



第3章 它激式开关电源

3.1 典型它激式开关电源

3.2 集成驱动器及其应用

3.3 STR系列集成变换电路

3.4 TOP系列集成开关电源

3.5 TOPSwitch的应用

3.6 DC/DC变换电路



3.1 典型它激式开关电源

它激式开关电源有独立的振荡器、激励级、脉宽调制器、供电保护系统等，因此其电路较自激式要复杂得多。目前大多数它激式开关电源都用集成化驱动器，将误差放大器、脉宽调制器、振荡器以及过电压、过电流保护集成在一体。现已开发出了一系列功能完善、外电路也极简单的驱动器，使它激式开关电源有了极大的发展。目前中小功率的负载也采用它激式开关电源，不仅其电路结构比自激式简单得多，且性能也远超过自激式。与同类型开关电源相比，它激式方式可以大幅度提高降压不隔离开关电源的效率和稳压性能。





3.1.1 MC1394控制的开关电源

它激式电路中以MC1394最有代表性。该电路组成开关电源可以适应90~260 V输入电压的大范围变动，这项指标与简单的自激式开关电源相比具有极大的优势。

1. 内部结构

MC1394内部结构如图3-1所示，它具有独立的脉冲发生器、PWM调制器逻辑关闭电路、软启动电路等它激式驱动电路所有功能。这个电路的特点是既可以用于不隔离开关稳压电源，也可以用于隔离的脉冲变压器式开关稳压电源。



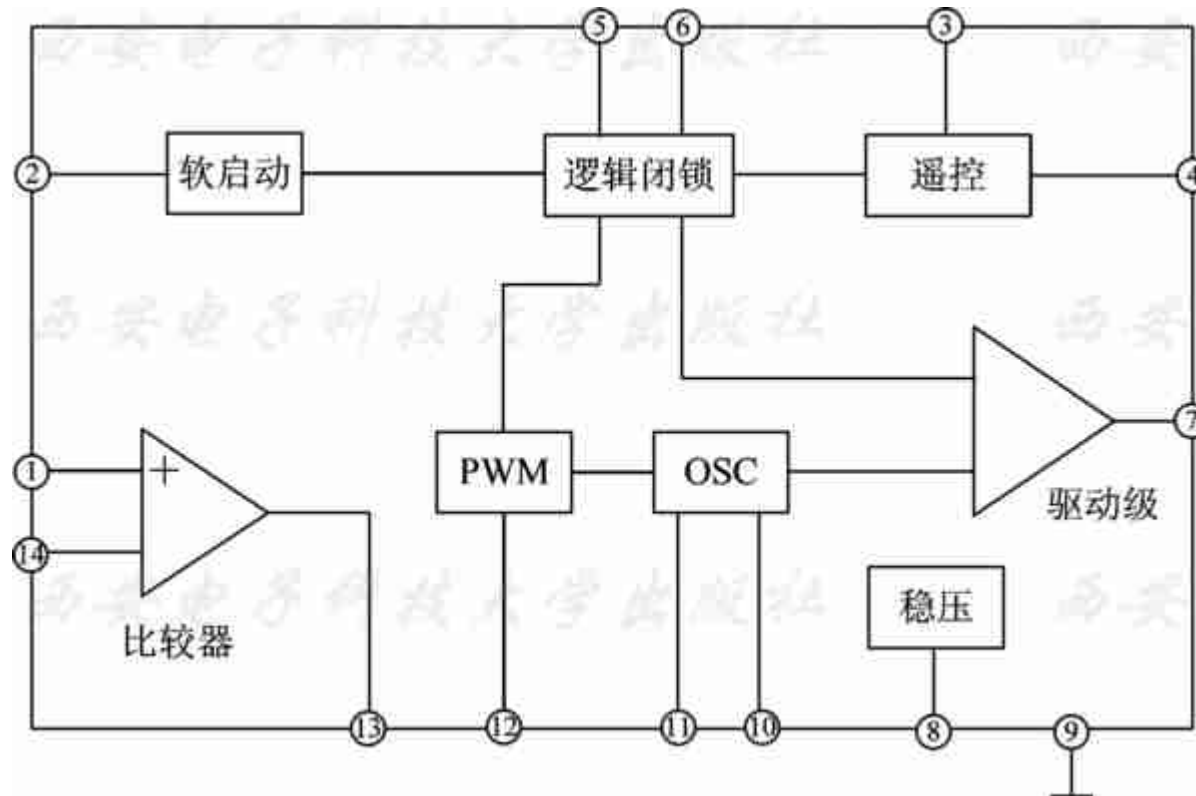


图3-1 MC1394内部结构图





MC1394各引脚功能如下：

①脚为误差取样比较器的正向输入端，由外部取样分压器对开关电源输出电压取样输入。

②脚为软启动控制端。 V_{CC} 供电正极经外部 RC 并联接入②脚。开机通电时，②脚因电容充电，故开始时电压较高，通过内部PWM电路使振荡器输出的脉冲占空比较小。随电容充电电流的减小，②脚电压下降，振荡脉冲占空比增大到额定值，且受控于取样放大器。

③、④脚为红外线遥控接收信号输出端。红外线控制信号经译码后，由③脚输出，通过⑥脚控制驱动器的输出脉冲，达到启/闭开关电源的目的。



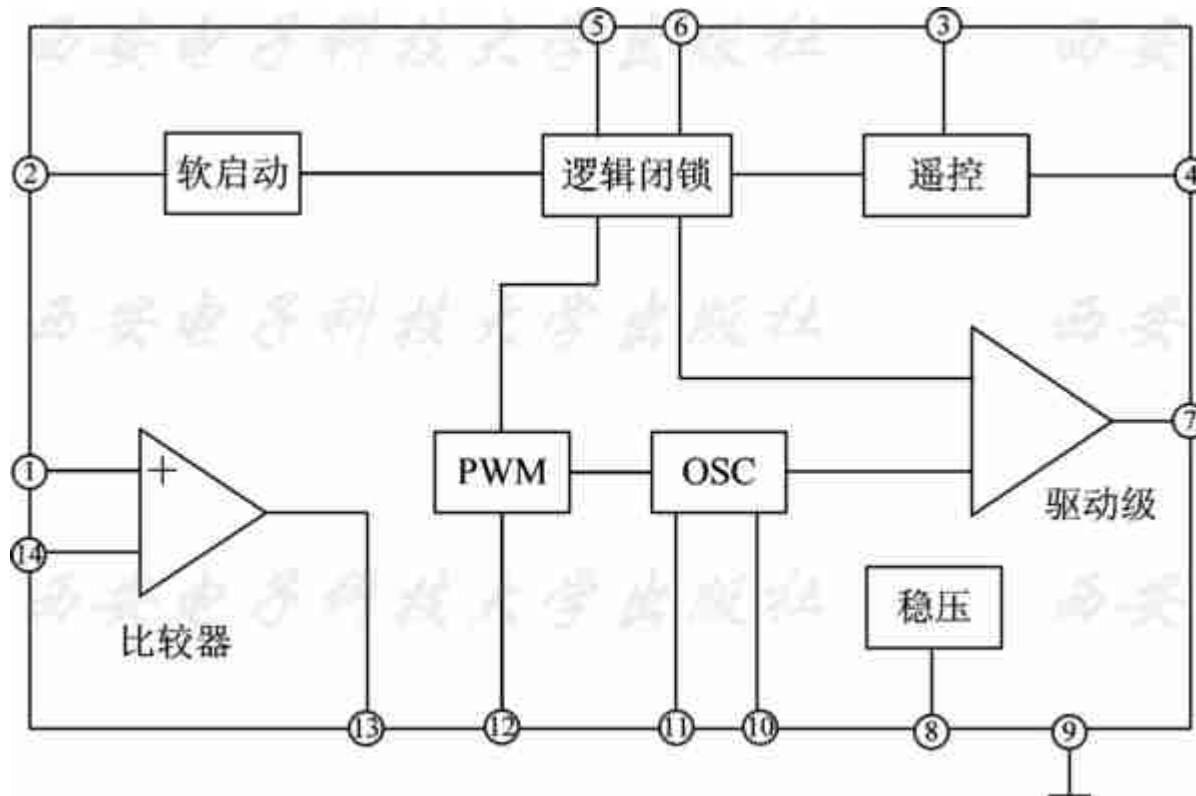


图3-1 MC1394内部结构图





⑤脚为高电平保护输入端，若此脚输入等于 V_{CC} 的高电平，则通过内部闭锁电路关断驱动脉冲输出，开关电源呈保护性停机。⑤脚可作为过电压保护，因保护阈值太高，若用于过流保护，需外设过流检测放大器。

⑦脚为PWM驱动脉冲输出端，内设射随器输出正向脉冲，可驱动NPN型开关管。由于驱动功率较小，脉冲电压幅度较低，因此开关管需设置前级驱动放大器。

⑧脚为 V_{CC} 输入端。它激驱动器独立工作，开关电源启动时，必须向驱动器提供工作电压。一般利用输入整流电压经电阻降压，向驱动集成电路提供启动电压，待开关电源启动后，再由开关电源提供 V_{CC} ，启动电压自动断开。

⑨脚为接地端($-V_{CC}$)。





⑩ 脚为振荡器外同步输入端，可输入正向同步脉冲，实现开关频率强制同步。

⑪ 脚为振荡器频率设定端，外接 RC 振荡定时元件。

⑫ 脚为脉宽调制器输入控制端，输入控制电压与脉宽成反比。

⑬ 脚为误差比较器输出端，可直接输入⑩脚，控制振荡脉宽。同时在比较器反向输入端之间接入负反馈电阻和频率校正网络，以稳定比较器的增益。





2. MC1394组成的降压开关电源

图3-2为MC1394组成的它激式不隔离降压开关电源。MC1394⑦脚输出已调宽脉冲波，经 VT_2 放大后，由脉冲变压器 TC_1 耦合至开关管 VT_1 的B-E极，控制 VT_1 的开关。 L_1 是贮能电感， V_{101} 是续流二极管。为了形成降压的不隔离输出，输入电压加在 VT_1 和 L_1 两端。 VT_1 导通时，输入电压加在 L_1 两端存储磁能， VT_1 截止时， L_1 释放磁能， V_{101} 导通向负载供电。 R_{101} 是过电流保护取样电阻。当过电流时， R_{101} 上电压降增大， VT_3 导通，电阻 R_{102} 、 R_{109} 分压送入MC1394⑤脚，使振荡器停振， VT_1 无激励脉冲，稳压器无直流输出，达到保护开关电源的目的。





开关电源在启动时，电源电压通过 R_{105} 供给激励管 VT_2 电压，一旦启动则改由直流输出端经 V_{102} 、 R_{106} 供给其稳定电压。 R_{107} 、 R_{108} 构成误差取样分压电阻。当输出直流电压变动时，经 R_{107} 、 R_{108} 取样送入MC1394①脚进行误差放大，再经调制级控制振荡器的脉宽。

对所有的它激驱动集成电路而言，都可以组成隔离或不隔离的开关电源，只需改变取样电路和保护电路的输入方式即可解决隔离问题。



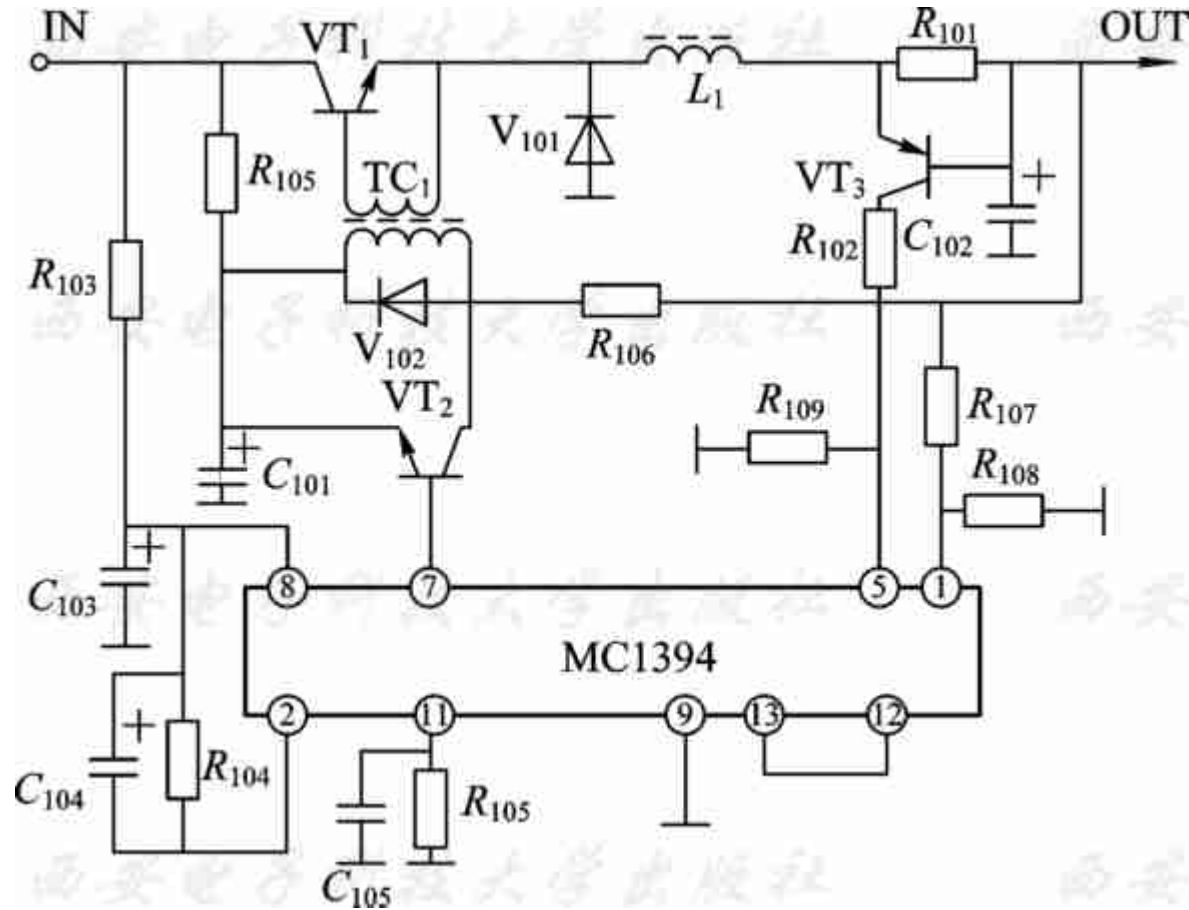


图3-2 MC1394组成的它激式不隔离降压开关电源





3.1.2 UC3842控制的开关电源

继MC1394、AN5900之后，人们又开发出功能更完善的它激单端输出驱动集成电路。其特点是除内部PWM系统外，还设有各路保护输入和稳定的基准电压发生器，同时还具有小电流启动功能。典型的UC3842就是其中的代表，它功能完善，性能可靠，目前广泛被各种普通电源采用，还被用于有源因数改善电路和高压升压式开关电源中。





1. 内部结构

UC3842为双列8脚单端输出的它激式开关电源驱动集成电路，其内部电路包括振荡器、误差放大器、电流取样比较器、PWM锁存电路、5 V基准电源、欠压锁定电路、图腾柱输出电路、输出电路等，见图3-3。

(1) 5 V基准电源：内部电源，经衰减得到2.5 V作为误差比较器的比较基准。该电源还可以提供外部5 V/50 mA。

(2) 振荡器：产生方波振荡。 R_T 接在④、REF⑧脚之间， C_T 接④、GND⑤之间。频率 $f=1.8/(C_T R_T)$ ，最大为500 kHz。

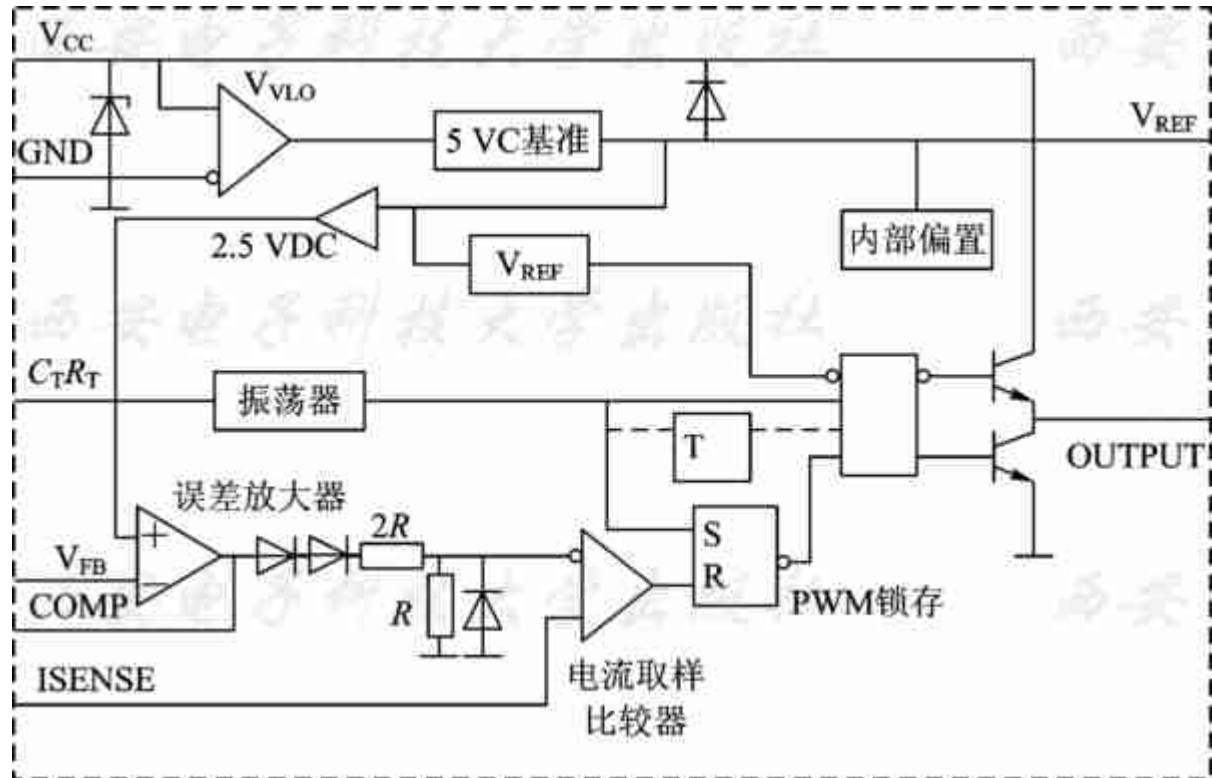


图3-3 UC3842内部电路框图





(3) 误差放大器：由 V_{FB} 端输入的反馈电压和2.5 V做比较，误差电压COMP用于调节脉冲宽度。

COMP端引出接外部RC网络，以改变增益和频率特性。

(4) 输出电路：图腾柱输出结构，电路1 A，驱动MOS管及双极型晶体管。

(5) 电流取样比较器：③脚ISENSE用于检测开关管电流，可以用电阻或电流互感器采样，当 $V_{ISENSE} > 1$ V时，关闭输出脉冲，使开关管关断。这实际上是一个过流保护电路。

(6) 欠压锁定电路 V_{VLO} ：开通阈值16 V，关闭阈值10 V。具有滞回特性。





(7) PWM锁存电路：保证每一个控制脉冲作用不超过一个脉冲周期，即所谓逐脉冲控制。

另外， V_{CC} 与GND之间的稳压管用于保护，防止器件损坏。

(8) 图腾柱输出电路(Totem Pole)：由于此结构画出的电路图有点像印第安人的图腾柱，所以叫图腾柱式输出，也叫图腾式输出。输出极采用一个上电阻接一个NPN型晶体管的集电极，这个晶体管的发射极接下面管子的集电极同时输出；下晶体管的发射极接地。两晶体管的基极分别接前级的控制。就是上下两个输出晶体管，从直流角度看是串联，两晶体管联接处为输出端。上晶体管导通下晶体管截止，输出高电平；下晶体管导通上晶体管截止，输出低电平；上下两晶体管均截止，则输出为高阻态。在开关电源中，类似的电路常称为“半桥电路”。





2. 在彩显开关电源中的应用

AST彩显开关电源由UC3842为主构成，由UC3842对开关管控制，电路简化后如图3-4所示。

UC3842各脚功能及应用如下：

①脚为内部误差放大器输出端。误差电压在集成电路内部经2：1分压，再经稳压管超压限制后，进入PWM比较器，以通过锁存器控制输出脉冲的正程持续时间。此输出端从①脚引出，既便于检测集成电路工作状态，又便于在外电路加入稳定放大器增益的负载电阻 R_{913} 和防止自激的电容 C_{913} 。



②脚为误差放大器的取样电压输入端。②脚的工作电压通过光耦合器内光敏三极管与 R_{914} 串联后，与 R_{915} 构成分压器，将分压后电压送入②脚。当开关电源输出电压发生变化时，光耦合器的光敏三极管C-E极内阻随之改变，输入②脚的电压与次级电压成正比变化，以通过比较器控制输出脉宽稳定输出电压。

③脚为PWM比较器的另一输入端。当此脚电压升高时，比较器输出电平并关闭锁存器。该彩显开关电源中将③脚作为开关管过流保护输入。开关管源极与供电负极间串联接入小电阻 R_{906} ，对源极电流取样。当开关管导通时间过长使源极电流增大时，③脚电压升高，控制输出脉冲提前截止，以保护开关管。



