

基于 STM32 与北斗的智能安全帽系统设计

田军南,张维华,蒋吉慧,陈樟柯,杨宝斌

(广西科技师范学院,广西来宾市,546100)

摘要:在许多露天工作场所,施工人员的生命安全面临着诸多风险,尤其在高温、嘈杂和偏远环境下更为突出。为了解决这些安全问题,本文设计了一款基于 STM32 与北斗的智能安全帽系统。该系统基于 STM32F103 开发板,结合北斗定位技术、通信技术和传感器技术,能够对心率、脉搏及施工场所周围环境信息进行采集与分析,并通过集成的无线通信模块实时将数据上传至巴法云平台,方便管理人员可视化数据变化趋势和规律。测试结果表明,该系统能有效感知使用者的心率、脉搏、周围环境的温湿度及位置信息,管理人员可以通过平台分析数据,及时了解施工现场的环境状态和工作人员的健康状况,从而对可能存在的安全隐患进行预警和定位。

关键词:STM32;北斗定位;通信技术;传感器技术;巴法云平台

0 引言

在现代建筑和施工领域,安全问题一直是一个不容忽视的重要议题。特别是在露天作业的环境下,施工人员面临着高温、噪声、孤立等多重危险,导致事故发生的风险显著增加。为此,开发一种智能化的安全防护设备显得尤为重要。智能安全帽作为一种新兴的个人防护装备,通过集成先进的技术手段,能够实时监测施工人员的身体状况及周围环境,为保障他们的生命安全提供有效支持[1-2]。

本研究基于 STM32F103 开发板,结合北斗定位技术、传感器技术及无线通信技术,设计一款智能安全帽系统。该系统能实时采集人体的心率、脉搏以及施工环境的温度和湿度,并通过无线模块将这些数据传输至巴法云平台进行可视化分析。本文对所设计智能安全帽系统的功能结构、硬件软件技术及测试结果进行详细阐述,旨在展示智能安全帽在提高施工现场安全性方面的应用潜力,为相关行业提供一种新的安全管理解决方案。通过应用该系统,可在一定程度上提升施工人员安全保障水平,能够为推动智能化安全管理提供重要参考。

1 智能安全帽系统总体设计

智能安全帽系统包含应用层、网络层、感知层,如图 1 所示。感知层由 STM32F103 单片机、报警模块、显示模块、北斗模块、传感器模块构成;网络层采用 WiFi 通信技术,

WiFi 通信模块

将传感器采集的数据利用 MQTT 协议上传到巴法云物联网平台;应用层借助巴法云物联网平台提供数据存储与分析、实时监测与远程访问、预警

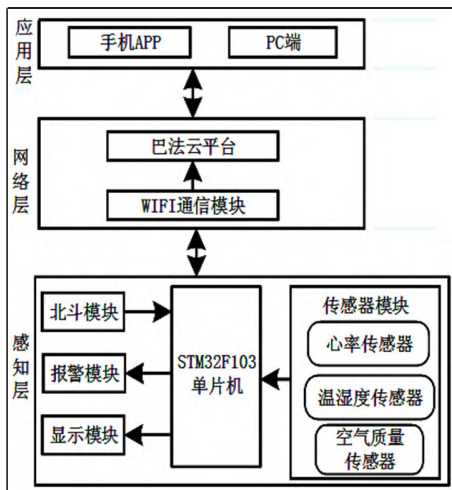


图 1 系统总框架

与通知等,为系统的可靠性、扩展性和智能化提供支持。

2 六大硬件模块

2.1 STM32F103 单片机模块

STM32F103 微处理器是智能安全帽系统的核心控制器,采用 ARM Cortex-M3 内核设计,内部配备 64kB 的程序内存,提供充足的代码空间。同时,20kB 的 RAM 为程序运行提供了充分的数据存储能力。该微处理器具备多种外设接口,如 ADC、DAC、USART、SPI 和 I²C 等,使其能够与各种外设进行通信,并在复杂应用中提供强有力支持。在电源控制方面,STM32F103 工作电压范围为 2.0V~3.6V,确保其能够在多种电压条件下稳定运行,从而为用

基金项目:(1)2023 年来宾市科学研究与技术开发计划项目:基于“北斗+华为云”的可穿戴智慧养老系统研究与实现(项目编号:来科转 240105);(2)广西科技师范学院产学研协同育人项目:新工科理念下面向工业 4.0 的电气信息类专业人才培养模式创新与实践(项目编号:2024GKSCX01);(3)广西科技师范学院大学生科研基金项目:基于 ZigBee 和阿里云的无线消防数据采集与预警系统设计(项目编号:GXKS2024DXS026)。

