

基于 PSoC 的滚刀周节误差自动测量装置

赵春锋¹, 陆善婷¹, 刘霄毅², 张世鸿³, 沈佳俊², 刘星星²

(1. 上海工程技术大学 工程实训中心, 上海 201620;

2. 上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620;

3. 上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要: 主要研究了基于可编程片上系统(PSoC)的滚刀周节误差自动测量装置,详细论述了该装置的自动测量原理与 PSoC 测量系统的组成。采用 PSoC 作为处理核心,半桥式自感传感器作为误差测量传感器,由集成信号变送电路实现电感传感器信号的调制与解调,采用 PSoC 自带的高精度 A/D 转换器对位移信号进行采样,经过运算后得到测量结果,实现了对滚刀周节误差的自动精密测量。

关键词: PSoC; 电感传感器; 滚刀; 周节误差

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)21-0023-03

Automatic measuring system for circular pitch error of hob chip pocket based on PSoC

Zhao Chunfeng¹, Lu Shanting¹, Liu Xiaoyi², Zhang Shihong³, Shen Jiajun², Liu Xingxing²

(1. Engineering Training Center, Shanghai University of Engineering and Science, Shanghai 201620, China;

2. School of Electrical and Electronic Engineering, Shanghai University of Engineering and Science, Shanghai 201620, China;

3. School of City Rail Traffic, Shanghai University of Engineering and Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Aimed at the research of an automatic measuring device for the circular pitch error of hob chip pocket based PSoC, the composition and the measuring principle of its control system are discussed in detail. By using the programmable system on chip PSoC as the processing core, the half bridge inductive sensor is used as measuring micro-head, the integrated signal conditioning circuit realizes inductance variation signal modulation and demodulation, and the displacement signal is sampled by the high precision ADC integrated in PSoC, the measuring results are obtained after computing. Ultimately this system fulfills the high automatic precision measurement of circular pitch micron error.

Key words: PSoC; inductive sensor; hob; circular pitch error

随着现代工业技术的发展,对齿轮的各项指标提出了苛刻的要求,因此,对加工齿轮的滚刀的要求也越来越高。滚刀周节参数是滚刀的一项重要质量指标,周节误差的大小直接影响被加工的齿轮精度^[1]。随着齿轮生产要求的不断提高,需要对滚刀的周节误差进行快速准确的测量,以便生产人员对滚刀重磨进行滚刀齿形误差修正,从而保证被加工齿轮的齿形精度。

可编程片上系统(PSoC)是美国赛普拉斯半导体公司生产的内置微处理器和数字、模拟外设,具有真正混合信号处理能力的可编程片上系统。与传统意义的集成系统相比,PSoC 最大限度地实现了系统单片化的目标,

减小了 PCB 面积,很适合集成系统的使用^[2-3]。可编程片上系统内置了定时器、PWM、A/D、放大器、滤波器等可编程数字、模拟系统,不需要外围电路就可灵活配置所需的各种模块。最新的 PSoC3 和 PSoC5 分别基于当前主流的 8051 和 ARM Cortex-M3 内核,同时提供 PSoC3/5 专用集成开发环境——PSoC Creator。PSoC Creator 预先为用户定义了大量的数字和模拟资源及 API 函数,使得可编程片上系统的资源配置及应用程序设计更方便、灵活。

1 测量装置组成

目前滚刀生产厂家一般采用手动千分尺进行测量。

图 1(a) 所示为千分尺手动测量原理图, 千分尺与滑块固定, 可以左右移动, 当滑块左移到极限与挡块接触时, 测量触头与滚刀 $D/2$ 圆周接触, 此时从千分尺上读出此滚刀当前齿的相对误差。将滑块右移, 然后让分度机构将滚刀转动到下一个齿, 重复上述操作进行测量。当所有齿的相对误差测量完成后, 由测量人员计算出滚刀的周节误差参数。

手动千分尺测量一方面不可避免引入由人员操作导致的不确定误差, 另一方面严重制约着滚刀周节误差的测量效率。本文提出基于 PSoC 的滚刀周节误差自动测量装置, 如图 1(b) 所示, 该测量系统采用半桥式自感传感器作为测量探头, 由传感器测头进行滚刀周节的微误差的测量。采用由电机、丝杠、编码器和挡块构成传感器的进给机构, 实现传感器的向左进给测量和向右移动, 每测量一次分度机构将滚刀转动到下一个齿, 其中挡块采用 D5A-3310 微米级高精度限位开关。通过 PSoC 协调传感器的进给与测量, 由相对误差计算出周节误差, 并显示在液晶屏上。

