

基于STM32的厨房安全检测系统

崔橙阳*, 郝东来, 朱洲岩, 贾文硕, 马 赫

西京学院计算机学院, 陕西 西安

收稿日期: 2025年3月25日; 录用日期: 2025年4月23日; 发布日期: 2025年4月30日

摘 要

厨房是每个家庭里最容易发生安全隐患的地方之一。针对这一问题设计了一款以STM32为主控的MCU方案。以MQ-2型号烟雾浓度传感器和DHT11温湿度传感器作为感知层模块, 并将ESP8266模块作为整个系统的网络层; 另一方面借助第三方平台阿里云旗下的MQTT服务器作为数据的处理和流转中心以及IoTStudio平台来作为整个系统的应用层。各传感器将采集到的数据以模拟/数字信号的方式传输给单片机, 单片机将信号处理成人们可以理解的数据表示形式, 通过ESP8266模块传输至云平台, 云平台收到数据后将其再进一步发送至MQTT服务器, 从而手机端便可以实时地观测到厨房的各种信息。

关键词

STM32单片机, MQ-2模块, ESP8266模块, IoTStudio平台, MQTT服务器

Intelligent Kitchen Detection System Based on STM32

Chengyang Cui*, Donglai Hao, Zhouyan Zhu, Wenshuo Jia, He Ma

School of Computer Science, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: Mar. 25th, 2025; accepted: Apr. 23rd, 2025; published: Apr. 30th, 2025

Abstract

The kitchen is one of the most common places in a household where safety hazards can occur. To address this issue, a solution has been designed based on an MCU scheme with STM32 as the main controller, MQ-2 smoke sensor and DHT11 temperature and humidity sensor as the data acquisition module, ESP8266 module as the communication module of the whole system; On the other hand, the MQTT server under the third-party platform AliCloud is used as the data processing and flow

*通讯作者。

文章引用: 崔橙阳, 郝东来, 朱洲岩, 贾文硕, 马赫. 基于 STM32 的厨房安全检测系统[J]. 计算机科学与应用, 2025, 15(4): 453-468. DOI: 10.12677/csa.2025.154117

center and the IoTStudio platform to develop and design the mobile terminal visual interface. Each sensor transmits the collected data to the MCU in the form of analog/digital signals, and the MCU processes the signal into a data representation that people can understand, and transmits it to the cloud platform through the ESP8266 module. After receiving the data, the cloud platform further sends it to the MQTT platform. Thus, the mobile phone can observe all kinds of information about the kitchen in real time.

Keywords

STM32 Microcontroller, MQ-2 Module, ESP8266 Module, IoTStudio Platform, MQTT Server

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

厨房作为家庭生活中频繁使用的空间，其安全问题一直备受关注。由于烹饪过程中容易出现明火、烟雾以及高温等情况，厨房成为了家庭中安全隐患发生率较高的区域。传统的厨房安全防护措施往往依赖于人工监管，存在实时性差、响应不及时等不足[1]。随着物联网技术的快速发展，借助智能硬件实现厨房环境的实时监控和远程管理，已成为提升家庭安全水平的有效途径。

针对厨房安全监测需求，本文设计并实现了一套基于 STM32 单片机的智能监控系统[2]。系统集成 MQ-2 烟雾传感器和 DHT11 温湿度传感器，用于精准感知厨房环境中的烟雾浓度与温湿度变化。同时，借助 ESP8266 WiFi 模块实现数据的无线传输，将采集到的环境数据上传至阿里云平台，并通过 MQTT 协议进行高效的数据通信。用户可通过配套的 IoTStudio 平台与手机终端实时查看厨房状况，及时掌握安全动态，实现对潜在风险的提前预警与干预。

本文集成了感知、传输、处理与可视化多层功能模块，充分发挥了物联网在家庭安全中的应用优势，为构建智能、安全的厨房环境提供了可行性解决方案。

2. 硬件设计

2.1. 总体硬件设计

本文选用 STM32F103C8T6 型号微处理器作为主控芯片，实现各功能模块的协调控制与数据处理。具体硬件连接设计如下：主控芯片的 PA5 引脚与 MQ-2 烟雾浓度传感器模块的 DATA 引脚相连，用于接收甲烷浓度(以 PPM 为单位)相关数据；PA1 引脚与 DHT11 温湿度传感器的 DO 引脚连接，实现温湿度信息的采集；无线通信方面，WIFI 模块通过单片机的 USART1 接口实现连接，PA9 和 PA10 引脚分别对应 ESP8266 模块的 RX 和 TX 引脚，完成串口通信功能。系统总体硬件连接关系如图 1 所示。

2.2. 系统框架构建

“基于 STM32 的智能厨房检测系统”主要由温湿度检测模块、烟雾检测模块、ESP8266 无线通信模块、蜂鸣器模块等组成。整体架构采用感知层、网络层与应用层相结合的三层结构设计。其中，温湿度检测模块与烟雾检测模块构成系统的感知层，负责环境数据的采集；ESP8266 模块作为系统的网络层，承担数据传输与网络通信功能；阿里云平台则作为系统的应用层，实现数据的远程存储与管理。具体系统三层架构如图 2 所示。

