

基于 MSP430 单片机的光纤光栅传感器匹配解调系统

崔海朋

(中国石油大学(华东)信息与控制工程学院,山东 东营 257061)

[摘要] 通过对双光纤光栅并联匹配解调原理的研究,提出了基于 MSP430 单片机的光纤光栅传感器解调系统。利用曲线拟合的方法对压电陶瓷驱动电压与光纤光栅的波长偏移量的数据进行拟合计算,实现光纤光栅解调的目的。本文给出了该方案软硬件设计,并对匹配解调法的发展前景进行了论述。

[关键词] 光纤 Bragg 光栅; MSP430 单片机; 匹配解调

[中图分类号] TP 368.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-0310(2009)01-0051-03

Matching Demodulation System for Fiber Grating Sensors Based on the MSP430 Single-chip Microprocessor

CUI Hai-peng

(College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum (East China), Dongying Shandong 257061, China)

Abstract: A research of the principle of the parallel matching grating demodulation technique with double fiber grating leads to the propos of a demodulation system of fiber grating sensor based on the MSP430 Single-chip Microprocessor. By the synthetics curve method, the tiny offset of wavelength using the drive voltage of the piezoceramic actuator and the wavelength of the fiber grating is calculated; fiber grating demodulation is achieved. The design of hardware and software is given and the foreground of the matching demodulation method is discussed.

Key words: fiber Bragg grating (FBG); MSP430single-chip microprocessor; matching demodulation

自从 1978 年加拿大通信中心的 Ken Hill 等人用驻波写入法在掺锗光纤中制成了世界上第一根光纤光栅以来,光纤光栅得到了普遍关注和广泛的应用,尤其是在传感领域。近年来,光纤光栅传感器已成为传感领域的一大研究热点^[1],它除了具有光纤兼容性、抗电磁干扰、耐腐蚀、体积小、便于复用等优点外,其波长编码特性和可复用性等更是普通传感器无法比拟的。随着光纤光栅写入技术的不断完善和应用成果的日益增多,光纤光栅成为目前最具有发展前途,最具有代表性的无源器件之一。

在现有技术条件下,光纤光栅传感器应用于实际传感领域有一些要解决的关键技术,其中光纤光

栅的波长解调技术是目前研究的热点和难点。迄今为止,国内外研究者已提出了各种各样的检测方法,如光谱仪检测法、可调谐 F-P 滤波器法^[2]、非平衡 M-Z 干涉仪跟踪法、匹配光纤光栅解调法^[3-4]等等。其中匹配解调法具有分辨力较高、解调速度快、重复性好、代价小等优点,越来越受到人们的青睐。目前国内外的一些公司已研究开发出了高精度、高分辨率的光纤光栅传感器解调仪,但价格十分昂贵,很难在实际工程中得到广泛应用。针对这一实际情况,笔者研究开发了一套基于 MSP430F1612 单片机芯片控制^[5],采用双匹配光栅为调谐元件的匹配解调系统,该系统不仅具有较高的分辨率和测量精度,而且能够实时、准确地实现

[收稿日期] 2008-09-22

[作者简介] 崔海朋(1982—),男,山东东营人,中国石油大学信息与控制工程学院硕士研究生,研究方向为光纤光栅传感系统、计算机测控系统等。

测量。

1 基于双匹配光纤光栅并联解调技术的解调系统

1.1 系统装置

本系统采用双匹配光纤光栅并联解调法对光纤光栅传感信息进行解调,其工作原理如图1所示。宽带光源(BBS)发出的光经过3dB耦合器1入射到传感光纤光栅FBG1,透射光被折射率匹配液吸收,只有满足Bragg条件的光才被反射回来,再次经3dB耦合器2进入3dB耦合器3和3dB耦合器4,到达并联的两个匹配光栅FBG2和FBG3。通过FBG2和FBG3的透射光被折射率匹配液吸收,反射光被光电探测器PIN1和PIN2接收。光电探测器接收从匹配光纤光栅反射回来的光,把光信号转换成微弱的电信号,再经过信号调理电路和信号采集电路输入给MSP430F1612单片机处理。单片机将采集的数据一方面进行显示,另一方面通过串行口传给上位机。

1.2 工作原理

在图1所示的系统中,FBG仅对满足的单一波长光进行反射。只有当时,后向反射光才能在光电探测器上产生强输出。

匹配光纤光栅FBG2和FBG3是单片机通过2个压电陶瓷驱动器来调谐的。当并联的两个匹配光纤光栅处于自由态时,使得两个匹配光纤光栅的至少一路与传感光纤光栅FBG1的峰值反射波长相同,此时没有光透过匹配光纤光栅,光全部被反射,因此光电探测器的输出信号幅值最大,此时单片机输出一个固定的电压,使匹配光纤光栅的中心波长不再变化。当传感光纤光栅FBG1因外界物理量(温度或应变等)使中心波长发生变化时,匹配光纤光栅FBG2或者FBG3与传感光纤光栅FBG1的峰值反射波长不再匹配,此时光电探测器某一路输出的信号幅值下降,而另一路输出的信号幅值可能下

