ESP32-C3

ESP-AT 用户指南



Release latest

乐鑫信息科技

2025 年 12 月 17 日

Table of contents

Table of contents i

1 入门指南 3
- 1.1 ESP-AT 是什么 . . . 3
- 1.2 技术选型 . . . 4
  - 1.2.1 硬件选型 . . . 4
  - 1.2.2 AT 软件方案选型 . . . 4
  - 1.2.3 项目初期准备 . . . 6
- 1.3 硬件连接 . . . 6
  - 1.3.1 硬件准备 . . . 6
  - 1.3.2 ESP32-C3 系列 . . . 7
- 1.4 下载指导 . . . 7
  - 1.4.1 下载 AT 固件 . . . 8
  - 1.4.2 烧录 AT 固件至设备 . . . 9
  - 1.4.3 检查 AT 固件是否烧录成功 . . . 11

2 AT 固件 15
- 2.1 发布的固件 . . . 15
  - 2.1.1 介绍 . . . 15
  - 2.1.2 ESP32-C3-MINI-1 系列 . . . 15
  - 2.1.3 订阅 AT 版本发布 . . . 16
  - 2.1.4 AT 发布固件差异 . . . 16
- 2.2 AT 固件简介 . . . 17

3 AT 命令集 19
- 3.1 基础 AT 命令集 . . . 19
  - 3.1.1 介绍 . . . 20
  - 3.1.2 AT：测试 AT 启动 . . . 20
  - 3.1.3 AT+RST：重启模块 . . . 20
  - 3.1.4 AT+GMR：查看版本信息 . . . 21
  - 3.1.5 AT+CMD：查询当前固件支持的所有命令及命令类型 . . . 21
  - 3.1.6 AT+GSLP：进入 Deep-sleep 模式 . . . 22
  - 3.1.7 ATE：开启或关闭 AT 回显功能 . . . 22
  - 3.1.8 AT+RESTORE：恢复出厂设置 . . . 23
  - 3.1.9 AT+SAVETRANSLINK：设置开机 Network/Bluetooth LE 透传模式信息 . . . 23
  - 3.1.10 AT+TRANSINTVL：设置透传模式模式下的数据发送间隔 . . . 26
  - 3.1.11 AT+UART_CUR：设置 UART 当前临时配置，不保存到 flash . . . 27
  - 3.1.12 AT+UART_DEF：设置 UART 默认配置，保存到 flash . . . 28
  - 3.1.13 AT+SLEEP：设置睡眠模式 . . . 29
  - 3.1.14 AT+SYSRAM：查询堆空间使用情况 . . . 30
  - 3.1.15 AT+SYSMSG：查询/设置系统提示信息 . . . 32
  - 3.1.16 AT+SYSMSGFILTER：启用或禁用系统消息过滤 . . . 33
  - 3.1.17 AT+SYSMSGFILTERCFG：查询/配置系统消息的过滤器 . . . 34
  - 3.1.18 AT+SYSFLASH：查询或读写 flash 用户分区 . . . 37
  - 3.1.19 AT+SYSMFG：查询或读写 manufacturing nvs 用户分区 . . . 38
  - 3.1.20 AT+RFPOWER：查询/设置 RF TX Power . . . 41
  - 3.1.21 说明 . . . 42

3.1.22 AT：RF 全面校准 . . . 42
3.1.23 说明 . . . 43
3.1.24 AT+SYSROLLBACK：回滚到以前的固件 . . . 43
3.1.25 AT+SYSTIMESTAMP：查询/设置本地时间戳 . . . 44
3.1.26 AT+SYSLOG：启用或禁用 AT 错误代码提示 . . . 44
3.1.27 AT+SLEEPWKCFG：设置 Light-sleep 唤醒源和唤醒 GPIO . . . 46
3.1.28 AT+SYSSTORE：设置参数存储模式 . . . 47
3.1.29 AT+SYSREG：读写寄存器 . . . 48
3.1.30 AT+SYSTEMP：读取芯片内部摄氏温度值 . . . 49
3.2 Wi-Fi AT 命令集 . . . 49
3.2.1 介绍 . . . 50
3.2.2 AT+CWINIT：初始化/清理 Wi-Fi 驱动程序 . . . 50
3.2.3 AT+CWMODE：查询/设置 Wi-Fi 模式 (Station/SoftAP/Station+SoftAP) . . . 51
3.2.4 AT+CWBANDWIDTH：查询/设置 Wi-Fi 带宽 . . . 52
3.2.5 AT+CWSTATE：查询 Wi-Fi 状态和 Wi-Fi 信息 . . . 53
3.2.6 AT+CWCONFIG：查询/设置 Wi-Fi 非活动时间和监听间隔时间 . . . 53
3.2.7 AT+CWJAP：连接 AP . . . 54
3.2.8 AT+CWRECONNCFG：查询/设置 Wi-Fi 重连配置 . . . 56
3.2.9 AT+CWLAPOPT：设置 AT+CWLAP 命令扫描结果的属性 . . . 57
3.2.10 AT+CWLAP：扫描当前可用的 AP . . . 59
3.2.11 AT+CWQAP：断开与 AP 的连接 . . . 60
3.2.12 AT+CWSAP：配置 ESP32-C3 SoftAP 参数 . . . 60
3.2.13 AT+CWLIF：查询连接到 ESP32-C3 SoftAP 的 station 信息 . . . 62
3.2.14 AT+CWQIF：断开 station 与 ESP32-C3 SoftAP 的连接 . . . 62
3.2.15 AT+CWDHCP：启用/禁用 DHCP . . . 63
3.2.16 AT+CWDHCPS：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP DHCP 分配的 IPv4 地址范围 . . . 64
3.2.17 AT+CWAUTOCONN：查询/设置上电是否自动连接 AP . . . 65
3.2.18 AT+CWAPPROTO：查询/设置 SoftAP 模式下 Wi-Fi 协议标准 . . . 65
3.2.19 AT+CWSTAPROTO：设置 Station 模式下 Wi-Fi 协议标准 . . . 66
3.2.20 AT+CIPSTAMAC：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址 . . . 67
3.2.21 AT+CIPAPMAC：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址 . . . 68
3.2.22 AT+CIPSTA：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 IP 地址 . . . 69
3.2.23 AT+CIPAP：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 IP 地址 . . . 70
3.2.24 AT+CWSTARTSMART：开启 SmartConfig . . . 71
3.2.25 AT+CWSTOPSMART：停止 SmartConfig . . . 72
3.2.26 AT+WPS：设置 WPS 功能 . . . 72
3.2.27 AT+CWJEAP：连接 WPA2 企业版 AP . . . 73
3.2.28 AT+CWHOSTNAME：查询/设置 ESP32-C3 Station 的主机名称 . . . 75
3.2.29 AT+CWCOUNTRY：查询/设置 Wi-Fi 国家代码 . . . 76
3.3 TCP/IP AT 命令 . . . 77
3.3.1 介绍 . . . 78
3.3.2 AT+CIPV6: 启用/禁用 IPv6 网络 (IPv6) . . . 78
3.3.3 AT+CIPSTATE：查询 TCP/UDP/SSL 连接信息 . . . 79
3.3.4 AT+CIPDOMAIN：域名解析 . . . 80
3.3.5 AT+CIPSTART：建立 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接 . . . 81
3.3.6 AT+CIPSTARTEX：建立自动分配 ID 的 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接 . . . 85
3.3.7 [仅适用数据模式] +++：退出数据模式 . . . 85
3.3.8 AT+CIPSEND：在普通传输模式或 Network 透传模式下发送数据 . . . 85
3.3.9 AT+CIPSENDL：在普通传输模式下并行发送长数据 . . . 87
3.3.10 AT+CIPSENDLCFG: 设置 AT+CIPSENDL 命令的属性 . . . 88
3.3.11 AT+CIPSENDEX：在普通传输模式下采用扩展的方式发送数据 . . . 89
3.3.12 AT+CIPCLOSE：关闭 TCP/UDP/SSL 连接 . . . 89
3.3.13 AT+CIPCONNPERSIST：查询、设置 TCP/SSL 连接持久化参数 . . . 90
3.3.14 AT+CIFSR：查询本地 IP 地址和 MAC 地址 . . . 91
3.3.15 AT+CIPMUX：启用/禁用多连接模式 . . . 92
3.3.16 AT+CIPSERVER：建立/关闭 TCP 或 SSL 服务器 . . . 93
3.3.17 AT+CIPSERVERMAXCONN：查询/设置服务器允许建立的最大连接数 . . . 94
3.3.18 AT+CIPMODE：查询/设置传输模式 . . . 95

3.3.19 AT+CIPSTO：查询/设置本地 TCP/SSL 服务器超时时间 . . . 96
3.3.20 AT+CIPSNTPCFG：查询/设置时区和 SNTP 服务器 . . . 97
3.3.21 AT+CIPSNTPTIME：查询 SNTP 时间 . . . 98
3.3.22 AT+CIPSNTPINTV：查询/设置 SNTP 时间同步的间隔 . . . 99
3.3.23 AT+CIPFWVER：查询服务器已有的 AT 固件版本 . . . 99
3.3.24 AT+CIUPDATE：通过 Network 升级固件 . . . 100
3.3.25 AT+CIPDINFO：设置 +IPD 消息详情 . . . 102
3.3.26 AT+CIPSSLCCONF：查询/设置 SSL 客户端配置 . . . 103
3.3.27 AT+CIPSSLCCIPHER：查询/设置 SSL 客户端的密码套件 (Cipher Suite) . . . 104
3.3.28 AT+CIPSSLCCN：查询/设置 SSL 客户端的公用名 (common name) . . . 105
3.3.29 AT+CIPSSLCSNI：查询/设置 SSL 客户端的 SNI . . . 106
3.3.30 AT+CIPSSLCALPN：查询/设置 SSL 客户端 ALPN . . . 106
3.3.31 AT+CIPSSLCPSK：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (字符串格式) . . . 107
3.3.32 AT+CIPSSLCPSKHEX：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (十六进制格式) . . . 108
3.3.33 AT+CIPRECONNINTV：查询/设置 Network 透传模式下的 TCP/UDP/SSL 重连间隔 108
3.3.34 AT+CIPRECVTYPE：查询/设置套接字接收模式 . . . 109
3.3.35 AT+CIPRECVDATA：获取被动接收模式下的套接字数据 . . . 110
3.3.36 AT+CIPRECVLEN：查询被动接收模式下套接字数据的长度 . . . 111
3.3.37 AT+PING：ping 对端主机 . . . 112
3.3.38 AT+CIPDNS：查询/设置 DNS 服务器信息 . . . 113
3.3.39 AT+MDNS：设置 mDNS 功能 . . . 114
3.3.40 AT+CIPTCPOPT：查询/设置套接字选项 . . . 116
3.4 Bluetooth® Low Energy AT 命令集 . . . 117
3.4.1 介绍 . . . 118
3.4.2 AT+BLEINIT：Bluetooth LE 初始化 . . . 119
3.4.3 AT+BLEADDR：设置 Bluetooth LE 设备地址 . . . 120
3.4.4 AT+BLENAME：查询/设置 Bluetooth LE 设备名称 . . . 121
3.4.5 AT+BLESCANPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 扫描参数 . . . 122
3.4.6 AT+BLESCAN：使能 Bluetooth LE 扫描 . . . 123
3.4.7 AT+BLESCANRSPDATA：设置 Bluetooth LE 扫描响应 . . . 124
3.4.8 AT+BLEADVPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 广播参数 . . . 124
3.4.9 AT+BLEADVDATA：设置 Bluetooth LE 广播数据 . . . 126
3.4.10 AT+BLEADVDATAEX：自动设置 Bluetooth LE 广播数据 . . . 127
3.4.11 AT+BLEADVSTART：开始 Bluetooth LE 广播 . . . 128
3.4.12 AT+BLEADVSTOP：停止 Bluetooth LE 广播 . . . 128
3.4.13 AT+BLECONN：建立 Bluetooth LE 连接 . . . 129
3.4.14 AT+BLECONNPARAM：查询/更新 Bluetooth LE 连接参数 . . . 130
3.4.15 AT+BLEDISCONN：断开 Bluetooth LE 连接 . . . 131
3.4.16 AT+BLEDATALEN：设置 Bluetooth LE 数据包长度 . . . 132
3.4.17 AT+BLECFGMTU：设置 Bluetooth LE MTU 长度 . . . 132
3.4.18 AT+BLEGATTSSRVCRE：GATTS 创建服务 . . . 133
3.4.19 AT+BLEGATTSSRVSTART：GATTS 开启服务 . . . 134
3.4.20 AT+BLEGATTSSRVSTOP：GATTS 停止服务 . . . 135
3.4.21 AT+BLEGATTSSRV：GATTS 发现服务 . . . 135
3.4.22 AT+BLEGATTSCHAR：GATTS 发现服务特征 . . . 136
3.4.23 AT+BLEGATTSNTFY：服务器 notify 服务特征值给客户端 . . . 137
3.4.24 AT+BLEGATTSIND：服务器 indicate 服务特征值给客户端 . . . 137
3.4.25 AT+BLEGATTSSETATTR：GATTS 设置服务特征值 . . . 138
3.4.26 AT+BLEGATTCPRIMSRV：GATTC 发现基本服务 . . . 139
3.4.27 AT+BLEGATTCINCLSRV：GATTC 发现包含的服务 . . . 140
3.4.28 AT+BLEGATTCCHAR：GATTC 发现服务特征 . . . 140
3.4.29 AT+BLEGATTCRD：GATTC 读取服务特征值 . . . 141
3.4.30 AT+BLEGATTCWR：GATTC 写服务特征值 . . . 142
3.4.31 AT+BLESPPCFG：查询/设置 Bluetooth LE SPP 参数 . . . 143
3.4.32 AT+BLESPP：进入 Bluetooth LE SPP 模式 . . . 144
3.4.33 AT+BLESECPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 加密参数 . . . 145
3.4.34 AT+BLEENC：发起 Bluetooth LE 加密请求 . . . 146
3.4.35 AT+BLEENCRSP：回复对端设备发起的配对请求 . . . 147

3.4.36 AT+BLEKEYREPLY：给对方设备回复密钥 . . . 148
3.4.37 AT+BLECONFREPLY：给对方设备回复确认结果（传统连接阶段） . . . 148
3.4.38 AT+BLEENCDEV：查询绑定的 Bluetooth LE 加密设备列表 . . . 149
3.4.39 AT+BLEENCCLEAR：清除 Bluetooth LE 加密设备列表 . . . 149
3.4.40 AT+BLESETKEY：设置 Bluetooth LE 静态配对密钥 . . . 150
3.4.41 AT+BLEHIDINIT：Bluetooth LE HID 协议初始化 . . . 151
3.4.42 AT+BLEHIDKB：发送 Bluetooth LE HID 键盘信息 . . . 152
3.4.43 AT+BLEHIDMUS：发送 Bluetooth LE HID 鼠标信息 . . . 152
3.4.44 AT+BLEHIDCONSUMER：发送 Bluetooth LE HID consumer 信息 . . . 153
3.4.45 AT+BLUFI：开启或关闭 BluFi . . . 154
3.4.46 AT+BLUFINAME：查询/设置 BluFi 设备名称 . . . 155
3.4.47 AT+BLUFISEND: 发送 BluFi 用户自定义数据 . . . 156
3.4.48 AT+BLEPERIODICDATA: 设置 Bluetooth LE 周期性广播数据 . . . 156
3.4.49 AT+BLEPERIODICSTART: 开启周期性广播 . . . 157
3.4.50 AT+BLEPERIODICSTOP: 停止周期性广播同步 . . . 157
3.4.51 AT+BLESYNCSTART: 开启同步周期性广播 . . . 158
3.4.52 AT+BLESYNCSTOP: 停止周期性广播同步 . . . 158
3.4.53 AT+BLEREADPHY: 查询当前连接使用的 PHY . . . 159
3.4.54 AT+BLESETPHY: 设置当前连接的 PHY . . . 160
3.5 MQTT AT 命令集 . . . 160
3.5.1 介绍 . . . 161
3.5.2 AT+MQTTUSERCFG：设置 MQTT 用户属性 . . . 161
3.5.3 AT+MQTTLONGCLIENTID：设置 MQTT 客户端 ID . . . 162
3.5.4 AT+MQTTLONGUSERNAME：设置 MQTT 登陆用户名 . . . 162
3.5.5 AT+MQTTLONGPASSWORD：设置 MQTT 登陆密码 . . . 163
3.5.6 AT+MQTTCONNCFG：设置 MQTT 连接属性 . . . 164
3.5.7 AT+MQTTALPN：设置 MQTT 应用层协议协商 (ALPN) . . . 164
3.5.8 AT+MQTTSNI：设置 MQTT 服务器名称指示 (SNI) . . . 165
3.5.9 AT+MQTTCONN：连接 MQTT Broker . . . 166
3.5.10 AT+MQTTPUB：发布 MQTT 消息（字符串） . . . 167
3.5.11 AT+MQTTPUBRAW：发布长 MQTT 消息 . . . 167
3.5.12 AT+MQTTSUB：订阅 MQTT Topic . . . 168
3.5.13 AT+MQTTUNSUB：取消订阅 MQTT Topic . . . 169
3.5.14 AT+MQTTCLEAN：断开 MQTT 连接 . . . 170
3.5.15 MQTT AT 错误码 . . . 170
3.5.16 MQTT AT 说明 . . . 172
3.6 HTTP AT 命令集 . . . 172
3.6.1 介绍 . . . 172
3.6.2 AT+HTTPCLIENT：发送 HTTP 客户端请求 . . . 172
3.6.3 AT+HTTPGETSIZE：获取 HTTP 资源大小 . . . 173
3.6.4 AT+HTTPCGET：获取 HTTP 资源 . . . 174
3.6.5 AT+HTTPCPOST：Post 指定长度的 HTTP 数据 . . . 175
3.6.6 AT+HTTPCPUT：Put 指定长度的 HTTP 数据 . . . 175
3.6.7 AT+HTTPURLCFG：设置/获取长的 HTTP URL . . . 176
3.6.8 AT+HTTPCHEAD：设置/查询 HTTP 请求头 . . . 177
3.6.9 AT+HTTPCFG：设置 HTTP 客户端配置 . . . 178
3.6.10 HTTP AT 错误码 . . . 178
3.7 文件系统 AT 命令集 . . . 179
3.7.1 介绍 . . . 179
3.7.2 AT+FS：文件系统操作 . . . 179
3.7.3 AT+FSMOUNT：挂载/卸载 FS 文件系统 . . . 180
3.8 WebSocket AT 命令集 . . . 181
3.8.1 介绍 . . . 181
3.8.2 AT+WSCFG：配置 WebSocket 参数 . . . 181
3.8.3 AT+WSHEAD：设置/查询 WebSocket 请求头 . . . 182
3.8.4 AT+WSOPEN：查询/打开一个 WebSocket 连接 . . . 183
3.8.5 AT+WSSEND：向 WebSocket 连接发送数据 . . . 184
3.8.6 AT+WSCLOSE：关闭 WebSocket 连接 . . . 185

