

# 曲阜师范大学

## 本科生毕业论文（设计）



题    目    基于NB-IOT的智能轮椅云监控系统设计  
姓    名    崔国顺    学号    2019411967  
院    系    物理工程学院  
专    业    电子信息工程  
指导教师    黄勇坚    职称    副教授

2023年5月10日

曲阜师范大学教务处制

# 目 录

摘要 .....	1
关键词 .....	1
<b>Abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>Key words.....</b>	<b>1</b>
引言 .....	2
1 系统总体方案设计与主要器件选择 .....	2
1. 1 系统总体方案设计 .....	2
1. 1. 1 系统整体框架 .....	2
1. 1. 2 云端监测智能轮椅状态需求分析 .....	3
1. 2 系统的器件选择 .....	3
1. 2. 1 主控器选择 .....	3
1. 2. 2 定位模块选择 .....	3
1. 2. 3 物联网通信模块选择 .....	3
1. 2. 4 液晶显示器选择 .....	4
1. 2. 5 物联网平台选择 .....	4
1. 2. 6 AD 转换器与轮椅状态模拟器件选择 .....	4
2 系统硬件电路设计 .....	5
2. 1 系统总体方案设计 .....	5
2. 2 单片机最小系统 .....	6
2. 3 BC26 通信模块接口电路设计 .....	6
2. 4 定位模块接口电路设计 .....	6
2. 5 液晶显示器接口电路设计 .....	7
2. 6 机械按键接口电路设计 .....	7
3 系统软件设计 .....	8
3. 1 系统主程序设计 .....	8
3. 2 按键程序设计 .....	9
3. 3 定位模块程序设计 .....	9
3. 4 ADC 采集模块程序设计 .....	10
3. 5 BC26 通信模块程序设计 .....	10
3. 6 显示模块程序设计 .....	11
4 系统测试 .....	12
4. 1 系统主界面测试 .....	12
4. 2 系统定位功能及显示测试 .....	13
4. 3 电压采集与显示测试 .....	13
4. 4 系统综合功能功能测试 .....	13
4. 5 设备与阿里云物联网平台通信功能测试 .....	14
4. 6 测试结果分析 .....	15
5 结论 .....	15
致谢 .....	15
参考文献 .....	16

# 基于 NB-IOT 的智能轮椅云监控系统设计

电子信息工程专业学生 崔国顺

指导教师 黄勇坚

**摘要:** 目前, 物联网云服务已经在生活中得到广泛应用, 融合信息通信技术的智能化轮椅可以更好地满足高龄老人、残障人士的出行需要。系统以 STM32F103ZET6 单片机作为主控单元, 借助机械按键模拟轮椅姿态倾倒或正常运行, 实时监控轮椅速度, 选用芯片内置 ADC 完成数据采集, 通过定位模块实现远程定位, 各项操作及处理结果由 TFTLCD 实时显示并利用 BC26 模块同步上传至阿里云平台。系统具有一键求助功能, 能够实时进行人体坐立检测、远程定位、速度检测、轮椅姿态检测、电压显示。同时, 以上参数阿里云平台均实时显示。综上, 系统能够监测轮椅使用过程中的各项数据, 实现了智能化轮椅的云端监测。

**关键词:** 智能轮椅 远程定位 窄带物联网 云端监控

## Design of Intelligent Wheelchair Cloud Monitoring System Based on NB-IOT

Student majoring in Electronic and Information Engineering Guoshun Cui

Tutor Yongjian Huang

**Abstract:** Currently, IoT cloud services have been widely applied in daily life. Intelligent wheelchairs that integrate information and communication technology can better meet the travel needs of the elderly and disabled. The system uses the STM32F103ZET6 microcontroller as the main control unit, uses mechanical buttons to simulate the tilting or normal operation of the wheelchair posture, monitors the speed of the wheelchair in real-time, selects the built-in ADC of the chip to complete data collection, and achieves remote positioning through the positioning module. All operations and processing results are displayed in real-time by TFTLCD and synchronously uploaded to the Alibaba Cloud platform using the BC26 module. The system has a one click help function, which can perform real-time human sitting detection, remote positioning, speed detection, wheelchair posture detection, and battery display. Meanwhile, the above functions are displayed in real-time on the Alibaba Cloud platform. In summary, the system can monitor various data during the use of wheelchairs, achieving cloud monitoring of intelligent wheelchairs.

