



ESP8266 RTOS SDK 编程手册

Version 1.3.0

Espressif Systems IOT Team

Copyright © 2016



免责声明和版权公告

本文中的信息，包括供参考的URL地址，如有变更，恕不另行通知。

文档“按现状”提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，和任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。本文档不负任何责任，包括使用本文档内信息产生的侵犯任何专利权行为的责任。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权使用许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi联盟成员标志归Wi-Fi联盟所有。

文中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

版权归© 2016 乐鑫信息科技（上海）有限公司所有。保留所有权利。



目录

1. 前言	5
2. 概述	6
3. 编程示例	7
3.1. SDK 目录结构	7
3.2. 基本示例	8
1. 基本示例：初始化	8
2. 基本示例：如何读取芯片 ID	10
3. 基本示例：ESP8266 作为 station 连接路由	10
4. 基本示例：ESP8266 作为 soft-AP 模式	11
5. 基本示例：WiFi 连接状态的事件	12
6. 基本示例：读取和设置 ESP8266 MAC 地址	14
7. 基本示例：扫描附近 AP	15
8. 基本示例：获取 AP 的 RF 信号强度 (RSSI)	16
9. 基本示例：从 Flash 读取数据	17
10. 基本示例：RTC 使用示例	18
11. 基本示例：非 OS SDK APP 如何移植为 RTOS SDK APP	18
3.3. 网络协议示例	22
1. 网络示例：UDP 传输	22
2. 网络示例：TCP client	24
3. 网络示例：TCP server	27
3.4. 高级应用示例	30
1. 高级应用示例：OTA 固件升级	30
2. 高级应用示例：强制休眠示例	33
3. 高级应用示例：spiffs 文件系统应用	34
4. 高级应用示例：SSL 应用示例	35
4. 附录	40
4.1. Sniffer 结构体说明	40
4.2. ESP8266 soft-AP 和 station 信道定义	43





1.

前言

ESP8266EX 提供完整且自成体系的 Wi-Fi 网络解决方案；它能够搭载软件应用，或者通过另一个应用处理器卸载所有 Wi-Fi 网络功能。当 ESP8266 作为设备中唯一的处理器搭载应用时，它能够直接从外接闪存（Flash）中启动，内置的高速缓冲存储器（cache）有利于提高系统性能，并减少内存需求。另一种情况，ESP8266 可作为 Wi-Fi 适配器，通过 UART 或者 CPU AHB 桥接口连接到任何基于微控制器的设计中，为其提供无线上网服务，简单易行。

ESP8266EX 高度片内集成，包括：天线开关，RF balun，功率放大器，低噪放大器，过滤器，电源管理模块，因此它仅需很少的外围电路，且包括前端模块在内的整个解决方案在设计时就将所占 PCB 空间降到最低。

ESP8266EX 集成了增强版的 Tensilica's L106 钻石系列 32 位内核处理器，带片上 SRAM。ESP8266EX 通常通过 GPIO 外接传感器和其他功能的应用，SDK 中提供相关应用的示例软件。

ESP8266EX 系统级的领先特征有：节能 VoIP 在睡眠/唤醒之间快速切换，配合低功率操作的自适应无线电偏置，前端信号处理，故障排除和无线电系统共存特性为消除蜂窝/蓝牙/DDR/LVDS/LCD 干扰。

基于 ESP8266EX 物联网平台的 SDK 为用户提供了一个简单、快速、高效开发物联网产品的软件平台。本文旨在介绍该 SDK 的基本框架，以及相关的 API 接口。主要的阅读对象为需要在 ESP8266 物联网平台进行软件开发的嵌入式软件开发人员。



2.

概述

SDK 为用户提供了一套数据接收、发送的函数接口，用户不必关心底层网络，如Wi-Fi、TCP/IP 等的具体实现，只需要专注于物联网上层应用的开发，利用相应接口完成网络数据的收发即可。

ESP8266物联网平台的所有网络功能均在库中实现，对用户不透明。用户应用的初始化功能可以在 `user_main.c` 中实现。

`void user_init(void)` 是上层程序的入口函数，给用户提供一个初始化接口，用户可在该函数内增加硬件初始化、网络参数设置、定时器初始化等功能。

编程注意事项

- 建议使用定时器实现长时间的查询功能，可将定时器设置为循环调用，注意：
 - ▶ 定时器 (freeRTOS timer 或 os_timer) 执行函数内部请勿使用 `while(1)` 或其他能阻塞线程的方式延时，例如，不能在定时器回调中进行 socket send 操作，因为 send 函数会阻塞线程；
 - ▶ 定时器回调执行请勿超过 15 毫秒；
 - ▶ `os_timer_t` 建立的变量不能为局部变量，必须为全局变量、静态变量或 `os_malloc` 分配的指针。
- 从 ESP8266_RTOS_SDK_v1.2.0 起，无需添加宏 `ICACHE_FLASH_ATTR`，函数将默认存放在 CACHE 区，中断函数也可以存放在 CACHE 区；如需将部分频繁调用的函数定义在 RAM 中，请在函数前添加宏 `IRAM_ATTR`；
- 网络编程使用通用的 socket 编程，网络通信时，socket 请勿绑定在同一端口；
- freeRTOS 操作系统及系统自带的 API 说明请参考 <http://www.freertos.org>
- RTOS SDK 的系统任务最高优先级为 14，创建任务的接口 `xTaskCreate` 为 freeRTOS 自带接口，使用 `xTaskCreate` 创建任务时，任务堆栈设置范围为 [176, 512]
 - ▶ 在任务内部如需使用长度超过 60 的大数组，建议使用 `os_malloc` 和 `os_free` 的方式操作，否则，大数组将占用任务的堆空间；
 - ▶ SDK 底层已占用部分优先级：watchdog task 优先级 14，pp task 优先级 13，高精度 timer (ms) 线程优先级 12，TCP/IP task 优先级 10，freeRTOS timer 优先级 2，idle task 优先级为 0；
 - ▶ 可供用户线程使用的优先级为 1 ~ 9
 - ▶ 请勿修改 `FreeRTOSConfig.h`，此处修改头文件并不能生效，设置由 SDK 库文件决定。



3.

编程示例

3.1. SDK 目录结构

ESP8266_RTOS_SDK 软件包的目录结构如下：

- **app** 目录：应用程序的编译路径，可在此路径下添加用户代码，进行编译；用户也可以新创建与文件夹 app 同级的自定义文件夹作为编译路径。
- **bin** 目录：固件存放的路径，编译 app 文件夹中的代码生成的固件，也位于此路径下。

子目录	说明
bin 根目录	<ul style="list-style-type: none">• Espressif Systems 官方提供的 boot 和初始化参数固件• 用户如果采用 none boot 模式编译应用程序生成的固件，eagle.flash.bin 和 eagle.irom0text.bin，不支持固件升级功能，位于此路径
upgrade	<ul style="list-style-type: none">• 用户如果采用 with boot 模式编译应用程序生成的固件，user1.bin 和 user2.bin，支持固件升级功能，位于此路径

- **example** 目录：Espressif Systems 提供的应用程序示例代码。

子目录	说明
driver_lib	<ul style="list-style-type: none">• Espressif Systems 官方提供的驱动示例代码
smart config	<ul style="list-style-type: none">• Espressif Systems 官方提供的 smart config 功能示例代码

- **document** 目录：ESP8266_RTOS_SDK 文档资料。
- **include** 目录：ESP8266_RTOS_SDK 的头文件，包含了供用户使用的软件接口和宏定义。
- **ld** 目录：编译时使用的链接文件，用户一般无需修改。
- **lib** 目录：ESP8266_RTOS_SDK 的库文件。
- **tool** 目录：工具，用户无需修改。



3.2. 基本示例

基本示例包含如下：

- 初始化
- 如何读取芯片 ID
- 如何设置 Wi-Fi 工作模式
 - ESP8266 作为 station 模式，连接路由
 - ESP8266 作为 soft-AP 模式，可供其他 station 连接
- WiFi 连接状态的事件
- 如何读取和设置芯片 MAC 地址
- 如何扫描附近的 AP
- 如何获取 AP 的 RF 信号强度 (RSSI)
- 如何从 Flash 读写数据
- RTC 使用示例
- 非 OS SDK APP 如何移植为 RTOS SDK APP

1. 基本示例：初始化

- (1) 应用程序的初始化可在 `user_main.c` 中实现。`void user_init(void)` 是上层程序的入口函数，用户可在该函数内实现初始化操作，建议打印 SDK 版本号，并设置 Wi-Fi 工作模式。

```
void user_init(void)
{
    printf("SDK version:%s\n", system_get_sdk_version());
    /* station + soft-AP mode */
    wifi_set_opmode(STATIONAP_MODE);
    .....
}
```

