维普资讯 http://www.cqvip.com

UC3875 及在全桥软开关 DC/DC 变换器中的应用

胡学芝，南光群　（黄石高等专科学校，435003）

摘要：本文介绍了移相式准谐振变换器控制集成电路 UC3875 特点及应用场合，并就其组成全桥 ZVS 软开关 3kW DC/DC 变换器进行了分析研究，给出了电路组成及实验波形。

关键词：UC3875；脉宽调制控制模式；全桥 ZVS 软开关；变换器

中图分类号：TP21/27　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1004－0420(2004)06－0053－03

0　引言

传统的全桥 PWM 变换器适用于输出低电压大功率的情况，以及电源电压和负载电流变化大的场合。其优点是开关频率固定，便于控制。为了提高变换器的功率密度，减少单位输出功率的体积和重量，需将开关频率提高。将谐振变换器与 PWM 技术结合起来构成软开关 PWM 控制方案，既能实现功率开关的软开关特点，又能实现恒频控制，是当今电力电子技术领域研究热点之一。在 DC/DC 变换器中，则多采用以全桥移相控制软开关 PWM 变换器，它是直流电源实现高频化的理想拓扑之一，尤其是在中、大功率变换器应用场合。用软开关技术实现的 DC/DC 变换器其效率可达 90% 以上，本文就由 UC3875 芯片组成 3kW DC/DC 变换器作分析研究。

1　UC3875 芯片

1.1　内部结构和工作原理

UC3875 芯片是美国 UNITRODE 公司生产的移相式准谐振变换器控制集成电路，它可用于桥式准谐振变换器控制中，既可用来控制零电压准谐振变换器，也可用来控制零电流准谐变换器。其外型既有标准双列直插式的 20 引脚封装，也有小型双列面贴装成 28 引脚封装和方形 28 引脚塑料封装等多种封装形式。这里仅以 20 引脚为例将其应用作一介绍。其引脚功能见表 1 示。

表 1　引脚对照表

引脚号 DIP－20	功能	引脚号 DIP－20	功能
1	U_{REF}	11	V_{IN}
2	E/A OUT(COMP)	12	PWR GND
3	E/A(－)	13	OUT B
4	E/A(＋)	14	OUT A
5	C/S(＋)	15	DELAY SET A/B
6	SOFT－START	16	FREQ SET
7	DELAY SET C/D	17	CLOCK/SYNC
8	OUT D	18	SLOPE
9	OUT C	19	RAMP
10	V_c	20	GND

UC3875 的核心是相位调制器，其 B 输出信号与 A 输出信号反相，D 输出信号与 C 输出信号反相，A、C 输出信号的移相相同，B、D 输出信号移相类似。由于采用了恒频脉宽调制、谐振和零电压开关等技术，因此在高频工作状态下，可以获得很高频率。为了实现快速故障保护，该电路中还具有独立的过电流保护电路。每个输出级导通前都有一个死区，而且死区时间可以调整。因此，每对输出级(A/B，C/D)的谐振开关作用时间可以单独控制。

振荡器的频率可超过 2MHz，在实际应用中，开关频率可达 1MHz，高频荡振器除了作标准的自由振荡器外，还可与时钟/同步引脚(17)引入的外

北京电器有限公司
《机床电器》协办单位
自修机床　各种排线槽、电线槽
机床控制变压器

维普资讯 http://www.cqvip.com

部时钟信号保持同步。

该器件具有欠电压封锁功能。发生欠电压封锁时，所有输出端均为低电平，一直到电源电压达到 10.75V 门限值。为了提高欠电压封锁的可靠性，通常欠电压封锁门限制滞后 1.5V，即当电源电压下降到 9.25V 时，欠电压封锁电路仍工作。该器件还具有过电流保护功能，过电流故障发生后 70ns 内，全部输出级都能转入判断状态。过电流故障消除后，器件能重新开始工作。