**Key words:** i Wheelchair; Remote positioning; Narrowband Internet of Things; Cloud monitoring

引言 随着中国老龄化加快，需要照顾的老人也越来越多，智能化的轮椅会给老年人、伤残病人的生活起居带来极大的方便，因此智能轮椅的需求量会越来越大。<sup>[1]</sup>

相关文献显示，我国智能轮椅的研发起步较晚，在结构的先进性上同发达国家相比还有一定差距<sup>[2]</sup>，但是，在某些方面依然达到了国际先进水平。随着人工智能、模式识别和嵌入式等技术的发展，目前智能轮椅主要呈现出模块化、人性化程度越来越高、智能化水平不断提升、普及化程度逐步提高的特点。智能轮椅的出现使得使用者更自主地实现移动目的。

据统计，我国轮椅市场规模从 2015 年至今呈现出不断增长的趋势，从 25 亿元左右增长到 60 亿元左右。预计 2024 年，我国智能轮椅行业年产量将达到 300 万辆。需求侧的增长，一定会刺激供给侧的投入，产品的质量也会不断提升，如此往复，就会形成良好的正反馈式的循环。但是，轮椅作为行动障碍人士的实用工具，在云监控方面几乎没有发展。

综上，对智能轮椅状态进行实时远程监控是十分有必要的，所以本论文进行了基于 NB-IOT 的智能轮椅云监控系统的设计，旨在设计一款能够有效监控智能轮椅的各项状态并改善使用者生活质量的云监控系统。

## 1 系统总体方案设计与主要器件选择

### 1.1 系统总体方案设计

#### 1.1.1 系统整体框架

本文将研究并设计一款基于 NB-IOT 的智能轮椅云监控系统，系统的主控单元为 STM32F103ZET6 单片机，基本功能模块有：独立按键、TFTLCD 模块、BC26 通信模块、定位模块。在本设计中，运用了阿里云平台与窄带物联网技术、嵌入式开发技术，实现了对轮椅位置，运行速度、电压、使用者坐立状态的监控以及事故和报警求助的监测，可以有效实现对轮椅状态的监控，从而有效保障使用者的安全。系统整体框架图如图 1-1 所示。



图 1-1 系统整体框架



#### 1. 2. 4 液晶显示器选择

系统选用 4.3 寸 16 位真彩显示的 TFTLCD 液晶显示屏。此款液晶屏，成像素质高，配合开发板使用十分方便。TFT 液晶显示屏实物如下图 1-4 所示。



图 1-4 TFTLCD 模块实物图

#### 1. 2. 5 物联网平台选择

系统选用的物联网平台是阿里云平台<sup>[4]</sup>，可提供非常方便的物联网解决方案。它包括多项功能，如设备管理、连接管理等等，支持多种通讯协议，如 MQTT、CoAP 等，同时还提供 API 和 SDK 等接口，方便企业进行二次开发和集成。此平台为阿里巴巴集团的重要组成部分，也是物联网领域的重要参与者之一。阿里云物联网平台界面如下图 1-5 所示。

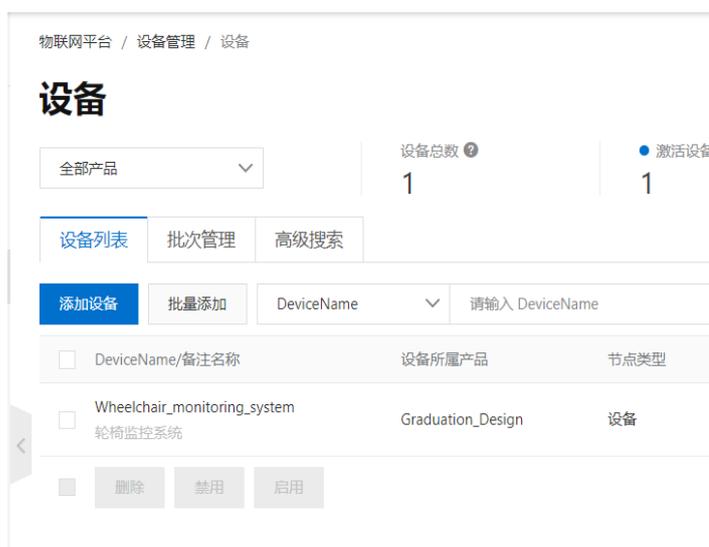


图 1-5 阿里云物联网平台界面

#### 1. 2. 6 AD 转换器与轮椅状态模拟器件选择

系统采用芯片内置的 ADC 进行设备电压采集，利用机械按键实现轮椅使用者一键紧急呼救。同样，利用机械按键模拟设备倾倒、人体坐立与实时速度。

## 2 系统硬件电路设计

本文所研究的系统采用模块化硬件设计方式。硬件电路包括：STM32F103ZET6 单片机最小系统以及通信、定位等模块接口电路<sup>[5]</sup>。下面将逐一介绍各模块的接口电路设计。

### 2.1 系统总体方案设计

系统的电路原理图在国产软件嘉立创 EDA（专业版）中绘制，该软件简洁的界面，智能化、人性化的特点为使用者提供了极佳的环境。基于 NB-IOT 的智能轮椅云监控系统的整体主要电路图如下图 2-1 所示。

