

基于 CTWing 和 NB-IoT 的 CO 实时监测物联系统设计

张力文 刘洪 王庭李 李光海 周勇
攀枝花学院电气信息工程学院, 攀枝花 61700

摘要: 随着人工智能与 5G 通信技术的发展, 生产生活中亟需基于物联网的 CO (一氧化碳) 浓度监测。CO 浓度是生活、生产安全的重要指标之一。传统的 CO 浓度监测系统采用固定机房作为监控终端, 只能由特定政府部门对 CO 浓度进行监测, 监控手段低效且监控设备功耗极高, 监控灵活性极低, 监控力度极小。针对传统 CO 监测系统存在的问题, 本文开发了基于 NB-IoT (窄带物联网) 移动应用的 CO 实时监测数据监测系统。应用 NB-IoT 通信传输技术、以 STM32F103C8T6 作为主控制器, 对空气中 CO 浓度进行监控系统设计, 其中包含软、硬件设计和 CTWing 平台对接。该设计能够实时采集和存储 CO 传感数据, 并通过无线通信模块进行数据转发, 利用 CTWing 平台实现 CO 浓度数据的实时监测, 扩大了监测系统的范围和监测手段的灵活性。实验表明, 该设计能够在社区、学校、商场等多重环境下实现对 CO 浓度的有效监测, 具有低延时、强实时、低功耗、强灵活等优势, 弥补当前 CTWing+NB-IoT 实时监测应用市场空缺, 对基于 CTWing+NB-IoT 的监测系统设计具有借鉴意义。

关键词: NB-IoT; STM32; CTWing; CO 监测

Design of CO Real-time Monitoring IOT System Based on CTWing and NB-IoT

Liwen Zhang Hong Liu Tingli Wang Guanghai Li Yong Zhou

School of Electrical and Information Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China

Abstract: With the development of artificial intelligence and 5G communication technology, there is an urgent need for IoT-based CO (carbon monoxide) concentration monitoring in production life, which is one of the important indicators of life and production safety. The traditional CO concentration monitoring system uses a fixed room as the monitoring terminal, which can only be monitored by a specific government department for CO concentration, with inefficient monitoring means and extremely high power consumption of monitoring equipment, extremely low monitoring flexibility and minimal monitoring efforts. In response to the problems of traditional CO monitoring systems, this paper develops a CO real-time monitoring data monitoring system based on NB-IoT (Narrowband Internet of Things) mobile application. NB-IoT communication transmission technology and STM32F103C8T6 as the main controller are applied to design the monitoring system for CO concentration in air, which includes software and hardware design and CTWing platform interfacing. The design is able to collect and store CO sensing data in real time, and forward the data through wireless communication module. The CTWing platform is used to achieve real-time monitoring of CO concentration data, which expands the scope of the monitoring system and the flexibility of the monitoring means. Experiments show that the design can realize effective monitoring of CO concentration in multiple environments such as communities, schools and shopping malls, with the advantages of low latency, strong real-time, low power consumption and strong flexibility, which can fill the gap in the current CTWing+NB-IoT real-time monitoring application market, and has implications for the design of CTWing+NB-IoT-based monitoring systems.

Keywords: NB-IoT; STM32; CTWing; CO monitoring

0 引言

随着工业化进程的不断推进, CO 排放量的快速增长, 生产生活中对 CO 浓度的监测需求日益增大。截至 2021 年, 全国将近 7 万家火锅店、近 3 亿人仍需依赖煤炉取暖、火力发电站共计 3000 余座、汽车保有量达 3.72 亿辆^[1], 且机动车每年产生的一氧化碳高达 4000 万吨, 上述数据说明我国 70% 以上的生产生活场景需要进行 CO 实时监测。

