



湖南工程學院

毕 业 设 计（论 文）

题 目： 基于 STM32 的智能导盲杖设计与实现

学院： 计算机与通信学院

专业： 通信工程 班级： 1902 学号： 201903020233

学生姓名： 李雨斐

导师姓名： 胡 瑛

完成日期： 2023 年 5 月 20 日

诚信声明

本人声明：

1、本人所呈交的毕业设计（论文）是在老师指导下进行的研究工作及取得的研究成果；

2、据查证，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，毕业设计（论文）中不包含其他人已经公开发表过的研究成果，也不包含为获得其他教育机构的学位而使用过的材料；

3、我承诺，本人提交的毕业设计（论文）中的所有内容均真实、可信。

作者签名：

日期： 年 月 日

目 录

摘要	I
Abstract:	II
第 1 章 绪 论	1
1.1 项目研究的背景与意义	1
1.2 国内外同类项目研究状况	2
1.2.1 国内的发展状况	2
1.2.2 国外的发展状况	2
1.3 本论文研究的内容以论文结构	3
1.3.1 本论文研究的内容	3
1.3.2 论文结构	错误！未定义书签。
第 2 章 系统总体方案设计	6
2.1 总体方案设计及功能介绍	6
2.1.1 系统总体说明	6
2.1.2 系统总体设计方案	6
2.2 系统的特色	8
2.3 技术关键和主要技术指标	8
2.3.1 智能导盲杖	8
2.3.2 语音识别与语音播报	9
2.3.3 云端路径规划与导航	9
第 3 章 系统硬件电路设计与实现	10
3.1 核心控制部分	10
3.1.1 主控板 STM32F4	10
3.2 ASR-PRO 语音模块	12
3.3 网络通信部分	13
3.4 传感器及控制器部分	15
3.4.1 HC-SR04 超声波测距	15
3.4.2 六轴传感器模块 MPU6050	17
3.4.3 电子罗盘 QMC5883L 模块	19
3.4.4 北斗 GPS 定位 ATK-1218-BD 模块	20
第 4 章 系统软件设计与实现	22
4.1 导盲杖的设计与实现	22
4.1.1 障碍物检测	22
4.1.2 电子罗盘模块	24
4.1.3 北斗 GPS 模块	26

4.1.4 摔倒检测	30
4.2 云端路径规划与导航	34
4.2.1 4G 模块配置	34
4.2.2 高德地图 API	36
4.2.3 JSON 协议解析	39
4.3 语音识别与播报	41
4.3.1 应用过程	41
第 5 章 系统功能调试和总结	42
结 论	45
参 考 文 献	47
致 谢	49

基于 STM32 的智能导盲杖设计与实现

摘要：随着人口老龄化加剧，视力障碍和视力丧失人口数量也在不断增加。这给视障人士的日常生活带来了许多困难，其中之一就是行动的自由受限，难以独立地移动和探索周围环境。为了帮助视障人士克服这些困难，智能导盲杖成为一种重要的辅助工具，能够使他们在日常生活中更加独立自主。

本项目主要分为三个子系统：智能导盲杖、语音识别与播报、云端路径规划与导航。智能导盲杖采用了多种先进技术模块，包括 4G 通信模块、电子罗盘、北斗 GPS 模块、语音识别模块和六轴传感器模块。通过 4G 通信系统，智能导盲杖能够与云端服务器建立连接，实现地图数据的获取和路径规划导航。语音识别与播报功能使视障人士可以方便地选择导航目的地、控制智能导盲杖，并获取路况和导航信息。云端路径规划与导航模块负责处理经纬度定位信息和获取路径规划。

本文将首先阐述智能导盲杖设计与实现的研究背景和意义，接着详细介绍系统的总体方案设计，包括功能介绍、系统特色以及技术关键和主要技术指标。随后，将详细描述系统的硬件电路设计与实现，包括核心控制板、网络通信部分和外围传感器部分。最后，将对系统的软件设计与实现进行描述。通过系统的组装和测试实践，证明该智能导盲杖能够实现智能化、实时化和安全化的目标，极大程度地帮助视障人士提高日常行动的独立性和便捷性。

关键词：导盲杖；路径规划；传感器；导航

Design and implementation of intelligent guide stick based on STM32

Abstract: As the population ages, more people are seeing less or less. This causes many difficulties in the daily lives of persons with disabilities, including their limited freedom of movement, making it difficult for them to support themselves and explore the local environment. In order to help deaf people overcome these difficulties, let the heavy weapon become an important tool to enhance the deaf confidence in daily life. The project includes three intelligent data management, voice recognition and broadcasting, cloud network planning and navigation systems. The smartphone has 4G communication components, electronic speedster, KPC, voice recognition module, six sensors and so on. I used the 4G communication system, and the intelligent navigation system can connect to the cloud's server to help map retrieval and navigation. Speech recognition and satellite broadcasting can help visually impaired people grasp navigational information, as well as access to information about orbit conditions and navigation. Cloud and navigation system plug-ins modify coordinates and create path locations. First of all, this paper introduces the smart way to describe sword in the practical version, and describes the basic design of sword, its functions, its features, its technical features and its work. He then describes the hardware design and system development, including the main control panel, the network section, and the peripheral sensors. This represents the design and application of the system. Assisting disabled people to carry out daily activities autonomously and comfortably is the best example of intelligent command system to achieve intelligent real-time safety goals.

Keywords: Guide Stick; Path planning; Sensor; Navigation

第 1 章 绪 论

1.1 项目研究的背景与意义

根据 2021 年《中国残疾人事业统计年鉴》的综合数据统计,截至 2020 年底,我国已办理残疾人证的残障者数量超过 3780 万人,其中视力残疾人约为 420 万人,占残疾人总数的 11.11%。根据我国 2006 年第二次全国残疾人抽样调查的视觉障碍标准等级,被定义为盲人的标准是最佳矫正视力低于 0.05 或视野半径小于 10 度。每年盲人数量以约 45 万的速度持续增长。这些数据表明,中国的盲人人口数量相当庞大,并且随着人口老龄化的加剧,盲人数量还将继续增长。盲人在日常生活中面临许多困难,其中之一是受限于行动自由,难以独立地移动和探索周围环境。智能导盲杖可以帮助视障人士更加独立地行动,为他们提供更大的自主性和便利性。

然而,尽管盲人群体庞大,国内外的盲人产品市场却存在较大的局限性。在产品种类、数量和功能方面,难以满足用户的需求。盲人们在日常使用产品时仍面临诸多不便,导致设计目标“为用户服务”的实现受阻。在平时的日常生活中我们为什么几乎很少见到这些弱势群体,关于这个问题,人民日报给出了非常合理的答案:盲人不敢一个人出门。目前,盲人的日常出行工具主要包括盲杖和导盲犬,盲杖单一有限的功能无法适应复杂的路况和环境,只能帮助盲人拓宽 1 米左右的感知范围,而选用导盲犬的盲人极少,一方面是因为培养一只导盲犬需要耗费极大的人力物力,另一方面,导盲犬价格昂贵,普通用户负担不起。且导盲犬和盲杖反馈给盲人的信息非常简单,仅仅可以避开简单的障碍物,对于一些复杂的路况以及潜在的危险等问题却无法解决^[1-2]。

由此可见,中国盲人数量较多,而且随着人口老龄化的加剧,盲人数量还将继续增长。盲人们在日常生活中面临着很多困难,其中之一就是行动的自由受限,难以独立地移动和探索周围环境。而智能导盲杖能够帮助视障人士在日常生活中更加独立地行动。

正所谓没有人是一座孤岛,视障群体数量如此庞大,却始终徘徊在主流视野边缘。我们应当背负起自己相应的社会责任,尽己所能,帮助他们远离被特殊化的尴尬处境。科技应该有温度,在为我们带来便利的同时,也应该帮助身边的弱势群体,利用技术的进步为他们提供更友好、更具人文关怀的服务,让他们的生活可以变得更加美好。因此,导盲杖作为盲人外出的主要工具,便成为了解决视障人士出行问题,改善视障人士生活境况的重要突破点。

基于 STM32 的智能导盲杖的研究意义:提高盲人的行动自由度。基于 STM32 的智能导盲杖可以通过定位、传感器、语音提示等技术手段,帮助盲人避开障碍物、辨别道

路等，从而提高盲人的行动自由度。提高盲人的生活质量。盲人在日常生活中面临着很多困难，例如找路、避开障碍物等，这些困难对他们的生活质量造成了很大影响。基于 STM32 的智能导盲杖可以通过智能化技术帮助盲人解决这些问题，从而提高他们的生活质量。具有市场应用前景。随着盲人数量的增加，基于 STM32 的智能导盲杖具有广阔的市场应用前景。同时，智能导盲杖还可以应用于其他需要辅助移动的人群，例如老年人、残障人士等，具有广泛的应用前景。

1.2 国内外同类项目研究状况

1.2.1 国内的发展状况

目前，国内市场上已有许多导盲装置，能够在一定程度上解决视障人群的困难，但是从使用情况上来看，其功能单一，价格昂贵。另外，据了解，有一部分视障人群选择使用导盲犬来帮助其出行，但是由于我国部分地区的交通系统和公共场所对导盲犬的配套措施还不够完善，使得视障人群的出行依然受到一定的限制。综上所述，为了使视障人群能够像普通人一样自由出行研究一套便捷的能够随拿随放的智能导盲控制系统尤为重要

综合以上可得，我国目前市场上的导盲装置，技术积淀不够深厚，初期的研究进展较为缓慢，仅停留在文献与期刊上，无法满足上市生产的要求。不过有很多公司已经注意到了这一点，中国智能导盲杖在近年来得到了广泛关注和发展，尤其是随着人工智能、物联网等技术的不断发展，智能导盲杖的功能和性能也得到了大幅提升。但发售上市的大多都还只具有超声波避障功能的简易手杖。

1.2.2 国外的发展状况

国内外对于盲人的出行问题做了很多研究，也是多以改良导盲杖为主要方向，以不同的解决方案去设计的导盲工具都各具优势。左炳辉在《基于机器视觉的智能导盲杖》中设计了一款基于机器视觉的智能导盲杖，通过 OpenCV 技术，借助树莓派实现对障碍物的检测，但是该设计成本较高，且可识别的路障种类单一，给予盲人的路况反馈稍显不足^[3]。钱鹏飞在《基于多传感器融合的新型智能导盲杖设计》中针对上方障碍物实现了有效检测，但是该导盲杖只是对盲人所处环境中存在的障碍实现了检测，而真实的盲人出行并不只是路障一处问题^[4]。于琳在《多功能导盲杖》中设计了可对深坑、摔倒检测以及软件定位导航的导盲杖，可以帮助视障人士与家人联系，但是造价较高，不宜推广，且仍然没解决多种路况的问题^[5]。在《Journal of Physics: Conference Series》的

《Development and design of an intelligent guide stick for the blind》中提到使用 GPS 模块定位盲区，利用超声波来帮助盲人进行可靠避障，提高盲人安全性，该设计依然只是对盲人出行时的实体障碍进行检测^[6]。A. Wesam Al-Muftil 在《Studying on design and simulation of electronic IR guide for blindness》中针对视障人士的视知觉缺乏，设计了以电子红外为主的迷你手杖，提高了盲人的移动性，但却局限于有限空间^[7]。在《Applied Mechanics and Materials》的《A Guide Cane System for Assisting the Blind in Travelling in Outdoor Environments》中提出了利用 GPS 和 GPRS 模块远程为盲人规划路径的方案，可以帮助盲人解决出行路径问题，但是不能有效解决路径中的路况问题^[8]。

