

基于 STM32 的路灯智能监测控制系统

王凯鹏,姚凯学,任莎,李路里,田旭飞
(贵州大学 计算机科学与技术学院,贵州 贵阳 550025)

摘要:目前,国内的路灯设备基本上处于人工监控的状态,因此,需要大量的人力资源进行维护和维修。针对以上现状,设计了一种基于 STM32 的路灯智能监测控制系统,将物联网技术引入到路灯设备之中,实现路灯设备上的实时故障监测与智能控制。系统以 STM32F103ZET6 单片机作为 MCU,通过 RS485 总线实现光照强度传感器和 PM2.5 传感器的信号采集,用固态继电器控制路灯供电电路的通断,利用电流互感器实时监测路灯供电电路的电流状态,并通过 4G 传输方式进行路灯下位机端与上位机端的信息交互。该系统能够实现环境数据实时读取、根据当前环境自动开关灯控制、远程手动开关灯控制和故障监测报警等功能。经试验验证,系统稳定可靠,采集数据准确,可以实现路灯系统的智能化控制。

关键词:STM32F103ZET6;路灯;自动控制;故障检测;传感器;物联网技术

中图分类号:TP294+.2

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)07-0120-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.07.026

Intelligent Monitoring and Control System of Street Lamp Based on STM32

WANG Kai-peng, YAO Kai-xue, REN Sha, LI Lu-li, TIAN Xu-fei

(School of Computer Science & Technology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: At present, the domestic street lamp equipment is basically in the state of manual monitoring, so a large number of human resources are needed for maintenance and repair. In view of the above situation, we design an intelligent street lamp monitoring and control system based on STM32 and introduce the Internet of things technology into the street lamp equipment to realize the real-time fault monitoring and intelligent control on the street lamp equipment. With STM32F103ZET6 single chip microcomputer as MCU, the system realizes the signal acquisition of light intensity sensor and PM2.5 sensor through RS485 bus, uses solid-state relay to control the on-off of street lamp power supply circuit and current transformer to monitor the current status of street lamp power supply circuit in real time, and carries out the information interaction between the lower computer end of street lamp and the upper computer end through 4G transmission mode. The system can realize real-time reading of environmental data, automatic on-off light control according to the current environment, remote manual on-off light control and fault monitoring and alarm. The test results show that the system is stable and reliable with accurate data collection, which can realize intelligent control of street lamp system.

Key words: STM32F103ZET6; street lamp; automatic control; fault detection; sensor; Internet of things technology

0 引言

路灯是一个城市基础设施的重要组成部分,也是人类生活中必不可少的工具。但目前国内的路灯设备基本上处于人工监控的状态,需要大量的人力资源进行维护和维修,其次,路灯往往不能在光线发生变化时及时调整开关状态,从而造成了巨大的能源浪费^[1-6]。此外,由于路灯的布设环境复杂,布设地域广,在发生故障时往往难以被路灯巡检人员及时发现^[7],这就造成了故障路灯难以及时得到修复,为人们的夜间出行

带来了安全隐患^[8]。

随着物联网的发展,越来越多的物联网技术被运用到各行各业之中^[9]。路灯作为城市照明的基础,直接影响着人们的生活质量,所以,使用物联网技术设计一种智能化路灯,在智慧城市的推进过程中有着重要的作用^[10-12]。为了解决目前路灯设备存在的智能化程度低、人力资源需求高、能源浪费大、检修效率低等问题,文中设计了一种基于 STM32 的路灯智能监测控制系统。该系统能够实现光照强度、PM2.5 等环境数

收稿日期:2019-09-02

修回日期:2020-01-06

基金项目:贵州省科技计划(黔科合支撑[2019]239号)

作者简介:王凯鹏(1993-),男,硕士研究生,CCF会员(92274G),研究方向为嵌入式技术;姚凯学,教授,硕导,研究方向为计算机测控技术与嵌入式技术。

据的采集,根据光照强度和时间进行自动开关路灯操作,并实时监测路灯的工作状态。此外,该系统能够通过4G无线传输方式与上位机进行信息交互,实现远程数据传输及远程控制。