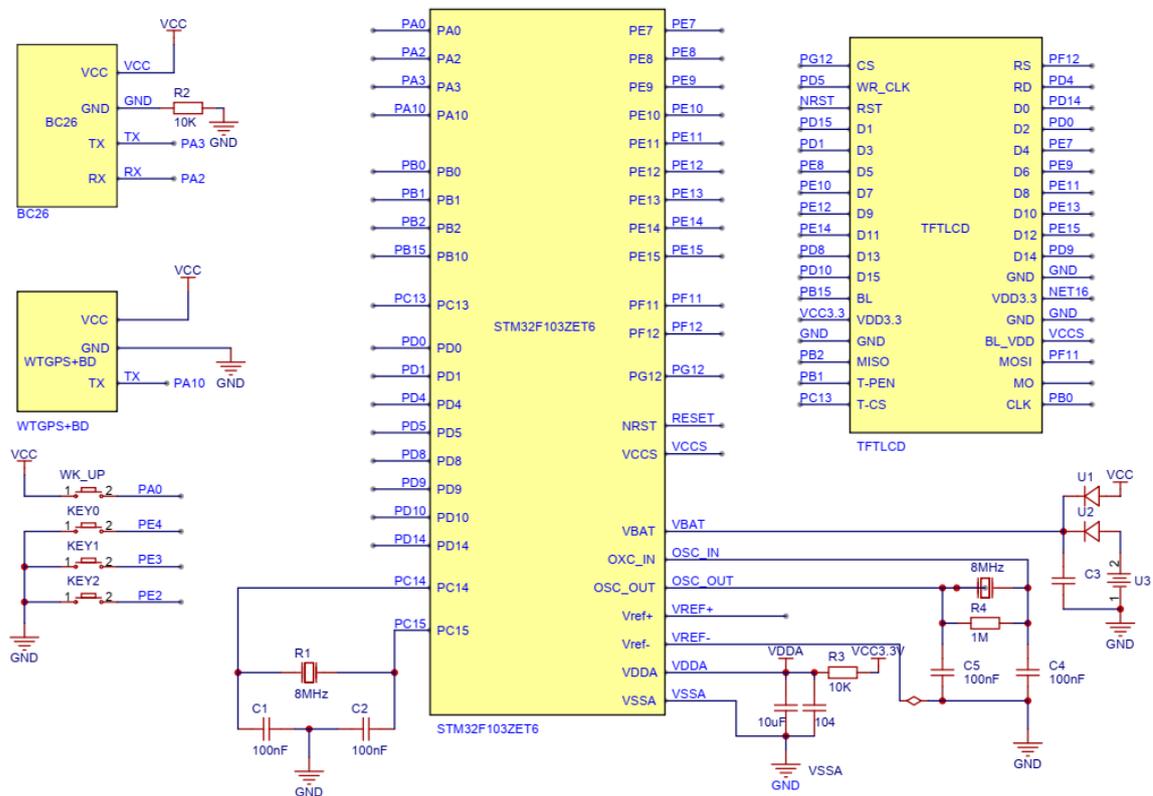


图 2-1 系统整体主要电路图

## 2.2 单片机最小系统

系统采用 STM32F103ZET6 单片机作为主控芯片，设计了如下图 2-2 所示的最小系统<sup>[6]</sup>。系统所使用的下载仿真器为 ST-Link。

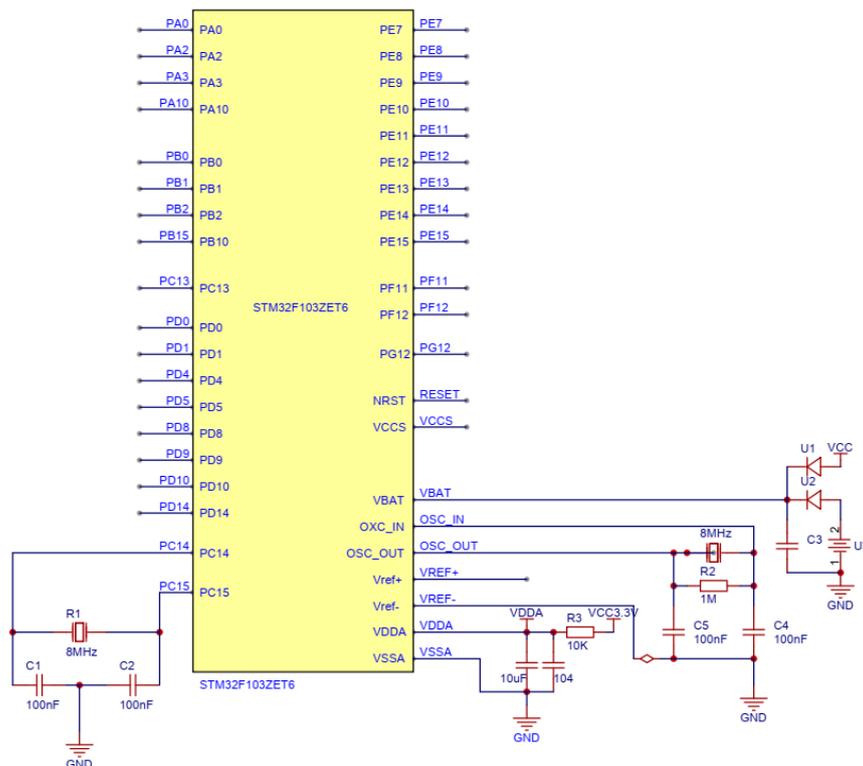


图 2-2 STM32F103ZET6 最小系统

## 2.3 BC26 通信模块接口电路设计

系统使用的 BC26 通信模块是一款由创思通信公司生产的 Narrow Band-IoT (NB-IoT) 通信模块，它可广泛应用于工厂生产、智慧课堂、智能制造等众多领域<sup>[7]</sup>。它的特点是低功耗、高可靠、海量连接、广泛覆盖、安全性高等优点。BC26 通信模块通过串口 2 与单片机进行通信，即模块的发送引脚与 PA3 连接，接收引脚与 PA2 连接。BC26 通信模块接口电路设计如下图 2-3 所示。