- (2) ESP8266_RTOS_SDK 默认使用 UART0 打印调试信息，默认波特率为 74880。用户可以在 `user_init` 中自定义初始化 UART，参考 `uart_init_new` 实现。

UART 驱动示例：\ESP8266_RTOS_SDK\examples\driver_lib\driver\uart.c

以初始化 UART0 为例。定义 UART 参数：

```
UART_ConfigTypeDef uart_config;
uart_config.baud_rate    = BIT_RATE_74880;
uart_config.data_bits    = UART_WordLength_8b;
uart_config.parity       = USART_Parity_None;
uart_config.stop_bits    = USART_StopBits_1;
uart_config.flow_ctrl    = USART_HardwareFlowControl_None;
```




```
uart_config.UART_RxFlowThresh = 120;
uart_config.UART_InverseMask = UART_None_Inverse;
UART_ParamConfig(UART0, &uart_config);
```

注册 UART 中断处理函数，使能 UART 中断：

```
UART_IntrConfTypeDef uart_intr;
uart_intr.UART_IntrEnMask = UART_RXFIFO_TOUT_INT_ENA | UART_FRM_ERR_INT_ENA
| UART_RXFIFO_FULL_INT_ENA | UART_TXFIFO_EMPTY_INT_ENA;
uart_intr.UART_RX_FifoFullIntrThresh = 10;
uart_intr.UART_RX_TimeOutIntrThresh = 2;
uart_intr.UART_TX_FifoEmptyIntrThresh = 20;
UART_IntrConfig(UART0, &uart_intr);

UART_SetPrintPort(UART0);
UART_intr_handler_register(uart0_rx_intr_handler);
ETS_UART_INTR_ENABLE();
```

- (3) ESP8266_RTOS_SDK 支持多线程，可以建立多个任务。创建任务的接口 `xTaskCreate` 为 freeRTOS 自带接口，使用 `xTaskCreate` 创建任务时，任务堆栈设置范围为 [176, 512]。

```
xTaskCreate(task2, "tsk2", 256, NULL, 2, NULL);
xTaskCreate(task3, "tsk3", 256, NULL, 2, NULL);
```

注册任务执行函数，以 task2 为例：

```
void task2(void *pvParameters)
{
    printf("Hello, welcome to task2!\r\n");
    while (1) {
        .....
    }
    vTaskDelete(NULL);
}
```

- (4) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
(5) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
SDK version:1.0.3(601f5cd)
mode : sta(18:fe:34:97:f7:40) + softAP(1a:fe:34:97:f7:40)
Hello, welcome to task2!
Hello, welcome to task3!
```



2. 基本示例：如何读取芯片 ID

(1) 软件接口介绍：

`system_get_chip_id` 返回硬件模组的 ESP8266 芯片 ID 值。ESP8266 芯片 ID 具有唯一性。

```
printf("ESP8266 chip ID:0x%x\n", system_get_chip_id());
```

(2) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

(3) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
ESP8266 chip ID:0x97f740
```

3. 基本示例：ESP8266 作为 station 连接路由

(1) 设置 ESP8266 为 station 模式，或者 station+soft-AP 共存模式。

```
wifi_set_opmode(STATION_MODE);
```

(2) 设置连接 AP 的信息。

```
#define DEMO_AP_SSID      "DEMO_AP"  
#define DEMO_AP_PASSWORD "12345678"
```

`wifi_station_set_config` 设置 ESP8266 station 连接 AP 的信息。请注意将 `station_config` 中的 `bssid_set` 初始化为 0，除非需要指定 AP MAC 地址的情况才设置为 1。

`wifi_station_connect` 设置连接路由。

```
struct station_config * config = (struct station_config *)zalloc(sizeof(struct  
    station_config));  
sprintf(config->ssid, DEMO_AP_SSID);  
sprintf(config->password, DEMO_AP_PASSWORD);  
  
wifi_station_set_config(config);  
free(config);  
wifi_station_connect();
```

(3) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

(4) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。



运行结果:

```
connected with DEMO_AP, channel 11
dhcp client start...
ip:192.168.1.103,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1
```

4. 基本示例: ESP8266 作为 soft-AP 模式

(1) 必须先设置 ESP8266 为 soft-AP 模式, 或者 station+soft-AP 共存模式

```
wifi_set_opmode(SOFTAP_MODE);
```

(2) 设置 ESP8266 soft-AP 的配置

```
#define DEMO_AP_SSID      "DEMO_AP"
#define DEMO_AP_PASSWORD "12345678"
struct softap_config *config = (struct softap_config *)zalloc(sizeof(struct
    softap_config));          // initialization

wifi_softap_get_config(config); // Get soft-AP config first.

sprintf(config->ssid, DEMO_AP_SSID);
sprintf(config->password, DEMO_AP_PASSWORD);

config->authmode = AUTH_WPA_WPA2_PSK;
config->ssid_len = 0;          // or its actual SSID length
config->max_connection = 4;

wifi_softap_set_config(config); // Set ESP8266 soft-AP config
free(config);
```

(3) 查询连接到 ESP8266 soft-AP 的 station 的信息

```
struct station_info * station = wifi_softap_get_station_info();
while(station){
    printf(bssid : MACSTR, ip : IPSTR/n,
           MAC2STR(station->bssid), IP2STR(&station->ip));
    station = STAILQ_NEXT(station, next);
}
wifi_softap_free_station_info();    // Free it by calling functions
```



- (4) ESP8266 soft-AP 的默认 IP 地址为 192.168.4.1，开发者可以更改 ESP8266 soft-AP 的 IP 地址，请注意，先关闭 DHCP server 功能。例如，设置 ESP8266 soft-AP 的 IP 地址为 192.168.5.1

```
wifi_softap_dhcps_stop(); // disable soft-AP DHCP server

struct ip_info info;
IP4_ADDR(&info.ip, 192, 168, 5, 1);      // set IP
IP4_ADDR(&info.gw, 192, 168, 5, 1);      // set gateway
IP4_ADDR(&info.netmask, 255, 255, 255, 0); // set netmask
wifi_set_ip_info(SOFTAP_IF, &info);
```

- (5) 开发者可以设置 ESP8266 soft-AP 分配给连入 station 的 IP 地址范围。例如，设置 IP 池范围为：192.168.5.100 到 192.168.5.105。请注意，设置完成后，再打开 DHCP server 功能。

```
struct dhcp_lease dhcp_lease;
IP4_ADDR(&dhcp_lease.start_ip, 192, 168, 5, 100);
IP4_ADDR(&dhcp_lease.end_ip, 192, 168, 5, 105);
wifi_softap_set_dhcps_lease(&dhcp_lease);

wifi_softap_dhcps_start(); // enable soft-AP DHCP server
```

- (6) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (7) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。使用 PC 或者其他 station 连接 ESP8266 soft-AP。



运行结果：

ESP8266 作为 soft-AP 时，如有 station 连入，则打印如下信息

```
station: c8:3a:35:cc:14:94 join, AID = 1
```

5. 基本示例：WiFi 连接状态的事件

- (1) ESP8266 作为 station 连接路由，或者 ESP8266 作为 soft-AP，可由 `wifi_set_event_handler_cb` 注册 WiFi 事件的回调。
- (2) 示例代码：

```
void wifi_handle_event_cb(System_Event_t *evt)
{
    printf("event %x\n", evt->event_id);
}
```



```
switch (evt->event_id) {
    case EVENT_STAMODE_CONNECTED:
        printf("connect to ssid %s, channel %d\n",
               evt->event_info.connected.ssid,
               evt->event_info.connected.channel);

        break;
    case EVENT_STAMODE_DISCONNECTED:
        printf("disconnect from ssid %s, reason %d\n",
               evt->event_info.disconnected.ssid,
               evt->event_info.disconnected.reason);

        break;
    case EVENT_STAMODE_AUTHMODE_CHANGE:
        printf("mode: %d -> %d\n",
               evt->event_info.auth_change.old_mode,
               evt->event_info.auth_change.new_mode);

        break;
    case EVENT_STAMODE_GOT_IP:
        printf("ip:" IPSTR ",mask:" IPSTR ",gw:" IPSTR,
               IP2STR(&evt->event_info.got_ip.ip),
               IP2STR(&evt->event_info.got_ip.mask),
               IP2STR(&evt->event_info.got_ip.gw));

        printf("\n");
        break;
    case EVENT_SOFTAPMODE_STACONNECTED:
        printf("station: " MACSTR "join, AID = %d\n",
               MAC2STR(evt->event_info.sta_connected.mac),
               evt->event_info.sta_connected.aid);

        break;
    case EVENT_SOFTAPMODE_STADISCONNECTED:
        printf("station: " MACSTR "leave, AID = %d\n",
               MAC2STR(evt->event_info.sta_disconnected.mac),
               evt->event_info.sta_disconnected.aid);

        break;
    default:
        break;
}

void user_init(void)
{
    // TODO: add user's own code here....
}
```



```
wifi_set_event_handler_cb(wifi_handle_event_cb);  
}
```

