目　录

一、直流稳压电源 …… (1)
（一）3V 稳压电源 …… (1)
（二）双极性稳压电源电路 …… (1)
（三）＋5V2.5A、－5V0.3A 稳压电源 …… (2)
（四）－5V、－18V 稳压电源 …… (4)
（五）±5V、＋12V 稳压电源 …… (5)
（六）具有对称输出的 5V 电源稳压器 …… (6)
（七）具有扩流过压保护的 5V 稳压电源 …… (8)
（八）±8V、－16V 稳压电源 …… (9)
（九）12V 对称式稳压电源 …… (11)
（十）－12V、0.4A 稳压电源 …… (12)
（十一）＋12V、－24V 稳压电源 …… (13)
（十二）＋18V 稳压电源 …… (14)
（十三）串联型－18V、2A 稳压电源 …… (15)
（十四）并联型－18V、2A 稳压电源 …… (16)
（十五）采用集成块的 24V 电源 …… (17)
（十六）－24V、0.5A 稳压电源 …… (21)
（十七）－40V 稳压电源 …… (22)
（十八）－48V 稳压电源 …… (28)
（十九）－48V 输入、－24V 输出稳压电源 …… (29)
（二十）6.3V、270V、300V 直流电源 …… (29)
（二十一）W7805 稳压电源的应用 …… (31)
（二十二）具有三组输出的稳压电源 …… (32)
（二十三）串联型调整稳压电路 …… (35)
（二十四）具有自动切换、无间断的稳压电源 …… (35)
（二十五）晶体管直流稳压电源 …… (40)
（二十六）对称输入非对称输出的稳压电源 …… (41)
（二十七）高效稳压电源 …… (42)
（二十八）“洼田式”稳压电源的改进应用 …… (43)
（二十九）轻触式换挡稳压器 …… (44)
（三十）并联式稳压电源 …… (45)
（三十一）高性能稳压器 …… (46)
（三十二）采用三端集成稳压器的多组输出稳压电源 …… (46)
（三十三）给数字方用表加装直流稳压电源 …… (48)
二、可调直流稳压电源 …… (49)
（一）1～37V 可调电源 …… (49)
（二）1.25～30V 可调集成稳压器 …… (50)
（三）3～6V 可调稳压电源 …… (51)

（四）3.9～5.5V 直流稳压电源……（51）
（五）6～12V 直流稳压器 ……（52）
（六）七挡可选直流稳压电源……（54）
（七）八挡可选直流稳压电源……（55）
（八）九挡可调直流电源……（57）
（九）数显示稳压电源……（57）
（十）连续可调直流稳压电源……（57）
（十一）具有声光报警的稳压电源……（59）
（十二）三端可调稳压器……（60）
（十三）三端可调稳压电源……（65）
（十四）用固定三端稳压集成电路制作可调直流稳压电源……（66）
（十五）用 LM317 改装稳压电源 ……（68）
三、开关电源 ……（70）
（一）半导体致冷开关电源……（70）
（二）一款新颖的开关电源……（71）
（三）一种简易的开关稳压电源……（72）
（四）新颖的开关稳压电源……（75）
（五）一种较为新颖的开关电源……（76）
（六）无感开关稳压电源……（78）
（七）双端式开关电源……（79）
（八）高耐压 PWM 开关电源……（80）
（九）三端 PWM 开关电源—PWR—TOP200 系列及应用……（81）
（十）集成开关稳压电源……（83）
（十一）调频灯的开关稳压电源……（85）
（十二）用 CW3524 组成的系列化开关电源 ……（88）
（十三）用三端稳压器的斩波稳压电源……（96）
（十四）高功率因数开关稳压电源……（96）
（十五）用 555 的升压型开关稳压器 ……（100）
（十六）彩电晶闸管式开关电源的原理 ……（101）
（十七）采用集成芯片的小型电源 ……（103）
（十八）光电耦合式稳压电源 ……（105）
（十九）5V 不间断电源……（106）
（二十）±5V 稳压电源……（106）
（二十一）±5、±24V 电源……（108）
（二十二）+5V、±12V 稳压电源 ……（110）
（二十三）5V、7.5V、48V 电源……（111）
（二十四）－24V、2.5A 稳压电源 ……（113）
（二十五）+48V 不间断稳压电源 ……（115）
四、交流稳压电源 ……（121）
（一）全自动交流稳压电源 ……（121）
（二）全自动交流调压器 ……（122）
（三）自动调压交流稳压器 ……（124）
（四）范围宽的交流稳压器 ……（127）
（五）简易磁饱和交流稳压器 ……（129）

（六）新颖实用交流电子调压器 …… (129)
（七）330W 交流稳压器 …… (131)
（八）交流无触点自动调压器 …… (133)
（九）110V～380V 交流自动稳压器 …… (136)
（十）双向晶闸管交流稳压电源 …… (137)
（十一）自动延时降压起动稳压电源 …… (138)
（十二）自动稳压电源 …… (139)
（十三）声控交流调压器 …… (140)
（十四）电子交流稳压器 …… (142)
（十五）家用交流稳压器的原理与检修 …… (144)
（十六）WJW 型全自动交流稳压电源的原理与维修 …… (145)
（十七）TXD1742 连续调节的全自动交流稳压器 …… (147)
（十八）阶跃式交流调压器 …… (148)
五、变换电源 …… (151)
（一）DC-DC 变换电路 …… (151)
（二）高效 DC-DC 转换电源 …… (155)
（三）DC/DC 直流变换稳压器 …… (156)
（四）可调 DC/DC 变换器 …… (158)
（五）用六反相器的 DC-DC 变换器 …… (159)
（六）DC-DC5V 开关型变换器 …… (160)
（七）DC/DC 变换器 MC34063 及应用 …… (160)
（八）自激推挽式直流变换器 …… (163)
（九）介绍一种厚膜式集成直流变换器 …… (166)
（十）3V 系统的低压差稳压器 …… (167)
（十一）3V 升 5V 稳压电源 …… (168)
（十二）叠层电池的升压电路 …… (168)
（十三）电子变压器 …… (169)
（十四）数字万用表电源的改进 …… (170)
六、逆变电源 …… (171)
（一）逆变电源 …… (171)
（二）三款逆变器 …… (174)
（三）继电器逆变电路 …… (175)
（四）正弦波逆变器 …… (175)
（五）逆变式交流稳压器 …… (176)
（六）全自动逆变、充电器 …… (177)
（七）AC-DC 变换电源 …… (179)
（八）用 BJ50A 制成的逆变电源 …… (183)
（九）25Hz 铃流电源 …… (184)
（十）话务电源 …… (185)
（十一）115V、400Hz 电源 …… (186)
七、充电电源 …… (188)
（一）摩托车电池充电器 …… (188)
（二）摩托车蓄电池巧充电 …… (188)
（三）汽车蓄电池充电告知器 …… (190)

（四）电动自行车电池快速充电器 …… (190)
（五）简易充电器 …… (191)
（六）简易镍镉电池充电器 …… (192)
（七）适合自制的充电器 …… (193)
（八）对讲机用快速充电装置 …… (195)
（九）对讲机快速充电器 …… (196)
（十）全自动镉镍电池充电器 …… (198)
（十一）多功能调压充电器 …… (198)
（十二）多功能充电器 …… (199)
（十三）自动充电器 …… (202)
（十四）蓄电池自动充电电路 …… (203)
（十五）电瓶自动充电电路 …… (204)
（十六）多功能自动充电器 …… (206)
（十七）镍镉电池自动充电装置 …… (207)
（十八）警用电击器充电电路 …… (208)
（十九）两种规格的镉镍电池充电器 …… (208)
（二十）锂离子电池及充电器 …… (210)
（二十一）剃须刀充电器 …… (210)
（二十二）智能型蓄电池快速充电器 …… (211)
（二十三）通用智能化充电控制电路 …… (214)
（二十四）蓄电池双恒流充电器 …… (217)
（二十五）干电池充电器 …… (218)
（二十六）永备电源 …… (218)
（二十七）性能优良的充电器 …… (220)
（二十八）镍镉——镍氢电池快充控制芯片 U2402B …… (221)
（二十九）0～1.5A 恒流可调自动充电器 …… (223)
（三十）6V 干电池充电器 …… (225)
（三十一）12V 自动充电器 …… (226)
（三十二）12V 充电装置 …… (228)
（三十三）镍镉电池的充电方法和使用注意事项 …… (229)
八、应急电源 …… (232)
（一）自制短时应急灯 …… (232)
（二）停电应急灯 …… (232)
（三）新颖高效应急灯 …… (234)
（四）多功能应急灯的制作 …… (235)
（五）节能应急日光灯 …… (236)
（六）具有自充电功能的应急灯 …… (240)
（七）充电应急两用灯 …… (242)
（八）40W 应急式荧光灯电路 …… (242)
（九）应急灯的原理与检修 …… (243)
（十）多功能应急灯维修 …… (244)
（十一）简易应急灯 …… (245)
九、新器件在电源中的应用 …… (247)
（一）低功耗电源稳压器 ADM663/666 …… (247)

（二）开关电源控制模块 HK02 …… (248)
（三）DN-41 大电流开关稳压电源 …… (249)
（四）DC 升压模块 AH812 及应用 …… (251)
（五）单电源 VFC-QD450 …… (253)
（六）稳压器 MAX722/723 …… (255)
（七）L4962 型开关式集成稳压器 …… (258)
（八）开关电源 TDA4919 及其应用 …… (260)
（九）CW200 五端可调集成稳压器 …… (261)
（十）单片稳压集成块 HV-2405 …… (263)
（十一）低压线性稳压器 LR6 …… (265)
（十二）高压线性稳压器 HIP5600 …… (266)
（十三）电源模块 PKE4231 …… (267)
（十四）新型微功耗低压差稳压器 …… (268)
（十五）三端集成稳压器 …… (270)
（十六）微功耗低压差可调集成稳压器 …… (274)
（十七）DC-DC 开关电源厚膜组件 …… (276)
（十八）低压差集成稳压电路及应用 …… (278)
（十九）大功率稳压驱动集成块 …… (279)
（二十）新型直流升压模块 …… (280)
（二十一）低功耗升、降压开关稳压器 …… (281)
（二十二）反激型开关电源 …… (281)
（二十三）汽车常用的集成稳压器 …… (286)
（二十四）汽车专用稳压器 …… (286)
（二十五）低压差低功耗三端稳压器 …… (287)
（二十六）高精度稳压器 …… (288)
（二十七）大电流单片开关稳压电源 …… (289)
（二十八）开关电源厚膜控制电路及应用 …… (291)
十、其它电源 …… (296)
（一）12V 直流电源 …… (296)
（二）－48V 电源 …… (296)
（三）两种常用的直流电源的比较 …… (298)
（四）直流倍压电路 …… (299)
（五）直流三倍压电路 …… (299)
（六）简单的直流三倍压电路 …… (300)
（七）霓虹灯高压电源 …… (301)
（八）实用霓虹灯电源 …… (302)
（九）自耦调压变压器变通使用电路 …… (303)
（十）简易的自动交流调压器 …… (303)
（十一）步进式 1V 的调压器 …… (304)
（十二）常用电源电路及应用 …… (305)
（十三）固定输出三端稳压器从零连续调简法 …… (307)
（十四）三端稳压集成电路的输出扩展 …… (308)
（十五）扩大集成三端稳压块输出电流的方法 …… (309)

一、直流稳压电源

（一）3V 稳压电源

目前，很多收音机、随身听、剃须刀等都采用 3V 电源。本文介绍的稳压电源，很适合业余爱好者制作，有一定的实用价值。

原理如图 1-1 所示。在图中，VT_1 是集电极输出的串联调整管，VT_2 为高增益放大管，VT_3、VT_4 为差动式误差放大器，从而改善了零点漂移，提高了温度稳定性。VD_5、VD_6 及 R_6 构成取样电路。C_1、C_3 分别为输入、输出滤波电容。

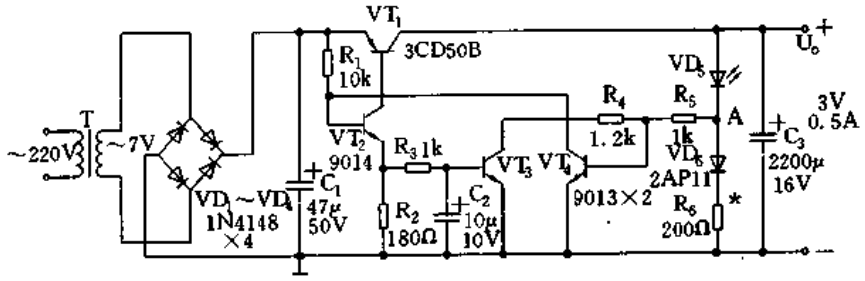


图 1-1

本电源的稳压过程可以简单地表示如下：当输出电压 U_o 由于某种原因升高，会引起如下变化过程：$U_o \uparrow \rightarrow U_A \uparrow \rightarrow U_{b4} \uparrow \rightarrow U_{c4} \downarrow \rightarrow U_{b2} \downarrow \rightarrow U_{c2} \uparrow \rightarrow U_{c1} \downarrow \rightarrow U_o \downarrow$，从而使增高的 U_o 又降下来，保持了输出电压的稳定。若 U_o 下降，则整个过程相反。

该稳压电源有两个特点：(1)由 R_3、C_2 和 VT_3 组成延时电路，在开机的瞬间，VT_1 导通，相继 VT_2 导通。由于 R_3、C_2 的延迟作用，使 VT_3 截止，VT_4 先导通，并建立了输出 U_o。当输出电压升高到一定程度时，VT_3 开始导通，这样才使稳压电源进入正常的工作状态。(2)由于发光二极管的特性曲线与稳压管非常相似，其正向压降约为 1.5～3V，完全可以作稳压管，因此，该电路在利用 VD_5 作稳压管的同时，也兼作电源指示的双重作用。如 VD_5 采用型号为 2EF501（绿），其正向电压为 1.5V 左右。微调电阻 R_6，可使输出电压 U_o 精确到 3V。R_6 可在 150～200Ω 范围内调节。

为使该电源输出效率高且保证调整管 VT_1 得到良好的散热，须安装一只面积为 30×25mm²，厚度为 1.5mm 的散热铝片。

（二）双极性稳压电源电路

图 1-2 电路是一个简单实用的双极性稳压电源，可输出±5V 两组电压。7805 在输大电流高达 1A 时，输出电压为 4.8～5.2V。7905 输入电压可在 7.3～35V 之间变化。

制作时，如果 C_2 距 7905 较远（超过 5cm）时，应在靠近 7905 输入端处，对地接一只 25μF 铝电解电容器或 2.2μF 钽电容器。同样情况下，应从 7805 输入端与地之间连接一只 0.22μF

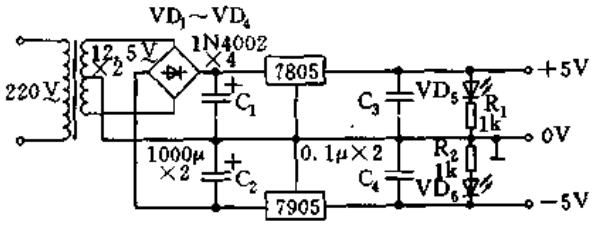


图 1-2

的电容器。

（三）+5V2.5A、−5V0.3A 稳压电源

本电源的作用是将输入的−48V 直流电压，变换成稳定的±5V 直流电压输出，输出电压在±5V 时，电流为 2.5A；电压在−5V 时，电流为 0.3A。

1. 工作原理

电路如图 1-3 所示，它由输入电路、DC-AC 变换电路、输出电路、控制电路及保护电路等组成，分别说明如下：

(1)输入电路：电路由开关 SA、电阻 R_1、电容 C_1、C_2 及电感 L_1 组成。C_1、C_2 及 L_1 构成输入滤波电路，滤除供电电源的纹波及串入的干扰，同时亦抑制本电源的干扰串入输入端去干扰其它电路。R_1 为限流电阻，当接上供电电源后，电源立刻通过 R_1 向 C_1、C_2 充电，R_1 限制了向 C_1、C_2 的充电电流，经短暂时间后再合上 SA，便把 R_1 短接，使供电电源向本电源正常供电，有效地避免了浪涌电流对本电源的危害。

(2) DC-AC 变换电路：电路由变压器 T_1、T_2、三极管 VT_2、VT_3 等组成主振器（自激振荡器），把供电电源供给的直流电转换为频率约为 40kHz 的方波交流电。由 T_2 的初次级线圈的变比关系，使 T_2 各次级获得输出要求的方波电压。本电路由 VT_2、VT_3 构成推挽式工作方式，这样，可使用最大的功率而仅有较小的耗损。R_4、R_5、VD_2 等构成启动电路，以保证电路顺利地正常启动。VD_3、VD_4、C_5、R_6 等构成功率吸收网络，以减少开关损耗，保证 VT_2、VT_3 的安全。R_7 为反馈电阻，使 T_1 初级获得适当的反馈电流。本电路工作频率随输出负载轻重而变化，能在输入电压为−48V 时正常工作。

(3) 输出电路：输出电路是本电源向负载供出稳定的±5V 电压的电路。方波电压经 VD_7、VD_8 整流、再由 L_4、C_6、C_7 构成的滤波网络滤波后，便获取+5V 输出。方波经 VD_{12}整流、C_9 平滑滤波后送至三端稳压器 IC_2 稳压后输出−5V。+5V 输出端接有发绿光的发光二极管 VD_9 作为工作指示。

(4) 控制电路：本电路控制主输出+5V，使其获得稳定。电路由磁放大器 L_2、L_3，三极管 VT_4、VT_5，二极管 VD_5、VD_6，电阻 R_8、R_9、R_{10}、电位器 RP 等组成。当 T_2 的⑫端为正半周时，VD_7 导通，L_2 被磁化输出电流；当 T_2 的⑫端为负半周时，VD_7 截止。VT_5 通过 VT_4 和 VD_5 给 L_2 磁化，去磁电流大小，受 VT_5 的控制。当 U_o↑，VT_5 的 I_c↑，通过 VT_4、VD_5 去磁电流增大，即 L_2 的去磁电流↑；下一正半周就需较大的磁化电流，使 VD_7 的导通时间延迟，从而使 U_o↓。当 U_o↓时，情况相反。此路和 L_3、VD_6 那一路轮流工作，共同完成电流输出任务。VD_{11}具有温度补偿作用，使控制电路更稳定的工作。VT_5 的基准电压由 T_2 的⑨端引出方波电压，经 VD_{10}

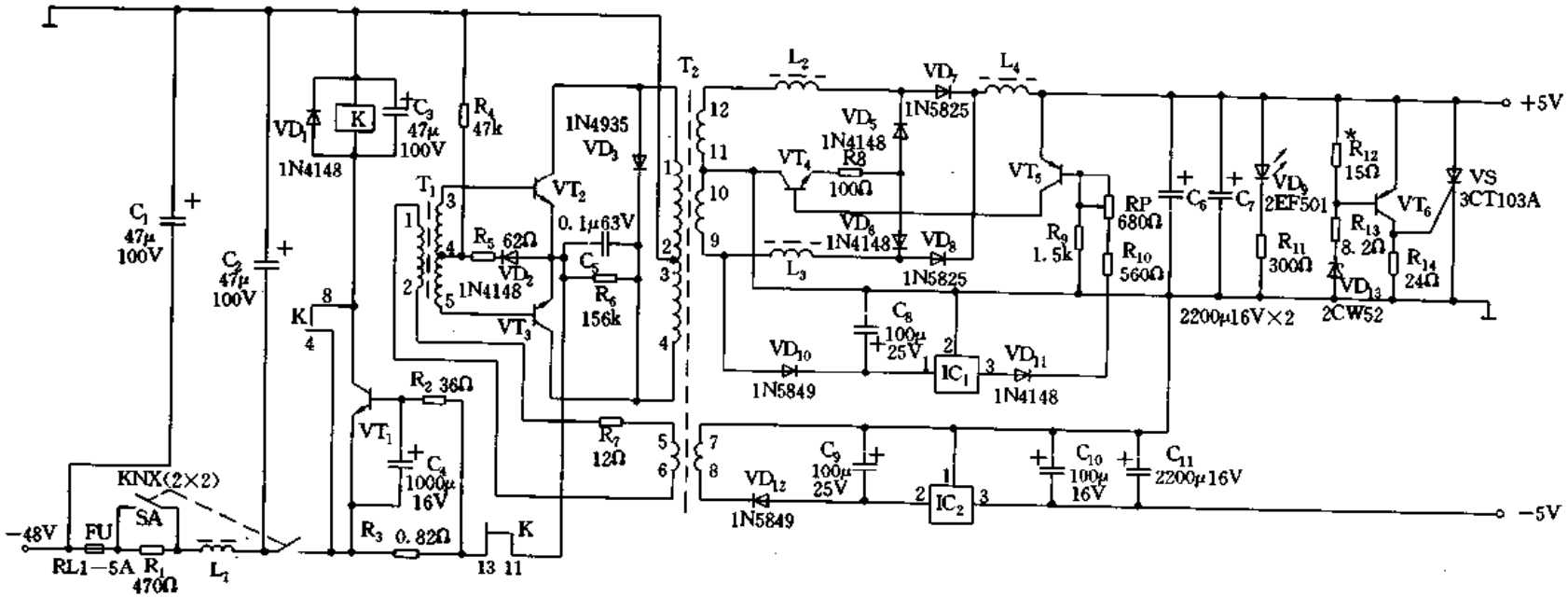

-48V
FU
RL1—5A
SA
KNX(2×2)
R1 470Ω
L1
C1 47μ 100V
C2 47μ 100V
VD1 1N4148
K
C3 47μ 100V
R4 47k
T1
VT2
1N4935 VD3
R5 62Ω
VD2 1N4148
VT3
0.1μ63V
C5
R6 156k
R2 36Ω
VT1
C4 1000μ 16V
R3 0.82Ω
K
13 11
R7 12Ω
T2
L2
VD7 1N5825
L4
VD5 1N4148
VT4
R8 100Ω
VD6 1N4148
VD8 1N5825
L3
VT5
R9 1.5k
RP 680Ω
R10 560Ω
C6
C7
2200μ16V×2
VD9 2EF501
R11 300Ω
R12 15Ω
R13 8.2Ω
VD13 2CW52
VT6
R14 24Ω
VS 3CT103A
+5V
C8 100μ 25V
VD10 1N5849
IC1
VD11 1N4148
C9 100μ 25V
VD12 1N5849
IC2
C10 100μ 16V
C11 2200μ16V
-5V

图 1-3

整流、C_8 平滑滤波后，由 IC_1 三端稳压端输出的+8V 电压上取得。在正常情况下，如果输出的稳定电压达不到+5V，可适当调整 RP 即可满足。

(5) 保护电路：保护电路有两个目的：a. 保护本电源的元件，特别是 VT_2、VT_3 不受损坏；b. 保护用电器(负载)的元件不遭破坏。本电路为过流保护和输出过压保护。

①过流保护：由继电器 K，三极管 VT_1、过流检测电阻 R_3 等组成。当因某种情况，如输出端短路使 VT_2、VT_3 的射极电流大到某值，R_3 两端电压上升到使 VT_1 导通，K 吸合，断开 VT_2、VT_3 的射极回路，从而使其停止工作，获得保护。同时 K 自保，故障排除后，必须将 SA 断开后再闭合，电路才能重新工作。其中，VD_1 为保护二极管。电容 C_3 用于消除继电器吸合与释放时可能产生的抖动现象。

②输出过压保护：电路由稳压二极管 VD_{13}，三极管 VT_6，单向晶闸管 VS，电阻 R_{12}、R_{13}、R_{14} 等组成。当输出电压≥5.5V 时，V_{eb6}≥0.6V，则 VT_6 导通，从而触发晶闸管 VS 导通，使输出电流 I_o ↑↑，这样将导致过流保护电路启动，停止振荡器工作，使输出电压降至零，从而起到保护负载的作用。待故障排除后，按过流保护的操作程序，重新启动电路。

2. 元器件选择

集成电路 IC_1：MC7808CT，IC_2：MC7905CT。三极管 VT_1：3DK404B、β=65～85，VT_2、VT_3：BU406、β=25～65，VT_4：3DK4B、β=65～85，VT_5、VT_6：3CG23B、β=85～115。继电器 K：RZZG48V。

3. 安装与使用

(1) 大功率管 BU406 必须外加散热器。散热器与功率管的贴面光洁度要在▽6 以上，并且贴合紧密，中间最好填充硅脂，以减少接能热阻。散热器的面积随输出电流而异。

(2) 发光二极管 VD_{13}和电位器 RP 及保险管 FU 应安装在装置的外表面处，以便于显示、调节及更换方便。

(3) 正常的供电电源电压在－48±4.8V 范围内，纹波电压小于 240mV，否则不能开机。

(4) 更换保险管与原则指标规格相同，严禁以大代小，或用铜丝代替。

(5) 如想得到告警信号，可利用继电器 K 的另一组触点，去控制讯响器的开关即可。

(6) 确认供电电源极性、数值、纹波符合要求的条件下可开机，置电源开关于“开”位置，电源指示灯亮。

(7) 若有条件还可安装±5V 监测选择开关和直流电压表，便于选择和直观指示电压。

(四) －5V、－18V 稳压电源

本电源采用了只有输入、输出及调整端的三端集成稳压器 CW337 和固定三端集成稳压器 LM7905。它使用简单、方便、可靠，具有过流保护、调整管的安全区保护及芯片的过热保护电路。为确保负载的安全，本电源在集成稳压器典型应用电路基础上，在输入端加装了过压保护电路。

1. 主要技术指标

①输入电压：－22V～－27V；

②输出电压电流：－5V、0.3A，－18V、1A；

③输出可调范围：≥U_o±5%U_o；

④电压稳定度(输入电压为－22～－27V)：≤1%；

⑤负载稳定度(负载电流为 10%～100%I_o)：≤10%；

⑥纹波电压(输入电压－24V 满负载时测量：≤1mV。

2. 工作原理

电路如图 1-4 所示。CW337 是一种三端可调负电压稳压器。当输入为－24V 直流电源时，该电源通过分压电路 R_5、R_6 及 RP_2 在 CW337 的①脚得到可变的分压值，使③脚输出－18V 直流稳压电源。同时供给三端固定稳压器 LM7905 的②脚作为输入电源，使③脚输出－5V 的直流稳压电源。二极管 VD_4、VD_5 为 CW337 的保护管。

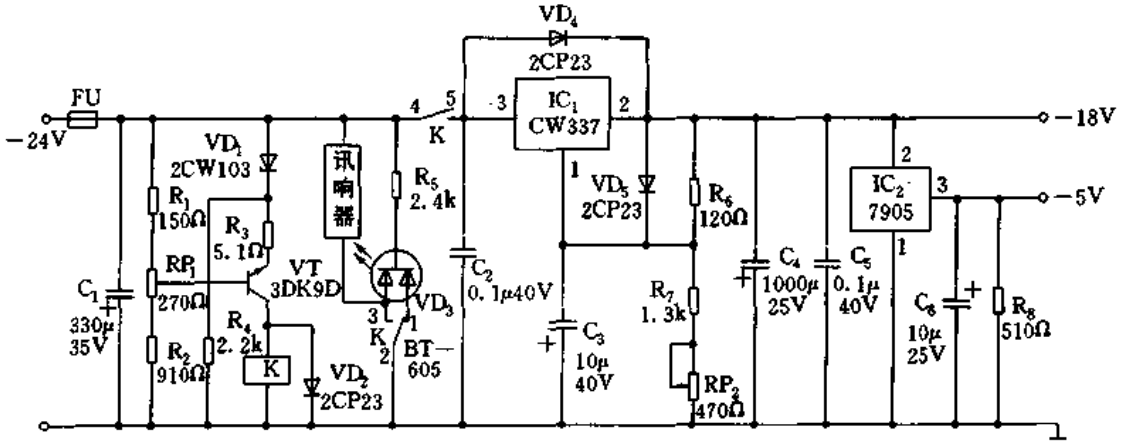


图 1-4

3. 安装与调试

在安装本电源时，CW337 必须安装散热器，散热器与集成块的贴面光洁度要在▽6 以上，并且贴合紧密，中间最好填充硅脂，以减小接能热阻。散热器的面积随输出电流而异。本 CW337 输出电流为 1A，其散热面积约为 350 平方厘米。电位器 RP1 为输入过压调节电位器，当输入电压≥－27V 时，三极管 VT 导通，继电器 K 动作，触点 K－4.5 断开，无输出电源。

4. 正常使用

(1) 接通电源 DC－24V，即电压应为－22～－27V 内，纹波电压小于 24mV，否则不能开机；

(2) 电源正常时，触点 K-1.2 闭合，双色发光二极管 VD_3 显示绿色信号；电源过压时，触点 K-2.3 闭合，VD_3 显示红色信号指示。

(3) 更换保险管 FU 与原则指标相同，严禁以大代小或用铜丝代替。

(五) ±5V、+12V 稳压电源

本稳压电源为通用型三端固定集成稳压器，如图 1-5 所示。当接通电源 220V 时，由电源

变压器 T 的次级分离三种不同的交流电压，分别供给 7805、7812 及 7905 的输入端，其输出为 +5V、+12V 及 −5V 电源电压。其中 VT 为 7805 的扩大大功率三极管，使原 1.5A 电流扩增到 3A 电流，其输出电压仍保持不变。

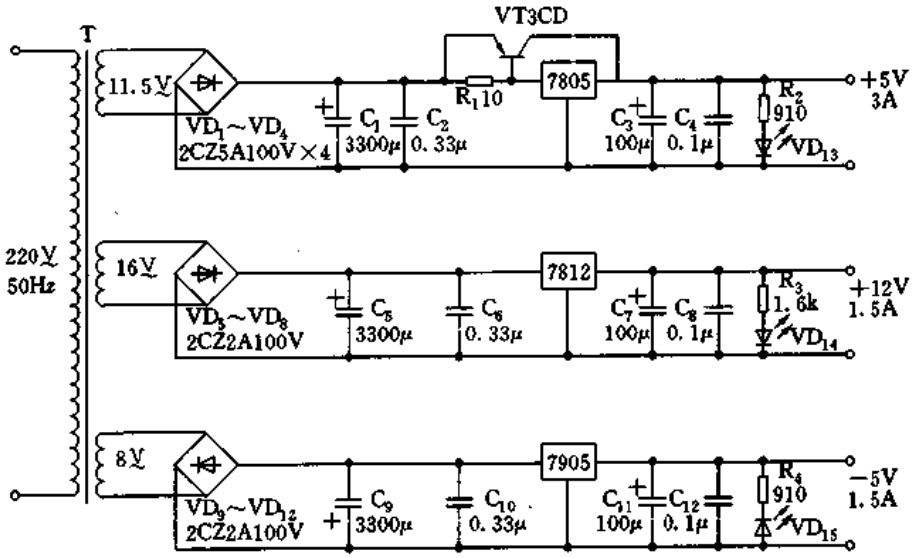


图 1-5

三端固定集成稳压器 7805、7812 及 7905 的外形及管脚排列如图 1-6 所示。图 1.6(a)为 7805、7812；图 1-6(b)为 7905。

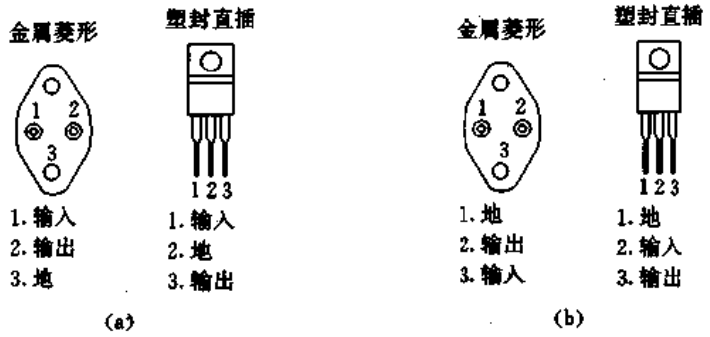


图 1-6

如 7812 和 7905 需扩大输出电流，可参照 7805 稳压电源的方法即可满足。

7805、7812、7905 及大功率三极管 VT 需安装合适的散热器，以免过热而烧坏集成块和三极管。

(六) 具有对称输出的 5V 电源稳压器

本电源是采用 −48V 或 −60V 的单端输入，而输出端则为双端对称的 ±5V 电压。由于本电源 DC/DC 变换系统采用了 SMP-1251DC 集成模块，使得与以前分立元件构成的电源相比，不但整个电路大为简化，而且具有输出电压稳定度高、噪声低、可靠性好等优点。

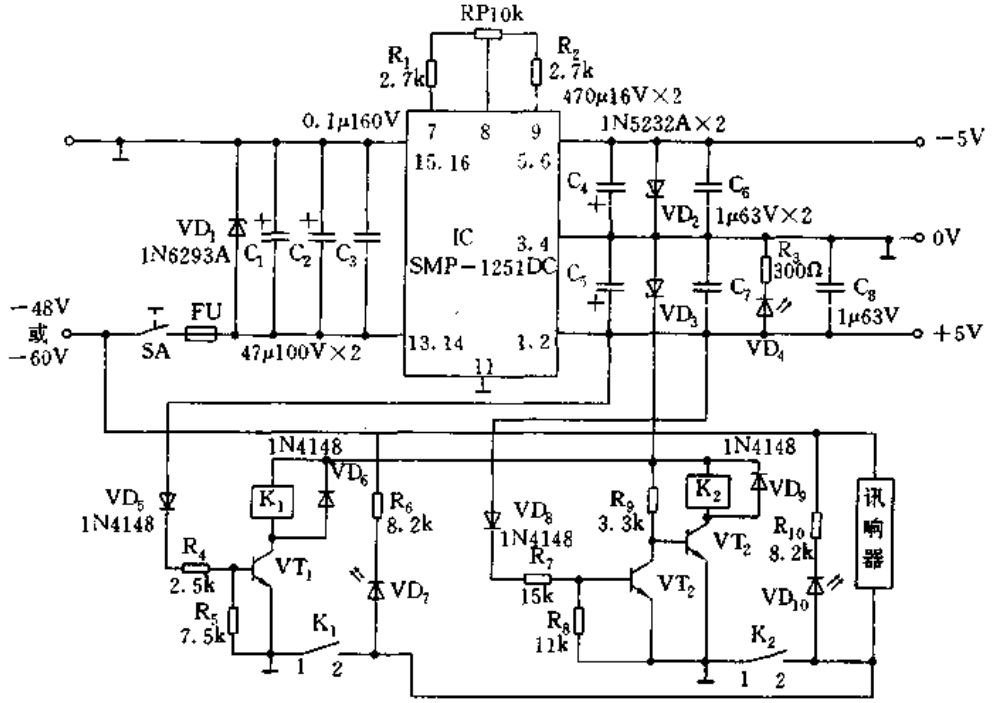


图 1-7

1. 工作原理

电路如图 1-7 所示。由电容 C_1、C_2、C_3 构成的输入滤波电路使得本电源与输入电源之间的相互干扰降到最低。稳压管 VD_1 有效地阻止了输入高压脉冲对本电源的影响。DC/DC 模块 IC 的内部不仅集启动电路、取样电路、基准电路、比较放大电路及调整电路于一体，而且还设置了输入过压、欠压保护系统，为本电源在输入变化时可靠、稳定地工作提供了保障。通过调节电位器 RP，可为稍有差异的实际需要电压提供方便。电容 C_4～C_8 组成输出滤波电路，以消除对其它电路的影响。电阻 R_3 和发光二极管 VD_4 组成指示信号，灯亮表明+5V 输出端有电压输出；与此同时，若 VD_7 或 VD_{10}不发红光或橙光，则说明本电源未发生故障，电源工作正常。稳压管 VD_2、VD_3 是保证在输出端出现异常电压时被击穿导通，保护 IC 集成模块。由于 VD_2、VD_3 是损坏性保护，因而要特别注意在检测过程中，不要使输出系统人为地碰接高电压线。模块 IC 内的短路保护使本电源即使在输出短路时也不受损。

为使负载能在额定电压范围内工作，本电源输出端设置了欠压、过压保护系统。由 R_4、R_5、VT_1 及继电器 K_1 构成欠压保护电路。当输出电压≤+4.5V 时，三极管 VT_1 截止，继电器 K_1 释放，触点 $K_{1\text{-}1,2}$闭合，讯响器工作并点亮发光二极管 VD_7，同时另一触点断开将输出切断。待输出电压恢复正常值时，则自动投入工作。由 R_7、R_8、VT_2、VT_3 及继电器 K_2 构成过压保护电路。当输出电压≥+5.5V 时，三极管 VT_2 饱和导通，VT_3 基极呈低电位而截止，继电器 K_2 释放，触点 $K_{2\text{-}1,2}$闭合，发光二极管 VD_{10}显示，讯响器工作。输出将被另一组触点切断。

2. 元器件选择

三极管 VT_1、VT_3：3DG130A、β=85～115，VT_2：3DG100A、β=50～65。继电器 K_1、K_2：JRC-5M-200Ω(DC6V)。SA：KNX-2W2D(钮子开关)。保险管 FU：BGXP-I-φ5×20-1A。发光二极管 VD_4、BT304(绿光)，VD_7：BT504(红光)，VD_{10}：BT104(红光)。其它元件按图标注选用。

3. 调试与使用

(1) 改变 R_4 和 R_5 的电阻值，则可改变三极管 VT_1 的偏置电压，即可达到欠压保护的目的。

(2) 改变 R_7 和 R_8 的电阻值，则可改变三极管 VT_2 的偏置电压，即可达到改变过压保护的目的。

(3) 讯响器最好选用工作电压为 48V。若只有其它工作电压(<48V)时，可串接一只限流电阻。在串接前先用一只 1MΩ 的电位器串入，缓慢向小的方向调节，当讯响器声音理想时，用万用表测其实际阻值后用一固定值电阻串入电路即可。

(4) 如读者要在－5V 电源安装欠压和过压保护电路，其电路完全与＋5V 的保护电路一样，可自行照此制作。

(七) 具有扩流过压保护的 5V 稳压电源

本 5V 稳压电源，具有成本低、体积小、效率高、重量轻、纹波低，稳压精度高等特点，且有扩流，过压保护装置。

1. 工作原理

电路如图 1-8 所示。接通电源，电网电压 220V 经变压器 T_1 变压，由桥式整流器 QL 整流、电容 C_3 滤波，使输出端得到 5V 的稳定电压。W7805 的最大输出电流为 1.5A，若要想使输出电流达到>1.5A，则要扩大输出电流。为此，在 W7805 的外围，安一只大功率三极管 VT，它采用的是并联式扩流方法，即在 W7805 的①脚与 VT_1 的基极相连，在输出端 W7805 的②脚与 VT_1 的集电极相连，这样两输出电流之和可满足输出 1.6～2A 间电流的要求。如果需要更大的输出电流，可改成 2～3 只大功率三极管并联即可满足。

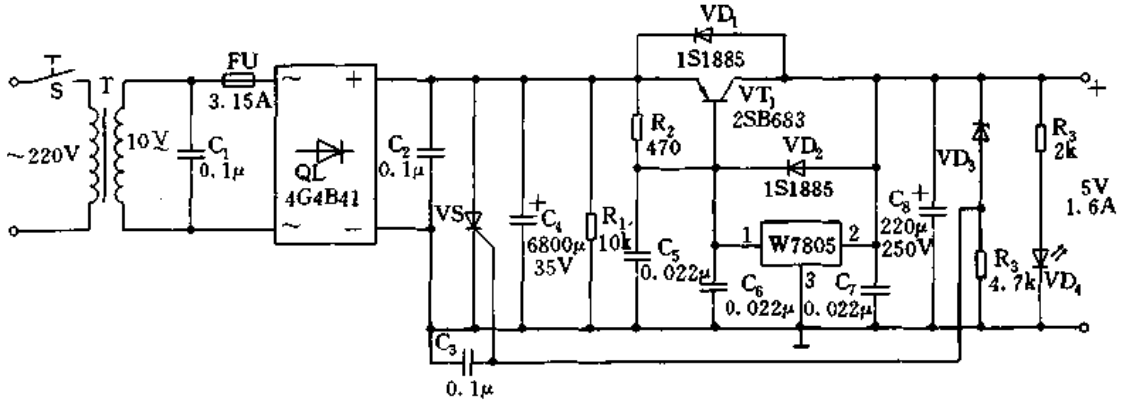


图 1-8

W7805 三端集成稳压器内部有过流、过热和安全区的保护电路。尽管如此，由 W7805 等元器件组成的稳压电源输出端仍有可能发生过压的危险。为了确保负载的安全，本电源在集成块典型应用电路基础上，加了过压保护电路，该电路由稳压二极管 VD_3、电阻 R_2，晶闸管 VS 和快速熔断器 FU 所组成。

本电源工作正常时输出电压为5V，晶闸管VS无触发电压而呈截止状态。当稳压电源由于某种原因，(如集成块损坏或调整管击穿)使输出电压超过限定值时，即≥5.6V，稳压二极管VD_3将击穿导通，晶闸管VS被触发导通，造成熔丝FU快速熔断，从而保护了负载。

2. 元器件选择

大功率三极管VT_1除选用2SB683外，还可选用国产的3CA6D三极管。整流二极管QL：4G4B41或KBL05(5A400V全桥)。稳压二极管VD3：2CW103、1W。晶闸管VS：SCR3A100V。除电阻R_1选用≥3W的功率外，其它均选用1/2～1/4W RJ型电阻。

3. 安装与使用

(1) W7805是属功耗较大的集成电路，除了采用标准大功率三极管外壳封装外，还必须加足够散热面积的散热器。如果散热不良，稳压器的过热保护电路将限制正常电流的输出。W7805稳压器的散热器，可以用功率调整管散热器代替，由于它的外壳③脚是接电路的公共端，散热器可不必与底板绝缘，使用非常方便。

(2) 在安装三端集成稳压器时应注意，输入端①脚与输出端②脚不能接反，否则会损坏稳压器。若稳压器未损坏时，很可能问题是由于③脚公共端接线不可靠，如果③脚与地断开，输出端电压将升高，致使输入端电压达到相等的程度(有可能损坏负载)。这样晶闸管VS导通，保险FU熔断。若发现这种情况时，再将③脚重新接地。

(3)为保护外接扩大输出电流调整管3CA6D输出额定电流时不被损坏，需加足够尺寸散热器。因此，3CA6D是用厚3mm、宽100mm、长250mm的铝板制作。

(4) 发光二极管VD_4和保险管FU应安装在装置的前、后表面处，以便显示和更换。

4. 调试方法

(1) 电路安装完毕后，再仔细检查线路有无错焊、漏焊及虚焊。

(2) 将自耦可调变压器接入本电路的输入端，将电压调至220V，闭合电源开关S，发光二极管VD_4显示"绿色"工作指示。将万用表置于50V直流挡，在电容C_2两端测得直流电压12V左右，在输出端测得稳压电源为5V。

(3) 在调试前，最好在稳压二极管VD_3和电阻R_3之间串接一只2.2k的电位器，电阻R_3的阻值减至3k。将自耦变压器调到≥240V时，然后再调节串接后的2.2k电位器的可动臂，当输出端调至到≥5.6V时，稳压二极管VD_3被击穿导通，触发晶闸管VS导通，保险FU熔断。

(4) 最后，退出自耦变压器，测出电位器的实际阻值并固定一只电阻。保险FU换上同型号后便可投入使用了。

(八) ±8V、−16V稳压电源

本稳压电路由稳压电路、分压电路组成。

稳压电路的结构形式也是串联型稳压电路，它由复合调整管VT_1～VT_3，差动放大电路VT_4、VT_5，取样电路R_9、R_{10}、RP_1及辅助电路VD_1、VD_2、C_1、C_2、R_1、R_2、VD_7等构成。输出为24V稳定的直流电压，电路如图1-9所示。

分压电路是由两组射极跟随器串联组成，其第一组射极跟随器输出电压由稳压管VD_9、

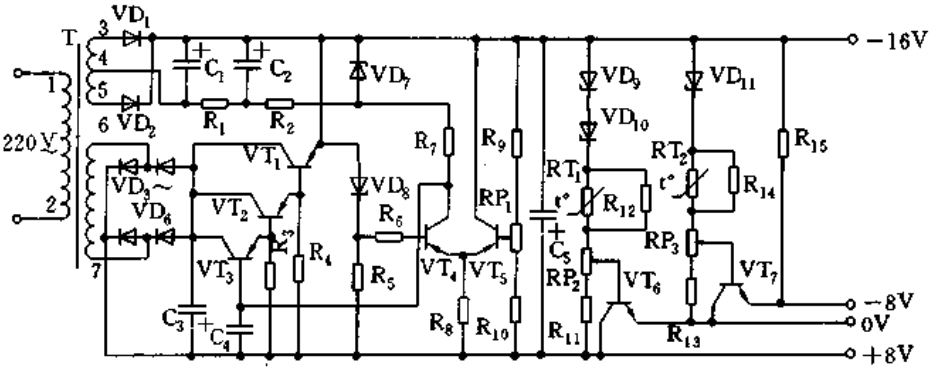


图 1-9

VD_{10}串联决定，RP_2是平衡调节电位器，第二组射极跟随器的工作电压是由第一组射极供给，因此调节 RP_2 时，相互有些影响，需要反复数次。由分压电路进行分析后，方可得到稳定电源。本电源共有+8V、-8V、-16V 三组电压输出。

元器件选择：R_1、R_2、R_{15}：RJ-0.5-1.5k，R_3：RJ-0.5-3k，R_4：RJ-0.5-1.3k，R_5：RJ-0.5-1.8k，R_6：RJ-0.5-470Ω，R_7：RJ-0.5-3k，R_8：RJ-0.5-1k，R_9、R_{10}：RXJX-0.5-1k，R_{11}：RJ-0.5-820Ω，R_{12}、R_{14}：RJ-0.5-160Ω，R_{13}：RJ-0.5-390Ω。电位器 RP_1：WX1-4B-270Ω-±5%，RP_2、RP_3：WX1－4B－560Ω±5%。热敏电阻 RT_1、RT_2：R02 型热敏电阻 150Ω±20%。二极管 VD_1、VD_2：1N4001，VD_3～VD_6：1N4002。稳压管 VD_7、VD_9、VD_{10}：2CW15，VD_8：2CW19，VD_{11}：2CW14。三极管 VT_1：3AD30B，VT_2：3AD6D，VT_3：VT_4、VT_5：3AX81B，VT_6、VT_7：3DA14B。电容 C_1、C_2：CDM-50V-30μ，C_3：CD11-50V-1000μ，C_4：CZJX-160V-0.1μ，C_5：CD10-25V-100μ。电源变压器 T 参数选择：N_{1-2}选用 φ0.25mm 高强度漆包线，2000T。$N_{3-4}=N_{4-5}$选用 φ0.17mm 高强度漆包线，250T×2。N_{6-7}选用 φ0.55mm 高强度漆包线，125T×2。

电源中各级晶体管和元件参考电压如表 1-1 所附。

表 1-1

编号	型号	V_{ce}(V)	V_{be}(V)	E_c(V)	V_z(V)
VT_1	3AD30B	12.0	0.15		
VT_2	3AD6B	12.0	0.13		
VT_3	3AX81B	12.0	0.15		
VT_4	3AX81B	13.2	0.12		
VT_5	3AX81B	13.0	0.12		
VD_7	2CW15				7.8
VT_8	2CW19				13.0
C_3				36.0	

本电源如要获取 24V 稳压直流电源，将用电负载接在－16V 电压端和＋8V 电压端即可，接入时，须注意“＋”、“－”极性。本电源中 VT_1、VT_2 为大功率三极管，应加装合适散热器，以

便散热，更好地增大负荷效率。

（九）12V 对称式稳压电源

本电源能同时产生正负两路电压输出，它由全波整流、取样放大、电压调整等电路组成。

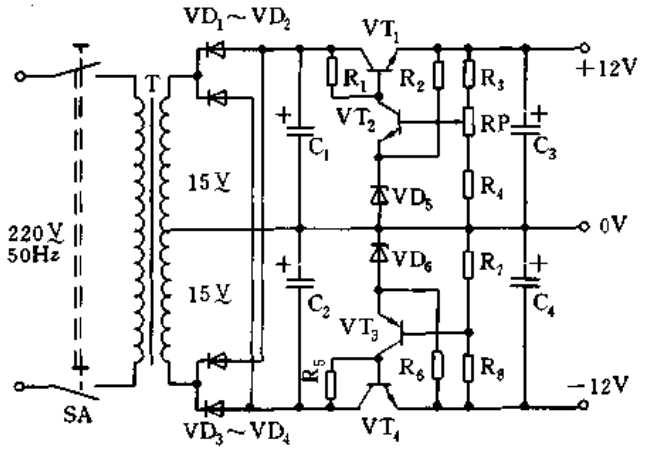


图 1-10

1. 工作原理

如图 1-10 所示。变压器 T 次级的交流电压经 VD_1～VD_4 全波整流与 C_1、C_2 滤波，得到二组正负相等的直流电压。由稳压二极管 VD_5、VD_6 组成基准电压，其中电阻 R_2、R_6 为 VD_5 和 VD_6 提供基准电流回路。电阻 R_3、R_4、R_7、R_8 及电位器 RP 组成取样电路，经三极管 VT_2、VT_3 取样放大后，去控制调整管 VT_1、VT_4 进行电压调整，输出正负 12V 稳定电压。电容 C_3、C_4 为输出滤波电容。

2. 元器件选择

电容 C_1、C_2 选 470μ/32V，C_3、C_4 选 220μ/25V。电阻 R_1、R_5 为 1.2k，R_2、R_6 为 200Ω，R_3 为 910Ω，R_4、R_7 为 150Ω，R_8 为 1k。以上均为金属膜 RJ-1/2W 的电阻。电位器 RP 为 270Ω。二极管 VD_1～VD_4 用 2CZ82B。稳压二极管 VD_5、VD_6 用 2CW55。三极管 VT_1 为 3DA2，VT_2 为 3DG6，VT_3 为 3AX31，VT_4 为 3AD6。

3. 安装与使用

（1）调整管 VT_1、VT_4 的安装表面应平滑、无尘、无表面损伤与划道。当装在散热器上时，应先在调整管与散热器的接触表面涂上一层导热硅脂，以保证良好的接触面，减少热阻，达到负载效率。

（2）为保证调整管得到良好的散热，其散热器尺寸为 $120\times120\times3mm^3$。

（3）电位器 RP 为调整电源输出电压的大小，通过调整使正负电压相等，达到正负电压的对称性。

（4）只要元件无误，按图正确焊接，一般不用调测，一装即成。

（十）－12V、0.4A 稳压电源

本－12V 电压系用具有负反馈的串联型高稳定性晶体管稳压器，见方框图 1-11。由取样电路、基准电压、比较电路、调整电路、辅助电源电路及主电源整流滤波电路所组成。

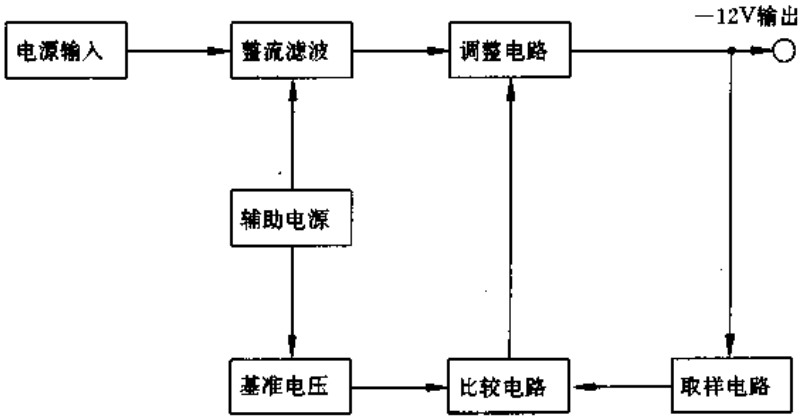


图 1-11

1. 工作原理

电路如图 1-12 所示。如输出电压因输入电源不稳定或负载电流变化所引起的变动，则变动信号经取样电路与基准电路相比较，其变化差值经差分放大器放大后作用于调整管，使输出电压仍调整为额定值，来保持稳定的输出。

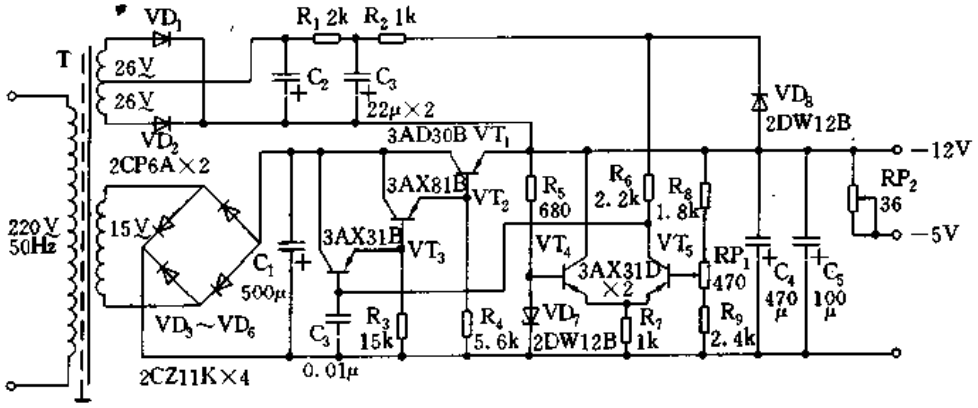


图 1-12

电阻 R_8、R_9、电位器 RP_1 组成取样电路，它可以将输出电压根据电阻值之大小进行分压，对变化电压取样。其中 RP_1 是用来调节－12V 正确值。

三极管 VT_4、VT_5 及电阻 R_6、R_7 组成差分放大器，把比较后的差值进行放大，以推动和控制调整管工作。采用差分放大器还可以提高整个电路的温度稳定系数和减小内阻。

VT_1～VT_3 是串接式调整管的组合电路，为维持 400mA 的输出电流，则要求有足够大的电流来供给调整管的基极，通常较大的功率晶体管的电流放大系数 β 不很大，为获得放大电路的推动电流，本电路所采用的组合调整电路是一个发射极跟随器，它的作用是电流放大，根据本电路所需额定电流的情况，VT_1 采用大功率晶体三极管附加适当的散热器，能满足耗散大

约 3W 的功率。

二极管 VD_1、VD_2 及稳压管 VD_8，电容 C_2、C_3，电阻 R_1、R_2 组成辅助电源电路，其整流电路为一个普通的单相全波整流电路，辅助电源作用是防止输入电源之突变引起的输出跳动，用来提高稳定度。

整流滤波电路由二极管 VD_3～VD_6 及电容 C_3 组成，它是一个普通的桥式电路。

如想获取到－5V 的电源，可从电位器 RP_2 的可调臂端获取。

2. 检测

－12V 稳压电源的各晶体三极管管脚电压如表 1-2 所附。

表 1-2

－12V 稳压电源			
三极管	V_E(V)	V_B(V)	V_C(V)
VT_1	－12.00	－12.20	－17.00
VT_2	－12.20	－12.30	－17.00
VT_3	－12.30	－12.50	－17.00
VT_4	－6.80	－7.00	－12.00
VT_5	－6.80	－7.00	－12.50

若所测电压与参考电压误差较大，可略调各三极管的偏置电压即可满足要求。

（十一）＋12V、－24V 稳压电源

本两组电源采用了通用型三端固定集成稳压器 W7812 和 W7824，电路如图 1-13 所示。图中 3DC8 为 W7824 的外接功率调整管，用来扩展输出电流。W7824 型集成稳压器最大输出电流为 1.5A，如果外接功率管 3DC8，则输出电流 $I_o=I_c+1.5A$。如果需要更大的输出电流，可改为 2～3 只以上功率管并联。

电路中，电容 C_1～C_4、C_8～C_{11} 不但可以减小开机时二极管的尖峰电流，而且起到保护二极管的作用，还可抑制调制交流声。二极管 VD_2、VD_6，主要防止输出电容 C_7、C_{14} 放电，其放电电流可能损坏稳压器，故接二极管加以保

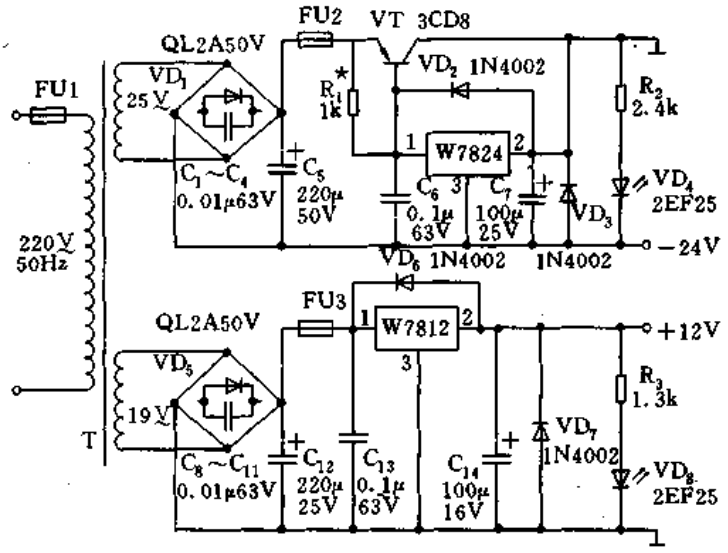


图 1-13

护。

如要使+12V 输出电流得到扩大，其接线方法与－24V 电源完全一样。该电路中的集成块和功率管需加合适的散热器，以便更好的提高电源效率。

（十二）+18V 稳压电源

本装置为多端集成稳压电源。它具有体积小、重量轻、安装方便和稳定可靠等优点。

1. 工作原理

电路如图 1-14 所示。市电源经变压器 T 输出交流 22V，经桥式二极管 VD_2～VD_5 整流，C_1 滤波、集成稳压器 IC 的外壳获得+23～+24V 的直流电压。IC 的内部电路主要由启动电路、基准电路、比较放大电路和调整电路等组成。其⑧脚得到纹波电压小于 25mV，输出为+18V 的稳压直流电压。

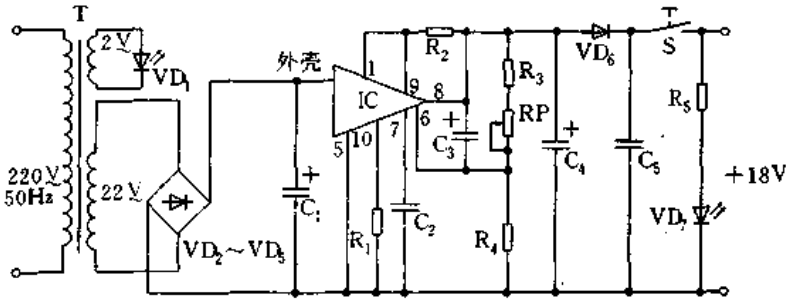


图 1-14

IC 属串联型稳压电源，电阻 R_2 为限流电阻，R_3、R_4、RP 构成取样电路。C_2 为基准电压电容，C_3 为交流反馈电容，C_1、C_4、C_5 为输入、输出滤波电容，以提高直流电压的纯度。VD_6 为反向电流截止管。

2. 元器件选择

电容 C_1 选 220μ/40V，C_2 选 0.1μ/160V，C_3 选 4.7μ116V，C_4 选 100μ/25V，C_5 选 0.033μ/40V。电阻 R_1 为 6.2k、1/4W，R_2 为 12Ω～1W(1～15Ω 可调)，R_3 为 2k、1/2W(可调)，R_4 为 510Ω、1/2W，R_5 为 1.6k、1/2W。电位器 RP 为 470Ω、1/2W。整流二极管 VD_2～VD_5 选 2CZ82C。阻尼二极管 VD_6 为 2AN3。发光二极管 VD_1 用 BT504(红)，VD_7 用 BT304(绿)。集成稳压器 IC 为 WB724HB-2A。开关 S 用 KNX(1×1)。

3. 使用方法

(1) 接通电源时，发光二极管 VD_1 发亮，再将 S 闭合，接入负载。发光二极管 VD_7 发亮，表示该稳压电源工作正常。

(2) 电路额定输出电压为+18V。电位器 RP_1 调节范围为±1V。额定电流为 1A，过流保护为 1.3A。

(3) IC 须装散热器以增加散热面积，减小耗损功率，提高带负载能力。

（十三）串联型－18V、2A 稳压电源

1. 工作原理

如图1-15是采用运算放大器的串联型稳压电路图。其输出电压－18V，最大输出电流2A。

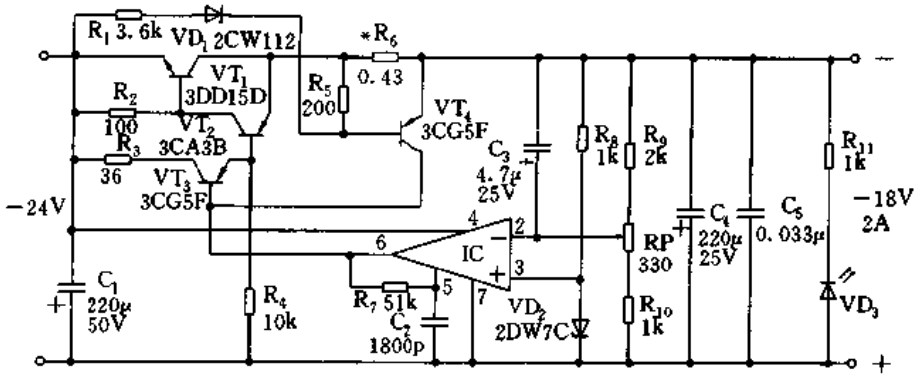


图 1-15

IC 为运算放大器，它具有电压增益高、输出阻抗低、温度系数小等特点。将它用于稳压电源中，可使稳压性能大大提高。电路中运算放大器 IC 起差动比较放大和控制复合调整管基极的作用。工作正常时，稳压二极管 VD_2 基极电压与取样电压分别送到 IC 的正、负输入端，由运放 IC 的输入端电压比较后送到 VT_3 的基极，使 VT_1～VT_3 导通。当输出电压降低时，经 IC 的输入端电压比较后，IC 的输出电压下降，调整管的管压降减小，输出电压回升，起到稳压作用。若输出电压升高时，则反之。

VT_4 为限流保护管。R_1、VD_1 给保护电路提供一个辅助电压，使过流保护电路成为减流型电路。R_6 为限流保护检测电阻。限流保护的原理是：当输出电流小于 2A 时，R_6 的压降（即 VT_4 的 U_{be4}）小于 0.5V，VT_4 截止。如输出端由于某种原因而短路时，电流将大于 2A，VT_4 的 U_{be4} 将超出其门限电压而导通。IC 的输出被 VT_4 分流，输出电压降低，VT_1～VT_3 的内阻加大，限制输出电流进一步增大，从而起到保护作用。

其中，调节电位器 RP 可补偿输出电压的变化，其调整范围为±1V，以保证输出电压为－18V。发光二极管 VD_3 是工作指示灯。

2. 元器件选择

运算放大器 IC 采用 5G23 或 F004 型号的运放集成块。VT_1 要求 $V_{CEO}\geqslant 50V$，$\beta\geqslant 50$，VT_2 要求 $V_{CEO}\geqslant 50V$、$\beta\geqslant 60$，VT_3 要求 $V_{CEO}\geqslant 50V$、$\beta\geqslant 80$，VT_4 要求 $V_{CEO}\geqslant 50V$、$\beta\geqslant 100$。C_1 要求用 CD11-50V 电解电容，C_3、C_4 要求 CD11-25V 电解电容。R_6 可用 RJ－3W 金属膜电阻。发光二极管 VD_3 可选用节能型的发光管，其型号为 2EP10R 红色的长方形发光管。其它元件型号如图 1-15 标注，无特殊要求。

（十四）并联型－18V、2A 稳压电源

CW337 三端稳压器的额定输出电流为 1A，为扩大输出电流，通常采用外接功率管的方法，但这种方法会降低稳压精度，增加稳压器输入与输出的压差，对大电流工作的电源是不利的。本文介绍的 CW337 三端集成稳压器采用独特的并联方式扩大输出电流，保持稳压精度不变，工作稳定可靠，效率高、容量大，其纹波电压不大于 15mV，输出电压保持在－18V、±0.5V。

如图 1-16 所示。由 A_2、A_3 组成输出电压为－18V 的稳压电源，该电源采用一块 A_1 运算放大器来平衡两块集成稳压器的输出电流。R_6、R_7 和 R_8、R_9 分别为 A_2 和 A_3 的采样电阻，并且统一用 R_{12}、RP_2 来微调两块集成稳压器的输出电压。采用这种独特的并联方式，使输出电流由 1A 扩大为 2A，在不影响稳压精度的情况下，达到扩大输出电流目的。

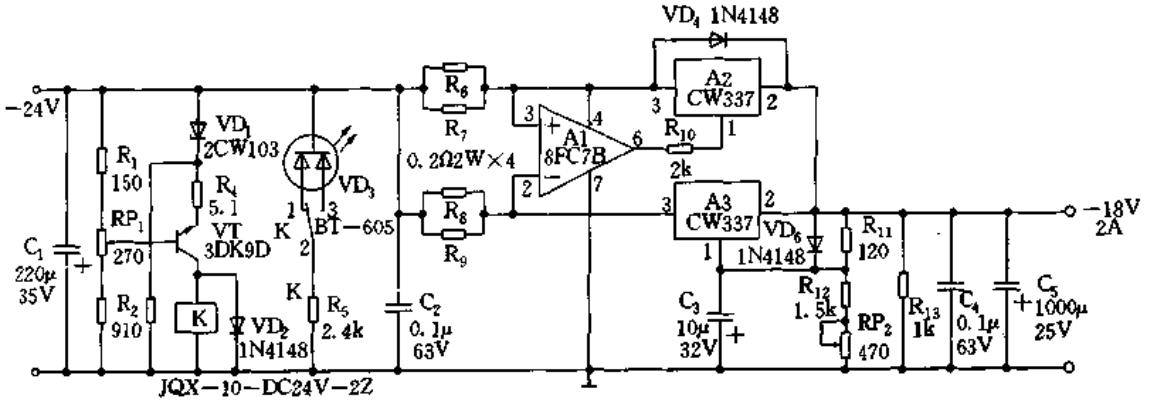


图 1-16

从图中可看出，A_2 集成稳压器的输出端被 A_3 的输出端箝位，而且 A_2 的调节端与运算放大器 A_1 的输出端相连，使 A_2 受 A_1 的控制。当流过采样电阻 R_6、R_7 和 R_8、R_9 的电流相等时，A_1 的同相输入端③与反相输入端②相等，A_1 处于平衡状态，其输出端⑥的电位被确定在某一个固定值上，A_2 的调整端①有一个确定的基准电压，表明两个稳压器在运算放大器的控制下，已处于自动平衡状态。输出电压的高低可由 RP_2 调节。

若由于某种原因流过 R_6、R_7 上的电流大于流过 R_8、R_9 上的电流时，则采样电阻 R_6、R_7 上的压降增大，它给 A_1 同相输入端③一个信号，使 A_1 输出端⑥的电位降低，以此电位控制 A_2 的调整端①的电位，从而使 A_1 的输出电压下降，输出电流减小，直至恢复到平衡状态为止。反之，如 R_6、R_7 上的电流小于 R_8、R_9 上的电流时，则按上述的调节过程作相反方向调整，使 A_1 输出电压升高，直至 R_6、R_7 上的电流与 R_8、R_9 上的电流相等为止。

如果集成稳压器离 C_1 的滤波电容较远时，应在稳压电源的输入端接一只 C_2 旁路电容。接在 A_2 的调整端①和地之间的电容 C_3，用来旁路电阻 R_{12}、RP_2 两端的纹波电压。由于 R_{12}、RP_2 上的电压是输出电压的一部分，故输出端的纹波电压明显减小。R_{12}、RP_2 阻值越大，输出电压越高，抑制纹波效果就越好。当 C_3 的容量为 10μF 时，在稳压器整个输出电压的范围内，可达到 80dB 的纹波抑制比。另一方面，由于在电路中接了电容 C_3，此时一旦输入端或输出端发生短路，C_3 中存储的电荷会通过调整管和基准放大管释放而损坏稳压器。为了防止在这种情况下

C_3 的放电电流通过稳压器 A_3，在 R_{11} 两端并接了一只二极管 VD_5。

－18V 稳压电源在没有容性负载的情况下，可以稳定地工作。但当输出端有 500～5000pF 的容性负载时，就很容易发生自激。为了抑制自激，在输出端接有一只铝电解电容 C_5。它在起到滤波作用的同时还可以改善电源的瞬态响应。但是，接上 C_5 后，集成稳压器的输入端一旦发生短路，C_5 将对稳压器的输出端放电，其放电电流可损坏稳压器，故在稳压器的输入与输出端之间，接了一只保护二极管 VD_4。

当输入电压≥－27V 时，三极管 VT_1 迅速导通，继电器 K 动作，触点 K-4.5 断开。若输入恢复正常电压时，VT_1 截止，触点 K-4.5 自动闭合，使稳压电源正常工作。

其中，电阻 R_3 主要是为 VT_1 的发射极提供基准电流回路。电位器 RP_1 为调节过压保护元件。RP_2 为调节输出电压，其调节范围为±0.5V。电阻 R_{12} 可在 1.4k～1.6k 范围可变，以精确满足－18V 输出电压。发光二极管 VD_3 为双色指示用，正常时，触点 K-1.2 闭合，显示绿色的“工作”指示；过压时，触点 K-2.3 闭合，显示红色的“过压”指示。

元器件按图 1-16 标注选用，无特殊要求。

安装本稳压器时，A_2、A_3 须加外散热器，由于 A_2、A_3 的输出电流各为 1A，则采用两片散热面积约为 350cm²，厚度为 3mm 的散热器。

（十五）采用集成块的 24V 电源

1. 主要技术指标

（1）输入电压：220V±10%、50Hz；

（2）输入电流：0.7A；

（3）输出电压：24V，误差≤±2%；

（4）最大输出电流：1.9A；

（5）纹波电压：≤24mV；

（6）过载电流保护点：2.8A±0.4A。

5G14D 稳压集成块的工作原理：

24V 电源由于采用了核心元件集成块稳压输出电路，则有必要了解一下这种稳压集成块的工作原理，＋24V 电路应用原理如图 1-17 所示。

5G14D 稳压集成块是我国已经广泛生产的一种集成化稳压电源，它将稳压电路的主要元件制作在一个小小的硅片上，以取代有关分离元件，达到减小体积重量和功能，减少元件和焊接点数的目的，因而具有体积小、重量轻、可靠性高、温度特性好，使用调节方便等诸多显著优点。5G14 的内部结构及其等效电路分别如图 1-18 和图 1-19 所示。虚线用来表示各部分的主要作用。

从图 1-19 可以看出，VT_{13}、VT_{14} 是带有恒流源的差动放大器，它是稳压电源的比较放大环节。3～3.5V 的参考电压从集成电路是从图 1-18 中的三极管 VT_8、VT_9 两端经 R_2 取得，加到比较放大器的同相输入端作标准电源。由 VT_{12} 和 VT_{16}、VT_{17} 构成 NPN 型发射极输出的复合型调整管。所以只需要在稳压器集成块 5G14D 的外部接图 1－20 那样接上整流器，取样元件和限流保护元件，就能组成一个基本的稳压电源。

其中，RP 是取样电位器，其值由需要输出电压的调节范围来决定，RS 是限流电阻，取样

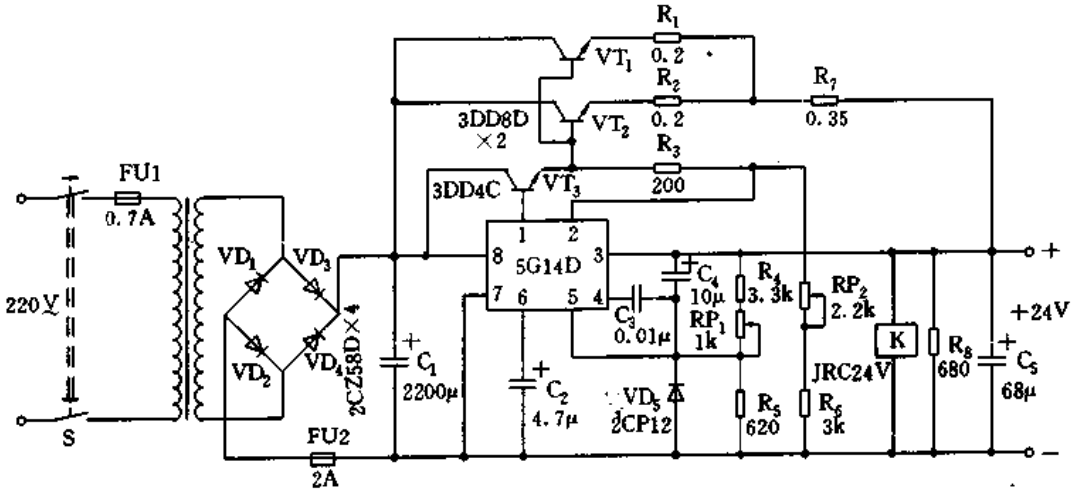


图 1-17

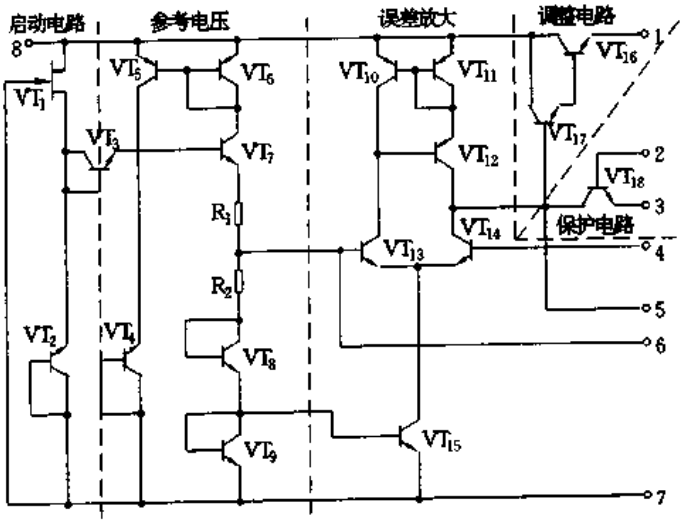


图 1-18

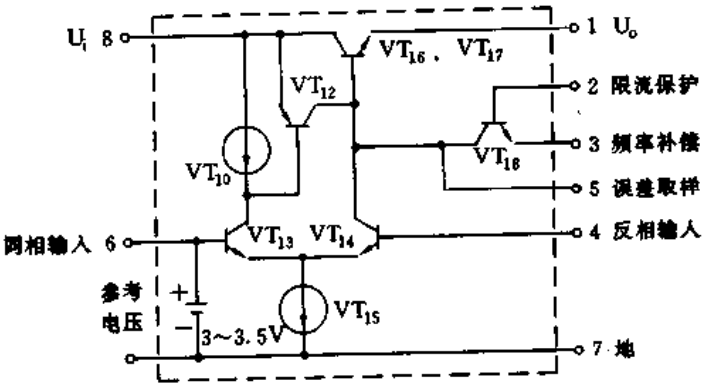


图 1-19

选定的保护电流的大小，可按下式计算：

$$I_{oe}=0.7/RS$$（一般取 RS 为 35Ω 左右）

按上述接法 5G14 稳压电源的最大输出电流仅有 20mA 左右。

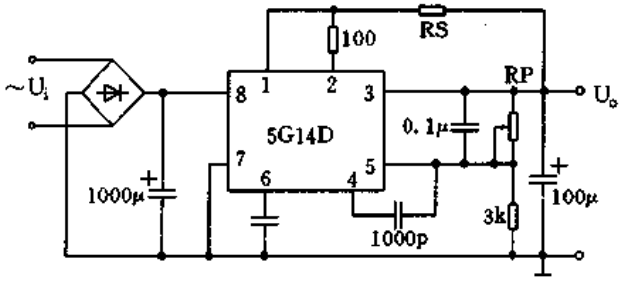


图 1-20

2. 工作原理：

如上所述，5G14 集成块稳压电源本身的最大输出电流不超过 20mA，当需要将它用在 24V 稳压电源中并且要求输出电流为 1.9A 时，应采用扩大输出电流的接法，如图 1-21 所示，这种扩大输出电流的接法主要通过外接复合管 VT_1～VT_3 来实现。均流电阻 R_1 和 R_2 以及推动管 VT_3 的分流电阻 R_3 的电流负反馈作用的情况下，可近似认为复合管 VT_1～VT_3 的输出电流 I_o 和从 5G14 集成块①端输出电流 I_1 之间有如下关系：

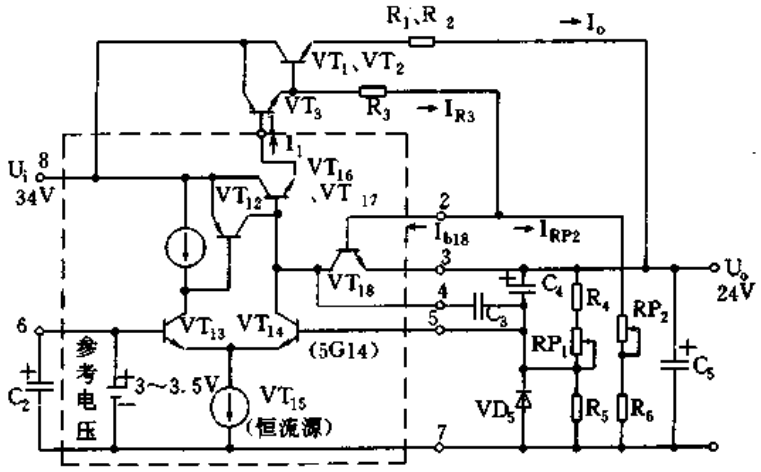


图 1-21

$$I_o \approx \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot I_1$$

设 $I_1=10mA$，若取 $I_o=2A$

则 $\beta_1、\beta_2、\beta_3 \approx I_o/I_1=2000/10=200$

由此可见，采用外接复合管作调整管后，可以很容易将 5G14 的输出电流从最大不超过 20mA 扩大到几安培，而且两只相同的功率管并联来作调整管，则是为了减小每只并联管的实际功耗以达到降低选调整管的要求并增加调整管承受过流能力的目的。

稳压电路的取样环节由外接电阻 R_4、R_5 和电位器 RP_1 构成，调节电位器 RP_1 可以改变输出电压的大小。其值可用下式近式计算：

$$U_o=R_4+R_5+RP_1 \cdot U_{b14}/R_5$$

$$\approx R_4+R_5+(3\sim3.5)RP_1/R_5$$

当 $RP_1=0$，参考电压取为 3V 时，$U_o \approx 19V$ 为最小值；

当 $RP_1=1k$，参考电压取 3.5V 时，$U_o \approx 28V$ 为最大值。

电容 C_2 用来消除参考电压中的噪声成份。电容 C_3 接在 5G14 的④脚，以形成对交流成份的并联电压负反馈，用来防止电路产生自激振荡。电容 C_4 对输出电压中的纹波成分相当于短路，通过将输出电压中的纹波成分全部反馈到比较放大器的输入端，再通过稳压电路的调整作用使纹波成分得到最大限制的抑制。二极管 VD_5 用于对 5G14 中的差放管 VT_{14} 进行温度补

偿，因为当环境温度增加时，流入 VT_{14} 的基极电流 I_{b14} 会随 I_{cbo} 的增加而增加，接入二极管 VD_5 后，流过 VD_5 的反向电流随温度增加会反过来使 I_{b14} 减小。

当输出电压因输入电压增加或负载变化而增加时，电路的稳压过程如下：

$$U_o\uparrow \longrightarrow U_{b14}\uparrow \longrightarrow I_{b14}\uparrow \longrightarrow I_{c13}\downarrow \longrightarrow I_{b12}\downarrow \longrightarrow U_{ce1.2}\uparrow$$

$$U_o\downarrow \longleftarrow$$

3. 过流保护电路

24V 电源的过流保护电路由 5G14 稳压块中的三极管 VT_{18}，外围检测电阻 R_7（如图 1-17）和电阻 R_3、R_6、电位器 RP_2 构成。

因过流保护管 VT_{18} 的发射结压降

$U_{be18}=-R_3I_{R3}+U_{be1.2}+R_7\cdot I_o$

其中：I_{R3} 是流过电阻 R_3 的电流。I_o 是流过电阻 R_7 的电流。

正常工作时，$U_{be1.2}\approx 0.7V$，$I_o\leqslant 1.9A$

则 $U_{be18}=-200R_3+0.7+0.35I_o$

通过调电位器 RP_2 来改变流过电阻 R_3 的电流 I_{R3}，使负载电流在正常范围之内即 $I_o\leqslant 1.9A$ 时，过流保护管 VT_{18} 截止，对调整电路不起作用。随着负载电流 I_o 增大，VT_{18} 发射结的正向压降 U_{be18} 也相应增加。当负载电流 I_o 达到保护值 2.8A 以上时，流经 R_7 的 I_o 增大，U_{be18} 上升，过流保护管 VT_{18} 导通进入放大区，并产生下面的正反馈过程：

$$I_{c18}\uparrow \longrightarrow I_{b16,17}\uparrow \longrightarrow I_{b3}\uparrow \longrightarrow U_{ce1,2}\downarrow \longrightarrow U_o\uparrow \longrightarrow U_{be18}\downarrow$$

$$I_{c18}\downarrow \longleftarrow$$

这个正反馈过程使过流管 VT_{18} 重新回到截止状态，整个稳压电路又恢复到正常工作状态。调 RP_2 可改变过流保护点。RP_2 越大，流过 R_3 的电流越小，过流保护点越低。

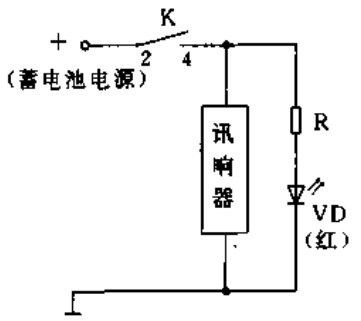


图 1-22

跨接在图 1-17 稳压电路输出端的继电器 K 是无 24V 输出的告警继电器。当有 24V 电压正常输出时，继电器 K 吸合，相应接点 K-2.4 断开，如图 1-22 所示。电路不告警；当无 24V 电压输出时，继电器 K 释放，相应接点 K-2.4 闭合，发出可见可闻的告警信号。

4. 6V 输出电路

6V 输出电路由稳压管 VD_6、保护管 VD_7、VD_8 和电阻 R_9、R_{10} 组成，其原理如图 1-23 所示。

这是一个简单的稳压电路。由 24V 稳压电源送来的稳定电压经限流电阻 R_9 降压后加在稳压二极管 VD_6 和保护二极管 VD_7 两端，再经 VD_8 降压后从 R_{10} 两端输出。VD_6 是硅稳压二极管 2DW1B，其工作电压是 $U_{D6}=6V$。

设 VD_7 和 VD_8 的正向压降为 0.7V，则输出电压 $U_o=0.7+U_{D6}-0.7V=U_{D6}=6V$

将二极管 VD_7、VD_8 接入电路是为了起保护作用。当输入电压的极性接反，由于 VD_7 和 VD_8 均处于反偏状态，这样就保护了稳压管 VD_6，避免了因正向电流过大而烧毁。

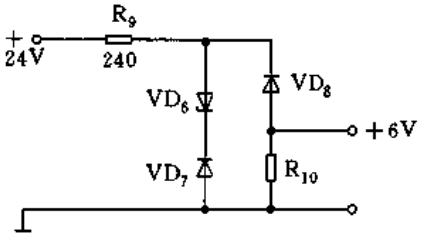


图 1-23

（十六）－24V、0.5A 稳压电源

该稳压电路主要由比较放大、保护及告警电路等部分组成。它采用简单的串联稳压电路，由输出电压取样进行比较放大来调整输出电压。利用保护电路截止调整管进行过流保护，而当输出电压正常时，自动恢复工作。若过压时，稳压电路及负载将自动停止供电，输入电压正常时，则自动恢复。当无－24V 电压输出时，告警电路即可工作。

1. 电路主要特性

（1）输入电压：－48V，变化±10%；

（2）输出电压：－24V，误差≤±5；

（3）输出电流：500mA，纹波电压≤24mV；

（4）过载保护：输出≥750mA 应能保护，电流恢复正常应能自动复原；

（5）过压保护：输入≥53V 应能保护，电压恢复正常应能自动复原；

（6）输入过压、过流或电源熔丝断应发出告警信号。

2. 工作原理

电路如图 1-24 所示。－48V 输入到稳压电路。由稳压管 VD_4、三极管 VT_4、VT_5、VT_6 等组成稳压调整电路。在输出－24V 检出电压由分压电路 R_{16}、R_{17} 上取出，加到三极管 VT_4、稳压管 VD_4 等组成的比较放大器。通过电阻 R_{12} 控制复合调整电路 VT_5、VT_6，实现稳压功能。

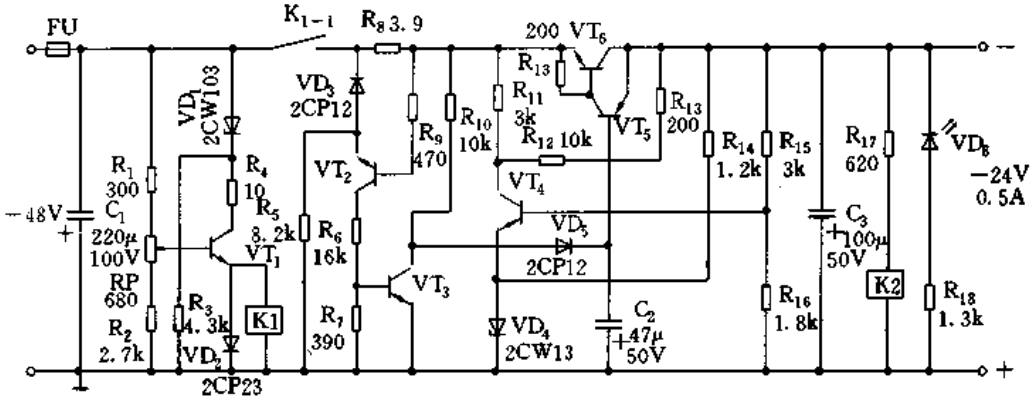


图 1-24

当输出电流大于或等于 750mA 时，由检测电阻 R_8 取样，取样电压促使三极管 VT_2、VT_3 导通，经二极管 VD_5 使 VT_5 基极获高电位反偏而截止，以保护 VT_6 避免因过流而损坏调整管。

当输入电压超过额定电压时，过压保护点即三极管 VT_1 的基极电压上升而使 VT_1 导通，

继电器 K1 通电工作，触点 K_{1-1} 断开，则稳压电路及负载得以保护。则继电器 K2 释放，触点 K_{2-1} 闭合，讯响器发出告警声。讯响电路如图 1-25 所示。

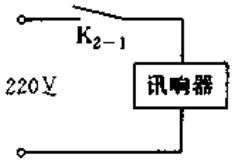


图 1-25

3. 元器件选择

三极管 VT_1 为 3DK9D，VT_2 为 3DG180B，VT_3、VT_5 为 3CG5E，VT_4 为 3AX31C，VT_6 为 3DD4E。发光二极管 VD_6 为 2EP110R。继电器 K1 选 JQX-10-DC48V，K2 选 JRC-1M-DC24V。

4. 使用时应注意几点

(1) 电位器 RP 用来进行过压保护动作调节，调准后，不能随意调动，以免影响过压保护。

(2) 发光二极管 VD_6 作为工作指示灯。

(3) 当输出无压、过压、过流、短路时，保险丝 FU 熔断，讯响器告警。

(4) 调整管 VT_6 据实际需要，选择合适的散热器。

(5) 当电压过压，K1 动作，触点 K_{1-1} 断开；K2 释放，触点 K_{2-1} 闭合，讯响器工作。若电压正常后，电路将自动恢复，讯响器停报。

(十七) −40V 稳压电源

本直流电源是将 220V 交流市电变成−48V 直流电，后经稳压调整电路得到−40V、4A 的稳定直流电源。

1. 技术特性

(1) 输入电压：220V、50Hz，允许变化±10%；

(2) 稳压输入电压：−48V、4A，蓄电池−48V，变化小于 10%；

(3) 稳压输出：

①输出电压：−40V，误差≤±2%；

②输出电流：最大 4A；

③纹波电压：≤40mV(当 I_o 为标准输出电流时)；

④过载电流保护点：6A±1A。

2. 工作原理

电路如图 1-26 所示。本电源由变压器，桥式整流电路，直流电源汇集电路和直流稳压电路所构成。

直流稳压电路是一个无辅助电源的串联型线性稳压电路。它由取样环节、基准电源、比较放大环节、调整环节和过流保护电路、告警电路等几个部分构成。

取样环节由电阻 R_{39}、R_{40}和电位器 RP 组成。采用电位器 RP 是为了使输出电压 U_o 在一定范围内可以任意连续调节。

比较放大环节是一个单端输入、单端输出的差动放大器。和普通放大器相比较，差动放大器的最大优点是能够有效地抑制放大电路的零点漂移，以提高稳压电源的温度稳定性。三极管

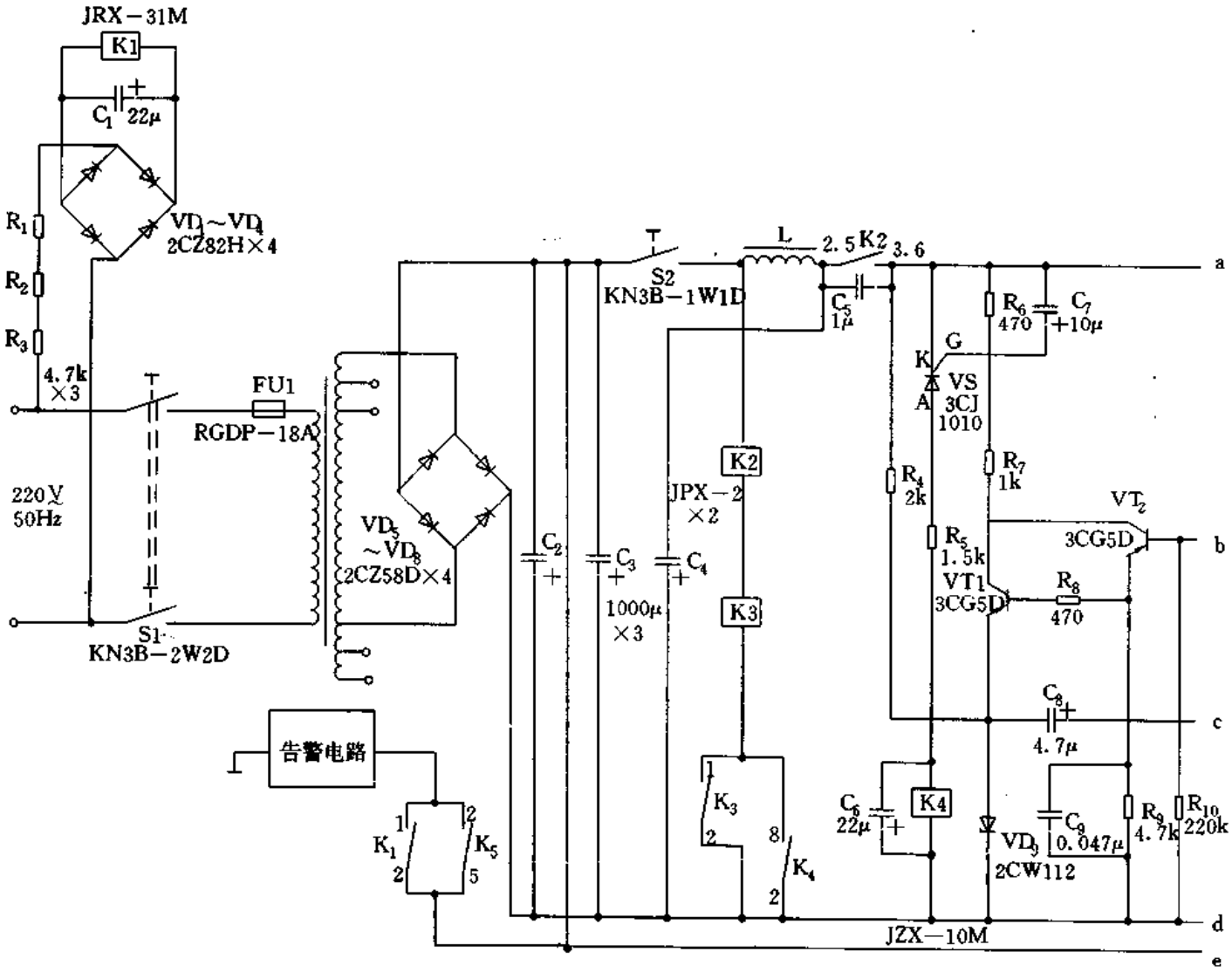

JRX－31M
K1
C1 22μ
R1
R2
R3
4.7k ×3
VD1～VD4 2CZ82H×4
220V 50Hz
FU1
RGDP－18A
S1
KN3B－2W2D
VD5～VD8 2CZ58D×4
C2
C3 1000μ ×3
C4
S2
KN3B－1W1D
L
2.5K2
3.6
C5 1μ
K2
JPX－2 ×2
K3
告警电路
K1
K5
K3
K4
K
G
A
VS 3CJ 1010
R4 2k
R6 470
C7 +10μ
R7 1k
VT2 3CG5D
R5 1.5k
VT1 3CG5D
R8 470
C8 4.7μ
C6 22μ
K4
VD9 2CW112
C9 0.047μ
R9 4.7k
R10 220k
JZX－10M
a
b
c
d
e

图 1-26A

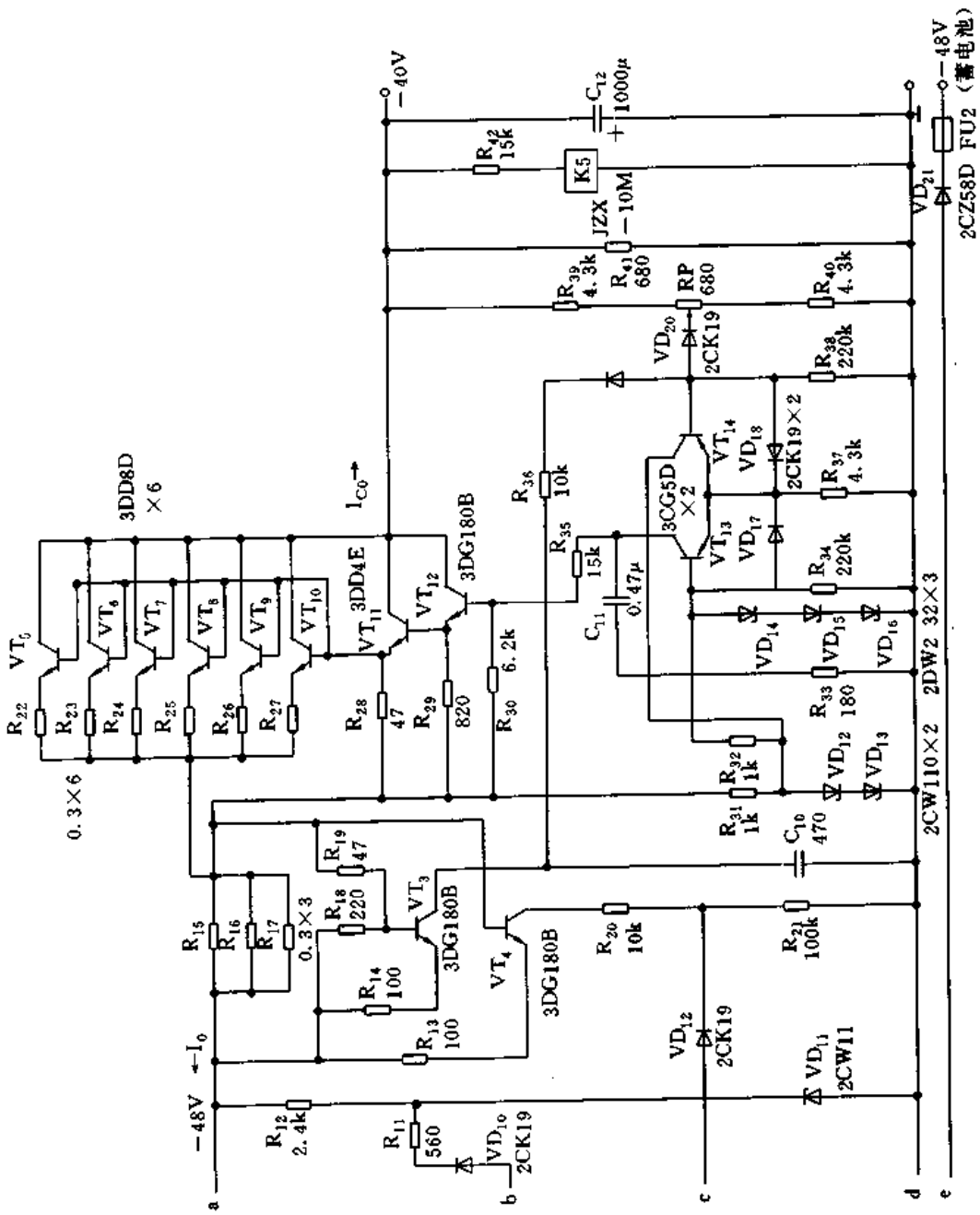
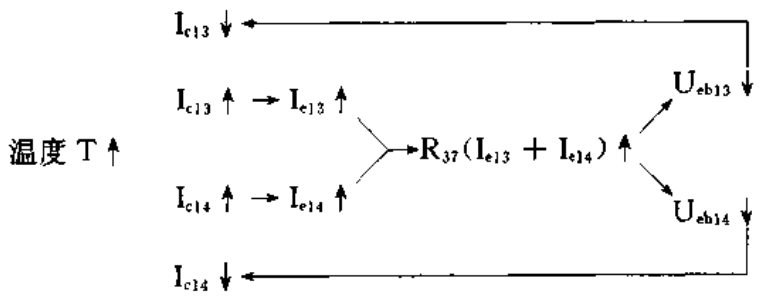

−40V
C_{12} 1000μ
R_{42} 15k
K5
JZX −10M
R_{39} 4.3k
R_{41} 680
RP 680
R_{40} 4.3k
VD_{20} 2CK19
R_{38} 220k
VT_{14}
VD_{18} 2CK19×2
R_{37} 4.3k
VT_{13}
VD_{17}
R_{34} 220k
VD_{14} VD_{15} VD_{16} 2DW2 32×3
R_{33} 180
VD_{12} VD_{13} 2CW110×2
R_{32} 1k
R_{31} 1k
C_{10} 470
R_{36} 10k
R_{35} 15k
C_{11} 0.47μ
3CG5D ×2
I_{C0}
3DD8D ×6
VT_0
R_{22} R_{23} R_{24} R_{25} R_{26} R_{27}
0.3×6
VT_6 VT_7 VT_8 VT_9 VT_{10}
VT_{11} 3DD4E
VT_{12} 3DG180B
R_{28} 47
R_{29} 820
R_{30} 6.2k
R_{19} 47
R_{18} 220
VT_3 3DG180B
R_{15} R_{16} R_{17} 0.3×3
R_{14} 100
R_{13} 100
VT_4 3DG180B
R_{20} 10k
R_{21} 100k
VD_{12} 2CK19
VD_{11} 2CW11
−48V ←I_0
R_{12} 2.4k
R_{11} 560
VD_{10} 2CK19
a
b
c
d
e
−48V
VD_{21} 2CZ58D FU2（蓄电池）
RL−15A

图 1-26B

VT_{14}的集电极电压从稳压二极管 VD_{12}、VD_{13}两端获得。R_{31}是稳压管的限流电阻，再经过一级由 R_{32}和 VD_{14}～VD_{16}构成的简单稳压电路后，再从稳压二极管 VD_{14}、VD_{15}、VD_{16}上取得基准电压加到差动放大器 VT_{13}的基极，与经过二极管 VD_{20}加三极管 VT_{14}的基极上的取样电压进行比较电压放大，被放大以后的信号由差放管 VT_{13}的集电极输出，经电阻 R_{35}加到调整环节的输入端 VT_{12}的基极。

为什么采用差分放大器能使稳压电源输出电压的温度稳定性提高呢？关键在于发射极电阻 R_{37}的电流负反馈作用。假设环境温度上升了，必然会导致如下循环过程，使输出电流 I_{c13}保持稳定：



显然，适当加大 R_{37}的值，电流负反馈作用更强，电路的温度稳定性更好。二极管 VD_{17}、VD_{18}用于对差放管 VT_{13}和 VT_{14}的 I_{cbo}的变化进行温度补偿，并兼有保护作用。而 C_{11}、R_{34}用来消除稳压电路内部可能产生的自激振荡。但电容 C_{11}不能取得过大，否则对输出的控制电流 I_{co}的旁路作用加大，并影响稳压电路的调节时间。

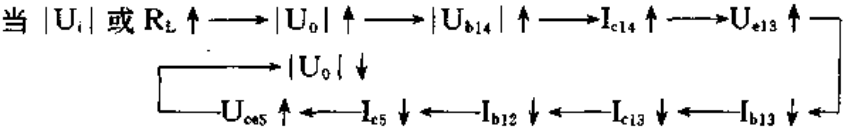
为了增大稳压电源的输出电流，调整管采用了八只并联的硅三极管构成。从而使可以输出的最大集电极电流比单管扩大约 8 倍。为了避免并联管因管子性能差异导致某只管子先坏，在每只管子的发射极均串接了一只 0.3Ω 的小电阻，利用串联电流负反馈的原理通过各只并联管的电流基本相同。

根据三极管的电流控制关系 $I_c=\beta I_b$ 可知，在调整管的集电极电流 I_c 可以很大，而比较放大环节输出的控制电流（近似等于调整管的基极电流 I_b）又很小的情况下，只有通过增大管子的电流放大系数 β 才能使上面的等式成立。为此，在调整管的输入端还接入了由复合管 VT_{12}构成的推动级。这样，整个调整环节就可以看成是一只具有电流放大作用的复合调整管，其等效电流放大系数：

$$\beta_{合}\approx\beta_5\cdot\beta_6\cdot\beta_7\cdot\beta_8\cdot\beta_9\cdot\beta_{10}\cdot\beta_{11}\cdot\beta_{12}$$

这就保证了比较放大级对调整管的有效控制。但是，复合管的穿透电流很大会使调整环节的热稳定性变得很差，为此，分别在 VT_{11}和 VT_{12}的发射极接入分流电阻 R_{28}和 R_{29}。但分流电阻的接入，会使复合管的等效电流放大系数减小，这是不利的一面。一般说来，分流电阻的阻值取得越小，分流作用越大，克服穿透电流对热稳定性影响也越好，但是等效电流放大系数 β 总的降低也越厉害。应用时，应权衡利弊，酌情掌握。

整个稳压电路的稳压过程如下所示：



本电源的过流保护电路由于输出电压较高，采用开关切断人工复位的过流保护电路。从图1-26可以看出，该过流保护电路由三极管 VT_1～VT_4，晶闸管 VS，稳压二极管 VD_9、VD_{11}，二极管 VD_{10}、VD_{12}，继电器 K_2、K_3、K_4 以及电容 C_5～C_{10}，电阻 R_4～R_{21}等元件构成。

在正式分析过流保护电路以前，有必要简单介绍一点有关单向晶闸管的情况，以便加深理解。晶闸管是可控硅整流元件的简称，通常用英语名称的三个缩写字母 SCR 来表示，中文常用 VS 来表示，其符号和结构如图 1-27 所示。

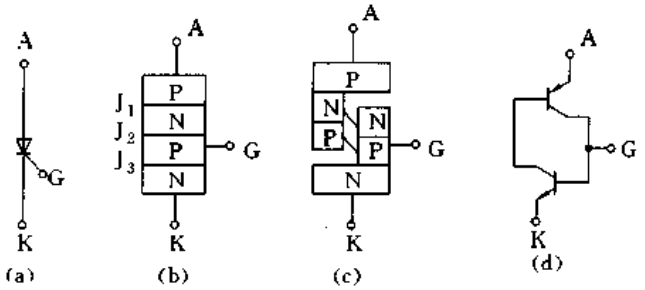


图 1-27

图 1-27(a)是晶闸管的代表符号；图 1-27(b)是晶闸管的结构，从结构图可以看出，一只晶闸管由 P-N-P-N 四层半导体构成，中间形成三个两反结的 PN 结 J_1、J_2 和 J_3。晶闸管有三个引出极，一个称阳极用 A 表示，一个称阴极用 K 表示，第三个极是控制极用 G 表示。如果象图 1-27(c)那样，将晶闸管从中间局部分开，它就相当于两个互相连接的晶体三极管，(其中，一个是 PNP 型管，另一个是 NPN 型管)，如图 1-27(d)所示，用图 1-27(d)可以说明晶闸管的工作原理。如果在 A 和 K 间加上足够的正向电压(即 A 为正 K 为负)，在 A、G 间不会有电流流过，因为两只晶体管都没有导通；这时如果在 G、K 间也加上一个正的触发电压，如图 1-28 所示。很容易看出两只等效的三极管都满足进行放大所需要的外部条件(即发射结正偏，集电结反偏)而处于放大状态。此时，由触发电源 E_G 产生的控制电流就相当于 NPN 型管(令它为 VT_2)的基极电流 I_{b2}，经 VT_2 放大后，得到的 $\beta_2 \cdot I_{b2}$ 就是 PNP 型管(令它为 VT_1)的基极电流，而且流向相同，这个 $\beta_2 \cdot I_{b2}$ 再经 VT_1 放大，变成 $I_{c1}=\beta_1 \cdot I_{b1}=\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{b2}$。当把 I_{c1} 再次作为 VT_2 的输入电流注入时，它已经比循环前扩大 $\beta_1 \cdot \beta_2$ 倍，而且这种放大作用还要无限循环下去，直到 VT_1 和 VT_2 饱和，也就是晶闸管完全导通时为止。从图 1-28 还可以看出，当晶闸管一旦开始导通，触发信号也就不再参与工作，即使去掉，对晶闸管的导通也无影响，只有当外电路断开或者去掉外加电压后，晶闸管才又恢复到截止状态。

综上所述，单向晶闸管具有以下三个特点：

(1) 晶闸管具有可控单向导电特性。它虽然也是三端器件，但不象晶体三极管那样能用来进行线性放大，由于它只能在一个方向上导电，反方向不能导电，所以又象二极管那样能起开关作用，只是这种开关作用是受 G 极的控制的。

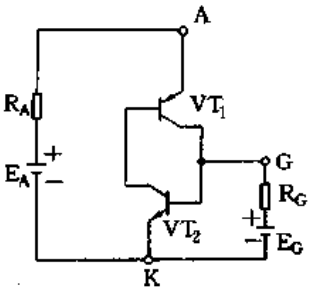


图 1-28

(2) 要使晶闸管导通，必须具备以下三个条件：即在晶闸管的 A-K 极间加正向电压；G-K 极间加正向电压；流经阳极的电流 I_A 应大于能使晶闸管导通所必需的维持电流。

(3) 当晶闸管一旦导通后，G 极便失去控制作用。就是说在实际应用时，加到 G 极上的控制信号不一定是直流电，仅仅加一个正的脉冲就可以了。

在本电源中，正是利用了它的上述特点来构成过流保护电路。

在输出电流 $I_o \leqslant 4A$ 的正常工作情况下，在检测电阻 R_{15}两端的压降 U_{R15}很小，即

$$U_{R15} \leqslant 1/3 \cdot 0.3 \times 4A = 0.4V$$

不足以使三极管 VT_4 导通，VT_3 和 VT_4 均处于截止状态，过流保护电路不起作用。

当输出电流达到 6A 左右时，在检测电阻 R_{15} 两端的电压降 U_{R15} 达到 0.6V 左右。这个电压经 R_{18} 和 R_{19} 分压后再经 R_{14} 加到 VT_3 的发射结上，使 VT_3 开始导通。另外，U_{R15} 还经 R_{13} 加至 VT_4 的发射结上，使三极管 VT_4 也开始导通。

VT_3 导通以后，它的集电极电流 I_{c3} 迅速增大，并对电容 C_{10} 充电，随着电容 C_{10} 电位差增大，二极管 VD_{19} 正向导通，差放管 VT_{14} 发射结的正向偏置加强。另一方面，随着 I_{c3} 增大，通过 R_{36} 和二极管 VD_{19} 流入差放管 VT_{14} 的基极电流 I_{b14} 也相应增大，经过下面的调整过程使输出电压 U_0 迅速降低，输出电流 I_{co} 也下降到正常范围之内。

$$VT_3 \text{ 导通} \longrightarrow I_{c3} \uparrow \longrightarrow I_{b14} \uparrow \longrightarrow U_{eb13} \downarrow \longrightarrow I_{c13} \downarrow$$
$$I_{co} \downarrow \longleftarrow |U_0| \downarrow \longleftarrow U_{ce5} \uparrow \longleftarrow$$

因为电容 C_{10} 上的电压在 VT_3 导通瞬间不能突变，只有当 C_{10} 充电到一定程度时才会发生上述调整过程。所以电容 C_{10} 在电路中可以用来控制保护电路的动作时间，并防止误动作。

随着输出电压 U_0 迅速减小，跨接在输出端的继电器 K5 因流过电流不足而释放，则静合接点 $K_{5-2.4}$ 闭合，发出告警信号。

二极管 VD_{19} 和 VD_{20} 构成自动切换电路起隔离作用。当输出电压正常而 VT_3 截止时，VD_{19} 截止，VD_{20} 导通，使过流保护电路不对稳压电路产生影响；当过流保护电路动作，VT_3 导通时，VD_{19} 导通，而 VD_{20} 截止，使稳压电路只受 VT_3 的控制。

在三极管 VT_4 导通以后，随着其集电极电位变化，通过 R_{20}、二极管 VD_{12} 使三极管 VT_2 的基极电位变负，三极管 VT_2、VT_1 导通，它们的集电极电流流经 R_6、C_7，在其上产生上“－”下“＋”的电压 U_{R6}，这个电压使晶闸管 VS 的 G－K 间得到正向触发电压，由于晶闸管的阳极 A 和阴极 K 之间本身就存在正向电压，而且因电阻 R_6 的阻值较小又使阳极电流较大，所以晶闸管 VS 因 G 极取得正向电压而导通。VS 导通以后，强大的阳极电流通过继电器 K4 使其吸合，K4 吸动以后，接点 $K_{4-2.8}$ 闭合使继电器 K3 和 K2 相继动作。K3 吸动后，所控接点 $K_{3-1.2}$ 闭合使继电器 K2 和 K3 自保。当 K2 动作以后，由 K2 控制的接点 2.5－3.6 断开，这就切断了由整流器输入稳压电路的－48V 直流电，保障了调整管 VT_5～VT_{10} 的安全。

这时，可断开整流器输出开关 S_2，对稳压电路进行检修。当过流故障排除以后，重新将开关 S_2 合上，稳压电源又重新恢复正常输出。

当市电 220V 停电时，继电器 K_1 释放，其静合接点 $K_{1-1.2}$ 闭合，发出告警信号。当来电可自动恢复。

电路中二极管 VD_{10}、VD_{11}、VD_{12} 和电阻 R_{10}、R_{11}、R_{12} 构成自动切换电路。正常情况下－48V 电源经限流电阻 R_{12} 后在稳压二极管 VD_{11} 上产生一稳定负压（约－13V 左右），这个负电压经电阻 R_{10} 和 R_{11} 降压后加在二极管 VD_{10} 两端使其导通，此时 R_{10} 两端的电位差同时使二极管 VD_{12} 截止，以减小 VT_1、VT_2 等对 VT_4 的影响。当 VT_4 因过流而导通时，由 VT_4 输出的负电位因为更负将使二极管 VD_{12} 导通，并使二极管 VD_{10} 截止，以确保 VT_4 对 VT_2 的控制关系。

R_4 和稳压二极管 VD_9 构成简单稳压电路，使三极管 VT_1 的发射极电位稳定在－15V 左右。

平时由于稳压管 VD_9 和 VD_{11}上的电压差，将在电容 C_8 两端产生 3V 左右电压降，这个电压是左负右正，它使 VT_1 和 VT_2 的发射结因反向偏置而截止。

在 VT_4 导通瞬间，VT_4 集电极上的－47V 左右的电位将通过 R_{20}，VD_{12}对 C_8 充电，当充电结束时，C_8 两端电压极性改变成左正右负，使 VT_1 和 VT_2 的发射结因得到正向偏置而导通，同时二极管 VD_{10}因 VT_2 基极电位变负而截止。

由此看出，电容 C_8 的作用可以归结为两点：一是在 VT_4 的控制下决定保护管 VT_1 和 VT_2 的通断；另一方面因为它直接并在 VT_1 的发射极和 VT_2 的基极两端，利用电容上电压不能突变的特点，防止因外部的瞬间干扰造成保护电路的误动作。

R_{18}和 R_{19}是 VT_3 的分压式基极偏置电阻，R_{13}和 R_{14}分别为 VT_4 和 VT_3 的发射极电阻，它们用来给 VT_3 和 VT_4 建立合适的静态工作点，同时具有提高电路热稳定性的作用。

（十八）－48V 稳压电源

闭合电源开关S，输出 U_o 将得到－48V 稳压电源，电路如图 1-29 所示。取样、比较放大电路 RP、R_1、VD_5、VD_6 及 VT_1 的电源主要由蓄电池－48V 提供。

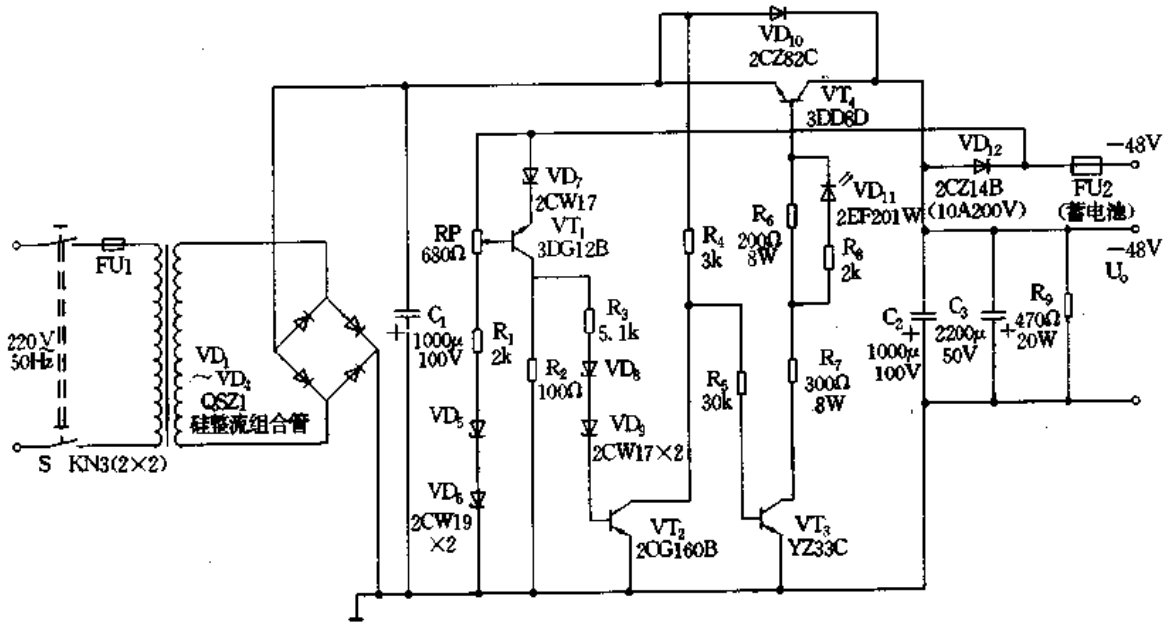


图 1-29

如输出电压升高时，经取样 RP、R_1、VD_5、VD_6，由 VT_1 的基极与基准电位 VD_7 比较后，VT_1 集电极输出低电位，经两级放大电路 VT_2、VT_3，VT_3 集电极输出低电位，调整管 VT_4 的管压降 V_{ce4}增大，则输出电压降低。如输出电压降低时，整个调整过程则反之。

其中，发光二极管 VD_{11}为工作指示灯。电位器 RP 为调节比较电压的大小。二极管 VD_{10}、电阻 R_9，主要为输入电容 C_1、输出电容 C_2、C_3 提供泄放电流回路，从而避免了调整管 VT_4 过高放电而击穿。

当市电源 220V 断电后，蓄电池－48V 由保险 FU_2、隔离二极管 VD_{12}，加到电容 C_2、C_3 两

端供给负载用电。

平时正常供电时，其输出电压 U_o 的绝对值应高于蓄电池电压，这样既保证负载有电，蓄电池又能处于浮充状态。

（十九）－48V 输入、－24V 输出稳压电源

1. 工作原理

电路如图 1-30 所示。由－48V 输入，经复合调整管 VT_1、VT_2 降压，稳压二极管 VD_1～VD_3 提供基准电压，又由集成稳压器 IC 稳压输出。本电源采用了三端输出的集成稳压器电路，集成电路本身具有过流保护、过热保护，及调整管安全工作区保护电路。其中，VD_4 为保护二极管，它主要为输出电容 C_4 提供泄放回路。

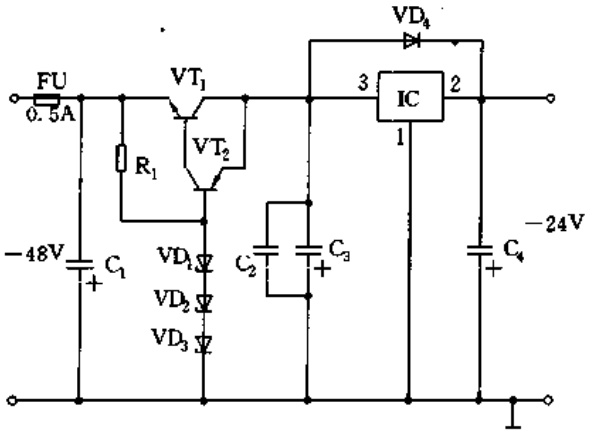


图 1-30

2. 元器件选择

电阻 R_1：RJ－1－510Ω－±5%。电容 C_1：CD11－100V－100μF，C_2：CJ11－160V－0.47μF－±10%，C_3、C_4：CD11－50V－47μF。稳压二极管 VD_1、VD_2、2CW109，VD_3：2CW110。二极管 VD_4：2CP22。三极管 VT_1：3DD4D(绿点)，VT_2：3CG5E(绿点)。集成稳压器 IC：W7924。

如想在该电源加装电源指示灯，可将一只电阻和发光二极管串接后，分别接入输入两端即可满足。电阻的参数为 RTX－0.125－2.2k－±10%。发光二极管型号为 2EF501W(红色)。

（二十）6.3V、270V、300V 直流电源

本电源为 6.3V 低压和两组高压 270V、300V 组成，以满足不同电器的需要。

1. 工作原理

电路如图 1-31 所示。6.3V 电源采用最简单的串联型射极跟随稳压电路 VT_{11}、VT_{12}、VD_{30}，可变电位器 RP_3 用来调节输出电压大小。

270V 电压采用两级放大的串联型稳压电路，由整流滤波、调整管、比较放大器、基准电压、取样电路、保护电路和辅助电源组成。

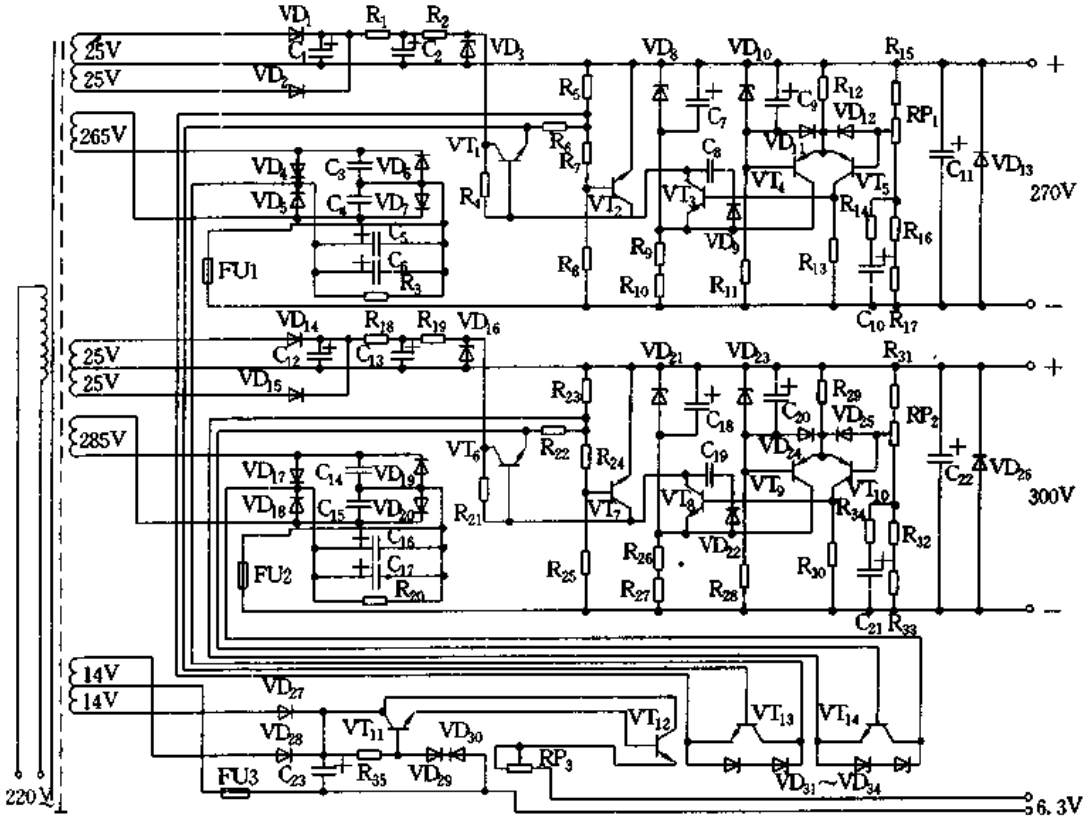


图 1-31

VD_4～VD_7 为桥式整流，用 C_5、C_6 滤波。VT_1 和 VT_{13}组成两级串接复合三极管，作为调整环节。VT_4、VT_5 为差动放大器，由输出取样电压与基准电压进行比较，产生一个误差信号，再经过 VT_3 放大后去推动调整电路。R_{11}和 VD_{10}提供一基准电压。R_{15}、R_{16}、R_{17}和 RP_1 组成取样电路，电位器 RP_1 是用来调节输出电压大小，并使取样后的分压与基准电压相匹配。R_5、R_7、R_8 和 VT_2 组成保护电路，以防瞬时短路。辅助电源由 VD_1、VD_2 组成全波整流。C_1、R_1 和 C_2 组成 π 型 RC 滤波电路及 R_2、VD_3 组成的稳压电路等三部分构成，为主电源提供一个约 7.5V 的稳定的直流电压。

300V 电压所采用的电路形式和 270V 电压电路一样。

2. 元器件选择

电阻 R_1、R_2、R_{18}、R_{19}：RJ-1-820Ω，R_3、R_8、R_{13}、R_{20}、R_{25}、R_{30}：RJ-1-470k，R_4、R_{21}：RJ-0.5-3.3k，R_5、R_{23}：RY-0.5-11Ω，R_6、R_{22}：RJ-0.5-3k，R_7、R_{24}：RJ-0.5-1.5k，R_9、R_{10}、R_{26}、R_{27}：RX1-10-22k±3%，R_{11}、R_{28}：RX1-10-30k±3%，R_{12}、R_{29}：RJ-0.5-6.2k，R_{14}、R_{34}：RJ-0.5-820Ω，R_{15}、R_{31}：RJ-0.5-1k，R_{16}、R_{17}、R_{32}、R_{33}：RX1-10-24k-±3%，R_{35}：RJ-1-200Ω。电位器 RP_1、RP_2：WX1-4B-560Ω±10%，RP_3：WX-4B-10Ω±10%。电容 C_1、C_2、C_{12}、C_{13}：CA1-40V-150μ，C_3、C_4、C_{14}、C_{15}：C404-0.01μ-1kV，C_5、C_6、C_{10}、C_{11}、C_{16}、C_{17}、C_{21}、C_{22}：CD-2-450V-20μ，C_7、C_{18}：CD11-25V-33μ，C_8、C_{19}：CIX-2-470p，C_9、C_{20}：CD11-10V-100μ。二极管 VD_1、VD_2、VD_9、VD_{11}、VD_{12}、VD_{14}、VD_{15}、VD_{22}、VD_{24}、VD_{25}、VD_{29}：2CP12，VD_4、VD_5、VD_6、VD_7、VD_{17}、VD_{18}、VD_{19}、VD_{20}：2DP4I，VD_{13}、VD_{26}：2DP4D，VD_{27}、VD_{28}：2CZ11A。稳压管 VD_3、VD_{16}：2CW21D，VD_8、VD_{21}：2CW20，VD_{10}、

VD_{23}:2DW7C,VD_{30}:2CW21E,VD_{31}～VD_{34}:10W100。三极管 VT_1、VT_2、VT_3、VT_6、VT_7、VT_8:3DG12B,VT_4、VT_5、VT_9、VT_{10}:3AG1E,VT_{11}:3DA14B,VT_{12}:3DD5B,VT_{13}、VT_{14}:D31F。保险丝 FU_1、FU_2:BGXP-1-20-0.5A,FU_3:BGXP-1-20-3A。变压器 T220V 的绕制,用 ϕ0.44mm 高强度漆包线,绕 1338 匝。25V 的绕制,用 ϕ0.11mm 高强度漆包线,绕 155 匝×2。265V 的绕制,用 ϕ0.16mm 高强度漆包线,绕 1700 匝。285V 的绕制,用 ϕ0.16mm 高强度漆包线,绕 1764 匝。14V 的绕制,用 ϕ0.64mm 高强度漆包线,绕 876 匝×2。

如想获得 570V 的高压直流电源可将 270V 的负极与 300V 的正极串接即可满足。

电源中的各级晶体管和元件参考电压如表 1-3 所附。

表 1-3

编号	型号	V_{ce}(V)	V_{bc}(V)	E_c(V)	V_z(V)
VD_3	2CW21D				7.5
VT_1	3DG12B	6	0.7		
VD_8	2CW20				15.5
VD_{10}	2DW7C				6
VD_{16}	2CW21D				7.5
VT_6	3DG12B	6.8	0.7		
VD_{21}	2CW20				15.5
VD_{23}	2DW7C				6
VT_{12}	3DD5B	7.4	0.85		
VT_{13}	D31F	65	0.6		
VT_{14}	D31F	60	0.6		
C_1	150μ			31	
C_5	20μ			335	
C_{11}	20μ			270	
C_{12}	150μ			31	
C_{16}	20μ			360	
C_{22}	20μ			300	
C_{23}	2000μ			15	

(二十一) W7805 稳压电源的应用

W7805 三端集成稳压电源具有低功耗、效率高、纹波系数小、输出电压稳定等优点。

1. 工作原理

电路如图 1-32 所示。各部分的组成及工作原理简述如下：

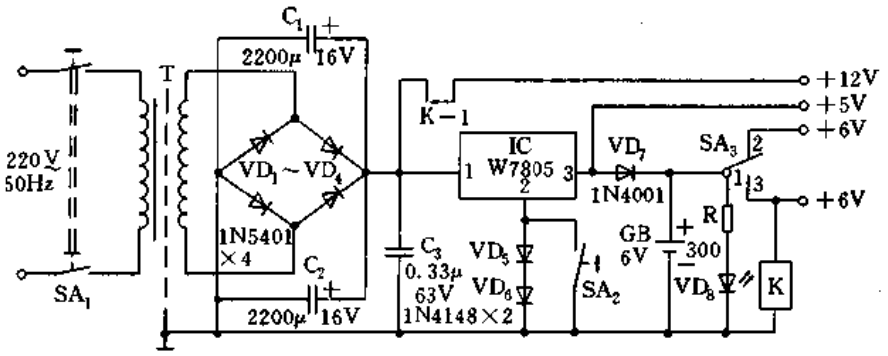


图 1-32

(1) 变压器 T：220V 市电加到变压器初级、次级降压 10V 交流电压。

(2) 整流滤波电路：它由四个二极管 VD_1～VD_4 组成桥式整流，C_1、C_2 组成滤波电路，使输入 10V 的交流电压变成约＋12V 的直流电压。

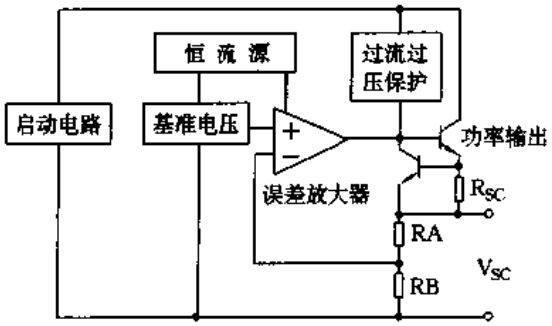


图 1-33

(3) 稳压部分 IC：把输入的 12V 直流电压变换成稳定的 5V 直流电压。它主要由核心元件集成三端稳压器 W7805 组成。C_3 为滤波电路，远离稳压器而联接，以避免寄生振荡。7805 集成电路属固定正电压输出的三端稳压器，内部由基准电压回路、恒流源、过流保护、过压保护和短路保护回路等八个部分组成。其功能框图如图 1-33 所示。对于三端稳压器 7800 系列而言，最后两位数字，表示输出电压的数值。

(4) 输出部分：为与电池 6V 电压相同，在 IC 的③脚与地之间串接两只 VD_5、VD_6 升压二极管，则输出电压为 6V 左右。VD_7 为隔离二极管，以防电池的电流流入 IC 电路中。有的负载只需 6V 单电源，则可将 SA_3 的 1、2 端闭合；而有的需两种电源即 6V 和 12V，把 SA_3 的 1、3 端闭合，继电器 K 动作，触点 K－1 闭合，这样两种电源可同时供给。将 SA_2 闭合时，可供 5V 直流稳压电源。

2. 元器件选择

发光二极管 VD_8：BT304(绿)。继电器 K：JRC－MC－DC6V。开关 SA_1：KNX(2×1)，SA_2：KNX(1×1)，SA_3：KNX(1×2)。

(二十二) 具有三组输出的稳压电源

本电源为集电极输出的串调电源，有三路输出，具有功耗小、效率高、体积小、重量轻、纹波低及稳压精度高等优点。且有过流短路保护装置。可广泛用于实验室、线路实验。可做为固态

电路和微处理机的供电电源，也可做专用仪器、仪表及其它电器设备的电源。

1. 主要参数

(1) 输入电压：220V、50Hz，允许电压变化±10%；

(2) 输出电压：+5V3A、+12V0.3A、−12V0.3A；

(3) 变压器 T：功率≥35VA。N1：12 V，N_2：2×15 V。

2. 工作原理

电路如图 1-34 所示。桥式整流二极管输出的直流电压，通过启动电阻 R_5 为三极管放大器 VT_2 提供一偏压，使 VT_2 迅速导通，VT_2 的发射极获取到的放大电流给调整管 VT_1 作基极电流，VT_1 导通工作，于是 VT_1 的集电极与地产生+5V 的稳压电源。

如果没有启动电阻 R_5，即使接通电源，在+5V 输出端也难以建立输出电压。当稳压电源进入正常工作状态，启动过程结束。

+5V 输出电压稳定后，集成电路 IC_3 的③脚通过取样电阻 R_{11}和 R_{12}，将分压值经内部中的比较放大电路，由⑦脚提供一个稳定电压送入 VT_2 的基极，使+5V 保持不变。若由于某种原因使输出电压超过某额定值时，其分压值升高，IC_3 的③脚电位增大，⑦脚电位输出高电位，VT_2 的发射极呈高电位，则调整管 VT_1 的管压降增大，因而使输出电压减小。如输出电压变小时，整个过程会向相反的方向变化，达到输出稳压的目的。

本电源+5V 的保护电路由三极管 VT_3，电阻 R_6、R_7 及 R_8 等元件所组成。其中 R_7 为检测电阻。当电源工作正常时，检测电阻 R_7 两端电压较小，不能使保护管 VT_3 导通，故保护管对电路正常工作无影响。一旦输出端发生过流时，R_8 两端的电压增大，保护管 VT_3 导通，VT_3 集电极电位升高，连接集电极的⑥脚电位随之增大，⑦脚输出高电位，VT_2 的基极电流减少，VT_3 的发射极与集电极的电阻增大，这样使输出电流将限制在正常的工作电流内。

+12V 和−12V 稳压电源是采用一块 W7812 和一块 W7912 的正负同时输出的稳压电源。用桥式整流器，变压器 T 中心抽头供给 IC_3 的⑧脚。IC_3 的工作电压是通过电阻 R_{12}提供给①脚的。

电路中 VD_9 为续流二极管。当调整管 VT_1 关断时，储能电感 L_1 两端极性发生变化，故产生较高的反向电动势，使二极管 VD_9 导通，从而保护了因 L_1 反向电势而击穿调整管 VT_1。为防止电容 C_9、C_{10}的放电电流流过稳压器 IC_1 和 IC_2，在其输出端并接 VD_{10}、VD_{11}，以提供放电回路，使 IC_1 和 IC_2 免遭逆向高压的击坏。在直流滤波电路中，要想获取纹波系数较小，比较高纯度的直流电源，同时使高频谐波串扰其它电路，因而设置了振流线圈 L_2～L_5。

3. 元器件选择

调整管 VT_1 除选用 D45H1 外，还可选用国产三极管 3DA27B、β=60～85。三极管 VT_2、VT_3：3CG5F、β=65～115。电阻 R_7 为 2W 水泥电阻、R_4 为 5W 水泥电阻，其它均为 1/4～1/8W 金属膜电阻。3DA27B 的散热器尺寸为 100×40×3mm³。IC_2 和 IC_3 的散热器尺寸为 120×40×3mm³。线圈 L_1～L_5 不宜选太大，这样，有利于提高带负载能力。

电子爱好者在制作完毕时，若想更完善，可在输入端和输出端分别加装发光二极管或指示灯及开关，这样可较好的显示输入和输出的工作状态。

在条件还可在输出安装一只 0～30V 的直流电压表，这样既方便又直观。

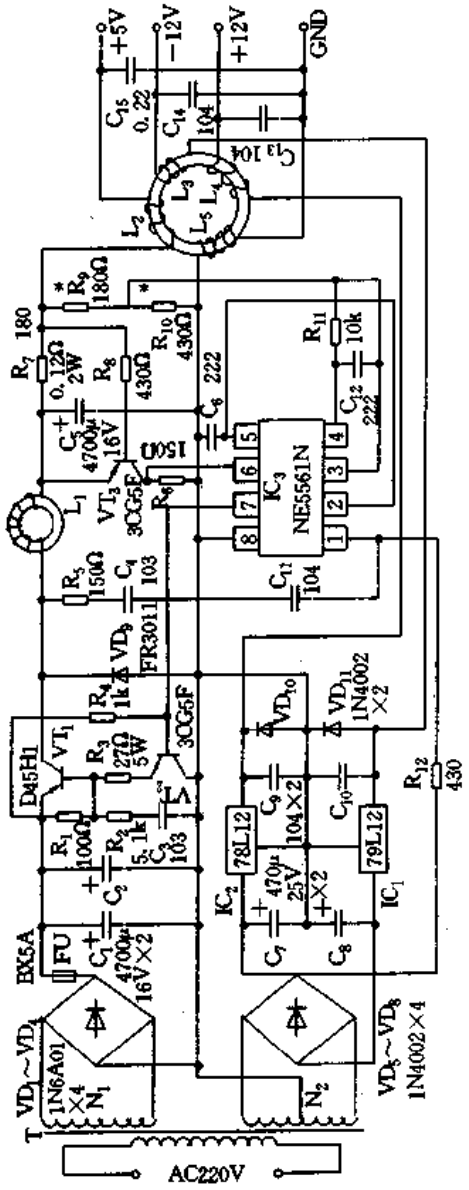

+5V
−12V
+12V
GND
AC220V
NE5561N
78L12
79L12
1N6A01×4
1N4002×4
FR3011
D45H1
3CG5E
3CG5F
EX5A

图 1-34

（二十三）串联型调整稳压电路

电路如图 1-35 所示。本稳压器采用发射极串联型调整电路。在＋24V 稳压电路中，电阻 R_{15}、R_{16}、电位器 RP_2 为取样电路。三极管 VT_5、VT_6 为单端输出的差分放大器。为提高稳压电路瞬态稳定度，降低输出内阻，差分放大器负载 R_{13} 电压由辅助电源、VD_{18} 供给；基准电压由电阻 R_{11}、稳压二极管 VD_{10} 提供给电阻 R_{14} 获得。三极管 VT_2、VT_3 为中间放大器，三极管 VT_1 为调整管。为输出电压 U_o 由于某种原因而上升时，在差分放大器的两输入端电压都要升高，但由于 VD_{10} 的作用，三极管 VT_5 输入端有 ΔU_o 的增量，而三极管 VT_6 输入端则有 $n\Delta U_o$ 的增量（n 为取样电路分压比），由于电阻 R_{14} 的深度负反馈作用，使三极管 VT_5 的集电极电流 I_{c5} 增大，管压降 U_{ce5} 下降，即三极管 U_{ce5} 下降，即三极管 VT_3 的基极电位下降，三极管 VT_1、VT_2、VT_3 的基极电流减小，调整管 VT_1 的管压降 U_{ce1} 增大，从而使输出 U_o 下降，抵消原来上升的 ΔU_o，使输出电压保持稳定，或者确切地讲使输出电压变化很小。

为防止过载，危及调整管，在稳压器中加有保护电路。在＋24V 稳压电路中，三极管 VT_4 为保护管，其基极电位 U_{b4} 由 VD_8 稳压二极管提供，经电阻 R_3、R_4 和电位器 RP_1 分压而得；而其发射极电位 U_{e4} 为输出电压在 R_5 上的分压与稳压器总负载电流 I_o 在取样电阻 R_7 上的压降之差，即 $U_{e4}=U_{R5}-U_{R7}=R_5U_o/(R_5+R_7)-I_oR_7$。在正常工作情况下，输出电流 I_o 为一恒定电流，即 $U_{be4}=U_{b4}-U_{e4}<0.7V$，所以三极管 VT_4 截止，不影响整个稳压器的工作。当输出端过载或短路时，I_o 急增，U_{R7} 增大，U_{e4} 减小，U_{be4} 上升，当 U_{be4} 达到≥0.7V 时，三极管 VT_4 导通，则调整管 VT_1 基准电位拉向“地”电位，使之截止，导致调整管 VT_1 的管压降 U_{ce1} 很大，输出电流 I_o 减小，其功耗被限制在很小的范围，从而达到保护的目的。

当电路过载时，由于三极管 VT_4 处于深饱和状态，不易自复，所以 RP_1 调整适当的值。调节电位器 RP_2，可使输出精确在输出电压值。电阻 R_{17} 为输出电容 C_{16} 提供泄放电流回路。

1. 元器件选择

三极管 VT_1、VT_2：3DD15、$\beta=10\sim30$。VT_3、VT_5、VT_6：3DG6D、$\beta=65\sim85$。VT_4：3DG405B、$\beta=65\sim115$。大功率三极管 3DD15 需加足够尺寸的散热器，其它元件参数值如图 1-35 标注。

2. 使用说明

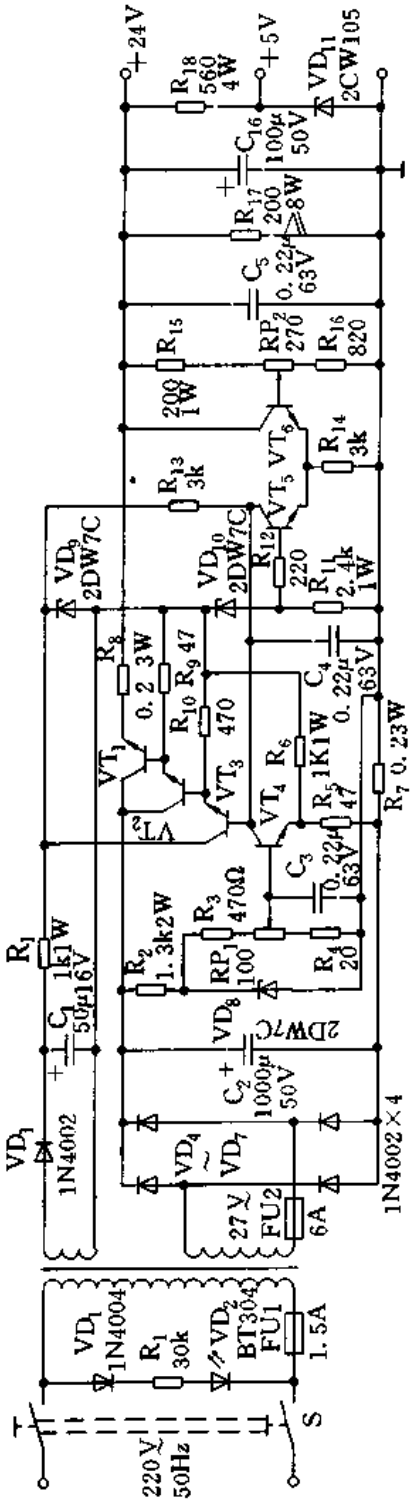
（1）发光二极管 VD_2 为显示工作指示灯。

（2）本输出额定电流为 1.2A，若想使输出电流增大，如使输出电流为 2.5A，可在大功率三极管 VT_1 并接两只同样型号的大功率三极管即可满足。

（3）如想获得＋5V 的稳压电源，可在电阻 R_{17} 与二极管 VD_{11} 之间接出一输出端即可。

（二十四）具有自动切换、无间断的稳压电源

本电源由变压、整流、自动切换、直流稳压等部分组成。本电源供给方式分三种，一、交流供电；二、－48V 直流供电；三、交直流并用供电。当使用交直流并用时又可分为两种状态，即直流供电为主，交流备用；或交流供电为主，直流备用。在这种工作状态下，一种电源中断，另一种