降也可能上升。单片机通过周期性变化的锯齿波电压信号来驱动2个压电陶瓷驱动器,使两个匹配光纤光栅的中心波长同时发生变化,让两个匹配光纤光栅同时来跟踪传感光纤光栅FBG1的波长变化,直至使光电探测的两路输出幅值达到最大为止。在原理上增强了系统的可靠性,同时克服了匹配滤波法信号检测中的双值问题^[6]。单片机记录此时输出的电压大小,根据输出电压与波长漂移的拟合曲线,进行数据处理,最后根据传感器外界物理量与波长的编码关系式即可计算出待测物理量温度、压强或应变等的大小,来达到信号解调的目的。

2 解调系统的硬件设计

该系统采用美国TI公司的MSP430F1612作为核心处理芯片,芯片内部有5KB的RAM,和55KB的EEPROM。利用它可以完成数据采集、数据输出和上位机的通讯等功能。该芯片采用Flash和JTAG技术,可以方便地进行程序的调试和升级。另外,芯片的超低功耗,丰富的片上外设,强大的功能,使得其非常适合作为本系统的核心处理器。上述整个系统包括信号调理电路、信号采集电路、显示电路、通讯接口电路、压电陶瓷驱动电路等,下面分别介绍各单元的硬件设计。

2.1 信号调理电路

信号调理电路主要完成小信号的放大和滤波等功能。本系统的光电探测器采用北京世维通光通讯技术有限公司提供的PDS143-CFA-B0204,其暗电流小、响应度高、响应速度快、稳定性和可靠性好,在1550nm的波长附近具有良好的线性输出。光电探测器是将光信号转变为电流信号,其输出的电流通过高精度运算放大器构成的电路转换为合适的电压信号。为了使小信号电压信号不被电路的噪声所淹没,所以在电路的前端加有锁定放大电

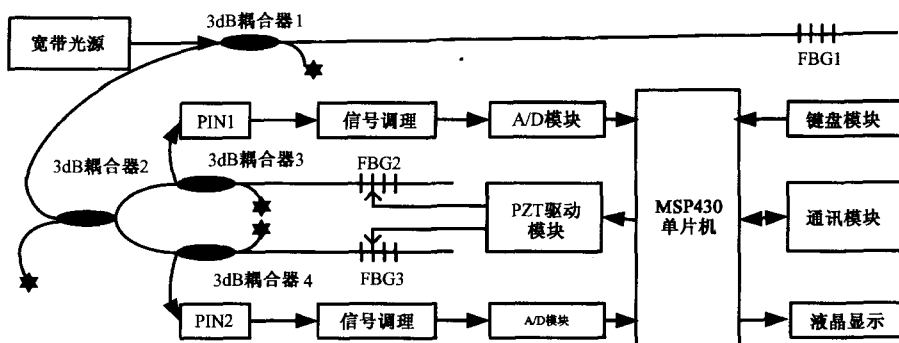


图1 系统原理图

路,信号通过放大电路后传输到滤波电路,滤波电路选用二阶低通滤波电路。低通滤波电路输出的信号传输给下一级电路进行处理。

2.2 信号采集电路

采集电路是实现模拟信号数字化的电路,模数(A/D)转换器是采集电路的核心。系统对两路电压信号同时进行采集。考虑到系统的速度、精度和分辨率等要求,设计中没有采用 MSP430F1612 自带的 12 位的 A/D,而采用了 16 位的 A/D 转换芯片 AD976。AD976 采样速率高达 100 Ksps,采用的是电荷重分布技术的逐次逼近型模数转换器,由内部的电容模块进行高速采样,因此不用外加采样保持器,从而简化了外围电路的设计。信号输入可采用单极输入和双极输入两种方式供选择,由于实际需要该系统采用单极方式输入,单极输入电压范围在 0~10 V,前端输入给 A/D 的信号必须满足这个电压范围。A/D 转换芯片 AD976 的位数为 16 位,而 MSP430 单片机是 16 位单片机,因此可以方便的完成数据采集的功能。

2.3 键盘输入和显示电路

该单元采用 MSP430F1612 单片机对系统进行全局控制,主要完成系统运行参数的设置和各种命令的输入,使系统按照键盘输入的命令执行相应的操作。系统键盘由 4×4 矩阵式键盘构成,其中包括 10 个数字键和 6 个功能键。系统键盘采用矩阵式结构输入,并以编程中断触发的方式识别按键编码。

显示单元采用的是 128×64 点阵式低功耗的液晶显示模块 ZJM12864BSBD,它具有多功能指令,容易使用,它既可实现字符和汉字的显示,也可实现表格和波形的绘制。MSP430F1612 单片机通过 14 个 I/O 口与其外部控制器相连,组合实现对液晶读写操作的控制。软件编写时,首先向液晶控制器写入初始化指令代码,然后按顺序写入相应的参数对液晶进行初始化,之后就可以按照液晶的编码格式和时序要求向控制器中的显示存储器传送数据,从而实现波长显示、驱动电压、设置参数等各种显示功能。

