# 基于 DSP 的粗丝大功率气体保护焊电源的研制

蒋晓明，关焯锋，王景健
(广东省科学院自动化工程研制中心，广东 广州 510070)

**摘要**：通过将软开关技术、DSP 技术、CAN 总线通信技术以及嵌入式实时操作系统等有机地结合，设计了具有通信功能和焊接专家系统的大功率电源，并着重介绍了电源软开关电路拓扑结构的选择、高可靠性 CAN 总线通信接口的设计以及焊接专家系统的设计。最后给出了利用自行研制的电源监控分析系统获得的电源外特性曲线，表明所研制的粗丝大功率气体保护焊电源满足了设计要求。

**关键词**：大功率电源；软开关；焊接专家系统
**中图分类号**：TM86　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-100X(2010)08-0082-03

# Development of High Power Supply for Thick Wire Gas Shielded Welding Based on DSP

JIANG Xiao-ming, GUAN Zhuo-feng, WANG Jing-jian
(*Automation Engineer R&M Center of Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou* 510070, *China*)

**Abstract**: A high power supply with network and welding expert system is designed by making full use of the advantages of soft-switching technology, DSP technology, CAN bus communication and embedded real-time operating system etc. The chose of the soft-switching topology, the design of a high reliability CAN bus communication interface circuit and the design of a welding expert system are introduced. The external characteristic curve of power supply are given in the end. It is verified that the developed high power supply for thick wire gas shielded welding meets the design requirements.

**Keywords**: high power supply; soft-switching; welding expert system

## 1 引　言

随着知识经济时代的不断深化，人们对焊接质量和效率都提出了新的要求，作为传统产业的焊接也因此呈现出新的特点及活力。目前，国内焊接电源基本上没有配置焊接专家系统，人机接口操作友好性差，基本不具备网络通信功能，严重影响焊接系统的自动化、智能化水平。将工业控制领域的热点技术很好地应用于焊接领域已成为焊接电源开发的一种发展趋势。这里在前期软开关电源技术研究的经验基础上，分析了粗丝大功率气体保护焊工艺特点，开展了粗丝大功率气体保护焊电源的研制课题。

## 2 大功率电源的方案设计

### 2.1 电源系统规划

图 1 示出粗丝大功率电源的硬件设计方案，主要由软开关逆变电源主电路、基于 DSP 的控制电路和基于 C8051F020 的人机接口三部分组成。人机接口电路与控制电路间通过 RS485 进行数据通信，并通过薄膜键盘进行焊接专家系统的相关操作，液晶显示屏则全面直观地显示用户所要了解的各种电源信息。电源控制电路还配有 CAN 总线接口，可方便地实现与送丝机、行走机构以及其他电源之间的协同控制。

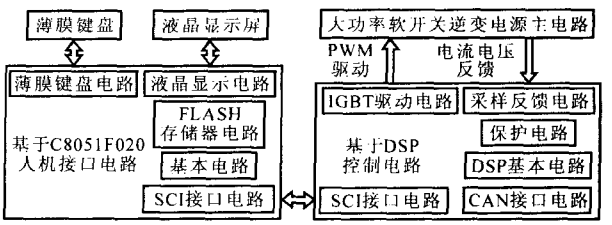



图 1　粗丝大功率电源系统框图

### 2.2 大功率输出的实现

该电源是针对大口径直缝焊管预焊生产而研制的。为提高预焊生产效率，设计中直接采用直径为 3.2 mm 埋弧焊焊丝，保护气体为 70%的 Ar 和 30%的 $CO_2$ 的混合气体，电源额定电流为 1 250 A。图 2 示出大功率电源设计方案。

