
本文为项目文档，仅供学习交流。

作者：会咬鸢的风

作者：

基于 NB-IoT 的智慧楼宇消防系统的设计与实现

摘 要

随着人们对消防安全的重视，智慧消防成为了民众和有关部门的刚需。本文设计了一个可在室内使用的智慧楼宇消防系统。采用了低功耗的通信技术 NB-IoT，完成了从硬件设计到软件云平台的所有工作。主要功能包括环境的感知，多方式报警等，同时也保证了设备的低功耗、低成本和低流量。

本文首先在硬件设计中详细介绍了每个硬件的工作原理和使用方法，并设计出抗 2G 高频干扰的 PCB 电路，并对设备的外壳进行了设计，防止设备运输时设备损坏。

其次，本文在软件设计中通过连接华为云，使得监管消防部门可及时发现火灾报警情况。

同时本文硬件上选取低功耗元件，软件上命令模块休眠的方式保证了设备的低功耗，使得设备更加省电。当发生停电时，普通 4000mAh 电池可以给设备供电超过 12 小时。也保证设备的低流量，每年的流量费用仅为 10 元。另外，本文也考虑了设备的成本问题，将设备的成本控制在了 140 元左右。

最后，本文对设备的整体功能和功耗进行了测试，基本上满足室内消防的正常需求。本文也指出了本设计目前存在的不足，同时给出了临时替代方案。

关键词 智慧消防；NB-IoT；华为云；Lite OS

Design and Implementation of intelligent building

Fire Protection System based on NB-IoT

Abstract

With the increasing emphasis on fire safety, smart fire fighting has become an immediate need for the public and the authorities. In this paper, a smart building fire fighting system that can be used indoors is designed. The low-power communication technology NB-IoT is used to complete all the work from hardware design to the software cloud platform. The main functions include the sensing of the environment, multi-modal alarms, etc., while also ensuring low power consumption, low cost and low traffic of the device.

This paper firstly details the working principle and usage of each hardware in the hardware design, and designs the PCB circuit to resist 2G high frequency interference and the housing of the device to prevent damage to the device during transportation.

Secondly, this paper makes it possible for the supervising fire service to discover the fire alarm situation in time by connecting to Huawei Cloud in the software design.

At the same time, the hardware in this paper selects low-power components, and the software commands the module to sleep to ensure the low power consumption of the device, making the device more power-efficient. In the event of a power failure, an ordinary 4000mAh battery can power the device for over 12 hours. The low traffic flow of the device is also guaranteed, with an annual traffic cost of only 10 yuan. In addition, this paper also considers the cost of the device, keeping the cost of the device at around 140 yuan.

Finally, this paper has tested the overall functionality and power

consumption of the equipment, which basically meets the normal needs of indoor firefighting. The paper also points out the current shortcomings of this design and gives temporary alternatives.

Keywords Intelligent firefighting, NB-IoT, HUAWEI Cloud, Lite OS

作者：会咬鸢的风

目 录

摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 绪论	1
1.1 课题背景	1
1.2 研究意义	1
1.3 国内外研究现状分析	2
1.4 论文研究的主要内容	2
第 2 章 硬件开发工具介绍	4
2.1 VS Code IoT-Link 拓展插件	4
2.2 立创 EDA 和立创商城	4
2.3 三维猴（立创 EDA 旗下）	4
2.4 Altium Designer	5
2.5 华为云	5
2.6 本章小结	5
第 3 章 系统概要设计	6
3.1 总体功能设计	6
3.2 总体架构设计	7
3.3 总体实现	8
3.3.1 硬件设计部分	8
3.3.2 PCB 设计部分	9
3.3.3 软件设计部分	9
3.3.4 外壳设计部分	9
3.3.5 电源功耗设计部分	10
3.3.6 设备成本部分	10
3.4 本章小结	10
第 4 章 系统详细设计	11
4.1 硬件设计	11
4.1.1 MCU	12
4.1.2 烟雾传感器	13
4.1.3 火焰传感器	14
4.1.4 显示屏	14
4.1.5 语音	15
4.1.6 继电器	17
4.1.7 GSM	18

4.1.8 NB-IoT	20
4.2 PCB 设计	21
4.2.1 第一版 PCB	21
4.2.2 第二版 PCB	22
4.3 操作系统设计	23
4.3.1 数据采集和显示任务	24
4.3.2 数据上传任务	25
4.3.3 命令下发任务	25
4.3.4 报警任务	25
4.4 软件设计	25
4.4.1 设备上云代码设计	27
4.4.2 平台开发	28
4.5 手机端报警推送设计	32
4.5.1 电话	32
4.5.2 短信	32
4.6 外壳设计	34
4.7 成本	38
4.7.1 设备成本	38
4.7.2 流量成本	40
4.8 本章小结	41
第 5 章 设备测试	42
5.1 功能测试	42
5.2 功耗测试	46
5.3 实用性测试	47
5.4 本章小结	47
结论	48

第1章 绪论

1.1 课题背景

智慧消防已经成为智慧城市不可或缺的一环。由于老旧城区之前的城市规划问题，并没有对老旧小区进行智慧消防的设计。并且老旧小区年代较老，消防设施十分薄弱^[1]。同时楼内电线老化也导致极易发生火灾。由于楼道和街道路口狭窄，消防通道也长期被占用，延误了消防部门进行扑救。并且缺少信息化支撑，当火灾发生时也很难及时获取。只能靠传统的群众报警的方式。

近些年，国家也大力发展智慧城市，因此智慧消防也不断推进。人们对公共基础设施和民用基础设施的消防安全关注程度越来越高。因此从物业、监管部门、消防部门到普通群众，都迫切希望能加快智慧消防的进程。因此一个秒响应告警，并能将火灾扑灭在萌芽中的智慧消防系统逐渐成为社会的刚需。

随着新型通信技术的出现，新型的通信技术也促进了智慧城市的发展。相比传统的 2G、4G 和 WiFi 等传统家庭设备的通信技术。NB-IoT 具有更低的功耗，更少的流量消耗，极其适合窄带物联网的需求^[3]。同时 NB-IoT 技术相比 Lora，为三大运营商主推的通信技术。个人部署方便，不需要专业人员进行组网，也降低了技术门槛。

1.2 研究意义

随着物联网时代的发展，传统的消防设备例如消防喷淋器，烟雾传感器，手动报警器之间没有很强的智慧性。同时也不支持设备入云，更不会有报警手机短信和电话提醒。因此一个智慧消防系统能让各有关部门和用户及时发现火情。户主不在家也可以远程查看家里是否发生火灾。同时智能化的消防系统还可以及时扑灭火源，防止由于无人情况下火势的蔓延，从而将火灾消灭在萌芽里。

由于老旧小区火灾隐患大，因此十分有必要对老旧小区的消防设施进行升级改造。基于 NB-IoT 的智慧消防系统部署方便，对老旧小区的线路或基础设施改动不大。通过使用智慧楼宇消防系统，可以做到提前发现火情，及时扑灭小火，避免酿成大火。消防部门能够在智慧楼宇消防系统的报警推送下，也可以及时出警。减少生命财产损失。

对于文物古建筑的消防安全也要注意，还记得巴黎圣母院在 2019 年发生的火灾^[5]，据说是由于电线短路引起的。由于文物古建筑发生火灾带来

的损失不可估量。因此我们必须也要做好文物建筑的火情监测和告警，保卫我们人类的文化遗产。

由此可见，一个智慧楼宇消防系统在保护我们的生命和财产起着至关重要的作用。

1.3 国内外研究现状分析

目前，随着人工智能的发展，智慧消防和人工智能相结合成为智慧消防发展的新趋势，目前有在智慧消防中加入卷积神经网络和深度学习的研究^[6,7]，在火灾初期基于卷积神经网络算法通过视频对烟雾进行检测，及时掌握火灾现状。还有通过云计算的方式，分析不安全因素中的风险概率^[8]。也有对收集到的数据通过大数据技术进行分析^[9]，从而提升火灾防控能力。

国外的智慧消防相比于中国起步较早，2012 年，美国标准技术研究院启动了“智慧消防”的研究项目^[15]，主要通过录入该地区的建筑物的各项情况，通过使用物理信息系统 CPS 和大数据，建立起智慧消防的架构。2014 年 MathWork 公司开发了一款为幸存者或急救人员提供信息的系统^[12]。将机器人，无人机，指挥中心，消防人员等进行连接，构成一个智能响应系统。2019 年，日本千叶县消防局入列了世界第一个应用于实战的消防机器人系统^[15]，分别是一架侦查无人直升机；一辆消防喷水无人车；一辆带有消防水带的牵引无人车；一辆无人地面侦察车。这四名“消防员”花费高达 14 亿日元，其带有人工智能系统，可以自动识别火场情况。

1.4 论文研究的主要内容

本论文研究的内容是智慧楼宇消防系统的设计，本论文完成了消防系统理论框架的研究，完成了硬件平台和软件平台的搭建。本文的主要工作如下。

1. 主要完成了设备从设备硬件底层到设备应用层的开发。包括硬件设备的电路图设计、PCB 设计、外壳设计、操作系统代码实现、软件设计。
2. 并着重考虑设备的功耗、成本和流量的控制。满足国家标准相关消防设备的设备防护等级。
3. 并对设备的功能、功耗和实用性进行了测试。

本文分为五章，以下为各章的主要工作和内容：

第一章为绪论，简要介绍了传统智慧消防的不足，并阐述了智慧消防联动在智慧城市和消防安全中的重要作用。对本毕业设计论文的具体工作做了简要概括，指出本文设计的现实意义。最后对本文的设计思路和每个章节的内容做了说明。

第二章介绍了本文使用到的软硬件开发工具，例如 VS Code，IoT Link，立创 EDA，Altium Designer，华为云等。

第三章为硬件的总体实现，首先从总体功能和总体架构上进行阐述该

智慧消防系统的设计思路和架构。之后针对硬件电路、PCB、软件、外壳、功耗和设备成本方面分别总体进行介绍。

第四章为系统详细设计。首先介绍电路中传感器、通信模组等其他硬件模块的原理和使用方法。接下来介绍本文设计的两个版本的 PCB 设计图。并详细介绍了如何抗干扰以及保证电路板的稳定型。之后进行操作系统的代码设计，分别介绍操作系统的每个任务以及设置的优先级。之后进行软件平台的开发，详细介绍如何上云、怎样设置报警规则和设备联动。

第五章主要是对设备进行测试，包括功耗测试，实用性测试，同时也指出了设备目前需要改进的问题和临时替代方案。

多吸点的风

作者：

第2章 软硬件开发工具介绍

2.1 VS Code IoT-Link 拓展插件

IoT Link 拓展插件是华为推出的针对 LiteOS 操作系统的开发环境，它提供了编译、烧录、串口调试等开发工具。由于插件更新较慢的原因，目前仅支持 VSCode 的 1.25 版本。该插件配合小熊派开源社区的案例，可以快速的熟悉华为 LiteOS 操作系统。还可用该拓展插件对搭载 LiteOS 操作系统的其他物联网嵌入式设备进行开发。

2.2 立创 EDA 和立创商城

立创 EDA 分为标准版和专业版，本毕业设计首先使用标准版进行初代开发，之后使用专业版进行了第二代的开发。该软件为国产免费 PCB 设计软件。立创 EDA 专业版支持团队协作，版本管理等特色功能，可以使用立创商城的各种元件库。

设计优势：支持 3 万个器件不卡顿，具有从 PCB 设计到外壳和面板的更全面和完善的设计功能体验。利于企业 and 专业 PCB 开发人员进行产品化设计。

支持全在线、半离线、全离线三种模式。具有网页端和客户端两种设计平台。可以方便的进行协作和使用云端系统库。同时 2022 年推出彩色丝印设计。

立创商城是国内的电子元器件交易平台，通过立创 EDA 和立创商城的协作，可以在立创商城查找最便宜最合适的元器件，并在立创 EDA 中使用该元器件的原理图，焊盘封装以及 3D 模型图，无需自己绘制封装。可以导出元器件清单在立创商城下单。立创商城还支持 SMT 贴片，PCB 打样服务，3D 外壳绘制和打样。实现了从产品设计到制造成型一条龙服务。

嘉立创针对个人用户推出每人每月免费两次打样服务，当 PCB 板大小小于 $10 \times 10\text{cm}$ ，板子层数小于等于 4 层，即可免费打样。方便了学生和开发者试错和学习。

2.3 三维猴（立创 EDA 旗下）

三维猴隶属嘉立创集团旗下 3D 打印品牌，是一个致力于打造高性价比的 3D 打印与 CNC 加工服务商，项目立项于 2020 年 9 月。致力于打印 3D 塑胶、金属模型，CNC 模具加工等服务。主要服务行业有：工业设计、医疗、电子、汽车、手办、道具、工艺品、五金配件、雕塑等。

三维猴现支持的工艺有 SLA 树脂打印、MJF 尼龙打印、FDM 工程塑料打印、SLM 金属打印工艺四种打印工艺。依托于立创 EDA，可将设计好的 3D 外壳交由三维猴进行打印。可以打印金属，塑料，树脂，尼龙等各种材料的外壳或其他成品。

2.4 Altium Designer

AD 是 Altium 公司推出的可以进行电路图设计，PCB 设计，布局布线等设计软件。本毕业设计用该软件查看开源电路设计图，供自己在立创 EDA 中设计电路时进行参考。

