

## 焊接设备

# 基于 80C196KC 的脉冲 MIG 焊机的研究

陈克选 李述辉 张世勤 陈 响

(兰州理工大学 材料科学与工程学院,甘肃 兰州 730050)

**摘要** 介绍 80C196KC 单片机在脉冲 MIG 焊机中的应用。根据 MIG 焊机特点,80C196KC 单片机主要完成 A/D 转换、PI 控制、焊接过程中的时序控制、故障处理、参数预置、参数显示、PWM 以及数据采集等功能。通过脉宽调制芯片 SG3525 和 IGBT 专用驱动芯片 EXB841 配合来驱动 IGBT,通过 MOSFET 的开关电源来调节送丝速度。采用离散的增量型 PI 算法对采样电流值和给定电流值进行 PI 控制,其结果经过 D/A 转换后改变 IGBT 的输出脉宽,最终得到恒电流脉冲。焊机整机测试静特性动特性,结果表明焊机性能良好,达到预期目标。

**关键词** 80C196KC ;PI 控制 ;IGBT SG3525 ;脉冲 MIG

**中图分类号** TG434.5 **文献标识码** A **文章编号** 1001-2303(2012)03-0039-05

## Research on pulse MIG welder based on the 80C196KC

CHEN Ke-xuan ,LI Shu-hui ,ZHANG Shi-qin ,CHEN Xiang

(Lanzhou University of Technology ,School of Material Science and Engineering ,Lanzhou 730050 ,China)

**Abstract:**The application of the 80C196KC MCU which used in pulse MIG welder is presented In this paper.According to the characteristics of the MIG welder ,the main functions of the 80C196KC MCU were PI control ,A/D conversion ,the control of the welding process ,the treatment of troubles ,the initialization and display of parameters ,PWM and the data collection and so on.With the coordinating of the PWM chip SG3525 and dedicated IGBT drive chip EXB841 to drive the IGBT ,the wire feeding speed adjusted via the switch power of MOSFET.Based on the discrete incremental PI algorithm to regulate the sampling current and the given current ,its result was used to change pulse-width of IGBT after D/A convert and finally get constant current pulse.The test of static and dynamic characteristics shows that the properties of the welder reached the goal.

**Key words:** 80C196KC ;PI control ;IGBT SG3525 ;pulse MIG

## 0 前言

数字化 MIG 焊机以其焊接效率高、焊接质量好、易于实现自动化焊接等优点受到人们的青睐。数字化脉冲 MIG 焊机可调参数多,调节性能好,可以方便的选择热输入量,适用于各种材料以及各种厚度材料的焊接。在此基于 80C196KC 单片机设计了一

台脉冲 MIG 焊机,峰值、基值电流调节范围为 60~500 A,输出空载电压 75 V。

## 1 焊机主电路设计

设计的逆变焊机主电路采用全桥 IGBT 逆变式结构<sup>[1]</sup>,如图 1 所示。主电路分为三个部分:

(1)输入整流滤波部分。输入 AC 380 V 经抗共模电感  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  后送至整流桥  $VC_1$ ,得到脉动直流后经大容量电解电容  $C_1$ 、 $C_2$ ,最终得到较为平稳的直

