

视频  
教学

零基础

# WiFi

## 模块开发

### 入门与应用实例

刘克生 主编



化学工业出版社

零基础

# WiFi

## 模块开发

入门与应用实例



- **WiFi模块开发全流程和全细节手把手**

以ESP8266模块为例，WiFi模块固件烧录、AT指令集及应用场景详解、串口调试、物联网、智能家居综合开发实例，零基础入门并轻松开发实战。

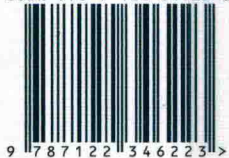
- **手机APP、WiFi模块互联细节全揭秘**

开发实例展示，逐步解析智能家居、物联网产品如何通过WiFi模块接入网络，并用手机APP实现控制。

- **二维码视频教学直观、易懂**

扫描二维码观看视频讲解，WiFi模块开发从入门到精通，全面掌握。

ISBN 978-7-122-34622-3



9 787122 346223 >

销售分类建议：电子信息通信

定价：69.80元

零基础

WiFi

模块开发

入门与应用实例

刘克生 主编



化学工业出版社

·北京·

本书针对WiFi模块及应用进行介绍,全面介绍了ESP8266系列WiFi模块的固件烧录方法、AT指令、串口调试方法,较为详细地介绍了AT指令的应用场景、WiFi模块在各种情况下的配置方法,实例部分介绍了机智云与ESP8266通信的方法、WiFi模块控制器应用技术,从而使读者能够迅速地掌握WiFi模块通过云端与手机APP进行通信的过程,节约产品开发周期,降低产品的开发难度。书中配套二维码视频讲解,如同老师亲临指导。

本书可作为智能产品、物联网产品等无线通信产品设计的参考书籍,也可作为ESP8266系列模块设计与应用的参考书籍使用,希望能得到广大读者朋友的认可。

### 图书在版编目(CIP)数据

零基础WiFi模块开发入门与应用实例/刘克生主编. —北京:  
化学工业出版社, 2019.8  
ISBN 978-7-122-34622-3

I. ①零… II. ①刘… III. ①无线网-模块化程序设计 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第111318号

---

责任编辑:刘丽宏  
责任校对:王素芹

文字编辑:陈喆  
装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张17½ 字数415千字 2020年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 69.80元

版权所有 违者必究

# 前言

随着信息化、智能化技术的发展，物联网、智能家居、智能穿戴等领域应运而生，无线通信技术成为其必不可少的一部分。此次，我们选择了一款技术成熟、应用广泛、物美价廉的WiFi模块进行介绍。

WiFi模块又名串口WiFi模块，属于物联网传输层，功能是将串口或TTL电平转为符合WiFi无线网络通信标准的嵌入式模块，内置无线网络协议IEEE 802.11b/g/n协议栈以及TCP/IP协议栈。传统的硬件设备嵌入WiFi模块可以直接利用WiFi连入互联网，是实现无线智能家居、M2M等物联网应用的重要组成部分。

本书为使读者在短时间内学会应用WiFi无线通信技术，以ESP8266模块为例，从基础讲起，首先对WiFi模块进行了简要介绍，紧接着介绍如何对WiFi模块进行固件烧录，然后讲解操作WiFi模块所用的AT指令，并简单介绍如何对WiFi模块进行串口调试，接着详细介绍了AT指令的应用场景，最后介绍了物联网综合开发实例的WiFi模块部分，如何快速地将我们的物联网产品通过WiFi模块接入网络，并用手机APP进行控制的过程。其功能简单实用，能够帮助读者快速进行物联网等的开发。

书中视频教学部分，读者可以扫描二维码详细、直观学习。

本书由刘克生主编，参加编写的还有张伯虎、孔凡桂、张振文、曹振华、赵书芬、张伯龙、张胤涵、张校珩、曹祥、焦凤敏、张校铭、王桂英、蔺书兰，另外本书的编写得到了相关朋友的热心帮助及支持，在此，对参与编写、校对以及提供资料等支持的作者表示诚挚的谢意。

因编者技术水平有限，编写时间较为仓促，书中不足之处难免，恳请广大读者批评指正，不吝赐教（欢迎关注下方二维码及时反馈给我们）。



编者

# 目 录

## 第1章 认识WiFi模块

1

- 1.1 通用串口WiFi模块 ..... 1
- 1.2 ESP8266系列模组 ..... 1
- 1.3 特性 ..... 1
- 1.4 选型 ..... 2