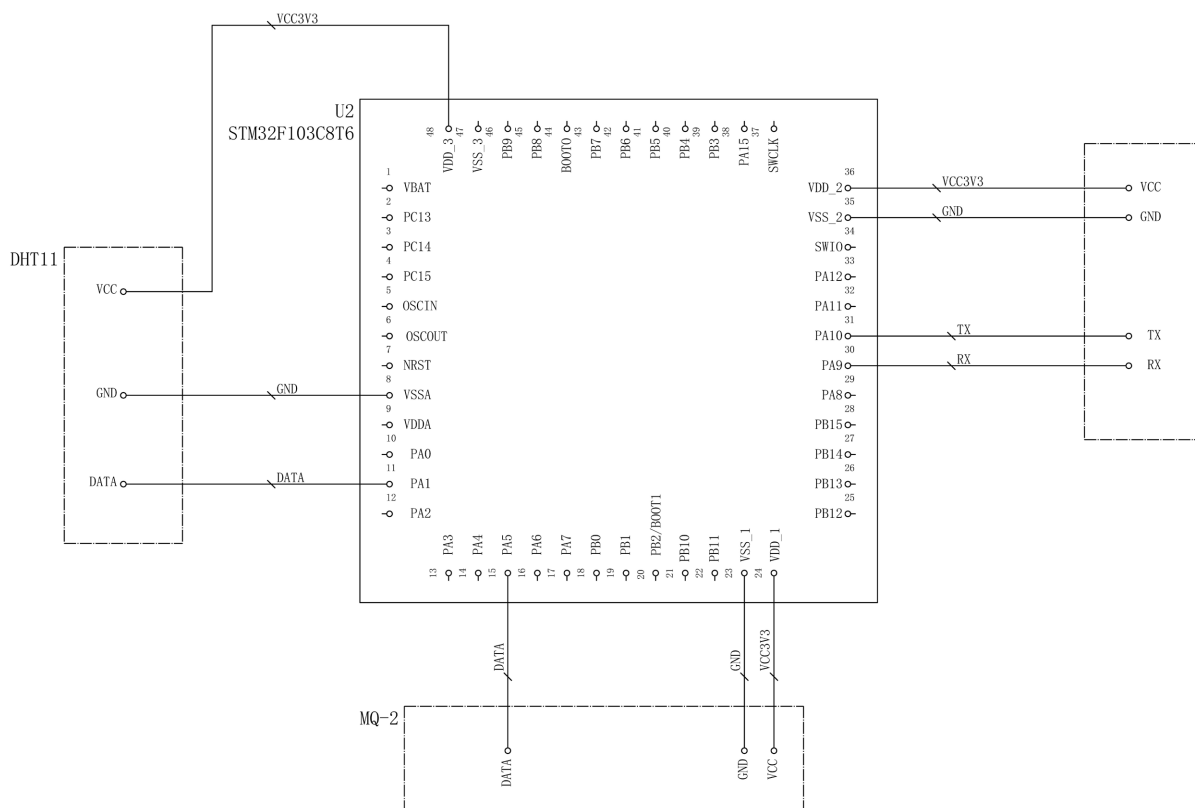


Figure 1. System overall hardware connection diagram

图 1. 系统总体硬件连接图

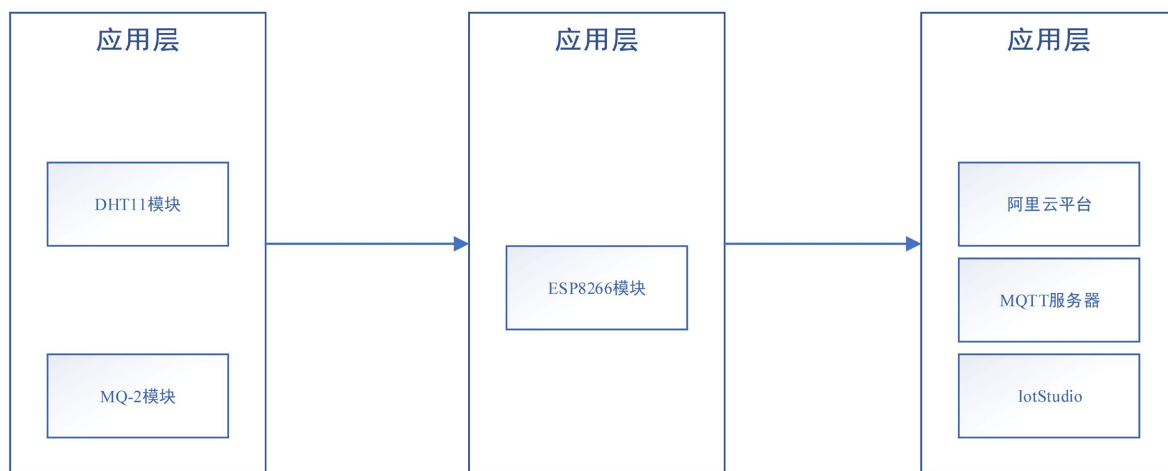


Figure 2. System framework diagram

图 2. 系统框架图

各模块功能具体描述如下：

温湿度检测模块：通过 DHT11 传感器采集环境温度与湿度数据，并采用特定电平时序将数字信号传输至 MCU 进行处理。

烟雾检测模块：利用 MQ-2 传感器检测空气中烟雾或甲烷浓度，其输出为模拟电压信号，经单片机内置的 ADC 模块采样并转换为数字信号后传输至 MCU。

蜂鸣器模块：系统在检测到甲烷浓度(PPM 值)超过设定阈值时，驱动蜂鸣器发出声响，实现超标报警功能。

ESP8266 无线通信模块：MCU 对采集到的环境数据进行处理后，通过 ESP8266 模块采用串口通信方式将数据上传至阿里云物联网平台。

MQTT 服务器：部署于阿里云平台，用于接收来自 MCU 的环境监测数据，并将数据推送至移动端应用，实现远程监控。

2.3. 通信模块硬件设计

通信模块选用 ESP8266，该模块内部含有 CH340 电路(如图 3 所示)可提供串口烧录固件包。ESP8266 将其内部电路设计完成后预留出 RX、TX、VCC 和 GND 等引脚来与其他各种模块进行连接。ESP8266 模块的信息如表 1 所示：

Table 1. ESP8266 parameter indicators
表 1. ESP8266 参数指标

参数指标	介绍
价格	价格低，成本小，对每个开发人员十分友好。
处理器	本模块使用了 32 位处理器，与本次所选芯片字长相等。
传输距离	搭载 PCB 天线，经过匹配距离做到空旷 400 米左右简单易用
模式	既可以设置为 AP 模式，也可以用作 SAT 站点，还可以两种模式共存

首先单片机通过串口向 ESP8266 发送 AT+MQTTCLEAN=0 和 AT+CWQAP 指令进行初始化；其次再发送 AT 指令开始连接家庭或个人热点；然后再发送 AT+MQTTUSERCFG 指令进行本地配置，其次通过 AT+MQTTCONN 指令连接阿里云服务器；最后通过 AT+MQTTSUB 指令订阅主题后便可以通过 AT+MQTTPUB 指令发布信息。通信流程如图 4 所示。