收稿日期:2011-08-31

作者简介:陈克选(1962—),男,山西临猗人,教授,主要从事焊接工程自动化及焊接质量控制的研究工作。

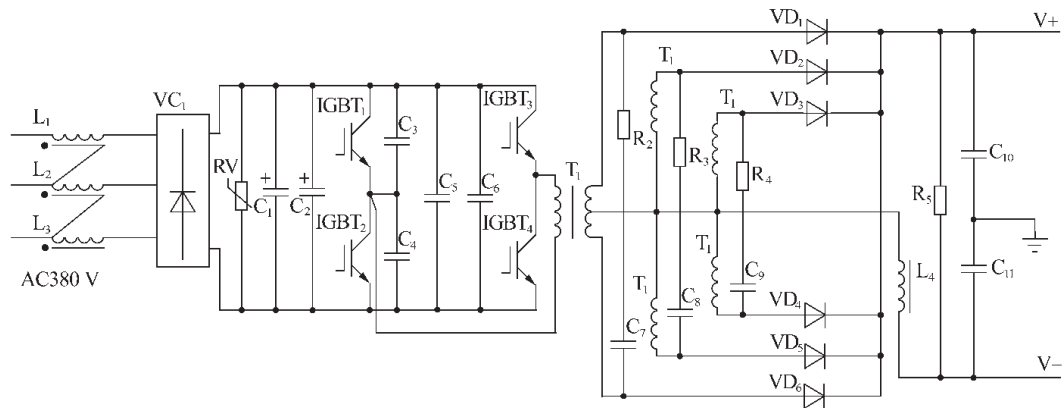


图 1 MIG 焊机主电路

流电。在整流桥与滤波电容之间并联一个压敏电阻  $RV_1$  防止网压波动过大时对后续电路造成损坏。

(2) 逆变部分。采用四个 IGBT 组成全桥逆变式结构, 其中 IGBT 选择耐压值 1 200 V, 最大允许电流 100 A, 逆变频率 20 kHz。图 1 中  $C_3$ 、 $C_4$  为 IGBT 吸收电容, 变压器  $T_1$  匝数比 7:1, 在网压没有波动的情况下变压器二次侧输出为 77.14 V, 逆变时由于死区时间的存在, 占空比最大为 0.98, 故二次侧输出最大空载电压为 75.6 V, 约等于原定的 75 V 空载。

(3) 二次整流部分。由于所设计焊机功率较大, 为减小变压器二次侧绕组铜线直径, 同时减轻变压器体积和质量, 采用三组并联结构, 三组二次侧的中间抽头接在一起经过滤波电感  $L_4$  作为焊机输出的负极, 三组二次侧的两端分别经大功率快速恢复二极管后连接在一起作为焊机输出的正极<sup>[2]</sup>。

## 2 主控板设计

焊机主控板以 80C196KC 单片机为核心, 完成对焊机整体工作过程的控制。80C196KC 单片机是 80C196 系列中的一员, 它在 80C196KB 的基础上增加了一些新功能, 与以往的单片机相比, 具有以下优点<sup>[3]</sup>:

a. 16 位的 CPU, 没有累加器结构, 采用寄存器—寄存器结构。

b. 高速的晶振时钟, 内部时钟二分频于振荡频率, 振荡信号频率最高可达 20 MHz。

c. 除原片内 232 B 的寄存器空间外, 增加 256 B 的附加 RAM, 且在垂直窗口下可灵活应用。

d. 16 kB 内部存储器, 寻址能力为 64 kB。

e. 28 个中断源和 18 级中断, 更为方便判断和操作。

f. 16 位监视定时器(WDT), 具有修复软件和防止干扰功能。

g. 10 位 8 通道的 ADC, 增加了新功能: 一个是 10 bit/8 bit A/D 转换可变, 一个可预先设定转换完成时间控制。

h. 三路 PWM 输出, 输出脉宽、频率均可调。

i. 以 FIFO 为基础的 HSI 结构和以 CAM 为基础的 HSO 结构。

j. PTS 功能, 增设外围事件服务器, 以很小的 CPU 开销为 I/O 功能部件服务。

基于 80C196KC 单片机上述特点, 同时结合 MIG 焊接时的工艺要求和本焊机设计功能, 主控板主要完成的工作有:

(1) A/D 转换。利用 80C196KC 自带的 10 位 8 通道的 ADC 对电流、电压采样数据以及参数预置时各个参数设定值进行 A/D 转换。焊机设计时预置参数分别为峰值时间、基值时间、脉冲频率、占空比和送丝速度, 加上电流、电压采样数据分别占用单片机的 ACH0~ACH6 这 7 个 A/D 口。用于参数预置的可调电位器上并联一个小容量电容可增加输入 A/D 口模拟电压的稳定性, 进而提高 A/D 转换精度。试验验证 A/D 转换精度完全可以满足焊机需要。

