封信承诺书

基于单片机矿工生理状态监测系统的设计与实现

摘要：

我国是一个煤矿资源储备的大国，许多行业都需要直接或间接的使用煤矿资源，而我国目前煤矿的开采仍需要相关专业人员亲自作业，因此如何保障矿工的生命安全是一个十分有意义的话题。传统作业设备存在着许多弊端，如不易携带，功能单一，无法让管理人员及时响应危险信息等。

针对以上不足，本研究设计了一款针对于矿工生理状态监测的系统，能够实时的监测人员的体温，心率，血氧值，还能检测人员是否意外跌落，并将相关信息通过无限网络及时的传输反馈给监测人员。

本系统通过DS18B20温度传感器，MAX30102心率血氧传感器，MPU6050加速度传感器对分别对人员的体温，心率，血氧，角加速度进行数据采集，并采用滤波算法对数据进行处理以得到精度较高的数据。通过设置阈值对数据异常的情况，即人员状态异常的情况下发出警报提醒。

通过对程序相关参数与逻辑的不断优化最终使得本系统能够达到设计初衷的效果

关键字：

WIFI;陀螺仪；心率血氧检测；IIC协议

Design and Implementation of Miner Physiological Status Monitoring System Based on MicroController

Abstract：

Our country is a major coal reserve holder, and many industries require direct or indirect use of coal resources. Currently, coal mining in our country still requires specialized personnel to work on-site, making ensuring the safety of miners a significant topic. Traditional mining equipment has many shortcomings, such as being difficult to carry, having a single function, and making it difficult for management personnel to respond to danger signals in a timely manner.

To address these issues, our research has designed a system for monitoring the physiological status of miners. This system can monitor personnel's real-time body temperature, heart rate, blood oxygen levels, and detect whether personnel have accidentally fallen, promptly transmitting relevant information through an unlimited network to monitoring personnel.

This system uses DS18B20 temperature sensors, MAX30102 heart rate blood oxygen sensors, MPU6050 acceleration sensors to collect data on personnel's body temperature, heart rate, blood oxygen, and angular acceleration, respectively. Filter algorithms are used to process the data to obtain high-precision data. By setting a threshold for anomalous data, the system can issue alarm notifications when personnel are in an abnormal state.

Through continuous optimization of program parameters and logic, this system can ultimately achieve its design objectives.

Key Word:

