

基于 FPGA 的数控折边机温度采集系统

胡一帆,周砚江,毛晓靖,肖亮亮
(浙江理工大学 机械与自动控制学院,浙江 杭州 310018)

摘要:针对现场可编程门阵列(FPGA)的特点,提出了一种使用超高速集成电路硬件描述语言(VHDL)有限状态机来实现串行外围设备接口(SPI)多通道采集和通过 FIFO 缓存采集数据存储至外部 ROM 的方法,设计了基于 ADS7863 的智能温度采集系统。实验结果表明:采用该方案能有效快速地完成折边机的智能温度数据采集与存储,验证了其可行性。

关键词:现场可编程门阵列;FIFO;有限状态机;ROM;超高速集成电路硬件描述语言;串行外围设备接口

中图分类号:TP271.4

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)03-0085-04

Temperature acquisition system of folding machine based on FPGA

HU Yi-feng, ZHOU Yan-jiang, MAO Xiao-jing, XIAO Liang-liang

(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: According to features of field programmable gate array(FPGA), a new method was proposed for controlling serial peripheral interface(SPI) multi-channel A/D converter using very high speed integrated circuit hardware description language(VHDL) finite state machine and processing of FIFO cache and storing the sampling data in ROM. A temperature measurement and intelligent acquisition system based on ADS7863 was designed. Experiment result shows that method can control the temperature of folding machine quickly and effectively.

Key words: field programmable gate array(FPGA); FIFO; finite state machine; ROM; very high speed integrated circuit hardware description language(VHDL); serial peripheral interface(SPI)

0 引 言

折边是制鞋生产中材料成型工序中的主要步骤^[1]。折边机是指完成送料→折边→打剪口→涂胶→敲平等工序的设备^[2]。按照我国轻工业行业标准^[3],折边机分为人工上胶折边机和自动上胶折边机^[4]。自动上胶折边机又分光电控制上胶折边机和电脑控制上胶折边机。在折边机的控制研究方面,国内外都还处于不成熟阶段。目前市场上主流的折边机是人工上胶折边机和热熔折边机(加热折边机)。

VHDL 作为 IEEE-1076 标准所规范的硬件描述语言,非常适合用于逻辑时序设计,而有限状态机是高速设计中的一种高效手段。据此本研究提出一种使用 VHDL 有限状态机来实现 SPI 的多通道快速温度数据

采集控制,并通过流水线处理将数据存储至外部 ROM 的方法,应用 ALTERA 公司的 CYCLONE 系列 FPGA 控制 A/D 转换器和 ROM,实现数据的采集和存储。

1 折边机的温度采集系统整体方案

本研究中设计的多路温度控制系统是利用 SOPC 技术来实现数据采集与存储的。温度检测系统的整体框架图如图 1 所示。该系统的工作原理是:上位机通过 CPU 总线发送采集命令;FPGA 得到采集命令后控制 ADC 芯片转化、模拟开关切换各路模拟输入通道;FPGA 等待 ADC 转换芯片通道转换完毕,得到中断信号;FPGA 读取 ADC 转换结果,经过数字滤波,存入缓冲器 FIFO 中;所有通道转换完毕,FPGA 给出转换结束信号和读/写信号;在读/写信号的作用下,将通过

FIFO 的数据保存至外部 E²PROM—AT28C256。

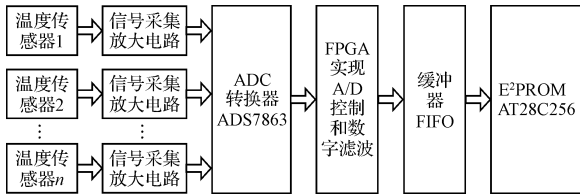


图 1 系统总体框架图

2 外围硬件电路设计

本设计采用 Pt100 铂电阻传感器, Pt100 构成的信号获取电路主要有 2 种:①构成十分常见的电桥电路,一般采用单桥臂;②采用恒流源电路,将恒流源通过温度传感器,温度传感器两端的电压即反映温度的变化。上述两种电路的结构形式如图 2 所示^[5]。