(3) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

(4) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

例如，ESP8266 station 连入路由器的过程如下：

```
wifi_handle_event_cb : event 1  
connect to ssid Demo_AP, channel 1  
wifi_handle_event_cb : event 4  
IP:192.168.1.126,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1  
wifi_handle_event_cb : event 2  
disconnect from ssid Demo_AP, reason 8
```

6. 基本示例：读取和设置 ESP8266 MAC 地址

(1) ESP8266 可以工作在 station+soft-AP 共存模式，station 接口和 soft-AP 接口的 MAC 地址不同。Espressif Systems 保证芯片出厂的默认 MAC 地址的唯一性，用户如果重新设置 MAC 地址，则需要自行确保 MAC 地址的唯一性。

(2) 设置 ESP8266 为 station+soft-AP 共存模式。

```
wifi_set_opmode(STATIONAP_MODE);
```

(3) 分别读取 station 接口和 soft-AP 接口的 MAC 地址。

```
wifi_get_macaddr(SOFTAP_IF, sofap_mac);  
wifi_get_macaddr(STATION_IF, sta_mac);
```

(4) 分别设置 station 接口和 soft-AP 接口的 MAC 地址。MAC 地址的设置不保存到 flash 中，先使能对应接口，才能设置该接口的 MAC 地址。

```
char sofap_mac[6] = {0x16, 0x34, 0x56, 0x78, 0x90, 0xab};  
char sta_mac[6] = {0x12, 0x34, 0x56, 0x78, 0x90, 0xab};  
  
wifi_set_macaddr(SOFTAP_IF, sofap_mac);  
wifi_set_macaddr(STATION_IF, sta_mac);
```

(5) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

(6) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

**注意：**

1. ESP8266 soft-AP 和 station 的 MAC 地址并不相同，请勿设置为同一 MAC 地址。
2. ESP8266 MAC 地址第一个字节的 bit 0 不能为 1。例如，MAC 地址可设置为 “1a:fe:36:97:d5:7b”，但不能设置为 “15:fe:36:97:d5:7b”。

运行结果：

```
ESP8266 station MAC :18:fe:34:97:f7:40
ESP8266 soft-AP MAC :1a:fe:34:97:f7:40
ESP8266 station new MAC :12:34:56:78:90:ab
ESP8266 soft-AP new MAC :16:34:56:78:90:ab
```

7. 基本示例：扫描附近 AP

- (1) 设置 ESP8266 为 station 模式或者 station+soft-AP 共存模式。

```
wifi_set_opmode(STATIONAP_MODE);
```

- (2) 扫描附近 AP

`wifi_station_scan` 如果第一个参数为 NULL，则扫描附近所有 AP；如果第一个参数设置了特定 SSID、channel 等信息，则返回特定的 AP。

```
wifi_station_scan(NULL, scan_done);
```

扫描 AP 完成的回调函数

```
void scan_done(void *arg, STATUS status)
{
    uint8 ssid[33];
    char temp[128];

    if (status == OK){
        struct bss_info *bss_link = (struct bss_info *)arg;
        bss_link = bss_link->next.stqe_next;//ignore the first one , it's invalid.

        while (bss_link != NULL)
        {
            memset(ssid, 0, 33);
            if (strlen(bss_link->ssid) <= 32)
```



```
        memcpy(ssid, bss_link->ssid, strlen(bss_link->ssid));
    else
        memcpy(ssid, bss_link->ssid, 32);

    printf("(%d,\"%s\",%d,\"\"MACSTR\"\",%d)\r\n",
           bss_link->authmode, ssid, bss_link->rssi,
           MAC2STR(bss_link->bssid),bss_link->channel);
    bss_link = bss_link->next.stqe_next;
}
}
else{
    printf("scan fail !!!\r\n");
}
}
```

- (3) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (4) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
Hello, welcome to scan-task!
scandone
(0,"ESP_A13319",-41,"1a:fe:34:a1:33:19",1)
(4,"sscgov217",-75,"80:89:17:79:63:cc",1)
(0,"ESP_97F0B1",-46,"1a:fe:34:97:f0:b1",1)
(0,"ESP_A1327E",-36,"1a:fe:34:a1:32:7e",1)
```

8. 基本示例：获取 AP 的 RF 信号强度 (RSSI)

- (1) 如果 ESP8266 station 未连接路由，可以使用指定 SSID 扫描 AP 的方式，在扫描返回的信息中获得 RF 信号强度。

指定目标 AP 的 SSID：

```
#define DEMO_AP_SSID    "DEMO_AP"
```

指定 SSID 扫描特定 AP，扫描完成回调 `scan_done` 可参考前例。

```
struct scan_config config;
```




```
memset(&config, 0, sizeof(config));
config.ssid = DEMO_AP_SSID;

wifi_station_scan(&config, scan_done);
```

- (2) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (3) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
Hello, welcome to scan-task!
scandone
(3,"DEMO_AP",-49,"aa:5b:78:30:46:0a",11)
```

9. 基本示例：从 Flash 读取数据

- (1) Flash 读写数据，要求必须 4 字节对齐。例如，从 Flash 读取数据：

```
#define SPI_FLASH_SEC_SIZE      4096

uint32 value;

uint8 *addr = (uint8 *)&value;

spi_flash_read(0x3E * SPI_FLASH_SEC_SIZE, (uint32 *)addr, 4);

printf("0x3E sec:%02x%02x%02x%02x\r\n", addr[0], addr[1], addr[2], addr[3]);
```

- (2) 向 Flash 写入数据同理，要求 4 字节对齐。先使用 `spi_flash_erase_sector` 擦除待写入区域，再使用接口 `spi_flash_write` 写入即可。例如，

```
uint32 data[M];

// TODO: fit in the data

spi_flash_erase_sector(N);

spi_flash_write(N*4*1024, data, M*4);
```

- (3) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (4) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
read data from 0x3E000 : 05 00 04 02
```



10. 基本示例：RTC 使用示例

- (1) 软件复位 (`system_restart`) 时，系统时间归零，但是 RTC 时间仍然继续。但是如果外部硬件通过 `EXT_RST` 脚或者 `CHIP_EN` 脚，将芯片复位后（包括 deep-sleep 定时唤醒的情况），RTC 时钟会复位。具体如下：

- 外部复位 (`EXT_RST`)：RTC memory 不变，RTC timer 寄存器从零计数
- watchdog reset：RTC memory 不变，RTC timer 寄存器不变
- `system_restart`：RTC memory 不变，RTC timer 寄存器不变
- 电源上电：RTC memory 随机值，RTC timer 寄存器从零计数
- `CHIP_EN` 复位：RTC memory 随机值，RTC timer 寄存器从零计数

例如，`system_get_rtc_time` 返回 10 (表示 10 个 RTC 周期)，`system_rtc_clock_cal_proc` 返回 5.75 (表示 1 个 RTC 周期为 5.75 微秒)，则实际时间为 $10 \times 5.75 = 57.5$ 微秒。

```
rtc_t = system_get_rtc_time();
cal = system_rtc_clock_cal_proc();
os_printf("cal: %d.%d \r\n", ((cal*1000)>>12)/1000, ((cal*1000)>>12)%1000 );
```

读写 RTC memory，请注意 RTC memory 只能 4 字节整存整取。

```
typedef struct {
    uint64 time_acc;
    uint32 magic ;
    uint32 time_base;
}RTC_TIMER_DEMO;

system_rtc_mem_read(64, &rtc_time, sizeof(rtc_time));
```

- (2) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (3) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
rtc_time: 1613921
cal: 6.406
```

11. 基本示例：非 OS SDK APP 如何移植为 RTOS SDK APP

- (1) 定时器 (timer) 的程序可通用，无需改动。



- (2) 回调函数 (callback) 的程序可通用，无需改动。
- (3) 创建任务的方式，需要改动。RTOS SDK 创建任务使用的是 freeRTOS 自带的软件接口：[xTaskCreate](#)。

