

UC3875 移相谐振控制芯片原理及应用

铁道部永济电机厂元件分厂 刘革莉 王庆军 (永济 044502)
北方交通大学 金新民 (北京 100044)

摘要: 讨论了移相谐振 PWM 控制芯片 UC3875 的工作原理,并介绍了其在 7.5kW DC/DC 电源中的应用。

关键词: UC3875 全桥变换器

The Principle and Application of UC3875—Phase Shift Resonant Controller

Abstract: The paper discusses the working principle of UC3875—the chip for PWM control, and also introduces its application in DC/DC power supply for 7.5kW.

Keywords: UC3875, Full-bridge convertor

中图分类号:TM492 文献标识码:A 文章编号:61-1249(2001)6-289-04

1 引言

UC3875 是美国 Unitrode 公司针对移相控制方案推出的 PWM 控制芯片,适用于全桥变换器中驱动四个开关管,四个输出均为图腾柱式结构,可以直接驱动 MOSFET 或经过驱动电路放大,驱动大功率 MOSFET 或 IGBT。由于该器件设计巧妙,构成电路所需外围元件较少,而被成功地应用在铁道部永济电机厂最新开发研制的 7.5kW DC/DC 供电电源中,是一种应用前景较好的控制芯片。

2 工作原理

UC3875 主要包括以下九个方面的功能:工作电源、基准电源、振荡器、锯齿波、误差放大器和软起动、移相控制信号发生电路、过流保护、死区时间设置、输出级。其内部结构框图如图 1 所示。

(1) 工作电源 UC3875 工作电源分为两个: V_{IN} (pin 11) 和 V_{CC} (pin 10), 其中 V_{IN} 供给内部逻辑电路用,它对应于信号地 GND (pin 20), V_{CC} 供给输出级用,它对应于电源地 PWR GND (pin 12)。 V_{IN} 设有欠压锁定输出功能 (简称 UVLO), 其门槛电压为 10.75V, 当 V_{IN} 电压低于门槛电压, 输出级全部被封锁, 当 V_{IN} 电压高于门槛电压, 输出级才会开启。通常为使芯片更好地工作, 减少噪声干扰和直流压降, 将 V_{IN} 和 V_{CC} 接至同一个直流电源。

(2) 基准电源 UC3875 提供一个 5V 精密基准电压源 V_{REF} (pin 1), 可为外部电路提供大约 60mA 的电流, 该电压在 V_{IN} 欠压锁定时消失。

(3) 振荡器 芯片内有一个高速振荡器, 在频率设定脚 FREQ SET (pin 16) 与信号地之间接一个电容和电阻可以设置振荡频率, 从而设置输出级的开关频率。

(4) 锯齿波 斜率设置脚 SLOPE (pin 18) 与 V_{CC} (5V 基准电压 V_{REF} 或 V_{IN} 工作电压) 之间接一电阻 R_{SLOPE} , 为锯齿波脚 RAMP (pin 19) 提供一个电流为 V_{CC}/R_{SLOPE} 的恒流源。在 RAMP 与信号地之间接一个电容 C_{RAMP} , 就决定了锯齿波的斜率 $dv/dt = V_{CC}/R_{SLOPE} \cdot C_{RAMP}$, 选定 R_{SLOPE} 和 C_{RAMP} 就决定了锯齿波的波形。

RAMP 是 PWM 比较器的一个输入端, 其另一输入端是误差放大器的输出端。在 RAMP 与 PWM 比较器的输入端之间有一个 1.3V 的偏置, 因此适当地选择 R_{SLOPE} 和 C_{RAMP} 的值, 就能使误差放大器的输出电压不超过锯齿波的幅值, 从而实现最大占空比限制。

(5) 误差放大器和软起动 误差放大器实际上是一个运算放大器, 在电压型调节方式中, 其同相端 E/A+ (pin 4) 一般接基准电压, 反相端 E/A- (pin 3) 一般接输出反馈电压。

