

## 摘 要

团雾是多发于秋冬季，尤其是多发于高速公路附近的，一种关于天气的特殊状况，它虽然也是雾，但是相对来说就会小很多了，往往就只有几十米，最大可能也不过百十米。这种团雾生成的原因多种多样，但是形成的环境往往彼此相通，一般是晚上或这是早晨以及其他可能没有风并且阳光不是特别足的环境，其在一天中形成的时刻也决定了它所能存在的时间，往往来无影去无踪。

为解决高速公路特定路段产生团雾现象对人们出行所造成的人身伤害和财产损失，提出了一种基于 LoRa 技术的高速公路团雾检测预警系统。这个检测系统具体是由感知层、网络层及应用层组成的，首先肯定是利用传感器采集现场数据，然后通过 LoRa 的方式进行传输，将传感器数据传输至应用层，就可以进行预警提醒，并将数据通过系统界面进行实时的展示，从而降低高速公路团雾对我们出行上的伤害。本系统是由 LoRa、STM32 单片机、传感器等几项技术紧密结合的产物。

**关键词：**LoRa 通信模块；传感器；STM32 单片机

## ABSTRACT

Fog is more than in autumn and winter, especially in the vicinity of the highway, a special condition about the weather, although it is also fog, but relatively speaking will be much smaller, often only dozens of meters, the largest may also be only 100 meters. The causes of this fog are varied, but the conditions are often connected to each other, usually at night or in the morning, and other conditions where there may be no wind and there is not enough sunlight. The time of day when it forms determines how long it can exist, and often comes and goes without shadow.

In order to solve the problem of personal injury and property loss caused by fog phenomenon in certain sections of expressway, a kind of expressway fog detection and early warning system based on LoRa technology is proposed. The detection system is specifically composed of the perception layer, the network layer and the application layer. Firstly, the sensor must be used to collect the field data, and then the sensor data is transmitted to the application layer through the LoRa mode, so that the warning and reminder can be carried out, and the data can be displayed in real time through the system interface, so as to reduce the damage to our travel caused by the fog on the highway. This system is made of LoRa, STM32 microcontroller, sensor and other technologies closely combined products.

**Key words:** LoRa communication module; Sensor; STM32 microcontroller

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 设计目的和意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
1.2.1 国内研究现状 .....	1
1.2.2 国外研究现状 .....	2
1.3 设计研究的主要内容.....	2
第 2 章 系统总体设计 .....	3
2.1 设计与选型思路.....	3
2.2 上位机软件选型.....	3
2.3 下位机硬件选型.....	4
2.3.1 主控单片机选型 .....	4
2.3.2 温湿度传感器选型 .....	4
2.3.3 LoRa 模块选型.....	5
2.3.4 屏幕模块选型 .....	6
2.4 方案总体设计.....	7
第 3 章 系统下位机设计 .....	9
3.1 下位机系统结构.....	9
3.2 元器件简介.....	9
3.2.1 STM32F103 单片机.....	9
3.2.2 雨滴感应传感器 .....	9
3.2.3 MQ-2 烟雾传感器.....	10



3.2.4 DHT11 温度传感器 .....	10
3.2.5 LoRa 模块.....	11
3.3 系统下位机程序设计 .....	12
3.3.1 主程序设计 .....	12
3.3.2 OLED 显示模块设计.....	12
3.3.3 温湿度传感器模块设计 .....	13
3.3.4 烟雾传感器模块设计 .....	14
3.3.5 蜂鸣器模块设计 .....	15
<b>第 4 章 系统上位机软件设计 .....</b>	<b>16</b>
4.1 数据采集部分.....	17
4.2 数据解析部分.....	18
4.3 数据保存部分.....	20
4.3.1 保存数据到文件 .....	20
4.3.2 保存数据到数据库 .....	21
<b>第 5 章 系统的组装与调试 .....</b>	<b>23</b>
5.1 元器件清单.....	23
5.2 系统组装.....	23
5.3 系统调试.....	24
<b>第 6 章 总结与展望 .....</b>	<b>26</b>
参考文献 .....	27
致谢 .....	28



