

基于STM32F103C8T6与MQTT的物联网智能家居方案设计

庄炜威 张椿林 姚南尔

广州城市理工学院 计算机工程学院/大数据学院 广东广州 524000

摘要: 该研究基于STM32F103C8T6微控制器和MQTT协议,构建了物联网智能家居系统。该系统集温湿度监测、安全报警、灯光电机控制等功能于一体,支持远程操作微信小程序,管理本地资料。采用模块化方式的硬件设计与本地安防架构相匹配,增强了系统的实用性、稳定性和安全性。经过各种测试,系统表现优异,符合智能家居应用的需求。

关键词: STM32F103C8T6; MQTT; 物联网技术; 智能家居系统; 微信小程序

引言

随着技术的不断发展,人们对家居环境智能化的需求越来越大。但传统智能家居系统存在设备间兼容性差、通讯协议碎片化、数据安全风险高等诸多弊端,严重阻碍智能家居的广泛应用^[1]。如ZigBee、Wi-Fi、蓝牙等多种通信协议并存,不仅导致开发和维护成本的提高,也导致不同协议设备之间的兼容问题日益突出。而且,联网时间长的设备往往能耗较高,很难适应长时间稳定运行的设备要求。

针对上述问题,本研究设计并实现了一套基于STM32F103C8T6微控制器和MQTT协议的物联网智能家居系统。该系统集温湿度监测、安全报警、灯光控制、电机驱动等功能于一体,支持微信小程序控制,数据同步,远程管理通过本地网络实现。在通信层面,该系统采用MQTT协议,轻量级的特性使其尤其适用于物联网环境中的低带宽和高时延。同时,MQTT协议所支持的QoS机制可以有效保证消息的可靠传输,降低开发复杂度,使系统的整体性能和用户体验都得到了提升。

一、系统设计

(一) 整体架构

系统采用了分层设计的理念^[2],自上至下分为从上

到下分为用户层、本地层、网络层、控制层、执行层和传感器层,该系统分层架构图如图1所示:

系统架构中各层级分工清晰可见,用户依托微信小程序实现移动化操作界面,支持用户在任何地点通过移动终端对家居设备实施远程管控与状态监测,核心业务处理集中在本地层,承担着数据存储、设备协议转换及业务规则执行等基础功能,构成系统稳定运行的底层保障。

网络层采用ESP8266模组搭建Wi-Fi传输通道,TCP/IP协议栈配合自动重连机制有效维持了数据通道的稳定性,主控单元基于STM32F103C8T6微处理器构建,通过多路传感器接口实现环境参数的实时采集,驱动执行机构完成预设操作,承担着整个系统的中枢控制职能。

末端设备分为执行层与感知层两个部分:执行器层组包含RGB LED灯、直流电机等终端设备,具备响应远程操控和本地触发两种工作模式;感知层则由DHT11温湿度传感器、红外线传感器等检测元件构成,持续为系统决策提供精准的现场数据支撑。

(二) 硬件设计

1. STM32F103C8T6 开发板

本系统选择STM32F103C8T6微控制器开发板作为核心控制单元^[3],其搭载的Cortex-M3架构处理器运行频率达72MHz,集成128KB Flash存储器与20KB SRAM为智能家居设备的实时响应和数据处理提供了可靠的硬件支撑,该平台配备多类型扩展接口,便于与传感器阵列及执行机构进行模块化连接,显著增强了设备的功能拓展能力。

2. 传感器模块

① DHT11 温湿度传感器

能够实时采集环境温湿度数据,温度精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,

项目: 广州城市理工学院2024年大学生创新创业训练计划项目(项目编号:J3124136)

