

基于 MSP430 的纸张挺度测试仪的设计

The Design of Paper Stiffness Testing Apparatus Based On MSP430

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生) 李增^{1,2} 崔明¹ 高世杰¹ 吴志勇¹
LI Zeng CUI Ming GAO Shi-jie WU Zhi-yong

摘要: 纸张挺度测试仪用于造纸行业中对纸张试样抗弯曲强度的精确测量,以便于在造纸流程中对纸样质量的实时控制。本文介绍了测试仪的工作原理,利用 MSP430 单片机设计出新型的精度为 1/1000 的纸张挺度测试装置,分析了该装置中单片机控制步进电机中断和 A/D 采样转换中断产生的冲突和对测试结果的影响以及改进办法,并且实现了 Huffman 压缩算法对采样数据的压缩并传输到上位计算机。目前,改装置已用于工业实践,工作稳定,可靠。

关键词: MSP430; 挺度; Huffman

中图分类号: TP302.1 文献标识码: A

Abstract: In order to monitor paper quality timely, Paper Stiffness - Testing Apparatus is used in paper production industry to measure Anti-pressure stiffness accurately. This paper introduce the apparatus works principle, and designed a new stiffness-testing apparatus which precision is 1/1000 with MSP430. Besides, the interruption collision between stepper motor controlled by the MCU and A/D sampling and its influence to the testing results, improve method are analyzed, the transmission of the testing results compressed by Huffman Algorithm to the upper computer is implemented. Now this apparatus works steadily and reliably in the industry practice.

Key words: MSP430; stiffness; Huffman

1 纸张挺度测试的基本原理

挺度是指单位长度纸张试样在受到垂直于纸面应力作用时产生弯曲变形后对外界的抗力,也就是弯曲挺度,单位为 mN。由于挺度值随着试样的长度不同而不同,因此采用应力值与试样长度的乘积(mN·m)作为挺度值的单位。根据静弯曲变形的基本原理,设计如下测试平台:

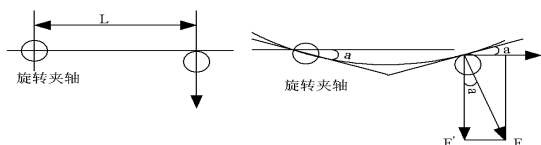


图1 挺度测试原理

纸张试样的自由端固定在旋转夹轴上,旋转夹轴在电机的带动下旋转,当旋转一定角度 α 后,试样受到弯曲变形产生抗力,就是试样的挺度值,此时步进电机停止转动,利用传感器测得压力值 F' 和力臂值 L ,即可根据公式 $Q=F'/\cos \alpha \cdot L$ (L 为力臂值也分档5,10,15,20,25,50mm,旋转角度 α 由控制步进电机的脉冲个数得到固定的几个角度,本系统中采用 $5^\circ, 7.5^\circ, 15^\circ, 30^\circ$)测得挺度值。存储记忆,步进电机返回原来位置,等待下次测量。

2 系统设计

系统中的精度要求为千分之一,同时要对步进电机进行旋转角度的精确控制,而且为了研究纸张试样发生范性形变时甚至断裂时的特性,需要将测得的挺度值传送到PC机以便进一步分析处理。

根据系统需要,设计出基于 MSP430F149 单片机的测试系统:

MSP430F149 是 TI 公司推出的超低功耗的 16 位的单片机系列中的一种,它采用 RISC 精简指令集,125ns 的指令周期,片内含有硬件乘法器,节省了运算时间。它内含一个八个通道的

李增:研究生

12 位高性能 A/D 转换器,最高采样速度可达 200KHZ。带有 7 个捕获/比较寄存器的 16 位 Time_B 和带有 3 个捕获/比较寄存器的 16 位 Timer_A,该芯片具有 60KB 的 FLASHROM 2KB RAM,采用串行在线编程方法,同时还拥有强大的中断处理功能,总之,它集成度高,外围设备丰富,超低功耗等优点,在许多领域得到了广泛的应用。

