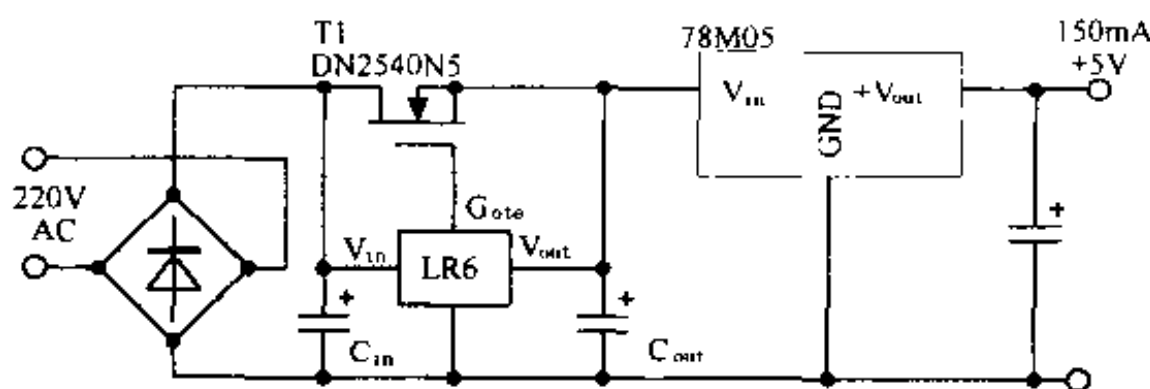


图 2-43 高压/低压变换电路

输入可直接由交流 220V 经整流滤波后给出。C_{in} 可选用 1μF/400V, C_{out} 可选用 10μF。

2.44 低压差可调稳压器 SM3941

SM3941 是一种低压差、低功耗的稳压器, 其典型压差为 0.5V, 在输出电流为 1A 时, 电压可调范围为 +5 ~ +20V。当输入与输出电压差大于 3V、输出电流在 1A 时, 其静态电流为 30mA。另外其内部还具有短路、超温、极性反接、输入电压瞬间突变、输入电压瞬间超压保护功能。

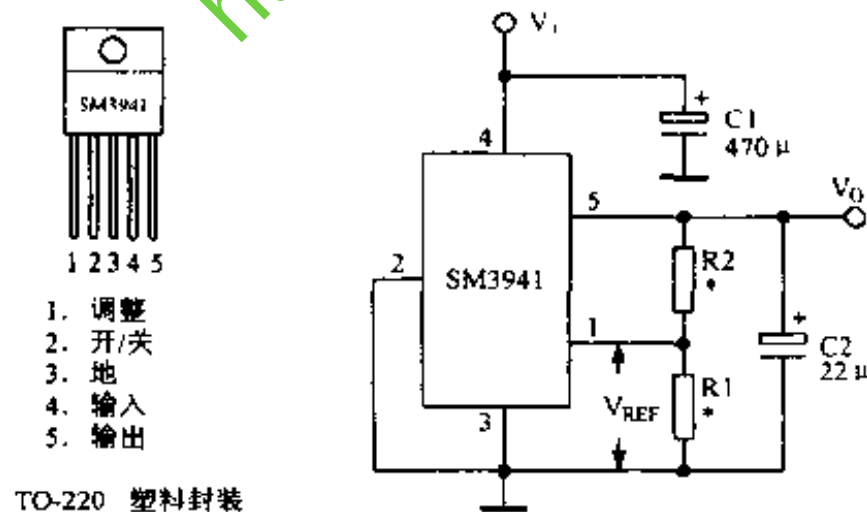


图 2-44 低压差可调稳压器 SM3941

SM3941 采用 TO-220 塑料封装, 其管脚排列及由 SM3941 组成的 +5 ~ +20V 可调电压输出电路如图 2-44 所示。电容 C₁ 为输入滤波电容, C₂ 为输出滤波电容, R₁、R₂ 为确定输出电压的分压电阻。稳压器内部的基准电压 V_{REF} 在 1、3 脚之间。输出电压 V_o 与 R₁、R₂ 的关系为: $V_o = 1.275(R_1 + R_2) / R_1$ 。当输出电压 V_o 确定时, 可先设定 R₁ (1kΩ 左右), 再求出 R₂ 的值。

2.45 自动电压倍增稳压电路

本电路能根据输入电压的高低自动改变整流电路的工作方式,使整流后的电压维持在一定的范围内,以使后面的稳压电路正常工作,所以它很适合在电压范围变化较大的环境下使用。电路如图 2-45 所示。

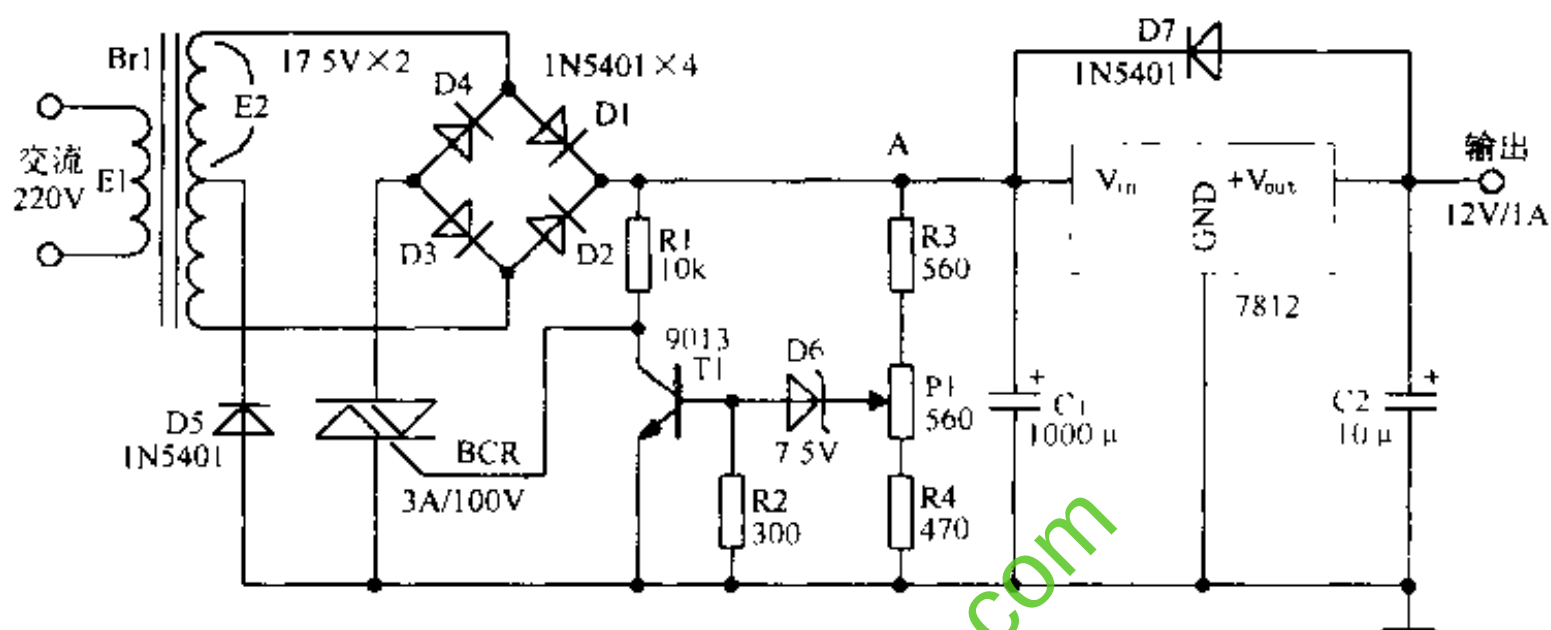


图 2-45 自动电压倍增稳压电路

与一般稳压电路的不同之处是增加了由双向可控硅组成的整流方式切换开关,并由晶体管 T1、稳压管 D6 等组成切换控制电路。

当输入电源电压升高时,电路中 A 点的电压也升高,电位器 P1 的抽头电压升高,当它升高到一定值时,稳压管 D6 反向击穿导通,使晶体管 T1 饱和导通,双向可控硅 SCR 截止,桥式整流电路中的二极管 D3、D4 截止。这时整流电路工作在全波整流状态,整流电路的输出电压约为 $1.2E_2$ (E_2 为变压器次级绕组一半的输出电压)。

当输入电源电压降低时,A 点电位降低,D6 和 T1 截止,SCR 导通。此时整流电路工作在桥式整流状态,它的输出电压约为 $2.4E_2$ 。在这种情况下, E_2 的值虽然随着输入电压的下降而降低,但由于整流电路形式的改变使它输出的电压上升,从而补偿了输入电压的下降。

通过仔细调整电位器 P1,可使整流电路类似于开关电源电路,得到预稳压的效果,可使后面的稳压电路部分更加稳定地工作。经试验,在负载电流为 500mA 时,按照图 2-45 中的参数,当输入电压在 90~280V 之间变化时,三端稳压器的输出电压变化不大于 0.3V,其压差在 3~16V 之间。

2.46 采用隐埋齐纳式基准电压源的高精度直流稳压电源

普通齐纳二极管对温度敏感,在反向击穿状态下易产生硅表面的击穿噪声,因此,直流稳压电源的精度和稳定性难以进一步提高。本电路前级采用预稳压,后级采用负反馈自适应调压方案,并选用隐埋齐纳式高精度基准电压源 LM399,从而组成直流稳压电路。由

于 LM399 采用了次表面隐埋齐纳二极管, 并配以恒温电路, 从根本上消除了环境温度变化对其的影响, 使噪声系数下降了 1~2 个数量级。在温度变化时, 输出无滞后现象, 温漂可达 1ppm/℃ 以下。电路如图 2-46 所示。

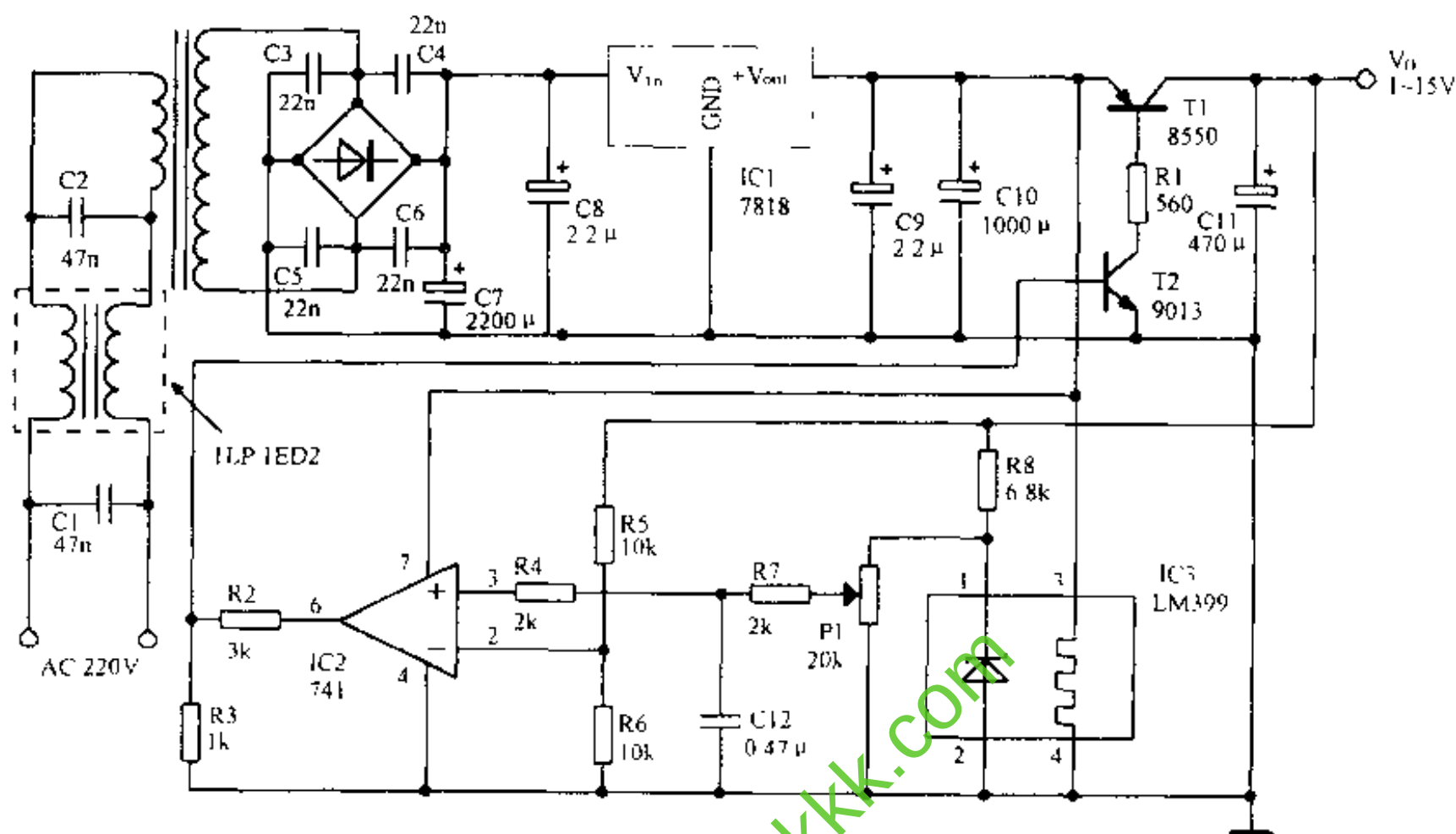


图 2-46 采用 LM399 的高精度直流稳压电源

C1 和 C2 与电源滤波器 TLP 组成 π 形电源低通滤波网络, 以消除工频干扰。在前级预稳压采用三端稳压器 7818, 在 7818 的输入和输出端分别接入两个大容量的滤波电容 C7、C10, 以得到纹波很小的直流电压, 同时也接有两个小容量的钽电解电容 C8、C9, 以改善负载瞬态响应, 并抑制器件本身因外电路引起的高频自激。后级稳压包括由 LM399 组成的精密电压源、由通用运算放大器 741 组成的误差电压放大器以及由三极管 T1、T2 组成的放大缓冲调压电路。LM399 的温度稳定器由 +18V 电源供电, 电路稳压时它提供的基准电压为 6.95V, 动态内阻为 0.5 Ω , 噪声电压小于 0.7 μ V, 温度系数为 0.0000003/℃, 长期工作稳定在 20ppm/千小时。从电路中还可以看出, 741 被做成一个带负反馈的高增益直流差分放大形式, R5 和 R6 组成电压取样电路, 取样信号送入 741 的反相输入端 2 脚, 与同相输入端的基准电压相比较, 产生的误差控制信号由其 6 脚输出, 经三极管 T2 缓冲放大, 驱动调整管 T1, 动态改变 T1 的管压降, 从而获得稳定的电压输出。电位器 P1 为 WXDJ 型精密线绕电位器, 旋动 P1 中心抽头的位置, 可连续调节稳压电源的输出电压。

按照图中的元件参数, 输出电压的范围为 1~15V, 输出电流 ≤ 500 mA。当外电网电压在 165~260V 变化的条件下, 用数字电压表测量, 仅有 1LSB 的变化, 纹波电压 < 0.2mV。

2.47 串联型高效稳压电源

这个稳压器能提供可调的、稳定度很高的输出电压, 调整管的压降可低到零点几伏,

静态功耗只有 $20 \sim 30\mu\text{A}$, 很适合在电池供电的场合使用。电路如图 2-47 所示。

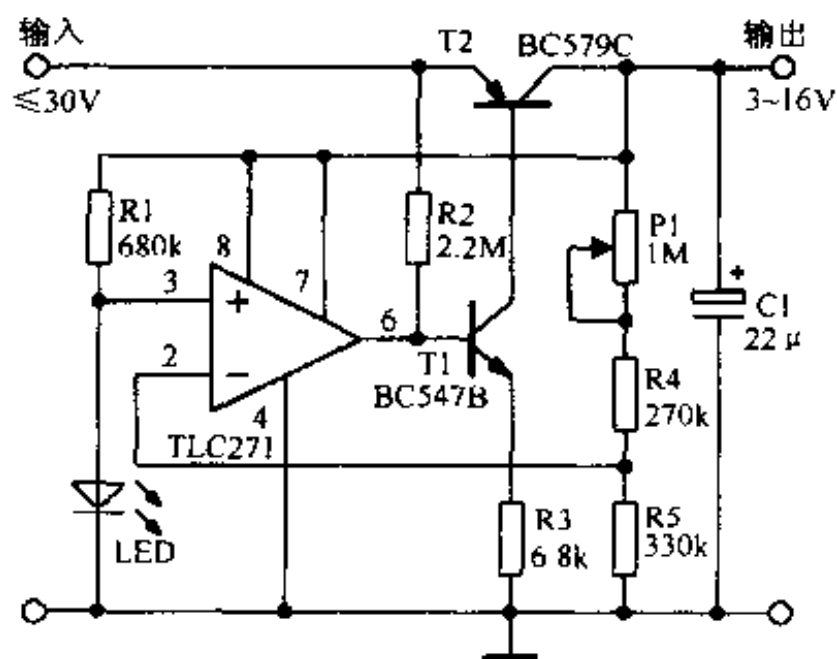


图 2-47 串联型高效稳压电源

该稳压器属于串联型, 其参考电压由一只普通的红色发光二极管提供, 调整 R_1 可使流过 LED 的电流为 $5\mu\text{A}$ 。即使如此低的偏流, LED 仍具有相当稳定的压降。为进一步提高稳定度, LED 的偏流经 R_1 取自稳压器的输出端。在电源刚接通时, R_2 起启动作用。稳压功能主要用一片 CMOS 运放 TLC271 实现, 将它的 8 脚接在正电压下, 可以使之工作在低偏流模式, 在这种情况下消耗的电流很小。该运放的输出为晶体管 T1 提供基极电流, T1 又为 T2 提供基极电流。按图中给出的 R_1 和 R_4 的值, 输出电压可在 $3 \sim 8\text{V}$ 之间改变。增大 R_4 可使输出电压提高, 对应关系为 $200\Omega/\text{V}$, 最大输出电压为 16V 。电路的输出电压可由公式 $1.7 \times (P1 + R4 + R3) / R3$ 得出。输出电流主要取决于 T2 的最大功耗, 也就是说在某种程度上取决于 T2 上的压降。

2.48 3A/5V 稳压电源

本电路通过使用一只带散热片的大功率晶体管对三端稳压器进行扩流, 在小负载时由三端稳压器对负载供电, 输出电流大于 15mA 时由扩流管供电。电路如图 2-48 所示。

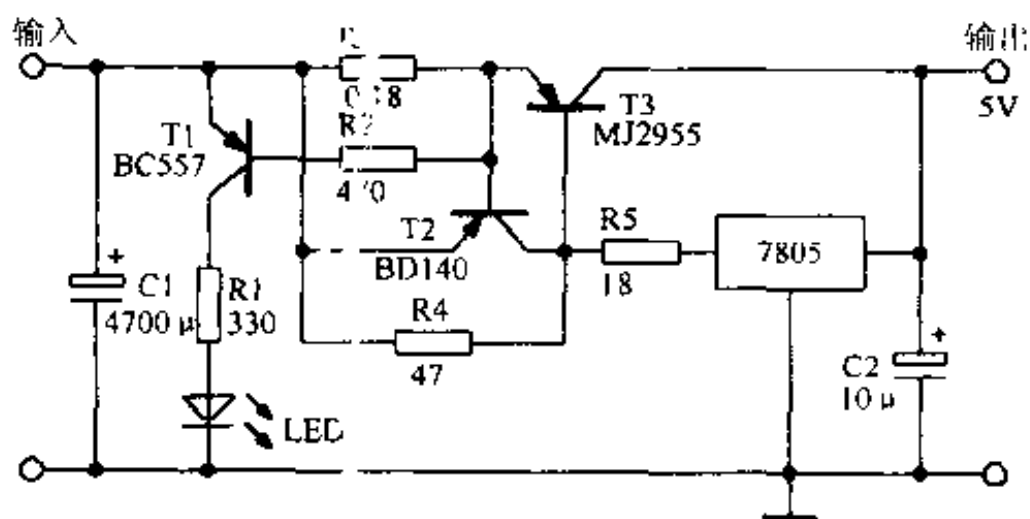


图 2-48 3A/5V 稳压电源

当输出电流大于 15mA 时,电阻 R4 上的压降将使扩流管 T3 导通。T2 为输出过载或短路保护管。当流过扩流管 T3 的电流大于 3A 时,R3 上的压降使 T2 导通,限制了 T3 的发射极电压,使流过 T3 的电流维持在一定的数值上。与 T2 并联的晶体管 T1 在保护电路动作时点亮发光二极管,做出指示。R5 用来限制当保护电路工作时流过稳压器 7805 的电流,因这时 R4 被 T2 短路,若不接入 R5 就会有很大电流流过稳压器。为了得到大电流输出,本电路的输入电压需由单独使用 7805 时的 8V 升高到 10V 以上。

2.49 具有限流过载保护的 3A/5V 稳压电源

用晶体管对三端稳压器进行扩流时,负载短路保护应予以重视,因为短路时的功耗是相当高的。加装限流过载保护电路,可在输出负载短路时使输出电压只有 0.5V,电流被大大减小,从而保证电路安全。电路如图 2-49 所示。

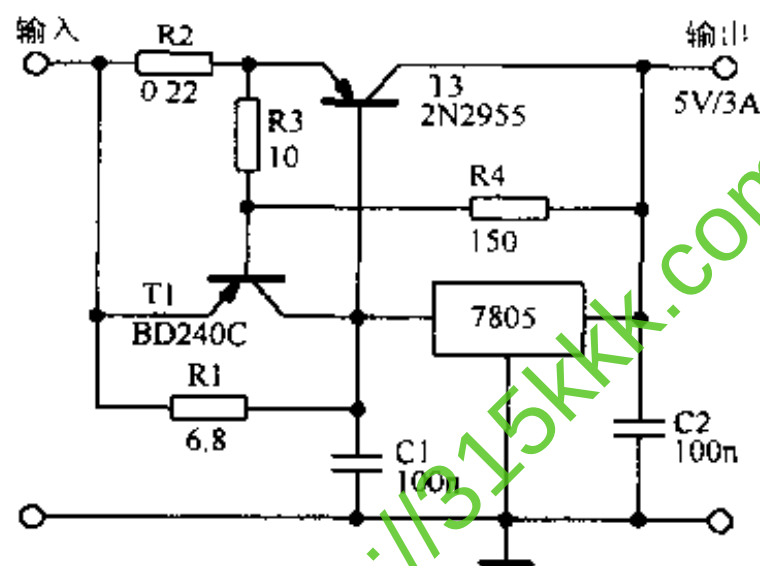


图 2-49 具有限流过载保护的 3A/5V 稳压电源

这种稳压电源所需的元件很少。晶体管 T1 起限流作用,一旦 R2 + R3 上的电压超过 T1 的导通电压 (0.6 ~ 0.7V), T1 就立即导通, T2 的基极电流被有效地减小到零。这种稳压器除自身的稳压作用外,还具有一定的热保护作用,并且在任何元件烧毁之前可以很好地限制输出电流。保护电路工作时的电压等于 R2 和 R3 上的电压之和。电阻 R3 和 R4 对 T2 形成一个分压器, T2 的功耗与集电极—发射极电压成正比,因此它被用来控制电流。这样,稳压特性就是输入电压电平的一个函数。

2.50 高性能稳压电路

本装置可作为电路中的“后”稳压单元,它具有高效,并且对高频及突波有很大的抗斥性等特点。电路如图 2-50 所示。

稳压二极管 D1 为恒流源和运放 A1 提供稳定的参考电压。A1 是 OP-215JFET 运算放大器,具有较大的输入电压范围,该放大器的速度可以排泄掉高频连波及突波。A1 如同一个差动放大器,控制着晶体管 T1,使 R2 上的电压保持固定,因此,流经 R2 及 T1 的电流也就保持恒定。A2 配合 T2 形成并联式稳压电路,维持 R9 有固定的电压,因此也有固定的

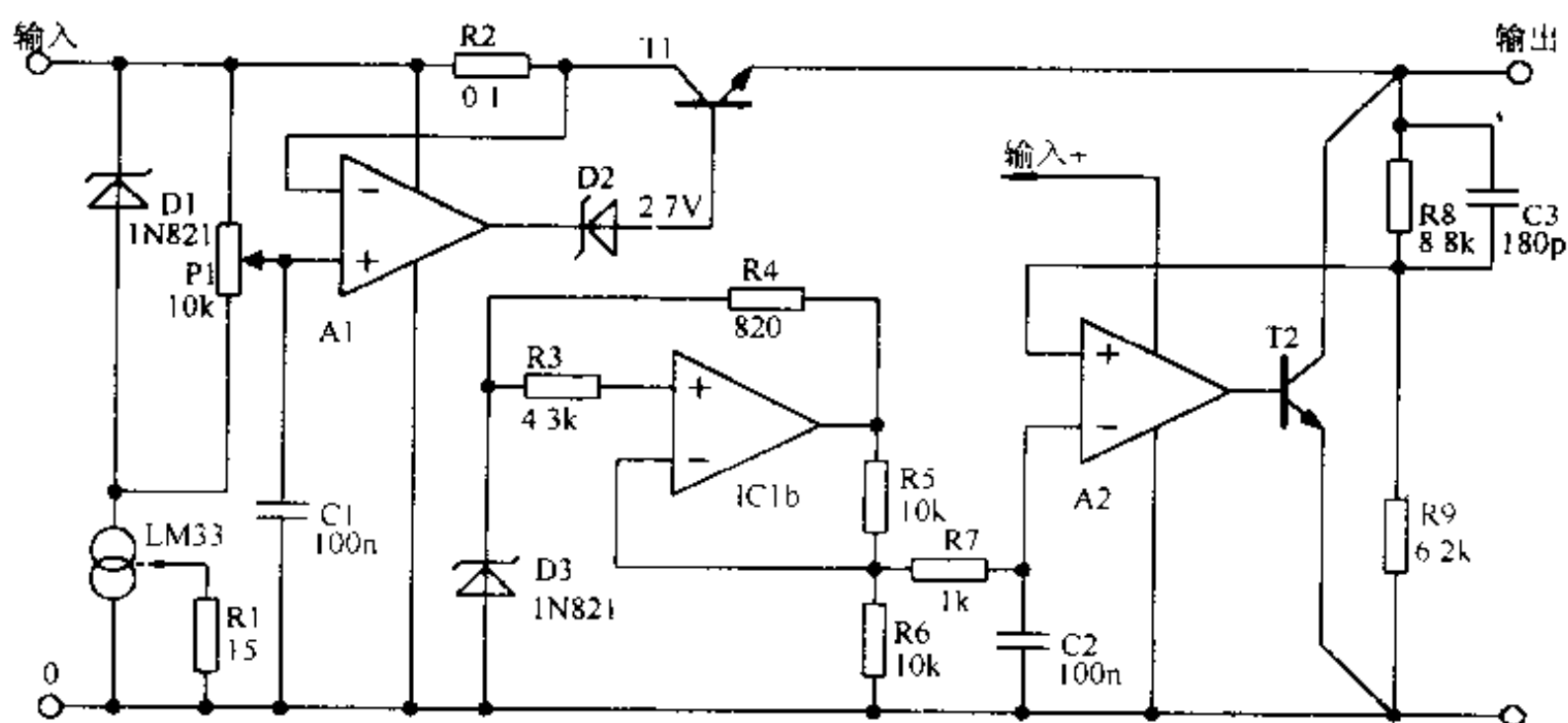


图 2-50 高性能稳压电路

输出电压。本电路的输出-输入电压差为 R_2 上的电压加上 T_1 上的压降,在输出电流 2A 时,电路压降为 2V。电路选用的运放和晶体管都应是高频性能优良的。

2.51 低功耗、低压差稳压器 LT1121-5

LT1121-5 是一种低功耗、低压差、带关断控制的 5V/150mA 集成稳压器。在最大输出时,其压差小于 0.4V,静态电流为 30 μ A;在关断状态时,耗电为 16 μ A。输出的 5V 电压经过修正,其允许差为 $\pm 0.075V$ ($V_{in} = 5.5V$, $t_j = 25^\circ C$),输出端仅需接 0.33 μ F 的电容,内部还有电池反接保护。它可应用于电池供电的电子产品中。LT1121-5 有 8 脚 DIP 陶瓷封装、塑料封装及塑料 SO 封装。其管脚排列和简单应用电路如图 2-51 所示。

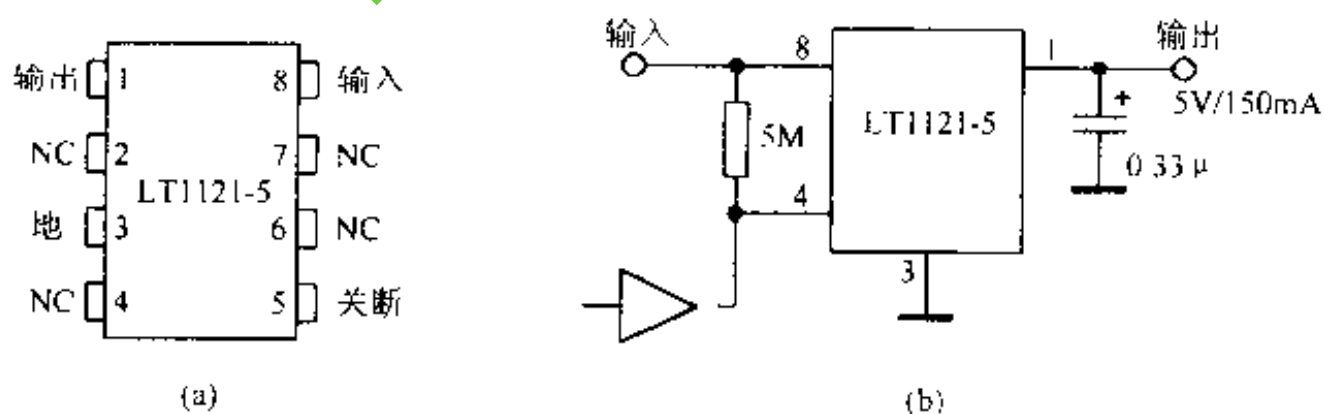


图 2-51 LT1121-5 外形及简单应用

当输入电压为 $\pm 20V$ 时,LT1121-5 的关断电压为 5.5V、-0.6V,输出短路持续时间不限(当输出端短路时仅输出 16 μ A 电流)。关断控制由集电极开路门的输入电平决定,当输入高电平时,电源输出被关断。

2.52 集成稳压器 W317 的多种用法

W317 是一种三端集成稳压器,三个端子分别为输入电压端 V_{in} 、输出电压端 $+V_{out}$

以及电压调节端 ADJ。灵活地设置电路,可以满足不同的输出电压要求。下面列出其多种运用方法,这些方法也可以推广到类似的其他三端稳压器方面。

基本用法如图 2-52 所示, W317 的关机保护如图 2-53 所示, 慢启动 15V 稳压器如图 2-54 所示, 可编程数控稳压电源如图 2-55 所示, 从 0V 起调稳压器如图 2-56 所示, 限流 6V 充电器如图 2-57 所示, W317 的扩流电路如图 2-58 所示, 带有过流保护的开关稳压电源如图 2-59 所示。

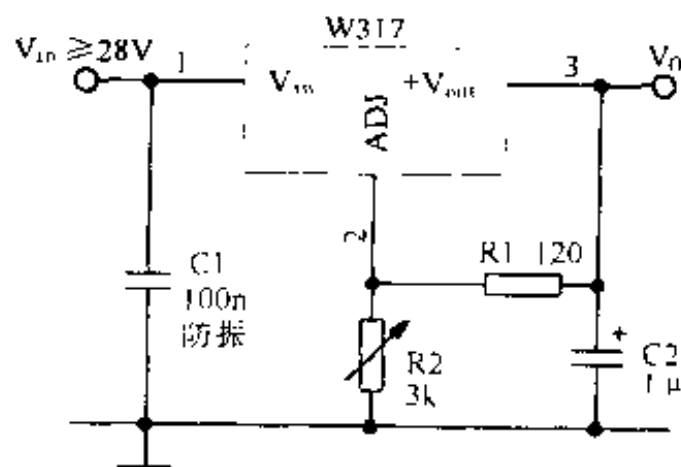


图 2-52 W317 基本用法

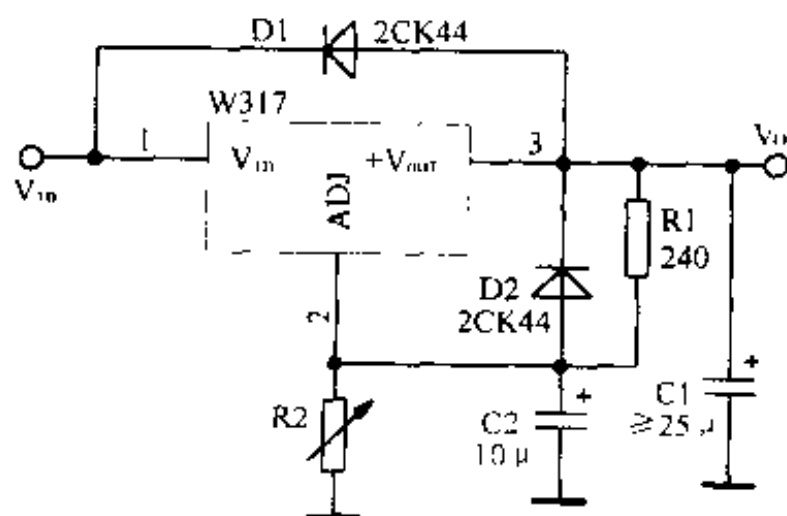


图 2-53 W317 的关机保护

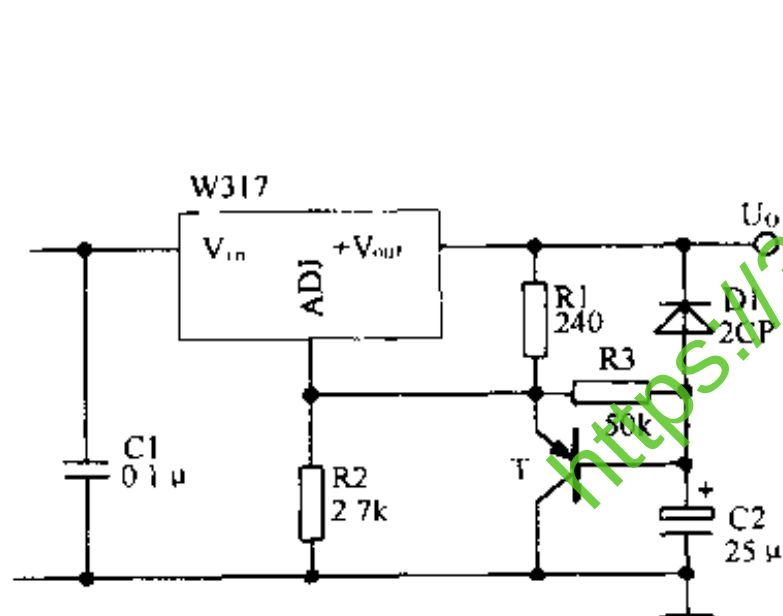


图 2-54 慢启动 15V 稳压器

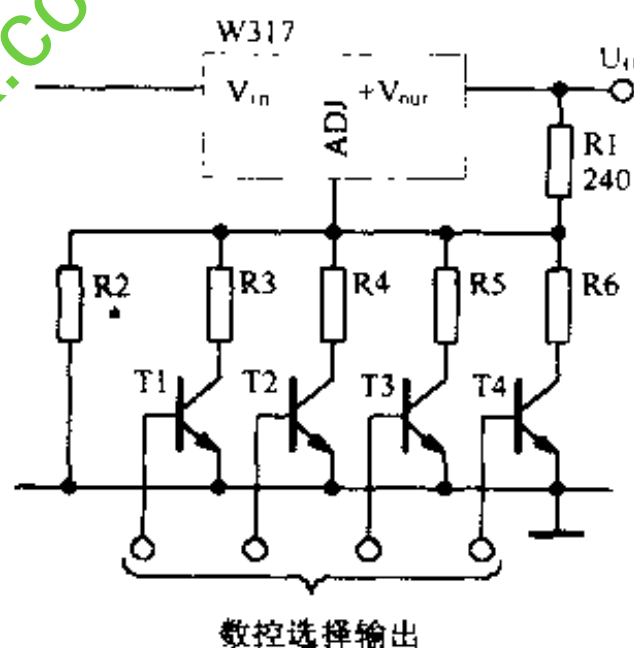


图 2-55 可编程数控稳压电源

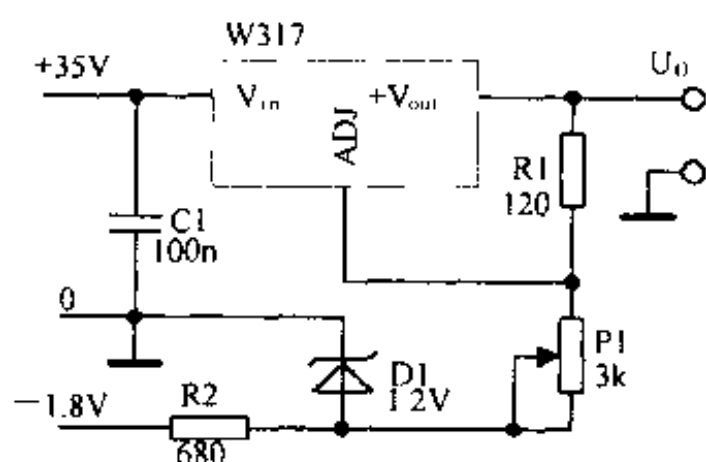


图 2-56 从 0V 起调的稳压器

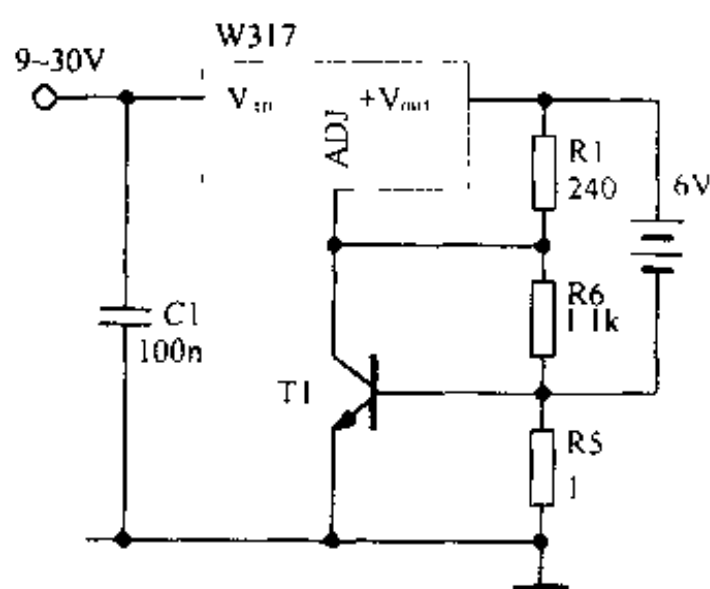


图 2-57 限流 6V 充电器

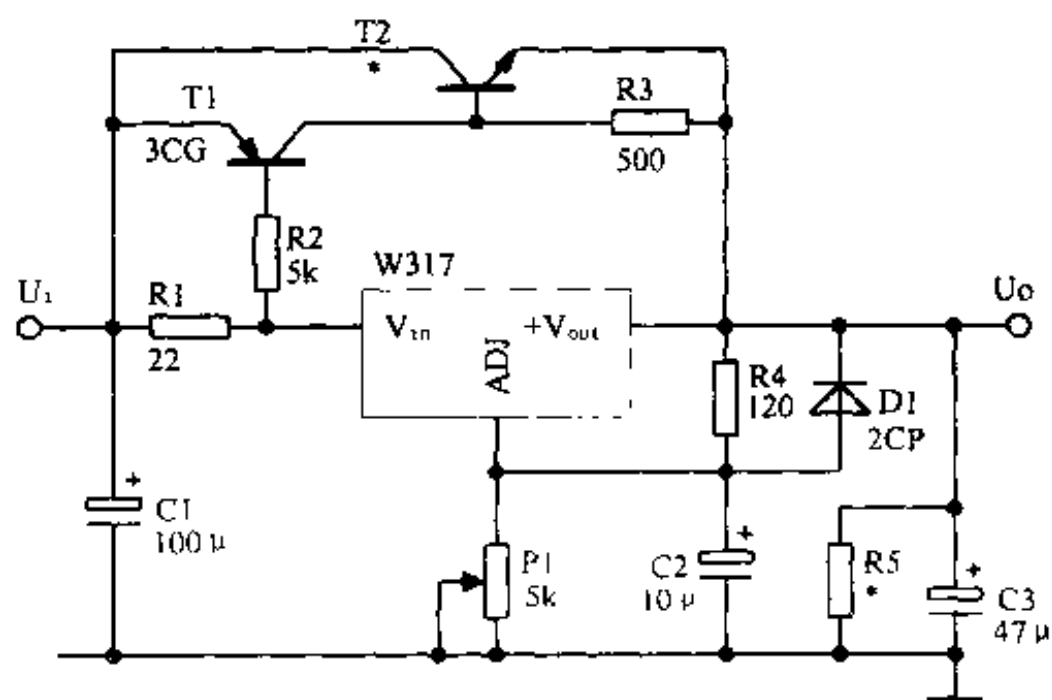


图 2-58 W317 的扩流电路

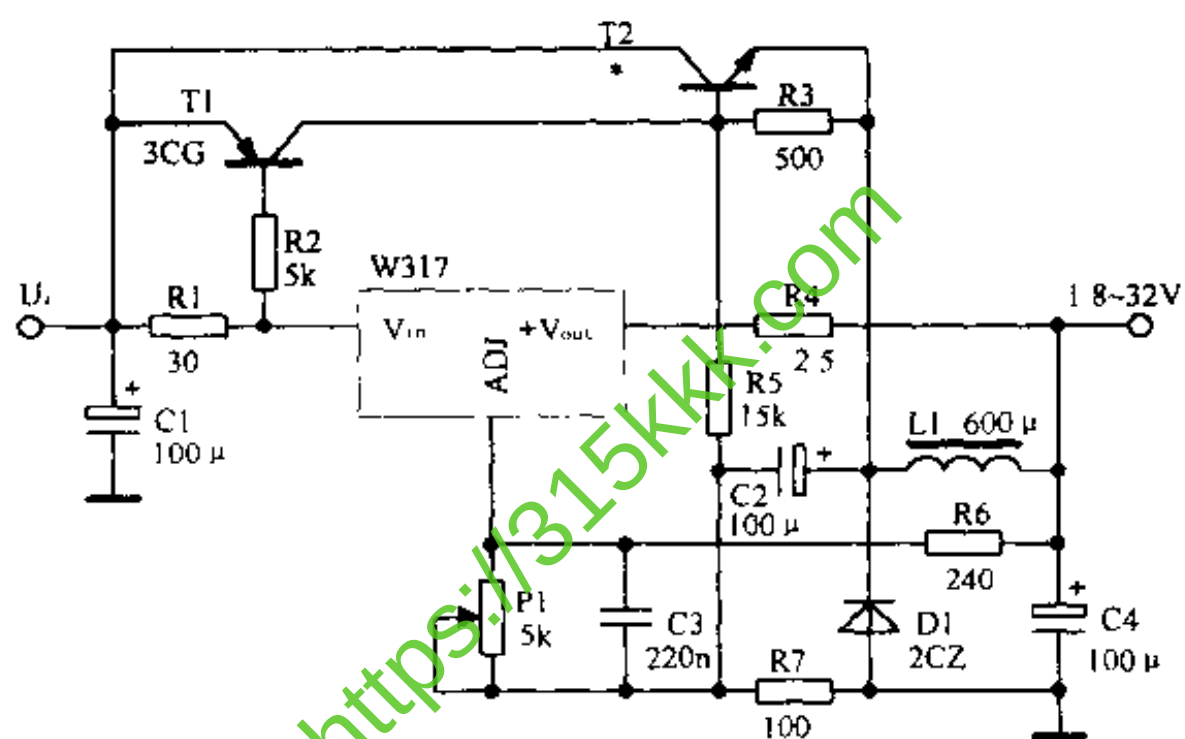


图 2-59 带有过流保护的开关稳压电源

以下是使用 W317(或同系列电路) 与负稳压集成电路 W137(或同系列电路) 配合使用的一组电路。

交流电压稳压器如图 2-60 所示, 正、负电压输出可调稳压器如图 2-61 所示, 0 ~

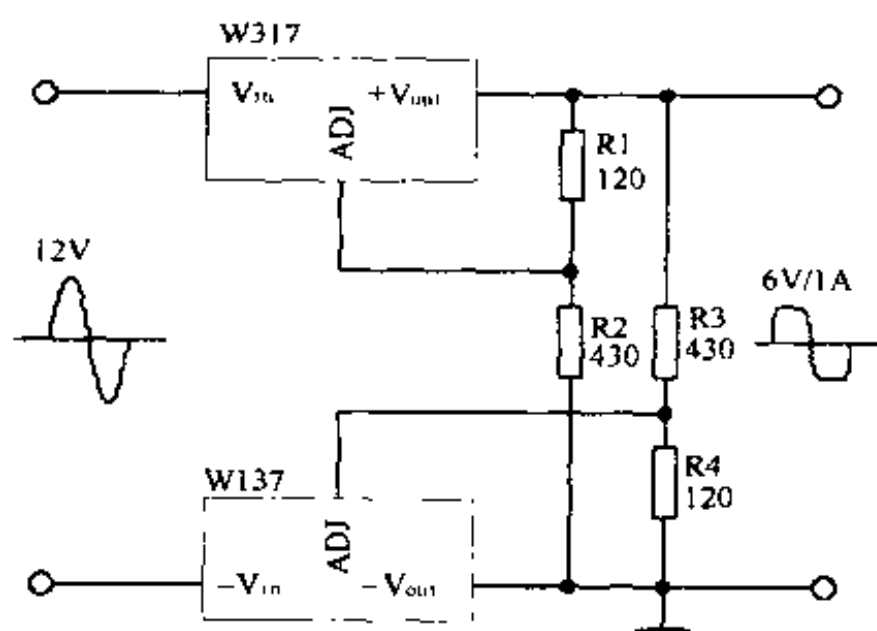


图 2-60 交流电压稳压器

$\pm 30\text{V}$ 的稳压电路如图 2-62 所示, 由 W317 或 W137 组成的恒流源电路如图 2-63 所示, 由 W117 或 W137 组成的多片集中调节电源如图 2-64 所示。

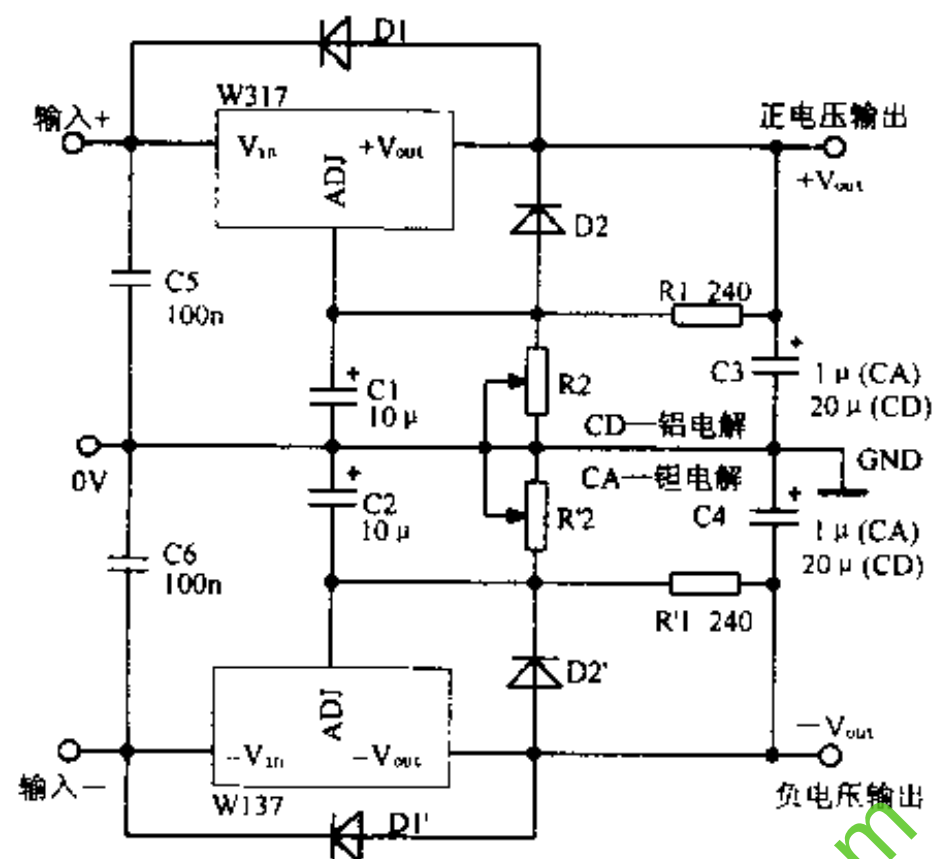


图 2-61 正、负电压输出可调稳压器

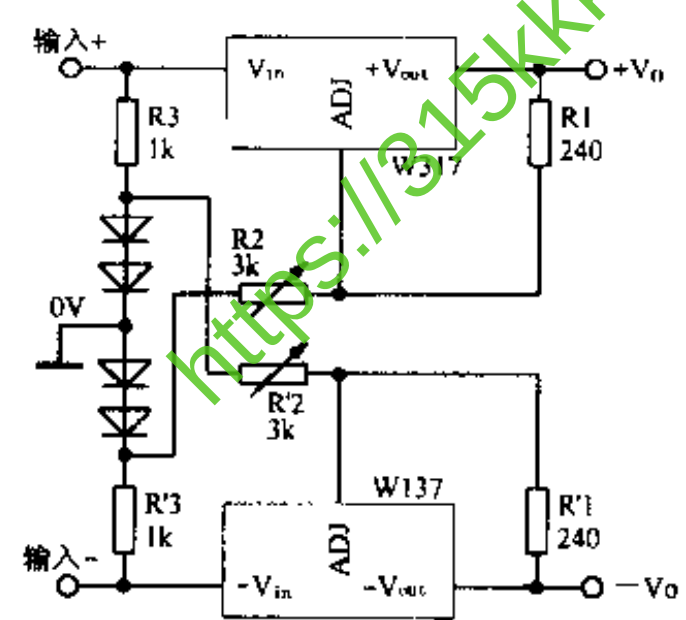


图 2-62 0 ~ $\pm 30\text{V}$ 的稳压电路

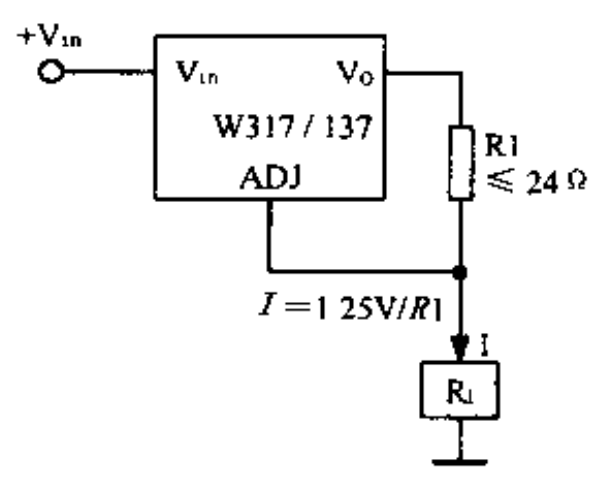


图 2-63 恒流源电路

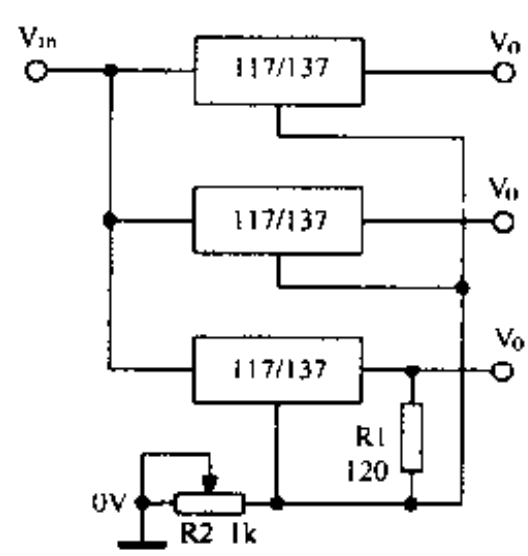


图 2-64 多片集中调节电源

第 3 章 开关型稳压电源

开关型稳压电源最早是于 20 世纪 60 年代中期提出的,但是普遍的应用和发展则是最近这十几年的事。它的优点是工作效率高,特别适合于输出功率大的场合使用。在设计应用这种电源时,需要对其工作在开关状态下的晶体管额外带来的噪声予以充分地考虑,因此其附加的电路元件比较多,成本也较高。随着电子技术的发展,开关型稳压电源的应用越来越普遍。本章介绍实际中常用的各类开关型稳压电源,这些电源的共同特点是:电路中需要安排许多用来帮助电源调整管按开关状态工作和减小开关噪声干扰的电感、电容元件,并且大都采用了各式各样的集成电路。掌握它的工作原理和应用方法还需要比较透彻地研究其集成电路的相关资料。

3.1 使用 5G14 的开关型稳压电源

图 3-1 是一个给多端稳压集成电路 5G14 引入正反馈后构成的自激调频式开关型稳压电源。

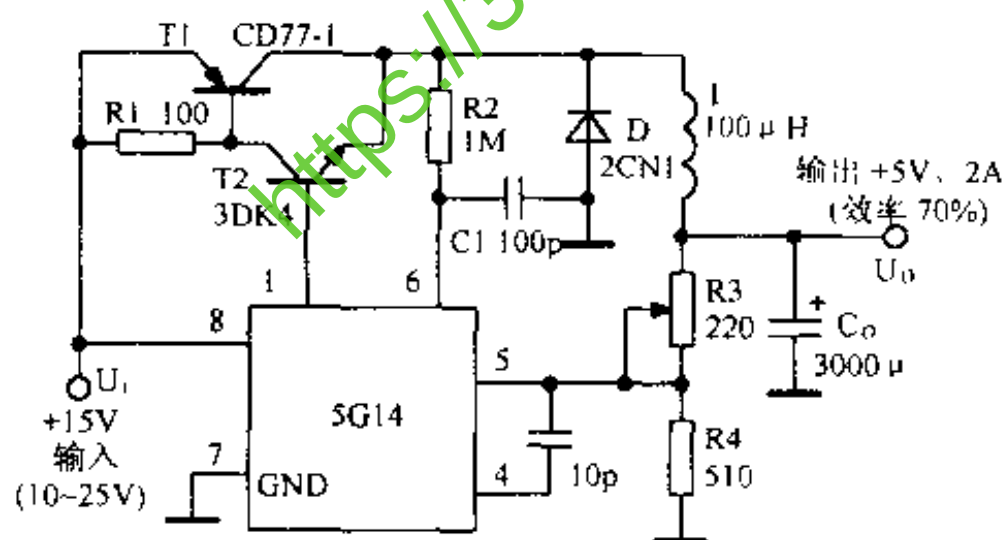


图 3-1 使用 5G14 的开关型稳压电源

由电阻 R_2 向 5G14 的 6 脚 (基准电压端) 引入正反馈。晶体管 T_1 、 T_2 构成开关调整器,使输出电压 $U_o = U_{ref} (R_4 + R_3) / R_3$ 。本电路的效率可达 70% ~ 80%。储能电感 L 的电感量应大于或等于 $(2 \sim 3) kU_o$, $k = (U_i - U_o) / (2f I_o U_i)$ 。

3.2 三路同步输出开关型稳压电源

该电路采用了集成稳压器 W296,它是一种外接元件最少的开关型稳压电源。芯片内

部包括: 5.1V 的基准电压、误差放大器、脉宽调制器、输出功率开关、软启动电路、输出过流限制电路、过热保护电路、输出过压保护电路、脉冲禁止电路及重置电路。

该电路三路同步, 避免了互调干扰, 可同时输出 5.1V、15V 及 24V, 每路最大输出电流可达 4A, 三只 W296 的 7 脚接在一起, 只接一组 RT、CT 即可。如图 3-2 所示。

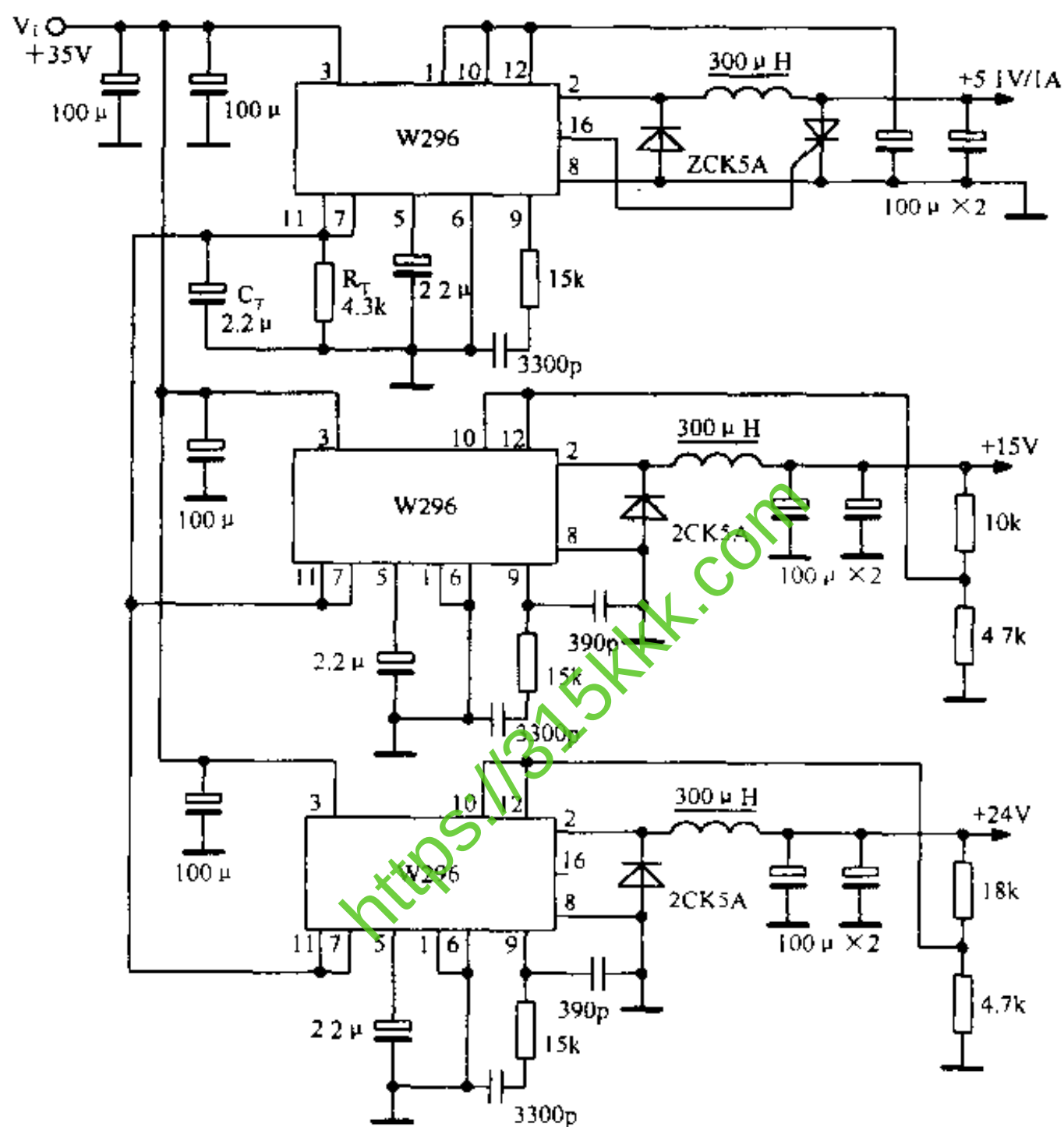


图 3-2 三路同步输出开关型稳压电源

3.3 高输入电压、微功耗线性稳压器 MAX1615

输入电压 4 ~ 28V; 电源电流 $8\mu\text{A}$, 关闭电流 $1\mu\text{A}$; 3.3/5V 可选择输出; 输出电流 30mA。

此电路可用于笔记本电脑, 利用其高压电池, 可以提供低压降输出电压, 并具有极好的瞬变响应。如图 3-3 所示。

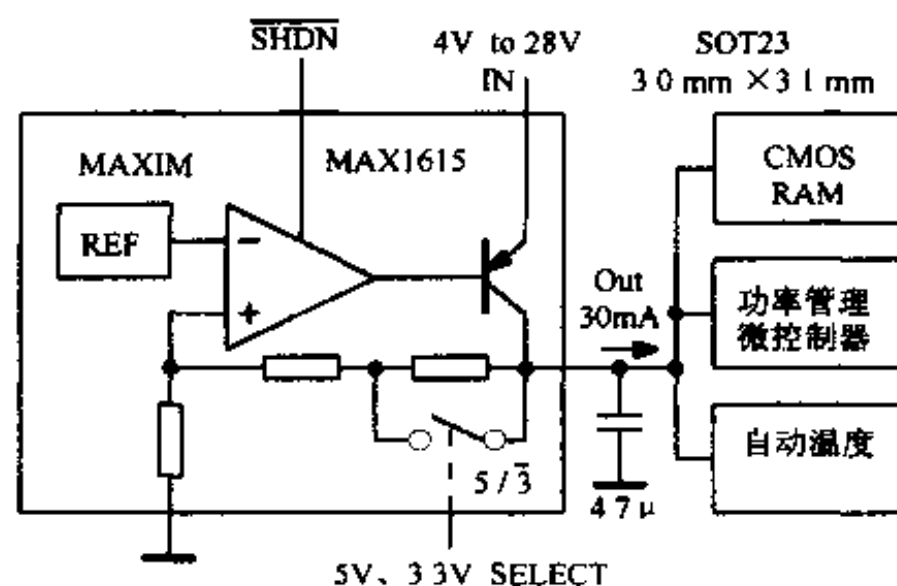


图 3-3 MAX1615 线性稳压器

3.4 开关型稳压调整器 $\mu A78S40$ 的应用电路

三端降压型稳压器使用简便,但损耗大,效率低,大电流输出时尤为突出。开关型稳压调整器可克服上述缺点。 $\mu A78S40$ 的输入电压为 $10 \sim 40V$, 内部开关管电流可达 $1.5A$, 可直接用作大电流开关型稳压器或控制器, 大电流续流 (或整流) 二极管也在同一集成片上。以下是采用 $\mu A78S40$ 的几种典型电路。

(1) 降压型开关稳压器如图 3-4 所示, 这个电路的输入电压为 $25V$, 输出 $10V/1A$, 效率达 80% 以上。

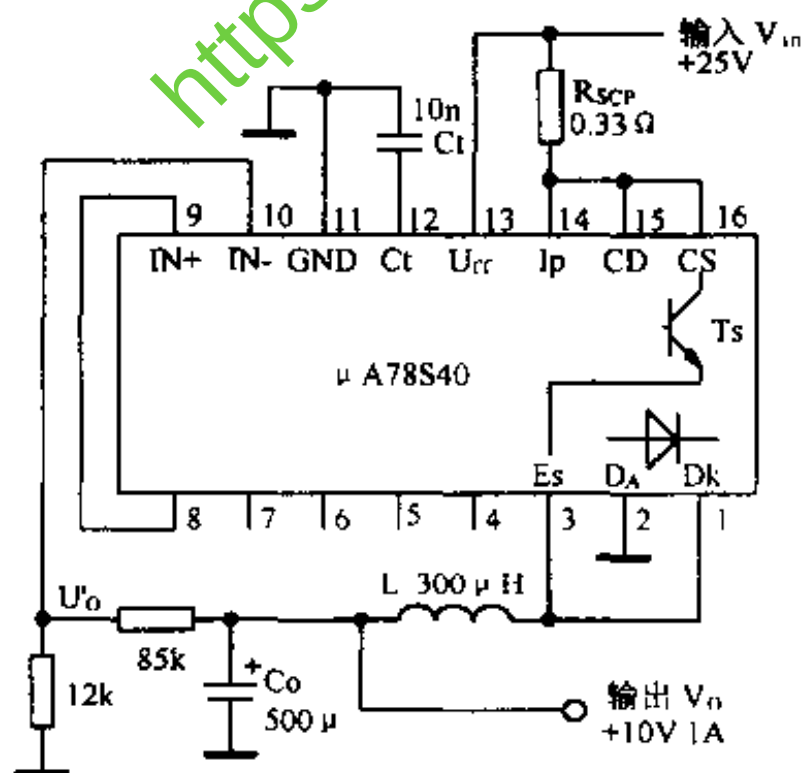


图 3-4 降压型开关稳压器

(2) 升压型开关稳压器如图 3-5 所示, 与降压型的区别仅在于把 L 、 D 和内部开关管的位置更换一下。

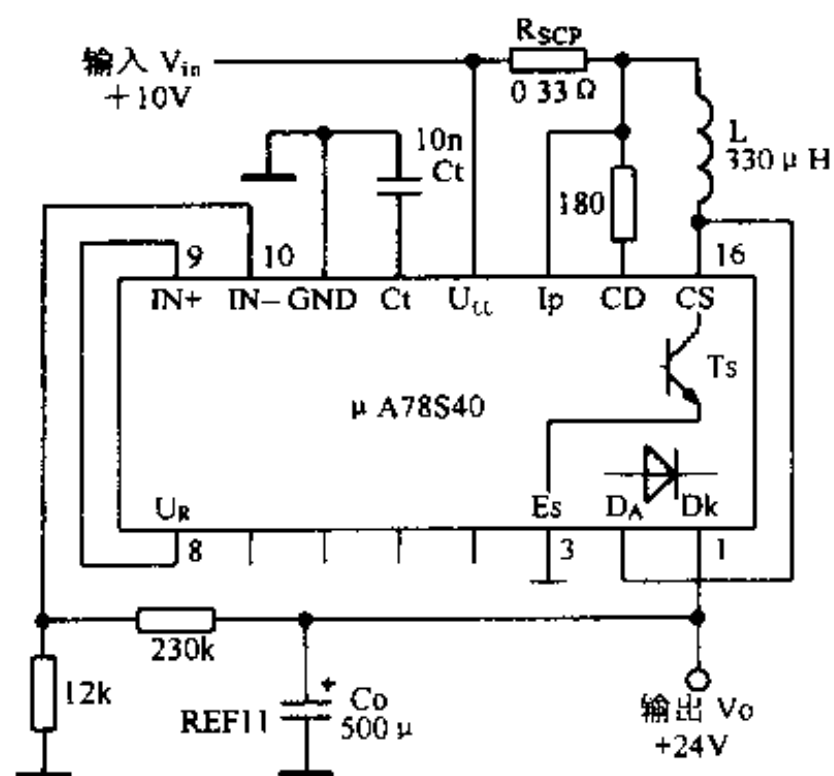


图 3-5 升压型开关稳压器

(3) 正输入/负输出开关型稳压器如图 3-6 所示。

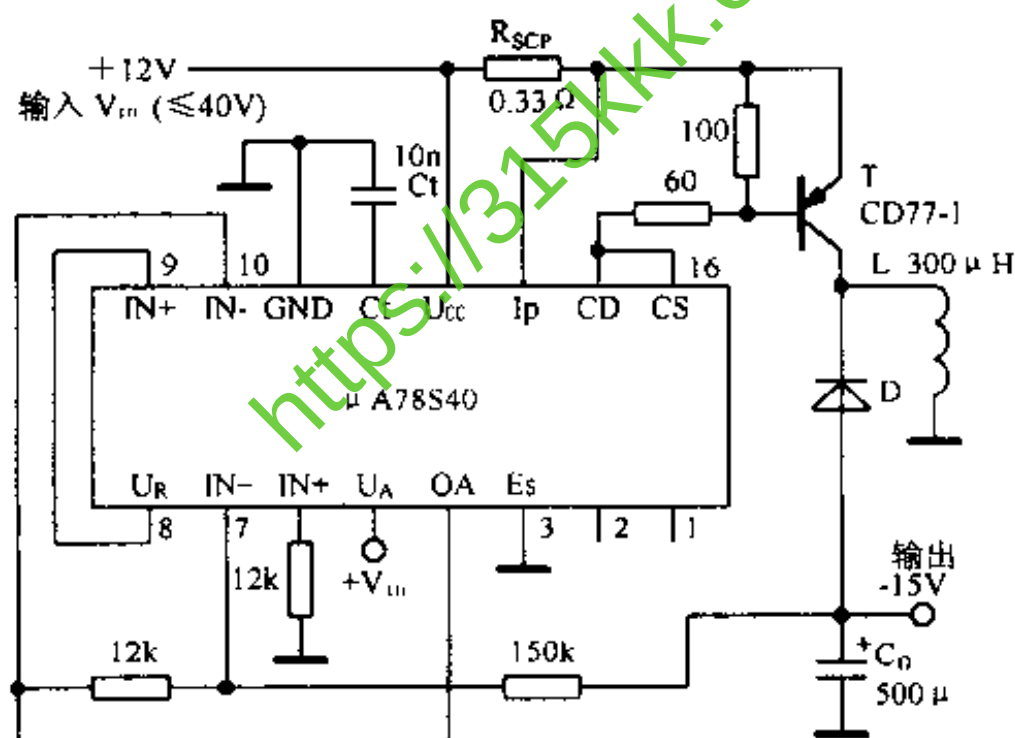


图 3-6 正输入/负输出开关型稳压器

3.5 开关型降压稳压器

电路使用了两片 555 时基电路。IC1 构成无稳态多谐振荡器, 振荡频率约为 10kHz。IC2 构成脉宽调制器, 由输出电压反馈控制脉冲宽度来实现稳压。如图 3-7 所示。此电路适用于输入电压为未稳定电压, 要求降压输出稳定电压的场合。

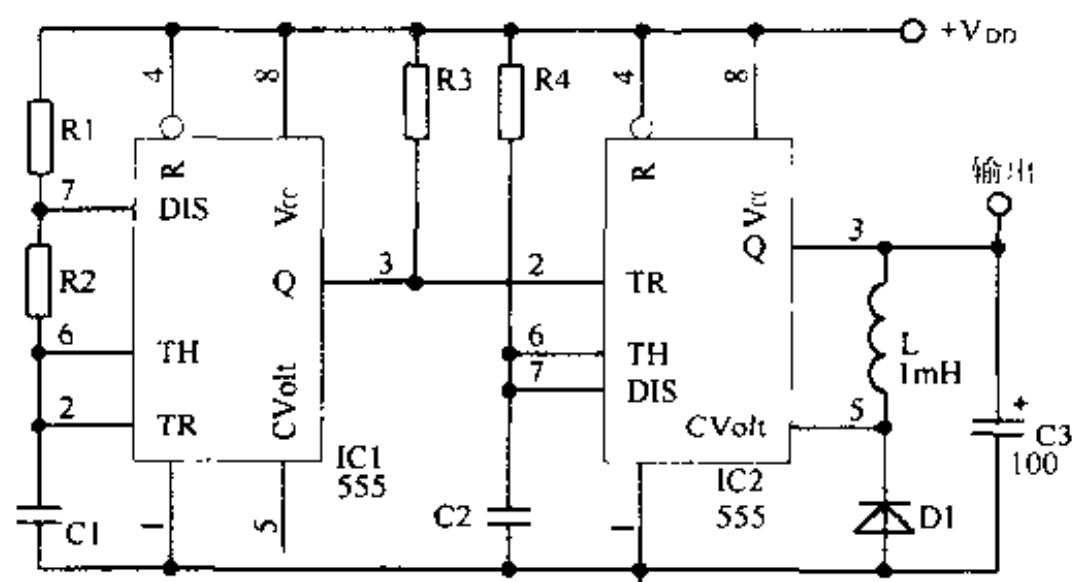


图 3-7 开关型降压稳压器

3.6 脉冲调制式开关稳压器

时基电路 555 和晶体管 T2 等组成无稳态多谐振荡器, 电位器 P1 可改变振荡频率。运放 741 接成比较放大器, 输出电压反馈电压自动调整运放的输出脉冲宽度, 达到稳压的目的。如图 3-8 所示。

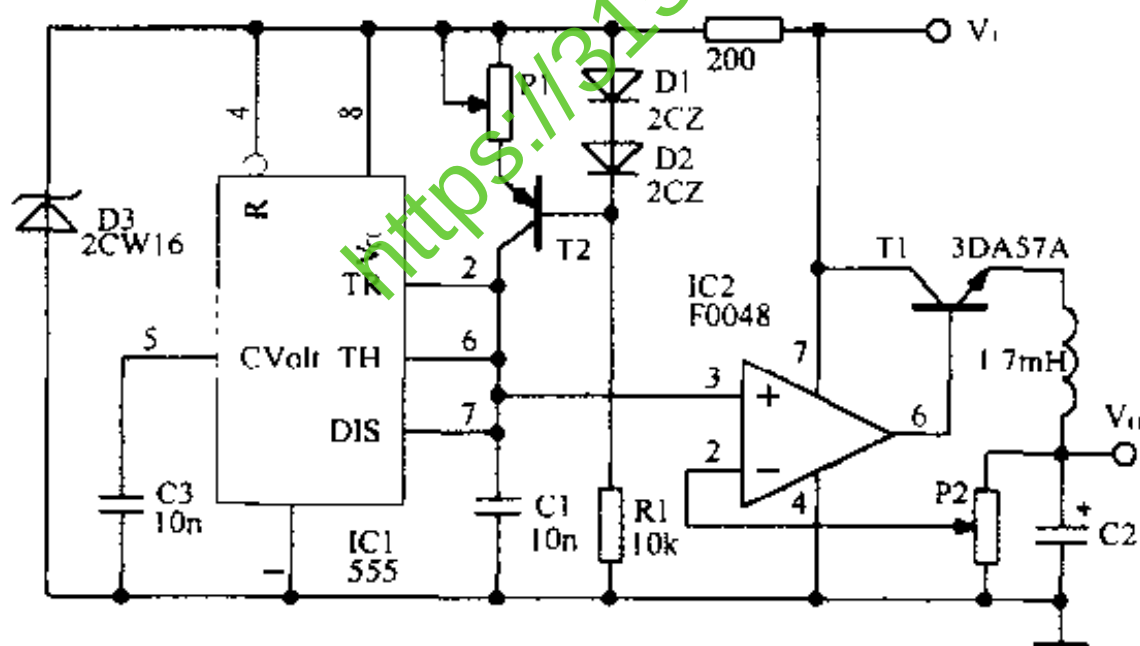


图 3-8 脉冲调制式开关稳压器

3.7 高稳定性开关型稳压电源

此电路有两组输出: 5V 和 25V, 适用于单板机或单片机开发系统。主电源 5V 输出, 在市电 165 ~ 250V 范围内, 误差为 $\pm 0.1V$, 负载电流 1A 时, 纹波电压 3mV; 25V 输出可用于 EPROM 的读写使用。如图 3-9 所示。

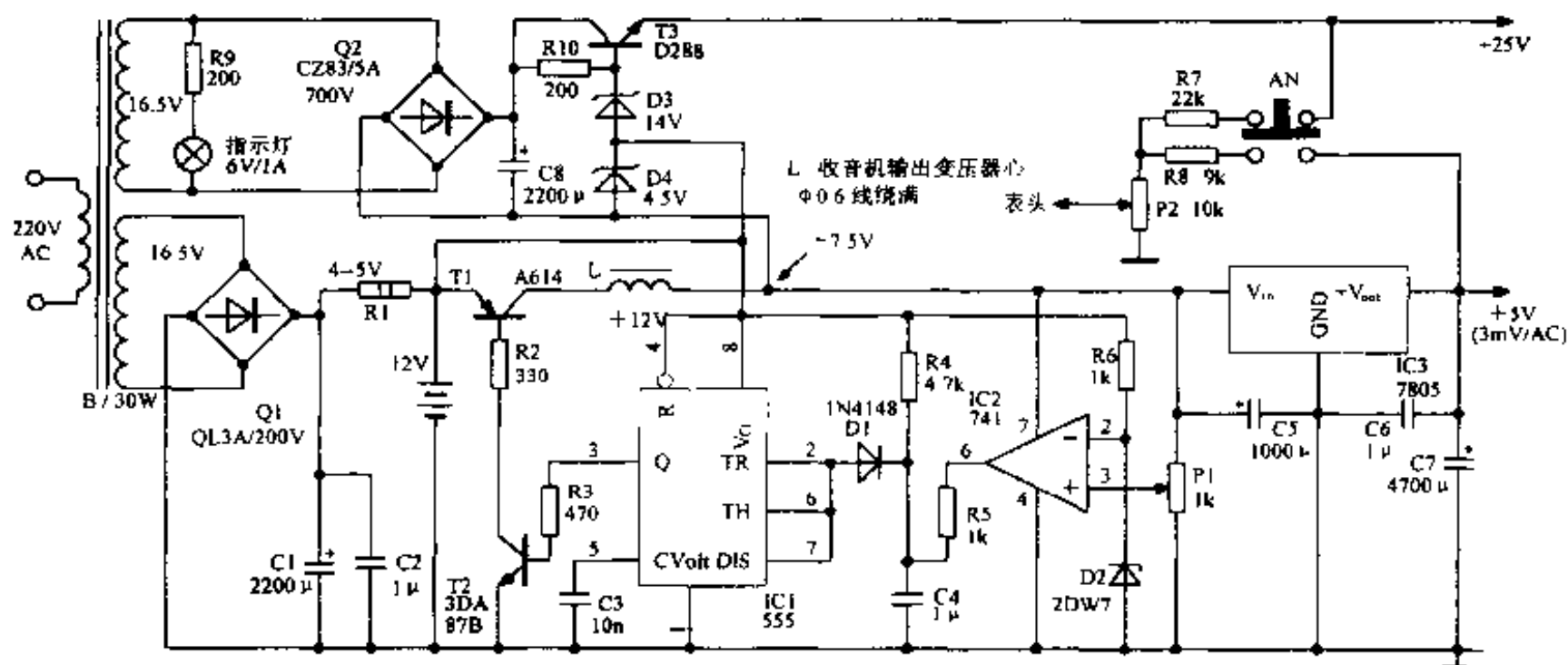


图 3-9 高稳定度开关型稳压电源

3.8 串联型开关稳压电源

此电路利用 555 组成脉宽调整串联稳压电路。具有较好的控制线性和对称性。如图 3-10 所示。

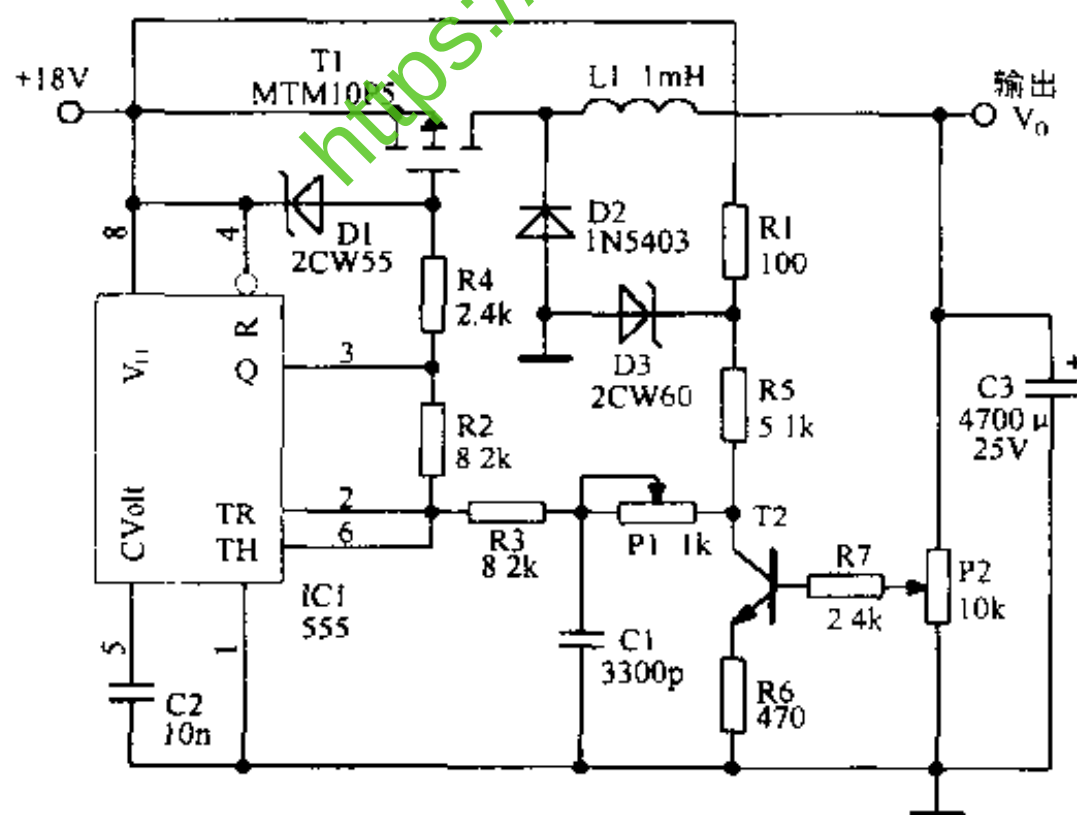


图 3-10 串联型开关稳压电源

输入电压 +18V(误差 10%), 输出 +3 ~ +12V 连续可调, 输出电流 0 ~ 5A, 电压稳定度不大于 1.5%, 纹波电压峰值不大于 25mV, 开关工作频率 7 ~ 17kHz, 效率约为 67%。

3.9 脉冲调宽式开关型电源

555 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率 $f \approx 1.44 / (R8 + 2R9) C1$, 约为 20kHz。如图 3-11 所示。

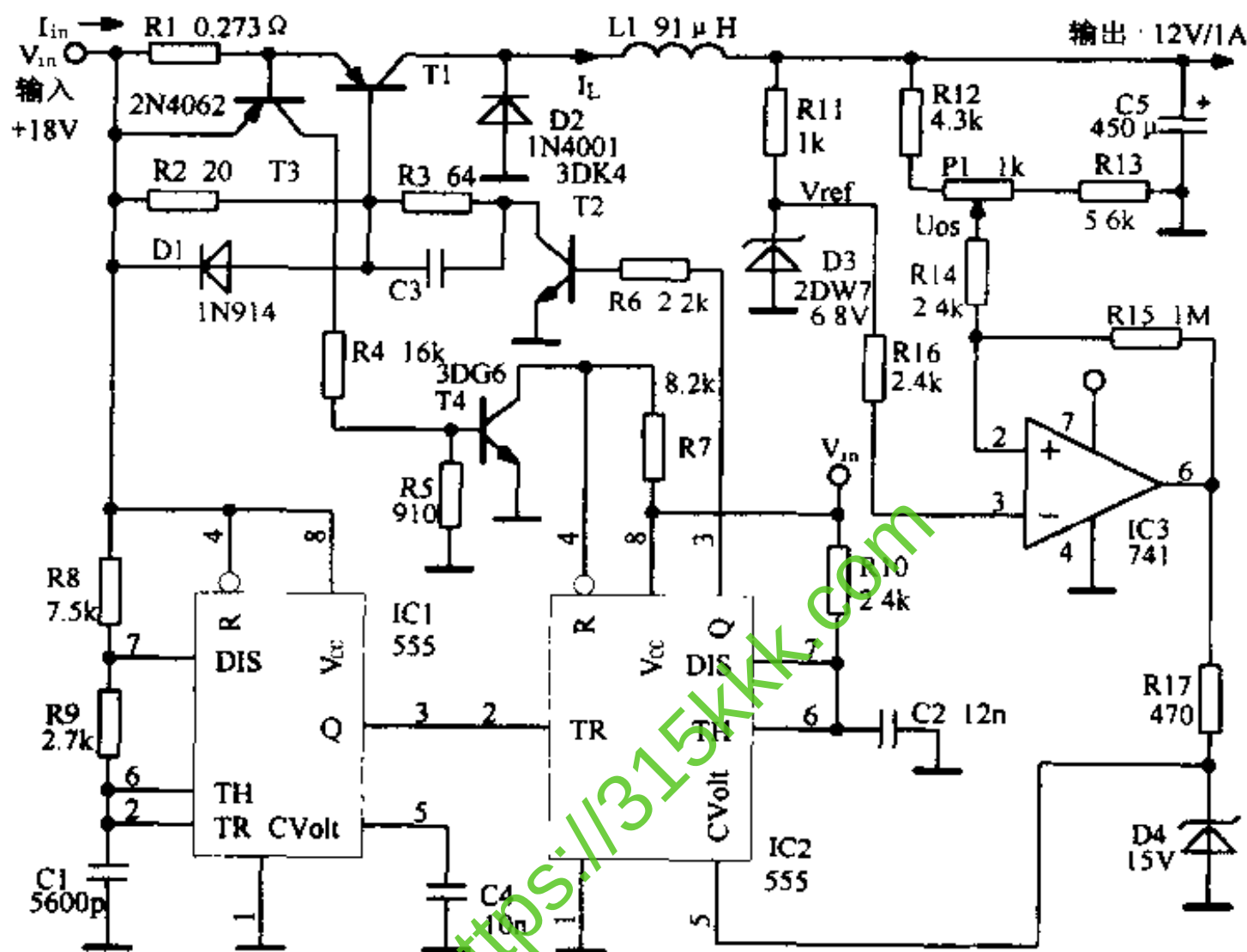


图 3-11 脉冲调宽式开关型电源

运算放大器 741(或 $\mu A741$)接成电压比较器,T1、T2 作为电子开关与 IC1、IC2 构成负反馈电路,进行稳压调节。

本电路输入电压 18V, 输出电压 12V。

3.10 开关型稳压辅助电源

电路中的高输入线性稳压电路 LR6 可用作开关型稳压电源的辅助电源。PWM IC 为脉宽调制集成电路,它由 LR6 提供启动电压。如图 3-12 所示。

PWM IC 开始的工作电压由辅助电源(12V)提供。启动后由高频变压器副边整流后的电压提供,此电压高于 LR6 输出电压,使 LR6 关闭。 C_{out} 取 $10\mu F$ 。这种启动电路适用于输入电压为 $15 \sim 450V$ 的电路,无需任何调整。

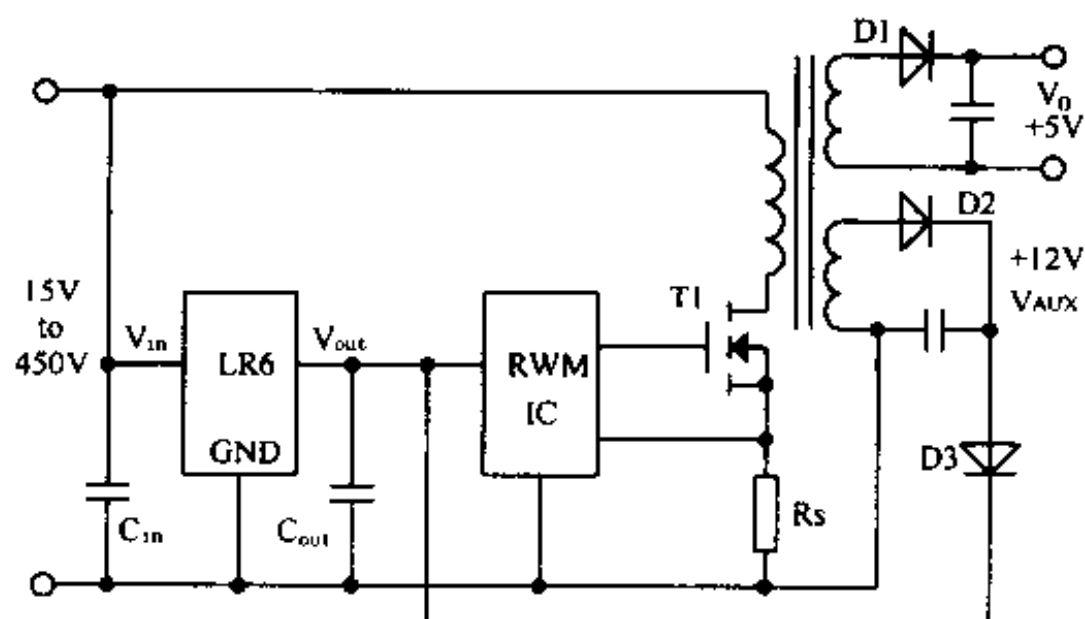


图 3-12 开关型电源辅助电源

3.11 大电流开关型稳压启动电路

利用高输入线性稳压电路 LR6 和脉宽调制集成电路 PWM IC 等可以组成大电流开关型电源启动电路。根据脉宽调制器的要求,由 R1、R2 调整输出电压。 C_{out} 取 $10\mu F$ 。如图 3-13 所示。

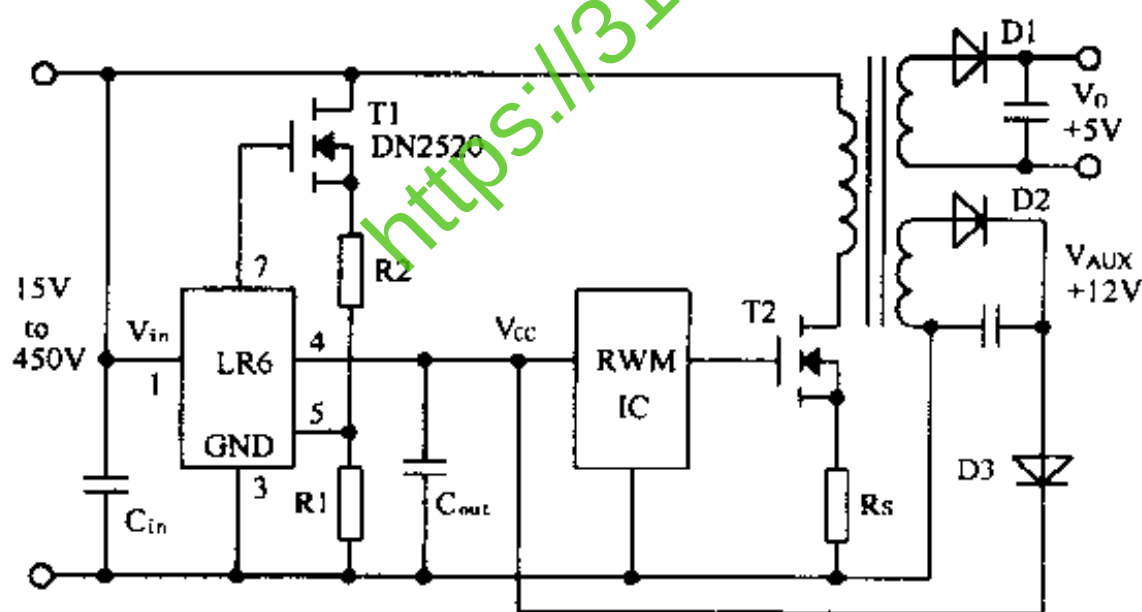


图 3-13 大电流开关型电源启动电路

3.12 低噪声、超小型 3V 线性稳压器 MAX8863/8864

稳压器 MAX8863/8864 的输入电压 $2.5 \sim 6.5V$, 输出电压: R 型 $2.70V$, S 型 $2.75V$, T 型 $3.05V$ 。如图 3-14 所示。

MAX8863/8864 具有低电压降的特点, $100mA$ 时电压降为 $110mV$; 电源电流 $80\mu A$, 关闭电流 $1\mu A$; 具有电池反向和过热保护。

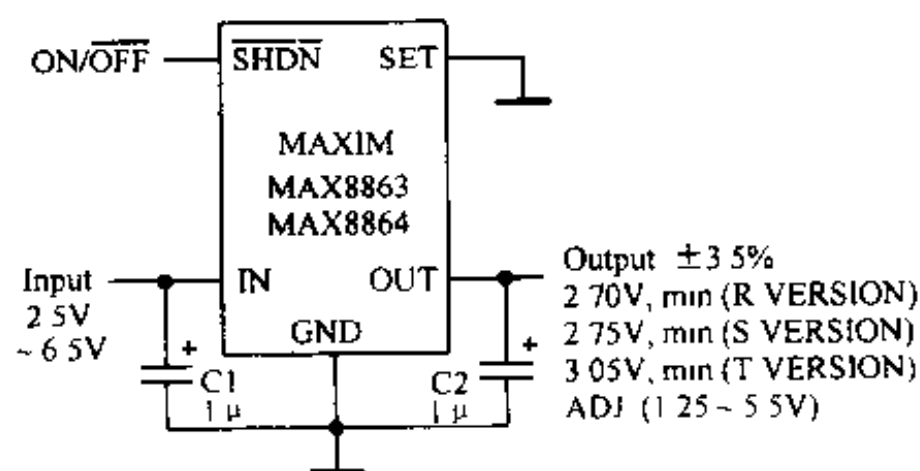


图 3-14 MAX8863/8864

3.13 PS0500DC5S 超小型 DC/DC 开关型电源模块

主要性能如下：输入电压 120 ~ 375V；输出电压 5V，误差 5%；输出电流 500mA；隔离电压不小于 2500V；纹波电压 50mV；效率 80%；工作温度 -10 ~ 45℃。

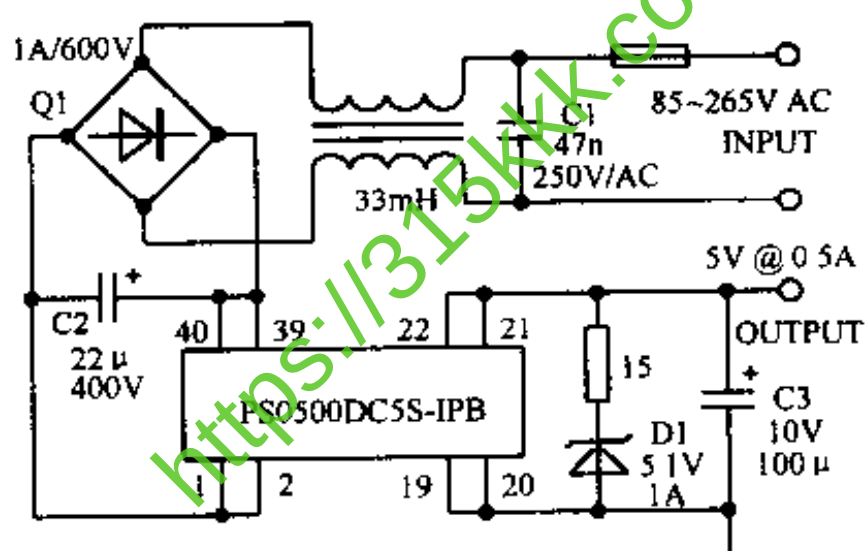


图 3-15 PS0500DC5S 应用电路

图 3-15 为 PS0500DC5S 的典型应用电路。可用于电子秤、无绳电话、电池充电器、IC 卡读写器、防盗电子产品以及便携式电子产品。

3.14 0 ~ 5A、7 ~ 30V 实验室电源

该电路是一个高效率实验室电源，输入电压范围为 33 ~ 40V，输出电压为 7 ~ 30V，输出电流可达 5A。CW1524 和输出晶体管并联使用，驱动一只达林顿管。占空比调节范围 0 ~ 90%。如图 3-16 所示。

输出电压调节由 R3、R4、R5 来决定，电位器 P1 的动点接在误差放大器的输入端（1 脚），内部基准电压通过电位器 P2 来调节，可调范围要超过误差放大器的输入范围。

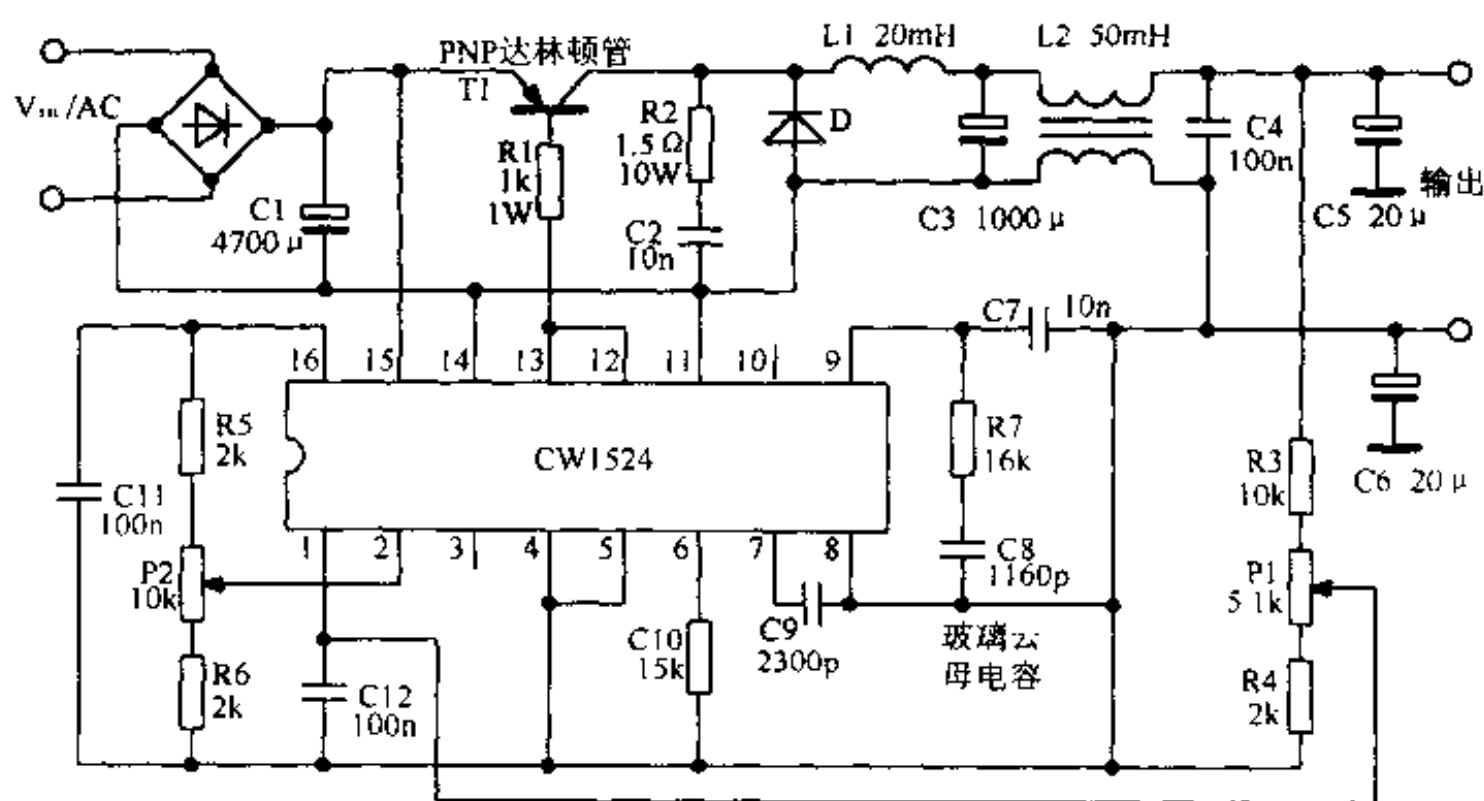


图 3-16 0~5A、7~30V 实验室电源

3.15 智能电源开关型芯片 TPS2014/2015

此芯片又称为自恢复电子保险丝。开关导通电阻最大为 0.095Ω (5V 输入), 输入电压为 4~7V, 3V 和 5V 逻辑电平兼容, 具有过流输出指示和输入、输出静电保护, 短路保护及过热保护。最大连续负载电流 (TPS2015D、TPS2015P) 为 1A (0~85℃)。如图 3-17 所示。

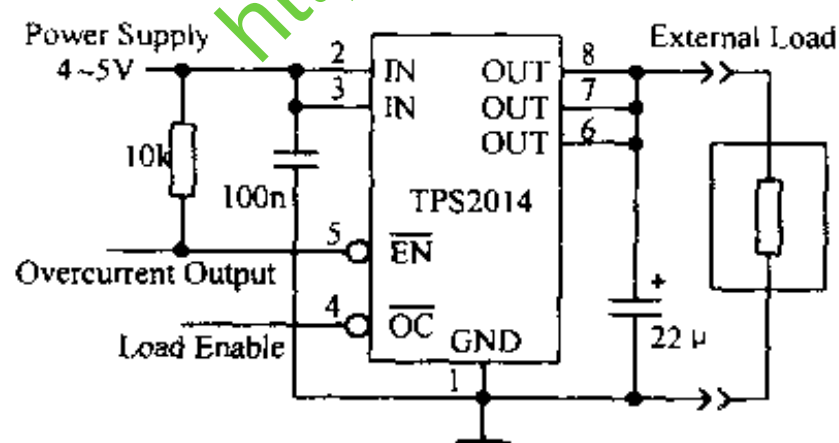


图 3-17 TPS2014/2015

3.16 电感储能式开关型升压电源

555 接成可控振荡电路, C1 充电期间三极管导通, 能量存储在电感 L1 中; C1 放电期间三极管截止, L1 的反电势经 D1 向 C2 充电, 形成几百伏高压输出。该电路输出 250V/2.5mA, 纹波电压 12mV。如图 3-18 所示。

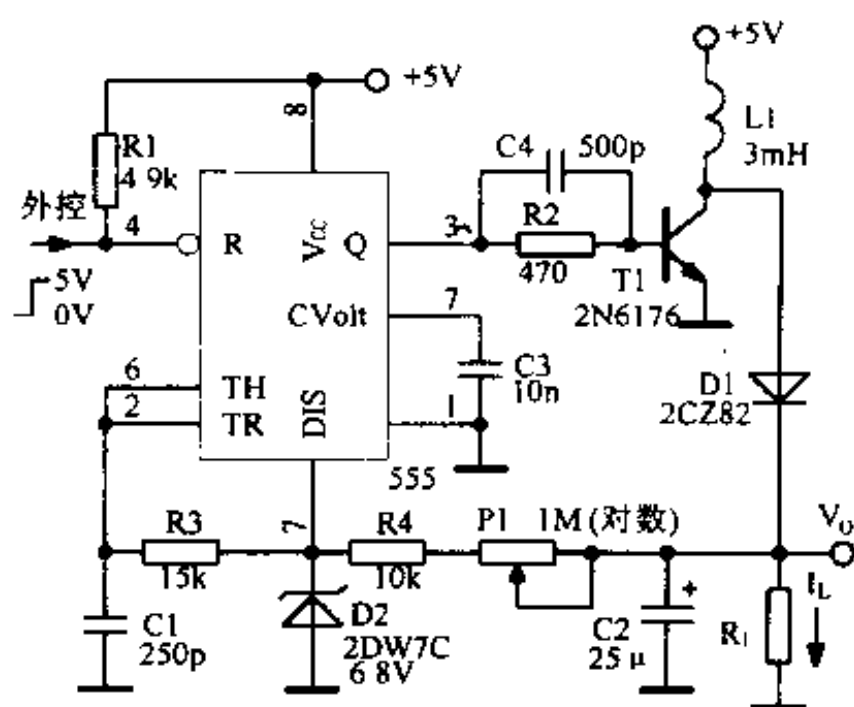


图 3-18 电感储能式开关型升压电源

3.17 使用运放的开关型稳压电源

这个稳压电源电路使用运算放大器 $\mu A741$ 、稳压管 D1 和一个电阻代替了串联式稳压电路中的比较器部分,将普通的稳压电源改为开关式稳压电源。这种用 $\mu A741$ 控制的开关型稳压电源具有简单、价廉、高效、纹波值低和动态范围大等优点。电路如图 3-19 所示。

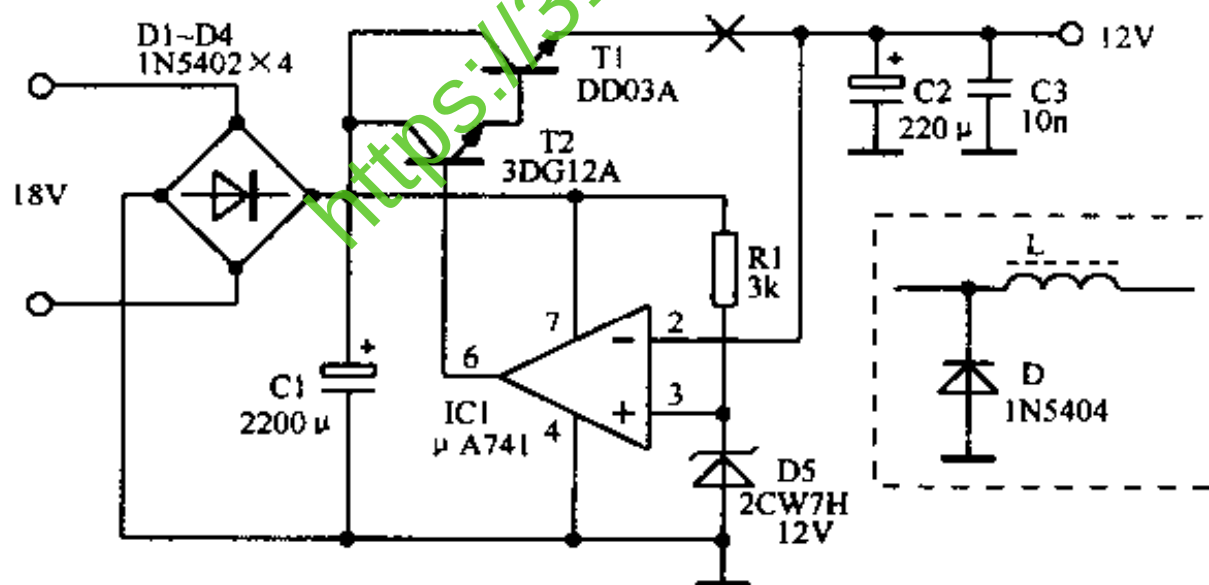


图 3-19 使用运放的开关型稳压电源

运放 $\mu A741$ 的 2 脚接电源输出端; 3 脚接 12V 稳压管, 以稳压管的稳定电压作为基准; 6 脚接复合开关管的基极。当输出电压比基准电压低 2mV 时(因 $\mu A741$ 的反应灵敏度是 2mV), 通过 $\mu A741$ 的 2、3 脚进行比较, 使其 6 脚输出高电平, 控制晶体管 T1、T2 导通, 以大电流给负载及滤波电容补充电能, 使其很快上升到 12V, 直到 $\mu A741$ 的 2、3 脚电位相等时, 6 脚输出低电平, 关闭 T1、T2。随着时间增加, 输出电压会逐渐下降, 则电路又重复上述过程, 周而复始, 开关管持续处于开关状态, 并使输出电压始终稳定在 12V。如果把开关管 T1 的发射极断开, 串入图中虚框内的电路(此时应将电路的输入电压增加 5V 左