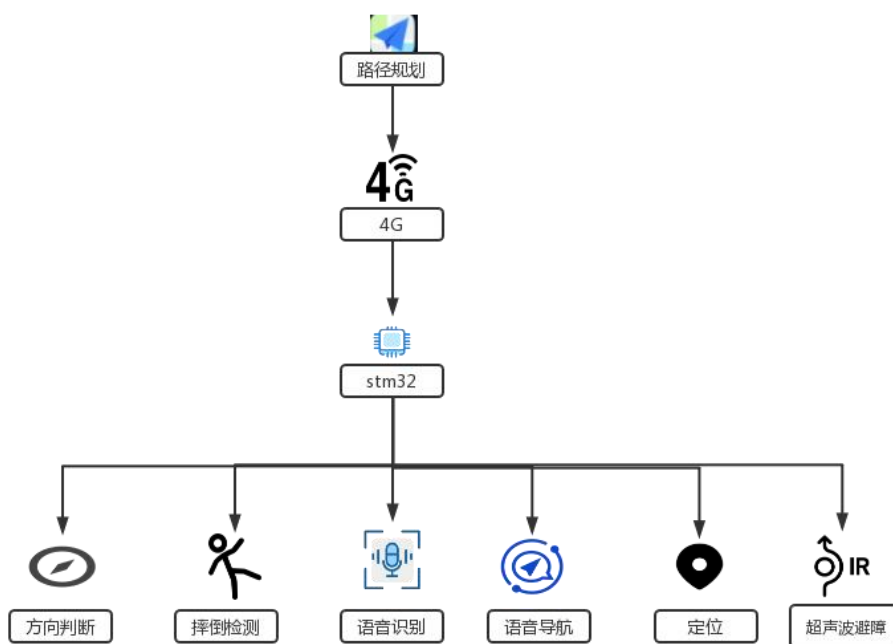
综合考虑目前国内外对导盲杖设计研究的优缺点，本文意将国内外的主流设计方案优势加以运用，并且改善其主要缺陷，从而设计实现一款更全面、更贴近生活的智能导盲杖。该导盲杖基于 STM32 单片机设计，不仅可以有效检测单纯实体障碍物，还能够识别水洼和斑马线这些实际出行时的重要路况信息，并通过设置对不同路况的差异性提醒，令盲人能知悉不同路况。另外，能够实现远程寻找导盲杖，方便盲人即将出行时寻找导盲杖，并在夜晚时提醒其他行人和车辆避让的灯光警示，提高盲人出行安全性和便利性，切实的改善盲人群体日常生活，让视障人士这样的弱势群体也可以享受到科技进步带来的福利。

1.3 本论文研究的内容以论文结构

1.3.1 本论文研究的内容

该系统以 STM32 为主控芯片，STM32 主控芯片连接 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 模块以及连接智能导盲杖所需要的各种传感器，然后首先通过装在智能导盲杖上的传感器收集智能导盲杖周围的各类环境数据，并且遇到障碍与危险时会发出警报，然后如果没有警报情况会把定位信息打包，通过 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 模块无线传输到云端，云端会把打包的定位信息进行高德地图 web 路径规划。在面对语音控制时，智能导盲杖会有相应的语音回复并同时把信息发送给云端，以便盲人第一时间获取到路况信息。

智能导盲杖整个系统结构图如下图 1.1 所示：



该系统采用 STM32F4 主控芯片，配备了 4G DTUATK-M750 通信模块、电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050 和 HC-SR04 超声波测距等模块，实现智能功能。ASR-PRO 语音模块用于盲人语音识别，当检测到关键词时，通过串口将定位信息发送给主控板 STM32F4。主控板将目的地和当前位置打包发送给云端，并由云端通过高德地图 web 服务的路径规划 API 生成 json 格式的路径信息，再通过云端发送给手机 APP。整个系统包括智能导盲杖、语音识别与播报和云端路径规划与导航三个子系统。本系统主要研究以下六问题：

（1）智能导盲杖的整体方案的设计，选择需要的传感器和控制器和合适的芯片和模块组建硬件平台。

（2）研究智能导盲杖上搭载的北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD 的驱动和应用层编写，以及合理收集并刷新传感器数据，并将得到的定位与目的信息统一整合打包通过 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 模块发送到云端来获取路径规划信息。

（3）研究用 ASR-PRO 语音模块资料搭载喇叭与话筒基于天问芯片的语音识别，给盲人控制拐杖与语音提出目的地导航。

（4）研究高德 web 端 API 和 STM32F4 主控芯片通过 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 进行通信和路径规划。

（5）设计智能导盲杖实体和模块组合，并进行调试和检测。

该系统通过 DTU 通信模块 ATK-M750 实现智能导盲杖和云端的双向无线通信。

STM32 和 ASR-PRO 语音模块通过串口通信。系统的通信网络涉及三个通信端口：拐杖端、云端和 ASR-PRO 语音模块。各端口之间的关系和数据包传输方向详见图示。各端口关系以及数据包的传输方向如下图 1.2 所示：

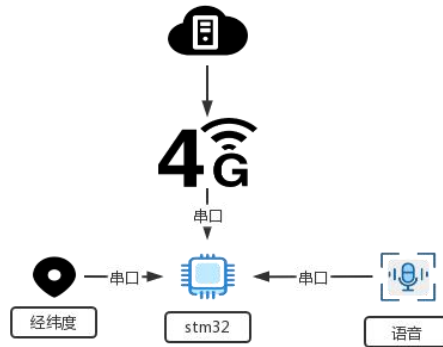


图 1.2 通信网络示意图

第 2 章 系统总体方案设计

2.1 总体方案设计及功能介绍

2.1.1 系统总体说明

本系统将运用于视力不佳与盲人的户外行走，以 STM32F4 为主控板，采用当前比较火热的嵌入式技术将盲人导盲杖设计成一款智能产品。开始通过超声波判断是否前方有障碍物，如果有便发出语音提示，如果没有便开启 ASR-PRO 语音模块利用话筒对盲人语言进行识别，并把识别的结果通过串口发约定的协议给 STM32F4，如果检测关键词就会发出相应的命令通过 4G 模块来获取导航信息。通过搭载 4G DTUATK-M750 通信模块、电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050，HC-SR04 超声波测距等模块实现所需的功能。

本系统的研究过程分为如下几个步骤：

- (1) 设计和选择合适的芯片和模块搭建硬件环境和软件结构。
- (2) 设计与实现传感器的驱动程序编写以及样本数据的采集。
- (3) 设计与实现 北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD 上获取盲人位置信息和 QMC5883L 模块获取盲人方向。
- (4) 设计与实现 4G DTUATK-M750 通信模块连接高德地图云端服务器及高德地图云端路径规划，并组建好主控板 STM32F4 解析数据。
- (5) 设计与实现基于天问芯片的语音识别检测，检测盲人的语音控制智能导盲杖。
- (7) 对整个系统进行传感器数据、控制器功能以及通信模块的全面检测，试验结果是否达到设计目的以及提高稳定性。

2.1.2 系统总体设计方案

视障人士视力低下、视野受损、视觉器官（比如视觉神经、眼角膜等）的部分机能存在障碍或者全部机能存在障碍，导致对周围环境事物产生了视觉上的辨识问题甚至是完全无视力，无法正常获取外界信息，导致出行困难。因此，导盲杖功能的设计就需要从听觉和触觉上出发，通过听觉与触觉两大感知的反馈再结合视障人士自身的经验来对外界环境做出正确反应，从而为视障人士的出行提供安全保障。整个系统分为三个子系统来设计与实现，分别是：智能导盲杖、语音识别与播报、云端路径规划与导航。智能导盲杖实体读取传感器信息、并作出相应的反应，然后收集定位信息与目的地信息并处理数据后进行打包，通过 DTUATK-M750 的 4G 模块上传到云端，云端调用高德地图 Web 服务路径规划获取数据再转发数据到智能导盲杖实体，智能导盲杖实体就可以通过

语音播报来进行导航。系统总体框架示意图如下图 2.1 所示：

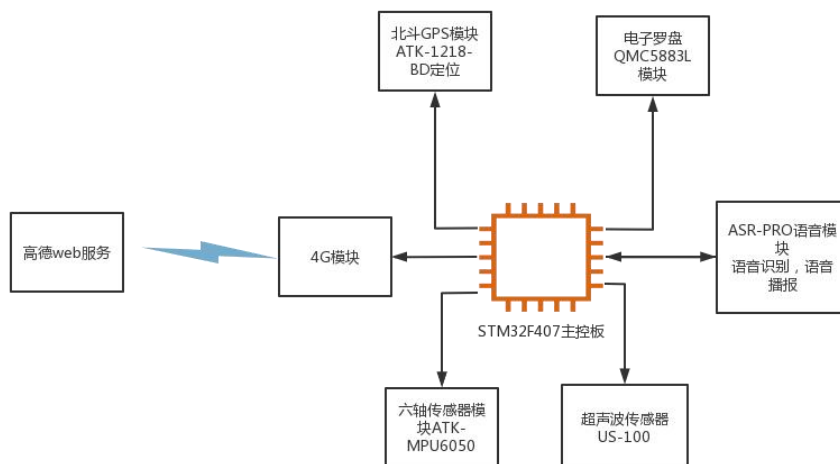


图 2.1 系统总体框架示意图

（1）智能导盲杖

智能导盲杖的实体设计和实现可分为外围传感器、控制模块、数据采集和处理等几个部分。为了简化操作并提供协助行走功能，系统采用了 STM32F407 作为主控芯片。合理选择了电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050 和 HC-SR04 超声波测距模块作为传感器和控制器。通过适当的电路连接和编写相应的驱动模块，实现了方向识别、防摔倒、避障、定位、4G 通信和盲人语言识别等功能，并提供语音播报。这样设计的智能导盲杖能够帮助盲人正常行走和导航，显著减轻他们的行走压力。

（2）语音识别与播报

语音识别与播报是以天问芯片上的 block 应用开发生成的文件包为基础，然后进行二次开发，生成符合逻辑语言包与识别关键词，并可以通过串口与 STM32F4 进行双向连接，实现数据同步刷新，语音控制智能导盲杖，语音包通过 4G 获取的路径规划信息播放导航语音。

（3）云端路径规划与导航

通过在云端开启高德地图 web 服务，可以对 STM32F4 采集的定位信息和目的地信息进行路径规划。在路径规划过程中，可以配置显示名称、标识名、预计步行时间和步行主要动作等相关信息。通过 DTUATK-M750 的 4G 模块，可以使用 USB 转 TTL 烧写 ATK-M750 配置软件 V1.2 镜像或通过指令进行参数配置。然后，在 STM32F4 上编写代码来上传、收集和处理打包后的数据，以确保通信的可靠性。

2.2 系统的特色

整个系统以为主控芯片中心，STM32F4 发送数据包通过 DTUATK-M750 的 4G 模块给云端，云端再通过高德地图 web 端服务获取路径规划信息，使用云端+终端的模式，盲人可以通过语音获取路况信息与导航路径，盲人还可以简单的通过语音控制对智能导盲杖，使得系统满足便捷性、安全性、实时性。而当盲人前面遇到了障碍时会通过超声波传感器感受并且提示。

本系统与传统系统相比具有以下特色：

(1) 此系统功能齐全，比如会有语音播报提示或警告，有导航功能、避障功能、防摔倒功能等。

(2) STM32F4 收集后处理的信息会实时打包通过 4G 模块上传到云端，云端会在进行路径规划处理后及时把数据包推发给连接上 STM32F4，再通过电子罗盘判断盲人方向，实现语音导航。

(3) 系统具有语音识别功能，比如可以通过语音识别控制拐杖开机，与说出目的地，然后主机收到识别的关键词后通过 4G 模块发送目的地信息。

盲人是社会群体结构中数量极其庞大的特殊群体，本系统最重要的意义是提高盲人出行安全性和便利性，切实的改善盲人群体日常生活，让视障人士这样的弱势群体也可以享受到科技进步带来的福利。当前市场上的智能导盲杖产品，大多数只有一个避障功能，而此系统功能齐全，应用价值较高以及发展前景较好。

2.3 技术关键和主要技术指标

2.3.1 智能导盲杖

(1) 北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD：此模块使用串口协议进行原始数据通信，用于对盲人的实时定位。

(2) ASR-PRO 语音模块：搭配 CH340K 芯片，只需要一根 Type-C 线便可轻松访问，而且具备自动断电的设计，使得用户无需担心语音识别、声音识别、语音加密、语音检索、单麦克风减震、360 度环绕拾音的问题。此外，该模块还具备 DNN\TDNN\RNN 等多种神经网络和卷积运算，使得用户在使用时更加轻松便捷。

(3) 六轴传感器模块 MPU6050：此模块通过通过 IIC 接口和 STM32F4 通信。

(4) HC-SR04 超声波测距：HC-SR04 超声波测距模块采用 IO 口 TRIG 触发测距，给至少 10 μ s 的高电平信号，在测试中实际测得 40-50 μ s 效果最好^[15]。模块自动发送 8 个 40Khz 的方波。