+24V
+5V
VD11 2CW105
R18 560 4W
C16 100μ 50V
R17 200 8W
C5 0.22μ 63V
RP2 270
R15
R16 820
200 1W
R14 3k
R13 3k
VT5 VT6
VD9 2DW7C
VD10 2DW7C
R12 220
R11 2.4k 1W
R8 0.2 3W
R9 47
R10 470
C4 0.22μ 63V
VT1 VT3 VT4
R6 1K1W
R5 47
R7 0.23W
C3 0.22μ 63V
R3 470Ω
R2 1.3k2W
RP1 100
R4 20
R1 1k 1W
C1 50μ16V
VD8 2DW7C
C2 1000μ 50V
VD1 1N4002
VD4~VD7
1N4002×4
27V
FU2 6A
VD1 1N4004
R1 30k
VD2 BT304
FU1 1.5A
220V 50Hz
S

电源即能自动投入供电，组成不间断供电方式，电源自动切换过程中，用电负载的正常工作不受任何影响。

为使本电源工作条件符合技术要求，进一步提高电源使用效率，本电路采用电流放大集电极输出型高效直流稳压电路，此种电路与一般的串联复合型稳压电路相比，具有电路结构简单、可靠性高，有较高电气性能指标，电源效率比较高等特点。使用交流供电时效率高达75%，使用直流供电时高达80%以上。

本电源输出电压分两组，一组为稳压输出－40V；另一组为直流－48V。

1. 技术指标

(1) 交流输入：220V±10%(220V±15%时保持工作)，50^{+15}_{-5}Hz；
(2) 直流输入：－48V±15%(－48V±20%时能保持工作)；
(3) 输出直流电压：－40±1V；
(4) 稳压精度：1%；
(5) 纹波系数：≤0.1%；
(6) 输出电流：2A；
(7) 过载保护：＞4A；
(8) 自动切换，无间断。

2. 工作原理

电路如图1-36所示。本电源采用电流放大集电极输出型高效率直流稳压电路，它由调整、放大、基准、取样、差动放大组成。R_{13}、RP_1、R_{15}为取样电路。R_{18}、VD_6、VD_7所组成的基准电路中，由于基准稳压管VD_7两端的电压基本不变，所以输出电压的变化全部反映到R_{18}两端，U_{R18}下降，则VT_9基极电位下降，集电极电流减小，VT_8集电极电流增大；由于VT_7基极电流就是VT_8集电极电流，所以VT_7集电极电流也增大，引起VT_6集电极电流增大，VT_4、VT_5调整管集电极电流增大，调整管内阻减小，使输出电压回升从而补偿了输出电压的下降。反之则起到相反的效应。调节RP即可使输出电压调整到所需数值－40V。

该稳压电路，本身就具有直接短路自动截止的保护作用。但为了解决使用中偶然发生的非直接短路状态下的过载问题，增加了自复式保护电路。保护电路由VT_2、VT_3、R_4、R_5～R_8、R_{12}、R_{14}组成。输出正常时，$U_{R5}>U_{R4}+U_{R7}$，保护管VT_2基极负偏而截止；过载时，$U_{R4}\uparrow$、$U_{R7}\uparrow$使$U_{R4}+U_{R7}>U_{R5}$，则VT_2开始导通，随着过载的加深，$U_o\downarrow$，$U_{R14}\downarrow$，VT_3的$I_c\downarrow$，$U_{R5}\downarrow$，$U_{R4}\uparrow$→$U_{R7}\uparrow$，从而使VT_2趋于饱和，则$I_{b6}\downarrow$，调整管电流减小，从而保护了调整管VT_4、VT_5在过载时免受损坏。由于本电路在保护过程中有相互反馈作用，从而使保护动作变得非常快速，当过载消除时能自动恢复正常。

由于集电极输出电路本身不能启动，因而加入了R_{11}和K组成的启动电路。为了减少因启动电路带来的“引入干扰”，所以接入继电器K，启动后自动将启动电路切断，由触点K－1控制。

为了达到直流供电为主，交流备用，直流中断时交流能自动投入的目的，为此加了自动切换电路，如图1-37所示。

本电路主要由图1-36中的隔离二极管VD_1、开关管VT_1和图1-37中的控制电路VT_{10}、VT_{11}、VT_{12}等组成。当－48V直流接入时，VT_{10}导通，VT_{11}导通，使VT_{12}截止，开关管VT_1关

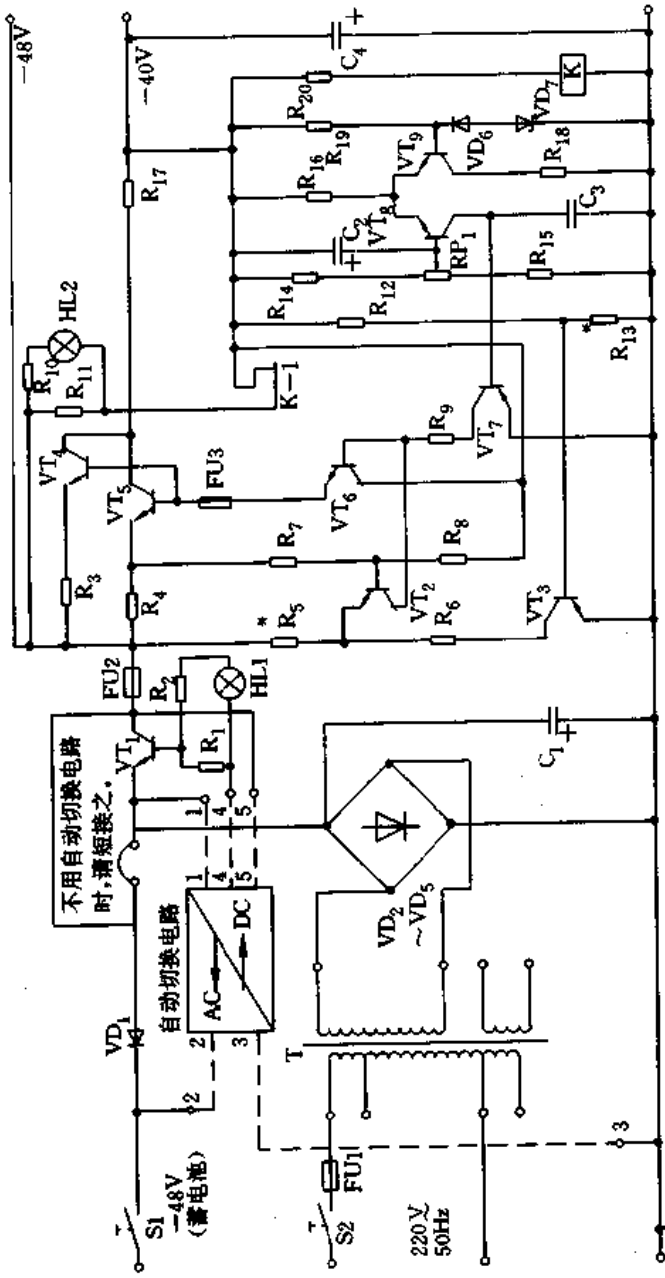

-48V
-40V
C_4
R_{20}
VD_7
K
R_{17}
R_{16}
R_{19}
VT_9
VD_6
R_{18}
C_2
VT_8
RP_1
C_3
R_{15}
R_{14}
R_{12}
R_{13}
HL2
R_{10}
R_{11}
K-1
VT_4
VT_5
FU3
R_9
VT_7
VT_6
R_7
R_8
R_3
R_4
R_5
VT_2
R_6
VT_3
FU2
R_2
HL1
VT_1
R_1
C_1
不用自动切换电路时，请短接之。
自动切换电路
AC
DC
VD_1
VD_2
~VD_5
T
S1
-48V
(蓄电池)
S2
FU1
220V
50Hz

图 1-36

闭，－48V 直流电经隔离二极管 VD_1 送入电路。此时交流电源开关 S_2 虽然接通，由于 VT_1 关闭，经变压整流后的直流，只能处于备用状态。当－48V 消失时，VT_{10}、VT_{11}截止，VT_{12}导通，开关管 VT_1 导通，变压整流后的直流经 VT_1 复合至电路，从而实现直流为主，交流备用。为使直流电池不致过量放电，通过 RP_2 的调节，可使切换整定到需要值。HL2 为切换指示灯，灯亮时为交流供电，反之为直流供电。

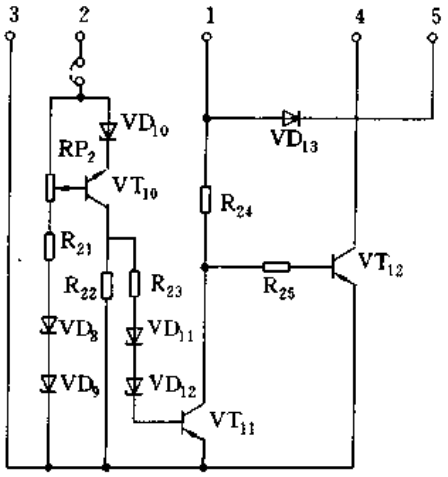


图 1-37

交流为主，直流备用时，只需将切换电路的 2 端断开，此时只要有交流供电，VT_1 始终处于导通状态。由于整流后的直流电压略高于－48V，所以直流不供电，处于备用状态，当交流电压过低或交流中断时，直流随即自动投入。

3. 元器件选择

电阻 R_1、R_{11}：RX20-20-200-±5%，R_2、R_{10}：RJ-2-470-±5%，R_3、R_4：RJ-2-1-±5%，R_5：RJ-0.5-24-±5%(10～51Ω)，R_6：RJ-2-2k-±5%，R_7：RJ-0.5-62-±5%，R_8、R_9：RJ-1-5.1k-±5%，R_{12}：RJ-1-10k-±5%，R_{13}：RJ-0.5-220-±5%；R_{14}、R_{16}：RJ-1-3k-±5%，R_{15}、R_{18}：RJ-0.5-1.5k-±5%，R_{17}：0.066Ω(用 φ1.2 锰铜丝 BMN40-1.5 自制)，R_{19}：RJ-1-3.9k-±5%，R_{20}：RJ-1-1k-±5%，R_{21}：RJ-0.5-2k-±5%，R_{22}：RJ-1-10k-±5%，R_{23}：RJ-0.5-5.1k-±5%，R_{24}：RJ-1-3k-±5%，R_{25}：RJ-0.5-30k-±5%。电位器 RP_1：WS-2-470Ω-16-3，RP_2：WS-2-2.2k-16-3。电容 C_1、C_4：CD13-100-1000μ，C_2：CD11-160-4.7μ，C_3：CBB22-160-0.1μ-±5%。三极管：VT_1、VT_4、VT_5：3DD10C，$BV_{CEO}\geqslant 10V$，$U_{CES}\leqslant 1V$，$\beta=50\sim110$。VT_2、VT_8、VT_9、VT_{10}：3DA87B，$\beta=50\sim110$。VT_3、VT_7、VT_{11}：3CG180A，$\beta=65\sim115$。VT_6：3DD12B，$\beta=50\sim110$。VT_{12}：YZ33C，$\beta=30\sim60$。二极管 VD_1：2CZ10-10A-100V，$VD_2\sim VD_5$：QL10-10A-100V(桥整)，VD_6、VD_{13}：1N4004。稳压二极管 VD_7、VD_9：2CW60，VD_8、VD_{10}：2CW58，VD_{11}、VD_{12}：2CW54。继电器 K：JZX-10M。开关 S_1、S_2：KN3A2×2。FU1：6×30-3A(保险管)，BLX(保险丝座)。FU2：6×30-5A(保险管)，BLX(保险丝座)。FU3：6×30-1A(保险管)，BLX(保险丝座)。HL1：XZ-24V-0.04A(指示灯)，DH16-1A(红色指示灯座)。HL2：XZ-24V-0.04A(指示灯)，DH16-1A(白色指示灯座)。

4. 调试与使用

(1) 保险丝 FU3 是为了防止万一 VT_6 损坏时，不致同时损坏调整管，因此凡发现 FU3 保险丝烧断时，请先检查一下 VT_6 是否损坏，然后才能换上新的同规格保险丝。

(2) 当晶体管击穿，输出失控，电压升高，且不稳压时，可用下述方法快速判断击穿管的部位：断开反馈控制调整电路，再开启电源，如仍有较高电压输出，说明调整管已击穿其中一只，反之则调整管是好的，问题在控制调整电路上，可分别检查 VT_6、VT_7、VT_8、VT_9 及 VD_7 是否击穿。

(3) 当发现输出电压下降，或无输出时，请先检查保险丝是否损坏，然后检查 VT_2、VT_9 是否击穿，$VT_6\sim VT_8$、VT_3、VD_7 是否开路。

(4) 不能启动时，请检查 K 继电器 K_{-1} 接点是否接触良好。

(5) 如在使用过程中因个别元件换后，造成保护动作电压有所变化，可适当改变 R_5 的电阻值的数值。

(6) 当发现 −40V 电压偏离过大时，可适当调节电位器 RP_1，顺时针调节电压上升，反之下降。

(二十五) 晶体管直流稳压电源

1. 技术指标

(1) 输入交流电压：220V、50Hz，允许电压变化±10%；

(2) 输出直流电压及负载电流：+5V、5A 及+12V、2A；

(3) 输出电压调整范围：±0.5V；

(4) 电压稳定度：$\leqslant 5\times10^{-3}$；

(5) 负载稳定度：$\leqslant 5\times10^{-3}$；

(6) 输出纹波：≤1mV。

2. 工作原理

电路如图 1-38 所示。合上电源开关 SA，变压器 T 的次级两绕组分别感应出 6V 和 13.5V 交流电压。当启动开关 SB1 时，误差放大管 VT_5 的基极将获得基极电流而导通。由于 VT_5 的集电极输出恒定电流，因而给 VT_4 的基极提供一恒定的基流，使复合管 VT_3、VT_4 输出一恒定的集电极电流去控制复合调整管 VT_1、VT_2 输出的额定 5V 直流稳定电压。

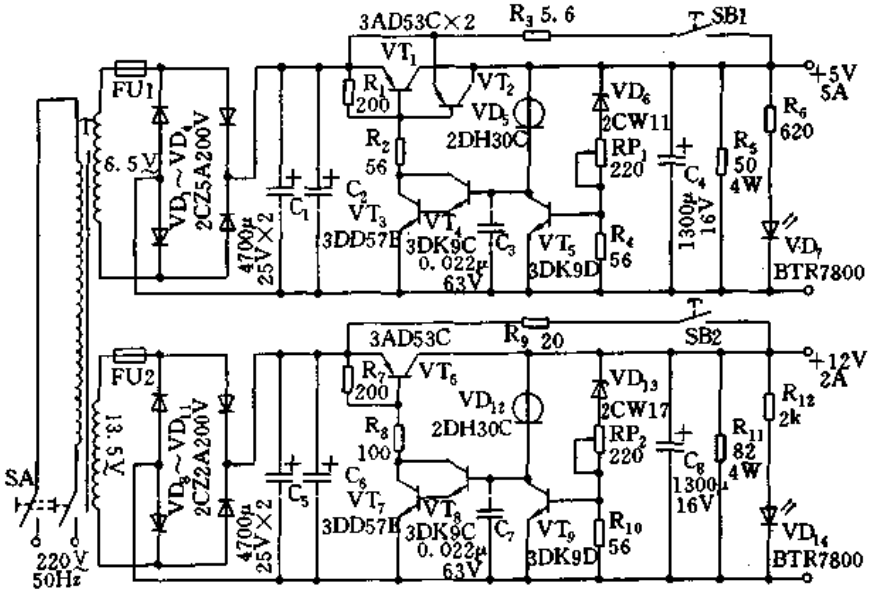


图 1-38

电路中如果没有启动电阻 R_3(R_9)，即使接通电源有输入电压，输出端也难以建立起电压，误差放大管 VT_5 将不能工作，VT_3 和 VT_4 均截止，VT_1 和 VT_2 也因无控制电流而处于截止状态。当在 VT_1 和 VT_2 的集、射极间并联上启动电阻 R_3 后，输入电压便通过 R_3 对输出端的滤波

电容 C_4 进行充电，并逐步建立起电压，当电压升高到一定值时，VT_5 开始工作，相继 VT_3、VT_4 进入放大状态去激励并推动 VT_1、VT_2 工作，使之迅速进入正常的工作状态。VT_1 和 VT_2 为两只并联式复合调整管，以满足输出电流的要求。VD_5 是一种能在很宽的电压变化范围内提供恒定电流的半导体器件，具有直流等效电阻低、交流动态阻抗高，温度系数小等特点。

实践证明，当负载电流变化范围较大时，直流输出电压变化和纹波电压都比不用恒流二极管的稳定电源小。C_3 为消振电容。C_4 不仅是输出端的滤波电容，同时还可防止稳压电路产生振荡，改善稳压电源的暂态响应。

+12V 稳压输出的工作原理与+5V 一样，在此不再赘述。

3. 元器件选择

电源开关 SA 用 KNX2－2。按钮开关 SB1、SB2：选 CAN。保险管 FU1、FU2 用 BLX－1。其它元件参数按图中标注选用。

4. 使用时应注意

(1) 若想使+5V、5A 变成+5V、2A 稳压电源输出，可省去三极管 VT_1 或 VT_2 中的一个，其它元件仍保持不变。

(2) VT_1、VT_2、VT_3、VT_6、VT_7 要求安装散热器，其尺寸大小可根据输出电流的大小自行合理设计。如有条件，可利用电源变压器外壳作散热器，这样不仅可以省去占用较大空间的散热器，还能大大改善散热效果。

(3) 将电网接通，闭合电源开关 SA，+5V、+12V 各有启动开关 SB1、SB2，欲使用哪一路电源即可开启相应开关。

(4) 启动后指示灯亮，即表示有输出电压。若输出电压有偏差，可调节输出电压的电位器，可调节范围为±0.5V。

(5) 当输出短路时，无输出电压，排除短路故障后，检查保险管是否烧断，最后按相应的启动开关即可正常工作。

本晶体管直流稳压电源只要元件选择无误，正确焊接，一般不用调测，一装即成。

(二十六) 对称输入非对称输出的稳压电源

本文介绍一种两路输出电源，对称输入、非对称输出。由于两路输入电压取值一样，故采用一只具有中心抽头的变压器，输出+12V 和－18V 两组稳压电源。

1. 工作原理

电路如图 1-39 所示。220V 交流电经变压器 T 降压，由二极管 VD_1～VD_4 全波整流，电容 C_1、C_2 滤波。+12V 输出稳压电源是由取样电路 R_5、R_6 及 RP_1 与三极管 VT_3 的射极基准电压比较放大后，由 VT_3 的集电极电压去控制复合管 VT_1 和 VT_2 进行电压调整，在 VT_1 的发射极与地之间得到+12V 的稳定电压。

－18V 输出稳压电源是由取样电路 R_{13}、R_{14} 及 RP_2，经射极输出器 VT_7 与三极管 VT_6 的基极电压比较放大后，由 VT_6 的集电极去控制复合管 VT_4、VT_5 进行电压调整，在 VT_5 的发射极与地之间有－18V 的稳定电压输出。

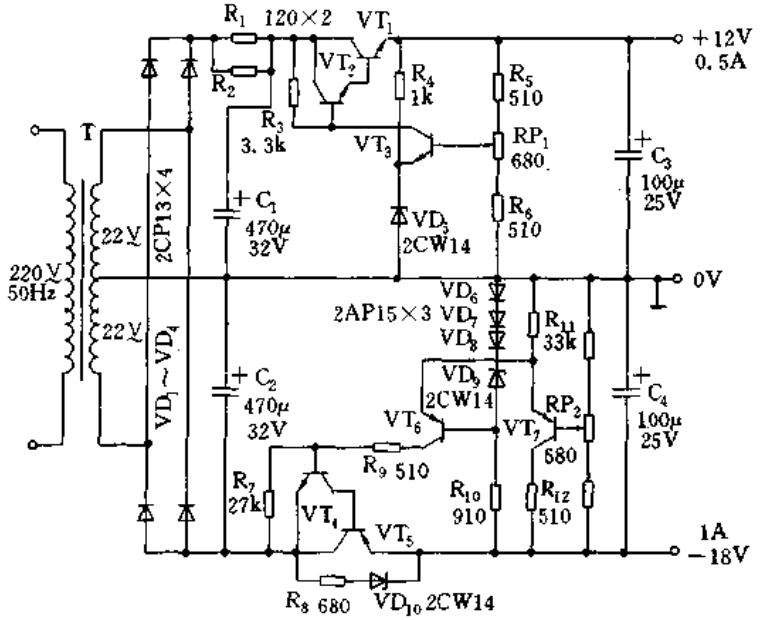


图 1-39

R_1、R_2 为限流电阻，以防止复合管 VT_1 和 VT_2 过饱和。为补偿 VT_6 的 U_{be6} 随温度的变化，在 VT_6 的基极串接三只二极管进行温度补偿。电阻 R_8 用来限制启动电流不超过 VD_{10} 的最大允许电流。若输出短路时，输入电压全部加在启动电路 R_8、VD_{10} 上，启动电路导通使短路端仍有较小的电流。当短路故障排除后，电源将自动恢复正常的工作状态。

2. 元器件选择

三极管 VT_1 为 3DD4C、$\beta=60\sim80$，VT_2、VT_4 为 3DG12B、$\beta=65\sim115$。VT_3 为 3DK2B、$\beta=60\sim80$，VT_5 为 3AD30C、$\beta=60\sim80$，VT_6、VT_7 为 3AX24、$\beta=60\sim80$。

3. 安装与使用

(1) VT_1、VT_5 需安装散热器。其 VT_1 的尺寸为 $30\times75mm^2$，VT_5 为 $55\times75mm^2$，其厚度均为 1.5～2mm。

(2) 调节电位器 RP_1，可使输出电压在 12V±1V 范围内变化。

(3) 调节电位器 RP_2，可使输出电压在 −18V±1V 范围内变化。

只要元件选择无误，按图正确连接，一般不用调试，装上便能成功。

(二十七) 高效稳压电源

一般的稳压直流电源是由变压器降压、二极管整流、电容滤波，再由稳压电路稳压而得到。若变压器次级有中心抽头，则只要用两个二极管进行全波整流。若变压器次级无中心抽头，则要用四个二极管进行桥式整流。由于这种电源的滤波电容两端的直流电压、会随变压器初级交流市电源的稳压范围广，就必定造成用电效率低，使稳压电路自身功耗大、发热明显，而本文所介绍的是一种稳压范围广，用电效率又高的稳压直流电源。此稳压电源能根据市电高低，自动选择变压器次级抽头；当交流市电偏低时，会自动接通较高电压的抽头；当交流电正常时，又会自动接通较低电压的抽头。这样，能够减少滤波电容两端电压的变动。

1. 工作原理

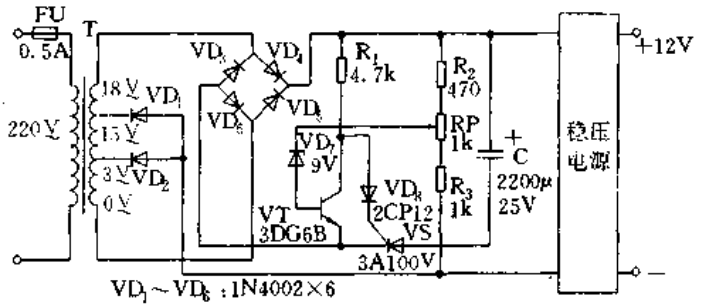


图 1-40

具体电路如图 1-40 所示。与一般的稳压直流电源相比，此电源所用的变压器不同，它有四个次级接头，并且两边相邻的两个接头电压差是相同的，图中是 3V。另外，此电源还加用了三个二极管、一个单向晶闸管 VS、一个三极管 VT、一个稳压二极管等元件。当交流市电正常时，滤波电容 C 两端电压也正常，对应三极管的 VT 饱和导通，结果单向晶闸管 VS 因无触发电压而截止。这样，二极管 VD_3、VD_5 没有参加工作。在交流电的正半周，电流经 VD_4，滤波电容 C 和 VD_2 构成回路。在交流电的负半周时，电流经 VD_6、滤波电容 C 和 VD_1 构成回路。这时，变压器输出相当于 15V 电压。当交流市电偏低时，会引起滤波电容 C 两端电压的下降。当 C 两端电压下降到一定值时，三极管 VT 截止，结果晶闸管 VS 导通，此时二极管 VD_1、VD_2 截止，不参加工作，滤波电容两端电压由 VD_3～VD_6 进行桥式整流得到。结果，C 两端电压不因交流市电的降压而降低太多。

图中，六个二极管和一个单向晶闸管的工作电流应根据负载电流大小而选定。按图中的数据，负载电流可达 1.5A。经普通的稳压电路稳压后，可输出 12V 稳定电压。因此本电源特别适用于小屏幕黑白电视机中。变压器 T 可选用功率为 35W 左右即可。

（二十八）"洼田式"稳压电源的改进应用

顶级功放为避免大功率输出时电源电压跌落引起的调制失真，提高电源利用效率和电路稳定性，通常采用高低压供电方式，即电压激励级用较高电压稳压供电，电流输出级用较低电压不稳定供电。"洼田式"稳压电源源于日本，是发烧界极负盛名的高性能稳压伺服电源，其特点是采用差分取样伺服电路。VMOS 管作调整管，具有高稳定，低噪声，高速率，低内阻（达微欧级）。用它作为功放电压激励级供电实乃最佳选择。该稳压电路中使用了四只恒流管，该管不仅价高难觅，而且受耐压（一般仅 50V）的限制，输出电压一般只能做到 35V 左右，使之与 50W 以上功放无缘。这就限制了其普及和应用范围，电路如图 1-41 所示。

因此，若对该电源电路进行分析计算，试用固定电阻（图中的 R_2、R_3、R_7、R_8）取代四只恒流管获得成功。这样，电路输出电压只受电容和三极管耐压限制，做到 80V 也非难事。这样改动后，仅对电源内阻和稳定性稍有影响，但不稳定度仍≤0.6%，是以满足大功率高级功放要求。对改进的"洼田式"稳压电源实验电路如图 1-41 所示，其输出电压为±45V，可供 100W 功放使用。该电路工作 3 小时后，实测输出电压变化（升高）仅 0.3V，输出电压降低 15%时，仍可保持输出电压不变。

电路制作要点：调整管压差应≥10V。两异极 VMOS（可用同类型 TO-220 封装管代替）和两对差分管配对误差应≤5%，耐压＞1.5 倍工作电压，因而 9014、9015 应挑选耐压≥70V 的原装品，或改用高反压管 2N5401、2N5551。相应元件要选用优质电解，五环金属膜电阻，CBB 电容。双桥整流交流输入以同相为宜。由于取消了恒流管，VD_9、VD_{10} 的质量尤显重要。要选温度特性好，且尽量配对。使用者也可用数只发光二极管串接代替，以求较小的噪声和稳定性。但

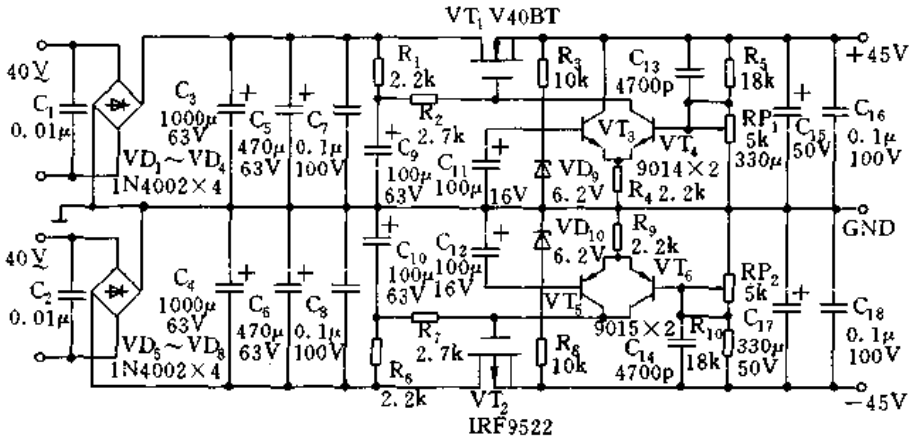


图 1-41

R_4、R_9 应酌情增减。调 RP_1、RP_2 可微调输出电压，使之对称。RP_1、RP_2 调定后，要用固定电阻（本电路为 3.9kΩ）代替。当负载电流大于 50mA 时，两 VMOS 要配一小散热器，以便提高电源效率和电压的稳定性。

（二十九）轻触式换挡稳压器

步进式换挡稳压电源一般是采用波段开关进行切换，这种形式不仅操作不舒服、噪音大，而且从低位至高电位时必须逐级转换，时间长了，会造成转换开关的加速损坏。

这里介绍的轻触式稳压电源，则采用电子开关进行切换。面板设有八个触摸钮及八个发光二极管，新颖别致、操作方便、可靠性高。并且能实现低位至高位间的任意两位的快速转换。

1. 工作原理

电路如图 1-42 所示。S_0～S_7 为电子切换开关，VT_1、VT_2、IC3 及 A_0～A_7 八个触摸钮构成轻触式选择电路。通电后，经 C_{15}、R_{39} 的微分脉冲，使 IC3 清零，Q_0="1"，SO 接通，IC1 即自动置于最低位输出（1.5V），同时 VD_8 点燃。

若需选最高位输出（12V）时，手指轻触 A_7，R_{22}、R_{38} 及手指电阻的分压使 $\overline{EN}$ 从"1"变为"0"，IC3 计入一个负脉冲，Q_1="1"，Q_0="0"。此时 R_{20}、R_{21} 的分压提供 VT_1、VT_2 振荡的起始电压，VT_1、VT_2 工作，CL 计入正脉冲，IC3 的高电平输出从 Q_2、Q_3……向高处移动。当 Q_7="1"时，EN 恢复为高电平"1"，IC4 停止计数，Q_7 的输出经 R_{17}、C_{11} 延迟后使 S_7 接通，IC3 的输出电压跳变为 12V，同时 VD_{15} 发光指示。

由于 VT_1、VT_2 的振荡频率很高，故从低位转换至高位只是刹那间的时间（小于 20ms）。同理，若触碰 A_0～A_6 时，输出电压也会自动转换至相应挡位。

2. 元器件选择

电容 C_4～C_{11}：0.01μ。电阻 R_{10}～R_{17}：1M，R_{23}～R_{30}：3k，R_{31}～R_{38}：100k。三极管 VT_1：9012，VT_2：9013。集成块 IC1：LM317，IC2（S_0～S_7）：CD4066，IC3：HEF4017。IC3 最好选用飞利浦公司的 HEF4017BP（因 HEF4017BP 的输出电流较其它公司的产品要大些）。VD_7 选用 9～12V 左右的进口稳压管为宜。触摸钮可用铜箔板刻制。变压器 T 采用 12～14 英寸黑白电视机电源

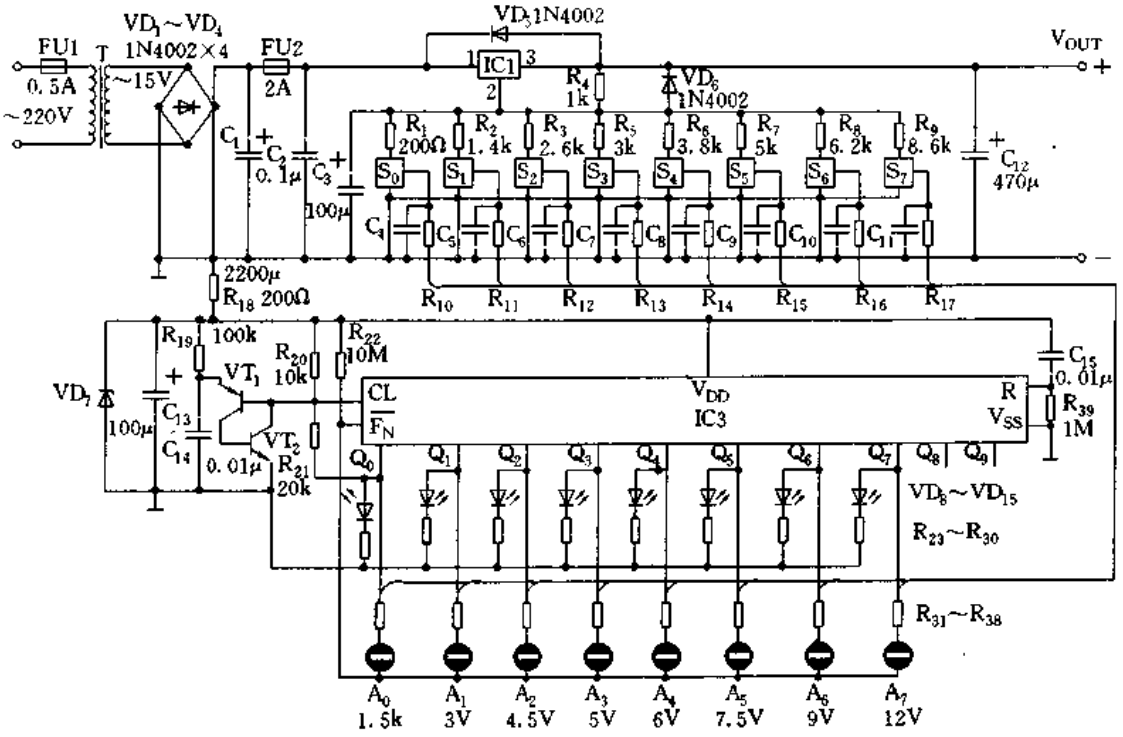


图 1-42

变压器。其它元件无特殊要求。

3. 电路调试

整个电路安装无误后即可通电，VD_8 应点亮，测 V_{OUT} 应为 1.5V，若有误，可通过微调 R_1 进行校正。触碰一下 A_1，VD_9 点亮，微调 R_2 使 $V_{OUT}=3V$。……依次将各挡输出电压都校正。若输出电压不能换挡，则是 VT_1、VT_2 没有起振，应检查相关电路。本电源在实际装制时，也可将 R_{10}～R_{17}，C_4～C_{11}省去不用。

（三十）并联式稳压电源

如图 1-43 所示是一台并联调整式稳压电源具有高速、低噪、低内阻的特点。为 Hi-Fi 电路供电，效果非常好。在噪声、音乐的细致度和延伸感等方面，均是串联稳压电源所无法比拟的。

LM317 与 22Ω 电阻构成一个恒流值为 560mA 的恒流电路，提供整个回路的总电流。结型场效应管 2SK30 为发光二极管提供一个恒定电流，在发光管两端得到一个噪声很低的稳定的基准电压。运放 LM741 组成电压比较器，对取样网络获得的电压与基准电压进行比较，控制分流管 3DD15 的电流，从而使输出电压恒定在某一设定值。

电路选用的都是常见通用元器件，但有几个地方要注意：

(1) 2SK30 的恒定电流约 3～6mA，要求上下配对，参数值尽可能一致。

(2) 发光二极管 VD_1、VD_2 用 ϕ5mm 的，压降为 1.6～1.65V，同样要求上下配对。

(3) 3DD15 的 β 值尽量选取大一点的，希望能大于 60，散热器也要足够大。

(4) 取样网络电阻 R_5～R_8 要确保稳定性。

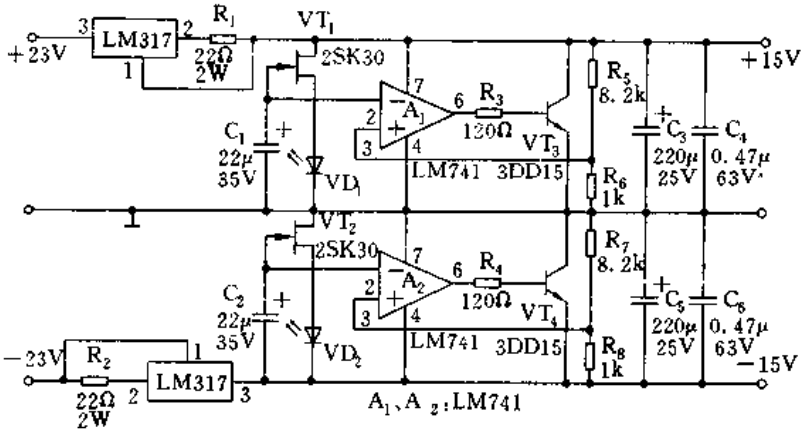


图 1-43

(5) 配用的变压器的功率不应小于 40W，采用环形变压器更为理想。

(三十一) 高性能稳压器

图 1-44 为一个配合开关型电源进行工作的线性稳压器。图中稳压管 VD_1 及恒流源 IC_3 为 IC_{1a}提供一个稳定的参考电压，IC_{1a}是结型场效应运算放大器，它具有较宽的输入电压范围，一般电源变化上限不会超出这个范围。同时运放会滤掉高频脉动和瞬变电压。

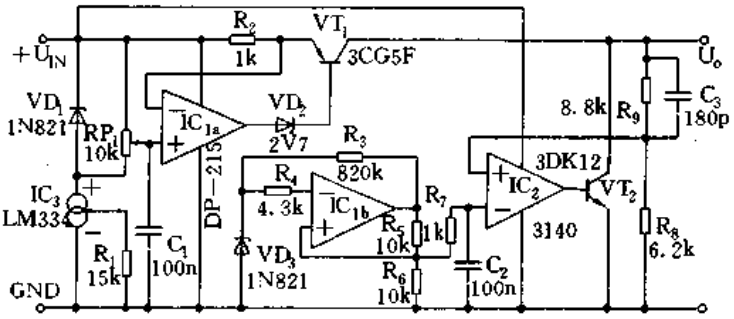


图 1-44

IC_{1a}是误差信号放大器，控制 VT_1 使 R_2 两端电压恒定，因此通过 R_2 和 VT_1 的电流也保持恒定。IC_{1b}为 IC_2 提供一个稳定的参考电压，IC_2 是误差信号放大器，控制 VT_2。IC_2 和 VT_2 组成一个并联型稳压器，稳定输出电压 U_o。

(三十二) 采用三端集成稳压器的多组输出稳压电源

本电源是采用三端集成稳压器构成的六组稳压输出电源。它具有成本低、体积小、效率高、重量轻、纹波低、稳定精度高等优点。且有过流、过热、短路和安全工作区保护。可供实验室、线路实验、固态电路和微处理机用作供电电源，也可用作仪器设备的供电电源。

如图 1-45 给出了该电源的原理线路。二极管 VD_3～VD_6、VD_{15}～VD_{18}为 2CZ3A/200V，VD_7～VD_{10}、VD_{11}～VD_{14}为 1N4002，由它们组成桥式整流电路。VD_1 为 1N4004 或 1N4007。发光二极管 VD_2、VD_{19}～VD_{22}为各组电源的指示信号灯。电容 C_1～C_4、C_{11}～C_{14}、C_{19}～C_{22}、C_{27}～

C_{34}为 0.01μF63V，作桥式整流电路的高频电容，其主要作用是抑制调制干扰。电容 C_5、C_{15}、C_{23}、C_{31}为 3300μF25V，为电源输入的平滑滤波电容。电容 C_7、C_{17}、C_{25}、C_{33}为 220μF16V，它既起平滑滤波，同时还可改善负载瞬态响应。电容 C_6、C_9、C_{16}、C_{32}、C_{35}为 0.33μF63V，是用来抑制高频干扰和防止可能产生的自激。同时，还有抑制输入端瞬态过压作用，有利于稳压器的安全。电容 C_8、C_{10}、C_{18}、C_{26}、C_{34}、C_{36}为 0.1μF63V，主要抑制高频干扰。电阻 R_1 为 30k、1/2W；R_2、R_7 为 1.2k；R_3 为 3k；R_4、R_6 为 1k；R_5 为 200Ω，其电阻功率均为 1/4W。电位器 RP 为 2.2k、1/2W。保险管 FU1～5 为 BLX-1。电压表 PV 为 85C1、0～30V。波段开关 S6 为 KB3C-11W-4D。

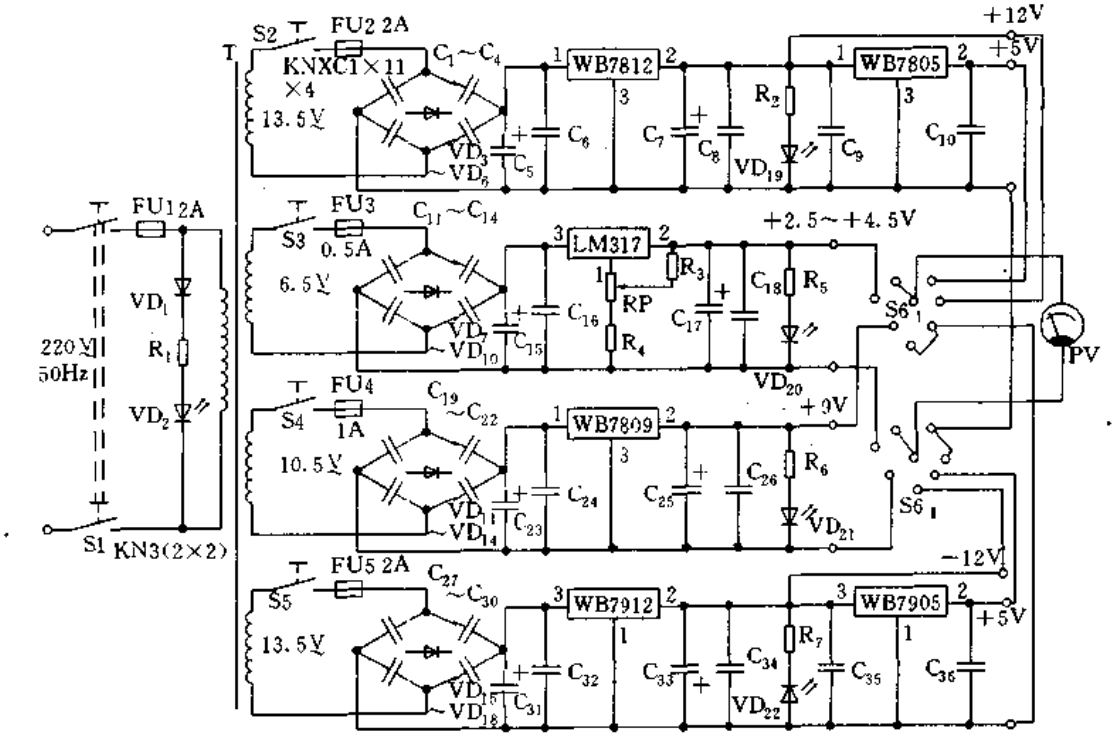


图 1-45

只要元件无误，按图正确连接，不需调试，一般装后便可工作。

为了保证三端集成块输出额定电流时，不被损坏，需加足够尺寸的散热器。WB7805、WB7812 和 WB7905、WB7912 分别装在同一块散热器，其面积约为 700 平方厘米。WB7809 的面积为 250 平方厘米。LM317 的面积为 200 平方厘米。其厚度均为 3 毫米。

使用方法：

（1）将电网电源接通，闭合电源开关 S1，发光二极管 VD_2 显示输入指示信号。+2.5～+4.5V、+5V、+9V、+12V、−5V、−12V 各自有启动开关，欲使用哪一路电源即可启动相应开关。

（2）启动后，指示灯燃亮，即表示有输出电压。欲看输出电压是否正常，可拨动相应的选择开关 S6。调节电位器 RP，可使输出电压在+2.5～+4.5V 内变化。

（3）过热、过流或短路即可保护，输出无指示，排除故障后，可按相应的启动开关，即可恢复。若仍无输出，可检查设置的保险管是否烧断。

（三十三）给数字万用表加装直流稳压电源

数字万用表是一种新型的测试仪表。它比一般的指针式机械万用表具有很多优点。例如：测试速度快、测量精度高、读数直观无视差和结构小巧、重量轻、便于携带等。正是它有如此之多的优点，因此，适于各种场合使用，特别是在要求测试精度高的地方。一般数字万用表均为便携式的。为了方便携带，其电源大部分是采用 9V 集成电池。这种 9V 电池的容量很小(约几百 mAh)，电池的寿命很短。这样，一方面影响测试工作的正常进行，另一方面电池的费用也较高，为此，下面提供一种给数字万用表加装直流稳压电源的方法，以作参考。

由于数字万用表是按电池为工作电源设计的，电池在使用过程中电压是逐渐上升，因此在改用稳压电源对稳压精度要求不高，且工作电流也不大，采用简单的稳压二极管稳压就能满足要求。

电原理图如图 1-46 所示。电源变压器 T 采用容易得到的 220V/6.3V～12V 的小指示灯变压器。其功率约 1W，体积小巧紧凑，质量较好。当采用 220V/6.3V 变压时，X、Y 两端可获取约 14V 的直流电压；采用 220V/12V 变压时，X、Y 两端可获取约 14V 电压。若想获取到 9V 的直流输出电压，必须合理地选取限流电阻 R 和稳压二极管 VD 的数值，简略计算如下：

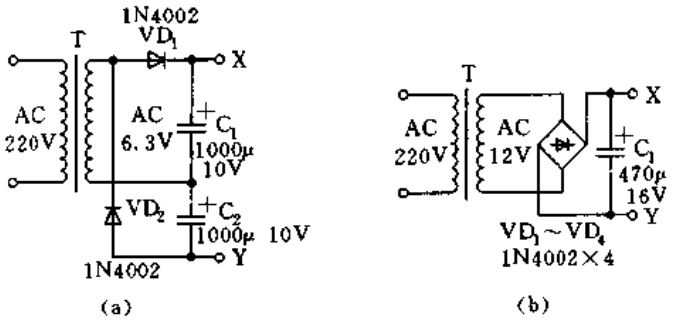


图 1-46

取数字万用表最大电流 I_f 为 50mA(有一定余量)，稳压管最小稳定电流 I_w 为 10mA，则流过 R 的电流 $I_R = I_w + I_f = 10 + 50 = 60mA$，R 两端电压 $V_R = 14 - 9 = 5V$，R 电阻值：$R = V_R/I_R = 5/60 \times 10^{-3} = 83.3\Omega$，取标准值 R 为 82Ω。R 消耗的功率 $P_R = I^2R = (60 \times 10^{-3})^2 \times 82 = 0.3W$。

取 R 为 82Ω，1W 金属膜电阻 RJ。

稳压管查手册选：2CW107 或 2CW108。

由于稳压管稳压值有一定的离散性，故实际应用时，要用电压表测量，一般在 9.0～9.5V 之间均可用。

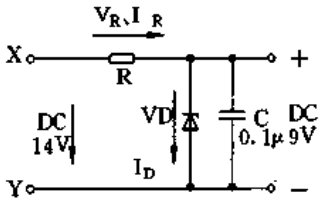


图 1-47

实际制作时，可以充分利用手头上现有材料，如果有坏的市售的小型交直流变换器（大都为单放机配备的），则其外壳、插头线等能直接应用，将给制作带来很大的方便。电路板可以自行设计，也可采用万能板改制。如图 1-47 的输出电压、电流不适合需要，可以按自己的要求酌情变更元件参数。为了便于使用，应在数字万用表的空闲位置装一 φ2.5 的小插座，以便于和直流稳压电源的插头相连接。需注意一下：在使用直流稳压电源时，直流电源的极性千万不要接错，否则将损坏数字万用表。

二、可调直流稳压电源

（一）1～37V 可调电源

用集成稳压器 IC 组成的 1～37V 连续可调稳压电源电原理图如图 2-1 所示。该稳压器外接扩大输出电流的调整管 VT_1 时，其输出电流可达 2A。输出电阻小于 0.05Ω，输出纹波电压小于 1mV。

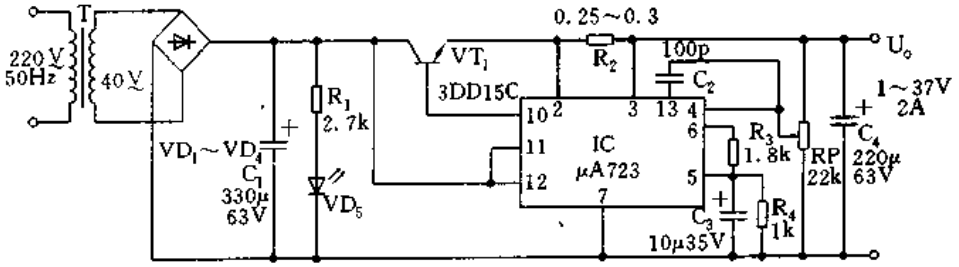


图 2-1

取样电路是由电位器 RP 构成，由于电位器 RP 的滑动臂接在集成稳压器 IC 的④脚上，调整 RP 的阻值就可使输出电压在 1～37V 范围内连续变化。当 RP 的阻值为零时，输出电压为 1V。调整管 VT_1 输出端接的电阻 R_2 为限流保护电路的检测电阻。当稳压电源输出电流 I_o 大于 2A 时，R_2 两端的电压便大于或等于 0.6V，该电压加在 IC 的②、③脚之间，使 IC 内部的限流保护电路启动，从而保护了稳压电源的安全。

1. 元器件选择

二极管 VD_1～VD4 选 QL2A63V（全桥）或 1N5395（2A、400V）。发光二极管 VD_5 用 BT301A～B（绿）。集成稳压器 IC 选 μA723PC 或 MC1723 或 LM723。三极管 VT_1 为 3DD15C、β 在 40～60 间。为保证外接调整管 3DD15C 输出额定电流时不被损坏，需加装足够尺寸的散热器。本电源散热器可用厚 3mm，宽 100mm、长 250mm 的铝板制作。电源变压器 T 用舌宽为 25mm、叠厚为 50mm 的铁芯。初级线圈用 Φ0.41mm 高强度漆包线绕 880 圈，次级用 Φ0.12mm 高强度漆包线绕 170 圈。

2. 使用时注意

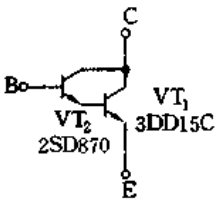


图 2-2

（1）保护电流 I 决定输出电流 I_o 的大小，取决于 $R_2=0.6/(1.1\times I)$，现 R_2 为 0.25～0.3，则输出电流为 2A。

（2）若 R_2 改为 1Ω，3DD15C 改为 3DD4E，其它元件不变，输出电流为 500mA。

（3）若 R_2 改为 0.15～0.2Ω，3DD15C 改为复合管，如图 2-2 所示。I_o 可达 3A 左右。最好将电源变压器 T 的额定功率更换大一点，其它元件则不必变动。

(4) 电压调整范围 U_o 取决于电位器抽头的取样，但下限不低于 $U_o=(R_4/(R_3+R_4))U_z$ (U_z 为内部基准电压)；上限值不得高于 $U_\sim$ (次级电压)。

(二) 1.25～30V 可调集成稳压器

本文介绍的集成可调稳压电路，此分立电路稳压电源简单，而且性能更优越。配上合适的电源变压器，输出电压调节范围很宽，可以从 1.25V～30V 范围连续可调；输出电流可达 1.5A。本电路采用 LM317 三端集成稳压器，其内部已具备过载和过热保护。外加少量元件组成的可调稳压电路。该电路使用方便、工作安全可靠，可作为各种电子小制作的直流电源。

1. 工作原理

电路如图 2-3 所示。LM317 三端可调式集成稳压器是近年来出现的新型集成稳压电路，由于 LM317 的③脚与①脚之间电压为恒定值 1.25V，可以看作是基准电压，所以由固定电阻 R_1 (应小于 240Ω) 与电位器 RP_1 组成的取样分压电路，也可以用来调节输出电压，可按下式估算：

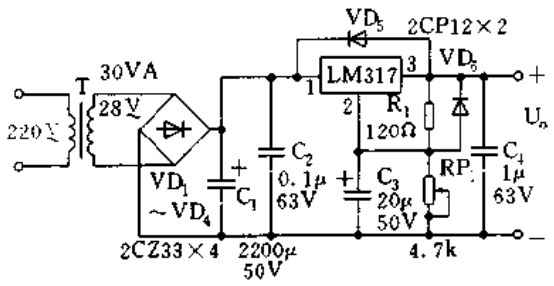


图 2-3

$$U_o=1.25V(1+RP_1/R_1)$$

调整端②的电流极小，所以流过 R_1 和 RP_1 的电流几乎相等(几 mA 电流)，通过改变电位器 RP_1 的阻值就能改变输出电压 U_o。

LM317 为了保持输出电压的稳定性，要求流经 R_1 的电流要小于 5mA，这就限制了电阻 R_1 的取值。此外，还应注意：LM317 在不加散热器时的最大允许功耗为 2W，在加 200×200×3mm³ 散热板后，其最大允许功耗可达 15W。

其中，VD_5 为保护二极管，用来防止输入短路而损坏 IC；VD_6 用来防止输出短路而损坏 IC；C_1、C_4 用以输入、输出滤波，C_4 还能改善输出端的瞬态响应性能；C_2 用以吸收输入端的瞬态变化电压，具有抗干扰和消振作用；C_3 用以旁路电位器 RP_1 两端的纹波电压，提高稳压电路的纹波抑制能力。

2. 使用方法

(1) 输入电压与输出电压之差不小于 2V，否则将不起稳压作用。

(2) 稳压器的输入端要尽量靠近滤波电容 C_1，以免线路分布参数影响，引起输入端的高频自激。

(3) R_1 应紧靠输出端③，否则输出电流在引线上的压降将改变 R_1 上的电压值，使其偏离 1.25V，影响输出电压 U_o 的稳定。

(4) RP_1 的接地点应与负载电流返回的接地点相同，否则负载电流在地线上的压降会附加在 RP_1 上，造成输出电压的不稳。

(5) R_1 和 RP_1 应选同种材料的，温度特性尽可能一致的。

(6) 整流器件也可以选用整流电流大于 3A 而耐压大于 50V 的全桥堆；保护二极管 VD_5、VD_6 也可选小型塑封二极管 1N4002。

(7) 一般按图把元件焊上，检查无误即可使用，不需调试。

(8) 如电阻 R_1 取 100Ω，电位器 RP_1 取 5.1k，则输出电压 U_o 可在 1.25～37V 范围连续可调。

(三) 3～6V 可调稳压电源

这种稳压电源的电压可在 3～6V 之间连续调整，输出额定电流为 160mA，最大输出电流可达 200mA，其纹波系数<1mV。可为小功率电路提供稳定的直流电压。由于本稳压输出电压在 3～6V 调节，所以适合收音机的供电，也可用于小型收录机的供电，或电子玩具及其它的用电器供电用。

1. 工作原理

其工作原理如图 2-4 所示。本稳压电源结构简单，其核心元件采用了一只集成电路 5G14。5G14 内部电路主要由启动电路、基准电路、比较电路和调整电路所组成。而 5G14 外部电路主要由取样电路，扩大电路和滤波电容等组成，形成一种串联型稳压电源。

从图中可以看出，二极管 VD_1～VD_4 组成桥式整流滤波电容，C_2 是基准电压去耦电容。R_1 是三极管 VT_1 的集电极电阻。R_2 为限流电阻。电位器 RP 和电阻 R_3 为取样电路。发光二极管 VD_5 为工作指示电源用。

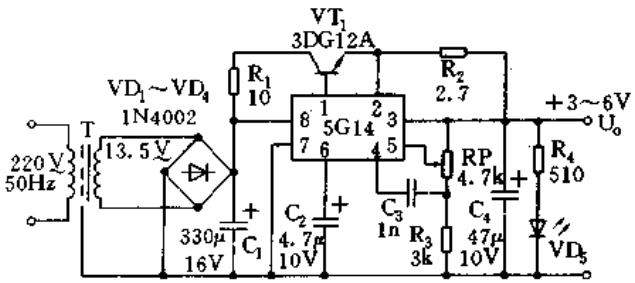


图 2-4

为了扩大输出电流，往往在集成电路的外围附加三极管 VT_1，用以对电流进行放大。5G14 输出电流只有 20mA，20mA 电流进入三极管 VT_1 的 3DG12A 基极，若 3DG12A 放大倍数为 10，则发射极输出电流为 20×10=200mA，即输出扩大了 10 倍。如还想扩大电流，只需将小功率三极管改接成大功率三极管并加合适的散热器便可。若三极管 VT_1 为 3DD12A，而放大倍数为 25，则 VT_1 的发射极输出电流为 20×25=500mA，其限流电阻 R_2 的阻值将由 2.7Ω 变为 1.2Ω 即可满足。

2. 使用方法

(1) 电位器 RP 为输出电压调节用，调节 RP 可使输出在 3～6V 范围内连续变化。

(2) 电器负载接入时认准输出正负极性，输出端切勿短路，以免损坏内部元件。

(3) 不用时请关断输入电源，以延长使用寿命。

(四) 3.9～5.5V 直流稳压电源

本直流稳压电源如图 2-5 所示。VT_1、VT_2 组成复合管调压电路，VD_1、R_3 构成稳压电路，使 VT_3 起比较和放大信号作用。此直流稳压电路输入为 9V，输出在 3.9～5.5V 间连续可调。调 RP_1 使输出电压为 5V，以满足用电负载的需要。

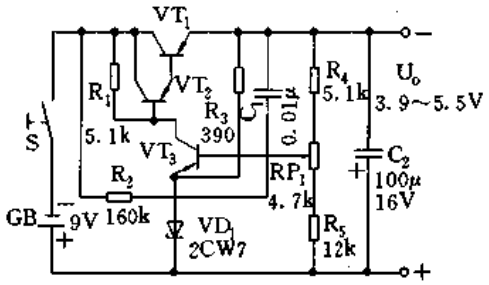


图 2-5

（五）6～12V 直流稳压器

本稳压电源输出电压可在 6～12V 范围调节，额定输出电流为 500mA。当电网交流电压在 220V±10%变化时，输出电压稳定度<1.5%，当负载电流从 0 升至 500mA 时，稳压电源内阻<0.5Ω；当负载电流>700mA 时，保护电路动作，自动限制输出电流。

1. 工作原理

电路如图 2-6 所示。VD_1～VD_4 和 C_1、C_3 构成整流滤波网络；R_6、R_7 及 RP 构成取样分压电路；VT_1 和 VT_2 为复合调整管（$\beta=\beta_1\cdot\beta_2$）；$VT_4$ 为比较放大管；VD_5 和 R_5 为基准电压环节；R_1 既为调整管的偏流电阻又是放大管 VT_4 的集电极电阻；C_2 用以消除可能出现的自激振荡（相位补偿作用）。

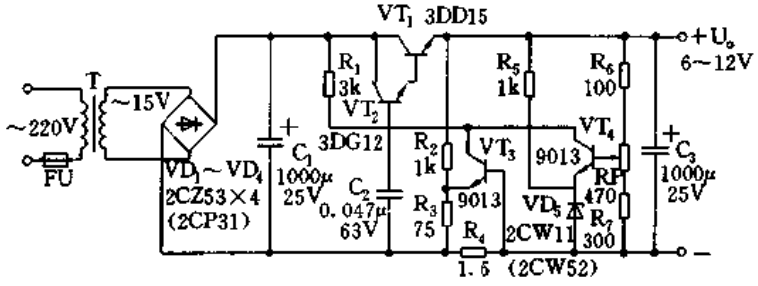


图 2-6

当输出电压 U_o 因电网电压波动或负载变化而发生变化时，例如，使 U_o 上升，则其自动调整稳压过程如下：

$$U_o\uparrow\longrightarrow U_{B4}\uparrow\longrightarrow U_{BE4}\uparrow\longrightarrow U_{C4}\downarrow\longrightarrow U_{B2}\downarrow\longrightarrow U_{CE1}\uparrow$$

$$U_o\downarrow\longleftarrow U_{CE1}\uparrow$$

从而维持输出电压基本不变。如果 VT_4 的放大倍数足够大，只要输出电压发生微小的变化，就可以使调整管 U_{CE1} 产生自动调整作用，以提高输出电压的稳定度（VT_4 也可以用运算放大器取代）。

同理，当输出电压 U_o 因故减小时，则发生相反的自动调整过程，最终导致调整管的 $U_{CE1}\downarrow$ 来维持输出电压 U_o 的稳定。

此外，VT_3 和 R_2、R_3 及 R_4 一起构成电流保护电路。正常工作时，适当选择 R_2 与 R_3 的比值，使 U_{E3} 高于 U_{B3}，这样，保护管 VT_3 因发射结反向偏置而截止；当输出过电流时，过载电流

在保护电阻 R_4 上的电压降增大，引起 U_{B3}的电位升高，当 $U_{B3}>U_{E3}$时，VT_3 发射结变为正向偏置而导通，最终导致 VT_3 饱和工作，结果 U_{C3}和 U_{B2}下降，调整管发射结电压也下降，从而限制了调整管基极电流和发射极电流(即输出电流)的增大。

2. 调试方法

(1) 整流滤波环节调试

调试电路如图 2-7 所示。断开与稳压部分的连线，单独测试整流滤波电路性能。将自耦调压器自零位逐步升压，若无异常，则可调至 220V 输出，并检查：

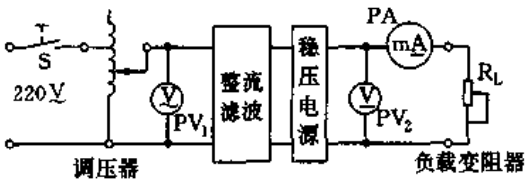


图 2-7

①空载直流输出电压 $U_o\approx\sqrt{2}U_2=\sqrt{2}\times15V=21V$；

②当负载电流 $I_2=500mA$ 时，应有

$$U_o\approx(1.1\sim1.2)U_2=17\sim18V$$

常见故障：二极管有一只开路(或损坏)；滤波电容 C_1 开路或失效，使输出电压下降。

(2) 稳压电源空载调试

断开负载 R_L，将稳压部分和整流部分连接。过流保护管 VT_3 也暂时断开(可将 VT_3 发射极断开)。按图 2-7 将调压器自零位逐步升压，若空载电流小于 25mA，则可升至 220V，并检查：

①调节电位器 RP，输出电压应可调，且 U_o 可以在 6～12V 范围发生变化；

②将交流电压增加 10%，调至 242V，此时调整管 VT_1 的管压降 $U_{CE}<BV_{CEO}$。

常见故障：取样分压电位器 RP 开路，调整管饱和 U_o 上升，输出不能调压；复合管 VT_2 基极或射极开路，调整管 VT_1 截止，$U_o=0$ 或很小；基准稳压管 VD_5 反接或开路，输出异常。

(3) 稳压电源负载调试

在图 2-7 中，将负载 R_L 接入输出端，由大到小调节，并检查：

①带负载输出功率 $P_o=U_o\times I_L$

U_o 取 10V，I_L 调至 500mA。

②带负载调压范围 $U_o=6\sim12V$。

③调整管的安全管耗 $P_{CM}=U_{CE}\times I_L$ 应小于允许值(50W)。式中 U_{CE}取交流升压至 242V，直流 $U_o=10V$ 时的最大管压降；I_L 取最大可能值 700mA。

常见故障：调压范围过小(取样电阻 R_6 和 R_7 取值不妥，基准值 U_{D5}不正常等引起)；R_1 取值不当，引起输出 U_o 过高或过低。

(4) 技术指标测试

①稳定度 $K_u\leqslant1.5\%$

将 220V 交流电压增、减±10%，并保持 $I_L=500mA$ 不变，用电压表测量并计算：

$$K_u=\frac{\Delta U_o}{U_o}\times100\%\leqslant1.5\%$$

②测量稳压电源的内阻 r_o

交流电压保持为 220V，负载电流 I_L 由 0～500mA 变化，用电压表测量并计算：

$$r_o=\frac{\Delta U_o}{\Delta I_L}\leqslant0.5\Omega$$

式中 ΔU_o 和 ΔI_L 为输出电压和电流的变化量。

(5) 调整过电流保护

将已断开的保护管 VT_3 接入电路，在 $U_o=10V$ 和 $I_L>500mA$ 情况下，观察负载电流是否上升至 600～700mA 范围后，输出电压 U_o 下降，并且 I_L 不再随 R_L 的下降而增大，则保护电路动作正常。否则应改变保护电路分压电阻 R_2 与 R_3 的比值，或更换过电流检测电阻 R_4 的阻值。

(六) 七挡可选直流稳压电源

一种简单而很实用的小型直流稳压器，它有 1.5V、3V、4.5V、6V、7.5V、9V、12V 七挡可任意选择的输出电压，输出最大负载电流为 800mA。该稳压电源可广泛用于计算机、收音机、录音机、手提机、剃须刀、电子玩具如：电子琴、迷你放映机、火车电动车、电动娃娃等各种专业性电器。

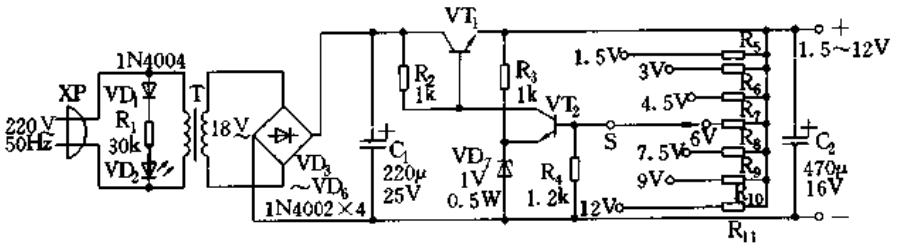


图 2-8

1. 工作原理

电路如图 2-8 所示。该电路是采用发射极输出的串调电源。电阻 R_4 和可选择电阻 R_5～R_{11} 组成分压取样电路，其分压值加到比较放大管 VT_2 的基极端，与稳压二极管 VD_7 进行比较后，其集电极电流去控制调整管 VT_1 的基极电流，使 VT_1 的 V_{ce1} 管压降发生变化，从而达到所需要的输出电源电压。

电路中，C_1 为输入滤波电容，以减少整流电路输出的纹波电压。C_2 为输出滤波电容，以减少电流交流内阻。电阻 R_2 既为调整管 VT_1 提供一偏置电压，同时又兼有比较放大管 VT_2 的集电极负载电阻。电阻 R_3 和稳压二极管 VD_7 构成基准电压，其稳压值约为 1V 左右。电阻 R_4 和 R_5～R_{11} 构成分压取样电路，通过改变 R_5～R_{11} 的阻值，可调整电路的输出电压。R_5～R_{11} 阻值愈大，输出电压愈高；R_5～R_{11} 阻值愈小，则反之。

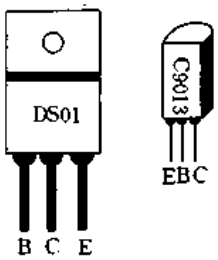


图 2-9

2. 元器件选择

三极管 VT_1：DS01(塑封 NPN 硅低频大功率三极管)，$45\leqslant\beta\leqslant85$。为防止电压过高或达到最大负载电流，则 DS01 功率耗损较大，因此需加装散热器，其面积为 $50\times30mm^2$、厚度为 1.5mm 的铝板。VT_2：C9013(塑封 NPN 硅低频小功率三极管)，$85\leqslant\beta\leqslant115$。两只三极管的外形及管脚排列如图 2-9 所示。波段开关 S：KZX-1-7W1D。变压器 T：用市售成品电源变压器，其功率为 15VA。要求长时间运行不发热。发光二极管 VD_2 型号不拘。电阻 R_5：56Ω，R_6：1.1k，R_7：2.2k，R_8：3.3k，R_9：4.2k，R_{10}：5.6k，R_{11}：8.2k。电阻 R_1 为 1/2W 外，其余均采用 1/8W 金属膜电阻。

其它元件参数值如图 2-8 标注选用。

3. 安装与使用

(1) 接上市电源，发光二极管 VD_2 点亮，转动选择开关 S，调至所需要的电源电压，方可接入负载。

(2) 本电源满负荷为 800mA，切勿超荷。

(3) 为了直观方便(若有条件)可在输出端并接一个 0～24V 的直流电压表。

(4) 焊接时注意晶体管的极性，焊接好后，应稍等一下，使其冷却后方可通电。

(5) 只要元件选择合适、焊接正确、可靠无误，一般无须调试便可使用。

(七) 八挡可选直流稳压电源

本直流稳压电源是一种输出电流较大、电压挡程较多、性能良好的小型可选八挡直流电源。应用范围广、实用性强、使用方便。可用做小型仪器、教具、收音机、收录机及电子玩具的配用电源。是实验室、教研室，无线电修理和家庭实用的电源装置。

1. 技术规范：

(1) 输入电源电压：220V、50Hz；

(2) 额定输出电流：直流 1A，输出最大电流为 1.2A；

(3) 输出电压：

①稳压：1.5V、3V、4.5V、5V、6V、7.5V、9V、12V 共八挡；

②不稳定直流电压：18V；

(4) 输出过流保护：≥1.2A；

(5) 电压精度：1.5～12V±5%；

(6) 额定负载下连续工作时间≥4 小时。

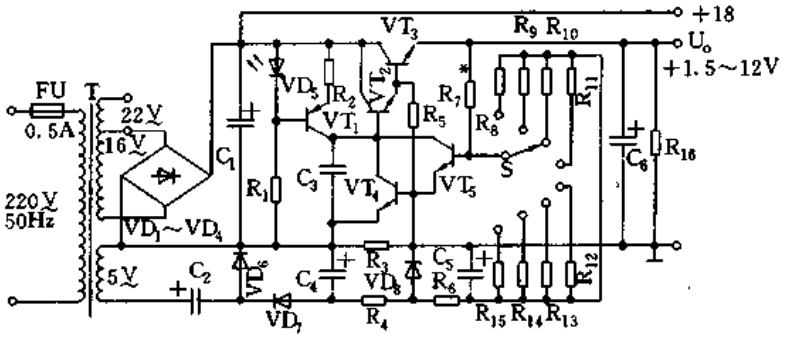


图 2-10

2. 工作原理

电路如图 2-10 所示。由发光二极管 VD_5、电阻 R_1、R_2 与三极管 VT_1 组成恒流源，为复合调整管 VT_2、VT_3 和比较放大三极管 VT_5 提供 2～3mA 的电流。VD_5 应大于 VT_1 的基射结的正向压降 U_{eb1}(约 0.7V)，但也不宜太大，否则会降低最高输出电压值。调整电阻 R_2 可使恒流稳定在 2.5mA 左右。

取样电路由电阻 R_7 和选择电阻 R_8～R_{15}所组成。其取样比值随 R_8～R_{15}的阻值不同而变化，相应地输出电压 U_o 的值也不同。当选定某挡时，输出端将获得所需的输出电压 U_o。若由于某种原因使 U_o 升高了 ΔU_o 时，VT_5 的基极电压也上升 ΔU，则 VT_5 的集电位将下降，VT_5 的集电极电流 I_{c5} 急剧上升；又因为 I_{c5} 和 I_{b2} 是恒流源供给的，所以 I_{c5} 上升必然导致 I_{b2} 减小，使复合调整管 VT_2、VT_3 的 U_{ce3} 增大，结果使输出电压 U_o 下降了 ΔU_o，从而保持了输出电压的稳定。当输出电压下降时，其整个稳压反馈过程则与上述相反。

三极管 VT_4、检测电阻 R_3 构成过流保护电路。当输出发生过流时(即>1.2A)，R_3 上的压降增大，保护管 VT_4 饱和导通，U_{be4} 到达 0.6V，VT_2 的基极电位减小，则 VT_3 的 U_{ce3} 两端压降增大，故输出电流将减小。

由倍压整流电路 VD_6、VD_7、C_2、C_4 及限流电阻 R_4、R_6 和稳压二极管 VD_8 组成的辅助电源，不仅为比较放大管 VT_5 提供偏置电压(正电源)，同时可扩大输出电压范围。其中，发光二极管的特性曲线与一般稳压管非常相似，其正向压降约为 1.5～3V，所以 VD_5 完全可作稳压管，同时也兼作工作电源指示用。与 VT_4 管的集——射极并联电容 C_3，是为了减小开机瞬间高电压对该管的冲击。

3. 元器件选择

电容 C_1 选 220μ/32V，C_2 选 47μ/25V，C_3 选 0.047μ/63V，C_4 选 100μ/16V，C_5 选 22μ/10V，C_6 选 100μ/25V。电阻 R_1 为 2.7k，R_2 为 910Ω，R_3 为 0.51Ω、2W，R_4 为 1k，R_5 为 3k，R_6 为 1.8k，R_7 为 3.6k，R_8～R_{11}为 270Ω～1.2k，R_{12}～R_{15}为 470Ω～1k，R_{16}为 1k、1W，其它电阻功率均为 1/4W RJ 型电阻。二极管 VD_1～VD_4 用 QL1.5A(全桥)，VD_6、VD_7 为 2CZ82D。稳压二极管 VD_8 用 2CW53。发光二极管用 2EF25。三极管 VT_1 为 3CG23C，VT_2 为 3DG130B，VT_3 为 3DD15C，VT_4、VT_5 为 9014。调整管 VT_3 需加足够的散热器，其尺寸为：长 80mm、宽 40mm、厚 3mm。选择开关 S 用 KB3C-11W-4D。

4. 调试方法

(1) 检查元件无误，接线正确后方可接通电源。将万用表置于直流挡位，测量有无输出电压。将选择开关 S 置于某一挡，如最高挡或最低挡，若电压值与规定值略有偏差，可稍改变电阻 R_7 的阻值，校准后，其它挡位的电压均可满足要求。

(2) 若想扩大挡位，可将次级电压由交流 16.5V 改接在交流 22V 端上，则直流电压为 24V(不稳压)。将 R_8～R_{15}换成一只 3k 的电位器，最大输出电压可达 22V 左右。用万用表接在输出端。如所需某一电压值，如 1.5V，调节电位器，调准后测出实际阻值，再用相同的电阻固定。

(3) 如要求稳压输出在 0～22V 内连续可调，则接一只 3k 的电位器即可满足要求。

5. 使用方法

(1) 将交流输入端接入市电 220V 交流电网，指示灯应燃亮，此时应有输出电压。

(2) 负载用直流电压，应选择到所需要的电压挡，然后按输出极性接到所需电路或用电器的电源输入端。

6. 注意事项

(1) 本电源采用负极接地，并与外壳连通，使用时不要把输出的正极与电源的外壳相碰短

路，以免损坏稳压电源。

（2）不要在使用过程中随意转换电压挡，以免电压过高而损坏外接用电器，电路、玩具等。

（3）本电源中虽有过流保护措施，但只能做短时间保护，当外负载（或外电路）有短路现象时，应迅速切断输出电路，等排除故障后方可再次接通。

（4）输出外引线以短而粗为宜，以保证正常的使用效果。

（八）九挡可调直流电源

这种可调直流电源有 9 种电压输出，以满足日常维修和家用电器的需要。

1. 工作原理

电路如图 2-11 所示。本电源主要由稳压三端可调集成块（M31）为核心元件，LM317 可调端接有三极管 VT、可调电位器 RP 及电阻 R_3～R_{10}，以满足输出所需 9 种不同的电源电压。

制作时，变压器 T 可能利用 12 吋黑白电视机的电源变压器，亦可自行绕制：采用 GEB22×28 硅钢片，一次线圈用 ϕ0.27mm 漆包线绕制 1350 匝，二次线圈用 ϕ0.7mm 漆包线绕制 158 匝，这样变压器二次输出电压为 25V 交流电压。稳压部分 IC 采用 LM317 稳压集成电路，通过拨动 S_2，可以在输出端 x_3、x_4 得到固定的九挡直流电压。如果调整电位器 RP，则可在 0～24V 之间任意选取。图中 R_3～R_{10}之值仅供参考。为避免使用中转换开关 S_2 出现暂时断开或接触不良，导致输出电压过高而损坏负载，这里设置了一只三极管 VT。

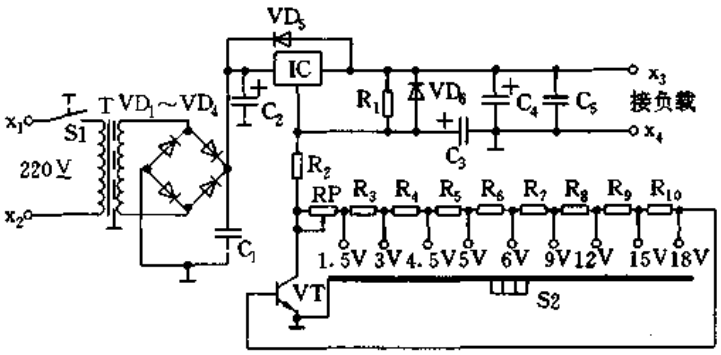


图 2-11

2. 元器件选择

电阻 R_1：20Ω，R_2：100Ω，R_3、R_4：120Ω，R_5：40Ω，R_6：80Ω，R_7～R_{10}：240Ω。电容 C_1、C_5：0.1μ63V，C_2：2200μ25V，C_3：20μ25V，C_4：200μ25V。二极管 VD_1～VD_4：2CZ11A，VD_5、VD_6：ZCP10。三极管 VT：3DG6。集成块 IC：LM317。开关 S_1：KN3-203，S_2：KCX-8X1。

（九）数显示稳压电源

随着数字技术的发展，用数字量控制的稳压电源得到了广泛的应用。本文介绍的这种数字控制并且具有 LED 数码管显示的可调集成稳压电源，输出电压有 3V、6V……21V、24V 共 8 挡（其步进值为 3V），性能稳定、显示直观醒目，电压选择可任意换挡、制作方便，可满足业余爱好者的需求。

1. 工作原理

电路如图 2-12 所示。主要由直流稳压电源的输出电路、数字控制电压选择电路及数字显示电路三部分组成。W317 是三端可调式集成稳压器，有输入、输出和调整三个端子，是悬浮式电路结构，输出电压 1.2～35V 连续可调，最大输出电流达 1.5A。R_1 是固定电阻，接在 W317 的输出端脚②与调整端脚①之间。其输出电压 $U_o=1.25(1+R_2/R_1)$，因此改变电阻 R_2 就能改变输出电压，R_2 阻值增大，U_o 亦增高。其输出电压连续可调的原理如图 2-13 所示。

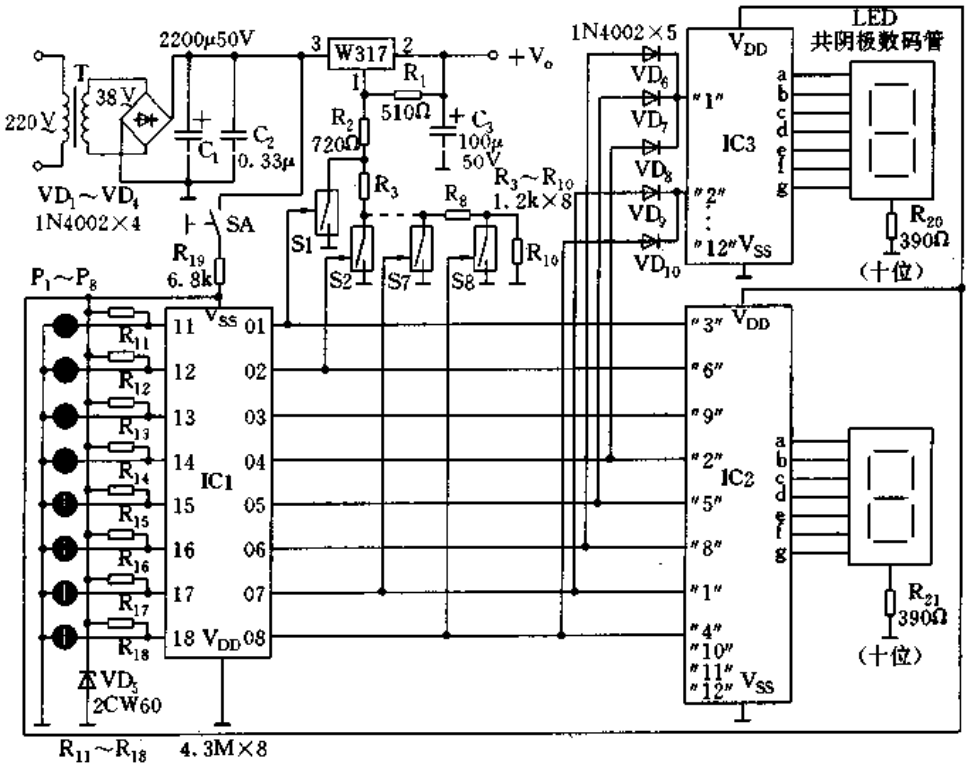


图 2-12

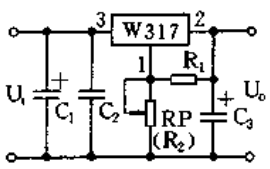


图 2-13

IC1 是 PMOS 电子开关集成电路 5G673，P_1～P_8 是 8 片触摸金属片。用手触摸任一金属片，该输入端变为低电平，与该输入端相对应的输出变为高电平，其余 7 个输出端由于 5G673 内部电路的互锁复位作用，均为低电平。因此，采用该电子触摸开关能任意选挡，使用非常方便。

IC2、IC3 是二片彩色电视机频道指示专用集成电路 CH208，它输出驱动电流大，可直接点亮 LED 数码管。CH208 有“1”～“12”共十二个输入端，和与其连接的 LED 数码管的显示的数字一一对应。例如：当 IC1 的 01 端为高电平“1”时，IC2、IC3 的不同的输入端为“1”时，IC2 的“3”=“1”，显示数字“3”。同理，触摸金属片 P_1，使 IC2、IC3 的不同的输入端为“1”，LED 数码管则显示出所选中的数字。

在 5G673 的八个输出端还分别接有 S1～S8 共 8 个模拟开关，当某一输出端为高电平时，相应的开关闭合，一定数值的电阻就被接入串联电路。例如，触摸 P_1，IC1 的 01 端为高电平，S1 触发闭合，电阻 R_2 接入电路，W317 输出电压为 3V，同时数码管显示“3”；又如，触摸 P_4，IC1 的 04 端为高电平，S4 闭合，电阻 $R_2+R_3+R_4+R_5$ 接入电路，W317 输出电压为 12V，数码管显示

数字“12”。当开机闭合开关 SA 时，电阻 R_2～R_9 全部串入电路，W317 输出 27V 电压，但由于此时 IC1 全部输出为低电平，所以此时 LED 数码管显示为“00”。

2. 元器件选择与制作

电源变压器 T 需自制，铁芯截面为 15mm×15mm，初级线圈用 φ0.18mm 漆包线绕 1430 匝，次级线圈用 φ0.31mm 漆包线绕 248 匝。W317 选用 F－2 型封装的可调稳压器，其外形类似于大功率晶体管，加上足够的散热器，功耗≥20W。S1～S8 选用 CMOS 双向电子模拟开关集成块 CD4066 二片。LED 数码管尺寸可自定。触摸片 P_1～P_8 可用磷铜片或印刷电路板铜箔自制。图 2-14 是该数控式稳压电源面板的示意图。

3. 调试

调试时，将万用表直流电压挡接入 W317 的输出端与地端之间，以监视电压输出。合上开关 SA，万用表指示电压一般应为 27V，但此时 LED 数码管不显示，仍为“00”。触摸 P_1，LED 数码管显示“03”，观察万用表，若电压指示不是 3V，则调整 R_2，调整的规律是阻值大，则 W317 输出电压增大。R_2 调好后，再触摸 P_2，数码管显示“06”，调整 R_3，使输出电压为 6V。如此顺序将 R_2～R_9 调整完，使 8 挡电压全部准确。

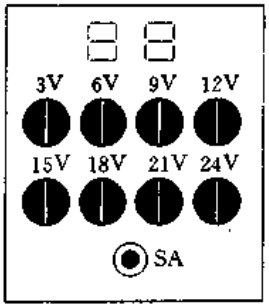


图 2-14

（十）连续可调直流稳压电源

本文介绍一种可输出±1.25～15V 或＋1.25～30V、1.5A 的连续调节直流稳压电源。其制作简便、使用十分方便。

1. 工作原理

电路如图 2-15 所示。本电路采用三端可调集成稳压器 IC_1、IC_2 制作。当选择开关 S 置于 1 挡位时，由电源变压器 T 降至 17.5×2 的交流电压经二极管 VD_1～VD_4 整流后，分别送入 IC_1 和 IC_2 的输入端，再经取样电阻 R_1、R_2 和输出电压调节电位器 RP_1、RP_2 的控制，就可在输出端得到±1.25～15V 连续可调的电源电压。当选择开关 S 置于 2 挡位时，便可将双组输出的电源变压器 T 作为单组使用，经整流滤波后只送入 IC_1，以得到＋1.25～30V的单电源输出，这样就可方便地应用于需要单电源的电器电路中使用。

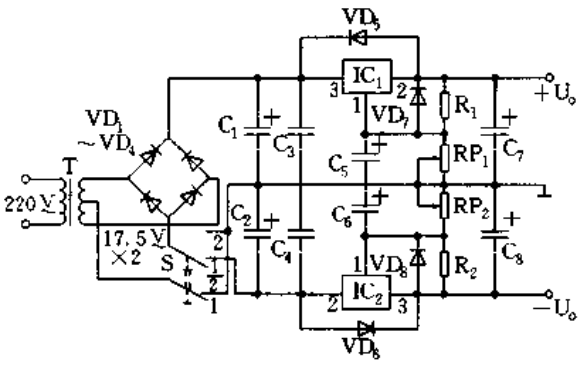


图 2-15

电路中 R_1、R_2 用于保证提供不小于 5mA 的负载电流，并与 RP_1、RP_2 配合调整输出电压。C_5、C_6 是为减小取样电阻 R_1、R_2 两端的纹波电压而设的旁路电容。C_7、C_8 的设置是为了能向负载提供瞬间的脉冲响应电流。VD_5、VD_6 是防止输入端意外短路时，C_7、C_8 的放电电流损坏三端稳压块。VD_7、VD_8 是为防输出端出现短路，C_5、C_6 的放电电流损坏三端稳压块，而

提供泄放电流回路。

2. 元器件选择

电阻 R_1、R_2：240Ω。电位器 RP_1、RP_2：4.7k。电容 C_1、C_2：3300μF150V，C_3、C_4：0.33μF/63V，C_5、C_6：10μF/50V，C_7、C_8：22μF/50V。二极管 VD_1～VD_4：1N4002，VD_5～VD_8：1N4001。三端集成块 IC_1：LM317，IC_2：LM337。LM317 和 LM337 的引脚功能如图 2-16 所示。开关 S：KNX(2×2)。

本电源中所有电容均要选用耐压大于 50V 的。两个三端可调稳压块的功耗约 15W 左右，要注意加足够的散热器。

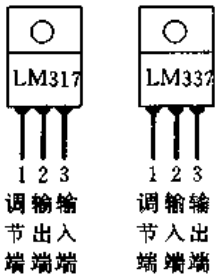


图 2-16

（十一）具有声光报警的稳压电源

学校实验室有些稳压电源因内部无过流保护电路而损坏。本稳压电源当过载或短路时能自动保护并发出声、光报警，适合学生作电子技术实验用，且电路简单，容易制作。

1. 工作原理

电路如图 2-17 所示。这是一常见的串联型稳压电路。VT_6、VT_7 作稳压二极管用形成基准电压。R_4、R_5、RP_1 构成取样电路，VT_5 为放大管，VT_3、VT_4 为复合调整管。VT_1 与 R_2 构成过流保护电路，正常情况下 VT_1 截止，当负载电流 I_o>1.5A 时，有 U_{R2}>0.6V，VT_1 导通，VD_1 点亮，使 VT_3 基极电位降低，故 I_o 减小。VT_2 与 RP_2 构成过流保护电路，正常工作时，VT_2 的 U_{be2}<0.6V，VT_2 截止。一旦负载短路时，便有 VT_2 的 U_{be2}>0.6V，VT_2 导通，使 VT_3、VT_4 截止，I_o 降为 0V，从而保护了调整管。与此同时，VD_4 点亮。以上两种情况，无论是 VT_1 导通或 VT_2 导通，都能使音乐片 IC 获得 1.5V(VD_1 或 VD_4 管压降 2V 与 VD_2 或 VD_3 管压降 0.5V 之差)的工作电压，因而 VD_1 或 VD_4 亮时，音乐片 IC 同时报警。声光报警可提醒学生或是实验接线有错，或是被测电路有误。

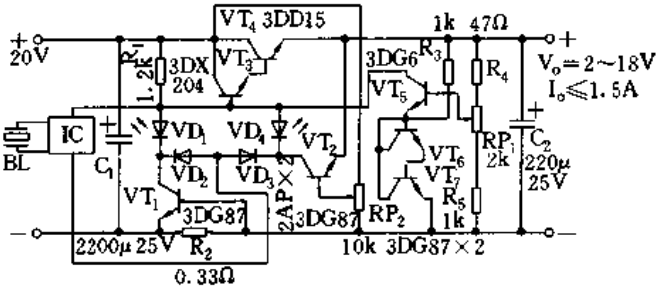


图 2-17

R_2 的功率应有 2W，可用一段镍铬丝在一碳膜电阻上绕制而成。音乐片 IC 可用 ML03 型，其它型号只要工作电压在 1.5V 左右均可采用。

（十二）三端可调稳压器

三端可调式集成稳压器品种很多，归纳起来它有两类：一类是正输出系列如：LM117/217/317 系列、LM318/238/338 系列等。另一类是负输出系列如：LM137/237/337 系列等。目前，国内也生产了与这些系列的电参数与封装形式完全一致的 CW117 系列、CW138 系列、CW137 系列等。

三端可调式集成稳压器有以下几个特点：(1)它只需外接两只电阻就可以在一定的范围内确定输出电压(如 LM338K 能够在 1.2V 到 32V 范围内提供小于或等于 5A 的输出电流)。使用起来特别方便。(2)它的各项性能指标都优于三端固定式集成稳压器。(3)它具有集成电路独具的全过载保护功能，包括限流、热过载保护和安全区域的保护。即使调节端悬空，所有的保护电路仍有效。(4)它们都是按标准的晶体三极管形式封装的，其安装和使用都很方便。总之，三端可调式集成稳压器是一种使用方便、应用广泛的集成电路。

LM117/217/317、LM137/237/337、LM138/238/338 系列的主要参数见表 2-1～3，从表中可见它们的主要参数基本相同。型号后缀 K 表示按 TO-3 形式封装；T 表示按 TO-220 形式封装；MP 表示按 TO－202 形式封装；H 表示按 TO－39 形式封装。LM117、LM317 系列的封装形式和功率容量关系见表 2-4。工作温度在－55～150℃之间的集成电路属军用品(如 LM117)；工作温度在－25～150°之间的集成电路属民用品(如 LM317)。本文主要介绍 LM317 正输出可调三端集成稳压器的典型电路，LM337、LM338 电路的使用可参照 LM317。

表 2-1

特性 \ 型号	LM117	LM217	LM317
输入最大电压(V)	40	40	40
输出电压(V)	1.2～37	1.2～37	1.2～37
输出最大电流(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
最小负载电流(mA)	3.5	3.5	3.5
调整端电流(μA)	50	50	50
基准电压(V)	1.25	1.25	1.25
工作温度(℃)	－55～150	－25～150	0～125

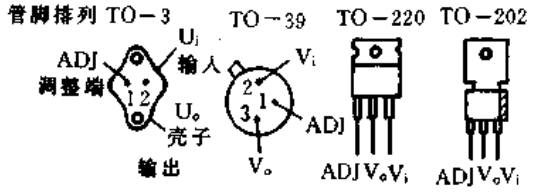


表 2-2

特性 \ 型号	LM137	LM237	LM337
输入最大电压(V)	－40	－40	－40
输出电压(V)	－1.2～－37	－1.2～－37	－1.2～－37

续表

特性 \ 型号	LM137	LM237	LM337
输出最大电流(A)	1.5	1.5	1.5
电压调整率(%/V)	0.01	0.01	0.01
电流调整率(%)	0.3	0.3	0.3
最小负载电流(mA)	2.5	2.5	2.5
调整端电流(μA)	65	65	65
基准电压(V)	−1.25	−1.25	−1.25
工作温度(℃)	−55～150	−25～150	0～125
管脚排列	TO−39 ADJ 调整端 1 2 U_i 输入 U_o 壳子输出	TO−39 V_i 2 3 1 ADJ V_o	TO−220 ADJ V_o V_i	TO−202 ADJ V_o V_i

表 2-3

特性 \ 型号	LM138	LM238	LM338
输入最大电压(V)	40	40	40
输出电压(V)	1.2～37	1.2～37	1.2～37
输出最大电流(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
最小负载电流(mA)	3.5	3.5	3.5
调整端电流(μA)	50	50	50
基准电压(V)	1.25	1.25	1.25
工作温度(℃)	−55～150	−25～150	0～125
管脚排列	ADJ 调节端 1 2 U_i 输入 U_o 输出		

表 2-4

器　件	封装形式	允许功耗	负载电流
LM117K LM317K	TO－3	20W	1.5A
LM117T LM317T	TO－220	15W	1.5A
LM117MP LM317MP	TO－202	7.5W	0.5A
LM117H LM317H	TO－39	2W	0.5A

1. LM317 三端可调式正集成稳压器应用举例

图 2-18 为 LM317 的等效电路框图，从图可见 LM317 稳压器内运算放大器与偏置电路的接法，使得所有的静态工作电流都流到稳压器的输出端，所以就不需要单独搞一个接地端。只要满足稳压器的输入与输出的电压差在 3V 到 40V 之间，就能保证稳压器的正常工作了。

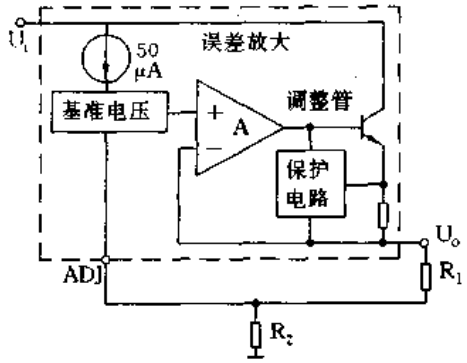


图 2-18

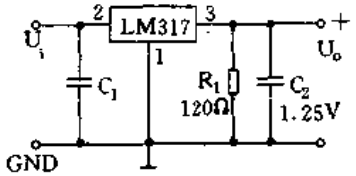


图 2-19

图 2-19 是 LM317 的基本应用电路。这时它就相当于一个 1.25V 输出的稳压器。R_1 的作用是保证稳压器空载时也能正常工作。因为稳压器所有的偏置电流及调整管的漏电流都要被负载所吸收。所以，流过 R_1 的电流至少要大于最小负载电流 3.5mA，一般为 5～10mA。因此，R_1 的取值为 120Ω～240Ω 为宜。

要得到高于 1.25V 的输出电压，只要再接上一只可变电阻 R_2，如图 2-20 所示。R_1 的取值使得流过 R_1 的电流为 5mA，加上调节端的电流 I_{ADJ}（约 50μA）共同流过 R_2 使调节端的电压升高。这时，输出电压由下式表示：$U_o=1.25(1+R_2/R_1)+50(\mu A)\cdot R_2$。改变 R_2 的阻值能方便地改变输出电压值。在输出端接上 1μF 的钽电容（或 25μF 的铝电解电容）C_3 可确保电路稳定地工作，并改善电路的瞬态响应。

调节端对地接上一个旁路电容 C_2 可提高纹波抑制比，在 R_2 较大时，效果尤其显著。当 C_2 为 10μF 时，在稳压器的整个电压范围内，可达 80dB 的纹波抑制比，这一点在固定式三端稳压器中是难以达到的。

如果稳压器离输入滤波电容比较远，就需要在稳压器紧靠输入处接上一只 0.1μF 的旁路

电容 C_1。当稳压器的输入、输出端接有大的电解电容时，还需加入保护二极管 VD_1、VD_2，以防止输入端及输出端对地短路时损坏稳压器内部电路。

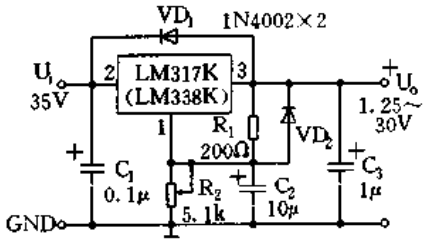


图 2-20

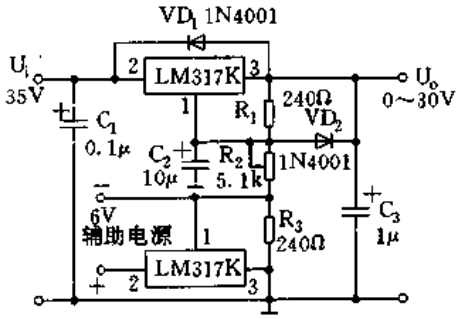


图 2-21

LM317 的最低稳压为 1.25V，图 2-20 所示的电路只能从 1.25V 起调。若 R_2 下端不接地，而接至 1.25V 时就能实现从 0V 起调。图 2-21 为 0～30V 连续可调的实验室通用电源，它的 1.25V 基准电压由另一个 LM317 和一个独立的负辅助电源来产生，负辅助电源与主回路设有公共地线。

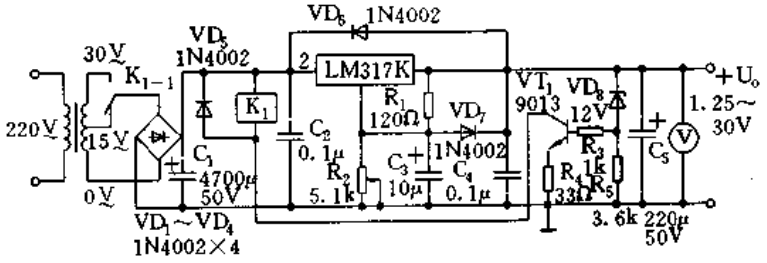


图 2-22

LM317 的最大输出电流为 1.5A，最大功耗为 20W。在图 2-20 所示的电路中如输入与输出的电压差较大时，由于内部保护电路的作用，将会使它的输出电流能力下降。在图 2-22 所示的电路中，当 U_o 小于 13V 时，VT_1 截止，继电器 K_1 释放，触点 K_{1-1} 与交流 15V 连接；当 U_o 大于 13V 时，VD_8 击穿，VD_1 饱和，K_1 吸合，触点 K_{1-1} 转换至与交流 30V 连接。这样自动切换交流输入电压，既满足了输入电压大范围变动的要求，又不使稳压器功耗过大。

用 LM317 作恒流源特别简单，性能良好。图 2-23 给出的是负载可以接地的可调恒流源电路。恒流值由下式给出：

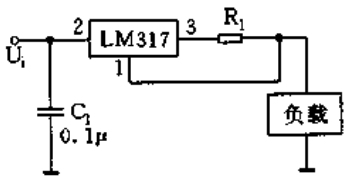


图 2-23

$$I_0 = U_{REF}/R_1 + I_{ADJ}$$

式中 U_{REF} 为基准电压；I_{ADJ} 为调整端电流。

当 R_1 从 120Ω 到 0.8Ω 可调时，恒流值将从 10mA 到 1.5A 可调。由于基准电压只有 1.25V，LM317 的最小电压差为 3V，所以输入电压从 4.25V 起恒流源就能正常工作了。当 R_1 为 24Ω 时，图 2-23 所示的电路就可以组成一个 50mA 的镍镉电池恒流充电电路。

2. LM337 三端可调式负集成稳压器的基本电路

图 2-24 所示的电路是 LM337 三端可调式负集成稳压器的基本应用电路。它与 LM317 用法相同，使用时要注意它的管脚与 LM317 不同。

3. 三端可调式集成稳压器的使用注意事项

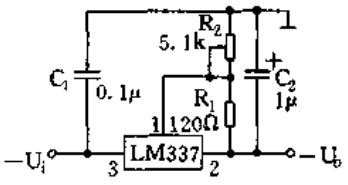


图 2-24

(1) 正确选择输入电压范围，集成稳压器内部管子有一定的耐压值。在工作时要保证整流器的输出电压的峰值不大于稳压器最大输入电压。使用时还要注意稳压器有一个使用最小电压差值(3V)的限制。

(2) 防管脚接错。要求在测试、使用时各管脚都接正确后方能通电。

(3) 稳压器接保护二极管。如图 2-20 所示的 VD_1、VD_2，当 $U_o \geqslant 25V$ 或 $C_3 \geqslant 25\mu F$ 时必须接入 VD_1，防止输入电压突然降低时，输出电容放电引起稳压器的损坏。

(4) 注意稳压器的外部接线。设定电阻 R_1 应紧接在稳压器的输出端与调节端。正确的接线方法见图 2-25。稳压器的接地端应接在负载的接地端，而负载的正端应紧靠稳压器的输出端。

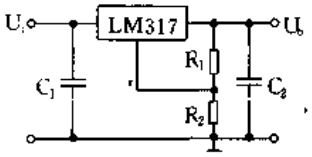


图 2-25

(5) 散热器的选择：对金属封装 TO-3 型和塑料封装 TO-220 型，在不加散热器时，室温下最大功耗分别为 2W 和 1W。如需增大功率，必须加散热器。散热器的设计与一般大功率晶体管相同。金属封装的 TO-3 型，结到壳的热阻大约 2.3℃/W。塑料封装的 TO-220 型，结到壳的热阻大约 4℃/W。如 LM338K 要达到它的设计最大功率，必须加 800cm² 的铝散热型材料。若散热器面积太小，而结温到达热保护动作点时，调整性能变差，这是要注意的，如散热器面积过大，这样不经济，造成不必要的浪费。

(十三) 三端可调稳压电源

用 LM317 或国产 SW317 三端集成稳压器等元件组成的可调稳压电源，性能稳定、可靠，并可根据需要扩大使用范围，是一种优良的可调稳压电源。安装调整十分容易，适合广大青少年制作。

LM317 三端集成稳压器的外形及管脚排列如图 2-26 所示，其最大输入电压为 40V，输出电压 1.25～37V 连续可调，最大输出电流为 1.5A，最大功耗为 15W。



图 2-26

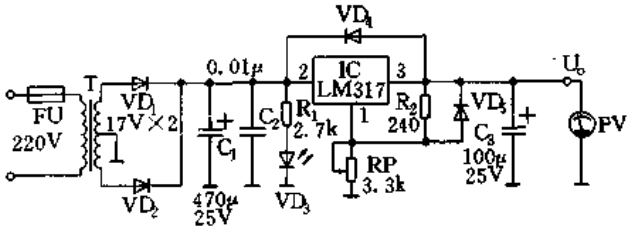


图 2-27

1. 工作原理

图 2-27 为可调稳压电源的电路图，输出电流为 0.3～0.5A，输出电压为 1.25～15V 连续可调。电路由整流、滤波和稳压器等部分组成。由电源变压器 T 次级输出的 17V 交流电压，经

VD_1、VD_2 整流，C_1 滤波得到近 24V 直流电压送到 LM317 的②脚，C_2 电容是防止 LM317 管脚引线过长而引起振荡的消振电容器。LM317 的①脚称调整端，③脚为输出端，在调整端和输出端之间接有电阻 R_1、可变电位器 RP 构成了输出可调的稳压电源。在取样电阻 R_2 两端得到一个 1.25V 的基准电压，当基准电压不变时，并有一个恒定的约 5mA 电流流过 RP。调节 RP，即可得到从 1.25V～15V 不同的输出电压值。VD_4 跨接于输入与输出端之间，主要是对输入端电压突然降低或输出端突然升高、输出电容 C_3 放电时对 LM317 的冲击给以通路保护作用。

2. 元器件选择

电源变压器 T 选用次级输出电压为 17V×2，中心抽头接地。滤波电容 C_1、C_3 选用额定电压 25V 的 470μ 的和 100μ 的小型电解电容器。整流二极管 VD_1、VD_2 和保护二极管 VD_4、VD_5 均采用 1N4001 或 1N4002。可变电位器 RP 选用微调的电位器即可。稳压器 IC 选用 LM317，若要加大输出电流，可用厚 3mm，宽 50mm、高 90mm 铝散热板。有条件还可配置 91C4 型 0～15V 直流电压表一只，用以指示输出电压的变化。发光二极管 VD_3 型号不拘。

3. 安装与调试

（1）首先仔细核对元器件和连接线无误后，先把电位器 RP 放在中间位置，然后通电调试。

（2）电压的测量：先检查 T 的初级接通 220V 交流电压，次级应满足 15～17V 的交流电压输出，万用表拨在 50V 直流挡，测出 LM317 第②脚对地应有 24V 左右的直流电压。

（3）调输出直流电压：用万用表直流电压 25V 挡，测 C_3 电解电容两端，调整电位器 RP 的阻值，万用表上的电压读数应为 1.25～15V 范围内连续可调。

（4）负载试验：在 C_3 两端接上一只 0.5A、6～8V 小电灯珠泡作为负载，调节 RP，将电压调至 6～8V，输出不应有明显下跌即可。

（5）最后装配完毕时，调节输出直流电压时，可将一字形小螺丝刀从底盖窗口伸入，调节微调电位器 RP，观察万用表测得的直流电压值，直到符合要求为止。

4. 需注意几点

（1）输入电压不应大于 LM317 最大的输入电压，否则，集成稳压器内部管子会击穿损坏。

（2）防止管脚接错。稳压器三端接错容易损坏；在测试，使用时各管脚都要接好，保证各脚之间、与地之间要有良好的绝缘才通电；稳压器的接地端不能浮空，以防止稳压器内部失去隔离而引起损坏。

（3）要妥当接入保护二极管（不能省略）。

（4）要合理加装散热器，防止过热引起电流饱和。稳压器不加散热器时，常温下最大功耗为 1～2W，若需增大功率，则必须加装散热器。

（十四）用固定三端稳压集成电路制作可调直流稳压电源

自从 78、79 系列固定式三端稳压集成电路问世以来，极大地简化了稳压电路的设计和制作，被广泛地用于各种电器设备的电源稳压电路上。但在实际运用中：如需要各种非标准的稳压电源时，78、79 系列固定式三端集成稳压电路的弱点就显示出来了。本文将通过用 7805 稳

压电路设计制作连续可调直流稳压电源的实例，来探讨固定三端集成稳压电路输出电压可调的原理。

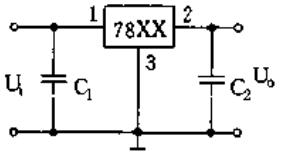


图 2-28

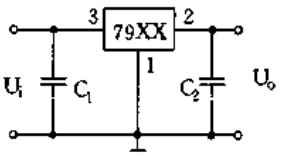


图 2-29

1. 运用实例

固定三端集成稳压电路输出电压是固定的，其值取决于该系列芯片的型号。典型用法如图 2-28、图 2-29 所示。用 7805 设计制作的连续可调直流稳压电源的实际电路如图 2-30 所示。14.5V 的交流电压，经整流、滤波后，7805 输入端约为 16V 直流电压，可调电阻 R_2(680Ω)用来调整输出电压 $U_o \approx U_{XY}(1+R_2/R_1)$，其中 $U_{XY}=5V$，可在 5～14V 范围内连续可调。实验数据如表 2-5 所示。实验数据说明：1. 调节电阻 R_2 值可以获得连续可调输出电压 U_0，其值约等于 $U_{XY}(1+R_2/R_1)$。2. 最高输出电压受稳压器最大输入电压及最小输入、输出压差的限制，7805 最大输入电压为 35V，其输入、输出压差在 2V 左右。在该电路中其输入电压为 16V，所以稳压最大值约为 14V。3. 实验数据表明，其稳压精度可达±0.03。

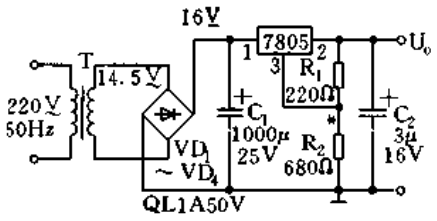


图 2-30

2. 原理分析

图 2-28、图 2-29 典型接法和图 2-30 接法区别于：1. 图 2-30 中稳压器本身无直接接地端，其内部电路(如误差放大器、偏置电路等)由于没有直接接地，它们的工作电流都送往输出端。7805 在 7～35V 范围内工作，且最小输入输出电压差为 2V，因此通过调节电阻 R_2 可输出 5～33V 电压。2. 按图 2-31 的接法，稳压器的基准电压取决于接在误差放大器的同相端和附加电压端的电压，如图 2-31 A 点所示。调节电阻 R_2 时，输出电流 I_o 发生变化，A 点的附加电压随之变化，(即 $I_o=I_A+I_1$，$U_A=I_o\times R_2$)，也就相应地改变了基准电压。3. R_1 的取值，因为在该电路中，稳压器无直接接地端，稳压器的内部工作电流都要从输出端流出。该电流构成稳压器的最小负载电流，一般情况下，该电流在 5mA 左右。(考虑到误差等因素，可以取 8～10mA。)当 R_1 取 240Ω 时，最小负载电流应有 5mA。若要保持空载时电路的输出电压恒定，R_1 的阻值可取小一些，为 120Ω 左右。通过实验以取 220Ω 为宜。4. 集成稳压电路承受的电压经测试，当输出电压 U_o 为 12V 时，电阻 R_2 上承受的电压降为 7.03V，7805 稳压器上承受的电压为 4.97V。

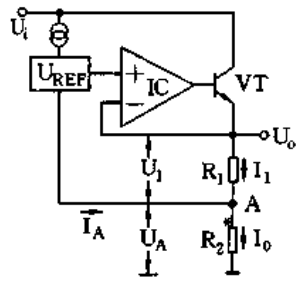


图 2-31

3. 典型电路

固定三端集成电路在制作高压输出稳压电源，可调式恒流源等方面有多种应用。现仅介绍这两种电源的典型电路。

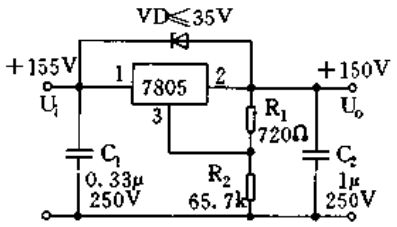


图 2-32

（1）输出高电压的稳压电源。7805 的输出电压多在 30～35V 之间。如采用不直接接地的方法，而接成悬浮式电路，在适当增加保护元件后，可输出高于 100V 的高压，如图 2-32 所示。图中 7805 所承受的电压并不高，较高的电压是加在电阻 R_2 上的，只要适当选择 R_2 的值，就可以得到较高的输出电压。为了防止电路启动时，瞬间高压对 IC 的影响，在输入、输出端加接了一只单向导通二极管 VD，其值小于 IC 所能承受的电压值。应用中需注意，该电路不能在空载情况下使用，空载时若要保持稳压则 R_1 不能超过 240Ω，但这时 R_2 功耗将会很大。

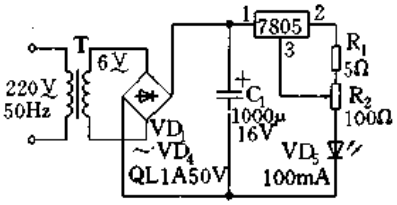


图 2-33

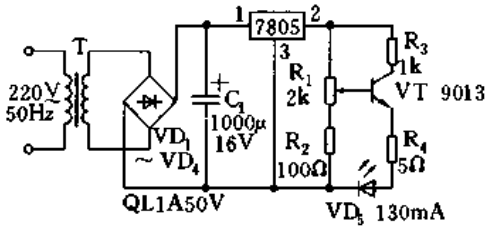


图 2-34

（2）恒流源和可调恒流源：由于 7805 有很好的电压调整率，有较低的基准电压。因此，可以制作良好的恒流源。图 2-33 是可调式恒流源的典型电路，调节电位器 R_2 便能调整电流值。由于加在 R_1、R_2 上的电压值恒定不变，所以流过 R_1 和 R_2 上的电流值也是恒定不变的。调整 R_2 可以得到 100mA 的恒定输出电流。如在 7805 输出端接一只三极管 VT，由 R_1 控制 VT 的基极电流而使输出电流 I_o 得以放大，如图 2-34 所示。只要改变 R_1 的值，就可使 7805 输出恒流改变。该电路可输出 130mA 的恒定电流。

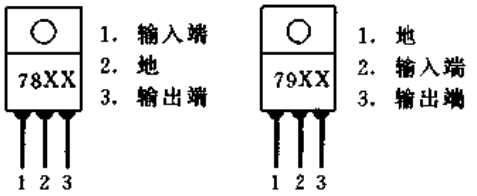


图 2-35

固定三端集成稳压电路除了以上电路外，还可以制作扩流电路及高稳定稳压电路、开关式稳压电源、慢启动电源、电池充电电源等。读者只要了解固定三端集成稳压电路的特性，就能将它用于更多的稳压电源中去。

78 系列和 79 系列外形及管脚排列如图 2-35 所示。

（十五）用 LM317 改装稳压电源

许多读者在家使用收音机或单放机时都使用简易整流电源，由于此种电源输出纹波大，扬声器中有很大噪音，用耳机听时更让人难以忍受。本文介绍用集成稳压器 LM317 把整流电源改装成稳压电源，此方法取材容易，成本低，制作简单，效果较好。

1. 工作原理：

电路如图 2-36 所示。220V 市电经变压器 T 变压，二极管 VD_1～VD_4 整流，电容 C_2 滤波后送入 LM317③脚，②脚输出稳定的直流电压。①脚为调整端，调整端与输出端之间为 1.25V 基准电压。为了保证稳压器的输出特性，R_2 阻值应小于 240Ω。为使输出电压可调，调整端与地之间接一可变电位器 RP，改变 RP 的阻值即可改变输出电压。输出电压计算公式为 $U_o=1.25\times(1+RP/R_2)$。

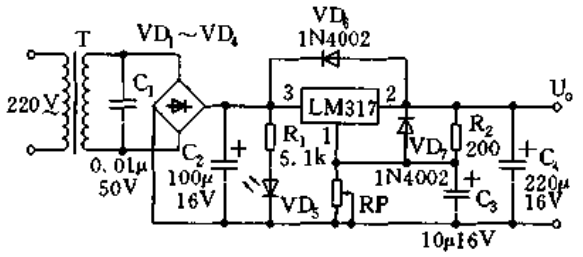


图 2-36

C_3 用来旁路纹波电压。C_1 用来滤除由市电引入的高频干扰。VD_7 用来防止稳压器发生短路而损坏稳压器 LM317。C_4 用来抑制 LM317 自激，并可进一步改善输出电压。VD_6 起保护 LM317 的作用。发光二极管 VD_5 作电源指示灯。R_1 为其限流电阻。

在图 1-46 中，变压器 T、VD_1～VD_4、C_2、R_1 和发光二极管 VD_5 都是从改装前电源线路板上拆下的，LM317、VD_6、VD_7、R_2、RP、C_1、C_3、C_4 是需加装的。其规格、型号为：VD_6、VD_7 选 1N4002 或别的整流二极管。C_1 选用瓷片电容器，C_3、C_4 选用电解电容器。R_2 选用金属膜电阻器。RP 阻值可根据下式计算：$RP=(U_o/1.25-1)\cdot R_2$，其中 R_2 取 200Ω 即可，表 2-6 列出输出电压 U_o 与对应 RP 阻值，供读者参考。

表 2-6

U_o(V)	3	4.5	6	7.5	9	12
RP(Ω)	280	520	760	1000	1240	1720

若 RP 找不到表中所列阻值，可用最接近该阻值的金属膜电阻代替，但相差不要太大。LM317 电路的外形及引脚功能如图 2-37 所示。其参数为：电压调整率 0.01，纹波抑制比 80dB，最大输出电流 2.2A，输出电压范围 1.25～37V。

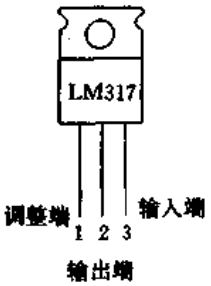


图 2-37

下面以一种常用电源为例介绍改装步骤：

(1) 拆下原整流电源线路板上所有元件以备二次利用，其余元件需购买。

(2) 找出原变压器的两根输出抽头，其余抽头分别用绝缘胶布封住。

(3) 找出一块敷铜板，自制印刷电路，注意电源极性转换开关和电压选择开关的位置尺寸要与原板上一样，否则线路板无法装入电源盒中。

所有元件焊好后，再将变压器输出头和电源输出线焊在印制板正面，改装工作即告结束。

接上市电，拨动电压选择开关，用万用表测输出电压，看是否满足附表中电压值，如果没有输出电压或电压不可调，多是电压选择开关不良，可找镊子进行修理。此种转换开关不易购买。提醒读者注意，拆卸该开关时最好用吸锡烙铁。

三、开关电源

（一）半导体致冷开关电源

半导体致冷组件是一种固态静态工作的致冷元件，当它的输入两端按规定的极性通过电流时，它的一个端面会释放出热量，而另一端则会吸收热量。利用此功能，可制成无噪声、无污染的冷冻装置。然而半导体致冷组件工作最主要的问题就是需要一个提供较大电流（12V 或其它电压）的直流电源。若使用传统的铁芯变压器作电源，则体积笨重、损耗大、效率低。本文介绍的开关电源，专用于半导体致冷装置，它可使用 220V（或 110V）交流电源，输出 12V 直流电压，额定电流 8A。由于它具有体积小、重量轻，无噪声等优点，而被大量应用在家用或医用半导体冷藏装置上。

1. 工作原理

图 3-1 为半导体致冷专用开关电源原理图。电路由三个部分构成：工频整流滤波部分、振荡及变压部分、高频低压整流滤波部分。开机时，市电经 R_1、T_1 由 VD_1～VD_4、C_3、C_4 整流滤波，A、B 两点电位约为直流 300V；R_1 为浪涌电流抑制电阻，抑制开机较大的电容充电电流；T_1 为抗高频干扰扼流线圈，它可减少开关电流对电网的干扰和改善电源的功率因数。

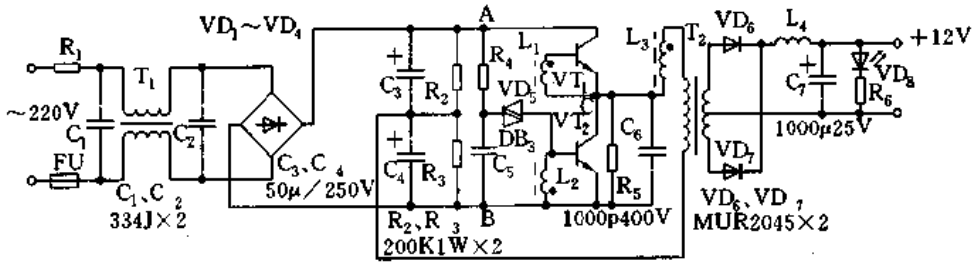


图 3-1

电路第二部分为振荡变压电路，R_5、C_5 和双向触发二极管 VD_5 构成启动电路。开机初始，C_5 充电致使 VD_5 导通时，VT_2 基极有正向脉冲输入而导通，当 VT_2 导通时，电流由 A 点经 R_2、C_3、T_2、L_3 流入 C 点并通过 VT_2 到 B 点，C_6、L_3、L_1、L_2 为反馈回路，此时 C_6 放电，L_3 产生反电动势使 L_1 产生正向脉冲，L_2 产生反向脉冲而使 VT_2 趋向截止，VT_1 趋向导通；当 VT_1 饱和导通时，电流由 A 点经 VT_1 流向 C 点通过 L_3、T_2、R_3、C_4 到 B 点，电容 C_6 充电，同样 L_3 使 L_1 产生反向脉冲，L_2 产生正向脉冲，VT_2 又趋于导通，VT_1 又趋于截止，如此往复，VT_1、VT_2 轮流导通和截止，形成振荡，T_2 初级线圈流过高频脉冲电流，经磁电变换，次级产生高频低压输出。电路第三部分为高频低压整流滤波级，整流管采用肖特基二极对管，并由 L_4、C_7 扼流滤波，从而输出直流 12V、3～8A 的能量。电路输出内阻较小，具有负载电流增大时压降变小的特点。

2. 元器件选择

VT_1、VT_2 可选用 $BV_{CBO}\geqslant 1500V$、$P_{CM}\geqslant 80W$、$I_{CM}\geqslant 8A$、$f_t\geqslant 10M$，两管参数应尽量配对。反馈变压器用铁氧体磁环，L_1、L_2 各绕 4 匝，L_3 绕 3 匝，变压器 T_2 用 E_1 铁氧体磁芯，初级 120 匝，次级二组各绕 11 匝。VD_6、VD_7 采用肖特基管 2045。VT_1、VT_2 需加装散热器。

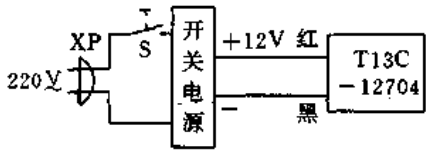


图 3-2

半导体冷藏箱构成示意图如图 3-2 所示。本电源配用一片 TBC-12704 或 12706，本身散热器只有微热。若配用两片 12704 或一片 12706 则最好将电源放置靠近致冷装置散热风扇附近，以补充散热（开关电源体积 $35\times140\times100mm^3$）。

3. 应用举例

本电源具有 12V 直流电压，8A 较大电流的特点（短时间工作电流可达 12A），也十分适用于负载电流瞬时较大的场合，如直流焊接机，塑料热合机等。

图 3-3 为塑料热合机原理图。一般市售的塑料热合机，采用铁芯变压器驱动电热丝，由铁芯变压器输出内阻较大，当负载较大时变压器内压降也增大，故要满足短时间加热到较高的温度，需用 3～4 只大变压器初级并联次级串联，这样电路十分笨重，每次启动电流都很大，断开时变压器产生很大的反向电势，使控制开关和电路十分容易损坏。当采用本电源取代笨重的变压器后，初级工作电流很小，整个电路简单可靠。

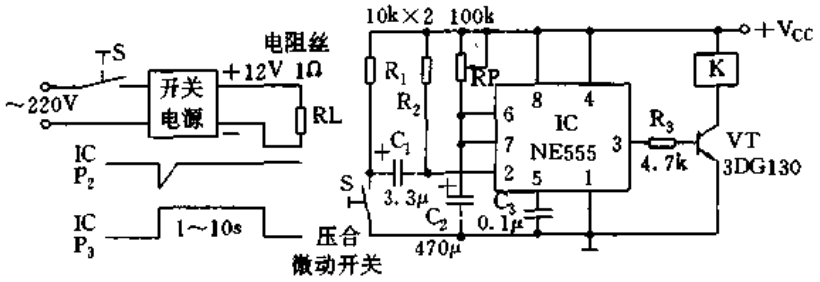


图 3-3

（二）一款新颖的开关电源

三洋公司最新开发的 A6 机芯的开关电源电路，设计新颖，不需要遥控变压器，成本低，而且在遥控关机状态时，开关电源采用间歇振荡方式，降低了功耗，达到了节能的目的。

电视机的开关电源电路，在等待状态时，一般采用两种方式为 CPU 供电：第一种方式是外加一个遥控电源变压器，在等待状态时，开关电源停止工作，由遥控变压器为 CPU 单独供电源；另一种方式是电视机处于等待状态时，开关电源电路正常工作，只是切断行、场振荡回路的电源，使电视机的偏转和高压回路停止工作。第一种方式的缺点是元器件数目多，成本高。第二种方式的缺点是电视机处于等待状态时，功耗大。而 A6 机芯的开关电源电路很好地解决了原来的两种方式的不足，达到节能和降低成本的目的。下面我们分析该电路的简单工作原理。

首先，我们分析一下该电路振荡和稳压部分的电路工作原理。A6 机芯的电源电路是典型的并联自激式脉冲调宽型开关电源，如图 3-4 所示。电路主要由开关变压器 T_1、开关管 VT_3、激励管 VT_2、误差比较放大管 VT_4、VD_{20}、光电耦合管 VD_{11}、VT_1 等组成。开关管 VT_3 和开关变压器 T_1 的初级绕组⑤～⑧，反馈绕组②～③，VD_7、R_{12}、C_{12}、R_{14}组成正反馈回路。交流 220V 电源经过 VD_1～VD_4、C_{10}整流滤波，得到约 300V 的直流电压，通过 T_1 初级绕组⑤～⑧加至开关管 VT_3 的集电极，该电压也通过启动电阻 R_9、R_{10}、R_{11}供给开关管 VT_3 一个微小的偏置电流，使 VT_3 进入放大状态。由于正反馈回路的作用，VT_3 很快地进入饱和状态。同时反馈绕组②～③也通过 VD_7、R_{13}对 C_{13}充电，当 C_{13}两端的电压上升到一定值时，激励管 VT_2 导通，VT_2 的导通使流入 VT_3 基极的电流减少，使 VT_3 退出饱和状态进入放大状态，由于正反馈回路的作用，VT_3 迅速进入截止状态。这时反馈绕组②～③感应的反向电压对 C_{13}进行反向充电，使 VT_2 截止，VT_3 又进入饱和导通状态，重复上述步骤，形成周期性脉冲振荡。VT_2 的工作状态还受稳压控制电路的控制。稳压控制电路由取样电阻 R_{22}、R_{32}、电位器 RP_1，误差比较放大管 VT_4、VD_{20}和光电耦合管 VD_{11}，三极管 VT_1 等组成。当开关电源输出的直流电压 130V 升高时，VT_4 基极电压上升，集电极电压下降，经光电耦合管 VD_{11}使 VT_1 电流增大，则 VT_2 截止时间缩短，输出电压下降，达到稳压的目的，反之亦然。开关变压器 T_1 各个次级绕组提供的脉冲电压经整流滤波后，分别得到 130V、180V、24V、16V、15V 五种直流电源电压。130V 电压供给行输出电路，180V 电压供给视放电路，24V 电压供给场输出电路，16V 电压供给伴音功放电路，15V 电压一路经三端稳压集成块 L78M05 稳压后，得到 5V 电压，供给 CPU；另一种经 VT_7、VD_{23}稳压后得到 12V 电压，供给主机芯电路，同时还经 VT_8、VD_{24}稳压后，得到 7.6V 电压，供给主机芯电路。

该电路间歇振荡控制部分的电路工作原理如图 3-4 所示。当电视机正常工作时，CPU 输出一个高电平送至 VT_9 的基极，VT_9 饱和导通，VT_9 集电极电位下降，使 VT_6、VT_5 导通，开关电源输出的 12V 和 24V 电压正常供电，开关变压器 T_1 的⑯脚通过 VD_{12}整流后向 C_{24}充电，电容两端的电压达到 15V；电视机处于等待状态时，CPU 输出一低电平至 VT_9 基极，VT_9 截止，VT_9 集电极电位上升，VT_6、VT_5 截止，12V 和 24V 电源被切断，行、场振荡电路无工作电压，机器停止工作。电视机停止正常工作后，C_{24}上的电能一路通过稳压器 L78M05 向 CPU 继续提供 5V 的电源电压，另一路通过 R_{24}、R_{25}、R_{41}向 C_{33}充电，由于 VT_{11}发射极电压为 6.2V，所以当 C_{33}两端的电压大于 6.9V 时，VT_{11}导通，VT_{10}也导通，使 VT_{10}的发射极电位下降，也就是光电耦合管 VD_{11}的②脚电位下降，使开关电源停止工作。开关电源停止工作后，C_{24}向 L78M05 继续放电，C_{33}也开始放电，当 C_{33}两端的电压低于 6.9V 时，VT_{11}截止，VT_{10}也截止，这时开关电源开始启动并正常工作，开关变压器 T_1 的⑯脚又通过 VD_{12}向 C_{24}充电，C_{24}两端电压很快升至 15V，同时也向 C_{33}充电，当 C_{33}两端电压达到 6.9V 时，VT_{11}导通，重复上述的步骤，形成间歇振荡。开关电源的振荡和停振时间由电容 C_{33}充、放电的时间常数决定。

（三）一种简易的开关稳压电源

开关式稳压电源与串联式稳压电源相比，具有尺寸小、重量轻及效率高等诸多优点，而且节省电能，因而得到广泛的应用。

本电源为一半桥式脉冲调宽开关电源，其脉冲调宽电路使用 TL-494 型集成块。TL-494 系 16 脚双列直插式集成元件，其管脚排列及外形如图 3-5 所示。该集成电路工作电压范围较

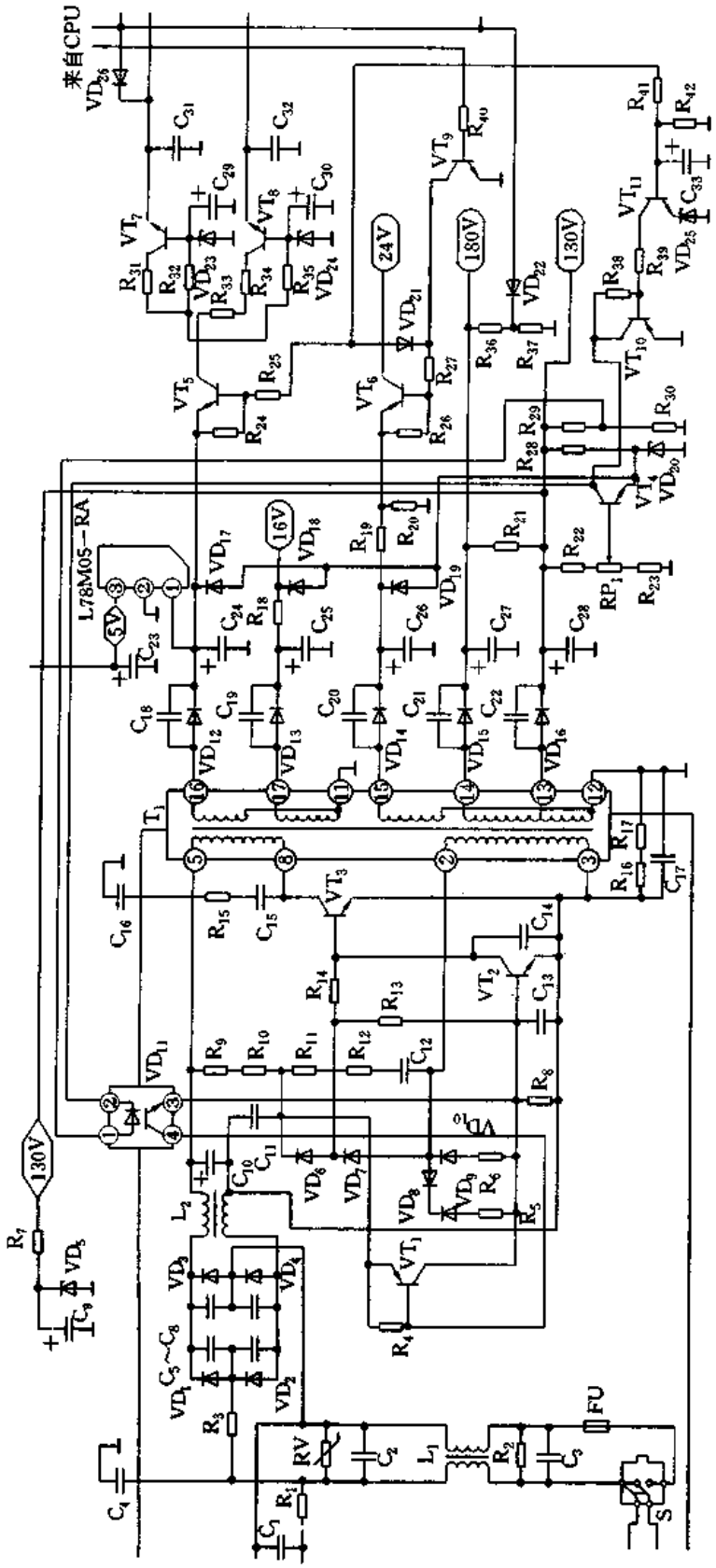


图 3-4

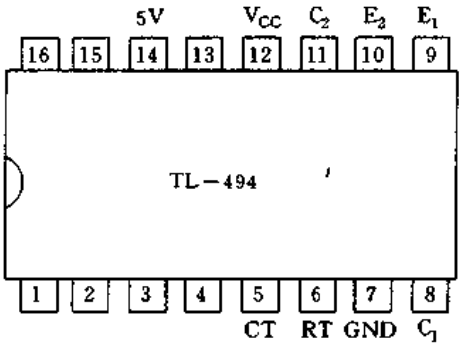


图 3-5

宽为 7～40V，内部基准电压 5V，工作频率 1～300kHz。⑤脚和⑥脚分别接电容和电阻，通上电源即可振荡，⑤脚电容对地电压波形为锯齿波，f＝1.1～1.2/RC(kHz)，在电路中若取 f＝100kHz，则有 CT＝470pF，RT＝22k 或 CT＝1000pF，RT＝10k 两种取值。TL-494 的⑭脚接 5V 电压，末端两功率管推挽工作，接 0V 两管工作在同步状态，④脚为 0V 时输出脉冲占空比为 45%，3.3V 时为 0%。这样通过一定的联接方式来改变放大器输出端电压即可得到不同的输出脉冲占空比。

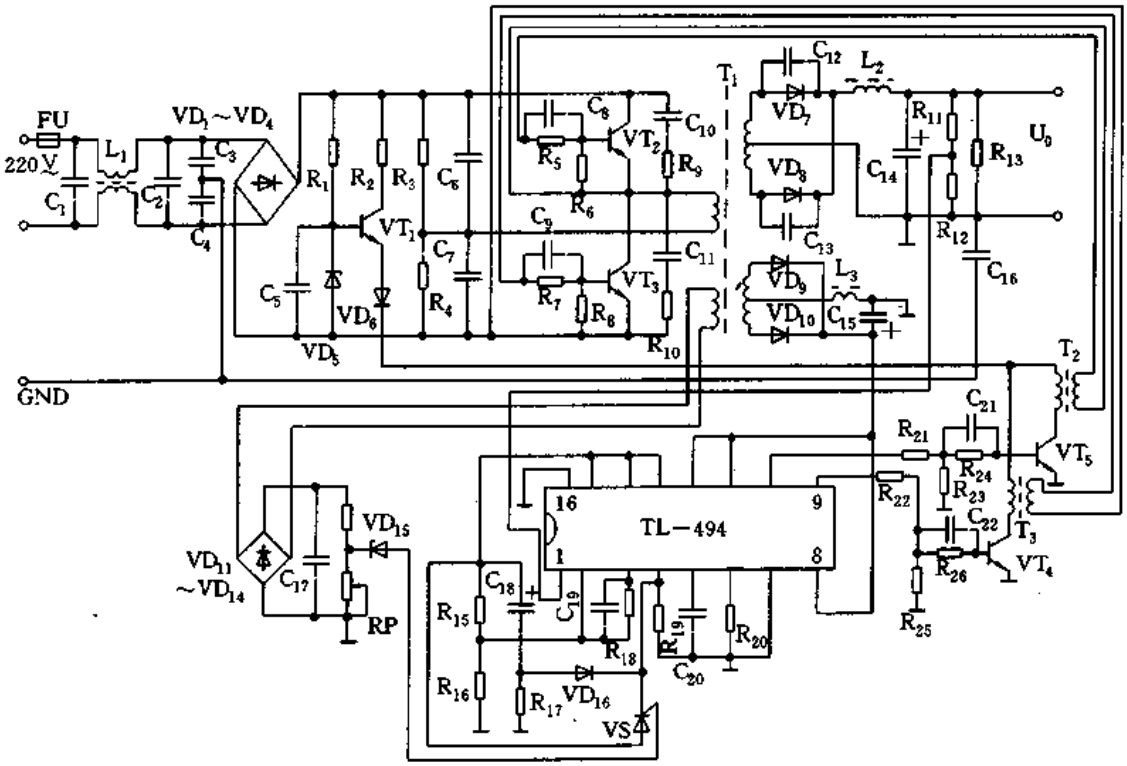


图 3-6

半桥式脉冲调宽开关电源原理图如图 3-6 所示，其输出电压 24V，电流 4A，实测效率可＞80%，工作频率 100kHz。由于工作频率高，脉冲变压器体积较小。其基本工作原理如下：

当接通 220V 交流电源对 C_6、C_7 充上 310V 直流电压，另一路电压通过 R_1 加到 VT_1 的基极，经射极输出使二极管 VD_6 导通，则 TL-494 得到电源。当⑭脚电压上升到 5V 时，其末端两功率管开始发出脉冲，使 VT_4、VT_5 交替导通，通过 T_2、T_3 脉冲变压器给 VT_2、VT_3 两只大功率开关管输出驱动电压，使半桥式逆变器工作，只要逆变器工作，TL-494 所需电源由 T_1 二次绕组经 VD_9、VD_{10}整流提供，当 C_{15}对地电压为 20V 左右时，VT_1、VD_6 截止。电路反馈信号由直流输出端 R_{11}、R_{12}分压加到①脚，②脚为基准电压，由 5V 经 R_{15}、R_{16}低压引出，③脚为反馈端。其稳压过程如下：

当输出电压 U_o↑，U_f↑导致误差放大器输出上升，占空比下降，输出电压 U_o↓，从而完成稳压过程。

本电源设有软起动电路。由 C_{18}、R_{17}、R_{19}及 VS 组成，构成微分电路。起动时 VS 导通，④脚电压按指数曲线下降，使占空比缓慢增加，软起动时间由 $\tau=C_{18}\cdot R'$决定，$R'=R_{17}\cdot R_{19}/(R_{17}+R_{19})$。电路还设有过流保护，当输出电流过大时，信号由电流互感器 T_1 检查，VD_{15}被击空，使晶闸管 VS 触发导通，④脚电平上升，当上升到 3.3V 时，输出占空比为零，电路处于截止状态，输出电流为零，完成截流保护功能。

由于本电路是利用 VT_1 射极输出和主脉冲变压器二次绕组先后给 TL-494 供电，省去一个工频变压器，真正使本机做到了无工频变压器电源，加之频率较高，脉冲变压器体积也很小，所以整个电源做得很小，可随身携带。

（四）新颖的开关稳压电源

用集成运算放大器 μA741 做比较控制元件，可制作两种开关直流稳压电源，应用于黑白电视机(12V)和小型电视差转机(24V)中。现主要以黑白电视电源为例，介绍其电路原理，制作要点和主要优点。

1. 工作原理

12V 开关直流电源的电路如图 3-7 所示。该电路用于集成运放 μA741、VD_5 和 R 代替了原黑白电视机电源的比较电路。将串联型改为开关型直流稳压电源。其主要特点是，集成运放 μA741 的②脚接电源输出端；③脚接 12V 稳压电路 VD_5 上端，以 12V 为基准电压；⑥脚接到复合开关管基极(原电路的复合调整管)；④脚接地，⑦脚接整流器输出(约 19V)。其工作原理是：当输出电压比基准电压 12V 低 2mV 时(因 μA741 的反应灵敏度是 2mV)，反应到 μA741 的反相端②脚，使 μA741 的⑥脚输出高电压，控制 VT_1、VT_2 导通，以大电流给负载及有关滤波电容 C_2、C_3 等补充电能，很快使输出电压升到 12V，即 μA741 的②、③脚电位相等。则其⑥脚输出低电压(约 2V)，VT_1、VT_2 关闭，暂停补充电能。随时间的增长，输出电压逐渐下降，则又重复上述过程，周而复始，电源持续处于开关状态，并使输出电压始终稳定在 12V。

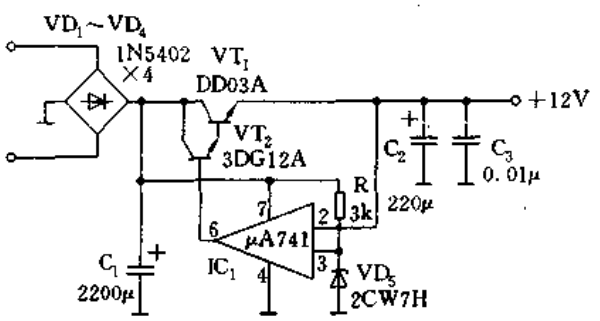


图 3-7

这种用集成运放 μA741 控制的开关直流稳压电源具有简单、价廉、高效、纹波值低和动态范围大等优点。

串联直流稳压电源，因调整管两端正常压降为 7V(12～19V)，通过电流约为 1A，调整管功耗约 7W。这个开关电源的开关管功耗约 1W，所以效率高。同时，也降低了整机温升和热损(串联型电源散热片很烫手，而开关型则不热)。