---

# 第 1 章 绪论

## 1.1 设计目的和意义

团雾是多发于秋冬季，尤其是多发于高速公路附近的，一种关于天气的特殊状况，它虽然也是雾，但是相对来说就会小很多了，往往就只有几十米，最大可能也不过百十米。这种团雾生成的原因多种多样，但是形成的环境往往彼此相通，一般是晚上或这是早晨以及其他可能没有风并且阳光不是特别足的环境，其在一天中形成的时刻也决定了它所能存在的时间，往往来无影去无踪。形成的团雾在造成伤害时往往天气晴朗，而团雾内部突然能见度迅速下降，只有几米最多十几米，而这种突如其来的能见度下降往往是司机无法避开的，也是最容易发生危险的。而近年来，我国的高速公路的建设蓬勃发展，路上车多了，交通事故率当然也会随之攀升，这已经对高速公路行车安全提出了严峻的考验。

“团雾”在高速公路上被称为“杀手”，其原因是因为它常在清晨出现，而这时司机易疲倦且注意力不集中。由于团雾突然出现且范围小，很难被气象预报检测到。另外，团雾的局部浓度使司机难以把握道路状况，导致连环追尾事故。针对这一问题，我们进行了研究工作，并开发出一个系统。该系统由一组能见度检测器构成，安装在高速公路沿线，并利用无线传感器网络技术进行数据传输，收集的数据通过主控制器上传至当地的控制中心。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国内研究现状

天气因为下雨下雪和下雾等因为视野下降已经是高速公路上的“第一杀手”，团雾更是其中的“流动杀手”，造成结果不容小觑。在我们国家《道路交通安全法实施条例》中也有相关高速公路的特别规定。显然，全天候监测道路环境已经是必然趋势了，显然这已经得到了交警部门和广大司机的支持，只有这样才能有效支持恶劣天气道路低能见度数字化分级管制决策和交通安全驾路协同管理。

---

但是，从目前高速公路管理单位贯彻落实这一特别规定情况看，因缺乏道路交通低能见度实时监测的数据支持，普遍存在有法难依的困境。在高速公路沿线布设的大量能见度仪，又普遍处于“建而不用”的尴尬局面。据调查，不少道路规划设计、营运和交通安全管理人员不熟悉甚至不知《道路交通安全法实施条例》的“高速公路的特别规定”，导致新建道路的交通工程设计或老路的技术升级改造方案与法规的特别要求严重脱节 **Error! Reference source not found.**。

---

## 1.2.2 国外研究现状

近年来，基于 STM32 的高速公路团雾检测预警系统也引起了国外学者的关注。在国外研究中，主要集中在以下几个方面：首先，雾天检测技术，与国内不同，国外学者更多地采用图像处理法进行雾天检测。近年来，深度学习技术的发展使得采用卷积神经网络（CNN）进行雾天检测成为了一种流行的方法。例如，Nikolaos Thomos 等人使用 CNN 识别雾天，并提出一种基于 CNN 的自适应滤波器来消除雾天图像中的噪声。

其次是传感器选择与设计，国外学者在传感器的选择和设计方面倾向于选择多种传感器来获取各种环境参数。例如，美国科罗拉多大学的研究团队使用光电二极管和红外距离传感器来测量能见度和湿度。智能交通系统的应用智能交通系统（ITS）是指通过先进的技术手段来提高道路的运行效率、安全性和环境保护性。在国外，研究者开始将团雾检测预警系统与 ITS 相结合，以实现更高级的应用。例如，欧洲研究者提出了一种基于车辆间通信技术的智能团雾检测预警系统。该系统通过车辆间通信技术获取前方路况信息，并在需要时向司机发出预警提示，从而避免事故的发生。