④脚为定时电容 C_T 端，串联接入电阻 R_{911} ，以便从此点引入行逆程脉冲，使集成电路的振荡器与行频同步，避免开关电源脉冲干扰行扫描的正程脉冲。

⑤脚为接地端。

⑥脚为激励脉冲输出端。⑥脚输出的信号可直接驱动MOSFET管，也可以用脉冲变压器进行隔离驱动。 R_{909} 为隔离电阻，以减小开关管栅极输入电容对驱动电路的影响。





⑦脚为启动/工作电压输入端。该集成电路启动/工作电压要求不同，启动电压值高于最低工作电压值，且启动电流小，便于采用电阻降压启动，启动后再由开关电源本身提供稳定的工作电压。交流电的一端经NTC电阻、桥式整流二极管一臂作负极接地的整流；另一端作为整流正极输出，经 R_{p902} 接入⑦脚，其外接滤波电容 C_{909} ，一起为⑦脚提供启动电压。电源启动后， T_{901} 附加绕组输出脉冲电压，经 V_{903} 整流，通过 R_{917} 接入⑦脚。由于集成电路工作电流远大于启动电流，因此 R_{p902} 压降增大，使启动电路电压低于工作电压， R_{p902} 中无电流流过。



⑧脚为内部5 V基准电压输出端，输出电压经定时电阻 R_T 向 C_T 充电，形成脉冲的前沿。

为了适应双频显示方式，电源次级电路随显示模式向行输出级输出90~115 V的电压，通过模式控制电平对电路进行控制， V_{913} 输出115 V的整流电压， V_{911} 输出90 V的整流电压。当彩显工作于低行频模式时，F/V电路输出低电平， VT_{904} 截止， VT_{906} 截止，行输出级得到90 V的工作电压。同时， VT_{905} 截止，取样电路由 R_{934} 和 R_{P901} 、 R_{936} 构成小于90:2.5的分压比。在90 V输出时，20 V输出经 R_{941} 引入极小的取样电流， V_{915} 控制端有2.5 V的电压值，使输出电压稳定。当彩显工作于高行频模式时，F/V电路输出高电平，使 VT_{904} 、 VT_{906} 导通， VT_{906} 发射极输出电压使 V_{911} 反偏，行输出级得到115 V工作电压。为了保持稳压系统工作状态， VT_{905} 导通，将另一组分压器 R_{P902} 、 R_{904} 并联接入电路，以使输出电压升高后加到 V_{915} 控制端的电压仍为2.5 V。





3. UC3842的使用特点

(1) 采用单端图腾柱式PWM脉冲输出，输出驱动电流为 $\pm 200\text{ mA}$ ，峰值可达 $\pm 1\text{ A}$ 。

(2) 启动电压大于 16 V ，启动电流仅 1 mA 即可进入工作状态。处于正常工作状态时，工作电压在 $10\sim 34\text{ V}$ 之间，负载电流为 15 mA 。超出此限制，开关电源呈欠电压或过电压保护状态，无驱动脉冲输出。

(3) 内设 $5\text{ V}(50\text{ mA})$ 基准电压源，经 $2:1$ 分压后作为取样基准电压。





(4) 输出电流为200 mA，峰值为1 A，既可驱动双极型三极管也可驱动MOSFET管。若驱动双极型三极管，应加入开关管截止加速RC电路，同时将内部振荡器的频率限制在40 kHz以下。若驱动MOSFET管，振荡频率由外接RC电路设定，见式(3-1)，工作频率最高可达500 kHz。

(5) 内设过流保护输入(③脚)和误差放大输入(①脚)两个PWM控制端。误差放大器输入构成主PWM控制系统，可使负载变动在30%~100%时输出负载调整率在8%以下，负载变动在70%~100%时负载调整率在3%以下。



(6) 过流检测输入端可对每个脉冲进行控制，直接控制每个周期的脉宽，使输出电压调整率达到 $0.01\% / V$ 。如果③脚电压大于 $1 V$ 或①脚电压小于 $1 V$ ，PWM比较器输出高电平使锁存器复位，直到下一个脉冲到来时才重新置位。利用①脚和③脚的电平关系，在外电路控制锁存器的开/闭，使锁存器每个周期只输出一次触发脉冲。因此，电路的抗干扰性极强，开关管不会误触发，提高了可靠性。

(7) 内部振荡器的频率由④脚外接电阻与⑧脚外接电容设定。集成电路内部基准电压通过④脚引入外同步。④脚和⑧脚外接 R_T 、 C_T 构成定时电路， C_T 的充电与放电过程构成一个振荡周期，其振荡频率可由下式近似得出：

$$f = \frac{1}{T_C} = \frac{1}{0.55R_T C_T} = \frac{1.8}{R_T C_T} \quad (3-1)$$



3.1.3 典型应用电路

1. 升压型开关电源

由UC3842组成的它激式升压开关电源电路见图3-5。储能电感 L_5 、开关管 VT_7 组成斩波式开关稳压器，UC3842构成开关控制电路。输入经负温度系数电阻NTC、桥堆整流器、电容 C_4 ，成为直流电压，正极经 L_5 并联接入 VT_7 。当 VT_7 导通时，输入整流电压经 L_5 、 VT_7 漏源极、 R_6 完成回路，输入整流电压全部加在 L_5 两端，从而使电能变为磁能存储于 L_5 。当 VT_7 截止时， L_5 产生的自感电势与输入整流电压串联连接，通过升压二极管 V_6 、电容 C_7 向负载供电。 VT_7 导通时间正比于 L_5 存储能量，因此，控制 VT_7 通断占空比，可以控制升压幅度。这种升压电路适合不同输入电压输入，取代了传统的交流输入110/220 V自动切换电路。





在图3-5中，升压电路由UC3842为核心，构成它激式开关电路。为了提高升压电路的可靠性，UC3842采用多路取样的控制方式形成保护电路。UC3842在该开关电路中的工作过程如下：交流输入整流器组成桥式整流的同时，其中桥堆整流器的二极管还形成负极接地的半波整流器，由交流输入另一输入端得到半波整流的正电压，经限流电阻 R_5 降压、电容 C_6 滤波形成较低的整流电压，向UC3842⑦脚提供启动电压，其⑥脚输出瞬间驱动脉冲，使开关管 VT_7 导通。当启动状态驱动脉冲消失后， VT_7 截止，储能电感 L_5 释放能量。在能量释放过程中， L_5 附加绕组产生感应脉冲，经电容 C_2 加到二极管 V_3 、 V_4 进行半波整流，在启动后向UC3842⑦脚提供工作电压。UC3842具有小电流启动功能，开机瞬间启动电路向⑦脚提供16 V以上的启动电压，启动电流仅1 mA。此时⑥脚输出一个正向驱动脉冲，开关电路立即向⑦脚提供工作电压。UC3842⑥脚输出脉宽受控的单路驱动脉冲，用于驱动开关管 VT_7 。电阻 R_9 、 R_{10} 作为驱动电路的电流限制，二极管 V_5 为开关管截止加速电路。在脉冲截止期， VT_7 管的栅源极电容通过二极管 V_5 放电形成对UC3842的灌电流，使开关管迅速截止。 VS_4 和 R_8 为 VT_7 的过压保护元件。



为了使振荡频率稳定， C_{12} 的充电电压取自UC3842⑧脚内部的5 V基准电压。如果电路故障使UC3842输出驱动脉冲占空比过大时， VT_7 导通时间将变长，截止时间将缩短，其漏源极平均电流增大，致使过流取样电阻 R_6 、 R_7 压降增大，此时UC3842③脚电压升高，通过内部比较器控制触发器，使驱动脉冲占空比减小。如果过流取样电压达到1 V左右，则自动持续关断驱动脉冲，避免输出电压超高损坏负载电路和开关管。





2. 锂电池充电电路

电池充电电路是一种常用电路，好的电路设计不仅可以提高充电效率，还能保护电池，延长电池使用周期。利用MC712可以设计实用的电池充电电路。MC712是充电器专用集成电路，具有多种可编程功能，可实现充电过程自动化，充电时间短、效率高，使用方便灵活。

电池充电电路内部主要包括定时器、电压斜率检测器(内含A/D转换器)、+5 V稳压器、上电复位电路、控制逻辑、电流和电压调节器(内含电流比较器和电压比较器)、温度比较器(过温比较器、欠温比较器)、2.0 V基准电压源、N沟道功率MOSFET。



用MC712构成的锂电池充电电路如图3-6所示。电路中 C_1 为输入端滤波电容； R_1 是限流电阻，可以控制充电电流； C_2 为 $1\ \mu\text{F}$ ； C_3 是补偿电容，为 $0.1\ \mu\text{F}$ ；VT为PNP功率管，其参数为 $U_{\text{CBO}}=80\ \text{V}$ ， $I_{\text{CM}}=7\ \text{A}$ ， $\text{PCM}=40\ \text{W}$ ； R_2 是基极偏置电阻；V是 $1\ \text{A} / 50\ \text{V}$ 的硅整流管； R_5 为检测电阻，用来设定快速充电电流 I_{FAST} 的值。当 $I_{\text{FAST}}=1\ \text{A}$ 时， R_5 为 $0.25\ \Omega$ ， R_{T1} 、 R_{T2} 为负温度系数的热敏电阻。该电路在快速充电、涓流充电时的充电电流分别为 $1\ \text{A}$ 、 $1/16\ \text{A}$ ，充电速度分别为 C 、 $C/16$ 。



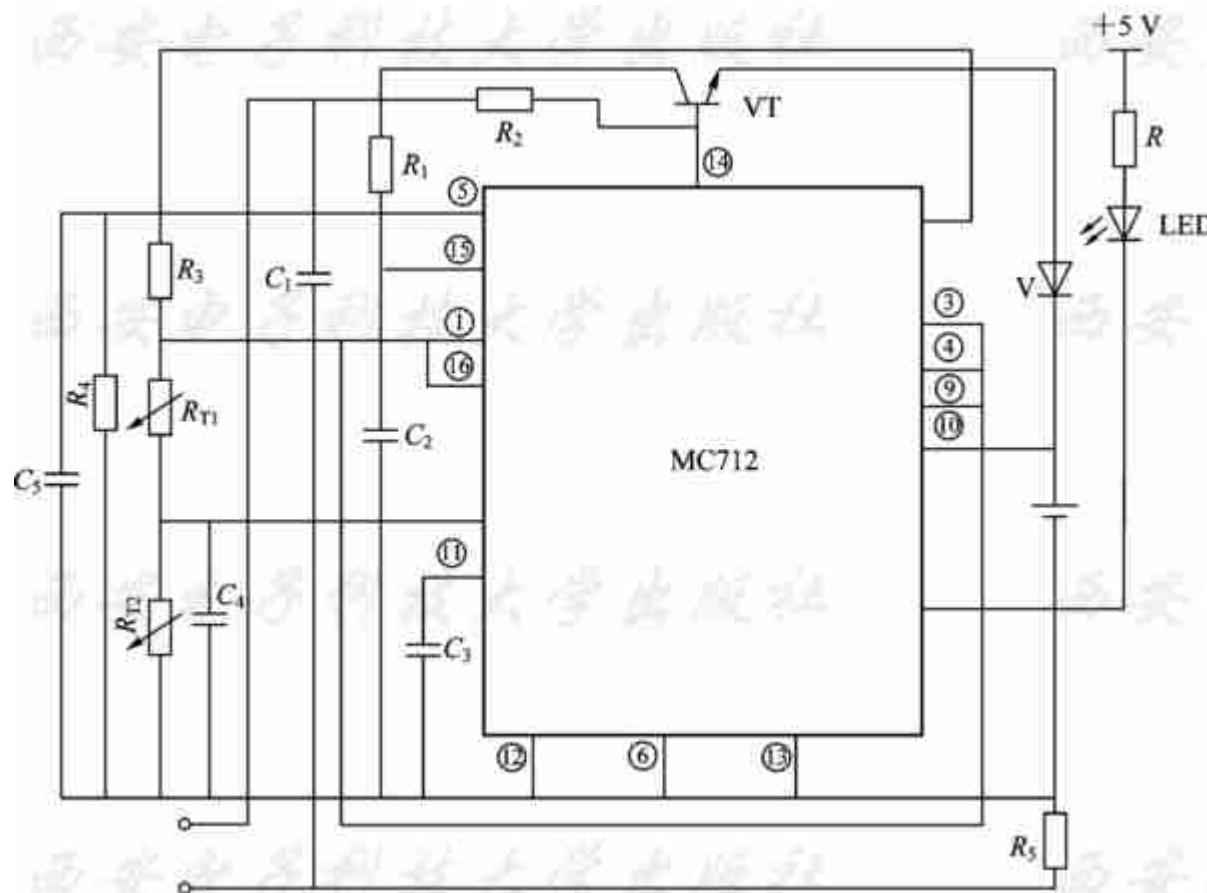


图3-6 锂电池充电电路





图3-6所示的充电电流由 R_1 决定，设输出电压为 U_o ，输出电流为 I_o ，则 R_1 的计算公式为

$$R_1 = \frac{U_o - 5}{I_o} \quad (3-2)$$

使用MC712设计的充电电路充电时间短，效率高，克服了原有充电器功能单一，电流无法调整，充电时间长的缺点，有良好的使用效果。





3.1.4 反激式开关电源

反激式开关电源电路中的变压器起着储能元件的作用，可以看做是一对相互耦合的电感，其工作过程是：开关开通后， V 处于断态，初级绕组的电流线性增长，电感储能增加；开关关断后，初级绕组的电流被切断，变压器中的磁场能量通过次级绕组和 V 向输出端释放。

图3-7是反激式开关电源原理图，其中的控制芯片采用UC3842。电源的输出电压等级有三种： $+5\text{ V}$ 、 $+12\text{ V}$ 、 -12 V 。该电路的变换器是一个降压型开关电路。由单管驱动隔离变压器TC主绕组 N_1 电流， C_2 、 R_3 可以提供变压器原边泄放通路。输出经整流、滤波送负载。芯片所用的电源 V_{CC} 由 R_2 从整流后电压提供。 V_{CC} 同时也作为辅助反馈绕组 N_3 的反馈电压。电路振荡器频率由式(3-1)决定。



反馈比较电路信号是从辅助绕组 N_3 经过 V_1 、 V_2 、 C_3 、 C_4 等整流滤波后得到的 V_{CC} 分压提取的。 C_6 、 R_7 构成信号的有源滤波。开关管电流被 R_{10} 取样后，经 R_9 、 C_7 滤波，送芯片ISENSE端，当反馈信号值超过阈值1 V时，确认过载，关断电源输出。芯片输出部分由OUT端驱动单MOSFET管， C_8 、 V_3 对开关管有电压钳位作用。



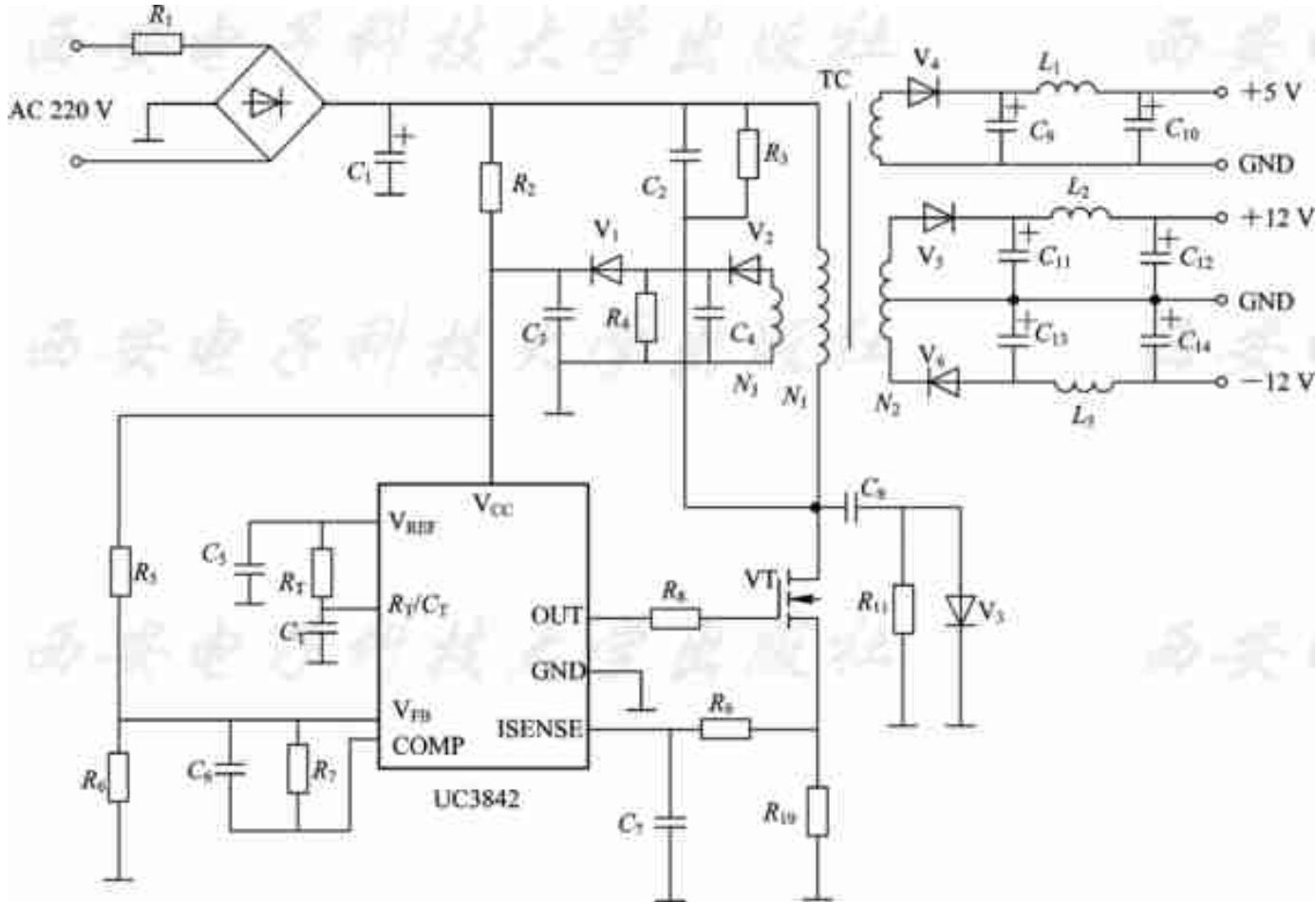


图3-7 UC3842组成的反激式开关电源





3.2 集成驱动器及其应用

集成驱动器是最新电源技术的体现，这种电路将原有的分立元件集成为一体，提高了电路工作可靠性，降低了电路的设计难度。本节分析几种典型的集成单端驱动器，包括其电路特点、结构以及在电源设计中的应用。





3.2.1 半桥拓扑控制电路L6598

L6598是一种专门为串联谐振半桥拓扑设计的双输出控制器芯片，该芯片支持保护全面和高可靠性的电源设计，特别适用于液晶电视和等离子电视的电源、便携电脑和游戏机的高端适配器以及电信设备开关电源。





L6598最高开关频率为500 kHz，能效高，电磁干扰(EMI)辐射低。为了采用自举方法驱动上桥臂开关，L6598内部电路设计了一个能够承受600 V以上电压的结构和一个同步驱动式器件，节省了一个外部快速恢复自举二极管。L6598为两个栅驱动器提供输出电流为0.6 A和输入电流为1.2 A的典型峰值电流处理能力，设计人员能够利用外部可编程振荡器设定工作频率。L6598的非线性软启动功能可防止涌流，最大限度抑制输出电压过冲。该电路还有一个可控制的突发模式操作，能够大幅度降低在轻负载和无负载条件下的平均开关频率和相关损耗。L6598是将谐振电路和半桥驱动电路结合在一体的电源控制电路，可以取代以往由两个芯片组成的半桥变化器，所以，采用该电路设计的电源非常简单，提高了电源的性价比。





1. 内部电路

(1) 软启动与振荡器。L6598提供有软启动功能，软启动时间取决于①脚电容 C_S ，振荡器频率由 R_T 和 C_T 决定。

(2) 自举驱动器。自举驱动器利用内部充电泵得到比芯片电源高得多的电压，为驱动外部功率管提供了良好的条件。

(3) 运算放大器。L6598内的运算放大器可提供低输出阻抗、宽带、高输入阻抗和宽共模范围，这些特点有利于实现保护或闭环控制，其输出可以连接到频率设定电阻端，以调节振荡器频率。



(4) 比较器。两个CMOS比较器可用来执行保护功能。L6598能够识别比较器输入端200 ns宽度的短脉冲。如果检测到封锁输入端出现0.6 V的门限电压脉冲，L6598即进入封锁关断状态。此时振荡器停止振荡，两个驱动输出端均为低电平。一旦故障解除，器件将重新开始执行正常工作程序。

