

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2004440

# 基于 STM32 的大口径望远镜温湿度监测系统

王春宇 张斌 韩旭 王春禹 王一凤 刘雪梅  
(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

**摘要:** 在大口径望远镜主镜成像中,温度和湿度变化是影响成像质量的参数之一,为了监测大口径望远镜主镜的温度和湿度变化,提高望远镜成像质量。设计了一种温湿度监测系统,采用数字高精度芯片 SHT25 作为温湿度传感器,以 STM32F042 单片机作为核心处理器,采用 I<sup>2</sup>C 接口采集温湿度传感器的温湿度数据,采用 CAN 总线方式进行数据传输,上位机用 LabVIEW 软件开发的虚拟界面进行数据显示。设计完成后,进行多节点数据采集,经实验验证,结果显示,该系统能够准确监测温湿度数据。

**关键词:** 望远镜; 温湿度; STM32F042; SHT25; I<sup>2</sup>C 总线; CAN 总线

**中图分类号:** TM932 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

## Temperature and humidity monitoring system for large aperture telescope based on STM32

Wang Chunyu Zhang Bin Han Xu Wang Chunyu Wang Yifeng Liu Xuemei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Temperature and humidity changes are one of the parameters that affect the image quality in the imaging of the main mirror of large-caliber telescope. In order to monitor the temperature and humidity changes of the main mirror of large-caliber telescope and improve the image quality of the telescope. A temperature and humidity monitoring system is designed. Digital high-precision chip SHT25 is used as the temperature and humidity sensor, STM32F042 MCU is used as the core processor, I<sup>2</sup>C interface is used to collect temperature and humidity data of the temperature and humidity sensor, CAN bus is used for data transmission, and the host computer USES the virtual interface developed by LabVIEW software for data display. After the design is completed, the multi-node data collection is carried out. The experimental results show that the system can accurately monitor the temperature and humidity data.

**Keywords:** large-caliber telescope; temperature and humidity; STM32F042; SHT25; I<sup>2</sup>C bus; CAN bus

## 0 引言

随着望远镜口径不断地增大,温湿度对望远镜的成像质量和工作稳定性的影响越来越明显。尤其是望远镜主镜的热惯性随着质量的增加而不断增大,主镜温度滞后于环境温度变化越发明显,主镜温度梯度的增加也越发明显<sup>[1-2]</sup>,对成像质量造成很大的影响。因此,需要实时监测大口径望远镜系统的温湿度<sup>[3-5]</sup>,为望远镜的补偿系统和热控系统提供依据<sup>[6]</sup>。

## 1 总体设计

大口径望远镜温湿度监测系统包括温湿度采集模块和上位机显示。随着望远镜功能的增加,结构也越来越复

杂<sup>[7-8]</sup>,温湿度采集模块放置在主镜镜面背部、主镜支撑架等位置,进行温湿度采集并组网,并将温湿度采集模块与上位机进行数据通信,上位机用 LabVIEW 软件开发的虚拟界面进行数据显示<sup>[9-10]</sup>。

温湿度采集模块处理器采用是 STM32F042 芯片,STM32F042 芯片的功耗小,在同样的时钟 8 MHz 下,STM32F042 芯片电流只有 4 mA,STM32F103 芯片电流达到 9 mA 以上,所以选择此芯片作为核心处理器。

温湿度采集模块采用了新一代 Sensirion 公司的 SHT25 温湿度传感器,SHT25 传感器输出经过标定的数字信号,是标准的 I<sup>2</sup>C 总线格式<sup>[11-12]</sup>。SHT25 芯片配有一个全新设计的 4C 代 CMOSens 芯片、一个经过改进的电容式湿度传感元件和一个标准的能隙温度传感元件,内置放