2.4 锯齿波发生和压电陶瓷驱动电路

该单元采用 MSP430F1612 单片机来控制数模转换器(D/A)输出一个锯齿波。系统中选用高精度的 16 位 D/A 转换器 ADC8581,来驱动压电陶瓷(PZT)致动器,使双匹配光栅在一定的拉伸力下其中心波长发生变化,在某一时刻能和传感光栅阵列

的中心波长完全重合,这时透过匹配光栅阵列的光强最大,从而达到测量的目的。

2.5 通讯接口电路

通讯接口电路是实现仪器与计算机通讯的信息交换和传输功能。通讯接口电路采用串行通讯接口芯片 MAX3232 和外围元件等来完成通讯功能,单片机存储的数据信息可通过通讯接口电路传输给上位机进行数据存储和数据仿真。

3 解调系统的软件设计

光纤光栅解调系统的软件可采用汇编语言和 C 语言的混合编程,光纤光栅的解调算法受到测试条件和解调方法的限制,至今还没有统一的可用公式,可以通过试验的方法,测出一组典型数据,用曲线拟合算法来进行拟合计算,确定传感光纤光栅中心波长偏移量。为了提高解调系统的精度,需要大量的数据处理和计算,可对单片机进行数据存储器的外扩,或通过串口把数据传输给上位机进行数据存储和处理。解调系统软件由以下子程序构成:初始化子程序、PZT 驱动子程序、模数转换子程序、求最大值子程序、数据拟合子程序、显示子程序及通讯接口子程序等,详细软件流程如图 2 所示。

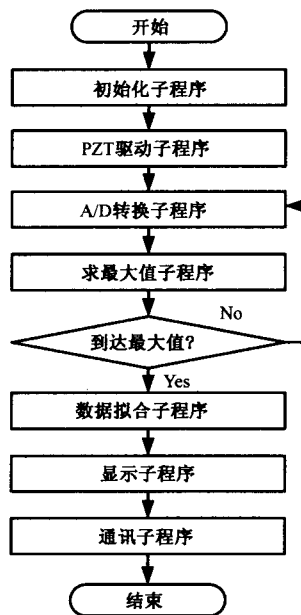


图 2 解调系统软件流程图

4 结束语

本文提出的双匹配光纤光栅并联解调方法结构简单,容易实现,是一种较为理想、较有潜力的光

(下转第 66 页)

[参考文献]

- [1] 仪洪勋,杨重骏.亚纯函数唯一性理论[M].北京:科学出版社,1995.
- [2] Valiron G.Sur quelques propriétés des fonctions algébriques[J].C R Acad ScParis,1929(189):824—826.
- [3] Ullrich E. Über den Einfluss der verzweigkeit einer Algebroiden auf ihre Wertverteilung [J]. J reine ang Math, 1931(169): 198 - 220.
- [4] Selberg H. Über die Wertverteilung der algebroiden Funktionen [J]. Math Z, 1930(31): 709 - 728.
- [5] 何育赞.关于代数体函数的重值[J].数学学报,1979,22(6):723-742.
- [6] 仪洪勋.关于代数体函数的重值与唯一性[J].工程数学学报,1991,8(4):1-8.
- [7] 孙道椿,高宗升.代数体函数的定理[J].数学学报,2006,49(5):1027-1032.
- [8] 何育赞,肖修治.代数体函数与常微分方程[M].北京:科学出版社,1988.

(责任编辑 李亚青)

(上接第53页)

光纤栅解调方案,具有智能化、小型化、可视化和集成化等特点,为便携式解调系统开发提供了可能。虽然光纤光栅传感的理论研究已经取得了很大成就,但有关其实用性方面的研究仍需要进一步深入。光纤光栅解调系统要朝着高速、高波长分辨

率、动态和静态参量同时测量、性价比高、适用于现场使用的实时监控方向发展。文中所介绍的解调方案还需要在实验中不断改进和完善,来达到更好的解调效果。

[参考文献]

- [1] 姜德生,何伟.光纤光栅传感器的应用概况[J].光电子·激光,2002,13(4):420-430.
- [2] Kersey A D, Berkoff T A, Morie W W. Multiplexed Bragg grating fiber-laser strain-sensor system with a fiber Fabry-Parot wavelength filter[J].Opt Lett,1993,18(16):1370-1372.
- [3] 詹亚歌,陆青,向世清,等.优化光纤光栅传感器匹配光栅解调方法的研究[J].光子学报,2004,33(6):711-715.
- [4] 张东生,郭丹,罗裴,等.基于匹配滤波解调的光纤光栅振动传感器研究[J].传感技术学报,2007,20(2):311-313.
- [5] 沈卫国,肖立志,张元中,等.基于单片机实现FBG传感器的数据采集[J].仪器仪表学报,2006, S1(6):122-124.
- [6] 路青,詹亚歌,向世清.光纤光栅应力传感器信号检测中双值问题的研究[J].中国激光,2004,31(8):988-992.

(责任编辑 彭丹宇)