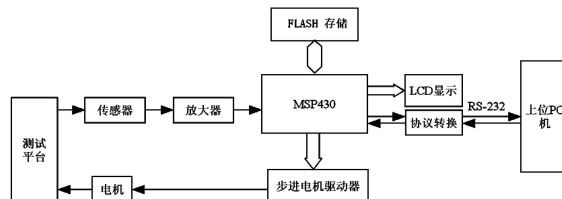


图2 系统设计总体框图

本系统中的测试平台是根据图1所示的原理做研制的机械平台,它在电机的带动下力臂旋转,产生位移量,从而使纸带对传感器产生压力,传感器把压力信号转化为电信号,改压力传感器量程 3N,输出电流 300mv,系统中采用的放大器为 AD620 和 OP07 进行两级放大,进入 P6.1(利用其第二功能 A/D 转化模拟输入口),系统中采用的电平转换芯片为 74LVC4245,经过电平转化,把不同性质的数据、时钟信号送到各个模块。; LCD 显示模块主控芯片 T6963C,设置其工作模式为 8×8 点阵显示,同时把显示界面的点阵信息写入 64K RAM 的图形缓冲区。

鉴于 MSP430F149 其强大的处理能力(最高可达 2MIPS),因此,可是用它来实现 Huffman 数据压缩算法。根据系统需要,要用到片上外围模块有 12 位 A/D 转化模块,16 位定时器 Timer A,Timer B,以及 USART 模块。为了满足精度要求,采用 16 细分步进电机驱动器 MSU3040M 为了避免对微弱模拟信号的影响,驱动器和采样板分开单独 12V 直流供电。采用整步进

距为 1.8 度的步进电机, 按键操作电路采用中断扫描的方式用于力臂和旋转角度的选择, 并且把最终结果显示于 LCD 屏。根据实际需求, 还设计了微型打印机接口电路。整个系统的软件流程图为:

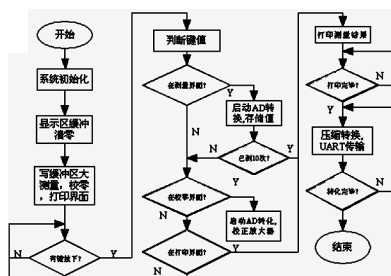


图3 系统设计程序流程图

3 AD 采样转换中断与步进电机控制中断冲突及其改进办法

MSP430 具有采样与保持功能的 12 位转换器内核, 内部提供各种采样与保持时钟源, 本设计中采用内部 2.5V 参考电压, $ADC12CLK=32.768KHZ$, 采样周期为 $T_{sample} = 4 \times 4 \times 1/32768 = 488\mu s$ 。既当打开 AD 转换时, 每隔 488us 就会运行 AD 转换子程序, 由于要精确控制步进电机的转动角度, 也就是控制 PWM 脉冲个数。因此 PWM 波的产生利用定时器 A 的中断周期性的置位复位普通 IO 口 P4.6, 根据要求, 电机要在 3s 内转动 15 度, 因此要产生 $T=23ms$ 的 PWM 波, 定时器中断周期为 11.5ms。

由于在 MSP430 的中断优先级中, ADC12 采样转换中断优先级高于 TIMERA 中断, 因此当在响应 TIMERA 中断的过程中会执行 ADC12 采样转换中断, 也就导致 PWM 波占空比不一致, 有时甚至 TIMERA 的中断响应被迫延迟, 而使步进电机转速不均匀, 不仅噪声太大, 而且致使转轴带动纸带对传感器的压力变化并不是随着转动角度的增大而平稳增加, 也就造成了在采样的过程中, 可能采到伪最大值, 这个时候根据测量原理, 电机停止并且返回, 而不能得到真实值。因此要想使步进电机匀速转动就必须利用单片机发出精确的 PWM 信号, 但是此时又无法精确控制其脉冲个数(目的就是为了精确控制步进电机转动角度)。为了能够精确控制步进电机转换角度, 将原始电路改进如下:

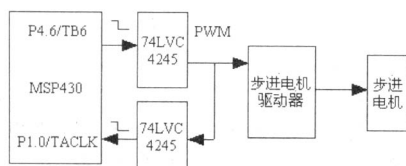


图4 系统硬件改进方案

利用 TIMERB 通过 P4 口产生固定周期的 PWM 信号, 作为步进电机的驱动信号。同时将驱动电机 PWM 信号反馈给 MSP430, 使其为 TACLK, 作为 TIMERA 的外部时钟信号, 把 TIMERA 当作计数器, 在测量的过程中先使能 TIMERA, 然后打开 TIMERB, TIMERA 的计数值随着 PWM 信号的发出逐渐增加, 在 TIMERA 的中断中来关闭 TIMERB, 就可准确控制 PWM 脉冲个数, 也就是步进电机的转动角度。

4 Huffman 压缩算法的实现

Huffman 编码是一种可变长无损编码方式, 是二叉树的一种特殊转化形式。编码的原理是: 将使用次数多的代码转换成

长度较短的代码, 而使用次数少的可以使用较长的编码, 并且保持编码的唯一可解性。Huffman 算法的最根本的原则是: 累计的(字符的统计数字 * 字符的编码长度)为最小, 也就是权值(字符的统计数字 * 字符的编码长度)的和最小。

Huffman 编码需要扫描两次, 第一次是统计数字, 第二次是编码写文件。解码时, 利用文件中保存的 Huffman 编码, 一一对应, 解读编码, 把可变长编码转换为定长编码。在本系统中, Huffman 编码首先要对 RAM 内数据进行读取, A/D 转化精度为 12 位, 因此在以字节为单位的 UART 传输中需要两次才能传送, 根据 Huffman 编码原理, 在最大情况下有 212 种不同数据, 也就有 12 位数据来表达一种不同的数据, 可是在采样的过程中, 由于采样的数据比较集中, 呈现正弦变化, 因此编码传输的效率大大提高, 在最极端境况下与无压缩传输效率一样, 因此, 采用该算法能够提高传输效率, 实践证明, 在打印机操作完毕, 下次测量之前, 数据传输已经完成, 很好的利用了 UART 接口, 丰富了系统功能, 同时也降低了成本。

Huffman 编码首先要生成 Huffman 树, 就要对 RAM 内数据进行遍历, 统计其频率, 建立新的排序方法, 本设计中的数据量不是太大, 同时由于串口传输的速率也不高, 但是用来传输树信息是完全可以实时的, 因此采用动态 Huffman 编码, 这就要求首先生成要传递的树的信息, 其编码流程图如下:

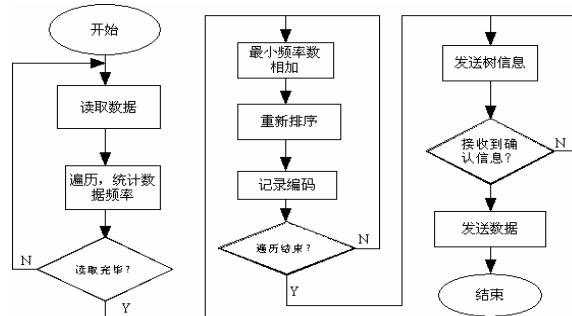


图5 Huffman 编码 MCU 端程序设计

Huffman 解码主要在上位 PC 机内进行, 主要根据收到的数据和接收到的数据还原为原始数据, 做进一步处理。主要包括串口程序、数据解码子程序和数据显示绘图子程序。