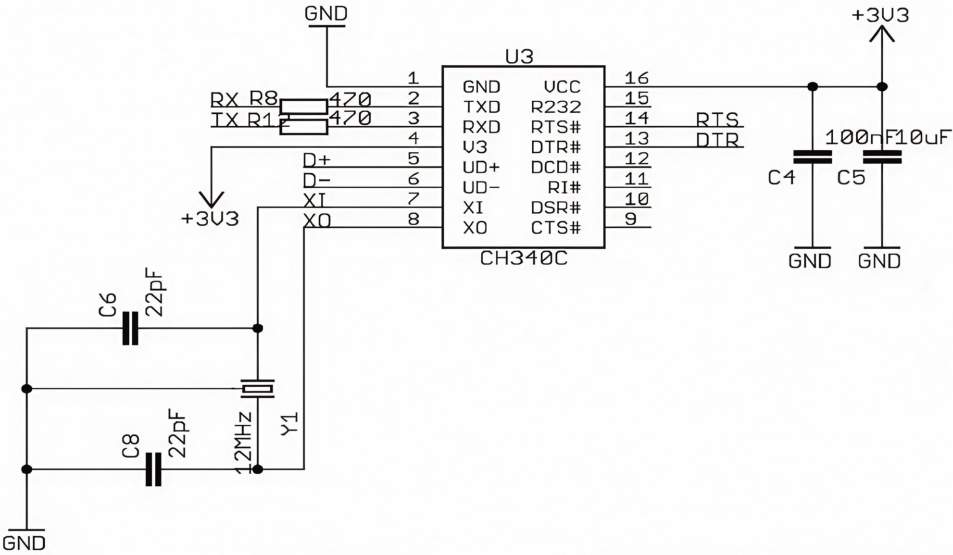


Figure 3. CH340 download circuit inside ESP8266 module
图 3. ESP8266 模块内部 CH340 下载电路

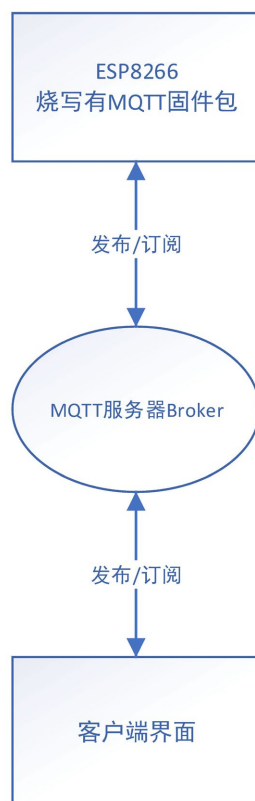


Figure 4. Communication framework
图 4. 通信框架

2.4. 主控芯片介绍

STM32f103c8t6 芯片的内存采用 64 KB 或 128 KB 闪存程序内存, 最高 20 KB 静态随机存取存储器, CPU 主频最高可工作在 72 MHz [3]。此外, 其指令格式采用 RISC 架构, 其每条指令长度相等, 控制器采用硬布线控制, 指令字长与系统字长相等以便快速取址, 该芯片基本参数如表 2 所示。

除此之外, 该型号芯片有 40 个引脚, 包括, 晶振的输入/输出引脚 OSCIN/OSCON、复位引脚 RESET、多组电源引脚以及三组通用输入/输出引脚 PA_x, PB_x, PC_x(其中 x 为 0~15 任意整数)等。芯片的原理图如图 5 所示。

Table 2. Basic parameters of STM32F103C8T6
表 2. STM32F103C8T6 基本参数

参数指标	介绍
内核	ARM Cortex-M3
SRAM 存储器容量	20 KB
外设接口	USB、SPI、I2C、CAN、USART 等
工作电压	2 V 至 3.6 V
工作温度	-40℃至 85℃
系统时钟	内部 8 MHz 时钟 HSI 最高可达 64 MHz 外部 8 MHz 时钟 HSE 最高可达 72 MHz

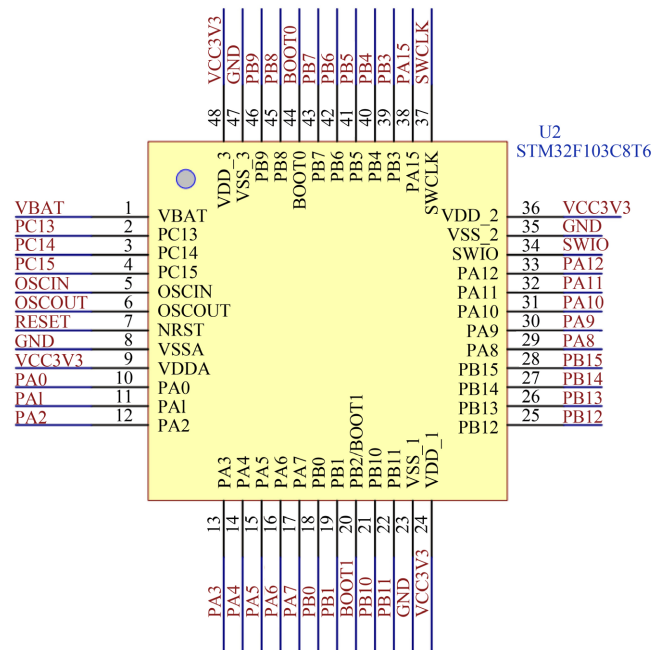


Figure 5. STM32F103C8T6 chip schematic
图 5. STM32F103C8T6 芯片原理图

2.5. 传感器硬件设计

1) 气体传感器设计

MQ-2 烟雾浓度传感器的工作原理基于气体分子与传感器表面敏感材料的化学反应。当空气中一氧化碳、甲烷、氟利昂等有害气体浓度上升时，这些气体分子会与传感器内部的半导体材料(如氧化锡， SnO_2)发生反应，导致表面电子密度变化[4]。这些反应引起传感器表面电导率的变化，从而改变传感器的电阻值。

具体来说，传感器的加热元件使得敏感层处于高温状态，当有害气体分子接触到敏感层时，气体分子与表面吸附的氧发生反应，产生电子迁移，进而引起电阻的变化。该电阻变化通过传感器内部电路转换为电压信号[5]。电压信号通过预留引脚传输给单片机，单片机根据接收到的电压变化值，判断空气中有害气体的浓度，并进行相应的报警或监测(如图 6 所示)。