## 1.3 设计研究的主要内容

（1）系统采用 LoRa 技术实现数据上传功能，能够实现物联传输参数信息。可以采用 PM2.5 监测传感器实时路况，达到阈值并能够进行紧急报警。

（2）系统可以使用温湿度传感器采集高速公路的环境状况。可以使用雨滴监测单元监测高速公路下路的路段。

（3）能够利用液晶显示器显示限速信息，模拟同步限速屏的播报，同时在出现险情时能够自动启动雾情灯和蜂鸣器用以预警。

（4）使用上位机系统能够实时将采集的信息进行保存和绘制曲线并且能够发送指令信息。



---

## 第 2 章 系统总体设计

### 2.1 设计与选型思路

在多方面了解这些问题之后，对于这些问题，本设计采用物联网嵌入式技术和单片机加传感器的方式，在编写相应的上位机软件，这种方式实时性更高，所带来的行车体验更舒适，使道路交通更安全、更智慧、更便捷。

设计中使用到了 LoRa 模块来传输数据，联通上下位机，可以解决数据传输的实时性问题。同时还采用了烟雾和水汽相结合对比，采用烟雾传感器获取环境烟雾浓度数值，温湿度传感器获取温湿度，在上位机结合天气进行判断；系统中的上位机实现人机交互，借助烟雾和空气湿度采集到的数据进行比对，来感知团雾是否产生，并且通过设计系统下位机与上位机软件间的通信接口，实现上下位机的联动。

### 2.2 上位机软件选型

本设计上位机的功能包括接收、处理和展示团雾监测数据，以及发送预警信息。为了快速地、高效地开发上位机应用程序，我们选择使用 Qt 框架。

Qt Creator 是一款功能强大的集成开发环境（IDE），可以帮助开发人员快速开发和调试应用程序。Qt5 是一个跨平台的 C++ 应用程序开发框架，被广泛用于开发图形界面应用程序、嵌入式系统、移动设备应用等场景，并且其提供了一套完整的工具、类库和开发环境，可帮助开发者快速构建高质量应用程序。

Qt5 所提供的大量类库其中包括 GUI 控件、网络通信、多媒体、数据库、XML 解析等，开发者可以通过现成的组件快速地实现各种功能。用户界面设计方面 Qt5 提供了一套完整的用户界面设计工具，包括 Qt Designer 和 Qt Quick Designer。开发者可以使用这些工具轻松地设计和创建各种用户界面，从而提高开发效率。

Qt5 采用 C++ 语言开发，非常易于学习和使用。开发者可以使用自己熟悉的编程语言和开发环境来开发应用程序。同时，Qt Creator 提供了代码编辑器、调试器、可视化设计器等多种工具，可以帮助开发人员快速开发和调试应用程序。

在本设计中，上位机需要实现的功能包括：接收并解析 LoRa 网络中的团雾监测数据，包括设备 ID、温度、湿度等数据。实时展示团雾监测数据，包括温度、湿度等，也可选择是否生成相应数据的趋势图、历史数据的曲线图等。向下位机发送预警信息，提供数据查询、导出等功能，方便用户查看和分析数据。

---

综上所述，本设计需要一个跨平台、易于开发的上位机，Qt 框架可以很好地满足这一需求。

---

## 2.3 下位机硬件选型

### 2.3.1 主控单片机选型

STM32F103 是一款由 ST 公司推出的高性能、低功耗微控制器，采用 ARM Cortex-M3 内核，集成 64KB 闪存、20KB SRAM 及 512B EEPROM 等多种外设。该单片机可运行在最高 72 MHz 的主频下，并支持 SPI、I2C、USART、CAN 等多种通信接口，还具备多达 37 个 GPIO 口，满足了各种应用场景的需求。

