

基于 STM32 单片机的物联网管道气体质量检测系统

孔磊, 陈熙凯, 卢莹莹

(广东工业大学机电工程学院, 广东 广州 511436)

摘要: 本系统中采用的是 STM32F103C8T6 作为主控芯片, 以通风管道为研究对象, 检测气体质量, 包括各种传感器电路、供电电路等; 根据传感器的使用手册和资料编写程序算法, 实现系统的监测, 其中主要检测的数据为以下几种: 风速、PM2.5、温度、湿度、气压等。并通过 WiFi 模块使用物联网技术, 将所测数据上传至互联网, 通过远程的 pc 软件进行查看。

关键词: 通风管道; 气体检测; 无线; 物联网

Gas Quality Detection System of pipeline based on STM32 MCU

Kong Lei, Lu Yingying, Chen Xikai

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 511436)

Abstract: In this system, STM32F103C8T6 is used as the main control chip, taking the ventilation duct as the research object, detecting the gas quality, including all kinds of sensor circuits, power supply circuits, etc. According to the manual and data of the sensor, the algorithm is programmed to monitor the system. The main data are as follows: wind speed, PM2.5, temperature, humidity, air pressure and so on. And through the WiFi module using the Internet of things technology, the measured data uploaded to the Internet, through remote PC software to view.

Keywords: ventilation ducts, gas detection, wireless, IoT

1 传感器设计背景和应用价值

设计背景:

在国内, 因为经济发展等制约因素, 我国的气体状态检测相关技术发展稍慢, 自动化程度相对于国外较低, 但随着生产水平的提高, 人们的追求也提高, 刺激了相关技术产业的发展。以 8 位单片机 8031 为核心, 加入比托管, 压力传感器, 通过信号放大电路, 将压力信号转化为频率量信号输出, 根据外部按键的状况, 单片机对测得的数字量进行坐标变换, 并显示全压、动压或风速, 显著的提升了精确度和抗干扰能力。还包括显示、存储、A—D 转换、RS485 串行通讯等外围电路, 该传感器结构简单, 成本较低, 精度高, 可作为其它同类产品的替代型进入市场, 性能价格比具有较大优势。装置采用单片机技术与传感器技术结

合的方式,以 STC89C52 单片机为主控制器,以 GP2Y1010AUOF 尘埃传感器监测 PM2.5,通过 ADC0832A/D 转换器和 LCD1602 显示屏处理并显示监测环境污染情况。该装置结构小巧、监测精准度较高、数据反馈及时,有较高的推广意义。基于 AVR 单片机和 nRF24L01 无线射频模块设计了该温湿度检测装置,温室温湿度检测系统采用 AVR 单片机作为主控制器,并采用模块化设计,由上位机集中显示模块、温湿度及光强度检测模块组成。该系统能实时准确地采集温室内温湿度等环境参数值,并实现无线传输,减少了通信布线,方便各信号采集点布局。这些研究大多数都基于单片机的基础上,也取得了显著的成果,说明了国内的相关技术也在不断提高。在国外,相关技术水平比国内领先,相关应用也更为广泛。市场前景比较好的超声波气体检测装置,在国外机构已经有一定基础了。利用超声波在空气中传播速度受风的影响来测量风速。风速上限可以根据传感器间距进行调整。不仅延长了传感器寿命,而且提高了测风精度,虽然我国起步较晚,但在迅速发展。综上所述,在气体状态测量这一技术领域,传感器是最核心的部分。

应用价值:

为了能够实时监控室内空气质量,保证准确的空气参数得以反馈,本公司开发了这套气体状态检测以及评估系统。

相对于一些传统的空气计量器,空气检测装置,这套系统采取体积更小的传感器作为核心串联起来,可以测量更多气体状态参数,并且后期将所有传感器集成于一块板上,集成化更高,使用起来更为方便。以通风管道为研究对象,检测气体质量。包括风速基于蜂窝网络的无线传输、PM2.5、温度、湿度、气压等集多位功能于一身。目前各大应用场景如工厂,医院,教室等环境进行下的大型中央空调。通过安置在中央空调的传感器,进行联网对数据进行 24 小时全天候的空气质量进行检测,数据通过物联网平台上传到客户端,并且进行数据的公式与算法计算得出相关报告或者警报。

智能通风管道检测系统采用无线采集检测的相关技术,该系统能实时准确地采集温室内温湿度等环境参数值,并实现无线传输,减少了通信布线,方便各信号采集点布局,不同于各种繁琐的空气质量检测装置,上位机人机交互操作界面简明易懂,操作简易。

2 创新点与优势

创新点:

检测功能多。本设计主要以风速传感器,气压传感器,温湿 PM2.5 集成传感器为核心。硬件部分通过传感器检测得出数据,通过数模转换器,输出数字信号至单片机内,单片机通过 WIFI 模块通讯,传输数据至物联网平台。基于通风管道的气体质量信息,确定系统所需检测的指标:流速、压强、温湿度、pm2.5 浓度,并且根据所测参数的范围要求,进行传感器和电源模块的选型。

物联网模式。实时传输数据到云端。选择阿里云作为物联网平台，确定使用 MQTT 协议作为单片机与阿里云服务器的通信协议。基于此协议进行开发，实现单片机与云服务器可以进行数据实时传输。

即插即用。即时插入即时使用，安装方便，直接放置在通风管道处便，通上电源后可以 24 小时无间断工作，数据与内容都是最近的实时信息。

成本低。所用的材料制造费用极低，并且精度高，通过免费的阿里云平台进行开发，大大节约成本。造价与结构相对简约且高效，最终生产成本低。

高阶算法。采用独创的独立回转式高阶数学算法通过所收集到的算法，可以通过 java 与前端所设计的算法进行估算，可得出各种预测以及空气质量的预报。更智能更直观地展示出实时的空气质量反馈。再通过后期的修改便可达到手机就可操控整个室内的气体检测与其他操作。

优势：

发明智能通风管道检测系统是传统通风检测系统升级换代科技创新的新思路，多种传感器协同工作能有效解决管道检测不便的问题。同时，能在很大程度上能缩短人们等待检测结果的时间，并能有效提高安全系数，全面解决传统管道检测的安全隐患。智能通风管道检测系统将是未来通风检测的首选类型，将对未来通风管道气体状态检测和评估系统改革提供新的方向，是社会发展急需的一种高速化、高效化、安全便捷的新型管道通风检测系统。