当引脚 2 端输出信号高到一定值时，由内部 RS 触发器及门电路作用使 C 输出与 A 输出反相，即 A、C 输出信号移相 180 度；同样，当引脚 2 输出信号低于 1V 时，通过内部 RS 触发器及门电路作用使 C 输出与 A 输出同相，即 A、C 输出信号移相 0 度。可见通过控制引脚 2 端的输出可以控制 A、C 间相位在 0～180 度之间变化。B、D 的工作原理与 A、C 相似。

1.2 主要设计特点和参数限制

设计特点：占空比在 0～100%之间调整，输出导通延迟时间可调，既可采用电压型控制也可采用电流型控制；工作频率可达 1MHz 以上；内含 10MHz 误差放大器，很小启动电流(150μA)；欠电压封锁时，输出低电平实现软启动；具有调整周期重新启动的锁存过电流比较器。极限参数：电源电压(V_c,V_{IN})：20V；模拟 I/O 电压：－0.3～5.3V；最大输出：直流 0.5A，脉冲为 3A；允许最高结温 T_{jmax}为 150℃；焊接温度 T_L：300℃；工作温度范围 T_A：0～70℃。

2 PWM 移相控制

图 1 是采用 UC3875 芯片组成的全桥软开关 DC/DC 变换器 IC 移相控制器外围电路图。UC3875 是设计移相零电压谐振 PWM 开关电源的器件，它可对全桥开关的相位进行相位移动，实现全桥功率级定频脉宽调制控制。通过功率开关器件的输出电容充/放电，在输出电容充/放电结束(即电压为零)时实现零电压开通。相位控制的特点体现在 UC3875 的四个输出端分别驱动 A/B，D/C 两个半桥，可单独进行导通延时(即死区时间)的控制，在该死区时间内确保下一个功率开关器件的输出电容放电完毕，为即将导通的开关器件提供电压开通条件。在全桥模式下，移相控制的优点得到充分体现。

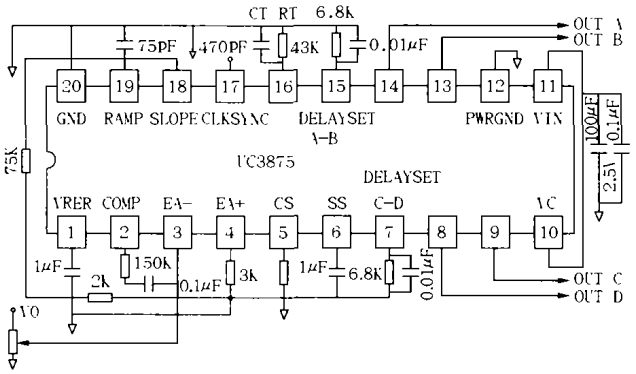


图 1　UC3875 外围电路

3 全桥移相谐振电路

传统的 PWM 型开关电源具有控制简单的优点，缺点是开关损失随开关频率的提高而增加。造成 PWM 变换器开关损失较大的原因是：a.开关器件的通、断都是强制的；b.开关器件是非理想的，即开和关不能瞬间完成，都需要一定时间；c.开关器件及与之相连的器件都有寄生参数，使通过开关器件的电压和电流不是纯方波，功率管在开、关过程中会产生开关器件的电压、电流波形交叠现象，从而产生开关损失。随着频率的增加，开关损失在全部损失中所占比例也随着增加。

移相式 PWM 控制器能较好地克服传统 PWM 技术的缺点，它通过移相使全桥的四个开关轮流导通。在同一桥臂的两个开关管轮流导通过程中，通过变压器的漏感与开关管的输出寄生电容组成谐振腔使电容上的电压以最快的速度放电，保证开关管处于零电压开关状态(ZVS)，从而避免了开关工作过程中电压电流的重叠。图 2 为 UC3875 构成的移相全桥变换器，在移相全桥开关电路中，驱动信号不仅要驱动桥的两个对角臂，而