STM32F103 的主要特点包括：**高性能：**基于 ARM Cortex-M3 内核设计，最高主频可达 72 MHz，大大提升了单片机的计算能力和响应速度。**低功耗：**采用了先进的低功耗技术，使得单片机在待机模式下功耗极低，延长了电池寿命。**多种外设：**集成了丰富的外设，包括定时器、ADC、DAC、PWM 等，能够满足不同应用场景的需求。**多种通信接口：**支持 SPI、I2C、USART、CAN 等多种通信接口，能够与其他设备进行稳定可靠的数据传输。**强大的 GPIO 口：**拥有多达 37 个 GPIO 口，提供了更多的接口和控制灵活性。**简单易用：**采用了现代化的 IDE 开发环境和易于理解的代码库，非常适合初学者入门以及专业工程师快速开发。STM32F103 单片机广泛应用于工控、汽车电子、医疗设备等领域，是一款性能稳定、可靠性高的微控制器。

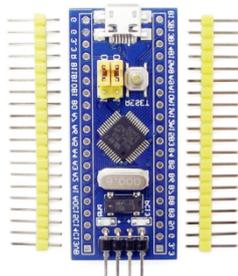


图 2-1 STM32 单片机

### 2.3.2 温湿度传感器选型

**方案 1：**PT100 传感器，是一种压簧式感温元件。虽然它的抗振性能好，不需要补偿导线，花费较少。但是他的测温范围让他的应用受到了一些限制，PT100 热电阻的测温原理是基于导体或半导体的电阻值随着温度的变化而变化的特性，但是需要电源激励，不能够让测量温度及时更新。

**方案 2：**DHT11 温湿度传感器是一种较为简单的传感器，主要由两个模块组成：温度采集模块和湿度采集模块。使用该传感器时，通信方式为单数字总线技术，可以通过该技术进行数据读取和数据采集。

---

除了基础的测量功能外，该传感器系统还具有其他应用功能。例如，它可以进行数据检验。如果数据出现错误，该传感器会丢弃相应的数据并进行处理。此外，该传感器系统还具有较高的稳定性，价格也比较低廉，便于开发，电路设计也较为简单。

DHT11 温湿度传感器内部的温度采集模块和湿度采集模块都是由传感器和 ADC 芯片组成。在实际使用中，这些组件将温度和湿度转换为数字信号，并将其发送到单数字总线上。因此，使用该传感器需要掌握单数字总线技术，在进行连接时需要注意总线的方向、数据传输速率等问题。例如，需要保持传感器表面的清洁，以获得准确的温度和湿度读数。此外，传感器的供电电压需保持在 3-5V 之间，以确保正常工作。

总之，DHT11 温湿度传感器是一种性价比高、稳定性好、易于开发和使用的传感器。无论是在家庭环境还是在工业领域中，都具有广泛应用前景。因此，在进行相关项目设计时，可以优先考虑该传感器的使用。

方案选择：本设计选择 DHT11 温湿度传感器，该传感器具有性价比高、响应快、测试准确以及更适合户外环境的特点，所以选择此传感器。下图为 DHT11 传感器：

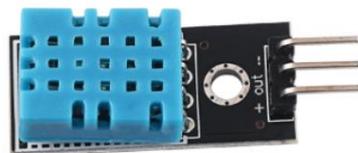


图 2-2 温湿度传感器

### 2.3.3 LoRa 模块选型

方案：LORA 模块 ATK-MW1278D，需外接单片机简单编程，利用单片机 UART 口连接模块实现无线传输，用户无需关心无线底层协议。

抗干扰性强是 LoRa 无线模块的优势之一，因 LoRa 模块选用 LoRa 无线扩频技术，具有高接收灵敏度-28dBm，相比传统 GFSK、FSK 模块具有更好的穿透力，可以大大减少网关数量和施工成本。所以选择 LoRa 模块要选择抗干扰强的模块，比如创新微 MinewSemi 的 MS21SF1 系列。