3 实现方案简介

3.1 设计原理

3.1.1 作品工作原理介绍

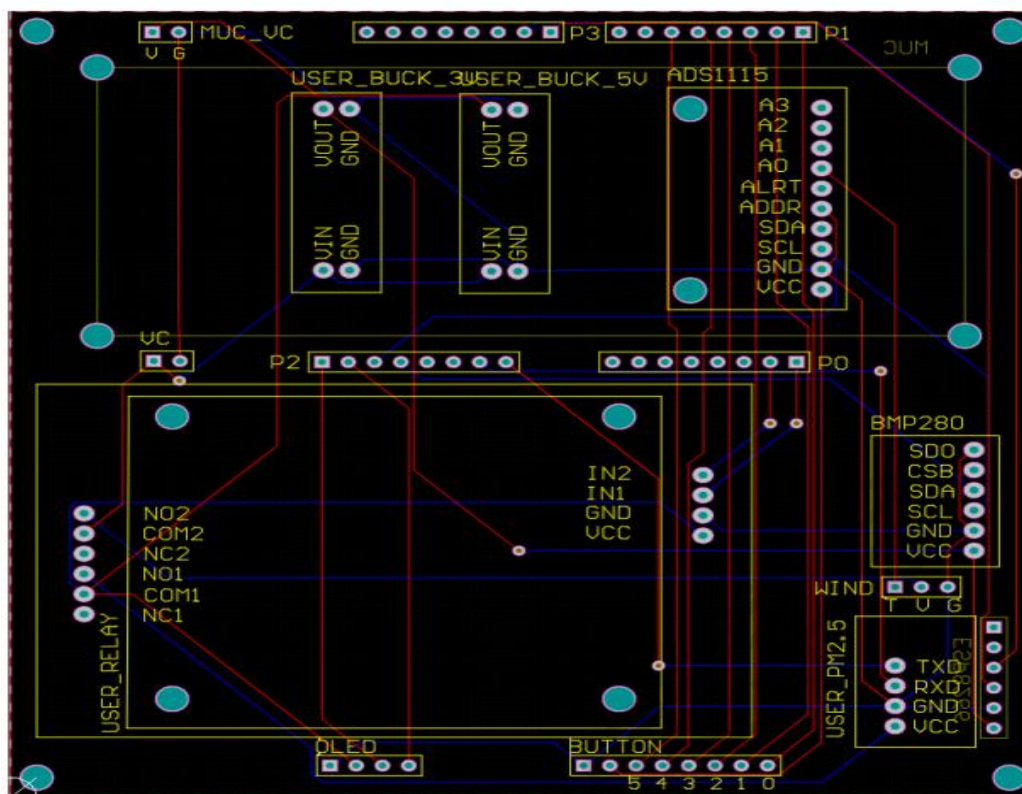


图 1 检测系统 pcb 板设计图

本项目的无线检测系统（如图 1）基于 51 单片机进行开发，以通风管道为研究对象，检测气体质量，着重设计开发监测电路，包括各种传感器电路、供电电路等；根据传感器的使用手册和资料编写程序算法，实现系统的监测，其中主要检测的数据为以下几种：风速、PM2.5、温度、湿度、气压等（如图 2）。并且通过 WiFi 模块使用物联网技术，将所测数据上传至互联网，通过远程的 pc 软件进行查看。