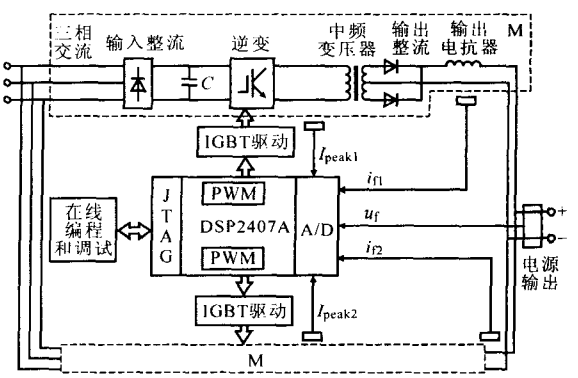



图 2　大功率输出的实现方式

由于电源功率大，如选用一套逆变主电路，不仅要求 IGBT 模块容量大，开关过程中的电流、电压应

**定稿日期**：2010-04-02
**作者简介**：蒋晓明(1973-)，男，湖南人，助理研究员，研究方向为电力电子及电力传动。

力大,而且 IGBT 开关损耗所产生的热量集中,为散热带来困难,影响电源的可靠性。基于上述考虑,该设计中采用两套逆变主电路。控制系统设计中,采用 TMS320LF2407A 型 DSP 控制芯片,完全可以满足同时控制两套逆变主电路的需求。

## 3 大功率电源电路设计

### 3.1 主电路拓扑结构的选择

移相全桥 ZVS PWM 变换器综合了谐振软开关技术和 PWM 技术的优点,在功率开关器件开关过程中实现谐振换流,保证较低的开关损耗,而在开关管开通后,采用 PWM 调制的方法提供方波电压和电流。该变换器开关损耗大大降低,可靠性也较高,非常适合大功率输出的应用。但同时也存在软开关范围较窄、占空比损失、次级寄生振荡等不足。

近年来,作为现代电力电子器件的绝缘栅极晶体管(IGBT)得到迅速发展。但 IGBT 关断时具有电流拖尾效应,使其关断损耗尤其严重。所以要提高 IGBT 的开关频率,必须要设法降低其关断损耗。通过并联一个较大的电容来实现 ZVS 可有效降低 IGBT 的关断损耗,但实现 ZCS 被认为更有效。移相全桥 ZVZCS PWM[1]变换器保留了移相全桥 ZVS PWM 变换器电路简洁的优点,超前桥臂工作在 ZVS 开关状态,滞后桥臂工作在 ZCS 开关状态。在此选用的软开关拓扑结构如图 3 所示。

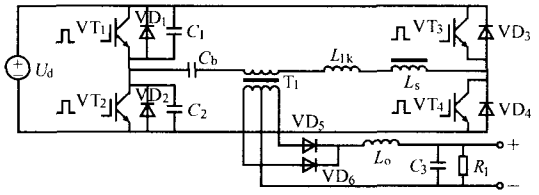
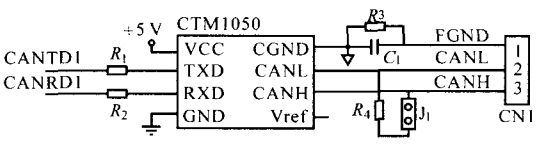



图 3 ZVZCS 主电路

### 3.2 高可靠性 CAN 通信接口电路设计

由于系统采用 TMS320LF2407A 作为主控芯片,其内置 CAN 控制器,而 CAN 驱动器采用全灌封工艺的 CTM1050 芯片,其内部集成 CAN 总线所必须的收发电路,具有将 CAN 控制器逻辑电平转换为 CAN 总线的差动电平的功能,另外 CTM1050 还具有对 CAN 控制器与 CAN 总线之间的隔离作用,隔离电压为 DC2.5 kV。CAN 总线波特率应用范围为 40 kbps~1 Mbps,完全符合 ISO 11898 标准。该设计采用 CTM1050 作为 CAN 接口芯片,使整个 CAN 总线通信电路简单且抗干扰性能好。电路设计如图 4 所示。




$R_1$~$R_4$ 为电阻;$C_1$ 为电容;$J_1$ 为跳线;CN1 为插座

图 4 CAN 总线接口电路

## 4 基于 μC/OS-Ⅱ的焊接专家系统设计

### 4.1 人机接口界面规划与焊接专家系统菜单设计

根据焊接工艺特点及操作方便的要求,对人机接口界面进行了规划。薄膜键盘用于菜单选择和参数的输入;LCD 显示屏显示菜单选项及具体参数;电压表和电流表实时显示焊接电压和电流。