1 系统总体设计

路灯智能监测控制系统主要由六个部分组成,分别是MCU、环境信息采集模块、路灯控制模块、故障检测模块、无线通信模块和上位机管理模块。其中,MCU为主控制器,是系统的核心模块,环境信息采集模块负责采集各类环境数据,路灯控制模块负责控制路灯的开关,故障检测模块负责对路灯运行状态进行监测,无线通信模块负责实现上位机与下位机之间的数据通信,上位机管理模块是用户可视化的展示与控制界面。系统总体设计框图如图1所示。

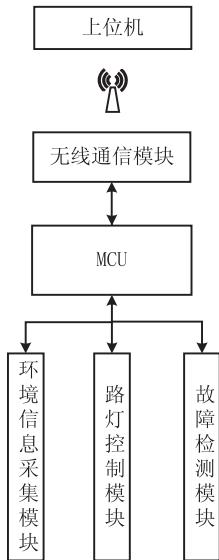


图1 系统总体框图

在系统工作时,环境信息采集模块将采集到的环境信息上传到MCU中进行分析处理,然后MCU根据当前的环境参数对是否需要打开或关闭路灯进行判断,并通过路灯控制模块对路灯执行相应的控制操作。故障检测模块对路灯的工作状态进行实时监测,在监测到故障时及时向MCU发送故障信息。MCU将各模块上传的信息进行打包封装后通过无线通信模块上传到上位机端。同时,上位机也可向下位机发送控制指令使下位机完成参数的设置或执行相应的控制操作。

2 路灯监测控制系统硬件设计

系统以STM32F103ZET6单片机作为系统的MCU,外围模块包括环境信息采集模块、路灯控制模块、故障检测模块及无线通信模块。该硬件系统可直接嵌入现有路灯系统,对已有的路灯设备进行升级改

造。路灯监测系统实物如图2所示。

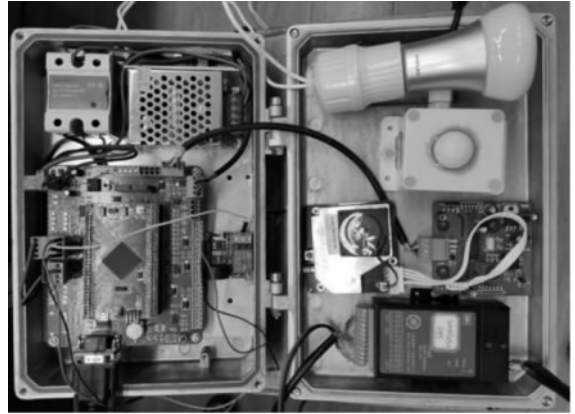


图2 系统硬件实物图

2.1 环境参数采集模块的硬件设计

环境参数采集模块包括光照强度传感器和PM2.5传感器。光照强度传感器使用的是BH1750FVI数字光度计,PM2.5传感器使用的是SDS011激光型PM2.5传感器。由于传感器的放置位置与MCU的距离较远,普通的TTL信号容易出现衰减和干扰,为了保证数据传输的准确性及稳定性,系统中对这两种传感器进行了二次开发,即在传感器上设计了数据信号处理模块。

光照传感器的数据信号处理模块的处理器使用的是STC15W404AS,在该模块中使用单片机的串口1进行下载和仿真,串口2通过RS485总线接收STM32所发送的采集指令,并将封装好的传感器数据帧发送给数据处理模块,串口3通过IIC总线接收BH1750传感器采集的光照强度数据。

PM2.5的数据信号处理模块设计与光照类似,主要功能是通过RS485总线接收MCU的采集指令,并对传感器采集的TTL信号进行打包处理后转换为RS485信号发送给MCU。

2.2 路灯控制模块的硬件设计

路灯控制模块通过MCU的IO口控制固态继电器的通断来实现路灯的开关操作。因为目前大多数路灯使用电源为220V的交流电,工作电流在3A以内,所以该系统选取了控制电压为3~32VDC,控制电流为5~20mA,负载电压为12~480VAC,输出电流为10A的直流控交流固态继电器作为控制器,经测试,该固态继电器能够满足实际应用场景的要求。

由于单片机引脚输出电流的限制,直接输出电平“1”时无法正常驱动固态继电器,所以系统使用一个5V电源引脚和一个STM32F103ZET6的PD12引脚作为固态继电器的输入引脚。当PD12引脚输出高电平时,固态继电器控制端的两个引脚都为高电平,无电流通过,继电器负载端断开,路灯供电电路形成断路,路