图 2 传感器系统为温湿度 PM2.5、气压、风速三大传感器的集成

3.1.2 作品硬件总体方块图与电路原理图

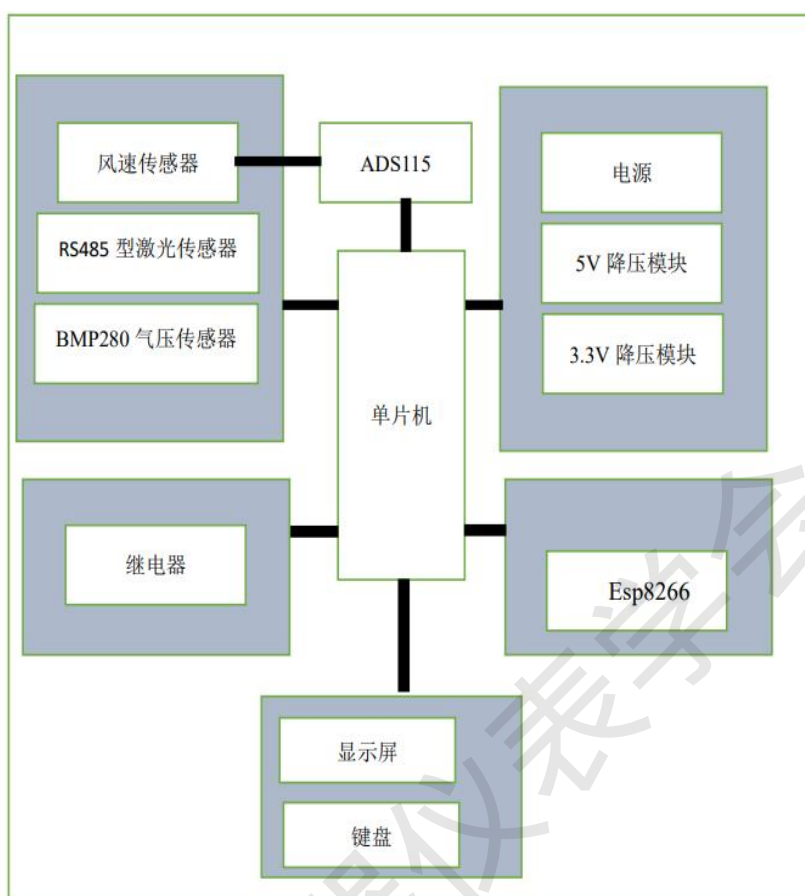


图 3 电路总体方块图

3.1.3 单片机之主要核心功能

提高抗干扰能力和使对于病毒（或者恶性代码）破坏性抵抗性更加有效（如图 16）。通过 WIFI 模块通讯，传输数据至物联网平台。

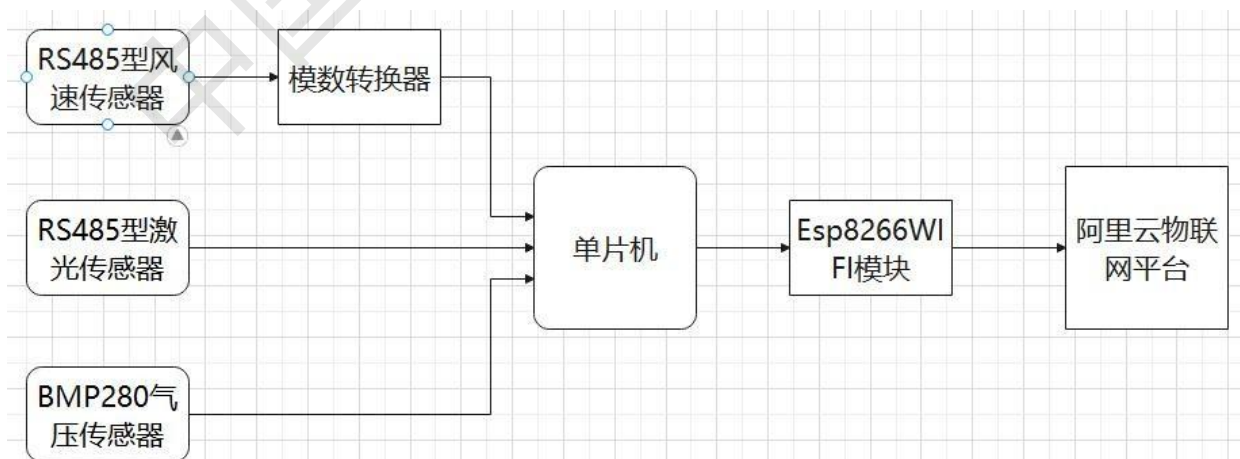


图 4 硬件整体数据流转流程图

整体方案的设计框架，其由三大部分组成，分别为：硬件设计单元、物联网通讯单元、软件专家系统单元，项目重点研究物联网的通信协议程序以及软件部分评估系统的设计。

3.2 设计方法

(1) 传感器的构成及传感器的程序设计

风速传感器程序设计

我们选择了 RS485 型风速传感器 风速传感器采用的是管式风速变送器,当管式风速变送器的监测端有空气流动时,会根据流动速度在 T 端产生一个模拟电压,采用 ADS1115 模数转换器将模拟信号转换为数字信号,便于单片机读取分析。数据通信使用的是 I2C 协议,因此选择总线进行连接。采用的是 PB5 口和 PB6 口作为总线,其中 PB5 作为时钟信号线(SCL),PB6 作为数据信号线(SDA)。同时将 ADDR 口接地,使用 A0 口作为接收口。本设计选择了 0-5V 输出电压、4-20mA 电流的 RS485 型管道风速变送器,尺寸如图 2 所示,因其测速范围在 0-20m/s 之间,符合本设计所有评估标准,并高出有余,足以测量出所指定场景的风管所有风速。且其是管道专用的,适配度本身就很高,加上其防尘耐高温等特性,十分符合工厂使用场景中的运用,尤其是在 gmp 等大型工厂内的通风管道等情境下使用。

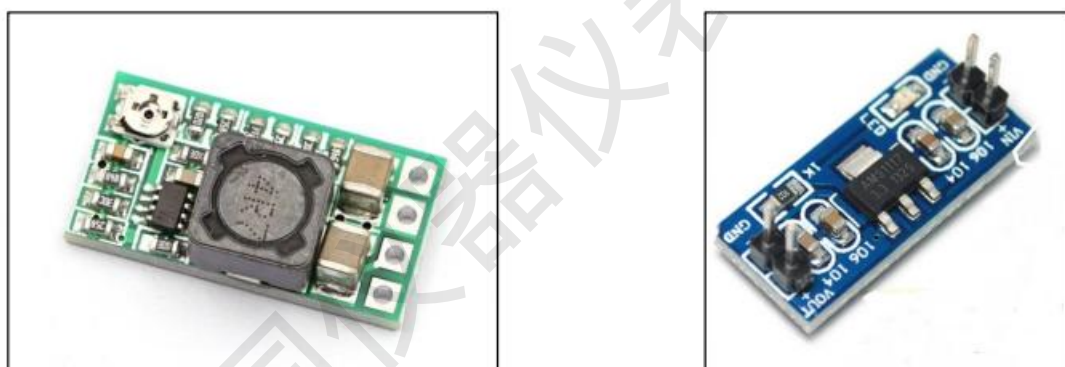


图5 左图为 DC-DC 可调降压稳压模块、右图为 AMS1117-3.3V 降压

RS485 传感器使用激光散射原理设计,可测量温湿度以及 PM2.5。其供电电压为 5V,完美适配电源电压,最大工作电流为 100mA,响应速度 $<1.5s$,及其灵敏,尺寸为 23mm*53mm*35mm,因其支持 WIFI 通信,符合本设计的硬件通讯使用,其 PM2.5 测量范围为 0-999ug/m³,工作湿度允许范围为 0-95%RH,工作允许温度为-10°C~+60°C,适配本设计所有场景的额定参数,且安装简便,所以选择使用此传感器。(如图 5)

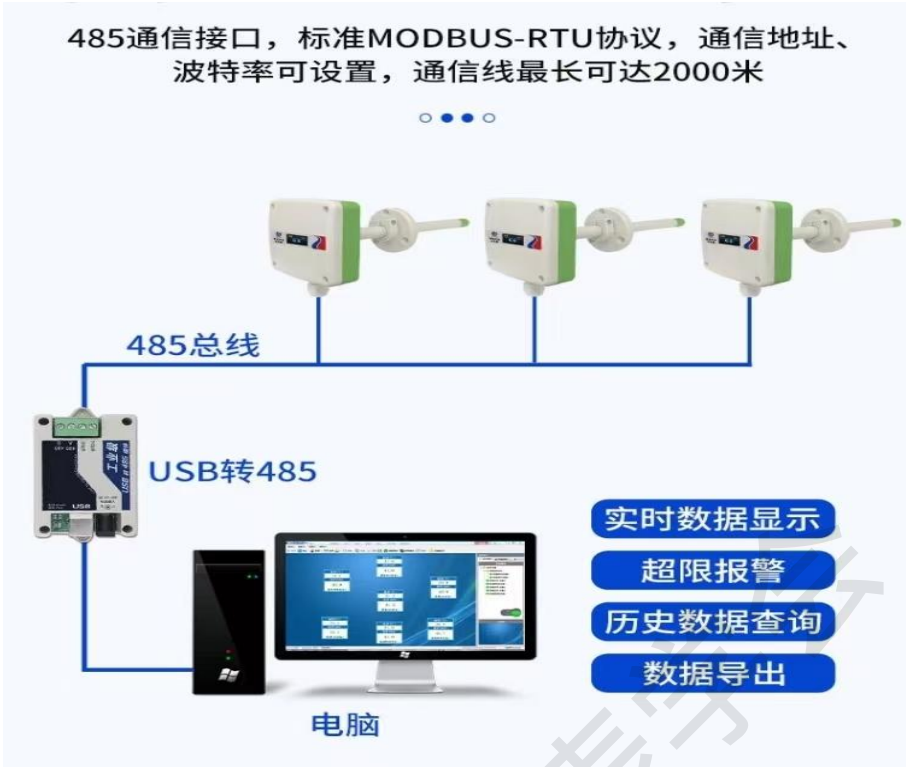


图 5.1: 标准 MODBUS-RTU 协议

六大核心优势

<p>精度高 HIGH PRECISION</p>	<p>管道安装 PIPING INSTALLATION</p>	<p>反应灵敏 RESPONSIVE</p>
<p>启动风速小 LOW STARTING WIND SPEED</p>	<p>抗干扰强 STRONG ANTI-INTERFERENCE</p>	<p>安装简单 SIMPLE INSTALLATION</p>