2.5 华为云

本毕业设计使用了华为数据接入服务 IoTDA。可以方便的将本设备（NB-IoT 设备）连接到华为云。使用华为云平台可以图形化编解码插件开发，并实时查看上传数据。同时支持调取华为云数据，实现 api 调用等。华为云支持建立规则进行设备联动，当满足条件时可以发送华为云通知，短信，邮件等各种方式进行提醒。当需求量大时，可以购买推送次数。同时也支持免费版供开发者开发和测试。

2.6 本章小结

本章介绍了主要用到的软硬件开发工具，例如 AD、立创 EDA、VS Code、华为云等。

第3章 系统概要设计

3.1 总体功能设计

本设备是一个室内环境下的智慧楼宇消防系统，需要及时报警，并且满足可联网，低功耗和低流量的需求。因此设计的该设备的总体功能如下：

1. 环境感知，对环境的烟雾浓度，火焰发生情况进行实时监控，并上传至华为云平台。
2. 设备报警，当烟雾浓度过高，或者发生火焰，启动语音报警，电话报警，短信报警，云平台报警等多种方式告知业主和相关人员。
3. 设备低功耗，芯片采用低功耗 STM32L431RC 芯片，通信模组也采用低功耗的 NB-IoT 模组。其他模组在没有报警发生时处于待机状态。
4. 云平台实时数据，依托于华为云，NB-IoT 模组会将数据实时传输到云平台。
5. 疏散指挥，当火灾发生时，设备会自动拨打电话给相关人员，与现场人员进行电话联系，及时进行群众疏散。
6. 低流量开销，设备每两秒上传一次数据，24 小时流量消耗仅 1.5MB，资费便宜。
7. 手动报警，测试/维护键，可通过手动按下按键触发报警，此功能可用于对设备的测试和每年的检查维护。
8. 报警解除，假如因为室内吸烟而发生误报，可按下解除报警按键停止报警。
9. 具有防止尖锐物品划伤，防止误触的外壳设计。

该智慧消防的整体流程图如图 3-1 所示，设备实时采集数据，显示到显示屏并上传到华为云。当采集的数据检测到火灾发生，触发设备和云端报警，设备执行灭火。只有设备检测到环境火灾解除或者手动取消，报警才会解除。

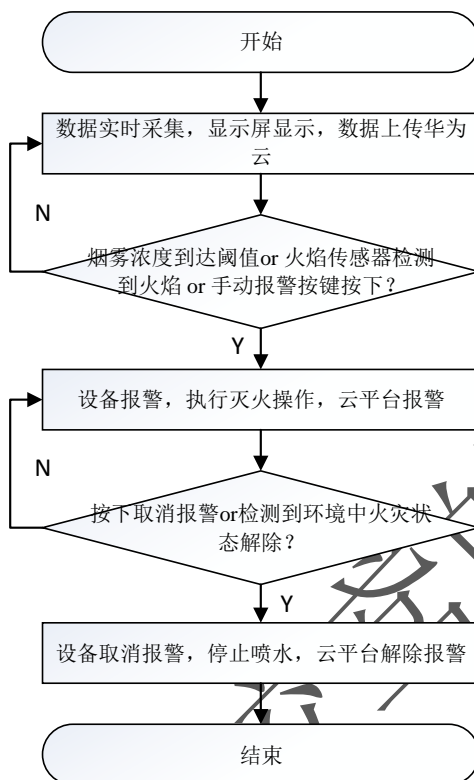


图 3-1 系统整体流程图

3.2 总体架构设计

图 3-2 显示了整个智能消防系统的物联网三个层次体系结构。

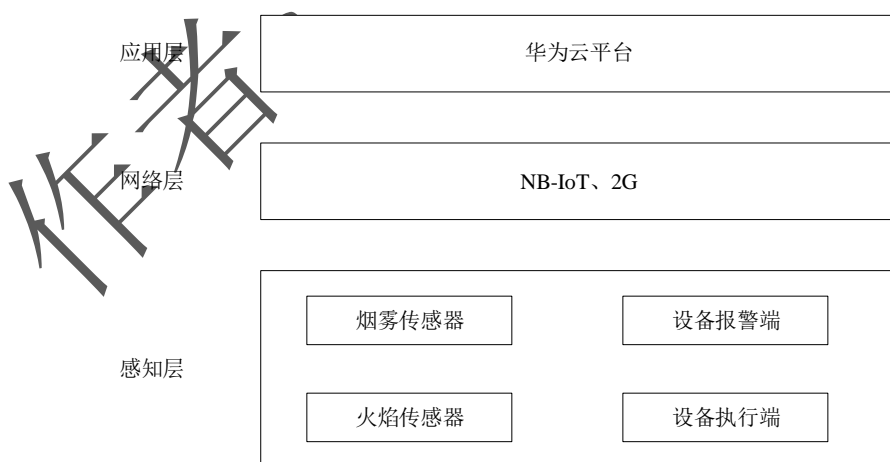


图 3-2 物联网智慧楼宇整体架构

每层的设计如下：

1. 感知层主要由传感器感知环境进行数据采集。通过 MCU 进行数据

分析并执行控制指令。控制执行端（继电器），通信端，设备报警端执行对应的功能。

2. 网络层主要负责数据上传和电话短信的发送。
3. 应用层负责平台数据包解析，实时显示数据并推送报警信息。

3.3 总体实现

3.3.1 硬件设计部分

智慧楼宇消防系统整体的硬件架构如图 3-3 所示，包含 MCU，感知，控制，执行，通信五类模块：

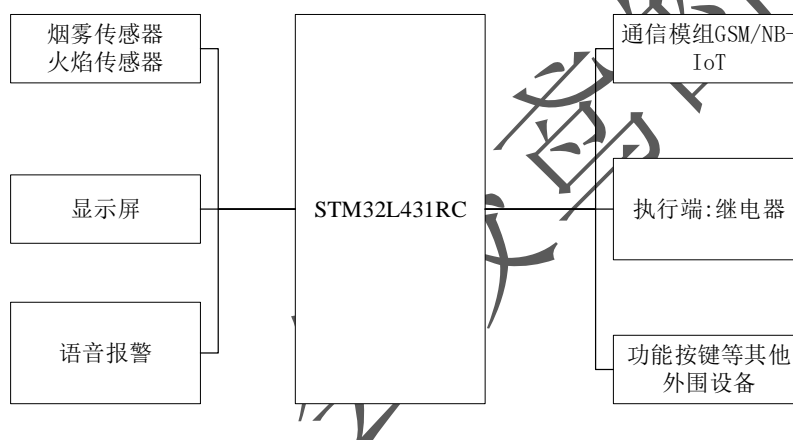


图 3-3 硬件系统结构框图

1. 芯片

采用 STM32L431RC 芯片，该芯片是一款超低功耗的 MCU，具有 256KB 的 flash 内存，同时频率最高 80MHZ，因此可以搭载一些比较轻量级的操作系统。本设计在此芯片上搭载了华为 LiteOS 操作系统。此芯片串口丰富，包含一个低功耗串口和三个普通串口。

2. 感知

传感器包含烟雾传感器和火焰传感器。其中烟感负责感知烟雾浓度。火焰传感器感知是否有火焰产生。当感知到火焰，引脚电平拉高，没有感知到火焰，引脚电平保持低电平。

3. 控制

手动报警按键。将按键设置为外部中断，当按键按下时，模拟火灾发生。用来进行设备测试和维护。同时也可以用作手动报警按键。当由于室内吸烟等发生误报，则可以按下停止报警按钮。另外还有一个复位按键，当设备发生故障时可以对整个设备（通信模块和单片机）复位。

4. 执行

执行部分包括继电器，led 灯，语音报警提醒和 LCD 显示屏。当火灾发生时，报警灯亮起，继电器闭合，水闸通过继电器控制进行喷水。同时语音播报火灾发生。LCD 实时显示烟雾浓度值和报警状态。

5. 通信

采用的通信方式有 GSM 和 NB-IoT。NB-IoT 每隔两秒上传一次烟雾浓度值和火焰状态数据给华为云。当火灾发生时，通过 GSM 拨打相关人员电话，相关人员可以现场通过电话了解现场信息，并且指导群众有序撤离。

3.3.2 PCB 设计部分

本次毕业设计共设计两版 PCB。第一代产品通过使用小熊派开发板+自主设计拓展板的方式实现。第二代产品实现完整产品 PCB 的绘制。

第一代产品的拓展版 PCB 采用 2 层板的 PCB 设计，将各个模块通过使用排针和排母的方式安在拓展版上。实现对原有小熊派开发板的 DIY 开发。

第二代采用 $10 \times 10\text{cm}$ 的四层 PCB 板进行设计。将语音模块和 2G 通信模块距离拉大，加入磁珠和滤波电容，使得抗信号干扰，更稳定。

3.3.3 软件设计部分

1. 操作系统

该操作系统是华为的 LiteOS。LiteOS 是一种即时操作系统，它支持多任务。在 LiteOS 中，任务分配策略是以优先权为基础的抢先调度，而在优先级相同的情况下，使用时间片轮换的方法。在高优先权的工作被堵塞或者被终止之后，才安排低优先权的工作。操作系统能够自动地帮助设计人员完成任务间的转换与通讯，减少了系统的开发时间，使设计人员能够更好地完成任务的功能。

2. 云服务：华为云 IOTDA 服务

本毕业设计使用了华为云的设备接入 IOTDA 服务，可以通过设备唯一的 IMEI 号将 NB-IoT 设备接入到华为云中。华为云提供了较为方便的可视化通信数据包的编解码。并提供了在线调试以及界面开发等功能。还可以设置规则，当某个变量值变化或者大于特定值则触发规则，平台进行报警推送。

3.3.4 外壳设计部分

在《消防应急照明和疏散指示系统标准》中要求外壳防护等级不应低于 IP30，因此本设备的 IP 防护等级为 IP30 即可。考虑到该设备为室内使用，所以没有特别严格要求设备防水，也只需要最基础的防水即可，保证

垂直落下的水滴不会对设备造成损坏。同时，由于本设备包含烟雾检测，因此需要将传感器暴露在空气中因此不必做严格的防尘设计。因此设计的外壳只需要防止小固体进入即可。考虑本设备成本和重量，外壳打算采用树脂材料，不仅轻便低廉，也满足运输和贮存过程中的磕碰要求，保护内部电路和传感器等元件。

3.3.5 电源功耗设计部分

由于本设备要求 24 小时供电，因此必须要求设备的功耗尽可能降低，即做到节能。

本毕业设计尽可能在传感器，通信模组，处理器，执行器等各个硬件考虑设备的低功耗。在价格低廉的前提下，尽量采用低功耗硬件和低功耗休眠机制。从硬件选材和软件实现上都尽可能满足低功耗要求。

3.3.6 设备成本部分

本文在设计时，综合考虑性价比高，价格低廉的传感器，并且在尽可能不影响设备功能的情况下尽可能减少成本。本设备个人小规模测试研发时成本大约在 140 元左右。每年 10 元流量费用。本设备若考虑商用，华为云支持企业认证后享有电话语音服务。因此可以在设备上设计规则联动，当设备报警后华为云会负责拨打电话给户主。因此商用后可以将设备的 2G 模块移除。仅保留 NB-IoT 通信即可，降低了成本。此时设备成本大约 110 元左右。

3.4 本章小结

本章从总体功能上，总体架构上对系统进行概要介绍。具体阐明了设备的需求和设计想法，以及打算采用的设计方案，同时要保证该方案的实用性和稳定性。

第4章 系统详细设计

4.1 硬件设计

在图 4-1 中显示了该系统的硬件连接，图中标识了每个硬件与单片机的链接/通信方向，以及每个硬件节点与单片机的通信方式/协议。

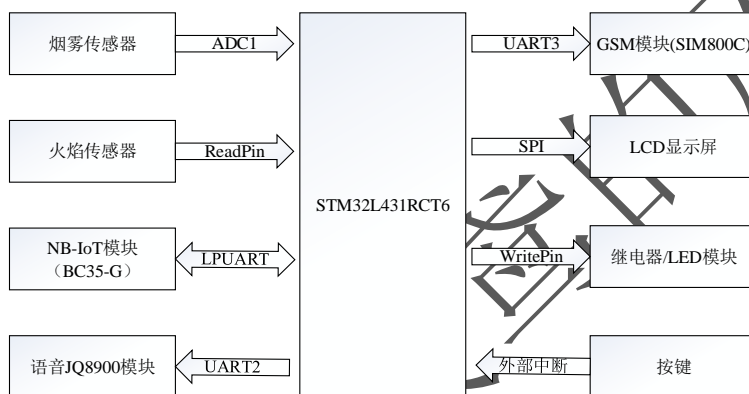


图 4-1 硬件详细连接图

整个系统的硬件电路设计如图 4-2 所示。

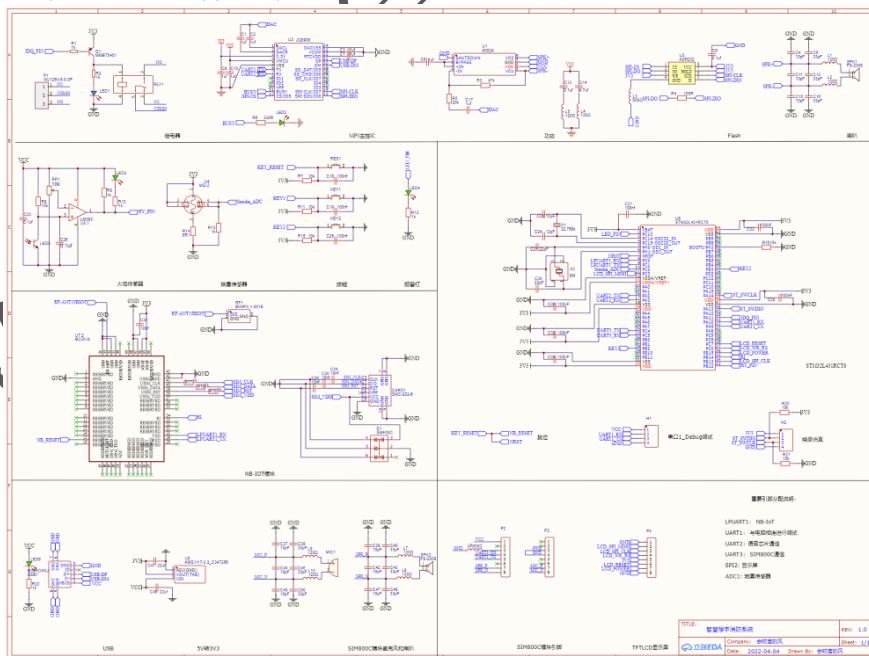


图 4-2 硬件电路图

4.1.1 MCU

本设计使用了四个 USART 串口，LPUART1 用于 NB-IoT 通信，串口 1 连接到电脑的串口用于开发者调试。串口 2 用于语音芯片通信，串口 3 用于 SIM800C 通信。GPIO 引脚连接按键，led，火焰传感器等外围设备。SPI 串行外设通信接口用来驱动 LCD 显示屏。其中一个 12 位的 ADC 通道连接烟雾传感器，将传感器模拟量转成数字量供单片机处理。