非 OS SDK 创建任务：

```
#define Q_NUM    (10)
ETSEvent test_q[Q_NUM];

void test_task(ETSEvent *e)
{
    switch(e->sig)
    {
        case 1:
            func1(e->par);
            break;
        case 2:
            func2();
            break;
        case 3:
            func3();
            break;
        default:
            break;
    }
}

void func_send_Sig(void)
{
    ETSSignal sig = 2;
    system_os_post(2,sig,0);
}

void task_ini(void)
{
    system_os_task(test_task, 2, test_q, Q_NUM);
    // test_q is the corresponding array of test_task.
    // (2) is the priority of test_task.
    // Q_NUM is the queue length of test_task.
}
```

RTOS SDK 创建任务：



```
#define Q_NUM    (10)
xQueueHandle test_q;
xTaskHandle test_task_hdl;
void test_task(void *pvParameters)
{
    int *sig;
    for(;;){
        if(pdTRUE == xQueueReceive(test_q, &sig, (portTickType)portMAX_DELAY) ){
            vTaskSuspendAll();
            switch(*sig)
            {
                case 1:
                    func1();
                    break;
                case 2:
                    func2();
                    break;
                default:
                    break;
            }
            free(sig);
            xTaskResumeAll();
        }
    }
}

void func_send_Sig(void)
{
    int *evt = (int *)malloc(sizeof(int));
    *evt = 2;
    if(xQueueSend(test_q,&evt,10/portTick_RATE_MS)!=pdTRUE){
        os_printf("test_q is full\n");
    }
    // It is the address of parameter that stored in test_q, so int *evt and int
    // *sig can be other types.
}

void task_ini(void)
{
    test_q = xQueueCreate(Q_NUM,sizeof(void *));
    xTaskCreate(test_task,(signed portCHAR *)"test_task", 512, NULL, (1),
        &test_task_hdl );
    // 512 means the heap size of this task, 512 * 4 byte.
```



```
// NULL is a pointer of parameter to test_task.  
// (1) is the priority of test_task.  
// test_task_hdl is the pointer of the task of test_task.  
}
```



3.3. 网络协议示例

ESP8266_RTOS_SDK 的网络协议即 socket 编程，示例包含如下：

- UDP 传输示例
- TCP 连接示例
 - ESP8266 作为 TCP client
 - ESP8266 作为 TCP server

1. 网络示例：UDP 传输

(1) 设定 UDP 本地端口号，例如，端口号为 1200。

```
#define UDP_LOCAL_PORT 1200
```

(2) 创建 socket

```
LOCAL int32 sock_fd;
struct sockaddr_in server_addr;

memset(&server_addr, 0, sizeof(server_addr));
server_addr.sin_family = AF_INET;
server_addr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
server_addr.sin_port = htons(UDP_LOCAL_PORT);
server_addr.sin_len = sizeof(server_addr);

do{
    sock_fd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
    if (sock_fd == -1) {
        printf("ESP8266 UDP task > failed to create sock!\n");
        vTaskDelay(1000/portTICK_RATE_MS);
    }
}while(sock_fd == -1);

printf("ESP8266 UDP task > socket OK!\n");
```

(3) 绑定本地端口

```
do{
    ret = bind(sock_fd, (struct sockaddr *)&server_addr, sizeof(server_addr));
    if (ret != 0) {
        printf("ESP8266 UDP task > captdns_task failed to bind sock!\n");
    }
}
```



```
        vTaskDelay(1000/portTICK_RATE_MS);
    }
}while(ret != 0);

printf("ESP8266 UDP task > bind OK!\n");
```

(4) 收发 UDP 数据

```
while(1){
    memset(udp_msg, 0, UDP_DATA_LEN);
    memset(&from, 0, sizeof(from));

    setsockopt(sock_fd, SOL_SOCKET, SO_RCVTIMEO, (char *)&NetTimeout,
sizeof(int));
    fromlen = sizeof(struct sockaddr_in);
    ret = recvfrom(sock_fd, (uint8 *)udp_msg, UDP_DATA_LEN, 0, (struct sockaddr
*)&from, (socklen_t *)&fromlen);
    if (ret > 0) {
        printf("ESP8266 UDP task > recv %d Bytes from %s, Port %d\n", ret,
inet_ntoa(from.sin_addr), ntohs(from.sin_port));

        sendto(sock_fd, (uint8 *)udp_msg, ret, 0, (struct sockaddr *)&from,
fromlen);
    }
}

if(udp_msg){
    free(udp_msg);
    udp_msg = NULL;
}

close(sock_fd);
```

(5) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

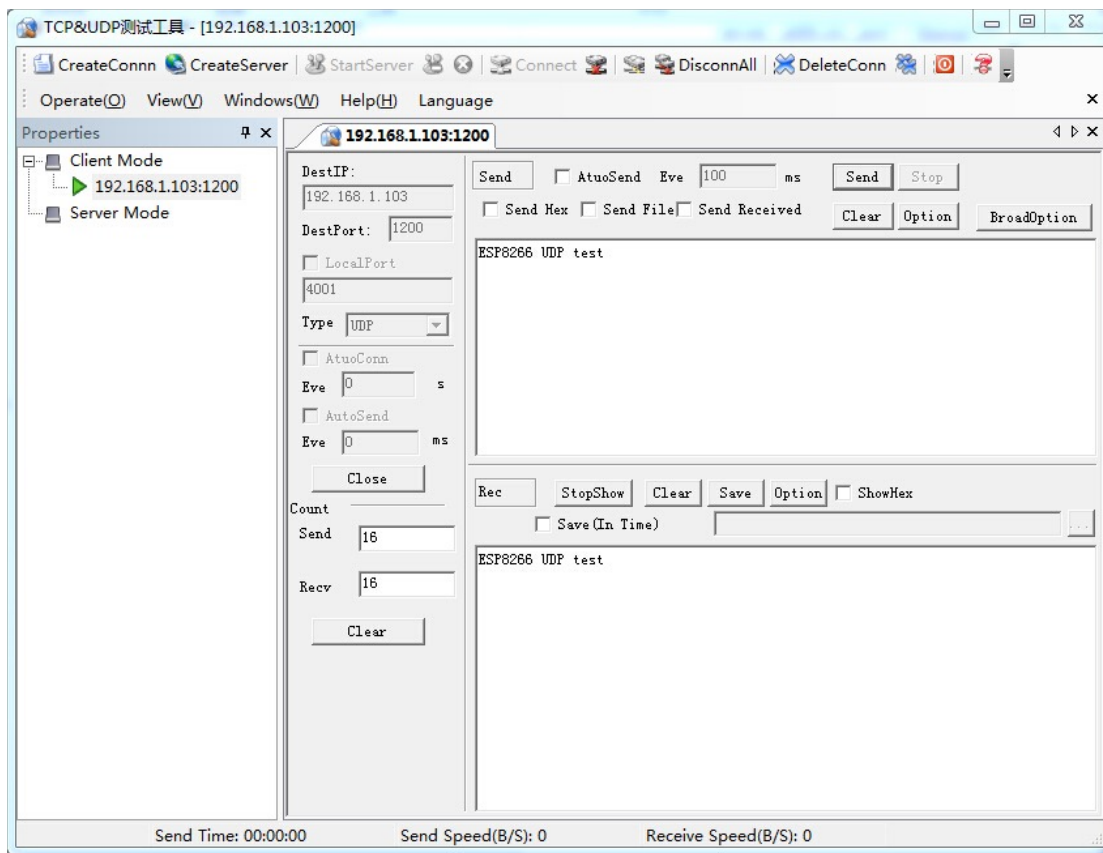
(6) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
ip:192.168.1.103,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1
ESP8266 UDP task > socket ok!
ESP8266 UDP task > bind ok!
ESP8266 UDP task > recv data 16 Bytes from 192.168.1.112, Port 57233
```

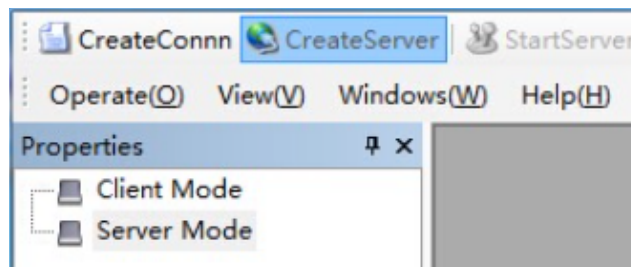


在 PC 端使用网络调试工具，建立 UDP 通信，向 ESP8266 UDP 端口发送数据“ESP8266 UDP test”，ESP8266 收到 UDP 数据后，回复同样的消息给 PC。



2. 网络示例：TCP client

- (1) 设置 ESP8266 station 连接路由，示例可参考前例。
- (2) 使用网络调试工具建立一个 TCP server