图 5.2 风速传感器的优势

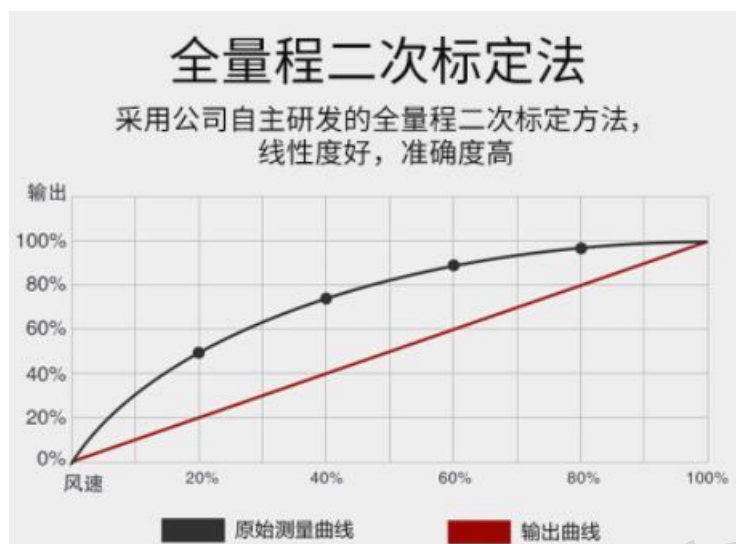


图 5.3 基于风速传感器的独特标定法

根据选型的风速传感器，其所测数据为模拟信号，输出的为 0-5V 的模拟电压，因此，在硬件上有 ADS1115 模数转换器将其转换为数字信号，以便单片机读取。流程如 6。

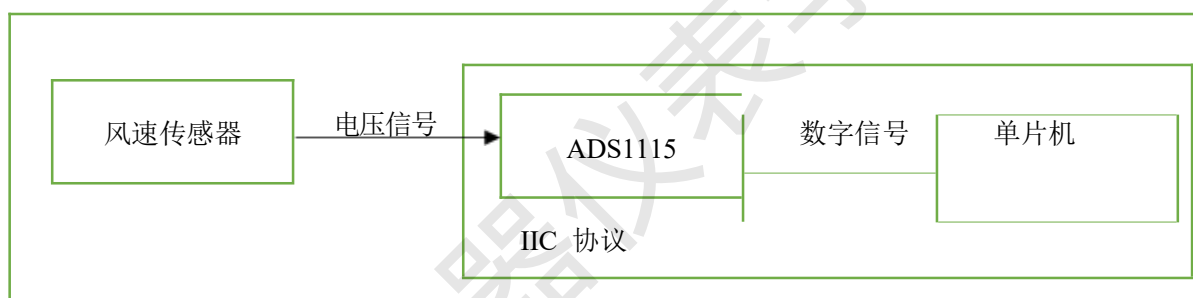


图 6 数据读取流程

ADS1115 数据通讯采用 IIC 接口，遵循 IIC 通讯协议，在单片机中使用的是 P22 口和 P23 口作为总线，其中 P22 作为时钟信号线(SCL)，P23 作为数据信号线(SDA)。

根据 IIC 通讯协议，单片机对 ADS1115 的操作需要知道它的设备地址(Slave Address)和各种寄存器地址。由资料可知，ADS1115 的设备地址为 1001 000，其他寄存器如下图 7。

图 7 其他寄存器地址

Address	Register
0000 0000	Conversion register
0000 0001	Config register

0000 0010	Lo_thresh register
0000 001	Hi_thresh register

根据所需功能及资料,我们需要操作的寄存器为 Conversion register 和 Config register,首先是 Conversion register,它是 ADS1115 转换电压得到数据的存储寄存器。然后是 Config register,它是设置 ADS1115 参数的寄存器,里面可写入位数为 16 位,每位作用如下图 8 所示。

Config Register (Read/Write)								
BIT	15	14	13	12	11	10	9	8
NAME	OS	MUX2	MUX1	MUX0	PGA2	PGA1	PGA0	MODE
BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
NAME	DR2	DR1	DR0	COMP_MODE	COMP_POL	COMP_LAT	COMP_QUE1	COMP_QUE0

Bit [15]	OS: 可操作状态 该位是设备的可操作状态 写 1 表示开始一次转换; 读 1 表示正在转换; 0 表示已经转换完毕。
Bits [14:12]	选择两引脚的操作,例如,写100,就是测的是A0-GND两端的电压。 These bits configure the input multiplexer. They serve no function on the ADS1113/4. 000 : AIN ₀ = AIN0 and AIN ₁ = AIN1 (default) 100 : AIN ₀ = AIN0 and AIN ₁ = GND 001 : AIN ₀ = AIN0 and AIN ₁ = AIN3 101 : AIN ₀ = AIN1 and AIN ₁ = GND 010 : AIN ₀ = AIN1 and AIN ₁ = AIN3 110 : AIN ₀ = AIN2 and AIN ₁ = GND 011 : AIN ₀ = AIN2 and AIN ₁ = AIN3 111 : AIN ₀ = AIN3 and AIN ₁ = GND
Bits [11:9]	可编程量程选择,例如001,量程为-4.096V~4.096V 000 : FS = ±6.144V ⁽¹⁾ 100 : FS = ±0.512V 001 : FS = ±4.096V ⁽¹⁾ 101 : FS = ±0.256V 010 : FS = ±2.048V (default) 110 : FS = ±0.256V 011 : FS = ±1.024V 111 : FS = ±0.256V FS : 量程
Bit [8]	设备操作模式 0 : 持续转换模式 1 : 断电专发模式 (默认) 设置一次就读一次
Bits [7:5]	SPS 每秒的采样次数 000 : 8SPS 100 : 128SPS (default) 001 : 16SPS 101 : 250SPS 010 : 32SPS 110 : 475SPS 011 : 64SPS 111 : 860SPS
Bit [4]	比较模式
Bit [3]	比较优先级
Bit [2]	锁定比较极
Bits [1:0]	申明在四次转换

图 8 Config register 操作位功能

由于 ADS1115 采集输出范围为 0-65535,其中输入正压数字采集输出范围在: 0-32767(与电压值成正相关),输入负压数字采集输出范围在: 32768-65535(换算成二进制,首位为符号位),采集到的电压值: 实际电压 = (寄存器转换结果值 / 2¹⁵) * FS, 其中 FS

由 PGA 增益决定，在这里为 6.144。并且由于风速传感器的量程为 0-20m/s，对应电压输出值为 0-5V，故需在进行一次换算。换算公式为 5-1：

$$U = \text{寄存器转换结果值} \times 0.00075$$

式 5-1

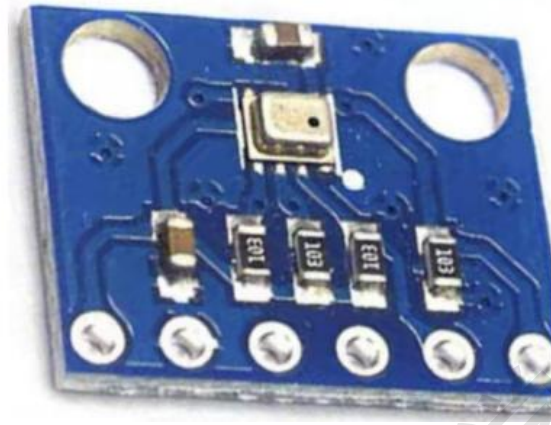


图 11 BMP280 气压传感

气压方面的测量选取这款 BMP280 气压传感器（如图 11），其尺寸为 2.5×2.0 平方毫米，工作电压在 3.3V-5.5V 之间，通信接口为 12C（5V 可兼容），即电源电压通过降压器处理过后，可完美适配。电流消耗仅 2.7 微安，功率消耗低，温度范围在-40℃—+85℃ 之间，气压检测范围是 1100hpa 之内，精度在±0.12Pa（±1m）之间，量程足够大，适合各种场景的使用，因此选用此传感器。另外注意，BMP280 提供了绝对的压力值和温度测量，本设计中只选取使用其压力值的测量。