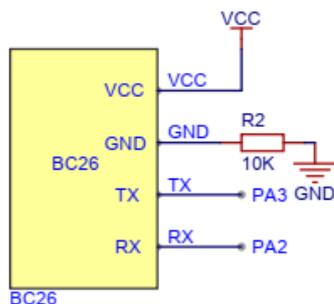


图 2-3 BC26 通信模块接口电路

## 2.4 定位模块接口电路设计

定位模块采用的是维特智能公司生产的 WTGPS+BD，其接口电路设计如下图 2-4 所示。加装陶瓷天线后其接收信号的能力将大大增强，该模块同时支持 GPS 与国产北斗定位系统，功能强大，使用十分方便<sup>[8]</sup>。当定位模块上电时，其会自动进行初始化、搜索卫星与发送数据。定位模块通过串口 1 与单片机进行通信，该模块可自行工作，故只将模块的发送引脚与 PA10 连接即可。

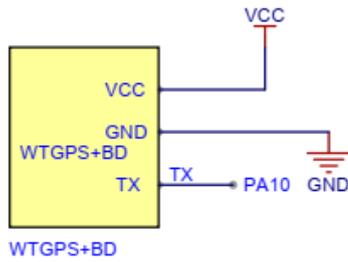


图 2-4 定位模块电路设计

## 2.5 液晶显示器接口电路设计

为了方便用户观察与操作，设备电压、运行状态、实时位置、求助信息等实时显示在液晶屏上。TFTLCD 液晶显示屏与单片机的接口电路如下图 2-5 所示。

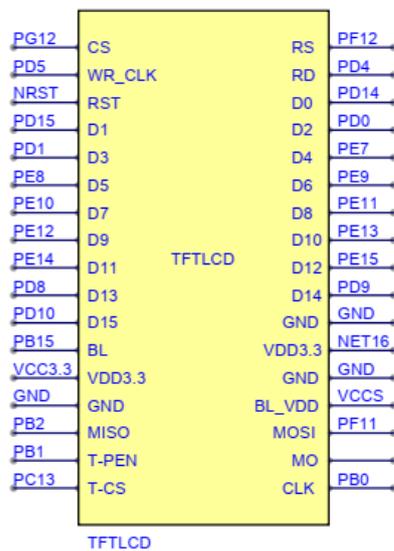


图 2-5 TFTLCD 液晶模块与单片机接口电路

## 2.6 机械按键接口电路设计

系统机械按键设计分为两部分。一部分由 WK\_UP 组成，一端接 VCC 另一端接 PA0。当按键被按下时，PA0 引脚就会被拉高。另一部分由 KEY0、KEY1 和 KEY2 组成，一端接 GND，另一端分别接 PE3、PE2 和 PE1。当按键被按下时，对应引脚就会被拉低。机械按键电路接口电路设计如下图 2-6 所示。

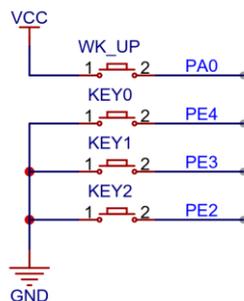


图 2-6 机械按键电路原理图

### 3 系统软件设计

系统的软件设计使用 Keil uVision5，软件设计采用了库函数方式，采用标准库函数 C 语言方法可有效提高项目的可移植性和效率，系统软件设计主要由以下五部分组成：

- (1) 按键模块：通过机械按键模拟实现一键求助、轮椅倾倒、速度改变功能。
- (2) 定位模块：系统具备实时定位功能输出设备所在的经纬度。
- (3) 通信模块：将处理后的数据发送到阿里云物联网平台实现实时动态显示。
- (4) 显示模块：系统的各种处理结果通过该显示屏实现实时动态显示。
- (5) ADC 采集模块：采集电压实现设备电压的检测。

#### 3.1 系统主程序设计

系统采用了较为实用的模块化编程方式进行程序设计。系统启动后，首先进行的是各个模块相应的初始化操作，然后判断有无按键按下，若有按键按下即模拟一键求助、轮椅倾倒、速度改变功能的实现，并将其显示在屏幕上，按键功能实现后，程序继续运行。随后，定位模块进行定位，单片机获取定位模块的位置信息，获取 ADC 采集信息，并将其显示在屏幕上。最后位置信息、求助信息、倾倒信息、速度信息与人体坐立信息将上传到阿里云物联网平台实时刷新显示。本文所设计的基于 NB-IOT 的智能轮椅云监控系统的主程序流程图如下图 3-1 所示。