方案选择：抗干扰性强是 LoRa 无线模块的优势之一，因 LoRa 模块选用 LoRa 无线扩频技术，具有高接收灵敏度-28dBm，相比传统 GFSK、FSK 模块具有更好的穿透力，可以大大减少网关数量和施工成本。所以选择 LoRa 模块要选择抗干扰强的模块，比如创新微 MinewSemi 的 MS21SF1 系列。

---

LoRa 模块的传输距离是选择该模块的重要因素之一，尤其在山林、湖泊等复杂环境下，工业控制领域通常要实现远距离的通信传输。LoRa 模块支持超过 3km 的空旷传输距离，成功地解决了低功耗和远距离传输两难的问题。因此，它非常适用于需要实现无线抄表和工业控制等项目方案。LoRa 扩频技术的出现，突破了传输功耗和传输距离之间的平衡，从而彻底改变了嵌入式无线通信的现实状况。它提供了一种崭新的通信技术，让人们可以实现远距离传输、长时间电池寿命、大系统容量和低成本的下位机。这正是物联网所需要的，因为它可以帮助实现智能设备的互联互通。

下图为所选 LoRa 传感器：

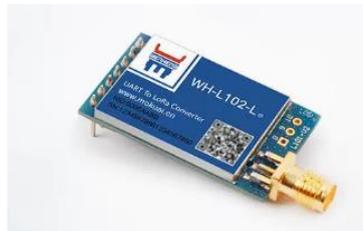


图 2-3 LoRa 模块

#### 2.3.4 屏幕模块选型

方案 1：该液晶显示器体积小，可分为三行进行显示。同时字体大小也可调节，正反调节和颜色调节也能方便地进行。这种 OLED 显示器的优点在于展示丰富多彩的内容，以及其整体设计的简洁美观。因此，它非常适合用作显示装置。

除了显示效果好以外，OLED 显示器还具有很多其他的优点。首先，它的功耗相当低，因此能够延长电池的使用寿命。其次，它的响应速度快，不会出现拖影现象，所以用来显示实时数据非常合适。

此外，OLED 显示器还能够适应广泛的环境，因为它的对比度高，即使在阳光照射下也能轻松读取。它能够大范围的视角，而且不会出现液晶显示器那样的色偏问题。

需要注意的是 OLED 显示屏的保养：在使用的过程中保持 OLED 显示屏使用环境的湿度，为了避免全彩显示屏受潮而导致零部件腐蚀并永久性损坏，需要在加电前尽可能远离会对屏幕造成伤害的物品。而在清洁屏幕时，也要轻柔地擦拭。此外，电源需要稳定并接地保护，不能在恶劣的自然条件下，特别是强雷电天气下使用。定期检查设备是否正常运行，并查看线路是否损坏。

方案选择：我们选择使用 OLED 液晶显示器。OLED 液晶显示器具有高稳定性和较大的显示内容，可以显示字母、数字和汉字等信息，并且可以使用屏幕取模软件进行汉字取模。总之，OLED 液晶显示器是一种非常适合人机交互的显示设备，具有高稳定性、低

---

功耗、快速响应和广泛的环境适应性等优点。在本次系统设计中，我们选择了 OLED 液晶显示器作为显示装置，以便于实现对采集到的人体参数信息的实时显示。

---

下图为所选 OLED 屏幕：



图 2-4 OLED 屏幕模块

## 2.4 方案总体设计

在本章中，通过选取不同的元器件进行对比，确立了以 STM32 单片机作为主控，使用 DS18B20 温度传感器，在软件方面，通过对上位机的结构进行分析。具体实现步骤如下：