灯处于关闭状态;反之,PD12 输出低电平时,继电器负载端连通,路灯供电电路闭合,路灯开启。

2.3 故障检测模块的硬件设计

故障检测模块的主要功能为检测路灯是否能够正常打开或关闭,并在路灯出现故障时,及时将故障信息上传到上位机端,以便检修人员及时进行修复。当路灯正常点亮时,路灯供电电路的电流在 2 A ~ 3 A 之间,所以该模块使用了电流互感器和电磁继电器对路灯电路中的电流是否达到了正常范围进行检测。电流互感器感应到路灯电路中的电流后,经过 1 000 倍的缩小后驱动电磁继电器闭合,从而使电磁继电器负载端输出一个 5 V 高电平,STM32 的 PD13 引脚只需检测该电平的高低状态即可判定当前路灯的开关状态。

通过系统软件中的路灯开关灯标志与实际路灯开关状态的比较,即可对路灯设备是否出现故障进行准确的判断。

2.4 数据通信模块的硬件设计

数据通信模块采用了 4G 无线通信方式来保证路灯设备下位机与上位机的数据通信,4G 模块选取了 USR-G770 DTU,MCU 与 4G DTU 之间设计了数据通信接口电路,用以进行不同信号类型之间的转换。MCU 在与 4G DTU 进行通信时,首先通过 SP3232 芯片将串口的 TTL 信号转换为 RS232 信号,然后发送给 4G DTU,最后由 4G DTU 将数据转发到上位机端。4G DTU 在工作时使用透传模式,传输遵循 TCP 协议。数据通信接口电路原理如图 3 所示。

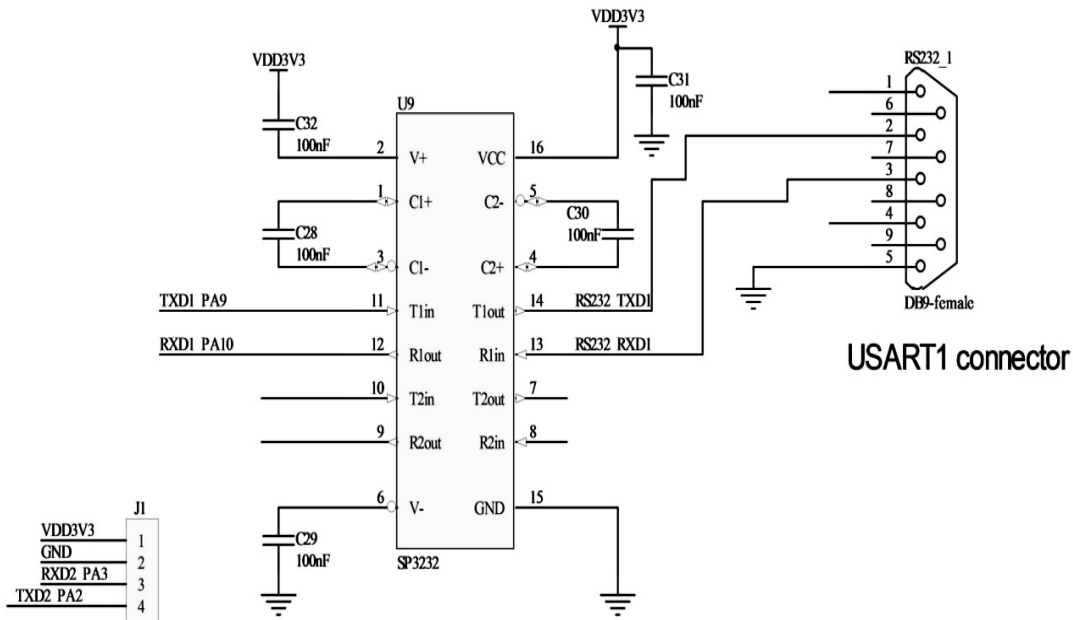


图 3 数据通信接口原理

2.5 处理器模块的硬件设计

处理器模块采用基于 Cortex - M3 内核的 STM32F103ZET6 单片机作为 MCU,它的最高工作频率为 72 MHz,SRAM 可达 64 KB,有 5 个串口,4 个通用定时器,2 个 IIC、3 个 ADC(12 位)、3 个 SPI、2 个 DMA 控制器等资源^[13-15]。