右),则本稳压电源可在电网电压为 130 ~ 240V 的范围内正常工作。串联电感 L 在提高输入电压后进行限流、降压,保护开关管。另外,在开关管关闭时,L 产生相反极性的电动势,通过续流二极管 D 给 C2 充电,可延长开关管的关闭时间,进而提高电源的效率。

3.18 无电感开关型稳压源

这个开关型稳压电源电路省去了一般电路中所需要的笨重的电感。在输入电压为 5V 的情况下可以得到 12V/2mA 的输出。如果需要,增加一级 MOS 驱动器可使输出电流增加到 20mA。如图 3-20 所示。

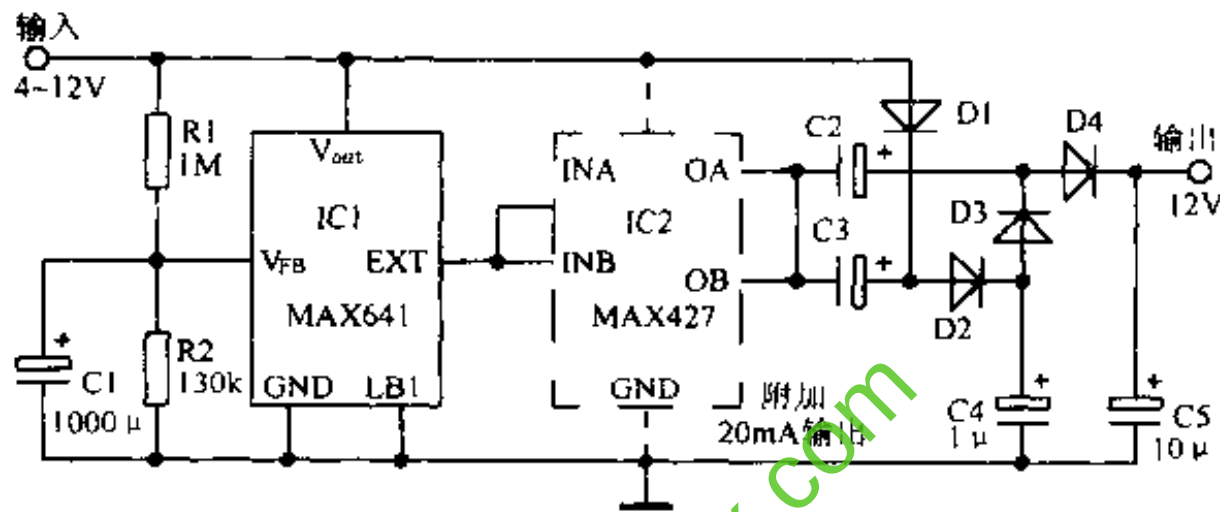


图 3-20 无电感开关型稳压源

由电阻 R1 和 R2 的分压产生反馈电平,控制 IC1 调节输出电压。另外也可以通过改变电路中的二极管—电容网络,使用标准的倍压电路可使输出电压提高两倍或更多。本电路的有些指标低于使用电感的开关型稳压电源,但是在电源调整率和负载调整率上可以与其相当。

3.19 采用电压基准 TL431 的开关型稳压电源电路

图 3-21 是由 TL431 组成的开关型稳压电源电路。TL431 在这个电路中不但作为电压基准源,它还是自激振荡中的有源振荡元件。

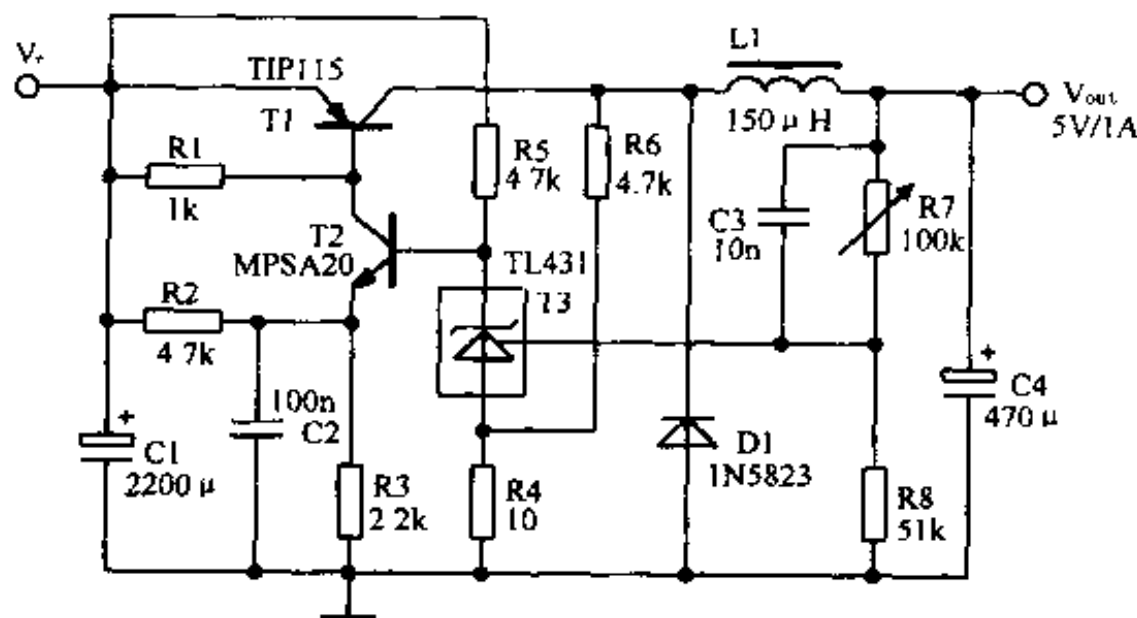


图 3-21 采用 TL431 的开关型稳压电源电路

第4章 直流—直流电压变换电路

许多便携式电子设备本身带有直流电池或蓄电池向设备供电,但是,这些电池或电瓶通常只能提供一种固定的直流输出电压。当电路需要更多种不同的直流电压时,就需要用到直流—直流电压变换电路。直流—直流变换也常按英文缩写记为 DC-DC 变换。本章介绍近年来流行的直流—直流变换电路。由于 DC-DC 变换电路需要的元件多,电路结构复杂,因此,通常在直流—直流变换电路中都使用了通用或者专用的集成电路。

4.1 高效率的电压变换器

电路输入电压为 10~48V,当输入电压为 12V,输出电流为 1A 时,变换器的效率为 93%,当负载电流降低到 20mA 时,效率仍达 80% 以上。

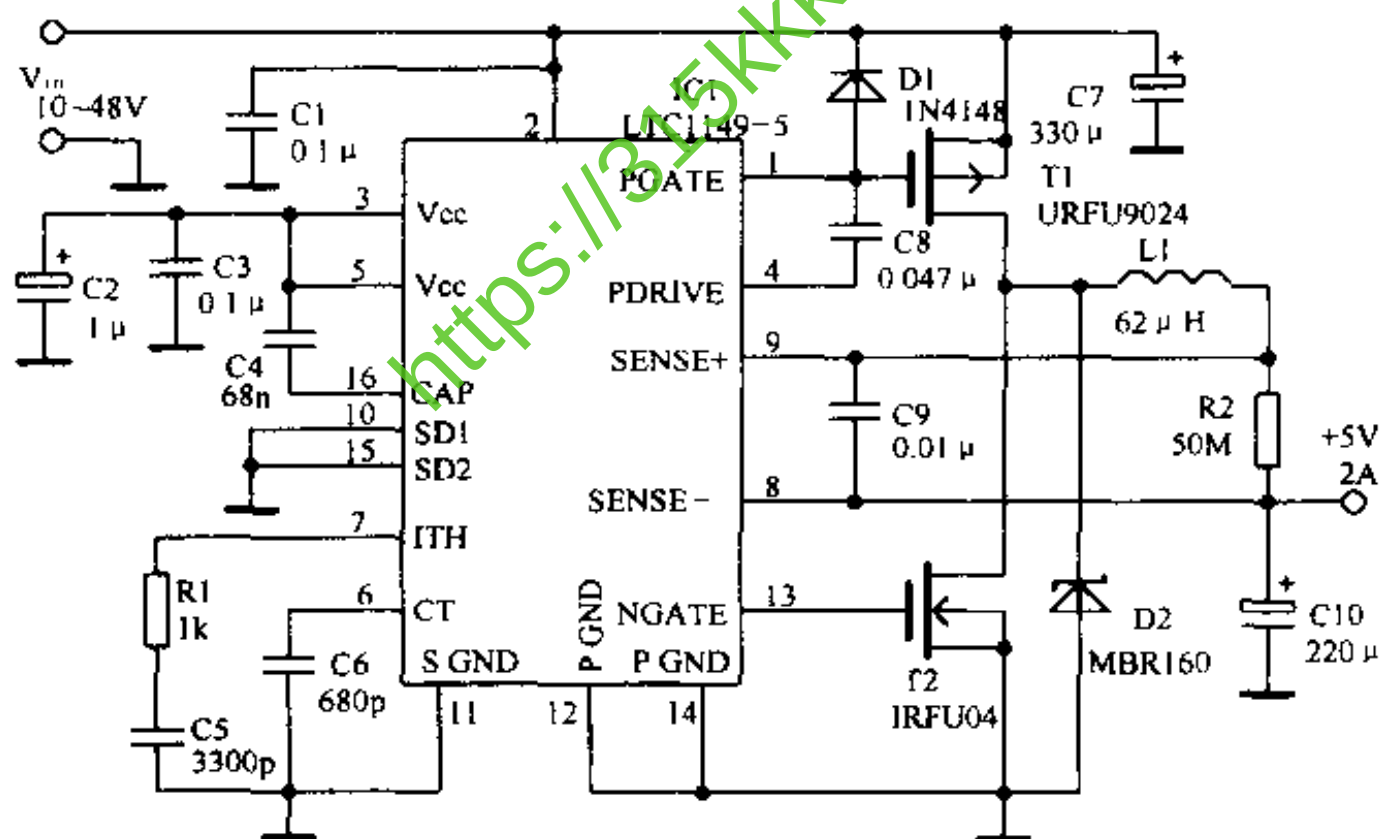


图 4-1 高效率的电压变换器

如图 4-1 所示,电路的核心是一块同步切换降压控制芯片 IC1(LTC1149-5),IC1 能工作于“猝发”方式,这种方式能使本器件在小电流输出时仍然能保持高效率。当电源输入端电压很低时,IC1 切换周期的占空比为 100%,即电路停止切换,输入直接接通至输出。

在正常工作方式时,T1、T2 两只 MOS 场效应晶体管进行同步切换,其恒定的截止时间控制维持电感 L1 中的脉冲电流不变,这对设计用于输入电压变化范围较宽の場合带来了方便。本电路在输出为 5V 时,负载电流可达 2A,当线路及负载发生变化时,输出精度小

于 $\pm 1\%$ 。

4.2 小型两节电池升压器 MAX856

电路转换效率 85%，25 μ A 静态电流，1 μ A 关闭电流，输出电压 3.3V/5V，输出电流 150 ~ 100mA，输入电压 0.8V 至输出电压。如图 4-2 所示。

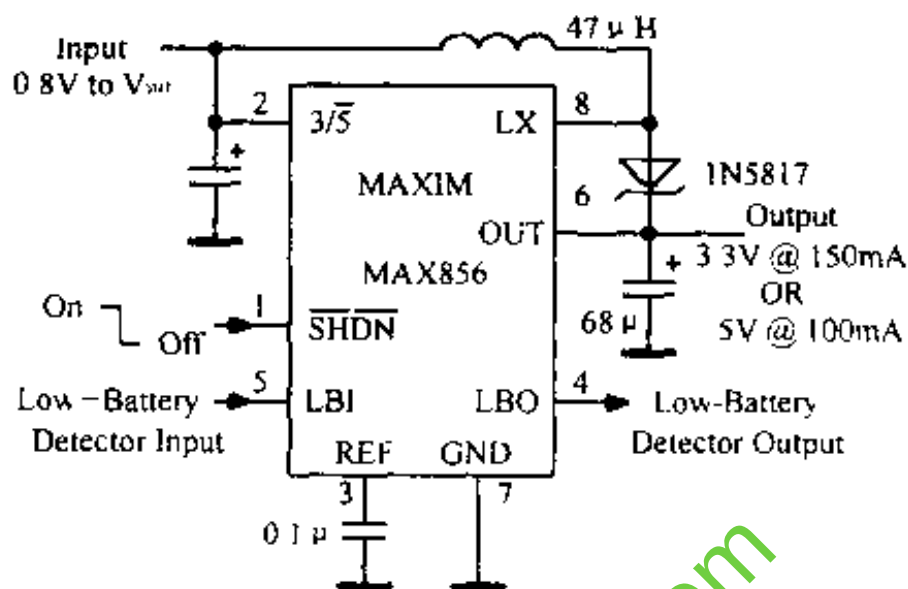


图 4-2 MAX856

同系列的还有其他几种芯片，它们的电路原理相同，只是输出参数不同，MAX857 为可调 125mA 输出、MAX858 为 3.3V/5V、35mA 输出、MAX859 为可调 35mA 输出、MAX756 为 3.3V/5V、300mA 输出、MAX757 为可调 300mA 输出。

4.3 小型 3.3V 备用电源 MAX679

由 MAX679 组成的电路具有 50 μ A 静态电流，1 μ A 关闭电流，不需要电感，开关频率可达 1MHz。如图 4-3 所示。

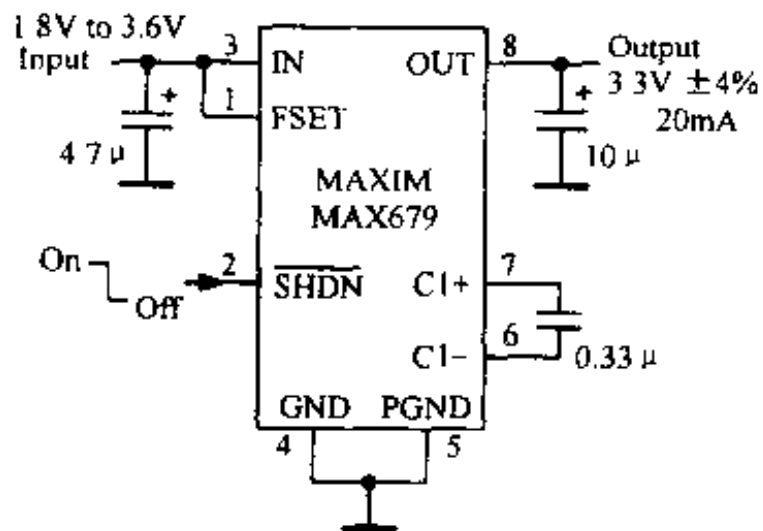


图 4-3 MAX679

4.4 高效升压输出电源 MAX848/849

这个使用 MAX848/849 组成的电源输入电压为 0.8 ~ 5V, 低功耗待机为 150 μ W, 输入同步脉冲为 200 ~ 400kHz, 带电池电压串行输出监控, 2 个通道 A/D 转换器。如图 4-4 所示。

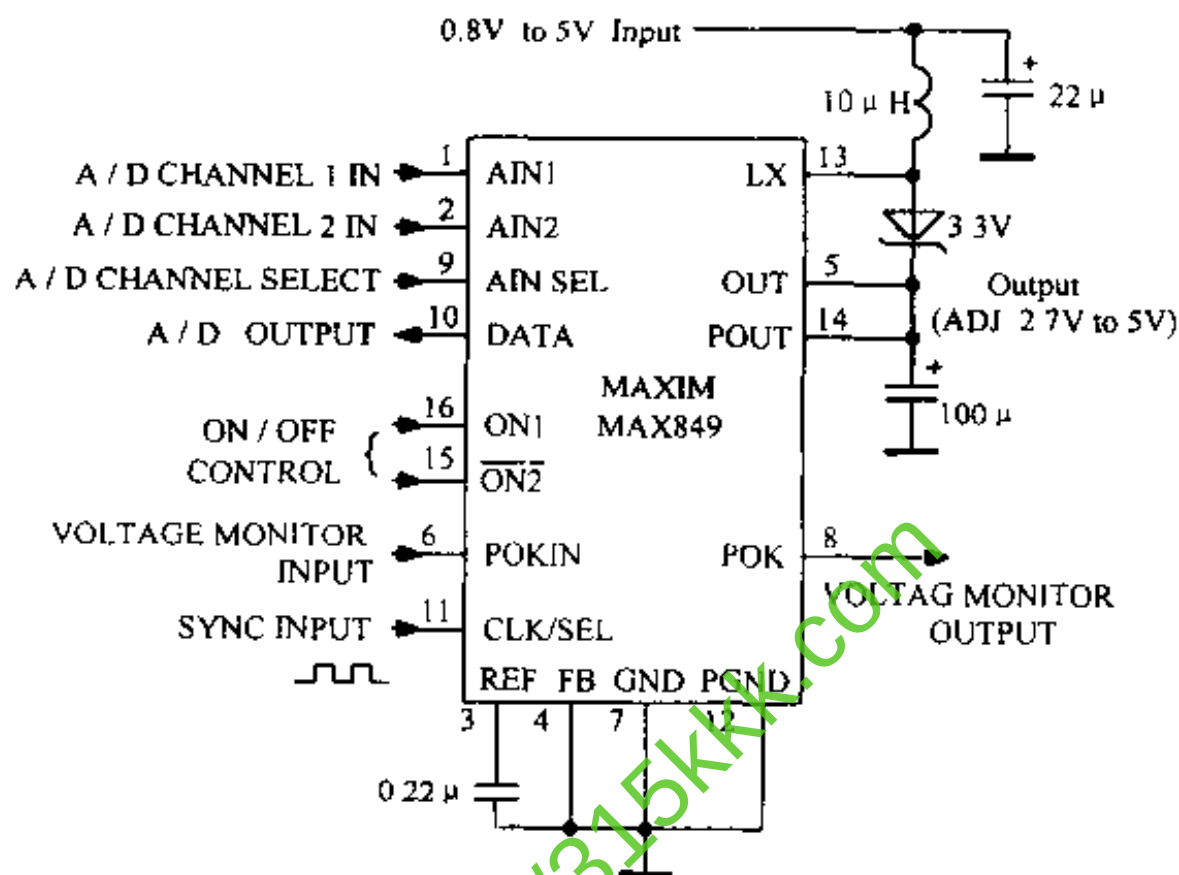


图 4-4 MAX848/849

MAX849 输入—输出数据如下: 输入 1.2V, 输出电压 3.3V, 输出电流 250mA; 输入 2.4V, 输出 3.3V/650mA 或 5V/500mA; 输入 3.6V, 输出 5V/850mA。

4.5 0.85V 启动的寻呼机电源 MAX1642/1643

低电压升压型直流/直流变换器 MAX1642/1643, 效率大于 83%。0.85V 保证启动, 内设同步整流器, 1 μ A 静态电流, 1 μ A 关闭电流 (1642), 2 ~ 5.5V 输出范围, 2 个电池欠压检测器 (1643)。如图 4-5 所示。

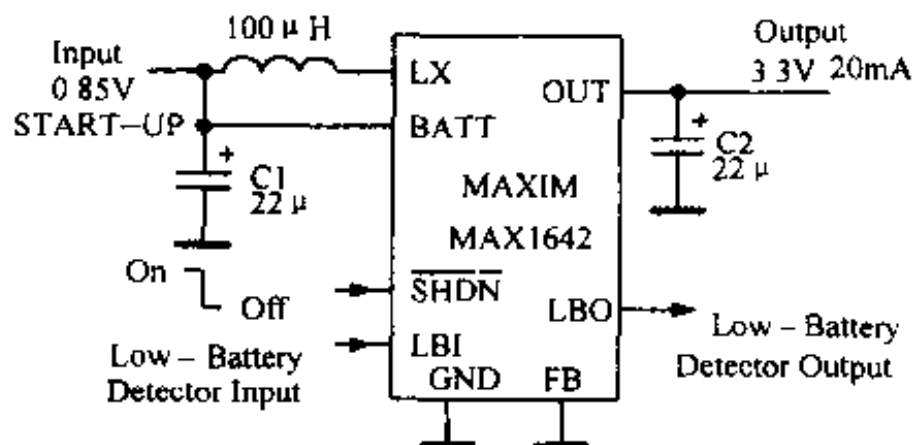


图 4-5 MAX1642/1643

4.6 225mA 降压变换器 MAX640

静态电流 $10\mu\text{A}$, 输入电压 $4 \sim 11.5\text{V}$, 输出 $3.3\text{V}/225\text{mA}$, 外接元件少。如图 4-6 所示。

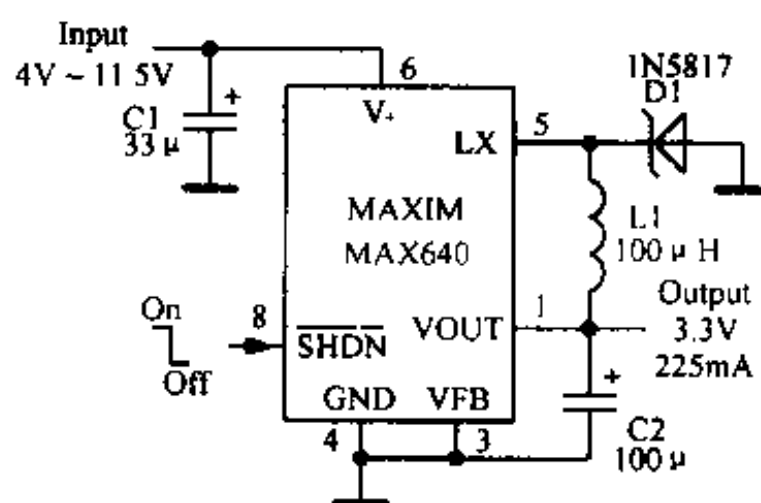


图 4-6 MAX640

4.7 2A 降压变换器 MAX1626

输入电压 $3.5 \sim 16.5\text{V}$, 输出 3.3V (或 5V)/ 2A , 效率大于 90% 。 $70\mu\text{A}$ 电源电流, $1\mu\text{A}$ 程控停机方式, 300kHz 限流 PFM 控制。可最大限度延长电池寿命。如图 4-7 所示。

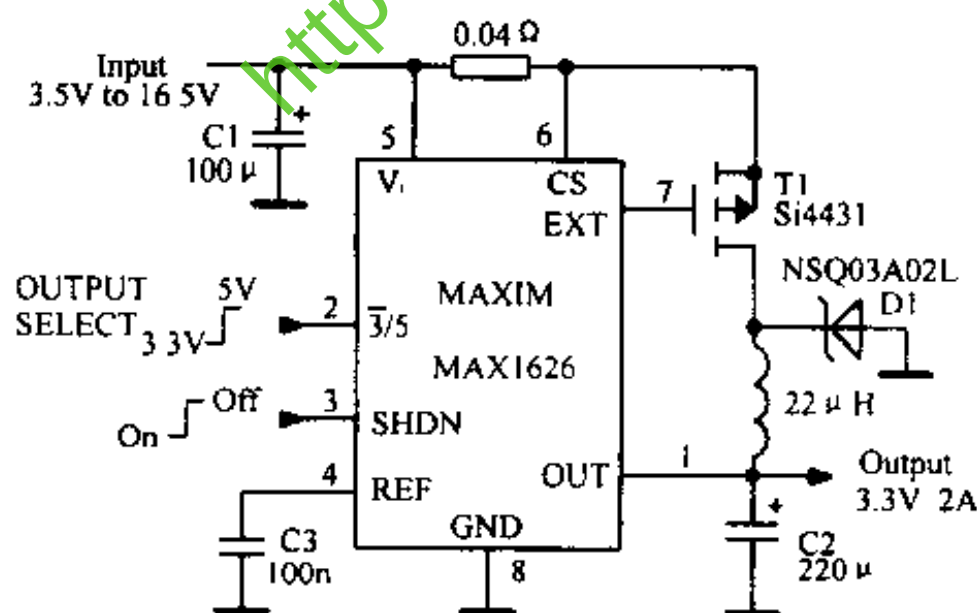


图 4-7 MAX1626

4.8 PWM 降压型直流变换器 MAX887

输入电压 $4 \sim 11\text{V}$, 输出 $3.3\text{V}/500\text{mA}$, 效率 94% , 300kHz 空闲方式 PWM 运行, 允许外部同步。如图 4-8 所示。

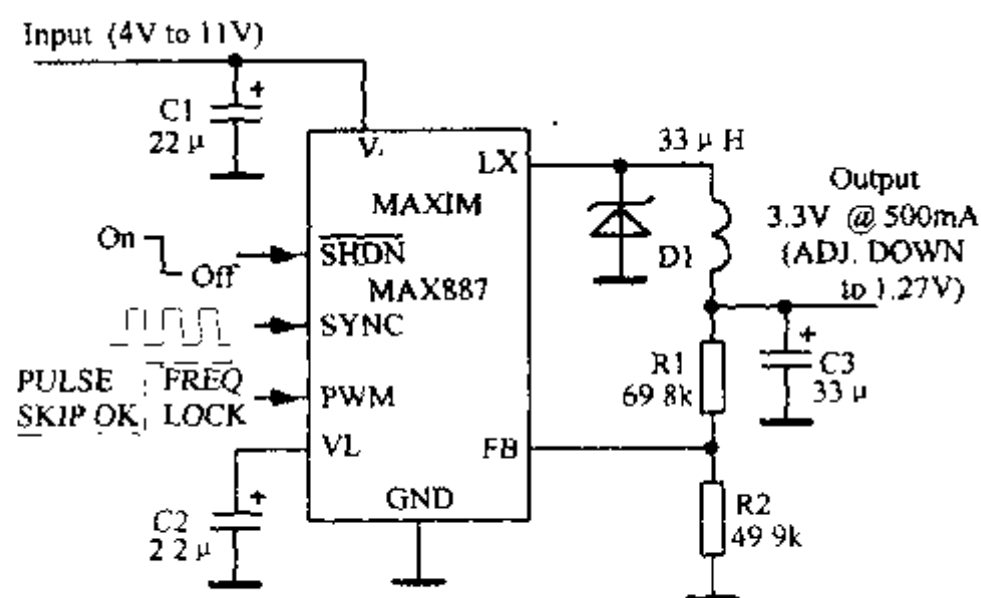


图 4-8 MAX887

4.9 大电流高效率降压变换器 MAX797

输入电压 4.75 ~ 28V, 输出端口(1)为 5V/25mA; 输出端口(2)为 3.3V/3A。5V 输出时静态电流为 375μA, 停机方式为 1μA。150kHz/300kHz PWM 工作方式。如图 4-9 所示。

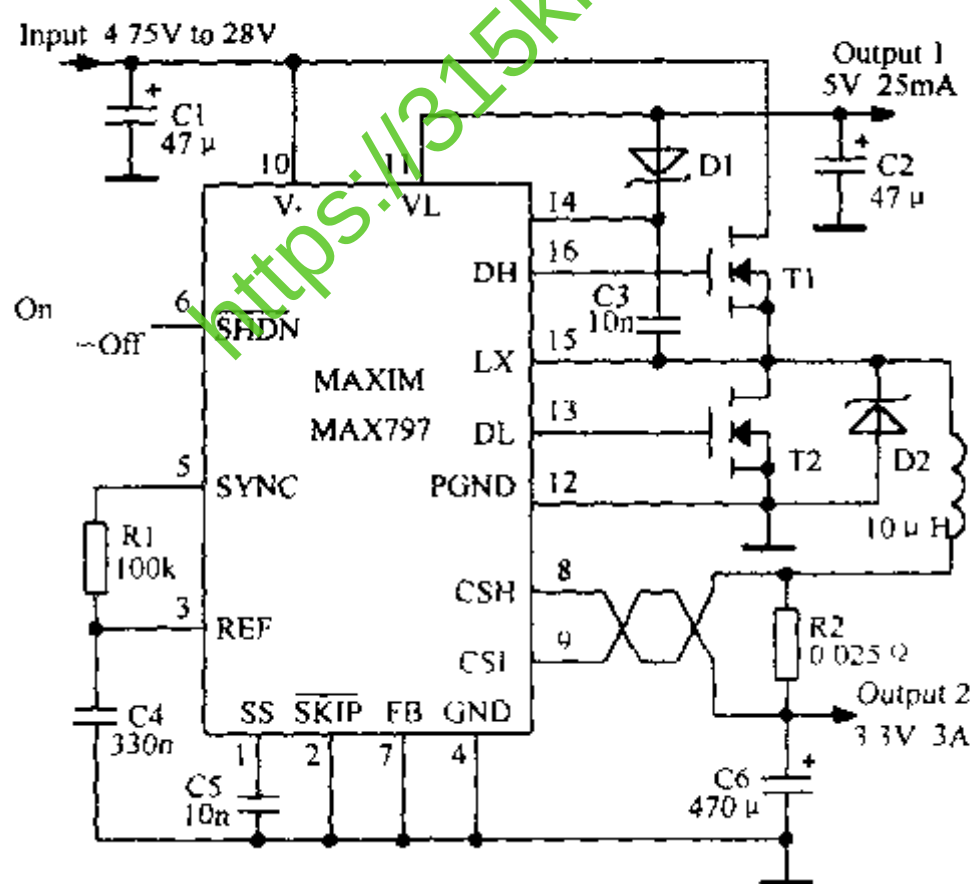


图 4-9 MAX797

4.10 DC/DC 变换器集成电路 LT1073

它是一种多用途 DC/DC 变换器集成电路。输入电压 1 ~ 30V, 输入电压 1.25V 时输

出为 5V, 电流可达 40mA。即使输入电压为 1V, 也可输出 10mA。很容易组成升压式或降压式 DC/DC 变换器。LT1073-5 输出电压为 5V, LT1073-12 输出电压为 12V。

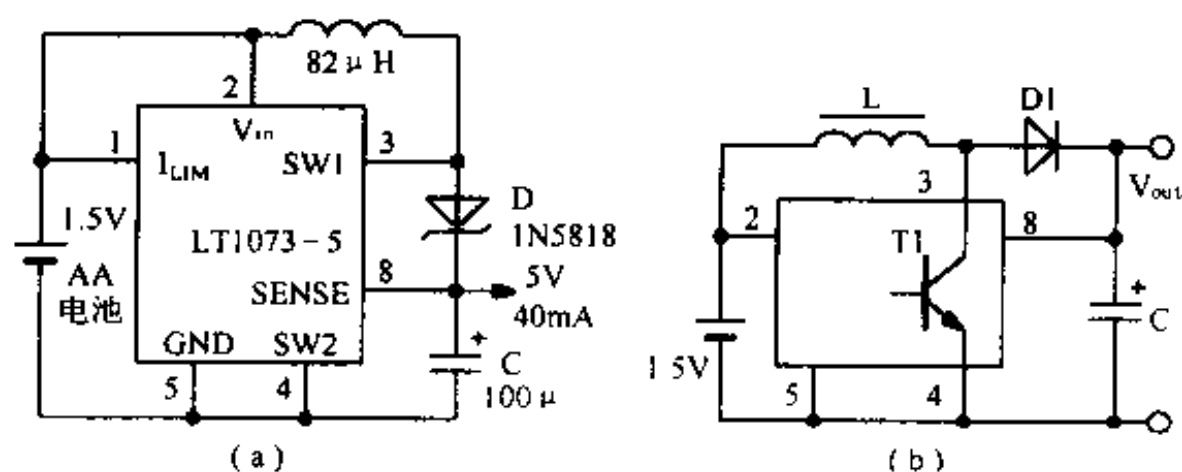


图 4-10 LT1073 应用电路

典型应用升压电路如图 4-10(a) 所示。如果把 LT1073 看作一个控制器, 可以绘成如图 4-10(b) 所示的电路。

4.11 直流反转器电路

利用直流/直流变换器集成电路 LT1073 可以组成电压反转式电路。如图 4-11 所示。

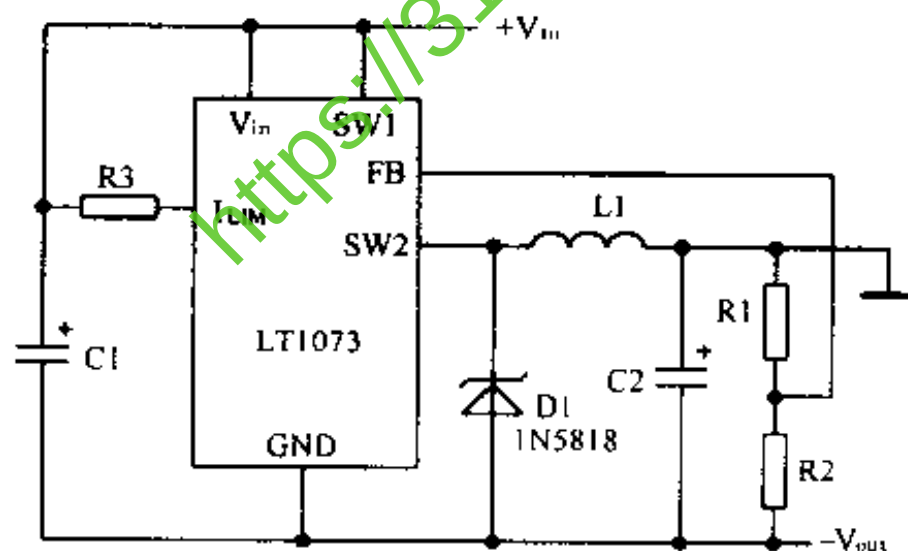


图 4-11 直流反转电路

输出电压 $V_{out} = -(1 + R2/R1) 212\text{mV}$, 输出电压的绝对值应小于 6.2V。R3 为限流电阻。

4.12 负电源变换电路

利用 TC1044 为 A/D 变换器提供 -5V 电源电压是最常用的方法。

图 4-12(a) 的电路采用了 LCD 显示的 A/D 变换器 TC7106; 图 4-12(b) 的电路采用了 LED 显示的 A/D 变换器 TC7107A。

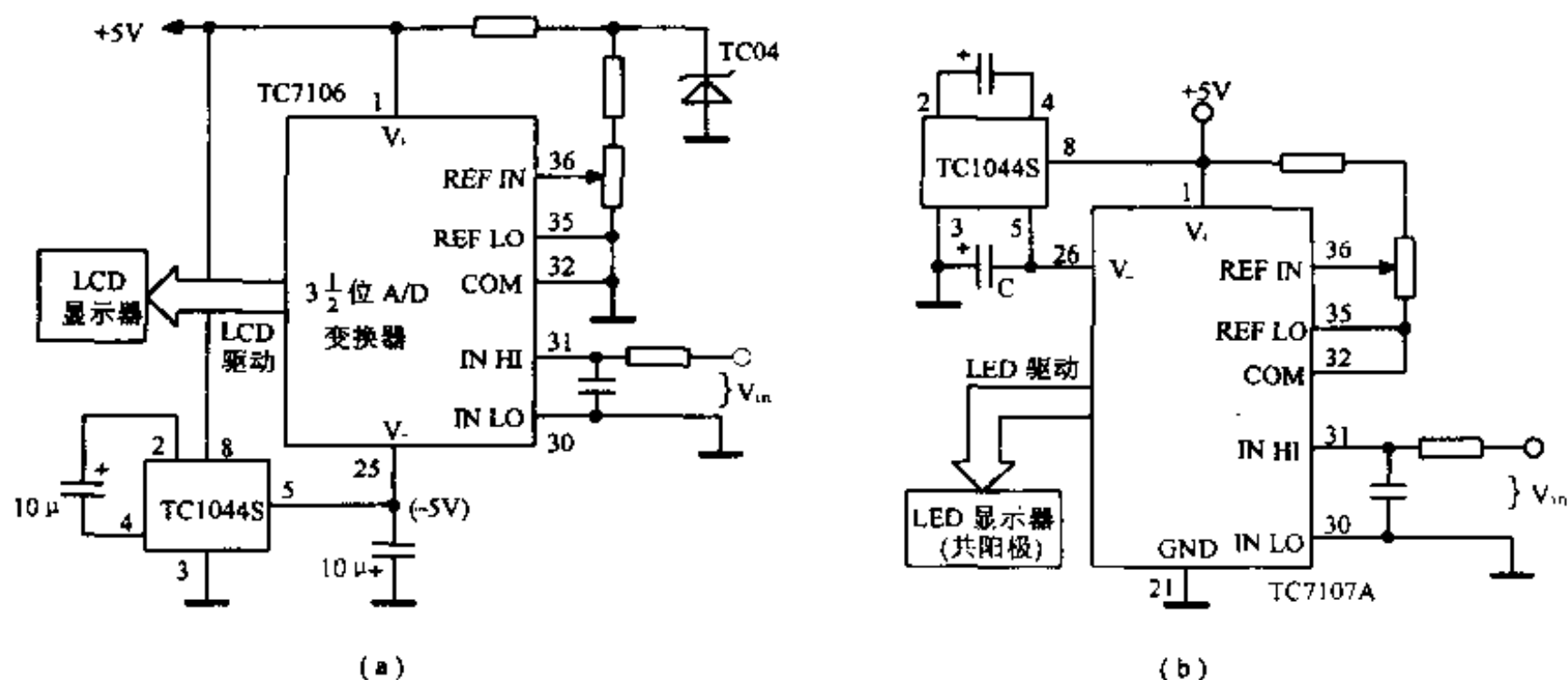


图 4-12 负电源变换电路

4.13 正负对称电源变换电路

利用单位增益缓冲器 BUF634，可以组成 +24V 变成 $\pm 12V$ 的对称电源。如图 4-13 所示。

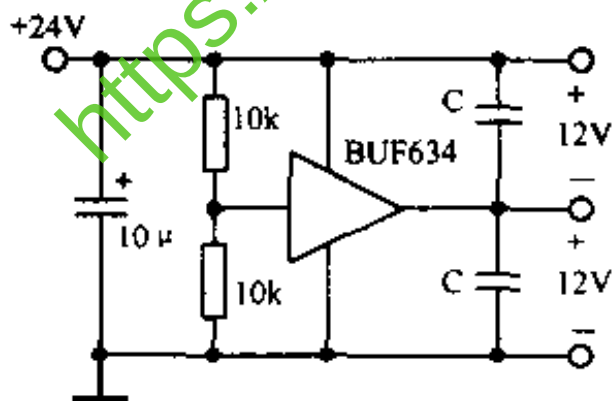


图 4-13 正负对称电源变换电路

由于 BUF634 的供电范围为 $\pm 2.25 \sim \pm 18V$ ，故该电路可将 +4.5 ~ +36V 电源电压转换为上述电压。两个 10kΩ 电阻要精密匹配。在正负负载不对称时，在输入电压较高的应用中，正负输出电流之差不应超过 250mA。

4.14 负电压—正电压转换电路

一般正电压通过电压反转器可变成负电压。利用 TC1044S，从 5 脚输入负电压，从 8 脚输出正电压。1MΩ 电阻和二极管接与不接均可。如图 4-14 所示。

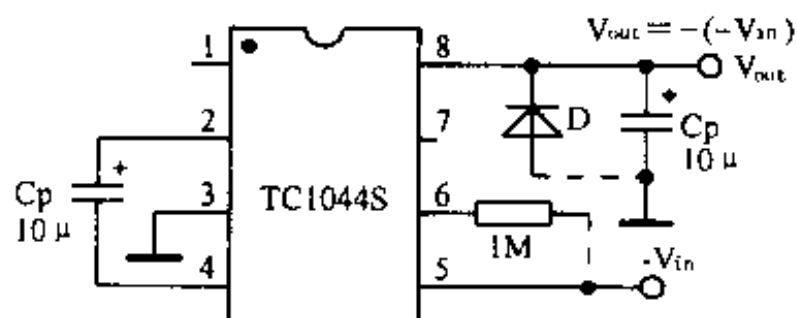


图 4-14 负电压—正电压转换电路

4.15 负电压转换成正电压的电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073, 可以组成将负电压转换成为正电压的电路。输入电压可高于或低于输出电压。如图 4-15 所示。

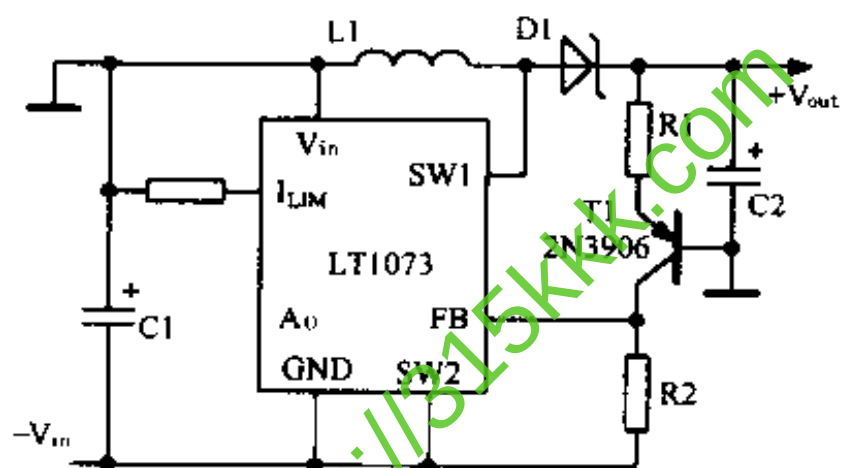


图 4-15 负电压转换成正电压的电路

电路中, PNP 管作电平移动, 提供适当的反馈信号。输出电压 $V_{out} = 0.212(R2/R1) + 0.6V$ 。

4.16 倍压变换器

利用电压反转器 TC1044S, 可以组成倍压电路。如图 4-16 所示。

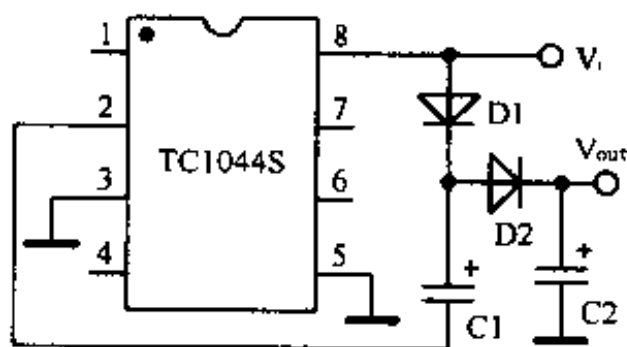


图 4-16 倍压变换器

输出电压 $V_{out} = 2V + -2V_D$, V_D 为二极管正向压降。此电路为 +5V 供电, 输出电流 10mA 时, 输出电阻约为 60Ω 。

4.17 倍压变换电路

利用电压反转器 TC962、两只电容、两只二极管, 可以组成二倍压电路。如图 4-17 所示。

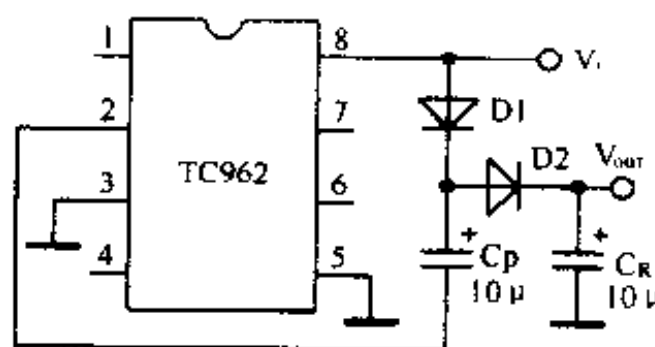


图 4-17 倍压变换电路

输出电压 $V_{out} = 2V + -1.4V$, 若采用肖特基二极管, 上式第二项改为 $-1V$ 。接负载后, 电压有所下降。

4.18 0.5 倍压电路

利用电压反转器 TC962, 可以组成 0.5 倍压电路。如图 4-18 所示。

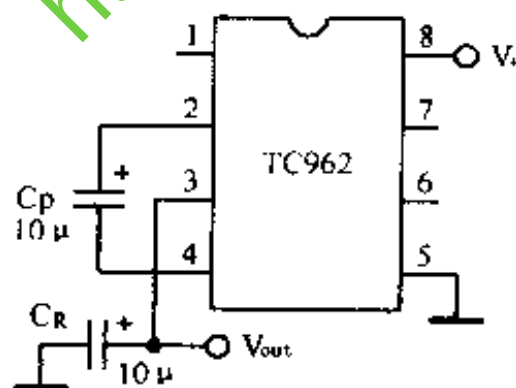


图 4-18 0.5 倍压电路

空载时, $V_{out} = 0.5V +$; 负载时, 输出电压有所下降。

4.19 二倍压电路

利用 CMOS 电压反转器 MAX660, 可以组成二倍压电路。如图 4-19 所示。

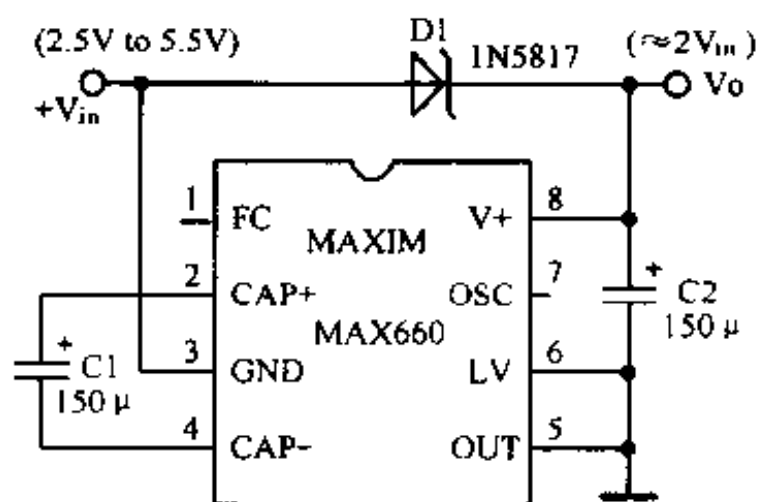


图 4-19 二倍压电路

输入电压从 3 脚入,输出电压从 8 脚出,5 脚接地。二极管采用肖特基二极管。

4.20 CMOS 电压反转器 MAX660

它是一种电荷泵式电压反转器集成电路。输入电压 1.5 ~ 5.5V, 可以变成 -1.5 ~ -5.5V 的输出电压。电流可达 100mA。典型应用电路如图 4-20 所示。

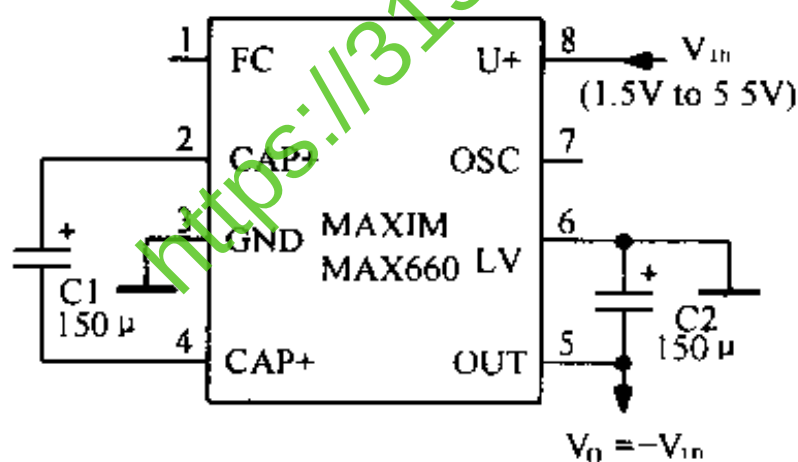


图 4-20 MAX660 应用电路

外部仅需用两只电容。在输出电流 100mA 时,效率为 88%; 10 ~ 40mA 时,效率为 96%。

4.21 电压反转与二倍压电路

利用电压反转器 TC962 和一些外围元件,可以组成电压反转器及二倍压电路。电路如图 4-21 所示。

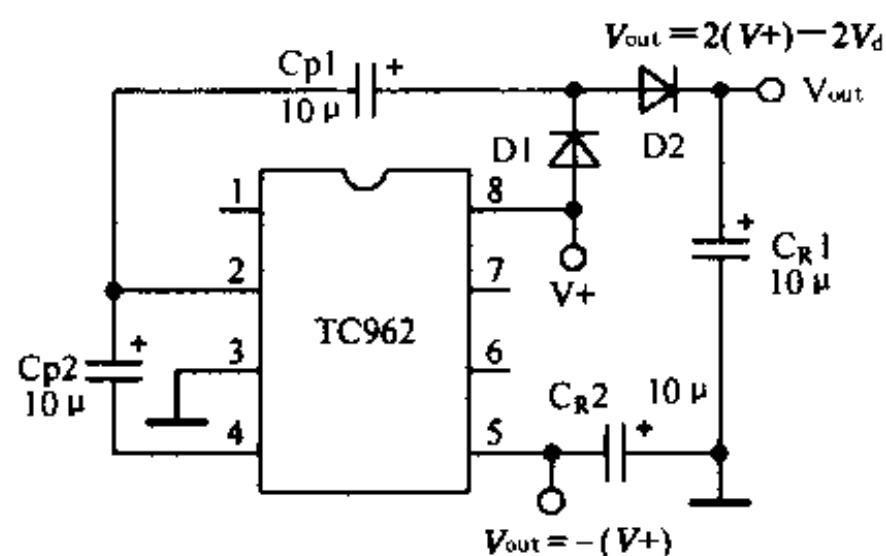


图 4-21 电压反转与二倍压电路

4.22 1.5V 升到 3V 的升压电路

利用 DC/DC 变换集成电路 LT1073 升压式电路, 可将 1.5V (一节电池) 升到 3V, 输出电流 20mA (电池电压最低到 1V)。如图 4-22 所示。图中采用 1% 的金属膜电阻。

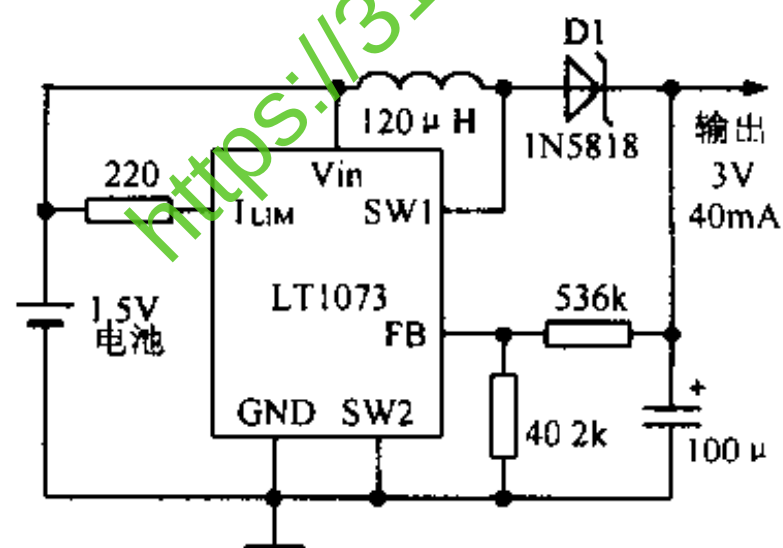


图 4-22 1.5V 升到 3V 的升压电路

4.23 3V 升到 5V 的升压电路

利用电压反转器 MAX660 与低压差稳压器 MAX667 的组合, 可以将 3V 锂电池升压到 5V 输出。如图 4-23 所示。

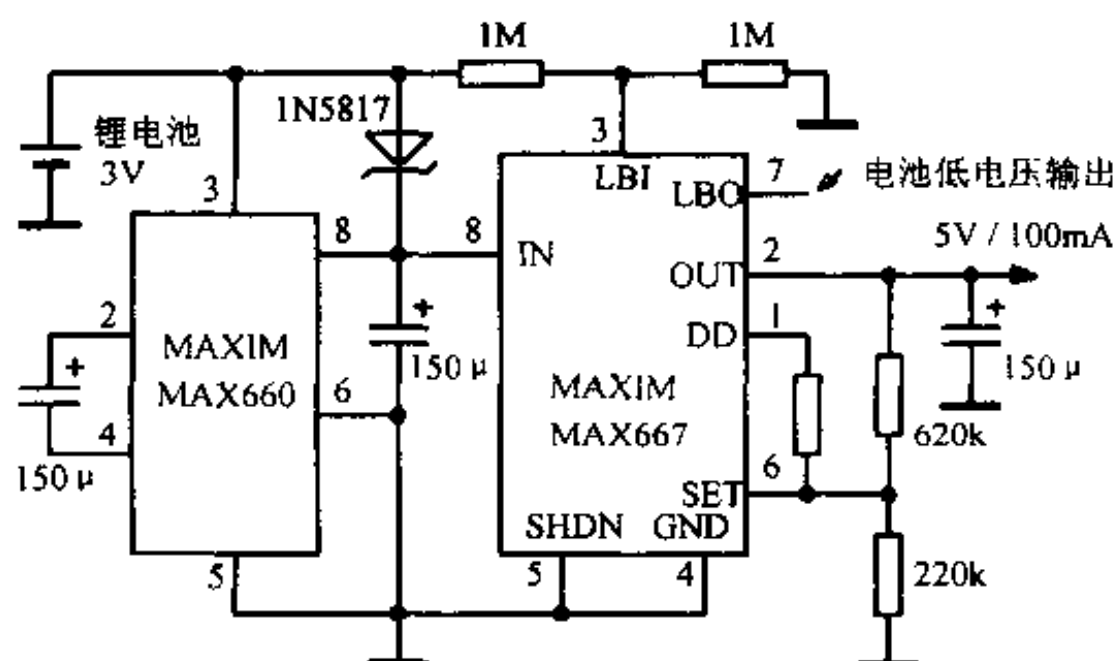


图 4-23 3V 升到 5V 的升压电路

若负载电流为 40mA, 可以工作 16 小时。MAX660 组成倍压电路, 低压差稳压器输出 5V, 最大输出电流 100mA。

4.24 1.5 ~ 9V 升压电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073, 可以组成输入为 1.5V 输出为 9V 的升压电路。输出电流 16mA, 电池降至 1V 时, 输出电流为 7mA。如图 4-24 所示。

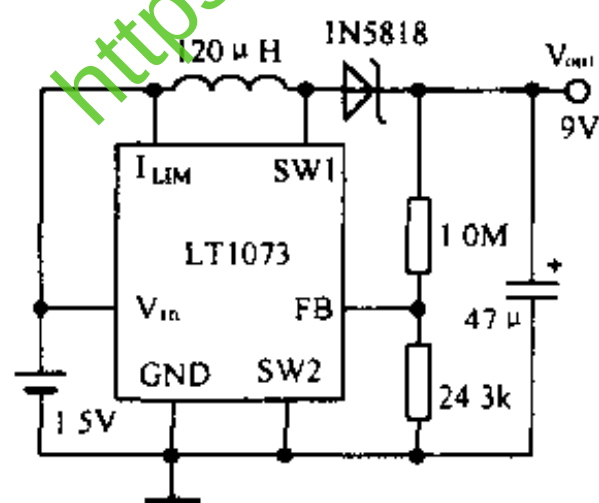


图 4-24 1.5 ~ 9V 升压电路

此电路可作为数字万用表电源, 代替 9V 电池。

4.25 1.5 ~ 12V 升压电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073, 可以组成 1.5 ~ 12V 的升压电路。如图 4-25 所示。

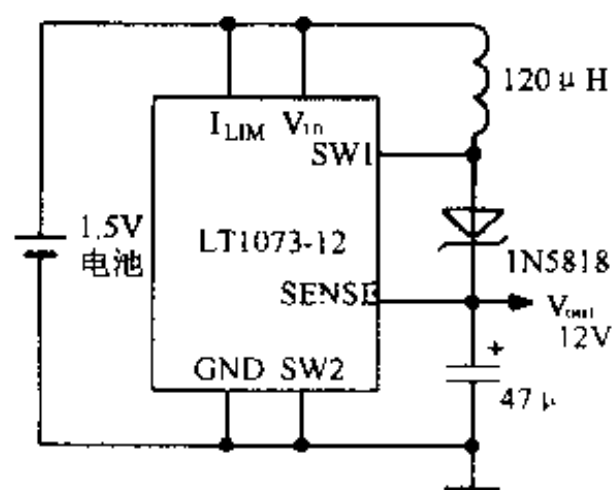


图 4-25 1.5 ~ 12V 升压电路

电路输出电流为 16mA, 电池降至 1V 时, 输出电流为 5mA。若改为 3V 供电, 降至 2V 时, 输出电流为 35mA。

4.26 5 ~ 12V 升压电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073-12, 可以组成 5 ~ 12V 升压电路。如图 4-26 所示。

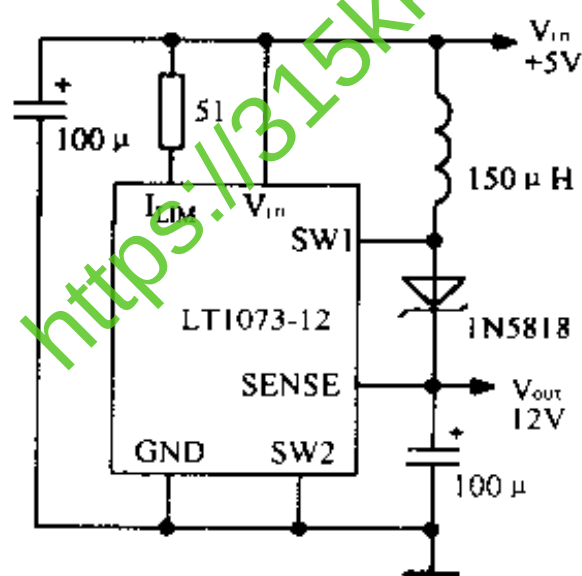


图 4-26 5 ~ 12V 升压电路

输入电压降至 4.5V 时, 输出电流仍达 130mA。由于输入电压大于 2V, 必须加限流电阻, 图中为 50Ω, 以防止因内部开关管过流而损坏。

4.27 带关闭控制的升压电路

在 1.5V 升到 5V 的升压电路中, 增加一个反相器和二极管, 可以组成具有关闭控制的升压电路。如图 4-27 所示。

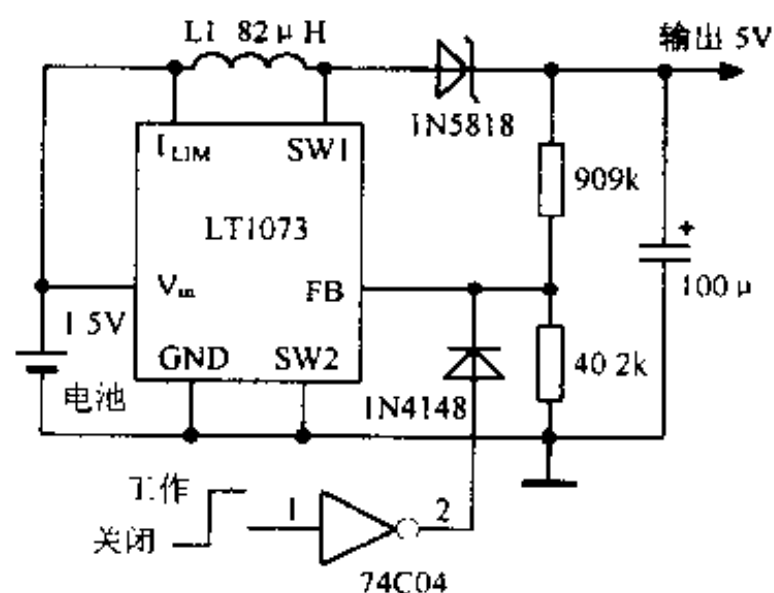


图 4-27 带关闭控制的升压电路

反相器 74C04 输入端为低电平时, 电路输出为零; 反相器输入端为高电平时, 电路输出为 5V。电阻选用 1% 金属膜电阻。

4.28 带有电池低电压检测的升压式电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073 内部的误差放大器和基准电压, 可组成带有低电压检测功能的升压式电路。如图 4-28 所示。

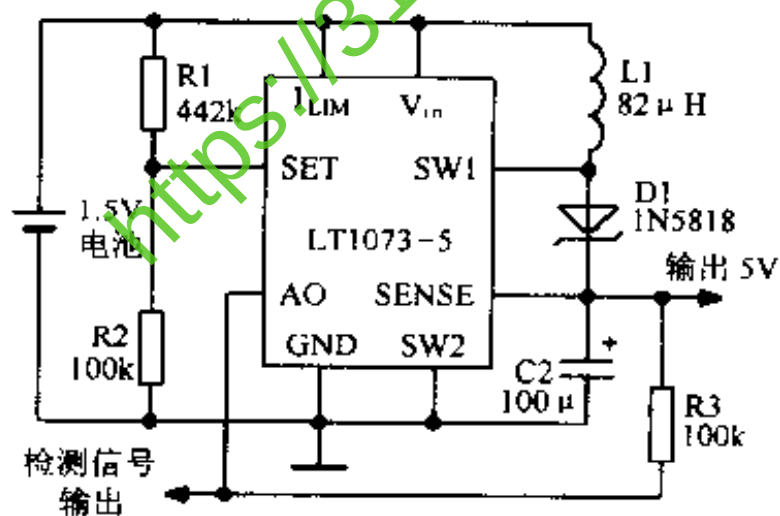


图 4-28 带有电池低电压检测的升压式电路

电池低电压阈值为 $V_t = (1 + R1/R2)212\text{mV}$, 图中的阈值为 1.15V。

4.29 3V 升到 6V 的扩流电路

图 4-29 是利用 LT1073 组成的升压式变换电路, 增加 2N3906 和 MTP3055EL 外接晶体管, 可以使输出电流扩大到 1A。

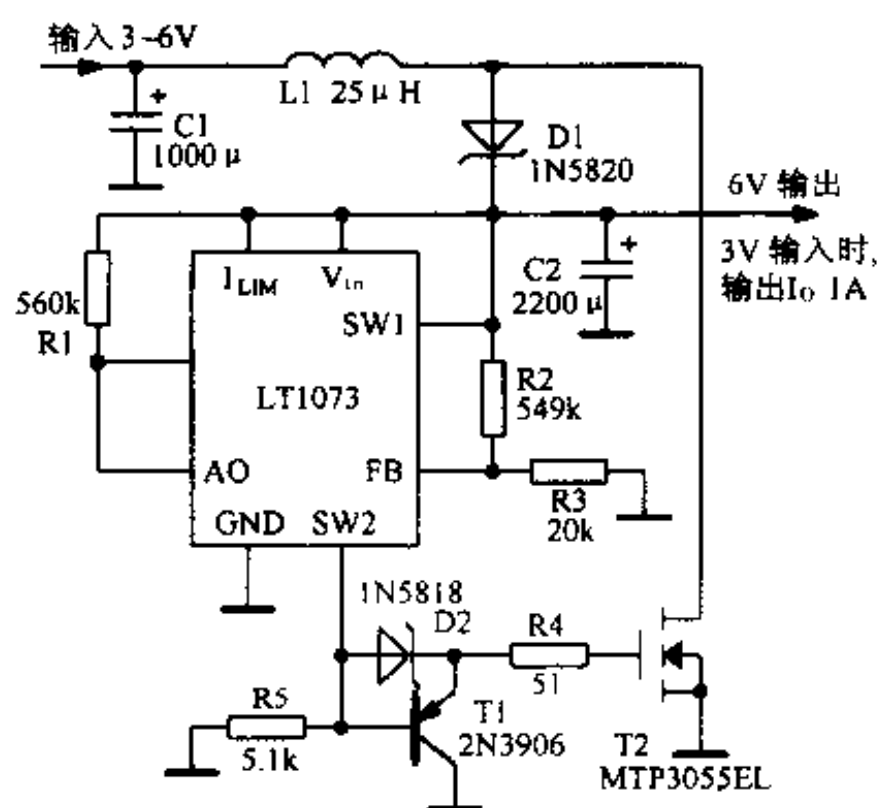


图 4-29 3V 升到 6V 的扩流电路

4.30 9V 电池降压电路

利用 DC/DC 变换器 LT1073 外加两个分压电阻, 可以组成 9 ~ 3V 的电路, 如图 4-30(a) 所示。若采用 LT1073-5, 可得到 9 ~ 5V 的降压电路, 如图 4-30(b) 所示。

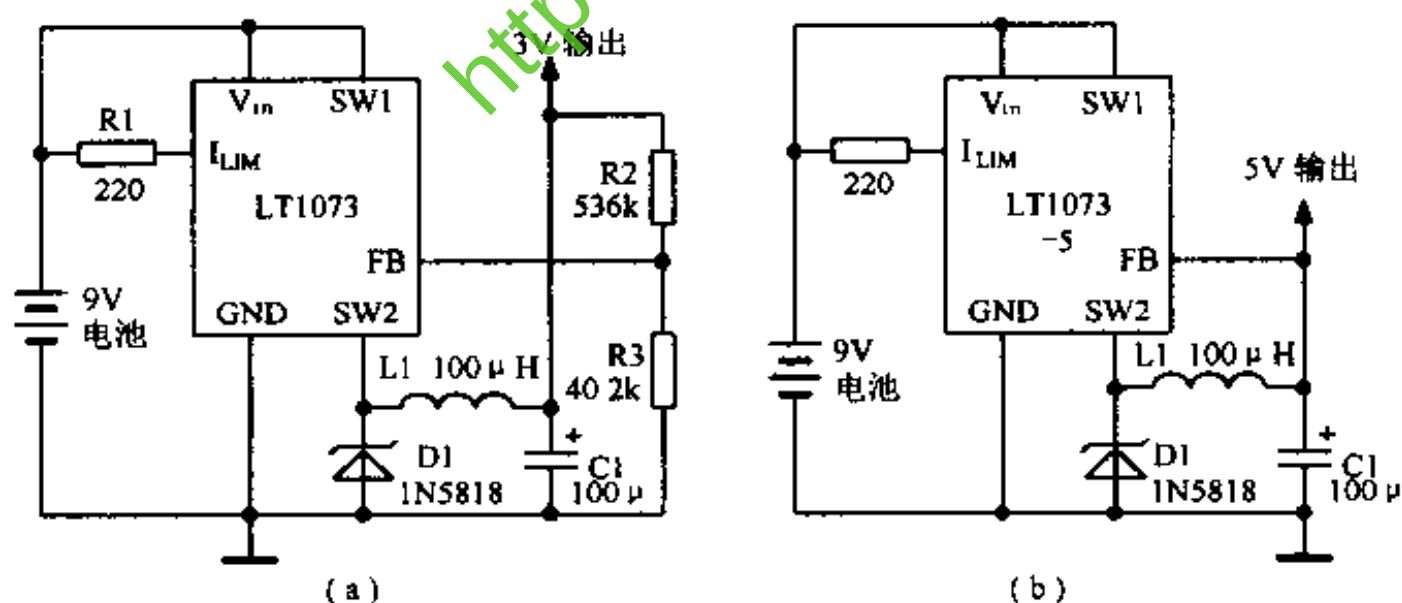


图 4-30 9V 电池降压电路

4.31 几种减小电压转换电路纹波的电路

利用 LT1073 的误差放大器及外接 680Ω 电阻, 可将输出电压中的纹波电压从 150mV 降至几十 mV, 如图 4-31(a) 所示。若加大电感至 470μH, 纹波电压峰峰值仅为 10mV, 如图 4-31(b) 所示。如图 4-31(c) 所示的电路输出纹波电压为 100mV_{P-P}。

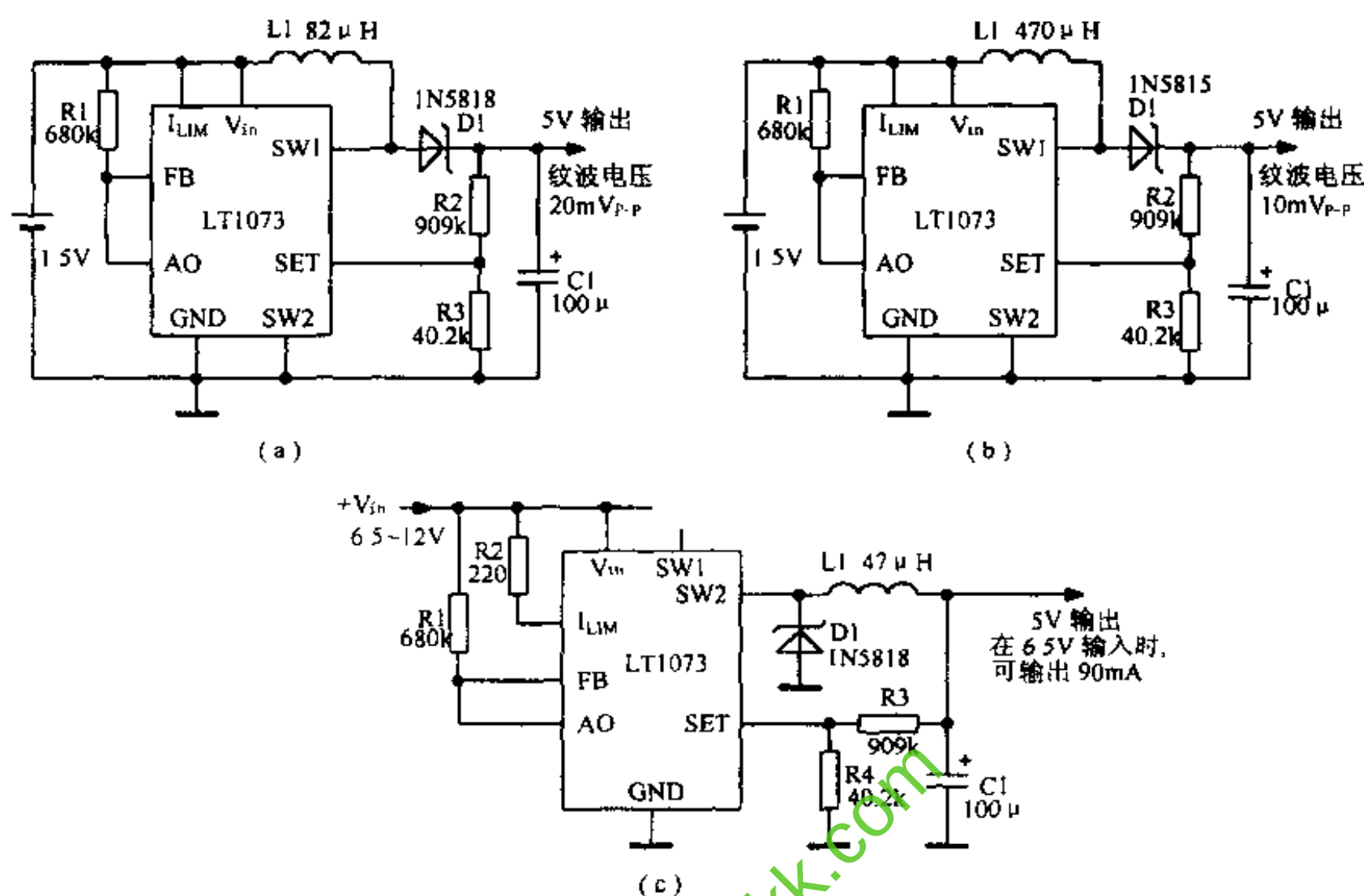


图 4-31 减小电压转换电路纹波的电路

4.32 3V/5V DC/DC 变换电路

利用低功耗、升压式 DC/DC 变换器 LT1109 及外加三个贴片式元件，可以组成尺寸极小的升压式 DC/DC 变换器。如图 4-32 所示。

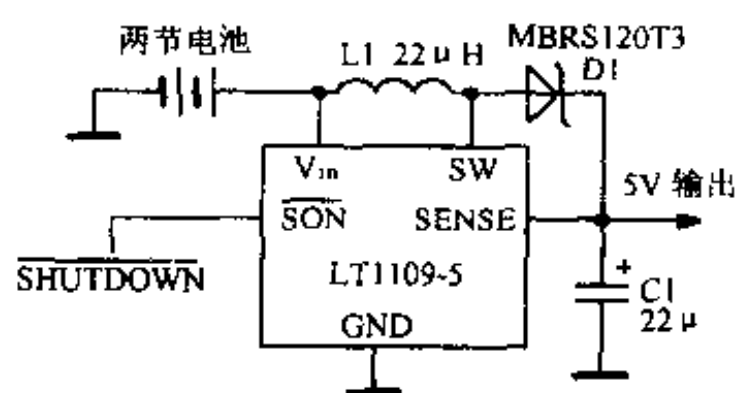


图 4-32 3V/5V DC/DC 变换电路

电路输入电压 3V，输出 5V，100mA。输入降至 2V 时，仍可输出 20mA。

4.33 3V/12V DC/DC 变换电路(1)

LT1109 为三端器件，有关闭电源控制端，若外接一些元件可组成有关闭功能的电

路。如图 4-33 所示。

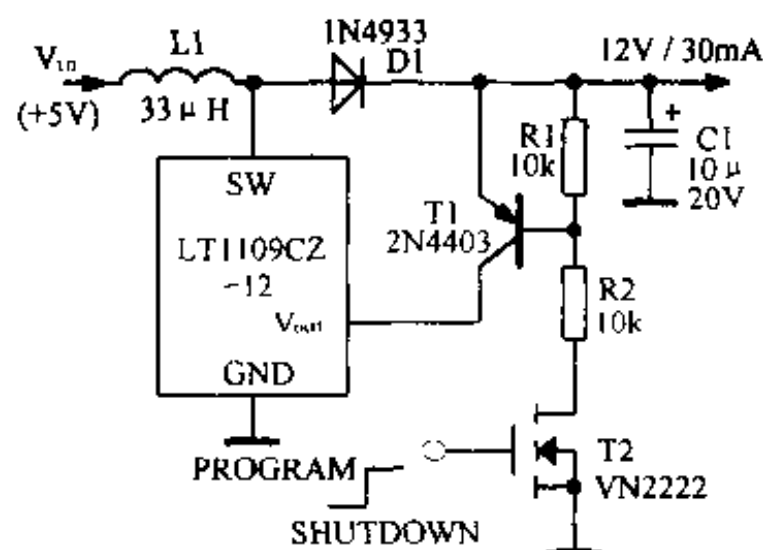


图 4-33 3V/12V DC/DC 变换电路(1)

FET 的栅极为低电平时,电源关闭,静态电流等于零。

4.34 3V/12V DC/DC 变换电路(2)

利用 LT1109-12 及三个外围元件,可以组成输入 3V,输出 12V、40mA 的升压电路。如图 4-34 所示。

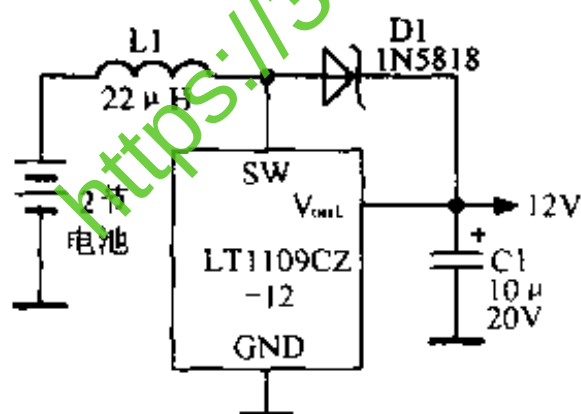


图 4-34 3V/12V DC/DC 变换电路(2)

电池电压降至 2V 时,输出电流为 15mA。

4.35 降压式 DC/DC 变换电路

利用 LT1073 和几个元件,可以组成降压式 DC/DC 变换电路。输出电压 $V_o = (1 + R2/R1)212\text{mV}$ 。如图 4-35 所示。

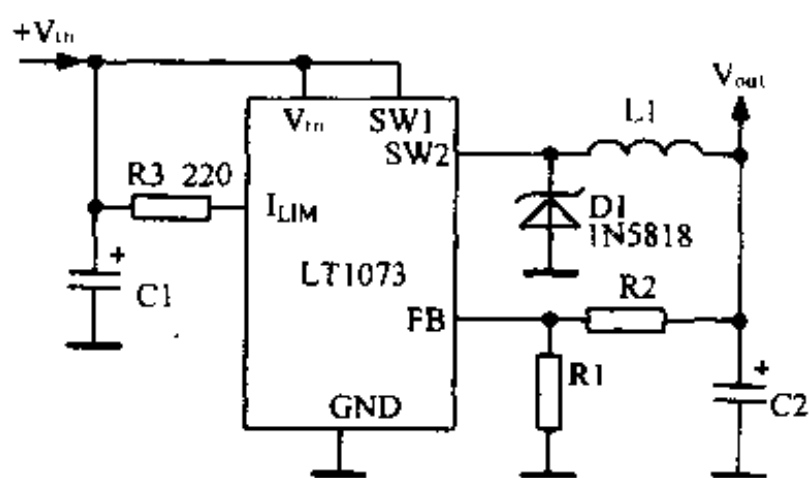


图 4-35 降压式 DC/DC 变换电路

220Ω 为限流电阻,使最大开关电流为 40mA。输出电压不得超过 6.2V。

4.36 负压与倍压变换

利用电压反转器 TC1044S,可以组成负压与倍压输出电路。如图 4-36 所示。

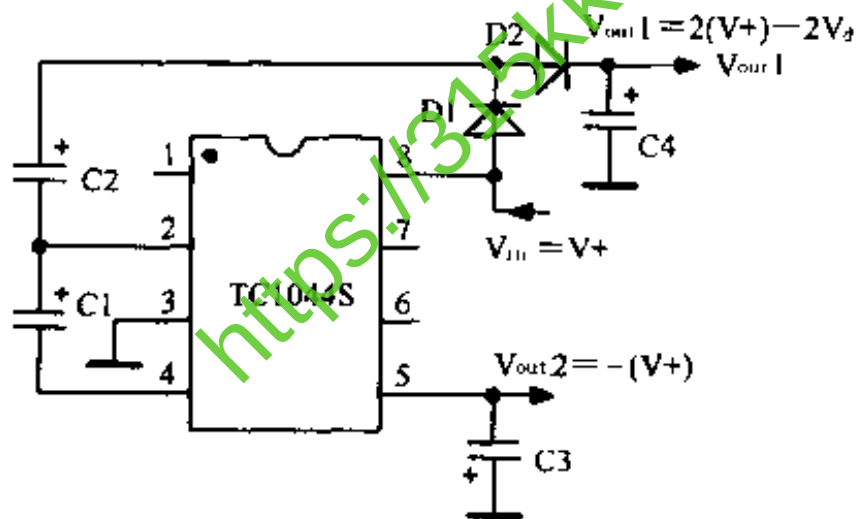


图 4-36 负压与倍压变换

在 +5V 供电时,可输出 -5V 和倍压约 9V。此电路的输出电阻稍大。

4.37 升/降压变换器

利用 MAX608 和一些外围元件,可以组成由 2 节或 3 节电池而获得 3.3V 的电源。如图 4-37 所示。

电路以 78% 的效率产生 3.3V/400mA。输入电压可以高于输出电压,又可以低于输出电压。输入电压的改变经过输出电平时,输出能保持良好的稳定。停机方式能彻底切断输出。

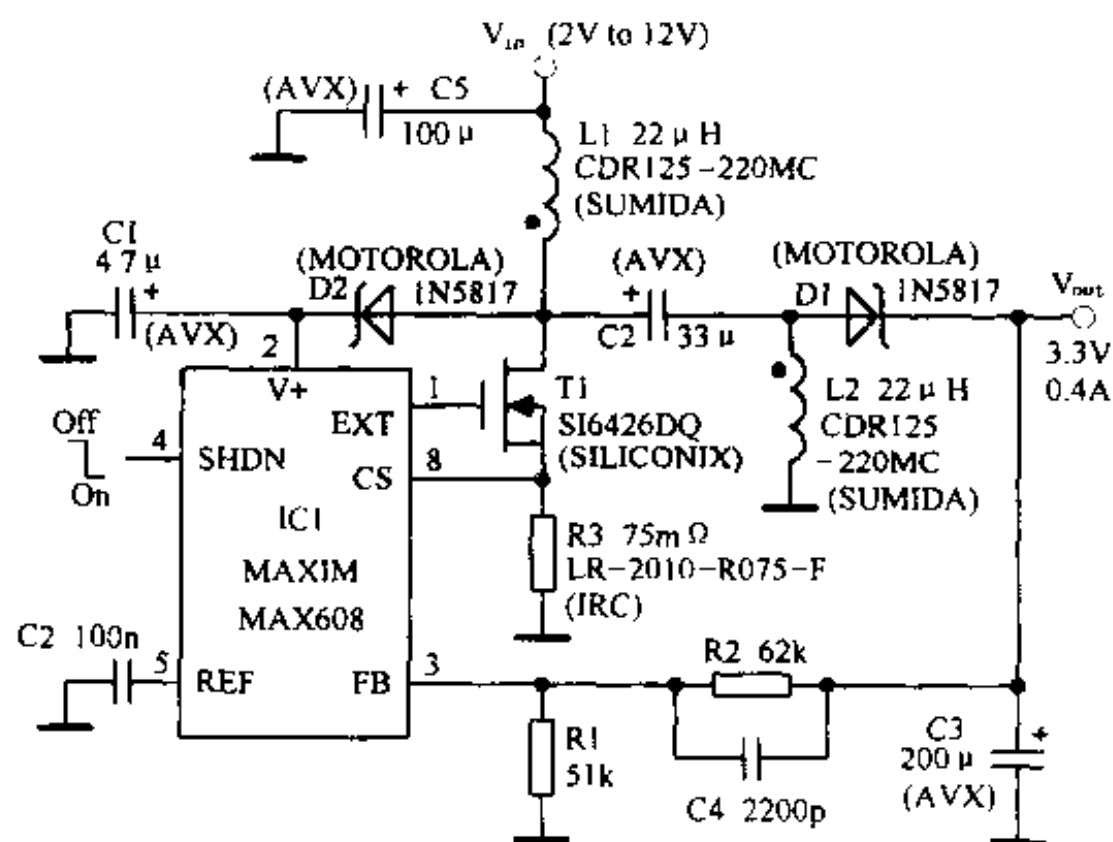


图 4-37 升/降压变换器

4.38 用于数字面板表的 5 路输出变换器

此电路用一个 1.8~6V 的电源为 5 个数字面板供电,如图 4-38 所示。

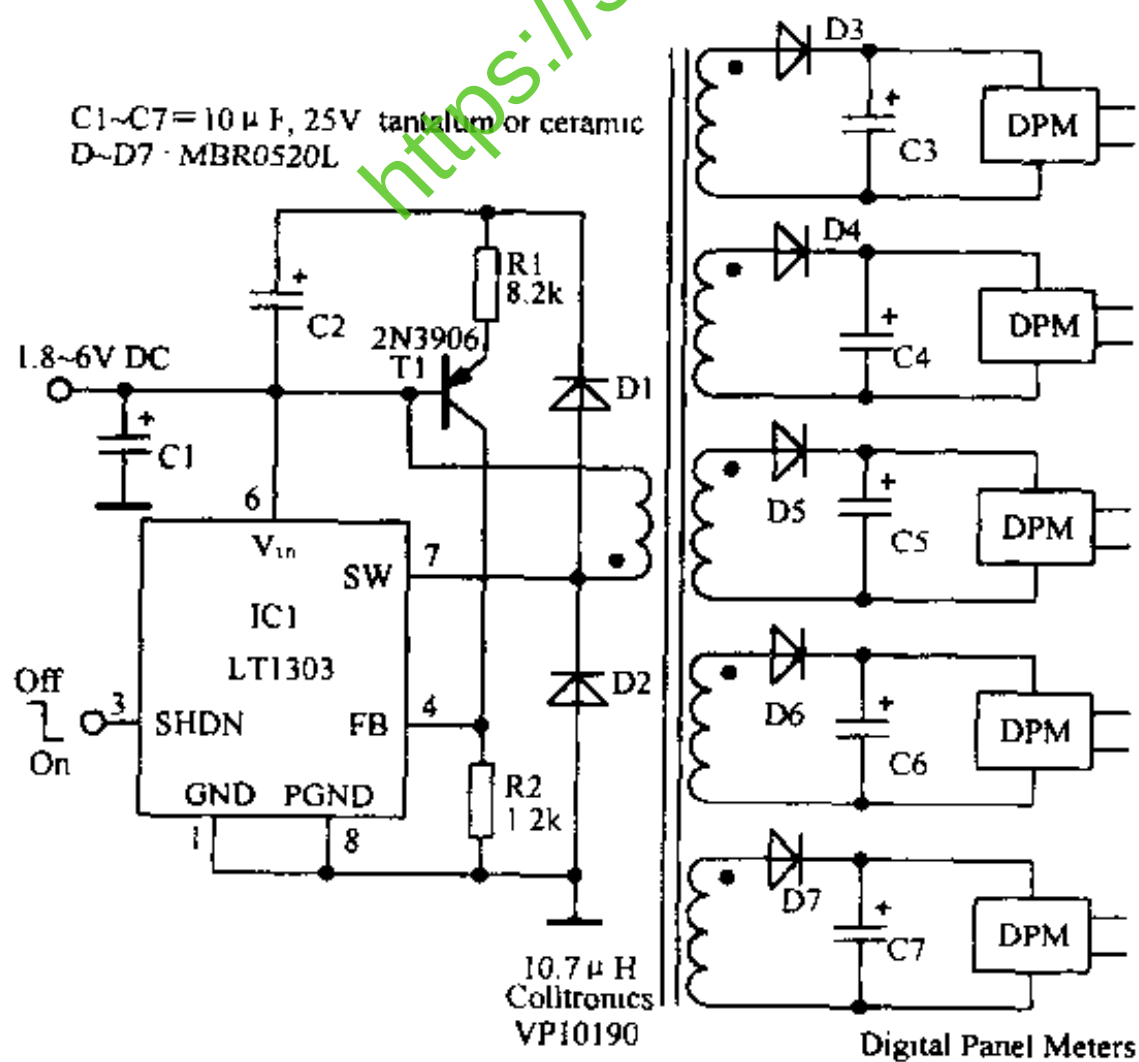


图 4-38 5 路输出变换器

5 个 9V 输出完全隔离浮置,LT1303 为微功率高效稳压器。

4.39 无需电感可将 1.8 ~ 3.6V 转换为 3.3V

MAX619 稳压升压转换器加上三个小电容,无需电感即可将 1.8 ~ 3.6V 的直流电压转换为 3.3V。如图 4-39 所示。

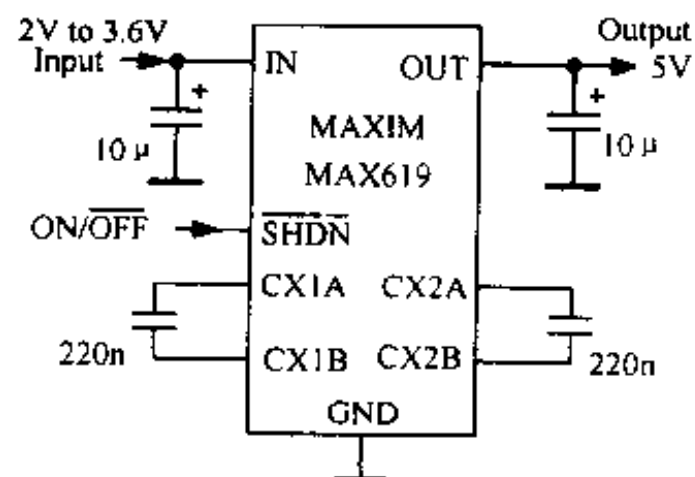


图 4-39 无需电感将 1.8 ~ 3.6V 转换为 3.3V

电路具有 50µA 静态电源电流,1µA 停机电流,转换效率 90%,工作频率高达 1MHz,超小型 µMAX 封装,高 1.11mm。

4.40 DC/DC 转换器

利用可调脉冲宽度调制器 CA3524 及一些外围元件,可将 12V 直流电源转换为 ±5V 双极性直流电源。电路如图 4-40 所示。

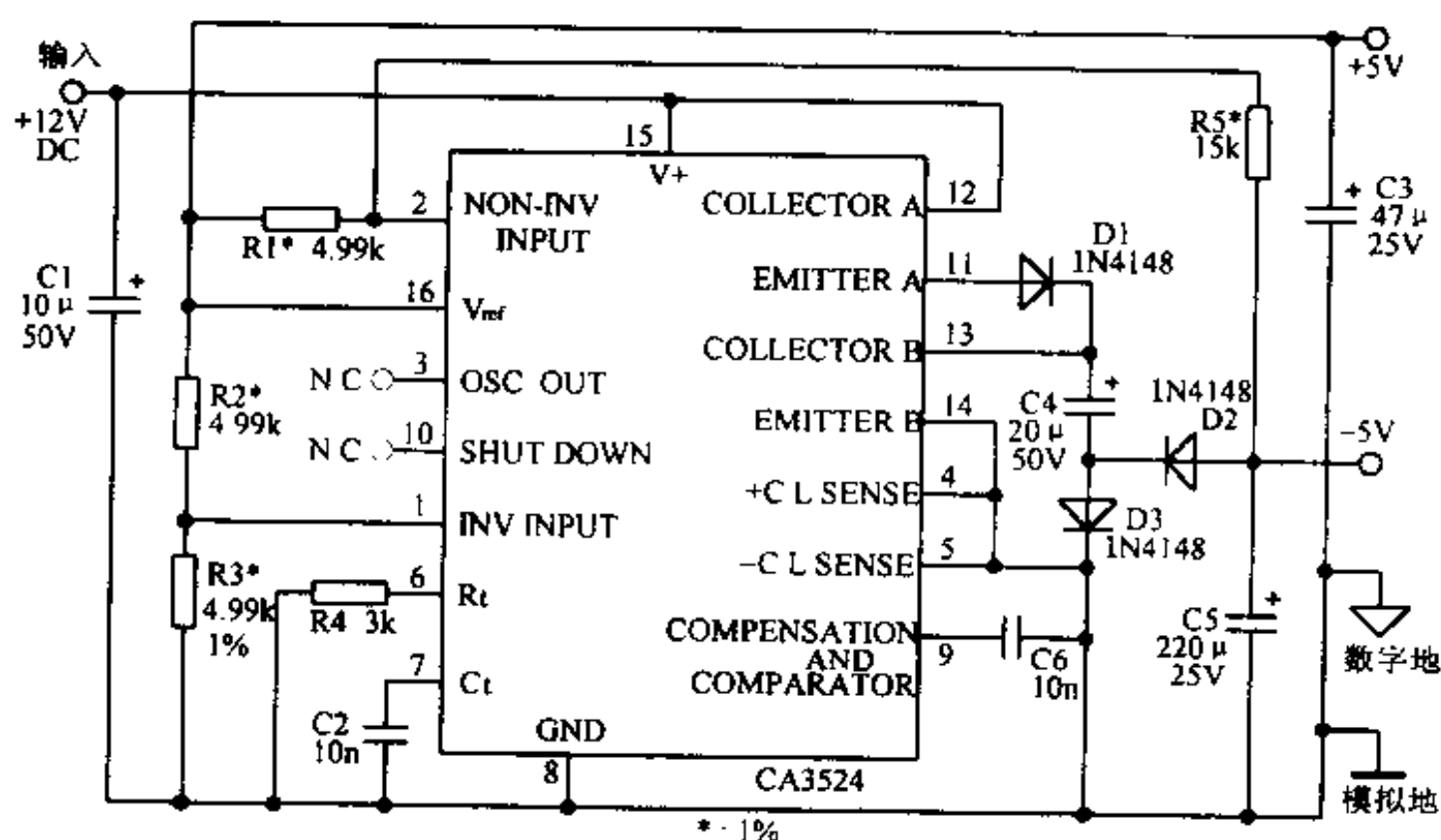


图 4-40 DC/DC 转换器

4.41 推挽转换器

利用脉宽调制集成电路 CA1524 和晶体管推挽输出电路, 可将 28V 转换成 5V/5A 直流电源。如图 4-41 所示。

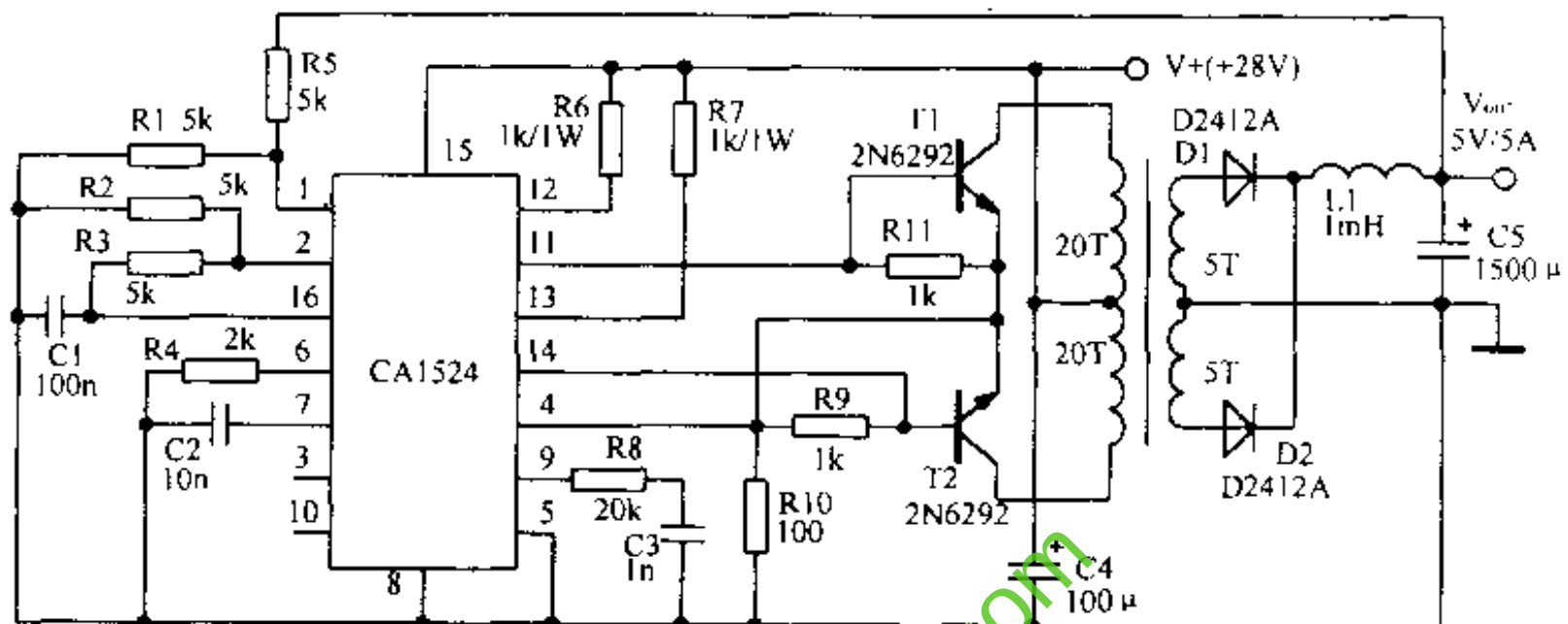


图 4-41 推挽转换器

CA1524 内部将振荡频率二分频, 其输出频率为振荡频率的一半。

4.42 回扫转换器

利用脉宽调制集成电路 CA3524, 可将 +5V 直流电源转换成双极性 15V 输出。如图 4-42 所示。

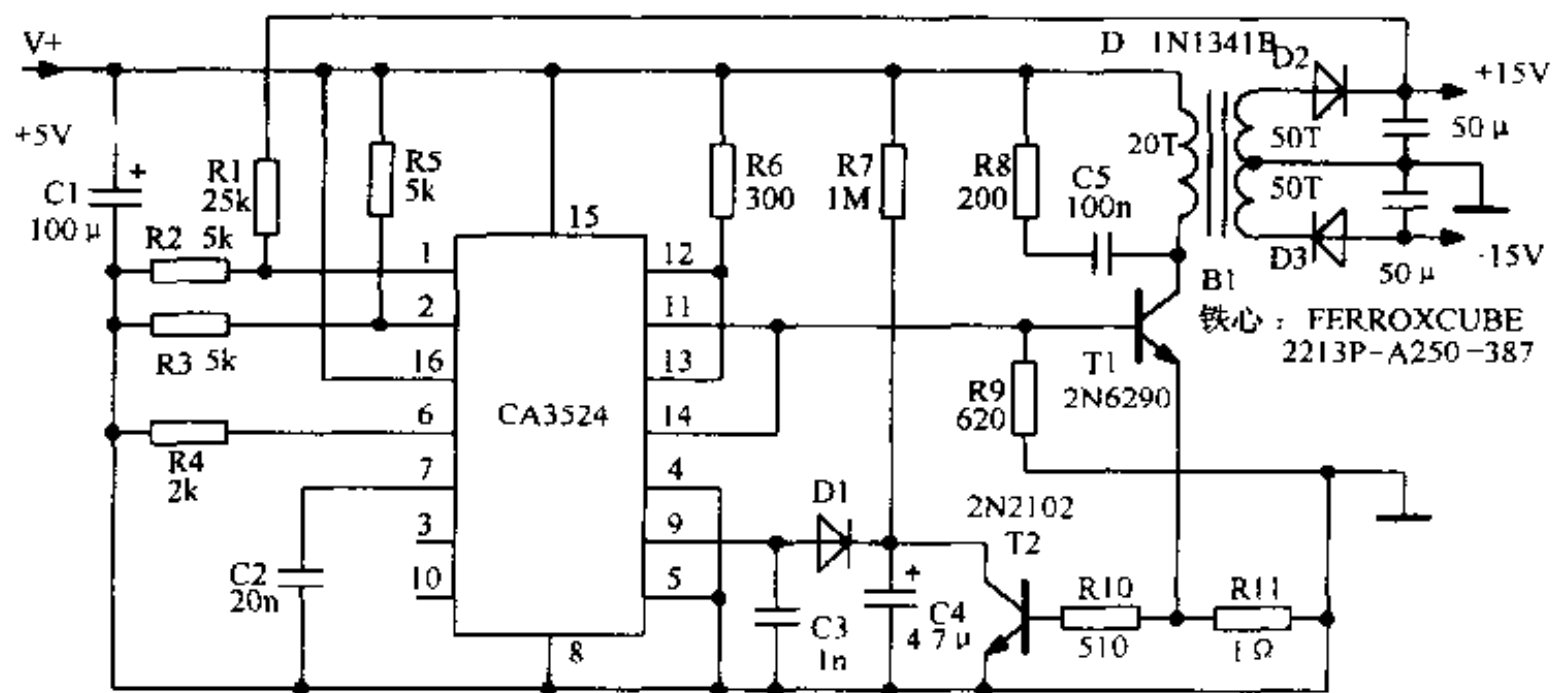


图 4-42 回扫转换器

电路中的电流限制可以通过检测初级电路中的电流和设定软启动电路来完成。

4.43 稳压升压转换器

利用双比较器 LT1018, 可将 5V 电压提升为 10V/2mA 输出。如图 4-43 所示。输出电压 $V_{out} = 1.2(1 + R1/R2)$ 。

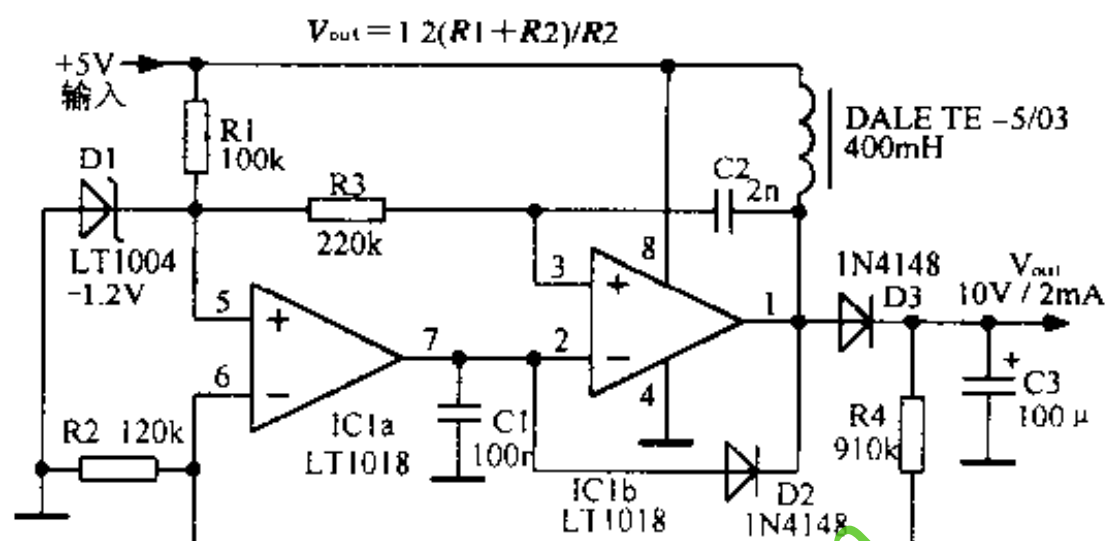


图 4-43 稳压升压转换器

4.44 3~6V 倍压电路

利用开关电容电压转换器 LT1044, 可将 3V 电池电压提升为 6V 输出。如图 4-44 所示。

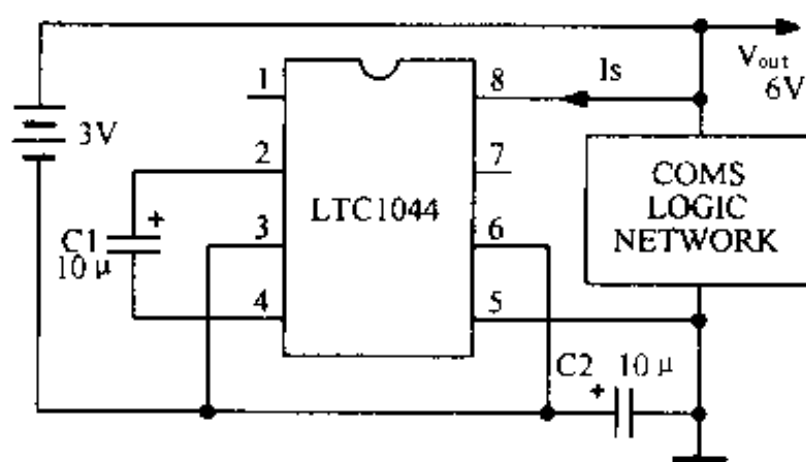


图 4-44 3~6V 倍压电路

在负载电流小于 1.75mA 时, 转换效率大于 90%。

4.45 正电压—负电压变换器

利用开关电容电压转换器 LT1044, 可将 +9V 电源电压转换成一个 -8.5V 的负电压

输出,输出电压调整率极佳。电路如图 4-45 所示。

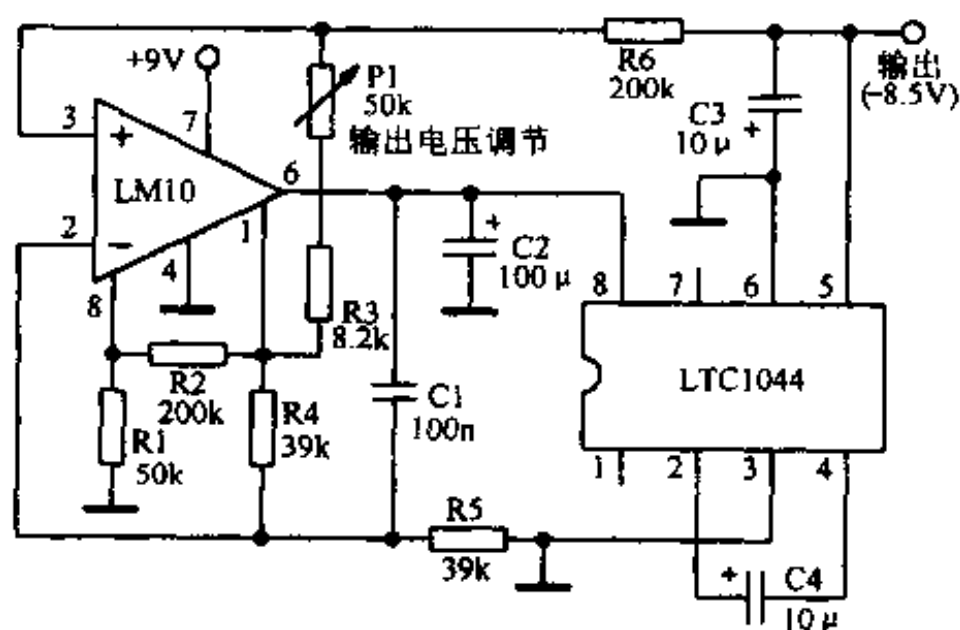


图 4-45 正电压—负电压变换器

4.46 电压极性反转器

利用 555 定时器集成电路,不用变压器即可将一直流电压转换成极性相反的电压。如图 4-46 所示。

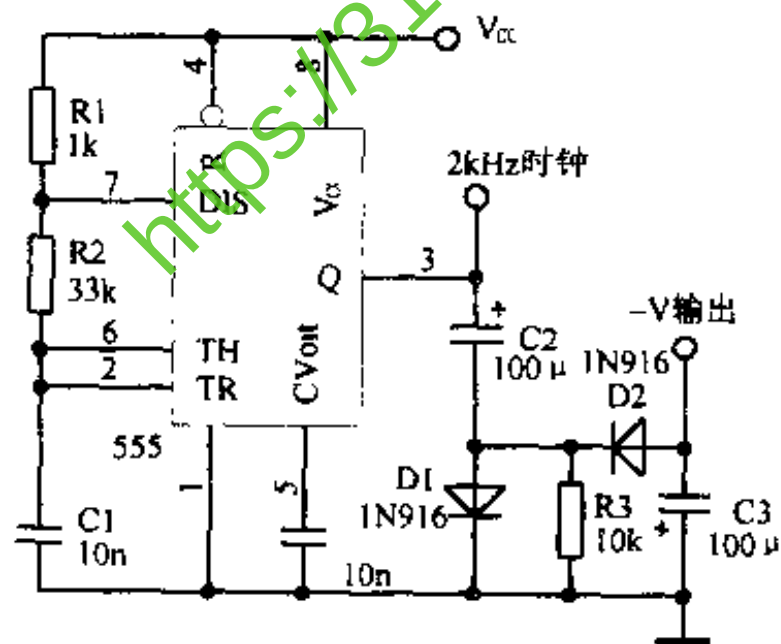


图 4-46 电压极性反转器

负电压输出按线性方式跟踪正输入电压,只是输出电压幅度要小于 3V。

4.47 负压与正倍压输出电路

利用 AD7660(ICL7660、5G7660)直流变换器(见图 4-47(a)),按图 4-47(b)连接,可以组成正电压输入,负压及二倍压输出。在输入电压为 +1.5 ~ +10V 时,输出电流可达 20mA。