MCU 主要的引脚分配如表 4-1,输入电平 IO 引脚为 PB12, PB2, PB3。输出电平 IO 为 PA11, PC13。

表 4-1 引脚分配

引脚	功能
PB12	火焰传感器引脚
PA11	继电器引脚
PC13	LED 报警灯
PB2	测试/维护/手动报警按键
PB3	解除报警按键
LPUART1	NB-IoT 串口通信
USART1	与电脑通信，用于调试观察
USART2	语音串口通信
USART3	GSM 串口通信
ADC1_IN3(PC2)	烟雾模数转换引脚
LCD_SPI_MOSI(PC3)	与 LCD 通信数据线
LCD_SCK(PB13)	与 LCD 通信时钟线
LCD_RESET(PC7)	LCD 复位
LCD_WR_RS(PC6)	液晶的数据/命令选择端

MCU 的引脚电路图如图 4-3 所示。

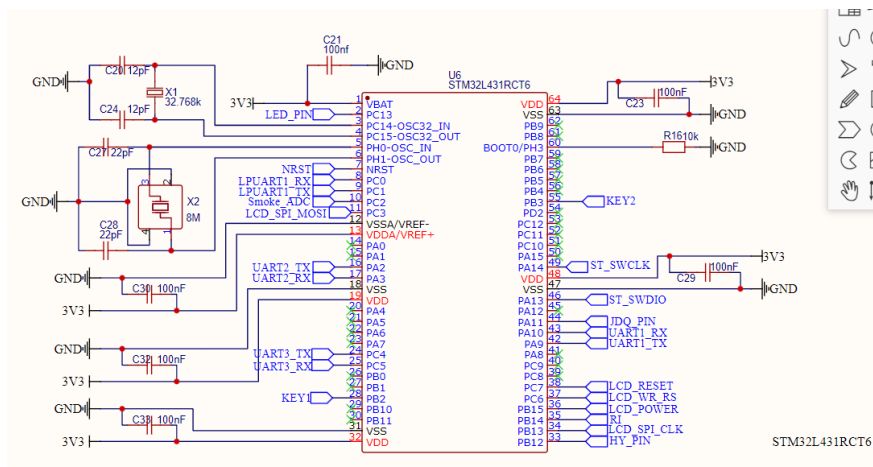


图 4-3 MCU 的引脚电路图

4.1.2 烟雾传感器

本毕业设计的烟雾传感器采用的一个电化学传感器，因此需要预热使用，它使用的敏感物质是二氧化锡。在清洁空气中电导率较低，当传感器周围有易燃气体时（因为火灾发生时会产生大量可燃气体和烟雾），它的导电性随可燃气体浓度升高而增大^[4]。把导电系数的变化转换为气体浓度信号。把烟感电路的输出引脚连接单片机的 PC2 引脚。通过单片机的 ADC1_IN3 通道将模拟量转换为具体的数值。供单片机进行判断是否有烟雾产生。读取烟雾浓度值的代码如下：

```
E53_SF1_Data.Smoke_Value=HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
```

在图 4-4 和 4-5 中示出了烟感的电路和实物。烟雾传感器接单片机 ADC1 引脚 PC2。

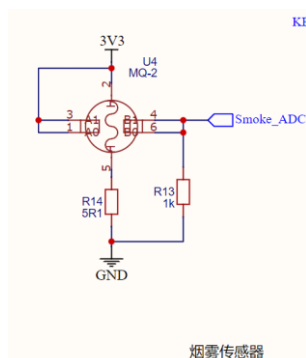


图 4-4 烟雾传感器的电路图

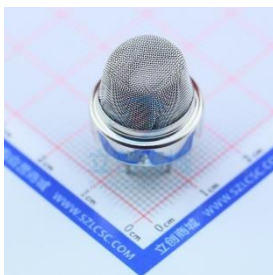


图 4-5 烟雾传感器的实物图

4.1.3 火焰传感器

感应器的红外线管对火焰的红外线很敏感，当有火焰时，它会吸收更多的红外线，使针脚之间的电阻减小。在无火状态下，红外吸收量较小，针脚之间的阻抗增大^[14]。

LM393 是一个双电压比较器电路。当有火焰时，3 端口电压小于 2 端口电压，1 端口为低电平，此时灯亮，HY_PIN 引脚为 0。当没有火焰时，3 端口电压大于 2 端口电压，1 端口为高电平，此时灯熄灭，HY_PIN 引脚为 1。

读取火焰的电平值函数：HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB,GPIO_PIN_12)。
火焰传感器的电路图如图 4-6 所示，火焰传感器接单片机的输入 PB12。

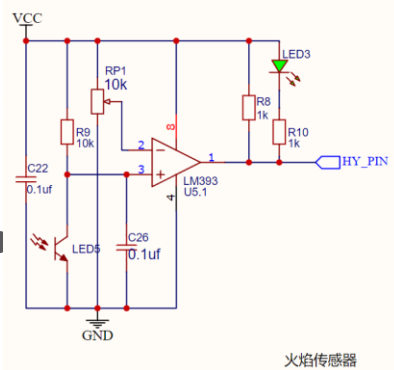


图 4-6 火焰传感器的电路图

4.1.4 显示屏

单片机与 LCD 采用 SPI 通信。由于 LCD 只需要单片机输出，不需要 LCD 显示屏输入。因此只需选择仅主机发送模式 (Transmit Only Master)，使用两根线进行数据通讯即可。LCD 与单片机采用 SPI2 进行通信，LCD_SPI_MOSI 使用 PC3 引脚，LCD_SPI_CLK 使用 PB13，由 LCD_WR_RS 引脚是液晶的数据/命令选择端，连接单片机 PC6。LCD_POWER 为供电。

LCD 显示字符串和数字的代码如下所示:

```
LCD_ShowString(10, 130, 200, 16, 24, "Smoke Value:");
```

```
LCD_ShowNum(150, 130, (int)E53_SF1_Data.Smoke_Value, 5, 24);
```

LCD 显示屏的电路引脚如图 4-7 所示:

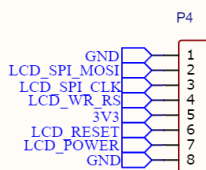


图 4-7 显示屏的电路引脚

4.1.5 语音

JQ8900 是一个语音芯片，它可以播放 MP3 格式的音频，可以将 Flash 模拟成 U 盘，更方便音频的导入，同时可以通过一线串口，两线串口等多种通信方式进行控制。由于本系统要求低功耗，因此本设备选用了可以深度睡眠的语音芯片，该芯片睡眠后电流低至 600uA，可以通过一线串口唤醒。JQ8900 的电路图如图 4-8 所示。通过单片机的串口 2（PA2，PA3）进行控制。

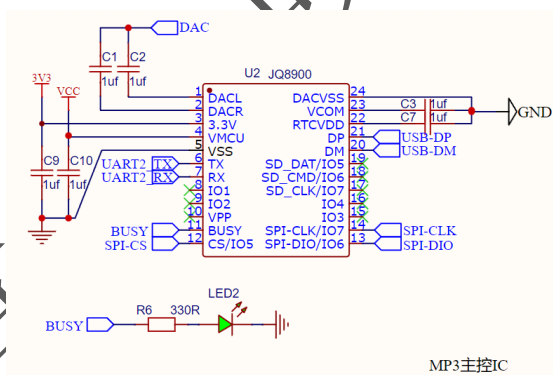


图 4-8 JQ8900 的电路图

8002A 是一款音频功放。当电压为 5V 时。可以驱动 3W 的喇叭，足以驱动本文选择使用的 1W 无源喇叭，电路图如图 4-9 所示。

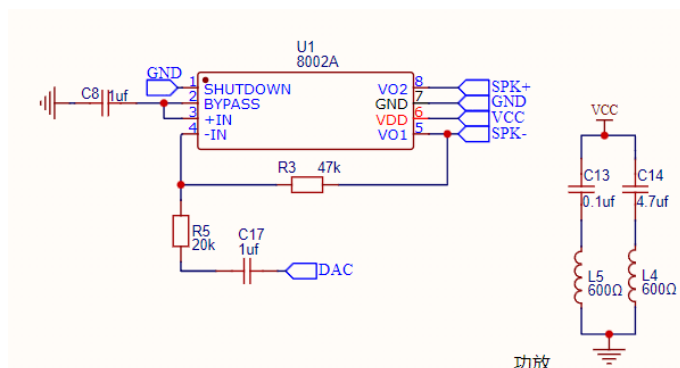


图 4-9 功放的电路图

此 USB 电路的数据口用来向 SPI Flash 里存储音频。USB 电路图如图 4-10 所示。

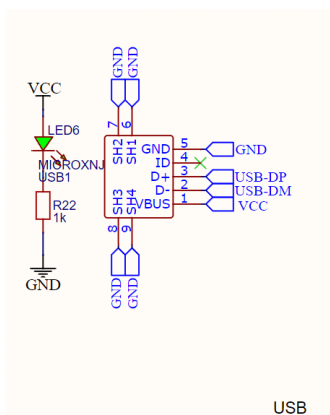


图 4-10 USB 的电路图

A25Q32 是一个 32Mbit 大小的 Flash，可以存储 4M 大小的 MP3 格式的音频文件，JQ8900 可将 SPI Flash 模拟成 U 盘后与电脑连接存放要播放的音频，电路图如图 4-11 所示。

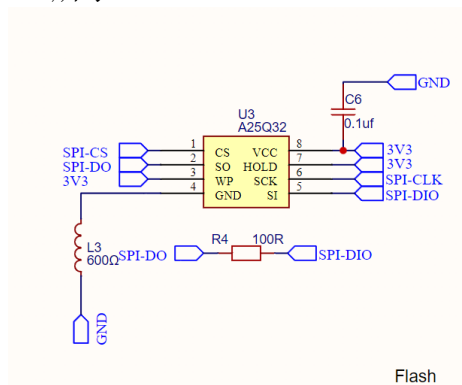


图 4-11 flash 的电路图

本文采用 STM32 的串口 2 与该语音芯片通信。部分功能代码如下：
//设置播放为循环模式，将命令存储在 voicecirculate 数组中

```

HAL_UART_Transmit(&huart2,voicecirculate,5,200);
//播放语音，将命令存储在 voiceopen 数组中
HAL_UART_Transmit(&huart2,voiceopen,4,200);
//停止播放语音，将命令存储在 voiceclose 数组中
HAL_UART_Transmit(&huart2,voiceclose,4,200);

```

语音播放采用的功耗为 1W 的无源喇叭。由于本设备采用了 2G 模组，GSM 信号会通过耦合和传导的方式干扰语音模块的音频信号 SPK，因此需要在音频通路上增加 33pF 和 10pF 电容来滤除耦合干扰。

同样也要在 GND 和喇叭处要串联磁珠消除信号干扰。本文磁珠的作用是用来吸收 2G 模块的高频信号。喇叭和 GND 的电路如图 4-12、4-13 所示。

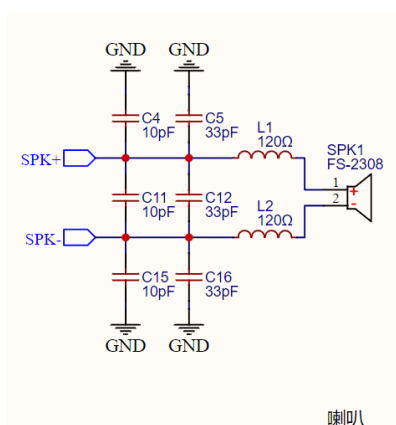


图 4-12 喇叭的电路图

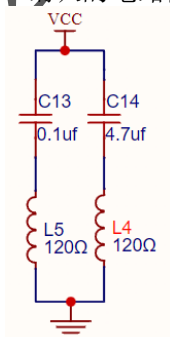
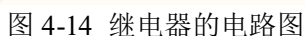