该模块作为路灯故障监测及智能控制系统的核心,主要用来实现任务调度、接收与传输数据、发送控制指令等操作。该模块设计时使用了一个 64K 的非易失性铁电随机存储器 FM24CL64,该芯片可以用总线速度进行读写,用于保存用户设置的参数数据,以便在重启后能够快速自动恢复断电之前的工作状态。另外,在与传感器连接的接口电路中,使用了 MAX485 芯片进行 TTL 信号到 RS485 信号的转换,然后通过 RS485 总线与光照强度传感器和 PM2.5 传感器的数据信号处理模块相连接,用于发送采集指令和获取传

感器返回的数据。

3 路灯监测控制系统软件设计

文中路灯智能监测控制系统软件设计主要以下位机的软件设计为主,其中包括环境参数采集程序、路灯智能控制程序、故障检测程序和数据通信程序四部分。

3.1 核心处理器程序设计

系统上电后,进行初始化操作,读取铁电存储器的特定地址,检测用户是否已经设置了起止时间、光照阈值等参数,若未检测到参数信息,则将系统默认参数写入铁电存储器的相应地址中。若系统已经设置了预设参数并处于自动工作模式时,系统等待到达采集时间的时钟信号,当到达采集时间时,MCU 向光照强度传感器和 PM2.5 传感器发送采集指令,并将传感器返回的数据进行解析和存储,之后系统进入休眠状态,等待下一次时钟中断唤醒。为了能够得到更加准确的环境

信息,系统在采集完12次信息之后,对本组数据进行平均值、最大值、最小值和总值的计算,并以光照的平均值作为本组光照数据的代表值与之前设置的光照阈值进行比较,当光照均值小于光照阈值时,系统认为光照度不足,随后将PD12引脚置为0,使继电器负载端导通,从而打开路灯,当光照均值大于光照阈值时,系统认为光照度充足,随后将PD12引脚置为1,使继电器负载端断开,从而关闭路灯。在12组数据采集完毕后,最后将计算处理后本组环境数据与路灯开关状态标志通过4G DTU上传到上位机端,然后等待下一次的时钟中断唤醒。自动控制程序流程如图4所示。

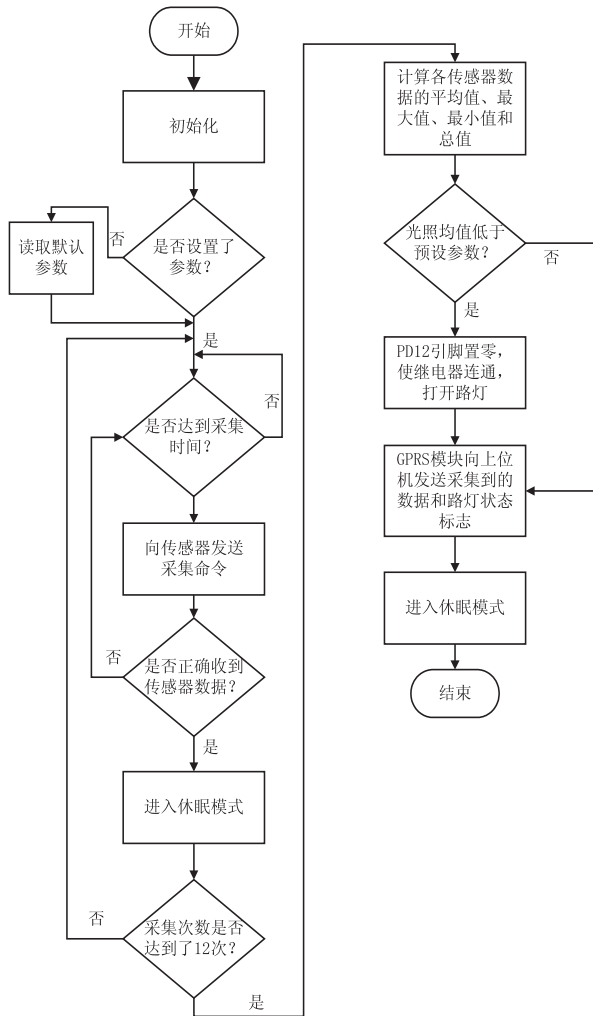


图4 自动控制程序流程

在故障检测方面,当MCU控制路灯的开关状态发生变化后或达到数据发送时间时,系统都会读取与电流互感器相连接的PD13的引脚状态,若为高电平时则代表路灯电路中存在足够的电流,路灯处于正常打开状态,反之,则路灯处于熄灭状态。用该引脚的高低电平状态与系统的设置状态相比较,即可判断出路灯是否出现了故障,若出现故障,则将故障标志置为1,随后将路灯电路状态及是否有故障标志发送到上位机端。故障检测程序流程如图5所示。

