

基于 CMOS 传感器的微型光谱仪设计

Design of Miniature Spectrometer Based on CMOS Sensor

张振兴 ZHANG Zhen-xing

(中科天融(北京)科技有限公司研发部 北京 100000)

(Chinatech Talroad(Beijing)Branch Technology Co., Ltd. Beijing 100000, China)

摘要:为了快速、有效的检测气体中含有的 NO_x 、 SO_2 等污染性气体的浓度。设计了基于 CMOS 传感器和交叉 Czerny-Turner(CT)型光路的嵌入式微型光谱仪,通过 16 位 AD 转换和 C8051F410,实现 NO_x 、 SO_2 等气体浓度的自动检测。并介绍了 CMOS 传感器的性能指标以及系统的软硬件设计。

Abstract: In order to quickly and effectively detect the concentration of pollutant gases such as NO_x and SO_2 in the gas, the micro-spectrometer based on CMOS sensor and cross-Czerny-Turner (CT) optical path is designed. The 16-bit AD converter and C8051F410 are used to realize the automatic detection of NO_x and SO_2 . And the CMOS sensor performance indicators and system hardware and software design are introduced.

关键词: CMOS 嵌入式检测; Czerny-Turner 型光路; 微型光谱仪

Key words: CMOS embedded detection; Czerny-Turner type optical path; micro-spectrometer

中图分类号: O433

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2017)20-0115-03

DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2017.20.048

0 引言

目前越来越多的领域利用光谱技术检测各项指标,例如水中的重金属含量,气体中含有的 NO_x 、 SO_2 等污染气体的浓度,食物中是否存在有害物质等。这势必要求我们研发的光谱仪向高性能、微型化、低价格发展^[1]。由于近来 CMOS 工艺的发展已解决早期存在的许多缺陷,使得其性能指标大幅度提高,具有体积小、重量轻、功耗低、性能稳定、响应速度快、价格低等优点,对应用于微型光谱仪的检测工作有着重要意义。

本文设计了基于 CMOS 传感器的微型光谱仪,利用交叉 Czerny-Turner(CT)型光路^[3],以 C8051F410 为基础,研究了 NO_x 、 SO_2 的光谱信号采集和处理方法,实现了现场实时检测数据,可对大气环境的治理提供基础数据^[4]。

1 系统总体设计方案

1.1 光路结构设计

光谱仪的设计指标有很多不同的应用领域所需要的光谱范围也不尽相同,本文针对 NO_x 、 SO_2 光谱特征设计了光谱范围为 200~270nm 微型光谱仪,分辨率为 0.1nm,其光路设计图如图 1 所示。光路的主要元器件包括狭缝、成像物镜、准直物镜、光纤和线阵型 CMOS^[4]。光纤发射出一束复合光线经由狭缝,入射到准直物镜上形成平行光,并通过光栅将复合光分散成单色光,最后由成像物镜将空间上散开的各波长的光聚焦在成像物镜的焦平面上,然后由线阵型 CMOS 将收集成像物镜焦平面上的光谱能量,并检测光谱的强度和波长位置^{[5][6]}。

1.2 测量方案设计

测量系统的主要组成由 C8051F410、RS232 通讯接口、电源电路、放大电路、AD 转换电路、CMOS 电路。测量系统的总体结构图如图 2 所示。

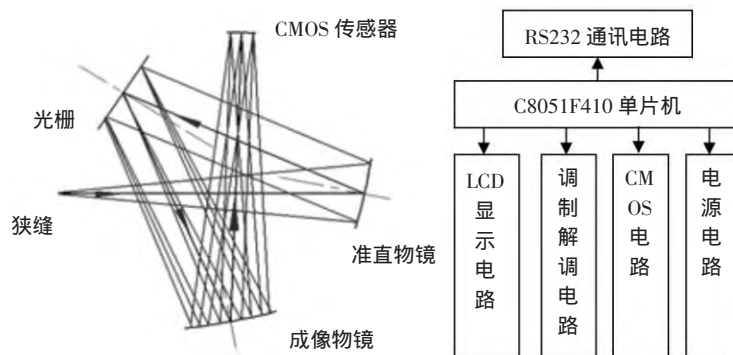


图 1 交叉 Czerny-Turner 型光路原理图

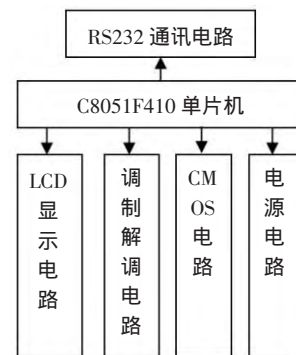


图 2 测量系统总体结构图

测量系统以 CMOS 器件为核心,通过 CMOS 检测输出电压信号,由于该信号较小,所以后续设计了一路放大电路,将 CMOS 输出电压信号放大,之后经 AD 转换送入单片机处理,并最终在 LCD 上显示图谱,此外测量系统还设计了一路 RS232 通讯接口与 LCD 通讯,实时传输测量数据,并在 LCD 上绘制图谱。