3.9 信令测试 AT 命令 . . . 185
3.9.1 介绍 . . . 186
3.9.2 AT+FACTPLCP：发送长 PLCP 或短 PLCP . . . 186
3.10 驱动 AT 命令 . . . 186
3.10.1 介绍 . . . 187
3.10.2 AT+DRVADC：读取 ADC 通道值 . . . 187
3.10.3 AT+DRVPWMINIT：初始化 PWM 驱动器 . . . 188
3.10.4 AT+DRVPWMDUTY：设置 PWM 占空比 . . . 188
3.10.5 AT+DRVPWMFADE：设置 PWM 渐变 . . . 189
3.10.6 AT+DRVI2CINIT：初始化 I2C 主机驱动 . . . 189
3.10.7 AT+DRVI2CRD：读取 I2C 数据 . . . 190
3.10.8 AT+DRVI2CWRDATA：写入 I2C 数据 . . . 191
3.10.9 AT+DRVI2CWRBYTES：写入不超过 4 字节的 I2C 数据 . . . 191
3.10.10 AT+DRVSPICONFGPIO：配置 SPI GPIO . . . 192
3.10.11 AT+DRVSPIINIT：初始化 SPI 主机驱动 . . . 193
3.10.12 AT+DRVSPIRD：读取 SPI 数据 . . . 193
3.10.13 AT+DRVSPIWR：写入 SPI 数据 . . . 194
3.11 Web 服务器 AT 命令 . . . 195
3.11.1 介绍 . . . 195
3.11.2 AT+WEBSERVER: 启用/禁用通过 Web 服务器配置 Wi-Fi 连接 . . . 195
3.12 用户 AT 命令 . . . 196
3.12.1 介绍 . . . 196
3.12.2 AT+USERRAM: 操作用户的空闲 RAM . . . 196
3.12.3 AT+USEROTA：根据指定 URL 升级固件 . . . 198
3.12.4 AT+USERWKMCUCFG：设置 AT 唤醒 MCU 的配置 . . . 199
3.12.5 AT+USERMCUSLEEP：MCU 指示自己睡眠状态 . . . 200
3.12.6 AT+USERDOCS：查询固件对应的用户文档链接 . . . 201
3.13 AT 命令分类 . . . 201
3.14 参数信息保存在 flash 中的 AT 命令 . . . 202
3.15 AT 消息 . . . 202
3.16 AT 日志 . . . 205

4 AT 命令示例 207
4.1 AT 响应消息格式控制示例 . . . 207
4.1.1 启用系统消息过滤，实现 HTTP 透传下载功能 . . . 207
4.2 TCP-IP AT 示例 . . . 209
4.2.1 ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端建立单连接 . . . 209
4.2.2 ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器建立多连接 . . . 211
4.2.3 远端 IP 地址和端口固定的 UDP 通信 . . . 213
4.2.4 远端 IP 地址和端口可变的 UDP 通信 . . . 214
4.2.5 ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立单连接 . . . 216
4.2.6 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立多连接 . . . 218
4.2.7 ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立双向认证单连接 . . . 220
4.2.8 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立双向认证多连接 . . . 222
4.2.9 ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端，建立单连接，实现 Network 透传 . . . 224
4.2.10 ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器，实现 Network 透传 . . . 225
4.2.11 ESP32-C3 设备作为 softAP 在 UDP 传输中实现 Network 透传 . . . 227
4.2.12 ESP32-C3 设备获取被动接收模式下的套接字数据 . . . 229
4.2.13 ESP32-C3 设备开启 mDNS 服务，PC 通过域名连接到设备的 TCP 服务器 . . . 230
4.3 Bluetooth LE AT 示例 . . . 232
4.3.1 简介 . . . 232
4.3.2 Bluetooth LE 客户端读写服务特征值 . . . 233
4.3.3 Bluetooth LE 服务端读写服务特征值 . . . 237
4.3.4 Bluetooth LE 连接加密 . . . 242
4.3.5 两个 ESP32-C3 开发板之间建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据 . . . 246
4.3.6 ESP32-C3 与手机建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据 250
4.3.7 ESP32-C3 和手机之间建立 Bluetooth LE 连接并配对 . . . 253

4.4 MQTT AT 示例 . . . 255
4.4.1 基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量少） . . . 255
4.4.2 基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量多） . . . 256
4.4.3 基于 TLS 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理） . . . 258
4.4.4 基于 WSS 的 MQTT 连接 . . . 259
4.5 MQTT AT 连接云示例 . . . 261
4.5.1 从 AWS IoT 获取证书以及 endpoint . . . 261
4.5.2 使用 MQTT AT 命令基于双向认证连接 AWS IoT . . . 262
4.6 Web Server AT 示例 . . . 263
4.6.1 使用浏览器进行 Wi-Fi 配网 . . . 266
4.6.2 使用浏览器进行 OTA 固件升级 . . . 267
4.6.3 使用微信小程序进行 Wi-Fi 配网 . . . 272
4.6.4 使用微信小程序进行 OTA 固件升级 . . . 287
4.6.5 ESP32-C3 使用 Captive Portal 功能 . . . 288
4.7 HTTP AT 示例 . . . 288
4.7.1 HTTP 客户端 HEAD 请求方法 . . . 289
4.7.2 HTTP 客户端 GET 请求方法 . . . 290
4.7.3 HTTP 客户端 POST 请求方法（适用于 POST 少量数据） . . . 291
4.7.4 HTTP 客户端 POST 请求方法（推荐方式） . . . 292
4.7.5 HTTP 客户端 PUT 请求方法（适用于无数据情况） . . . 294
4.7.6 HTTP 客户端 PUT 请求方法（推荐方式） . . . 295
4.7.7 HTTP 客户端 DELETE 请求方法 . . . 297
4.8 WebSocket AT 示例 . . . 298
4.8.1 基于 TCP 的 WebSocket 连接 . . . 298
4.8.2 基于 TLS 的 WebSocket 连接（相互鉴权） . . . 299
4.9 Sleep AT 示例 . . . 303
4.9.1 简介 . . . 303
4.9.2 在 Wi-Fi 模式下设置为 Modem-sleep 模式 . . . 304
4.9.3 在 Wi-Fi 模式下设置为 Light-sleep 模式 . . . 305
4.9.4 在蓝牙广播态下设置为 Light-sleep 模式 . . . 305
4.9.5 在蓝牙连接态下设置为 Light-sleep 模式 . . . 306
4.9.6 设置为 Deep-sleep 模式 . . . 307
4.10 AT 配网示例 . . . 308
4.10.1 BluFi 配网 . . . 308
4.10.2 SmartConfig 配网 . . . 310
4.10.3 SoftAP 配网 . . . 311
4.10.4 WPS 配网 . . . 311

5 ESP-AT 版本简介 313
5.1 发布版本 . . . 313
5.2 我该选择哪个版本? . . . 313
5.3 版本管理 . . . 313
5.3.1 ESP-AT 发布固件管理 . . . 313
5.3.2 ESP-AT 发布分支管理 . . . 314
5.4 支持期限 . . . 314
5.5 查看当前 AT 固件版本 . . . 315
5.6 订阅 AT 版本发布 . . . 315
5.6.1 第一步：登录您的 GitHub 账号 . . . 316
5.6.2 第二步：选择定制化的通知 . . . 316
5.6.3 第三步：定制发布应用 . . . 316

6 如何编译和开发自己的 AT 工程 319
6.1 本地编译 ESP-AT 工程 . . . 319
6.1.1 详细步骤 . . . 319
6.1.2 第一步：ESP-IDF 快速入门 . . . 319
6.1.3 第二步：获取 ESP-AT . . . 320
6.1.4 第三步：安装环境 . . . 320
6.1.5 第四步：连接设备 . . . 321

6.1.6 第五步：配置工程 . . . 321
6.1.7 第六步：编译工程 . . . 321
6.1.8 第七步：烧录到设备 . . . 322
6.1.9 build.py 进阶用法 . . . 322
6.2 网页编译 ESP-AT 工程 . . . 323
6.2.1 详细步骤 . . . 323
6.2.2 第一步：登录您的 GitHub 账号 . . . 323
6.2.3 第二步：Fork ESP-AT 工程 . . . 323
6.2.4 第三步：开启 GitHub Actions 功能 . . . 323
6.2.5 第四步：配置编译 ESP-AT 工程所需的密钥 . . . 328
6.2.6 第五步：使用 github.dev 编辑器修改和提交代码 . . . 332
6.2.7 第六步：GitHub Actions 编译 AT 固件 . . . 337
6.3 如何设置 AT 端口管脚 . . . 337
6.3.1 ESP32-C3 系列 . . . 337
6.4 添加自定义 AT 命令 . . . 338
6.4.1 自定义 AT 命令 . . . 338
6.4.2 运行 AT+TEST 命令获取运行结果 . . . 341
6.4.3 自定义复杂的 AT 命令 . . . 342
6.5 如何提高 ESP-AT 吞吐性能 . . . 350
6.5.1 （简单）快速配置 . . . 350
6.5.2 （推荐）熟悉数据流、针对性地配置 . . . 351
6.6 如何更新 mfg_nvs 分区 . . . 353
6.6.1 mfg_nvs 分区介绍 . . . 353
6.6.2 生成 mfg_nvs.bin . . . 353
6.6.3 下载 mfg_nvs.bin . . . 353
6.7 如何更新出厂参数 . . . 354
6.7.1 出厂参数配置介绍 . . . 354
6.7.2 生成 mfg_nvs.bin 文件 . . . 355
6.7.3 下载 mfg_nvs.bin 文件 . . . 355
6.8 如何更新 PKI 配置 . . . 355
6.8.1 PKI 配置介绍 . . . 355
6.8.2 生成 mfg_nvs.bin 文件 . . . 356
6.8.3 下载 mfg_nvs.bin 文件 . . . 356
6.9 如何自定义低功耗蓝牙服务 . . . 357
6.9.1 低功耗蓝牙服务源文件介绍 . . . 357
6.9.2 编译时自定义低功耗蓝牙服务 . . . 358
6.10 如何自定义分区 . . . 359
6.10.1 修改 at_customize.csv . . . 360
6.10.2 生成 at_customize.bin . . . 360
6.10.3 烧录 at_customize.bin 至 ESP32-C3 设备 . . . 361
6.10.4 示例 . . . 361
6.11 如何增加一个新的模组支持 . . . 361
6.11.1 第一步：配置新增模组的出厂参数 . . . 362
6.11.2 第二步：配置新增模组的 OTA . . . 362
6.11.3 第三步：新增模组配置 . . . 363
6.12 SPI AT 指南 . . . 365
6.12.1 简介 . . . 366
6.12.2 使用 SPI AT . . . 366
6.12.3 SPI AT 速率 . . . 369
6.13 如何实现 OTA 升级 . . . 370
6.13.1 OTA 命令对比及应用场景 . . . 370
6.13.2 使用 ESP-AT OTA 命令执行 OTA 升级 . . . 371
6.14 如何更新 ESP-IDF 版本 . . . 375
6.15 ESP-AT 固件差异 . . . 375
6.16 如何从 GitHub 下载最新临时版本 AT 固件 . . . 378
6.17 at.py 工具 . . . 383
6.17.1 详细步骤 . . . 383
6.17.2 第一步：Python 安装 . . . 383

6.17.3 第二步：at.py 下载 . . . 383
6.17.4 第三步：at.py 用法说明 . . . 383
6.17.5 第四步：at.py 修改固件中的配置示例 . . . 383
6.18 AT API Reference . . . 387
6.18.1 Header File . . . 387
6.18.2 Functions . . . 387
6.18.3 Structures . . . 391
6.18.4 Macros . . . 393
6.18.5 Type Definitions . . . 394
6.18.6 Enumerations . . . 394
6.18.7 Header File . . . 397
6.18.8 Functions . . . 397
6.18.9 Macros . . . 398
6.18.10 Enumerations . . . 399
6.19 如何配置静默模式 . . . 399
6.19.1 简介 . . . 399
6.19.2 配置 . . . 400
6.20 如何启用更多 AT 调试日志 . . . 400
6.20.1 AT Wi-Fi 功能调试 . . . 401
6.20.2 AT 网络功能调试 . . . 401
6.20.3 AT BLE 功能调试 . . . 402
6.20.4 AT 接口功能调试 . . . 403
6.20.5 调试示例 . . . 403

7 第三方开放云平台定制化 AT 命令和固件 405
7.1 RainMaker AT 命令和固件 . . . 405
7.1.1 RainMaker AT 命令集 . . . 405
7.1.2 RainMaker AT 示例 . . . 419
7.1.3 RainMaker AT OTA 指南 . . . 433
7.1.4 Index of Abbreviations . . . 436
7.1.5 RainMaker AT 消息 . . . 436

8 AT FAQ 437
8.1 AT 固件 . . . 438
8.1.1 我的模组没有官方发布的固件，如何获取适用的固件? . . . 438
8.1.2 如何获取 AT 固件源码? . . . 438
8.1.3 官网上放置的 AT 固件如何下载? . . . 438
8.1.4 如何整合 ESP-AT 编译出来的所有 bin 文件? . . . 438
8.1.5 模组出厂 AT 固件是否支持流控? . . . 438
8.2 AT 命令与响应 . . . 438
8.2.1 AT 提示 busy 是什么原因? . . . 438
8.2.2 AT 固件，上电后发送第一个命令总是会返回下面的信息，为什么? . . . 439
8.2.3 在不同模组上的默认 AT 固件支持哪些命令，以及哪些命令从哪个版本开始支持? 439
8.2.4 主 MCU 给 ESP32-C3 设备发 AT 命令无返回，是什么原因? . . . 439
8.2.5 Wi-Fi 断开（打印 WIFI DISCONNECT）是为什么? . . . 439
8.2.6 Wi-Fi 常见的兼容性问题有哪些? . . . 439
8.2.7 ESP-AT 命令是否支持 ESP-WIFI-MESH? . . . 439
8.2.8 是否有 AT 命令连接阿里云以及腾讯云示例? . . . 439
8.2.9 AT 命令是否可以设置低功耗蓝牙发射功率? . . . 440
8.2.10 如何支持那些默认固件不支持但可以在配置和编译 ESP-AT 工程后支持的命令? . 440
8.2.11 AT 命令中特殊字符如何处理? . . . 440
8.2.12 AT 命令中串口波特率是否可以修改?（默认：115200） . . . 440
8.2.13 ESP32-C3 使用 AT 命令进入透传模式，如果连接的热点断开，ESP32-C3 能否给出相应的提示信息? . . . 440
8.2.14 低功耗蓝牙客户端如何使能 notify 和 indicate 功能? . . . 440
8.3 硬件 . . . 441
8.3.1 在不同模组上的 AT 固件要求芯片 flash 多大? . . . 441
8.3.2 AT 固件如何查看 error log? . . . 441

8.3.3 AT 在 ESP32-C3 模组上的 UART1 通信管脚与 ESP32-C3 模组的 datasheet 默认 UART1 管脚不一致? . . . 441
8.4 性能 . . . 441
8.4.1 AT Wi-Fi 连接耗时多少? . . . 441
8.4.2 ESP-AT 固件中 TCP 发送窗口大小是否可以修改? . . . 441
8.4.3 ESP32-C3 AT 吞吐量如何测试及优化? . . . 441
8.4.4 如何修改 ESP32-C3 AT 默认 TCP 数据段最大重传次数? . . . 441
8.5 其他 . . . 442
8.5.1 乐鑫芯片可以通过哪些接口来传输 AT 命令? . . . 442
8.5.2 ESP32-C3 AT 如何指定 TLS 协议版本? . . . 442
8.5.3 AT 固件如何修改 TCP 连接数? . . . 442
8.5.4 ESP32-C3 AT 支持 PPP 吗? . . . 442
8.5.5 AT 如何使能调试日志? . . . 442
8.5.6 AT 指令如何实现 HTTP 断点续传功能? . . . 442

9 Index of Abbreviations 443

10 特别声明 449
10.1 应用场景验证 . . . 449
10.2 兼容性 . . . 449
10.3 服务器升级注意事项 . . . 449
10.4 无线方案问题处理 . . . 449
10.5 使用限制 . . . 449
10.6 责任限制 . . . 450
10.7 第三方软件和技术 . . . 450
10.8 数据保护 . . . 450
10.9 版本更新与维护 . . . 450
10.10 声明更新 . . . 450
10.11 用户责任 . . . 450

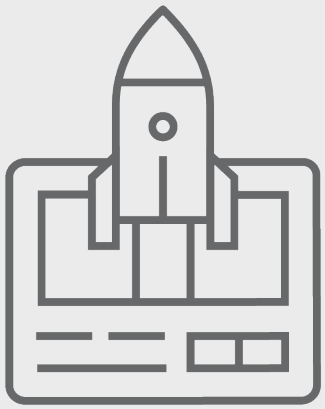
11 关于 ESP-AT 451
11.1 其他 Espressif 连接方案 . . . 451

索引 453

索引 453

这里是乐鑫 ESP-AT 开发框架的文档中心。ESP-AT 作为由 Espressif Systems 发起和提供技术支持的官方项目，适用于 Windows、Linux、macOS 上的 ESP32、ESP32-C2、ESP32-C3、ESP32-C5、ESP32-C6、ESP32-C61、和 ESP32-S2 系列芯片。

本文档仅包含针对 ESP32-C3 芯片的 ESP-AT 使用。



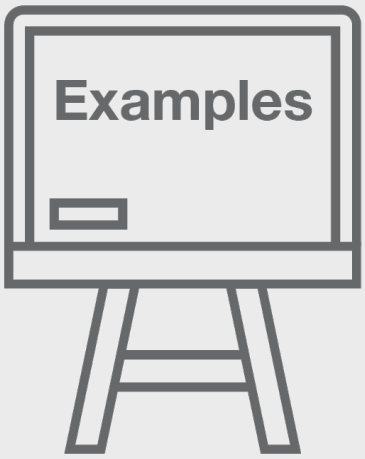
入门



AT Binary 列表



AT 命令集



AT 命令示例



编译和开发



第三方定制化 AT 命令和固件

Chapter 1

入门指南

本指南详细介绍 ESP-AT 是什么、技术选型、如何连接硬件、以及如何下载和烧录 AT 固件，由以下章节组成：

1.1 ESP-AT 是什么

重要： 在使用 ESP-AT 前，请仔细阅读特别声明，并遵循其中的各项条款和注意事项。

ESP-AT 是乐鑫开发的可直接用于量产的物联网应用固件，旨在降低客户开发成本，快速形成产品。通过 ESP-AT 命令，您可以快速加入无线网络、连接云平台、实现数据通信以及远程控制等功能，真正的通过无线通讯实现万物互联。

ESP-AT 是基于 ESP-IDF 实现的软件工程。它使 ESP32-C3 模组作为从机，MCU 作为主机。MCU 发送 AT 命令给 ESP32-C3 模组，控制 ESP32-C3 模组执行不同的操作，并接收 ESP32-C3 模组返回的 AT 响应。ESP-AT 提供了大量功能不同的 AT 命令，如 Wi-Fi 命令、TCP/IP 命令、Bluetooth LE 命令、MQTT 命令、HTTP 命令等。

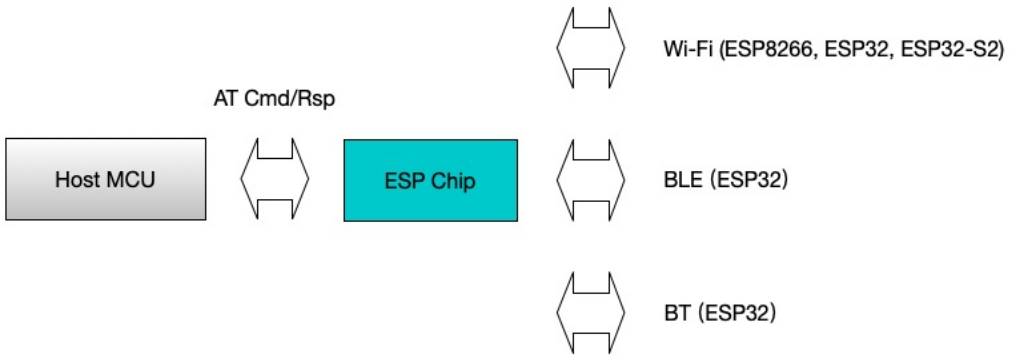


图 1: ESP-AT 概览

AT 命令以 “AT” 开始，代表 Attention，以新的一行 (CR LF) 为结尾。输入的每条命令都会返回 `OK` 或 `ERROR` 的响应，表示当前命令的最终执行结果。注意，所有 AT 命令均为串行执行，每次只能执行一条