软起动功能脚 SOFT-START (pin 6) 与信号地之间接一电容 C_{SS} , 当 SOFT-START 正常工作时, 芯

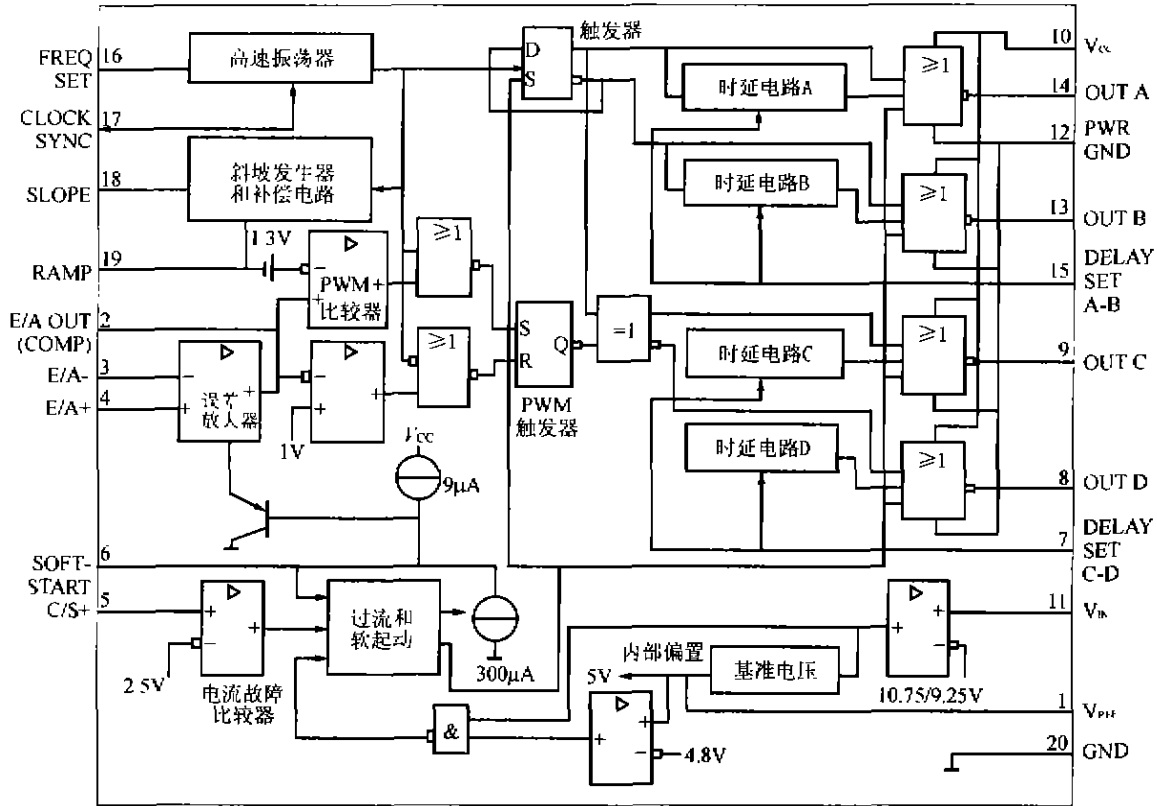


图1 UC3875 内部原理框图

片内有一个 $9\mu\text{A}$ 的恒流源给 C_{SS} 充电, SOFT-START 的电压线性升高, 最后达到 4.8V 。SOFT-START 在芯片内与误差放大器的输出相接, 当误差放大器的输出电压低于 SOFT-START 的电压时, 误差放大器的输出电压被钳位在 SOFT-START 的电压值。因此 SOFT-START 工作时, 输出级的移相角从 0° 逐渐增加, 使全桥变换器的脉宽从 0 开始慢慢增大, 直到稳定工作, 这样可以减少主功率开关管的开机冲击。

(6) 移相控制信号发生电路 它是 UC3875 的核心部分, 振荡器产生的时钟信号经过 D 触发器 2 分频后, 得到两个 180° 互补的方波信号。这两个方波信号从 OUT A (pin 14) 和 OUT B (pin 13) 输出, 并与振荡时钟信号同步, 延时电路为这两个方波信号设置死区。

PWM 比较器将锯齿波和误差放大器的信号比较后, 输出一个方波信号, 这个信号经逻辑运算后从 OUT C (pin 9) 和 OUT D (pin 8) 输出两个 180° 互补的方波信号, 延时电路为这两个方波信号设置死区。OUT C 和 OUT D 分别领先于 OUT B 和 OUT A, 之间相差一个移相角, 移相角的大小决定于误差放大器的输出与锯齿波的交点。图 2 为四个输出的逻辑时序图, 通过调节移相角可以控制 AD、BC 之间的相位变换。