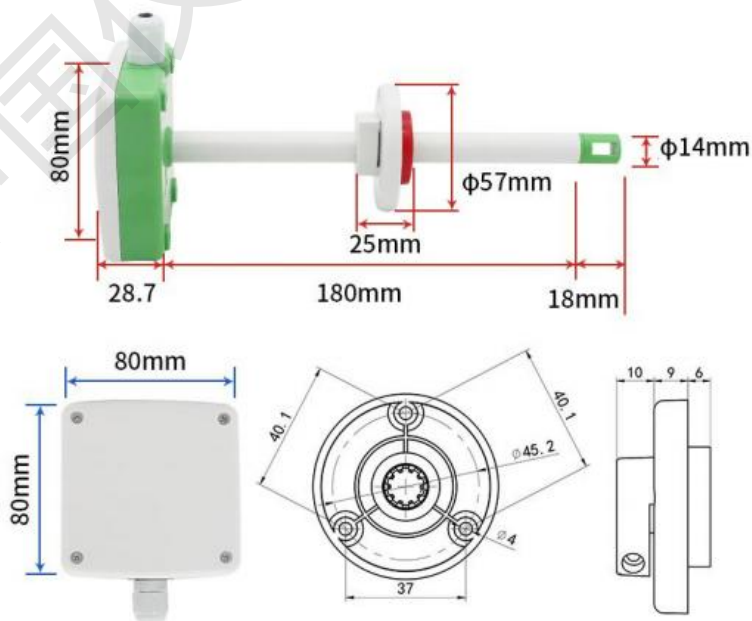


图 12 RS485 型风速传感器尺寸

在系统中，由于降低能耗的使用，需要对风速传感器（如图 12）和 RS485 型激光传感器（如图 13）的供电进行限制，在这里我们使用继电器来限制它们的供电时间。由于风速传感器的供电电压为 10-20V，RS485 型激光传感器的供电电压为 5.0V，所用需要两个不同的通道，因此需要选择 2 路控制板的继电器（如图 14）。



图 13 RS485 型激光传感器



图 14 继电器

RS485 型激光传感器程序设计

根据选型的 RS485 型激光传感器的资料，该传感器与单片机的通讯方式是串口通讯。

在之前的设计中，WiFi 模块与单片机之间的通讯也是串口通讯，已经占用了串口通讯所用的接口 RXD 和 TXD，并且由于所用单片机只有这一个串口通讯的接口，因此为与 RS485 型激光传感器进行通讯，我们需手动编写程序模拟串口。在这里我们把 P26 作为模拟的发送端(单片机的 TXD)引脚，把 P27 作为发送端(单片机的 RXD)引脚，并把定时器 0 作为波特率的发生器。

通过阅读 RS485 型激光传感器的资料，传感器的两种工作方式，分别为主动上报模式和问询模式，在这里我们需要的工作模式为主动上报模式。根据资料，操作的数据如图 15。

1) 切换为主动上传

问询帧		发送 (TX)						
起始位	地址	命令字	通讯模式	--	--	--	--	校验和
0xFF	0x01	0x03	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x04

应答帧		接受 (RX)						
起始位	命令字	地址	--	--	--	--	校验和	
0xFF	0x03	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x03	

图 15 设置主动上报的发送指令和应答数据

在设置主动上传指令后，单片机每次读取数据需发送指令为图 16

(2) 问询数据指令 (问到一次数据指令)

问询帧		发送 (TX)						
起始位	地址	命令字	分辨率位	--	--	--	校验和	
0xFF	0x01	0x07	0x02	0x00	0x00	0x00	0x07	

图 16 问询数据指令

在发送问询数据指令后，传感器会发送回数据给单片机，该数据为一个 40 个字节的数据，根据数据解析，提取所需的数据，即温度、湿度、pm2.5 的数据。

BMP280 气压传感器程序设计

根据选型的 BMP280 气压传感器的资料，该传感器的通信使用的是 IIC 协议。在之前设计中，ADS1115 也是采用 IIC 通讯协议，使用的是 P22 口和 P23 口作为总线，其中 P22 作为时钟信号线(SCL)，P23 作为数据信号线(SDA)。

根据 IIC 通讯协议，单片机对 BMP280 气压传感器的操作需要知道它的设备地址 (Slave Address)和各种寄存器地址。由资料可知，ADS1115 的设备地址为 1111 010，其他寄存器如下表 17、表 18。

表 17 部分寄存器地址

Address	Register
1101 0000	ID register
1110 0000	Reset register
1111 0011	Status register

1111 0100	Ctrl_meas register
1111 0101	Config register
1111 0111、1111 1000 、1111 1001	Press register (_msb, _lsb, _xlsb)
1111 1010 、1111 1011、1111 1100	Temp register (_msb, _lsb, _xlsb)

表 18 微调参的寄存器地址和数据类型

寄存器 LSB/MSB	寄存器内容	数据类型
0x88/0x89	dig_T1	unsigned short
0x8A/0x8B	dig_T2	signed short
0x8C/0x8D	dig_T2	signed short
0x8E/0x8F	dig_P1	unsigned short
0x90/0x91	dig_P2	signed short
0x92/0x93	dig_P3	signed short
0x94/0x95	dig_P4	signed short
0x96/0x97	dig_P5	signed short
0x98/0x99	dig_P6	signed short

0x9A/0x9B	dig_P7	signed short
0x9C/0x9D	dig_P8	signed short
0x9E/0x9F	dig_P9	signed short
0xA0/0xA1	reserved	reserved

根据所需功能及资料，我们首先需要设置的寄存器为 Ctrl_meas register 和 Config register。首先是 Conversion register，它是设备的运行状态寄存器。写入数据的功能如表 19 所示。

ctrl_meas 寄存器	位名称	描述
Bit 7, 6, 5	osrs_t[2:0]	控制温度的过采样
Bit 4, 3, 2	osrs_p[2:0]	控制气压的过采样
Bit 1, 0	mode[1:0]	控制电流的模式