WIFI;Gyroscope;Heart rate and blood oxygen monitoring;IIC protocol

目录

第一章 绪论

1.1研究背景及意义

1.2国内外研究现状

1.2.1 温度传感器

1.2.2 WIFI技术

1.2.3 心率血氧检测

1.2.4 陀螺仪

1.3论文研究主要内容

1.4本章小结

第二章 系统总体设计

2.1 系统的需求分析与总体设计

2.2 系统的关键技术

2.2.1 数字滤波技术

2.2.2 无线通信技术

2.3 本章小结

第三章 系统的硬件设计

3.1 系统整体的硬件方案设计

3.2系统各部分硬件设计

3.2.1 供电部分的硬件设计

3.2.2 数据采集部分的硬件设计

3.2.3 数据处理部分的硬件设计

3.2.4 数据传输部分的硬件设计

3.2.5 数据显示部分的硬件设计

3.3 本章小结

第四章 系统的软件设计

4.1 系统整体的软件方案设计

4.2系统各部分软件设计

4.2.1 数据采集和处理部分的软件设计

4.2.2 数据传输部分的软件设计

4.2.3 数据显示部分的软件设计

4.3 本章小结

第五章 系统功能的实现

第六章 系统功能的测试

6.1 系统各项功能测试

6.1.1 体温检测功能测试

6.1.2 心率血氧检测功能测试

6.1.3加速的检测功能测试

6.1.4 上位机各项功能测试

6.2 系统整体功能测试

6.3 本章小结

第七章 总结与展望

参考文献

致谢

第一章 绪论

1.1研究背景及意义

近年来，我国科技得到了飞速的发展，然而科技的发展离不开资源的消耗，煤矿资源就是其中之一，截止至2021年年底，我国共有煤炭储量2078.85亿吨，其资源主要分布在山西、陕西、新疆、内蒙古、贵州[1]，我国目前的煤炭储量及需求仍然很大，许多行业都需要用到煤矿资源，为了满足煤矿资源使用的需求，这就使得我们必需要注重煤矿开采人员的生命安全，提高煤矿开采的效率。煤矿开采深度越大，相应的技术难度也越大，比如矿压、断面、岩体应力、冲击地压、瓦斯、井下温度等都会随着深度的增加而增加，这就要求在使用深层矿井开采技术过程中，必须做好巷道的支护处理、瓦斯治理等工作，要使用更高效的技术和设备，以此真正做到安全生产[2]。根据近几年的相关专利来看，开采人员所使用的辅助器械装置[3]已经有了很大的实用性，能够较好的保护住开采人员，但尽管这类辅助装置有了较好的安全性，但其仍有不够完美的地方，那就是不能够对开采人员的生理状态进行实时的监测，一套良好的生理状态检测系统能够及时让自身及管理人员预防危险状况的发生，其应该包括体温，心率，姿态角的检测模块以及相关的通信模块，当前这些关键技术在许多领域已经有了相当成熟的发展，若将其应用于煤矿开采人员的生命体征检测，将会进一步提高开采人员的生命安全保障，本课题旨在根据国内外现有技术发展的情况下研究一套能够监测作业人员生命体征的辅助设备，以更好的保护作业人员的生命安全

1.2国内外研究现状

1.2.1 温度传感器

人体体温指的是人体内部的温度，是反应人体健康状况的重要生理指标之一。随着科技的发展，体温检测技术也在不断升级，在传统的体温检测当中，人们普遍使用水银温度计，其根本原理是根据物体的热胀冷缩制成，精度可以达到0.1°。其水银玻璃泡和玻璃管连接处有一狭窄，增加了水银的表面张力，使温度下降时水银柱无法回缩到玻璃泡而断开，使体温计离开身体后读数仍保持稳定。 虽然水银体温计精确度略低，但实际上，已能完全满足临床使用的需要。尽管如此，使用水银温度计测量体温时，不仅使用区域受限，常规检测时需要夹至腋下，检测时间也较长，通常为5至10分钟。这个显著的缺陷明显不能满足实时性。而另一项体温检测技术——红外检测。红外检测技术不需要接触到人体即可检测体温，其原理为，在自然界中，一切温度高于绝对零度的物体都在不停地向周围空间发出红外辐射能量。 物体的红外辐射能量的大小及其按波长的分布—— 与它的表面温度有着十分密切的关系。 因此，通过对物体自身辐射的红外能量的测量，便能准确地测定它的表面温度，这就是红外辐射测温所依据的客观基础。

从测量速度上来说，红外体温计测量只需要1至3秒种[4]，极大的提高了测量的速度。虽然红外检测技术显著优于传统水银温度计，但是其仍有体积大，价格相对昂贵的不足。

1.2.2 WIFI技术

WIFI技术属于一种短距离的无线信息技术，现已广泛应用于生活当中的各个领域。这种技术一般使用2.4GHz左右的频段，目前能够应用的标准为IEEE 802.11 b和IEEE 802.11 a。从2000年第一代WiFi产品面世，到现在，已经过了24年.

1997年，IEEE制定出了第一个无线局域网通信标准802.11，允许设备之间以每秒2Mbps的速度无线传输数据。1999年IEEE又发布了802.11b标准，传输速率为11Mbps，工作在2.4GHz频段，是原始标准的5倍。同年IEEE又发布了802.11a标准，不过是工作在5GHz频段，数据传输率达到了54Mbps。 发展至2009年出现了802.11n的版本，也有一种新的命名方式，被称为WiFi 4，这一标准对WiFi进行了很大的变革，引入了“多输入多输出”数据 (MIMO)，它使用多个天线来增强发射器和接收器的通信，它的最大连接速率为 600 Mbit/s，它比其前身更快、更可靠。2014年发布了802.11ac，也称为WiFi 5，速度高达3.5 Gbps，但是其只支持5GHz，削弱了2.4Ghz下的用户体验.如今WiFi已经发展到了第七代，2023年4月，中国泰尔实验室已率先完成业界首次Wi-Fi 7 AP测试，刷新Wi-Fi最快速率记录。