## 第2章 固件烧录

3

- 2.1 硬件的外围引脚接线对应的启动模式 ..... 3
- 2.2 下载模式接线图 ..... 3
- 2.3 烧录软件及固件的说明 ..... 4
- 2.4 固件烧录过程 ..... 9
- 2.5 烧录失败的原因 ..... 10

## 第3章 AT指令

11

- 3.1 AT指令分类 ..... 11
- 3.2 基础指令 ..... 12
- 3.3 WiFi功能AT指令 ..... 17
- 3.4 TCP/IP相关AT指令 ..... 36
- 3.5 自动保存的指令 ..... 46

## 第4章 模块串口调试

47

- 4.1 硬件接线 ..... 47
- 4.2 上电串口输出信息详解 ..... 47
  - 4.2.1 系统日志 ..... 47
  - 4.2.2 各种状态的启动信息 ..... 49
- 4.3 测试AT启动指令 ..... 51

|            |                                 |     |
|------------|---------------------------------|-----|
| 有视频 ⇒ 5.1  | 模块AP模式下做TCP server .....        | 53  |
| 有视频 ⇒ 5.2  | 模块 STA 模式下做 TCP server .....    | 63  |
| 有视频 ⇒ 5.3  | 模块TCP client透传模式 .....          | 73  |
| 有视频 ⇒ 5.4  | 模块 UDP 多连接模式 .....              | 83  |
| 有视频 ⇒ 5.5  | 模块UDP透传模式 .....                 | 102 |
| 有视频 ⇒ 5.6  | 两个模块UDP传输模式 .....               | 113 |
| 有视频 ⇒ 5.7  | 两个模块通过TCP透传 .....               | 126 |
| 有视频 ⇒ 5.8  | 模块通过数据外网透传（一） .....             | 138 |
| 有视频 ⇒ 5.9  | 模块通过数据外网透传（二） .....             | 147 |
| 有视频 ⇒ 5.10 | STA模式手机建立服务器通信 .....            | 157 |
| 有视频 ⇒ 5.11 | STA模式手机作为客户端 .....              | 164 |
| 有视频 ⇒ 5.12 | AP模式手机作为服务器 .....               | 171 |
| 有视频 ⇒ 5.13 | STA+AP模式手机作为服务器保存透传设置 .....     | 179 |
| 有视频 ⇒ 5.14 | STA模式ESP8266作服务器多连接 .....       | 187 |
| 有视频 ⇒ 5.15 | STA+AP模式ESP8266作服务器多连接（一） ..... | 201 |
| 有视频 ⇒ 5.16 | STA+AP模式ESP8266作服务器多连接（二） ..... | 218 |

|           |                              |     |
|-----------|------------------------------|-----|
| 有视频 ⇒ 6.1 | ESP8266连接机智云平台 .....         | 235 |
| 6.1.1     | 注册、登录、完善信息 .....             | 235 |
| 6.1.2     | 下载串口调试助手 .....               | 236 |
| 6.1.3     | 下载固件 .....                   | 237 |
| 6.1.4     | 硬件烧录 .....                   | 237 |
| 6.1.5     | 下载安装手机APP .....              | 238 |
| 6.1.6     | ESP-12-F模块与手机APP建立连接 .....   | 239 |
| 6.2       | WiFi模块组合在智能家居中的组成与控制方式 ..... | 243 |
| 6.2.1     | 智能家居的组成 .....                | 243 |
| 6.2.2     | 家装中无线网络的安装 .....             | 243 |
| 6.3       | WiFi手机APP控制模块的安装与应用 .....    | 246 |
| 6.3.1     | 控制接口分类与模块选型 .....            | 246 |

|             |                       |     |
|-------------|-----------------------|-----|
| 有视频 ⇒ 6.3.2 | 实际模块的应用与接线举例          | 248 |
| 有视频 ⇒ 6.3.3 | 电脑与手机APP控制方式          | 252 |
| 6.3.4       | 关于控制设备的二次开发           | 258 |
| 6.4         | 多路网络控制器               | 259 |
| 6.4.1       | 多路网络控制器的特点与功能         | 259 |
| 6.4.2       | 多路网络控制器的接线方式          | 260 |
| 6.4.3       | 多路网络控制器的Web控制与手机APP控制 | 261 |
| 有视频 ⇒ 6.5   | 两台设备之间无线通信            | 263 |
| 6.5.1       | 接收端配置                 | 263 |
| 6.5.2       | 发送端配置                 | 268 |
| 6.5.3       | 实物                    | 272 |