户提供更灵活的电源选择。此外,STM32F103 工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$,使其能在极端环境中保持稳定性能。

2.2 北斗定位模块

ATGM336H 是高性能的北斗/GNSS 全球定位导航系统模块,采用中科微公司自主研发的 AT6558 单芯片,具备自主知识产权[3]。该模块具有高敏感度,支持 BDS、GPS 和 GLONASS 等多种卫星导航系统的单系统定位,并可实现多系统联动。在性能方面,ATGM336H 具有良好的定位导航特性,冷启动捕捉灵敏度可达 -148dBm ,跟踪灵敏度为 -162dBm 。其功耗也表现出色,BDS/GPS 双模连续工作时功耗低于 $25\text{mA}(3.3\text{V})$,显示出低功耗的特点。该北斗模块通过接收并处理北斗卫星导航系统信号,确定用户的位置,并通过串行口将定位信息传输到单片机系统。

2.3 传感器模块

传感器模块由温湿度传感器、空气质量传感器和心率脉搏传感器构成,分别用于检测场地周围环境的温湿度、检测空气中是否存在烟雾、芳族化合物等有毒有害气体和人体的心率值。

(1)温/湿度传感器:DHT11 温/湿度传感器是一款集成温度和湿度测量数字传感器,包含一个电阻式测湿元件和一个 NTC 测温元件[4]。通过简单的电路设计,DHT11 温湿度传感器可与高性能 8 位单片机相连接,用户可实时采集本地温度和湿度数据。该传感器具有良好的稳定性,不易受外界环境影响,可确保持续准确温湿度监测。

(2)空气质量传感器:MQ-2 烟雾传感器是一款半导体型空气质量监测传感器,主要用于检测有害气体和浓烟。该传感器的工作电压范围为 $2.5\text{V}\sim 5.0\text{V}$,规格为 $40\text{mm}\times 21\text{mm}$,固定孔规格为 2mm 。MQ-2 传感器采用低电导率的二氧化锡作为气敏材料。当周围环境中出现污染气体时,传感器的电导率会因污染物浓度增加而上升。

(3)心率传感器:MAX30102 是一款集成脉搏血氧仪和心率监测仪的生物传感器模块,它主要由红光 LED、红外 LED、光电检测器以及具有环境光控制功能的低噪声电子电路组成。该传感器能够在 1.8V 电源和独立的 5.0V LED 电源上工作,并提供标准 I²C 兼容的通信接口,以便将收集到的数据传输给 Arduino、KL25Z、STM32、STC51 等单片微型机进行心率和血氧运算。MAX30102 通过测量人类组织在血管搏动中产生的透光率差异来计算脉搏和

血氧饱和度。其规格尺寸为 $5.6\text{mm}\times 3.3\text{mm}\times 1.55\text{mm}$,工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 报警模块

有源蜂鸣器是一种常见的电子元件,常用于报警和提醒系统。它内部包含振荡器,只需提供高低电压信号即可发声。低电平触发意味着当信号端为低电平时,蜂鸣器响起;而在高电平时,蜂鸣器关闭。这是有源蜂鸣器与无源蜂鸣器的主要区别。

2.5 显示屏模块

OLED 显示模块是一种使用有机发光二极管技术的显示器装置。它无需背光,具备自发光能力,能够实现更深的黑色和更高的对比度。模块通常由 OLED 显示屏、PCB (印刷电路板)和铁框组成。其中,OLED 显示屏是核心组件,PCB 负责电源和信息传输,铁框提供稳定性和保护功能。OLED 显示模块具有薄型、轻量和可挠曲等特性,并具备高视野和宽色域,能够呈现真实的视觉效果。本系统使用的 OLED 显示模块可以显示其他模块采集的数值信息,如温湿度、心率和经纬度等。

2.6 WiFi 模块

ESP8266 是一款多功能 WiFi 模块,可独立工作或作为辅助处理器与其他系统配合使用。在独立运行时,它可从外部存储器加载并执行程序,其内部高速缓存可提高数据处理速度,减少对外部内存的依赖,从而提升整体性能。

3 系统软件设计

智能安全帽系统的设计根据功能要求,可以把系统程序分为五个模块:北斗模块、传感器模块、报警模块、显示模块和 WiFi 通信模块。

3.1 北斗模块

北斗模块通常发送 NMEA 格式的数据,需要进行解析以获取定位信息。可使用 TinyGPS++ 库来解析 NMEA 语句,提取经度、纬度、海拔等信息。北斗模块一般通过串口与微控制器通信,因此程序设计的第一步是处理串口通信。首先,确保正确连接并初始化北斗模块,然后接收卫星信号并解析数据,结合模块自身信息计算出用户的精确位置,最后将经度、纬度等定位信息以适当格式输出。