第一步：通过互联网查询到所需要的资料，包括软硬件的设计思路和步骤等，包括 STM32F103 芯片的资料、传感器模块的详细资料及其介绍和各个品种的优缺点。

第二步：收集到相关硬件资料后，逐步摸清楚各个模块之间的关系和逻辑结构；

第三步：对思路进行反复验证，保证思路的可行性，刻画出来大致的行为轮廓和基本原理框架。

第四步：利用相关软件设计上位机软件，实现服务器功能。根据实际操作制作详细流程图并实施。

第五步：根据系统控制过程完成软件设计部分，绘制出主流程图；

第六步：通过模拟仿真软件测试相关程序和硬件，检查漏洞并且整理论文。

当前系统在 STM32F103 上电后，第一步时进行初始化，LoRa 模块、MQ-2 烟雾传感器模块等所有模块都需要初始化。然后进行烧录，将所写逻辑程序通过 Kell5 烧录进单片机。事先预想结果应该是雨滴传感器检测到了雨滴就会出发逻辑里的相应，然后 LED 灯亮起。

同样的 DHT11 部分也是分别采集到了相应的摄氏度和空气中水汽的饱和度，然后这些个数值通过 LoRa 发送到服务器，根据预先设置的阈值来进行性判断，传来的数据和阈值相符的时候通过蜂鸣器或者是发送到 OLED 显示屏或者其他方式发出提醒。

(1) 该设计所需要的环境如下：

- (2) 电脑操作系统: Windows10;
- (3) 开发单片机并烧录: Keil5;
- (4) 上位机软件开发 Qt Creator;
- (5) 程序语言: C 语言;

本设计具体流程图如下:

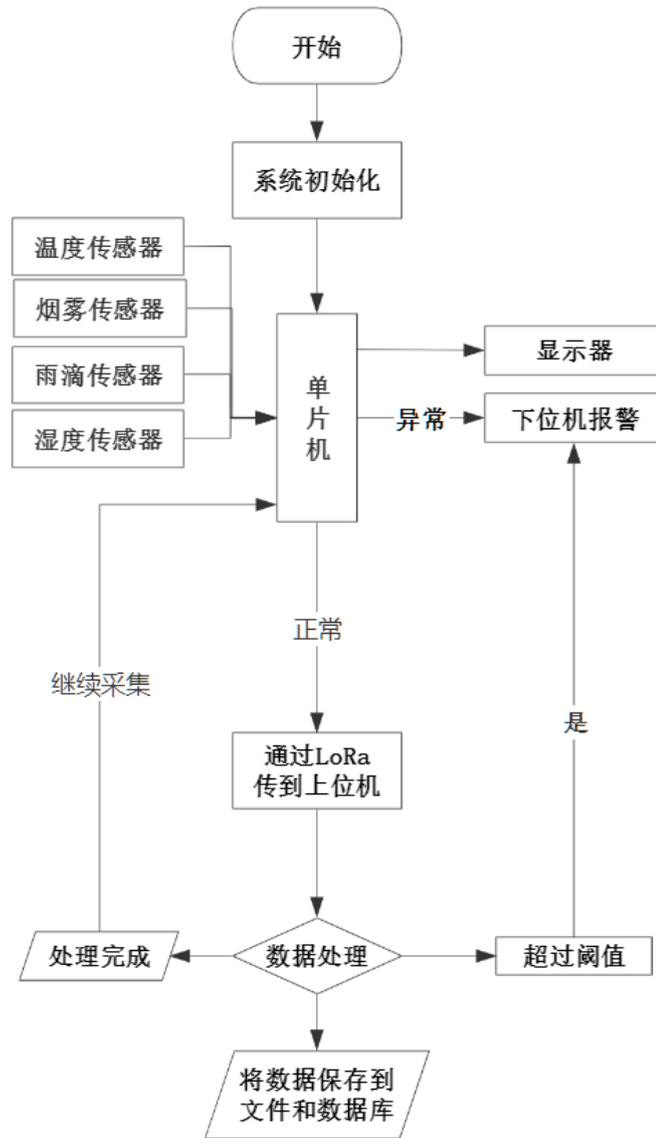


图 2-5 程序流程图

---

## 第 3 章 系统下位机设计

### 3.1 下位机系统结构

本设计需要下位机硬件来实现，具体需要元器件如下所示：

- (1) STM32F103 单片机核心板模块；
- (2) DHT11 温湿度传感器模块、雨滴传感器模块、MQ-2 烟雾传感器模块；
- (3) 蜂鸣器、OLED 显示屏；
- (4) 连接硬件的杜邦线等若干。