主要菜单设计如下:开始菜单,说明当前选中的工作数据组;基本参数设置菜单,用于设置焊接送丝速度、焊前送丝速度、提前送气时间、滞后送气时间及选择焊接模式;焊接参数设置菜单,在选择脉冲焊接方式时,用于设置峰值时间、峰值电流、基值时间、基值电流。在选择直流焊接方式时,用于设置平均电压和平均电流;数据调用菜单,用于选择需要修改或使用的数据组。为便于设置,各菜单的改变量,即按一次增加或减少改变的大小,可由软件设定。各菜单的数据,可根据需要设定最大及最小值限制。

### 4.2 在 C8051f020 上的移植关键技术问题

要实现 μC/OS-Ⅱ移植,系统的处理器必须满足:①处理器的 C 编译器能产生可重入代码,保证在一段代码被多个任务同时调用时,不会破坏数据;②处理器支持中断,并且能够产生定时中断;③用 C语言就可以开关中断;④处理器能支持一定数量的数据存储硬件堆栈;⑤处理器有将堆栈指针和其他处理器寄存器存储和读出到堆栈的指令。

C8051F020 处理器不能直接支持第①,④条件,但可通过修改源代码的方式使其满足。①通过在各函数的原型后加可重入关键字 reentrant,使编译器支持代码的重入;②C8051F020 单片机的内部硬件堆栈非常小(理论的最大值仅为 256 字节),无法满足子函数对堆栈容量的需求。KEIL 编译器在大模式编译下,将部分形参和局部变量保存在虚拟堆栈中。虚拟堆栈保存在外部数据存储器中,栈指针为?C_XBP,起始值可由程序指定。为有效实现函数重入,可在任务堆栈中添加保存虚拟堆栈的方式完成。

### 4.3 嵌入式系统多任务设计

μC/OS-Ⅱ仅为实时多任务内核,移植 μC/OS-Ⅱ到 C8051F020 处理器后,离最终的实际应用还有相当大的距离,需在 μC/OS-Ⅱ的基础上加入与目标硬件对应的驱动程序和实现所需功能的任务函数。根据实际的需求和各硬件模块,该系统主要任务如下。

(1)键盘输入扫描任务

系统采用 30 键薄膜键盘,信息输入快捷方便。此任务采用扫描方式输入键盘按键,要求抗干扰能力强,不丢失按键信号。为避免按键抖动和加强抗干扰,当按键程序两次检测到同一个按键信号,才算按键有效。两个或多个按键按下时,所有按键信号均视为无效。部分程序流程如图 5 所示。

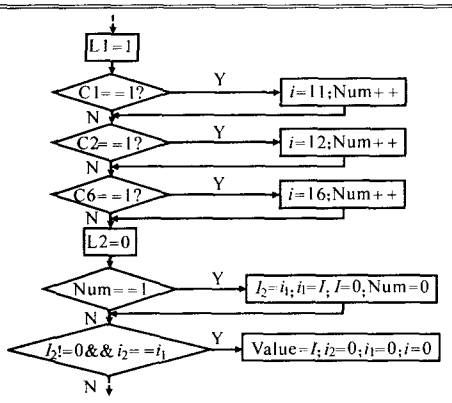



图 5　键盘扫描流程图

L1 为键盘第 1 行输出线;C1,C2,C6 为第 1,2,6 列输入线；变量 Num 用于记录某行是否有按键，且能记录同一行中的按键个数;$i_1$,$i_2$ 记录程序两次扫描的键值,用于比较两次扫描结果是否相等,且能反映不同行上是否出现多个按键。

(2)串行通信任务

RS-485 通讯是一种半双工通讯,发送和接收共用同一物理信道。在任意时刻仅允许一台单机处于发送状态，故要求应答的单机必须在侦听到总线上呼叫信号已发送完毕，并且无其他单机发出应答信号的情况下,才能应答。半双工通讯对主机和从机的发送和接收时序有严格的要求。若在时序上配合不好,就会发生总线冲突,使系统的通讯瘫痪,无法正常工作。为解决此问题,就必须共同遵守通信协议,而 RS-485 标准仅对接口的电气特性做出规定,而不涉及接插件、电缆或协议。因此,需要在 RS-485 应用网络的基础上建立自己的应用层通信协议。

