

单片机产生 SPWM 波在 UPS 中的应用

杨剑平, 刘 淳, 任广林

(湖北工业大学信息工程学院, 湖北 武汉 430068)

摘 要: 文中介绍了基于 PIC16F73 单片机产生 SPWM 控制波形, 驱动全桥逆变电路组成的在线式正弦波 UPS 电源系统, 采用电压闭环反馈, 提高系统控制精度, 给出软件流程图及部分实验波形。

关键词: SPWM; 单片机; UPS; 电源系统

Application of SPWM Wave Produced by Microcontroller in UPS

Yang Jianping, Liu Chun, Ren Guanglin

(Information Engineering Institute of Hubei University of Technology, Wuhan Hubei, 430068 China)

Abstract: This paper introduces the method of producing SPWM controlling wave using PIC16F73 microcontroller, to drive the online sine wave power system composed of a full-bridge inverted circuit. We adopt a voltage feedback of closed loop to improve the precision of system control, The flow chart of the software and parts of experimental waves are also provided.

Keywords: SPWM; microcontroller; UPS; power system

0 引言

随着信息技术的不断发展和计算机应用的日益普及, 高新技术设备对供电质量的要求越来越高, 很多负载都要求电源能够持续提供恒频恒压、无畸变的正弦波交流电, UPS 就是用来给这些负载供电的电源设备。UPS 一般采用正弦脉宽调制 (SPWM) 的控制方法将直流电逆变成正弦波交流电。目前, SPWM 控制波形的产生一般有三种方式:

(1) 用分立元件电路产生, 主要由三角波发生器、正弦波发生器和比较器组成。分立元件电路复杂, 调试困难, 成本高, 可靠性差, 因此一般很少采用。

(2) 由专用集成芯片产生, 专用集成芯片功能强大, 输出波形质量高, 应用比较广泛。

(3) 用单片机实现, 现在许多单片机都具有产生 SPWM 波的功能, 采用单片机可使电路简单可

靠, 而且还便于对系统其他数据参数进行监控、显示和处理, 使整个系统的控制非常方便。文中叙述的就是用 PIC16F73 单片机产生 SPWM 波来控制 UPS 中的逆变系统的。

1 硬件电路设计

系统总体硬件框图如图 1 所示。电网输入交流

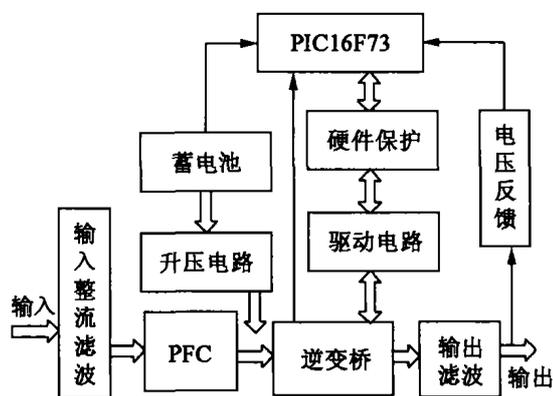


图 1 系统框图

收稿日期: 2004-10-11

电经整流滤波电路后,变成直流电压,输入功率因数校正(PFC)模块,进行功率因数校正,并同时直流电压调整,升压到 360V。另一方面,蓄电池输出的 48V 直流电压经过蓄电池升压电路后得到 345V 的直流高压,这两路直流高压通过二极管并联起来供给桥式逆变电路。正常工作时,由市电整流所得直流给逆变器供电,而当市电异常时,则自动转换到蓄电池供电。直流电经过桥式逆变电路后,再经输出滤波变成 220V、50Hz 正弦波交流电,供给负载。

控制电路以 Microchip 公司生产的 PIC16F73 单片机为核心。PIC 单片机是采用 RISC 结构的高性价比嵌入式控制器,采取数据总线和地址总线分离的 Harvard 双总线结构,具有很高的处理速度。PIC16F73 最高时钟频率为 20MHz,每条指令执行周期 200ns,由于大多数指令执行时间为一个周期,因此速度相当快。其内含 192 字节的 RAM,4K 程序存储器、5 路 A/D 转换及 2 路 PWM 波发生器,应用时外围电路极其简单,是理想的单相逆变电源数字控制器。

