

# 基于 Modbus 协议的多路数据采集器

秦天柱 张伟刚 瞿少成

(华中师范大学 物理科学与技术学院 武汉 430079)

**摘要:** 为了满足一般中远距离工业现场数据采集的要求,基于 Modbus 通信协议,设计了一种光照度、温湿度数据采集器系统。硬件方面,以 STM32 作为主控制器,采用传感器 BH1750 与 DHT11 分别采集光照信息与温湿度;软件方面,基于 I<sup>2</sup>C 协议读取光照度,并通过单总线协议读取温湿度,基于 Modbus 协议的 RTU 工作模式实现了与上位机的通信。系统测试表明,数据采集器运行稳定,与上位机间的通信准确可靠,且该多路数据采集器已成功应用于广西某段高速公路隧道照明系统。

**关键词:** Modbus 协议; STM32; 数据采集

**中图分类号:** TP212    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.3030

## Multi-channel data collector based on modbus protocol

Qin Tianzhu Zhang Weigang Qu Shaocheng

(College of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** In order to meet the requirement of data acquisition in the field of general middle and long distance industrial site, based on the Modbus communication protocol, the light intensity, temperature and humidity data collector is designed. In terms of hardware, STM32 as the main controller, using BH1750 and DHT11 to collect light information and temperature, humidity. In terms of software, reading illuminance based on the I<sup>2</sup>C protocol, and reading temperature and humidity by the single-wire bus protocol, realizing the communication with the host computer based on the RTU working mode of Modbus protocol. The system test shows that the data collector is stable and the communication between the host computer and the host computer is accurate and reliable, and the multi-channel data acquisition device has been successfully applied to a section of highway tunnel lighting system in Guangxi.

**Keywords:** Modbus protocol; STM32; data collection

## 0 引言

数据采集系统是生产信息管理系统中的重要组成部分,数据采集系统由数据采集器构成。数据采集器实现了对分布在不同区域、不同监测系统中的实时数据的集成,为整个生产信息管理系统提供了生产过程实时数据,其有效性和可靠性直接影响到整个生产信息管理系统运行,对生产信息管理系统至关重要<sup>[1]</sup>。例如,在高速公路的隧道路段,需要根据高速公路隧道照明系统的实际情况,通过对隧道内、外光照度与车流量等参数的采集分析,实现“隧道外亮度高则多开灯,隧道外亮度低则少开灯”及“车流量高多开灯,车流量低少开灯”的控制效果<sup>[2-3]</sup>;在温室大棚种植业,温湿度作为作物生长非常重要的参数,湿度的变化影响作物各阶段的生长,采用干湿球温度计测量比较准确,但实时性差,因此,需要实时获取作物生长的环境温湿度,然

后采取措施以保证作物的正常生长<sup>[4-6]</sup>。

每种数据传输采集系统都有各自的数据传输协议<sup>[7]</sup>, Modbus 协议是目前主要控制系统中的一种通用数据传输协议<sup>[8]</sup>,结合 485 总线可实现中远距离数据传输,无需再进行现场采集。因此,研制一种采用 Modbus 协议作为传输协议的光照度、温湿度数据采集器具有重要的实际应用价值<sup>[9]</sup>。

Modbus 是一个工业上常用的通信协议、一种通信约定,广泛用于工业通信领域,其优点是实时性好,可靠性高,适用于小到中等规模系统的数据传输<sup>[10]</sup>。Modbus 协议的标准可简单地描述如下:

[地址码][功能码][数据区][校验码]

Modbus 协议包括 RTU、ASCLL 两种传输模式。相对于 ASCII 模式,在 RTU 模式下,报文中每个 8 位字节含有两个 4 位十六进制字符。同时每个报文均必须以连续的字

符流进行传送并且采用 CRC 校验。其优点不仅具有较高的数据密度,在相同的波特率下比 ASCII 模式有更高的吞吐率,而且传输稳定,通信效率高<sup>[11]</sup>。Modbus-RTU 报文格式如表 1 所示<sup>[12]</sup>。