近年来, 我国政府高度重视对 CO 排放的管理, 出台了各类法律法规, 对工业生产、机动车的 CO 排放量作出了

相应规定。2021 年 4 月, 国家市场监督管理总局第 6 次局务会议审议通过《机动车排放召回管理规定》, 该规定经生态环境部同意, 自 2021 年 7 月 1 日起施行^[2]。国家环境保护总局关于 CO 排放标准也出台了《工业“三废”排放试行标准》《冶金企业和有色金属企业安全生产规定》等相关文件。鉴于 CO 中毒危害大、频率高、分布广、发生途径多样, 极易造成人民生命健康财产损失, 设计一种对 CO 浓度实时采集的监测预警系统迫在眉睫。

目前, 市面上 CO 监测设备大多需要手工测量, 安装

不方便,需要插电使用,使用场景极其受限,且成本过高,不便大规模普及。本设计采用 NB-IoT 技术,实现低功耗、广覆盖、远距离 CO 浓度监测 [3],且具有体积小、适应多种安装环境、使用便捷、全天候自动监测、数据实时上传等优势,能够有效抑制家庭、社会生活、工业环境中 CO 浓度超标而产生的安全性问题,有效解决现有 CO 监测设备缺陷,填补市场空缺。

1 总体架构

为了实现对 CO 浓度数据的远距离、广覆盖、低延时、高灵活监测,本文设计了一种 CTWing 平台与 NB-IoT 技术相结合的 CO 浓度实时监测系统。该设计通过 NB-IoT 技术实现传感数据汇总、远距离传输和分析处理,具备 CO 浓度数据采集、远程传输、存储管理和远程监测功能。该监测系统以集成的 STM32F103C8T6 芯片为主控制器,由四层结构组成,包含感知层、传输层、平台层和应用层,有效针对 CO 浓度参数进行分布式监控和集中控制,其设计架构如图 1 所示。

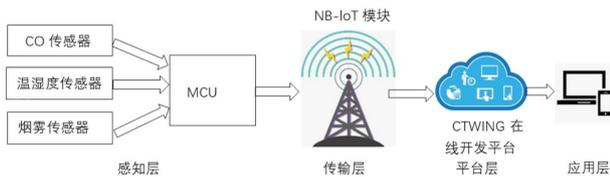


图 1 系统总体架构图

第一层为感知层,针对前期项目研究成果——“攀枝花学院周边重点监测区域”分别部署,设计主要分为 5 个部分:主控板设计、通信模块电路设计、数据帧格式设计、电源模块设计以及嵌入式开发 [4]。系统采用 STM32F103C8T6 作为主控芯片,其内核是超低功耗的 ARMCortex 处理器,主要包括电源模块、CO 传感模块、NB 模组等结构。

第二层为传输层,主要包含核心网和通信基站。当感知层采集到森林环境数据时,通过传输层核心网发送到附近的通信基站,支持 NB-IoT 终端,建立用户面,发送上下行业务数据 [5]。

第三层为平台层,收集从接入网获得的 IoT 相关数据,将 CO 传感参数发送到监控应用系统进行具体处理,并向系统开放接口,方便 CO 环境数据的采集和存储 [6]。

第四层为应用层,在上述架构基础上,将监测系统部署在 CTWing 云平台上。利用查询接口进行 CO 参数的预处理、存储,有效实现数据监测;也可以向底层控制模块下发命令,发出 CO 浓度超标预警信号。

2 硬件系统设计

硬件系统设计主要包含 STM32 单片机、CO 传感器、烟雾传感器、NB-IOT 模块、OLED 液晶显示电路和预警模块 [7],系统框图如图 2 所示。NB-IOT 模块具有完备的扩展