# · 第 1 章 ·

## 认识WiFi模块



### 1.1 通用串口WiFi模块

串口WiFi模块是新一代嵌入式WiFi模块，体积小、功耗低，采用UART接口。串口WiFi模块基于通用串行接口特性，符合IEEE 802.11协议栈网络标准，内置TCP/IP协议栈，能够实现用户串口、以太网、无线网（WiFi）3个接口之间的任意透明转换，使传统串口设备更好地加入无线网络。

通过串口WiFi模块，传统的串口设备在不需要更改任何配置的情况下，即可通过Internet网络传输自己的数据，非常方便地加入物联网链接。

### 1.2 ESP8266系列模组

ESP8266系列模组是深圳市安信可科技有限公司开发的一系列基于乐鑫ESP8266的超低功耗的UART-WiFi模块的模组，可以方便地进行二次开发，接入云端服务，实现手机3G/4G全球随时随地的控制，可以加速产品的原型设计。

模块核心处理器ESP8266在较小尺寸封装中集成了业界领先的Tensilica L106超低功耗32位微型MCU，带有16位精简模式，主频支持80MHz和160MHz，支持RTOS，集成WiFi MAC/BB/RF/PA/LNA，板载天线；支持标准的IEEE 802.11 b/g/n协议、完整的TCP/IP协议栈。用户可以使用该模块为现有的设备添加联网功能，也可以构建独立的网络控制器。

ESP8266是高性能无线SOC，以最低的成本提供最大的实用性，为WiFi功能嵌入其他系统提供无限可能。

### 1.3 特性

- 最小的802.11 b/g/n WiFi SoC模块。



- 内置Tensilica L106 超低功耗 32 位微型 MCU，主频支持 80MHz和160MHz，支持 RTOS，可兼做处理器。
- 内置10 bit高精度ADC。
- 内置TCP/IP协议栈。
- 内置TR 开关、balun、LNA、功率放大器和匹配网络。
- 内置PLL、稳压器和电源管理组件，802.11b 模式下+20 dBm的输出功率。
- A-MPDU、A-MSDU 的聚合和 0.4 s的保护间隔。
- WiFi@2.4GHz，支持 WPA/WPA2 安全模式。
- 支持AT远程升级及云端OTA升级。
- 支持 STA/AP/STA+AP 工作模式。
- 支持 Smart Config功能（包括Android和iOS设备）。
- 支持HSPI、UART、I2C、I2S、IR Remote Control、PWM、GPIO、ADC等接口。
- 深度睡眠保持电流为 10  $\mu$  A，关断电流小于 5  $\mu$  A。
- 2ms 之内唤醒、连接并传递数据包。
- 待机状态消耗功率小于1.0mW (DTIM3)。
- 工作温度范围：-20 ~ 85 $^{\circ}$ C。

## 1.4 选型

表 1-1 为选型表。

表 1-1 选型表

| 型号               | ESP-01E  | ESP-01S        | ESP-01M  | ESP-01F   | ESP-07S       | ESP-12F       | ESP-12S         |
|------------------|----------|----------------|----------|-----------|---------------|---------------|-----------------|
| 封装               | DIP-18   | DIP-8          | SMD-18   | SMD-18    | SMD-16        | SMD-22        | SMD-16          |
| 尺寸<br>(mm×mm×mm) | 18×17×28 | 24.7×14.4×11.0 | 18×18×28 | 11×10×28  | 17.0×16.0×3.0 | 24.0×16.0×3.0 | 24.0×16.0×3.0   |
| 板层               | 4        | 2              | 4        | 4         | 4             | 4             | 4               |
| Flash            | 8Mbit    | 8Mbit          | 8Mbit    | 8 Mbit    | 32Mbit        | 32Mbit        | 32Mbit          |
| 认证               | —        | —              | FCC/CE   | —         | FCC/CE        | FCC/CE/IC     | FCC/CE/<br>SRRC |
| 天线               | IPEX     | PCB            | PCB      | 无内置<br>天线 | IPEX          | PCB           | PCB             |
| 指示灯              | —        | GPIO2          | —        | —         | —             | GPIO2         | GPIO2           |
| 可用 I/O           | 11       | 2              | 11       | 9         | 9             | 9             | 9               |