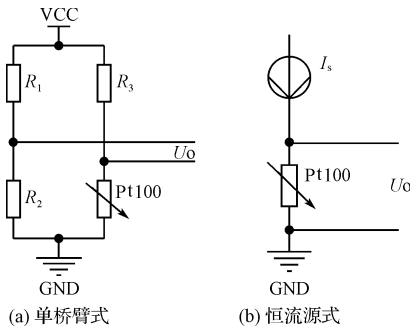


图 2 两种信号获取电路的结构

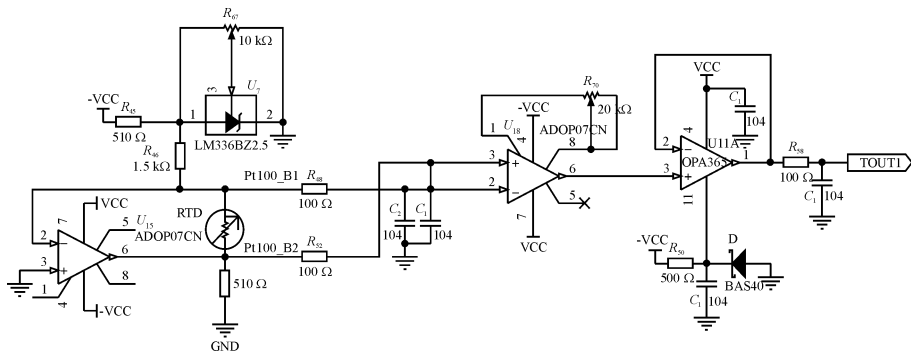


图 3 温度采集信号放大电路原理图

参考 Pt100 电阻温度特性表,在 0℃ 时的阻值为 100 Ω,在 150℃ 时为 157.3 Ω 且基本呈线性分布。经计算电路的恒流值为:2.5 V/1 500 Ω = 1.667 mA,0℃ 时对应的电压值为 1.667 mA × 100 Ω = 166.7 mV,150℃ 时的电压值为 1.667 mA × 157.3 Ω = 262.2 mV。减去低端温度偏置电压 166.7 mV,则输入电压变化量约为 95.5 mV,因此整个电路的放大倍数大约为 19 倍,放大的输出电压范围为 3.167 ~ 4.982 V。经计算本电路精度可达到 0.1℃,满足设计要求。

3 FPGA 片上系统设计

片上系统为本设计的主要内容^[7],本设计以高速

由分析得知,单桥臂电路的输出与电阻阻值不是正比关系,因而数据处理起来比较麻烦;而恒流源由于电流源的作用,使得电压输出与电阻形成了良好的线性关系,所以本系统采用恒流源电路来获取温度信号。

温度测量部分的信号放大电路原理图如图 3 所示。其中 Pt100 信号获取电路使用恒流源来实现,将恒流源通过温度传感器,其两端的电压变化即反应其电阻值的变化。本研究中恒流源采用精密电压源 LM336 和运放 OP07 构成,由于运放虚地的结果,造成 OP07 (U₁₅) 的反相端输入为 0 V,而 1.5 kΩ (R₄₆) 电阻的下端运用精密的电压源 LM336BZ2.5,外加调整电路,该点电压可调整为 -2.5 V。由于运放 (U₁₈) 的输入阻抗极高,输入端可以认为不吸入电流,因此从电阻 R₅₁ 上流过的电流大小固定,而且一定等于 OP07 (U₁₅) 输出端流入温度传感器 Pt100 的电流,从而达到恒流效果,其中 1.5 kΩ 电阻 (R₄₆) 为高精度高稳定的电阻。Pt100 信号首级放大采用运放 OP07,在经一级放大后的信号进入二级运放 OPA365 前,通过调整电路去掉偏置电压(去掉 0℃ 时经一级放大后的电压值);再经过二级放大后,使在 0℃ ~ 150℃ 之间变化时电压变化在 0 ~ 5 V 之间;经二级放大后的信号输入到多通道 A/D 转换器。