⑨脚带有一个1.2 V的门限，一旦电压达到1.2 V，则比较器被触发而重新开始执行软启动程序。





2. 典型应用

图3-8所示为L6598的典型应用电路。该电路的交流输入电压范围为85~270 V，适宜在交流供电不稳定地区使用。L6598用于驱动电路中的两只开关管 VT_2 和 VT_3 轮流导通和截止，产生峰值为200 V的方波，经变压器 TC_1 及整流、滤波后产生直流输出电压。电阻分压器、TL431和光电耦合器则组成了变压器次级侧到初级侧的反馈控制环路。变压器初级一端接半桥输出，另一端与串联电容 C_3 和 C_4 相连。用耦合电容 C_1 与初级绕组电感形成串联谐振电路，可使耦合电容 C_1 的充电呈线性变化，设计的谐振频率必须低于电源变换器的开关频率，其谐振频率由反射到 TC_1 初级的电感和耦合电容共同决定。



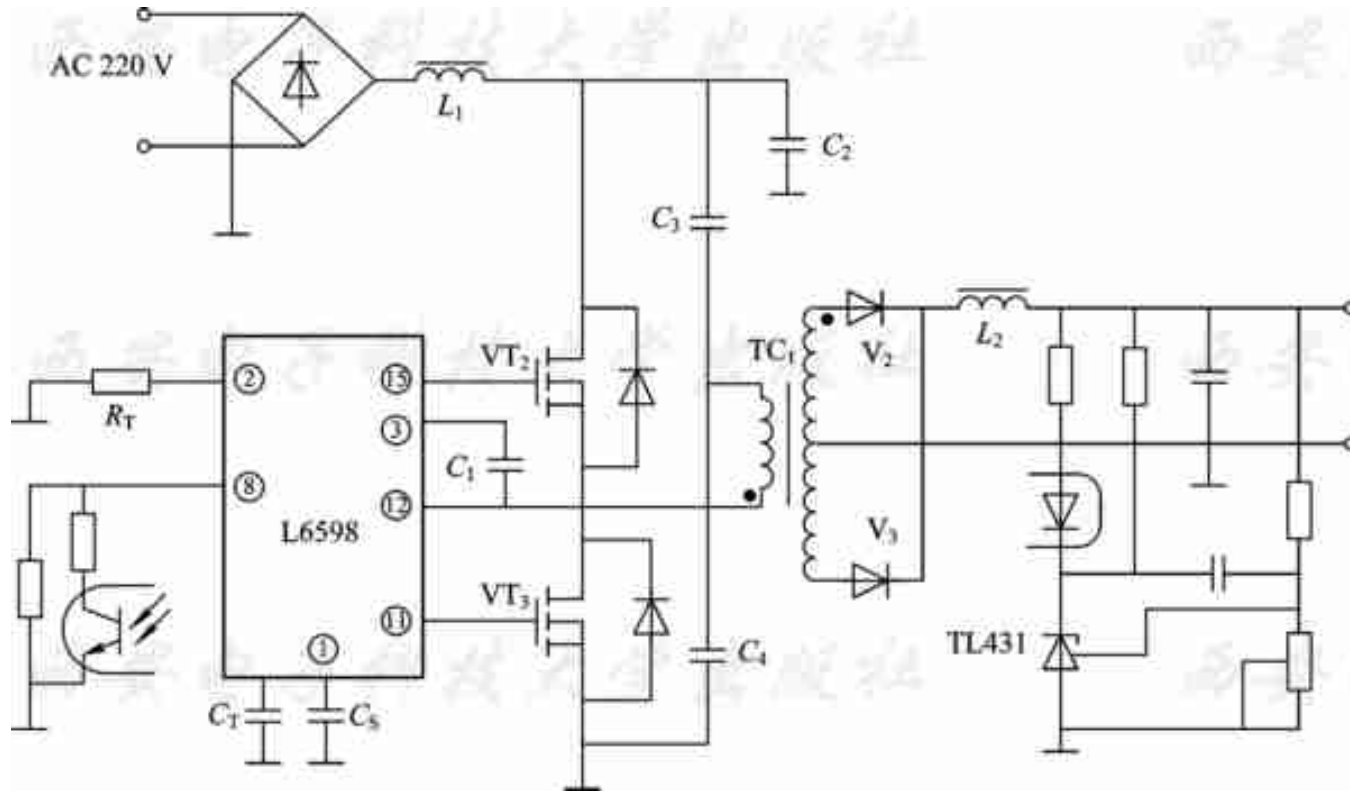


图3-8 L6598的典型应用电路





3.2.2 主从式开关电源及驱动器

为了节约能源，负载电路设计了不同的电源管理控制环节。负载的等待状态和自动关机状态，都需要有能适应负载大幅度变化的电源系统，一般要求从开机的额定负载到等待、关机状态负载的变化量从100%到2%，例如自动关机状态的功耗要求不大于2~5 W。若采用单电源待机，即使是它激式开关电源也难以满足。为此，相继设计了不同的方案待机，主从式开关电源即为其中一例。





所谓主从式，是指采用两路它激驱动系统。第一路驱动器作为主驱动器，具有它激式驱动、控制的所有功能，与常见的驱动器不同的是，其内部设有双稳态逻辑控制开关，可以关断本身内部的取样放大脉宽调制器，使内部驱动级受控于外部驱动输入。此处的外部PWM驱动输入由第二路从驱动器产生，该驱动器具有独立的一套取样放大器、振荡器、脉宽调制器，但是，其内部无驱动输出级，因而它受控于本身取样放大器的PWM脉冲只能作为主驱动器的外部驱动输入，通过主驱动器放大后才可驱动开关管。因此，主从式实际就是两套前级PWM脉冲发生器共用一套驱动脉冲输出级的可转换电路。由于两套驱动器取样电路、取样点的不同，因此可以使开关电路工作在不同的工作状态。





1. 电路组成

该驱动系统由主驱动器TEA2261和从驱动器TEA5170组成，见图3-9。

TEA2261的各脚功能如下：

①脚为脉冲变压器脉冲过零检测端，从脉冲变压器引入感应脉冲。当开关管处于截止状态，脉冲变压器释放磁场能量，向负载供电。当能量释放接近完毕时，脉冲下降沿幅度低于0.15 V时，双稳态开关使输出控制接通，内部或外部振荡器输出驱动脉冲，使开关管导通。

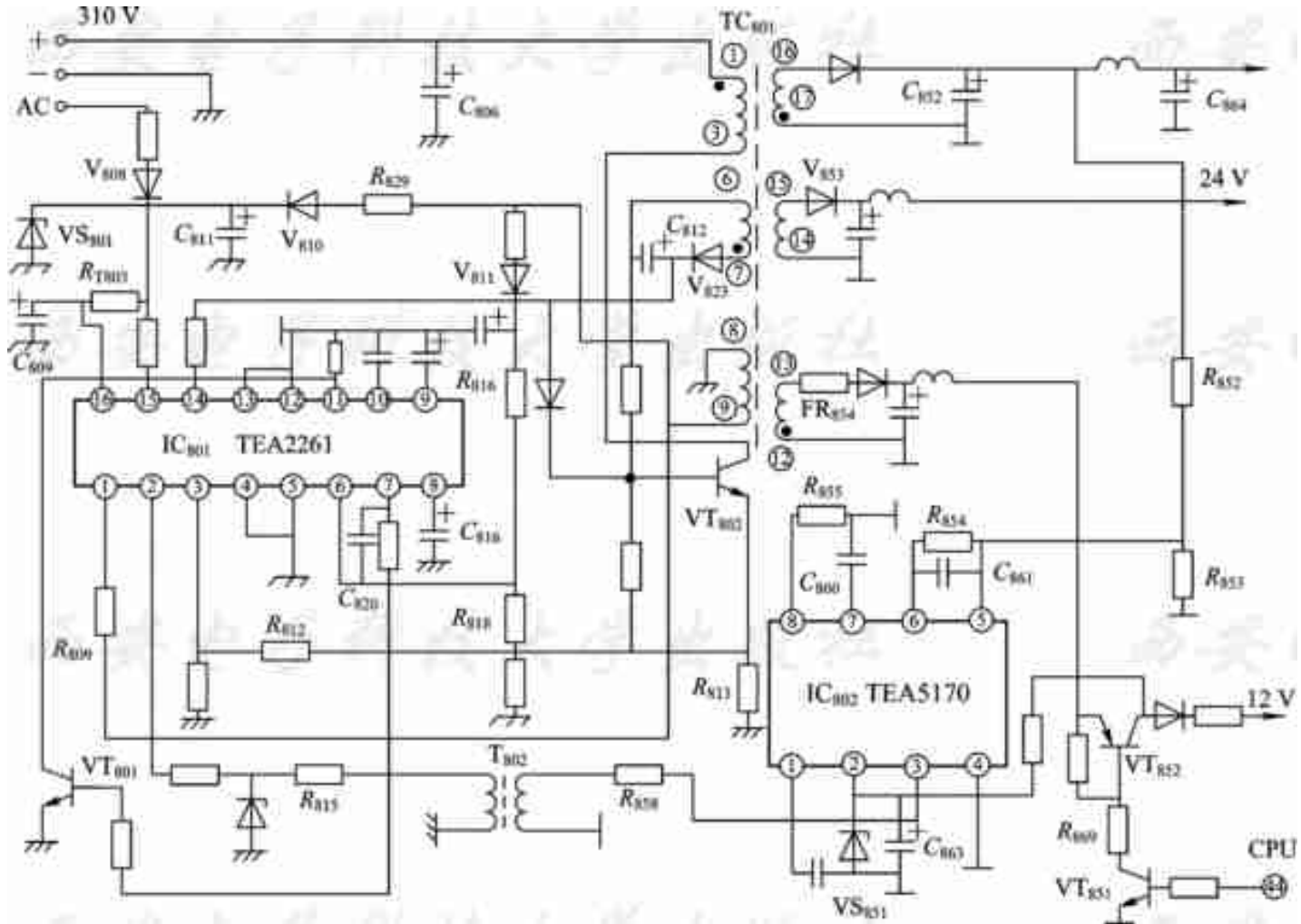


图3-9 TEA2261和TEA5170构成的开关电源





②脚为外输入已调宽脉冲端。当此端有驱动脉冲输入时，双稳态开关关断其本身脉冲输入，接通②脚的输入，TEA2261前级电路失去作用。

③脚为低阈值保护电平输入端，当输入电压大于0.6 V时关断输出脉冲。该功能常被用作开关管过流限制。低值电阻接于开关管发射极与参考点地之间作为发射极电流取样，其压降送入③脚。

④、⑤、⑫、⑬脚为接地端。

⑥脚为取样比较器反相输入端，其输出端控制脉宽调制器。很明显，该取样部分与初级共地，因此，取样端只能采用间接取样方式，即对脉冲变压器专设绕组脉冲整流后取样，以免破坏开关电源初级的隔离。



⑦脚为取样比较器输出端，用以稳定比较器增益和校正频率特性。

⑧脚为过载检测端，外接充电电容。该电容对③脚的过流检测输入累加充电，当开关管连续过流使该电容充电到2.6 V时，关断输出脉冲，以使③脚开关电流限制电路锁定保护状态。

⑨脚为软启动控制端，外接软启动电容。开机瞬间外接电容开始充电，⑧脚电压由零上升，控制脉宽随充电电压缓慢增长。当充电电压使⑧脚达到3 V以上时，启动完毕，输出脉宽受控制电路的控制变动。



- ⑩ 脚为内部振荡器外接定时电容端。
- ⑪ 脚为内部振荡器外接定时电阻端，由 RC 值设定振荡频率。
- ⑭ 脚为推挽输出级输出端，输出PWM脉冲驱动双极型开关管。输出最大驱动电流为1.2 A，可驱动开关管组成的200 W开关电源。
- ⑮ 脚为驱动输出级供电端。
- ⑯ 脚为前级电路 V_{CC} 供电端，内设 V_{CC} 检测电路，该端电压只要达到4 V时，内部基准电压发生器即可输出2.5 V基准电压，与输入电压比较。当输入电压上升到10.3 V时，电路开始启动。启动后， V_{CC} 最大允许值为15.7 V，最低值为7.4 V，超过此范围时电路停止工作。



TEA5170内部具有和TEA2261基本相同的软启动电路、振荡器、脉宽调制器、供电电源检测以及可控的输出级。它与TEA2261的区别是：内部无双稳态逻辑开关；驱动器只是预驱动级，输出电流较小，不能直接驱动开关管，必须通过末级驱动放大器才能输出足够的驱动电流。为了使TEA5170行脉冲同步，在其振荡器内部附有同步电路，只要在⑧脚输入正向同步脉冲，即可实现振荡器的外同步。





2. 电源的启动

TEA2261和TEA5170集成了它激式开关电源的大部分功能。这类电源虽然原理复杂，但外电路却较为简单，如图3-9所示。要启动TEA2261，首先必须供给其⑤、⑩脚大于10.3 V的启动电压。启动后，此电压即使降低到7.5 V， IC_{801} 也可以维持正常工作。为了启动 IC_{801} ，通过桥式整流器一臂取出半波整流电压。对启动电路来说，交流输入的一端经桥式整流，阳极接地的一只整流二极管为整流输出的负极，而交流输入的另一端则为半波整流输出的正极。此正电压供给 IC_{801} ⑮、⑯脚。





图3-9中启动电压只在启动瞬间向 IC_{801} 供电，一旦 IC_{801} 启动，其⑭脚即输出驱动脉冲， VT_{802} 开始向 TC_{801} 提供脉冲电流。 TC_{801} 绕组⑧-⑨出脉冲电压，经 V_{810} 整流， C_{811} 滤波，向 IC_{801} ⑮、⑯脚供电。由于启动电路中串联有正温度系数热敏电阻 R_{T803} ，整机通电以后， VS_{801} 的稳压电流和 IC_{801} 的启动电流使 R_{T803} 的温度升高，阻值增大，启动电压低于 C_{811} 正端电压， V_{808} 反偏截止。启动后，由于 VS_{801} 的齐纳电流使 R_{T803} 维持高阻值状态， V_{808} 一直处于截止状态。





3. 开关管驱动电路

开关管基极为电容耦合驱动电路。一般电路中为了使开关管导通时有足够的正向基极电流,截止时有反向基极偏置,以加快开关管的通断速度,减少存储效应的损耗,电路的驱动电路设计得较复杂。在图3-9所示电路中,当正向驱动脉冲到来时,驱动脉冲电流和4只二极管上经 V_{812} 整流的正向压降同时接入开关管 VT_{802} 的基极,使 VT_{802} 饱和导通速度加快。当驱动脉冲截止时, C_{813} 的放电电流加到 VT_{802} 基极,该电流与驱动脉冲下降沿共同使开关管快速截止,以减小截止损耗。





为了实现待机控制，由CPU ④脚输出电平控制电子开关，电子开关再对行VCO振荡器的供电和IC₈₀₂的供电进行控制。VT₈₅₂为开关管，其发射极供电取自TC₈₀₁的次级绕组⑫ - ⑬的15 V整流电压。带阻开关管VT₈₅₁为VT₈₅₂的偏置电路。当为待机状态时，CPU ④脚输出低电平，VT₈₅₁截止，VT₈₅₂无偏置也截止，行振荡器无供电而停振。同时，IC₈₀₁停止工作，开关电源转入IC₈₀₁控制的窄脉冲间歇振荡状态，以实现待机。



开机时CPU ④脚输出高电平， VT_{851} 、 VT_{852} 都导通， VT_{852} 的集电极输出约12 V电压，该电压一路经 R_{869} 、 VS_{851} 稳压，向 IC_{802} 提供启动电压和工作电压。另一路经 V_{859} 、 R_{866} 隔离，向行振荡器提供工作电压，同时提供给 IC_{802} 的电压驱动消磁电路的继电器，使消磁线圈进行瞬间消磁。

IC_{802} 启动以后，行扫描开始工作，行输出级将峰峰值约为25 V的正向行脉冲通过 R_{859} 、 C_{859} 、 V_{858} 馈入 IC_{802} ⑧脚，使振荡频率与行频同步。因为它激式开关电源有独立振荡器，行脉冲只激励小功率振荡器，并不需要大电流驱动，因此行脉冲经 C_{859} 、 R_{857} 微分形成尖脉冲，即可使之同步。



3.2.3 单周期控制集成电路

周期控制的基本思想是在每个开关周期内令开关变量的平均值与控制参考量相等或成比例。单周期控制的优点是能够自动消除一个周期内的稳态和瞬态误差，动态响应快，且由于频率固定，适宜于PWM控制。





1. TDA4601的功能及特点

由TDA4601组成的开关电源，其电源调整率、负载调整率和可靠性均较高。TDA4601的开发，使它激式驱动器内部结构发生了彻底的改变，其内部未设产生连续脉冲的振荡器，而采用由逻辑电路控制的可复位触发器，控制驱动输出脉冲。TDA4601的特点如下：





(1) 其内部由逻辑电路控制的触发器输出脉冲驱动开关管，触发器的触发脉冲由不稳定的输入整流电压通过 RC 电路产生的锯齿波进行触发，因而触发脉冲的频率与输入电压相关。触发器受控于逻辑电路，当脉冲变压器磁场能量释放完毕后，才允许进行下一个触发过程。因此，开关电源的负载允许从 $0\sim 100\%$ 变动，且能维持输出电压的稳定。由于触发脉冲的脉宽受控于 RC 电路充电时间，因此以充电时间调整输入电压变动的输出稳定度。该脉宽同时还受控于取样电压，以稳定输出。





(2) 采用间接过流保护，在输出驱动脉冲电路中，以取样电阻对开关管、驱动电流取样，通过 $I_C = I_B \beta$ 的关系限制开关管的开关电源。当驱动电流过大时，通过逻辑电路减小输出脉冲的占空比；当严重过流时，关断驱动脉冲。集成电路内部未设误差检测电路，只设有误差放大器控制输出脉宽，误差检测电路则在外电路由基准电压和负取样电压直接由电阻矩阵相加得到。因此，该集成电路的输入误差电压值与开关电源输出电压的变化关系与其他开关电源完全相反，即当开关电源输出电压升高时，取样负电压值增大，与基准电压相加后，误差电压减小，送入集成电路内部控制触发脉冲的脉宽减小，使输出电压下降。





2. TDA4601构成的开关电源

TDA4601构成的开关电源应用电路如图3-10所示。其市电输入端设有市电110/220 V转换开关 S_{601} ，在市电220 V标准输入时进行桥式整流，当输入110 V市电电压时， S_{601} 接通，则构成全波倍压整流电路，使两种供电时整流电压接近相等。

①脚为4.2 V基准电压输出端。它向外部取样电路提供基准电压的同时，向集成电路内部提供控制基准。



②脚为过零检测端。每一次触发器输出脉冲使开关管 VT_{802} 导通后，输入整流电压加在脉冲变压器 T_{801} 初级绕组⑭ - ⑯，在其磁心中存储磁场能量。当 VT_{801} 截止后，磁能复位产生感应电压，并通过次级整流管向负载供电。当磁能全部释放完毕时，各绕组感应电压过零，此过零下降沿由 T_{801} 绕组⑨端经 R_{814} 送入TDA4601②脚。TDA4601检测到过零脉冲后送入控制逻辑，使触发器允许输入下一个触发脉冲。此过零检测功能可避免 VT_{801} 在磁场势能完全释放完的情况下重复导通，因为相反方向的磁场相互抵消的过程必然使 T_{801} 初级电感减小， VT_{801} 将通过较大的冲击电流；另一作用是使开关电源可自动根据负载电流大小调整其输出脉冲占空比，从而达到自动调整输出功率的目的。故TDA4601组成的开关电源允许空载，且负载从0至100%变化情况下能维持稳定输出电压。正常工作状态，②脚有0.2 V的正电压。





③脚为误差放大器的输入端，输入与开关电源输出电压成反比的正极性误差电压。当开关电源输出电压升高时，要求③脚输入误差电压降低，并通过逻辑控制电路使触发器输出脉宽减小，以降低次级输出电压。为了达到此反相位控制的目的，该电路中将 T_{801} 绕组⑨端输出脉冲电压(与次级整流电路相位相反的脉冲)，经 V_{808} 整流， C_{810} 、 C_{811} 滤除波纹，得到负极性取样电压。为了将此取样电压变成正极性误差电压，①脚输出的+4.2 V基准电压，由 R_{807} 、 R_{812} 、 R_{813} 组成电阻矩阵，使③脚电压等于基准电压与取样电压代数之和。当负取样电压减小时，③脚得到增大的正电压，达到反相控制输出电压稳定的目的。另外由 R_{812} 、 R_{813} 和 C_{816} 组成0.2 ms的延时电路。当电源启动时，负取样电压延时0.2 ms，





使③脚电压随负取样电压的建立缓慢下降，使触发脉冲的脉宽升高，达到软启动的目的。正常时③脚电压为+2.1 V。增大③脚输入电压，以此来补偿输入电压变动时开关电源输出电压的稳定度。此外，输入电压升高自然限制了脉宽，即限制了 $V_{T_{801}}$ 平均电流的增大。此辅助控制功能，使TDA4601构成的它激式开关电源可适应大范围输入电压的变化，只要改变⑨脚VCC供电方式，即使不采用 S_{802} 转换也可输入90~270 V的输入电压。此功能也被称为开关电流虚拟电路，即指通过输入市电的变化认为开关电流与之成正比，通过控制触发脉冲占空比的方式控制由输入电压升高形成的开关电流增大。至于下一个触发锯齿波能否使触发器翻转，则受零检测的控制。同时，此功能设定的脉冲宽度还受③脚输入取样的控制。