单片机通过内部软件产生一路 SPWM 控制信号,然后经过逻辑门变换电路变换成全桥逆变所需的四路驱动信号,再经专用驱动芯片 TLP250 隔离放大后,分别加到逆变全桥四个 IGBT 的栅极,进行驱动控制。

为了提高输出电压的稳定性,本系统中采用了电压闭环反馈。输出电压经电阻分压取样后,由运算放大电路将电平转换为单片机 A/D 转换口所能接受的 0~5V 电压信号,送入单片机 A/D 转换口。软件在运行过程中,会每隔一段时间进行一次 A/D 转换,得到反馈电压值,调整 SPWM 信号的脉宽,保证输出电压的稳定。

2 软件设计

PIC16F73 单片机内部含有两个 CCP 模块,都可以用来产生 PWM 波。对于 PWM 信号来说,周期和脉宽是两个必不可少的参数,PIC16F73 单片机将 PWM 周期储存在 PR2 寄存器中,而将 PWM 信号高电平时间值即脉宽值储存在 CCPR1L 或 CCPR2L 寄存器

中。内部定时器在计数过程中不断与这两个寄存器的值进行比较,达到设定时间时输出电平会产生相应的变化,从而控制 PWM 信号的周期和占空比。

SPWM 信号要求脉宽按正弦规律变化,因此每一个 PWM 周期脉宽都要改变,由单片机产生 SPWM 波的基本思想就是在初始化时将 PWM 周期值设定,然后用定时器定时,每个周期产生一次中断,来调整脉宽,从而得到脉宽不断变化的 SPWM 波。但实际上,SPWM 的转换频率很高,周期很短,要在每一个周期内都完成脉宽的调整比较困难。本系统中,SPWM 周期为 20kHz,设置每 6 个周期改变一次脉宽,实际输出 SPWM 信号经滤波后所得正弦波如图 2 所示,波形光滑无畸变,满足精度要求。

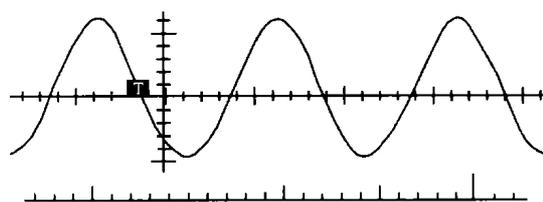


图 2 滤波后所得正弦波

在软件设计中,将 CCP2 模块作为 PWM 输出口,CCP1 模块采用比较功能,单片机时钟为 20MHz,计时步阶 $0.2\mu\text{s}$ 。首先建立正弦表,在一个完整正弦周期中,采样 64 个点,采样点正弦值与正弦波峰值的比值就是该点 SPWM 信号的占空比。然后根据 SPWM 周期计算出各点的脉宽值,转换成计时步阶,做成正弦表,供 CCP1 中断子程序调用。这 64 个点之间的时间间隔也转换成计时步阶储存在 CCPR1H 和 CCPR1L 寄存器中,在程序运行过程中,计数器 TIMER1 不断和这个寄存器的值相比较,达到设定值时 CCP1 产生中断,TIMER1 重新计时。中断服务子程序用来修改 SPWM 信号的占空比,其流程图如图 3 所示。

主程序为一个无穷循环,等待中断发生。本程序中共用到了三个中断:CCP1 比较中断,用来调整 SPWM 脉宽,中断周期为 $306\mu\text{s}$;T0 定时中断,每隔一段固定的时间进行一次输出电压反馈采样值的 A/D 转换,在单片机初始化时,将 T0 的中断周期设为 $153\mu\text{s}$,产生一次中断后,将周期改为 $306\mu\text{s}$;A/D