串行 I/O—A/D 转换器 ADS7863 与 ALTERA 公司的 EP1C12Q 接口为例,详细介绍了基于 VHDL 语言用 FPGA 控制串行 A/D 的电路设计技术。如图 4 所示, VHDL 主要模块有 DLL 时钟分频模块、并/串转换模块、串/并转换模块、通道选择模块、A/D 时序采样控制模块、数字滤波模块、FIFO 和外部 ROM 存储模块。本研究重点介绍 ADS7863 的时序采样控制模块和 E²PROM 存储模块。

3.1 A/D 时序采样控制模块

ADS7863 包含两个 12 位的基于逐次逼近寄存器 (SAR) 原理的 A/D 转换器 (ADCs)。最高采样率为 2 MSPS,转换时间最少可达 406.25 ns。在采样控制中

ADS7863 的转换工作包括 2 个周期: I/O 周期和转换周期。当片选 CS 有效,在 CONVST 的上升沿,开始 12 个 I/O 周期,该周期包括内部控制寄存器(SDI)数据读入,转换结果数据输出和信号采样; I/O 周期最后一个时钟下降沿产生 3 ns 后将产生 BUSY 信号的下降沿,开始由内部时钟控制转换周期,转换结束 BUSY 再次变高;由于内部电路在响应内部控制寄存器输入信号前要等待一个设置时间,为了减少由 CS 噪声引起的误差,需在 CS 下降沿后等待 1.425 μs 以上时间,所以本研究在状态机 st1 状态中设计了延时^[8]。为了实现快速状态转换,同时增强稳定性,避免出现毛刺现象, A/D 转换器的时序控制采用单进程 Moore 型有限状态机来实现,其采样控制模块状态图如图 5 所示。

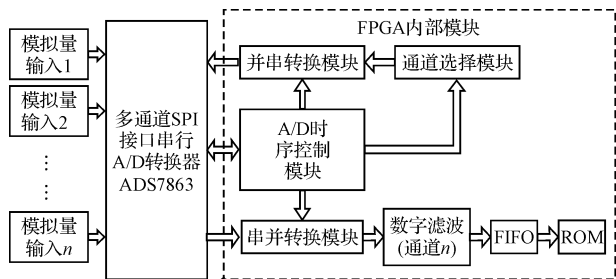


图4 FPGA 内部模块原理图

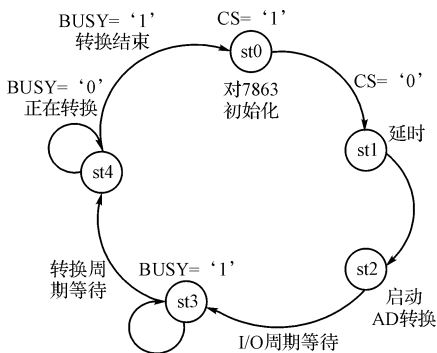


图5 ADS7863 采样控制状态图

根据状态机的控制过程,结合 ADS7863 的采样时序,本研究最少需要两个时钟周期的采样时间;用 ADS7863 的第 2 种采样模式,轮流对 ADS7863 的 3 个通道进行采样。采样控制的模块仿真图如图 6 所示。

