

太阳光谱绝对测量中的数据采集系统设计

Design of Data Collecting System of the Solar Spectral Intensity Monitor

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 叶新¹ 方伟¹ 杨东军^{1,2}
YE Xin FANG Wei YANG Dong-jun

摘要: 太阳光谱信号十分微弱,普通方法很难实现精密测量。本文介绍了一种基于锁相放大方法实现太阳光谱信号测量的数据采集系统,并给出了硬件电路及相关程序框图。

关键词: 太阳光谱测量; 锁相放大; DSP

中图分类号: TP368 **文献标识码:** A

Abstract: It is very difficult for exact measurement because the Intensity of the solar spectra is weak. The article introduces the Data Collecting System based on LOCK-IN AMPLIFIER. The hardware circuit and the software design of the system are introduced in detail.

Key words: Solar Spectral Intensity Monitor; LOCK-IN AMPLIFIER; DSP

1 引言

太阳辐射的不同光谱,对地球上的生物(动、植物、微生物)的理化特性、光合作用与整个生物链以及生态系统影响是不同的。太阳辐射的光谱分布的变化,还可导致人类基因的改变或变异,基于上述情况,在以往长期监测太阳总辐照度的基础上,提出了精确测量和长期监测太阳光谱辐射的任务,其光谱范围 0.3–2.0 μm 。

长春光机所研制 SIARs 绝对辐射计已有二十年的历史,达到世界同类仪器先进水平,两次参加 IPC 国际日射计比对,并在神舟三号飞船上进行了五个月的飞行实验,获得数据与国际上同期卫星测得数据符合良好。SIAR-2a、SIAR-2b 放在瑞士世界(辐射)标准组 WSG 上,与 WSG 仪器同步测试四年,长期稳定性良好。但是我国目前只开展了太阳总辐照度测量工作,太阳辐射的光谱测量工作刚刚起步,由于太阳光谱信号十分微弱,传感器的输出信号最小在几十个微伏的量级。对于这样的微弱信号,通过直流电压激励桥电路的方式很难实现精密测量。针对上述原因,作者采用锁相放大方法,通过交流电压激励电路以消除系统器件的直流误差及温升带来的误差,同时抑制交流频率外的噪声。

2 数据采集系统的原理

太阳光谱辐射测量数据采集系统的原理框图如图 1 所示,本采集系统由热敏电阻电桥及调制波形发生电路、信号放大电路、锁相放大电路、AD 采样电路、DSP 数据处理及 PC 串口通信电路、步进电机快门控制电路、PWM 加热电路等部分组成,其工作原理是:首先步进电机快门控制电路打开快门,经光谱仪分光的太阳光谱信号使热敏电阻阻值发生变化,桥路平衡被破坏,桥路输出信号经信号放大电路放大后传入锁相放大电路,锁相放

大后的信号经过 AD 采样以后送入 DSP 系统,完成采光阶段测量,然后步进电机快门控制电路关闭快门,通过 PWM 加热系统控制 PWM 输出信号的占空比,使加热阶段的 AD 采样值与加热阶段的采样值相同,DSP 数据处理模块通过光电等效原理,计算出太阳光谱辐射强度并将测量结果通过串口上报 PC。

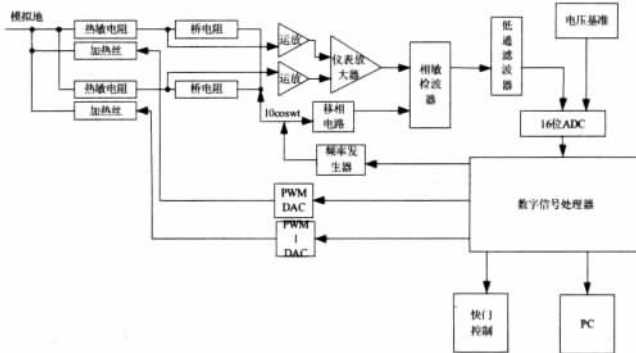


图1 数据采集系统原理框图

3 硬件电路设计

3.1 热敏电阻电桥及调制电路

如图 1 所示,一个热敏电阻作为工作测辐射热计接受光谱辐射照射,另一个参考测辐射热计用作桥接电路的热电参考元件,它们工作在相同的热环境中,降低温度漂移对测量带来的影响。两个测辐射热计的热敏电阻和两个平衡电阻构成了四臂电桥。