IO 口,连接兼容多种类型的传感器,可实现实时监测、数据传输准确、使用便捷;实时预警预报模块可自主采集传感数据、进行数据实时上传、实现低时延实时预警预报。

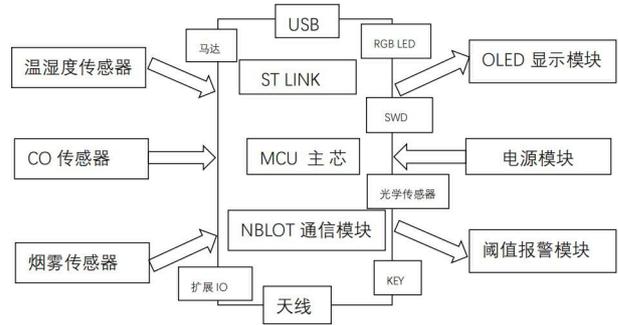


图 2 硬件系统框图

2.1 STM32F103C8T6 最小系统

STM32F103C8T6 采用高性能的 72MHz 工作频率的 ARMCortex-M3RISC 内核,内置高速存储器,具备多个扩展 I/O 端口,外设可与两条 APB 总线相连 [8]。STM32F103C8T6 最小系统包含 2 个 12 位的 ADC、3 个 16 位通用定时器和 1 个 PWM 定时器,以及标准和扩展通信接口 [9],例如: 2 个 I2C 和 SPI、3 个 USART、1 个 USB 和 1 个 CAN。工作温度适用于 -40 益至 +105 益,供电电压 2.0V 至 3.6V,功耗低 [10]。STM32F103C8T6 电路设计如图 3 所示。

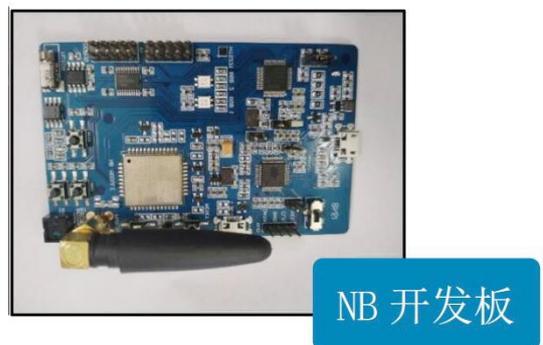
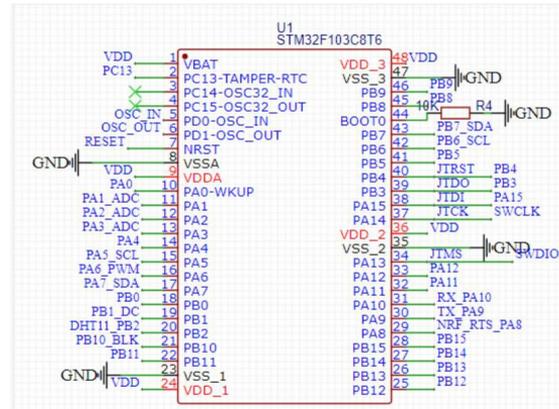


图 3 STM32F103C8T6 最小系统

2.2 CO 采集电路

CO 传感器使用多功能电化学一氧化碳气体检测模块

SC05-CO，它是一个小型通用模块^[11]。利用电化学原理检测空气中 CO 的浓度，具有较好的选择性和稳定性^[12]。内置温度传感器可用于温度补偿，具有数字输出和模拟电压输出两种模式，使用便捷。CO 采集电路如图 4 所示。

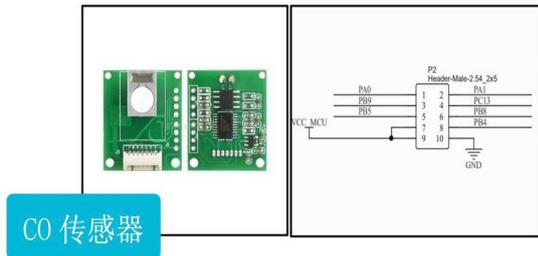


图 4 CO 采集电路

2.3 温湿度采集电路

目前市场上各类温湿度传感器的通讯方式各不相同，种类繁多。本系统采用 HTS221 温湿度传感器进行环境参数采集。该采集设备包括一个传感元件和混合信号 ASIC，通过数字串行接口提供测量信息；利用数字模块的专用采集技术，将模拟信号在内部转换为数字信号并输出；具有较快响应速度、超低功耗、远距离传输、抗干扰能力强等优点^[13]。温湿度采集电路如图 5 所示。