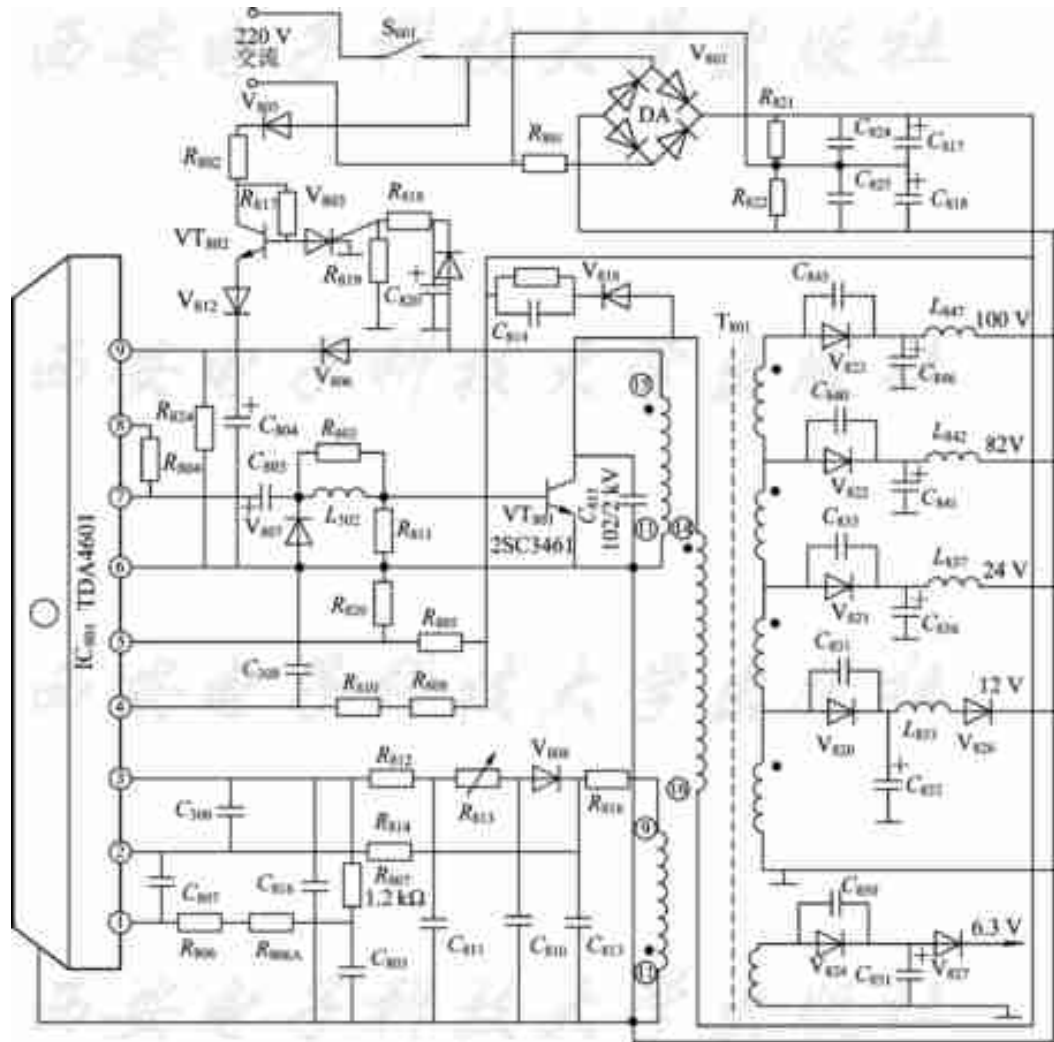


图3-10 TDA4601构成的开关电源电路





⑤脚为欠压控制保护输入端。当其保护阈值小于2 V时，关断输出脉冲。正常状态下，在220 V市电输入时，由 R_{805} 、 R_{820} 将市电整流电压分压，提供6 V左右的电压。该端的欠压保护有两种用法：一种为图中所示，对市电整流电压取样，为输入市电过低保护，其目的是在输入电压降低到下限值以下时，④脚使触发脉冲脉宽增大，同时市电输入电压过低，③脚的取样电压仍力图使输出电压稳定，其结果使开关管占空比增大，形成开关管过流热击穿；另一种用法是，对工作/启动电压取样，避免其供电电压过低形成的不稳定。正常时④脚电压为2~2.5 V。





⑥脚为接地端。

⑦脚为驱动电流检测输入端。该端与⑧脚连用，实现对开关管的过流保护。

⑧脚输出脉冲通过电阻 R_{804} ，对 VT_{801} 驱动电流 I_B 取样，取样电压送入②脚。当开关电源过载或负载短路时， VT_{801} 的 I_C 增大， I_B 则成 $1/h_{FE}$ 的比例增大，此取样电压送入⑦脚，通过内部驱动控制电路关断驱动放大器的输出。此功能为不锁定保护。若瞬间过流，则通过瞬间关断输出脉冲减小开关管导通占空比，使开关电流下降，开关电源输出电压随之下降，减小过流的危害。如果连续过流、短路，则持续关断输出，开关电源呈保护状态。正常状态下⑦、⑧脚电压均为2 V。





⑨脚为供电输入端，正常电压为7.8~18 V。TDA4601内设上限保护电路，当⑨脚输入电压超过18 V时，通过控制逻辑关断触发器的输出。

⑨脚具有启动/工作两种电压。输入进线的一端经 V_{805} 整流输出正电压，另一端经桥堆 V_{801} 的二极管DA输出负极电压，向⑨脚提供启动电压。 R_{802} 为限流电阻， VT_{802} 构成启动恒流源，以使⑨脚启动电压符合规定值。当此电压为7.8~18 V时，电路启动，⑧脚输出触发脉冲使 VT_{801} 导通，向 T_{801} 存储磁场能量，触发脉冲下降沿使 VT_{801} 截止， T_{801} 释放磁能，使其绕组⑩端产生感应电压，使 V_{806} 导通，其整流电压经 C_{804} 滤波，向⑨脚提供12 V工作电压。同时， T_{801} 绕组⑩端正脉冲还经 V_{811} 整流， C_{820} 滤波，触发晶闸管 VT_{803} 导通，使 VT_{802} 截止，切断启动供电整流电压。





3. TDA4605的功能及特点

TDA4605为双列八脚封装，内部功能比TDA4601完善。TDA4605具有小电流启动功能，只要向供电端提供大于12 V的启动电压，启动电流仅为1 mA以上，内部电路即可启动，启动后允许电压下降到7 V。如电压降到6.9 V以下，则电路停止输出脉冲。应用电路设计要求启动电压和工作电压隔离供电。启动后，启动电压下降的瞬间，工作电压立即接通，使其进入工作状态。此功能可以使TDA4605省去辅助供电电源。开关电源高压输入电压通过功率不大的电阻，使电路启动，启动后，由开关电源自身得到低压供电。TDA4605的特点如下：





(1) 驱动器供电电路内部设有稳压电路，向芯片各功能部分供电，同时输出3 V基准电压，向比较器、触发器提供基准电压。为了使内部稳压器正常工作，内部还设有供电端超压和欠压保护电路。 V_{CC} 输入超出7~16 V范围时， V_{CC} 检测电路通过逻辑控制系统关断驱动输出。

(2) 有开关电源输入电压欠压保护，以免输入电压低于下限值时，稳压控制系统输出脉冲占空比过大损坏开关管。在欠压保护电路内部还设有占空比控制电路，当输入电压的降低使占空比增大到一定程度时，启动闭锁比较器，关断输出脉冲。



(3) 有磁化电流检测电路，对脉冲变压器能量释放过程进行检测。当能量释放完毕时，允许逻辑电路发出下一个导通脉冲。

(4) 有误差比较器，将外输入取样电压与内部基准电压比较，检出误差电压，通过闭锁比较器，使逻辑电路控制输出脉冲占空比。

(5) 开关电源输入电压的过压保护采用虚拟开关管导通电流的方式进行检测。开关管导通电流与输入电压成比例，开关管导通电流与驱动电流成比例，因而将驱动电流和输入电压瞬间变动积分后比较，可虚拟开关电源初级电流的值。驱动电流在增大过程中，输入电压积分值增大，则输入电压升高将导致初级电流增大，此时通过闭锁比较器提前关断驱动脉冲。

(6) 设计为驱动MOSFET开关管，用于输入功率200 W以下的它激式开关电源的驱动。





4. TDA4605构成的开关电源

TDA4605被广泛用于开关电源中，其外电路比多路PWM控制的自激式开关电源简单。TDA4605构成的开关电源见图3-11，次级电路省略， VT_{801} 为MOSFET开关管， T_{802} 为脉冲变压器， IC_{801} 为驱动控制器TDA4605。该开关电源因负载变动率极小，故采用间接取样方式。



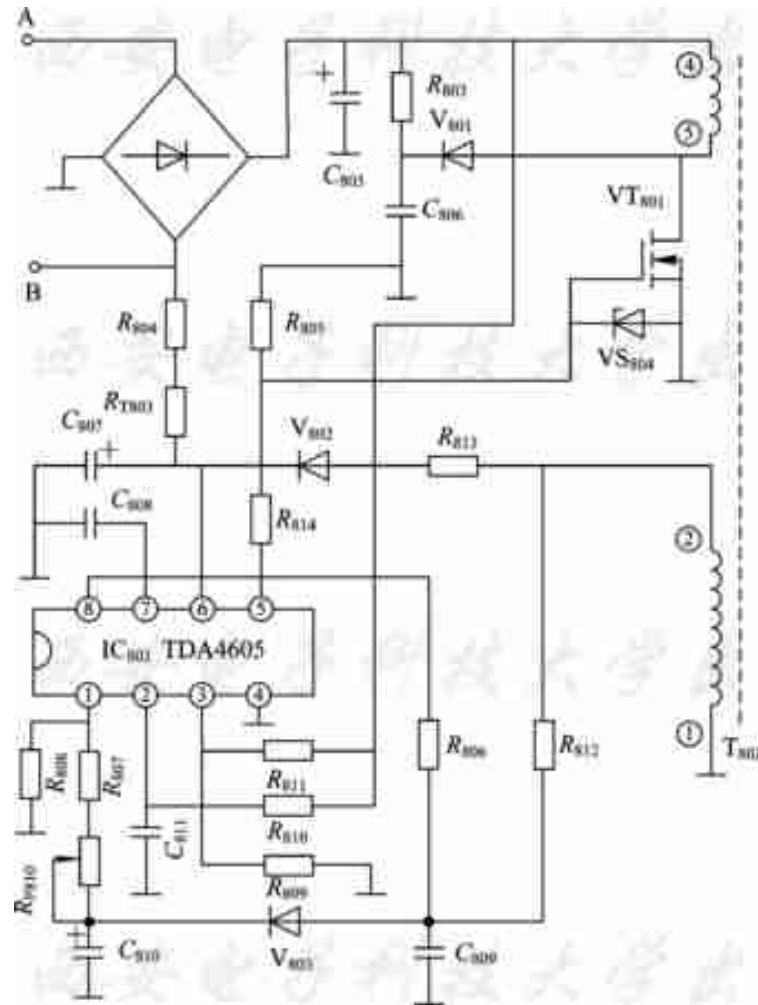


图3-11 TDA4605构成的开关电源





TDA4605各脚功能及外电路如下：

①脚为取样电压输入端。 T_{802} 辅助绕组①-②的感应脉冲经 V_{803} 整流， C_{810} 滤波形成直流电压，经 R_{P810} 、 R_{807} 和 R_{808} 分压作为取样电压输入IC801①脚。调整 R_{P810} ，可以改变开关电源输出电压值。

②脚为开关管导通电流限制电路端，输入整流电压由 R_{P810} 、 C_{811} 积分。当开关管截止时，②脚内部电路使 C_{811} 放电，充电电压降低到1 V以下，控制电路使放电电路关断，同时发出驱动脉冲，开关管开始导通， C_{811} 通过 R_{810} 充电。当充电电压上升到3 V时，开关管截止， C_{811} 放电。充电电压在1~3 V期间为开关管导通期。当市电输入电压升高时， C_{811} 充电时间加快，开关管导通期缩短，减小开关电源初级电流，使输出电压稳定。该功能可以理解为输入电压超压保护，只是方法不同。



③脚为输入整流电压取样输入端。当分压值使③脚电压小于1 V时，欠压保护电路动作关断输出脉冲。当输入电压上升使③脚电压超过1.7 V时，②脚的过电压保护动作限制开关管导通时间。

④脚为共地端，即 V_{CC} 负极端。

⑤脚为驱动脉冲输出端。 R_{814} 为隔离电阻，以免MOSFET管的G、S极间电容影响输出波形。 R_{805} 和稳压管 VS_{804} 限制驱动脉冲的幅度，防止击穿 VT_{801} 栅-源极。





⑥脚为启动/工作电压输入端。220 V交流输入的A端经桥式整流器一臂半波整流，输出负极接地。B为半波整流的正极输出，经 R_{804} 、正温度系数热敏电阻 R_{T803} 降压， C_{807} 滤波输入⑥脚作为启动电压。 T_{802} 辅助绕组①-②的脉冲经 V_{802} 整流， C_{807} 滤波作为工作电压。由于 R_{T803} 通电后阻值迅速增大，在电路启动后进入阻断状态，启动电路不工作。 R_{T803} 采用PTC(正温度系数热敏电阻)，有防止连续开/关机的保护作用。开机后， R_{T803} 保持一定温升，使其阻值增大，关机后难以立即下降为室温，此时若立即开机，因启动电压不足电路不能启动，待几分钟后，PTC降至室温才能重新启动。



⑦脚外接软启动电容。开机时，软启动电容 C_{808} 充电电流较大，输出脉冲占空比较小，随充电电流的减小缓慢达到额定值。按TDA4605设计， C_{808} 为 $0.22 \mu\text{F}$ ，启动过程时间为 $220\sim 300 \text{ms}$ 。

⑧脚为感应脉冲过零检测输入端。 T_{802} 辅助绕组①-②输出脉冲电压，经 R_{812} 、 C_{809} 滤除高次干扰脉冲，经 R_{806} 引入⑧脚，当感应脉冲下降时，使逻辑控制部分触发器复位。





TDA4605还可用于光耦合器隔离传送的次级输出直接取样方式，此状态下，①脚外电路变化如图3-12所示。次级输出电压由 R_{825} 、 R_{P801} 与 R_{829} 分压，使取样电压在2.5 V左右，由TL431检出误差电压，控制光耦合器 V_{803} 的发光二极管电流。TDA4605⑥脚 V_{CC} 电压经 V_{803} 次级 R_{818} 、 R_8 分压送入①脚，将 V_{803} 次级内阻的变化形成电压变化，控制输出脉冲占空比。当次级输出电压升高时， V_{803} 次级内阻降低，①脚电压随之升高，使输出电压稳定。这其中关键是，无论直接取样还是间接取样，在开关电源正常工作于稳压状态时，只要TDA4605①脚电压在400 mA左右变化，即可实现电压稳定。



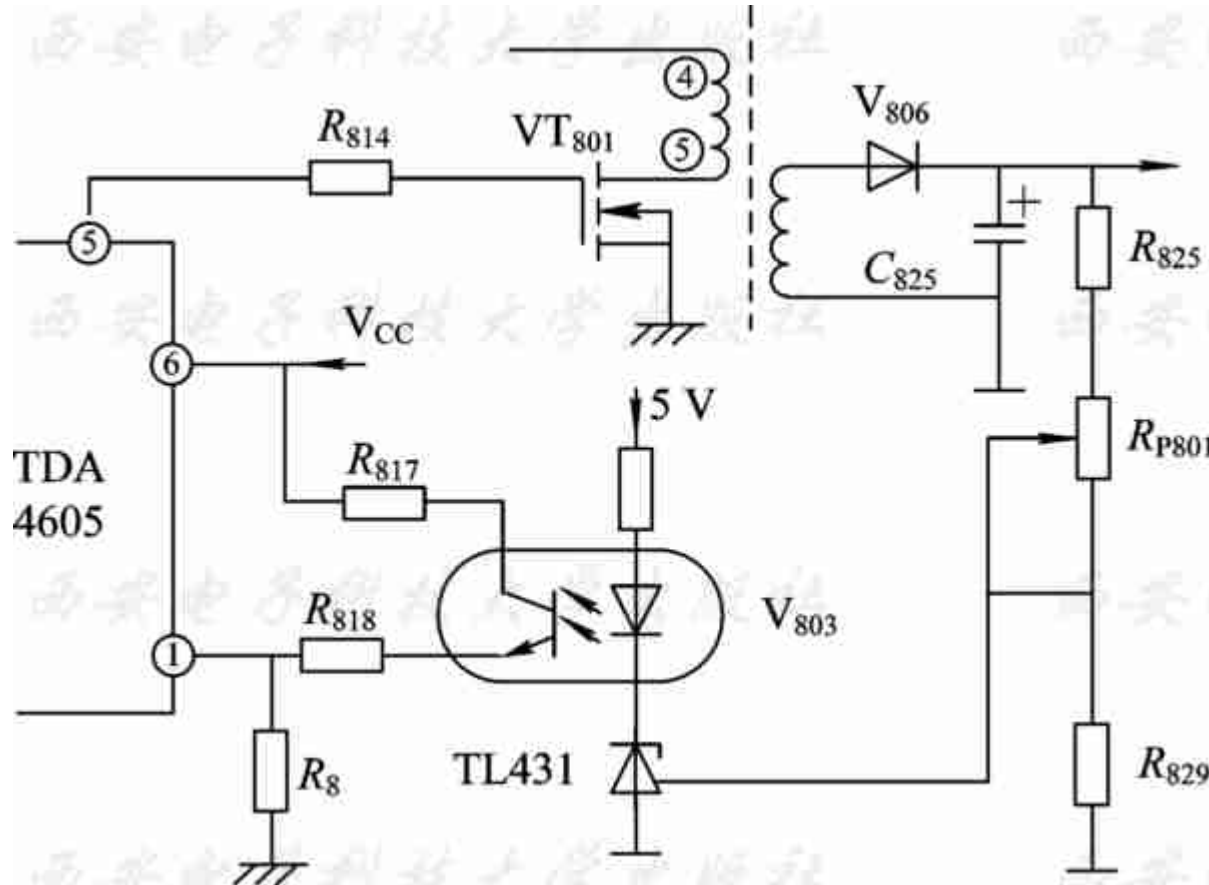


图3-12 TDA4605直接取样方式





TDA4605组成的开关电源允许负载电流大范围变化，当负载电流很小时，脉冲变压器能量释放电流也小，⑧脚检测脉冲下降沿的时间间隔变长。在此期间，即使控制系统发出触发电平，逻辑电路处于关闭状态，也不会输出驱动脉冲，直到⑧脚检测到脉冲下降沿以后，才会发出下一个开关管导通驱动脉冲。因此，当负载电流极小甚至开路时，取样稳压系统失去作用，TDA4605和开关管变成窄脉冲变换器，输出电压为高内阻电压源。此功能特别适用于有待机功能的电器，在待机控制电路中不用对开关电源进行任何控制，只关断负载即可，而窄脉冲振荡状态下，由于开关电源功耗极小，仍可以向待机控制系统提供5 W 以下的待机电源。





3.2.4 大电流电源

它激式开关电源以其优越性，广泛用于推挽式、半桥式、全桥式开关电路中，组成千瓦以上的开关电源或变换器。但是，它激式开关电源电路较复杂，且无负载过流、短路保护功能，若要实现此保护功能，必须设计比驱动电路还复杂的外设保护电路。

自激式开关电路相对来说较简单，具有负载短路保护功能，因此目前仍被小功率家用电器所采用。但是，自激式电路输出功率有限，稳压性能也差，同时自激式变换电路的启动电路是不可控的，固定接于开关管基极电路中，开机即有启动电流，不仅使开关电源效率降低，可靠性也极差。





开发的新型开关电源将它激电路与自激电路结合在了一起，发挥了各自的优势。这种电源的工作方式是：开关管基极接入适当的正反馈电路，但无启动直流电流加入。为了使开关电源能启动，外设可控锯齿波发生器的输出脉冲使开关管产生初始触发电流，作为启动电流，随即锯齿波下降为零。开关管启动后，正反馈电路作用使其进入饱和区，由定时电路设定的脉宽完成一个导通到截止的周期。开关管截止后，必须由锯齿波发生器提供下一个启动脉冲，开关管才能开始下一个周期的导通过程。因而，通过对触发脉冲的控制，可以实现逐周控制，大范围地调整驱动脉冲的占空比，以达到精密的大范围稳压，而且通过对触发脉冲的控制，还可以实现多种保护功能。L4970A是一种性能较好的控制芯片，可用来设计这种自激它激相结合电源。





1. L4970A 的特点

L4970A可直接输出大电流，具有过流、过热、软启动等完备的保护功能。用它设计的电源，可靠性很高。

L4970A的主要性能特点如下：

(1) 输出电流大，最大可达10 A，适宜制作200~500 W的大功率开关电源。

(2) 开关频率高，可达400 kHz，一般选200 kHz，从而提高电源效率，减小滤波电感体积。

(3) 输入、输出压差低，可降到1.1 V左右，自身耗能低，电源效率高。在 $U_i=50\text{ V}$ ， $U_o=40\text{ V}$ ， $I_o=10\text{ A}$ 的条件下，电源效率可达90%以上。



