

基于 MSP430 单片机的光纤光栅匹配解调系统

杜佳楠, 刘泊

(哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:在传统的解调方法基础上进行改进,构造了一种基于 MSP430 单片机的光纤布喇格光栅传感解调系统,通过两个光栅并联匹配的连接方式,消除了光源功率不稳定造成的测量误差,同时克服了传统匹配解调法的双值问题,有效增大了量程.系统的信号采集、数据处理以及显示驱动部分由单片机完成.

关键词:单片机; 光纤布喇格光栅; 匹配解调

中图分类号: TN253 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2683(2009)增刊1-0089-03

Matched Fiber Bragg Grating Demodulation System Based on MSP430 Single Chip

DU Jia-nan, LIU Bo

(School of Measure-control Technology and Communication Engineering, Harbin University Science and Technology, Harbin 150040, China)

Abstract: On the basis of conventional demodulation method, a fiber bragg grating sensing demodulation system based on MSP430 singlechip is constructed. By using the connection means of parallel matching to eliminate measurement error caused by instability of the light source power. The system can overcome double value issue of conventional matching demodulation method, and increase the measurement ranger effectively. Signal collection, data perocessing and display driving are complished by singlechip.

Key words: singlechip; fiber bragg grating; matching demodulation

1 引言

近年来,光纤光栅在传感领域得到了越来越广泛的应用.光纤光栅传感器具有抗电磁干扰、绝缘性能好、耐腐蚀、测量范围广等优点,成为最有前途和潜力的传感器之一.作为波长调制型的光纤光栅传感器,在应用时需要从获得的光谱信号中检测出布喇格波长的移动,是实现光纤光栅传感应用的关键技术之一^[1].

研制高精度度、低成本的光纤光栅传感器波长解调系统是光纤光栅传感研究的关键.匹配解调法具有

分辨率较高、解调速度快、重复性好、代价小、结构简单、造价低廉等优点,越来越受到人们的青睐^[2].MSP430 单片机具有低功耗、性能高、处理能力强和广泛应用等特点,本文介绍一种以半导体激光器作为光源、MSP430 单片机为核心处理芯片的光纤光栅并联匹配解调系统.

2 解调原理

匹配光栅检测信号的基本原理如图 1 所示.

光纤光栅的反射谱可以近似用高斯函数表示,光电探测器(PD)可检测到信号对应图中阴影部分

的面积(卷积).当传感光栅温度发生变化时,其反射中心波长将减小或增大,光电探测器探测到的功率也随之变化.

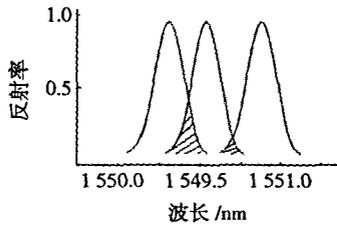


图1 原理图

图2为解调的原理框图,经传感光栅 FBG1 反射的光信号被分成两路,分别与 FBG2 和 FBG3 匹配,两路匹配光栅反射的光信号分别被 PD 接收并转换为电压信号,经过滤波放大后由 MSP430 单片机 AD 采样,将功率值做除法得

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1 \Delta \lambda_1}{R_2 \Delta \lambda_2} \left(\frac{\Delta \lambda_0 + \Delta \lambda_2}{\Delta \lambda_0 + \Delta \lambda_1} \right)^{1/2} \times \exp \left\{ 4 \ln 2 \left[\frac{(\lambda_0 - \lambda_2)^2}{\Delta \lambda_0^2 + \Delta \lambda_1^2} - \frac{(\lambda_0 - \lambda_1)^2}{\Delta \lambda_0^2 + \Delta \lambda_2^2} \right] \right\}$$

式中,除了传感光栅中心波长未知,其他都为已知量,数据经单片机处理得到温度值后送液晶显示.这一方法可以有效减少由于光源功率抖动带来的影响,同时还可以解除单光栅解调时为避免双值问题而只取用传感光栅反射谱的单边的限制.

