

超声波金丝球焊线机焊接压力控制系统设计*

吴勇刚, 王晓初, 杜昌源, 武大勇
(广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 以STC12C2052AD单片机芯片为控制核心, 采用PID控制技术, 设计了一套针对半导体封装设备超声波金丝球焊线机的焊接压力控制系统。使其具备了高精度、多参数设置、高灵敏度、用户界面友好以及系统成本低等特点。

关键词: 超声波焊接; STC12C2052AD; PID

中图分类号: TP274. *53

文献标识码: B

Design of welding pressure control system for ultrasonic gold wire bonding machine

WU Yong Gang, WANG Xiao Chu, DU Chang Yuan, WU Da Yong

(Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: This paper studies the semiconductor packaging equipment, designs a welding pressure process control system in ultrasonic gold wire bonding machine. The CPU used in this system is STC12C2052AD chip. The PID technology was used to design a smart wire-bonding process control system. This system has advantages such as high precision, multi-parameter setting, high sensitivity, friendly interface, low-cost system and so on.

Key words: ultrasonic wire bonding; STC12C2052AD; PID

基于单片机的压力参数的控制和调节, 即以单片机为调节器, 辅助以配套的A/D、D/A转换单元及电路, 通过执行数字PID程序实现自动调整。在超声波焊线机金丝球焊压过程中, 可能出现由于压力过小而出现弱焊和脱焊现象, 或由于压力过大而使得焊点变形量过大, 造成焊点强度下降或者根部断裂的现象, 即使是微弱的压力信号变化也会直接影响焊线变形量, 进而影响焊接的质量。所以说焊接压力大小的控制对整个焊接质量的好坏至关重要。

焊线机控制系统的硬件设计如图1所示。控制系统硬件部分主要由上位机和焊线机压力控制系统组成。硬件设计时, 为了便于调试, 采用模块化设计, 主要包括中心控制器模块 (STC12C2052AD单片机)、在线检测

的焊接压力模块、预先设置的焊接压力模块、上位机模块、LCD显示器模块等5个部分。

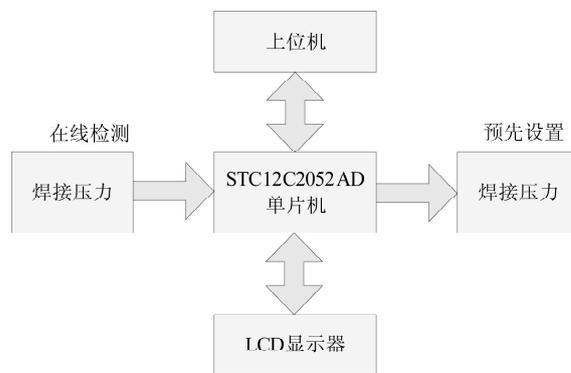


图1 控制系统的硬件设计

*基金项目: 广州市科技攻关计划项目 (2006Z3-D9071)

1 系统总体设计

1.1 单片机监控系统的作用和功能

该系统实现控制功能的主要单元是一个基于单片机的压力控制系统，其结构框图如图2所示。主要组成部分有：金属电阻应变丝式力传感器检测单元、A/D转换单元、以STC12C2052AD单片机为核心的控制单元以及调节电磁铁磁力单元。具体的工作过程是：设定欲稳定的电磁铁的磁力大小，通过压力检测元件获取当前电磁铁压力值，经模/数转换芯片将模拟信号转换为数字信号，送到单片机与设定值进行比较，得到偏差信号。该信号经过调节器做PID运算后，通过数模转换器将调节压力信号由数字信号转换成模拟信号。由于螺线管线圈中的电压与电磁铁磁力成正比，通过调节螺线管中的电压大小，进而控制电磁铁磁力大小，达到稳定电磁铁磁力大小的目的。

1.2 数据采集与处理系统

在本实验装置中，数据采集与处理系统的任务是将检测元件获取的当前电磁铁压力值转换成相应的电压值，以便单片机将该电压值与设定的值进行比较，从而按所得偏差信号进行控制运算。本实验装置考虑到经济、简单、实用等因素，在原有控制器的基础上以STC12C2052AD单片机为核心，利用单片机内部集成的A/D转换芯片，构造出一个数据采集系统。

STC12C2052AD^[3]单片机是深圳宏晶公司出产的一款经济、高性能、保密性好的单时钟周期单片机，其主要特性如下：

- (1) 工作频率为0~35 MHz；
- (2) 共4个16 bit定时器/计数器，2个专用16 bit定时器T0和T1，再加上PCA模块可实现2个16 bit定时器；
- (3) 片上集成STC12C2052AD系列单片机应用ROM空间1K/2K/4K/6K/8K/10K/12KB，RAM空间为256B；
- (4) 通用I/O口（15/23/27个），复位后为：准双向口/弱上拉（普通8051传统I/O口）可设置成4种模式：准双向口/弱上拉、推挽/强上拉、仅为输入/高阻、开漏每个I/O口驱动能力均可达到20 mA，但整个芯片最大不得超过55 mA；