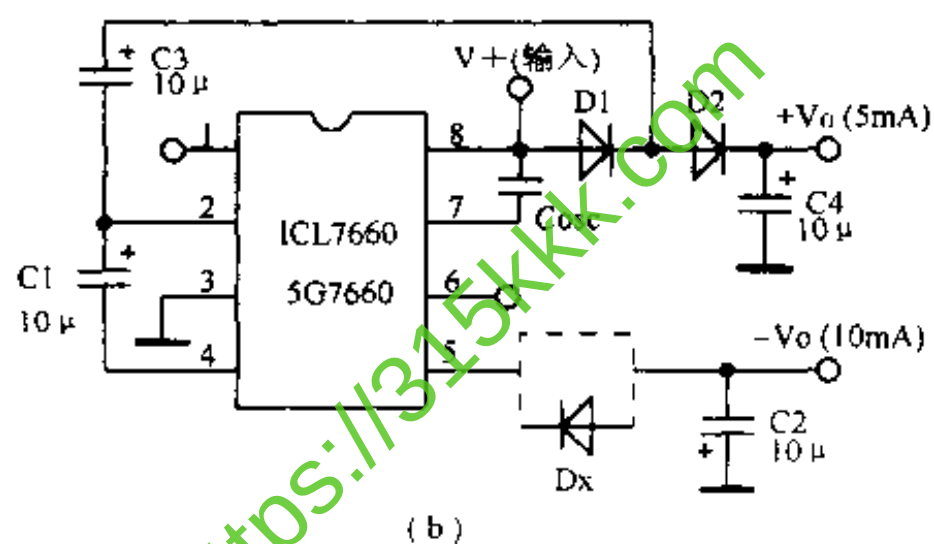
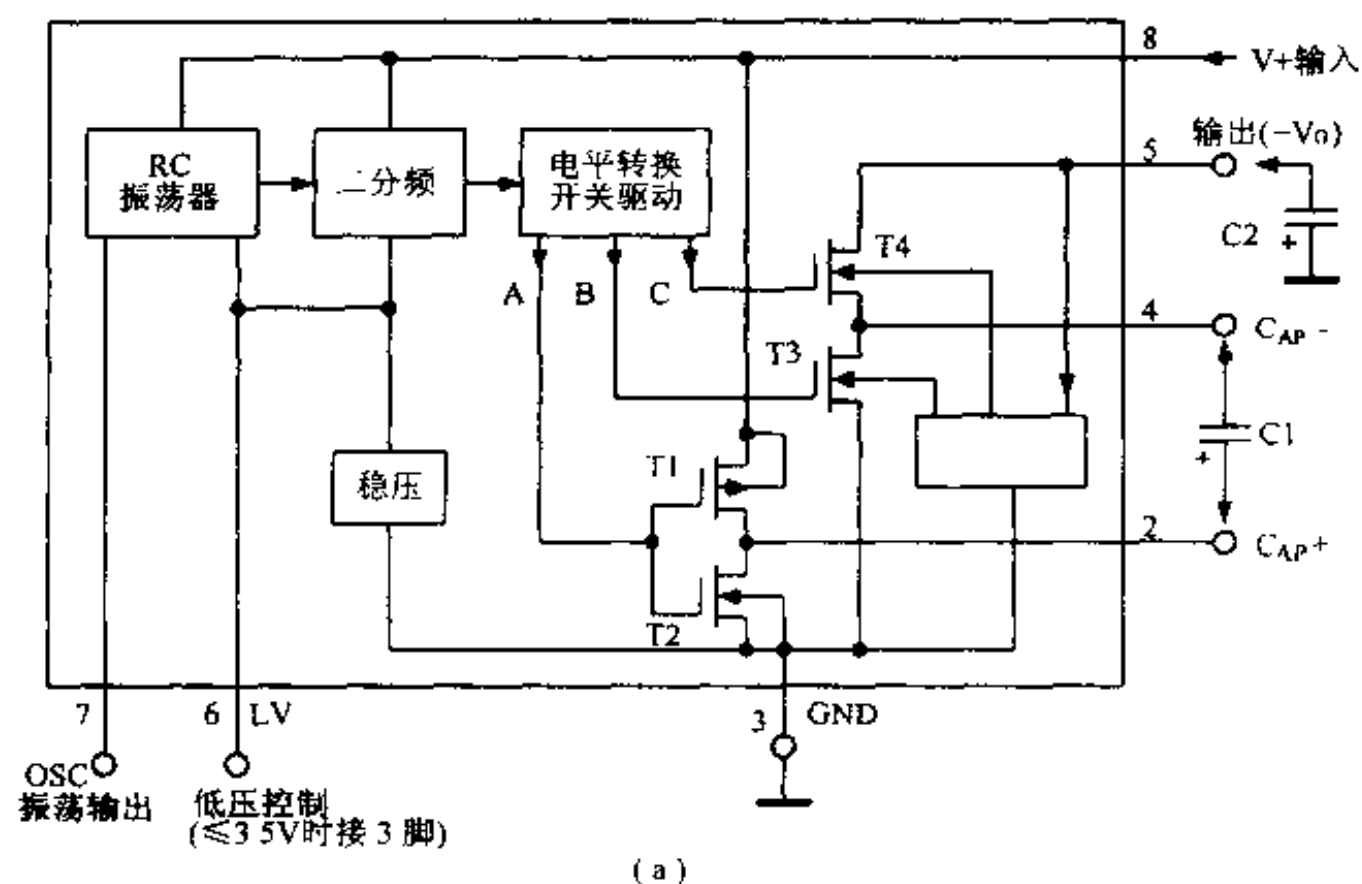


图 4-47 负压与正倍压输出电路

4.48 由 +5V 直流电源转换成 +8V 和 -4V 电源

利用 ICL7660, 可将标准的 TTL 电源转换为 +8V 和 -4V 电源。如图 4-18 所示, 此电路是在 TTL 系统中为一运放供电而设计的。

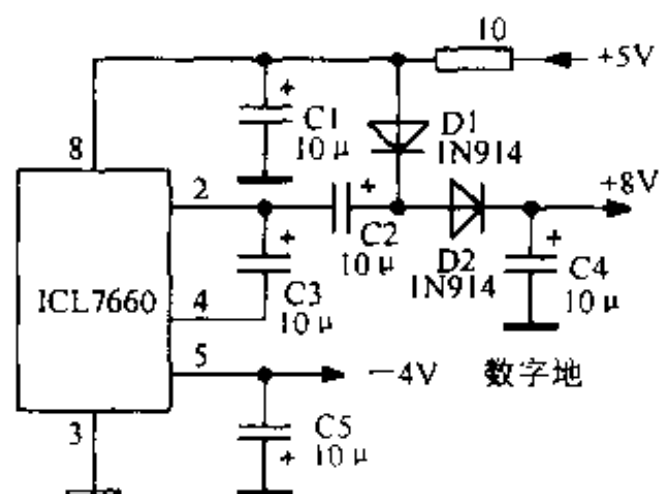


图 4-48 +5V 转换成 +8V 和 -4V 电源

4.49 +5 ~ -15V 电压转换器

利用两个 CMOS 电压转换器 ICL7660, 可将 TTL 标准电压 +5V 转换成 -15V 电压。电路如图 4-49 所示。

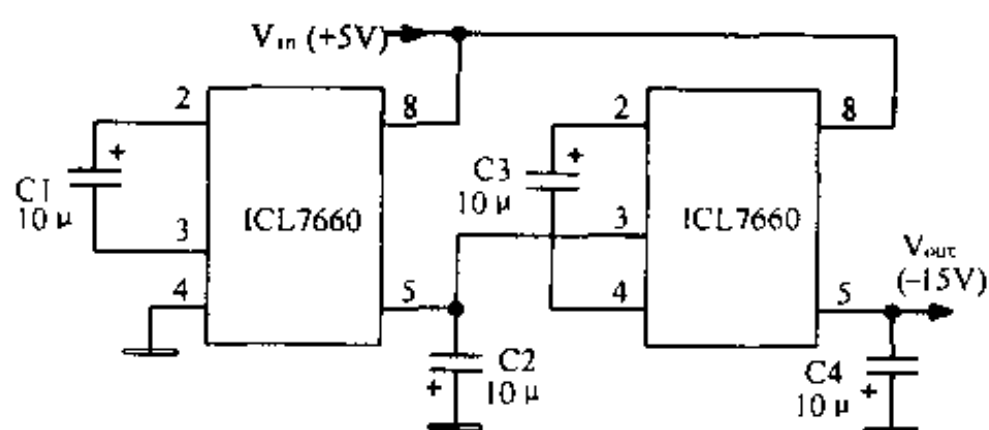


图 4-49 +5 ~ -15V 电压转换器

4.50 +15 ~ -15V 的反转器

利用 CMOS 电压反转器 ICL7660, 可将 +15V 转换成 -15V, 输出电阻为 250Ω。电路如图 4-50 所示。

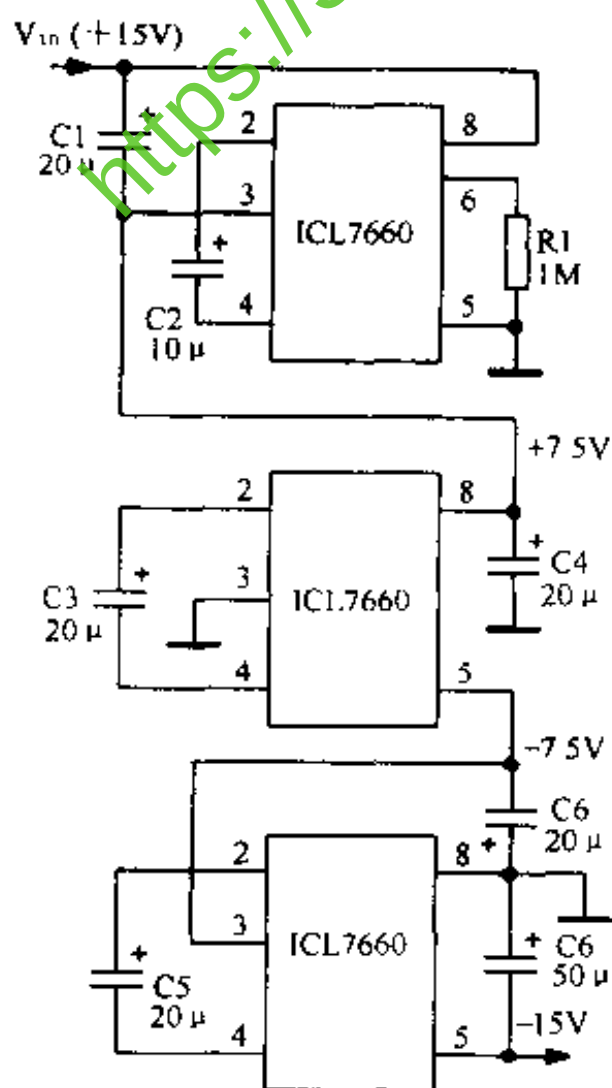


图 4-50 +15 ~ -15V 的反转器

4.51 +3V 转换成 $\pm 1.5\text{V}$ 电路

利用 7660 和 ICL7663/7664，可以将 +3V 电池电压转换成 $\pm 1.5\text{V}$ 对称电源，作为 CMOS 运放的供电电源。如图 4-51 所示。

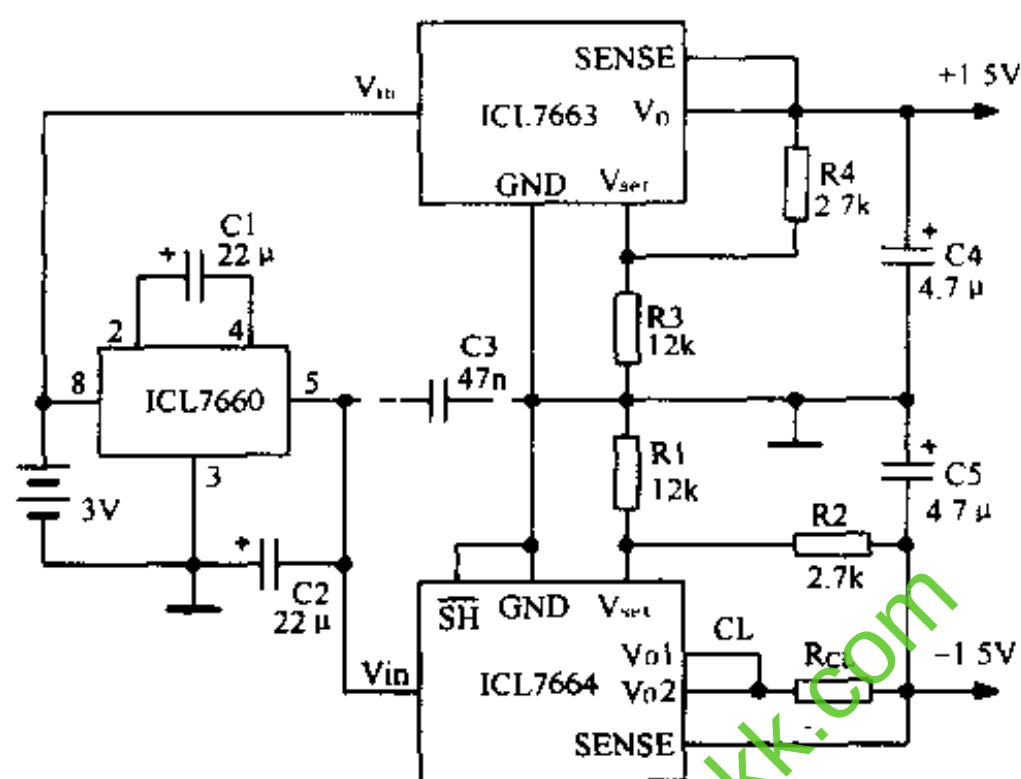


图 4-51 +3V 转换成 $\pm 1.5\text{V}$ 电路

限流电阻 R_{CL} 使输出电流限制在 $0.35\text{V} / R_{CLC}$

4.52 正电源变换为负电源

利用 555 组成无稳态多谐振荡器，输出整流后，可得一个相对于地为负的电压。如图 4-52 所示。

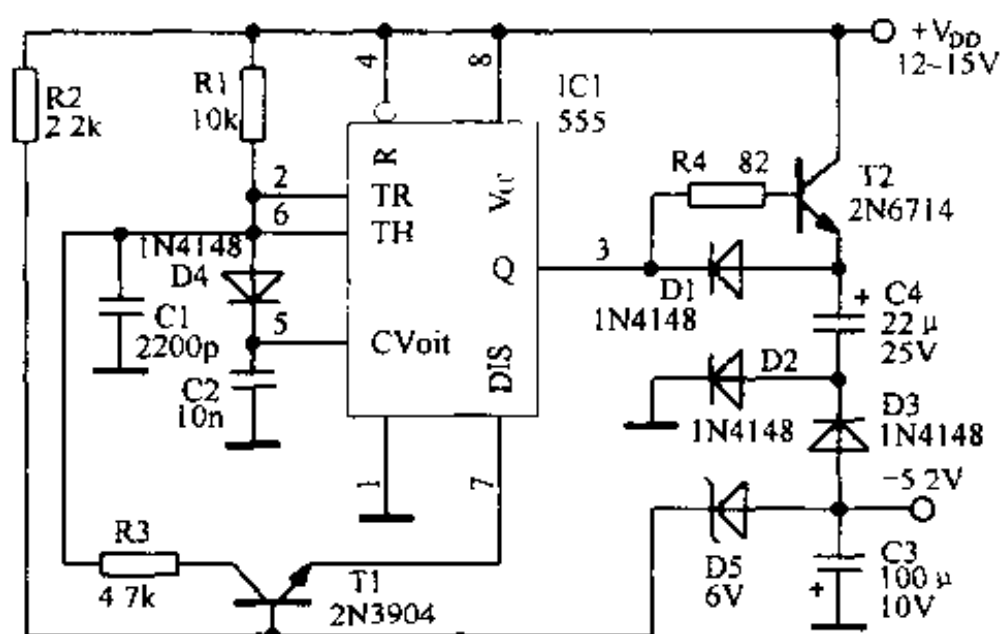


图 4-52 正电源变换为负电源

振荡频率 $f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_3$, $2R_2$ 远大于 R_1 , 占空比接近 50%。输出电流为几十 mA。

4.53 双极性电源变换电路

555 组成无稳态多谐振荡器, 频率约为 100kHz, 占空比为 70%。经放大, 再整流滤波, 可得 $\pm 12V$ 双极性电压, 输出电流为几十 mA。如图 4-53 所示。

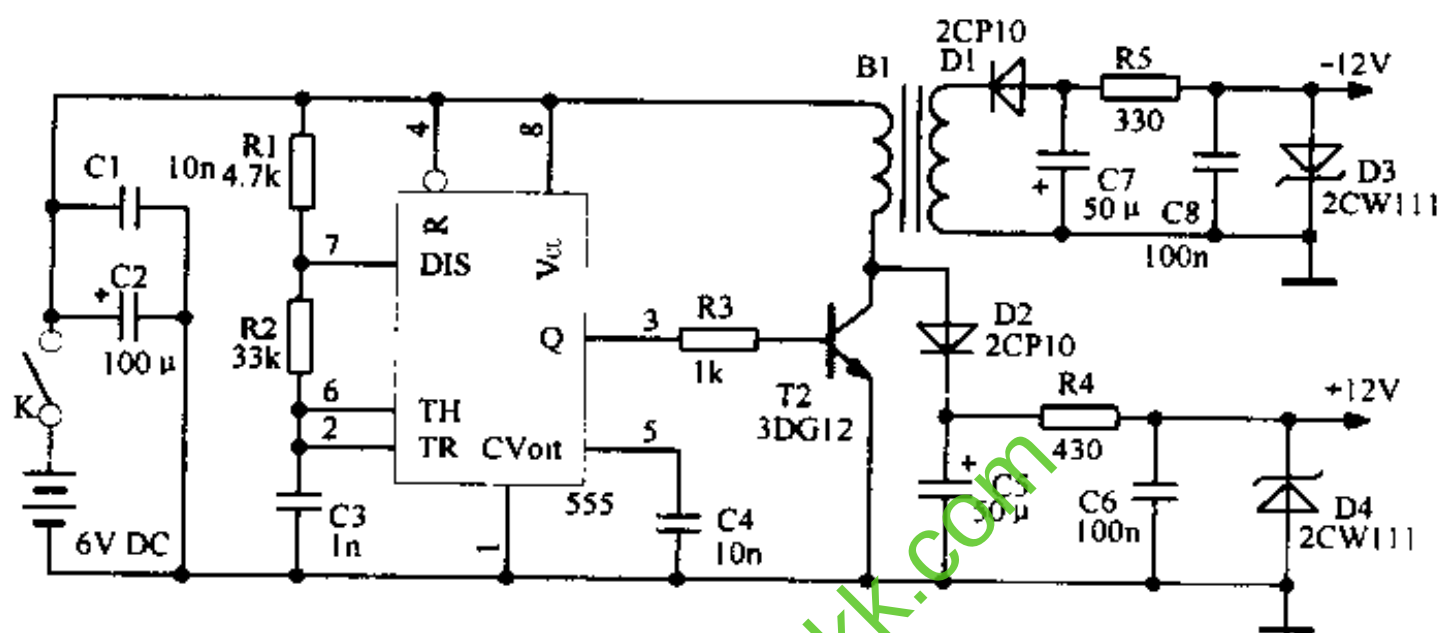


图 4-53 双极性电源变换电路

在数字系统中, 采用此电路可以为多个运放提供电源。

4.54 +5 ~ $\pm 15V$ 变换电路

在微机系统中, 如果使用含双电源运放的接口电路 (如 A/D 转换器), 可以利用 555 组成无稳态多谐振荡器, 经放大后进行整流滤波稳压, 得到 $\pm 15V$ 电源。电路如图 4-54 所示。

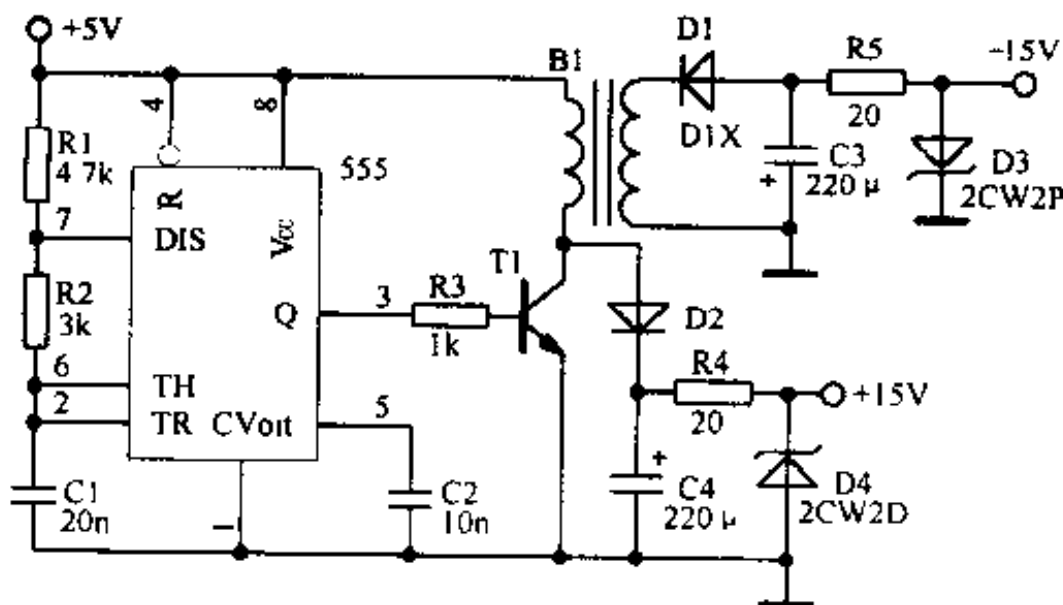


图 4-54 +5 ~ $\pm 15V$ 变换电路

4.55 12 ~ ±7.4V 的转换电路

利用 555 和 CW78M06、CW79M06, 可将 +12V 转换为 ±7.4V 的对称电源。如图 4-55 所示。

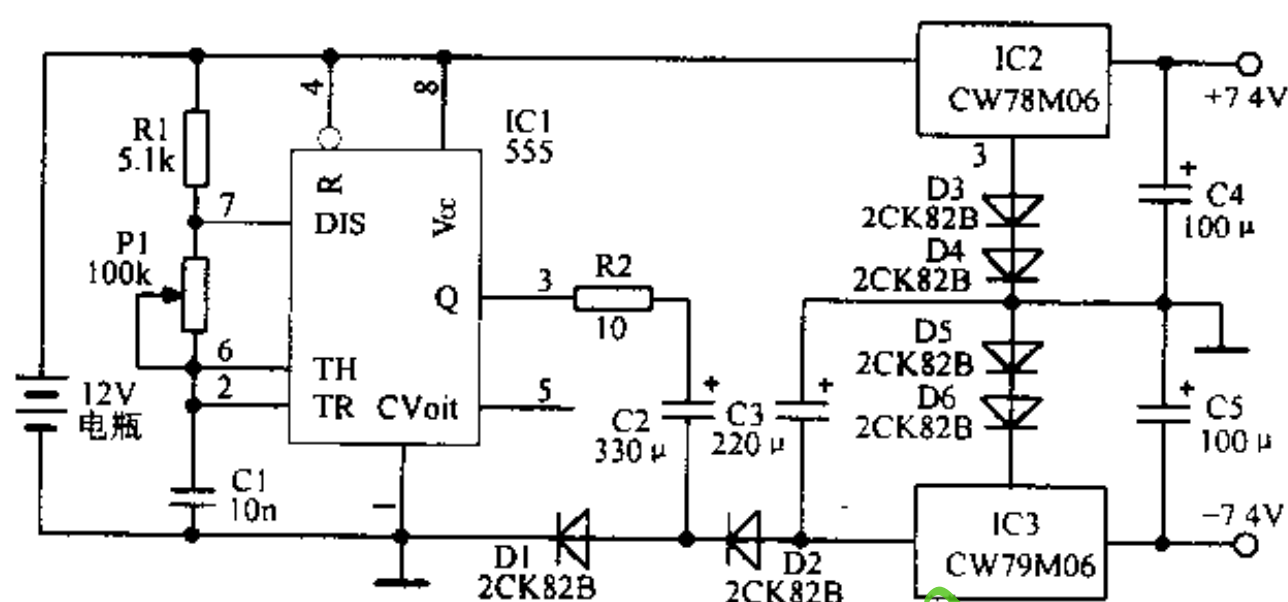


图 4-55 12 ~ ±7.4V 的转换电路

555 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率 $f = 1.44 / (R1 + 2Rw) C1$ 。图中参数 f 在 1 ~ 70kHz 范围内可调。±7.4V 分别由 78M06 和 79M06 得到, 其接地端 3 脚对地插入两个二极管, 使输出电压提高或降低 1.4V。

4.56 555 高效负电源变换电路

此电路可将 +8V 电压变成 -5V 输出。电路包括: 555 方波振荡器、集电极输出互补功放、倍压整流、稳压四个部分。如图 4-56 所示。

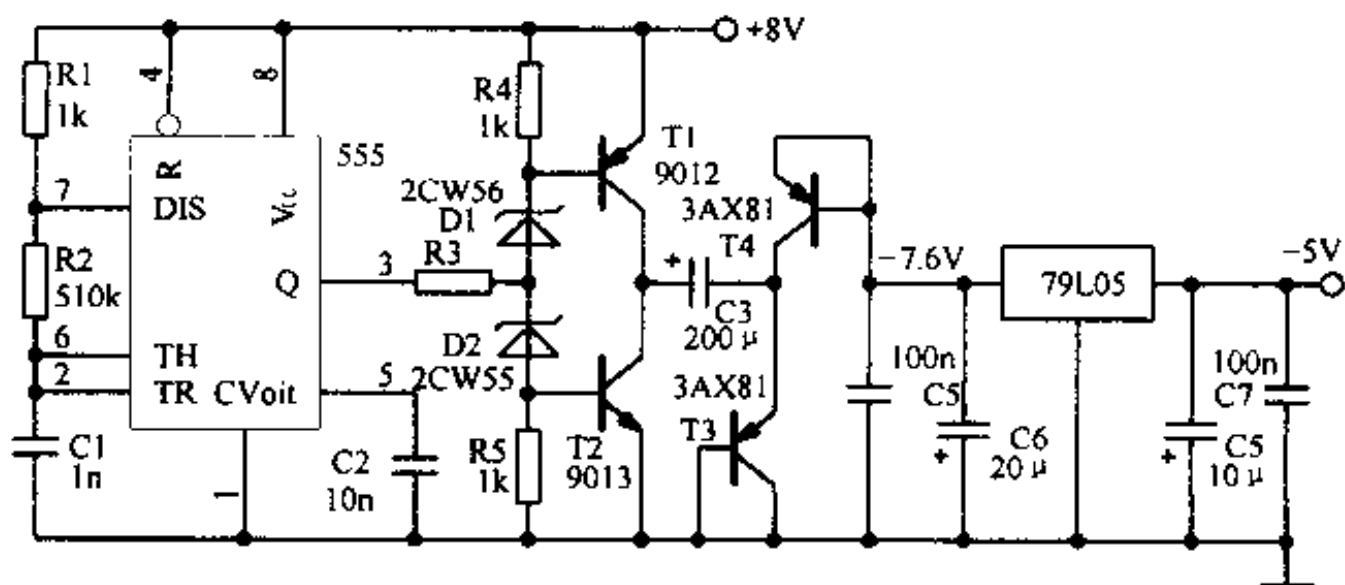


图 4-56 555 高效负电源变换电路

555 振荡电路的频率约 1400Hz, 倍压整流输出 -7.6V 。为了消除转换尖峰, 两个稳压管 $Dz1 + Dz2 = 1.2 \sim 1.7\text{V}$ 、 $Dz1 - Dz2 = 1\text{V}$, 以保证转换过程中完全截止。

4.57 直流变换四种输出电压的升压电源

此电路输入电压为 $6 \sim 7.5\text{V}$, 可变换为 $+5\text{V}$ (12mA)、 $\pm 15\text{V}$ (20mA)、 -24V (40mA) 四种输出电压。如图 4-57 所示。

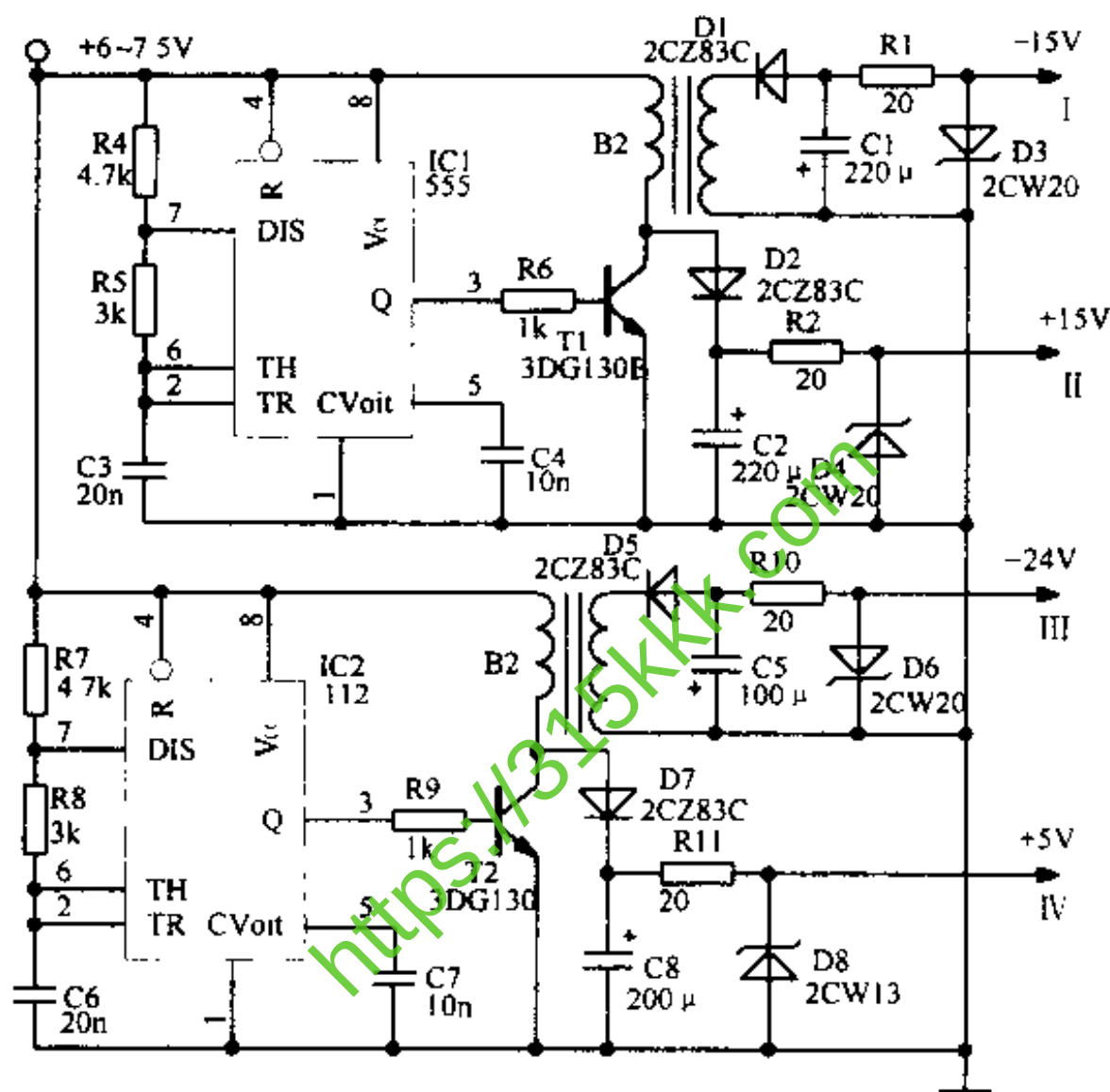


图 4-57 直流变换四种输出电压的升压电源

555 的振荡频率约为 100kHz , 占空比约为 70% 。利用二极管截止期间 (555 输出低电平), 在变压器次级产生感应电动势 $30 \sim 40\text{V}$, 经整流、滤波、稳压输出。

4.58 便携式仪表用电源

由 STP11550 稳压器 IC、NJU7662 电压反转器及外围元件组成。其输入电压为 6V (4 节 5 号碱性电池或 5 节可充电镍镉电池), 输出电压有三种: 稳压的 $+5\text{V}$, 电流可达 100mA ; 不稳压的 -5V , 电流可达 10mA ; 不稳压的 $+9\text{V}$, 电流大于 3mA 。如图 4-58 所示。

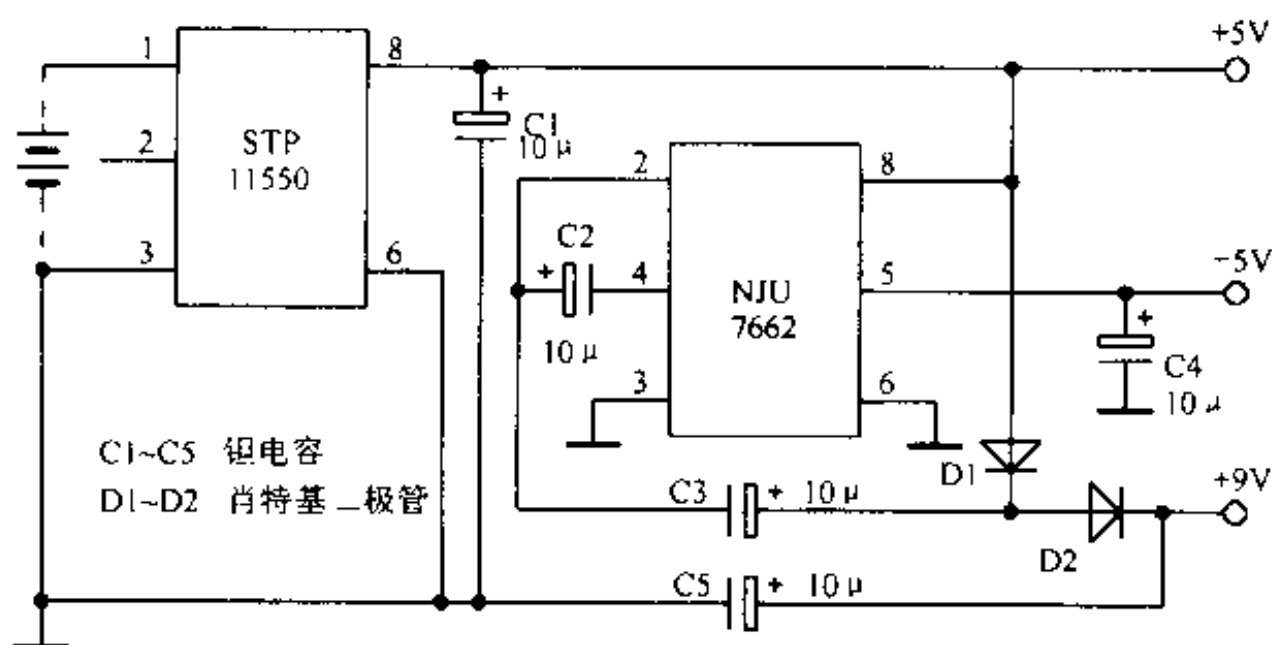


图 4-58 便携式仪表用电源

电路中的集成电路采用 CMOS 工艺制成,耗电省。稳压器 IC 采用低压差、低功耗的 +5V 稳压器 IC(SPT11550),在 80mA 电流输出时,其输入/输出压差小于 0.2V,即电池的电压降到 5.2V 时仍可输出 5V 的稳定电压、80mA 的稳定电流。SPT11550 的静态电流典型值为 500 μ A,最大值为 900 μ A。电压反转及倍压电路采用 NJU7662,其静态电流典型值为 250 μ A,最大值为 600 μ A。整个电路的静态电流典型值小于 1mA。电路中所有的电解电容都采用钽电解电容,二极管采用肖特基二极管,全部元器件均采用贴片式元件,采用 SMT 装配。可在 $-20 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 环境温度范围内工作。

4.59 DC/DC 变换器 MC34063A

MC33063A/MC34063A/MC35063A 是单片 DC/DC 变换器控制电路, 只需配用少量的外部元件, 就可组成升压、降压、电压反转 DC/DC 变换器。该系列变换器的电压输入范

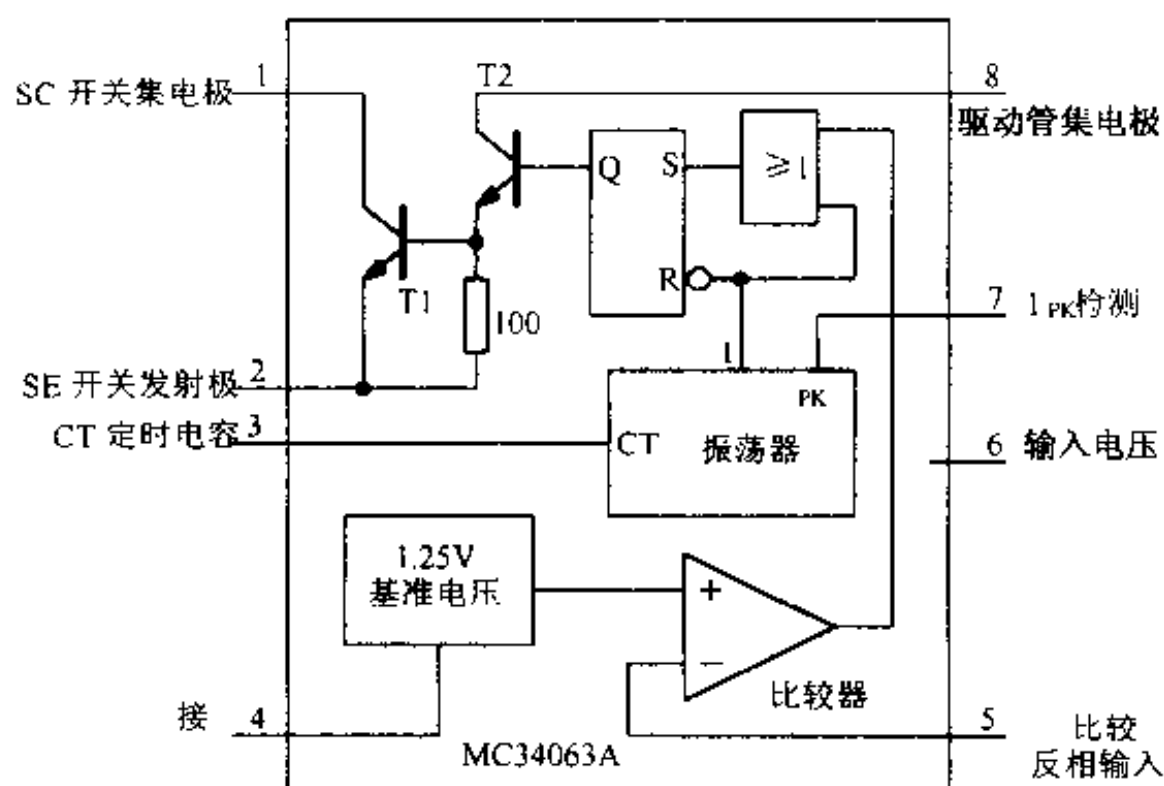


图 4-59 MC34063A 内部电路

围为 3 ~ 40V, 输出电压可以调整, 输出开关电流可达 1.5A; 工作频率可达 100kHz, 内部参考电压精度为 2%。本系列电路还有电流限制功能, 以下是 MC34063A 的几种使用方法。

图 4-59 为 MC34063A 内部电路结构。它是由带温度补偿的参考电压源(1.25V)、比较器、能有效限制电流及控制工作周期的振荡器、驱动器及大电流输出开关等组成的。其主要参数为: 电源电压为 40V(直流); 比较器输入电压范围为 -0.3 ~ 40V(直流); 开关发射极电压为 40V(直流); 开关集电极电压为 40V(直流); 驱动集电极电流为 100mA; 开关电流为 1.5A。

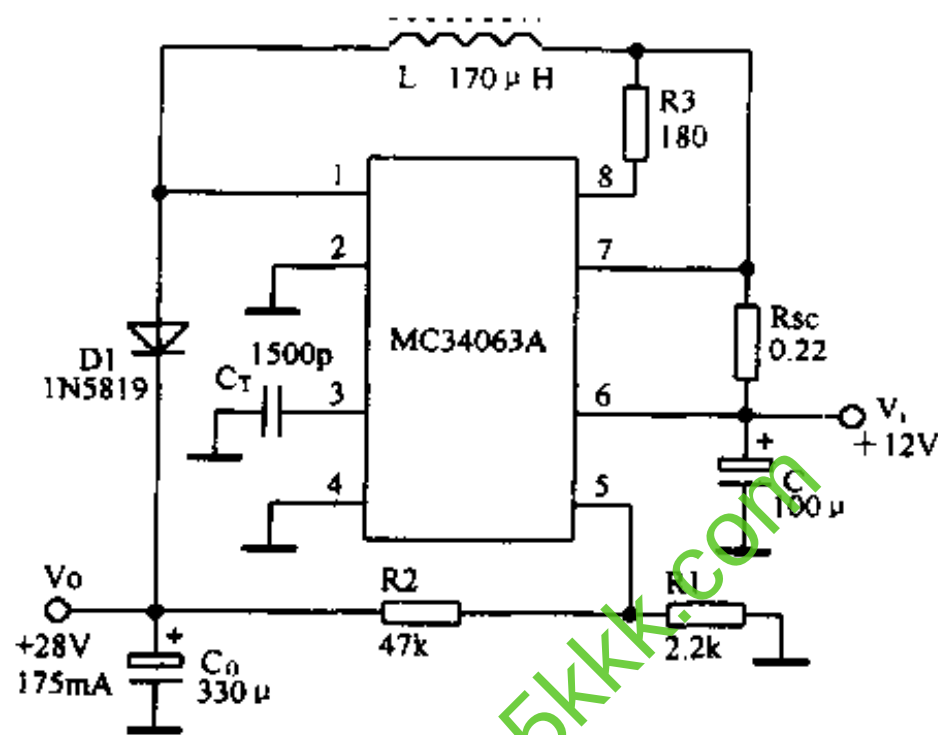


图 4-60 由 MC34063A 组成的升压式 DC/DC 变换器

图 4-60 是由 MC34063A 组成的升压式 DC/DC 变换器。电路的输入电压为 +12V, 输出电压为 +28V, 输出电流可达 175mA。电路中的电阻 R_{sc} 为检测电流, 由它产生的信号控制芯片内部的振荡器, 可达到限制电流的目的。输出电压经 R_1 、 R_2 组成的分压器输入比较器的反相端, 以保证输出电压的稳定性。本电路的效率可达 89.2%。如果需要, 本电路在加入扩流管后输出电流可达 1.5A 以上。

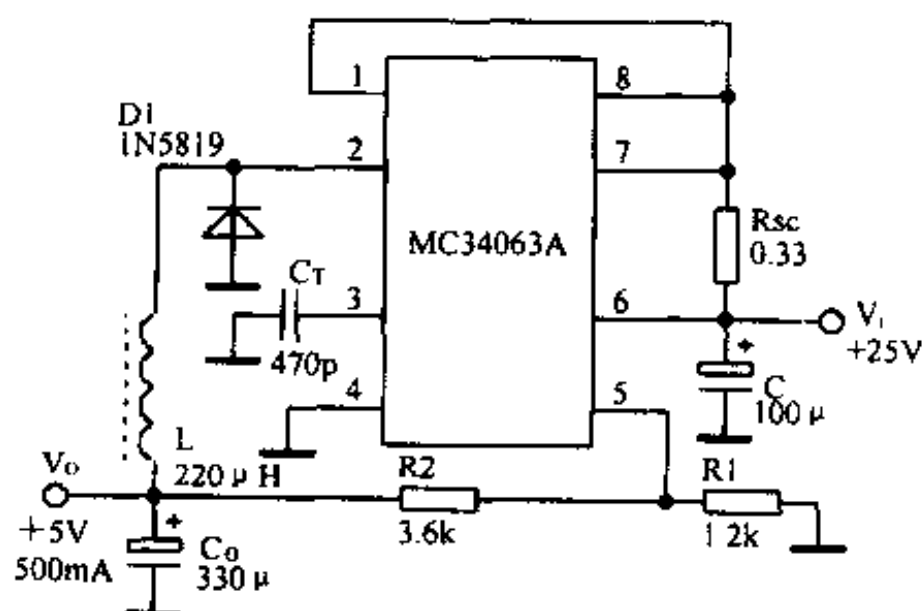


图 4-61 MC34063A 组成的降压式 DC/DC 变换器

图 4-61 是由 MC34063A 组成的降压式 DC/DC 变换器电路。电路的输入电压为 25V, 输出电压为 5V/500mA。电路将 1、8 脚连接起来组成达林顿驱动电路, 如果外接扩流管, 则可将输出电流增加到 1.5A。当电路中的电阻 R_{sc} 选择 0.1Ω 时, 其限制电流为 1.1A。本电路的效率为 82.5%。

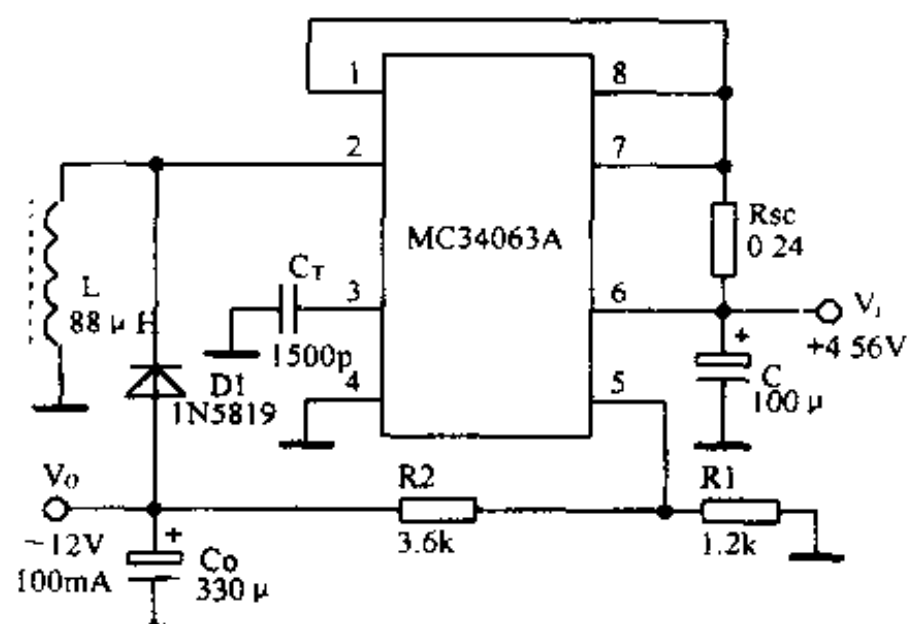


图 4-62 MC34063A 组成的电压反转式 DC/DC 变换器

图 4-62 是由 MC34063A 组成的电压反转式 DC/DC 变换器。输入电压为 4.5 ~ 6.0V, 输出电压为 -12V/100mA。此电路的限制电流为 910mA。外接扩流管可将输出电流增加到 1.5A 以上。电路效率为 64.5%。

4.60 升压变换集成电路 MAX777

MAX777 可将 1.5V 的电压升高到 5V (100mA), 典型效率为 85%。静态电流为 220μA, 当在其 SHDN 端加上低电平时, 可将电源关闭, 此时功耗仅 20μA。

其引脚功能如图 4-63(a) 所示。将其增加两个元件就可组成简单实用的电路, 如图 4-63(b) 所示。

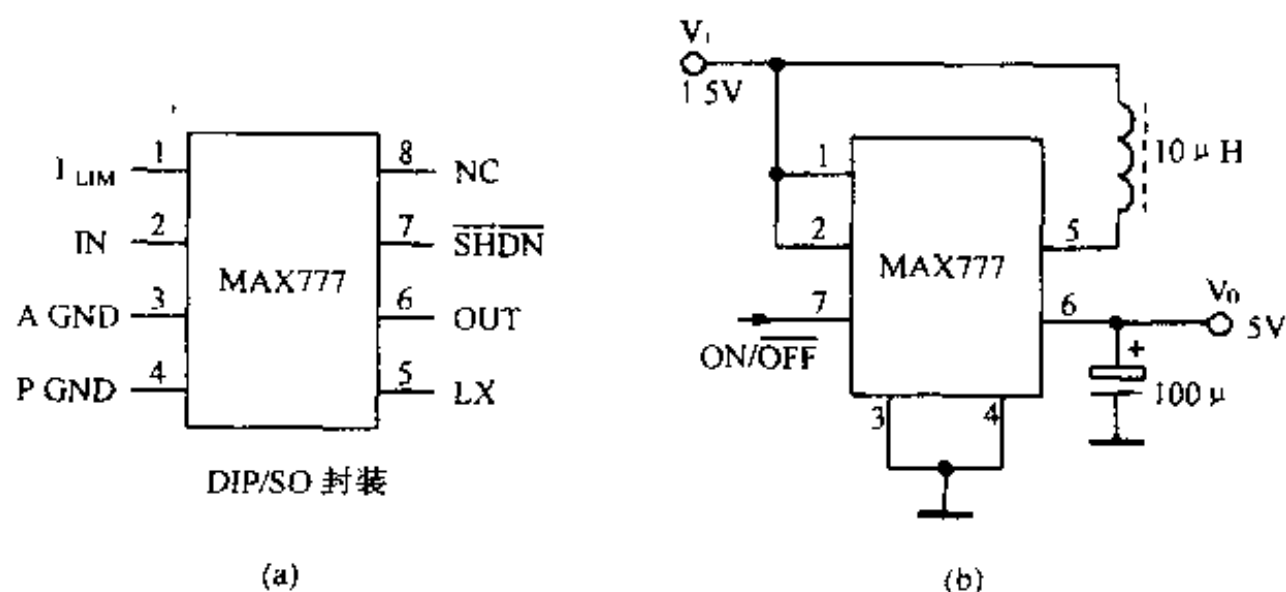


图 4-63 MAX777 及其实用电路

4.61 DC/DC 变换器 MAX752

使用两节 5 号电池, MAX752 能产生 2.5 ~ 15.75V 的可调输出电压和 200mA 的输出电流,在满载时效率为 85% ~ 95%,在空载时仅耗电 2mA。它可用于蜂窝电话、笔记本式计算机、微型液晶彩电、手持式示波器、手持式卫星定位器等各种小巧的便携式电子产品中。

图 4-64 为其内部电路结构。

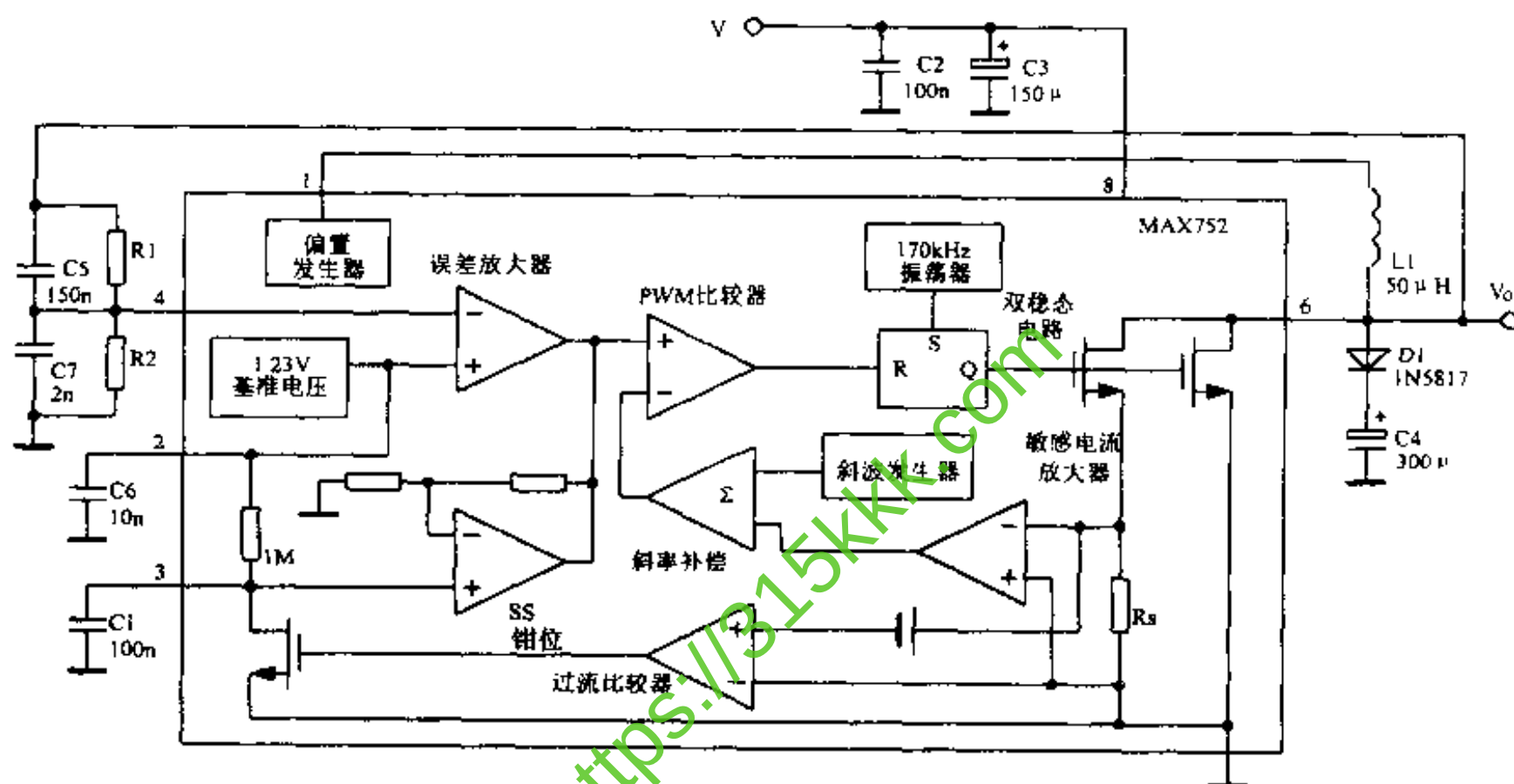
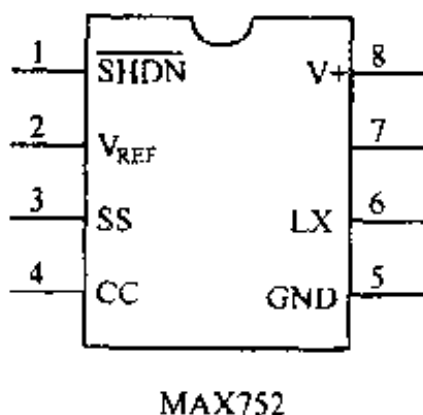


图 4-64 MAX752 内部电路

MAX752 采用电流型脉宽调制(PWM)方式来提供精确的输出电压。其内部开关频率为 170kHz,这样就可选用较小的滤波电容器,如果在输出端加上一个 LC 滤波器,则输出电压的纹波可以控制在 5mV_{p-p} 以内。另外它还具有逐个周期地限制过电流,并具有外部短路保护及可编程软启动等功能。



MAX752

图 4-65 MAX752 引脚排列

MAX752 由 8 脚双列直插式 (DIP) 及 16 脚贴片式 (SO) 两种封装。图 4-65 为 8 脚 (DIP) 塑料封装的 MAX752 的引脚排列, 表 4-1 为其引脚的基本功能。

表 4-1 MAX752 引脚功能

引 脚 号	引 脚 名 称	功 能
1	SHDN	关断, 低电平有效。正常工作时接 $V+$, 接低电平时 FET 管无输出
2	V_{REF}	基准电压输出 (1.23V), 可向外部负载提供 100 μ A 电流
3	SS	软启动。在 SS - GND 之间的电容器可为电路提供软启动功能
4	CC	补偿电容器输入端
5	GND	接地
6	LX	IC 内部的 N 沟道功放场效应管的漏极
7		空
8	$V+$	电源电压输入端

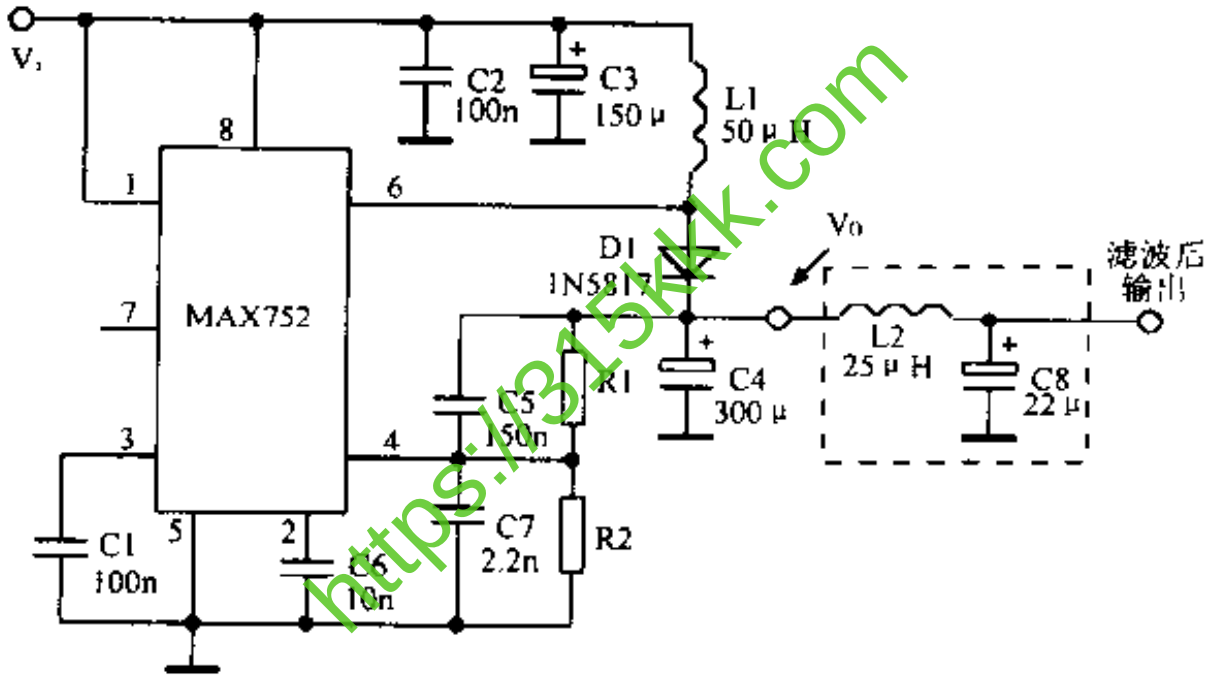


图 4-66 MAX752 的应用电路

图 4-66 为 MAX752 的应用电路。为了保证变换器的质量, 电路中的 D1 应采用肖特基二极管, 电感 L1 要求直流电阻小 ($\leq 0.2\Omega$), 滤波电容 C4 要求等效串联电阻低 ($\leq 0.25\Omega$), 这样, 输出电压的纹波可控制在 5mV_{P-P} 以内。

4.62 高效升压器

这个简单的电路可以将 1.5V 的直流电压升为 20V 的直流电压, 并可输出 200mA 的电流, 可在万用表中替代高压叠层电池。如图 4-67 所示。

由 T1、R1、R2、C1、C2 等组成自激振荡器。变压器 B 及 T2、D1、C3 对振荡器输出进行升压、整流, 在稳压管 D2 两端输出所需的电压。电路中的变压器 B 用 $\phi 0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 的漆包线绕制, 初级用 50cm 长、次级用 100cm 长, 同方向绕在圆珠笔芯上, 无需磁心。

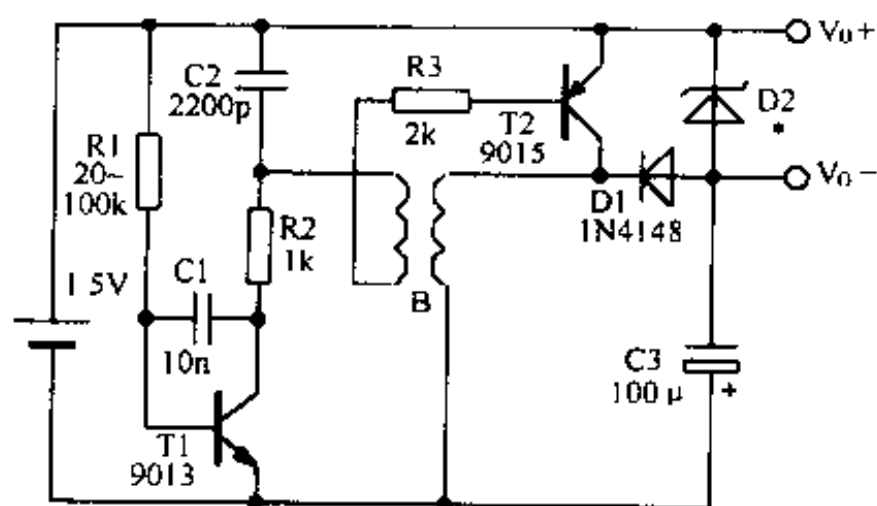


图 4-67 高效升压器

4.63 -48V/+5V 电压变换器

为了对话音通信和数据通信设备提供 5V 的电源,方便的方法是用已有的 -48V 进行变换取得。本电路在输入电压为 -35 ~ -75V 时可输出 +5V 电压,负载电流 150mA。如图 4-68 所示。

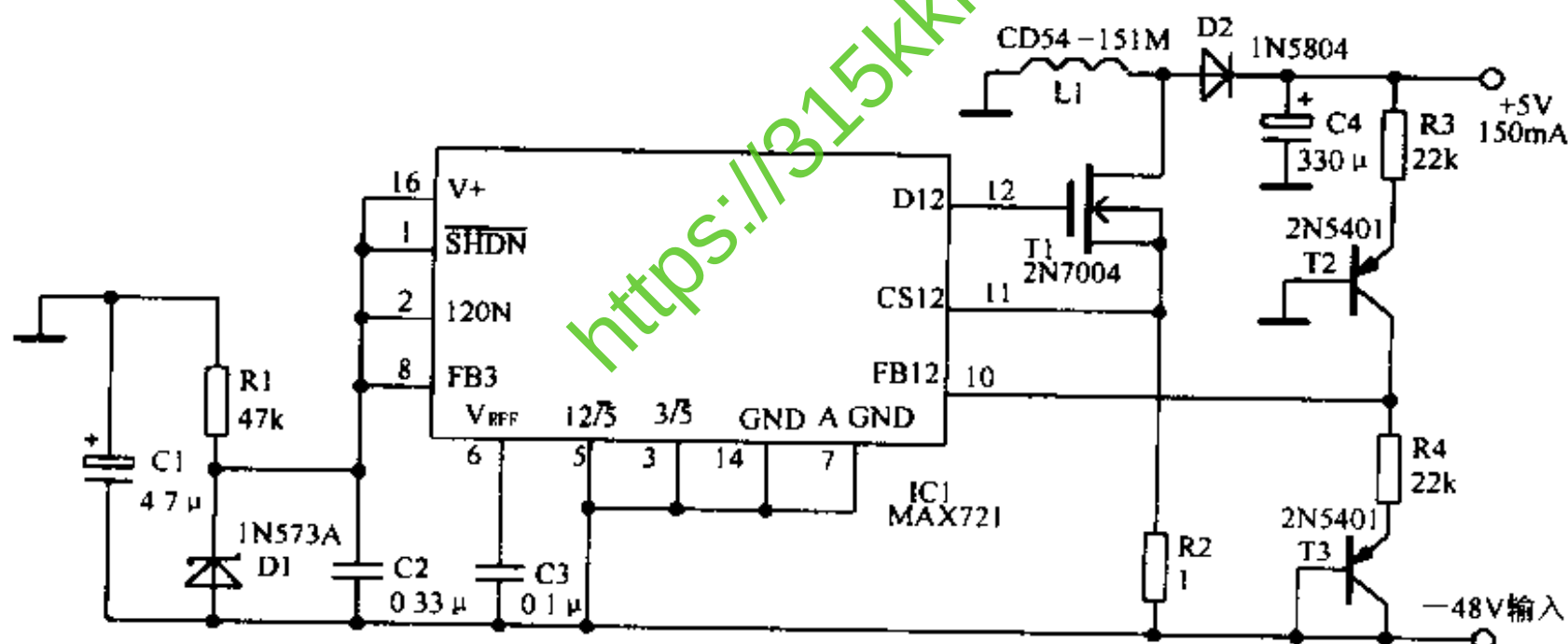


图 4-68 -48V/+5V 电压变换器

本电路工作在常见的“自举”方式。由稳压二极管 D1(稳压值 6.2V)为 IC1 (MAX721)提供 6.2V 工作电压(相对于 -48V)。由于 -48V 连接于 IC1 的接地端,因此本调节器犹如将 48V 的电压变换为 53V。从输出端 5V 经过电平下移后的反馈信号,经晶体管电流源 T2 加到 IC1 的反馈输入端 10 脚。晶体管 T3 用于补偿 T2 的 V_{BE} 的温度变化,如果温漂系数 $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ 可以允许的话, T3 就可省去。本电路根据输入电压和负载的情况,变换效率在 70% ~ 76% 之间,最高效率发生在满载时,电源提供给 IC1 的电流最小。开关场效应晶体管 T1 不要求有很低的导通电阻(本电路中 T1 的典型漏源电阻 R_{DS} 为 1Ω),这是因为电路的工作电流在满负荷时仅为 20mA 左右,且检测电阻 R2(1Ω)

可限制最大电流在 200mA 左右。

4.64 开关式电容反相电压变换器

LTC1429 是开关式电容反相稳压器,它可将正电源转变成稳定的负电源。对于杂音敏感的系统可用外部脉冲同步。LTC1429CS 输出电压范围为 $-1.25 \sim -8\text{V}$ 可调,其芯片内部有一串电阻,可以将它的输出设置为 -3.5V 、 -4V 、 -4.5V 或 -5V ; LTC1429CS8 适用于使用单一的 $+5\text{V}$ 电源来产生固定的 -4V 的电压输出,而只需外接一个 $0.4\mu\text{F}$ 的电容器; LTC1429CS 依输入电压的不同而需外接一个或两个电容器。以上应用均需再外接输入和输出旁路电容, ARJ/COMP 脚可配接补偿电容,以降低输出纹波电压。图 4-69 是 LTC1429 的基本应用电路。

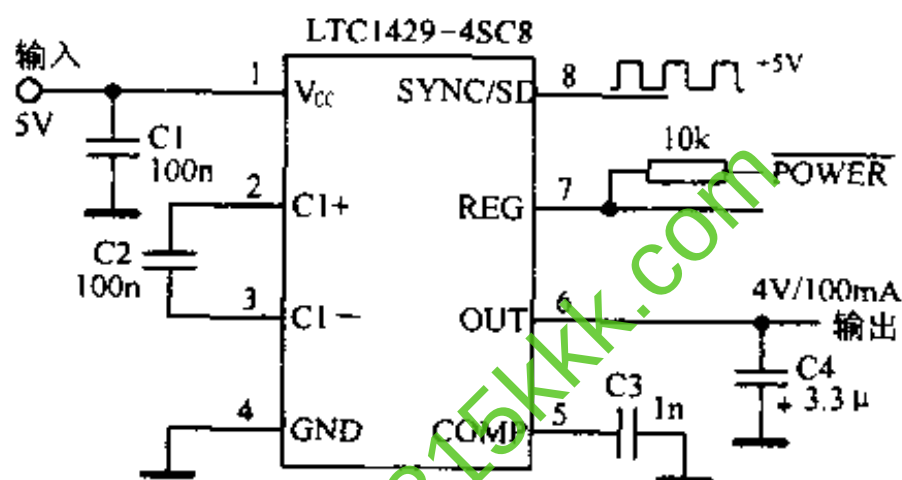


图 4-69 LTC1429 基本应用电路

LTC1429 保证有 5% 的输出调整率,当输出介于设定值 5% 的范围内时,REG 输出脚会降为低电位,一般输出纹波也会降低到 5mV。正常操作情况下, LTC1429 的 SYNC/SD 需外接时钟脉冲,静态电流一般为 $600\mu\text{A}$ 。将 SYNC/SD 脚的电位固定在高电位或低电位,会迫使 LTC1429 进入关机模式,操作电流为 $0.2\mu\text{A}$ 。对于无法取得外部脉冲时的应用,使用功能与 LTC1429 相同,但内含振荡器的 LTC1216 对于输出纹波电压必须小于 1mV 的应用,可使用 LTC1550/1551。

4.65 简易直流升压器

这是个电路极简单的直流升压器。如图 4-70 所示。

晶体管 T2 和电容 C1 及线圈组成高频振荡电路,T1 和稳压管 D2 起稳压作用。电路在接入 $1.5 \sim 5\text{V}$ 的直流电压时,更换不同稳压值的稳压管 D2,可获得 $3 \sim 35\text{V}$ 的直流电压输出。本电路可代替价格昂贵的叠层电池,作为电子变容系统的调谐电源、EPROM 的写入电源等。

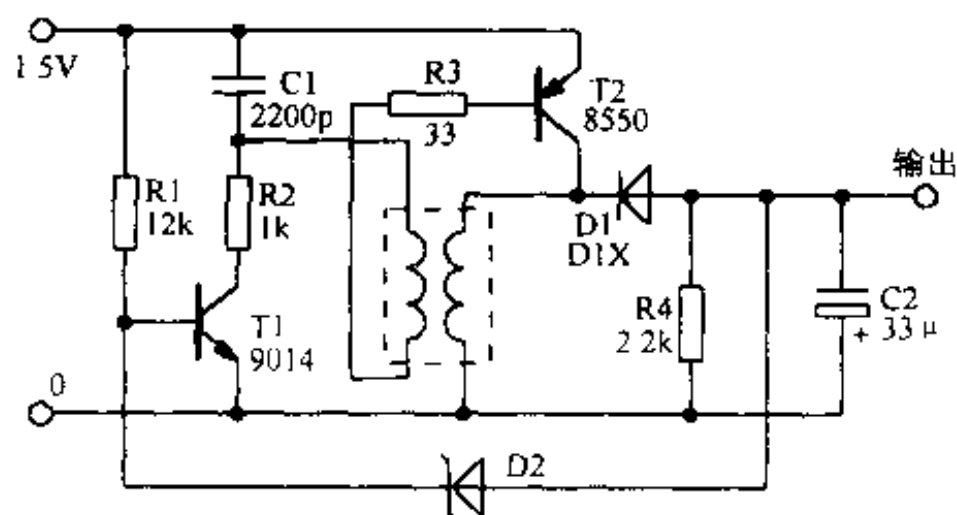


图 4-70 简单直流升压器

4.66 高效开关升压器

在电路中，如需要使用高压电源，并且对其带负载能力无特殊要求，就可采用如图 4-71 所示的升压电路。它可使电路简化，比起使用专用升压集成电路可大大降低成本。

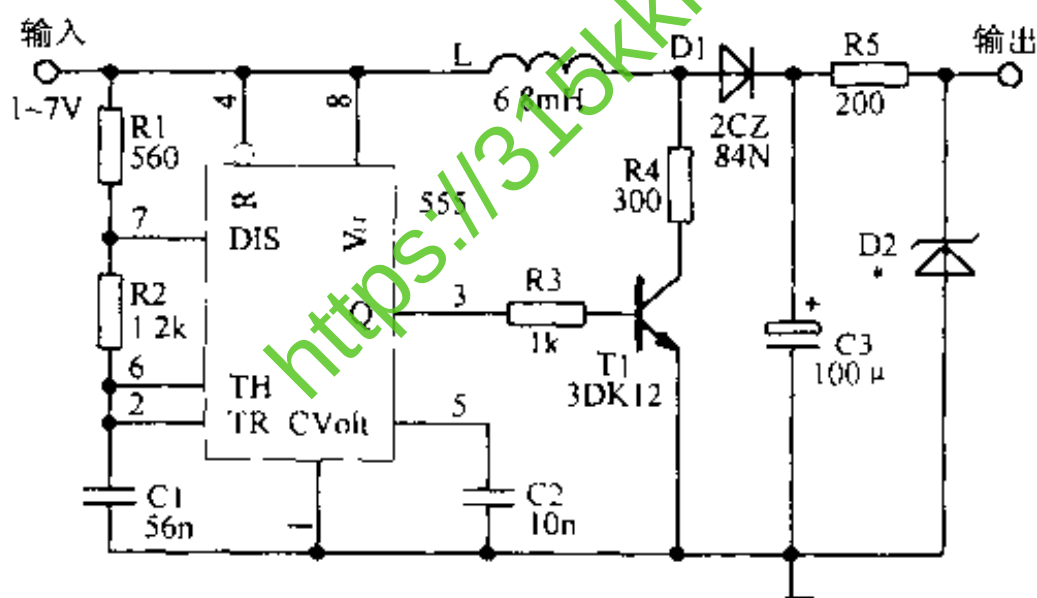


图 4-71 高效开关升压器

当在这个电路的输入端输入 1~7V 的直流电压时，可相应得到 30~60V 的输出。当输入电压为 6V，输出电压为 50V 时，负载电流为 20 μ A。稳压管 D2 的稳压值应根据所需要的电压来选用。

4.67 LM257X 系列集成电路 DC/DC 变换器

LM2574/2575/2576/2577 系列 DC/DC 变换器是美国 NS 公司的产品。除了 LM2577 是可开关 3A 电流的升压电路外，其余均是可提供 0.5~3A 的降压式 DC/DC 变换器。这几种集成电路的主要参数见表 4-2。

表 4-2 LM257X 系列主要参数

型 号	类 型	输出电压选择	封装形式
LM2574	0.5A 输出电流	3.3V、5V、15V 及 1.23 ~ 37V 可调	8 脚塑模 DIP
LM2574HV		3.3V、5V、15V 及 1.23 ~ 57V 可调	14 脚表面装配
LM2575	1A 输出电流	3.3V、5V、12V、15V 及 1.23 ~ 37V 可调	4 脚 TO-3 (LM2575) 5 引线 TO-220
LM2575HV		3.3V、5V、12V、15V 及 1.23 ~ 57V 可调	16 脚塑模 DIP、 24 脚表面装配
LM2576	3A 输出电流	3.3V、5V、12V、15V 及 1.23 ~ 37V 可调	5 引线 TO-220
LM2576HV		3.3V、5V、12V、15V 及 1.23 ~ 57V 可调	
LM2577	3A 开关电流	12V、15V 及 5 ~ 60V 可调	4 脚 TO-3、5 引线 TO-220、16 脚塑模 DIP、24 脚表面装配

集成电路 LM2574 内部功能及其组成的降压式应用电路如图 4-72 所示。

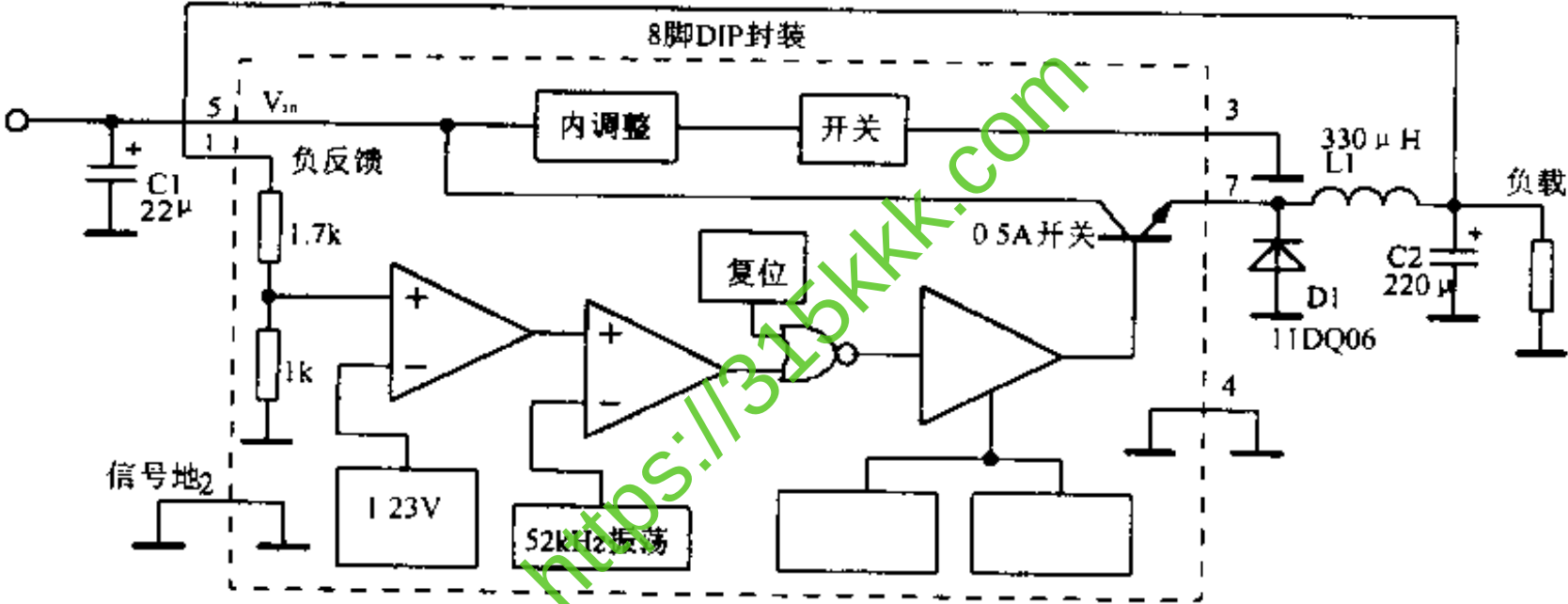


图 4-72 LM2574 内部功能及应用电路

LM2574 内部使用了一只晶体管，而没有使用肖特基二极管。电路的开关频率为 52kHz。对于输出电压分别固定在 3.3V、5V、12V 及 15V 的情况，只是增加了一个储能电感。对于输出电压可以调节的电路接线与固定输出时是不同的，输出电压可以调节至芯片内部的参考电压 1.23V。如果需要，电路还可以设置开—关脚，这样可将变换器置于“静态”，此时的电流消耗低于 200μA。

4.68 升/降压型 DC/DC 变换器

采用一种由单端电感变换器可以构成既可升压变换也可降压变换的 DC/DC 变换器。该电路输入直流电压可由 2V 到 12V，产生 3.3V、400mA 的稳定输出电压。工作效率达 78%。这种配置可提供单端反激型和升压—线性调整电路所不具备的两个优点：停机方式下输出彻底关断；当 V_{IN} 电压变化经过 V_{OUT} 电平时，输出仍保持良好的稳定。该电路

中的两只电感 L1 和 L2 可以是两个独立的元件,也可以是绕在同一磁芯上的两个绕组。其工作原理不同于变压器,因此,不必考虑耦合系数。如图 4-73 所示。

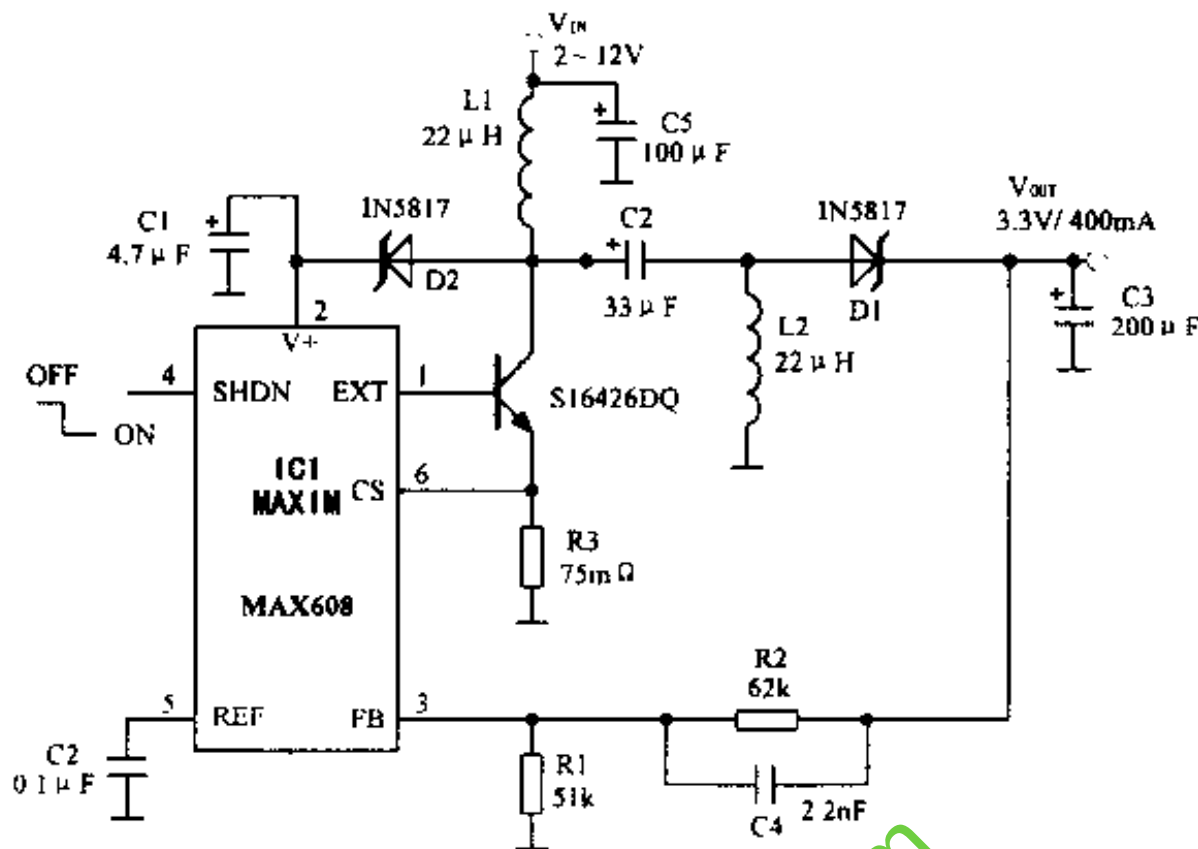


图 4-73 升/降压型 DC/DC 变换器

4.69 双路输出 DC/DC 转换器

MAX1705/MAX1706 低噪声、双路输出 DC/DC 转换器是专为无线手持通信设备优化设计的电源产品,它们可由 1~3 的电池组得到 5.5V, 800mA 的大功率输出,以直接驱动主负载 R_{L1} (例如功放)。另外,它们还包括一个低压差线性稳压器,可提供一路低噪声, 1.25~5.0V/200mA 的副输出,以驱动小电流负载 R_{L2} (例如基带及逻辑电路)。其优点是体积小、效率高、噪声低。这类产品非常适用于蜂窝电话、无绳电话、个人通信和其他电池供电设备的应用。如图 4-74 所示。

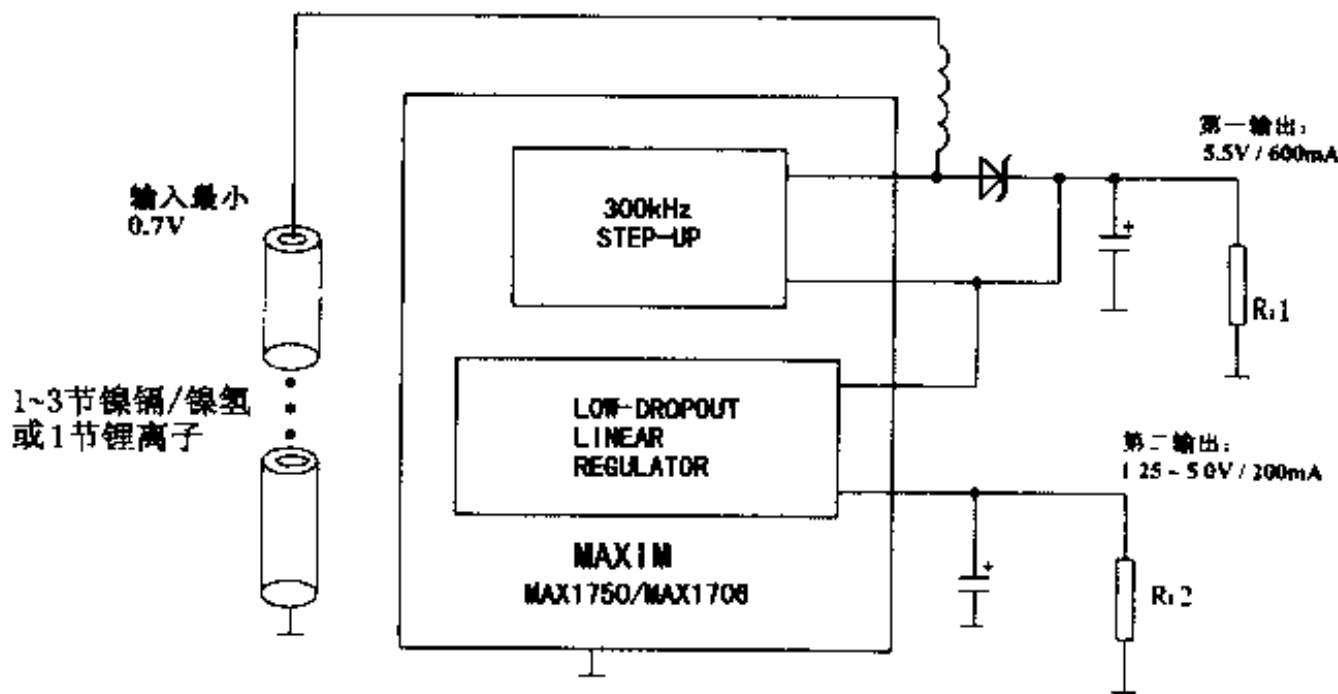


图 4-74 双路输出 DC/DC 转换器

4.70 超小型 DC/DC 变换器

MAX870/MAX871 型 DC/DC 充电泵反压器可将正电压转换成负电压,并具有超小型封装。安装完整的 MAX871 电路(包括 SOT23-5 封装的 MAX871 加两个 0805 规格的陶瓷电容器)仅 16mm^2 。MAX870/MAX871 可为无线手持设备中的功放提供偏置电源,或作为模拟测量和信号处理电路的模拟或偏置电源。如图 4-75 所示。

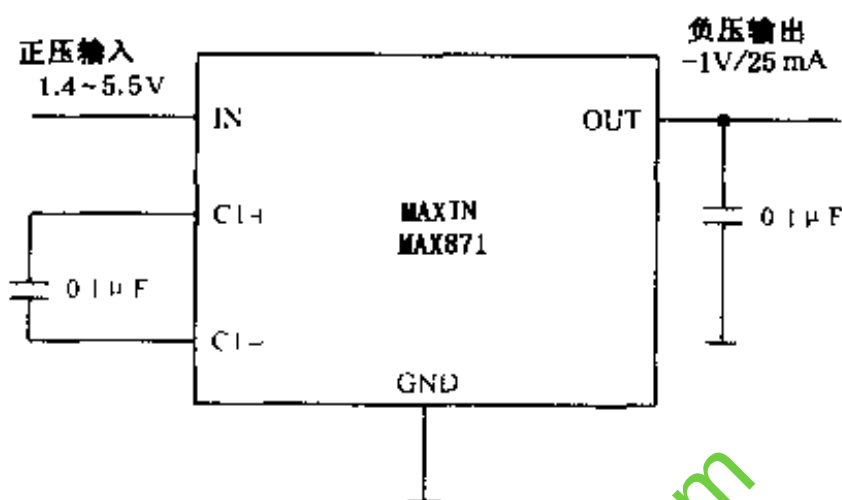


图 4-75 超小型 DC/DC 变换器

4.71 具有正负对称输出电压的 DC/DC 变换器

由 MAX742 组成的 DC/DC 变换器电路,输入电压为 $\pm 5\text{V}$,输出电压为 $\pm 12\text{V}$ 或 $\pm 15\text{V}$ (可选),允差为 $\pm 4\%$,负载电流可达 2A ,功率可达 $3\sim 6\text{W}$,效率高于 90% 。它的外围元件少,工作频率高(100kHz 或 200kHz 可选),工作电压范围为 $4.2\sim 10\text{V}$,并有低压锁定输出、过流保护及电容充电软启动等功能,适用于便携式仪器、仪表及微型计算机等设备供电。图 4-76 是 MAX742 构成的具有 6W 输出的 DC/DC 变换器的典型电路。

4.72 不用光耦的全隔离 DC/DC 变换器

在需要对电源电路和整机其余电路进行地线隔离时,通常的办法是需要用一个由光耦合器件构成的光耦隔离电路。其实也可以用集成电路替代通常的光隔离电路。图 4-77 为在一个 5V 开关稳压器中用 DC/DC 变换控制器 MAX770 替代光隔离电路的例子。具有推挽和隔离作用的表面安装变压器 T2 以及驱动器 IC2 把稳压输出产生的反馈信号送到 IC1 的 3 端,此信号正比于稳压器的额定 5V 输出 V_{OUT} ,结果得到了没有常用光隔离器带宽限制与随时间而变特性的全隔离 DC/DC 变换器。

4.73 掌上电脑用正负双输出 DC/DC 变换电路

集成电源稳压器 MAX722/723 是能够同时产生主、副两种稳压供电的 CMOS 直流/

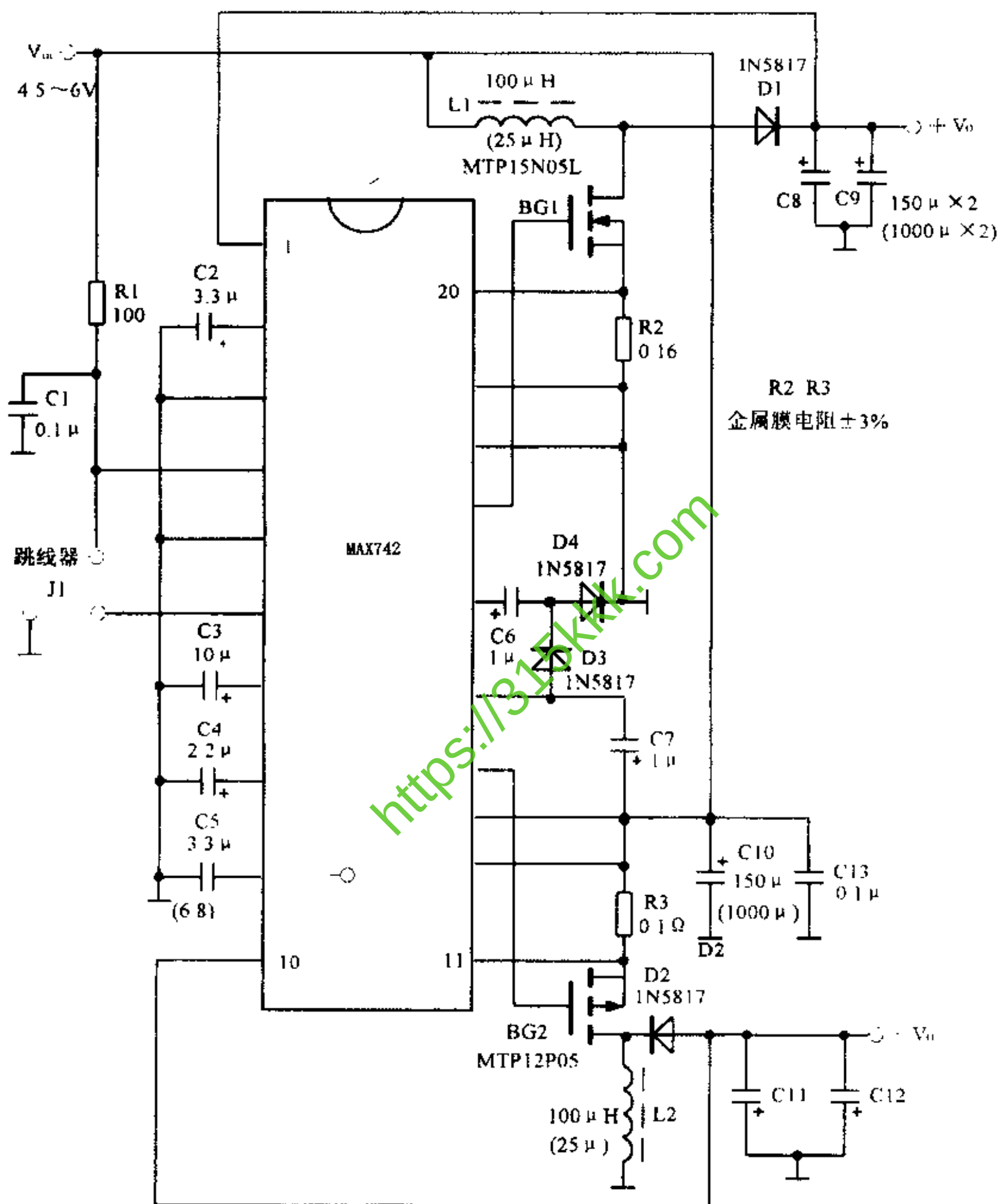


图 4-76 正负对称输出的 DC/DC 变换器

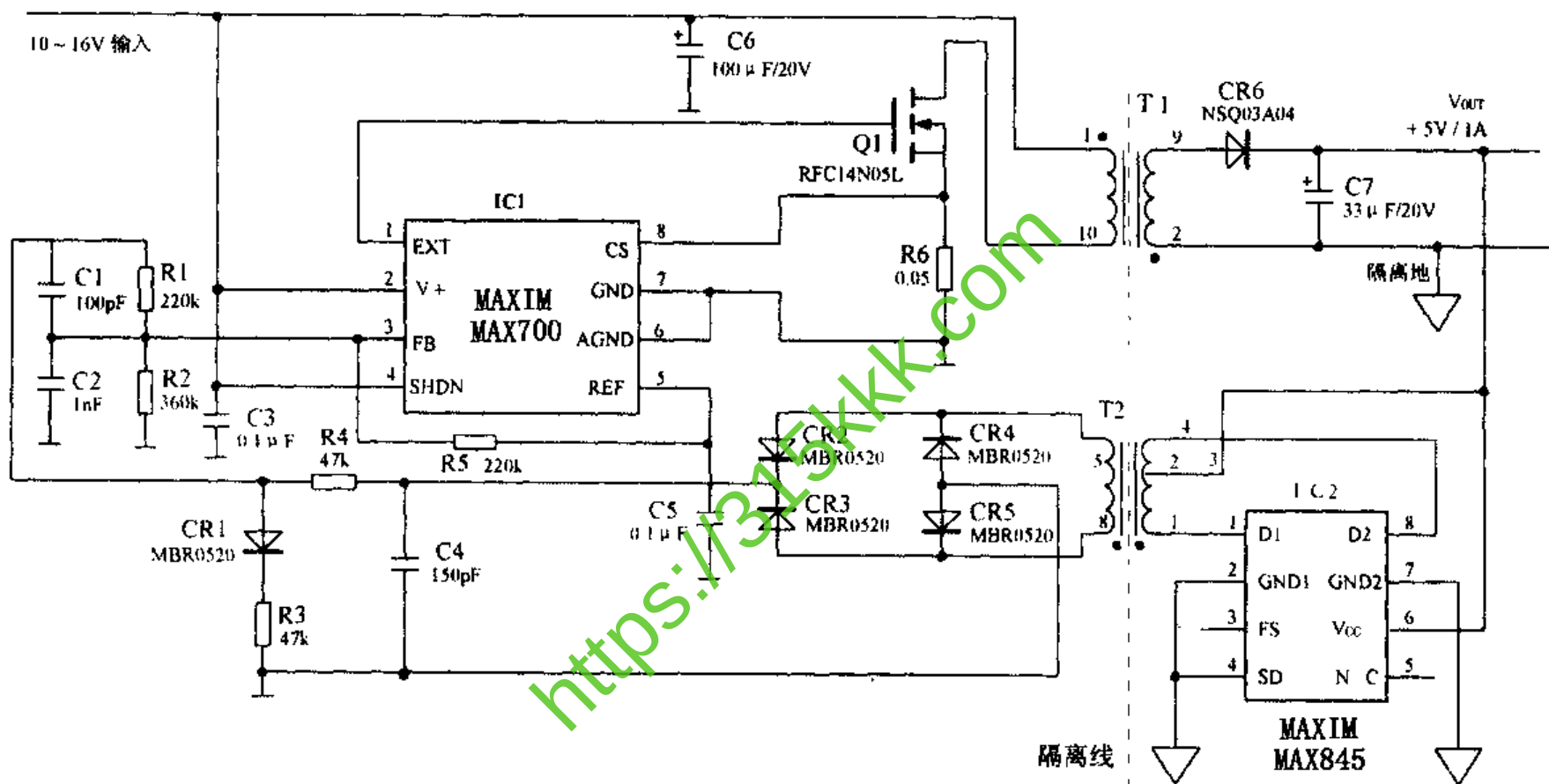


图 4-77 不用光耦的全隔离 DC/DC 变换器

直流变换集成电路,可用于掌上电脑等一些需要同时向液晶屏供电的设备。主、副稳压器均采用开关式工作,稳压效率高达 80% ~ 90%。 V_{IN} 外部供电输入直流电压。它还可以用 2 ~ 3 节碱性电池或镍镉电池供电。电池电压范围为 0.9 ~ 5.5V。 V_{IN} 工作范围为 7 ~ 20V。 V_{OUT} 是主输出电压,输出 3V、200mA 时变换效率可达 87%。副输出电压 $-V_O = -17V$,供液晶屏显示驱动电路使用。副输出电压可按式自由设定: $-V_O = -V_{RO}(R2/R1)$, 式中 $V_{RO} = 1.25V$ 。如图 4-78 所示。

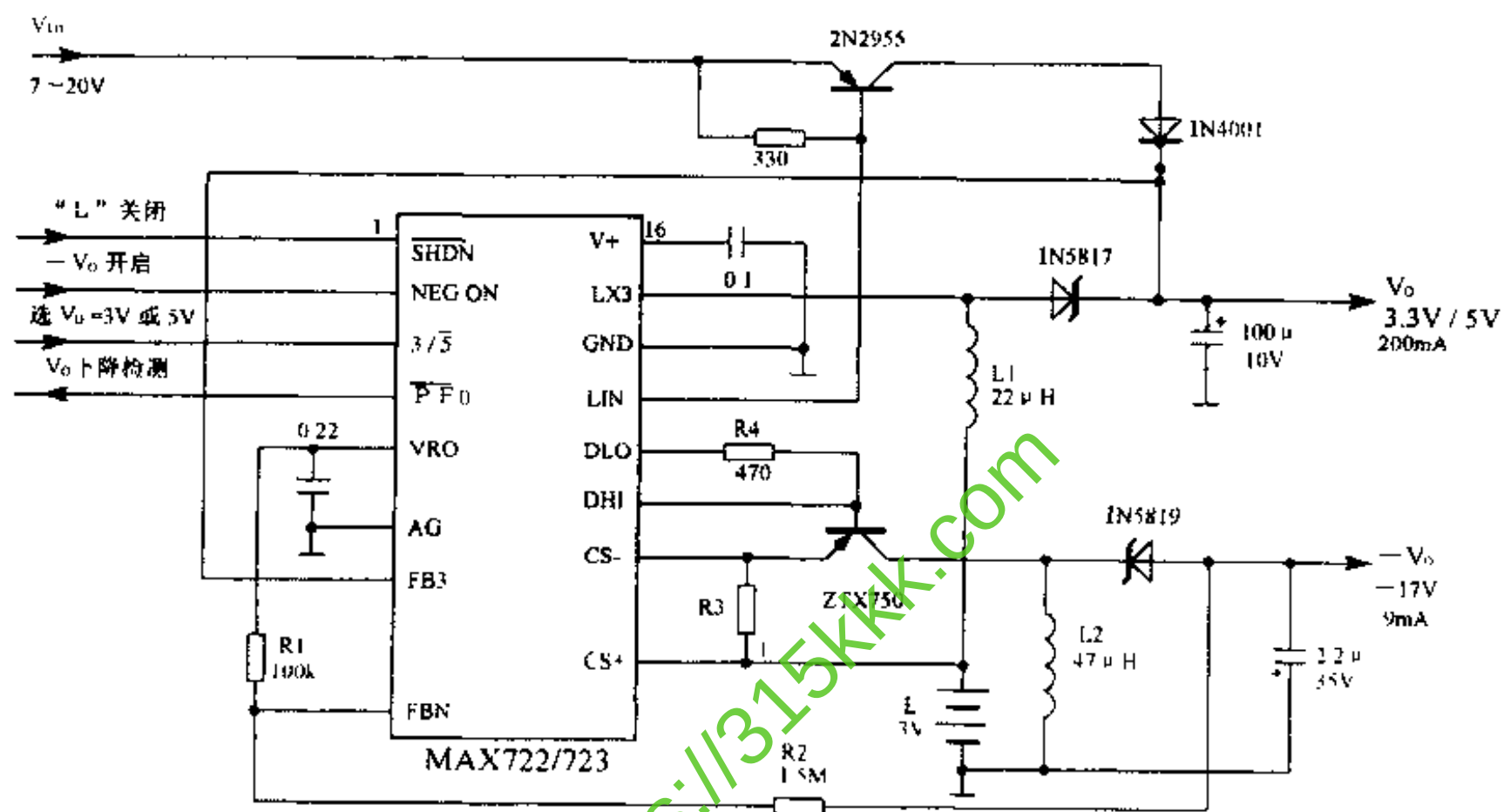


图 4-78 掌上电脑用正负双输出 DC/DC 变换电路

第 5 章 电压基准及恒流源

在稳压电源电路中,为了取得稳定的输出直流电压,通常都要在电路中安排一个输出电压的参照值,产生这个参照值的电路就是基准电压电路(简称电压基准)。在一些要求输出电流不随输出负载大小变动的特定场合,则要求供电电源具有“恒流源”特性。本章介绍各种基准电压电路和常用的恒流源电路。

5.1 低电压基准源

一般基准电压源的电压为 1.2V ,若要求基准电压小于 1V (或更小),可利用双电流源 REF200 与一个小电阻相接即可,如图 5-1 所示。

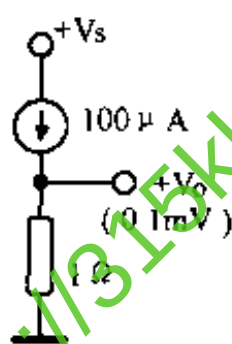


图 5-1 低电压基准源

例如使用 1Ω 电阻,可获得 $100\mu\text{V}$ 的基准电压。电路输入电压为 $10\sim 48\text{V}$ 。

5.2 电压基准电路

利用 $100\mu\text{A}$ 电流源 REF200 与精密电阻相配合,再选用精密运放 OPA602 缓冲,可以组成各种非标准的基准电压源。如图 5-2 所示。

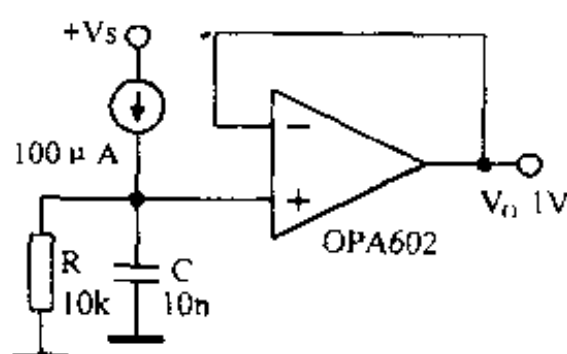


图 5-2 电压基准电路

OPA602CM 输入偏置电流小于 1pA , 失调电压小于 $250\mu\text{V}$, 平均漂移小于 $\pm 2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