命令。因此，在使用 AT 命令时，应等待上一条命令执行完毕后，再发送下一条命令。如果上一条命令未执行完毕，又发送了新的命令，则会返回 `busy p...` 提示。更多有关 AT 命令的信息可参见*AT 命令集*。

默认配置下，MCU 通过 UART 连接至 ESP32-C3 模组、发送 AT 命令以及接收 AT 响应。但是，您也可以根据实际使用情况修改程序，使用其他的通信接口，例如 SDIO。

同样，您也可以基于 ESP-AT 工程，自行开发更多的 AT 命令，以实现更多的功能。

1.2 技术选型

本文档主要介绍如何选择合适的乐鑫硬件产品、AT 软件方案、以及项目初期的准备。

重要： 如果您在选择乐鑫硬件产品、AT 软件方案中有任何问题，请联系 乐鑫商务 或者 技术支持。

1.2.1 硬件选型

在开始使用 ESP-AT 之前，您需要选择一款合适的乐鑫芯片集成到您的产品中，为您的产品赋能无线功能。硬件选型是一个复杂的过程，需要考虑多方面的因素，如功能、功耗、成本、尺寸等。请阅读下面内容帮助您选型硬件。

- 产品选型工具 可以帮助您了解不同乐鑫产品的硬件区别。
- 技术规格书 可以帮助您了解该芯片/模组所支持的硬件能力。
- 硬件选型入门指导 可以帮助您简要对比芯片差别，了解芯片、模组、和开发板的差别以及选择指南。

备注：技术规格书中载明的是硬件最大能力，不代表 AT 软件能力。例如，ESP32-C6 芯片支持 Zigbee 3.0 及 Thread 1.3，但是现有的 AT 软件方案暂未支持这两种无线协议。

1.2.2 AT 软件方案选型

AT 软件方案是乐鑫针对不同芯片提供的 AT 固件，可以帮助您快速实现无线功能。

- 如果您想了解 ESP32-C3 芯片详细的 AT 软件能力，请参考*AT 命令集*。
- 如果您想对比 ESP32-C3 芯片不同的 AT 固件功能，请参考*ESP-AT 固件差异*。

下表为 AT 固件当前支持和计划支持的乐鑫芯片列表及其简要对比。无计划支持的芯片不在此表中展示。

芯片	无线功能	推荐的 AT 固件	说明
ESP32-C6	**Wi-Fi 6** + BLE 5.0	v4.1.1.0	
ESP32-C5	**5G Wi-Fi** + **Wi-Fi 6** + BLE 5.0	v5.0.0.0	
ESP32-C61	**Wi-Fi 6** + BLE 5.0	v5.0.0.0	
ESP32-C3	Wi-Fi 4 + BLE 5.0	v4.1.1.0	
ESP32-C2	Wi-Fi 4 (或 BLE 5.0)	v4.1.1.0	
ESP32	Wi-Fi 4 + BLE v4.2 (+ **BT**)	v4.1.1.0	
ESP32-S2	Wi-Fi 4	v4.1.1.0	推荐使用性价比更高的 ESP32-C 系列

- `(或 BLE 5.0)` 表示 AT 软件方案中支持低功耗蓝牙功能，但发布的固件中未包含此功能。
- `(+ BT)` 表示 AT 软件方案中支持经典蓝牙功能，但发布的固件中未包含此功能。

备注： 出厂的模组或芯片中，均未烧录 AT 固件。若您有量产需求，请及时联系对接的商务人员或 sales@espressif.com，我们将提供定制生产。

我该选哪种类型的 AT 固件？

ESP-AT 固件有以下几种类型，其中下载或准备固件的工作量自上而下依次递增，支持的模组类型也自上而下依次递增。

- 官方发布版固件（推荐）
- *GitHub* 临时固件
- 修改参数的固件
- 自行编译的固件

官方发布版固件（推荐） **官方发布版固件**又称“发布版固件”、“官方固件”、“默认固件”，为乐鑫官方团队测试通过并发布的固件，固件会根据内部开发计划周期性发布，此种固件可直接基于乐鑫 OTA 服务器升级固件。如果 **官方发布版固件**完全满足您的项目需求，建议您优先选择 **官方发布版固件**。如果官方固件不支持您的模组，您可以根据硬件差异，选择和您的模组硬件配置相近的固件进行测试验证。

- 获取途径：*ESP32-C3 AT* 固件
- 优点：
  - 稳定
  - 可靠
  - 获取固件工作量小
- 缺点：
  - 更新周期长
  - 覆盖的模组有限
- 参考文档：
  - 硬件连接
  - 固件下载及烧录指南
  - 有关 ESP-AT 固件支持/不支持哪些芯片系列，请参考 ESP-AT GitHub 首页 readme.md

GitHub 临时固件 **GitHub 临时固件**为每次将代码推送到 GiHub 时都会生成但并未达到固件发布周期条件的固件，或者说是开发中的固件，包括 **官方发布版固件**的临时版本和适配过但是不计划正式发布的固件，其中前者可直接基于乐鑫 OTA 服务器升级固件。

- 获取途径：请参考如何从 *GitHub* 下载最新临时版本 *AT* 固件。
- 优点：
  - 实时性强，新的特性和漏洞修补都会实时同步出来。
  - 包含一些非正式发布的固件，如基于 SDIO 通讯的固件、基于 SPI 通讯的固件。
  - 获取固件工作量小。
- 缺点：基于非正式发布的 commit 生成的固件未经过完整的测试，可能会存在一些风险，需要您自己做完整的测试。

修改参数的固件 **修改参数的固件**指的是只修改参数区域而并不需要重新编译的固件，适用于固件功能满足项目要求、但只有某些参数不满足的情况下，如 UART 波特率、UART GPIO 管脚等参数的变更，此种固件可直接基于乐鑫 OTA 服务器升级固件。

- 关于如何修改参数文件，请参考*at.py* 工具。
- 优点：
  - 不需要重新编译固件。
  - 固件稳定、可靠。
- 缺点：需要基于发布版的固件修改，更新周期长，覆盖的模组有限。

自行编译的固件 当您需要进行二次开发时可采用此种方式。需要自己部署 OTA 服务器以支持 OTA 功能。

- 关于如何自行编译固件，请参考*本地编译 ESP-AT 工程*。
- 优点：功能、周期自己可控。
- 缺点：需要自己搭建环境编译。

如果您希望稳定性优先，推荐基于该芯片最新已发布的版本对应的分支开发您的 AT 固件。如果您希望更多新功能，推荐基于 master 分支 开发您的 AT 固件。

1.2.3 项目初期准备

项目初期准备阶段，**强烈建议**您选择 乐鑫开发板 开始您的项目。在项目初期，能够帮助您快速原型验证，评估硬件和软件能力，减少项目风险；在项目中期，能够帮助您快速功能集成和验证，性能优化，提高开发效率；在项目后期，能够帮助您快速模拟和定位问题，实现产品快速迭代。

如果您是*自行编译的固件*，建议您优先选择 Linux 系统作为开发环境。

1.3 硬件连接

本文档主要介绍下载和烧录 AT 固件、发送 AT 命令和接收 AT 响应所需要的硬件以及硬件之间该如何连接。

不同系列的 AT 固件支持的命令不同，适用的模组或芯片也不尽相同，详情可参考*ESP-AT 固件差异*。

如果不想要使用 AT 默认管脚，可以参考*如何设置 AT 端口管脚* 文档更改管脚。

1.3.1 硬件准备

表 1: ESP-AT 测试所需硬件

硬件	功能
ESP32-C3 开发板	从机
USB 数据线（连接 ESP32-C3 开发板和 PC）	下载固件、输出日志数据连接
PC	主机，将固件下载至从机
USB 数据线（连接 PC 和 USB 转 UART 串口模块）	发送 AT 命令、接收 AT 响应数据连接
USB 转 UART 串口模块	转换 USB 信号和 TTL 信号
杜邦线（连接 USB 转 UART 串口模块和 ESP32-C3 开发板）	发送 AT 命令、接收 AT 响应数据连接

注意：

- 上图使用 4 根杜邦线连接 ESP32-C3 开发板和 USB 转 UART 串口模块，但如果您不使用硬件流控功能，只需 2 根杜邦线连接 TX/RX 即可。
- 如果您使用的是 ESP32-C3 模组，而不是开发板，则通过 UART/USB 烧录时，您需要预留出 UART/USB 管脚（参考 https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-c3_datasheet_cn.pdf > 章节管脚描述），同时需要满足以下条件之一：
  - 预留出 Strapping 管脚（参考 https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-c3_datasheet_cn.pdf > 章节 Strapping 管脚），通过控制管脚电平进入下载模式
  - 通过发送*AT+RST=1,1* 命令，进入下载模式

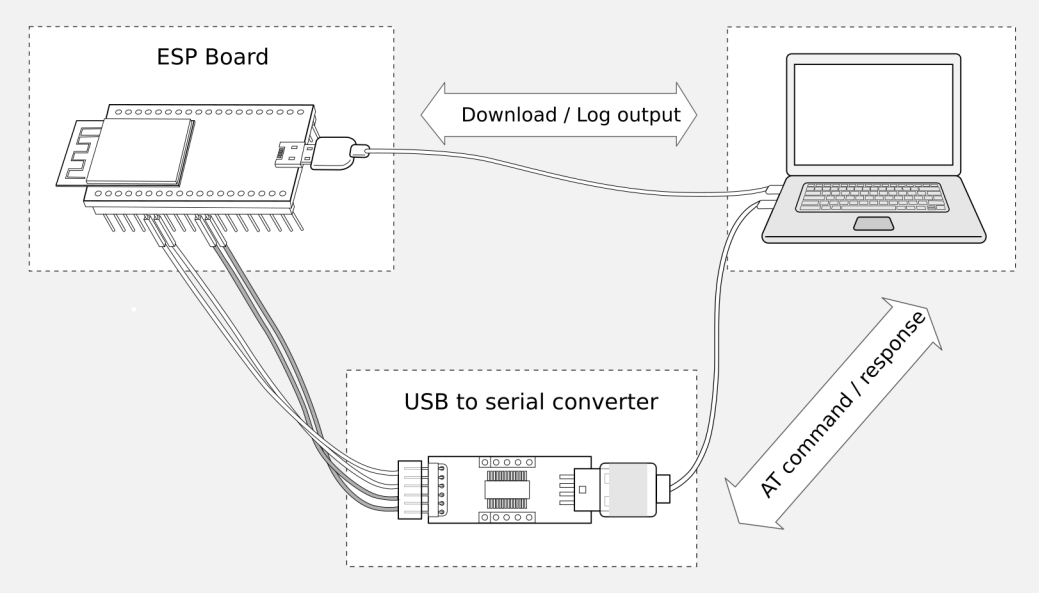


图 2: ESP-AT 测试硬件连接示意图

1.3.2 ESP32-C3 系列

ESP32-C3 系列指的是内置 ESP32-C3 芯片的模组/开发板，例如：ESP32-C3 MINI 系列设备、ESP32-C3 WROOM 系列设备。

ESP32-C3 AT 采用两个 UART 接口：UART0 用于下载固件和输出日志，UART1 用于发送 AT 命令和接收 AT 响应。默认情况下，UART0 和 UART1 均使用 `115200` 波特率进行通信。

表 2: ESP32-C3 系列硬件连接管脚分配

功能	ESP32-C3 开发板/模组管脚	其它设备管脚
下载固件/输出日志 [1]	**UART0** • GPIO20 (RX) • GPIO21 (TX)	**PC** • TX • RX
AT 命令/响应 [2]	**UART1** • GPIO6 (RX) • GPIO7 (TX) • GPIO5 (CTS) • GPIO4 (RTS)	**USB 转 UART 串口模块** • TX • RX • RTS • CTS

说明 1：ESP32-C3 开发板和 PC 之间的管脚连接已内置在 ESP32-C3 开发板上，您只需使用 USB 数据线连接开发板和 PC 即可。

说明 2：CTS/RTS 管脚只有在使用硬件流控功能时才需连接。

如果需要直接基于 ESP32-C3 模组进行连接，请参考对应模组的 技术规格书。

1.4 下载指导

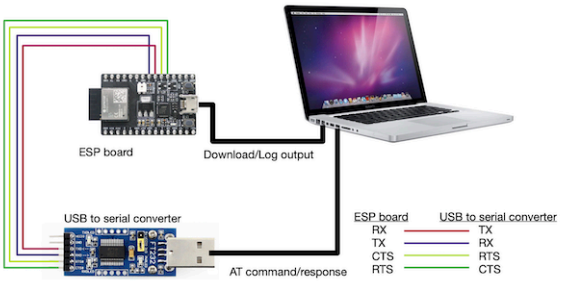


图 3: ESP32-C3 系列硬件连接示意图

本文档以 ESP32-C3-MINI-1 模组为例，介绍如何下载 ESP32-C3-MINI-1 模组对应的 AT 固件，以及如何将固件烧录到模组上，其它 ESP32-C3 系列模组也可参考本文档。

下载和烧录 AT 固件之前，请确保您已正确连接所需硬件，具体可参考*硬件连接*。

对于不同系列的模组，AT 默认固件所支持的命令会有所差异。具体可参考*ESP-AT 固件差异*。

1.4.1 下载 AT 固件

请按照以下步骤将 AT 固件下载至 PC：

- 前往*AT 固件*
- 找到您的模组所对应的 AT 固件
- 点击相应链接进行下载

此处，我们下载了 ESP32-C3-MINI-1 对应的 `ESP32-C3-MINI-1-AT-V3.3.0.0` 固件，该固件的目录结构及其中各个 bin 文件介绍如下，其它 ESP32-C3 系列模组固件的目录结构及 bin 文件也可参考如下介绍：

```
.
├── at_customize.bin                // 二级分区表
├── bootloader                      // bootloader
│   └── bootloader.bin
├── customized_partitions           // AT 自定义 bin 文件
│     ├── mfg_nvs.csv                 // 量产 NVS 分区的原始数据
│   └── mfg_nvs.bin                 // 量产 NVS 分区 bin 文件
├── download.config                 // 烧录固件的参数
├── esp-at.bin                      // AT 应用固件
├── esp-at.elf
├── esp-at.map
├── factory                         // 量产所需打包好的 bin 文件
│   └── factory_XXX.bin
├── flasher_args.json               // 下载参数信息新的格式
├── ota_data_initial.bin            // ota data 区初始值
├── partition_table                 // 一级分区列表
│   └── partition-table.bin
└── sdkconfig                       // AT 固件对应的编译配置
```

其中，`download.config` 文件包含烧录固件的参数：

```
--flash_mode dio --flash_freq 40m --flash_size 4MB
0x0 bootloader/bootloader.bin
0x8000 partition_table/partition-table.bin
0xd000 ota_data_initial.bin
0x1e000 at_customize.bin
0x1f000 customized_partitions/mfg_nvs.bin
0x60000 esp-at.bin
```

- `--flash_mode dio` 代表此固件采用的 flash dio 模式进行编译；
- `--flash_freq 40m` 代表此固件采用的 flash 通讯频率为 40 MHz；
- `--flash_size 4MB` 代表此固件适用的 flash 最小为 4 MB；
- `0xd000 ota_data_initial.bin` 代表在 `0xd000` 地址烧录 `ota_data_initial.bin` 文件。

1.4.2 烧录 AT 固件至设备

请根据您的操作系统选择对应的烧录方法。

Windows

开始烧录之前，请下载 Windows Flash 下载工具，详细指导可参阅 Flash 下载工具用户指南。

- 打开 Flash 下载工具；
- 选择芯片类型；（此处，我们选择 `ESP32-C3`。）
- 根据您的需求选择一种工作模式；（此处，我们选择 `develop`。）
- 根据您的需求选择一种下载接口；（此处，我们选择 `uart`。）

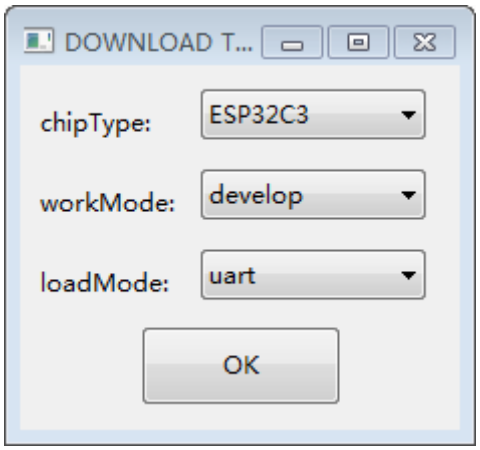


图 4: 固件下载配置选择

- 将 AT 固件烧录至设备，以下两种方式任选其一：
  - 直接下载打包好的量产固件（即 `build/factory` 目录下的 `factory_XXX.bin`）至 `0x0` 地址：勾选 “DoNotChgBin”，使用量产固件的默认配置；
  - 分开下载多个 bin 文件至不同的地址：根据 `download.config` 文件进行配置，请勿勾选 “DoNotChgBin”；

为了避免烧录出现问题，请查看开发板的下载接口的 COM 端口号，并从 “COM:” 下拉列表中选择该端口号。有关如何查看端口号的详细介绍请参考 在 Windows 上查看端口。

烧录完成后，请检查 *AT 固件是否烧录成功*。

Linux 或 macOS

开始烧录之前，请安装 esptool.py。

以下两种方式任选其一，将 AT 固件烧录至设备：

- 分开下载多个 bin 文件至不同的地址：输入以下命令，替换 `PORTNAME` 和 `download.config` 参数；

```
esptool.py --chip auto --port PORTNAME --baud 115200 --before default_reset --
↪after hard_reset write_flash -z download.config
```