串联型稳压电源当市电压降为 170V 时，黑白电视机不能正常工作。而该开关型在市电降至 150V 时仍能正常工作。如果把 VT_1 发射极连线断开，将图 3-8 电路的 a 点接到 VT_1 发射极，b点接至断开线的另一点上，电源变压器次级再增绕线圈，使次级电压提高 5V，则开关稳压器在市电电压 130～240V 范围仍能正常工作。电感 L 的作用，主要是在提升电压后限流降压，保护开关管。另外，在开关管关闭时，L 产生相反极性电势。通过图 3-7 的 VD 给 C_2 充电，可延

长开关管的关闭时间，进而提高了电源的效率。

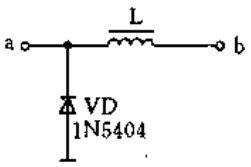


图 3-8

L 用晶体管收音机功放输入或输出变压器铁芯，用 ϕ0.7mm 左右的漆包线绕满即可，VD 用最大导通电流 3A 的快速恢复二极管（没有时可用晶体二极管 1N5404 等代之）。这样，对电压不稳定，特别是市电偏低的地区更为适用。串联型稳压电源如为满足低电压正常时，就会把调整管烧坏。

VT_1 的最大安全导通电流 I_{cm1} 应大于额定平均工作电流二倍，耐压 U_{ceo} 大于整流器最大输出电压 0.5 倍，放大倍数 $\beta_1>15$，适当选大些为宜。VT_2 的耐压 U_{ceo} 与 VT_1 一样，最大安全导通电流 $I_{cm2}\geqslant I_{cm1}/\beta_1$，放大倍数 $\beta_2\geqslant 5I_{cm1}/\beta_1 I_{cm741}$（$I_{cm741}$ 为 μA741 的⑥脚能够通过最大电流）。

VD_5 最好选用反向耐压大于电源输出额定电压，正向工作电流大于电源额定输出电流二倍的快速二极管，也可用普通硅二极管代之。

适当选择 R，当整流器输出电压在规定范围变化时，能使 VD_5 工作在额定稳压电流范围的数值。

（五）一种较为新颖的开关电源

本脉宽调制开关（TOPSwitch），是一种将控制电路和功率开关集成在同一芯片上的新型器件。它不仅能为开关型电源（SMPS）和功率因数校正（PFC）电路提供一切所必需的控制和保护功能，而且可使电路大为简化。

1. TOPSwitch 的内部结构及特点

TOPSwitch 有三个引脚，分别称为源极、漏极和控制极，相应的符号是 S、D、C。该三端 PWM 开关有 TO-251 和 TO-220 等封装形式，其中采用 TO-220 封装的引脚排列及外型图如图 3-9所示。TOPSwitch由振荡器、PWM 比较器、误差放大器、逻辑电路，高压 MOSFET输出管及保护电路等组成。简化方框图如图 3-10 所示。其中，振荡器的频率为 100kHz。TOPSwitch的占空因数与流入到控制极的电流成反比，流入控制极的电流增加，开关内输出 MOSFET 的占空比则线性减小。TOPSwitch具有限流、欠压锁定、过压保护、超温（通常为 145℃）关闭及关断/自动恢复工作等保护功能和低偏置电流、效率高及抗噪扰能力强等特点。不同型号的TOPSwitch 在开关电源和 PFC 电路中的输出功率范围如表 3-1 所示。

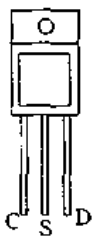


图 3-9

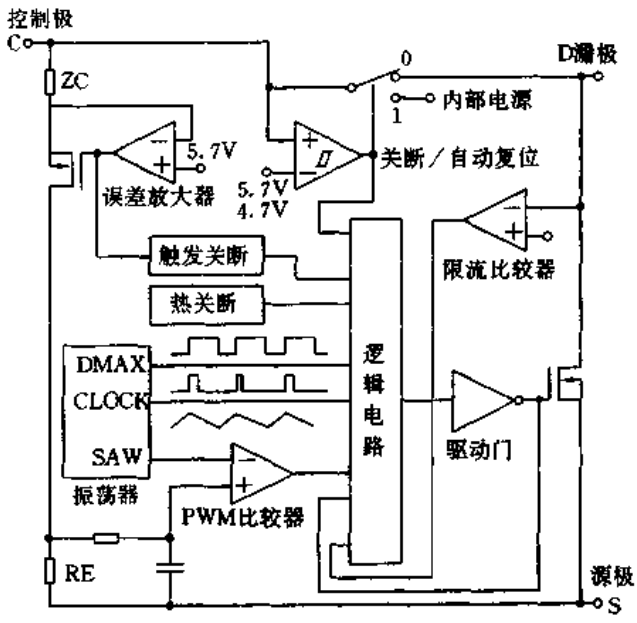


图 3-10

表 3-1

型　　号	输出功率范围		
	开关电源		PFC 升压电路
	输入电压		输入电压 230/277V_{AC}
	110V_{AC}/倍加器或 230V_{AC}	85～265V_{AC}	
PWR-TOP200YA1	0～25W	0～12W	0～25W
PWR-TOP201YA1	20～45W	10～22W	20～50W
PWR-TOP202YA1	30～60W	15～30W	30～75W
PWR-TOP203YA1	40～70W	20～35W	50～100W
PWR-TOP214YA1	50～85W	25～42W	60～125W
PWR-TOP204YA1	60～100W	30～50W	75～150W

2. 由 TOPSwitch 控制的高精度开关电源

图 3-11 示出的是由 TOPSwitch 控制的采用光耦合反馈的反激式精密开关电源电路。该电源的交流输入电压范围为 85～265V，输出电压 U_0=15V，输出功率 P_0=30W。

变压器 T_1 初级绕组反相端接 TOPSwitch 的漏极，R_1、C_2 和 VD_5 组成箝位电路。输出绕组电压经 VD_6 和 C_3 整流、滤波输出 15V 的直流电压。偏置绕组两端电压经 VD_7 整流和 C_4 滤波为光电耦合器 IC_3 提供直流电源。并联稳压器 TL431 通过控制光电耦合器中的发光二极管的电流稳定开关电源的输出电压。改变 T_1 初级线圈匝数比和 R_4 与 R_5 电阻分压器的分压比，则可以改变电源的输出电压。R_4 与 C_7 用作频率补偿。限流 R_2、IC_3 的电流传输比和 TOPSwitch控制极电流等共同决定直流控制回路增益。R_3 和 C_6 决定控制回路的零点，C_6 也决定自动恢复间隔。C_6 与控制极动态阻抗决定控制回路的极点。开关电源电压的任何波动都会引起TOPSwitch控制极电流的变化，从而控制其占空比。

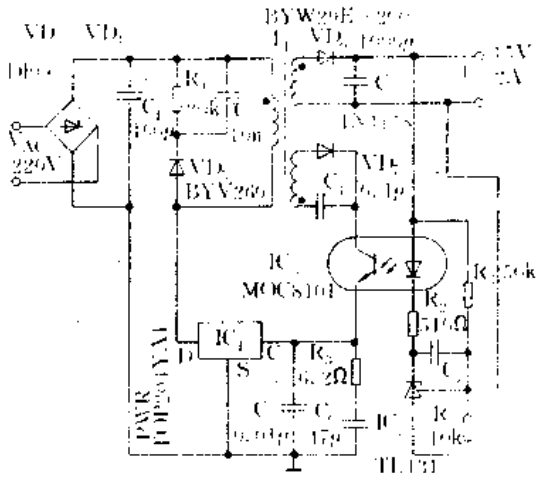


图 3-11

3. TOPSwitch 在 PFC 电路中的应用

图 3-12 是以 TOPSwitch 为核心组成的直接控制输出电压的低成本 PFC 电路。该电路是采用固定频率断续传导模式(DCM)的升压型 PFC 变换器。其 AC 输入电压是 240V，输出功率 70W，DC 输出电压为 430V，线路功率因数可达 0.97，输入电流总谐波畸变(THD)可低于 20%。图中 L_1、VD_1 和 C_4 组成升压功率级电路。C_1 是高频滤波电容，VD_2 用作抑制反向电流尖

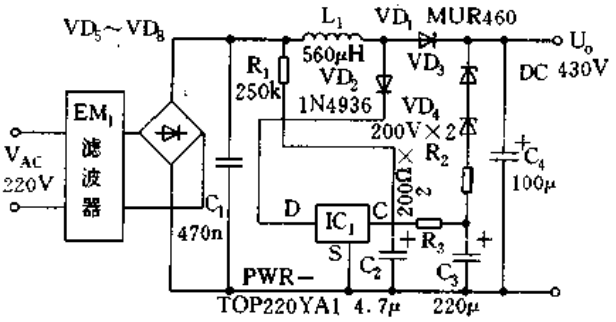


图 3-12

峰，R_1 可产生正比于 AC 电压瞬时变化的预校正电流，R_2 是退耦电阻，C_2 作高频滤波，串联的齐纳二极管 VD_3、VD_4 用作传感输出电压。进入 TOPSwitch 控制极的电流直接控制占空比，当开关内输出 MOSFET 导通时，VD_1 截止；当 MOSFET 关断时，VD_1 导通，向 C_4 充电。在 MOSFET 导通时，C_4 向负载放电。

图 3-13 所示的 70W 升压变压器利用 TL431 作为电流源，直接控制占空比。TL431 使 R_5

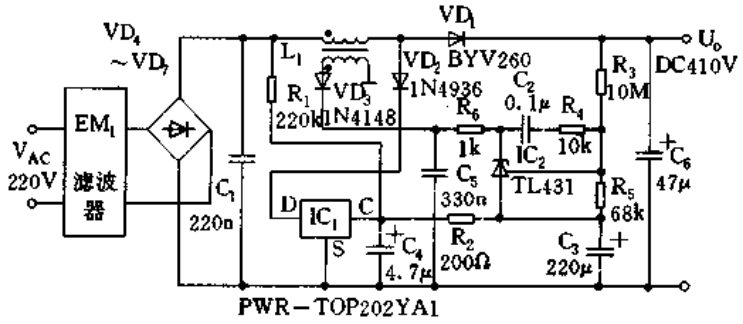


图 3-13

两端的电压保持 2.5V，通过 R_3、C_2 和 R_4 提供平均值调定输出电压。R_6 是限流电阻，并且与 C_3 提供附加平均。L_1 的副绕组与 VD_3、C_5 等组成偏置电路，以利于减小功耗，改进频率。

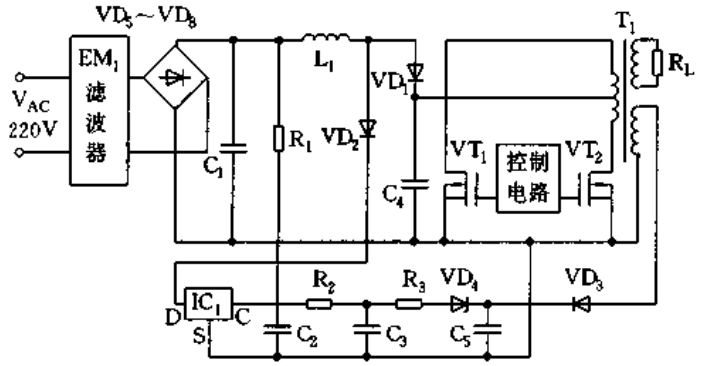


图 3-14

利用 TOPSwitch 通过不同的拓朴可以组成各种形式的 PFC 电路。图 3-14 示出的电路利用推拉式逆变器产生隔离输出电压驱动负载 R_L。输出电压由变压器 T_1 的初次级绕组匝数比决定。次级反馈绕组可以馈送与输出电压成比例的电压，并经 VD_3 整流和 C_3 滤波，用作闭环占空比的控制及偏置电源。采用变压器耦合也可以设计传感和控制负载电流的 PFC 电路。

（六）无感开关稳压电源

本文介绍的 YSSS 无感开关稳压电源有允许输入电源电压变化幅度大，电源调整特性好，输出电压可调范围宽等优点。

1. 工作原理

电路如图 3-15 所示。输入电压经 R_1、VT_1 分压加到 A_3 的输入端，当 A_3 的输入端电压 U_i

低于 A_3 的转折电压时，A_3 输出低电平，VT_2 截止，C_4 向负载 R_L 放电。调整 RP 即可改变输出电压值。实验表明，当输入电压在 100～240V 范围内变化时，输出电压的变化也许只有 0.1V(与负载值有关)。

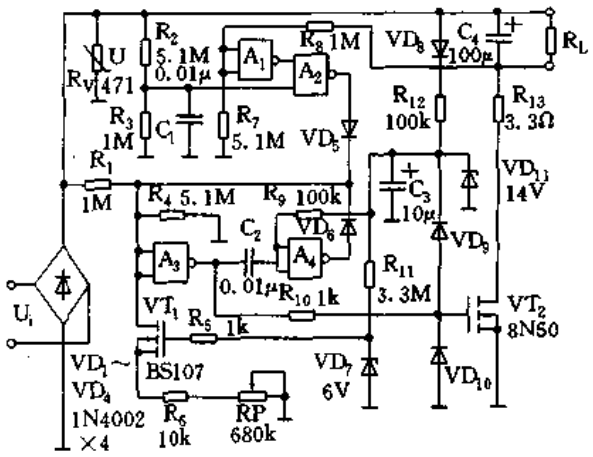


图 3-15

当 A_3 从输出高电平跳变为输出低电平时，通过 C_2、R_9 微分电路使 A_4 在短暂时间内输出高电平，又通过 VD_6 强迫 A_3 在此短暂时间内保持输出低电平状态，消除电路可能产生的自激振荡。A_1、A_2 等元件构成保护电路。1. 开机后，在 C_1 上电压未建立以前，A_2 输出高电平，并通过 VD_5、A_3 控制 VT_2 截止，从而防止因 C_3 上电压未上升到需要值而造成对 VT_2 的激励不足。2. 当 R_{13} 上端电压超过允许值时，A_1 就输出低电平，并通过 A_2、A_3 控制 VT_2 截止。R_{13} 为限流电阻。

A_1～A_4 用 1 只 CD4011，VD_5、VD_6、VD_8～VD_{10} 用 1N4148。输出电压可在 10V～200V 之间调节，输出电流不大于 100mA。

(七) 双端式开关电源

由于单端式开关电源中的高频变压器磁芯仅工作在磁滞回线的一侧，因此它的效率较低。为弥补这一缺陷，又产生了双端式开关电源，使得开关电源技术有了长足进步。

TL494 是德克萨斯仪器公司研制的双端脉宽调制器。可以实现双端推挽式、半桥式和全桥式开关电源，工作频率为 1kHz～300kHz，输出电压可达 40V。TL494 的主要技术参数是输出电流为 200mA；内部设有两个误差放大器；基准参考电压为 5V±5%；有死区调整；输出形式既可单端亦可双端方式；可以与外振荡器外同步。

TL494 采用 16 条引线的双列直插式封装形式，其原理框图和外引脚如图 3-16 所示。从图

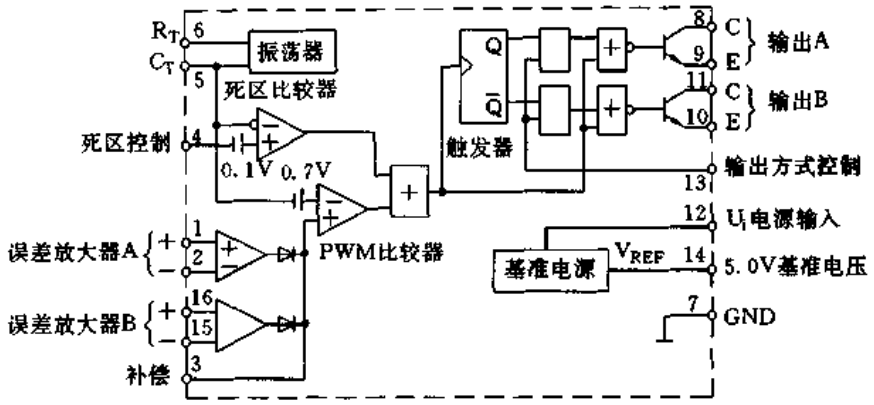


图 3-16

3-16看出，50V 基准电压由 14 脚输出，除了误差放大以外的所有内部电路均由它供电，其精度为 5V±5%。C_T 端⑤脚、R_T 端⑥脚分别对地接电阻 R_T 和电容 C_T，便可产生锯齿波。其振荡频率为：$f=1.1/R_T \cdot C_T$。由于误差放大器采用单电源运算放大器工作方式，并由 U_i 直接供电，故

共模输入电压范围可在－0.3V 至(U_i－2)V 之间。TL494 内部的两个误差放大器，性能完全相同。误差放大器的输出为高电平时，输出级的方波脉冲就变窄，反之方波变宽。⑬脚为输出状态控制端。当⑬脚接地时，两路输出的三极管同时导通或截止，形成单端工作方式，两路并用可增加一倍的输出电流。若⑬脚接至 V_{REF}时，为双端工作方式。死区控制端④脚可用于确定死区宽度是由④脚的电压决定的，它的电压可以在 0V～3V 之间调整。④脚的电压越低，死区宽度就越窄，当④脚电压为零时，死区的占空比仅为 3%。

软起动功能是通过在基准电压端⑭脚与死区控制端④脚之间接入电容 C_{SS}来实现的。在电源接通瞬间，C_{SS}上的电压为零，V_{REF}直接加到④脚上，使输出级关闭。随着电容 C_{SS}的被充电，④脚的电压逐渐下降，使输出电压缓缓上升，从而完成了软起动。软起动的时间常数为：

$$T_S=C_{SS}\cdot(R_1\cdot R_2)/(R_1+R_2)。$$

TL494 芯片内有两组输出三极管，其发射极和集电极均直接引出，可以方便地实现射极跟随输出或集电极输出形式。

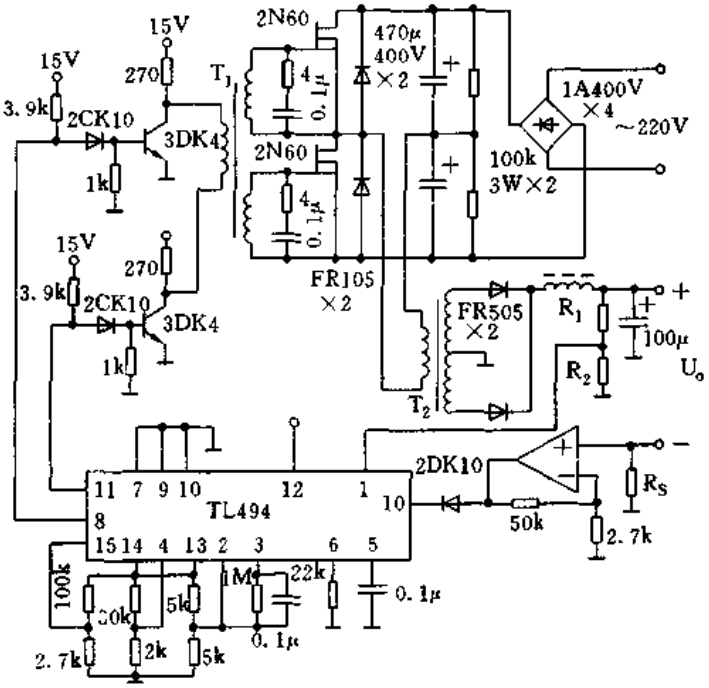


图 3-17

用 TL494 构成的半桥式双端开关电源如图 3-17 所示。

（八）高耐压 PWM 开关电源

本电源为简单的 5V、5W 开关电源，实际电路如图 3-18 所示。图中 TOP210(IC)为 PWM 开关。IC 中含有 PWM 控制器，功率 MOSFET 和各种保护电路，这种 5V、5W 开关电源的成本比常用的线性电源成本低。

本电源交流输入电压范围为 85V～265V，当负载从额定负载的 10%变化到 100%时，电源电压调整率和负载电流调整率可达±5%。该电源还具有过压、超温保护和逐周限流等功能。

TOP210 的⑤脚为内部输出 MOSFET 的漏极，④脚为内部误差放大器和反馈电流输入

端，用来调整开关电源的占空比。①、⑧脚为内部 MOSFET 的源极，也是内部控制电路的公共端。

交流输入电压经 VD_1～VD_4 整流后的直流高压，加到变压器 T 初级线圈的一端，初级线圈的另一端加到 TOP210 内部输出 MOSEFT 的漏极。VD_5 和 VD_6 组成箝位电路，把变压器 T 漏感引起的脉冲前沿尖峰电压限制到安全值。本电源工作频率为 100kHz。变压器 T 次级电压级 VD_7 整流和 C_4、C_5、L_2 滤波后，输出 5V 的稳定电压。L_1、C_1、C_6、C_7 用来减小传导幅射电流，以减小开关电源产生的射频干扰。反馈线圈两端电压经 VD_8 整流、R_1、C_3 滤波后，加到 TOP210 的控制脚，C_3 两端电压由 TOP210 来调整，以便稳定输出电压。

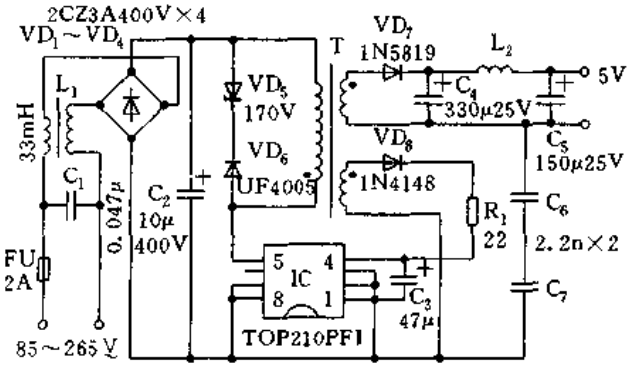


图 3-18

（九）三端 PWM 开关电源—PWR-TOP200 系列及应用

PWR-TOP200 系列开关电源 IC 是 TO-220 封装的三端器件，如图 3-19 所示。可方便地组成离线式 PWM 型开关电源，输出功率 0～150W。特点是：外围元件少，可靠性高；可组成升压或降压式开关电源，且有较高的效率和过热保护功能。

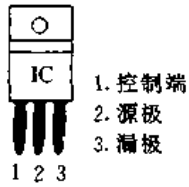


图 3-19

本系列器件内部有电压型 PWM 控制，N 沟道功率 MOSFET、工作频率为 100kHz 的振荡器、高压启动偏置电路、基准电压源、并联调节器、误差放大器及保护电路等。

由于内部有启动及限流电路，可减小直流损耗；耐压 700V 的MOSFET 极间电容很小，可减小交流损耗；CMOS 控制器栅极驱动，功耗仅 6mW；最大占空比可达 70%，可减少传导耗损，因为它的效率可达 90%。

图 3-20 中 C_1、C_2、C_3 是滤波电容器，C_4 是补偿、旁路及启动电容。输出电压经光电耦合器 VT 反馈到控制端。输入电压可以直接接交流 220V，输出电压由高频变压器参数决定。由于有变压器及光电耦合器的隔离，输入与输出是隔离开来的。

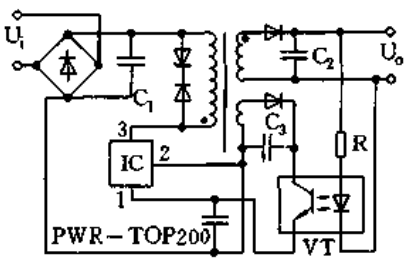


图 3-20

1. 实际应用电路

（1）一种输出电压 7.5V/2A 的开关电源如图 3-21 所示。输入电压范围为交流 85～265V、频率范围为 47～440Hz；工作温度范围为 0～70℃；输出电压 7.5±5%；连续工作时输出功率为 15W，峰值功率可达 30W；线性调整率（AC85～265V）为±5%；负载调整率为±1%；输出纹波电压±50mV；效率为 80%～90%。输出电压取决于光电耦合器 VT 中的发光管和 R_1 上的压降及齐纳二极管的击空电压（6.2V）。若需要输出其它电压，可改变变压器的匝数及齐纳二极管的击空电压。高频变压器采用 T1202，参数如图 3-22 所示。

（2）一种输出 15V/2A（30W）的开关电源如图 3-23 所示。输入条件与上例相同，输出电压

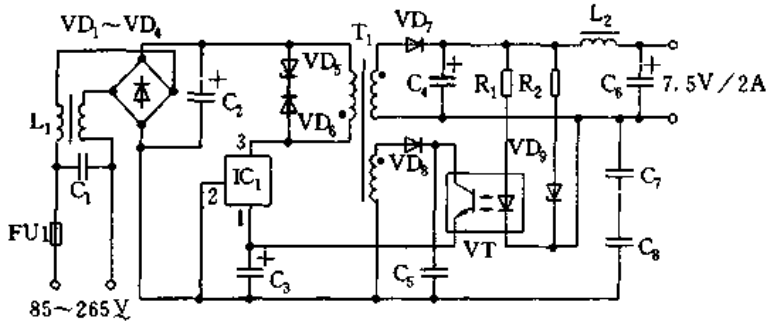


图 3-21

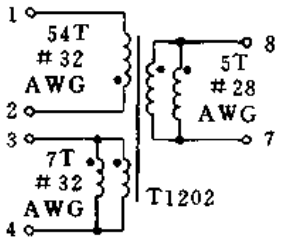


图 3-22

为 15V±2%。线性调整率为±0.2%，输出纹波电压不大于±50mV。变压器参数如图 3-24 所示。输出电压可通过 R_3、R_4 组成的分压器比值来调整。

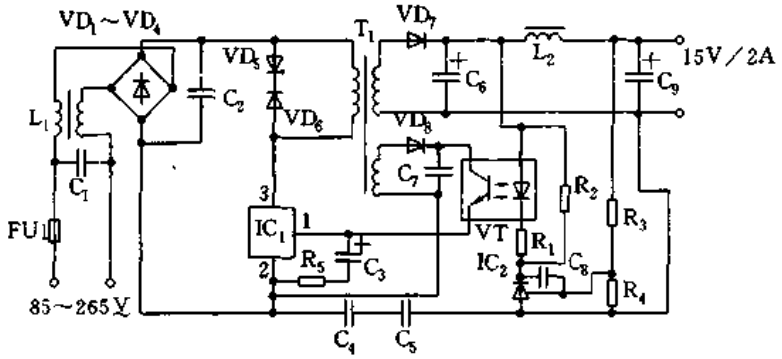


图 3-23

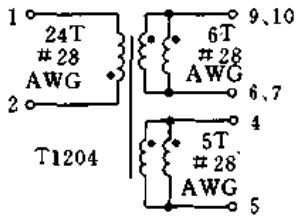


图 3-24

(3) 一种功率因数校正(PFC)电路如图 3-25 所示。其典型的性能是功率因数为 0.98，THD 为 7%。

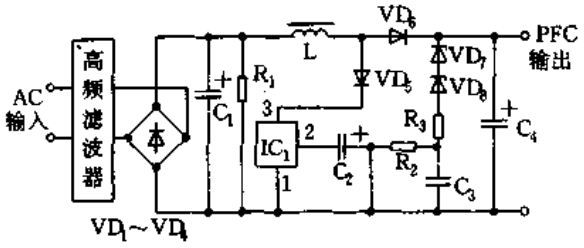


图 3-25

2. 元器件选择

图 3-21 中 R_1：39Ω、R_2：68Ω。电容 C_1、C_5：0.1μ，C_2：33μ400V，C_3：47μ，C_4：680μ25V，C_6：120μ25V，C_7、C_8：2.2nF。二极管 VD_1～VD_4：2A400V，VD_6：UF4005，VD_7：UG8BT，VD_8：1N4148。稳压二极管：VD_5：P6KE150，VD_9：1N5234B(6.2V)。光电耦合器 VT：NEC2501。集成块 IC_1：PWR-TOP204YA1。电感 L_1：31mH，L_2：3.1μH。保险 FU1：3A。图 3-23 中 R_1：510Ω，R_2：200Ω、1/2W，R_3：49.9k，R_4：10k，R_5：6.2Ω。电容 C_1、C_7、C_8：0.1μ，C_2：47μ400V，C_3：47μ25V，C_4、C_5：2.2nF C_6：1000μ35V，C_9：120μ25V。二极管 VD_1～VD_4：2A400V，VD_6：BYU26C，VD_7：MUR610CT，VD_8：1N4148。稳压二极管 VD_5：P6KE180，光电耦合器 VT：NEC2501。集成块 IC_1：PWR-TOP204YA1，IC_2：TL431。电感 L_1：33mH，L_2：3.3μH。保险 FU_1：3A。图 3-25 中 R_1：262k，R_2：200Ω，R_3：3k。电容 C_1：470nF400V，C_2：4.7μ，C_3：220nF，C_4：1000μ。二极管 VD_1～VD_4：1N4004，VD_5、VD_6：MUR460。稳压二极管 VD_7、VD_8：200V、1W。集成块 IC_1：PWR-TOP202YA1。电感 L：540μH。

（十）集成开关稳压电源

本文将系统地介绍一种由脉宽调制器组成的开关电源。

串联式开关稳压电源的功能方框图如图 3-26 所示。由于它的功率调整管处于开关状态，使其电源的效率明显地提高。体积明显地减小。

串联开关电源的稳压原理为：若由于输入电压或负载电流变化，引出输出直流电压 V_o 波动，取样回路立即将波动信号送入误差放大器，且与基准电压比较，然后将放大后的信号送至脉宽调制回路，使脉宽调制器的脉冲占空比发生变化，再将它送给功率开关调整管，改变调整管的输出，其结果使稳压电源的直流输出电压 V_o 保持不变。

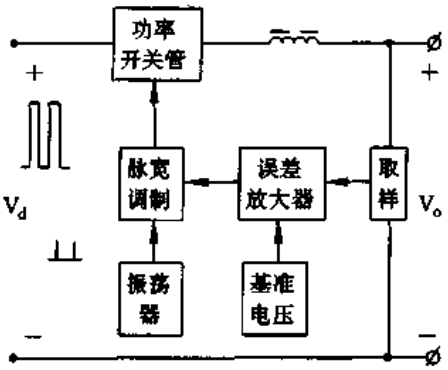


图 3-26

目前，最为常用的单片集成串联开关稳压电源器件有 L4960/L4962/L4964，W296 等。

L4960/L4962/L4964，这是意大利半导体公司生产的产品是实现单片低压串联式开关电源的优秀器件。它的外围元件少，输出电流大，输出电压范围为 5V～40V，并连续可调，其脉冲占空比可以在(0～100)%内调整，整个电源效率高达 90%。该器件具有慢起动，最大电流限制和过热保护功能。由于器件的开关工作频率高达 100kHz 以上，使得外围滤波元件的体积和容量明显减小。用它制作的稳压电源不但可接成可调式稳压电源，也可以接成固定电压输出的稳压源。

L4960/L4962/L4964 的封装形式如图 3-27 所示。它的主要电参数如下：1. 最大输入工作电压 46V；2. 输出电压范围 5V～40V；3. 最大输出电流 L4960 为 2.5A，L4962 为 1.5A，L4964 为 4A；4. 限制电流 L4960 为 3.2A，L4962 为 2A，L4964 为 4.5A。

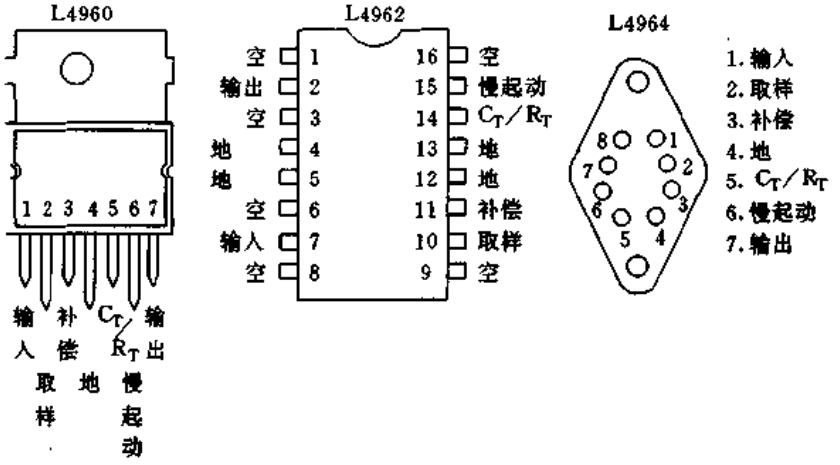


图 3-27

这三种开关稳压器的等效电路和使用电路完全相同。由它组成的稳压源的原理方框图如图 3-28 所示。从图 3-28 可见，仅需 10 个外围元件就可以作成开关稳压电源。这 10 个外围元件的参数和用途说明如表 3-2 所示。

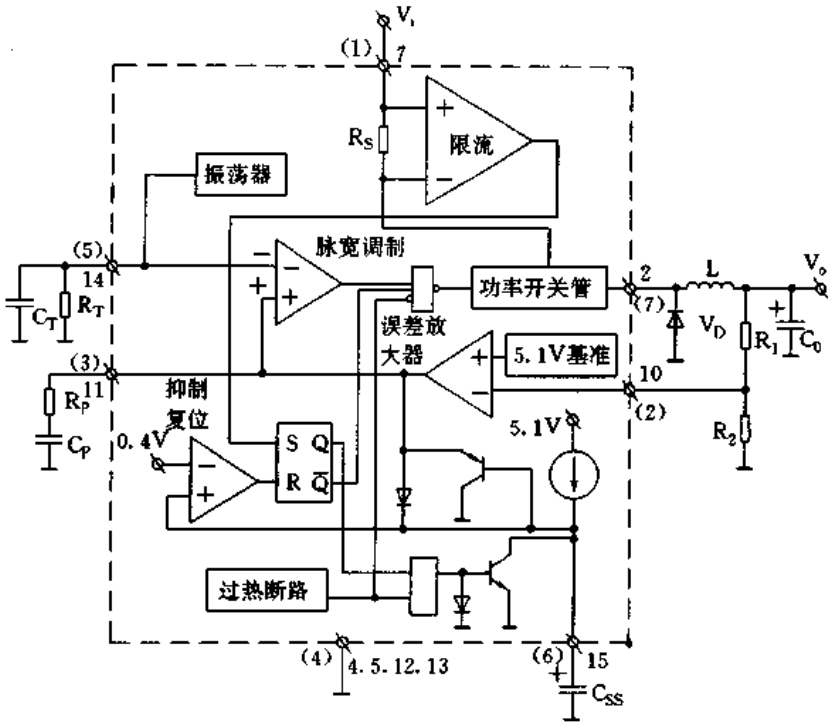


图 3-28

表 3-2

元件	建议取值	用途	范围		说明
			max	min	
R_T C_T	4.3kΩ 2.2nF	决定开关电源的工作频率	27kΩ 3.3nF	1kΩ 1nF	开关频率为 $f=\frac{1}{R_T \cdot C_T}$
R_1 R_2	4.7kΩ	决定输出电压 V_o	10kΩ	500Ω	$V_o=\frac{R_1+R_2}{R_2}5.1$
R_P C_P	15kΩ 33nF	频率补偿		10kΩ	
C_{SS}	2.2μF	慢起动	4.7μF	1μF	当 $C_{SS}=2.2\mu F$ 时慢起动 100ms
L	150μH	输出滤波电感			采用铁氧体磁芯
VD	4A/50V	续流二极管			采用肖特基或快恢复二极管

图 3-29 所示的电路为双电压输出的稳压电源。它通过输出滤波电感 L 上的一个副绕组，产生一组较小输出电流的直流电压。

图 3-30 所示电路为 L4960 扩展输出电流的实例。VT 是一支 NPN 型大功率晶体三极管，从而使这个电路具有 10A 以上的输出能力。

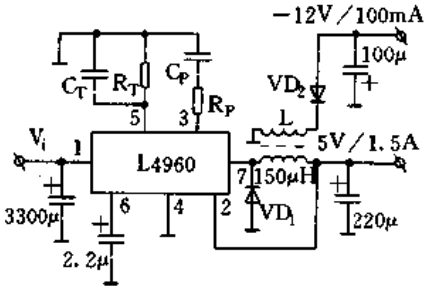


图 3-29

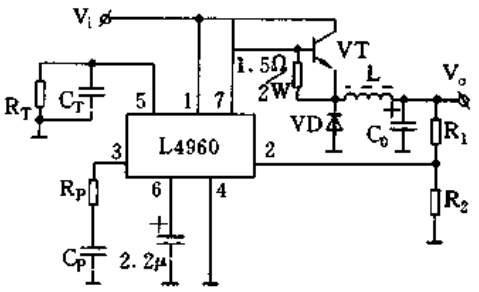


图 3-30

图 3-31 所示为升压转换电路。当 L4960 的⑦脚为高电平输出时，功率开关管 VT 导通，电感 L 被注入较大的短路电流。当⑦脚为低电平时，VT 截止，电感 L 经负载、续流二极管 VD_1 和 R_3、R_4 续流，使 $V_o=5.1V$，输出电压 V_o 为

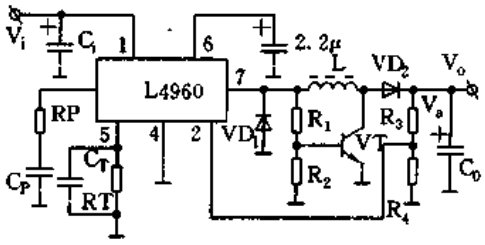


图 3-31

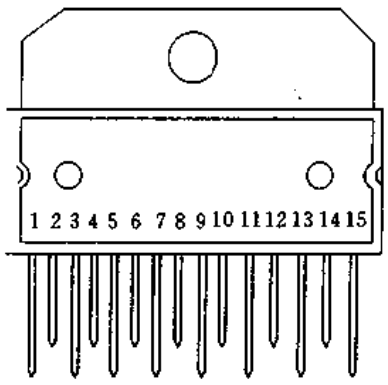


图 3-32

$$V_o=5.1(R_3+R_4)/R_4$$

W296 是一种外接元件少，输出电流大的单片开关集成稳压器，其工作原理与 L4960 系列完全相同，而且功能更全。W296 采用 15 条引线的单列塑封结构，外形如图 3-32 所示。它的主要电参数为：①最大输入电压 46V②输出电压范围 5V～40V③输出电流为 5A。W296 内部电路框图及基本应用如图 3-33 所示，其输出的直流电压 V_o 为

$$V_o=5.1(R_1+R_2)/R_2$$

采用单片开关稳压器时，为保证有良好的负载调整特性，应尽可能将取样端接近负载。在输出较大功率时，还应考虑加上足够大的散热片。

（十一）调频灯的开关稳压电源

随着微电子技术和电源技术水平的不断提高，开关稳压电源正在我国普及，具有效率高、功耗低、稳压范围宽、体积小和重量轻等优点的开关稳压电源正在取代传统的体积大、重量重、效率低和功耗大的线性变压器供电电源。本文采用一种自适应技术的输出电压分别为 12V、24V 和 36V；输出功率分别为 100W、300W 和 400W 的光学仪器和设备专用开关稳压电源。

本电源在光学仪器和设备中的应用非常广泛。其范围主要包括光学教学仪器，如投影仪、幻灯机、放影机等；光学影像设备如放大机、印像机、曝光灯、摄影机、高速摄影机等；光学分析仪器，如显微镜、放大镜、分光光度计、光谱仪等；光学医疗仪器，如光子治疗仪、紫外线照射仪、红外线热疗仪等。

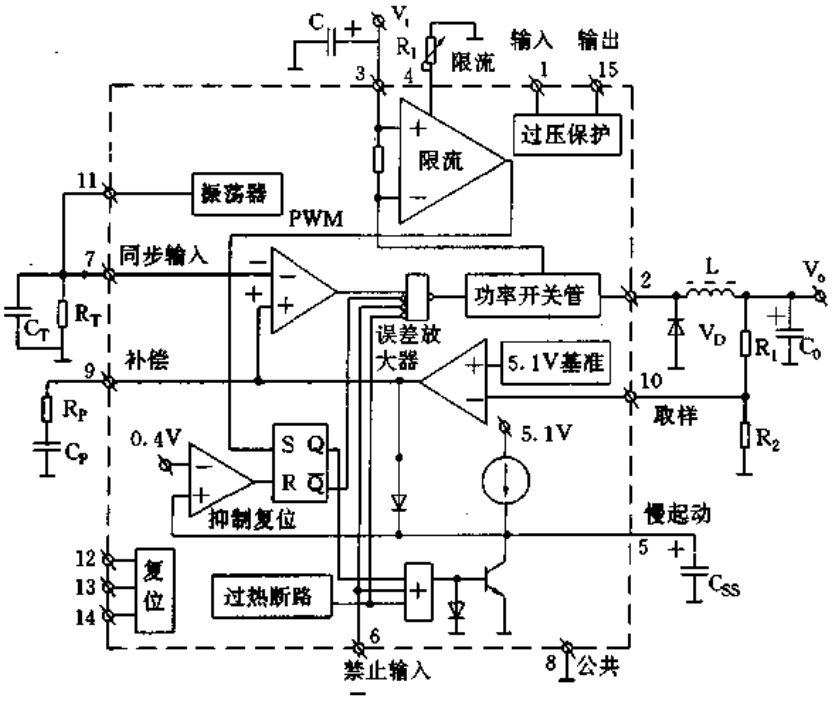


图 3-33

1. 工作原理

电路原理如图 3-34 所示。电容 C_1、C_2、C_3 和共模电感 T_1 组成的共模滤波器，可将电源内部主变换器产生的高频信号对电网(220V、50Hz)的影响和污染滤除到最低程度。二极管 VD_1

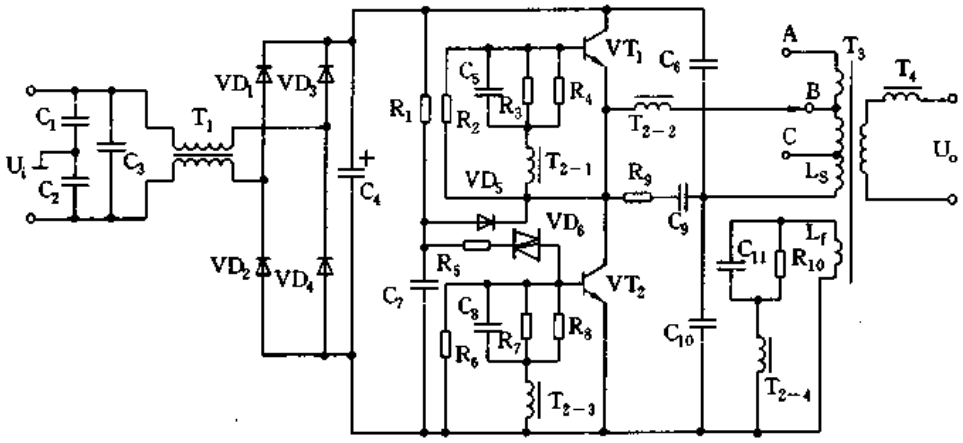


图 3-34

～VD_4 及电解电容 C_4 组成的全波整流滤波电路，将 220V、50Hz 变成 300V 的直流电压，用以作电路的电源。主变换器由开关功率管 VT_1 和 VT_2、电容 C_6 和 C_{10}、变压器 T_2 和 T_3 等外围元件组成，电路形式为半桥型自激式。

2. 启动电路

启动电路由电阻 R_1、R_5 和电容 C_7 及双向触发二极管 VD_6 组成。电源一接通，300V 直流便通过电阻 R_1 给电容 C_7 充电。当电容 C_9 上的电压足以使双向触发二极管 VD_6 导通时，该电

容上的电压会通过电阻 R_5 加到开关功率管 VT_2 的基极，使其饱和导通，完成整个电源的启动工作。

3. 反馈回路

(1) 反馈回路 Ⅰ。开关变压器 T_3 中的 L_f 绕组和耦合变压器 T_2 中的 T_{2-1}、T_{2-3}、T_{2-4}、绕组构成激励正反馈回路 Ⅰ。其工作过程为：VT_2 被启动后，300V 直流通过开关变压器中的主绕组 L_S 和 VT_1 对电容 C_6 充电，L_S 绕组中有充电电流流时，副绕组 L_f 中会感应出一脉冲电流。该电流经由电容 C_{11} 和电阻 R_{10} 组成的相移延迟电路延迟后，流过耦合变压器 T_2 的 T_{2-4} 绕组，导致在分别连接于 VT_1 和 VT_2 的基极的两个副绕组 T_{2-1} 和 T_{2-3} 上感应出 VT_1 的基极为正，VT_2 的基极为负的相位相反的驱动脉冲电压信号，使导通的 VT_2 截止，截止的 VT_1 导通。VT_1 导通后，300V 直流又通过 T_3 的 L_S 绕组和 VT_1 给电容 C_{10} 充电。这时，L_S 绕组中流过的充电电流的方向正好与 VT_2 导通给电容 C_6 充电电流的方向相反，结果使 VT_1 又回到截止状态，VT_2 回到导通状态，从而完成变换过程。这个过程将快速不断地进行下去，从而形成完整的半桥型自激式变换器的工作过程。变换器的振荡频率主要取决于组成该反馈过程回路的各个元件参数的大小。

(2) 反馈回路 Ⅱ，第二反馈回路主要由串联在开关变压器初级绕组 L_S 中的耦合变压器 T_2 中的绕组 T_{2-2} 和绕组 T_{2-1}、T_{2-3} 及其它阻容元件组成。该反馈电路也为正反馈电路。其工作过程为：输出负载加大，即输出电流增大时，在变压器的耦合作用下，流经绕组 T_{2-2} 的电流会相应增大。绕组 T_{2-2} 与绕组 T_{2-4} 为同名端，因此会导致 T_{2-1} 和 T_{2-3} 绕组中的脉冲电流增大，这样就进一步加快了开关功率管 VT_1 和 VT_2 的开与关的速度，最后使得主变换器的振荡频率明显提高。由于开关稳压电源的输出电压与其振荡频率成正比，该正反馈回路的存在既扩大了该开关稳压电源的稳压范围，又加强了其带负载能力，即构成了一个自适应调频稳压回路，输出电流增大或负载过大时，输出电压均有下降趋势，这一个下降趋势通过闭环自适应回路反馈到开关管 VT_1 和 VT_2 的基极，使变换器的振荡频率增大，且输出电压又有上升趋势，最后使该电源的输出始终都能稳定在一个所要求的电压值上。这种自适应调频稳压技术是开关稳压电源中的关键技术。

电路中电容 C_5 和 C_8 为加速电容，其作用是改善电路的开关特性，减小开关功率管 VT_1 和 VT_2 的开启时间和关断时间，以降低两只开关功率管的功耗。R_9 和 C_9 为抑制集电极尖峰电压电路，防止两只开关管由于集电极尖峰电压过高而产生二次电子击穿。

4. 电路特点

(1) 效率高，功耗低。该开关稳压电源电路结构简单，比普通线性变压器供电电源的效率提高两倍以上。用该电源取代线性变压器后，工作频率由原来的 50Hz 提高到 50kHz～100kHz，使灯泡的发光效率明显提高。

(2) 体积小，重量轻。该电源与传统的线性变压器供电电源相比，重量减轻到不及原先的 1/6，体积也明显减小。

(3) 该电源与同类开关稳压电源相比，一个较为突出的优点就是有源器件少，电路结构简单。因此，其整体可靠性高，故障率低，易于安装和调试，便于批量生产。

(4) 因电源采用了新的自适应调频稳压技术，所以其自身保护能力，稳压性能和带负载能力均大大提高。

5. 电源的主要技术参数

(1) 输入电源电压:220V/110V±25%,50Hz。

(2) 输出电压:AC12V、24V、36V(50～100kHz),分挡可调。

(3) 输出功率:100W、300W、400W,可根据用户需要择定。

(4) 输出波形:标准方波,占空为 1∶1。

(5) 工作温度范围:－40～＋80℃。

(6) 体积:130×75×45mm³。

(7) 重量:0.4kg。

(十二) 用 CW3524 组成的系列化开关电源

CW3524 是目前在国内较为流行的脉宽调制型开关稳压电源集成控制器之一。它可广泛的用在开关稳压电源和各种变换器中。它几乎包括了所有无电源变压器开关电源所要求的基本功能,如控制、保护、取样及放大等功能。这种电路内部有 5V 基准电压、误差放大器、比较器、电流限制放大器、发生器、两个或非门、电路关闭晶体管及两只推动晶体管。其方框图如图 3-35 所示。

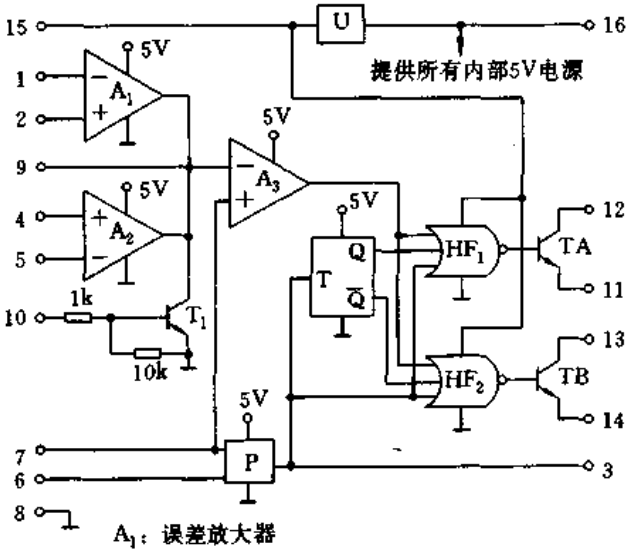


图 3-35

1. CW3524 的功能和特点

(1) 完整的 PWM 功率控制功能;

(2) 输出开关频率大于 100kHz;

(3) 集电极、发射极开路输出电流可达 100mA;

(4) 线性负载调整率为 0.2%;

(5) 工作电压范围为 6～40V;

(6) 工作温度为 0～＋70℃;

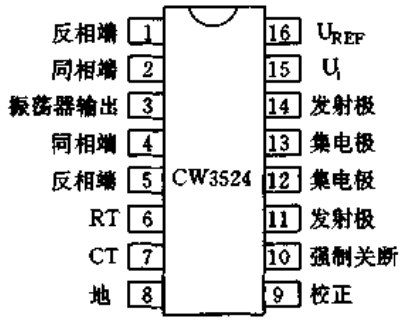


图 3-36

(7) 在全温度区上,内部基准电压变化最大为 1%,其输出电流可达 50mA。

集成开关稳压器 CW3524 采用双列直插式 16 线陶瓷或塑料封装,其外形、管脚排列及管脚功能如图 3-36 所示。

2. CW3524 应用实例

图 3-37 是当输入为－24V 直流电压时，用 CW3524 组成的＋12V 稳压电源。由 CW3524 型集成脉宽调制器组成的双端开关稳压电源，输出电流为 2A，输出电压为＋12V。CW3524 是

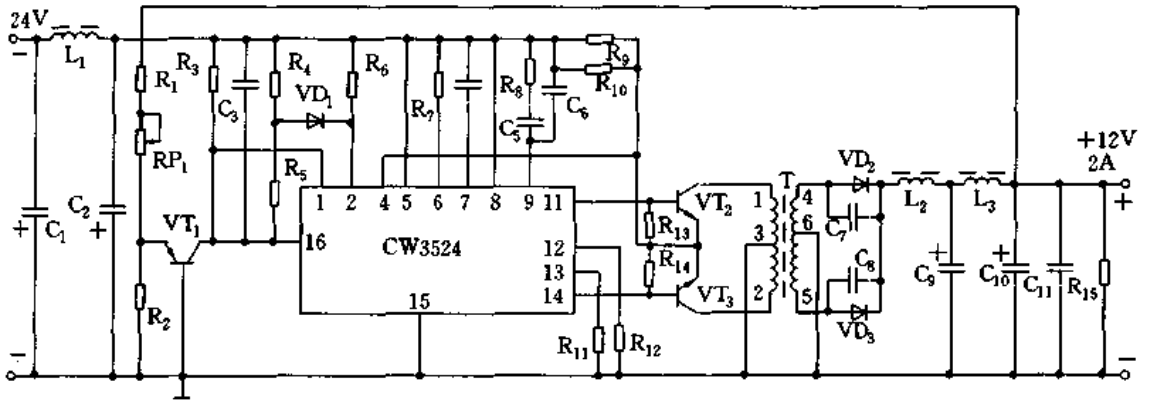


图 3-37

本电源的核心元件，并直接向功率转换电路的开关功耗提供脉宽调制信号。开关频率由⑥脚的电阻 R_7 和⑦脚的电容 C_4 来确定。电位器 RP_1 和电阻 R_1、R_2 提供取样电压，通过三极管 VT_1 组成的共基极电路，由集电位经 CW3524 的①脚引入误差放大器的反相端，改变 RP_1 的阻值应能保证输出电压在 12V。②脚为误差放大器的同相端，它由 CW3524 中的 5V 基准电压，通过⑯脚加到电阻 R_4、R_5、R_6 和二极管 VD_1 分压电路而获取一基准电压。

当取样电压和基准电压分别通过①、②脚送入 CW3524 中的比较器进行比较放大后，输出的控制信号电压送到脉宽调制器的反相端。脉宽调制器把控制电压与斜波基准电压进行比较、输出一个宽度受控制电压所调制的方波脉冲后，送入两个前级或非门的输入端。

分相电路是由脉冲控制触发器所组成，实际上是一种前沿触发的 T 型触发器。斜波发生器产生的同步方波脉冲经③脚振荡输出。使分相电路工作的方波脉冲频率为触发脉冲频率的一半，且相位差 180°，并分别送入两输出晶体管前级的或非门输入端。三个输入端的或非门，由或非门逻辑原理可知，只要当满足三个输入端均为低电平时，输出才为高电平。由分相器的输出 Q 和 $\overline{Q}$ 送往两个或非门的输入相位总是相差 180°，并且在两个分相的输入脉冲之间总存在一个高电平，因而保证了两个输出管不会产生同时导通的情况。

由开关三极管 VT_2、VT_3 及高频变压器 T 组成的共发射极推挽式变换电路，使 T 的初级产生大于 100kHz 的方波脉冲，经变压器 T 变压后，由二极管 VD_2、VD_3 全波整流，电感 L_2、L_3、电容 C_{11}、C_{12} 滤波后，在输出端可获取＋12V 的电源电压。故此，图 3-37 为 CW3524 构成的带有电源变压器半桥 PWM 稳压电源。

本开关稳压电源的过流保护是由 CW3524 中的一个传感器构成。其输出端与比较放大器输出端的⑨脚相连。当输出电流过流时，经④、⑥脚间的限流电阻 R_9 和 R_{10} 进行取样，使④脚为高电位，⑤脚为低电位，从而将比较放大器的输出端电位控制至低电位，使脉宽调制器输出恒为高电位，为此或非门输出低电位而导致两个输出管截止，三极管 VT_2、VT_3 因无基极控制电流而处于截止状态，从而切断了电源的输出。

由于 CW3524 的①脚接入三极管 VT_1 的输出端即集电极。它将随输出电压的变化反馈至

VT_1 的射极电位，则集电极电位发生变化而改变①脚的电位并与②脚电位比较后，使 CW3524 的⑪脚和⑭脚电位跟随变化，三极管 VT_2 和 VT_3 的振荡强弱将发生变化，从而达到自动调整输出电压的目的，以确保输出稳定在 12V 电压上。

其中，⑨脚接有电容 C_5、C_6 及电阻 R_8，以实现频率补偿。⑪、⑭脚为 CW3524 的输出直接与外接开关三极管 VT_2、VT_3 基极相连。电阻 R_{11}、R_{12} 由⑫、⑬脚引入作为 CW3524 输出管的负载。为使＋12V 输出稳压电源电压的纹波指标合格，其输入采用了 L_1、C_1、C_2 对称 π 型滤波网络，输出采用了 L_2、L_3、C_9、C_{10} 两节 L 型滤波网络。电容 C_7、C_8 作为全波整流电路的高频电容，其主要作用是抑制调制干扰。电容 C_{11} 是用来抑制高频干扰和防止可能产生的自激。电阻 R_{15} 是为输出提供泄放回路。

图 3-38 是当输入为－24V 直流电压时，用 CW3524 组成的－12V、2A 的稳压电源。

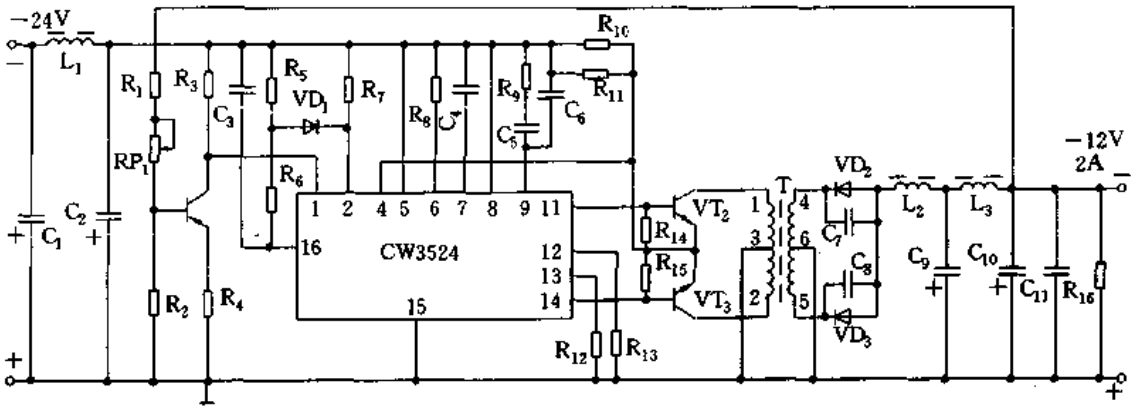


图 3-38

从图 3-38 中可以看出，除电路的反馈自动控制部分和输出部分与图 3-37 有所不同外，其它电路完全一样。由于输出为负电源，为便于控制三极管 VT_1 的导通电压，VT_1 是采用的共发射极电路，这样，CW3524 的反相输入端①脚，可随其电位变化而变化，以达到输出电压自动稳压。变压器 T 的次级接为二极管 VD_2、VD_3 负向导通，以便使输出端获得一定的电源电压。

图 3-39 是当输入为－48V 直流电压，用 CW3524 组成的＋12V、2A 的稳压电源。图 3-39 的电路工作原理与图 3-37 工作原理基本一样。由于 CW3524 的输出采用了 VMOS 场效应三极管 VT_4、VT5 作为推挽式开关管，因而与晶体三极管相比，具有输入阻抗高、噪声低、动态范围大、抗干扰、抗幅射能力强等优点。是理想的开关元件。

为防止输出过压或电源本身出现异常，在 CW3524 的⑩脚接入光电耦合器 VT_2 作为控制开关。当输出电压超过规定的额定电压时，光电耦合器 VT_2 中的发光二极管通电，即可产生光源，感光三极管将受光源的作用而导通，在 CW3524 的⑩脚上产生电压，则⑩脚输入大于 0.7V 的电压时，CW3524 中的三极管即刻饱和导通，使 CW3524 的输出端呈低电位，从而切断稳压输出。电压输出正常后，电路则自动复原。

其中，调节电位器 RP_2，使⑩脚电位达到了可靠保护动作值。

三极管 VT_3 为 CW3524⑮脚的输入端外接调整管，与 VT_3 的集电极与发射极间并联的电阻 R_{11}、R_{12} 有两个作用：其一，具有分流作用，可减少 VT_3 的功耗；其二，具有启动作用，当接通电源的瞬间，为加快 CW3524 中的基准源的建立，则输入电源通过启动电阻 R_{11} 和 R_{12} 对基准源供电，当建立起基准电压后，VT_3 便开始工作，从而电路进入正常的工作状态。

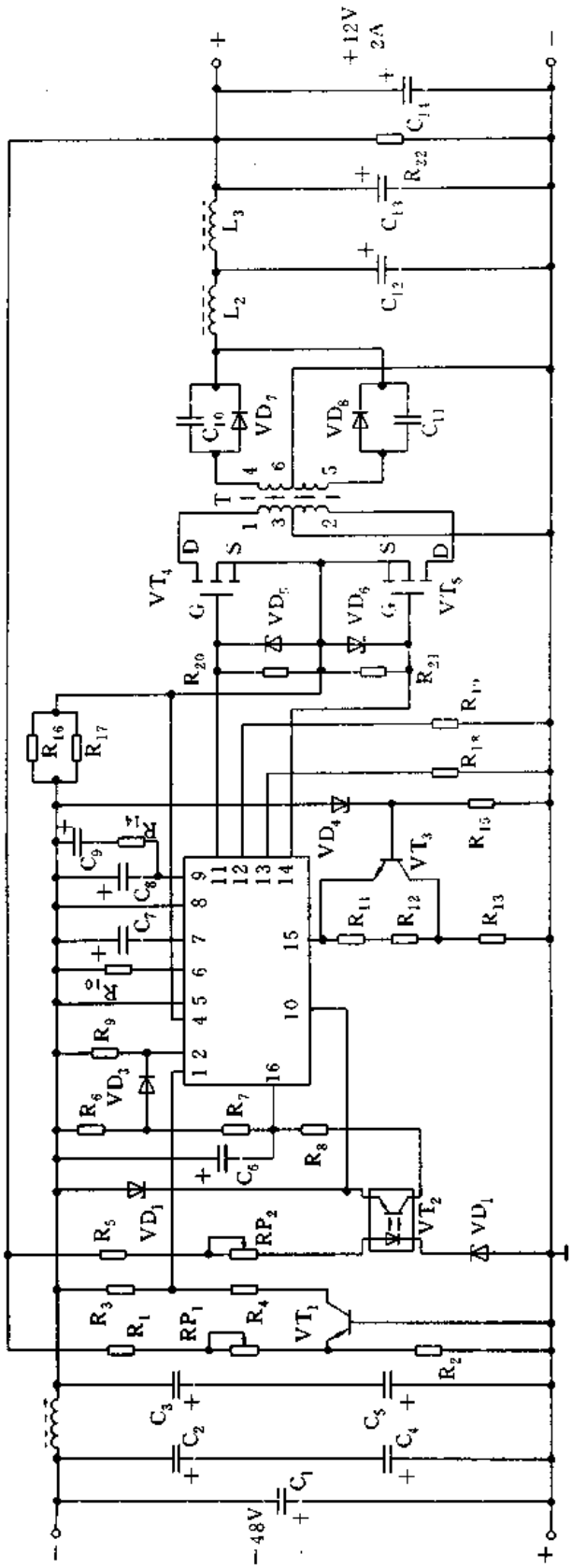

+12V
2A
-48V
T
VT1
VT2
VT3
VT4
VT5
VD1
VD2
VD3
VD4
VD5
VD6
VD7
VD8
RP1
RP2

图 3-39

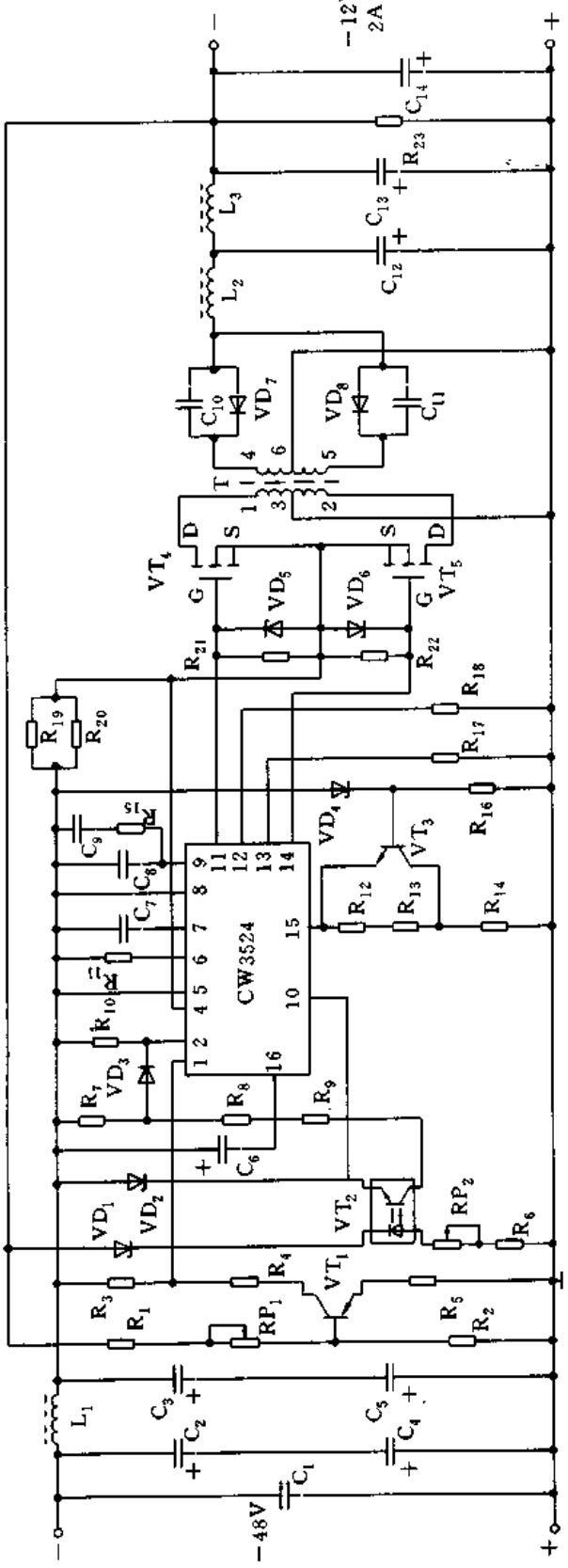

-12V
2A
-48V
CW3524
VT1
VT2
VT3
VT4
VT5
VD1
VD2
VD3
VD4
VD5
VD6
VD7
VD8
L1
L2
L3
T
RP1
RP2

图 3-40

用－48V 作为直流电压输入，将 CW3524 组成的－12V、－18V、－24V 稳压电源。其电路如图 3-40、图 3-41、图 3-42 所示。它们的工作原理可参照电路图 3-38 和图 3-39，在此，不再赘述。

3. 元器件的选择

电路图 3-37 的元器件的选择：电容 C_1、C_2 选 330μ/35V，C_3 选 0.1μ/40V，C_4 选 10000p/100V，C_5 选 0.047μ/40V，C_6 选 2000p/100V，C_7、C_8 选 0.01μ/40V（0～0.01μ），C_9、C_{10} 选 2200μ/16V，C_{11} 选 1μ/40V。电阻 R_1 为 4.3k、1/8W，R_2 为 2.7k（2～2.7k），R_3 为 1.2k，R_4 为 15k，R_5 为 5.1k，R_6 为 10k，R_7 为 2.4k，R_8 为 6.2k，以上电阻均为 1/2W。R_9、R_{10} 为 0.51Ω、2W，R_{11}、R_{12} 为 390Ω、1W，R_{13}、R_{14} 为 1k、1/8W，R_{15} 为 2.7k、2W。电位器 RP_1 为 1.2k。二极管 VD_1 为 2CZ52D，VD_2、VD_3 为 2CK28C。三极管 VT_1 为 3CG120C，β=65～115，VT_2、VT_3 为 3DK109C，β=50～100。集成开关稳压器除选用 CW3524 外，还可采用 CW1524 或 CW2524。电感（扼流圈）L_1、L_2 的电参量应选一致，为 1～1.5mH，L_3 为 0.5～0.9mH。

图 3-38 电路的元器件选择：电容 C_1、C_2 选 330μ/35V，C_3 选 0.1μ/40V，C_4 选 10000p/100V，C_5 选 0.047μ/40V，C_6 选 2000p/100V，C_7、C_8 为 0.01μ/40V（0～0.01μ），C_9、C_{10} 为 2200μ/16V，C_{11} 为 1μ/40V。电阻 R_1 为 3.9k、1/8W，R_2 为 2.4k（2～2.7k），R_3 为 1.2k，R_4 为 1.8k，R_5 为 15k，R_6 为 5.1k，R_7 为 10k，R_8 为 2.4k，R_9 为 6.2k，以上电阻均采用 1/2W。R_{10}、R_{11} 选 0.15Ω、2W，R_{12}、R_{13} 选 390Ω、1W，R_{14}、R_{15} 为 1k、1/8W，R_{16} 为 2.7k、2W。电位器 RP_1 为 2.2k。二极管 VD_1 为 2CZ52D，VD_2、VD_3 为 2CK28C。三极管 VT_1 为 3CG120C，β=65～115，VT_2、VT_3 为 3DK109C，β=50～100。集成开关稳压器用 CW3524 或 CW2524 或 CW1524。扼流圈 L_1、L_2 为 1～1.5mH，L_3 为 0.5～0.9mH。

图 3-39 电路的元器件选择：电容 C_1 选 0.1μ/100V，C_2～C_5 选 330μ/50V，C_6 选 0.1μ/40V，C_7 选 10000p/100V，C_8、C_9 选 0.47μ/100V，C_{10}、C_{11} 选 0.033μ/40V，C_{12}、C_{13} 选 2200μ/16V。电阻 R_1 为 4.7k、1/8W，R_2 为 2.7k、R_3 为 1.2k，R_4、R_9 为 10k，R_5、R_{13} 为 390Ω，R_6 为 15k，R_7、R_8 为 5.1k，R_{10} 为 2.4k，以上电阻均为 1/4W。R_{11}、R_{12} 为 2.4k、1/2W，R_{14} 为 6.2k，R_{15} 为 51k，R_{16}、R_{17} 为 0.15Ω，R_{18}、R_{19} 为 15k（6.2～18k），R_{20}、R_{21} 为 2k，R_{22} 为 2.7k，除 R_{16}、R_{17}、R_{22} 为 2W 外，其它均为 1/2W。电位器 RP_1 为 2.2k，RP_2 为 15k。稳压二极管 VD_1 为 2CW58，VD_2 为 2CW51，VD_4 为 2CW64，VD_5、VD_6 为 2CW78。二极管 VD_3 为 2CP14，VD_7、VD_8 为 2CK28C。三极管 VT_1 为 3CG5F，VT_3 为 3DG5F。光电耦合器 VT_2 用 TIL117。场效应管 VT_4、VT_5 为 VN4503。扼流圈 L_1、L_2 为 1～1.5mH，L_3 为 0.5～0.9mH。集成开关稳压器用 CW3524。

图 3-40 电路的元器件选择：电容 C_1 选 0.1μ/100V，C_2～C_5 选 330μ/50V，C_6 选 0.1μ/40V，C_7 选 10000p/100V，C_8、C_9 选 0.47μ/100V，C_{10}、C_{11}、C_{14} 选 0.033μ/40V，C_{12}、C_{13} 选 2200μ/16V。电阻 R_1 为 6.8k，1/8W，R_2 为 2.7k，R_3 为 1.2k，R_4、R_{10} 为 10k，R_5 为 1.8k，R_6、R_{14} 为 390Ω，R_7 为 15k，R_8、R_9 为 5.1k，R_{11} 为 2.4k，以上电阻均为 1/4W。R_{12}、R_{13} 为 2.4k，R_{15} 为 6.2k，R_{16} 为 51k，R_{17}、R_{18} 为 15k（6.2～18k），R_{21}、R_{22} 为 2k，以上电阻均为 1/2W。R_{19}、R_{20} 为 0.15Ω，R_{23} 为 2.7k，均为 2W。电位器 RP_1 为 2.2k，RP_2 为 15k。稳压二极管 VD_1 用 2CW58，VD_2 用 2CW51，VD_4 用 2CW64，VD_5、VD_6 用 2CW78。二极管 VD_3 为 2CP14，VD_7、VD_8 为 2CK28C。三极管 VT_1 为 3CG5F，VT_3 为 3DG5F。光电耦合器 VT_2 为 TIL117。场效应管 VT_4、VT_5 为 VN4503。集成开关稳压器为 CW3524。扼流圈 L_1、L_2 为 1～1.5mH，L_3 为 0.5～0.9mH。

图 3-41 电路的元器件选择：电容 C_1 选 0.1μ/100V，C_2～C_5 选 330μ/50V，C_6 选 0.1μ/

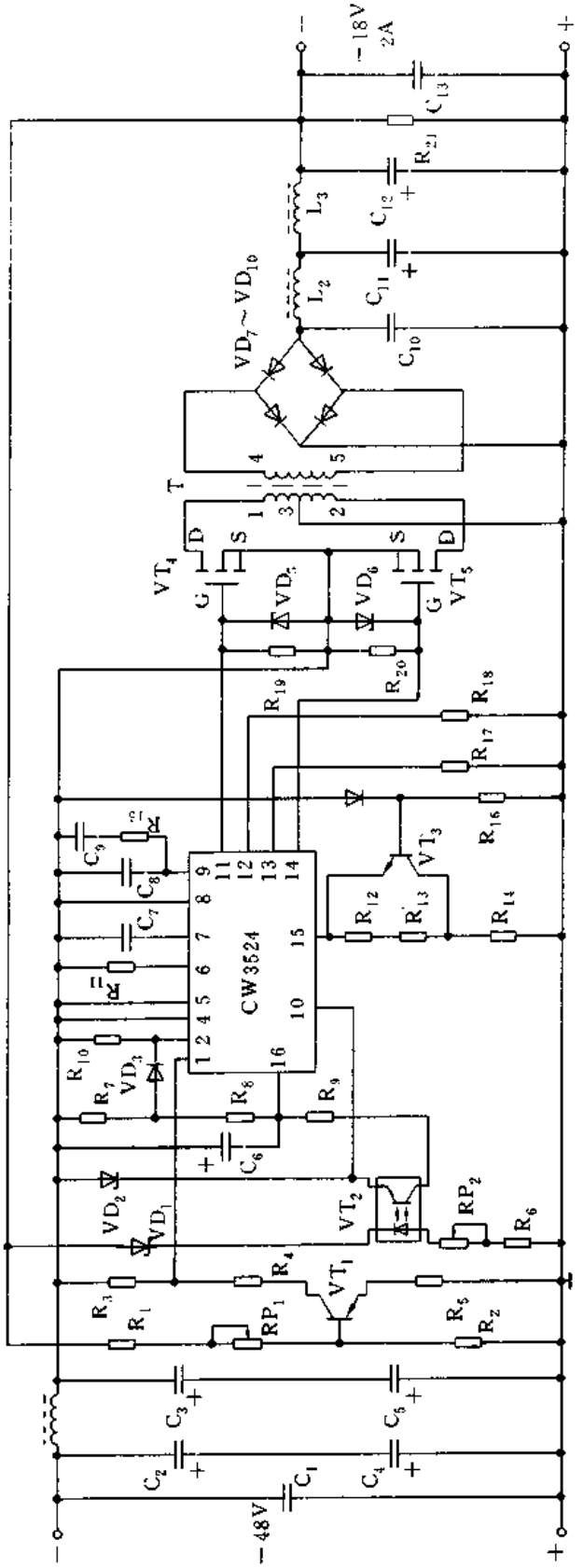


图 3-41

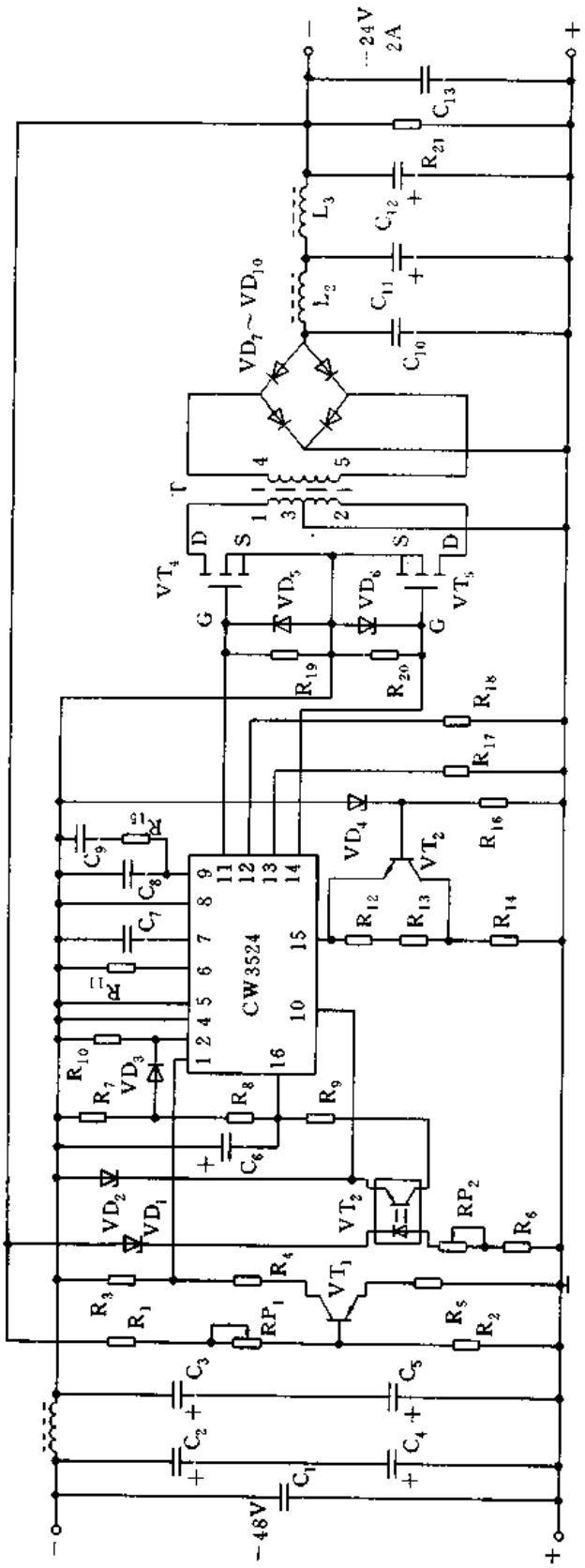


图 3-42

40V，C_7 选 10000p/100V，C_8、C_9、C_{10}选 0.47μ/40V，C_{11}、C_{12}选 2200μ/25V，C_{13}选 0.033μ/40V。电阻 R_1 为 7.5k、1/8W，R_2 为 2.7k，R_3 为 1.2k，R_4、R_{10}为 10k，R_6、R_{14}为 390Ω，R_7 为 15k，R_8、R_9为 5.1k，R_{11}为 2.4k，以上电阻均为 1/4W。R_5 为 1.8k，R_{12}、R_{13}为 2.4k，R_{15}为 6.2k，R_{16}为 51k，R_{17}、R_{18}为 15k，R_{19}、R_{20}为 2k，以上电阻均为 1/2W。R_{21}为 5.1k、2W。电位器 RP_1 为 3.3k，RP_2为 15k。稳压二极管 VD_1 用 2CW62，VD_2 用 2CW51，VD_4 用 2CW64，VD_5、VD_6 用 2CW78。二极管 VD_3 为 2CP14，VD_7～VD_{10}为 FR303(全桥)。三极管 VT_1 为 3CG5F，VT_3 为 3DG5F。光电耦合器 VT_2 为 TIL117。场效应管 VT_4、VT_5 为 VN4503。集成开关稳压器用 CW3524。扼流圈 L_1、L_3 为 1～1.5mH，L_2 为 0.5～0.9mH。

图 3-42 电路的元器件选择：电容 C_1 选 0.1μ/100V，C_2～C_5 选 330μ/50V，C_6 选 0.1μ/40V，C_7 选 10000p/100V，C_8、C_9、C_{10}选 0.47μ/40V，C_{11}、C_{12}选 2200μ/50V，C_{13}选 0.033μ/40V。电阻 R_1 为 12k，1/8W，R_2 为 2.7k，R_3 为 1.2k，R_4、R_{10}为 10k，R_6、R_{14}为 390Ω，R_7 为 15k，R_8、R_9为 5.1k，R_{11}为 2.4k，以上电阻均为 1/4W。R_5 为 1.8k，R_{12}、R_{13}为 2.4k，R_{15}为 6.2k，R_{16}为 51k，R_{17}、R_{18}为 15k(6.2～18k)，R_{19}、R_{20}为 2k，以上电阻均为 1/2W。R_{21}为 7.5k，用 2W。电位器 RP_1为 3.3k，RP_2 为 15k。稳压二极管 VD_1 为 2CW66，VD_2 为 2CW51，VD_4 为 2CW64，VD_5、VD_6 为 2CW78。整流二极管 VD_3 为 2CP14，VD_7～VD_{10}为 BR305(全桥)。三极管 VT_1 为 3CG5F，VT_3为 3DG5F。光电耦合器 VT_2 用 TIL117。场效应管 VT_4、VT_5 为 VN4503。集成开关稳压器用 CW3524。扼流圈 L_1、L_2 为 1～1.5mH，L_3 为 0.5～0.9mH。

在安装大功率开关二极管、开关三极管及场效管时，须装合理的散热器。这样既可减小热阻，又可提高带负载能力。如图 3-42 中的大功率三极管 3DK109C 和二极管 2CK28C 可装在一块，其规格为 150×100×3mm 的铝板，最好涂上黑漆，散热器与管壳间涂上硅油，便于传热及防止生锈。

(十三) 用三端稳压器的斩波稳压电源

用三端稳压器可构成简单的斩波稳压电源，电路如图 3-43 所示。该电路工作于高速开关状态，频率约 300kHz，在＋15V 输入时，可输出＋5V、0.3A 和－5V、0.08A。电路对二极管

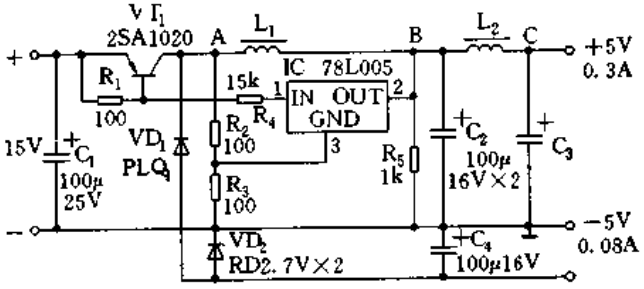


图 3-43

VD_1 的要求较高，应选用反向恢复时间约 50ns 的快恢复二极管。负电压的大小由稳压二极管 VD_2决定。正电压的输出电流为 I_C+I_D；负电压的输出电流不能超过 I_D 的平均值。当负电压输出为空载时，I_D 将经 VD_2、VD_1、L_1 流向正输出端。因此应注意 VD_2 的功耗。由于 VD_2 将损耗一部分功率，故效率不理想，只宜制作－2～－5V 的简易电源。

该电路效率为 60%，当－5V 空载时效率仅为 46%。

（十四）高功率因数开关稳压电源

电子镇流器采用简单的桥式整流滤波电路，从工频市电获得直流电压存在两方面弊病：一是电流谐波含量过高，功率因数很低。当很多灯集中于供电线路某一点时，高次谐波的危害作用则会突出地表现出来；二是直流电压随交流输入电压的波动而变化。由于电子镇流器在设计上具有低电压启动功能，当交流电压升至或超过额定值时，LC 启动电路的串联谐振电压比低压下要高得多，在灯启动瞬间，易导致元器件击穿。

电子镇流器有源高功率因数开关型稳压电源采用以有源功率因数控制 IC 为中心的电子镇流器 AC/DC 前置变换器，不仅可得到高度稳定的直流电压，而且可有效地抑制谐波含量，大大地改善电子镇流器的功率因数，使之达到接近于 1 的水平。

1. 基本原理

电子镇流器有源高功率因数开关型稳压电源的核心是功率因数控制 IC。这种专用线性 IC 称为功率因数控制器。八十年代中期，西门子公司首先推出了 TDA4814 等，并成功地应用于电子镇流器进入到第二代。近年来，发达国家开发出不同类型的功率因数控制器。其中，经济型产品有 TDA4817，MC34261、KA7514 和 SG3561A 以及 UC3852 等。这几种有源功率因数控制器均系双列八脚塑料封装。经济型有源功率因数控制器的由误差放大器，一象限乘法器、PWM 比较器、电流检测逻辑和图腾柱（即推拉式）驱动输出级等单元电路所组成，并不含有振荡器等电路。其中，MC34261、SG3561A 和 KA7514 不仅内部电路组成几乎完全相同，而且引脚功能亦相同，如图 3-44 所示。由其控制的有源高功率因数开关型稳压电源如图 3-45 所示。

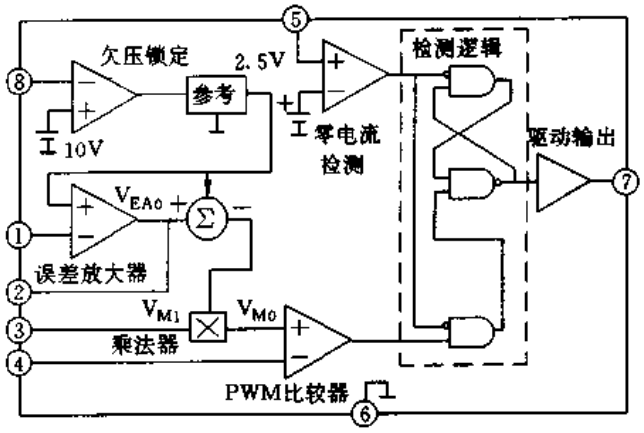


图 3-44

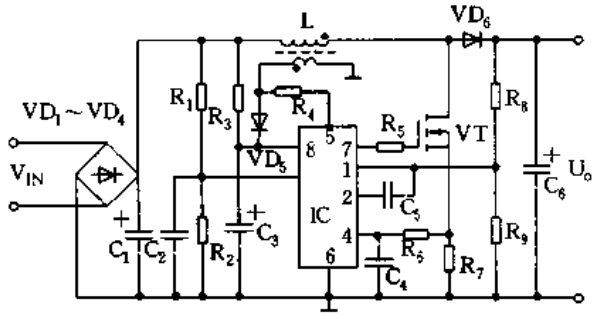


图 3-45

图 3-45 中，在桥式整流电路与滤波电容 C_5 之间，由 IC、升压电感 L、VDMOS 场效应开关管 VT_1、二极管 VD_6 等组成有源功率因数校正电路（或有源谐波滤波器）。能真实反映输入电压瞬时变化情况的桥式整流正弦半波直流脉动电压被 IC 的③脚所监控，输出直流电压经 R_8、R_9 分压则被 IC①脚所监控，经过 L 的电流经其副绕组取样被 IC⑤脚检测，能灵敏反映 VT_1 开关电流情况的在源极电阻 R_6 上的电压信号也被 IC④脚监测。由于 IC 的控制作用，通过 L 的高频电流 I_L 紧跟踪输入电压 V_{in} 而变化。输入电流 I_{in} 呈平滑的正弦曲线，任一时刻的幅值恰为电感 L 中振荡电流 I_L 的一半。由于 VT_1 的导通持续时间受 IC⑦脚输出的 PWM 脉冲受控制，故当输入电压变化时，可输出稳定的直流电压。其纹波峰-峰值很小，也呈正弦波，频率为工频的

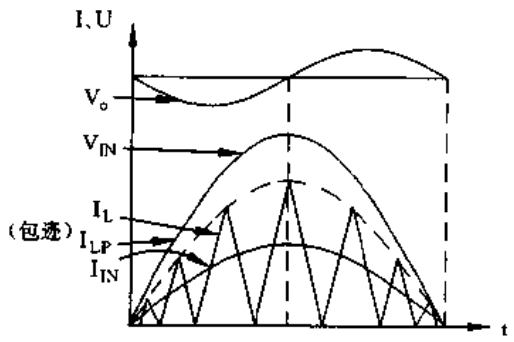


图 3-46

二倍。由于 VDMOSFET 的导通持续时间与输出直流电压和输入电压之间的差值有关，故要求直流输出电压必须高于最大峰值输入电压。因此，这种类型的开关稳压电源被称为升压式开关型稳压电源。图 3-45 电路的有关电压、电流关系曲线示意图如图 3-46 所示。

2. 设计实例

(1)设计指标

欲设计一电子镇流器有源高功率因数开关型稳压电源，其主要技术要求是：

额定工作电压：220V，50Hz

最低输入电压：$V_{in}(min)=150V$

最高输入电压：$V_{in}(max)=250V$

输出功率：$P_o=80W$

直流输出电压：400±1V

电源效率：$\eta\geqslant 95\%$

谐波总含量：10%

功率因数：>0.99

(2)设计分析

在给定的原设计指标中，对于谐波含量和功率因数两项指标，采用目前任何一种经济型有源功率因数控制器都可以满足要求。如选用美国 Silicon General 公司的 SG3561A 单片 IC 进行设计。由于图 3-45 示出的电路是目前最流行的一种电路型式，决定采用该电路后的设计任务只不过是元器件的选取问题。

(3)主要元器件参数的设计

①IC 电源偏置 R_3、C_3

SG3561A 的启动阀值电压 $V_{inp(min)}=150\sqrt{2}=212V$。

$R_3=(V_{inp(min)}-V_{th})/I_{st}=(212-10)/0.5\times10^{-3}=404(k\Omega)$

若取 R_3 的功耗 $P_{R3}\leqslant 0.25W$

$P_{R3}=V^2_{in(max)}/R_3\leqslant 0.25W$

$R_3\geqslant V^2_{in(max)}/0.25=250k\Omega$

于是得：$250k\Omega\leqslant R_3\leqslant 404k\Omega$，取 $R_3=270k\Omega$

正常工作时，IC 的电源电流 $I_{CC}=15mA$，启动时间 $t_{st}=2ms$，其电源 V_{CC} 纹波电压 $\Delta V_R\leqslant 2V$，启动电容 $C_3\geqslant I_{CC}/2f\Delta V_R=15\times10^{-3}/2\times50\times2=75\mu F$，同时 $C_3\geqslant I_{st}/\Delta V_R=15\times10^{-3}\times2\times10^{-3}/2=15\mu F$

取 $C_3=100\mu F$。

②IC 乘法器输入电路元件的选取

桥式整流电压在 R_2 上的分压 V_{R_2} 输入的乘法器，IC③脚的电压 $V_{R_2}=0\sim1V$，由于最大 AC 峰值输入电压 $V_{inp(max)}=250\sqrt{2}=353V$

$R_2/(R_1+R_2)=V_{R3(max)}/V_{inp(max)}=1/353$

$R_1/R_2=352$

若取 $R_1=2M\Omega$，则 $R_2=5.7k\Omega$

直流输出电压 V_o 经 R_8、R_9 分压通过 IC①脚输入到误差放大器的反相输入端，与 2.5V 的参考电压 V_{REF} 比较放大，输出一个直流误差电压 V_{EAO}，也输入到乘法器。IC①脚输入电压典型值即 V_{REF}

$R_9/R_8=V_o/V_{REF}-1=400/2.5-1=159$

要求通过 R_8、R_9 的电流应远大于误差放大器的偏置电流(2μA)

若取 $R_8=1M\Omega$，则 $R_9=6.3k\Omega$

C_6 是误差放大器输出与输入之间的补偿元件。C_6 与 R_8 决定放大器带宽。输出电压纹波为 100Hz，假设 40dB 去抑制该低频纹波。

$$G_{ain}=1/2\pi fR_8C_6\leqslant 0.01$$

$$C_6\geqslant 100/2\pi\times 100\times 10^6=0.1\mu F$$

取 $C_6=0.22\mu F$。

③升压电感器参数的选取

在 220V、50Hz 的额定条件下，升压电感器电感量的计算公式为

$$L=\eta(V_o-V_{inp})V_{inp}^2T/4P_oV_o$$

式中，$V_{inp}=220\sqrt{2}V$，$\eta=0.95$，T 为开关周期，一般取 20μs～40μs，$V_o=400V$，$P_o=80W$。但当 AC 输入电压波动范围很大时，采用该公式计算 L 误差相当大。准确的计算方法如下：

设开关电源的最小开关频率为 25kHz，最大导通时间

$$t_{on(max)}=4P_oL/V_{inp(min)}^2=4\times 80L/(150\sqrt{2})^2=7.1\times 10^{-3}L$$

最大关闭时间

$$t_{off(max)}=4P_oL/V_{inp(max)}\times[V_o-V_{inp(max)}]$$

$$=4\times 80L/250\sqrt{2}\times[400-250\sqrt{2}]=1.93\times 10^{-2}L$$

最大开关周期

$$T_{max}=t_{on(max)}+t_{off(max)}=7.1\times 10^{-3}L+1.93\times 10^{-2}L=0.0264L$$

最小开关频率

$$f_{min}=1/T_{max}=1/0.0264L=25\times 10^3(Hz)$$

由此可得

$$L=1/0.0264\times 25\times 10^3\approx 1.5mH$$

铁芯尺寸及绕组匝数可用常规的设计方法求出。升压电感器的副绕组电压一般约为 15V，该绕组匝数约为初级绕组的 1/5。

开关稳压电源的 AC 最大峰值输入电流可由下式求出：

$$I_{inp(max)}=2P_o/\eta V_{inp(min)}=2\times 80/0.95\times 150\sqrt{2}\approx 0.8(A)$$

从图 3-45 可知，电感器最大峰值电流为 AC 最大峰值输入电流的两倍，即

$$I_{LP(max)}=2I_{inp(max)}=2\times 0.8=1.6(A)$$

④PWM 比较器反相输入电路元件的选取

IC 的乘法器的输出电压 V_{MO} 输至 PWM 的同相端。SG3561A 中乘法器增益 $K=0.65/V$，

乘法器的输出电压

$$V_{MO}=K\times V_{M1}\times(V_{EA0}-V_{REF})$$
$$=0.65\times0.7\times(3.5-2.5)$$
$$\approx0.46(V)$$

VDMOSFET 的源极电阻 $R_6=V_{MO}/I_{LP(max)}=0.46/1.6\approx0.29\Omega$

选取 $R_6=0.33\Omega$

R_7 和 C_4 组成低通滤波器，用以消除 VT_1 导通时的电流尖峰脉冲。设尖峰电流导通时间 t_{sp} 为 100ns，

$$R_7C_4\geqslant1.6t_{sp}=1.6\times100ns=0.16\mu s$$

如选取 $C_4=1000pF$，则 $R_7\geqslant160\Omega$，取 $R_7=220\Omega$。

⑤桥式整流器和电容 C_1 参数选取

AC 最大峰值输入电压 $V_{INP(max)}=250\sqrt{2}V=353V$；通过桥式整流器每只二极管的电流波为正弦半波，最大峰值输入电流 $I_{INP(max)}=0.8A$，最大平均值电流 $\overline{I_{IN}}=\frac{1}{\pi}I_{INP(max)}=\frac{1}{\pi}\times0.8\approx0.26(A)$

$VD_1\sim VD_4$ 可选用 1A、400V 的 1N4004 型硅整流二极管。

C_1 为高频滤波电容器，可由下式决定：

$$C_1\geqslant1/2\pi\varphi R_{EFF}f_{SW}$$

式中，φ 为输入电流纹波系数，取 $\varphi=30\%$；R_{EFF} 为有效电阻，$R_{EFF}=2P_0/\eta I^2_{INP(max)}=2\times80/(0.95\times0.8)^2=263(\Omega)$；$f_{SW}$ 为最高峰值输入电压（$250\sqrt{2}V$）下电感器电流开关频率，若取 $f_{SW}=40\times10^3Hz$，则

$$C_1\geqslant1/2\times3.14\times3\%\times263\times4\times10^4=0.5\mu F$$

取 $C_1=0.68\mu F$，耐压不小于 400V。

电容器 C_2 的作用也是高频滤波，一般取 0.01～0.047μF，耐压大于 30V。

(6)VT_1、VD_5、VD_6 和输出滤波电容 C_5 的选取

VT_1 一般选用 VDMOSFEF。VT_1 的源、漏反向击穿电压 $V_{DS}\geqslant1.2V_o=1.2\times400=480V$，可选用 IRF830。其 $V_{DS}>500V$，$I_D\geqslant4.5A$，$R_{DS}<1.5\Omega$，$V_{GS}>20V$。

VD_5、VD_6 可分别选用 1N4935、1N4936 开关二极管。

输出滤波电容器 C_5 由下式决定：

$$C_5\geqslant I_o/2\pi fV_{o(P-P)}$$

式中，$f=50Hz$，$I_o=P_o/V_o=80/400=0.2(A)$，$V_{o(P-P)}$ 为输出电压纹波峰一峰值，一般要求小于 5%，按 $V_{o(P-P)}=10V$ 计，则

$$C_5=0.2/2\times3.14\times50\times10\approx64(\mu F)$$

选取 $C_5=100\mu F$，耐压 450V。

这样选取的元件，就可以构成一个完好的电路，其它的技术要求可采用类似的方法。

（十五）用 555 的升压型开关稳压器

本电路用 555 定时器组成升压型开关稳压器如图 3-47。工作时，C_1 交替地充放电。电阻 R_1

设置最低开关频率。当 C_1 充电时，经 IC 定时器的③脚驱动达林顿对管 VT_2、VT_3 供给电感线圈 L(环形电感)形成电流回路。在电感 L 的电流达到由 R_8 和 VT_4 的基-射极所确定的导通电压时，VT_4 的集电极电流会加速 C_1 的充电。

达 C_1 两端的电压达到 IC 复位点时，其③脚电位变低，使 VT_2、VT_3 截止，同时 C_1 通过 IC 的②脚开始放电，在截止情况下，电感 L 的反向电动势，使 VT_2、VT_3 的集电极电压升高。二极管 VD 将电感器 L 的电流引进电容器 C_5。当 C_1 的放电电压达到设定的门限时，③脚再次变高，如此周而复始。

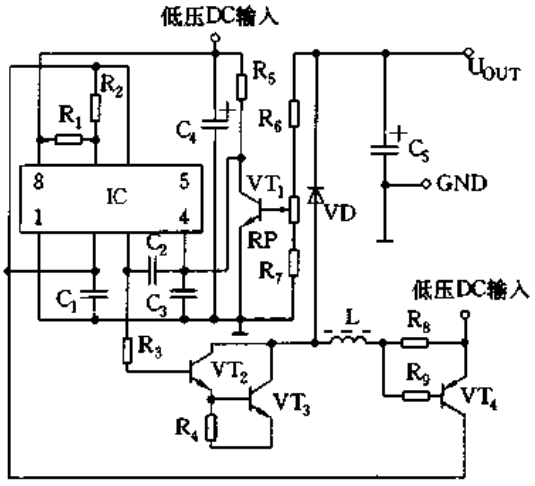


图 3-47

输出电压的调节是通过监测 C_5 两端的电压来实现的。每当 VT_1 导通时(输出电压有升高的趋势)，其集电极就会将 IC 的复位拉低。断开对 VT_2、VT_3 的驱动，直到输出电压稍有下降为止，C_3 组成的低通滤波器有助于使电路调节期间保持稳定。

图中可从 7.5V 输入提升到 80V、10mA 的输出，效率不低于 60%。改变电阻 R_6，可以粗调稳压值。电位器 RP 为输出调节。

元器件选择

电阻 R_1、R_5：100k，R_2：2.2k，R_3：330Ω，R_4、R_9：470Ω，R_6：270k，R_7：1k，R_8：0.68Ω。电位器 RP：5k。电容 C_1、C_3：100nF，C_2：1nF，C_4：10μF，C_5：50μF150V。二极管 VD：1N1220A。三极管 VT_1：2N5129，VT_2、VT_3：MJE3440，VT_4：2N2907。集成块 IC：NE555 或 LM555，也可选用其它型号的 555。环形电感 L 为几百微亨。

(十六) 彩电晶闸管式开关电源的原理

目前，国产彩色电视机的电源结构采用晶闸管式开关电源，已遇到的机型有：佳丽，EC-227T，南宝 HCR-8418，EC-142/182，天虹 RC-141，海虹 CH22-1，百花 EC227，快乐 EC-2061 等机型。

1. 工作原理

电源原理图如图 3-48 所示。市电通过 T、C_1、L 组成的抗干扰电路滤除电网的高频干扰后，加到晶闸管 VS_1 的 A 极(阳极)。在 A 极形成如图 3-48 U_A 所示的正弦交流波形，此电压波形经电阻 R_2、R_3、R_4 分压，在 B 点形成如图 3-49 U_B 所示的波形。此波形是经二极管 VD_1、VD_2 双向限幅的矩形波。当正弦波为正半周时，VD_1 导通，负半周时 VD_2 导通。电容 C_3 和电阻 R_6 组成微分电路，当 U_B 波形处于上升沿时，C_3 的充电电流迅速上升至最大，在 C 点(电阻 R_6 两端)形成边沿极陡的上跳电压波形，然后，C_3 的充电电流的时间常数 $T=R_6 \cdot C_3$ 的指数规律下降，C 点电压也按同一规律下降。当 C 点电压降至一定值时，假设为 U_C 波形中的 a 点，三极管 VT_3 便导通，D 点电压迅速上跳(VT_3 集电极电压)，形成如图 3-49U_D 所示的电压波形。这电压波形可以看成是 C 点的电压经 VT_3 倒相放大后形成的。D 点电压波形再经 C_6、R_{13}微分形成

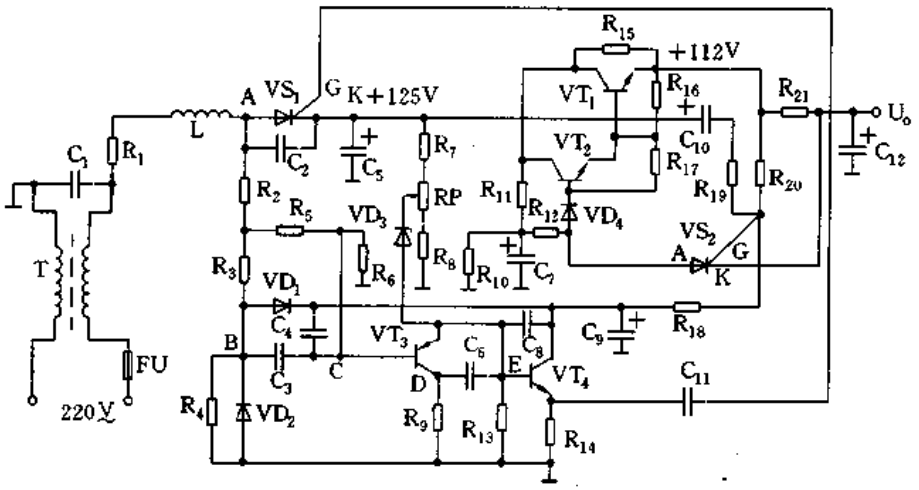


图 3-48

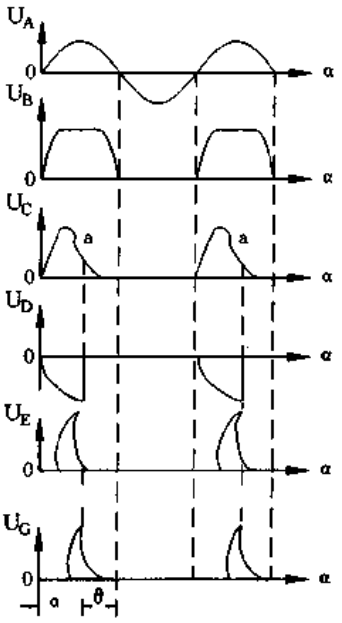


图 3-49

如图 3-49 U_E 所示的电压波形，此波形经三极管 VT_4 射极跟随，并通过电容 C_{11} 的耦合加到晶闸管 VS_1 的控制极 G 极，波形如图 3-49 U_G 所示。此波形相对 U_A 波形已有一个 α 角度的相移角，它控制着 VS_1 的通断，其 α 角的大小取决于 VT_3 导通点 a 出现的时间，当 a 点出现的早，U_D 波形中的上跳沿也提早，α 角将缩小，晶闸管 VS_1 G 点的触发波形提前到来，晶闸管导通时间增加，(导通角 θ 增大)。电源输出电压上升，反之，a 点出现的晚，α 角将增大，θ 角缩小，VS_1 导通时间缩短，电源输出下降。所以只要控制 VT_3 导通点 a 出现的时间即可控制电源输出电压的大小。

2. 稳压过程

如图 3-48 所示，从 VS_1 的 k 极输出的 +125V 电压经 R_7、R_8、RP 分压取样，通过稳压二极管 VD_3 为三极管 VT_4 提供一基准电压。假设由于某种原因使 +125V 电压升高⟶VT_4 基极电位上升⟶VT_4 集电极电位下降⟶VT_3 发射极电位下降⟶a 点出现时间推迟(由于 VT_3

为 PNP 管，发射极电位下降，致使基极电位也下降）——→α 角将增大，导通角 θ 减小——→输出电压下降，趋于稳定。反之亦然。

3. 电子滤波电路

晶闸管 VS_1 整流输出的电压是脉动直流，虽经大电容 C_5(470μF)滤除纹波，这一电压为满足整机工作的需要。在电源中还加了由 VT_1、VT_2 等元件组成一级电子滤波器。电阻 R_{10}、R_{11}、R_{12}，电容 C_7，二极管 VD_4 为 VT_2 基极提供一偏置电压，使其导通。VT_2 和 VT_1 接成复合管形式，VT_2 导通，使 VT_1 基极得到偏流而导通工作。值得一提的是：电解电容 C_7 被接在 VT_2 的基极，可等效扩大 β 倍后($\beta=\beta_1\cdot\beta_2$)接到 VT_1 发射极。这样大大净化了主电压的纹波系数。

4. 保护电路

①过压保护：当由于输入的交流电压过高时，VS_1 的 K 极电压也会升至过高值，此电压通过 C_{10}、R_{19}耦合至晶闸管 VS_2 的 G 极，使 VS_2 导通，这样二极管 VD_4 因反偏而截止。VT_1、VT_2 均截止，电子滤波器不工作。+112V 电压无输出，保护了后级负载。

②过流保护：当+112V 电压负载出现短路时，电阻 R_{21}上的电流增大，两端压降上升，当 R_{21}两端电压上升到 0.6V 时，(此时负载电流为 0.6V/1Ω=600mA)通过电阻 R_{20}触发晶闸管 VS_2 的 G 极而导通，同样关断电子滤波器，使+112V 电压无输出。

5. 检测方法

①测 VS_1 的 A 极是否有 220V 交流电压，若有，则说明交流输入部分正常，应查后级。

②测 VS_1 的 K 极电压是否为+125V，若正常，则说明 VS_1 及触发波形成电路和稳压电路工作正常；若+125V 不正常，则应检查上述部分电路。

③测+125V 输出电压是否正常，若不正常，则应查电子滤波器保护电路和负载。

（十七）采用集成芯片的小型电源

这里介绍一种以价格低廉、性能较好的开关稳压电源控制专用集成电路 CW3524 芯片为核心构成的脉宽调制逆变器。这种逆变器具有效率高、输出电压稳定、性能可靠、保护功能较为完善以及成本低、调试容易等特点。

1. CW3524 构成的 PWM 逆变器及 UPS

(1) 组成形式

如图 3-50 为应用 CW3524 集成芯片构成的 PWM 逆变器的原理框图。其原理可简述为：由 CW3524 芯片产生 PWM 控制信号，通过输出端(⑫、⑬脚或⑪、⑭脚)送至驱动电路，经驱动电路放大去推动大功率变流晶体管工作，最后由输出电压变换电路输出。电流检测、电压检测等电路各自产生相应的控制信号控制 CW3524 集成芯片的工作状态，使电路完成稳定的输出电压、过流保护等功能。

(2) 设计说明

由于该逆变器属小功率逆变器，驱动电路可用简单的直耦放大电路实现(若选用 VMOS 功率场效应管等压控器件作为变流器件，则无需驱动电路，可使电路进一步简化)。变流功率元

件可选用流控型或压控型大功率晶体管。因为平时设备均采用市电供电，设备的整流滤波电路均是以工频为依据设计的，故为了能共用整流滤波电路，逆变器的输出频率一般选用和市电源频率基本相同或略高。电压变换器可与市电供电之降压变压器合为一体，以减化变压器的制作和减小体积、重量及成本。

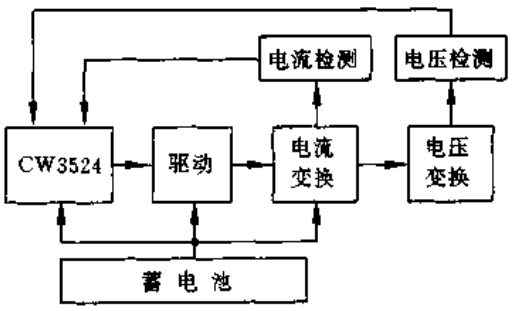


图 3-50

(3) 应用实例

图 3-51 为 CW3524 构成的 PWM 逆变器用于小型通信设备 UPS 应用实例。此应用中逆变器的输出频率选与市电频率相同。输出的直流电压有三组：5V/2A；24V/1A；−6V/0.5A。市电和逆变器供电的转换和隔离由继电器 K_1 和 K_2 完成。市电和逆变器供电转换间隙设备中的数据保持，由装于设备内的小容量蓄电池完成(图 3-51 未示出)。

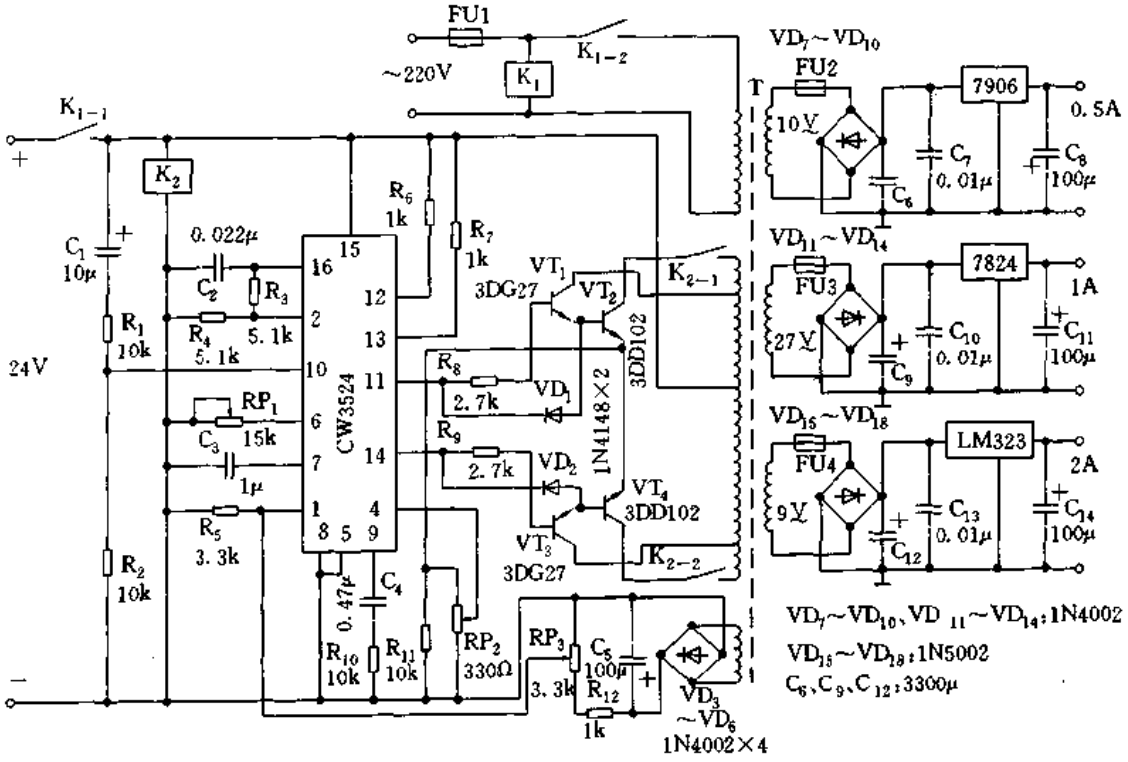


图 3-51

平时有市电时，继电器 K_1 吸合。K_{1-1} 断开，切断 24V 蓄电池，逆变器不工作。K_{1-2} 闭合，使市电加于变压器 T 的 220V 绕组。此时设备所需的三路直流电源由市电直接供给。同时由于 K_{1-1} 断开，断电器 K_2 无电，动合接点 K_{2-1}、K_{2-2} 断开，使市电与逆变器相隔离。

当市电被切断(停电)时，继电器 K_1 失电释放，K_{1-2} 断开，切断市电侧与变压器 T 的 220V 绕组的联系。K_{1-1} 闭合，接通逆变器的 24V 供电电源。24V 电源接通后继电器 K_2 得电吸合，动合接点 K_{2-1}、K_{2-2} 均闭合，逆变器开始工作。逆变器的输出电压经变压器 T 进行电压变换后，为三路整流、滤波、稳压电路提供输入源，使其工作，输出三组稳定的直流电压给设备的各部分电路使用，从而实现不间断供电的目的。

图 3-51 电路由于采用了一些提高效率的措施，故效率较高。该电路已成功地用于程控长话转换机中，经测试其主要指标达到了设计要求。输出的三路直流电源指标均与三端固定集成稳压器指标相同。当市电为 220V±10%和蓄电池电压为 24V±15%时电路工作正常。逆变器的最大输出功率在 150W 以上。

2. CW3524 构成 SPWM 逆变器

SPWM 逆变器的输出波形为准正弦波，谐波成分少，可进一步克服 PWM 逆变器输出的矩形波中各杂波成分可能对所配用设备中各电路产生干扰，以及逆变器效率受工频变压器制约等缺陷。故可用于对供电质量要求较高的设备。

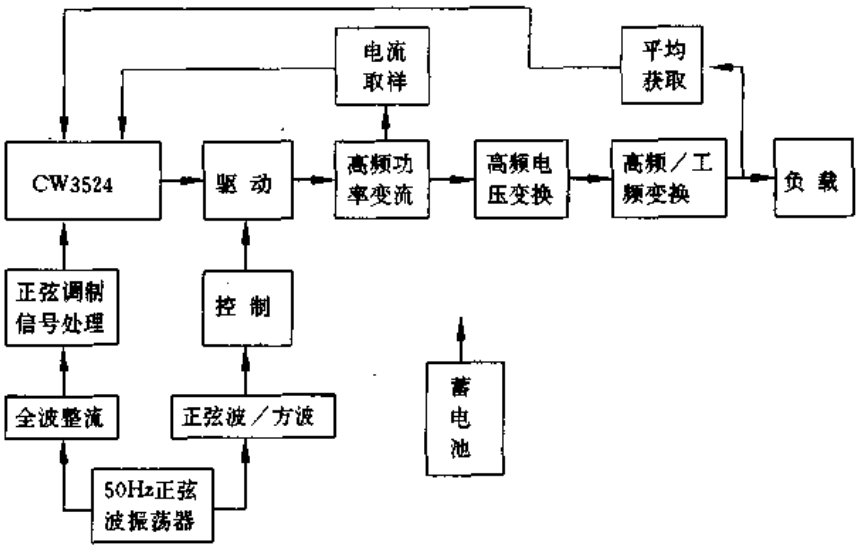


图 3-52

CW3524 集成芯片构成的 SPWM 逆变器的原理框图如图 3-52 所示。图 3-52 是在图 3-50 原理框图的基础上改进而成的。它与图 3-50 相比其区别有三点：第一，在 CW3524 的补偿端（⑨脚）加入了一个 50Hz 的正弦调制信号，此信号的加入是逆变器由 PWM 变为 SPWM 之关键。第二是 CW3524 的工作频率不同。图 3-50 中 CW3524 芯片输出频率为 50Hz，图 3-52 中 CW3524 芯片输出频率为超音频（一般取 20kHz～100kHz）。由于使用超音频（俗称高频）频率逆变，使逆变器的输出电压变换器可采用体积小、效率高的高频变压器。图 3-52 所示的SPWM 逆变器与图 3-50 所示的PWM逆变器相比，其逆变效率进一步提高，体积大大缩小，更适合于小型化设备配用。第三，图 3-52 中在输出电压变换器之后加有超音频/工频变换电路，其作用是将逆变器输出的SPWM波变换成工频频率的电压。

在图 3-52 所示 SPWM 逆变器的电路设计中，50Hz 的正弦调制波由于对其频率的稳定度要求不高，可采用简单的 RC、LC 振荡电路产生正弦信号。超音频/工频波变换电路可采用 π 型 LC 滤波电路。此 SPWM 逆变器制作的困难在于超音频变压器，即超音频变压器是这种 SPWM 逆变器实现的关键。

以功能强，价格低廉的 CW3524 集成芯片为控制核心实现的小功率逆变器具有性能好、成本低、调试简单、维修方便而且通用性好等特点。特别是以 CW3524 芯片构成的 SPWM 逆变器由于具有效率高、体积小、重量轻等显著特点，极适用于构成小型设备的备用电源，是一种有发展前途、新颖实用的电路形式。

（十八）光电耦合式稳压电源

如图 3-53 是光电耦合器用于稳压电路中的一例。这是一种单端变换器型的稳压电路。

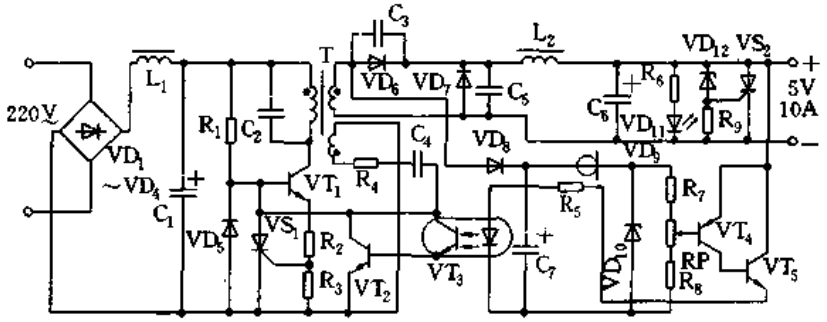


图 3-53

由晶体三极管 VT_1 及 T 组成正反馈自激变换器，输出矩形波，交流电频率约为 25kHz。通过 VT_4、VT_5 复合三极管，经光电耦合器 VT_3 控制 VT_1 的基极电流，改变 VT_1 导通与截止的时间比例，达到稳压目的。二极管 VD_6 用于整流，小功率晶闸管 VS_1、VS_2 用于过流、过压保护。

（十九）5V 不间断电源

本电源为一种微功耗不间断电源，电路如图 3-54 所示。其中，电池电压 GB 为 3.6V，由三

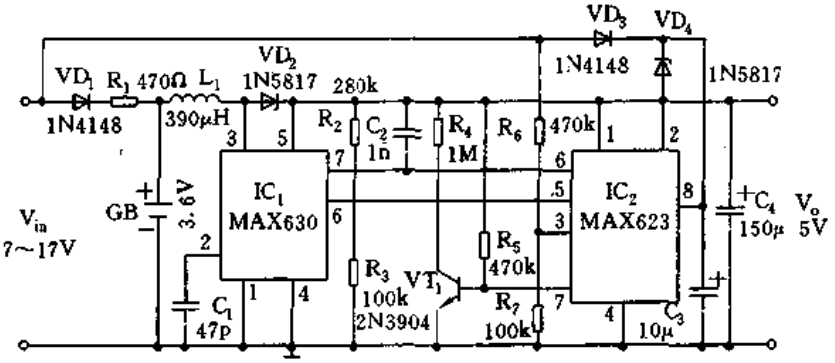


图 3-54

节 AANiCd 电池组成。IC_1 为开关稳压器，IC_2 为线性稳压器。当输入电压 $V_{in}>7.3V$ 时，IC_1 将关断，在此情况下由 IC_2 提供输出电压。V_{in}则通过 VD_1 和 R_1 以浮充电流对电池 GB 进行充电。当 $V_{in}<7.3V$ 时，IC_2 则处于关断状态，IC_1 则将 3.6V 的电池电压升压到 5V，负载电流为 50mA。IC_2 带有低电池电压监测器，并由 R_6、R_7 对 V_{in}进行检测。监测器在⑦脚的输出驱动倒相器 VT_1，VT_1 又反过来驱动 IC_1 和 IC_2 的⑥脚及⑤脚两个关断输入脚。这两个输入具有相反极性的电平。IC_1 和 IC_2 共用反馈电阻 R_2 和 R_3 使两个稳压器对输出电压 V_o 都能进行监测。当 IC_2 关断时，其输出被切断。当 IC_1 关断时，芯片维持低功率状态，消耗的电流小于 1μA。在工作状态 IC_1 对 50mA 的负载提供 75%的总效率。只要正确设定限流电阻 R_1 的阻值，使浮充电流电荷量不超过电池容量的 10%，V_{in}可高达 17V。

显而易见，当有输入电压 V_{in}时，线性稳压器 IC_2 提供 5V 的电压输出。当无输入电压 V_{in}

时，以 IC_1 为中心组成的升压开关稳压器则将电池电压变换为5V的电压输出。因此，不论有无输入电压 V_{in}，输出电压 V_o 都将保持正常值。

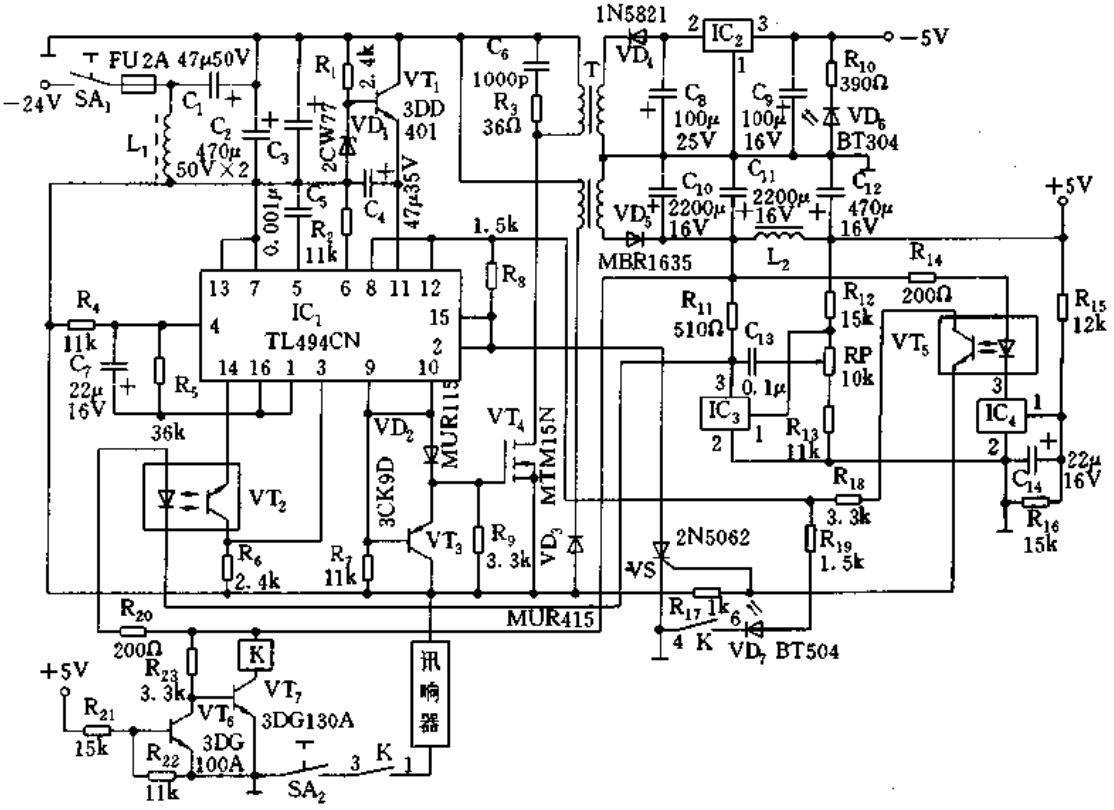


图 3-55

（二十）±5V 稳压电源

本电路为脉宽调制型开关稳压电源，开关频率可高达 100kHz，具有体积小、效率高、输出电压稳定等优点。其输入工作电源电压为－24V，而输出电源电压为＋5V、2.5A 和－5V、0.3A。

1. 工作原理

电路如图 3-55 所示。电感 L_1 和电容 C_1、C_2 组成 π 型滤波电路，以降低电源造成的倒灌干扰。三极管 VT_1、稳压二极管 VD_1 和电阻 R_1 等元件组成稳压电路，产生一个 12V 左右的电压，供给集成电路 IC_1 工作所需的电源。电阻 R_2 和电容 C_5 的数值决定了开关电源的工作频率。电阻 R_4、R_5 和电容 C_7 设定开关脉冲占空比，以限制和软启动电路。场效应晶体管 VT_4 为开关功率管。电阻 R_3 和电容 C_6 是功率吸收网络，以减少开关损耗。贮存在电源变压器 T 的能量，在 VT_4 截止时，通过二极管 VD_4、VD_5 整流，分别在电容 C_8、C_{10} 上得到不稳定的－8V 和＋5V 左右的电压，三端稳压器 IC_2 将－8V 变为－5V 的稳压输出。

电阻 R_{11}、R_{12}、R_{13}、R_{20}，电位器 RP，集成电路 IC_3 和光电耦合器 VT_2 组成取样反馈电路，主输出＋5V 通过取样电路 R_{12}、R_{13}、RP，将取样电压由 IC_3 的①脚输入，然后由③脚加到光电耦合器 VT_2，最后反馈到 IC_1 的③脚输入端，调制脉冲占空比，从而完成稳压作用。其中，调节电

位器 RP 可改变取样电压比。

电阻 R_{14}、R_{15}、R_{16}、R_{17}、R_{18}，集成电路 IC_4，光电耦合器 VT_5 及单向晶闸管 VS 组成过压保护电路。当+5V 电压因故超过+5.5V 时，光电耦合器 VT_5 导通，给单向晶闸管 VS 的控制极以触发信号，使其导通，令 IC_1 的②脚为地电位，则 IC_1 的⑩脚无输出脉冲，VT_3 停止工作，使电源变压器 T 各绕组输出电压为零伏。

电阻 R_{21}、R_{22}和三极管 VT_6、VT_7 及继电器 K 为告警电路。当告警输入≥5.5V 或+5V 输出电压为零伏时，三极管 VT_7 均处于截止状态，继电器 K 释放，触点 K—1.3、K—4.6 闭合，发光二极管 VD_7 显示橙色告警信号，讯响器发出报警声。当输出电压恢复到正常时，告警电路将自动停止报警。

三极管 VT_3 为保护管，当 $IC_1$⑨脚输出负尖端高压时，VT_3 瞬间饱和导通，使场效应管 VT_1 的栅极 G 处于低电位，而免遭负压击穿损坏。

1. 元器件选择

集成电路 IC_1：TL494CN；IC_2：MC7005；IC_3、IC_4：TL431ILP。三极管 VT_1：3DD401，$\beta \geqslant 40$；VT_3：3CK9D，$\beta=65\sim85$；VT_6：3DG100A，$\beta=40\sim100$；VT_7：3DG130A，$\beta=40\sim100$。光电耦合器 VT_2、VT_5：GO103B。继电器 K：JRC-5M-DC6V。开关 SA_1、SA_2：KNX-2W2D 钮子开关。保险管 FU：BGXP-1-ϕ5×20-2A。发光二极管 VD_6：BT304(绿)；VD_7：BT504(橙)。其它元件按图中标注选用。

2. 使用方法

(1) VD_6 发绿光时，通常意味着输出电压和本电源工作正常。

(2) VD_7 未发橙光时，说明本电源告警系统未发生故障。

(3) 如不想长时间发出报警声，切断开关 SA_2 即可。

(4) 讯响器应选购工作电压在 24V 报警的，不需自行制作鸣响电路。

(二十一) ±5V、±24V 电源

由－48V 直流电源供电，方波发生器和脉冲放大器将直流变换成交流。经变压、整流、滤波、开关稳压及保护形成稳定的±24V 和±5V 直流电源。本电源由于采用开关稳压电路，输入电压变化较大仍可保证稳定输出，且具有效率高，体积小等优点。

1. 电路特性

(1) 输出电压：±24V 波动不超过±2%，±5V，±0.5V。

(2) 最大输出电流：－24V 为 1.3A，+24V 为 1.1A。－5V 为 50mA，+5V 为 40mA。

(3) 纹波电压：≤24mV。

(4) 具有过载及短路保护。

工作原理：电路如图 3-56 所示。L_1、L_2、C_1 组成 T 型滤波器，用于－48V 电源击耦。R_1、VD_1、VD_2 组成简单稳压电路，将输入直流－48V±4.8V 稳压为 20V 左右。作为 VT_1、VT_2、R_3～R_6、C_2、C_3 及 T_1 组成变量器耦合输出的 RC 振荡器工作电压。降压变压器 T_1 起耦合方波和增大电流的作用，推动 VT_3、VT_4 及 T_2 组成的脉冲功率放大器。R_7～R_{10}、C_4、C_5 改善脉冲前沿

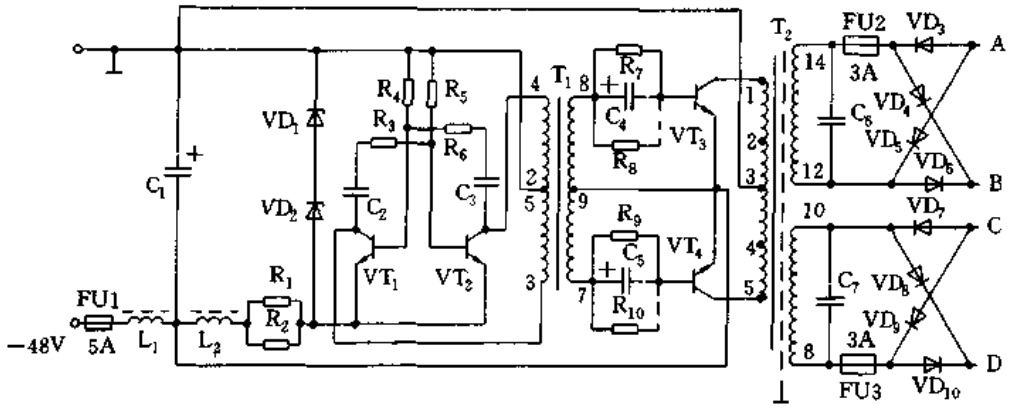


图 3-56A

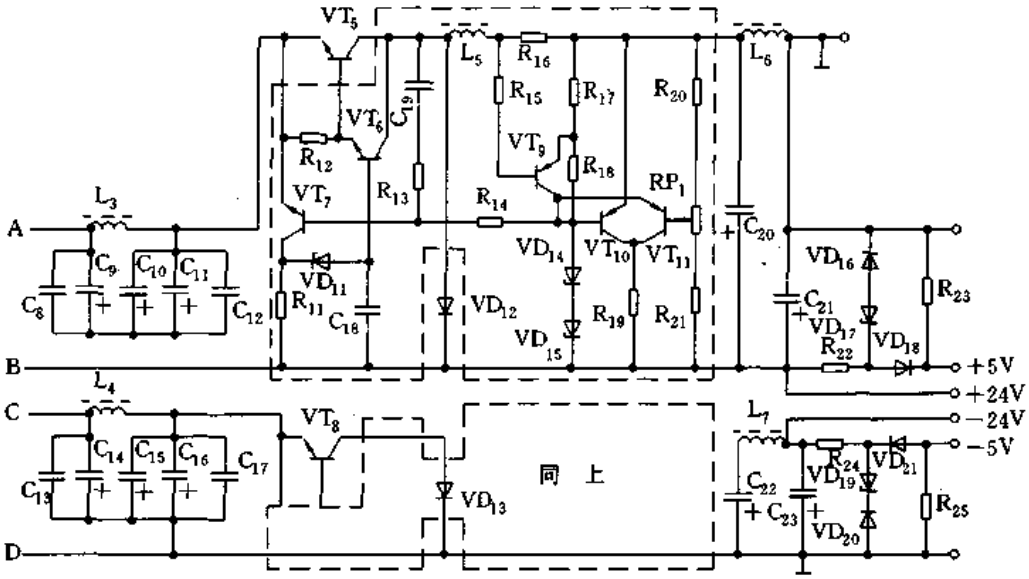


图 3-56B

波形。

VD_3～VD_6 为桥式整流器，C_8～C_{12}、L_3 构成 π 型滤波器。在 C_{11} 上获得 48V 直流电压，作为 +24V 开关稳压器的输入电压。开关稳压器输出分别为 +24V 和 −24V。

三极管 VT_5、VT_6 组成复合管作开关用。VT_{10}、VT_{11}，电阻 R_{18}～R_{21} 等组成误差检测差动放大器。基准电压由稳压管 VD_{14}、VD_{15} 提供。二极管 VD_{12} 是续流二极管，为滤波电感 L_5 提供续流作用。扼流圈 L_6 和电容 C_{20} 组成平滑滤波器。

三极管 VT_9、电阻 R_{16} 等元件组成过流保护电路。其中 R_{16} 为限流保护电路的检测电阻。

电容 C_{19} 和 R_{13} 组成正反馈回路，在电路中起加速转换作用，使电路较快地由瞬态向稳态过渡。VT_7 是 VT_5、VT_6 转换驱动级。

电路中，+24V 输出电压准确值调整，可调节电位器 RP_1 达到要求。电容 C_{11}、C_{16} 上电压为直流 48V 左右。

−24V 电路与 +24V 电路完全一样，其工作原理也一致，在此不必累赘。

±5V 电源是由 ±24V 输出获取，经限流电阻 R_{22} 和 R_{24}，稳压管 VD_{16}，二极管 VD_{17} 和 VD_{19}，二极管 VD_{20} 而取得的。

2. 元器件选择

电阻 R_1：RX21-8-390Ω-±5%，R_2：RJ-2-47Ω-±5%，R_3、R_6：RJ-0.5-300Ω-±5%，R_4、R_5：RJ-0.5-5.6k-±5%，R_7、R_9：RJ-0.5-39Ω-±5%，R_8、R_{10}：RJ-0.5-15Ω-±5%，R_{11}：RJ-0.5-9.1k-±5%，R_{12}：RJ-0.5-150Ω-±5%，R_{13}、R_{15}：RJ-0.5-1k-±5%，R_{14}：RJ-0.5-6.8k-±5%，R_{16}：RX21-4-0.24-±5%，R_{17}：RTX-0.125-10Ω-±5%，R_{18}：RJ-0.5-1.8k-±5%，R_{19}：RJ-0.5-3.9k-±5%，R_{20}：RJ-0.5-1.1k-±5%，R_{21}：RJ-0.5-1.2k-±5%，R_{22}、R_{24}：RX21-8-180Ω 或 200Ω-±5%（测试选用），R_{23}、R_{25}：RJ-0.5-620Ω-±5%。电位器 RP_1：WS-0.5-330Ω-±20%。电容 C_1：CD13-100V-1000μF，C_2、C_3：CY-100V-7500pF-±10%，C_4、C_5：CA-32V-4.7μF-$^{+50}_{-20}$%，C_6、C_7、C_{18}：CJ11-160V-0.01μF-±5%，C_8、C_{12}、C_{13}、C_{17}：CL11-160V-0.1μF-±10%，C_9、C_{10}、C_{11}、C_{14}、C_{15}、C_{16}：CD11-160V-100μF，C_{19}：CY-100V-1000pF-±10%，C_{20}、C_{21}、C_{22}、C_{23}：CD13-50V-2200μF。稳压二极管 VD_1：2CW108，VD_2：2CW109，VD_{11}：2CW53，VD_{14}、VD_{15}：2DW232，VD_{17}、VD_{19}：2DW1B。二极管 VD_3～VD_{10}：2CK3D，VD_{12}、VD_{13}：2CK5A5，VD_{16}、VD_{18}、VD_{20}、VD_{21}：2CK104。三极管 VT_1、VT_2：3DG182C 或 3DG27C（绿点，β值配组），VT_3、VT_4、VT_5、VT_8：3DD7E（绿点，VT_3、VT_4β值配组），VT_6：3DD4E（绿点），VT_7：3DG180B（橙、黄点），VT_9、VT_{10}、VT_{11}：3CG5D（绿点，VT_{10}、VT_{10}β值配组）。

若输入用－24V 供电时，改动如下：1. 将原电阻 R_1 改焊 R_2，原 R_7 改焊 R_8，原 R_9 改焊 R_{10}；2. 变量器 T_2 原焊 1 端改焊 2 端，原焊 5 端改焊 4 端。

（二十二）＋5V、±12V 稳压电源

本电源为＋5V、±12V 三路稳压输出，具有成本低、体积小、效率高、重量轻、纹波低、稳定精度高等特点。且有过流保护装置。

1. 主要技术指标

（1）输入电压：220V、50Hz，允许电压变化±10%；

（2）输出电压及负载电流：＋5V、2A，＋12V、1A，－12V、1A；

（3）输出纹波：≤1mV；

（4）本电源有过载及短路保护装置；

（5）变压器参数：功率：35VA，N_2：2×12 V，N_3：2×15 V。

2. 工作原理

电路原理如图 3-57 所示。变压器 T N_3 的次级中心抽头与 VD_2、VD_3 的负极和 C_2、C_6、C_8 的公共端相连并接地，其电位为零。＋5V 电源为开关电源，它主要由集成开关稳压电源 CA723CN 为核心元件，该稳压器外接扩大输出电流的调整管 VT_1 时，其输出为 5V，输出电流可达 2A，输出电阻小于 0.05Ω，输出纹波小于 1mV。

调整管 VT_1 输出端接限流电阻 R_1，为限流保护电路的检测电阻。当稳压电源输出电流 I_o 大于 2A 时，R_1 两端的电压便大于 0.6V，该电位加至 CA723CN 的③、④脚，使 CA723CN 内部的限流保护电路启动，从而保护了稳压电源的安全。

＋12V 和－12V 稳压电源是采用 W7812 和 W7912 的正负同时输出的稳压集成块。为防

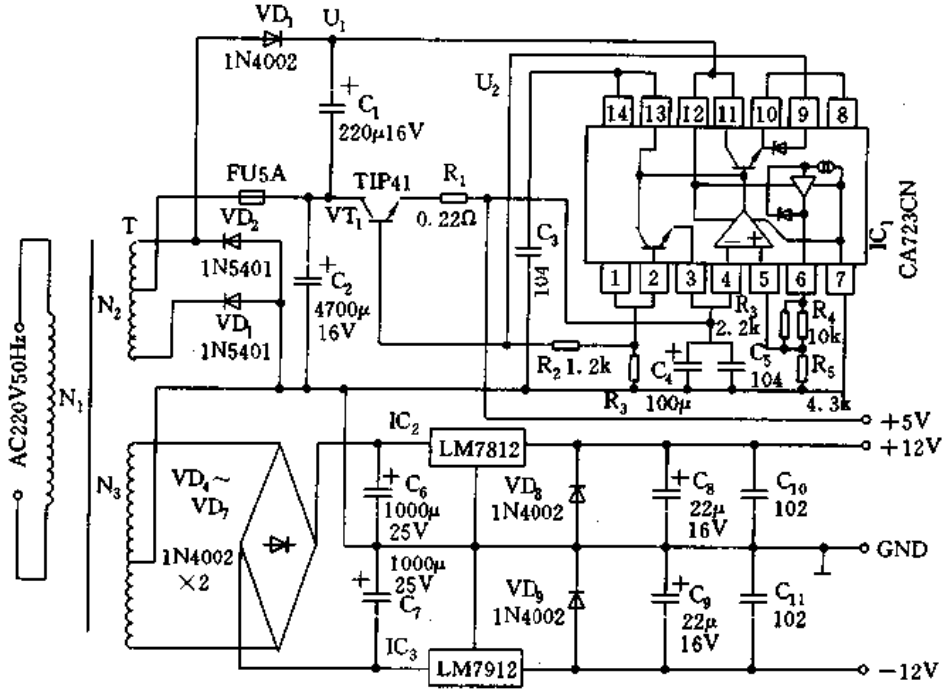


图 3-57

止电容 C_8、C_9 的放电电流流过稳压器 W7812 和 W7912，在其输出端并接二极管 VD_8 和 VD_9，以提供泄放电流回路。

3. 元器件选择

除选用集成块 CA723CN 外，还可选用 LM723CE 等。功率三极管 VT_1 型号为 TIP41，国内功率三极管型号可用 3DD67C 替代，$\beta=65\sim86$。TIP41 的外形及管脚排列如图 3-58 所示。除电阻 R_1 的标称功率为 2W 外，其它均采用 1/6～1/8W 金属膜电阻。大功率 TIP41 散热器尺寸为 80×40×3mm³。稳压集成块 W7812 和 W7912 散热器尺寸为 120×40×3mm³(两集成块安装在一起)。



图 3-58

4. 使用与注意事项

(1) +5V 电压可进行扩压，其输出电压范围在 2～37V 任选，改动方法可参考 CA723 应用的有关资料。

(2) 接变压器 T 时，应注意遵循下列原则，$U_1\sim U_2$ 应保持 3～38V 之间。

(3) 当过载或短路时即保护，输出无电压。待排除故障前，应先检查保险管 FU 是否熔断。

(二十三) 5V、7.5V、48V 电源

本主电源 48V 输出采用开关电源中功率转换电路，其推挽、半桥电路的形式是集成控制器双端应用的实例，因脉宽调制型开关电源控制器的基本工作原理是以 W3524 为核心控制器件的，则电源效率高，输出稳定。