作者简介: 庄炜威(2003.11-),男,汉族,广东湛江人,广州城市理工学院,本科学历,研究方向:嵌入式系统应用开发、物联网。

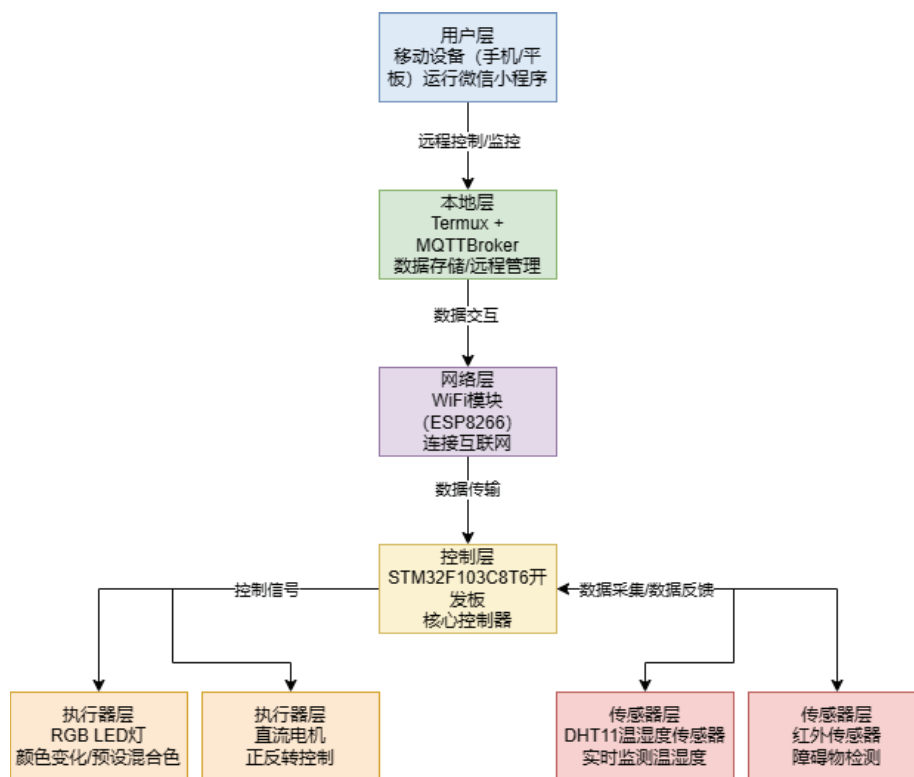


图1 系统分层架构图

湿度精度为 $\pm 5\%RH$ 。它采用单总线通信方式，连接至MCU的GPIO引脚，通过简单的时序控制即可完成数据的读取与传输。

②红外传感器

主要用于检测障碍物，实现安防报警功能。其输出为数字信号，可触发MCU的外部中断，当检测到障碍物时，及时向系统发送报警信号。

3. 执行器模块

①RGB LED灯

通过WS2812B协议进行驱动，每颗LED内部均内置IC，支持级联控制。其数据线连接至PA8引脚，采用SPI+DMA方式发送24位色彩数据（RGB各8位），可实现丰富的颜色变化和预设混合色效果。

②直流电机

采用L298N双H桥驱动模块，具备正反转及调速功能。通过PC1、PC2引脚输出方向信号，利用PWM（脉冲宽度调制）占空比调节转速，PWM频率设定为1kHz，可根据控制指令灵活调整电机运行状态。

4. 通信模块

选用ESP8266-12F作为通信模块，支持SoftAP+Station双模式。MCU通过UART2（波特率115200bps）发送JSON

格式数据包，ESP8266解析后通过MQTT协议上传至本地，实现设备与本地之间的数据交互。

（三）软件设计

1. 嵌入式程序设计

①开发环境配置

选择STM32CubeMX生成初始化代码，Keil MDK作为集成开发环境。在STM32CubeMX中，配置HSI 16MHz时钟源，启用TIM2定时器、UART2串口通信与GPIO中断功能。同时，合理配置引脚复用，确保USART2_TX（PA2）与USART2_RX（PA3）用于与ESP8266通信，PA8用于RGB LED控制，PC1与PC2用于电机驱动，避免引脚冲突。

②外设驱动实现

● DHT11温湿度传感器：初始化单总线通信协议，GPIO引脚配置为推挽输出模式。主机拉低总线18ms后释放，等待传感器响应并读取40位数据。校验数据完整性后，将温湿度值存储至全局变量，以便后续处理与上传。

● RGB LED控制：配置SPI+DMA模式，按照WS2812B协议驱动RGB LED。将24位RGB数据转换为WS2812B信号格式，利用DMA传输数据，减少CPU占用，提高系统运行效率。

●电机驱动：配置TIM3定时器为1kHz PWM输出模式，通过L298N模块控制电机正反转与转速，根据本地指令动态调整PWM占空比，实现对电机的精确控制。

③中断与低功耗优化

●中断服务设计：红外传感器触发EXTI0中断，唤醒MCU执行报警逻辑，及时响应安防事件。定时器TIM6用于心跳包发送，维持与本地的连接，确保通信的稳定性。

●低功耗模式实现：在空闲时段，调用HAL_PWR_EnterSTOPMode()进入Stop模式。通过RTC定时唤醒（间隔10分钟）上传数据，降低功耗，满足长期部署需求。