```
#define SERVER_IP      "192.168.1.124"
#define SERVER_PORT    1001
```

- (3) socket 编程实现 TCP 通信。



建立 socket :

```
sta_socket = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (-1 == sta_socket) {
    close(sta_socket);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
    printf("ESP8266 TCP client task > socket fail!\n");
    continue;
}
printf("ESP8266 TCP client task > socket ok!\n");
```

建立 TCP 连接:

```
bzero(&remote_ip, sizeof(struct sockaddr_in));
remote_ip.sin_family = AF_INET;
remote_ip.sin_addr.s_addr = inet_addr(SERVER_IP);
remote_ip.sin_port = htons(SERVER_PORT);

if (0 != connect(sta_socket, (struct sockaddr *)&remote_ip, sizeof(struct
sockaddr))) {
    close(sta_socket);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
    printf("ESP8266 TCP client task > connect fail!\n");
    continue;
}
printf("ESP8266 TCP client task > connect ok!\n");
```

TCP 通信, 发送数据包:

```
if (write(sta_socket, pbuf, strlen(pbuf) + 1) < 0){
    close(sta_socket);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
    printf("ESP8266 TCP client task > send fail\n");
    continue;
}
printf("ESP8266 TCP client task > send success\n");
free(pbuf);
```

TCP 通信, 接收数据包:

```
char *recv_buf = (char *)zalloc(128);
while ((recbytes = read(sta_socket, recv_buf, 128)) > 0) {
    recv_buf[recbytes] = 0;
    printf("ESP8266 TCP client task > recv data %d bytes!\nESP8266 TCP
client task > %s\n", recbytes, recv_buf);
```



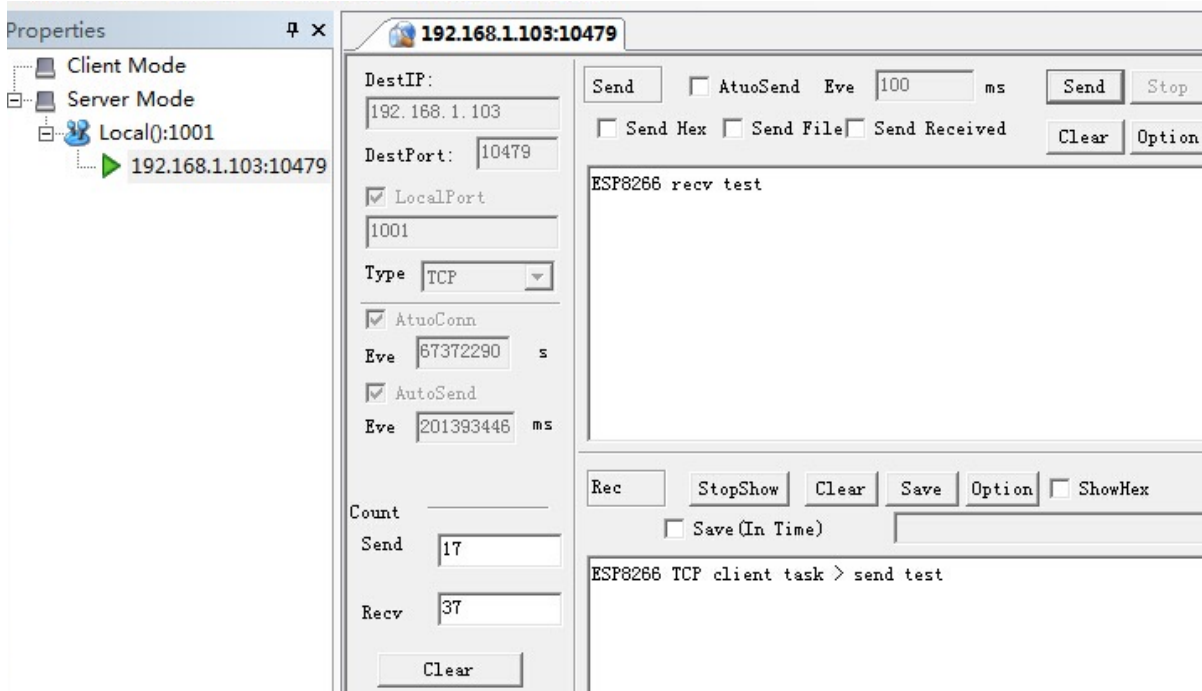
```
}  
free(recv_buf);  
  
if (recbytes <= 0) {  
    close(sta_socket);  
    printf("ESP8266 TCP client task > read data fail!\n");  
}
```

- (4) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。
- (5) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

```
ESP8266 TCP client task > socket ok!  
ESP8266 TCP client task > connect ok!  
ESP8266 TCP client task > send success  
ESP8266 TCP client task > recv data 17 bytes!  
ESP8266 TCP client task > ESP8266 recv test
```

网络调试工具端建立的 TCP server 与 ESP8266 成功 TCP 通信





3. 网络示例：TCP server

(1) 建立 TCP server，绑定本地端口。

```
#define SERVER_PORT 1002
int32 listenfd;
int32 ret;
struct sockaddr_in server_addr, remote_addr;
int stack_counter=0;

/* Construct local address structure */
memset(&server_addr, 0, sizeof(server_addr)); /* Zero out structure */
server_addr.sin_family = AF_INET; /* Internet address family */
server_addr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY; /* Any incoming interface */
server_addr.sin_len = sizeof(server_addr);
server_addr.sin_port = htons(httpd_server_port); /* Local port */

/* Create socket for incoming connections */
do{
    listenfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (listenfd == -1) {
        printf("ESP8266 TCP server task > socket error\n");
        vTaskDelay(1000/portTICK_RATE_MS);
    }
}while(listenfd == -1);

printf("ESP8266 TCP server task > create socket: %d\n", server_sock);

/* Bind to the local port */
do{
    ret = bind(listenfd, (struct sockaddr *)&server_addr,
sizeof(server_addr));
    if (ret != 0) {
        printf("ESP8266 TCP server task > bind fail\n");
        vTaskDelay(1000/portTICK_RATE_MS);
    }
}while(ret != 0);

printf("ESP8266 TCP server task > port:%d\n", ntohs(server_addr.sin_port));
```

建立 TCP server 侦听：



```
do{
    /* Listen to the local connection */
    ret = listen(listenfd, MAX_CONN);
    if (ret != 0) {
        printf("ESP8266 TCP server task > failed to set listen queue!\n");
        vTaskDelay(1000/portTICK_RATE_MS);
    }
}while(ret != 0);

printf("ESP8266 TCP server task > listen ok\n");
```

等待 TCP client 连入，建立 TCP 通信，接收数据包：

```
int32 client_sock;
int32 len = sizeof(struct sockaddr_in);

for (;;) {
    printf("ESP8266 TCP server task > wait client\n");
    /*block here waiting remote connect request*/
    if ((client_sock = accept(listenfd, (struct sockaddr *)&remote_addr,
(socklen_t *)&len)) < 0) {
        printf("ESP8266 TCP server task > accept fail\n");
        continue;
    }

    printf("ESP8266 TCP server task > Client from %s %d\n",
inet_ntoa(remote_addr.sin_addr), htons(remote_addr.sin_port));

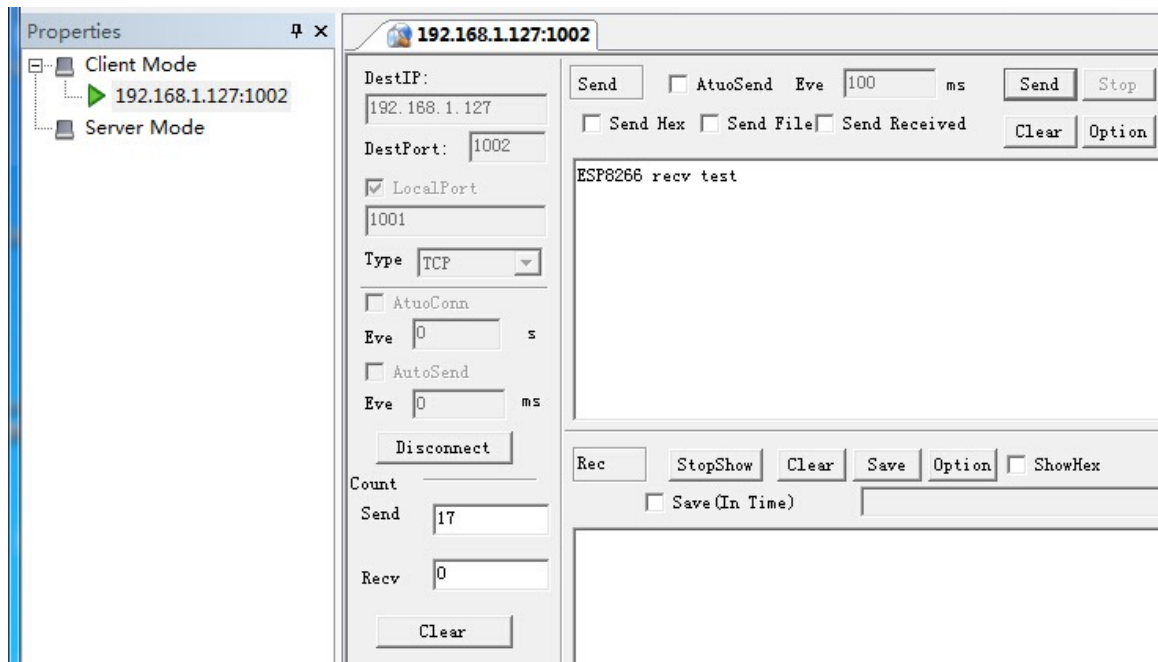
    char *recv_buf = (char *)zalloc(128);
    while ((recbytes = read(client_sock , recv_buf, 128)) > 0) {
        recv_buf[recbytes] = 0;
        printf("ESP8266 TCP server task > read data success %d!\nESP8266 TCP
server task > %s\n", recbytes, recv_buf);
    }
    free(recv_buf);