表 1 Modbus-RTU 报文格式 (bit)

| 起始位         | 从机地址 | 返回字节数 | 数据           | CRC 校验 | 结束符         |
|-------------|------|-------|--------------|--------|-------------|
| T1-T2-T3-T4 | 8    | 8     | $n \times 8$ | 16     | T1-T2-T3-T4 |

## 1 多路数据采集器的设计

该数据采集器使用 STM32F103C8T6 作为主控芯片,用于控制数据的采集、存储和传输,可利用 PC、ARM 等上位机实现对采集器的控制。采集器总体设计如图 1 所示。该数据采集器的工作原理为 STM32 通过 I<sup>2</sup>C 和单总线分别使能光照度和温湿度传感器,将光照度和温湿度数据写入 FLASH,利用 PC 端上位机软件根据 Modbus 传输协议发送相应功能码指令,从而读取保持寄存器中写入的数据,最终显示采集到的数据于上位机软件。其中 PC 端和 STM32 的物理连接使用 RS485 总线。

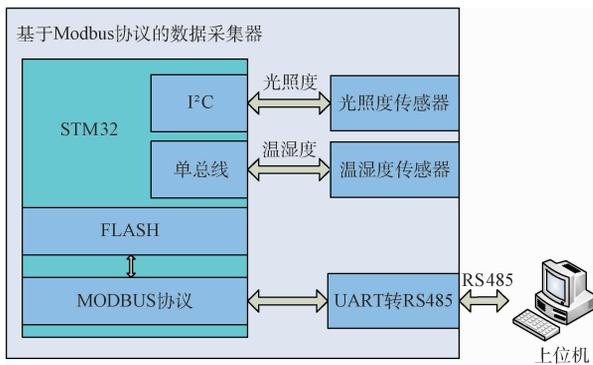


图 1 采集器总体设计

### 1.1 多路设计采集器硬件设计

主控芯片采用 STM32F103C8T6,该芯片为中等型号的 MCU,引脚数量在满足本设计的要求下,还可以为后续模块开发提供引脚支持,并且支持 I<sup>2</sup>C 总线开发。光照度传感器采用 BH1750FVI<sup>[13]</sup>,利用其高分辨率可以探测较大范围(1165535 lx)的光强度变化,本采集器使用基于 BH1750FVI 的数字光模块 GY-30。温湿度传感器采用目前应用最广泛的 DHT11 数字温湿度传感器<sup>[14]</sup>,该传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。利用 ADM2483 差分总线收发器设计 RS485 接口电路,该器件已集成电流隔离器件,适用于多点总线传输线路的双向数据通信。

数据采集电路的设计中主要包括 STM32 最小系统、

光照度采集电路、温湿度采集电路等。使用五接口的单排针作为 I<sup>2</sup>C 接口,实现数字光模块 GY-30 的通信;DHT11 的 DATA 口直接与 STM32 连接,采集温湿度。另加单总线 EEPROM 芯片 DS2431,实现存储功能。

RS485 通信接口芯片采用 ADM2483。STM32 通过其 3 个 I/O 口分别控制 ADM2483 使能端、写和读,再通过输出端口 A 和 B 实现和 PC 端的通信,进行收发控制。并采用 F0505S-1WR2 对 RS485 进行隔离与保护,防止输入输出两端电压相互干扰。

### 1.2 多路数据采集器软件设计

软件设计主要包括 Free Modbus 协议栈的移植和控制程序的编写。

Free Modbus 协议栈中包括 Modbus-Core 和 Modbus Port 文件。Modbus-Core 中主要是与 Modbus 协议相关的内核函数文件和头文件,可不做修改直接移植,而 Modbus-Port 中是 STM32 和 Modbus 为协议实现与 PC 通信的接口函数,包括 portevent. c、portserial. c、porttimer. c、port. c,需要进行移植修改<sup>[15]</sup>。移植过程包括:

1) portevent. c 直接移植即可。

2) portserial. c 为主要的接口函数文件,该函数是移植串口的,在 portserial. c 文件下需要修改的函数包括:串口控制函数 void vMBPortSerial Enable(),使能或失能串口;串口初始化函数 BOOL xMBPortSerialInit(),在此函数下初始化串口 GPIO,使用的是串口 3 进行通信;串口中断服务函数 void UART1\_IRQ(),判断串口 3 的中断状态。

3) 由于 RTU 模式需要定时器支持,所以 porttimer. c 也必须进行修改,主要包括:定时器初始化函数 BOOL xMBPortTimersInit();定时器使能函数 void vMBPortTimersEnable(void);定时器失能函数 void vMBPortTimersDisable(void)。

4) port. c 是主要的控制程序,主要实现 STM32 通过 Modbus 协议与上位机通信,即根据上位机的指令控制 STM32 对光照度、温湿度数据的采集和发送,数据的采集和发送主要以轮询方式查询。即查询 Modbus 事件,如果该事件为读输入寄存器,则读取光照度、温湿度数据,响应主机请求;如果该事件为读写保持寄存器,再进行判断是读还是写,若为读保持寄存器,则从从机 FLASH 读取期望地址及波特率,响应主机请求,若为写保持寄存器,则向从机 FLASH 写入期望地址及波特率,响应主机请求。

控制程序流程图如图 2 所示。

根据 Modbus 协议的帧格式,地址位也就是该数据采集器的 Modbus 地址,功能码为读输入寄存器 04。数据位是根据采集参数的不同而选择不同的寄存器地址以及所要采集数据所占用的寄存器的个数,在 RTU 模式下的 Modbus 协议采用的是 CRC 校验,无论报文有无奇偶校验,均执行此校验,初始化命令帧时计算 CRC 的值,并按照先低字节后高字节的顺序附加在报文的末尾。当下位机收到