(7) 过流保护 芯片内有一个电流比较器, 其同

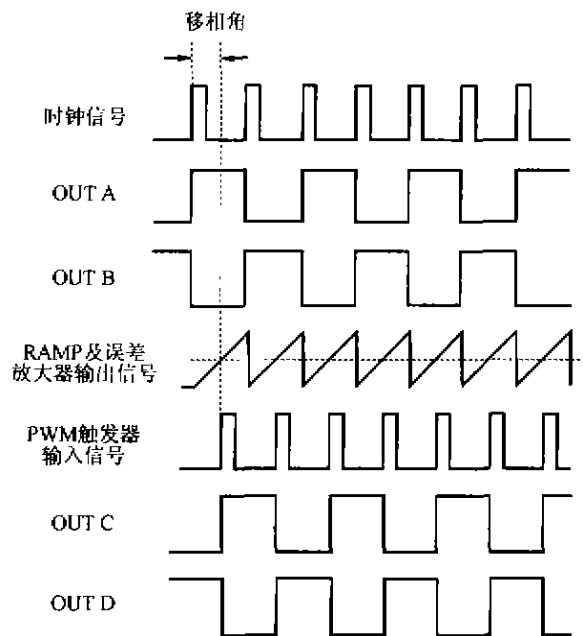


图2 四个输出的逻辑时序图

相端接电流检测端 C/S+ (pin 5), 反向端在内部接了一个 2.5V 电压。当 C/S+ 电压超过 2.5V 时, 电流比较器输出高电平, 使输出级全部为低电平, 封锁输出, 同时, 将软起动脚的电压拉到 0V , 使输出级移相角为 0° 。当 C/S+ 电压低于 2.5V 后, 电流比较器输出低电平, 开启输出, 软起动电路开始工作。

(8)死区时间设置 为了防止同一桥臂的两个开关管同时导通,同时给开关管提供软开关时间,两个开关管的驱动信号之间应该设置一个死区时间。在A-B死区设置脚 DELAY SET A-B(pin 15)和C-D死区设置脚 DELAY SET C-D(pin 7)与信号地之间并接不同的电阻和电容,就可以设置不同的死区时间。

(9)输出级 UC3875 最终的输出就是四个驱动信号: OUT A(pin14)、OUT B(pin13)、OUT C(pin9)、OUT D(pin8)。用于驱动全桥变换器的四个开关管。

3 在 DC/DC 电源中的应用

7.5kW DC/DC 电源主电路为全桥变换器结构,将接触网上的 600V 直流电压转换成 110V 直流电压,为整个电动车提供低压控制电源。UC3875 作为控制芯片其 4 个输出分别经过四只 M57962L 厚膜驱动电路,驱动 4 只功率器件 IGBT,其应用框图如图 3 所示,电路设置输出级开关频率 20kHz,死区时间 $4\mu\text{s} \sim 5\mu\text{s}$,锯齿波的斜率和幅值由 R_{B26} 和 C_{B35} 设置,软起动时间由 C_{B51} 设置。图 4 为电路工作时不同桥臂上两只 IGBT 器件(B 管和 D 管) V_{CE} 的驱动波形。

