

# 基于 STC 单片机的焊接摆动器控制系统的设计

矫晓龙<sup>1</sup>, 朱虔劼<sup>1</sup>, 祝雪妹<sup>1</sup>, 杨明旭<sup>2</sup>

(1 南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042  
2 厦门大学 信息科学与技术学院, 福建 厦门 361005)

[摘要] 介绍了基于 STC 单片机焊接摆动器控制系统的设计, 包括电源模块、单片机控制模块、直流电机脉宽调制 (PWM) 调速模块、红外线二极管检测与放大电路模块、人机交互模块等系统硬件设计, 以及用 C 语言实现的系统软件设计. 该系统能够控制焊枪以特定的预置参数进行摆动并配合一台小车进行流水线操作, 从而达到自动焊接过程中的特殊要求. 通过现场运行, 系统稳定, 可靠性高, 满足工业现场要求.

[关键词] STC 单片机, 焊接摆动器, 硬件设计, 软件设计

[中图分类号] TP23 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2010)01-0017-05

## A Control System Design for Welding Oscillator Based on STC Single Chip

Jiao Xiaobong<sup>1</sup>, Zhu Qianjie<sup>1</sup>, Zhu Xuemei<sup>1</sup>, Yang Mingxu<sup>2</sup>

(1 School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China  
2 School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract** This paper introduces a design of control system of welding oscillator on the basis of STC single chip. It does not only include system hardware design consisting of power module, single-chip control module, module of DC motor speed regulation system of Pulse Width Modulation (PWM), module of infrared diode detection and amplifier circuit and module of human-computer interaction, but also software design achieved by C. The system is able to control the welding torch that swings with the specific preset parameters and operates with a trolley on the pipeline in order to achieve the special requirements of the automatic welding process. Through on-site operation, the system is stable, high reliable and meets the demands of industrial field.

**Key words** STC single chip, welding oscillator, hardware design, software design

随着工业的快速发展,对加工设备的要求也越来越高.为了提高焊缝层间及表面的焊接质量和焊点的精确度,减少焊接缺陷的产生,增强自动焊接设备对不同焊件厚度及焊接质量要求的适应能力,提高自动焊接设备的自动化程度,国外率先开发出了焊接摆动器产品.摆动器是解决对接焊、平角焊、垂直立焊、轧辊堆焊等焊接工艺的良好配套设备.可适用于气体保护焊,埋弧焊等焊接设备<sup>[1]</sup>.

目前,工业现场应用的摆动器有许多种,设计平台不同,功能也各有不同.本文基于 STC 单片机设计了一款焊接摆动器的控制系统.系统使用直流电机输出的转动力作为摆动的动力.区别于步进电机精确的定位,使用直流电机的难点在于如何精确判断电机转动的位置.本文设计的系统采用了红外线二极管作为位置传感器,解决了直流电机精确定位的问题,得到了很好的效果.对于整个系统的设计,首先考虑到系统的易用性,为了让系统适应工业现场的强电磁干扰环境,对系统的抗干扰性能进行优化,使得该系统具有定位精准、响应迅速、体积小、扩展性强、抗干扰性强等特点.

### 1 系统整体设计

经过对市场的研究与调查,为了满足在工业现场使用中的各类需求,对摆动器的设计做出以下的基本要求<sup>[2]</sup>:

- (1) 摆动器在摆动曲线内能精确停靠于曲线的两端与中点 3 个固定位置.
- (2) 摆动器在 3 个停顿位置的停顿时间要求可在 0~ 9.9 s 范围内精确调节并进行显示.
- (3) 摆动器的摆动速度要求划分为 0~ 99 级, 精确可调并进行显示.
- (4) 直流电机驱动的小车可双向行驶, 行驶速度要求划分为 0~ 99 级, 精确可调并显示.
- (5) 摆动器安装于小车上, 摆动方向与车行驶方向垂直. 车与摆动器按给定的几个常用模式, 如图 1 所示, 进行组合运动, 通过修改摆动器停顿时间和摆动速度以及小车速度可以建立用户自己的运动模式.
- (6) 自动保存上次工作数据, 并在下次开机时调用.
- (7) 关机时, 摆动器自动停靠摆动曲线中点.