图 4-13 麦克风的电路图

4.1.6 继电器

设备的执行端使用了继电器来控制水闸的开闭。使用了一个 PNP 型的三极管，使得继电器低电平导通。当 JDQ_PIN 引脚为 0 时，指示灯亮，继电器闭合，水闸开始喷水。当 JDQ_PIN 引脚为 1 时，指示灯灭，继电器断开，水闸关闭喷水。图 4-14 显示了该继电器的电路图。该继电器的引脚与 PA11 相连接。



由于消防设备报警需要强提醒。本设备考虑使用 GSM 通信，将通过拨打电话的方式提醒业主发生火灾，同时入云联动华为云的短信尽可能达到强提醒目的。

2G 模块需要的 SIM 卡电路如图 4-15 所示, 可以插入 Micro-SIM 卡。其中 SMF05C 是 ESD 静电保护二极管, 为 SIM 卡电路引脚接入静电保护。



- 18 -

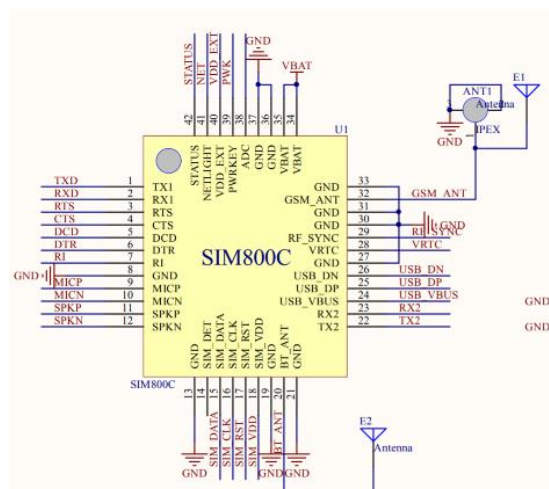


图 4-16 SIM800C 的电路图

2G 高频信号造成干扰的主要因素，所以在绘制 PCB 时要把声音走线与天线和 VCC 分开。在喇叭端、芯片输出端分别放置一套滤波电容，串联一套磁珠，按照差分信号规则布线。在 GND 中，信号的干扰与 GND 的关联也很大，因此在 GND 的设计中也应串联一套磁珠。

综上所述，麦克风和喇叭的电路如图 4-17 所示，与语音模块的电路类似。

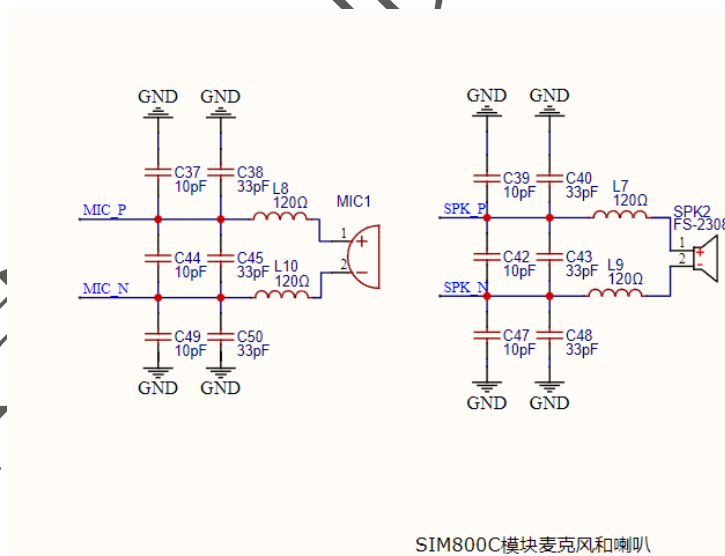


图 4-17 麦克风和喇叭的电路图

2. 代码设计:

由于操作系统接管中断，所以首先在串口 2, 3 进行初始化设置优先级，然后再使用串口功能，通过向 SIM800C 发送 AT 指令完成拨打电话功能。拨打电话的 AT 指令为“ATD+电话号码”^[17]。具体实现步骤如下：1. 首先进行串口 2、3 的初始化 void uart2_3_init()。2. 对串口 3 发送 AT 指令，拨

打电话。uart3_send("ATD1561288****;\r\n",16,200);

3. 低功耗设计:

设置 AT+CSCLK=2 后, 如果串口没有数据输入, 并且没有来电、短信等中断, 模块会在 5 秒后自动进入休眠。但仍能接收呼叫和短消息^[17]。

当模块休眠时, 可以通过串口向模块发送数据即可唤醒模块。

4.1.8 NB-IoT

本设计的设备需要入云, 由于 NB-IoT 模块具有低功耗, 流量消耗少等特点。非常适合在低功耗物联网设备中使用。

1. 电路设计

BC35-G 芯片模组与单片机通过 LPUART1 串口进行通信。LPUART1 是一个低功耗的串口。由于 NB-IoT 模块需要 24 小时不中断发送消息。因此将此低功耗串口分配给了它。单片机通过使用 AT 指令控制模组联网和发送数据。

芯片引脚的电路如图 4-18 所示。

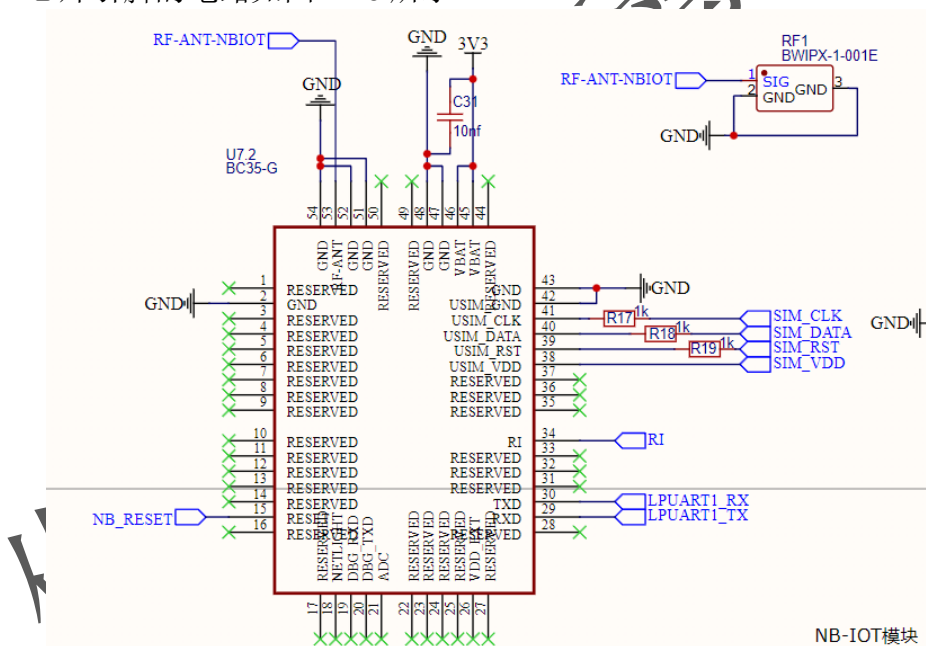


图 4-18 BC35-G 的电路图

SIM 卡电路和经典保护电路同 GSM 模块, 这里不再赘述。

2. 代码设计:

由于操作系统接管串口 1, 并且 lwm2m 协议操作系统已经封装好。因此只需要调用如下函数完成 NB-IoT 数据发送:

```
oc_lwm2m_report( (char*)&Smoke, sizeof(Smoke), 1000); //发送烟雾值
oc_lwm2m_report( (char*)&Warn, sizeof(Warn), 1000); //发送报警状态值
```

```
osal_task_sleep(2*1000);//2 秒发一次
```

3. 低功耗设计:

下图 4-19 显示了模块的三种工作模式，模块会自动申请进入 PSM。

模式	功能
正常工作模式	Active 模块处于活动状态；所有功能正常可用，可以进行数据发送和接收。模块在此模式下可切换到 Idle 模式或 PSM 模式。
	Idle 模块处于浅睡眠状态，网络处于连接状态，可接受寻呼消息。模块在此模式下可切换至 Active 模式或者 PSM 模式。
	PSM 模块只有 RTC 工作，网络处于非连接状态，不可接受寻呼消息。当 DTE（Data Terminal Equipment）主动发送数据或者定时器 T3412（与周期性更新相关）超时后，模块将被唤醒。

图 4-19 三种工作模式

在图 4-20 中我们可以看到，在 PSM 模式下，这个模块的功率消耗很小，只有 3uA。

参数	模式	描述	最小值	典型值	最大值	单位
IvBAT	PSM	睡眠状态		3		uA
	Idle	空闲状态，DRX=1.28s		2		mA
	Active @Single-tone (3.75kHz/15kHz)	射频发射状态， 23dBm (B1/B3)		250		mA
		射频发射状态， 23dBm (B8/B5/B20)		220		mA
		射频发射状态， 23dBm (B28)		280		mA
		射频发射状态， 12dBm (B1/B3/B8/B5/B20/B28)		130		mA
		射频发射状态， 0dBm(B1/B3/B8/B5/B20/B28)		70		mA
		射频接收状态		60		mA
	Active @Multi-tone (15kHz)	射频发射状态， 23dBm (B1/B3/B8/B5/B20/B28)		350		mA

图 4-20 三种模式的功耗

4.2 PCB 设计

本设备的 PCB 研发分为 3 步骤，第一步将各个模块进行整合，通过连接杜邦线的方式进行初次测试开发。第二步画 PCB 拓展板，将模块集成到板子上进行测试，在测试的时候发现喇叭有杂音。经过查找资料发现拓展版语音模块与 GSM 模块的距离太近，并且高频信号没有加滤波电容和串联磁珠，GSM 在发射高频信号的时候造成了信号干扰。第三步将整个传感器等硬件设备集成到一个开发板。

4.2.1 第一版 PCB

第一版方案是采用了小熊派核心板，外接了自己设计的 PCB 拓展板，

PCB 板采用了 2 层板设计。将各种模块通过排针排母的方式安在拓展版上。如图 4-21 所示，第一版已经考虑到会有信号干扰，因此在拓展版的 MIC 和喇叭引脚都加上了滤波电容，并采用的差分走线方式。但是由于两个模块（2G 和语音模块）相隔太近，导致仍然具有一定的干扰。

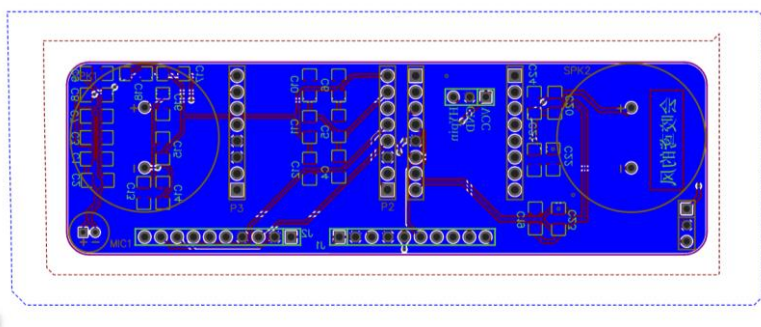


图 4-21 第一版方案 PCB

在嘉立创打样后，焊接好 PCB 将其插到小熊派拓展引脚上。实物图如图 4-22 所示。

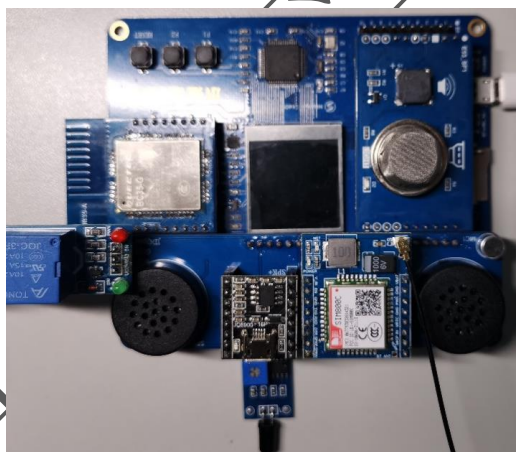


图 4-22 第一版方案实物图

4.2.2 第二版 PCB

第二版 PCB 将硬件设备集成到了整个板子上。将语音模块和 GSM 模块两者分开，一个在左下角，一个在右上角。并且开发板加入了螺丝柱的孔进行固定。抗干扰方面加入滤波电容和串联磁珠。并书写智慧楼宇消防系统图案和标识。该 PCB 规格大小为 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的四层板。

PCB 板的模块分布如下，左上方是继电器，最上方是 NB-IoT 模块，右上方是外接的 2G 模块。左下角是语音模块，右下角是烟雾传感器模块。左边为 flash，存放 MP3 音频。右边为火焰传感器探测火焰。显示屏通过