调制载波由 AD9833 产生,AD9833 是 ADI 公司生产的一款低功耗,可编程波形发生器,能够产生正弦波、三角波、方波输出。波形发生器广泛应用于各种测量、激励和时域响应领域,AD9833 无需外接元件,输出频率和相位都可通过软件编程,易于调节,频率寄存器是 28 位的,主频时钟为 1MHz 时,精度可以达到 0.004Hz。DSP 通过 SPI 口将数据写入 AD9833,设置输出频率。系统中为避开工频 50Hz 和运放的 1/f 噪声,调制频率设为 85 赫兹。

3.2 信号放大电路

信号放大电路如图 3 所示,信号放大电路由阻抗匹配电路、

叶新:助理研究员

基金项目:基金申请人:方伟;项目名称:新型超高精度绝对辐射测量技术研究;基金颁发部门:国家自然科学基金委(40675083)

前级放大电路和二级放大电路三部分组成。

为匹配差分电桥电路内阻,信号放大电路前级采用AD公司的双运放OP249做跟随输出。系统的前置放大器采用TI公司仪表放大器INA118,它具有输入阻抗高、失调温漂小、共模抑制比高、输入噪声小等优点。INA118放大倍数G由单一电阻R62决定,增益公式 $G=1+(50k\Omega/R62)$,系统中R62为50欧姆,增益G为1001。经过前级放大的信号再送入二级放大器,二级放大器采用AD公司的OP07。

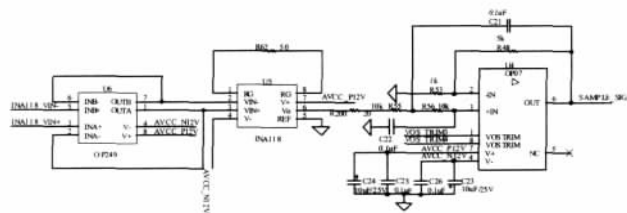


图2

3.3 锁相放大电路

电如图3所示,锁相放大部分由相敏检波器和低通滤波器组成,其核心是相敏检波器。相敏检波器采用AD公司的高精度平衡调制/解调器AD630。AD630相当于一个模拟乘法器,将放大器的输出信号和参考的信号相乘,适用于从含有干扰噪声的调幅波中精密检出被调制的信号。经过AD630的输出信号如图4所示,该信号再经过通带频率小于10Hz的低通有源滤波器,可很好地滤掉相敏检波器输出信号中的高次谐波和高频信号。

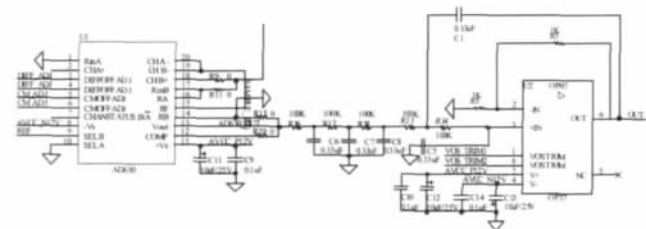


图3 锁相放大电路

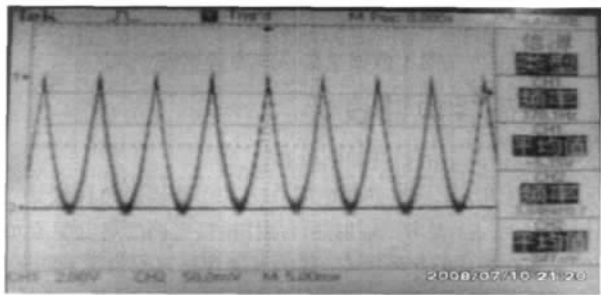


图4 相敏检波输出

3.4 AD采样电路

整个系统要求采样的动态范围为60dB,AD的信噪比 $SNR=6.02 \cdot n + 1.76$,n为AD位数。根据实际的系统需求,并留有一定裕量,设计中采用了TI公司的24bit的 Σ - Δ 型模数转换器ADS1255。

3.5 DSP采集系统

DSP采用TI公司的TMS32F2812,它具有低成本、低功耗和高性能的处理能力。DSP2812片内具有256K字节的FLASH和36K字节的RAM,特别适用于测控场合。系统中DSP通过串口