表 19 ctrl_meas 寄存器功能

然后是 Config register，它是用于控制采样率，滤波器模式和通讯模式，每位作用如下表 20 所示。

press 寄存器	位名	描述
0xF7	press_msb[7:0]	压力的 msb 部分 19:12
0xF8	press_lsb[7:0]	压力的 lsb 部分 11:4
0x F9 (bit 7, 6, 5, 4)	press_xlsb[3:0]	压力的 xlsb 部分 3:0

表 20 Config 寄存器功能

阅读资料可知，每一个 BMP280 传感器都存在一定的微调参数，这些微调参数在设备生产过程中，就已经被写入到设备的 NVM 中，并且不支持客户进行修改，在计算采集的温度和气压数据时，都应该通过微调参数的调整。由于采集到的气压与温度相关，所以在计算气压时，也需采集温度数据。

在通过 Press register 获取气压的基本数据和 Temp register 获取温度的基本数据后，还需利用微调参数辅助的调整。根据官方资料，可知真实气压的计算方法。

测量的流程大致如图 23 所示。



图 23 测量流程

(2) 单片机选择:

本设计选用 HT32F52352。

(3) 辅助硬件:

14V 的电源电压，通过降压器降压至 5V 和 3.3V、ADS1115 模数转换器、0.96 寸 OLED 显示屏



图 24 操作系统为开关，按钮，显示屏的集成

本设计采取 14V 的电源电压，通过降压器降压至 5V 和 3.3V，适配单片机系统，再通过 ADS1115 模数转换器将模拟信号转化为数字信号，以便于数据的分析。显示屏选取的是一块 0.96 寸 OLED 显示屏（如图 24），硬件方面（如图 25）实现与物联网的交互核心在于 WIFI 模块，本设计选用 Esp8266WIFI 模块，因其内置 TCP/IP 协议栈，能够实现串口与 WIFI 之间的转换，且电压也适配电源电压中的 5V 和 3.3V。

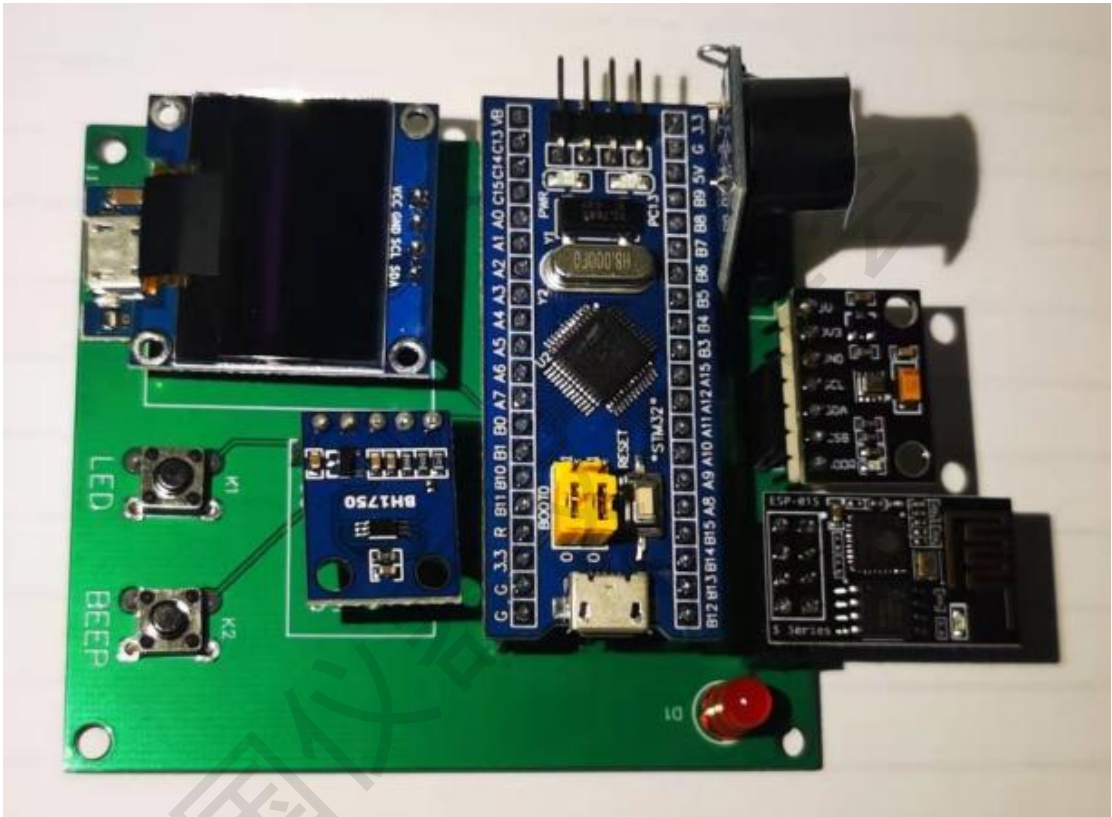




图 25 硬件整体系统芯片与外观

软件设计：

在单片机启动后，首先需要完成 WiFi 模块的使用，然后是物联网的通信。在使用 WiFi 模块和物联网通信，我们需要保证 ESP8266WiFi 模块能反馈到单片机上，所以必须设计好相关的程序，从而使单片机能接收到 ESP8266WiFi 模块发送过来的数据。在发送数据程序设计章节中，我们知道单片机接收数据需要用到接收 SBUF 寄存器，而接收 SBUF 寄存器只有 8 位，所以单片机接收数据的模式，同样也是一个字符一个字符的接收。在波特率设置好后，串口通信的接收需要单片机内置好的串行口中断进行接收数据，由于接收数据的形式为一个字符中断一次，因此需要进行接收结束的判断。在这里，我们以 30 个字符为一行，有 6 行，共 180 个字符存储单元进行数据的存储。但接收到换行符即 '\n' 字符或数据超过 30 个字符时，进行换行。由于在设计之初确定好接收的数据不会一次性超过 5 行，因此其接收到的数据不会缺失。