# · 第 2 章 ·

## 固件烧录



### 2.1 硬件的外围引脚接线对应的启动模式

表 2-1 所示为硬件的外围引脚接线对应的启动模式。

表 2-1 硬件的外围引脚接线对应的启动模式

| 模式   | CH_PD(EN) | RST | GPIO15 | GPIO0 | GPIO2 | TXD0 |
|------|-----------|-----|--------|-------|-------|------|
| 下载模式 | 高         | 高   | 低      | 低     | 高     | 高    |
| 运行模式 | 高         | 高   | 低      | 高     | 高     | 高    |
| 测试模式 | 高         | 高   | —      | —     | —     | 低    |

### 2.2 下载模式接线图

图 2-1 为下载模式接线图。

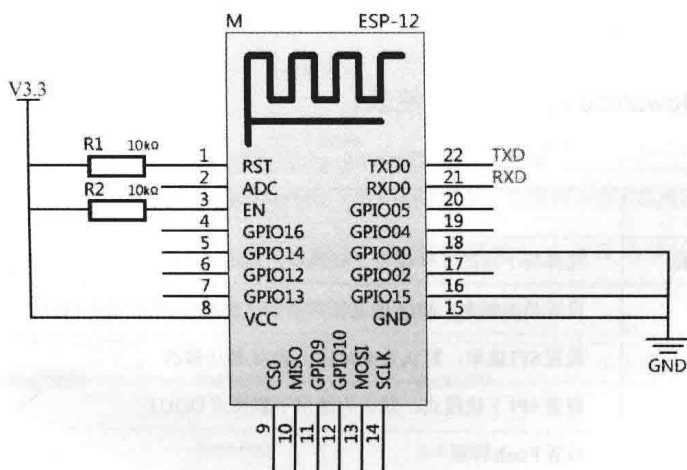


图 2-1 下载模式接线图

## 2.3 烧录软件及固件的说明

(1) 烧录软件下载地址：<http://wiki.ai-thinker.com/tools>。

(2) 下载软件可以为ESP8266、ESP8255、ESP32、ESP32D2WD四种类型的模块下载程序。

下载、解压并执行ESPFlashDownloadTool\_vx.xx.xx.exe，弹出两个界面，黑窗可以查看烧录过程的一些信息，另一个为登录界面，用来选择相应芯片的下载界面，如图2-2所示。