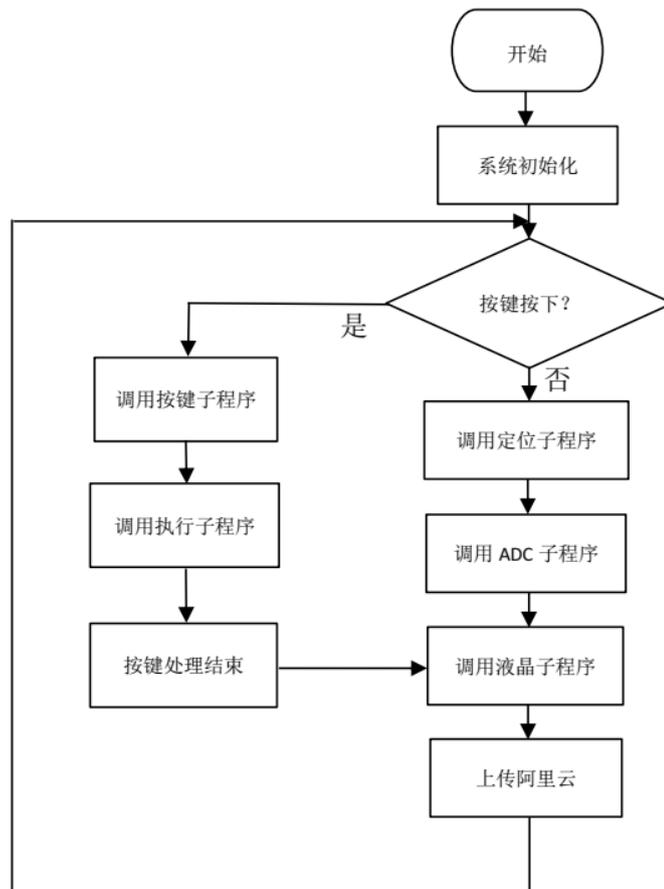


图 3-1 系统主程序流程图

### 3.2 按键子程序设计

系统中的机械按键可完成如下功能的模拟：人体倾倒；一键求助；坐立检测；速度更变。设计中按键程序设计均采用查询方式，在程序主循环中不断查询是否有按键被按下，查询方式较中断方式而言有稳定性高的优势。机械按键流程如下图 3-2 所示。

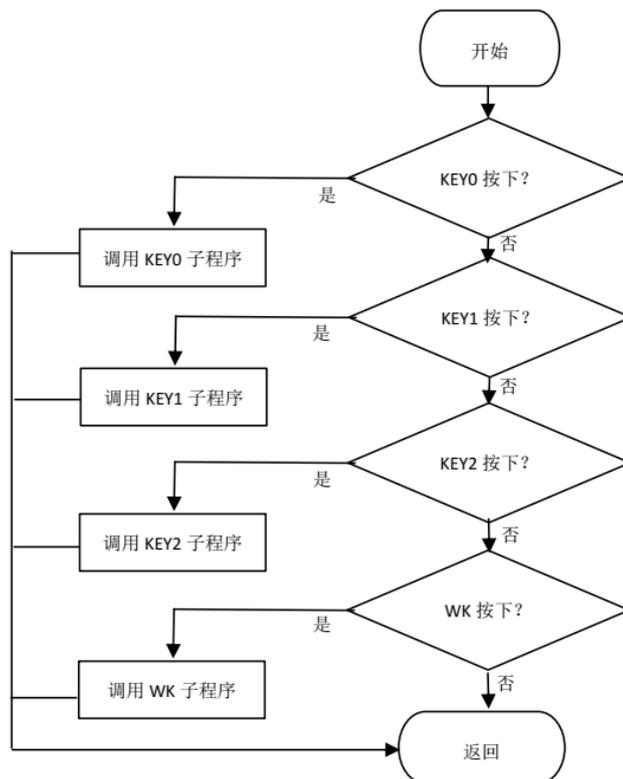


图 3-2 机械按键流程图

### 3.3 定位模块程序设计

系统中定位模块采用了维特智能公司生产的 WTGPS+BD，该模块通过串口与主控单片机进行通信。在设计程序时，只需将来自 WTGPS+BD 的数据通过串口读取并保存，该模块输出的数据中，只需读取并保存经纬度即可。定位模块流程如下图 3-3 所示。

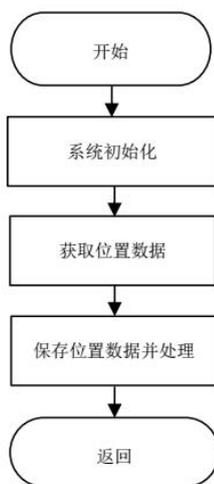


图 3-3 定位模块流程图

### 3.4 ADC 采集模块程序设计

系统中 ADC 采用的是 STM32F103ZET6 芯片内置的 ADC<sup>[9]</sup>，其使用方便，精度高，可以满足日常大部分需求，选用 PA1 作为 ADC 的通道。利用 ADC 主要是用来采集智能轮椅的供电系统的电压。ADC 的流程如下图 3-4 所示。