(5) 电子罗盘 QMC5883L 模块：控制该装置可以通过 I²C 总线来实现。

(6) DTUATK-M750 通信模块：此模块可以通过串口与主控芯片联系，通过 GET 方式访问 HTTP 来获取云端数据。

2.3.2 语音识别与语音播报

STM32F4 和 ASR-PRO 语音模块是用串口进行驱动通信，通过话筒收集语音并且识别关键词然后发送控制命令或者目的地到主控芯片，通过 5 欧 1 安的喇叭播放从主控芯片发出的语音导航信息。语音控制与播报是因为视障人士视力低下、视野受损、视觉器官（比如视觉神经、眼角膜等）的部分机能存在障碍或者全部机能存在障碍，导致对周围环境事物产生了视觉上的辨识问题甚至是完全无视力，无法正常获取外界信息，导致出行困难。因此，导盲杖功能的设计就需要从听觉和触觉上出发，通过听觉与触觉两大感知的反馈再结合视障人士自身的经验来对外界环境做出正确反应，从而为视障人士的出行提供安全保障。

2.3.3 云端路径规划与导航

本系统采用了高德地图 web 服务和 4G 网络技术，实现了智能导盲杖端和云端的无线双向连接，以获取导航信息。这是智能导盲杖产品与传统产品的主要区别，也是产品的亮点和重点。高德地图 web 服务端提供了步行路径规划 API，可以规划 100KM 以内的步行通勤方案，并返回相关数据。通过应用层的函数处理数据包，并进行逻辑设计，可以获取导航路径信息。整个网络通信组件经过测试，在数据传输方面具有良好的实时性和稳定性。

第 3 章 系统硬件电路设计与实现

本系统使用了语音识别和物联网技术相结合，以实用、便捷、创新为原则设计。此系统的智能导盲杖硬件模块有 STM32F4 主控板、4G DTUATK-M751 通信模块、电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050，HC-SR04 超声波测距等设备。主控板通过 IO 引脚与各个模块设备进行通信和控制，以及通过 4G DTUATK-M751 通信模块把处理后的数据包发送到云端，云端直接调用高德地图 web 服务步行路径规划获得 JSON 格式的路径信息。系统框架示意图如下图 3.1 所示：

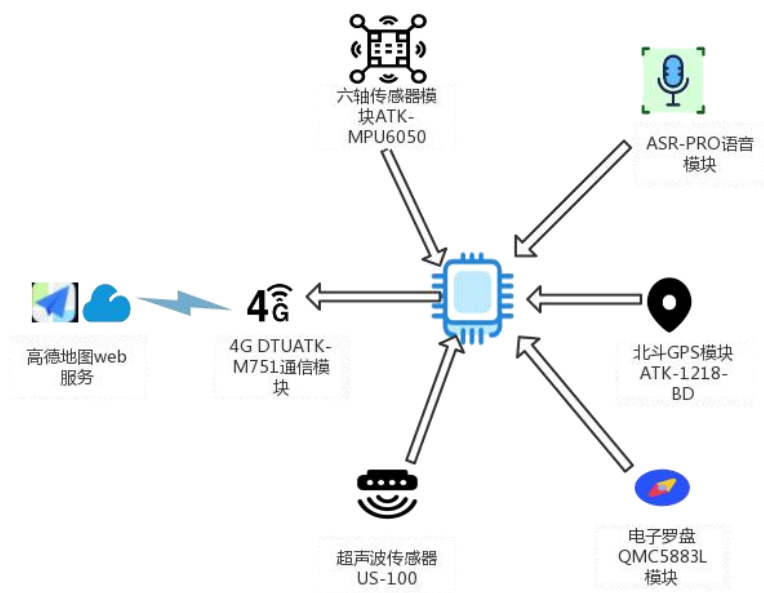


图 3.1 系统框架示意图

3.1 核心控制部分

3.1.1 主控板 STM32F4

智能导盲杖以 STM32 单片机为核心控制器。选择的型号是 STM32F407VET6。它是意法半导体推出的基于 ARM Cortex-M4 为内核的高性能微控制器，其采用了 90nm 的 NVM 工艺和自适应实时存储器加速器^[9]。主控板实物图如下图 3.2 所示：



图 3.2 主控板实物图

使用 STM32F407VET6 作为核心控制器主要是基于以下几点理由：

- (1) 性价比高。STM32F407VET6 型号单颗采购价为 13 元左右，批量价格可以更低，符合经济性原则，利于控制成本。
- (2) 技术成熟。作为全球最受欢迎的芯片之一，STM32F407VET6 久经市场考验，芯片各方面表现已经非常稳定可靠，满足稳定性原则。
- (3) 资料丰富。不仅市场上绝大多数公司都在基于 STM32 系列的芯片做开发，而且在网上也有很多的成熟方案与相关论坛，利于开发。
- (4) STM32F407 具备强大的性能。它搭载了 Cortex-M4 内核，工作频率高达 168 Mhz。在执行 Flash 存储器操作时，STM32F407 可提供 210DMIPS/566 CoreMark 的出色性能，并且借助意法半导体的 ART 加速器，实现了零等待状态的 FLASH 操作。DSP 指令和浮点单元扩大了产品的应用范围^[10]。

STM32F407 芯片系统结构图如下图 3.3 所示：



图 3.6 ASR-PRO 语音模块实物图

模块功能：支持 DNN\TDNN\RNN 等神经网络及卷积运算，支持语音识别、声纹识别、语音增强、语音检测、单麦克风降噪增强，单麦克风回声消除，360 度全方位拾音等功能。LCD 硬件连接图如图 3.7 所示：

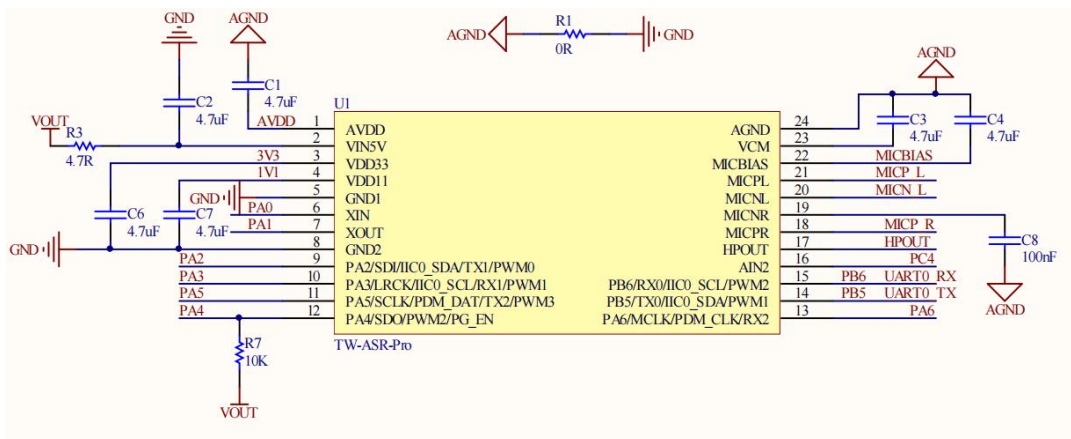


图 3.7 ASR-PRO 语音模块硬件连接图

3.3 网络通信部分

模块简介：ATK-M750 是一款由 ALIENTEK 公司研制的 4GDTU 设备，它可以支援各种通信，包括手机、联通、中国电信等，为您提供更加稳定、可靠的通信体验。这款产品具有出色的性能，其中最重要的是其具有极强的无线数据通信能力，这使得我们在各个应用领域都能够迅速找到合适的无线数据通信方案。此外，该产品还兼容 TCP/UDP/HTTP/MQTT/DNS/RNDIS/NTP 协议，并且还能够与各类云计算相互联系。

通过使用原子云、阿里云、百度云以及 OneNET 等云计算技术，可以实现 TCP/UDP/HTTP/MQTT 的高效数据通信，以及 USBWiFi，可以实现自动定期收发任务，可以实现基站的精准定位，可以实现自界定的心跳包以及注册包的功能，可以根据上位机/AT 命令/短信/透传命令来调整系统的设备，还可以实现 RS232 与 RS485 两种通信方式。ATK-M750 4G 模块实物图如下图 3.9 所示：



图 3.9 ATK-M750 4G 模块实物图

模块功能：ATK-M750 作为数据的接收点和发送点，在整个系统中是一座桥梁，发挥着重要的作用。主控板接收和处理完数据后，按协议规定的数据包帧格式，从而主控芯片可以接收和处理到导航路径的信息。这就是整个网络的通信流程。ATK-M750 结构图如图 3.10 所示：

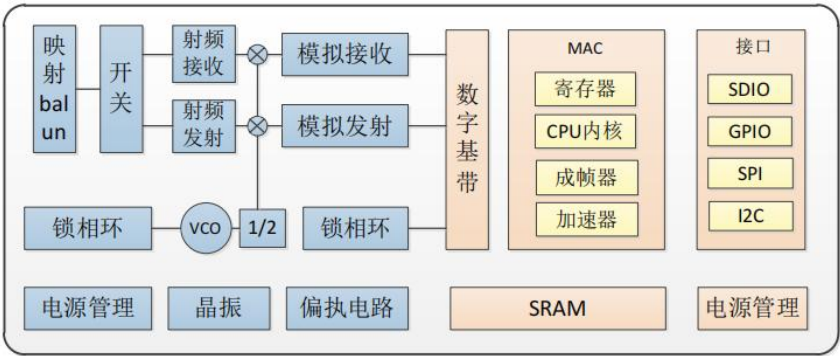


图 3.10 ATK-M750 结构图

工作原理：由于模块具有内置 32 位的 MCU，因此可以使用 AT 指令配置默认的标准固件库，主控芯片通过串口通信，然后 4G 模块再用 HTTP 模式的 GET 来访问。而高德地图 web 服务第一步，利用"Web 服务 API"密钥（Key），将 HTTP 信息 URL 拼接起来，并将 Key 当作必填参数一起传送；第 2 步，接受 HTTP 提供回来的信息（JSON 或 XML 格式），并对其进行分析，以便使用者可以获取更多的信息。ATK-M750 4G 模块通过 USART3 与主控板进行双向通信，TXD 引脚连接 GPIOB-11，RXD 引脚连接 GPIOB-10，供电电压为 12V,其 ATK-M750 4G 模块硬件原理图如下图 3.11 所示：

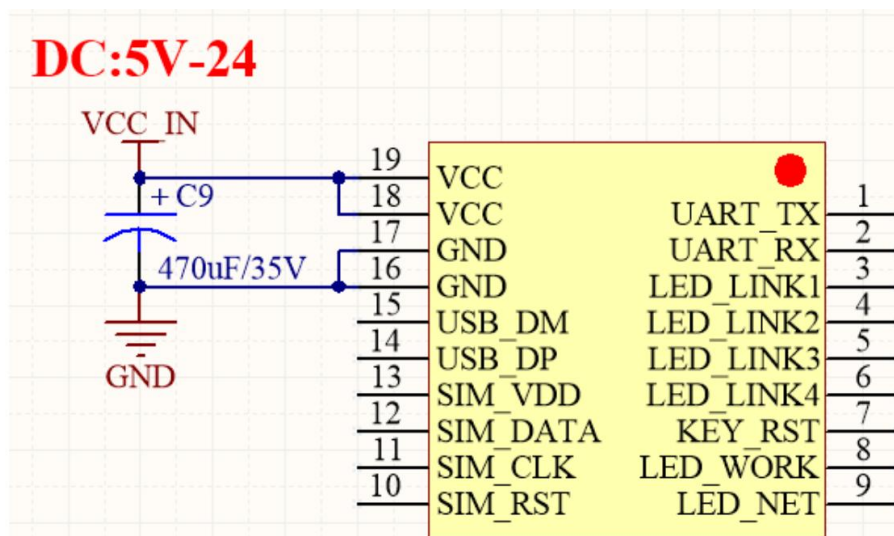


图 3.11 ATK-M750 4G 模块硬件原理图

3.4 传感器及控制器部分

3.4.1 HC-SR04 超声波测距

HC-SR04 超声波测距模块是一款高性价比的产品，它具有出色的无接触性超声波测量，其准确性高达 2.5cm-450cm，而且它的安装简单，抗氧化性强，使用寿命也极其延长，是一款理想的实体障碍物检测工具。

这个模块由一个电致伸缩传感器和一个电阻驱动电路组成，可以检测到物体的电致伸缩。通过将电阻电位调节到一个特定的值，可以实现对物体的电致伸缩和电阻电位的测量。这种传感器可以检测到物体的电致伸缩和电阻电位的差异，并通过调节电阻电位来检测物体的电致伸缩。通过利用压电式超声波接收器的反射原理[14]，可以实现发射与接收的双重功能，它们的结构与传统的发射器类似，但可以通过改变电极的形状、尺寸、材质等，将发射的电流传输至接收器，从而实现接收与发射的双重功能，并将信号传输至电子仪器，从而实现数据的准确传输。该模块实物图如图 3-1 所示。



