维普资讯 http://www.cqvip.com

基于DSP320F2812的数字化CO_2焊机研制

古金茂[1],黄鹏飞[1],殷树言[1],薛令河[2],张 涛[1]
(1.北京工业大学 机电学院,北京 100022;2.北京时代科技股份有限公司,北京 100085)

摘要:设计了数字化CO_2焊机的硬件结构,并根据CO_2焊接工艺的特点,编写了相应的控制软件,实现了整个焊接系统的数字化。试验结果表明,基于DSP320F2812芯片控制的焊接电源具有良好的动特性,获得了较好的控制效果,为控制策略的智能化和最优化提供了良好的平台。

关键词:短路过渡;CO_2焊;数字信号处理器(DSP)
中图分类号:TG434.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-2303(2007)07-0054-04

Research of digital CO_2 welding machine base on DSP320F2812

GU Jin-mao[1],HUANG Peng-fei[1],YIN Shu-yan[1],XUE Ling-he[2],ZHANG Tao[1]
(1.College of Mechanical Engineering & Applied Electrons Technology,Beijing University of Technology,Beijing 100022,China;2.Beijing Time Technologies Co.,Ltd.,Beijing 100085,China)

Abstract: In this paper,the hardware of digital CO_2 welding machine is designed,and the software is developed according to the characteristic of CO_2 welding technology.It is demonstrated that the dynamic characteristic of the power source based on TMS320F2812 digital signal processor is excellent and the wave form control system is effective,which provides a perfect platform for the intelligent and optimize control.

Key words: short-circuit transition;CO_2 welding;digital signal process(DSP)

0 前言

CO_2气体保护焊是气体保护焊中重要的焊接方法之一,具有高效、节能、成本低以及可进行全位置焊接等优点,已被广泛应用于低碳钢及低合金钢的焊接。但是,由于CO_2焊本身存在飞溅大、焊缝成形差等缺点,限制了此方法的进一步推广。为了减少焊接飞溅,改善焊缝成形,提高短路过渡时的焊接稳定性,国内外学者对此作了大量的研究工作,提出了多种控制思路,如能量控制、智能控制、波形控制等。然而实现这些控制思想的前提条件是焊机本身要具有良好的可控性和快速的响应能力,因而对焊机的性能提出了更高的要求。随着数字化技术,特别是DSP(数字信号处理器)在电源控制中的应用,改变了人们以往仅仅依靠模拟电路和单片机很难实现复杂控制思想的局面,从而提升了对焊接电源控制的灵活性和准确性。因此,建立基于具有快速计算和信号处理能力的DSP芯片的数字化CO_2焊机,是实现控制过程智能化和最优化的前提条件。

本研究针对CO_2焊短路过渡方法的特点,采用TI公司最新推出的TMS320F2812型DSP作为控制系统,实现了CO_2焊机的数字化。

1 TMS320F2812简介

TMS320F281x系列DSP是由TI公司于2003年推出的基于TMS320C2xx内核的定点数字信号处理器。器件上集成了多种先进的外设,为电机和其他运动控制领域应用提供了良好的平台。同时其代码和指令与F24X系列数字信号处理器完全兼容,从而保证了项目或产品设计的可延续性。与F24X系列数字信号处理器相比,F281x系列数字信号处理器提高了运算精度(32位)和系统处理速度(达到

收稿日期:2007-01-08
作者简介:古金茂(1975—),男,河北沧州人,博士,主要从事数字化焊接设备及自动化方面的研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

150 MIPS)。该系列数字信号处理器还集成了 128 kB 的 Flash 存储器、4 kB 的引导 ROM、数学运算表以及 2 kB 的 OTP(一次可编程)ROM,从而大大改善了应用的灵活性。128 位的密码保护机制有效地保护了产品的知识产权。两个事件管理器模块为电机及功率变换控制提供了良好的控制功能。16 通道高性能 12 位 ADC 单元提供了两个采样保持电路,可以实现双通道信号同步采样[1]。归纳起来,TMS320F281X 系列 DSP 具有以下特点:

(1)运算速度快。TMS320F2812 的核心频率为 150 MHz,单指令执行时间为 6.67 ns。并且由于运算精度由原先 24x 系列的 16 位提高到 32 位,使其能够进行字和双字操作,从而进一步提高了对采样信号的处理速度。

(2)片内资源丰富。片内的程序/数据寻址空间增大为 4 MB(2407 为 2.5 kB);Flash 空间由 2407 时的 32 kB 增大到 128 kB;大大增加了片上/片外的存储器;ADC 采样精度由 2407 时的 10 位提高到 12 位,A/D 转换最小时间由 2407 的 500 ns 缩短为 80 ns。