(4) 输入电压范围宽，正常值为15~50 V，极限值为11~55 V。输出电压控制灵活，可在5.1~40 V范围内连续调整。

(5) 除软启动、限流保护、过热保护等完善的保护电路外，还增加了欠压锁定、PWM锁存、掉电复位等电路。

(6) 误差放大器的开环增益大于60 dB，电源电压抑制比PMRR=80 dB，输入失调电压为2 mV。



2. L4970A的工作过程

如图3-13所示，L4970A芯片内部由基准电压源、锯齿波发生器、40 kHz振荡器、误差放大器、PWM比较器、PWM锁存器、驱动级、DMOS开关管、两级或门构成的触发器、或非门、欠压检测电路、限流取样电阻 R_8 、过热保护电路、软启动电路以及掉电复位电路等组成。L4970A工作过程如下：首先把输出电压 U_o 经 R_1 、 R_2 和 R_p 组成的取样电路提供的反馈电压 U_f 和5.1 V基准电压进行比较，产生误差电压 U_r ，再将 U_r 和 U_i 进行比较获得PWM信号。该信号经或非门驱动功率管，最后利用外接的L、V、C构成的降压输出电路得到稳定的输出电压。在图中，将输入电压 U_i 加到锯齿波发生器上，目的是提供一个前馈信号，使器件在很宽的输入电压范围内具有良好的稳压性能。



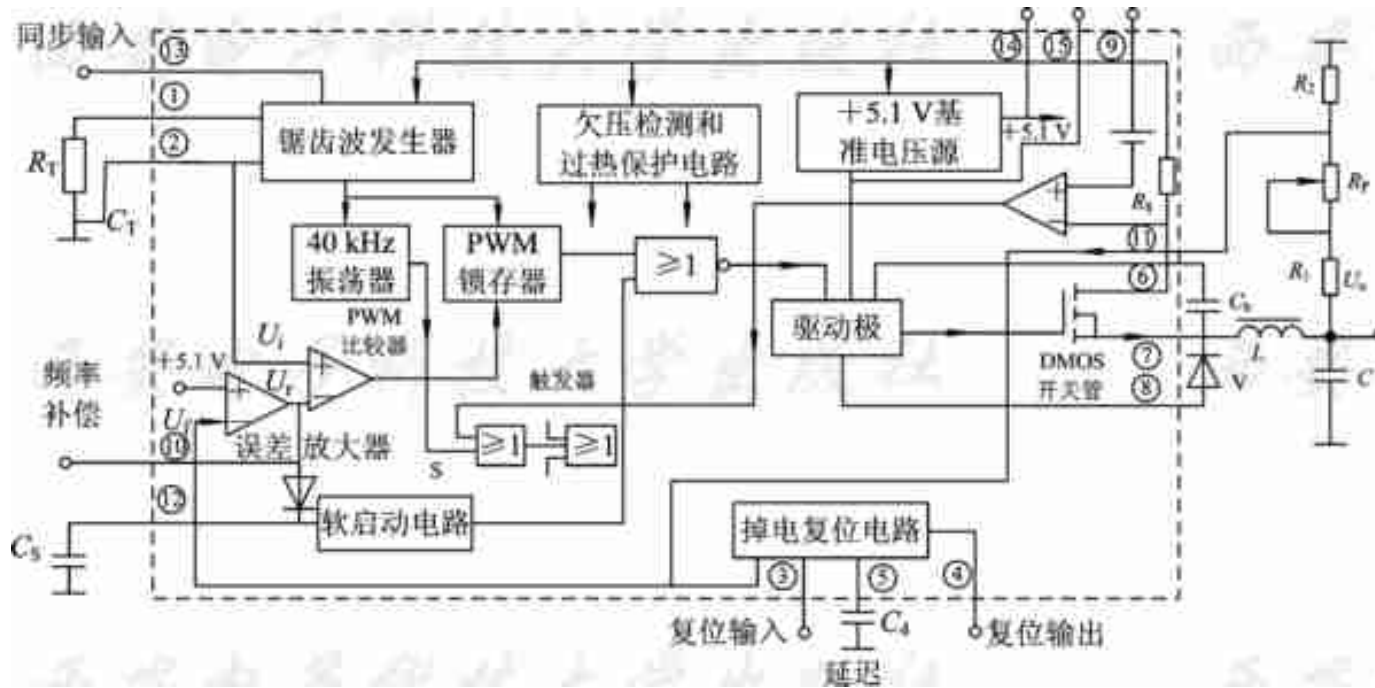


图3-13 L4970A内部原理框图



3. 关键元件参数的选择

当开关频率 f 选定为100 kHz时，要求定时电阻 R_T 取16 k Ω ，定时电容 C_T 取4.7 μ F。电路输出电压表达式为

$$U_o = (R_1 + R_p + R_2) \times \frac{5.1}{R_2} \quad (3-3)$$

式中： R_2 取4.7 k Ω ， R_1 取20 Ω ，电位器 R_p 的取值视输出电压的大小和调整范围而定，最大不超过40 k Ω 。开关频率100 kHz时自举电容 C_b 为0.33 μ F。储能电感 L 一般取40~150 μ H。





4. 由L4970A构成的10 A输出电源

由L4970A构成的10 A输出电源是为某微波装置的电源系统设计的，其电路如图3-14所示。有10 A输出且电压在5.1~40 V之间的可调稳压。开关频率 f 的大小由 R_4 、 C_9 的参数确定。LED用于正常输出指示。 C_1 、 C_2 为输入滤波电容。 R_1 、 R_2 构成分压器，以设定复位阈值电压 U_R 。图中 U_R 设定为11 V，即 $U_R \leq 11$ V时，输出电压 U_0 为0 V。 C_3 、 C_4 分别是芯片内部+12 V和+5.1 V基准电压滤波电容。 C_5 为软启动电容， C_6 为复位延迟电容。 C_8 、 R_3 是频率补偿网络。 C_7 用于高频补偿。 C_{10} 为自举电容。V是续流二极管，采用20 A / 80 V肖特基管。 C_{11} 和 R_5 构成吸收网络，用以限制储能电感 L 在内部功率开关管关断瞬间产生的尖峰电压和 du/dt ，保护功率管和续流二极管不被损坏。 C_{12} 为输出滤波电容。 R_{p1} 、 R_8 和 R_9 构成分压器，为⑨脚提供反馈电压 U_f ，以确定输出电压 U_0 的大小。调整电位器 R_{p1} 可使输出电压 U_0 在5.5~40 V之间变化。经实用，当该电源的输出电压大于20 V时，电路效率在90%以上，整个电源的体积要比用线性器件时缩小1/3。

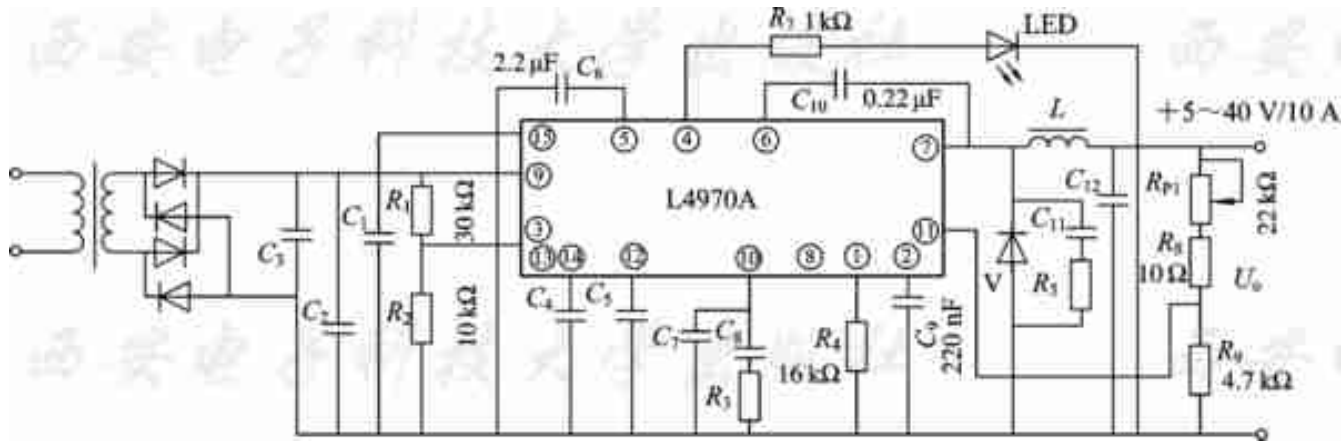


图3-14 10 A输出电源电路原理图





3.3 STR系列集成变换电路

它激式驱动开关厚膜集成电路，如STR-S67××系列，其结构采用内附开关管的厚膜工艺，将开关器件和驱动电路合成为一体，具有使用方便的特点。以下分析几种典型的STR系列集成变换电路，说明其功能及应用方法。





3.3.1 STR-S67××电路

STR-S6708/6709为第一代它激式开关电源厚膜集成电路，内部设有脉宽可控振荡器，振荡频率由R2、C2、C3设定。振荡器的脉宽由内部稳压器和⑦脚外接分压电路经R1控制。芯片内部有脉冲放大器和开关管。STR-S6708适用于100 W以下的开关电源，而STR-S6709适用于100~150 W的开关电源。STR-S6708/6709在开关电源的应用电路见图3-15。

STR-S6708/6709各脚功能如下：

①脚为开关管集电极引出端，经电感 L_{806} 、 L_{805} 接入脉冲变压器 T_{861} 绕组⑥端。 T_{861} 绕组⑨端由整流器提供正极性电压。

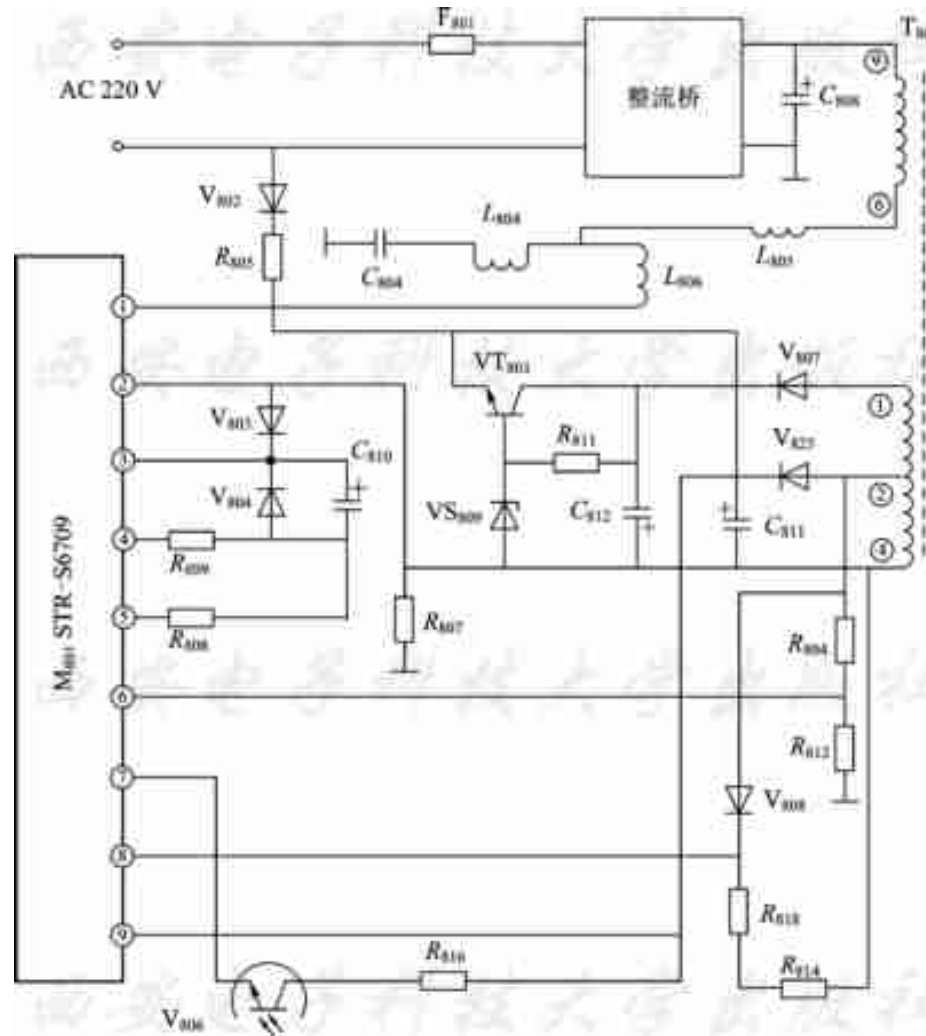


图3-15 STR-S6708 / 6709在开关电源的应用电路



②脚为开关管发射极引出端，经电流取样电阻 R_{807} 接地。

③脚为开关管基极引出端。 M_{801} (STR-S6709)⑤脚输出的PWM脉冲，经 R_{808} 电流取样，再经耦合电容 C_{810} 进入③脚。

④脚为过电流保护端。 R_{810} 对驱动脉冲电流取样形成的电压，经 R_{809} 送入④脚，控制⑤脚的输出驱动脉冲。当开关电源过载或短路时，STR-S6709内部的开关管的电流增大，反馈至④脚的取样电压也增大，使⑤脚无驱动脉冲输出。这是它激式开关电源中独特的短路保护。

⑤脚为驱动脉冲输出端，输出占空比极小的PWM脉冲，以保证遥控系统正常工作。



⑥脚为脉冲峰值过电压保护输入端。 T_{861} 绕组②-④输出脉冲电压经 R_{812} 、 R_{204} 分压，送入⑥脚。当分压后的脉冲峰值超过 M_{801} 内部基准电压时，振荡器瞬间停振，待高脉冲峰值过后再继续振荡。

⑦脚为PWM控制输入端。该端输入电流构成内部振荡电容的辅助充电电流。当输入电流增大时，电容充电时间变短，使输出电压降低。输入电流由光耦合器 V_{806} 的光敏三极管控制。 V_{806} 的供电由 T_{861} 绕组②-④输出脉冲电压经 V_{825} 整流和 C_{811} 滤波后供给。





⑧脚为电压保护控制端。当该端输入电压升高到一定值时，内部反相器输出电压，使⑤脚的输出驱动脉冲被关断。 T_{861} 绕组②-④输出脉冲电压经 V_{808} 整流， R_{818} 、 R_{814} 分压，送入⑧脚，以防止PWM控制系统失效使输出电压超高。

⑨脚为启动/工作电压供电端。交流输入电压经 V_{802} 整流， R_{805} 限流，对 C_{811} 充电。当充电电压高于7 V时，电源启动，⑤脚输出驱动脉冲。同时， T_{861} 绕组②-④输出脉冲电压经 V_{825} 整流，向⑨脚提供工作电压。内部稳压器将该电压限制在8.5 V。



开关电源次级及控制电路见图3-16。 V_{810} 为取样误差放大器，其内部取样电阻分压比已固定，控制的输出电压为125 V。为了得到该机所需的129 V，在取样输入端串联接入电阻 R_{832} ，以提高分压比。

T_{861} 绕组 ⑰ - ⑱ 输出脉冲电压，经 V_{861} 整流、 C_{829} 滤波，输出129 V，送到行输出级。当输出电压升高时，取样电压也升高， V_{810} ②脚电流增大， V_{806} 的发光二极管和光敏三极管电流也增大， M_{801} ⑦脚电压升高，使开关管导通时间缩短，输出电压降低。



该机有电源待机功能。正常工作状态为它激式PWM开关电源，待机状态时通过脉宽控制，使脉冲占空比变得极小，从而使输出电压急剧下降。正常工作状态时， T_{861} 绕组⑯-⑰输出电压约70 V，经降压送到 V_{806} 和待机控制电路 VT_{802} 、 VT_{804} 、 VT_{861} 、 VT_{862} 等。待机状态时，CPU输出低电平，分为两路：一路使 VT_{861} 截止， VT_{862} 饱和，将稳压管 VS_{805} 的8.2 V电压短路，行振荡无供电电压，行扫描停止工作；另一路使 VT_{804} 截止， VT_{803} 导通，使 V_{806} 发光二极管的电流增大， M_{801} ⑦脚电压大幅度上升，开关管振荡形成极窄的脉冲，各组输出电压大幅度下降。





各组输出电压降低的同时，为了维持 M_{801} 的正常工作，电路中加入开关管 VT_{801} ，以使 M_{801} ⑨脚电压不低于7 V，见图3-15。正常工作时， T_{861} 绕组①-④输出脉冲电压高于绕组②-④的输出电压， C_{812} 上的直流电压为60~70 V，稳压管 VS_{809} 将 VT_{801} 基极电压钳位于其稳压值7.5 V。由于 VT_{801} 发射极与 C_{811} 正极相连， C_{811} 上有8 V以上的电压，因此 VT_{801} 截止， M_{801} ⑨脚由 C_{811} 供电。待机状态时， VT_{801} 的发射极电压下降到2 V左右，但 C_{811} 上的直流电压仍为16 V以上，故 VT_{801} 导通，向 M_{801} ⑦脚提供7 V待机电压。





3.3.2 STR-M65××电路

STR1M系列内附MOSFET开关管，可将其驱动脉冲的频率提高到50~200 kHz，使开关电源的效率和可靠性都大幅度提高。STR-M系列中，STR-M6529F04适用于100 W以上的开关电源，STR-M6545 / 6559适用于100 W以下的开关电源。

STR-M6529F04在开关电源的应用电路见图3-17，其各脚功能如下：

①脚为开关管漏极引出端，经脉冲变压器 T_{801} 绕组①-②接输入整流器，输出+300 V电压。



②脚为开关管源极引出端，外接电流取样电阻 R_{809} 、 R_{810} 。

③脚为接地端。

④脚为过电流保护输入端。通过电阻 R_{809} 、 R_{810} 的电流取样送入④脚控制振荡器。

⑤脚为供电端，内接启动电路、过电压保护电路和稳压电路等。启动电压为8 V。当供电电压超过24 V时，内部过电压保护电路动作，使振荡器停振。

⑥脚为PWM控制输入端，内接振荡器，当该端电压升高时，振荡脉宽变窄，使输出电压降低。



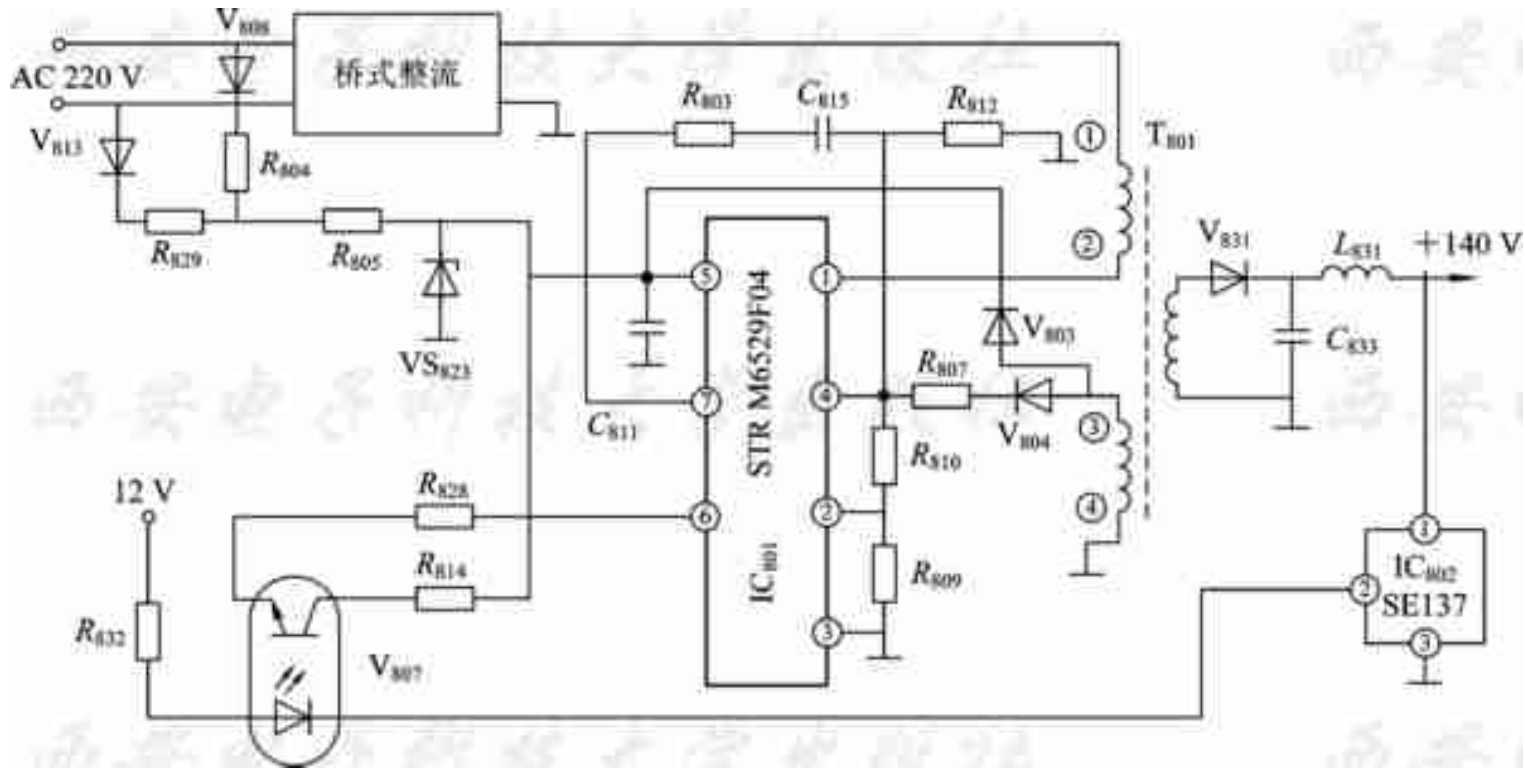


图3-17 STR-M6529F04在开关电源的应用电路





⑦脚为脉冲过电压保护输入端。当该端输入脉冲电压超过4.7 V时，内部触发器动作，使振荡器停振。因为其内部有锁定电路，一旦动作后，即使电路恢复正常也保持锁定状态，只有关机后再开机才能重新启动。