图 3-1 超声波测距模块实物图

HC-SR04 超声波测距模块采用 IO 口 TRIG 触发测距，给至少 10 μ s 的高电平信号，在测试中实际测得 40-50 μ s 效果最好^[15]。该模块能够自动生成 8 个 40Khz 的方波，并能够进行自我检测。如果没有反馈，那么 IO 口 ECHO 将会产生一个较大的电压，而定时器的设定将会被激活，一旦电压降至较小的水平，定时器的设定将会被激活，而这个电压的长度将决定了超声波的传播时长。图 HC-SR04 展现了 HC-SR04 超声波测距模块的时序特性，可以帮助用户更准确地测量距离。。HC-SR04 超声波测距模块的超声波时序图如图 3-2 所示。

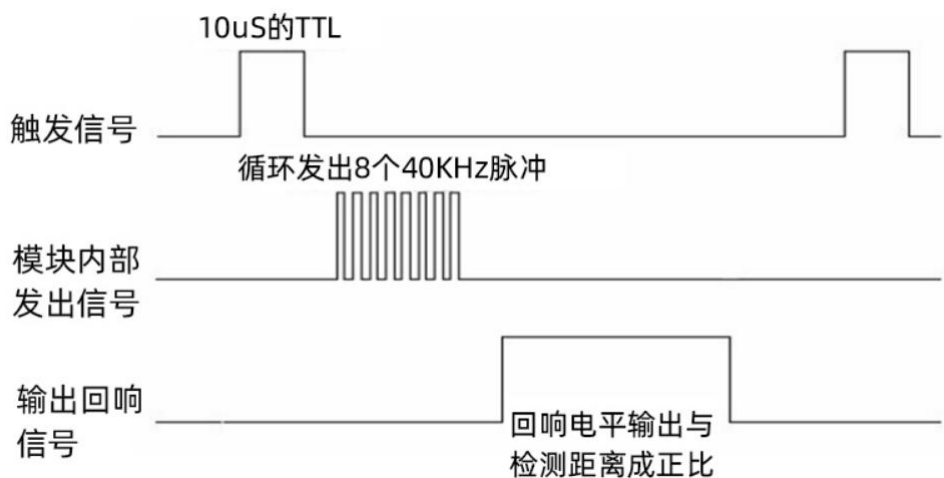


图 3-2 超声波时序图

超声波声音在干燥、15 $^{\circ}$ C 的空气中的传播速度大约为 340m/s。当超声波模块运行时，它会将超声波发射出去，并在障碍物上传播，声波的传播距离将会是模块与障碍物的两倍。超声波模块的距离计算见式（3-1）。

$$n = (t \times v) \div 2 \quad (3-1)$$

式中 n —— 超声波模块与障碍物的距离

t —— 高电平的时间

v —— 声速 340 m/s

根据图 HC-SR04，HC-SR04 超声波测距模块由 TL074、STC11、MAX232 三部分组成，前者是一个具有高效率的 JFET 输入，具有较高的功率，而后者则是一个具有高精度的 STC 单片机，具有较高的功率，并且具有较高的稳定性，以便更好地满足不同的应用需求。此外，MAX232 还具有单电源的功能，它支持+5V 单电源，并且具有输出正负压信号的功能，以便将信号传送到超声波模块，从而实现对目标物体的测距。通过调节 13-14V 的电压差，可有效地提升超声波器件的输出能力，从而提高其传输效果。

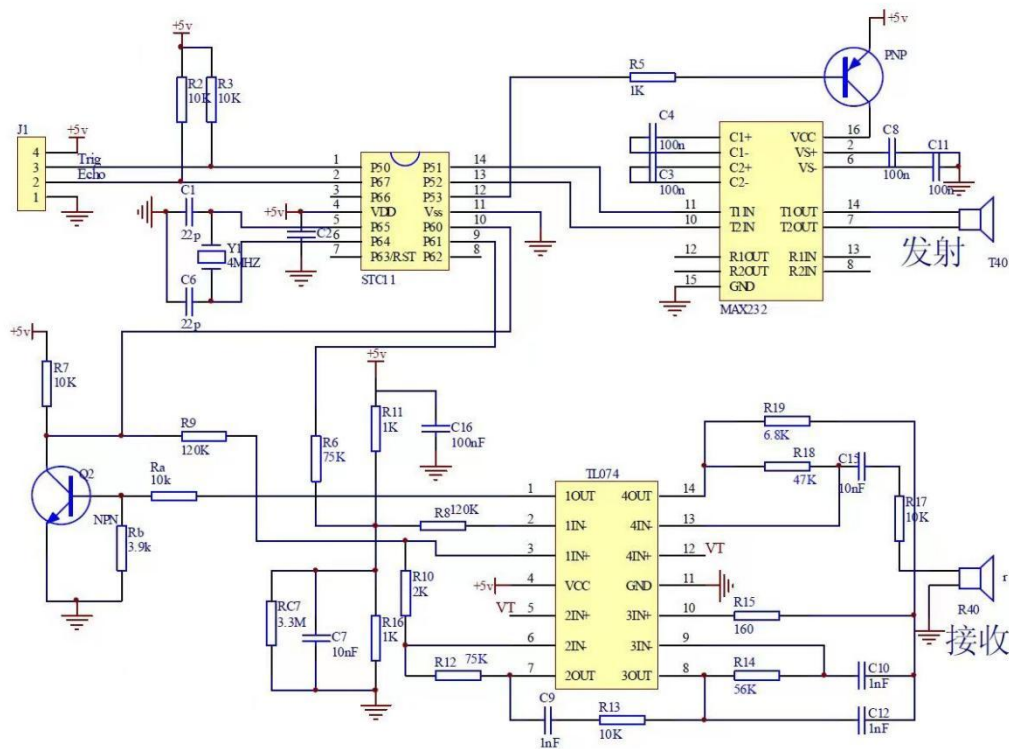


图 3-3 HC-SR04 模块原理图

在智能导盲杖硬件电路设置中，将超声波模块 I/O 口 TRIG 与 STM32F407VET6 核心控制器的 I/O 口 PA4 连接，I/O 口 ECHO 与 STM32F407VET6 核心控制器的 I/O 口 PA5 连接，VCC 和 GND 分别与电源的 5V 和 GND 连接。单片机在获取障碍物距离后可伴随震动发出随距离缩短逐渐急促的警示音。经过调查与实际测试发现，在真实路况中，高度在 40cm 以上的物体为影响出行的主要障碍物。因此，将超声波模块安装在导盲杖离地间隙为 45cm 处。HC-SR04 模块的测量角度不大于 15°，所以在该高度安装超声波模块能有效检测前方障碍物，且能避免在 1.5m 范围内的测量误差。

3.4.2 六轴传感器模块 MPU6050

模块简介：该模块内置有一个 3.3V 超低压差稳压芯片，它能够提供 MPU-6050 所需的电源，从而使得外界电压能够达到 3.3V 或 5V。它还采用 P1 排针将内置的电路与外界相联，并且能够发送 VCC、GND、IIC_SDA、IIC_SCL、MPU_INT、MPU_AD0 等多种电子信号，而且，IIC_SDA 和 IIC_SCL 均配备有一个 4.7K 的拉电阻，这样就无需在外界额外添置拉电阻，从而提高系统的性能。MPU_AD0 拥有一个 10K 的下拉电阻，使得模块的 IIC 地址能够在悬空状态和悬空状态之间变化。此外，模块只能使用一个 IIC 接口来进行外界的连接，而且还能够根据需要调整模块的 IIC 地址，例如，在悬空状态/接 GND 的情况下，模块的 IIC 从机地址应该是 0x68；而在悬空状态和 VCC 的情

况下，模块的 IIC 从机地址应该是 0x68。此模块成本低，快响应，可靠性高。具体此模块实物图如下图 3.14 所示：

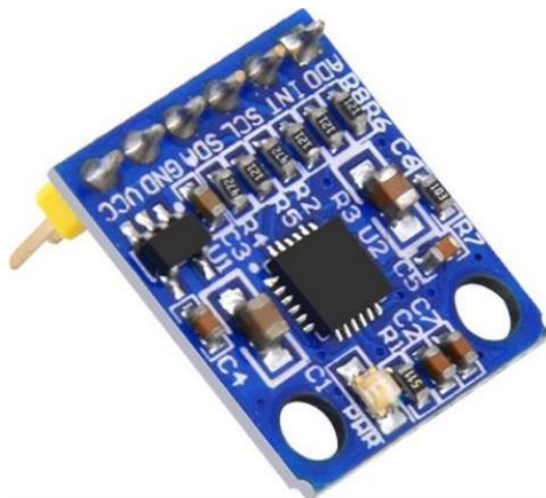


图 3.14 六轴传感器模块 MPU6050 实物图

工作原理和功能模块：MPU-6050 拥有三轴陀螺仪、三轴加速度传感器以及自带的高性能的数据运动信息处理器（DMP，Digital Motion Processor），它可以实现六轴融合的计算，而且可以通过 IIC 接口将计算结果传递给客户。InvenSense 公司推出的 DMP 驱动器可以轻松地完成姿态计数，这不但减少了 AP 的数量，而且还极大地精简了程序的编写过程。这个系统的这个模块使用了 5V 的工作电压，并且将数据 SCL 和 SCL 的引脚连接到了 STM32 的 GPIOA-12 和 GPIOB-7，而且还将电源的负极接到了 GND。

硬件连接：该系统的此模块选择的工作电压为 5V，数据 SCL 引脚接在 STM32 的 GPIOA-12 引脚上，数据 SDA 引脚接在 STM32 的 GPIOB-7 引脚上，GND 接电源负极。具体硬件原理图如下图 3.15 所示：

球磁场的方向和大小，其测量范围从毫高斯到 8 高斯(gauss)。得到方向后，因为拐杖方向为固定的，所以可以通过偏转角度得到盲人前进的方向。

硬件连接：该系统的此模块选择的工作电压（VCC）为 3.3V，模拟模式输出，AO 引脚接在 STM32 的 GPIOA-6 引脚上，GND 接地。具体硬件原理图如下图 3.17 所示：

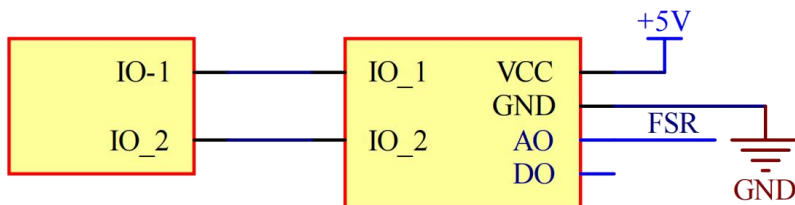


图 3.17 电压转换器原理图

3.4.4 北斗 GPS 定位 ATK-1218-BD 模块

模块简介：北斗 GPS 定位 ATK-1218-BD 模块供电电压为 5V，是一种外置有源天线，信号稳定，内置 FLASH，可保持各种参数，最大 20Hz 输出速率，支持 PPS，GPS+ 北斗双横定位，效果好，定位速度快，首次 30 秒内定位，此模块实物图如下图 3.18 所示：



图 3.18 北斗 GPS 定位 ATK-1218-BD 模块实物图

工作原理和功能模块：工作原理和功能模块：该模块的 RXD、TXD 和 STM32 的 GPIOA-2、GPIOA3 引脚相连接，使用串口收发，并且具有精度高、反应时间快的特点。硬件连接：该系统的此模块工作电压为 5V，时钟引脚和数据引脚分别接 STM32 主控板的 GPIOA-2 引脚上和 GPIOA-3 上，GND 引脚接地。