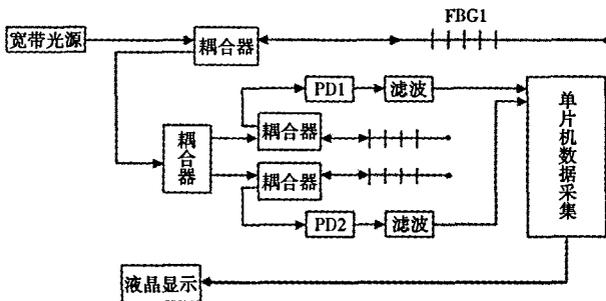


图2 解调原理框图

3 解调系统的硬件设计

系统采用中心波长为 1550 nm 的半导体激光器作为光源,处理芯片采用美国 TI 公司的 MSP430F135 型单片机,芯片内部有 512 字节的 RAM 和 16 k 的 EEPROM,可以完成数据的采集、运算处理和输出显示等功能.整个系统包括光路部分、光电转换与滤波放大部分、信号数据处理和显示部分.

3.1 光电转换与滤波放大

PD 接收到的光功率信号比较弱,所以转换后的

电信号要经过运算放大器放大才能送单片机进行 AD 采样. PD 采用天津峻烽科技有限公司的 InGaAs PIN 光电二极管,在 1100 ~ 1650 nm 范围内有良好的线性输出,FC/APC 拔插式封装;一级运放采用仪用放大器 AD620,仪用放大器具有精密放大所需的低失调电压、低失调电压漂移和低噪声等性能.转换电路如图3所示.

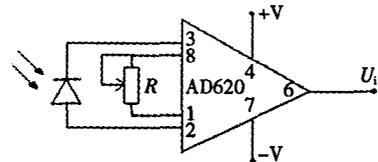


图3 转换电路

图3中 R 为双连电位器,当半导体光源功率起伏过大时,调节电位器使两路输出电压同步保持在单片机采样的合适电压范围内.二级放大电路采用斩波稳零运算放大器 ICL7650,同时起到滤波和进一步放大的作用,如图4所示.

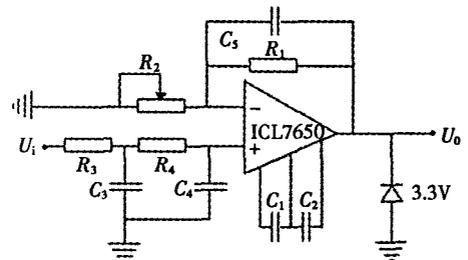


图4 二级放大电路

图4中, R₂ 电位器用于消除两个匹配光路接头、PD 的光电转换效率和运放反馈电阻的不对称.因为被测量的温度是缓慢变化的,可以近似看作静态量.电路同时起到二阶低通滤波的作用,截止频率 1 kHz,可以将高频信号滤掉.

3.2 信号数据处理和显示

单片机通过 12 位 AD 采集电压信号,采用多通道单次采样,由于半导体激光光源功率不断波动,所以系统外界 8MHz 晶振避免 AD 两通道采样的时间间隔造成采样的不同步,通过实验可以将由于时间差造成的电压差值基本被限制在 10mV 以下,对测量结果的影响可以忽略,处理后的数据通过单片机串口连接 FYD12864 液晶显示器显示.

4 MATLAB 数值模拟结果

光纤光栅解调系统的软件可采用汇编语言和高级语言(C语言等)来编程,光纤光栅的解调算法还

没有统一的可用公式^[3],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,FBG 波长的温度灵敏度一般约为 $0.011 \text{ nm}/^\circ\text{C}$,传感光栅中心波长 1550.01 nm ,匹配光栅波长分别为 1550.22 nm 、 1549.80 nm ,如图 5 所示,当传感光栅温度在从 10°C 缓慢上升到 80°C 时的输出电压曲线,在 26°C 到 70°C 范围内能够得到较好的效果。