在图3-17中，交流电压经桥式整流、滤波，产生+300 V电压，再经 T_{801} 绕组①-②加到STR-M6529F04的①脚，同时，交流电压经 V_{808} 、 V_{813} 整流， C_{811} 滤波，送到⑤脚作为启动电压。开关电源启动后， T_{801} 绕组③-④输出脉冲电压，经 V_{803} 整流， C_{811} 滤波，向⑤脚提供+15 V工作电压，这时启动电路不再起作用。 V_{823} 为钳位二极管，以防止脉冲电压峰值超过22 V而损坏 IC_{801} 。



该电源中设有多种保护电路。当输出电压+140 V升高时，IC₈₀₂ ②脚电位降低，光耦合器V₈₀₇发光二极管电流增大，光敏三极管的电流也增大，IC₈₀₁ ⑥脚电位升高，内部振荡脉宽变窄，使输出电压下降。当开关管电流过大时，取样电阻R₈₀₉、R₈₁₀上的电压降增大，通过R₈₁₁使④脚电位升高，其内部振荡器停振。当输入电压升高或稳压系统出故障时，T₈₀₁绕组③-④输出脉冲电压也会升高，当此电压超过4.7 V时，经V₈₀₄、R₈₀₇、C₈₁₅送到IC₈₀₁ ⑦脚，其内部触发器翻转，使振荡器停振。此外，当IC₈₀₁ ⑤脚工作电压超过24 V，或芯片温度过高时，保护电路也会动作。

T₈₀₁次级输出电压经V₈₃₁整流，C₈₃₃滤波，输出+140 V，供给行输出电路。



3.3.3 STR-M6811A电路

1. 大功率厚膜集成电路STR-M6811A

开关电源的变换器、驱动器、稳压控制系统以及大功率MOSFET开关管等，全部被集成在厚膜集成电路STR-M6811A内部，见图3-18。图中虚线框内的集成化芯片包括振荡器、驱动电路，以及由或门、锁定电路等组成的过电压、过电流、芯片超温保护电路，在供电输入端设有启动控制电路，即使由输入整流电压降压启动，也不必使用大功率降压电阻，启动后立即进入工作状态。因此STR-M6811A无需为它激驱动部分提供另设的供电电源。

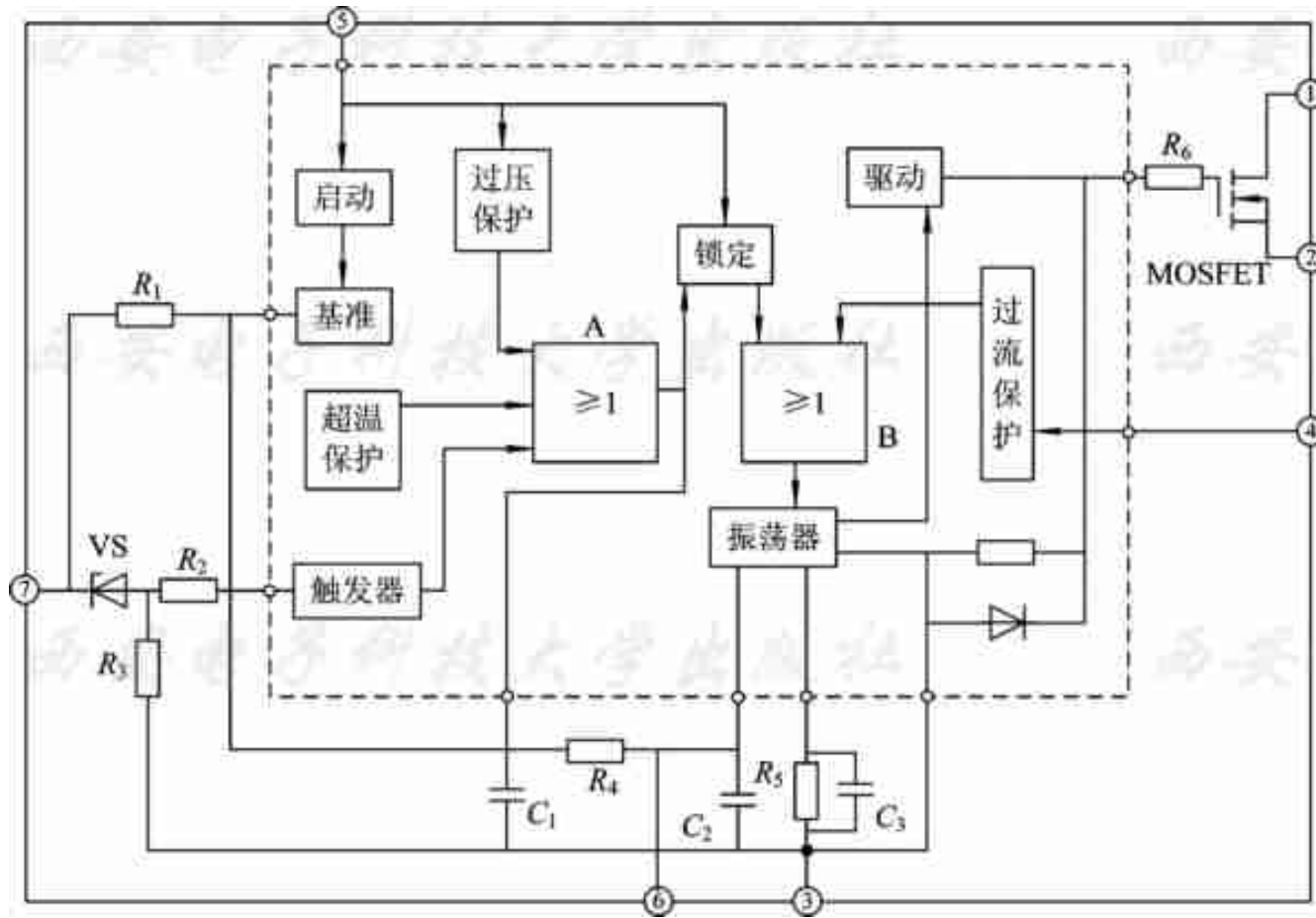


图3-18 STR-M6811A的内部电路





集成化芯片内部还有基准电压产生电路，为振荡器提供稳定的基准电压。为了使各种保护输入都能控制振荡器工作状态，集成化芯片内部设有A、B两组或门。当或门B输出高电平时，振荡器停振。或门A有三个输入端：一为芯片供电的过压保护输入，二为芯片超温保护输入，三为触发器的保护输入。当芯片温度超过 125°C 时，温度传感器输出高电平；当其⑤脚供电电压超过 36 V 时，过电压保护电路输出高电平。三输入端呈高电平，或门A便输出高电平并通过锁定电路使振荡电路停振，即使输入保护高电平消失，或门A仍锁定于高电平输出状态，通过或门B使振荡器停振。欲解除保护状态，必须关断输入，重新启动。





或门B的另一输入端设计用作外电路保护高电平输入控制端，通常用低值电阻对开关管源极电流取样，由取样电压控制或门B，所以该输入端④脚常用于过流保护。该输入端在改变外电路后，也能作为任意一组输出的过压保护。需要注意的是，该端保护是非锁定的，即取样高电平消失后，振荡器仍能恢复输出驱动脉冲。在开关管导通期间，在导通电流上升到大于阈值的瞬间，振荡器立即关闭，下一个导通周期继续工作，以通过提前关断驱动脉冲的方式迫使开关管源极电流下降。





STR-M6811A内部图中虚线框外为厚膜结构的辅助电路和开关管。开关管为MOSFET加强型场效应管，其 U_S 为1100 V， I_{DS} 为12 A。开关管的漏、源极由①、②脚引出。⑦脚内接的电阻作为对内部基准电压的取样保护。当基准电压超过规定值时，稳压管VS击穿，触发器动作输出高电平，通过或门A、B使振荡器停振。VS负极由⑦脚引出，以输入外电路电平控制。通电后，基准电压对内部定时电容充电，充电电流形成对数上升曲线，构成驱动开关管导通的脉冲。⑥脚为振荡电路引出端，可通过外接光耦合器控制振荡器的导通时间，改变输出脉冲的占空比，从而达到稳压的目的。



2. STR-M6811A在开关电源的应用

STR-M6811A在开关电源的应用电路如图3-19所示。开关变压器 T_{901} 和厚膜集成电路 IC_{901} 组成可控的DC/AC变换器，将输入整流后的直流电压变成可控占空比的高频脉冲。开机后， IC_{901} ⑤脚经电阻 R_{906} 得到由输入经桥堆 V_{901} 一臂半波整流后提供的电压。随着 IC_{901} 启动， IC_{901} 内部振荡器开始输出脉冲，使开关管导通， T_{901} 的绕组①-③中有电流通过。正向驱动脉冲过后，开关管截止， T_{901} 释放磁场能量在各次级绕组产生感应电压，各二极管导通，向负载提供额定电压。同时， T_{901} 附加绕组⑧-⑨输出脉冲电压经整流滤波得到约24 V电压，向 IC_{901} ⑤脚提供工作电压。 T_{901} 另一附加绕组⑦-⑨输出脉冲电压经整流滤波得到约60 V电压，此电压送入串联稳压调整管 VT_{901} 集电极，控制其发射极输出21.4 V电压接 IC_{901} ⑤脚。正常状态下，⑤脚由 V_{905} 提供24 V电压，而 VT_{901} 发射结反偏截止， VT_{901} 等组成的串联稳压输出电压无作用。



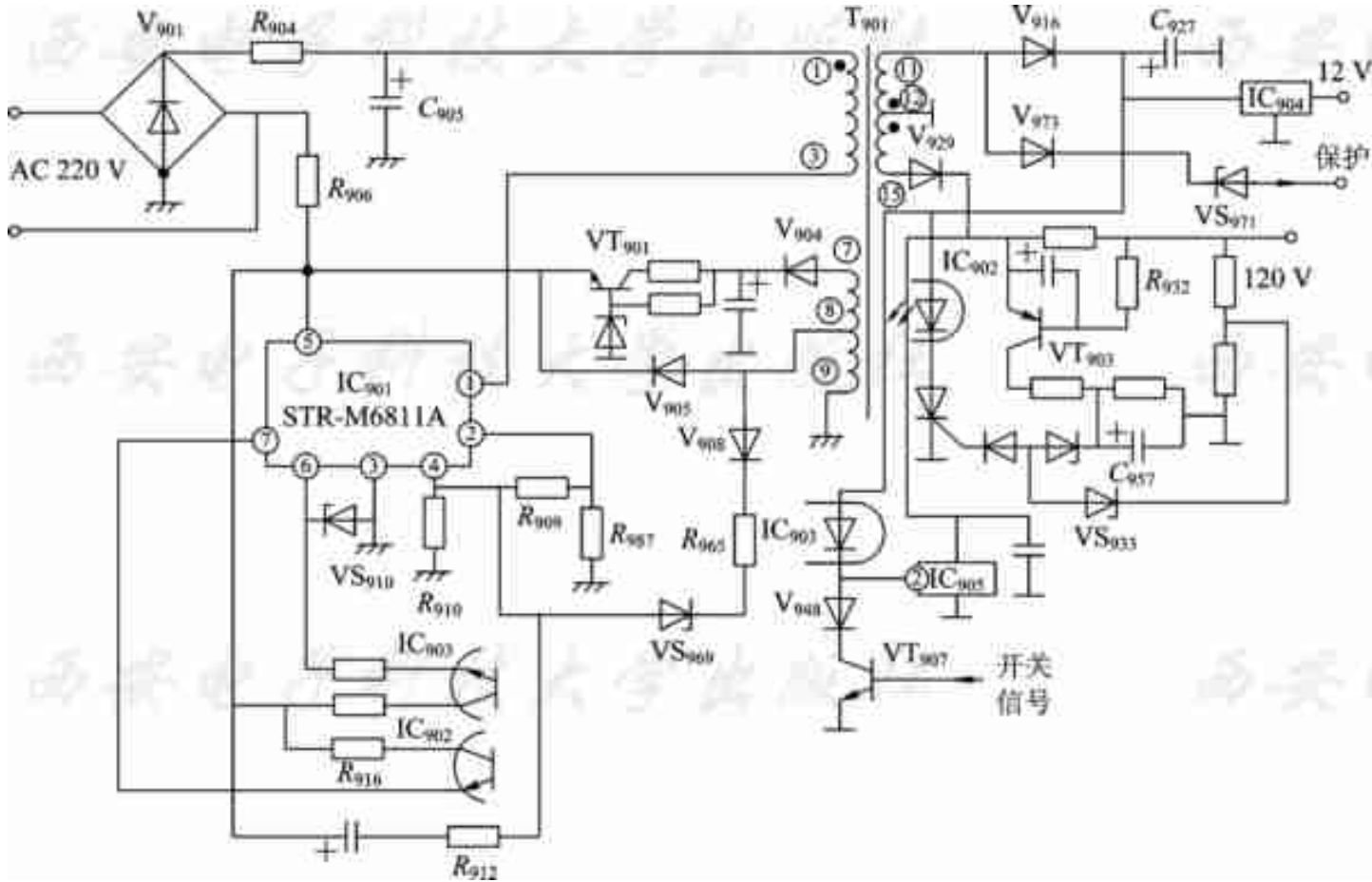


图3-19 STR-M6811A在开关电源的应用电路





IC₉₀₁进入正常状态后，开关电源变换器受次级取样系统的控制，次级各绕组输出稳定的额定电压。IC₉₀₁②脚为内部开关管源极，通过外接电阻 R_{987} 接输入整流器负极。开关管源极电流的取样值经 R_{909} 、 R_{910} 分压送入④脚，对开关管作过流限制。当开关管电流上升到设定阈值时，通过④脚内部或门B瞬间关断驱动脉冲，使开关管电流下降。

IC₉₀₁⑥脚为稳压控制端。通过三端取样放大电路IC₉₀₅ (SE120N)对次级行扫描供电120 V 取样放大，经光耦合器IC₉₀₃控制 IC₉₀₁⑥脚电压变化，改变驱动脉冲占空比，进而调节T₉₀₁次级各绕组输出电压。



当 IC_{901} ⑦脚呈高电平时，内部振荡器闭锁停振。当 IC_{902} 次级光敏三极管导通时， IC_{901} ⑤脚供电电压通过 R_{916} 、 IC_{902} 次级，使⑦脚得到高电平，开关电源保护性停振，无电压输出。

T_{901} 绕组⑧端所接二极管 V_{908} ，将其附加绕组⑧-⑨输出脉冲整流取样，经电阻 R_{965} 限流，通过稳压管 VS_{969} 引入 IC_{901} ④脚，实现对该绕组脉冲电压峰值进行取样。当脉冲峰值过高时，瞬间关断驱动脉冲，以限制开关管的峰值电压。





待机状态下，初级电路处于窄脉冲振荡的它激式变换器状态，驱动脉冲的占空比大幅度减小，使 T_{901} 次级各组输出电压降低到额定值的 $1/3$ 以下，同时还断开行前级电路的供电，使电视机暂停工作。此时 120 V 输出电压降低为 40 V 左右， IC_{905} 截止， IC_{903} 次级处于截止状态，迫使 IC_{901} ⑥脚电压大幅下降，控制驱动脉冲占空比减小。由于 T_{901} 所有绕组的脉冲占空比都减小，附加绕组⑧-⑨的感应电压同时下降到 20 V 以下。为了保证待机状态下 IC_{901} 工作状态稳定，此时 VT_{901} 正偏导通，其发射极输出稳压后的 21.4 V 电压向 IC_{901} ⑤脚供电，整流管 V_{905} 反偏截止。





3.4 TOP系列集成开关电源

TOP系列电源为美国POWER INTEGRATION 公司生产的集成开关电源，具有集成度高、性价比高、外围电路简单、性能指标佳以及能构成高效率无工频变压器的隔离式开关电源等优点，目前已成为国际上开发中、小功率开关电源，精密开关电源及电源模块的优选集成电路。由它构成的开关电源，在成本上与同等功率的线性稳压电源相当，但电源效率显著提高，体积和重量则大为减小。以上特点为新型开关电源的推广与普及创造了良好条件。本节以TOPSwitch系列为例，分析应用方法。





3.4.1 TOPSwitch系列三端开关电源

图3-20所示为TOPSwitch系列三端开关电源的管脚形式。TOPSwitch系列三端开关电源内部集成了振荡器、脉宽调制器、负载过电流保护、输入过电压/欠电压保护、 $U_S > 700\text{ V}$ 的MOSFET管、芯片恒流供电电路等，具备了单端它激式开关电源的所有功能。TOPSwitch系列封装形式有TO-220的三端器件式和DIP-8的八脚双列式两种基本形式，但实际上却是一个三端器件。这三个脚的含义是：

源极S：连接内部MOSFET的源极，同时也是TOP开关及开关电源初级电路的公共接地点及基准点。





漏极D：是内部MOSFET的漏极，也是内部电流的检测点。该点内部有一电流源提供芯片偏置电流。

控制极C：误差放大电路和反馈电流输入端，利用控制电流调节占空比。



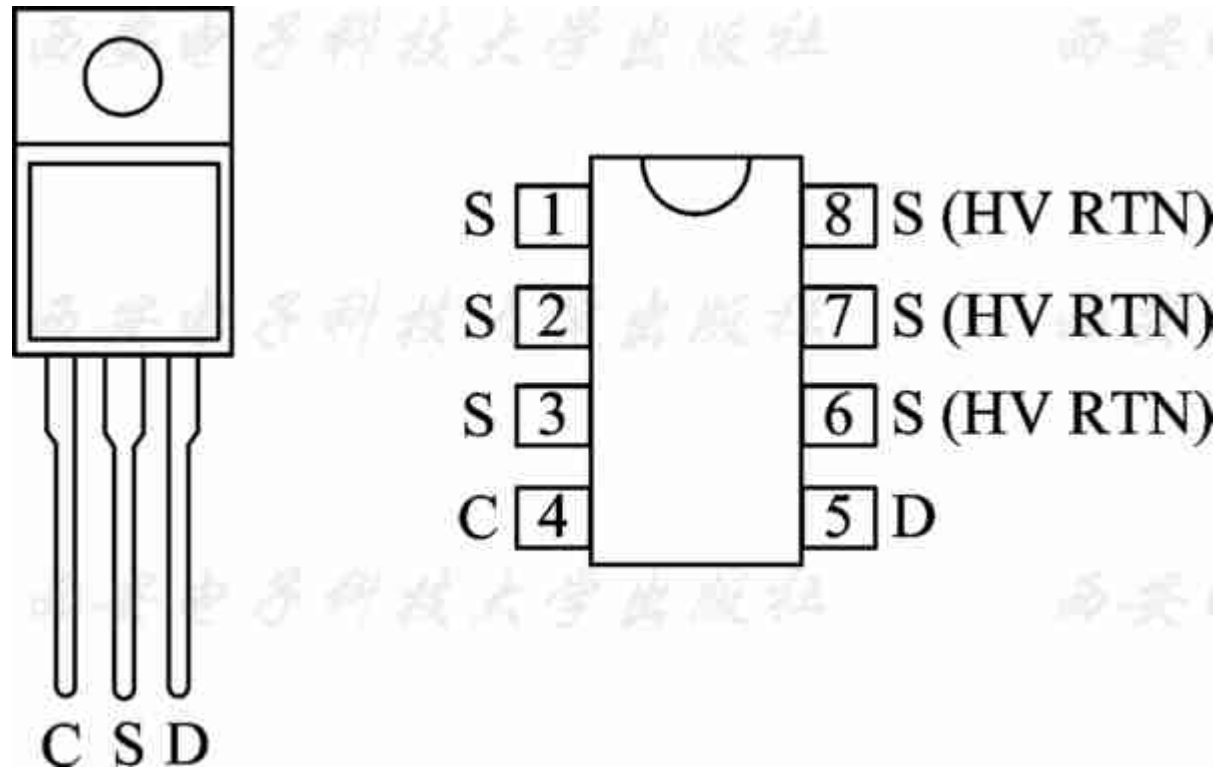


图3-20 TOPSwitch系列三端单片开关电源的管脚形式



3.4.2 TOPSwitch系列的结构

TOPSwitch芯片的内部结构如图3-21所示，电路采用CMOS制作工艺，内置MOSFET功率开关管。TOPSwitch芯片特别适宜制作功率不大于100 W的小型电源。TOPSwitch芯片有多种型号，由于型号和功率不同，其封装形式也不同。