具体原理图如下图 3.19 所示：

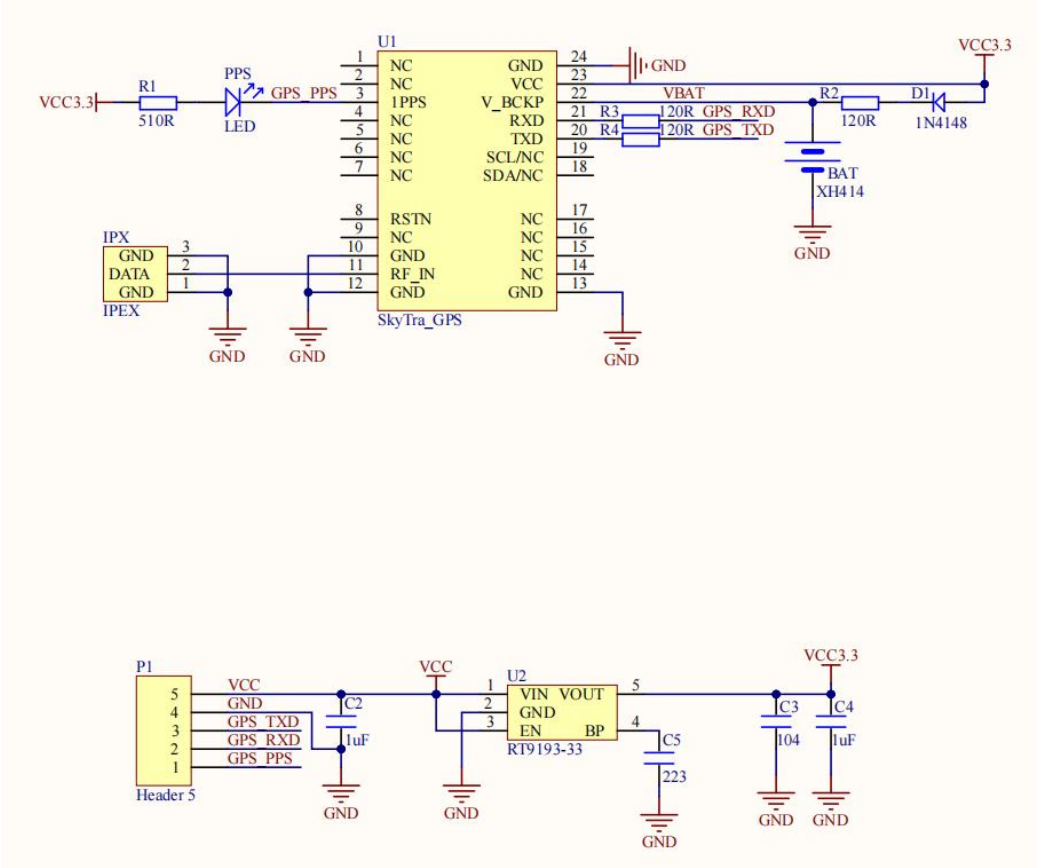


图 3.19 北斗 GPS 定位 ATK-1218-BD 模块原理图

第 4 章 系统软件设计与实现

本系统的软件设计方案主要分为三个子系统来设计与实现，分别是：智能导盲杖、语音识别与播报、云端路径规划与导航。系统软件结构图如 4.1 所示：

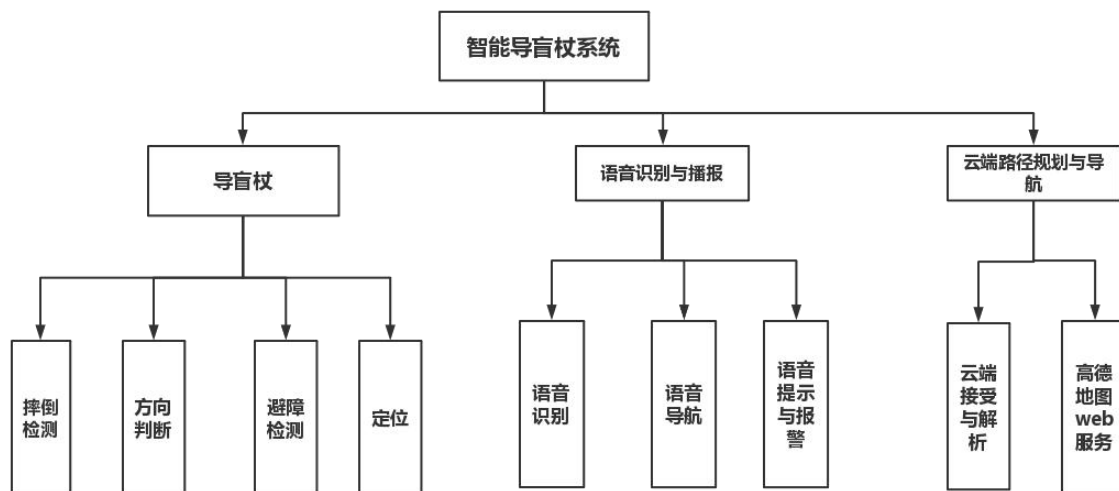


图 4.1 系统软件结构

本系统会通过传感器和控制器，采集路况信息和盲人信息，或者控制某些设备，比如电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050，HC-SR04 超声波测距等设备。把数据处理后，会通过 ASR-PRO 语音模块的话筒发出相关的语音提示，主控板通过 IO 引脚与各个模块设备进行通信和控制，以及通过 4G DTUATK-M751 通信模块把处理后的数据包发送到云端，云端直接调用高德地图 web 服务步行路径规划获得 JSON 格式的路径信息，然后数据。

4.1 导盲杖的设计与实现

本系统采用多种传感器和控制器，如电子罗盘 QMC5883L 模块、北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD、ASR-PRO 语音模块、六轴传感器模块 MPU6050，HC-SR04 超声波测距、4G DTUATK-M751 通信模块以及话筒喇叭等模块，单片机通过接收和处理这个数据，从而使导盲杖变得智能。

4.1.1 障碍物检测

实体障碍物的检测是由超声波模块来进行完成的。在对超声波模块进行初始化以后，会通过 Get_Sr_Value() 函数获取超声波模块的测距结果[21]。Get_Sr_Value() 函数每次执行会给超声波测距模块的 IO 口 TRIG 发送 20 μ s 的高电平信号，当单片机的 I/O 口 PA5 超过 5ms 未检测到超声波测距模块的 IO 口 ECHO 有高电平出现，或者单片机的 I/O 口

PA5 检测到超声波测距模块的 IO 口 ECHO 发出的高电平时间超过 24ms 时，将会做超时处理，返回 0 值。因为当高电平持续时间超过 24ms 时超声波的测量距离已经超过了 413cm，这个距离已经超出超声波测距模块的测量范围。在单片机 I/O 口 PA5 检测到超声波测距模块的 IO 口 ECHO 发出的高电平时间小于 24ms 时，将会通过单片机定时器 TIM3 的计数值计算得到的距离数据。根据上文中提到的超声波模块距离计算公式 (3-1) 可知，超声波每 $29.15\mu\text{s}$ 将会走过 1cm 的距离，因此对计数值除以 58 即为超声波模块测量的距离。障碍物检测流程如下图 4.2 所示：

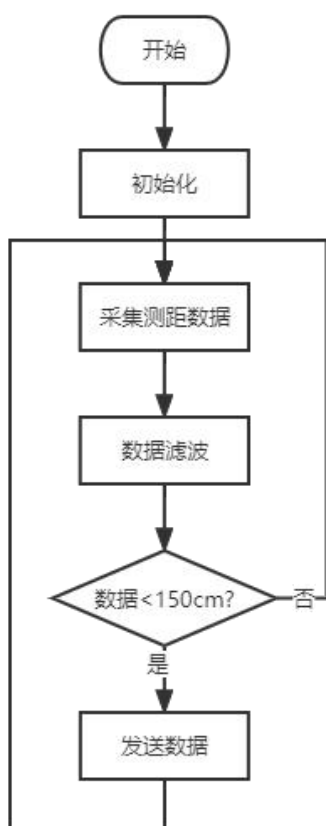


图 4.2 障碍物检测流程

其代码如下所示：

```

switch(capture_cnt)
{
    case 0:
        capture_cnt++;
        //设置 TIM3 通道 1 捕获上升沿
        __HAL_TIM_SET_CAPTUREPOLARITY( &htim3 ,
TIM_CHANNEL_1, TIM_INPUTCHANNELPOLARITY_RISING);

```

```

        if(capture_value2 < capture_value1)
        {
            hightime = capture_value2 + (0xffff- capture_value1);
        }
        //根据公式计算距离 hightime/1000000.0 为高电平时间
        distance = hightime/10000.0*340/2.0;
        //    UartPutNum(distance);

        //        HAL_UART_Transmit_IT(&huart2,(uint8_t
        *)TxDistance,sizeof(TxDistance));

        //        HAL_UART_Transmit_IT(&huart2,(uint8_t
        *)TxDistance,sizeof(TxDistance));

        printf("%.3f\r\n",distance);
        capture_cnt = 0;
        break;
    }

    if(US100==1){
        HAL_GPIO_WritePin( GPIOA, GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_SET);
        HAL_Delay(1);
        HAL_GPIO_WritePin( GPIOA, GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_RESET);
        US100=0;
    }

```

4.1.2 电子罗盘模块

测温模块是 MLX90614 红外传感器上的时钟 SCL 引脚接 STM32 的 GPIOC-0 引脚上，数据 SDA 引脚接 STM32 的 GPIOC-1 上，单片机和 MLX90614 之间的通信为 I2C 协议，引脚模式为集电极开漏模式，电子罗盘模块流程如下图 4.3 所示：

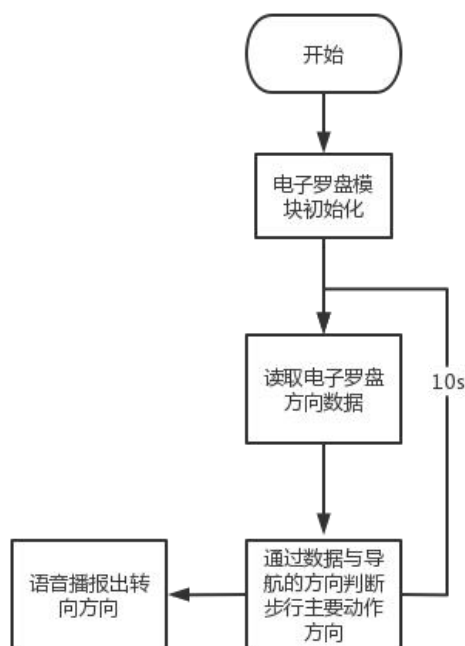


图 4.3 电子罗盘模块流程图

此模块的初始化代码如下：

```

void hmc5883l_init(){      uint8_t data = 0x70;

    HAL_I2C_Mem_Write(&hi2c2,HMC5883L_ADDER,CONFIGURATION_A,
1, &data, 1,1000); //配置寄存器 A
    data = 0x20;
    HAL_I2C_Mem_Write(&hi2c2,HMC5883L_ADDER,CONFIGURATION_B,
1, &data, 1,1000); //配置寄存器 B
    data = 0x0;
    HAL_I2C_Mem_Write(&hi2c2,HMC5883L_ADDER,HMC5883L_MODE, 1,
&data, 1,1000); //配置模式寄存器，连续模式
}
  
```

在 I2C 总线中，所有的参与者均有权利选择自己的位置，并且拥有独特的地址，这些位置的值会影响参与者之间的交互。在 SCL 较大的情况下，SDA 的值会发生变化，但是这些值必须维持在 0，而在 1 的情况下，SDA 的值才会发生变化，才会开始数据的传送。如果 SCL 较小，则可以使 SDA 进行数值转换，并发出一组响应信号：在传送 8 个时钟周期以后，接收端会以 1 个时间循环的形式发出一组 ACK 位，这样一组完整的数据包就会传送出 9 个时间循环，从而达到终止的目的。当钟线显示出较高的电平值，