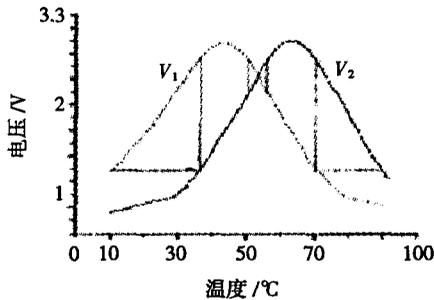


图 5 输出电压与温度曲线图

5 结 语

光纤光栅解调方案有其各自的优点和缺点,可

(上接第 88 页)

的时长 95 ms 和正常连续语音信号的两个字之间的间隔相当。

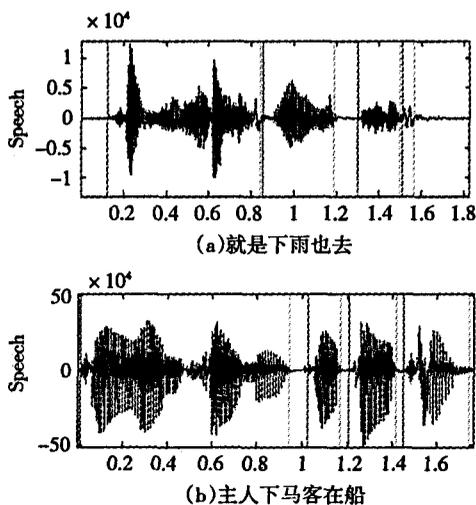


图 3 改进能零法的端点检测结果

5 实验结果分析及结语

通过实验结果可以看出,在连续语音信号中,能零法往往很难准确地确定语音信号的端点,容易出现语音截断现象造成数据丢失。改进后的算法在处

以根据需要在不同的场合应用。匹配解调方法结构简单,容易实现,在精确度要求不太高时,是一种较为理想、较有潜力的光纤光栅传感现场测试手段,为便携式系统开发提供了可能。虽然光纤光栅传感的理论研究已取得了很大成就,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波长分辨力、动态和静态参量同时测量、性价比高的实时监控方向系统方向发展。文中所介绍的解调方案还需要在实验中不断改进和完善,来达到最优的解调效果。

参 考 文 献:

- [1] RAO Y J. Recent Progress in Application of In-fiber Bragg Grating Sensors[J]. Optics and Laser in Engineering, 1999, 31(4): 297-324.
- [2] 赵立民,李文强,刁春暖,等. 基于单片机的光纤光栅匹配解调系统[J]. 光器件, 2007, 11(1): 40-42.
- [3] 姜德生,高卓婷,张翠. 提高 Bragg 光栅解调系统精度的拟合算法[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(4): 65-66.

(编辑:王 萍)

理连续语音信号时,通过多次检测,多次修正端点的位置,直至准确地找到信号的端点,更大限度地保证了采集到信号的准确性。并且改进的算法只是对所求信号的参数做了一些加减的运算,因此和经典短时能零法相比并没有明显增加整个过程的计算量。

参 考 文 献:

- [1] 王炳锡,屈 丹,彭 宣,等. 实用语音识别基础[M]. 北京:国防工业出版社, 2005.
- [2] YI Li, FAN YingLe, TONG QinYe. Endpoint Detection in Noisy Environment Using Complexity Measure[C]//Proceedings of the 2007 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Beijing, China, Nov. 2-4, 2007: 1004-1007.
- [3] 赵 力. 语音信号处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [4] GANAPATHIRAJU, WEBSTER A, TRIMBLE L, et al. Comparison of Energy-Based Endpoint Detectors for Speech Signal Processing[J]. Proceedings of the IEEE Southeastcon, 1996: 500-503.
- [5] 张雄伟,陈 亮,杨吉斌. 现代语音处理技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [6] EVANGELOS S Dermatas, NIKOS D Fakotakis, GEORGE K Kokkinakis. Fast Endpoint Detection Algorithm for Isolated Word Recognition in Office Environment[C]//IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, Salt Lake. 1991: 733-736.
- [7] 何 强,何 英. MATLAB 扩展编程[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.

(编辑:于智龙)