收稿日期:2020-04-23

• 28 •

大器、A/D转换器、OTP内存和数字处理单元,能同时检测温度和湿度<sup>[13]</sup>。SHT25的性能好,可靠性高,特别是在高湿环境下的稳定性,相对于前一代传感器SHT1X和SHT7X有很大提升,而数据传输操作更为简单。每一个传感器都经过校准和测试,在芯片内存入了电子识别码,可以通过输入命令读出这些识别码。此外,SHT25的分辨率可以通过输入命令进行改变,传感器可以检测到电池低电量状态,有极低功耗的节能模式,具有优异的长期稳定性。SHT25的相对湿度测量精度达到1.8%,温度测量精度为0.2,温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

大口径望远镜检测系统需要分布式的采集方式,需要组网采集数据,所以,本文采用控制器局域网总线(controller area network,CAN)形式数据传输,其是一种用于实时应用的串口通讯协议总线<sup>[14]</sup>,特点是速率高,高抗电子干扰性,并且能检测出产生的任何错误,传输距离远,抗电磁干扰能力强,成本低等优点,可根据报文的ID决定接受或屏蔽该报文。CAN总线以组网的形式进行采集数据。CAN总线组网结构如图1所示。

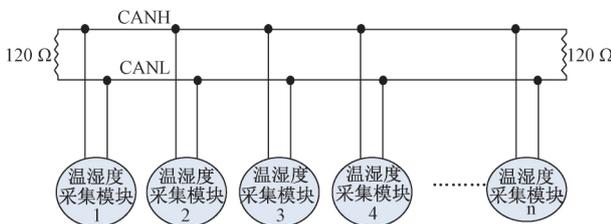


图1 CAN总线组网结构

大口径望远镜主镜镜面背部是温湿度采集中的重中之重,关系到望远镜的成像质量。主镜镜面背部温湿度采集点如图2所示。序号代表温湿度采集模块及采集点位置。

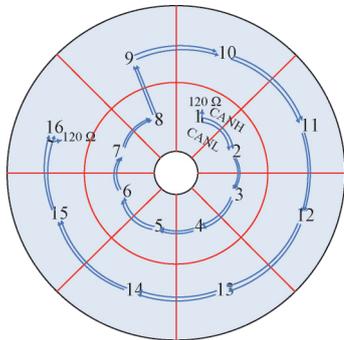


图2 主镜镜面背部温湿度采集点

## 2 硬件设计

### 2.1 原理图设计

温湿度采集模块原理设计主要包括STM32F042单片机、SHT25温湿度传感器、8 bit拨码开关、CAN总线接口芯片SN65HVD230、miniUSB仿真接口及供电电源芯片

LMR14206,如图3所示。

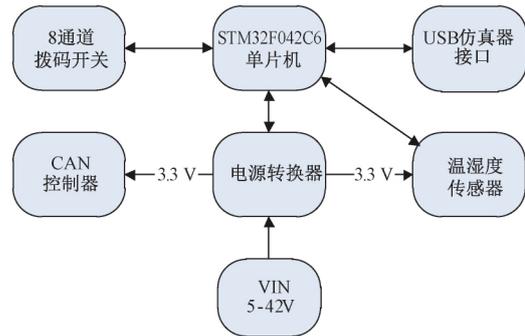


图3 温湿度采集模块原理

温湿度采集模块以STM32F042单片机作为主芯片,次芯片为48个引脚,本文所取用与功能相关的引脚使用,芯片内部集成了CAN总线接口,外加SN65HVD230芯片进行CAN总线外部组网通信,主芯片内部还有I<sup>2</sup>C总线的协议,与SHT25温湿度传感器进行连接,通过程序读取温湿度数据。8通道拨码开关第1路通道开关为CAN总线匹配电阻设置,使用过程中需要将第一个温湿度采集模块和最后一个温湿度采集模块的电阻匹配上,实现远距离传输的匹配功能,2~7通道设置每个温湿度采集模块的ID编号<sup>[15]</sup>,实现对温湿度采集模块号码的设置,仿真器接口采用miniUSB接口形式,方便灵巧易插拔。电源模块采用LMR14206芯片,输入范围4.5~42V,经电源转换电路转换3.3V,为其电路供电。