(2) PI 控制。PI 控制是整个焊机的核心, 所设计焊机为恒电流脉冲输出, 故 PI 控制只针对采样电流。在实际的控制系统中, 需要控制变量增量, 故采用增量式算法的输出形式。所采用离散型增量式 PI 公式为<sup>[4]</sup>

$$I(i) = I(i-1) + K[E(i) - E(i-1)] + K \frac{T}{T_i} E(i)$$

$$I(i) = I(i-1) + \alpha E(i) + \beta E(i-1) \quad (1)$$

式中  $\alpha = K(1 + \frac{T}{T_i})$ ,  $\beta = -K$ ;  $E(i)$ ,  $E(i-1)$  分别为第  $i$

次和第  $i-1$  次电流给定值与反馈值之差  $I(i) - I(i-1)$  分别为第  $i$  次和第  $i-1$  次输出的控制参量  $\alpha$ 、 $\beta$  的值是通过大量实验整定后得到的。

(3)故障处理。焊机在运行过程中不可避免的会出现各种故障。针对软件故障，例如程序运行出错而陷入死循环、程序跑飞等问题，利用单片机自带的看门狗(WDT)功能对程序进行监视。一旦程序出错，对 WDT 清零的指令得不到执行而致使 WDT 产生溢出，程序从头开始执行。另外为增加程序抗干扰能力，在中断、堆栈、跳转以及多字节指令前插入 NOP 冗余指令<sup>[5]</sup>。

焊机硬件常出现的故障主要有过电流、过热、过欠电压。其中过电流对焊机硬件损坏最为严重，很容易损坏 IGBT。针对过电流问题，利用 IGBT 专用驱动芯片 EXB841 的 6 引脚来检测 IGBT 的 C 极与 E

极之间的电压以判断 IGBT 的过电流，一旦有过电流故障出现，立即关断 EXB841 的脉冲输出，同时将过电流信号送入单片机的不可屏蔽中断 NMI，进而进入过电流中断程序，点亮焊机面板过电流指示灯。过热保护采用一个热敏开关贴在靠近 IGBT 的散热片上，通过开关的状态来判断是否出现过热故障。过热与过/欠电压共用单片机的 HSL0 中断，配合高速输入口 HSL2 与 HSL3 的状态来判断具体是哪一种故障。过/欠电压判断电路如图 2 所示，通过双电压比较器 LM339 比较整流滤波后的电压，一旦有过/欠电压故障发生，就会给出过/欠电压信号输出。通过调节可调电位器  $RP_{22}^*$ 、 $RP_{23}^*$  设定过/欠电压故障范围，本焊机设定安全工作电压范围为  $380\text{V} + 10\%$ 。通过调压器对过/欠电压保护电路进行验证性试验，进一步调节  $RP_{22}^*$ 、 $RP_{23}^*$ ，以增加过/欠电压保护精度。

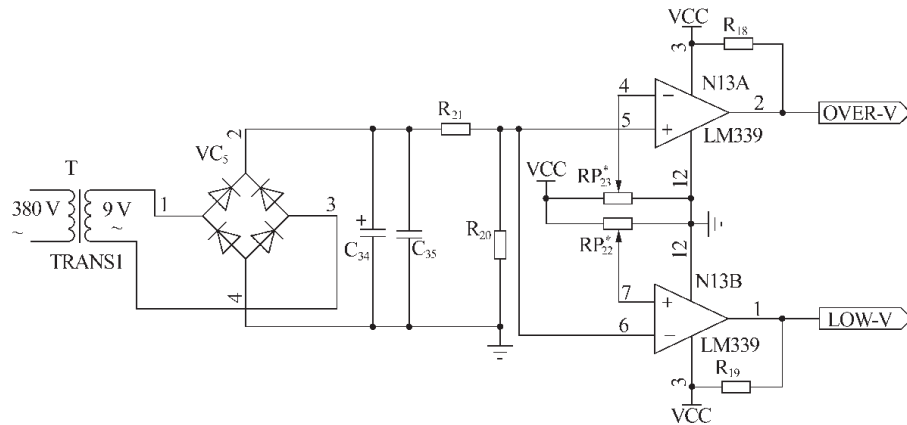


图 2 过/欠电压判断电路

(4)参数预置和显示。焊机可调参数通过可调电位器上的电压变化来调节，经 A/D 转换后存入单片机内部备用。参数显示部分采用五位数码管显示，如图 3 所示，单片机给出的显示数据通过准双向口 P1.0、P1.1、P1.2 送到显示驱动器 MAX7219 以驱动五位数码管轮流导通，这样只用三根准双向口线和较少的时间就完成了数据的显示。焊接时，前两位数码管  $D_0$ 、 $D_1$  显示空载电压或焊接电压，后三位数码管  $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$  显示焊接电流，参数预置时，前两位显示预置参数类型，后三位显示预置参数的数值。