(5) 内部集成MAX810专用复位电路，4路PWM，8路高速8bit A/D转换；

(6) 封装：LQFP-32, SOP-32/28/20, SKDIP-28, PDIP-20, TSSOP-20。LQFP/SOP32有27个I/O口，SOP28/SKDIP28有23个I/O口，SOP20/TSSOP20/PDIP20有15个I/O口，I/O口不够时，可用2到3根普通I/O口线外接74HC164/165/595（均可级联）来扩展I/O口，还可用A/D做按键扫描来节省I/O口，或用双CPU,3线通信。

本装置中压力的检测反馈采用的是金属电阻应变丝式力传感器。其工作原理通常是将应变片通过特殊的粘和剂紧密的粘合在产生力学应变基体上，当基体受力发生应力变化时，电阻应变片也一起产生形变，使应变片的阻值发生改变，从而使加在电阻上的电压发生变化。这种应变片在受力时产生的阻值变化通常较小，一般这种应变片都组成应变电桥，并通过后续的仪表放大器进行放大，再传输给处理电路（通常是A/D转换和CPU）显示或执行机构。

1.3 PID控制器设计

在工程实际应用中，最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制，简称PID控制，又称PID调节^[3]。根据其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便，当被控对象的结构和参数不能完全掌握，或得不到精确的数学模型，控制理论的其他技术难以采用，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定，这时最适合应用PID控制技术。

由于超声波焊线机焊压系统是个具有高度耦合的多变量输入输出非线性复杂系统，其动态特性随着运行工况的变化而大范围变化。各环节的动态特性差异很大，还有噪音和负荷干扰、时滞等影响。因此本课题的控制系统最适合选用PID控制算法，根据控制系统的当前状态，动态、合理地改变PID控制算法的积分常数，以提高控制的质量。

由于本系统的压力控制精度比较高，并考虑误差积累对控制系统的影响，应选用增量式PID控制算法，即指单片机数字控制器的输出只是控制量的增量 $\Delta u(l)$ ，其控制算式为：

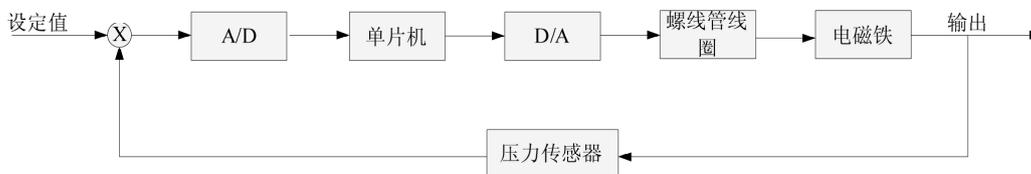


图2 单片机控制系统结构框图

$$\Delta u(k) = K_p \Delta e(k) + K_I e(k) + K_D [\Delta e(k) - \Delta e(k-1)] \quad (1)$$

上式中: K_p 、 K_I 、 K_D 分别为比例、积分、微分系数; $e(k)$ 为基本偏差, 表示当前测量值和设定目标间的差。

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (2)$$

该算法的优点有: (1) 计算机输出增量, 所以误差动作比较小; (2) 算式中不需要累加, 控制增量 $\Delta u(k)$ 的确定仅与最近的 3 次 (系统采用恒定的采样周期时, k 取 3 次) 的采样值有关, 因而比较容易通过加权处理而获得比较好的控制效果。

2 系统软件部分设计

2.1 定时器中断子程序

对于定时器中断, 设定事件管理器模块, 定时产生周期中断。当采样时间到则产生中断, 进入中断服务程序, 开始启动 AD 采样, 调用采样子程序, 将每一采样周期的 AD 采样值做算术平均, 保存入存储器, 此时关闭定时器, 可将采样值按通信协议的数据格式传送到 PC 机, 由 PC 机处理显示。定时中断子程序框图如图 3 所示。