点击ESP8266 DownloadTool，弹出如图2-3所示界面。

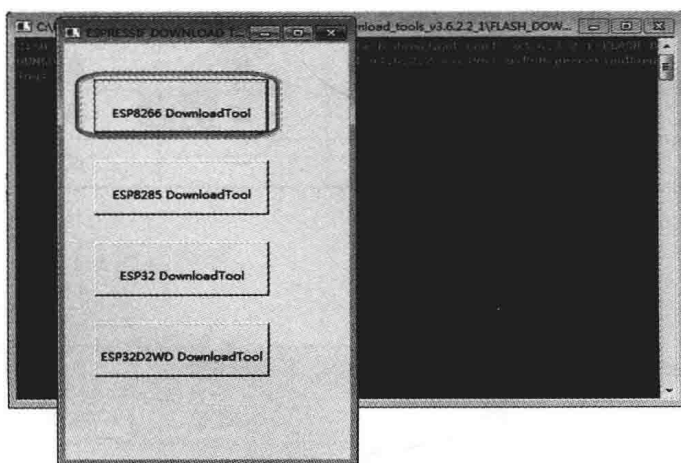


图2-2 软件说明

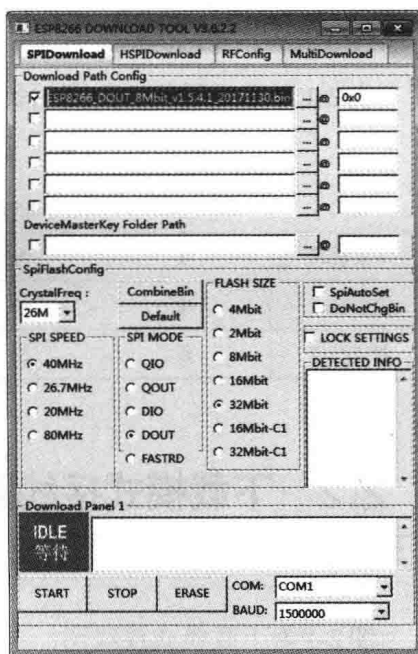


图2-3 ESP8266 DOWNLOAD TOOL V3.6.2.2界面

表2-2为SPIDownload选项配置功能表。

表2-2 SPIDownload选项配置功能表

| 配置选项                 | 配置说明   |
|----------------------|--|
| Download_Path_Config | 选择要下载的文件以及下载地址，点击“start”下载勾选后的文件   |
| CrystalFreq          | 设置晶振频率。8266的晶振频率为“26M”，此处禁止修改  |
| SPI_SPEED            | 设置SPI速率，默认为40MHz，此处禁止修改  |
| SPI_MODE             | 设置SPI下载模式，默认为通用下载模式DOUT  |
| Flash_Size           | 设置Flash容量<br>根据实际编译的配置对应选择Flash大小<br>16Mbit-C1为1204+1024的布局，32Mbit-C1为1204+1024的布局 |

续表

| 配置选项          | 配置说明   |
|---------------|--|
| CombineBin    | 打包合并固件，下载地址为 0x0000  |
| DoNotChgBin   | · 选择该项，Flash 的运行频率、方式、布局会以用户编译时的配置为准<br>· 未选择该项，Flash 的运行频率、方式、布局会以下载工具最终的配置为准<br>· 下载安信可官方 AT 固件时建议勾选，其他不建议勾选   |
| Lock settings | 选择该项，将锁住配置页面<br>该选项一般在工厂生产中使用，避免操作过程中改动了软件上的配置，造成生产问题  |
| Default       | 选择该项，将恢复默认的软件配置  |
| Detected info | 该窗口将会显示 Flash 的大小和晶振频率   |
| MAC address   | · 该窗口将会显示 ESP8266 芯片的 MAC 地址，包括 STA MAC address 和 AP MAC address<br>· 安信可生产的 ESP8266 系列模组的 STA MAC address 都可以在官网的防伪查询系统中查询到。地址： <a href="https://www.ai-thinker.com/service/autifake">https://www.ai-thinker.com/service/autifake</a> |
| COM           | 设置 COM 口   |
| BAUD          | 设置下载波特率<br>下载时可以适当降低下载波特率，保证稳定下载（有些串口工具不支持 1500000bit/s 的波特率下载）  |
| START         | 点击该按钮，开始烧录程序   |
| STOP          | 点击该按钮，停止烧录程序   |
| ERASE         | 点击该按钮，擦除整个 Flash   |

(3) 需要烧录的文件以及烧录地址说明：在安信可官网下载的 AT 固件都是打包合并过的固件。按照烧录文件的不同，分为两种情况：不支持云端升级（表 2-3）、支持云端升级（表 2-4）。另外，根据 Flash 容量的不同，还需要调整 bin 文件的烧录地址。

表 2-3 不支持云端升级（NoBoot 模式）的需要烧录的文件及烧录地址

| 文件名称                      | 8Mbit 地址分配 | 16Mbit 地址分配 | 32Mbit 地址分配 | 备注           |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| eagle.flash.bin           | 0x00000    | 0x00000     | 0x00000     | 主程序，由代码编译生成  |
| eagle.irom0text.bin       | 0x40000    | 0x40000     | 0x40000     | 主程序，由代码编译生成  |
| esp_init_data_default.bin | 0xFC000    | 0x1FC000    | 0x3FC000    | 由乐鑫在 SDK 中提供 |
| blank.bin                 | 0xFE000    | 0x1FE000    | 0x3FE000    | 由乐鑫在 SDK 中提供 |

注：乐鑫不同版本的 SDK 中可能会改变 eagle.irom0text.bin 文件的烧录地址，以控制台输出的地址为准。

表 2-4 支持云端升级（Boot 模式）的需要烧录的文件及烧录地址

| 文件名称      | 8Mbit 地址分配 | 16Mbit 地址分配 | 32Mbit 地址分配 | 备注                      |
|-----------|------------|-------------|-------------|-------------------------|
| boot.bin  | 0x00000    | 0x00000     | 0x00000     | 由乐鑫在 SDK 中提供，建议一直使用最新版本 |
| user1.bin | 0x01000    | 0x01000     | 0x01000     | 主程序，由代码编译生成             |
| user2.bin | 0x81000    | 0x81000     | 0x81000     | 主程序，由代码编译生成             |