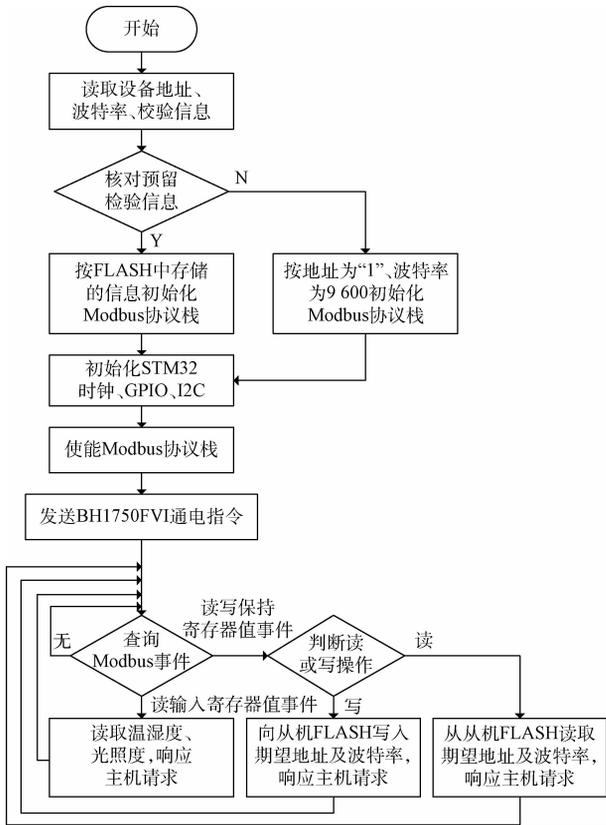


图 2 控制程序流程

验码。

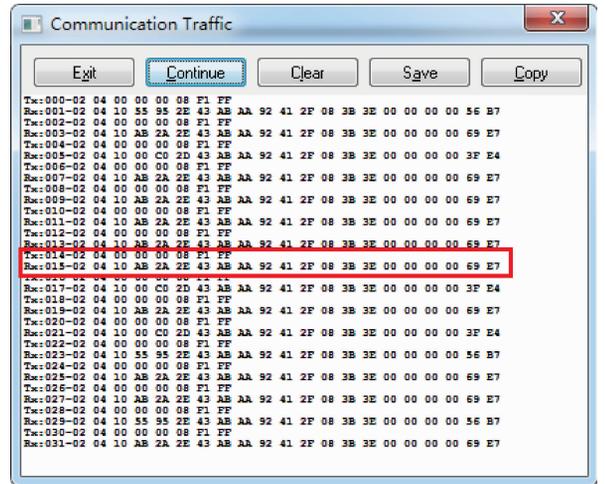


图 3 上位机测试界面

解析该数据,采用小端模式,光照度:AB2A2E43—174.166672 (lx) (432E2AAB 转为浮点数);温度:ABAA9241—18.333334 °C (4192AAAB 转为浮点数);湿度:2F083B3E—0.182648 [18.2648%] (3E3B082F 转为浮点数);最后 4 位 00 00 00 00 为数据保留位,可用于后期数据采集。

### 2.2 系统精度测试

将该数据采集器与标准光照度、温湿度测试仪在不同环境下进行了数据的测试对比。测试结果如表 2 所示。其中光照度、湿度误差为百分比格式,温度误差为直接误差。

表 2 测试结果对比表

| 测试        | 光照度/lx    | 温度/°C  | 湿度/%   |
|-----------|-----------|--------|--------|
| 环境 1 标准测试 | 178.32    | 17.8   | 18.9   |
| 环境 1 实际测试 | 174.167   | 18.333 | 18.26  |
| 误差        | 2.33%     | 0.533  | 3.39%  |
| 环境 2 标准测试 | 209.89    | 15.0   | 27.1   |
| 环境 2 实际测试 | 203.467   | 14.256 | 27.38  |
| 误差        | 3.06%     | 0.744  | 1.03%  |
| 环境 3 标准测试 | 20.33     | 14.9   | 28.2   |
| 环境 3 实际测试 | 21.067    | 14.256 | 27.38  |
| 误差        | 3.63%     | 0.644  | 2.91%  |
| 环境 4 标准测试 | 1 523.27  | 32.7   | 12.4   |
| 环境 4 实际测试 | 1 568.054 | 33.667 | 11.964 |
| 误差        | 2.94%     | 0.967  | 3.52%  |
| 环境 5 标准测试 | 5 346.34  | 27.3   | 14.3   |
| 环境 5 实际测试 | 5 250.129 | 26.89  | 14.824 |
| 误差        | 1.78%     | 0.41   | 3.66%  |

由表中数据分析可得:该采集器采集的数据与标准仪

准确的命令帧后,会立刻返回相应的响应帧,采集模块开始数据帧的接收。数据采集模块在成功接收到响应帧后,对其进行协议的解析,首先从接收缓冲区读取应答帧,从中提取地址位,功能码以及 CRC 校验码,对其进行判断。当地址位,功能码和校验码都准确无误时,表明接收到了正确数据帧,可以从数据帧的数据位中读取所要采集的数据<sup>[16]</sup>。

## 2 系统测试与应用

### 2.1 系统功能性测试

本文利用 PC 作为上位机,使用调试软件 Modbus Poll 对设计的数据采集器进行测试。

将数字光模块 GY-30,通过排针与 STM 32 连接,DHT11 接入电路板,并把该数据采集器经过 RS 485 转 USB 接到 PC,利用 Modbus Poll 对该数据采集器进行测试。

上位机测试界面如图 3 所示。主机请求为红框中第一排:02 04 00 00 00 08 F1 FF,数据回复为框中的第 2 排:02 04 10 AB 2A 2E 43 AB AA 92 41 2F 08 3B 3E 00 00 00 69 E7。根据表 1 Modbus-RTU 报文格式,02 为从机地址;04 为读输入寄存器功能码;10H 为返回字节数;中间 16 字节为数据位,每 4 个字节为一种数据,69 E7 为 CRC 校