通过这一工作原理，MQ-2 传感器能够灵敏地响应空气中的多种有害气体浓度变化，为气体泄漏监测、空气质量检测等应用提供有效的数据支持。

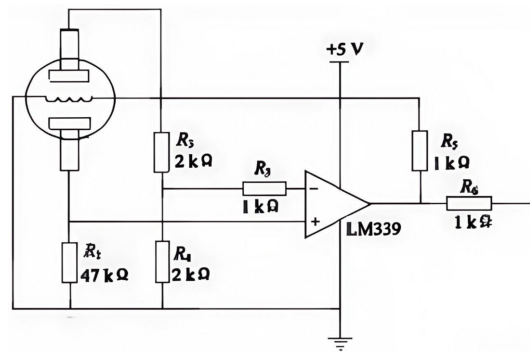


Figure 6. Internal circuit diagram of smoke sensor
图 6. 烟雾传感器内部电路图

MQ-2 烟雾浓度传感器模块拥有 4 个引脚，如图 7 中标注的 1、2、3、4 所示。该模块的 1 端口对应的是 STM32 的 PA5 引脚，内部接的是 ADC1/ADC2 (ADC1 和 ADC2 共用一个通道)通道，本项目使用的是 ADC1 通道，所以要提前启用 PA5 端口和 ADC1 时钟，将 PA5 端口设置为模拟输入，使能 ADC 的时钟，设置 PA5 的输入方式，ADC1 在此需要复位，最后初始化 ADC1。烟雾传感器的引脚接线图如图 7 所示：

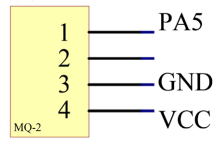


Figure 7. Smoke sensor pin wiring diagram
图 7. 烟雾传感器引脚接线图

2) 温湿度传感器设计

温湿度传感器采用 DHT11 模块。该模块有模拟/数字两种输出信号，采集温湿度所需要的是传输其数字信号。DHT11 规定当电平拉高实现小于 28 ms 时为比特 0，电平拉高 20 ms~70 ms 时为比特 1 [5]。当 MCU 需要其数据时，它会通过其特定的电平时序来完成数据的传输[6]，如图 8 所示。

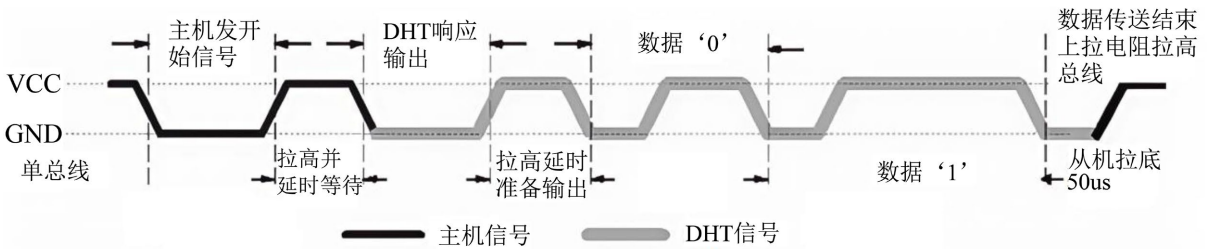


Figure 8. DHT11 timing diagram
图 8. DHT11 时序图

DHT11 模块拥有 3 个引脚，在图 9 中标注为 1、2、3，分别对应为 DATA、VCC、GND。该模块的 DATA 引脚与单片机的 PA1 引脚相连接，传输数字信号。值得注意的是，在使用该模块时，要十分注意该模块的时序，每一步的时序必须与模块说明一一对应，一旦发生时序错误将导致不可预料的错误。

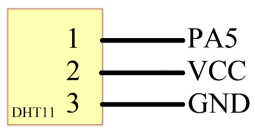


Figure 9. DHT11 connection diagram
图 9. DHT11 连线图

3. 系统软件设计

3.1. 整体软件设计

本文采用模块化编程设计，将温湿度模块的软件代码单独封装在 DHT11.c 的文件里面，对外有 DHT11.h 的接口文件；MQ-2 温湿度传感器封装 ADC.c 文件里，ESP8266.c 文件用来封装实现一些 WIFI 模块初始化和联网、AT 测试等功能。aliyun.c 文件则用来实现一些连接 MQTT 服务器以及数据流动的功能。软件程序执行流程图如图 10 所示，软件配置连接阿里云平台核心代码如下：

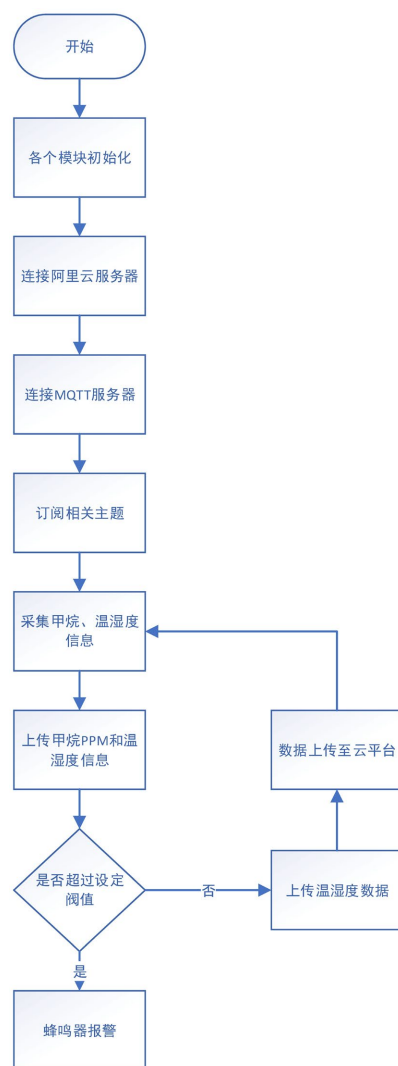


Figure 10. Software program execution flow chart
图 10. 软件程序执行流程图

```

memset(&Ali_Buf,0,sizeof(_AliIoT_Connect));
sprintf(Ali_Buf.ClientID,"%s|securemode=3,signmethod=hmacsha1|",Ali_DeviceName);
Ali_Buf.ClientID_len = strlen(Ali_Buf.ClientID); //获取 ClientID
sprintf(Ali_Buf.UserName,"%s&%s",Ali_DeviceName,Ali_ProductKey); /
Ali_Buf.UserName_len = strlen(Ali_Buf.UserName); //获取 UserName
/*****获取 PassWord*****/
char Temp_buf[128] = "\0";
sprintf(Temp_buf,"clientId%sdeviceName%productKey%s",Ali_DeviceName,Ali_DeviceName,Ali_ProductKey);
utils_hmac_sha1(Temp_buf,strlen(Temp_buf),Ali_Buf.PassWord,Ali_DeviceSecret,strlen(Ali_DeviceSecret));
Ali_Buf.PassWord_len = strlen(Ali_Buf.PassWord);
//获取服务器 IP 地址、端口号
sprintf(Ali_Buf.ServerIP,"%s.iot-as-mqtt.cn-shanghai.aliyuncs.com",Ali_ProductKey); //构建服务器域名
Ali_Buf.ServerPort = 1883;
//Topic 列表
sprintf(Ali_Buf.topic_post,"sys/%s/%s/thing/event/property/post",Ali_ProductKey,Ali_DeviceName);
sprintf(Ali_Buf.topic_post_reply,"sys/%s/%s/thing/event/property/post_reply",Ali_ProductKey,Ali_DeviceName);
sprintf(Ali_Buf.topic_set,"sys/%s/%s/thing/service/property/set",Ali_ProductKey,Ali_DeviceName);