而数据线则呈现出从较低值开始的逐渐升高的趋势，这说明这个信号已经被发送出去。I2C 时序图如下图 4.4 所示：

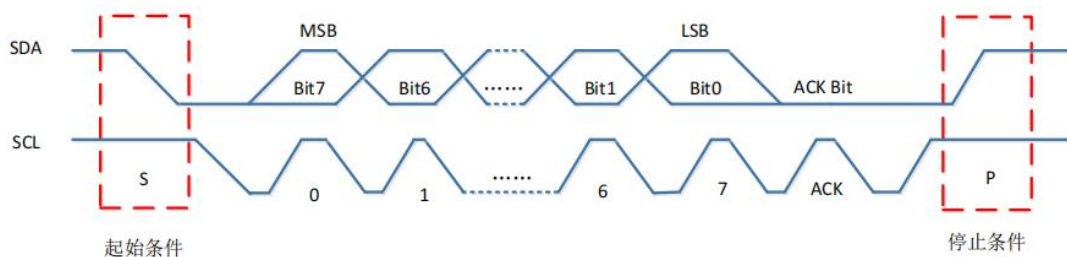


图 4.4 I2C 时序图

该模块是用来测量方向的，数据读取代码如下：

```
nt16_t hmc5883l_read(float Xoffest,float Yoffest,float Kx,float Ky){
    float rawGaX,rawGaY;
    int16_t Magangle;
    hmc5883l_rawread(&rawGaX,&rawGaY);
    float GaX = (rawGaX - Xoffest) * Kx;
    float GaY = (rawGaY - Yoffest) * Ky;
    if((GaX > 0)&&(GaY > 0)) Magangle = atan(GaY/GaX)*57;
    else if((GaX > 0)&&(GaY < 0)) Magangle = 360+atan(GaY/GaX)*57;
    else if((GaX == 0)&&(GaY > 0)) Magangle = 90;
    else if((GaX == 0)&&(GaY < 0)) Magangle = 270;
    else if(GaX < 0) Magangle = 180+atan(GaY/GaX)*57;
    return Magangle;
}
f
```

4.1.3 北斗 GPS 模块

北斗 GPS 模块采用的是 ATK-1218-BD 型号，此模块是由串口与单片机通信。采集到的 GPS 数据经过 STM32F1 处理变成“火星”坐标再转变成百度地图坐标，再经过 WiFi 发送。主要流程如下图 4.5 所示：

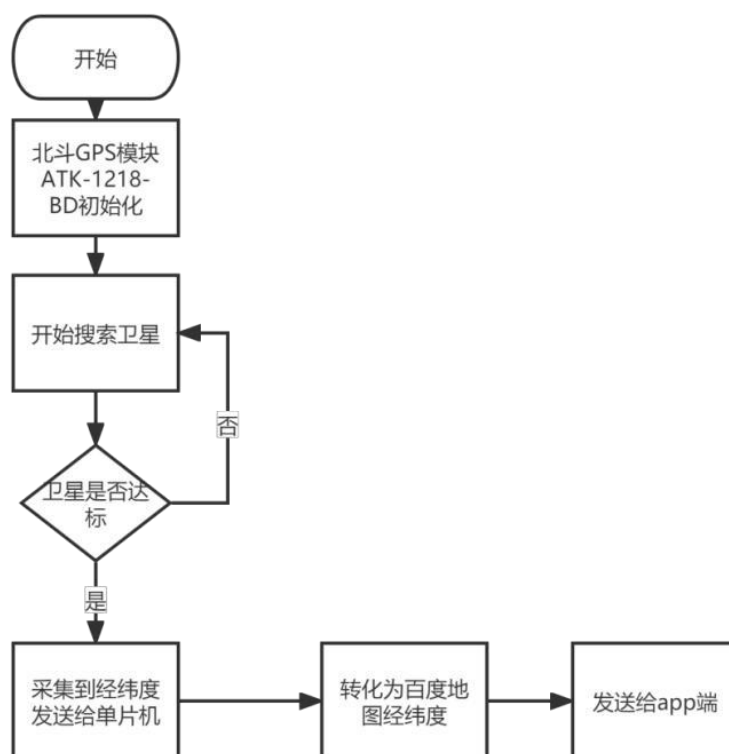


图 4.5 北斗 GPS 模块流程图

此模块的初始化代码如下：

```

**
* @brief   ATK-MO1218 初始化
* @param   baudrate: ATK-MO1218 UART 通讯波特率
* @retval   ATK_MO1218_EOK : ATK-MO1218 初始化成功
*           ATK_MO1218_ERROR: ATK-MO1218 初始化失败
*/
uint8_t atk_mo1218_init(uint32_t baudrate)
{
    uint8_t ret;
    atk_mo1218_sw_version_t version;

    // atk_mo1218_uart_init(baudrate);
    ret = atk_mo1218_get_sw_version(&version);
    if (ret != ATK_MO1218_EOK)
    {
        return ATK_MO1218_ERROR;
    }
}
    
```

```

    }
    return ATK_MO1218_EOK;
}

    配置 ATK-MO1218 模块 */
    ret = atk_mo1218_factory_reset(ATK_MO1218_FACTORY_RESET_REBOOT);
    ret += atk_mo1218_config_output_type(ATK_MO1218_OUTPUT_NMEA,
ATK_MO1218_SAVE_SRAM_FLASH);
    ret += atk_mo1218_config_nmea_msg(1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,
ATK_MO1218_SAVE_SRAM_FLASH);
    ret += atk_mo1218_config_position_rate(ATK_MO1218_POSITION_RATE_5HZ,
ATK_MO1218_SAVE_SRAM_FLASH);
    ret +=
atk_mo1218_config_gnss_for_navigation(ATK_MO1218_GNSS_GPS_BEIDOU,
ATK_MO1218_SAVE_SRAM_FLASH);:

```

单片机读取经纬度数据代码如下：

```

uint8_t GPS_update(void)
{
    float *tpla;    //纬度
    float *tpln;    //经度
    uint8_t ret;
    atk_mo1218_time_t utc;

    int16_t altitude;
    uint16_t speed;
    atk_mo1218_fix_info_t fix_info;
    tpla=(float*)malloc(6 *sizeof(tpla));
    tpln=(float*)malloc(6 *sizeof(tpln));
    ret = atk_mo1218_update(&utc, &position, &altitude, &speed, &fix_info, NULL,
NULL, 5000);
    if (ret == ATK_MO1218_EOK)
    {
        *tpla= position.longitude.degree /100000;

```

```

        *tpln=position.latitude.degree / 100000;
        printf("Position: %d.%d'%s %d.%d'%s\r\n", position.longitude.degree /
100000, position.longitude.degree % 100000, (position.longitude.indicator ==
ATK_MO1218_LONGITUDE_EAST) ? "E" : "W",
        position.latitude.degree / 100000, position.latitude.degree % 100000,
(position.latitude.indicator == ATK_MO1218_LATITUDE_NORTH) ? "N" : "S");
        GPS_transformation(*tpla,*tpln,tpla,tpln);
        free(tpla);free(tpln);
    }
    else
    {
        /* ATK-MO1218 模块未定位时，
        * 不输出 NMEA 协议的 GSV 语句，
        * 导致因获取不到可见 GPS、北斗卫星的信息而超时失败，
        * 此时可将函数 atk_mo1218_update()的入参 gps_satellite_info 和
beidou_satellite_info
        * 传入 NULL，从而获取未定位时的其他数据
        */
        printf("Error!\r\n");
        free(tpla);free(tpln);
        return 1;
    }

    return 0;
}

```

单片机读取数据后，因为直接采集到的是 WGS84 而高德地图需要火星坐标系，所以会进行分析转换，代码如下：

```

/*****
* WGS84(GPS 坐标系) to 火星坐标系(GCJ-02)
*
* @param lat
* @param lon
* @return *****/

```

```

void GPS84_To_GCJ02(float WGS84_Lat, float WGS84_Lon, float * GCJ02_Lat, float *
GCJ02_Lon)
{
    float dLat;
    float dLon;
    float radLat;
    float magic;
    float sqrtMagic;

    dLat = transformLat(WGS84_Lon - 105.0f, WGS84_Lat - 35.0f);
    dLon = transformLon(WGS84_Lon - 105.0f, WGS84_Lat - 35.0f);
    radLat = WGS84_Lat / 180.0f *
    *GCJ02_Lat = WGS84_Lat + dLat; //GCJ02_Lat 是高德纬度存储变量的地址
*GCJ02_Lat 就是那个值
    *GCJ02_Lon = WGS84_Lon + dLon; //GCJ02_Lon 是高德经度存储变量的地址
*GCJ02_Lon
}

```

4.1.4 摔倒检测

摔倒检测是六轴传感器模块 MPU6050 完成，IIC 通信的引脚数据 SCL 引脚接在 STM32 的 GPIOA-12 引脚上，数据 SDA 引脚接在 STM32 的 GPIOB-7 引脚上，由于 MPU6050 能够捕捉三个方向的加速度，这些方位都受到了地心引力的影响。由于地心引力一般都会持续不断，所以我们能够通过观察这些方位来估计晶片的位置。通过将晶片放置在一个支架上，并将其三个方向的加速度作为一个单位，就能够计算出它的位置。如果当前的晶片处在匀速直线运动的情况下， a 就会朝着 Z 轴的反方向移动，其中的模长分别是 $|a|=g=\sqrt{X^2+Y^2+z^2}$ 。但是，当晶片出现了转动时， a 的反作用力会减弱，因此它的反作用力会消失。见根据上述坐标，我们可以看到，Z 轴的正值是朝下的，而 X 轴的正值是朝右的。此时，我们可以看到，Roll 角 Φ （黄色）是加速度向量和它们在 XZ、0、Z 三个平面之间的夹角，而 Pitch 角 ω （绿色）则是它们和它们在 YZ、y、z 三个平面之间的夹角。通过计算两个向量之间的夹角，我们就能够得出结果。假设当前芯片处于匀速直线运动状态，那么 a 应垂直于地面上向，即指向 Z 轴负方向，模长为 $|a|=g=\sqrt{X^2+Y^2+z^2}$ 。若芯片（座标系）发生旋转，由于加速度向量 a 仍然竖直

向上，所以 Z 轴负方向将不再与 a 重合。见下图。为了方便表示，上图坐标系的 Z 轴正方向（芯片正面）向下，X 轴正方向（拐杖前进方向）向右。此时芯片的 Roll 角 Φ （黄色）为加速度向量与其在 XZ 平面上投影(x,0,z)

的夹角，Pitch 角 ω （绿色）与其在 YZ 平面上投影(0,y,z)的夹角。求两个向量的夹角可

用点乘公式： $a \cdot b = |a| \cdot |b| \cdot \cos \theta$ ，简单推导可得： $\phi = \cos^{-1}(\sqrt{x^2 + z^2}/g)$

以及 $\omega = \cos^{-1}(\sqrt{y^2 + z^2}/g)$ ，

因为 arccos 函数只能返回正值角度，因此还需要根据不同情况来取角度的正负值。当 y 值为正时，Roll 角要取负值，当 x 轴为负时，Pitch 角要取负值。盲人摔倒检测流程如下图 4.8 所示：

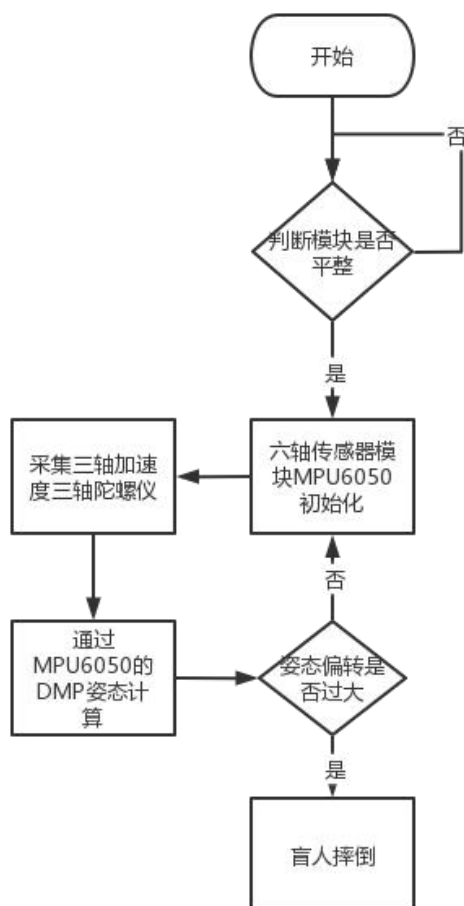


图 4.8 盲人摔倒检测流程图

此模块采用单片机 IIC 片内外设进行采样，引脚为模拟输入，初始化代码如下：

```
static void atk_ms6050_hw_init(void)
```

```
{
    GPIO_InitTypeDef gpio_init_struct = {0};
    /* 使能 AD0 引脚 GPIO 的时钟 */
    ATK_MS6050_AD0_GPIO_CLK_ENABLE();
    /* 初始化 AD0 引脚 */
    gpio_init_struct.Pin = ATK_MS6050_AD0_GPIO_PIN; /* AD0 引脚 */
    gpio_init_struct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP; /* 推挽输出 */
    gpio_init_struct.Pull = GPIO_PULLUP; /* 上拉 */
    gpio_init_struct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH; /* 高速 */
    HAL_GPIO_Init(ATK_MS6050_AD0_GPIO_PORT, &gpio_init_struct);
    /* 控制 ATK-MS6050 的 AD0 */
}
```