器所得数据误差小,准确性较高,可满足一般工业现场数据采集的要求。

### 2.3 系统实际应用

本文所设计的多路数据采集器已成功应用于广西某高速公路隧道照明节能系统。采集器安装于隧道内外,与上位机 ARM 通过 485 总线连接从而通信。ARM 依据采集器的协议,通过 RS485 定时向多个不同 Modbus 地址的从机发指令,以定时获取隧道外与隧道内各段的光照度和温湿度。此多路数据采集器在隧道中已成功运行一年有余。图 4 所示为该采集器在隧道照明系统中的应用,图(a)为该数据采集器,装在图(b)箭头所指的盒子里。

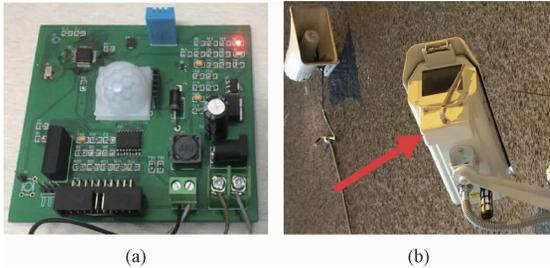


图 4 系统应用图

## 3 结 论

基于监测系统中光照强度实时数据采集的需求,设计了一种基于 Modbus 协议的多路数据采集器。该数据采集器能实现光照度、温湿度等数据采集,具有成本低、可靠性高、功能易于扩展等特点。且数据传输的实时性与可靠性满足一般工业现场。经过一年时间的使用表明,该数据采集系统运行稳定,采集精度较高,且易于与上位机通信,具有良好的应用价值,值得推广。

## 参考文献

- [1] 施幕开. 基于 Modbus 的嵌入式数据采集装置研制[D]. 北京:北京化工大学,2013.
- [2] 张伟刚,许天一,瞿少成,等. 基于物联网的高速公路隧道照明节能系统[J]. 电子测量测技术,2016,39(10):104-107.
- [3] 金基宇,王虹元,金桂月,等. 基于 ZigBee 的 LED 智能照明系统[J]. 国外电子测量测技术,2016,35(10):76-81.

- [4] 胡同花,周维龙. 温室大棚多点温度采集系统的设计与实现[J]. 电子设计工程,2014,22(13):87-90.
- [5] 王欢,黄晨. 高精度无线环境温湿度测量系统设计研究[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(3):211-216.
- [6] 李长才,肖金球,张少华. 基于 nRF24L01 的无线多点温度监测报警系统设计[J]. 电子测量技术,2016,39(6):94-97.
- [7] 张建军,陈晓,赵意. 一种无线传感器节点动态采样策略[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(2):249-255.
- [8] 赖建军. 基于 ARM 处理器和 MODBUS-RTU 协议的温控系统设计[D]. 杭州:浙江工业大学,2016.
- [9] 邵俊,楼卫东,熊月宏. 基于 MODBUS 协议温湿度数据采集系统的实现[J]. 电子测量技术,2010,33(3):122-125.
- [10] 许波. Modbus 通信协议的研究与实现[D]. 合肥:安徽大学,2010.
- [11] 宋文好. 基于 Modbus 协议的远程无线抄表系统的设计与实现[D]. 杭州:浙江工业大学,2012.
- [12] 黄剑,张红梅,张向利,等. 基于 Modbus 协议的数据采集与并行加密通信系统[J]. 计算机应用与软件,2017,34(3):260-266.
- [13] 侯杏娜,陈寿宏,吕健富. 基于 NRF24L01 的隧道灯控系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2017,36(1):108-111.
- [14] 韩丹翱,王菲. DHT11 数字式温湿度传感器的应用性研究[J]. 电子设计工程,2013,21(13):83-85.
- [15] 陈文礼,饶毅,高翔.  $\mu$ C/Modbus 在 STM32 上的移植及从站设计[J]. 现代电子技术,2014(24):90-93.
- [16] 樊龙,张文爱. 基于 Modbus 协议的智能电表数据采集传输系统的实现[J]. 制造业自动化,2014(4):120-124.

## 作者简介

秦天柱,1992 年出生,硕士研究生,主要研究方向通信与信息系统。

瞿少成,1971 年出生,教授,博导,主要研究方向为智能信息处理与控制。

E-mail:qushaocheng@mail.ccnu.edu.cn