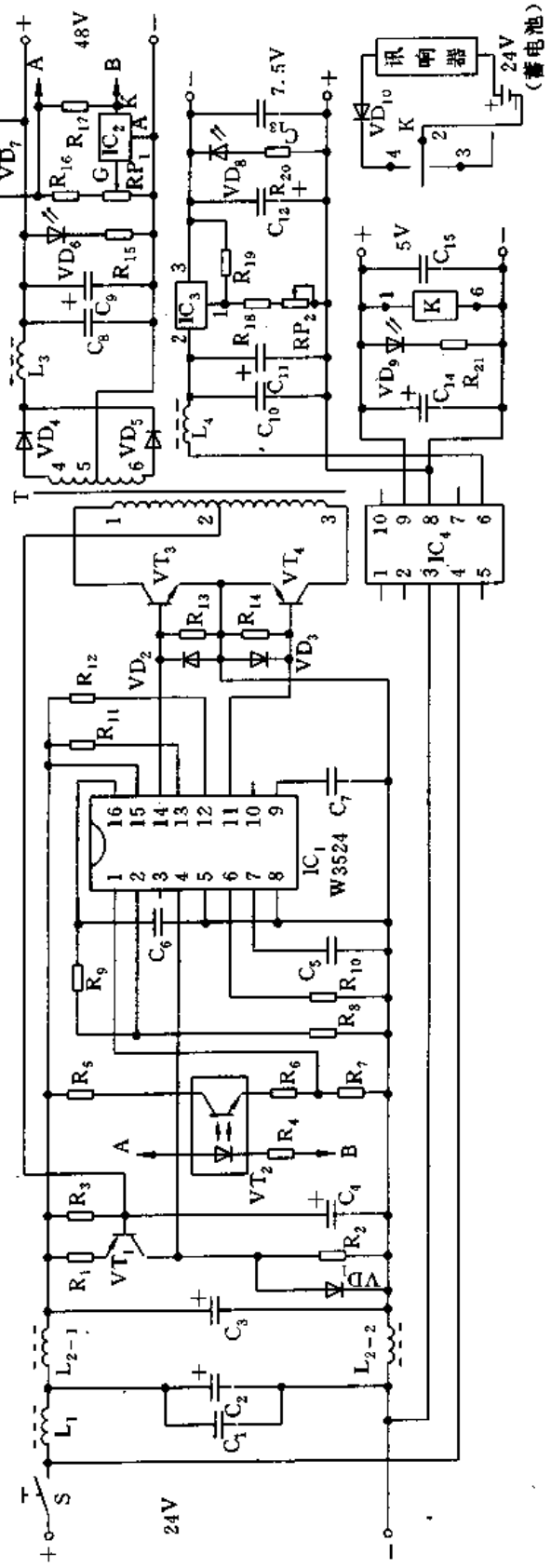

48V
7.5V
5V
24V
24V
(蓄电池)
讯响器
W3524
IC1
IC2
IC3
IC4
VT1
VT2
VT3
VT4
T
S
A
B
K

图 3-59

1. 工作原理

电路如图 3-59 为 W3524 构成的带有电源变压器半桥式 PWM 稳压电源，它实际是开关电压调整器的一种形式。W3524 是该电源的核心，并直接向功率转换电路的开关功率管提供脉宽调制信号。开关频率由⑥、⑦脚对地分别接的电容 C_6 和电阻 R_{10} 确定，其频率公式为：$f_o = 1.1/R_{10}C_6$。电阻 R_6、R_7 提供取样电压经①脚引入比较放大器的反相端。⑨脚对地串接有电容 C_7，以实现频率补偿；⑪、⑭脚直接与外接开关管 VT_3、VT_4 基极相连；R_{11}、R_{12} 由⑫、⑬脚引入作为 W3524 输出管的负载；限流电阻 R_2 经④脚引入过流保护电路，其值决定输出电流的极限值。

+24V 直流电源经输入滤波电路 L_1、L_2、C_1～C_3 加入 W3524⑮脚与⑧脚间，并通过电阻 R_3 由高频变压器 T 加到 VT_3 和 VT_4 两管集电极上，使该电源工作，输出 48V 电源电压。

IC_2、RP_1 等元件构成输出电压限压电路。电路的工作过程如下：本电路使用一个可调并联稳压器 IC_2(TL431)作为稳压元件，以保持 48V 的电压输出。当输出电压 U_o 升高时，TL431 的阴极电流 I_K 增大，进而使得光电耦合器 VT_2 中的发光管电流增大，这就导致 VT_2 中的光敏管发射极电流增加，则取样电压增大并通过①脚送入内部的比较放大器，进行比较放大后，故⑪和⑭脚输出电平降低，使开关管 VT_3 和 VT_4 趋近截止状态，因此缩短了加载到变压器 T 的初级线圈 1－3 端的输入电压时间，而且也降低了 T 的次级 4－6 端的感应电压，使输出电压趋于稳定。调节电位器 RP_1，可调准过压保护动作值。

当电源输出电流过载时，过流保护管 VT_1 导通，由④、⑤脚通过外接电阻 R_2 取样，使④脚为正、⑤脚为负，从而将 W3524 中的比较放大器的输出端电位拉至零电位，使脉宽调制器输出恒为高电平，致使两输出管截止，切断了电源输出。

7.5V 电源是通过稳压模块 IC_4 的⑥脚取出 12V 电源电压，加至三端集成稳压器 IC_3 的②脚，其③脚输出 7.5V。调节电位器 RP_2，可精确使输出电压达到额定值。

5V 电源电压是通过稳压模块 IC_4 的⑨脚取得 5V 电压后而获取的。

当 5V 电源消失后，继电器 K 释放，接点 K-2.4 闭合，发出讯响声。

电路中的发光二极管 VD_6、VD_8、VD_9 分别为 48V、7.5V、5V 的工作指示电源灯。

2. 元器件选择

电阻 R_1：RJ-0.5-51Ω-±5%，R_2、R_{13}、R_{14}：RJ-0.5-120Ω-±5%，R_3：RJ-1-1Ω-±5%，R_4、R_{10}：RJ-0.5-2k-±5%，R_5、R_7：RJ-0.5-1k-±5%，R_8、R_9：RJ-0.5-2.7k-±5%，R_{11}、R_{12}：RJ-0.5-390Ω-±5%，R_{15}：RJ-0.5-5.1k-±5%，R_{16}：RJ-0.5-27k-±5%，R_{17}：RJ-0.5-6.2k-±5%，R_{18}：RJ-0.5-820Ω-±5%，R_{19}：RJ-0.5-240Ω-±5%，R_{20}：RJ-0.5-1.5k-±5%，R_{21}：RX21-4-820Ω-±5%。电位器 RP_1：WS-2-0.5-100k，RP_2：WS-2-0.5-680Ω。电容 C_1：CL21-160V-0.47μ-±10%，C_2、C_3、C_4、C_9：CD11-100V-100μ，C_5：CL11-160V-0.01μ-±5%，C_6、C_{10}：CL11-160V-0.1μ-±10%，C_7：CJ11-160V-1μ-±10%，C_8、C_{13}：CL21-160V-1μ-±10%，C_{11}：CD11-32V-1000μ，C_{12}：CD11-16V-100μ，C_{14}：CD11-16V-1000μ，C_{15}：CD11-10V-100μ。二极管 VD_1、VD_2、VD_3、VD_{10}：1N4002，VD_4、VD_5：BS53。稳压二极管 VD_7：24V、0.5W。发光二极管 VD_6、VD_8、VD_9：2EF201W(绿)。三极管 VT_1：3CG160B(绿)，VT_3、VT_4：3DK3A5(红)、β配组。光电耦合器 VT_2：G0103。集成电路 IC_1：CW3524，IC_2：TL431，IC_3：W337，IC_4：PKA2231PI(模块)。继电器 K：JRC－1M。开关 S：KNX2W1D(小钮子开关)。

（二十四）－24V、2.5A 稳压电源

1. 主要特性

（1）输入电压：$-48V^{+2V}_{-1V}$；

（2）输出电压：－24V，误差≤±2%；

（3）输出电流：2.5A；

（4）纹波电压：≤24mV；

（5）过载电流保护点：3.6～4.8A；

（6）电流恢复正常，能自动恢复；

（7）市电源过低或消失，蓄电池自动供电。

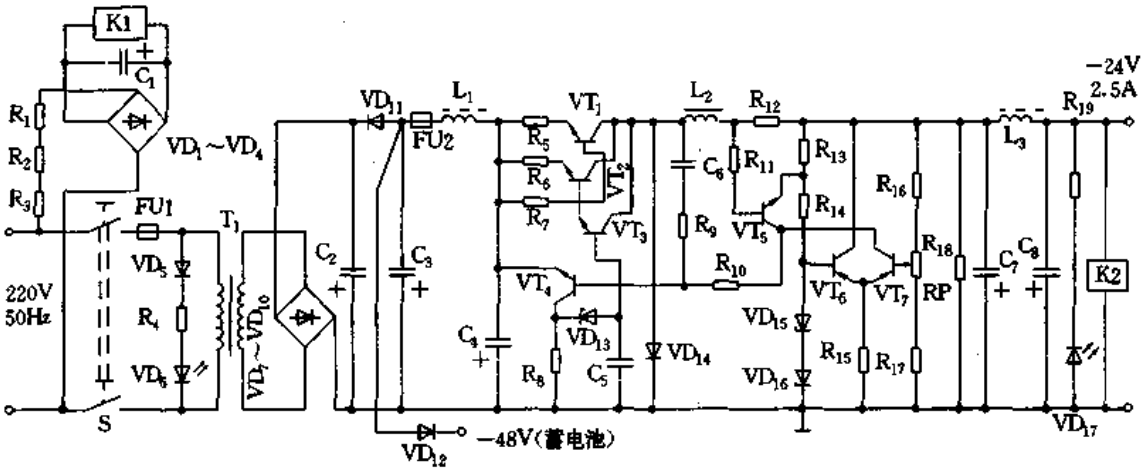


图 3-60

2. 工作原理

电路如图 3-60 所示。220V 市电经过电源开关 S1 和熔丝 FU1 加到变压器 T 的初级，经 T 降压其次级电压经由二极管 VD_7～VD_{10}组成的桥式整流器进行整流，电容 C_2 滤波，再经过并联工作的二极管 VD_{11}在电容 C_3 两端，输出－48V 左右的直流电压。由蓄电池输入的－48V 电压经过熔丝 FU2 和并联二极管 VD_{12}，同样可在电容 C_3 两端输出。

电路中电阻 R_1～R_3、二极管 VD_1～VD_4、继电器 K_1 等组成电源消失告警电路。当市电停止时，继电器 K_1 释放，其触点 K_{1-1}闭合，发出告警信号，如图 3-61 所示。

－24V 稳压电源是开关稳压电路。由三极管 VT_1～VT_3 组成的复合管，相当于一个三极管开关。三极管 VT_6、VT_7 及电阻 R_{14}～R_{17}等组成误差检测差动放大器，它的基准电压由稳压管 VD_{15}、VD_{16}得到。二极管 VD_{14}是续流二极管，主要是停电时，为电感元件 L_2 提供反向电势的电流回路，以保护复合调整管免遭反向过压的损坏。扼流线圈 L_2 可进行平滑滤波。电容 C_6 和电阻 R_9 构成正反馈回路，在电路中主要起加速转换作用，使电路更快的由瞬态向稳态过渡。三极管 VT_4 是 VT_1～VT_3 转换的驱动级，工作频率为 7～9kHz。

－24V 电源稳压调整过程为：如果输入电压（－48V）提高式输出负载减轻时，输出电压增

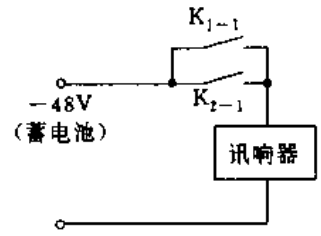


图 3-61

加，则取样电压随之增加，三极管 VT_7 导通，通过电阻 R_{10} 注入三极管 VT_4 使电流增加，三极管导通时间加长，所以组成开关管的 VT_1～VT_3 截止时间加长，使输出电压降低，稳定在－24V 左右。当输入电压减小或输出负载加重时，整个稳压调整过程则反之。

由电阻 R_{11}、R_{12}、三极管 VT_5 组成自复式过流保护电路，防止输出短路时损坏开关管 VT_1～VT_3。当输出工作电流≤2.5A，三极管 VT_5 截止不影响输出。若输出电流达到 3.6～4.8A 时，检测电阻 R_{12} 两端压降增大，通过电阻 R_{13} 上的电压使 VT_5 的集电极与发射极间导通。通过 R_{10} 注入较大的电流给三极管 VT_4，基本上使 VT_4 处于长时间导通，开关管 VT_1～VT_2 截止，输出电压趋于 0V。当输出端不过流或不短路时，三极管 VT_5 截止，输出电压又恢复到－24V 输出。

若无－24V 电压输出时，继电器 K_2 将释放，触点 K_{2-1} 闭合，发出告警信号，如图 3-61 所示。

－24V 输出电压的准确调整值，可调节电位器 RP 来达到。L_1、C_3、C_4 和 L_3、C_7、C_8 组成 π 型滤波电路。

3. 元器件选择

C_1 选 22μ/40V，C_2、C_3、C_4 选 1000μ/100V，C_5 选 0.01μ/63V，C_6 为 2400pF，C_7、C_8 为 2200μ/50V。电阻 R_1、R_2、R_3 为 4.7k，R_4 为 30k，R_5、R_6 为 0.3Ω，R_7 为 150Ω，R_8 为 9.1k，R_9、R_{11} 为 1k，R_{10} 为 6.8k，R_{12} 为 0.17Ω、3W 以上，R_{13} 为 10Ω，R_{14}、R_{17} 为 1.2k，R_{15} 为 3.9k，R_{16} 为 1.1k，R_{18} 为 680Ω、8W，R_{19} 为 1.3k。电位器 RP 为 220Ω。二极管 VD_1～VD_4 用 2C282H，VD_5 用 1N4004，VD_7～VD_{12} 用 2C258D，VD_{14} 为 2CK5A5。发光二极管用 2EF25（红），VD_{17} 用 2EP110R（绿）。稳压二极管 VD_{13} 为 2CW53，VD_{15}、VD_{16} 为 2DW232。滤波电感 L_1、L_3 为 50mH，扼流线圈 L_2 为 30～50μH。三极管 VT_1～VT_2 为 3DD7E，VT_3 为 3DD4E，VT_4 为 3DG180B，VT_5 为 3DG5D，VT_6～VD_7 为 3CG5D。继电器 K1 选 JZX-10M，K2 选 JZX-10M。保险 FU1、FU2 为 BGXP-10A。开关 S 用 KNX(2×1)。

4. 使用时应注意

（1）红灯熄灭，发出告警有以下二种情况：①220V 交流市电停电；②保险丝 FU_1 熔断。

（2）绿灯熄灭，发出告警有以下三种情况：①220V 交流市电停电时，蓄电池接触不良（蓄电池－48V 不能加到稳压电路输入端）；②保险丝 FU2 熔断；③稳压电路出现故障使输出无电压。

（3）蓄电池平时处于浮充状态（市电供电时，VD_{11} 输出总高于－48V），一旦市电停电或过低时，蓄电池则自动供电。

（4）三极管 VT_1～VT_3 选择合适的散热器，这样既可散热，又能提高带负载能力。

（二十五）＋48V 不间断稳压电源

本装置是对通讯设备不间断供电的直流电源，也可以用于其它工作电压 48V，电源不大于 5A 的通讯机作稳压电源。

1. 电源特点

(1) 本装置的稳压输出采用高频开关电源，无工频变压器，重量轻、体积小、设备发热量小，故障率低。

(2) 本装置由交流市电和直流操作电源供电。平时，交流市电优先供电，交流失电后，自动转换为直流操作电源供电。

(3) 本装置对直流操作电源的极性有自动适应功能，输入时无顺严格区别正、负极性。

(4) 本装置的电源输入设有防雷、滤波装置，可有效地避免雷击及电网杂波干扰，可靠性高。

2. 主要技术参数

(1) 使用环境条件

①温度：－25℃～＋40℃；

②相对温度：20±5℃时达 80%；

③大气压力：750±30mmHg。

(2)使用电压

①AC220V±30%(160～280V 交流市电电源)；

②DC220V＋30%、－15%(190～300V 直流操作电源)；

③输出电压：48V±0.5V；

④输出电流：5A(max)；

⑤输出电压稳定度：5×10^{-2}；

⑥负载稳定度：5×10^{-2}；

⑦纹波电压：≤10mV(有效值 AC220V 时测量)。

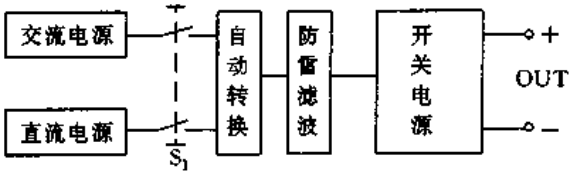


图 3-62

3. 工作原理

交流市电电源和直流电源经手控开关 S_1、自动转换继电器 K_1 后，输入给防雷滤波器，滤波后，经高频开关电源变换成稳定的直流电压供负载使用。电源方框图如图 3-62 所示。平时交流市电优先供电，触点 $K_{1-2.6}$，$K_{1-3.5}$闭合，交流失电后，转换继电器 K1 的触点 $K_{-1.5}$，$K_{-4.6}$闭合，自动将直流电源接入，使高频开关电源能继续对负载提供直流电压。电路原理如图 3-63 所示。

RV_1、RV_2 及 RV_3 用于交流输入的过压保护，即浪涌吸收选其标准电压值为 600V 及防雷滤波 L_{1-1}、L_{1-2}和电容 C_3～C_6 构成共模抑制输入滤波器，可将电源的噪声和电网的噪声进行隔离，以防止电网污染。插入电感线圈 L_{2-1}、L_{2-2}之后，使得 C_7 的充电电流得到限制，从而降低了干扰。

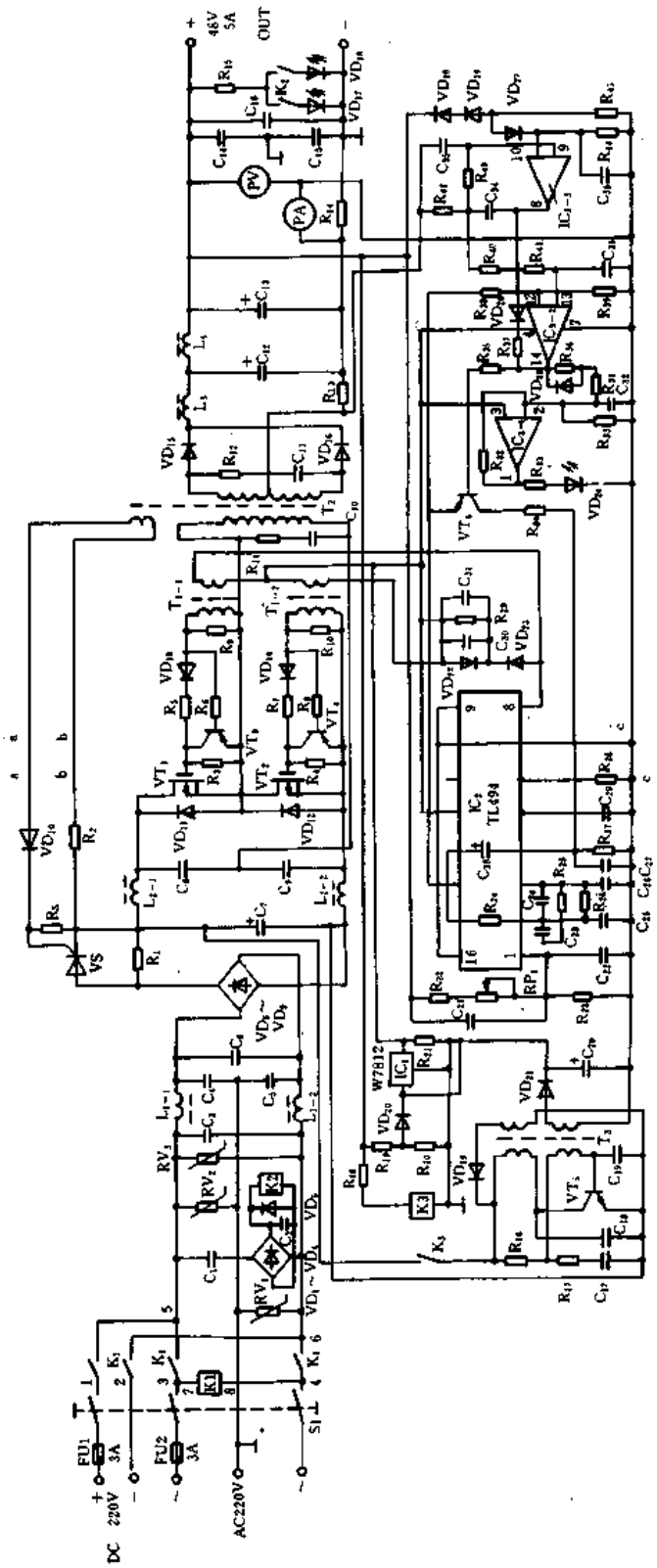


图 3-63

本电源中的 RV_1～RV_3，是利用氧化锌压敏电阻非线性和几百～几千皮法的极间电容，并联在输入滤波器的输入端，用来抑制尖峰干扰，它不但能把雷电、电网倒闸，马达起动和电源关断所产生的过压吸收到较小程度，同时也能抑制开关电源产生的干扰传输到电网。因此有滤波和保安双重作用。

本稳压电源的核心是高频开关变换器，本变换器采用半桥工作方式。交流市电经 VD_6～VD_9 整流，C_7 滤波后作为变换器的直流供电电压，其电压为 300V 左右。主功率管 VT_1、VT_2 的交替导通将这一直流电压变换成高频交变的脉冲电压(脉冲频率固定)。由 IC_2 及其外围电路组成的脉冲发生器产生定频调频调宽脉冲，经 T_{1-1}、T_{1-2} 耦合给功率管 VT_1、VT_2 的栅极，控制其交替导通。因此，输出电压的大小，实际上决定于脉冲发生器输出脉冲的状态。由于输出电压、电流的大小经取样电路反馈至脉冲发生器的控制端，当其值因外界条件而变化时，将影响脉冲发生器的工作状态，使其输出脉冲宽度作相反方向变化，以抵消输出电压、电流的变化，因此，本变换器具有很好的稳压和过流保护功能。

TL494 是一个固定频率的 PWM 控制电路，适用于设计所有的(单端或双端)开关电源的典型电路，它的内部结构方框图如图 3-64 所示。它有一个内部线性锯齿波振荡器，振荡器的振荡频率可由外接电阻 RT、电容 CT 进行调节。RT 和 CT 分别与管脚⑤、⑥相连接，振荡频率 f_0 由下式决定：

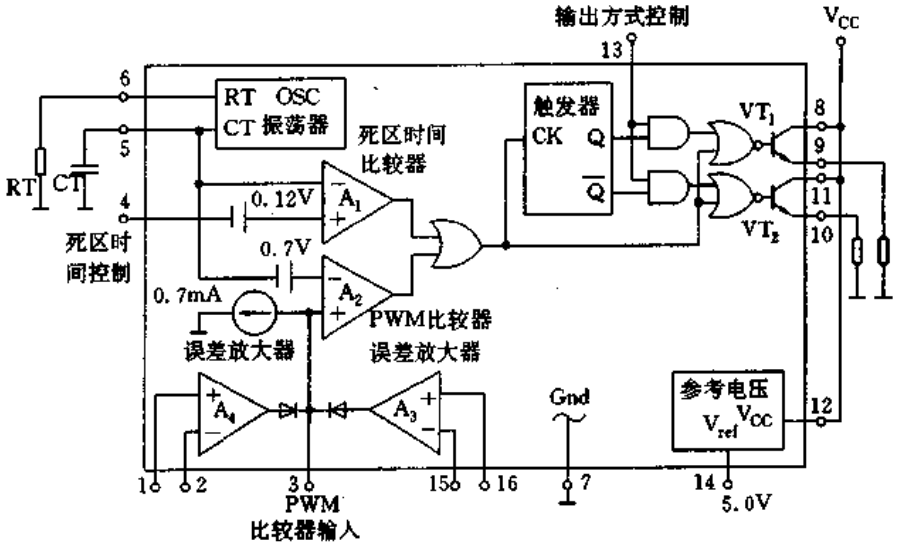


图 3-64

$$f_0 = 1.1/RT \cdot CT$$

输出脉冲宽度调制是通过 CT 电容产生的正向锯齿波和两个控制信号进行比较完成的。

图 3-64 所示可以看出，驱动输出晶体管 VT_1 和 VT_2 的或门，只有当触发器的输入呈低电平时才会有输出，而且只有当锯齿波电压的幅值高于控制信号幅度值时，才会有输出脉冲。因此，当控制脉冲的幅值时，会导致输出脉冲的宽度不断变窄，这个过程可由图 3-65 的定时波形示意图来说明。

控制信号是由外部输入的，其中④脚为死区控制端，而①、②、⑮、⑯脚为误差放大器的输入端，④脚的偏置电压 120mV 可将输出死区时间限制在最小约为锯齿波周期时间的 4%，这就意味着，当输出方式控制⑬脚接地时，其内部触发器失去作用，两路输出同时由 PWM 比较器后的或门输出控制，同步地工作，将导致最大输出脉冲的占空比达到 96%，而当输出方式控

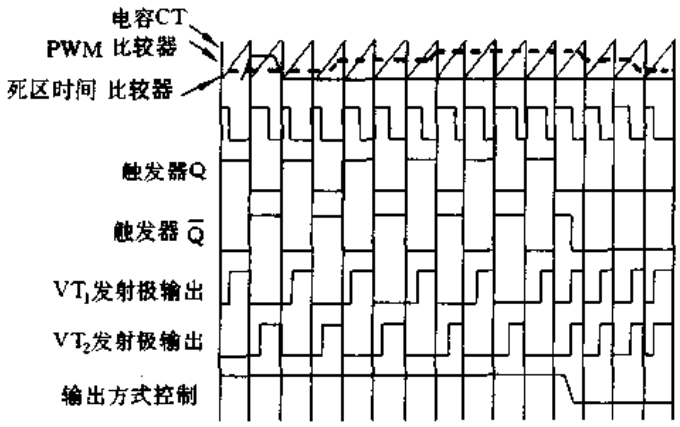


图 3-65

制⑬脚接参考电压(高电平),此时两路输出分别由 Q 和$\overline{Q}$控制,最大输出脉冲的占空比为 48%,附加的死区时间可由给④脚提供一个固定的电压值来进行设定,电压值的范围可取 0～3.3V 之间。

PWM 比较器 A_2 用来提供误差放大器的平均值,用以调节输出脉冲的宽度,输出脉冲宽度的范围一般就是从占空比为零到由死区电压确定的最大占空比。相应的反馈电压的输入幅度可在 0.5～3.5V 之间。两个误差放大器的共模输入范围均为 0.3～(V_{CC}－2)V,并且分别用作控制开关电源输出电压的误差放大和控制输出过流的信号放大。

误差放大器 A_3、A_4 的输出是有效的高电平,它们通过或门连到 PWM 比较器 A_2 的同相输入端,用这种连接方式,可使放大器控制整个闭环,但要求在时间域内误差放大器的输出要尽可能小。

当定时电容 CT 放电时,在死区时间比较器 A_1 的输出端就会产生一个正脉冲,这个脉冲引起触发器的翻转,并确定输出晶体管 VT_1 和 VT_2 由哪一个进行输出,当输出方式控制端⑬脚接参考电压时,由该脉冲控制两个输出晶体管作交替工作,这时输出频率为振荡频率的一半。

由 VT_1 和 VT_2 也可以得到更大的输出驱动。在单端应用,且最大占空比小于 50%,同时要求有更大的输出驱动电流时,可将 VT_1 和 VT_2 并联使用,并将输出方式控制端良好的接地,以使内部触发器失去作用。这时,输出脉冲频率将等于振荡频率。如图 3-63 为一个将 TL494 控制器应用于推挽式变换器电路中的实例,并考虑到过流、过压保护电路。

图 3-63 属他激式脉宽调制型(即专设振荡器和启动电路)。振荡器的频率为 $f_0=1.1/R_{28}\cdot C_{29}$,改变 R_{28} 或 C_{29} 的参数值,则可改变振荡器的振荡频率,从而达到改变输出脉冲宽度调制的目的。启动电路由 VT_5、、C_{18}、C_{19}、T_3 等元件组成启动振荡电路;经 VD_{21} 整流、C_{20} 滤波,将直流加至 IC_1(W7812),输出＋12V 直流稳压电源供给 TL494PWM 控制集成电路和 LM324 作工作电源。当输出电压 48V 建立并稳定后,继电器 K_3 通电吸合,触点 K_{3-1} 断开,VT_5、C_{18}、C_{19}、T_3 等振荡器停止工作,此时 TL494、LM324 的＋12V 电源则由 48V 通过二极管 VD_{20},加至 IC_1 供给的。其中,VD_{20} 为隔离二极管。

过压、过流保护电路主要由 IC_3(LM324)、VT_6 等元件组成。当输出出现过压或过流时,IC_3 的①脚输出高电平,发光二极管 VD_{24} 将显示红色告警信号;IC_3 的⑭脚输出低电平,VT_6 导通,通过对 IC_2(TL494)第④脚的控制,即可控制占空比,使输出无压。

R_1 为限流电阻。刚开机时,R_1 通过电流。当电源建立后,T_2 提供脉冲电压使 VD_{10} 导通,其触发电压去控制单向晶闸管 VS 导通。因而 R_1 则起到电路瞬间过流保护、达到缓冲的作用。R_5～R_{10}、VT_3、VT_4、VD_{13}、VD_{14} 为脉冲整形电路,它对负脉冲有吸收作用。R_3、R_4 为 VT_1、VT_2 的偏置电阻。VD_{11} 和 VD_{12} 为 VT_1 和 VT_2 的保护电路,以防止瞬间负脉冲高压而击坏 VT_1 和 VT_2。

本变换器采用半桥工作方式,利用肖特基热垒整流二极管 VD_{15}、VD_{16} 作为全波整流,L_3、

L_4、C_{12}、C_{13}为输出滤波网络。其中，R_{11}、C_{10}和R_{12}、C_{11}构成吸收回路，由于高频变压器T_2的漏电感和肖特基势垒整流二极管的结电容在管子截止时，形成了一个谐振电路，它会引起瞬时过压振荡。振荡脉冲的振幅足以超过肖特基势垒整流管的截止电压，在管子截止期间，会使管子损坏、为此，增加了 RC 吸收回路进行抑制。

由 VD_1～VD_4、C_2、VD_5、K_1 构成发光管 VD_{17}、VD_{18}交、直流转换显示回路。交流供电时继电器 K_1 吸合，VD_{17}显示绿色信号；直流供电时，继电器 K_1 释放，VD_{18}显示黄色信号。

4. 使用方法

(1) 本电源检查无异常后，方可通电试机。

(2) 将电源开关 S1 置于关断状态，在输出端 OUT 按正、负极性接好电器负载 48V 电源输入线，并在 AC 和 DC 电源端接入交流市电和直流操作电源。按动 K_1 开关，AC 或 DC 指示灯亮，电源即可开始向外供电。AC 指示灯显示绿色指示灯，表示交流电源正常，本装置由交流市电供电；DC 指示灯显示黄色指示灯，则表示无交流市电，是由操作电源供给的。停止使用时，将 K_1 按断即可。

(3) 当输出电压发生过压(>50V 时)，红色发光管指示告警信号，应按断 K_1，对电源进行检查，修理后使用。当外负载过流或短路时，电源指示会抖动，红色发光管灯亮，应对外负载进行检查后方可使用。

四、交流稳压电源

（一）全自动交流稳压电源

这是一种由交流伺服系统控制的全自动交流稳压电源。当输入电压或负载改变而引起输出电压变化时，该稳压电源能迅速自动调整，使输出电压稳定在220V。它适用于交流输入电压变化范围为165～245V，其最大输出功率为3000VA，最大输出电流可达3.6A，电源工作效率大于98%。该稳压器电源具有稳压精度高、输出波形不失真，内设过压保护电路、稳定可靠等特点。使用这种稳压电源，能有效提高电子仪器设备的使用效果，并能延长电子仪器设备的使用寿命。

1. 工作原理

该稳压电源由主回路、取样控制电路、驱动伺服系统、过压检测及保护电路等组成，其电路如图4-1所示。

带有滑动臂的自耦变压器（又称调压器）的T_1作为主回路，其输入端固定，输出端由伺服电机SM、电源变压器T_2、指示灯H、取样控制、驱动电路提供工作电压。

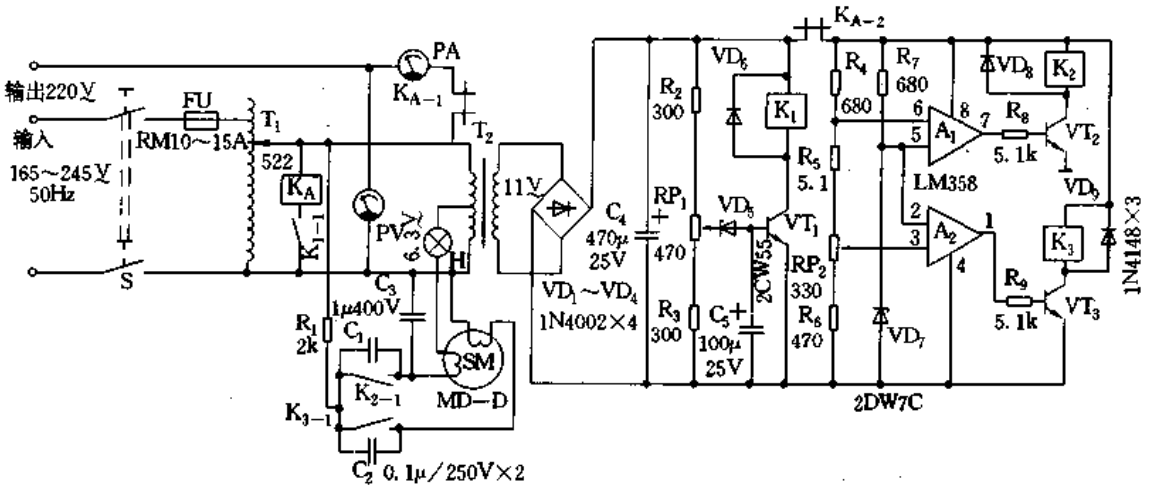


图 4-1

电源变压器T_2的初级与T_1的输出端并联，当输出电压发生变化时，T_2的次级电压也随之变化。这一变化的电压经二极管VD_1～VD_4桥式整流，电容C_4滤波后变为直流加到由R_4～R_6、RP_2组成的采样电路。采样电路输出与R_7、VD_7组成的基准电路的基准电压共同加至电压比较器A_1、A_2进行比较。比较结果会有以下三种情况：

（1）当T_1输出电压为220V时，A_1的⑦脚与A_2的①脚均输出低电平，三极管VT_2、VT_3截止，继电器K_2、K_3不动作，触点K_{2-1}与K_{3-1}不吸合，伺服电机SM不运转，使输出电压仍保持在220V的稳压值。

(2)当 T_1 输出电压小于 220V 时,其采样电压值也随之降低,经过与基准电压相比较后,在 A_1 的⑦脚输出高电平,A_2 的①脚输出低电平,导致三极管 VT_2 导通,VT_3 截止,故继电器 K_2 吸合,K_3 释放,触点 K_{2-1}吸合,K_{3-1}断开,使伺服电机 SM 向左转,带动 T_1 的滑动臂向上转动,使输出电压升高。

(3)当 T_1 的输出电压大于 220V 时,采样电路输出的电压值也随之升高,经与基准电压相比较,在 A_1 的⑦脚输出低电平,A_2 的①脚输出高电平,三极管 VT_2 截止,VT_3 导通,K_2 不动作,K_3 吸合,触点 K_{2-1}断开,K_{3-1}吸合,导致伺服电机向右转,带动 T_1 的滑动臂向下转动,使输出电压降低。

若电网电压过高,超出了本调压器的调节范围时,检测电阻 R_2、R_3 与 RP_1 输出的电压值使稳压二极管 VD_5 击穿,三极管 VT_1 导通,继电器 K_1 吸合,其触点 K_{1-1}吸合,使交流接触器 K_A 通电,其触点 K_{A-1}与 K_{A-2}均断开,切断输出电压及采样控制电路,使伺服电机 SM 停止工作,有效地保护了负载和伺服电机 SM。当电网电压恢复正常后,输出自动接通。

电路中,C_1、C_2 为消火花电容器。VD_6、VD_8、VD_9 为保护二极管。H 为工作指示灯。RP_1 为过压调节电位器,RP_2 为稳压调节电位器。

2. 元器件选择

A_1、A_2 选用双运放 LM358。三极管 VT_1-VT_3 选用 3DG130B,β 在 60～85 之间。电阻 R_1 选用 5W 功率的,其余电阻选用 1/6W 金属膜电阻。继电器 K_1～K_3 选用 JRX-13F-300Ω (DC12V)。交流电流表 PA 选用 63T1-A-0～20A,交流电压表选用 63T1-V-0～250V。其余元件按图中标注选用。

3. 调试与使用

全自动交流稳压电源安装好后,只要焊接无误,元器件良好,即可开始调试。首先断开 K_{2-1},K_{3-1}与电路的连线,将 RP_1 的中间点向下调至最大值,使三极管 VT_1 在调整稳压时不工作。其次,闭合电源开关 S,手动调节 T_1,使 PV 表指示在 220V,再调节 RP_2,使继电器 K_2、K_3 均无吸合声。再其次,手动调节 T_1,将其输出电压调到小于 220V 和大于 220V 的规定范围内,K_2 和 K_3 应分别相应吸合。再次,完成上述调整后,再切断 K_{A-2}接点与电路的连线,手动调节 T_1,使输出电压至 245V,然后反方向调节 RP_1,直至继电器 K_1 动作,RP_1 中点对地电位为过压保护动作电压值。最后,将 K_{2-1}、K_{3-1}、K_{A-2}接点接入电路,重复上述过程,直至继电器 K_1～K_3 能正常动作,伺服电机 SM 能自动调整输出电压为止。若输出电压时有时无,很可能是 RP_1 调整为保护点和 RP_2 调整的稳压点不当,应耐心反复调整到最佳点。

调整好后,RP_1 和 RP_2 的值不要再随意调整,以免影响电路的正常工作。RP_1 的上限电压以 245V 为宜,过高失去保护意义,过低又容易误动作。使用时,先打开电源开关 S,面板指示灯亮,输出电压表指示在 220V,预热 10 分钟左右后,才能进入正常的工作状态。关机前,应先关掉使用的电器设备,然后关本稳压电源的开关。

(二) 全自动交流调压器

市电不稳对用电负载的正常运行及其使用寿命是有害的,波动过大甚至会导致家电故障或损坏。本文介绍的全自动交流调压器,具有电路简单、造价低廉、性能可靠、易装易调等特点。

它可以把在160～270V范围内变化的市电电压 U_i 自动、有效地控制在220V±10%(中点A不高于13%)以内。

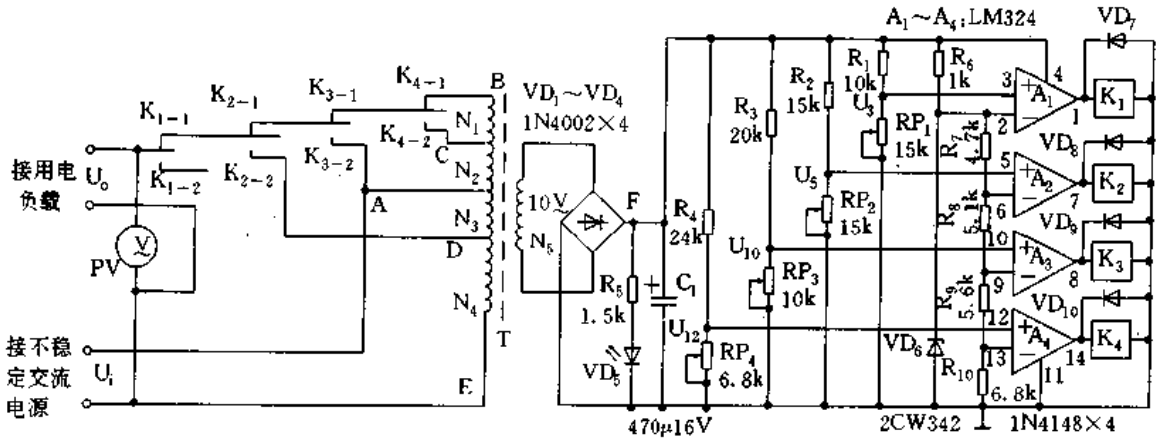


图 4-2

1. 工作原理

该电路的原理电路如图4-2所示。图中的 U_i 为输入电压，U_o 为输出电压。变压器T的初级作升、降压自耦变压器。变压器的次级经桥式整流、滤波为控制比较器 A_1～A_4 提供工作电源。A_1～A_4 选用四运放LM324。该集成芯片具有静态损耗小、适应单电源工作并且工作电压宽、价格低廉等优点。其外形和内部功能如图4-3所示。LM324按比较器的方式接入控制电路见图4-2。LM324内部的四组运放 A_1、A_2、A_3、A_4 的反相输入端②、⑥、⑨、⑬脚分别引入电位不同的基准电压源。其基准电压值分别选择为6.2V(U_2)、5V(U_6)、3.5V(U_9)、2V(U_{13})。上述基准电压均取自于稳压管 VD_6，经电阻 R_6 分压而获得。因此，能保证各组比较器基准电压的稳定性。

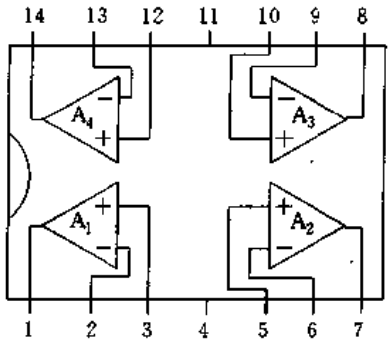


图 4-3

当输入电压 U_i 小于160V时，LM324中四组比较器的同相输入端③、⑤、⑩、⑫脚之电压均低于其对应反相输入端的基准电压，所以它们的输出端①、⑦、⑧、⑭脚均为低电平"0"，继电器 K_1～K_4 都处于释放状态。此时，较低的输入电压 U_i 经 N_1+N_2 自耦升压后，使输出电压 U_o 提高到220V左右。当 U_i 上升，且达到175V时，U_o 也随之提升到220V+10%，即242V；同时，经变压器T耦合，T之次级的整流电压 U_F 亦上升。U_{12} 经 R_4、RP_4 分压，使比较器 A_4 的同相端电压 U_{12} 超过基准电压 U_{13}，于是比较器 A_4 翻转，⑭脚电压由原来的低电平"0"，突然跃升为高电平"1"，K_4 吸合，带动相应的常闭触点 K_{4-1} 断，常开触点 K_{4-2} 通，此时，升压线圈 N_1 被隔断，输出电压 U_o 从242V下跌到220V左右。当 U_i 进一步升高，且达到 $U_i \geqslant 190V$ 时，U_o 又重新上升到242V，同时整流电压 U_F 也因T之初级线圈数减少而提高到 U_{10} ($U_{10}>U_{12}$)。U_{10} 经 R_3、RP_3 分压，使比较器 A_3 的同相输入端电压 $U_{10}>U_9$。于是，其输出端⑧脚由低电平"0"变为高电平"1"。此时 K_3 继电器动作吸合，其相应的常闭触点 K_{3-1} 断，常开触点 K_{3-2} 通，升压线圈 N_2 也被切断。由于T之初、次级变压比降低，所以整流电压 U_F 仍保持能使 A_3、A_4 比较器输出高电平。此时，$U_o=U_i\geqslant 190V$。此点称"A"，仅此一点上，U_o 的变化误差

超过 10%[△U%=(220V−190V)/220V≈+13%]。U_i 进一步升高使 U_i>242V 时，整流电压 U_P 上升为 U_5(U_5>U_{10}>U_{12})，U_5 经 R_2、RP_2 分压，使比较器 A_2 两个输入端的 U_5>U_6。于是输出端⑦脚由低电平"0"变为高电平"1"，K_2 动作吸合，其相应的常闭触点 K_{2-1}断，常开触点 K_{2-2}通。此时，自耦变压器变成了降压式，即 AE 绕组(N_3+N_4)输出 U_i，DE 绕组(N_4)输出(U_o)。因此，将 U_o(242V)变成了 U_o(220V)。当 U_i 进一步上升且超过 270V(AC)时，U_o 再次从 220V 上升到 242V。此时，整流电压 U_P 也随之上升为 U_3(U_3>U_5>U_{10}>U_{12})，U_3 经 R_1、RP_1 分压，使比较器 A_1 两输入端电压 U_3>U_2。于是输出端①脚电平也从"0"变为"1"，使继电器 K_1 也吸合，其常闭触点 K_{1-1}断，常开触点 K_{1-2}通，因此输出电路被 K_{1-1}切断，保护了用电器不受高压的冲击。一旦 U_i 下降到低于 270V 时，稳压器又自动恢复为自动调压状态。图 4-2 中的交流电压表 PV 指示输出电压 U_o 的实际值，VD_5 为电源指示灯，当其自动熄灭时，即意味着 U_o=0V，可见 VD_5 还兼有停电指示的功能。

2. 元器件选择

继电器 K_1～K_4 和变压器 T 视调压源的负载而定。本文按 100W 用电负荷设计、选型，能满足一般家用电器使用。K_1～K_4 选用 4098(DC9V)继电器。T 的铁芯采用 GEIB30−D310−0.35B 优质硅钢片，迭厚为 30mm，S_T=9cm²，P_0≈100W。匝/伏比 T_r=5 匝/伏。N_1、N_2、N_3 用 φ0.57mm(23#)高强度漆包线绕到 129 匝、283 匝、99 匝；N_4 和 N_5 用 φ0.36mm(27#)高强度漆包线分别绕制 1004 匝、50 匝。RP_1～RP_4 选用 WHW-1 型合成膜微调。VD_5 为 2EF102(全塑、φ5mm、红色)发光二极管。VD_6 选用 2CW342 或 1N5995B。PV 选用 85L1-V300 V型成品电压表头。其它元件按图 4-2 标注选型。

3. 安装调试

只要备齐元件，装毕经仔细检查无误后，便可进行调试。调试之前，先将电位器 RP_1～RP_4 旋至阻值最小端；待调试电源的"U_i"端子与市电之间接入一个自耦变压器 T_0，调试接线图如图 4-4 所示。调 T_0 使 PV。电压表指示 160V，此时 PV 表指示应在 200V 以上。调 T_0 使 U_i=175V(由 PV_0 表指示，下同)，此时 PV 表指数已接近或超过 240V。调大 RP_4，如听到 K_4 的吸合声为止。此时，PV 表指数应下跳至 220V 左右。继续调大 U_i 至 190V，于是 PV 表指数又上升到 240V。调节 RP_3 使 K_{3-0}吸合，此时，PV 表又降至 220V 左右。再调高 U_i 至 240V，而后调节 RP_2 使 K_2 吸合，PV 表指示值下跌(220V 左右)。进一步调高 U_i 至 270V，接着调大 RP_1 使 K_1 吸合，PV 表迅速下跌至 0V，即 U_o 被切断。完成上述全过程之后，稳压器调试即告完成。

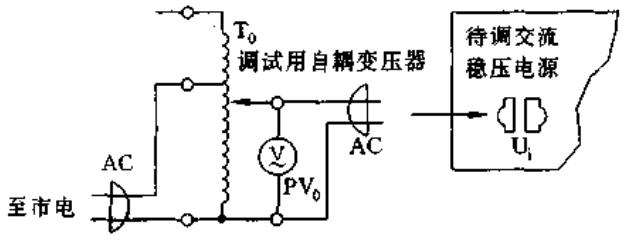


图 4-4

(三) 自动调压交流稳压器

本交流稳压电源，是一种由交流伺服系统控制的自动交流调压稳压电源。输出设有 110V、220V 两种电源。当输入电压或输出负载改变而引起输出电压变化时，能迅速自动调整，使输

出电压稳定。本电源带有过压保护装置，当电网电压升高到一定值时，输出将自动切断；当电压恢复正常值时，输出自动接通。本电源稳压精度高、稳压范围宽、可靠性强、波形失真小且效率高，适合于各种精密电子仪器设备、家用电器、计算机、医疗仪器、录放相设备、程控电话、复印机、彩色扩冲系统、立体音响系统、照明系统等。是工业生产、国防建设、科学研究、医疗卫生等单位的生产部门和实验所需的一种理想的交流稳压器。

1. 技术指标

(1) 输入电压：165～245AC，频率 48～64Hz；
(2) 输出电压：110V、220V；
(3) 输出电压稳定度：±2%；
(4) 负载稳定度：±2%；
(5) 最大输出电流：4.6A；
(6) 输出容量：1kVA；
(7) 工作效率：95%；
(8) 预热时间：10min；
(9) 工作时间：可以长时间连续工作。

2. 工作原理

本电源是由交流伺服系统控制的自动调整式稳压电源。由主回路、伺服系统、取样控制电路和过压保护电路等组成，电路如图 4-5 所示。T 为自耦式调压器，其输出端固定，输入端由伺服电机自动调节，使输出保持恒定。

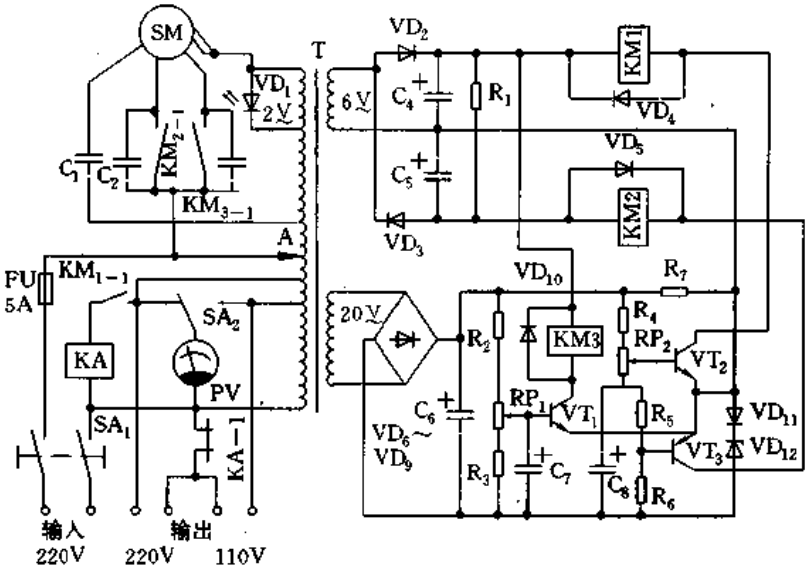


图 4-5

伺服电机 SM 的电源由 T 提供，T 的副边有两个绕组，一组给继电器 KM1～KM3 和三极管 VT_1～VT_3 提供电源；另一组给采样电路 R_4～R_6、RP_2 和检测电路 R_2、R_3、RP_1 提供电源。如输入电压升高即＞220V～245V，经 VD_6～VD_9 桥式整流后的直流电压在电容 C_6 两端也相应升高，取样电位 VT_{b2} 与基准电位 VT_{e2} 进行比较后，三极管 VT_2 导通，继电器 KM2 通电吸合，

触点 KM_{2-1} 闭合，伺服电机 SM 转动带自耦调压器的滑动触点向下滑动，以调节输入线圈达到调节输出电压保持稳定。如果 VT_2 无比较电压呈截止状态，SM 将停止转动。

当输入电压降低时即 165V（正常范围 165V～220V），则输出电压也相应降低，电容 C_6 两端电压随之减小，取样电位 VT_{b3} 与基准电位 VT_{e3} 比较后，三极管 VT_3 导通，继电器 KM_3 通电吸合，触点 KM_{3-1} 闭合，伺服电机 SM 转动带触点向上滑动，使输出电压上升，直到输出电压为 220 V 时，使比较放大器 VT_3 无比较电压，VT_3 截止，SM 则停止转动。

若电网电压升高到超出稳压范围即大于 245V 时，经检测电路 R_2、R_3 及 RP_1，VT_{b1} 电位上升，与基准电位 VT_{e1} 比较后，三极管 VT_1 导通，继电器 KM_1 吸合，触点 KM_{1-1} 闭合，交流接触器 KA 吸合，触点 KA-1 断开，无输出电压，从而达到过压保护的目的。待电网电压恢复正常值后，输出电压则自动接通。

其中，电容 C_2、C_3 为消火花电路。C_7、C_8 作为伺服电机的移相电容。VD_4、VD_5、VD_{10} 为保护二极管。VD_1 为工作指示发光二极管。电位器 RP_1 为调节过压保护动作值用。电位器 RP_2 为调节采样稳压值用。

3. 元器件选择

三极管 VT_1、VT_2：3DK9C、$\beta=65\sim85$，VT_3：3AX81B，$\beta=60\sim80$。二极管 $VD_2\sim VD_3$，$VD_6\sim VD_9$：1N4002、VD_4、VD_5、VD_{10}：1N4148，VD_{11}：1N4001。发光二极管 VD_1：BT304。稳压二极管 VD_{12}：2CW119。电容 C_1：1μ400V，C_2、C_3：0.1μ250V，C_4、C_5：220μ25V，C_6：470μ50V，C_7、C_8：47μ50V。电阻 R_1：10k，R_2、R_7：510Ω，R_3、R_6：2.7k，R_4：470Ω，R_5：51Ω，电阻标称功率除电阻 R_1 选用大于 3W 功率外，其它均选用 1/2～1/4W 金属膜电阻。电位器 RP_1、RP_2：1k。继电器 KM1～KM3：JRX-13F。交流接触器 KA：522。伺服电机 SM：ND-D。电压表 PV：85L1-0～250 V。开关 SA_1：KN3-3，SA_2：KNX-2W1D。保险管 FU：BGOPφ6-5A。

4. 调试方法

（1）交流自动调压稳压电源安装好后，只要元器件选择无误，焊接良好，即可开始调试。首先断开 KM_{2-1}、KM_{3-1} 与电路的连线，将电位器 RP_1 向下滑至最大值，使三极管 VT_1 在调整稳压时不工作。

（2）闭合电源开关 SA_1，手动调节 T，先作校准，滑动 A 点（约在滑动部分的中点），使电压表 PV 指示在 220V（或 110V），再调节电位器 RP_2，使比较放大器 VT_2 和 VT_3 的取样电位与基准电位 VT_{e2}（VT_{e3}）尽可能相近，使 VT_2、VT_3 截止，继电器 KM2 和 KM3 均无吸合声。

（3）滑动自耦变压器 T 的 A 点，上、下调节，使输出电压在大于和小于 220V 的稳压范围内变化，则 KM2 和 KM3 应分别相应吸合。

（4）手动调节滑动 A 点，使输出电压至 245V，然后再反方向调节电位器 RP_1，直至继电器 KM1 吸合，则 RP_1 的中间调节臂对地电位为过压保护动作值。

（5）将 KM_{2-1}、KM_{3-1} 的触点接入电路，重复上述过程，直至继电器 KM1～KM3 能正常动作，伺服电机 SM 能自动调整输出电压为止。若输出电压时有时无或输出不稳，很可能是 RP_1 调整的保护点或 RP_2 的调整的稳压点不当所致，应耐心反复调整即可满足。

（6）一般过压保护调节在 245V 左右，不能调得太低，否则容易误动作；调得太高，又失去保护作用。

（7）电位器 RP_1、RP_2 的阻值调准后，再不要随意调节，以免影响电路的正常、可靠的工作。

5. 使用方法

(1) 将本稳压电源的电源线，或电压输入端子与供电电网接通。然后将用电设备按要求接入本电源的输出端。接通本稳压电源的开关 SA_1，面板指示灯亮，待预热 10min 后，检查前面板上电压表 PV 的电压值是否正常，220V(110V)正常，再打开用电设备的电源开关。本稳压电源既能自动调整电压，正常供电。用电完毕，先关闭用电设备的电源开关，然后再关闭稳压电源的电源开关。

(2) 如果交流电压表 PV 指示 220V(110V)有偏差，请轻轻旋转(滑动 A 点)"电压微调"旋钮，并注意观察电压表 PV，使其指示在 220V(110V)上。

(3) 使用的设备根据用电的电压要求，接入本稳压电源输出标有 110V 或 220V，切忌不要接错，否则将损坏使用的电器设备。

(4) 停电时，需关闭稳压电源和用电设备的开关。继续供电时，仍需按第(1)条所要求的方法，依次开启稳压电源和用电设备的开关。

(5) 在输入电压偏低的地区使用本稳压电源时，则总功率适当减小，当需要同时使用 110V 和 220V 输出时，或 220V 输入、110V 输出的情况，则总负荷功率应减至额定功率的 50%。

6. 维护与修理

(1) 如开机后，电源指示灯不亮，即可能有以下故障：a、输入保险丝 FU 熔断；b、电源开关 SA_1 坏或接触不良；c、电源指示灯 VD_1 坏。

(2) 输出电压不稳：a、采样控制电路有故障；b、伺服电机 SM 卡住；c、KM_{2-1}、KM_{3-1}触点接触不良或失控。

(3) 输出时有时无：过压保护点发生变化，需重新调整 RP_1。

(4) 本稳压电源 1000VA 采用熔断器，作为过载及短路保护，若无输出可检查是否良好。

(5) 若时间用长后，应擦拭自耦变压器 T，用酒精棉球洗自耦变压器线圈与碳刷接触部位，检查碳刷有无磨损、接触不良等现象，以免打火。灰尘会阻碍齿轮的正常工作，影响稳压电源的精度，请及时清扫，补充润滑油。

(四) 范围宽的交流稳压器

当前，我国一些地区市电电压波动较大，电压有时甚至低到 140V 左右，这很容易给一些电器带来损害。本文介绍的交流稳压器，旨在输入电压范围在 120～260V，输出电压在 220V±10%左右，能满足一般电器正常工作的要求。

1. 工作原理

稳压器原理电路如图 4-6 所示。自耦变压器 T 和继电器触点 K_{1-1}、K_{2-1}、K_{3-1}、K_{4-1}组成升压、降压切换电路，控制电路由集成四运算放大器 A_1～A_4，继电器 K_1～K_4 及外围电路组成。此电路的第一个特点是：K_2、K_3 接入运放 A_3、A_2 的输出端之间，K_1 接入＋24V 和 A_4 的输出端，K_4 接入 A_1 的输出端与地之间。四个运放的正输入端连接在一起，接在 R_2、VD_5、VD_6、C_4 和 RP_1 组成的交流输入电压取样电路上。四个负输入端分别接在由 R_3～R_7 组成的分压网络上。

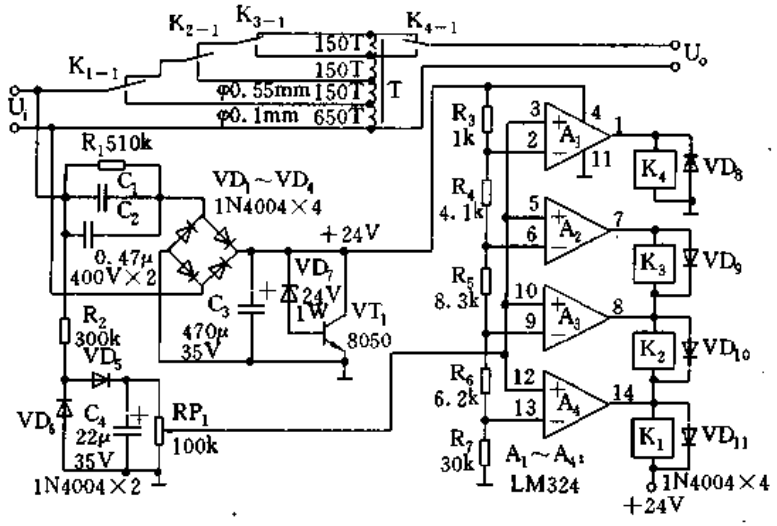


图 4-6

当输入电压 U_i 较低时，则⑭脚输出低电平，此时 A_1、A_2、A_3 也能输出低电平，所以 K_1 吸合，K_2～K_4 释放。可见，K_1 吸合时的升压比最大，此时对应交流输入电压最低。当 U_i 升高，RP_1 抽头上电压低于⑨脚电压、高于⑬脚电压时，则 A_4 输出高电平，而 A_3 输出低电平，此时 K_1 释放，K_2吸合，同时，A_1、A_2 也输出低电平，K_3、K_4 均释放。K_2 的吸合，使升压比低于 K_1 吸合时的情况。以此类推，随着 U_i 升高，K_2 释放 K_3 吸合(升压)；K_3 释放，K_4 吸合(降压)。由此可见，不管是哪一种情况，电路始终只有一个继电器吸合，保证电路的功耗较平均。本电路的第二个特点是：采用了电容降压供电电路。该电路由 C_1、C_2、VD_1～VD_4、C_3、VD_7、VT_1 等组成。采用电容降压，主要是考虑适应宽输入电压范围。如果用变压器降压，则变压器次级电压选择较高，这样势必增加电路的功耗和变压器的功率余量。由于电容器具有镇流作用(电压变化大时，电流变化相对较小)，且控制电路的功耗较平均，所以比较适合本电路。电路中稳压二极管 VD_7 通过三极管 VT_1 扩展工作电流，以减小其功耗。R_1 用于泄放 C_1、C_2 上的电荷。采用两只电容器并联，主要是考虑低电压时保证供给控制电路的工作电流，及减小电容自身的冲击电流，如用一只相当于 C_1、C_2 容量的电容代替也是可以的。

电路中继电器的接法保证了开机时输入电压和输出电压相近，还提高了电路的可靠性。该电路中，由于适应电压范围宽，所以没有设计过压、欠压保护电路，也没有设计延时启动电路和输出电压指示，如果有条件，则可加装。

2. 元器件选择

A_1～A_4 选用四运算放大器 LM324，如用其它类型则要注意引脚的变化及考虑运放输出电流的大小。继电器选用 24V 小型继电器，线圈电阻越大越好(最好≥2kΩ)，触点容量应注意选择。整流二极管 VD_1～VD_4 及 VD_5～VD_6、VD_8～VD_{11}可选用 1N4004 或 1N4007；VD_7 选用 24V 稳压管；VT_1 用 8050；C_1、C_2 选用 0.47μ 耐压在 400V 以上的电容器；RP_1 选用 100kΩ 微调电位器。关键是 R_3～R_7 阻值的选择，它决定吸合电压、释放电压的大小(见图示值)。最好用数字式万用表挑选，或串联、或并联，最终要达到规定的阻值。变压器 T 和继电器触点容量决定交流稳压输出的功率，T 选用 GEB30×45，三个 150T 的线圈用 φ0.1mm 高强度漆包线绕制，650T 的线圈用 φ0.55mm 漆包线绕制，线组之间可以不用绝缘纸。

3. 安装与调试

(1) 整个电路装于一块小电路板上，可根据元件形状、大小等情况，特别是继电器大小自行设计。也可自行加装电源指示等电路。

(2) 该电路只要组装无误，调试非常简单。首先，在输入电压为 220V(或其它值)时，调 RP_1 使其抽头上的电压为 22V(注意！整个电路与市电相通，要注意安全)。然后用一调压器改变输入电压 U_i，在 RP_1 抽头电压达到图标电压时，看相应继电器触点是否吸合、释放，否则要检查 R_3～R_7 的阻值及运放 A_1～A_4 的好坏，以及取样电路是否工作正常。

(五) 简易磁饱和交流稳压器

个别地区尤其是农村供电比较紧张，220V 交流市电有时会低于 180V，使大多数黑白电视机出现场跳，行扭及交流声而不能正常收看。市售稳压器价格昂贵且有些质量较差。本稳压器制作简单，成本低廉。功率大约为 35W。当市电在 140V 至 250V 变化时，稳压器能输出 190V 至 230V 电压。完全能满足 12 吋～17 吋左右的黑白电视机在低电压时正常工作之用。

稳压器电路如图 4-7 所示。所需元件：L 用 30W 至 40W 日光灯铁芯镇流器。C 用 5.5μ400V 无极性交流电容。泄放电阻 R_1 为 180k、1W。限流电阻 R_2 为 3M、1/2W。氖管 HL 为指示灯。

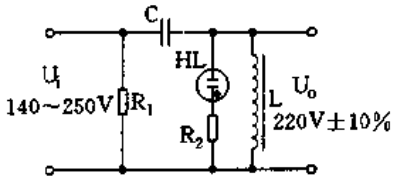


图 4-7

稳压器组装完成后，可用 30W 左右的灯泡做假负载试之，用调压器使稳压器输入电压在 140 至 250V 间变化，稳压器输出端电压应在 190～240V 之间为合格，若输出电压偏低或偏高，可用增减电容 C(4.7～7μF)的容量来达到。

当电视机工作结束后，应关闭稳压器电源开关，否则会浪费电能。

只要按图焊接无误，一般情况即可正常工作。

(六) 新颖实用交流电子调压器

1. 电子调压器的特点

(1) 温度保护，电子调压温度超过正常值时，自动关断；

(2) 采用过零脉冲触发，抗干扰性强，对其它电器干扰小；

(3) 无机械接点，工作可靠。

(4) 本电子调压器电路结构新颖，实用性强。

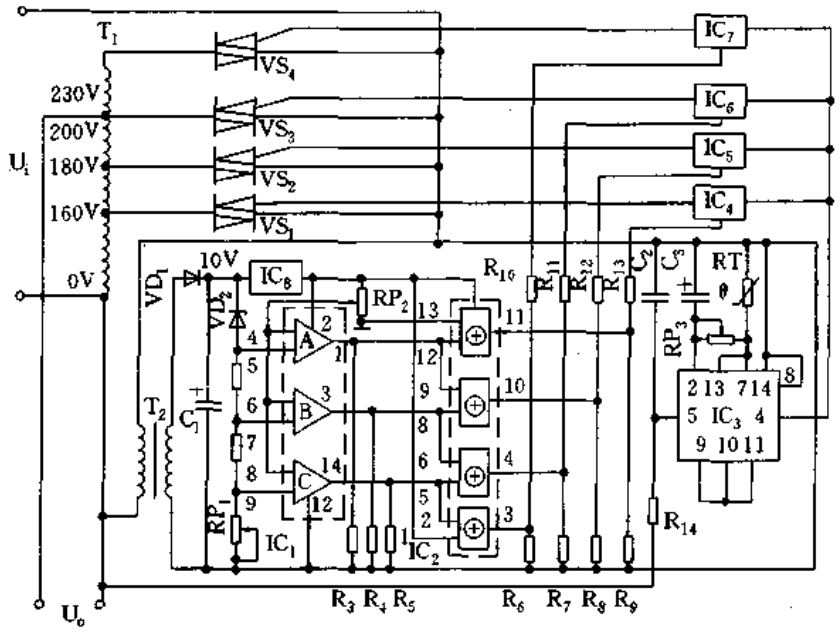


图 4-8

2. 工作原理

电路如图 4-8 所示。IC_1 等元件组成电压比较器。当电网电压变化时，经 VD_1 整流，C_1 滤波后的直流电压也跟着变化。此变化电压作为取样电压与稳定的直流电压进行比较。随着电网电压的由低到高变化，电压比较器 A、B、C 逐渐都输出低电平。

IC_2 是四异或门集成电路，它将 IC_1 输出的电平进行线性变换，使 IC_2 四个异或门的输出与交流电网电压的变化成一一对应的关系。本电路中，IC_2 的输出不是直接用来触发双向晶闸管，而是用来控制 IC_4～IC_7 四只电子开关的。

IC_8 是 TWH9205 过零脉冲触发器，RT 是温度检测电阻，用来检测电子调压器的温度。当调压器的温度超过额定值时，使 IC_3 停止输出，调压器关断。当温度正常时，IC_3 输出与电网同步的过零触发脉冲。此过零脉冲经电子开关 IC_4～IC_7 后触发双向晶闸管 VS_1～VS_4。

从电路原理可知，IC_3 的过零脉冲是从不停止的，而这些过零脉冲具体触发哪一只双向晶闸管，这将受 IC_4～IC_7 电子开关控制。IC_4～IC_7 的开和关是由 IC_2 四异或门控制的，而异或门的输出又决定于电压比较器。电压比较器 IC_1 的输出与电网电压相关。这样就形成了一个控制链，使四只晶闸管 VS_1～VS_4 按电网电压的高低分别导通。调整 RP_1、RP_2，使电网电压低于 180V 时，只有开关 IC_4 打开，VS_1 导通；电网电压高于 180V 时，只有开关 IC_5 打开，VS_2 导通；电网电压高于 200V 时，只有开关 IC_6 打开，VS_3 导通；当电网电压高于 230V 时，只有开关 IC_7 打开，VS_4 导通。由于晶闸管 VS_1～VS_4 的不同时导通，这就决定了自耦变压器的初次级匝数比，从而改变了输出电压，达到电子自动调压的目的。

3. 元器件选择

T_1：自耦变压器。T_2：取样变压器。IC_1：LM339，IC_2：CD4070，IC_3：TWH9205，IC_4～IC_7：TWH8778，IC_8：W7806。电阻 R_1、R_2：150Ω，R_3～R_9：10k，R_{10}～R_{13}：20k，R_{14}：20k、4W。热敏电阻 RT：47k，RP_1：680Ω，RP_2：4.7k，RP_3：100k。C_1：47μ16V，C_2：0.1μ，C_3：100μ16V。VD_1：1N4002。

VD_2：2CW54。双向晶闸管 VS_1～VS_4 可据负载功率的大小来合理选择。

本电子调压器，从电源电压从 160V 到 230V 时，输出能稳定在 200V 到 230V 范围内，一般家用电器或广播电视设备对交流供电的要求。

调压器的功率由 VS 及自耦变压器的功率决定，一般功率能从数百瓦做到数千瓦。在选用双向晶闸管 VS 要注意留有两倍以上的电流余量。

（七）330W 交流稳压器

1. 工作原理

电路原理图如图 4-9 所示。本稳压器设置了短延时输出 OUT_1（可供普通照明电器与家电使用）和长延时输出 OUT_2（专供电冰箱使用）两个电源插座输出端，即 XS_1、XS_2。图中，由 R_2、VD_7、C_2 及 R_1～R_7 组成电压取样电路，对电源输入电压进行跟踪取样。当输入电压高于 280V 或低于 150V 时，A_1 输出高电平，A_4 输出低电平或 A_1 输出低电平、A_4 输出高电平，均使得由 VD_8、VD_9 与 R_{10}组成的与门输出低电平，复合管 VT_3、VT_4 截止，紧随其后的倒相放电管 VT_6 导通，复合管 VT_1、VT_8、VT_9 截止，K_3、K_4 继电器都不动作，两路输出均不接通。当输出电压处于 150～280V 之间时，A_1 与 A_4 均输出高电平，VD_8、VD_9 与 R_{10}组成的与门输出高电平。由 R_{10} 与 C_3 组成的短延时电路经过 5～10 秒钟的延时后，复合管 VT_3、VT_4 导通，K_3 动作将输出 OUT_1 接通，VD_{15}发光管作出绿色显示。同时倒相放电管 VT_6 截止，由 R_{15}放电限流电阻与 R_{16}、C_9 组成长延时电路经过 5～10 分钟的延时后，复合管 VT_7、VT_8、VT_9 导通，K_4 动作，输出 OUT_2 接通，VD_{17}发光管作出绿色显示。当输入电压处于 150～190V 之间时，A_2 和 A_3 都输出低电平，驱动管 VT_2、VT_5 截止，K_2、K_1 均不动作。此时 T_1 变压器的次级 36V 线圈同初级线圈反绕向串联（1 端与 4 端连接）构成升压自耦变压器，两路输出从变压器初级线圈上得到的电压处于 180～240V 之内。当输入电压处于 190～240V 之间时，A_2 输出高电平，A_3 输出低电平，将使 VT_5 导通，VT_2 截止，K_1 动作，K_2 不动作。此时两路输出直接与输入电源连通，T_1 变压器处于常规使用状态。当输入电压处于 240～280V 之间时，A_2 和 A_3 都输出高电平，将使 VT_2、VT_5 导通，K_2、K_1 均动作吸合。此时 T_1 变压器的次级 36V 线圈与初级线圈同绕向串联（1 端与 3 端连接）构成降压自耦变压器，两路输出从变压器初级线圈上得到的电压也处于 180～240V 之内。从而使得稳压器的输出电压总保持在 180～240V 之内。当输入电压低于大约 80V 时，电路将停止工作，VD_5 发光管熄灭表示停电。

须说明的是：当交流稳压器的负载是电冰箱之类电器时，由于电冰箱在启动瞬间有 8～10A 的冲击电流，将使升压变压器处于瞬间磁饱和状态。如果稳压器的电路电源也由升降压变压器提供，就会因为升降压变压器处于瞬间磁饱和状态而出现瞬间断电使动作继电器失电关断输出。而大部分冰箱的启动冲击时间都大于电路的储电保持状态时间，因此会在稳压器处于升、降压状态时，动作继电器发生不停的通、断振荡现象，使电冰箱不能正常启动。为此，稳压器的电路单独采用一只小电源变压器。换言之，图 4-9 原理图中的 T_2 变压器不可省掉，除非稳压器的负载没有大的冲击电流或是冲击电流的时间非常短，最多也不大于 0.05 秒钟。

2. 元器件选择

R_2、R_4、R_5、R_6、R_7 五只取样电阻的实际值应为：470k±3k、3.7k±300Ω、1.5k±100Ω、1.8k

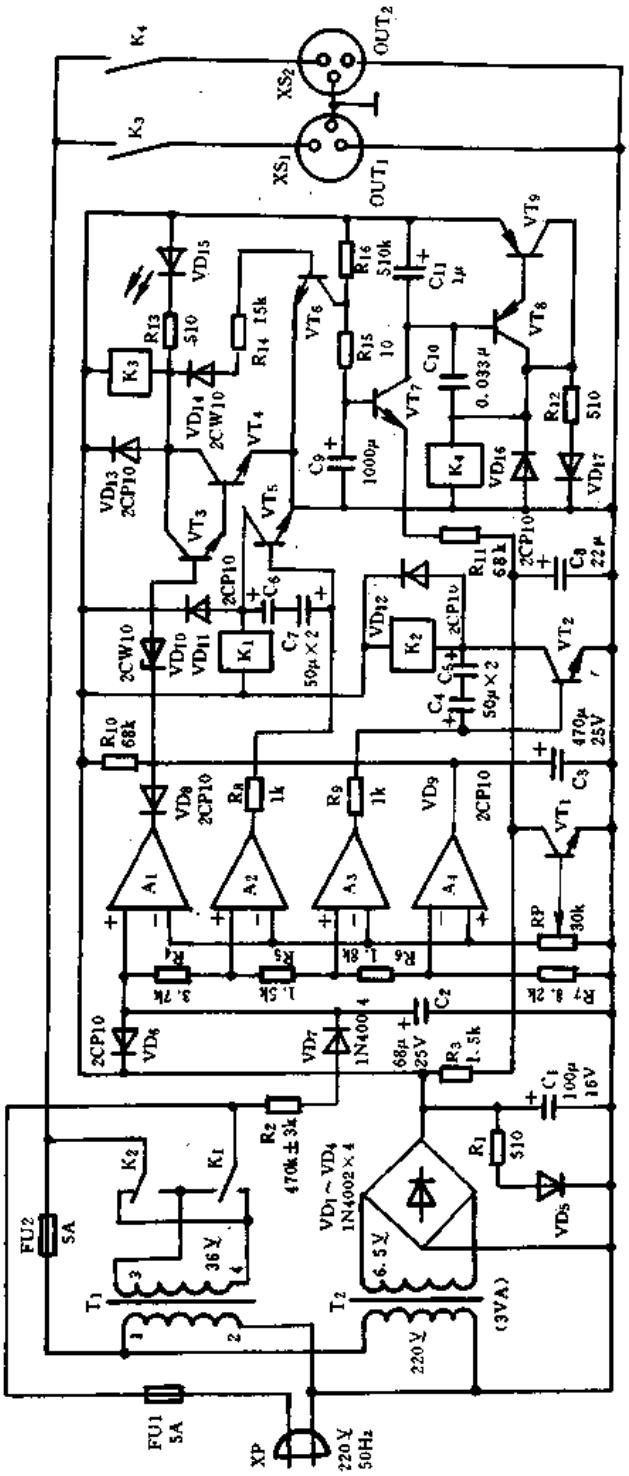

K4
K3
XS2
XS1
OUT2
OUT1
VT9
VT8
VT7
VT6
VT5
VT4
VT3
VT2
VT1
VD15
VD14 2CW10
VD13 2CP10
VD12
VD11
VD10 2CW10
VD9 2CP10
VD8 2CP10
VD7 1N4004
VD6 2CP10
VD5
VD1～VD4 1N4002×4
R16 510k
R15 10
R14 15k
R13 510
R12 510
R11 68k
R10 68k
R9 1k
R8 1k
R7 8.2k
R6 1k
R5 1.5k
R4 8.2k
RP 30k
R3 1.5k
R2 470k±3%
R1 510
C11 1μ
C10 0.033μ
C9 1000μ
C8 22μ
C7 50μ×2
C6
C5 50μ×2
C4
C3 470μ 25V
C2 68μ 25V
C1 100μ 16V
A1
A2
A3
A4
K1
K2
K3
K4
FU2 5A
FU1 5A
T1
T2
36V
6.5V
220V
(3VA)
XP
220V 50Hz

图 4-9

±100Ω、8.2k±200Ω；发光二极管 VD_5：BT312(红色)、VD_{15}、VD_{17}：BT313(绿色)；稳压二极管 VD_{10}、VD_{14}：2CW10(1.5～2.5V)，可用三只 3DG 发射结串联代之；三极管 VT_1：9013、$\beta=70$，VT_2、VT_4、VT_5：9013、$\beta\geqslant100$，VT_3、VT_6、VT_7：9013、$\beta=100$，VT_8：9012、$\beta=100$，VT_9：9012、$\beta\geqslant100$；VT_3、VT_7、VT_8 三只管子的穿透电流应不大于 0.5μA；集成电路 A_1～A_4：LM324；C_9 电容的漏电阻用指针式万用表 1k 挡测量应不小于 1.5MΩ；T_1 采用普通 36V±4V 电源变压器，变压器的功率为 20W、40W、60W 时，稳压器的负荷容量分别为 110W、220W、330W；四只继电器 K_1～K_4 采用 JZC-21F(T70)小型继电器，触头电流有 3A、5A、8A 三种规格，可根据稳压器的负载情况选用相应的规格；T_2 采用普通的 3W 电源变压器，次级电压 6.5～7V；其它元件按图 4-9 参数选用即可。

3. 调试方法

元器件焊装好无误后，接通电源。测量 C_8 两端压降，调节电位器 RP，使 $U_{c8}=2.1V$。在 VD_6 两端并联一只 100k 电位器，将电位器从最大值缓慢调节到最小值，K_1、K_2 继电器应先后吸合。调节电位器使 K_1 吸合，K_2 不吸合，过几秒钟后 K_3 应吸合，VD_{15}发光。再待 5～10 分钟后，K_4 也应吸合，VD_{17}发光。此时将电位器调至最大或最小，K_3、K_4 继电器都应恢复截止状态，VD_{15}与 VD_{17}均熄灭。

经检验正常后，用交流自耦调压器输入 150～280V 不同交流电，反复调节电位器 RP，使稳压输出的交流电总是处在 180～240V 之内。然后，再将整机通电老化 24 小时以上，复测其稳压功能仍正常，才可正式作为交流稳压电源使用。

(八) 交流无触点自动调压器

目前，市面上流行的自动调压器多数采用继电器自动切换自耦变压器抽头的方式来实现调压的。本文介绍的交流无触点自动调压器的突出特点是采用无触点电力开关元件——双向晶闸管元件自动切换自耦变压器抽头，使输出电压波动控制在允许范围内。如图 4-10 为家用交流无触点自动调压器原理图。

1. 电路的主要组成部分

(1) 自动调压的执行部分。主要由自耦变压器及其抽头与双向晶闸管 VS_1～VS_3 组成。它的功能是随输入电压的波动，适时启动相应的双向晶闸管，使输出波动被控制在允许范围内。如图 4-10 电路，自耦变压器 T 分三级调压，$170V<U_入<200V$，双向晶闸管 VS_1 导通，使输出电压升至 220～240V；当 $200V<U_入<240V$ 时，使 VS_2 导通，输入电压直接输出；当 $210V<U_入<270V$ 时，使 VS_3 导通，输出电压降至 200～240V；而在 $U_入<170V$ 或 $U_入>270V$ 时，使 VS_1～VS_3 全闭锁，输出电压为零，从而实现过压，欠压自动保护。

(2) 双向晶闸管的控制部分。主要是－CD4066 集成模拟开关。它的主要功能是根据输入电源电压，为相应的双向晶闸管提供触发电平，使之导通。例如，模拟开关 CD4066 中等效单刀单掷开关 SA_1 的控制端 CP_1 为高电位时，SA_1 闭合，12V 电源通过限流电阻 R4 接至 VS_1 的控制极，VS_1 的阴极接地，VS_1 被触发导通。同理 VS_2、VS_3 分别由 CP_2、CP_3 控制其导通。由于双向晶闸管所需控制电压仅几伏，控制极电流仅几毫安到二十毫安左右；而双向晶闸管接通电压可达几百伏，接通电流可达几安到几十安，很容易实现小电流控制大电流，低电压控制高电压

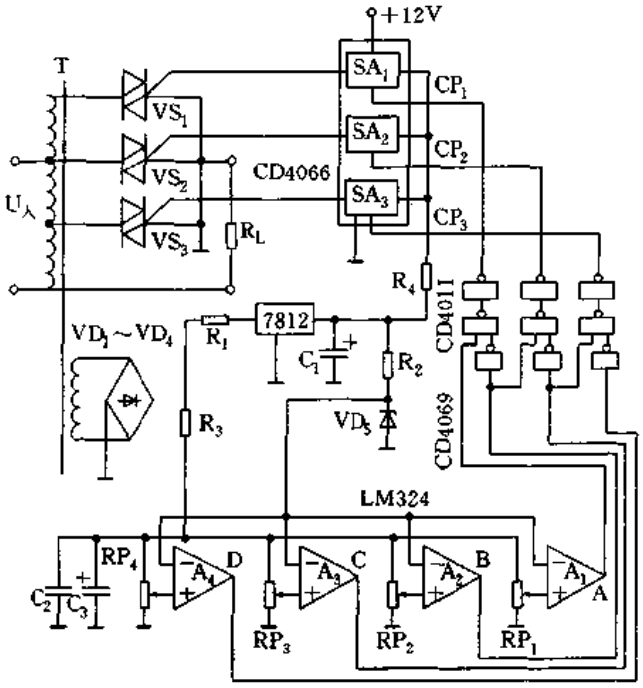


图 4-10

的目的。

(3) 输入电源的检测部分。主要由集成运算放大电路 $A_1 \sim A_4$，VD_5 提供的基准电压 V_z，$RP_1 \sim RP_4$ 上输入电压的取样电压及分压电阻 R_3 抗干扰电容 C_2、C_3 组成。它的主要功能是将输入电源变化的模拟量划分为几个范围，并将每一个范围对应输出一个固定的逻辑状态，也可以说是一种简单的模/数转换电路。由于运算放大器 $A_1 \sim A_4$ 的反相输入端接固定的基准电压 V_Z，其同相输入端接 $RP_1 \sim RP_4$，而 $RP_1 \sim RP_4$ 上的电压是输入电源电压的取样电压，运算电路处于开环运行，是一个同相过零的比较器。当 $RP_1 \sim RP_4$ 上取样电压小于 V_Z 时，运算放大器 $A_1 \sim A_4$ 输出端 $U_o=0$，逻辑状态为 0；而当输入电源电压升高，使 $RP_1 \sim RP_4$ 上取样电压大于 V_Z 时，$A_1 \sim A_4$ 输出端 $U_o=12V$，逻辑状态为 1。故调整 $RP_1 \sim RP_4$，使 $U_入<170V$，$A_1 \sim A_4$ 输出均为 0，逻辑状态 ABCD=0000；当 $U_入>170V$ 时，调 $RP_1 \sim RP_4$，使 A_1 输出为高电位，$A_2 \sim A_4$ 输出为低电位，逻辑状态 ABCD=1000；同理，当 $U_入>200V$ 时，逻辑状态 ABCD=1100；当 $U_入>240V$ 时，ABCD=1110；当 $U_入>270V$ 时，ABCD=1111。

(4) 编码电路。由于 $VS_1 \sim VS_3$ 采用的是双向晶闸管元件，无论在正半周还是负半周，只要控制极相阴极有一脉冲或触发电平作用，均可导通。而关断则是靠电源的自然过零点。由于本电路采用的是电平触发，为避免一只双向晶闸管尚未全关断，另一只双向晶闸管尚未全开通的两只元件同时导通状态，要求模拟开关的控制信号 $CP_1 \sim CP_3$ 在任一时刻只能有其一为高电位。因此，对输入电源检测电路输出的逻辑状态 ABCD 及双向晶闸管所需的 $CP_1 \sim CP_3$ 控制信号状态进行编码，编码表见表 4-1 所附。

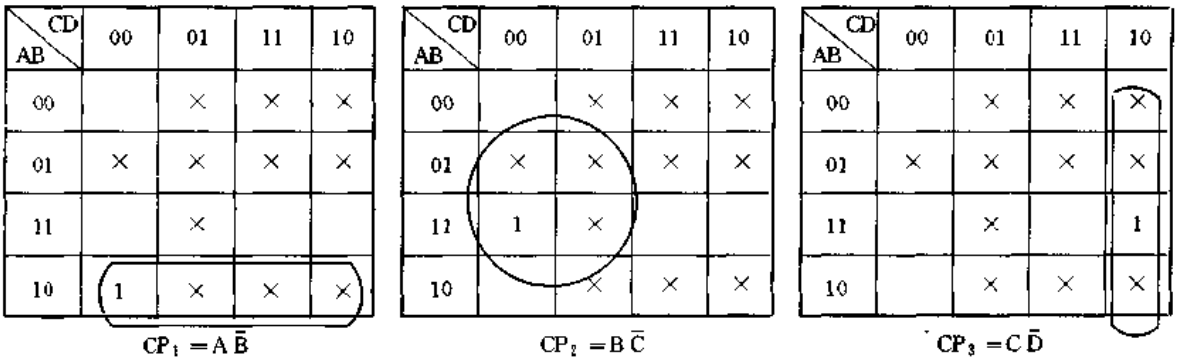
表 4-1

$U_入$ 波动范围(V)	A B C D	CP_1 CP_2 CP_3
<170	0 0 0 0	0 0 0
170<$U_入$<200	1 0 0 0	1 0 0
200<$U_入$<240	1 1 0 0	0 1 0
240<$U_入$<270	1 1 1 0	0 0 1
$U_入$>270	1 1 1 1	0 0 0

根据表 4-1 所列 $U_入$ 波动范围，各运算放大器输出状态及模拟开关控制信号 $CP_1 \sim CP_3$ 的

逻辑状态，利用卡诺图进行化简，即可得到 CP=f(A、B、C、D)的逻辑关系，见表 4-2 所附。

表 4-2



根据表 4-2CP_1～CP_3 与 A、B、C、D 的逻辑关系，可以利用六只反相器 CD4069 及四只二端输入与非门 CD4011 组成图 4-10 原理图中的编码电路。

(5)电源部分。由自耦变压器 T 上的独立的隔离绕组 L，经二极管 VD_1～VD_4 进行全波整流，R_1 限流，7812 三端稳压电源稳压，C_1 滤波，输出 12V 供给集成电路使用。R_2 限流电阻及 VD_5 稳压管形成一个相对稳定的基准电压 V_Z，供输入检测用。

2. 电路主要元器件的选用

(1) 自耦变压器 T 计算容量 P_i 是负载容量 P_s 的 K 倍，即 $P_i=K\cdot P_s$。式中 K 即为允许输入电源的波动系数 δ。例如，一般地区输入电压波动 $\delta<\pm20\%$，一般家庭电器负载额定功率<1kVA，则自耦变压器计算容量 $P_i=0.2\times1000=200VA$，铁芯及线圈计算可按一般 200VA 变压器选用，但线圈线径应按实际负载电流选用。

自耦变压器抽头与输入电压波动范围和输出电压波动范围有关。例如，输入电压最大波动范围 $\delta_入<\pm23\%$，允许输出电压波动范围 $\delta_o<\pm9\%$，则可采用如图 4-10 所示的 3 级抽头调压。自耦变压器输入端为 220V 时，升压抽头端为 264V，降压抽头端为 195V。如果增加自耦变压器抽头及双向晶闸管的数目，可以提高输出电压的稳定度，减少输出电压的波动。例如，将图 4-10 电路中 3 级调压改为 5 级调压，则在输入波动±20%范围内，可使输出波动稳定在±5%以内；若改变为 8 级抽头自动调压，输出可稳定在±2.5%左右。

(2) VS_1～VS_3 可根据负载容量选用电压为 500V 以上，电流为 3～5A，触发电流在 5～15mA 的双向晶闸管元件。

(3) 模拟开关在双向晶闸管控制极电流为 10mA 左右时，一般 CD4066 即可。如果控制电流稍大，可以将 CD4066 内部开关并联使用，若为触发功率较大的双向晶闸管，可使用功率电子开关或干簧管等微小型继电器。

(4) 编码电路一般 CMOS 门电路，运算放大器采用常见的 LM324 即可。

3. 电路的安装与调试

由于电路多采用集成数字电路，故安装调试比较简单。主要是输入电源电压检测电路中 A_2～A_4 同相输入端 RP_1～RP_4 上取样电压的调整。单独调整这部分时，可以首先将 A_1～A_4 输出端与 CD4069 连线暂时断开，将 RP_1～RP_4 中间滑动头旋到最下端，自耦变压器输入电源通

过一台手动自耦变压器引入，并逐渐升高输入电压。当 $U_{入}$<170V 时，A、B、C、D 各输出点为低电位，逻辑状态为 0000；然后将输入电压调到 170V，调 RP_1，使 A_1 输出为高电位，ABCD 点逻辑状态变为 1000；再改变输入电压为 200V，调 RP_2，使 A_2 输出也变为高电位，ABCD 逻辑状态改变为 1100；同理，改变输入电压为 240V，再调 RP_3，使 A_3 输出也变为高电位，ABCD 逻辑状态变为 1110；而当输入电压调至 270V 时，应再调 RP_4，使 A_4 输出高电位，ABCD 逻辑状态为 1111。

输入电源电压检测部分调试好后，即可将编码电路和模拟电子开关输入端连接起来，模拟开关输出端暂不接双向晶闸管，可利用 R_1 作限流电阻，SA_1～SA_3 输出端分别接红、黄、绿三只发光二极管到地作直观显示。然后改变输入电源电压，$U_{入}$<170V 时，红、黄、绿三只发光二极管均不亮；而当 170V<$U_{入}$<200V 时，仅红色发光二极管亮；200V<$U_{入}$<240V 时，仅黄色发光二极管亮；240V<$U_{入}$<270V 时，仅绿色发光二极管亮；而>270V 时，红、黄、绿三只发光二极管均亮。调试完毕，撤掉发光二极管，接上 VS_1～VS_3，电路即可正常工作。

（九）110V～380V 交流自动稳压器

本文介绍的交流自动稳压器能在输入电压在 110V～380V 交流电压时，始终输出 220V 交流电压。它将较好地解决农村或城市居民用电存在交流供电电压不稳的情况，从而避免对家用电器构成的威胁。

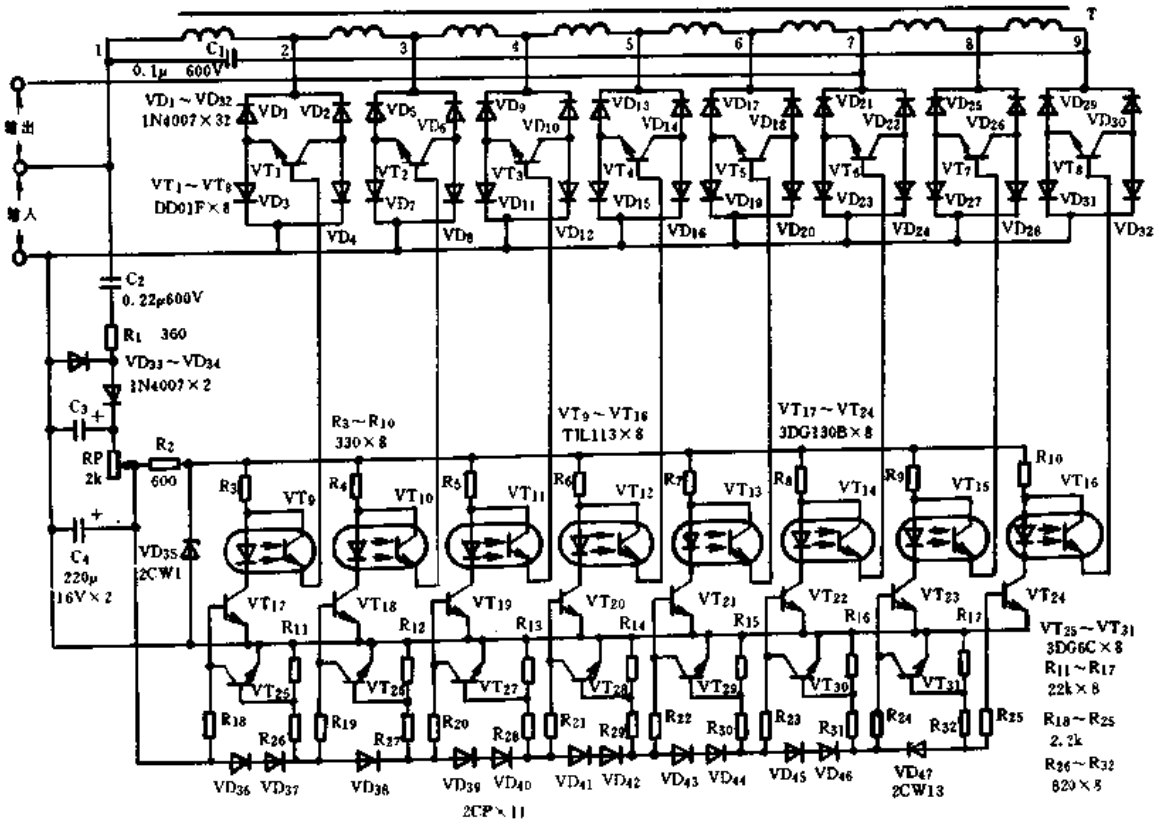


图 4-11

1. 工作原理

该稳压电源电路如图 4-11 所示。图中上部有一自耦变压器 T，根据输入电压的高低改变变压器接入输入交流电的匝数，便可在次级(引脚 7)得到稳定的电压。三极管 VT_{17}～VT_{24}分别为光电耦合器 VT_9～VT_{16}的控制管，三极管 VT_{25}～VT_{31}为三极管 VT_{17}～VT_{24}的控制管，VT_1～VT_8 为开关管，决定相应的自耦变压器抽头是否接入输入交流电。工作过程是：当电网的输入交流电电压使检测点 A 对应电压达到 6V 时，VT_{17}导通→VT_9 中发光管亮→VT_9 中光敏管阻值降低→VT_1 基极得到正向偏压而导通→变压器 T 初级线圈抽头 2 接入输入交流电。当输入电压使检测点 A 对应电压达到 7.4V 时，VT_{18}按上述原理开通 VT_2 将变压器 T 抽头 3 接入输入交流电；同时，由于 A 点电压升高，VT_{25}导通，把 VT_{17}的基极对地短路，VT_{17}截止，这样就使 VT_1 截止，变压器 T 抽头 2 与输入交流电断开。

本电路中，VT_1～VT_8 应选用 V_{cbo}、V_{ceo}在 400V 以上的高压反压管。自耦变压器 T 按不同功率要求，绕制数据请参见表 4-3。

表 4-3

功率(W)	50	100	200
铁芯舌宽(mm)	22	30	35
铁芯截面(mm)	8.8	12.4	17.7
匝/V	5.2	3.7	2.6
匝数：1～2	572	407	286
2～3	134	95	67
3～4	67	47	33
4～5	134	95	67
5～6	134	95	67
6～7	134	95	67
7～8	134	95	67
8～9	619	441	310

(十) 双向晶闸管交流稳压电源

在诸多实际应用中，需要一种简易的并具有一定功率的交流稳压电源。如图 4-12 所示是一种利用双向晶闸管特性来稳压的交流稳压电源。该稳压电源，当电网电压以 180V～260V 波动时，在固定负载有稳定的交流电压输出。稳定输出电压范围从 60V～90V 之间均小于 5%。输出电压可调整 R_3 和 R_5 来确定。负载功率主要决定于双向晶闸管 3CTS 的功率。实验结果表明，负载功率可达 3kW，电压仍然稳定。R_T 和 R_1 放置在一起进行热交换，起温度补偿作用，提

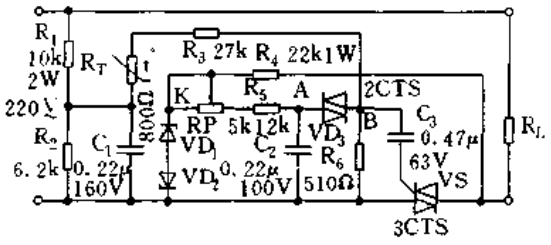


图 4-12

高电压的稳定性。

图 4-12 电路中稳压管 VD_1 和 VD_2 的稳定电压为 40V 背靠背相联接，即在正或负半波中可在 K 点建立起稳定的电位，并以此电位通过 RP、R_5 对电容 C_2 充电。而 R_6 两端的电压由 R_1 和 R_2 的分压再经 R_T 和 R_3 获得。其稳压过程以正半波为例在图 4-13 中加以说明。当电网电压适中时，电容 C_2 充电电压上升到 A 点，对应于 R_6 的电压上升到 B 点，双向触发二极管 2CTS 两端电压为 V_{AB}，假设恰好使其导通，引导双向晶闸管 3CTS 完成一次触发。同时 C_2 很快放电，当电网电压降低时，C_2 充电电压只要上升到 A′点，A′B′两点的电压即可使 2CTS 导通，双向晶闸管导通角增加。相反，当电网电压升高时，C_2 的充电电压即要上升到 A′点才使 2CTS 导通，双向晶闸管 3CTS 导通角减少。电路正是利用电网电压变动时能自动调整双向晶闸管的导通角，而达到稳压效果。调整电路有关元件参数，使在适中电网电压时，R_6 两端的电压恰好上升到峰值电压，晶闸管 3CTS 被触发，电路应具有最佳的稳压效果。

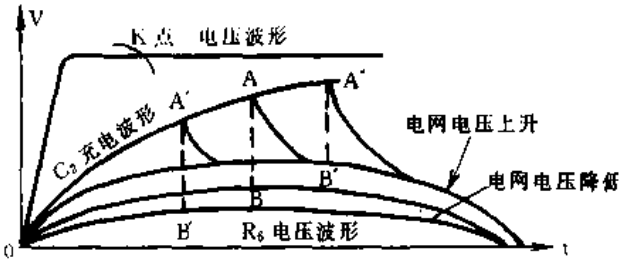


图 4-13

本交流稳压电源具有电路结构简单、便于调整、价格低廉等特点。在输出功率和电压稳定度都要求不高的场合有实际的用途。

（十一）自动延时降压起动稳压电源

本稳压电源具有以下三个作用：a、开机时给出一个较低电压（或电压为零），经过一段时间后，电压逐渐升高到设定的稳压值；b、电器正常工作时，可供给一个高精度的交流稳压电流；c、关机时，电压逐渐降至零，消除了感性负载产生过电压的可能。

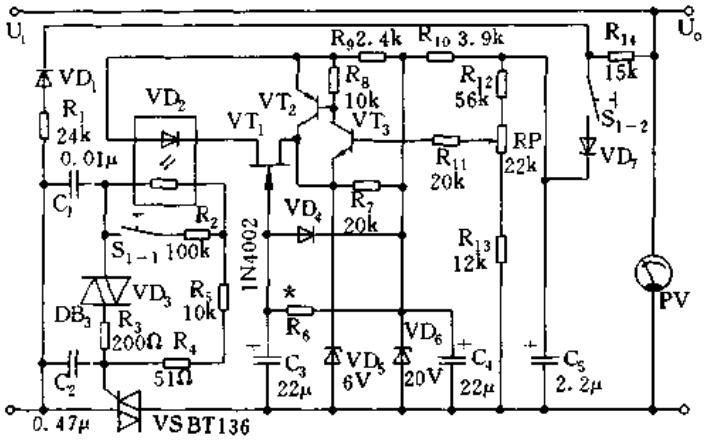


图 4-14

1. 工作原理

电路原理如图 4-14 所示。开关 S_1 闭合时，电流经负载和 R_5、R_2 与 C_1 组成的网络移相后，通过双向触发二极管 VD_3，触发双向晶闸管 VS，使其导通。由于 R_2 电阻很大，故双向晶闸管 VS 导通角较小，这时在输出端得到一个较低的电压（可设计为零，作延时开启用）。

开机后，市电经 R_1、VD_1 和

R_{14}、VD_7 两路降压整流，给控制电路提供电源。当输出电压较低时，由 R_1、VD_1 供电；输出电源较高时，由 R_{14}、VD_7 供电。在 C_5 两端产生的电压先供取样之用，再经 R_{10}、VD_6 降压稳压后，作为控制电路的电源。电流经 R_6 向 C_3 充电，经过一段时间后，当充电电压超过 VD_5 稳压值时，VT_1 逐渐导通，电流经 R_9、R_{10}、光电耦合器 VD_2、VD_5，使光电耦合器中的光敏电阻阻值逐渐下降，C_1 移相角逐渐减小，晶闸管 VS 导通角增大，输出电压逐渐提高。

输出电压超过设定的稳压值时，C_5 两端的电压增大，VT_3 基极经电阻 R_{12}、R_{13}、电位器 RP 分压后的电压升高，当该电压超过 VD_5 的稳压值后，VT_3 开始导通，产生分流，在 R_8 上产生电压降。由于 R_9 的限流作用，光电耦合器中发光二极管的电流减小，光敏电阻的阻值增大，VS 的导通角减小输出电压减小。当输入电压降低引起输出电压减小时，情况则相反，控制电路使晶闸管 VS 导通角增大，输出电压也随之增大。这样，输出电压在电路的负反馈作用下保持稳定。

关机时，断开 S_1、C_4、C_5 两端电压逐渐下降，C_3 两端电压通过 VD_4 放电。当 $C_3 \cdot C_4$ 电压下降到一定值时，光耦内发光二极管截止，光敏电阻呈高阻状态，VD_3 不能导通而使 VS 阻断，输出电压为零。由于 C_3、C_4、C_5、两端电压不能突变，故输出电压只能逐渐下降为零，输出端所接感性负载两端不会产生过电压。

若该稳压器用于一般家用电器，在输出端接一自耦变压器，可以达到自动升、降电压的作用。如不需降压起动，只需延时起动，则可取消 R_2 或加大其阻值，即可使延时过程中输出电压为零。如用于幻灯机，可取消 R_1、VD_1。幻灯机开机时，灯泡由冷态转为热态，温升快、温差大，玻璃容易爆裂；灯丝冷态时电阻小，冲击电流大等原因容易引起灯泡损坏，该稳压器开机时，先供给较低电压，预热灯泡后再逐渐升高电压，防止灯泡由于上述原因的损坏；该稳压器又可防止幻灯机关机时，过电压损坏灯泡。正常工作时，提供一个高精度的稳定电压，防止超压损坏灯泡和变压器。

2. 元器件选择与制作

VS 可选用 6A/600V 触发电流小于 10mA 的双向晶闸管。VT_1 选用一般场效应管如 3DJ6 或 3DJ7 等。VT_2 选用 $\beta \geqslant 100$ 的 3CG21。VT_3 选用 $\beta \geqslant 500$ 的高增益三极管如 9014。VD_1、VD_7 选用耐压大于 400V 的中功率二极管如 1N4007 即可。VD_5、VD_6 的功率不小于 1W。R_{14} 的功率不小于 2W；R_1、R_5 的功率不小于 1W，R_4 不小于 1/2W；其它电阻均用 1/8W 的。若需要长时间定时，C_3 应选有漏电小的钽电容。对其它元器件无特殊要求。

该稳压器中的光电耦合器无成品供应，可自制。用暗阻 10MΩ，亮阻 10kΩ，功率为 200mW 的光敏电阻与亮度高的发光二极管封装在一起，并与外界遮光即可。

（十二）自动稳压电源

本稳压电源当输入电压 U_i 在 120～240V 之间时，输出电压 U_o 在 220～240 之间。当输入电压＞240V 或＜120V 时，将无输出电压，因此兼有超压、欠压保护功能。

电路如图 4-15 所示。其中集成电路 MC1413 内有七个达林顿管，参数互相接近。①～⑦脚为达林顿管的基极；⑧脚接地；⑨脚可用来接高电位放电；⑩～⑯脚为达林顿管的集电极。可参见图 4-16 所示。

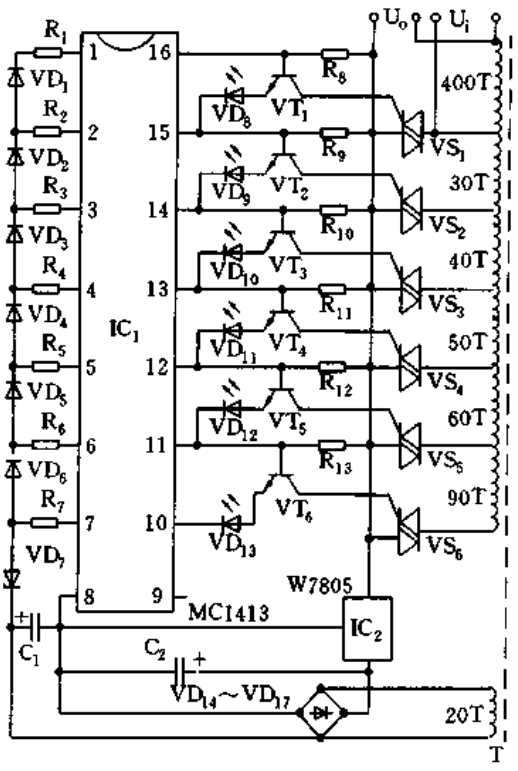


图 4-15

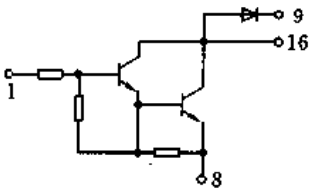


图 4-16

1. 工作原理

输入电压绕组 400 匝，整压电压绕组 20 匝，取样电压 U_A 与电源电压 U_B 关系为 $U_A=1/2U_B$；VD_1～VD_6 为开关二极管，设定每个二极管导通压降均为 0.7V。当输入电压变动 $\triangle U_i$(V)时，整流电压绕组上电压变动应为 20 $\triangle U_i/400V$，U_B 是全波整流后的电压，因此对应的$\triangle U_B=\sqrt{2}\cdot 20\cdot \triangle U_i/400V$，取样电压变动$\triangle U_A=1/2\cdot\triangle U_B=\sqrt{2}\cdot 20\cdot\triangle U_i/2/400V$，而取样电压每变动 0.7V 时，达林顿导通变动一级，因而有 $0.7V=2\cdot 20\sqrt{2}\triangle U_i/2/400V$，从而有$\triangle U_i=20V$。结论：输入电压变动 20V 间隔时，取样电压变动 0.7V，达林顿管导通变动一级，引起双向晶闸管的导通变动一次。这样，输入电压对应晶闸管导通关系为 220～240V 时，VS_3 导通；160～180V 时，VS_4 导通；140～160V 时，VS_5 导通；120～140V 时，VS_6 导通。按这样设计的自动控制，比以往采用可调电位器的控制更方便，且经久耐用和可靠。选用双向晶闸管则比继电器要实惠、体积小、重量轻。

2. 元器件选择与制作

三极管 VT_1～VT_6：2SC1815。二极管 VD_1～VD_6：1N4148。稳压二极管 VD_7：2.1V、0.5W。发光二极管 VD_8～VD_{13}：BT102 或选用其它型号的红色发光二极管。整流二极管 VD_{14}～VD_{17}：1N4002。双向晶闸管 VS_1～VS_6：MAC97A6。集成块 IC_1：MC1413。IC_2：M7805。电阻 R_1～R_{13}：2k。电容 C_1：100μ25V，C_2：470μ25V。变压器选用铁氧体磁芯，如 MXO—2K，E20 型。漆包线线径 φ1mm，稳压器功率可达 150VA。滤波电容 C_1 不可选得太大，否则将使得稳压灵敏度降低；而 C_1 选得太小输出电压 U。会强烈摆动，达不到稳压目的。本电路板应与外界电气绝缘，以免产生干扰而影响输出电压的稳定度。

（十三）声控交流调压器

本文介绍的声控交流调压器，由于控制电路简单，价格低廉，易于调试，如需要进行调压使用的电器均可直接插入本电路的插座上使用，无需改动任何一处，因此使用范围较广。

1. 工作原理

电路如图 4-17 所示。该电路主要由声控传声器、接收放大器、射极输出器、计数、译码集成电路，以及晶闸管开关电路等组成。

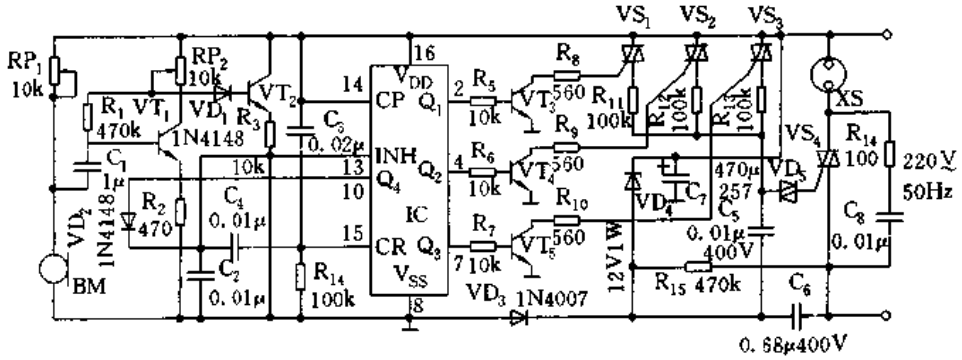


图 4-17

当外界有击掌声信号时，由驻极体传声器 BM 转变为电信号，并经电容 C_1 耦合至三极管 VT_1 进行电压放大，VT_1 的输出信号经二极管 VD_1 驱动三极管 VT_2 导通，因此使具有计数、译码双重功能的集成电路 IC 的⑬脚时钟输入端得到一个时钟信号，从而使输出端作相应的变化，使初始状态的 Q 端为低电平，下一个 Q 端为高电平。

本电路将计数、译码集成电路 IC 的清零端⑮脚接于 0.02μ 电容和 100k 电阻，迫使电路在刚刚接通电流的瞬间就产生一个微分脉冲加到清零端上，实际自动清零，使输出端 Q_0 为高电平输出。由于 Q_0 在图中未接，故在刚接通本电路时，插座 XS 上无电压，同时也防止在使用过程中突然停电，如果处于低压时，有些电器不能在低压下启动工作，这样避免了一些不良问题。同样在 Q_4 的输出端也接上一只二极管 1N4148 和电容 0.01μ。在声控关闭电源时，也给清零端提供一个清零脉冲，使 Q_0 为高电平，Q_1～Q_4 为低电平，可见本电路有通电自动置“0”的功能，这样保证了电网在停电后再送电时，插座 XS 上处于断电状态。

在刚接通电源时，据上述分析可知，插座上无电压输出。当有击掌声时，使声控电路产生工作，在 IC 的⑬脚有一个时钟脉冲输入，因此②脚变为高电平，使 VT_3 饱和导通，使 VS_1 控制极获得控制电流而导通，这时，C_5 由 R_{11} 电阻进行充电，由于阻值较小，故充电时间较短，充电电压大于 VD_5 的转折电压时，VS_4 控制极获得电流而导通，因此插座 XS 上便有电压输出，为全压；当再次有击掌声时，电路同样起到翻转，使 Q_2 为高电平输出，VT_4 导通而导致 VS_2 导通，这时给 C_5 充电的电阻就是 R_{12}，由于 R_{12} 阻值大于 R_{11}，故充电速度慢于 R_{11}，同上述情况一样，使 VS_4 仍保持导通，但导通角变小，故插座 XS 上电压将大大下降，同理再击掌时，Q_3 为高电平输出，VT_5 导通使 VS_3 导通，给 C_5 充电的便是 R_{13}，R_{13} 阻值又大于 R_{12}，所以充电速度更慢，VS_4 的导通角更小，这样，插座 XS 上的电压也再次下降，这样，便实现了三级交流调压。

2. 元器件选择

VT_1～VT_2 选用 9014 高增益三极管，VT_3～VT_5 选用 3DG12 三极管。BM 可选用 CN-15E 或阻抗为 1kΩ 的其它驻极体传声器。VS_1～VS_3 用 1A600V 双向晶闸管，VS_4 选用电流大一些的双向晶闸管如 10A600V。这样电器在 2000W 以下均能工作，但应加装良好的散热器。VD_5 可选用 DB_3 型或 2CTS 双向触发二极管。IC 选用 CD4017。其余元件按图中标注选用。

3. 使用与调试

由于电路功耗很小，静态电流也较小，因此本电路采用电容降压方式供电，故在调试时应注意安全，防止触电。

图中电位器 RP_1、RP_2 均为调节声控灵敏度所用，但注意 RP_2 不能调得很小，防止电路产生自激。只要声控接收电路工作正常，其余电路一般无需调试，电路即能正常工作。

（十四）电子交流稳压器

本电子交流稳压器系为 220V 稳定的交流电源。当电源电压波动或因负荷变动时，均可保持输出电压稳定不变，且还没有延时，过压保护电路，使用时安全、可靠。

1. 技术指标

（1）最大输出功率：1000W；
（2）输入电压：AC195～242V；
（3）输入频率：50Hz±4%；
（4）输出电压：AC210～230V 可任意调节；
（5）输入电压效应：0.5%（±0.2%）；
（6）相对谐波含量：≤5%；
（7）总恢复时间：≤0.2 秒；
（8）负载效应：≤0.5%。

2. 工作原理

电路如图 4-18 所示。本电子交流稳压器是依靠一个磁放大器 T_2 和自耦变压器 T_1 串联起来后跨接在电源和输出之间，并在输出端接上一个特制的钨丝电子二极管 VE_5 取样。当电源电压波动或负荷变动时，VE_5 的屏流就随之变动，经电子管 VE_4 电压放大，VE_3 激励放大，去推动 VE_2、VE_1 两级功率放大后，控制磁放大器 T_2 的直流饱和电流，用以改变磁放大器的阻抗来稳定输出电压。这一系列工作都是自动控制的。因此，不论电源电压波动或负荷变动时，它都能供给高稳定、高精度的电压。

由三极管 VT_1 等元件构成过压保护电路。调节电位器 RP_2，可改变过压保护动作值。由 VT_2～VT_4、R_{25}、C_{10}等元件构成延时电路。延时时，接点 K_{1-4}断开，由整流器 VD_{10}～VD_{13}输出的直流电压经 R_{25}给 C_{10}充电。为加快 C_{10}的放电速度，接点 K_{1-4}则闭合，以便提供 C_{10}的放电回路。改变电阻 R_{25}和电容 C_{10}，则可改变延时时间。

3. 元器件选择

电子管 VE_1、VE_2：6P1，VE_3：6N1，VE_4：6J1，VE_5：2D2P。三极管 VT_1：3DK4B 或 3DG130B，VT_2～VT_4：3DG100。二极管 VD_1～VD_4、VD_5～VD_8：2DZ14H(1N5408)，VD_{10}、VD_{11}、VD_{12}～VD_{15}：2CZ82B(1N4004)。稳压二极管 VD_9：2CW72。发光二极管 VD_{16}：2EF501。电阻 R_1：RX20-25W-20k，R_2：RX20-25W-10k，R_3～R_6、R_7、R_8：RJ-2W-100Ω，R_9：RJ-2W-100k，R_{10}、R_{16}、R_{18}：RJ-2W-10k，R_{11}、R_{13}、R_{15}：RJ-1W-1M，R_{12}：RJ-2W-2k，R_{14}：RJ-1W-300k，R_{17}：RJ-0.5W-5.1Ω，R_{19}：

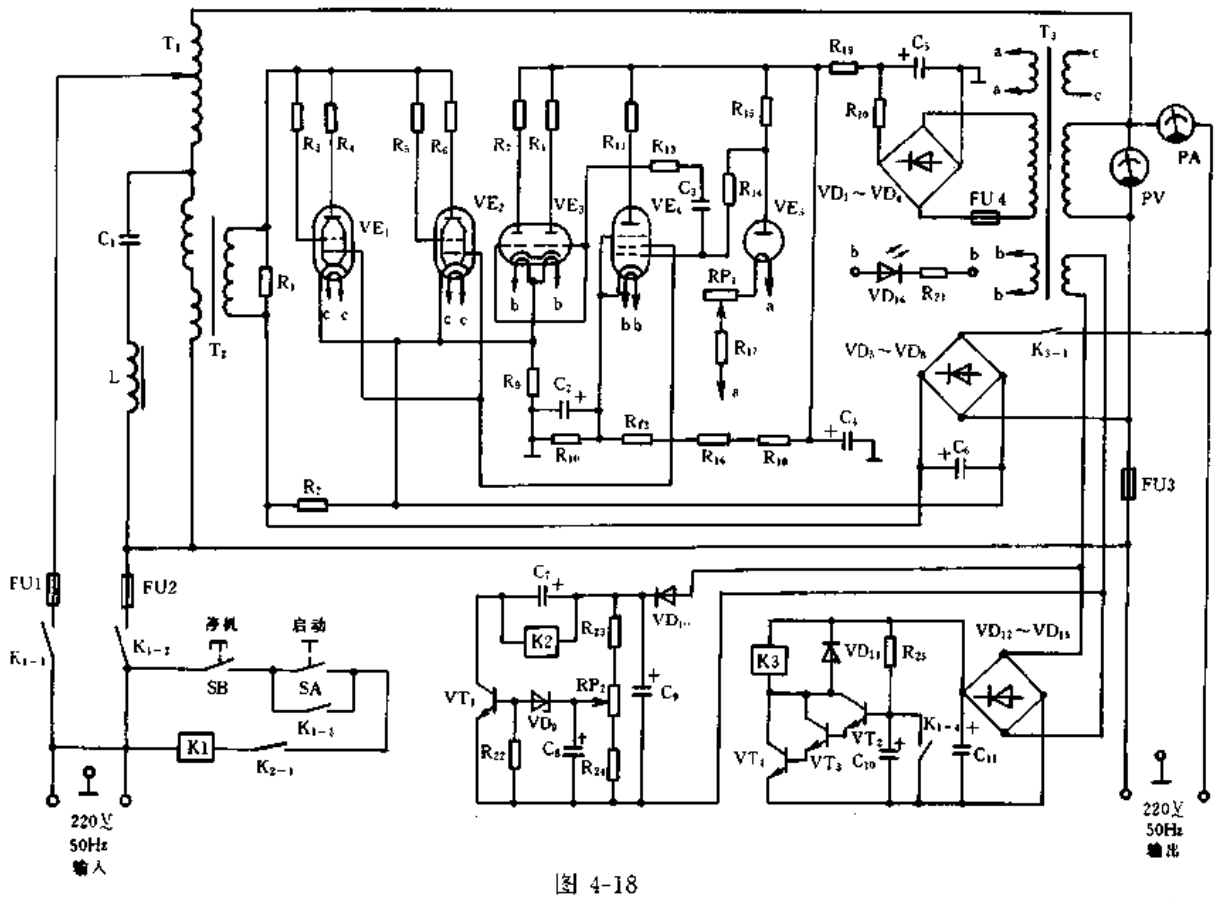


图 4-18

RX20-6W-1k，R_{20}：RJ-2W-300Ω，R_{21}：RJ-0.5W-100Ω，R_{22}：RJ-0.5W-1.5k，R_{23}：RJ-0.5W-2.4k，R_{24}：RJ-0.5W-1.2k，R_{25}：RJ-0.5W-150k。电位器 RP_1：WX-0.5W-33Ω，RP_2：WS-1-0.5W-1k。电容 C_1：CJ40-1000V-5μ，C_2、C_4、C_5：CD15-450V-10μ，C_3：CJ10-400V-0.22μ，C_6：CD15-450V-33μ，C_7：CD15-16V-47μ，C_8：CD11-25V-2200μ，C_9、C_{11}：CD11-25V-220μ，C_{10}：CD11-25V-1000μ，继电器 K1：JQX-13F，K2、K3：JRX-13F。交流电压表 PV：63T1(0～250V)，交流电流表 PA：63T1(0～5A)。SB：LA19-11(红色按钮开关)，SA：LA19-11D(绿色按钮开关)。保险 FU1：φ5×20-8A 保险丝管，FU2：RM-15A 熔断器，FU3：φ5×20-2A 保险丝管。

4. 使用方法

(1) 安装完毕后，选择与容量相适应的软电线，按要求接通输入、输出电源线并接上“地”。

(2) 本电源在输出 210～230V 之间均能正常工作，可连续使用。

(3) 开启电源(绿色启动按钮 SA)，按钮指示灯亮，约 30 秒钟后高压自动接通，调节“电压调节”旋钮(调节自耦变压器)，调至所需电压值(210～230V)，5 分钟后可以接上负荷。

(4) 如发现在调节“电压调节”旋钮时，不能达到所需电压，应立即关机进行检查。

(5) 过压保护电压可通过电位器 RP_2 进行调整，一般调至 245～250V 左右为宜。

(6) 如在开机后稳压器不能正常工作，应先检查 2D2P 电子管是否烧坏(开机后灯丝不亮)，需调换新的 2D2P。保险丝有否损坏，可由大小相等，容量相同的保险丝进行调换。

（十五）家用交流稳压器的原理与检修

鉴于电网电压极不稳定的国情，目前市场上的家用交流稳压器种类繁多，稳压方式各异。本文以市场占有率较大，稳压效果较好，价格适中的 SVC 系列交流稳压器为例，介绍交流稳压器的原理和检修。

1. SVC 系列交流稳压器的工作原理

SVC 系列交流稳压器是集自耦调压和伺服电机自动控制于一体的全自动交流稳压器。典型应用电路如图 4-19 所示。

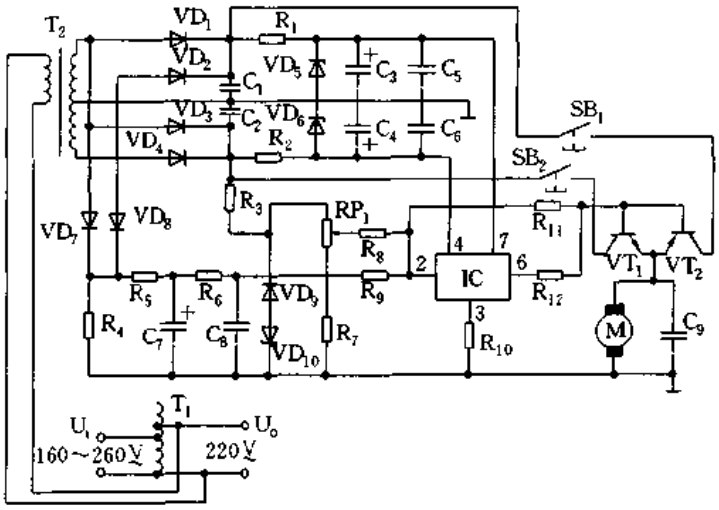


图 4-19

该交流稳压器主要由供电，基准电压、电压取样等几个单元电路组成。在实际工作中，各单元电路既相互独立，又互相制约，其自动稳压过程如下：

当电网电压升高时，T_2 的初级电压瞬时升高，R_4 两端的压降增大，R_9 输出端的电压升高，IC 的②脚电压呈负值。该电压经 IC 内部放大，⑥脚输出正向电流，促使 VT_1 迅速饱和导通，伺服电机 M 得电而逆时针运转。由于伺服电机和自耦调压器 T_2 的机械传动作用，调压器的调压触头（碳刷）向自耦包匝数增加的方向移动。从而使输出电压降低，R_9 输出端的取样电位也随之降低。当输出电压降至 220V 时，IC 的②脚电压呈零电位，IC 的⑥脚无电流输出，VT_1 截止，伺服电机 M 停止转动，调压碳刷停留在某一位置。

当电网电压降低时，IC 的②脚电压呈正值，⑥脚输出负值电流，VT_2 导通，伺服电机 M 顺时针方向转动……。调压原理与电压升高时相反。

限位开关 SB_1 和 SB_2 分别固定在自耦包 260V 和 160V 的位置。当电网电压升高或降低至这两个极限值时，调压器碳刷支架把 SB_1 或 SB_2 打开，切断伺服电机的供电回路。此时输入电压若继续升高或降低，输出电压将偏离 220V。

2. SVC 系列交流稳压器常见故障检修实例

例一故障：交流输出电压断断续续

分析检修：输出电压断断续续是碳刷与自耦包调压线圈接触不良的典型表现。检修时先将碳刷拆下，将线包与碳刷接触处用细砂纸磨平，然后调节碳刷在支架上的位置，使碳刷与线包的接触面最大，故障即可排除。

实际上，本故障的出现与用户平时的保养有关。该稳压器长期使用时应该半年保养一次，保养项目主要包括碳刷磨擦面的清洁及伺服电机齿轮清洁和上油。

另外，使用 SVC 系列交流稳压器应注意功率配置。一般家用 500W 已经足够，但不能在调压器输出端使用电炉、电饭煲、石英取暖器等大功率用电器。否则会加速碳刷的磨损，严重时还会烧坏自耦包。

例二故障：停电后调压器不动作，输出电压偏高或偏低。

分析检修：从电路分析中可知，伺服电机的转动与否主要靠 IC 的⑥脚有无输出电流而决定。所以本例故障应重点检查 IC 的②、⑥脚的电位及 VT_1 和 VT_2。

如 IC 的②脚不是零电位，而⑥脚电压为零，则故障为 IC 损坏。在大量的维修实践中发现，IC 的故障率较高。

如 IC 的⑥脚能测得电压，则继续检查 VT_1 或 VT_2 的工作状态，直至找到故障原因。

例三故障：能听到伺服机的转动声，但输出电压不变。

分析检修：这是伺服电机的齿轮变速器咬合不紧或齿轮损坏的典型表现。检修时可将变速箱打开，检查箱内几个齿轮有无断齿现象。若确系咬合不紧（主要是齿轮箱固定螺栓松动造成的），可在清洁、上油后将齿轮箱重新装好。一边试转一边拧固定螺栓，直至完全咬合为止。

若系变速箱中齿轮损坏，只好更换伺服电机。维修实践证明，这种伺服电机中变速箱及各齿轮的互换性很差。

例四故障：伺服电机运转正常，但输出电压不稳定。

分析检修：这是 RP_1 内部接触不良所致。RP_1 是 IC 的②脚电位调节电位器。通过调节 IC 的②脚电压，即可方便地将输出电压固定在某一数值。RP_1 内部接触不良时，IC 的②脚电压发生变化，所以造成输出电压不稳定。

更换 RP_1，最好用性能较好的实芯电位器。

（十六）WJW 型全自动交流稳压电源的原理与维修

WJW-5KVA 全自动交流稳压电源是一种自动补偿型稳压电源。它克服了一般（ZJW 系列）自动交流稳压器在电网电压波动时，切换期内瞬时失电的不足；稳压精度高，运用 4 只继电器实现 5 级调压；设有过压欠压保护和报警，而且在输入电压恢复正常范围后，该机能自动恢复稳压供电；对输入电压的变化应变速度快，适应电网电压的范围宽。该型稳压器在工业控制、仪器仪表、办公自动化设备等方面应用较广（但无延时电路，不适应家用电冰箱、空调器），由于该机在出厂时不附电路原理图，为此，根据实物绘出电路原理图和对常见故障的排除作以介绍，供维修时参考。

1. 实际电路

所绘出的电路原理图如图 4-20 所示。该机由工作电源 T_1，输入电压取样 R_1、VD_1～VD_4、C_1，电压检测控制和调压切换 IC_1 和 K_1、K_2、K_3、K_4，电压保持 T_2，极限位报警保护 IC_2 和 K_5 等电路组成。

2. 常见故障维修

（1）输出无电压：首先检查三极管 VT_7 的＋27V 稳压电压是否正常。如无＋27V 电压输出，或电压偏低，应检查稳压电路各晶体三极管是否损坏，常见的 VT_5、VT_6 坏。如＋27V 电压正常。则查 K_5 及 VT_{11}、VT_{12}。

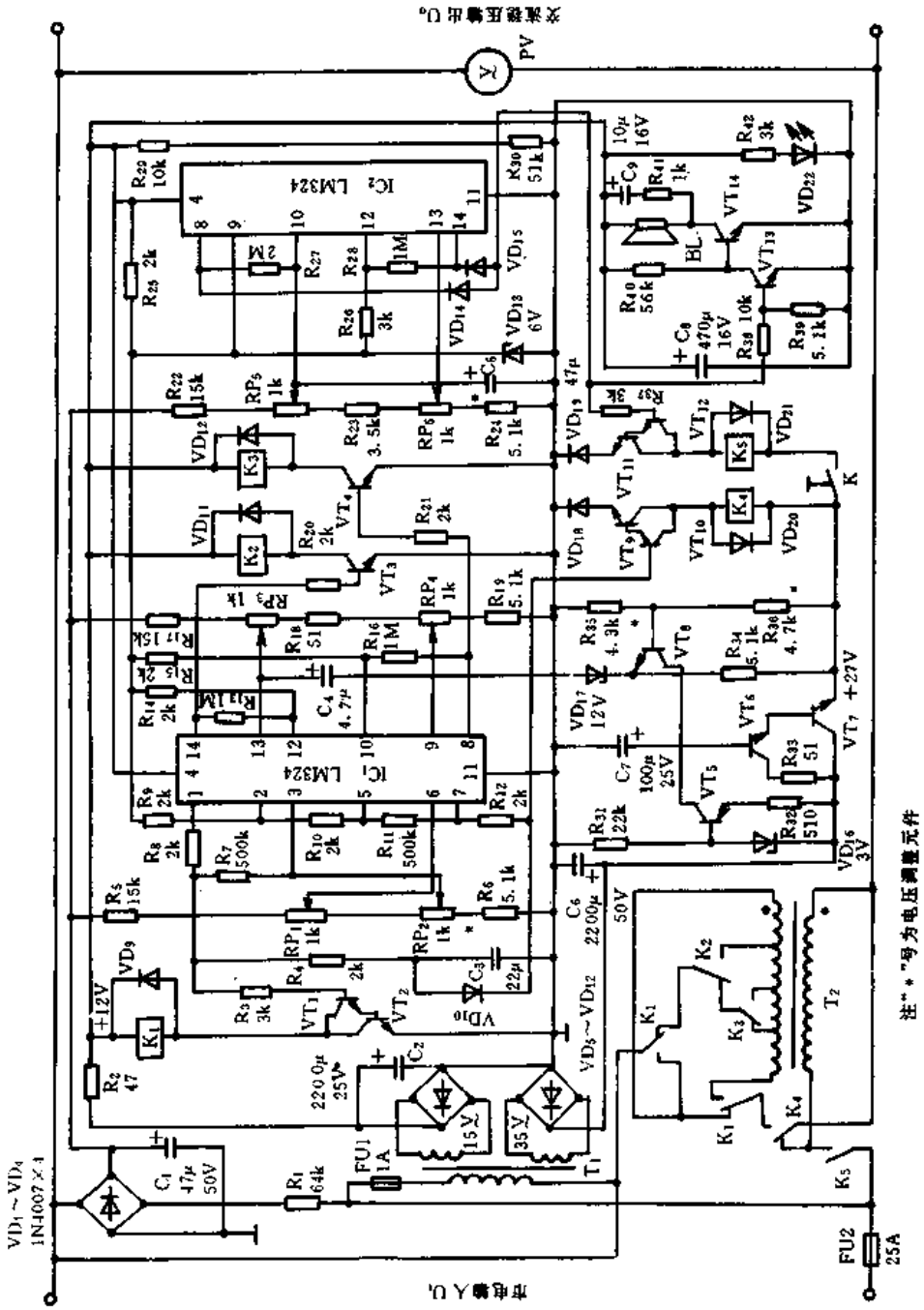

交流稳压输出 U_o
PV
IC2 LM324
IC1 LM324
BL
K
K1
K2
K3
K4
K5
T1
T2
FU1 1A
FU2 25A
+12V
+27V
VD1～VD4 1N4007×4
VD5～VD12
市电输入 U_i
注："*"号为电压调整元件

图 4-20

(2) 输出无电压、蜂鸣器鸣叫报警：首先检查输入电压是否超出过压和欠压保护极限值。在排除交流供电因素后，应着重检查集成块 IC_2 工作是否正常，当 IC_2 的⑧脚或⑭脚中，任一路输出为低电平都会引起报警并切断输出电压，通常为 IC_2 损坏或检测回路可调电阻接触不良引起的。

(3) 输出电压随输入电压高低变化，无稳压效果。此故障通常是 K_4 不工作，输出直接接通 K_4 的常闭触点与输入相连，因而电压输出无稳压效果，应检查 VT_9、VT_{10}是否损坏。

3. 调整

故障维修后，为确保输出电压，可对电路重新作一下调整。正常工作时，各继电器工作状态、集成块和各晶体管管脚电压分别见表 4-4、表 4-5 和表 4-6。表 4-1 中，$U_i \geqslant 270V$ 时，为过压保护点，$U_i \leqslant 145V$ 时为欠压保护点，K_5 均释放。

(十七) TXD1742 连续调节的全自动交流稳压器

该稳压器，是一种伺服系统控制的自动稳压器。其稳压器的特点是：稳压过程连续调节；稳压精度可达±1.5%；电源的适应范围为 165～250 V；具有过压保护和自动恢复功能。这种伺服系统控制的稳压器其售价虽偏高，但比售价较低的步进式稳压器工作可靠，稳压过程无火花产生。很适合家用电器和仪器的配用。

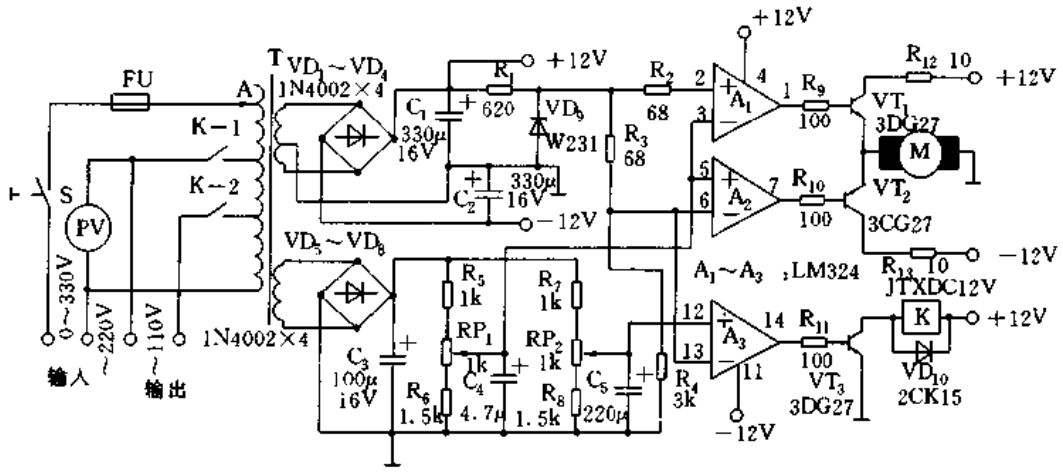


图 4-21

工作原理：该稳压器电路如图 4-21 所示。它主要由三部分组成：自耦变压器和伺服电机；稳压比较器调节和过压保护电路；直流供电电路等组成。T 是一般的直耦式调压，其输出端固定。由继电器 K 的触点 K-1 输出 220 V电压；由触点 K-2(均为常闭触点)输出 110 V电压，以供用户自由选择。由伺服电机 M 带动变压器的滑动触点 A 滑动，以调节输入线圈达到调节输出电压保持稳定。A_1～A_3 组成比较器电路，A_1、A_2 和 A_3 的反相输入端②、⑥、⑬脚接基准电压(5～6V 均可)；同相端③、⑤接误差取样信号。A_1、A_2 的输出端①、⑦脚通过电阻 R_9、R_{10}接伺服电机 M 的推动放大管 VT_1 和 VT_2 的基极。稳压过程如下：先作校准，滑动 A 点(约在滑动部分的中点)，使输出电压保持在 220 V(或 110 V)，调节可调电位器 RP_1，使比较器同相端③、⑤两脚与基准电压尽可能相等，即 A_1、A_2 输入端无电位差，以确保 VT_1、VT_2 管处于截止状态，此

时伺服电机 M 就静止不动，即校准完毕。一旦输入电压有变化，如输入电压升高，输出电压也会升高，此时 A_1 的同相端③脚电位就会高于反相输入端的②脚，比较器 A_1 输出高电位，VT_1 管导通，伺服电机 M 转动，触点 A 滑动使输出电压下降，直到输出电压为 220 V~时，A_1 输入端又无电位差，M 又停止转动。与此同时，A_2 的⑦脚也输出高电位，但 VT_2 管截止。若输入电压下降，输出电压也下降，A_1、A_2 输出低电位，VT_2 管导通，M 转动与上述方向相反，带动触点 A 向下滑动，使输出电压相应增高到 220 V~，从而达到稳压目的。

比较器 A_3 作过压保护电路，它的同相端为⑫脚。当输出电压上升到过压规定值（如 240 V~）时，调节 RP_2 使 A_3 输出高电位，VT_3 管导通，继电器 K 工作，常闭触点 K-1、K-2 断开，无输出电压，从而达到过压保护目的。

直流供电共两组：一组是±12V 供给 LM324 的电源和稳压管 VD_9 组成的基准电压；另一组是由分压器 R_5、RP_1 和 R_6、R_7、RP_2 和 R_8 组成的取样误差信号和过压信号源供比较器 A_1～A_3 使用。电源的其余部分是通过整流和滤波电路以及变压器 T 的次级绕组（低压交流电压）。

该稳压器与其它伺服电机调节的稳压器相比较，其电路更为简单。

（十八）阶跃式交流调压器

本电路全部采用 CMOS 型数字集成电路，通过阶跃方式改变双向晶闸管的导通角度，进而实现交流调压目的。该电路主要特点是：触发方式新颖，调节控制方便。与其它类型的双向晶闸管触发电路相比，电路对双向晶闸管导通角的控制精度较高，电路中无机械触点，工作稳定性和可靠性较高。

1. 工作原理

整个电路由同步信号产生，同步振荡、晶闸管导通角分割、晶闸管导通角选通等电路组成。结构框图如图 4-22 所示。

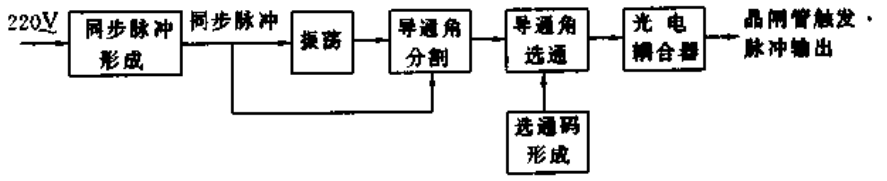


图 4-22

电路原理图如图 4-23 所示。220V 的交流电压经二极管 VD_2～VD_5 桥式整流、电阻 R_2 限流、稳压二极管 VD_1 限幅，得到一个频率为 100Hz 的近似矩形的脉冲。该脉冲在交流电过零瞬间为低电平，其余时间为高电平。它是 IC_{1-1}、IC_{1-2}、C_2、R_3 和 R_4 组成的多谐振荡器的同步控制信号，迫使振荡器的振荡过程在交流电过零时停止，过零后再重新开始，以保证振荡器的输出脉冲在起始时与交流电的半周期严格同步。

晶闸管导通角分割电路是由十进制计数/分配电路 CD4017（IC_2）单独组成。该电路可依照输入脉冲到来的先后顺序使对应的输出端依次出现高电平。如使振荡器的振荡频率恰好为 1kHz，即可在交流电的半个周期中连续产生 10 个脉冲，通过 IC_2 分配后，其输出端 Q_0～Q_9 就会依次出现高电平。IC_2 的输出端将交流电的半个周期（180°）划分成 10 段，每段之间的间隔为 18 度，这样 IC_2 输出端的输出脉冲做为晶闸管的触发信号时，则每个触发脉冲要比上一个触