```

3.2. 传感器软件设计

1) 温湿度传感器软件设计

DHT11 温湿度传感器在上电完成初始化后, 便会开始采集当前环境的温度与湿度数据。其采用单总线协议与单片机(MCU)进行数据通信, 通信过程依赖严格定义的电平时序来确保数据的正确传输[7] [8]。由于 DHT11 仅有一根数据线(DATA), 每次仅传输 1 位数据, 单片机通过检测数据线高电平持续的时间来判定接收的是逻辑 ‘0’ 还是逻辑 ‘1’ 。

具体的通信时序流程如下:

(1) 起始信号

MCU 首先将 DATA 引脚拉低, 保持低电平时间不小于 18 ms, 以通知 DHT11 传感器准备传输数据。

(2) 主机释放总线

MCU 随后将 DATA 引脚拉高, 并保持 20 μ s 至 40 μ s, 等待 DHT11 响应。

(3) 传感器响应

DHT11 检测到 MCU 的起始信号后, 会先将 DATA 引脚拉低 80 μ s, 然后拉高 80 μ s, 以回应 MCU, 表明传感器已准备好发送数据。

(4) 数据传输开始

接下来, DHT11 再次将 DATA 引脚拉低 50 μ s, 作为数据传输的开始标志。

(5) 数据位传输

DHT11 逐位发送 40 位数据(包含湿度整数、湿度小数、温度整数、温度小数和校验和)。每一位数据的传输均以 50 μ s 低电平起始。若紧随其后的高电平持续时间为 26 μ s~28 μ s, 则该位为逻辑 ‘0’ ; 若高电平持续时间大于 70 μ s, 则判定该位为逻辑 ‘1’ 。

(6) 通信结束

数据传输完毕后, DHT11 释放总线, MCU 可完成数据解析与校验。

2) 气体传感器软件设计

MQ-2 型气敏元件对不同种类、不同浓度的气体有不同的电阻值[9]。因此厂商在不同情况下给出了一氧化碳、酒精、空气等不同情况下的 PPM 和 R_s/R_0 的函数关系曲线, 如图 11 所示:

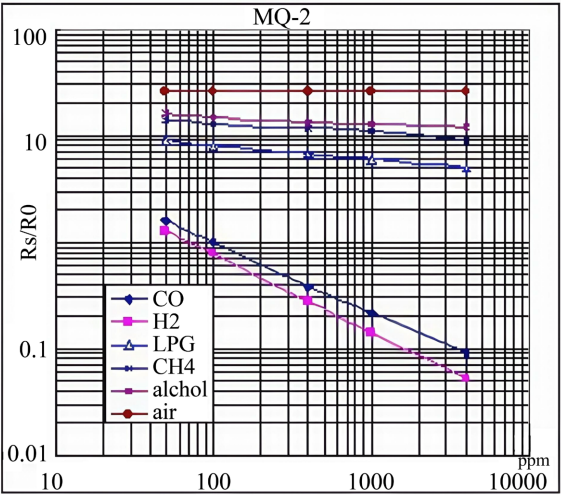


Figure 11. Functional relationship between PPM of some particles in MQ-2 air and R_s/R_0
图 11. MQ-2 空气中部分颗粒 PPM 与 R_s/R_0 的函数关系

由于本文主要是对于空气中的甲烷浓度的检测，故只需选用甲烷的 PPM 和其电阻 Rs/R0 的关系曲线图做出大致函数映射关系；根据上面图片的信息可得出甲烷的 PPM 与 Rs/R0 的映射关系如表 3 所示：

Table 3. Functional relationship between methane PPM and Rs/R0

表 3. 甲烷 PPM 与 Rs/R0 的函数关系

PPM	200	500	800	1000	1600	2000	5000	10,000
Rs/R0	5	4	3.5	3.2	2.8	2.5	1.8	1.5

Rs: MQ-2 模块在不同的浓度和空气环境下的电阻值。

R0: MQ-2 在纯净的空气中的电阻值。

根据甲烷 PPM 与 Rs/R0 的函数关系，再由最小二乘法拟合得出适合的计算 PPM 与 Rs/R0 的数学模型。

$$\begin{pmatrix} (\Phi_0, \Phi_0) & (\Phi_0, \Phi_1) & \cdots & (\Phi_0, \Phi_m) \\ (\Phi_1, \Phi_0) & (\Phi_1, \Phi_1) & \cdots & (\Phi_1, \Phi_m) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ (\Phi_m, \Phi_0) & (\Phi_m, \Phi_1) & \cdots & (\Phi_m, \Phi_m) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a \\ \cdots \\ a_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\partial, \Phi_0) \\ (\partial, \Phi_1) \\ \cdots \\ (\partial, \Phi_0) \end{pmatrix}$$