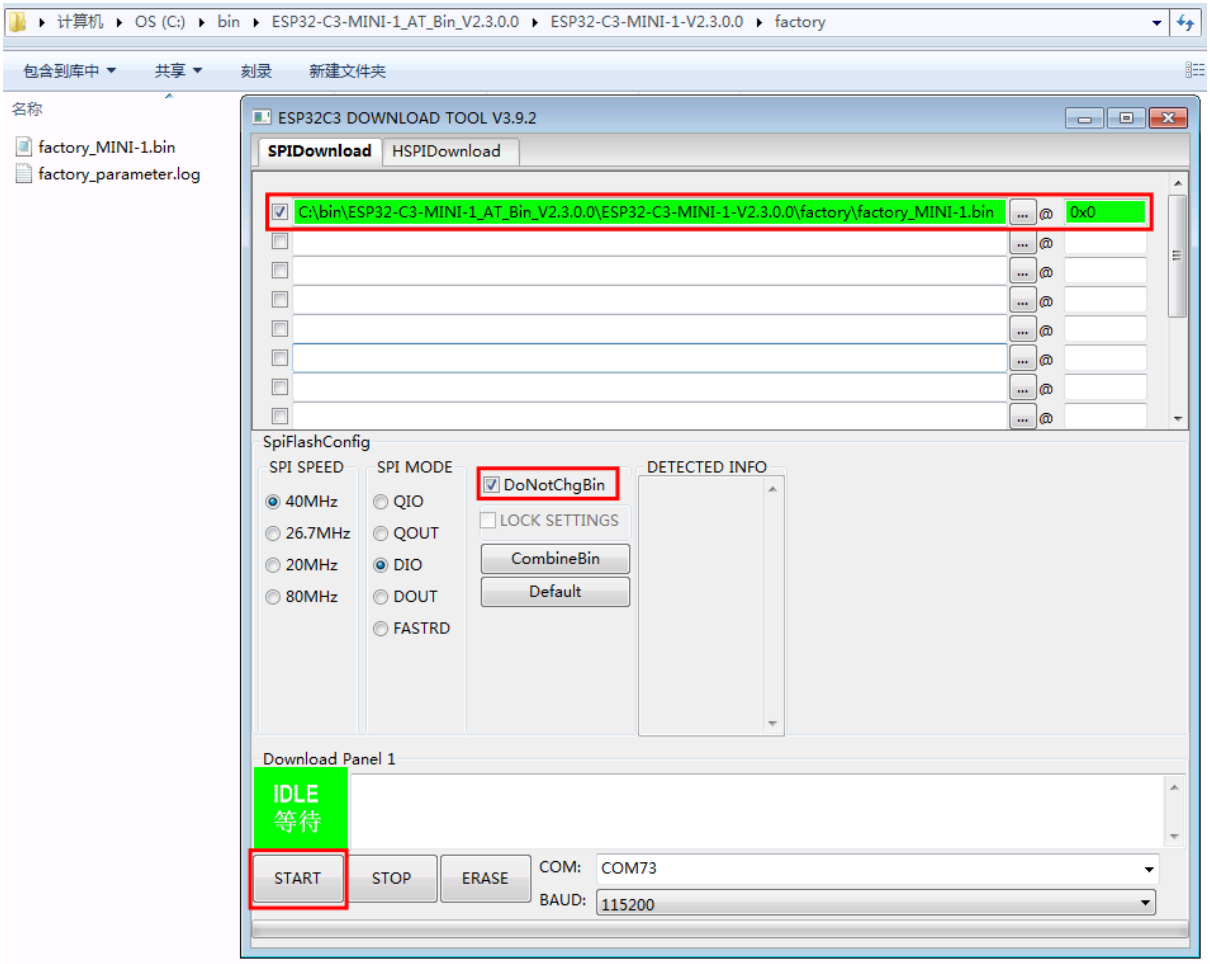


图 5: 下载至单个地址界面图（点击放大）

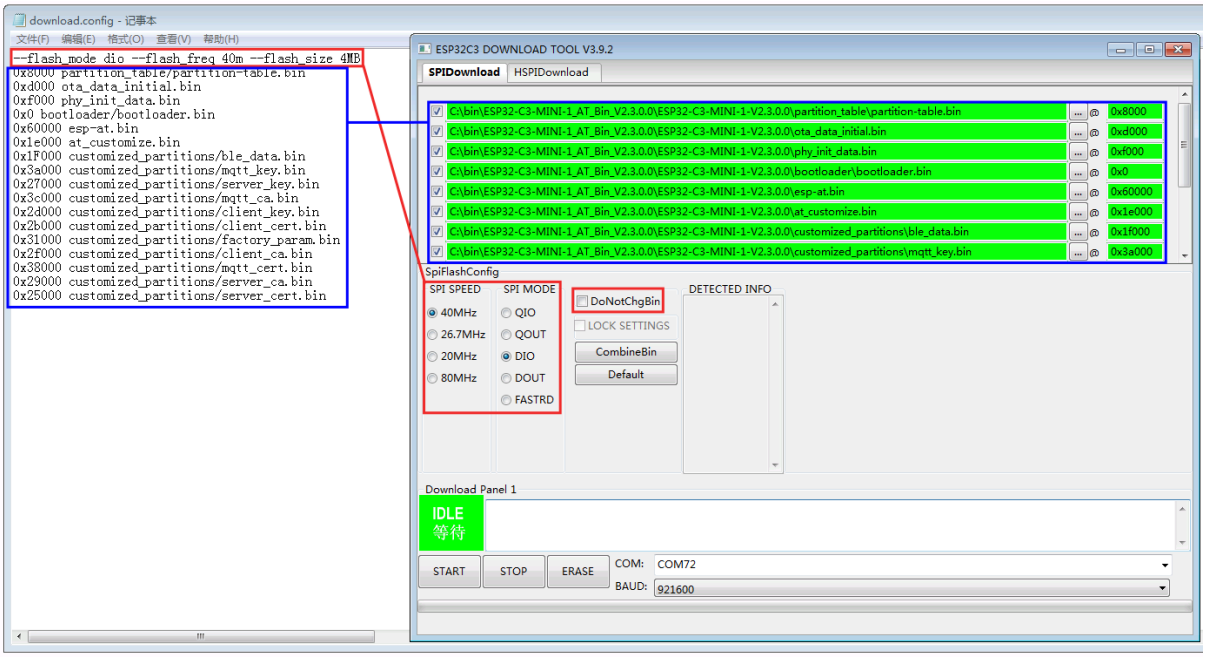


图 6: 下载至多个地址界面图（点击放大）

将 PORTNAME 替换成开发板的下载接口名称，若您无法确定该接口名称，请参考 在 Linux 和 macOS 上查看端口。
将 download.config 替换成该文件里的参数列表。
以下是将固件烧录至 ESP32-C3-MINI-1 模组输入的命令：

```
esptool.py --chip auto --port /dev/tty.usbserial-0001 --baud 115200 --
↪before default_reset --after hard_reset write_flash -z --flash_mode␣
↪dio --flash_freq 40m --flash_size 4MB 0x8000 partition_table/
↪partition-table.bin 0xd000 ota_data_initial.bin 0x0 bootloader/
↪bootloader.bin 0x60000 esp-at.bin 0x1e000 at_customize.bin 0x1f000␣
↪customized_partitions/mfg_nvs.bin
```

- 直接下载打包好的量产固件至 0x0 地址：输入以下命令，替换 PORTNAME 和 FILEDIRECTORY 参数；

```
esptool.py --chip auto --port PORTNAME --baud 115200 --before default_reset --
↪after hard_reset write_flash -z --flash_mode dio --flash_freq 40m --flash_
↪size 4MB 0x0 FILEDIRECTORY
```

将 PORTNAME 替换成开发板的下载接口名称，若您无法确定该接口名称，请参考 在 Linux 和 macOS 上查看端口。
将 FILEDIRECTORY 替换成打包好的量产固件的文件路径，通常情况下，文件路径是 factory/XXX.bin。
以下是将固件烧录至 ESP32-C3-MINI-1 模组输入的命令：

```
esptool.py --chip auto --port /dev/tty.usbserial-0001 --baud 115200 --
↪before default_reset --after hard_reset write_flash -z --flash_mode␣
↪dio --flash_freq 40m --flash_size 4MB 0x0 factory/factory_MINI-1.bin
```

烧录完成后，请检查 *AT* 固件是否烧录成功。

1.4.3 检查 AT 固件是否烧录成功

请按照以下步骤检查 AT 固件是否烧录成功：

- 打开串口工具，如 SecureCRT；
- 串口：选择用于发送或接收“AT 命令/响应”的串口（详情请见硬件连接）；
- 波特率：115200；
- 数据位：8；
- 检验位：None；
- 停止位：1；
- 流控：None；
- 输入“AT+GMR”命令，并且换行 (CR LF)；

若如下所示，响应是 OK，则表示 AT 固件烧录成功。

```
AT+GMR
AT version:3.3.0.0(3b13d04 - ESP32C3 - May  8 2024 08:21:54)
SDK version:v5.0.6-dirty
compile time(be332568):May  8 2024 08:51:33
Bin version:v3.3.0.0(MINI-1)

OK
```

否则，您需要通过以下方式之一检查 ESP32-C3 设备开机日志：

方法 1：

- 打开串口工具，如 SecureCRT；
- 串口：选择用于“下载固件/输出日志”的串口，串口详情请参阅硬件连接。
- 波特率：115200；
- 数据位：8；
- 检验位：None；

- 停止位：1；
- 流控：None；
- 直接按开发板的 RST 键，若日志和下面的日志相似，则说明 ESP-AT 固件已经正确初始化了。

方法 2：

- 打开两个串口工具，如 SecureCRT；
- 串口：分别选择用于发送或接收“AT 命令/响应”的串口以及用于“下载固件/输出日志”的串口，串口详情请参阅硬件连接。
- 波特率：115200；
- 数据位：8；
- 检验位：None；
- 停止位：1；
- 流控：None；
- 在发送或接收“AT 命令/响应”的串口输入*AT+RST* 命令，并且换行 (CR LF)，若“下载固件/输出日志”的串口日志和下面的日志相似，则说明 ESP-AT 固件已经正确初始化了。

ESP32-C3 开机日志:

```
ESP-ROM:esp32c3-api1-20210207
Build:Feb  7 2021
rst:0x1 (POWERON),boot:0xc (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
SPIWP:0xee
mode:DIO, clock div:2
load:0x3fcd5820,len:0x16b4
load:0x403cc710,len:0x970
load:0x403ce710,len:0x2e90
entry 0x403cc710
I (31) boot: ESP-IDF v5.0-541-g885e501d99-dirty 2nd stage bootloader
I (31) boot: compile time 14:34:08
I (32) boot: chip revision: v0.3
I (35) boot.esp32c3: SPI Speed      : 40MHz
I (40) boot.esp32c3: SPI Mode       : DIO
I (45) boot.esp32c3: SPI Flash Size : 4MB
I (49) boot: Enabling RNG early entropy source...
I (55) boot: Partition Table:
I (58) boot: ## Label            Usage          Type ST Offset   Length
I (66) boot:  0 otadata          OTA data         01 00 0000d000 00002000
I (73) boot:  1 phy_init         RF data          01 01 0000f000 00001000
I (81) boot:  2 nvs              WiFi data        01 02 00010000 0000e000
I (88) boot:  3 at_customize     unknown          40 00 0001e000 00042000
I (95) boot:  4 ota_0            OTA app          00 10 00060000 001d0000
I (103) boot:  5 ota_1            OTA app          00 11 00230000 001d0000
I (110) boot: End of partition table
I (115) esp_image: segment 0: paddr=00060020 vaddr=3c170020 size=3bd30h (245040)␣
↪map
I (175) esp_image: segment 1: paddr=0009bd58 vaddr=3fc95400 size=03884h ( 14468)␣
↪load
I (178) esp_image: segment 2: paddr=0009f5e4 vaddr=40380000 size=00a34h (  2612)␣
↪load
I (181) esp_image: segment 3: paddr=000a0020 vaddr=42000020 size=167a10h (1473040)␣
↪map
I (497) esp_image: segment 4: paddr=00207a38 vaddr=40380a34 size=1486ch ( 84076)␣
↪load
I (518) esp_image: segment 5: paddr=0021c2ac vaddr=50000000 size=00018h (    24)␣
↪load
I (525) boot: Loaded app from partition at offset 0x60000
I (525) boot: Disabling RNG early entropy source...
no external 32k oscillator, disable it now.
at param mode: 1
AT cmd port:uart1 tx:7 rx:6 cts:5 rts:4 baudrate:115200
module_name: MINI-1
max tx power=78, ret=0
```

(续下页)

(接上页)

```
2.5.0
```

如果您尚不了解 ESP-AT 工程，请阅读*ESP-AT 是什么*。

如果您想学习如何使用 ESP-AT，请首先阅读技术选型，帮助您选型硬件和软件，再阅读硬件连接，了解所需的硬件以及硬件之间如何连接，然后再阅读下载指导，了解如何下载和烧录 AT 固件。

Chapter 2

AT 固件

2.1 发布的固件

- 介绍
- *ESP32-C3-MINI-1* 系列
- 订阅 *AT* 版本发布
- *AT* 发布固件差异

2.1.1 介绍

备注:

- 在使用下面的 AT 固件前，请仔细阅读特别声明，并遵循其中的各项条款和注意事项。
- 如果您不确定自己的模组是否可以使用 AT 默认固件，请先阅读*AT* 发布固件差异 章节，该章节介绍了 ESP32-C3 AT 固件支持的命令集、硬件配置和支持的模组，帮助您确认您的模组硬件配置是否适合使用 AT 默认固件。
- 如果您想要修改 AT 固件中下面的配置，您可以通过*at.py* 工具 修改 AT 固件并生成新的 AT 固件。
  - 修改 *UART* 配置
  - 修改 *Wi-Fi* 配置
  - 修改证书和密钥配置
  - 修改 *GATTS* 配置

2.1.2 ESP32-C3-MINI-1 系列

下面固件适用于 ESP32-C3 ECO0 (Rev v0.0) ~ ECO7 (Rev v1.1) 系列芯片（包括 ECO0 和 ECO7）。

- v4.1.1.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V4.1.1.0.zip （推荐）
- v4.1.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V4.1.0.0.zip
- v3.3.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V3.3.0.0.zip

下面固件适用于 ESP32-C3 ECO0 (Rev v0.0) ~ ECO4 (Rev v0.4) 系列芯片（包括 ECO0 和 ECO4）。

- v3.2.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V3.2.0.0.zip
- v2.4.2.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V2.4.2.0.zip
- v2.4.1.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V2.4.1.0.zip
- v2.4.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V2.4.0.0.zip
- v2.3.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V2.3.0.0.zip
- v2.2.0.0 ESP32-C3-MINI-1-AT-V2.2.0.0.zip

2.1.3 订阅 AT 版本发布

请参考*订阅 AT 版本发布* 文档订阅我们的版本发布通知，及时获取最新版本的发布情况。

2.1.4 AT 发布固件差异

本章节比较了以下 ESP32-C3 系列的 AT 发布固件在支持的命令集、硬件、模组方面的差异。

- ESP32-C3-MINI-1-AT-Vx.x.x.x.zip（本节简称为 **MINI-1 Bin**）

支持的命令集

下表列出了官方适配的 ESP32-C3 系列 AT 固件默认支持哪些命令集（用 ✅ 表示）、默认不支持但可以在配置和编译 ESP-AT 工程后支持的命令集（用 ☑ 表示）、完全不支持的命令集（用 ❌ 表示），下表没有列出的命令集也为完全不支持的命令集。正式发布的固件见*AT 固件*，已适配但未发布的模组固件，需要自行编译。自行编译的固件无法从乐鑫官方服务器进行 OTA 升级。

命令集	MINI-1 Bin
base	✅
user	✅
Wi-Fi	✅
TCP-IP	✅
mDNS	✅
WPS	✅
SmartConfig	✅
ping	✅
MQTT	✅
HTTP	✅
Bluetooth LE	✅
Bluetooth LE HID	✅
BluFi	✅
FileSystem	☑
driver	☑
WPA2 enterprise	☑
Web server	☑
WebSocket	☑
OTA	✅

硬件差异

硬件	MINI-1 Bin
Flash	4 MB
PSRAM	✗
UART 管脚[1]	TX: 7 RX: 6 CTS: 5 RTS: 4

支持的模组

下表列出了官方发布的 ESP32-C3 系列 AT 固件默认支持哪些模组或芯片（用 ✓ 表示）、默认不支持但可以通过*at.py 工具* 修改后支持的模组（用 ✓ 表示），以及完全不支持的模组（用 ✗ 表示）。对于完全不支持的模组，您可以*本地编译 ESP-AT 工程* 修改您需要的配置后支持。

模组/芯片	MINI-1 Bin
ESP32-C3-MINI-1/1U	✓
ESP32-C3-WROOM-02/02U	✓
ESP8685-WROOM-01	✓
ESP8685-WROOM-03	✓
ESP8685-WROOM-04	✓
ESP8685-WROOM-05	✓
ESP8685-WROOM-06	✓
ESP8685-WROOM-07	✓

本文档包含以下小节：

- *下载 ESP32-C3 AT 发布版固件*
- *AT 固件简介*：AT 固件包含哪些二进制文件及其作用

备注： 若需下载其他芯片系列的发布版固件，请在页面左上方的下拉菜单栏选择相应的芯片，即可跳转至该芯片的文档进行下载。

AT 暂无计划支持 ESP32-H 系列、ESP32-P 系列、ESP32-S3 系列芯片，也暂无对应的 AT 固件。推荐使用 ESP32-C 系列芯片。

2.2 AT 固件简介

ESP-AT 固件包含了若干个特定功能的二进制文件：

```
build
├── at_customize.bin        // 二级分区表（用户分区表，列出了 mfg_nvs 分区以及
↪fatfs 分区的起始地址和分区大小）
```

（续下页）

[1] UART 管脚可自定义，详情请参考*如何设置 AT 端口管脚*。

(接上页)

```
├── bootloader
│   └── bootloader.bin      // 启动加载器
├── customized_partitions
│   └── mfg_nvs.bin         // 出厂配置参数，参数值见同级目录下的 mfg_nvs.csv
├── esp-at.bin              // AT 应用固件
├── factory
│   └── factory_xxx.bin     //␣
↪特定功能的二进制文件合集，您可以仅烧录本文件到起始地址为 0 的 flash␣
↪空间中，或者根据 download.config 文件中的信息将若干个二进制文件烧录到 flash␣
↪中对应起始地址的空间中。
├── partition_table
│   └── partition-table.bin // 一级分区表（系统分区表）
└── ota_data_initial.bin    // OTA 数据初始化文件
```

Chapter 3

AT 命令集

本章将具体介绍如何使用各类 AT 命令。

3.1 基础 AT 命令集

- 介绍
- *AT*：测试 AT 启动
- *AT+RST*：重启模块
- *AT+GMR*：查看版本信息
- *AT+CMD*：查询当前固件支持的所有命令及命令类型
- *AT+GSLP*：进入 Deep-sleep 模式
- *ATE*：开启或关闭 AT 回显功能
- *AT+RESTORE*：恢复出厂设置
- *AT+SAVETRANSLINK*：设置开机 Network/Bluetooth LE 透传模式 信息
- *AT+TRANSINTVL*：设置透传模式 模式下的数据发送间隔
- *AT+UART_CUR*：设置 UART 当前临时配置，不保存到 flash
- *AT+UART_DEF*：设置 UART 默认配置, 保存到 flash
- *AT+SLEEP*：设置睡眠模式
- *AT+SYSRAM*：查询堆空间使用情况
- *AT+SYSMSG*：查询/设置系统提示信息
- *AT+SYSMSGFILTER*：启用或禁用系统消息 过滤
- *AT+SYSMSGFILTERCFG*：查询/配置系统消息 的过滤器
- *AT+SYSFLASH*：查询或读写 flash 用户分区
- *AT+SYSMFG*：查询或读写*manufacturing nvs* 用户分区
- *AT+RFPOWER*：查询/设置 RF TX Power
- *AT+RFCAL*：RF 全面校准
- *AT+SYSROLLBACK*：回滚到以前的固件
- *AT+SYSTIMESTAMP*：查询/设置本地时间戳
- *AT+SYSLOG*：启用或禁用 AT 错误代码提示
- *AT+SLEEPWKCFG*：设置 Light-sleep 唤醒源和唤醒 GPIO
- *AT+SYSSTORE*：设置参数存储模式
- *AT+SYSREG*：读写寄存器
- *AT+SYSTEMP*：读取芯片内部摄氏温度值