    if (recbytes <= 0) {
        printf("ESP8266 TCP server task > read data fail!\n");
        close(client_sock);
    }
}
```

(2) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。



- (3) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。
- (4) 使用网络调试工具建立一个 TCP client，连接到 ESP8266 TCP server，并发送数据。



运行结果：

```
ip:192.168.1.127,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1
got ip !!!
Hello, welcome to ESP8266 TCP server task!
ESP8266 TCP server task > create socket: 0
ESP8266 TCP server task > bind port: 1002
ESP8266 TCP server task > listen ok
ESP8266 TCP server task > wait client
ESP8266 TCP server task > Client from 192.168.1.108 1001
ESP8266 TCP server task > read data success 17!
ESP8266 TCP server task > ESP8266 rcv test
```



3.4. 高级应用示例

ESP8266_RTOS_SDK 的高级示例包含如下：

- OTA 固件升级
- 强制休眠示例
- spiffs 文件系统
- SSL 应用示例

1. 高级应用示例：OTA 固件升级

OTA 固件升级，是指 ESP8266 硬件模块通过 Wi-Fi 无线网络从服务器下载新版本固件，实现固件升级。

注意：

由于擦除 Flash 的过程较慢，边下载边擦写 Flash 可能占用较长时间，影响网络传输的稳定性。因此，请先调用 `spi_flash_erase_sector` 将 Flash 待升级区域擦除，再建立网络连接，从 OTA server 下载新固件，调用 `spi_flash_write` 写入 Flash。

- (1) 搭建用户自己的云端服务器，或者使用乐鑫的云端服务器。
- (2) 将新版本固件上传到云端服务器。
- (3) 代码说明如下：

设置 ESP8266 模块连接到路由器，示例可参考前述。在 `upgrade_task` 中查询 ESP8266 station 是否获取到 IP 地址

```
wifi_get_ip_info(STATION_IF, &ipconfig);

/* check the IP address or net connection state*/
while (ipconfig.ip.addr == 0) {
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
    wifi_get_ip_info(STATION_IF, &ipconfig);
}
```

ESP8266 获取到 IP 地址后，与云端服务器建立连接，可参考前例 socket 编程。

`system_upgrade_flag_set` 设置升级状态标志：

- `UPGRADE_FLAG_IDLE`：空闲状态。
- `UPGRADE_FLAG_START`：开始升级。
- `UPGRADE_FLAG_FINISH`：从服务器下载新版本固件完成。

`system_upgrade_userbin_check` 查询当前正在运行的是 user1.bin 还是 user2.bin，若正在运行 user1.bin 则下载 user2.bin，否则下载 user1.bin。

```
system_upgrade_init();
```



```
system_upgrade_flag_set(UPGRADE_FLAG_START);
```

向服务器发送下载请求，从服务器接收新固件数据，并写入 Flash。

```
if(write(sta_socket,server->url,strlen(server->url)+1) < 0) {  
    .....  
}  
while((recbytes = read(sta_socket ,precv_buf,UPGRADE_DATA_SEG_LEN)) > 0) {  
    // write the new firmware into flash by spi_flash_write  
}
```

设置一个软件定时器检查升级状态，如果定时器超时，仍未完成从服务器下载固件，则判断升级失败，将升级状态置回空闲，释放相关资源，退出本次升级。

若从服务器下载固件成功，升级状态设置为 `UPGRADE_FLAG_FINISH`，在此状态下，调用软件接口 `system_upgrade_reboot`，可控制 ESP8266 重新启动，运行新版本固件。

(4) 编译应用程序，生成固件烧录到 ESP8266 硬件模组中。

(5) 硬件模组掉电，切换到运行模式，重新上电，运行应用程序。

运行结果：

在 PC 端使用 webserver 工具，建立一个服务器，并上传 user1.bin 和 user2.bin，ESP8266 烧录固件后，默认先运行 user1.bin，从服务器下载 user2.bin。下载 user2.bin 成功后，ESP8266 模块自动重启，运行新固件 user2.bin，此时会从服务器下载 user1.bin，如此循环往复。





ESP8266 升级流程的打印信息：

```
connected with Demo_AP, channel 6
dhcp client start...
ip:192.168.1.127,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1
Hello, welcome to client!
socket ok!
connect ok!
GET /user2.bin HTTP/1.0
Host: "192.168.1.114":80
Connection: keep-alive
Cache-Control: no-cache
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 5.1) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/
30.0.1599.101 Safari/537.36
Accept: */*
Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch
Accept-Language: zh-CN,zh;q=0.8

send success
read data success!
upgrade file download start.
read data success!
totallen = 1460
read data success!
totallen = 2920
read data success!
... ..
```




2. 高级应用示例：强制休眠示例

强制休眠接口，在需要的情况下强制关闭 RF 电路以降低功耗。

注意：

强制休眠接口调用后，并不会立即休眠，而是等到系统 idle task 执行时才进入休眠。

请参考下述示例使用。

示例一：Modem-sleep 模式（关闭 RF）

```
#define FPM_SLEEP_MAX_TIME    0xFFFFFFFF

void fpm_wakup_cb_func1(void)
{
    wifi_fpm_close();                // disable force sleep function
    wifi_set_opmode(STATION_MODE);   // set station mode
    wifi_station_connect();          // connect to AP
}

void user_func(...)
{
    ...
    wifi_station_disconnect();
    wifi_set_opmode(NULL_MODE);      // set WiFi mode to null mode.
    wifi_fpm_set_sleep_type(MODEM_SLEEP_T); // modem sleep
    wifi_fpm_open();                 // enable force sleep
#ifdef SLEEP_MAX
    /* For modem sleep, FPM_SLEEP_MAX_TIME can only be wakened by calling
    wifi_fpm_do_wakeup. */
    wifi_fpm_do_sleep(FPM_SLEEP_MAX_TIME);
#else
    // wakeup automatically when timeout.
    wifi_fpm_set_wakeup_cb(fpm_wakup_cb_func1); // Set wakeup callback
    wifi_fpm_do_sleep(10*1000);
#endif
    ...
}
```



```
#ifndef SLEEP_MAX
void func1(void)
{
    wifi_fpm_do_wakeup();
    wifi_fpm_close();           // disable force sleep function
    wifi_set_opmode(STATION_MODE); // set station mode
    wifi_station_connect();     // connect to AP
}
#endif
```

示例二：Light-sleep 模式（关闭 RF 和 CPU）

强制进入 Light-sleep 模式，即强制关闭 RF 和 CPU，需要设置一个回调函数，以便唤醒后程序继续运行。

```
void fpm_wakup_cb_func1(void)
{
    wifi_fpm_close();           // disable force sleep function
    wifi_set_opmode(STATION_MODE); // set station mode
    wifi_station_connect();     // connect to AP
}

void user_func(...)
{
    wifi_station_disconnect();
    wifi_set_opmode(NULL_MODE); // set WiFi mode to null mode.
    wifi_fpm_set_sleep_type(LIGHT_SLEEP_T); // light sleep
    wifi_fpm_open();             // enable force sleep
    wifi_fpm_set_wakeup_cb(fpm_wakup_cb_func1); // Set wakeup callback
    wifi_fpm_do_sleep(10*1000);
    ...
}
```

3. 高级应用示例：spiffs 文件系统应用

(1) 调用软件接口 `esp_spiffs_init`，初始化 spiffs 文件系统。