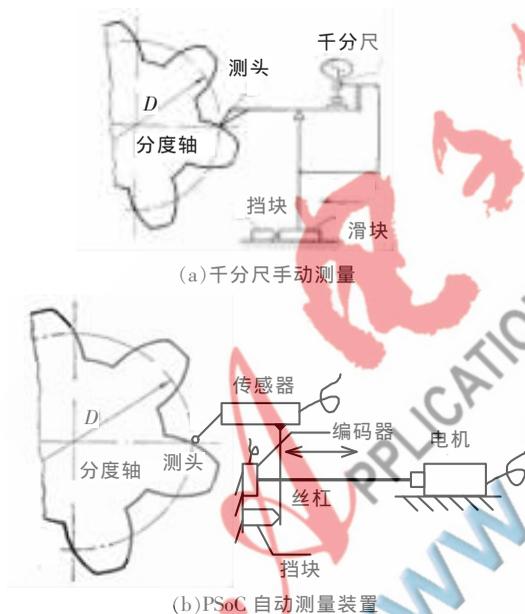


图 1 手动测量与自动测量原理比较

2 系统硬件组成

基于 PSoC 的滚刀周节误差自动测量系统主要由 PSoC3、电感调理电路、步进电机、编码器、微动开关、键盘和液晶显示器等组成, 如图 2 所示。电感测头和集成信号变送电路将滚刀圆周位置误差转变成直流电压信号; 微动开关及编码器双重保证测量位置的一致性, 即确保电感测头的测量位置的重复精度; RS-485 将测量数据传输输出至上位机, 并接收上位机的控制指令; LCD 显示测量结果。

测量系统应用电路如图 3 所示, 系统采用半桥式电感传感器 DGC-6PG/A 作为测量探头, AD698 采用 ± 15 V

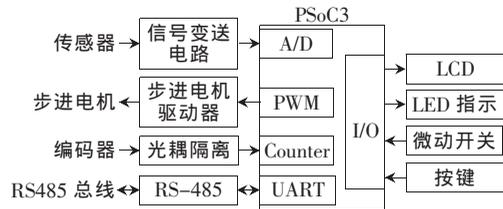


图 2 测量系统结构图

双电源供电, 由外接无源元件的参数确定电感传感器信号的调制与解调激励电压频率、激励电压幅值、系统频带宽、增益系数及标定系数、偏置调零等^[5]。可编程片上芯片 CY8C3866 作为微控制器, CY8C38 系列芯片电源系统由独立的模拟、数字和 I/O 电源引脚, 如图中的 V_{DDA} 、 V_{DDI} 和 V_{DDIO} 。还包括内置 1.8 V 变换器给数字 (V_{CCD}) 和模拟 (V_{CCA}) 内核供电。 V_{CCD} 、 V_{CCA} 和 V_{DDIO} 必须有旁路电容接地^[2]。由于 PSoC 芯片引脚可以配置模拟引脚、数字双向端口、数字输出端口和数字输入引脚, 驱动模式可设置为强输出、开漏、电阻上拉、高阻抗模拟或数字输入等形式, 因此外接电路时不需要上拉电阻^[3]。

3 PSoC 内部资源配置

本设计采用 PSoC3 系列的 CY8C3866AXI-040 芯片, 其内部具有可配置的数字子系统和模拟子系统。使用这些资源可以配置成不同的功能模块, 用以实现微控制器标准外围器件的功能。因此, 基于 PSoC 的应用设计必须首先完成芯片内部资源的规划, 这也使得其应用设计流程不同于普通的单片机。

PSoC 开发包括内部资源规划设计和应用软件设计两部分。内部资源规划设计是根据用户需求选择合理的内置模拟、数字资源, 并进行合理配置和连线, 让其组成一个完整的硬件系统。在 PSoC Creator 项目管理器中的 TopDesign.cysch 文件即为原理图文件, 打开即可编辑原理图。原理图编辑一般分以下几个过程: 放置元器件-配置元器件-连线。在本系统中, 利用 16 位的 ADC, 将引脚配置成模拟输入端口, 检测 AD698 输出的模拟电压信号。利用 UART 模块将模数转换数据输出到上位机上并接收上位机的指令数据。采用 PWM 模块控制步进电机的运行, LCD 人机接口用于显示采集数据状态。

当原理图编辑完成后, 通过管脚映射完成软件配置到硬件的物理连接, 管脚映射是配置 PSoC 模块的一个重要步骤。用户在编辑原理图和编写软件时完全可以不考虑物理引脚在什么地方, 只需在编译前将所用到的引脚与实际物理引脚一一映射即可, 打开以 .cydwr 为扩展名的文件, 即可配置引脚^[3]。