此模块，对 IIC 外设采样的值进行滤波，使得结果更加准确，以下是主要代码：

```
* @brief    ATK-MS6050 设置
* @retval    0 : 函数执行成功
*           1 : IIC 通讯 ACK 错误，函数执行失败
uint8_t Mpu6050_set_lpf(uint16_t lpf)
{
    uint8_t dat;
    if (lpf >= 188)
    { dat = 1; }
    else if (lpf >= 98)
    { dat = 2; }
    else if (lpf >= 42)
    { dat = 3; }
    else if (lpf >= 20)
    { dat = 4; }
    else if (lpf >= 10)
    { dat = 5; }
    else
    { dat = 6; }
    return Mpu6050_write_byte(MPU6050_IIC_ADDR, MPU_CFG_REG, dat);
}
```

```
}
```

单片机采集数据之后，会和预警值进行判断，预警值是根据下多次测量得出，主要代码如下：

```
void demo_run(void)
{
    uint8_t ret;
    //uint8_t key;
    uint8_t niming_report = 0;
    float pit, rol, yaw;
    int16_t acc_x, acc_y, acc_z;
    int16_t gyr_x, gyr_y, gyr_z;
    int16_t temp;
    ret = Mpu6050_init();
    if (ret == 1)
    {
        printf("ATK-MS6050 init failed!\r\n");
    }
    ret = atk_ms6050_dmp_init();
    if (ret == 1)
    {
        printf("ATK-MS6050 DMP init failed!\r\n");
        while(1);
    }
    while (1)
    {
        ret = atk_ms6050_dmp_get_data(&pit, &rol, &yaw);
        ret += Mpu6050_get_accelerometer(&acc_x, &acc_y, &acc_z);
        ret += Mpu6050_get_gyroscope(&gyr_x, &gyr_y, &gyr_z);
        ret += Mpu6050_get_temperature(&temp);
        if (ret != 0)
        {
```

```

if (niming_report == 0)
{
    printf("pit: %.2f, rol: %.2f, yaw: %.2f, ", pit, rol, yaw);
    printf("acc_x: %d, acc_y: %d, acc_z: %d, ", acc_x, acc_y, acc_z);
    printf("gyr_x: %d, gyr_y: %d, gyr_z: %d, ", gyr_x, gyr_y, gyr_z);
    printf("temp: %d\r\n", temp);
}
else
{
    demo_niming_report_status((int16_t)(rol * 100), (int16_t)((pit) * 100),
(int16_t)(yaw * 100), 0, 0, 0);
    demo_niming_report_senser(acc_x, acc_y, acc_z, gyr_x, gyr_y, gyr_z, 0, 0, 0);
} }
}

```

4.2 云端路径规划与导航

4.2.1 4G 模块配置

此系统把需要的数据通过 4G 进行传输与获取, 需要将 4G 模块配置成 HTTP 的 GET 模式, 可以直接使用上位机配置, 也可以通过代码配置, 上位机配置如图 4.9 所示:

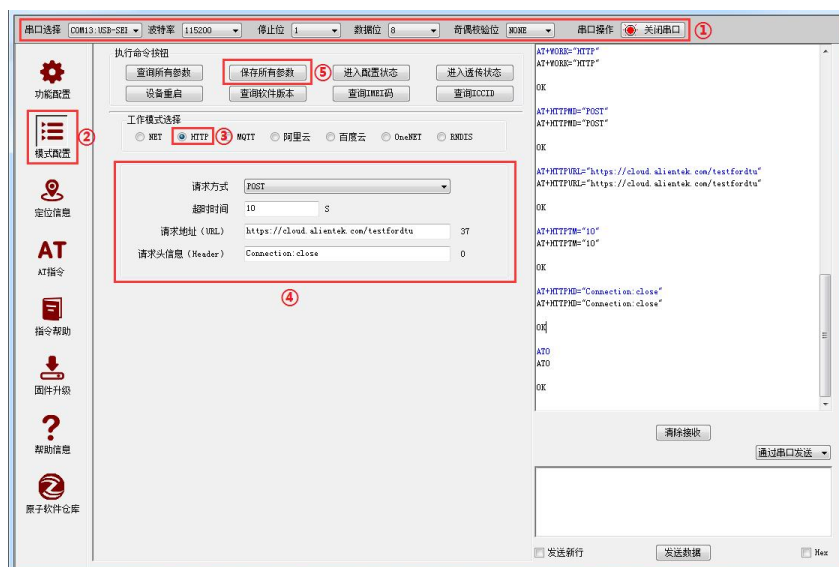


图 4.9 上位机配置示意图

AT 指令配置 4G 流程如下:

发送 AT 指令使用 HTTP 模式实例 (注: “//” 后的内容为备注说明信息):

+++ //①进入配置模式（注这里不需要加回车）
atk //DTU 返回二次确认信息（DTU 主动返回）
atk //发送二次确认信息（用户主动发送到 DTU）
OK //成功进入配置模式
AT+WORK="HTTP" //②选择 DTU 的工作模式为 HTTP 模式（HTTP）
OK //DTU 工作模式配置成功
AT+HTTPMD="GET" //③配置 HTTP 模式请求方式为 GET
OK //请求方式配置成功
AT+HTTPTM="10" //④配置 HTTP 模式请求超时时间为 10s
OK //请求超时时间配置成功
AT+HTTPURL="https://cloud.alientek.com/testfordtu?data=" //⑤配置 URL
OK //请求 URL 配置成功
AT+HTTPHD=" Connection:close" //⑥配置 HTTP 模式下的请求头信息
//注意如果有多个请求头信息，需要以 “
\\r\\n” 字符串进行分割
OK //请求头信息配置成功
ATO //⑦重启 DTU，
OK //成功进入透传模式

由于经过多次测试，HTTPGET 模式稳定，所以本系统使用的是 HTTPGET 模式，此模式的配网流程图如下图 4.18 所示：

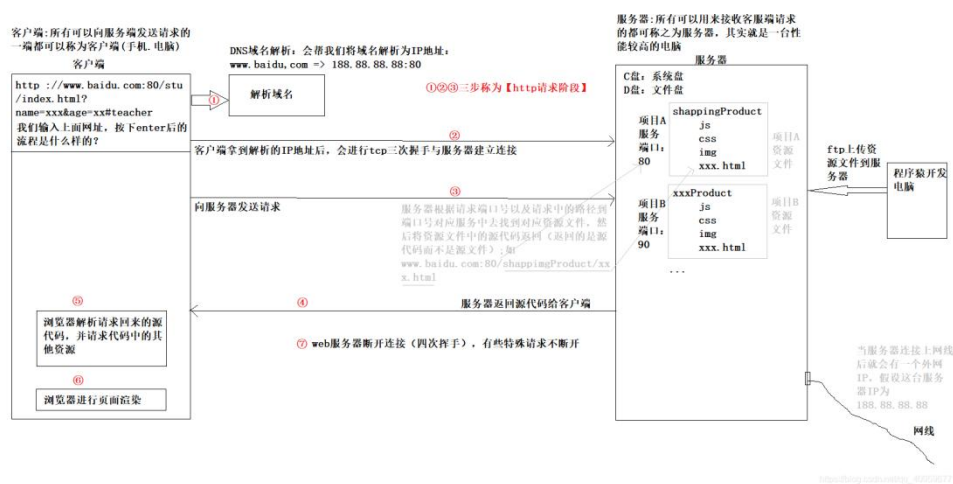


图 4.16HTTP 请求流程图

4.2.2 高德地图 API

API（Key））可以通过 HTTP 协议来支持步行、乘坐地铁、骑自己的自动车，并且可以根据 JSON 和 XML 格式的信息来估测路径的长度。第一步，需要先获取"Web 服务 API"SK（Key）；第二步，将 HTTP 协议 URL 拼接起来，并将 Key 当作必填参数一起传送；第三步，收到 HTTP 协议所传递的 JSON 和 XML 格式的信息，即可完成路径规划的任务。通过 UTF-8 格式，我们可以对所有的接口进行有效的数值分析。



图 4.16 高德地图 key 设置界面

高德地图路径规划 API 有两种模式。本项目选择路径规划 1.0，步行路径规划 API 可以规划 100KM 以内的步行通勤方案，并且返回通勤方案的数据。最大支持 100km 的步行路线规划。如下图 4.17 所示：

• 步行路径规划API URL

URL	https://restapi.amap.com/v3/direction/walking?parameters
请求方式	GET

图 4.17 路径规划 API 图

步行路径规划 API 需要传输参数如下表所示

表 4.1 请求参数

参数名	含义	规则说明	缺省值
key	请求服务权限标识	用户在高德地图官网申请 Web 服务 API 类型 KEY	无
origin	出发点	规则：lon, lat（经度，纬度），“,” 分割，	无

		如 117.500244, 40.417801 经纬度小数 点不超过 6 位	
destination	目的地	规则: lon, lat (经 度, 纬度), “,” 分割, 如 117.500244, 40.417801 经纬度小数 点不超过 6 位	无
sig	数字签名	数字签名的 Key	无
output	返回数据格式类型	可选值: JSON, XML	JSON
callback	回调函数	callback 值是用户定 义的函数名称, 此参数只 在 output=JSON 时有效	无

返回结果参数说明如下表所示, 步行规划的响应结果的格式由请求参数 output 指定

表 4.2 返回结果参数说明

名称	含义	规则说明
status	返回状态	值为 0 或 1 1: 成功; 0: 失败
info	返回的状态信息	status 为 0 时, info 返回错误 原; 否则返回“OK”。
paths	步行方案	表格下面为步行方案详解
instruction	路段步行指示	
road	道路名称	

distance	此路段距离	单位：米
orientation	方向	
duration	此路段预计步行时间	
action	步行主要动作	详情见步行动作列表
assistant_action	步行辅助动作	详情见步行动作列表
walk_type	这段路是否存在特殊的方式	0, 普通道路 1, 人行横道 3, 地下通道 4, 过街天桥 5, 地铁通道 6, 公园 7, 广场 8, 扶梯 9, 直梯 10, 索道 11, 空中通道 12, 建筑物穿越通道 13, 行人通道 14, 游船路线 15, 观光车路线 16, 滑道 18, 扩路 19, 道路附属连接线 20, 阶梯 21, 斜坡 22, 桥 23, 隧道 30, 轮渡

表 4.3 步行动作列表

主要动作列表	辅助动作列表
无基本导航动作	无辅助导航动作
左转，右转	左转，右转
向左前方，向右前方 向左后方，向左后方	向左前方，向右前方 向左后方，向左后方
直行	往后走，往前走
靠左，靠右	靠左，靠右
通过人行横道	靠左
通过人行横道	
通过地下通道	
通过广场	到达目的地
到道路斜对面	到道路斜对面，到道路 斜对面

4.2.3 JSON 协议解析

系统采用了 CJSON 作为 JSON 格式的解析库。CJSON 是一个超轻巧、携带方便的单文件解析器，符合 ANSI-C 标准。只需从 <https://gitee.com/peng-jiaweibabe/c-json.git> 下载.c 和.h 文件，并将其复制到工程目录中。然后，通过包含头文件 cJSON.h（#include "cJSON.h"），即可使用该库。此方案结构体设计思想图如下图 4.19 所示：

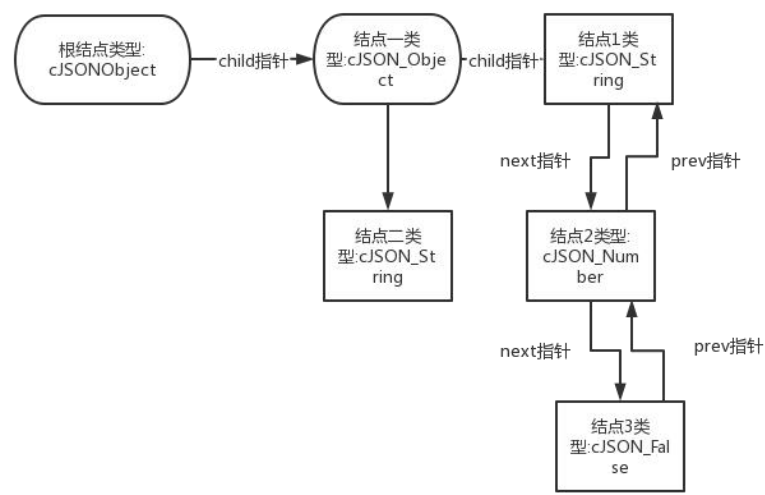


图 4.19CJSON 结构体设计思想图

此系统中 CJSON 代码多重键值分析代码如下：

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include "cJSON.h"
```

```
int main (int argc, char **argv)
{
```

```
    char                                json_buf[]                                =
    "{"type\":\"text\", \"number\": {\"phone_number\": \"17687499242\"}, \"sms\": \"nihao\"}";

    cJSON *json = NULL;
    cJSON *json_phone_number = NULL;
    printf("json 格式化前:\n");
    printf("%s\n\n", json_buf);
    json = cJSON_Parse(json_buf); //json 格式序列化
    if (NULL == json)
    {
        printf("cJSON_Parse error:%s\n", cJSON_GetErrorPtr());
    }
    printf("json 格式化后:\n");
    printf("%s\n\n", cJSON_Print(json));
    /* 获取相应 key 的 value */
```