(3)功能健全的事件管理器(EVA、EVB),丰富的复用 I/O 口、中断以及通信接口。

(4)强大的软件开发工具。在原来 CC 开发环境下,开发出功能更加强大的 CCS 3.0 及以上版本。

2 数字化 CO_2 逆变焊机的硬件设计

基于 TMS320F2812 的 CO_2 数字化焊接的总体设计如图 1 所示,包括主电路和控制电路两部分。主电路采用全桥式 IGBT 逆变结构,主要包括整流单元、滤波单元、逆变单元和中频变压器和二次整流单元。控制部分以 DSP 为控制核心,主要包括采样电路、状态判断、送丝电路和相应的接口电路,以及保护电路和人机接口界面等部分。由于主电路部分为传统的全桥逆变结构,在此就不加以阐述。

2.1 脉宽调制(PWM)和驱动输出

脉宽调制是整个输出波形控制的核心,脉宽调制是在工作频率不变的前提下,根据给定电压、电流信号与反馈电压、电流信号比较的差值,经过 DSP 内部软件处理实现数字 PI 控制,得到具体的输出脉冲的宽度数值,通过 DSP 相应的转化,变为一定宽度的 PWM 脉冲输出给驱动电路。

而驱动电路的主要作用是对驱动信号进行功率放大和电平转化,并保证一定的脉冲前沿、后沿陡度,使其有足够的能力驱动 IGBT 饱和导通和安全关断,可以说它是主电路和控制电路的连接点。同时,驱动电路还有采集控制电路、主电路的电气隔离作用和故障信号的作用。

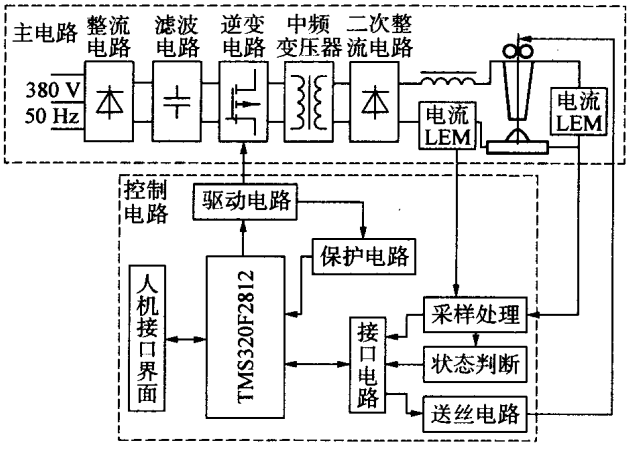

图 1　数字化 CO_2 焊机总体框图

Fig.1　Block diagram digital CO_2 welding machine

2.2 采样处理

电源控制部分的电压和电流分别通过霍尔电压和霍尔电流传感器进行采样,并通过采样电路处理变为 0~3 V 范围的电压值,然后利用 DSP 片内 12 位精度的 A/D 转换器转变为数字量。对于电流采样信号,通过状态判断电路部分来判断电弧引燃与否,从而从硬件上保证控制的准确性和及时性。

2.3 保护电路

保护电路是防止各种意外故障对焊接电源造成破坏,以保证系统稳定、可靠、安全工作必不可少的部分。其常见故障有过电流、过电压、欠电压、过热等。当产生上述任何一种故障信号时,保护电路将输出保护控制信号,关断 DSP 的 PWM 输出,从而关断焊接电源主电路的 IGBT 开关管。

2.4 送丝电路

送丝系统是熔化极气体保护焊的重要组成部分之一,而熔化极气体保护焊焊接工艺的稳定性和焊缝成形、焊接质量与送丝机系统的稳定性和可靠性有着直接的关系。送丝速度的稳定与否将直接影响焊接电流的稳定和熔滴过渡过程。

为了保证送丝速度的稳定,本设计采用电枢电压负反馈+电流正反馈的调节方式,实现了对送丝速度和力矩的补偿。利用 PWM 脉宽调制控制送丝速度设计的送丝电路,大大提高了送丝系统的稳定性。送丝机调速电路框图如图 2 所示[2],图中的给定信号由 DSP 产生,经过 D/A 数模转换为模拟信号控制送丝机的送丝速度。

维普资讯 http://www.cqvip.com

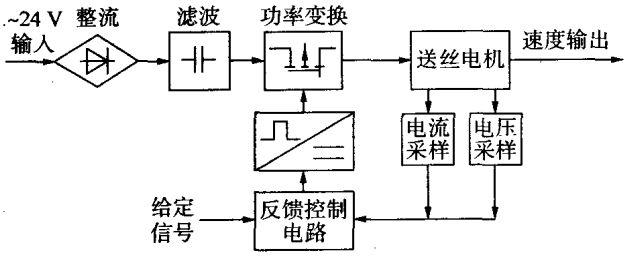

图2 送丝机调速电路框图

Fig.2 Block diagram of adjust speed circuit on feeding wire machine

2.5 人机交互电路

人机交互部分执行操作者与数字化焊接电源之间信息传递的功能。对于人机交互系统不仅要实现输入焊接电流、电压参数的精确设定，同时也要实现焊接参数的实时显示，还应具备最优参数存储、调用、掉电保护功能。