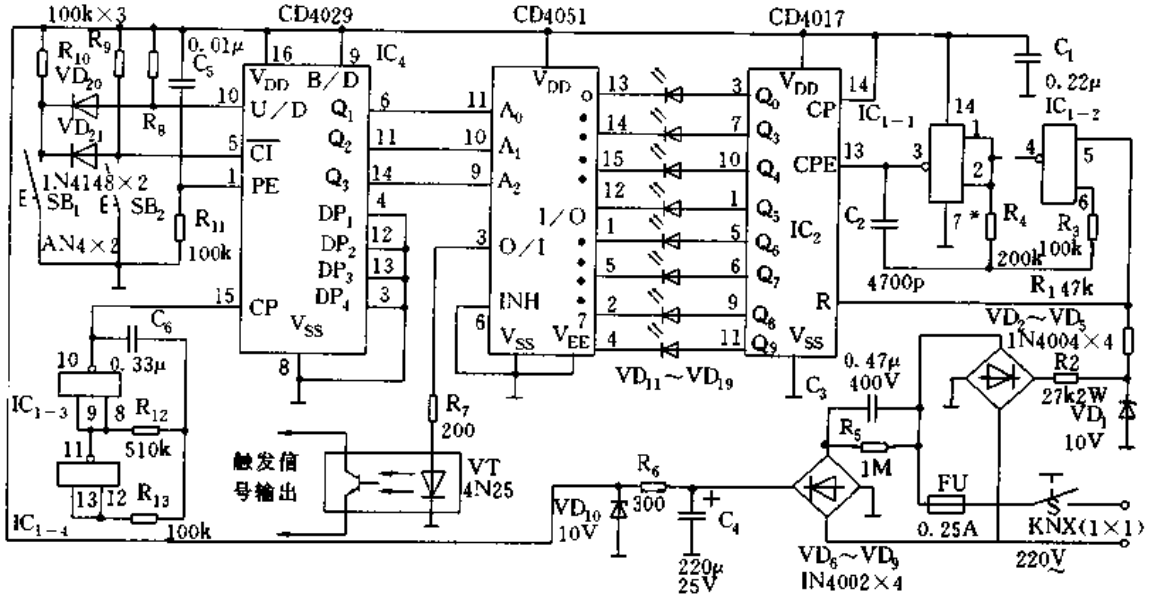


图 4-23

发脉冲落后 18 度，比下一个触发脉冲提前 18 度。电路工作波形如图 4-24 所示。为保证 IC_2 的工作状态与交流电的周期同步，同步控制信号加在其复位端 R 上，使 IC_2 在交流电过零时复位。

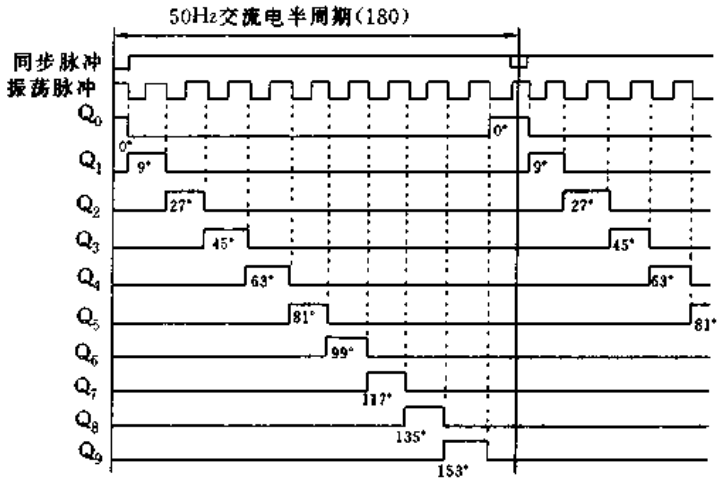


图 4-24

晶闸管导通角选通电路是由单八通道模拟开关 CD4051（IC_3）和 4 位可预置数型可逆计数器 CD4029（IC_4）共同组成。CD4051 可通过三位二进制编码来决定 8 个输入/输出通道中的某一个通道与公共输出/输入通道之间何时接通。对应某一时刻，只要 IC_4 输出端有确定的编码输出，就会有 IC_2 的 8 个输出端中的某个输出端输出的脉冲通过 IC_3 的公共输出端加在光电耦合器上。从而使双向晶闸管依照选定的导通角触发导通。电路中 IC_4 接成二进制形式，电源接通时，PE 端的瞬时高电平使预选设定的数据 0000 通过预置端进入 IC_4，使 IC_2 的 Q_0 端的触发脉冲经 IC_3 输出，则晶闸管处于全导通状态。电路稳定后，上拉电阻 R_9 使 IC_4 的$\overline{CI}$端为高电平，此时为不计数状态。当按下 SB_1 时，$\overline{CI}$和加减控制端 U/D 变为低电平，由 IC_{1-3}、IC_{1-4}构成的振荡器产生的脉冲对 IC_4 进行减法计数，使晶闸管的导通角由小到大阶跃变化。当按下按钮 SB_2 时，同样使$\overline{CI}$变为低电平，但 U/D 端仍为高电平，IC_4 则进行加法计数，使晶闸管的导通角由大到小阶跃变化。这样，若交流电压保持基本稳定，改变双向晶闸管的导通角度即可起到交流调压的作用。

在本电路中选择的导通角度和对应得到的交流电压数值可由公式：

$$U=U_1\cdot\sqrt{(1/2\pi)\sin\alpha+(180°-\alpha)/180°}$$

得到。其中U为负载电压；U_1为交流输入电压；α为晶闸管导通角。另外，8只VD_{11}～VD_{19}发光二极管用来做为晶闸管导通状态的指示，使晶闸管的导通情况一目了然。

以上电路由R_5、C_3组成的电容降压电路对220V交流电降压，VD_6～VD_9整流，C_4滤波，再由R_6、VD_{10}稳压后为整个电路供电。

2. 制作与调试

电路中所用元器件型号及参数在图4-3中标明。其中，光电耦合器VT可用进口4N25或4N26型。

只要元器件选择正确，质量保证，焊接得当，接线无误，通电后电路即可工作。为使晶闸管导通角度控制的更为精确，须调整多谐振荡器的振荡频率。可用数字频率计或示波器进行调试。用频率计调整时，将IC_1的⑤脚与其它电路的连接断开，为⑤脚加一直流高电平，调整R_4阻值，用频率计监测$IC_1$③脚，使其振荡频率为1kHz即可。若用示波器调试，最好用双踪示波器。一路观察IC_1第⑤脚的同步信号；一路观察IC_1第③脚振荡输出波形，振荡电路应在同步信号的一个高电平期间恰好发出10个完整的方波脉冲为最好，否则，要调整R_4阻值，使频率正确为止。图中光电耦合器VT只可触发5A以下的双向晶闸管。

3. 说明几点

(1) 电路中对导通角的分割级数不是唯一的，可根据应用需要随意增加或减少分割级数，级数越多，其阶跃的角度越小。本电路分割级数为10级；若每增至11～16级时，要用两块CD4017进行级联；每增加8级，就需增加一块CD4017。

(2) 晶闸管导通角选通电路的路数也不是唯一的，三位二进制决定8路，四位二进制决定16路。若想选通16路，将IC_4的Q_4端用上，IC_3换成十六路模拟开关电路CD4067即可实现。

五、变换电源

（一）DC-DC 变换电路

MC34063A 系单片直流一直流变换器。其内部包含具有温度补偿的基准电源，比较器，具有限电流电路的占空比可控的振荡器、驱动电路和大电流输出开关管。使用该器件制作升压、降压和极性反转变换电路，外围电路极其简单。

1. 封装形式及特征

MC34063AP1 双列直插式塑封；MC34063AD 扁平式塑封；MC34063AU 双列直插式陶瓷封。

特征如下：

（1）输入电压 3.0～40V；

（2）维持电流小；

（3）具有输出电流限制；

（4）输出开关电流可达 1.5A；

（5）输出电压可调；

（6）工作频率可达 100kHz；

（7）内部基准精度 2%。

2. 功能方框图

功能方框图如图 5-1 所示。

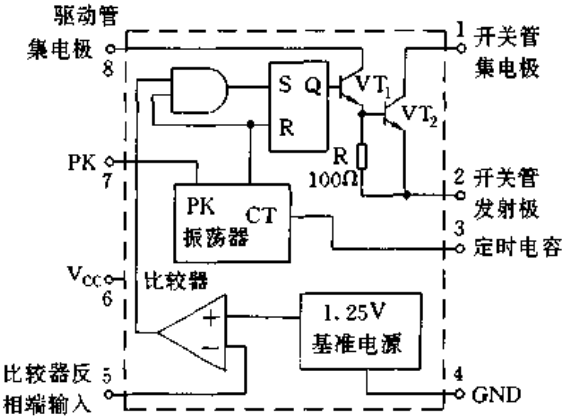


图 5-1

3. 极限参数

极限参数如表 5-1 所示。

表 5-1

参　数	符号	数值	单位
电源电压	V_{CC}	40	V
比较器电压输入范围	V_{IR}	−0.3～40	V
开关管集电极电压	V_C(Switch)	40	V
开关管发射极电压	V_E(Switch)	40	V
驱动管集电极电压	V_C(driver)	40	V

续表

参　数	符号	数值	单位
驱动管集电极电流	I_C(driver)	100	mA
结温	T_J	+150	℃
贮存温度	T_{s+g}	−65～150	℃
开关电源电流	T_{sw}	1.5	A
环境温度 MC34063A MC33063A MC3063A	TA	 0～+70 −40～+85 −55～+125	℃
功耗和高温特性 陶瓷封装尾标 UTA	P_D	+25 1.25	℃ W
热阻	RQJA	100	℃/W
塑封，尾标 PTA＝+25℃	P_D	1.25	W
热阻	RQJA	100	℃/W
塑封，尾标 DTA＝+25℃	P_D	625	mW
热阻	RQJA	160	℃/W

4. 电气特性

电气特性如表 5-2 所示。

表 5-2　(V_{cc}＝5.0V)

参　数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
振荡器					
频率(V_{pins}＝0，G＝1.0nF)	f_{osc}	24	33	42	kHz
放电电流(V_{cc}＝5.0～40V)	I_{dischg}	140	200	260	μA
充电电流(V_{cc}＝5.0～40V)	I_{chg}	24	35	44	μA
放电电流电流比	I_{disch}/I_{chg}	5.2	6.2	7.5	
限流检测端电压	V_{ipk}	250	300	350	mV

续表

参　数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
输出电路					
达林顿连接 $I_{sw}=1.0A$，①脚、 8脚连在一起）	$V_{CE}(sat)$		1.0	1.3	V
饱和电压 （$I_{sw}=1.0A$，$R_{Ping}=$ $82\Omega\sim V_{cc}\beta=20$）	$V_{CE}(sat)$		0.45	0.7	V
放大倍数 （$I_{sw}=1.0A$，$V_{CE}=$ 5.0V，$T_A=+25℃$）	hFE	50	120		
集电极关断电流 （$V_{CE}=40V$）	$I_c(off)$		0.01	100	μA
比较器					
门槛电压 $T_A=25℃$	V_{th}	1.225	1.25	1.275	V
门槛电压线性调整 （$V_{cc}=3.0\sim40$）	R_{egline}		1.4	5.0	mV
输入偏流 （$V_{in}=0$）	I_{ib}		−40	−400	nA
总电路					
电源电流 （$V_{cc}=5.0\sim40V$，CT=1.0nF $P_{in7}=V_{cc}$，$V_{pin5}>V_{th}$，$P_{in2}=GND$）	I_{cc}		2.5	4.0	mA

5. 典型应用电路

（1）如图 5-2 为升压应用电路，其技术指标如下：

①线性调整率：30mV±0.05%，$V_{in}=8.0\sim16V$，$I_o=175mA$；

②负载调整率：100mV±0.017%，$V_{in}=12V$，$I_o=75\sim175mA$；

③输出纹波：400mVV_{p-p}，$V_{in}=12V$，$I_o=175mA$；

④效率：89.2%，$V_{in}=12V$，$I_o=175mA$；

⑤加接滤波器后输出纹波：40mV_{p-p}，$V_{in}=12V$，$I_o=175mA$。

（2）如图 5-3 为降压应用电路，其技术指标如下：

①线性调整率：12mV±0.12%，$V_{in}=15\sim25V$，$I_o=500mA$；

②负载调整率：3.0mV±0.03%，$V_{in}=25V$，$I_o=50\sim500mA$；

③输出纹波：120mV_{p-p}，$V_{in}=25V$，$I_o=500mA$；

④短路电流：1.1A，$V_{in}=25V$，$R_L=0.1\Omega$；

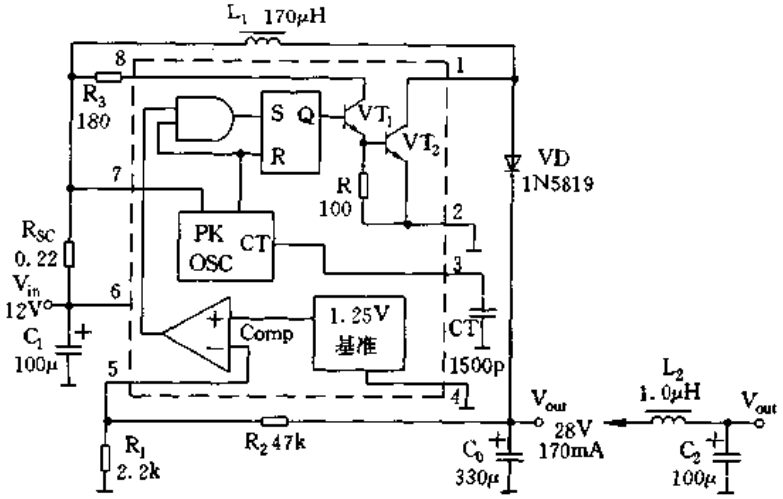


图 5-2

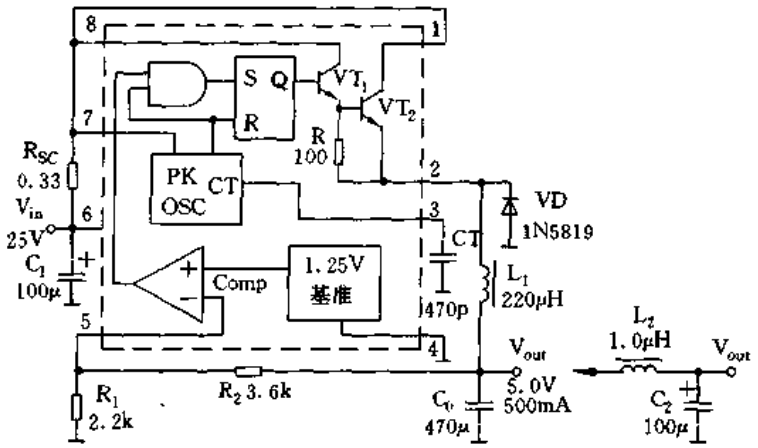


图 5-3

⑤效率：82.5%，V_{in}=25V，I_o=500mA。

⑥加滤波器后输出纹波：400mV_{p-p}，V_{in}=25V，I_o=500mA。

（3）如图 5-4 为极性反转应用电路，其技术指标如下：

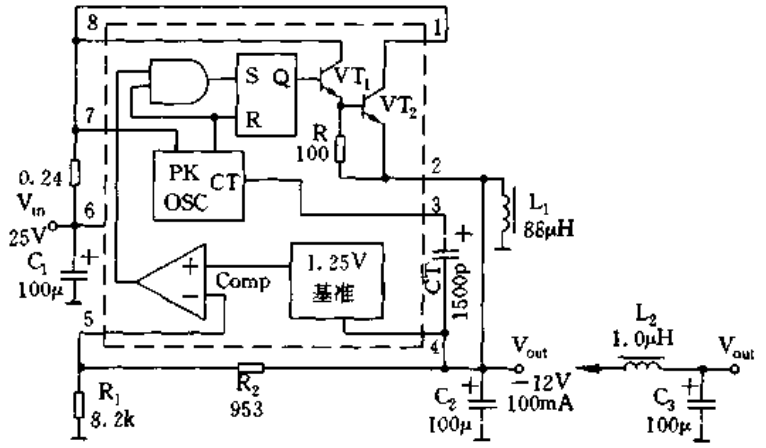


图 5-4

①线性调整率：3.0mV±0.012%，V_{in}=4.5～6.0V，I_o=100mA；

②负载调整率：0.022V±0.09%，V_{in}=5.0V，I_o=10～100mA；

③输出纹波：500mV_{p-p}，V_{in}=5.0V，I_o=100mA；

④短路电流：910mV，V_{in}=5.0V，R_L=0.1Ω；

⑤效率：64.5%，V_{in}=5.0V，I_o=100mA；

⑥加滤波器后输出纹波：70mV_{p-p}，V_{in}=5.0V，I_o=100mA。

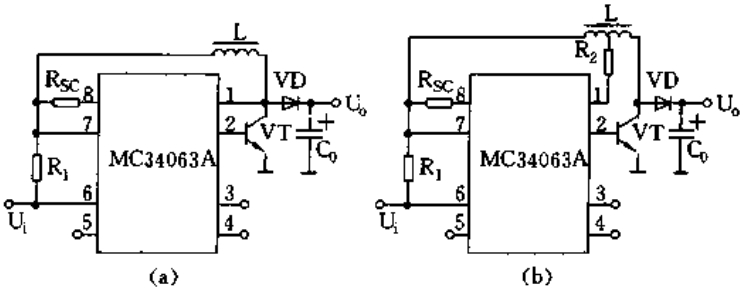


图 5-5(a)　　图 5-5(b)

当需要大电流输出时，可外接 NPN 或 PNP 功率晶体管进行扩流。其应用电路见图 5-5(a)，图 5-5(b)；图 5-6(a)，图 5-6(b)，图 5-7(a)，图 5-7(b)。

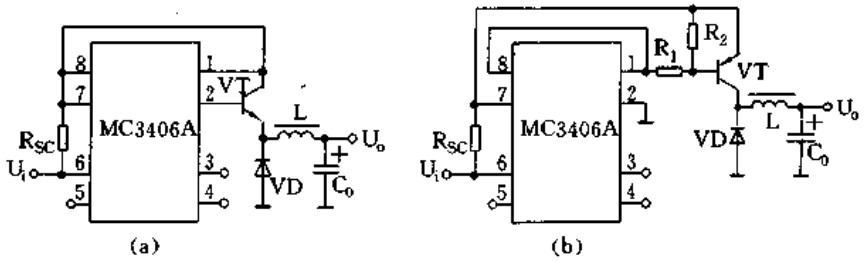


图 5-6(a)　　图 5-6(b)

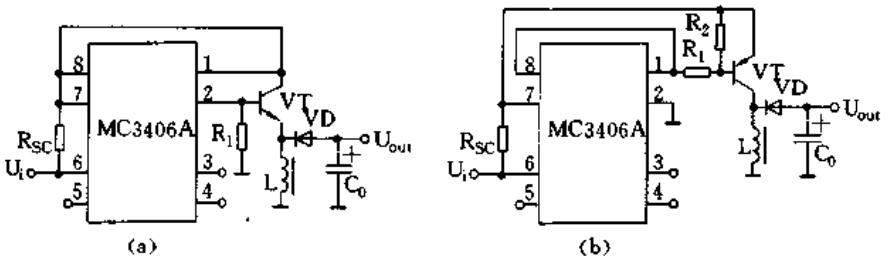


图 5-7(a)　　图 5-7(b)

（二）高效 DC-DC 转换电源

一般开关电源仅在正常工作电流下，有很高的效率。本文介绍一种在输出弱电流时，也有良好工作效率的开关电源。

工作原理：原理如图 5-8 所示。集成电路 LTC1149-5 是一种能工作在脉冲串式下的 DC-DC 控制器，可用在电池供电或低压电源电路中。当输入电压很低时，电路停止转换，电流被直接输出。此电路的输入电压为 10～48V，当输入电压为 12V 时，其工作效率为 93%。电路在场效应管 VT_1 和 VT_2，电感 L_1 及取样电阻 R_2 处有一定的损耗。

电路工作时，两个场效应管交替导通，向电感 L_1 提供恒定、连续的弱脉动电流。

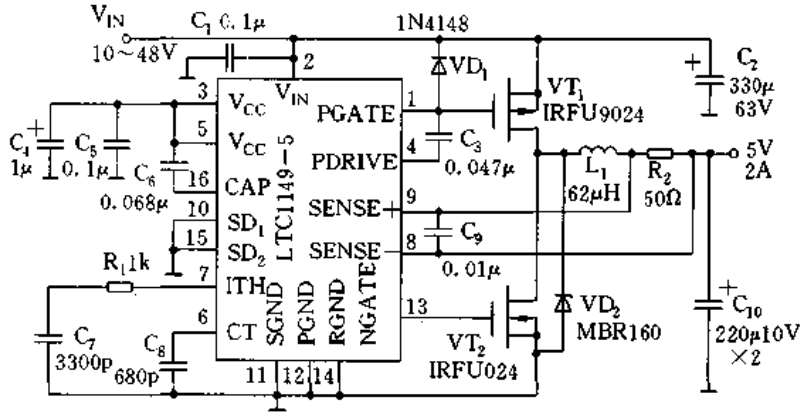


图 5-8

采用电流型控制可以确保良好线性和适应不同负载。图中利用 LTC1149-5 可向负载提供 5V、2A 电流，并有±5%负载线性补偿调节。在低压输入时，效率相应最高，当输入为 12V 时，既使负载电流低于 20mA，工作效率仍高于 80%。电路静态电流损耗小于 420μA。

本电路还可以用 3.3V 的集成块 LTC1149-3.3 取代 5V 集成块 LTC1149-5。

（三）DC/DC 直流变换稳压器

自激推挽直流变换器也叫罗耶变换器，其电路如图 5-9 所示。它主要是由两个接共发射极

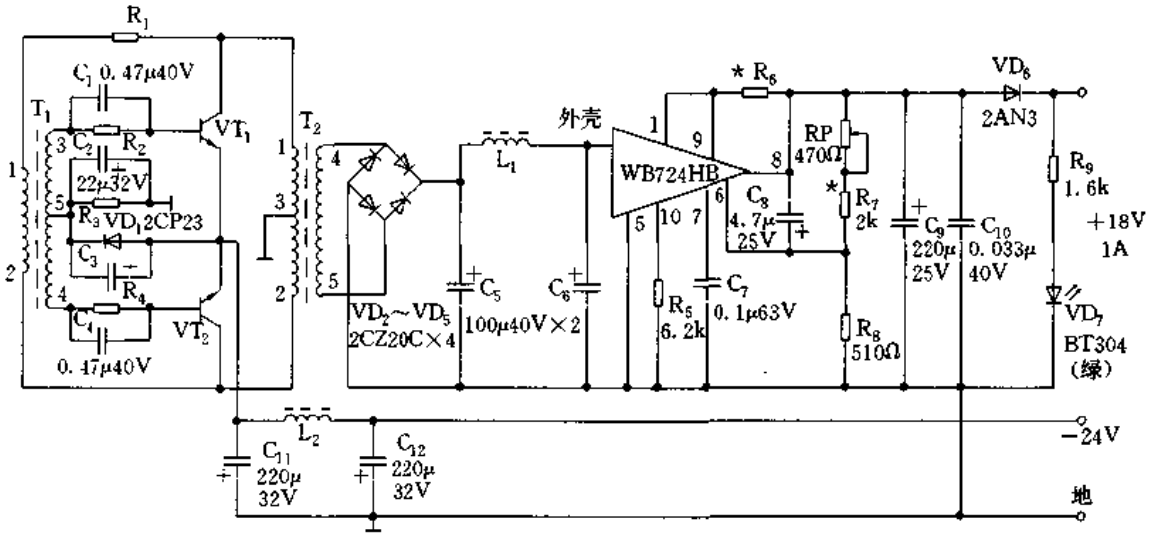


图 5-9

连接晶体三极管和一个变压器组成。其直流输出又经一块稳压器，输出稳定的电源电压。该电路工作稳定、功率大、纹波电压小、带负载能力强。

1. 主要技术参数

（1）输入电压：－22V～－27V；

（2）输出电压：＋18V±0.5V；

（3）输出电流：负荷 1A；

(4) 环境温度:0～+45℃,符合指标:-5～+5℃能够工作。

(5) 电压稳定度:$\leqslant 1\times10^{-2}$;

(6) 负载稳定度:$\leqslant 1\times10^{-2}$;

(7) 输出纹波电压:≤30mV;

(8) 工作频率:24kHz±3kHz;

(9) 过流保护特性:短时间的短路不烧坏任何元件。

2. 工作原理

如图 5-9,当接通电源后,24V 电压的地端与负端除了分别加到两只晶体管的集电极和发射极外,其地端还通过电阻 R_3 降压,并由激励变压器 T_1 加在两只晶体管 VT_1 和 VT_2 的基极,给两管同时提供正偏电压。由于电路中的对管元件参数不会绝对一致,则电路不可能完全对称,总是有一只管先导通。若 VT_1 管先导通,其集电极电流通过激励变压器 T_1 线圈 1、2 端时,某绕组上产生感应电势,则 1 端为负,2 端为正,绕组 4、5 端将感应的电势负端接在 VT_2 的基极,使 VT_2 保持截止状态;而绕组 3、5 端感应的正电势正端接在 VT_1 的基极,使 VT_1 进一步加深导通,这是一个正反馈过程,迅速使 VT_1 进入全导通状态。由于激励变压器 T_1 的 1、2 端与电源变换器 T_2 的 1、2 端相连,则产生的感应电势的极性也必然相同。因而在 VT_1 进入完全导通的同时,输入电压几乎都加在 T_2 的初级绕组 1、3 端上。

由电流产生的磁通呈线性增加,当变换器 T_2 的铁芯磁通量达到饱和时,T_1 集电极电流急剧增加,形成一个尖峰,而磁通量的变化率接近于零,所以各绕组的感应电动势也接近于零,VT_1 基极电流减小,集电极电流也减小,从而使各绕组产生的电动势方向,即 T_1 的 1 端为正,2 端为负,于是铁芯磁通退出饱和区,相继发生正反馈过程,使 VT_1 迅速截止,VT_2 迅速导通,并进入全导通状态。

此时输入电压几乎全部加到 T_2 的初级绕组 2、3 端,使铁芯磁通直线下降并迅速转为反向饱和、使 T_1 的绕组 4、5 端产生感应电势下降,再次发生正反馈,使 VT_2 由导通转为截止,VT_1 由截止转为导通;如此周而复始,在两管的集电极形成方波电压,产生重复频率约为 24kHz。该脉冲电压通过电源变压器 T_2 耦合到次级绕组 4、5 端,然后由桥式整流 VD_2～VD_5 和 L_1、C_5、C_6 构成 π 型滤波器进行整流、滤波后,输出 27V 直流电源电压。

为了防止负载的变化而影响输出电压的稳定和振荡频率发生过大的波动,以满足输出电压的指标范围,则增设了集成稳压输出电路。WB724 属串联型集成稳压器。其内部电路主要由启动电路,基准电路,限流保护电路,比较放大电路及调整电路所组成。最大输出电流可达 2A,最大功耗(加散热器)为 25W,本稳压电源的额定电流设计为 1A。R_6 为过流取样电阻,在正常工作时,$V_{R6}=0.2V$,一旦发生过流或短路时,即 $I_{R6}\geqslant 1.3A$,$V_{R6}\geqslant 0.6V$。则集成块内部中的限流保护电路工作,使其调整管的注入电流减小,从而保护了调整管。限流电阻 R_6 取 $R_6=0.6V/I_{max}$,为考虑余量,则电阻 R_6 选择在 0.6～1.5Ω 可调范围。

电路中,VD_1 为隔离二极管。电阻 R_1 为正反馈电阻。电阻 R_2、电容 C_1 为抗干扰网络。干扰脉冲一旦进入后,充电电压大部分降在 C_1 上并通过 R_2 放掉,以迅速恢复自偏电压为正值。C_7 防止寄生振荡电容,C_8 为交流反馈电容。VD_6 为反向电流截止管,以防负载电流倒流而损坏稳压集成块。

3. 元器件选择

晶体三极管 VT_1、VT_2:3DD15D,配对 $\beta=50$～80,$BV_{ce}<1V$。大功率 3DD15D 和集成稳压

器 WB724 需选择足够的散热尺寸。整流二极管除选用 2CZ20C 外，其它只要参数在 $I_{max}=300mA$，反向工作电压在 600V，最大正向电压≤1V，反向漏电流≤10μA 均可采用。电阻 R_1：1k/2W，R_2、R_4：10Ω(5.1～15Ω 可调)，R_3：1k/1W(680Ω～1kΩ 可调)，R_6：1.2Ω/1.2W(0.6～1.5Ω 可调)，R_7：2k(1.8～2.2k 可调)。其它电阻标称功率选用 1/2W 金属膜电阻。

接通电源时，发光二极管 VD_7 显示工作指示。调节电位器 RP，可使输出在±0.5V 范围内变化。

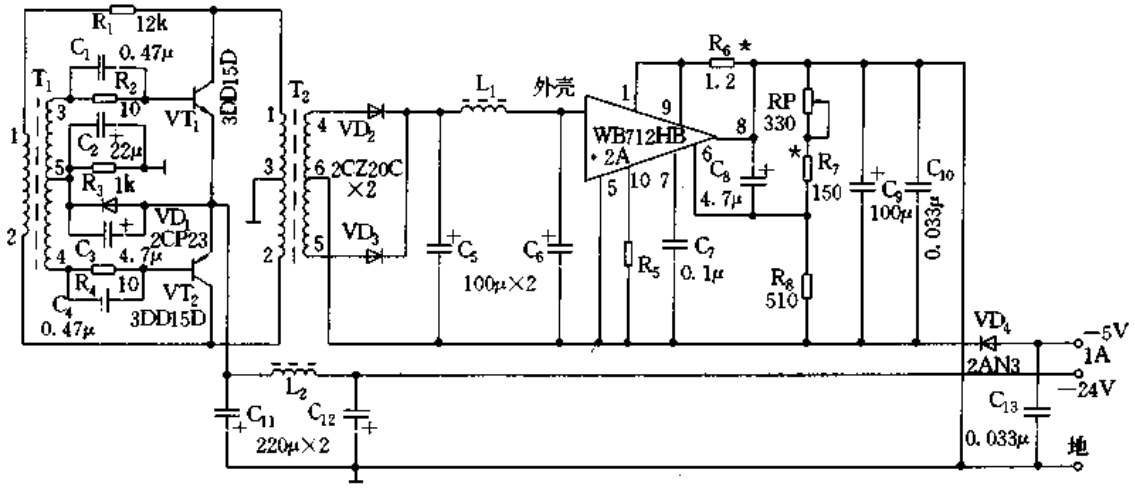


图 5-10

如图 5-10 所示为－5V、1A 稳压电源。如想获取＋5V、1A 稳压电源，其接线方法可参考图 5-9，其元件选择按图 5-10 中的元件选择即可。若想获取－18V、1A 稳压电源，其接线方法可参照图 5-10，其元件选择按图 5-9 中的元件选择即可满足。

（四）可调 DC/DC 变换器

1. 它激式升压变换器

图 5-11 为本变换器的电路图。A_1 和 A_2 组成振荡电路，其振荡频率约为 94kHz、输出占空比为 50%的方波信号。A_3 为一与门，振荡器输出的信号能否通过 A_3，则受晶体三极管 VT_2 的

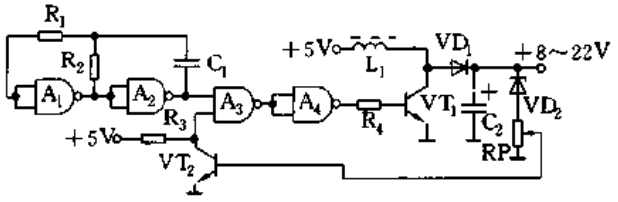


图 5-11

控制。当输出电平低于设定值时，晶体三极管 VT_2 截止，VT_2的集电极为高电平，振荡器输出的方波信号经 A_3、A_4 激励晶体三极管 VT_1，VT_1 工作于开关状态。当输出电压超过设定值后，VT_2 导通，集电极电压为 0V，A_3 被关闭，VT_1 截止。

元器件选择：电阻 R_1、R_2：22k，R_3：47k，R_4：1k。电位器 RP：22k。电容 C_1：220p，C_2：47μ50V。

二极管 VD_1：1SS109 或 1S1588。稳压二极管 VD_2：6V、1W。晶体三极管 VT1：2SD809，VT_2：2SC2785。集成电路 A_1～A_4：74HC00。电感 L_1：电感线圈用小型固定电感 100μH，直流电阻为 2.2Ω。

2. 它激式负电压变换器

图 5-12 为它激式负电压变换器的电路图。电路的振荡器部分与升压变换器相同。在本电

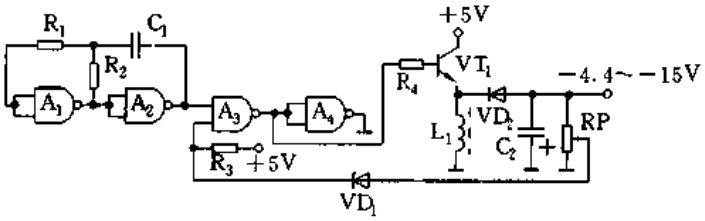


图 5-12

路中由于用 74HC00 的输入门限电压 V_{th}（$\approx V_c/2$）替代了基准电压，所以当 5V 电源电压变动时，输出电压也会出现变动。

当输出的负电压低于设定值时，齐纳二极管 VD_1 截止，晶体三极管 VT_1 工作于开关状态。当输出的负电压超过设定值之后，齐纳二极管 VD_1 被击穿，将 A_3 的输出电平固定为高电平，VT_1 截止。

由于 74HC00 在 2.4V 时仍可工作，所以上述电路也可以用两节镍镉电池作电源，此时需将电路原某些参数作下列改动 $R_4=330\Omega$，$L_1=50\mu H$，$C_1=470pF$。

元器件选择：R_1、R_2：22k，R_3：33k，R_4：1k。电位器 RP：22k。电容 C_1：220p，C_2：47μ50V。二极管 VD_2：1SS109 或 1S1588，稳压二极管 VD_1：6V、1W。晶体三极管 VT_1：2SB733。集成电路 A_1～A_4：74HC00。L_1：100μH。

集成电路 A_4 也可不接入电路。

（五）用六反相器的 DC-DC 变换器

该变换器采用 CMOS 六反相器 CD4049，其中两个反相器与 4.7kΩ 电阻和 500pF 电容构成 100kHz 振荡器，电路如图 5-13 所示；另外四个反相器两并联以提供较大的输出电流。振荡输出经 0.1μF 电容供桥式整流，以输出直流电压，这里 0.1μF 主要起隔离作用，前后两部分的绝缘程度取决于 0.1μF 的耐压。整个电路由一块 4049 即可完成，输出功率亦取决于此 IC 的功率。若输出电流不够，可用多只 4049，通过并联多个反相器来补充，如图 5-13 所示。

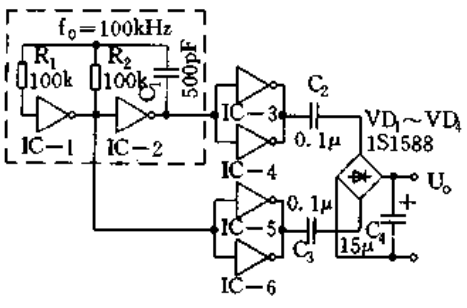


图 5-13

该电路的不足之处则是电路较为不稳，如在其输出端设置稳压器就可以获得稳定的输出电压。图中的振荡器也可以用其它信号源（如计算机时钟等）代替。

(六)DC-DC5V 开关型变换器

修理一台美制的 24 道地震仪，据查故障为一块密封的 5V 稳压电源模块坏。先采用普通串联稳压(输入 12V 输出 5V)电源电路装成一模块代替，但因电流太大(5A)，模块体积又小，发热厉害，无法长时间的工作。后改为如图 5-14 所示的串联型开关电源，于是体积小与电流大的矛盾便彻底得以解决，长时间工作也不会发烫，且电压十分稳定。

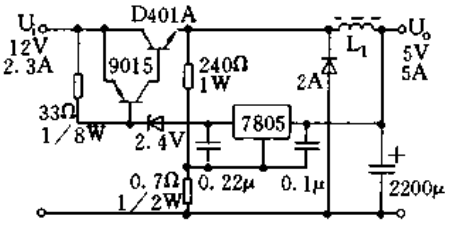


图 5-14

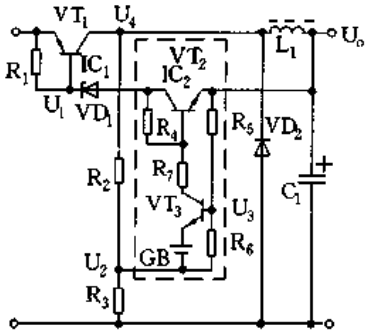


图 5-15

为便于理解其工作原理，我们将图 5-14 的等效电路绘成图 5-15 中。因某种原因，输出电压 U_o 略有下降，经 R_5、R_6 分压后，显然 U_3 也下降，经 VT_3 放大，使 I_{c3}减小，即 I_{c2}增大，流过 R_1 和 VD_1 的电流增加，于是 U_1 下降而导致 I_{c1}加大，U_4 也增加，U_4 经 R_2 和 R_3 分压，U_2 亦是上升的，相对来说又致使 U_3 下降……此过程是一个正反馈连锁反应，最后结果 VT_1、VT_2 强烈导通，VT_3 截止，IC_1 对 L_1 及 C_1 充电，逐渐使 U_o 上升，U_o 的上升又将引起一系列正反馈连锁反应，经过很短时间，U_o 便上升到使 VT_3 导通，VT_1、VT_2 截止。L_1 上储存的电流通过负载及续流二极管 VD_2 释放，使 U_4 下降至零。当然 U_o 也慢慢下降直到第二次翻转即完成自激振荡的一个周期。整个电路周而复始地工作于开关状态。

输出电压通过 L_1 和 C_1 的滤波，纹波极小。且因 U_2 甚小，所以输出电压将与 LM7805 相同，即 5V。由于 VT_1 工作于开关状态，其上没有直流压降，所以它几乎不发热。整个电路效率很高，当然为长时间工作考虑，VT_1 还是要加一块散热器，VT_1 可用 BU406 等中功率管代替。电感 L_1 是黑白电视机行输出变压器磁芯绕制而成的，用 1mm 粗的高强度漆包线绕 80 匝即可。

(七) DC/DC 变换器 MC34063 及应用

MC34063A 系列是单片式 DC/DC 变换器。该器件内部包括：具有温度补偿的基准电源、比较器、可控占空比振荡器(含有限流电路)、驱动器和大电流输出开关。MC34063A 的内部组成框图如图 5-16 所示。该系列集成电路可完成直流电压升压、降压和电压极性转换等功能，同时所需外部元件很少。

1. 主要特点

(1) 输入电压范围为 3～40V；

(2) 备用电流很小；

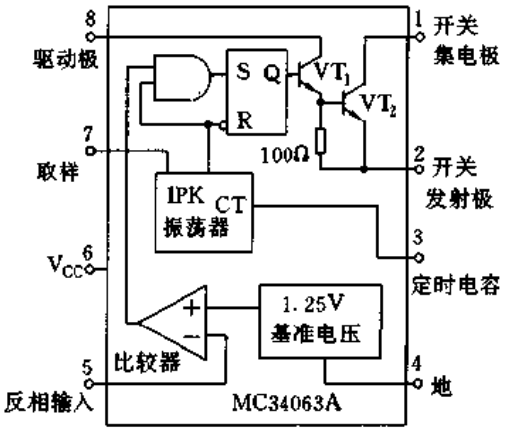


图 5-16

(3) 输出电流限制；

(4) 输出开关电流可达 1.5A；

(5) 输出电压可调；

(6) 工作频率可达 100kHz；

(7) 精度为 2%。

MC34063 系列 DC/DC 变换器最大额定值如表 5-3 所列。

表 5-3

名　称		符　号	数　值	单　位
电源电压		V_{cc}	40	V
比较器电压输入范围		V_{IR}	−0.3−+40	V
开关集电极电压		V_c(switch)	40	V
开关发射极电压		V_E(switch)	40	V
开关集电极至发射极电压		V_{CE}(switch)	40	V
驱动管集电极电压		V_c(driver)	40	V
驱动管集电极电流		I_c(driver)	100	mA
开关电流		I_{sw}	1.5	A
陶瓷封装	功耗(T_A=+25℃)	P_D	1.25	W
	热阻	RQJA	100	℃/W
塑料封装	功耗(T_A=+25℃)	PD	1.25	W
	热阻	RQJA	100	℃/W
SOIC封装	功耗(T_A=+25℃)	PD	625	mW
	热阻	RQJA	160	℃/W
工作结温		T_J	+150	℃
工作环境温度范围	MC35063A	TA	−55−+125	℃
	MC33063A	TA	−40−+85	℃
	MC34063A	TA	0−+70	℃
贮存温度范围		T_{stg}	−65−150	℃

2. MC34063A 的应用

(1) 升压变换器

采用 MC34063A 的升压变换器基本电路如图 5-17 所示。主要技术性能如表 5-4 所列。

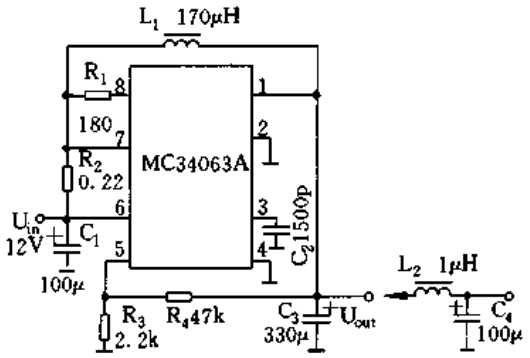


图 5-17

表 5-4

测试	条件	结果
电压调整率	U_{in}=8－16V I_o=175mA	±0.05%
负载调整率	U_{in}=12V I_o=75－175mA	±0.017%
输出纹波电压	U_{in}=12V I_o=175mA	400mV_{p-p}
效　率	U_{in}=12V I_o=175mA	89.2%
经附加滤波器后输出纹波电压	U_{in}=12V I_o=175mV	40mV_{p-p}

为了扩展升压 DC/DC 变换器的输出电流，可以采用图 5-18 所示的电流扩展电路。图 5-18 中，外接 NPN 型晶体三极管，型号及元件数值应根据所需的输出电流来决定。

(2) 降压变换器

采用 MC34063A 的降压变换器基本电路如图 5-19 所示。主要技术性能如表 5-5 所列。

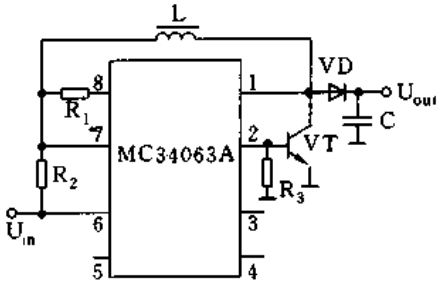


图 5-18

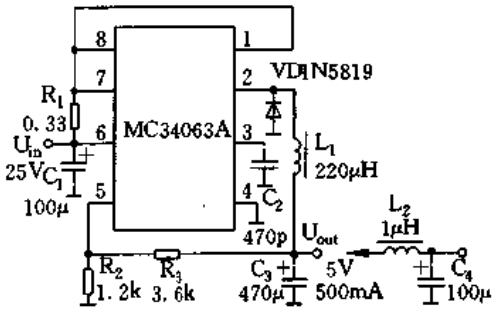


图 5-19

表 5-5

测　试	条　件	结　果
电压调整率	U_{in}=15－25V I_o=500mA	±0.12%
负载调整率	U_{in}=25V I_o=50－500mA	±0.13%
输出纹波电压	U_{in}=25V I_o=500mA	120mV_{p-p}
短路电流	U_{in}=25V R_L=0.1Ω	1.1A

续表

测　试	条　件	结　果
效　率	$U_{in}=25V$ $I_o=500mA$	82.5%
附加滤波器后 输出纹波电压	$U_{in}=25V$ $I_o=500mA$	$40mV_{p-p}$

要求的峰值电流大于 1.5A 时，应采用图 5-20 所示的电流扩展电路。外接 NPN 管时，应采用图 5-20(a)所示电路；外接 PNP 管时，应采用图 5-20(b)所示电路。外接晶体三极管的型号及元件值由所需的输出电流决定。

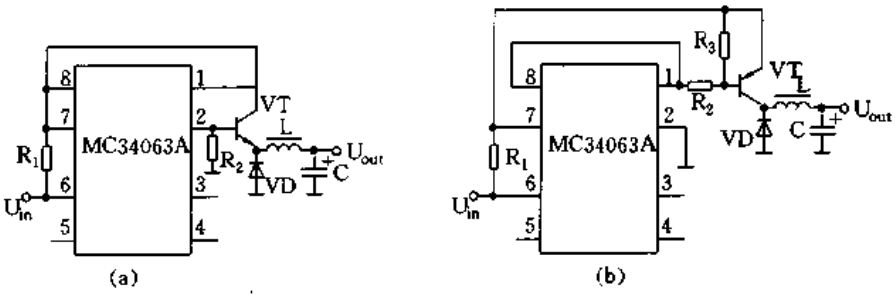


图 5-20

(3) 反极变换器.

采用 MC34063A 的反极变换器基本电路如图 5-21 所示。主要技术性能如表 5-6 所列。

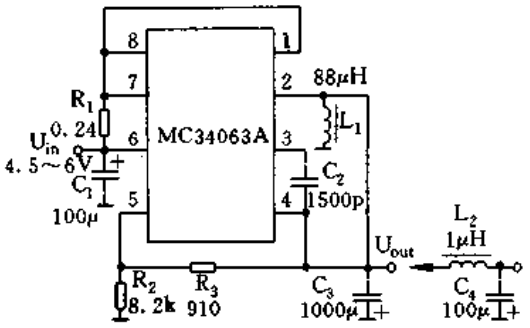


图 5-21

表 5-6

测试	条件	
电压调整率	$U_{in}=4.5-6V$ $I_o=100mA$	±0.012%
负载调整率	$U_{in}=5V$ $I_o=10-100mA$	±0.09%
输出纹波电压	$U_{in}=5V$ $I_o=100mA$	$500mV_{p-p}$
短路电流	$U_{in}=5V$ $R_L=0.1\Omega$	910mA
效　率	$U_{in}=5V$ $I_o=100mA$	64.5%
附加滤波器后 输出纹波电压	$U_{in}=5V$ $I_o=100mA$	$70mV_{p-p}$

要求的输出峰值电流大于 1.5A 时，应采用图 5-22 所示的电流扩展电路。外接 NPN 管时，应采用图 5-22(a)所示电路；外接 PNP 管时，应采用图 5-22(b)所示的电路。

(八) 自激推挽式直流变换器

本直流变换器主要将 24V 的直流电压转换成交流电压，通过变压器升压，并在此后加上

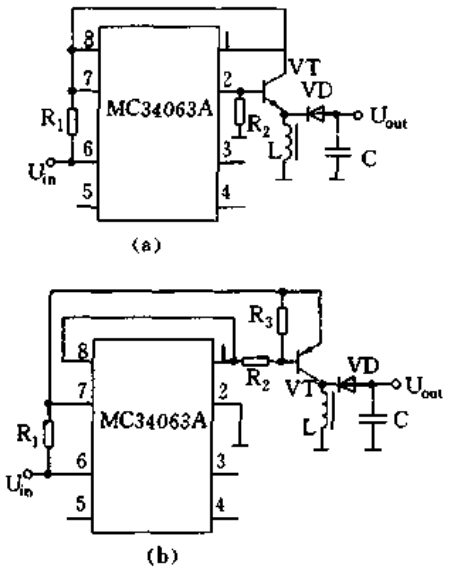


图 5-22

整流、滤波、稳压等电路变成 28V 的直流电压。由于它工作稳定、输出功率大而被广泛的采用。

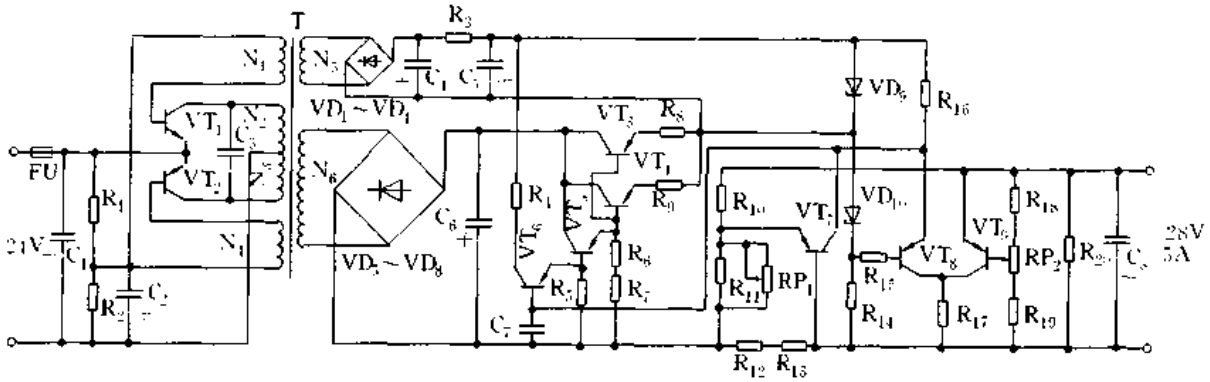


图 5-23

1. 工作原理

电路如图 5-23 所示。三极管 VT_1、VT_2 与磁饱和变压器 T 等组成共发射极推挽式自激振荡器。三极管 VT_1 和 VT_2 发射极相连接，要求两管特性一致。变压器 T 共有四组线圈，N_2、N_3 绕组为初级线圈，中心抽头端子接输入电源的正极。N_2、N_3 的另两端子分别接三极管 VT_1 和 VT_2 的集电极，故又称集电极线圈。绕组 N_1、N_4 为反馈线圈，并有一中心抽头端子，另外两个端子分别接 VT_1 和 VT_2 的基极，故称基极线圈。电阻 R_1、R_2 组成分压电路，使三极管得到一个合适的起始工作点，使振荡电路易于起振，电容 C_2 是使反馈线圈的中心抽头对交流来说接在输入端的正极(地端)；这样反馈线圈两端的电压可以全部加到三极管 VT_1 和 VT_2 的基极与发射极，而不致在电阻 R_2 上造成损失。

三极管 VT_1 和 VT_2 轮流导电，其中任何一个三极管在导电时都工作在饱和状态，不导电时工作在截止状态。所以每一个三极管都要不断地从截止转向饱和，又从饱和转向截止进行翻转。由于两管交替导电，在变压器 T 的初级线圈上产生了 4～5kHz 的方波信号电压，这一方波电压经变压器 T 变换为所需的电压后，由次级线圈供给整流滤波电路。

当电源接通后，三极管 VT_1、VT_2 在开始时有可能同时导通，电流 I_{c1} 和 I_{c2} 以相反的方向通过初级绕组 N_2 和 N_3。由于两个管子的参数不可能完全一样，因而在绕组 N_2 和 N_3 两线圈中流过的两集电极电流总不会相等的，在铁芯中产生的两个相反磁通不完全抵消，当 $IC_1 > IC_2$ 时，铁芯中的主磁通及线圈的感应电压主要由 IC_1 的变化来决定。假定变压器 T 初级线圈及反馈线圈对应端如图 5-24 所示。当 IC_1 按图方向增加（实际电流减小）时，线圈 N_4 上的反馈电压使 VT_2 基极对地为正，使 I_{b2} 增加，I_{b2} 的增加又使 I_{c2} 继续增加，这样正反馈作用迅速地使 VT_2 进入饱和状态。相反线圈 N_1 上的反馈电压使 VT_1 基极对地为负，从而使 I_{b1} 减小，I_{c1} 随之减小，这种正反馈作用迅速使 VT_1 进入截止状态。所以电源接通后，三极管 VT_1 截止、VT_2 饱和导通。

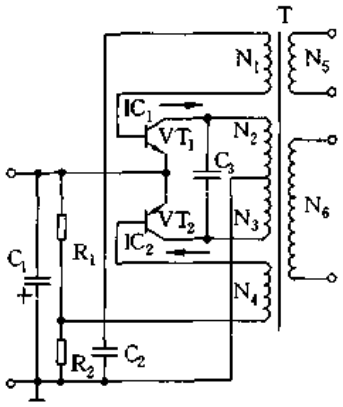


图 5-24

随后 VT_1 导电并进入饱和，VT_2 截止，这样两管交替导通与截止，持续不断，从而形成振荡工作状态，其振荡频率为 4～5kHz。

经直流变换器将输入的直流电压变换成交流电压，变压器 T 的绕组 N_5 为稳压器的辅助电源，经半导体整流硅堆 VD_1～VD_4 整流后得到一直流电压，经电阻 R_3、电容 C_4、C_5 组成 π 型网络滤波器，得到一个比较平滑的直流电压，再经稳压管 VD_9 得到一辅助电压（约为 8V），供给差动放大器 VT_8、VT_9 使用。变压器绕组 N_6 为稳压器的主电源，经半导体整流硅堆 VD_5～VD_8 整流，再经电容器 C_6 滤波后作为稳压器的输入电压。调整管 VT_3、VT_4 接成并联，与调整管并联的电阻 R_8、R_9 为均流电阻，以防止两管性能不一致而损坏管子。三极管 VT_3、VT_4、VT_5 组成复合管，可以用较小的基极电流来进行控制，电阻 R_5、R_6、R_7 分别为三极管 VT_3、VT_4、VT_5 基极的泄漏电阻，是为了防止高温空载时的复合管失控而接入的。三极管 VT_6 是将比较放大器的输出再进行放大而给调整管提供足够的输入信号，以控制调整管的工作状态。电容 C_7 为高频旁路电容，防止高频杂散干扰。稳压管 VD_{10} 与电阻 R_{14} 构成基准电压源，利用 VD_{10} 两端不变的特性以提供基准电压。三极管 VT_8、VT_9 与电阻 R_{15}、R_{17} 构成差动放大器，用来提高输出电压的温度稳定度。电阻 R_{20} 为释放电阻。电容 C_8 除作为滤波外，还可以保证整个电源具有较小的交流内阻，以防止各部分外接电路之间的耦合串扰。

保护电路由三极管 VT_7，电阻 R_{10}、R_{11}、R_{12}、R_{13} 及电位器 RP_1 组成，在正常情况下保护管 VT_7 处于截止状态，并与整个稳压电路不发生关系。当负载过流或短路时，流经电阻 R_{12}、R_{13} 的电流增大（28V 正常负载电流为 1.2A，超过 1.5A 即起保护作用），由于在电阻 R_{12}、R_{13} 上的电压降增大，调节电位器 RP_1，使三极管 VT_7 导通，并产生一个较大的集电极电流 I_{c7}，致使三极管 VT_6 基极电位升高，使该管截止，这就导致调整管截止，从而对调整管起到了保护作用。当故障排除后，稳压电路又自动恢复正常工作了。

2. 元器件选择

电容 C_1、C_6、C_8 选 2200μ/50V，C_2 选 10μ/50V，C_3 选 0.95μ/160V，（两只 0.47μ 并联），C_4、C_5 选 47μ/50V，C_7 选 0.1μ/160V。电阻 R_1 为 30Ω、1/2W，R_2、R_{10} 为 510Ω、2W，R_3 为 750Ω、1W，R_4 为 560Ω、1/4W，R_5 为 9.1k，1/4W，R_6、R_7 为 510Ω、1W，R_8、R_9、R_{12}、R_{13} 为 0.2Ω、4W，R_{11} 为 30Ω、1/4W，R_{14} 为 1.8k，1/4W，R_{15} 为 470Ω、1/4W，R_{16} 为 2.2k、1/4W、R_{17} 为 4.3k、1/4W，R_{18} 为 620Ω、1/4W，R_{19} 为 3k、1/4W，R_{20} 为 1k、4W。电位器 RP_1

为 56Ω、1W，RP_2 为 470Ω、1W。二极管 VD_1～VD_4 为 ZQ1A，VD_5～VD_8 为 ZQ5A。稳压二极管 VD_9 为 2CW1，VD_{10}为 2CW13。三极管 VT_1、VT_2 为 3DF15B（β为 70～85），VT_3、VT_4 为 3AD35B（β为 70～80），VT_5 为 3AD6C（β为 70～80），VT_6、VT_7、VT_8、VT_9 为 3AX31B（β为 65～85）。保险 FU 选 RL1-5A 熔管。变压器 T 的铁芯采用非矩形磁滞回环的 1J79 材料，尺寸为 40×60×20mm³，厚度为 0.1mm 带卷绕成的环形铁芯。初级绕组的匝数 $N_2=N_3=23$ 匝，反馈绕组 $N_1=N_4=4$ 匝，次级绕组 $N_5=8$ 匝，$N_6=30$ 匝。

在安装本变换器时，大功率三极管应安装散热器。VT_1 和 VT_2 分别装在一块规格为 100×120×3mm³ 的铝板上。VT_3、VT_4、VT_5 安装在一规格为 250×130×3mm³ 的铝板上。

（九）介绍一种厚膜式集成直流变换器

H-ZHB1 厚膜集成直流变换器能将＋24V±1V 的直流输入电压变换成共地的±15V 输出电压和一个－6.2V 的基准电压。它尤其是适用于 3～4 个运算放大器组成的控制系统的内馈电路用，也可供其它需要±15V 供电的半导体器件使用。该变换器最大输出电流为 30mA，若内部取消 6.2V 挡则可增为 40mA。

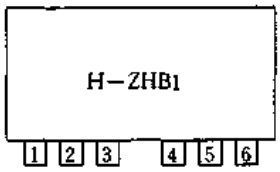


图 5-25

厚膜集成电路 H-ZHB1 的管脚排列如图 5-25 所示。

技术指标见表 5-7 所附。

表 5-7

技术参数	符号	测试条件	＋15V 输出	－15V 输出	－6.2V 输出＊1
输出电压	V_o	输入 24V，负载 10mA	＋15V ±0.025V	－15V ±0.025V	－6.2V ±0.2V
稳定度	K	输入 23～25V，负载 10mA	≤25mV	≤50mV	≤1mV
负载变化＊6	△V	输入 24V，负载 10～30mV	≤50mV	≤100mV	≤3mV＊2
纹波电压＊3	V_{rp}	输入 24V 负载 30mA	≤5mV	≤10mV	≤8mV
温度系数＊7	αT	输入 24V，－10℃～＋55℃	≤1×10⁻³/℃	≤1×10⁻²/℃	≤50×10⁻⁶/℃
输入电压	V_i	输入 24V，±15V 挡负载均为 10mA 时≤60mA（轻载） 输入 24V，±15V 挡负载均为 30mA 时≤100mA（重载）			

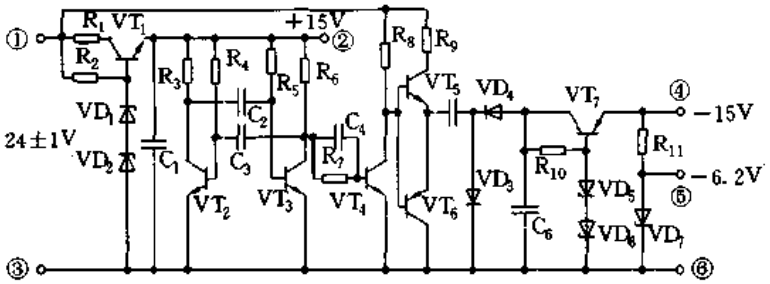


图 5-26

1. 工作原理

电路原理如图 5-26 所示。当厚膜集成电路 H-ZHB1 的①脚和③脚接通 24V 直流电压时，由调整管 VT_1 的②脚输出＋15V 直流电压，经 VT_2、VT_3 差动放大且通过前置管 VT_4 激励互补对称管 VT_5、VT_6 进行电压放大，又经由 C_5、C_6、VD_3、VD_4 组成的倍压整流，加到调整管 VT_7 使④脚输出－15V 的直流电压，在稳压二极管 VD_7 的⑤脚可取出－6.2V 的直流电压。若想获取－5V 的直流电压，在 H-ZHB1 的⑤脚串接两只二极管 VD_8、VD_9 即可，如图 5-27 所示。

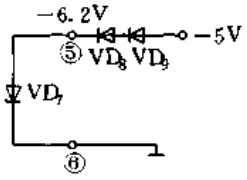


图 5-27

2. 使用与调试

(1) 将输入端和三个输出端就近与地并接 0.047μF 左右的无极性电容，以减少高频泄漏。也可在输出端(±15V)并上适当容量的电解电容器，以减少输出端的交流内阻。

(2) 该直流变换器内无过流短路保护装置，故在使用时，应加装电流保护装置，以防集成块损坏。

(十) 3V 系统的低压差稳压器

用于 3V 系统的线性稳压器必须具有极小的电压降。Ni-Cd 电池在寿命终了时其端电压约为 1.05V，三节电池的总电压大概只有 3×1.05V＝3.15V，而仍要维持稳压器有 3V 输出。这就意味着稳压器的压降必须少于 150mV。

如图 5-28 所示电路很适合这种场合，当负载电流为 100mA 时，其压降的典型值为 130mV。使用电阻较低的场效应管，或者用几个场效应管并联起来，都可以得到较大的负载电流，或较小的电压降。此电路使用双运算放大器 LM358 作为误差放大器，并由微功率参考电压源 LM404－1.2 提供 1.23V 基准电压，输出电压由 R_1 和 R_2 之比来设定。当 R_2＝100k 时，R_1＝(100k×U_{OUT}/1.23)－100k。

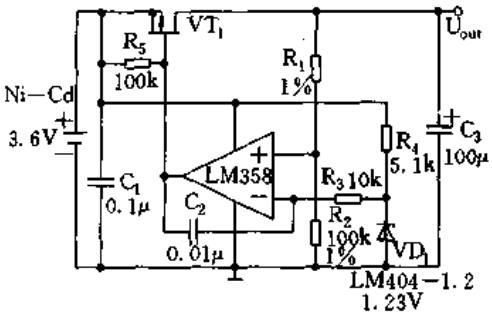


图 5-28

C_1、C_2 和 R_3 减少了带宽并保证环路的稳定性。LM358 有足够的共模范围，以便在其输入远离上限 1.8V 仍能工作。而且，其输出将下拉到对地 60mV 以内，以便 FET 得到最大的栅极驱动电压。在选用场效应管时，应选用栅极驱动电压 3V 时就导通的。许多场效应管标称的 R_{DS}(ON)是指栅极驱动电压为 5V 的值，而当用 3V 驱动电压时，其通(ON)电阻将会比较大。如表 5-8 所列出了在各种条件下的压降，其负载电阻为 31Ω，环境温度为 22℃。如表 5-9 在电阻 R_1 选不同的参数值时，其输出电压 U_{out} 则有不同。

表 5-8　低压降稳压器的性能

U_{out} (V)	U_{in} (最小 V)	压降 (mV)
3.4	3.523	123
3.3	3.424	124
3.2	3.328	128
3.1	3.228	128
3.0	3.133	133
2.9	3.046	146

表 5-9

R_1	U_{out}
169k	3.3V
162k	3.2V
154k	3.1V
143k	3.0V

（十一）3V 升 5V 稳压电源

如图 5-29 所示，该电路由两块集成电路组成，可将 3V 锂电池输出转换为 5V，负载电流达 100mA。IC_1 为高电流充电泵电路 MAX660，IC_2 为线性稳压器 MAX667。该电路无须使用电感变压器，静态电流只有 200μA，在 $V_{IN}=3V$ 时，它可在 100mA 负载时提供 81%的效率，在 20mA 负载时提供 84%的效率，其效率随 V_{IN} 的下降而升高。例如，在 $V_{IN}=2.7V$ 时，400mA 负载电流的效率为 90%，锂电池的电压被高电流充电泵电路 IC_1 增加一倍约 6V 左右，然后由 IC_2 线性稳压器稳压，其下降电压在 40mA 负载时只有 40mV。锂电池可连续工作 16 小时，将负载减小到 20mA，电池还可连续工作 36 小时。

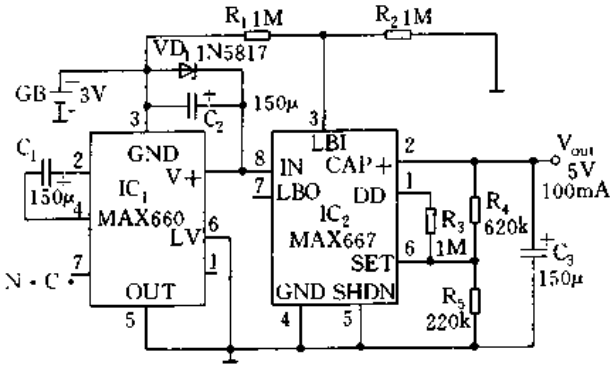


图 5-29

（十二）叠层电池的升压电路

在万用表中使用的高压叠层电池有 9V、15V 和 22.5V 几种，这类电池价格较高且不易买到。如果利用表内已有 1.5V 电池，配合本升压电路，便可很容易获得 9～22.5V 电压，完全可以取代高压叠层电池，使用起来很方便。

升压电路如图 5-30 所示。由 VT_1、VT_2、R_1、R_2、C_1 和变压器 T_1 构成多谐振荡电路。振荡电压由变压器 T_1 自耦升压，再由二极管 VD_1 整流、电容 C_2 滤波后，得到供万用表用的高电压。

本电路的工作频率在 12kHz 左右，频率过高或过低都可使升压效率降低。改变 C_1 的容量可以改变工作频率。调整 R_2 的阻值可以使输出电压升降。当要求输出电压为 15V

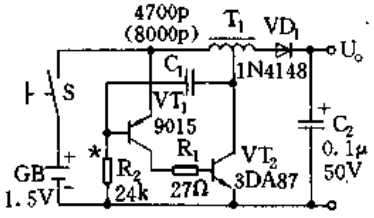


图 5-30

时，C_1 取 4700pF；R_2 取 11kΩ 时，实测工作电流为 6.0mA。当要求输出电压为 22.5V 时，C_1 取 8000pF(4700pF＋3300pF)，R_2 取 11kΩ，实测工作电流为 9.5mA。当要求输出电压为 9V 时，C_1 取 4700pF，R_2 取 20kΩ，二极管 VD_1 正极接 VT_2 的集电极，舍去变压器 T_1 的另一半绕组不用，实测工作电流为 9.0mA。

电路中 VT_2 选用塑封 3DA87。C_1 为 4700pF 或 8000pF。R_2 的阻值在 10～24kΩ 之间选用。T_1 采用袖珍收音机的音频输出变压器，仅用其初级三个端子。

由于使用元件很少，可以将全部元件容纳在万用表内，在面板上或适当位置安装电源开关 S。

(十三) 电子变压器

本电子变压器输入交流电压为 220V，输出交流电压为 12V，输出功率可达 50W。克服了传统的硒钢片变压器重量沉、体积大等缺点。

1. 工作原理

电路如图 5-31 所示。本电路的工作原理与开关电源相似。桥式整流二极管 VD_1～VD_4 把市电变成直流，再由铁氧体磁芯变压器 T_{1a}、T_{1b}，三极管 VT_1、VT_2 组成的高频振荡电路，将直流变成数十千赫兹的高频电流，然后由电源变压器 T_2 对高频高压脉冲降压，得到所需要的电压输出。图中 R_1 为限流电阻，C_1、R_2、触发二极管 VD_5 为启动触发电路。

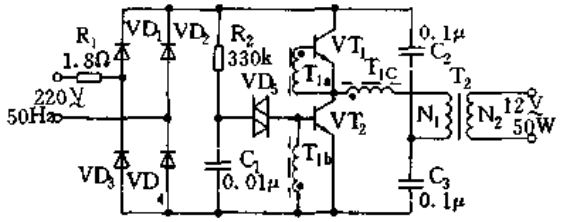


图 5-31

2. 元器件选择

整流二极管 VD_1～VD_4 为 1N4004。触发二极管 VD_5 为 DB3 或 VR60(26～32)。C_1～C_3 选用耐压不小于 250V 的聚丙、聚脂或涤纶电容器。三极管 VT_1～VT_2 为 S13005，β=15～25，也可用 C3093 替代使用，BV_{ceo} 应不小于 350V。变压器 T_1 可用漆包线绕在 H7×10×6 的磁环上，T_{1a}、T_{1b} 绕 3 匝，T_{1c} 绕 1 匝。变压器 T_2 选用边长 27mm、宽 20mm、厚度 10mm 的 EI 型铁氧体磁芯，N_1 用 φ0.45mm 高强度漆包线绕 120 匝(漆包线长度约为 414mm)，N_2 用 φ1.25mm 高强度漆包线绕 8 匝(漆包线长度约为 45mm)。电阻 R_1 为功率 1W 的金属膜电阻，R_2 为 1/4W 金属膜电阻。

3. 制作与检测

(1) 本电子变压器最好选用金属外壳，将一绝缘纸衬在大功率管 VT_1、VT_2 和壳内表面之间，并固定起来，这样既能起到良好的散热作用，又可达到绝缘的目的。

(2) 自制的印刷电路板与金属外壳之间的绝缘要良好，以防短路。

(3) 正常工作时，A 点对 VT_1 发射极电位约为 210V；B 点约为 25V；C 点约为 105V；D 点约为 10V。

(4) 如果电压不满足要求或不振荡，请检查电路有无错焊、漏焊和虚焊；VT_1、VT_2 和 T_{1a}、T_{1b} 是否烧坏和相位是否正常。

(5) 改变 T_2 中 N_2 的匝数，则可改变输出的高频电压。

（十四）数字万用表电源的改进

数字万用表大多采用 9V 叠层电池供电，由于叠层电池容量有限，价格较贵，因此颇感不便。本电路使用两节 5 号电池升压后供给万用表。

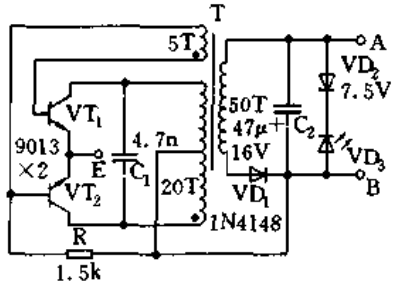


图 5-32

电路如图 5-32 所示。该升压电路参考东芝录相机中的变压器电路，经改进使用，效果很好。电路中 VT_1、VT_2 均采用 β 值大于 100 的 9013 小功率三极管。T 为在小环形磁芯上，用直径 0.1mm 的高强度漆包线穿绕而成。焊接检查无误后，接上 3V 电源，总电流不应超过 50mA，否则焊接有误，一般为反馈绕组接反，调换即可正常，测 A、B 两端电压 9V 左右。引出 A、B、E 三线和发光二极管 VD_3，再用蜡浇灌制成橡皮擦大小的模块。在 DT890B 型数字万用表上改装，接线如图 5-33 所示。首先拆去原表

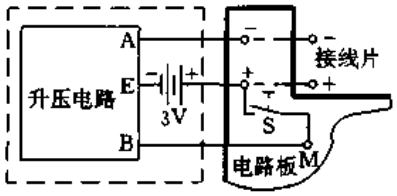


图 5-33

中的引线片，其负极接模块 A 端，正极接电池正极。表内电路经开关 S 输出正极 M 点接模块 B 端，电池负极接模块 E 端。这样打开表内开关 S，升压电路就起振，输出 9V 电压，供表内电路工作，发光管 VD_3 指示工作状况。

六、逆 变 电 源

（一）逆 变 电 源

本逆变电源是将－48V 直流电源逆变成频率为 120Hz 左右，电压为 280V 左右的交流方波电源。

1. 主要技术指标

（1）输入电压：－48V±10%；

（2）输出电流：0.7A；

（3）输出电压：280V/120Hz 交流方波（平方律电压表直读数值）。

2. 工作原理

逆变电源由稳压部分、自激推挽式变换器和脉冲功率放大器三部分组成，电路如图 6-1 所示。下面分别介绍这三部分的工作原理。

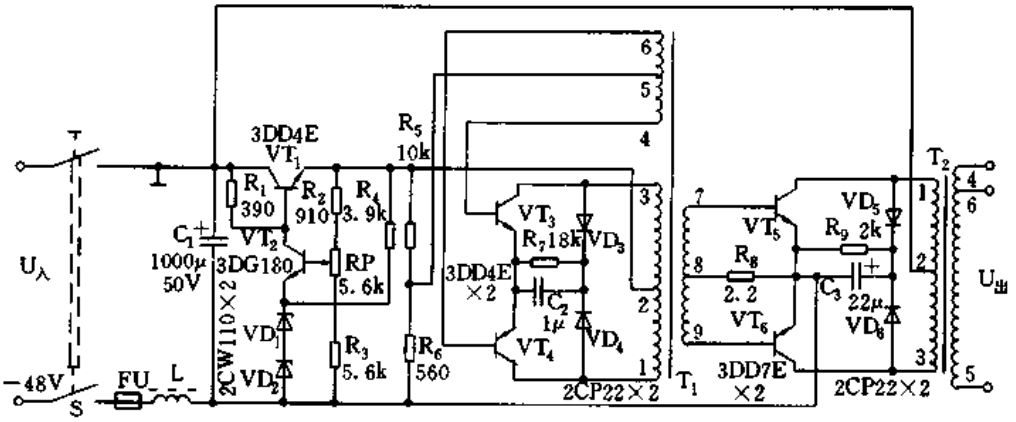


图 6-1

（1）稳压部分：

逆变电源的稳压部分是一个简单的串联线性稳压电路，其任务是将输入的－48V 直流变成更稳定的－40V 直流电，供给自激推挽式变换器作直流电源。R_2、RP 和 R_3 构成取样电路，三极管 VT_2 为比较放大器，它的基准电压从串联的稳压二极管 VD_1、VD_2 上取得，R_4 是稳压管的限流电阻。输出的－40V 电压被取样，比较、放大后，由 VT_2 的集电极输出，注入调整管 VT_1 的基极，使调整管的管压降 V_{ce} 随控制信号的变化，从而达到稳定输出电压的目的，其稳压过程如下：

当 $U_入 \uparrow$（或 $R_L \uparrow$）$\rightarrow U_o \uparrow \rightarrow U_{b2} \uparrow \rightarrow I_{c2} \uparrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow I_{c2} \downarrow \rightarrow U_{ce1} \uparrow \rightarrow U_o \downarrow$

另外，在稳压电路中，R_1 是调整管 VT_1 的偏置电阻，也就是 VT_2 的集电极电阻，扼流线圈 L 和电解电容 C_1 组成 Γ 型滤波网络，一方面用以滤除输入电压中的纹波，另一方面作为

－48V电源的去耦电路。因为－48V 电源不仅用作稳压电源的输入电压，又是脉冲功率放大器的直流电源，采用去耦电路后，可以有效防止它们通过－48V 电源内阻产生耦合，导致逆变器工作不稳定。

（2）自激推挽式变换器：

自激推挽式变换器的任务是将输入的－40V 直流电变换成频率为 120Hz 的交流方波。它由启动电阻 R_5、R_6，推挽管 VT_3、VT_4 和三绕组变压器 T_1 构成。变压器 T_1 的三个绕组 N_{1-2}、N_{2-3}，因为接在两只推挽管的集电极之间，又称集电极绕组；次级绕组 N_{7-8}、N_{8-9}和反馈绕组 N_{4-5}、N_{5-6}，因为反馈绕组接在两只推挽管的基极之间，故又称基极绕组。

为便于叙述，称输入的－40V 直流电压为 V_{cc}。

通过分析可以看出，这种变压器实质上是一种磁耦合的自激方波振荡器。启动电阻 R_5、R_6 就是放大环节 VT_3、VT_4 的直流偏置电阻，接通直流电源 V_{cc}后，串联电阻 R_5 和 R_6 对 V_{cc}进行分压。其中，电阻 R_5 两端的降压为：

$$U_{R5}=(R_5/(R_5+R_6))\cdot V_{cc}$$

它的上端为“＋”，通过初级绕组的中心抽头 2 分别加至推挽管 VT_3、VT_4 的集电极，它的下端为“－”，通过反馈绕组端 4、6 分别加至推挽管 VT_3 和 VT_4 的基极，使两只推挽管的集电结处于反偏状态。电阻 R_6 两端的降压设为 U_{R6}，其值为：

$$U_{R6}=(R_6/(R_5+R_6))\cdot V_{cc}$$

它的下端为“－”，分别加至两只推挽管的发射极，它的上端为“＋”，通过反馈绕组端 4、6 加至两只推挽管的基极，这就保证了两只推挽管的发射结处于正向偏置。推挽管 VT_3、VT_4 因而处于放大状态。其中，R_5 和 R_6 的取值决定了偏流的大小，对起振关系很大。

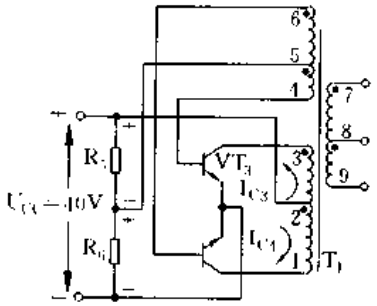


图 6-2

在开机瞬间，V_{cc}向推挽管 VT_3、VT_4 注入基极电流，因为电路中的管子不可能绝对平衡，所以流经两管的集电极电流 $I_{c3}\approx I_{c4}$。

设 $I_{c3}>I_{c4}$，则在变压器 T_1 铁芯中产生的磁通的方向由 I_{c3}决定。当 I_{c3}增大时，铁芯中的磁通量也随之改变，磁通的变化必然会在反馈绕组中产生感应电势，设各绕组的同名端如图 6-2 所示。

当 I_{c3}增大时，感应电势极性在图中有“·”端为负。这样 N_{4-5}反馈中的感应因 4 端为正，将使 VT_3 的基极电流增大，I_{c3}也随之进一步增大。同时，N_{5-6}反馈绕组中的感应因 6 端为负，将使注入 VT_4 基极的电流减小，I_{c4}也随之减小。由于 I_{c3}增大，I_{c4}减小，使合成磁通进一步增大，由磁通变化而产生感应电势将进一步使 I_{c3}增大，则 I_{c4}减小，这样正反馈的最后结果必然是 I_{c3}达到最大，VT_3 饱和，而 I_{c4}达到最小，VT_4 截止。这时直流电源 V_{cc}将几乎加在初级绕组 N_{2-3}上。铁芯中的磁通不断增加，因为变压器 T_1 采用了具有矩形磁滞回线的磁性材料，如图 6-3(a)所示，所以当磁通到饱和值$+\phi_m$ 时，磁通不再改变，因为感应电势和磁通的变化率成正比，所以绕组中的感应电势将因磁通的变化率为零而随之消失。随着 N_{4-5}绕组中感应电势的消失，VT_3 中的基极电流和集电极电流 I_{c3}相应变小，由电流向反方向变化，使反馈绕组中的感应电势也改变方向，成为图中有“·”端为正。这样，反馈绕组 N_{5-6}中的感应电势将使 VT_4 中的基极电流和集电极电流 I_{c4}增大，而反馈绕组 N_{4-5}的感应电势将使 VT_3 中的基极电流和集电极电流 I_{c3}减小。I_{C3}减小，I_{c4}增大必然使铁芯中的磁通向相反方向变化，而且所产生的感应电势将使 I_{c4}进一步增大直到 VT_4 饱

和，使 I_{c3}进一步减小直到使 VT_3 截止。这种直流电源 V_{cc}将几乎全部加在初级绕组 N_{1-2}上，经过一定时间后，磁通达到饱和 $-\phi_m$ 不再发生变化，感应电势又下降为零，于是 I_{c4}开始减小，各绕组的感应电势又改变了方向。如此不断循环，形成自激方波振荡。铁芯中的磁通就沿着滞回线见图 6-3(a)的 a→b→c→d 不断循环。

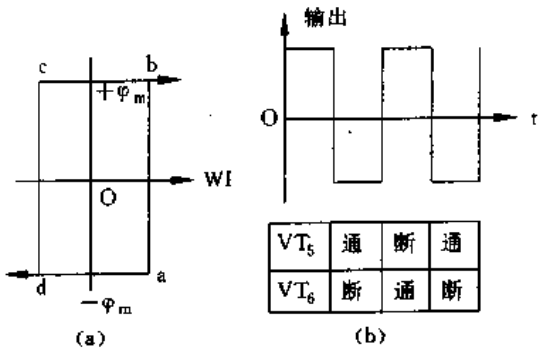


图 6-3

由于推挽管 VT_3 和 VT_4 不断轮流导通和截止，变压器 T_1 中的磁通不断沿矩形磁滞回线来回变化，如图 6-3(b)所示。因为 VT_3 或 VT_4 饱和导通时，初级绕组上所加电压都是 V_{cc}，而且每管导通和截止时间又相等。所以在变压器 T_1 的次级绕组中的波形必然是上、下对对称，正、负脉冲宽度相等的矩形波。

为了防止自激推挽式变压器出现有时启动容易，有时启动困难的现象，合理设计 R_5 和 R_6 的阻值是关键。推挽管 VT_3 和 VT_4 一般采用硅管，这主要是利用硅管具有上升时间短，开关特性好，工作热稳定性好等一些优点。但由于硅管的饱和压降较大，所以变换器的效率不如锗管。另外，为了保证工作安全可靠，要求所采用的晶体管的集电极到发射极间的耐压要大于供电电压的两倍(因为推挽管在工作时，截止管上要承受的电压为 $2V_{cc}$)。此外，还要求管子工作时的最大集电极电流，反向漏电流和集电极最大功耗都应在额定值之内。

变压器铁芯的选择，除了要求具有良好的矩形磁滞回线外，还要求在工作的频率上，铁芯的磁滞损耗小，温度稳定性好。随着工作频率的提高，变压器的铁芯现在一般都采用铁氧体磁性材料。

二极管 VD_3、VD_4，电阻 R_7 和电容 C_2 用来防止推挽管在导通和截止相互转换的过程中，截止管因承受 $2V_{cc}$电压而被击穿，其原理如下：

假设在正常工作时的某一瞬间，推挽管 VT_3 导通，而 VT_4 截止，直流电压 $V_{cc}=40V$ 通过导通管加到初级绕组的 3－2 端，并在绕组 1－2 之间感应出同等电压，这时初级绕组 N_{1-3}两端的电压等于 $2V_{cc}$，其极性是上“－”下“＋”，它通过导通管 VT_3 加到截止管 VT_4 的集电极和发射极连接处，另一端通过导通的二极管 VD_4 导通，这时电容 C_2 的一端与 VT_4 的发射极连接，另一端通过二极管 VD_4 和 VT_4 的集电极相连。由于电容器 C_2 上的电压不能突变，这就使 VT_4 在截止的瞬间所承受的电压实际上低于 $2V_{cc}$，因而得到保护。R_7 为电容器 C_2 的泄放电阻。

3. 脉冲功率放大器

脉冲功率放大器的任务是将自激推挽式变换器产生的 120Hz 的交流方波进行放大和升压，使这种 120Hz 的交流方波变成 280V/0.7A。

它由推挽管 VT_5、VT_6，带中心抽头是为了使推挽管 VT_5 和 VT_6 交替工作，因为输入信号较大而且是矩形脉冲，VT_5 和 VT_6 工作在开关状态。自激推挽式变换器从变压器 T_1 次级输出的 120Hz 交流方波就作为推动开关管 VT_5、VT_6 轮流工作的控制信号。

平时，输入端的－48V 直流电压的一端通过变压器 T_2 初级绕组的中心抽头加到推挽工作的开关管 VT_5 和 VT_6 的集电极，－48V 的另一端经扼流圈 L 分别加到 VT_5 和 VT_6 的发射极，使这两只管子的集电结处于反偏状态。

当自激推挽式变换器的输出电压使变压器 T_1 的次级绕组 7 端为正而 9 端为负时，VT_5 的发射结因正向偏置而导通，VT_6 的发射结因反向偏置而截止。使－48V 电压通过饱和导通管 VT_5 加到变压器 T_2 的初级绕组的 N_{1-2}端，经过 T_2 变压器升压成 280V 的负脉冲从次级绕组的 N_{4-5}端输出；当自激推挽式变换器的输出负脉冲使 T_1 变压器次级的 7 端为负而 9 端为正时，VT_5 因发射结反偏而截止，VT_6 因发射结正偏而导通。这样－48V 直流电压将通过饱和导通管 VT_6 加到变压器 T_2 的初级绕组的 N_{2-3}端，经过 T_2 变压器升压成 280V 的正脉冲从次级绕组 N_{4-5}输出。由于 VT_5 和 VT_6 的通断受自激式变换器输出信号的控制，所以脉冲功率放大器的输出电压也应该为 120Hz，而且是上、下对称，正负脉冲宽度相等的矩形波，只是脉冲幅度变得更大而已。

脉冲功率放大器中的二极管 VD_5、VD_6，电阻 R_9，电容 C_3 的作用与在变换器中的作用相同，也是用来对转换过程中的截止管进行保护作用。

改变变压器 T_2 次级绕组的抽头，可以适当调节输出电压的幅度。

本电源输入保险 FU 为保护熔丝，当发生过流或短路时，FU 将熔断。

（二）三款逆变器

逆变器是将直流电变成交流电的 DC/AC 转换电路。本逆变器与一般应急灯逆变电路相比较，具有输出功率大，电路结构更加成熟等特点。

逆变器的工作原理：逆变器主要是由振荡电路、功率输出电路、变压器升压电路和蓄电池四大部分组成。市场上销售的家用逆变器种类繁多，但都不外乎有以下三种电路的形成。即：

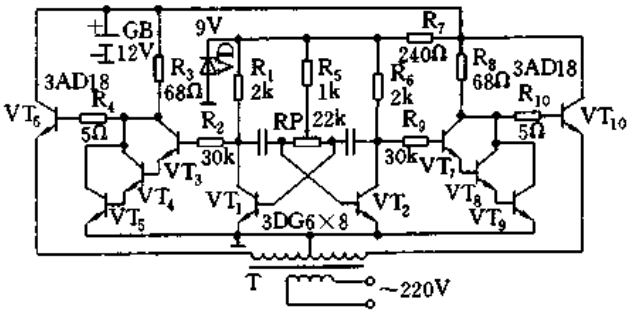


图 6-4

1. 全晶体三极管逆变器

全晶体管逆变器如图 6-4 所示。该逆变器的振荡电路由 VT_1 和 VT_2 构成的无稳态电路。两管交替工作在开关状态，振荡频率为 50Hz。逆变器的输出电路接成了 J 类功率放大电路，特别是所需的激励功率小，而功率放大系数高，适用于功率较大的场合。升压变压器 T 的初级绕组为 10V，次级绕组为 220V。电池电压为 12V。变压器的功率和电池的容量视输出功率而定。

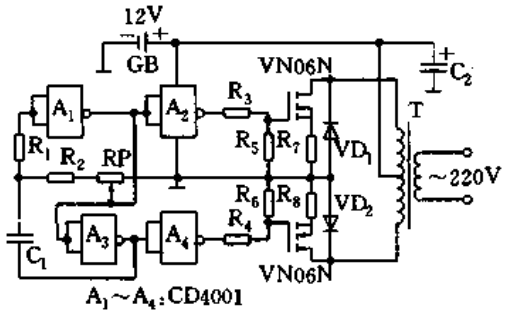


图 6-5

2. MOS 逆变器

MOS 逆变器如图 6-5 所示。这是一个由与非门电路接成振荡电路和推动电路，VMOS 功率管接成输出电路的它激式逆变器。工作原理为：四与非门电路中的两个门电路接成 50Hz 振荡器，输出的振荡信号经另外两个门电路倒相后，加至功率 VMOS 管的栅极，功率 VMOS 管即随此振荡信号交替导通与截止，从而使升压变压

器 T 的初级绕组获得正弦波交变信号。在升压变压器的输出端即可获得 220V 交流电压。在整个逆变过程中，所需电源由 12V 电池提供。

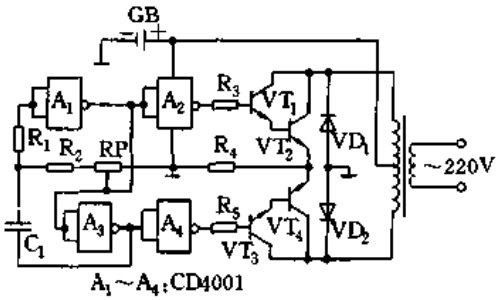


图 6-6

3. 混合逆变器

与非门电路和晶体管组成的混合逆变器如图 6-6 所示。该逆变器的振荡电路和推动电路是由一只四与非门集成电路组成，功率输出电路由晶体管组成。其工作原理与全晶体管逆变器、MOS 逆变器中类似电路相同。

（三）继电器逆变电路

本继电器逆变电路，简单易做，很适合初学者制作。该电路配用不同的变压器可点亮 40W 以下的日光灯。

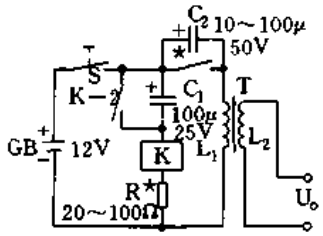


图 6-7

1. 工作原理

电路如图 6-7 所示。接通电源，电流从电源正端通过 C_1 和 K 的常闭触点 K-2 流过 K 的线圈，通过电阻 R 流回电源负端，继电器 K 得电吸合。K 吸合后 K-2 打开，继电器 K 又断电释放，然后 K 又重新吸合和释放。继电器 K 如此反复通断，使其常开触点 K-1 反复通断，在变压器 T 的 L_1 中产生脉动电流，从而在 T 的 L_2 中感应出交流高压。C_1 是为使 K 的常开触点能可靠接通而设的。C_2 是用来灭弧的。电阻 R 是用来调节继电器 K 的吸合深度，从而使 K-1 能可靠接通。

2. 元器件选择

C_1 选用 100μF/25V。K 和 C_2 根据配用的变压器和所带日光灯选用。如果变压器 T 选用 3～5W，K 选用 4098DC6V，可带 8W 日光灯。如果变压器和日光灯功率较大，K 可选用 JTX－2ZDC6V，并将两组常开触点并联使用。功率较大时，电源应使用蓄电池。电阻 R 选用 1W，阻值由调试而定。

3. 调试

只要接线正确均能起振，用一只 8W 日光灯管或 40W 白炽灯作负载，接入 L_2 两端，用一只可调电位器代替 R，调节其阻值，使日光灯管或灯泡最亮且无频闪。如果仍不理想，可适当增大或减小 C_1 和 C_2 的电容量。

（四）正弦波逆变器

本文介绍的为一种 120W 正弦波逆变器，一改传统方式，利用参量变压器巧妙地将方波转换成正弦波。

1. 主要特点

（1）采用大功率厚膜集成电路，外围元件少，无须调试，安装方便；

（2）逆变效率高达 86%；

（3）正弦波失真小于 50%；

（4）稳压输出特性好，输出稳定度小于±1%；负载调整率小于±3%；

（5）一机多用，可作为充电及交流稳压设备使用；

（6）具有超温及过载保护功能。

2. 工作原理

如图 6-8 所示。由图可见，整机主要由逆变厚膜电路 LSS1212A，参量变压器及稳压谐振电容所组成。厚膜电路内部原理方框图如图 6-9 所示，它集成了振荡、稳频、控制、推动功放等全部功能，致使外围电路极为简单。

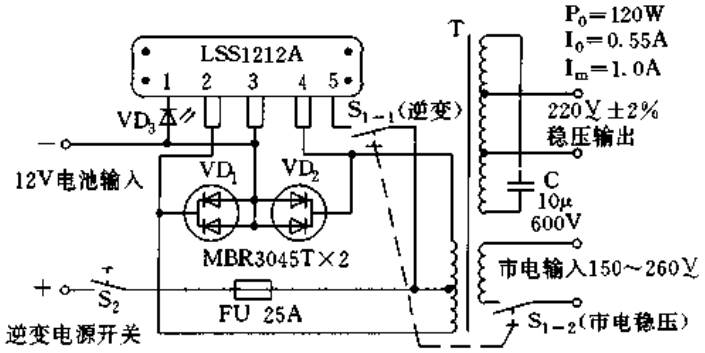


图 6-8

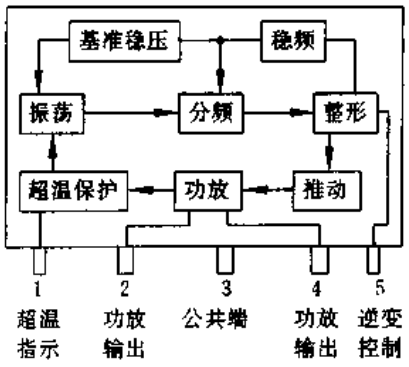


图 6-9

波形变换参量变压器 T，是正弦逆变的关键部件。它与普通磁饱和变压器工作原理基本相似，但其磁性材料、磁分路结构，以及主副磁路气隙与传统磁饱和变压器相比有独到之处。且其自身还具有过载自动保护功能：当正弦输出电流超过额定值的 1.5～2 倍时，该电流产生的反向磁通将破坏稳压谐振条件，使输出电流急剧下降，从而形成自身过载保护。VD_1、VD_2 为充电/保护二极管，应选择正向电流大于 25A，耐压大于 50V 的肖特基二极管，不能用普通硅二极管代替。电路中使用的 MBR3045 的负极为金属外壳，两个正极并联使用。稳压谐振电容应选用耐压不低于 600V 的油浸密封型。厚膜逆变功放块应加装不小于 150×150×3mm³ 的铅质散热器。

（五）逆变式交流稳压器

本文介绍一种交流稳压电源，稳压范围交流 150～250V，其输出与市电完全隔离，可作为隔离变压器用于维修彩电或其它电器，在停电的时候可用蓄电池工作。

1. 工作原理

本机由整流稳压电路、逆变输出电路组成，如图 6-10 所示。市电经 T_1 变压后进行整流稳压，稳压采用具有过热、过流保护的 LM7812 组成的扩流电路，它能输出 7A 的电流。选用次级电压为交流 20V 的变压器，使该稳压器能在交流 150～250V 的范围内工作。

UPK2436A 是逆变器推动电路，具有推动功率大、频率稳定，安装容易的特点。其原理方

框图如图 6-11 所示。UPK2436A 的两个 K 端输出稳定对称的 50Hz 方波，由功率管进行功率放大，完成逆变输出。逆变器的输出功率与配用的大功率管的个数有关，本机用 6 只 2N3055，它可输出 400W 的功率，能满足一般家庭的需要。在实际制作中可根据需要增减输出功率管来增减输出功率，并选取功率适当的输出变压器。

在装配时，功率器件应装上适当大小的散热器。扩流管 2N2955，要与 7812 装在同一散热器上。UPK2436A 内电路已与外壳绝缘，无需另加绝缘片。用蓄电池供电时，请注意极性。

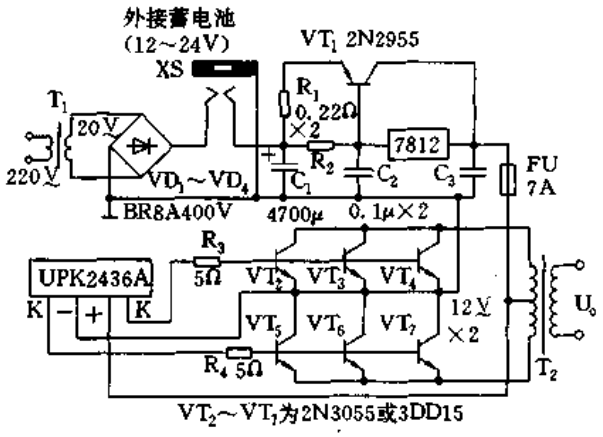


图 6-10

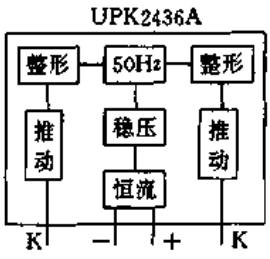


图 6-11

（六）全自动逆变、充电器

本文介绍的全自动逆变、充电器，与现有的某些逆变、充电器有所不同，它不但能来电时自动给蓄电池充电；停电后自动逆变供电，且能有载自动开机；无载自动关机，无空耗、无触点。可完全不需人工操作，所以安放位置随便，使用方便、可靠。

1. 工作原理

电路如图 6-12 所示。逆变电路是由集成电路 A_1～A_4 和三极管 VT_1、VT_2 等元件组成。变压器 T 为逆变和充电共用。集成电路 A_1～A_4 是由 CMOS 六反相器中的四个非门构成。其中，非门电路 A_1、A_2 和电阻 R_2、电容 C_1 组成的振荡频率为 44～58Hz 的振荡器。调节电阻 R_2 使之符合工频 50Hz。其振荡频率可由下式求得：$f=1/2.2C_1R_2$。其中电阻 R_1 构成正反馈回路。A_2 的输出信号经 A_3 缓冲级。A_3 的主要特点是输入阻抗高、输出阻抗低，提高后级反相器带负载能力，有效地阻隔了振荡信号对后级反相器的影响。A_3 反相后送至三极管 VT_1 的基极和 A_4，A_4 反相以后送到三极管 VT_2 的基极，从而使两管工作在推挽状态。假定 VT_1 先导通，VT_2 呈截止状，则蓄电池 GB 的 12V 电源加到变压器 T 的 N_1 绕组，由于自感作用在 N_2 绕组也出现 12V 电源电压。因此，加到 VT_2 管的集电极电压为＋24V。同理，当 VT_2 工作状态翻转时，即 VT_1 截止，VT_2 导通时，加在 VT_1 管的集电极电压为＋24V。这样，在变压器 T 的 N_1、N_2 绕组上便有 50Hz 的方波，24V 的峰值电压，经变压器 T 升压到 220V50Hz 的交流电压以后输出。

充电电路，当市电到来以后，经变压器 T 降压，由二极管 VD_1、VD_2 全波整流后，在绕组 N_1、N_2 的连接端与地间形成约 15V 的直流峰值电压，对蓄电池 GB 进行充电。

自动控制电路是由三极管 VT_3，负载传感器 ZA-2N，光电耦合器 VT_4 及双向晶闸管 VS 等元件组成。当输入市电时，光电耦合器 VT_4 的①脚与②脚间即产生光源，感光元件三极管受光源的控制，其内阻变小，则 VT_4 的③与④脚形成回路，迫使三极管 VT_3 饱和导通，其集电极与发射极间电压变小，使得稳压二极管 VD_3 两端电压无法供给集成电路 A_1～A_4 正常工作，造

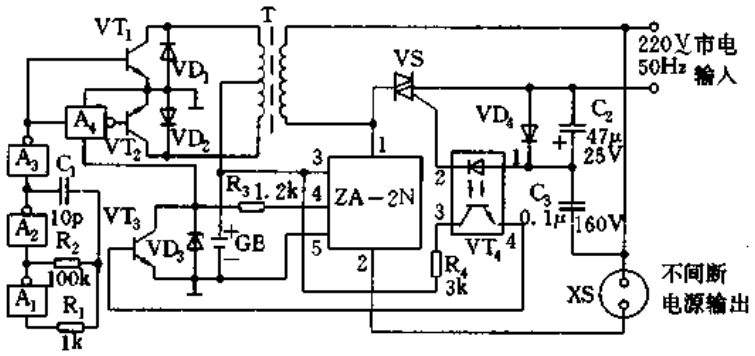


图 6-12

成振荡器停振，三极管 VT_1 和 VT_2 均处于截止状态。同时，双向晶闸管 VS 由于光电耦合器 VT_4 的①与②脚导通而获得触发电压而导通，则充电电路工作，给电池 GB 充电。

当无市电时，光电耦合器 VT_4 因失电而使③、④脚间呈高阻，VT_3 未获基极电流而截止。双向晶闸管 VS 的控制极也因无控制电压而关断。这时，如电源插座 XS 接有负载，负载传感器 ZA-2N 的④脚输出电压，通过电阻 R_3 经稳压二极管 VD_3 稳压后供电给 A_1～A_4，A_1～A_4 获得电压而工作。逆变电路开始工作，逆变输出的电压通过 ZA-2N 的①、②脚加到电源插座 XS 上，使负载获得 220V、50Hz 电源电压。若插座 XS 无负载，ZA-2N 的④脚无输出电压，则逆变电路不工作，ZA-2N 的①、②脚开路，则 XS 无电源电压。

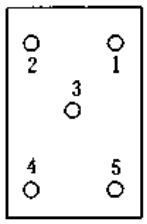


图 6-13

其中，集成电路 A_1～A_4 的直流电源电压是由稳压二极管 VD_3 来提供的。

ZA-2N 为直流型负载传感器。由于需要一组直流电源，所以用在直流电源的逆变器上最为方便，它可直接使用该电源。用负载传感器直接控制逆变电路中的振荡器的电源通、断就可以实现自动开机和自动关机。ZA-2N 传感器的内部结构较为简单，它主要由负载识别传感器件与功率控制集成在一起，即有负载时，输出端识别一信号反馈入比较电路，经比较放大后去控制输出功率的导通或截止。

ZA-2N 的参数如下：

(1)直流电源电压：6～15V；

(2)灵敏度 50kΩ(负载电阻≤50kΩ 即可正常动作)；

(3)静态电流≤30μA(即静态损耗)；

(4)传感压降(即传感器①、②脚间压降)≤1.5V；

(5)最大输出电流(即④脚输出电流)为 50mA；

(6)额定电流(①、②脚之间允许通过的电流)为 1A。

ZA-2N 负载传感器的管脚排列如图 6-13 所示。

集成电路 A_1～A_4 的管脚排列如图 6-14 所示。

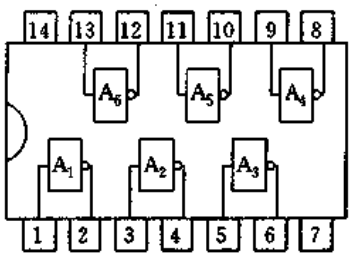


图 6-14

2. 元器件选择

二极管 VD_1、VD_2：1N4002，VD_4：1N4148。稳压二极管 VD_3：2CW103。双向晶闸管 VS：LMAC-97A6。三极管 VT_1、VT_2：3DD153B，β 值适中，最好在 65～85 间，并且要求每对 NPN 型管的参数特别是 β 值尽可能选择一致。VT_3：3DG130B、65≤β≤115。光电耦合器 VT_4：GD10B 或 TIL117。集成电路 A_1～A_4：选用 CMOS 六反相器 CD4009 或 CO63 型号。逆变器 T：

变压器铁芯截面积为 12cm²，初级绕组 N_1、N_2 用 1.55～1.65mm 的高强度漆包线绕制 140 匝，并在中间设一个抽头，次级绕组 N_3 用 0.50～0.55mm 的高强度漆包线绕制 1035 匝。

3. 安装调试及使用

（1）在安装本变换器时，大功率三极管 3DD153B 应安装散热器，其规格为 120×50×3mm² 的铝板，并涂上黑漆。散热器与管壳间最好再涂上硅油，以减小热阻。

（2）电阻 R_3 既是 VT_3 的集电极电阻，又是 VD_3 的限流电阻，调测时应两者兼顾。

（3）R_4 为 VT_3 的偏置电阻，其工作状态的改变，可改变 R_4 即可达到。

（4）调整逆变压器振荡频率时，可将电唱机插头插入逆变器的输出插座 XS 中去。调整电阻 R_2 或电容 C_1，使电唱机达到额定的转速，此时逆变器的频率即为 50Hz。

（5）ZA-2N 的②、③脚间并联一只电容器(0.2μ 左右)，可有效地防止外界高频干扰。

（6）ZA-2N 的允许通过电流不仅为 1A，如负载需要还可通过其它的额定工作电流，如可选用 0.4A、1.5A、3A、5A、8A、12A 等规格，并在其范围内可安全使用，但双向晶闸管 VS 的工作电流应合理选择。

（7）在安装调试时，④脚对地不允许短路。

（8）焊接 ZA-2N 时，温度控制在 260℃，6 秒内。也可以预热后，拔掉电烙铁插头再焊接，这样更为安全可靠。

（9）④脚输出不满足需要时，可接一只三极管放大器，其基极必须串接限流电阻，以免基极过流而烧坏三极管。

（七）AC-DC 变换电源

本逆变电源由变压器、整流器、滤波器、逆变器、稳压器、交直流切换器及告警部分组成。它将 220V50Hz 的交流电或－48V 直流电变换为＋18V、－24V 及－48V(直流－48V 供电时)三种电压。因此，本电源为交直流两用，并能自动切换，哪一种为主供电可任意选择。

本电源整流电路都采用桥式整流电路，＋18V、－24V 采用了串联式稳压电路，当主电源＋18V 电压消失时电路即发出告警，相应的告警指示灯亮。

1. 技术指标

（1）输入电压：

直流(蓄电池)－48V$^{+15\%}_{-10\%}$；

交流 220V±10%，50Hz；

（2）输出电压：＋18V±0.3V，可调范围±1V；

（3）输出电流：0～1A；

（4）纹波系数：≤0.1%；

（5）内阻：R_i≤0.05Ω；

（6）效率：η≥45%。

2. 工作原理

电路如图 6-15 所示。

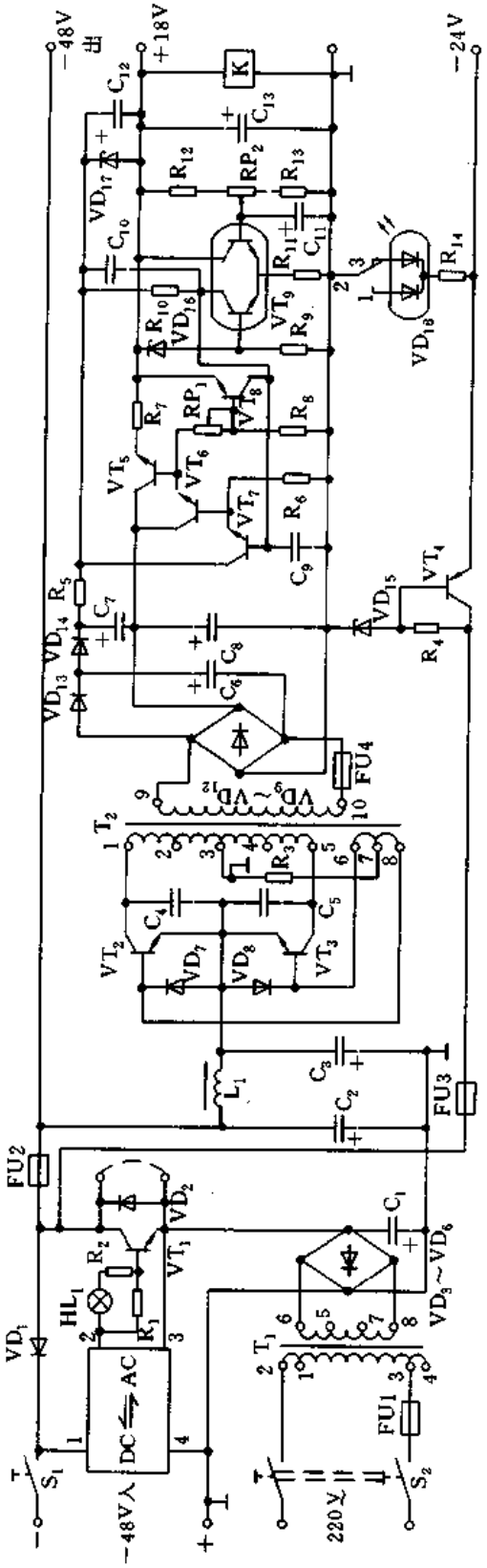

-48V出
+18V
-24V
K
C_{12}
C_{13}
RP_2
R_{12}
R_{13}
VD_{17}
C_{10}
R_{11}
C_{11}
R_{14}
VD_{18}
VD_{16}
R_{10}
VT_9
R_9
RP_1
R_7
VT_8
R_8
VT_5
VT_6
VT_7
R_6
C_9
VT_4
VD_{15}
R_4
R_5
C_7
VD_{14}
C_8
VD_{13}
C_6
VD_9~VD_{12}
FU4
T_2
R_3
C_4
C_5
VT_2
VD_7
VD_8
VT_3
L_1
C_3
C_2
FU3
FU2
VD_2
R_2
VT_1
C_1
VD_3~VD_6
HL_1
R_1
VD_1
DC⇌AC
-48V入
T_1
FU1
220V~
S_1
S_2

图 6-15

（1）逆变供电电源

a. 直流供电时，由直流供电电压经开关 S_1，隔离三极管 VD_1，保险丝 FU2 及由 C_2、C_3、L_1 组成的 π 型滤波器后作为逆变器的供电电源。

b. 交流供电时，由 220V50Hz 的交流开关 S_2，变压器 T_1 变压、VD_3～VD_6 整流、C_1 滤波后得到一个约－50V 的直流电压，再经过交流切换电路，保险丝 FU2 和由 C_2、C_3、L_1 组成的 π 型滤波器后作为逆变器的供电电压。

C_2、C_3 和 L_1 组成的 π 型滤波器，一方面作为交流供电时的滤波用；另一方面作为逆变器共用一个供电电源时的去耦作用。

（2）交直流切换电路

交直流切换电路是以直流为主供，交流为备用时加入的，它由 VT_{10}～VT_{13} 等组成。电路如图 6-16 所示。当直流供电电压消失或降低到某一值时，电路即能自动切换至交流供电，其原理如下：

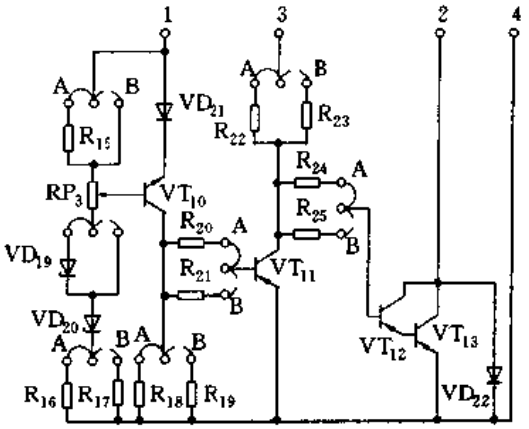


图 6-16

正常工作时，VT_{10} 导通→VT_{11} 导通→VT_{12}、VT_{13} 截止→VT_1 截止，则交流不供电。

当直流消失或下降至某一值时，VT_{10} 截止→VT_{11} 截止→VT_{12}、VT_{13} 导通→VT_1 导通，则交流投入供电，指示灯 HL_1 亮。此时由于隔离二极管 VD_1 负端为正，故 VT_1 截止，使直流停止供电。

若不以直流为主供，则 VT_1 的 c、e 极短接即可。

（3）逆变器

逆变器将－48V 直流变换为频率约为 70kHz 的两组电压约为 26V 的矩形方波，电路采用了容易起振、效率较高的自激推挽式电路。

逆变器由 VT_2、VT_3、VD_7、VD_8、C_4、C_5、R_3 和 T_2 组成，其工作原理如下：

接通电源以后，通过 R_3 同时向 VT_2、VT_3 基极注入电流，故开始时两管是同时导通的。但由于两管工作状态不可能完全一样，故两管的电流也不一样；若 VT_2 导电较强，其集电极电流就大，通过反馈线圈 N_{6-7}、N_{7-8} 的正反馈，使 VT_2 导电更强，集电极电流更大，很快进入饱和导通，而 VT_3 导电减弱，集电极电流减小，很快进入截止状态。

VT_2 饱和导通后，由于在 T_2 变压器 N_{1-3} 线圈 上的电压 $U_{13}\approx E$ 是不变的，故线圈中的磁化电流将呈线性增加，直至铁芯饱和，则线圈中的感应电势消失，使所有线圈中的感应电压为零，随之产生反电势，使线圈的感应电压极性改变，此时线圈中反馈电压的极性使 VT_2 基极变负而截止，VT_3 基极电位升高而导通，于是电路产生如下反馈。

$$I_{c3}\uparrow \rightarrow U_{be3}\uparrow \rightarrow I_{b3}\uparrow$$

很快使 VT_3 饱和导通。

VT_3 饱和导通后，电路中又发生 VT_2 饱和导通后的类似过程。如此循环而已，两管交替导通和截止，在电路中产生振荡，在 T_2 次级即可得到一个交变的矩形方波。

C_4、C_5 用来扼止高频干扰，防止高频自激。VT_7、VT_8 用其正向压降箝位于截止管基极和发射极之间，保护 VT_2、VT_3 免受损坏。

(4) +18V 稳压电源

+18V 稳压器采用了一般串联式稳压电路。R_{12}、RP_2、R_{13}为取样电路，VT_9、R_{10}、R_{11}等组成了单端输出的差动放大器。为了提高稳压电路的稳定性采用了辅助电源，由 VD_{13}、VD_{14}、VD_{17}、C_6、C_7、C_{12}、R_5 等组成。基准电压由 R_9、VD_{16}提供，在 R_9 上获得。VT_5 为调整管，VT_6、VT_7 为复合放大管，其原理如下：

若由于某种原因使输出电压 U_0 升高时，差动放大器两输入端电压都要增加，由于 VD_{16}的稳压作用，VT_9 左管输入端有 ΔU_0 的增量，而右管只有 $n\Delta U_0$ 的增量(n 为取样电路的分压比)，所以 VT_9 左管电流增加，其集电极电位下降，即 VT_7 基极电位下降，其基极电流减小，导致调整管集电极电流下降，管压降增大，从而使输出电压 U_0 下降，保持恒定。同样当输出电压 U_0 降低时，通过负反馈又使输出电压 U_0 回升，抵消原来的变化，因而使输出电压几乎保持不变。

为了防止在过载情况下危及调整管，为此加入了保护电路。保护电路由 VT_8、R_7、RP_1、R_8 组成。正常工作时 $U_{be8}=U_{be5}+U_{R7}-U_{RP1}\leqslant 0V$，则 VT_8 截止，对稳压器无影响。过载时，U_{R8}增大，使 $U_{be8}\geqslant 0.7V$，VT_8 导通，对 VT_7 产生一个很大的分流，即使 VT_7 基极电位进一步下降，基极电流下降而使输出电流下降，从而保护了调整管免受过载的损坏。当输出短路时，只要有很小的电流就能使 VT_8 饱和导通，而使调整管趋于截止，并以很小的回路剩余电流继续维持导通，这样当外负载恢复正常时，电路即能自动恢复正常工作。

C_8 为输入端滤波电容，C_{13}为输出滤波电容。C_9、C_{10}用来消除高频干扰，防止自激。C_{11}用来改善电路的暂态响应，减小纹波。

(5) −24V 稳压器

−24V 稳压器采用了最简单不可调的串联式稳压电路，保证了输出电压在±2V 范围内变化，由调整管 VT_4、限流电阻 R_4 及稳压二极管 VD_{15}组成。其原理如下：

当由于某种原因引起输出电压升高时，由于 VD_{15}的稳压作用，VT_4 的 U_{be}将增加(发射极电位变负)使 VT_4 的基极电流减小，而使调整管内阻加大，管压降增大，使输出电压下降；同样当输出电压下降时，通过相反的变化又使输出电压上升，从而使输出电压基本保持不变。

(6)告警电路

告警电路用作告警之用，由继电器 K 和告警指示灯 VD_{18}组成。当主电源+18V 消失时，对应的继电器释放，触点 K_{1-2}闭合，使对应的指示灯显示红色告警指示；若输出有+18V，继电器 K 吸合，触点 K_{2-3}闭合，使对应的指示灯显示绿色工作正常指示。

2. 元器件选择

电阻 R_1：RX2D-16-430±5%，R_2：RJ-2-470-±5%，R3：RX21-4-1.6k-±5%，R_4：RJ-2-2k-±5%，R_5：RJ-1-3k-±5%，R6、R_{25}：RJ-0.5-10k-±5%，R_7：RX21-3-0.47-±5%，R_8、R_{10}、R_{11}：RJ-0.5-5.6k-±5%，R_9：RJ-0.5-1.2k-±5%，R_{12}：RJ-0.5-560-±5%，R_{13}：RJ-0.5-910-±5%，R_{14}：RJ-1-2.7k±5%，R_{15}、R_{17}：RJ-0.5-680-±5%，R_{16}：RJ-0.5-2k±5%，R_{18}：RJ-0.5-8.2k-±5%，R_{19}：RJ-0.5-3k-±5%，R_{20}：RJ-0.5-39k-±5%，R_{21}、R_{24}：RJ-0.5-20k-±5%，R_{22}：RJ-1-10k-±5%，R_{23}：RJ-0.5-5.1k-±5%。电位器 RP_1：WS-2-330Ω-16-3，RP_2：WS-2-470Ω-16-3，RP_3：WS-2-1.5kΩ-16-3。电容 C_1、C_2、C_3：CD13-100-1000μ，C_4、C_5：CL21-160-1μ-±5%，C_6、C_7：CD11-50-100μ，C_8、C_{13}：CD13-50-1000μ，C_9、C_{10}：CBB22-160-0.1μ-±5%，C_{11}：CD11-25-22μ，C_{12}：CD11-16-220μ。三极管 VT_1、VT_2、VT_3：3DD7D、β=50～80，VT_2、VT_3 配对误差≤10%。VT_4：

3AD53C、β=65～85。VT_5：3DD63D、β=50～80。VT_6：3DD4B、β=50～80。VT_7、VT_8：3DA87B、β=50～80。VT_9：FH1C。VT_{10}：3DA87C、β=50～80。VT_{11}、VT_{12}：3CG180A、β=65～85。VT_{13}：3CD4C、β=50～80。二极管 VD_1：2CZ57C，VD_2、VD_7、VD_8、VD_{13}、VD_{14}、VD_{22}：1N4004，VD_3～VD_6：QL9－5A100V，VD_9～VD_{12}：QL8－3A100V。稳压二极管 VD_{15}：2CW116，VD_{16}、VD_{17}：2DW235，VD_{19}、VD_{20}：2CW60，VD_{21}：2CW54。发光二极管 VD_{18}：BT－605(红、绿双色)。指示灯 HL1：XZ－24V0.04A(微型螺口小珠泡)，DH16－1A 白(灯座)。保险丝 FU1：φ6×30－1.5A，FU2：φ×30－5A，FU3：φ6×30－0.5A，FU4：φ6×30－2A。开关 S1：KN3A(1×1)，S2：KN3A(2×2)。继电器 K：JRC－5M、DC18V。

3. 调试与使用

(1) 交流供电时 $U_{c8}\approx-50V$(对应直流－48V 供电)。$V_{c8}\approx-26V$(对应直流－24V 供电)。

(2) DC⇌AC 切换电路各管电压如表 6-1：

表 6-1

对应直流供电电压	VT_1 U_{ce}(V)	VT_{10} U_{ce}(V)	VT_{11} U_{ce}(V)	VT_{13} U_{ce}(V)	VD_{19}、VD_{20} (V)	VD_{21} (V)
－48V	<1	<1	32	<1	11.5～14	5～6.5
－24V	<1	<1	16	<1	11.5～14	5～6.5

(3) 直流切换为交流，切换点可调节电位器 RP_3 即可。

(4) ＋18V 稳压电路主要点电压如表 6-2：

表 6-2

U_{c2}、U_{c6}	U_{c3}	U_{ce5}	VD_{16}、VD_{17}
25V	24V	7V	6.2V

(5) ＋18V 输出电压由电位器 RP_2 来调节；过载保护电流为 1.2A，由电位器 RP_1 来调节。

(6) 改换供电电压说明

若将－48V 改为－24V 供电时需作如下改动：

a. 电源变压器 T_1 次级抽头 6、8 端改至 5、7 端。逆变变压器 T_2 次级抽头由 1 端改至 2 端，5 端改至 4 端；

b. R_1 改至 RX20-10-220-±5%，R_3 改至 RX21-4-220-±5%；

c. 短接 VT_4 的 c、e 极；

d. 图 6-16 中原来的短接 A 改成短接 B。

(八) 用 BJ50A 制成的逆变电源

本电源所用集成块 BJ50A 内部电路及外型如图 6-17 所示。参数见表 6-3。它直接推动场

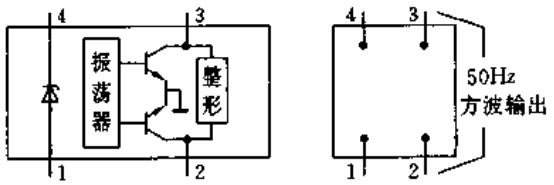


图 6-17

效应管可组成最简单的逆变电源。其工作原理如图 6-18 所示。合上开关 S_1，将 S_2 掷逆变位置，BJ50A①脚接电池 GB 的正极，由②、③脚发出 50Hz 方波，直接推动场效应管 VT_1、VT_2，经变压器 T 升压后，220V 从插座

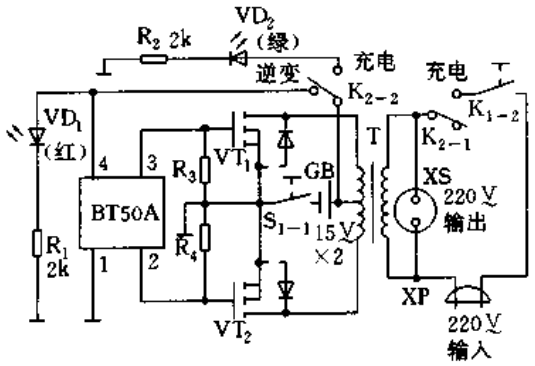


图 6-18

表 6-3

使用电压	正常电流	输出		
		电压	电阻	波形
12V±15%	4～6mA	6V	39k	⎍⎍

输出。市电供电时，将 S_2 掷向充电位置，这时 BJ50A 失去 12V 电压而停振，即场效应管的栅极电压为零，此时场效应管相当于二极管，15V 经场效管 VT_1、VT_2 轮流导通对电池 GB 浮充电能，若需大电流充电，按图 6-18 虚线加上两只大功率整流二极管即可。

（九）25Hz 铃流电源

本 25Hz 铃流电源主要是由自激推挽电路、逆变变压器，告警电路等组成。

1. 工作原理

电路如图 6-19 所示。闭合电源开关 S，电源通过分压电阻 R_2、R_3，经反馈线圈 N_{1-2}、N_{2-3} 加至 VT_1 和 VT_2 的基极，其中一只优先导通，使两管产生自激推挽放大、变成频率为 25Hz 左右的方波，然后由逆变压器 T 的次级 N_{8-10}，经耦合电容器 C_4、C_5 输出 75V、25Hz 的交流电源。

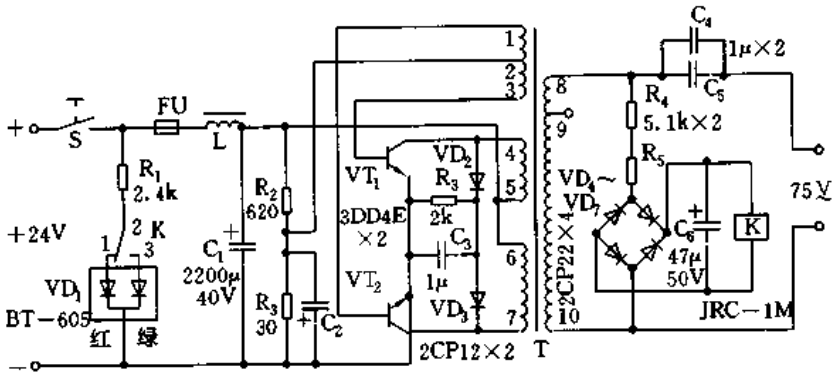


图 6-19

告警电路由限流电阻 R_4、R_5、整流二极管 VD_4～VD_7、电容 C_6 及继电器 K、发光二极管 VD_1 构成。

无＋24V 电源电压时，K 断电释放，触点 K-1、2 闭合，发光二极管 VD_1 显示红色告警信

号；电源正常时，继电器 K 通电吸合，触点 K－2、3 闭合，VD_1 显示绿色正常信号。

电路中，R_3、C_3 和 VD_2、VD_3 为吸收电路，其作用吸收两推挽管瞬间产生高压脉冲，以免损坏两推挽管。

电阻 R_4、R_5 为限流电阻。电容 C_4、C_5 并联，以阻止方波中的直流部分输出。C_6 为保护电容，以防止继电器 K 释放或吸合时出现抖动不稳的现象。

在输出端改变逆变变压器 T 的次级端，则可调整输出电压的大小。推挽管 VT_1 和 VT_2 的参数尽可能选择一致，β 值相差不得大于 15%。

（十）话 务 电 源

本电源主要是供给通信机铃流和话机电压，它是通过简单的逆变形式将直流逆变成方波直接供给铃流，另外再将部分逆变后的交流方波经过整流稳压输出－60V 作为话机电压。

1. 技术指标

（1）输入电压：－48V±10%；
（2）频率：方波 40～50Hz；
（3）输出铃流：～80±5V，40mA；
（4）输出话务电压：－60V±5V，40mA；
（5）稳压精度：5%
（6）纹波系数：0.1%。

2. 工作原理

本电源由感应自激式逆变器、整流、稳压等部分组成，电路如图 6-20 所示。逆变器由变压

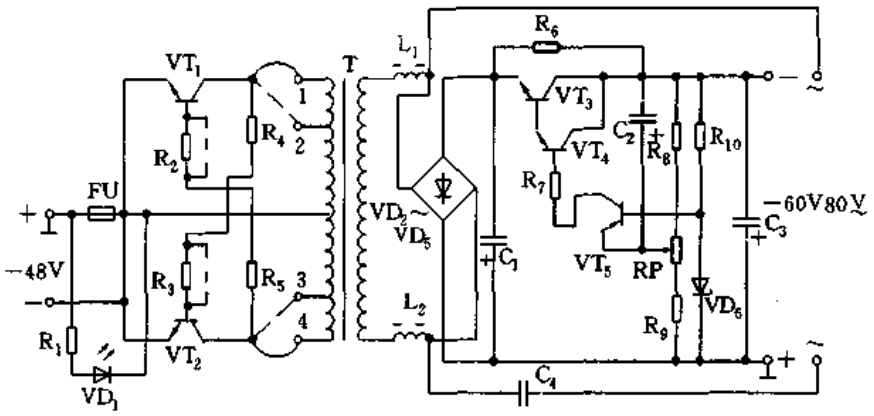


图 6-20

器 T，开关管 VT_1、VT_2，电阻 R_2～R_5 等构成。当接通电源时，由于两管的离散性，必然有一只管首先导通。设 VT_1 先导通，则电流经变压器 T 初级上半线圈构成回路，使 T 初级产生感应电势，上端为负，下端为正，促使 VT_2 截止，VT_1 加深导通，直至饱和为止，感应电势消失；随之产生反电动势，使 T 初级上端由负变正。下端由正变负，VT_1 截止，VT_2 导通，电流经 T 初级下半线圈构成回路。这样周而复始，VT_1、VT_2 相当于两只交替开闭着的开关，使变压器 T 的次级产生感应电压，经 C_4 耦合输出交流 80V，供铃流之用。

T 次级交流电压经 VD_2～VD_5 桥式整流之后，输入至直流稳压部分。稳压部分为一简单的集电极输出型直流稳压电路。R_6 为启动电阻。VT_5 为比较放大器，它将输出端的变化量与基准电压进行比较后，将其差值放大送至复合管 VT_4，经放大后，控制调整管 VT_3 输出－60V 作话机电压。

其中，VD_1 为发光二极管，是作为熔丝被熔断告警之用。

3. 元器件选择

电阻 R_1：RJ-1-5.1k-±5%，R_2、R_3：RJ-1-2k-±5%，R_4、R_5：RJ-2-3k-±5%，R_6、R_7：RJ-0.5-30k-±5%，R_8、R_{10}：RJ-2-10k±5%，R_9：RJ-0.5-2k±5%。电容 C_1：CD26-160-47μ，C2：CD11-50-22μ，C3：CD26-160-10μ，C_4：CL20-160-2μ-±5%。电感 L_1、L_2：LG1-B-10mH。三极管 VT_1、VT_2、VT_3：3DD15D，β=30～70（VT_1 和 VT_2 需配对），VT_4：3DA87B（I_c=10mA，50≤β≤150），VT_5：3CG180B（绿点或蓝点）。二极管 VD_2～VD_5：QL5-0.5A200V。稳压二极管 VD_6：2CW60。发光二极管 VD_1：2EF402B（红）。保险 FU：BC2-2（5×18-0.5A）。

4. 安装与使用

（1）如需改用－24V 供电时，可变变压器 T 的 1、4 端分别改接为 2、3 端，并将电阻 R_2 和 R_3 短接即可。

（2）当话机电压－60V 偏离过大时，可调节电位器 RP，使其达到规定值。

（3）当所有用户均不能摘机时，请先检查－60V 电压是否正常。

（4）当告警灯 VD_1 发出红光时，即电源内的保险丝已经熔断，请查清故障原因后换上同规格的熔丝。

（十一）115V、400Hz 电源

在很多情况下，需要一种低失真而廉价的 115V、400Hz 电源用于测试。本电路采用 PA25 双功率运算放大器集成电路构成这种电源。

1. 工作原理

电路如图 6-21 所示。第一个放大器 A_1 连接成维恩电桥振荡器，谐振于 400Hz。第二个放大器 A_2 是增益为 1 的反相器。两个放大器均以供电电压的一半进行偏置，这样便能以推挽方

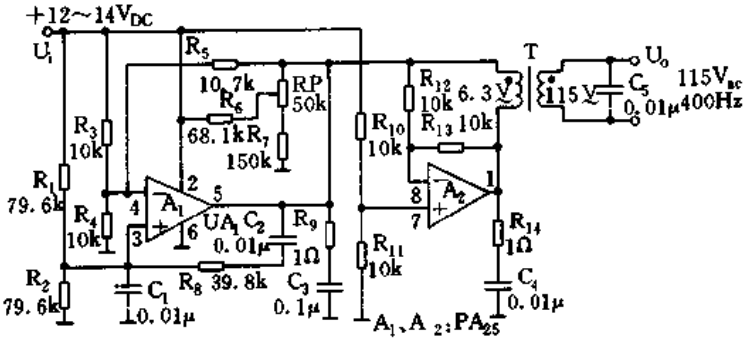


图 6-21

式驱动标准的 6.3V 灯丝变压器，将其初级和次级互换使用，以提供 115V、400Hz 的低失真电源。

本电路所用的元件值也可用于 28VDC 的飞机电机，只要将灯丝变压器换成 12.6V 的那种就行。若要驱动 800Hz 的同步电机，C_1 和 C_2 应改用 0.005μF。

若偏置的设定为 $R_1=R_2$，$R_3=R_4$，$R_{10}=R_{11}$。R_5 的值 R_3 大 7%，这样，U_{A1}的增益略大于 3。振荡频率由 $F=1/2\pi RC$ 决定，式中 $C=C_1=C_2$，$R_8=R_1\cdot R_2/(R_1+R_2)$。

为减小失真，R_6、R_7、RP 组成“软”箝位电路来控制振荡器的幅度。RP 用于调节输出端的 115V 的均方根值。

反相器的增益由 $R_{12}=R_{13}$设定为 1，元件 R_{14}、R_{15}、C_3 和 C_4 用于相位补偿以防止输出级的寄生振荡，C_5 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。双运算放大器有内部过流保护及过热保护。

七、充 电 电 源

（一）摩托车电池充电器

本装置可在充电电压达到预定值时，自动停充。

1. 工作原理

工作原理如图 7-1 所示。充电时，将电池接入电路，电压表 PV 显示出电池剩余电压。按下

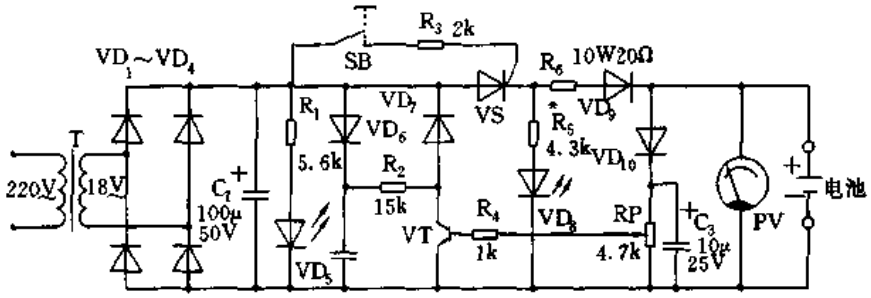


图 7-1

开关 SB，单向晶闸管 VS 导通，充电开始，单向晶闸管 VS 的维持电流由二极管 VD_6、VD_7，电容 C_2、电阻 R_2 提供。当充电电压达到设定值时，三极管 VT 导通，晶闸管 VS 因失去维持电流而截止，充电结束。停充电压一般可设在电路电压 7.5～8.5V 间，也可根据使用情况自行调整。

2. 元器件选择

三极管 VT：9013、β＞60。二极管 VD_1～VD_4、VD_9：1N5404，VD_6、VD_7：1N4002，VD_{10}：1N4148。发光二极管 VD_5：BT201(红)，VD_8：BT304(绿)。单向晶闸管 VS：可选用 3A、≥100V 的单向晶闸管。按键开关 SB：AN4。变压器 T 的电容量≥25VA。

3. 使用时

(1) 红色发光二极管 VD_5 用于电源指示；
(2) 绿色发光二极管 VD_8 用于充电指示；
(3) 限流电阻 R_6 可根据摩托车电池的容量做适当调整；
(4) 调节电位器 RP，可调整充电电流达到所需的设定值；
(5) 图中数据适用于充 6V、6Ah 的摩托车电池。

（二）摩托车蓄电池巧充电

摩托车电池在使用一段时间后，电能不足需要重新充电。目前很多蓄电池修理部门都以大

车蓄电池为修理对象，一般不愿接收摩托车蓄电池的修理业务。为此，特介绍几种经济实惠，方便可行的充电方法，供广大的摩托车用户参考。

1. 充电器的自制、选用及调试

若有条件可自制简单的 6V 充电器，电路如图 7-2 所示。将摩托车的蓄电池接入电路的输出端，将插头 XP 插入电源插座中，发光二极管 VD_6 发亮，即指示正在充电。发光二极管既作充电指示，又可作反向截流管。当蓄电池充至≥6V 时，发光二极管 VD_6 呈反偏，显示熄灭，充电停止，表示充电完毕。二极管 VD_5 为升压二极管，它可使集成稳压电路 W7806 的输出为 7V 左右，从而保证输出为 6V 左右。

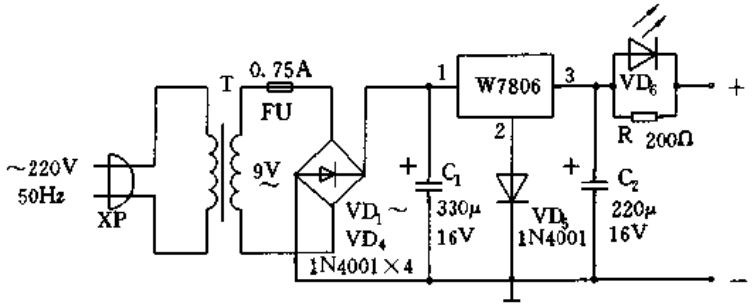


图 7-2

若没有专用充电器，可巧用与袖珍收音机、收录机、游戏机配套的稳压电源代替，效果也很理想。但要求其输入电源电压为 220V，输出电压为 6V，电流为 400mA。也可使用 3～12V 的可调稳压电源(此稳压电源市上一般有售，价格在 10 元以下)。用它充电前，应将其输出电压调整为 6V(最好用数字万用表精确测量)，并用万用表测出其输出端的正、负极。

2. 蓄电池的检查

摩托车一般采用电压为 6V，电流为 400mA 的蓄电池。首先将蓄电池从摩托车上拆下来检查，如果有明显硫(酸腐蚀)化现象或在电极下方已堆满了沉积物或蓄电池外表面出现裂纹且漏液，就应更换蓄电池。再就是检查蓄电池内电解液是否充足。若电解液不足，可到蓄电池修理部门补充蒸馏水。

3. 充电方法

将稳压电源的正负极分别接在蓄电池正负极上，取下蓄电池上的盖塞，接通电源，即开始充电。若采用图中的充电器，可看指示灯是否熄灭，熄灭则表示充电完毕。若选用的是其它 6V 稳压电源，则 6 小时后用万用表测试蓄电池电压。若已达到 6V，说明已充好电；若没有到 6V，则应继续充电，直到充足 6V 为止。

4. 注意事项

(1) 蓄电池内含有硫酸，应避免皮肤、眼睛或衣服沾上硫酸。一旦沾上，要用水尽力冲洗并及时就医。

(2) 由于充电时蓄电池内要产生氢气，氢气与空气混合后遇明火即爆炸，故在充放电时严禁吸烟或点火。

（3）充电时一定要注意正负极性的连接，切忌接错，以免损坏充电器。

（4）若充电 8 小时后，蓄电池电压和未充电前相比，仍无变化或未充好，应检查连接线接触是否良好。如出现 6V 电压时有时无或打火花的现象，应重新接好充电器与蓄电池之间的连接。

（5）若图示充电器的输出电压达不到 7V，可在 W7806 的②脚与地间再串上一只硅或锗二极管。

（6）发光二极管 VD_5 最好选用正向电压＜1.5V 为宜，以满足充电电压的精度。

（三）汽车蓄电池充电告知器

汽车蓄电池的电压过低，会给汽车带来起动困难。本文介绍的蓄电池充电告知器，只要蓄电池的电压降到某一预定值时，即刻发出声光报警信号。

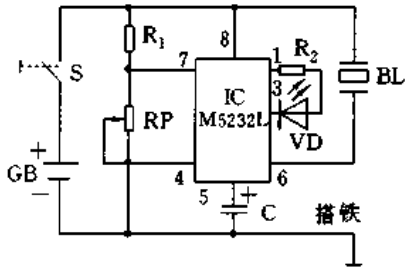


图 7-3

工作原理：电路如图 7-3 所示。IC(M5232L)是一种电压检测报警集成电路，其内部电路主要设置有比较器、基准电压、检测电路、振荡电路、稳压电路和驱动电路。M5232L 的闪烁驱动端③脚和逻辑电平输出端⑥脚的工作状态，是由设定电压输入端⑦脚相对于基准电压检测端②脚电压高低来衡量的。当设定电压输入端⑦脚电压高于基准电压检测端②脚电压时，其③脚输出低电平，且⑥脚输出高电平；当设定电压输入端⑦脚电压低于基准电压检测端②脚电压时，其③脚输出一定频率的脉冲振荡信号，且⑥脚输出低电平。

平时，蓄电池的电压正常时，IC 的⑦脚电压高于内部基准电压，使得③脚输出低电平，⑥脚为高电平，则发光二极管 VD 点亮，且蜂鸣器 BL 不发声。

当蓄电池的电压低于预定值(11V)左右时，IC 的⑦脚电压低于内部基准电压，使得③脚输出一定频率脉冲振荡信号，所以 VD 出现闪烁发光。与此同时，IC 的⑥脚由高电平跳变到低电平，致使蜂鸣器 BL 发生报警声。

IC 使用电压检测报警集成电路 M5232L，它采用单列 8 脚直插式封装，其外引出脚功能：①脚为稳压输出端；②脚为基准电压检测端；③脚为 VD 闪烁驱动端；④脚为接地端；⑤脚为电容振荡端；⑥脚为逻辑电平输出端；⑦脚为设定电压输入端；⑧脚为电源端。VD 使用 BT201A 型红色磷砷化镓发光二极管。$R_1=47k$，$R_2=360\Omega$。$C=4.7\mu16V$。RP 选用电阻值为 51k 的小型实芯圆柱形电位器。S 为常见的小型钮子开关。BL 选用额定工作电压 12V 的通用报警蜂鸣器，内部装有振荡电路，接通电源则可发出“嘟、嘟……”声。

为了便于监视蓄电池的电压情况，发光二极管 VD 和蜂鸣器 BL 应安装在驾驶室的显示仪表板上。调整时，先不接汽车蓄电池 GB，用可调直流稳压器作测试工作电源(11V)左右。然后调电位器 RP，使发光二极管 VD 刚好闪烁，蜂鸣器 BL 刚好发声即可。最后，把稳压电源换成 12V 蓄电池供电，即可投入使用了。

（四）电动自行车电池快速充电器

这里介绍的电动自行车的蓄电池快速充电器，其充电量可达普通充电法容量的 95%，充

电时间则仅用 5h 即可(常规充电需 16～20h)。

工作原理:电路如图 7-4 所示。T 为隔离变压器。L_1、L_3 各输 6V 的交流电压,L_2 输出 36V 的交流电压。当交流电第一个正半周到来时,V_1 经 VD_1 半波整流后取得同步电压触发 VS_1 导通。V_2 经桥式整流器 VD_3～VD_6,通过 VS_1 对电动自行车蓄电池 GB 充电,当交流电过零时,VS_1 自动关断;在过零后的第一个负半周到来时,V_3 经 VD_7 半波整流,取得触发电压使 VS_2 导通,于是 GB 便通过 VS_2 对电容 C_1 充电,当 C_1 两端电压上升到与电池 GB 两端电压接近,且 L_3 交流电压过零时,VS_2 自动关断,停止放电。此时电容 C_1 便通过电位器 RP、电阻 R_3 泄放,为下一次充电作准备。当电源第二个正半周到来时,VS_1 又被触发导通对 GB 进行充电。如此周而复始,短暂的放电消除大电流充电引起的极板极化,使充电能顺利进行,并使充电温升也得到控制。