在数据通信中，通信双方要对数据进行正确地传送和接收,首先要规定统一的格式,即数据传送中的帧。通信链路中传送的内容都按照此格式进行。这里帧结构设计为:地址域(1 字节)、命令码(1 字节)、数据长度(1 字节)、数据域(不定)、CRC 校验码(2 字节),其中差错控制使用 CRC-16 检验。设置帧结构是通信的前提，握手与应答机制是通信双方互相联系的一种保证和确认手段。发送方在发送数据前,必须确定接收方在整个通信系统中是否存在，若接收方存在，当前状态下接收方是否可进行数据接收的动作,这一系列过程都需要握手和应答机制来实现。

(3)存储器操作任务

存储器操作任务包括数据的初始化、数据组的增加和修改、存储空间的分配、数据组号处理。在每次更改数据或增加数据组时，都必须及时将数据保存。在目标系统中,用 SST39VF040 作数据存储的。此芯片必须以 4 K 为单位,所以在系统的 RAM 中必须有一个 4 K 或比所需数据空间大的数据缓冲区。系统保存 100 组数据，以数组形式存储到 RAM 中分配好的存储空间。选择项分为序号、焊接形式和组号。焊接形式说明该组数据的焊接形式,有脉冲、恒流和恒压焊接三种方式。组号说明该组数据为所选焊接形式的第几组，不同焊接方式的数据组必须单独处理。存储器操作任务流程如图 6 所示。

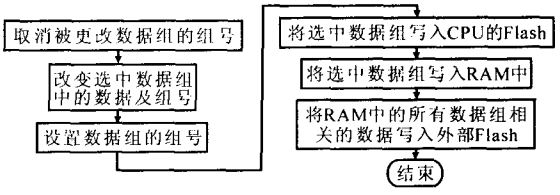



图 6　存储器操作任务流程

## 5　外特性试验曲线

按上述设计思路完成粗丝大功率气体保护焊电源的研制，并进行了模拟及焊接试验。在试验过程中,所设计的焊接专家系统工作稳定,操作方便,并利用自行研制的电源监控分析系统对电源进行了相关测试。由于电源外特性曲线是电源性能的重要参考指标,图 7 为当电源模式为恒流模式,电流设定为 1 kA 情况下电源的外特性实测曲线。可见,所研制的大功率电源很好地满足了设计要求。

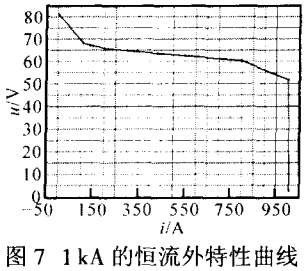



图 7　1 kA 的恒流外特性曲线

## 6　结　论

①从电源系统规划和大功率输出的实现两方面入手，阐述了粗丝大功率气体保护焊的总体设计方案。该方案将软开关技术、DSP 技术、CAN 总线通信技术以及嵌入式实时操作系统很好地应用于该电源的研制,技术方案先进;②在电源电路设计方面,介绍了大功率电源主电路的软开关拓扑结构和高可靠性的 CAN 总线通信接口电路的设计。在主电路拓扑选择上阐明了移相全桥 ZVZCS PWM 软开关的优点。CAN 总线通信接口电路中选用了抗干扰性能强的 CTM1050,设计了简单可靠的 CAN 接口电路;③分别从人机接口界面设计、菜单设计、μC/OS-Ⅱ嵌入式操作系统的移植以及多任务设计等方面详细介绍了焊接专家系统的设计；④最后给出利用自行研制的电源监控分析系统获得的电源外特性曲线，表明所研制的粗丝大功率气体保护焊电源满足设计要求。

## 参考文献

[1]　广州致远电子有限公司.CTM1050 系列产品数据手册[EB/OL].[20090-071-038].http://www.zlgmcu.com/download/downs.aspID=1694.