3.1.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。

3.1.2 AT：测试 AT 启动

执行命令

命令：

```
AT
```

响应：

```
OK
```

3.1.3 AT+RST：重启模块

执行命令

命令：

```
AT+RST
```

响应：

```
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+RST=<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：
  - 0：重启 ESP32-C3 并进入正常运行模式
  - 1：重启 ESP32-C3 并进入固件下载模式

说明

- 如果您要实现下载，可以考虑发送此设置命令让 ESP32-C3 进入下载模式，这样您可以在硬件上节省 Boot 管脚。

3.1.4 AT+GMR：查看版本信息

执行命令

命令：

```
AT+GMR
```

响应：

```
<AT version info>
<SDK version info>
<compile time>
Bin version:<Bin version>(<module_name>)

OK
```

参数

- **<AT version info>**：AT 核心库的版本信息，它们在 esp-at/components/at/lib/ 目录下。代码是闭源的，无开放计划。
- **<SDK version info>**：AT 使用的平台 SDK 版本信息，它们定义在 esp-at/module_config/module_{platform}_default/IDF_VERSION 文件中。
- **<compile time>**：固件生成时间。
- **<Bin version>**：AT 固件版本信息。版本信息可以在 menuconfig 中修改，python build.py menuconfig > Application manager > Project version。最大长度：32 字节。
- **<module_name>**：模块名称，在 esp-at/components/customized_partitions/raw_data/factory_param/factory_param_data.csv 里定义。

说明

- 如果您在使用 ESP-AT 固件中有任何问题，请先提供 AT+GMR 版本信息。

示例

```
AT+GMR
AT version:2.2.0.0-dev(ca41ec4 - ESP32-C3 - Sep 16 2020 11:28:17)
SDK version:v4.0.1-193-ge7ac221b4
compile time(98b95fc):Oct 29 2020 11:23:25
Bin version:2.1.0(MINI-1)

OK
```

3.1.5 AT+CMD：查询当前固件支持的所有命令及命令类型

查询命令

命令：

```
AT+CMD?
```

响应：

```
+CMD:<index>,<"AT command name">,<support test command>,<support query command>,
↪<support set command>,<support execute command>

OK
```

参数

- **<index>**：AT 命令序号
- **<" AT command name" >**：AT 命令名称
- **<support test command>**：0 表示不支持，1 表示支持
- **<support query command>**：0 表示不支持，1 表示支持
- **<support set command>**：0 表示不支持，1 表示支持
- **<support execute command>**：0 表示不支持，1 表示支持

3.1.6 AT+GSLP：进入 Deep-sleep 模式

设置命令

命令：

```
AT+GSLP=<time>
```

响应：

```
<time>

OK
```

参数

- **<time>**：设备进入 Deep-sleep 的时长，单位：毫秒。设定时间到后，设备自动唤醒，调用深度睡眠唤醒桩，然后加载应用程序。
  - 0 表示立即重启
  - 最大 Deep-sleep 时长约为 28.8 天（2^{31}-1 毫秒）。

说明

- 由于外部因素的影响，所有设备进入 Deep-sleep 的实际时长与理论时长之间会存在差异。

3.1.7 ATE：开启或关闭 AT 回显功能

执行命令

命令：

```
ATE0
```

或

```
ATE1
```

响应：

```
OK
```

参数

- **ATE0**：关闭回显
- **ATE1**：开启回显

3.1.8 AT+RESTORE：恢复出厂设置

执行命令

命令：

```
AT+RESTORE
```

响应：

```
OK
```

说明

- 该命令将擦除所有保存到 flash 的参数，并恢复为默认参数。
- 运行该命令会重启设备。

3.1.9 AT+SAVETRANSLINK：设置开机 Network/Bluetooth LE 透传模式信息

- 设置开机进入 *TCP/SSL* 客户端透传模式信息
- 设置开机进入 *TCP/SSL* 服务器透传模式信息
- 设置开机进入 *UDP* 透传模式信息
- 设置开机进入 *BLE* 透传模式信息

设置开机进入 TCP/SSL 客户端透传模式信息

设置命令　命令：

```
AT+SAVETRANSLINK=<mode>,<"remote host">,<remote port>[,<"type">,<keep_alive>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**:
  - 0: 关闭 ESP32-C3 上电进入 TCP/SSL 客户端透传模式
  - 1: 开启 ESP32-C3 上电进入 TCP/SSL 客户端透传模式
- **<" remote host" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址、IPv6 地址，或域名。最长为 64 字节。
- **<remote port>**：远端端口值
- **<" type" >**：字符串参数，表示传输类型：" TCP"," TCPv6"," SSL"，或 "SSLv6"。默认值：" TCP"
- **<keep_alive>**：配置套接字的 SO_KEEPALIVE 选项（参考：SO_KEEPALIVE 介绍），单位：秒。
- 范围：[0,7200]。

  - 0：禁用 keep-alive 功能；（默认）
  - 1 ~ 7200：开启 keep-alive 功能。TCP_KEEPIDLE 值为 **<keep_alive>**，TCP_KEEPINTVL 值为 1，TCP_KEEPCNT 值为 3。
- 本命令中的 <keep_alive> 参数与*AT+CIPTCPOPT* 命令中的 <keep_alive> 参数相同，最终值由后设置的命令决定。如果运行本命令时不设置 <keep_alive> 参数，则默认使用上次配置的值。

说明

- 本设置将开机透传模式 信息保存在 NVS 区，若参数 <mode> 为 1 ，下次上电自动进入透传模式。需重启生效。

示例

```
AT+SAVETRANSLINK=1,"192.168.6.110",1002,"TCP"
AT+SAVETRANSLINK=1,"www.baidu.com",443,"SSL"
AT+SAVETRANSLINK=1,"240e:3a1:2070:11c0:55ce:4e19:9649:b75",8080,"TCPv6"
AT+SAVETRANSLINK=1,"240e:3a1:2070:11c0:55ce:4e19:9649:b75",8080,"SSLv6
```

设置开机进入 TCP/SSL 服务器透传模式信息

设置　命令：

```
AT+SAVETRANSLINK=<mode>[,<port>][,<"type">][,<CA enable>][,<netif>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**:
  - 0: 关闭 ESP32-C3 上电进入 TCP/SSL 服务器透传模式
  - 3: 开启 ESP32-C3 上电进入 TCP/SSL 服务器透传模式
- **[<port>]**：服务器监听的端口，默认值：333。
- **<" type" >**：服务器类型：" TCP"," TCPv6"," SSL"，或 "SSLv6" . 默认值：" TCP"
- **<CA enable>**：仅在 <type> 为 "SSL" 或 "SSLv6" 时才有此参数。
  - 0：不使用 CA 认证
  - 1：使用 CA 认证
- **<netif>**：指定服务器监听的网络接口，默认值：0。

  - 0：所有网络接口
  - 1：Wi-Fi station 接口
  - 2：Wi-Fi SoftAP 接口

说明

- 本设置将开机透传模式 信息保存在 NVS 区，若参数 <mode> 为 1 ，下次上电自动进入透传模式。需重启生效。
- ESP32-C3 作为 Wi-Fi Station 时，请提前配置好 Wi-Fi 连接信息并启用重连机制；作为 SoftAP 时，请提前配置好 SoftAP 参数，保证上电后能正常工作。
- 在 TCP/SSL 服务器的透传模式下，仅支持单一透传连接：一旦有客户端建立透传连接，服务器将进入透传模式并拒绝后续的透传连接请求。
- 当底层网络接口 (netif) 停止或断开时，已有连接会被关闭，服务器会恢复为监听状态，准备接受新的普通连接。
- 退出透传模式后，TCP/SSL 服务器仍然保持运行，但以普通（非透传）模式提供服务，最大并发连接数为 1。

示例

```
// 设置 Wi-Fi SoftAP 信息，名称为 esp-ap-001，密码为空，信道
↪11，加密方式为开放，最大连接数 3
AT+CWSAP="esp-ap-001","",11,0,3

// 设置开机进入 TCP 服务器透传模式，监听端口 1002
AT+SAVETRANSLINK=3,1002,"TCP",2

// 重启模块
AT+RST

// PC 连接到 esp-ap-001，并通过 TCP 客户端工具连接到 ESP32-C3 的 1002 端口
nc 192.168.4.1 1002

// 透传数据
```

设置开机进入 UDP 透传模式信息

设置 命令：

```
AT+SAVETRANSLINK=<mode>,<"remote host">,<remote port>,[<"type">,<local port>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**:
  - 0: 关闭 ESP32-C3 上电进入 UDP 透传模式
  - 1: 开启 ESP32-C3 上电进入 UDP 透传模式
- **<" remote host" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址、IPv6 地址，或域名。最长为 64 字节。
- **<remote port>**：远端端口值
- **<" type" >**：字符串参数，表示传输类型：" UDP" 或 "UDPv6"。默认值：" TCP"
- **<local port>**：开机进入 UDP 传输时，使用的本地端口。

说明

- 本设置将 UDP 开机透传模式 信息保存在 NVS 区，若参数 <mode> 为 1 ，下次上电自动进入 UDP 透传模式。需重启生效。
- 如果您想基于 IPv6 网络建立一个 UDP 传输，请执行以下操作：
  - 确保 AP 支持 IPv6
  - 设置*AT+CIPV6=1*
  - 通过*AT+CWJAP* 命令获取到一个 IPv6 地址
  - （可选）通过*AT+CIPSTA?* 命令检查 ESP32-C3 是否获取到 IPv6 地址

示例

```
AT+SAVETRANSLINK=1,"192.168.6.110",1002,"UDP",1005
AT+SAVETRANSLINK=1,"240e:3a1:2070:11c0:55ce:4e19:9649:b75",8081,"UDPv6",1005
```

设置开机进入 BLE 透传模式信息

设置 命令：

```
AT+SAVETRANSLINK=<mode>,<role>,<tx_srv>,<tx_char>,<rx_srv>,<rx_char>,<"peer_addr">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：
  - 0: 关闭 ESP32-C3 上电进入 BLE 透传模式
  - 2: 开启 ESP32-C3 上电进入 BLE 透传模式
- **<role>**：
  - 1: client 角色
  - 2: server 角色
- **<tx_srv>**：tx 服务序号。AT 作为 GATTC 时，通过*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 命令查询；作为 GATTS 时，通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询。
- **<tx_char>**：tx 服务特征序号。AT 作为 GATTC 时，通过*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index> 命令查询；作为 GATTS 时，通过*AT+BLEGATTSCHAR?* 命令查询。
- **<rx_srv>**：rx 服务序号。AT 作为 GATTC 时，通过*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 命令查询；作为 GATTS 时，通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询。
- **<rx_char>**：rx 服务特征序号。AT 作为 GATTC 时，通过*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index> 命令查询；作为 GATTS 时，通过*AT+BLEGATTSCHAR?* 命令查询。
- **<" peer_addr" >**：对方 Bluetooth LE 地址。

说明

- 本设置将 BLE 开机透传模式 信息保存在 NVS 区，若参数 <mode> 为 2，下次上电自动进入 Bluetooth LE 透传模式。需重启生效。

示例

```
AT+SAVETRANSLINK=2,2,1,7,1,5,"26:a2:11:22:33:88"
```

3.1.10 AT+TRANSINTVL：设置透传模式模式下的数据发送间隔

查询命令

命令：

```
AT+TRANSINTVL?
```

响应：

```
+TRANSINTVL:<interval>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+TRANSINTVL=<interval>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<interval>**：数据发送间隔。单位：毫秒。默认值：20。范围：[0,1000]。

说明

- 透传模式下，当 ESP32-C3 从 UART 接收到数据后，如果收到的数据长度大于等于 2920 字节，数据会立即被分为每 2920 字节一组的块进行发送，否则会等待 <interval> 毫秒或等待收到的数据大于等于 2920 字节再发送数据。
- 当数据量很小，且数据发送间隔很短时，可以通过设置 <interval> 来调整数据发送的时机。当 <interval> 很小时，可以降低向协议栈发送数据的延时，但这会增加协议栈数据向网络发送的次数，一定程度降低了吞吐性能。

示例

```
// 设置收到数据后立即发送
AT+TRANSINTVL=0
```

3.1.11 AT+UART_CUR：设置 UART 当前临时配置，不保存到 flash

查询命令

命令：

```
AT+UART_CUR?
```

响应：

```
+UART_CUR:<baudrate>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<flow control>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+UART_CUR=<baudrate>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<flow control>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<baudrate>**：UART 波特率
  - ESP32-C3 设备：支持范围为 80 ~ 5000000
- **<databits>**：数据位
  - 5：5 bit 数据位
  - 6：6 bit 数据位
  - 7：7 bit 数据位

  - 8：8 bit 数据位
- **<stopbits>**：停止位
  - 1：1 bit 停止位
  - 2：1.5 bit 停止位
  - 3：2 bit 停止位
- **<parity>**：校验位
  - 0：None
  - 1：Odd
  - 2：Even
- **<flow control>**：流控
  - 0：不使能流控
  - 1：使能 RTS
  - 2：使能 CTS
  - 3：同时使能 RTS 和 CTS

说明

- 查询命令返回的是 UART 配置参数的实际值，由于时钟分频的原因，可能与设定值有细微的差异。
- 本设置不保存到 flash。
- 使用硬件流控功能需要连接设备的 CTS/RTS 管脚，详情请见硬件连接 和 `components/customized_partitions/raw_data/factory_param/factory_param_data.csv`。

示例

```
AT+UART_CUR=115200,8,1,0,3
```

3.1.12 AT+UART_DEF：设置 UART 默认配置，保存到 flash

查询命令

命令：

```
AT+UART_DEF?
```

响应：

```
+UART_DEF:<baudrate>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<flow control>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+UART_DEF=<baudrate>,<databits>,<stopbits>,<parity>,<flow control>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<baudrate>**：UART 波特率
  - ESP32-C3 设备：支持范围为 80 ~ 5000000

- **<databits>**：数据位
  - 5：5 bit 数据位
  - 6：6 bit 数据位
  - 7：7 bit 数据位
  - 8：8 bit 数据位
- **<stopbits>**：停止位
  - 1：1 bit 停止位
  - 2：1.5 bit 停止位
  - 3：2 bit 停止位
- **<parity>**：校验位
  - 0：None
  - 1：Odd
  - 2：Even
- **<flow control>**：流控
  - 0：不使能流控
  - 1：使能 RTS
  - 2：使能 CTS
  - 3：同时使能 RTS 和 CTS

说明

- 配置更改将保存在 NVS 分区，当设备再次上电时仍然有效。
- 使用硬件流控功能需要连接设备的 CTS/RTS 管脚，详情请见硬件连接 和 `components/customized_partitions/raw_data/factory_param/factory_param_data.csv`。

示例

```
AT+UART_DEF=115200,8,1,0,3
```

3.1.13 AT+SLEEP：设置睡眠模式

查询命令

命令：

```
AT+SLEEP?
```

响应：

```
+SLEEP:<sleep mode>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+SLEEP=<sleep mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<sleep mode>**:
  - 0：禁用睡眠模式。
  - 1：Wi-Fi Modem-sleep 模式。射频模块将根据 AP 的 DTIM 定期关闭。仅在 Wi-Fi 模式为 Station 时设置生效；在无 Wi-Fi 模式下，允许设置，但不会生效（为了兼容旧版 AT 固件）；其他情况下不可设置。
  - 2：Light-sleep 模式。在 Wi-Fi 模式为 SoftAP 或 Station+SoftAP 时不可设置。
    - 无 Wi-Fi 模式
      - CPU 将自动进入睡眠，射频模块将关闭。
    - 单 Wi-Fi 模式
      - CPU 将自动进入睡眠，射频模块也将根据*AT+CWJAP* 或*AT+CWCONFIG* 命令设置的 `listen interval` 参数定期关闭。
    - 单 Bluetooth 模式
      - 在 Bluetooth 广播态下，CPU 将自动进入睡眠，射频模块也将根据广播间隔定期关闭。
      - 在 Bluetooth 连接态下，CPU 将自动进入睡眠，射频模块也将根据连接间隔定期关闭。
    - Wi-Fi 和 Bluetooth 共存模式
      - CPU 将自动进入睡眠，射频模块根据电源管理模块定期关闭。
  - 3：Wi-Fi Modem-sleep listen interval 模式。射频模块将根据*AT+CWJAP* 或*AT+CWCONFIG* 命令设置的 `listen interval` 参数定期关闭。仅在 Wi-Fi 模式为 Station 时设置生效；在无 Wi-Fi 模式下，允许设置，但不会生效（为了兼容旧版 AT 固件）；其他情况下不可设置。

说明

- 设置 Light-sleep 模式前，建议提前通过*AT+SLEEPWKCFG* 命令设置好唤醒源，否则没法唤醒，设备将一直处于睡眠状态。
- 设置 Light-sleep 模式后，如果 Light-sleep 唤醒条件不满足时，设备将自动进入睡眠模式，当 Light-sleep 唤醒条件满足时，设备将自动从睡眠模式中唤醒。
- 单 BLE 模式下，只有 BLE Light-sleep 和 BLE Modem-sleep 两种睡眠模式。通过 `AT+SLEEP=2` 命令启用 BLE Light-sleep，通过 `AT+SLEEP=0` 命令启用 BLE Modem-sleep。
- 对于 BLE 模式下的 Light-sleep 模式，用户必须确保外接 32KHz 晶振，否则，Light-sleep 模式会以 Modem-sleep 模式工作。
- AT+SLEEP 更多示例请参考文档*Sleep AT 示例*。

示例

```
AT+SLEEP=0
```

3.1.14 AT+SYSRAM：查询堆空间使用情况

查询命令

命令：

```
AT+SYSRAM?
```

响应：

```
+SYSRAM:<remaining RAM size>,<minimum heap size>
OK
```

参数

- **<remaining RAM size>**：当前可用的堆空间大小，单位：byte。当有内存泄漏时，该值会逐渐减小。
- **<minimum heap size>**：ESP32-C3 上电以来记录到的最小可用堆空间大小，单位：byte。当 `<minimum heap size>` 小于或接近于 10 KB 时，可能影响 ESP32-C3 的 Wi-Fi 和低功耗蓝牙功能。此数值仅会在出现新低值时更新，不会增加。

说明

- 当 `<minimum heap size>` 小于或接近 10 KB，或在*AT 日志端口* 看到类似 `alloc failed, size:<requested_size>, caps:<requested_caps>` 的日志时，请考虑进行内存优化：
  - 在 `python build.py menuconfig` > `Component config` > `AT` 路径下禁用不需要的 AT 功能。
  - 参考 内存优化 文档中的相关方法。

示例

```
AT+SYSRAM?
+SYSRAM:148408,84044
OK
```

设置命令

功能：

查询在给定能力下的系统内存使用情况。

命令：

```
AT+SYSRAM=<caps>
```

响应：

```
+SYSRAM:<caps_largest_free_block_size>,<caps_free_size>,<caps_minimum_free_size>,
↪<caps_total_size>
OK
```

参数

- **<caps>**：能力值。详见 不同 capabilities 定义。可以组合使用，如 `AT+SYSRAM=0x1800`，表示 `MALLOC_CAP_INTERNAL | MALLOC_CAP_DEFAULT`。
- **<caps_largest_free_block_size>**：当前 caps 下能够分配的最大空闲块，单位：byte。
- **<caps_free_size>**：当前 caps 下所有的空闲块大小总和，单位：byte。
- **<caps_minimum_free_size>**：芯片上电后，caps 下所有的空闲块大小总和的最小值，单位：byte。
- **<caps_total_size>**：当前 caps 下总内存大小，单位：byte。

说明

- 系统运行过程中，一旦内存不足，*AT 日志端口* 会输出 `alloc failed, size:<requested_size>, caps:<requested_caps>`。您可以发送 `AT+SYSRAM=<requested_caps>` 查看当前 caps 的内存使用情况。其中 `<caps_largest_free_block_size>` 决定了能否分配 `<requested_size>` 大小的内存块。

3.1.15 AT+SYSMSG：查询/设置系统提示信息

查询命令

功能：

查询当前系统提示信息状态

命令：