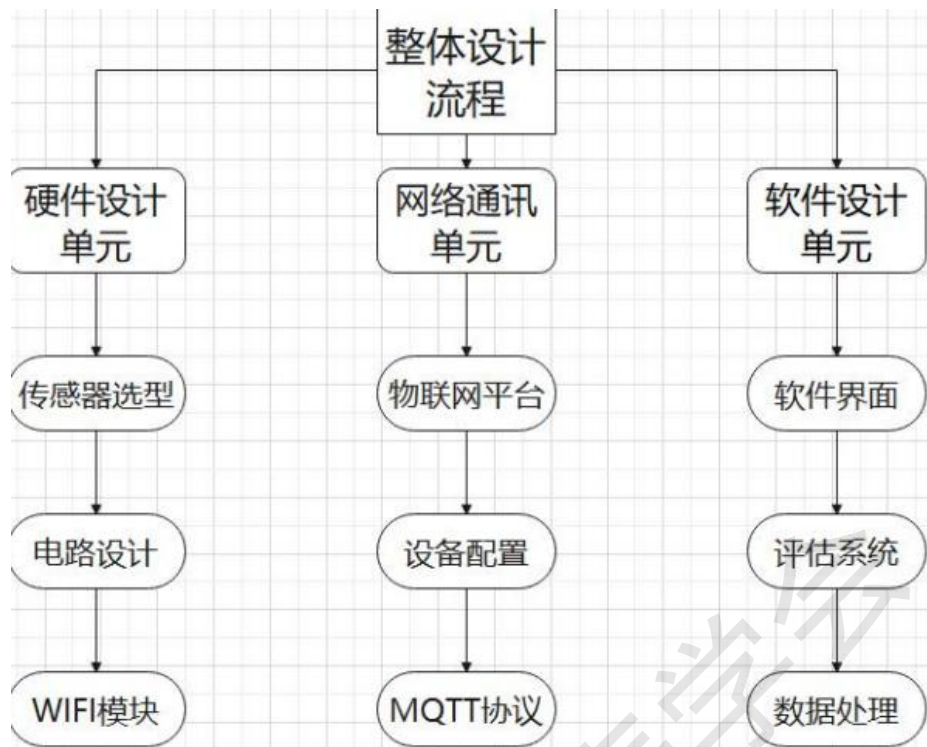


图 26 整体设计流程

在系统的数据上传到云服务器过程中，首先需要保证单片机能联网。在本系统中使用的是 ESP8266WiFi 模块联网，所以我们使用的是传统的 AT 指令集进行操作。首先 ESP8266wifi 模块的模式是 station 模式，指令为：AT+CWMODE=1；再来是连接 wifi 的名称和密码，指令为：AT+CWJAP=,; 其中：目标 AP 的 SSID, : 密码最长 64 字节 ASCII。由于实际需求，单片机在连接 WLAN 的时候，连接的 AP 是需要实际确定的，即可以灵活地连接不同的 WIFI 信号。因此在程序的设计中，有两种不同的情况，一种是默认的模式，即固定的 AP 名称、密码，在这里的设计中，名称为：ghh，密码：88888888；另一种则是用户设置模式，在这里的设计中，用户可以自行输入 AP 的名称和密码，连接用户的 WIFI。在上面关于 WLAN 连接的设置后，单片机还需进行是否有成功连入 WLAN 的判断，在这里有 AP 指令：AT+CWJAP?, 可以对 ESP8266 模块是否联网的情况进行查询。当有接收到 OK 的信息时，即联网成功（如图 26）。

物联网通讯设计：

阿里云物联网平台相当于信息传输的中介，可以看到设备之间的操作行为和订阅信息，创建一个实例产品，连接方式选择 WIFI 连接，再设备管理处设置两个设备，第一个设备负责接受软件终端发送过来的指令信息，本设计中命名为 shebei-pc；另一个设备负责接收云下设备发送上来的设备号以及对应检测参数，本设计中命名为 shebei02，从此处可获取设

备三要素（Product Key、Device Name、Device Secret），根据三要素可以获取搭建 MQTT 服务器的基本信息（如图 9）。再定义产品的操作权限为发布和订阅，从此处可获取 topic。本次设计中，软件客户端搭建服务器所需要的基本信息如下：

1. 服务器地址（host）：a1eyhGDJByn.iot-as-mqtt.cn-shanghai.aliyuncs.com
2. 通讯端口（port）：1883
3. 用户名：shebei_pc&a1eyhGDJByn
4. 用户密码：2d43474ccfba6a1ce4974a5c0d8eb4635dd3311e
5. 订阅主题名（topic）：/a1eyhGDJByn/shebei_pc/user/send_sta
6. ClientID：pc|securemode=3,signmethod=hmacsha1,timestamp=789|

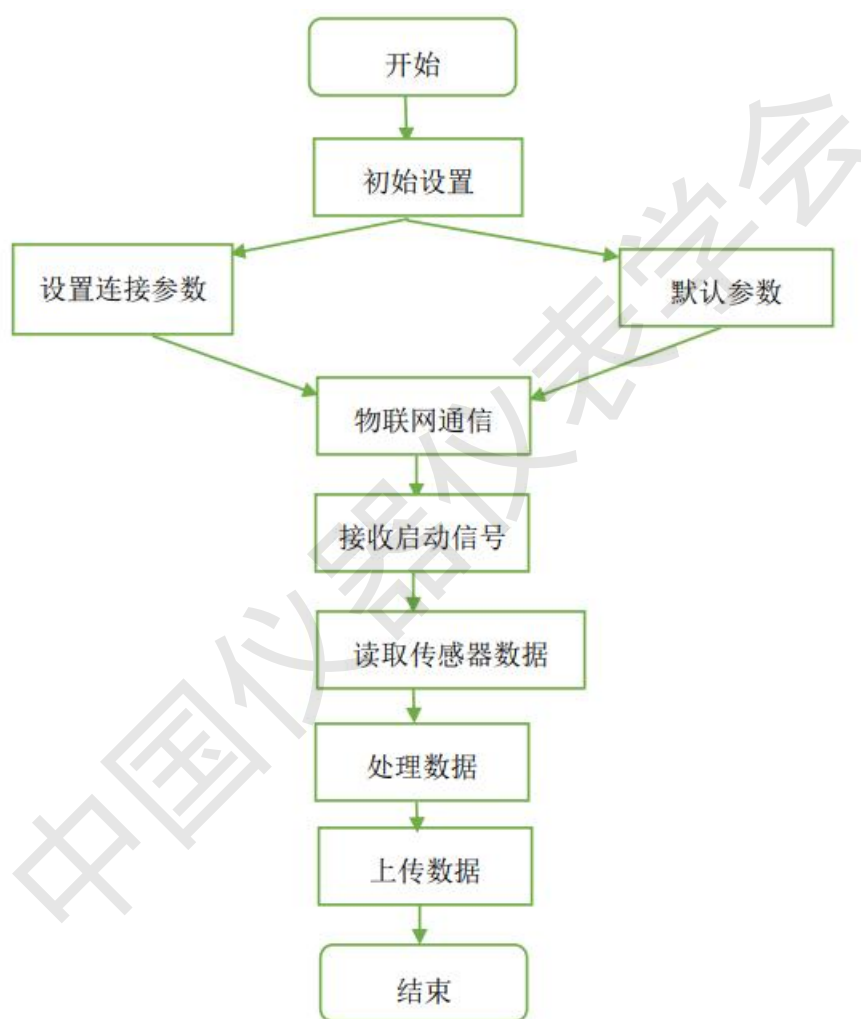


图 13 程序的设计总体流程框架

设备配置好之后，需要对两个设备进行信息的传输与获取，从而实现云下设备与软件终端的交互，所以在这里设置一个传输数据的方向。从 shebei-pc 的 topic 发送数据到 shebei02 的 topic 上，实现软件终端向云下设备发出指令。（如图 27）