3.2 传感器模块

传感器模块程序的功能是读取数字温湿度传感器的温湿度值、空气传感器的烟雾浓度和心率传感器的心率

值。首先对采集的原始数据进行分析处理,然后将处理后的数据发送到控制系统或其他处理单元进行读取和传输。

(1)温湿度传感器程序设计:DHT11 初始化后,采集环境温度和湿度数据,并进行分析处理。然后,将处理后的数据传输到显示器上显示,如果检测值超出设定范围,蜂鸣器会响起。

(2)空气质量传感器程序设计:MQ-2 传感器由气敏材料和加热元件组成。其核心是二氧化锡材料,在清洁空气中具有较低的电导率。传感器内部的加热器是由镍铬合金制成的线圈,用于加热感应元件,保持最佳工作状态。当环境中可燃气体时,这些气体与二氧化锡表面的氧分子反应,增加电导率,降低电阻值。电阻变化被转换成电信号并放大,以便微控制器或外部设备读取。

(3)心率传感器程序设计:MAX30102 初始化后,采集人体心率数据并进行分析处理。分析结果在显示器上显示,如果检测值超出设定范围,蜂鸣器会报警。

3.3 显示模块

显示程序的主要功能是显示北斗模块位置信息和传感器模块检测值。首先,对 OLED 进行初始化,然后将待显示信息写入数据寄存器,接着写入显示字符和字符串,最后从寄存器中取出最新测量结果并显示在液晶屏上。

3.4 报警模块

报警程序的主要功能是当其他模块检测的数值超出设定上限时发出报警。首先,初始化报警模块,然后分析监测到的温度、湿度和心率数据。当数据超出设定的安全范围时,蜂鸣器会触发报警。

3.5 WIFI 通信模块

在设备终端通过 ESP8266 WiFi 模块访问巴法云物联网平台时使用 MQTT 协议。首先,在代码中指定 WiFi 网络的 SSID 和密码,使 ESP8266 通过 WiFi 连接到互联网。接着,使用 Blynk 库的 Blynk.begin() 函数,提供在 Blynk 应用中生成的授权令牌,让 ESP8266 连接到 Blynk 服务器。成功连接后,ESP8266 可与 Blynk 平台通信,通过 Blynk 应用控制 I/O 引脚或读取传感器数据。Blynk 库处理底层通信协议,保持 ESP8266 与服务器的持续连接,实现实时数据传输和设备控制。通过周期性调用 Blynk.run(),ESP8266 确保持续在线和及时响应用户操作,使用户能够远程监控和控制硬件设备。

4 系统功能测试与结果分析

4.1 实物的研究及制作过程

(1)通过搜集整理相关的文献和资料,设计切实可行的研究方案。(2)根据研究方案,按照设计要求,分析其系统各个模块的组成及它们的基本工作原理,从而完成系统的框图构建、硬件设计和软件设计。(3)选择各模块构成需要用到的器材并购买,基于研究方案的电路图和流程图进行实物焊接。(4)完成实物后进行各模块性能测试,如传感器模块,是否能检测环境温度和湿度,是否能检测出人体心率和脉搏等,以保证该系统的可行性及可靠性。

4.2 系统运行结果分析

(1)进行北斗模块测试。将设备置于宽阔、信号良好的地方。经多次的测试,系统可以较为准确的显示经纬度信息,依据经纬度数据可定位当前所在位置。其次,进行温湿度传感器的测试。将高温热水靠近温湿度传感器的感应部位,可监测到此时的温度和湿度,当检测的数值不在设定值范围的时候报警器就会发出报警提醒。(2)进行空气质量传感器的测试。用打火机释放的气体吹向传感器,此时传感器会检测到天然气的数值。当烟雾浓度高于设定值时,蜂鸣器报警,移开打火机后,蜂鸣器停止响,检测数值恢复正常。测试结果表明,空气质量传感器能够检测空气质量,并在数值过高时发出报警。(3)进行心率脉搏传感器的测试:本轮测试将志愿者的一根手指放在该传感器的感应区上进行人体心率数据的采集。经测试,该模块中的心率脉搏传感器可以实现心率采集。

4.3 巴法云平台接收数据分析

巴法云平台数据接收通常是指该平台所提供的数据接收功能或服务,用于接收各种类型的数据。数据接收通常以网络接口的形式存在,用户通过调用该接口,以特定的格式和方式发送数据到平台。智能安全帽检测的数据实时传输至巴法云平台显示,平台接收的数据、数据折线如图 2、