续表

| 文件名称                      | 8Mbit 地址分配 | 16Mbit 地址分配 | 32Mbit 地址分配 | 备注           |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| esp_init_data_default.bin | 0xFC000    | 0xFC000     | 0xFC000     | 由乐鑫在 SDK 中提供 |
| blank.bin                 | 0xFE000    | 0xFE000     | 0xFE000     | 由乐鑫在 SDK 中提供 |

支持云端升级的固件，在Flash中的布局会分为两个区，一个用来执行程序，另一个用来保存要升级的固件。当程序运行user1.bin时开始升级，程序会下载到user2.bin区域，下载完毕后，下次启动运行user2.bin的程序，依次替换，实现云端升级。

- user1.bin文件和user2.bin文件烧录时只烧录其中一个。
- boot.bin文件使用最新版本。

(4) Flash 布局说明如图2-4所示。

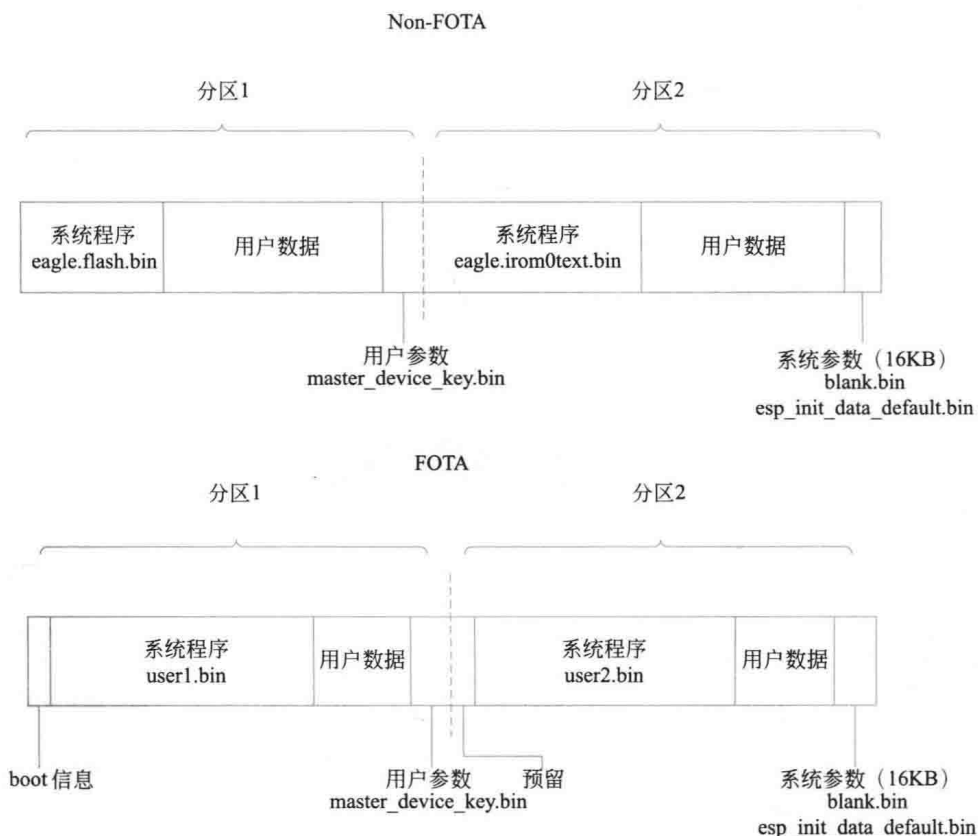


图2-4 Flash 布局说明

分区说明：

- 系统程序：用于存放运行系统必要的固件。
- 用户数据：当系统数据未占满整个Flash空间时，空闲区域可用于存放用户数据。
- 用户参数：地址由用户自定义，IOT\_Demo中设置为0x3C000开始的4个扇区，用户可以设置为任意未占用的地址。
- 系统阐述：固件Flash的最后4个扇区。

blank.bin 下载地址为 Flash 的倒数第 2 个扇区。

esp\_init\_data\_default.bin 下载地址为 Flash 的倒数第 4 个扇区。

- boot 信息：位于 FOTA 固件的分区 1，存放 FOTA 升级相关信息。
- 预留：位于 FOTA 固件的分区 2，与分区 1 boot 信息区对应的预留区域。
- user1.bin 和 user2.bin 是同一个应用程序，选择不同的编译步骤，分别生成的两个固件，存放在 SPI Flash 不同位置，均可以运行。
- 系统参数区存储了一个标志位，标识启动时应当运行 user1.bin 还是 user2.bin。
- 启动时先运行 boot.bin，boot.bin 读取系统参数区中的标志位，判断运行 user1.bin 还是 user2.bin，然后到 SPI Flash 的对应位置读取运行。