具体的人机接口交互系统总体框图如图3所示。整个控制系统以AT89S8252单片机为控制核心，完成对整个人机交互系统的控制，主要包括对键盘、显示以及正交编码器信号的相应处理和焊接控制系统核心DSP的通信等。采用LED数码管驱动专用芯片SD7218A完成键盘和数码管显示的管理工作[3]。

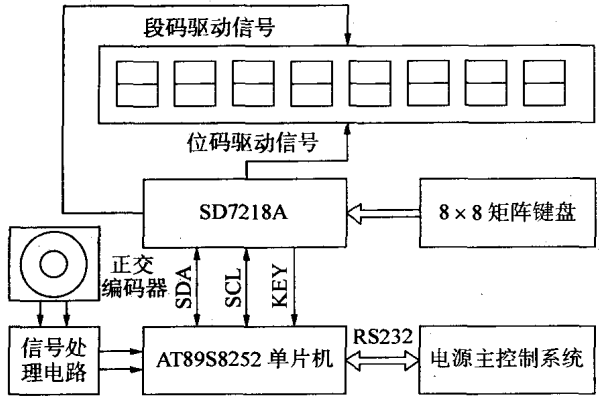

图3 人机接口交互系统总体框图

Fig.3 Block diagram of man-machine interface

3 数字化 CO_2 逆变焊机的软件设计

3.1 总体控制流程设计

数字化 CO_2 焊机的DSP控制系统采用C语言编程、模块化管理，具有良好的通用性和扩展性。本系统中的波形控制策略均由软件产生，由相应的控制算法分别对短路和燃弧的波形进行控制。主程序流程如图4所示。

3.2 A/D转换中断处理

A/D转换中断处理是焊接过程控制的主要部分，采用事件管理器的定时器触发，触发周期50 μs，包括对焊接过程中电流、电压模拟信号的采集及相应的模数转换后的软件滤波、焊接状态判断、相应控制策略选择、数字PI控制，最后得出针对本次采样所做的脉宽输出。

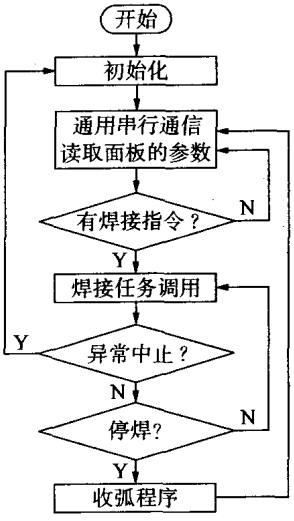

图4 主程序流程

Fig.4 Proceeding of main program

(1)软件滤波。

考虑到DSP处理的工作量较大，并且要求每次所有的转换必须在50 μs周期时间内处理完毕，所以软件滤波不宜采用特别复杂的处理程序，因此，在充分考虑DSP本身资源的基础上，采用增加采样通道并取平均值的策略。具体做法是：将采集到的电流、电压模拟信号分别输入到八个A/D采样通道，在采样中断到来时，同时采集这两组(共16通道)的信号并进行A/D转换，然后将转换结果取平均值，并进行适当校正，试验结果表明此方法明显提高了采样的精度。

(2)短路、燃弧状态判断。

由于 CO_2 焊接过程中存在短路和燃弧两个截然不同的焊接状态，导致相应控制策略也不同，所以需要对不同的焊接状态作出精确、及时的判断。根据不同焊接状态时电压变化显著的特征，设定不同电压阈值作为过程状态判断的条件，如图5所示，采用不同燃弧状态判定电压 U_{arc} 和短路状态判断电压 U_{short} 来进行不同状态变化的判定。由于所设计的焊接系统采样周期仅为50 μs，因此可以迅速对焊接状态作出准确判断，满足了实际焊接要求。