5.3 双 $100\mu\text{A}$ 电流源 REF200

REF200 由两个 $100\mu\text{A}$ 电流源和一个电流镜组成, 集成在一个芯片上。它完全浮地, 可插入电路的任何位置。若电流源在使用中会受到反压作用, 可外接二极管保护。

如图 5-3 所示, 使用 REF200 可构成单向电流源、双向电流源。主要用于传感器激励、偏置电流、低电压基准、电荷泵电路、混合式电路。

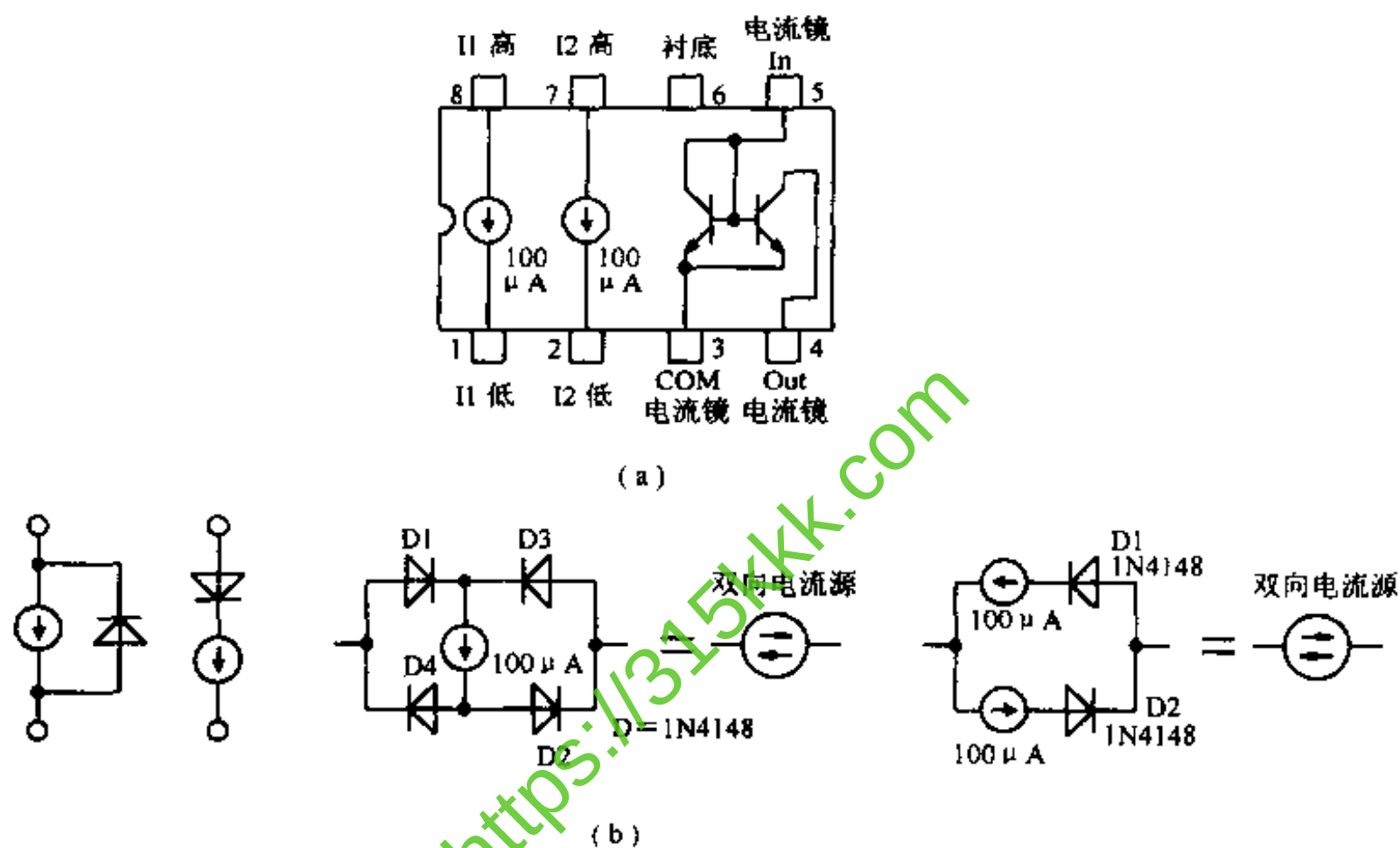


图 5-3 双 $100\mu\text{A}$ 电流源 REF200

5.4 1.2V 低噪声基准源

利用低功耗电压基准 REF1004, 加一个 RC 滤波器, 可组成低噪声基准源。如图 5-4 所示。

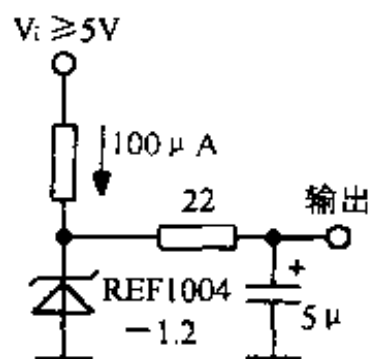


图 5-4 1.2V 低噪声基准源

此电路适用于负载接近于开路的情况。

5.5 1.2V/2.5V 低功耗电压基准 REF1004

最小工作电流 $10\mu\text{A}/20\mu\text{A}$, 动态电阻 $0.2 \sim 0.6\Omega$, 最大工作电流 20mA , 长期工作稳定性 $20\text{ppm}/\text{千小时}$ 。如图 5-5 所示。

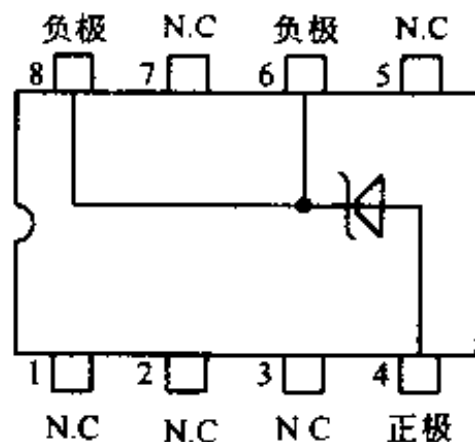


图 5-5 REF1004

REF1004 的使用方法与稳压管相同。可用于便携式仪器和笔记本电脑。

5.6 +1.235V 低功耗基准源

采用 REF1004 电压基准集成电路可组成低功耗 1.235V 电压基准, 静态电流为 $15\mu\text{A}$, 用于便携式仪器。如图 5-6 所示。

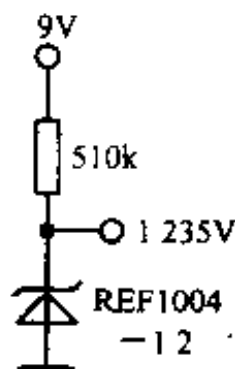


图 5-6 +1.235V 低功耗基准源

5.7 带缓冲级的 2.5V 低噪声电压基准

LM336Z-2.5 电压基准和 OP-07CH 运放作为缓冲级组成 2.5V 电压基准, 中间加了降低噪声的滤波器。如图 5-7 所示。

LM336Z-2.5 调整到 2.490V , 可使温度系数最小。

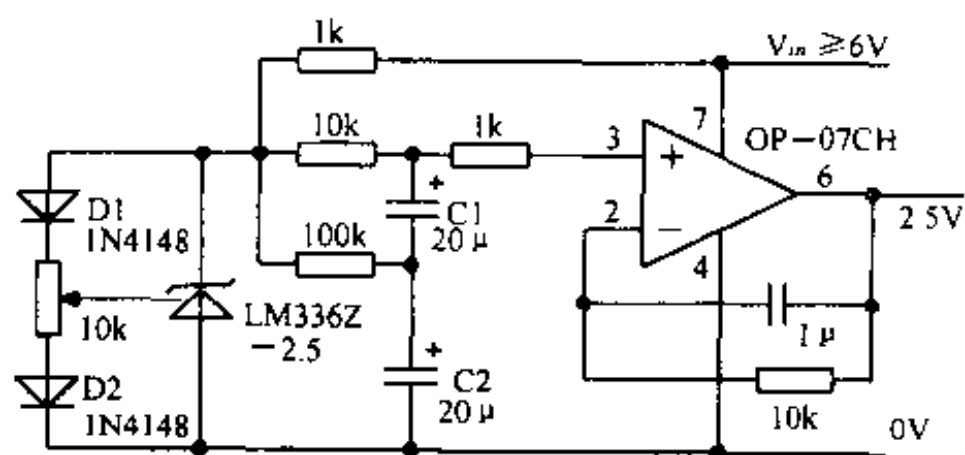


图 5-7 带缓冲级的 2.5V 低噪声电压基准

5.8 2.5V 电压基准 LM136-2.5/336-2.5

它是一个通用电压基准,使用方法与一般稳压管相同。具有更好的时间稳定性和温度稳定性,更低的动态电阻和较宽的工作电流范围。

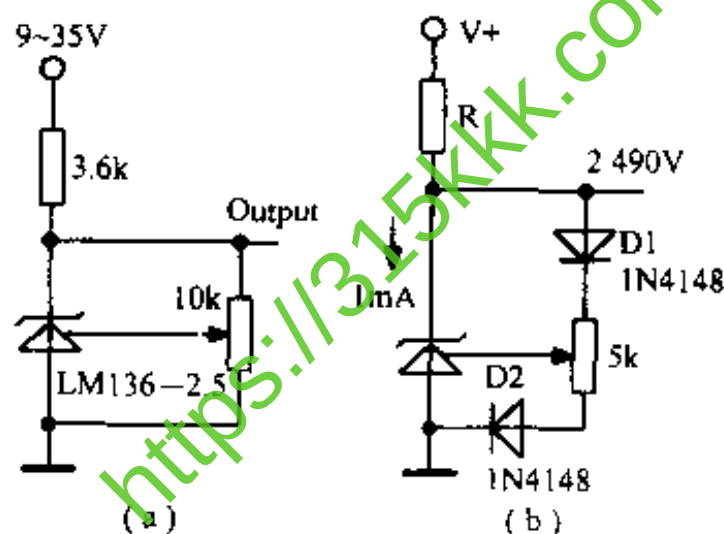


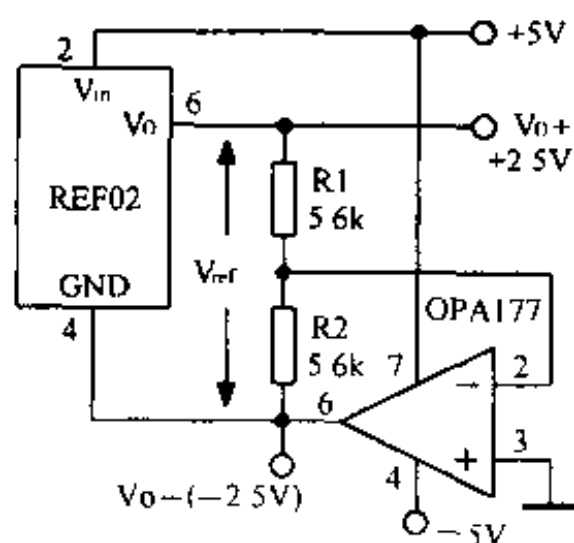
图 5-8 LM136-2.5/336-2.5 应用电路

LT1009M/1009C 属于同类产品,可以互换。若输出电压需要精密微调时,可以如图 5-8(a) 所示外接调整电位器,如果需要对温度系数进行调整,可以如图 5-8(b) 所示外接电路调整。

5.9 $\pm 2.5V$ 基准源电路

利用 5V 精密电压基准 REF02 和精密运放 OPA177,可以组成精度非常高的 $\pm 2.5V$ 基准电压。如图 5-9 所示。

要求电路中的电阻 R_1 、 R_2 应精确选配。

图 5-9 $\pm 2.5\text{V}$ 基准源电路

5.10 +5V 精密电压基准 REF02

输出电压 +5V, 误差 0.1%, 负载调整率小于 0.005% / mA, 电压调整率小于 0.008% / V, 电源电压范围为 8 ~ 40V, 低噪声及温度稳定性好。如图 5-10 所示。

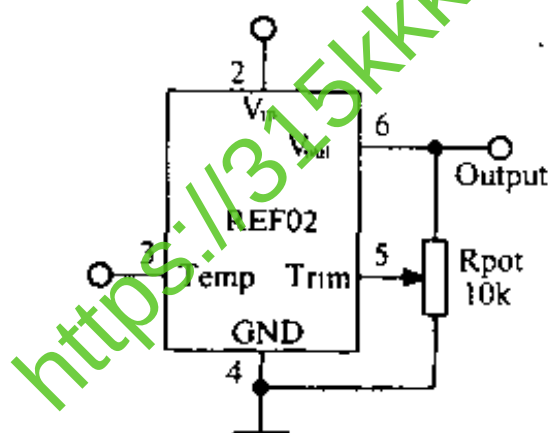


图 5-10 +5V 精密电压基准 REF02

可用于精密电压基准、恒流源、数字电压表、V/F 变换器、A/D-D/A 变换器、电压标定设备及测试设备。

5.11 $\pm 5V$ 基准电压电路

利用 10V 精密电压基准 REF01 与其他器件,可组合成 $\pm 5\text{V}$ 精密电压基准。

图 5-11(a)图是 REF01 和单位增益差分放大器 INA105 组成的, INA105 芯片内的四个 $25\text{k}\Omega$ 的精密电阻构成反相器。INA105 采用 $\pm 10\text{V}$ 电源供电, REF01 的“GND”端浮地, 其电源正端对地电压可选 $6.4 \sim 35\text{V}$ 。

也可利用精密运放 OPA177 组成反相器, 其中两个 R 应精确选配, 电路如图 5-11(b) 所示。

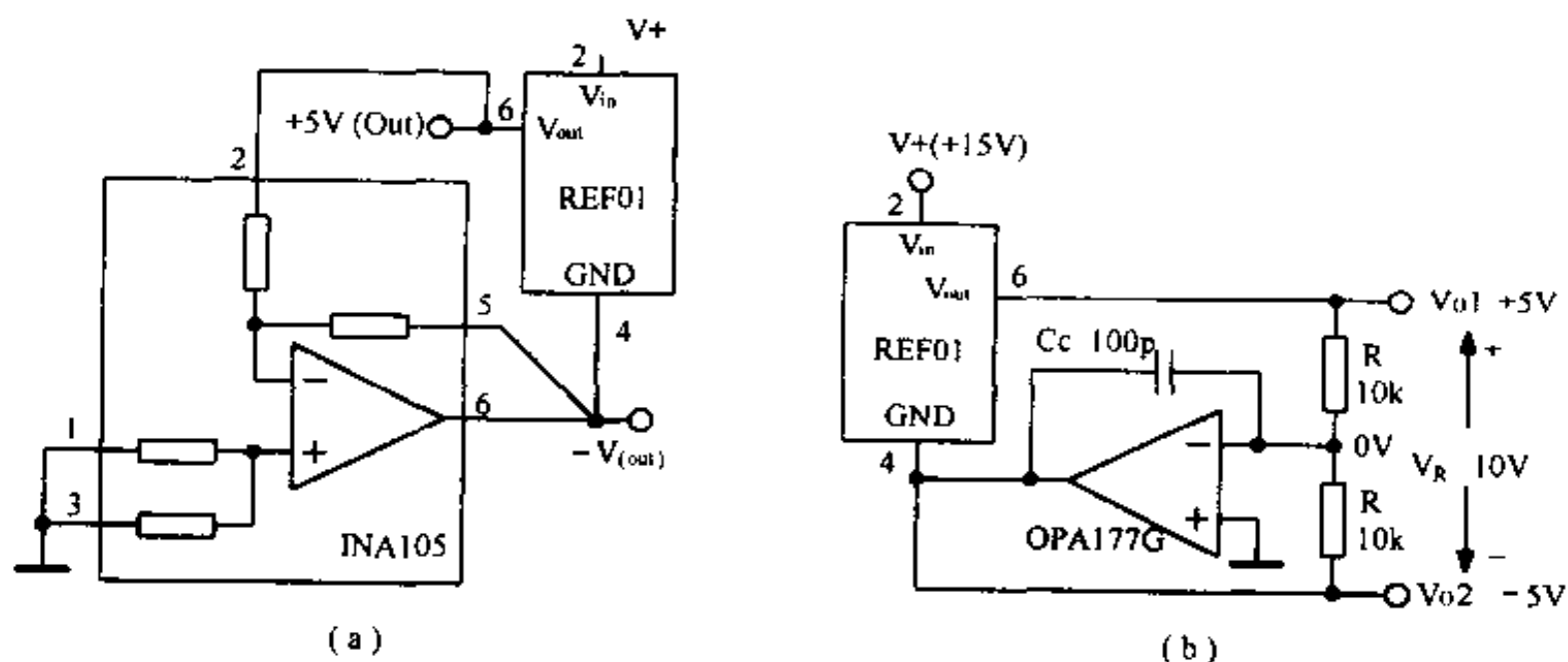


图 5-11 $\pm 5V$ 基准电压电路

5.12 $\pm 10V$ 精密电压基准 REF01

输出电压 $+10V$, 误差 0.2% ; 电源线性调整率不大于 $0.001\%/V$; 负载调整率不大于 $0.002\%/mA$; 电源电压 $11.4 \sim 40V$; 源电流不小于 $20mA$, 阱电流不小于 $5mA$; 低噪声及高温稳定性。如图 5-12 所示。

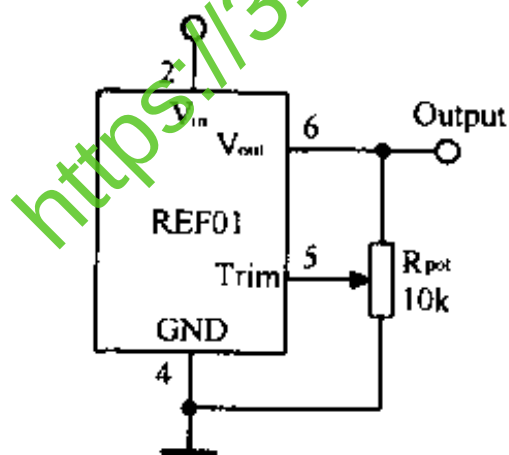


图 5-12 $\pm 10V$ 精密电压基准 REF01

外接调整电位器调整范围 $\pm 300mV$ 。

5.13 $\pm 5V$ 精密电压基准

利用 REF05 及 OPA177, 可组成 $\pm 5V$ 精密电压基准, 精密运放构成反相器。如图 5-13 所示。

外接电阻应精确选配, REF05 电源电压 $8 \sim 40V$ 。

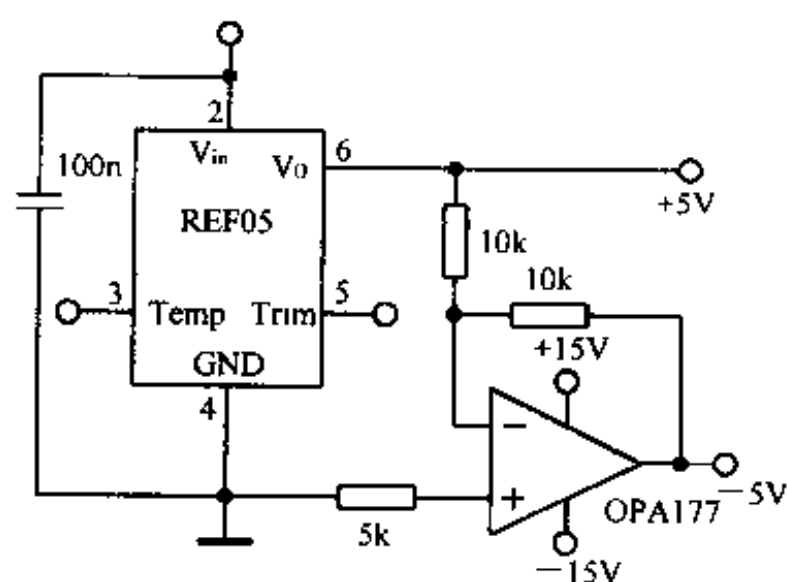


图 5-13 ±5V 精密电压基准

5.14 +5V 精密电压基准

图 5-14 的电路中，MAX6350 为高精度 +5V 基准电压芯片，其热稳定性高达 1ppm/°C。第 5 脚外接电位器可微调输出电压。第 3 脚开路，也可外接电容降噪。

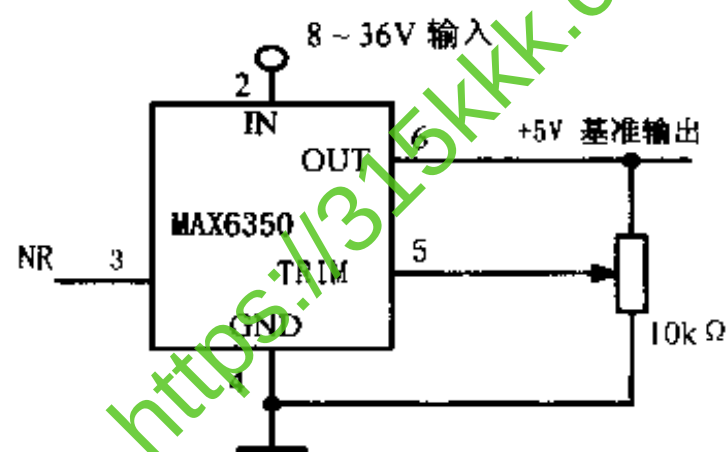


图 5-14 +5V 精密电压基准

5.15 ±10V 基准电压电路

该电路由 +10V 精密电压基准 REF01 和精密单位增益差分放大器 INA105 组成。如图 5-15 所示。

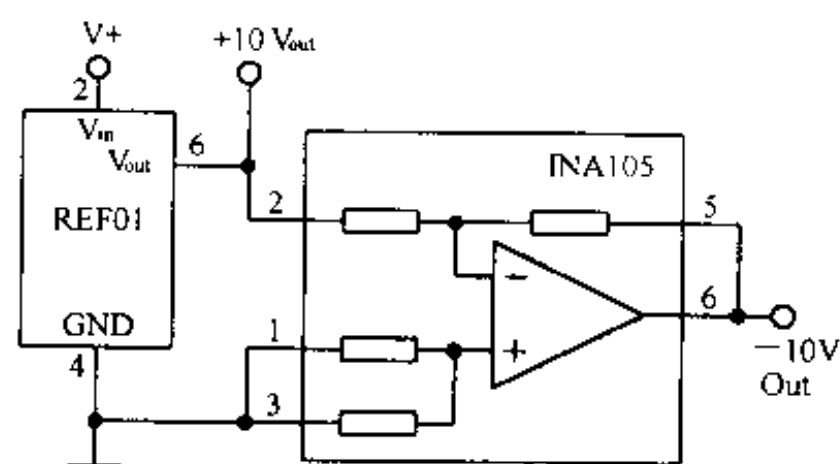


图 5-15 ±10V 基准电压电路

芯片中的四个精密电阻经激光调阻技术处理,确保增益误差小于 0.01%;非线性小于 0.01%。+10V 可输出 20mA, -10V 可输出 5mA。

5.16 ±10V 连续可调基准电压源

利用 +10V 精密电压基准 REF01 和精密运放 OPA177G(电压增益 -1 到 +1 连续可调电路),可组成 ±10V 连续可调基准电压源。如图 5-16 所示。

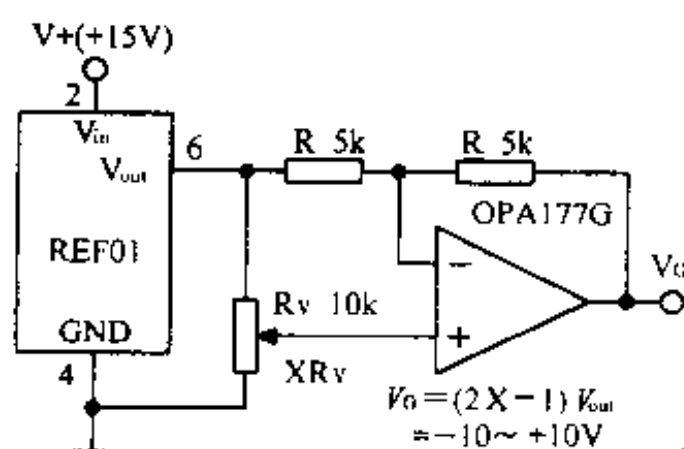


图 5-16 ±10V 连续可调基准电压源

由于 OPA177G 的高精度特性,使基准电压源精度很高。若选用 OPA177E,输出漂移会更小。输出电压 $V_0 = (2X - 1) V_{out} = -10V \sim +10V$, X 为电位器 R_v 下半部分阻值占总阻值的比例。

5.17 5V、10V 基准电压源

利用 10V 基准电压 REF01 和运放 INA105 的 0.5 电压增益缓冲器,可组成 +5V、+10V 电压基准电路。可分别输出 20mA 电流。如图 5-17 所示。

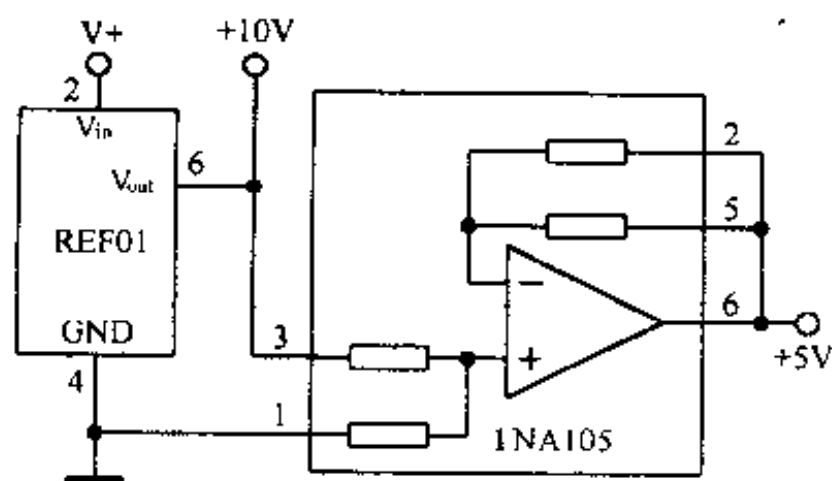


图 5-17 5V、10V 基准电压源

5.18 精密电压基准 LM1199/399

LM1199/399 系列是精密电压基准, 温度、输入电压、工作电流在很宽的范围内变化时, 它都具有极高的稳定性。基片上有一个加热电路, 通电后, 将芯片加热到 90°C , 并保持恒温。基准电压为 6.95V , 工作电流为 $0.5 \sim 10\text{mA}$ 。图 5-18 为三种基本工作电路。

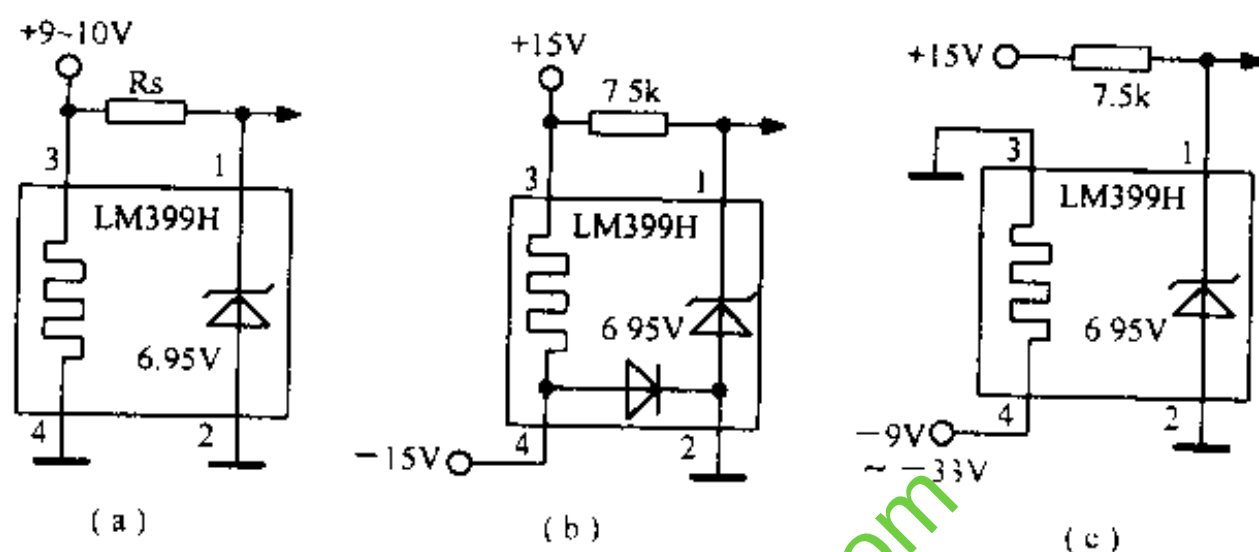


图 5-18 LM1199/399 基本工作电路

5.19 温度系数极低的 10V 电压基准

采用温度系数极低的精密电压基准 LM399 和精密运放 LT1001, 可组成有输出缓冲级的高精度 10V 电压基准。其基本组成如图 5-19 所示。

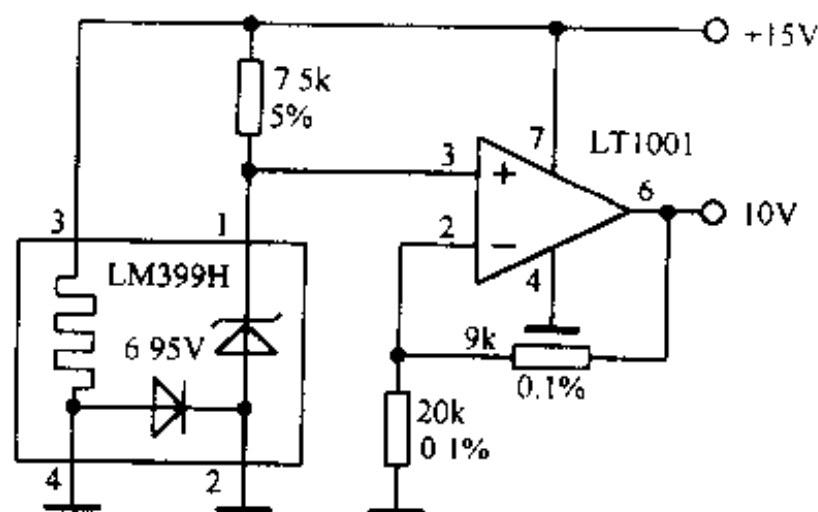


图 5-19 温度系数极低的 10V 电压基准

5.20 带滤波器的 $+10\text{V}$ 基准电压源

采用 $+10\text{V}$ 精密电压基准 REF10、超低噪声精密运放 OPA27 以及 RC 低通滤波电路, 可以组成 $+10\text{V}$ 基准电压源。如图 5-20 所示。

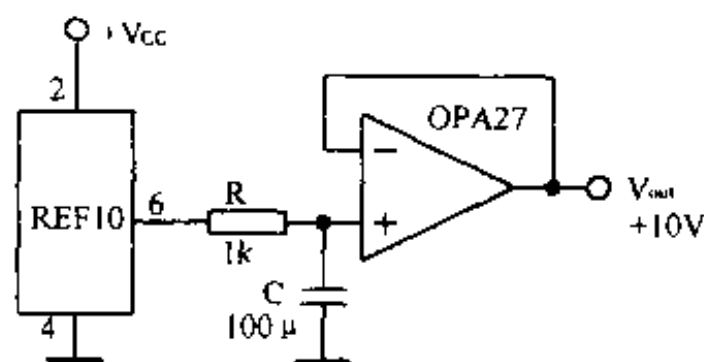


图 5-20 带滤波器的 +10V 基准电压源

电路中的低通滤波器截止频率为 1.6Hz。+10V 基准电压源输出电流可达 20mA。

5.21 +10V 精密电压基准 REF10

工作电压 13.5 ~ 35V, 输出电压调整端 5 脚, 调整范围为 +250mV, -100mV。内部电路如图 5-21 所示。

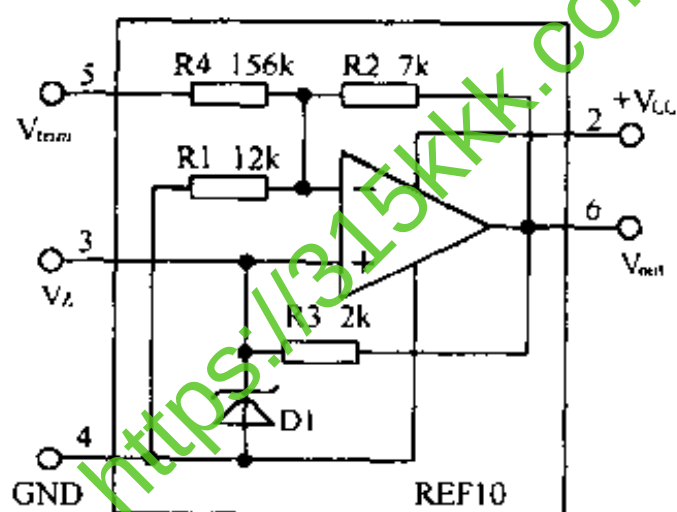


图 5-21 REF10

由于器件本身精度很高, 外接电位器会增加漂移, 一般很少采用。3 脚为齐纳二极管, 输出 6.3V, 一般不用。由于 REF10 精度高, 要求印刷电路板的连线电阻和接地电阻尽量小。

5.22 -10V 基准电压源

利用超低噪声精密运放 OPA27 和 +10V 电压基准, 可以组成 -10V 基准电压源。REF01 的输出端口(6、4 之间)接入运放的负反馈环路中。如图 5-22 所示。

由于反相输入端虚地, 使 REF01 的 6 脚为虚地, 运放的输出端为 -10V。RC 组成低通电路, 抑制高频噪声。运放可用 $\pm 15V$ 供电, REF01 的 2 脚必须比 6 脚高 1.4V 以上。

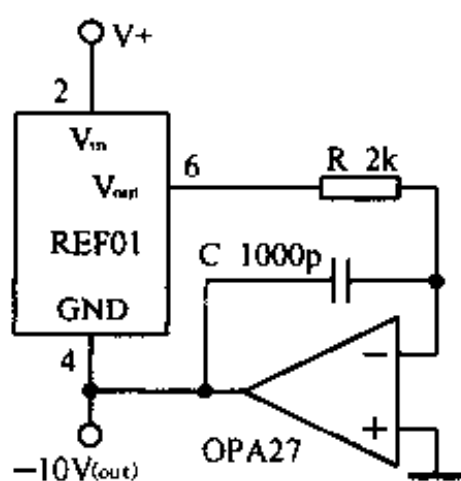


图 5-22 -10V 基准电压源

5.23 +2V、+12V 基准电压源

利用 +10V 电压基准和精密运放 OPAA77, 可组成两个相差 10V 的电压基准, 如 +2V、+12V 基准电压源。如图 5-23 所示。

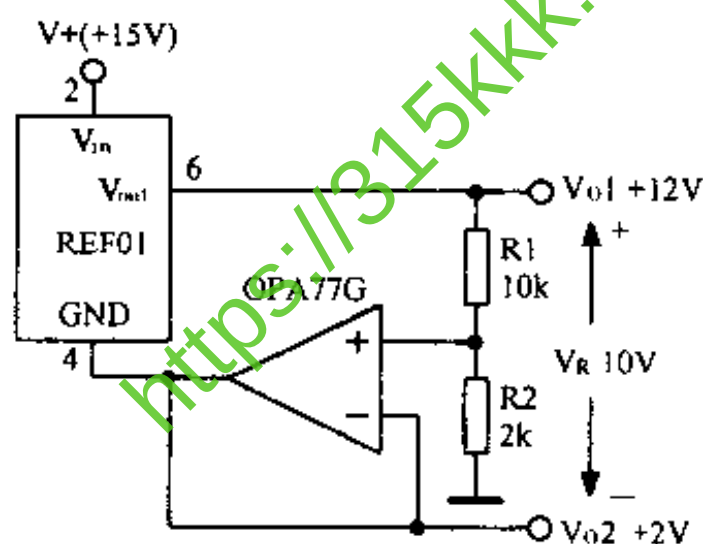


图 5-23 +2V、+12V 基准电压源

电路中的运放接成电压跟随器, 同相输入端及输出端为 2V, REF01 输出端为 12V, R1、R2 应保持精确的分压比。选择不同的分压比, 可得到两个不同的基准电压源。

5.24 -2V、-12V 基准电压源

利用 +10V 电压基准 REF01 和精密运放 OPA77G, 可以组成两个相差 10V 的基准电压源, 如 -2V、-12V 基准电压源。如图 5-24 所示。

R1、R2 应保证精确的分压比, 电压关系如下: $V_{o1} = -(R1/R2) V_{out}$, $V_{o2} = -(1 + R2/R1) V_{out}$, $V_{int} = 10V$ 。

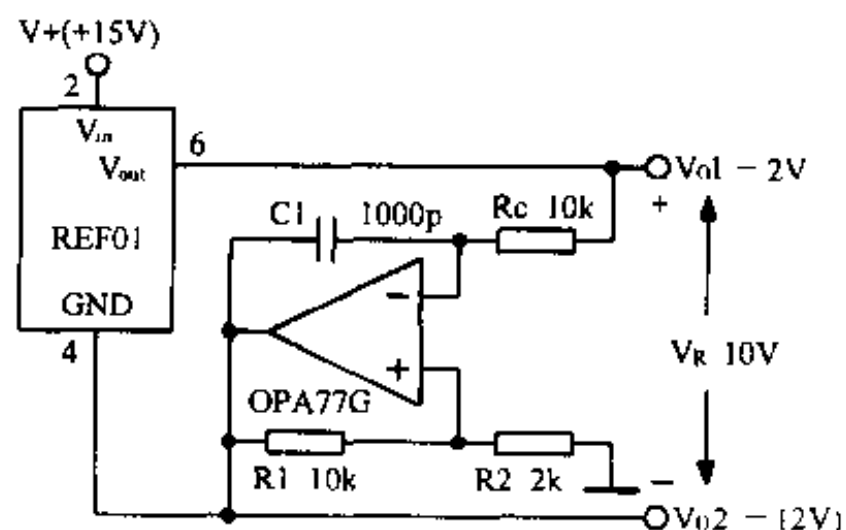


图 5-24 -2V、-12V 基准电压源

5.25 积木式基准电压源(1)

利用三块 REF01, 可组成三个基准电压源 +10V、+20V、+30V, 电路十分简单, 无需外部元件。输出电流可达 10mA。电路如图 5-25 所示。

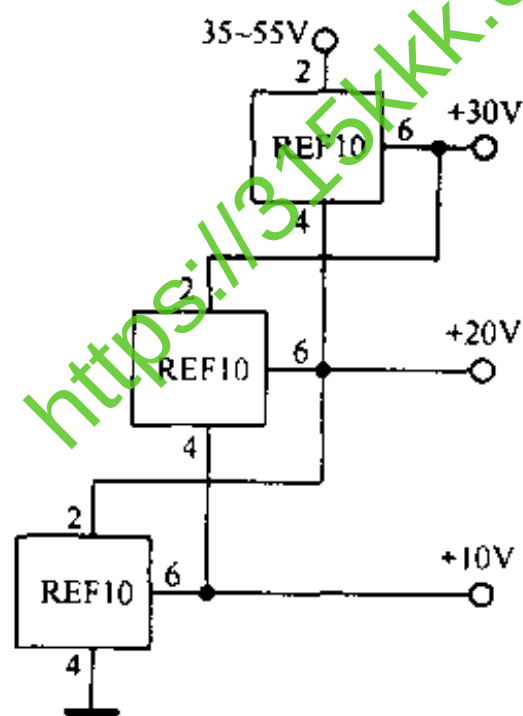


图 5-25 积木式基准电压源(1)

5.26 积木式基准电压源(2)

利用两块 REF01 和一块 REF02, 可以输出 5.000V、15.000V、25.000V 三种基准电压。如图 5-26 所示。

利用各自的调整端可以获得精密调整, 各自输出电流为 20mA。外接电位器会带来一些温度误差。

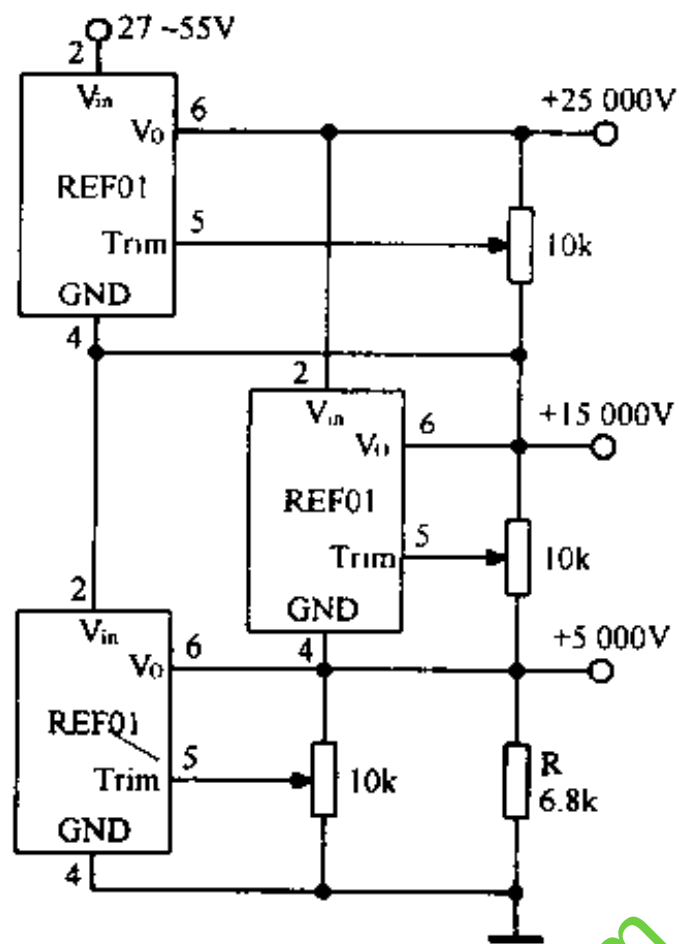


图 5-26 积木式基准电压源(2)

5.27 极低噪声精密基准电压源

由若干个 REF102 的输出平均值，可以获得极低噪声的基准电压源。如图 5-27 所示。

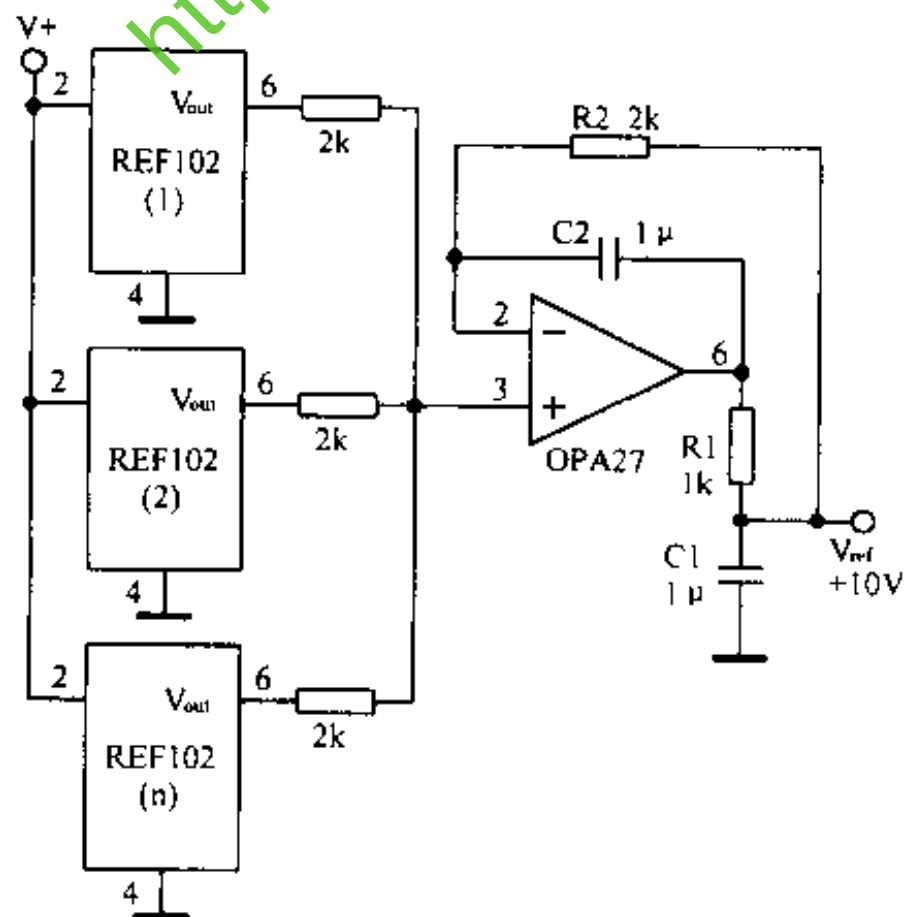


图 5-27 极低噪声精密基准电压源

由于 OPA27 的超低噪声性能和二阶低通滤波,所以基准电压源的噪声极低。

5.28 标准电池替代电路

采用高精度、超低温漂电压基准 LM199A 和精密运放 LT1001AC,可组成标准电池替代电路,如图 5-28(a)所示。调整电位器可使输出电压值满足要求。图 5-28(b)用于便携式电压标准器。

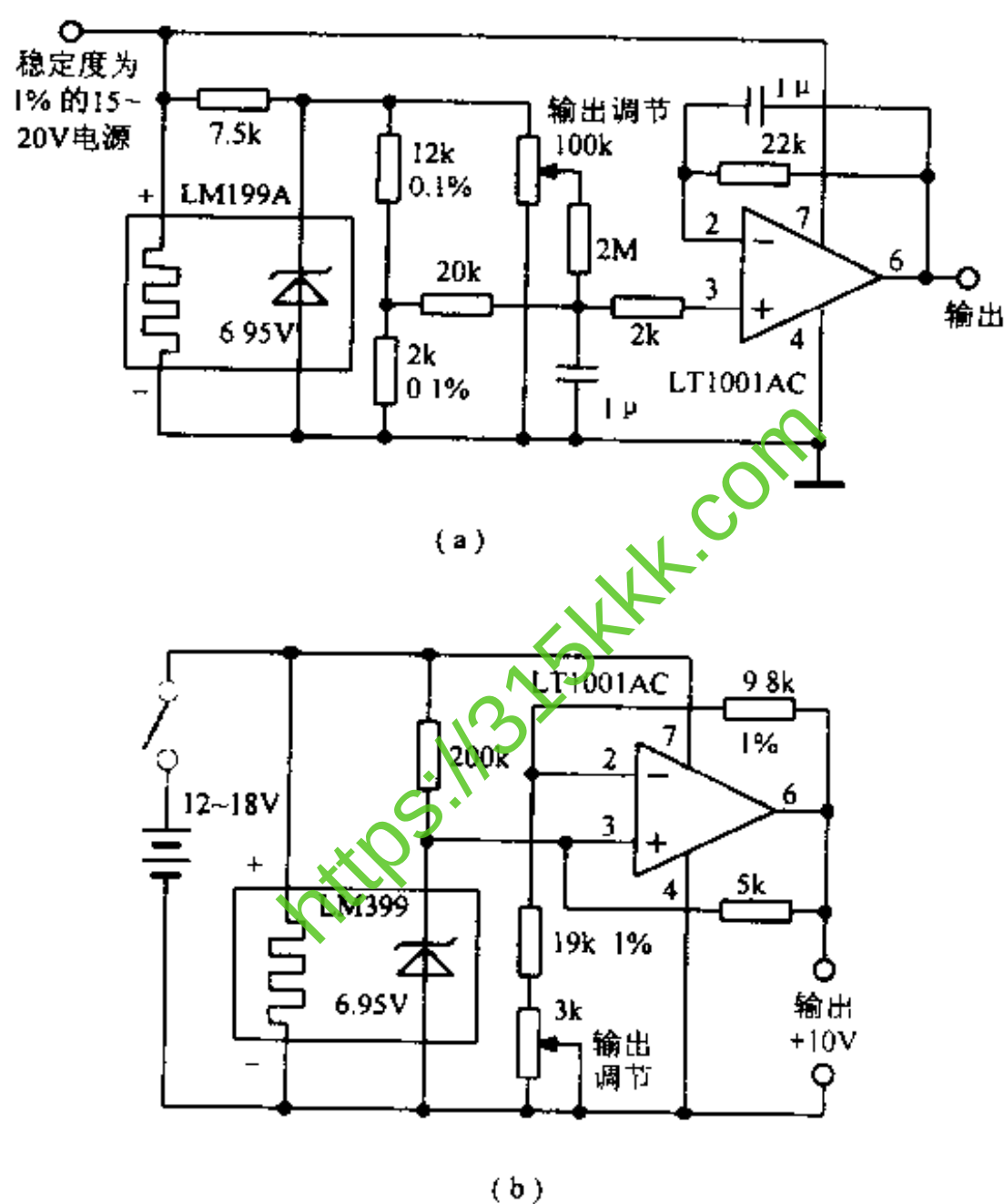


图 5-28 标准电池替代电路

5.29 可以扩展输出电流的基准电压源

电压基准 REF10 的输出电流为 10mA,若要带一个 600Ω 电桥式传感器则需用 16.7mA 的电流,如图 5-29 所示的电路可以解决这个问题,通过 820Ω 电阻提供大部分电流,减少了基准电压芯片的功耗,提高了基准电压的稳定性。

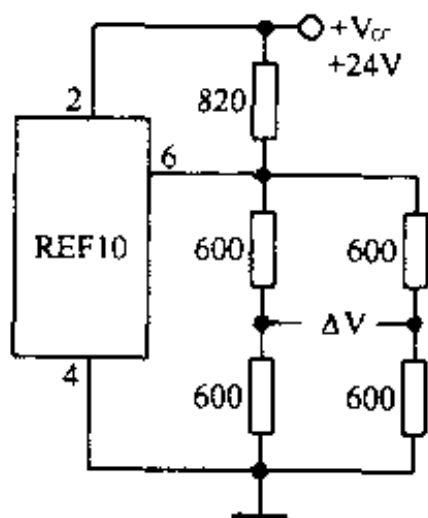


图 5-29 可以扩展输出电流的基准电压源

5.30 电压基准扩展电流电路

利用 OPA27 可将 REF102 的输出电流扩展到 20mA, 电路如图 5-30(a) 所示。利用三极管可将输出电流扩展到 100mA, 电路如图 5-30(b) 所示。

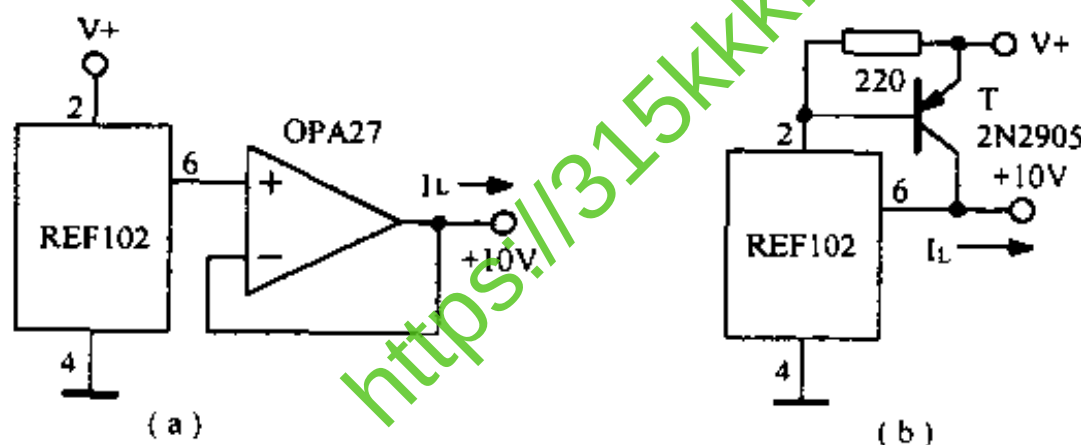


图 5-30

5.31 精密稳压器 TL431

TL431 是美国摩托罗拉公司的产品, 称为可控精密稳压基准。它有三个引脚, 相当于一只低温度系数的可变稳压值稳压二极管。它的主要特点是: 在它的内部有一个 2.5V 的精密参考电压源, 误差为 $\pm 1.0\%$; 外接两个电阻, 就可在 2.5 ~ 36V 之间连续调节输出电压; 输出电流 1.0 ~ 100mA; 低动态输出电阻, 典型值为 0.22Ω ; 全温度范围内的温度特性平坦, 典型值 $50\text{ppm}/^\circ\text{C}$; 较低的输出噪声等。

TL431 的外形如同一个小功率的三极管, 但也有采用双列直插封装形式, 这两种的主要差别是工作温度范围, 高级品的工作温度范围可达 $-55 \sim 125^\circ\text{C}$ 。我们一般情况下用的 TL431, 工作温度范围为 $0 \sim 70^\circ\text{C}$ 。图 5-31 是 TL431 的等效电路、内部功能及在电路中的符号。

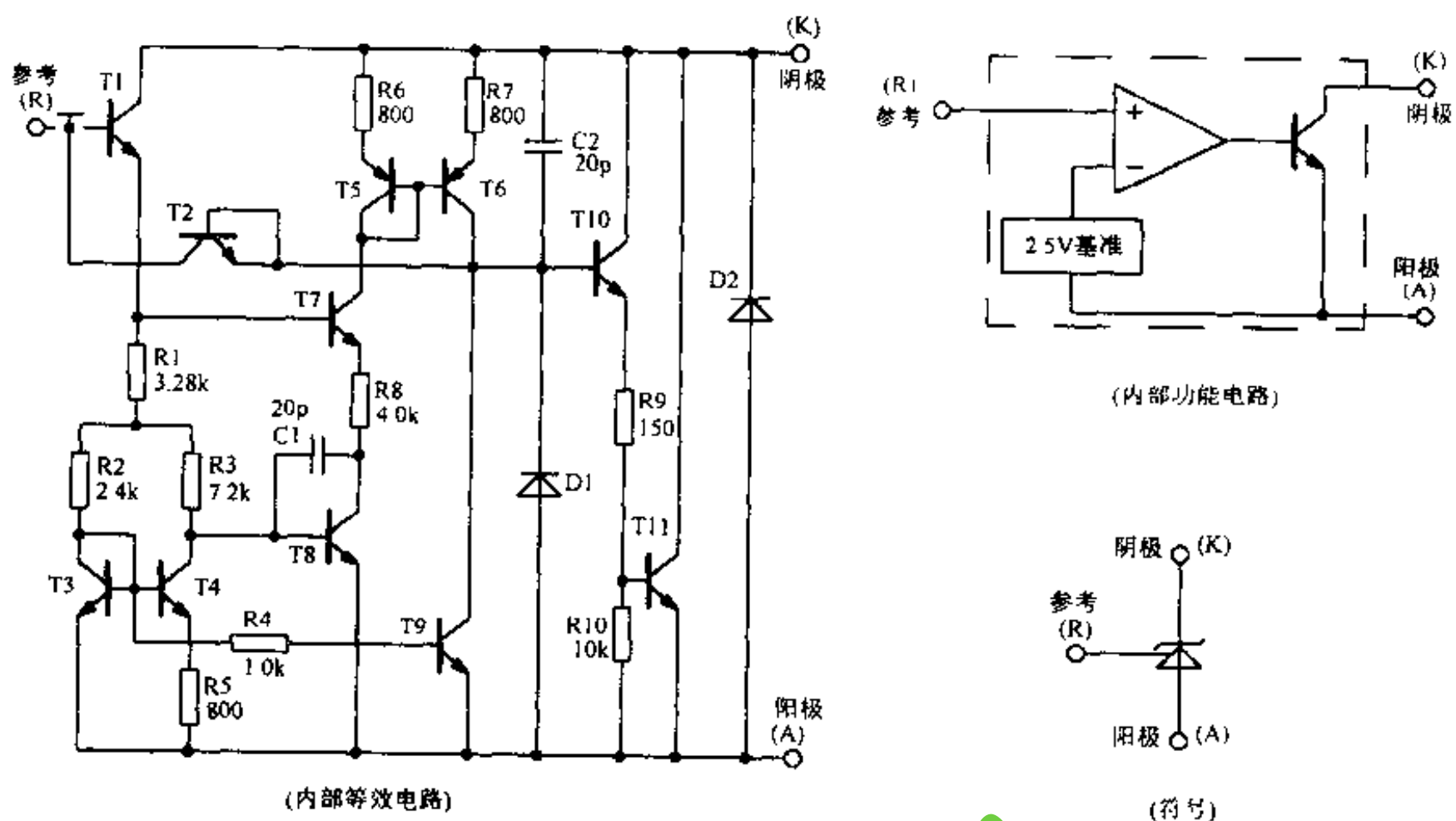


图 5-31 TL431 等效电路、功能及符号

TL431 实际上相当于一只性能优良、使用方便的稳压二极管，一般使用稳压二极管的场合它都可胜任。国外产品 $\mu A431$ 与 TL431 的管脚、功能均相同，可直接互换。

TL431 的主要参数及性能指标分别见表 5-1 和表 5-2。

表 5-1 TL431 的主要参数

参 数	符 号	数 值	单 位
阴—阳极间电压	V_{KA}	37	V
阴极电流(连续)	I_K	-100 ~ 100	mA
参考端输入电流(连续)	I_{ref}	-0.05 ~ 10	mA
工作温度范围	t_c	0 ~ 70℃	
最大耗散功率(环境温度 $t_A = 25^\circ\text{C}$)(管壳温度 $t_c = 25^\circ\text{C}$)	P_D	0.7	W
		1.5	

表 5-2 TL431 的性能指标

	条 件	结 果
电压调整率	$V_{in} = 10V \sim 20V; I_O = 1A$	53mV (1.1%)
负载调整率	$V_{in} = 15V; I_O = 0 \sim 1A$	25mV (0.5%)
输出纹波	$V_{in} = 10V; I_O = 1A$	50mV _{p-p} P. A. R. D
	$V_{in} = 20V; I_O = 1A$	100mV _{p-p} P. A. R. D
效率	$V_{in} = 15V; I_O = 1A$	82%

5.32 由 TL431 组成的恒流源电路

用 TL431 组成的恒流源电路的值只与 V_{ref} 和外加电阻的值有关。如图 5-32 所示。

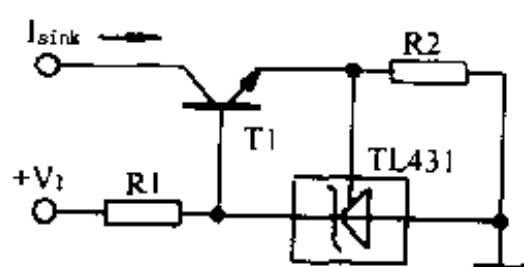


图 5-32 由 TL431 组成的恒流源电路

晶体管的选择应留有余量,适用于灌电流负载, $I_{\text{sink}} = V_{\text{ref}} / R2$ 。

5.33 简单的电流源电路

利用输出可调的电压基准 TL431 和一个三极管、两个电阻,可以组成电流源电路。如图 5-33 所示。

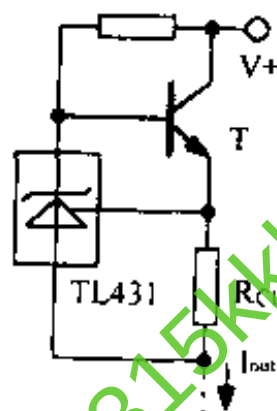


图 5-33 简单的电流源电路

$I_{\text{out}} = 2.5 \text{ V} / R_{\text{ct}}$,使用时,负载电阻接在电流源输出端与地之间。

5.34 电流源电路

利用精密电压基准 REF05,可以组成一个电流源(或阱)电路。

图 5-34(a)为电流源,图 5-34(b)为电流阱。 $I = 5.0 \text{ V} / R + 1 \text{ mA}$ 。

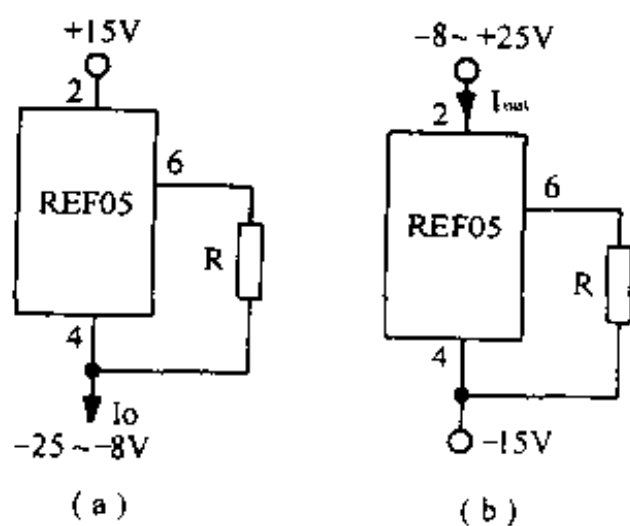


图 5-34 电流源电路

5.35 精密恒流源电路

利用精密电压基准 REF01 和低噪声精密 Difet 运放 OPA111, 可以组成精密小电流 (小于 10mA) 恒流源。如图 5-35 所示。

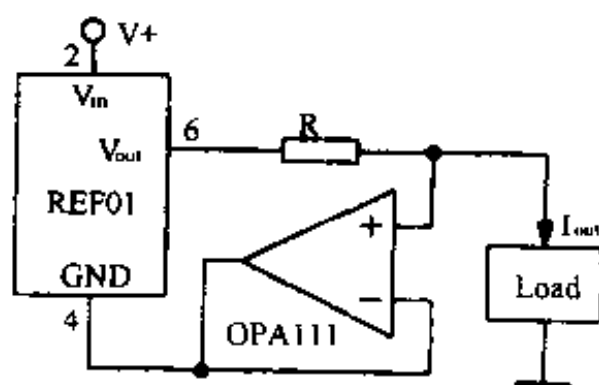


图 5-35 精密恒流源电路

运放接成电压跟随器, 保证同相输入端与 REF01 的 6 脚之间为 10V 基准电压, 故输出电流 $I_{out} = 10/R$, R 不小于 $1k\Omega$ 。若 R 改为 $10k\Omega$ 电位器, 则组成可调电流源。

5.36 $50\mu A$ 电流源

利用 REF200 的电流镜电路和自身的两个 $100\mu A$ 恒流源, 可以组成 $50\mu A$ 电流源电路。如图 5-36 所示。

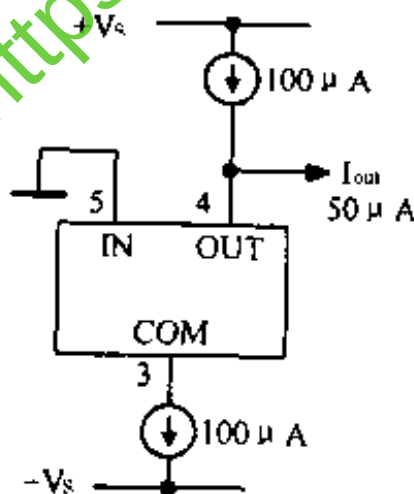


图 5-36 $50\mu A$ 电流源

电路下面的电流源为电流镜建立工作点, 使 5、4 脚电流各为 $50\mu A$ 。上面的电流源除了供给电流镜 $50\mu A$ 外, 输出电流 $50\mu A$ 。

5.37 $200/300/400\mu A$ 浮置电流源

利用 REF200 内部的两个 $100\mu A$ 电流源和电流镜电路, 可以组成 $200/300/400\mu A$ 电流源。如图 5-37 所示。

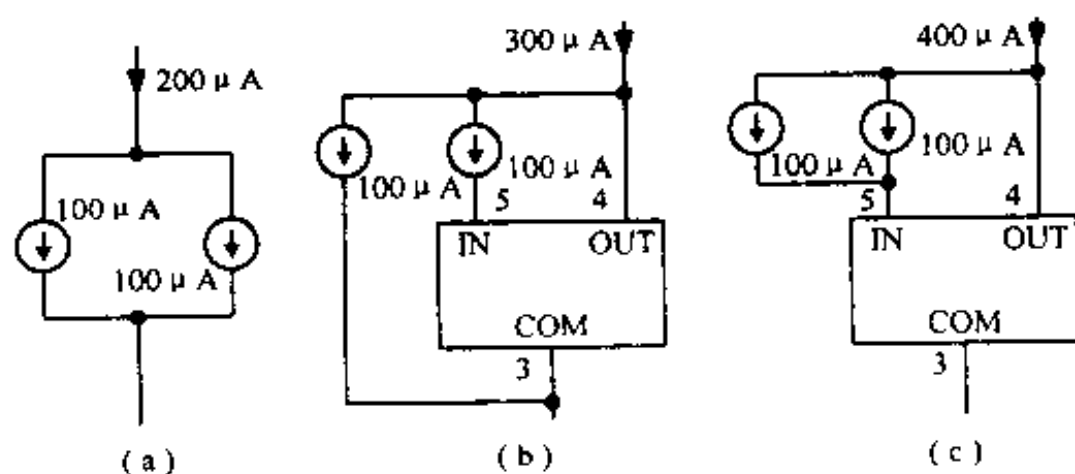


图 5-37 200/300/400 μ A 浮置电流源

5.38 高精度 300/400 μ A 浮置电流源

REF200 浮置电流源的动态电阻小于 $100\text{M}\Omega$, 当电流源两端电压变动时, 会引起电流的微弱变化。如果增加 P 沟道、N 沟道场效应管各一只, 可以组成如图 5-38 所示的高精度 300 μ A、400 μ A 浮置电流源。

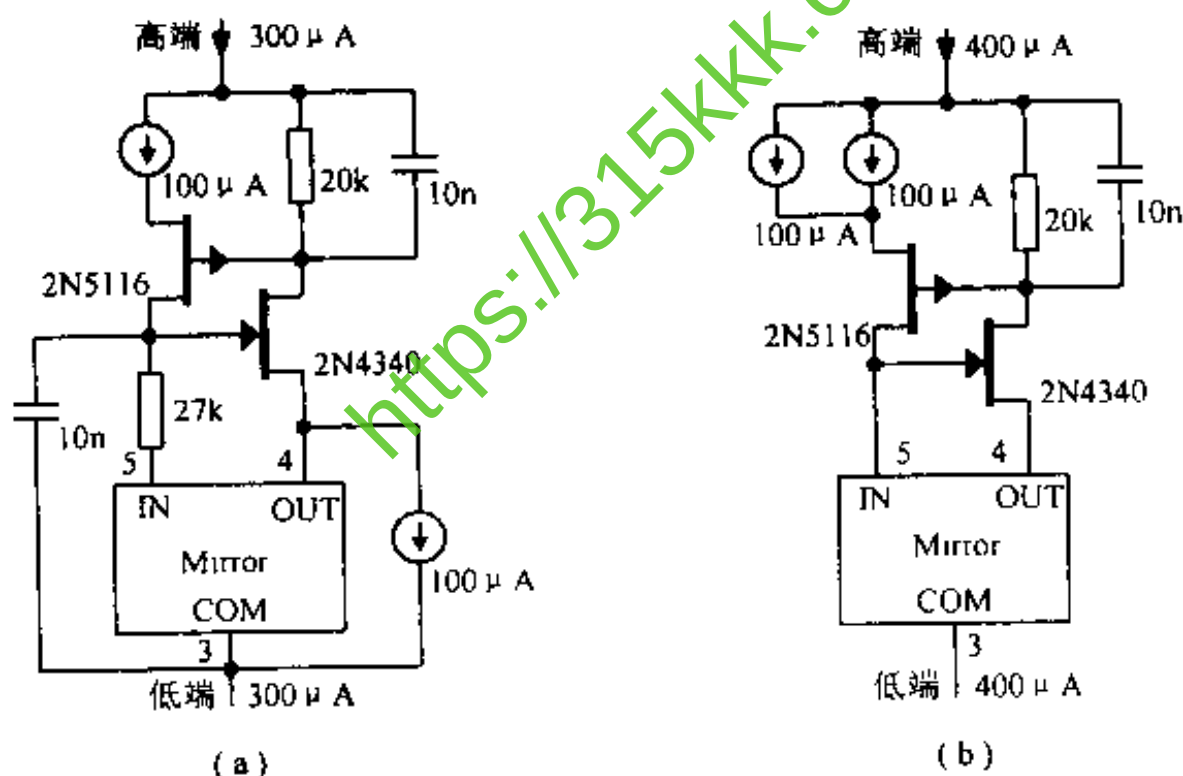


图 5-38 高精度 300/400 μ A 浮置电流源

电压在 15~30V 范围变化时, 电压调整率高达 $0.00003\%/V(300\mu\text{A})$ 和 $0.000025\%/V(400\mu\text{A})$ 。用于要求高精度电流源の場合。

5.39 双 1mA 精密电流源

利用 XTR101 变送器集成电路中的两个 1mA 电流源, 可以组成单电源供电的电流源电路。如图 5-39 所示。

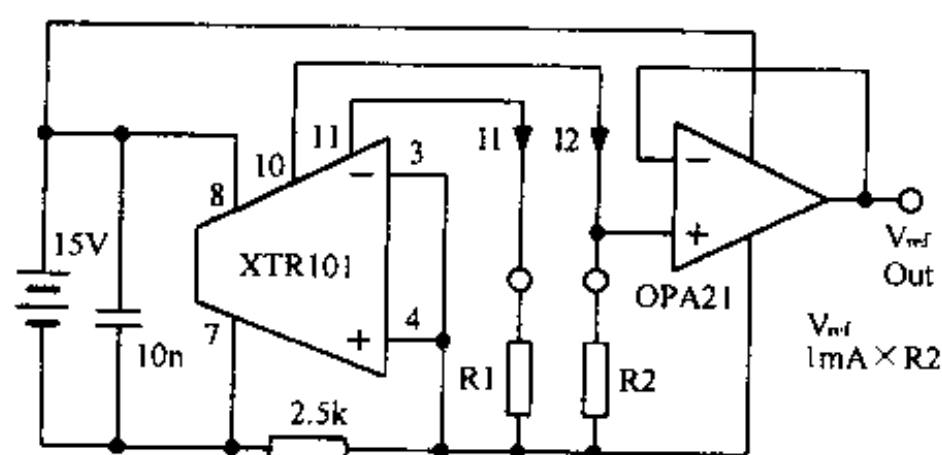


图 5-39 双 1mA 精密电流源

电路中的运放 OPA21 组成跟随器,将其中一路电流转换为电压。

5.40 25mA 浮置电流源

利用 REF200 和单电源四运放 LM324, 可以组成 25mA 浮地电流源。如图 5-40 所示。

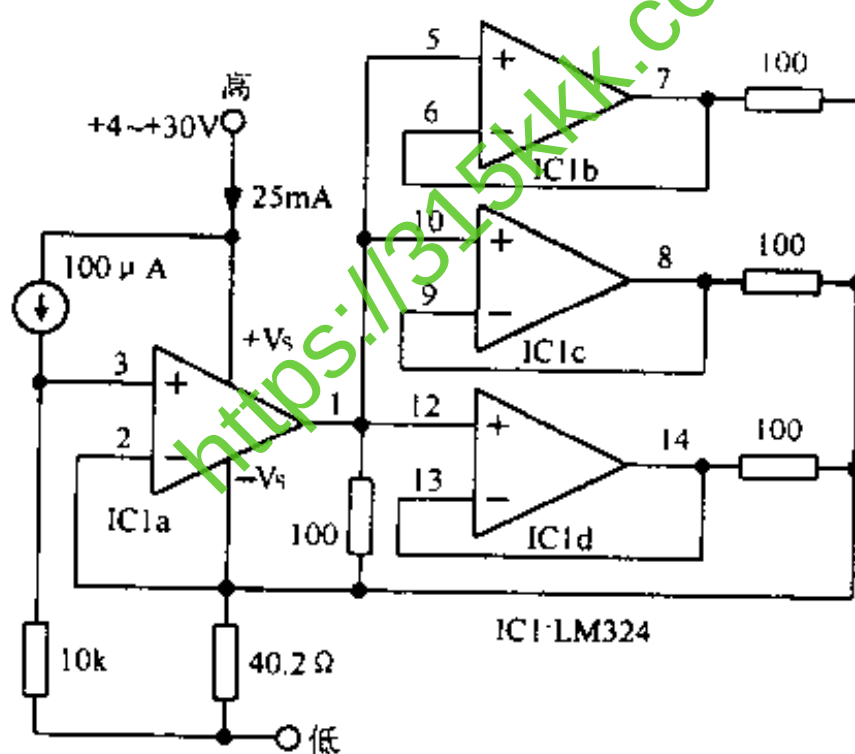


图 5-40 25mA 浮置电流源

100 μ A 电流源在 10k Ω 电阻上的压降为 1V, 故 40.2 Ω 电阻两端电压为 1V, 通过它的电流为 24.9mA。此电流为四个运放经 100 Ω 电阻电流之和。电流源两端电压可在 4~30V 之间变化。

5.41 低噪声高精度电流阱

电流阱是指为浮地负载(负载不接地)提供恒流, 即电流从负载流入电流源。电流源是指电流源在负载的上面, 电流流入接地(或接负电源)负载。利用 REF200 和场效应管可以

组成低噪声、高精度电流阱电路，JFET 的作用是使 $100\mu\text{A}$ 电流源两端的电压恒定，提高了电流阱的等效动态电阻。如图 5-41 所示。

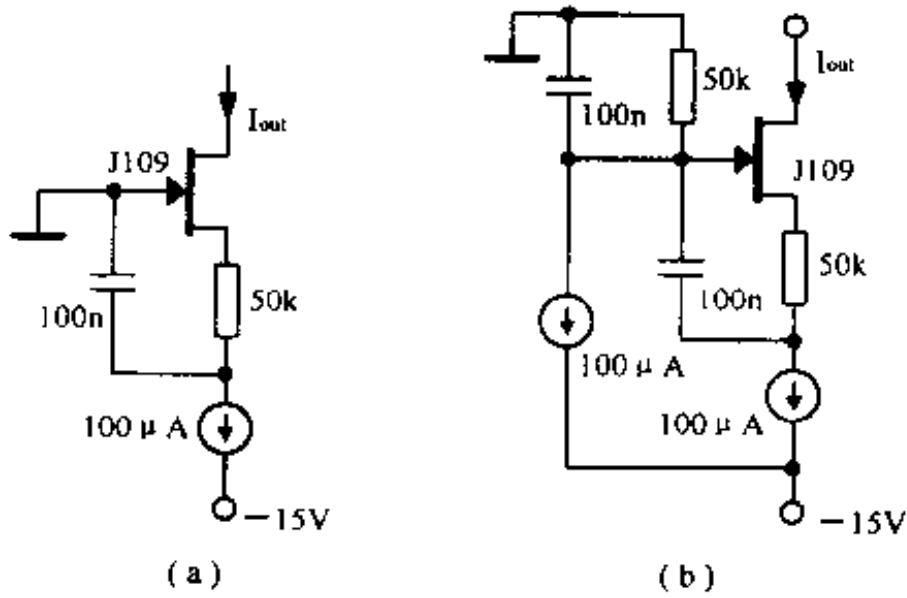


图 5-41 低噪声高精度电流阱

若将这两个电路改为电流源，只要把 JFET 改为 P 沟道，电流源接 $+15\text{V}$ 即可。

5.42 $50\mu\text{A}$ 电流阱

利用 REF200 可以组成几种 $50\mu\text{A}$ 的电流阱电路。见图 5-42。

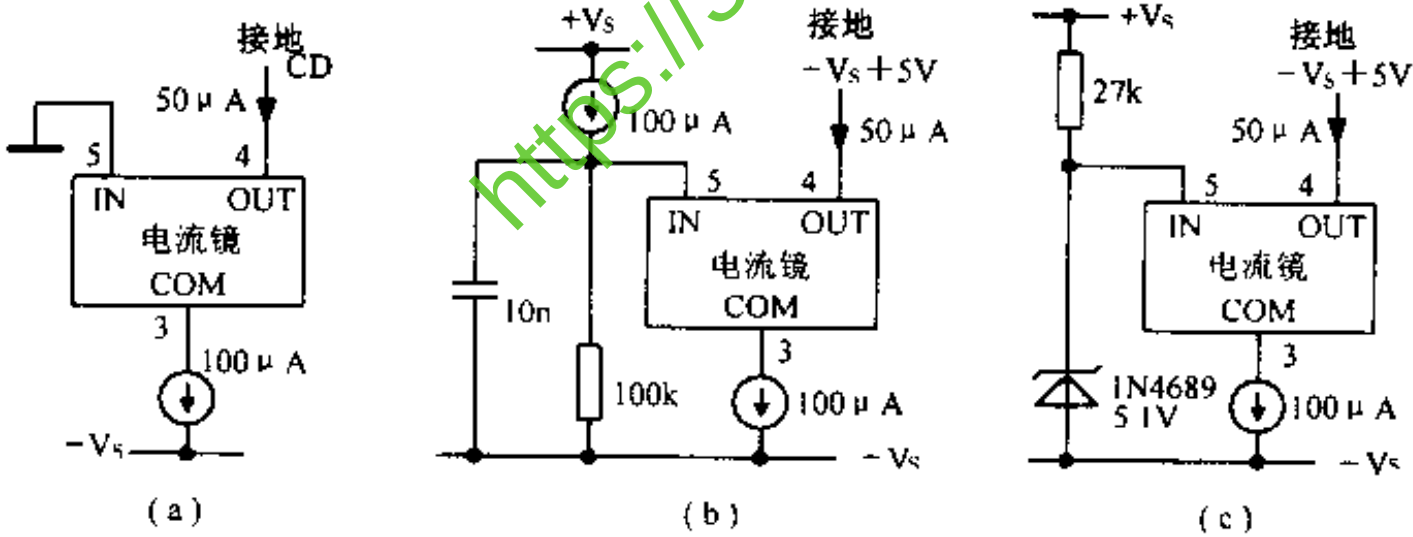


图 5-42 $50\mu\text{A}$ 电流阱

5.43 电流源、电流阱电路

利用 REF02 可以组成电流源电路，如图 5-43(a) 所示；也可以组成电流镜电路，如图 5-43(b) 所示。

输出电流与 R 的关系是 $I_{\text{out}} = 5.0\text{V}/R + 1\text{mA}$ 。(a) 图负载接在 4 脚与 $-25 \sim +8\text{V}$ 之间；(b) 图负载接在 $-8 \sim +25\text{V}$ 与 2 脚之间。此电路简单，但精度不高。

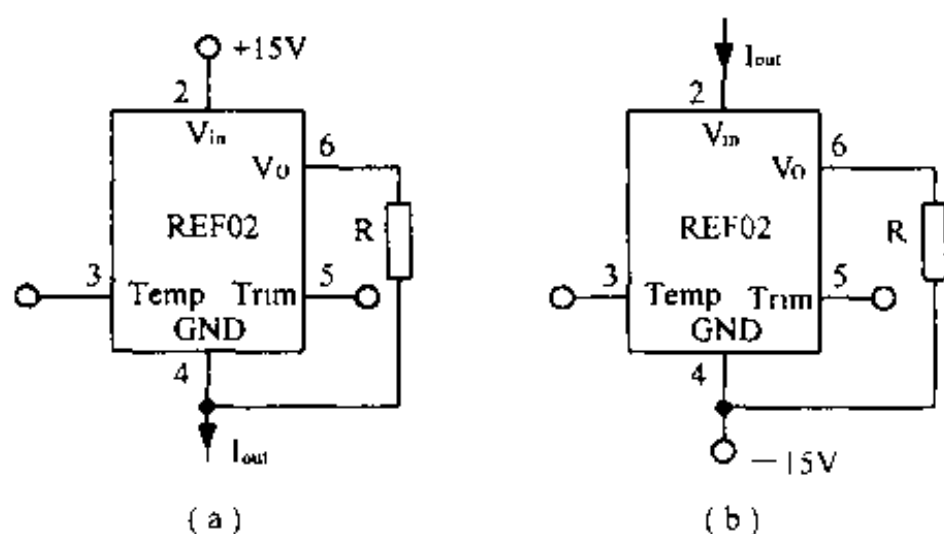


图 5-43 电流源、电流阱电路

5.44 不同输出电流的恒流源电路

利用 REF200、运算放大器、MOSFET 管, 可以组成大小不等的电流源、电流阱电路。如图 5-44 所示。

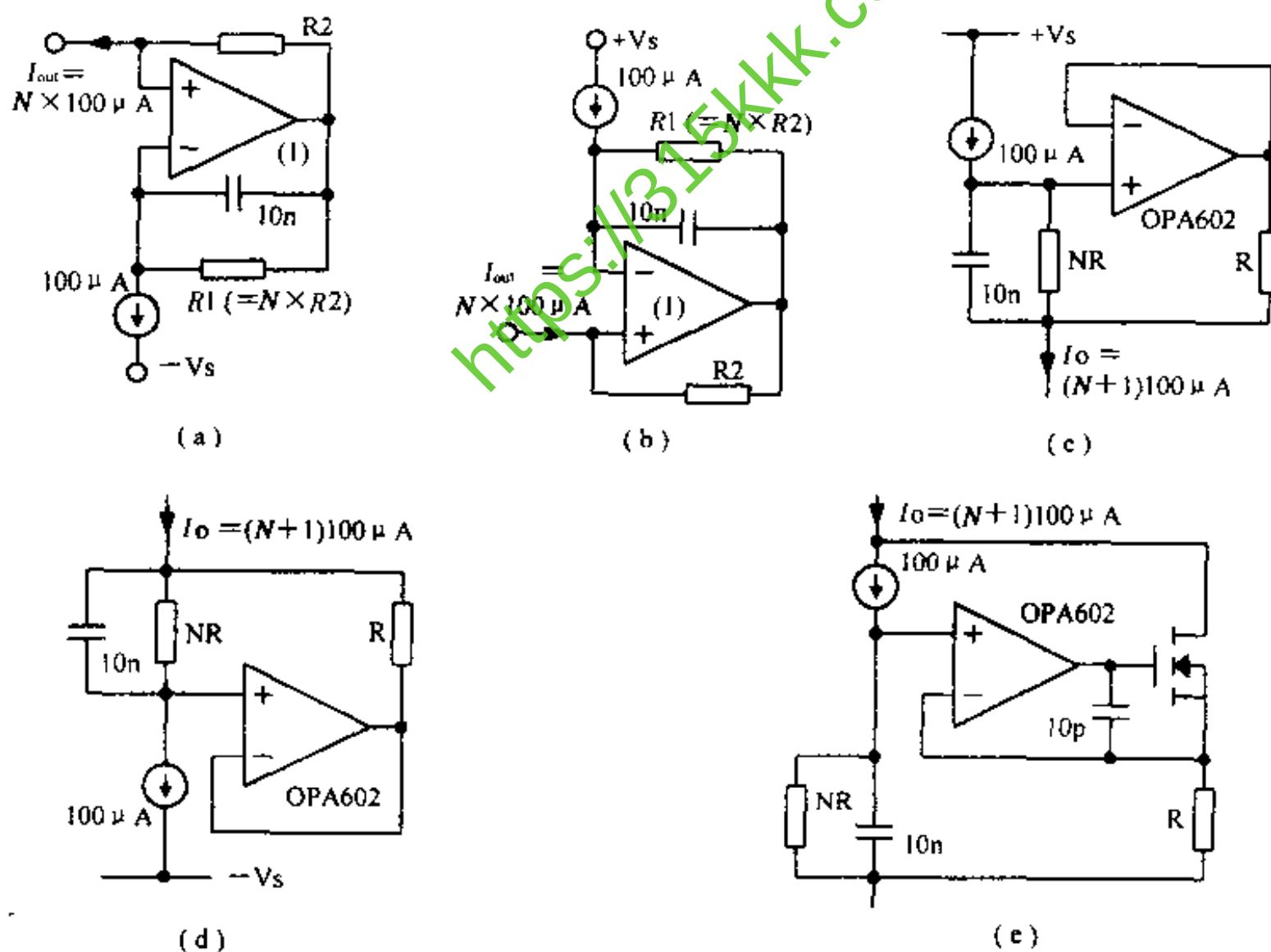


图 5-44 不同输出电流的恒流源电路

图(a)、图(b)的输出电流 $I_{out} = N \times 100\mu A$, $N = R1/R2$, 图(a)为电流源, 图(b)为电流阱, 应选用低输入偏置电流运放。图(c)、图(d)的输出电流 $I_{out} = (N+1) \times 100\mu A$, 图(c)、

图(d)分别为电流源、电流阱电路。图(e)用 MOSFET 管输出较大的电流,例如, $R = 0.1\Omega$, $NR = 1k\Omega$, 则 $I_{out} = 1A$ 。恒流源精度与电阻精度和运放得到的失调电压有关。恒流的大小由负载的阻值、运放的共模电压范围、输出摆幅以及器件的工作电压等参数确定。

5.45 差动输入 FET 缓冲的电流源

由 FET 输入仪器放大器 INA110 和 2N2222A 三极管组成的电流源电路, 输出电流 $I_{out} = V_{in} \cdot G(A + B)$, G 为增益, 可选择 10、100、200 等, R 为外接电阻, 用于设定电流值。 $A = 0.0001$, $B = 1/R$ 。

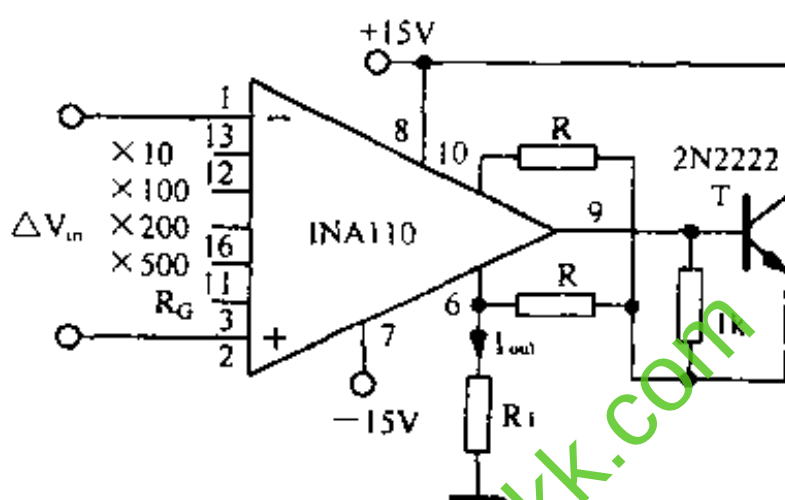


图 5-45 差动输入 FET 缓冲的电流源

电路中的电流范围在 $0 \sim 20mA$ 时, 取 $R = 50.25\Omega$, 增益取 100, 输入电压的变化为 $0 \sim 10mV$ 。

5.46 可编程电流源

利用数控增益编程仪器放大器 PGA203 及一个驱动三极管, 可以组成可编程电流源。如图 5-46 所示。

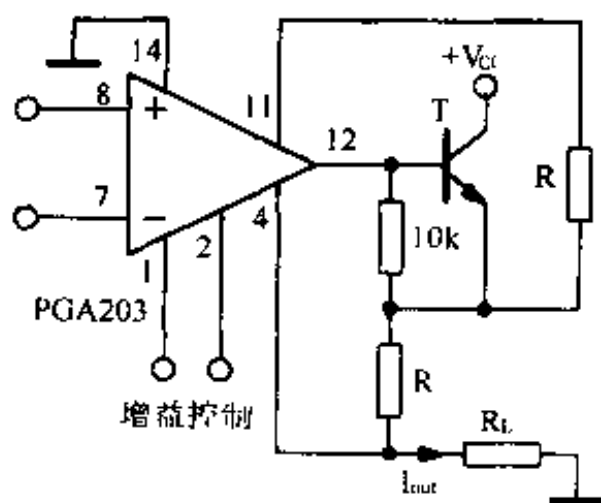


图 5-46 可编程电流源

输出电流与外接电阻和输入信号有关。输出电流最大值 $I_{Omax}(\text{mA}) = 11.3 V / (R + R_L)$, 其中 R, R_L 的单位为 $k\Omega$ 。在 R 和输入信号不变的条件下, 1、2 脚的二进制数值控制输出电流的大小。

5.47 简单的压控电流源

利用高压运放 MC1536(正负电源电压总和可达 72V), 可以组成负载两端电压摆幅达 40V 的压控电流源电路。

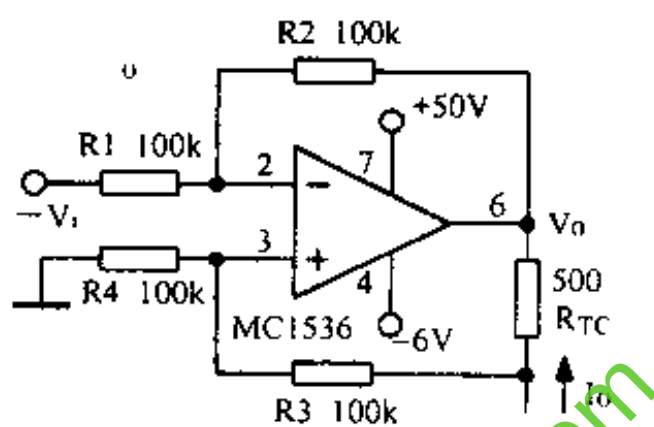


图 5-47 简单的压控电流源

运放 MC1536 采用 +50V 和 -6V 供电, 以保证运放有合适的工作点和负载电压摆幅。输出电流 $I_O = V / R_{TC}$, 最大不得超过 10mA。动态电阻约为 200k Ω 。

5.48 200mA 的压控电流源电路

利用单位增益缓冲器 BUF634 的大电流驱动能力 (250mA) 和精密运放 OPA177, 可以组成对浮地负载提供高精度信号的压控恒流驱动电路。

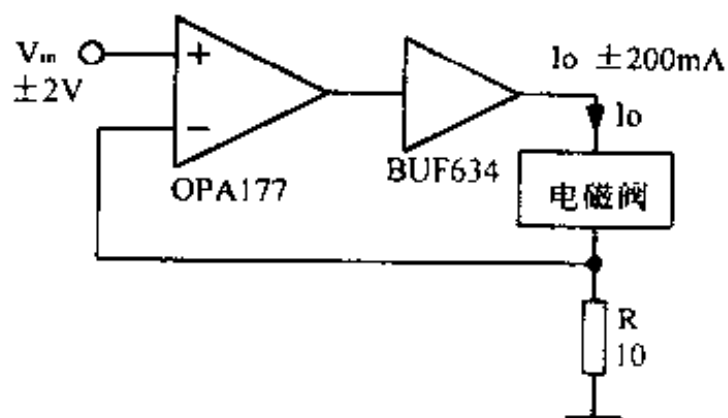


图 5-48 200mA 压控电流源电路

电路中的 10 Ω 电阻选用 1W 低温度系数金属膜电阻。输出电流 $I_O = V_m / R$, 当 $V_m = 2V, R = 10\Omega$ 时, $I_O = 200\text{mA}$ 。

5.49 压控电流源电路

利用精密电容开关 LTC1043 和 LT1013，可以组成输入、输出对地的压控电流源电路。如图 5-49 所示。

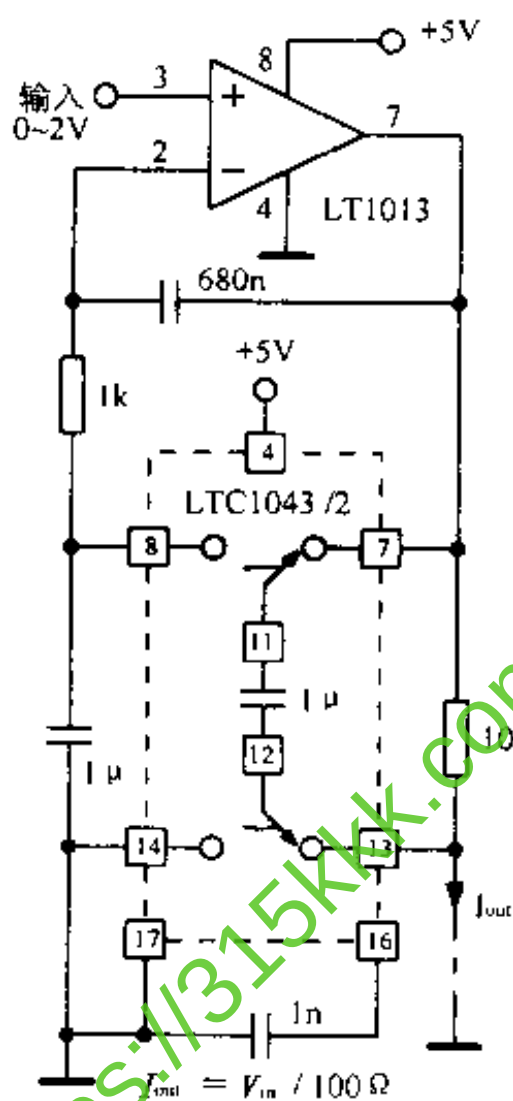


图 5-49 压控电源流电路

电路采用 +5V 单电源供电,输入信号在 0~2V 内,输出电流 $I_o = V_{in}/100$ 。100Ω 电阻选用高精度的金属膜电阻,两只 1μF 的电容器应选用容量严格匹配的聚苯乙烯或聚酯无感电容器。

5.50 三端稳压器做恒流源电路

利用 MC33269 的调整端 Adj,可以把这种集成稳压器变成恒流源电路。输出电流的大小仅取决于负载电阻 R_s 的数值。如图 5-50 所示的连接方法,可以得到的输出电流为:

$$I_{out} = 1.25 / R_{s0}$$

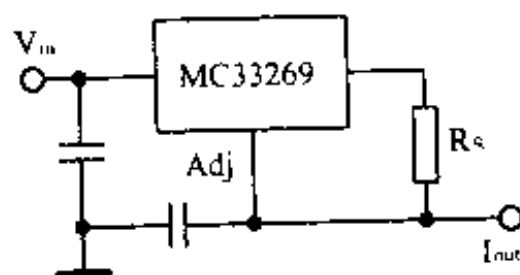


图 5-50 三端稳压器做恒流源电路

第 6 章 电池充电电路

随着使用电池供电的各种便携式电子产品的大量涌现, 电池充电电路的应用也越来越普遍。各种便携式电子产品的供电要求不尽相同, 需要的充电电路也多种多样。早期的电池充电电路比较简单, 只需变压器配合二极管整流即可满足要求。现代数字电子产品和微电脑应用产品大量出现以后, 对电池充电电路也随之出现了微型化、自动化、智能化等多方面的要求。本章介绍了目前流行的从简单到复杂的各种电池充电电路, 读者可以根据自己的实际需求情况参考选用。

6.1 单组电池充电电路

(1) 电阻限流充电电路如图 6-1 所示。

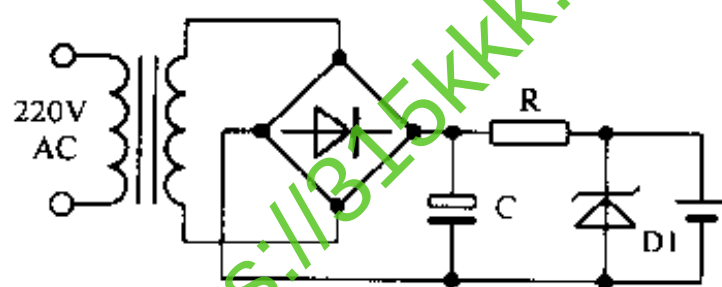


图 6-1 电阻限流充电电路

电路中的稳压管 D1 保证电池两端电压不超过最大规定电压, 电阻 R 限制充电电流。此电路电流一般小于 200mA。

(2) 场效应管恒流充电电路如图 6-2 所示。

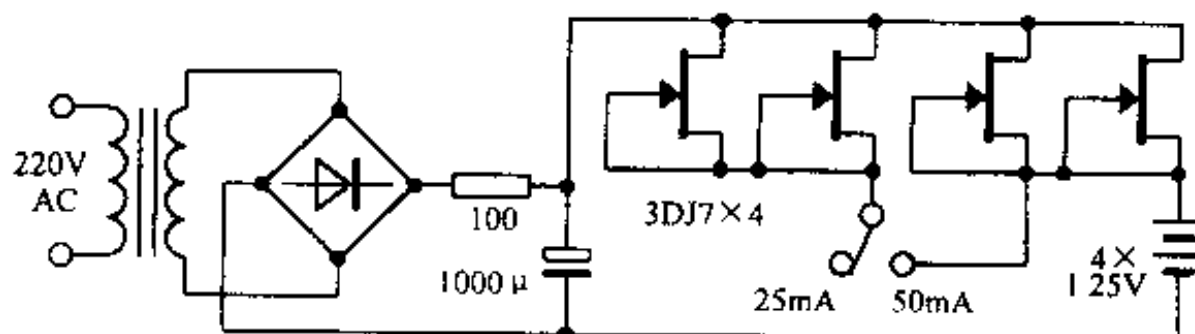


图 6-2 场效应管恒流充电电路

使用 4 只 3DJ7 场效应管接成恒流二极管, 并联后以足够的电流给 4 节镍镉电池充电, 每路电流一般不超过 50mA。需要电流较大时, 可以增加场效应管的个数。

(3) 单个晶体管恒流电路如图 6-3 所示。

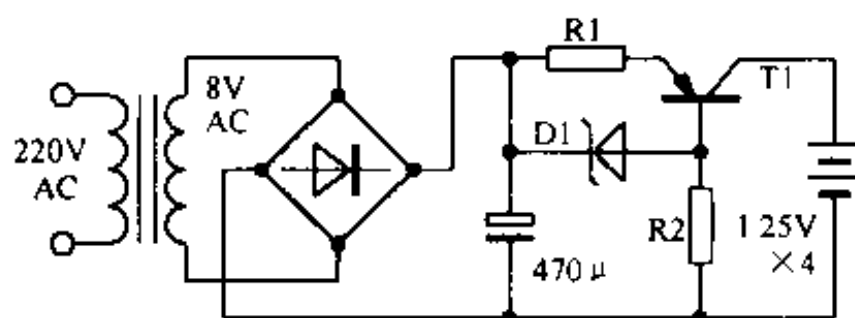


图 6-3 单晶体管恒流电路

充电电流取决于稳压管 D1 的稳定电压 V_Z 和电阻 R_1 , 约等于 $(V_Z - V_{BE1}) / R_1$, 晶体管的电流放大倍数大于 50 为佳。

(4) 具有限压功能的充电电路如图 6-4 所示。

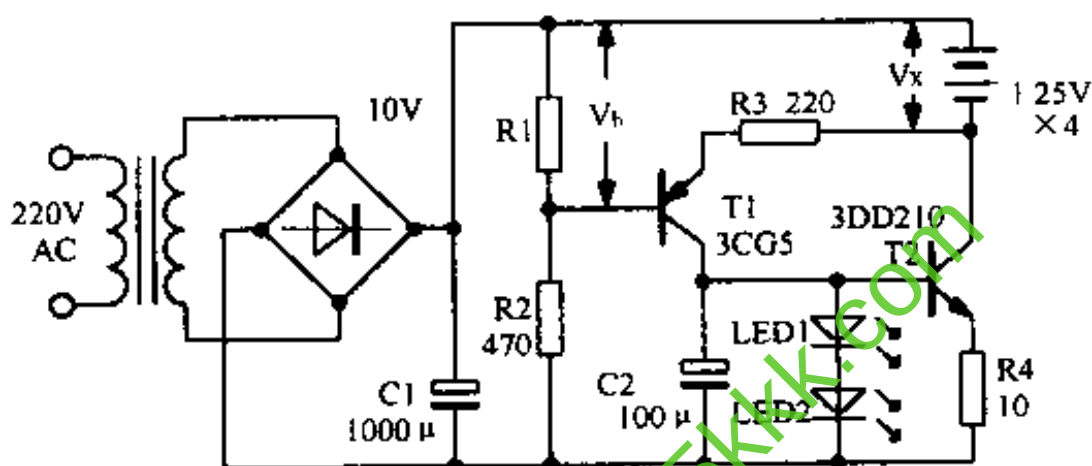


图 6-4 有限压功能的充电电路

图中参数可保证开始充电电流约为 260mA；当 $V_x = 5V$ 时，充电电流约为 200mA；当 $V_x = 6.4V$ 时，充电电流近似为零。

(5)具有反接保护的充电电路如图 6-5 所示。

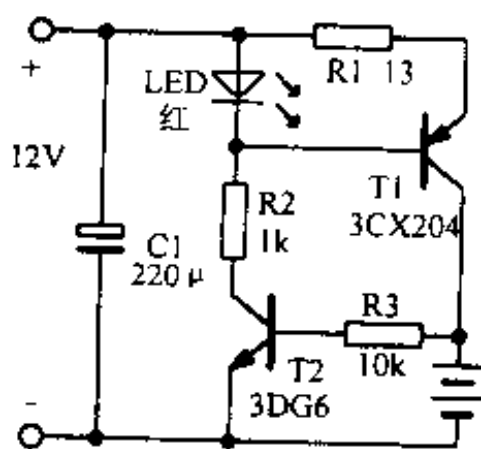


图 6-5 有反接保护的充电电路

电池放置正确并且电池电压大于 0.6V 时,恒流充电电流约为 50mA;如果电池接反,则晶体管 T2 截止,保护了电池。

(6) 稳压集成块恒流源充电电路如图 6-6 所示。

输入电压 24V 时,充电电池可为 1~10 节,具体应用见表 6-1。

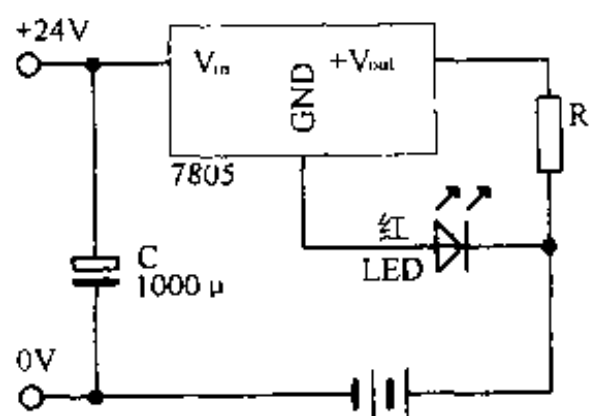


图 6-6 稳压集成块恒流源充电电路

表 6-1 稳压集成块恒流源充电电路具体应用

电池容量 / Ah	充电电流 / mA	电 阻	实际电流 / mA
0.5	50	130Ω / 0.5W	50
1.5	150	43Ω / 2W	150
3.0	300	22Ω / 5W	295

(7)简单的限流限压充电电路如图 6-7 所示。

利用三端可调稳压器 317, 可以组成限流限压充电电路。最大输出电流约等于 $0.6V/R4$ 。

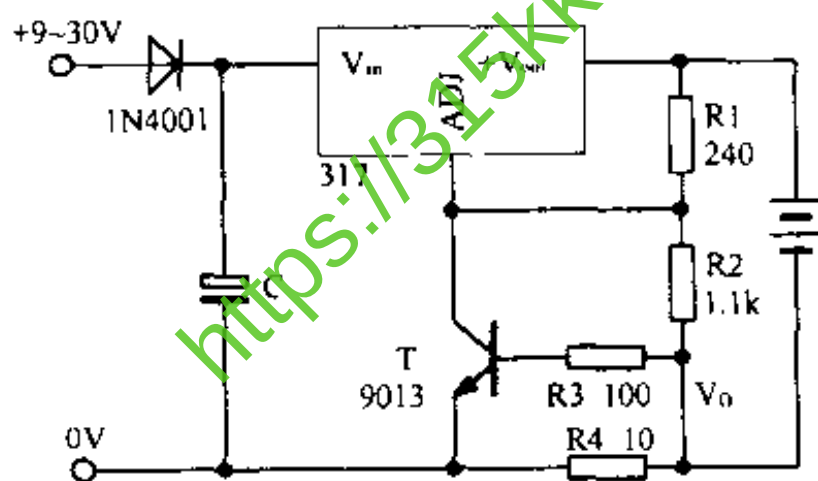


图 6-7 简单的限流限压充电电路

(8)自动充电电路如图 6-8 所示。

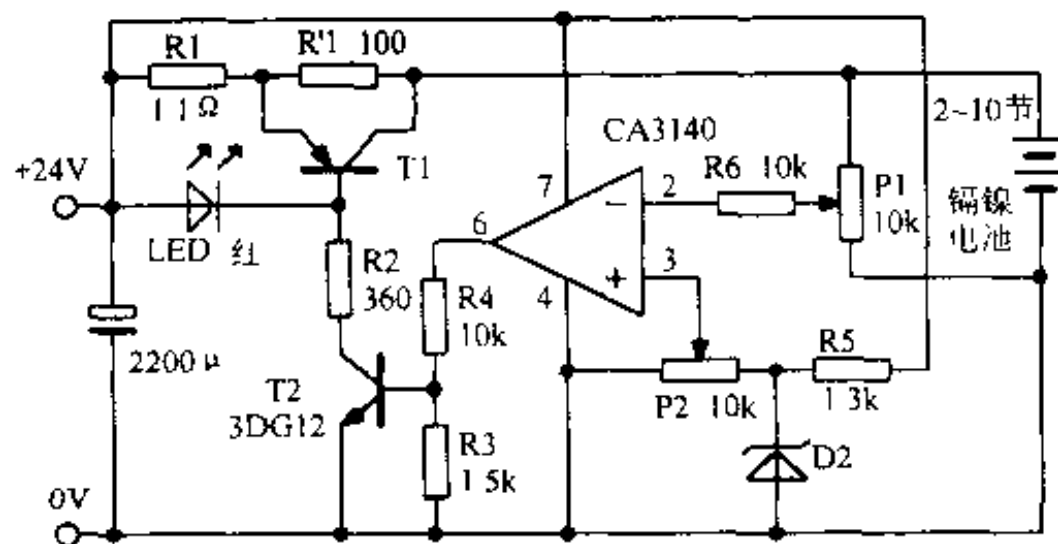


图 6-8 自动充电电路

当电池电压小于电位器 P2 调定的运放 CA3140 同相输入端基准电压时, 运放输出高电位, 晶体管 T2 导通, T1 对电池恒流充电。当充至预定值时, 运放输出低电位, 晶体管 T2 截止, 充电停止。