(5)数据采集。焊机可以对焊接过程中的参数进行采集并存储，待焊接结束时，通过串行数据传输到 PC 机。在单片机最小系统中添加了一片数据存储芯片 6264 用于存放焊机采集到的数据，6264 容量为 8 kB，故焊机最多可以采集 8 kB 的数据，而焊机采集数据的多少能够方便的在程序里面设定。

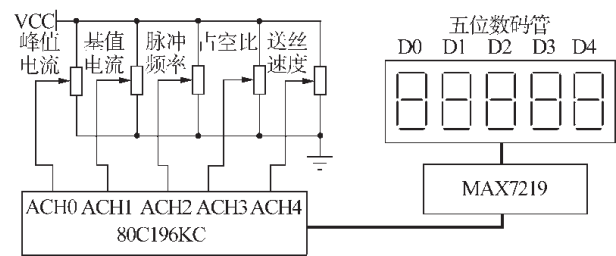


图 3 参数预置与显示原理

### 3 驱动电路设计

驱动电路由脉宽调制芯片 SG3525 和 IGBT 专用驱动芯片 EXB841 组成。图 4 为 SG3525 外围电路，设计逆变频率为 20 kHz，单片机 PI 控制之后的脉宽调制数字量通过 MAX530 转换成模拟量后给到 SG3525 的 2 脚以调节输出脉宽。过电流、过热、过/欠电压保护信号通过图 4 中二极管  $VD_0 \sim VD_3$  送至 SG3525 的 10 脚，一旦有上述任何一种故障发生都会关断