```
void spiffs_fs1_init(void)
{
    struct esp_spiffs_config config;

    config.phys_size = FS1_FLASH_SIZE;
```



```
config.phys_addr = FS1_FLASH_ADDR;
config.phys_erase_block = SECTOR_SIZE;
config.log_block_size = LOG_BLOCK;
config.log_page_size = LOG_PAGE;
config.fd_buf_size = FD_BUF_SIZE * 2;
config.cache_buf_size = CACHE_BUF_SIZE;

esp_spiffs_init(&config);
}
```

(2) 打开并创建一个文件，写入数据。

```
char *buf="hello world";
char out[20] = {0};

int pfd = open("myfile", O_TRUNC | O_CREAT | O_RDWR, S_IRUSR | S_IWUSR);
if(pfd <= 3) {
    printf("open file error \n");
}
int write_byte = write(pfd, buf, strlen(buf));
if (write_byte <= 0)
{
    printf("write file error \n");
}
close(pfd);
```

(3) 通过文件系统读取数据。

```
open("myfile",O_RDWR);
if (read(pfd, out, 20) < 0)
    printf("read errno \n");
close(pfd);
printf("--> %s <--\n", out);
```

4. 高级应用示例：SSL 应用示例

(1) 定义将连接的 SSL server IP 和端口。

```
#define SSL_SERVER_IP    "115.29.202.58"
#define SSL_SERVER_PORT  443

esp_test *pTestParamer = (esp_test *)zalloc(sizeof(esp_test));
```



```
pTestParamer->ip.addr = ipaddr_addr(SSL_SERVER_IP);  
pTestParamer->port = server_port;
```

- (2) 创建 SSL client 的任务

```
xTaskCreate(esp_client, "esp_client", 1024, (void*)pTestParamer, 4, NULL);
```

- (3) 参考前文示例，设置 ESP8266 station 连接路由。在 SSL client 的任务中，先检查 ESP8266 station 获得了 IP 地址，再建立 SSL 连接。

```
struct ip_info ipconfig;  
wifi_get_ip_info(STATION_IF, &ipconfig);  
  
while (ipconfig.ip.addr == 0) {  
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);  
    wifi_get_ip_info(STATION_IF, &ipconfig);  
}
```

- (4) 建立 socket 连接。

```
client_fd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP);  
if (client_fd < 0){  
    printf("create with the socket err\n");  
}  
memset(&client_addr, 0, sizeof(client_addr));  
client_addr.sin_family = AF_INET;  
client_addr.sin_port = htons(port);  
client_addr.sin_addr.s_addr = sin_addr;  
  
if(connect(client_fd, (struct sockaddr *)&client_addr, sizeof(client_addr))< 0)  
    printf("connect with the host err\n");
```

- (5) 创建 SSL 上下文内容 (context)。SSL 需要较大内存，建议调用 `system_get_free_heap_size` 检查可用内存容量。

```
uint32 options = SSL_SERVER_VERIFY_LATER|SSL_DISPLAY_CERTS|SSL_NO_DEFAULT_KEY;  
if ((ssl_ctx = ssl_ctx_new(options, SSL_DEFAULT_CLNT_SESS)) == NULL){  
    printf("Error: Client context is invalid\n");  
}  
printf("heap_size %d\n",system_get_free_heap_size());
```

- (6) 如果开发者需要认证功能，如果不使用 spiffs 文件系统，请先运行 `esp_iot_sdk_freertos\tools\make_cert.py` 脚本，生成 `esp_ca_cert.bin` 文件，烧录到 Flash 自定义地址。



以下代码示例从 Flash 读取 SSL 密钥和证书信息。

```
uint8 flash_offset = 0x78;    // Example : Flash address 0x78000

if (ssl_obj_option_load(ssl_ctx, SSL_OBJ_RSA_KEY, "XX.key", password,
    flash_offset)){
    printf("Error: the Private key is undefined.\n");
}

if (ssl_obj_option_load(ssl_ctx, SSL_OBJ_X509_CERT, "XX.cer", NULL,
    flash_offset)){
    printf("Error: the Certificate is undefined.\n");
}
```

如果使用 spiffs 文件系统，请运行工具 spiffy (<https://github.com/xlfe/spiffy>，注意，此工具内的 spiffs_config.h 文件必须修改成与 RTOS SDK 中的 spiffs_config.h 一致)，生成符合 spiffs 格式的 spiff_rom.bin 文件，烧录到 Flash spiffs 配置的地址，可参考前例 [esp_spiffs_init](#)。

以下代码示例使用 spiffs 文件系统的情况下，读取 SSL 密钥和证书信息。

```
if (ssl_obj_load(ssl_ctx, SSL_OBJ_RSA_KEY, "XX.key", password)){
    printf("Error: the Private key is undefined.\n");
}

if (ssl_obj_load(ssl_ctx, SSL_OBJ_X509_CERT, "XX.cer", NULL)){
    printf("Error: the Certificate is undefined.\n");
}
```

(7) 开始 SSL client 握手。

```
ssl = ssl_client_new(ssl_ctx, client_fd, NULL, 0);
if (ssl != NULL){
    printf("client handshake start\n");
}
```

(8) 检查 SSL 连接状态。

```
if ((res = ssl_handshake_status(ssl)) == SSL_OK){
    ...
}
```

(9) 如果 SSL 握手成功，则可以释放证书，节省内存空间。

```
const char *common_name = ssl_get_cert_dn(ssl, SSL_X509_CERT_COMMON_NAME);
if (common_name){
    printf("Common Name:\t\t\t%s\n", common_name);
}
```



```
display_session_id(ssl);
display_cipher(ssl);
quiet = true;
os_printf("client handshake ok! heapsize %d\n",system_get_free_heap_size());
x509_free(ssl->x509_ctx);
ssl->x509_ctx=NULL;
os_printf("certificate free ok! heapsize %d\n",system_get_free_heap_size());
```

(10) 发送 SSL 数据。

```
uint8 buf[512];
bzero(buf, sizeof(buf));
sprintf(buf,httphead,"/", "iot.espressif.cn",port);
os_printf("%s\n", buf);
if(ssl_write(ssl, buf, strlen(buf)+1) < 0) {
    ssl_free(ssl);
    ssl_ctx_free(ssl_ctx);
    close(client_fd);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
    os_printf("send fail\n");
    continue;
}
```

(11) 接收 SSL 数据。

```
while((recbytes = ssl_read(ssl, &read_buf)) >= 0) {
    if(recbytes == 0){
        vTaskDelay(500 / portTICK_RATE_MS);
        continue;
    }
    os_printf("%s\n", read_buf);
}

free(read_buf);
if(recbytes < 0) {
    os_printf("ERROR:read data fail! recbytes %d\r\n",recbytes);
    ssl_free(ssl);
    ssl_ctx_free(ssl_ctx);

    close(client_fd);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_RATE_MS);
}
```



```
}
```

运行结果：

```
ip:192.168.1.127,mask:255.255.255.0,gw:192.168.1.1
-----BEGIN SSL SESSION PARAMETERS-----
4ae116a6a0445b369f010e0ea5420971497e92179a6602c8b5968c1f35b60483
-----END SSL SESSION PARAMETERS-----
CIPHER is AES128-SHA
client handshake ok! heapsize 38144
certificate free ok! heapsize 38144
GET / HTTP/1.1
Host: iot.espressif.cn:443
Connection: keep-alive
.....
```



4.

附录

4.1. Sniffer 结构体说明

ESP8266 可以进入混杂模式（sniffer），接收空中的 IEEE802.11 包。可支持如下 HT20 的包：

- 802.11b
- 802.11g
- 802.11n (MCS0 到 MCS7)
- AMPDU

以下类型不支持：

- HT40
- LDPC

尽管有些类型的 IEEE802.11 包是 ESP8266 不能完全接收的，但 ESP8266 可以获得它们的包长。

因此，sniffer 模式下，ESP8266 或者可以接收完整的包，或者可以获得包的长度：

- ESP8266 可完全接收的包，它包含：
 - 一定长度的 MAC 头信息 (包含了收发双方的 MAC 地址和加密方式)
 - 整个包的长度
- ESP8266 不可完全接收的包，它包含：
 - 整个包的长度

结构体 `RxControl` 和 `sniffer_buf` 分别用于表示了这两种类型的包。其中结构体 `sniffer_buf` 包含结构体 `RxControl`。

```
struct RxControl {
    signed rssi:8;           // signal intensity of packet
    unsigned rate:4;
    unsigned is_group:1;
    unsigned:1;
    unsigned sig_mode:2;     // 0:is 11n packet; 1:is not 11n packet;
    unsigned legacy_length:12; // if not 11n packet, shows length of packet.
    unsigned damatch0:1;
    unsigned damatch1:1;
    unsigned bssidmatch0:1;
```