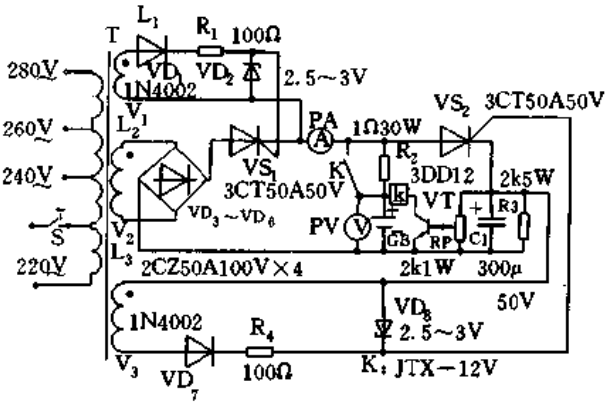


图 7-4

为使 GB 充电量达到 80～85%时减少充电电流,以便保护蓄电池,电路中采用了三极管 VT 和电位器 RP 构成电压检测电路,检测电压取样于 C_1 的两端,这样可避免因大电流充电时电池端电压升高的现象。制作过程中要注意电源变压器接头的同名端。

(五)简易充电器

图 7-5 为充电器的原理图。220V 经变压器 T 输出为 12V。变压器 T 次级中心抽头分为两个 6V,为相互独立的单元。各单元经半波整流变为 3V 直流电供电池充电。图中 R_1 取 6Ω、1W,R_2 取 24Ω、1/2W,R_3 取 47Ω、1/8W。此电路有快、慢两种充法可供选择。快充电流为 100mA、慢充电流为 50mA。

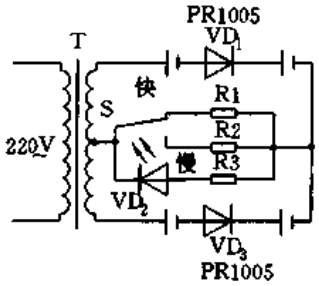


图 7-5

现在家用可调稳压电源已经很普及了,如果照图 7-6 做一个附加器,便可增加充电功能。此充电器可以在不影响调压电源工作的情况下进行充电。VD_1 可防止外接输入电压反相。VD_2 为电源指示,如果插上 3V 电源,发光二极管不亮,则输入的＋、－极反相,变换一下即可。灯亮即可充电。R_1 取 5Ω、1W、R_2 取 20Ω、1/2W,R_3 取 470Ω、1/8W。

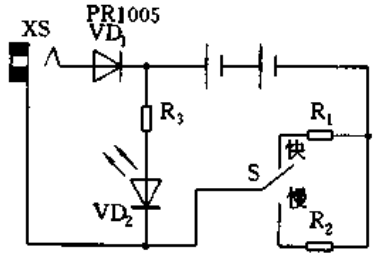


图 7-6

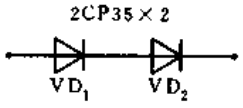


图 7-7

图 7-7 是以上两电路的充电附加器，可以克服以上两电路不能单个电池充电的缺点。它利用硅管的管压降为 0.7V 的特点。用两只二极管相串，压降正好为 1.4V。二极管可选用额定电压大于 10V，额定电流大于 200mA 的。此电路元件可装在电池长度相同的竹管内，以便于使用。

（六）简易镍镉电池充电器

镍镉电池的不足之处是其容量大约是相同大小的一次性电池的三分之一，且自放电时间也比一次性电池快，一般在两个月内自放电到只有原容量的 60%。本文介绍的充电器电路比市售的充电器简单，最多一次能充电十四节电池。

1. 工作原理

本充电器的设计分为两部分：把交流电源变为 12DC 电源，以及 12－24V 恒定电流电池充电器，具有 60mA 和 90mA 输出分别适合 AA 和 PP_3 型电池，如图 7-8 所示。如果需要把较大的电池充电，充电器电路是很容易改装的。可以把两个电路装在一个外盒或者装在分开的盒子内。使用分开的盒子可以让充电器更适合使用任何 12～24V 直流电池。60mA 和 9mA 充电器电路的操作方法相同。该电路均含有一个 PNP 硅晶体管和射极电阻构成的射极跟随器。在基本电路中如图 7-9 所示，这些元件分别以 VT_1 和 R_2 表示。待充电的电池组成集电极负载。晶体管的基极保持着由发光二极管 VD_1 和串联电阻 R_1 提供的基准电压。电阻 R_1 把发光二极管的电流限制在 10～22mA，具体数值和输入电压(12～24V)有关。采用发光二极管比低压齐纳二极管好，因为它具有较陡的电压电流特性曲线，而且它的温度系数和晶体管差不多。

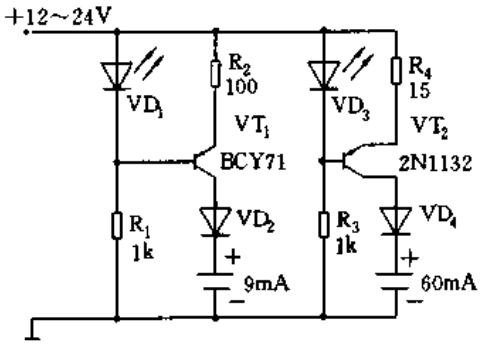


图 7-8

晶体管的基极电压为 1.6V，晶体管的射极结点电压降是 0.7V，R_2 的两端电压是 1.6－0.7＝0.9V。因此，R_2 的电池电流为 $I=U_{R2}/R_2=0.9/R_2$ (A)，对于容量是 600mAh 的 AA 型电池来说，连续充电速率是 600/10＝60mA，所以 $R_2=0.9/60\times10^{-3}=15\Omega$。对于容量是 90mAh 的 PP_3 电池来说，最大连续充电速率是 9mA，由下式可得出 R_2 的数值：$R_2=0.9/9\times10^{-3}=100\Omega$，利用这个公式就可以计算出所需充电电流的电阻值。以便确保不会超过晶体管的功耗和 R_2 的电阻值。

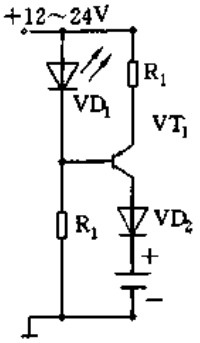


图 7-9

在断去电源时，二极管 VD_2 阻止电池放电。充电器的最小电源电压大约是 9V 才能维持通过发光二极管的电流。这电压可以让充分的峰值储备把 4 个串联的电池充电，但却不适合一个 PP_3 型电池。R_2 的电压降是 0.9V，VT_1 的射极集电极结点的电压降大约是 0.9V，VT_1 的射极集电极点的电压降大约为 0.4V，而 VD_2 的端电压是 0.7V，总共是 2V。因此，要把一个 PP_3 电池充电，最小的电源电压是 9＋2＝11V。如果电源电压大于这个数值，电路要保持晶体管两端的电压才能使流过 R_2 和充电电池的电流保持恒定。

双充电器电路所需电流是发光二极管电流和充电电流的总和，也就是 60＋9＋24＋24＝

117mA。每个电路中所用晶体管的允许功耗要在即使充电端点短路时也能适合 24V 电源。因此，充电器直流电源的总需求是 11V 至 24V，而最小电流是 120mA，如果需要从交流电源获得分开的直流电源，可以采用图 7-10 所示建议电路，它含一个双相全波整流器，后面再连接一个滤波电容。电路可以装在分开的外盒，并且用作通用的标称值 12V 直流电源，或者装在同一外盒作为充电器电路，另一种方法是采用共有 12V 直流输出的交流电源适配器。

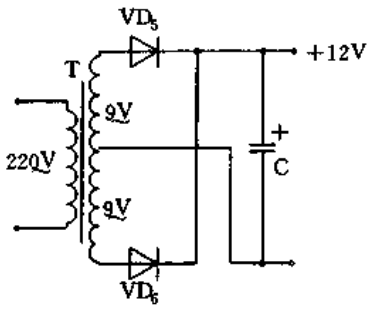


图 7-10

2. 安装与应用

60mA 的充电器中的晶体管要装散热器，才能在联接 24V 电源以及充电输出端短路时也能使晶体管保持冷却。完成装配后，可以加上输入电压，并且在充电端点跨接一个电流计，检查它的读数是否为 9mA 或 60mA。如果需要时，可以稍微改变 R_2（9mA 输出）或 R_4（60mA 输出）的数值以获得正确的充电电流。串联起来充电的 AA 型电池的最大数目见表 7-1。

表 7-1

电源电压(V)	电池最大数目
11	6
12.5	7
14	8
17	10
20	12
23	14

如果需要把 C 型或 D 型电池充电，可以使用 60mA 充电器。C 型和 D 型电池完全充电的时间分别是 25 小时和 58 小时。装配时请注意，电池连接充电器时必须留意正负极和不可以用充电器给一次性电池充电。

（七）适合自制的充电器

市场上缺少安全可靠且价廉的充电器。该自制的两款充电器由于容易制作，使用效果好，提供给有兴趣的读者参考。

1. 简易可编程充电电路

本充电器核心芯片采用电扇程控集成块 BA3105，它巧妙地利用芯片的定时和调风速功能用作定时及调节充电电流。其定时器由图中的 S_2 可连续设置 0.5 至 7.5 小时，其调速功能由图中的 S_3 切换，并由芯片的①、⑰、⑱脚分别相对地电位输出高电平，每个输出脚控制不同

电流的恒流源以完成对不同型号电池以不同大小电流充电，原理图如图 7-11 所示。

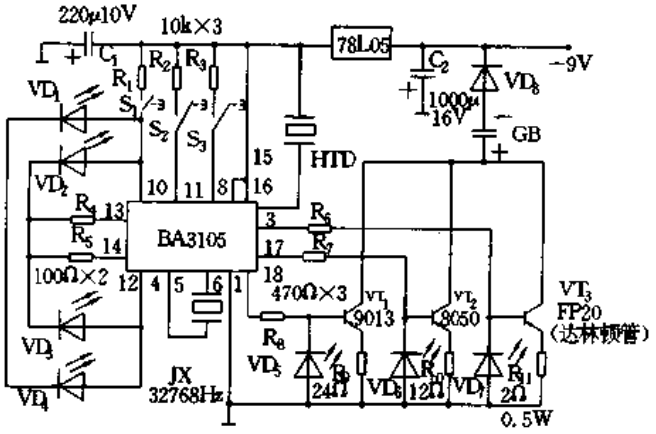


图 7-11

制作时电源可由 5W 以上 7.5V 的变压器整流后提供；JX 可选用电子表的晶振，HTD 选微型蜂鸣片，如需要关闭充电器时可按 S_1。类似的电风扇芯片品种市场很多，价格也很便宜，制作时可灵活选用，因此该电路为一款性价比很高的充电器。

2. 有涓流充电电路

电路利用 555 电路设计一占空比小的振荡器来控制充放电恒流通路完成对电池的充电的电路，这种方法除了能用大电流(最大可达 2C，L 二电池容量)。该电路的特点当快充电完毕后电路自动转换为涓流充电。电路如图 7-12 所示。

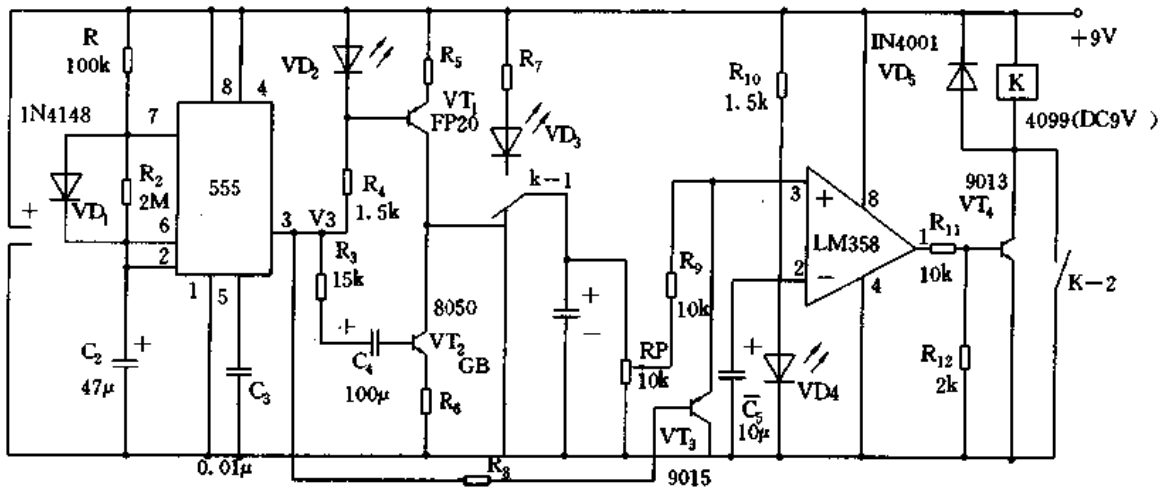
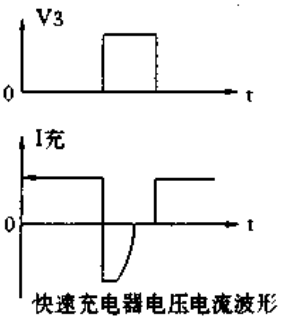


图 7-12

制作时电源变压器的功率要根据充电电流任意大小的压电陶瓷片，每一个有效操作将有蜂鸣声提示(也可不用)；VD_1～VD_4 应用同一颜色的发光管，亮时分别代表 0.5、1、2、4 小时的设置；VD_5～VD_7 选用不同颜色的发光管以分别代表 50、100、250mA 的充电电流；恒流管 VT_3 为 2W2A 的达林顿管，可据此选用。各挡充电电流可通过调整 R_9、R_{10}和 R_{11}自行设计，其中 R_9 和 $R_{10}=1.2/I$，而 $R_{11}=0.6/I$。

本充电器一次可对 2 至 4 节电池充电，使用根据待充电电池的容量先按 S_3 设置充电电流，同时起动芯片开始工作，再按 S_2 设置充电时间，VD_1～VD_4 全部亮时表示设置七小时半，充电恒流管要选大功率达林顿管并加散热器，充电电流根据需要由 R_5 来调整。放电电流由 R_6 来设置，一般设计放电电流可与充电电流一样大小。制作完毕后要调整的是比较器翻转电压，由于充电器监视的是电池放电后的电压，电池处接一充完毕的电池组。调整 RP 刚好使 VD_5 亮即可。按照图中设计一次可对 2～4 节的电池充电。由于各厂电池的差异，电池新旧的差异将

每节电池的翻转电压请按 1.4～1.45V 来设置。调整完毕后可装入一组待充电电池，VD_2 和 VD_4 应亮，且 VD_2 亮约 100 秒，灭 4 秒左右即认为充电器正常，555 的③脚波形及充电电流波形如图 7-13 所示。否则应调整 555 的定时阻容参数。制作时应注意 VD_4 为比较器的基准电压，当一次充四节电池最好在 VD_4 下端串接一只 3V 左右的稳压二极管以提高控制灵敏度，VD_4 同时为电源指示灯。



快速充电器电压电流波形

图 7-13

使用时应先装入待充电电池再接电源。VD_2 为正在充电指示，正常时应一亮一灭。VD_4 为电源指示。VD_3 为充电完成指示兼作涓流充电指示。当 VD_3 亮时可认为快充电完毕。

注：$R_6=1.4N/I$，$R_3=(VD-1.45N)/6$(千欧)。

其中 N 为充电电流节数，VD 为充电器电源电压，6 为涓流充电电流 6mA。

（八）对讲机用快速充电装置

目前市售的充电器，实际上往往是普通的整流器，有充电时间长，效率低、充电后电池使用时间短等缺点。这里介绍一种适用于对讲机 6 节或 9 节镍镉电池的恒流快速充电器。充电时间 2 小时，充满停止。

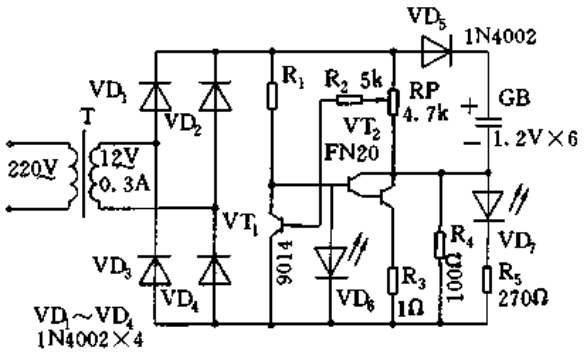


图 7-14

1. 工作原理

电路原理如图 7-14 所示。R_1、R_3、VD_6、VT_2 组成恒流充电；VD_7 提供恒流基准电压作充电指示；R_2、RP、VT_1 组成电池电压检测；R_4、R_5、VD_7 组成涓流充电。

开始充电时由于电池电压较低，VT_1 截止，VT_2 通过 R_1 获正偏而导通，电源通过 VT_2 及 R_3 向电池 GB 进行充电，同时 VD_6 点亮，在充电过程中，电池电压逐渐上升，当上升到预定值时，VT_1 导通，VT_2 截止，VD_6 熄灭，相对大电流充电结束，电池自动转入约 30mA 的涓流充电(这样有利于保存电池容量)，VD_7 作涓流充电指示。

2. 调试与使用

(1) 旋转 RP 向下滑至电池负端，将接电池正负极的引线接一插头，插到对讲机充电插座上。开启充电器电源，VD_6 立即点亮，电池进入充电状态，当电池充至 8.4V(1.4V×6)时，调 RP 使 VD_6 熄灭，VD_7 点亮即可。

(2) 电池开始充电时最大电流 300mA，电池充满约 250mA。VT_2 的饱和压降 0.7V，其最大功耗为 210mW。VT_2(FN20)为达林顿复合管，最大电流 800mA、40V，功耗 2W，β 值 5000 左右。可见，VT_2 在该充电器中不必加装散热器。

(3) 当用此电路充 9 节电池时，只需将变压器 T 输出电压提高到 15V，R_1 改为 330Ω，其余不变。

（九）对讲机快速充电器

目前，手持式无线通信机（对讲机）的使用范围广泛，而对讲机的使用，明显存在着一个突出的问题；每给对讲机所用的6～8节镍镉电池块（500～700mAh）充电一次，需长达10～14个小时，充电速度的迟缓，直接影响着对讲机的使用效益，给使用者带来极大的不便。

1. 快速充电器的设计

要实现镍镉电池的大电流快速充电，必须具备以下两个条件：一是在充电过程中，要及时消除电池内部的极化效应，该充电器采用了大电流脉冲充电，间歇放电去极化的充电方式。实践证明，采用此充电方式可大大提高充电速度。

为了满足快速充电的第二个条件，即当电池充满后及时切断电源防止过充，该充电器采用了定时、限温、限压三种控制手段，当这三个参数中任一个达到设定值时，都能及时切断电源，即能保证电池充足充满，又能安全可靠地防止电池过充电。

2. 快速充电器的原理

电路原理如图7-15所示。

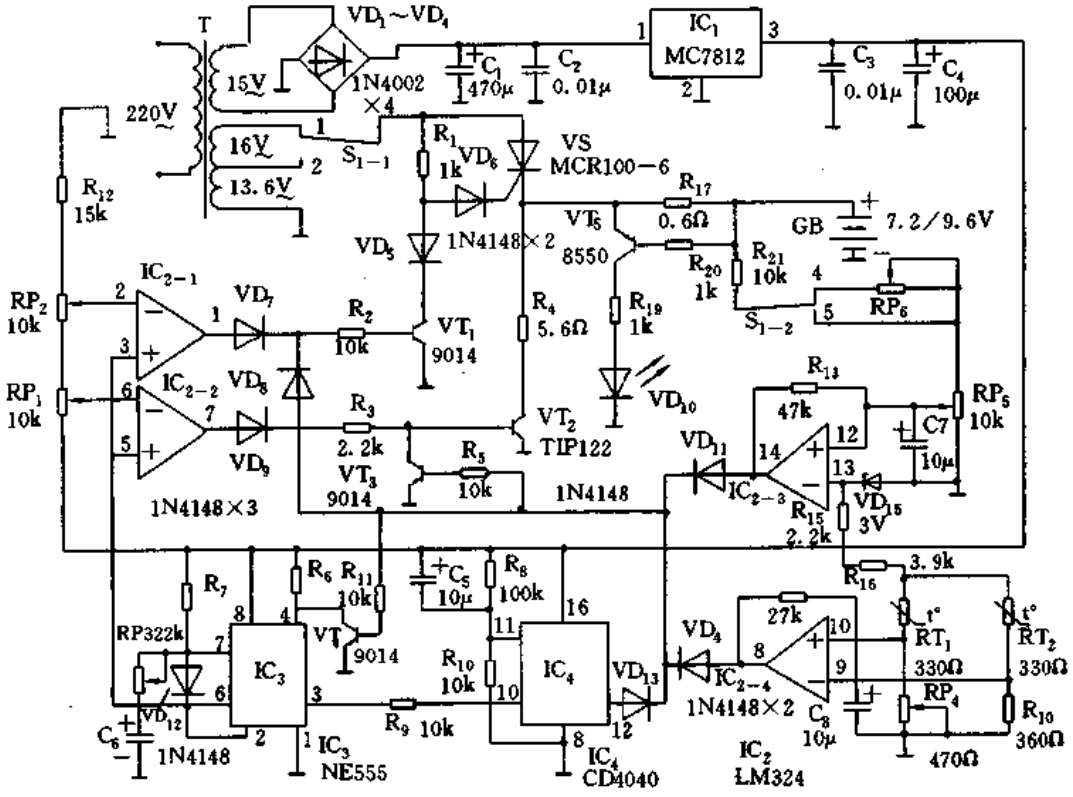


图7-15

由图7-15中可以看出：变压器副边1或2端的低电压经单向晶闸管VS整流后，由R_{17}给对讲机电池组GB进行大电流充电，充电电流在R_{17}上的压降使三极管VT_5导通，发光二极管VD_{10}闪亮，指示出充电状态。三极管VT_1和集成块IC_{2-1}组成充电停止电路。当IC_{2-1}的①脚输出高电平时，VT_1导通，VS因触发极为低电平而关断，充电停止；当IC_{2-1}输出低电平时，VT_1

截止，VS 导通，对电池充电。

三极管 VT_2 及 IC_{2-2}组成电池反向放电电路。当集成块 IC_{2-2}的⑦脚输出高电平时，VT_2 导通，电池 GB 经 R_{17}、R_4、VT_2 大电流反向放电。反之，当 IC_{2-2}输出低电平时，VT_2 截止，放电停止。

集成块 IC_3 及周围元件组成振荡电路。从 IC_3 的⑥脚输出一个三角波加到 IC_2 的③脚和⑤脚，与集成块 IC_2 的⑥脚和②脚上的直流电平相比较，当三角波电平低于 IC_2 的②脚电平时（因 IC_2 的⑥脚高电平恒高于②脚电平，此时三角波也必然低于⑥脚电平），IC_2 的①脚和⑦脚均输出低电平，此时为充电周期。当三角波升高到大于 IC_2 的②脚电平而小于⑥脚电平时，IC_2 的①脚输出高电平，VT_1 导通，此时为停止充电时间。当三角波继续升高到高于 IC_2 的⑥脚电平时，IC_2 的⑦脚输出为高电平，VT_2 导通，此时为电池 GB 反向放电周期。关于这部分电位变化及充放电关系，如图 7-16a、b 波形所示。

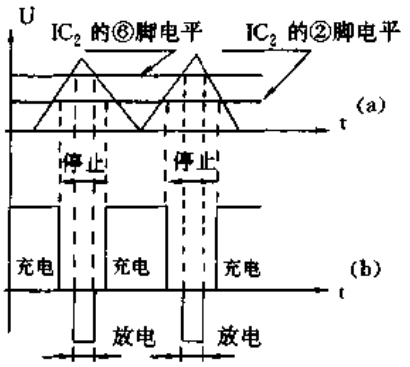


图 7-16

下面分别叙述定时、温度、限压三种控制方式的工作原理：

（1）定时控制原理：

集成块 IC_4（十二级二进制计数器 CD4040）及其外围元器件组成定时电路。从集成块 IC_3 的③脚输出的方波电压，作为计数脉冲输入到 IC_4 的 CP 脉冲输入端，由集成块 IC_4 对方波进行计数。当 IC_4 计数到 256 个方波脉冲时，其⑫脚（Q_8 端）输出高电平，此高电平使 VT_1、VT_3、VT_4 导通。其中：VT_4 导通使 IC_3 停止振荡，VT_3 导通使 VT_2 截止，使电池 GB 不再放电，VT_1 导通使 VS 关断，不再充电，从而达到了定时控制切断电源之目的。调整 RP_3 可以调节集成块 IC_3 的振荡周期，使之在 5～6 秒范围内变化，经过 256 个计数脉冲，定时范围约在 20～25 分钟之间。实践证明，按图 7-15 中参数，在 20～25 分钟内，对已放空的电池 GB 完全可以保证充足充满。

R_8、C_5、R_{10}组成 CD4040 的复位电路。

（2）温度控制原理：

大量的充电实践表明：在镍镉电池充满以前，其温度很低，温升很慢；而当电池充满后，若继续充电，其温升急剧增加，可达每分钟 3～5 度。该充电器就是利用镍镉电池的这一特性，实现温度控制的。

如图 7-15 所示，负温度系数热敏电阻 RT_1、RT_2 与 RP_4、R_{18}组成一个温度检测桥，其中：RT_2 放置在远离电池 GB 的空间位置，用于检测大气室温，另一个热敏电阻 RT_1 则放置在充电卡座中紧贴被充电池 GB，用于检测电池 GB 的温度变化，桥式电路无输出，只有当电池 GB 充满，温度开始升高时，RT_1 由于受热而阻值下降，使 IC_{2-4}的⑧脚输出高电平，使 VT_1、VT_2 截止，IC_3 停振，结束充电过程。大量实践证明，当电池 GB 温度升为 3～5 度时，为电池充足或稍有过充的标志，此时切断充电电源为最佳时刻。而调整 RP_4 就可使 IC_{2-4}在这一最佳时刻动作，结束充电。

（3）限压控制原理：

新旧程度不同的镍镉电池，其充电终了值是不一样的，所以用限压控制作为电池充满条件只是作为最高电压限制的一种辅助手段。

集成块 IC_{2-3}及其外围元件组成限压控制电路，当电池充满，电池电压升高到设定值时，IC_{2-3}输出高电平，结束充电过程。RP_5、RP_6 分别用于调节 6 节和 8 节镍镉电池 GB 的充电终了限压值。

（4）说明：

开关 S_1 打向 1 挡时，适用于对 8 节电池块（9.2V）充电；打向 2 挡时，适用于 6 节电池块（7.2V）充电。

变压器 T 的容量以 40～50VA 为宜，如果容量太小，会使充电电流过低，在 25 分钟内不能充满电池。

本充电器如果配以不同的充电卡座，并适当增加变压器容量，亦可用于大哥大电池块的快速充电。

（十）全自动镉镍电池充电器

本充电器电路采用折点电压法对镉镍电池进行充电。当电池充足电时，充电电流将自动减至 8mA，同时用发光管指示充电结束，并给电池提供涓细电流，维持其电量。因而不会产生过充及欠充现象，从而延长了镉镍电池的使用寿命。电路如图 7-17 所示。

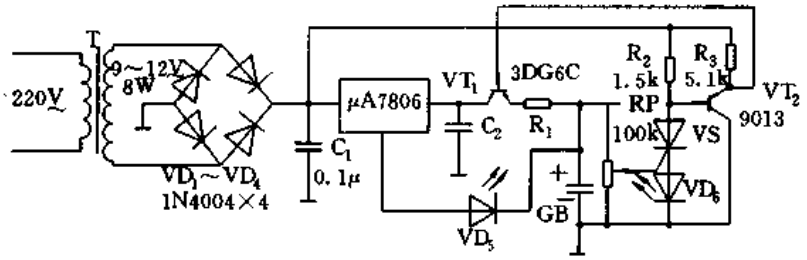


图 7-17

图 7-17 中 VD_5 为充电指示，VD_6 为充电结束指示。充电部分采用三端稳压块 μA7806 组成恒流源充电电路。充电电流 $I=(6V/R_1)+I_{VD5}=(6V/R_1)+8mA$。适当选取 R_1 可以得到合适的充电电流。

控制部分采用单向晶闸管 VS。当电池充足电时，电池两端的电压上升至一固定值（单只约 1.4～1.55V），导致晶闸管 VS 导通使 VD_6 发光，且 VT_2 随之饱和导通导致 VT_1 无偏置电流而截止。这时电池的充电电流只剩下流过 VD_5 的三端稳压块的静态电流，约 8mA 左右，因而电池不会被过充。

调试：用充足电的镉镍电池代替待充电池，仔细调节 RP 使 VD_6 刚好点亮，测充电电流为 8mA 即可。

（十一）多功能调压充电器

本调压器电压能在 0～280V 范围内步进升降调节，功率可达 500W，且能给 12V 蓄电池以较大的电流充电。该电路设有过压自动切断负载功能，它由 R_2、RP、VT、K 等元件组成。本装置不仅是维修人员的得力助手，又可作为电压较低的地区家庭调节电压或充电使用（当然可根据此时情况取消部分功能）。电路原理图如图 7-18 所示。

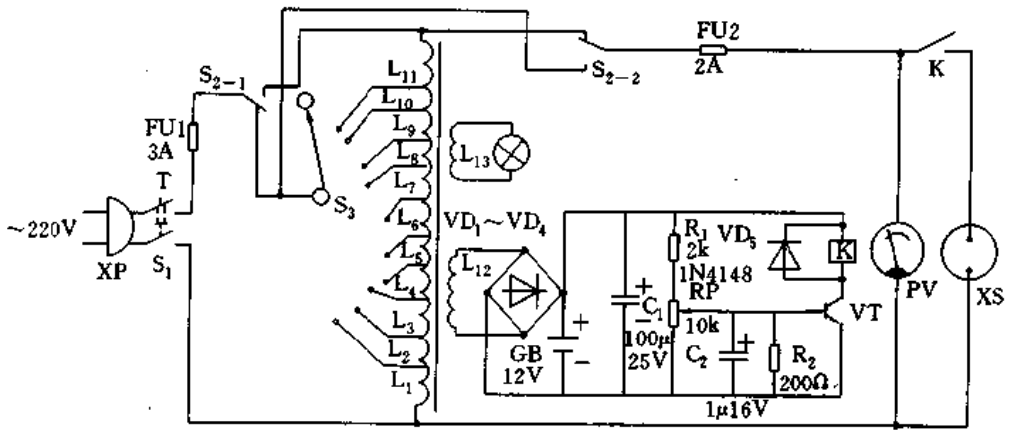


图 7-18

1. 元器件选择

变压器 T 可用功率 100～150W 左右的铁芯绕制，如用 30×48mm²E 型、246C 型等，不同铁芯绕制数据略有区别，图中数据是以 30×48mm²E 型铁芯设计的。以 4T/V 计算，L_1～L_{11}用 φ0.7mm 左右的高强度漆包线绕制，L_1 绕 240T(60V)，L_2～L_8 各绕 80T(20V)，L_9～L_{11}各绕 120T(30V)，L_{12}用 φ1.2mm 左右高强度漆包线绕 77T 左右，(N＝280V/220V×15V×4T/V≈77T)，L_{13}用 φ0.21mm 高强度漆包线绕 24T 即可，S_1、S_2 为双刀双掷开关，S_3 为 1×10 旋转式调压波段开关。继电器 K 用额定电压 9～12V 小型的如 4098、JRX-13F 等。表头 PV 用 0～300V 小型交流电压表。VD_1～VD_4 用 1N5408。VT 用 9014 等硅管。指示灯 HL 用 6V 左右的(6.3V、0.1A)。

2. 调试与使用

本装置只要变压器绕制正确，接线检查无误即可工作。调节 RP 使输出电压为 242V 时继电器吸合即可。使用时开关的顺序为：先把调压开关 S_3 置于 0 挡，再打开电源开关 S_1，后根据情况调升降压开关 S_2，再调调压开关 S_3 得到所需电压。

3. 制作

外壳可用厚铁皮加工而成，开关、表头、指示灯装在前面板适当位置上，插座、保险丝座、充电接线柱等接在机壳后面板适当位置上。

(十二) 多功能充电器

本多功能镍镉电池充电器可用于我国目前引进生产的 FTC-2203/2205、FTC-5203、IC-H6 等型号便携式无线电通讯机专用镍镉电池的充电，同时还可以对两节或四节 5 号镍镉电池进行充电。本充电器充电电压稳定，充电电流恒定。充电时，当被充电池容量达到饱和状态时能自动停止充电。本充电器还具有电池容量检测显示，可以延长电池的使用寿命。

由于本充电器价格低廉、小巧玲珑、携带方便，为广大家电产品的使用者以及摄影爱好者提供了方便。

1. 工作原理

电路原理如图 7-19 所示。将被充电池接入输出端 U_o，然后通电，三极管 VT_1 导通，其集电

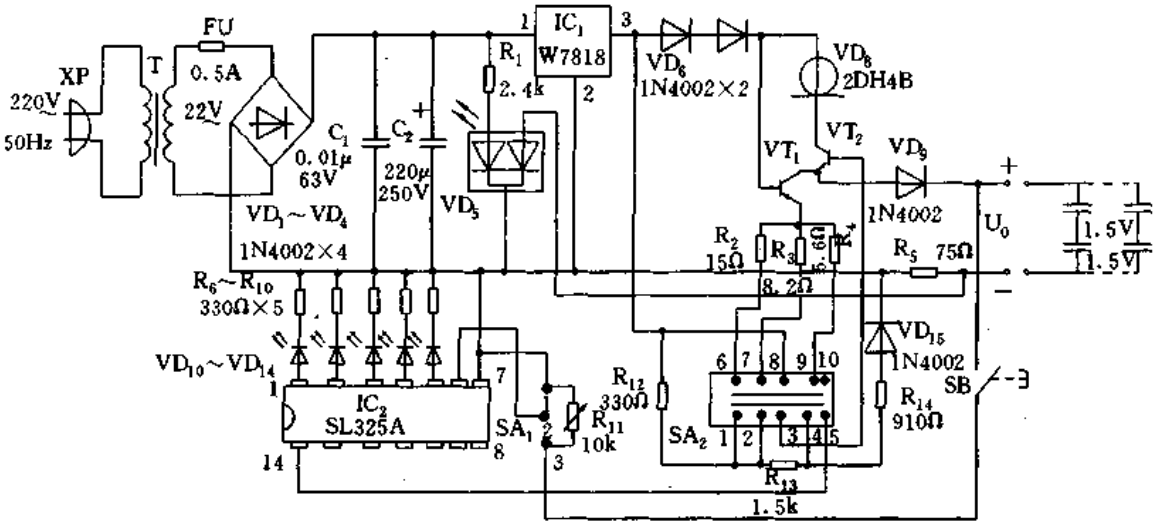


图 7-19

极将获取到一恒定电流，由二极管 VD_9 给电池充电。电阻 R_{12} 和 R_{13} 为三极管 VT_2 的偏置电阻，在三极管 VT_2 呈导通状态时，其集电极由于接有二极管 VD_8 而产生恒定的集电极电流，并通过射极输出而提供给三极管 VT_1 的集电极，作为 VT_1 的负载电流来满足电池恒定充电。电路中 VD_8 为恒流的半导体器件，具有直流等效电阻低、交流动态阻抗高、温度系数小等特点。恒流二极管具有如图 7-20 所示的伏-安特性曲线，是一个十分理想的恒流源。

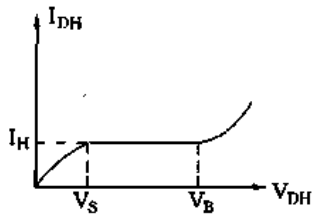


图 7-20

当电池充电达到饱和状态时，恒定电流下降，充电电流很小，作为 VT_1 的负载，VT_1 电流变小，则 VT_1 集电极电流急剧减小，使电池处于充电的状态。

集电极电路 IC_2(SL325A)是一个 14 脚双列直插式集成驱动电路。本电路利用该集成电路驱动五只发光二极管 VD_{10}～VD_{14}，以检测被充电池是否充足。当被充电池电压上升时，⑥脚电位跟着不断上升；当⑥脚电位达到 0.6～0.7V 时，其内部驱动管导通，发光二极管 VD_{10} 发光，其输出端是通过限流电阻与发光二极管相连接的，其阻值 $R=(V_{cc}-0.7-0.8)/I$。式中，V_{cc} 为电源电压；I 为发光二极管的工作电流；0.7V 为开关饱和管的饱和电压降；1.8V 是发光二极管的正向压降。以后⑥脚每增加 0.6V 就会使下一级的三极管导通。因此②、③、④、⑤各脚发光管便会随着充电电压的升高而逐个点亮，也就是说，发光管的个数与充电电压大小成正比。

2. 元器件选择

晶体三极管 VT_1：T8550，$\beta=80$ 左右，VT_2：C9014，$65\leqslant\beta\leqslant115$。发光二极管 VD_9：2EFGY5(黄、绿双色)，发光二极管 VD_{10}～VD_{14}：除选用 BSR1057 或 BSR2058 外，也可选用工作电压低、导通电流小而发光效率高的五只单个的发光管。拨动开关 SA_1：KB－1(2×2)、SA_2：KB－2(2×4)，按键开关 SB：KAX－1(1×1)，变压器 T 的功率选用 3～5W。电阻标称功率除 R_5 为 1/

2W 金属膜电阻外，其它均为 1/8W 金属膜电阻。

3. 安装与调试

（1）发光二极管 VD_5、VD_{10}～VD_{14}及开关 SA_1、SA_2、SB 安装在自制的外壳表面处，以便显示和选择。本充电器外壳正面安装如图 7-21 所示。

（2）将插头 XP 插入交流电源 220V 中，发光二极管 VD_5 应显示绿光，用万用表测出三端集成稳压器 W7818 的③脚与②脚之间应为 18V 直流电压。

（3）将开关 SA_2 拨至“3V”挡，测得三极管 VT_1、VT_2 的 V_{eb1} 和 V_{eb2} 为 0V，均处于截止状态。

（4）空载时，将 SA_2 置“关”挡，输出 V_o 为 0V；置“3V”挡为 5.6V；置“10.8V”为 15V；置“13.8V”为 16.5V。

（5）SA_2 置“3V”挡，将两节或四节的 1.5V 电池如图 7-21 所示，接入输出端 V_o，发光二极管 VD_5 变成黄光，测得 $V_{eb1}=0.6V$，$V_{eb2}=0.7V$，若达不到该值，可略调节其偏置电阻 R_{12}、R_{13}即可。恒流二极管 VD_7 两端电压为 0.2V，电阻 R_5 两端电压为 2.1V。此时输出电压为 3.3V。

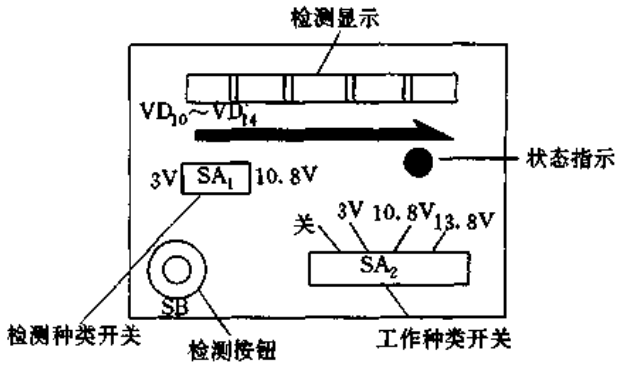


图 7-21

（6）电池被充足后，发光管 VD_5 又自动转为发绿光，VT_1 和 VT_2 偏压保持不变，但检测 VD_8 两端电压为 0.1V，电阻 R_5 两端电压为 1.5～1.7V。

（7）将 SA_2 置“关”挡，SA_1 置“3V”挡，按下 SB，发光二极管 VD_{10}～VD_{14}亮度显示在两只以上，此时说明电池已充足。

（8）测大于 9V 的电池，可将 SA_1 置“10.8V”或“13.8V”挡，方法同(7)，VD_{10}～VD_{14}亮度显示较多即可，否则未充足电。

4. 使用方法

（1）充电前，先将工作种类开关 SA_2 拨至相应充电电池种类挡位，接通 220V 电源，充电器指示灯 VD_5 应发出绿光，说明已正常接通，然后放入相应电池，此时，状态指示灯将由绿光变为黄光，说明正在进行恒流充电。

（2）本充电器充电电流根据被充电池的规格要求，分别为 50mA、27mA 恒定电流，故对镍镉电池复原充电时间应达 14h。电池被充足电后，状态指示灯仍将变成原绿色光，说明电池充电完毕，此时可以将电池取下。

（3）本充电器可将两节 5 号镍镉电池和一节 9GNY0.45 电池分别进行容量检测。因为 IC-CM3 电池内部有保护二极管，所以不能检测。

检测时，先将工作种类开关 SA_2 拨至“关”挡，再将检测种类开关 SA_1 拨至相应充电池种类“3V”或“10.8V”挡，按下检测按钮 SB，测量五号镍镉电池时，两只以上发光管点亮表示电池已被充足电；测量 9GNY0.45 电池时，则四只以上发光管点亮才表示电池已被充足电。

（4）因本充电器具有自动检测电池电压，终止充电之功能，故当充足电的电池放入充电器

时，状态指示灯将不会发生变化，此时，可以将工作种类开关 SA_2 拨至“关”挡，检测种类开关 SA_1 拨至相应挡位，按下检测按钮 SB，便可知充足电否。

（十三）自动充电器

本文所介绍的充电器，用于向 12V 酸性蓄电池充电，同时，12V 交流电源可用于热补机、便携式灯和其它设备供电。该充电器所用元件容易购买、制作简单、操作方便。

1. 主要参数

（1）充电电流：在 5A 范围为 4.5～5.8A，在 2A 范围为 1.5～2A；

（2）放电电流：1.5～2A；

（3）交流电源消耗的功率不大于 150W；

（4）充电循环结束，充电器本身从被充电电池消耗的电流不大于 17mA；

（5）负载消耗功率不大于 80W；

自动充电器工作在下列三种状态其中之一：两种自动状态即“自动重复”和“充放电循环”状态，“手动”状态。

“自动重复”状态用于蓄电池的自动再充电，在该位置电池插孔的电压与充电程度成函数关系，当电池电压达到 14.6～14.8V 时，充电器自动与电源断开，如果电池电压低于 12.8～13V 时，充电循环重复。“充放电循环”状态用于电池老化循环，蓄电池板去硫，即充电到 14.6～14.8V 和放电到 10.6～10.8V 状态多次短暂交替。“手动”状态时，自动充电器变成普通的充电器。当电池断开时，在自动状态下，充电器不怕输出短路。

2. 工作原理

如图 7-22 所示，充电电流的稳流和限流电路由非线性元件 HL_1～HL_3 白炽灯构成，它同被充电电池串联，当充电电流增大时，灯丝电阻的阻值变大，阻止电流增加，保持充电电流稳定。充电电流所需数值，由开关 SA_3 选择。运放 IC 构成施密特触发器，用来检测电池引出端的

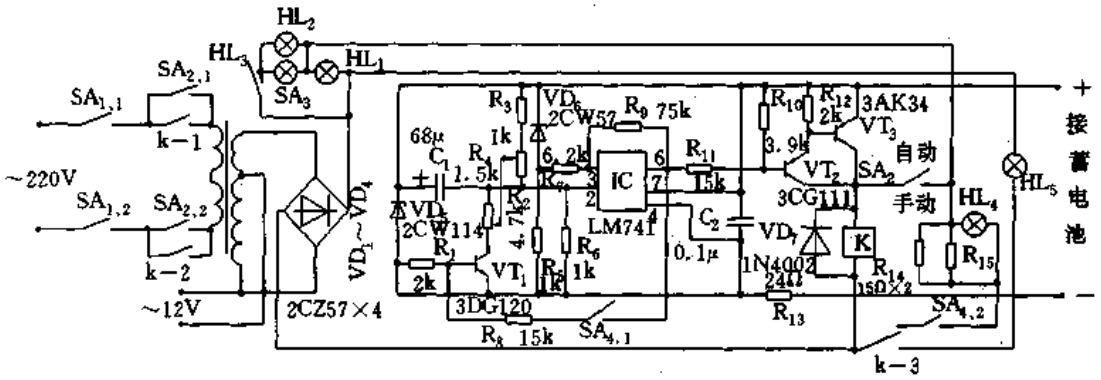


图 7-22

电压。把参数稳压器 VD_6、R_5 取得的基准电压，加到运放 IC 的同相输入端，而从分压器 R_3、R_4、R_6 取得的电压正比于电池电压，加在运算放大器 IC 的反相输入端。同相输入端与电池正端接有基准电压稳压管，所以充电电池上电压的变化，100%地反应到运放的同相输入端。假设开关 SA_2 和 SA_4 处于电路所指示的位置，即“自动重复”蓄电池充电电压检测位置，当接上蓄电池，

其电压加到分压器 R_3、R_4、R_6，如果该电压低于 14.6～14.8V，则运放 IC 的输出端为低电平。它使复合晶体管 VT_2、VT_3 导通，继电器 K 工作，其触点 K-1、K-2 将变压器 T 接至电网电压达到 14.6～14.8V，则运放 IC 的输出端为低电平，HL_5 发光，指示蓄电池充电。当蓄电池电压达到 14.6～14.8V 时，电阻 R_6 即 IC 同相输入端的电压大于反相端的电压，IC 输出高电平，VT_2、VT_3 截止，继电器 K 释放，自动充电器与电网电源断开，HL_5 灯熄灭。当电池电压下降至 12.8～13V 时，再充电过程重复。

开关 SA_4 用于将充电器转换到充放电循环交替工作状态，在此状态，充电循环与上述电池电压检测状态一样，随着充电结束，运算放大器 IC 输出高电平，VT_2、VT_3 截止，VT_1 导通，并进入饱和，它同 R_2 一起旁路分压器电阻 R_6，结果使施密特触发器 IC 的转换阀值降低到 10～10.8V，蓄电池经过 R_{14}、R_{15}、SA_{4-2}、K－3 闭合触点放电，HL_4 灯发光，指示放电循环。当电池的端电压下降到 10.6～10.8V 时，IC 输出低电平，使 VT_1 截止，而 VT_2、VT_3 导通，继电器 K 动作，充电循环重复。

当自动充电器作为 12V 交流电压应用时，放在手动比较恰当。因为在其它状态，自动充电器只有其输出端与电池相接时，才能接到电网电源上，电容器 C_1 避免由于硫酸蓄电池强充电发生的脉冲电压，使自动充电器过早地断开。电容器 C_2 防止干扰使自动充电器反复工作。参数稳压器 VD_5、R_{13}避免运放因受 T 次级绕组产生的自感电压而击穿。

变压器 T 选用 180～250W，次级电压在电流 7～8A 时，为 12～18V 的任何一种变压器。继电器 K 的动作电压为 8～9V，吸合电流不大于 100mA，触点电流大于 5A。HL_1～HL_3 选用功率为 40～50W，电压为 12V 的汽车灯泡，HL_4、HL_5 分别用 13.5V 和 24V 的小功率灯泡。整流二极管 VD_1～VD_4 经绝缘片安装在金属板上。蓄电池与充电器的连接线，用截面积不小于 2.5mm² 的软铜线。

充电器的调整按如下步骤进行：首先，SA_2、SA_4 置“自动重复”检测状态，R_4 调至电路最上位置，可用调直流电压代替蓄电池接至充电器输出端，电压平稳地从 0 增大，当电压到 8～9.5V 时，K 应动作。增大电压至 14.6～14.8V，调 R_4 使继电器 K 断开。电压减至 12.8～13V，K 动作，如不动作，则选取电阻 R_7、R_9 的阻值。此后，SA_4 转换到“充放电循环状态”，焊掉 R_{14}、R_{15}、HL_4，平稳地将电压增大到 14.6～14.8V，继电器 K 断开。当电压减到 10.6～10.8V 时，调节电位器 R_2，强制 K 动作。最后，再一次检查自动充电器在“自动重复”电压检测和“充放电循环”状态的工作，并焊上 R_{14}、R_{15}、HL_4。

在使用时，如果蓄电池的容量达到 55Ah，在自动工作状态，充电电流最好选取在 2A 范围，以消除继电器过多地转换。在手动状态，不允许输出回路短路。

（十四）蓄电池自动充电电路

如图 7-23 所示，本充电器在蓄电池充满电能及时关断充电电源，以免过充。电源变压器 T 副边输出由 VD_1～VD_4、C_1、VT_1、VT_2、VT_3 及 VD_5、R_3、R_4、RP_1、C_3 等组成 6V 直流稳压电源，作运放 LM339 比较器的基准电源。主电路中的功率晶体管 VT_4 为可控充电开关，比较器 LM339 的输出为 VT_4 的控制信号。R_9、RP_2 是基准电源的取样电阻，R_7、R_8 是负载（蓄电池 GB）电压取样电阻。VD_6 为充电指示。当蓄电池欠压时，在比较器反相端⑩脚的取样信号将低于同相端⑪脚的取样信号，比较器脚⑬输出高电平，VT_4 导通，则对 GB 充电，充电电流取决于 R_5 的阻值大小。当蓄电池充满时，LM339 的反相端电位高于同相端，比较器 LM339 输出低电

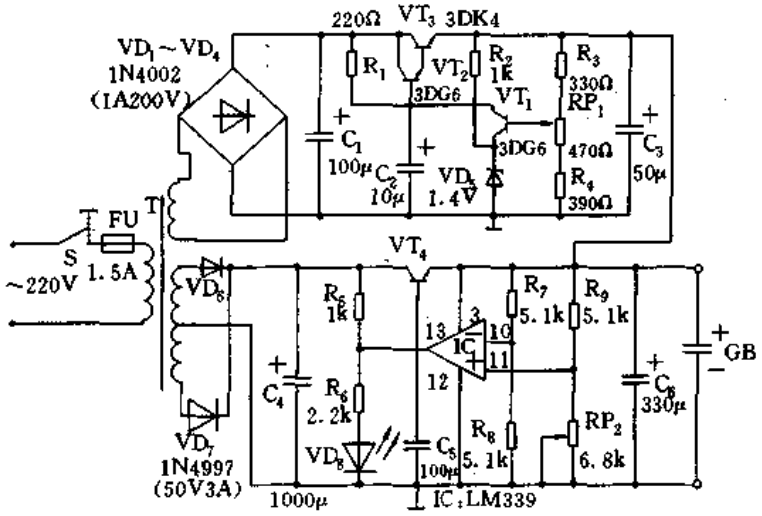


图 7-23

平，VT_4 则由导通跃变为截止状态，于是 VD_8 熄灭，充电停止。调整 RP_2 的阻值，可以改变比较器 LM339 的反转点，从而控制充电电平。R_5 的选取，可根据 R_5 上的电压降和功率晶体管 VT_4 的 β 及最大充电电流 I_{omax} 而定。可以认为，$R_5 \approx V_{R5}/(I_{omax}/\beta)$。$VT_4$ 最好选用 β 尽可能高一些的功率开关晶体管，也可采用 BU406 等。

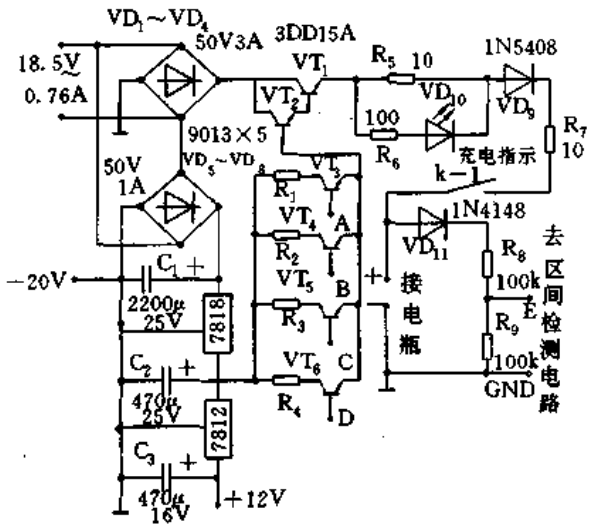


图 7-24

（十五）电瓶自动充电电路

本文介绍的充电电路，在对镉镍电池和 12V 电瓶充电时能自动改变充电电流，并具有可靠的过压保护功能。过压保护的启控电压设定在 13.3V。当电压超过 13.3V 时，电路启控，切断充电电流。

电路如图 7-24、图 7-25 所示。本充电器设有 500mA、200mA、100mA、10mA 四挡不同的充电电流，它能对被充电电瓶的电压进行区间检测并自动切换量程。测量范围设定了四个区间，分别为 0～10V，10～11V，11～12V，12～13.3V。它们分别对应于电路中的四个异或门 F_1、F_2、F_3、F_4。充电时，区间检测电路对充电电压进行检测，电压升至哪个区间，相应的异或门便输出高电平，并反馈至 VT_2 的偏置电路中，使相应的偏置电阻被接入，从而达到改变充电电流的目的。例如：所充电压升到 12V 以上，13.3V 以下时，电路中 F_1 便输出高电平，VT_1 饱和导通，偏置电阻 R_1 被接入，VT_1 输出的充电电流便为 10mA 的涓流。当所充电电压升至 13.3V 以上时，A_1 便输出高电平，VT_7 饱和导通，“过充保护”灯点亮，VT_8 截止，继电器 K 失电其触点 K－1 释放，如图 7-26 所示，切断充电电流，达到过充保护的目的。从电路结构的原理可以看出，这时只有拆下电瓶，则根本不可能再启动本充电器了。

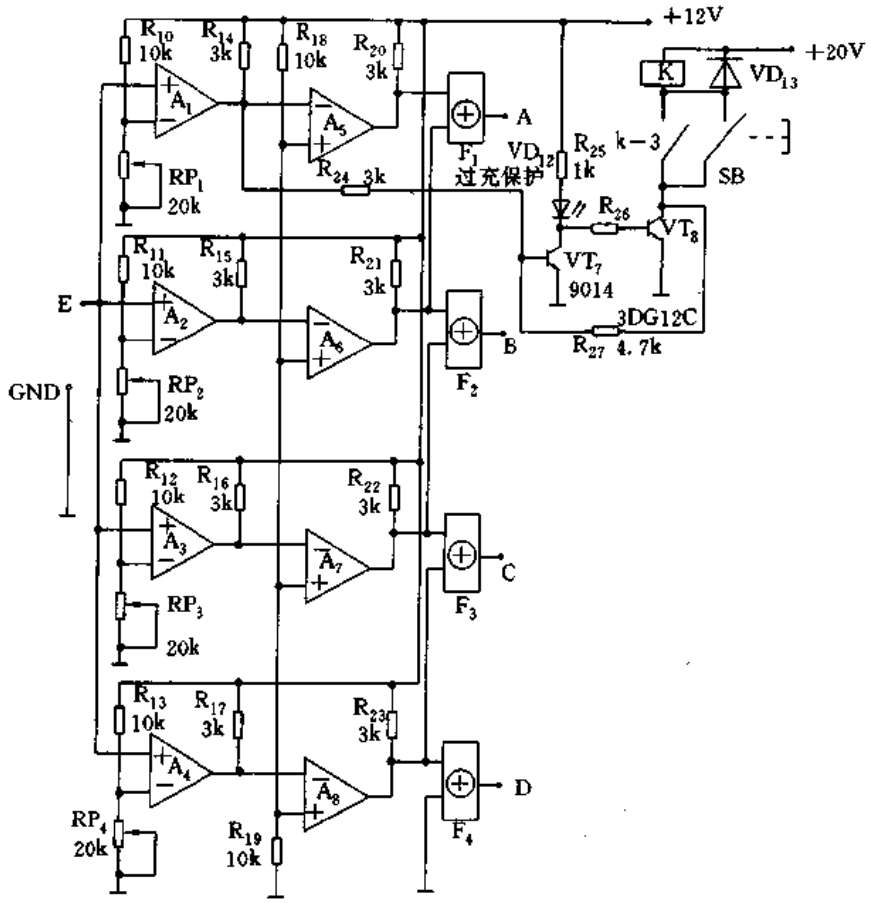
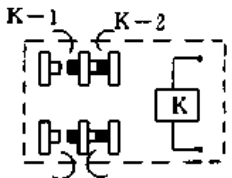


图 7-25

1. 区间检测电路的调试

在不接电瓶的情况下，采用 YJ-79 型标准电压电流发生器，从接电瓶的端子输入直流电压信号。先调 A_4，使其在 9.95V 标准信号电压时输出低电平；在 10.05V 标准信号电压时，输出高电平，可调节 RP_4 来实现。对于 A_3、A_2、A_1 应使其分别在 10.95V、11.95V、12.25V 时输出均为低电平；在分别注入 11.05V、12.05V 和 13.35V 标准电压时其输出端均为高电平。可分别调节 RP_3、RP_2、RP_1 来实现。



断电时的触点状态

图 7-26

2. 调试充电电流

在所接的待充电电瓶上串一电流表。先将 VT_3～VT_6 的基极全脱开，分别将 VT_3～VT_6 的基极直接接高电平，再分别改变偏置电阻 R_1、R_2、R_3、R_4 的阻值，使 VT_1 输出的电流分别为 10mA、100mA、200mA、500mA。然后将 R_1、R_2、R_3、R_4 用金属膜固定电阻代换，以后的使用中无需再调试。

本电压比较器 A_1～A_8 采用两块专用比较器集成电路 LM339，F_1～F_4 采用 TC14070 四异或门。

若要对 12V 以上的电瓶充电、四挡量程的基准电平应重新设定，且电源的容量、四挡偏置电阻的阻值均重新调整，但电路结构无需更换。

实践证明，采用本充电器给摄录机用的 12V 蓄电池进行充电以来，再也没有出现过因过充而损坏电池的情况了。

用本充电器充电时，只需按一下启动按钮 SB，则可长时间离去。

（十六）多功能自动充电器

蓄电池是一种能量转换装置。充电时将电能转换成化学能而被存储在蓄电池中，放电时又将化学能转换成电能而驱动电气设备工作。然而要想蓄电池能够得到合理的使用而不至缩短其寿命，除了制造厂家的因素外，还有用户使用方面的因素。从使用的角度看，影响蓄电池寿命的主要原因是：电解液比重的选择、初充电的状况、运行时充放电的情况以及日常的维护和故障的处理。

对于新的或修复使用后的蓄电池来说，若按规定加注了适当比例的电解液后，都要接入充电器上进行充电。但由于有关蓄电池充电电路的种类繁多，人们各持己见，总在千方百计地寻求与设计一种电路简单、调试方便、价格低廉、功能多样，并具有各种保护措施的蓄电池充电电路。这里所设计的就是一种具有多功能的蓄电池充电电路。众所周知，不管采用什么充电电路给蓄电池充电，在充电的过程中，如果控制不当就会出现充电过量，而过量充电后的蓄电池会影响其性能和寿命，严重过充电时会促使蓄电池极板活性物质的大量脱落而使蓄电池早期损坏。本电路便能避免过充电的发生。

本充电器的原理如图 7-27 所示。电路是利用单结晶体管的负阻特性组成一种最基本的振

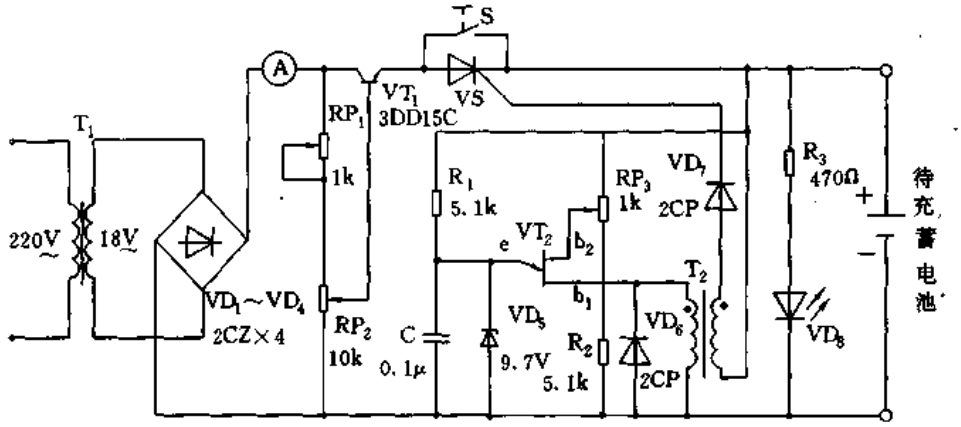


图 7-27

荡器（即单结管驰张振荡器）进行工作的。当把待充蓄电池接入电路，起初单结晶体管的供电电压是由电压较低的蓄电池提供的，一旦电路进入工作状态，振荡电压就经单结管 VT_2 至脉冲变压器 T_2 输出，而触发晶闸管 VS 的控制极，使其导通。于是整流后的直流电压开始对蓄电池充电。当蓄电池的电压达到 16.2V（即 12V 蓄电池的上限电压）时，V_P（即单结管刚开始出现负阻特性时的发射极峰值电压）便超过稳压管 VD_5 的击穿电压，振荡器因 VD_5 被击穿而停止振荡，于是晶闸管 VS 关闭，充电器也就停止给蓄电池充电，从而避免了蓄电池充电过量，达到了自动保护的作用。另外，电路还兼有防止短路及逆充电的功能，当充电器的输出如果发生短路或者待充蓄电池一旦反接，那么振荡器都因无工作电压而停止振荡，因此电路也始终因晶闸管 VS 关闭而处于非工作状态。由于单结管 VT_2 的工作电源是来源于电压较低的待充蓄电池，这样当新的蓄电池接到充电器上，势必会出现充电器无法工作的状态，所以在晶闸管 VS 的两端

并接一手动开关S，一旦新的蓄电池接到充电器上，此时的充电电流则经过开关S给新的蓄电池直接充电，当电压充到一定值（即可触发晶闸管导通）再切断开关S便可，这时单结管VT_2已开始工作，充电电流则是经过晶闸管VS给蓄电池充电，直到蓄电池充满为止。

根据有关蓄电池的充电规则我们知道：蓄电池的充电分为初充电和普通充电两种。而这两种充电的过程各又经过两个不同的阶段，就是蓄电池在额定容量和额定电压相同的情况下，充电电流和充电时间的不同。为此我们在电路中将可调电位器RP_1、RP_2和三极管VT_1组成一种电压、电流可控器。使充电电压或电流可以根据新、旧蓄电池的不同而进行调控。同时给蓄电池的初充电和复充电（两者充电电流不同）也带来方便。为了保证三极管VT_1在使用中正常工作，VT_1必须要加散热器。

电路中脉冲输出变压器T_2为自制，其一次绕组30匝，二次绕组45匝，线号均为22号高强度漆包线，变压器铁芯的大小在保证一、二次级线圈数能绕下的情况下无特殊要求。VS可选普通晶闸管3CT20，要求正反向阻断峰值电压≥50V，额定正向平均电流20A即可。单结管VT_2为BT33C或3T35C型，根据单结管的一般特性，峰值电压V_P并非是一固定值，它与分压比n及外加电压$U_{b2,b1}$都有关，选择不同n（希望稍大些）的单结管或改变外加电压$U_{b2,b1}$，均可改变V_P值。

（十七）镍镉电池自动充电装置

用时基电路NE555接成施密特触发器构成的充电器具有电路简单、易于制作、电池充满后自动停充的特点，适合于对2～6节的镍镉电池充电，经使用后效果良好。

1. 工作原理

本充电器电路如图7-28所示。$IC_2$⑤脚为VCT阈值设定端，②、⑥脚并联在一起构成电压检测端。充电时，$IC_2$②、⑥脚电压低于⑤脚设定的电压，$IC_2$③脚输出高电平，发光二极管VD_5亮，表示对电池充电。在充电过程中，电池电压逐渐上升，当电池电压上升到与⑤脚电压一致时，IC_2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⑤脚电压可以对不同节数的电压充电，但⑤脚最小电压不得低于2V。

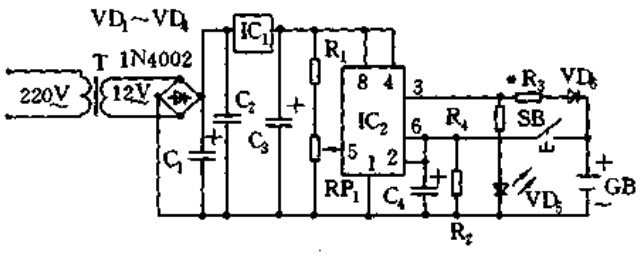


图7-28

2. 调试方法

调试时，先调RP_1设定⑤脚电压，如充2节电池，可设定⑤脚为3V（镍镉电池充满时的终止电压一般每节为1.4～1.5V）。然后装上电池，按下SB不放，调整R_3使充电电流为50～100mA（<120mA），放开SB，用万用表监测电池电压，当电池电压与⑤脚电压一致时，VD_5熄灭，电池充电完毕。如要增大充电电流可外接一只大功率三极管。SB为常闭按钮开关，每次充电时应先按一下SB即可。

3. 元器件选择

IC_1:LM7812。IC_2:NE555 或 LM555 或 5G1555。R_1:510Ω,R_2:10k,R_3:120Ω(可调),R_4:1k。功率为 1/8WRJ 电阻。RP_1:10k。C_1:220μ16V,C_2:0.1μ63V,C_3:47μ16V,C_4:10μ16V。发光二极管 VD_5 型号不拘。SB:AN4。VD_1～VD_4、VD_6:1N4001 或 1N4002。

(十八) 警用电击器充电电路

市售的 QFY3A 型多功能警用电击器,用于对四只 2Ah 镍镉电池充电。电路如图 7-29 所示。二极管 VD_7、VD_8 和三极管 VT_2、VT_3 组成恒流源,限制充电电流。三端稳压器 7806 及二

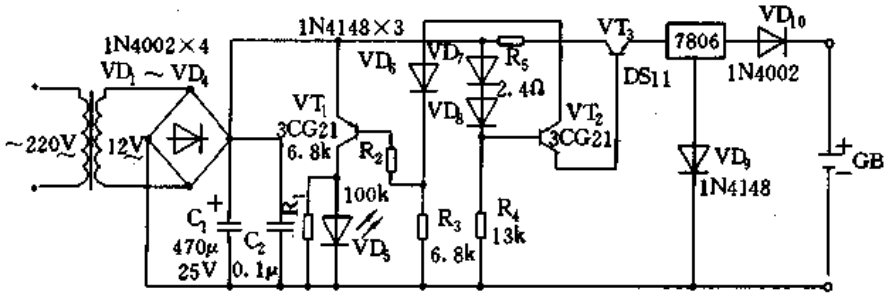


图 7-29

极管 VD_9、VD_{10}构成稳压电源。充电前期,电池 GB 端电压比较低,充电电流大,而通过恒流源限制充电电流(<200mA);随着电池端电压的上升,充电流减小,恒流源失去作用,而通过 7806 恒压充电。VT_1、VD_5 用于充电指示,电池 GB 充满电后 VD_5 微亮直至熄灭。

(十九) 两种规格的镉镍电池充电器

本文介绍一种适用于 6Ah 以下的两种规格的镉镍电池充电器,由于采用恒流定时充电方式,安全可靠,可对 1～10 节任一组合的镉镍电池组充电。

1. 工作原理

如图 7-30 所示,由 LM317 三端可调稳压集成块组成的可调恒流电源。R 为取样电阻,RP 为电流调节电位器,GB 为辅助电源,输出电流 $I_o=(1.25-U_{ab})/R$,当取样电阻 R 一定时,输出电流 I_o 取决于 U_{ab}的大小。式中 1.25V 为 LM317 的基准电压。当 V_o 与 ADJ 间电压大于或小于此值时,内部电路可做相应的调节,使 V_o、ADJ 间电压重新稳定到 1.25V,这是输出电流 I_o 稳定的关键。当电位器 RP 滑向 a 点时,U_{ab}减小,输出电流 I_o 增大。当 RP 滑向 C 点时,U_{ab}增大,I_o 减小。若因某种原因造成输出电流 I_o 增大或减小时,取样电阻 R 上的电压也随之增大或减小,这一变化通过 V_o、ADJ 端,内部电路作相应调节,使输出电流达到稳定。

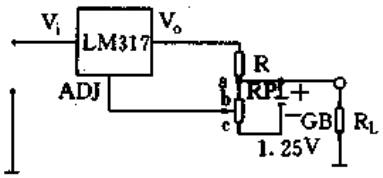


图 7-30

见图 7-31 所示。R_2、R_3 为取样电阻,当 SA_2 断开时,取样电阻等于 $R_2+R_3=6\Omega$,电流调节范围为 0～200mA(实际受 LM317 最小负载电流限制,最小恒流值约 3.5mA 左右)。当 SA_2 闭

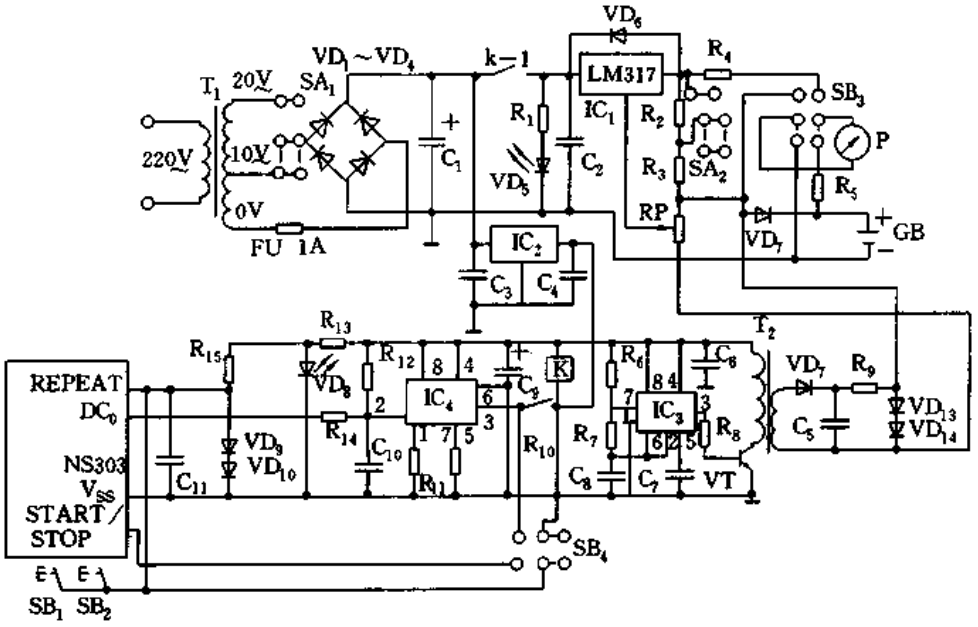


图 7-31

合时，取样电阻为 2Ω，相应电流调节范围为 0～600mA。取样电阻两端并有电流表，调节 R_4 使表头显示与输出电流一致。通过 SB_3 切换表头可测量被充电池 GB 的电压，调节 R_5 使表头显示电压与电池电压一致，表头电压测量范围为 0～20V。VD_7 可防止充电结束时电池通过充电器放电。VD_5 为充电指示。定时控制由 NS303 定时器、IC_4 及继电器 K 等组成。DC_0 为 NS303 的直流控制端，此端平时为高电平，当定时时间到时，蜂鸣器鸣叫的同时变为低电平，直到一分钟后芯片复位为止，又变为高电平。IC_4 为一块时基电路，当电源接通时，由于 C_8 接在 IC_4 的阀值输入端⑥脚，输出端③脚输出低电平，这时按下 SB_4，继电器 K 吸合，并通过常开触点 K－2 自锁。同时 NS303 也被启动开始计时，充电开始。当定时时间到时，DC_0 端输出一低电平到 IC_4 的触发端②脚，输出端③脚变为高电平，K 释放，充电停止。由于 R_{10} 的存在，阈值输入端被下拉到低电平。这时无论 DC_0 输出低电平或高电平，均不能改变③脚输出状态，只有切断电源才能复位。利用这一点，我们可以判断在充电期间是否停过电。如果在取电池之前再按动一次 SB_4，充电指示灯 VD_5 亮，表示在充电期间停过电，电池没有被充足，使用时就应注意。如果充电指示灯不亮，说明没停过电、电池被充足。VD_8 为电源指示。VD_9、VD_{10}、R_{15} 组成 1.4V 电源，为 NS303 提供电源。

2. 元器件选择及安装调试

IC_1：LM317，IC_2：LM7806，IC_3、IC_4：NE555。电阻 R_1：3.3k，R_2：4Ω，R_3：2Ω，R_4、R_5、R_7：1k，R_6：5.6k，R_8：1.2k，R_9：820Ω、R_{10}、R_{12}：560k，R_{11}：2.7k，R_{13}：560Ω，R_{14}：2.2k，R_{15}：510Ω。电位器 RP：1k。电容 C_1：1000μ50V，C_2、C_3、C_4：0.1μ，C_5：0.068μ，C_6、C_7：0.01μ，C_8：3900p，C_9：0.47μ50V，C_{10}：0.022μ，C_{11}：22μ6.3V。二极管 VD_1～VD_4、VD_6、VD_{11}：1N4001。VD_7：1N5401。VD_9、VD_{10}、VD_{13}、VD_{14}：2CK18，VD_{12}：2CN3。发光二极管 VD_5：BT312(红)，VD_8：BT313(绿)。三极管 VT：9014。变压器 T_1 功率不小于 15W，次级电压为 20V，带中心抽头。T_2 用 GZ14×8 罐形磁芯，用 φ0.15mm 高强度漆包线，初次级各绕 50 匝，要求绝缘良好。表头 P 用 85C1 等型号。取样电阻 R_2、R_3 用温度系数小的电阻丝自制，线径不小于 φ0.5mm，以减少自身发热，提高

稳定性，阻值误差为1%，以便于调试。SA_1、SA_2 用 2×2 小型拨动开关。SB_1、SB_2 为小型按键开关。SB_3、SB_4：用小型无锁推键开关。继电器 K 用 6V 双组触头的小型继电器。要小心打开 NS303 定时器，从 START/STOP 端、DC_0 端、REPEAT 端、V_{SS} 端各引出一根线，以便与控制电路连接。IC_1 应加足够的散热器。需要说明的是，如果自制的取样电阻误差较大，可先调节 R_4，调整好 600mA 挡。然后通过调节 R_2 的阻值，使 200mA 挡与表头显示一致。

（二十）锂离子电池及充电器

锂电池轻薄短小且容量大，其阳极为石墨晶体，阴极通常为二氧化钴锂，在充放电反应中，锂永远以离子形态出现，所以这种电池称为锂离子电池。锂离子电池与镍氢镍镉电池相比有以下优点：1. 单体电池工作电压为 3.6V，是镍氢/镍镉电池的三倍；2. 在容量相同的情况下，体积可减小 30%，重量可降低 50%；3. 寿命可达 1200 次以上；4. 允许工作温度范围（−20℃～+60℃）很宽，可大电流快速充电。

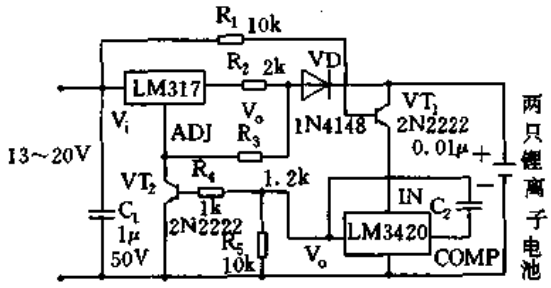


图 7-32

单体锂离子电池的充电电压必须严格保持在 4.1V±50mV，若超过 4.5V，可造成永久性损坏。其放电电压不得低于 2.2V，否则也造成永久性损坏。最简单的锂离子电池充电器实际电路如图 7-32 所示。该充电器中，采用了锂离子电池充电控制器 LM3420，可对两只串联锂离子电池组充电。当电池组电压低于 8.4V 时，LM3420 输出端（OUT）无输出电流，晶体三极管 VT_2 截止，因此，电压可调稳压器 LM317 输出恒定电流，其值为 $1.25V/R_{限}$。LM317 额定输出电流为 1.5A，若需要更大的充电电流，可选用 LM350 或 LM338。充电过程中，电池电压不断上升。电池电压被 LM3420 的输入脚（IN）检测，当电池电压升到 8.4V 时，LM3420 开始输出电流，使 VT_2 开始控制 LM317 的输出电压，充电器转入恒压充电过程，电池电压稳定在 8.4V，此后充电电流开始减小，充足电后，充电电流下降到涓流充电电流。当输入电压中断后，晶体三极管 VT_1 截止，电池组与 LM3420 断开。二极管 VD 可避免电池通过 LM317 放电。

国产锂离子电池的技术规格如表 7-3 所附。

表 7-3

规格	电压 (V)	容量 (mAh)	外形尺寸(mm)		使用温度范围(℃)			重量 (g)
			直径 D	高度 H	充电	放电	贮存	
1/2AA	3.6	250	14	28				10
AA	3.6	500	14	50	0～40	+20	−20	19
18500	3.6	900	18	50		～60	～60	30
18600	3.6	1300	18	65				40

（二十一）剃须刀充电器

本剃须刀充电器主要是用于对 1.2V500mAh 镍镉电池充电的，电路如图 7-33 所示。

1. 主要技术指标

（1）输入电压：200～240V；

（2）频率：50～60Hz；

（3）充电电流：500mA；

（4）充电时间：<14 小时；

（5）电机 M：a. 电压：1.2～1.5V；

b. 功率：2W。

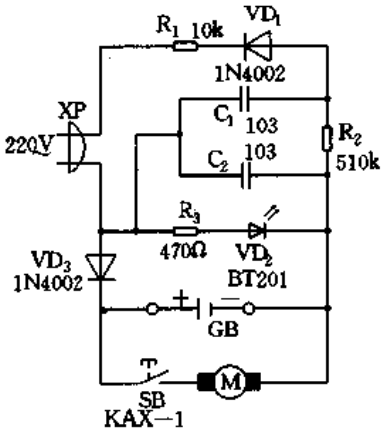


图 7-33

2. 工作原理

当 XP 插入交流 220V 市电源时，发光二极管 VD_2 显示充电指示。充电回路由整流二极管 VD_3、电阻 R_2、二极管 VD_1、电阻 R_1 形成的。电容 C_1、C_2 为滤波网络。

当充电完毕后，用于剃须时，按动按键开关 SB，则电池 GB 通过 SB 供电给电机 M，使之转动。电路中 VD_3 还起着隔离作用。

按键开关 SB 除图中型号外，也可据剃须刀充电器的容量自行合理设计。

（二十二）智能型蓄电池快速充电器

本文介绍以美国 MAXIM 公司生产的单块智能化蓄电池快速充电集成电路 MAX712/713 为核心制作的 NiCd 电池快速充电器电路。

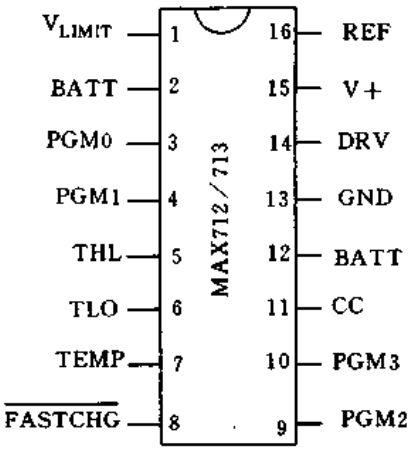


图 7-34

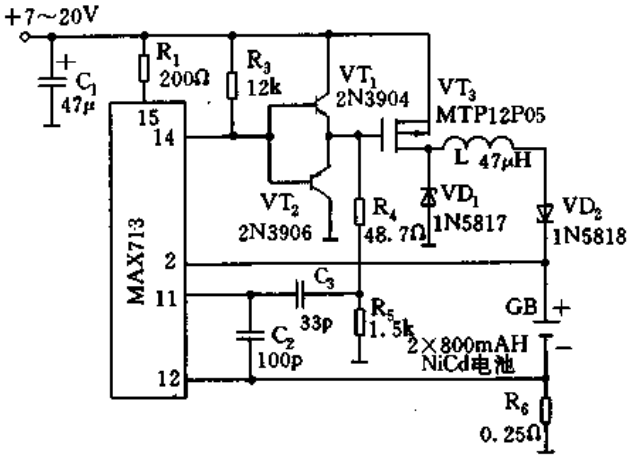


图 7-35

MAX712/713 是以单块集成电路出现的完整的 NiCd 和 NiMH 蓄电池充电系统。每块电路包含有 A/D 变换器、模拟功率控制电路，以及为 NiCd、NiMH 电池安全可靠地快速充电和涓流充电所需的全部智能电路（如蓄电池电压斜率及温度检测，可编程定时等）。使用时只要定下充电速率、温度探测点和暂停周期，从快速充电变为涓流充电的自动切换开关就可起到保护电池的作用。MAX712/713 充电采取 1～16 节电池串联的方式进行。它们采用了将电压梯度、温度和对终端充电的暂停探测综合的方法。MAX712 探测零电压梯度，MAX713 探测负极性电压梯度。它们均能以 1/3C～4C（20 分钟～4 小时）速率进行快速充电，或以 1/16C 速率进行

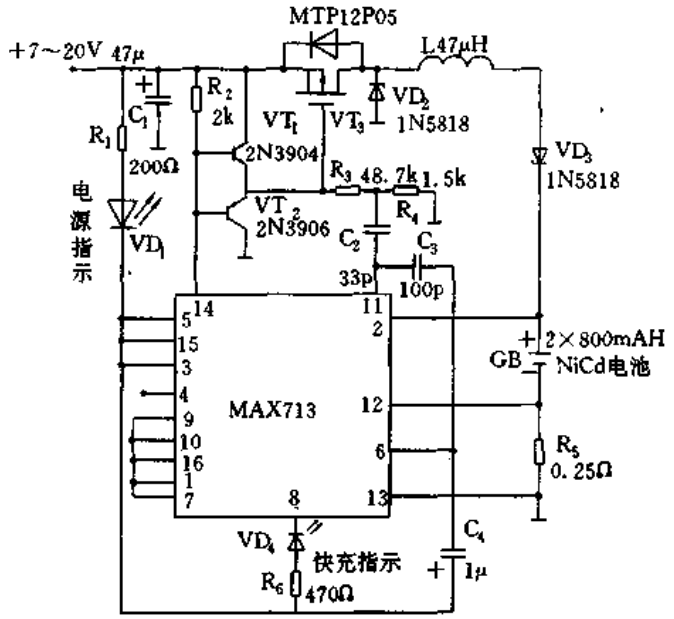


图 7-36

涓流式充电。这两种电路采用 DIP 和 SO 封装，其外形及管脚功能如图 7-34 所示。

图 7-35 是以 MAX713 构成的使用最少元器件的开关模式电池快充电路。该电路只用了十余个元件即构成了一个充电性能较好的快速充电电路。如欲使功能更完备，则可采用图 7-36 所示的电路。

图 7-37 为 MAXIM 公司推出的一种 MAX712 评估电路板 MAX712EVkit。此电路将 MAX712 的应用描绘得极为清楚，使用者只需将自己的充电需求结合其中即可很容易地设计出所需的高性能充电器。表 7-4 为被充电池个数与 PGM_0、PGM_1、S_1～S_6 的连接关系。表 7-5 为充电时间与 PGM_2、PGM_3、S_7～S_{12}的状态关系。

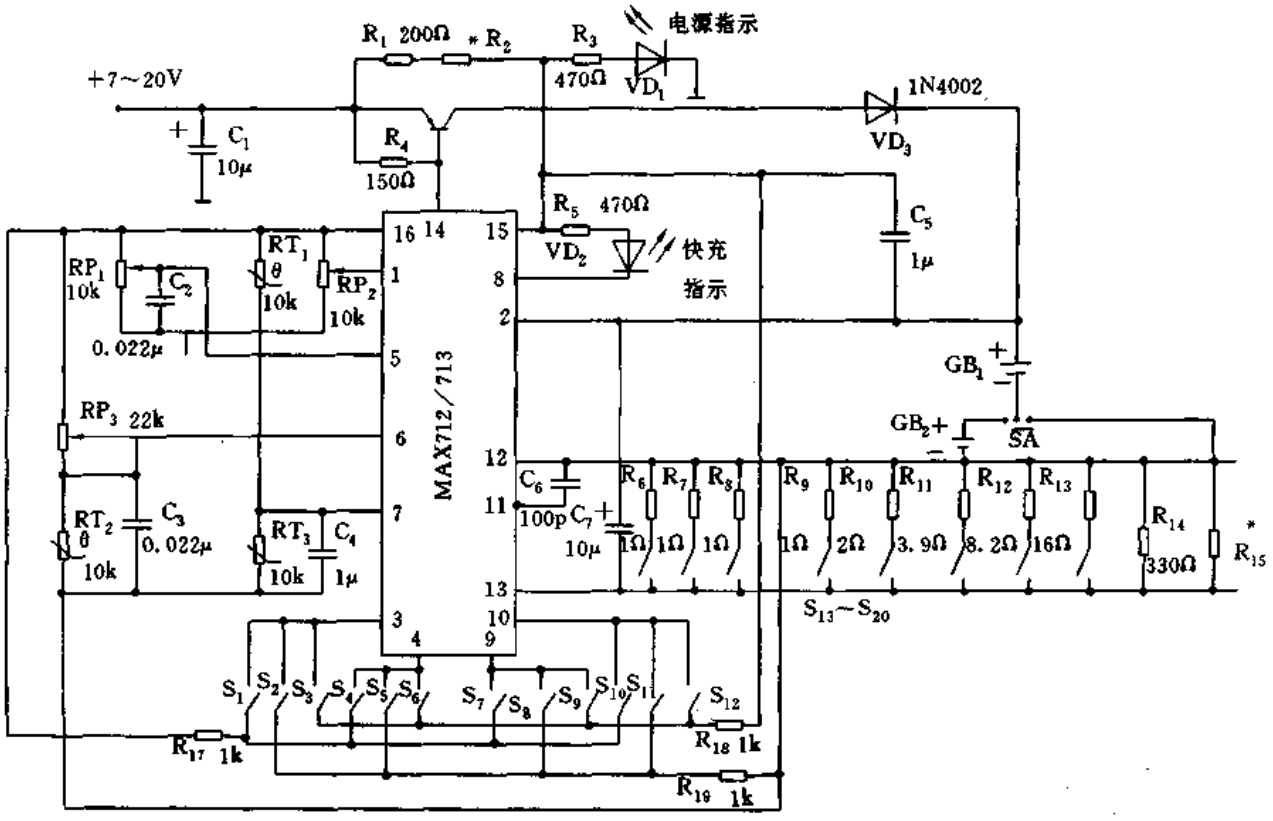


图 7-37

表 7-4

电池数	PGM_0	PGM_1	$S_1 \sim S_3$	$S_4 \sim S_6$
1	V_+	V_+	S_3	S_6
2	V_+	开	S_3	开
3	V_+	REF	S_3	S_4
4	V_+	BATT	S_3	S_5
5	开	V_+	开	S_6
6	开	开	开	—
7	开	REF	开	S_4
8	开	BATT	开	S_5
9	REF	V_+	S_1	S_6
10	REF	开	S_1	—
11	REF	REF	S_1	S_4
12	REF	BATT	S_1	S_5
13	BATT	V_+	S_2	S_6
14	BATT	开	S_2	—
15	BATT	REF	S_2	S_4
16	BATT	BATT	S_2	S_5

表 7-5

时间(分)	PGM_2	PGM_3	$S_7 \sim S_9$	$S_{10} \sim S_{12}$
22	开	V_+	—	S_{12}
22	REF	V_+	S_7	S_{12}
33	REF	V_+	S_8	S_{12}
33	V_+	V_+	S_8	S_{12}
45	开	开	—	—
45	REF	开	S_7	—

续表

时间(分)	PGM_2	PGM_3	S_7～S_9	S_{10}～S_{12}
66	V_+	开	S_9	—
66	BATT	开	S_8	—
90	开	REF	—	S_{10}
90	REF	REF	S_7	S_{10}
132	V_+	REF	S_9	S_{10}
132	BATT	REF	S_8	S_{10}
180	开	BATT	—	S_{11}
180	REF	BATT	S_7	S_{11}
264	V_+	BATT	S_9	S_{11}
264	BATT	BATT	S_8	S_{11}

（二十三）通用智能化充电控制电路

ATC106为新近推出一种功能完善的镍镉/镍氢电池通用智能化充电控制集成电路。用该器件制成的充电器能自动辨别和适用于镍镉和镍氢电池，并内含“自我测试”功能，能把充电器制成所有功能做出自我检测，减少产品质量检定和生产的时间和错误。

1. 主要功能

(1) 混合使用$-\Delta V$(即充电电压下降率，充电曲线斜率为负)，$\Delta T/\Delta t$(即温度随时间的变化率)、$0\Delta V$(即充电电压达到峰值时即将下掉，斜率为0)、最高电压值及最高温度几项特性来监测电池最高饱和点并作出保护。

(2) 电池异常自动切断保护。

(3) 八段可调式定时器。

(4) 可调式$\Delta T/\Delta t$。

(5) 可选择自动放电或手动放电。

(6) 可任意设定温度保护点。

(7) 直接驱动发光管及蜂鸣器。

(8) 适用于线性电源及交换式电源供应器。

(9) 电池节数及充电电流不受限制。

(10) 自我测试功能。

2. 引脚功能及参数

ATC106采用标准双列直插24引脚封装，其引脚排列、外形如图7-38所示。引脚功能见

表 7-6 所列。

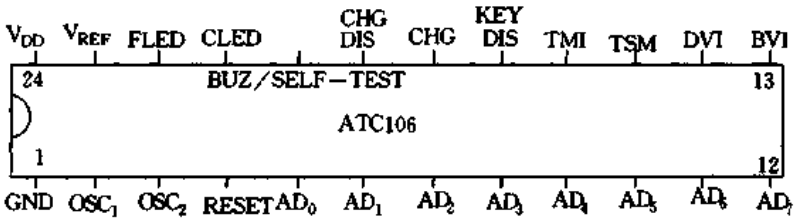


图 7-38

表 7-6

引脚号	符号	功 能 说 明
1	GND	接地
2	OSC_1	RC 振荡器输入
3	OSC_2	
4	RESET	功率供给输入
5	AD_0	连接电阻网络输出
6	AD_1	
7	AD_2	
8	AD_3	
9	AD_4	
10	AD_5	
11	AD_6	
12	AD_7	
13	BVI	电池输入
14	DVI	$-\Delta U$ 信号输入
15	TSM	定时 $\Delta T/\Delta t$ 传感和模式置数输入
16	TMI	充满信号输入
17	DISKEY	放电状态输入
18	CHG	充电控制端(输出)
19	DISCHG	放电控制端(输出)
20	BUZ/TEST	蜂鸣信号输出
21	FLED	充满信号输出
22	CLED	快充信号输出
23	V_{REF}	参考电压输入
24	V_{DD}	电源正极输入

3. 应用

ATC106 可广泛适用于电动工具、掌上型仪器、掌上型及笔记本型电脑、手提式电话、手提式摄录象机用电池以及镍镉、镍氢电池充电器等。

该器件线性应用的电路原理如图 7-39 所示。PWM 应用的电路原理图如图 7-40 所示。图 7-39 和图 7-40 中 10L103J 为与之配套的电阻排电路。充电一片 LM324 监视，其连接方法如图 7-41 所示。

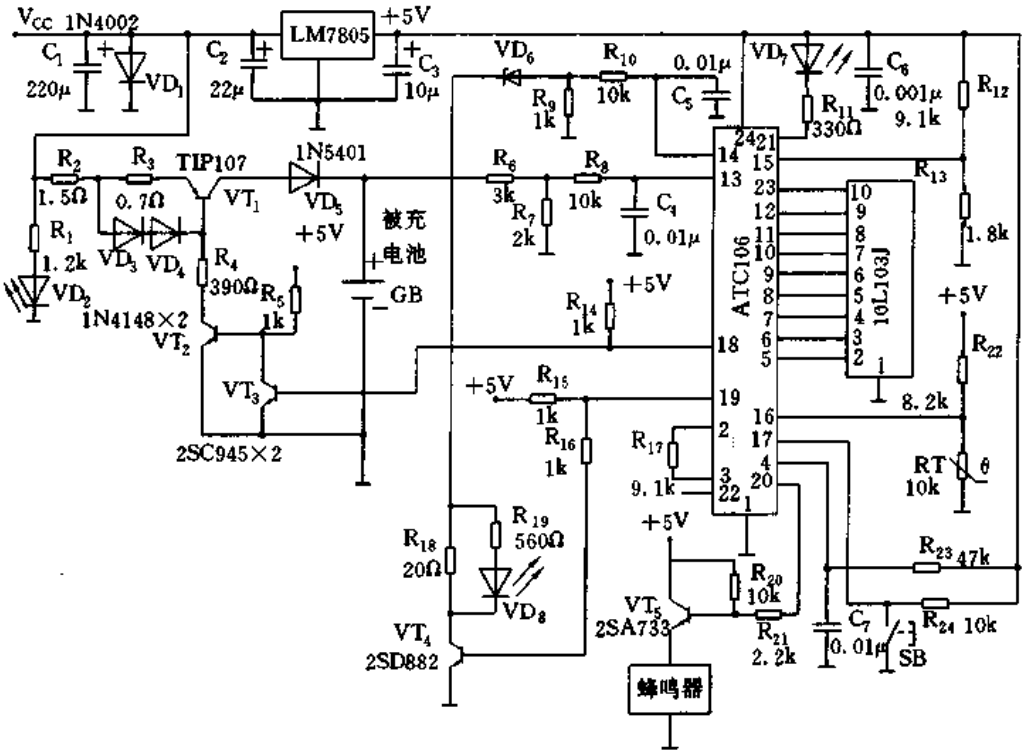


图 7-39

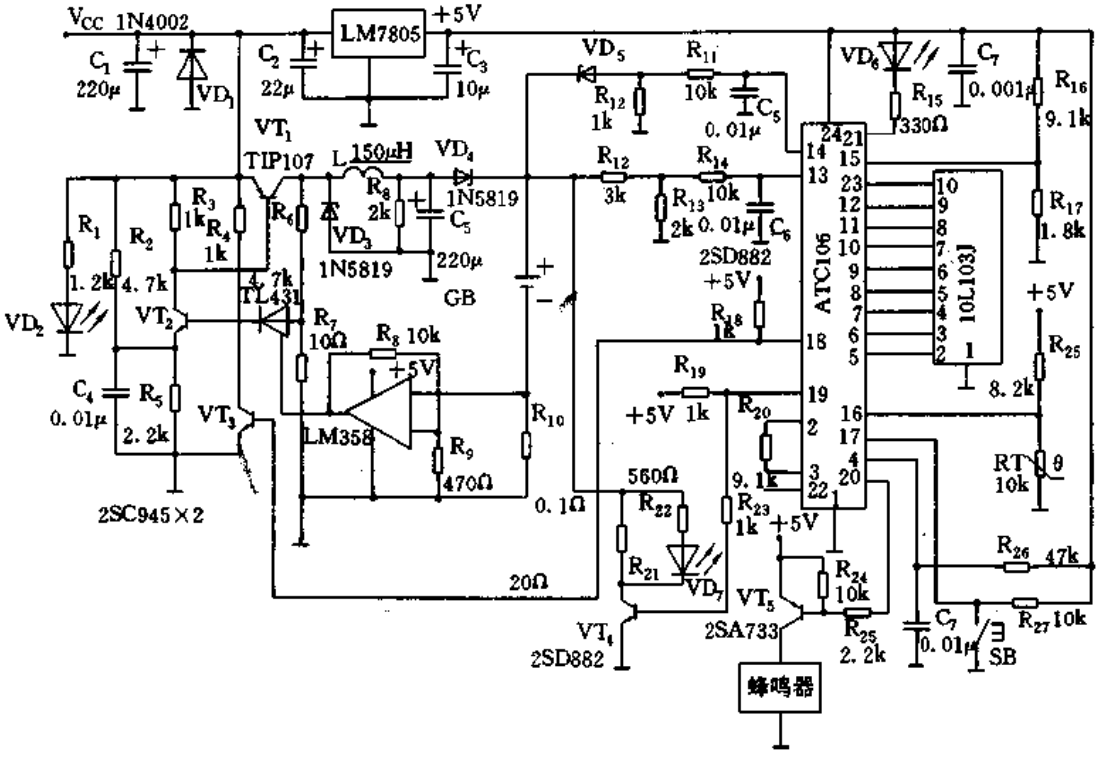


图 7-40

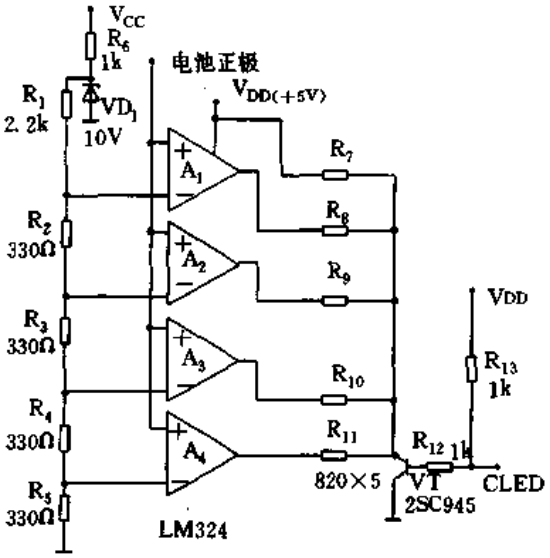


图 7-41

（二十四）蓄电池双恒流充电器

1. 正确选择充电方法

关于铅酸蓄电池的充电方法的选择问题，一直有不同的看法。有的认为脉冲大电流充电方法好；也有人认为恒流充电的方法好。如采用双恒流充电的方法对铅蓄电池充电的效果好。不仅充电效率高，而且能延长蓄电池寿命30%左右，特别适合家庭对摩托车蓄电池，应急电源蓄电池等进行充电。下面通过对不同充电方法进行简要分析。

首先简要分析脉冲大电流充电。它实际上是在给蓄电池充电的直流中迭加上一定高度和宽度的负脉冲，以抵消直流充电时造成的浓差极化，使蓄电池得以用大电流充电。但同时也使蓄电池的温度升高和吸气量增大，大大缩短了蓄电池的使用寿命。

再分析一下通常的过电过程。人们为了充足电，每次都用电池放出容量的115%～120%的电量充入蓄电池，即每次都充至蓄电池的端电压稳定2～3h不变才停止充电。目的是消除蓄电池极板中存在微量硫酸铅。然而这一充电过程也给蓄电池带来不良影响，首先，这15%～20%的过充电电量并不能使蓄电池的耗水量和吸气量增大，加速极板的物质脱落，从而也缩短了蓄电池的使用寿命。

所谓双恒流双充电制的充电方法，即用两个不同大小的恒流源采用经常性使用充电和定期恢复性充电两种充电制对蓄电池进行充电。经常性使用充电是蓄电池在使用过程中进行的正常充电。开始阶段用较大的恒流I_1（取蓄电池长时率放电容量值的1/10～1/5）将蓄电池的单格电压充至2.44～2.46V就停止充电。虽然经常性使用充电省去了过充电过程，但却缩短了充电时间，提高了充电效率，特别是能有效地延长蓄电池的使用寿命。如果长期不对蓄电池进行过充电会导致极板硫酸盐化，所以蓄电池在进行经常性使用充电15～20次后要进行一次彻底深放电，然后进行一次恢复性过充电，即开始阶段用I_1将蓄电池单格电压充至2.40～2.44V，然后改用I_2将单格电压充至稳定不变再继续充电2～3h。

2. 蓄电池双恒流充电器的制作

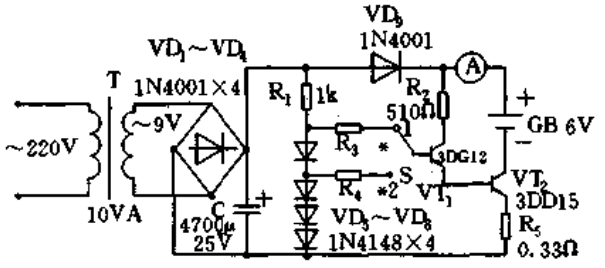


图 7-42

电原理图如图7-42所示。220V市电经电源变压器T降压后由VD_1～VD_4全波整流再经电容C滤波后送入由R_1～R_5、VD_5～VD_8及VT_1、VT_2等组成的恒流源。恒流源的大电流I_1和小电流I_2的转换由开关S控制。当S接通"1"时，恒流源用大电流I_1对蓄电池充电，当S接通"2"时，恒流源用小电流I_2对蓄电池充电。适当调整R_3、R_4的大小可以得到不同数值的I_1和I_2，以适应不同场合的需要。R_5是VT_2的发射极电流负反

馈电阻。VD_5～VD_8均作稳压二极管用。R_1是VD_5～VD_8的限流电阻。VD_9是隔离二极管。VT_2应根据具体情况加装合适尺寸的散热器。

本充电器属于简易型，使用时应有人监视工作情况。读者也可参照有关资料增设保护电路，在此不再详述。

（二十五）干电池充电器

手电筒不太亮了，说明电池电压太低，换新电池，往往把旧电池就扔掉了。其实，旧电池充电后仍象新电池一样能用。

电池充电，可以采用如图 7-43 所示充电电路。图中，T 为市售变压器，它将 220V 市电变换成 6V、8V、12V 交流电压。其中 6V 接线端子接一只节能型发光二极管 VD_1，作开机指示用；8V 接线端子经四只二极管 VD_2～VD_5 组成桥式整流器，输出约 7.5V 的直流电压，供电池充电用。R_2～R_5 与波段开关 S2 配合使用，可以对不同规格的电池充电，在 S2 的各挡位旁标有“1”、“2”、“4”、“5”号电池。当 S2 拨到“0”的挡位时，可根据指示灯 VD_6 的亮度来判断充电前后电压的高低。

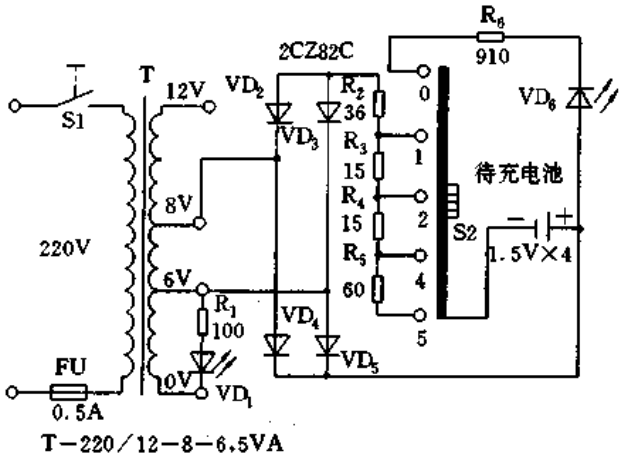


图 7-43

待充电的电池必须锌筒完好，电糊未干，且电池电压不低于 1V。充电电流最好是脉动的，这样电池的复活率高。充电电流不宜过大，通常 1 号电池为 120mA；2 号电池为 80mA；4 号电池为 50mA；5 号电池为 30mA。充电电流小些，则充电时间长些，充电后充电电池使用的时间也可长些。如充电电流过大，往往会引起电池发热，使用这种方法充电，最好是电池随充随用，可多次进行充电。一旦电池外壳穿孔或发软流液了，也就无法再充电了。

（二十六）永 备 电 源

永备电源的原理是根据电池蓄电量的多少，由 NE555 检测出相应电压的高低，经固态继电器 SSR 去控制充电电路交流侧电源的通断，自动向蓄电池恒流充电，不断向负载供电。该电路由于选用了免维护电池和固态继电器，又能自动充电，做到无人管理，故称为永备电源。

1. 工作原理

永备电源的电路如图 7-44 所示。

（1）IC_1 为 W317 可调稳压集成电路，与 VT_1、R_3 组成恒流充电电路，调整 R_3 使充电电流维持涓细电流充电。按图中数值，充电电流为 80mA，此电流通过二极管 VD_8 向电池 GB 充电，VD_6 的作用是当停止充电时，防止电池电流的逆流损坏 W317。采用恒流充电的目的是：电池电压随蓄电量升降，以便检测。

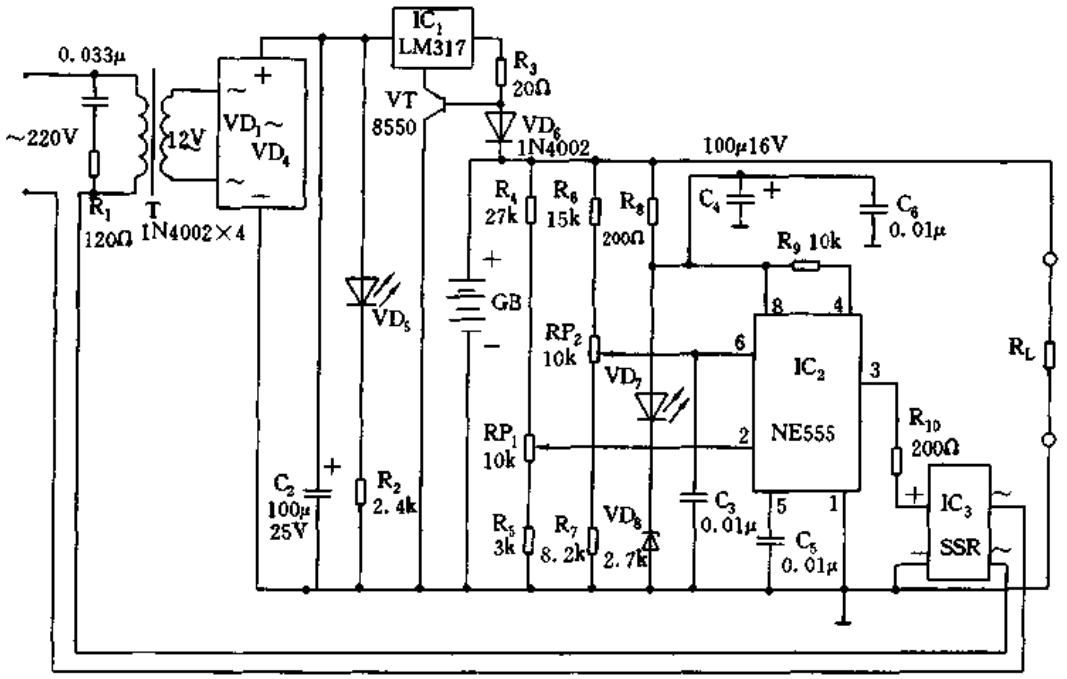


图 7-44

(2) 免维护铅酸电池 6V/4Ah 的低限电压为 4.8V，高限电压为 6.5V。

作为比较器 NE555 的电源必须稳定，R_8、VD_7、VD_8 组成简单的稳压电路为其供电。调整 R_8 数值，以建立工作电流，按图中数值，工作电流约为 10mA，稳压值约为 4.4V。

(3) RP_1 为下检测电位器，当电池电压下降到 4.9V 时，调整 RP_1 使 NE555 的③脚出现高电平"1"，即通过 SSR 接通 220V 交流电，恒流向电池充电，并同时向负载供电。

(4) RP_2 为上检测电位器，当电池充电电压上升到 6.4V 时，调整 RP_2 使 NE555 的③脚出现低电平"0"，即通过 SSR 断开 220V 交流电，停止充电，只有电池向负载供电。

(5) 负载接在电池两端，在电池、元器件寿命期间内，一直需要供电。

2. 安装与调整

(1) 恒流充电电路

变压器 T 的初级暂时不接 SSR。待电路安装好后，用一只 3W/100Ω 电位器代替 R_3，电池串联一只直流电流表后接上。接通交流 220V 电源，VD_5 亮。调整电位器使充电电流为 80mA。拆下电位器量其阻值，用 2W 固定电阻装上即可。

(2) NE555 检测电路

①NE555 的稳压电源

检测电路装好后，暂不接 SSR 与充电电路，而接入一只充好电的 6V/4Ah 电池。用一只 1kΩ 电位器代替 R_8，在 VD_7 上串联一只直流电流表，调整电位器使通过 VD_7 的电流约为 10mA，VD_7 亮，拆下电位器量其阻值，用一固定电阻装上。用直流电压表测量 NE555⑧脚的电压应为 4.4V 左右。

②用 RP_2 调整高限电压，用 RP_1 调整低限电压。

检测电路装好后暂不接 SSR，而在 NE555 的③脚接上一只直流电压表。断开电池及充电电路，用一台 0～12V 可调直流电源代替，并在两端接一只数字电压表。将可调电源升至

6.4V，调整 RP_2 使③脚出现低电平“0”，再将可调电源降至 4.9V，调整 RP_1 使③脚出现高电平“1”。反复进行几次调整，直到准确、可靠为止。

（3）SSR 控制电路

检测电路装调好后，将 NE555 的③脚经 R_{10} 接在 SSR 的“＋”端。SSR 的“－”端接“地”，两个“～”端串联在变压器的初级。变压器的次级与整流桥脱开，接一只交流 50V 电压表，电池不接，仍然用 0～12V 可调直流电源代替，接一只直流数字电压表。

将变压器 T 的初级接通 220V 电源，将直流可调电源慢慢下降，注意观察交流、直流电压表，当交流表有指示时，直流表读数应为 4.9V 左右；然后再慢慢升高直流电压，当交流表电压为“0”时，直流表读数应为 6.4V 左右。否则可微调 RP_1、RP_2。

（4）电路使用

将整个电路完整地接好，只在电池两端接一数字直流电压表监示，并接通负载。

将变压器初级 220V 上。若 VD_5 亮，则说明在充电；若 VD_5 熄灭，说明已停止充电。若 VD_7 亮，则电池有电。

若直流电压表指示的高、低限电压有出入时，仍可微调 RP_1、RP_2，直到合乎要求为止。拆除电压表即可投入使用。

（二十七）性能优良的充电器

这里介绍一种对其进行适当调整，就能对多种电池进行合理充电的充电器。它可以对多节电池并接充电，也可对多节电池串接充电。并具有恒流充电功能和快充转为慢充及涓流充电的自动转换功能。本电路以两节五号镍镉电池为对象进行说明、制作、调试。

1. 工作原理

如图 7-45 中 LM317 可调稳压三端，能在 1.25V～37V 之间的任意一个电压点上都有 1A 以上的恒定电流输出。因此，足以保证一般电池组和电池充电的恒流需要。(1)当开关 S 拨至

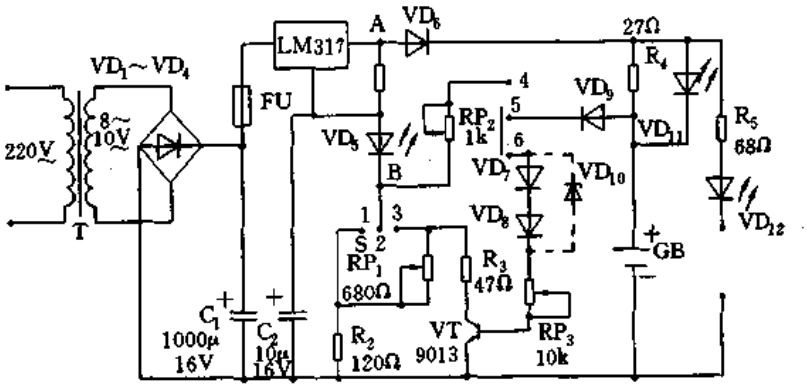


图 7-45

1、2 和 4、5 接点时，为 50mA 标准恒流充电。此时，对充电电池并接数量的变化，基本上不影响充电电池的恒定输出(在 1.5A 以下)。VD_5、VD_{11}发光二极管发光表示充电正常，当电池电压逐渐升高时，通过 VD_9、RP_2 给 LM317 调整端一个正反馈渐变电压，B 点电位升高，而 LM317 输出端和调整端电压差为 1.25V 不变。即 A 点电位也升高。由此，电池电压上升多少变化量，LM317 输出端上升多少变化量，从而维持整个充电过程的恒流充电。(2)当开关 S 拨至 2、3 和

5、6 接点时为快充电挡。充电初时 VT 截止。由 RP_1+R_2 与 VD_5+R_1 分压得到快充电压和电流，当充电容量达 80%左右时(本电路设计被充电池电压为 3.0V)，VT 开始导通，集电极电位下降，相当于 RP_1+R_2 值减小，B 点电位下降，LM317 输出端 A 点电位下降。充电进入小电流充电状态，随被充电池电压逐渐升高，VT 饱和程度加深，充电电流逐步减小，VD_{11}亮度减弱，进入涓流充电状态，直到停充。

2. 制作与调试

变压器 T 可根据充电要求选用。若次级电压太高，可采用半波整流，减小 LM317 的功耗。VD_5 为三端输出基准电位，并兼作工作指示灯。VD_6 为防反充保护二极管。三极管 VT 选用 $\beta>100$。

(1) 首先调试恒流充电挡，用线绕电位器替代 R_2，放入待充电池，并串入电流表，断开 RP_2 到 B 点的连接线，调节电位器使充电电流在 50mA。此时万用表测出电位器的数值，将其值固定，同时测出 B 点电位，确定正反馈取样电压之后，接上 RP_2 到 B 点的连线，调节 RP_2 使接上 RP_2 后的 B 点电位等于原来的电位。

(2) 调试快充挡。根据被充电池，确定充电电流和电压，本电路选用 120mA 左右为快充电流，慢充电流<35mA。将开关 S 拨到 2、3 和 5、6 的快充挡，接入待充电池，调节 RP_3 保证 VT 截止，串入电流表，调节 RP_1 达到快充电流，然后接入两节 1.5V 的电池，或再用电位器接入电路作为调试负载，调到 3.0V，调节 RP_3 使 VT 导通，观察电流表变化，确定慢充电流和涓流充电电流。R_3 可按调试结果来选定 VD_7～VD_9 是为了在充电电流未达到 3.0V 前，VT 过早进入放大状态改变充电特性而设置的，若对其它电池组充电，可按其电压，选用相适应的稳压管 VD_{10}替代，整个调试过程最好选用数字万用表。R_5、VD_{12}作为辅助充电电源，对其它钮扣电池或用于小电流充电时，也可不用。

(二十八) 镍镉—镍氢电池快充控制芯片 U2402B

U2402B 是一电池快充控制 IC。采用智能电池电压二阶导数(d^2V/dt^2)监测充电状态和相控调整充电电流技术，具有充满自动停止、温度保护等防护措施，两只发光二极管显示充电和温度状态。广泛应用于手提电动工具、笔记本型电脑、蜂窝式电话和无绳电话等。

原理方框图如图 7-46 所示，引脚图如图 7-47 所示。

1. 工作原理

图 7-48 显示出快充引起的电池电压曲线凸凹变化，当完全充电时，它提供三种确定标准：$\pm d^2V/dt^2$ 和 $-dV$。对比现在的充电理论，当电池电压出现负增长($-dV$)即认为充电曲线的凸凹变化(与电池电压对时间的二阶导数有关)。以出现 $\pm d^2V/dt^2$ 作为判断充满的依据是 U2402B 与现在大多充电 IC 原理的不同之处，在快速充电时此判断是最有效防止过充电的方法，尤其是对镍氢电池，可防止温度上升、压力增大造成的爆炸危险。充电电流采用恒流，通过 IC 内部控制放大器相位控制电路和一分流控制电路获得。

2. 充电过程说明

参考图 7-48，电池插入后充电过程开始，若电池极性有误，快充立即停止；若极性正确，开

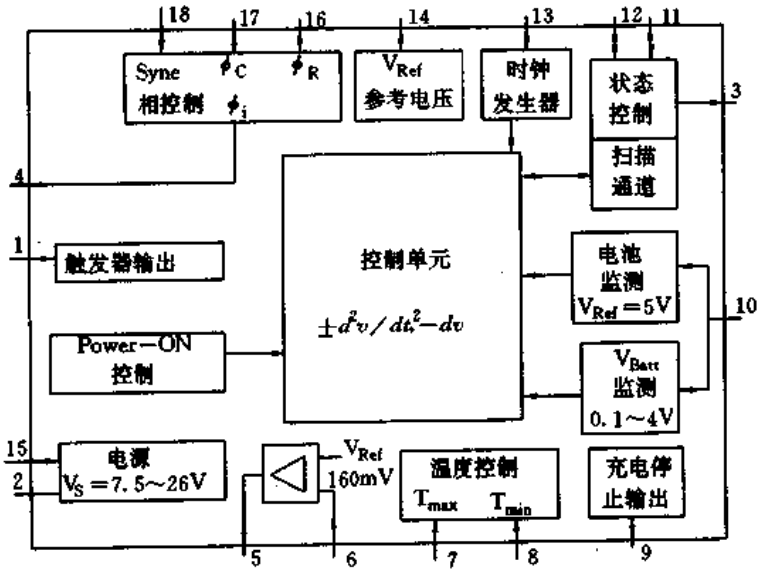


图 7-46

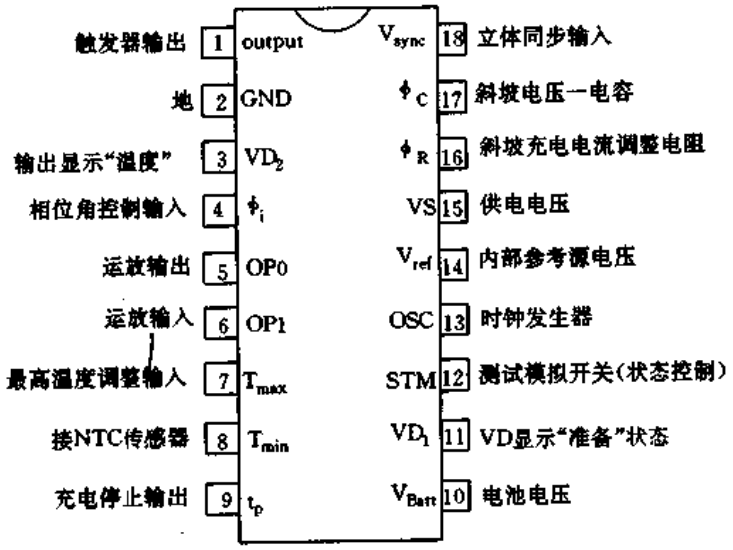


图 7-47

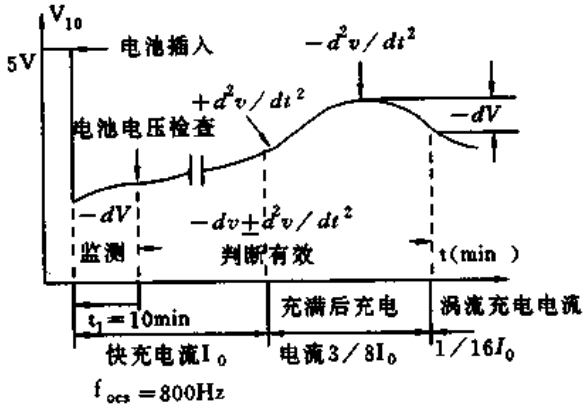


图 7-48

始10分钟快充，充电电流为I_0。若电池电压在充电过程增量小于0.1V，充电停止，表示电池失效或非充电电池。若电池电压出现$-dV$，表示电池已充满。在6个测量周期(110S)后停止充电，开始充电的前10分钟，只有$-dV$判据有效，$\pm d^2V/dt^2$无作用。

快充10分钟后，$\pm d^2V/dt^2$和$-dV$判断均有效，充电时间将根据$-d^2V/dt^2$检测和电池容量决定。当充电接近电池容量极限时，电池电压(V_{10})曲线明显上升，产生$+d^2V/dt^2$，此时IC停止快充，自动改为$3/8I_0$保护充电电流。此阶段10分钟，为保护充电阶段。保护充电后，自动进入涓流充电，电流为$1/16I_0$，该阶段直到取出电池为止。充电程序如图7-49所示，电路原理如图7-50所示。

3. 电路原理分三部分加以说明

(1)电源部分：电源电压VS随电池的数量而改变。

(2)测量部分：第⑩脚V_{10}即为电池电压输入端，输入范围在0～4V，如果电池电压超过4V，则需采用RB_2和RB_1分压，RB_1、RB_2、RB_3值由下式计算：$RB_3=RB_2[V_{10max}/(V_{Battmax}-V_{10min})]$，$RB_1=[(V_{smin}\times RB_3-5|RB_2+RB_3|-0.03mA\times RB_3\times RB_2)/(0.03\times RB_3+5)]$。

其中V_{10max}=10脚最高电压

V_{smin}=电源供电最低值

$V_{Battmax}$=电池最高电压。

温度测量是由RT_1、RT_2、RT_3及NTC敏感元件组成，预先设置好温度范围，即R_{NTCmax}、P_{NTCmin}。由下式计算RT_1、RT_3，设$RT_2=100k\Omega$，$RT_1=R_{NTCmax}$，$(V_{Ref}-4V)/4V$，$RT_3=R_{NTCmin}$ RT_2/RT_1。若温度上升使$R_{NTC}<R_{NTCmin}$，此时$V_8<V_7$，则内部比较器输出停止充电信号。

(3)相控电流原理：充电电流通过R_S产生一电压，该电压与IC内部运放参考电压(160mV)比较，若R_S压降小于160mV，则④脚输出电压ϕ_1减小，ϕ_1与相控器之参考电压V_{ramp}比较，若$V_{ramp}>\phi_1$，则①脚触发器输出，由于ϕ_1减小，则触发器输出时间增大，则充电电流增加，直到R_S压降上升至160mV。

(二十九) 0～1.5A恒流可调自动充电器

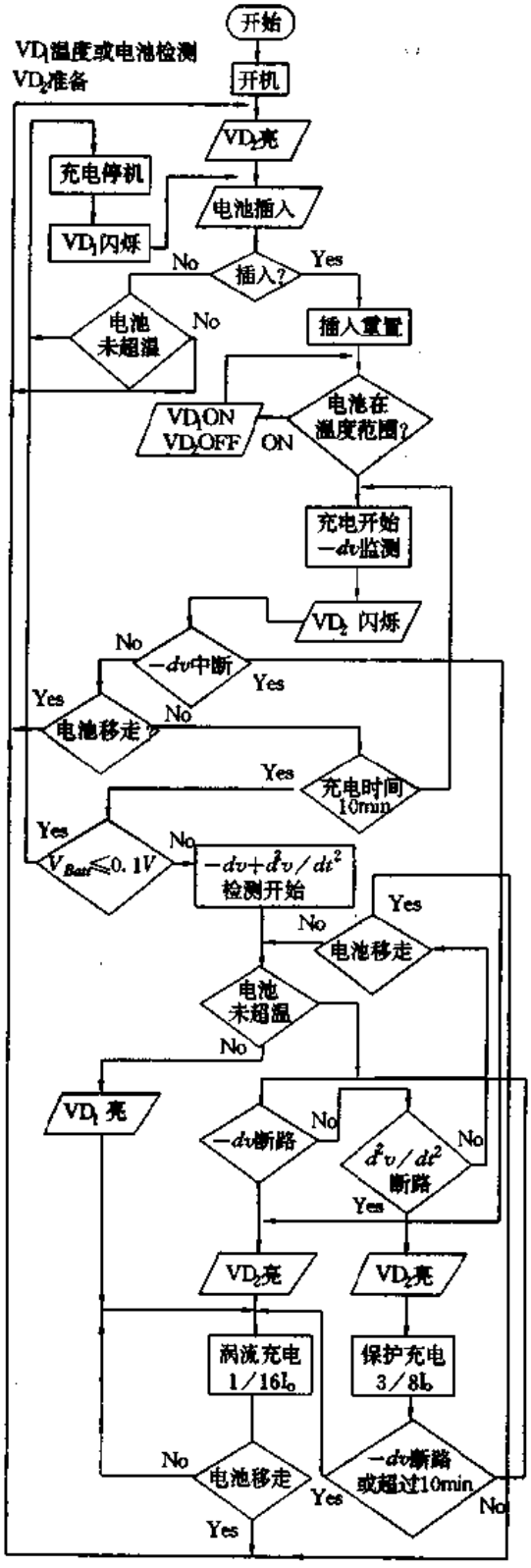
本电路可对电池或电瓶充电，电池或电瓶充满时自动停止充电，恒流充电从0～1.5A连续可调，停止充电时，阈值电压从0～15V连续可调。

1. 工作原理

如图7-51所示。当AB之间接入电压不足的电池或电瓶时，RP_1滑动端的分压值不能使VT_5导通，VT_4通过R_9导通，使VT_1～VT_3导通，VD_6亮指示充电状态。调节RP_2滑动端可改变充电电流的大小。随着电池或电瓶两端电压逐渐上升至一定值即电池充满电时，RP_1滑动端的分压值使VT_5导通，VT_4截止，VT_1～VT_3截止，VD_6熄灭，指示充电结束。VT_1管通过S_2设立三只不同阻值的发射极电阻，是为了改变不同电流时的电压反馈量，提高恒流稳定性。R_1～R_3是电流挡切换电阻，切换电流分别是0.75～1.5A；0.15～0.75A，0～0.15A。

2. 元器件选择

R_1、R_2、R_3分别用3W、2W、1/2W的电阻。VT_1、VT_2：9014、$\beta\geqslant 40$，VT_3～VT_5：9015、$\beta\geqslant$


开始
VD1温度或电池检测
VD2准备
开机
VD2亮
充电停机
电池插入
VD1闪烁
No
插入?
Yes
电池
未超温
No
插入置置
VD1ON
VD2OFF
ON
电池在
温度范围?
充电开始
-dv监测
VD2 闪烁
No
-dv中断
Yes
Yes
电池移走?
No
Yes
充电时间
10min
Yes
No
$V_{Bat}\leqslant 0.1V$
$-dv+d^2v/dt^2$
检测开始
Yes
No
电池移走
电池
未超温
No
VD1 亮
-dv断路
No
d^2v/dt^2
断路
No
Yes
VD2亮
VD2亮
涡流充电
1/16Io
保护充电
3/8Io
No
电池移走
Yes
-dv断路
或超过10min
No
Yes

充电程序图

图 7-49

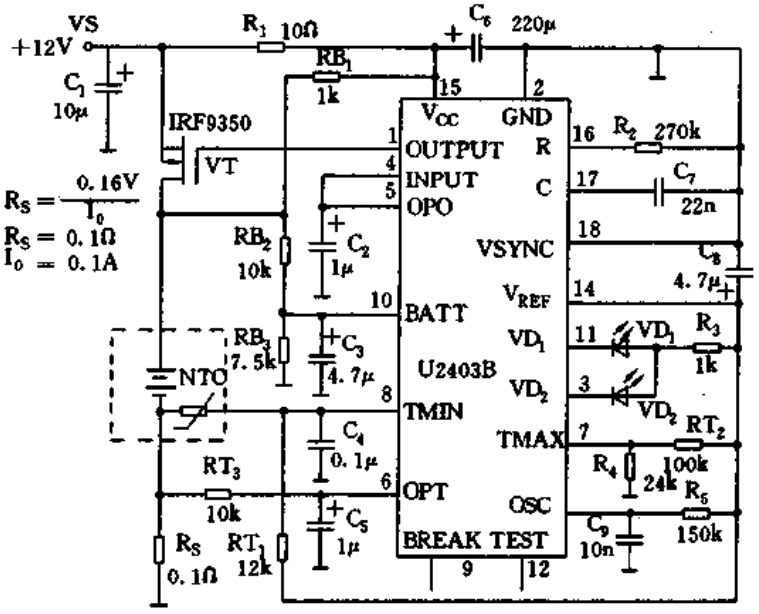


图 7-50

100。

3. 调试方法

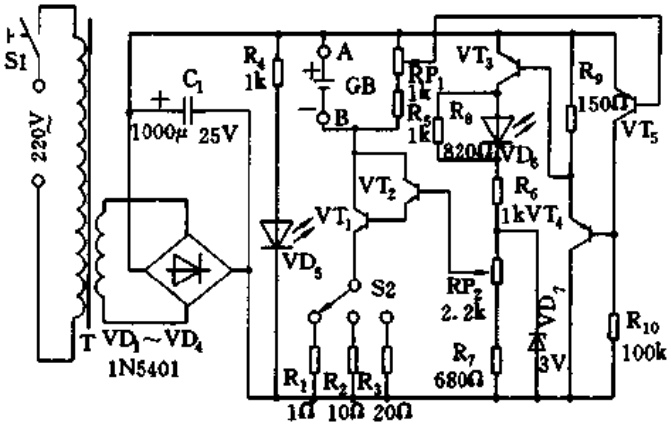


图 7-51

将 RP_1 滑动端调至电源正端，用 470k 电位器接在 R_{10}的位置上，调节电位器 RP_1 使 R_6 两端电压为 6V，取下电位器用同一阻值的固定电阻接上，用 20W8Ω 电阻或电炉丝接在 AB 之间，将 RP_1 滑动端调至 R_5 端，再调节 RP_2 使 R_1 电压从 0～1.5V 增长，其充电电流 $I = U_1/R_1$。记下 RP_2 刻度，以备后用。然后取下电阻用一台可调稳压电源接在 AB 之间，调稳压电源分别至所设定电压，同时调节 RP_1 使 VD_6 刚刚熄灭，记下调节 RP_1 刻度以备后用。

需注意：碱性锌—锰电池充满时端电压为 1.7～1.8V；镍—镉电池充满电时电压为 1.4～1.55V，6V 电瓶充满电时为 7.22～7.38V，12V 电瓶充满电时为 14.64～14.76V。

（三十）6V 干电池充电器

1. 工作原理

如图 7-52 所示的充电器可对一节 6V 层叠电池或 4 节 1.5V 的干电池提供一个 20～30mA 范围固定充电电流。当电源开关 S 合上时，220V 交流电源由电容 C_1 降压，电阻 R_1 限流后，再由二极管 VD_1～VD_2、电容 C_2 整流、滤波，发光二极管 VD_3 显示工作，给 6V 电池充电。在 6V 电池两端并上一只直流电压表（量程在 0～10V），调节电阻 R_3 可反映电池充电的实际电压值。当电池充电电压升高时，则 PV 表指示也随之升高，以满足所需的电压。对充电电池建

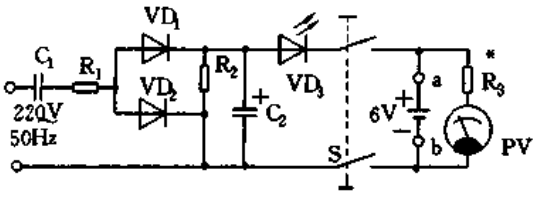


图 7-52

议每周充电一次。对于已经放电几个月的普通电池或高能电池来说，再充电是没有意义的，甚至还可能损坏电路。

在一般情况下，充电电流小些，充电时间长些，则充电后的电池比较耐用。若充电电流太大，容易引起电池发热，复合率较低。

2. 元器件选择

电容 C_1 选 2μ/400V(涤纶电容)，C_2 选 220μ/16V。电阻 R_1 为 270Ω、2W，R_2 为 2.4k、1W，R_3 为 330k、1/2W(可调)。VD_1～VD_2 用 1N4002(整流二极管 1A/200V)。发光二极管 VD_3 用 BT504(红色)。电压指示表 PV 用 6410-200μA。电源开关 S 为 KNX(2×1)。

3. 使用时应注意

(1) 该充电器是对 6V 额定电压的电池充电的。
(2) 对电池充电时一定要注意极性，正极应接 a 端，负极应接 b 端，以免损坏充电电路。
(3) 接上电池后，再闭上开关 S 以免损坏 PV 表。
(4) 充电时间一般在 16～24 小时为宜。

(三十一) 12V 自动充电器

本充电器采用恒流截压充电方式。当负载电压小于标称电压时，自动恒流充电；当负载电压充到额定电位时，电流迅速减小，直至达到保护截止电压，充电电流为零。该电路还采用反向截流，有效的防止负载在长时间充电过程中，电源断电负载放电现象。

1. 技术指标

(1) 输入电压：交流 220V；
(2) 标称电压：直流 12V；
(3) 输出电流：80mA±5mA；
(4) 截止电压：14.5～15V；
(5) 适合环境温度：－10℃～＋45℃。

2. 工作原理

如图 7-53 所示。输入交流 220V，经变压器 T 变压输出交流 20V。由桥式整流器 VD_3～VD_6 整流转换成直流电压，再经过电容 C_1 滤波供给充电部分。充电有恒流源、保护截止电压两部分组成。

(1) 恒流部分，开始充电(接上负载)电源通过负载，并经过 R_4 形成回路。由于 R_4 端电压不同(压降不同)，使三极管 VT_3 基极电位高于射极电位，于是 VT_3 导通。如果负载电压较低，充电电流比较大，因而 R_4 的压降亦较大，使 VT_3 的基极电位变高，VT_3 更导通，从而使三极管 VT_2 的基极电位下降，而导致三极管 VT_1 流过的电流减小。充电电流较小时则反之，以达到恒

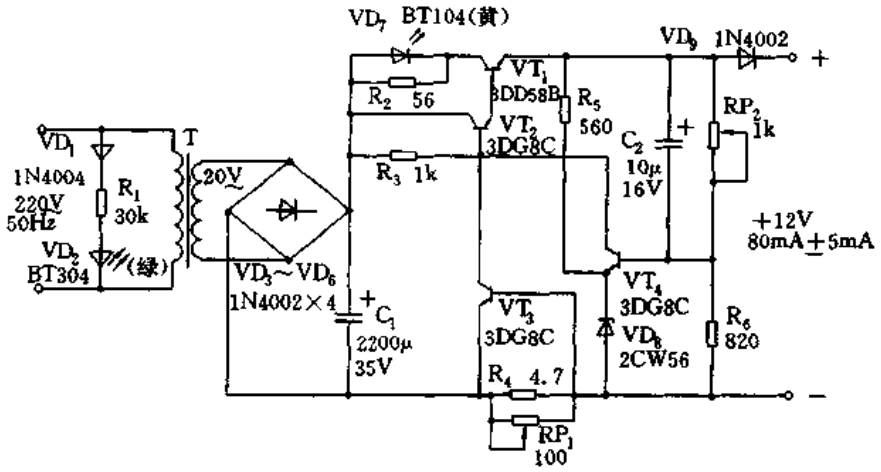


图 7-53

流充电的目的。

(2) 保护截止电路：三极管 VT_4 基极电位原处于 $U_{b4}<8.7V$，发射极电位 $U_{e4}=8V$(由参考电压即稳压二极管 VD_8 决定)。VT_4 不导通呈截止状态。当充电电压达到 14V 时，则 VT_4 的基极电位 $U_{b4}\geqslant 8.7V$，于是 VT_4 饱和导通，这时 VT_2 的基极呈低电位而使 VT_1 截止，充电电流趋向零。充电器停止工作，指示灯 VD_7 熄灭。

其中，VT_1 为调整管。VD_2 为发光二极管作电源指示。VD_7 为发光二极管作充电指示用。VD_8 作截止基准电压或参考电压。VD_9 为反向电流截止管或隔离二极管。

2. 使用与调试

(1) 接通电源时，发光二极管 VD_2 应发亮，再接入负载发光二极管 VD_7 应发亮(负载电压应低于充电器标准电压)，表示该充电器工作正常。

(2) 充电时应注意正负极性，不得接错，以防损坏充电器元件。

(3) 调整电位器 RP_1 的阻值，可以改变充电电流。调整电位器 RP_2 的阻值，可以改变截止电压。

(4) 调整管 VT_1 须装合适的散热器，以提高带负载能力。

(5) 充电示意图如图 7-54 所示。



图 7-54

常见故障及维修方法见下表 7-7。

表 7-7

故　障	可能的原因	维修方法
充电电压过高或过低	1. 分压器分压比不正常 2. 基准电压过高、过低	调整 RP_2 的阻值

续表

故　障	可能的原因	维修方法
充电电流过高或过低	电阻 R_4 变值	1. 检查电阻 R_4 2. 调整 RP_1 的阻值
电压不截止	1. 复合调整管击穿 2. 比较级放大管断路 3. 稳压管断路	1. 更换 VT_1 或 VT_2 2. 更换 VT_4 3. 更换 VD_6
没有电压输出	1. 复合调整管断路 2. 稳压管击坏 3. 恒流管击穿	1. 更换 VT_1 或 VT_2 2. 更换 VD_6 3. 更换 VT_3
不恒流	恒流管 e、b 脚断路	更换 VT_3
性能不稳	内部元件虚焊或脱焊	重新焊接，焊接后调整

（三十二）12V 充电装置

本 12V 充电装置采用晶闸管元件。改变电路中功率器件的额定参数，可获得不同的充电电流。该电路简单且具有多种保护功能。

1. 工作原理

电路如图 7-55 所示。变压器 T_1、整流桥 VD_1～VD_4、晶闸管 VS_1 构成充电装置的主回路，

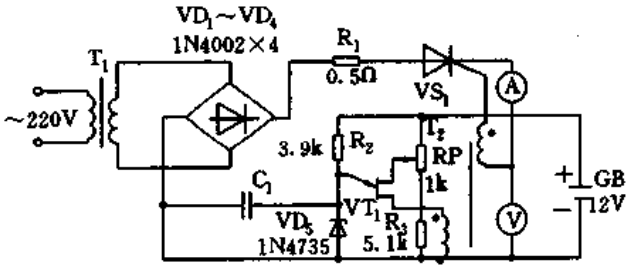


图 7-55

单结晶体管 VT_1、变压器 T_2 及相关元件 R_2、R_3、RP、C_1、VD_5 构成晶闸管触发控制电路。被充电的蓄电池 GB 不接入电路，振荡器 VT_1 等组成的振荡器不工作，晶闸管 VS_1 截止，主回路无电流。只有当蓄电池接入后，振荡器开始工作，晶闸管提供触发脉冲，使晶闸管导通，主电路对蓄电池充电。如果蓄电池接反，则不产生振荡，晶闸管因无触发脉冲而截止，防止蓄电池反充电。同理，当充电装置自身出现故障而短路时，振荡器因无工作电压而停止振荡，晶闸管 VS_1 也处于截止状态，保护充电装置的功率器件免受损坏。

本装置除具有上述保护功能外，还有过充电保护功能。从单结晶体管振荡器的工作原理可

知，其振荡条件应满足 $U_e > \eta U_{bb}$，式中 U_e 为单结晶体管发射极电压；U_{bb} 为单结晶体管基极 b_1 与 b_2 之间所施加的直流电压；η 为单结管的分压比，通常在 0.35～0.5，对某一特定的单结管而言，η 为定值。当蓄电池的端电压充电到规定的过压阈值（比如 14V）时，U_{bb} 值增大，不满足 VT_1 的振荡条件 $U_e > \eta U_{bb}$，振荡器停止工作，晶闸管 VS_1 无触发脉冲，同时相当于在晶闸管 VS_1 的控制极与阴极之间加了一个反偏，晶闸管 VS_1 截止，停止充电，达到过充电保护的目的。调节电位器 RP 可改变 U_{bb} 的数值，从而改变过充电的保护阈值。

稳压管 VD_4 为单结管 VT_1 的发射极提供基准电压，振荡器的工作频率主要取决于时间常数 C_1、R_2。

2. 元器件选择

单向晶闸管 VS_1：MCR100-6 或 MCR100-8。单结晶体管 VT_1：BT33B～C。变压器 T_2：用 20×10×5-2000 的磁环或相应的磁罐绕制，初、次级用 ϕ0.35mm 的高强度漆包线绕 110 匝和 70 匝。

（三十三）镉镍电池的充电方法和使用注意事项

对镉镍可充电电池充电，是使已经放过电的镉镍电池恢复工作能力的方法。我们在电子设备和家用电器中经常遇到充电的问题。但充电的适当与否对电池的工作寿命有很大的关系。因此，我们一定要了解充电原理，并掌握好充电方法。

1. 充电方法

（1）标准制与非标准制充电

对于在便携式设备中周期性地使用的镉镍电池一般可以进行标准制充电，即规定环境温度在 15℃～30℃时，采用 10 小时率电流充电 14～16h。所谓 10 小时率电流就是电池的额定容量 Q(Ah)除以 10h 所得的商。例如，对于 Q 为 500mAh 的 5 号镉镍电池（也有容量为 600、700mAh 的，但还是以 500mAh 者较为多见），10 小时率电流就是 50mA。

如果需要缩短充电时间也可采用非标准制充电，充电电流 I 应小于 3 小时率电流，充电时间一般不宜超过：(1.3～1.4)Q/I。例如，对 5 号镉镍电池用 150mA 电流充电，充电时间一般不宜超过 1.35×500/150＝4.5h。