2.本地部署(Termux+MQTT)

①Termux环境搭建与基础配置

首先，在Android设备的应用商店中搜索并安装Termux应用程序。安装完成后，打开Termux应用，更新软件包列表并安装必要的工具，以确保后续操作的顺利进行。

②Mosquitto MQTT Broker的安装与初始化

●在Termux环境中安装Mosquitto MQTT Broker，作为本地的消息代理服务器，实现设备与本地应用之间的消息传递。

●下载完成后，使用dpkg命令进行安装。安装过程中，系统会自动处理依赖关系，并将Mosquitto的相关文件安装到指定位置。

●安装完成后，启动Mosquitto服务并配置默认端口（1883），以搭建本地MQTT服务。

此时，本地MQTT服务器已初步搭建完成，可以开始接收和处理客户端的连接请求。

3.微信小程序开发

①技术选型与开发框架

采用微信小程序框架(WXML/WXSS/JavaScript)，通过WebSocket与本地建立长连接，实时订阅设备状态，HTTP API下发控制指令。

②核心功能实现

●设备配网与绑定：用户通过扫描设备二维码获取设备唯一标识(MAC地址与Product Key)，自动跳转至配网页面。调用微信小程序的Wi-Fi管理API连接设备热点，完成局域网内设备发现。

●实时数据看板：使用微信小程序的图表组件绘制温湿度折线图，每5秒从本地拉取数据并刷新视图，支持横轴时间戳标记与数据点缩放。当温度超过预设阈值或检测到障碍物时，触发弹窗提醒并推送系统通知，及时告知用户异常情况。



图2 小程序设备控制面板

●设备控制面板：设计三通道滑动条（红、绿、蓝）用于RGB灯光调节，用户滑动时可实时预览颜色混合效果，并通过JSON指令下发至设备端。提供“正转”“反转”“停止”按钮实现电机控制，点击后更新本地状态并同步至硬件。预设“离家模式”（关闭所有设备）与“回家模式”（开启灯光并调节至暖色温）等情景模式，支持一键切换，提升用户使用体验。具体界面如图2所示。

二、功能测试

（一）响应时间测试

使用Wireshark抓包分析，在局域网环境下，本地指令下发至设备执行的平均延迟为168ms。在公网环境下，延迟波动范围为150~350ms，均符合设计要求，能够满足用户对实时控制的需求。

（二）稳定性测试

系统进行72小时连续运行测试，期间Wi-Fi模块断线3次，平均重连时间为2.7秒，系统未出现宕机现象。进行压力测试，模拟100条并发指令，系统处理成功率达98.6%，表明系统具有较高的稳定性和可靠性。

（三）功耗测试

在工作模式下（传感器采集+LED常亮），整体功耗为23mA，满足设计要求，有利于设备的长期稳定运行。

三、系统总结与技术前瞻

（一）核心成果

基于STM32F103C8T6微控制器的物联系统通过分层式架构设计达成高效运行目标，硬件模块化设计与本地安全机制的结合，在保障系统扩展性的同时构建了多重

防护体系，采用Termux环境搭建的MQTT服务显著提升设备间通信效率，配合定制化微信小程序形成完整的智能家居控制闭环，测试结果表明，各模块均达到预期性能标准，满足现代家居智能化需求。

（二）演进方向

未来技术迭代将重点突破三大领域：在通信协议层面实现跨越式升级，重点突破ZigBee与蓝牙Mesh等多模组并行接入技术，构建开放型设备生态圈，应对物联网终端设备多元化挑战，深度整合边缘计算能力；基于TensorFlow Lite框架打造离线语音识别引擎，突破云端依赖瓶颈，使智能家居交互响应速度提升至毫秒级，大幅改善用户体验维度；通过能源架构革新，将光伏发电模组与储能系统进行深度融合，构建自循环供电体系，推进降低外接电源依赖度，同步实现运行成本优化与碳中和目标的技术路径探索。

参考文献

- [1] 朱冰雁. 物联网技术在智能家居类中的应用探索与思考[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(21): 29-31.
- [2] 秦凯. 基于物联网技术的无线智能家居系统的设计与实现[D]. 浙江科技大学, 2024. DOI: 10.27840/d.cnki.gzjkj.2024.000073.
- [3] 孙康亚, 高红亮, 段玉龙, 等. 基于STM32的物联网远程电路参数监测系统设计[J]. 自动化与仪表, 2024, 39(02): 144-148. DOI: 10.19557/j.cnki.1001-9944.2024.02.031.