S/S 软起动端 (pin 6) 与 GND (pin 20) 之间除接一起动电容 C_{B51} 外,还接有一保护执行电路,当IG-

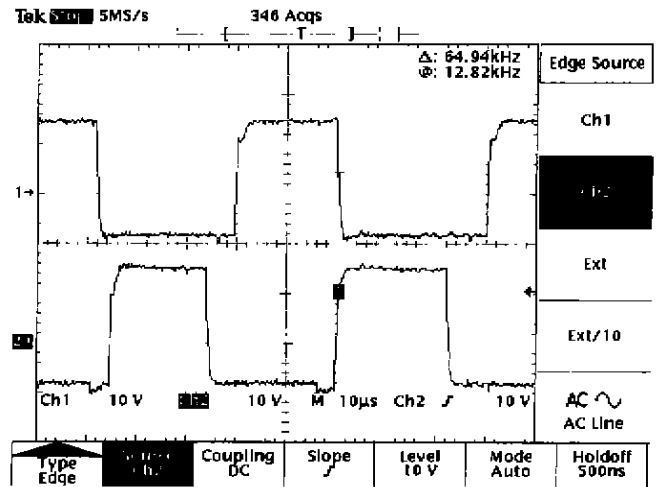


图 4 IGBT 元件 V_{CE} 驱动波形

BT 过热或输出过流时,由过热继电器或输出电流传感器检测出的信号使 RF 处电位升高, Q_{B2} 管导通,软起动端电压降低,从而使变换器输出移相角降为 0° 而停止工作。当 IGBT 温度下降或输出电流正常时, Q_{B2} 管截止,软起动端电压线性升高,同时输出级的移相角从 0° 逐渐增加,全桥变换器的脉宽从 0° 开始慢慢增大,直到稳定工作。