```
    unsigned bssidmatch1:1;
    unsigned MCS:7;           // if is 11n packet, shows the modulation
                               // and code used (range from 0 to 76)
    unsigned CWB:1; // if is 11n packet, shows if is HT40 packet or not
    unsigned HT_length:16; // if is 11n packet, shows length of packet.
    unsigned Smoothing:1;
    unsigned Not_Sounding:1;
    unsigned:1;
    unsigned Aggregation:1;
    unsigned STBC:2;
    unsigned FEC_CODING:1; // if is 11n packet, shows if is LDPC packet or not.
    unsigned SGI:1;
    unsigned rxend_state:8;
    unsigned ampdu_cnt:8;
    unsigned channel:4; //which channel this packet in.
    unsigned:12;
};

struct LenSeq{
    u16 len; // length of packet
    u16 seq; // serial number of packet, the high 12bits are serial number,
            // low 14 bits are Fragment number (usually be 0)
    u8 addr3[6]; // the third address in packet
};

struct sniffer_buf{
    struct RxControl rx_ctrl;
    u8 buf[36]; // head of ieee80211 packet
    u16 cnt;    // number count of packet
    struct LenSeq lenseq[1]; //length of packet
};

struct sniffer_buf2{
    struct RxControl rx_ctrl;
    u8 buf[112];
    u16 cnt;
    u16 len; //length of packet
};
```



回调函数 `wifi_promiscuous_rx` 含两个参数 (`buf` 和 `len`)。 `len` 表示 `buf` 的长度，分为三种情况： `len = 128`， `len` 为 10 的整数倍， `len = 12`：

LEN == 128 的情况

- `buf` 的数据是结构体 `sniffer_buf2`，该结构体对应的数据包是管理包，含有 112 字节的数据。
- `sniffer_buf2.cnt` 为 1。
- `sniffer_buf2.len` 为管理包的长度。

LEN 为 10 整数倍的情况

- `buf` 的数据是结构体 `sniffer_buf`，该结构体是比较可信的，它对应的数据包是通过 CRC 校验正确的。
- `sniffer_buf.cnt` 表示了该 `buf` 包含的包的个数， `len` 的值由 `sniffer_buf.cnt` 决定。
 - ▶ `sniffer_buf.cnt==0`, 此 `buf` 无效；否则， `len = 50 + cnt * 10`
- `sniffer_buf.buf` 表示 IEEE802.11 包的前 36 字节。从成员 `sniffer_buf.lenseq[0]` 开始，每一个 `lenseq` 结构体表示一个包长信息。
- 当 `sniffer_buf.cnt > 1`，由于该包是一个 AMPDU，认为每个 MPDU 的包头基本是相同的，因此没有给出所有的 MPDU 包头，只给出了每个包的长度 (从 MAC 包头开始到 FCS)。
- 该结构体中较为有用的信息有：包长、包的发送者和接收者、包头长度。

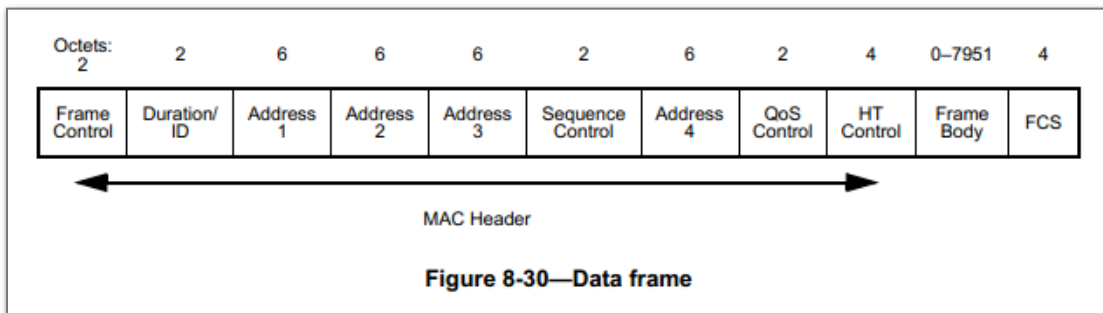
LEN == 12 的情况

- `buf` 的数据是一个结构体 `RxControl`，该结构体的是不太可信的，它无法表示包所属的发送和接收者，也无法判断该包的包头长度。
- 对于 AMPDU 包，也无法判断子包的个数和每个子包的长度。
- 该结构体中较为有用的信息有：包长， `rss` 和 `FEC_CODING`。
- `RSSI` 和 `FEC_CODING` 可以用于评估是否是同一个设备所发。

总结

使用时要加快单个包的处理，否则，可能出现后续的一些包的丢失。

下图展示的是一个完整的 IEEE802.11 数据包的格式：





- Data 帧的 MAC 包头的前 24 字节是必须有的:
 - Address 4 是否存在是由 Frame Control 中的 FromDS 和 ToDS 决定的;
 - QoS Control 是否存在是由 Frame Control 中的 Subtype 决定的;
 - HT Control 域是否存在是由 Frame Control 中的 Order Field 决定的;
 - 具体可参见 IEEE Std 80211-2012.
- 对于 WEP 加密的包, 在 MAC 包头后面跟随 4 字节的 IV, 在包的结尾 (FCS 前) 还有 4 字节的 ICV。
- 对于 TKIP 加密的包, 在 MAC 包头后面跟随 4 字节的 IV 和 4 字节的 EIV, 在包的结尾 (FCS 前) 还有 8 字节的 MIC 和 4 字节的 ICV。
- 对于 CCMP 加密的包, 在 MAC 包头后面跟随 8 字节的 CCMP header, 在包的结尾 (FCS 前) 还有 8 字节的 MIC。

4.2. ESP8266 soft-AP 和 station 信道定义

虽然 ESP8266 支持 soft-AP + station 共存模式, 但是它实际只有一个硬件信道。因此在 soft-AP + station 模式时, ESP8266 soft-AP 会动态调整信道值与 ESP8266 station 一致。

这个限制会导致 soft-AP + station 模式时一些行为上的不便, 用户需要注意。例如:

情况一

- (1) 如果 ESP8266 station 连接到一个路由 (假设路由信道号为 6)
- (2) 通过接口 `wifi_softap_set_config` 设置 ESP8266 soft-AP
- (3) 如果设置值合法有效, API 将返回 true, 但信道号设置后仍然会被 ESP8266 自动调节成与 ESP8266 station 接口一致, 在这个例子里也就是信道号为 6。因为 ESP8266 在硬件上就只有一个信道。

情况二

- (1) 先使用接口 `wifi_softap_set_config` 设置了 ESP8266 soft-AP (例如信道号为 5)
- (2) 其他 station 连接到 ESP8266 soft-AP
- (3) 将 ESP8266 station 连接到路由 (假设路由信道号为 6)
- (4) ESP8266 soft-AP 会调整信道号与 ESP8266 station 一致 (信道 6)
- (5) 由于信道改变, 之前连接到 ESP8266 soft-AP 的 station 的 WiFi 连接会断开。

情况三

- (1) 其他 station 与 ESP8266 soft-AP 建立连接
- (2) 如果 ESP8266 station 一直尝试扫描或连接某路由, 可能导致 ESP8266 softAP 端的连接断开。

因为 ESP8266 station 会遍历各个信道查找目标路由, 意味着 ESP8266 其实在不停切换信道, ESP8266 soft-AP 的信道也因此不停更改。这可能导致 ESP8266 softAP 端的原有连接断开。

这种情况, 用户可以通过设置定时器, 超时后调用 `wifi_station_disconnect` 停止 ESP8266 station 不断连接路由的尝试; 或者在初始配置时, 调用 `wifi_station_set_reconnect_policy` 和 `wifi_station_set_auto_connect` 禁止 ESP8266 station 尝试重连路由。



4.3. ESP8266 启动信息说明

ESP8266 启动时，将从 UART0 以波特率 74880 打印如下启动信息：

```
ets Jan 8 2013,rst cause:2, boot mode:(3,6)

load 0x4010f000, len 1264, room 16

tail 0

chksum 0x42

csum 0x42
```

其中可供用户参考的启动信息说明如下：

启动信息	说明
rst cause	1: power on
	2: external reset
	4: hardware watchdog-reset
boot mode 第一个参数	1：ESP8266 处于 UART-down 模式，可通过 UART 下载固件
	3：ESP8266 处于 Flash-boot 模式，从 Flash 启动运行
chksum	chksum 与 csum 值相等，表示启动过程中 Flash 读取正确