(9) 简单的全自动充电电路如图 6-9 所示。

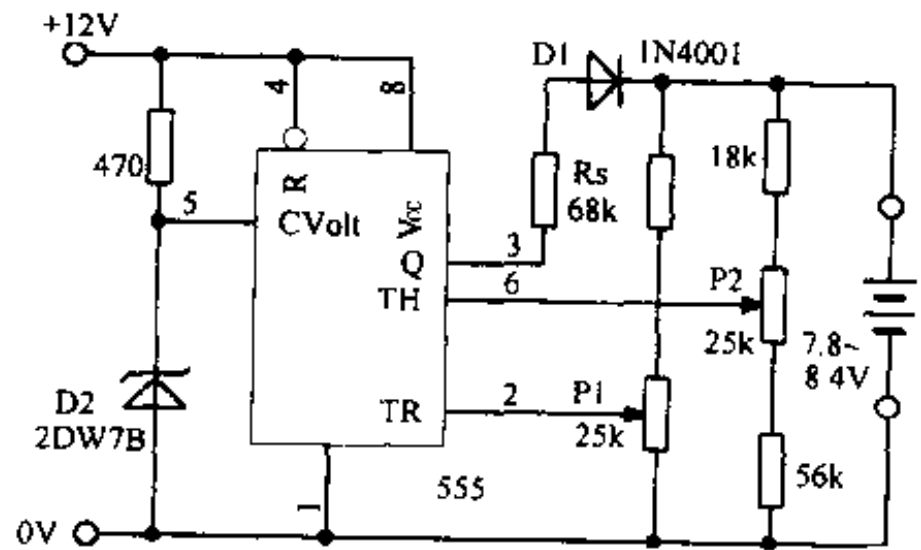


图 6-9 简单的全自动充电电路

利用 555 时基电路, 可以组成简单的全自动充电电路。当电池电压低于 555 的 2 脚调定电压时, 3 脚输出电压约为 10V, 对电池充电, 最大电流小于 200mA; 当电池电压高于 6 脚调定电压时, 3 脚输出电压约为零伏, 停止充电。使电池电压保证在设定的高、低电压之间。

(10) 以 12V 蓄电池为电源的充电电路如图 6-10 所示。

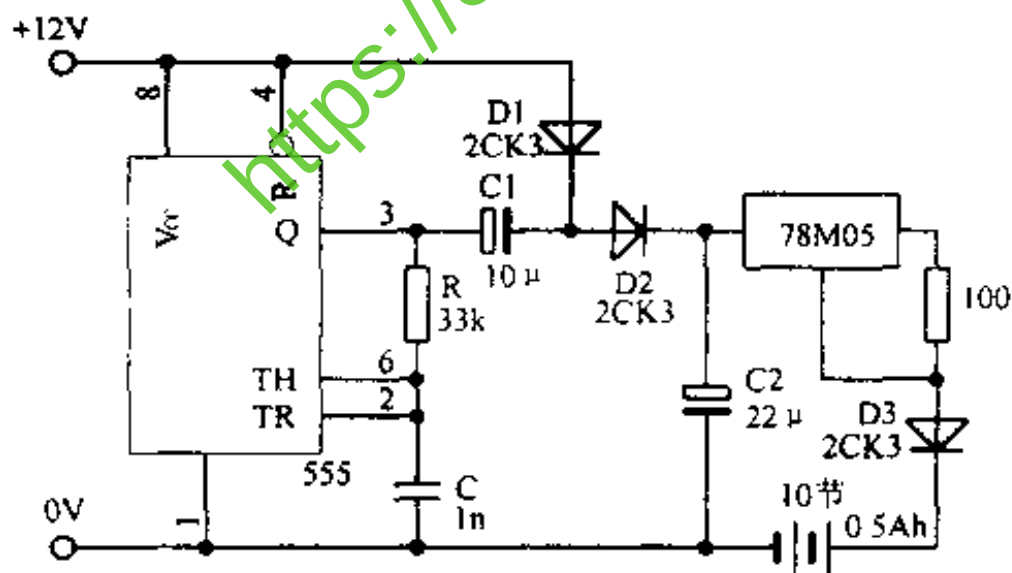


图 6-10 以 12V 蓄电池为电源的充电电路

由 555 组成方波发生器, 其输出经倍压整流获得 22V 直流电压, 78M05 和 100Ω 电阻构成恒流源, 最大输出电流 500mA。

(11) 太阳能充电器如图 6-11 所示。

每片太阳能电池在晴天时可以提供 0.5V、50mA 的电。该电路可对一节 0.5Ah 的镍镉电池进行充电。

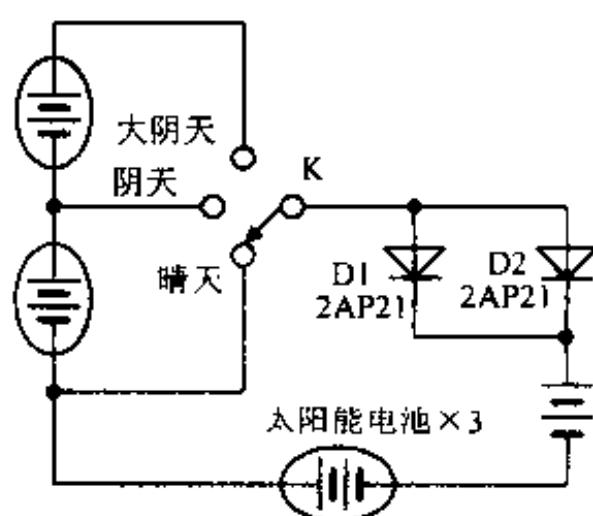


图 6-11 太阳能充电器

(12)连续补充和浮充电路如图 6-12 所示。

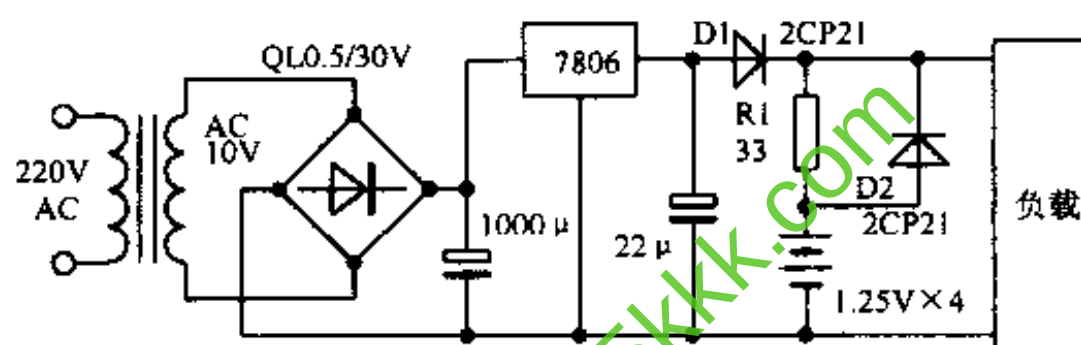


图 6-12 连续补充和浮充电路

作为备用电源的镍镉电池充电不需要单独进行。电路为连续补充充电电路。如果将电路二极管 D2 断开,则只能对电池进行浮充充电。

(13)无电源变压器的充电电路如图 6-13 所示。

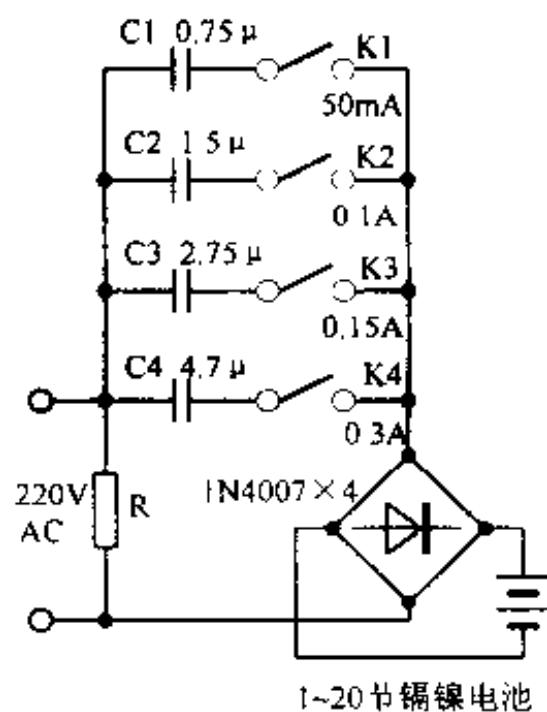


图 6-13 无电源变压器的充电电路

电路采用电容降压方式，电容选择原则是：电容量的微法数等于需要电流安培数的15倍。该电路由4个开关进行组合，可输出电流0.05A、0.10A、0.15A、0.20A、0.25A、0.30A、0.35A、0.40A、0.50A、0.60A等多种。

6.2 MAX712/713 可编程充电电路

由美国 MAXIM 公司生产的 MAX712/713 可编程快速充电集成电路可广泛用于便携式电子产品中。由它组成的充电电路可对1~16节镍镉或镍氢电池进行快速充电，其充电率为C/3~C/4。它能检测充电电池的电压斜率及温度，并有可编程定时器，用于准确地结束快速充电并自动转入涓流充电。它还能实现浮充，在不充电时的最大耗电仅5μA。

MAX712/713 为16脚DIP及SO封装，其内部等效电路如图6-14所示，管脚排列如图6-15所示，各引脚功能见表6-2，被充电电池的节数设置见下表6-3，充电时间的设置

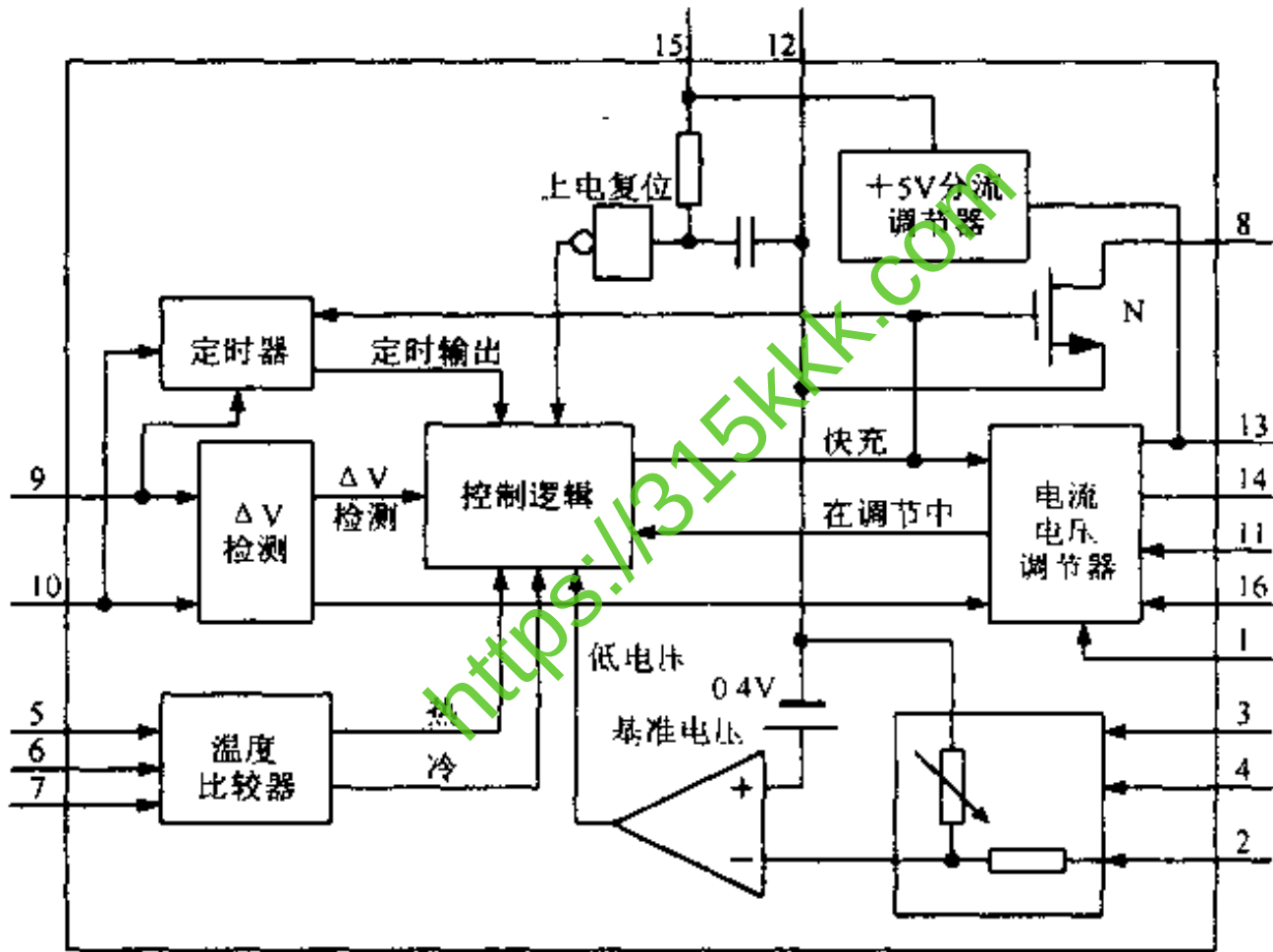


图 6-14 MAX 712/713 内部等效电路

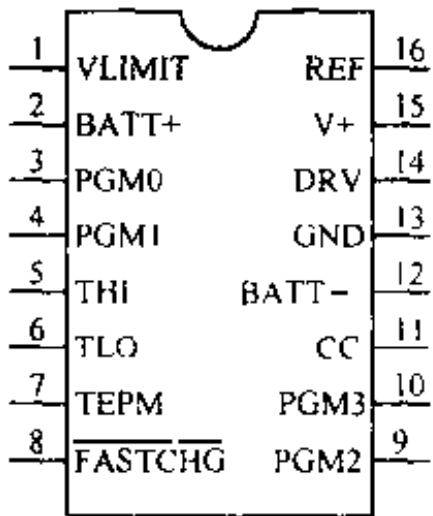


图 6-15 MAX 712/713 管脚排列

见表 6-4,由 MAX712 组成的实际充电电路如图 6-16 所示。

表 6-2 MAX712/713 引脚功能

引脚号	引脚名称	功 能
1	VLIMIT	设定电池最高电压。如果 VLIMIT 接 V+, 则电池端电压将不大于 1.65V × (电池节数); 否则它不大于 VLIMIT × (电池节数)。除非接 V+, 否则 VLIMIT 不得超过 +2.5V
2	BATT +	电池正极
3	PGM0	设定被充电电池的节数
4	PGM1	
5	THI	超温比较器的断开点。如果 TEMP 的电压升高超过 THI 时,快速充电结束
6	TLO	低温比较器断开点。当 TEMP 电压低于 TLO,停止快速充电,在 TEMP 升高到 TLO 前,充电不会开始。TLO 必须设定低于充电器最低温度
7	TEMP	由热敏电阻测定与温度有关的电压输入
8	FASTCHG	漏极开路快速充电状态输出。在快速充电时吸收电流;充电结束并涓流充电时停止吸收电流
9	PGM2	设定快速充电时间(22 ~ 264 分钟)。另外,PGM3 还设定从快速充电到涓流充电的电流比值
10	PGM3	
11	CC	恒流调整回路的补偿输入
12	BATT -	电池负极。对地接入电阻可检测流入电池的电流
13	GND	接地端
14	DRV	驱动外部 PNP 三极管的灌电流
15	V +	分流调节器。对 BATT - 调整到 +5V, 并给芯片供电
16	PEF	2.0V 参考电压输出。电流可到 1mA

表 6-3 被充电电池节数设置

电池节数	PGM1 连接	PGM0 连接
1	V +	V +
2	悬空	V +
3	REF	V +
4	BATT -	V +
5	V +	悬空
6	悬空	悬空
7	REF	悬空
8	BATT -	悬空
9	V +	REF
10	悬空	REF
11	REF	REF
12	BATT +	REF
13	V +	BATT -
14	悬空	BATT -
15	REF	BATT -
16	BATT -	BATT -

表 6-4 充电时间设置

充电时间/分	A/D 采样时间间隔/秒	充电斜率限制	PCM3 连接	PCM2 连接
22	21	不能	V+	悬空
22	21	能	V+	REF
33	21	不能	V+	V+
33	21	能	V+	BATT-
45	42	不能	悬空	悬空
45	42	能	悬空	REF
66	42	不能	悬空	V+
66	42	能	悬空	BATT-
90	84	不能	REF	悬空
90	84	能	REF	REF
132	84	不能	REF	V+
132	84	能	REF	BATT-
180	168	不能	BATT-	悬空
180	168	能	BATT-	REF
264	168	不能	BATT-	V+
264	168	能	BATT-	BATT-

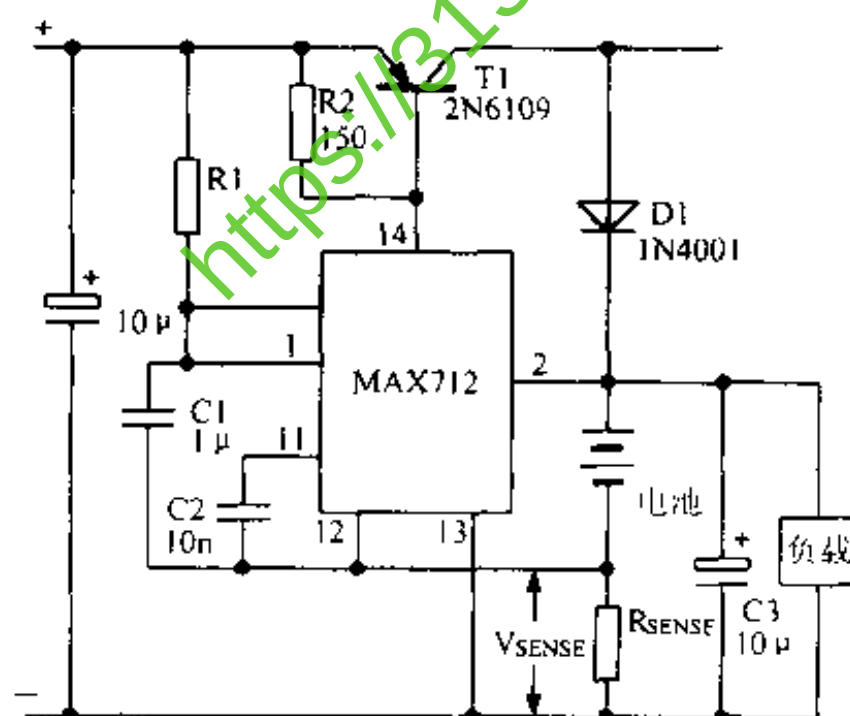


图 6-16 MAX712 实际充电电路

充电电压经 R1 向 C1 充电，当 C1 上的电压达到 5V 时，芯片内部的分流器调节 V+ 为 5V，供给芯片内部。当被充电电池的电压低于 0.4V，或电池的温度低于 TLO 时，电路对电池进行慢速充电，否则进行快速充电。快速充电时，电流经三极管 T1、二极管 D1 向电池充电，由 R_{SENSE} 检测充电电流的大小，并由内部控制电路通过 DRV 端吸收电流的大小来控制充电电流，当检测到的 ΔV 为负或者温度超过 TH1 时，快速充电结束并自动转变为涓流充电。到了设定的充电时间后充电结束。

在充电过程中,电压、温度、充电电流变化如图 6-17 所示。

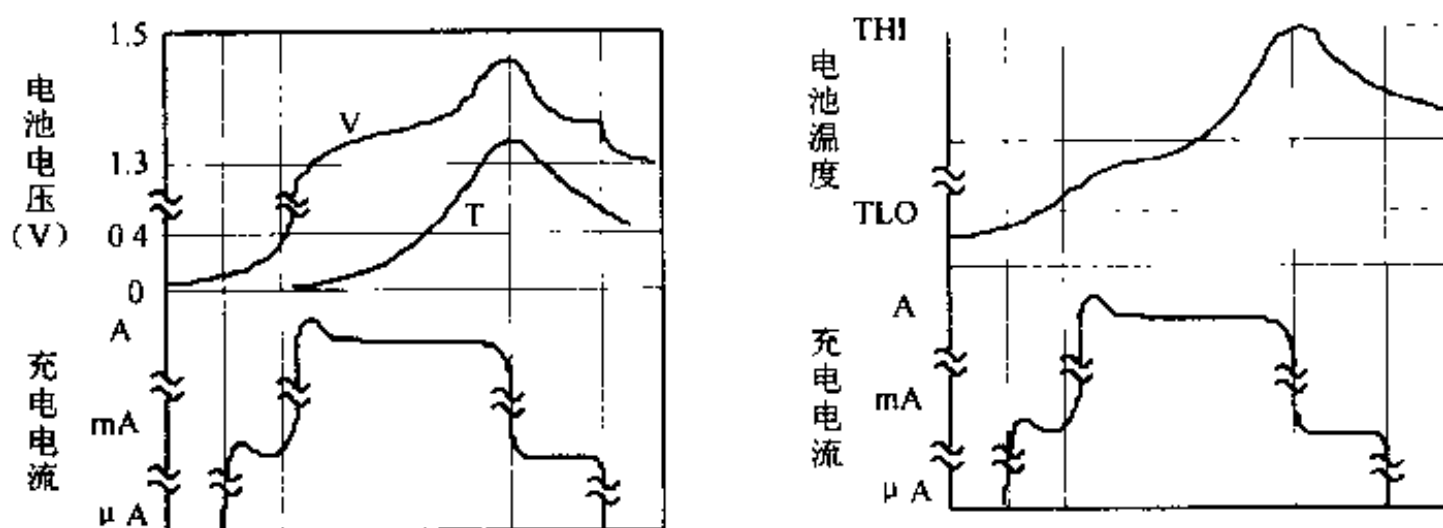


图 6-17 电压、温度、充电电流变化关系

6.3 恒压式镍镉电池充电器

开始充电时,电池两端电压较低,使三极管 T1 截止, T2 导通, 可控硅被触发导通, 充电电流经限流电位器 P2 及可控硅对电池充电。随着充电的进行, 电池的端电压逐渐升高。当电池电压达到 1.38V (单节镍镉充电电池的充满电时的电压) $\times 4$ 时, T1 导通, T2 截止, 切断充电电流, 停止充电, 防止“过充”现象出现, 同时发光二极管发光, 指示充电过程结束。电路如图 6-18 所示。

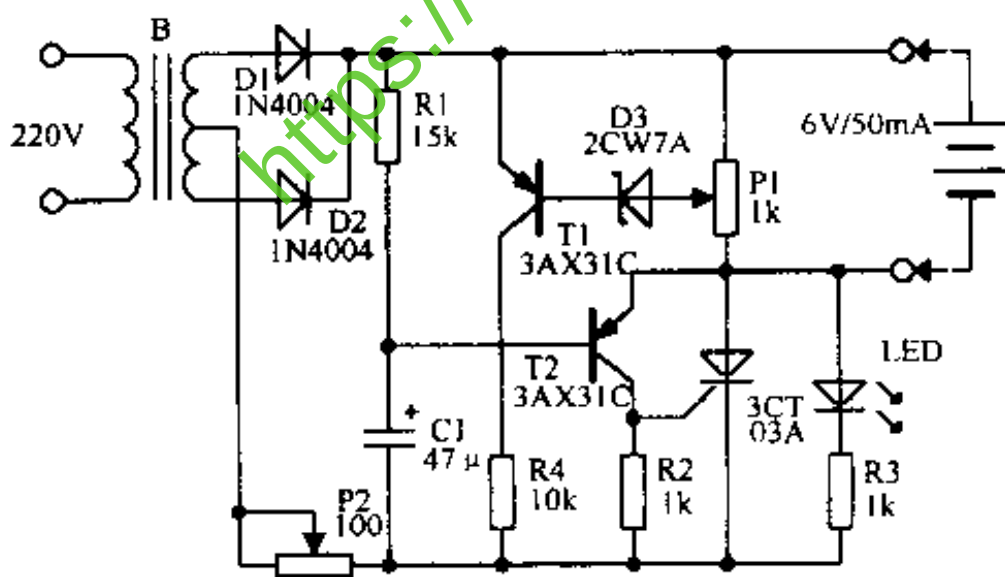


图 6-18 恒压式镍镉电池充电器

6.4 恒流式镍镉电池充电器

充电时, 由于开始时被充电电池电压较低, T1 基极电位较高, 致使恒流二极管 CRD2 导通, 由 T1 产生一个恒定的集电极电流 I_{c1} 流过 LED, 使 LED 发光, 其正向压降约 1.5V , 为 T2 提供一个稳定的基极电位, 于是 T2 产生一个恒定的集电极电流 I_{c2} , 此时 I_{c1} 、 I_{c2} 共同组成充电电流对电池充电。当电池电压升高到预定值时, T1、CRD2 截止, 电路停止对电池

充电。电路如图 6-19 所示。

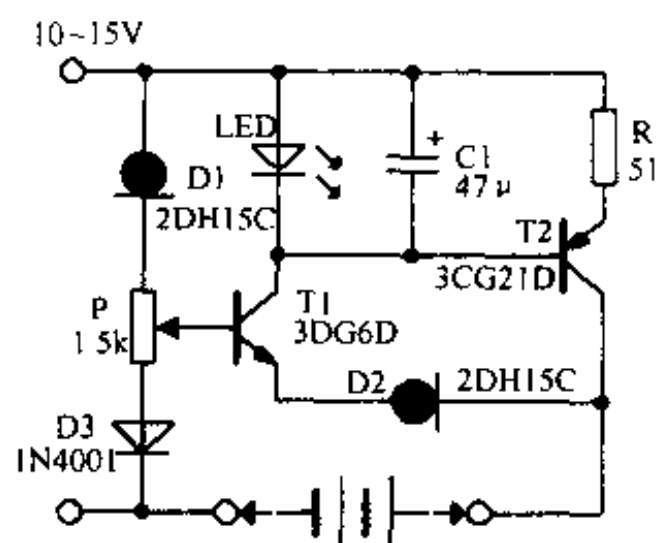


图 6-19 恒流式镍镉电池充电器

6.5 可控硅电池自动充电器

电路开始充电时,由于可控硅 SCR 触发端 G 的电压(取决于充电电池两端的电压)不足以触发导通,所以,LM317、R5 及开关 K 选定的电阻组成恒流源,通过 D5 向镍镉电池恒流充电,电流值为 $I_0 \approx 1.25/R1$ (或 $R2 \sim R4$)。其中 1.25 为 LM317 的输出电压最低值。如图 6-20 所示。

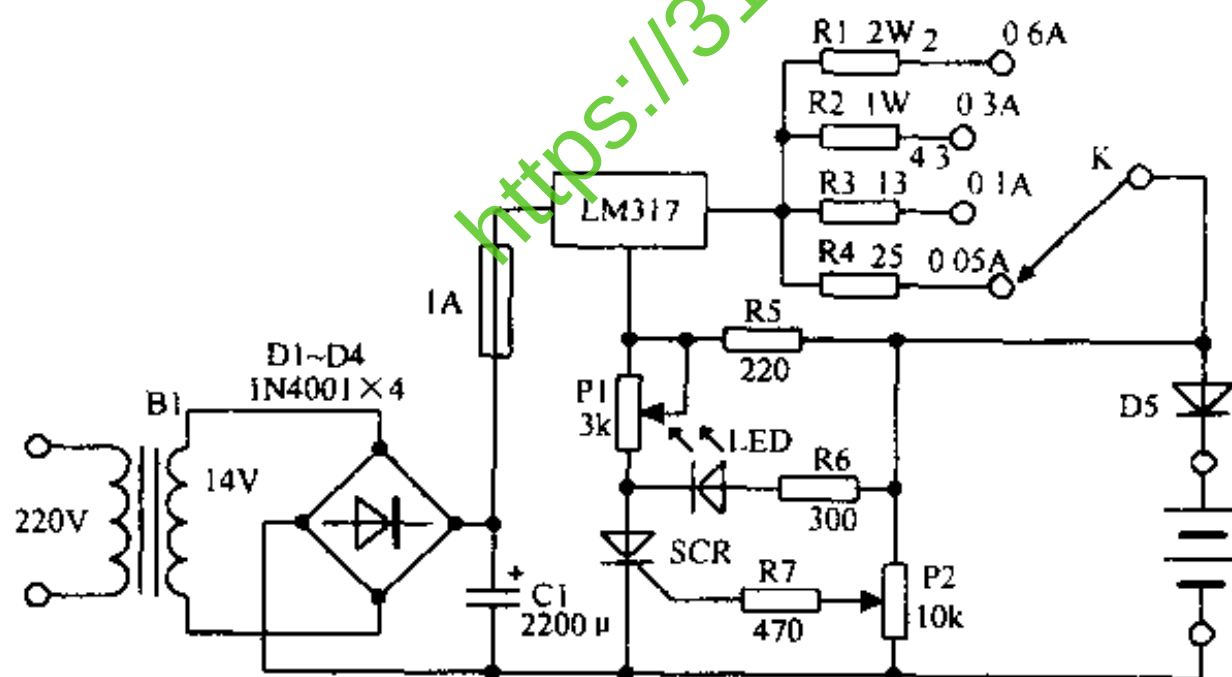


图 6-20 可控硅电池自动充电器

经过一定时间后,电池电压上升到允许最大值(一般每节电池不超过 1.60V)时,SCR 触发导通(触发电压值由 P2 确定),这时电路就变成恒压电源,输出电压由 P1 确定。 $V_0 = 1.25(1 + P1/R5) + V_{AK} - V_{D5}$, $V_0 \approx 1.25(1 + P1/R5)V$ 。其中 V_{AK} 为 SCR 导通时阴、阳极之间的压降、 V_{D5} 为 D5 上的压降。此时 LED1 亮,表示电池快充满。当电池电压逐渐上升与输出电压接近,充电电流越来越小,最后接近于零,电池充电结束。电路若要重新启动,只要关闭电源开关,待 LED1 灭后即可再启动。

6.6 并联式全自动脉冲充电器

NE555 构成多谐振荡器,其输出端控制可控硅的通断;IC2 为电压比较器。如图 6-21 所示。

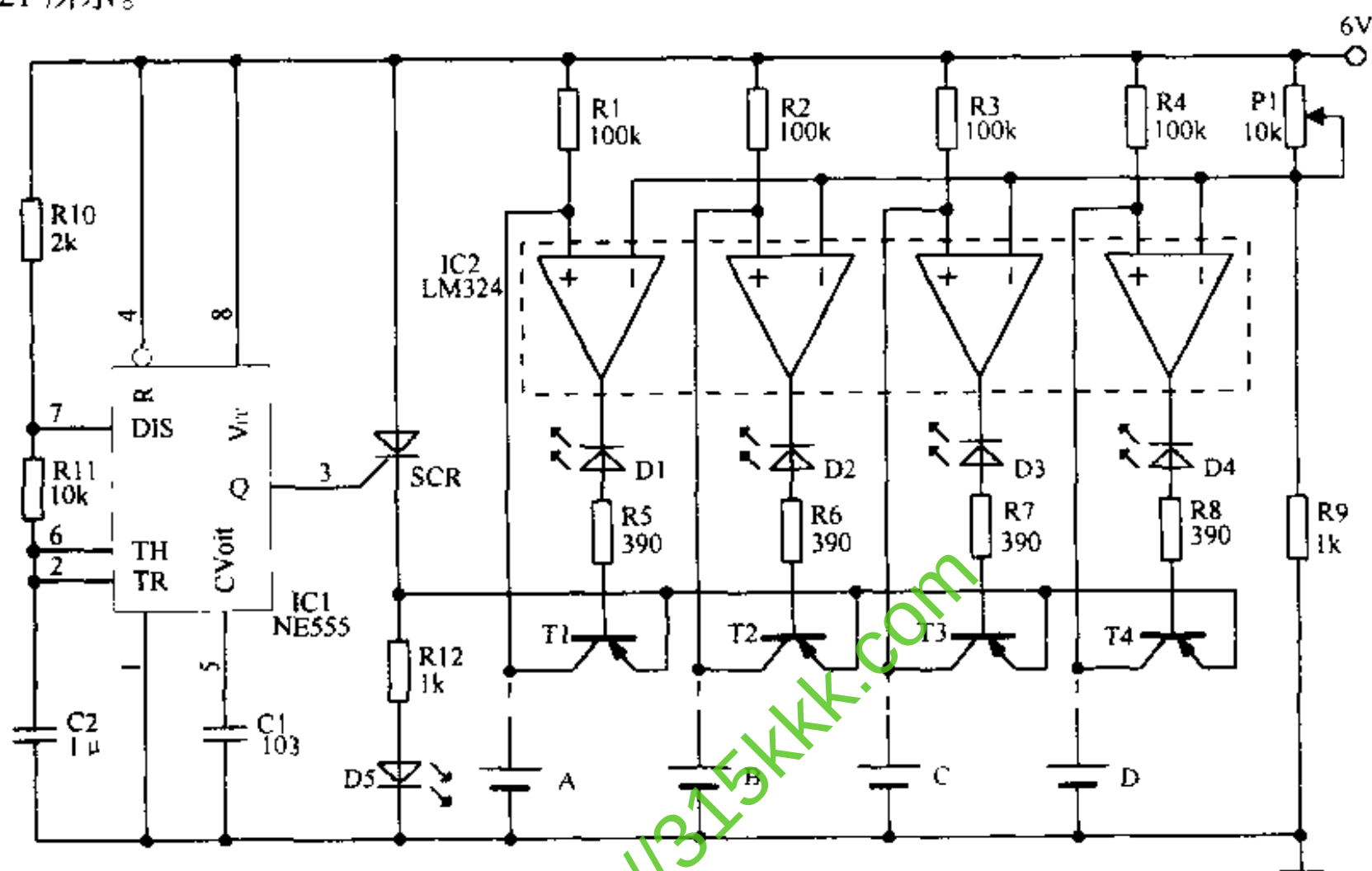


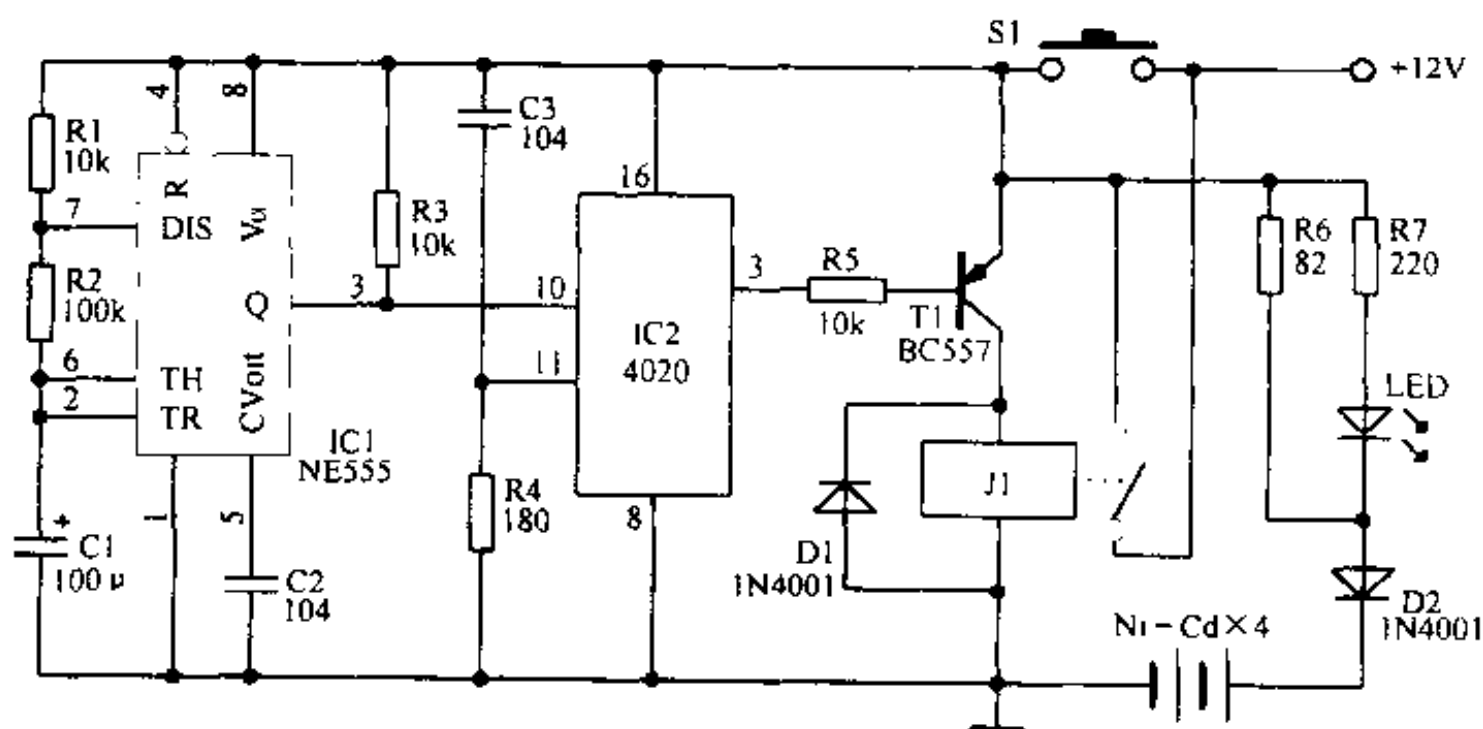
图 6-21 并联式全自动脉冲充电器

不接入电池时,比较器“+”端高于“-”端电平,因此,比较器输出高电平,发光管不亮。当接入电压不足的电池时,比较器“+”端电平低于“-”端,输出低电平,晶体管在 IC1 的 3 脚为高电平时导通,对电池充电,在 IC1 的 3 脚为低电平时截止,电池以小电流通过集电极放电,发光管也随之周期性发光(因放电电流较小,不足以使发光管在放电期间发光)。当电池充满时,比较器“+”端电位高于“-”端,输出高电平,三极管截止,发光管长时间不亮,示意充电完成。

6.7 自动断电的镍镉电池充电器

本电路采用简单的定时器,充电时 4 节容量各为 500mA 的镍镉电池接成串联形式。如图 6-22 所示。

电池以 50mA 的恒定电流充电 15 小时后,电路自动切断,充电停止。电路采用时基 555 组成时钟电路,它产生 6 秒周期的方波用来触发 IC2。IC2 接成 8192:1 的分频器。充电时,晶体管 T1 导通,使继电器 RL1 吸合,LED 发光表示充电正在进行。在 555 送入 IC2 到 8192 个时钟脉冲后,IC2 的 3 脚变为高电位,T1 截止,RL1 释放,电路停止充电。开始充电时按下开关 S1,使继电器自保吸合,充电直到预定时间为止。



6.8 镍镉电池的充电保护电路

由 D1、D2、R1、R2、T1 组成充电部分, T2、R3 组成充电保护电路。如图 6-23 所示。

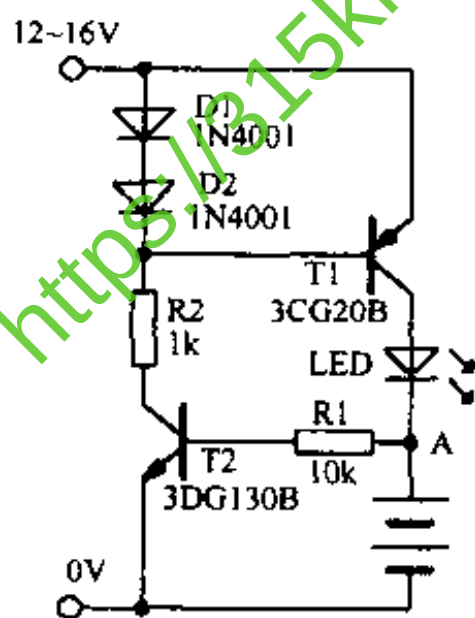


图 6-23 镍镉电池的充电保护电路

当镍镉电池的剩余电压低于 0.6V 时, T2 导通, T1 也导通, 电流经 R1、T1 给镍镉电池充电, 发光二极管 LED 亮, 表示充电正常。如果电池极性接反, 则 T2 基极为负电位, T2 截止, T1 的基极电位被抬高, 使 T1 关闭, 不对镍镉电池充电, LED 不亮, 表示电池极性接反。

6.9 镍镉电池自动充电器

充电时, NE555 的 2、6 脚电压低于 5 脚设定的电压, 3 脚输出高电平, 发光二极管亮, 充电器对电池充电。如图 6-24 所示。

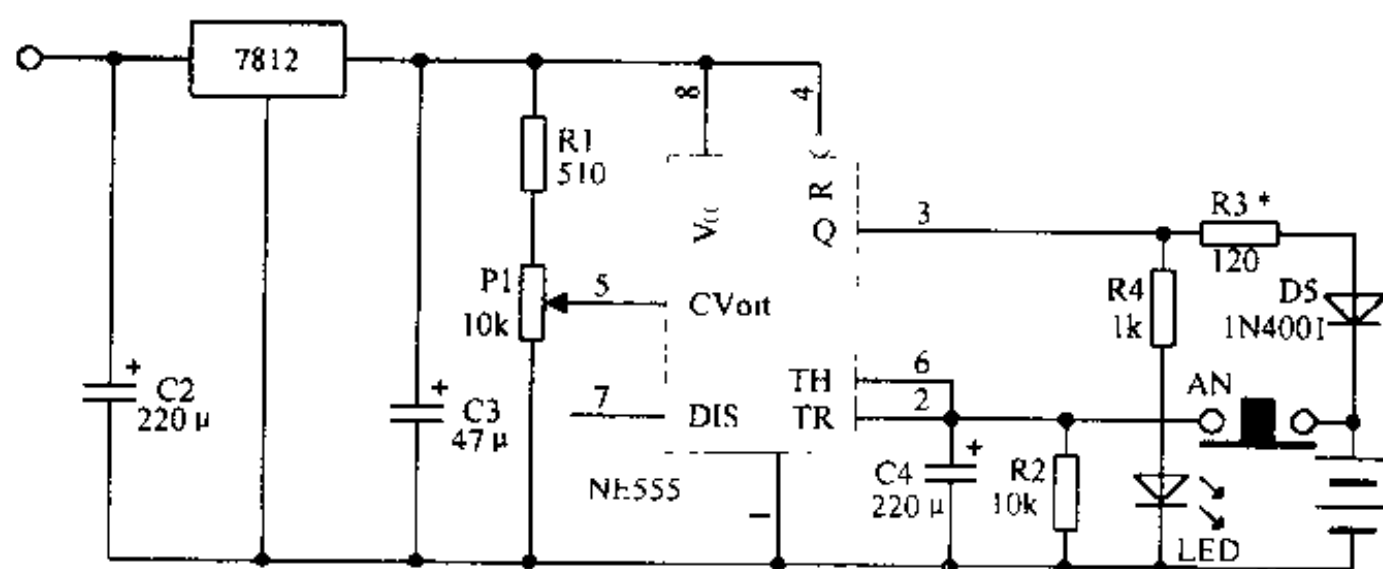


图 6-24 镍镉电池自动充电器

在充电过程中, 电池电压逐渐上升, 电池充满时电压上升到与 5 脚电压一致, 555 翻转, 3 脚输出低电平, 发光二极管熄灭, 表示充电结束。所以, 改变 555 的 5 脚电压, 可以对不同节数的电池充电。5 脚最低电压不能低于 2V。设定充电电压时, 先调节电位器 P1, 使 5 脚电压达到规定值。充电前, 按下常闭按钮 AN, 调整 R3 使充电电流合适, 松开 AN, 电路即开始充电。

6.10 蓄电池充放电保护器

该保护器电路如图 6-25 所示。

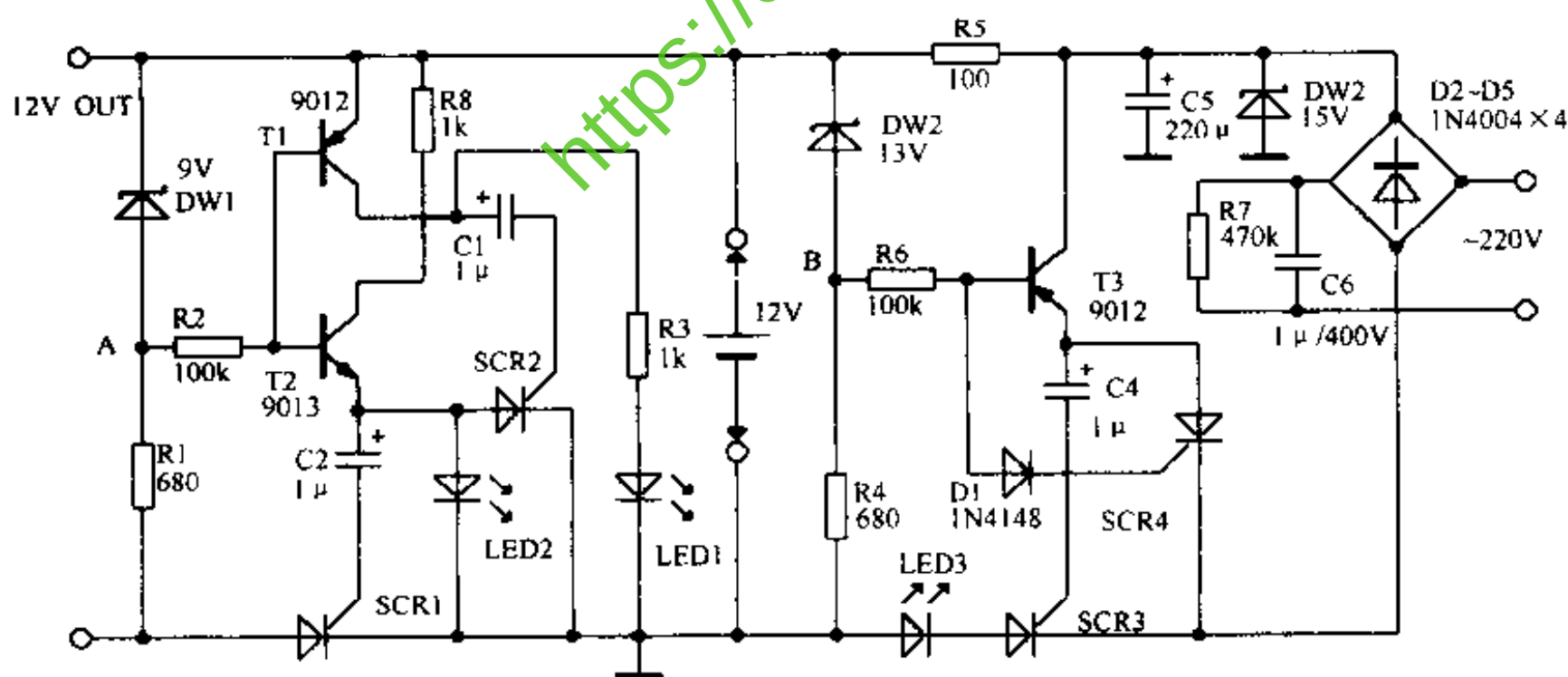


图 6-25 蓄电池充放电保护器

欠压保护电路:当电池电压在 9V 以上时,DW1 击穿导通,A 点电压为正,T1 反偏截止,T2 导通,电流经 C2 触发 SCR1 导通,蓄电池正常输出电压,黄色发光管 LED1 熄灭,红色发光管 LED2 亮,作电池电压正常指示。当电池电压低于 9V 时,DW1 截止,A 点电压为负,V1 正向导通,C2 电压经 SCR2 加于 SCR1 阴极,SCR1 截止,其输出端无电压输出。LED2 熄灭,LED1 亮,指示电池电压不足。

充电电路：当电池电压低时，DW2 截止，T3 正偏导通，电流经 C3 触发 SCR3 导通，充电电路对电池充电。绿色发光管 LED3 亮。当电池电压充至 13V 以上时，DW2 击穿，B 点电压为正，T3 反偏截止，D1 导通，触发 SCR4 导通，C3 正极电压经 SCR4 加到 SCR3 阴极，SCR3 截止，电路停止对电池充电。

6.11 快充型充电器

电路如图 6-26 所示。

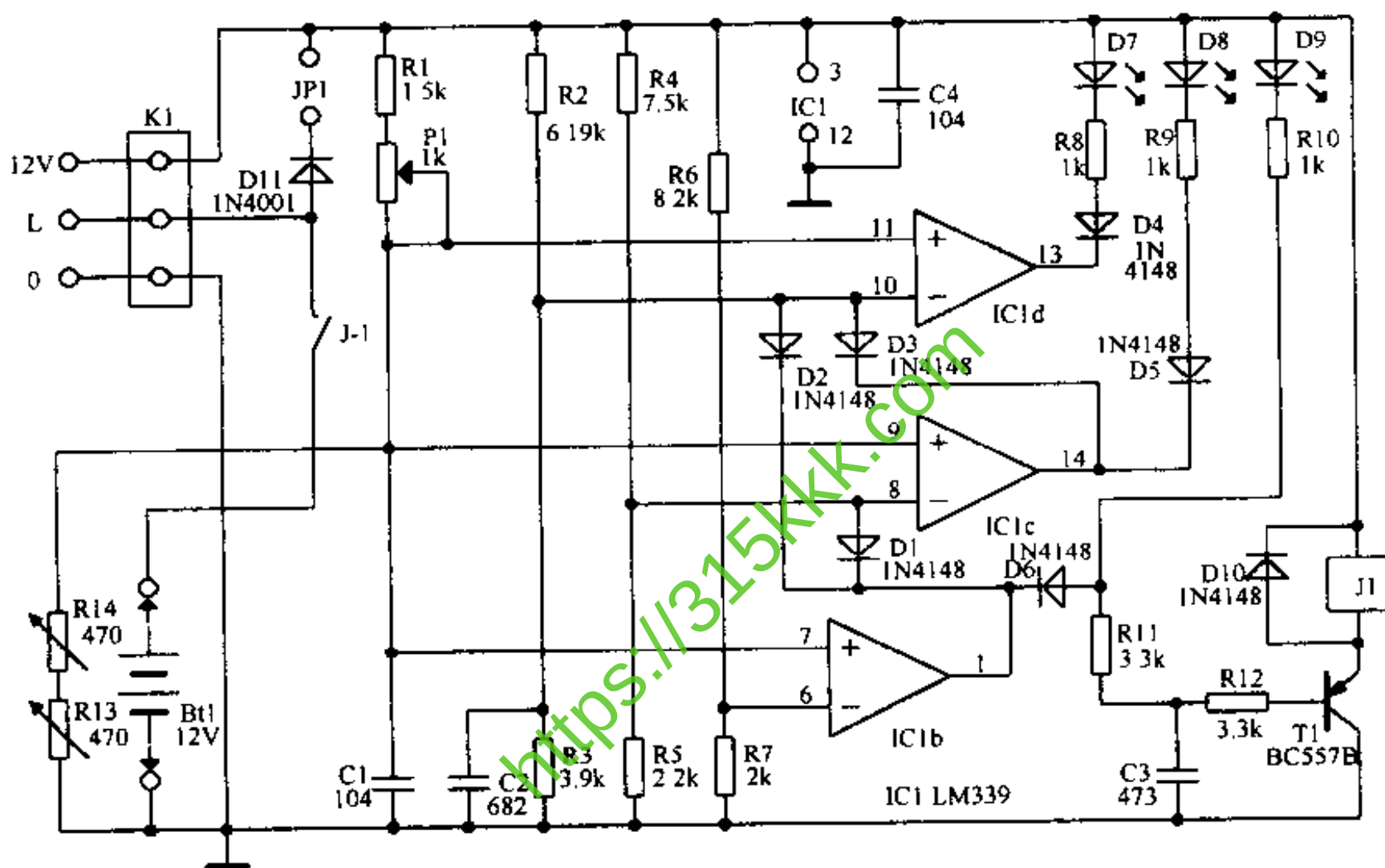


图 6-26 快充型充电器

充电器通过 K1 的 L 端、继电器 J 的接触点 J-1 向电池 Bt1 充电，继电器起通断充电电流的作用。两只串联的 NTC(负温度系数)电阻 R13、R14 用来检测电池的温度，它们的输出电压与比较器 IC1b~IC1d 的基准电平作比较。当电池温度升到 25℃时，IC1d 输出低电平，绿色发光二极管 D7 亮，表示电池温度正常。当温度达到 38℃时，IC1c 输出低电平，黄色发光二极管 D8 亮，表示电池已充满。当温度达到 45℃时，IC1b 输出低电平，红色发光二极管 D9 亮，T1 导通，继电器 J1 工作，其触点切断充电电流，充电即告结束。

6.12 锂离子电池的充电电路

电路如图 6-27 所示。

在开始充电时，电池电压低于 8.4V，IC1 的 OUT 端无输出，T2 关断，LM317 工作在恒流输出状态。电池电压升至 8.4V，T2 导通，T2 控制 ADJ 端，令 IC2 的 OUT 端电压大幅度

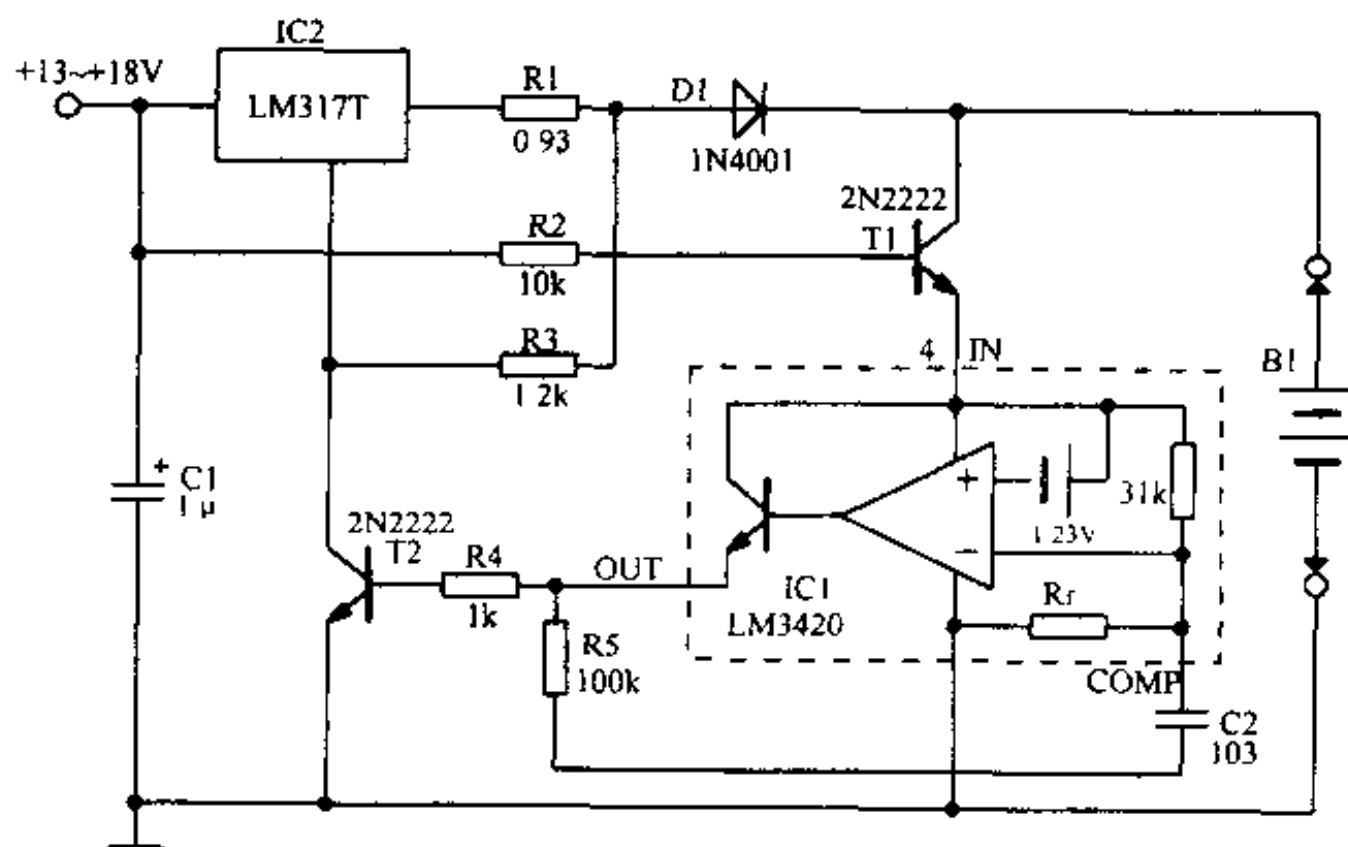


图 6-27 锂离子电池的充电电路

下降,使充电电流维持在一很小的数值上,让电池处于浮充状态。

6.13 电瓶安全充电报讯器

电路如图 6-28 所示。

充电时将 S2 置于 1 位为充电(2 位为校正)。通过 S3 可选择充电电压。

电源接通后,通过可控硅 T1 整流,再经限流取样电阻 R 和电流表对电瓶 E 充电。调

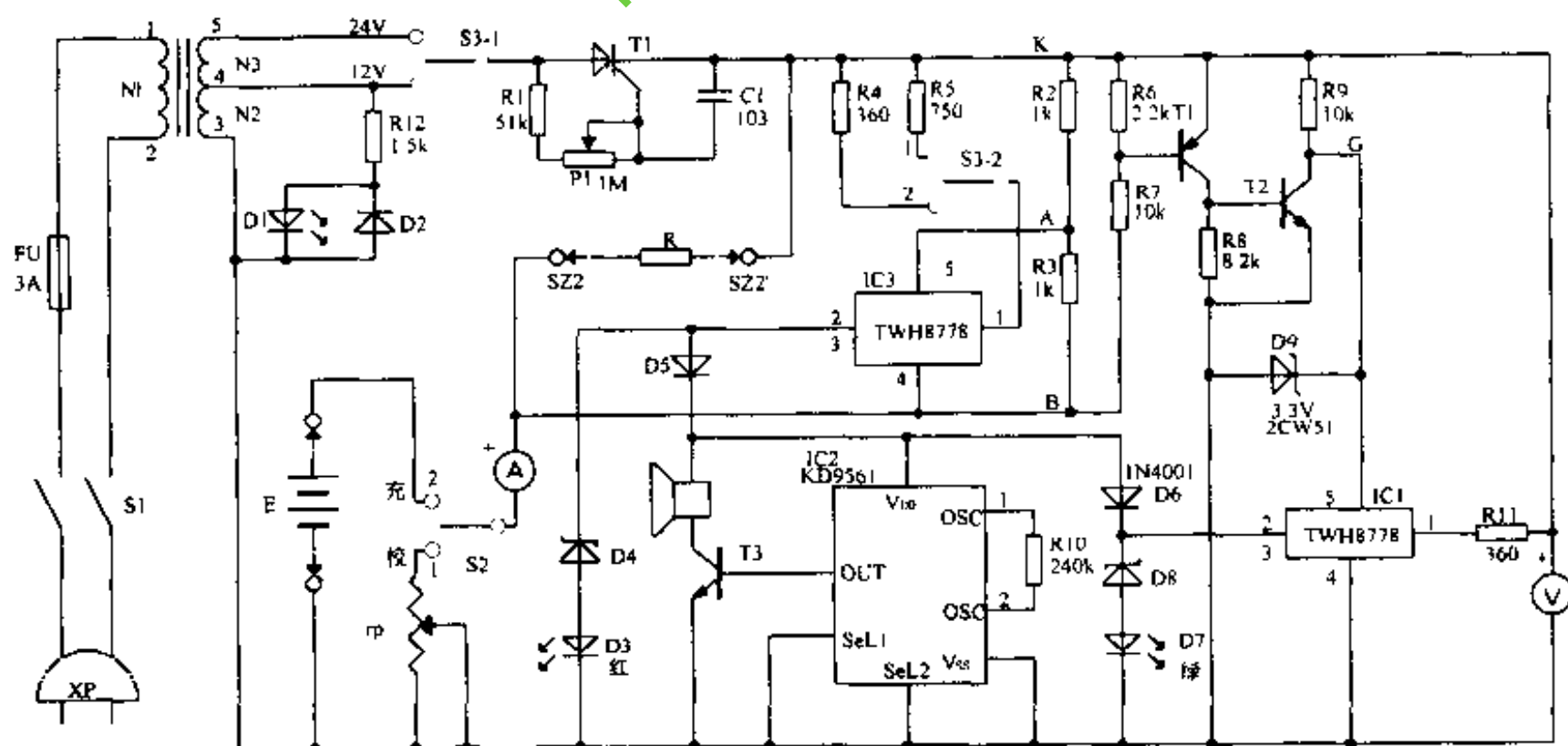


图 6-28 电瓶安全充电报讯器

节电位器 P1 可改变 T1 的导通角。当充电电流上升并超过允许值时, R 两端的压降也随之升高, 此电压经 R2、R3 分压, 使 R3 两端的电压大于或等于驱动开关 IC3 的导通阈值电压 1.6V。IC3 内部开关闭合, 2、3 脚输出的高电压使 IC2 得电并发出警报声, 同时红色发光管 D3 亮, 表明处于过流充电状态。当充电电流下降到较小时, R6、R7 的分压结果使 G 点电压升高, IC1 导通, 绿色发光管亮, IC2 报警, 表明电瓶已充足。

6.14 电动助力车充电器

电路利用开关电源充电, 以减小充电器的重量和体积。如图 6-29 所示。

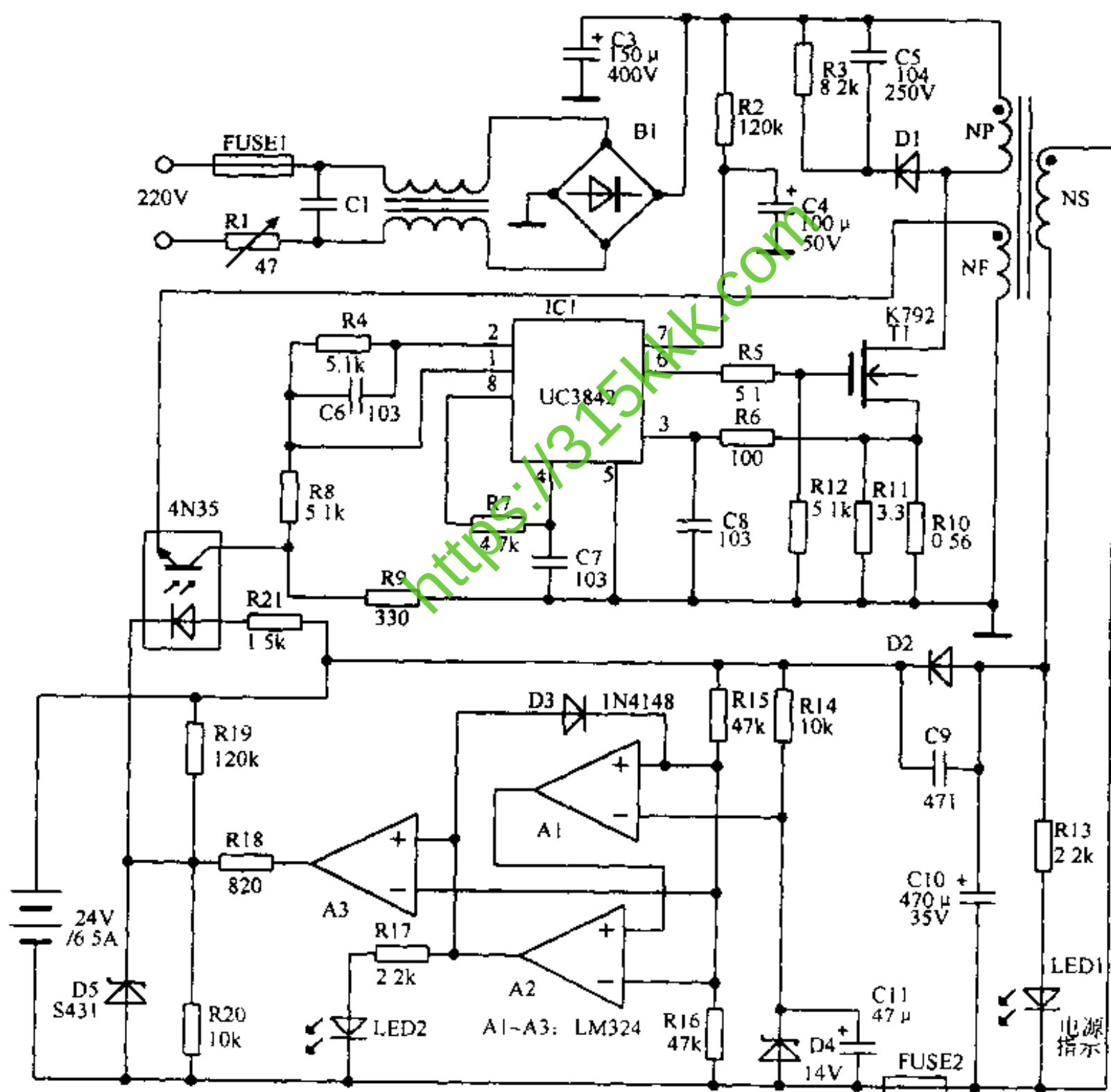


图 6-29 电动助力车充电器

本充电电路的正常充电电流为 2500mA, 涓流充电电流为 200mA。正常充电充满时, 电池两端电压到达设定值, 比较器翻转, 通过光耦 4N35 使 UC3842 的开关驱动脉冲脉宽

减小,充电输出电流减小,电流转为涓流充电状态,LED2 亮。

6.15 无触点自动充电器

本充电器的最大特点是:当电瓶容量不足时,电路以大电流充电,当充足电后,仍以几十毫安的电流充电,以便消除电瓶的自放电影响,这种方式对于保护电瓶的容量和寿命非常有益。电路如图 6-30 所示。

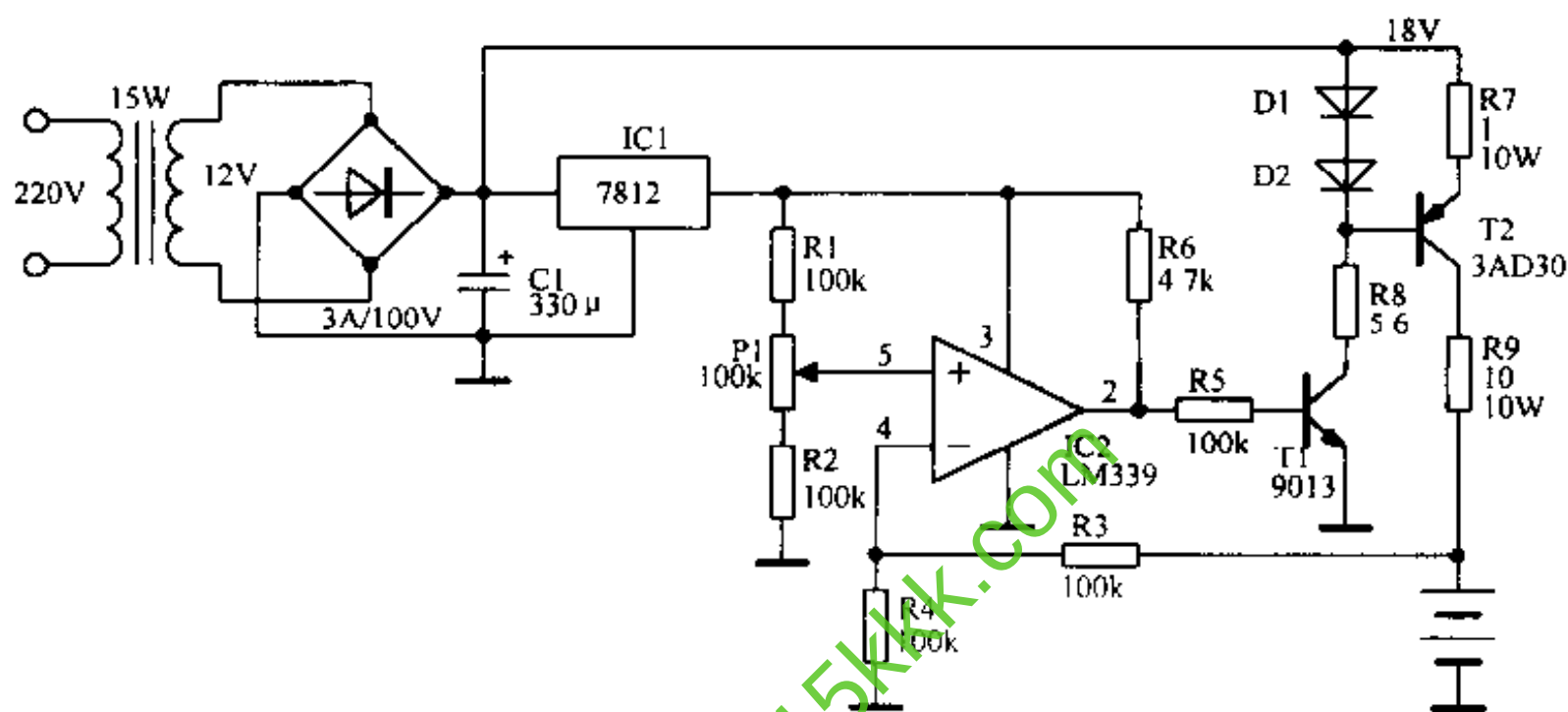


图 6-30 无触点自动充电器

电子开关采用 9013 的饱和及截止状态。充电三极管采用锗管 3AD30,其 I_{cm} 较大,当此管截止时,仍有 40mA 的电流通过。处于放大状态时,其最大电流为 $I_{cm} = 4A$,可够充电使用。比较器采用 LM339。LM339 第 5 脚电压 $V_5 = 6V$,当 E 小于 12V 时, V_4 小于 6V,LM339 第 2 脚输出高电平,使 9013 饱和,3AD30 处于放大状态,以大电流充电,实测值为 0.3A。当 E 大于或等于 12V 时,LM339 的第 2 脚输出低电平,9013 和 3AD30 截止,以 40mA 的小电流给电瓶充电。

6.16 使用开关恒流电路的充电器

本充电器是采用开关集成电路 TWH8751 组成的恒流电路,如图 6-31 所示,可以用 50mA、150mA、200mA、300mA 4 种恒定电流对 1~30 节小型镍镉电池进行 4~18 小时定时充电。充电电流由 K2、K3 预置。当 K2、K3 均断开时,充电电流为 50mA;K2 闭合、K3 断开时为 150mA;K2 断开、K3 闭合时为 200mA;K2、K3 均闭合时为 300mA。

装入电池,接通 K1 时,电源通过 R4 向电池充电。在 L 的作用下,流过电池的充电电流逐渐上升,R4 两端压降也逐渐上升。当此电压升高到 0.6V 时,T1 导通,TWH8751 的第 2 脚变为高电平,使其截止,4 脚输出高电平,L 通过续流二极管继续对电池充电,但电流逐

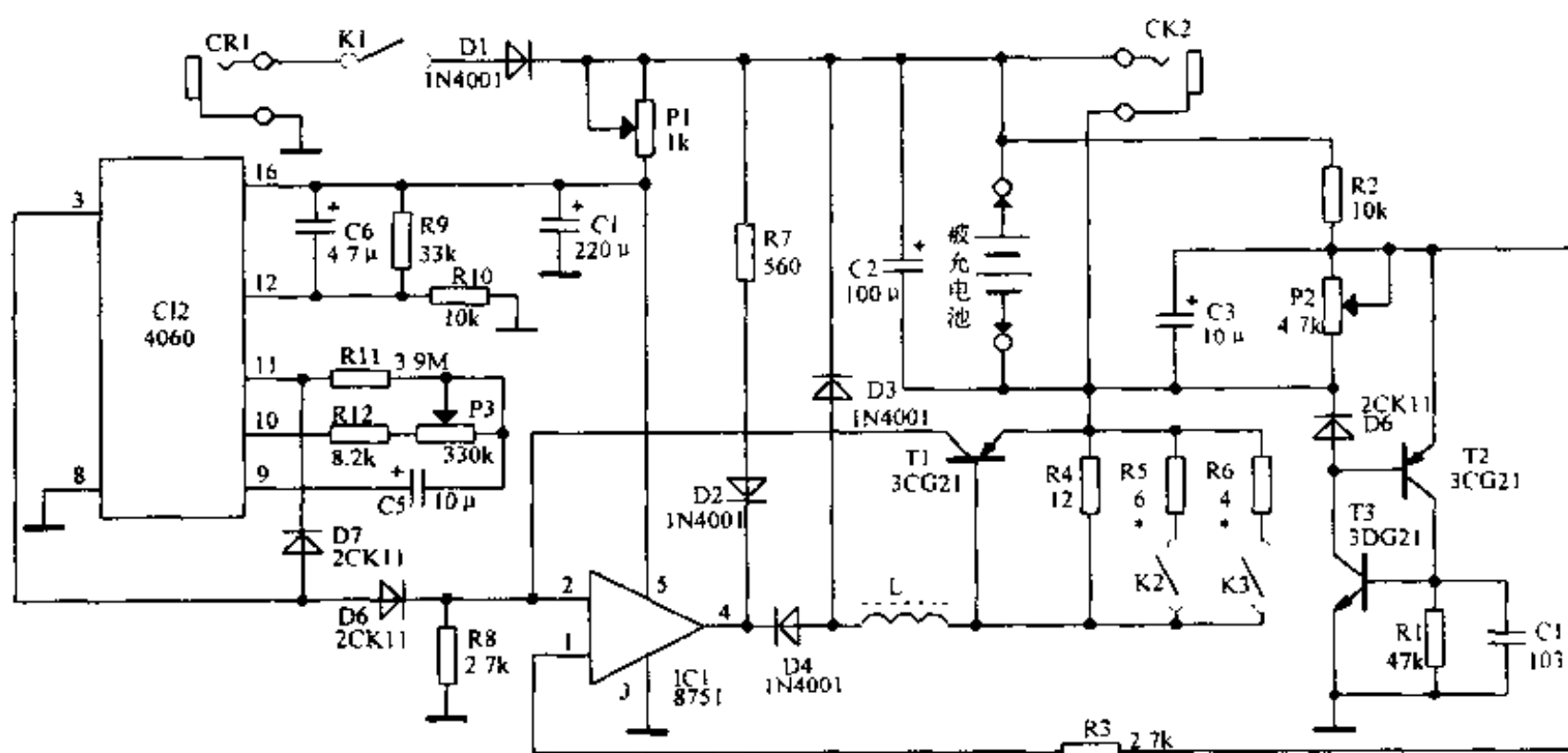


图 6-31 使用开关恒流电路的充电器

渐下降, R_4 的压降也随之减小。当它减小到小于 $0.6V$ 时, T_1 截止, $TWH8751$ 又导通。如此循环往复地调节充电电流, 达到恒流充电的目的。CC4060 (IC2) 组成定时器, 其振荡频率约为 $0.2Hz$, 用电位器 P_3 可把定时时间调整为 $4 \sim 48$ 小时, 当时间到达预定值时, IC2 的 3 脚输出高电平, 使 $TWH8751$ 关断, 电路停止充电。

6.17 发电机启动用蓄电池自动监控装置

电路如图 6-32 所示。

在充电时, $220V$ 交流电经 B 降压, D_1 、 D_2 全波整流, R_1 限流, 向蓄电池 GB 充电, 同时, 灯泡 H 发光, 作充电指示。NE556 是一块双时基集成电路, 其中的一个时基电路 (称为 A_1) 和 R_2 、 R_3 、 R_4 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 P_1 、 P_2 、 D_5 、 J 等组成蓄电池电压检测控制电路。

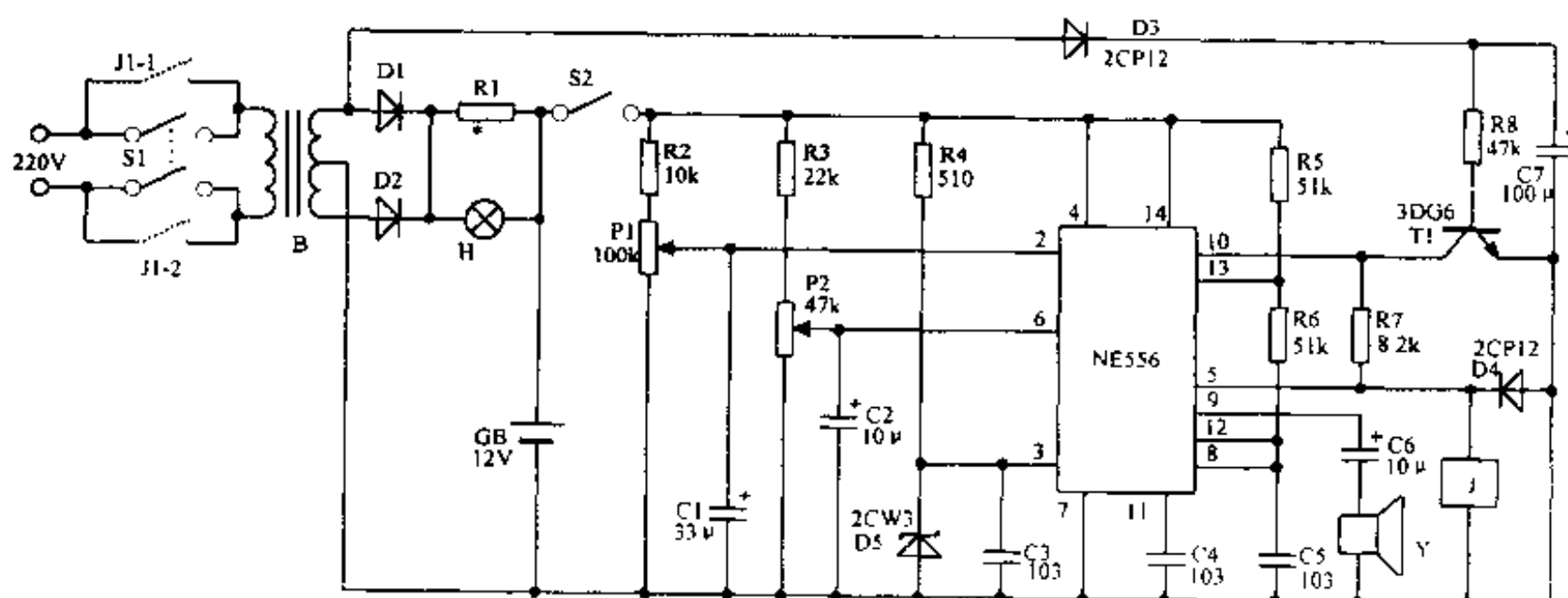


图 6-32 发电机启动用蓄电池自动监控装置

当蓄电池电压下降到 11.2V 时(经过试验的发电机最低启动电压),其低电压信号经 R3、P2 检测,输入到 A1 的 6 脚,A1 被触发置位,5 脚输出高电平,继电器 J 吸合,电路开始对蓄电池充电。当蓄电池电压被充到最高值 14.5V 时,电路停止对蓄电池充电。NE556 的另一个时基电路(简称 A2)和 R5 ~ R8、C4 ~ C7、Y、D3、D4、T1 组成蓄电池充电自动识别和音响提醒电路。

6.18 简易快速充电器

电路采用脉动大电流对电池进行充电和放电,从而达到快速充电的目的。如图 6-33 所示。

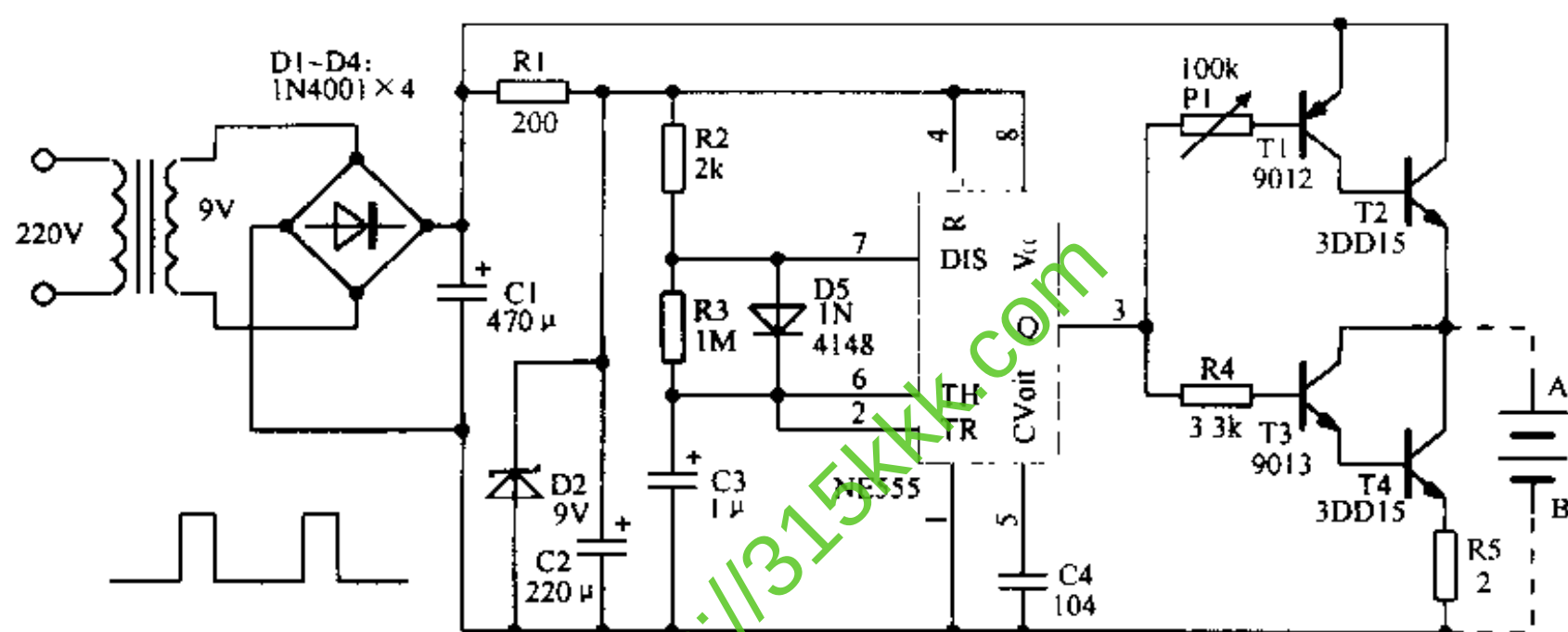


图 6-33 简单快速充电器

NE555 及外围元件构成脉冲发生器,在 3 脚输出占空比很小的窄脉冲。T1、T2、T3、T4 组成充放电电路,当 3 脚为低电平时,T1、T2 导通,T3、T4 截止,此时电路对 A、B 两端串接的电池充电;当 3 脚为高电平时,T1、T2 截止,T3、T4 导通,此时对电池大电流放电。本电路以 500mA 的电流对电池充电,大约 2 小时可以充满。

6.19 太阳能系统的电池稳压器

电路的核心部分是型号为 TL431LP 的精密电压稳压器。如图 6-34 所示。

当太阳能电池输出电压升到 P1 预制值以上时,通过 R3、R2、D1,就开始有充电电流流过,当电流升到 5mA 左右时,晶体管 T1 开始导通。因稳压器可分流相当高的电流,它就要有两个分立的探测输入“A”和“B”来监控电池电压。太阳能电池连到终端“++”和“--”。

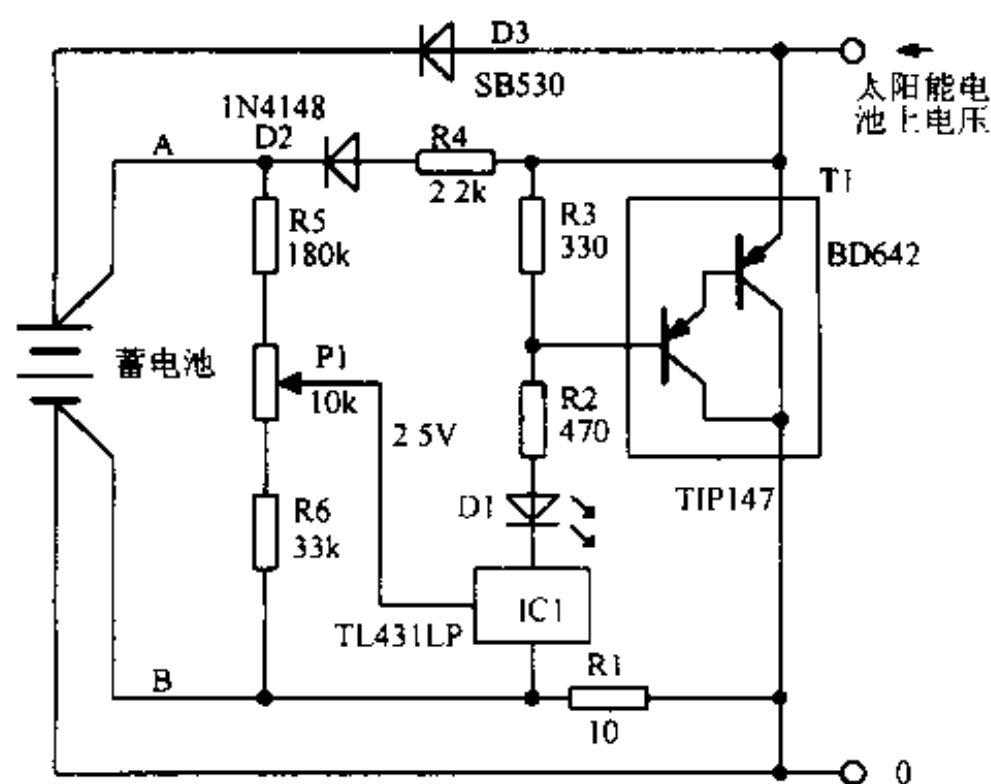


图 6-34 太阳能系统的电池稳压器

6.20 自动并联充电器

电路如图 6-35 所示。

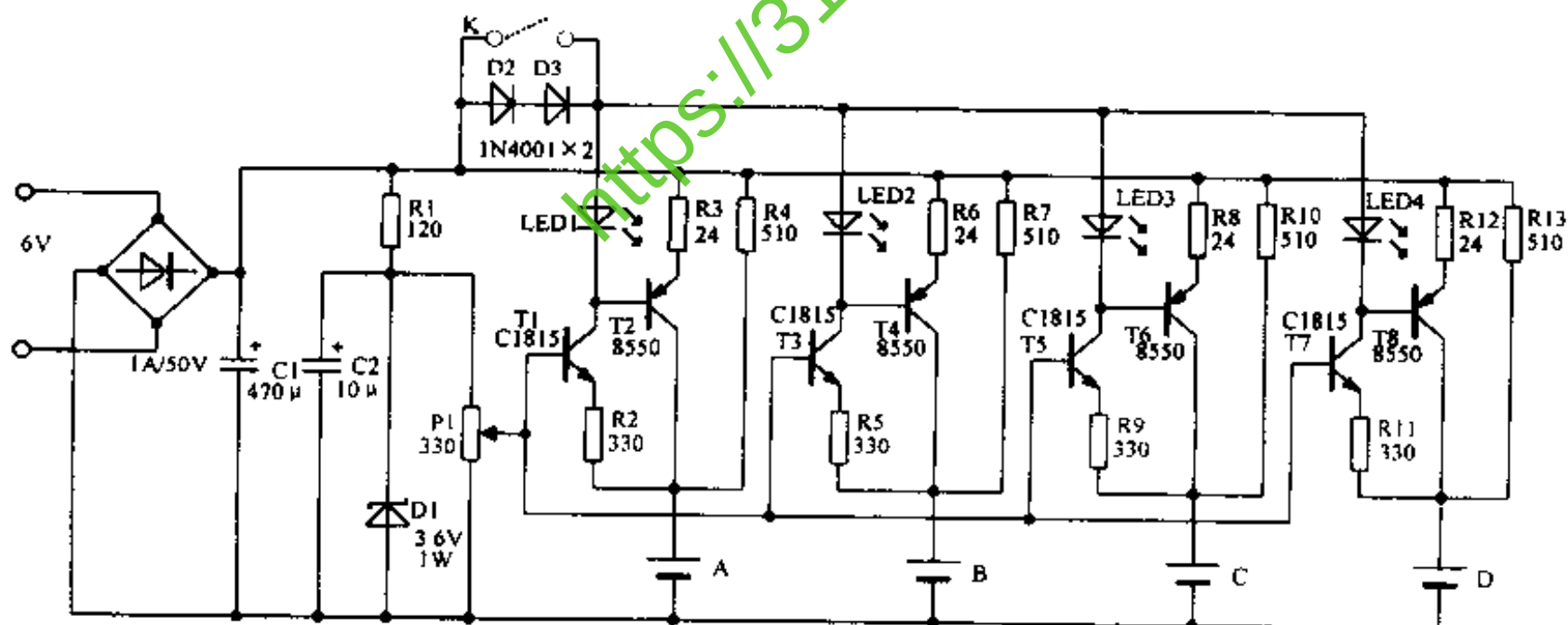


图 6-35 自动并联充电器

三极管 T2、T4、T6、T8 及相关元件构成恒流电路，充电电流设置为 50mA、120mA 两挡。开关 K 闭合时充电电流为 50mA；当 K 断开时，充电电流为 120mA。

三极管 T1、T3、T5、T7 及相关元件构成充电状态检测电路。电位器 P1 用于设置充满电压。充满电后，电池进入涓流维持状态。通过电阻 R4、R7、R10、R13，设置涓流为 9mA 左右。

6.21 恒流充电器

T2、D10 及有关元件组成恒流充电电路。D10 两端为恒定的 3.6V 电压,经适当的电阻给 T2 以恒定偏流,VT2 就会有恒定的电流输出。如图 6-36 所示。

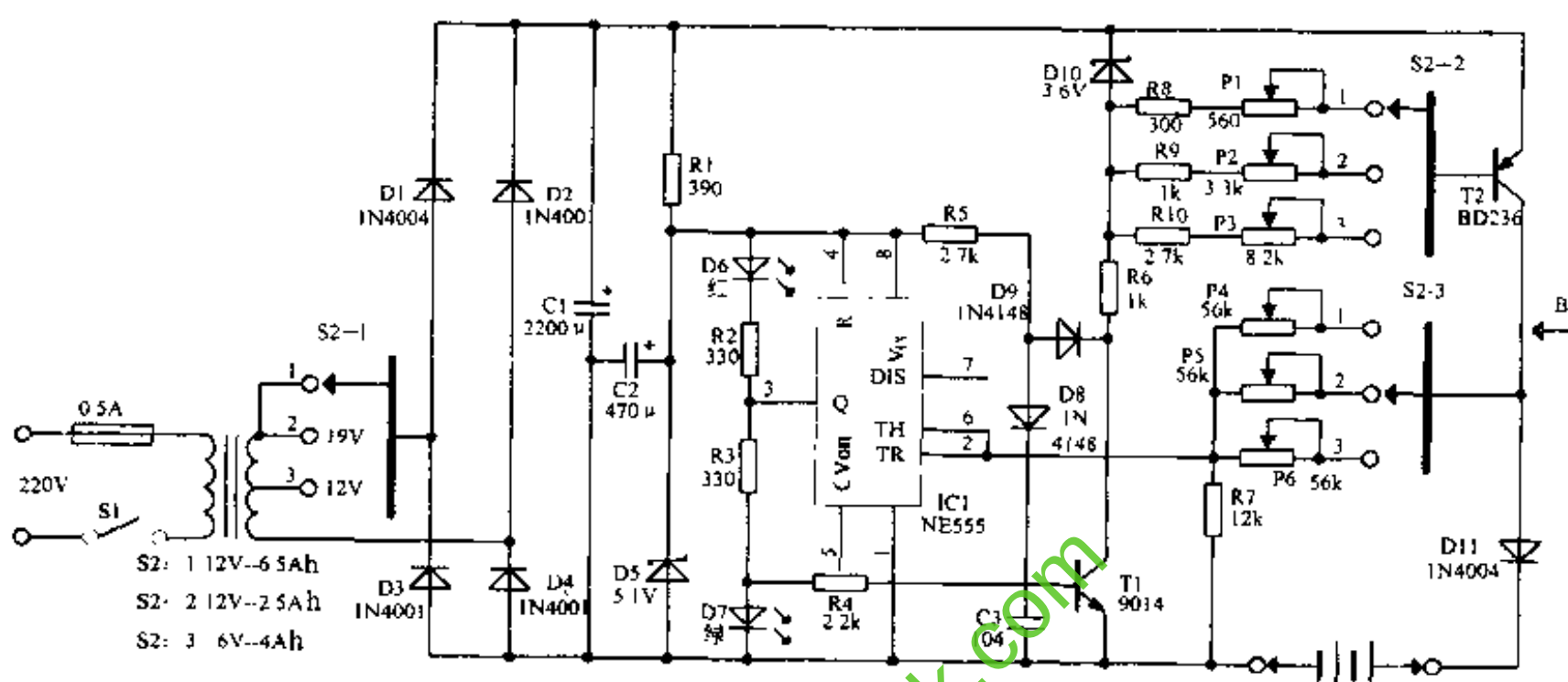


图 6-36 恒流充电器

通过 S2-2 选定不同的阻值,就能输出不同的恒定电流。在一定范围内,恒流值与所接入的电池电压无关。NE555 接成斯密特触发器,对充电过程进行检测及控制。P4~P6 分别设定在到充电电压时使电路翻转,停止充电。

6.22 具有恒流充电、放电功能的充电器

电路如图 6-37 所示。

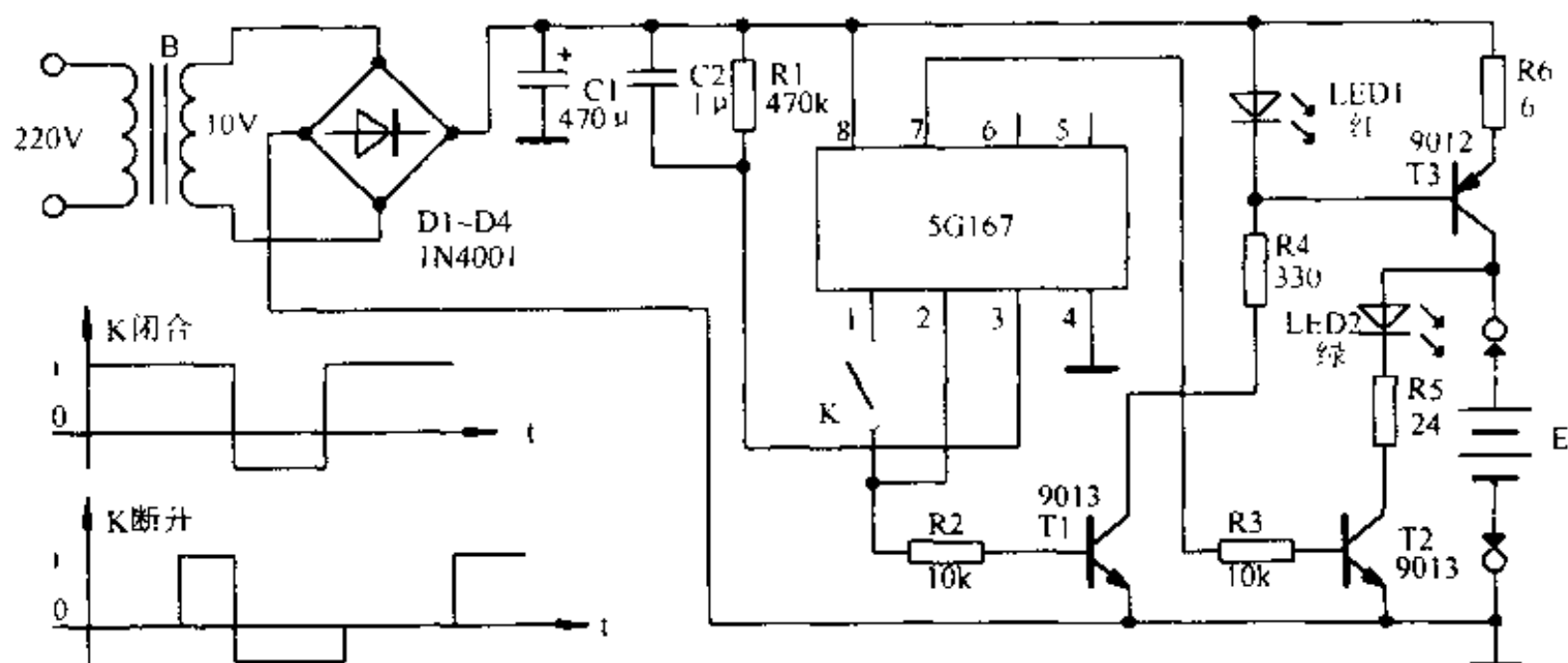
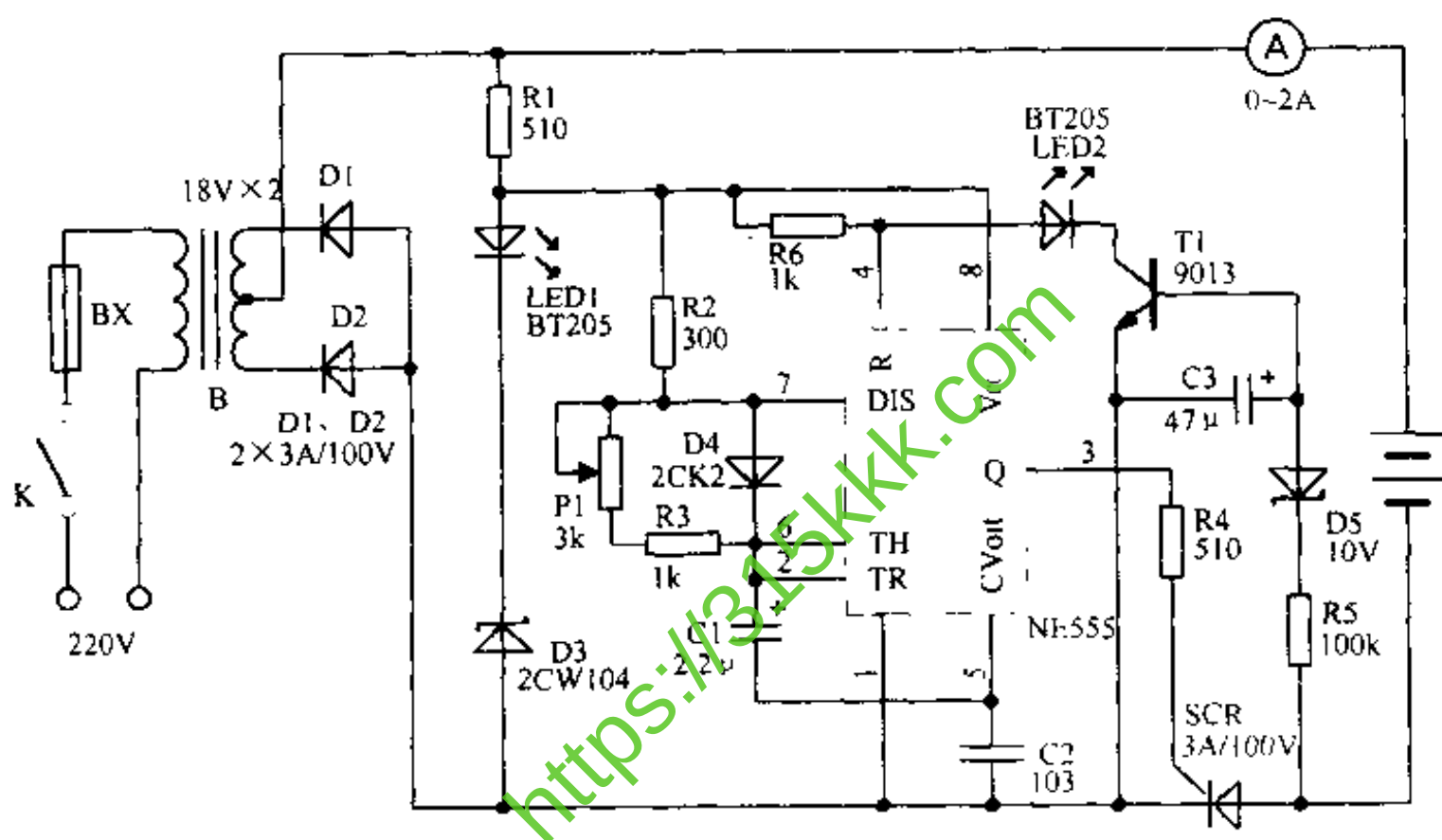


图 6-37 具有恒流充放电功能的充电器

调节 R6 的阻值,充电电流大约为 100mA 即可,电路慢充电电流为 50mA。R5 调节放电电流,调在 10mA 即可。

555 时基电路与外接电阻、电容和电位器构成可控硅触发电路。它实际上是一个无稳态多谐振荡器。如图 6-38 所示。



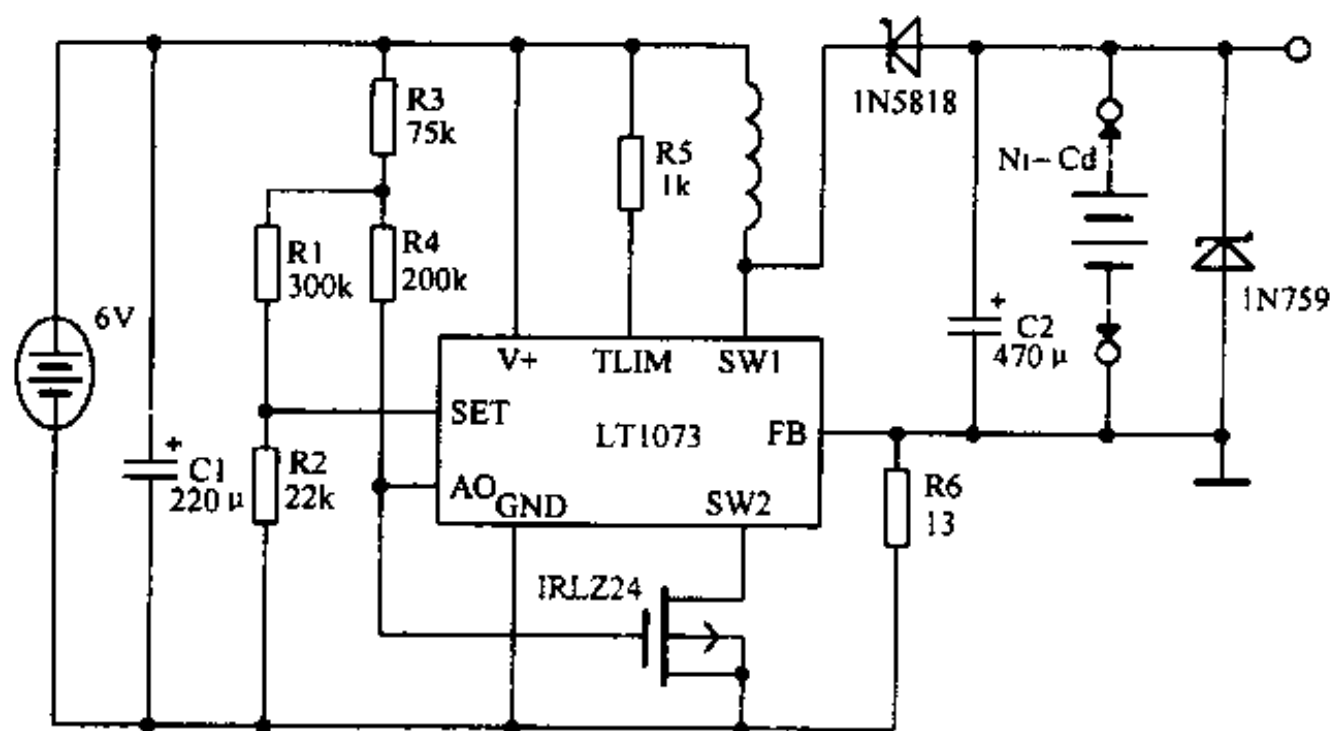


图 6-39 用太阳能电池的镍镉电池充电器

6.25 无极性充电器

电路如图 6-40 所示。

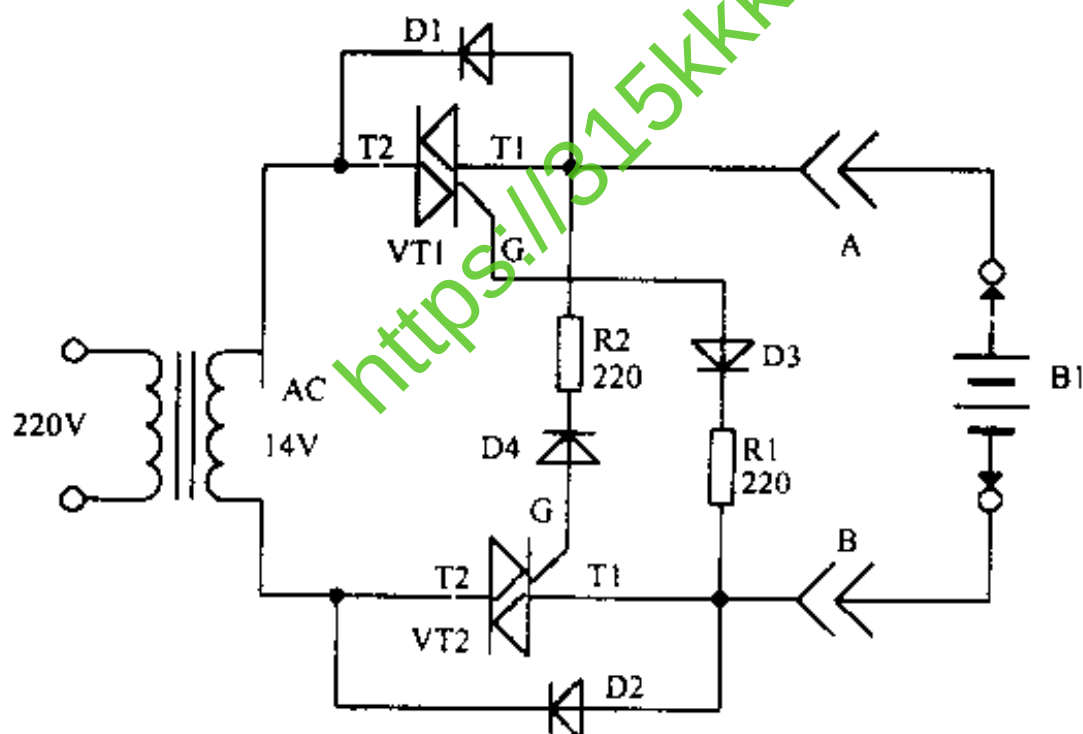


图 6-40 无极性充电器

未接蓄电池时, VT1、VT2 无栅电流, 电路不工作。

当 A 端接蓄电池正极、B 端接负极时, 由蓄电池为 VT1 提供栅流, VT1 导通, 交流电正半周经 VT1、D2 对蓄电池进行充电; 相反, 若蓄电池正极接 B 端、负极接 A 端, 则 VT2 有栅流而导通, 通过 VT2、D1 给蓄电池充电。