Windows 平台上可以通过 API 函数实现 RS-232 串行通信, 但是本设计中利用 Microsoft 推出的 ActiveX 技术中的 MSComm 控件, 可以真正把串口看作一个对象, 编程时设置简单, 理解起来也很容易, 在接收端, 程序不仅要根据串口协议, 接收到数据, 最重要的就是根据 Huffman 编码机理, 编写解码的程序代码, 恢复出原始数据。

5 结论

本文作者创新点: 基于 MSP430 单片机设计了纸张挺度测试仪器系统, 采用新方法避免的系统中断冲突, 利用 MSP430 实现了 Huffman 压缩编码, 并与上位计算机实现了通讯。工业现场的实践表明, 该系统工作可靠、稳定, 满足了实际需求。

参考文献

- [1] 秦龙. MSP430 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.5.
- [2] 陆军, 朱海君. 基于 MSP430F149 的串口通讯设计[J]. 江苏电器, 2004.2
- [3] 王晓银等. 基于 MSP430F149 单片机的温度监测系统的设计[J]. 微计算机信息, 2006, 7-2: 77-78.

(下转第 94 页)

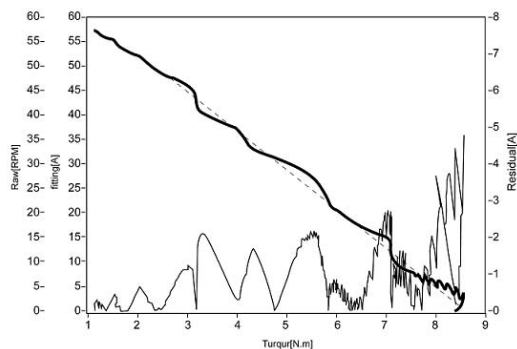


图4 转速—扭矩测试原始曲线、拟合曲线和剩余曲线

图5所示为实验测得的某电动工具特征曲线,其中横轴为扭矩,图中标出了转速曲线、功率曲线以及电流曲线。随着负载的不断增大,电机转速逐渐减小,最后达到堵转状态,即转速为零,通过电机启动到堵转的过程,测量出电机的扭矩—转速、扭矩—输出功率以及扭矩—电流曲线,用于判断电机是否合格。

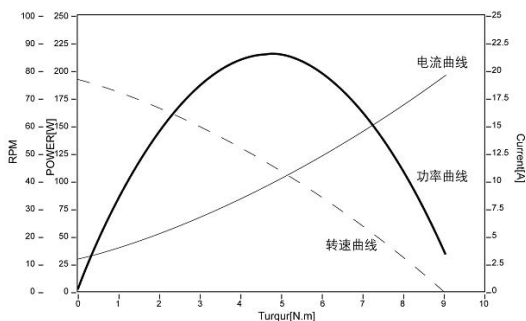


图5 实验测得电动机特征曲线

5 结论

本文提出了虚拟仪器技术的远程分布式实时测试系统设计方案,实现了虚拟仪器平台下的多仪器、多功能、多技术系统,它集成了cFP分布式I/O,DAQ数据采集设备、SCXI信号调理设备和测功机,组建了高精度高稳定度测试硬件体系,集成扭矩测试、转速测试、功率测试以及电机机体和内部温度测试,实现了功能齐全的电机性能测试软件平台;集成虚拟仪器技术、实时测量技术、计算机网络技术,实现远程分布式并行测试系统。

参考文献

- [1]钟绍俊,许素安,林德辉.基于Labview的分布式虚拟测试系统的设计与实现[J].中国计量学院学报.2004,1(2):117-119
- [2]王晓,韩焱,毛晓堆,司晓.发动机性能虚拟仪器测试系统设计[J].微计算机信息.2008,3(1):62-64
- [3]米西峰.基于Web和Labview的虚拟仪器实验平台设计[J].微计算机信息.2008,2(1):155-157
- [4]张春青,宋英杰,于桂宾.基于虚拟仪器的潜油电机测功试验系统[J].微计算机信息.2008,2(1):116-117
- [5]羊彦,景占荣,毕强等.无刷直流电动机数字PID控制的研究[J].电机与控制学报.2003,7(4):299-302