### 3.2 元器件简介

#### 3.2.1 STM32F103 单片机

STM32F103 是一款由 ST 公司推出的微控制芯片，本设计所采用的下位机是通过 LQFP48 封装的，其本质上也属于是 ST 公司的产品，也就是 STM32 了。当然除了该芯片以外，ST 公司还有其他的产品也非常出色，本设计另外参考的系列还有 SPC5X 系列、STM8 系列等。

高性能 ARMCortex-M3 类型的 32 位 RISC 内核，有着高达七十二兆赫兹的频率；高速嵌入式存储器(闪存高达 128 千字节，SRAM 高达 20 千字节)以及增强的 I/O 和外围设备的广泛范围。连接到两个 APB 总线。所有设备提供两个 12 位 ADCs，三个通用 16 位定时器加个 PWM 定时器，以及标准和先进的通信接口最多两个 I2C 和 SPI，三 USAT，USB 和 CAN。如下图为该款单片机芯片：



图 3-1 单片机芯片



### 3.2.2 雨滴感应传感器

该芯片与后端 MCU 芯片的接口和编程非常的简单，所有控制信号由管脚驱动，不需要对芯片内部的寄存器编程。输入选择开关可任意选取通道 A 或通道 B，与其内部的低噪声可编程放大器相连。芯片内提供的稳压电源可以直接向外部传感器和芯片内的 A/D 转换器提供电源，系统板上无需另外的模拟电源。芯片内的时钟振荡器不需要任何外接器件。上电自动复位功能简化了开机的初始化过程。如下图所示：

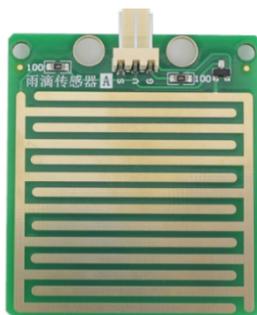


图 3-2 雨滴传感器

### 3.2.3 MQ-2 烟雾传感器

MQ-2 烟雾传感器作为一种将采集数据模拟成电流输出的传感器，其所用的导电半导体应该比较灵敏，所以采用了二氧化锡作为气敏材料，当 MQ-2 烟雾传感器所处环境中存在可燃气体时，烟雾传感器与气体接触后的电导率会随空气中可燃气体浓度变化而变化。就是利用这一特点来获取烟雾信息，烟雾浓度越高其导电率也就越高，可以输出的电阻就越小，输出端的模拟信号也就越大。

MQ 气体传感器对烟雾、甲烷、丙烷、天然气等气体有很高的灵敏度，也对其他敏感气体有很高的灵敏度，是一款适合多种应用的低成本传感器。如下图所示：



图 3-3 烟雾传感器

### 3.2.4 DHT11 温度传感器

是 DALLAS 公司生产的线式数字温度传感器，感传感器具有 4 跟引脚，其分别是：VDD 引脚，负责提供 3 到 5.5VDC 的电源；GND 引脚，其负责电源接地表示负极；DATA 串行数据引脚，有单总线构成负责数据传输；还有一个 NC 空脚。



其温度测量范围是零下二十度到零上六十度之间，误差范围精度可以达到正负亮度；其湿度范围是在百分之五到百分之九十五之间，误差范围是在正负五之间，相对来说精度误差还可以接受，符合设计条件。由于其只有单根总线其通讯方式只能实现单工，但是不影响器功耗低、响应快、抗干扰的优点。

