



基于 LLM 的 *ESP32* 智能设备多功能控制系统

——单片机与各模块的集成（可拓展）

Ziwei Zhang

10235101526 @ stu.ecnu.edu.cn

East China Normal University
Department Of Software Engineering

2024.08.20



Outline

Outline

Introduction

Progress

Conclusion



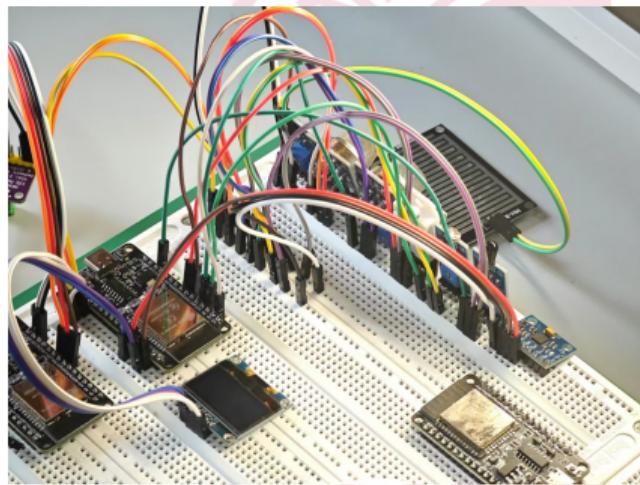
项目简介

- 项目背景：智能设备的多功能控制系统
- 项目目标：基于 LLM 的 ESP32 智能设备多功能控制系统
- 项目前景：基于语音控制与 ESP-NOW 协议实现无线 Mesh 拓扑结构
- 项目难点：模块化设计、集成难度、通信协议、数据处理、语音识别、语音合成



硬件物料

- ESP-WROOM-32 开发板、ESP-8266-Mod 开发板
- 1.8 寸 RGB-TFT OLED、SSD 1306 OLED
- INMP441 MEMS 麦克风
- MAX98357 I2S 音频放大器
- LB 喇叭
- DHT22、MPU6050、LM393、MQ5、MQ135 传感器
- MH-RD Raindrops Module
- 无刷电机 (Fan Module)





技术栈一：通过 WebSocket 连接至 STT 服务器

主要步骤：

- 1、通过 HTTP GET 请求获取 RFC 1123 时间戳
- 2、使用 Sha-256 算法对时间戳进行加密，获取鉴权地址
- 3、鉴权成功，握手一次，建立以 WebSocket 为基础的全双工通信
- 4、注册异步回调函数，发送 base64 编码语音，获取服务器返回的 JSON 数据
- 5、使用 ArduinoJson 库解析字符串，定义全局变量 UserInput 用于存储用户输入信息



技术栈二：流式调用，构造 JSON 发送至 LLM

使用 DynamicJson 创建动态 Json 对象，按顺序构造 Json 即可。

- 注意到在 $payload \rightarrow message \rightarrow text$ 中，我们可以向 LLM 发送多条文本，以实现多轮对话。
- 故可以创建一个动态数组存储多轮对话的结果，在此可以使用 $\langle\text{Vector}\rangle$
- 调用百度语音发声 API，使用 MAX98357 驱动音频输出，播放语音。





技术栈三：通过 MQTT 协议连接至 IoT 平台

中国移动的 OneNET 平台专门为物联网应用开发，我们可以使用 ESP32 连接到 MQTT 服务器，之后再构建手机 APP 来获取数据，真正实现信息互联。

- 1、使用 PubSubClient 库进行 MQTT 通信
- 2、实时鉴权、连接产品 ID、产品 Access
- 3、使用 HMAC-SHA256 算法对消息进行签名，生成唯一 Token
- 4、并使用 MQTT 协议连接至 IoT 平台，订阅相关主题

The screenshot shows the 'MQTT设备连接' (MQTT Device Connection) page on the OneNET platform. The page title is 'MQTT设备连接' with a timestamp '最后更新时间: 2024-05-08 09:42:21'. On the left, there's a sidebar with '全部文档' and several collapsed sections like '设备接入', '设备接入简介', '功能定义', '设备开发', '接入概述', '接入安全认证', '接入式开发', and 'MQTT协议接入'. The main content area has two sections: '1. 服务地址' and '2. 产品与设备创建'. In '1. 服务地址', it says '设备接入支持标准MQTTV3.1.1版本, 支持TLS加密, 填入服务地址如下:'. It lists two entries: 'MQTT' with certificate '-' and address 'mqtt.heclouds.com:1883'; and 'MQTT5' with certificate '证书下载' and address 'mqtt5.heclouds.com:9883'. In '2. 产品与设备创建', it says '按照[创建产品](#)与[创建设备](#)介绍, 创建MQTT产品, 并创建设备'. It includes notes: '产品名称用户下具有唯一性' and '设备名称^{必填}产品内具有唯一性, 推荐采用设备sn, mac地址, IMEI等设备命名设备'.