图 1 预设模式运动轨迹图

Fig.1 Trajectories of default mode diagram

对于焊接摆动器而言, 其机械传动机构通常可以分为齿轮齿条或丝杆螺母传动方式、凸轮或连杆传动方式两种<sup>[5]</sup>. 本系统选用的是凸轮传动方式, 驱动元件选用直流电机. 通过直流电机带动凸轮转动从而使得固定在从动杆上的焊枪可实现摆动运动. 为了实现对焊枪运动的控制, 设计了如图 2 所示的系统.

系统选用宏晶科技最新的 STC12C5410AD 单片机作为处理器. STC12C5410AD 是新一代增强型 8051 单片机, 具有无法解密, 超强抗干扰, 超低功耗, 可在线编程和远程升级 (无需编程器) 等优点, 带有看门狗和 EEPROM 等功能.

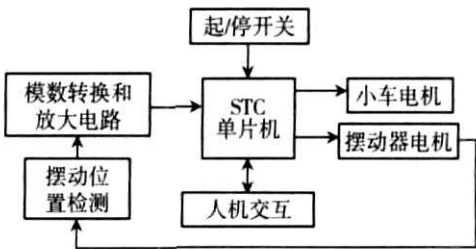


图 2 系统原理框图

Fig.2 System principle block diagram

## 2 硬件设计

### 2.1 PWM 调速模块

为了控制摆动器的摆动速度, 需要对直流电机的转速做精确的控制. 脉宽调制 (Pulse Width Modulation, PWM) 是常用的一种调速方法. 其基本原理是用改变电机电枢电压的接通和断开的的时间比即占空比来控制马达的速度. 在脉宽调速系统中, 单位周期内电机通电时间增长, 其速度增加; 反之, 则速度降低. 只要按照一定的规律改变通断电的时间, 就可使电机的速度保持在一个稳定值上<sup>[6]</sup>. 采用 PWM 方法调速能使系统地调速响应快、速度稳定、准确.

图 3 中, OUT1 和 OUT2, OUT3 和 OUT4 分别与摆动器直流电机以及小车直流电机电机相连. 由于 8 个二极管两端会产生较大的电流, 所以需选用额定电流较大的 N5408 二极管. 系统使用软件实现 PWM 信号的输出. 通过编程, 把设定的摆动速度转换成相应 I/O 口的输出脉冲占空比, 从而让电机在极短的时间内重复的起动停止, 来实现对电机的转速控制.

### 2.2 位置检测模块

本系统所用摆动器采用凸轮的传动方式将电机的转动运动转化成机械臂的摆动运动. 摆动器在摆动过程中有 3 个停顿位置, 分别为左, 中, 右. 电机转动一周对应摆动器摆动一个周期. 因此, 可以通过检测电机转动的位置来判断摆动器摆动的位置. 摆动器摆动一个周期为: 左—中—右—中—左. 因此, 可将电机转动的一周的 4 个点对应摆动器摆动的 3 个位置, 每个点之间相隔 90°. 这样检测点的位置就确定了.

检测方面为了使系统有高的反应速度、稳定、节省空间, 系统采用红外线二极管作为位置传感器. 红外线二极管具有尺寸小、可靠性高、辐射强度高、灵敏度高、功率低的优点. 表 1 是红外线二极管的响应时间. 由于它具有极短的响应时间, 可以达到精确定位的要求.