(5) 固件文件说明如图 2-5 所示。

以 16Mbit-C1 Flash、1024-1024 map 为例，烧录地址如表 2-5 所示。

表 2-5 以 16Mbit-C1 Flash、1024-1024 map 为例的烧录地址

| 文件名称                      | 烧录地址     | 说明  |
|---------------------------|----------|---|
| boot.bin                  | 0x0000   | 主程序   |
| esp_init_data_default.bin | 0x1FC000 | 初始化其他射频参数区，至少烧录一次<br>当 RF_CAL 参数区初始化烧录时，本区域也会烧录 |
| user1.2048.new.5.bin      | 0x01000  | 主程序   |
| blink.bin                 | 0xFE000  | 初始化用户参数区  |
| blink.bin                 | 0x1FE000 | 初始化系统参数区  |
| blink.bin                 | 0x1FB000 | 初始化 RF_CAL 参数区                                  |

(6) 固件合并。使用软件上的“CombineBin”按钮可以将文件打包合并成一个完整的固件。

ESP 系列模组在烧录固件时是按照要烧录的文件地址烧录对应文件的大小到 Flash，其他部分的 Flash 未改动，例如 user1.bin 文件为 320KB，从 Flash 地址 0x01000 开始烧录，烧录 320KB，如果第二次烧录的时候，编译生成的 user1.bin 只有 300KB，那么比对上一次烧录的 user1.bin 文件在 Flash 中的存储，后面的 20KB flash 是不会被擦除的。

这样的烧录方式在大批量生产中是不安全的，尤其是有部分客户会在 Flash 中添加自己的一些数据直接烧录进去。将所有的固件打包合并成一个完整的固件，烧录时会填充整个 Flash，对应地址没有程序部分的 Flash 会被 0xFF 填充。

① 配置示例，如图 2-6 所示。

② 备注：

- 需要将 blank.bin 放置到所需要使用的 Flash 的最后一个扇区，以确保 Flash 量产烧录时可以被完全覆盖，避免生产时可能出现的一些问题。
- 为方便管理和生产，在合并固件时，必须将 SPI MODE 选择 DOUT 模式，切勿选择其他模式，如选择其他模式，届时可能会造成固件无法启动和运行。
- 乐鑫在不同版本的 SDK 中有可能会改变这些烧录位置，本说明仅为参考，需以开发时的 Console 输出信息为准。