但是相较于室内环境来说在室外更容易收到包括化学蒸汽的干扰，长期暴露在紫外线的过强的阳光下也会使其性能降低。可能还需要在其精度差异较大时进行校准。

如下图所示：

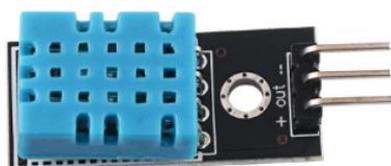


图 3-4 温湿度传感器

### 3.2.5 LoRa 模块

ATK-MW1278D 模块是正点原子发明并且制造的模块化 LoRa 产品，这套模块拥有颠覆性的设计，它体积小、微功率、低功耗、高性能等特点只是其中一部分，这也就是这一块很好的 LoRa 无线串口模块该有的样子。该模块采用的芯片是 SX1278 扩频芯片，这个芯片的频道射频也是非常高效的 ISM 频道射频，他的工作频率是在四百一十兆赫兹到四百四十一兆赫兹之间，并且它具有 32 个信道，每个信道都是以 1MHz 频率为步进，可在线修改的模块参数有好多，其中就包括串口速率、空中速率、发射功率、工作模式和自定义通讯密钥。

ATK-MW1278D 模块的调试方式是 LoRa 扩频调试。其工作频段是在四百一十兆赫兹到四百四十一兆赫兹之间并且它的步进也是统一的以一兆赫兹为步进。其在出厂设置中，在天气晴朗空旷的时候默认的四百三十三兆赫兹通信距离可以达到三公里远，他的最大功率可以达到 20dBm，大约就是 100mW。

通信接口使用的是 UART，接口速率 1200、2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200bps（默认 115200bps），发射缓冲区 512B 大小的环形 FIFO 缓冲区，接收缓冲区 512B 大小的环形 FIFO 缓冲区，天线形式 SMA 天线，工作温度 -40℃~85℃，存储温度 -40℃~125℃，外形尺寸 20mm\*36mm。

电源电压 3.3V~5V，IO 口电平 3.3V，功耗发射：118mA@5V（发射功率 20dBm），接收：17mA@5V（模式 0、模式 1），最低 2.3uA@5V（模式 2+2S 唤醒）具体原理图如下图所示：





图 3-5 LoRa 模块

LoRa 模块是一种基于 LoRa 技术的无线通信模块，可以在长距离和低功耗的环境下进行数据传输。LoRa 是“长程低功耗”的缩写，是一种新型的无线通信技术。相比于传统的无线通信技术（如 WiFi、蓝牙等）[Error! Reference source not found.](#)，LoRa 技术有以下特点：

（1）长距离传输：LoRa 技术可以实现长距离数据传输，可覆盖数十公里至数百公里的范围。

（2）低功耗：通过细分时间和频段，LoRa 技术能够降低数据传输时的功耗，可以实现长时间待机和低功耗传输。

（3）抗干扰：LoRa 技术使用了扩频技术和自适应数据速率，可以提高通信的可靠性和抗干扰性。

（4）大容量：LoRa 技术可以实现多个设备同时传输数据，因此在传输数量巨大或密度大的场景下具有优势。

LoRa 模块是一种兼具高性价比、低功耗、长距离和大容量特点的无线通信模块，广泛应用于物联网、远程监测、城市智能化等领域。在基于 LoRa 的高速公路团雾检测预警系统中，LoRa 模块扮演着较为重要的角色，负责设备间数据的无线收发、长距离传输和低功耗通信。

### 3.3 系统下位机程序设计

系统的程序采用分模块的方式编写，每个不同的程序单独编写，模块化编程修改方便阅读起来也容易理解，并且这些封装之间存在嵌套关系，本设计 main 函数通过调用封装的不同接口来实现单片机上电后就会就会直接进入单片机的芯片执行主程序。主程序的实现是通过调用不同的子程序也就是封装的不同接口来实现对整个下位机系统的协调和控制。

#### 3.3.1 主程序设计

下位机需要以下几个模块设计组成：

---

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/838133023102006050>