```
AT+SYSMSG?
```

响应：

```
+SYSMSG:<state>
OK
```

设置命令

功能：

设置系统提示信息。如果您需要更加精细的管理 AT 消息，请使用*AT+SYSMSGFILTER* 命令。

命令：

```
AT+SYSMSG=<state>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<state>**：
  - Bit0：退出 Network 透传模式, Bluetooth LE SPP 及 Bluetooth SPP 时是否打印提示信息
    - 0：不打印
    - 1：打印 +QUITT
  - Bit1：连接时提示信息类型
    - 0：使用简单版提示信息，如 XX,CONNECT
    - 1：使用详细版提示信息，如 +LINK_CONN:status_type,link_id,ip_type,terminal_type,remote_ip,remote_port,local_port
  - Bit2：连接状态提示信息，适用于 Network 透传模式、Bluetooth LE SPP 及 Bluetooth SPP
    - 0：不打印提示信息
    - 1：当 Wi-Fi、socket、Bluetooth LE 或 Bluetooth 状态发生改变时，打印提示信息，如：

```
- "CONNECT\r\n" 或以 "+LINK_CONN:" 开头的提示信息
- "CLOSED\r\n"
- "WIFI CONNECTED\r\n"
- "WIFI GOT IP\r\n"
- "WIFI GOT IPv6 LL\r\n"
- "WIFI GOT IPv6 GL\r\n"
- "WIFI DISCONNECT\r\n"
- "+ETH_CONNECTED\r\n"
- "+ETH_DISCONNECTED\r\n"
- 以 "+ETH_GOT_IP:" 开头的提示信息
- 以 "+STA_CONNECTED:" 开头的提示信息
- 以 "+STA_DISCONNECTED:" 开头的提示信息
- 以 "+DIST_STA_IP:" 开头的提示信息
- 以 "+BLECONN:" 开头的提示信息
```

(续下页)

(接上页)

```
- 以 "+BLEDISCONN:" 开头的提示信息
- "+BLE_TT_MODE\r\n"
- 在透传模式下，使能 notify 或者 indicate 时，打印以 "+WRITE:"␣
↪开头的提示消息
```

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将被保存在 NVS 分区。
- 若设 Bit0 为 1，退出透传模式 时会提示 +QUITT。
- 若设 Bit1 为 1，将会影响*AT+CIPSTART* 和*AT+CIPSERVER* 命令，系统将提示“+LINK_CONN:status_type,link_id,ip_type,terminal_type,remote_ip,remote_port,local_port”，而不是“XX,CONNECT”。

示例

```
// 退出透传模式时不打印提示信息
// 连接时打印详细版提示信息
// 连接状态发生改变时不打印信息
AT+SYSMSG=2
```

或

```
// 透传模式下，Wi-Fi、socket、Bluetooth LE 或 Bluetooth 状态改变时会打印提示信息
AT+SYSMSG=4
```

3.1.16 AT+SYSMSGFILTER：启用或禁用系统消息过滤

查询命令

功能：

查询当前系统信息过滤的状态

命令：

```
AT+SYSMSGFILTER?
```

响应：

```
+SYSMSGFILTER:<enable>

OK
```

设置命令

功能：

启用或禁用系统消息过滤

命令：

```
AT+SYSMSGFILTER=<enable>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：
  - 0：禁用系统消息过滤。系统默认值。禁用后，系统消息不会被设置的过滤器过滤。
  - 1：启用系统消息过滤。开启后，系统消息被正则表达式匹配上的数据会被 AT 过滤掉，MCU 不会收到；而未被正则表达式匹配上的数据，会原样发往 MCU。

说明

- 请先使用*AT+SYSMSGFILTERCFG* 命令配置有效的过滤器，再通过本命令启用或禁用系统消息过滤，实现更加精细的系统消息管理。
- 请谨慎使用*AT+SYSMSGFILTER=1* 命令，建议您开启系统消息过滤后要及时禁用，防止 AT 的系统消息被过度过滤。
- 在进入透传模式 前，强烈建议使用*AT+SYSMSGFILTER=0* 命令，禁用系统消息过滤。
- 如果您基于 AT 工程二次开发，请使用如下的 APIs 实现 AT 命令口的数据发送。

```
// 原生的 AT 命令口的数据发送。数据不会被 AT+SYSMSGFILTER␣
↪命令过滤，发送数据前也不会唤醒 MCU（AT+USERWKMCUCFG 命令设置的 MCU 唤醒功能）。
int32_t esp_at_port_write_data_without_filter(uint8_t data, int32_t len);

// 具有过滤功能的 AT 命令口的数据发送。数据会被 AT+SYSMSGFILTER␣
↪命令过滤（如果启用），发送数据前不会唤醒 MCU（AT+USERWKMCUCFG 命令设置的 MCU␣
↪唤醒功能）。
int32_t esp_at_port_write_data(uint8_t data, int32_t len);

// 具有唤醒 MCU 功能的 AT 命令口的数据发送。数据不会被 AT+SYSMSGFILTER␣
↪命令过滤，发送数据前会唤醒 MCU（AT+USERWKMCUCFG 命令设置的 MCU 唤醒功能）。
int32_t esp_at_port_active_write_data_without_filter(uint8_t data, int32_t len);

// 同时具有唤醒 MCU 功能和过滤功能的 AT 命令口的数据发送。数据会被 AT+SYSMSGFILTER␣
↪命令过滤（如果启用），发送数据前会唤醒 MCU（AT+USERWKMCUCFG 命令设置的 MCU␣
↪唤醒功能）。
int32_t esp_at_port_active_write_data(uint8_t data, int32_t len);
```

示例 详细示例参考：系统消息过滤示例。

3.1.17 AT+SYSMSGFILTERCFG：查询/配置系统消息的过滤器

- 查询过滤器
- 清除所有过滤器
- 增加一个过滤器
- 删除一个过滤器

查询过滤器

查询命令 **命令：**

```
AT+SYSMSGFILTERCFG?
```

响应：

```
+SYSMSGFILTERCFG:<index>,<"head_regexp">,<"tail_regexp">

OK
```

参数

- **<index>**：过滤器的索引。
- **<" head_regexp" >**：头部正则表达式。
- **<" tail_regexp" >**：尾部正则表达式。

清除所有过滤器

设置命令　命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=<operator>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<operator>**：
  - 0：清除所有过滤器。清除后，可以释放一些过滤器所占用的堆空间大小。

示例

```
// 清除所有过滤器
AT+SYSMSGFILTERCFG=0
```

增加一个过滤器

设置命令　命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=<operator>,<head_regexp_len>,<tail_regexp_len>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 AT 命令口的数据，此时您可以输入数据（即：头部正则表达式和尾部正则表达式），当 AT 接收到的数据长度达到 <head_regexp_len> + <tail_regexp_len> 后，进行正则表达式完整性校验。

如果正则表达式完整性校验失败或添加过滤器失败，返回：

```
ERROR
```

如果正则表达式完整性校验成功且添加过滤器成功，返回：

```
OK
```

参数

- **<operator>**：
  - 1：增加一个过滤器。一个过滤器包含头部正则表达式和尾部正则表达式。
- **<head_regexp_len>**：头部正则表达式长度。范围：[0,64]。如果设置为 0，代表忽略头部正则表达式的匹配，同时 <tail_regexp_len> 不能为 0。
- **<tail_regexp_len>**：尾部正则表达式长度。范围：[0,64]。如果设置为 0，代表忽略尾部正则表达式的匹配，同时 <head_regexp_len> 不能为 0。

说明

- 请先使用本命令配置有效的过滤器，再通过*AT+SYSMSGFILTER* 命令启用或禁用系统消息过滤，实现更加精细的系统消息管理。
- 头部和尾部正则表达式格式参考 POSIX 基本正则语法 (BRE)。
- 为了避免系统消息 (AT 命令口的 TX 数据) 被错误过滤，**强烈建议**头部正则表达式以 ^ 开头，尾部正则表达式以 $ 结束。
- 只有系统消息 **同时匹配**上头部正则表达式和尾部正则表达式时，系统消息才会被过滤。过滤后，系统消息被正则表达式匹配上的数据会被 AT 过滤掉，MCU 不会收到；而未被正则表达式匹配上的数据，会原样发往 MCU。
- 当系统消息匹配到一个过滤器后，不会再继续匹配其它的过滤器。
- 系统消息匹配过滤器时，系统消息不会缓存，即不会将上一条的系统消息和本条系统消息合在一起，进行匹配。
- 对于吞吐量较大的设备，强烈建议您设置较少的过滤器，同时及时通过*AT+SYSMSGFILTER=0* 命令禁用系统消息过滤。

示例

```
// 设置过滤器，过滤掉 "WIFI CONNECTED" 系统消息报告
AT+SYSMSGFILTERCFG=1,17,0
// 等待命令返回 OK 和 > 后，输入 ^WIFI CONNECTED\r\n（注意 \r\n 占用 2␣
↪个字节，对应 ASCII 码中的 0D 0A）

// 开启系统消息过滤
AT+SYSMSGFILTER=1

// 测试过滤功能
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
// AT 不再输出 WIFI CONNECTED 系统消息报告
```

详细示例参考：系统消息过滤示例。

删除一个过滤器

设置命令　命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=<operator>,<head_regexp_len>,<tail_regexp_len>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 AT 命令口的数据，此时您可以输入数据（即：头部正则表达式和尾部正则表达式），当 AT 接收到的数据长度达到 <head_regexp_len> + <tail_regexp_len> 后，进行正则表达式完整性校验。

如果正则表达式完整性校验失败或删除过滤器失败，返回：

```
ERROR
```

如果正则表达式完整性校验成功且删除过滤器成功，返回：

```
OK
```

参数

- **<operator>**：
  - 2：删除一个过滤器。
- **<head_regexp_len>**：头部正则表达式长度。范围：[0,64]。如果设置为 0，则 <tail_regexp_len> 不能为 0。
- **<tail_regexp_len>**：尾部正则表达式长度。范围：[0,64]。如果设置为 0，则 <head_regexp_len> 不能为 0。

说明

- 待删除的过滤器应在已增加的过滤器中。

示例

```
// 删除上述添加的过滤器
AT+SYSMSGFILTERCFG=2,17,0
// 等待命令返回 OK 和 > 后，输入 ^WIFI CONNECTED\r\n（注意 \r\n 占用 2
↪个字节，对应 ASCII 码中的 0D 0A）

// 测试功能
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
// AT 会输出 WIFI CONNECTED 系统消息报告
```

3.1.18 AT+SYSFLASH：查询或读写 flash 用户分区

查询命令

功能：

查询 flash 用户分区

命令：

```
AT+SYSFLASH?
```

响应：

```
+SYSFLASH:<partition>,<type>,<subtype>,<addr>,<size>
OK
```

设置命令

功能：

读、写、擦除 flash 用户分区

命令：

```
AT+SYSFLASH=<operation>,<partition>,<offset>,<length>
```

响应：

```
+SYSFLASH:<length>,<data>
OK
```

参数

- **<operation>**：
  - 0：擦除分区
  - 1：写分区
  - 2：读分区
- **<partition>**：用户分区名称
- **<offset>**：偏移地址
- **<length>**：数据长度
- **<type>**：用户分区类型
- **<subtype>**：用户分区子类型
- **<addr>**：用户分区地址
- **<size>**：用户分区大小

说明

- 使用本命令需烧录 at_customize.bin，详细信息可参考如何自定义分区。
- 擦除分区时，请完整擦除该目标分区。这可以通过省略 <offset> 和 <length> 参数来完成。例如，命令 AT+SYSFLASH=0,"mfg_nvs" 可擦除整个“mfg_nvs”区域。
- 关于分区的定义可参考 ESP-IDF 分区表。
- 当 <operator> 为 write 时，系统收到此命令后先换行返回 >，此时您可以输入要写的数据，数据长度应与 <length> 一致。
- 写分区前，请先擦除该分区。
- 如果您想修改 mfg_nvs 分区中的某些数据，请使用*AT+SYSMFG* 命令（NVS 中的键值对操作）。如果您想修改整个 mfg_nvs 分区，请使用*AT+SYSFLASH* 命令（分区操作）。
- 写分区时，MCU 应该分次写入数据，避免一次性写入过多数据导致内存不足。例如每次写入 4 KB 字节数据，直到写入完成。

示例

```
// 擦除整个 "mfg_nvs" 分区
AT+SYSFLASH=0,"mfg_nvs"

// 在 "mfg_nvs" 分区偏移地址 0 处写入新的 "mfg_nvs" 分区（大小为 0x1C000）
AT+SYSFLASH=1,"mfg_nvs",0,0x1C000
```

3.1.19 AT+SYSMFG：查询或读写 manufacturing nvs 用户分区

查询命令

功能：

查询 manufacturing nvs 用户分区内的命名空间 (namespace)

命令：

```
AT+SYSMFG?
```

响应：

```
+SYSMFG:<"namespace">

OK
```

擦除命名空间或键值对

设置命令　命令：

```
AT+SYSMFG=<operation>,<"namespace">[,<"key">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<operation>**：
  - 0：擦除操作
  - 1：读取操作
  - 2：写入操作
- **<" namespace" >**：命名空间。
- **<" key" >**：主键，或称为键。当 <"key"> 缺省时，擦除 <"namespace"> 内所有的键值对；否则只擦除当前指定的 <"key"> 的键值对。

说明

- 请先阅读 非易失性存储 (NVS)，了解命名空间、键值对的概念。

示例

```
// 擦除 client_cert 命名空间内所有的键值对（即：擦除默认的第 0 套和第 1␣
↪套客户端证书）
AT+SYSMFG=0,"client_cert"

// 擦除 client_cert 命名空间内的 client_cert.0 键值对（即：擦除默认的第 0␣
↪套客户端证书）
AT+SYSMFG=0,"client_cert","client_cert.0"
```

读取命名空间或键值对

设置命令　命令：

```
AT+SYSMFG=<operation>[,<"namespace">][,<"key">][,<offset>,<length>]
```

响应：

当 <"namespace"> 以及之后参数缺省时，返回：

```
+SYSMFG:<"namespace">

OK
```

当 <"key"> 以及之后参数缺省时，返回：

```
+SYSMFG:<"namespace">,<"key">,<type>

OK
```

其余情况，返回：

```
+SYSMFG:<"namespace">,<"key">,<type>,<length>,<value>

OK
```

参数

- **<operation>**：
  - 0：擦除操作
  - 1：读取操作
  - 2：写入操作
- **<" namespace" >**：命名空间。
- **<" key" >**：主键，或称为键。
- **<offset>**：键值的偏移。
- **<length>**：键值的长度。
- **<type>**：键值的类型。
  - 1：u8
  - 2：i8
  - 3：u16
  - 4：i16
  - 5：u32
  - 6：i32
  - 7：string
  - 8：binary
- **<value>**：键值的数据。

说明

- 请先阅读 非易失性存储 (NVS)，了解命名空间、键值对的概念。

示例

```
// 读取当前所有的命名空间
AT+SYSMFG=1

// 读取 client_cert 命名空间内所有的主键
AT+SYSMFG=1,"client_cert"

// 读取 client_cert 命名空间内的 client_cert.0 主键的值
AT+SYSMFG=1,"client_cert","client_cert.0"

// 读取 client_cert 命名空间内的 client_cert.0 主键的值，从偏移 100 的位置读取 200␣
↪字节
AT+SYSMFG=1,"client_cert","client_cert.0",100,200
```

向命名空间内写入键值对

设置命令　命令：

```
AT+SYSMFG=<operation>,<"namespace">,<"key">,<type>,<value>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<operation>**：
  - 0：擦除操作
  - 1：读取操作
  - 2：写入操作
- **<" namespace" >**：命名空间。
- **<" key" >**：主键，或称为键。
- **<type>**：键值的类型。
  - 1：u8
  - 2：i8
  - 3：u16
  - 4：i16
  - 5：u32
  - 6：i32
  - 7：string
  - 8：binary
- **<value>**：参数 <type> 不同，则此参数意义不同：
  - 如果 <type> 是 1-6，<value> 代表键值的数据。
  - 如果 <type> 是 7-8，<value> 代表键值的数据的长度。在您发送完此条命令后，AT 返回 >，表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <value> 后，则立即向命名空间内写入键值对。

说明

- 请先阅读 非易失性存储 (NVS)，了解命名空间、键值对的概念。
- 写入前，您无需主动擦除命名空间或键值对（NVS 会根据需要自动擦除键值对）。
- 如果您想修改 mfg_nvs 分区中的某些数据，请使用*AT+SYSMFG* 命令（NVS 中的键值对操作）。如果您想修改整个 mfg_nvs 分区，请使用*AT+SYSFLASH* 命令（分区操作）。

示例

```
// 向 client_cert 命名空间内的 client_cert.0 键写入新的值 (即：更新 client_cert␣
↪命名空间内的第 0 套客户端证书)
AT+SYSMFG=2,"client_cert","client_cert.0",8,1164

// 等待串口返回 > 后，写入 1164 字节的证书文件
```

3.1.20 AT+RFPOWER：查询/设置 RF TX Power

查询命令

功能：

查询 RF TX Power

命令：

```
AT+RFPOWER?
```

响应：

```
+RFPOWER:<wifi_power>,<ble_adv_power>,<ble_scan_power>,<ble_conn_power>
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+RFPOWER=<wifi_power>[,<ble_adv_power>,<ble_scan_power>,<ble_conn_power>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<wifi_power>**：单位为 0.25 dBm，比如设定的参数值为 78，则实际的 RF Power 值为 78 * 0.25 dBm = 19.5 dBm。配置后可运行 `AT+RFPOWER?` 命令确认实际的 RF Power 值。
  - ESP32-C3 设备的取值范围为 [40,84]：

设定值	读取值	实际值	实际 dBm
[40,80]	< 设定值 >	< 设定值 >	< 设定值 > * 0.25
[81,84]	< 设定值 >	80	20

- **<ble_adv_power>**：Bluetooth LE 广播的 RF TX Power。取值范围为 [0,15]：

- 0: -24 dBm
- 1: -21 dBm
- 2: -18 dBm
- 3: -15 dBm
- 4: -12 dBm
- 5: -9 dBm
- 6: -6 dBm
- 7: -3 dBm
- 8: 0 dBm
- 9: 3 dBm
- 10: 6 dBm
- 11: 9 dBm
- 12: 12 dBm
- 13: 15 dBm
- 14: 18 dBm
- 15: 20 dBm

- **<ble_scan_power>**：Bluetooth LE 扫描的 RF TX Power，参数取值同 `<ble_adv_power>` 参数。
- **<ble_conn_power>**：Bluetooth LE 连接的 RF TX Power，参数取值同 `<ble_adv_power>` 参数。

3.1.21 说明

- 当 Wi-Fi 关闭或未初始化时，`AT+RFPOWER` 命令无法设置/查询 Wi-Fi 的 RF TX Power。当 Bluetooth LE 未初始化时，`AT+RFPOWER` 命令无法设置/查询 Bluetooth LE 的 RF TX Power。
- 由于 RF TX Power 分为不同的等级，而每个等级都有与之对应的取值范围，所以通过 `esp_wifi_get_max_tx_power` 查询到的 `wifi_power` 的值可能与 `esp_wifi_set_max_tx_power` 设定的值存在差异，但不会比该值大。
- 建议将 <ble_scan_power> 和 <ble_conn_power> 两个参数值设置为与 <ble_adv_power> 参数相同的值，否则，这两个参数将会被自动设置为与 <ble_adv_power> 相同的值。