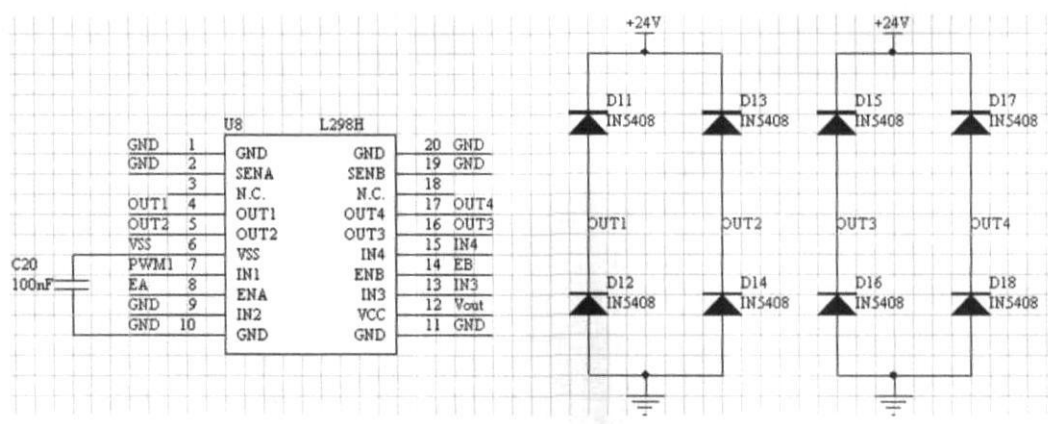


图 3 L298 电机驱动电路

Fig.3 L298 motor driver circuit

一对红外线二极管包括一个发射端和一个接收端. 工作原理是发射端与接收端以光电流的形式形成回路, 当发射端与接收端之间有障碍物遮挡时, 接收端的输出电流会产生跳变. 这样, 只要电机转动轴带动一个薄遮光片转动, 转到固定在检测点的一对红外线二极管之间时, 该点的输出电流产生跳变. 这样只需 4 对红外线二极管便可检测摆动器位置. 如图 4 所示, P1、L1~ P4、L4 是 4 对红外线二极管的安装位置.

由于跳变信号是小电流模拟信号, 数量级在  $10^{-4}$  mA 级, 需要经过适当的电路放大, 再转换为逻辑电平信号才适合单片机进行处理.

2.3 人机交互模块

系统需要显示摆动速度、小车速度和 3 个停顿位置的停顿时间, 共 10 位数显示. 3 个位置停顿时间的设定需要 6 个按键以及一个存储确认键. 一般系统通常采用动态或者静态扫描的方法实现数码管显示, 但他们各有其局限性. 动态扫描需要大量占用 CPU 资源; 静态扫描占用大量的单片机接口. 本系统使用两片 ZLG7290 芯片来管理 10 位数码管显示和 7 个按键. 该芯片的优点是能够直接驱动 8 位共阴数码管, 同时管理 64 只按键, 且按键有连击功能; 采用 I<sup>2</sup>C 总线方式, 与单片机只有两个接口. 使用 ZLG7290 大大简化了电路, 节省了单片机 I/O 接口资源. 由于它与单片机以 I<sup>2</sup>C 总线方式通信, 不需要 ZLG7290 以片选的形式与单片机连接.

为了给使用者带来舒适和方便的调速感受, 小车与摆动器的调速采用 ALPS 公司的 EC11E 旋钮编码器. 这种编码器旋转一周有 30 个卡位, 产生 15 个脉冲, 正反旋转时, AB 两个引脚输出不同相位的脉冲波形, 如图 5 所示. 旋钮的旋转方向的判断方法是经过去抖动操作后, 利用软件比较相邻两个采样时刻 AB 两点的采样值, 从而实现对输入数值的增减操作<sup>[7]</sup>.

3 软件设计

软件使用 C 语言编程, 把程序写成初始化程序包、旋钮编码器检测程序包、按键与显示程序包、位置检测程序包、电机调速与停顿程序包等 5 个软件包, 不同的软件包有不同的功能, 通过主程序或中断程序来调用. 其中按键与显示程序、位置检测程序以外部中断的形式进行调用, 电机调速与停顿时间则使用单

表 1 红外线二极管响应时间

Table 1 The response time of infrared diode

	测试环境	标准值	单位
上升时间	$V_{CE} = 5\text{ V}$	15	$\mu\text{s}$
下降时间	$I_C = 1\text{ mA}$ $R_L = 1\text{ 000 }\Omega$	15	$\mu\text{s}$

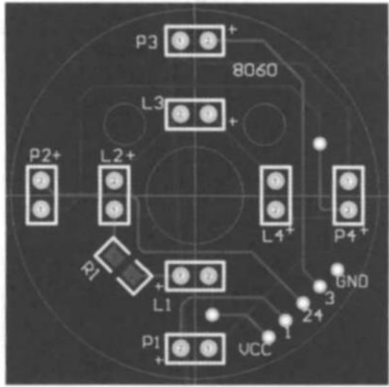


图 4 摆动位置检测集成电路板

Fig.4 Welding oscillator position detection integrated circuit board

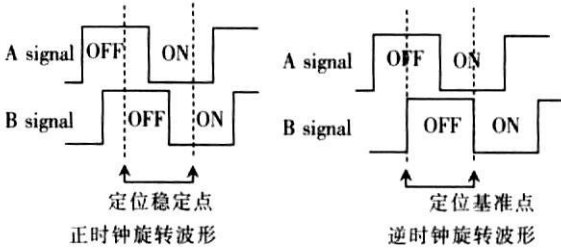


图 5 旋钮编码器输出波形

Fig.5 Output of rotary encoder

片机内部定时器中断调用, 另外两个软件包则在主程序中调用. 把程序写成软件包的形式能提高程序的运行效率, 并且易于维护和修改.