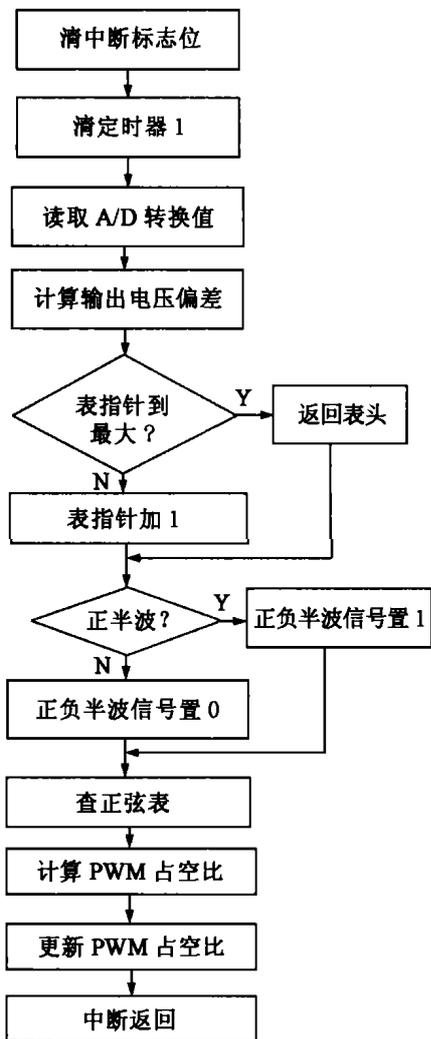


图 3 CCP1 中断服务子程序

转换中断, A/D 转换完成产生中断, 处理转换值, 中断周期为 $20\mu\text{s}$ 。在程序开始运行后, 首先发生 CCP1 中断, 使单片机按正弦表的第一个脉宽值输出 SPWM 波, $153\mu\text{s}$ 后, 产生 T0 中断, 进行 A/D 转换, 并将 T0 中断周期改 $306\mu\text{s}$ 。 $20\mu\text{s}$ 后转换完成, 产生 A/D 中断。然后又是 CCP1 中断, 读取 A/D 转换值和正弦表来调整脉宽。这样周而复始, 产生连续不断的 SPWM 控制信号。中断循环结构如图 4 所示。

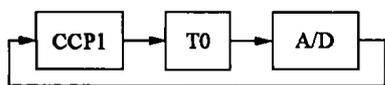


图 4 中断循环

3 实验结果及波形

由单片机 CCP2 口输出的 SPWM 波形如图 5 所

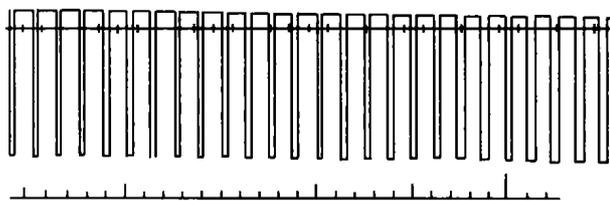


图 5 SPWM 波形一段

示, 由于频率为 20kHz , 脉宽很窄, 只截取了其中的一段, 看不到脉宽从最小变到最大的过程, 但可以看出这段波形中脉宽逐渐变窄, 符合 SPWM 的变化规律。

经 RC 滤波后得到如图 2 所示的正弦波, 频率为 49.6Hz , 与设计的 50Hz 基本吻合, 波形平滑无畸变, 满足设计要求。

本 UPS 系统中, 采用的是全桥逆变电路, 控制方式是一个桥臂上的两个 IGBT 互补导通, 另一桥臂的两个 IGBT 一个常开, 一个常闭。负半波时, 换到另一桥臂的两个 IGBT 互补导通, 原桥臂变为一个常开, 一个常闭。因此需要将单片机产生的一路 SPWM 信号变换成四路, 分别驱动四个 IGBT。具体实现电路如图 6 所示。

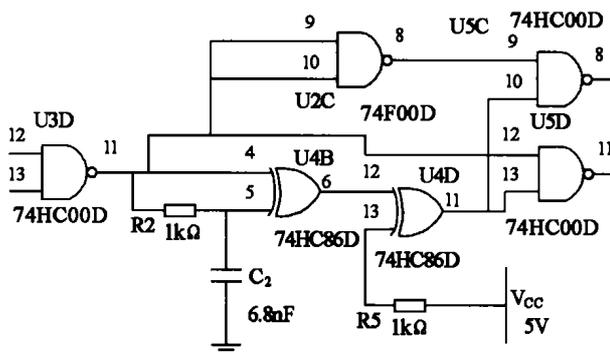


图 6 SPWM 波形变换电路

单片机输出的 SPWM 信号和正负半波信号分别加到与非门 U3D 的 12 和 13 脚, 此图只画出同一个桥臂的两个 IGBT 的驱动信号波形产生电路, 另一桥臂的产生电路与此电路完全相同, 只是在输入的正负半波信号前加了一个反相电路, 使得不论是正半波还是负半波, 桥臂 1 和桥臂 2 的 U3D 的 11 脚总是一个为 SPWM 信号, 另一个为低电平。经过后面的电路变换后, 是 SPWM 信号的桥臂得到两路互补输出