作者简介:陈皓(1981.4-),男,汉族,南京工业大学信息学院,江苏南京,硕士研究生,研究方向数据库与数据挖掘;胡平(1962.40-),男,汉族,江苏省南京人,南京工业大学信息学院副教授,研究方向计算机控制

Biography: CHEN Hao (1981.4-), man, han, Jiangsu Nanjing, Nanjing University of technology graduate student, Research Area: Database and Data Mining

(210018 南京工业大学信息学院)陈皓 胡平

(Nanjing University of technology Information Department 210018) CHEN Hao HU Ping

通讯地址:(210018 南京市老虎桥32号四幢406室)陈皓

(收稿日期:2008.12.23)(修稿日期:2009.01.25)

(上接第119页)

[4]David J.Kruglinski.Scheiner Inside Visual C++,4th Edition[M]. Washington, U.S.A: Microsoft Press,1999.4

[5] <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f149.pdf>

作者简介:李增(1982-),男,汉族,河南邓州市人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究生,主要研究方向为数据通讯;崔明(1982-),男(汉),吉林省吉林市人,硕士。主要研究方向:数据通讯系统;高世杰(1979-),男(汉族),吉林长春市人,硕士,主要研究方向:数据通讯系统;吴志勇(1965-),男(汉),研究员,课题负责人,硕士生导师,主要研究方向:数据通讯与系统测试性及自诊断技术。

Biography: LI Zeng(1982-), male (Han).Henan,A postgraduate student in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics. Research area: data communication.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)李增 崔明 高世杰 吴志勇

(100039 北京 中国科学院研究生院)李增

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics Changchun Jilin,130033,China) LI Zeng CUI Ming

GAO Shi-jie WU Zhi-yong

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences Beijing, 100039, China) LI Zeng

通讯地址:(130033 吉林省长春市东南湖大路16号长春光机所光电测控部电子学一组)李增

(收稿日期:2008.12.23)(修稿日期:2009.01.25)

《PLC 技术应用 200 例》

PLC(可编程控制器)广泛地应用在冶金、机械、机器人、石油化工、电力传动、纺织机械、注塑机、包装机械、印刷机械、造纸机械、机床、自来水厂、污水处理、煤矿机械、焊接机械、榨糖机械、制烟机械、工程机械、水泥机械、玻璃机械、食品机械、灌装机械、橡胶机械、船舶、铁路、窑炉、车辆、智能建筑、电梯控制、中央空调控制、大型医疗机械、起重卷扬机械、大坝闸门、大型泵站……。

各行各业机械工程师,电气设备工程师,高级技工都需要具备PLC的知识,才能做好本职工作。本书汇集200多个硬PLC和软PLC在各行业的应用实例,PLC故障诊断实例,PLC抗干扰措施,PLC使用经验、PLC技术发展,均在本书之中论述。

本书适合大专院校机械类、电气类、电力类、自动控制 and 自动化类专业的本科、研究生做毕业设计参考,同时适合老师进行教学、搞科研项目参考。本书是上述各行业的工程技术人员,技术工人的必备参考书,同时也是工厂和科研单位的技术领导,设备采购负责人的参考书。凡具备高中以上文化水平的人均可成为读者。

200多个西门子、三菱、美国通用电气、施耐德、欧姆龙、罗克韦尔、松下电器、和泉……等PLC应用实例,任您选读。一技之长,改变人生。

大16开,每册定价110元(含邮费)。预购者请将书款及邮寄费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙14号院鑫雅苑6号楼601室

微计算机信息

电话:010-62132436

<http://www.autocontrol.com.cn>

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

邮编:100081

010-62192616(T/F)

<http://www.autocontrol.cn>

E-mail:control-2@163.com