

学习路径

嵌入式开发基础

硬件入门

电压、电流、电阻和电容的基本概念

电阻、电容、电感、二极管、三极管功能

阈值电压输入阈值电压 (V_{IL} 、 V_{IH}) 和输出阈值电压 (V_{OL} 、 V_{OH})

万用表的使用

软件入门

C 语言

数据类型

函数、指针和内存管理

工程项目编译、链接和执行过程

代码以及文档规范

外设

GPIO、TIMER、UART、SPI、I2C

网络协议

TCP、UDP

上层应用协议，如 HTTP、MQTT

嵌入式开发基础知识

Git 工程管理

FreeRTOS 操作系统

Linux 指令

入门 ESP32

芯片、模组、开发板的区别

看懂芯片技术参考手册、硬件设计指南

芯片上电时根据 **Strapping** 管脚进入的两个模式

运行模式（正常运行固件）

下载模式（烧录固件时使用）

ESP 各系列芯片的特点和功能

ESP 产品选型工具

开发环境的选择和搭建

零代码开发项目：UIFlow

开发入门小项目：Arduino

开发复杂工程：ESP-IDF

ESP 构建系统

IDF 工程结构、构建规范

- 分区表
- CMakeLists
- sdkconfig
- Kconfig

组件管理器、组件配置

程序的启动流程 (Start Flow)

编译烧录基础例程

get-started\hello_world：最简单的打印例程

get-started\blink：最简单的点灯例程

wifi\getting_started\station：连接 Wi-Fi 的基础例程

读写基础外设

参考 IDF 中外设的例程：examples/peripherals

- I2C、SPI、ADC、USB

使用组件

乐鑫组件库 (ESP Component Registry)

乐鑫组件库文档

项目整合

ESP 应用方案

零配置云端连接

ESP-RAINMAKER

AI 方案

深度学习开发库 ESP-DL、AI 语音方案 ESP-SR、图像处理开发平台 ESP-WHO

Wi-Fi 组网方案

ESP-MESH-LITE

摄像头方案

DVP、USB

LCD 方案

SPI (QSPI)、I80、RGB、MIPI

USB 方案

主机 & 设备

低功耗方案

Light-sleep、Deep-sleep、ULP

无线通讯协议

ESP-NOW

BLE 方案

蓝牙 Mesh 网络

Matter 方案

Zigbee 方案

OpenThread

Thread 边界路由网关方案

人体感知检测方案

ESP-CSI

网关方案

ESP-IoT-Bridge

嵌入式硬件开发进阶

理论知识

电子基础

欧姆定律和基尔霍夫定律

模拟与数字信号

- 信号类型及特性
- 阈值电压

电路原理

简单的电路图识读

常见电子元件的功能

- 电阻、电容、电感
- 二极管
- 三极管
- MOS管

模拟电路

放大器

- 运算放大器（运放）的基本原理
- 差分放大器、共射放大器等

滤波器

- 低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器

振荡器

- RC 振荡器、LC 振荡器、晶体振荡器

电源电路

- 稳压电路、开关电源
- 信号处理
- 模拟信号的调制与解调

数字电路

基本逻辑门

- AND、OR、NOT、NAND、NOR、XOR、XNOR
- 逻辑门的真值表和逻辑符号

组合逻辑电路

- 加法器、减法器、编码器、译码器、多路复用器、去复用器

时序逻辑电路

- 触发器 (SR、D、JK、T)
- 寄存器、计数器、时序电路

门电路的工作原理

- CMOS和TTL技术
- 逻辑电平

阈值电压

- 定义及计算
- 输入阈值电压 (V_{IL} 、 V_{IH}) 和输出阈值电压 (V_{OL} 、 V_{OH})

噪声容限

- 定义及计算

传输特性

- 传输延迟、上升时间和下降时间

逻辑门的电气特性

- 输入电容和输出电容
- 驱动能力

实操知识

常见仪器的使用

万用表

- 电压、电流、电阻的测量

示波器

- 波形观测和分析
- 信号频率、幅度的测量

逻辑分析仪

- 数字信号的捕捉与分析

常见电路设计

单片机最小系统

- 单片机的基本组成与工作原理
- 最小系统电路设计

电源电路

- 线性电源、开关电源

常见驱动电路

- 继电器驱动、MOSFET 驱动、电机驱动电路、恒流驱动电路

常见传感器接口与电路设计

模拟电压电流采样

I2C、SPI、Uart 硬件接口设计、电平转换

常见仿真软件与电路设计 EDA 软件使用

立创 EDA、Altium Designer、Proteus、Multisim

PCB 投板打样与 SMT

元件焊接与调试

3D 建模与打印

嵌入式软件开发进阶

数据类型

基本数据类型

- 整数、字符、浮点

标准库数据类型

- 布尔型 (bool)、字符串 (string)

指针类型

复合数据类型

- 数组、结构体 (struct)、联合体 (union)、枚举 (enum)

自定义数据类型

数据类型修饰符

- 常量修饰符 (const)、静态修饰符 (static)、易变修饰符 (volatile)

GPIO (General Purpose Input/Output) 通用输入/输出

GPIO 初始化、模式、读取、写入

GPIO 配置选项

- 根据技术手册和引脚图来确定每个引脚的功能

GPIO 中断

Strapping 管脚

内存管理

动态内存分配和释放，如 malloc、calloc 和 free

内存布局和堆栈管理

中断处理

理解和处理硬件中断

实现中断服务程序 (ISR) 来响应外部事件

时钟和定时器

使用定时器和时钟源来实现时间控制和定时任务

处理延时和定时操作

异常处理

处理硬件和软件异常

低功耗模式设计

实施功耗优化策略，用来延长电池使用寿命或减少能源消耗

- Deep Sleep
- Light Sleep

freeRTOS 任务管理

任务的创建和终止

任务的管理和调度

任务的资源分配和使用

任务间的通信方式

- 消息队列 (Message Queue)、信号 (Signal)、共享内存 (Shared Memory)、信号量 (Semaphore)、套接字 (Socket)、互斥锁 (Mutex)、条件变量 (Condition Variable)、屏障 (Barrier)、自旋锁 (Spin Lock)

驱动开发

驱动程序可以针对各种硬件设备编写，包括但不限于传感器、执行器、存储设备（如闪存和 SD 卡）、通信接口（如 UART、SPI、I2C）、显示屏、网络接口卡 (NIC) 等

空中升级 OTA

ESP HTTPS OTA 升级