排母外接。正中心为芯片。最下方为电源usb 和 5V 转 3V3 电路以及按键。

其中引出了两排排针，分别为串口一调试排针和 ST-Link 烧录排针。可供设备测试和更新。正式商用时可以去掉。PCB 设计图和实物图如图 4-23 所示。

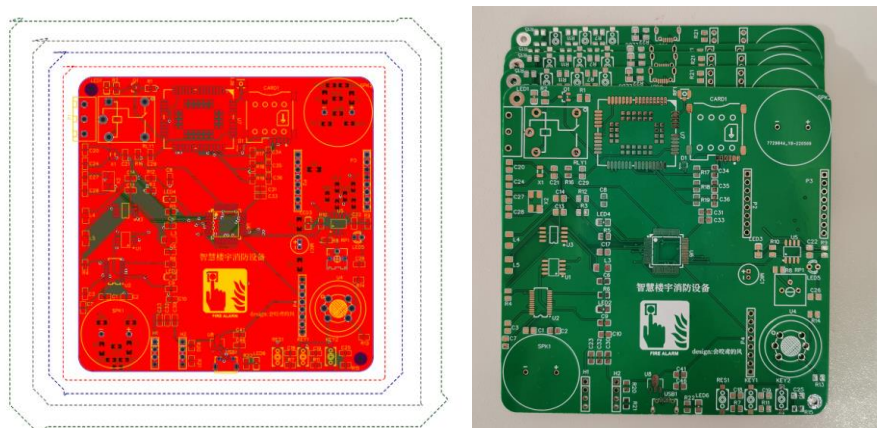


图 4-23 第二版方案 PCB 和实物图

PCB 的 3D 效果如图 4-24 所示，默认打板的颜色为蓝色或绿色，成本更低，若商业后想达到醒目的目的，也可以嘉立创打样红色 PCB 板。



图 4-24 第二版方案 3D 图

4.3 操作系统设计

本设计采用了华为 LiteOS 操作系统，创建了四个任务，包括数据采集和显示，数据上传，命令下发，以及报警任务。操作系统的任务执行流程图如图 4-25 所示。

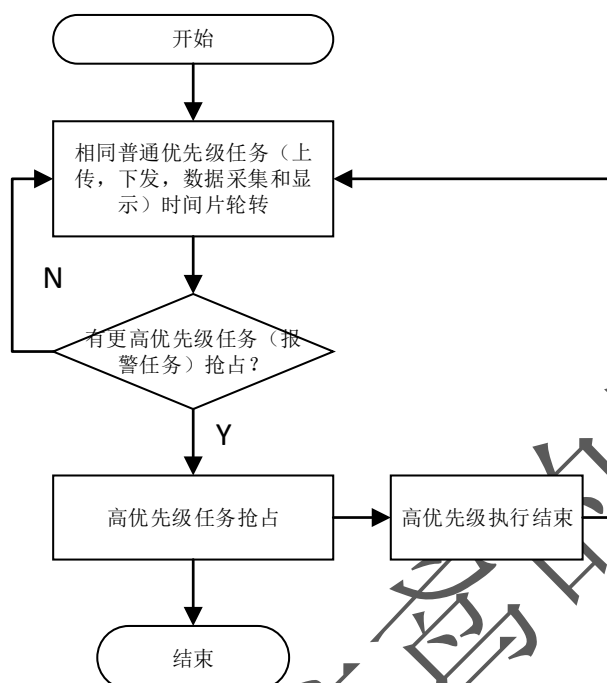


图 4-25 任务执行流程图

报警任务优先级（优先级是 9）高于普通任务优先级（优先级是 10）。创建任务的函数为 `osal_task_create()`；分别创建 `app_collect`, `app_report`, `app_command`, `warn` 四个任务。创建的案例代码如下：

```
osal_task_create("warn",app_warn_entry,NULL,0x400,NULL,9);
```

本设计中中断优先级顺序为：按键外部中断>串口中断>其他任务。

按键的外部中断的中断号是 3。外部中断 1 负责手动报警，外部中断 2 负责紧急取消报警。示例：`osal_int_connect(KEY1_EXTI_IRQn, 3,0,Key1_IRQHandler,NULL)`；功能实现如下，当手动报警按键按下，手动报警标志位置 1，报警状态标记为 1。当取消报警按键按下，手动报警标志位置 0，报警状态标记为 0。

串口的中断的中断号是 4。LPUART1 负责 NB-IoT 通信，串口 2 负责语音控制，串口 3 负责 2G 模块，中断优先级相同。示例：`LOS_HwiCreate(USART1_IRQn, 4,0,USART2_IRQHandler,NULL)`；

4.3.1 数据采集和显示任务

该任务负责获取烟雾浓度以及报警状态（0：无报警，1：手动报警，2：烟雾报警，3：火焰报警）。并将数据通过串口和显示屏显示出来。刷新率为 1 秒/次。

4.3.2 数据上传任务

数据上传任务负责将烟雾浓度，报警状态数据上传到华为云。每两秒上传一次，通过 `oc_lwm2m_report()` 上传数据，通过 `htons()` 函数将烟感的数据结构体 `Smoke` 和报警状态结构体 `Warn` 从主机字节顺序转变为网络字节顺序。

4.3.3 命令下发任务

可以通过华为云的命令下发来手动关闭和开启报警。当下发包含“ON”的命令时，开启报警，`hand_warn` 置 1。当下发包含“OFF”的命令时，关闭报警，`hand_warn` 置 0。

4.3.4 报警任务

报警分为按键手动报警，烟雾传感器，报警火焰传感器报警三种报警方式。当手动报警标志位置 1，或检测到火焰，或烟雾传感器值大于 3000，就会触发设备执行报警。此时拨打电话，播放语音，警示灯亮，继电器闭合（水闸开始喷水）。更新报警状态值。

当条件不满足，维持设备正常状态，同时通过 `osal_task_sleep(2000)` 函数实现每 2 秒发送一次。

4.4 软件设计

软件的设计流程图和软件功能流程图如图 4-26，4-27 所示。

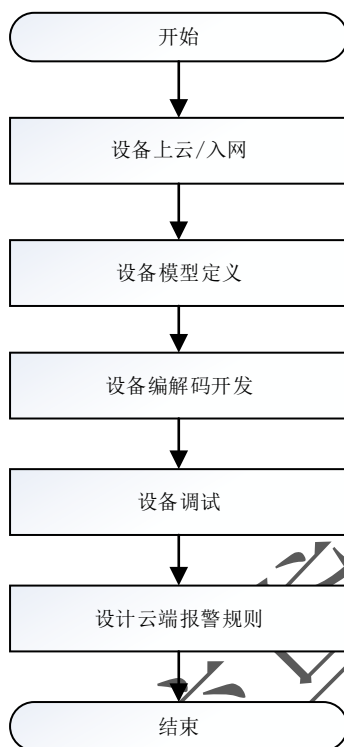


图 4-26 软件设计流程图

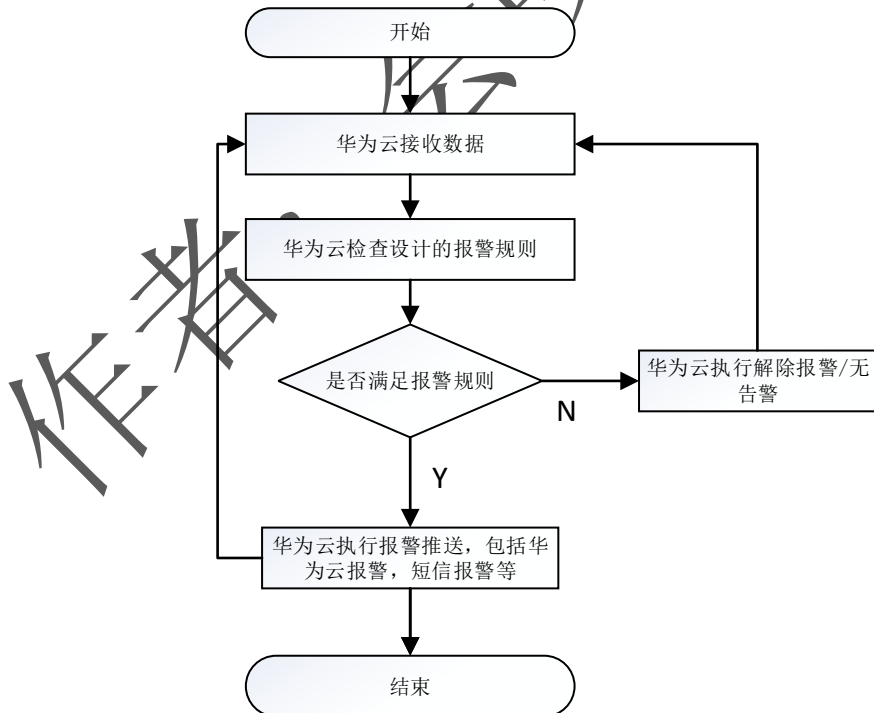


图 4-27 软件功能流程图

4.4.1 设备上云代码设计

1. 华为云接口配置

华为云接口配置包含设备 ID，IP 地址，端口号。

2. 应用层协议

使用了 LWM2M 协议，该协议属于应用层协议，主要在 NB-IoT 场景下应用。是一个轻量级的设备到设备的物联网无连接协议。本部分通过 oc_lwm2m_report() 函数进行调用，将数据进行上传。

3. 数据包编解码

本毕业设计传输的消息列表如表 4-2 所示，表 4-3，4-4，4-5，4-6 表示 Smoke，Control_Beep(下发命令)，Control_Beep(上传命令)，Warn 的消息结构体：

表 4-2 传输的消息列表

消息名	消息类型	消息 ID	备注
Smoke	数据上报	0x8	烟雾浓度值的上报
Control_beep	命令下发	0x9	远程控制报警开关
	命令响应	0xa	当前是否处于报警。
Warn	数据上报	0xb	报警类型，0:无报警； 1:手动报警；2:烟雾报警；3: 火焰报警

表 4-3 消息名 Smoke 消息结构体

参数名	数据类型	长度	默认值
messageId	int8u	1 字节	0x8
Smoke_Value	int16s	2 字节	/

表 4-4 消息名 Control_Beep(下发命令)消息结构体

参数名	数据类型	长度	默认值
messageId	int8u	1 字节	0x9
mid	int16u	2 字节	/
beep	string	3 字节	/

表 4-5 消息名 Control_Beep(上传命令)消息结构体

参数名	数据类型	长度	默认值
messageId	int8u	1 字节	0xa
mid	int16u	2 字节	/
errcode	int8u	1 字节	/
Beep_state	int8u	1 字节	/

表 4-6 消息名 Warn 消息结构体

参数名	数据类型	长度	默认值
messageId	int8u	1 字节	0xb
Warn_state	int16u	2 字节	/

在代码层面上首先配置每个消息的地址域，然后将每个消息设置成结构体，之后以结构体的方式发送数据给云平台。

4.4.2 平台开发

1. 设备入网：

每个 NB-IoT 模组都有唯一的 IMEI 号来标识华为云中的设备。当插入 NB-IoT 流量卡时，设备可以正常工作。此时设备由未激活状态转为在线状态。其中 86 开头的数字即为 IMEI 号，如图 4-28 所示。

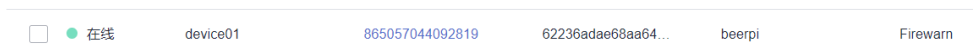


图 4-28 设备入网

可以设置设备的地理位置等详细信息。这样就可以实现楼宇每个房间都能实时监测到环境状况。还可以对设备进行分组，方便设备管理。其他功能还包括在线固件升级等。

2. 模型定义：

火灾监测产品的模型定义如图 4-29 所示，属性包括烟雾浓度值和报警状态值，且都为整型。命令包含控制报警开/关，命令下发的数据类型为 string 型 (ON,OFF)。



图 4-29 产品模型定义

3. 编解码开发：

华为云编解码开发如图 4-30 所示，分别表示烟雾上报消息包，报警状态上报消息包，命令上传/下发消息包的编解码。图形化开发的 message 结构应与之前烧录的代码一致。