（2）快速充电

在特定情况下，镉镍电池还可以采用快速充电，采用的充电电流可达到 1 小时率电流，甚至 0.5 小时率电流。但此时必须严格地控制充电时间和电池两端电压不高于 1.52V。这是因为镉镍电池虽然可以经受大电流充电，但要防止过充电，绝对禁止大电流的过充。大电流的过充会迅速使电池内的水电解，增加内部的压力和温度，产生不良的化学反应，造成永久性破坏。

（3）连续补充充电或浮充电

对于固定使用在交流供电电路中作为备用电源的镉镍电池，一般采用充电时电池和负载分开的连续补充充电法或者充电时电池和负载仍旧连接的浮充电法。连续充电适用于步话机、闪光灯、收录机、电剃须刀等使用的电池及应急电源、通信设备等。充电的方式可以是恒流充电，也可以是恒压充电。就镉镍电池来说，一般采用恒流充电的较多，因为恒流充电对缩短充电时间和延长电池使用寿命比较有利。镉镍电池的自放率较高并且与环境温度成正比，为了补偿

自放电所造成的容量损失，还可对镉镍电池进行涓流充电。其方法是以 30 小时率电流对电池进行不间断的充电。但必须注意，涓流充电的电流不得大于 10 小时率电流，否则，连续不断的充电也有可能使电池损坏。

镉镍电池充电的温度范围为－20℃～＋50℃，但最佳温度为 10℃～30℃。当温度低于 0℃时，充电的电流应减小，不宜超过 20 小时率电流，并且其端电压也不应高于 1.55V。

2. 使用注意事项

（1）对于新的电池或常温下存放三个月以上的电池，使用前必须进行“练习”，使其恢复容量。方法是以 10 小时率电流充电 14～16h，然后再以 5 小时率电流放电至电压为 1V（不宜低于 1V），须经过 2～3 次循环。如不进行“练习”循环而直接使用，最初几次可能出现容量不足的现象，待使用几次后，其容量就会恢复正常。

（2）尽量采用脉动电流进行恒流充电，并防止过充电，尤其应防止在过电压状态下充电。

（3）为了尽量延长电池的使用寿命，在使用过程中最好放电深度控制在 50%～60%就进行充电。这样，可以减少充电时间，也大大地延长了电池的使用寿命。值得注意的是这时对电池充电达到阀值电压即应停止充电。不同牌号的镉镍电池有不同的阀值电压，我们可以对所使用的电池的阀值电压作一个测定。方法是将电池放电完毕（放电到 0.95V～1V），用 10 小时率电流充电，16 小时后测得的电压即为此种电池的阀值电压。以后的每次充电，如超过阀值电压继续充电就会造成过充电，而不到阀值电压就停止充电，就会充电不足。久而久之，这两者都可能造成电池的容量下降。

（4）对于容量已经下降的镉镍电池如片面增大充电时间，也还是充不满电的，由于内部极化阻碍了能量转换，继续充电只能使电能变成热量损耗掉，并给电池带来伤害。此时，可进行多次充放电使其恢复容量。方法是以 5 小时率电流放电至电池电压为 1V，再用 5 小时率电流充电 6～7h，如此 2～3 次后，电池的容量可基本恢复。如果此法仍不奏效，那就是电解液已干枯，必须补充蒸馏水或电解液，才能恢复其性能。但对使用已久、寿命接近终了的电池来说，其容量下降是无法恢复的。

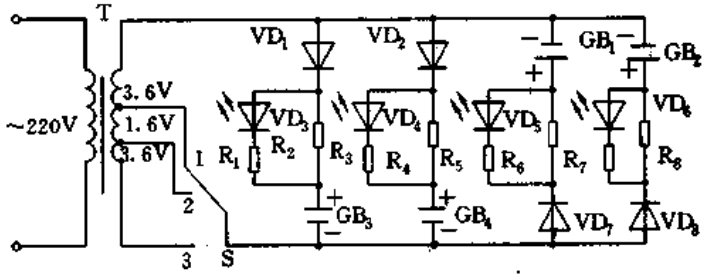


图 7-56

（5）如使用不良的充电电路或不规范的充电方法，可能使电池内部产生较长的枝晶使电极短路，电池两端的电压为零，电池一点也充不进电的，无法调节，所以当充 600mAh 或 700mAh 电池时，只能用相应增加充电时间才能保证充电足够。目前，市场上出售的小型充电器一般按标准制充电电流设计，有少数的设置了所谓“快速充电”，实际上是非标准制（大约在 5 小时率充电电流左右），这样，充电时间就比较短。至于 3 小时率充电电流以上的快速充电器，因为要增加防止过充电的辅助电路，制造比较复杂，成本也较高，除爱好者自行制作外，尚无理想成品出售。下面介绍两种简单、实用，适宜于爱好者自行制作的充电器仅供参考。

一种电路图如图 7-56 所示。T 的容量为 5VA。R_1、R_3、R_5、R_7 为 75Ω、1/8W 碳膜电阻，R_2、R_4、R_6、R_8 为 22Ω、1/2W 金属膜电阻。转换开关 S 置于“1”时，充电电流约 30mA；置于“2”时，约为 60mA；置于“3”时，约为 120mA。

另一种是较简单的自动恒流充电器，电路如图 7-57 所示。充电电流采用标准制和 3 小时率电流。变压器 T 容量为 5VA。打开开关 S 时，恒流充电电流约 50mA；合上 S 时，恒流充电电流约 150mA。充电时绿灯 VD_7 亮；将近充满时，红灯 VD_{10} 闪亮，充至阀值电压后 VD_{10} 亮，充电自行停止。调试时按实际测得的阀值电压，调整 RP 以改变充电停止阀值。

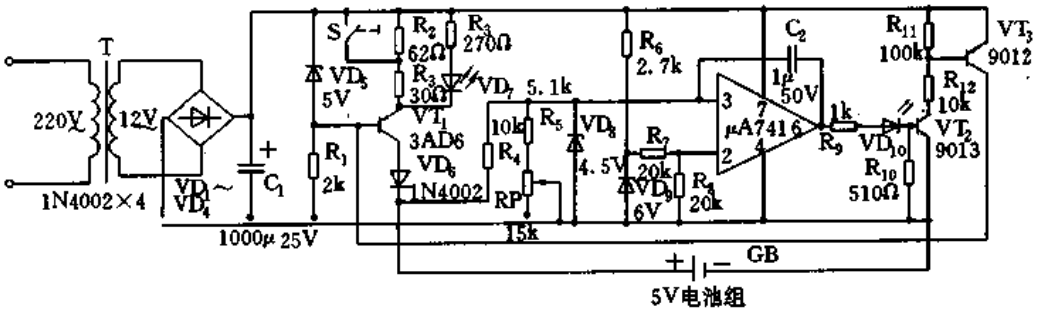


图 7-57

八、应急电源

（一）自制短时应急灯

夜晚突遇停电，四周一片漆黑，这时如有一盏应急灯就好了。市售的应急灯一般价格较高，且电池寿命有限。本文介绍一种不用电池，可照明5～10分钟的短时应急灯。

该应急灯电路如图8-1所示。当电路接入电网后，220V交流电经电阻R_1限流，再经二极管VD整流，将电容C两端电容充至250V左右电压，同时通过R_2点燃日光灯管。停电后，电容C上储存的电荷便通过R_2燃亮日光灯一段时间。

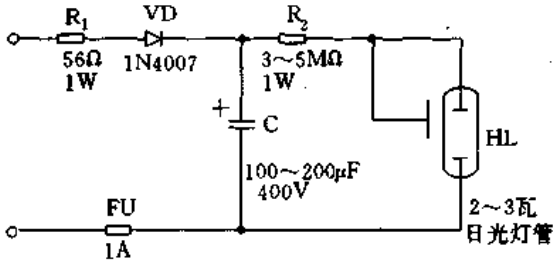


图8-1

电路中所用的日光灯管外形如图8-2所示，这种灯管由内管和外管组成，点燃电压低，易起辉、耗电极省、不需要镇流器。

图8-1电路安装时，R_2需要调整到使日光灯发光时间最长为宜。



图8-2

（二）停电应急灯

在经常停电的地区，会给人们的工作和学习带来诸多不便，尤其是学生们晚上做功课困难会更多。本文介绍的停电应急灯电路如图8-3所示，平时可用市电照明，停电后通过晶体管超音频振荡器，用电池GB点亮8W日光灯管，使用方便、省电。同时也消除了普通日光灯的闪烁现象，减轻了眼睛的疲劳，有利于保护眼睛。

从图8-3看出，逆变电路是反馈的间歇振荡器。电阻R提供给晶体三极管VT偏流，电容C_2决定了电路的振荡频率，电容C_3为防止灯管过早发黑而设置的隔直电容器。

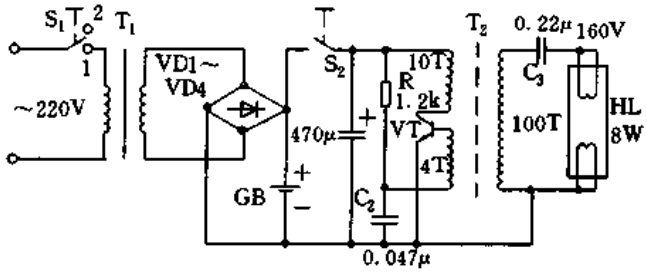


图 8-3

1. 元件选择

晶体三极管 VT 可选用大功率晶体管如 3DD15 类的三极管，β≥80，其外形和管脚排列如图 8-4 所示。R 选用 1/4W 的碳膜或金属膜电阻，C_2、C_3 选用涤纶电容为好。阻容元件数值，图 8-3 中已标注。电源变压器 T_1 选用 220V/9V、10W 的即可。脉冲变压器 T_2 的数值可参考图 8-3。电池 GB 选用 6V、4Ah 蓄电池。整流二极管 VD_1～VD_4 用 1N4004 型或其它 2CZ 型，但电流不应小于 1A 的整流二极管。

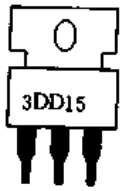


图 8-4

2. 安装与调试

（1）安装时注意脉冲变压器的线头不要焊错，否则电路将不起振而无法点燃日光灯管。

（2）晶体三极管 3DD15 要加装散热器，可用 2mm 厚的铝板制成，面积不小于 30×40mm²，并按位置打孔。焊接一定要可靠，以便为调试工作减小不必要的麻烦。

（3）电源和整流部分可另装其它木制的或塑料盒子里，再用导线接到自制的逆变电路板中去。

（4）电路只要焊接无误，元件合格，一般一次通电便可成功。通电前，在电源与印板间串联一只直流电流表，也可用万用表直流电流挡。

（5）接通电源后，电流表指示应不超过 0.6A，可以通过增减 R 的阻值达到上述要求。

（6）如果不起振，应检查三极管是否损坏，β 值是否达到要求，或者脉冲变压器线头是否焊错（可把脉冲变压器初级任一组线圈调换一下线头即可）。

（7）把原来台灯的镇流器卸掉不用，装上调试好的线路板，输出的两条引线接到灯管两端的管脚上，开关 S_2 仍用原台灯的开关。电源部分可放在写字台下边安全的地方，安装工作便全部结束。

3. 使用注意

（1）经试验，该电路还可点亮 12W 日光灯，成功率 100%。本电路装的日光灯，也可用于流动工作的场所。如野外作业，地质勘探，夏令营活动等，只要携带蓄电池和灯具就可以了。

（2）使用蓄电池要注意不要过放电，以免损坏蓄电池。当电池电压下降到 5.4V 时，应停止使用，立即充电。也可白天小电流充电，晚上使用。一般电池充满，可连续使用 6 小时左右。充电和放电可用开关 S1 控制，S1 拨到 1 位为充电状态，拨到 2 位为放电状态。

（三）新颖高效应急灯

本电路主要用于家庭备用的应急照明。它的电源造价低、效率高，且能在停电时自动使荧光灯燃亮。荧光灯管可以单管和双管点燃使用。

1. 工作原理

本直流变换电路主要是由蓄电池 GB、三极管 VT2 和高频变压器 T2 等元件组成。其工作

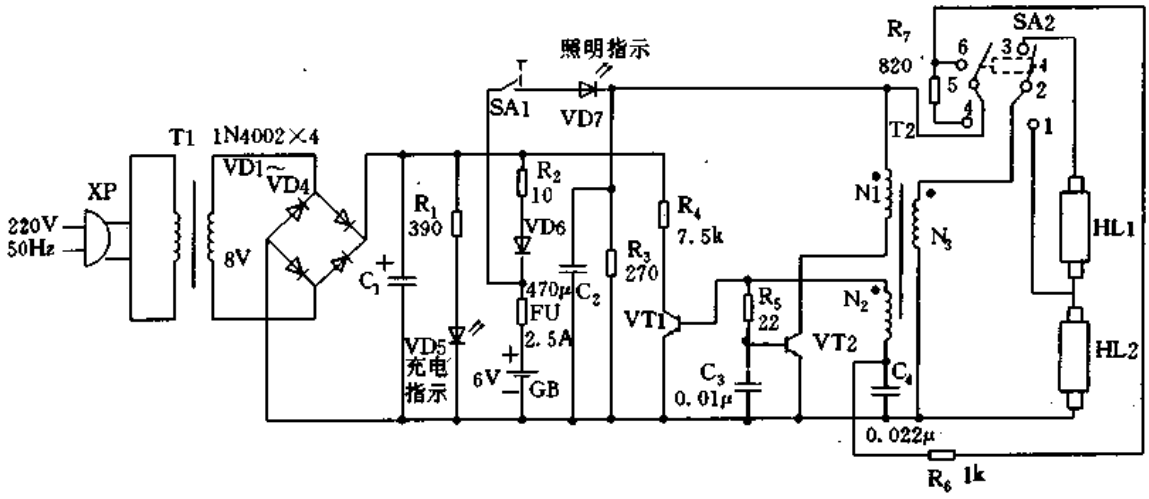


图 8-5

频率在 25kHz 左右，电路如图 8-5 所示。在荧光灯管变暗或不亮时，将插头 XP 插入交流 220V 电源中。变压器 T1 的次级将降压为 8V 的交流电压，经桥式二极管 VD1～VD4 整流，电容 C_1 滤波，其 C_1 两端可获取 8V 直流电压，该电压由限流电阻 R_2、二极管 VD6 对蓄电池 GB 进行充电，同时，发光二极管 VD5 点燃充电指示信号。

若停电时，合上应急开关 SA1，发光二极管 VD7 燃起照明指示信号。蓄电池 GB 通过电阻 R_5、R_6 及变压器 T_2 中的线圈 N_2，给振荡管 VT2 的基极提供一个偏流，使 VT2 导通。VT2 一旦导通，就有一个随时间线性增长的电流通过绕组 N_1，并在绕组 N_2 上产生感应电压，这一感应电压使线圈 N_2 与电容 C_4 发生串联谐振，该谐振信号注入 VT2 的基极，进一步加深了振荡管 VT2 的导通程度。于是，VT2 的集电极的线圈 N_1 将获得一放大的高频信号电压，该高频信号电压耦合到绕组 N_3 就产生同极性的高频电压，使荧光灯管 HL1 和 HL2 点亮。

三极管 VT1 起控制荧光灯自动照明作用。在对蓄电池 GB 进行充电的过程中，为防止停电，将开关 SA1 合上。由于 VT1 的基极电位获取 0.5V 电压而导通，使 VT2 被迫停振，因此 N_3 绕组无输出电压。一旦停电后，由于 VT1 失去了集电极电流即由导通变为截止，则 VT2 的基极电压迅速获取正偏电压而振荡工作，荧光灯则自动燃亮。

2. 技术参数

（1）输出功率：6W；

（2）灯管两端电压：145V_{PP}（单管）、275V_{PP}（双管）；

(3) 振荡频率:25kHz;

(4) 充电电流:0.3A;

(5) 逆变电流:0.5A(单灯)、1A(双灯);

(6) 连续照明时间:单灯 7 小时、双灯 3.5 小时;

(7) 6V、4Ah;

(8) 工作波形:尖峰脉冲。

3. 元器件选择

电源变压器 T_1:次级电压 8V、3W。振荡变压器 T_2:选用 E 型磁芯边长 25mm、宽 20mm、厚度 6mm 的铁氧体。N_1:ϕ0.45mm 高强度漆包线、绕制 12 匝。N_2:ϕ0.28mm 高强度漆包线,绕制 8 匝。N_3:ϕ0.18mm 高强度漆包线,绕制 300～350 匝。三极管 VT1:C458、$65 \leqslant \beta \leqslant 120$,VT2:SD882、$60 \leqslant \beta \leqslant 115$,VT2 的散热器尺寸为 $30 \times 10 \times 3mm^3$。发光二极管 VD5:BT504(红),VD7:BT304(绿),别的发光管只要工作电压在 2.5V 左右均可采用。蓄电池 GB 选用 6JM4 型铅钙全密封式、额定电压 6V、容量 4Ah,内部无流动性电液,具有不渗漏、不腐蚀外界、不需维护补液,可在任意倾斜位置使用的特点。荧光灯 HL1、HL2 的功率每只为 6W。开关 SA1、SA2 选用(1×1)、(2×2)的小型拨动开关。电阻的标称功率均选用 1/6W 的金属膜电阻。其它元件参数如图 8-5 标注。

电路中的二极管 VD6 为反向电流截止管即隔离二极管,其作用是隔离蓄电池对充电电路进行供电。电容 C_3 是为三极管 VT2 提供基极接地回路,以达到共基极电路的形式,使频率展宽,其幅度衰减程度适宜。R_7 为限流电阻。电容 C_1、C_2 均为滤波电容。在 VT2 停振时,电阻 R_3 为 N_1 线圈提供泄放电流回路,以免反向电势损坏振荡管 VT2。

4. 使用与注意事项

(1) 为防止停电,在充电时,最好将开关 SA1 合上,这样在失电时荧光灯可自动燃亮。

(2) SA2 为单、双管的选择开关,当 SA2 置于 1、2 和 4、5 接点时,为单管燃亮;当 SA2 置于 2、3 和 5、6 接点时,为双管燃亮。

(3) 当感觉荧光灯将近熄灭或稍暗时,请立即将荧光灯关上,或将充电插头插入电源中进行充电,否则会损坏其内置充电池而自动失效。

(4) 如果不是经常使用应急灯,请将此充电灯于每 3 个月内接上电源充电一次,充电时间一般为 8 个小时左右为宜,否则其内置充电电池会减低效能或自动失效。

(四) 多功能应急灯的制作

市售照明、充电两用应急灯,大多数产品充电电路不能稳压,这样长期使用会使电池处于充电饱和电压上升状态而影响电池的使用寿命,甚至可能损坏电池。

本台应急灯可以通过开关 S_1、S_2 的控制,分别用作市电照明、停电照明、内充电及充电输出等不同工作状态。其充电限压为 6.5V,电流 60mA,充电效果良好。且充电电路设有电流表,通过电流表 PA 可以观察电池是否充满电。该应急灯的荧光管可采用 6W、8W、9W 的灯管,如采用 9W 灯管,可获得较高的发光效率,但使用前需将灯脚内的启辉氖管去掉。关于应急灯的工作原理,报刊介绍较多,这里不再赘述。

制作要点：

1. 振荡升压变压器 T_1 需自制。其磁芯采用 E8×11 或 E7×7 高频磁芯。如用磁罐，其匝数可减少 1/4。线圈绕制顺序为 $N_3 \rightarrow N_1 \rightarrow N_2$。$N_1$ 选用 ϕ0.51mm 高强度漆包线，绕制 12 匝。N_2 选用 ϕ0.41mm 高强度漆包线，绕制 7 匝。N_3 选用 ϕ0.21mm 高强度漆包线，绕制 350 匝。

2. 电源变压器 T_2 的功率为 10W，可用市售品，也可自制。初级线圈 N_1 选用 ϕ0.15mm 高强度漆包线，绕制 1870 匝。N_2 选用 ϕ0.8mm 高强度漆包线，绕制 63 匝。铁芯为 E18×25 型。

3. 三极管 VT 型号为 3DD15A(塑封)，其放大倍数 β 宜在 180 左右。

4. 电流表 PA 可用收录机使用的微型电平表(电流 0.5mA、640Ω)经并联电阻分流后得 100mA 电流表。若无此种表，也可将原电流表两端接通，仅以 VD_8 的亮度来判断充电状态，当电池电压较低时，VD_8 微亮，随着充电时间的延续，VD_8 亮度增高。

5. 机内充电电池采用 6V4Ah 干式蓄电池或用 1 号镍镉电池四节串联使用。

6. S_2 开关采用收录机常用的 8 字电源插座。该插座自带开关触点，用于停电照明时，只要拔下插头，电池即自动接通。S_4 为 2×3 开关。

本多功能应急灯电路图如图 8-6 所示。

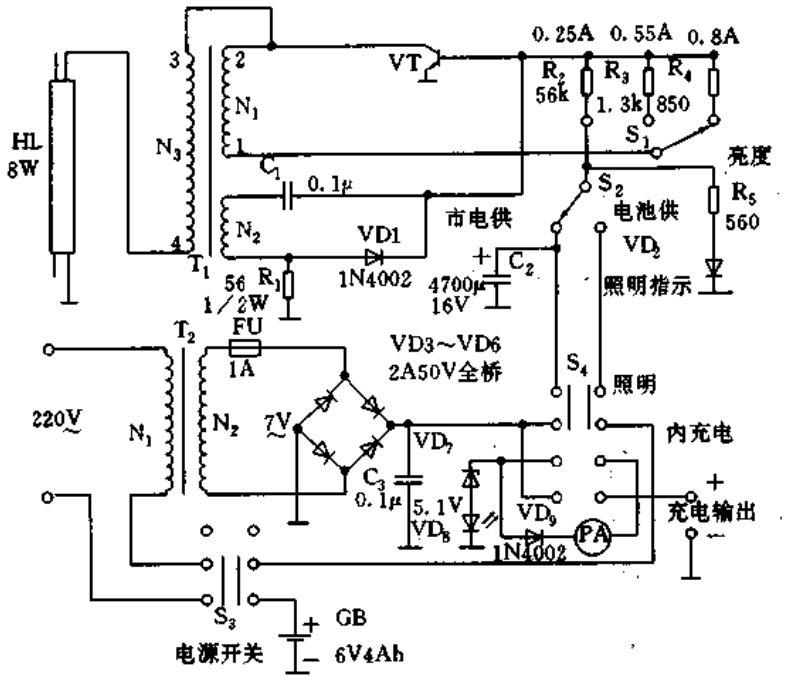


图 8-6

（五）节能应急日光灯

本文介绍的节能应急日光灯，具有交、直流双用自动转换功能。适合于公共通道、家庭、学校、商场、办公室等场所的照明。其特点为：市电正常时作为节能灯使用，同时利用蓄电池储存电能；一旦停电时，由蓄电池提供备用电源通过逆变达到自动应急照明的目的；由于加入了电池过充电、过放电、市电过压、灯管开路保护电路后，使电路工作性能更趋完善。

1. 工作原理

节能应急日光灯电原理图如图 8-7 所示。它由 A、B、C、D、E、F 六部分电路组成(图中用虚线区分)。

A 部分为市电输入电路。MYG 为氧化锌压敏电阻,一旦受雷击或电网错相接入,压敏电阻 RV 即刻击穿,导致保险管 FU2 断,使电路得到了保护。T_5、C_{18}组成射频陷波电路,吸收电路射频干扰信号,VT_5、R_{23}、R_{24}、C_{10}组成控制电路(指图中电路 E 部分)的工作开关。S_2 为交、直流公用开关。S_2 打开时,一切电路停止工作;S_2 闭合时,VT_5 导通,控制电路工作,灯管 HL 点亮(交流优先)。VT_5 偏置通路为:电池 GB 正端→VT_5 发射结→R_{24}→VD_5→S_2→电网内阻→FU_2→VD_{14}→R_{30}→电池负端。T_5 磁芯采用 MX2000 型 E5×5(MX 表示铁氧体材料,2000 表示起始导磁系数,E5×5 表示 E 型中心截面为 5mm×5mm)。

B 部分为节能型电子镇流器,该部分电路在有关刊物上介绍过,这里不再赘述。

C 部分为日光灯电路。它由日光灯管 HL 与继电器 K1 组成。继电器 K1 是电子镇流器与逆变电路(交、直流)相互转换的执行元件,并受控制电路所控制。K1 选用 HG4137 型微型继电器。

D 部分为电池逆变电路。VT_1、VT_2、T_1、T_2 等元件组成自激推挽式振荡器,由 T_1 的 L4 绕组输出高频高压给日光灯 HL。其振荡频率为 25～30kHz,输出功率为 11～33W。T_1 磁芯采用 MX2000、E7×10。T_2 磁芯采用 MX2000、E5×5。T_1、T_2 磁芯应留磁隙 0.2～0.5mm。

F 部分为电池充电电路。该电路采用电容降压方式充电。省去了体大笨重的变压器。市电输入经 C_{20}降压,VD_{15}～VD_{18}整流,又经 VS 单向晶闸管和 VD_6 对电池 GB 充电。R_{26}、C_{21}为晶闸管抗干扰元件。VD_{13}为充电指示或电池逆变电路工作指示。R_{28}、R_{29}、VT_4 组成晶闸管过零开关,以防晶闸管受浪涌电流冲击。

E 部分为控制电路。该部分包括电池过充电保护电路、交直流转换电路、电池过放电保护电路、灯管开路保护电路等。这些功能主要是由 A_1～A_4 来实现的。A_1～A_4(LM324)组成器电压比较器,分别控制各部分的逻辑功能。比较器的②、⑧、⑩、⑫脚为基准电压输入端,由 VD_3 稳压二极管提供。

电池过充电保护功能由 A_3 承担。其⑨脚为比较电压输入,取于电池 GB 两端,由电池正端经 VT_5、R_{17}、R_{18}、R_{19}分压提供。当⑨脚电压 $U_9<U_{10}$时,输出端⑧脚为高电平,这一高电平经 VD_7、R_{39}加到单向晶闸管 VS 的控制端,使 VS 导通,经 VD_6 对电池 GB 充电。当电池充电饱和时,$U_9>U_{10}$,⑧脚电压跳变为低电平,晶闸管 VS 关断,停止对电池充电。R_{21}为正反馈电阻,在⑨脚产生回差电压,使电池电压低于规定值时,再补充电(对标称值为 12V 的电池处于充电状态时,其饱和电压约为 14V,电池停止充电后电压会逐渐恢复到静态值约 13V,低于 13V 时说明电池已放电,需要补充电,但不同型号的电池特性略有差别)。

交直流转换电路中的 A_4 的⑬脚为比较电压输入端。当有市电时,市电由 VD_{15}～VD_{18}整流后,经 R_{27}、R_{16}加到 A_4 的⑬脚,使 $U_{13}>U_{12}$,输出端⑭脚为低电平。由于 VD_1、VD_2 箝位,使 A_1 的③脚为低电平,①脚无输出,逆变电路不工作,VT_3 无偏置,继电器 K_1 为释放状态。此时,市电经电子镇流器(B 部分)、继电器常闭触点加到灯管,灯管点亮。当市电停电时,$U_{13}<U_{12}$,⑭脚跳变为高电平,电路转换到直流工作状态。

电池过放电保护功能由 A_1 承担,其③脚为比较电压输入端,取于 A_2 的⑦脚。通常 A_2 的⑦脚为高电平,接近于电池电压。在市电停电,电路转换到直流工作状态后,继电器 K1 吸合,

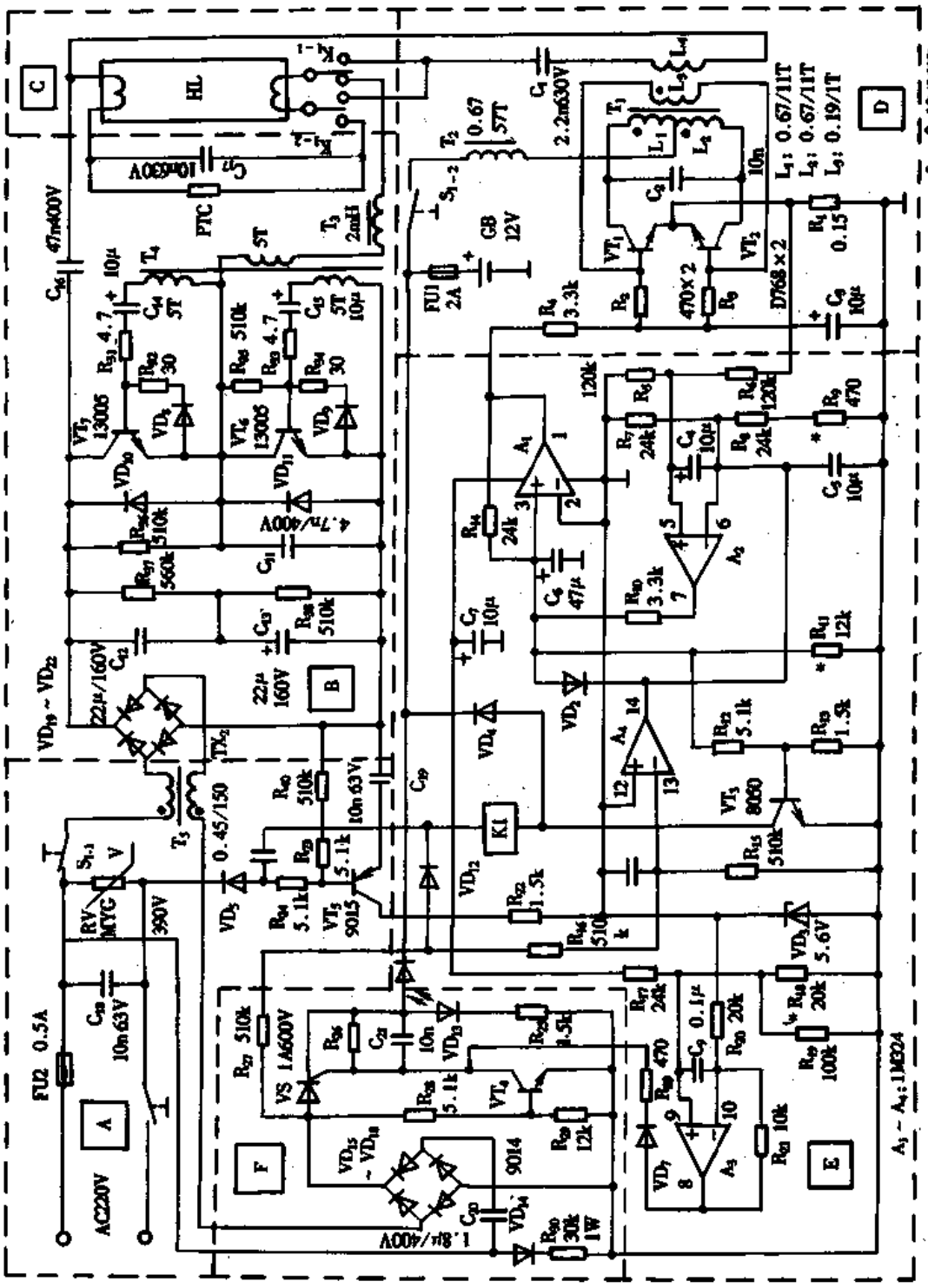


图 8-7

$U_3>U_2$，①脚变高电平，逆变电路得到偏置电压开始工作，由 T_1 的 L_4 输出的电压经继电器 K1 的常开触点加到灯管，灯管点亮。当电池放电将尽时(电池电压降至 10.5V)，$U_3<U_2$，①脚由高电平跳变为低电平，逆变电路失去偏压而停止工作。R_{14}是正反馈电阻，使③脚产生回差电压，防止电池卸荷后电压回升而循环工作。

灯管开路保护功能由 A_2 承担。其⑤脚为比较电压输入端，取于 R_1 降压。当电路转换到直流工作状态时，由于 C_5 的延时作用，$U_6<U_5$，⑦脚电压为高电平，逆变电路正常工作，在 R_1 上产生压降，保持 $U_5>U_6$。一旦灯管开路，R_1 压降减小，使 $U_5<U_6$，⑦脚由高电平跳变为低电平，$U_3<U_2$，①脚电压跳变为低电平，迫使逆变电路停止工作，从而避免了灯管两端的高压对周围物体放电引起火灾。

S_{1-1}、S_{1-2}采用双刀双掷开关，打开 S_1 可使灯管强迫熄灭，保持充电电路对电池充电。如果不需要 K_{1-1}和 K_{1-2}，可用导线将其连接即可。

2. 元器件选择

图中各元件参数适用于 30W 日光灯。电池 GB 可选用密封铅酸蓄电池 6V4Ah 两只串联。集成四运算放大器 A_1～A_4：LM324。其余元件按图中所标参数选用。

3. 调试方法

开始调试时，电池暂用 3A15V 以上的直流稳压电源代替，其余按图接好，先不接市电。将市电输入端短路，合上开关 S_2，灯管应正常发光。如果灯不亮或亮一下又熄灭，要么是电源电压太低(可适当提高)，要么是 R_1、R_5、R_6、R_7、R_8 电阻阻值不符(可暂将 LM324 的⑥脚对地短接)。灯管正常发光后，依次进行如下调节：

(1) 调节输出功率。调整 C_1 的容量或 T_1、T_2 的磁芯间隙，使输出电流等于 1.1A 左右。

(2) 调试电池过放电保护电路。将稳压电源电压慢慢调低，降至 10.5V 时灯管应熄灭，再将电压从低向高调节(暂将 LM324 对地短接)12V 时灯管亮。下限值调节 R_{11}，回差电压调节 R_{14}。

(3) 调试灯管开路保护电路。正常工作时，测量⑤脚电压应>⑥脚电压 20～30mV，否则调节 R_9。然后断开灯管，几秒钟后逆变应停振，延时由 C_4 决定。

(4) 调试交直流转换电路。将 VD_{12}两端短接(模拟交流输入)，灯管应熄灭，继电器应释放即为正常。

(5) 调试充电电路。调节稳压电源，电压从低向高调节，开始时发光二极管 VD_{13}亮，调到 14V 时，VD_{13}灭，再从高向低调节，降至 13V 时 VD_{13}又亮，即为正常。回差电压调节 R_{21}，充电上限值调节 R_{19}。

(6) R_{12}、R_{13}的分压值应保证 VT_3 先导通，(继电器先吸合)逆变电路后工作，或逆变电路先关断，VT_3 后截止，时间差 0.2 秒以上，这样可避免继电器触点受蚀。

(7) 打开 S_2 后，稳压电源输出电流应降为零。调试到此结束。现在可将电池换上，接上市电调试。关于电子镇流器调试请参考有关刊物。

要注意的是，本电路包括电池在内均带市电高压，务必采取安全、绝缘隔离措施，确保人身安全。

（六）具有自充电功能的应急灯

本文介绍的应急灯，可单独采用 AC 或 DC 电源供电，也可同时采用 AC-DC 电源联合供电，它不仅具有市售交流和直流日光灯的特点，而且用于停电后应急灯时，具有自动充电与自动转换供电功能，其电路结构简单，工作可靠，安装容易，制作方便。适用于商店、宾馆、学校、人防工程等需要不间断照明的场合。

1. 工作原理

图 8-8 是这种应急灯的电原理图，切换控制电路和逆变电路等构成。其中变压器 T_1 起市

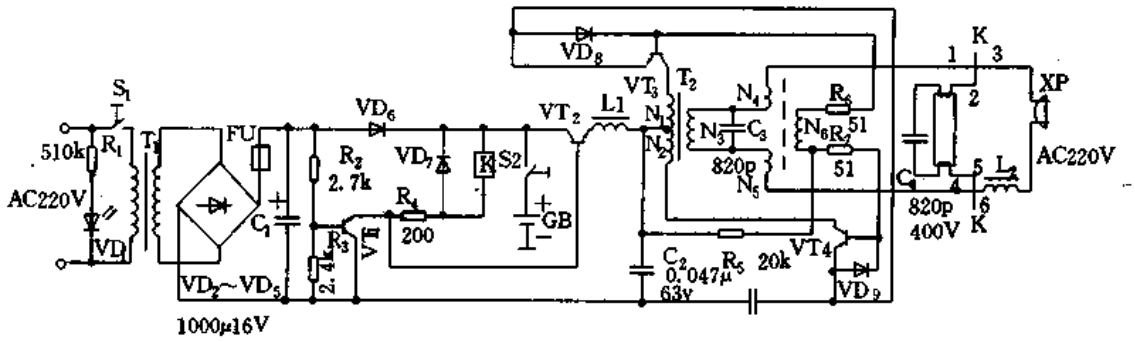


图 8-8

电检测与降压两个作用。R_2、R_3 是 VT_1 的基极偏置电阻。VT_1、VT_2 工作在开关状态，VT_3、VT_4、T_2、T_3 等构成 DC/AC 逆变电路，此电路可将 12V 直流电转变为约 220V 的高频交流电供灯管 HL 工作。灯管 HL 与镇流器 L_2 等构成交流供电回路，继电器 K 作为一只双刀双掷开关用于切换供电电源。

当市电正常时，若要向蓄电池 GB 充电，则可同时合上开关 S_2 和 S_1，（若不需向蓄电池充电，则可打开 S_2）。此时，市电通过变压器 T_1 降压，VD_2～VD_5 整流，C_1 滤波得到 14V 左右的直流电压，此直流电压一方面经 R_2、R_3 分压，使三极管 VT_1 导通，继电器 K 吸合，VT_2 截止，隔断逆变电路的直流输入；另一方面经二极管 VD_6 和开关 S_2 向蓄电池 GB 充电。同时，继电器 K 两动触头合向 2、3 和 5、6 接点，因两动触头间接有灯管 HL，故市电可通过镇流器 L_2 驱动灯管发光。

当市电中断时，变压器 T_1 次级与整流电路无电压输出，二极管 VD_6 和三极管 VT_1 截止，三极管 VT_2 导通，继电器 K 处于释放状态，其两动触头合向 2、1 和 5、4 接点，此时，蓄电池 GB 经 VT_2 向逆变电路供电。逆变电路得电后，由 VT_3、VT_4、N_3、C_3 等构成的推挽式 LC 振荡电路开始起振，其振荡频率 $f=1/2\pi\sqrt{L_3C_3}$，振荡线圈 N_3 与 N_4、N_5 直接相连。振荡信号通过反馈线圈 N_6 反馈到 VT_3、VT_4 的基极，同时又经 N_1、N_2 耦合到 VT_3、VT_4 的集电极，R_5 为 VT_3、VT_4 的偏置电阻。R_6、R_7 起限制基极电流、稳定振荡的作用。VD_7、VD_8 既是 VT_3、VT_4 的射极保护元件，又为 N_6 提供了反馈通路。电路起振时，若 N_6 下端为正，则反馈通路为：$N_{6下}\rightarrow R_7\rightarrow V_{be4}\rightarrow VD_7\rightarrow R_6\rightarrow N_{6上}$。若 N_6 下端为负，则反馈信号通路为：$N_{6上}\rightarrow R_6\rightarrow V_{be3}\rightarrow VD_8\rightarrow R_7\rightarrow N_{6下}$。线圈 L_1 和电容 C_2 构成 T 型低通滤波电路。可防止高频信号对前级电路产生不良的影响。电路起振后，便可从线圈 N_4 上端与 N_5 下端之间输出 220V 左右的高频交流电而推动灯管 HL 工作。此

后，若市电又恢复供电，从而达到自动切换不间断供电之目的。如用“1”表示开关闭合，“0”表示开关打开，则电路中开关 S_1 与 S_2 的作用如附表 8-1 所列。

表 8-1

S_1	S_2	作用结果
0	0	灯管不亮、也不向电池充电
0	1	由蓄电池供电、灯管发光
1	0	由市电供电、灯管发光、不充电
1	1	由市电供电、灯管发光、向电池充电

2. 元器件选择

变压器 T_1 选用市售输出电压 12V、输出电流 2A 左右的小型电源变压器。L_2 选用市售 8W 荧光灯镇流器。VD_2～VD_5 用国产塑封整流桥堆 QL6B。VD_6 为隔离二极管，可选用 2CZ12 或 1N4002。三极管 VT_1 用 3DG130 或 3DK9 等，要求 $\beta \geqslant 50$，$V_{ce} \geqslant 30V$。VT_2、VT_3、VT_4 选用大功率三极管，如 3DD15A、DU33 等，要求 VT_3、VT_4 参数配对，$\beta > 100$，穿透电流越小越好。K 选用吸合电压不大于 9V，工作电流小于 30mA，触点电流 1A 左右的小型磁电继电器，如 JRF-13F 等。GB 选用容量 10AH，标称电压 12V，可对小电流充电的 CJ12 型少维护硅胶蓄电池。C_1 用小型 CD_{11} 铝电解电容，耐压 16V，C_3、C_4 选用瓷介电容，耐压 500V，C_2 选用涤纶电容，耐压为 63V，电阻损耗功率均为 1/2W，VD_6、VD_7、VD_8、VD_9：2CP16 或 1N4001。扼流线圈 L_1 选用 GH22 型罐型磁芯，ϕ0.5mm、绕制 12 匝。T_2 选用 E 型铁芯，初级 N_3 用 ϕ0.38mm 的漆包线密绕 60 匝，次级 N_1、N_2 用 ϕ0.57 的漆包线密绕 12 匝从中间抽头（N_1 和 N_2 各绕 6 匝）。耦合线圈 T_3 选用 GH26 型罐型磁芯，N_4、N_5 用 ϕ0.38mm 漆包线，各绕 23 匝，N_6 用 ϕ0.38mm 漆包线，绕制 3 匝。灯管 HL 选用 YZ8 型稀土三基色 8W 荧光灯管。S_1、S_2 可选用 KNX 型钮子开关或按压式开关。

3. 安装与调试

（1）装配元件时，保险管 FU 两端要用铜质弹簧固定在电路板上，三极管 VT_2、VT_3、VT_4 均需加装一块 $45 \times 35 \times 3mm^3$ 的铝质散热器。继电器 K 两动触头应与灯管相连，常闭端与逆变电路的输出端相接，其余元件只要按图标选参数，焊接时注意管脚极性，并避免出现虚焊和假焊，一般装好后即能正常工作。

（2）需注意的是，首次使用蓄电池时，电池端电压不低于 11V，应充足电。否则，不仅灯管难于起辉发光，开始充电时也会因浪涌电流过大而损坏整流桥堆。然后按下面几步进行调试。

（3）检测切换控制电路。切换控制电路由电阻 R_2、R_3、R_4，三极管 VT_1，继电器 K 和二极管 VD_7 等构成。若在桥堆 VD_2～VD_5 前继续加上 12V 交流电，能听到继电器切换时的“咯哒”声，则说明这部分电路工作正常。否则应重点检查 VT_1 发射结是否击穿损坏。

(4) 检查交流供电回路。使继电器 K 两动触头合向 2、3 和 5、6 接点，灯管经镇流器 L_2 由 220V 交流市电驱动。此时，若灯管正常发光，则说明电路工作正常。否则，应检查镇流器 L_2 内部线圈是否断路，或适当调整电容 C_4 的容量。

(5) 检查逆变电路是否起振。在扼流圈 L_1 前与地线间加 12V 直流电，将数字万用表打在交流 500V 挡。测量逆变电路输出电压，其值应在 220V 左右，如无示值，说明电路未起振，可能是线圈 N_4、N_5 的极性接反或三极管 VT_3、VT_4 参数不一致。只要加以纠正，即能正常工作。

通过上述几步检测调试，将电源变压器 T_1、镇流器 L_2 及电路固定在同一底板上，装进一合适的外壳，即可投入正常使用。应注意，蓄电池最好用短线引出外壳单独存放，带反光板的灯管可直接装在壳体外。

(七) 充电应急两用灯

本装置非常适用于为小型蓄电池进行浮充电，若遇电网停电它又成为应急灯充当照明自动点亮。制作这样一个装置成本低，无须调试即可投入使用。

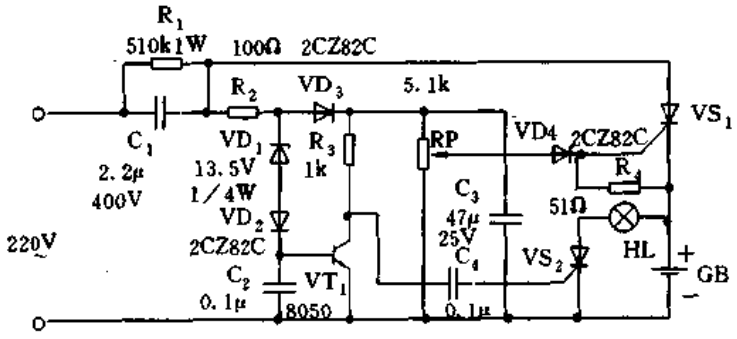


图 8-9

工作原理：电路如图 8-9 所示。220V 交流市电经 C_1、R_1 降压、R_2 限流、VD_1、VD_2、VT_1 和 R_3 等组成稳压电路。VD_3 整流、C_2 滤波，再经 VD_4 给单向晶闸管 VS_1 的控制极提供触发直流电。只要蓄电池的端电压低于一定值，VD_4 则处于正偏，VS_1 即导通充电；若电池的端电压大于或等于某一值时，VD_4 将反偏截止，VS_1 将在电流过零时阻断，VS_1 的通断阀值电压可由调节 RP 而达到。若电网突然停电，VT_1 的集电极的低电平将突变为高电平，其脉冲通过 C_4 触发 VS_2，故这时 VS_2 导通自锁，灯 HL 点亮供应急照明。

电路中 C_1 可选用 2μF 的涤纶无极电容器，且要求其耐压大于 400V。由于 VD_1 稳压管接在 VT_1 的基极，所以 VD_1 的功率无须太大，这里为 0.25W。VD_1 和 VT_1 组合之后的稳压性能优于单只稳压管的效果，可以较好地适应负载的变化。另外调节 RP 可以获得不同的充电基准电压，从而适应不同电压的电池使用。VT_1 可选用 CS8050、CS9013 等 NPN 型硅管，要求其 β 适中。VS_1、VS_2 可选取 1A50V 的单向晶闸管。

(八) 40W 应急式荧光灯电路

该电路为一种 40W 应急式荧光灯电路，该灯可广泛用于工厂、商店等需要照度大的场所，作停电后的应急照明。

工作原理：电路如图 8-10 所示。平时不用灯时将开关 S_1 断开，市电经变压器 T_1 降压、桥

式整流器 VD_1～VD_4 整流后输出直流电压，此时三极管 VT_1 饱和导通，VT_2 截止，继电器 K1、K2 均不工作，直流电压对镍镉电池 GB 充电。需要用灯时，闭合开关 S1，市电经 K2 的常闭触点 K_{1-1}、K_{2-2}使荧光灯 HL 点亮。镇流器 L_1、起辉器 S、灯管 HL 一起构成常规 40W 荧光灯线路。一旦停电，直流电压迅速降低，使 VT_1 退出饱和区，VT_2 瞬时导通，K1 瞬间吸合，此时电池 GB 通过常开触点 K_{1-1}、VD_7、R_5 给三极管 VT_2 提供偏置电流，维持 VT_2 导通，K1 持续吸合，K2 吸合，常闭触点 K_{2-1}、K_{2-2}断开，常开触点 K_{2-3}闭合，VT_3 与变压器 T_2 组成的振荡器工作，荧光灯继续点亮。

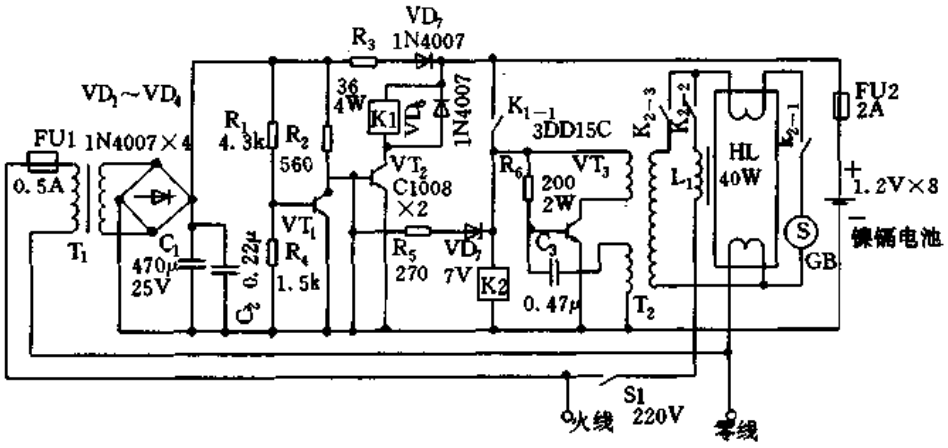


图 8-10

当电池电压低于 7V 时，VD_7 截止，VT_2 失去偏流而停止工作，灯灭。VD_7 的作用是防止电池过放电。这种应急灯在市电停电后可持续点亮 45 分钟左右。

（九）应急灯的原理与检修

应急灯是电力紧张的产物。该灯大部分有充电和逆变两种功能。也可能只是应急使用，所以应急灯的造价较低，是小家电产品中制造工艺中较为粗糙，故障率多的产品。

1. 工作原理

应急灯实际上是一个充电和逆变电路的简易组合。图 8-11 和图 8-12 是两种不同接法的应急灯典型应用电路。两个电路中的充电电路基本相同。市电正常时通过变压器降压、二极管整流，然后给蓄电池组充电。两电路均采用恒压充电，充电时与充电电流成反比。这样不易损坏蓄电池，但充电时间较长。

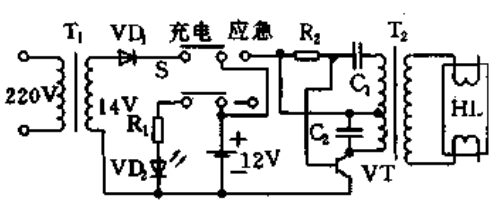


图 8-11

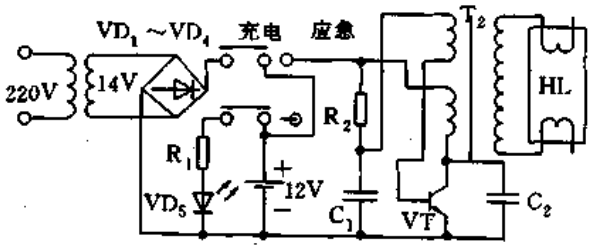


图 8-12

两电路中的 VT 均为振荡开关管，R_2 是振荡管的启动电阻，C_1 是振荡电容。T_2 为脉冲变压器。在电路启动过程中，T_2 的次级可视为空载，瞬间电压很高，所以能一次将荧光灯管点燃。

灯管点亮后，T_2 次级的负载增加，电压下降至灯管的工作电压。在这种逆变电路中，脉冲变压器的次级绕组只与灯管两端的任一灯丝引脚相连，所以断丝的荧光灯管也可以使用。市售的断丝灯管复明器就是利用这一原理制成的。

有的市售应急灯的电路比较复杂，但电路基本工作原理不会脱离图 8-11 和图 8-12 所示的两种模式。只是在电路中增加了灯泡照明、双管日光灯、闪烁灯、收音机等功能而已。具体检修时可利用功能开关的位置与接法确定故障部位。

2. 常见故障检修实例

例一故障：一台简易单管应急灯充电时正常，开关置于应急状态灯管不亮。

分析检修：该灯电路结构与图 8-11 类似，故障时实测 VT 的基极无负压，说明电路没有起振。断电后在线测 R_2 的阻值为 150Ω 左右正常，测 VT 的两个 PN 结电阻也正常，怀疑振荡电容失效。用一只 0.022μF 的电容代换 C_1，故障排除。

例二故障：日立 EL-440 应急灯，充电指示及照明灯泡时正常，荧光灯管单管和双管状态都不亮。

分析检修：该应急灯电路比较复杂，根据故障现象分析，荧光灯点不亮应重点检查逆变电路。

故障时将功能开关置于双管荧光灯状态，实测开关管的集电极电压正常，基极电压与集电极电压相等，说明振荡电路停振。该电路的接法与图 8-12 类似，查启动电阻、振荡电容及开关管均正常，则应怀疑脉冲变压器有问题。

拆下脉冲变压器检查时，发现反馈绕组（相当于图 8-12 中的 T_2）有一引线断路，重新焊接好引线，故障排除。

例三故障：充电时指示正常，应急使用时能点亮荧光灯管，但持续时间不长。

分析检修：能点亮荧光灯说明应急状态振荡电路基本正常，不能保持应重点检查蓄电池电压，拆下蓄电池组检查，12V 的蓄电池组只有 11V 左右，接一只 12V 小灯泡电压马上降至 8V 左右。说明蓄电池损坏，更换蓄电池，故障排除。

（十）多功能应急灯维修

JM-2261 型多功能应急灯，具有单灯管、双灯管（6W×2）、声音报警、双闪光灯警告信号等多种功能。当插头插入市电 220V 电源插座时，充电红色指示灯亮，应急灯处在充电状况；在充电状况下，把灯管开关置于启亮单灯管或双灯管位置，此时，灯管的应急功能处于准备状态，一旦市电停电，灯管自动点亮，同时充电红色灯熄；来电时，灯管自动熄灭，同时充电红色指示灯亮。

应急灯在修理时，首先检查各功能是否起作用（声音报警功能除外）。如有一功能起作用，就说明蓄电池可以继续使用，如每个功能均不起作用，就拆开应急灯外壳，用万用表测量电池电压，蓄电池有 6V 时，应检查保险丝是否损坏，当小于 4.5V 时应换电池。

主灯（双灯管）出现故障时，先看单灯管或双灯管照明是不是有一根灯管或两根灯管都不亮，一般是一根不亮，不会同时出现两根灯管都不亮，这是因为两根灯管各有两套电路，互不影响，可以单独修理。其中一套电路如图 8-13 所示，首先用万用表测量 5609 的 E、C之间电压应有 6V，无 6V 时，应检查开关是否接触良好，提升变压器是否开路，在 E、C 之间有 6V 的情况

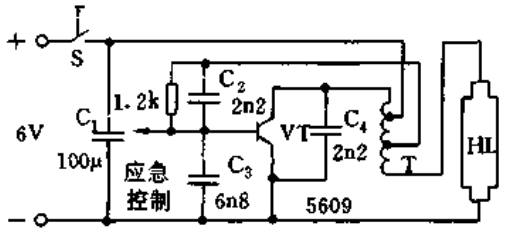


图 8-13

下，再看 5609 的 E、B 之间电压：如是负电压，说明电路工作基本上正常，应检查 6W 灯管是否损坏，连线是否断开；如电压是 0V，就先断开应急灯控制，看灯管是否亮，能亮说明应急控制电路有故障，不亮说明故障在灯管电路中，应检查电路的阻容元件或换 5609 三极管；如电压是 0.6V 左右，同时三极管和提升变压器发热，说明变压器内部有短路现象，要更换变压器；如电压大于 0.7V 时，一般是 5609 损坏或性能变差，需要换。

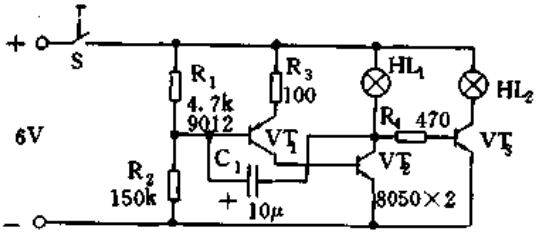


图 8-14

双闪光灯如图 8-14 所示，它的故障要分别检查电路中所有元器件及小灯泡，当 9012 的 B 极对地电压为 4.5V 左右时属正常，C 极对地为 0.7V 左右时属正常，当一管 C 极上的灯泡闪亮，而另一管 C 极上的灯泡不闪亮时，应检查相应管的 C 极上的灯管是否损坏。

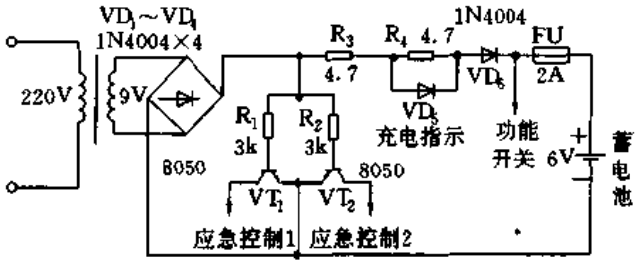


图 8-15

充电电路，电原理图如图 8-15 所示。应急功能不起作用时，要检查 3k 电阻和 8050 三极管是否损坏，充电指示灯在充电时不亮，首先用万用表测发光二极管正极对地电压应在 7.4V 左右，如有 7.4V 左右应换发光二极管，如小于 7.4V 应检查桥式整流电路的四只二极管是否有损坏。如大于 7.4V，应检查 1N4004 二极管和 2A 保险丝是否开路。

（十一）简易应急灯

本电路能点亮 6W 日光灯，并能为电池充电，也可用内蓄电池为收录机供电，还可取代已坏的应急灯。

1. 工作原理

电路如图 8-16 所示。电路利用电容 C_1 降压，二极管 VD_1～VD_4 整流为蓄电池充电。三极管 VT 进行高频振荡，经高频变压器 T 升压后，点亮 6W 日光灯管 HL_2。

2. 元器件选择

三极管 VT：选用大功率管 DD01 或 3DD15 等。升压变压器 T：用 E8×11 或 E7×7 高频磁芯绕制，N_1 选用 φ0.4mm 高强度漆包线，绕制 10 匝，N_2 选用 φ0.4mm 高强度漆包线，绕制 8

匝，N_3 选用 ϕ0.21mm 高强度漆包线，绕制 400 匝。C_1 选用耐压大于 400V 以上的 1～2μF 无极性电容器，如涤纶电容。C_2：0.1μ63V。电阻 R_1：1M、1W，R_2：68Ω、1W，R_3：1k、1/2W，R_4：51Ω、1/2W. 小灯泡 HL_1：用 6.8V，起指示灯和保险丝作用，也可不用。二极管 VD_1～VD_6：全部采用 1N4007。蓄电池 GB：6V、4Ah。

3. 使用方法

(1)充电时，将开关 S_1 断开。

(2)应急照明时，闭合 S_1。

(3)如收录机供电或其它电器需 6V 电源供电时，将插头插入插座 XS 即可，此时，将开关 S 断开。

如装好无误后，灯 HL_2 不亮，可调换 N_3 的两端。

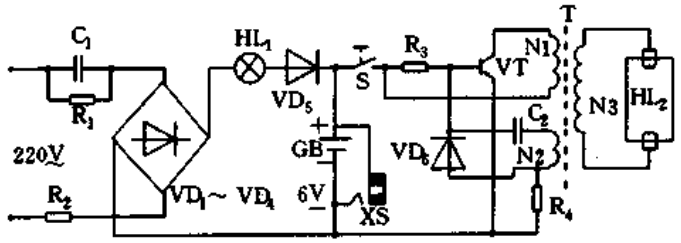
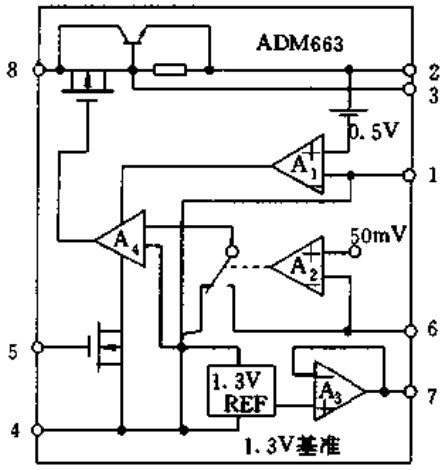


图 8-16

九、新器件在电源中的应用

（一）低功耗电源稳压器 ADM663/666

低功耗电源稳压器 ADM663 和 ADM666，这两种稳压器静态电流仅 12μA，它们可以接成 +5V 固定输出，或利用两个外接电阻就能决定其任意输出电压，其输入电压与输出电压的压差为 0.8V。输入电压的范围可从 +2V～+16.5V，提供 40mA 的电流输出。如需获取较大的输出电流，对于 ADM663 可以通过外接功率三极管的办法来实现。所不同的是，ADM666 具有低电压检测端，而 ADM663 则有温度比例输出端。



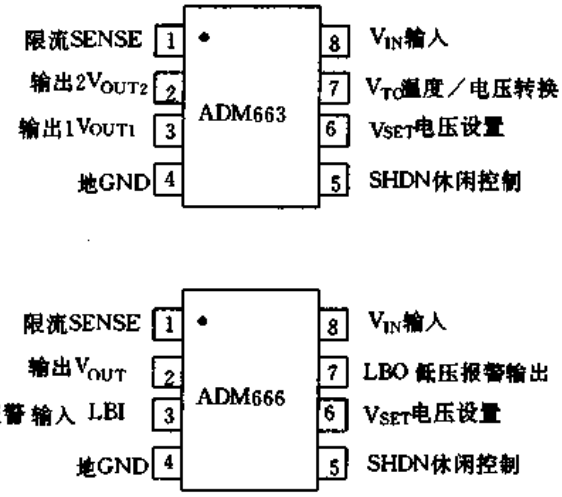


图 9-2

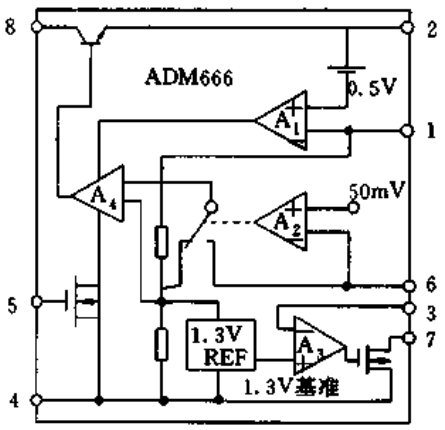


图 9-1

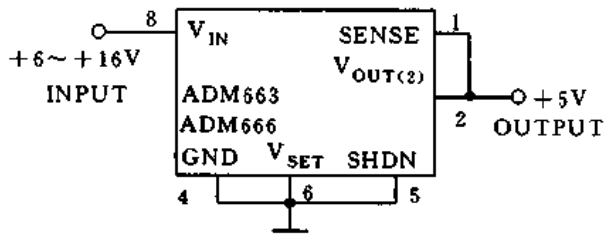


图 9-3

如图 9-1 所示是这两种稳压器的内电路方框图。如图 9-2 所示是这两种 IC 的管脚排列图，这里，V_{OUT} 为电压输出端；V_{in} 为电压输入端；GND 为接地端；SENSE 为传感端（极限电流传感输入[相对于 V_{OUT}②]，若不使用，将它与 V_{OUT}②相联）；LBI 为低电压检测输入端；LBO 为低电压检测输出端；V_{SET} 用于调节电压输出；V_{TC} 为温度比例输出端；SHDN 为数字输入端

(使用它可以使器件不工作时的功耗最低)。

如图 9-3 所示为 ADM663 或 ADM666 电路接成+5V 固定的输出电路。

可调的输出接法如图 9-4 所示。这里 R_2、R_3 的选取公式为:$R_2=R_3\cdot(V_o/1.3-1)$,R_3 可选取 1M,因为 V_{SET}的输入电流极低,另外图 9-4 中 R_1 的选取应遵循公式 $R_1=0.5/I_1$、$I_1\leqslant 50mA$。

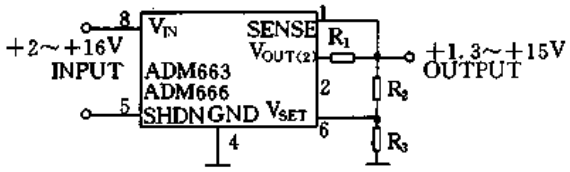


图 9-4

低电压检测的用法如图 9-5 所示。由于 ADM666 内部设置低电压检测电路,所以可以应用这一功能,这里 $R_1=R_2(V_{BATT}/1.3-1)$,V_{BATT}是电池电压跌落的最低值,同样,由于 LBI 端的输入电流应该极低,所以 R_1、R_2 要选得很大。例如:当 $V_{BATT}=6V$ 时,$R_1=2.7M$ 而 $R_2=10M$。LBO 端即输出低电压检测信号的管脚。

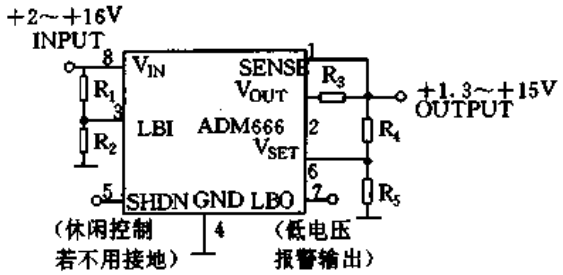


图 9-5

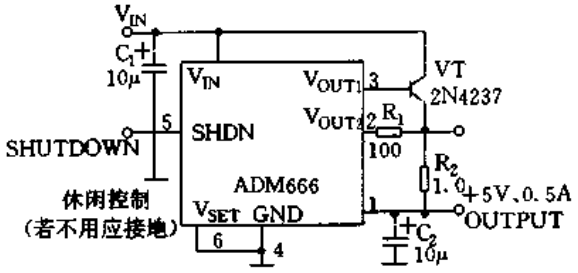


图 9-6

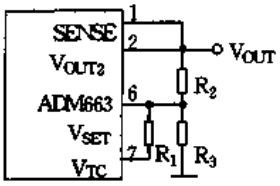


图 9-7

图 9-6 是 ADM666 用于扩展电流的接法,这个电路外接了 NPN 功率管 2N4237,使得输出电流可以达到 0.5A,1Ω 电阻为输出限流电阻。

图 9-7 是 ADM663 用于温度比例输出,其内部包含有+2.5mV/℃的正温度系数的 V_{TC}输出,通过一个电阻连接到误差放大器(V_{SET})的加法端,结果在稳压器的输出端产生一个负的温度系数。在 25℃,V_{TC}典型输出为 0.9V,这里:

$$V_{OUT}=V_{SET}(1+R_2/R_3)\cdot R_2/R_1(V_{SET}-V_{TC})$$

$$TCV_{OUT}=-R_2/R_1\cdot TCV_{CT}$$

$$V_{SET}=1.3V,V_{TC}=+0.9V,TCV_{TC}=+2.5mV/℃。$$

值得注意的是 ADM663/666 可以与 MAX663/666 互换使用。

另外,为了得到良好的高频去耦效果,在电源输入端应该接上 100μ 电解电容与 1μ 电容并联,输出端的滤波电容器一般用 10μ 左右即可。

(二) 开关电源控制模块 HK02

开关电源随着对电子设备小型化、微耗化与轻量化要求的不断提高而得到广泛的应用。为

解决开关电源控制电路制作和维护上的困难，国内新近采用厚膜等工艺，制成了主要用于推挽输出开关电源控制电路的模块化开关电源控制电路 HK02。采用 HK02 为核心构成的开关电源控制电路具有外围元件少，焊点少，可靠性高等显著优点。

HK02 以脉宽调制控制集成电路 TL494 为核心构成，HK02 的内部结构如图 9-8 所示。器件内部设计了由 R_{16}、R_{17}、C_4、VT_2、VT_3 等构成的快速驱动电路，以保证在较高工作频率下双极型晶体管可靠工作。快速驱动电路的原理是：当 TL494 内部输出管从饱和到截止时，集电极电压迅速升高，此电压通过电容 C_4 耦合至晶体管 VT_2 或 VT_3 的基极，使其迅速饱和。由于 VT_2、VT_3 管集电极与外接功率管的基极相连，因此可以将外接功率管的基极电流迅速抽走，加快其截止速度。

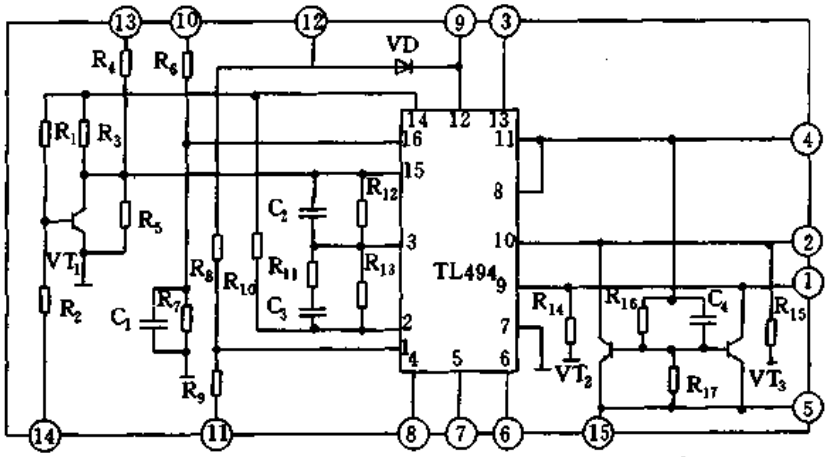


图 9-8

HK02 应用时的基本外围元件及电路如图 9-9 所示。

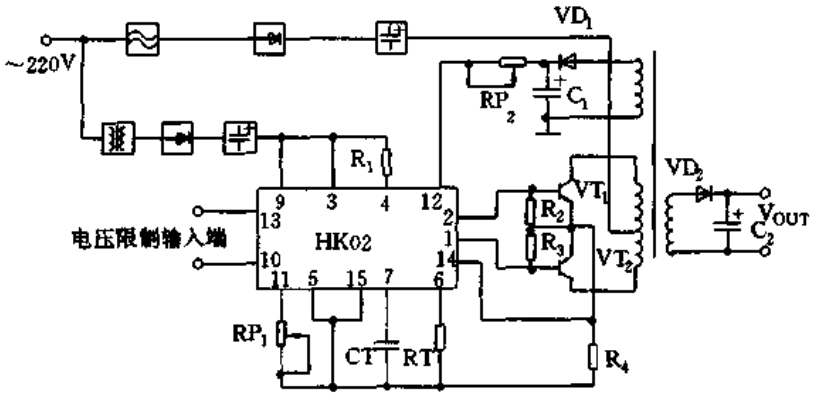


图 9-9

（三）DN-41 大电流开关稳压电源

DN-41 是国外近期推出的一款降压式 DC-DC 大电流开关稳压器件。该器件所用外围元件少，且具有工作稳定、安全可靠等优点。DC-41 的输出电压 V_o 可在 5.1～40V 范围内连续调节，最大输出电流 I_{om} 为 4A，转换效率高达 90%。内设参考电压 V_{REF}(5.1V)的精度为 2%，开关频率可达 200kHz。

DN-41 为 15 脚多瓦数塑胶功率封装，该稳压器是由锯齿波振荡器、误差放大器、比较器、

输出级、脉冲宽度调制(PWM)比较器、抑制重置比较器、抑制正反器、基准电压源 V_{REF}、过流保护和重置电路等单元组合而成的。

1. 工作原理

DN-41 内部的锯齿波振荡器、误差放大器、比较器和输出电路组成一个系统调节环路。输出电路从②脚引出的直流输出电压 U_o 经电阻分压后，取出其中的一部分 U_o' 回馈至误差放大单元的反相输入端⑩脚，与同相端子加接的基准电压 V_{REF} 进行比较并输出一个误差信号 U_E。U_E 直接进入"脉宽调制比较器"(PWM COMP)同相输入端，与从⑦脚引入的锯齿信号进行比较，产生一固定频率、脉宽调变的激励脉冲 U_P。U_P 驱动输出电路，并输出稳定脉冲序列(②脚输出)。系统调节环路的放大系数和频率稳定度，由⑨脚(误差放大器输出端，即 PWM COMP 的同相输入端)外接的 RC 网络调节。关闭环路(即②、⑩脚直接相连)，②脚可取得 $U_o=5.1V$ 的恒定输出；U_o 经分压器后，取部分电压 U_o' 引入⑩脚，②脚可取得 $U_o=5.1\sim40V$ 的任意输出(U_o 的大小由引入⑩脚的输出端分压器之分压比所定)。

过流保护功能。负载电流由内设的金属电阻 RJ 感应回馈给比较器，当负载电流 I_o 超过预置值时，比较器输出的信号电压使抑制正反器动作，并将输出级切断；同时，三极管 VT 由截止变为导通，⑤脚所接的柔顺启动电容 C_5 通过 VT 放电，⑤脚电压 U_5 随之下降。当 $U_5\downarrow\leqslant0.4V$ 时，抑制重置比较器将"重置"正反器，使输出级复原。此时，电路又进入上述的"柔顺启动"状态。如过载情况依然存在，保护电路便重新启动而切断输出级。"预置保护电流"的大小由 R_9 决定。U_i 的过压保护可通过 U_i(输入端)分压器直接将"重置"保护电压引入重置电路的输入端⑫脚。为了防止 U_i 的瞬间波动引起误触发保护，可在⑬脚与地之间接入一只延迟电容器。

U_o 的过压保护由"撬棍"电路完成。该电路的输入端①脚通常与⑩脚连接，直接接于 U_o 分压器。当 U_o 超过额定值的 20%时，"撬棍"电路输出端⑮输出高电平，并触发单向晶闸管 VS，使负载得以保护，过热保护的定限为结温 150℃。

TTL 电平抑制输入，可用于遥控开关。

2. 应用举例

(1) 图 9-10 是 DN-41 的典型应用电路。

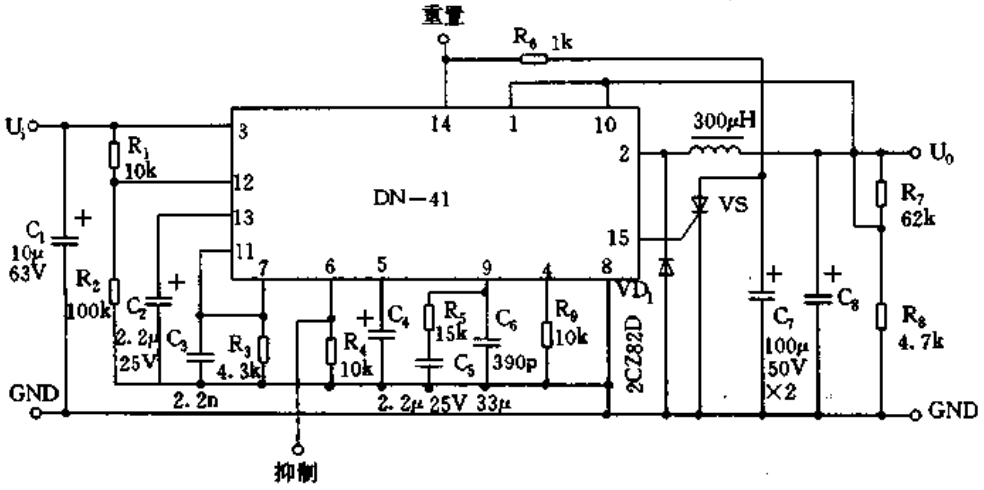


图 9-10

(2) 输出 V_o 可调节电源。原理电路如图 9-11 所示。该电源的 V_o=5.1～15V 连续可调，I_o=0.1～4.0A，负载调节为 10mV(I_o=1A→4A，V_o=5.1V)，电源调节为 15mV(市电变化范围：187V～253V，V_o=5.1V，I_o=3A)。

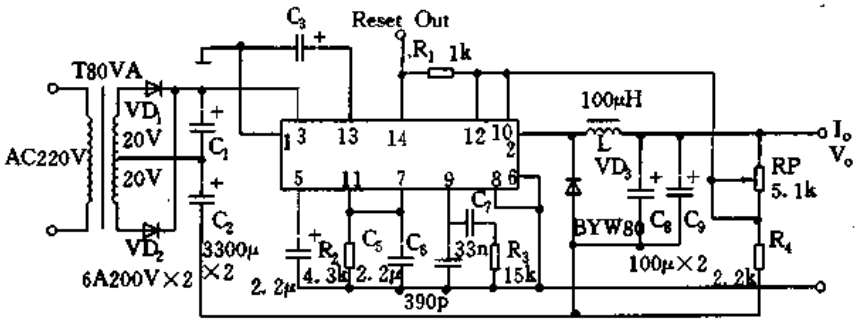


图 9-11

(3)只有 10 个元件组成的 V_o=5.1V 电源，电路如图 9-11A 所示。

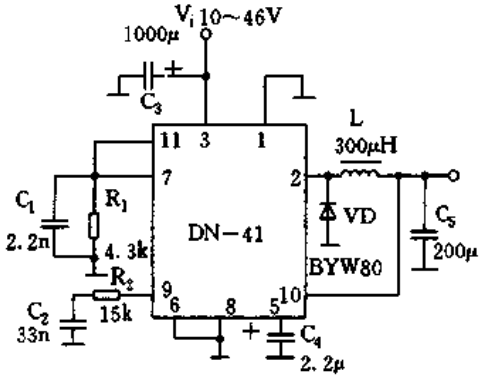


图 9-11A

(4)12V、10A 电源。原理电路如图 9-12 所示。

(四) DC 升压模块 AH812 及应用

低电压低功耗直流升压模块 AH812 是由 CMOS 升压 DC/DC 变换器及 3 个外围元件构成。输入电压 1.5～6V，输出电压为 12V，输出电流 5～50mA。它的特点是：最低工作电压为 0.9V，即一节电池就可以工作；最高工作电压为 10V，即输入电压范围较宽；输出电压精度为±3%；静态电流小，典型值为 5μA；有关闭电源控制，可进一步节省电源消耗，在关闭电源时其电流仅 0.2μA(典型值)；工作温度范围宽，从－40～＋85℃；外形尺寸小，16×14×15mm³。由于该器件有上述特点，则特别适用于电池作为电源的便携式电子产品，如便携式仪器、仪表等。

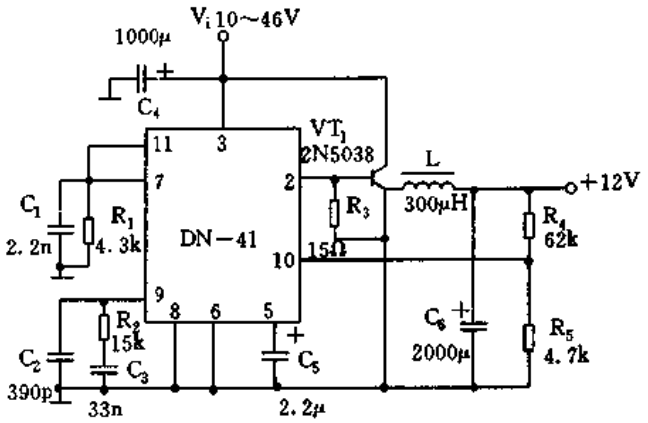


图 9-12

AH812 是 AH800 系列中的一种，该系列除输出 12V 的 AH812 外，还有输出 3V、5V 的 AH803 和 AH805，它们都可以用一节电池工作。

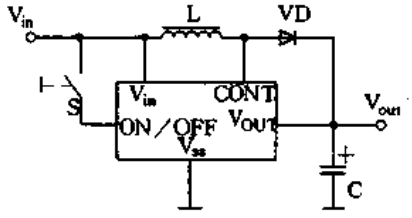


图 9-13

AH812 模块的电路图如图 9-13 所示。外接元件有电感 L、二极管 VD 及电容 C(20μF)。另外，开关 S 是控制电源关闭的控制端(模块上有此端引脚，但无开关)，可用电平来控制。当此端接高电平(＞0.9V)，电源可工作；当此端接低电平(＜0.4V)或悬空时，电源被关闭。

AH812 模块的外形及脚排列如图 9-14 所示。在①脚的上方有一标记点，表示此脚为第 1 脚。AH812 的典型应用电路如图 9-15 所示。其中 C_1 为输入电容，一般取 0.1～1μF，若电源离③脚距离小于 50mm，此电容可省去(若发现输出有振荡时，可加入 C_1)。L、C_2 为一节 Γ 型输出滤波器，目的是进一步降低纹波电压，提高直流纯度。一般要求不高时可不用。L_2 一般用 47～100μH，C_2 用 47μF。采用 L_2、C_2 后，纹波电压可在 $20mV_{P-P}$ 以下。

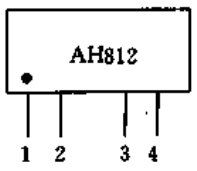


图 9-14

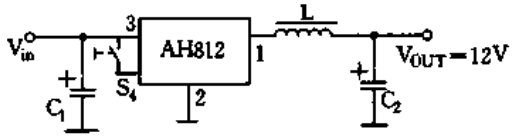


图 9-15

AH812 实际测量数据

由于 AH812 给出的输入电压为 1.5～6V，输出电流为 5～50mA。为了了解输入电压与输出电流的关系，做了一些试验，其数据如表 9-1 所示。

表 9-1

输出电流 (mA)	输入电压(V)			
	1.5	3	4.5	6
	输出电压(V)			
5	11.74			
10	11.45	11.96	12.03	12.10
20	11.08	11.91	11.97	12.07
30		11.82	11.94	12.02
40		11.79	11.89	11.98
50		11.18	11.76	11.94
60				11.90
70				11.86
80				11.85
90				11.83
100				11.63

由测试可知，输入电压在 6V 时，输出电流可达 50mA，在精度±30%范围内，电流约 100mA；若输入电压为 4.5V 时，输出电流可达 50mA；若输入电压为 3V 时，输出电流可达 40mA；若输入电压为 1.5V 时，输出电流仅 5mA。

如采用一节 5 号电池，当它电压降到 0.9V 时，在输出电流为 8mA 时，其输出电压为 11.58V。

由于该升压器模块工作的开关状态，在电感器、二极管及电容器上都有一定的损耗，另外，输出的电流又比较小，所以效率可达 60%左右。

1. 在单片机系统中的应用：

单片机系统由＋5V 单电源供电。但在单片机外围电路中往往有运算放大器电路，有时需要＋12V 供电。此时采用 AH812 将 5V 提升到＋12V，可简化电源的设计。如图 9-16 所示．若需要 ± 12V 时，也可以用两块 AH812 组成 ±12V，如图 9-17 所示。

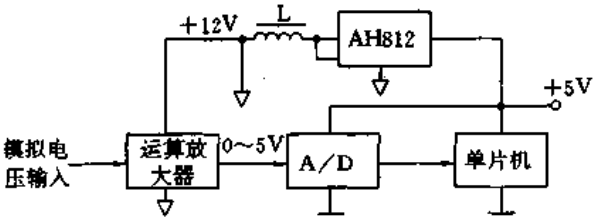


图 9-16

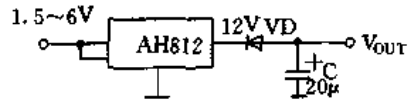


图 9-17

2. 6V、8V、9V 输出：

在某些情况下，要求输出电压为 6V、8V 或 9V，此时，可采用图 9-18 电路。在输出电路中串接一个齐纳二极管及滤波电容器。输出电压 V_{OUT}＝12V－VD。若输出要求 9V 时，接入一只 3V 的齐纳二极管；若要求 6V 时，接入一只 6V 的齐纳二极管。加一个滤波电容器可有效地降低纹波电压，若采用钽电容则效果更好，因钽电容漏电较小。

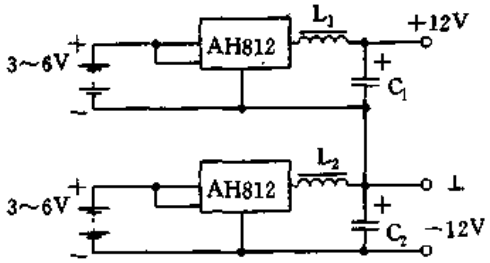


图 9-18

例如，数字式三用表一般要求用 9V 电压（9V 方块形电池），这种电池价钱较贵，并且也较难买。采用图 9-19 的方法可用一节 5 号电池供电，产生数字式三用表所需电流（4m A 左右），电路中 S 可作为三用表的开关。根据实验即使电池压降到 0.9V，仍可使输出三用表所需的电流，这样可延长电池的寿命。

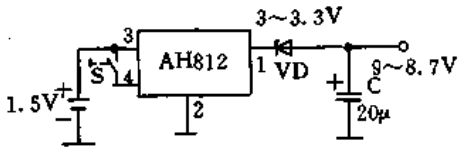


图 9-19

用 AH812 模块及一节 5 号电池，采用图 9-19 电路，可以制成与 9V 方块电池差不多的体积，可以放入三用表电池仓内，仅仅只将原开关改接一下即可（用 S 代替原来开关，仅耗电 0.2μA）。若长期不用可将电池取下。

（五）单电源 VFC-QD450

单电源电压/频率变换器（以下简称单电源 VFC）QD4500 系列除具有双电源电压/频率变换器的优点外，还具有单电源（低到 4.75V）、低功耗（电流可小到 3mA）等特点。因而更适用于铁路、矿山、石油、地质、航天、海上和大气探测等部门。

1. QD4500 系列原理和特点：

QD4500 系列由积分器、电平检测脉冲电路、精密电荷分配器等组成，如图 9-20 所示。

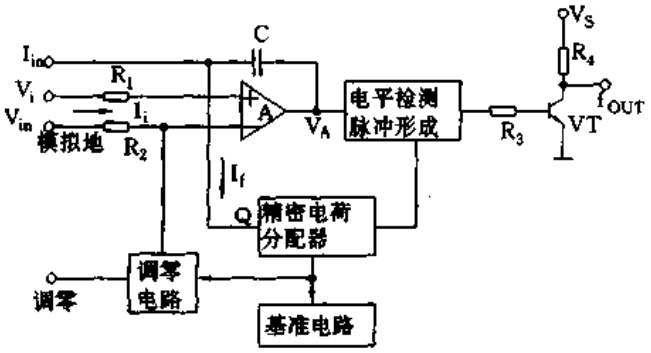


图 9-20

输入电压 V_{in} 产生正比于它的输入电流 I_i，I_i 使电容器 C 负向积分，当 V_A 低于检测电平时，精密电荷分配器输出一个负反馈电荷 Q，该电荷 Q 产生的反馈电流 $I_f > I_i$。从而使电容 C 进行正向积分，这样反复进行。在一个周期内，电容器 C 的电荷量保持不变。即 V_{in} 产生的 I_i 的充电电荷与反馈放电电荷相等。亦即 $I_i \cdot T = Q$。因为 $I_i = V_{in}/R_1$，所以 $V_{in}/R_1 \cdot T = Q$，则其频率 $f = 1/T = 1/R_1 Q \cdot V_{in}$，由于 R_1 是常数，只要 Q 也为常数，则 $f = KV_{in}$，这样就构成电压/频率变换器。

本电路的特点：

(1) 由于电路元器件(除调零和调满度电位器之外)均在片内，故电路性能稳定；

(2) 由于采用精密电荷电路，避免了原理上带来非线性误差，故保证了电路线性不失真(非线性只在±0.005%F·S)；

(3) 由于采用温度补偿电路，保证了电路有较小的温度系数(≤50ppM/℃)；

(4) 功耗低≤15mW(工作电压 5V 时)；

(5) 有单电源调零电路；

(6) 输入信号范围宽。即使电源电压低到 4.75V 时，其输入信号电压仍可达到 10V；

(7) 管脚排列与双电源 VFC 相同。

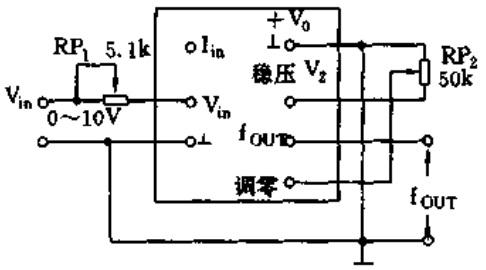


图 9-21

2. QD4500 系列管脚及调整方法

按图 9-21 接上电源后，预热 10 分钟，先输入电压 10mV，调节 RP_2，使 QD4500 系列输出 10Hz(其中 QD4504/4508 输出 100Hz)；再输入电压 10V，调节 RP_1，使 QD4500 系列输出 10kHz(其中 QD4504/4508输出 100kHz)，这样反复调整几次就可以了。

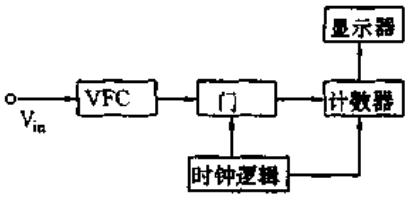


图 9-22

3. QD4500 系列的应用

(1) 作 ADC 用

用 VFC、门、时钟逻辑、计数器和显示器可构成 ADC 电路，见图 9-22。本电路可做数字电压表、数字万用表、数字面板表和数字温度计等仪表，其优点是：①电路简单；②精度可任选，软件设计方便；③便于进行信号隔离；④信号范围适应性广；⑤电源电压范围宽、功耗小；⑥输入阻抗高(可达 200kΩ)。

（2）作高抗干扰数据传输用

如图 9-23 所示，这种传输的优点是传输线少（仅两条线）且抗干扰能力强。

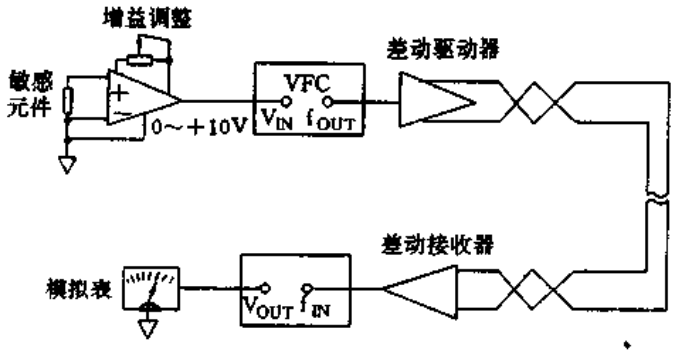


图 9-23

（3）作高精度积分用

用 VFC 可以很简单地完成积分运算。原理框图如图 9-24 所示。图中计数门的开门时间 t_1～t_2 根据需要由逻辑控制电路决定。积分器的结果可为数字输出，也可为模拟输出（即在计数器后接一个 DAC，其输出是输入信号的积分）。积分器的时间可长达 1000 秒至 10000 秒，并可长时间保持积分精度。这种长时间积分器用线性运放是难以构成的。

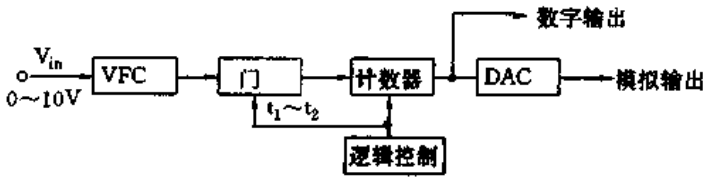


图 9-24

除上述用途外，还可作高共模电压模拟隔离器和可变频率脉冲发生器。总之，单电源 VFC 系列模块电路，由于其单电源供电，功耗低，给供电不便的场合中使用 VFC 提供了方便。

（六）稳压器 MAX722/723

可以拿在手上操作使用的微型计算机人们称为“手掌机”。这类微机系统需要两种电源电压，一种是 3V、3.3V 或 5V 电源，工作电流较大、称为主电源。另一种是专供 LCD 显示器用的较高压电源，电压 9～18V，电流较小，称为副电源或辅助电源。MAX722/723 就是为同时产生主副两种稳压供电的 CMOS 集成电路。主副稳压器均采用开关式工作，其稳压效率高达 80%～90%。

MAX722 与 MAX723 引脚功能相同，同为双列 16 脚，可以互换使用。二者的区别仅仅是主电源变换输出电压，对 MAX722 来说是+3.3V 或+5V，MAX723 是+3V 或+5V。该开关式稳压器采用脉冲频率调制（PFM）式工作，开关频率最高 500kHz。开关频率时间由内部两个单稳电路来管理，截止时间固定不变（最小 $T_{OFF}=1\mu s$），导通时间 T_{ON} 由反馈控制，取决于负载电流和输入电压大小，主电源 $T_{ON}\leqslant 4\mu s$，副电源 $T_{ON}\leqslant 8\mu s$。

图 9-25 为 MAX722/723 典型应用电路。V_{IN} 外供电输入电压。同时它还可以用二三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_o 是主输出电压，输出 3V、200mA 时变换效率可达 87%。$-V_o=-17V$ 是副输出电压，作为 LCD 显示驱动电路使用。$-V_o=-V_{RO}(R_2/R_1)$ 可自由设定，$V_{RO}=1.25V$。

①～③脚是 3 个逻辑控制端，①脚 $\overline{SHDN}$ 是输出电压控制端，外加高电平时正常工作，外加低电平时关闭（截止）主副输出电压，但基准输出电压 V_{RO} 不受影响。②脚 NEG—ON 是副输出电压选通端，外加低电平时无副电源输出，可用于单独关闭 LCD 显示。③脚 3/5 是主电源输出电压选择端，加高压时主输出为 3V 或 3.3V，加低电平时输出 $V_o=+5V$。

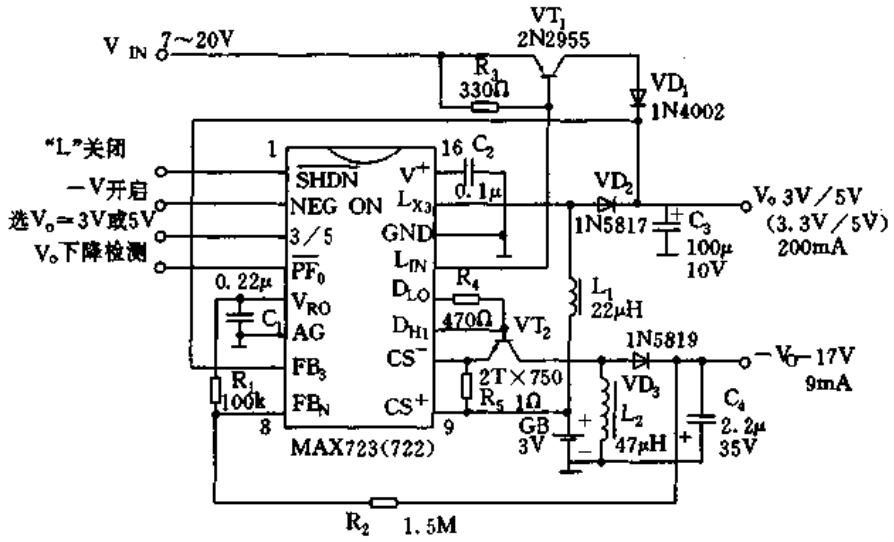


图 9-25

④脚 PF_0 是 N 沟开漏极式状态输出端，当主输出 U_o 电压跌落 6%±2%或更多时，PF_0=“L”电平，可吸入 2mA 电流(饱和压降≤0.4V)。

⑤脚 V_{RO}输出基准电压 1.25V±0.02V，可吸入 20μA 或放出 250μA，仅改变小于 25mV。V_{RO}也同时是内部比较基准。⑥脚 AG 是 V_{RO}地端。⑭脚 GND 是开关电源接地端。

⑦脚 FB_3 主电源反馈输入端。⑮L_{X3}是主电源 N 沟 MOSFET 开关漏极输出端(1.2A、0.4Ω)。

⑬L_{IN}是线性稳压驱动兼供电(V_{IN}/GB)转换控制端，6V 吸入电流约 50mA，N 沟开漏极输出去驱动外接 PNP 功率管。当 L_{IN}电压达到 7.3V 时主开关电源被自动切断(L_{X3}截止无效)，由 V_{IN}供电产生主输出；当 L_{IN}电压下降到 6.5V 以下时，自动由电池 GB 供电，主开关电源工作。

电池 GB 的工作电压范围是(V_o+V_F)～1V 以下，V_F 是开关二极管 1N5817 的正向电压降。若 GB 电压大于(V_D+V_F)，则 V_o 将跟随 GB 电压一起升高，但不得大于 7V。

⑧～⑫脚是副开关电源部分。⑧脚 FB_N 是零比较反馈输入端，控制副脉冲频率调制电路(PFM)的开关时间。⑨脚 CS^+和⑩脚 CS^-分别是限流比较正负输入端，限流阀值电压约 200mV(在 170～230mV 之间)，外接限流电阻器 R_3 用于限制 L_2 的峰值电流。⑪脚 D_{H1}和⑫脚 D_{Lo}分别是 P 沟和 N 沟两驱动输出管的漏极，用于驱动外接电子开关(PNP 管或 P 沟 MOSFET 管)。D_{H1}可放出 50mA，D_{Lo}吸入电流导通电阻约 5Ω. 副开关电源只要不关闭就一直由电池 GB 供电，并不会自动转向由 V_{IN}供电工作，可采用继电器转换方式来解决。

该电路静态耗电 60μA，关闭模式仅耗电 20μA。

⑯脚 V^+是内部芯片供电引出端，由来自电池 GB 从 CS^+输入或主输出 V_o 二者较大的一个来自动供电，需外接去耦电容器旁路，不得外带负荷。

MAX722/723 极限参数如下：

电源电压(V^+到 GND)：+7～-0.3V

开关电压(L_{X3}到 GND)：+7～-0.3V

线整输入电压(L_{IN}到 GND)：+20～-0.3V

副电源引脚电压(其余引脚到 GND)：-0.3～V^++0.3V

AG 和 GND 电压差：±0.3V

FB_N 输入电流：±10mA

V_{RO}电流：2.5mA

允许功耗(T_A≤70℃)：696mW

T_A(C 级)：0～70℃

(EGE 级)：－40～＋85℃

T_J：＋150℃

T_{STG}：－65～160℃

MAX722/723 电气参数如表 9-2 所附。

表 9-2　MAX722/723 电气参数(E＝2.5V，空载、全温，除另有指定)

参数	条件			最小	典型	最大	单位
主输出电压 V_O	E＝2～3V I_O＝0～200mA	$3/\overline{5}$＝3V	MAX722 MAX723	3.17 2.88	3.3 3.0	3.43 3.12	V
	V_{IN}＝0V 或 V_{IN}＝7～18V I_O＝0～500mA	$3/\overline{5}$＝0V		4.8	5.0	5.2	
副输出电压－V_O	E＝2～5V E_{L1}＝2.5V(L_1 电源电压) $-I_o$＝0～5mA			－18	－17	－16	
FB_N 失调					±2	±20	mV
FB_N 电流	V_{FBN}＝0V				－5	±100	nA
启动电压 E	I_o＝0mA				0.85		V
启动电压 V_{IN}					7.3	7.6	
限流阈值	CS^+与CS^-之间			170	200	230	mV
I_{DH1}	$3/\overline{5}$＝3V				50		mA
R_{DL_0}	$3/\overline{5}$＝3V				5		Ω
静态电流	NEG－ON＝0V，$3/\overline{5}$＝3V					60	μA
E 静电流	NEG－ON＝0V，$3/\overline{5}$＝3V				60		
关闭态 E 电流	NEG－ON＝0V，$3/\overline{5}$＝3V，$\overline{SHDN}$＝0V				20	40	
E 静电流	线性稳压模式 V_{IN}＝7V，$3/\overline{5}$＝0V			－10		10	
I_{LIN}	V_{LIN}＝6V，$3/\overline{5}$＝3V			20	50		mA
V_{RO}	空载			1.23	1.25	1.27	V
V_{RO}调整率	$3/\overline{5}$＝3V I_{RO}＝－20～250μA		25℃		10	20	mV
			全温			25	

续表

参数	条件	最小	典型	最大	单位
电源跌落磁滞值	输出下降边，$\overline{PF_0}$下降	−4	−6	−8	%
PF_0 滞后宽			2		%
PF_0 低电平	$I_{PF0}=2mA, 3/5=0V=NEG-ON$			0.4	V
PF_0 漏电流	$V_{PF0}=$"H"$=4.8V, 3/5=0V$			1	μA
V_{IL}	控制输入端			0.4	V
V_{IH}	控制输入端	1.6			
I_{IN}	控制输入端			±100	nA

（七）L4962 型开关式集成稳压器

随着功率集成技术的发展，目前已能将开关功率管集成在脉冲调制器的芯片上，封装成单片开关式集成稳压器，使开关电源的外围电路大为简化，适于制作低电压、高效率、大电流的开关电源。L4962 是 SGS—Thomson 公司研制的单片开关式集成稳压器，国产型号为 CW4962，其主要性能指标如下：输入电压 $V_i=9\sim46V$，输出电压 $V_0=5\sim40V$，最大输出电流 $I_{OM}=1.5A$，最大输出功率 $P_{OM}=60W$。开关频率通常选 100kHz，占空比调节范围是 0～100%，电源效率 $\eta=75\sim90\%$。内部有完善的保护电路。

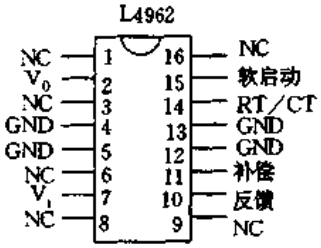


图 9-26

1. 工作原理

L4962 采用 16 脚双列直插式封装，管脚排列如图 9-26 所示。NC 表示空脚。其原理框图见图 9-27。内部电路主要包括：(1) 5.0V 基准电压源和误差放大器；(2)锯齿波发生器；(3)脉冲宽度调制(PWM)比较器和功率输出级；(4)软启动电路；(5)输出限流保护电路；(6)芯片过热保护电路。此电路共用 10 个外围元件。C_1 是输入端滤波电容，R_1、C_3 是误差放大器的频率补偿元件，R_2、C_2 为锯齿波振荡器的定时电阻与定时电容。振荡频率 $f_o=1/R_2C_2$。若取 $R_2=4.3k\Omega$，$C_2=2200pF$，则 $f_o\approx100kHz$。C_4 是软启动电容，起保护作用。由 L、C_5 和 VD_3 构成降压式输出电路。其中 L 是储能电感，C_5 是储能兼滤波电容，VD_3 是续流二极管。功率脉冲调制信号从②脚引出。该信号为高电平时，除向负载供电以外，还有一部分电能储存在 L 和 C_5 中，此时 VD_3 截止。当功率脉冲为低电平时，VD_3 导通，储存在 L、C_5 上的电能继续向负载供电，维持 V_o 不变。

R_3 和 R_4 是取样电阻，改变两电阻的比值可调节输出电压 V_o，其关系式

$$V_o=(1+R_4/R_3)\times5V$$

L4962 的基本工作原理是：输出电压 V_o 经过 R_3、R_4 取样后，加到误差放大器的反相输入端，与 5.0V 基准电压进行比较，得到误差电压 V_r，再用 V_r 的幅度去控制 PWM 比较器输出的脉冲宽度，最后经功率放大和输出电路，使 V_o 保持不变，达到稳压目的。设占空比为 D，开关电

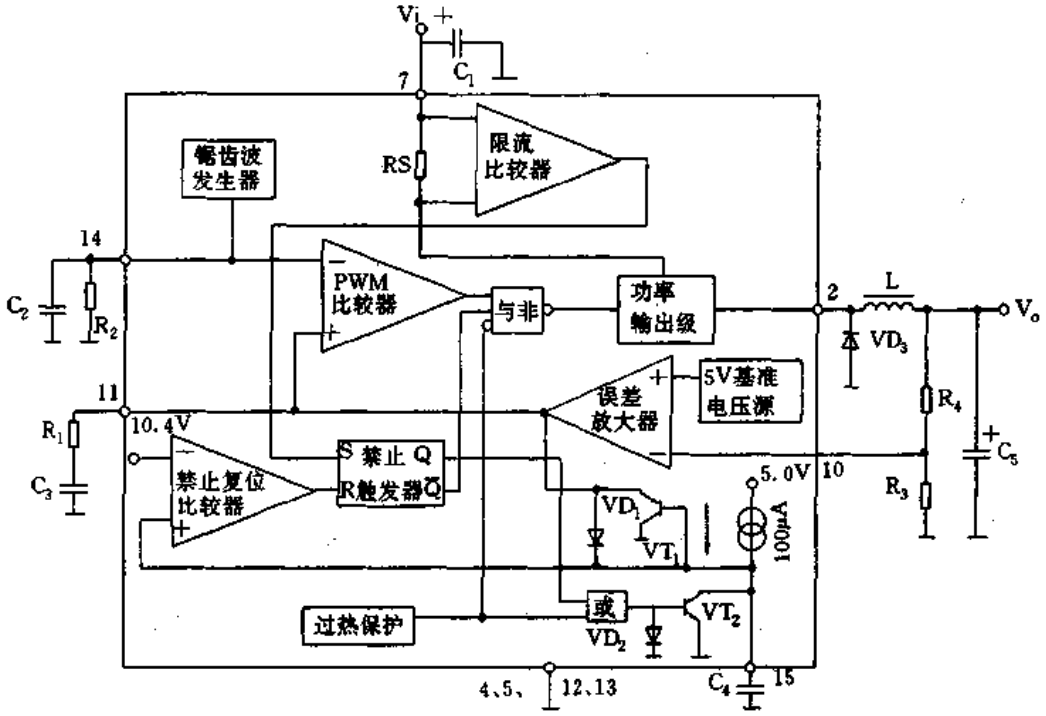


图 9-27

源效率为 η，则输出电压与输入电压存在关系式：$V_o=\eta DV_i$。

图 9-27 中，C_4、VT_1、VT_2、VD_1 构成软起动电路。其作用是刚通电时，让输出电压缓慢的地建立起来，对芯片起到保护作用。软启动时间约 100ms。RS 为限流保护电路的限流电阻。当 V_o 端发生短路时，将功率输出级切断。若短路故障已排除，稳压器经软启动后即转入正常输出。当芯片的结温达到 150℃时，过流保护电路将功率输出级关断，等结温降到 120℃以下，才能重新启动。

2. 应用电路

由 L4962 构成的单片开关电源如图 9-28 所示。交流 220V 电压经过 60VA 电源变压器 T 降压，再经过桥式整流和滤波得到直流电压 V_i，作为 L4962 的输入电压。当输出电压 V_o 直接与⑩脚接通($R_4=0$)时，稳压值 $V_o=5V$。现取可调电阻 $R_4=15k\Omega$，固定电阻 $R_3=2.2k\Omega$，即 $R_4/R_3\approx7$，调整 R_4 可使 V_o 从 5V 连续变化到 40V。C_7 是高频补偿电容。

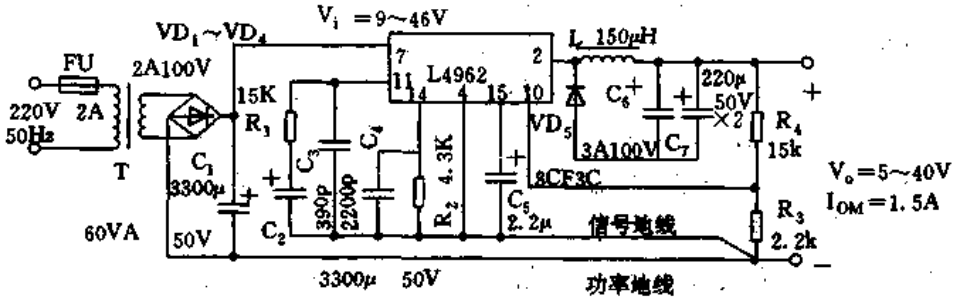


图 9-28

3. 制作要求

储能电感 L 可选 φ22 的玻镁合金磁环，用高强度漆包线绕制而成，电感量取 150μH。为减小电解电容器的等效电感与等效电阻，输出滤波电容由 C_5 和 C_6 并联而成，总容量是 440μF。续流二极管 VD 必须选用肖特基二极管或快速恢复二极管。

在设计电路时应将信号地线与功率地线分开布置，最后在输出端汇接，以免引入干扰。L4962 的最大允许功耗为 4.3W，可将第④、⑤、⑫、⑬脚短接，通过印制板铜箔散热，不需另加散热器。

（八）开关电源 TDA4919 及其应用

TDA4919 为开关电源专用 IC，它采用 P-DI，P-20-1 双列直插封装或 P-DSO-20-1 型表面贴装。TDA4919 主要由运算放大器、比较器 A_1 和 A_2，过电压比较器 A_3、欠电压比较器 A_4、动态限流比较器 A_5、斜坡产生器 RG、电压控制振荡器 VCO、逻辑电路、推拉式输出级电路及内部电源等部分组成，简化方框图如图 9-29 所示。

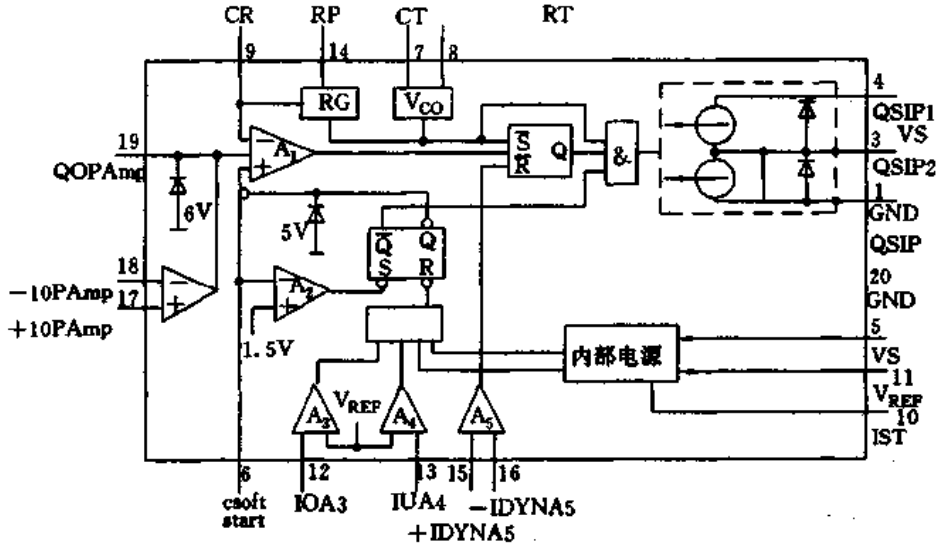


图 9-29

TDA4919 各引脚功能分别为：①脚是驱动器地；②脚未用；③脚是 MOSFET 栅驱动输出；④脚是驱动器电源电压；⑤脚是 IC 电源电压；⑥脚是软启动；⑦脚是频率产生器的外接电容脚；⑧脚是频率产生器的外接电阻脚；⑨脚是斜坡产生器外接电容脚；⑩是外接分压脚；⑪脚是参考电压；⑫脚是过电压输入；⑬脚是欠电压输入；⑭脚是斜坡产生器外接电阻脚；⑮脚是动态电流限制正输入；⑯脚是动态电流限制负输入；⑰脚是运算放大器正输入；⑱脚是运算放大器负输入；⑲脚是运算放大器输出/比较器 A_1 输入，⑳脚是地。

TDA4919 控制 IC 集成数字与模拟功能于一体，开关频率直达 300kHz，推拉输出电流为 +700mA/−500mA。TDA4919 对于开关电源工作中出现的故障具有识别和控制能力，从而可有效地提高开关电源的可靠性。如图 9-30 所示的是由 TDA4919 监控的开关电源原理图。该开关电源的 AC 输入电压是 187V～242V，输出电压是 DC10V±1%，输出电流为 5A。

工频市电经 LC 射频干扰(RFI)滤波器和桥式整流及电容滤波电路，在 C_1 上得到约 310V

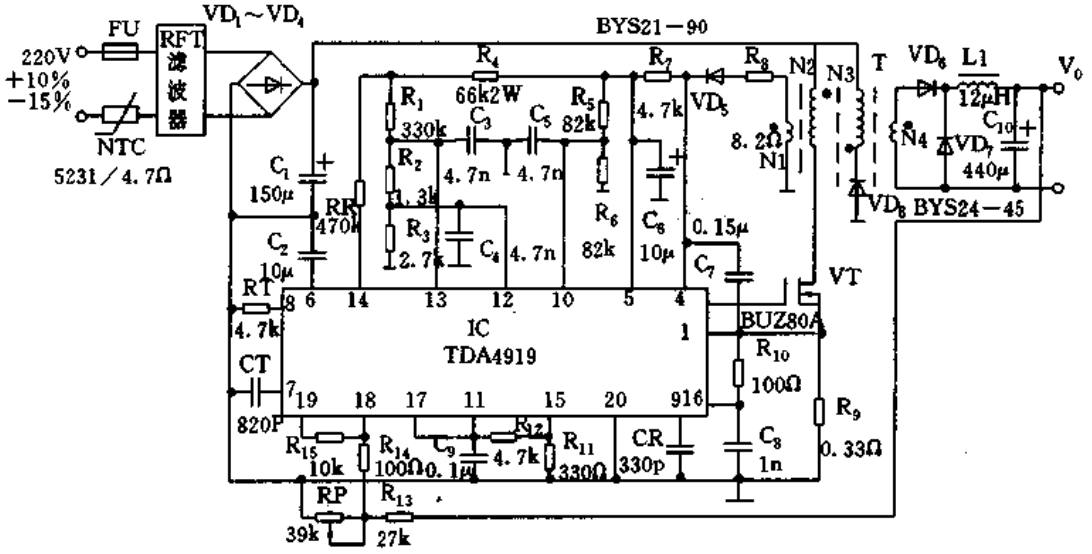


图 9-30

的直流电压，该电压经 R_4 向电容 C_6 充电，当 C_6 上电压充电至 9.6V 时，TDA4919 被启动工作。IC 的③脚输出驱动脉冲信号，功率 MOSFET(VT)工作于开关状态，经整流滤波获得的约 310V 的直流电压被 VT 斩波，并通过电源变压器 T 传输到 N_4 次级绕组。N_4 绕组中的脉冲电压经 VD_6、VD_7 整流和 L_1、C_{10}滤波，得到稳定的直流输出电压。VT 源极电流传感电阻 R_9 上的电压经 R_{10}和⑯脚输入到 IC 的动态电流限制比较器 A_5，其相应阈值电压由⑮脚上的电压决定。输出电压 U_o 经 R_{13}、R_{14}分压取样，通过⑱、⑲脚分别输入到运算放大器和比较器 A_1。通过 TDA4919 的反控控制，即调整其输出电压波形的占空比，从而实现稳压目的。

电压控制振荡器(VCO)外接电阻 RT 和电容 CT，VCO 的上升沿远大于下降沿。斜坡产生器通过⑭、⑳脚分别接有 RR、CR、RG 被 VCO 以相同的频率触发。RG 的持续下降时间必须小于 VCO 的下降时间。RG 的上升沿电压与比较器 A_1 上的直流电压比较，从而可控制输出脉冲宽度。IC 的⑫、⑬脚分别对过电压和欠电压进行监控。

变压器 T 采用 ETD39N67 铁芯制作。$N_1：N_2：N_3：N_4=3T：52T：52T：3T$。$L_1$ 采用 ETD39N27 铁芯绕制、6 匝，AL＝340nH，L＝12μH。

(九) CW200 五端可调集成稳压器

CW200 是一种五端可调正压单片集成稳压器。输出电压范围为 2.85V～36V，并连续可调。输出最大负载电流 2A。这种稳压器使用方便，仅用 2 个外接取样电阻，就可以调整到所需要的输出电压值。其特点是稳压器芯片内部设有过流，过热保护和调整管安全工作区保护电路，使用安全可靠。用 CW200 制作的稳压电源，具有较高的参数指标和稳压精度。这种稳压器不但可接成可调式稳压器，也可接成固定电压输出的稳压器。

CW200 的外形有两种：一种为塑料封装；另一种为金属封装，如图 9-31 所示。这种稳压器的主要电参数如下：1. 最大输入输出压差$(U_i-U_o)_{max}$为 40V；2. 最小输入输出压差$(U_i-U_o)_{min}$为 2V；3. 电压调整率 SV 为 0.05%/V；4. 电流调整率 SI 为 0.15%；5. 纹波抑制比为 60dB；6. 静态工作电流(I_d)为 4.4mA；7. 最大输出电流 I_{omax}为 2A。

1. 基本应用

基本应用电路如图 9-32 所示。这个电路的输出电压由电阻 R_1 与电位器 RP 确定，调节 RP 的电阻值，输出电压可以从 2.85V～36V 连续变化。R_1 的阻值一般取几百欧姆(图 9-32 中取 820Ω)，RP 的阻值可由公式 $U_o=V_{ref}\left(1+\frac{RP}{R_1}\right)$ 得到。其中 U_o 为电路的输出电压，V_{ref} 为电路④脚对地的基准电压，标准值为 2.85V。电路的最大输出电流 I_o 由电阻 R_2 确定，即 $I_o=V_{R2}/R_2$。其中，V_{R2} 为稳压器⑤脚到②脚电流限制电压，标准值为 0.45V。



图 9-31

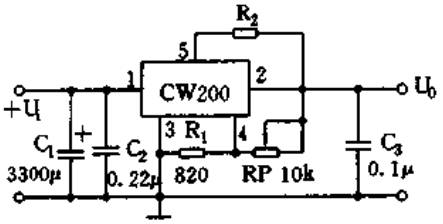


图 9-32

CW200 它所以能够利用一只电阻来调节电路的最大输出电流，是由于稳压器内部含有一个比较器，当 V_{R2} 达到 0.45V 左右时，比较器动作，它推动稳压器内部的一个晶体三极管，将调整管的基极电流吸取出一部分，这样器件的输出电流受到了限制。$R_2=0$ 时，将是器件最大输出电流 2A，图 9-32 中 C_1 为滤波电容，C_2、C_3 称消振电容，为防止稳压器自激所设。

2. 大电流稳压器

电路如图 9-33 所示。这个电路为 CW200 扩展输出电流的一个例子。VT_1 是一只 NPN 型大功率扩流管。CW200 的⑤脚输出的电流作为 VT_1 的基极注入电流，从而使这个电路具有 5A 以上的输出能力。晶体三极管 VT_2 是作为保护管使用，当扩流管 VT_1 输出的电流流过取样电阻 R_4 时，产生电压降，当压降达到 0.6V 以上时，VT_2 导通，其集电极电流将从稳压器的⑤脚，通过 R_2 电阻流入 VT_2 的集电极内，这样将使 V_{R2} 立即达到 0.45V 的标准值。CW200 由于内部限流保护比较器动作，输出电流受到限制，整个电路进入恒流保护状态，这时的输出电流 $I_o=V_{be2}/R_4$，而当 R_4 取样电阻上的压降小于 0.6V 时，VT_2 不导通，V_{R2} 也达不到 0.45V 标准值，电路将正常工作。

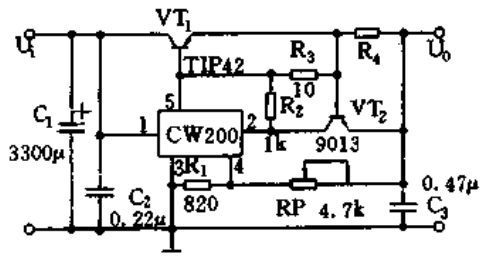


图 9-33

3. 减流保护式稳压器

以上介绍的两种恒流保护式电路，由于在过流和短路时，输出电流只是被限制到一定值，输出电压下降，过流时间稍长些，功率管和 CW200 仍有可能因功耗过大而损坏。图 9-34所示为减流式大电流稳压器。它与图 9-33 电路的区别在于利用稳压二极管 VD_1 对 VT_2 产生影响：当超过额定值的输出电流流过取样电阻 R_4 时，保护三极管 VT_2 导通，V_{R2} 将达到过流保护点 0.45V，电路进入恒流保护状态；当输出电压下降到稳压二极管 VD_1 的稳压值(10V)以下时，VD_1 通过 VD_2、RP_1、RP_2 向 VT_2 的基极注入电流，促使输出电压 U_o 进一步下降，VD_1 将成为

维持 CW200 处于保护状态的主要因素，R_4 上的压降变为次要因素，从而起到了保护稳压器和功率管的作用。

图 9-34 电路中 RP_1 用来调整减流程度，RP_2 用来微调限流点。

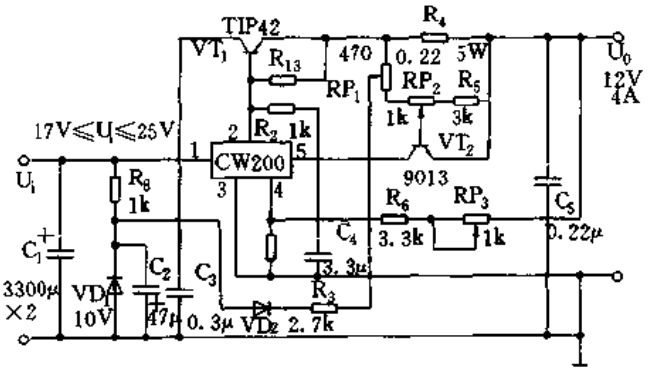


图 9-34

以上简要介绍了 CW200 集成稳压器的三种基本方法。在使用该稳压器时，应注意加大足够大的散热器，散热器的瓦数按照 $P_W=I_o(U_i-U_o)$ 进行估算，其中 I_o 为输出电流，U_i 为输入电压，U_o 为输出电压，U_i-U_o 的值以 5～8V 为宜。使用该稳压器时，输入输出的消振电容必须采用无感电容较为理想。

（十）单片稳压集成块 HV-2405

采用高压介质隔离新工艺制成单片集成稳压器 HV-2405，可以直接把交流 220V 变换成稳定的 5V～24V 直流电压输出，能送出 50mA 的负荷电流。若几个并联使用还能输出更大的电流。该稳压器改变了以往的供电方式，省去了降压、整流电路元件，使整个电流稳压源的体积小、重量轻，可靠性大大提高。

HV-2405 采用 8 脚封装，第⑦脚为空脚。内部原理结构如图 9-35 所示，分为三部分：开关预调整电路，1.21V 基准电压源和串式连续调整稳压电路。具有新颖特点的是开关预调整电路，它是控制两只晶闸管 VS_1 和 VS_2 的导通或截止完成降压调整。

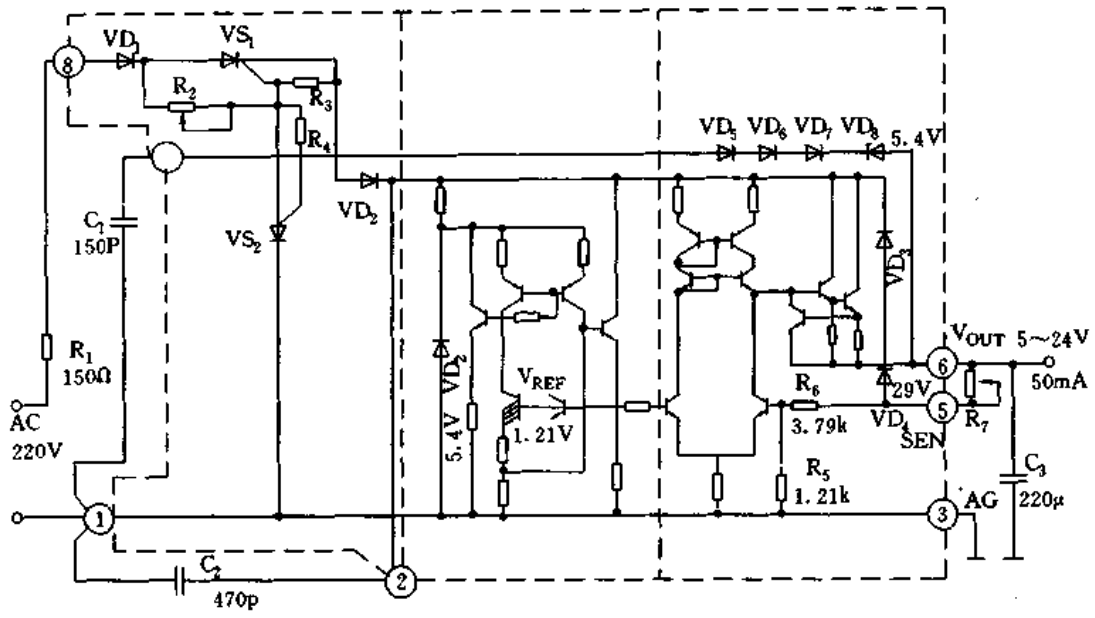


图 9-35

R_1 是外接限流电阻，按下式选取

$$R_1=V_P/2.5(\Omega)$$

$$P_d = 1.33\sqrt{\pi R_1 V_P I_o^3}\text{(功耗 W)}$$

式中：V_P——交流峰值电压

I_o——稳压输出端电流

交流电先经 VD_1 整流，开始向 C_2 充电。交流电经 R_2、R_3 及 VD_2 在 R_3 上产生较大压降使 VS_1 导通，于是 C_2 的充电电流加大，C_2 上的电压加速上升，④脚电位也随之上升。④、⑥脚电位差约 7V 时，VD_5～VD_7 及 VD_8 击穿导通，通过 R_4 的电流使 VS_2 导通，而 VS_1 因控制极电位迅速下降而截止。R_2 是压控电阻，它实质是个小的电流源，对功耗影响不大。由此可见开关调整电路把 C_2 上的电压稳定在输出电压 $V_{OUT}+6V$ 的范围内，作为后面串式稳压的直流电源。1.21V 基准源和串式稳压电路类似于一般集成稳压器电路。VD_3、VD_4 起保护作用，⑥脚为限流输出端，⑤脚是反馈取样端，③脚是接地端。⑤脚内部有两只精密分压电阻，当⑤、⑥脚短路时输出电压 $V_{OUT}=5V$，外接电阻 R_7 每增加 1k 阻值就会随 V_{OUT} 增加 1V 电压，V_{OUT} 最大可到 24V，电流为 50mA，短路电流约 95mA。

表 9-3 是极限值，其中 HV-1205 是供交流 120V 以下使用的单片稳压器，HV-2405 和 HV-1205 在输入电压低至 18V 都可使用。表 9-4 是电参数，输出电流 50mA，输入交流电压对 HV-2405 为 260V，对 HV-1205 为 130V。

表 9-3

参 数 项	HV-2405	HV-1205	单 位
⑧、⑥脚耐压(连续)	264	132	V
⑧、①脚耐压峰值	500	400	V
②、⑥耐压	15	10	V
②、③直流电压	10～32	10～32	V
输入电流峰值	2.5	1.1	A
输出端电压 U_o	30	30	V
最高结温 T_{max}	150	150	℃

表 9-4 ($C_3=1\mu F$)

参数项	条件	最小	典型	最大	单位
输出电压(V_o)	⑤、⑥短路 25℃全温	4.75 4.65	5 5	5.25 5.35	V V
输出 V_o 温漂	全温		0.02		%℃
输出纹波电压	25℃全温		22(10) 24(20)		mV_{AC} mV_{AC}

续表

参数项	条件	最小	典型	最大	单位
输入及负荷稳定性	25℃全温			15 30	mV mV
输出短路电流	全温	5.5	95		mA
静态耗电流	空载		2		mA
基准电压 V_{REF}			1.21		V
②、⑥差压	维持正常工作		5.6		V
②、⑥最小压差			2.2		V
输出电压		5		24	V
输出电流	全温	0		50	mA

工作温度范围(即全温)有两种,HV-2405E-5 是 0～＋75℃,HV-2405E-9 是－40～＋85℃。

输出纹波电压小于 1%,而增大 C_3 容量一般并不能使之明显降低。在要求更小纹波电压的应用中,可以在输出串接 LC 滤波网络,采用 L＝1H,C＝100μF 可使输出纹波降至 0.1%以下。

表 9-4 的括弧中是 HV-1205 的参数值,其余电参数二者相同。

(十一) 低压线性稳压器 LR6

LR6 是一种高输入电压、小输出电压可不用变压器的线性稳压器,允许直流电压高达 450V。因此,交流市电经全波或半波整流后,可直接加到 LR6 的输入端,如图 9-36 所示。LR6 输出电流为 3mA,若外接一只 MOSFET,输出电流可扩展到 150mA。LR6 有多种封装形式,如采用 TO-92、TO-220、TO-243 封装的三个端子(V_{in}、V_{OUT}、GND),输出 10V 固定电压。如果要求改变输出电压,可采用 8 脚 DIP 和 SO-8 封装的 LR6,它有五个引出端(V_{in}、V_{OUT}、GND、T_{rim}、Gate),如图 9-37 所示。V_{OUT} 和 T_{rim}(调整)脚之间接入电阻 R_1,在 T_{rim} 和 GND(地)之间接入电阻 R_2,改变 R_1 与 R_2 之比,LR_6 输出电压即可在 8V～12V 之间变化。为了得到最佳稳压精度并且减少 R_1 和 R_2 的分流作用,R_1 和 R_2 的总电阻值应在 200k～300k 之间,通常选用 250k。由于允许的输入电压很

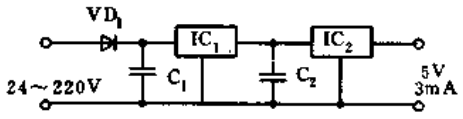


图 9-36

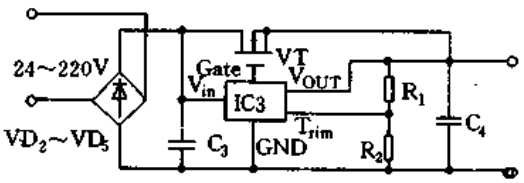


图 9-37

高，且纹波抑制率高达 50dB 以上，因此 LR_6 输入电容可选用容量较小的高压滤波电容器，LR_6 输出电容可选用 0.01μF 的电容器，就能保证输出电压基本稳定。为了提高稳压精度，可以在 LR_6 稳压器后，再加一级线性稳压器，如图 9-36 所示。LR_6 为线性稳压器且输入、输出电压差较大，因此功耗也较大。当功耗超过 1W 时，应选用 TO-220 和 TO-243 封装的 LR_6。本稳压器电源可广泛应用于路灯控制、洗衣机、洗盘机和电冰箱等电器中。但应注意，由于 LR_6 输入端与交流市电没有隔离变压器，因此，由交流市电直接供电时，应采取机壳接地等保护措施。

元器件选择：电容 C_1、C_3：1μ，C_2、C_4：0.01μ。二极管 VD_1、VD_2～VD_5：1N4004 或 1N4007。MOSFET 场效管 VT：DM2540。集成块 IC_1、IC_3：LR_6，IC_2：SPT116。

（十二）高压线性稳压器 HIP5600

HIP5600 是一种三端可调线性稳压器，与其它高压线性稳压器相比，该器件的优点是：输出短路时，它能承受输入至输出 400V（峰值）的电压差。

1. 其主要特点如下

（1）直流工作电压可达 400V；

（2）交流工作电压有效值可达 280V；

（3）外接两只电阻，直流输出电压可在 1.2V 至输入电压 V_{in}－50V 间调整；

（4）输出电流可在 1mA 至 30mA 范围内调整；

（5）自设散热器，芯片内有热断路和输出限流电路，不需设置外保护电路。

电路应用图如图 9-38 所示。为了稳定输出电压，需要外接大于 10μF 电容以提高回路稳定性和增大输出阻抗。若电源阻抗稍大，在 V_{in} 和接地端之间需接入一只 0.02μF 的输入耦合电容。若不接输入电容，当用 1MHz～10MHz 高阻抗电源驱动时，HIP5600 将产生 2.5MHz 振荡。此外，在 ADJ 和接地端之间接入的旁路电容 C_2，其作用是提高纹波抑制率。当输出电压低于 6V 或不加 C_2 时，则不需外接保护二极管 VD。另外输出电压也可由稳压二极管设定，以取代图中电阻 R_2。稳压二极管还可提高纹波抑制比率。HIP5600 可代替开关电源的自启动电路，电子转换发动机的辅助供电，或其它用电设备的控制电源。

图中输出电压额定值与外接分压电阻阻值的关系如附表 9-5 所示。

表 9-5

R_1	R_2	V_{OUT}
3.6k	5.6k	3.3V
2.7k	7.5k	4.9V
1.8k	15k	12V
1.1k	12k	14.8V

2. 元器件选择

电容 C_1：0.02μ，C_2、C_3：10μ。二极管 VD：1N4148。集成块 IC：HIP5600，其外形及管脚排列

如图 9-39 所示。

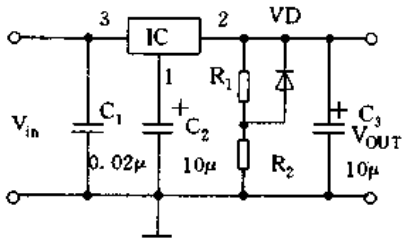


图 9-38

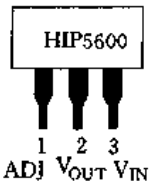


图 9-39

（十三）电源模块 PKE4231

本±5V 稳压电源是由进口电源模块 PKE4231 来完成的，其管脚功能如图 9-40 所示。

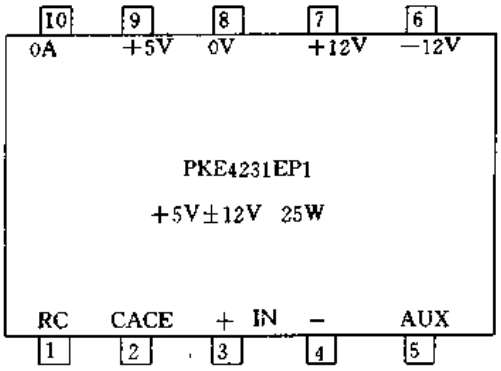


图 9-40

1. 工作原理

电路原理图如图 9-41 所示。由 C_1～C_3、FU 及 VD_1 组成输入滤波和瞬间高压抑制回路。输入－48V 电源加至 IC_1 的输入端③脚与④脚间，其⑥脚与⑨脚输出－12V 和＋5V 稳压电源。由 IC_2 三端固定集成电源变换，输出－5V 的稳定电压。C_5～C_8 为输出滤波电容，以便使输出直流电压纯度更高。C_4、R_1、R_2、RP 组成输出＋5V 电压，使之在＋5V 左右灵活地选择稳定点。R_3～R_6、VT、

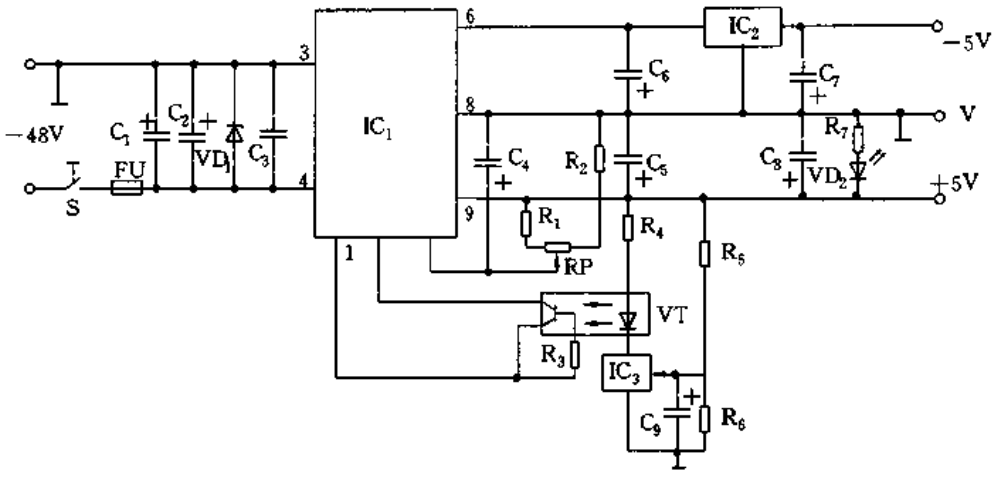


图 9-41

IC_3、C_9 构成过压保护监测，使＋5V 电压端有过压时停止输出。过压消失后又自动恢复输出。

2. 元器件选择

模块集成电路 IC_1：PKE4231EP1（±12V、＋5V、25W）。三端固定集成电路 IC_2：MC7905。可调并联稳压器 IC_3：TL431。光电耦合器 VT：4N35。

（十四）新型微功耗低压差稳压器

随着小型便携式电子产品的发展，与之相适应的新颖稳压器 IC 也紧跟其后。这里介绍一组具有代表性的 IC，它们的特点是：尺寸小、外围元件少，耗电较少的小型便携式电子产品。有的稳压器 IC 还具有电源开关控制端，可使用手动或单片机控制电平高低来启闭电源，从而使电池的寿命更延长。

BAW03、05 系列：该系列是 CMOS 三端稳压器 IC，为固定正输出。03 为＋3V，05 为＋5V，基本参数如表 9-6 所示。这系列最大特点是消耗电流很小，在最大输出电流时，其自身消耗电流仅 2.5μA(3V 输出)，3.0μA(5V 输出)。压差的大小与输出电流有关，在 1mA 时，压差仅 30～60mV，在 10mA 输出电流情况下，压差为 400mV，超过时，压差急剧上升，所以它仅适用于小电流输出。

表 9-6

参　数	符号	BAW03	BAW05
输出电压(V)	V_{OUT}	3	5
输出电流(mA)	I_{OUT}	30	50
I_{OMAX}时消耗电流(μA)	IQ	2.5	3.0
最高工作电压(V)	V_{Imax}	10	18
工作温度范围(℃)	T_a	−20～70	−20～70
允许管耗(mV)	P_{Dmax}	200	200

BAW03、05 的管脚排列如图 9-42 所示，内部结构如图 9-43 所示。典型应用电路如图 9-44

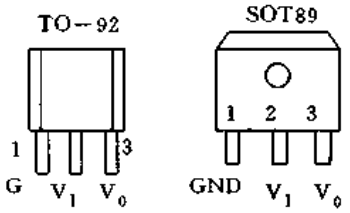


图 9-42

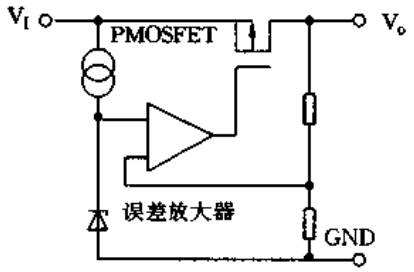


图 9-43

所示。该系列若采用电池供电，则输入、输出电容用 0.1～1μ 即可。该电路内部无短路保护电路，若输出有短路时，短路电流可能使 IC 烧坏(因为内阻仅 10～50Ω)。可以采用图 9-45 的电路进行输出电流扩展及限流。用一个 JE8550 作调整管，另一个 JE8550 作限流管。限流大小取决于 R_{CL}、$I_L=0.6V/R_{CL}$(I_L 为限制电流，0.6V 为 JE8550 的 V_{be})，当 R_{CL}取 3.3Ω 时，电流限制在 200mA 左右。

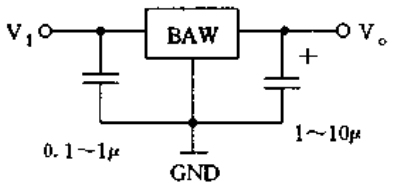


图 9-44

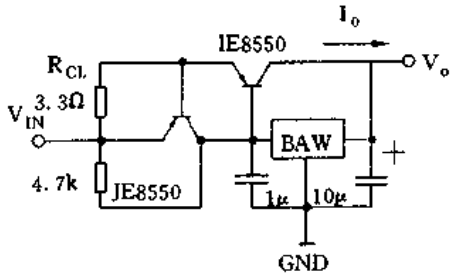


图 9-45

SPT1141/1151 系列：该系列是带有开关控制的稳压器 IC。它与 BAW03、05 相比，不仅输出电流大、压差小，并且内部有过热保护及短路保护电路。SPT1141/1151 系列输出电压为 5V。

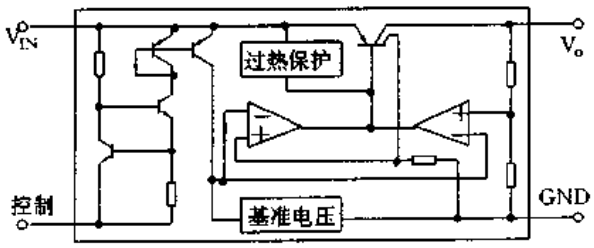


图 9-46

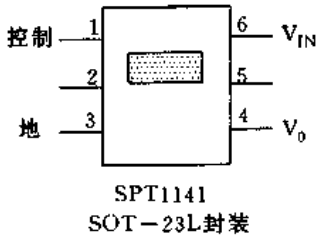


图 9-47

SPT1141 的内部结构如图 9-46 所示。管脚排列如图 9-47 所示。其控制端加低电平时，稳压器工作(通)，控制端加高电平时，稳压器不工作(关闭)，在关闭状态时耗电小于 100mA。SPT1141 最大输入电压为 14V，最大输出电流为 100mA，最大压差为 0.3V，静态电流为 500μA。典型应用电路如图 9-48、图 9-49 所示。

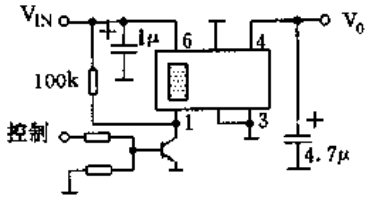


图 9-48

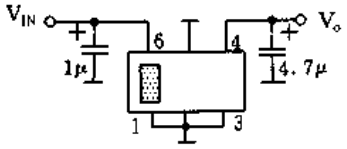


图 9-49

SPT1151 的功能基本上与 SPT1141 相同，但它增加了一个控制端，另外，它可外加调整管，有一个 BASE 端给调整管偏压，及有一个外接电阻时可调整输出电压的 V_{adj} 端，其结构如图 9-50 所示。管脚排列如图 9-51 所示。