芯片MAX3221与PC机进行实时数据传输。

3.6 步进电机快门控制电路

光谱测量系统中的电机实现的是开关快门的作用。当开门打开时,辐射光照进入辐射计,辐射计进行采光测量;当快门关闭时,光谱测量系统进行电标定。所用电机,工作电流70mA,采用四相八拍的方式。设计中考虑到电机模块可能会给电路引入噪声,该模块与电路其他部分采用光电隔离器TPL621-4进行光电隔离,电机驱动模块采用达林顿管ULN2003。电机模块的设计如图5。

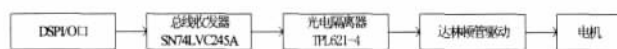


图5 步进电机控制模块框图

3.7 PWM加热电路

PWM加热电路是由DSP PWM发生器连接NPN三极管的基极B,三极管的发射极接地,三极管的集电极与一个低阻P沟道增强型MOSFET(场效应管)的栅极G相连,场效应管源极S接7.1V基准电压,场效应管漏极D接输出,源极和栅极之间通过30K欧姆电阻相连。当PWM为高电压时,三极管基极B和发射极E之间导通,由于集电极C和发射极E之间电阻很小,认为导通接地,此时场效应管的栅极G和源极S间电压 V_{GS} 大于临界电压而使场效应管导通,从而使漏极D端的电压与源极S端电压都为7.1V,这就是加热电压;当PWM为低电压时,三极管CE不导通,电阻无穷大,此时 V_{GS} 压差为0,场效应管不导通。通过PWM波的高低电压变化实现了开关调制脉宽的功能,此时脉宽加热的电压为PWM波的占空比乘以7.1V。

经过上面PWM波整形后的信号要经过低通滤波器滤波,再经过运放TLV2427进行输出功率放大,得到的输出信号对加热丝加热。因此加热信号共经过了PWM波产生、PWM波整形、低通滤波和输出功率放大四步。

通过改变主测辐射热计脉宽调制电路的占空比可使主、参考热敏电阻电路温差为零,实现桥路的平衡。

4 软件系统设计

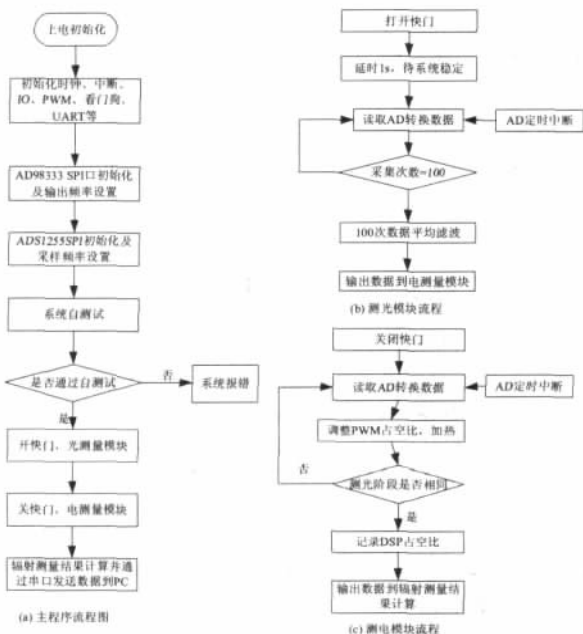


图6 软件流程

(下转第86页)

对数据库字段稍加设定,就可以实现功能增加或替换,以满足用户多变需求,避免了数据库的再次开发,这不但节约了时间,而且节约了大量的开发成本。

针对不同的设备,还可以提供数据共享分析服务,即:互相提供现场采集数据,相互参考,互相纠正,从而获得质量和安全的双赢提高。

本系统的最终目标之一就是要让用户实时监控采集到的数据和数据分析结果。为了方便用户可以在任意时间查看工业现场设备的运行状态,系统专门建立了这样一个网站,以方便用户随时查看实时数据信息。同时还提供数据的对比分析,图形化比较分析功能,并把智能专家库的执行结果显示在用户眼前。

6 结论

本系统通过 TC35i 实现了无线数据采集功能,依靠服务器、网络和数据库实现网络实时监控功能,最终实现工业设备智能化的控制链。本设计不但突破了传统的数据采集方式,同时也大大减少了硬件体积和软件成本,提高了系统可靠性。

GSM 移动通信系统在安全性方面由于在用户鉴权、加密方面采取了一系列的措施,使得本系统具有优越的保密性和可靠性。

在本系统的基础上,只要对硬件和软件稍加修改,就可以实现其他的功能。有许多其他信息,如冷库制冷控制、医疗设备控制、股票行情等许多与位置有关的服务等,都适合移动用户通过移动终端来接收处理,而随着移动产业的发展,相信以后也可以把应用扩展到音频、视频等其他方面。