6.26 12V 自动充电器

图 6-41 是 Heathkit 公司的 GP-21 自动充电器的电路图。

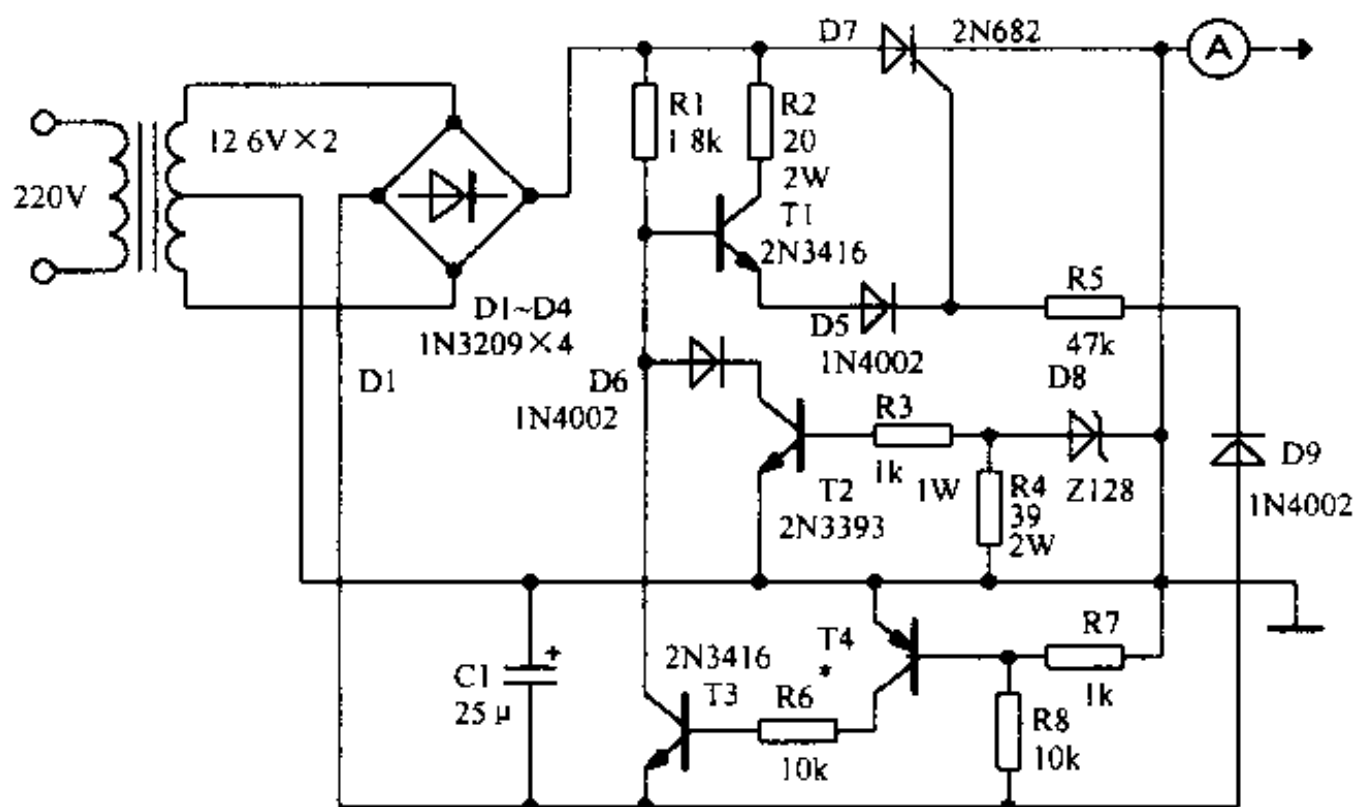


图 6-41 12V 自动充电器

晶体管 T1 和 T2 对充电过程进行自动控制，T3 和 T4 在短路或极性接错时起保护作用。齐纳二极管 D8 的电参数不是标准的，因此只能选用 Heathkit 公司的产品。D1、D2 和 D7 必须装在同一个散热片上。

6.27 使用汽车电瓶的镍镉电池充电器

本电路利用 NE555 定时器和两个功率晶体管构成倍压电路，将汽车电池的 12V 电压变换成 20V 以上，再对 12V 的镍镉电池进行恒流充电。倍压后的电压将电源电流馈送到三端稳压器。电路如图 6-42 所示。

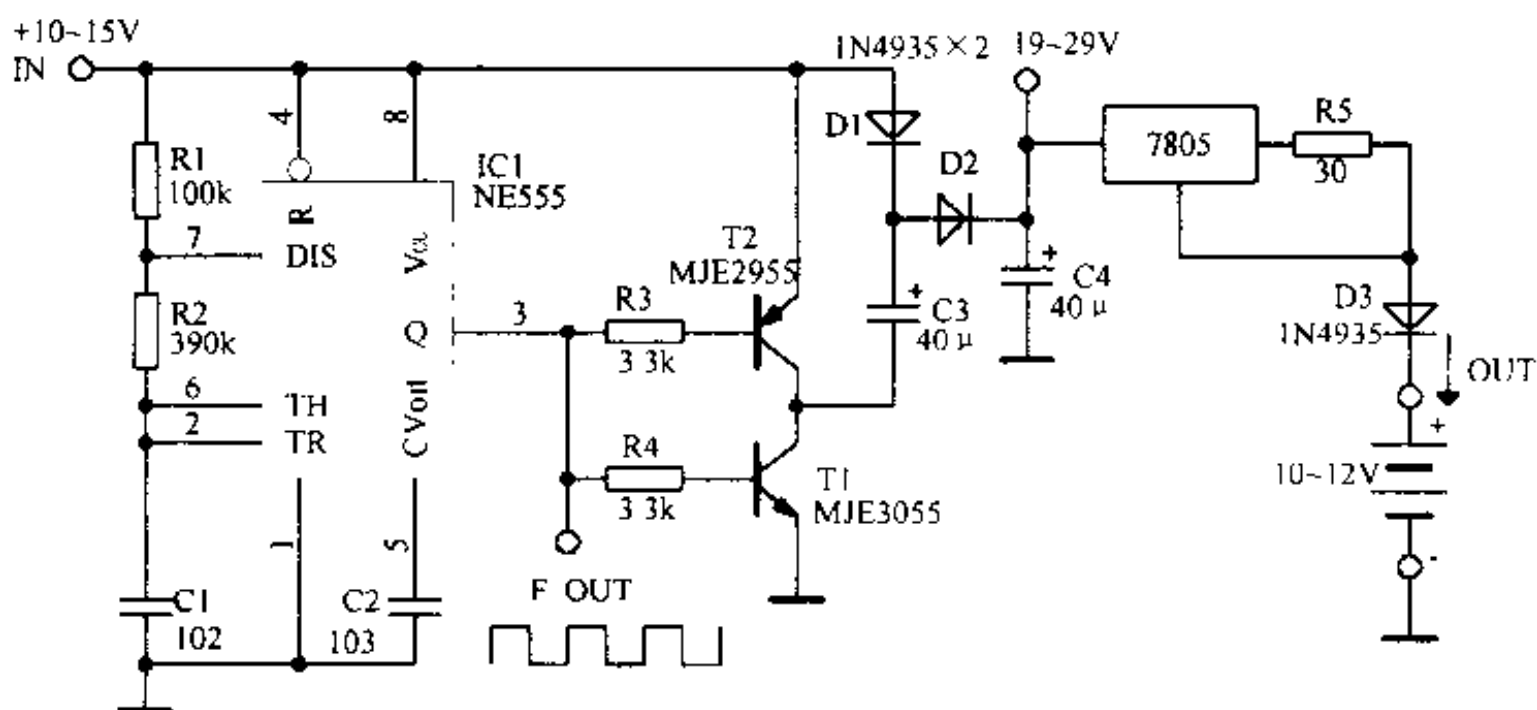


图 6-42 使用汽车电瓶的镍镉电池充电器

NE555 连接成多谐振荡器, 开关频率为 1.4kHz。充电电流调整在 50mA, 可对 10 个 500mA/h 的镍镉电池进行充电。

6.28 具有保护功能的 8A/12V 充电电路

本充电电路是铅—酸蓄电池的充电电路, 短路或极性接反均不会损坏本电路。电路如图 6-43 所示。

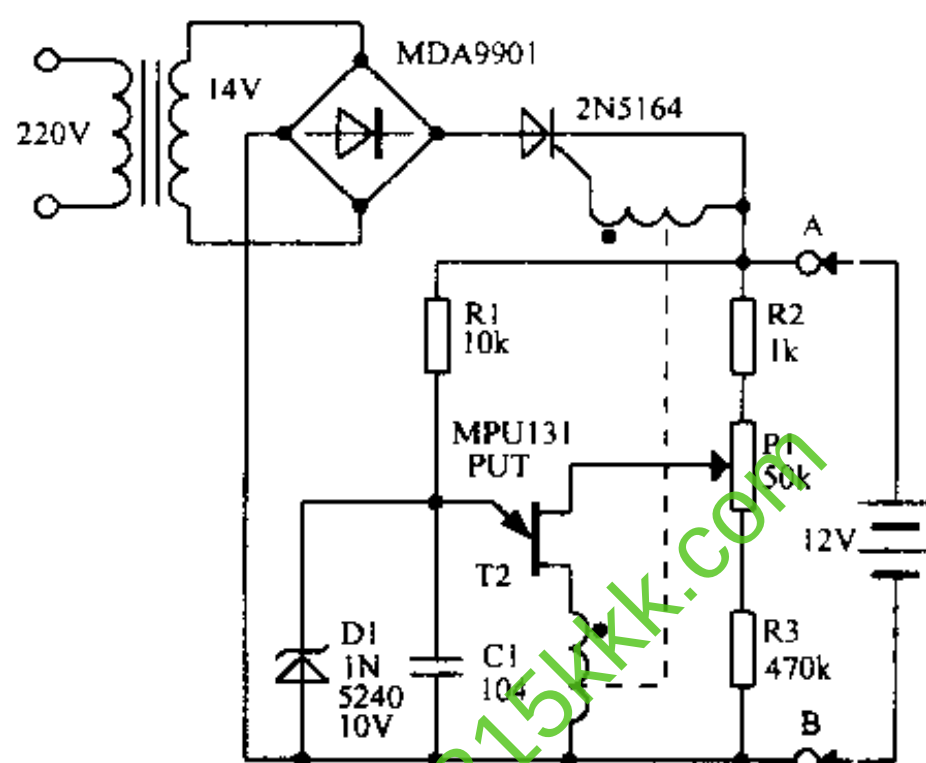


图 6-43 有保护功能的 8A/12V 充电电路

充电时, 电池先向 PUT(程控单结晶体管) 弛张振荡器的电容 C1 进行充电, 当 C1 上的电压引起 PUT 导通时, SCR(可控硅整流器) 也导通, 并向电池提供充电电流。在充电期间, 如果电压稍微升高, PUT 的峰点电压也随之升高, C1 也充电至更高一点的电压。当 C1 电压达到齐纳二极管 D1 的击穿电压时, 振荡器停振, 充电过程也结束。在充电期间, 调节 R2 就可使充电电压限定在 10~14V 之间。

6.29 GP-21-12V 充电机电路

图 6-44 是 Heath 公司的 GP-21-12V 充电器电路图, 它用可控硅作为开关, 使充电器与电池之间以 120Hz 的频率交替地接通和断开。

在每个半周期, 可控硅 D7 的阳极电压先逐渐变的更正, 通过 R1 使 T1 的基极正偏; 因此 T1 就有电流流过 D5 而到达 D7 的控制极, 于是, 在半周期的这段时间内 D7 导通, 并向电池充电。在 D7 上的电压降还没有减小到 0 以前, D7 将保持导通状态。当电压充至 13.4V 时, 充电过程自动停止。电路的其余部分在电池极性接错或引线意外出现短路时起保护作用。12.8V 齐纳二极管可用精选的 1N4742 和正偏的 1N4002 来代替。

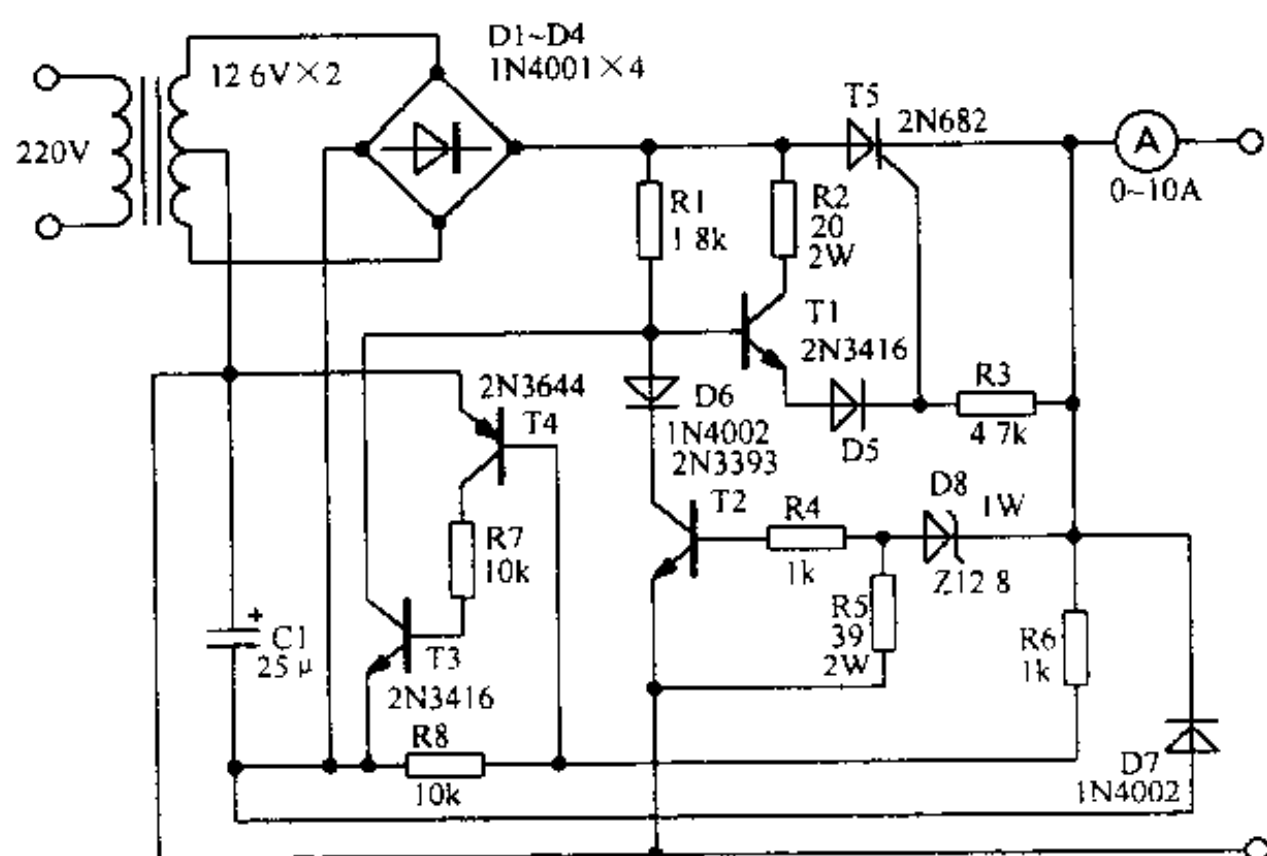


图 6-44 GP-21-12V 充电机

6.30 充电电池测试仪

充电电池使用时间越长,其容量越小,需充电时间越长。如图 6-45 所示的电路可以测量充电电池的容量。

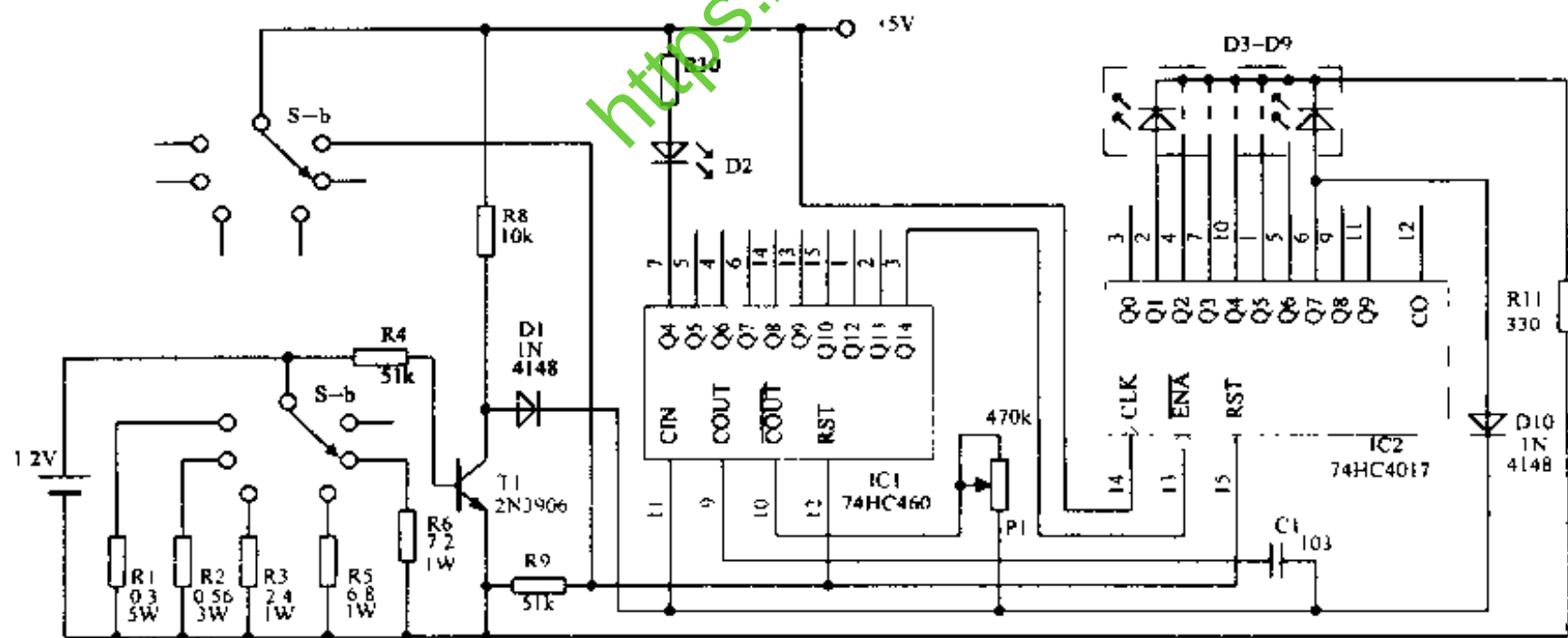


图 6-45 充电电池测试电路

当电池充满电时,新的 9V AAA、AA、C、D 电池的容量分别为 0.1、0.18、0.5、2.2、4Ah。电路中,开关 S 用来选择合适的电阻以 1 小时的速度给这些电池放电。74HC4060 是 14 级的二进制计数器,其内部振荡器频率由 P1、C1 确定,调节电位器 P1,使 IC1 的 3 脚(Q14)每隔 12 分钟向十进制计数器 IC2 发出一个脉冲,同时 IC1 的 7 脚(Q4)向发光二极

管 D2 提供频率为 1.4Hz 的信号, 二极管显示电路正在工作。振荡受电池电压控制: 如果高于 0.9V, T1 饱和使 D1 断开; 如果电压低到使 T1 截止, 则 D1 导通, 振荡器停止向 D2 输送信号。D3 ~ D9 显示电池的容量, 在 20% 和 140% 之间, 间隔为 20%。D9 亮, 其来自 IC2 的 Q7 驱动通过 D10 使振荡器停止工作, 从而在电池电压比正常值至少高出 40% 之前, D9 一直亮。

6.31 充电器电池过压接反告警电路

电路如图 6-46 所示。

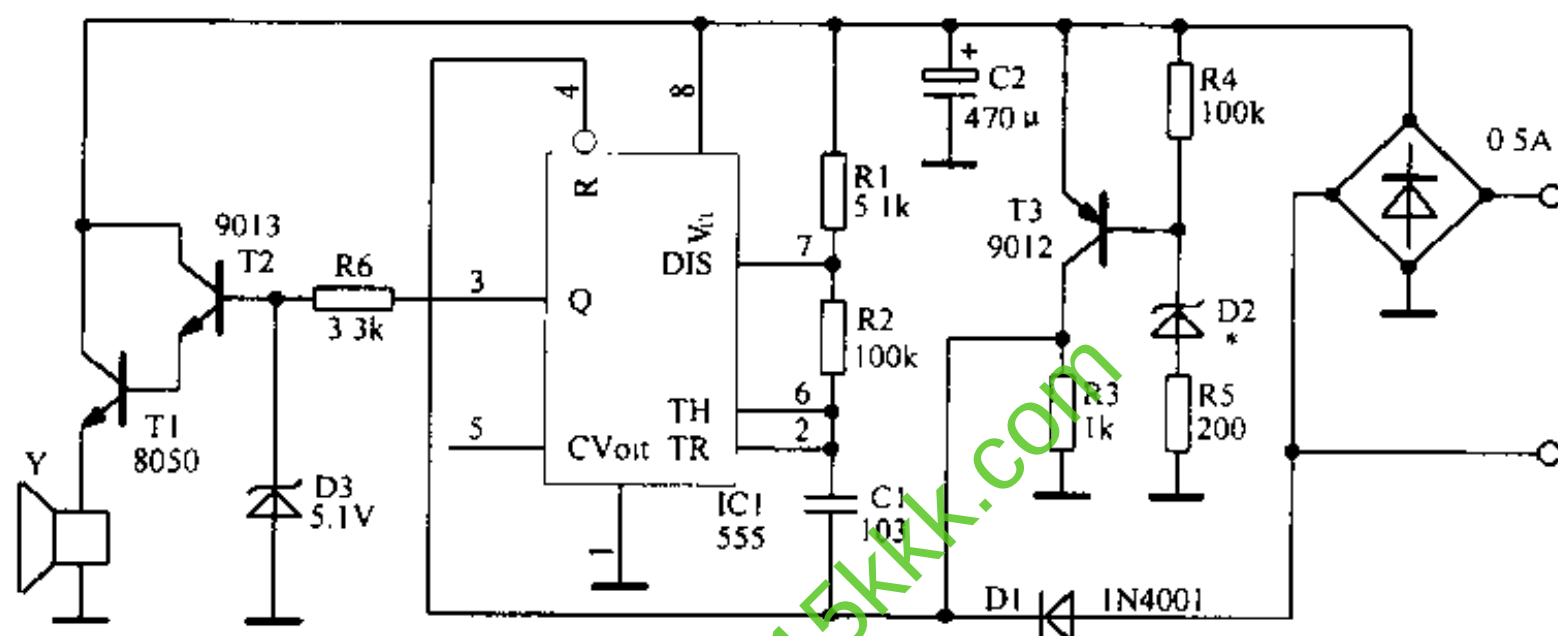


图 6-46 充电器电池过压接反告警电路

555 和外围元件构成多谐振荡器, 振荡器的工作与否由 555 的 4 脚控制, 当 4 脚高电平时, 振荡器工作。T3、D2、R3 ~ R5 构成过压检测电路。若 D2 击穿, 则 T3 饱和导通, 555 的 4 脚得电, 振荡器工作驱动扬声器报警, 说明此时充电器接线柱上的电压超过设定值。D1 为电池反接检测, 当电池极性接反时, 电池正电压通过 D1 直接加到 555 的 4 脚, 电路报警。

6.32 性能良好的镍镉电池充电器

电路如图 6-47 所示。

本充电器在充电过程中, 对电池周期性地施加反向电流脉冲, 可以有效地抑制枝状晶体的产生。

自动停止充电电路: 利用四个串联在一起的硅二极管 1N4148 作传感器, 检测充电时电池的温升以及时切断充电电路。自动定时充电电路: 用电源变压器的 50Hz 信号作时钟脉冲。K2 选择充电时间。通过 D7 控制对电池的充电时间。低温停机电路: 用 4 个二极管检测环境温度, 当环境温度低于 5℃ 时, IC1 输出高电平, J1 吸合, 切断充电电路。电池失效诊断电路: 电路采用单个电池充电方法, 当某个电池失效时, 其内阻增大, 不能使 T8 导通, J2 不自锁, 说明该电池已坏。

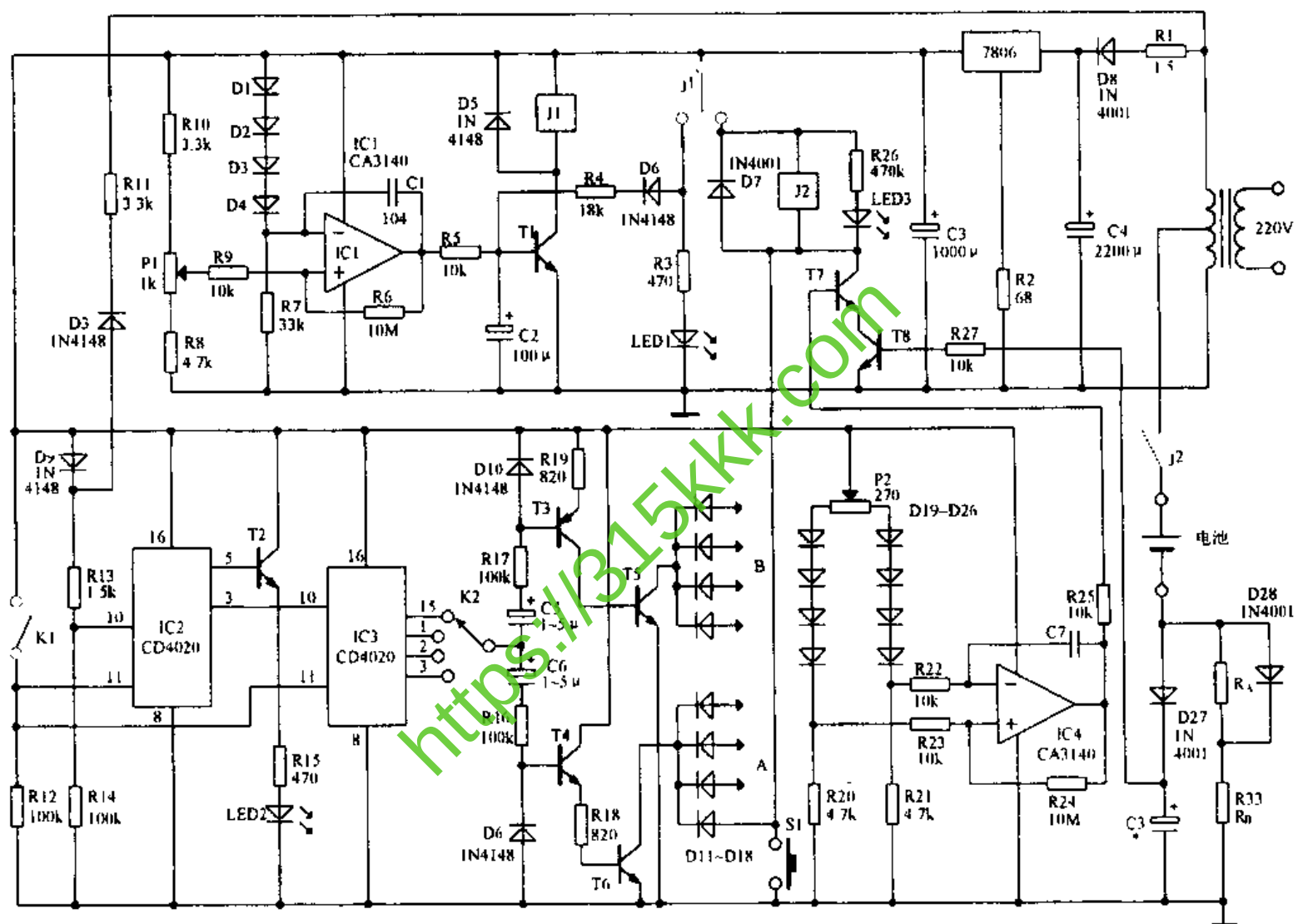


图 6-47 性能良好的镍镉电池充电器

6.33 自动 NiCd 电池充电器

电路如图 6-48 所示。

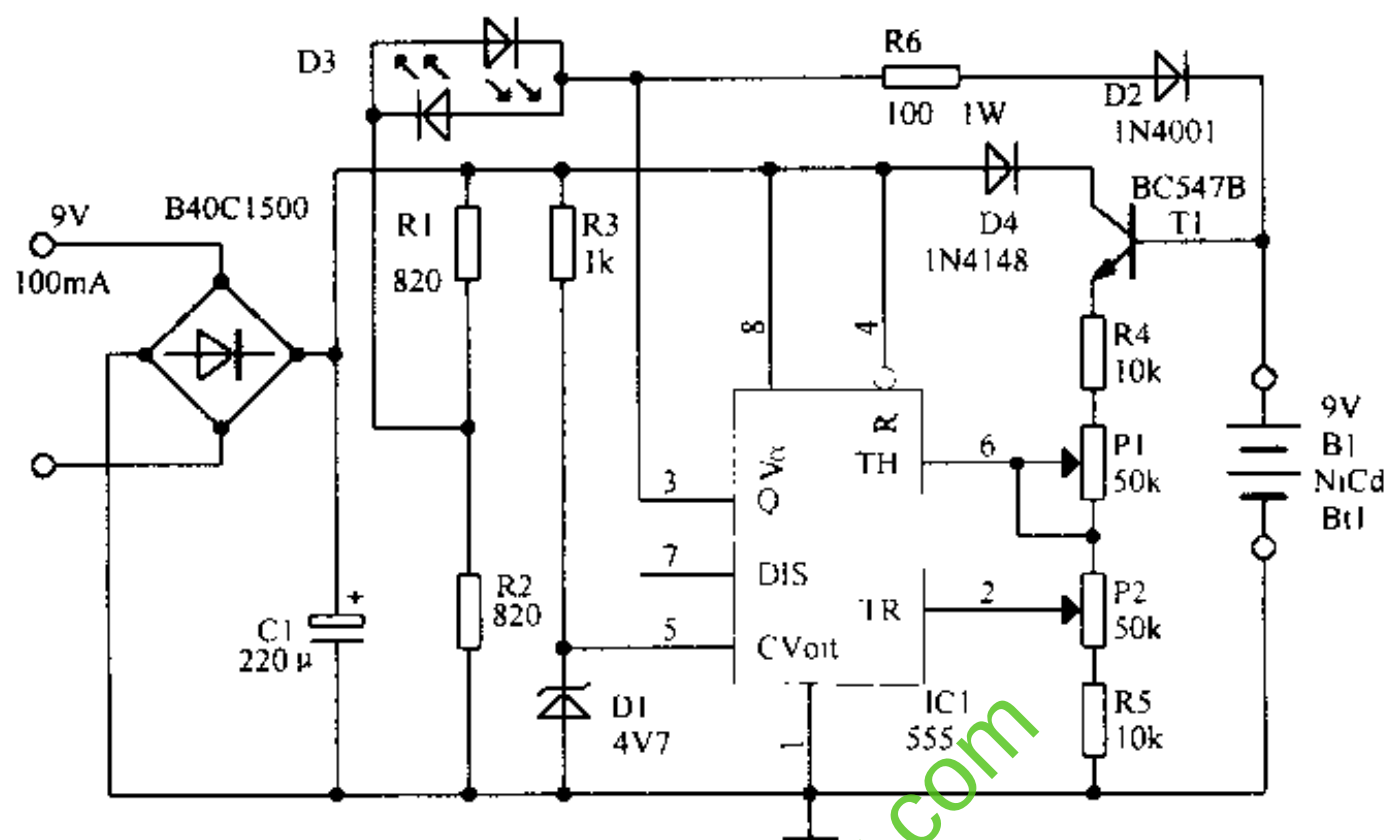


图 6-48 自动 NiCd 电池充电器

IC(NE555) 内部比较器通过齐纳二极管 D1 设置为 4.7V, 如果其 6 脚电位超过这个值, 3 脚输出变低。如果 2 脚的电位低于参考电压的一半, 输出电压变高。当要充的电池电压很低时, IC 输出高电位, 电池将通过 R6 和 D2 充电, 直到充满为止。这个电压由 P2 设置, IC 的输出随后改变状态, 充电停止, 但 IC 通过 T1 继续对电池进行监控。

当电池输出由于自放电作用下降到低于 P2 设定的电平时, IC 使充电重新开始。双色发光管 D3 在充电时发红光, 静态时发绿光。

6.34 限压式镍镉电池充电器

电路可同时对 4 节串联的镍镉电池充电,兼有自动限压功能。如图 6-49 所示。

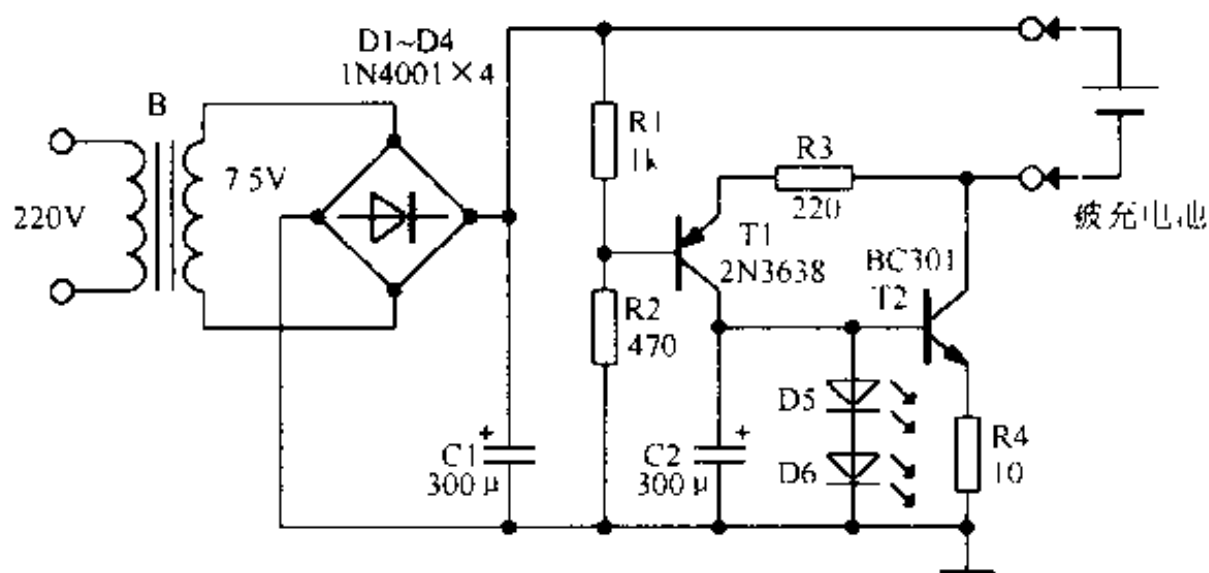


图 6-49 限压式镍镉电池充电器

T2 作为电流源, D5、D6 把 T2 基极电压稳定在 3V, 同时作充电指示。当电池上的总电压接近分压器 R1 上的电压时, T1 开始起限压作用。按图中元件数值, 开始充电时电流为 260mA, 当电池电压达到 5V 时, 降到 200mA, 达到 6.5V 时, 充电电流几乎为零。

6.35 电池充电调节器

本电路采用荷兰飞利浦公司的芯片 TEA1100, 用增量峰值原理对镍镉电池进行快速而有效的充电。如图 6-50 所示。

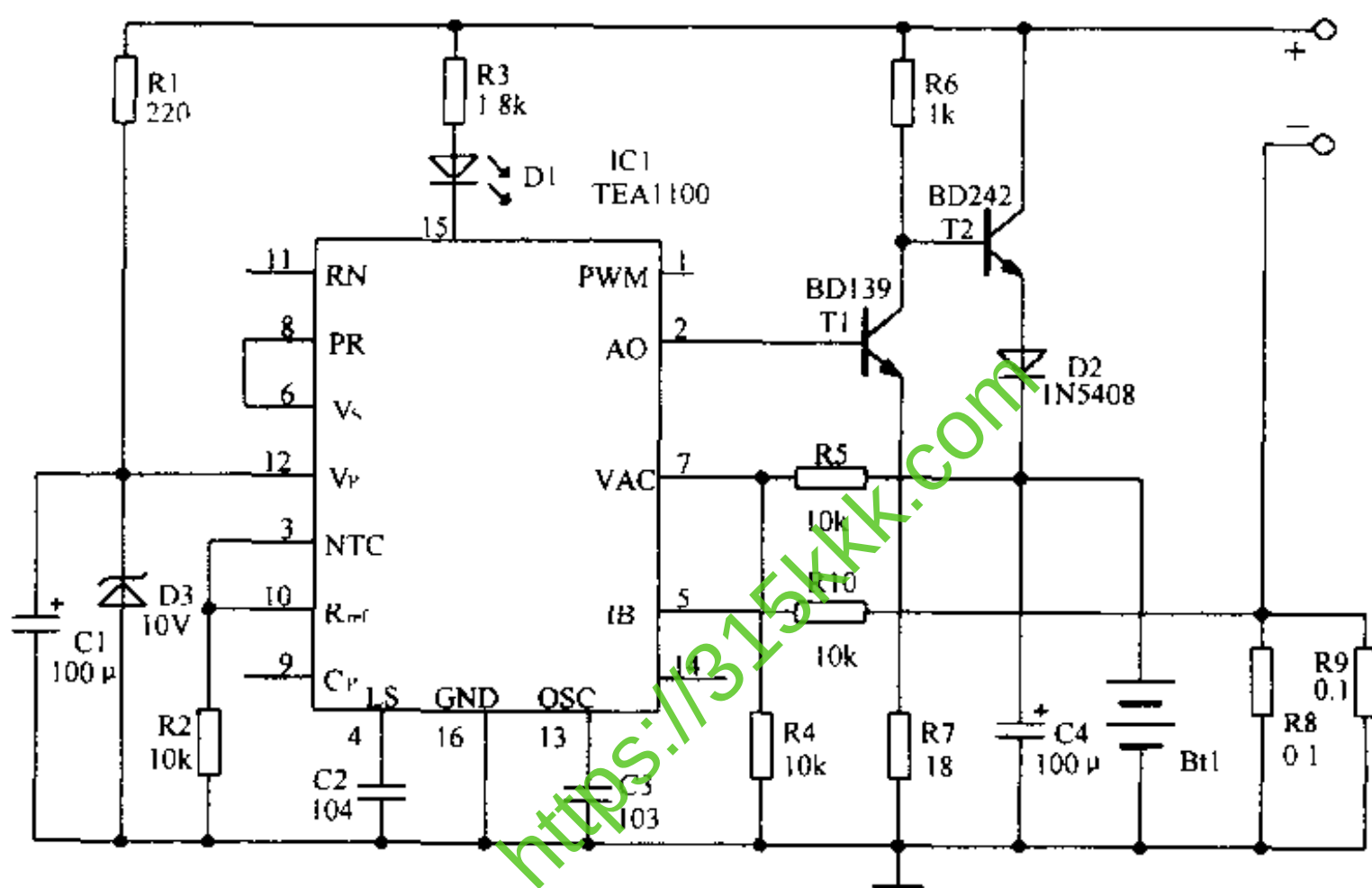


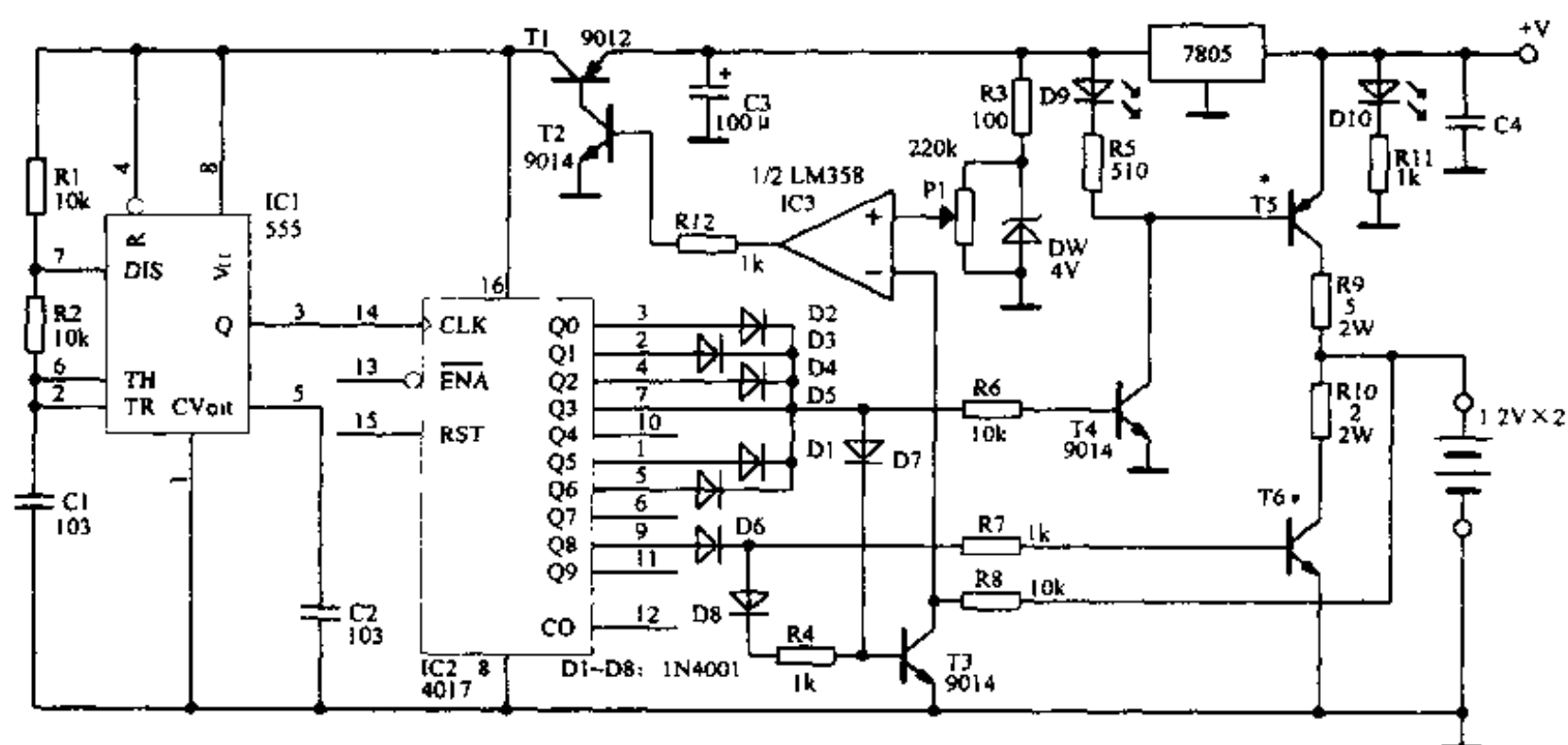
图 6-50 电池充电调节器

TEA1100 中的增量峰值调节器检测并判定电池电压的变化, 如果第 7 脚上的电压降落了平均最大值的 1% 或更多, 则充电继续进行。TEA1100 第 7 脚上的电压必须为 0.385 ~ 3.85V, 分压器 R4 ~ R5 可用来提供上述范围的电压。电池充足电后, TEA1100 切换到“维持充电”方式, 即在 1/10 正常充电时间间隔内, 以 1/2 的正常充电电流充电 (即电池用 1/20 的正常充电电流进行点滴式充电)。电容 C2 保持电流的稳定度。在无电池接至 K1 或电池进入点滴充电方式时, D1 闪亮; 当第 7 脚电压跌落时, LED 连续发光。

6.36 脉冲式快速充电器

本镍镉电池充电器采用大电流脉冲充放电的形式, 以达到快速充电的效果, 并能减少不良的极化作用, 增加电池的使用寿命。如图 6-51 所示。

用 555 接成无稳态振荡器作时钟, 频率约 5000Hz, 控制十进制计数器 CD4017 输出方波脉冲, 再通过功率管放大后对镍镉电池进行充放比为 5:1 的大电流脉冲式充放电, 充放



电间有间歇性停顿,停顿期间用运算放大器对电池进行电压检测,当电池充满电时,电路自动停止充电。

6.37 实用镍镉电池自动充电器

电路如图 6-52 所示。

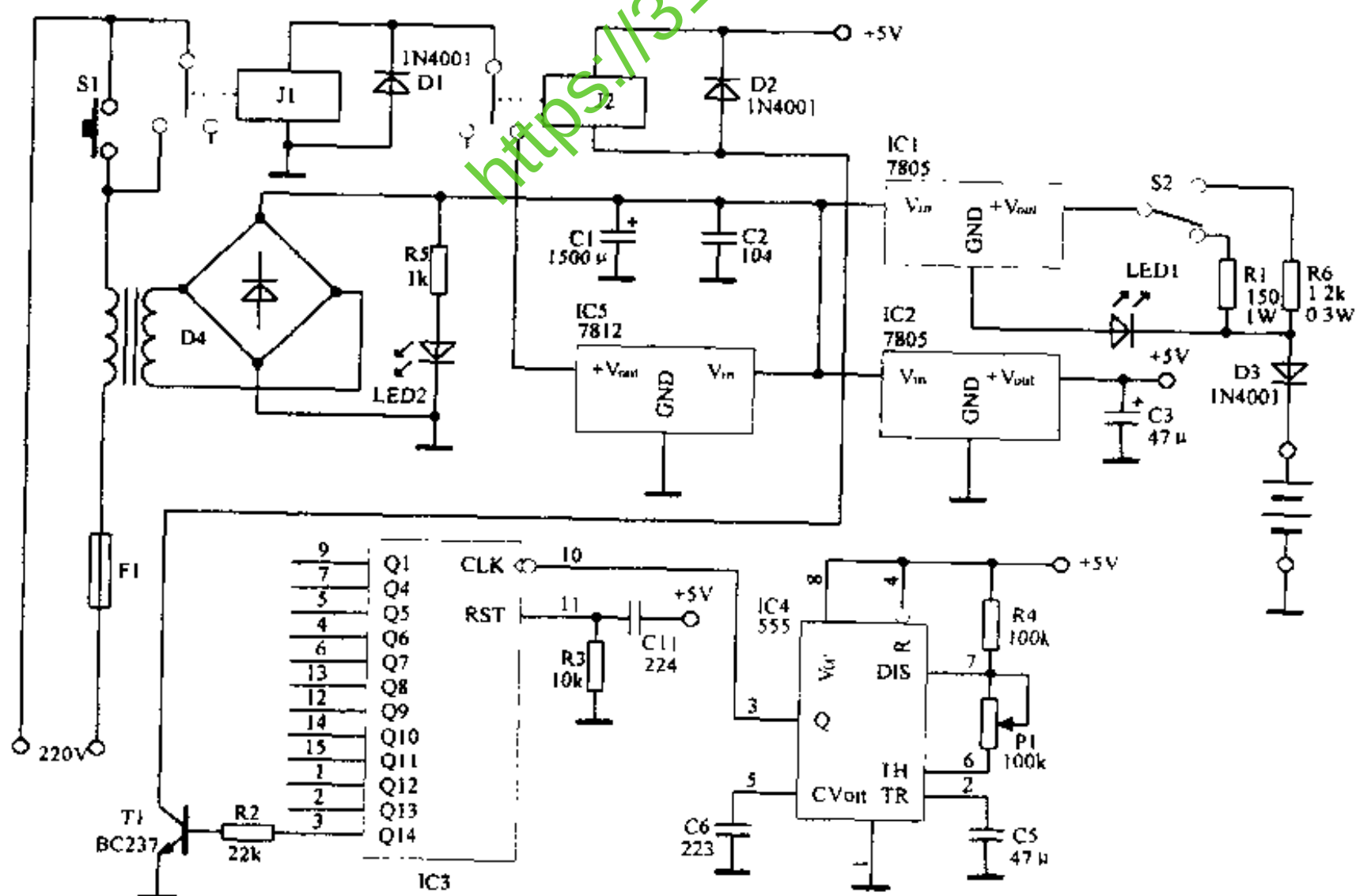


图 6-52 实用镍镉电池自动充电器

当按下按钮 S1 时,继电器 J1 吸合,红色发光二极管 LED2 亮,表示充电器开始工作。稳压器 IC5 可向 J1 提供 12V 直流电压。稳压器 IC2 可向逻辑电路提供 +5V 电压。作为充电电路的 IC1 接成恒流源,输出稳定的充电电流。

R1 可把充电电流固定在 50mA(用于 LR06 型蓄电池充电)。R6 可把充电电流固定在 11mA(用于 9V 的 6F22 型蓄电池充电)。R 阻值可按 $I_c = 7V/R$ 设定。定时部分由 IC3 和 IC4 组成。IC4 提供时钟脉冲,其频率由 P1 调节。IC3 是二进制计数器,可计数 16384 个,可把充电时间控制在 16 小时。当 IC3 的 Q14 脚呈高电平时,T1 导通,J2 吸合,充电停止。

6.38 简易镍镉电池充电器

电路如图 6-53 所示。

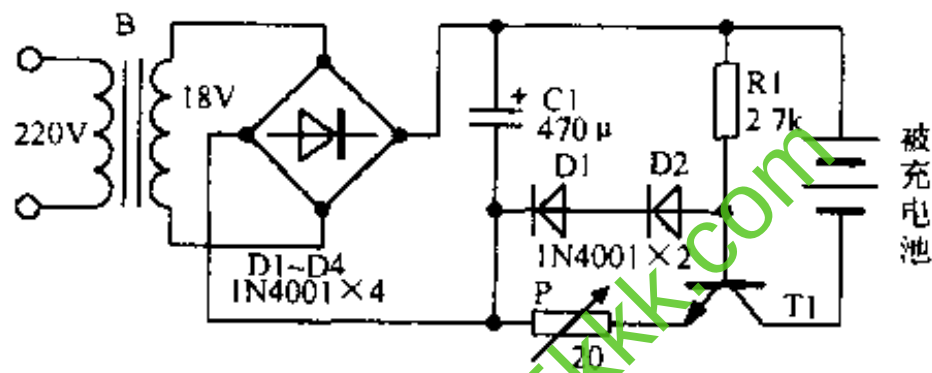


图 6-53 简易镍镉电池充电器

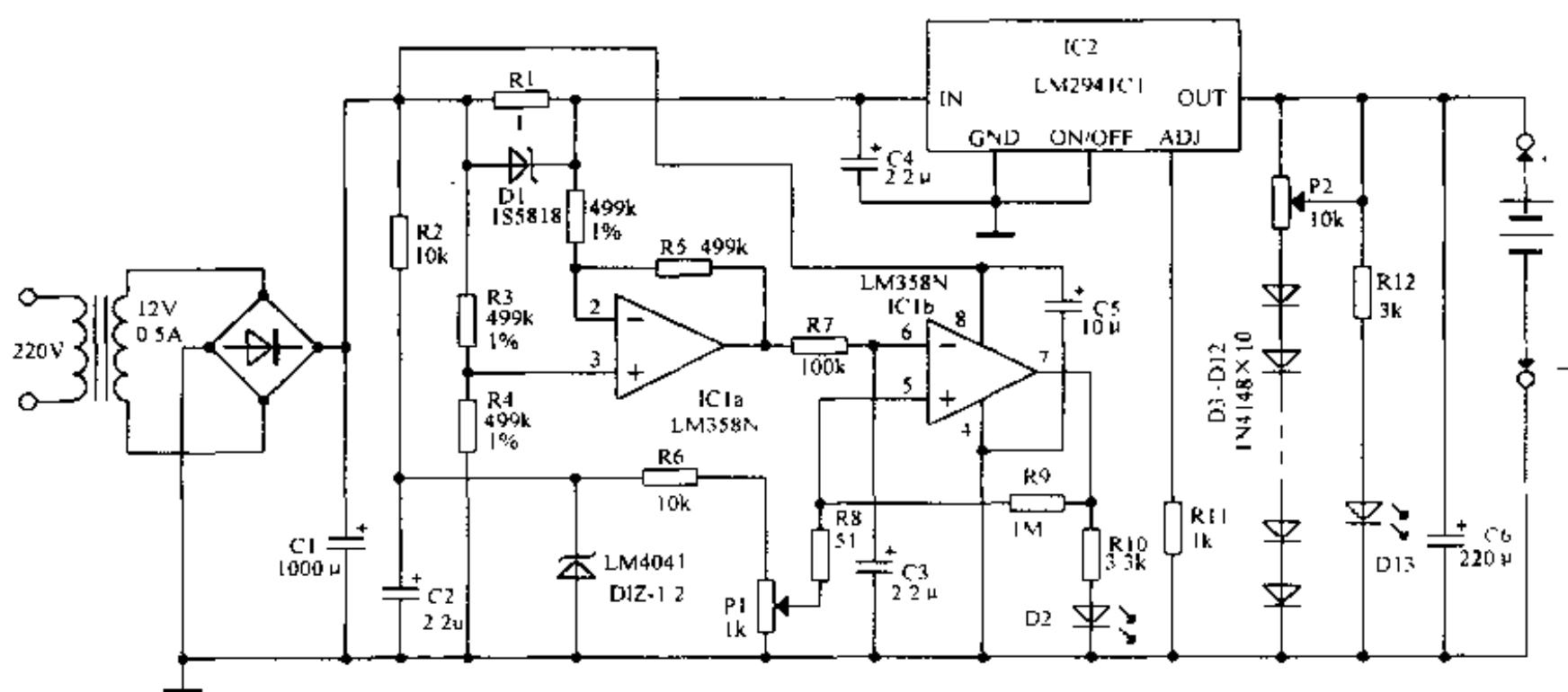
本电路能对不同数量的镍镉电池进行充电。在 0~24V 的电压范围内有限流作用,能使充电电流与最佳值始终不超过 1~2mA。

如果要对 450mA 电池充电,充电电流应为 45mA,晶体管的额定功率应为 2W。

6.39 小型铅酸蓄电池充电器

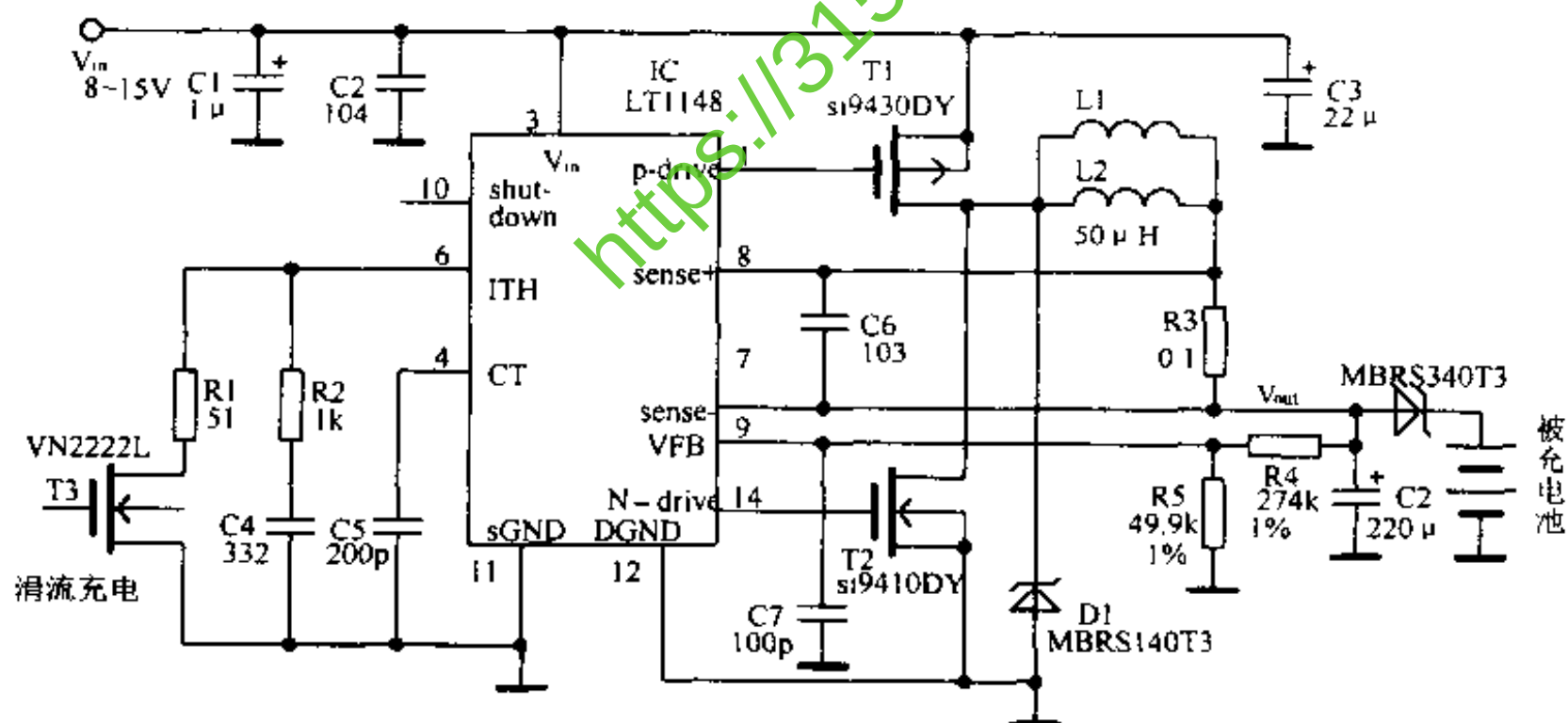
本充电器充电电源是限流电压源,电池充满时,电流变小,当监测电流低于阈值时 D2 发光。电路如图 6-54 所示。

IC2(LM2914CT)是调压器,为电路提供 13.8V 充电电源,R3、R4 及 D3~D12 设置调压器输出电压,R4 用以在空载时把电压调到 13.8V,D3~D12 具有负温度系数($-2\text{mV}/^\circ\text{C}$),以补偿电池端电压。R5 和 D13 用于指示输出接有电池,也是 IC2 的最小负载。对于电压为 11.5V 的电池,变压器输出电压为 12V,最大充电电流约 0.5A。在电池达到 13.8V,电流为 250mA 后,IC2 电流减小,维持电压成为恒压源。当 IC2 作恒流源时,其压降约为 250mV。调 R2 以校正充电器的正确充电电流,可利用 R1 上的电压来反映充电电流。IC1a 是增益为 1 的差动放大器,输出一正比于充电电流的基准信号。IC1b 以此信号与 R2 的参考电压比较。当负载电流下降足够低时,IC1b 的 6 脚电压低于 5 脚,输出翻转,D2 导通,表示电已充满。充电结束的调整方法:在电池充满电后调 R2,使 D2 导通。



6.40 高效镍镉电池充电器

本电路能在 1.3A 电流下给 4 块 NiCd 电池快速充电,或在 100mA 涓流下充电,其效率高于 90%。电路如图 6-55 所示。



LT1148 是一个同步开关调节控制器,它应用一种恒定停止时间电流型结构,驱动外接互补功率 MOS 场效应管。当 LT1148 的 P - 驱动输出使 T1 的栅极变为低电位时,P 沟道 MOSFET 导通,L1 的一边与输入电压相接,充电电流经 T1、电感进入电池。在 P - 驱动脚处于高电位时,T1 截止,然后 T1 漏极电压下降使钳位二极管正向偏置。在 LT1148 的内部电路判定 P 通道完全截止后,二极管才导通,同时 N - 驱动输出转为高电位,T2 导通,D1 又断路,使电感器电流流过 N 沟道 MOSFET,而不是二极管,所以效率增加。在快速充电期

间,电阻分压网络使 LTC1148 的反馈脚(VHB)电压下降到 1.25V 以下,这样 LT1148 可在最大电流下工作。

6.41 可控硅恒流定压充电机

本充电机输出电流 0~20A,定压输出范围是 2~100V。电路如图 6-56 所示。

本电路具有如下特点:能自动稳流,在充电过程中,充电电流不因电瓶电压不断升高而逐渐变小;能方便准确地控制充电电压,当电瓶充到预定电压时,自动停止充电并发出指示;具有反接和短路保护功能,不会因电瓶极性接反或输出短路而损坏充电机。电瓶反向串接在由单向可控硅组成的半波可控整流电路中,构成主回路。触发电路受稳流、定压和保护电路的控制。定压电路由稳压器、取样器、比较器和控制显示器四部分组成。稳压器可输出 0~100V 稳定基准电压,作为充电给定电压,它与电瓶取样电压分别加到比较器的两个输入端,当电瓶电压超过给定电压时,通过控制器可使可控硅截止,停止充电。稳流作用是通过改变触发电路的振荡频率从而改变可控硅的导通角来实现的。

6.42 ZC-2-10A 自动充电机

电路如图 6-57 所示。

单结晶体管 BT33 及 C3、P1、P2 等元件组成了弛张振荡器,其产生的脉冲信号经隔离二极管 D4 送至可控硅 SCR1 的控制极,调整电位器 P1 的阻值可改变可控硅 SCR1 的导通角,即改变了充电电流。

可控硅 SCR2、继电器 J1、P3、P4、D5 等元件组成了蓄电池充满电自动保护电路,当电池两端电压被充至 P3、P4 设定的上限值时,D5 导通,SCR2 受触发导通,LED2 显示,继电器吸合,同时 J1 切换到常开处,切断了 SCR1 控制极的脉冲信号,即停止对蓄电池充电。K2 为 12V、24V 电池充电的转换开关,图中置于 12V 位置。

6.43 铅酸电池保护器

铅酸电池常常因使用不注意而过度放电,造成电池提前报废。本保护器电路简单,给每块 12V 铅酸电池加装一个保护器即可避免上述现象。电路如图 6-58 所示。

当电池组电压低于 10V 时,本保护器就自动断开电池,以免过度放电,但它允许电池因负载起动瞬时电流大而出现偶然的电压低落。假定电池电压高于 10V 且继电器已经吸合,出现在 +V 输出端的电池电压经电阻分压后,给晶体管基极加上 0.8V 左右的正向电压,使晶体管饱和导通,继电器保持在吸合状态,电池就向负载供电。晶体管的基极电流随着电池电压的降低而减小。当电池电压降低到 9.5V 左右时,晶体管截止,继电器释放,电池即被断开。按压 OFF 按钮可人为地断开电池,使它停止供电。启动时,瞬时按压 ON 按钮,电池即通过分压器给晶体管基极注入正向电流,使晶体管导通,继电器吸合并自保,电池即开始向负载供电。

图 6-56 可控硅恒流充电机

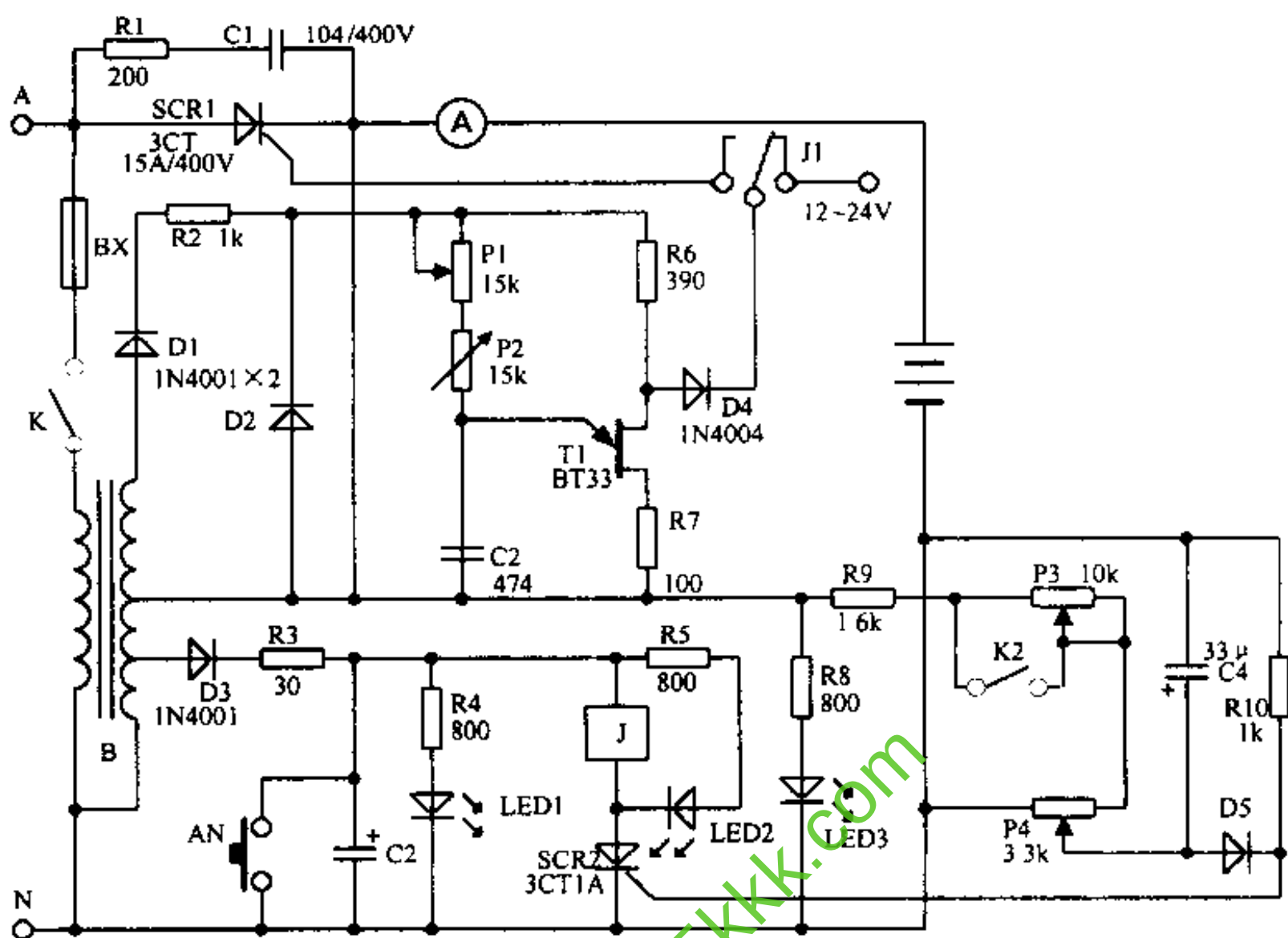


图 6-57 ZC-2-10A 自动充电机

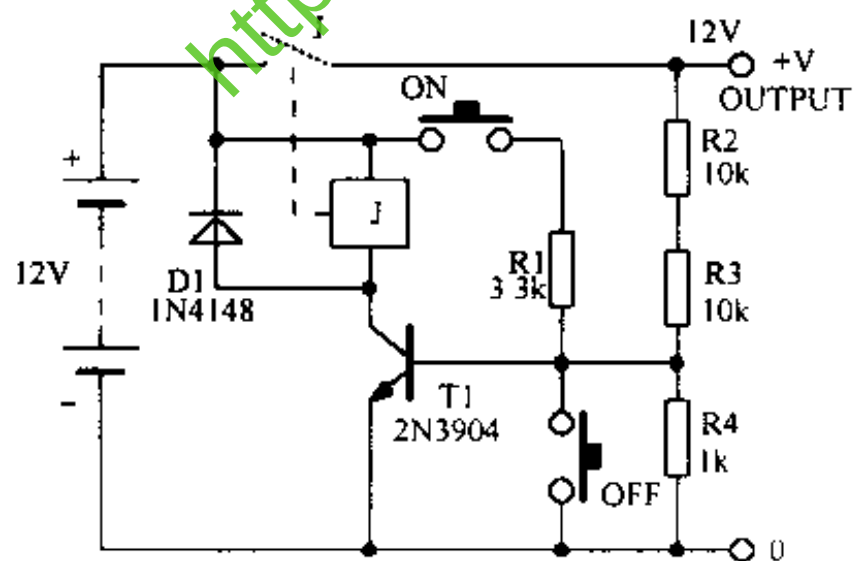


图 6-58 铅酸电池保护器

6.44 恒压式铅蓄电池充电器

本充电器采用恒压式充电,它通过检测电池逐渐充足引起的充电电流减小来控制停止充电,无需担心过充少充。电路如图 6-59 所示。

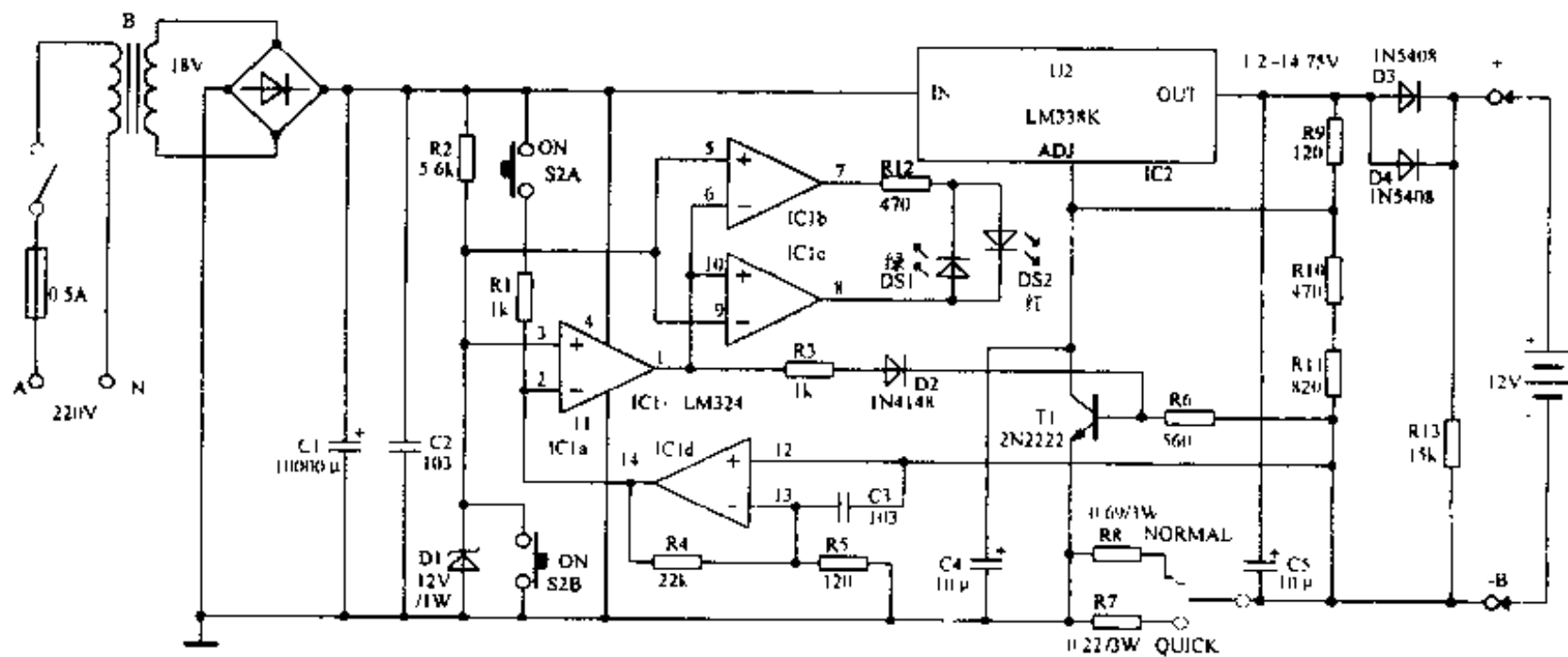


图 6-59 恒压式铅蓄电池充电器

接通电源时, IC1a 反相输入端 2 脚的电平总是比同相输入端 3 脚低, 因此 IC1a 的 1 脚输出的高电平使 T1 饱和导通, 等效于 IC1d 的 ADJ 脚接地, 使 IC2 的输出为 1.2V, 充电端为 0.6V。此时为轻负载, DS1 绿色发光二极管亮。按下按钮 S2, 使 IC1a 的 3 脚接地, 2 脚通过 R1 接电源正极, IC1a 输出低电平, DS2 红色发光二极管亮, DS1 熄灭, 指示电路处于充电状态。当 IC1a 输出变低之后, T1 没有驱动, IC2 输出电压上升开始充电。S2 放开后, 因通过 R8 的电流较大 (0.3 ~ 3A), IC1d 的输出电平比 IC1a 的 3 脚高, IC1a 保持低电平, 电路维持充电状态。当电池充足后, 通过 R8 的电流下降到原来的 10%, IC1d 输出电平比 IC1a 的 3 脚低, T1 导通, IC2 输出电压又降至 1.2V, DS1 发光, 指示充电结束。

6.45 铅酸电池过充保护器

本电路可作为 2 ~ 30Ah 容量的中、小号铅酸电池在浮充 (即一边向负载供电, 一边接受涓流充电或太阳能板的充电) 状态下避免过充之用。如图 6-60 所示。

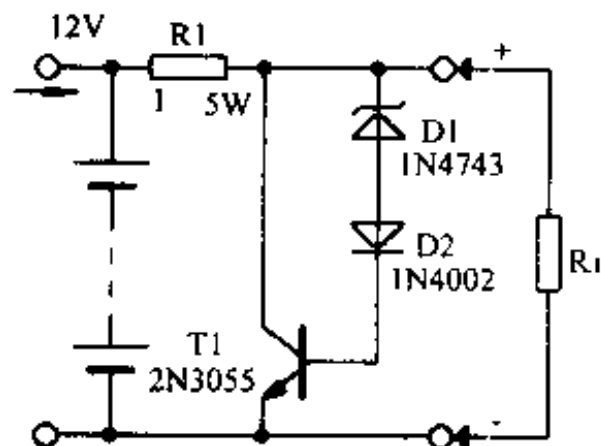


图 6-60 铅酸电池过充保护器

在不发生过充时, 由于齐纳二极管 D1 的阻隔, T1 不导电。当充电电压升到 14V 左右时, 晶体管 T1 (2N3055) 开始导通, 它对电池进行分流, 以防止电解液的蒸发, 有利于散

热。T1 应装在中等尺寸的散热板上。这里的齐纳二极管采用 13V、1W 的 1N4743, 也可以用 NTE143A。如选用较低电压的齐纳管, 本电路也可用于镍镉电池。

6.46 可延长镍镉电池寿命的电路

单节镍镉电池的电压通常为 1.2V, 目前市售的 6V 和 9V 两种镍镉电池, 实际上是分别由 5 节或 8 节 1.2V 的镍镉电池串联组合而成的。经验表明, 每节电池用到 1V 时充电可以延长它的寿命, 一般来讲, 在 1~1.1V 时就应停止使用。充电前需将电池电压放至 1V, 并且放电电流最好为 100mA。

如图 6-61 所示的电路可以实现上述功能。以 6V 电池为例, 当电池电压降到 5V 时, IC1 的输出电压经由 R4 和 R5 组成的分压器给 IC2 的反相输入端提供 1.25V 的参考直流电压, 此电压大于 R2、R3 的分压, IC2 输出低电平使 T1 截止, 停止放电。当电池电压大于 5V 时, IC2 输出高电平, 并使 LED 发光, T1 导通, 电池通过 R7 放电。T1 接成射极跟随器方式, 调节 R8 使 R7 两端电压为 1V, T1 就成为 100mA 的恒流源, 使 E 的放电电流为 100mA, LED 发光表示 E 正在放电。当 K 的位置拨到 9V 时, 电路串联上 R1, 同样使电池电压放电到 8V, 放电电流为 100mA。

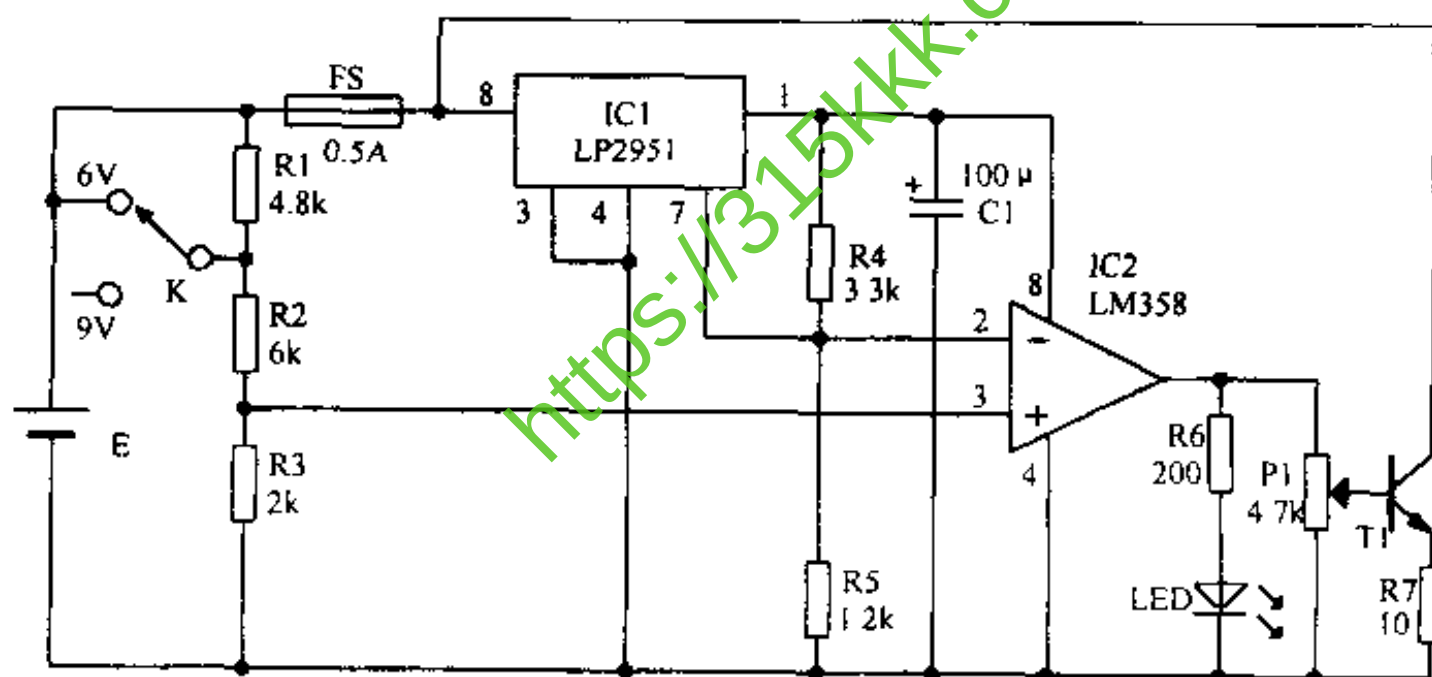


图 6-61 可延长镍镉电池寿命的电路

6.47 可预置充电终止电压的 9V 充电器

本充电器具有 4 组相同的充电电路, 可同时对 4 只 PP3 型 9V 镍镉电池充电。充电的终止电压可在 8.5~10.5V 范围内预置。如图 6-62 所示。

电压比较器 IC2a~IC2d 分别与 T1~T4 组成 4 组充电电路, 每组电路可充 1 只 PP3 型 9V 镍镉电池。15V 直流电压通过 R17、P1、R18、D1 组成的分压器分压, 调节电位器 P1 可在其滑动端取得 8.5~10.5V 的基准电压, 此电压通过 4 只 100kΩ 隔离电阻, 分别加到 4 个比较器的同相输入端。每组被充电电池的电压都通过 1 只 100kΩ 电阻加到该组比较器

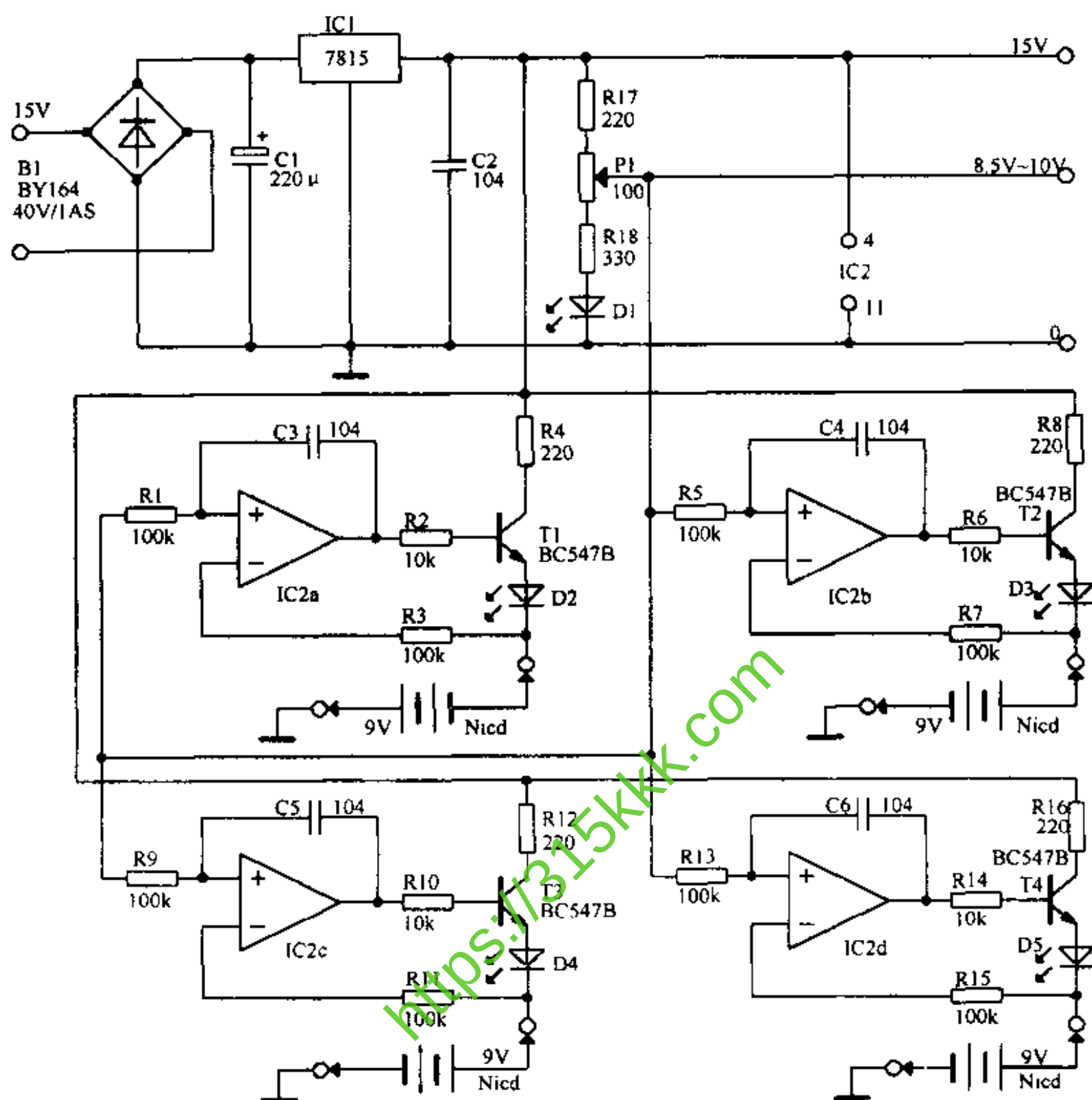


图 6-62 可预置充电终止电压的 9V 充电器

的反相输入端,去与基准电压作比较。电池充电时 T1 ~ T4 导通,发光二极管 D2 ~ D5 指示充电正在进行。当电池电压充到超过 P1 设定的基准电压(即预置的充电终止电压)时,该组比较器的输出端翻转到低电平,受它控制的晶体管截止,使该组电压中断充电。中断充电后若电池电压下降到设定值电压时,电路会继续充电。

6.48 电压峰值增量型自动充电器

本充电器在充电开始时,电池电压迅速升高。不久,上升变缓。接近充满时,又迅速升高达到峰值。充满后,电池电压即开始下降。下降的原因是镍镉电池的电压具有 $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 左右的负温度系数。电池充满后,内部温度急剧上升,此时由于充电而引起的电压上升量小

于由温度引起的下降量,其峰值通常出现在过度充电的 20% 处,对电池并无害处。所谓峰值增量 (Delta - peak) 充电法,就是通过监测电池电压出现峰值之后的微小下降量来控制充电电路,使其自动结束充电。电路如图 6-63 所示。

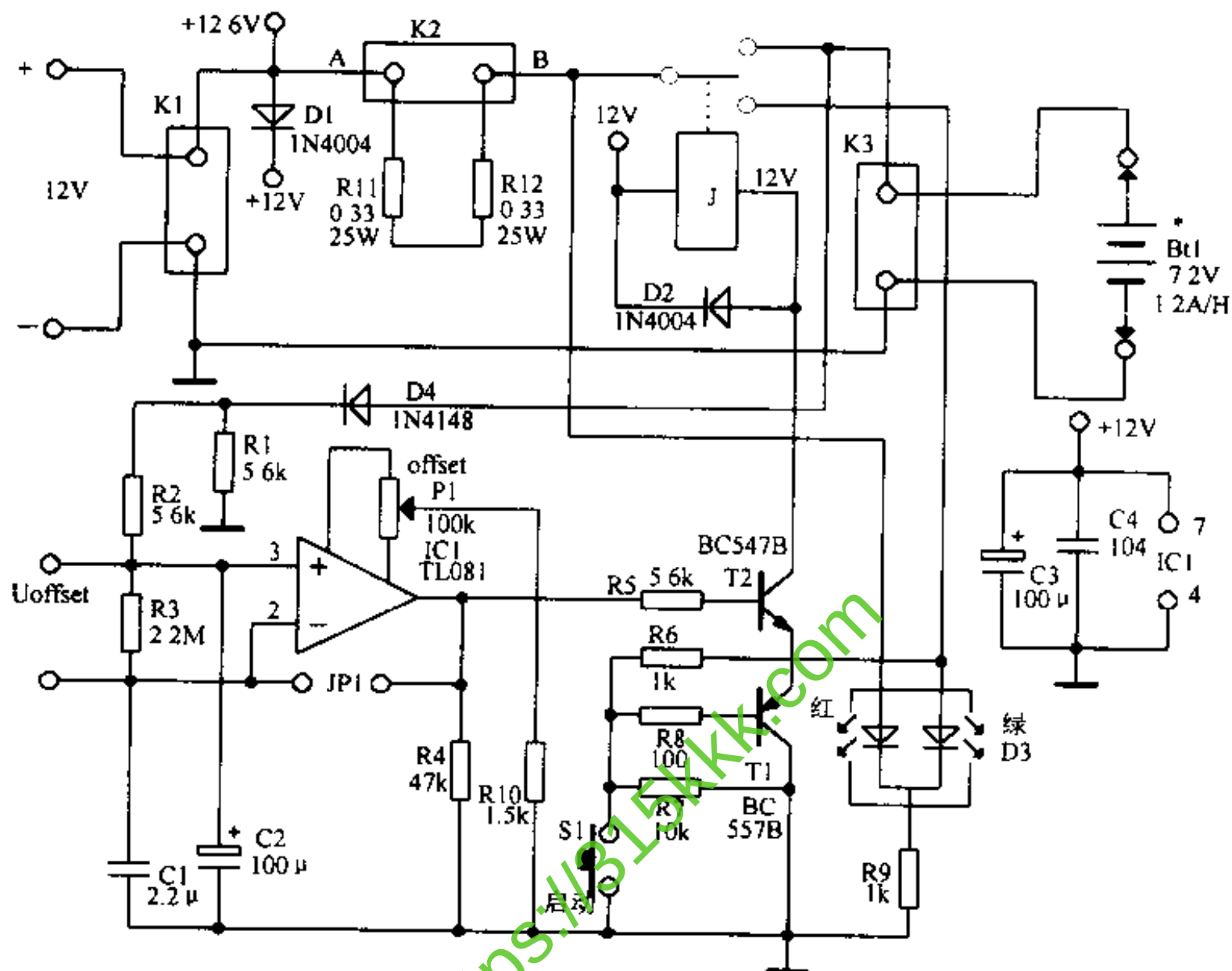


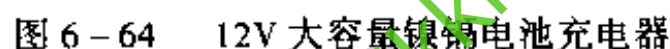
图 6-63 电压峰值增量型自动充电器

启动按钮 S1 时, T1、T2 相继导通,继电器触点转换,开始充电。S1 被释放后, T1 通过 R8、R7 维持基极电流,使充电状态得以保持。电池充满后,其充电电流下降,使 IC1 反相输入端电位高于同相输入端,于是 IC1 输出低电平, T1、T2 相继截止,继电器停止工作,充电电路被切断,电池即自动结束充电。P1 对 IC1 的输入失调进行调零。

6.49 12V 大容量镍镉电池充电器

本充电器可提供 107mA、230mA、500mA、1A 四挡恒定的充电电流。可对 12V/1~10A/h 镍镉电池组进行自动充电。当对铅酸蓄电池充电时,充电电流只宜选用 107mA 挡,因为铅酸电池采用恒流充电时,电流过大就会损坏蓄电池。电路如图 6-64 所示。

IC1(7805)与 R6~R9 串接在充电回路中,在这里起恒流源的作用。用开关 S2 可选择充电电流。发光二极管 D1~D4 用来指示开关选择的挡位。当接上电池时,电池的剩余电压通过 T4 使继电器吸合,其触点将交流电源接通,电路开始向电池充电, D7 上的压降使 T3、T2 相继导通,此时即使 T4 截止, T3、T2 仍能使继电器保持在接通状态。电路启动后,



6.50 野外用快速充电器

IC1(7805)为控制电路提供 5V 的电源电压。当充电器输入端接上汽车 12V 蓄电池时,镍镉电池的剩余电压通过 R8 向 T1 提供基极电流,于是 T1 导通,发光二极管 D2 亮,表示电池连接正确。只有电池连接正确时,按下启动按钮 S1 才能启动充电电路,对镍镉电池进行充电。在充电过程中,C4 通过 P1、R4 充电,其端电压缓慢上升,当达到某一预定值时,555 单稳时间结束,继电器释放,充电即告结束。P1 可设定充电时间,一般为 26~33 分钟。按下 S2 可中断充电。

6.51 具有数字电路定时器的 9V 充电器

电路采用振荡计数器 4060(IC1)作充电时间定时器,其振荡频率由 C1、R1、R2 设定为

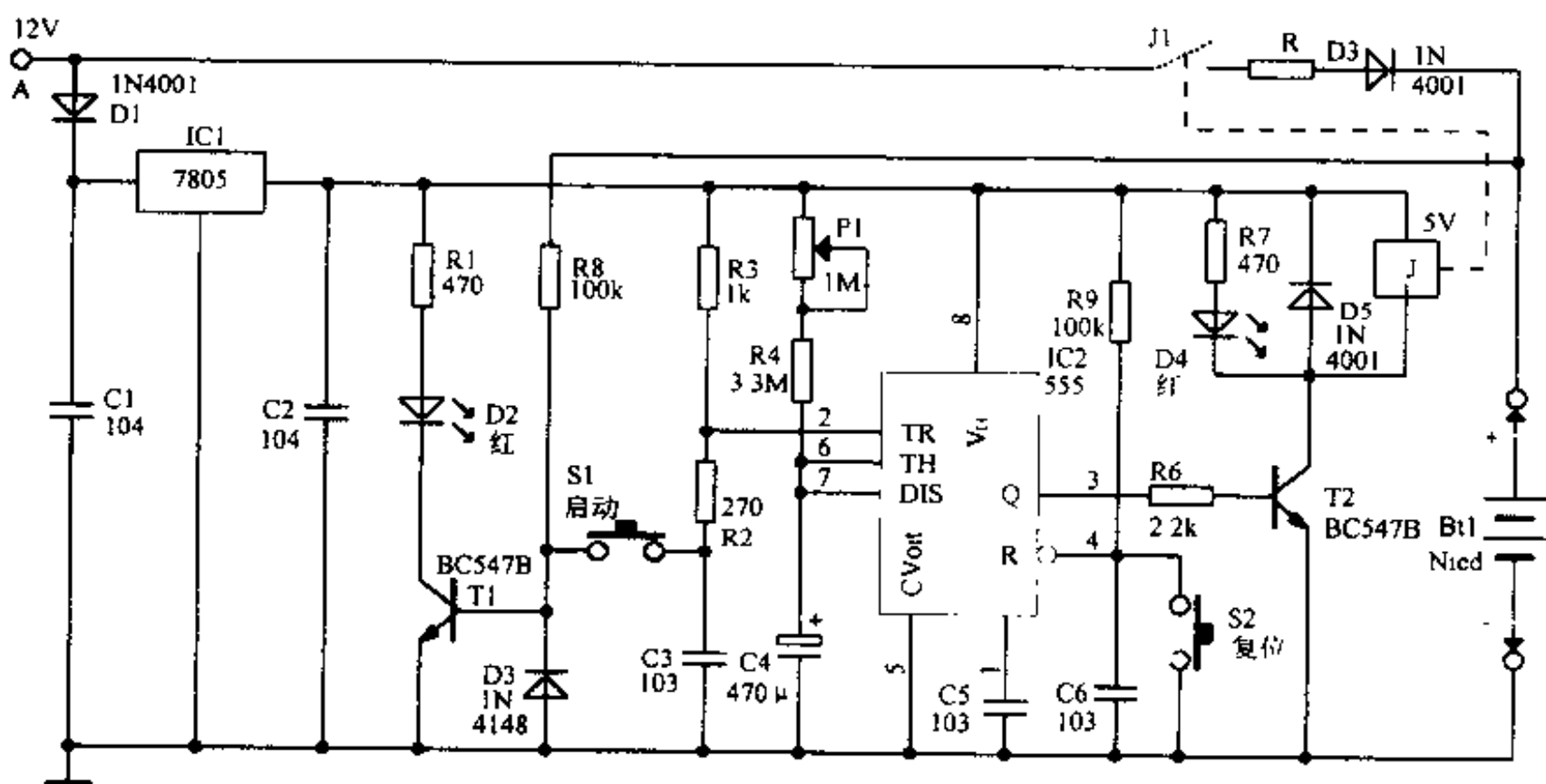


图 6-65 野外用快速充电器

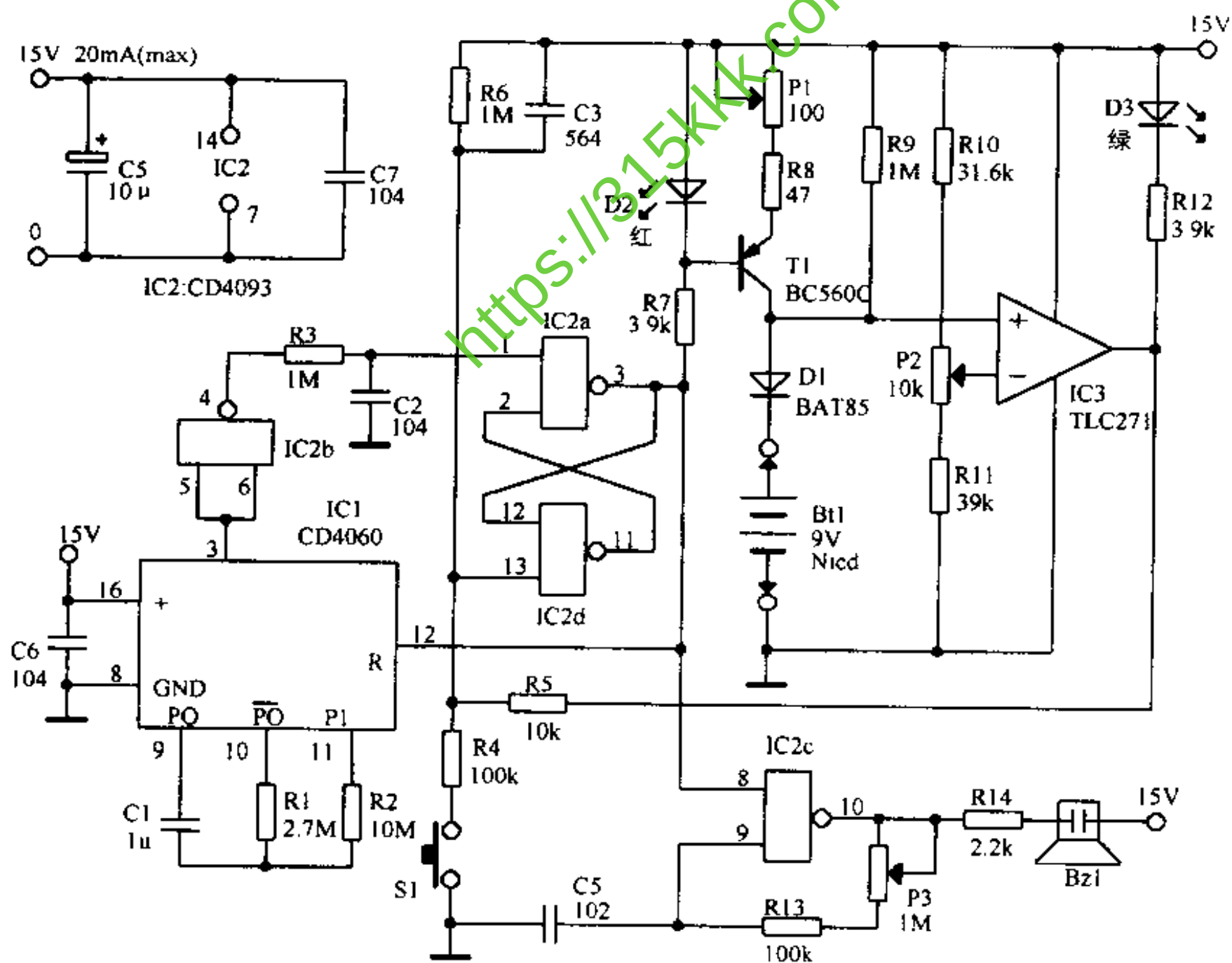


图 6-66 有数字电路定时器的 9V 充电器

1/16Hz,从置位算起,14小时后 Q13(3脚)输出高电平。此时,IC2a 的 1脚变为低电平,双稳电路 IC2a-IC2d 被置位,其 3脚输出高电平,恒流管 T1 截止,充电结束。比较器 IC3 (TLC271)使留在充电器上的电池自放电后可以自动充满。其基准电压(即决定电池开始充电的阈值电压)由 P2 调整。

电源接通后,只要将电压低于充电阈值值的电池接入电路,IC3 输出低电平。于是,IC2a 的 3脚输出低电平,T1 导通,电池开始充电,IC1 开始计数。充电时,发光二极管 D3 和 D2 亮。也可以按下 S1,以手动方式来自动充电。P1 用来调节充电电流。IC2c 接成方波振荡器,当充电结束时,驱动蜂鸣器发声,其声音大小可由 P3 调整。

6.52 可选择充电时间的小型电池充电器

本充电器具有安全充电所需的恒流源和相当准确的数字电路定时器,可同时充 12 节小型镍镉电池。充电时间有 5 小时、14 小时、24 小时三挡供选择。电路如图 6-67 所示

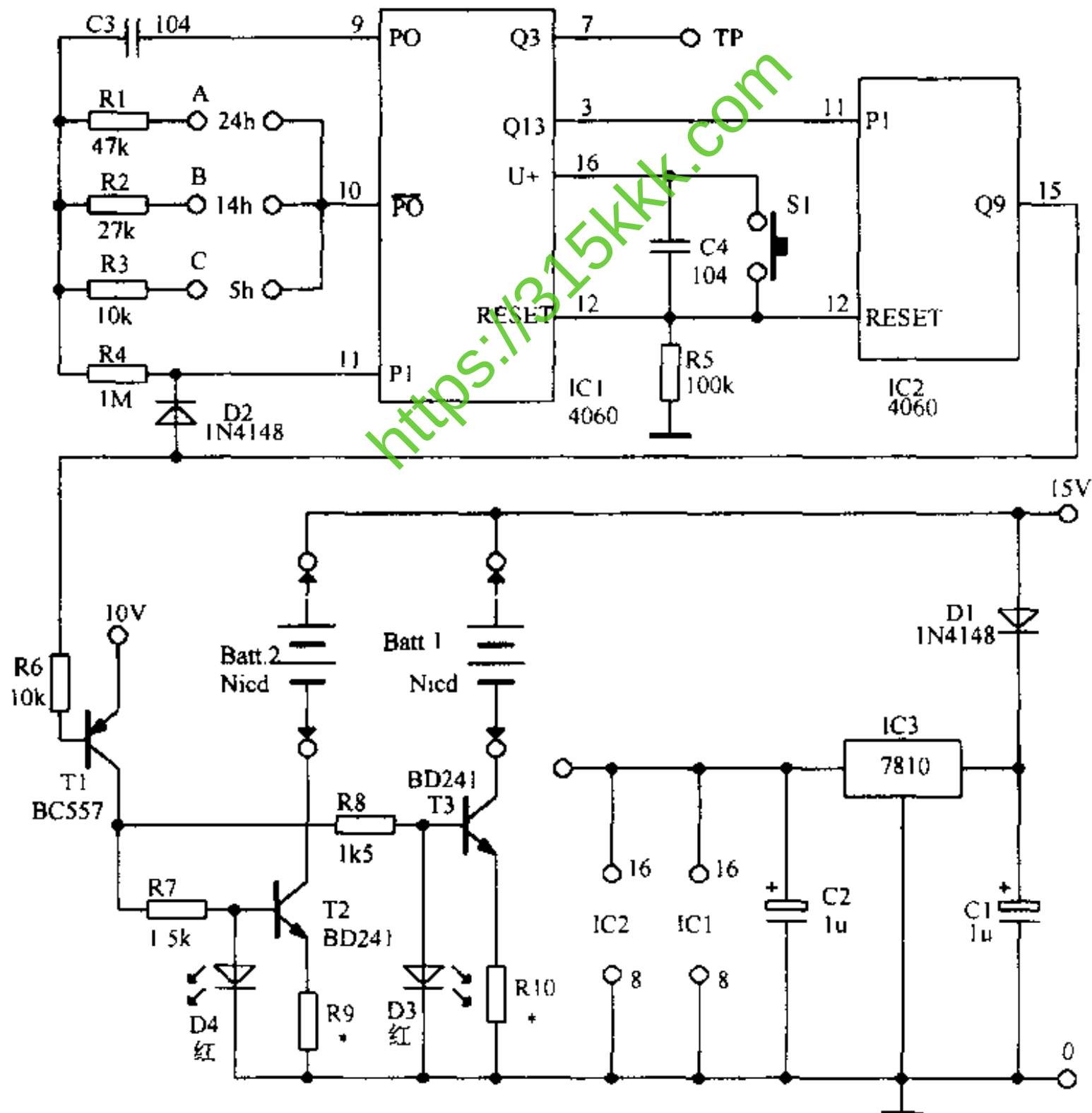


图 6-67 可选择充电时间的小型电池充电器

电路由输出电压 15V 的电压适配器供给。15V 直流电压送到两个恒流源对电池充电,另由 IC3(7810)为定时器提供稳定的 10V 电源电压。IC1 和 IC2(CD4060)组成定时器,当计时到预定的充电时间时,IC2 的 Q9(15 脚)输出高电平,此电平一路通过 R6 使 T1、T2、T3 相继截止,电池即停止充电;另一路通过 D2 加到 IC1 的时钟输入端,使振荡器停止工作,直到按下复位开关 S1 为止。充电进行时,相应的发光二极管点亮。充电前应根据电池规定的充电电流来选取 R_x 的数值,并按照规定的时间来选择 R1 ~ R3。