### 2.2 PCB设计

PCB设计采用4层电路板进行布线,由于采集点所在位置空间较小,所以将温湿度芯片板与温湿度控制板分开,将用排线连接,根据实际需要延长排线的长度,调节合适的长度,大大方便在内壁、较小空间温湿度数据的采集,同时解决了温湿度芯片不受其他芯片发热带来的影响,提高监测的精度。

## 3 软件设计

本文软件设计流程包括上电单片机初始化,I<sup>2</sup>C接口与温湿度传感器周期性进行数据采集,CAN总线接到指令并进行组网传输数据;上位机通过设置温湿度采集显示系统ID号,软件读取ID号,确定此电路板的号码,并可以周期性读取温湿度传感器的数据,上位机读取所要温湿度模块ID号的数据值,进行数据处理及显示。

### 3.1 I<sup>2</sup>C总线与SHT25通信设计

SHT25采用标准的I<sup>2</sup>C总线协议进行通信,温湿度采集有2种采集模式,分别是主机模式和非主机模式。本文为非主机模式,如图4所示。

### 3.2 上位机软件设计

上位机温湿度显示界面采用LabVIEW虚拟仪器设

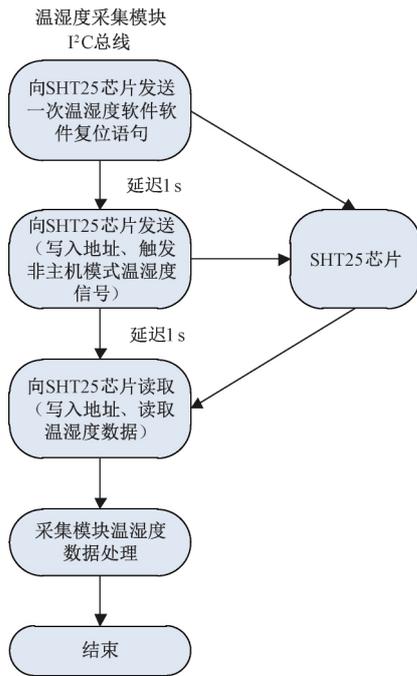


图 4 I<sup>2</sup>C 总线与 SHT25 通信

计<sup>[16-17]</sup>, LabVIEW 设计将原始的数据进行数据采集、数据分析及数据存储。

相对湿度转换公式: 相对湿度 RH 可以根据 SDA 输出的相对湿度信号  $S_{RH}$  通过式(1)计算, 单位以 %RH 表示。

$$RH = -6 + 125 \times (S_{RH}/2^{16}) \quad (1)$$

RH 物理值对应于世界气象组织(WTO)所规定的基于液态水的相对湿度。

温度转换公式:

$$T = -46.85 + 175.72 \times (S_T/2^{16}) \quad (2)$$

相对湿度和温度转换公式对所有分辨率都适用。

#### 4 实验分析

在设计完成后, 进行实验验证, 与实际的温湿度计相比较, 得到的数据一致。实验证明, 本文可以精准的采集温湿度数据, 并且可以应用实际监测环境中。虚拟仪器测试界面如图 5 所示, 测试结果如表 1 所示。

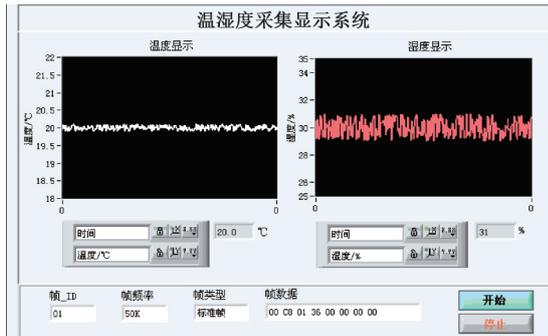


图 5 虚拟仪器测试界面

表 1 温湿度采集系统测试结果

ID 号	温度数据/°C	湿度数据/%
1	20	30
2	20	30
3	19.9	30
4	20	30
5	20	31
6	20.1	29
7	20	31
8	20.3	30
9	20.2	28
10	20.1	32
11	20.3	31
12	20.3	30
13	20.2	30
14	20.1	31
15	20.1	30
16	20	30