```

    json_phone_number = cJSON_GetObjectItem(json, "number"); //首先获取第一次键值

    json_phone_number = cJSON_GetObjectItem(json_phone_number, "phone_number"); //获取第二层

    printf("phone_number:%s\n", json_phone_number->valuelstring);

    cJSON_Delete(json); //释放 cJSON 结构体内存

    return 0;
}

```

4.3 语音识别与播报

ASRPRO 开发板提供使用语音识别与语音播报功能，本模块使用天问 Block 开发，入门模式、标准模式和专业模式三种不同的开发模式，以开发者的需求不同，选择合适的开发模式，可以快速让开发者完成底层工作的搭建，节省大量的时间，此系统选择的标准模式，如下图 4.22 所示：



图 4.22 添加应用配置示意图

4.3.1 应用过程

程序写好后需要先生成模型。生成模型及编译时请先注册用户，注册后登录即可生成模型，每次修改识别词和语音都需要重新生成模型。



图 4.23 生成模型示意图

模型生成后点击“2M 编译下载”即可将程序下载到开发板。如下图 4.24 所示：



图 4.242M 编译下载示意图

第 5 章 系统功能调试和总结

本系统进行了以下四个方面的测试：

智能导盲杖系统的测试：将各个传感器和驱动模块连接到 STM32 上，验证采集数据的准确性和警告提示的正确性。同时测试语音控制导盲杖的响应速度和稳定性。

语音识别系统的测试：主要检测是否能准确检测关键词，并对其作出稳定的反应。

云端系统的测试：验证设备端和云端之间的信息交互是否正常。通过打开高德地图控制台网页，选择在线流量详情等方式来判断设备端是否成功与高德地图服务连接。测试通信的稳定性和实时性。

系统整体调试：将所有模块组装在一起，测试整个系统的实时性和稳定性。

测试条件包括确保智能导盲杖系统各模块正常工作，并与预期结果相符。语音识别系统需要准确识别关键词并作出稳定反应。云端系统测试要求设备端与云端的信息交互顺利，可通过高德地图控制台网页进行验证。最后，整体调试测试系统的实时性和稳定性。

整个系统系统实物连接示意图如下图 5.1 所示：

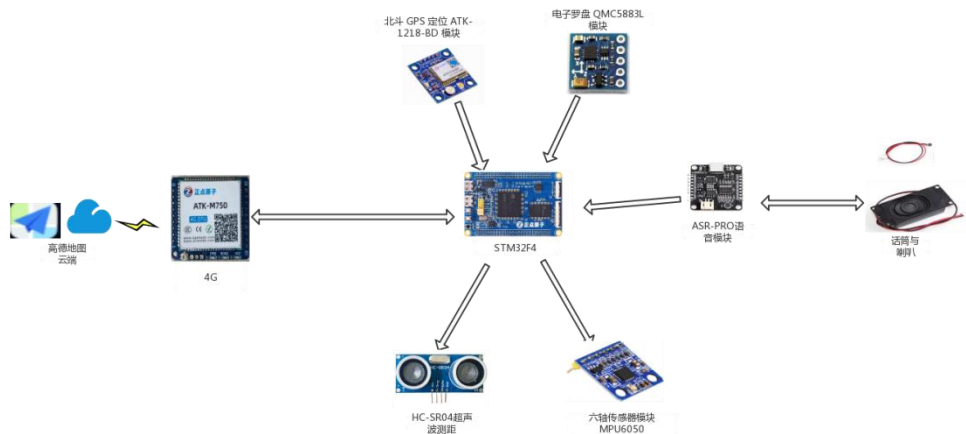


图 5.1 系统系统实物示意图



图 5.2 云端推送结果图

图 5.3 导盲杖效果图

结 论

本文在基于国内和国外对导盲设备研究的基础上，基于 STM32 单片机设计了一种能够识别各种路况并且为盲人出行提供被动安全保障的智能导盲杖。不仅能帮助盲人主动避让出行时的各种障碍，还能通过 4G 模块获取路径规划信息来进行语音导航，通过语音识别控制提供便利。本文主要完成的工作如下：

（1）智能导盲杖的整体方案的设计，选择需要的传感器和控制器和合适的芯片和模块组建硬件平台。

（2）研究智能导盲杖上搭载的北斗 GPS 模块 ATK-1218-BD 的驱动和应用层编写，以及合理收集并刷新传感器数据，并将得到的定位与目的信息统一整合打包通过 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 模块发送到云端来获取路径规划信息。

（3）研究用 ASR-PRO 语音模块资料搭载喇叭与话筒基于天问芯片的语音识别，给盲人控制拐杖与语音提出目的地导航。

（4）研究高德 web 端 API 和 STM32F4 主控芯片通过 DTU 通信模块 ATK-M750 的 4G 进行合理通信与路径规划。

（5）设计智能导盲杖实体和各个模块的合理组建，并对各个模块进行调试、检测。

创新点有以下三点：

（1）此系统功能齐全，比如会有语音播报提示或警告，有导航功能、避障功能、防摔倒功能等。

（2）STM32F4 收集后处理的信息会实时打包通过 4G 模块上传到云端，云端会在进行路径规划处理后及时把数据包推发给连接上 STM32F4，再通过电子罗盘判断盲人方向，实现语音导航。

（3）系统具有语音识别功能，比如可以通过语音识别控制拐杖开机，与说出目的地，然后主机收到识别的关键词后通过 4G 模块发送目的地信息。

目前导盲杖在定位精准度方面尚存在一定问题，不能应对复杂变化的场景，有待改善。另外，导盲杖在路线规划上还缺少成熟的方案，相信随着科技的进步，导盲设备会更加完善，更加的人性化，真正的融入视障人士的日常，为他们带来切实的生活改善。

主要成果和研究成果：

（1）在项目的逐步搭建过程中，系统地学习了项目可行性分析、任务规划、软硬件搭建、传感器算法驱动编写、4G 通信原理、语音识别原理等知识，提高了代码编写能力，丰富了物联网方面的知识。

（2）在使用 6 轴传感器模块时，对测量值进行线性插值，提高了红外测温的精准

性，使其在人体温度范围内更准确

（3）在语音识别模块中，使用模块化的 **ASR-PRO** 芯片，应用语音识别技术，对其中的流程和原理有清楚的了解。

（4）成功完成整个项目的开发，提升了调试能力，积累了嵌入式和物联网开发经验，掌握了开发过程中所使用的各种工具，为未来嵌入式软件开发工作打下了坚实基础。项目的完成不仅是一个教学成果，也是具有一定科研意义的成果。在条件允许的情况下，还可以进一步实现项目的产业化。

参 考 文 献

- [1] 王琦,郭艳,张红涛,顾素梅,王鑫.感官代偿下的盲人产品设计研究[J].包装工程,2022.
- [2] 景涵.盲人辅助行路系统关键技术研究.2022.燕山大学,MA thesis.
- [3] 胡少兵, et al."基于 Arduino 的新型智能导盲杖设计." 自动化与仪器仪表 .09 (2019) : 8-11。 doi:10.14016/j.cnki.1001-9227.2019.09.008.
- [4] 薛毅, et al."基于 STM32 的多功能智能导盲杖设计." 山西电子技术 .03(2021):8-9+15.
- [5]陈顺燕, et al."一种具有定位功能的智能电子导盲杖设计." 电子世界 .07(2020):184-185. doi:10.19353/j.cnki.dzsj.2020.07.106.
- [6]徐纪明, et al."基于北斗和超声波模块智能导盲杖." 物理通报 .08(2021):140-141+144.
- [7] 张赢, et al."基于盲人出行设计防摔倒监报功能智能导盲杖." 现代信息科技 6.07(2022):166-168. doi:10.19850/j.cnki.2096-4706.2022.07.041.
- [8] 钱鹏飞."基于多传感器融合的新型智能导盲杖设计." 科技创新与应用 12.07(2022):78-79+82. doi:10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.07.027.
- [9] 杨馥语,and 陈娟."基于嵌入式图像处理及路径规划的智能导盲仪." 流体测量与控制 3.03(2022):65-68.
- [10] 袁世峰, et al."基于 Arduino 的智能导盲杖的设计." 科技与创新 .05(2021):61-62+65. doi:10.15913/j.cnki.kjycx.2021.05.023.
- [11] 王浩, et al."easy go——易行 (智能导盲杖)." 科学技术创新 .05(2021):76-77.
- [12] 刘彬, 杨子建, 白楠, 等. 超声波液位监测装置的研制[J].科技资讯, 2009 (5) : 13-14.
- [13] Dernayka Aya et al. Tom Pouce III, an Electronic White Cane for Blind People: Ability to Detect Obstacles and Mobility Performances[J]. Sensors, 2021, 21(20) : 6854-6854.
- [14] González Lorence Armida et al. Intelligent Mobility System for Improving the Blind Pedestrian Independent Behavior in Unknown Outdoor Environments[J]. Human Behavior and Emerging Technologies, 2022, 2022.
- [15] 黄春德.基于单线激光雷达室内导航技术研究 with 实现.2022.桂林电子科技大学,MA thesis.
- [16] 张保, et al."激光雷达室内定位技术研究及应用综述." 激光杂志 .
- [17] 沈通, et al."GPS 室内定位的虚拟卫星信号模拟系统." 电子设计工程

30.20(2022):112-116. doi:10.14022/j.issn1674-6236.2022.20.022.

[18]张野.基于 STC89C52 单片机的超声波测距仪设计[J].科技与企业,2015(03):91.

[19]孙碧垚. 基于 STM32 的智能轮椅硬件设计及控制系统[D]. 南京师范大学, 2018.

[20]钱鹏飞.基于多传感器融合的新型智能导盲杖设计[J].科技创新与应用,2022,12(07):78-79.

[21]于琳,汤唯业,陈聪,杜莹旭.多功能导盲杖[J].科技与创新,2021(20):3-4.

[22]Ren Yunan,Huang Junzhe,He Hui,Wang Yixuan,Zhu Haohan,Li Zhiyu,He Jin.

Development and design of an intelligent guide stick for the blind[J]. Journal of Physics: Conference Series,2021,1748(6).

[23]A. Wesam Al-Muftil,U. Hashim,Ausaila Fraihat,Tijjani Adam,M. Zhafran Z.. Studying on design and simulation of electronic IR guide for blindness[J]. AIP Conference Proceedings,2016,1775(1).

[24]Ming Yu Fan,Jia Tong Bao,Hong Ru Tang. A Guide Cane System for Assisting the Blind in Travelling in Outdoor Environments[J]. Applied Mechanics and Materials,2014,3458(631-632).

致 谢

随着本次毕业设计说明书的最后致敬落笔，一场学习与进步的盛宴也是落下了帷幕。从初步入校园对陌生环境的好奇与对美好生活的憧憬，到校园生活与同学共识共处、与老师共谈共讨，再到不断学习成长与取得骄傲的荣誉，最后到现在的来去告别，这几年伴随了我青春的成长也让我收获颇丰。

在此，我也需要感谢一路上陪伴我的老师同学们。

首先我想要感谢一下我的毕设指导老师。从毕业设计项目选题的规划、到毕业设计需求的步步拆解与分析、再到最后毕设框架的落实与形成，老师总是给予我许多指导与关怀，常常在深夜也在与我互通交流，给予我技能上、心理上的支撑与鼓励。也是在老师的带领下，我能够劈波斩疾，去克服设计项目硬件以及软件方面的各种困难。

2023 年 6 月