4 系统应用软件设计

与传统的单片机相比, PSoC 片内不仅有丰富的功能模块, 而且为各模块的配置和调用都提供了丰富的 API 函数。在完成功能模块的参数配置工作后, 无需翻阅大量器件文档并记住寄存器映射, 系统会在工程项目中自

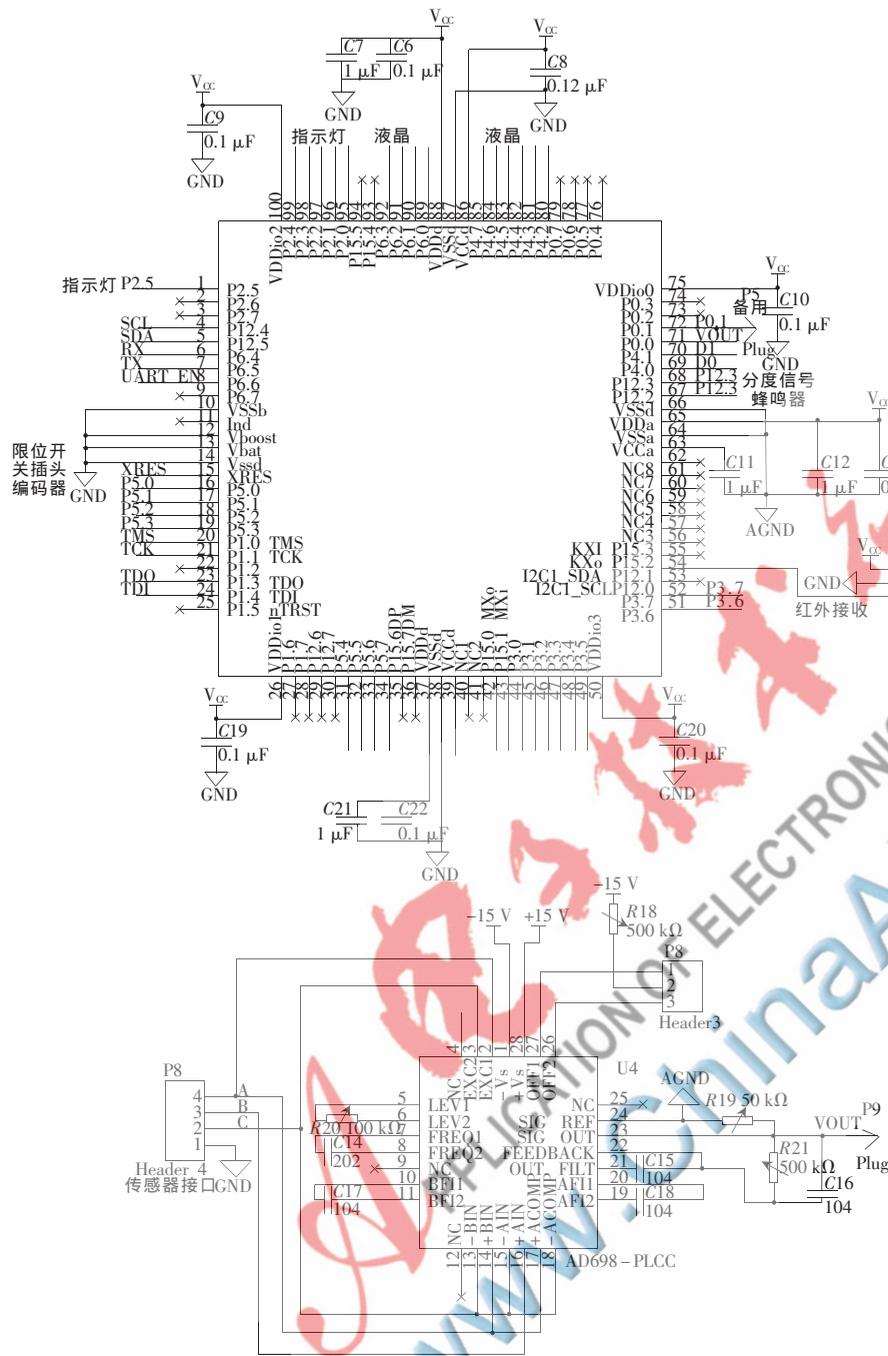


图3 测量系统应用电路

动生成应用程序接口 API 和中断服务程序 ISR。要使系统能够具备自动测量、人机交互功能,还需编写相应的应用程序。PSoC 应用软件设计是通过编写用户程序来合理调用系统内置 API 函数,让配置好的硬件系统可靠、有序工作^[5-6]。