E/A- 端 (pin 3) 接输出电压传感器检测的输出

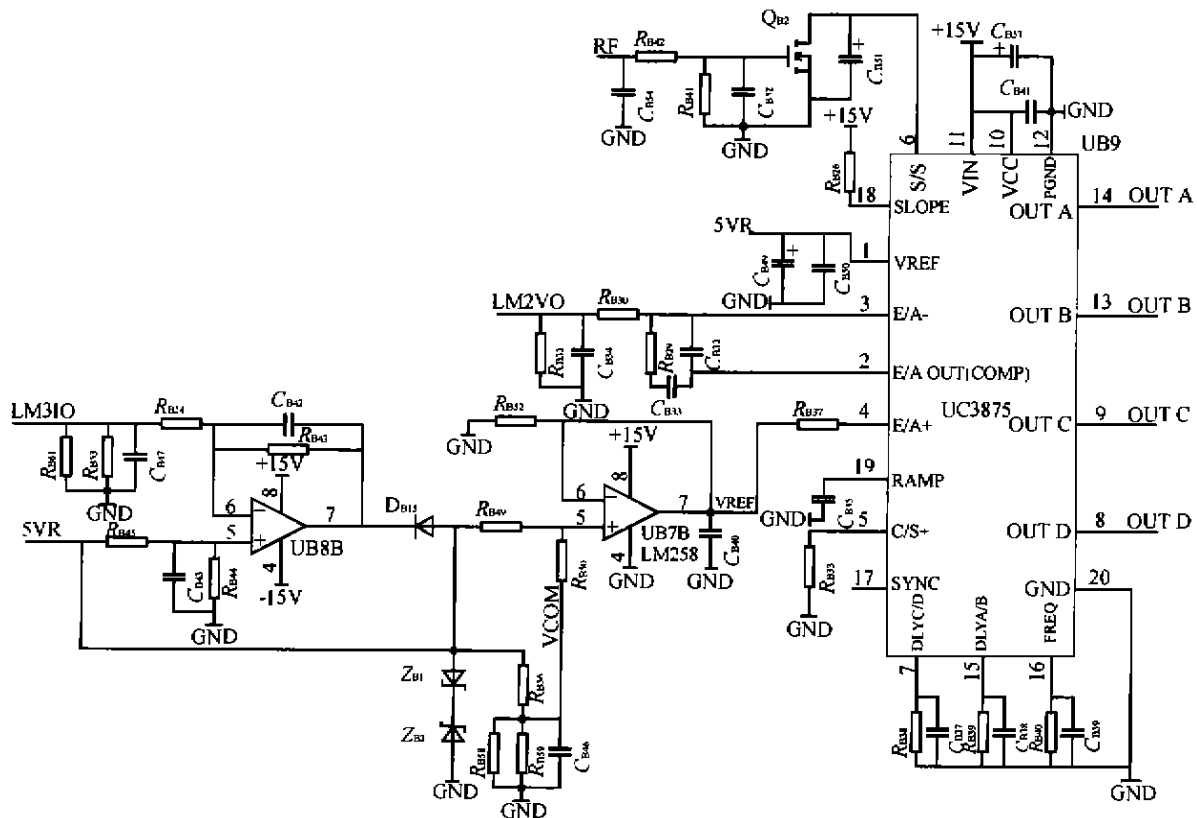


图 3 应用框图

反馈电压, E/A+端(pin 5)接输出电压给定信号, 由 V_{REF} (pin 1)的 5V 电压经 R_{B56} 、 R_{B58} 、 R_{B59} 分压而得。为了防止输出电流超过额定值, 设置一限流电路, 当输出电流超过设定的限流值时, UC3875 将降压限流。限流设定值由 V_{REF} (pin 1)的 5V 电压经 R_{B45} 、 R_{B44} 分压得到, 当电流传感器检测到的输出电流未达到限流设定值时, 二极管 D_{B15} 不导通, 输出电压给定信号与电压反馈信号经误差放大器后, 与锯齿波比较, 决定主电路的占空比, 使输出电压为额定值。一旦输出电流超过限流设定值, 二极管 D_{B15} 导通, 限流电路的输出使电压给定值降低, 达到降压限流的目的。

4 结语

该 7.5kW DC/DC 电源作为低压控制电源, 现用于九五国家级重点科技攻关项目, 铁道部科技司组织研制的 200km/h 电动车组辅助系统中。目前, 该装置已通过地面单机及各项联调试验, 发往南京浦镇厂装

车运行。

参考文献

- 1 史平君. 实用电源技术手册, 电源元器件分册, 沈阳: 辽宁科技出版社, 1999
- 2 阮新波, 严仰光. 脉宽调制 DC/DC 全桥变换器的软开关技术, 北京: 科学出版社, 1999
- 3 UNITRODE 公司资料, UC1875/2875/3875 Phase shift resonant controller.

作者简介

刘革新 女 1968 年生, 工程师。主要从事机车电力电子产品的开发及应用工作。

王庆军 男 1968 年生, 工程师。主要从事机车电力电子产品的开发及应用工作。

金新民 男 1950 年生, 副教授。主要从事电力变流技术方面的教学及研究开发工作。

收稿日期: 2001. 1. 5

定稿日期: 2001. 4. 12

近期国际展会信息

展会名称	起始时间	展馆地点	联络方式
2001 IEEE Industry Application Society 47th ANNUAL PULP AND PAPER CONFERENCE	2001/6/18 至 2001/6/22	MARRIOTT HOTEL PORTLAND, OREGON	网址: www.pulpandpaper2001.com
Worldwide leading POWER ELECTRONICS Conference extended by INTELLIGENT MOTION and POWER QUALITY 22 times running in Europe	2001/6/17 至 2001/6/18	Congress Center Nuremberg (PCIM one-day seminars)	ZM Communications GmbH EURO-COM Center, Lina-Ammon-Strasse 17 90471 Nürnberg Germany 电话: 0049 911 981740 传真: 0049 911 9817445 or 0049 911 9817444 网址: www.pcim2001.de
	2001/6/19 至 2001/6/21	Congress Center Nuremberg (PCIM Conference)	
EPE 2001, 9 th European Conference on Power Electronics and Applications	2001/8/27 至 2001/8/29	Convention Center Graz, Austria	Department of Electrical Engineering University of Leoben Franz-Josef-Str. 18 A-8700 Leoben 传真: +43/3842/402 318 E-mail: epe2001@unileoben.ac.at 网址: www.epe2001.unileoben.ac.at
IEEE SDEMPED'01 3rd International Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives	2001/9/1 至 2001/9/3	Gorizia, Italy	网站: www.dimie.uniovi.es/ sdemped01.htm
POWERSYSTEMS WORLD 2001	2001/9/9 至 2001/9/13	Donald E. Stephens Convention Center Rosemont, IL	POWERSYSTEMS WORLD 2001 PO Box 58 Camarillo, CA 93011 电话: 805-389-6600 传真: 805-389-6601 E-mail: sales@powersystems.com
Power Quality 2001	2001/9/9 至 2001/9/13	Donald E. Stephens Convention Rosemont, IL	电话: 805-650-7070 E-mail: marsha@powerquality.com
IEEE Industry Applications Society 36th Annual Meeting	2001/9/30 至 2001/10/5	Hyatt Regency Hotel, Chicago, Illinois USA	网址: www.ewh.ieee.org/soc/las/ ias2001/