科研人员们不断执着于WiFi技术的研究是因为其有着许多其他无线通信所没有的技术，首先WiFi网络的覆盖范围非常广泛，且移动便捷，其覆盖面积能达到32000平方米，也就是说差不多周围100米内的人都能接收的WiFi信号，随着WiFi技术的不断发展，其覆盖面积也在不断扩大。其次WiFi的传输速度非常快，第七代WiFi无线网络，速度可高达30Gbps。再者WiFi对人体的危害也非常小，因为其严格遵循IEE80 2.11协议，其辐射通常维持在60-70Mw左右，这个辐射甚至远远低于手机和对讲机对人体的辐射[5]。

1.2.3 心率血氧检测

随着现代科学医学技术的发展，我们的监护医疗设备也逐步丰富，多种多样，功能丰富，精度精密的医疗设备是辅助医护人员诊断时不可或缺的手段。虽然医疗设备丰富繁多，但是其基本原理和性能都非常的相似。这些医疗设备通常都是检测患者的血氧饱和度，心率脉搏，心电，血压，体温等[6]。目前PPG(光体积描记术)信号是检测心率血氧的一种常用手段，在医学上也被广泛使用，它是基于皮肤的照明和测量其光吸收的变化。它通常由一个发光二极管(LED)来照亮皮肤和一个光电探测器(光电二极管)来测量通过或从皮肤反射的光的强度。血液循环时心脏的收缩与舒张和血流量会产生一个周期性的变化，而通过组织变化对光线的吸收从而检测出心率和血氧，这种技术不仅实现起来简单，成本也非常实惠，是实现检测心率血氧的一种高性价比方案。

1.2.4 陀螺仪

陀螺仪(gyroscope)，是一种基于角动量守恒的理论，用来感测与维持方向的装置。陀螺仪主要是由一个位于轴心且可旋转的转子构成。由于转子的角动量，陀螺仪一旦开始旋转，即有抗拒方向改变的趋向。其常用于惯性导航系统，如哈勃空间望远镜，潜水艇等。MEMS(微机电系统)陀螺仪在电子产品中也很常见。陀螺仪于1852年，由法国物理学家莱昂·傅科首次发现并提出命名，1860年电动马达的演进是陀螺仪能够无限旋转，到了20世纪末，原本只在飞机导弹上存在的陀螺仪开始民用化，到现在21世纪，陀螺仪已经得到飞快的发展，在许多的电子设备中都能看到它的身影，陀螺仪多用于惯性导航系统，如哈勃空间望远镜、潜水艇。由于其精确性，陀螺经纬仪中也使用陀螺仪来保持隧道采矿的方向。在船舶、飞机和航天器、一般车辆中，陀螺仪可用于陀螺罗盘以辅助或取代磁罗盘，或作为惯性导航系统的一部分。

1.3论文研究主要内容

本文旨在在国内外现有成熟理论及成果之上研究一套能够实时监测人员的生理状态的系统，其中包括检测人员的体温，当高温天气，如夏天的酷暑季节，作业人员极有可能发生中暑的严重情况，中暑的人员会丧失基本的行动能力，需要得到及时的抢救，因此需要及时了解作业人员的体温数据。除此之外，心率血氧数据也是一个人健康生理状况的重要指标之一，在矿井内工作的作业人员处在一个相对封闭的环境当中，作业人员很可能会遇上氧气含量过低引起心率增加的突发状况，当这种情况发生时，人员通常会晕阙过去，因此，本研究设计了一个检测人员心率血氧的模块，除此之外，矿井地形环境相比于普通地形较为复杂，作业人员通常使用一种“绳索吊车”的交通工具，重心稍不稳极有可能跌落，因此，通过一个陀螺仪则可以实时的检测人员的三轴角度，判断作业人员是否摔倒跌落。

仅仅测试并不能使作业人员在发生突发状况时得到及时的救治，因此本研究还设计了一个WiFi无线通信模块实时的将检测到的数据上传到云平台，还添加了一个蜂鸣器模块在突发状况发生时发出警报，此外还增加了一个OLED屏，以便作业人员能狗观察自身状况做出及时的应对方案