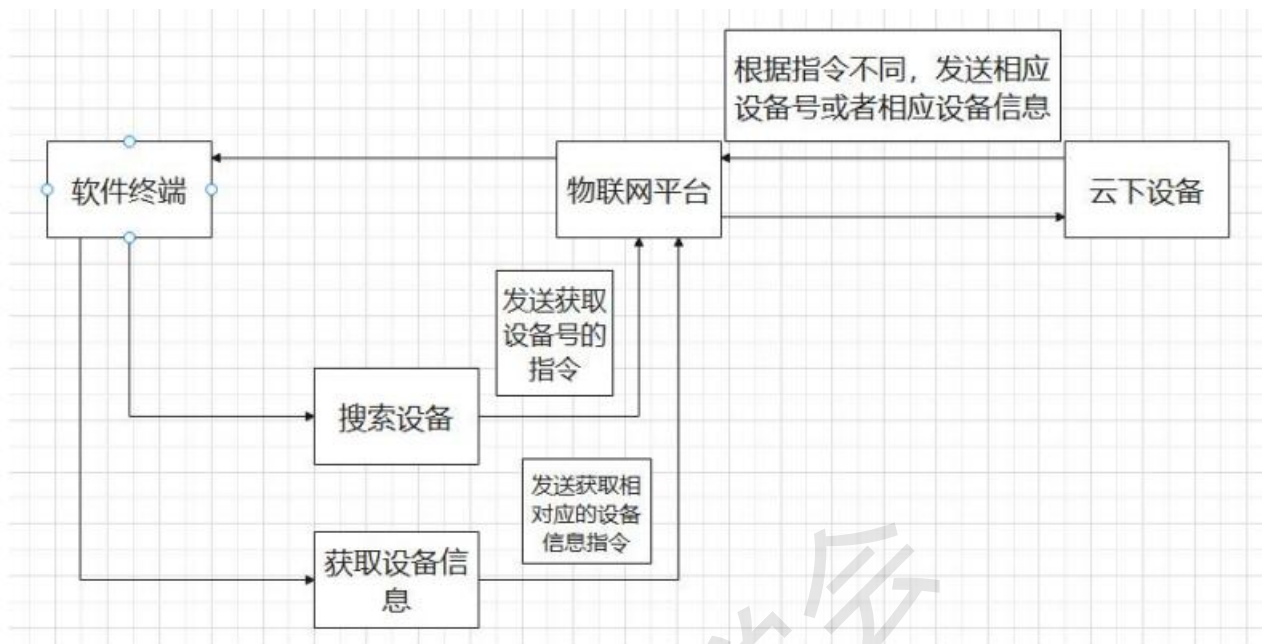


图 27 通过物联网通讯来实现数据的传输读取的基本流程

中国仪器仪表杂志

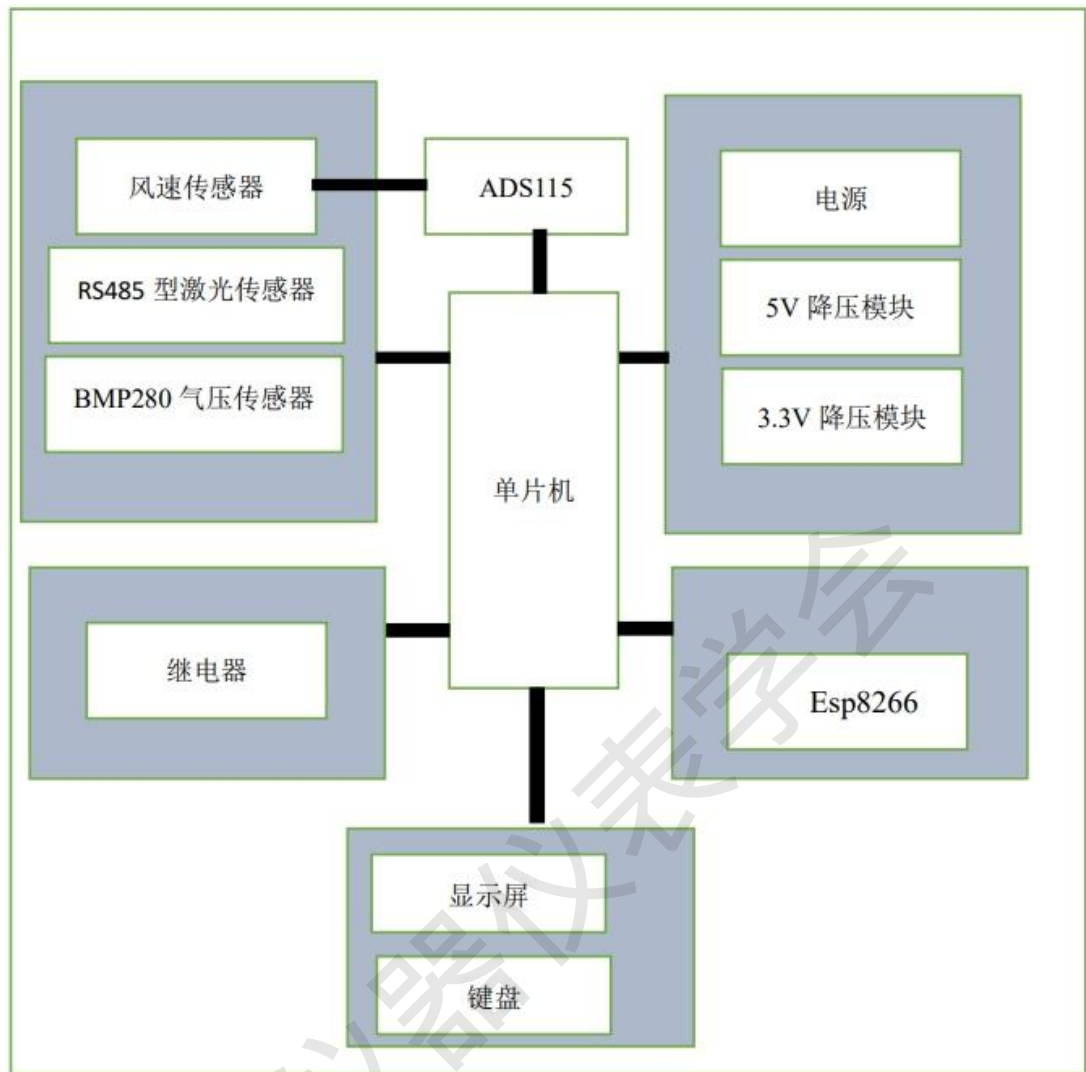


图 28 单片机系统为电源，降压模块，继电器，单片机的集成

3.3 实验验证过程

因使用场景不同，相对应的参数阈值也不同，所以阈值检测最主要的方式是设置模式控制，并通过信号与槽函数的绑定，实现场景切换从而触发相对应的逻辑函数。

好”，16-40 之间，输出评估结果为“适度”，41-65 之间，输出评估结果为“一般”，66-250 之间，输出评估结果为“不健康”，大于 250 时，输出评估结果为“危害”。

测试结果



图 30 实验数据结果图