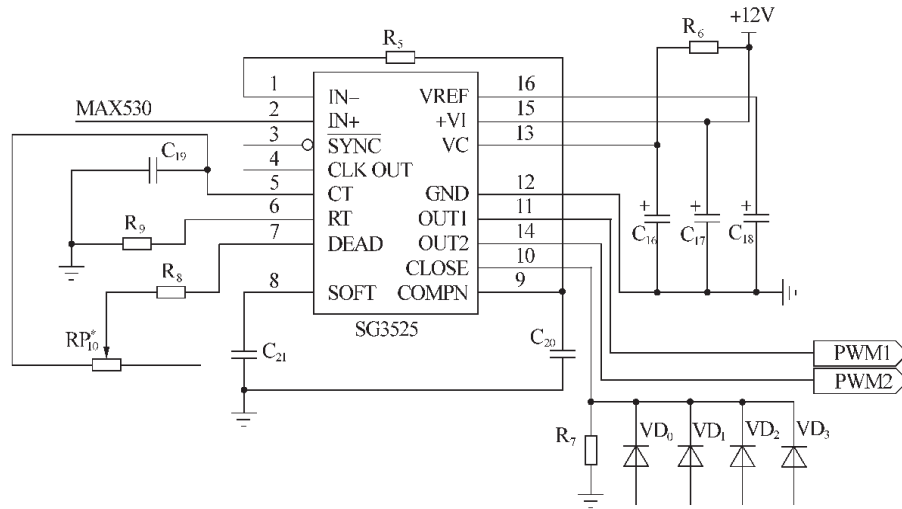


图 4 SG3525 外围电路

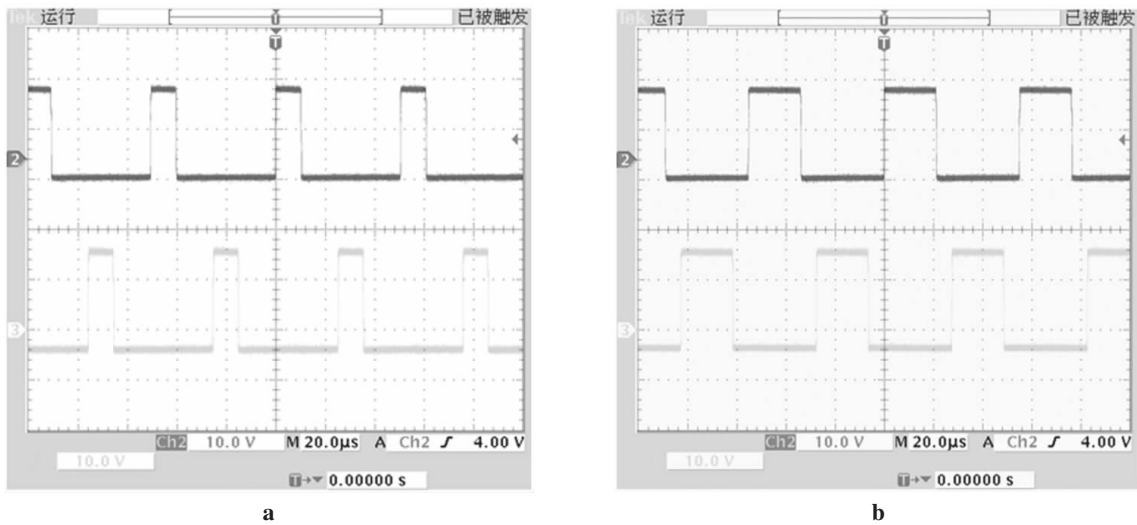


图 5 EXB841 最终输出驱动波形

SG3525 的脉冲输出,从而关断主电路中的 IGBT。

图 5 为 EXB841 最终输出给 IGBT 的驱动波形,图 5a 为对应 MAX530 输出为 1.5 V 时的脉宽输出波形,图 5b 为对应 MAX530 输出为 3.3 V,即为最大脉宽输出波形。由图 5 可知,驱动波形给出的有触发 IGBT 导通的正向脉冲,同时为了保证 IGBT 可靠关断和防止 IGBT 的误导通,在非触发时间内给出负电压信号,保证全桥 IGBT 可靠的工作。

#### 4 送丝系统

虽然 80C196KC 单片机自带三路 PWM 输出,但是由于硬件资源问题,不便利用其本身的 PWM 输出。利用 80C196KC 的 HSO 口能够容易地产生 PWM 信号,根据这一特点设计了 MOSFET 型高频

开关送丝电源,开关频率 20 kHz(程序设定,可方便调节),它驱动直流电机时,高频载波被过滤掉,起作用的是平均电压,这个电压决定了电机的转速,因此调节 PWM 脉宽就能够方便地调节送丝速度。图 6a 为实测单片机 HSO.0 口输出 PWM 波形,其频率为 20 kHz,占空比 21%;图 6b 为经过开关电源后送至送丝电机两端的波形。可以看出频率和占空比与 HSO.0 输出的 PWM 波形一样,完全可以通过改变 HSO.0 输出 PWM 波的宽度来调节送丝速度。