6.53 改进型镍镉电池自动充电电路

如图 6-68 所示为改进的镍镉电池自动充电电路。时基电路 555 作为比较器工作。当电池电压不足时,IC1 的第 2 脚分压低于第 5 脚的一半,IC1 的第 3 脚输出高电平,触发可控硅导通,经 R1 限流电阻器对电池充电。当电池电压上升到 RP2 设定的上限值 4.2V 时,IC1 翻转,第 3 脚输出低电平,停止充电。R5 ~ R8、IC1 仍然继续监测电池的电压,使电池总处于充足状态,特别适用于保障对讲机、手机等手持通信设备随时正常使用的场合。

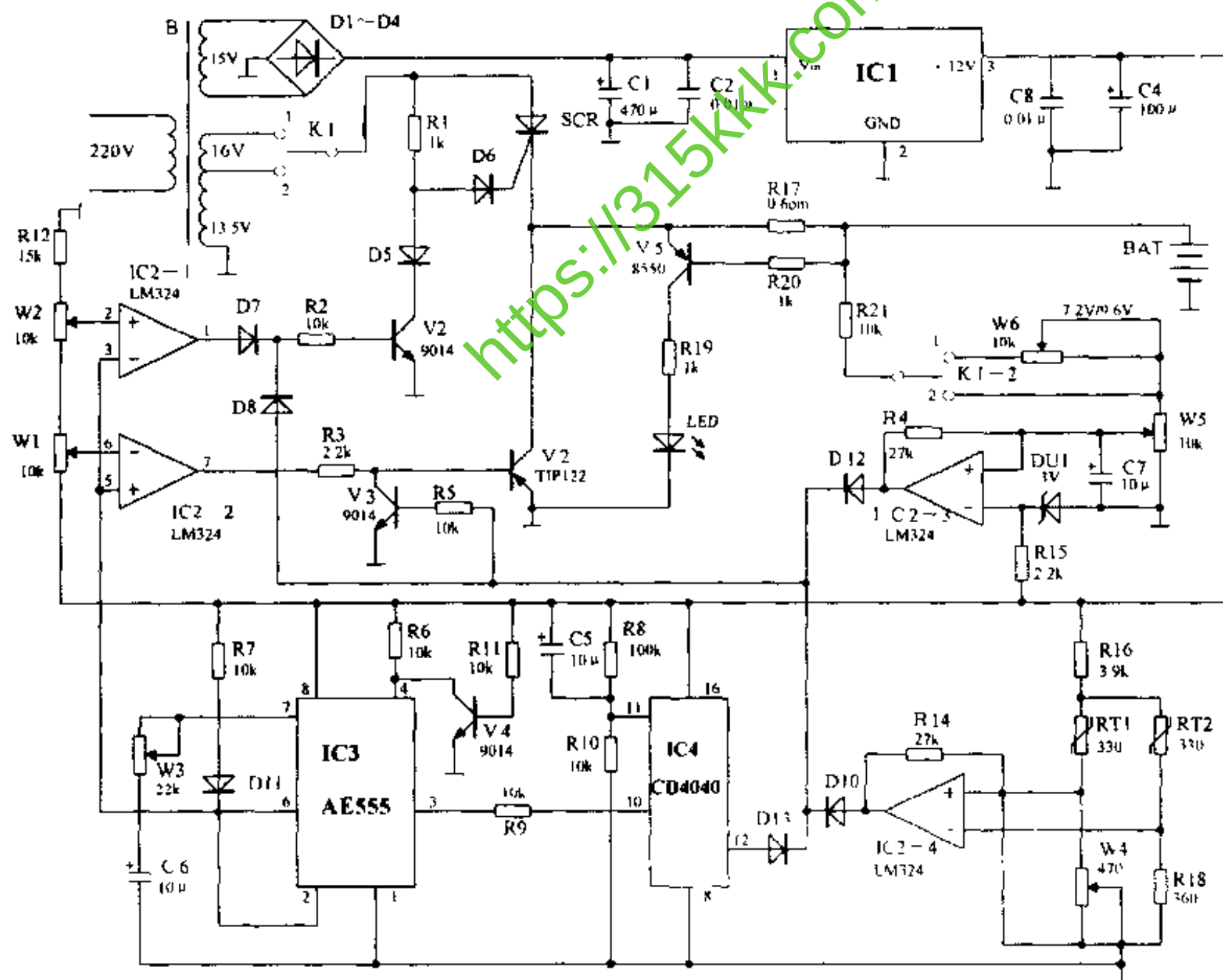


图 6-68 改进型镍镉电池自动充电电路

6.54 高质量智能型镍镉电池充电电路

该电路具有自动充电量检测、放电检测、连续充电、继续充电、音响提示等多种功能。可分别对 6 节、5 节、4 节 (7.2V/6.0V/4.8V) 镍镉电池进行高质量的充电。DIS 和电阻 R7、R16 为放电控制电路。整个工作过程由集成电路 TT3356A 控制完成。如图 6-69 所示。

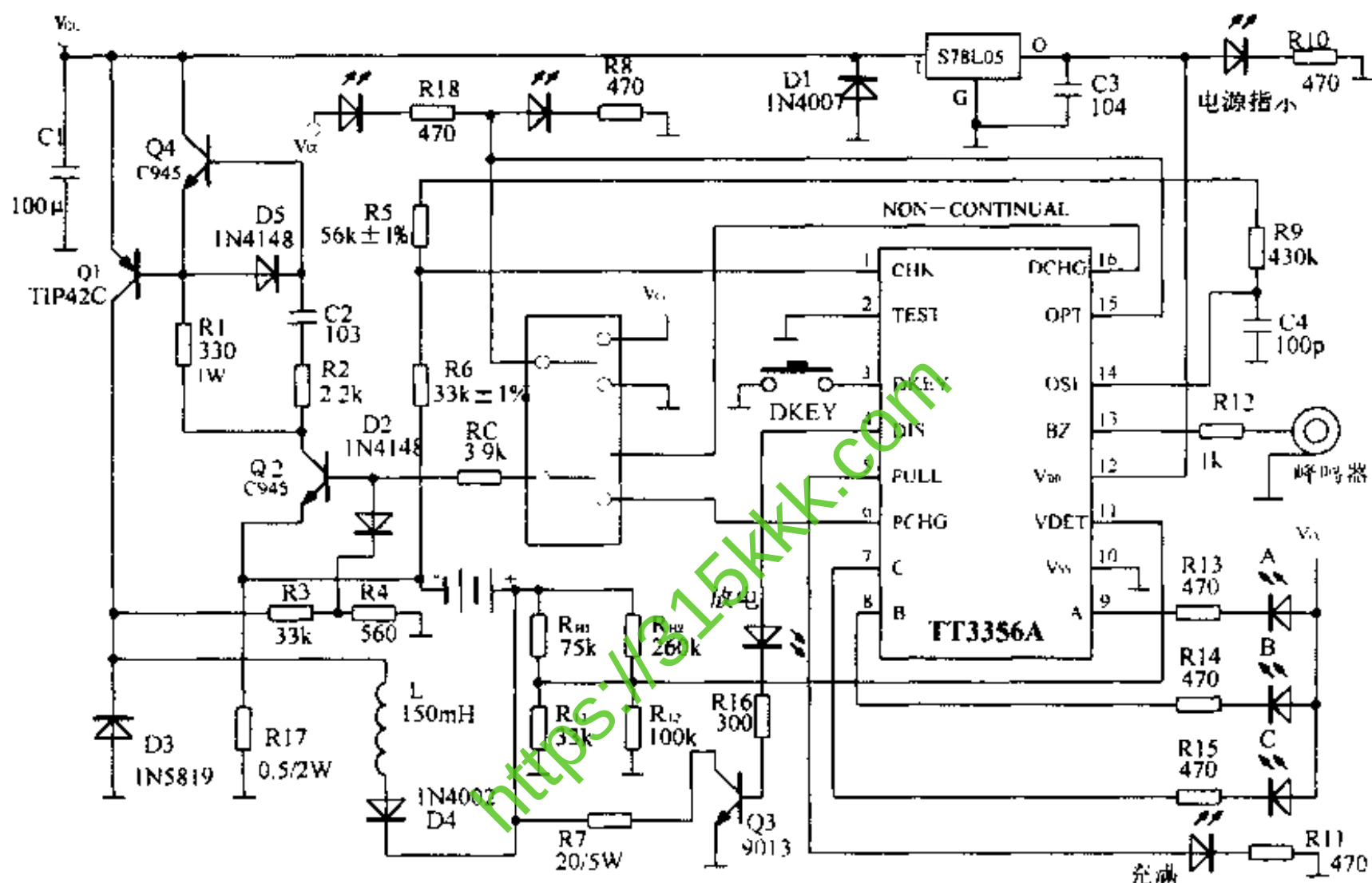


图 6-69 高质量智能型镍镉电池充电电路

6.55 对讲机快速充电器

本充电器充电一次仅需 25 分钟, 不仅电池充得饱满, 而且对电池内部的轻微短路及记忆效应能有效地修复, 充分恢复电池容量。此外, 还具备完善可靠的控制和保护功能, 可确保电池安全、快速地充电而不会发生意外。如图 6-70 所示。

6.56 步升/步降型电流源电池充电电路

对于电池充电器, 高效率的步降 (BUCK) 接法是首选的方法。但当电源电压小于电池电压, 或者 (较差的情况) 电源电压在高于或低于电池电压范围内变化时, 就必须改用其

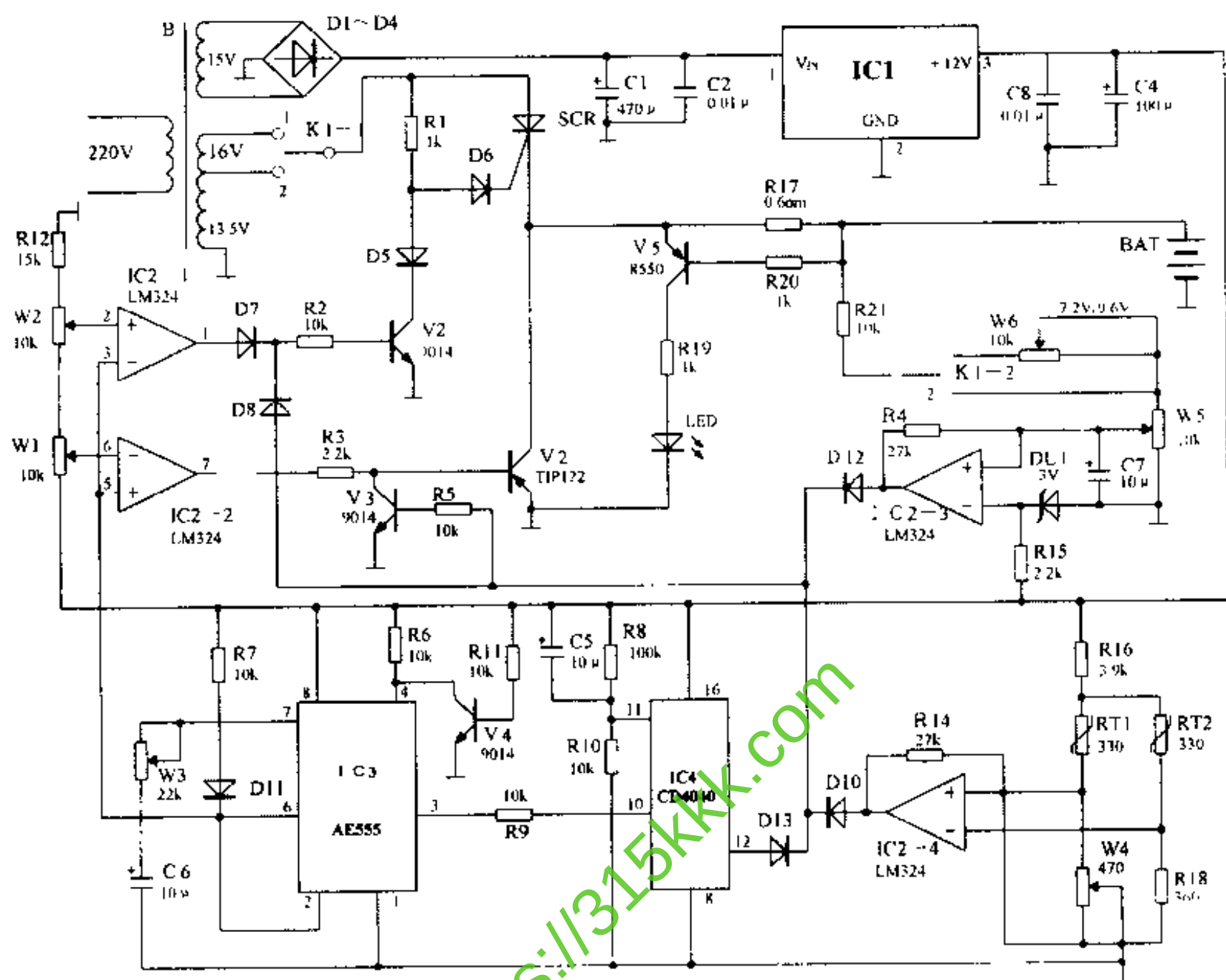


图 6-70 对讲机快速充电器

他的充电方法。如图 6-71 所示电池充电电路,可以适应几个不同的电压源,并可向不同单元数的电池充电。输入电压 4~15V;可向 1~15 单元电池充电。

6.57 可以快速充电的高精度开关电流源

高效率的 MAX1640/1641 是开关方式工作的电流源,它能够以 2% (MAX1641) 或 5% (MAX1640) 的精度提供高达 2A 的电流。与一个微处理器配合能构成的一个快速高精度电池充电系统。其开关频率、最大充电电压以及快充、浮充和涓流充电电流都可通过外部电阻进行设定。如图 6-72 所示。

6.58 台式锂离子电池充电器

使用很小的 8 引脚 PIC 单片机,配合 MAX846A 充电控制集成电路,构成一个完整的具有 LED 用户接口功能的台式锂离子电池充电器系统,如图 6-73 所示。LED 用户接口

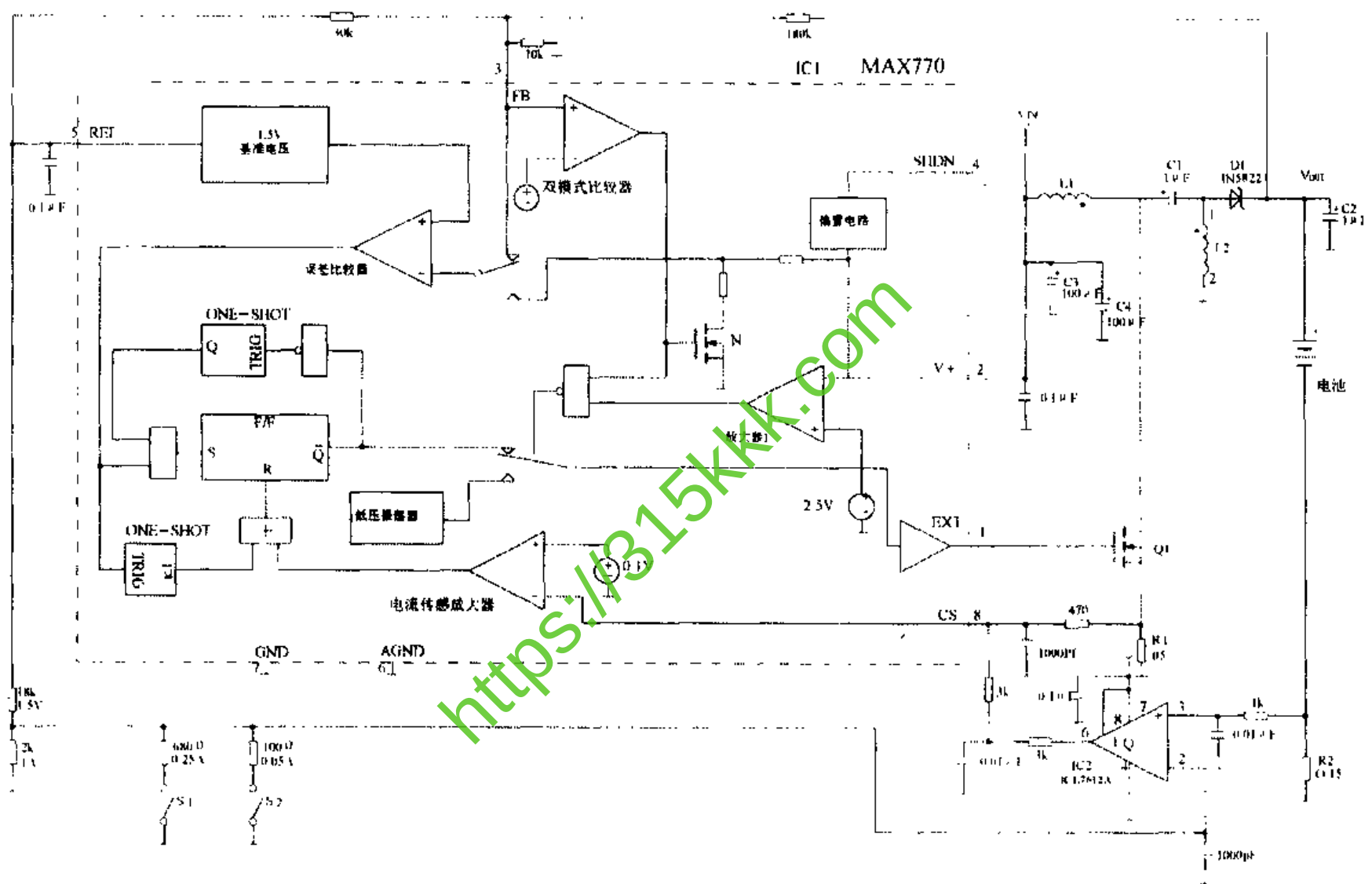


图 6-71 步升/步降型电流源电池充电电路

用以指示充电过程和状态。MAX846A 就是为这类应用而设计的,它包含的线性稳压器和单片机复位电路(支持外加的单片机)降低了台式充电器的成本。

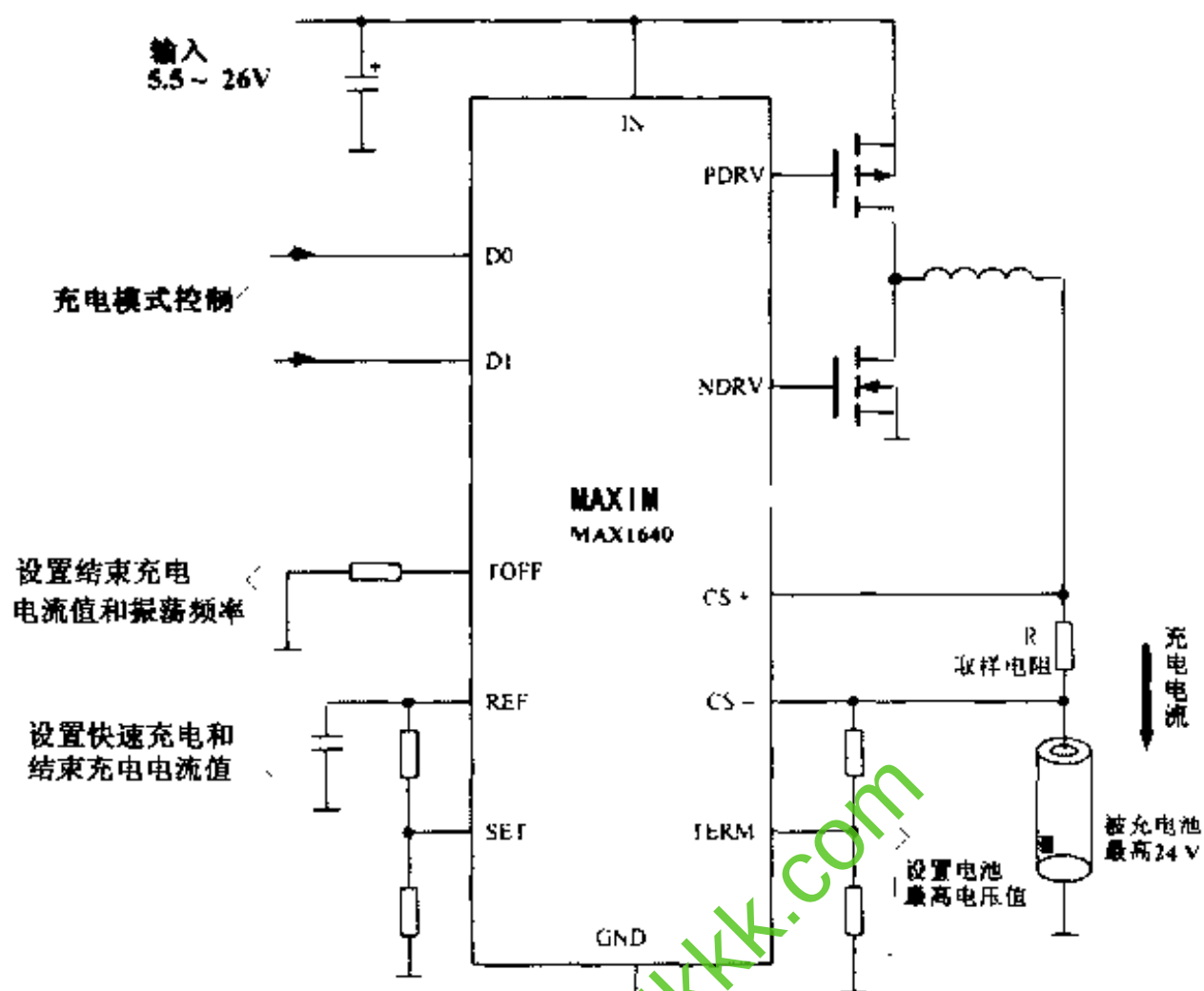


图 6-72 快速充电的高精度开关电流源

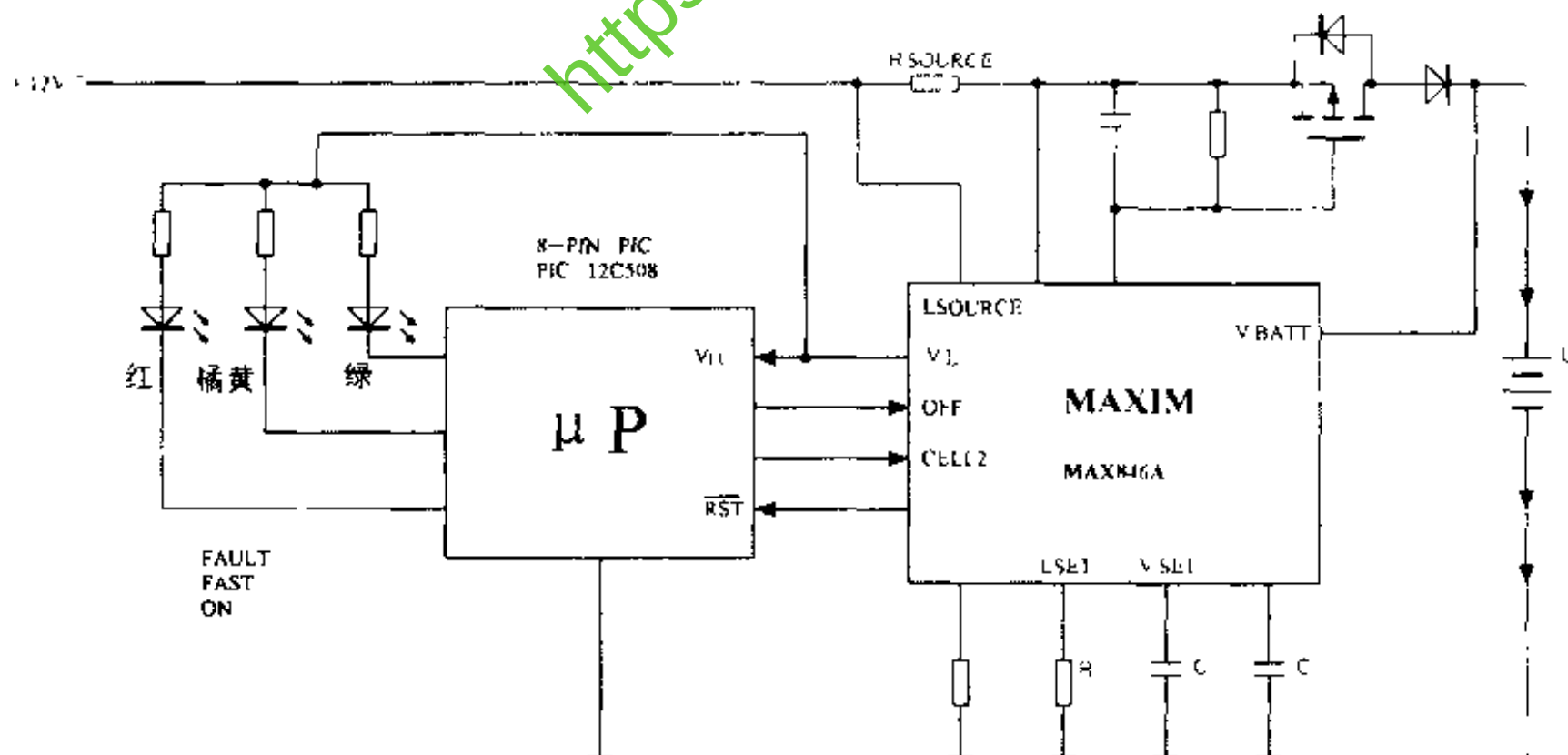


图 6-73 台式锂离子电池充电器

6.59 功能完善的 2A 锂离子电池充电器

功能全面的 MAX1647 充电器芯片和 8051 单片机一起可组成一个功能完善的锂离子电池充电器,充电电流可达 2A。单片机可用 Atmel 的 80C2051,这是高档充电器系统中采用较多的典型控制器。从 UART 或驻留在单片机的其他程序中可以读到充电器的状态。电路如图 6-74 所示。

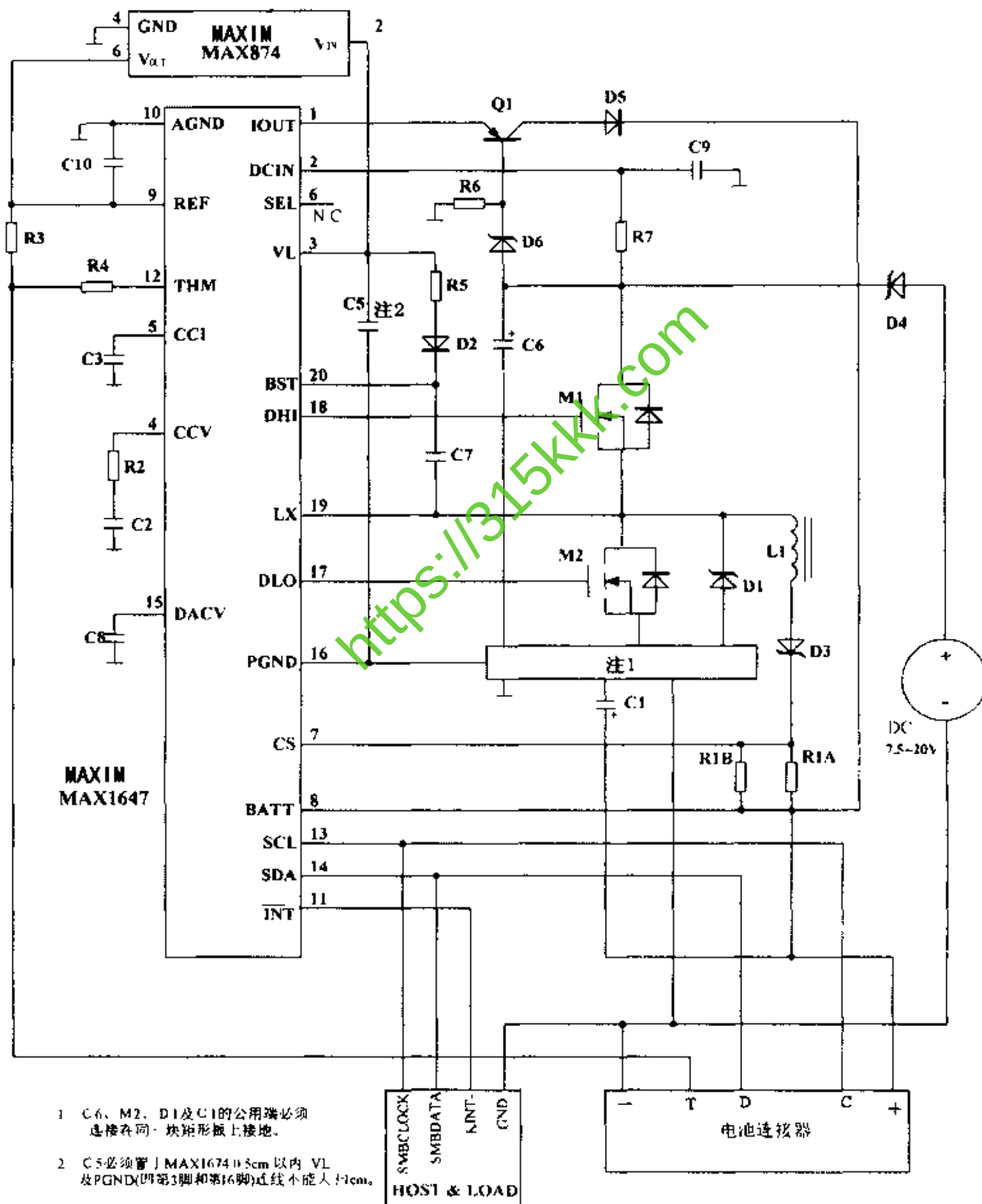


图 6-74 2A 锂离子电池充电器

第 7 章 其他类型电源

本章收集的是一些非常规类型的电源。这些电源有些是输出高电压的,有些是对交流电源进行稳定的。还有一些是电源的附加电路:如电源的净化、保护、监视等,还有一些是把直流变为交流电源——即逆变电源。把这些特殊电源或电源附加电路一并放在此章中,读者在前几章找不到需要的电路时,可以试试在本章中查找。

7.1 虚地发生器电路

使用单位增益放大器 INA105 可以组成虚地发生器。它用于需将单电源变成一组与单电源地浮置、电压值减半的正负对称电源。电路如图 7-1 所示。

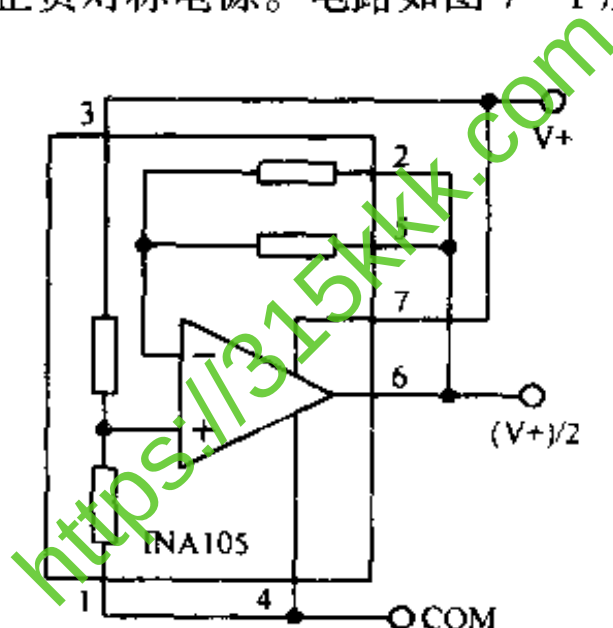


图 7-1 虚地发生器电路

运放 INA105 接成 0.5 倍缓冲器,输出电压为电源电压中值,构成正负对称电源,这样,单电源的地与正负对称输出电源的地是浮置的。

7.2 脉冲调宽自动逆变电源

利用单片脉宽调制开关稳压集成电路 SW3524,可组成自动逆变电源。电路简单,转换效率高,输出误差小(5%)。具有过载自动保护、过充过放保护、开机软启动等功能。SW3524 的引脚排列及由它组成的自动逆变电源电路如图 7-2 所示。

继电器 J1 选用 JQX-15F(12V 直流继电器),J2 选用 JQX-18F(交流继电器);T1~T4 选用 IRF131、14A/60V VMOS 大功率场效应管;变压器 B1 的铁心截面尺寸为 34mm×60mm,可满足 200W 的逆变器;L1 用线径 2mm 的漆包线双线并绕 30 匝,L2 用线径 0.61mm 漆包线绕 660 匝,在 550 匝处抽头,L3 用线径 0.21mm 漆包线绕 25 匝。

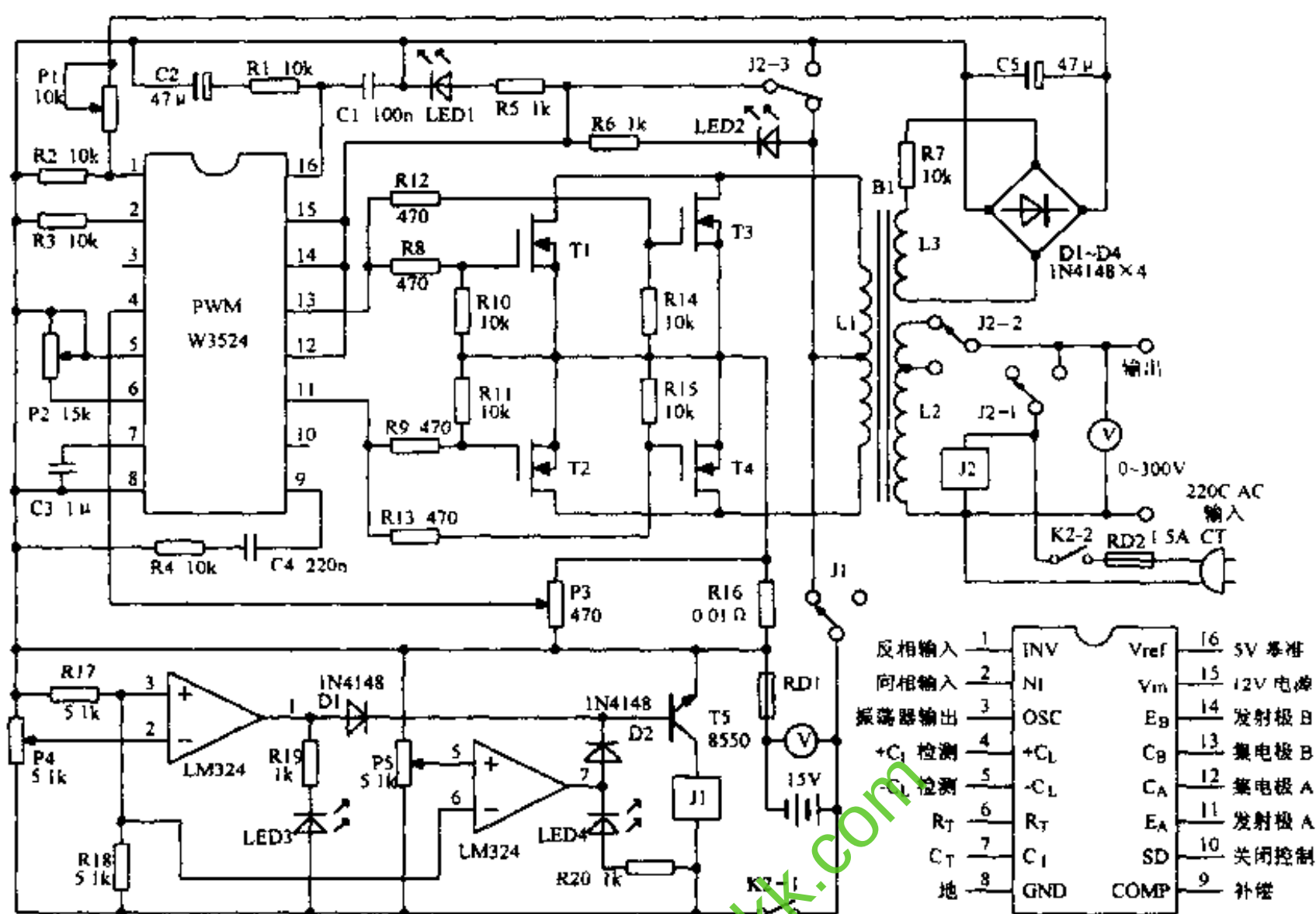


图 7-2 脉冲调宽自动逆变电源

7.3 100W VMOS 管逆变电源

晶体管 T1、T2 构成多谐振荡器，振荡频率 50Hz。当工作电压下降时，为了使振荡频率保持不变，振荡器采用稳压电路供电。输出方波由 VMOS 大功率管推动，变压器升到 220V。继电器 J1 用于逆变和充电的自动转换。如图 7-3 所示。

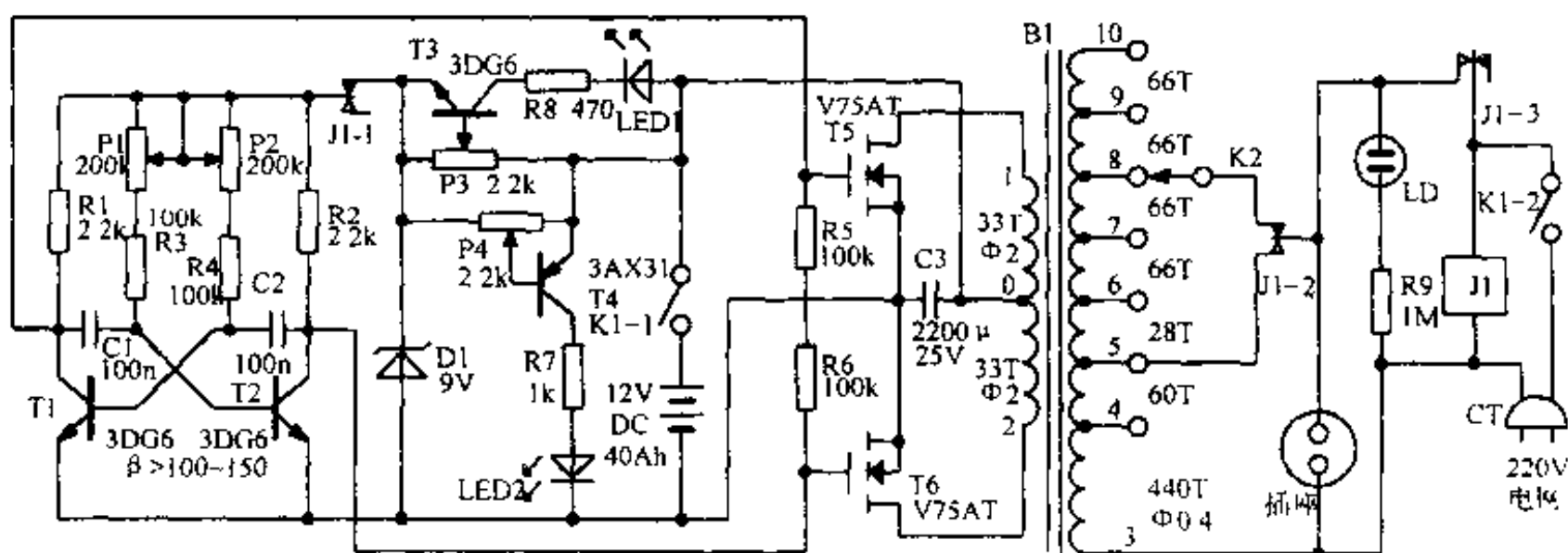


图 7-3 100W VMOS 管逆变电源

元件数据如下: R1、R2(2.2k Ω 1/8W RT), R3~R6(100k Ω 1/8W RJ), R7(1k Ω 1/2W), R8(470 Ω 1/2W), R9(1M Ω 1/2W), P1、P2(200k Ω 电位器), P3、P4(2.2k Ω 可调电阻), C1、C2(0.1 μ F 涤纶电容), C3(2200 μ F/25V CD), T1、T2(3DG6B = 100~150), T5、T6(VMOS V75AT), D1(2CW17 9V)。

7.4 采用功率运放的 115V/400Hz 电源

此 115V/400Hz 电源主要用于测试,本电路采用 PA25 双功率运算放大器集成电路构成。电路如图 7-4 所示。

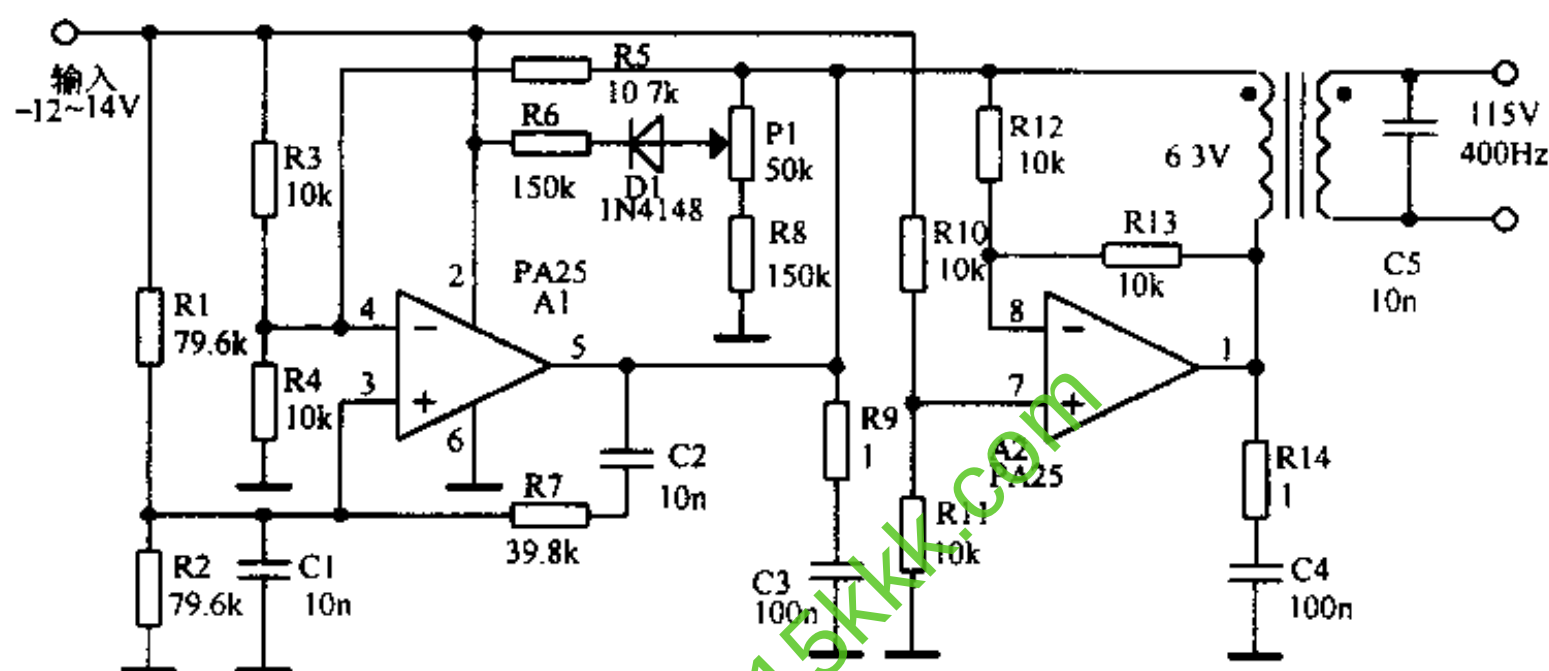


图 7-4 采用功率运放的 115V/400Hz 电源

放大器 A1(1/2 PA25)连接成文氏电桥振荡器,振荡频率为 400Hz。改变电路中 C1、C2 的容量,可使振荡频率进行变化,如将 C1 和 C2 由图中的 0.01 μ F 变为 0.005 μ F, A1 的振荡频率将变为 800Hz。放大器 A2(1/2 PA25)连接成增益为 1 的反相器。两个放大器均由电阻进行分压,得到电源电压的一半作为偏置,这样便能以推挽方式驱动标准的 6.3V 灯丝变压器。将成品的变压器初级和次级互换使用,以提供 115V/400Hz 的低失真电源。为了减小失真,电路中由 R6、R8 和 P1 组成“软”钳位电路来控制振荡器的幅度,其中电位器 P1 还可用于调整输出端 115V 电压的均方根值。反相器 A2 的增益由电阻网络设定为 1。R9、R13 和 C3、C4 用于相位补偿,以防止输出级的寄生振荡, C5 用来在杂音环境下减少电路的高频响应,它可以根据情况选用。

7.5 伺服电源的正负跟踪

在 Hi-Fi 音响电路中使用伺服电源可得到很好的效果,但使用固定三端稳压器制作的常规伺服电源中,由于多种原因会引起正负电源的不对称。如果再加入一个运放,构成正负跟踪的电路,即可大大改善电路的不对称性。

如图 7-5 所示,正负三端稳压器 IC1(7815)和 IC2(7915)的固定输出分别为 V_{o+} 和

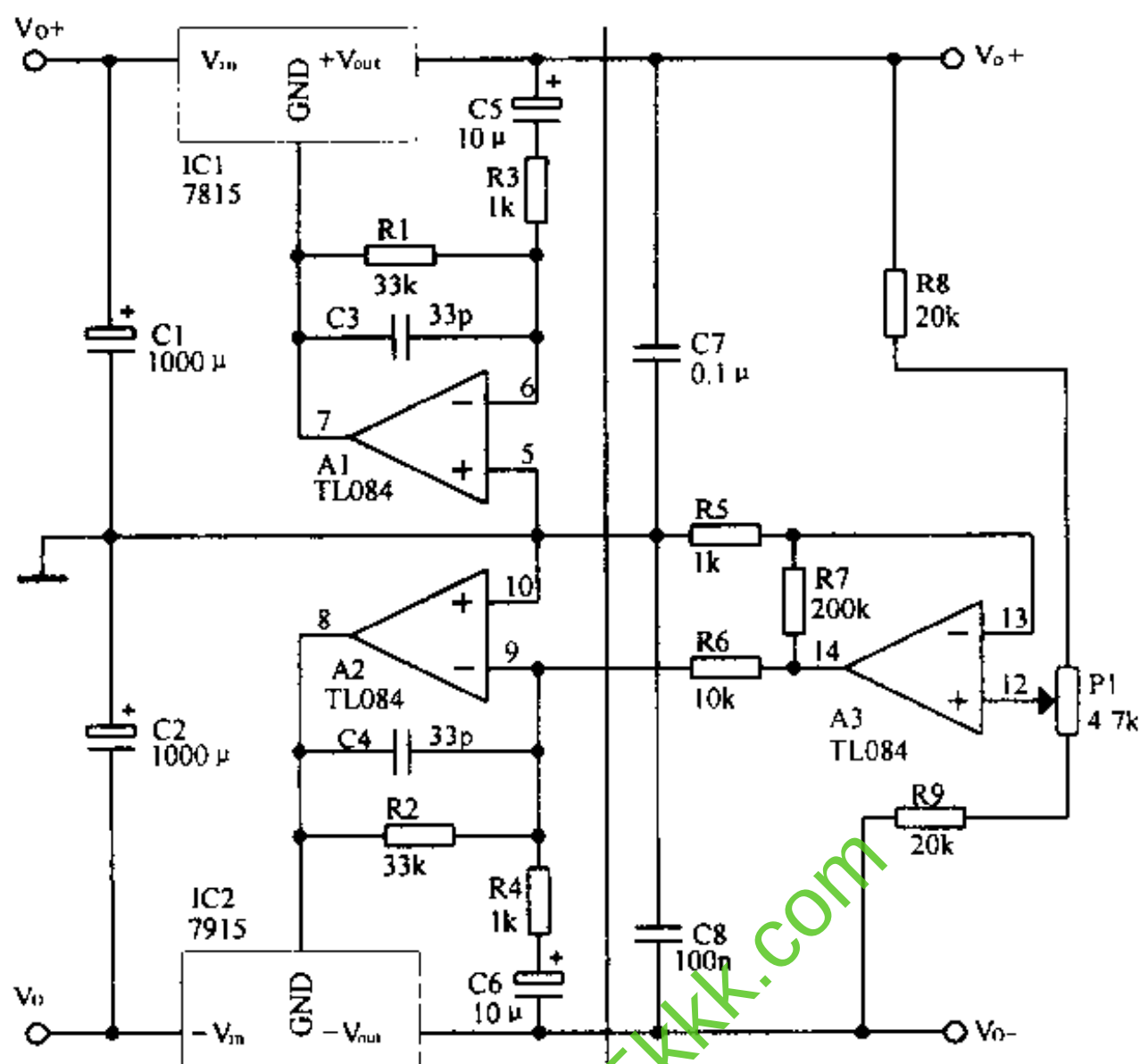


图 7-5 伺服电源的正负跟踪电路

V_{o-} ，由 A1(1/4 TL084) 和 A2(1/4 TL084) 构成反相误差放大电路，其放大倍数分别由 R5、R6、R7、R2 确定。P1 和 R8、R9 组成误差检测电路，假设电位器 P1 的滑动触头在中间的位置，即：

$$R8 + \frac{1}{2} P1 = R9 + \frac{1}{2} P1$$

此时误差放大电路的输入端电位 $V_i = -\Delta V_o / -A_v$ (式中的 A_v 为误差放大器的放大倍数)，输出端正负电压误差 $\Delta V_o = 2\Delta V_i / A_{vo}$ ，即该电路将电源的不对称误差缩小到原来的 $A_{vo}/2$ 。

7.6 频率稳定的逆变电源

使用两片数字集成电路、一对 MOS 场效应晶体管和一个电源变压器，即可构成一个由晶体振荡器稳频的 50Hz 电源发生器。如图 7-6 所示。

由 IC1(4060) CMOS 集成电路和晶体振荡器 X1 构成波形发生电路，十四级二进制计数器 IC1 在 328 个脉冲到达后被二极管 D1 ~ D4 构成的与门电路复位，这样，即可获得 100Hz 的精密时钟脉冲。IC2a(1/2 4013) D 触发器通过 R3、C4 构成单稳态触发器，以产生 300μs 的截止时间，本级输出又去触发由 IC2b(1/2 4013) 组成的双稳态触发器，由此产生

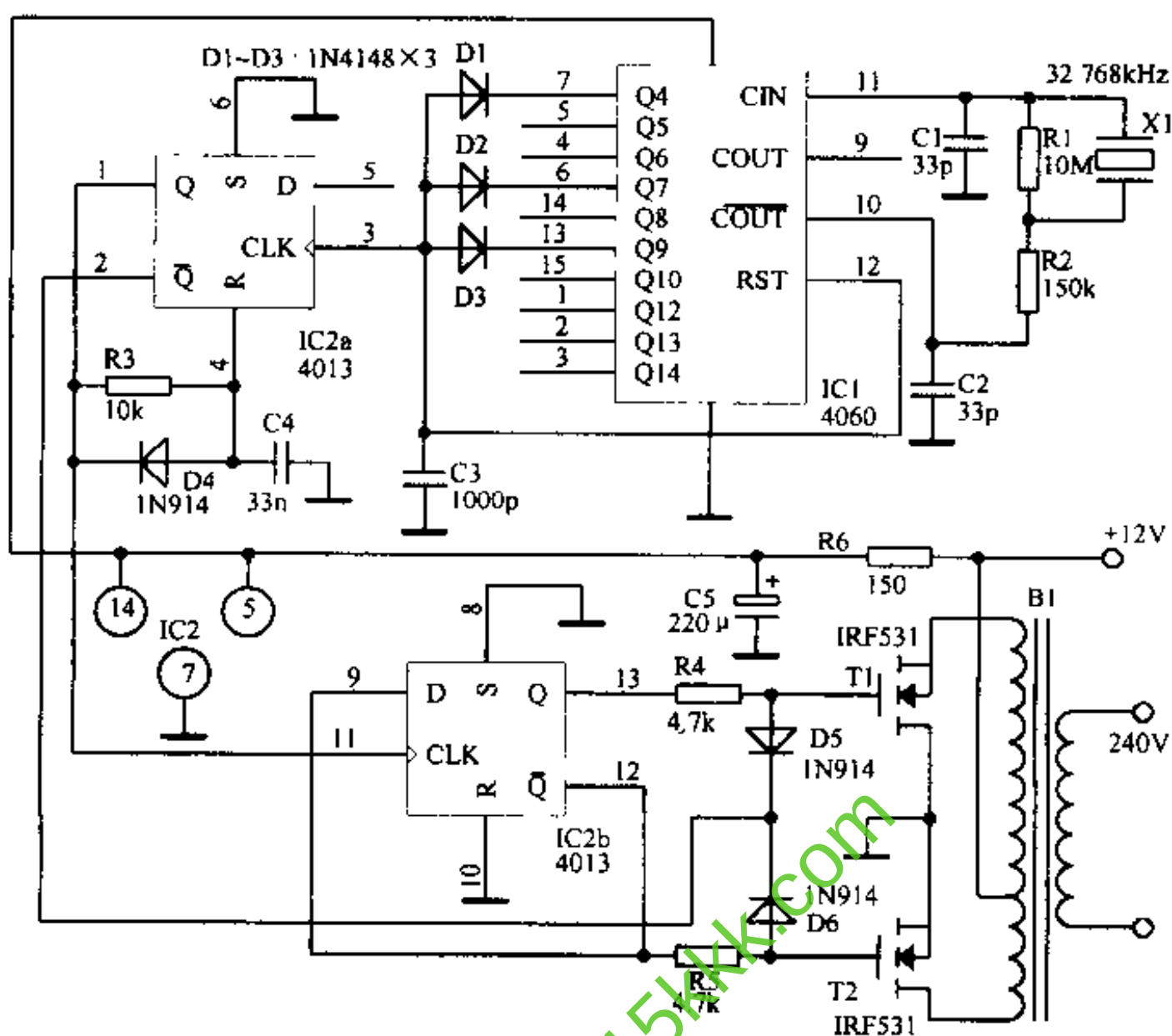


图 7-6 频率稳定的逆变电源

的 50Hz 互补门控电压驱动大功率的 MOS 场效应晶体管 T1、T2。

在本电路中, T1、T2 和电源变压器 B1 的参数可根据所需要的功率来选用。

7.7 用 555 电路产生负压

在如图 7-7 所示的电路中, 用 555 时基集成电路构成一振荡器, 输出脉冲占空比为

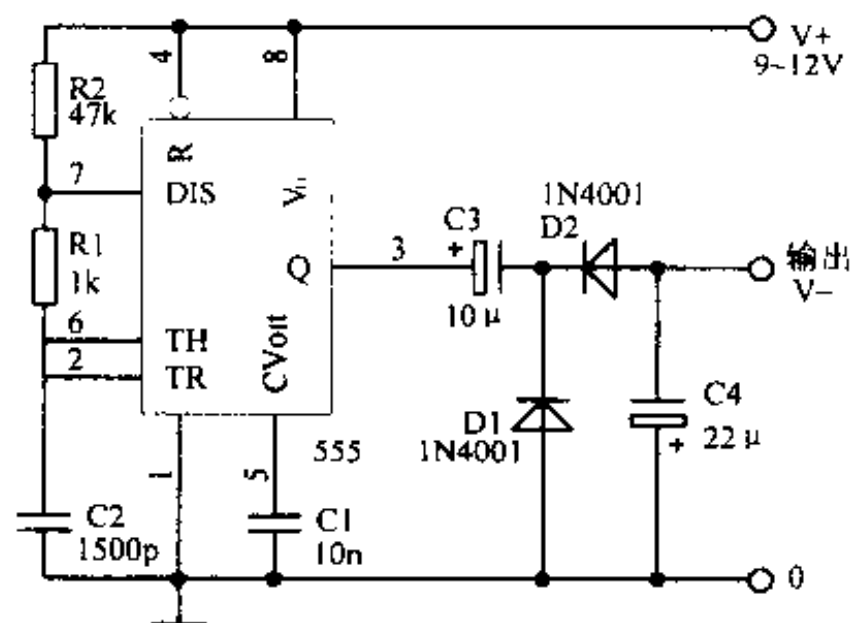


图 7-7 用 555 产生负压的电路

50%。由 D1、D2 和 C3、C4 组成整流电路,输出负压。

在 555 电路输出振荡波形的正半周时,D1 正向偏置,C3 通过 D1 充电;在波形的负半周时,C3 的两端电压将通过 D2 对 C4 充电,而 C4 由于 D2 的反偏不能放电,结果就可以在 C4 的两端得到一个相对于地的负电压,该负电压由于 555 输出的连续方波而达到某一值。555 电路可以提供 200mA 的输出电流,但本电路能提供的负压负载电流只有几十 mA,且该负电压要比输入的正电压低一些,负压的负载电流越小,其电压越接近正电压。

7.8 可控高压变换器

在回扫变换器中采用软开关,可以做成一种简单、小型有效的高压电源,如图 7-8 所示。本电路采用晶体管 Tr2 集电极反偏并接在 555 时基电路组成的振荡电路中,由 D1、R1、C1 触发振荡电路开始工作。

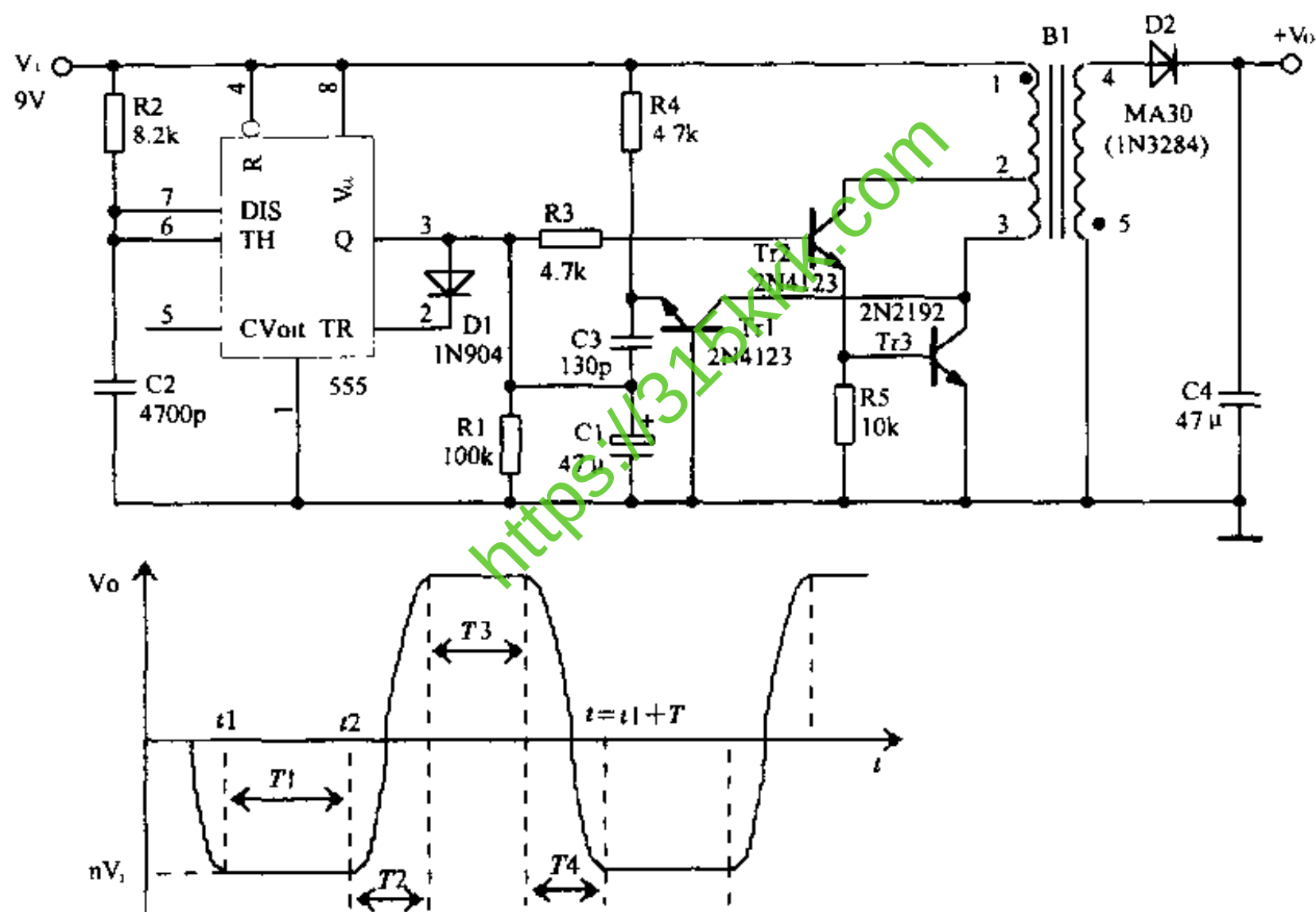


图 7-8 可控高变换器

如时序图所示,在电路中有两个转换周期:即 T2 和 T4,在此期间,电路出现振荡。在时序 T1 期间,晶体管 Tr3 导通,此时变压器 B1 的 1~3 绕组电压为 1 正 3 负,感应到次级绕组上的电压为 5 正 4 负,这样二极管 D2 就截止;在时序 T3 时刻,Tr1 截止,D2 导通。

谐振电路是由变压器 B1 的电感和电容 C₀ 组成的,其中电容 C₀ 包括绕组分布电容以及晶体管 Tr3、D2 的极间电容。安排好时序 T2 和 T4 持续导通期即可保证对 Tr3 和 D2 提供软开关零压关断,这就使电容 C₀ 在开关期放电,以降低电源的功率消耗。

晶体管 Tr3 的截止和 D2 的导通是自然地在零压进行的, 然而采用一个二极管与 Tr3 并联, 不仅能使 Tr3 零压接通, 还能在 T1 期间自动接通 Tr3, 因此, 变化 T1 的时间即可控制输出 V_o 电压。

7.9 110V/120V 交流电压 $\pm 2.5V$ /1600W 电源电路

本电路采用小传导角的简易开环电压补偿器, 它的交流输入为 200 ~ 260V, 完全可以向灵敏的设备(如图片放大器、烤炉、投影灯及某些交流电机等)提供真正的有效值输出电压。如图 7-9 所示。

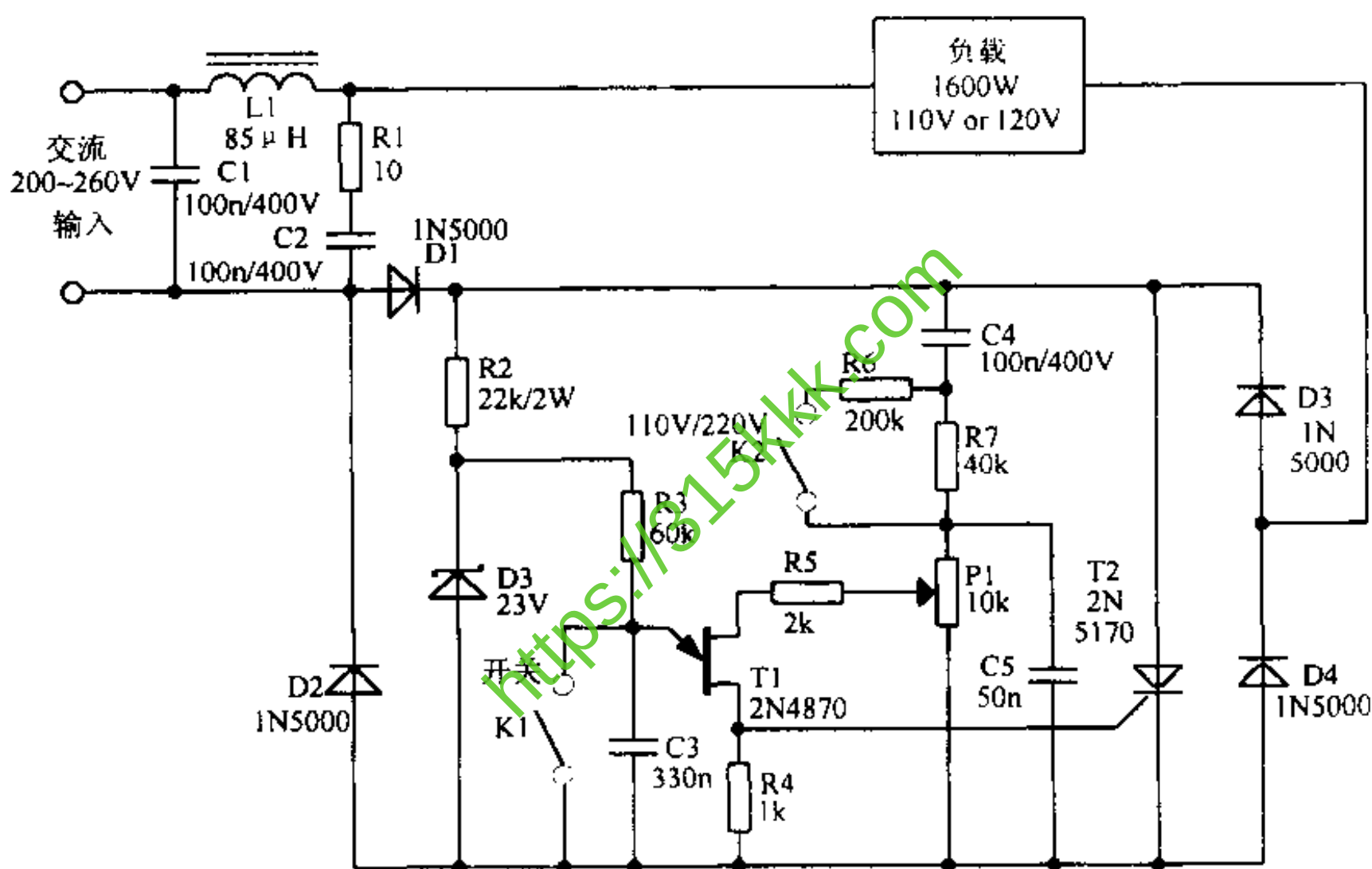


图 7-9 110V/120V 交流电压 $\pm 2.5V$ /1600W 电源电路

由单晶体管 T1 组成触发器, 由它控制全波整流电桥 D1 ~ D4 及可控硅 T2。电路的触发频率由电容 C3 通过电阻 R3 的充/放电时间来决定。当输入的电压增加时, 需要的触发电压也增加, 从而推迟了可控硅 T2 的导通角, 达到了补偿输入电压变化的目的。

7.10 7.5kV 稳压电源

本电路中的变压器 B1 是专门设计的, 它是可以传输 5 ~ 10kV 的商品化设备。逆变器电路采用 MJE105 晶体管来推动变压器的初级。运算放大器 741 和晶体管 T2 向用于慢扫描电视监视器的 7.5kV 输出提供稳压。电路如图 7-10 所示。

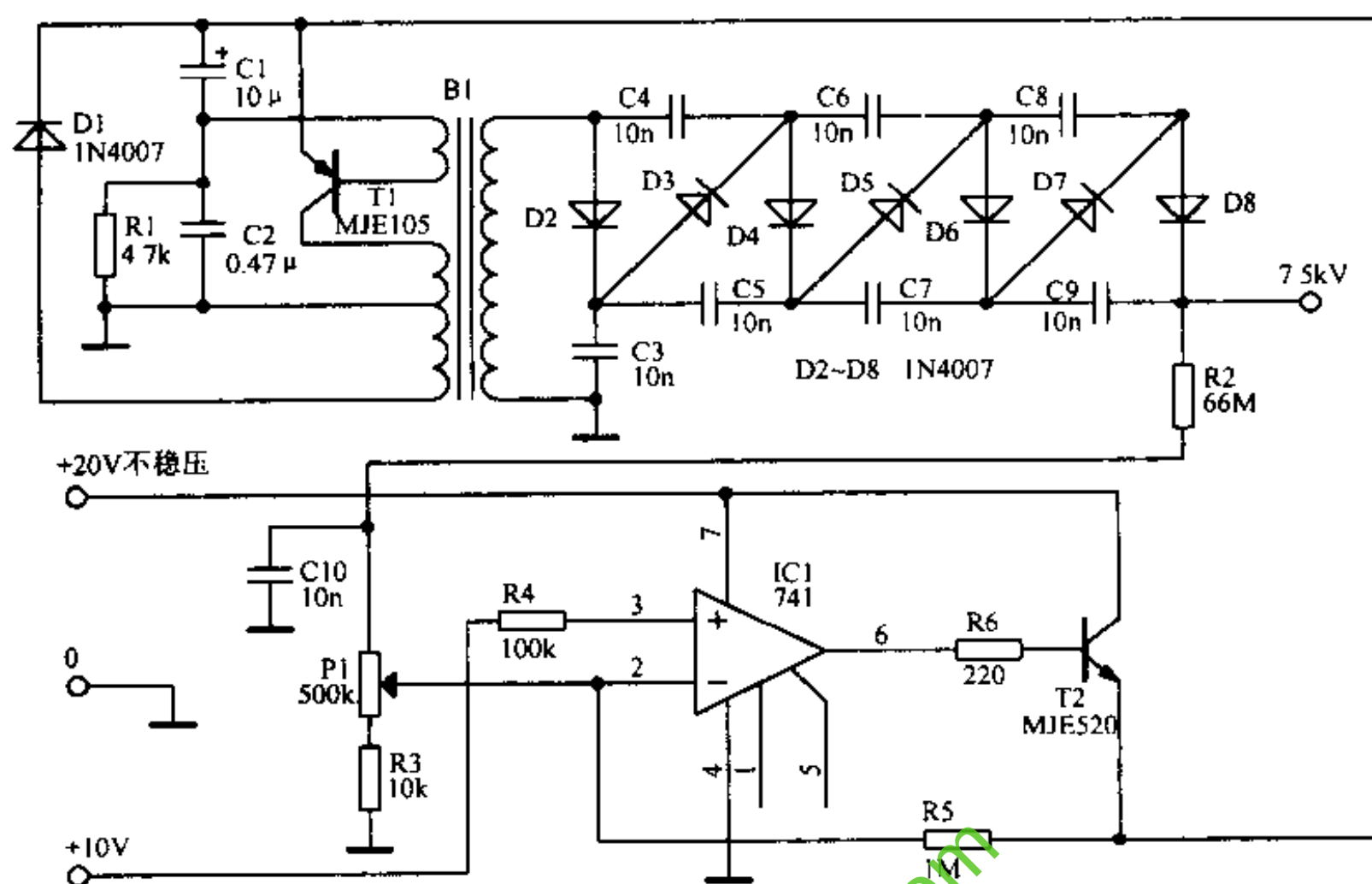


图 7-10 7.5kV 稳压电源

7.11 100W/60Hz 正弦波电源电路

本电路由带有 10kHz 频率控制电位器的 60Hz 正弦波振荡器、两个缓冲级和推挽功率电路组成。如图 7-11 所示。

用于汽车用的 115V 收音机或磁带放音机，可有效地消除方波逆变电路产生的噪声问题。

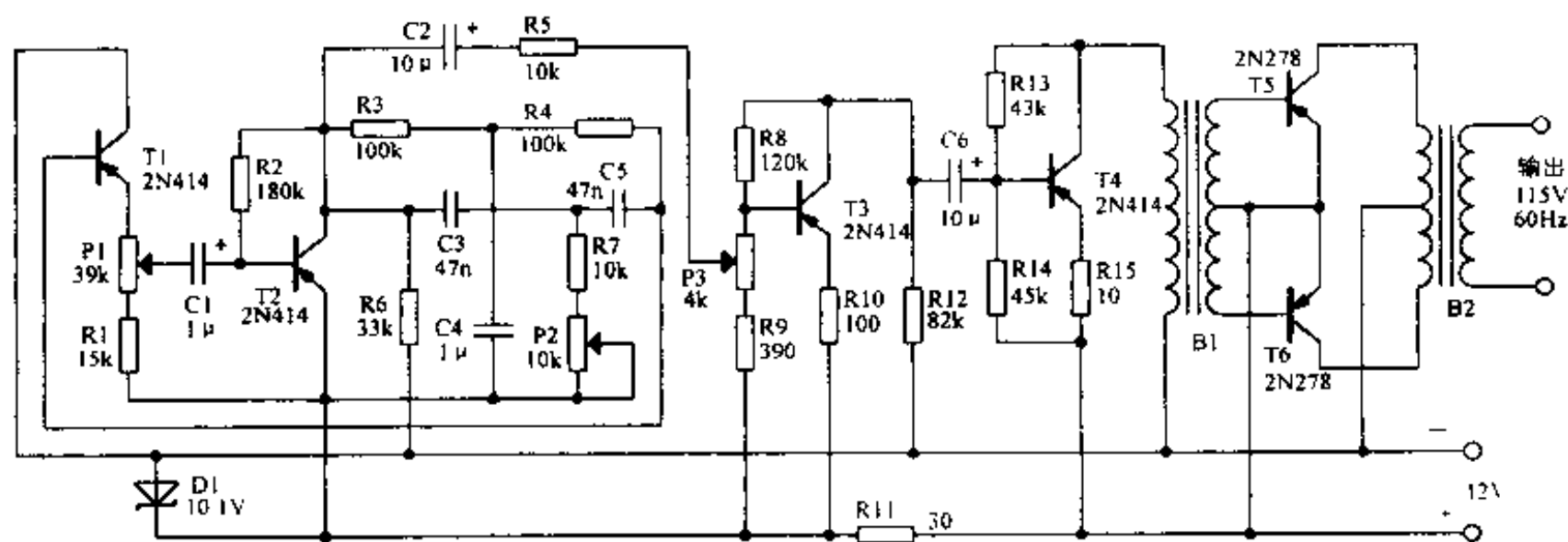


图 7-11 100W/60Hz 正弦波电源电路

7.12 12V 直流、220V 交流/50W 电源电路

电路如图 7-12 所示。

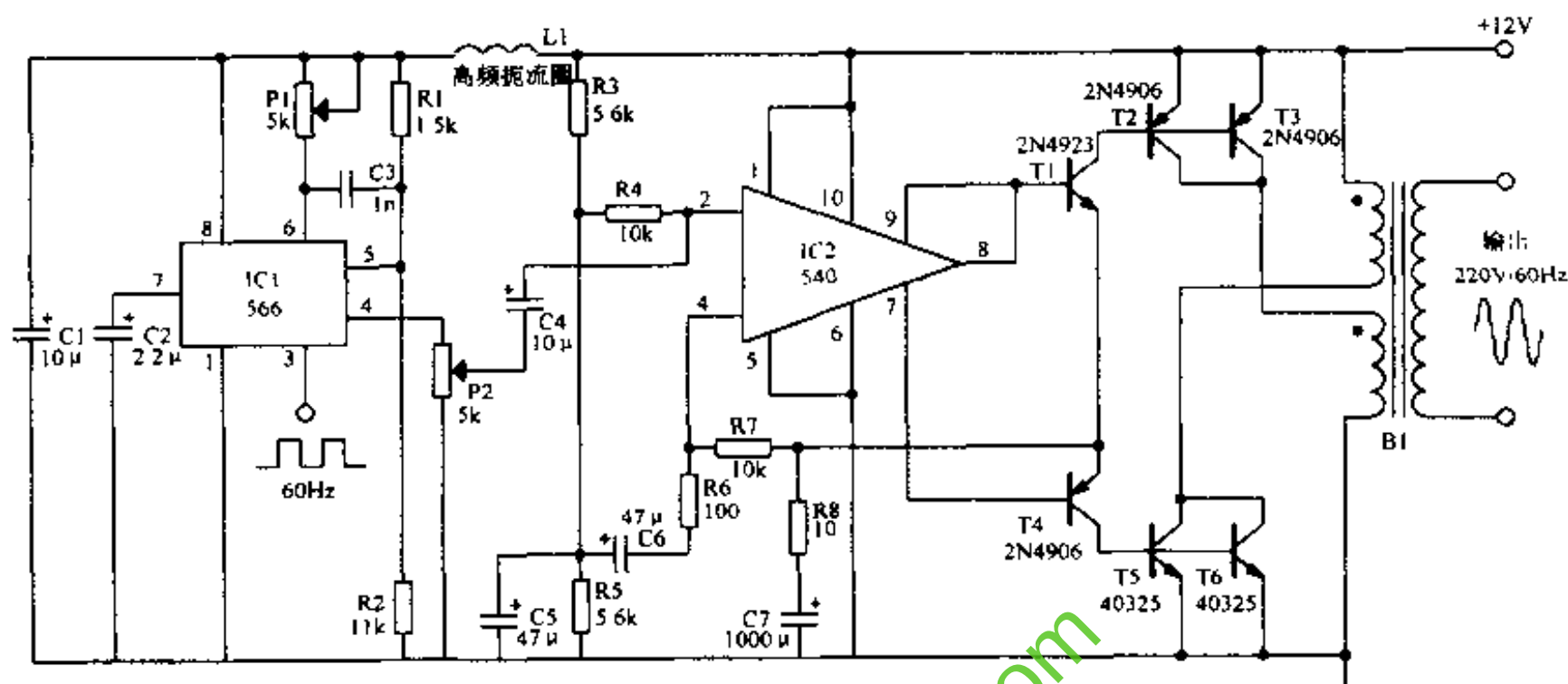


图 7-12 12V 直流、220V 交流/50W 电源电路

集成电路 IC1(556) 作为信号发生器,由它提供 60Hz 的方波信号,其频率稳定性为 $\pm 0.02\%$ 。IC2(540) 功率驱动器向 6 个晶体管 (T1 ~ T6) 组成的功率输出级提供驱动电流。作为负载的变压器可衰减三次谐波,以给出接近于纯 60Hz 的正弦波。为了满足其他的目的,也可用 556 3 脚输出的方波信号提供输出。

7.13 可调直流电源

本电路是通过对 RC 移相网络的控制,改变双向可控硅的导通角来改变功率变压器 B1 初级线圈的电流,从而获得连续可调的直流电源。如图 7-13 所示。

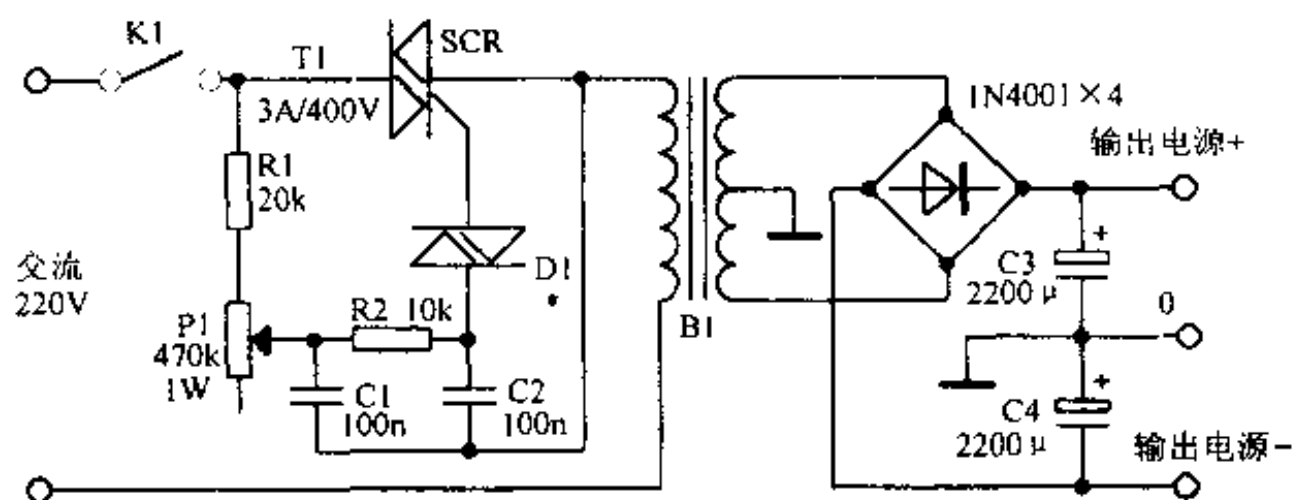


图 7-13 可调直流电源

直流电压输出为两路 0 ~ 17V, 最大输出电流为 800mA。选取不同的元件可得到相应的输出。本电路中选用了带中心抽头的变压器, 所以在电路的输出端可分别得到正负输出。

7.14 线性可调直流电源

本电路输出的直流电源电压可以线性调节, 其效率可达 85%。如图 7-14 所示。

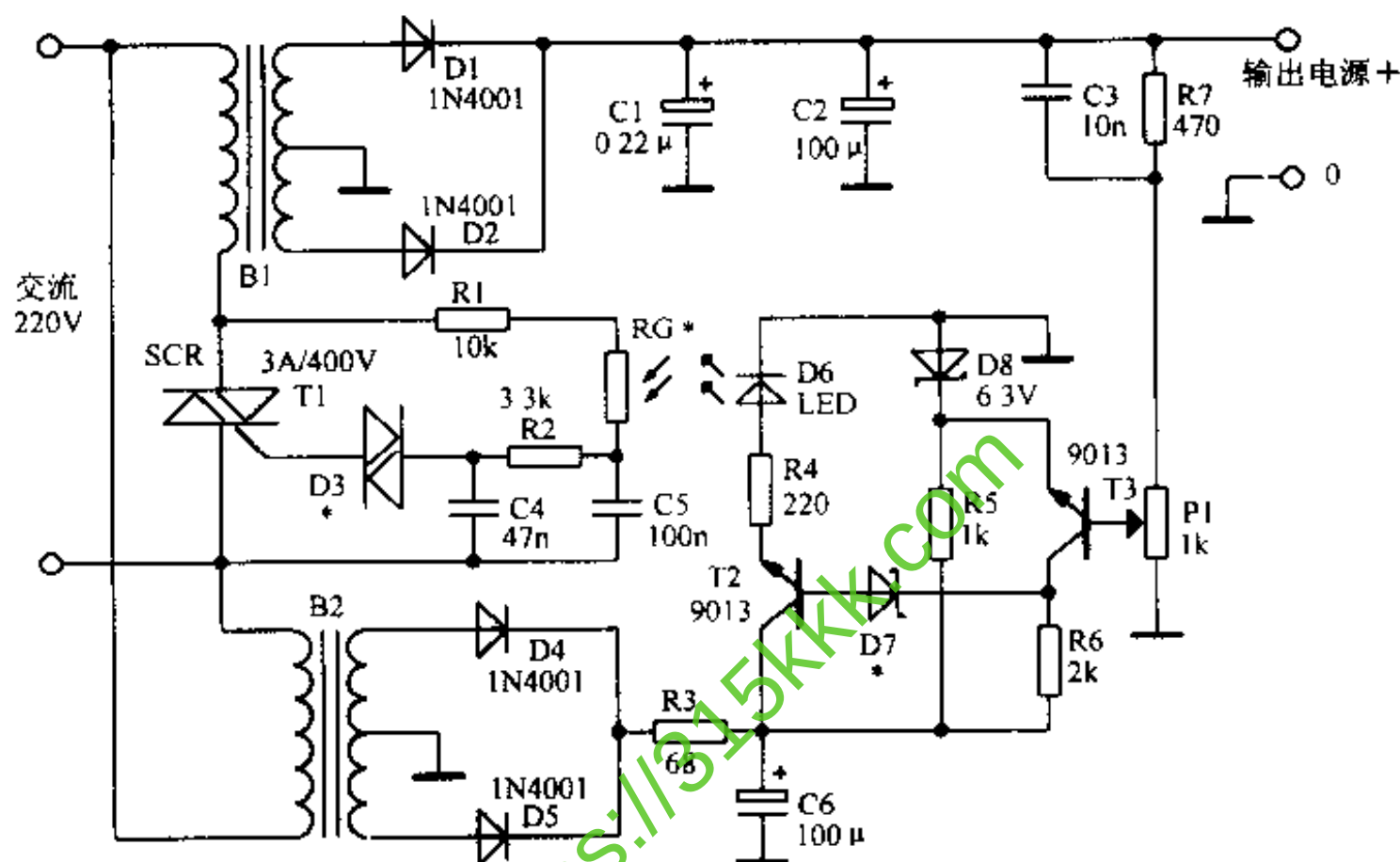


图 7-14 线性可调直流电源

当电路的输出电压升高时, 取样电位器 P1 的中心抽头电位升高, 使晶体管 T3 的集电极电流增大, 电位下降, 导致 T2 的集电极电流减小, 使流过发光二极管 LED 的电流减小。LED 的电流变小, 发光亮度变弱, 使与之耦合的光敏电阻 RG 内阻增大, 双向可控硅的触发脉冲后移, 变压器 B1 的初级和次级电压降低, 输出电压将下降。电路中设置的电容 C3 可改善因轻负载时输出电路的过渡时间常数增大而引起相位滞后的不稳定性。

7.15 110V/220V 自适应电路

本电路使用了专用集成电路 AVS, 它可以自动识别 50/60Hz 电网中的 110V 和 220V 电压。AVS 内部设有比较阈值电压 $V_{TH} = 4.25V$ 和 $V_H = 0.4V$ 。当在其 8 脚输入的峰值电压 $V_M > V_{TH}$ 时, 5 脚开路; 当 8 脚输入 $V_M < V_{TH} - V_H$ 时, 5 脚内按时钟脉冲宽度在交流电过零附近对地导通。电路如图 7-15 所示。

D1、R4、R5、C2 组成半波整流滤波电路, 从 C2 两端供给 AVS 所需的工作电压, R1、R2 分压给 8 脚提供测量用取样电压 V_M 。R3、C1 与集成电路产生周期约为 $18\mu s$ 的振荡。

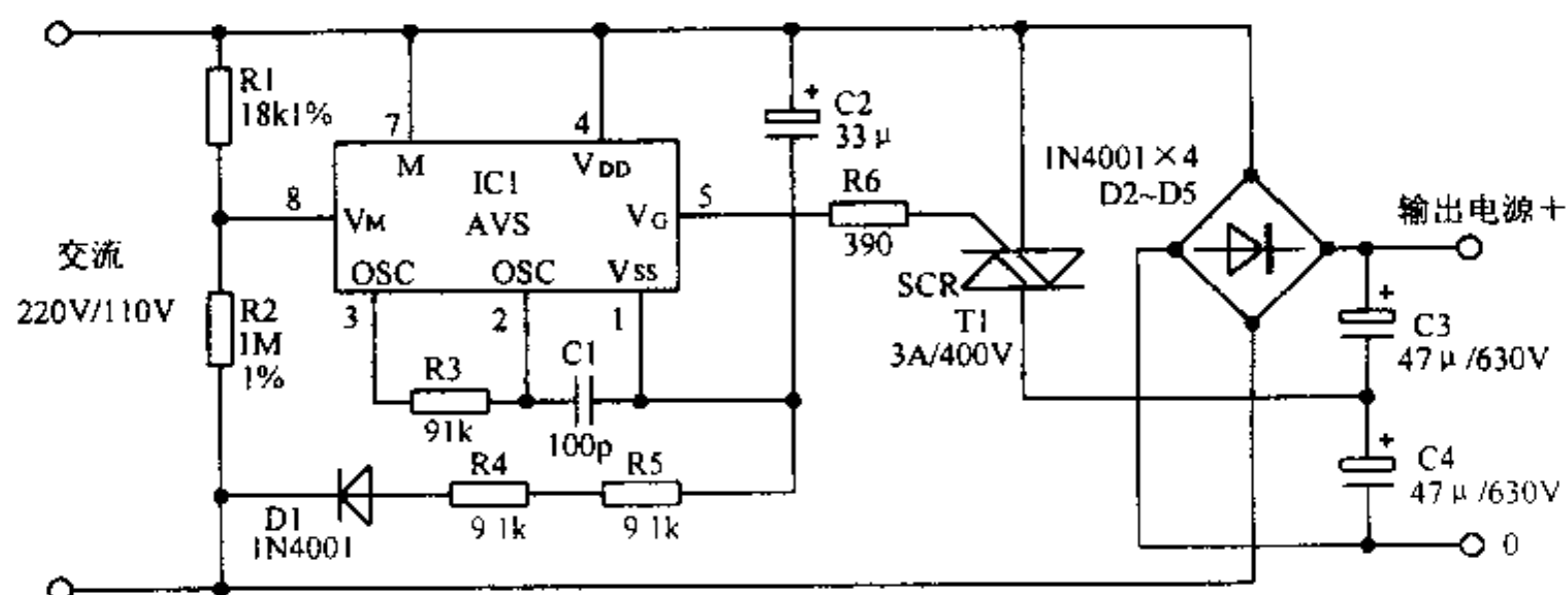


图 7-15 110V/220V 自适应电路

当电网电压在 220V(176 ~ 276V)时,即 $V_M > V_{TH}$, D2 ~ D5 及 C3、C4 组成的全波整流电路工作,在输出端可得到空载时为 295V 的直流电压。当电网电压为 110V(88 ~ 132V)时,即 $V_M < V_{TH} - V_H$, AVS 的 5 脚将触发双向可控硅 T1 导通,使 D2 ~ D5 及 C3、C4 组成的倍压整流电路动作,这样,在电路的输出端将得到与输入 220V 时基本相同的电压。

7.16 零触发交流稳压器

在电网电压为 165 ~ 240V 时,本电路可输出 $220V \pm 10\%$ 的电压。电路如图 7-16 所示。

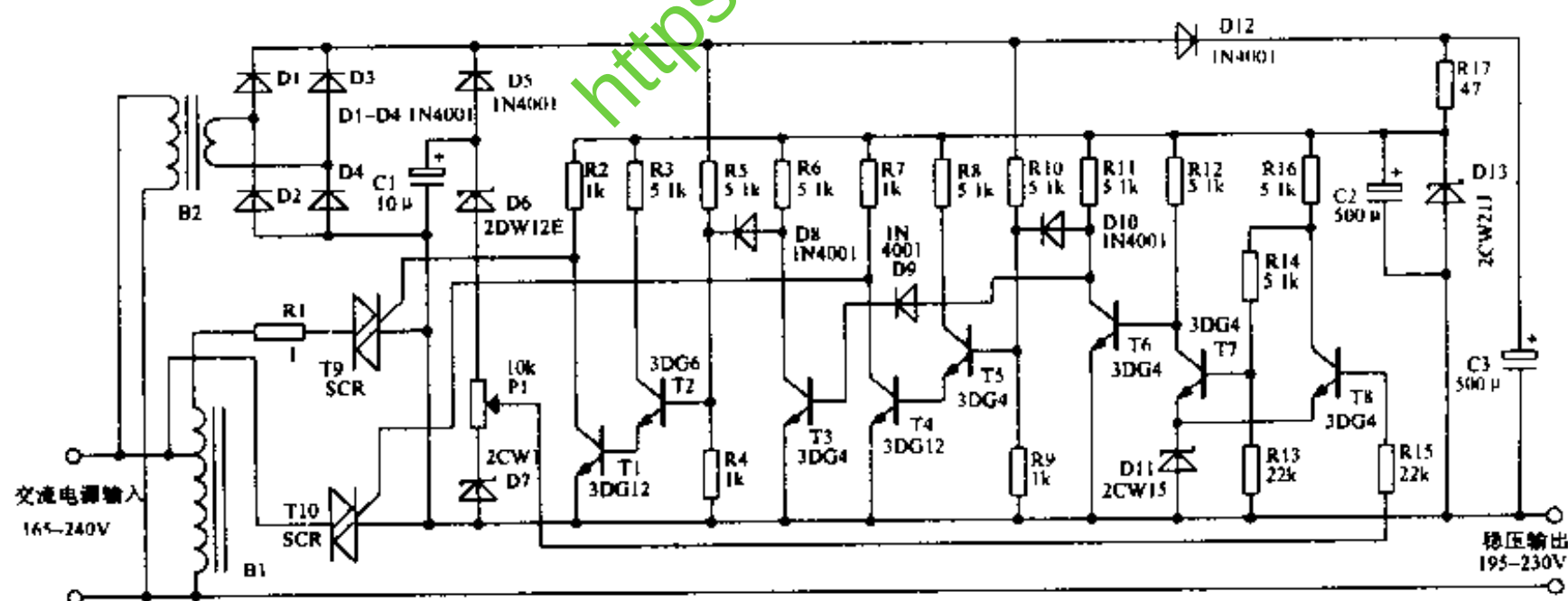


图 7-16 零触发交流稳压器

变压器 B2 输出的电压经桥式整流后分为三路:一路经 D12 隔离和 C3 滤波,供给电路稳定的直流电压。适当选择较高的整流电压和较大的限流电阻 R17,可使电源电压降到最低时还能得到稳定的输出电压;第二路经晶体管 T2 和 T5 的基极作为零触发分配器的过零同步信号;第三路经 D5 和 C1 及稳压管 D6、D7 和电位器 P1,并在 P1 的中心抽头上

取得反映电网电压变化的取样信号,用此信号去控制双向可控硅触发信号的分配回路。用于同步的 100Hz 信号经电阻 R4、R5 和 R9、R10 分压,供给晶体管 T2 和 T5 的基极。由于分压电阻的阻值很小而电压又较高,所以 T2、T1 和 T5、T4 在大部分时间内都是饱和导通的,只有在信号电压过零的瞬间不导通,或者 T1、T4 的输出触发信号就是和电源同步的过零触发信号。晶体管 T3、T6 是控制 T1、T4 的零触发信号不能同时输出的分配器。否则就会使两个双向可控硅 T9、T10 同时导通而造成短路。T6 的导通与否决定于 T7、T8 组成的触发器电路,而该电路的工作状态决定于电位器 P1 上的取样信号。当电源电压升高时, P1 上的取样信号电压值升高,当此电压通过 T8 而超过稳压管 D11 的击穿电压时, T8 由截止变为导通,而 T7 将会由导通变为截止并使 T6 导通。这样使二极管 D10 由正向导通变为反向截止而打开 T5、T4 的零触发信号输出,通过触发可控硅 T10 使输出电压由自耦变压器升压状态转换成由电网电压直接输出状态。当电网电压下降时,电路工作过程与上述相反。输出电压在某值时将突然由电网直接供电转变为由自耦变压器升压供电,这个过程在半个正弦波周期内可完成。

7.17 直流稳压电源的交流预稳电路

电路如图 7-17 所示,图中的虚线框内为直流稳压电源的整流部分。

在正常情况下,双向可控硅 T4 充分导通,交流输入电压全部加在变压器 B1 的初级,次级输出为正常的电压。如果输入的交流电压升高,整流输出的直流电压也将升高,当升

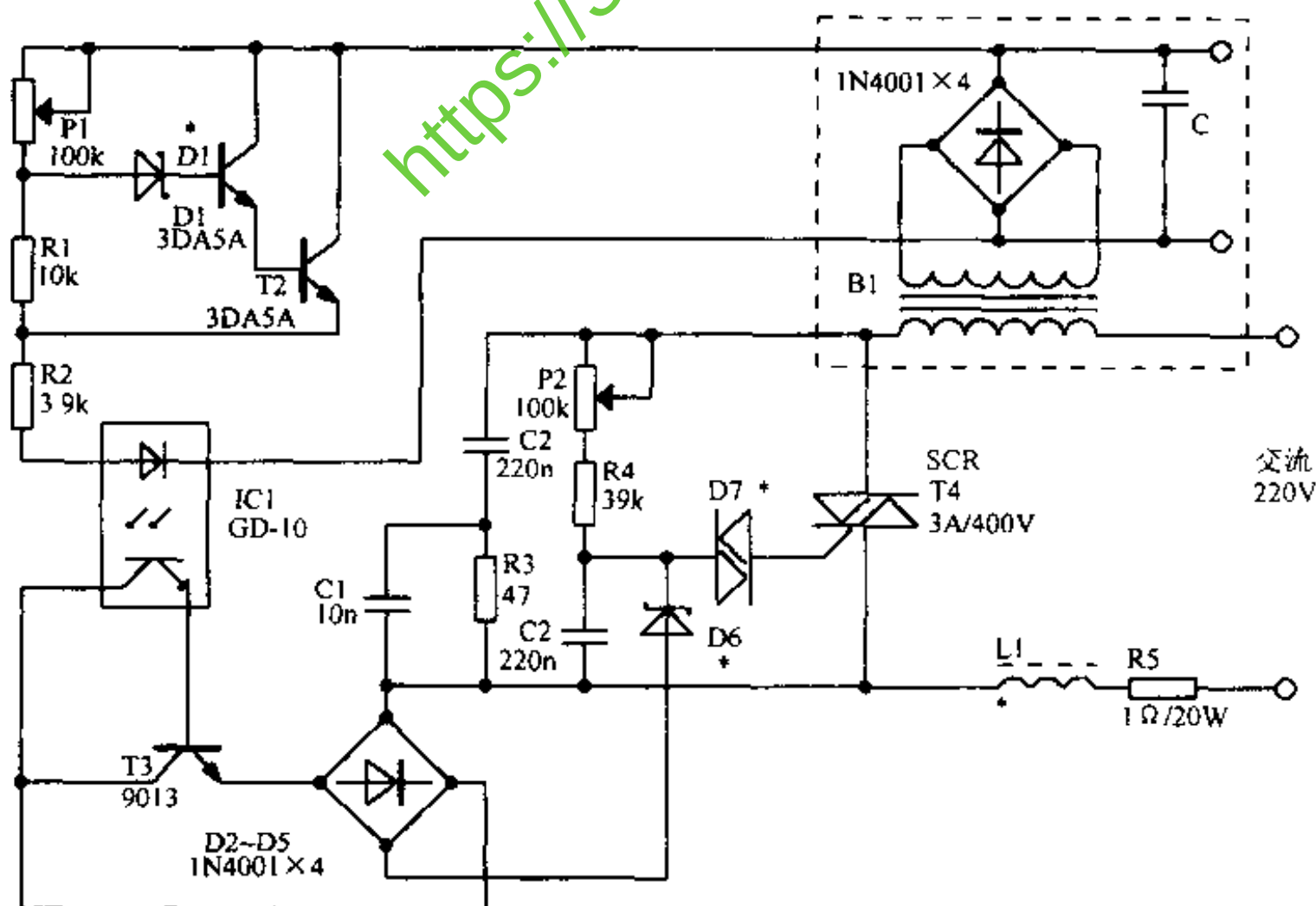


图 7-17 直流稳压电源的交流预稳电路

高的电压通过稳压管 D1 时, 晶体管 T1、T2 同时导通, 流过光耦发光二极管的电流使其点亮, 通过与之耦合的光敏管使晶体管 T3 导通, 通过整流桥和稳压管 D6 使 C2 的充电电流旁路, 造成双向可控硅 T4 的触发电流减小, 导通角变小, 使变压器初级得到电压降低, 次级也因此降低, 起到了预稳压的作用。

7.18 相角控制大功率动态电源

本电路具有和大型电源等效的功率供给能力, 它可以检测出直流变动而控制交流的供给, 以适应不同的输出负载。如图 7-18 所示。

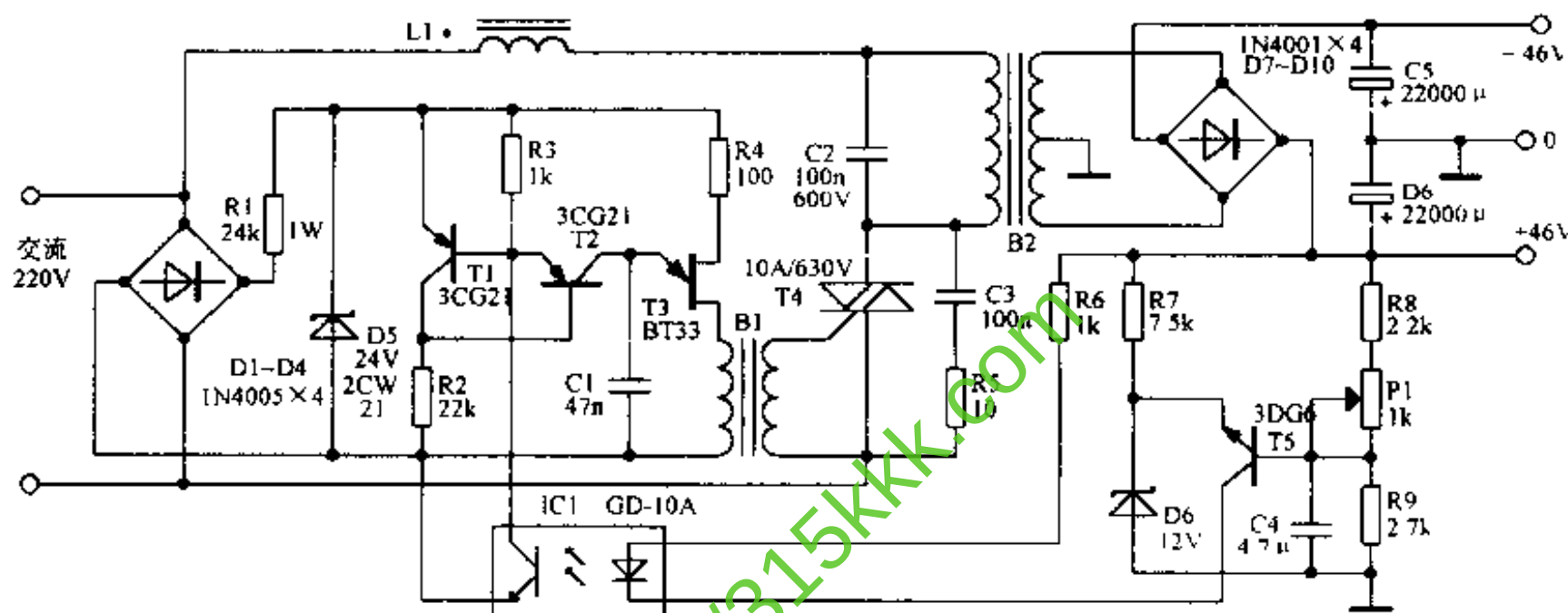


图 7-18 相角控制大功率动态电源

降压变压器 B2 平时处于小电流工作状态, 当需要大功率输出时, 间断地通过大电流, 因此效率较高。电路中的 R7、R8、R9、T3、D6 及电位器 P1 组成电压比较器, 从 P1 上得到的输出电压变化信号经 T3 放大后, 再由光耦去控制晶体管 T1、T2 的电流, 使电容 C1 的充电时间发生变化, 改变由单结晶体管组成的触发电路的输出脉冲角度, 达到相角控制可控硅导通角的目的。

调试时先把电位器 P1 的中心头上调, 调整电阻 R1, 使通过稳压管 D5 的电流为 8 ~ 9mA, 最小不小于 5mA。在 C1 两端用带有平衡输入端的示波器观测, 应显示三角波形, 触发变压器 B1 的次级应得到尖脉冲。最后用电压表测量电路的输出端电压, 调节电位器 P1 使其为预定值 (46V), 此时用示波器可观测到可控硅 T3 的导通角的变化, 接上负载后可看到导通角前后移动, 最理想的情况是电路在输出额定功率时可控硅尚未开足。调整正常后本电路可接上各种功率放大器。

电感 L1 可用单股软线在 $\phi 22\text{mm} - 2000$ 磁环上绕 10 圈制成。B1 用 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的铁心, 用 $\phi 0.17\text{mm}$ 的漆包线, 初级绕 300 匝, 次级绕 200 匝。主变压器 B2 用 $38\text{mm} \times 62.5\text{mm}$ 的铁心, 初级用 $\phi 0.93\text{mm}$ 的漆包线绕 396 匝, 次级用两根 $\phi 1.26\text{mm}$ 的漆包线绕 88 匝, 次级绕组串接后留中心抽头。

7.19 使用双向可控硅的交流稳压电路

电路如图 7-19 所示。光敏电阻 R_G 和灯泡 L_1 耦合,因灯泡的亮度随着电路的输出电压而改变,而光敏电阻 R_G 的阻值随灯光改变,也就是 R_G 的阻值变化可以反映出电源电压的变化。

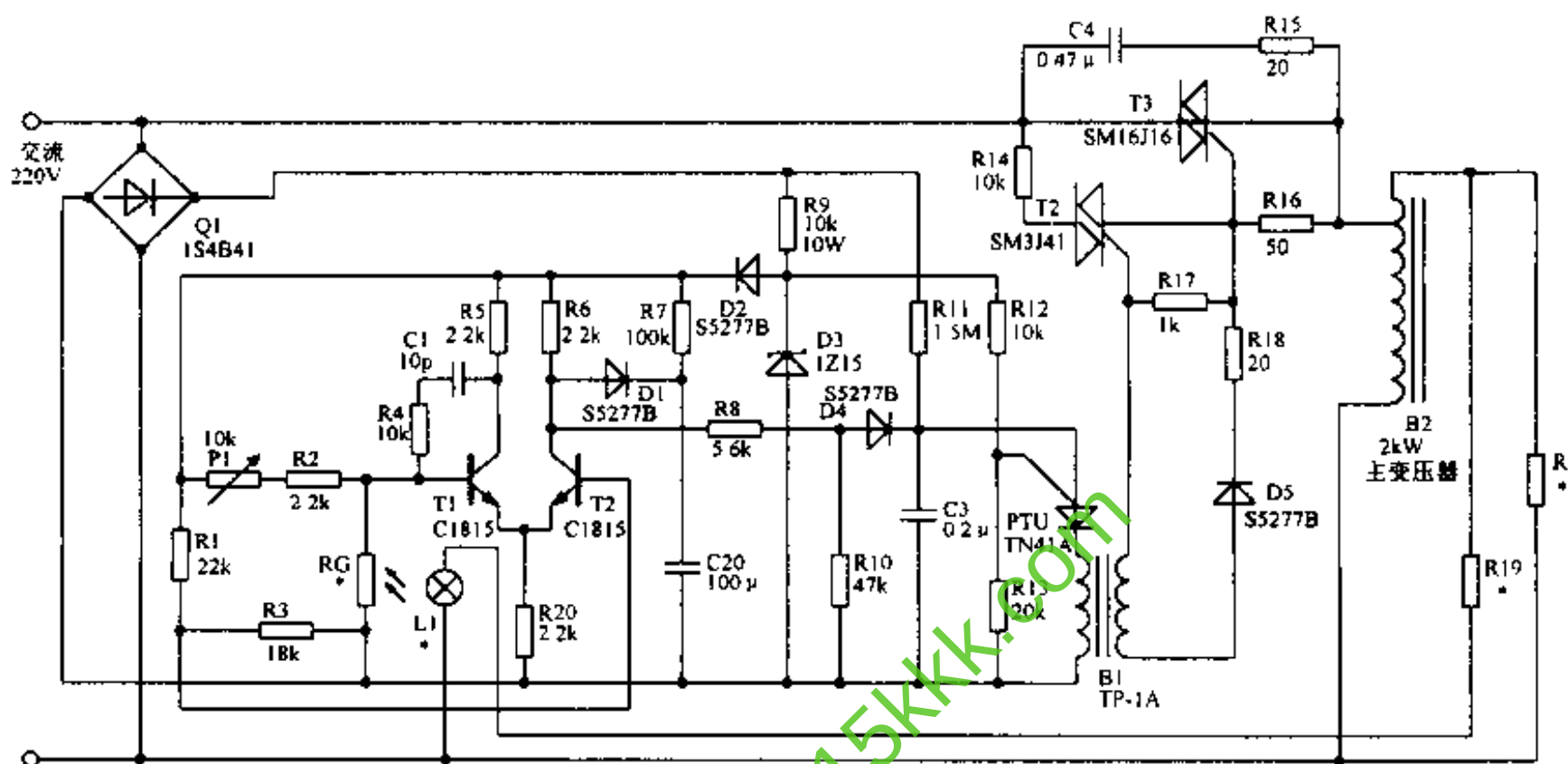


图 7-19 使用双向可控硅的交流稳压电路

R_G 的变化将引起由 $R_1 \sim R_3$ 及 R_G 组成的电桥产生电位差,经晶体管 T_1 、 T_2 差分放大后使 C_3 的电压变化,从而使 PUT 的振荡信号也同步变化。PUT 的振荡脉冲触发双向可控硅,可控硅导通角的变化将随着电压的上升而减小,达到稳定电压的目的。