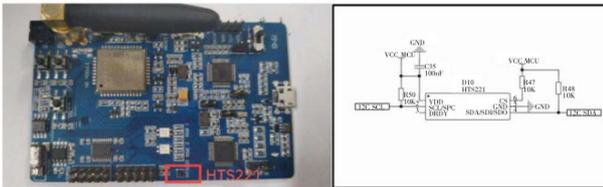


图 5 温湿度采集电路

2.4 烟雾传感采集电路

MQ-2 气体传感器中使用的气体检测材料是二氧化锡 (SnO₂)，在清洁空气中具有低电导率^[14]。如果安装传感器的房间内有烟雾，空气中的烟雾浓度越高，传感器的电导率就越高。可以使用简单的电路将电导率的变化转换为与气体浓度相对应的输出^[15]。MQ-2 气体传感器对烟雾浓度非常敏感^[16]。该传感器是一种低成本且耐用的传感器，具有可以检测范围广泛的特点。烟雾采集电路如图 6 所示。

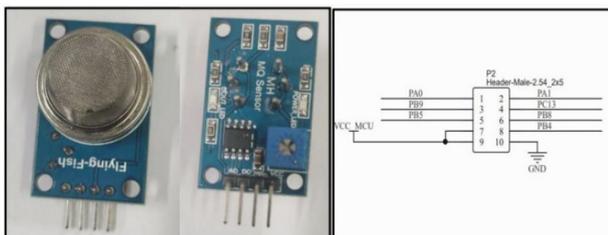


图 6 烟雾采集电路

2.5 NB-IOT 通信电路

本系统采用超低功耗通信模块 NB-IOT。该终端是实现

无线通信接入和传输的独立通信单元，通过集成无线通信模块可以快速实现无线通信功能。电路原理如图 7 所示。

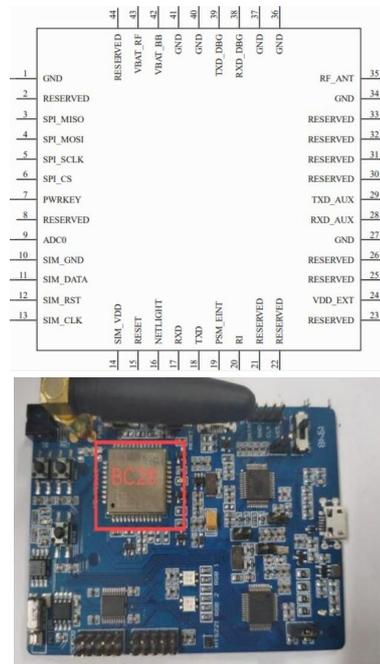


图 7 NB-IOT 通信电路原理

3 软件系统设计

软件系统包含 CO 传感数据采集系统、手机 APP 实时显示系统以及 CTWing 平台实时在线调试系统三部分。软件系统首先对各个传感器进行初始化，并通过 NB-IOT 模块将数据发送至 CTWing 在线开发平台。总体框图如图 8 所示。