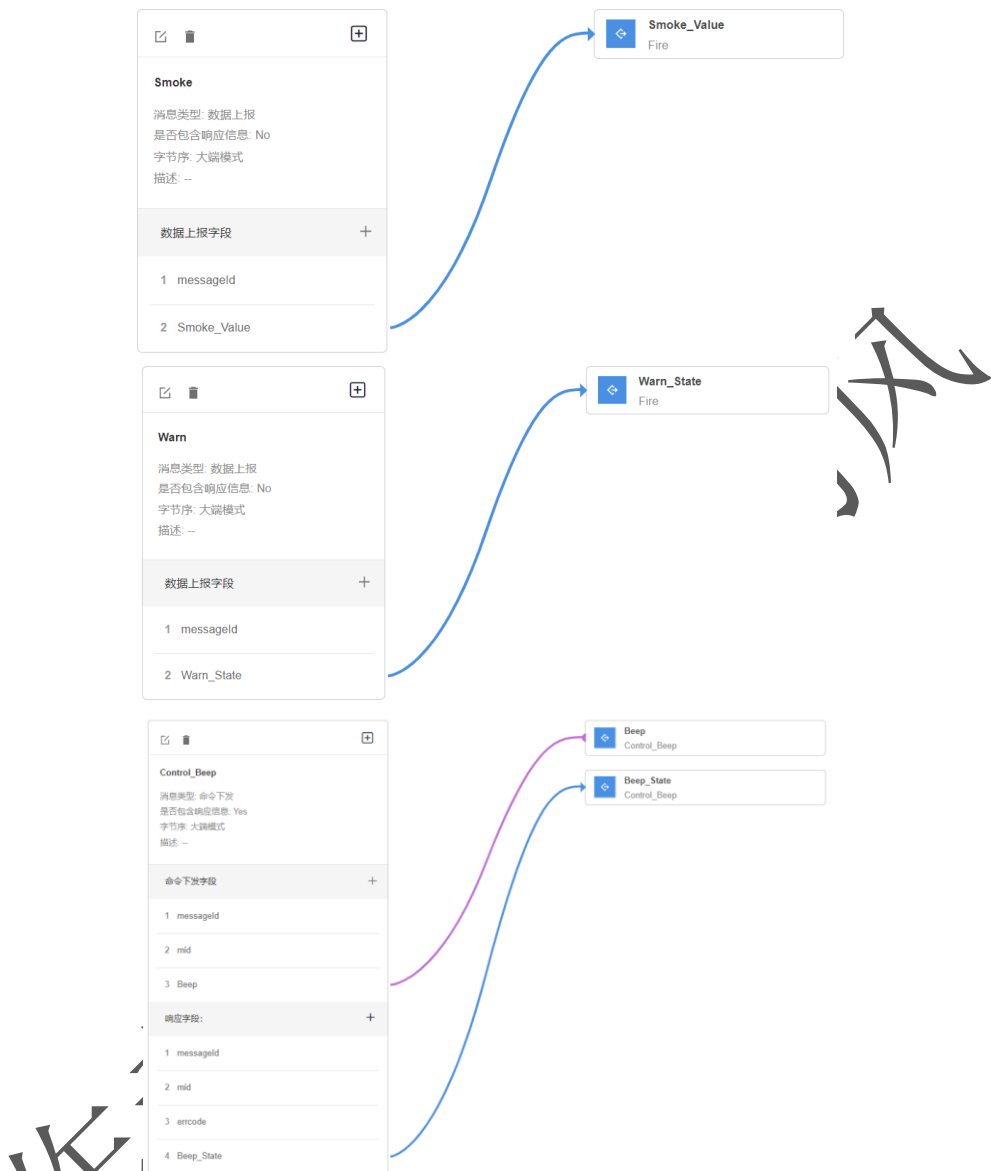


图 4-30 消息编解码

4. 在线调试:

经过在线调试，设备可以正常接收消息。接收 Smoke_Value 和 Warn_State 的数据包。如图 4-31 所示。



图 4-31 设备在线接收消息

当平台发送关闭报警命令，命令下发正常，设备远程关闭报警，如图 4-32 所示。



图 4-32 命令下发到设备

此时设备状态在线，数据显示正常，报警状态无报警，烟雾浓度值 <3000，浓度值正常，如图 4-33 所示。

最新上报数据

Warn_State	Smoke_Value
0	2021
<Fire>	<Fire>
2022/04/29 15:19:44 GMT+08:00	2022/04/29 15:19:44 GMT+08:00

图 4-33 设备数据上传显示

5. 设置规则：

当报警状态大于等于 1（即非 0），或者烟雾值大于 3000，触发火灾报警。此时华为云发送报警短信，并上报华为云告警，如图 4-34 所示。

此处触发机制采用了重复抑制的方式。例如当烟雾传感器值首次高于 3000，华为云触发规则报警。在一个周期内若持续高于 3000，不再重复触发报警。从而避免短信等资源的浪费。

触发条件

需满足 任意一个 以下条件:

1. 设备设备状态: Firearm, Fire, Warn_State, >=, 1, 触发机制: 触发延迟 300秒, 编辑

2. 设备设备状态: Firearm, Fire, Smoke_Value, >=, 3000, 触发机制: 触发延迟 300秒, 编辑

⊕ 添加条件

执行动作

发送消息: ch-north-4, smoke, 编辑消息内容, 编辑

上报告警: 警告, 一般, 严重, 致命, 您位于哈尔滨理工大学西医学士生三公寓, 编辑告警内容, 编辑

⊕ 添加动作

图 4-34 设置告警规则

设置取消告警规则，当报警状态值为 0 时，取消告警，如图 4-35 所示。

触发条件

需满足 全部 以下条件:

1. 设备设备状态: Firearm, Fire, Warn_State, <=, 0, 触发机制: 触发延迟 300秒, 编辑

⊕ 添加条件

执行动作

恢复告警: 警告, 一般, 严重, 致命, 您的报警已经解除, 编辑

⊕ 添加动作

图 4-35 设置取消告警规则

6. 实现效果:

可以在平台查看某时间段的报警情况，如图 4-36 所示。

告警列表

告警级别: 紧急 (0) 重要 (2) 次要 (0) 提示 (0) 近1天

活动告警 | 历史告警

告警级别: 紧急 | 重要 | 提示 | 添加筛选条件

名称	告警级别	告警源	资源类型	资源名称	告警详情	发生时间	持续时间	操作
您位于哈尔滨理工大学...	重要	IoTDA	Rule	["alarmNameSpace": "..."]	deviceId=62236adae68aa647c089db2b_8...	2022-04-29 15:31:08...	13分39秒	删除
您位于哈尔滨理工大学...	重要	IoTDA	Rule	["alarmNameSpace": "..."]	deviceId=62236adae68aa647c089db2b_8...	2022-04-29 15:31:08...	13分39秒	删除

10 < 1 > 跳转 1

图 4-36 平台告警

同时华为云支持软件仪表盘，可以设置可视化相关数据，直观看到设备工作情况和报警状况。如图 4-37，4-38 所示。



图 4-37 设备仪表盘



图 4-38 告警仪表盘

4.5 手机端报警推送设计

4.5.1 电话

当任意形式的报警触发后，都会触发电话报警，设备自带麦克风和喇叭，设备拨通电话后，机主可以通过手机与现场联系，了解火情，指挥群众疏散。若火势不大，可以指导群众进行灭火。

4.5.2 短信

由于私人手机号发送带网址或诱导敏感词的短信容易被封号，因此采用了华为云的短信服务。当任意形式的报警触发后，都会触发短信报警。此时华为云会发送短信，短信包含设备的所在地址和经纬度信息。网址采用了短网址格式。用短网址替代长的网址使得链接更加简洁。点击链接或地址，可以通过浏览器或高德地图进行查看位置分享。判断火灾发生地点，及时救火。

具体的短信内容和使用如图 4-39，4-40 所示：



图 4-39 短信消息

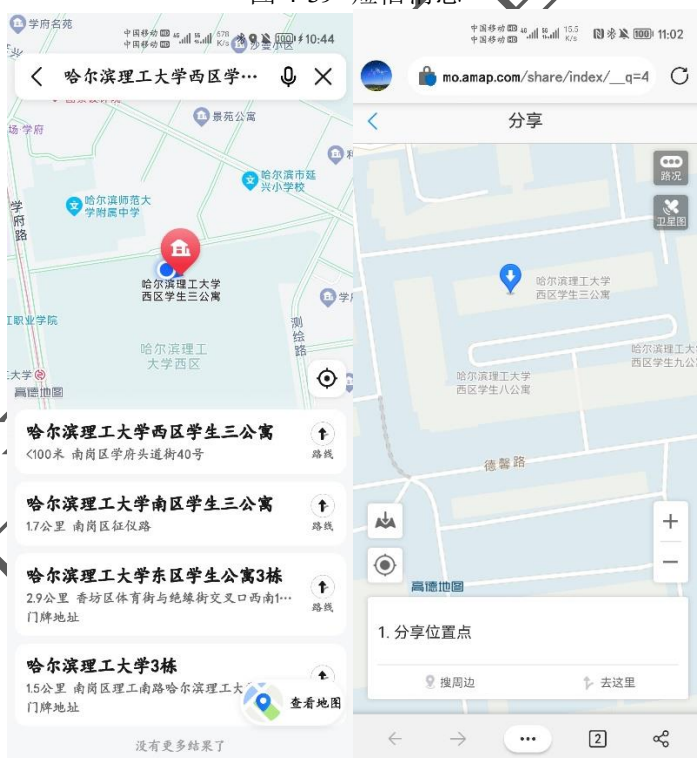


图 4-40 短信链接

4.6 外壳设计

设备的外壳通过立创 EDA 专业版进行设计，通过三维猴 3D 打印平台上打印。材料选用的树脂，为节省成本，颜色随机。外壳的整体设计图如图 4-41 所示。

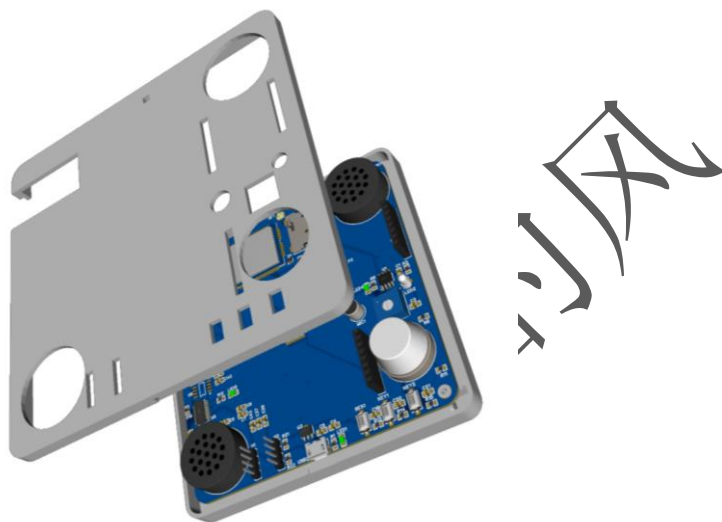


图 4-41 外壳的整体设计

设计的 3D 外壳为上下壳的方式，边框采用圆角矩形。外壳整体高度为12cm，PCB 距外壳底面6mm，下壳高度为8mm，外壳厚度为1.5mm，具体的设计细节如下。

本产品由于外壳为不透明材质，因此通过排母拓展的方式将显示屏露在外面。下图黑色的排母为显示屏插槽，如图 4-42 所示。



图 4-42 显示屏插槽

由于本产品涉及到探测空气以及探测火焰，因此在烟雾传感器和火焰传感器上都有挖槽。并将传感器外露。下图 4-43 是烟雾传感器挖槽外露的设计。

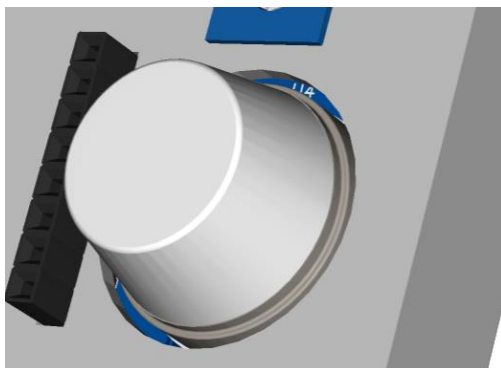


图 4-43 烟雾传感器挖槽

火焰传感器的红外探测管以及火焰传感器灵敏度调节旋钮的挖槽设计如图 4-44。

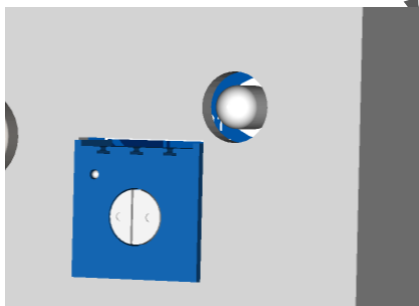


图 4-44 火焰传感器挖槽

同时天线连接处挖出开孔，方便外接天线伸出。天线采用柔性电路板（FPC）天线，接头为 IPEX1 代，可以将天线的背胶面粘在外壳上，如图 4-45 所示。

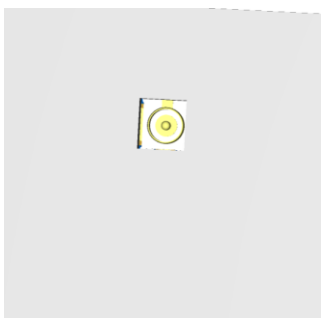


图 4-45 天线挖槽

侧面挖槽时需要选取侧面基准线，放置侧面挖槽区域，设计的继电器输出端子的挖槽效果如下图 4-47 所示。

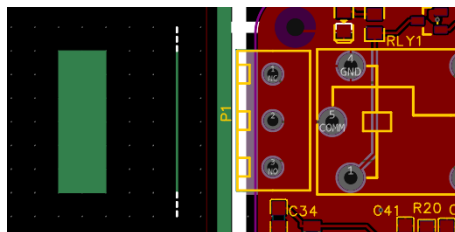


图 4-46 侧面挖槽设计

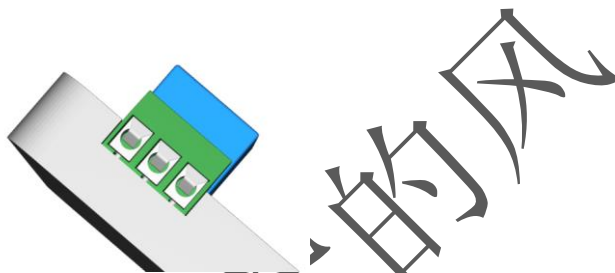


图 4-47 侧面继电器挖槽

由于本产品为消防用品，因此考虑到误触保护。为了防止误触或者小孩接触到报警按钮，本外壳加入了防误触设计。将报警按键、取消报警按键和复位按键稍微低于外壳，而没有采用传统的按钮。这样防止了误触的发生。通过尖锐物品（例如钥匙尖端）按下此按钮。为了防止小孩接触，请把设备固定到高处例如房顶上，按键挖槽设计如图 4-48 所示。