最后将拟合出来的结果通过程序表现出来，执行流程如图 12 所示。

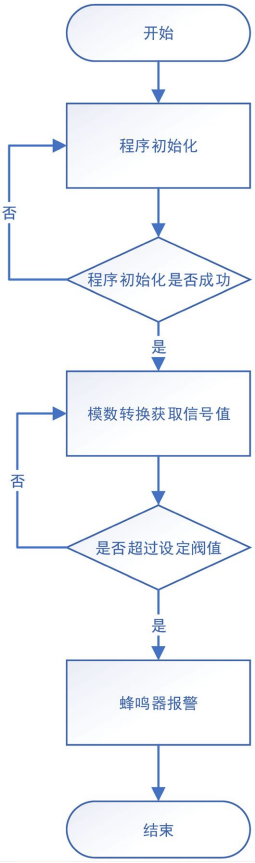


Figure 12. Smoke sensor execution flow chart
图 12. 烟雾传感器执行流程图

4. MQTT 通信测试

首先通过 AT + CWJAP 指令连接手机热点，在电脑端串口测试如图 13 所示：

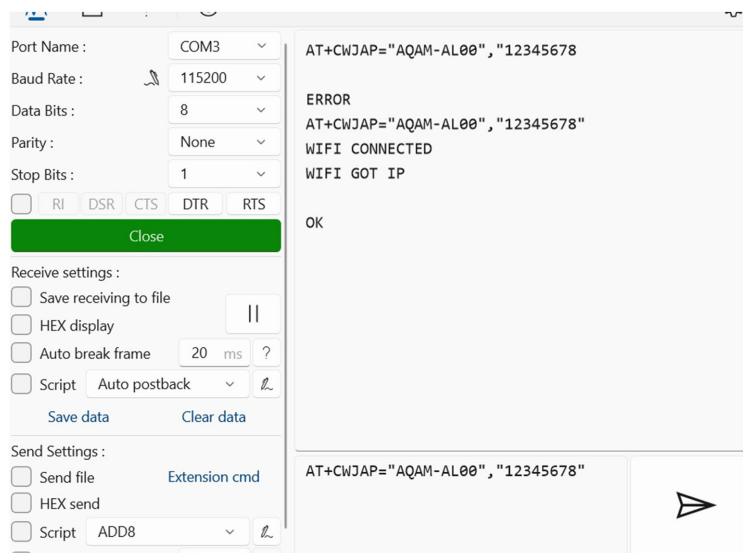


Figure 13. WIFI module networking test

图 13. WIFI 模块联网测试

其次通过提前烧录好的 MQTT 固件包，进行连接 MQTT 服务器之前的本地配置；由于逗号在通过串口发送时不能被识别，故需要添加转义字符 ‘\’ 来实现透明传输。本地配置如图 14 所示：

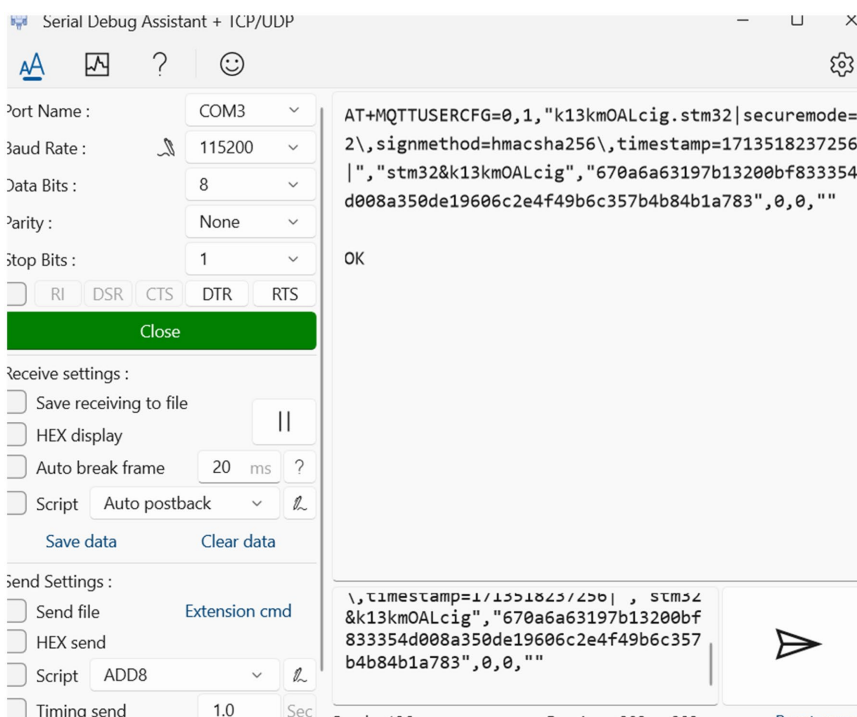


Figure 14. MQTT communication connection local configuration test

图 14. MQTT 通信连接本地配置测试

当进行完本地配置之后，便可以给 ESP8266 设置 MQTT 服务器端 URL 以及端口号，通过之前的本地配置来连接服务器，从而完成服务器与本地的映射。如图 15 所示：