2.2 数据采集子程序

在数据采集控制系统中, A/D 转换是整个采样系统的核心。其采集流程图如图 4 所示。

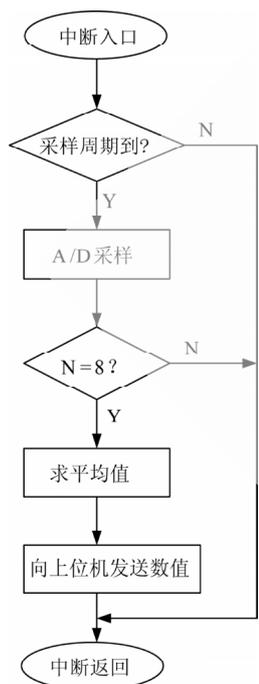


图 3 定时器中断子程序



图 4 数据采集子程序

2.3 数据传输子程序

单片机数据传输子程序的功能是将单片机通过 A/D 转换采集到的数据, 通过单片机的串行口以一个固定的波特率发送到上位机。本实验中采用的是 9 600 b/s 的波特率。为简单起见, 发送数据以 6 B 为一帧。其传输

格式为前 16bit 的同步码, 中间 16bit 数据 (其中后 12bit 有效, 即为系统采集到的数据), 最后 16bit 为 CRC 校验码。其程序流程图如图 5 所示。

2.4 PID 控制子程序

PID 控制程序的入口参数是经 A / D 转换的实际值, 而它的各个系数均由初始化时确定, 若要修改, 则通过单片机来完成。PID 增量型的出口参数是直接输入 D/A 转换的数值。PID 控制算法的主要目的是消除静差和提高控制精度, 防止系统短时间内输出偏差很大导致控制量超出执行机构允许的最大动作范围。从而使系统出现较大的超调量甚致发生系统振荡。增量式 PID 算法子程序框图如图 6 所示。

3 系统其他部分设计

上位机和单片机之间采用基于 RS232C 通信标准的半双工数据通信方式, 为提高系统抗干扰能力, 设计了看门狗电路。文中的数据采集与处理程序、上位机与单片机之间的通信程序都使用汇编语言来完成。

本系统以 STC12C2052AD 单片机为核心, 利用集成在单片机内部的 A/D 转换芯片, 构造出一个数据采集系统, 同时采用 PID 控制算法实现对压力大小的控制, 使得压力控制精度得到进一步提高。在超声波焊线机焊接压力系统中得到了利用, 并表现出良好的效果。该基于单片机的过程控制系统具有体积小、简单实用、成本低、性价比高等特点, 且系统不易受到干扰, 可靠性好, 具有很大的市场价值。

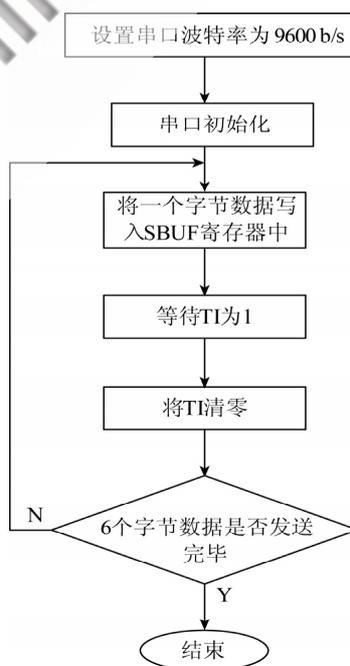


图 5 数据传输子程序

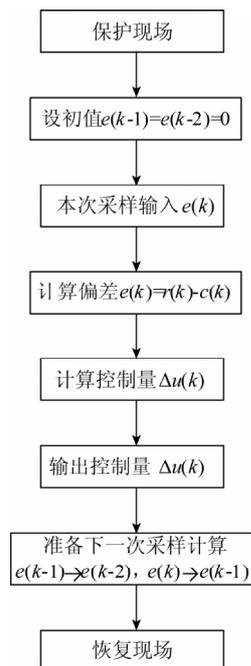


图 6 PID 控制子程序

(下转第 73 页)

(上接第69页)

参考文献

- [1] 深圳市伟天星半导体设备有限公司.WT系列超声波金丝球焊机使用手册.2006.
- [2] 王福瑞.单片微机测控系统设计大全[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [3] 深圳宏晶科技.STC12C5410AD及STC12C2052AD系列单片机器件手册,2001.
- [4] 诸静.模糊控制原理与应用[M].北京:机械工业出版社,2005:303-342.

《信息化纵横》2009年第14期

《电子技术应用》

[5] 陈燕秀.基于单片机的压力测量控制系统研发[J].微计算机
《电子技术应用》www.ChinaAET.com
信息(人工与SOC)2008,24(9-2).

[6] 吴杰.超声波铝线焊线机焊压系统的设计与研究[D].合肥工业大学硕士学位论文,2005.

[7] HARMAN G, ALBERS J. The ultrasonic welding mechanism as applied to aluminum and gold wire bonding in microelectronics. IEEE Trans, Hybrids Package ,PHP-13(1977)406-412.

(收稿日期:2009-03-18)

欢迎网上投稿 www.pcachina.com

73

www.ChinaAET.com