1.4本章小结

科技发展至今，WiFi已成为人们几乎离不开的技术之一，作为一种无线通信技术，其各项优点都非常适用于电子设备当中，温度传感器如今也多种多样，性价比高才是更适合普通人们使用的，如今陀螺仪的种类也非常丰富，电子陀螺仪小而精的优势更是被广泛应用于各项电子设备当中，如何高效正确的使用这些技术是许多人们都十分关心的话题，正如本研究一样，为了更好的保障矿工作业人员的生命安全，本研究设计出检测人员包括体温，心率，血氧，物理角度的数据，并及时发出警报并反馈的系统，以便于提高作业人员的工作效率。

第二章 系统总体设计

2.1 系统的需求分析与总体设计

为了保证系统最终的实现，本系统的需求主要分为数据采集，数据处理，数据显示，数据传输四个方面，这四个方面的具体实现如下:

1. 数据采集：系统正常运行的根本离不开数据采集，本系统将通过温度传感，心率血氧传感器，加速度传感器对各项数据进行采集。以便于对各项数据进行处理。
2. 数据处理:从传感器中获取到的原始数据并不能够直接使用，其通常都夹杂了许多噪声，需要对其进行数据滤波处理
3. 数据显示:为了作业人员能够直观的了解到自身的生理状况，本系统配备了一个OLED屏，以便于作业人员做出对应的应对方案。
4. 数据传输:除了让自己了解到自己的各项指标外，也同样需要让相关的管理人员了解作业人员的生理状况。因此，本系统设计通过一个WiFi模块实时将数据上传到云平台，以便于在发生突发状况时，能够及时派遣人员进行救治工作

根据以上四个需求，本系统的大致流程图如图2.1所示

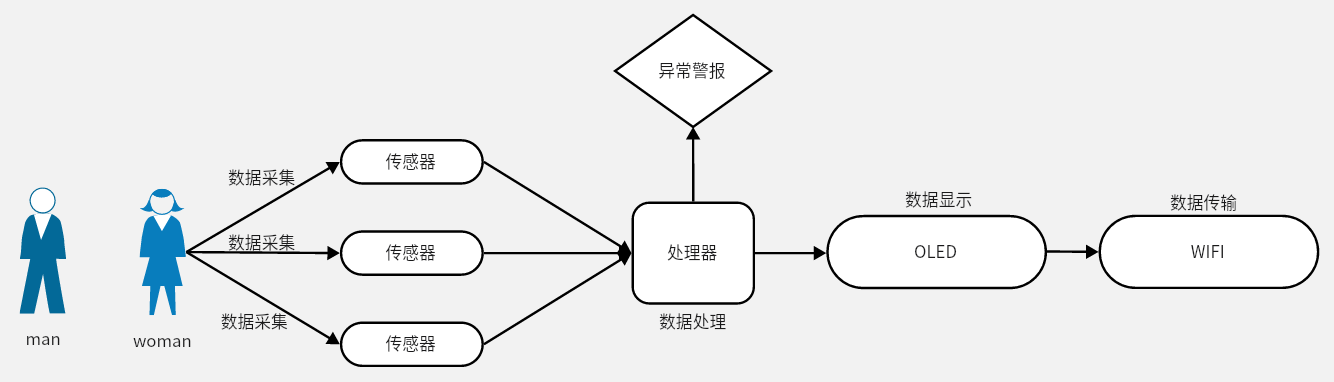


图2.1 系统流程图

2.2 系统的关键技术

2.2.1 数字滤波技术

任何电路中基本都会存在噪声的干扰，由于受到这些干扰，我们采集到的原生数据并不是真正准确的数据，因此我们需要对数据进行滤波处理。常见的无源滤波器有高通滤波器，低通滤波器，带通滤波器，带阻滤波器等。常见的数字滤波算法有算术均值滤波，中值滤波，卡尔曼滤波等。

算术均值滤波：算数均值滤波是线性滤波中的一种，是最常用的滤波算法之一，其基本原理是将N个周期的信号采样值计算平均值处理，此算法相对简单，对周期性干扰有良好的抑制作用，平滑度高，适用于高频的振动系统，缺点是对异常信号抑制作用差，无法消除脉冲干扰的影响[7]。

中值滤波:中值滤波主要适用于干扰频繁的信号当中，中值滤波算法原理是连续进行奇数次采样，然后将采样得到的数据样本进行排序，取中间的数据样本作为有效采样值。由于受到干扰的采样值偏离有效采样值，排序后必然处于两端的位置，只要受到干扰的数据样本个数小于总采样数据的一半，就可以确保中值采样样本的有效性[8]。