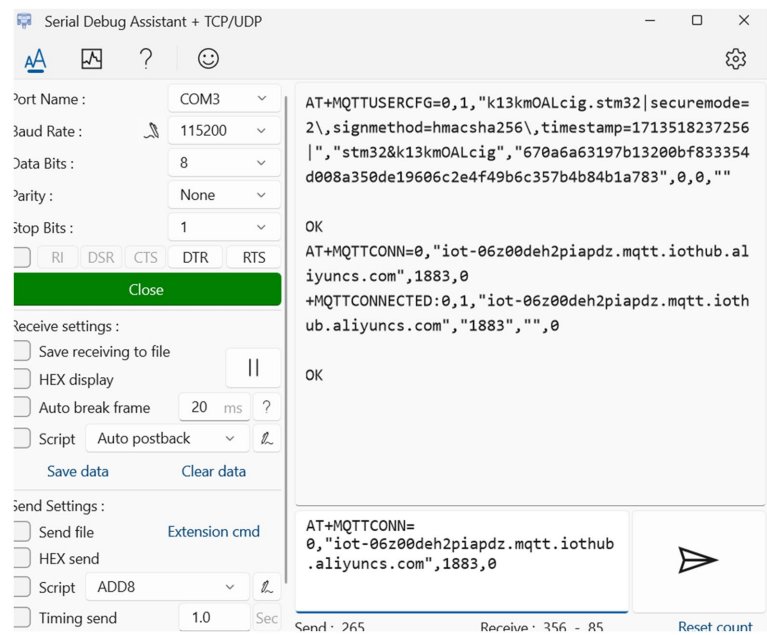


Figure 15. Connection server command test
图 15. 连接服务器指令测试

当通过串口发送 AT 指令后服务器端界面显示当前在线设备为 1，此时便与服务器完成连接。如图 16 所示：

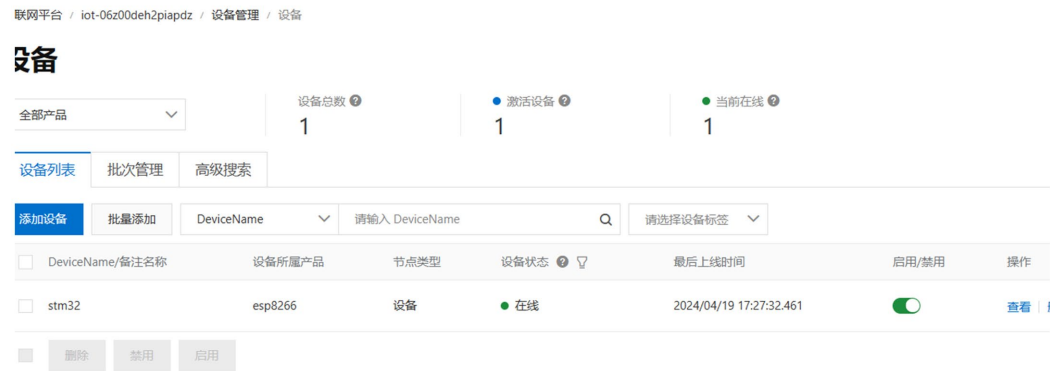


Figure 16. MQTT server interface
图 16. MQTT 服务器端界面

与服务器建立连接之后，通过 MQTT 通信协议的发布 - 订阅模式向服务器端订阅一个发送消息的主题，当订阅主题的消息通过 ESP8266 发送之后，单片机便可以接收到任何一个用户或服务器端在这个主题上面发布的消息。如图 17 所示：

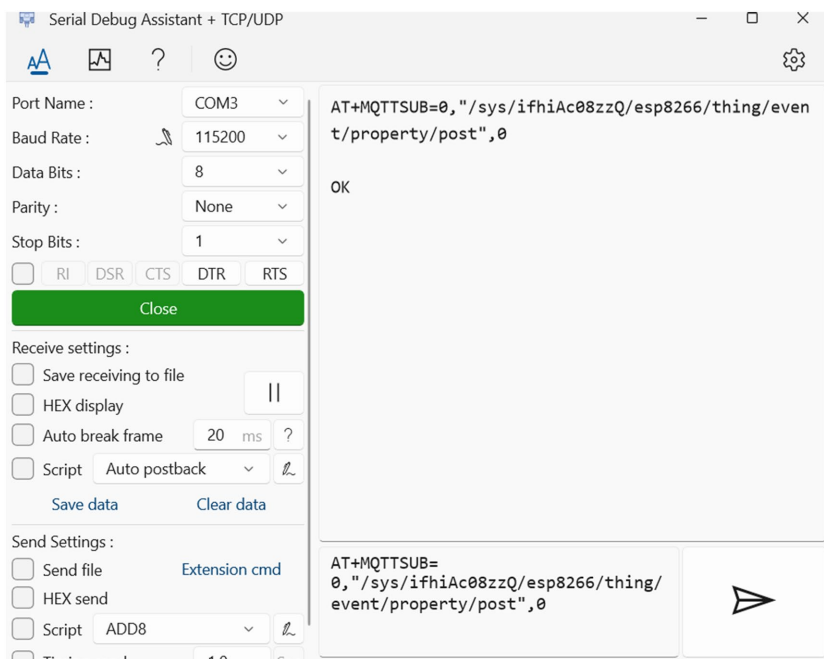


Figure 17. MQTT subscription topic

图 17. MQTT 订阅主题

这里通过之前订阅的消息向服务器端发送了‘hello’的信息，在串口界面显示发送成功返回 OK。而在服务器端的日志文件也可以查看到刚刚从串口发送过来的数据。如图 18 本地端和图 19 服务器端所示：

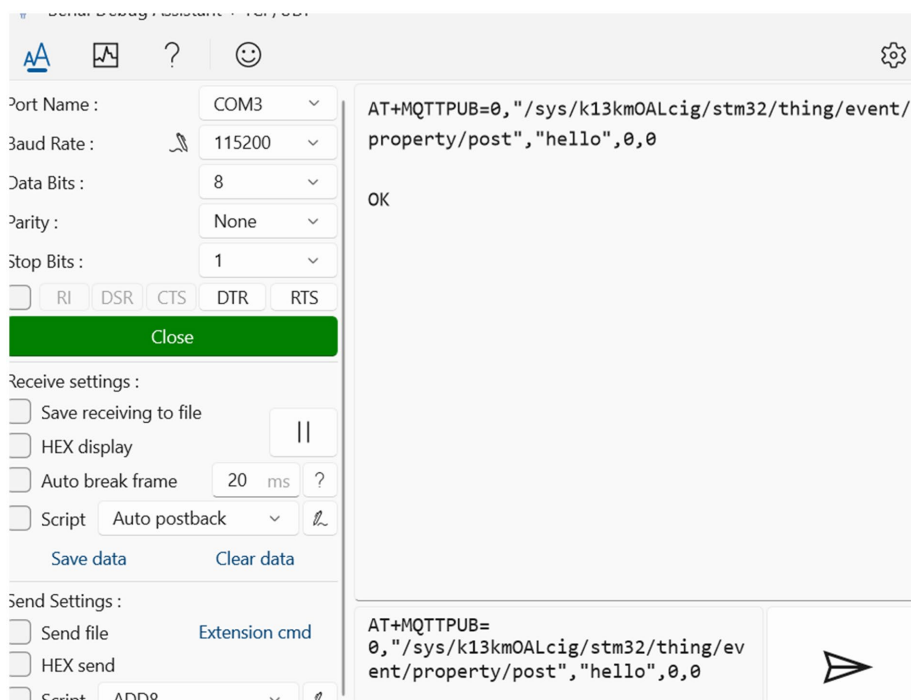


Figure 18. Sending data test

图 18. 发送数据测试

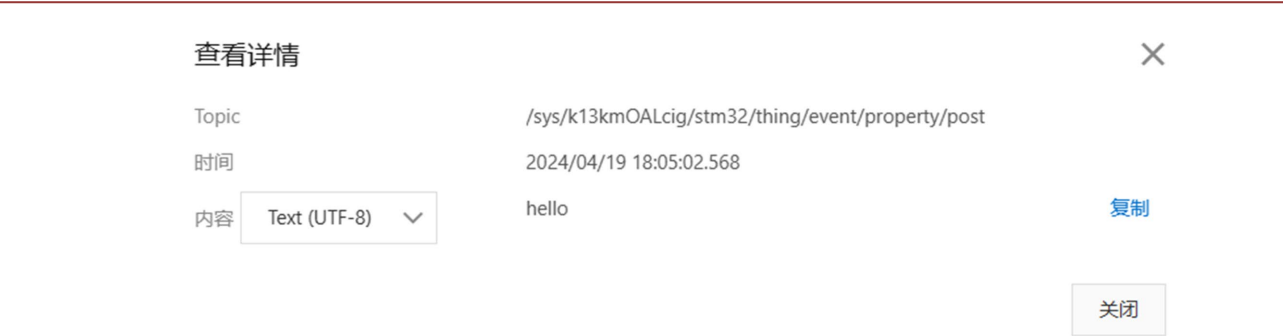


Figure 19. Server receiving data test
图 19. 服务器端接收数据测试

5. 总结

本文围绕家庭厨房安全监控的实际需求，设计并实现了一套基于 STM32 单片机的智能监控系统。通过集成 MQ-2 烟雾传感器和 DHT11 温湿度传感器，系统能够实时采集厨房环境中的关键数据，并借助 ESP8266 模块实现无线数据传输。利用阿里云 MQTT 服务器和 IoTStudio 平台，完成了数据的云端处理与可视化展示，使用户能够通过手机终端随时掌握厨房安全状况。