本文作者创新观点:本系统突破传统,提出了基于无线的数据采集技术,同时提出了智能专家库的概念,大大改进了数据监控模式,达到监控的智能化管理。

参考文献

- [1]SIEMENS AG.Siemens Cellular Engines AT Command Set [P/OL].Version 00.01, Siemens AG, 2003.
- [2]SIEMENS AG.TC35i Siemens Cellular Engines Hardware Interface Description[P/OL].Version 00.03, Siemens AG, 2003.
- [3]李长林.AVR 单片机应用设计[M].北京:电子工业出版社, 2005.
- [4]伊夫杰.ASP.NET 2.0 高级编程(特别版)[M].北京:清华大学, 2007.
- [5]朱德利.SQL Server 2005 数据挖掘与商业智能完全解决方案[M].北京:电子工业出版社, 2007.
- [6]李湘江,彭建.基于 VB 的实时数据采集程序设计[J].微计算机信息, 2003, 10(19)

作者简介:蒋念平(1957-),男,汉族,硕士,副教授。主要研究领域:计算机控制、计算机网络与通讯、多媒体、嵌入式系统,黄文杰(1985-),男,汉族,硕士,学生。主要研究领域:计算机控制、计算机网络与通讯。

Biography: JIANG Nian-ping(1957-),male, University of Shanghai for Science and Technology, vice-Professor, Computer Controlled, Computer Networks and Communication, Multimedia, Embedded System.

(200093 上海 上海理工大学计算机与电气工程学院) 蒋念平 黄文杰

(University Of Shanghai For Science And Technology, School

Of Computer And Electrical Engineering, Shanghai 200093, China) JIANG Nian-ping HUANG Wen-jie

通讯地址:(200093 上海市军工路 516 号上海理工大学计算机与电气工程学院) 蒋念平

(收稿日期:2009.06.25)(修稿日期:2009.7.25)

(上接第 70 页)

DSP 软件部分主要包括:系统上电初始化,初始化时钟,DSP 外设初始化,DSP SPI 口对 AD9833 和 AD1255 的初始化和配置,外部 IO 口的设置,定时器设置,中断初始化,电机控制模块,串口数据传输模块,PWM 加热控制模块,光辐射测量模块等。软件的主程序流程和光、电测量模块的控制流程如图 6 所示。

5 结束语

本文设计了一种用于太阳光谱绝对测量的数据采集系统,并对该系统的组成原理、电路和软件设计进行了详细阐述。该系统在原有的太阳绝对辐射计的基础上,利用锁定放大的方法,实现了太阳光谱辐射的绝对测量。

本文作者创新点:采用了锁相放大的方法,通过交流电压激励电路以消除系统中器件的直流误差及温升带来的误差,同时抑制交流频率外的噪声,提高了系统的灵敏度。

参考文献

- [1]禹秉熙,姚海顺,方伟.绝对辐射计预测辐射电补偿的快速测量方法[J].光学学报, 2005, 25(6):786-790
- [2]汪龙祺.基于单片机控制的增益自动转换设计[J].微计算机信息, 2007, 6-2:89-91.
- [3]姜海波等.基于 ARM 的胎儿心电信号数据采集系统[J].微计算机信息, 2008, 7-2
- [4]禹秉熙,方伟,姚海顺.神舟 3 号飞船上太阳辐射测量[J].空间科学学报, 2004, 24(2):119-123
- [5]方伟,禹秉熙,姚海顺.太阳辐射绝对辐射计(SIAR-1)与国际比对[J].光学学报, 2003, 23(1):112-116

作者简介:叶新(1979.3-),男,中科院长春光机所助理研究员。主要从事微弱信号检测及太阳辐射计量领域的研究;方伟(1965.1-),女,中科院长春光机所研究员,博士生导师。主要从事绝对辐射测量技术、航天光学遥感技术等的研究。

Biography: YE Xin (1979.3-), male, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, assistant research worker, Major Research field: weak signal detect and Solar Irradiance Monitor.

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室) 叶新 方伟 杨东军

通讯地址:(130033 吉林省长春市 东南湖大路 16 号长春光机所应光室 247) 叶新

(收稿日期:2009.06.25)(修稿日期:2009.7.25)

书 讯

《现场总线技术应用 200 例》
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

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 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)