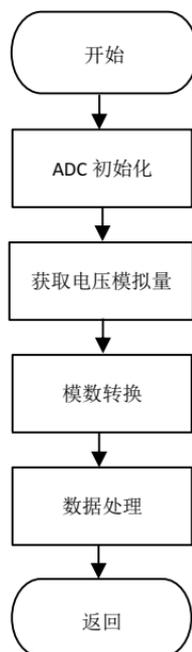


图 3-4 ADC 工作流程图

### 3.5 BC26 通信模块程序设计

系统中 BC26 通信模块的程序设计，采用的是顺序模块化编程的方法。首先，进行的是 BC26 通信模块的开机；其次，对 BC26 通信模块进行初始化，单片机通过串口发送阿里云物联网平台设备的设备证书，连接 MQTT 阿里云，若返回状态正确，则登录 MQTT 服务器。BC26 通信模块常用 AT 指令下表 3-1 所示。

表 3-1 BC26 通信模块常用 AT 指令

指令	返回	说明
AT	OK	模块正常，可正常实现收发
AT+CIMI	460043331505555	查询是否有卡
AT+CSQ	1~31	信号强度
AT+CGATT?	+CGATT: 1	查询网络注册情况
AT+CGPADDR=1	+CGPADDR: 1,10.68.55.555	查询是否分配 IP 地址

初始化过程结束后，程序进入主循环，物联网模块将采用 MQTT 协议将数据发送到云平台<sup>[10]</sup>。MQTT 相关 AT 指令如下表 3-2 所示。

表 3-2 MQTT 相关 AT 指令

指令	说明
AT+QMTCFG	配置 MQTT 可选参数
AT+QMTOPEN	打开 MQTT 客户端网络
AT+QMTSUB	订阅主题
AT+QMTUNS	退订主题
AT+QMT PUB	发布消息

通过 BC26 通信模块向阿里云物联网平台发送数据，发布格式为：

AT+QMTPUB=0,0,0,0,"/sys/a1Xi4HdVogd/mzh001/thing/event/property/post","{"id":"26","version":"1.0","params":{"CurrentTemperature":{"value":32},"GeoLocation":{"E":123,"W":234} },"method":"thing.event.property.post"}"。如下图 3-5 为 BC26 通信模块工作流程图。

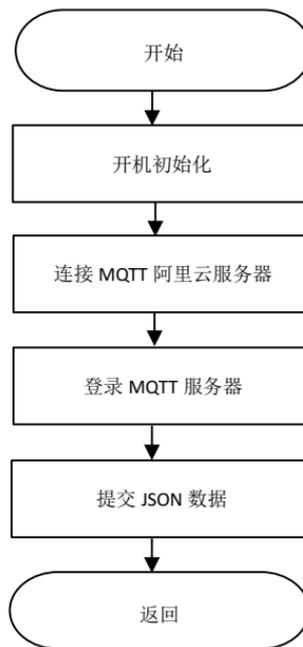


图 3-5 BC26 通信模块工作流程图

### 3. 6 显示模块程序设计

系统中 TFTLCD 显示屏模块的程序设计，采用了较为简便的无汉字库方式，首先进行初始化操作，而后对模块显示字体颜色进行设置。本次设计采用的是全英文显示，因此无需复杂的汉字字库，这给编程带来了极大的方便。TFTLCD 液晶显示模块的使用流程如下图 3-6 所示。

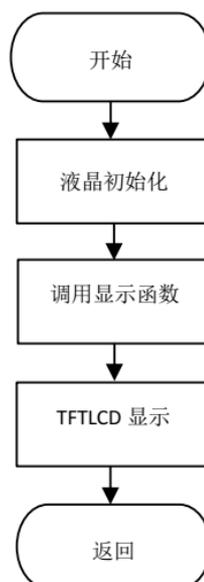


图 3-6 液晶显示屏工作流程图

## 4 系统测试

系统的设计工作全部完成后，进行的是测试与验证任务，最终搭建完成完善的物联网监控平台。本环节进行的验证与测试工作主要包括系统主界面测试、系统定位功能及显示测试、电压采集及显示测试、轮椅倾倒、一键求助、实时速度功能及显示测试、设备与阿里云物联网平台通信功能测试。系统实物如下图 4-1 所示。



图 4-1 系统实物图

### 4.1 系统主界面测试

在给系统上电开机后，TFTLCD 界面显示将呈现如下图 4-2 所示的效果。开机界面主要包括电压显示区域、坐立信息显示、实时速度显示、轮椅倾倒显示区域、实时位置经纬度显示区域和远程求助显示区域等，整个界面显示信息全面且简洁美观。



图 4-2 系统主界面显示效果图

#### 4.2 系统定位功能及显示测试

首先测试的是系统的定位功能。通过与权威经纬度信息进行比较得出位置信息是否可靠，经查询，笔者当前所在位置的经纬度信息为北纬 35°35′，东经 116°57′。如下图 4-3 为系统获取的经纬度信息。功能实现且显示无误。