实验结果表明，该系统具有数据传输稳定、响应速度快、监测准确等优点，能够有效提升厨房安全监控的智能化水平。未来，系统可进一步扩展更多传感器模块与控制功能，实现对厨房用电、燃气泄漏等更多安全因素的全面监控，提升家庭整体安全保障能力。

参考文献

[1] 陆昱丞, 朱竞伟. 基于 STM32 的环境监测报警系统设计[J]. 软件, 2024, 45(6): 115-117.
[2] 惠小影, 郝传柱. 家庭安全环境监测系统的设计与研究[J]. 现代信息科技, 2025, 9(3): 194-198.
[3] 李景阳, 周善旻, 张宇, 等. 基于 STM32 单片机的养殖场环境监测系统设计[J]. 电工技术, 2024(24): 22-24.
[4] 雷广坤, 郝传柱, 王庆吉. 基于 STM32G474 和物联网的养鸡场环境监测系统研究[J]. 现代农业科技, 2024(20): 147-150.
[5] 赵月姣, 闫静. 基于 STM32 的牛舍环境监测系统设计[J]. 农业技术与装备, 2024(9): 17-19.
[6] 陈剑峰. 基于 STM32 的鱼菜共生水质监测系统设计与实现[J]. 农业技术与装备, 2024(9): 20-22.
[7] 胡文君, 杨豪, 杨忠强. 基于 MQTT 和 Android 的钦州青蟹养殖环境监测与分析系统[J]. 物联网技术, 2024, 14(7): 50-54.
[8] 司开波, 黄健, 吕林涛. 基于 STM32 的直流电机调速新方法[J]. 宇航计测技术, 2018, 38(2): 87-91.
[9] 顾婕, 朱爽, 杨焕峥. 基于 CNN-LSTM 模型和 STM32 单片机的水质监测与预测系统[J]. 长江信息通信, 2024, 37(5): 95-97.

附 录

STM32 最小系统电路图

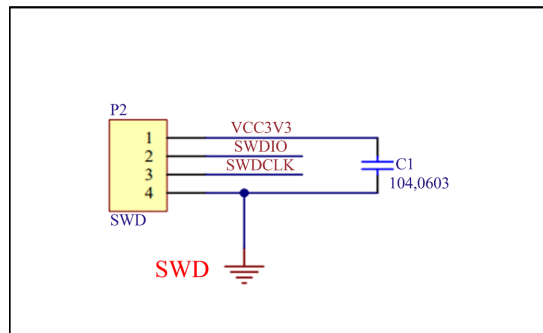


Figure S1. Download circuit

图 S1. 下载电路

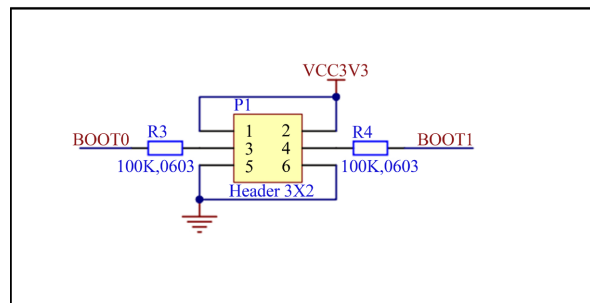


Figure S2. Boot circuit

图 S2. Boot 电路

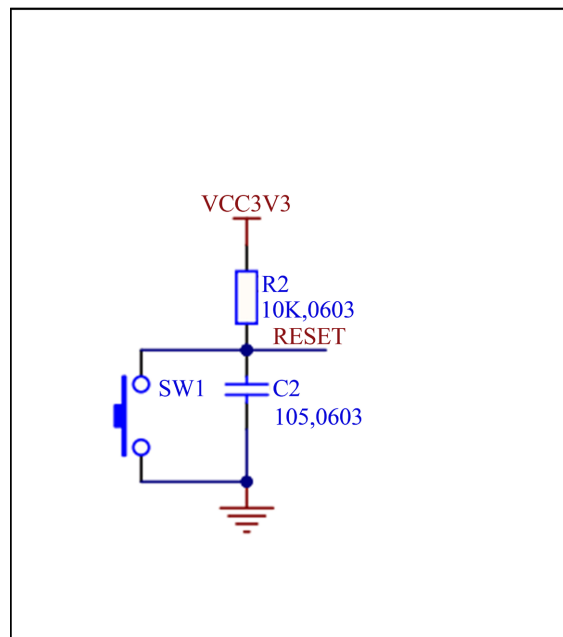


Figure S3. Reset circuit

图 S3. 复位电路

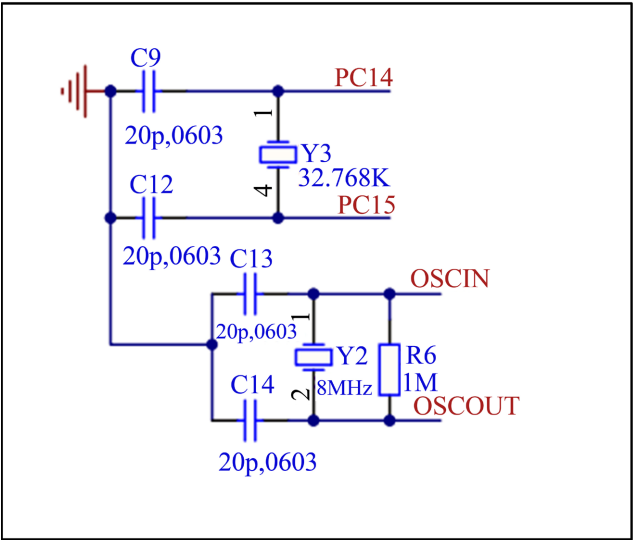


Figure S4. Clock circuit
图 S4. 时钟电路