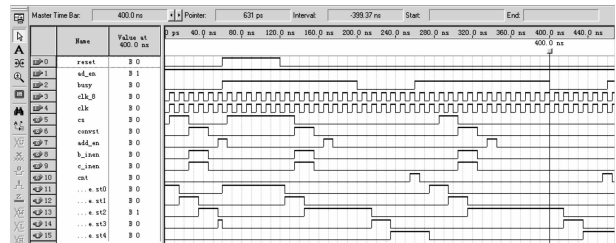


图6 采样控制模块仿真图

为 A/D 转换完毕输出信号; convst 为开始信号; ad_en 为转换启动信号; b_inen 为并/串转换使能信号; c_inen 为串/并转换使能信号; cs 为 A/D 转换使能信号; cnt 为转换中断信号; add_en 为数字滤波模块使能信号。给该模块提供 +10 MHz 的系统时钟 clk,并发出复位脉冲 reset 和启动转换命令 ad_en 之后,该模块控制 ADC 芯片片选 cs 有效, b_inen 有效,并/串转换器接收来自通道转换模块的并行 12 位控制字数据经转换后通过 ADS7863 的串行数据输入端写入内部状态寄存器;状态机待 BUSY 置低,即切换到转换状态,串/并转换模块在同步时钟信号的上升沿采样接收来自 ADS7863 的串行数据输出端的 16 位串行数据,转换后输出到数字滤波模块。转换完毕,状态机切换到初始状态,开始进行下一通道的采集。

3.2 E²PROM 存储模块

AT28C256 是 256 KB 存储空间、高性能电可擦除修改的并行 E²PROM 只读存储芯片。该芯片采用总线扩展接口方法通信,内部带有编程电源,外部只需接单一 +5 V 电源。在页写模式中,芯片内部定时器控制时序可在一个内部编程周期内写入一页数据,其页容量为 64 B。通过软、硬件保护,该芯片具有很强的抗干扰能力。AT28C256 存储芯片的读/写主要是控制输出地址信号和读/写信号。本研究用状态机描述读/写操作状态转换。

AT28C256 的读/写控制仿真图如图 7 所示,当 ce 和 we 为低电平, oe 为高电平时, ce 和 we 相或,其下降沿锁存地址信号,上升沿锁存数据信号,数据写入指定的地址;当 ce 和 oe 为低电平, we 为高电平时,存储在地址信号存储单元内的数据呈现在数据输出端。

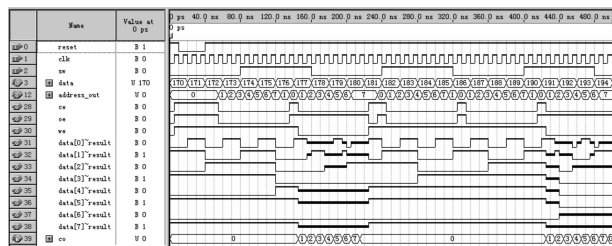


图7 ROM 存储模块读写控制仿真图

4 实验与结果分析

本研究通过把通道 1、通道 2、通道 3 的温度传感器分别放在 26 ℃, 36 ℃, 45 ℃ 的环境下,得出各自的时间-数据曲线,如图 8 所示。温度曲线都在 ±5 的数据误差内,也就是 ±0.4 ℃ 的范围内波动,表明该方法能得出较为准确的结果。

各信号含义如下: clk 为输入系统同步时钟; busy

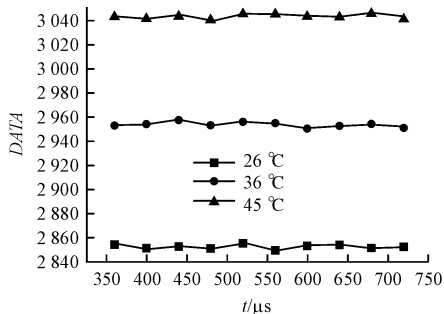


图 8 不同实验温度所采集数据曲线图

5 结束语

本系统采用 Pt100 铂电阻传感器作为温度检测元件,高性能 ADS7863 作为 A/D 转换器,以 E²PROM—AT28C256 作为采集数据的存储器,实现了折边机的胶水温度检测。测温范围为 0 ~ 150 °C,分辨率为 0.47 °C,在 4 MHz 采样频率下各通道间的采样间隔只有 18 μs。实际应用结果证明,基于 FPGA 的折边机胶水温度采集系统完全可以满足其多通道、高速率的采集要求。

[编辑:柴福莉]

参考文献 (References):