3.1.22 AT：RF 全面校准

执行命令

命令：

```
AT+RFCAL
```

响应：

```
OK
```

3.1.23 说明

- ESP32-C3 首次启动时会自动执行 RF 全面校准，之后启动时会自动执行 RF 部分校准。请参考 RF 校准 了解更多细节。
- 通常在固件升级、设备环境改变，设备长期未使用等情况后，建议执行 RF 全面校准。

3.1.24 AT+SYSROLLBACK：回滚到以前的固件

查询命令

功能：

查询当前运行固件和回滚固件的地址和版本。

命令：

```
AT+SYSROLLBACK?
```

响应：

```
+SYSROLLBACK:<running_app_addr>,<"running_app_version">,<rollback_app_addr>,<
↪"rollback_app_version">
OK
```

执行命令

功能：

回滚到以前的固件。

命令：

```
AT+SYSROLLBACK
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<running_app_addr>**：当前运行固件的地址。
- **<" running_app_version" >**：当前运行固件的版本。
- **<rollback_app_addr>**：回滚固件的地址。
- **<" rollback_app_version" >**：回滚固件的版本。

说明

- 在执行固件回滚时，ESP32-C3 会先验证目标固件的有效性，只有验证通过时才会执行回滚操作，否则将返回错误信息。
- 回滚功能独立于 OTA 升级流程，可直接跳转至另一 OTA 分区中的固件版本运行。

3.1.25 AT+SYSTIMESTAMP：查询/设置本地时间戳

查询命令

功能：

查询本地时间戳

命令：

```
AT+SYSTIMESTAMP?
```

响应：

```
+SYSTIMESTAMP:<Unix_timestamp>
OK
```

设置命令

功能：

设置本地时间戳，当 SNTP 时间更新后，将与之同步更新

命令：

```
AT+SYSTIMESTAMP=<Unix_timestamp>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<Unix-timestamp>**：Unix 时间戳，单位：秒。

示例

```
AT+SYSTIMESTAMP=1565853509     //2019-08-15 15:18:29
```

3.1.26 AT+SYSLOG：启用或禁用 AT 错误代码提示

查询命令

功能：

查询 AT 错误代码提示是否启用

命令：

```
AT+SYSLOG?
```

响应：

```
+SYSLOG:<status>

OK
```

设置命令

功能：

启用或禁用 AT 错误代码提示

命令：

```
AT+SYSLOG=<status>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<status>**：错误代码提示状态
  - 0：禁用
  - 1：启用

示例

```
// 启用 AT 错误代码提示
AT+SYSLOG=1

OK
AT+FAKE
ERR CODE:0x01090000

ERROR
```

```
// 禁用 AT 错误代码提示
AT+SYSLOG=0

OK
AT+FAKE
// 不提示 `ERR CODE:0x01090000`

ERROR
```

AT 错误代码是一个 32 位十六进制数值，定义如下：

类型	子类型	扩展
bit32 ~ bit24	bit23 ~ bit16	bit15 ~ bit0

- **category**：固定值 0x01

- **subcategory**：错误类型

错误类型	错误代码	说明
ESP_AT_SUB_OK	0x00	OK
ESP_AT_SUB_COMMON_ERROR	0x01	保留
ESP_AT_SUB_NO_TERMINATOR	0x02	未找到结束符（应以“rn”结尾）
ESP_AT_SUB_NO_AT	0x03	未找到起始 AT（输入的可能是 at、At 或 aT）
ESP_AT_SUB_PARA_LENGTH_MISMATC	0x04	参数长度不匹配
ESP_AT_SUB_PARA_TYPE_MISMATCH	0x05	参数类型不匹配
ESP_AT_SUB_PARA_NUM_MISMATCH	0x06	参数数量不匹配
ESP_AT_SUB_PARA_INVALID	0x07	无效参数
ESP_AT_SUB_PARA_PARSE_FAIL	0x08	解析参数失败
ESP_AT_SUB_UNSUPPORT_CMD	0x09	不支持该命令
ESP_AT_SUB_CMD_EXEC_FAIL	0x0A	执行命令失败
ESP_AT_SUB_CMD_PROCESSING	0x0B	仍在执行上一条命令
ESP_AT_SUB_CMD_OP_ERROR	0x0C	命令操作类型错误

- **extension**：错误扩展信息，不同的子类型有不同的扩展信息，详情请见 `components/at/include/esp_at.h`。

例如，错误代码 `ERR CODE:0x01090000` 表示“不支持该命令”。

3.1.27 AT+SLEEPWKCFG：设置 Light-sleep 唤醒源和唤醒 GPIO

设置命令

命令：

```
AT+SLEEPWKCFG=<wakeup source>,<param1>[,<param2>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<wakeup source>**: 唤醒源
  - 0：保留配置，暂不支持
  - 1：保留配置，暂不支持
  - 2：GPIO 唤醒
- **<param1>**:
  - 当唤醒源为 GPIO 时，该参数表示 GPIO 管脚
  - 保留配置，暂不支持
- **<param2>**:
  - 当唤醒源为 GPIO 时，该参数表示唤醒电平
  - 0：低电平
  - 1：高电平

示例

```
// GPIO12 置为低电平时唤醒
AT+SLEEPWKCFG=2,12,0
```

说明

- 唤醒管脚的电平应为有效电平，不能处于浮空状态，必须保持高电平或低电平。

3.1.28 AT+SYSSTORE：设置参数存储模式

查询命令

功能：

查询 AT 参数存储模式

命令：

```
AT+SYSSTORE?
```

响应：

```
+SYSSTORE:<store_mode>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+SYSSTORE=<store_mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<store_mode>**：参数存储模式
  - 0：命令配置不存入 flash
  - 1：命令配置存入 flash（默认）

说明

- 该命令只影响设置命令，不影响查询命令，因为查询命令总是从 RAM 中调用。
- 本命令会影响以下命令：

- *AT+SYSMSG*
- *AT+CWMODE*
- *AT+CWBANDWIDTH*
- *AT+CIPV6*
- *AT+CWCONFIG*
- *AT+CWJAP*
- *AT+CWSAP*
- *AT+CWRECONNCFG*
- *AT+CIPAP*
- *AT+CIPSTA*
- *AT+CIPAPMAC*
- *AT+CIPSTAMAC*

- *AT+CIPDNS*
- *AT+CIPSSLCCONF*
- *AT+CIPRECONNINTV*
- *AT+CIPTCPOPT*
- *AT+CWDHCPS*
- *AT+CWDHCP*
- *AT+CWSTAPROTO*
- *AT+CWAPPROTO*
- *AT+CWJEAP*
- *AT+BLENAME*
- *AT+BLEADVPARAM*
- *AT+BLEADVDATA*
- *AT+BLEADVDATAEX*
- *AT+BLESCANRSPDATA*
- *AT+BLESCANPARAM*

示例

```
AT+SYSSTORE=0
AT+CWMODE=1  // 不存入 flash
AT+CWJAP="test","1234567890" // 不存入 flash

AT+SYSSTORE=1
AT+CWMODE=3  // 存入 flash
AT+CWJAP="test","1234567890" // 存入 flash
```

3.1.29 AT+SYSREG：读写寄存器

设置命令

命令：

```
AT+SYSREG=<direct>,<address>[,<write value>]
```

响应：

```
+SYSREG:<read value>  // 仅适用于读寄存器时
OK
```

参数

- **<direct>**：读或写寄存器
  - 0：读寄存器
  - 1：写寄存器
- **<address>**：(uint32) 寄存器地址，详情请参考相关的《技术参考手册》
- **<write value>**：(uint32) 写入值，仅适用于写寄存器时

说明

- AT 不检查寄存器地址，因此请确保操作的寄存器地址有效

3.1.30 AT+SYSTEMP：读取芯片内部摄氏温度值

功能：

读取芯片内部温度传感器的数据，转为摄氏温度。

查询命令

命令：

```
AT+SYSTEMP?
```

响应：

```
+SYSTEMP:<value>
OK
```

参数

- **<value>**：摄氏温度值。浮点类型，保留两位小数。

3.2 Wi-Fi AT 命令集

- 介绍
- *AT+CWINIT*：初始化/清理 Wi-Fi 驱动程序
- *AT+CWMODE*：查询/设置 Wi-Fi 模式 (Station/SoftAP/Station+SoftAP)
- *AT+CWBANDWIDTH*：查询/设置 Wi-Fi 带宽
- *AT+CWSTATE*：查询 Wi-Fi 状态和 Wi-Fi 信息
- *AT+CWCONFIG*：查询/设置 Wi-Fi 非活动时间和监听间隔时间
- *AT+CWJAP*：连接 AP
- *AT+CWRECONNCFG*：查询/设置 Wi-Fi 重连配置
- *AT+CWLAPOPT*：设置*AT+CWLAP* 命令扫描结果的属性
- *AT+CWLAP*：扫描当前可用的 AP
- *AT+CWQAP*：断开与 AP 的连接
- *AT+CWSAP*：配置 ESP32-C3 SoftAP 参数
- *AT+CWLIF*：查询连接到 ESP32-C3 SoftAP 的 station 信息
- *AT+CWQIF*：断开 station 与 ESP32-C3 SoftAP 的连接
- *AT+CWDHCP*：启用/禁用 DHCP
- *AT+CWDHCPS*：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP DHCP 分配的 IPv4 地址范围
- *AT+CWAUTOCONN*：上电是否自动连接 AP
- *AT+CWAPPROTO*：查询/设置 SoftAP 模式下 Wi-Fi 协议标准
- *AT+CWSTAPROTO*：设置 Station 模式下 Wi-Fi 协议标准
- *AT+CIPSTAMAC*：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址
- *AT+CIPAPMAC*：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址
- *AT+CIPSTA*：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 IP 地址
- *AT+CIPAP*：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 IP 地址
- *AT+CWSTARTSMART*：开启 SmartConfig
- *AT+CWSTOPSMART*：停止 SmartConfig
- *AT+WPS*：设置 WPS 功能
- *AT+CWJEAP*：连接 WPA2 企业版 AP
- *AT+CWHOSTNAME*：查询/设置 ESP32-C3 Station 的主机名称
- *AT+CWCOUNTRY*：查询/设置 Wi-Fi 国家代码

3.2.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下除*AT+CWJEAP* 之外的所有 AT 命令。如果您需要修改 ESP32-C3 默认支持的命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择（下面每项是独立的，根据您的需要选择）：

- 启用 EAP 命令（*AT+CWJEAP*）：`Component config > AT > AT WPA2 Enterprise command support`
- 禁用 WPS 命令（*AT+WPS*）：`Component config > AT > AT WPS command support`
- 禁用 smartconfig 命令（*AT+CWSTARTSMART*、*AT+CWSTOPSMART*）：`Component config > AT > AT smartconfig command support`
- 禁用所有 Wi-Fi 命令（不推荐。一旦禁用，所有 Wi-Fi 以及以上的功能将无法使用，您需要自行实现这些 AT 命令）：`Component config > AT > AT wifi command support`

3.2.2 AT+CWINIT：初始化/清理 Wi-Fi 驱动程序

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 初始化状态

命令：

```
AT+CWINIT?
```

响应：

```
+CWINIT:<init>

OK
```

设置命令

功能：

初始化或清理 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 驱动程序

命令：

```
AT+CWINIT=<init>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<init>**：
  - 0: 清理 Wi-Fi 驱动程序
  - 1: 初始化 Wi-Fi 驱动程序（默认值）

说明

- 本设置不保存到 flash，重启后会恢复为默认值 1。
- 当您 RAM 资源不足时，在不使用 Wi-Fi 的前提下，可以使用此命令清理 Wi-Fi 驱动程序，以释放 RAM 资源。

示例

```
// 清理 Wi-Fi 驱动程序
AT+CWINIT=0
```

3.2.3 AT+CWMODE：查询/设置 Wi-Fi 模式 (Station/SoftAP/Station+SoftAP)

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 模式

命令：

```
AT+CWMODE?
```

响应：

```
+CWMODE:<mode>
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 模式

命令：

```
AT+CWMODE=<mode>[,<auto_connect>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：模式
  - 0: 无 Wi-Fi 模式，并且关闭 Wi-Fi RF
  - 1: Station 模式
  - 2: SoftAP 模式
  - 3: SoftAP+Station 模式
- **<auto_connect>**：切换 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 模式时（例如，从 SoftAP 或无 Wi-Fi 模式切换为 Station 模式或 SoftAP+Station 模式），是否启用自动连接 AP 的功能，默认值：1。参数缺省时，使用默认值，也就是能自动连接。
  - 0: 禁用自动连接 AP 的功能
  - 1: 启用自动连接 AP 的功能，若之前已经将自动连接 AP 的配置保存到 flash 中，则 ESP32-C3 设备将自动连接 AP

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，本设置将保存在 NVS 分区
- 如您之前使用过蓝牙功能，为获得更好的性能，建议在使用 SoftAP 或 SoftAP+Station 功能前，先发送以下命令注销已初始化过的功能：
  - *AT+BLEINIT=0*（注销 Bluetooth LE）
  - *AT+BLUFI=0*（关闭 BluFi）

  如您想了解更多细节，请阅读 RF 共存 文档。

示例

```
AT+CWMODE=3
```

3.2.4 AT+CWBANDWIDTH：查询/设置 Wi-Fi 带宽

查询命令

命令：

```
AT+CWBANDWIDTH?
```

响应：

```
+CWBANDWIDTH:<netif>,<bandwidth_2ghz>,<bandwidth_5ghz>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CWBANDWIDTH=<netif>,<bandwidth_2ghz>[,<bandwidth_5ghz>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<netif>**：
  - 0: Station 接口
  - 1: SoftAP 接口
- **<bandwidth_2ghz>**：2.4 GHz 带宽
  - 0: 不支持，仅在查询命令中有效
  - 1: 20 MHz
  - 2: 40 MHz

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，本设置将保存在 NVS 分区

- 默认情况下，ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 带宽是 40 MHz
- 注意：Wi-Fi 带宽设置受限于硬件能力和 Wi-Fi 协议标准

3.2.5 AT+CWSTATE：查询 Wi-Fi 状态和 Wi-Fi 信息

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 状态和 Wi-Fi 信息

命令：

```
AT+CWSTATE?
```

响应：

```
+CWSTATE:<state>,<"ssid">

OK
```

参数

- **<state>**：当前 Wi-Fi 状态
  - 0: ESP32-C3 station 尚未进行任何 Wi-Fi 连接
  - 1: ESP32-C3 station 已经连接上 AP，但尚未获取到 IPv4 地址
  - 2: ESP32-C3 station 已经连接上 AP，并已经获取到 IPv4 地址
  - 3: ESP32-C3 station 正在进行 Wi-Fi 连接或 Wi-Fi 重连
  - 4: ESP32-C3 station 处于 Wi-Fi 断开状态
- **<”ssid”>**：目标 AP 的 SSID

说明

- 当 ESP32-C3 station 没有连接上 AP 时，推荐使用此命令查询 Wi-Fi 信息；当 ESP32-C3 station 已连接上 AP 后，推荐使用*AT+CWJAP* 命令查询 Wi-Fi 信息

3.2.6 AT+CWCONFIG：查询/设置 Wi-Fi 非活动时间和监听间隔时间

查询命令

命令：

```
AT+CWCONFIG?
```

响应：

```
+CWCONFIG:<ap_inactive_time>,<sta_inactive_time>,<listen_interval>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CWCONFIG=[<ap_inactive_time>][,<sta_inactive_time>][,<listen_interval>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<ap_inactive_time>**：SoftAP 模式下的非活动时间。单位：秒，默认值：300，范围：[10,3600]。如果 SoftAP 在非活动时间内没有接收到某个已连接的 Station 的任何数据，SoftAP 将强制断开该 Station 的 Wi-Fi 连接。
- **<sta_inactive_time>**：Station 模式下的非活动时间。单位：秒，默认值：6，范围：[3,600]。如果 Station 在非活动时间内没有接收到已连接的 SoftAP 的任何信标帧，将强制断开 ESP32-C3 的 Wi-Fi 连接。
- **<listen_interval>**：监听 AP beacon 的间隔，单位为 AP beacon 间隔，默认值：3，范围：[1,100]。和*AT+CWJAP* 中的 **<listen_interval>** 参数相同，但此配置是全局性的。

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，本设置将保存在 NVS 分区

3.2.7 AT+CWJAP：连接 AP

查询命令

功能：

查询与 ESP32-C3 Station 连接的 AP 信息

命令：

```
AT+CWJAP?
```

响应：

```
+CWJAP:<"ssid">,<"bssid">,<channel>,<rssi>,<pci_en>,<reconn_interval>,<listen_
↪interval>,<scan_mode>,<pmf>
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 Station 需连接的 AP

命令：

```
AT+CWJAP=[<"ssid">],[<"pwd">][,<"bssid">][,<pci_en>][,<reconn_interval>][,<listen_
↪interval>][,<scan_mode>][,<jap_timeout>][,<pmf>]
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

(续下页)

(接上页)

```
[WIFI GOT IPv6 LL]
[WIFI GOT IPv6 GL]
```

或

```
+CWJAP:<error code>
ERROR
```

执行命令

功能：

将 ESP32-C3 station 连接至上次 Wi-Fi 配置中的 AP

命令：

```
AT+CWJAP
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
[WIFI GOT IPv6 LL]
[WIFI GOT IPv6 GL]
```

或

```
+CWJAP:<error code>
ERROR
```

参数

- **<" ssid" >**：目标 AP 的 SSID
  - 如果 SSID 和密码中有 ,、"、\ 等特殊字符，需转义
  - AT 支持连接 SSID 为中文的 AP，但是某些路由器或者热点的中文 SSID 不是 UTF-8 编码格式。您可以先扫描 SSID，然后使用扫描到的 SSID 进行连接。
- **<" pwd" >**：密码最长 63 字节 ASCII
- **<" bssid" >**：目标 AP 的 MAC 地址，当多个 AP 有相同的 SSID 时，该参数不可省略
- **<channel>**：信道号
- **<rssi>**：信号强度
- **<pci_en>**：PCI 认证
  - 0: ESP32-C3 station 可与任何一种加密方式的 AP 连接，包括 OPEN 和 WEP
  - 1: ESP32-C3 station 可与除 OPEN 和 WEP 之外的任何一种加密方式的 AP 连接
- **<reconn_interval>**：Wi-Fi 重连间隔，单位：秒，默认值：1，最大值：7200
  - 0: 断开连接后，ESP32-C3 station 不重连 AP
  - [1,7200]: 断开连接后，ESP32-C3 station 每隔指定的时间与 AP 重连
- **<listen_interval>**：监听 AP beacon 的间隔，单位为 AP beacon 间隔，默认值：3，范围：[1,100]
- **<scan_mode>**：扫描模式
  - 0: 快速扫描，找到目标 AP 后终止扫描，ESP32-C3 station 与第一个扫描到的 AP 连接
  - 1: 全信道扫描，所有信道都扫描后才终止扫描，ESP32-C3 station 与扫描到的信号最强的 AP 连接
- **<jap_timeout>**：*AT+CWJAP* 命令超时的最大值，单位：秒，默认值：15，范围：[3,600]
- **<pmf>**：PMF（Protected Management Frames，受保护的管理帧），默认值 1
  - 0 表示禁用 PMF