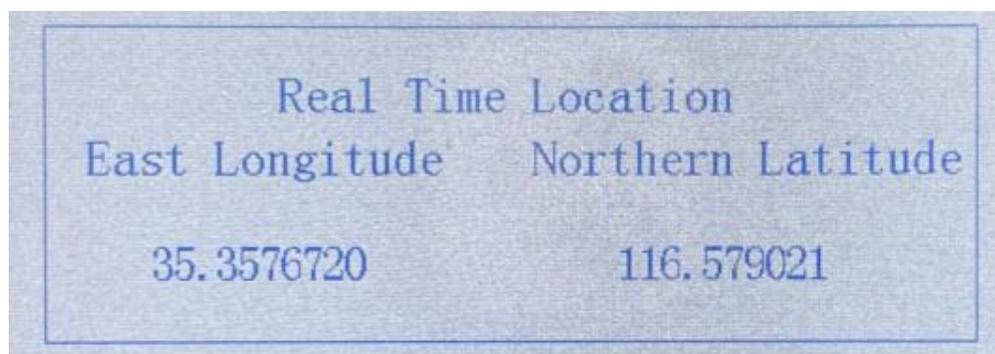


图 4-3 系统定位功能显示效果图

#### 4.3 电压采集与显示测试

电压的采集是通过芯片内置 ADC 实现<sup>[1]</sup>，当前系统电压为 3.0V，并在显示主界面右上角进行显示并制作了绿色电池显示效果，美观形象。效果如下图 4-4 所示。

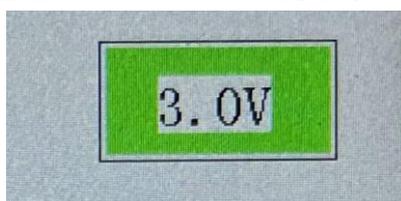


图 4-4 系统电压显示效果图

#### 4.4 系统综合功能功能测试

系统的显示界面通过显示 Stand 或 Sit 表示站立或坐下，通过阿拉伯数字显示实时速度如 2 m/s。通过 Normal operation 或红色的 Topple and fall 表示轮椅正常运行或倾倒。对比显示效果如下图 4-5、4-6、4-7、4-8 所示。

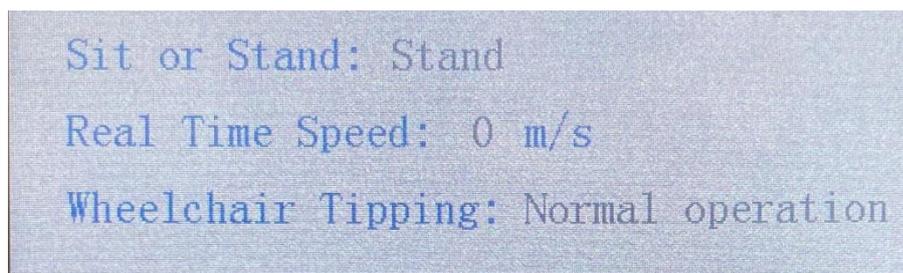


图 4-5 初始显示效果图

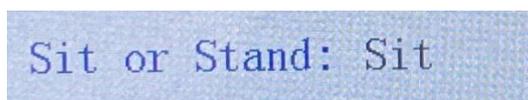


图 4-6 有人坐下显示效果图

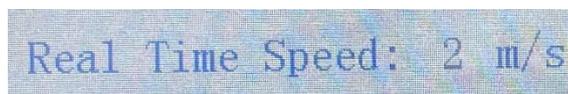


图 4-7 速度 2 m/s 显示效果图

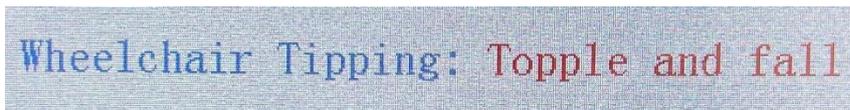


图 4-8 轮椅倾倒显示效果图

远程求助功能作为独立区域进行显示，通过 NO 或者红色的 YES 分别表示无求助或者有求助。对比显示效果如下图 4-9、4-10 所示。

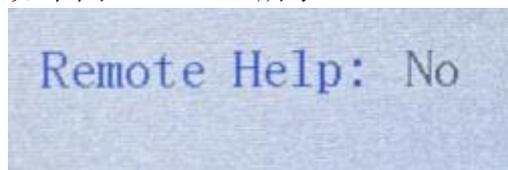


图 4-9 无求助显示效果图

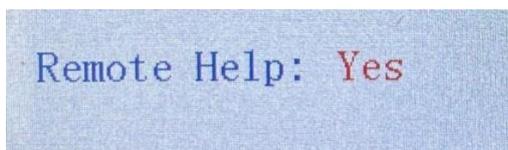


图 4-10 有求助显示效果图

#### 4. 5 设备与阿里云物联网平台通信功能测试

系统利用 BC26 通信模块，通过 MQTT 协议与阿里云物联网平台进行通信，将单片机从系统中各传感器获取到的信息发送到阿里云物联网平台进行实时动态刷新显示。

(1) 首先，登录阿里云物联网平台，进入控制台查看设备是否在线，打开实时刷新功能，等待各项数据接收完成<sup>[12]</sup>。数据刷新，即表示设备与阿里云物联网平台通信正常。初始界面如下图 4-11 所示。