卡尔曼滤波：卡尔曼滤波是一种递推预测滤波算法，算法中涉及到滤波，也涉及到对下一时刻数据的预测。卡尔曼滤波由一系列递归数学公式描述。它提供了一种高效可计算的方法来估计过程的状态，并使估计均方误差最小。卡尔曼滤波器的操作包括两个阶段：预测与更新[9]。在预测阶段，滤波器使用上一状态的估计，做出对当前状态的估计。在更新阶段，滤波器利用对当前状态的观测值优化在预测阶段获得的预测值，以获得一个更精确的新估计值。你可以在任何含有不确定信息的动态系统中使用卡尔曼滤波，对系统下一步的走向做出有根据的预测，即使伴随着各种干扰，卡尔曼滤波总是能指出真实发生的情况。卡尔曼滤波具有内存小的优点，并且速度也很快，非常适合用于实时问题和嵌入式系统。

2.2.2 无线通信技术

WIFI是当前广泛应用的一种短距离无线通信技术,在我们生活中随处可见。其运作原理为:Wi-Fi的设置至少需要一个接入点（Access Point，AP）和一个或一个以上的客户端用户（client）。无线AP每100ms都会将SSID（Service Set Identifier）经由beacons（信号台）数据包广播一次，beacons数据包的传输速率是1 Mbit/s，并且长度相当的短，所以这个广播动作对网络性能的影响不大。因此Wi-Fi规定其最低传输速率为1 Mbit/s，以确保所有的Wi-Fi client端都能收到这个SSID广播数据包，client可以借此决定是否要和这一个SSID的AP连线。用户可以设置要连线到哪一个SSID。Wi-Fi系统开放对客户端的连接并支持漫游，这就是Wi-Fi的好处。但亦意味着，一个无线适配器有可能在性能上优于其他的适配器。由于Wi-Fi通过空气传送信号，所以和非交换以太网路有相同的特点

2.3 本章小结

本章主要通过分析系统的需求，对系统的总体流程进行了设计，并对数字滤波技术和无线通信技术进行了介绍

第三章 系统的硬件设计

3.1 系统整体的硬件方案设计

本系统的硬件整体设计通过使用STM32F103C8T6芯片作为主控芯片，设计出一个最小系统，并使用各个传感器模块采集数据将数据传输至主控芯片，主控芯片对数据处理后将数据发送至OLED显示，并通过WiFi模块发送至云平台。

3.2系统各部分硬件设计

3.2.1 供电部分的硬件设计

本系统采用USB外部供电的方式输入5V电压，并通过AMS1117线性稳压芯片将电压稳压至3.3V。如下图所示

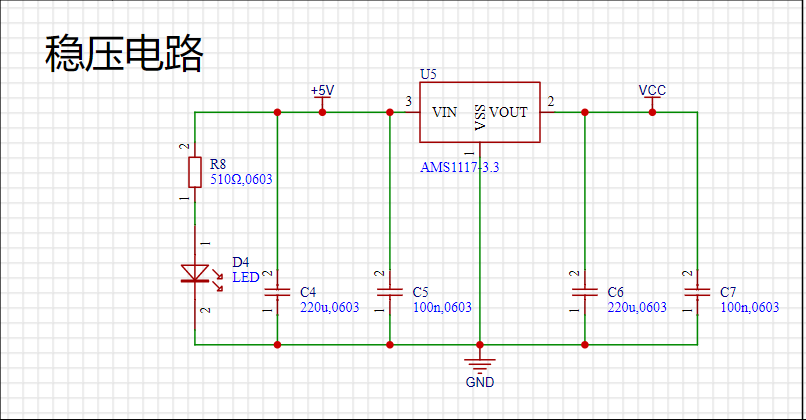
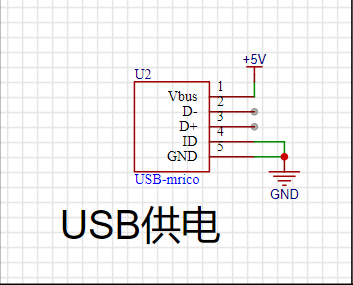