2 系统的硬件设计

C8051F410 单片机内置了一个 UART 接口,方便了单片机系统与 LCD 通讯的电路, LCD 液晶屏具有存储和曲线绘制的功能,方便实时显示测量的谱图^[7];另外由于 C8051F410 内置的 AD 转换位数较低,因此系统选用了外置的 16 位 AD 芯片 ADS320E,并使用了 5V 的参比芯片,减少参比电压带来的噪声,此外系统电源芯片主要是为系统供电。本节主要介绍系统的主要硬件电路。

2.1 CMOS 传感器介绍

CMOS 检测器选用是系统设计的重点之一,关系着系统的整体性能和参数,本设计综合考虑选用了日本滨松的 S8378-265Q 传感器,该器件具有 200~1000nm 的宽光谱响应范围^[8],如图 3 所示,单电源 5V 供电,通过电荷放大器,具有出色的输出特性,并且像素间距达到 25um,该器件温度漂移小,具有较高的可靠性。

作者简介:张振兴(1990-),男,河南鹿邑人,硕士研究生,主要从事环境检测仪表研究工作。

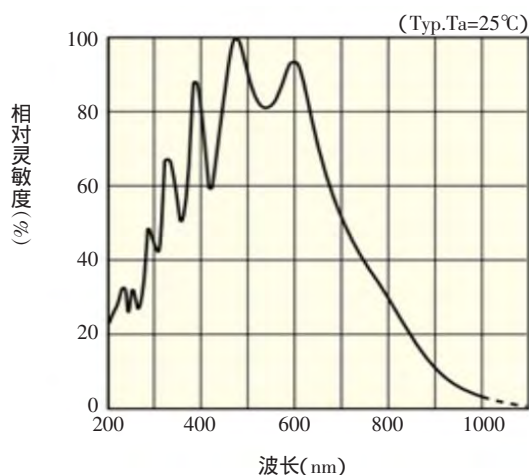


图3 光谱响应(25℃)

2.2 硬件电路设计

系统的硬件电路除了基本的单片机外围电路和电源电路以及 RS232 接口电路外,重点是信号的采集和处理电路,电路图如图4所示。S8378 内部设置有定时器,只需要通过 ST 和 CLK 发送启动采集命令, S8378 就会自动采集当前进光量,并转化电压后储存,结束后拉低 EOS 信号端,单片机通过判断 EOS 信号端即可判断信号是否转换结束^[9]。单片机可通过 CLK 使得 CMOS 传感器输出 256 信号数据,并通过运放和 AD 芯片读取这些数据^[10]。最终通过 RS232 接口传输到 LCD 显示屏上。

这里需要注意的是 S8378 每次读取的数据,均为上一次的进光量,因此在相隔较长时间后,为保证读取光线的频谱为当前值,此时应该连续读取两次,也即是在连续测量数据时,应舍去第一次数据^{[11][12]}。

3 系统软件设计

系统的软件设计主要包括 LCD 界面设计和单片机程序设计。LCD 界面设计主要通过 C++ 及 C 语言实现,界面较为简单,主要是绘制显示频谱曲线,单片机程序通过 C 编写,主要的设计内容有配置基本参数,启动系统的串口中断,通过时钟开启并读取 CMOS 存储转化进光量,最后处理后发送到 LCD 上,绘制显示频谱^{[13][14]}。如图5的流程

图所示。

4 结语

微型光谱仪的设计,对光谱仪小型化、便携式的发展有着重要的意义^[15]。光谱仪结构较为简单,测性能可靠,杂散光小,能量利用率较高,并且方便维护;系统在调试测试中, NO_x 、 SO_2 等物质的光谱准确度高,噪声低且采样速度较快,通过 LCD 显示频谱,方便测试者观察分析。

参考文献:

[1] 闫德顺,刘收,苏建军,等.基于 C8051F410 单片机的 AD 芯片替代方案的设计与实现[J].计算机测量与控制,2015,23(4):1385-1387.

[2] Zhai Y, Liu W, Yang X. Design of the Signal Generator Based on C8051F410 [M]. Advances in Mechanical and Electronic Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2013: 337-341.

[3] Muneeb M, Vasiliev A, Ruocco A, et al. III-V-on-silicon integrated micro-spectrometer for the 3 μm wavelength range[J]. Optics express, 2016, 24(9): 9465-9472.