(3)短路阶段的软件控制。

短路阶段在整个周期中电流变化很大，因而对电流控制的精度和速度要求较高，所以采用对电流进行直接控制的单闭环控制策略。为了更好地减小

维普资讯 http://www.cqvip.com

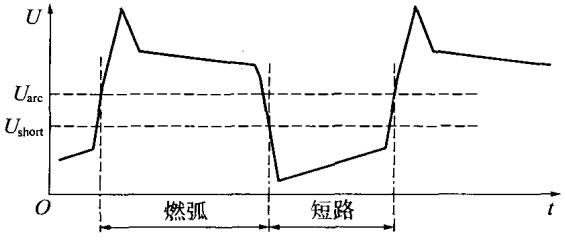

图 5　状态判断

Fig.5　Judgment of condition

焊接飞溅,短路阶段采用双斜率控制方案。

(4)燃弧阶段的软件控制。

燃弧阶段所占整个短路过渡周期的时间比例较大,并且为了提高电弧稳定性,需要利用恒压电弧的自调节作用,故采用恒电压控制方案。具体的控制策略为双闭环结构,即内环为电流环,外环为电压环,外环的电压环经过数字 PI 控制后,将结果叠加到电流环上,通过电流环的数字 PI 控制,实现整个燃弧阶段的恒电压控制,如图 6 所示。图中,B_1 为电流反馈放大倍数,B_2 为电压反馈放大倍数,K_1 为电流环放大倍数,K_2 为电压环放大倍数,R 为等效阻抗,s 为算符,T_1、T_2 为积分环节的时间常数。

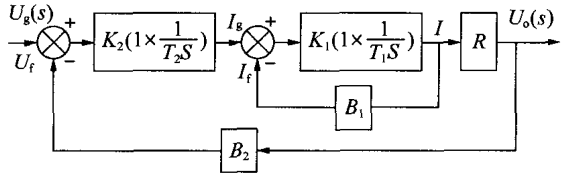

图 6　双闭环控制结构

Fig.6　Structure of double closed-loop control

3.3　人机接口交互程序设计

人机接口交互系统作为一个相对独立的部分主要完成参数的设定、预置、显示等任务,采用独立的 AT89S8252 单片机进行控制。焊机通过 DSP 的 SCI 通信接口与单片机实现数据传递。

在参数设置状态下,单片机通过键盘发送设置数据,DSP 则负责接收数据并更新相应的参数值。具体实现方式为在 DSP 主程序中设置好串行通信的相应入口,并对相应控制器进行初始化,当有数据到来时执行相应的中断服务子程序。在焊接状态时,键盘处于不可更改状态,DSP 按照设定的间隔时间,向单片机定时发送焊接电流、电压数据,单片机接收到数据后,进行处理并刷新显示值。

4　试验研究

电弧电压 U=21 V;焊接电流 I=140 A;保护气体为 100%CO_2;气体流量为 15 L/min;焊丝型号 ER50-6;焊丝直径 1.2 mm;试验材料为低碳钢板;工件尺寸 100 mm×500 mm×3 mm,焊接速度 0.5 m/min;干伸长 15 mm。

采用基于 DSP 芯片 TMS320F2812 控制的 CO_2 焊接系统进行了焊接试验,电流、电压波形如图 7 所示。可以看出,短路过渡频率基本恒定,短路过渡周期的标准偏差较小,焊接波形均匀,焊接过程的短路、燃弧状态判断准确,焊缝成形好,焊接飞溅小,达到满意的控制效果。

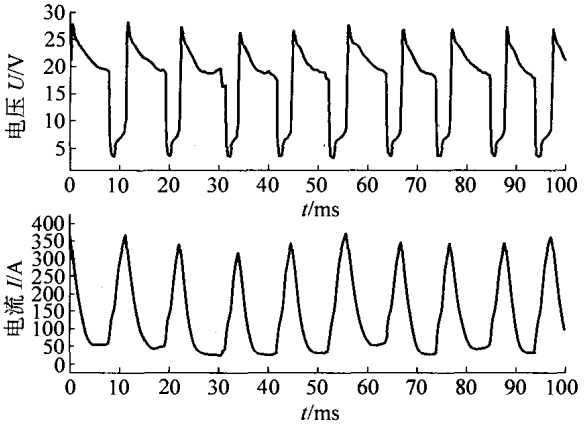

图 7　CO_2 短路过渡电压、电流波形

Fig.7　Waveform of CO_2 short circuit transfer voltage and circuit

5　结论

(1)控制系统采用高性能的 TMS320F2812 型 DSP 为控制核心,配以相应模拟电路进行控制,并具有过电流、欠电压等保护措施。试验表明,该系统电路简单,控制精度高,操作方便,工作稳定。

(2)编写的系统软件指令执行效率高,速度快。通过调整软件,可很方便地实现其他外特性的输出,以满足不同焊接工艺的需要,充分体现了数字化控制的灵活性与优越性。

(3)工艺试验表明,焊机输出波形理想,焊缝成形美观,焊接飞溅小。

(4)焊机的软、硬件设计均采用模块化设计方法,移植性好,缩短了焊机的开发周期,具有很高的使用价值。

参考文献:

[1]　苏奎峰,吕　强.TMS320F2812 原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005.

[2]　蒋观军.变极性 PMIG 焊接设备辅助控制系统研制[D].北京:北京工业大学机电学院,2005.

[3]　薛令河.基于 TMS320F2812 DSP 的 CO_2 焊波形控制系统研究[D].北京:北京工业大学机电学院,2005.