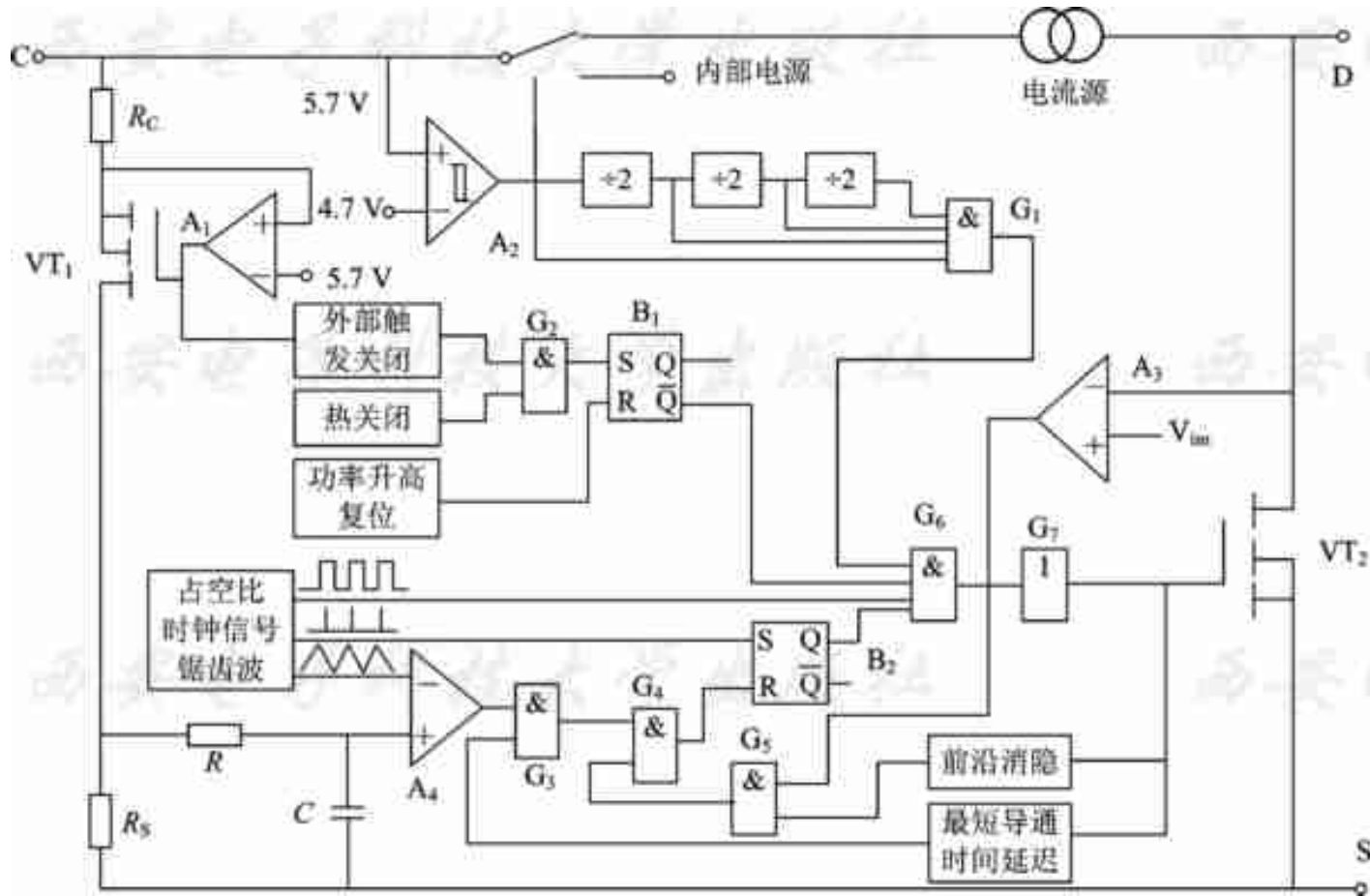


图3-21 TOPSwitch芯片的内部结构





TOPSwitch芯片的开关频率为100 kHz，开关管占空比由C脚电流以线性比例控制。电路启动时，由漏极经内部高压电流源为C脚提供工作电压 U_C ，实际电路中C脚外部应接入电容，以电容的充电过程控制 U_C 逐步升高，完成电路的软启动过程。TOPSwitch芯片的PWM反馈控制回路由 R_C 、采样电阻 R_S 、比较器 A_1 和 VT_1 等元件组成。控制极电压 U_C 为控制电路提供电源，同时也是PWM反馈控制回路的偏置电压。





比较器 A_2 的基准电压设置为 5.7 V ，当 U_C 高于 5.7 V 时， A_2 输出高电平。与此同时，PWM控制电流经电阻 R 与振荡器输出的锯齿波电流分别输入PWM比较器 A_3 的“+”、“-”输入端，这时因反馈控制电流较小，从 A_3 反向端输入的锯齿波信号经门电路 G_3 和 G_4 送至RS触发器 B_2 的复位端。在锯齿波信号和时钟信号的共同作用下，RS触发器的输出端被置为高电平， G_4 由振荡信号控制，然后经两次反相，送到开关管 VT_2 的栅极，开关管处于开关状态，电源正常工作。电路启动结束， U_C 升至门限电压 ($+4.7\text{ V}$)， A_2 输出高电平，驱动电子开关动作，控制电路的供电切换至内部电源。在正常工作条件下，电路芯片通过外围电路形成电压负反馈闭环控制，调节开关管的占空比，实现输出电压的稳定。





TOPSwitch芯片有独特的自启动功能，当电源输出呈现下述状态，电路转入自启动工作，实现保护的目：① 负载短路造成输出电压严重下降；② 人为降低 U_C 的电压使系统处于待机状态。在正常工作条件下， U_C 由电压负反馈电路决定：当电源输出电压由于某种原因上升，使 U_C 升高时，内部采样电阻 R_S 上端的误差电压 U_{R_S} 升高，与振荡器输出的锯齿波电压由 A_3 比较后，输出控制使输出电压的占空比减小，电源输出电压下降；当输出电压下降时，情况则相反。在自启动阶段(控制极电压 U_C 低于门限电压+5.7 V时)，控制电路进入低功耗的待命状态。此时，由于比较器 A_2 的





滞回特性，电子开关频繁在高压电流源和内部电源之间进行切换，使得 U_C 值保持在4.7~5.7 V之间。自启动电路由8分频计数器完成延时功能，阻止输出级MOSFET管 VT_2 连续导通，直到8个充电/放电周期完全结束后，才可再次导通。在自启动期间，MOSFET管的占空比被控制在5%左右，限制电路输出电压和产生功耗。TOPSwitch 电路芯片通过预置 $U_{I_{max}}$ 值来实现过流保护。芯片内部设有精密温度检测电路，当MOSFET的结温高于145℃时，控制电路截止MOSFET，实现过热保护。

TOPSwitch的主要参数见表3-1。





表3-1 TOPSwitch的主要参数

工作频率	100 kHz	自启动电压	1.0 V
占空比	2~67%	MOSFET结温	-40~150°C
控制电压	-0.3~8 V	漏极电压	30~700 V
控制电流	100 mA	欠压封锁门限	4.7 V
截止电流	500 μ A	热保护温度	145°C





3.4.3 TinySwitch系列四端开关电源

TinySwitch是Power公司新推出的一种高效、小功率四端开关电源，因所构成开关电源的体积很小，故称TinySwitch微型开关系列。它比三端开关电源增加了一个使能端，使用更加方便灵活。TinySwitch系列性价比高，外围电路非常简单，特别适合制作10 W以下的微型开关电源或待机电源，是取代效率低、体积较大的小功率线性稳压电源的理想产品。





1. TinySwitch的性能特点

TinySwitch的性能特点如下：

(1) TinySwitch尽管采用8脚封装，实际上只有4个脚，即S、D、BP(相当于控制端)、EN(使能端)，因此等效于四端器件。利用使能端可从外部关断MOSFET，并且在快速上电时输出电压无过冲现象，掉电时MOSFET也无频率倍增现象。

(2) 高效、小功率输出。选220V交流电源时，其空载功耗低于60 mW。它适宜制作0~10 W 的小功率、低成本开关电源，比线性稳压电源大约可节电38%。



(3) 采用开关控制器来代替PWM对输出电压进行调节。开关控制器可等效为脉冲频率调制器(PFM)，其调节速度比普通的PWM更快，对纹波抑制能力更强。

(4) 与TOPSwitch-II相比，它在电路设计上颇具特色：第一，交流输入端可省掉EMI滤波器；第二，初级保护电路不需使用TVS，仅用RC电路即可吸收尖峰电压；第三，不用反馈线圈及相关电路，也不加回路补偿元件；第四，芯片内部增加了使能检测与逻辑电路。





2. TinySwitch的应用

该系列产品适合制作手机电池恒压恒流充电器、IC卡付费电度表中的小型开关电源模块，以及微机、彩电、摄像机等高档家用电器中的待机电源。例如，目前生产的大屏幕彩电均具有待机功能，使用遥控器关闭电源之后，即进入待机状态。此时彩电中开关电源的功率开关管呈关断状态，改由待机电路继续给CPU供电，使整机功耗降至最低。由TinySwitch TNY253P可构成5 V/1.3 W的彩电待机电源。它利用彩电主电源产生的直流高压作输入电压 U_1 、 U_2 的允许范围是120~375 V，而 $U_0=+5$ V。使用一片TinySwitch TNY255P则可构成PC机的5 V/2 A待机电源。由TinySwitch TNY254P构成的+6.7 V/3.6 W手机电池恒压恒流充电器能在85~265 V交流输入电压范围内，对6 V镍氢电池充电。此外，TinySwitch还适合制作小型家电的适配器，将220 V交流电源变成所需直流稳压电源。这种适配器不仅没有笨重的变压器，而且效率高、体积小、稳压性能好，能完全取代目前市售的各种插头式AC/DC变换器。



3.4.4 TOPSwitch延伸开关电源

TOPSwitch延伸单片开关电源的典型代表为MC33370系列。

1. MC33370系列的性能特点

MC33370系列包括MC33369~MC33374共6种规格、17种型号。MC33370系列的性能特点如下：

(1) 比TOPSwitch增加了电源端(V_{CC})和状态控制器的输入端(State Control input); 芯片内部增加了欠压锁定比较器、外部关断电路和可编程状态控制器。其性价比要优于TOPSwitch, 而外围电路更趋简单。



(2) 利用可编程状态控制器及外部模式选择电路，能实现多种控制方式，实现工作状态与备用状态的互相切换。

(3) 内部集成了一只被称为敏感场效应管的电流传感式功率开关管，用它能无功率损耗地实时检测漏极电流 I_D 的大小，进行过流保护。

(4) 当交流电源为固定值或变化率不超过 $\pm 20\%$ 时，允许去掉高频变压器的反馈线圈以及相关的高频滤波电路。这有助于进一步简化外围电路，降低开关电源的成本。为满足特殊应用的需要，还可给开关电源增加软启动功能。





(5) 电源效率高。由它构成开关电源或电源模块的效率可达80%以上。在备用状态下静态功耗低至几十至几百毫瓦。

(6) 占空比调节范围更宽，可达0.1%~74%。脉宽调制增益的典型值为 $-14\% / \text{mA}$ 。芯片的工作结温是 $-40\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，过热保护温度定为 157°C 。





2. MC33370系列的用途

MC33370系列可广泛用于办公自动化设备、仪器仪表、无线通信设备及消费类电子产品中，构成高压隔离式AC/DC电源变换器。在作特殊应用时，还可去掉高频变压器的反馈绕组及快恢复二极管、滤波电容，改用稳压管或双极型晶体管、MOS管来进行串联调整。此外，利用这种芯片还能制作高压步进电源。





3.5 TOPSwitch的应用

3.5.1 间接取样的TOPSwitch应用电路

间接取样的TOPSwitch应用电路见图3-22，该电路为标准间接取样的它激式开关稳压器。脉冲变压器 T_4 绕组①-④为初级储能绕组，绕组③-④为取样绕组，绕组⑤-⑥为次级输出绕组。输入220 V交流电压首先经 T_2 和 C_2 、 C_6 共模滤波，抑制开关脉冲谐波污染电网，同时也避免外界脉冲干扰引起开关管误触发。 R_{13} 为负温度系数的PTC，用以限制开机时滤波电容的充电峰值。NTC升温后阻值极小，可以减少机内温升。



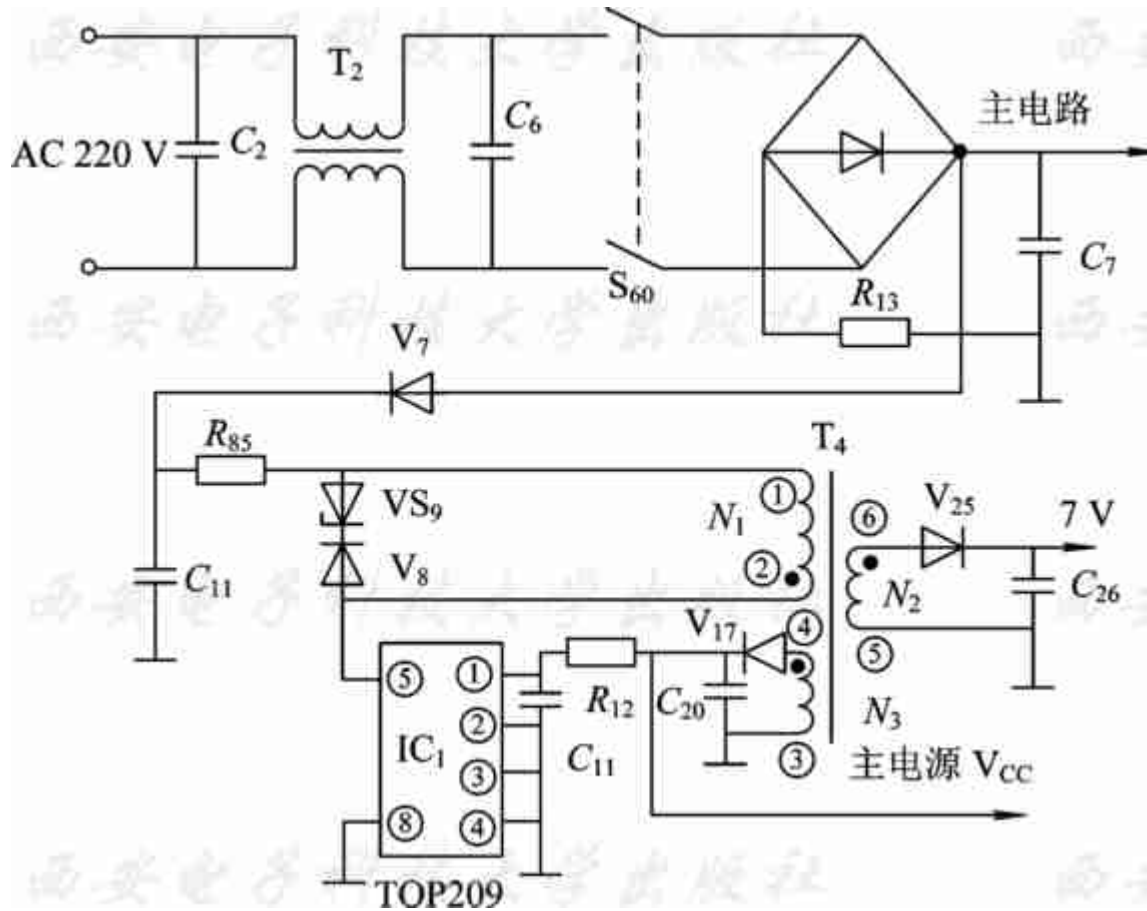


图3-22 间接取样的它激式开关稳压器





市电经整流滤波后形成300 V左右直流电压，通过 T_4 初级绕组①-②向TOP209的⑤脚D端供电。TOP209 D端内部除开关管漏极以外，还有恒流源供电系统，所以要求开关管截止期间，D端感应电压不能有过高的脉冲尖峰。因此在 T_4 绕组①-②两端并联接入 V_8 和稳压管 VS_9 。开关管截止后， T_4 绕组①-②两端产生①负②正的感应脉冲，由于 T_4 分布参数和漏感的影响，其脉冲上冲值很高，极易击穿TOP209内的开关管或恒流源电路。因此， V_8 将此脉冲整流后加到 VS_9 上，使 VS_9 反向击穿，将尖峰能量短路泄放，以保护TOP209。一般 V_8 为反压大于600 V的快恢复二极管， VS_9 为齐纳电压200 V以上的大电流稳压管。很明显，这种削尖峰电路比RCD式削峰电路更可靠。若 T_4 质量不良，漏感和分布电容都将增大，脉冲尖峰能量也较大， VS_9 将屡遭损坏。同时，开关电源功耗增大，效率降低。





为了实现开关电源初 / 次级隔离，图3-22电路采用了间接取样方式。当开关管截止时， T_4 取样绕组 N_3 ④端出正脉冲， V_{17} 导通向 C_{20} 充电，使TOP209控制端产生5.7 V电压。同时输出绕组 N_2 经 V_{25} 向负载提供电流。随着能量的释放， C_{20} 两端电压开始下降，使TOP209控制端呈低电平，其内部控制电路再次使开关管导通。由此可见，TOP209的控制方式是通过控制开关管截止时间实现稳定输出电压。为了使取样电路能及时反映 T_4 释放磁能产生脉冲电压的变化， C_{20} 的容量不能选择过大，推荐电容值为33~47 μF 。 C_{11} 为接于TOP209控制端的抗干扰电容，以免干扰脉冲引起控制电路误动作。





3.5.2 直接取样的TOPSwitch应用电路

设电路交流输入电压范围 $U_i=85\sim 265\text{ V}$ ，输入电网频率 $f=47\sim 440\text{ Hz}$ ，电压调整率 $S_V=\pm 0.5\%$ ，负载调整率 $S_I=\pm 1\%$ ，电源效率达80%，输出纹波电压的最大值为 $\pm 50\text{ mV}$ 。

电源采用带稳压管(VS_2)的光耦反馈工作方式。电路中共使用两片集成电路，见图3-23所示。 IC_1 为TOP202Y型单片开关电源， IC_2 是线性光电耦合器。 C_6 与 L_2 构成交流输入端的电磁干扰(EMI)滤波器。 C_6 能滤除由初级脉动电流产生的串模干扰， L_2 可抑制初级绕组中产生的共模干扰。 C_7 和 C_8 滤除由初、次级绕组之间耦合电容所产生的共模干扰。宽范围电压输入时，85~265 V交流电经过整流器UF、 C_1 整流滤波后，获得直流输入电压 U_i 。由 VS_{21} 和 V_1 构成的漏极钳位保护电路可将由高频变压器漏感产生的尖峰电压钳位到安全值以下，并能减小振铃电压。 VS_{21} 选用P6KE150型瞬态电压抑制器(TVS)，其钳位电压为150 V，钳位时间为1 ns，峰值功率是5 W。 V_1 需采用UF4005型1 A/600 V的超快恢复二极管(FRD)，其反向恢复时间 $T_{rr}=30\text{ ns}$ 。

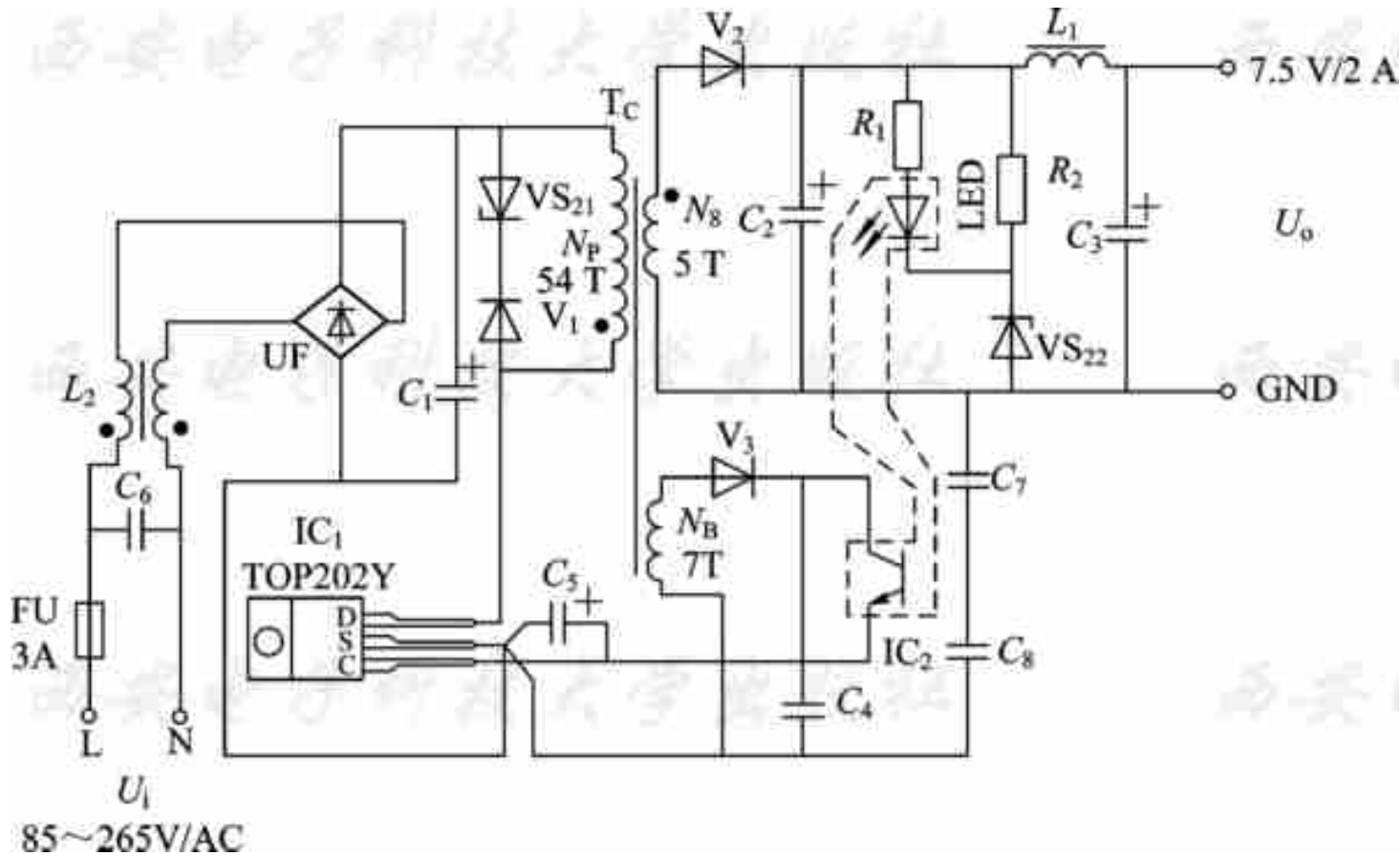


图3-23 15 W TOPSwitch-II 开关电源的应用





次级电压经 V_2 、 C_2 、 L_1 、 C_3 整流滤波后产生+7.5 V的输出电压。 R_2 和 VS_{22} 与输出端并联，构成开关电源的假负载，可提高空载或轻载时的负载调整率。反馈绕组电压经过 V_3 整流、 C_4 滤波后，得到反馈电压，再经过光敏三极管给TOP202Y提供一个偏置电压。 V_2 选择UGB8BT型超快恢复二极管，为降低功耗，还可选肖特基二极管。光耦合器 IC_2 和稳压管 VS_{22} 还构成了TOP202Y的外部误差放大器，能提高稳压性能。当输出电压 U_o 发生变化时，由于 VS_{22} 具有稳压作用，就使光耦中LED的工作电流 I_F 发生变化，进而改变TOP202Y的控制端电流 I_C ，再通过调节输出占空比，使 U_o 保持稳定，这就是其稳压原理。 R_1 为LED的限流电阻，并能决定控制环路的增益。 C_5 是控制端旁路电容，除对环路进行补偿之外，还决定着自动重新启动频率。高频变压器选用EE22型铁氧体磁心，初级电感量 $L_p=620 \mu\text{H} \pm 10\%$ ，漏感量 $L_{p0} \leq 11 \mu\text{H}$ 。