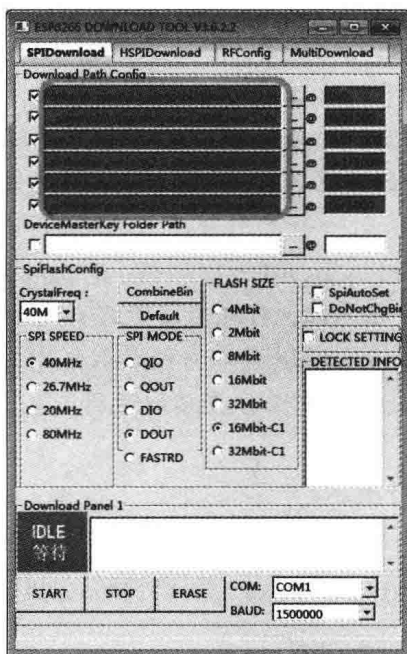


图2-5 固件文件说明

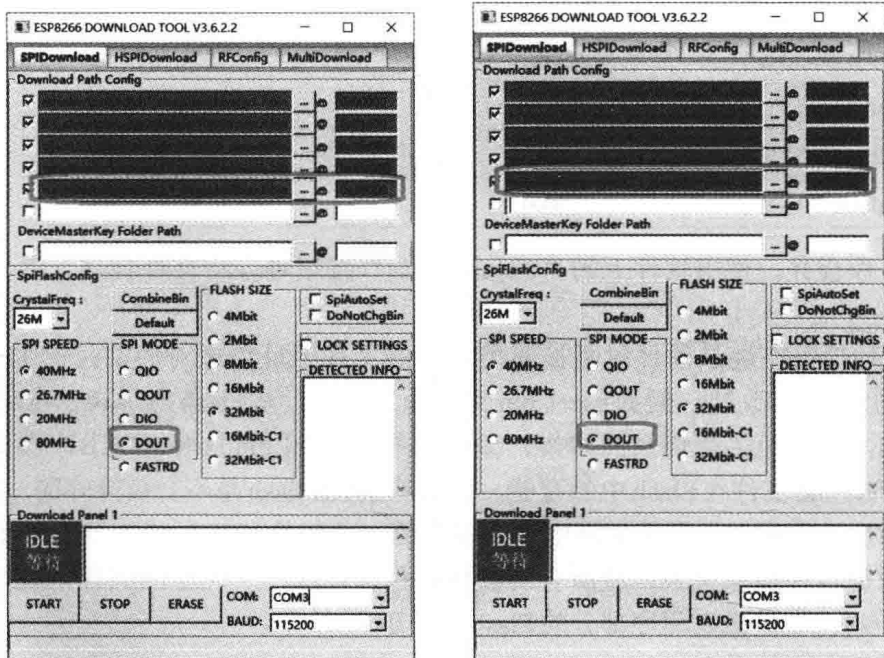


图2-6 配置示例

③ 合并生成固件。单击“CombineBin”按钮，软件将按照配置生成一个 target.bin 文件，文件大小约为4MB。

④ 校验固件。合并后，固件内已经包含了面板上的配置信息以及地址范围。烧录地址为0x00000。

校验固件时必须选中 DoNotChgBin 选项，此时下载不受下载配置（SpiFlashConfig）影响，如图2-7所示。

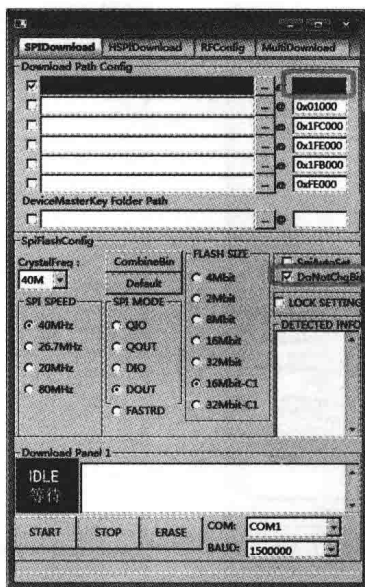


图2-7 校验固件

## 2.4 固件烧录过程

- 连接好硬件，选择官网下载的出厂固件程序，选择好串口号，如图2-8所示。
- 单击“START”按钮，如图2-9所示。
- 给模块重新上电，如图2-10所示。
- 下载完成，如图2-11所示。

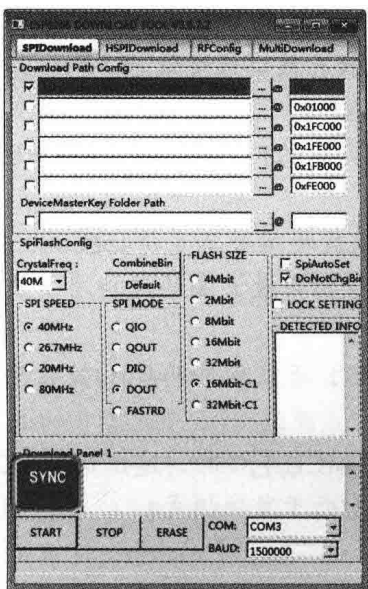


图2-8 固件烧录准备

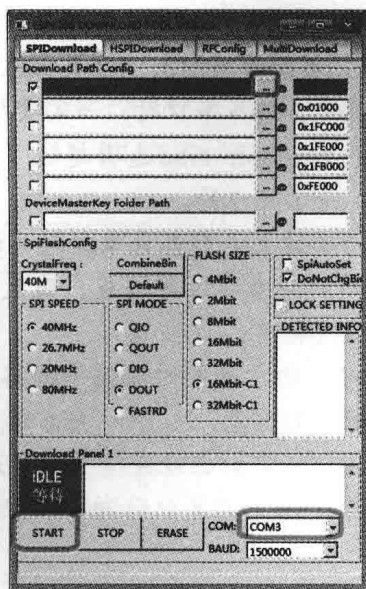


图2-9 单击START按钮