图 2 巴法云平台接收数据

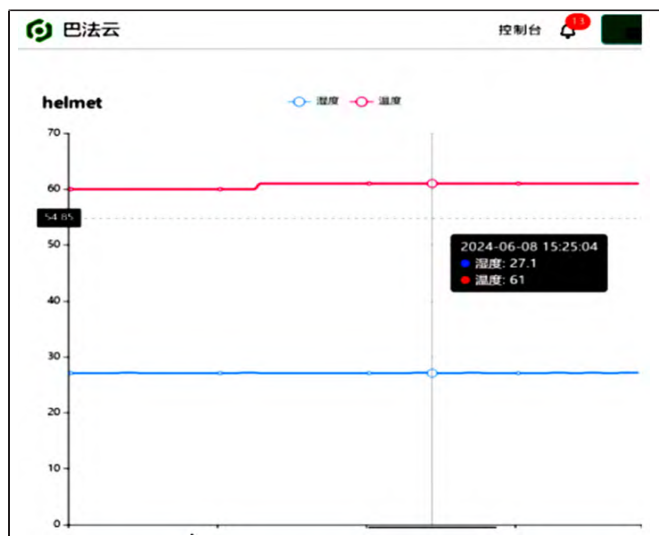


图3 巴法云平台数据折线

图3所示。

5 结语

本文设计并实现了一款基于STM32与北斗技术的智能安全帽系统,可为露天工作场所的施工人员提供全方位的安全保障。通过结合北斗定位技术、传感器技术和无线通信模块,该系统能实时监测并分析使用者的心率、脉搏,以及施工现场的温湿度和位置信息。数据上传到巴法云平

台,管理人员分析数据后能迅速做出预警和决策。测试结果表明,系统不仅能精准感知各项参数,还能有效提升施工现场的安全管理效率。在后续设计中,团队计划进一步优化系统的稳定性和用户体验,以适应更广泛的应用场景。着重考虑使用者的舒适度,将智能安全帽在重量、大小和透气性等方面进行优化,以适合长时间佩戴。同时,尽可能降低生产成本,让更多工人受益于这一创新安全技术。

参考文献

- [1]周圩颖,徐楠,王辉等.智能安全帽及其管控平台设计[J].物联网技术,2023,13(07):98-100.
- [2]刘欢.智能安全帽系统的设计与实现[D].西安电子科技大学,2021.
- [3]傅圣友,李圣明,王兆瑞.基于CAPS,BDS和GPS的组合卫星定位精度分析[J].天文研究与技术,2018,15(04):397-403.
- [4]付文新,王洪丰.基于STM32单片机和DHT11温湿度传感器的温湿度采集系统的设计与实现[J].光源与照明,2022(03):119-121.

(上接79页)

代表发送端发送数据“00000001”,同时,接收端接收到数据“00000001”,到两边LED1~LED8灯全部点亮,代表发送端发送数据“11111111”,接收端同时接收到数据“11111111”,之后发送和接收到的数据又同时从“11111111”回到“00000000”。上述实验验证了光通信实验板可以通过光纤将数据准确无误发送到接收端,说明光收发模块电路在数据的收、发过程中性能可靠。

4 结语

本文结合项目需要,设计了一种基于FPGA和光纤传输进行数据收发的电路。实验结果显示,光纤传输在数据的收发过程中表现出极高的可靠性,通过光信号传输数据,完全避免了电流在收发设备之间的直接流通,实现了物理层面的电气隔离。由于项目需要,系统在接收端采用的是TLK1501,它提供接口的最大运行速度为1.5 Gbps,目前来看还不算特别快,对光纤传输的速率影响还是比较大,若采用FPGA内部的光纤收发模块或者选择接口运行速度更快的千兆收发器,则可进一步提高传输速率。

参考文献

- [1]杨东旭.专用集成电路技术在高速数据传输系统与科学级CCD成像系统中的研究[D].中国科学技术大学,2018.
- [2]蒋云鹏.基于光纤传输的高速数据传输控制技术研究[J].电气传动自动化,2024,46(04):48-51.
- [3]李强,王鹏.光纤通信原理与应用,电子工业出版社,2015.
- [4]Specifications for Enhanced Small Form Factor Pluggable Module SFP+:SFF-8431[S].
- [5]Torres-Ferrera P, Effenberger F, Faruk MS, et al. Overview of high-speed TDM-PON beyond 50 Gbps per wave length using digital signal processing[Invited Tutorial][J]. Journal of Optical Communication and Networking, 2022, 14(12):982-996.
- [6]成刚.10GPON技术发展综述[J].光通信技术,2017,41(6):18-20.
- [7]千应庆,徐润华.光模块PECL接口互联技术研究[J].兵工自动,2009,28(5):1-4.