- [1] 协诺 D. 制鞋工艺学[M]. 汪葆卿,译. 2 版. 北京:中国轻工业出版社,1986.
- [2] 全 岳. 机器制鞋工艺学[M]. 1 版. 北京:中国轻工业出版社,2006.
- [3] QB/T 2696 - 2005 制鞋机械折边机轻工业行业标准[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [4] LUFKIN R H. Improvement in Leather-Folding Machines [P]. USA: 202844, Apr. 1878.
- [5] 空伟正. 实用四线制 PT100 测温电路研究[J]. 电子测量技术,2000(2):27 - 28.
- [6] 华 金,姜 伟,李存兵. 基于 FPGA 的直接数字合成器的设计[J]. 机电工程,2007,24(12):38 - 40.
- [7] 胡云卿,白建华,詹晓东. 基于 FPGA 的三相步进电机控制器[J]. 机电工程,2009,26(1):85 - 88.
- [8] SEGUINE D. Just add sensor - Integrating analog and digital signal conditioning in a programmable system on a chip [C]//Proc. IEEE Sensors,2002:665 - 668.

(上接第 55 页)

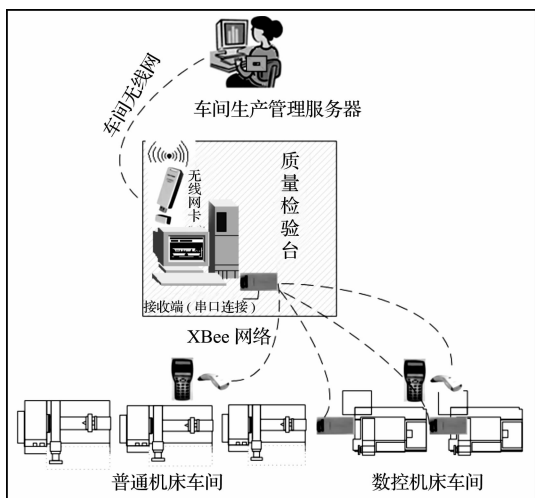


图 10 企业车间数据采集系统框架

6 结束语

为了及时、方便地获取车间现场数据,研究开发了一种手持式无线数据采集系统。该无线数据采集系统成本低、功耗小、使用方便,适用于制造企业生产现场离散数据的现场采集和实时无线发送。通过在生产车间的实施应用,实现了车间现场数据的及时采集和即时无线上传,为上层的企业信息化系统奠定了基础。

参考文献 (References):

- [1] 唐 华. JCS DNC 数控车间综合数据交换平台[J]. CAD/CAM 与制造业信息化,2005(7):63 - 67.
- [2] 熊春如,冯峻域,戴青云,等. 射频识别 (RFID) 数据采集系统终端设计[J]. 新余高专学报,2006,11(2):89 - 93.
- [3] 吴建中,顾大强. 便携式数据采集处理系统[J]. 机电工程,2002,19(1):18 - 21.
- [4] 王成岭,陈一健,陈兆安. 无线数据采集系统设计[J]. 机械工程与自动化,2007(6):63 - 65.
- [5] 陈景运,周祥平. ZigBee 技术在工业控制领域的应用[J]. 无线电工程,2006(6):61 - 64.
- [6] 王静霞. 一种与 ZigBee/802. 15. 4 协议兼容的 RF 模块 XBee/XBee Pro 及其应用[J]. 电子工程师,2007,33(3):24 - 27.
- [7] 梁军兵,赵鸿鸣,金建祥. 基于 ARM 处理器的 PC/104 处理器模块的开发[J]. 工业控制计算机,2004,17(12):19 - 20.
- [8] 李秀梅,李学华,陆 坤. PS/2 协议的研究及其在单片机系统中的应用[J]. 微型机与应用,2003,22(2):22 - 23.
- [9] [作者不详]. XBee DEM RF Module[EB/OL]. [日期不详]. http://www.maxtream.net/products/xbee/product-manual_XBee_OEM_RF_Modules.pdf.

[编辑:李 辉]