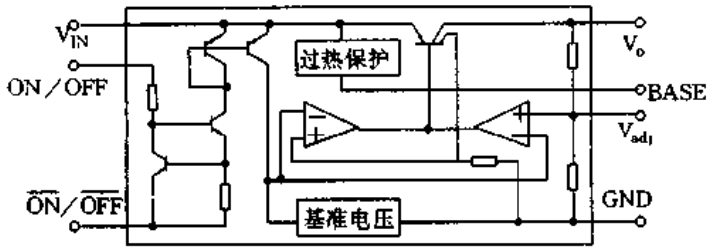


图 9-50

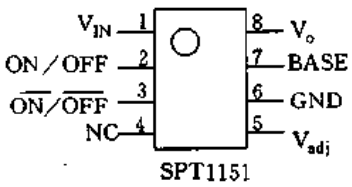


图 9-51

SPT1151 最大输入电压为 14V，最大输出电流为 100mA，最大压差为 0.35V，静态电流为 900mA(max)，在关闭状态时耗电 2μA(max)。SPT1151 可以用高电平控制通断，如图 9-52、图

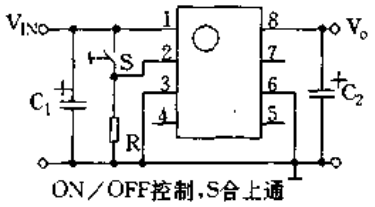


图 9-52

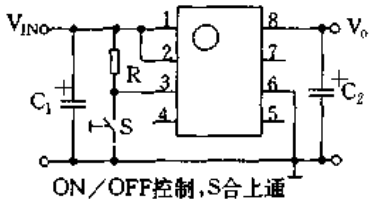


图 9-53

9-53 所示。另外，它还可以外接一只三极管来增加输出电流，如图 9-54 所示。若不需控制通断时，可按图 9-55 的接法。应用在对讲机的框图如图 9-56 所示。

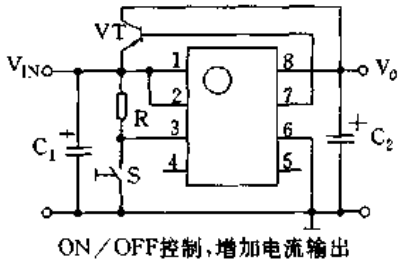


图 9-54

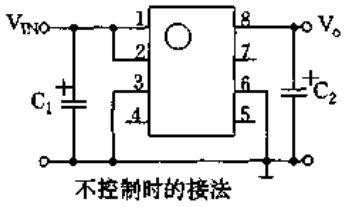


图 9-55

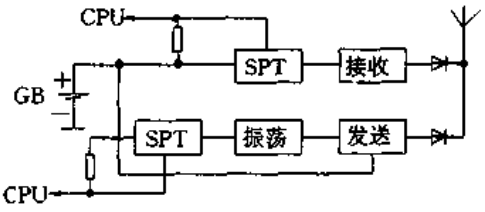


图 9-56

（十五）三端集成稳压器

三端集成稳压器是目前稳压电源中应用最为广泛的一个系列。这是由于该器件系列化程度好：固定式集成稳压器(78/79 系列)有正电压、负电压输出；输出电压分挡规格齐全；输出电流分成四挡；精度适中；能满足一般电子产品的需要。可调式集成稳压器(317/337 系列)既保留了固定式的特点，输出电压又在 1.25～37V 连续可调，性能指标比固定式高一个数量级。此外，还都具有过流保护、安全工作区保护及过热保护电路，工作安全可靠、外围元件少，使用方便、价格便宜等特点。

1. 78/79 系列：

78 系列输出正电压，79 系列输出负电压。在 78、79 后面的两位数字表示出输出电压额定值。例如 7815 的输出电压为+15V。型号中有 T、M、L 等字母表示输出电流的大小，未加字母的输出电流为 1A 或 1.5A。在 78、79 前面的字母(前缀)表示不同生产公司的代号。我国采用 CW(C 表示 CHINA，中国；W 是稳压器中稳字第一个汉语拼音)，其它有 MC(MOTOROLA 公司)、TA(东芝公司)、UC(UNITROD 公司)等。78/79 系列的基本参数见表 9-7 所示。

表 9-7

系列	输出电压(V)	精度	典型压差(V)	最大输入电压(V)	输出电流	封装	消耗电流(mA)
78L	5、6、8、9、10、12、15、18、20、24	±4%，±8%	2	$V_o \leqslant 18,35$ $V_o \leqslant 18,40$	100/150mA	TO-92 TO-39	6～6.5
78M	同上	±4%	1.7	$V_o \leqslant 15,35$ $V_o \leqslant 15,40$	500mA	TO-220 TO-39	6～8
78	同上	±2%，±4%	1.7	同上	1A/1.5A	TO-3 TO-220	6～8
78T	5、12、15	±2%，±4%	2.2	同上	3A	TO-220	4～6
79L	−5，−8，−12，−15，−18，−24	±4%，±8%	1.7	$V_o=\|-5\|,-30$ $V_o \leqslant \|-18\|,-35$ $V_o > \|-18\|,-40$	100/150mA	TO-92 TO-93	6～6.5
79M	−5、−6、−8、−9、−15、−20、−24	±4%	1.1～1.7	$V_o \leqslant \|-15\|,-35$ $V_o \geqslant \|-13\|,-40$	500mA	TO-220	8
79	−5、−6、−8、−10、−12、−15、−18、−20、−24	±2%，±4%	2	同上	1A/1.5A	TO-3 TO-220	6～8

注：①输出电压 5V 为 78L05；输出 15V 为 78L15，余类推。不同公司的产品字头不同，如 LM7805、TA7805、MC7805、UC7805。

②各公司产品系列的输出电压有所不同，如 UNITRODE 公司 78 系列仅有 5、12、15V 三种，并且无 100mA 的 78L 系列，MOTOTOLA 公司无 10V 等。

③精度高者在后加 A，如 MC7805A。不同公司，不同生产年代的产品，精度有所不同。UNITRODE 公司有±1%精度的产品。

④不同公司生产的同一型号，其最大输出电流有差别，应特别注意。

78/79 系列一般有三种封装形式：TO-03、TO-220、TO-92，其外形及管脚排列如图 9-57 所示。V_i 是输入端，V_o 是输出端，COM 是公共端。

78/79管脚排列

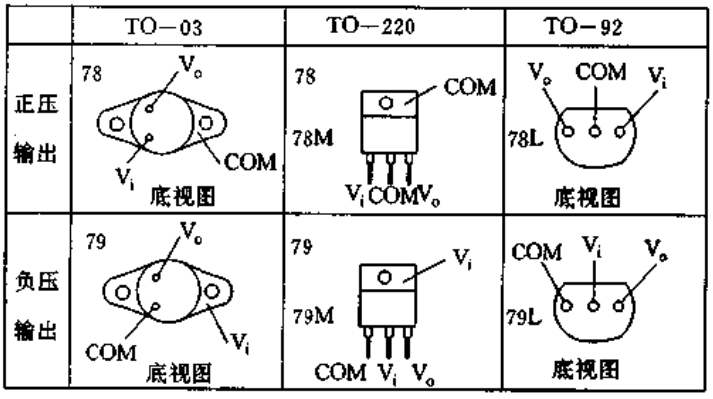


图 9-57

(1)基本电路与参数选择

78 系列的基本应用电路如图 9-58 所示，79 系列的如图 9-59 所示。外接两只电容 C_i 及 C_o。

C_i 为输入电容，容量为 0.1～1μF(一般 78 系列取 0.33μF，79 系列取 1μF)。它能有效的防止自激，使稳压器稳定工作。当整流滤波电容器与稳压器相距在 50mm 范围内，C_i 也可省去。

C_o 为输出电容，一般为 0.1μF，也是为了防止自激用的。为保证稳压器正常工作，一般 V_i 至少应比 V_o 高 3V。V_i-V_o 的值也不能取得过大，因为在稳压器上的功耗功率为$(V_i-V_o)\times$

I_o，若 V_i-V_o 取得过大，会造成功耗过大，不仅浪费能量，并会因过热而造成工作不正常。

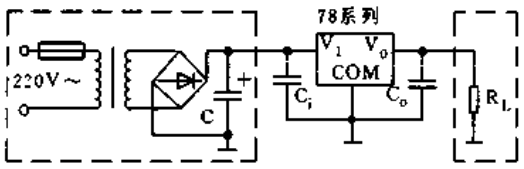


图 9-58

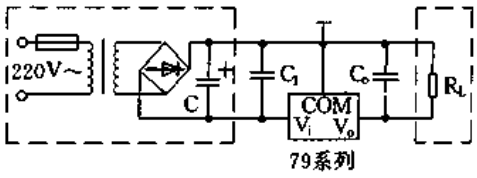


图 9-59

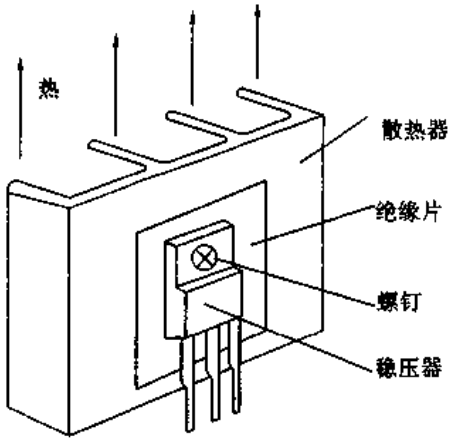


图 9-60

(2)过流及过热保护

三端稳压器的额定输出电流根据不同型号不同而不同，使用时不要超出额定电流。但在使用时器件会发热，若散热条件不好，也会影响稳压器的工作，甚至使器件损坏。三端稳压器内部有过热保护电路，当稳压器的温度超过限制温度时，输出电压降至零，输出电流也为零。

在使用中若负载有短路或超载，内部过流保护起作用，使输出电压 V_o 降到零，但仍有一个超过 I_{omax} 的限制电流输出。

(3)散热问题

稳压器自身最大的耗散功率 $P_{DM}=(V_i-V_o)\times I_{omax}$。在 V_i-V_o 及工作电流较大时，应采用散热器，如图 9-60 所示。一般可采用简单的计算求出 P_{DM}，按表 9-8 选用标准散热器。安装时加绝缘片及涂些导热硅脂。

表 9-8　散热片的参数

耗散功率 P_D	散热器型号	温升	标准	注
5W	SRZ120D	40℃	部标	
10W	SRZ130D	45℃	部标	
15W	SRZ160D	45℃	部标	
20W	SRZ203D	42℃	部标	
25W	LP101D	45℃	厂标	

由于 78/79 系列的 $V_i-V_o\geqslant 3V$，所以它不适用于电池供电的稳压电源。另外，特别要提的是，78 系列与 79 系列的管脚排列是不同的，管脚搞错会损坏器件。在电流较大时(如 1.5A)，印刷电路板设计要有足够的宽度，并且 C_i 及 C_o 应尽可能靠近稳压器。

2. 317/337 系列

317/337 属于第二代三端集成稳压器，其静态电流约 50μA 左右，比 78/79 系列低百倍，故适于组成可调稳压器。317 系列是正电压可调输出；337 系列是负电压可调输出，其基本参数如表 9-9 所示，外形及管脚排列如图 9-61 所示。可调输出的工作原理属于悬浮式，如图 9-62 所示。在 Adj 端接一个可变电压 V_{Adj}，则输出电压 $V_o=1.25V+V_{Adj}$。

表 9-9　LM317/337 系列基本参数

参　数	符　号	LM350	LM317	LM317M	LM317L	LM337	LM337M	LM337L
最大输出电流	I_{Omax}	3A	1.5A	0.5A	0.1A	1.5A	0.5A	0.1A
基准电压(精度)		1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)	1.25V (±0.05V)
波纹抑制率 f=120Hz		65dB	65dB	65dB	65dB	65dB	65dB	65dB
输出电流最大时的压差	V_{dp}	3V	3V	3V	3V	3V	3V	3V
最小输出电流	I_{omin}	10mA	10mA	10mA	5mA	10mA	10mA	5mA
A_{dj}脚的电流最大值	$I_{Adj(max)}$	100μA	100μA	100μA	100μA	100μA	100μA	100μA
V_I-V_O 的最大差值	$(V_I\sim V_O)_{max}$	35V	40V	40V	40V	40V	40V	40V
工作温度范围		0～125℃	0～125℃	0～125℃	0～125℃	0～125℃	0～125℃	0～125℃

注：①不同厂家生产的产品在性以有上会有些差别。

②LM317HV、LM337HV 的 V_I-V_O 可达 60V，输出电压 1.25～57V。

③与 LM350 相同的产品还有 UC150(3A，1.2～+37V)；与之相地应的负电压可调输出为 UC1033(3A，−1.2～−32V)。

317 与 337 的基本工作电路如图 9-63 及图 9-64 所示。输出电压 $V_o=(1+R_2/R_1)1.25V+I_{Adj}\times R_2$。由于 I_{Adj}仅 50～100μA，R_2 又很小，所以 $I_{Adj}\times R_2$ 这一项可略去，则有 $V_o=1.25V(1+R_2/R_1)$。

当 $R_1=120\Omega$，$R_2=3.5k$ 时，输出为 37V；当 $R_1=120\Omega$，$R_2=0$ 时，输出为 1.25V。当 R_2 采用 3K 电位器时，可使输出从 1.25V 连续调整到 32.5V。

78／79管脚排列

	TO−03	TO−220	TO−92
正压输出	LM317／317HV V_i V_o Adj 底视图（外壳）	LM317 LM350 V_o Adj V_i	Adj V_o V_i LM317L 底视图
负压输出	LM337／337HV V_o（外壳） V_i Adj 底视图	LM337 V_i V_o Adj	Adj V_i V_o LM337L 底视图

图 9-61

应用电路及注意事项：

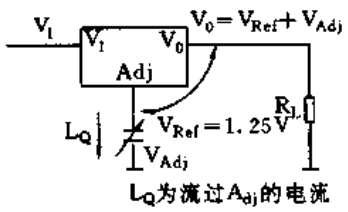


图 9-62

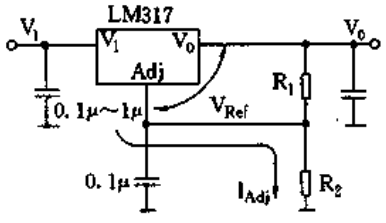


图 9-63

(1) 保护二极管的作用

为了防止意外情况下 $V_o>V_i$ 或 $V_{Adj}>V_o$，在 V_o 与 V_i 之间及 V_o 与 Adj 之间各加一个保护二极管，如图 9-65 所示，以防止内部电路反偏而损坏器件。

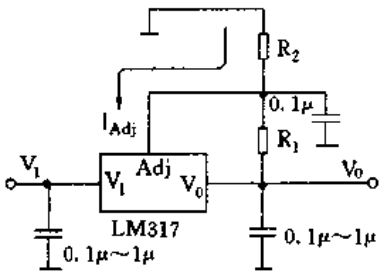


图 9-64

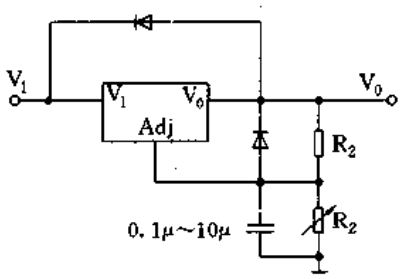


图 9-65

(2) 最小输出电流 I_{omin}

为保证稳压器的工作精度，其最小输出电流(即为空载时流过 R_1 的电流)应比其静态电流大约百倍。一般 LM317L/LM337L 规定为 5mA，LM317M/LM337M、LM317/LM337 规定为 10mA。最小输出电流由 R_1 决定，当 R_1 取 120Ω 时，即可保证 $I_{omin}\approx 10mA$。

最后要指出，317 与 337 管脚不同，设计印刷电路板时应特别注意。

(十六) 微功耗低压差可调集成稳压器

UD-03 是一种微功耗、低压差可调集成稳压器。典型的静态电路为 75μA，在轻载时典型压差为 40mV，在 100mA 时为 380mV。这是用电池为电源的较理想的稳压器，它能延长电池的使用寿命。

1. 主要特点

精度高，输出 5V±0.05V，保证输出 100mA；极低的静态电流(75～120μA)；低的压差(100mA 时为 380mV～450mV)；低的温度系数(典型值为 50 ppm/℃)；外围元件极少，输出电容仅 1μF；内部有过流限制及过热限制。

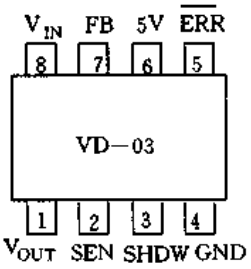


图 9-66

UD-03 为 8 脚塑料及陶瓷 DIP 封装或金属封装，DIP 封装的管脚排列如图 9-66 所示，其管脚功能：①V_{OUT}：电压输出端。②SEN：电压敏感端，在 5V 固定输出时，此端接①脚，在可调输出时，此脚不用。③SHDW：电源关闭控制端，输入高电平时电源关闭，不使用时可接地。④GND：地。⑤$\overline{ERR}$：当输出电压跌落输出 5%左右时，有低电平输出。⑥5V：在固定 5V 输出，此脚接反馈端⑦脚，在可调输出时，此脚不用。⑦FB：电压反馈端。⑧V_{IN}：电压输入端。

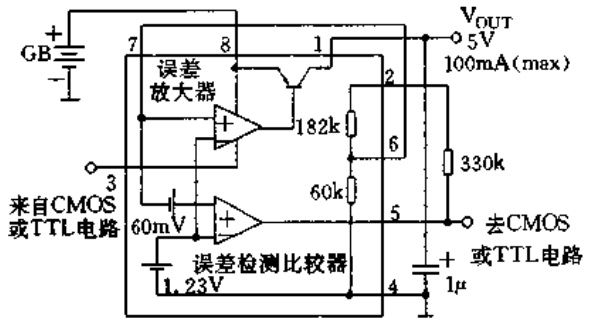


图 9-67

UD-03 的内部结构及 5V 固定输出时的外部元件连接如图 9-67 所示。其基本电路部分与一般串联稳压电源相同，所不同的是它增加了“关闭控制端”及“误差输出端”。关闭控制端接 CMOS 或 TTL 电路，由电平来控制：当输入低电平时，电源工作；当输入高电平时，电源关闭。

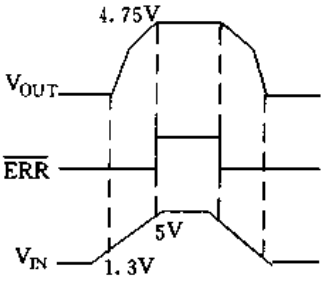


图 9-68

误差输出端是内部误差检测比较器的输出端。当电源输出跌落输出电压的 5%时，误差检测比较器输出低电平。此端要接一个 100k～1M 的电阻。若不使用此功能时，此电阻可不接。

输入电压 V_{IN}、输出电压 V_{OUT}及误差输出 ERR 的波形图如图 9-68 所示。最大的输入电压为 30V，工作温度范围为－40℃～＋125℃。

2. 应用电路

（1）输出电压可调电路。输出电压可调电路如图 9-69 所示。输出电压范围为 1.2V～30V。输出电压 V_{OUT}与 RP、R_2 关系为：$V_{OUT}=1.235(1+RP/R_2)$，推荐最小流过 RP、R_2 的电流为 1μA，所以 R_2 的值不大于 1.2M，一般取 100kΩ。

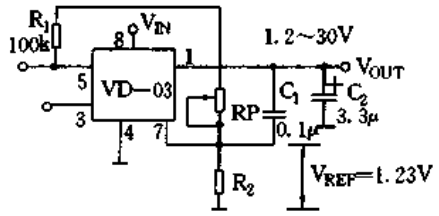


图 9-69

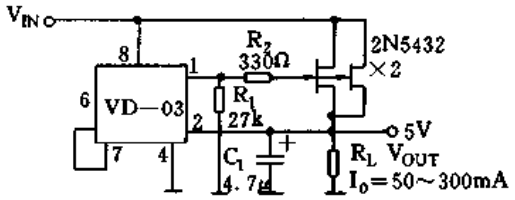


图 9-70

（2）5V、300mA 输出电路。由于 UD-03 输出电流为 100mA，当需要扩展到 300mA 时，可采用图 9-70 所示的电路。此电路外接两并联的 FET 为调整管，输出电流在 50～300mA 范围内，压差在 0.75V 范围内。

（3）电流扩展为 1A 的电路。电流扩展为 1A 的电路如图 9-71 所示。外接一个功率 MOSFET 为调整管，最大电流为 1A，静态电流为 400μA，最大压差为 1.2V。

（4）限流电路。利用 UD-03 内部有限流功能，并利用小压差的特性，可以做成限流电路，如图 9-72 和图 9-73 所示。图 9-72 输入为＋5V 时，输出电压与电流大小有关（其压差为 40mV～400mV），电流限制值 160mA（典型值）。

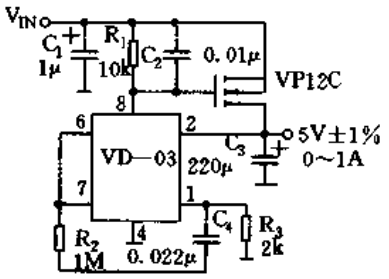


图 9-71

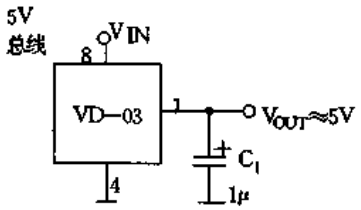


图 9-72

图 9-73 与图 9-72 基本相同，输入电压小于 30V 范围内，输出电压为 V_{IN}－(40～400mV)。电流限制值也为 160mA。

（5）恒流源电路。UD-03 可以做成恒流源电路，如图 9-74 所示恒流 I_o 的大小与电阻 R 有关，其关系为：$I_o=1.23/R$，输入电压 V_{IN}的大小与负载电阻 R_L 大小有关。

（6）有电流限制、输出电流为 2A 的可调输出电压稳压器电路。输出电压可设定、输出电流可达 2A，并有电流限制的电路如图 9-75 所示。

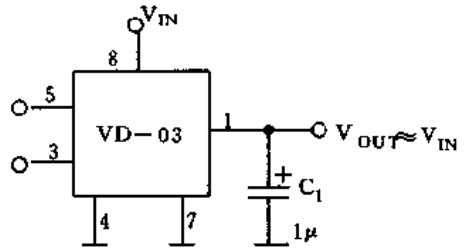


图 9-73

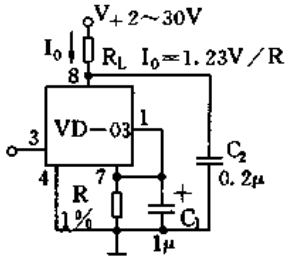


图 9-74

输出电压的设定方法与图 9-69 相同，这里介绍限流部分。在外接调整管(MJE2 955)电路中串接一只 0.05Ω 的敏感电流的电阻。当电流大于 2A 时，2N3906 三极管导通，使③端呈现高电平，电源被关闭以达到限流的作用。

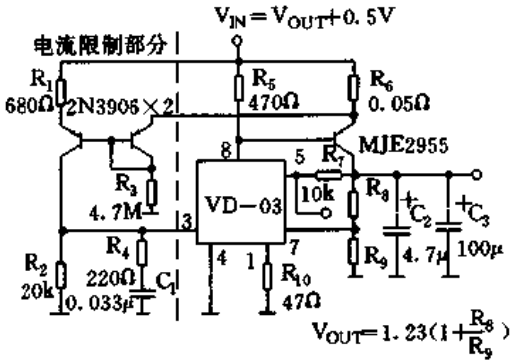


图 9-75

（十七）DC-DC 开关电源厚膜组件

日本 NEC 公司产 MC-8439 和 EX-A688 贴片式 DC-DC 开关电源厚膜组件是通用成品电源，广泛用于工业控制器、数字式产品中，也可作独立电源使用。这两种厚膜组件 DC-DC 集成块都具有升压、降压功能，其结构小巧、坚实、散热条件好，具有良好的电磁屏蔽。

1. MC-8439 厚膜组件

(1)降压时主要指标如表 9-10 所示，全电路如图 9-76 所示，厚膜块外接脚如图 9-77 所示。

表 9-10

输入电压 (V)	静态电流 (mA)	输出电压 1 (V)	输出电流 1 (mA)	输出电压 2 (V)	输出电流 2 (mA)	开关频率 (kHz)	效率(%)
+24～+40	8	+5	300	+12	2	100	91

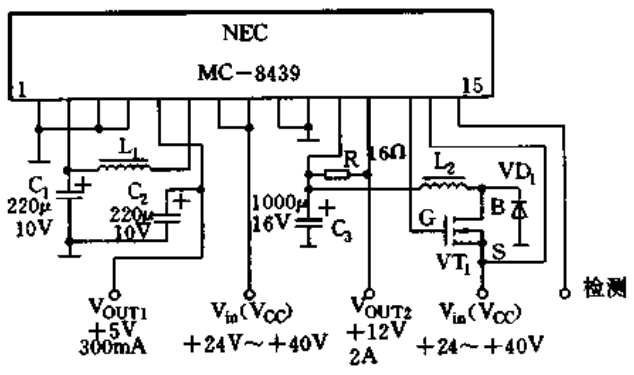


图 9-76

外形尺寸：50(长)×30(宽)×26(高) mm^3；重量：50g。厚膜块采用小型片式元件表面安装，由两块 DC-DC 变换器、MC34063 和一块 D4069G 六反相器组成。输出 1 和输出 2 分别为两组独立输出。该器件输入电压为 24～40V。

(2)MC-8439 在作升压用时接脚如图 9-78 所示。表 9-11、表 9-12，输入电压 8～30V，输出电压 18～40V，输出电流可达 120～125mA。

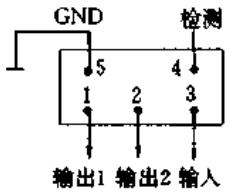


图 9-77

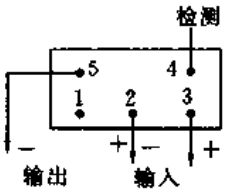


图 9-78

表 9-11

输入电压(V)	8	12	24	28
输出电压(V)	18.40	22.70	33.60	37.20
输入电流(mA)	380	390	410	430
输出电流(mA)	120	150	220	240

表 9-12

输入电压(V)	12	24	30
输出电压(V)	19.40	28	39.20
输出电流(mA)	800	1.12A	1.24A
效率	79%	85%	84%

2. EXA688 厚膜组件

其降压主要性能指标如表 9-13，电路见图 7-79，厚膜块外接脚如图 9-80 所示。外形尺寸：50(长)×30(宽)×26(高)mm³，重量：50g。

EXA688 也采用小型片式元件表面安装，在降压用时亦可输出两组电压。EX688 在升压时接脚见图 9-81 所示、表 9-14。

当负载电阻 $R_L = 25\Omega$ 时，输入 12V，输出电流 800mA，效率为 82%。

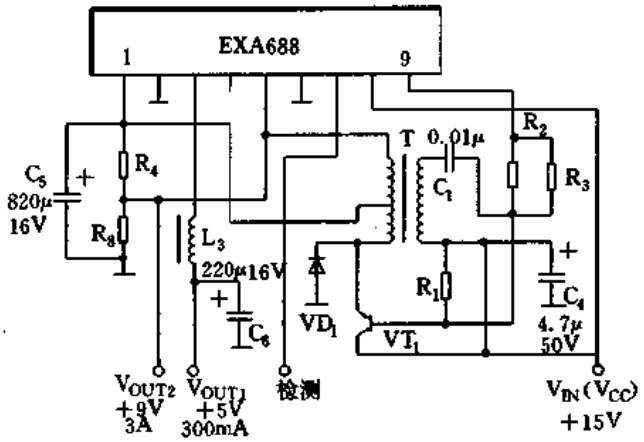


图 9-79

表 9-13

输入电压 (V)	静态电流 (mA)	输出电压 1 (V)	输出电流 1 (mA)	输出电压 2 (V)	输出电流 2 (mA)	开关频率 (kHz)	效率 (%)
12～16	50	+5	300	+9	2	80	77

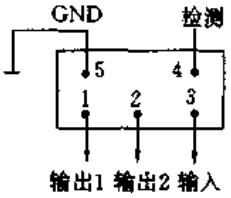


图 9-80

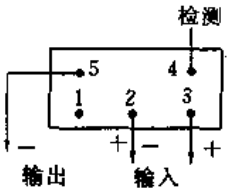


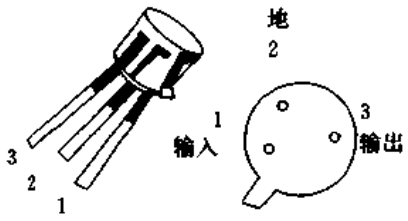
图 9-81

表 9-14

输入电压(V)	4	12	24	30
输出电压(V)	14.80	24.20	36.40	42.40
输入电流(mA)	640	430	450	480
输出电流(mA)	880	150	225	265

（十八）低压差集成稳压电路及应用

国产 CW×930、CW×932、CW×935 三大系列低压差集成稳压电路具有压差低、功耗小、有过热、过流保护及纹波抑制比高等优点。低压差稳压电路可用于 78 系列电路难以胜任的低功耗特殊应用场合。例如航空、航海设备的电源电路、便携式仪器仪表、办公显示仪器等。

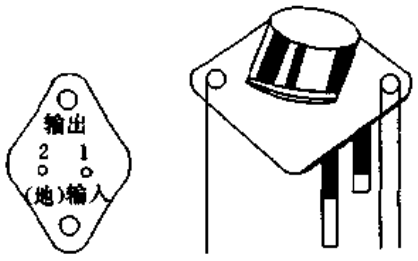


CW1930系列

图 9-82

CW×930、CW×932、CW×935 系列产品简称 930、932、935 系列，它与国外型号产品相一致，因此可取代进口产品，满足国产化配套的需要。

930 系列包括 CW1930、CW2930、CW3930 三个小系列。可提供大于 150mA 的输出电流，外形和管脚排列如图 9-82 所示。该系列电路输出电压 U_o 有六挡：5V、6V、9V、10V、12V、15V，这些电压数值在型号中最后一位(或两位)数表示出来。例如 CW1930-5，CW1930-6，CW1930-9，CW1930-10，CW1930-12，CW1930-15。因此 930 系列有 6 个品种，同理 932 系列、935 系列各有 6 个品种，三个系列共有 18 个品种。



CW1932、CW1935系列

图 9-83

932 系列包括 CW1932、CW2932、CW3932 三个小系列。可提供大于 650mA 的输出电流。此系列电路的外形和管脚排列如图 9-83 所示。按输出电压不同，可分成 6 个品种。

935 系列包括 CW1935、CW2935、CW3935 三个小系列。可提供大于 1.5A 的输出电流。外形和管脚排列如图 9-83 所示。按输出电压不同，可分成 6 个品种。

低压差集成稳压 IC 的应用电路较为简单，如图 9-84 所示。当稳压 IC 离供电电源或整流

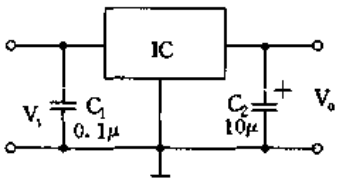


图 9-84

滤波电源较远时，必须加接 C_1。当稳压 IC 为 930 系列和 932 系列时，C_2 可取 10μF 左右；当稳压 IC 为 935 系列时，C_2 可取 47μF 左右。C_2 可用铝电解电容器，也可用钽电容器(漏电流要小)。为了确保工作稳定，可适当加大 C_2，且 C_2 要尽可能地安装在靠近集成稳压器的输出引脚端。

另外，须特别注意的是，低压差集成稳压电路的内部工作电流是随着输出的增加而加大的，并且该工作电流是经 GND 端流入地的。所以，它不能采用在 GND 端和地之间加接一只电阻，电阻在小范围内调整输出电压，这就是低压差三端稳压电路与 78 系列三端稳压电路的又一不同之处，其它应用注意事项与普通三端稳压电路基本相同。

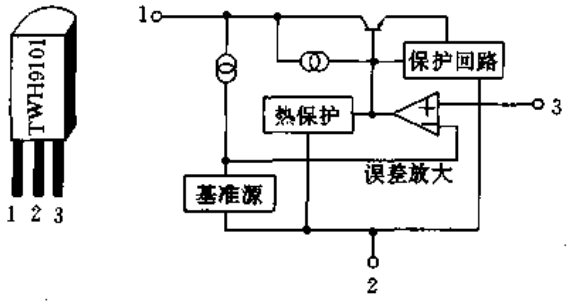


图 9-85

（十九）大功率稳压驱动集成块

在许多场合需要使用大功率的稳压电源。这里向大家介绍一种大功率稳压电源的推动集成电路，型号为 TWH9101，如图 9-85 是该集成电路内部框图及引脚图。附表 9-14 列出了 TWH9101 的主要参数。

表 9-14

符号	参数名称	测试条件	规范	
V_{IN}	输入电压	1－2 脚	3～36	V
V_{OUT}	输出电压	R＝0.82～108K	1.5～33	V
ΔV	最小电压差	T_J＝25℃	0.2	V
V_{REF}	基准电压	3—2 脚	1.25	V
RV	电压调整率	V＝20V	0.02	%V
RL	负载调整率	I_L＝200mA	0.02	%
RR	纹波抑制比	f＝120Hz	68	dB
T_{opr}	工作温度		－20～＋75	℃
T_{stg}	保存温度		－55～＋120	℃

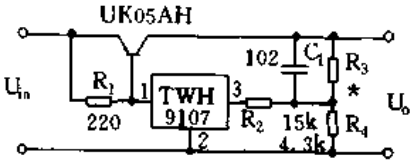


图 9-86

图 9-86 为 TWH9101 的实际应用电路。它虽然比一般的稳压电路元件多些，但是这个电路具有以下特点：1. 输出功率可根据实际需要用调整推动管的数目的方法来调整，每只 UK05AH 的工作电流为 5A，当采用四只 UK05AH 并联时，工作电流可达 20A。2. 效率高。满载工作输入输出电压差仅为 1.5V。3. 精度高，电压调整率达 0.04%。推动集成块内部基准电压为 1.25V，可输出较低的电压。4. 推动电路内部设过热保护电路，安全可靠。6. TWH9101 采用 T09ZL 封装，体积小，可直接紧贴在推动管上接线，

安装容易。

制作可调稳压器时，R_3 用 110k 电位器即可，而制作固定式稳压器时，R_3 应由下式决定：$R_3=R_1(V_o/V_{REF}-1)$，V_o 是输出电压，V_{REF} 是参考基准电压为 1.26V。例如：制作一 13.8V 稳压器，这时 R_3 应取 $4.3\times(13.8/1.26-1)=42.8$k。

安装时，TWH9101 应紧贴在 UK05AH 的散热器或管壳上。通常每只 UK05AH 应按装 $300\times100mm^2$ 面积的散热器，当采用多只 UK05AH 并联作大功率稳压时，要注意 UK05AH 型号下面的一组配对编号一致。电路如经常处于满载工作状态时，应安装仪表排风扇，以保证散热器温度不超过 70℃为好。

（二十）新型直流升压模块

此模块能够将直流电压进行升压转换，而且输出电压自动稳定，内含有一只 10μ50V 的滤波电容器，因此可以直接应用于电压稳定度要求较高的电路。图 9-87 为模块内部方框图，它含有 DC/DC 电路的所有功能，并把升压电感器也封装在内。

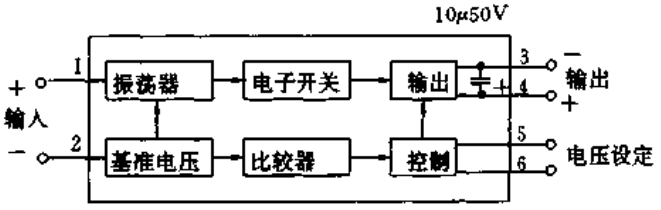


图 9-87

1. 主要电参数

①输入电压：2.5V～40V。
②输出电压：2.5V～40V。
③无负载时的工作电流：4mA。
④工作频率：50kHz。
⑤最大输出功率：1.25W。

模块的外形及引脚排列如图 9-88 所示。

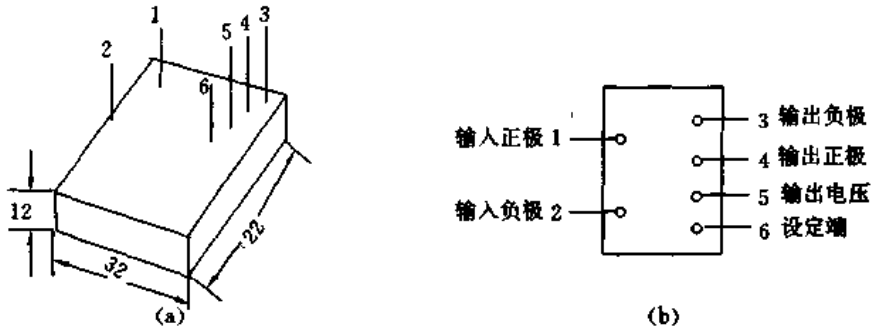


图 9-88

现提供两则实例，仅供参考。

2. 调谐电压提升电路

如图 9-89 所示。电源用两节干电池(3V 电压)。它的输出可以作为电视高频头的调谐电压。⑤、⑥端上所接的微调电位器 RP，用来调整模块的输出电压，使输出电压达到 30V，然后 RP 用同样阻值的金属膜电阻替代。此模块的输出电压有很高的稳定度，当把 RP 调整好后，如输入电压有变化，输出电压仍保持 30V。

作为 TTL 电路的稳压电源。电路如图 9-90 所示。它能够为 TTL 电路提供一个稳定的电压。当模块输入电压高于 5V 时，调整 RP 使其输出为 5V 电压，这时模块将作为稳压器使用；

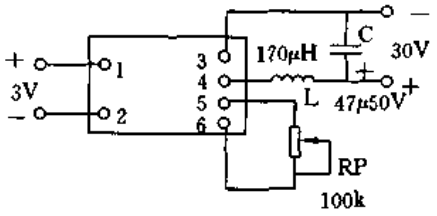


图 9-89

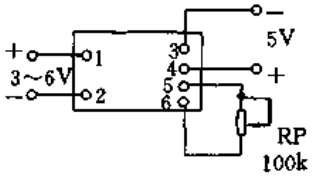


图 9-90

当输入电压低于 5V 时，模块可以自动转为升压器，使输出电压始终保持 5V。因此利用此模块，用 2 节至 4 节干电池作为电源，即可得到稳定的 5V 电压。

（二十一）低功耗升、降压开关稳压器

如图 9-91 所示开关稳压器能最大限度地利用电池的能量，最适合于用 2～3 节电池的系统。稳压器的核心是 DC-DC 转换器 IC，即 MAX756，其内部已含整流器，具有开、关控制端，及低电压检测功能。工作频率为 500kHz，效率为 85%。最大特点是既能升压，又能降压，输入 1.8V～V_{OUT}（最低为 1.1V）时，输出为 3.3V、300mA 或 5V、200mA。而自身消耗仅 60μA，当处于关断状态时，耗电仅 1μA。

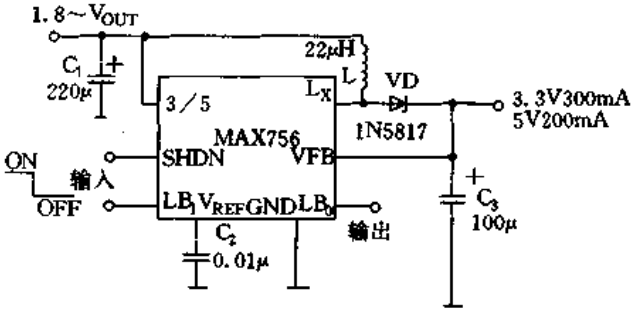


图 9-91

（二十二）反激型开关电源

随着计算机和集成技术的不断发展，各种中大规模的集成电路相继问世，这样就促使电子仪器和智能控制向小型化方向发展，这对便携式仪表和航空航天的电子系统中更为重要。

目前绝大部分电子仪器和控制系统中，电路往往都是数字和模拟组成的混合电路，在这些电路中需要各种规格的电源。单片机控制智能仪器中的 CMOS RAM 与实时时钟的存储器，还需要设备电源。另外对于便携式电子仪器和高空探测设备中，经常需要单个电池供电的微功耗的多路电源。本文介绍的 MAX636(635，637)集成开关电源，是 MAXIM 公司生产的几种集成开关电源中的一种，该电源芯片不仅能够满足上述系统中的特殊要求，而且具有效率高、外接元件少、使用方便和功耗低(工作电流典型值为 80μA)等优点。

MAX636(635、637)开关电源的性能如表 9-15。

MAX636 反激型变换器的原理：因为反激型(倒相型)变换器 MAX 系列中有三种型号，它们分别为 MAX635、636、637，其电路和性能基本相似，仅输出略有不同(可参看表 9-15)，现以型号 MAX636 为例进行说明。

MAX636 反激型开关电源是一种 DC-DC 倒相型变换器，它能够将+5V 直流电压变换成−12V 直流电压。该电源具有外接元件少、体积小，效率高和使用方便等特点。

表 9-15

型号	功能	输入电压	输出电压	备注
MAX635	DC-DC 电压转换器	2V～16.5V	−5V	外接三个元件
MAX636	DC-DC 电压转换器	2V～16.5V	−12V	外接三个元件
MAX637	DC-DC 电压转换器	2V～16.5V	−15V	外接三个元件

1. MAX636 反激型开关电源

反激型开关电源 MAX636 的原理及工作波形如图 9-92 所示。从图中可以看出，该电路和波形与正激型开关电源一样，均是由存贮电感 L 和续流二极管 VD 所组成。但是存贮电感与续流二极管 VD 调换了位置。这样存贮电感与负载并联，故该电源又称并联式开关电源。

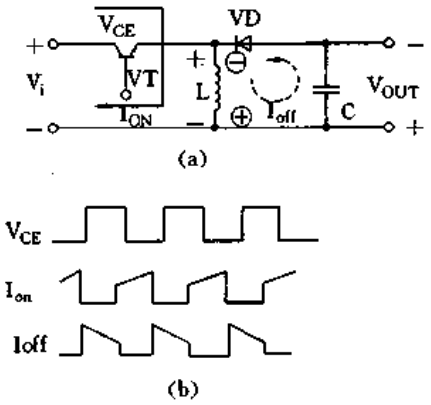


图 9-92

从图中还可以看出，当开关晶体管 VT 导通时，输入电压 V_i 通过电感 L 和晶体管 VT 形成回路，因此该电路中有电流 I_{on} 流动，其电流方向如图中实线所示。这个电流通过电感时，将电能变换成磁能存贮在电感中。

假定电感充电回路的电阻很小，即时间常数很大 $\left(\tau=\frac{L}{R}\right)$，这样通过电感的电流 I_L 可近似地认为是线性增加的。在导通结束时，电流 I_L 的增量可用下式表示：$\Delta I_L=(V_i/L)\cdot T_{on}$

当开关晶体管截止时，电感存贮的能量经续流二极管转移到负载上，同时也向电容 C 充电。在开关管截止期间 T_{off}，通过电感电流的减少量为下式所示 $\Delta I_L=(V_{OUT}/L)\cdot T_{off}$

因为开关晶体管导通期间电感电流的增加量与开关管截止期间电感电流的减小量相等，所以此时电路达到平衡，同时也进入稳定状态，这时 $(V_i/L)\cdot T_{on}=(V_{OUT}/L)\cdot T_{off}$

$$\text{则 } V_{OUT}=(T_{on}/T_{off})\cdot V_i$$

从式中可见，其结果与正激型开关电源变换器相似，输出电压 V_{OUT} 与 T_{on}/T_{off} 成正比。当 $T_{on}<T_{off}$ 时，则 V_{OUT} 小于输入电压 V_i，是降压型的。从 MAX636 原理图可知，开关导通时（忽略 V_{CE}），V_L 等于 V_i。开关截止时，电感两端感应的电压反向，并向滤波电容 C 与负载 R_{fz} 供电，其幅值为 V_{OUT}，故输出电压就是开关管截止时电感两端感应的电压，这个电压可表示为

$$V_{L(off)}=-L\cdot dI_L/dt=-L\cdot \Delta I_L/T_{off}$$

式中 ΔI_L 为开关管截止期间电感电流最大值与最小值之差。在控制脉冲周期 T 不变的情况下，T_{off} 越小，感应电压越高，即输出的电压越高。亦即导通的时间越长，电感贮能越多，输出电压越高。

当晶体管截止时，电感 L 上的电流能够变成零，此时电感上的电流为断流状态。在这种状态下，晶体管导通时，电感上的峰值电流 I_{LP} 能够用下式表示

$$I_{LP}=(V_i/L)\cdot T_{on}$$

这时在一个周期里，电感 L 存贮的能量为

$$E_L = 1/2 I_{LP}^2 \cdot L$$

那么输出功率为

$$P_{OUT} = E_L \cdot f = V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2L$$

式中 f——振荡频率(50kHz)

从上分析,可以得出输出电压为

$$V_{OUT} = P_{OUT}/I_{OUT} = V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2 \times (L \cdot I_{OUT})$$

2. MAX636 反激型开关电源的内部结构

MAX636 反激型变换器的内部结构图如图 9-93 所示。从图中可以看出,该芯片是由基准电压源、振荡器、误差放大器和低电压比较器等组成。这些部分都包含在⑧脚双列直插式集成芯片内。另外还可以看出,该电源的控制方式是属于他激型开关电源,所以内部必须有一个振荡器,它产生开关脉冲(50kHz)来控制开关晶体管通断,使其输出端有直流电压输出。他激式控制开关电源具有工作稳定、效率高、稳压范围宽等特点,这样更进一步拓宽了它的应用领域。

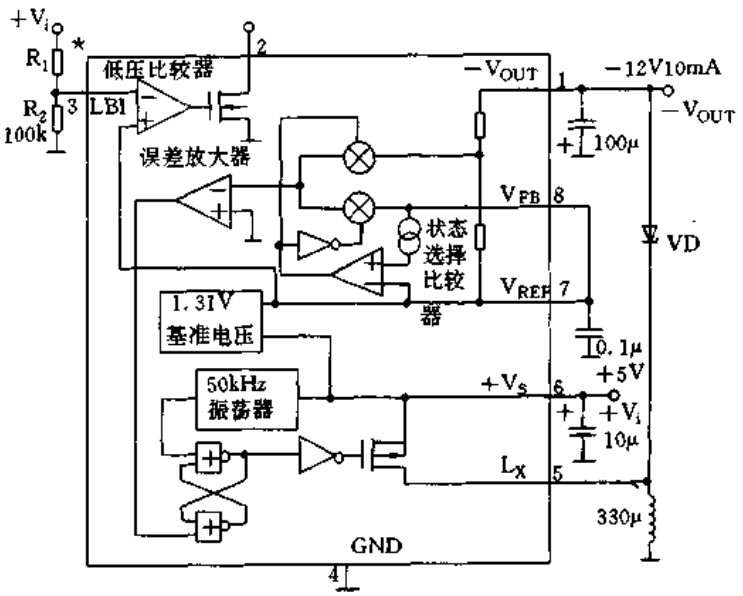


图 9-93

(1)MAX636 反激型开关电源外围元件选择

为了更好使用 MAX636 开关电源,使其性能达到最佳状态,必须按其原则(计算公式和经验数据)选择外围的元件值。

①电感 L 的选择

因为电感 L 在反激型开关电源 MAX636 外围元件中是关键元件,所以对它的选择必须严格进行计算。

从 $$V_{OUT} = P_{OUT}/I_{OUT} = V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2L \cdot I_{OUT}$$

则 $$L = V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2 \times V_{OUT} \cdot I_{OUT}$$

由 MAX636 开关电源产品目录中可查到:功率晶体管导通电阻为 9Ω,峰值电流为 150mA,饱和电压 $V_{DS(sat)}$为 1.35V。另外输入电压 V_i 包含 1/2 饱和电压,因此公式中真正输入电压应为(输入电压−0.67V),从 MAX636 内部结构图中可以看出,输出二极管的正向压降为 0.4V,因此真正输出 V_{OUT}应为(输出电压+0.4V)。其占空比为 50%,所以功率管导通时间 $T_{on} = 1/2f = 10\mu s$。从 MAX636 组成开关电源中可知,$V_i = 5V$,$|V_{OUT}| = 12V$,$I_{OUT} = 10mA$。

把这些已知数值代入公式 $L = V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2V_{OUT} \cdot I_{OUT}$,就可以得到电感 L

$$L = (5V - 0.67V)^2 \cdot (10\mu s)^2 \cdot 50kHz/2 \times (12V + 0.4V) \cdot 10mA$$
$$= 378\mu H$$

在实际反激型开关电源中,可近似选择 330μH 为宜。

因为 MAX636(635、637)集成开关芯片输入电压范围宽即 2V～16.5V，所以当使用不同的输入电压时，其电感所选择的值是不同的。为此根据计算得到在不同输入电压下所使用的电感值，如表 9-16 所示。

表 9-16

型号	V_i (V)	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (mA)	效率 (%)	L (μH)
MAX635	+3	−5	5	60	330
	+5	−5	25	76	330
	+9	−5	40	79	330
	+12	−5	45	85	470
	+15	−5	50	90	680
MAX636	+5	−12	12	74	330
	+9	−12	30	84	330
	+12	−12	40	89	470
MAX637	+3	−15	2	65	470
	+5	−15	8	77	330
	+9	−15	25	85	330

根据所选择的电感值(330μH)，从 $I_{LP}=V_i/L \cdot T_{on}$ 中，可以求出流过该电感的电流：

$$I_{LP}=(5V-0.67V)/330\mu H \cdot 10\mu s$$
$$=131mA$$

由此可见，该电流值小于 MAX636 产品目录中的 MOSFET 开关电流(550mA)，这样进一步说明上述计算和选择电感值是符合设计要求的。

②输出滤波电容的选择

输出滤波电容的大小，将直接影响输出直流电压平滑程度和响应速度。为此必须根据实际情况进行计算，选择合适的输出滤波电容。

输出滤波电容，一般选择电解电容，主要根据该电容的内部阻抗来决定。而阻抗又决定工作频率时的纹波电压，所以在 50kHz 工作的集成开关电源 MAX636 的输出纹波电压 V_r 和电容内部阻抗 Z_C 关系如下：

$$Z_C=V_r/I_{LP}$$

假设纹波电压 $V_r=100mV$，则阻抗为

$$Z_C=100mV/131mA=0.76\Omega$$

在实际开关电源线路中，所选择的电解电容，除容量、耐压(100μ/25V)满足要求外，该电容的内部阻抗必须小于 0.76Ω。

(2)MAX636 的实际应用

因为 MAX636 集成开关稳压电源，是一种新型的 DC-DC 电源变换器，只需要外加三个元件，即可进行直流电压变换。并在输出端获得一路或多路直流电压，以满足各种电子设备和控制系统的需要，这对无交流电源和便携式小型电子仪表及计算机系统特别适用。现将有关实际应用分叙如下：

①用单片 MAX636 组成固定输出和可变输出的开关电源

利用单块芯片 MAX636 和少量外围元件，即可组成－12V 输出直流电压，其电路如图 9-94 所示。从图 9-94(a)中可以看出，电路很简单的，仅需要 4 个外围元件，即可组成性能良好的 DC-DC 变换器。电路中的电感值可按公式：

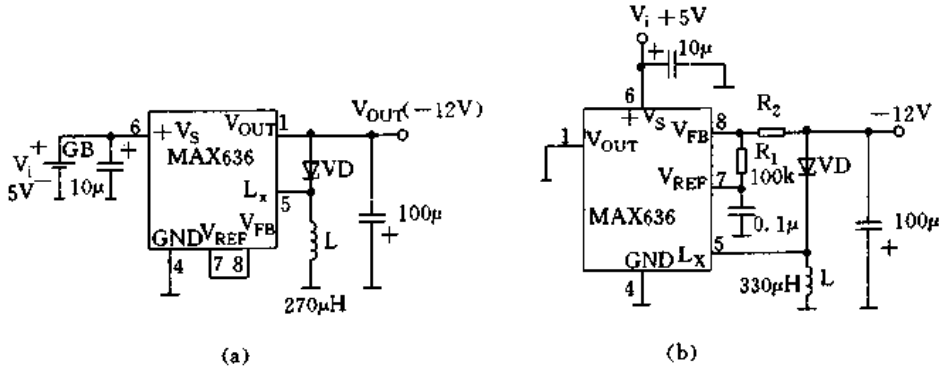


图 9-94

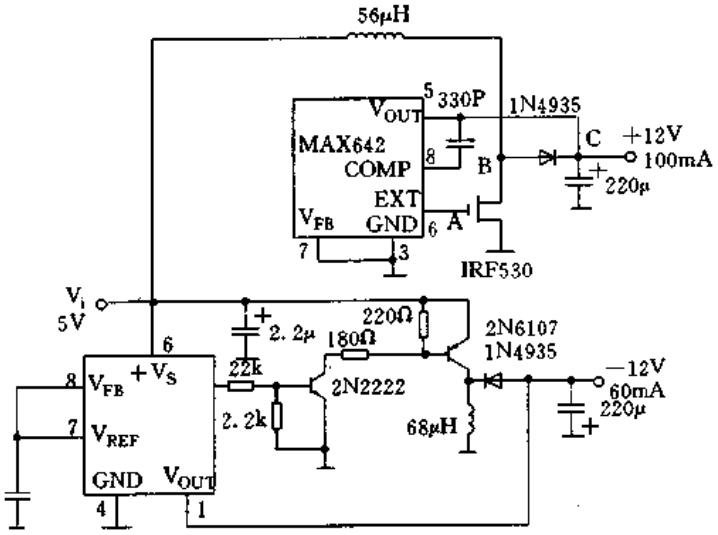


图 9-95

$L=V_i^2 \cdot T_{on}^2 \cdot f/2V_{OUT} \cdot I_{OUT}$

计算或在表 9-16 中查找。电容可按上述原则选择。

在实际电路应用中，有时需要电源电压可变，只要按图 9-94(b)所示的电路连接即可。因为 MAX636 输入电压为 2V～16.5V，输出电压为－12V。不同的输入电压，输出也不同；另外电路中电阻 R_2 取不同值，也得到不同的输出。电阻 R_2 和输出电压之间的关系如下：

$$R_2=R_1 \cdot V_{OUT}/I_{LP}$$

式中 R_1 值范围为 10k～1M，I_{LP}为 131mA，一般可选择为 100k。

当取不同的 R_2 值时，即可得到不同的输出电压，如果 R_2 用一个可变电阻代替，则输出端可得到可变的直流输出电压。

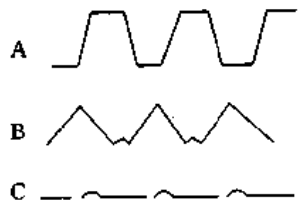


图 9-96

②利用两块芯片组成多路输出的开关电源

在数字系统和计算机控制的仪表中，经常需要±12V 电源供电，而且负载电流较大，这里利用 MAX642 和 MAX636 芯片及 MOSFET 等元件即可组成性能良好的直流变换电源，其电路如图 9-95 所示。从图中可以看出，即可分别输出 12V，100mA 和－12V，60mA 的直流电压，其变换效率为 80%。该电源各主要点的波形如图 9-96 所示。波形 A 为 IRF530 漏极上的电压波形(在满负载情况下)。B 为电感中的电流波形。C 为输出端(12V 时)的纹波电压波形。

（二十三）汽车常用的集成稳压器

车用集成稳压器与通用稳压器之间，主要不同之处是集成块内设置了脉冲抑制电路，以抑制汽车工作时的强脉冲干扰，使电源输出电压脉冲干扰降到最小。从而保证车载电子系统稳定可靠地工作。

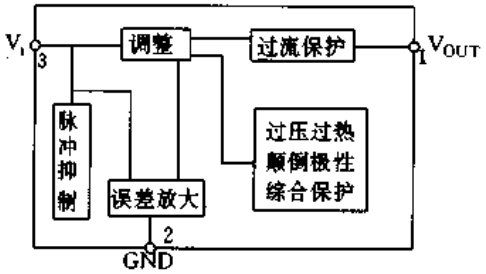


图 9-97

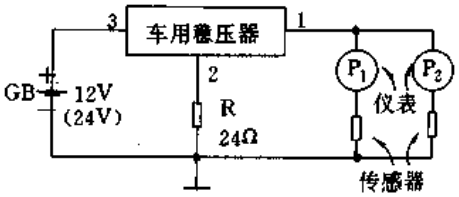


图 9-98

车用集成稳压器一般由调整部分、误差放大部分、过流过压部分、过热保护、颠倒极性保护以及脉冲抑制电路等几部分组成。如图 9-97 所示。它的电压规格是依据汽车上蓄电池电压及车载电子设备工作电压而设计的。有适应 12V 蓄电池供电系统的产品（如 SGC085L 等），也有适应 24V 蓄电池供电系统使用的产品（如 SGC085H、SGC135 等）。前者输入电压一般在 10～18V、输出电流 500mA 左右。后者输入电压在 20～36V 之间，输出电压为 8.5V、13.5V 等几种。一般采用 TO-220 封装。

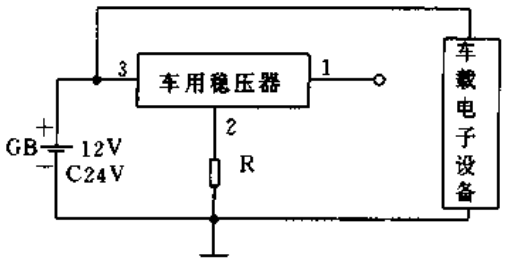


图 9-99

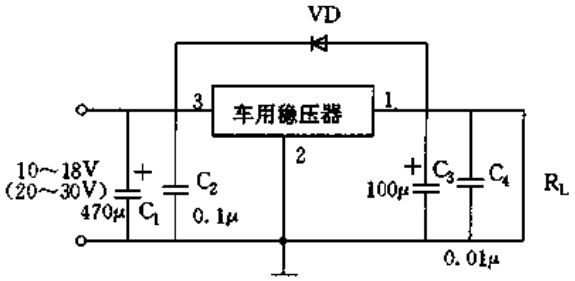


图 9-100

图 9-98～图 9-100 为车用集成稳压器的基本应用。其中图 9-98 为用于车用仪表的供电电源。图 9-99 为用作车载电子系统脉冲干扰的抑制。图 9-100 为作为通用直流稳压电源的电路连接形式。

（二十四）汽车专用稳压器

TCA700Y 是专为汽车仪表电源稳压而设计的。与一般通用稳压器相比较，该器件的主要不同在于采用了干扰抑制电路，可有效地抑制汽车发动机点火装置产生的强干扰。该器件具有高达 200V 瞬间保护、颠倒极性保护、过压、过热、过流保护、输入/输出压差低、输出电压具有高稳定度和较大的输出电流等特点。

TCA700Y 内部由调整放大器、误差放大器、干扰脉冲抑制器、过流保护、过热保护等功能电路构成，如图 9-101 所示。该器件的典型电参数见附表 9-17 所列。器件极限参数

为：最大输入电压 16.5V，最大输出电流 300mA，最高工作环境温度为 85℃，最大抗干扰脉冲幅度为 200V。

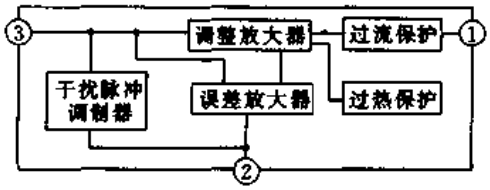


图 9-101

TCA700Y 还可作通用稳压电源使用。图 9-102 是 TCA700Y 的基本应用连接方法。图 9-103 连接法可提高该器件的输出电压。图 9-104 是 TCA700Y 和 7805～7812 配合使用的连接方法。图 9-105 为 TCA700Y 和 78××系列配合使用后可使电路既可输出大电流，又具有高抗干扰和高精度的输出电压。

表 9-17

参数名称	符号	测试条件	参数值			单位
			最小	典型	最大	
输入电压	V_i		10.8		16.5	V
静态电流	I_D	V_i=16.5V R_L=∞			10	mA
输出电压	V_{OUT}	V_i=10.8V I_o=30～300mA	8.95			V
		V_i=11.7V I_o=30～300mA	9.65			
		V_i=11.8～14.4V I_o=30～300mA	9.775	10	10.225	
		V_i=14.5～16.5V I_o=30～300mA	9.75	10	10.25	
输出电压温度系数	ΔV_{OUT}	−25℃～+85℃ I_o=30～300mA	0		+2	mV/C

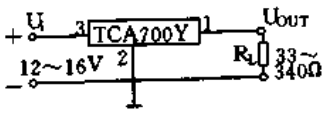


图 9-102

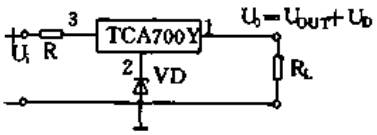


图 9-103

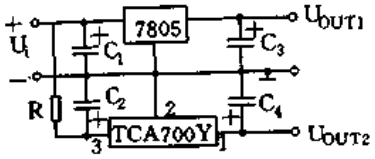


图 9-104

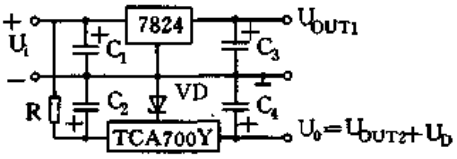


图 9-105

（二十五）低压差低功耗三端稳压器

XC62AP 系列三端稳压器是 CMOS 器件，它的特点是：压差低（输出 200mA 时，压差为 380mV）；输出电流大（V_{OUT}=5.0V 时为 250mA）；输出电压精度高（±2%）；除标准电压输出外，输出电压范围为 1.1～9.9V（标准电压输出为 3.0V、4.0V 及 5.0V）；低功耗，其静态电流

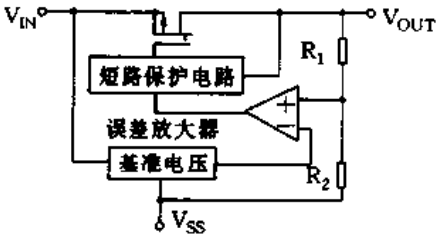


图 9-106

为 1.1μA(5.0V 输出)；温度稳定性好，其温度系数为±100ppm/℃(典型值)；电压调整率好，其典型值为 0.1%/V；由 SOT-23 及 SOT-89 封装，尺寸较小。该系列特别适用于以电池供电的便携式电子产品，可延长电池的使用寿命。例如照相机、便携式电视机、记录仪、无绳电话及蜂窝电话、太阳能供电的仪器及便携式仪器等。

XC62AP 内部的结构框图如图 9-106 所示。它由基准电压源、误差放大器、检测输出电压的电阻分压器、短路保护电路及 CMOS 调整管组成。XC62AP 系列最大输入电压为 12V(一般为 10V)，工作温度范围为－30～＋80℃。该系列有两种封装形式，SOT-23 及 SOT-89，两种封装的功率不同：SOT-23 的功率为 150mW；SOT-89 的功率为 500mW，它们的管脚排列如图 9-107 所示。典型应用电路如图 9-108 所示。

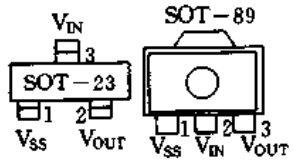


图 9-107

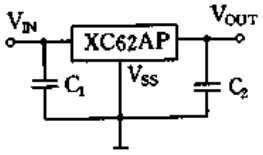


图 9-108

(二十六) 高精度稳压器

TC55 系列是一种高精度、低功耗、低压差固定正电压稳压器 IC 系列。该系列的特点是：输出电压范围较宽，分挡极细，输出电压为 2.1～6.0V(每一种输出电压的间隔为 0.1V)；压差低(在 100mA 输出电流时压差为 120mV，在 200mA 输出电流时为 380mV)；输出电压精度高，它可达±2%(用户可订制精度±1%的)；低功耗，其静态电流在 V_o=5.0V 时为 1.1μA；温度稳定性好，其典型值为±100ppm/℃；电压调整率好，其典型值为 0.2%/V；内部有短路保护电路。

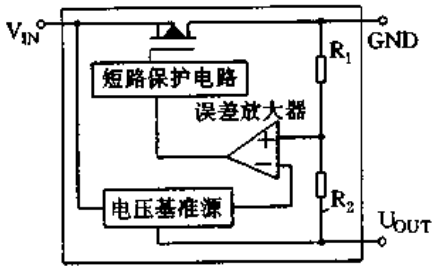


图 9-109

由于 TC55 系列有上述优异的性能，它非常适用于以电池为电源的电子产品。例如照相机及便携式视频装置、记录仪及蜂窝电话、太阳能为电源的仪器、便携式仪器、仪表等。

TC55 系列的结构框图如图 9-109 所示。它主要由基准电压源、误差放大器、短路保护电路、输出 MOSFET 及确定输出电压的分压器电阻 R_1 及 R_2 组成。

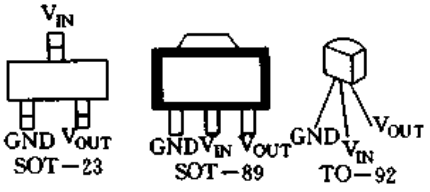


图 9-110

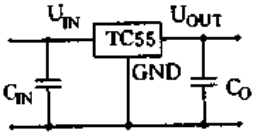


图 9-111

TC55 的主要极限参数是：最大的输入电压 V_{IN} 为 12V；最大的输出电流为 $I_{OUT}=P_d/(V_{IN}-V_{OUT})$mA（SOT-23 封装的 $P_d=150$mW，SOT-89 封装的 $P_d=500$mW，TO-92 封装的 $P_d=500$mW）；工作温度范围为－40～＋85℃。

TC55 有三种封装形式，其管脚排列如图 9-110 所示。TC55 的典型应用电路如图 9-111 所示。

（二十七）大电流单片开关稳压电源

单片开关式集成稳压器被誉为新型高效节能稳压电源，其电源效率可达 90%以上。由于它把开关功率管也集成在芯片中，所以不仅性能优良，而且外围电路简单，为开关电源的推广与普及创造了条件。

单片开关式集成稳压器的典型产品有意大利 SGS 公司生产的 L4960、L4962 及 L296（国内对应型号是 CW4960、CW4962 及 CW296），其中 L296 的输出功率最大。下面以 L296 为例，介绍大电流单片开关稳压电源。

1. 工作原理

L296 的最大输出电流为 4A（可扩展到 10A），输出电压在 5～40V 范围内连续可调，输入电压 $V_i=9$～46V，最大输出功率达 160W。芯片内部有完善的保护电路，包括软起动、过流保护、过热保护及过压保护。工作频率范围是 50～200kHz，通常取 $f_o\approx$ 100kHz。L296 的管脚排列如图 9-112 所示（短引线为前排管脚）。①脚为撬棍输入端，②脚为稳压器输出端 V_o，③脚是输入端 V_i，④脚为限流端，此端开路时保护电路为 5A，对地接 33kΩ 电阻时为 2.5A。⑤脚是软起动端，接软起动电容，⑥脚为禁止输入端，接高电平时停止工作，⑦脚为同步输入端，利用此端可实现多片 L296 的同步输出，⑧脚是公共地，⑨脚是频率补偿端，⑩脚为反馈输入端，⑪脚为振荡端，⑫～⑭脚依次为重置输入端、重置延迟端和重置输出端，⑮脚为撬棍输出端，接晶闸管门极，此处的“撬棍”为动作术语，表示用电压的微小增量即可使保护电路动作。

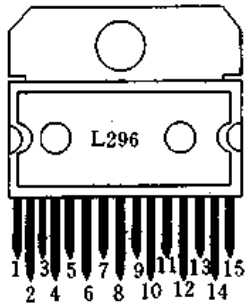


图 9-112

由 L296 构成的大电流单片开关稳压电源如图 9-113 所示。其输出电压在 5～40V 范围内

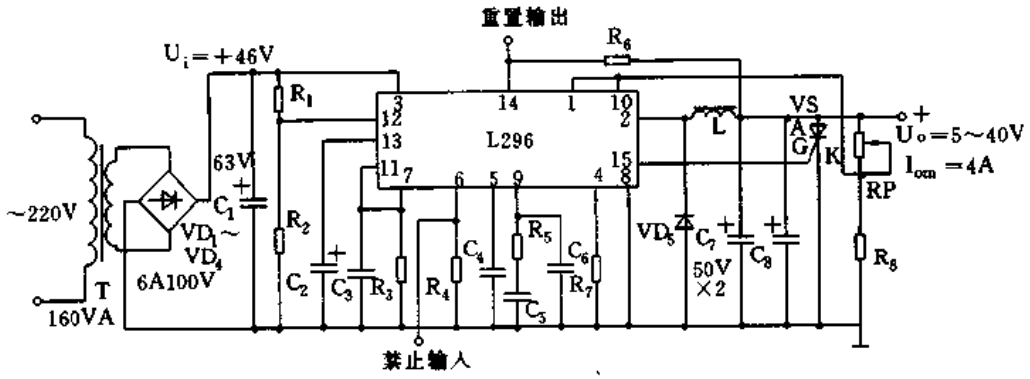


图 9-113

连续可调，最大输出电流 $I_{OM}=4A$。220V 交流电源经过 160VA 变压器 T 降压，再经过整流和滤波，获得＋46V 直流电压，作为 L296 的输入电压。C_1 为滤波电容。R_1、R_2 决定重置电路的输入电压定限，C_2 决定重置延迟时间。R_3、C_3 分别为振荡电阻和振荡电容，取 $R_3=4.3k$，$C_3=2200p$ 时，开关频率 f_o 约为 100kHz。R_4 为下拉电阻，若禁止输入端接高电平，则该电源将停止工作。C_4 为软起动电容，起保护作用，软起动时间约 100ms。R_5 与 C_5 构成误差放大器的频率补偿网络。R_i 决定限流值，R_i 开路时为 5A，$R_i=33k$ 时限流值为 2.5A。R_6 是重置输出端的负载，$R_6\geqslant V_o/0.05A$。VS、VD_5 分别为晶闸管和 7A 肖特基续流二极管。L 是储能电感。C_7、C_8 为输出滤波电容。R_7、R_8 用来决定输出电压，V_o 的计算公式为：

$$V_o=5\times(R_7/R_8+1)V$$

如 $R_8=4.7k$ 时，若将 R_7 分别调整为 6.2、9.1、12 及 18k，则输出电压依次为 12、15、18 及 24V。

L296 内部主要包括锯齿波振荡器、5V 基准电压源、误差放大器、脉宽调制(PWM)比较器、功率输出级、重置电路和保护电路。重置功能是为特殊用途而设置的，例如向微型计算机供电时，重置输出不仅可作为电源监测信号，还能作微机读操作的保护信号，避免发生误动作。保护电路则包括过流保护、过压保护和过热保护。当取样信号比基准电压高 20%时，⑮脚输出 100mA 的驱动电流，触发晶闸管 VS 导通，使 C_7 和 C_8 放电，V_o 迅速降低，起到过压保护作用。

L296 的基本工作原理是：输出电压 V_o 经 R_7 和 R_8 取样，送至误差放大器的反相输入端，与加在同相输入端的 5V 基准电压比较，得到误差电压 V_r，再用 V_r 的幅度控制 PWM 比较器输出的脉冲宽度，最后经过功率放大和降压式输出电路，使 V_o 保持不变。功率脉冲调制信号从②脚输出，该信号为高电平时，除向负载供电以外，还有一部分电能储存在 L 中，此时 VD 截止。当功率脉冲信号为低电平时 VD 导通，储存于 L 中的电能经过 VD 向负载继续供电。因开关频率很高，故输出电压保持恒定。

2. 元器件数值选择如表 9-18 所示。

表 9-18

元器件序号	推荐值	用途	允许范围	
			最小	最大
R_1		决定重置电路的输入电压定限($R_1/R_2=V_{imin}/5-1$)		
R_2	100k			220k
R_3	4.3k	决定开关频率	1k	100k
R_4	10k	下拉电阻		22k
R_5	15k	频率补偿	10k	
R_6		重置输出集电极负载	$V_o/0.05$ A	∞ (开路)
RP		决定输出电压的电阻分压器		
R_8	4.7k			10k

续表

元器件序号	推荐值	用途	允许范围	
			最小	最大
R_7		决定限流电阻值	33k	∞
C_1	10μ	输入滤波，提高稳定度	1μ	
C_1'	4700μ	输入滤波	1000μ	
C_2	2.2μ	决定重置延迟		
C_3	2200p	决定开关频率	1000p	3300p
C_4	2.2μ	软启动	1μ	
C_5	0.033μ	频率补偿		
C_6	390p	高频补偿		
C_7、C_8	100μ	滤波电容		
L	300μH	储能电感		
V_8	8A	续流用保护晶闸管		
VD_5	7A	续流用肖特基二极管		

3. 制作

为改善滤波效果，C_1 实由 C_1(10μF)与 C_1'(4700μF)组成，C_1' 与整流桥装在板外。自制的印刷板上的信号地线与功率地线分开布置，最后在输出端汇合，这是因为功率地线上有大电流通过，会在印制导线上形成压降，分开布置可防止其串入信号端，影响稳压性能。元器件应按表9-18选取。VD可用超快恢复二极管代替。储能电感L选用φ22mm玻镍合金环形磁芯，用高强度漆包线大约绕110匝，可获300μH电感量，线径1.5mm左右(依负载电流而定)。为减小电解电容器的等效电感，将输出滤波电容 C_7、C_8 并联，总容量为200μF。

L296本身的最大功耗为15W，使用者必须加足够大的散热器，可购成品散热器或自制150×120×2mm³的铝板散热器。L296与铝散热器表面应涂一层导热硅脂，以减小热阻。

(二十八) 开关电源厚膜控制电路及应用

与线性稳压电源相比，开关型电源具有体积小、重量轻、效率高等优点，因此，随着电子设备小型化、轻量化的要求不断提高，开关电源的应用越来越广。目前在国外电子设备的电源中，开关型电源已占90%以上。但是，开关电源的控制电路比较复杂，可靠性较差，设计、制作和维修都比较困难，严重影响了开关电源的应用。为了克服这些缺点，国内最近研制了开关电源专

用厚膜控制电路。它与开关电源集成控制器相比：外围元件少、元件精度高、焊点少，可靠性高，开关电源的设计、制作和维修更加方便。

1. 单端变换器厚膜控制电路 HK01 的结构和基本原理

该厚膜电路采用单列 16 脚无定型封装，其电路内部主要由集成脉宽调制器 TL494 和一些外围元件组成，为了便于理解该厚膜电路的工作原理，先简单介绍 TL494 的工作原理。

TL494 是固定频率脉宽调制控制电路。内部包括：5V 基准电源、振荡器、死区比较器、PWM 比较器、误差放大器、触发器及输出晶体管 VT_1、VT_2 等部分，如图 9-114 所示。

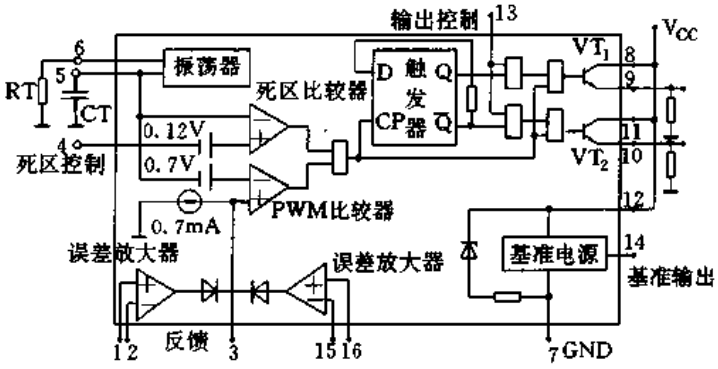


图 9-114

内部线性锯齿波振荡器的频率由外接元件 RT、CT 的数值决定，即：$f_{osc}=11/RT\times CT$

式中 RT 的单位为 Ω，CT 的单位为 F。电容 CT 两端的锯齿波电压加到死区比较器和 PWM 比较器的反相端，分别与死区控制信号，输入到 PWM 同相端的反馈控制信号比较。锯齿波电压高于任何一个控制信号时，触发器时钟输入端 CP 为低电平，驱动输出晶体管 VT_1 或 VT_2 的或非门，输出高电平，VT_1 或 VT_2 推动开关电源中的功率开关管导通。由此可知，控制信号的幅值增加时，输出脉冲的宽度将线性减小，输出脉冲波形如图 9-115 所示。

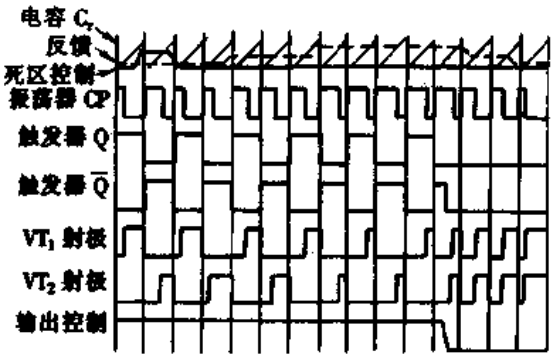


图 9-115

外加控制信号可以加到死区控制端、误差放大器输入端或者反馈输入端(PWM 比较器输入端)。死区控制比较器的同相输入端加入 120mV 补偿电压，这样，可使最小输入死区在锯齿波周期前 4%以内，也就是说，在锯齿波一个周期前 4%内，输出晶体管不可能导通。因此，当输出控制端接地时，输出脉冲的最大占空比为 96%，当输出控制端接到基准输出端时，输出脉冲最大占空比为 48%。如果需要改变死区的宽度，可以改变加到死区控制端的固定电压，该电压可在 0～3.3V 之间调整。

反馈电压加到 PWM 比较器的同相端，与反相端的锯齿波电压比较，如前所述，反馈电压升高时，输出脉冲宽度将由死区控制信号决定的最大脉宽下降至零。

两个误差放大器的输出信号，通过两只二极管加到 PWM 比较器的同相端。该信号电压超过 3.5V 时，输出脉冲宽度将下降到零，因此，利用这两个误差放大器，可以实现过流保护和电压限制功能。

电容器 CT 放电时，死区比较器输出正脉冲。该脉冲即为触发器的定时脉冲，并且能使输出控制端为高电平，触发器直接控制两路输出脉冲，使两只输出晶体管 VT_1、VT_2 交替导通与截止，实现推挽工作，输出脉冲频率等于振荡器振荡频率的一半。单端工作时，若最大导通时间

小于振荡周期的 50%，开关电源的功率晶体管也可由 VT_1 或 VT_2 单独驱动。单端变换器需要较大的驱动电流时，VT_1 和 VT_2 可以并联，但输出控制端必须接地。此时，输出控制信号为零电平，波形如图 9-115 所示，VT_1、VT_2 发射极输出电压波形完全相同。VT_1、VT_2 并联后，输出电流可达 550mA。

TL494 内部有一个 5V 基准电源。该电源可以给外电路提供 10mA 负载电流。当工作温度在 0～70℃之间时，基准电压精度为±5%，基准电压温度漂移低于 50mV。

单端变换器厚膜控制电路 HK01 的内部电路如图 9-116 所示。该电路是为隔离式单端输出开关稳压器设计的。在该电路中，决定 TL494 振荡频率的 RT＝22kΩ，CT＝0.1μF，所以 TL494 的振荡频率为 50kHz。该厚膜电路的电源电压范围较宽，可在 7～30V 之间任意选择。由于该厚膜电路只作单端变换器控制用，所以在 TL494 内的晶体管 VT_1 和 VT_2 并联，TL494 的输出控制端接地。

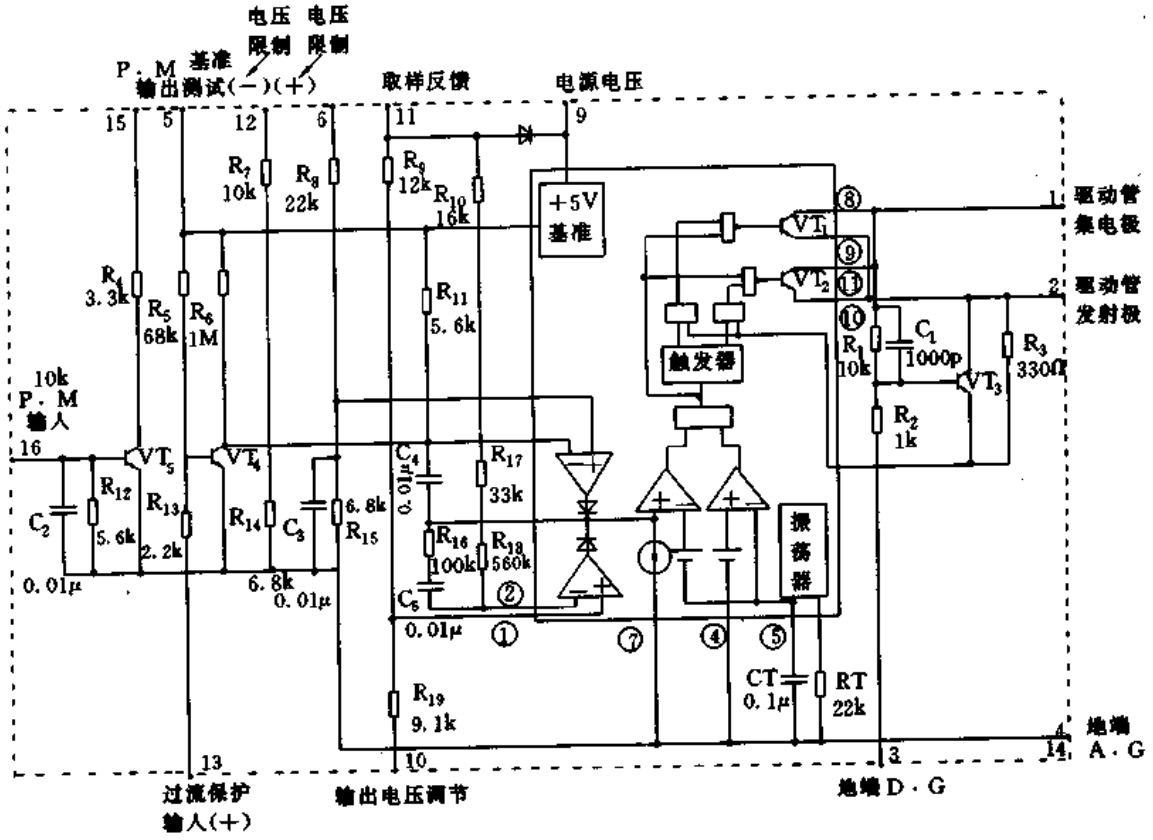


图 9-116

当开关电源采用双极型晶体管作功率开关管时，为了保证在 50kHz 的工作频率下开关管可靠工作，厚膜电路的输出级设计了快速驱动电路。该电路由 R_1、R_2、1000pF 电容、VT_3 和 R_3 组成。当 VT_1、VT_2（并联后相当于一只晶体管）截止时，集电极电压迅速升高，该电压通过电容耦合至晶体管 VT_3 的基极，使其迅速饱和。VT_3 的集电极与外接功率开关管的基极相连，因此可以将外接功率管的基极电流迅速抽走，使其迅速截止。R_3 可使外接功率开关管迅速导通。

当开关电源输出电流过大时，加到过流保护输入端的取样电压超过晶体管 VT_4 的 V_{BE} 电压，VT_4 导通，限流比较器的反相端电压接近于零，该比较器输出变为高电平，该电平通过 PWM 比较器使 TL494 的输出脉冲占空比立即减小到零。因此，外接功率开关管迅速截止，可

靠地避免功率管因过热而损坏，此外，加到电压限制端的电压超过正常值时，也会使限流比较器动作，并能通过 PWM 比较器改变 TL494 输出脉冲的宽度，从而限制加到外接功率晶体管两端电压，避免功率开关管因承受过高的电压而击穿。

2. 单端变换器厚膜控制电路 HK01 的主要参数

HK01 的主要参数如下：

电源电压 V_{CC}：7～40V

集电极输出电压 VT_{C1}、VT_{C2}：7～40V

集电极输出电流 I_C：400mA

放大器输入电压 V_{IN}：－0.3～V_{CC}－2V

反馈端输入电流 I_f：0.3mA

基准电压 V_{ref}：5V

基准输出电流 I_{ref}：10mA

振荡频率 f_{osc}：50kHz

功耗（$T_A \leqslant 45℃$）P_D：1000mW

工作环境温度 T_A：－55℃～125℃

储存温度 T_S：－65℃～＋165℃

3. 应用实例——多路输出的单端反馈变换器开关电源

采用 HK01 型厚膜控制电路的多路输出单端反激式开关电源的实际电路，如图 9-117 所示。

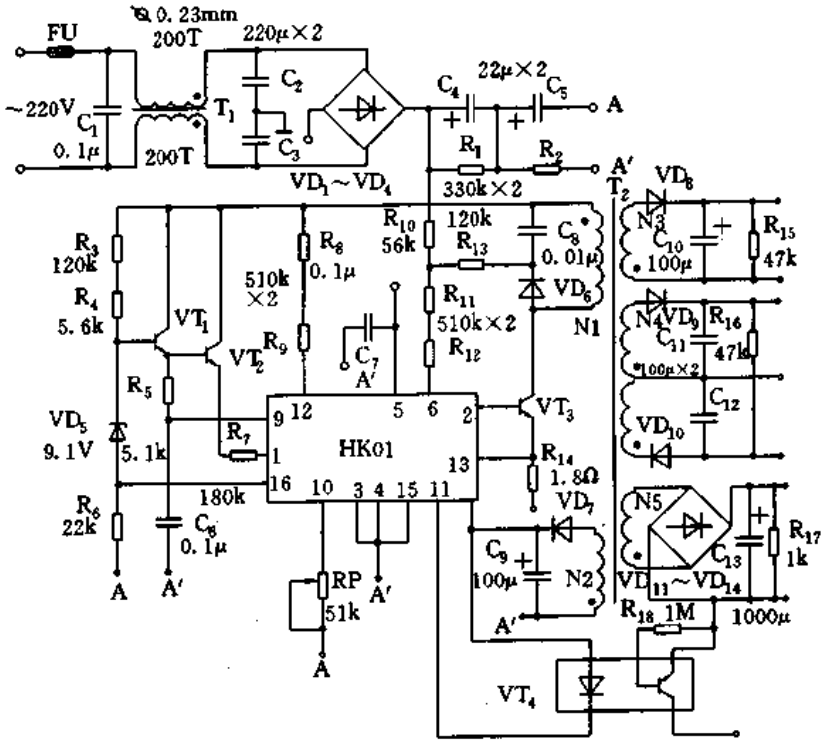


图 9-117

电容 C_1～C_3 滤波扼流圈 T_1 组成电源滤波器，脉冲变压器 T_2、厚膜控制电路 HK01 和功率晶体管 VT_3 组成单端反激式变换器。

电阻 R_3～R_5、稳压管 VD_5、晶体管 VT_1、VT_2 组成稳压电路，输出电压约为 8V。该电压加到厚膜电路的⑨脚，为厚膜电路提供电源，从厚膜电路②脚输出的 50kHz 方波脉冲，驱动功率开关管 VT_3。当 VT_3 导通时，流过脉冲变压器 T_2 一次线圈的电流线性上升，接在变压器 T_2 二次线圈上的整流管因反向偏置而截止，此时能量储存在变压器线圈中，当 VT_3 截止时，变压器次级线圈产生的感应电压反向，各整流管导通，各路均输出电压，改变接在厚膜电路⑩脚的电位器 RP，可以改变厚膜电路内部误差放大器输出端的电位，该电位变化通过 PWM 比较器可改变厚膜电路输出脉冲的宽度，从而调整各路输出电压。

脉冲变压器 T_2 的 N_2 绕组为取样绕组，当开关电源输出电压变化时，该绕组两端的电压也变化，该电压经整流后，加到厚膜电路的⑪脚，然后通过厚膜电路内的 R_9 加到误差放大器的同相端，和加到误差放大器反相端，与 5V 基准电压比较，误差放大器输出电压通过 PWM 比较器改变厚膜电路输出脉冲的宽度，从而保持输出电压稳压不变。

接在厚膜电路⑬脚的电阻 R_{14} 为电流取样电阻，当该电阻上的压降超过厚膜电路内晶体管 VT_4 的 V_{BE} 电压时，VT_4 导通，TL494 内的限流比较器反相端接近零电平，该比较器输出高电平，通过 PWM 比较器和触发器，使 TL494 的输出晶体管立即截止，从而避免开关电源的功率晶体管因过热而损坏。

在该电路中，厚膜电路⑫脚通过 R_8、R_9 接整流桥输出的高电压，厚膜电路的⑥脚通过电阻 R_{11}～R_{13} 接输出变压器一次的反峰电压。当整流桥输出电压过高，或者因输出变压器工作不正常而使反峰电压超过正常值时，均会使 TL494 内的限流比较器动作，从而改变厚膜电路输出脉冲宽度，从而限制输出变压器一次绕组上的电压，避免开关电源的功率晶体管因承受的电压过高而击穿。

图 9-117 中的光电耦合器 VT_4 完成停电检出功能，停电检出信号回路如图 9-118 所示。电阻 R_6 两端的电压通过厚膜电路的⑯脚和④脚加到厚膜电路晶体管 VT_5 的基极发射极之间，当输入交流电源电压高于 80V 时，晶体管 VT_5 导通，光电耦合器中的发光二极管使光耦内晶体管导通。当输入交流电源电压低于 80V 时，晶体管 VT_5 截止，光电耦合器中的晶体管也截止，因此，当输入电压过低时，或者输入电源电压中断时，在光电耦合器的输出端可得到相应的控制信号。

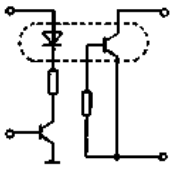


图 9-118

该厚膜电路已大量用于热工仪表的开关电源中，在通信设备的开关电源中，也开始采用这种厚膜电路。实践证明，该电路性能较好，采用该电路后，开关电源的电路大大简化，可靠性明显提高，今后将在其它行业所需的开关电源广泛应用。

十、其 它 电 源

（一）12V 直流电源

电路如图 10-1 所示。本 12V 电源的获取，是由交流 220V 经变压器 T 降压，其次级为 9V 交流电压。经整流二极管 VD_1，由滤波电容 C_5 通过二极管 VD_2 输出。线圈 L_1～L_4、电容 C_1～C_3 构成共模抑制滤波器，可将电源的噪声进行隔离，防止电网污染。压敏电阻 RU 用于抑制雷电侵袭，以防瞬间高压击穿电源。

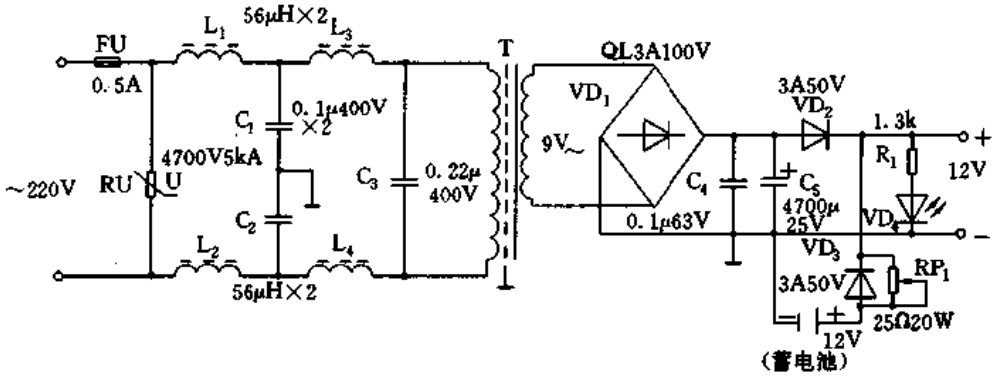


图 10-1

如停电或 12V 电源出现故障时，蓄电池将自动通过二极管 VD_3 供电给负载。平时，整流后的直流电压须高于蓄电池电压，这样，既保证了电源的正常供电，又使蓄电池处于浮充状态。其中，VD_2、VD_3 为隔离二极管，调节电位器 RP 的阻值，可保证隔离程度。VD_4 为发光二极管，作为工作正常输出指示用。型号不拘，颜色以绿色为宜。

（二）－48V 电源

本－48V 电源是不完全符合稳压电路的电源，由于简单、廉价，可用于稳压要求不高的用电负载中。

1. 技术指标

（1）输入电压：AC220V±10%；

（2）输出电压：DC－48V±1.5V；

（3）输出电流：DC4.5A；

（4）市电消失或保险丝熔断时，可发出可见的告警信号。

2. 工作原理

－48V 电源由桥式整流电路、直流电源汇集电路和告警电路三部分组成，电路如图 10-2

所示。

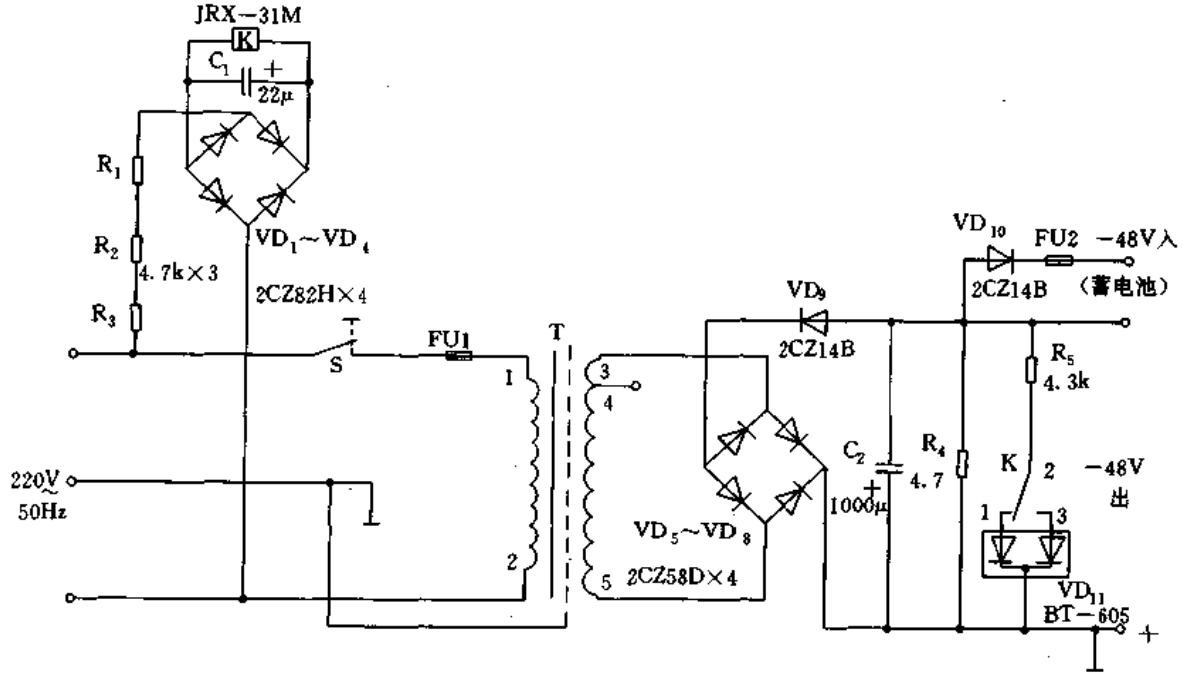


图 10-2

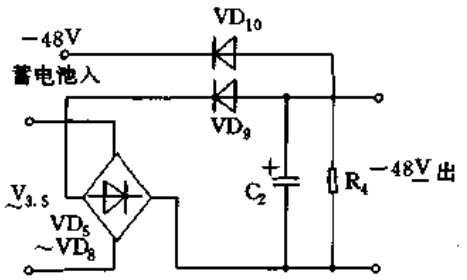


图 10-3

220V 市电经开关 S，熔丝 FU1 加到电源变压器 T 的初级绕组 N_{1-2}两端，降至 40V 左右的交流电，再经由 VD_5～VD_8 构成电桥整流，得到单向全波电源并经 VD_9、C_2 滤波后，输出－48V 电源电压。

为了增强供电可靠性，防止交流市电中断而导致用电负载停止工作，还采用了－48V 蓄电池作备用电源，交直流供电的转换采用自动投入的方式，图 10-3 为直流电源汇集电路。从图 10-3 可以看出，当整流器输出的绝对值高于蓄电池输出电压时，二极管 VD_9 导通，VD_{10}截止，－48V 直流输出电压由整流器提供。反之，当整流器输出的绝对值低于蓄电池输出电压时，VD_{10}导通而 VD_9 截止，－48V 直流输出电压由蓄电池提供。

市电消失告警电路接在整流器的输入端，如图 10-4 所示。当 220V 市电正常输入时，它经 R_1～R_3 降压后加在 VD_1～VD_4 的输入端，输出的直流电压使继电器 K 吸合，静合触点 K_{1-2}断开，发光二极管 VD_{11}显示绿色指示。

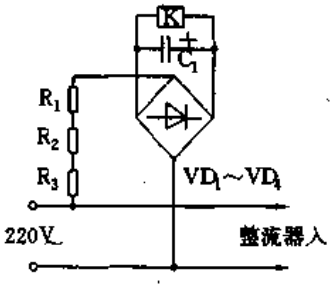


图 10-4

当无 220V 交流市电输入时，继电器 K 因无电流通过而释放，静合触点 K_{1-2}闭合，显示可见的红色信号告之。

如改变电源变压器 T 的次级端子，则可调整电源的输出电压大小，以满足在正常工作时，使输出电压略大于蓄电池的电压。

如想得到可听到的告警信号，利用继电器 K 的另一触点，去控制自制的蜂鸣器开关即可。

（三）两种常用直流电源的比较

1. 采用电源变压器降压式

由于受电子元件耐压的限制，一般供给电子电路的电源均是低压直流电源（稳压或不稳压），而电网供给的单相电压大都为 220V 的，因此必须经过适当的变换才行。

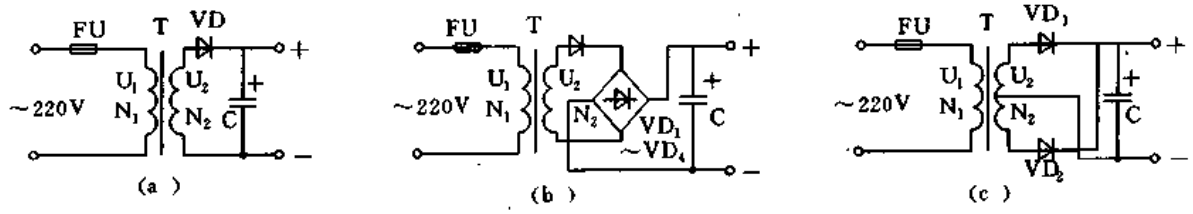


图 10-5

典型的电路如图 10-5 所示。由于电源变压器是利用电磁耦合的方式来实现初级电压和次级电压之间的隔离和变换的，因此可利用它实现任意大小的电压输出。其初级电压关系可近似写为：$U_1/U_2=N_1/N_2$

式中，U_1：为初级电压　U_2：为次级电压　N_1：为初级匝数　N_2：为次级匝数

这种采用变压器降压的直流电源的优点是：通过合理的设计能够达到任意的输出电压和电流，效率高，使用方便安全、电源的内阻可以做得很小以适用于要求动态响应快速的场合。不足之处是：整个电源装置的体积大、重量重、制作 较为复杂。要消耗大量的铜材、工作时有漏磁产生、易引起干扰等。

2. 采用交流电容降压式

伴随元器件性能的提高和价格的下降，对于小型的电子装置，由于其耗电小（大都为毫安级的）和用于特殊要求场合（如漏电保护线路防电磁干扰），故有不少电路采用了电容降压式的直流电源。

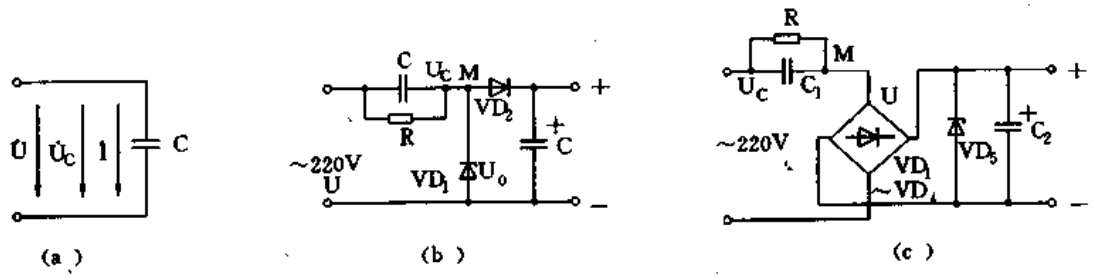


图 10-6

电路图如图 10-6 所示。下面为分析方便，利用图 10-6(a)的简化电路进行（实际表明这种简化与实际电路的工作误差相当小，完全能用）。

按图 10-6(a)中表明的符号，则：$U=U_c=220V$，$f=50Hz$，$X_c=1/2\pi f_c(\Omega)$

$U/I=U_c/I=X_c=1/2\pi f_c\Rightarrow C=1/2\pi fU$

代入 $U=220V$，$f=50Hz$ 则：$C=1.45\times10^{-5}I$

式中：U 为电网电压　U_c：为电容上的电压　f：为电网的频率(赫兹)　X_c：为电容的容抗(欧)　I：为电路的电流(安培)

因此由 $C=1.45\times10^{-5}I$，一旦 I 确定，则电容 C 值也就确定了。再在实际中的电路看：电网电压 U，电容电压 U_c 和输出电压 U_o 就不能写成向量关系了(U_o 不是正弦波)，但 U_o 一般不大(约一二十伏)，故 $C=1.45\times10^{-5}I$ 仍然适用，并且整个电路近似为一个恒流源，不怕输出端短路(M 点)。这一点与采用受压器降压式的有很大的不同(U_c 的耐压一般取 1.5～2 倍的电网电压)。

总的来说，采用电容降压式直流电源具有体积小，构成简单，几乎无电磁干扰、输出有恒流源特性等特点，但同时也存在着输入输出无隔、易误触电、不适合大电流输出(大电流输出时 C 的容量和体积将太大而无法实现)和对元件的可靠性要求较高等不足。

(四) 直流倍压电路

本电路主要起直流升压作用，用于供给电流不大的电器设备中。

工作原理：如图 10-7 所示电路是由六反相缓冲变换器 CD4049 等构成的直流倍压器。

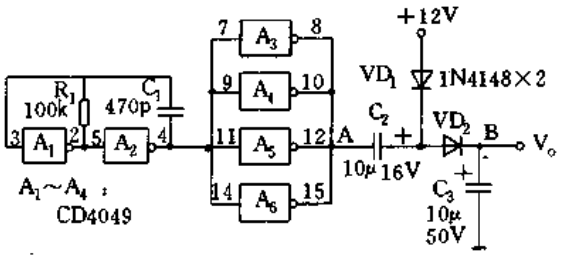


图 10-7

本电路可以使直流电源电压升高到近两倍的电压值(无负载时)。CD4049 中的门 A_1、A_2 和电阻 R_1、电容 C_1 组成一个振荡器，其频率约为 10kHz。门 A_3～A_5 并联后作为缓冲器以产生较强的驱动能力，降低负载对电路产生的影响。

根据振荡器振荡频率的不同，图中 A 点将周期性变化，有时相当于接地，有时相当于接电源的正极。当 A 点为低电平"0"状态(略高于 0V)时，C_2 和 C_3 分别通过二极管 VD_1 和 VD_2 充电到电源电压值。当 A 点为高电平"1"状态(略低于 12V)时，与 C_2 上的 12V 电压串联后成为 24V，经 VD_2 再充到 C_3 上，这就使 C_2 上的充电电压几乎为电源电压的两倍。于是输出端得到了 24V 电压。当然，考虑到二极管的管压降，实际输出将略低于 24V。

其中，六反相缓冲/变换器集成电路 CD4049 的①脚接 12V 电源，⑧脚接地。

(五) 直流三倍压电路

本电路可将一直流电压变为原电压三倍左右。可用于供给电流较小的升压电器设备中。

工作原理：电路如图 10-8 所示。由六反相缓冲/变换器 CD4049 等构成三倍压电路。

CD4049 的门 A_1 和门 A_2 组成方波振荡器，然后由振荡器的输出驱动后级的反相器 A_3、A_4。

设电源接通时 A 点为低电平“0”状态（电压略高于 0V），则 V_{CC} 电压通过 VD_1 对 C_2 充电。当门 A_3 翻转之后，A 点变为高电平“1”状态（电压略低于 12V）使 B 点的电压上升为 $2V_{CC}$。此时门 A_4 的输出变为低电平“0”状态，并使 VD_2 导通，C_3 两端电压变为 $2V_{CC}$。在下个半周期里，C 点电压升为 V_{CC}，D 点电压变为 $3V_{CC}$，经 VD_3 对 C_4 充电，使输出实现三倍压的目的。由此可知，电路稳定工作时，A、B、D 点分别输出为 V_{CC}、$2V_{CC}$、$3V_{CC}$ 三种电压。

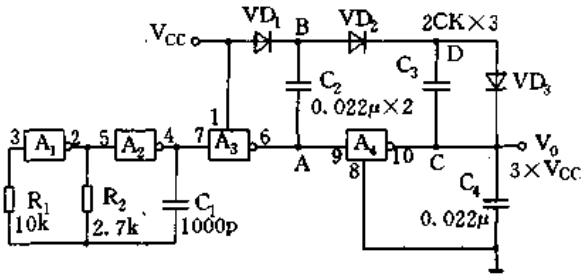


图 10-8

其中，CD4049 使用了四个门，剩余两个门若无它用可将输入端接 V_{CC} 或 V_{SS}，输出端悬空。①脚（V_{CC}）接正电源，⑧脚（V_{SS}）接地。

（六）简单的直流三倍压电路

图 10-9 所示为一种直流三倍压电路，能从 5V 直流电源得到接近 15V 的直流电压输出，用来给电流消耗较小但要求电压较高的负载（例如 CMOS 电路）供电。其基本原理是采用一个 TTL 六非门振荡器，使电路中的两个电容器交替地电源正或地来达到目的。具体过程分析如下：

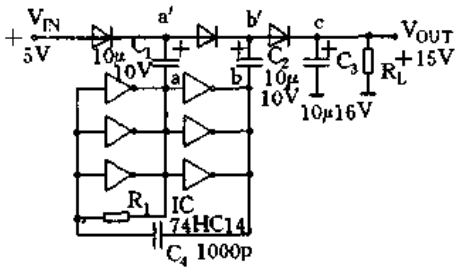


图 10-9

假定振荡器（由集成电路 74HC14 及阻容元件 R_1、C_4 构成）在某一瞬时 a 点电位为正，b 点电位为负（即地电位），则可将图 10-9 有关电路等效成图 10-10。此时因为振荡器在 a 点产生的电位 E′ 约等于电源电压 E，极性都是正极在上，所以电容器 C_1 不会被充电，在 a′～a 之间形不成电位差，而电容器 C_2 和 C_3 两端都将得到接近电源 E 的电压值（忽略二极管的压降损失）。

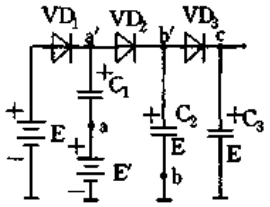


图 10-10

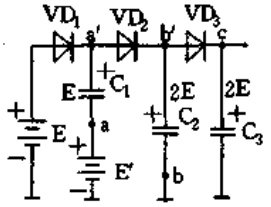


图 10-11

当振荡器翻转后，变为如图 10-11 所示的 a 点为地电位，b 点为正电位，结果是 E′（近似于 E）同电容器 C_2 上的电压（近似于 E）叠加，经二极管 VD_3 将电容器 C_3 充电至 2E，同时电源 E 也将 C_1 充电至 E。

再下一轮，振荡器又变为 a 正、b 地如图 10-12 所示，通过类似的分析可以知道，此时 a′ 点电位 $V_{a'}$、b′ 点电位 $V_{b'}$、c 点电位 V_c 均为 2E。

当振荡器翻转过来时，等效电路变为图 10-13 所示。虽然从形式上看似乎与图 10-11 无异，但由于几次电荷转移，C_2 两端已有 2E 电压，再与 E′ 叠加后，便使 b′ 点及 c 点的电位都变为

3E。因此可以从 C 点对地之间获得接近 3E。因此可以从 C 点对地之间获得接近 3E 的电压输出。

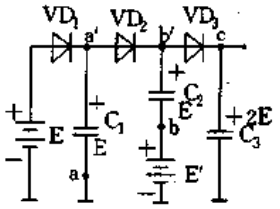


图 10-12

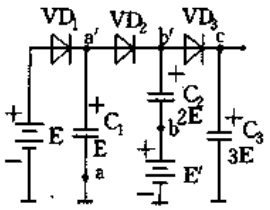


图 10-13

由分析可见，C_1、C_2、C_3 上承受的最大电压分别为 E、2E、3E，所以可分别选用耐压为 6V、10V、15V 的电容器。

调整图 10-9 中的 R_1，可以改变振荡频率，以取得最佳结果。当 R_1 为 1kΩ 时，电路振荡频率约为 350kHz；R_1 选 100kΩ 时，f≈4kHz。

图 10-14 中是电源变换效率与负载电流的关系曲线。图 10-15 是输出电压与负载电流的关系曲线。可以看出，在 10mA 以下的负载状态下、变换效率不低于 70%，输出直流电压也不低于 11V。如果希望得到负的三倍压输出，只需将电源 E、二极管 VD_1～VD_8 及电容器 C_1～C_3 的极性全部换向即可，但注意不能改动 74HC14 的电源供电极性。

为了降低输出阻抗，可在输出端并接一个缓冲器(即电压跟随器)。此法最好不取，因为缓冲器的全部耗流(包括负载电流)也都必须从 C 点吸取，其结果并不能减轻三倍压电源的负担。

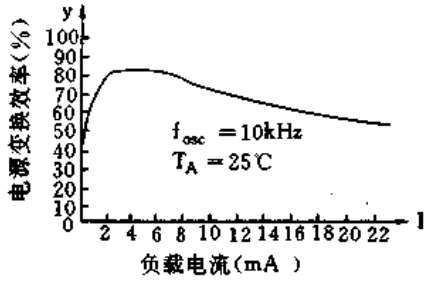


图 10-14

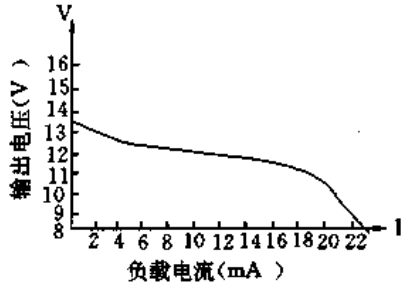


图 10-15

(七) 霓虹灯高压电源

本文介绍的霓虹灯高压电源，具有制作简单、工作稳定和输出功率大等特点。只要元器件质量有保证，电路焊接无误，无需调试，即可通电工作。

1. 工作原理

霓虹灯高压电源电路原理如图 10-16 所示。核心元件为 NE555 时基电路，它可产生出 15～20kHz的高频振荡信号。高频振荡信号频率可由 R_2 调整。驱动信号由第③脚输出，经 C_3、VD_3、VD_4 组成微分电路后，使大功率管 VT 工作在丙类状态。驱动信号的强度可根据 VD_4 的亮度直接观察出来，由其驱动在高频变压器 T_2 可使输出电压最高。接在 VT 集电极与地之间的电容 C_5 不能省去或开路，以防由 T_2 产生的反峰电压击穿 VT。一般情况下，本

电路输出的功率可驱动 3～6 米的霓虹灯管发亮。

该电路中的 NE555 可用其它厂家的 555 电路，但不可使用 CMOS 的 555 电路。C_1 选用稳定性较好的高频瓷片电容。R_2 可使用常见的半可调电阻，调好后用漆固定。C_2、C_4 选用电解电容器，C_4 的耐压要够、C_3 选用 0.1μF 独石电容，漏电要小。大功率管 BU406，电参数是 7A400V、60W，也可用其它三极管代替，但电参数不应降低，否则容易烧坏。T_1 可使用 30～50W 的控制变压器，只要次级有 6.3V 和 36V 绕组即可。T_2 选用市售 14 英寸黑白电视机行输出变压器，低压绕组重绕，用 0.22mm 漆包线绕 40 圈，高压绕组需换成 17 英寸黑白电视机的高压包。实际使用时，应将安装高压硅堆部分锯掉，将输出高压线直接焊在输出端上。

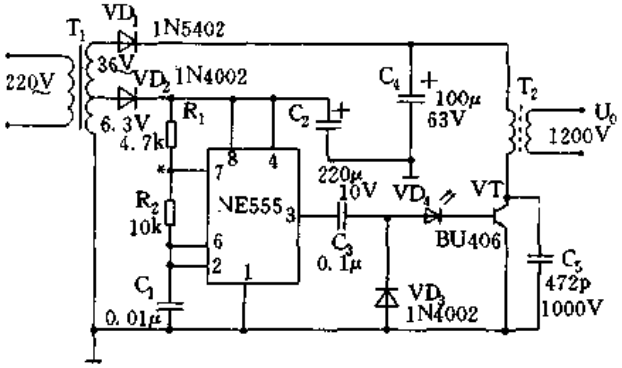


图 10-16

2. 注意几点

(1)高压部分的输出高压不得接触人体，以防发生危险；

(2)两根高压引线的间距应在 15mm 以上，以防线间打火；

(3)由于电路未设置高压输出开路保护电路，故按图安装后通电实验时，应在输出接上霓虹灯管，不得开路通电，以防击穿 VT。

(八) 实用霓虹灯电源

以往的霓虹灯用电子高压电源因生产工艺及结构上的原因，在阴雨天气下极易损坏。现在采用全塑封、环氧树脂浇灌工艺后，使寿命大大提高。它还具有效率高、省电、功率因数高、易于安装施工等特点，深受霓虹灯用户的欢迎。

下面以 YQ-108 型电源为例介绍其电路。如图 10-17 所示。两个大功率开关管构成推挽电路，由反馈变压器 T_1 交叉连接为正反馈电路。市电经桥式整流后得到 220V 左右的直流，由于

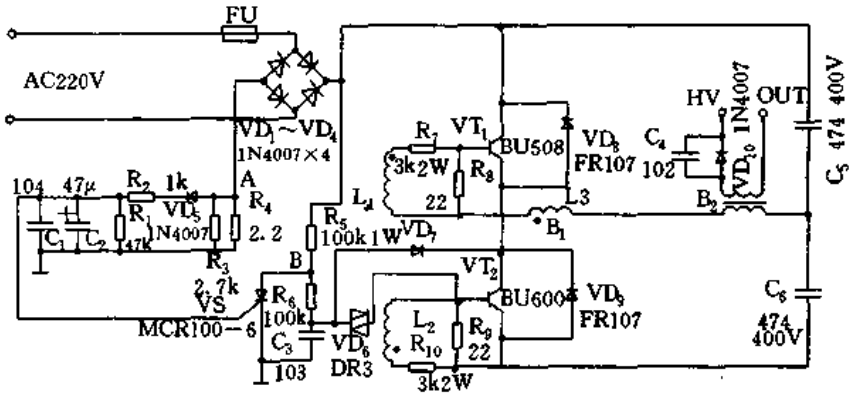


图 10-17

闭环增益|AF|仍小于 1，故不能产生自激振荡，但是电路设置了触发二极管 VD_6 的触发电路。

在 VS 的引发下，两个大功率开关管 VT_1 和 VT_2 交替导通和截止，经高压变压器 T_2，输出 30kHz、4kV 的高频高压。由于频率较高，尽管电压只有 4kV，所激发的交变电场很强，足以激发灯管中的气体导电。这不同于传统的工频升压变压器必须把工频(50Hz)升压至 10kV 以上才能产生强电场而激发灯管导电。

此外，电路还设置了由晶闸管 VS 和采取电阻 R_4 和 R_1 等元件构成的自动保护电路。当外接灯管漏气或脱落时，电流增大，A 点电位升高，触发晶闸管 VS 导通，B 点电位拉低，VD_6 停止触发，两大功率管 VT_1 和 VT_2 进入截止状态，整个电路无高压输出。待排除故障后，重新启动电源，自动恢复工作。

(九) 自耦调压变压器变通使用电路

一般电子爱好者都备有自耦变压器。市电过低时需要用它来升压，在维修或调试电子设备时，使用中颇感不便。如加装一只双刀双掷开关，就能较好的解决这一问题。

电路如图 10-18 所示。S 为所加双刀双掷开关(电流要大于变压器最大工作电流)。由图可以看出：S 扳向 1 的位置时，作升压变压器用，触头 P 上滑(手柄左旋)输出电压升高；S 倒向 2 的位置时，作降压变压器使用，触头 P 上滑输出电压降低。图中输出端有电压电阻，以防电压突然升高而烧坏用电器。

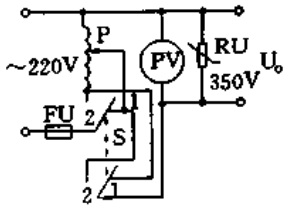


图 10-18

(十) 简易的自动交流调压器

本自动调压器电路简单，勿需任何调试即能可靠地工作。

1. 工作原理

电路原理如图 10-19 所示。发光二极管的导通电压在 1.7V 左右，每只发光二极管均可看作一只 1.7V 的稳压管。自耦变压器 T 的次级电压设计为 20V，稳

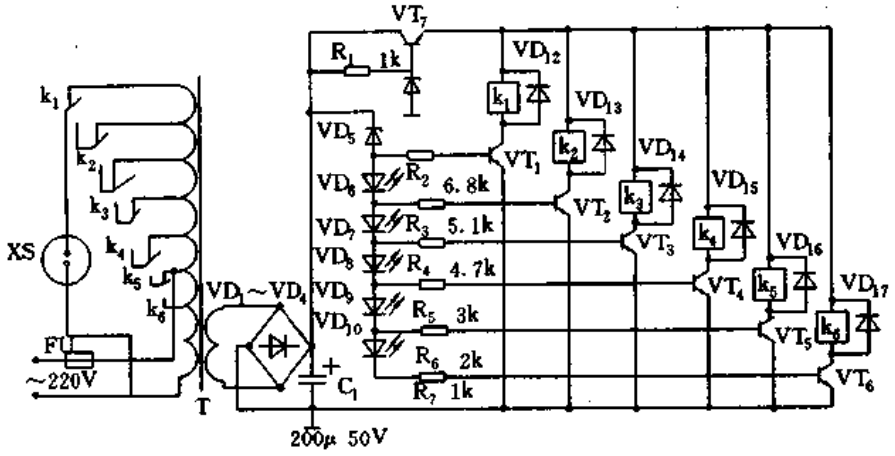


图 10-19

压范围在 120～240V 之间，起始电压由 VD_{11} 定为 120V，由 5 只发光二极管 VD_6～VD_{10} 分 6 挡调节，电源电压降至 120V 时，5 只发光二极管全部熄灭，6 只继电器 k_1～k_6 均不动作。k_1 的

常闭触点接通 T 最高抽头，电压由 120V 升为 220V。当电源电压升至 240V 时，6 只继电器全部吸合，k_6 的常开触点接通 T 的最低抽头，电压由 240V 降为 220V，稳压精度可达 8%。该自动调压器适合于农村使用。

2. 元件选用

VD_1～VD_4、VD_{12}～VD_{17}：1N4002。VD_5：10.5V，VD_{11}：12V。VD_6～VD_{10}：要求工作电压在 1.5～2.0V 范围内，最佳电压为 1.7V 为宜。继电器 k_1～k_6：4088。三极管 VT_1～VT_6：3DG12C。VT_7：3DD4E。该自动调压器功率由自耦变压器 T 和继电器触点负荷的大小决定。继电器如采用 4088 等小型继电器，则可做到 2000W 输出功率的自动调压器。

（十一）步进式 1V 的调压器

在实际使用中，经常需要平滑地调节和在很宽的范围内改变负载上的交流电压，自然，会联想到自耦变压器可完成此任务。但是，使用自耦变压器调压有如下缺点：第一，自耦变压器的滑动触点的接触片因打火而易烧焦；第二，负载与电网电压直接耦合，不安全。本文所介绍的调压装置，应用普通的变压器，它能在很宽的范围内调节负载上的交流电压，调节步距为 1V，输出与电网隔离。

1. 工作原理

调压装置的电原理如图 10-20 所示，变压器 T 的次级绕组共有八组，当转换开关 SA_1～SA_8 将绕组串联在不同的组态时，变压器输出端的电压可从 1V～255V 以 1V为步进调节。例如，需要获得 1V 交流电压，开关 SA_1 置 1，而其它开关置 2，此时只有绕组 Ⅰ 的电压加在负载上。如在输出端获得 3V 电压，开关 SA_1、SA_2 置上面的 1，其余置 2，加在负载上电压是绕组 Ⅰ 和 Ⅱ 的串联电压。……依此类推，当 SA_1～SA_8 开关都处在上面的 1 位置时，输出为 255V 全电压，图 10-20 所示开关位置，变压器的输出电压为 115V。

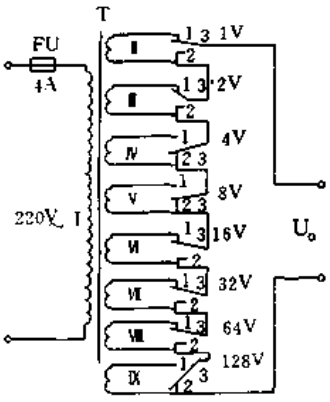


图 10-20

经过绕组的最大电流是不同的：流过绕组 Ⅰ～Ⅵ 的电流为 10A，流过绕组 Ⅵ 的电流为 4.3A，流过绕组 Ⅷ 的电流为 2.2A，流过绕组 Ⅸ 的电流为 1.75A。将绕组接至负载时，必须考虑这一点。例如，供给交流电压为 7V，绕组 Ⅰ～Ⅳ 串联连接，负载上的最大功率不应超过 $P_{max}=(U_Ⅰ+U_Ⅱ+U_Ⅳ)I_{max}$，式中 $U_Ⅰ$、$U_Ⅱ$、$U_Ⅳ$ 为绕组 Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ 相应的电压，I_{max} 为这些绕组中允许电流最小的值。在此情况下，绕组 Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ 流过最大电流为 10A，因此总功率 $P_{max}=(1+2+4)\times10=70W$。如供给负载上的电压要求 72V，绕组 Ⅴ 和 Ⅷ 串联，则负载功率不应超过 $P_{max}=(U_Ⅴ+U_Ⅷ)I_{max}$，式中的 I_{max} 为绕组 Ⅷ 的允许电流值，即 $I_{max}=2.2A$，因此负载上的功率 $P_{max}=(8+64)\times2.2=158W$。如果从次级绕组输出全电压 225V，则负载功率不应超过 $P_{max}=(U_Ⅰ+I_Ⅳ+\cdots\cdots+U_Ⅸ)I_{max}$，式中 I_{max} 为流过绕组 Ⅸ 的允许电流值，即为 1.75A，因此，$P_{max}=446W$。

2. 制作方法

变压器的制作可采用 CD25×50×100 的铁芯，初级和次级绕组分两半绕左右两个线包上，然后通过引线，将相应的抽头串联连接起来，这样处理是为使左右线包的功率平衡。两个线包中各绕组的匝数及线径为：初级电源绕组的一半用 0.86mm 的高强度漆包线绕制 440 匝，绕组Ⅰ的一半用 1.99mm 的漆包线绕 2 匝，绕组Ⅱ的一半用 1.99mm 的漆包线绕 4 匝，绕组Ⅳ用的一半用 1.99mm 的漆包线绕 8 匝，绕组Ⅴ用的一半用 1.99mm 的漆包线绕 16 匝，绕组Ⅵ用 1.99mm 漆包线绕 32 匝，绕组Ⅶ的一半用 1.26mm 漆包线绕 64 匝，绕组Ⅷ的一半用 0.99mm 漆包线绕 128 匝，绕组Ⅸ的一半用 0.86mm 漆包线绕 256 匝。必须注意的是左右两个绕包相应各绕组部分的绕制方向必须一致，否则串联后绕组两端的电压因绕向相反而为 0V。可用电压表测量次级各绕组的电压值，应符合图 10-20 所示的电压值。然后将各绕组的引出端分别接到相应的开关触点上，借助 8 个开关的组合，变压器的输出电压可从 1V～255V 改变。

3. 安装方法

变压器安装在大小合适的机箱内，面板上安装开关、电源熔断器和输出接线柱，每个开关的上方标示所对应的电压值。如果开关用固态继电器代替，电压值采用数字显示，这种调压器将更为美观和方便使用。

（十二）常用电源电路及应用

图 10-21 为微型计算机 CMOS RAM 所用的断电备用电源电路。突然的停电将使电脑中贮存的数据丢失和操作状态被打乱。通常是把备用电池（3.6V 的镍铬电池或锂电池）与机内电源连接在一起，一旦停电，备用电池将维持 RAM 的记忆。然而，由于现在的 CMOS RAM（随机存贮器）贮存数据只需很微小的电流，因而实际上可采用一种更廉价简单的方法。图中，由 4700μF 电容器以 5V/10μA 输出保持 RAM 记忆达数十分钟，当 V_i=15V 时，维持时间超过 90 分钟。

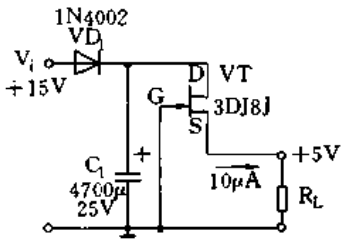


图 10-21

图 10-22 为 MOSFET 与备用电池组成的自动转换电源。平时，R_1、R_2 提供的偏压使 VT 截止，此时 U_i 通过 VD_1 到达 V_{MEN}，提供 RAM 的工作电源。R_3 提供备用电池 GB 的充电电流。一旦输入 U_i 断电，则 VT 立即饱和导通，GB 通过 VT 到达 U_{MEN}，维持 RAM 的供电。电路参数适用于 5V 电源和 IM6518 存贮器组。

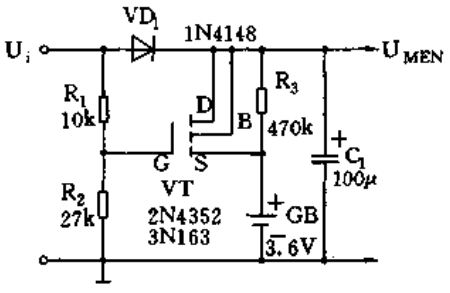


图 10-22

图 10-23 电路是由两个结型场效应管组成 RAM 断电备用电路。15V 的输入电压加上时，C_1 即充上 15V 电压。同时 R_1、R_2 分压所得 2.3V 加到 VT_1 的栅极，VT_1 导通，C_2 充上电，VT_2 的源极输出电压就保持恒定的 5V。当输入电压中断后，C_1 暂时作为电源。此时 VT_1 截止，C_2 因在停电前已充了电，又因 VT_2 具有极高的输入阻抗，故 C_2 的放电极缓慢，C_2 两端的电压几乎是恒定

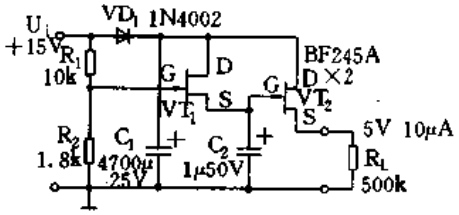


图 10-23

的，所以 VT_2 保持导通并维持 5V 的输出电压。本电路在负载电流为 10μA、输出 5V 的最大放电时间为 53 分钟。C_2 应选用低漏电的薄膜电容或漏电小的钽电容。

图 10-24 为小功率电压降稳压器。此电路的稳定电压由 RP 设定并通过场效应管 VT_1 反馈控制 VT_2 的导通程度来实现。负载电流通常为 5～10mA，输入输出的最小压降可达 0.5V。

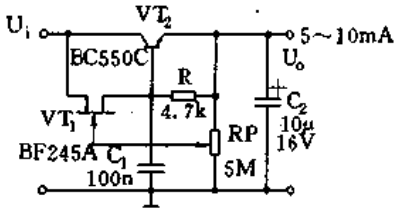


图 10-24

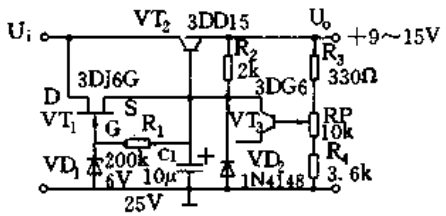


图 10-25

图 10-25 为场效应管反馈式恒流稳压源。接电源后，VT_1 导通，其源极输出电压 $V_S=V_{SG}+V_{D1}$。当输入电压 U_i 发生变化时，VT_2 的基极也发生变化，因 V_{D1} 为常数，故变化量加到 V_{SG1} 上（即 V_{GS1} 为负变化量），这样的电压负反馈调整过程，结果导致 V_S 及 I_{DS} 趋于稳定。而 I_{DS} 及 V_S 为调整管 VT_2 的基极偏置，因此 U_o 也保持稳定。由于此电路比普通稳压源多了一条负反馈回路，所以其内阻、稳定度指标都比普通稳压源提高一至两个数量级。

图 10-26 为输出式电流源。R_1 为电流取样电阻，它为运算放大器 LM101 提供反馈，使环路对负反馈具有高增益。对于小电流（<1mA）输出，可省去 PN2222 与 10kΩ 电阻，直接从 2N5457 源极输出。

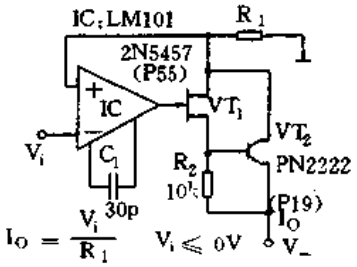


图 10-26

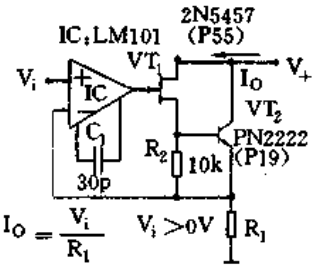


图 10-27

图 10-27 为吸入式电流源。工作原理与图 10-26 相同。对于小电流输出时，可省去 PN2222 及 10kΩ 电阻。

图 10-28 为太阳能充电器电路。单片的太阳能电池输出电压较低，难以对镍铬电池实现充电。尽管可以采用多片串联的方法来解决，但成本较高。本电路采用升压原理，将单片太阳能电池的输出电压升至 5～6V，可对 3～4 节串联的镍铬电池充电。A_1、A_2 组成 70kHz 的多谐振荡器，A_3～A_6 并联使用以增大驱动能力 CMOS 场效应管 2SK817 作为开关管，电感 L_1 作为它的漏极负载。VT 导通时，L_1 上的感应电势为左正右负；VT 截止时，L_1 感应电势极性则相反，为左负右正，与太阳能电池串联后对镍铬电池充电，22Ω 电阻为充电限流电阻。

图 10-29 为脉宽调制直流——直流变换器。通电后，VT_1～VT_3 及变压器 T 的 N_1、N_2 绕组起振，从 N_3、N_4 绕组感应出的电压经整流、滤波，即可得到稳定的±15V 输出。电路中起稳压

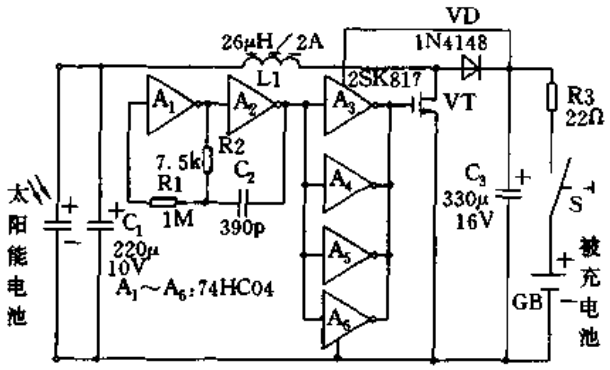


图 10-28

作用的中心环节是由 VD_1、VD_2、R_1、R_2 及 C_3 构成的网络。当电源电压改变时，C_3 的充电电压随之改变，VD_1 的导通时刻也相应改变，使输出电压保持恒定，实际上这是属于脉宽调制方式(同时也改变了振荡频率)。当电源电压改变时，变换器的振荡频率范围为 20～140kHz。场效应管 VT_2 作恒流管使用，它的恒流值决定了本电路的输出功率，约为 2W。此变换器的效率可达 70～90%，当电源变化范围为 4～12V

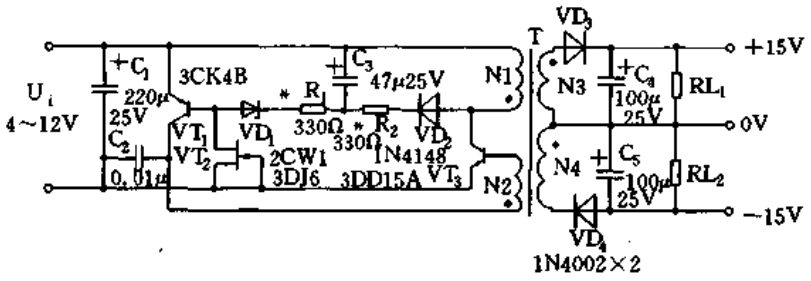


图 10-29

时，输出电压变化不大于额定值的 0.5%，且温度漂移很小。变压器 T 采用磁导率为 1000～2000 高斯的铁氧体磁环，磁芯面积不小于 $0.5cm^2$，N_1 用 ϕ0.8mm 高强度漆包线，绕制 8 匝；N_2 用 0.33mm 高强度漆包线，绕制 6 匝；次级 N_3、N_4 按照 1 匝/伏来绕制。

(十三) 固定输出三端稳压器从零连续调简法

如图 10-30 所示是一种能从零起调的连续可调输出电压值的稳压电源，革除了运算放大集成电路，仅增添了电阻 R_3 和齐纳二极管 VD，成本低廉，性能较好。

实质上，这种简单的稳压电源不过应用了电压源串联迭加的原理：

$U_o=U_{AC}+U_{CD}=U_{XX}(1+R_2/R_1)-U_z$。取 $U_z=|U_{zz}|$ 时，$U_o=(R_2/R_1)U_{xx}$

R_2/R_1 值决定了 U_o 连续可调的范围为：

$U_{omin}=0$ ($R_2=0$ 时)

$U_{omin}=(R_2/R_1)U_{xx}$ (取决于 R_2/R_1 值)

U_z 为齐纳二极管 U_D 稳压值

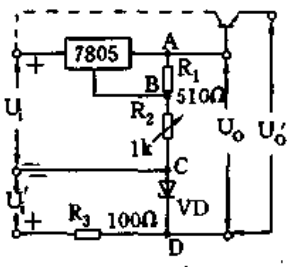


图 10-30

实验证明：本电路的稳定度较高，能满足一般使用要求。用图中元器件可获 0～10V 连续可调稳压输出。

须注意：电压调整过零时，可能会获得负的输出电压值。由于齐纳二极管 U_D 的最大稳定电流值一般仅有数十毫安，所以这个负电压值是"虚"的，带不起负载，无使用价值。

78××和 79××系列三端固定输出稳压集成电路标称有 15W 功耗(带理想散热器)和 1.5A 以上的输出电流。但由于器件内部设置了限流保护等电路，故在较大输入输出压差时，

输出电流的能力将下降，此时可借助外接大功率晶体管扩展输出电流(如图虚线所示连接)，减小三端稳压集成电路的功耗，以充分保护三端稳压器件的优异稳压性能。扩展后的输出电流由外接大功率晶体管的电流负载量所决定。但采用扩流措施后，扩展部分的晶体管将不被保护，为此尚需加接合适的电路作功率管的限流保护。

(十四) 三端稳压集成电路的输出扩展

用三端固定稳压集成电路制作的稳压器具有输出电压稳定，过热、过流保护，使用方便和价格便宜等优点，因此应用越来越广泛。但由于其输出电压固定，输出电流有限，使三端固定集成稳压器的应用仍受到一定的限制。本文简要介绍三端集成稳压器输出电压提升及电流扩展的几种实用电路。

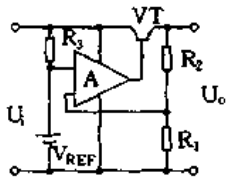


图 10-31

1. 三端集成稳压器概述

三端固定输出型稳压器的工作方式以串联型中的跟踪型为主，内部电路如图 10-31 所示。

该电路包括控制器件 VT，比较放大器 A、基准电压 V_{REF}、取样电阻 R_1、R_2 四个部分。此外，按照基准电压与比较放大电路组合方式的不同，还有所谓助推型和浮置型等电路，如图 10-32、图 10-33 所示。

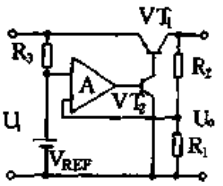


图 10-32

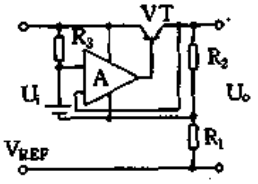


图 10-33

2. 二极管电压提升电路

利用二极管或稳压管可将三端集成稳压器“地”电位向上浮动，从而达到提升输出电压的目的，此时三端稳压器即成为浮置型稳压器。图 10-34、图 10-35 所示是两种 78 系列三端集成稳压器输出电压提升电路。

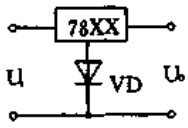


图 10-34

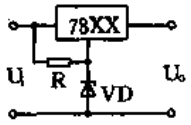


图 10-35

图 10-34 电路适合于三端集成稳压器输出电压较小的提升。图中二极管的选择可根据稳压器输出需要提升电压的大小来决定二极管的类型和串联二极管的个数，所以二极管的整流电流应能满足电路工作要求。

图 10-35 电路适用于三端集成稳压器输出电压较大的提升，所用稳压管的稳定电压值则根据需要提升的电压大小来选定，其稳定电流要留余量。

3. 输出可调扩展电路

利用三极管射极输出器具有电流放大作用，可以使三端集成稳压器实现输出电流的扩展。如果射极电阻采用电位器，又可以实现浮地连接达到提升输出电压的目的，调节电位器便可以调节三端集成稳压器的输出电压。图 10-36 为由 78 系列集成稳压器构成的输出电压可调的稳压电路。

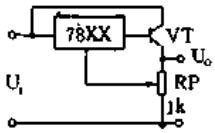


图 10-36

图 10-36 所示电路的特点是：输出电流大，输出电压可调，输出最低电压为原 78 系列输出电压与三极管 VT 发射结压降之差，并且输出电压 V。随三端稳压器浮地电位同步增加，但是，输出电压稳定性较原 78 系列差一些。这个稳压器输出扩展电流与三极管 VT 的电流放大系数 β 有关系，应用中 VT 可以采用单个三极管，也可以采用达林顿复合管。

4. 并联型输出电流扩展电路

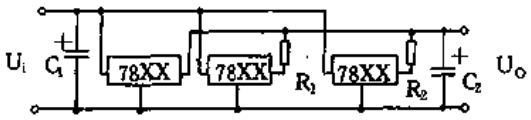


图 10-37

78 系列集成稳压器，每块输出最大电流为 1.5A，虽然可以加装大功率三极管扩展输出电流，但是输出电压不够稳定。采用多个集成稳压器直接并联，不仅输出电流可以成倍增加，而且输出电压稳定，是理想的大电流输出稳压电路，电路联接如图 10-37 所示。

以上各种三端集成稳压器输出扩展电路直接安装，不用调试便可工作。这些电路不仅适合于 78 系列集成稳压器，同样也适用于 79 系列三端集成稳压器。为了使各路电流平衡，可在各路串入小电阻。

（十五）扩大集成三端稳压块输出电流的方法

一般塑料封装的集成三端稳压块，最大输出电流实际上只能达到 1.2A 以下。若采用图示的电路，可把电流扩大到 3A 或 5A。

图 10-38 所用的大功率管的锗管 3AD18，如改为 3AD30，电流则减为 3A；若换成硅 PNP 型功率管，电阻 R 需增大到 0.82Ω，2W。图 10-39 中若采用硅功率管，输出电压会达到 12.3V。

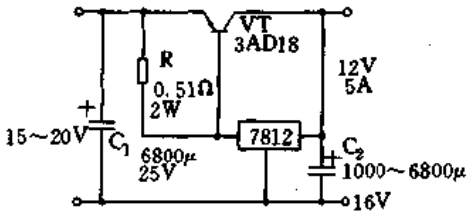


图 10-38

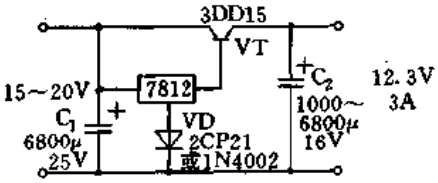


图 10-39

如果改为其它电压值的集成稳压块，或换成可调的集成稳压块 LM317 等，电路照样工作，电阻 R 也不必改变。

因电路简单，故可不必制做印刷板，直接将管子、集成块等装在散热器上连接起来即可。