7.20 简易交流稳压电源

电路如图 7-20 所示。

电路使用硫化镉光敏电阻 R_G 检测在输出端所接灯泡的亮度,当输出电压升高时,灯泡亮度增强, R_G 的电阻减小,晶体管 T_1 的集电极电流减小,使单结晶体管 T_2 产生的触发脉冲后移,可控硅 T_3 的导通角减小,输出电压下降。

当输出电压降低时电路动作与此相反,这样就能达到使输出电压稳定的目的。本电路输出电压波动的范围为 $\pm 2\%$ 。缺点是输出的电压不是正弦波,制作时要适当选用。

7.21 复印机用交流稳压电路

本装置适用于复印机中的卤素灯。电路如图 7-21 所示。

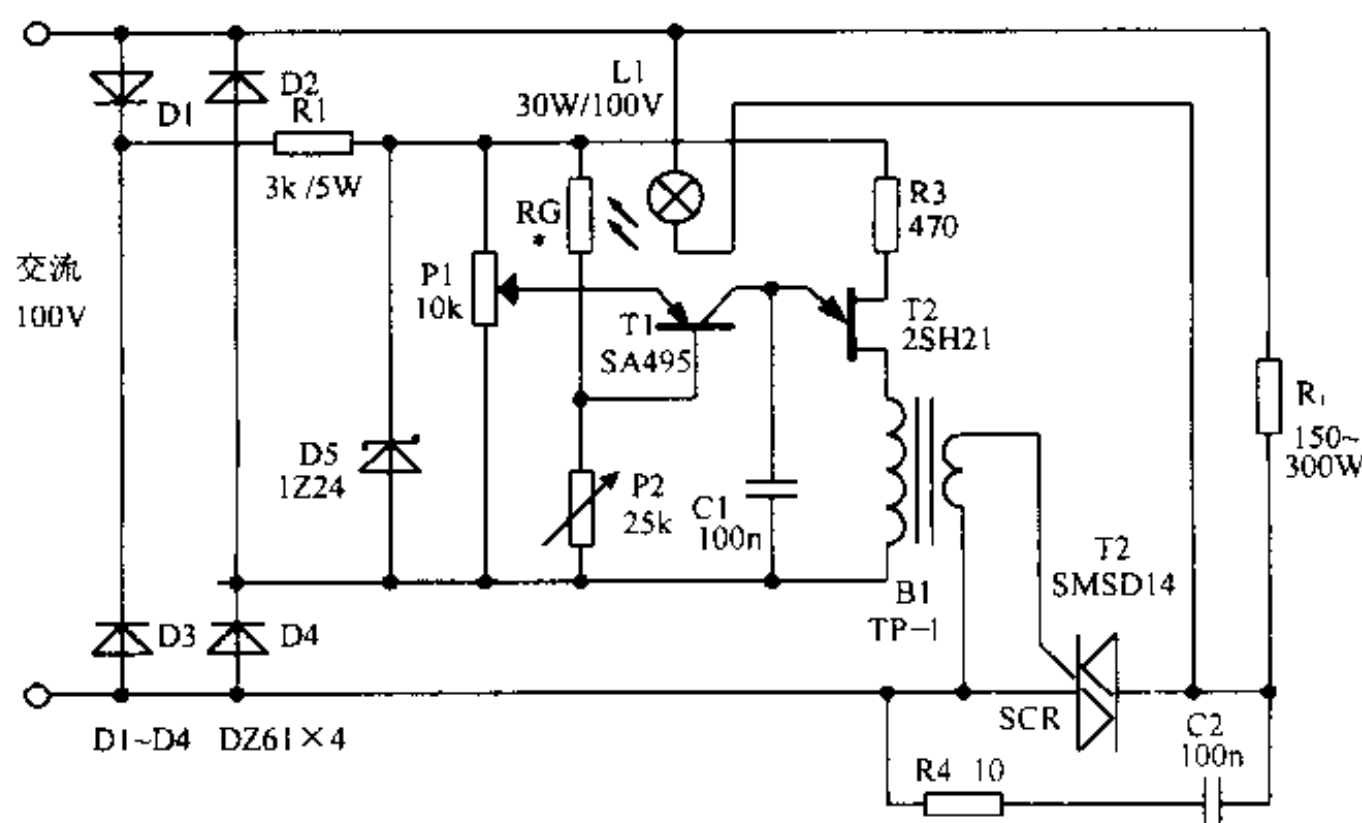


图 7-20 简单交流稳压电源

当电路中的输出开关 K1 断开时, A 点就有一定的电位, 电容 C3 被充电, 同时晶体管 T2 导通, 破坏了触发电路中定时电容 C1 的充电条件, 使由 PUT 组成的振荡触发电路停止工作, 可控硅 T4 不被触发而处于关断状态。当开关 K1 接通时, A 点电位为零, T2 截止, C1 开始被充电, 与此同时, 当 C3 放电完毕后, 运算放大器的反相输入端电位降低使之输出电压升高, 晶体管 T1 导通, C1 的充电速度加快, 可控硅的导通角逐渐扩大, 这就是所谓的软启动。输出电压一旦产生, 并联在负载上的变压器 B2 初级就有电压, 感应到次级上的电压经整流后加到运算放大器的反相输入端。为了使反馈波形成为控制电压稳定的波形, 在波形控制部分, 可分成与负载电压峰值成正比的直流电压 (C3 的充电电压) 以及由该直流电压作稳定电平的反馈波形。波形控制信号加入运算放大器处理后, 再送给高增益触发电路。高增益触发器由 PUT 和晶体管 T1 构成, 这是直流电压信号用高增益来控制触发相位的电路。

7.22 高性能交流稳压器

在输入电源电压为 105 ~ 260V 的范围内, 本电路可保持输出 $90 \pm 2V$ (有效值) 的电压。如图 7-22 所示。

利用在晶体管 T1 的 V_{BE} 截止电压附近输入电压变化的非线性, 获得与输入电压的平方成正比的输出。晶体管 T2 构成对 T1 作温度补偿的差动放大电路。当输入的电源电压升高时, T1 的基极电位升高, 集电极电位下降, 使 T3 的集电极电流减小, T4 的集电极电位 (T5 的基极电位) 上升, 造成 T5 的集电极电流对 C5 的充电变慢, 延迟了单结晶体管 T6 的导通时间, 使可控硅 T7 的导通角变小, 负载上的电压下降。电阻 R20 ~ R22 和晶体管 T6 组成同步电路, R22 用来检测负载电流。若负载电阻超过设定值, R22 上的交流电压经整

图 7-21 复印机用交流稳压电源

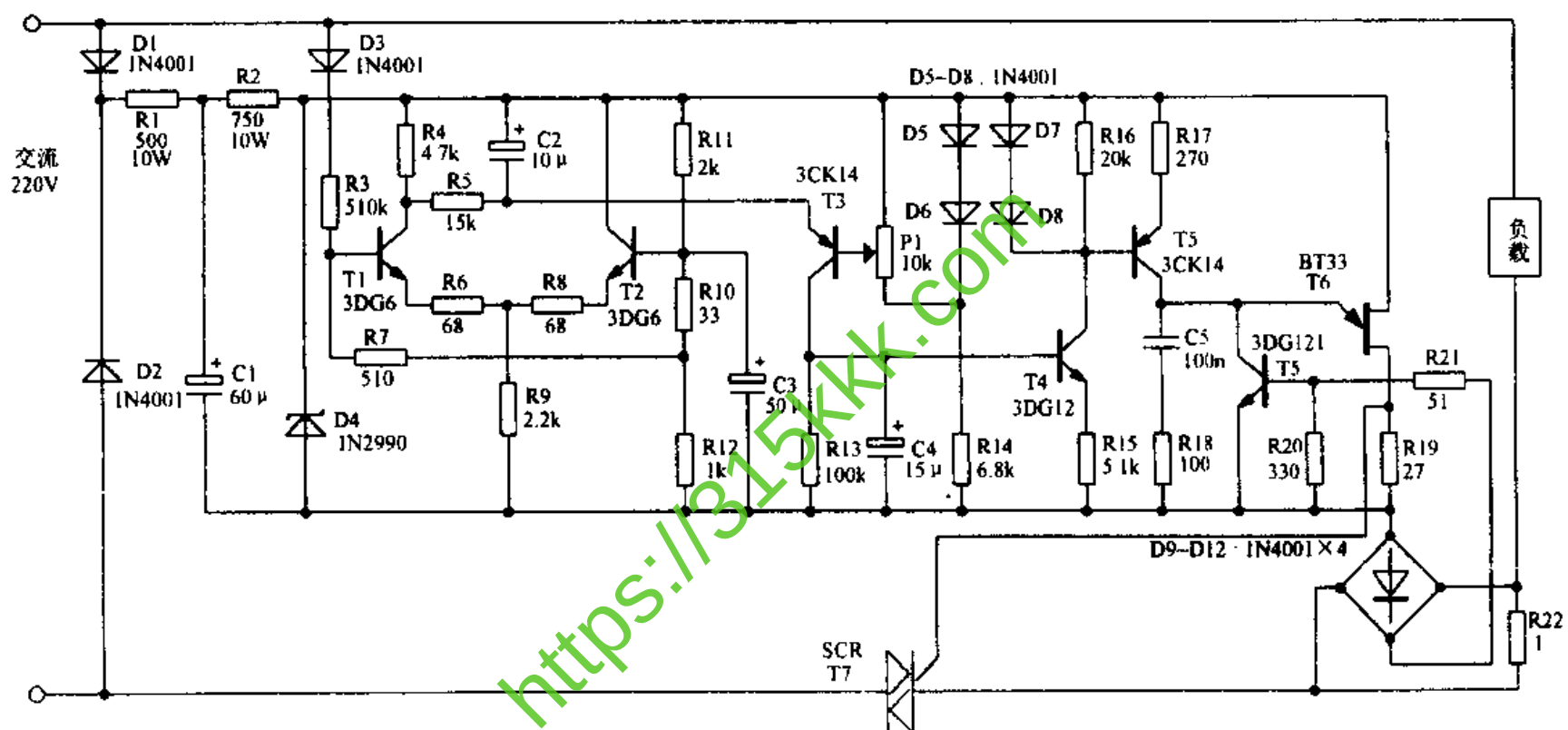


图 7-22 高性能交流稳压器

流后加到 T6 的基极回路,使 T6 导通,旁路了 C5 的充电电流,使负载上的电压下降。

7.23 零触发交流稳压电源

应用双向可控硅过零触发的交流稳压电源,因其波形失真小,所以对电网干扰极小,尤其是在使用感性负载时优越性更为显著,并且输出的电压连续可调。电路如图 7-23 所示。

当电源过零时,电路中的晶体管 T1、T2 同时截止,集电极产生过零脉冲。其余时间在电压非过零时两管均导通,无脉冲产生。运算放大器 IC1(μ A741)是将负载反馈电压与基准电压进行比较后从其 6 脚输出。取样信号随着输出电压上升或下降而变化,控制 IC1 的输出,使可控硅导通时间相应地减少或增加,补偿输出电压的波动。

7.24 具有延时功能的交流电源稳压器

这个电路可以在市电输入为 165 ~ 265V 时,输出电压保持在 $220\text{V} \pm 10\%$ 以内。在市电低于 155V 或高于 267V 时自动切断输出,同时发出报警声。它还具有通电后延时 5 ~ 8 分钟启动的功能,也可以按一下按钮直接启动电路,以适应电冰箱的工作。如图 7-24 所示。

继电器 J1、J2 及带抽头自耦变压器 Br 组成开关式调压器。绕组 E-A 为控制电路提供工作电压。运算放大器 A1、A2 与外围元件构成两个斯密特触发器,其上限阈值为 3.2V 左右,下限阈值为 2.8V,由电位器 P1、P2 设定。当电源电压在正常范围时,调整 P1 在 200V 时 A1 翻转,晶体管 T1 导通,继电器 J1 吸合,这样,输入的电源就可直接输出。当电源电压低于 185V 时, J1 释放,此时变压器工作在升压状态。当电源电压超过 240V 时,调整电位器 P2 时运放 A2 翻转,使晶体管 T2 导通,继电器 J2 吸合,使变压器工作在降压状态。由 A3 及周围元件组成延时启动电路,时间控制在 5 ~ 8 分钟,按下开关 K 可使延时提前结束。欠压及过压控制信号由电位器 P3 调整,控制由 A4 及周围元件组成振荡器驱动蜂鸣器发出报警信号。

7.25 50/60Hz 交流 220V 逆变电源

电路包括:振荡器、推动级、功率放大及变压器升压。如图 7-25 所示。

输入为 12V 汽车用 6Q 铅蓄电池,输出为 50/60Hz、220V 方波,输出功率 100W。电位器 P1 可微调频率值。

7.26 小功率逆变电源电路

该电路结构简单,成本低,具有软启动功能,适用于荧光灯、微风电扇等小功率负载。如图 7-26 所示。

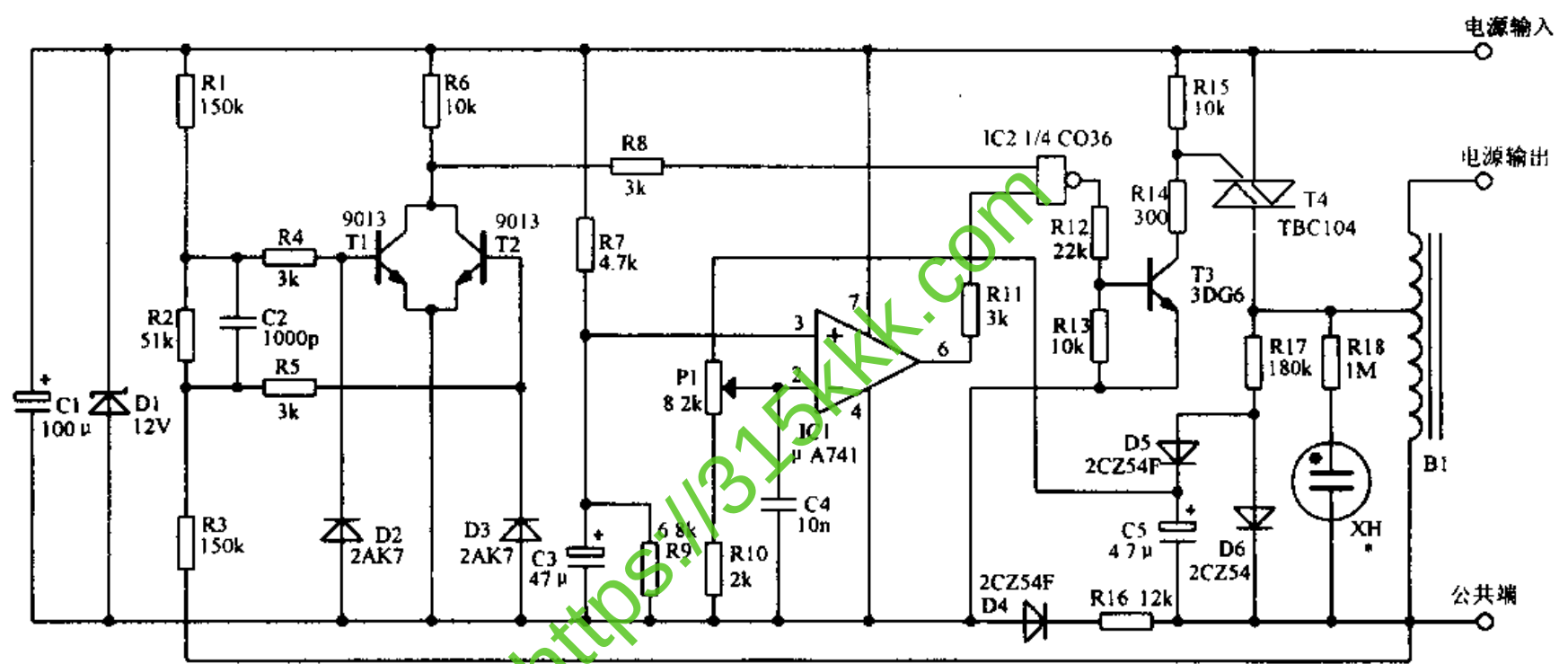


图 7-23 零触发交流稳压电路

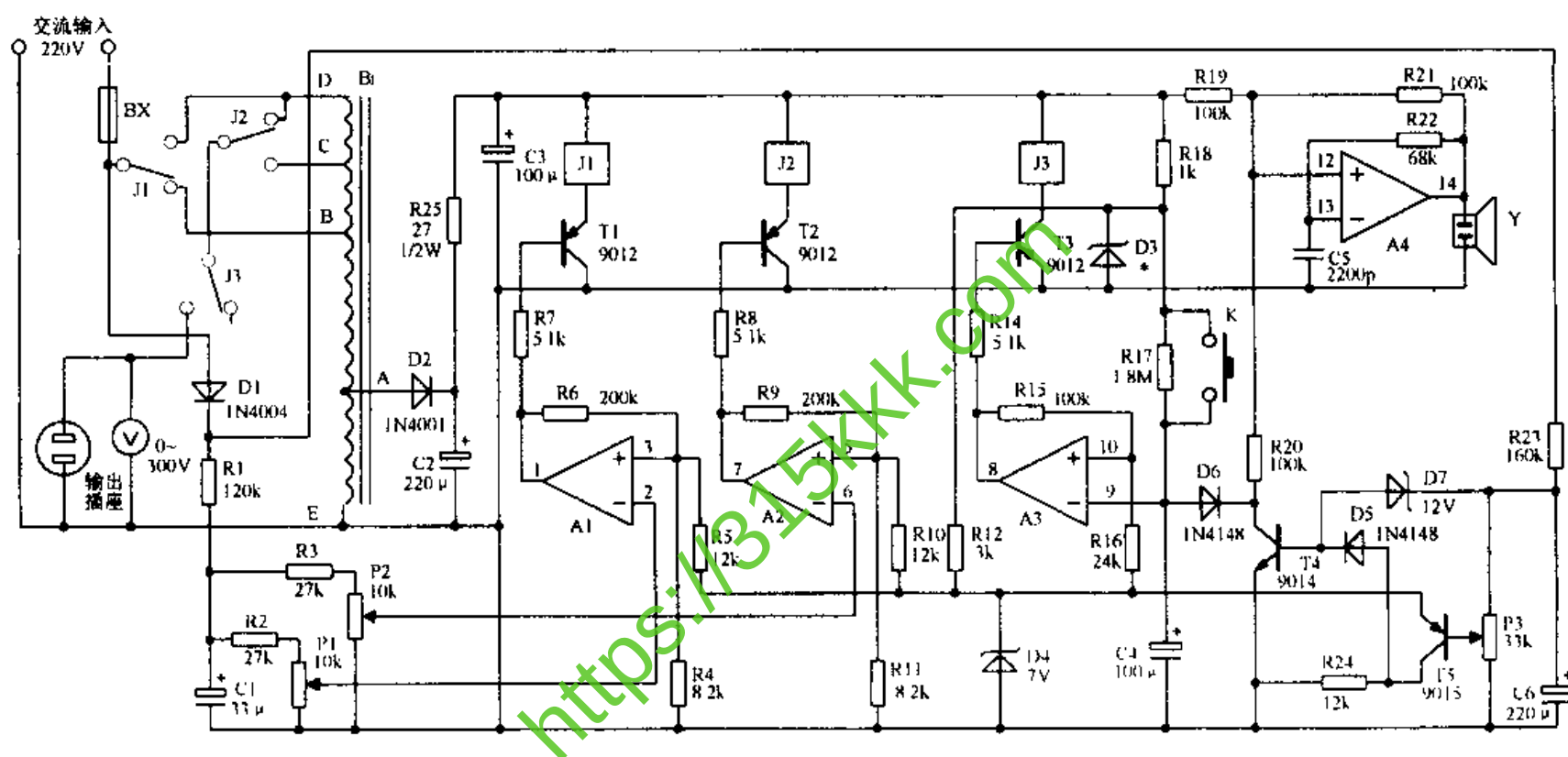


图 7-24 具有延时功能的交流电源稳压器

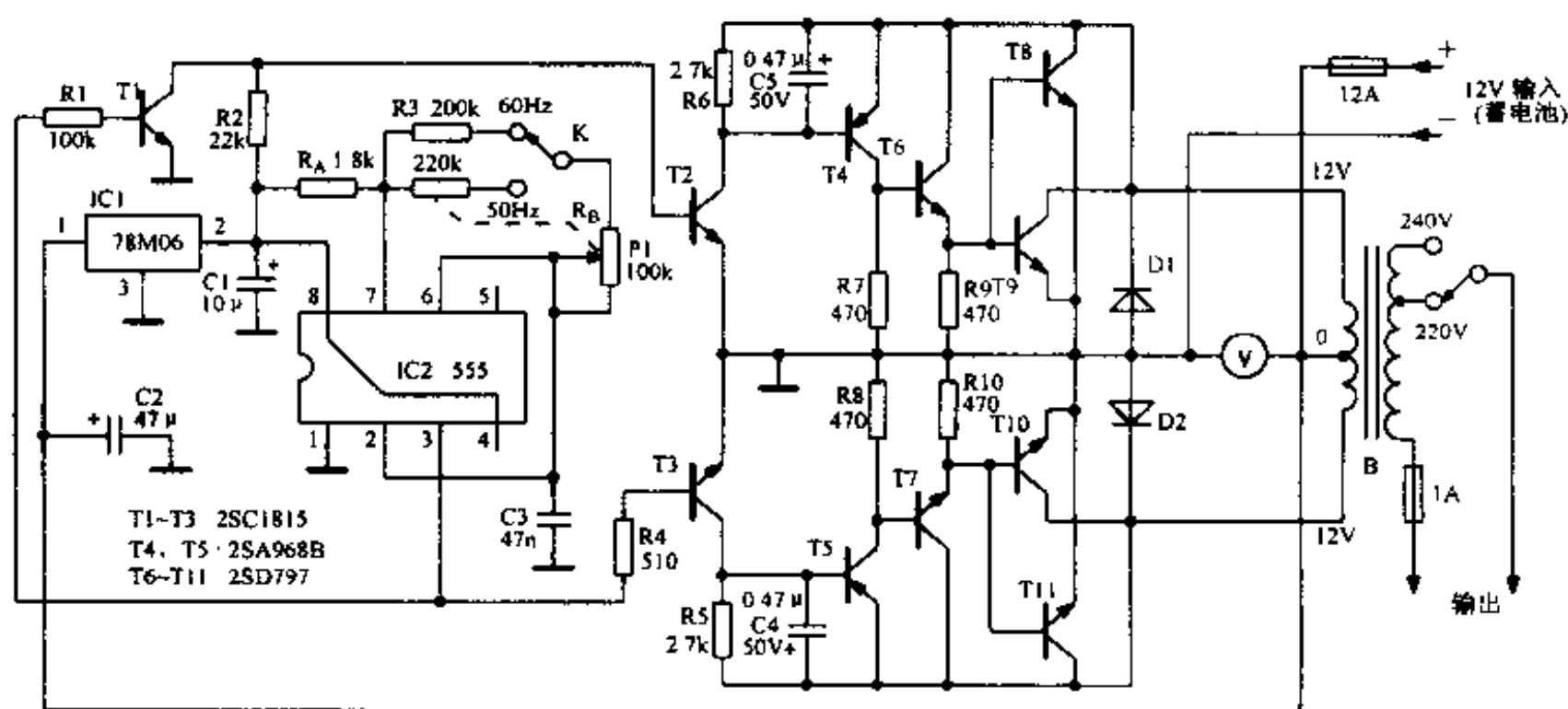


图 7-25 50/60Hz 交流 220V 逆变电源

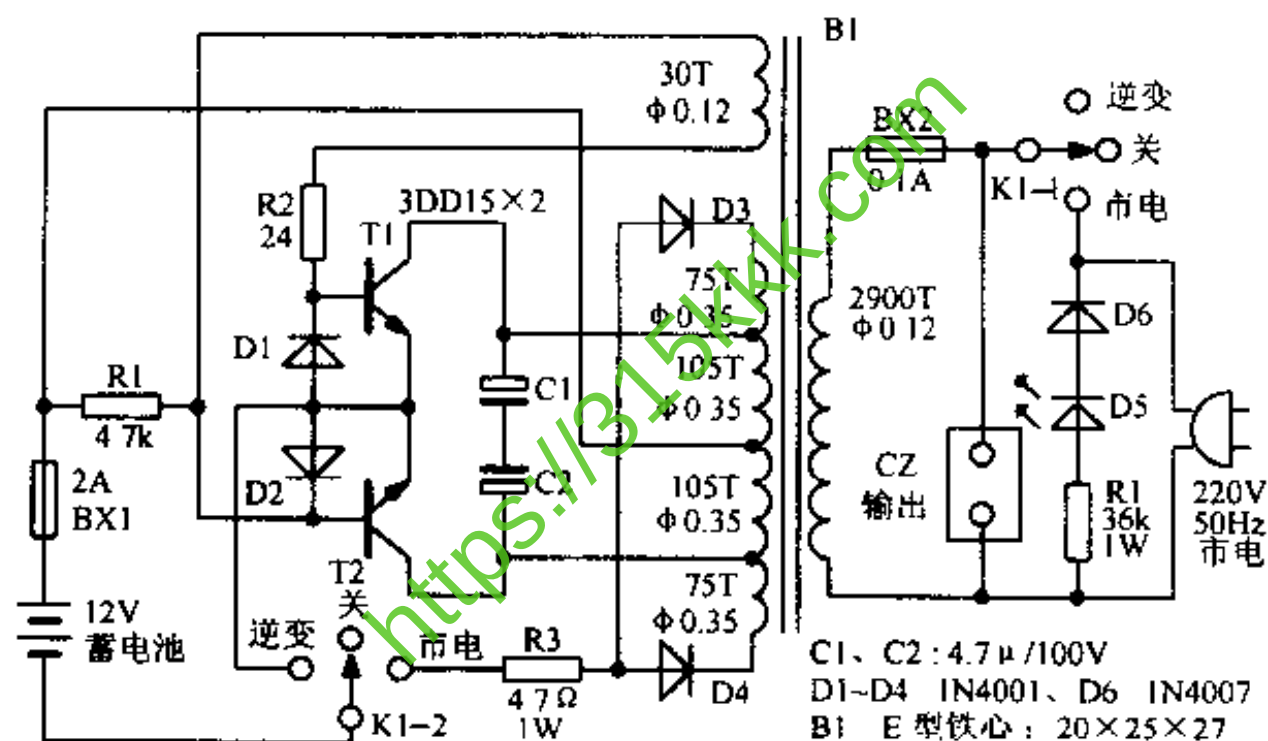


图 7-26 小功率逆变电源电路

7.27 小功率变压器自激式逆变电路

该电路采用 VMOS 管构成变压器自激式逆变电路。如图 7-27 所示。

选用不同的变压器 B1, 可得到从 10 ~ 100kHz 的振荡频率。整机效率为 70%, 输入电压 15V, 输出交流电压 12V。

7.28 CW3524 逆变器电路

图 7-28(a) 为移相调压、谐振电容分压输出式逆变器电路, 图 7-28(b) 为 A 电路的触发电路。

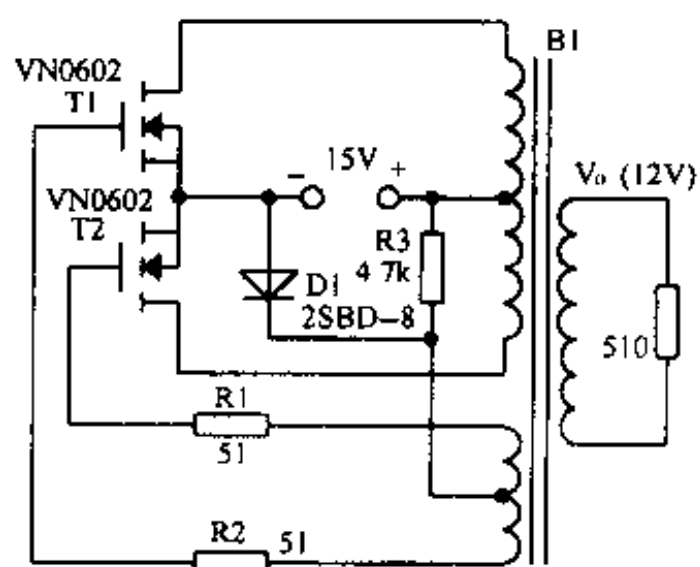


图 7-27 小功率变压器自激式逆变电路

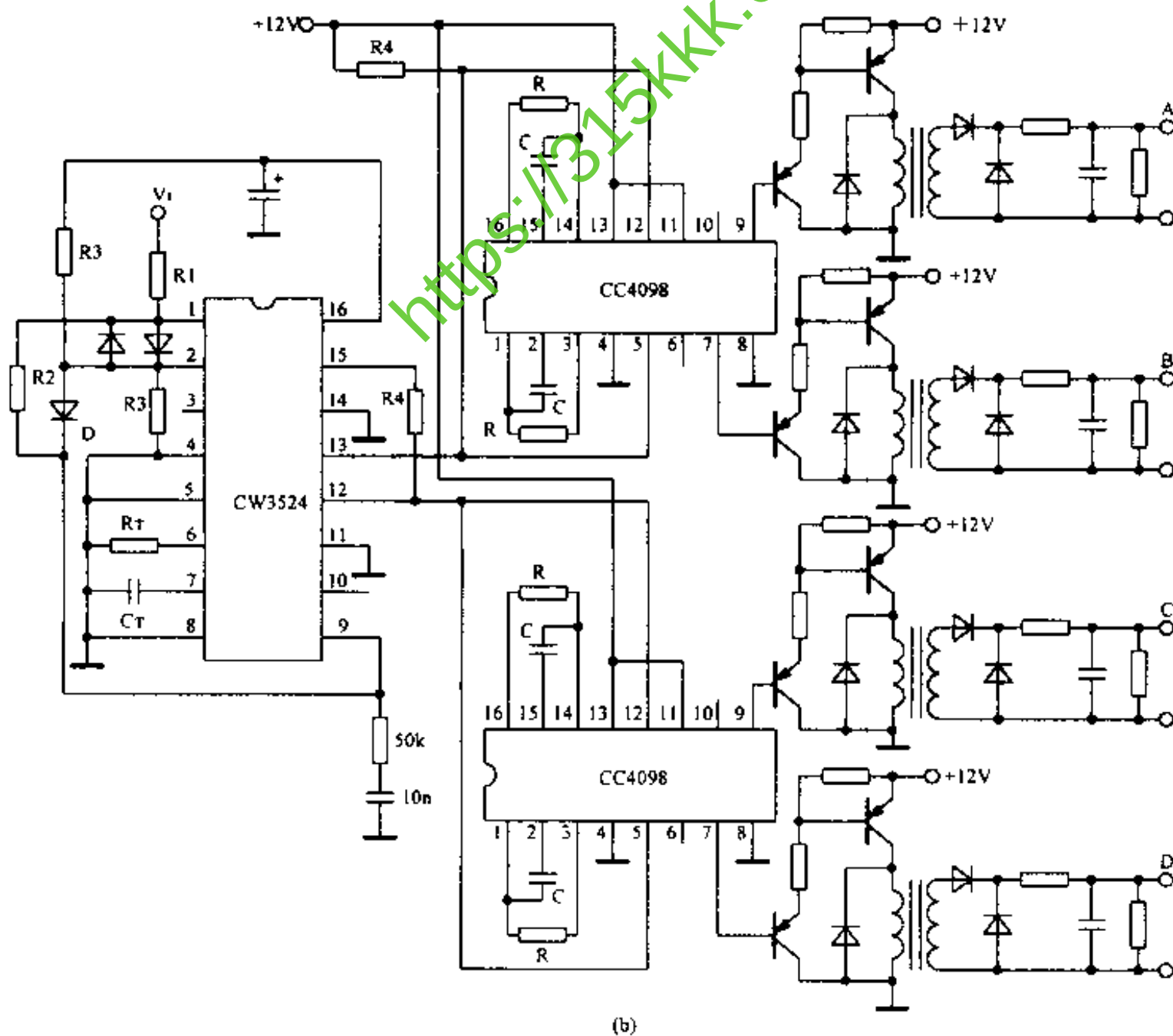
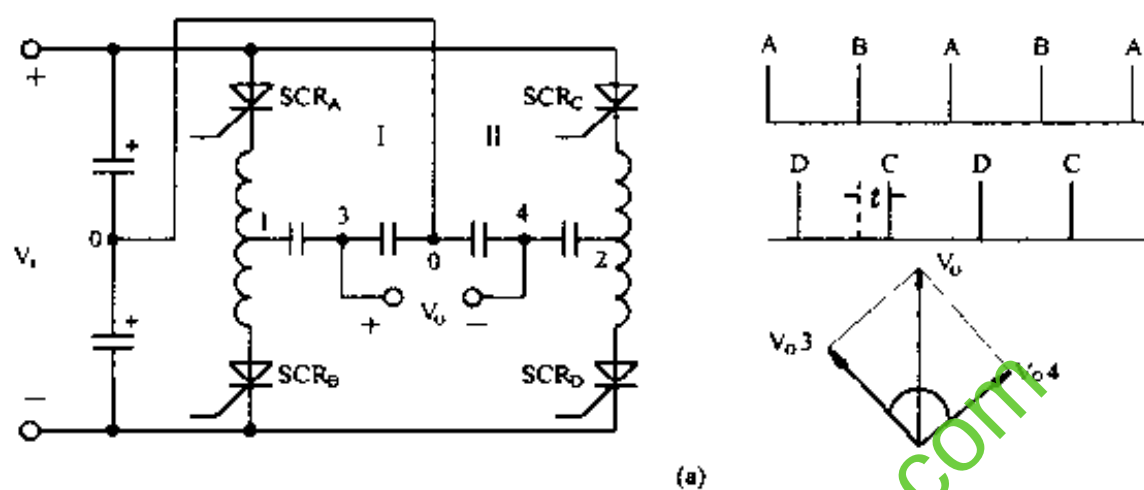


图 7-28 CW3524 逆变器电路

该逆变器电路输出电压为正弦波,负载特性好,电磁干扰小,体积小,噪声低,线路简单,操作方便,是一种新型的静止恒频恒压电源装置。触发电路选用集成脉宽调制器 CW3524, $R_T = 12.5\text{k}\Omega$, $C_T = 0.1\mu\text{F}$, 锯齿波频率 $f = 1/(R_T C_T) = 800\text{Hz}$, 输出方波 400Hz , 单稳触发电路 CC4098 从方波的前沿和后沿取出脉冲信号, $R = 750\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, 输出脉冲宽度 $t_w = 0.69 RC = 51\mu\text{s}$ 。

7.29 稳流电源

这个用普通元件构成的电路,可以输出 $2\mu\text{A} \sim 100\text{mA}$ 的电流,并且它的输出仅受元件值的限制。电路如图 7-29 所示。

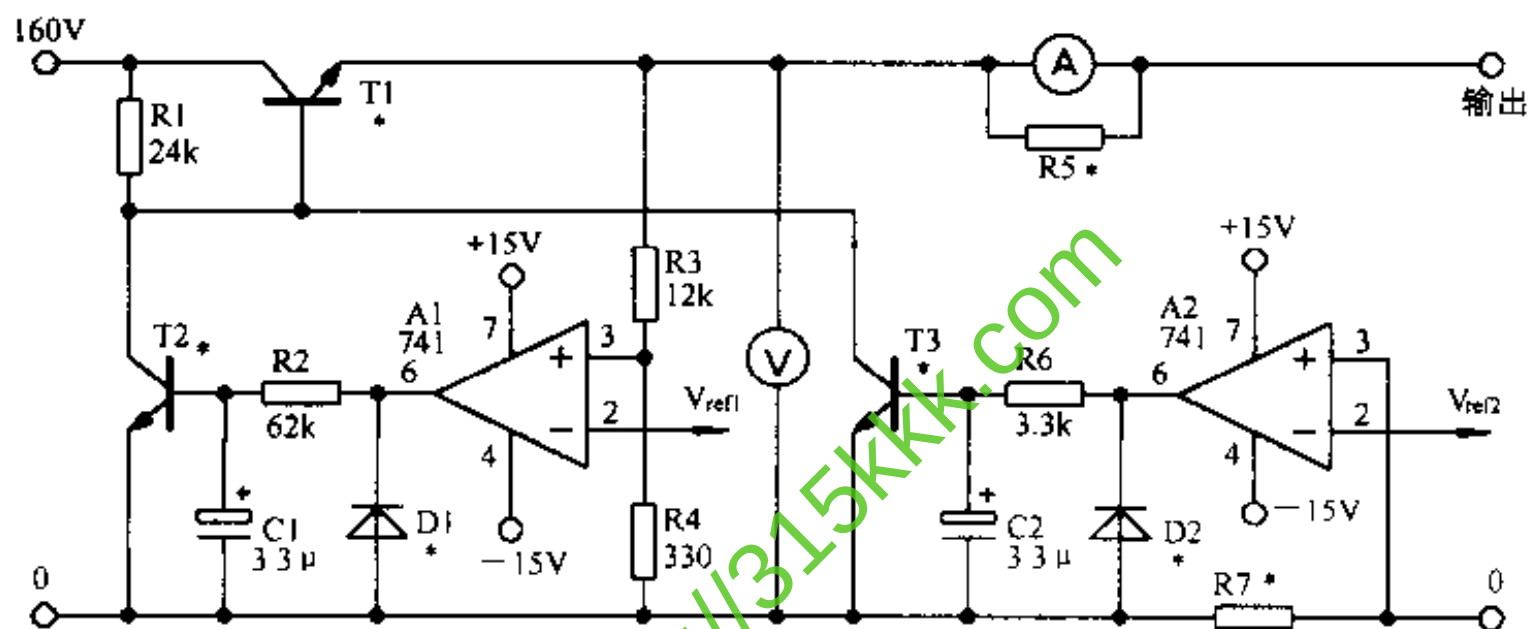


图 7-29 稳流电源

晶体管 T1、T2 和运算放大器 A1 组成一个稳压电源,改变参考电压 V_{ref1} 可得到 $0 \sim 100\text{V}$ 的稳定电压。T3 和 A2 构成一个稳流电源,合适地选择电阻 R7 的值或加装开关改变不同的值,可得到需要的电流调节范围。R7 两端的电压降等于 V_{ref2} ,一般选在 0.7V 左右。这样,在电压测量中的误差将不超过加在电流电路中的压降值。总的误差小于 1V 。使用一个多圈电位器以得到准确可调电流的 V_{ref2} 。电容 C1、C2 用于抑制可能发生的自激振荡。D1、D2 保护 T2 和 T3,防止开关时产生的瞬间负压。运放 A2 如果使用在间歇和输出大于 30V 的情况下,就需要外加保护电路,一般在 3、7 脚间加接一只二极管即可。

7.30 直流电源净化器

如图 7-30 所示的直流电源净化器可广泛地应用到各种影音设备的电源适配器中,它能有效地提高声音和图像的清晰度和解析力。图中竖虚线左边的电路起高频滤波作用,右边电路起低频滤波作用。大部分电路元件可以在一个相当大的范围内自由选择。L1 可选为几到几百 μH , L2 为低频扼流圈,数值尽可能选大些,但铜阻不能太大。L3 约为几

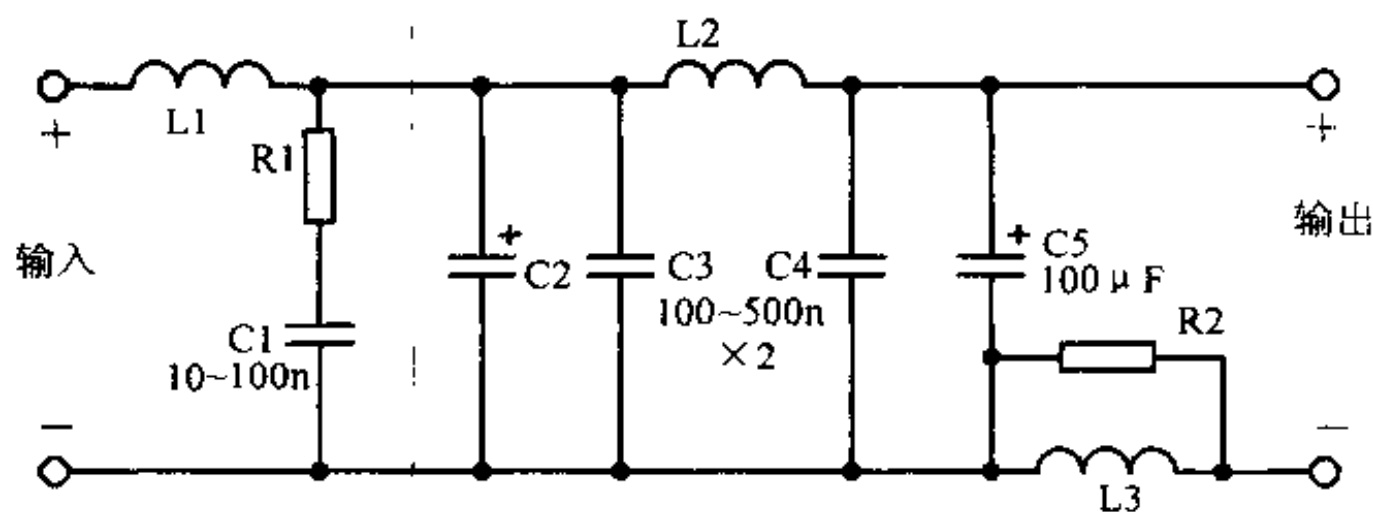


图 7-30 直流电源净化器

个 μH 。电容 $C1$ 用作高频滤波,容量可选 $0.01 \sim 0.1\mu\text{F}$, $C2$ 作为低频滤波,容量一般应选 $100\mu\text{F}$ 以上。 $C3$ 、 $C4$ 均选为 $0.1 \sim 0.5\mu\text{F}$, $C5$ 选 $100\mu\text{F}$, $R2$ 大约为几十 Ω 。

电路中所有电感允许流过的电流必须大于用电器的电流,电容的耐压要大于电源电压。

7.31 大功率升压变换器

本电路是利用先进的功率因数校正 (PFC) 技术制作的升压变换器。电源利用有源 PFC 变换器,借助于升压电感 $L1$ 工作于连续传导模式 (CCM)。变换器的直流输出电压高于输入交流电压的最大峰值 (一般高出 15% 以上)。升压变换器的占空比取决于直流输出电压与交流输入电压之间的比率。电路如图 7-31 所示。

电路中, $D1 \sim D4$ 是桥式整流器, $C13 \sim C16$ 组成电解电容滤波器。以 UC3854 为核心的有源 PFC 电路设置于整流桥与滤波电路之间,其中, $L1$ 为升压电感器, MOSFET 管 $T1$ 是由 UC3854 驱动的开关功率器件, $D5$ 是升压二极管。

UC3854 是一种固定频率 PWM 平均电流驱动型 PFC 控制集成电路,它主要由电压放大器、模拟乘法器/除法器、驱动输出级、7.5V 的电压基准、欠电压检测器和过电流比较器及内部电源等单元组成。UC3854 的 15 脚为电源电压 (+18V) 端。由 $L1$ 的二次端感应的电压经 $D7 \sim D10$ 整流、 $R9$ 及 $C2$ 和 $C3$ 滤波、 $D11$ 稳压后,作为 UC3854 的辅助电源。UC3854 的 9 脚为 7.5V 基准电压输出端; 12、14 脚外接的阻容元件 $R17$ 、 $C9$ 决定它的振荡频率。输入电压经桥式整流,由于未经大容量电容的滤波,输出为保持输入电压波形的正弦波脉动直流电压。该电压经 $R6 \sim R8$ 电阻分压器分压后进入 UC3854 的 8 脚,经检测、平方后送入芯片内部乘法器。电路的输入电流被电阻 $R5$ 检测,并进入芯片的 6 脚,以迫使交流电流跟踪电压的变化,抑制交流波形的畸变。输出的脉动直流电压经 $R23$ 和 $R24$ 分压,在 $R24$ 上取得的采样信号进入芯片的 11 脚,送到内部的电压放大器。电压放大器的输出与 6 脚输入的信号在乘法器中进行运算,为电流控制环路产生一个参考信号。检测电阻 $R1$ 上的电流信号经 4 脚进入芯片内部电流放大器的反相输入端。5 脚是模拟乘法器的输出和电流放大器的同相输入端,它输出的乘法器电流随着 6 脚输入电流及 7 脚输入电压的增加而增加,随着 8 脚输入电压的增加而减小。16 脚输出的 PWM 脉冲占空因数受到 11、6、4、5 脚和 8 脚 4 个独立的输入同时控制。2 脚的功能是最大峰值电流的限制,13

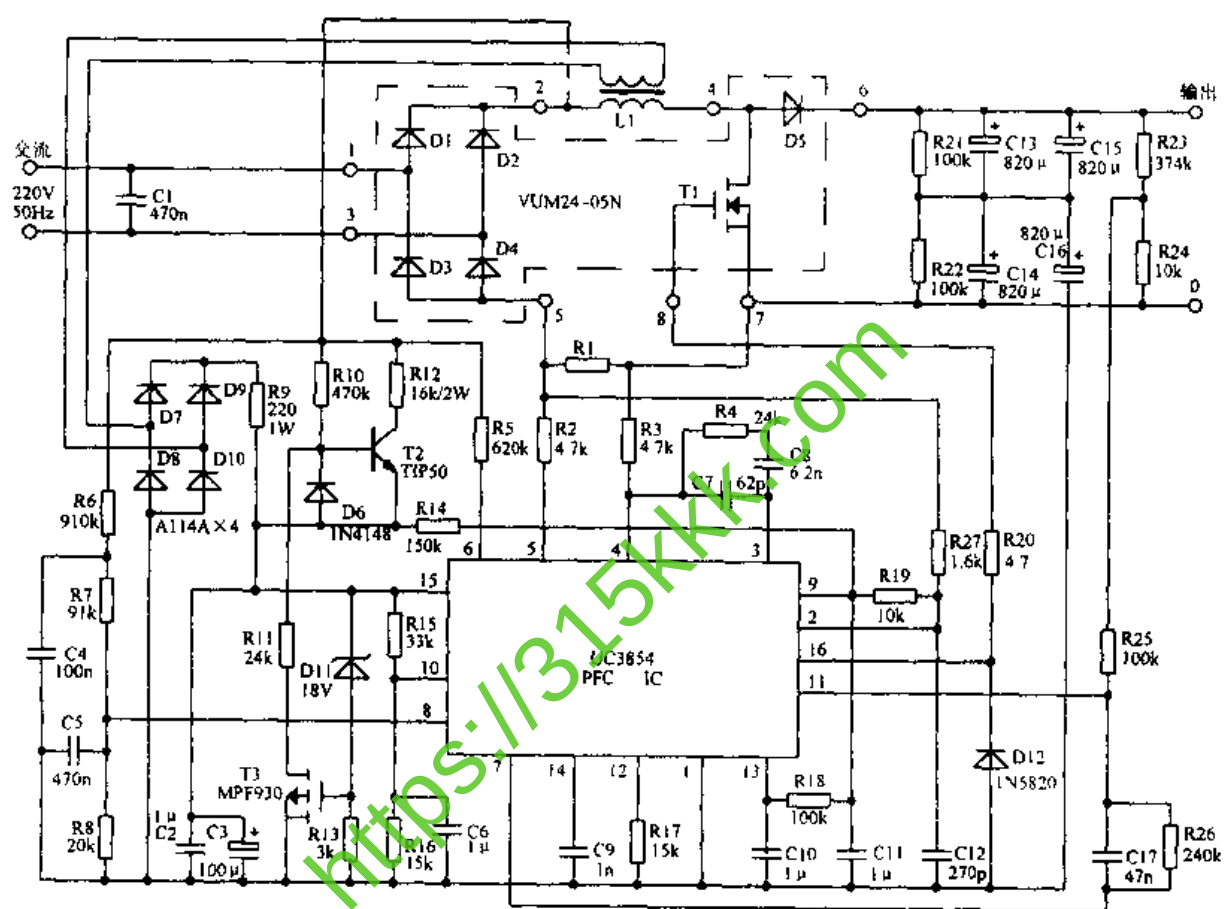


图 7-31 大功率升压变换器

脚实现软启动功能。2、13 脚和 10 脚是带有辅助保护性质的控制输入端,以防止功率管 T1 损坏。7 脚是芯片内部的电压放大器的输出,11 脚和 7 脚之间接有反馈电阻 R26。

当 UC38546 的 16 脚输出的 PWM 脉冲驱动 T1 导通时,升压二极管 D5 关断,通过电感 L1 的电流全部经过 T1。当 T1 关断时,D5 导通,通过 L1 的电流全部流经 D5,并对滤波电容进行充电。由于 UC3854 的控制作用,整流桥输入的直流电流不再呈现窄尖峰脉冲,而是紧紧跟随交流输入电压的变化,呈平滑的正弦波形,且与交流电压之间的相位角趋于 0,总电流谐波畸变(THD)被限制在小于 5% 的范围内,功率因数高于 0.99。同时,在升压变换器的输出端可得到高度稳定的 360V 直流电压。

本变换器的输入电流为 14.2A,输入功率为 3124W,输出电流为 8.3A,输出功率为 2988W,故效率高达 95%。

7.32 使用 TL431 的等效稳压二极管电路

使用 TL431 与电阻 R2、R3 组成一只等效二极管,R1 是它的限流电阻。如图 7-32(a)所示。

其稳定电压为 $(1 + R2/R3) V_{ref}$ (V_{ref} 为标称值 2.495V)。由于这个等效电路能输出 100mA 电流且电压可调,所以它可以代替价格昂贵、体积较大的大功率稳压二极管,或在小电流 ($\leq 100\text{mA}$) 应用场合当作固定三端稳压器使用。

图 7-32(b) 也是一个等效稳压二极管电路,由于它外接了一个 PNP 型大功率晶体管,所以输出电流更大。

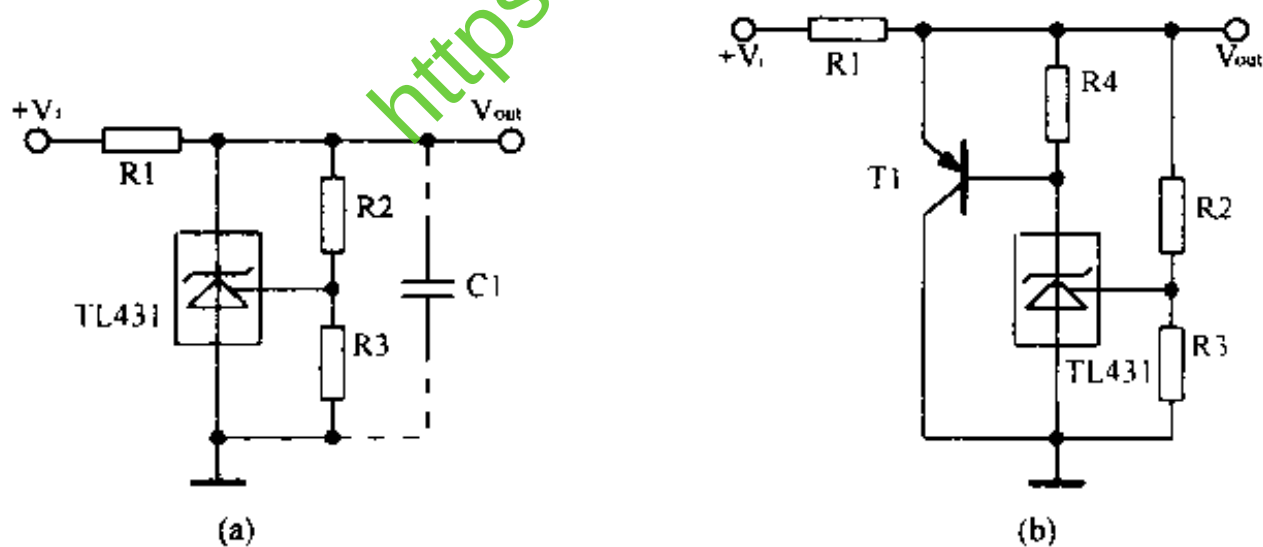


图 7-32 使用 TL431 的等效稳压二极管电路

7.33 过压保护电路

利用 TL431 构成的过压保护电路如图 7-33 所示。

当系统供电电压超过额定值时,由 TL431 组成的电路触发可控硅导通,短路电流将

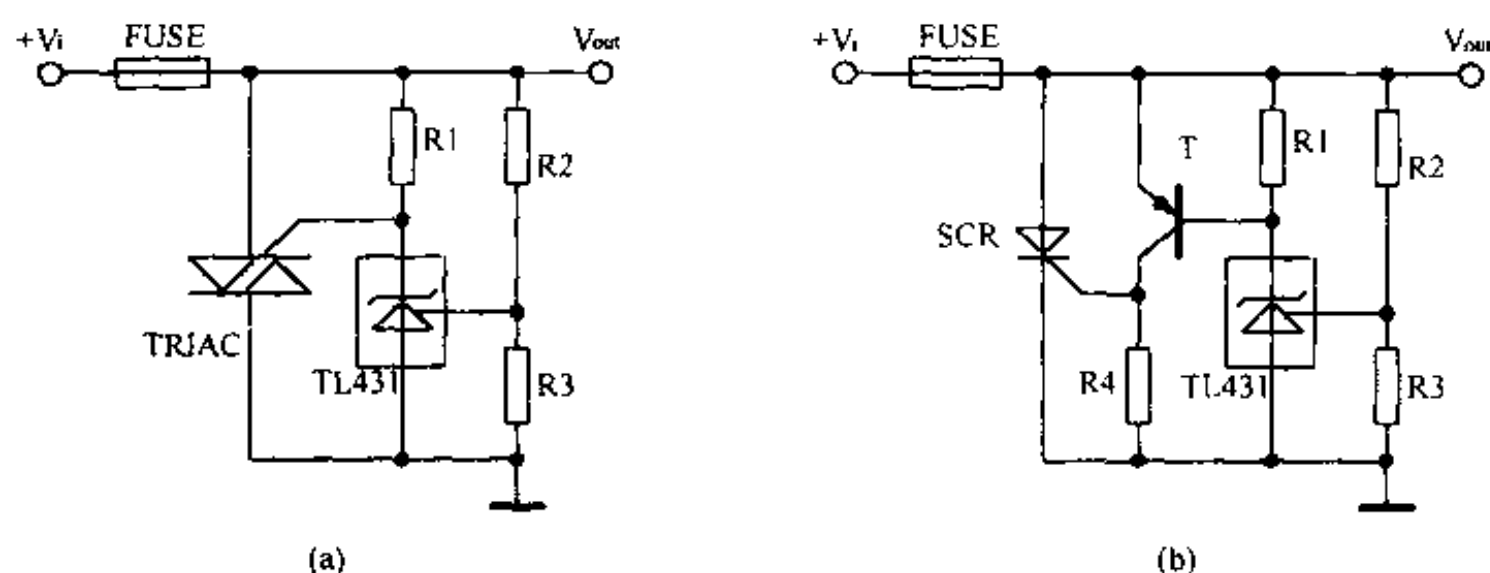


图 7-33 过压保护电路

使电路中的保险丝熔断,从而切断输入电源。

7.34 电压监视器电路

利用 TL431 的转移特性,可以组成一个实用的电压监视器。电路如图 7-34 所示。

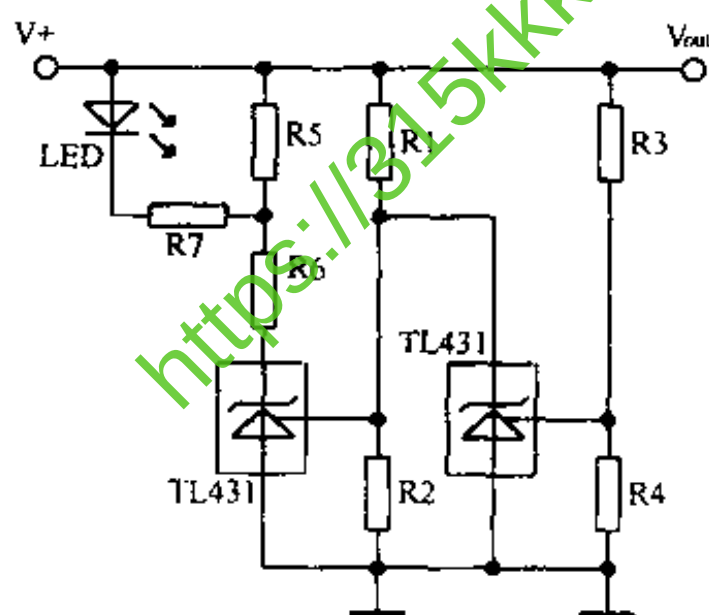


图 7-34 电压监视器电路

当电压处于上、下限电平之间时,电路中的发光二极管点亮指示。上限电平为 $(1 + R3/R4) V_{ref}$; 下限电平为 $(1 + R1/R2) V_{ref}$ 。

7.35 无绳电话座机用不间断电源

无绳电话机的座机通常都需要交流供电。图 7-35 所示电路可以防止当市电停电或发生意外断电时无法使用无绳电话机。电路中,当交流供电意外断电时,光源 H 立刻熄灭,光敏电阻 CDS 无光照,其阻值迅速上升,使流入晶体管 V 基极的电流随之减少,IC 亦下降。此时的 IC 小于 K1 的最小吸合电流,于是 K1 释放,继电器 K1 的各触点恢复到图

中所示的位置。备用电瓶的电压 E 经 $K1-1b$ 、 $K1-2b$ 继续向电话母机供电,使话机不致于因市电中断而停止工作;同时, E 还将经过 $K1-1b$ 、 $R3$ 将发光二极管 $D1$ 点亮,作电瓶供电指示。当市电恢复时,电路自动转入由市电供电。

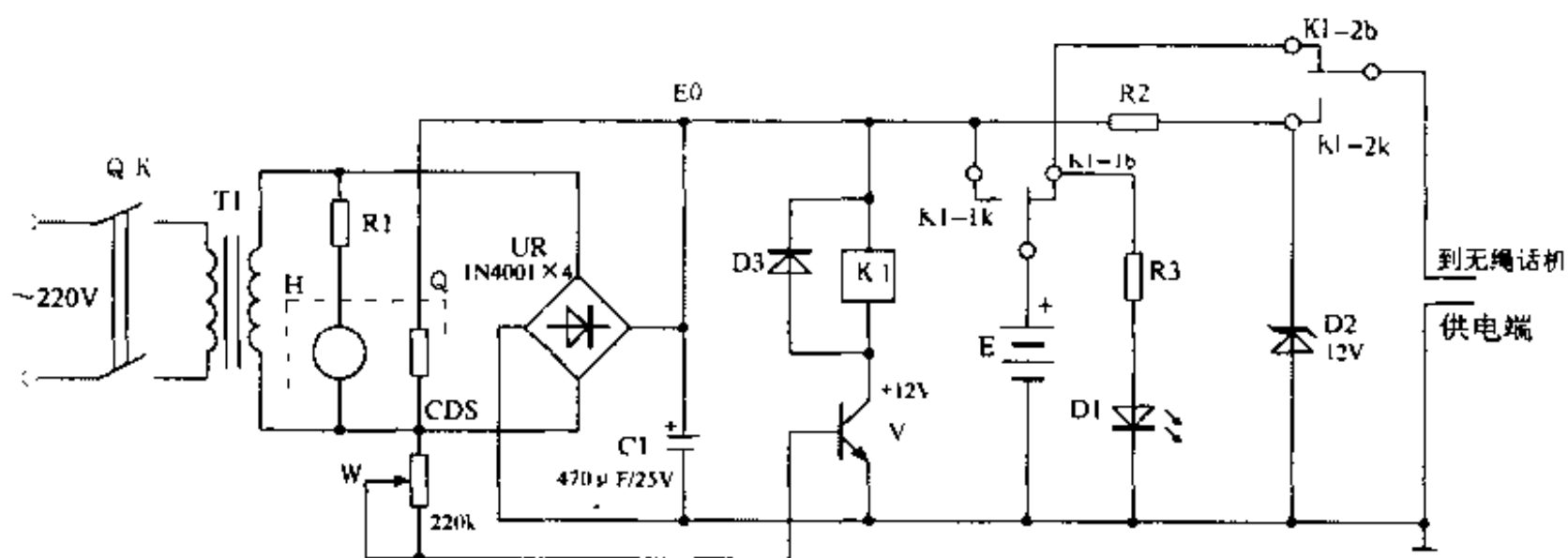


图 7-35 无绳电话机用不间断电源

附录 A 常用集成稳压器性能参数表

1. 多端可调负输出集成稳压器

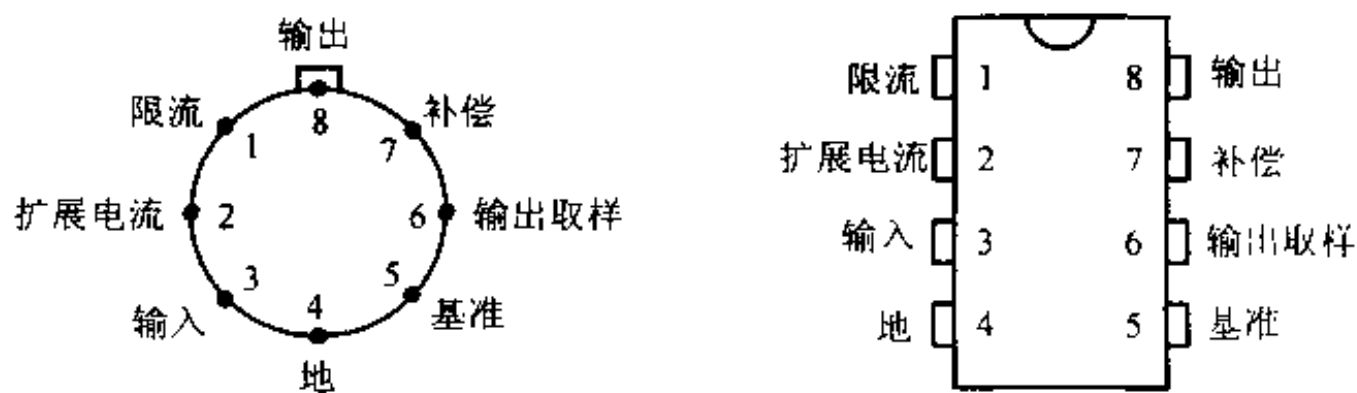
	CW104	CW204	CW304
最大输入电压/V	-50	-50	-40
输出电压范围/V	-0.015 ~ -40	-0.015 ~ -40	-0.035 ~ -30
输出电流/mA	25	25	25
电压调整率/%/V	0.056	0.056	0.056
电流调整率/mA	1	1	1
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-1		



附图 A-1

2. 多端可调正输出集成稳压器

	CW105	CW205	CW305
最大输入电压/V	50	50	40
输出电压范围/V	4.5 ~ 40	4.5 ~ 40	4.5 ~ 40
输出电流/mA	12	12	12
电压调整率/%/V	0.025	0.025	0.025
电流调整率/mA	0.03	0.03	0.03
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-2		



附图 A - 2

3. 三端固定 +5V 集成稳压器

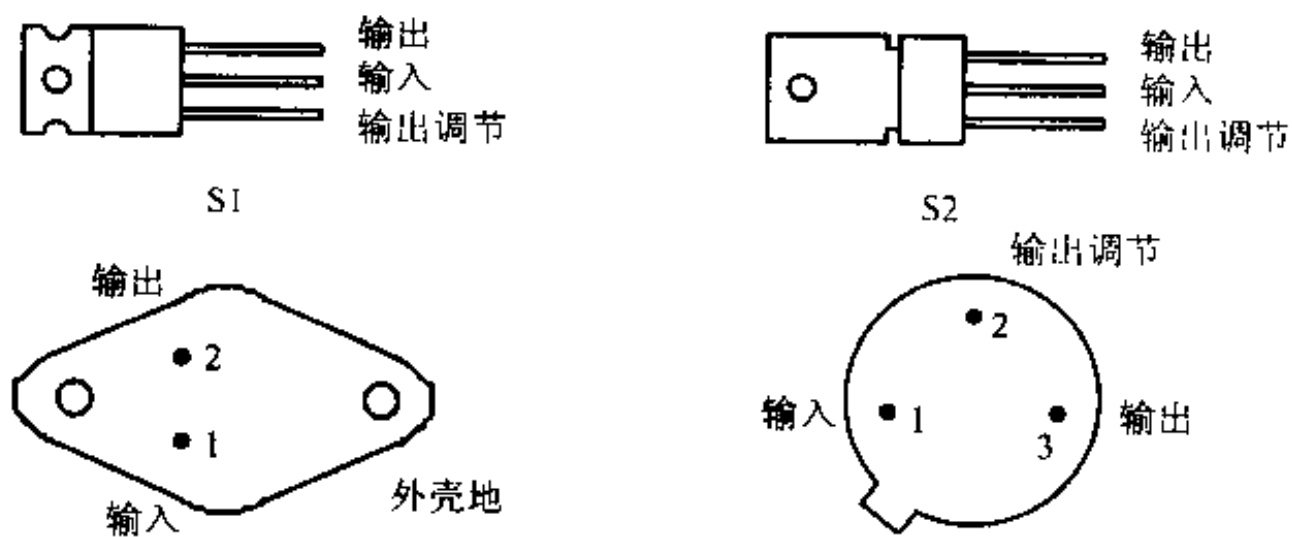
		CW109	CW209	CW309
最大输入电压/V		35	35	35
输出电压/V		5	5	5
输出电流	圆形/mA	200	200	200
	菱形/A	1.5	1.5	1.5
电压调整率/%/V		0.004	0.004	0.004
电流调整率/%		1	1	1
工作温度范围/℃		-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列		附图 A - 3		



附图 A - 3

4. 三端可调整集成稳压器

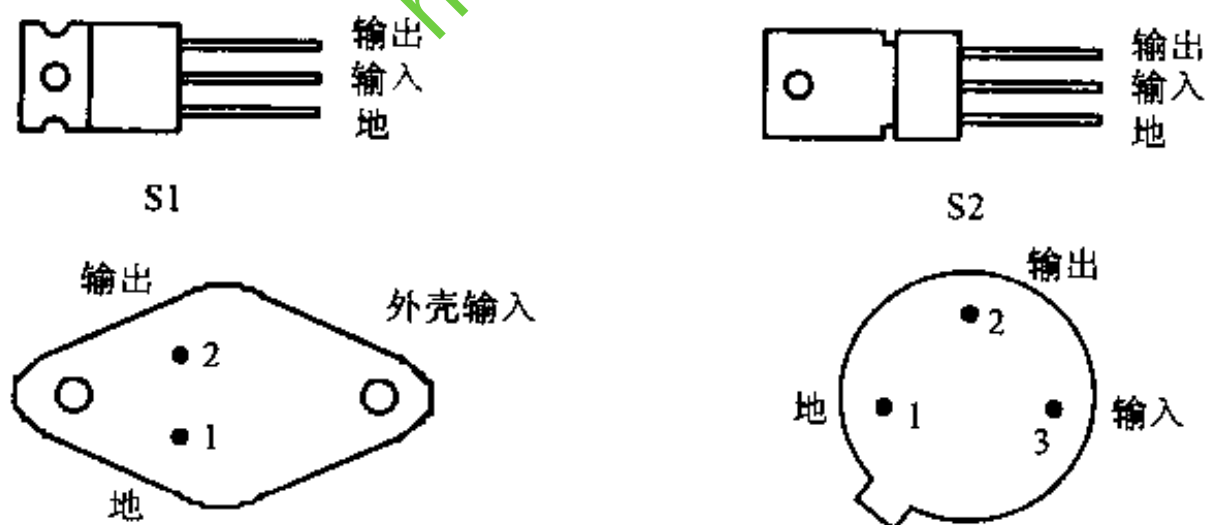
		CW117	CW217	CW317
最大输入电压/V		40	40	40
输出电压范围/V		1.2 ~ 37	1.2 ~ 37	1.2 ~ 37
输出电流	圆形, S2 形/A	0.5	0.5	0.5
	菱形, S1 形/A	1.5	1.5	1.5
电压调整率/%/V		0.01	0.01	0.01
电流调整率/%		0.1	0.1	0.1
工作温度范围/℃		-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列		附图 A - 4		



附图 A - 4

5. 三端固定负集成稳压器

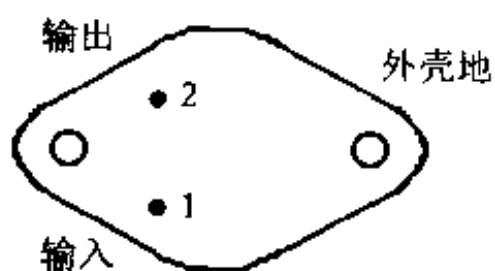
		CW120	CW320
最大输入电压/V	输出为 -5V	-25	-25
	输出为 -12V, -15V	-35	-35
输出电压/V		-5, -12, -15	-5, -12, -15
输出电流	圆形/A	0.5	0.5
	菱形/A	1.5	1.5
电压调整率/%/V		0.02	0.02
电流调整率/%		0.3	0.3
工作温度范围/℃		-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列		附图 A - 5	



附图 A - 5

6. 三端固定 5V(3A)集成稳压器

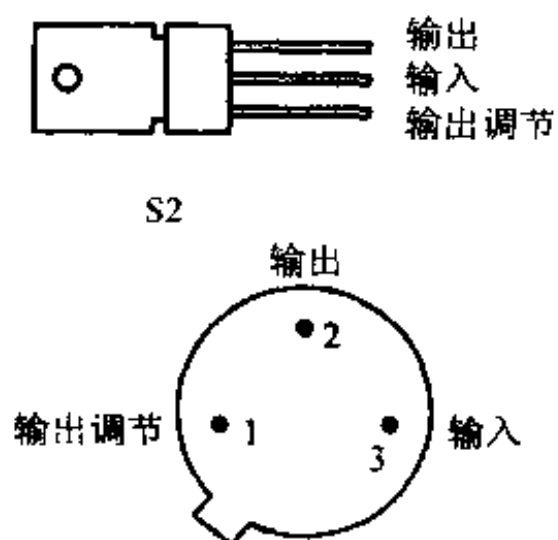
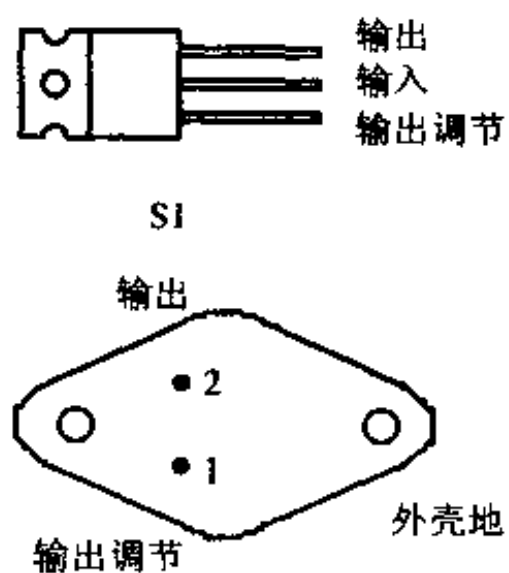
	CW109	CW209	CW309
最大输入电压/V	20	20	20
输出电压/V	5	5	5
输出电流/A	3	3	3
电压调整率 /% /V	0.01	0.01	0.01
电流调整率/%	0.5	0.5	0.5
工作温度范围 /℃	-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-6		



附图 A-6

7. 三端可调负集成稳压器

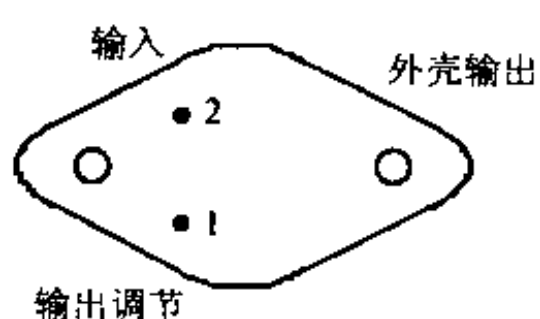
	CW137	CW237	CW337
最大输入电压/V	-40	-40	-40
输出电压范围/V	-1.2 ~ -37	-1.2 ~ -37	-1.2 ~ -37
输出电流	圆形, S2 形/A	0.5	0.5
	菱形, S1 形/A	1.5	1.5
电压调整率 /% /V	0.01	0.01	0.01
电流调整率/%	0.3	0.3	0.3
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-7		



附图 A-7

8. 三端可调正集成稳压器

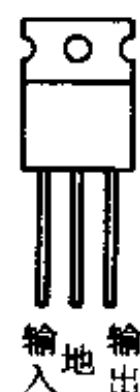
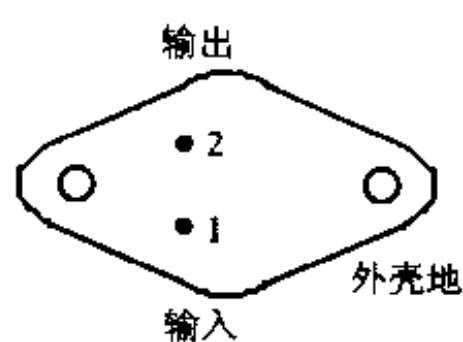
	CW138	CW238	CW338
最大输入电压/V	35	35	35
输出电压范围/V	1.2 ~ 32	1.2 ~ 32	1.2 ~ 32
输出电流/A	5	5	5
电压调整率 /% /V	0.005	0.005	0.005
电流调整率/%	0.1	0.1	0.1
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	-25 ~ 85	0 ~ 70
管脚排列	附图 A - 8		



附图 A - 8

9. 三端固定正集成稳压器

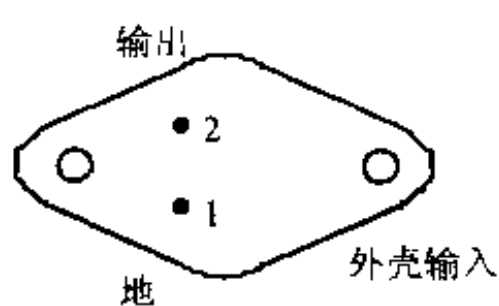
	CW140	CW340
最大输入电压/V	35	35
输出电压/V	5, 12, 15	5, 12, 15
输出电流/A	1.5	1.5
电压调整率 /% /V	0.02	0.02
电流调整率/%	0.5	0.5
工作温度范围 /℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	附图 A - 9	



附图 A - 9

10. 三端固定负集成稳压器

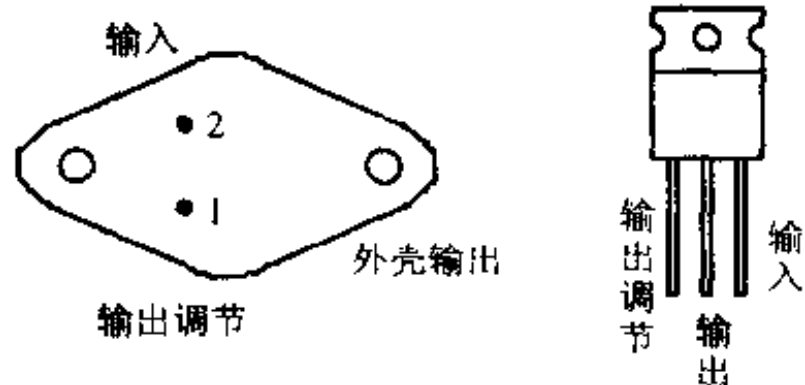
	CW145	CW345
最大输入电压/V	-20	-20
输出电压/V	-5, -5.2	-5, -5.2
输出电流/A	3	3
电压调整率/%/V	0.008	0.008
电流调整率/%	0.6	0.6
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-10	



附图 A-10

11. 三端可调整集成稳压器

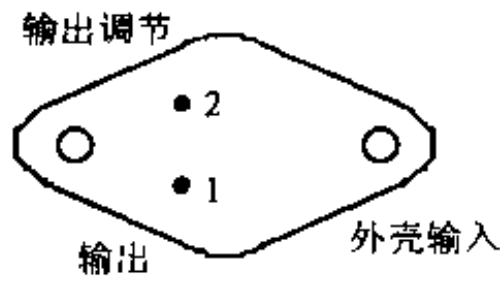
	CW150	CW250	CW350
最大输入电压/V	35	35	35
输出电压范围/V	1.2 ~ 32	1.2 ~ 32	1.2 ~ 32
输出电流/A	3	3	3
电压调整率/%/V	0.005	0.005	0.005
电流调整率/%	0.1	0.1	0.1
工作温度范围/℃	-55 ~ 150	-25 ~ 150	0 ~ 125
管脚排列	附图 A-11		



附图 A-11

12. 三端可调整集成稳压器

	CW196	CW396
最大输入电压/V	20	20
输出电压范围/V	1.25 ~ 15	1.25 ~ 15
输出电流/A	10	10
电压调整率/%/V	0.005	0.005
电流调整率/%	0.1	0.1
工作温度范围/℃	-55 ~ 150	0 ~ 125
管脚排列	附图 A - 12	



附图 A - 12

13. 三端可调集成稳压器

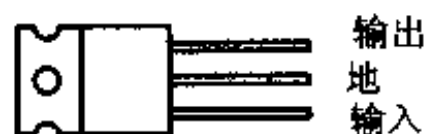
	CW337L(负)	CW317L(正)
最大输入电压/V	-40	40
输出电压/V	-1.2 ~ -37	1.2 ~ 37
输出电流/mA	100	0.1
电压调整率 /% /V	0.01	0.01
电流调整率/%	0.1	0.1
工作温度范围/℃	0 ~ 70	-25 ~ 125
管脚排列	附图 A - 13	



附图 A - 13

14. 三端固定正 5V 集成稳压器

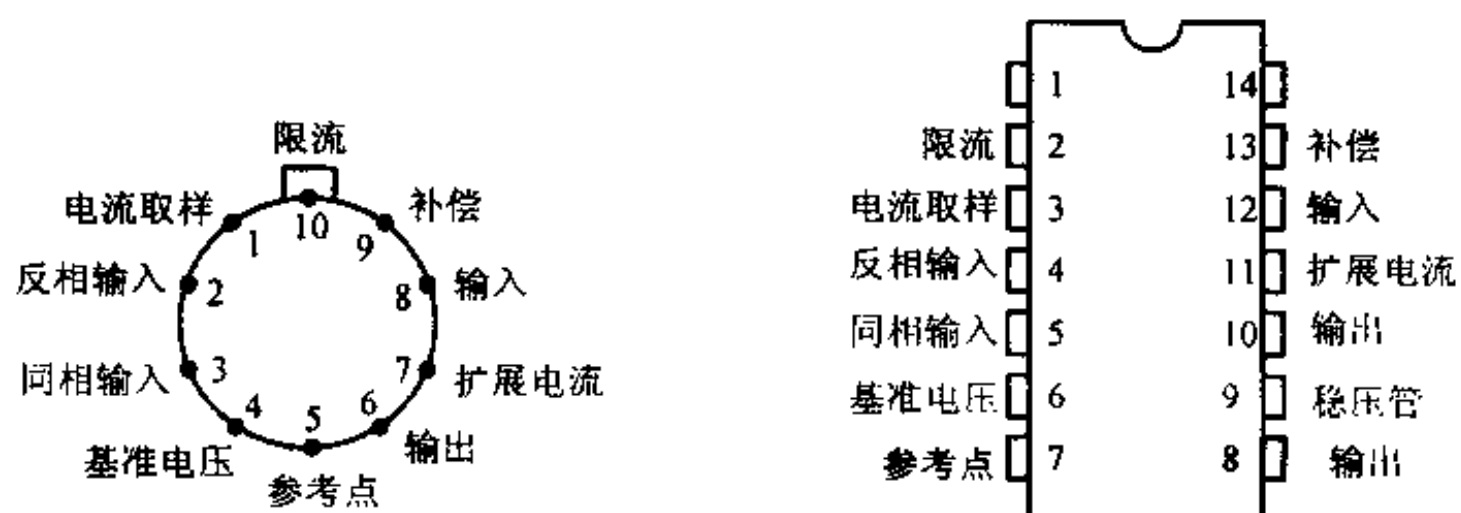
	CW140
最大输入电压/V	26
输出电压/V	5
输出电流/mA	150
最小压差/V	0.6
工作温度范围/℃	0 ~ 70
管脚排列	如附图 A - 14



附图 A - 14

15. 多端可调整输出集成稳压器

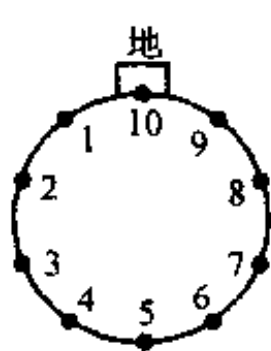
	CW723	CW723C
最大输入电压/V	40	40
输出电压/V	2 ~ 37	2 ~ 37
输出电流/mA	150	150
电压调整率/%/V	0.01	0.01
电流调整率/%	0.03	0.03
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	附图 A - 15	



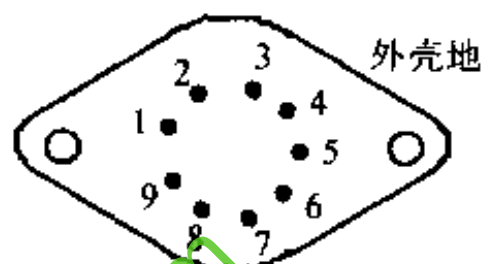
附图 A - 15

16. 多端可调负输出集成稳压器

	CW1563	CW1463
最大输入电压/V	-40	-35
输出电压/V	-3.6 ~ -37	-3.8 ~ -32
输出电流/mA	500	500
电压调整率/%/V	0.002	0.002
电流调整率/%	0.01	0.01
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-16	



- 1: 电 移位取样
- 2: 关闭控制
- 3: 噪声滤波器
- 4: 输入
- 5: 限
- 6: 输出
- 7: 补偿
- 8: 输出取样
- 9: 直 移位输出



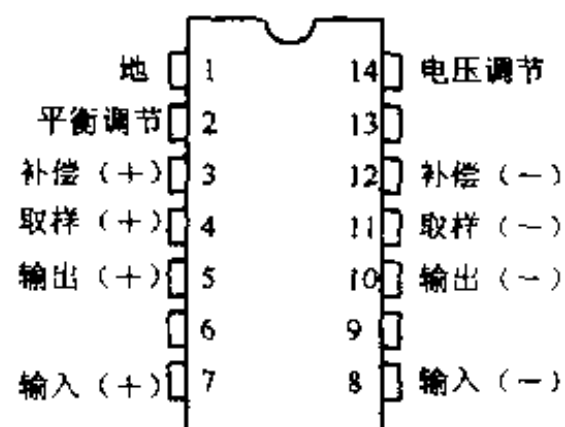
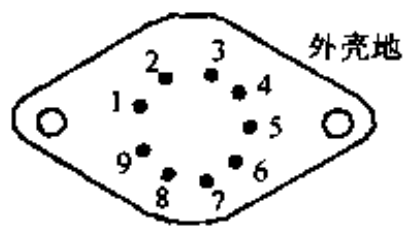
附图 A-16

17. 多端固定正、负 ($\pm 15V$) 输出集成稳压器

	CW1568	CW1463
最大输入电压/V	± 30	± 30
输出电压/V	± 15	± 15
输出电流/mA	100	100
电压调整率/%/V	0.06	0.06
电流调整率/%	0.06	0.06
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-17	



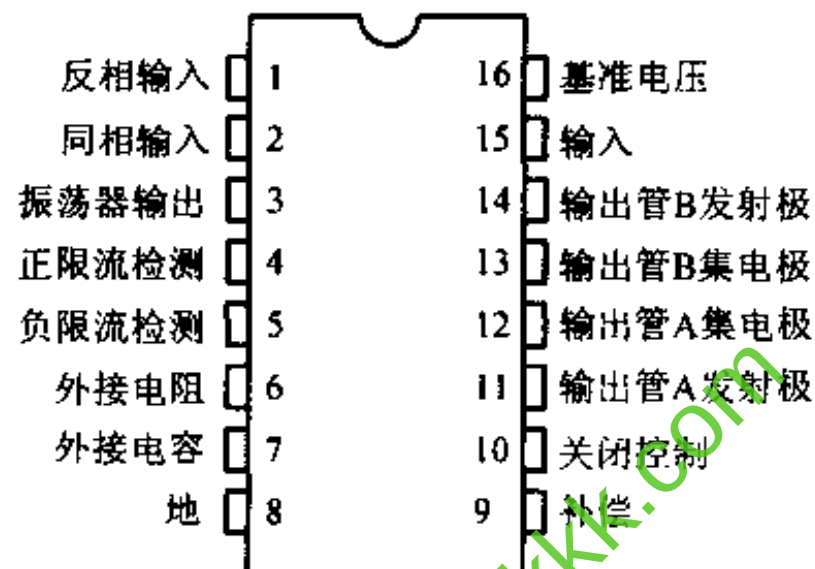
- 1. 补偿 (+)
- 2. 取样 (+)
- 3. 输出 (+)
- 4. 输入 (+)
- 5. 输入 (-)
- 6. 输出 (-)
- 7. 取样 (-)
- 8. 补偿 (-)
- 9. 电压调节



附图 A-17

18. 脉宽调制器

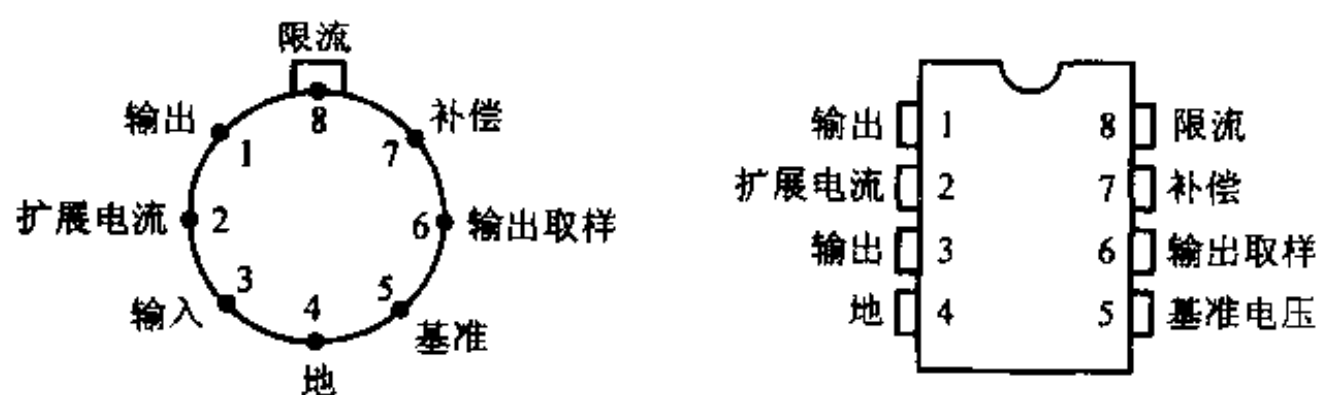
	CW1524	CW2524	CW3524
最大输入电压/V	40	40	40
基准输出电压/V	5	5	5
基准输出电流/mA	50	50	50
最高振荡频率/kHz	350	350	350
输出 C-E 电压/V	40	40	40
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70	0 ~ 70
管脚排列	附图 A-18		



附图 A-18

19. 多端可调整输出集成稳压器

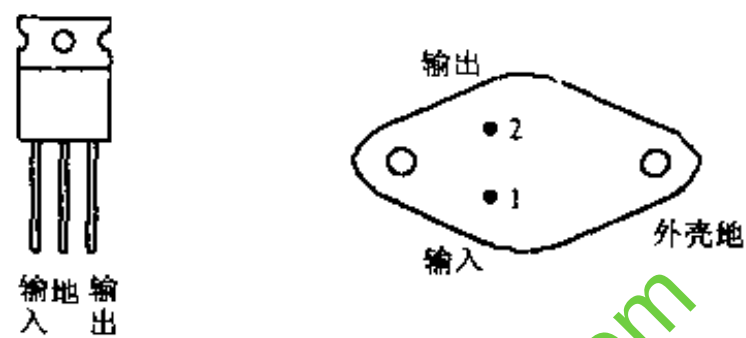
	CW3085	CW3085A	CW3085B
最大输入电压/V	30	40	50
输出电压/V	1.8 ~ 26	1.7 ~ 36	1.7 ~ 46
输出电流/mA	12	100	100
电压调整率/%/V	0.025	0.025	0.025
电流调整率/%	0.003	0.025	0.025
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	-55 ~ 125	-55 ~ 125
管脚排列	附图 A-19		



附图 A-19

20. 三端固定正输出集成稳压器

	CW7805	CW7806	CW7809	CW7812	CW7815	CW7824
最大输入电压/V	35	35	35	35	35	40
输出电压/V	5	6	9	12	15	24
输出电流/A	1	1	1	1	1	1
电压调整率/mV	3	5	8	11	11	18
电流调整率/mV	15	14	12	12	12	12
工作温度范围/℃	0 ~ 70					
管脚排列	附图 A - 20					



附图 A - 20

21. 多端可调整输出集成稳压器

	CW1589	CW1469
最大输入电压/V	40	35
输出电压/V	2.5 ~ 37	2.5 ~ 32
输出电流/mA	500	500
电压调整率/%/V	0.002	0.003
电流调整率/%	0.01	0.01
工作温度范围/℃	-55 ~ 125	0 ~ 70
管脚排列	D8 - 21	

22. 脉宽调制稳压器

	CW3420	CW3520
电源电压/V	40	40
输出电压/V	5	5
振荡频率/kHz	100	100
基准电压/V	7.8	7.8
工作温度范围/℃	0 ~ 70	-55 ~ 125
管脚排列	D8 - 22	

23. 用于特殊场合的大电流稳压器

型 号	功 能	输出电压	最大输出电流	电压调整率	电流调整率
78H05ASC	固定正输出	5V	5A	50mV	50mV
78H12ASC	固定正输出	12V	5A	120mV	120mV
78P05SC	固定正输出	5V	10A	50mV	75mV
78P12SC	固定正输出	12V	10A	50mV	75mV
78HGASC	可调正输出	5 ~ 24V	5A	1%	1%
78PGASC	可调正输出	5 ~ 24V	10A	1%	1%
79HGSC	可调负输出	-2.11 ~ -24	5A	1%	1%
SH1606ASC	脉宽调制	3 ~ 35V	5A	*	*

<https://315kkk.com>

附录 B 集成电路型号前缀与对应厂商及其网址

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
A	INTECH(美国英特奇公司)	http://www.intech.com/
A-	INTECH(美国英特奇公司)	http://www.intech.com/
AC	TEXAS INSTRUMENTS (TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.ti.com/
AD	ANALOG DEVICES (美国模拟器件公司)	http://www.analog.com/
AM	ADVANCED MICRO DEVICES(美国先进微电子器件公司)	http://www.advantagememory.com/
AM	DATA - INTERSIL(美国戴特-英特锡尔公司)	http://www.datapoint.com/
AN	PANASONIC(日本松下电器公司)	http://www.panasonic.com/
AY	GENERAL INSTRUMENTS[GI](美国通用仪器公司)	http://www.gensemi.com/products/
BA	ROHM(日本东洋电具制作所)(日本罗姆公司)	http://www.rohmelectronics.com/
BX	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
CA	RCA(美国无线电公司)	http://www.rcaelectronics.com/
CA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
CA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
CAW	RCA(美国无线电公司)	http://www.rcaelectronics.com/
CD	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
CD	RCA(美国无线电公司)	http://www.rcaelectronics.com/
CIC	SOLITRON(美国索利特罗器件公司)	
CM	CHERRY SEMICONDUCTOR(美国切瑞半导体器件公司)	http://www.cherry-semi.com/
CS	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
CT	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
CX	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
CXA	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
CXD	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
CXK	DAEWOO(韩国大宇电子公司)	
DBL	PANASONIC(日本松下电器公司)	http://www.panasonic.com/
DN	AELO(日本阿伊阔公司)	
EA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
EEA	THOMSON - CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
EF	THOMSON - CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
EFB	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
EGC	THOMSON - CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
ESM	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
F	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
FCM	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
G	GTE(美国微电路公司)	
GD	GOLD STAR(韩国金星(高仕达)电子公司)	
GL	GOLD STAR(韩国金星(高仕达)电子公司)	
GM	GOLD STAR(韩国金星(高仕达)电子公司)	
HA	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
HD	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
HEF	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
HM, HZ	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
ICL, IG	INTERSH(美国英特锡尔公司)	
IR, IX	SHARP(日本夏普(声宝)公司)	http://www.sharp.com/
ITT, JU	ITT(德国ITT半导体公司)	http://www.ittcannon.com/
KA, KB	SAMSUNG(韩国三星电子公司)	http://www.sec.samsung.com/
KC	SONY(日本索尼公司)	http://www.sony.com/
KDA	SAMSUNG(韩国三星电子公司)	http://www.sec.samsung.com/
KIA, KID	KEC(韩国电子公司)	
KM, KS	SAMSUNG(韩国三星电子公司)	http://www.sec.samsung.com/
L	SGS - ATES SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
L	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
LA	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
LB	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
LC	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
LC	GENERAL INSTRUMENTS(GI)(美国通用仪器公司)	http://www.gensemi.com/products/
LF	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
LF	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
LH	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
LH LK	SHARP(日本夏普(声宝)公司)	http://www.sharp.com/
LM	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
LM	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
LM	SIGNETICS(美国西格尼蒂公司)	http://www.spt.com/
LM	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
LM	SGS - ATES SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
LM	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
LM	MOTOROLA(美国莫托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
LM	SAMSUNG(韩国三星电子公司)	http://www.sec.samsung.com/
LP	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
LR LSC	SHARP[日本夏普(声宝)公司]	http://www.sharp.com/
M	SGS - ATES SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
M	MITSUBISHI(日本三菱电机公司)	http://www.mitsubishi.com/
MA	ANALOG SYSTEMS (美国模拟系统公司)	http://www.analog.com/
MAX	(美国)美信集成产品公司	http://www.maxim-ic.com/ http://www.maxim-ic.com.cn/
MB	FUJITSU(日本富士通公司)	http://www.fujitsu.com/
MBM	FUJITSU(日本富士通公司)	http://www.fujitsu.com/
MC	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
MC	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
MC	ANALOG SYSTEMS(美国模拟系统公司)	http://www.analog.com/
MF	MITSUBISHI(日本三菱电机公司)	http://www.mitsubishi.com/
MK	MOSTEK(美国莫斯特卡公司)	
ML	PLESSEY(美国普利西半导体公司)	
ML	MITEL SEMICONDUCTOR(加拿大米特尔半导体公司)	http://www.mitelsemi.com/
MLM	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
MM	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
MN	PANASONIC(日本松下电器公司)	http://www.panasonic.com/
MN	MICRO NETWORK(美国微网络公司)	
MP	MICRO POWER SYSTEMS(美国微功耗系统公司)	
MPS	MICRO POWER SYSTEMS(美国微功耗系统公司)	
MSM	OKI(美国 OKI 半导体公司)	http://www.oki.com/
MSM	OKI(日本冲电气有限公司)	http://www.oki.com/
NN	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
NC	NITRON(美国 NITRON 公司)	
NE	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
NE	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
NE	MULLARD(英国麦拉迪公司)	
NE	SGS - TES SEMICONDUCTOR(意大利 SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
NJM	NEW JAPAN RADIO(JRC)(新日本无线电公司)	
OM	PANASONIC(日本松下电器公司)	http://www.panasonic.com/
OM	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
RC	R YTHEON(美国雷声公司)	
RM	R YTHEON(美国雷声公司)	
RH-IX	SH RP[日本夏普(声宝)公司]	http://www.sharp.com/
S	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
S	MERIC N MICRO SYSTEMS(美国微系统公司)	
S	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
S	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
S	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
S	GENERAL INSTRUMENTS(GI)(美国通用仪器公司)	http://www.gen-semi.com/products/
SAA	ITT(德国ITT-半导体公司)	http://www.ittcannon.com/
SAB	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
SAB	AEG-TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
SAF	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
SAK	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
SAS	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
SAS	AEG-TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
SAS	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
SDA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
SC	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
SE	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
SE	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
SG	SILICON GENERAL(美国通用硅片公司)	http://www.ssil.com/
SG	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
SG	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
SH	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
SI	SANKEN(日本三肯电子公司)	http://www.sanken-elec.co.jp/
SK	RCA(美国无线电公司)	http://www.rcaelectronics.com/
SL	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
SN	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
SN	TEXAS INSTRUMENTS(TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.ti.com/
SND	SSS(美国固体科学公司)	http://www.s3.com/
SO	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
SP	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
STK	SANYO(日本三洋电气公司)	http://www.sanyo.com/
STR	SANKEN(日本三肯电子公司)	http://www.sanken-elec.co.jp/

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
SW	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
T	TOSHIBA(日本东芝公司)	http://www.toshiba.com/
T	GENERAL INSTRUMENTS(GI)(美国通用仪器公司)	http://www.gensemi.com/products/
TA	TOSHIBA(日本东芝公司)	http://www.toshiba.com/
TAA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
TAA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
TAA	SGS - AT&S SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
TAA	PRO ELECTRON(欧洲电子联盟)	
TAA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
TAA	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
TAA	MULLARD(英国麦拉迪公司)	
TBA	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
TBA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
TBA	SGS - AT&S SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
TBA	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
TBA	NEC ELECTRON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
TBA	ITT(德国ITT半导体公司)	http://www.itteannon.com/
TBA	AEG - TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
TBA	PRO ELECTRON(欧洲电子联盟)	
TBA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
TBA	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
TBA	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
TBA	THOMSON - CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
TBA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
TBA	MULLARD(英国麦拉迪公司)	
TC	TOSHIBA(日本东芝公司)	http://www.toshiba.com/
TCA	ITT(德国ITT半导体公司)	http://www.itteannon.com/
TCA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
TCA	SPRAGUE ELECTRIC(美国史普拉格电子公司)	
TCA	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体公司)	http://www.motorola.com/
TCA	PRO ELECTRON(欧洲电子联盟)	
TCA	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
TCA	SGS - AT&S SEMICONDUCTOR(意大利SGS - 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
TCA	MULLARD(英国麦拉迪公司)	

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
TCA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
TCA	AEG-TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
TCA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
TCM	TEASINSTRUMENTS(TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.ti.com/
TDA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
TDA	SPAGELECTIC(美国史普拉格电子公司)	
TDA	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体公司)	http://www.motorola.com/
TDA	POELECTON(欧洲电子联盟)	
TDA	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
TDA	PLESSEY(英国普利西半导体公司)	
TDA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
TDA	NEC ELECTON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
TDA	AEG-TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
TDA	ITT(德国ITT半导体公司)	http://www.itteannon.com/
TDA	HITACHI(日本日立公司)	http://semiconductor.hitachi.com/
TDA	SGS-ATES SEMICONDUCTOR(意大利-SGS 亚特斯半导体公司)	http://www.st.com/
TDA	POELECTON(欧洲电子联盟)	
TDA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
TDA	CA(美国无线电公司)	http://www.rcaelectronics.com/
TDA	MILLARD(英国麦拉迪公司)	
TDA	THOMSON-CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
TDB	THOMSON-CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
TDC	TWLSI PRODUCTS(美国TW大规模集成电路公司)	
TEA	THOMSON-CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
TEA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
TL	TEASINSTRUMENTS(TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.toshiba.com/
TL	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
TM	TOSHIBA(日本东芝公司)	http://www.toshiba.com/
TMM	TOSHIBA(日本东芝公司)	http://www.toshiba.com/
TMS	TEXAS INSTRUMENTS(TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.ti.com/
TP	TEXAS INSTRUMENTS(TI)(美国德克萨斯仪器公司)	http://www.ti.com/
TP	NATIONAL SEMICONDUCTOR(美国国家半导体公司)	http://www.national.com/
TPA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
TUA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/

续表

型号前缀	对应国外生产厂商	互联网网址
U	AEG - TELEFUNKEN(德国德律风根公司)	http://www.telefunken.de/engl/index_e.html
UAA	SIEMENS(德国西门子公司)	http://www.siemens.com/
UC	SOLITRON(美国索利特罗器件公司)	http://www.solitron.com/
ULN	SPRAGUE ELECTRIC(美国史普拉格电子公司)	http://www.sharp.com/
ULN	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
ULN	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
ULS	SPRAGUE ELECTRIC(美国史普拉格电子公司)	http://www.sharp.com/
ULX	SPRAGUE ELECTRIC(美国史普拉格电子公司)	http://www.sharp.com/
XR	TEXAR INTEGRATED SYSTEMS(美国埃克萨集成系统公司)	http://www.ti.com/
YM	YAMAHA(日本雅马哈公司)	http://www.yamaha.co.jp/
UA	MOTOROLA(美国摩托罗拉半导体产品公司)	http://www.motorola.com/
UA	SIGNETICS(美国西格尼蒂克公司)	http://www.spt.com/
UA	PHILIPS(荷兰飞利浦公司)	http://www.semiconductors.philips.com/
UA	FAIRCHILD(美国仙童公司)	http://www.fairchildsemi.com/
UAA	THOMSON - CSF(法国汤姆逊半导体公司)	http://www.thomson.com/
UPA	NEC ELECTRON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
UPB	NEC ELECTRON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
UPC	NEC ELECTRON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
UPD	NEC ELECTRON(日本电气公司)	http://www.nec-global.com/
UPD	NEC - MIRO(美国 NEC 电子公司微电脑分部)	http://www.nec-global.com/

参考文献

- 1 孙俊人等主编. 新编电子电路大全. 北京:中国计量出版社,2001
- 2 童诗白,徐振英. 现代电子学及应用. 北京:高等教育出版社,1994
- 3 孙肖子等. 实用电子电路手册模拟电路分册. 北京:高等教育出版社,1991
- 4 曲学基等. 常用电子电器电路精选. 北京:电子工业出版社,1991
- 5 黎涛等. 实用电子电路大全(四). 北京:电子工业出版社,1994
- 6 张惠,冯英. 电源大全. 成都:西南交通大学出版社,1993
- 7 陈汝全. 电子技术常用器件应用手册. 北京:北京理工大学出版社,1991
- 8 陈请山等译. 最新国内外集成电路代换手册. 长沙:中南工业出版社,1993
- 9 方佩敏,张国华. 最新集成电路应用指南. 北京:电子工业出版社,1996
- 10 李光宇. 国产模拟电路应用 541 例. 国营 4433 厂印
- 11 赵学泉,张国华. 电源电路. 北京:电子工业出版社,1995
- 12 彭静,牛红. 音响集成电路. 北京:电子工业出版社,1993
- 13 陈伟鑫等. 新型实用电路精选指南. 北京:电子工业出版社,1992
- 14 [美]W. G. 荣格. 集成运算放大器应用手册. 世界图书出版社,1990
- 15 霍成等. 最新实用电路制作详解. 北京:电子工业出版社,1995
- 16 陈永甫. 555 集成电路应用 800 例. 北京:电子工业出版社,1992
- 17 何希才等. 最新集成电路应用. 北京:科学普及出版社,1993
- 18 电子产品世界. 中国科学技术信息研究所(ISTIC),1997 ~ 2001
- 19 电子技术. 上海市电子学会,上海市通信学会,1997 ~ 2001
- 20 无线电. 中国电子学会,1997 ~ 2001
- 21 模拟天地/ANALOG DEVECE. ADI 公司,1997 ~ 2001
- 22 ANALOG DESIGN GUIDE. MAXIM 公司,1997 ~ 2001
- 23 MAXIX ENGINEERING JOURNAL. MAXIM 公司,1997 ~ 2001
- 24 MAXIM 新产品数据手册. MAXIM 公司,1995 ~ 2001
- 25 MOTOROLA 产品数据手册. MOTOROLA 公司,1995 ~ 2001