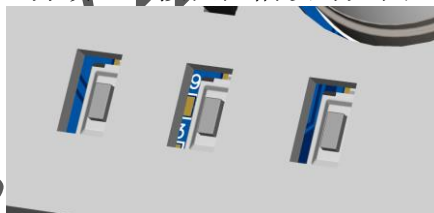


图 4-48 按键挖槽

其他开槽区域例如麦克风，喇叭，USB 电源接口等在此不再赘述。

为了保证设备的稳固性，在板子上添加了螺丝柱，并将螺丝柱加强筋，螺丝头规格采用 M2 螺丝。具体的设计细节如图 4-49，4-50 所示。

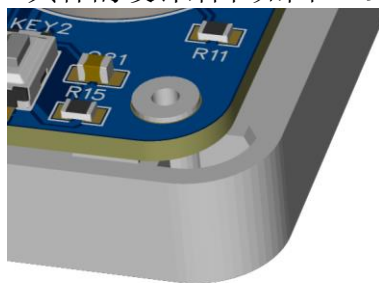


图 4-49 PCB 与螺丝柱安装图

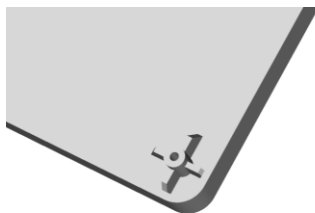


图 4-50 螺丝柱设计图

设备的顶面视图如图 4-51 所示。

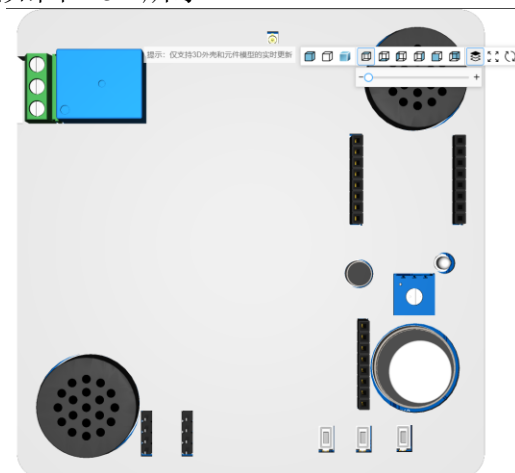


图 4-51 顶面视图

设备的侧面视图如图 4-52 所示。

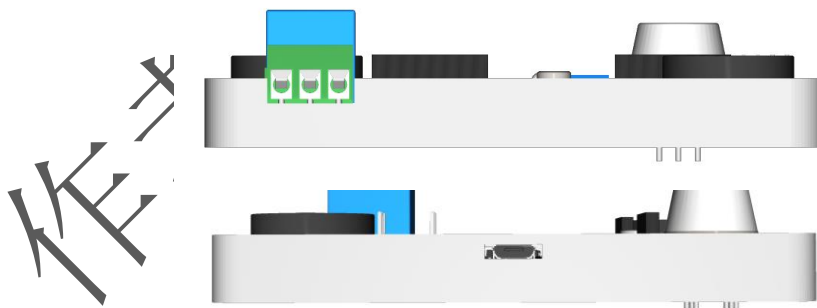


图 4-52 侧面视图

设备上外壳视图和实物图如图 4-53 所示。

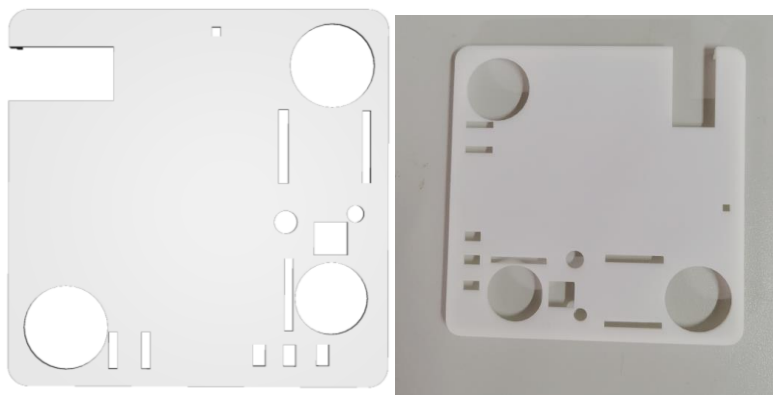


图 4-53 上外壳视图和实物图

设备下外壳视图和实物图如图 4-54 所示。

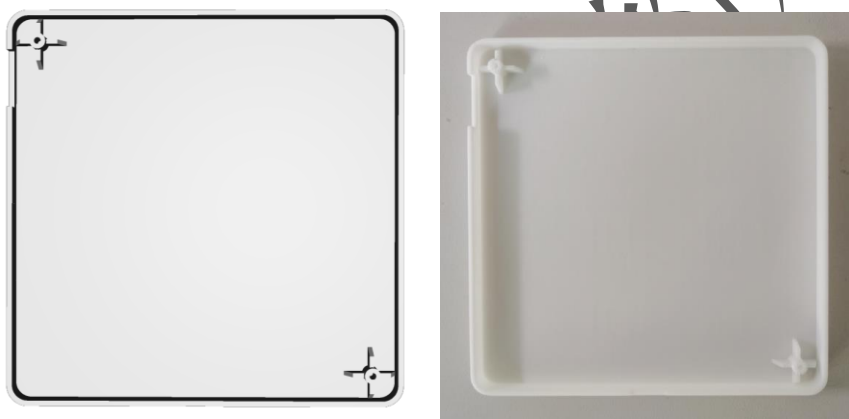


图 4-54 下外壳视图和实物图

4.7 成本

本设备的成本部分包括元器件，PCB 板，外壳，软件平台，流量等成本。设备一次性部署的成本大约 140 元（不包括流量，流量 10 元/年）。

4.7.1 设备成本

1 元件成本

将电路图的物料清单导出，在立创商城下单，选取价格优先匹配。再适当手动选取微调。除了语音芯片 JQ8900 和显示屏嘉立创暂时缺货，其余货源都匹配到性价比价格最低的元件。嘉立创采购 10 套的费用大概在 1523 元。总体上嘉立创平台以个人名义少量购买时，平均每个设备的元件成本大概在 170 元左右。如图 4-55 所示。

类别	商品编号	商品信息	单价 (含增值税)	数量	发货仓库	金额 (含增值税)	操作
内地发货(内地库存)							
✓ 板级商品							
✓	C2981431 物料编号	2G/3G/4G/5G模块/SIM800C SIM800C 模块 SIMCOM(芯讯通无线科技) (1托盘有50个)	¥ 37.39	10	广东仓 发货数量10个 广东库存: 49 江苏库存: 26	¥ 373.9	添加样品 移入收藏夹 删除
✓	C133333 物料编号	无源晶振/SMD-5032_4P 8M 20ppm TAXIM8MAQLCDT21 SMD5032-4P TAE(德鑫鑫) (1面盘有1000个)	¥ 1.1552	10	广东仓 发货数量10个 广东库存: 5749 江苏库存: 1143	¥ 11.55	添加样品 移入收藏夹 删除
已选中 49 种商品 (广东发货47种, 江苏发货3种) 总价 (含运费): ¥ 1522.95							结算

图 4-55 嘉立创元件成本

当然个体用户在嘉立创购买元件性价比不高，在淘宝店铺购买相关元件费用会大大降低。综合来看，该设备费用较高的元件种类主要为MCU，通信芯片，传感器，显示屏，语音芯片，其他元件费用较低。因此在本人多次购买过的淘宝可信赖的店铺购买以上重要元件可大致估算出淘宝的成本价格。具体截图如图 4-56 所示。



图 4-56 淘宝元件成本

加上电阻电容 LED 灯灯其他元器件，淘宝的元件成本价格在 110-120 元左右。

2. PCB 成本

嘉立创在 PCB 规格小于 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的四层板是每月免费打样两次。若正常打样平均一块板 8 元。

3. 外壳成本

在三维猴上下单，采用最便宜的树脂，颜色随机，打印价格大概 16 元左右。如图 4-57 所示。

订单信息

订单编号: G22050900847 (样品)

序号	商品信息	商品单价	商品数量	价格	当前状态	打印风险	操作
1	 最终外壳_B.stl 材料: X树脂 (随机) 表面处理: 原色 体积: 21.83cm³ 图片: 952 破图图片: 0 交期: 2-5天 (+) 下载3D源文件	¥9.08	1	¥9.08	生产中	接受	再次购买
2	 最终外壳_T.stl 材料: X树脂 (随机) 表面处理: 原色 体积: 18.5cm³ 图片: 1254 破图图片: 0 交期: 2-5天 (+) 下载3D源文件	¥7.7	1	¥7.7	生产中	接受	再次购买
商品总额:		¥16.78					

图 4-57 外壳成本

总结：由于软件成本上华为云基础版服务是免费的。综上所述，设备的整体成本大概为 140 元。若按企业量产的话，价格会更低。

4.7.2 流量成本

本人购买的是 3 年的 NB 流量卡，每个月包月 30M，年费 10 元/年。经过实际测试流量消耗，当设备发送数据频率为 2 秒发送一次，从 5 月 7 日上午七点 26 分至 5 月 8 日下午 7 点 15 分设备运行 36 个小时。总共消耗流量大约 2M。因此，正常商用设备每 4 秒发送一次数据一天 24 小时的流量消耗不超过 1M，因此每月 30M 的流量卡完全够用。每台设备三年更换或充值一次 NB-IoT 卡，维护成本低。流量截图如图 4-58 所示。



图 4-58 流量成本

4.8 本章小结

本章注重系统的整体实现。首先对系统的硬件、软件等分别详细进行开发设计。同时根据开发中遇到的问题进行分析，重新进行二次开发。最后设计出抗干扰，低功耗，低流量，IP 等级为 IP30 的较为稳定的系统。

第5章 设备测试

5.1 功能测试

正常状态下，此时感知端烟雾传感器和火焰传感器不报警，执行端继电器断开。烟感值小于设定浓度值（3000）。同时报警状态值为0即不报警。设备显示屏显示相同正常状态。正常状态下效果如图 5-1，5-2 所示。

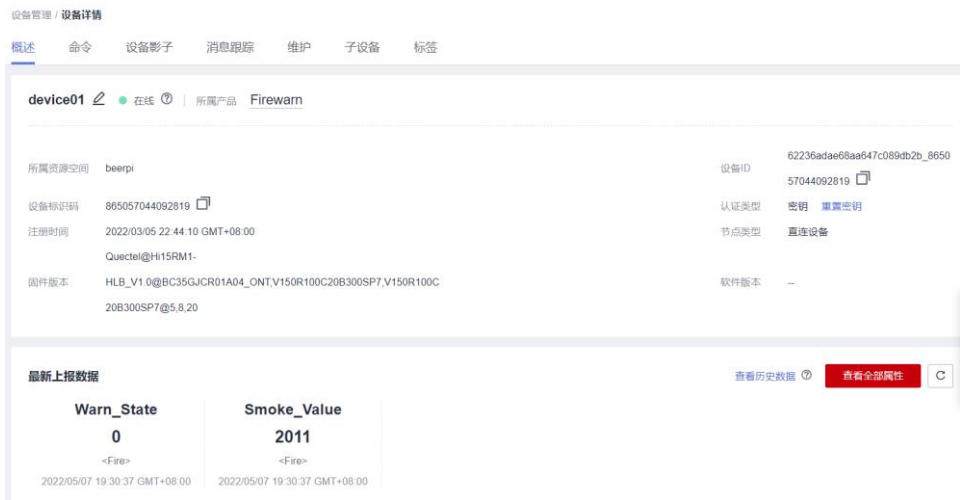


图 5-1 正常状态下华为云显示设备显示烟感值小于阈值，报警状态为0。没有报警。

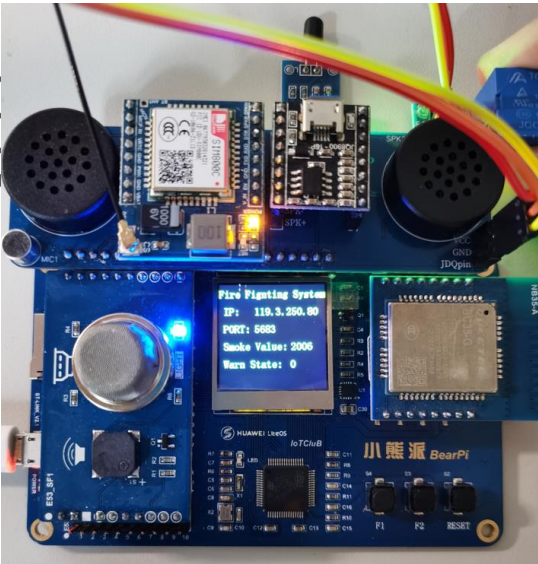


图 5-2 正常状态下设备测试图

当按下手动报警按键 KEY1，此时发生手动报警，此时华为云和设备显示屏的报警状态值为 1，表示手动报警，触发消防报警，此时语音开始报警，华为云发送报警推送，设备拨打户主或物业电话。并通过短信推送的方式告知报警的地理位置等报警信息。此功能可作为设备测试或模拟火灾发生的演练。可以随时按 KEY2 取消报警。按下手动报警状态下效果如图 5-3，5-4 所示。