的 SPWM 波形, 是低电平的桥臂则得到一个持续的高电平和一个持续的低电平, 从而实现全桥逆变的驱动。

由于同一桥臂的两个 IGBT 互补导通, 死区时间的设置是必不可少的, 否则可能出现桥臂直通现象, 导致器件甚至整个电路的损坏。图 6 中的 R2、C2 就是用来设定死区时间的, 通过 RC 电路的充放电得到一个时间的延迟, 再经过门电路的处理加到 SPWM 信号波形中。通过改变 R、C 的大小就可以调整死区时间的长短, 此电路中电阻取 1000Ω , 电容取 $6.8nF$, 得到 $5\mu s$ 的死区时间。

通过电路变换最后得到的逆变桥的四路驱动信号波形如图 7 所示。IGBT 驱动采用低电平有效, 由图中可以看出, 在同一桥臂上下两个 IGBT 驱动波形中, 从一个驱动波形的低电平变到另一个驱动

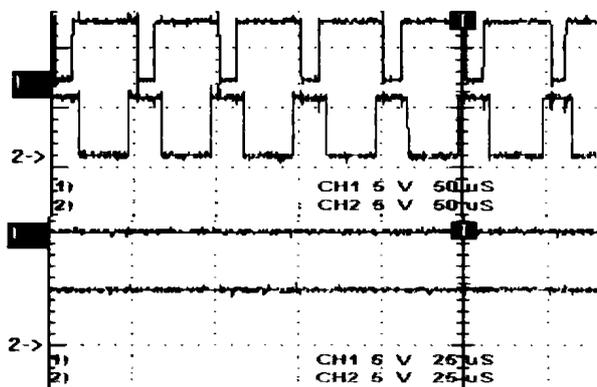


图 7 逆变桥四路驱动信号

波形低电平时, 有一段两个信号都为高电平的时间, 也就是两个 IGBT 都不通的死区时间, 防止了逆变桥的直通。

4 结语

文中介绍的这种运用 PIC 单片机产生 SPWM 信号控制逆变桥的方法在 UPS 的应用中取得了较好的实验效果。同时, 这种产生 SPWM 波的方法也可以用在其他正弦波逆变电源中。

参考文献

- [1] Uninterruptible Power Supply Reference Design, Microchip Technology Inc, 1997.
- [2] 何应龙, 李雪银. PIC16C7X 入门与应用范例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] 谭政华等, 智能化逆变电源研制及其 SPWM 波软件生成[J], 上海: 上海交通大学学报, 2002. 34(2).

作者简介

杨剑平 (1980-), 男, 硕士研究生, 从事电力电子变流技术方面的研究。

刘淳 (1938-), 男, 教授, 研究生导师, 从事高频开关电源技术的教学和研究。

任广林 (1975-), 男, 硕士研究生, 从事高频激光开关电源方面的研究。

参考文献

- [1] 孙康. 对开关电源及其不间断供电的新构想[J]. 电源世界, 2002, (1).
- [2] 孙康. 一种新的 UPS 电池集成冗余技术[J]. UPS 应用, (20), 2002.

作者简介

孙康 (1955-), 男, 高级工程师, 现任职于中国电子科技集团东北微电子研究所计算机事业部。

(上接 p. 27)

者提供 DCUPS 的状态信息; DCUPS 与主控计算机通过 RS-232 接口通讯; DCUPS 通过 MODEM 和有线电话网与主控计算机通讯; DCUPS 通过无线 MODEM 以短信的方式与主控计算机或使用者的手机通讯。

5 结语

DCUPS 以其众多的优点更加适合当前及未来信息化社会的需要, 这种创新性的不间断供电方案具有潜在的广阔的发展前景, 有可能带来新的商机。