图3.2.1.1-USB供电 图3.2.1.2-稳压电路

3.2.2 数据采集部分的硬件设计

数据采集部分使用DS18B20模块采集温度，MAX30102模块采集心率血氧，MPU6050采集角速度和角加速度。

DS18B20:DS18B20采用独特的单总线接口方式，只需要占用一个IO口就能完成数据的双向传输，其测量范围为－55℃～+125℃。精度能达到0.01℃，分辨率为9到12位可选。



图3.2.2.1-DS18B20

MAX30102:MAX30102 是一个集成的脉搏血氧仪和心率监测仪生物传感器的模块。它集成了一个红光 LED和一个红外光 LED、光电检测器、光器件，以及带环境光抑制的低噪声电子电路。MAX30102 采用一个 1.8V 电源和一个独立的 5V 用于内部 LED 电源，它可应用于穿戴设备进行心率和血氧采集检测，佩戴于手指、耳垂和手腕等处，标准的12C通信接口将采集到的数值传输给单片机进行心率和血氧计算

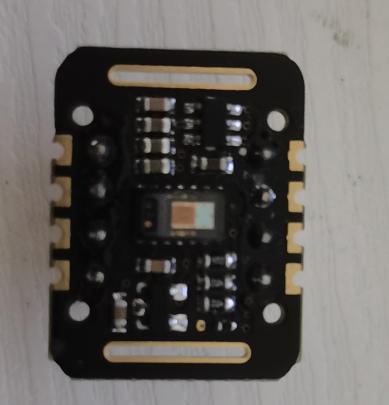


图3.2.2.2-MAX30102

MPU6050:MPU6050 为全球首例集成六轴传感器的运动处理组件，内置了运动融合引擎，用于手持和桌面的应用程序、游戏控制器、体感遥控以及其他消费电子设备。它内置一个三轴 MEMS 陀螺仪、一个三轴 MEMS 加速度计、一个数字运动处理引擎（DMP）以及用于第三方的数字传感器接口的辅助 I2C 端口（常用于扩展磁力计）。当辅助 I2C 端口连接到一个三轴磁力计，MPU6050 能提供一个完整的九轴融合输出到其主 I2C 端口。MPU6050 拥有16位模/数转换器（ADC），将三轴陀螺仪及三轴加速度计数据转化为数字量输出。为了精确跟踪快速和慢速运动，MPU6050 支持用户可编程的陀螺仪满量程范围有：±250、±500、±1000 与 ±2000（单位为 °/s 或 dps），支持用户可编程的加速度计满量程范围有：±2G、±4G、±8G 与 ±16G。同时 MPU6050 内置了一个可编程的低通滤波器，可用于传感器数据的滤波



图3.2.2.3-MPU6050

3.2.3 数据处理部分的硬件设计

本系统的数据处理采用STM32F103C8T6型号的芯片作为主控芯片，基于ARM Cortex-M3内核，其程序存储容量为64KB，最高支持72MHz的主频，包含多个USART，IIC，SPI接口，包括16位或32位定时器，看门狗定时器，广泛应用于嵌入式系统中，由于其价格低，性能高，是一款高性价比的微控制器芯片。下图所示为依据此款芯片所设计的电路图与PCB电路板

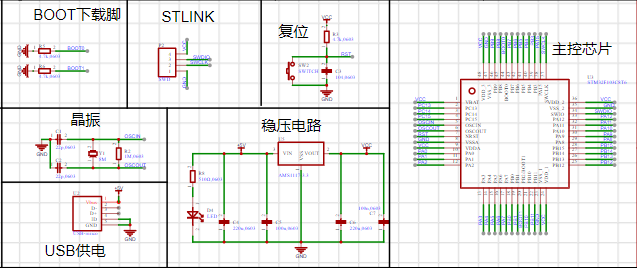


图3.2.3.3-最小系统

3.2.4 数据传输部分的硬件设计

此系统使用的数据传输模块是ESP8266WiFi模组，ESP8266 支持 softAP 模式，station 模式，softAP + station 共存模式三种。利用 ESP8266 可以实现十分灵活的组网方式和网络拓扑。（SoftAP：即无线接入点，是一个无线网络的中心节点。通常使用的无线路由器就是一个无线接入点。使用ESP8266连接上手机热点即可数据传输至云平台。下图所示即为WIFI模块