#### 5 结 论

本文是基于 STM32 的大口径望远镜温湿度监测系统, 采用 STM32F042 单片机作为核心处理器, 进行数据处理、温湿度监测。本文设计具有较高的精度、较好的可靠性、体积小, 设计传感器部件可以随意采集小空间范围区域, 可以对大口径望远镜实时监测温湿度数据, 为大口径望远镜的补偿系统和热控系统提供依据。后续的研究将以此为依据, 此系统会增加新功能, 外形上也会进行改进, 为了适应不同类型的大口径望远镜。

#### 参考文献

- [1] 刘祥意, 张景旭, 吴小霞, 等. 地基大口径望远镜主镜热控的设计原则及方式[J]. 激光与红外, 2014, 44(8): 841-845.
- [2] 何怡刚, 琚天公, 李兵, 等. 基于温度梯度的电力设备红外成像盲元快补偿[J]. 电子测量与仪器学报, 2018, 32(5): 1-8.
- [3] 李珍, 夏经德, 付斌. 基于单片机的大棚温湿度监测系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2018, 37(7): 66-69.
- [4] 杨祯, 李达, 张丽, 等. 基于 LoRa 的农业大棚无线温湿度[J]. 电子测量技术, 2018, 41(11): 73-78.
- [5] 张鹏. 基于 ARM 的开关柜环境湿度检测及除湿系统[J]. 电子测量技术, 2019, 42(7): 100-103.
- [6] 刘祥意. 4mSiC 轻量化主镜的热控系统的设计研究[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2015.
- [7] 王槐, 代霜, 范磊, 等. 可见光粗跟踪成像镜头头光机结构设计[J]. 仪器仪表学报, 2017, 38(5): 1190-1197.

- [8] 谭玉凤.基地大口径望远镜结构设计及主镜热控研究[D].长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2018.
- [9] 徐伟,俞春飞,艾伟清.基于 LabVIEW 的远程温湿度监控系统设计[J].常熟理工学院学报(自然科学),2017,31(4):71-74.
- [10] 侯伟,张小洁,耿凡娜,等.基于 LabVIEW 的土壤温湿度实时监测系统设计[J].电子测量技术,2019,42(4):141-145.
- [11] 陈祥生.I<sup>2</sup>C 总线技术及其模拟[J].计算机工程技术,2015,11(14):213-215.
- [12] 肖婉.STM32F37XX 微控制器 I<sup>2</sup>C 接口在三相电参数采集模块中的应用[J].工兵自动化,2014,33(9):72-75.
- [13] 王从政,冯常,廖礼斌.一种应用于水下电视的实时温湿度监测系统[J].电子设计工程,2016,24(6):96-99.
- [14] 殷广辉.对基于 STM32 的 CAN 总线通信节点设计[D].长春:吉林大学,2017.
- [15] 张斌,栾红民,李玉霞,等.大型望远镜环境温湿度监测系统设计[J].现代电子技术,2017,40(9):121-124.
- [16] 马渝翔,张向慧.基于 LabVIEW 与 STM32 的低成本气温监测系统的设计[J].北方工业大学学报,2016,28(1):63-67.
- [17] 张燕,高荣贵,杨胜军.LabVIEW 温湿度测量系统[J].广东蚕业,2018,52(3):15-17.

#### 作者简介

王春宇,本科,主要研究方向为电子设计及温湿度采集。

E-mail:709413569@qq.com

张斌,副研究员,硕士研究生导师,博士,主要研究方向为光电望远镜伺服控制技术、主动光学控制技术。

E-mail:13844908289@163.com

韩旭,本科,主要研究方向为电子设计。

E-mail:404870710@qq.com

王春禹,本科,主要研究方向为电子设计。

E-mail:512444880@qq.com

王一凤,本科,主要研究方向为电子设计。

E-mail:wyf\_0730@126.com

刘雪梅,本科,主要研究方向为电子设计。

E-mail:1104080782@qq.com