图 4-11 阿里云物联网平台显示效果图

(2) 其次，系统正常运行时，经纬度信息就会实时刷新<sup>[13]</sup>，其中 11657 表示 116°57'，3535 表示 35°35'。刷新后的经纬度信息如下图 4-12 所示。



图 4-12 阿里云物联网平台的经纬度显示效果图

(3) 最后测试的是轮椅倾倒、远程求助、坐立检测和实时速度功能，如下图 4-13 所示的内容为无人坐时轮椅发生倾倒，需要远程帮助，轮椅的实时运行速度为 2 m/s。



图 4-13 阿里云物联网数据更新显示效果图

#### 4. 6 测试结果分析

经过测试，系统的倾倒监测、远程帮助、坐立监测、实时速度、实时位置和电压均能通过显示屏显示并通过 BC26 通信模块发送到阿里云物联网平台实时动态刷新显示，系统可有效实现轮椅的云端监控，保障使用者的安全以及为开发维修人员提供便利。

### 5 结论

系统通过模块化设计方式，从硬件平台出发结合软件平台从整体上进行研究与实现，比系统设计的完成，弥补了目前智能轮椅云端监控领域的不足。系统基于 NB-IOT 利用嵌入式平台实现了倾倒监测、远程帮助、坐立检测、实时速度、实时位置和电压监测的云端监控功能，可有效保障使用者的安全以及为开发维修人员提供便利。研究内容涉及到多个领域，从总体来看系统设计仍存在许多不足，比如：系统监控智能轮椅的物理量信息不够全面、数据刷新存在延迟、速度监测精度较低等，今后需要进一步改善。我相信通过我今后不断的努力，一定会出现一款功能更加丰富、反应更加灵敏、更加智能化的智能轮椅云监控系统。

回顾本次毕业设计的制作和论文撰写的整个过程，我遇到了许多的意想不到的问题，同时我也有很多很多的收获。从一开始的选题、查阅各种文献资料，再到程序编写测试与实物制作，到最后论文的撰写与定稿，这是一个从理论到实践，再到理论并不断反思的过程。知识理论得到升华，实践能力得到提升。

这段时间里，我也明白了一些道理，一个项目的完成离不开基础理论知识，只有首先打好基础，学好理论，才能在实践中“建造出高楼大厦”。当然，在建造高楼大厦的过程中，也能检验出基础理论知识的不足。在实物制作过程中，无数次修改程序，无数次经历失败，人们常说一句话“失败是成功之母”，但是人们也都知道，不是每一次失败之后都会出现成功，更重要的是在失败之后有没有认真总结，找出失败的原因，并且为之付出行动。面壁十年图破壁，难酬蹈海亦英雄！我深深热爱着信息通信领域，我会始终以一颗真诚的赤子之心在这片沃土上耕耘。

#### 致谢

首先，我想感谢的是我的论文指导老师：黄勇坚副教授，师恩难忘，在这四年里，是黄老师带我走过了很长的路。

其次，感谢的便是抚育我成长的双亲，他们将自己的全部都奉献于我。

同时，感谢我身边的同窗好友，让我的青春增添了不一样的色彩。

二〇二三的夏天如期而至，我在曲园的四年过去了，我很怀念这里的一切。

## 参考文献:

- [1] 肖蕊,张颖.智能轮椅的研究与探索[J].科技创新与应用,2021(10):51-53.
- [2] 赵冠荣. 基于变分光流的全向智能轮椅运动估计方法研究[D].北京工业大学,2015:1-2.
- [3] 郭一. 基于声音特征识别技术的巡逻监听机器人研究[D].河北大学,2019:16-17.
- [4] 叶文超,马涛.运营商的物联网运营模式思考[J].中国信业,2018(11):34-37.
- [5] 费祥. 基于 LoRa 的纺织车间监测系统研究[D].安徽理工大学,2019:11-12.
- [6] 吴晨红.基于 HDC1080 的高精度温湿度采集系统[J].传感器世界,2022,28(08):33-37.
- [7] 张允浩. 新型电动汽车多源充电变换器能量管理方法的研究与实现[D].扬州大学,2021:30-31.
- [8] 刘翠梅,乔宏哲.一种医用便携式定位追踪装置设计[J].信息化研究,2015,41(01):48-51.
- [9] 徐思燕.基于窄带物联网的城市环境监测系统设计[J].物联网技术,2021,11(04):31-33.
- [10] 马婷,王咏宁,赵展文,李国旺,冶安有布,马兵.基于 STC 单片机高精度液体密度测量仪的设计[J].电子制作,2022,30(01):16-19.
- [11] 杨景贺.基于单片机的数字温度计电路设计[J].现代工业经济和信息化,2023,13(02):122-124.
- [12] 贾源,吕坤,朱顺,林晨.阿里物联网平台的智慧家居监测保护系统设计[J].物联网技术,2023,13(03):54-56.
- [13] 孔德力.基于 STC52 单片机 GSM 短信上报 GPS 经纬度信息的设计[J].南方农机,2019,50(24):130-131.