图 6 是软件主程序流程图. 控制器上电后首先进行初始化, 调出历史工作数据; 然后在判断停机开关处于打开的状态下打开电机调速定时器中断, 摆动器开始工作; 工作过程中, 循环检测预设的工作模式、旋钮编码器以及停机开关. 同时, 3 个位置的停顿时间也可以通过 ZLG 7290 随时修改, 不需占用单片机的资源. 当停机开关闭合时, 首先调用位置检测程序来判断摆动器是否运动到中间位置. 若不在中间位置, 则摆动器继续摆动, 直到摆到中间位置后, 以关闭电机调速定时器中断的形式停机. 然后, 程序进入死循环, 直到停机开关打开后, 再次打开电机调速定时器中断, 装置恢复运行.

图 7 是摆动器电机转动位置检测的程序流程图. 当某一组红外线二极管检测到摆动器摆动到停顿位置后, 软件进入中断程序, 调用位置检测程序判断具体的摆动位置, 然后读取数据, 修改停顿标志位. 电机调速定时器中断控制电机停机, 并清零该标志位. 停顿时间达到设定值后, 电机调速定时器中断控制电机启动, 并按原有速度继续转动, 直到运行到下一停顿位置再次进入此外部中断, 如此循环下去.

## 4 抗干扰设计

焊接环境是一个强电磁干扰的工作环境, 对于控制系统而言, 这种强电磁干扰一般都以随机出现的冲击脉冲形式进入系统, 破坏某些器件的正常工作, 严重时甚至会损坏器件<sup>[10-14]</sup>. 本文所设计的控制系统采用如下措施来防止干扰:

(1) 电机和主板的电源采用 24 V、5 V 开关电源, 输出电压稳定.

(2) 芯片合理布局, 降低布线长度和噪声; 电源布线注意去耦合, 高低压分区域布线, 分开敷铜.

(3) 主要芯片的正负电源引脚上设置对地电容, 以滤除干扰和防止振荡.

(4) 电源信号与逻辑信号分开, 逻辑信号由电源转换模块获得; 过程信号采用光耦隔离, 提高信噪比.

(5) 程序下载接口采用串口, 电源、输入信号和控制信号使用航空插头.

(6) 单片机内部使用看门狗功能.

## 5 结论

本文所设计的控制系统所用芯片均采用贴片封装, 主板集成电源以外所有模块, 可安装在  $15\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  的控制盒内, 具有小型化、轻型化、易搬运、易操作、不受场地限制的特点. 在国内, 检测端率先使用了红外线二极管代替传统的机械结构, 解决了直流电机精确定位的难题, 并且降低了产品重量, 节省了空间, 取得了较高的稳定性和精确性. 整个装置的理论位置检测与响应时间在  $50 \sim 100\text{ }\mu\text{s}$ , 实际时间  $< 0.2\text{ ms}$ . 在采用  $3\text{ m}$  的超长焊枪, 电机转速为  $60\text{ rad/m in}$  的苛刻情况下, 水平焊接点误差  $< 4\text{ mm}$ . 因此, 此装置可以非常好的满足各种焊接要求. 控制器预留多个 I/O 接口供升级使用, 同时支持在线软件升级. 控制器工作可靠, 性能稳定, 在工业现场的实际使用当中, 长时间不间断工作的效果良好.