维普资讯 http://www.cqvip.com

且还要使两个对角桥臂的导通有一定的时间延时，有效占空比由图 3 所示的延迟时间控制。由于两个桥臂的开关元件不是同时被驱动的，所以需要精确设置"移相"导通波形之间的延迟时间间隔，延迟时间间隔由谐振腔控制电路的电压回路进行调节，最终充当两个驱动信号的移相信号。此时串联在变压器的上半桥或下半桥中的两个开关管均处于导通状态，而变压器在开关管导通时刻的电压为零，即变压器的初级处于短接状态，并箝位初级电流保持原值。当半桥中的一个开关器件经适当的延迟时间后关断时，变压器初级电流又流过该开关管的输出寄生电容，从而与开关管的漏极电压谐振且与电压反相，使对角臂开关上的电压为零，从而保证了零电压开关工作状态。

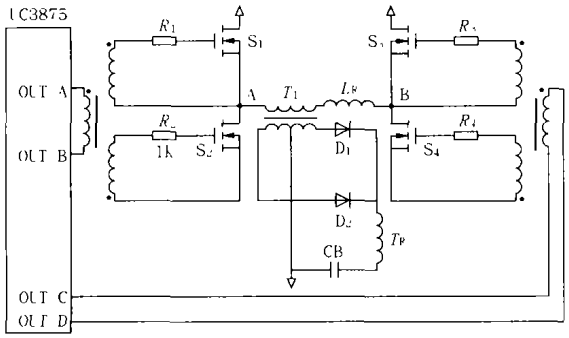


图 2　UC3875 构成的移相全桥变换器

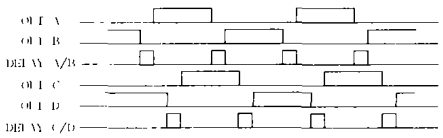


图 3　移相全桥变换器工作波形图

4　功率器件、开关变压器选择及实验波形

在 3kW DC/DC 变换器中，直流输入电压为 140V，作为全桥变换的功率管应能承受至少 1.5 倍的输入电压(210V)，考虑 90%效率，则输入电流达 23A，根据此要求，功率管采用大功率 MOSFET 管，选用 IR 公司的 MOSFET 管 IRFP264N，其参数为：V_{DSS} = 250V，R_{DS}(on) = 60MΩ，I_D = 44A，又由于 DC/DC 变换器要求输出 12V 3kW 其电流高达 250A，输出整流管选用大功率肖特基管并联方式以降低导通损耗。其参数 $V_{RRM} \geqslant 80V$，$I_0 \geqslant 180A$，$V_F < 0.9V$。并采用同步整流方式来提高效率，并选用 IR 公司产品。开关变压器的选择：为适应开关电源轻、小、薄的要求，需要增大其开关频率，但在大功率的情况下，频率越高，功率管开通与截止损耗也会增大。本电路选用铁基纳米晶合金铁芯，它具有高导磁率，低损耗和优良的温度特性，广泛应用于推挽或桥式高频大功率逆变电源和开关电流中的主变压器铁芯，该变换器的实验波形如图 4 所示。

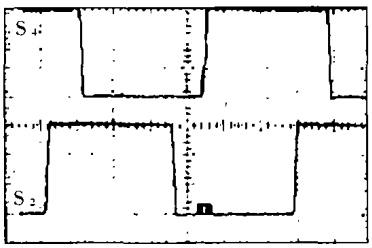


图 4　实验波形(输出电流 I_0 = 20A)

5　结束语

本文介绍了 UC3875 芯片及由它控制组成的 3kW DC/DC 全桥 ZVS 软开关电源，并进行了实验，得出以下结论：

5.1　软开关 DC/DC 变换器控制电路采用 UC3875 移相控制芯片控制方便，性能优越，前景好。

5.2　移相控制零电压 PWM 变换器工作于零电压开关条件下，大大减小了开关损耗。有利于提高开关频率，减小变换器的体积与重量。

参考文献：

[1]　李宏编著．电力电子设备用器件与集成电路应用指南[M]．北京：机械工业出版社，2001．

[2]　叶慧贞，等编著．新颖开关稳压电源[M]．北京：国防工业出版社，1999．

[3]　邹旭东．半桥软开关 DC/DC 变换器研究[C]．华中理工大学硕士学位论文，2002．

收稿日期：2004－04－29

北京电器有限公司
《机床电器》协办单位
自德森保　各种母线槽、电缆桥
机床控制变压器