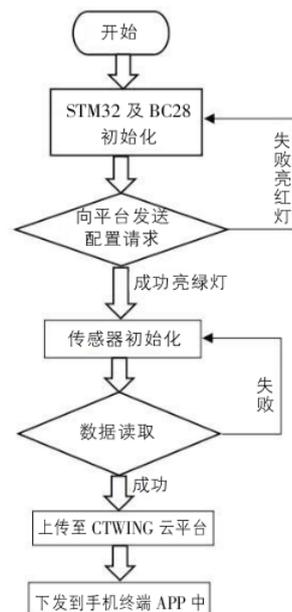


图 8 软件设计总体流程图

3.1 CO 传感数据采集系统

针对一氧化碳探测器使用的 UART 通信协议，并使用

I/O 端口配置相应的程序。程序的关键是读取数据时把数据总线 SDA 拉低时间和传感器响应的时间相对应。其软件设计流程图如图 9 所示。

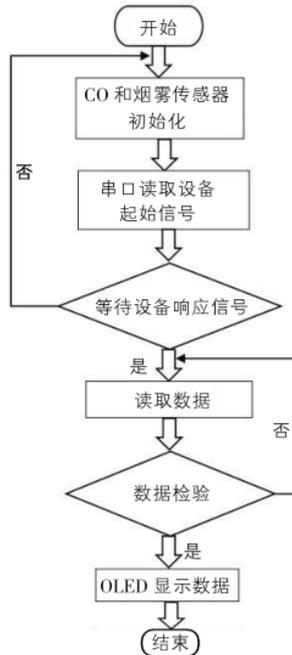


图 9 CO 程序流程图

3.2 手机 APP 实时显示系统

手机 APP 系统可实时显示温度、湿度、一氧化碳浓度等多源传感参数^[17]。其手机 APP 界面如图 10 所示。



图 10 手机 APP 参数显示界面

3.3 CTWing 平台实时在线调试系统

CTWing 在线平台提供了定制物模型，可以实现云数据聚合，云端转发，实现数据共享，免除调用数据复杂的问题，基于电信移动网络，实现了监测覆盖范围广，可进行集群化监控，并实现高级云告警传输功能，其数据分析界面如图 11 所示。



图 11 数据分析界面

4 端到端对接

本设计利用中国电信 CTWing 在线开发平台，采用自定义物模型进行 CO 浓度数据实时监测。中国电信 CTWing 开发平台，可提供数据采集、处理及存储功能。平台具备“终端管理”“数据管理”“规则引擎”等多项能力，支持 8 种主流物联网协议，具备完整的设备生命周期管理功能、安全可靠的数据管理等能力。CTWing 平台可对设备进行数字建模，以创建物理模型，并提供灵敏度高的监测系统。

在平台对接中，将传感数据同步至 CTWing 在线开发平台及手机 APP 中，实现手机 APP 实时显示传感数据参数。实验结果表明，手机 APP 数据与在线开发平台数据完全吻合，完成了 CTWing 平台与手机 APP 的端到端对接，高效实现设备实体间快速稳定的数据互联。

5 测试应用

该系统主要实现空气中 CO 浓度的实时监测功能，实验针对“攀枝花学院周边重点监测区域”设置 CO 浓度监测点三个，包含监测点 A 学生教学楼、监测点 B 万达广场、监测点 C 学府居民区。对其进行 CO 浓度实时监测。此外，本文增加模拟 CO 浓度超标实验对照组，验证监测系统的是否可实现准确报警。以监测点 A 为例，实验结果如表 1 所示。

表 1 实测 CO 浓度数据

采样时刻	实测 CO 浓度值 (ppm)	有无报警
1	1	无
2	0	无
3	1	无
4	3	无
5	21	有突增报警
6	22	无
7	41	有提醒报警
8	57	有疏散报警
9	140	有疏散报警
10	200	有求助报警
11	221	有求助报警
12	237	有求助报警
13	264	有求助报警
14	295	有求助报警
15	305	有求助报警
16	342	有求助报警
17	296	有求助报警
18	232	有求助报警
19	180	有求助报警
20	176	有求助报警