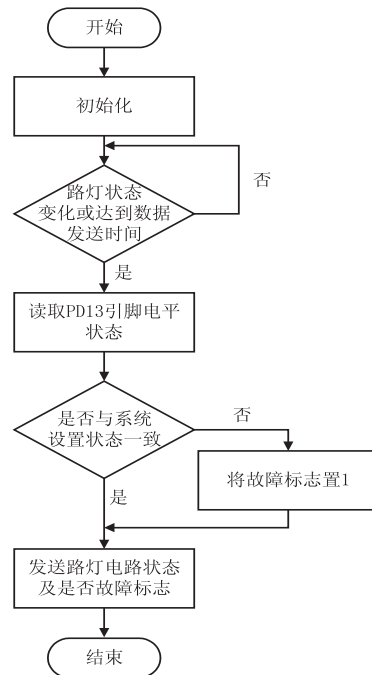


图5 故障检测程序流程

当系统处于手动工作模式时,系统工作流程与自动模式大致相同,不同点在于手动模式下系统不会根据环境数据自动打开和关闭路灯,而是一直等待上位机的指令,按照上位机所发送的指令进行开关路灯的操作。

3.2 通信协议设计

路灯智能监测控制系统中通信协议涉及到前端数据采集控制器与上位机的通信。采集的环境参数有光照强度和PM2.5两种,设置操作包括模式选择、手动开关控制、光照阈值设置、时间段设置等,读取操作包括当前传感器数据读取、工作模式读取、已设置光照阈值读取、已设置时间段读取、当前路灯实际状态(路灯开关)等。

字节的串行传送格式:1位起始位;8位数据位;1位停止位,无奇偶校验。字节存放顺序采用小端模式,即低字节存放于低位地址,低字节在前,高字节在后。

帧是传送信息的基本单元,在该系统中,每帧由帧起始符、地址域、控制域、数据长度域、数据域、帧信息校验域及帧结束符等7个域组成。帧格式如表1所示。

表1 通信协议中的帧格式

序号	字节数	代码
1	1	STA(E8)
2	2	AD
3	2	C
4	2	LEN
5	n	DATA
6	2	CRC
7	1	END(E6)

STA 表示帧起始符,用作标识一帧信息的开始。AD 表示地址域,标识当前收(发)设备的地址。C 表示控制域,代表要求执行的操作。LEN 表示长度,代表数据域中的字节总数。DATA 表示数据域,代表需要传输的数据。CRC 表示校验码,采用 CRC-16 循环冗余校验,校验内容为 AD、C、LEN 和 DATA。END 表