[4] Diard T, de la Barrière F, Ferrec Y, et al. Compact high-resolution micro-spectrometer on chip: spectral calibration and first spectrum [C]//SPIE Defense + Security. International Society for Optics and Photonics, 2016: 98362W-98362W-7.

[5] 于维佳.基于 C8051F410 数字集成电路测试仪的设计[J].电子测试,2014(3X):10-11.

[6] Li Y, Yu H, An L, et al. CMOS-Compatible High Resolution Spatial Heterodyne Spectrometer Based on Si3N4/SiO2 Waveguide [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2016, 28(23).

[7] 孙小小.基于 CMOS 传感器的小型光谱仪研制[D].上海交通大学,2013.

[8] 孟晗.基于 CMOS 图像传感器的成像系统研究[D].中国科

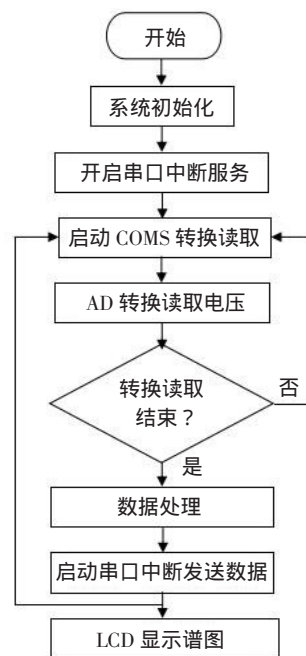


图5 软件流程图

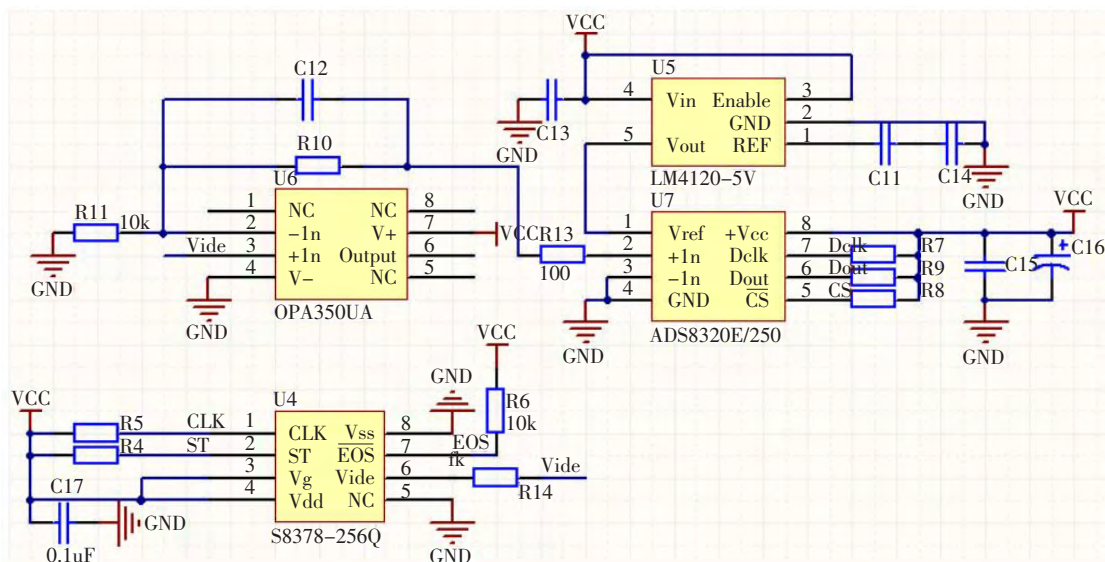


图4 信号采集和调制电路

考虑桩-土-结构作用下的大跨径悬索桥地震响应分析研究

Seismic Response Analysis of Long-span Suspension Bridge Considering Pile-soil-structure Action

杨宇^① YANG Yu; 李庆达^② LI Qing-da; 浦丽^① PU Li; 张晓杰^① ZHANG Xiao-jie

(^①云南云岭高速公路建设集团有限公司, 昆明 650224; ^②云南龙江特大桥建设指挥部, 昆明 650228)

(^①Yunnan Yunling Expressway Construction Group Co., Ltd., Kunming 650224, China;

^②Yunnan Longjiang Grand Bridge Construction Headquarter, Kunming 650228, China)

摘要:本文以主跨布置为 320m+1196m+320m 的某特大跨径悬索桥为例,采用有限元软件建模计算,通过设置弹簧单元模拟桩土作用,弹簧单元刚度采用 m 法计算,地震动输入取七组地震波地震响应的平均值,分析考虑桩-土-结构作用下的大跨径悬索桥地震响应。

Abstract: In this paper, a large span suspension bridge with 320m+1196m+320m as the main span is taken as an example. The finite element software is used for modeling and calculation. The spring element is used to simulate the pile and soil action. The spring element stiffness is calculated by the m method. The average value of seismic response of seven sets of seismic waves is used as the ground motion input. The seismic response of the long-span suspension bridge under the action of pile-soil-structure action is analyzed.