外接 MQ135、MQ5 模块

设备接入管理 > 设备详情

← DHT22

设备详情 属性 事件记录 服务记录 操作记录 文件管理 设备调试 SIM卡查询

实时刷新

光照强度
3305
2024-09-09 22:45:55 | int32 | 读写

Humidity
41.20
2024-09-09 22:45:54 | float | 读写

是否家中着火
false(安然无恙)
2024-09-09 22:45:55 | bool | 读写

是否下雨
false(龙王呼睡)
2024-09-09 22:45:55 | bool | 读写

烟雾浓度
0.90
2024-09-09 22:45:55 | float | 读写

Temperature
28.00
2024-09-09 22:45:54 | float | 读写

图: MQTT 数据流

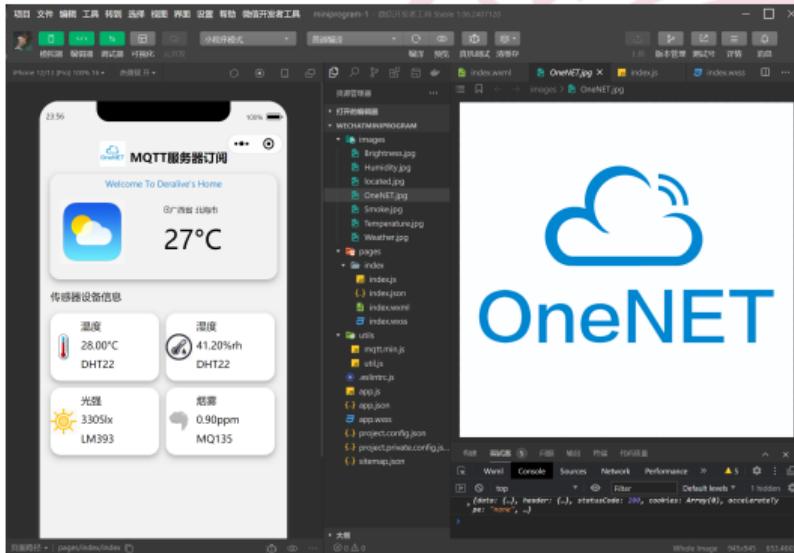
可选数据: CO₂、CO、H₂、CH₃COOH、CH₄ 等



技术栈四：Node.js 构建微信小程序

Node.js 语言用于构建网络应用程序，如服务器端的 API、实时聊天应用、单页应用等。

- 1、使用微信小程序开发工具，搭建基本框架
- 2、连接至 MQTT 服务器，实时获取数据
- 3、使用发布订阅模式，实现远程数据交互，远程控制家中行为等

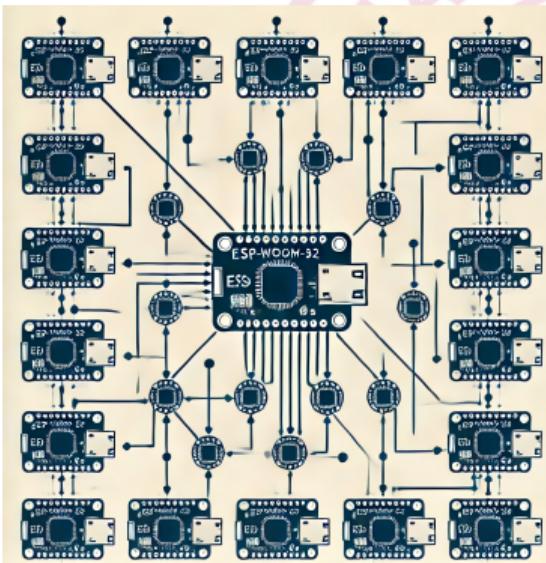




技术栈五：使用 ESP-NOW 协议实现伪 AC-AP 无线网络通信

由乐鑫开发的一种低功耗、低延迟的无线通信协议，适用于 ESP 设备。可不占用引脚资源，构建多对多的通信网络。

- 1、设备唯一的 MAC 地址在 ESP-NOW 通信中用于标识通信目标设备
- 2、注册回调函数，发送结构体信息
- 3、使用 sizeof() 函数获取结构体大小，解析是哪一类信息
- ESP-NOW Mesh (By DALL·E) →





未来展望

CSI (Channel State Information) 用于描述无线通信中的信道特性，可以反映出无线信号在传播过程中受到的多径、衰减、干扰等影响。CSI 在 Wi-Fi 系统中广泛应用，尤其是基于 OFDM (正交频分复用) 技术的 Wi-Fi 标准，如 802.11n/ac/ax。在这些标准中，CSI 可以用于优化传输性能、定位和环境感知等应用。

参考链接：用 ESP32-S3 和 CSI 技术打造人体感知风扇