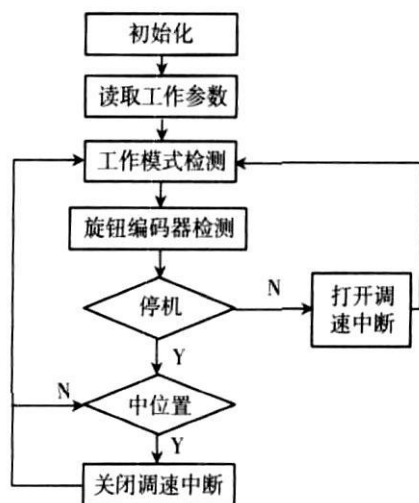


图 6 主程序流程图

Fig.6 Flow chart of main program

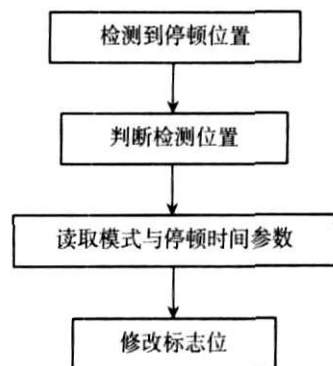


图 7 位置检测外部中断程序流程图

Fig.7 Flow chart of external interrupt program of position detection

# [参考文献] (References)

- [1] 谭蓉. 全位置自动焊焊枪移动和摆动机构的设计 [J]. 焊接技术, 2001(12): 32-33  
Tan Rong Design of moving of the all-position welding torch and oscillating mechanism [J]. Welding Technology, 2001(12): 32-33 (in Chinese)
- [2] 张文明, 焦万才, 张蓉, 等. 焊接摆动器 PLC 控制系统设计 [J]. 电焊机, 2003, 33(3): 25-27  
Zhang Wenming Jiao Wancai Zhang Rong et al Design of the PLC control system in welding oscillator [J]. Electric Welding Machine, 2003, 33(3): 25-27. (in Chinese)
- [3] 朱松盛, 黄凤鸣, 高玉, 等. 可在线编程的多功能单片机实验板 [J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2006 6(2): 43-45  
Zhu Songsheng Huang Fengming Gao Yu et al In-Circuit programmable MCU board with multi-function [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2006 6(2): 43-45. (in Chinese)
- [4] 雷毅. 微处理机在横缝摆动自动焊接系统中的应用 [J]. 制造业自动化, 2003(10): 56-59  
Lei Yi Application of microcomputer in the automatic welding system for horizontal weaving weld [J]. Manufacturing Automation, 2003(10): 56-59 (in Chinese)
- [5] 王伟, 朱六妹. 电子控制焊焊接摆动器的研究 [J]. 电焊机, 1999(2): 8-9  
Wang Wei Zhu Limei Study on electric oscillator [J]. Electric Welding Machine, 1999(2): 8-9. (in Chinese)
- [6] Walter N Akerich, Stephen L Herman, 姜明. 电机与控制 [M]. 7版. 温照方译. 北京: 高等教育出版社, 2006  
Walter N Akerich, Stephen L Herman, Jiang Ming Motor and Control [M]. 7th ed Wen Zhao Fang Translating Beijing Higher Education Press, 2006 (in Chinese)
- [7] 李德兵. 旋钮式键盘及其与 AT89C52 的接口技术 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2003(8): 73-74 80  
Li Debing Interface technology of knob-style keyboard with AT89C52 [J]. Application of Microcontroller and Embedded Systems, 2003(8): 73-74 80 (in Chinese)
- [8] 马忠梅, 籍顺心, 张凯, 等. 单片机的 C 语言应用程序设计 [M]. 4版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 173-193  
Ma Zhongmei Ji Shunxin Zhang Kai et al C-MCU Application Design [M]. 4th ed Beijing Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2007: 173-193 (in Chinese)
- [9] 张慰兮, 王颖. 微型计算机 (MCS-51 系列) 原理、接口及应用 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1993  
Zhang Weixi Wang Ying Interface and Application of Microcomputer (MCS-51 series) [M]. Nanjing Nanjing University Press, 1993 (in Chinese)
- [10] 丁坤, 邱华, 经士农. 基于 AVR 单片机的焊接摆动器 [J]. 电焊机, 2005 35(3): 59-61.  
Ding Kun Qiu Hua Jing Shunong Welding oscillator base on AVR single chip microcomputer [J]. Electric Welding Machine, 2005, 35(3): 59-61. (in Chinese)
- [11] 孙频东. 51 系列单片机程序跑飞问题的探讨 [J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2001, 1(4): 31-33  
Sun Pindong Study on program running out of track in MCS51 system [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2001, 1(4): 31-33. (in Chinese)
- [12] James Cobelli EMC design fundamentals [C] // Systems Applications and Technology Conference IEEE May, 2006
- [13] Armstrong M Keith PCB design techniques for lowest-cost EMC compliance Part 1 [J]. Electronics and Communication Engineering Journal, 1999, 11(4): 185-194
- [14] Armstrong M Keith PCB design techniques for lowest-cost EMC compliance Part 2 [J]. Electronics and Communication Engineering Journal, 1999, 11(5): 218-226

[责任编辑: 刘 健]