#### 5 试验结果

根据上述思路设计的焊机整机装机后,首先进行电阻箱负载试验,由于电阻箱为纯电阻性负载,故实测电压波形能够完全反映焊接电流波形。图 7 为测



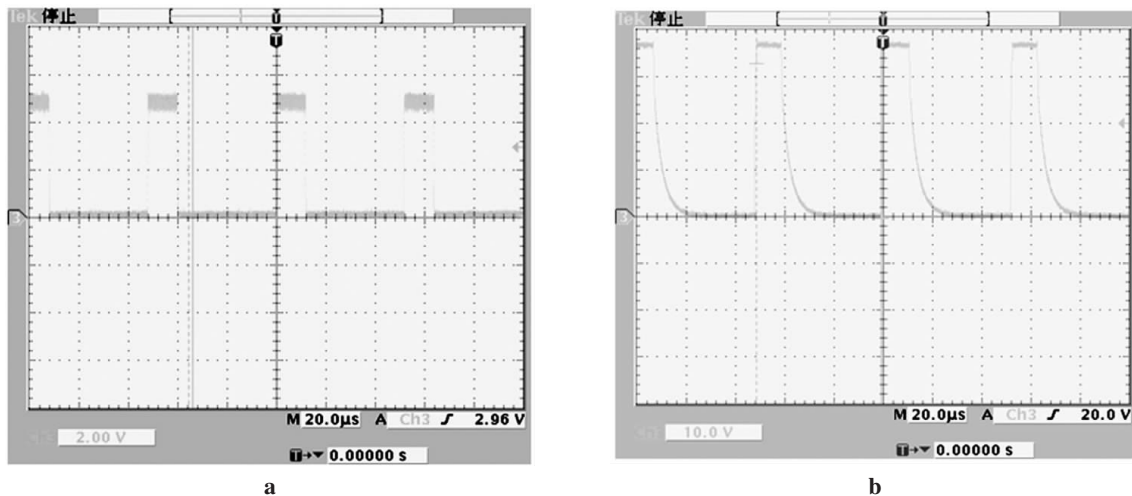


图 6 HSO.0 输出脉冲波形与送丝电机两端电压波形

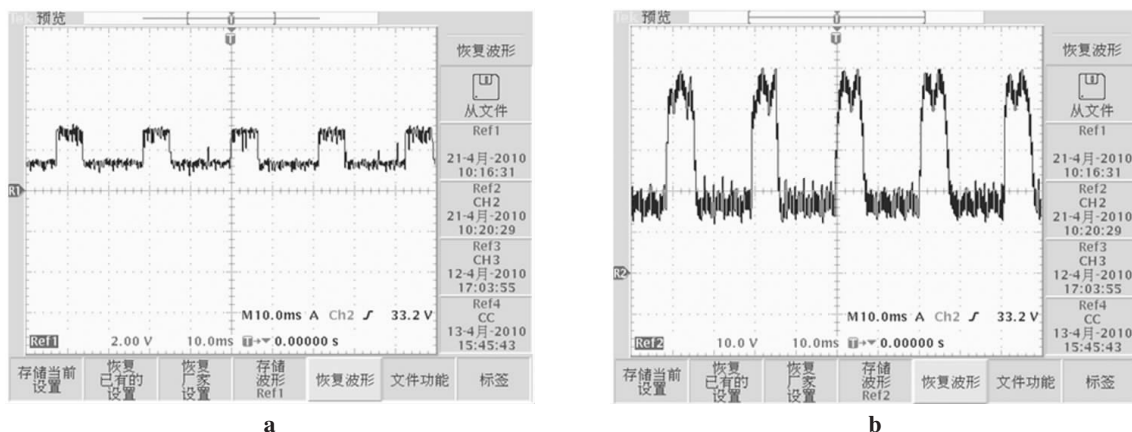


图 7 实测焊机输出波形

得的焊机输出波形,其中图 7a 为 SG3525 的引脚 2 上电压波形,图 7b 为焊机输出电压波形。由图 7 可见,焊机输出电压波形完全随 SG3525 的引脚 2 上的电压变化而变化,符合最初设计思想。

施焊时,利用恒电流脉冲焊接可实现波形灵活控制,试验发现:在脉冲频率较低时,电弧较为分散,适合于薄板焊接;在脉冲频率较高时,电弧集中性较好,适合于中、厚板的焊接。焊接时验证焊机参数调节灵活,可调参数多,通过改变焊机参数可以实现各种厚度材料的焊接,焊缝成形良好。

参考文献:

- [1] 黄石生,薛家祥.弧焊电源及其数字化控制[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [2] 赵家瑞.逆变焊接与切割电源[M].北京:机械工业出版社,1996.
- [3] 汪建,孙开放,章述汉.MCS—96 系列单片机原理及应用技术[M].武汉:华中科技大学出版社,1999.
- [4] 李鹤歧,郝伟,徐德进.微机控制的脉冲 MIG/MAG 焊接电源的研制[J].甘肃工业大学学报,2002,28(3):11-14.
- [5] 郝伟.微机控制脉冲 MIG 焊接电源的研制[D].兰州:甘肃工业大学,2002.

更正

2012 年第 2 期刊登的《管道全位置自动焊焊接缺陷特点及其预防》一文中,作者姓名“祈哲”更正为“祁哲”。特此更正!

《电焊机》杂志社  
2012 年 3 月 10 日