由表 1 可知,通过 CTWing 平台与 NB-IoT 技术的结合,监测系统可以实时监测空气中 CO 浓度的变化,有效实现多层次报警;当 CO 浓度突增时,监测系统可实现突增报警语音提示;当 CO 浓度逼近成年人置身其中所允许的最大 CO 含量时,监测系统循环发出提醒报警语音,提示人们离开该区域;当 CO 浓度超过成年人置身其中所允许的最大 CO 含量时,监测系统可实现疏散报警语音提示,并持续发出中高频率的蜂鸣声;当 CO 浓度超过 200ppm 时,人体会出现轻微头痛、头晕、恶心体征,监测系统可实现求助报警语音提示,并持续发出高频率的蜂鸣声。2021 年 6 月—2021 年 11 月期间,该 CO 浓度监测系统在“攀枝花学院周边重点监测区域”进行实地测试,监测系统状态稳定、测试数据准确、CO 浓度超标报警灵敏,误差范围符合《气体检测仪通用标准》,可以满足日常 CO 浓度监测需求。

6 总结

本文选用作为 STM 控制器、CO 传感器实现传感数据采集,结合 NB-IoT 通信传输技术,利用 CTWing 平台,实现对 CO 浓度的实时监测。与传统手持式检测设备对比,该系统在功耗、监测时长、系统实时性以及超标报警灵敏度方面都有较大的改善。此外,该系统在远程监控方面优势极为突出,有效提高了 CO 浓度监管的自动化水平,加快了有害气体监控的信息化进程。

参考文献:

- [1] 中国机动车保有量达 2.25 亿辆 汽车保有量过亿[J].内燃机与配件,2012(02):44.
- [2] 机动车排放召回管理规定[J].中华人民共和国国务院公报,2021(19):20-23.
- [3] 张永强,高尚,石莹,等.NB-IoT 技术特性及应用[J].计算机技术与发展,2020,30(07):51-55.
- [4] 万奔寒.面向移动感知节点的智能小车设计与实现[D].东南大学,2017.
- [5] 宦娟,吴帆,曹伟建,等.基于窄带物联网的养殖塘水质监测系统研制[J].农业工程学报,2019,35(08):252-261.
- [6] 左劲中.基于 NB-IOT 互联网技术的城市智慧停车管理系统设计[J].九江学院学报(自然科学版),2021,36(01):75-78,123.
- [7] 王大雷,姚积欢,王楠,等.基于 STM32 与 GSM 的家庭智能防火防盗报警系统设计[J].宿州学院学报,2016,31(07):106-108,115.
- [8] 黎山峰,杨雷,孙建军.基于动态控制算法的智慧路灯系统的设计与实现[J].南昌大学学报(理科版),2016,40(03):303-306.
- [9] 蒋恺,王凯,张丽萍.STM32 在智能家居安全报警系统设计中的应用[J].电子世界,2021(20):192-193.
- [10] 钱惠祥.基于 STM32 单片机 DTU 检测仪的研究与设计[D].南京理工大学,2014.
- [11] 黎文.无人机机载嵌入式空气污染监测系统的设计与研究[D].武汉理工大学,2016.
- [12] 袁越.MOFs 衍生材料的制备及在电分析和类酶催化中的应用研究[D].青岛大学,2019.
- [13] 赖思其.基于无线传感器温室大棚环境参数控制系统的设计与优化[D].四川农业大学,2016.
- [14] 赵永涛,高英侠,滕雪漪.基于单片机 GSM 智能煤气泄漏报警器的硬件模块设计[J].科技风,2018(26):8.
- [15] 孔令荣,王昊,温宏愿,等.智能家居安防系统研究与设计[J].自动化仪表,2016,37(05):52-58.
- [16] 朱慧君.智能安防系统之无线火灾远程报警器的设计[D].哈尔滨理工大学,2018.
- [17] 诸葛林巍.基于云存储和 PLC 的现代农业大棚自动控制设计[J].现代农业科技,2016(14):187-188.

课题项目:攀枝花市市级项目(2021ZD-G-14);攀枝花学院校级项目(035001413);大学生创新创业项目(S202111360055);攀枝花学院教研教改项目(JJ2267)。

作者简介:张力文(1989-),女,甘肃武都人,讲师,硕士,主要研究方向为单片机技术、嵌入式技术。