3.5.3 电路设计实例

图3-24所示是采用TOP204YAI所设计的24 V/50 W高精度运算放大器电源的典型实用电路。该电路的工作原理是，从高频整流输出端引出的电压信号经光电耦合器 IC_2 送至TOP开关 IC_1 的控制端C，通过TOP器件控制PWM的占空比，实现输出电压的稳定。可调稳压管 IC_3 串联在光电耦合器 IC_2 发光管回路，调整取样电阻 R_{p1} 可以改变 IC_3 的稳压值，从而导致流过 IC_2 阴极和阳极的电流变化，达到改变反馈深度，对输出电压实现微调。一旦输出端出现过流或短路现象，取样电阻 R_{p1} 上电压降低， IC_3 控制端电流减少，流过 IC_3 电流减少，光电耦合器 IC_2 发光二极管的亮度下降，光电三极管截止， IC_1 停止工作。该电路在输入端加入了电源噪声滤波器PNF和限流热敏电阻NTC，并在开关变压器初级用 R_1 、 C_2 、 V_1 组成的尖峰电压吸收电路，增加了电路的可靠性。



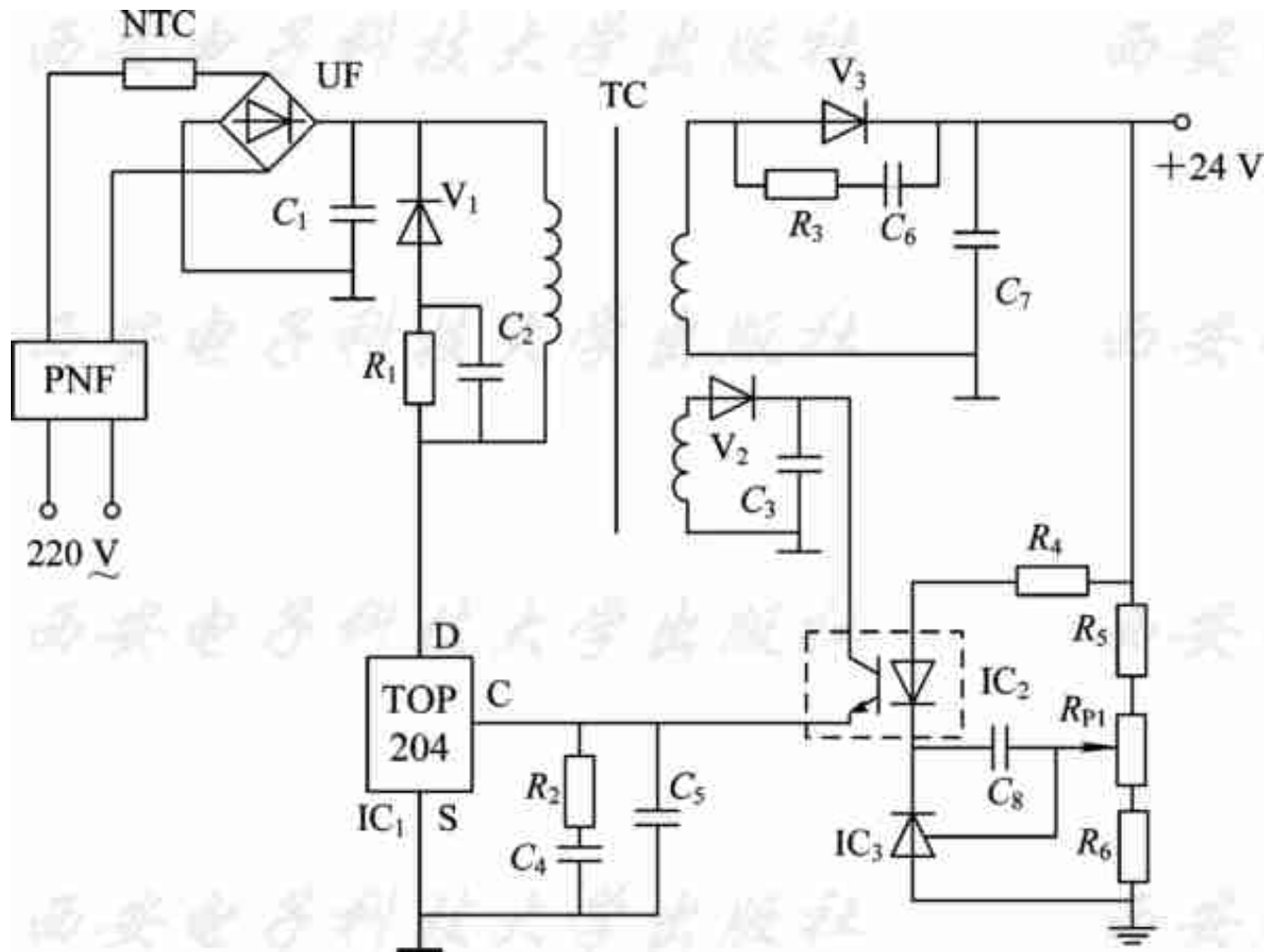


图3-24 24 V/50 W高精度运算放大器电源





该电路无须调整，加电即可工作，输出电压非常稳定。和同类电路相比，减少元器件30只左右，减少重量约40%，效率可达92%，成本显著降低。





3.6 DC/DC变换电路

DC/DC变换是开关电源的主要功能之一，随着电子技术发展，DC/DC变换专用电路成为设计者常用的器件。

3.6.1 新型升压式DC / DC变换器

LT1930是一种新型升压式DC / DC变换器，是小尺寸大功率输出的开关式稳压器。LT1930的特点是：输出电压可由设计者设定，最高可达34 V；输入电压范围宽，从26 V到16 V不等；内部开关管的最大电流可达1 A，其饱和管压降小，在1 A输出时为400 mV；在待机时耗电小于20 μ A；输出功率大，在5 V输入、12 V输出时可输出300 mA电流，输出功率可达3.6 W。由于该器件有上述特点，因此主要适用于便携式电子产品，如数码相机、无绳电话、电话后备电源、LCD显示器电路、医疗诊断仪器等。



1. 典型应用电路

LT1930的典型应用电路如图3-25所示，设计电压为5 V，输出电压为12 V，输出电压可由 R_1 、 R_2 的阻值来设定。输出电压 U_o 与 R_1 、 R_2 的关系为

$$U_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times 1.255 \text{ V}$$

式中, 1.255 V为内部的基准电压。 R_2 的阻值可取13 k Ω ，这样可按要求的输出计算出 R_1 的阻值。



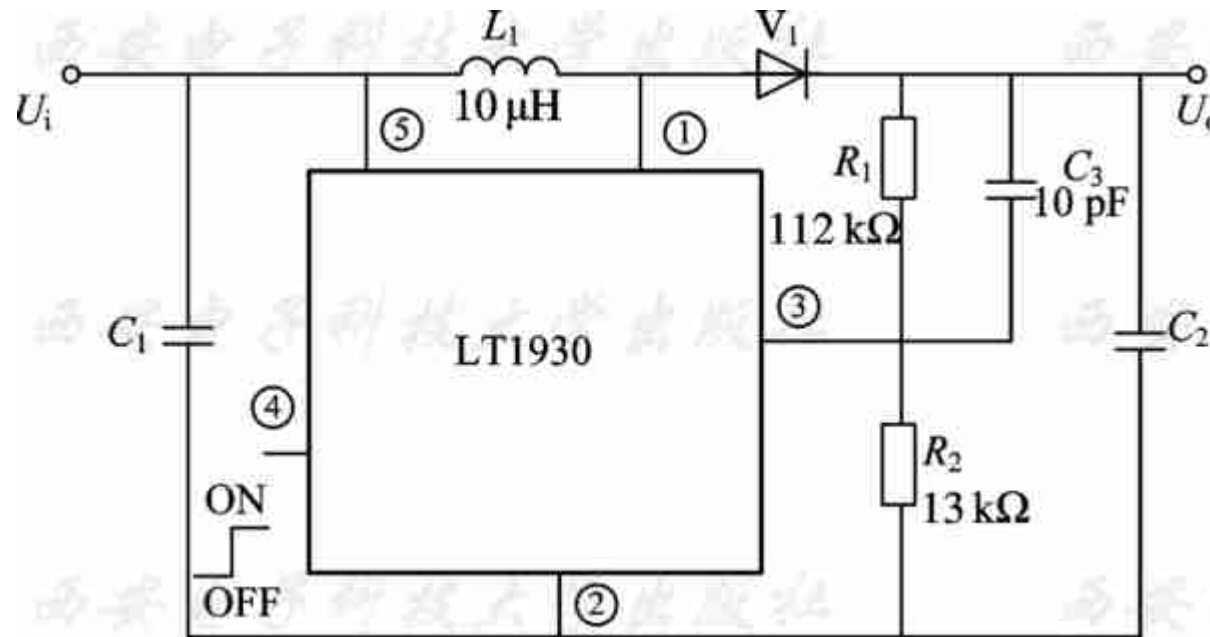


图3-25 LT1930的典型应用电路





2. 实用电路设计

设计一个具有电源反接保护，输出3~6 V，输出8 V的DC/DC电源，电路见图3-26。

元器件选择主要是确定电感器和电容器。电感器 L_1 的选取与输入电压、输出电压、工作频率及允许的电感纹波电流有关，可在4.7~10 μH 范围内选取。输入电容 C_1 的容量可采取1~4.7 μF ，输出电容 C_2 的容量可取4.7~10 μF 。 C_3 与 R_1 并联，以改善稳定性， C_3 的容量取10~1000 μF 。二极管 V_1 采用肖特基二极管，反压为20 V左右。

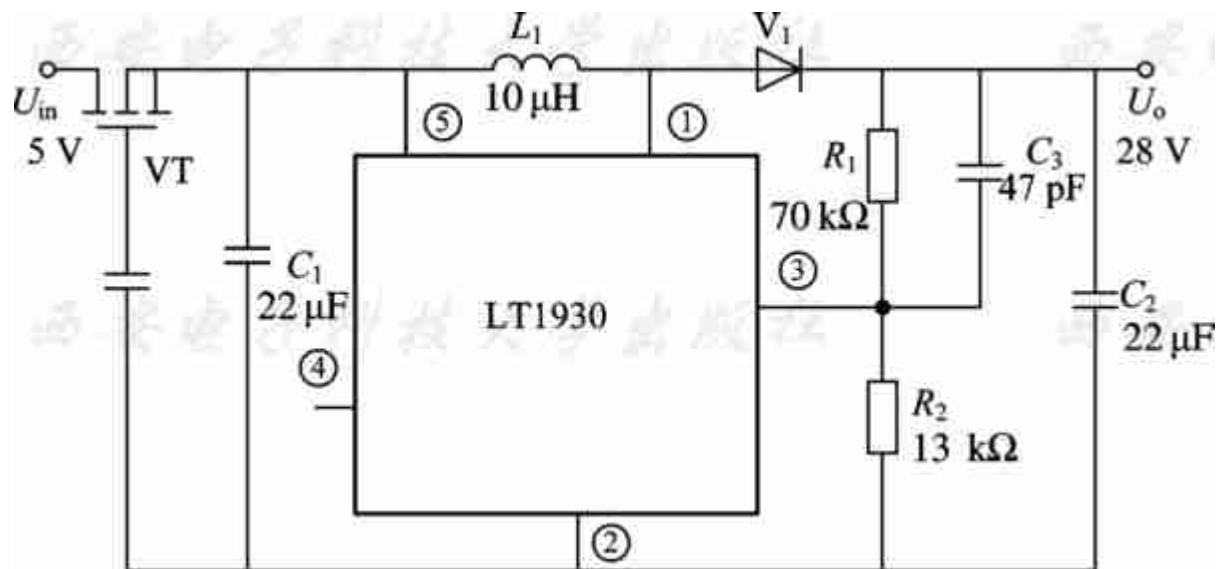


图3-26 输出8 V的DC/DC电源





3.6.2 倍压DC/DC变换器

1. 倍压输出电路

倍压输出是电子电路中常用的一种功能。NJU7660是一种带RC振荡器的DC / DC变换器，具有电平移动和倍压功能，其典型应用电路最多只需外接两个电容、两个电阻和一个二极管。

NJU7660采用CMOS结构，功耗非常低。多片NJU7660串联可实现N倍、2N倍等电平转换。

NJU7660的内部结构如图3-27所示。



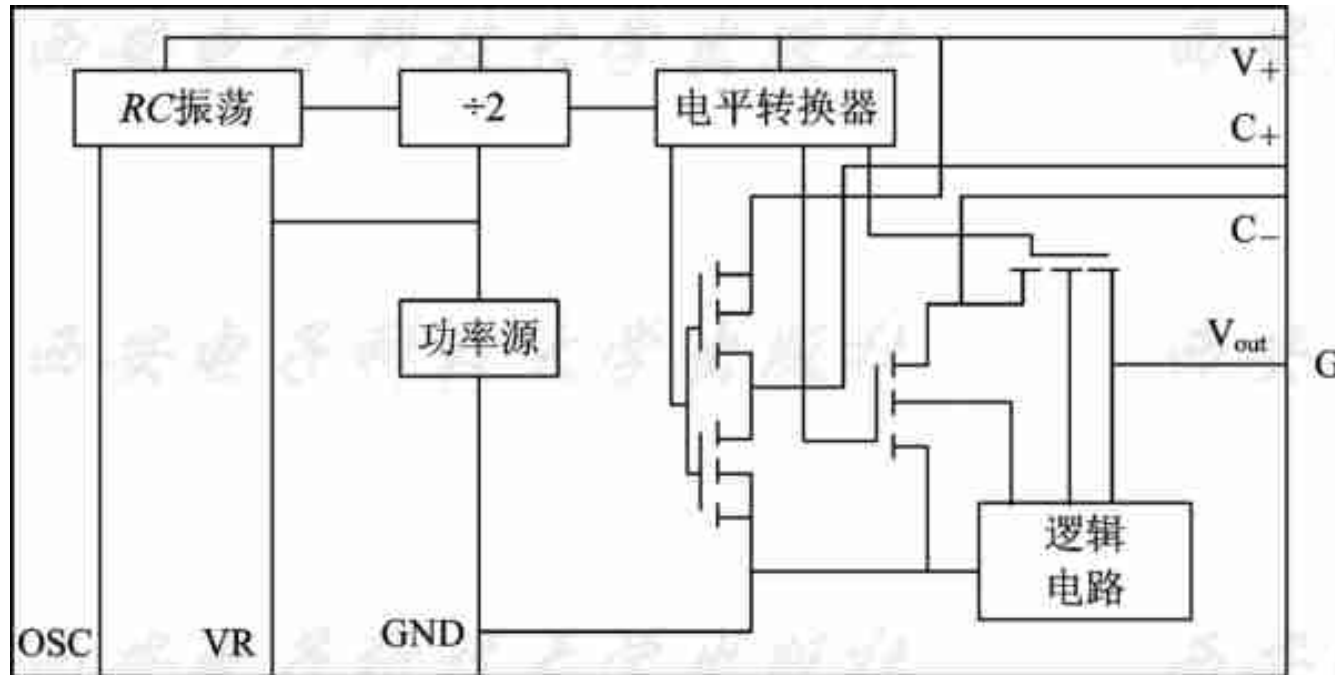


图3-27 NJU7660的内部结构





2. 实用电路

NJU7660可以用于电平反向转换以及进行倍压转换。具有 $2N$ 倍压输出的应用电路如图3-28所示。采用该电路可在NJU7660的⑧脚得到2倍于输入电压的输出电压，其输入电压在 $3\sim 10\text{ V}$ 之间。

在图3-28所示电路中，当开关S置于“1”时，输出电压 $U_o=(2N-1)U_{in}$ ；当开关S置于“2”时，输出电压 $U_o=2NU_{in}$ ， N 即串联NJU7660的个数。

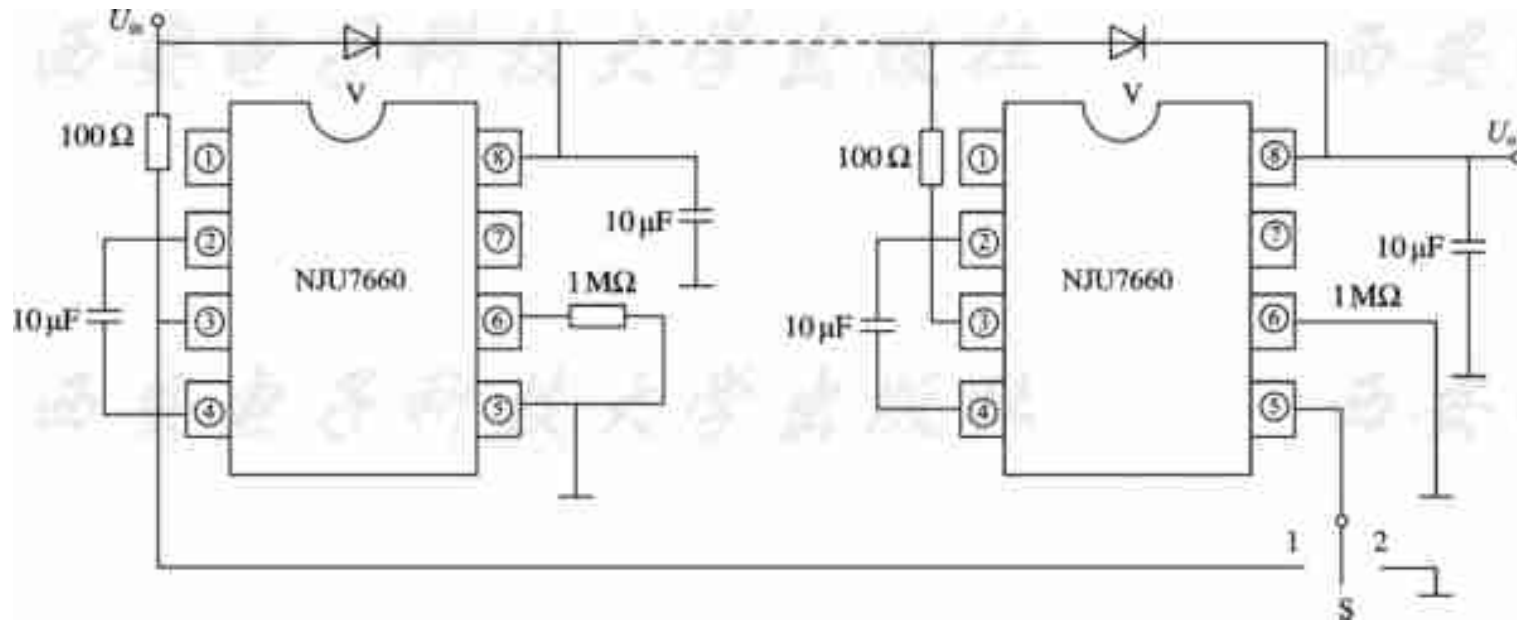


图3-28 2N倍正电压输出的应用电路