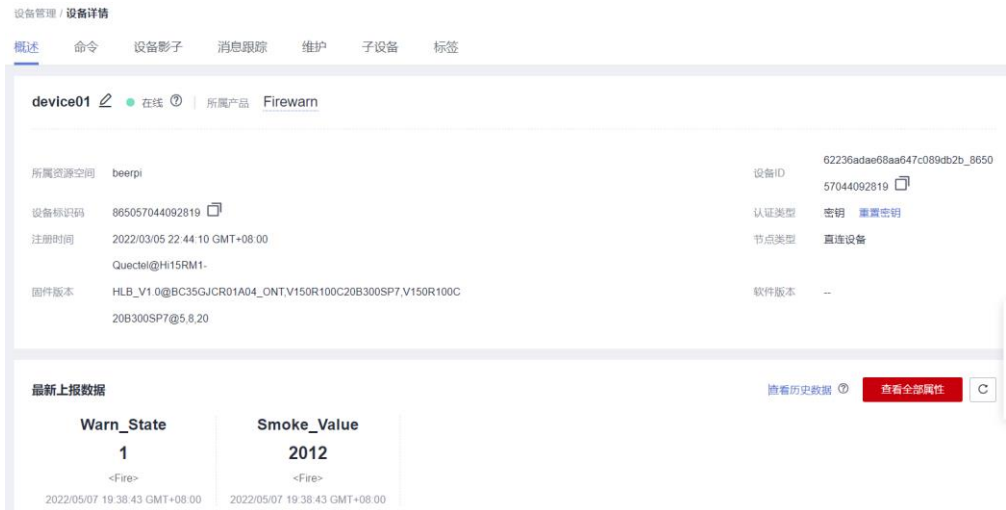


图 5-3 手动报警状态下华为云显示

按下左边第一个手动报警，此时显示屏报警状态为 1，此时芯片旁的报警灯亮起，执行播放语音，继电器闭合等一系列报警动作。

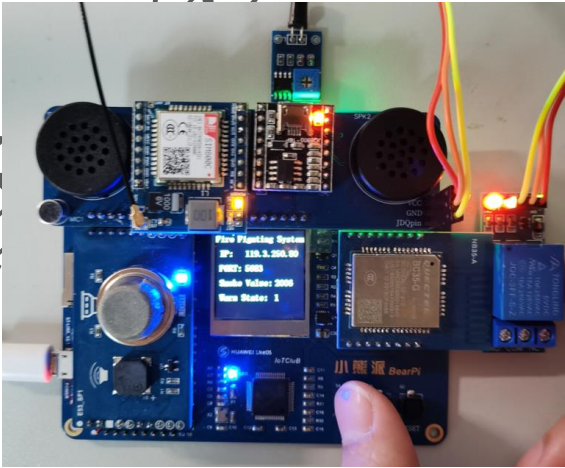


图 5-4 手动状态下设备测试图

当烟雾传感器检测到烟雾等烃化物，触发火灾报警，此时报警状态为 2，烟感浓度到达阈值浓度（3000），此时设备显示屏和华为云显示报警状态和烟雾值如下，此时有极大概率发生火灾（可能发生误报原因：室内吸烟人数过多，导致室内烟雾弥漫）。烟雾传感器报警状态下效果如图 5-5，5-6 所示。

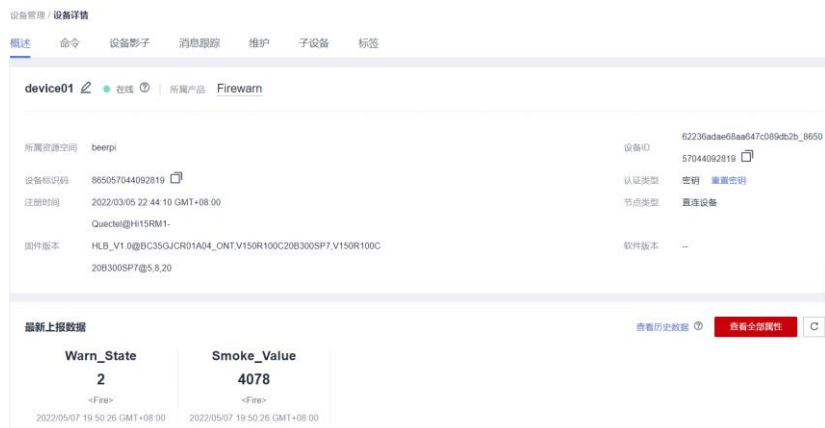


图 5-5 烟雾报警状态下华为云显示

测试时用打火机的气模拟可燃气体。当打火机的燃气靠近烟雾传感器，同样会执行报警操作。此时显示屏的报警状态为 2，烟雾值大于阈值。

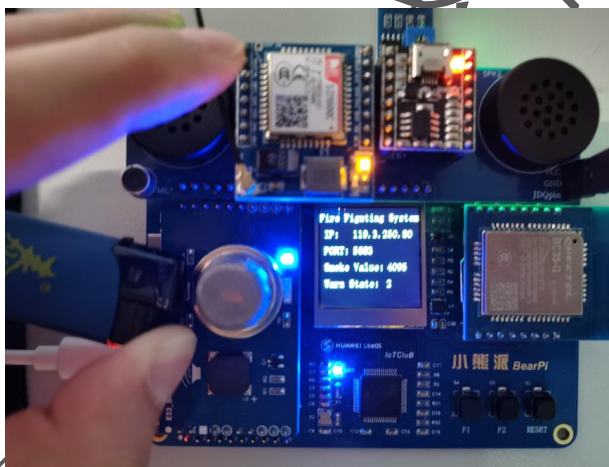


图 5-6 烟雾报警状态下设备测试图

当火焰传感器检测到火焰，同样触发消防报警，此时报警状态为 3，报警和执行同上。此时可以基本判断为发生火灾。火焰报警状态下效果如图 5-7、5-8 所示。

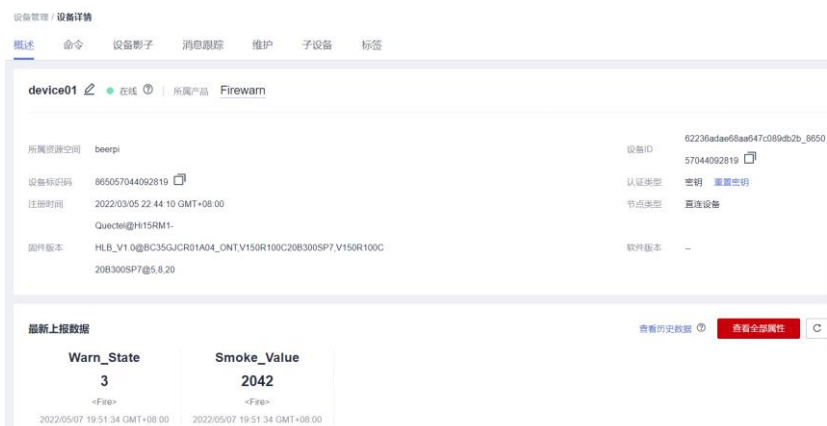


图 5-7 火焰报警状态下华为云显示

当打火机打火，火焰传感器检测到火焰，传感器灯会亮起。同样执行一系列报警操作。此时显示屏报警状态为3。

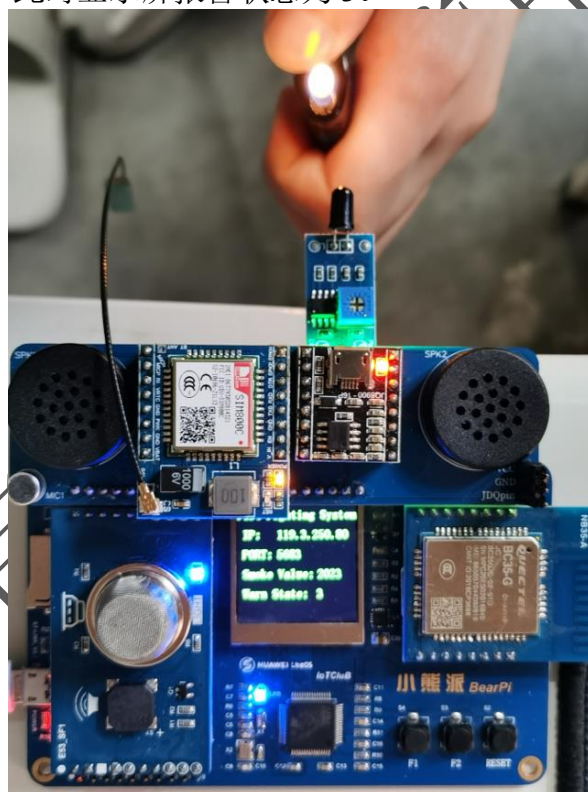


图 5-8 火焰报警状态下设备测试图

当烟感浓度值到达阈值，火焰传感器同时也检测到火焰，此时报警状态为3。此时火灾威胁等级最高（即可以完全判定发生火灾）。

5.2 功耗测试

由于本设备要求 24 小时设备开启。因此要求尽量满足节能的要求。本设备平时直接通过普通手机插头供电即可，当停电时可使用电池供电，由于该设备功耗极低，仅为 1.3W。4000mAh 的电池可使用 14 个小时。根据《民用建筑电气设计标准》，报警装置至少能够保证 3 小时续航，具体标准如图 5-9 所示。本设备的设计完全满足停电或火灾时电池备用供电的需求。

13.7.16 各类消防用电设备在火灾发生期间，最少持续供电时间应符合表 13.7.16 的规定。

表 13.7.16 消防用电设备在火灾发生期间的最少持续供电时间

消防用电设备名称	持续供电时间(min)
火灾自动报警装置	≥180(120)
消火栓、消防泵及水幕泵	≥180(120)
自动喷水系统	≥60
水喷雾和泡沫灭火系统	≥30
消防用电设备名称	持续供电时间(min)
CO ₂ 灭火和干粉灭火系统	≥30
防、排烟设备	≥90、60、30
火灾应急广播	≥90、60、30
消防电梯	≥180(120)

注：1 防、排烟设备火灾时应大于等于疏散照明时间，不同场所的应急照明时间见本标准表 13.6.6。

2 表中 120min 为建筑火灾延续时间 2h 的参数。

图 5-9 民用建筑电气设计标准

通过电流电压功率检测仪测得，图 5-10 显示设备正常工作时候的电流电压值，功耗仅为 1.3W。



图 5-10 正常状态下功耗

图 5-11 为设备报警时的电流电压值，功耗为 3.1W。



图 5-11 报警状态下功耗

5.3 实用性测试

首先本设备安装在室内，不会淋雨，并且安装在房顶/高处，也不会受到挤压或者磕碰。本设备可防止小固体进入，这样防止手指触摸电路或者其他小固体进入，导致短路或污染电路板等。因此满足外壳防护等级的IP30 标准。

本设备外壳厚度为 1.5mm，足以保证在运输和存储中的磕碰时不会损坏。

同样，该设备适用的环境为室内，不要安装在室外淋雨环境或紧邻天然气或气灶的区域。以免进水或者经常误报。

5.4 本章小结

本章主要对设备的功能、功耗和实用性上进行了测试。测试表明，基本满足日常家用和公共场所的使用，同时也要注意使用规范，不要在室外和气灶旁使用。

结论

随着物联网时代的到来，传统的消防设备也应该紧随智慧城市的步伐，增强与智慧城市的联动性以及消防本身的智慧性。本毕业设计能将楼宇与人，楼宇与各部门紧密连接。从而实现了万物互联中智慧消防这一环节。

本文首先介绍了传统的消防设备没有智慧能力，不能进行多功能联动，火灾发生也不能主动告知物业和消防部门。只能通过群众拨打电话来了解火情。从而可能错失了最佳的灭火和抢救时间。因此本毕业设计目的是为了提高消防设备的智慧能力，加强各感知节点和控制执行端的联动能力。做到秒级响应，当火势较小尽早扑灭，火势失控时给消防部门争取宝贵的灭火时间。

接下来开始介绍设备整体设计和设备的报警流程。在硬件设计中，详细介绍每个传感器和元件的使用和原理，通信模块的使用等其他硬件设计。PCB 设计中针对第一版 PCB 进行改进，设计了更稳定的第二版 PCB。操作系统设计中详细介绍操作系统的任务调度和优先级。外壳设计中详细介绍每一部分的挖槽设计和整体效果。同时对该设备的整体功耗和成本进行控制。综合评估出设备的整体成本大约 140 元左右，每年消耗流量成本大约 10 元。

之后对设备的功能、功耗、实用性进行测试。经过测试基本上满足了普通室内场合下的需求。

本毕业设计从功能、功耗上基本满足家用或商用的需求。但由于本人设计经验不足以及时间仓促，目前仍有部分设计有待改进。

1. 设备如何挂在屋顶上或高处的解决方案本文中目前没有设计。设计时需要考虑安装的便携性和稳定性，保证不会掉落损坏设备或砸伤人员。

2. 设备电源和电池的切换目前没有具体设计，初步替代方案是设备连接锂电池，锂电池连接充电器。从而保证了断电设备依然能正常工作 12 小时以上。这种方式与消防紧急照明灯的供电方式相同。这部分设计有待完善。