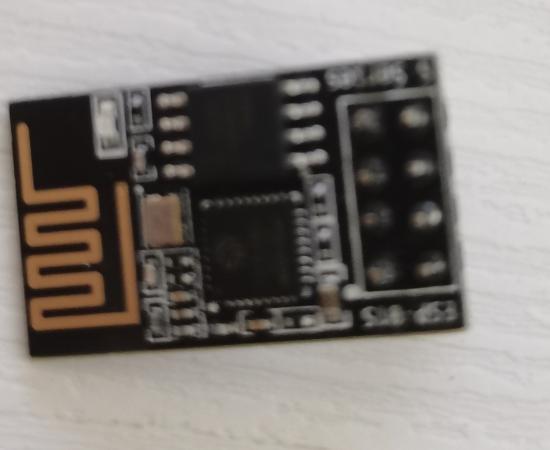


图3.2.4.1-ESP8266

3.2.5 数据显示部分的硬件设计

此系统的数据显示部分使用的是OLED1.3寸模块，本模块使用SSH1106作为控制芯片，使用IIC作为通信接口，只需要占用主控芯片两个IO脚即可使用数据的传输。下图所示即为OLED模块

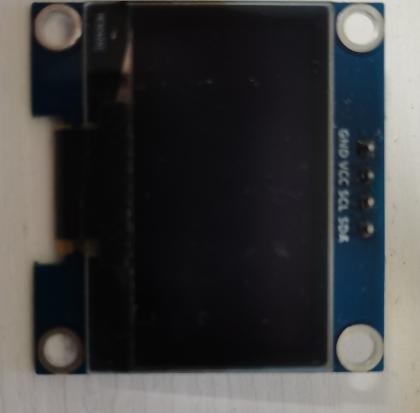


图3.2.5.1-OLED

3.3 本章小结

本章围绕系统的硬件设计简要介绍了各个部分所使用的模块，并以图文结合的方式展示出来。

第四章 系统的软件设计

4.1 系统整体的软件方案设计

小四号宋体

4.2系统各部分软件设计

4.2.1 数据采集和处理部分的软件设计

小四号宋体

4.2.2 数据传输部分的软件设计

小四号宋体

4.2.3 数据显示部分的软件设计

小四号宋体

4.3 本章小结

小四号宋体

第五章 系统功能的实现

第六章 系统功能的测试

6.1 系统各项功能测试

6.1.1 体温检测功能测试

小四号宋体

6.1.2 心率血氧检测功能测试

小四号宋体

6.1.3加速的检测功能测试

小四号宋体

6.1.4 上位机各项功能测试

小四号宋体

6.2 系统整体功能测试

小四号宋体

6.3 本章小结

小四号宋体

第七章 总结与展望

小四号宋体

参考文献

1. 2021年全国煤炭储量2078.85亿t[J].煤化工,2022,50(05):44.
2. 曹全红.煤矿开采技术与安全生产质量管理探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(08):26-28.
3. 孙传文. 一种用于煤矿开采的矿井安全提升设备及其使用方法[P]. 山西省： CN115465758A,2022-12-13.
4. 顾琴,曾凡超,郑伟.用于人体体温筛查的红外体温计使用和计量要点[J].上海计量测试,2020,47(01):10-11.
5. 马丽.小议WiFi传输与接入技术的发展[J].科技创新导报,2017,14(29):156-157.DOI:10.16660/j.cnki.1674-098X.2017.29.156.
6. 牛帅,李娜.医用监护仪的质量控制[J].医疗装备,2020,33(13):33-34.
7. 杨赞伟,郑亮亮,曲宏松,吴勇.联合均值滤波与泊松核双边滤波降噪算法研究[J].计算机仿真,2020,37(09):460-463+468.

[8]唐义杰,胡超,张倚玮,董卓昊,刘津铭,刘思源.强椒盐噪声下的模糊边缘自适应中值滤波算法[J].电子制作,2022,30(16):89-91.

[9] Lopez Restrepo Santiago,Yarce Andres,Pinel Nicolás,Quintero O. L.,Segers Arjo,Heemink A. W.. A Knowledge-Aided Robust Ensemble Kalman Filter Algorithm for Non-Linear and Non-Gaussian Large Systems [J]. Frontiers in Applied Mathematics and Statistics,2022.

致谢

小四号宋体