应用程序框图如图 4 所示。系统上电复位后,进行一些初始化操作,循环等待开始测量命令,然后调用相应的执行程序来完成对应的测量、滚刀周节误差计算等操作。

5 滚刀周节误差自动测量实例

周节误差是反映滚刀齿各齿间均匀程度的误差项

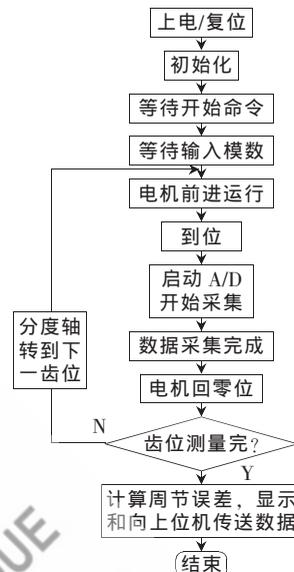


图4 滚刀周节误差自动测量系统应用程序框图

目,包含容屑槽周节误差 Δt_A ,周节累积误差 ΔF_p 及 ΔF_{pk} 和周节修正累积误差 Δf_{pt} 。根据相对测量法,即以刀齿上任一周节为基准来调整仪器的零位,依次测量其他周节相对于基准周节的差值,经数据处理求得周节误差。电感传感器识别精度为 $0.05 \mu\text{m}$,总行程 1.5 mm ,16 bit A/D 转换器精度为 $0.023 \mu\text{m}$,测量过程中,为了提高测量重复精度,对某一周节误差读取 10 个 A/D 转换的数据样本,然后对其进行求平均值处理,以滤除白噪声对 A/D 转换的影响^[6]。以模数 $m=10 \text{ mm}$,齿数 $z=9$,A 级滚刀为例进行测量,测量系统软件通过数据处理将得到所有的误差数据如表 1 所示,因此测量系统精度小于 $0.1 \mu\text{m}$ 。

与传统的集成电路的测量方法相比,Cypress PSoC 最大程度地实现了系统单片化的目标,基于 PSoC 的滚刀周节误差自动测量系统具有很大优势。利用 PSoC 丰富的片内资源与 AD698 构成的测量系统,结构简单,而且 PSoC 还提供内部数据存储和对外联机通信功能,因此系统具有体积小、功耗低、精度高、可靠性好等特点。PSoC 的开发基于成熟而又丰富的用户模块,节省了电路调试及修改的精力和时间,提高了成功率、灵活性和可靠性。该设计可以在达到同样精度要求的情况下,很大程度上降低成本,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 范小兰,郭丽云,薛青萍.一种测量滚刀容屑槽周节误

表 1 滚刀周节误差测量数据

序号	测得值 p_i	相对周节 累积误差 Σp_i	修正周节 累积误差 $\Delta f_{\mu i}$	周节累积 误差 ΔF_{μ}	容屑槽周 节误差 Δt_N
1	0	0	-2.17	-2.17	0
2	9.42	9.42	-4.34	5.08	9.42
3	21.34	30.76	-6.51	24.25	11.92
4	-4.85	25.91	-8.68	17.23	26.19
5	-9.67	16.24	-10.85	5.39	4.82
6	-15.28	0.96	-13.02	-12.06	5.61
7	-4.83	-3.87	-15.19	-19.06	10.45
8	3.45	-0.42	-17.36	-17.78	8.28
9	19.95	19.53	-19.53	0	16.50
		$\Delta p_m = -19.53/9 = -2.17$			
测量结果		$\Delta F_p = \max(\Delta F_{\mu}) - \min(\Delta F_{\mu}) = 24.25 - (-19.06) = 43.31 \mu\text{m}$			
		$\Delta t_N = \max(\Delta t_N) = 26.19 \mu\text{m}$			

差的新方法[J].工具技术,2004,38(11):78-79.

- [2] 张磊,史云,赵学亮.基于单片机的温度监测系统的设计[J].煤炭技术,2001,30(6):39-41.
- [3] 何宾.可编程片上系统 PSoc 设计指南[M].北京:化学工业出版社,2011.
- [4] Analog Device Inc. AD698; Uniresal LVDT signal conditioner data sheet[Z]. 1995.
- [5] 李海,沈立红,何永义.基于 PSoc 的圆度误差数据采集系统[J],工业控制计算机,2005,10(18):75-78.
- [6] 李铨,高丽.采用过采样和求平均值法实现对温度的精确测量[J].新技术新工艺,2005(3):25-26.

(收稿日期:2013-06-14)

作者简介:

赵春锋,男,1980年生,硕士,讲师,主要研究方向:智能监测与控制。