关键词: 桩-土-结构作用; 悬索桥; 地震响应

Key words: pile-soil-structure action; suspension bridge; seismic response

中图分类号: U442.5+5

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2017)20-0117-03

DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2017.20.049

0 引言

云南省正值高速公路建设发展的高峰期,地处高原山区,路线走向不可避免地常跨峡谷。悬索桥作为目前跨越能力最大的结构形式,多被设计单位在路线跨越山谷时选用。目前,考虑桩-土-结构相互作用的理论分析方法主要有荷载传递法、弹性理论法、有限单元法、边界单元法等,或者将多种成熟方法进行耦合计算。桩土作用对结构地震响应的影响主要体现在改变结构的自振频率、阻尼及地震动输入等方面,目前大多数的研究者采用实体单元建立模型来考虑桩-土-结构作用,但不便于抗震设计计算。本文通过设置弹簧单元模拟桩土作用,其采用 m 法计算刚度,分析研究考虑桩-土-结构作用下的大跨径悬索桥地震响应。

1 工程背景

本文以某大跨径悬索桥为例,主跨布置为 320m+1196m+320m,主塔采用门形框架结构,为普通钢筋混凝土

作者简介:杨宇(1979-),女,黑龙江哈尔滨人,工程师,研究方向为桥梁工程及无机非金属材料。

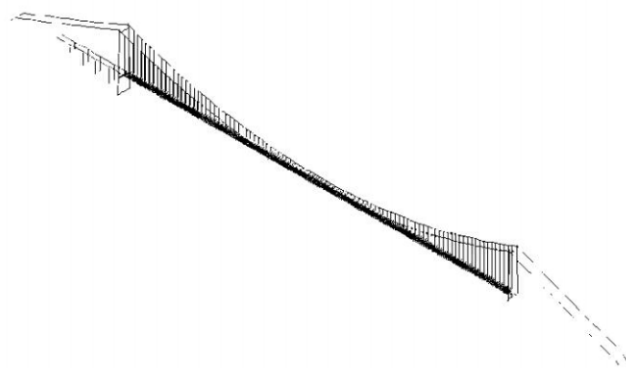


图 1 有限元模型

结构,横梁为预应力结构,索塔基础采用 32 根 D2.5m 的钻孔灌注桩基础。主梁为流线型扁平钢箱梁,宽 31.5m,高 3m,纵向设置阻尼器于钢箱梁底部与横梁处。

2 建模策略

本文采用有限元软件建模,其主缆、吊索采用索单元

学院研究生院(西安光学精密机械研究所) 2010。

[9]王欣.基于 ARM 的近红外光谱仪研究[D].长春理工大学, 2014。

[10]Sobanski N, Schuladen J, Schuster G, et al. A five-channel cavity ring-down spectrometer for the detection of NO₂, NO₃, N₂O₅, total peroxy nitrates and total alkyl nitrates [J]. Atmospheric Measurement Techniques, 2016, 9(10): 5103.

[11]周选昌,胡晓慧.基于 Pipelined 结构的电流型 CMOS 模数转换器电路设计 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2013 (2013 年 06 期): 637-640.

[12]章琦,陈惠明,毛玉兵,等.线阵 CCD 驱动时序及信号采集系统的设计[J].仪表技术与传感器, 2010(2): 75-77.

[13]唐枋,唐建国.用于 CMOS 图像传感器的 12 位低功耗单斜模数转换器设计[J].电子学报, 2013(2): 023.

[14]庞瑞龙,赵毅强,岳森,等.一种采用 4bitMDAC 的 12bit 流水线模数转换器[J].半导体技术, 2014, 39(2): 93-97.

[15]Yan A, Zhenye W, Tao Z, et al. Development status and aberration overview of micro spectrometer with Czerny-Turner structure[C]. Optoelectronics Global Conference (OGC), 2016 IEEE. IEEE, 2016: 1-3.

[16]Kawabe K, Furuhashi T, Tanaka Y. 35.4: New TFT-LCD Driving Method For Improved Moving Picture Quality [C]. SID Symposium Digest of Technical Papers. Blackwell Publishing Ltd, 2001, 32(1): 998-1001.