示帧结束符,标识一帧信息的结束。

4 结束语

经试验,系统采集数据准确,路灯控制及时有效,未出现误操作现象,所以系统具有良好的稳定性。上位机光照数据查询界面如图 6 所示。

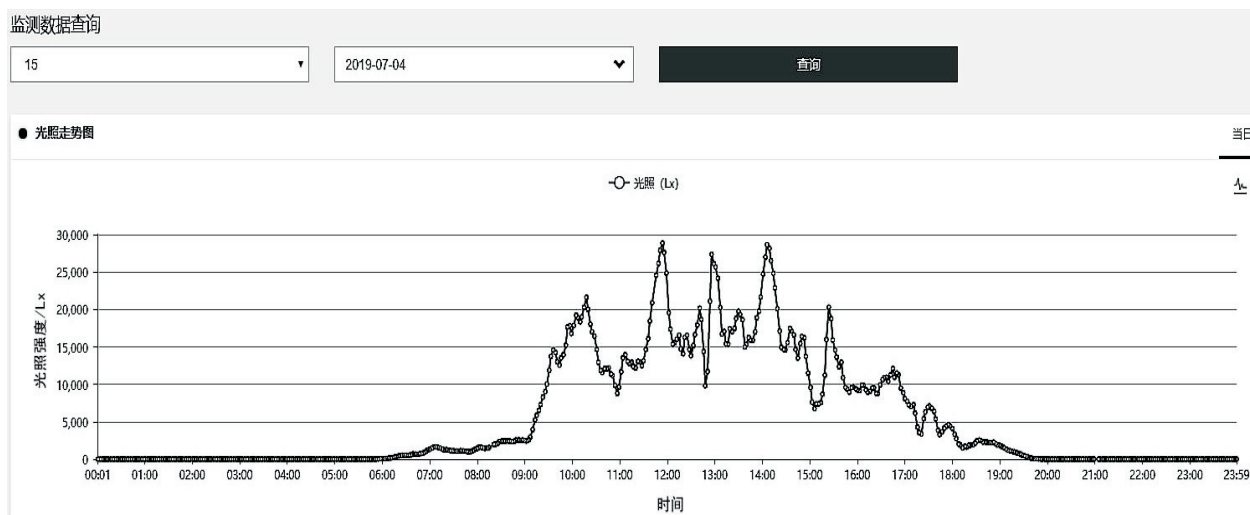


图 6 光照强度查询界面

重点介绍了基于 STM32 的路灯智能监测控制系统的下位机部分,该系统以 STM32F103ZET6 单片机作为核心处理器,功能模块主要包括环境参数采集模块、路灯智能控制模块、故障检测模块和数据通模块四个部分,可以实时采集光照强度和 PM2.5 数据,并根据光照强度的强弱来自动开关路灯,此外,在路灯发生故障时能够及时向上位机端自动发送故障报警信号。系统实现了路灯的智能化控制,节省了大量的人力资源和电力资源,具有良好的实用价值。

参考文献:

- [1] 陈坚强. 关于城市路灯照明的现状及问题分析[J]. 山东工业技术, 2019(15): 204.
- [2] 程晶妹, 潘往丽, 罗辉辉, 等. 基于单片机的智能模拟路灯控制系统[J]. 软件, 2019, 40(3): 38-40.
- [3] NIU Minghuan, QIN Huibin. Design of LED street lamps intelligent control system based on PIC MCU[C]//International conference on image analysis and signal processing (IASP). Hangzhou: IEEE, 2012: 1-4.
- [4] 朱必泽. 智能控制系统在 LED 路灯中的应用[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2018(24): 97.
- [5] WU Hengyu, TANG Minli, HUANG Guo. Design of multi-functional street light control system based on AT89S52 single-chip microcomputer[C]//International conference on industrial mechatronics & automation. Wuhan: IEEE, 2010: 134-137.
- [6] LUO Yi, LI Ying, ZHAN Xu. Intelligent control system for energy-saving of street lamp[C]//International conference on transportation, mechanical, and electrical engineering (TMEE). Changchun: IEEE, 2011: 1024-1027.
- [7] 吴龙波. 浅谈路灯单灯控制系统在城市道路照明中的应用[J]. 河南建材, 2018(1): 249-250.
- [8] 章建涛. 面向城市照明系统的智能故障诊断与预测方法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2017.
- [9] ALBISHI S, SOH B, ULLAH A, et al. Challenges and solutions for applications and technologies in the internet of things[J]. Procedia Computer Science, 2017, 124: 608-614.
- [10] PILAR E, IGNACIO A, ASIER P, et al. An easy to deploy street light control system based on wireless communication and LED technology[J]. Sensors, 2013, 13(5): 6492-6523.
- [11] WU Yue, SHI Changhong, ZHANG Xianghong, et al. Design of new intelligent street light control system[C]//International conference on control and automation (ICCA). Xiamen: IEEE, 2010: 1423-1427.
- [12] 汪 晖. 城市路灯智慧照明系统的设计与实现[J]. 集成电路应用, 2019, 36(4): 109-110.
- [13] 张海超, 张北伟. 基于 STM32 的多串口通信系统设计[J]. 电子测量技术, 2019, 38(2): 99-102.
- [14] 王芷郁, 王善伟, 曾胜艳. 基于 STM32F103ZET6 的无线语音控制小车设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(12): 197-199.
- [15] 周海军, 黄 雨, 邓伟强, 等. 基于 STM32 的家庭智能防盗报警系统设计[J]. 赤峰学院学报: 自然科学版, 2018, 34(3): 42-44.