  - bit 0: 具有 PMF 功能，提示支持 PMF，如果其他设备具有 PMF 功能，则 ESP32-C3 设备将优先选择以 PMF 模式连接
  - bit 1: 需要 PMF，提示需要 PMF，设备将不会关联不支持 PMF 功能的设备
- **<error code>**：错误码，仅供参考
  - 1: 连接超时
  - 2: 密码错误
  - 3: 无法找到目标 AP
  - 4: 连接失败
  - 其它值: 发生未知错误

说明

- 如果*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 使用本命令需要开启 station 模式
- 当 ESP32-C3 station 已连接上 AP 后，推荐使用此命令查询 Wi-Fi 信息；当 ESP32-C3 station 没有连接上 AP 时，推荐使用*AT+CWSTATE* 命令查询 Wi-Fi 信息
- 本命令中的 `<reconn_interval>` 参数与*AT+CWRECONNCFG* 命令中的 `<interval_second>` 参数相同。如果运行本命令时不设置 `<reconn_interval>` 参数，Wi-Fi 重连间隔时间将采用默认值 1
- 如果同时省略 `<"ssid">` 和 `<"password">` 参数，将使用上一次设置的值
- 执行命令与设置命令的超时时间相同，默认为 15 秒，可通过参数 `<jap_timeout>` 设置
- 不支持通过 WAPI 鉴权方式连接路由器。
- 想要获取 IPv6 地址，需要先设置*AT+CIPV6=1*
- 回复 `OK` 代表 IPv4 网络已经准备就绪，而不代表 IPv6 网络准备就绪。当前 ESP-AT 以 IPv4 网络为主，IPv6 网络为辅。
- `WIFI GOT IPv6 LL` 代表已经获取到本地链路 IPv6 地址，这个地址是通过 EUI-64 本地计算出来的，不需要路由器参与。由于并行时序，这个打印可能在 `OK` 之前，也可能在 `OK` 之后。
- `WIFI GOT IPv6 GL` 代表已经获取到全局 IPv6 地址，该地址是由 AP 下发的前缀加上内部计算出来的后缀进行组合而来的，需要路由器参与。由于并行时序，这个打印可能在 `OK` 之前，也可能在 `OK` 之后；也可能由于 AP 不支持 IPv6 而不打印。

示例

```
// 如果目标 AP 的 SSID 是 "abc", 密码是 "0123456789", 则命令是:
AT+CWJAP="abc","0123456789"

// 如果目标 AP 的 SSID 是 "ab\,c", 密码是 "0123456789"\", 则命令是:
AT+CWJAP="ab\\\,c","0123456789\"\\"

// 如果多个 AP 有相同的 SSID "abc", 可通过 BSSID 找到目标 AP:
AT+CWJAP="abc","0123456789","ca:d7:19:d8:a6:44"

// 如果 ESP-AT 要求通过 PMF 连接 AP, 则命令是:
AT+CWJAP="abc","0123456789",,,,,,,3
```

3.2.8 AT+CWRECONNCFG：查询/设置 Wi-Fi 重连配置

查询命令

功能：

查询 Wi-Fi 重连配置

命令：

```
AT+CWRECONNCFG?
```

响应：

```
+CWRECONNCFG:<interval_second>,<repeat_count>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Wi-Fi 重连配置

命令：

```
AT+CWRECONNCFG=<interval_second>,<repeat_count>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<interval_second>**：Wi-Fi 重连间隔，单位：秒，默认值：0，最大值 7200
  - 0: 断开连接后，ESP32-C3 station 不重连 AP
  - [1,7200]: 断开连接后，ESP32-C3 station 每隔指定的时间与 AP 重连
- **<repeat_count>**：ESP32-C3 设备尝试重连 AP 的次数，本参数在 <interval_second> 不为 0 时有效，默认值：0，最大值：1000
  - 0: ESP32-C3 station 始终尝试连接 AP
  - [1,1000]: ESP32-C3 station 按照本参数指定的次数重连 AP

示例

```
// ESP32-C3 station 每隔 1 秒尝试重连 AP，共尝试 100 次
AT+CWRECONNCFG=1,100

// ESP32-C3 station 在断开连接后不重连 AP
AT+CWRECONNCFG=0,0
```

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存在 NVS 分区
- 本命令中的 <interval_second> 参数与*AT+CWJAP* 中的 [<reconn_interval>] 参数相同
- 该命令适用于被动断开 AP、Wi-Fi 模式切换和开机后 Wi-Fi 自动连接
- 建议在 Wi-Fi 连接成功后再执行此命令

3.2.9 AT+CWLAPOPT：设置 AT+CWLAP 命令扫描结果的属性

设置命令

命令：

```
AT+CWLAPOPT=<reserved>,<print mask>[,<rssi filter>][,<authmode mask>]
```

响应：

```
OK
```

或者

```
ERROR
```

参数

- **<reserved>**：保留项
- **<print mask>**：*AT+CWLAP* 的扫描结果是否显示以下参数，默认值：0x7FF，若 bit 设为 1，则显示对应参数，若设为 0，则不显示对应参数
  - bit 0: 是否显示 <ecn>
  - bit 1: 是否显示 <" ssid" >
  - bit 2: 是否显示 <rssi>
  - bit 3: 是否显示 <" mac" >
  - bit 4: 是否显示 <channel>
  - bit 5: 是否显示 <freq_offset>
  - bit 6: 是否显示 <freqcal_val>
  - bit 7: 是否显示 <pairwise_cipher>
  - bit 8: 是否显示 <group_cipher>
  - bit 9: 是否显示 <bgn>
  - bit 10: 是否显示 <wps>
- **[<rssi filter>]**：*AT+CWLAP* 的扫描结果是否按照本参数过滤，也即，是否过滤掉信号强度低于 `rssi filter` 参数值的 AP，单位：dBm，默认值：–100，范围：[–100,40]
- **[<authmode mask>]**：*AT+CWLAP* 的扫描结果是否显示以下认证方式的 AP，默认值：0xFFFF，如果 `bit x` 设为 1，则显示对应认证方式的 AP，若设为 0，则不显示
  - bit 0: 是否显示 `OPEN` 认证方式的 AP
  - bit 1: 是否显示 `WEP` 认证方式的 AP
  - bit 2: 是否显示 `WPA_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 3: 是否显示 `WPA2_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 4: 是否显示 `WPA_WPA2_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 5: 是否显示 `WPA2_ENTERPRISE` 认证方式的 AP
  - bit 6: 是否显示 `WPA3_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 7: 是否显示 `WPA2_WPA3_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 8: 是否显示 `WAPI_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 9: 是否显示 `OWE` 认证方式的 AP
  - bit 10: 是否显示 `WPA3_ENT_192` 认证方式的 AP
  - bit 11: 是否显示 `WPA3_EXT_PSK` 认证方式的 AP
  - bit 12: 是否显示 `WPA3_EXT_PSK_MIXED_MODE` 认证方式的 AP
  - bit 13: 是否显示 `DPP` 认证方式的 AP
  - bit 14: 是否显示 `WPA3_ENTERPRISE` 认证方式的 AP
  - bit 15: 是否显示 `WPA2_WPA3_ENTERPRISE` 认证方式的 AP

示例

```
// 第一个参数缺省
// 第二个参数为 31，即 0x1F，表示所有值为 1 的 bit 对应的参数都会显示出来
AT+CWLAPOPT=,31
AT+CWLAP

// 只显示认证方式为 OPEN 的 AP
AT+CWLAPOPT=,31,-100,1
AT+CWLAP
```

3.2.10 AT+CWLAP：扫描当前可用的 AP

设置命令

功能：

列出符合特定条件的 AP，如指定 SSID、MAC 地址或信道号

命令：

```
AT+CWLAP=[<"ssid">][,<"mac">][,<channel>][,<scan_type>][,<scan_time_min>][,<scan_
↪time_max>][,<2ghz_channel_bitmap>]
```

执行命令

功能：

列出当前可用的 AP

命令：

```
AT+CWLAP
```

响应：

```
+CWLAP:(<ecn>,<"ssid">,<rssi>,<"mac">,<channel>,<freq_offset>,<freqcal_val>,
↪<pairwise_cipher>,<group_cipher>,<wifi_protocol>,<wps>)

OK
```

参数

- **<ecn>**：加密方式
  - 0: OPEN
  - 1: WEP
  - 2: WPA_PSK
  - 3: WPA2_PSK
  - 4: WPA_WPA2_PSK
  - 5: WPA2_ENTERPRISE
  - 6: WPA3_PSK
  - 7: WPA2_WPA3_PSK
  - 8: WAPI_PSK
  - 9: OWE
  - 10: WPA3_ENT_192
  - 11: WPA3_EXT_PSK
  - 12: WPA3_EXT_PSK_MIXED_MODE
  - 13: DPP
  - 14: WPA3_ENTERPRISE
  - 15: WPA2_WPA3_ENTERPRISE
- **<" ssid" >**：字符串参数，AP 的 SSID
- **<rssi>**：信号强度
- **<" mac" >**：字符串参数，AP 的 MAC 地址
- **<channel>**：信道号，指定后仅扫描该信道。
- **<scan_type>**：Wi-Fi 扫描类型，默认值为：0
  - 0: 主动扫描
  - 1: 被动扫描
- **<scan_time_min>**：每个信道最短扫描时间，单位：毫秒，范围：[0,1500]，如果扫描类型为被动扫描，本参数无效

- **<scan_time_max>**：每个信道最长扫描时间，单位：毫秒，范围：[0,1500]，如果设为 0，固件采用参数默认值，主动扫描为 120 ms，被动扫描为 360 ms
- **<2ghz_channel_bitmap>**：2.4 GHz 频段信道的位图。在 <channel> 缺省时或为 0 时生效。每一位对应一个信道，1 表示扫描该信道，0 表示不扫描该信道。2.4 GHz 频段支持的信道见：2.4G 信道。例如，若 bit1 和 bit2 设为 1，则表示扫描信道 1 和信道 2。
- **<freq_offset>**：频偏（保留项目）
- **<freqcal_val>**：频率校准值（保留项目）
- **<pairwise_cipher>**：成对加密类型
  - 0: None
  - 1: WEP40
  - 2: WEP104
  - 3: TKIP
  - 4: CCMP
  - 5: TKIP and CCMP
  - 6: AES-CMAC-128
  - 7: 未知
- **<group_cipher>**：组加密类型，与 <pairwise_cipher> 参数的枚举值相同
- **<wifi_protocol>**：Wi-Fi 协议标准，若 bit 设为 1，则表示使能对应模式，若设为 0，则表示禁用对应模式
  - bit 0: 是否使能 802.11b 模式
  - bit 1: 是否使能 802.11g 模式
  - bit 2: 是否使能 802.11n 模式
  - bit 3: 802.11 LR 乐鑫专利协议标准
  - bit 4: 802.11ax 协议标准
  - bit 5: 802.11a 协议标准
  - bit 6: 802.11ac 协议标准
- **<wps>**：wps flag
  - 0: 不支持 WPS
  - 1: 支持 WPS

示例

```
AT+CWLAP="Wi-Fi","ca:d7:19:d8:a6:44",6,0,400,1000

// 寻找指定 SSID 的 AP
AT+CWLAP="Wi-Fi"
```

3.2.11 AT+CWQAP：断开与 AP 的连接

执行命令

命令：

```
AT+CWQAP
```

响应：

```
OK
```

3.2.12 AT+CWSAP：配置 ESP32-C3 SoftAP 参数

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 SoftAP 的配置参数

命令：

```
AT+CWSAP?
```

响应：

```
+CWSAP:<"ssid">,<"pwd">,<channel>,<ecn>,<max conn>,<ssid hidden>
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 SoftAP 的配置参数

命令：

```
AT+CWSAP=<"ssid">,<"pwd">,<chl>,<ecn>[,<max conn>][,<ssid hidden>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<"ssid">**：字符串参数，接入点名称
- **<"pwd">**：字符串参数，密码，范围：8 ~ 63 字节 ASCII
- **<channel>**：信道号
- **<ecn>**：加密方式，不支持 WEP
  - 0: OPEN
  - 2: WPA_PSK
  - 3: WPA2_PSK
  - 4: WPA_WPA2_PSK
- **[<max conn>]**：允许连入 ESP32-C3 SoftAP 的最多 station 数目，取值范围：参考 max_connection 描述。
- **[<ssid hidden>]**：
  - 0: 广播 SSID（默认）
  - 1: 不广播 SSID

说明

- 本命令只有当*AT+CWMODE=2* 或者*AT+CWMODE=3* 时才有效
- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存在 NVS 分区
- 默认 SSID 因设备而异，因为它由设备的 MAC 地址组成。您可以使用*AT+CWSAP?* 查询默认的 SSID。

示例

```
AT+CWSAP="ESP","1234567890",5,3
```

3.2.13 AT+CWLIF：查询连接到 ESP32-C3 SoftAP 的 station 信息

执行命令

命令：

```
AT+CWLIF
```

响应：

```
+CWLIF:<ip addr>,<mac>

OK
```

参数

- **<ip addr>**：连接到 ESP32-C3 SoftAP 的 station 的 IP 地址
- **<mac>**：连接到 ESP32-C3 SoftAP 的 station 的 MAC 地址

说明

- 本命令无法查询静态 IP，仅支持在 ESP32-C3 SoftAP 和连入的 station DHCP 均使能的情况下有效

3.2.14 AT+CWQIF：断开 station 与 ESP32-C3 SoftAP 的连接

执行命令

功能：

断开所有连入 ESP32-C3 SoftAP 的 station

命令：

```
AT+CWQIF
```

响应：

```
OK
```

设置命令

功能：

断开某个连入 ESP32-C3 SoftAP 的 station

命令：

```
AT+CWQIF=<"mac">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" mac" >**：需断开连接的 station 的 MAC 地址

3.2.15 AT+CWDHCP：启用/禁用 DHCP

查询命令

命令：

```
AT+CWDHCP?
```

响应：

```
+CWDHCP:<state>
OK
```

设置命令

功能：

启用/禁用 DHCP

命令：

```
AT+CWDHCP=<operate>,<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<operate>**：
  - 0: 禁用
  - 1: 启用
- **<mode>**：
  - Bit0: Station 的 DHCP
  - Bit1: SoftAP 的 DHCP
- **<state>**：DHCP 的状态
  - Bit0:
    - 0: 禁用 Station 的 DHCP
    - 1: 启用 Station 的 DHCP
  - Bit1:
    - 0: 禁用 SoftAP 的 DHCP
    - 1: 启用 SoftAP 的 DHCP
  - Bit2:
    - 0: 禁用 Ethernet 的 DHCP
    - 1: 启用 Ethernet 的 DHCP

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 本设置命令与设置静态 IPv4 地址的命令会相互影响，如*AT+CIPSTA* 和*AT+CIPAP*
  - 若启用 DHCP，则静态 IPv4 地址会被禁用
  - 若启用静态 IPv4，则 DHCP 会被禁用
  - 最后一次配置会覆盖上一次配置

示例

```
// 启用 Station DHCP，如果原 DHCP mode 为 2，则现 DHCP mode 为 3
AT+CWDHCP=1,1

// 禁用 SoftAP DHCP，如果原 DHCP mode 为 3，则现 DHCP mode 为 1
AT+CWDHCP=0,2
```

3.2.16 AT+CWDHCPS：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP DHCP 分配的 IPv4 地址范围

查询命令

命令：

```
AT+CWDHCPS?
```

响应：

```
+CWDHCPS:<lease time>,<start IP>,<end IP>
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 SoftAP DHCP 服务器分配的 IPv4 地址范围

命令：

```
AT+CWDHCPS=<enable>,<lease time>,<"start IP">,<"end IP">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：
  - 1: 设置 DHCP server 信息，后续参数必须填写
  - 0: 清除 DHCP server 信息，恢复默认值，后续参数无需填写
- **<lease time>**：租约时间，单位：分钟，取值范围：[1,2880]
- **<" start IP" >**：ESP32-C3 SoftAP DHCP 服务器 IPv4 地址池的起始 IP
- **<" end IP" >**：ESP32-C3 SoftAP DHCP 服务器 IPv4 地址池的结束 IP

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 本命令必须在 ESP32-C3 SoftAP 模式使能，且开启 DHCP server 的情况下使用
- 设置的 IPv4 地址范围必须与 ESP32-C3 SoftAP 在同一网段

示例

```
AT+CWDHCPS=1,3,"192.168.4.10","192.168.4.15"

AT+CWDHCPS=0 // 清除设置，恢复默认值
```

3.2.17 AT+CWAUTOCONN：查询/设置上电是否自动连接 AP

查询命令

命令：

```
AT+CWAUTOCONN?
```

响应：

```
+CWAUTOCONN:<enable>
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CWAUTOCONN=<enable>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：
  - 1: 上电自动连接 AP（默认）
  - 0: 上电不自动连接 AP

说明

- 本设置保存到 NVS 区域。
- 对功耗敏感的场景，建议关闭上电自动连接 AP，或在*AT+CWRECONNCFG* 中将 <repeat_count> 设置为较小值，以避免上电后持续重连导致的额外耗电。

示例

```
AT+CWAUTOCONN=1
```

3.2.18 AT+CWAPPROTO：查询/设置 SoftAP 模式下 Wi-Fi 协议标准

查询命令

命令：

```
AT+CWAPPROTO?
```

响应：

```
+CWAPPROTO:<protocol_2g>
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CWAPPROTO=<protocol_2g>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<protocol_2g>**：2.4 GHz 频段下的 Wi-Fi 协议标准
  - bit0: 802.11b 协议标准
  - bit1: 802.11g 协议标准
  - bit2: 802.11n 协议标准
  - bit3: 802.11 LR 乐鑫专利协议标准

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 当前，ESP32-C3 设备支持的 Wi-Fi 协议标准见：Wi-Fi 协议模式
- 默认情况下，ESP32-C3 设备的 SoftAP 协议标准是 802.11bgn 协议
- 注意：Wi-Fi 协议标准受限于硬件能力和 Wi-Fi 带宽设置。例如：40 MHz 带宽模式下，仅可配置 802.11n（2.4 GHz）

3.2.19 AT+CWSTAPROTO：设置 Station 模式下 Wi-Fi 协议标准

查询命令

命令：

```
AT+CWSTAPROTO?
```

响应：

```
+CWSTAPROTO:<protocol_2g>
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CWSTAPROTO=<protocol_2g>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<protocol_2g>**：2.4 GHz 频段下的 Wi-Fi 协议标准
  - bit0: 802.11b 协议标准
  - bit1: 802.11g 协议标准
  - bit2: 802.11n 协议标准
  - bit3: 802.11 LR 乐鑫专利协议标准

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 当前，ESP32-C3 设备支持的 Wi-Fi 协议标准见：Wi-Fi 协议模式
- 默认情况下，ESP32-C3 设备的 Station 协议标准是 802.11bgn 协议
- 注意：Wi-Fi 协议标准受限于硬件能力和 Wi-Fi 带宽设置。例如：40 MHz 带宽模式下，仅可配置 802.11n（2.4 GHz）

3.2.20 AT+CIPSTAMAC：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址

命令：

```
AT+CIPSTAMAC?
```

响应：

```
+CIPSTAMAC:<"mac">
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址

命令：

```
AT+CIPSTAMAC=<"mac">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" mac" >**：字符串参数，表示 ESP32-C3 Station 的 MAC 地址

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- ESP32-C3 Station 的 MAC 地址与 ESP32-C3 SoftAP 不同，不要为二者设置同样的 MAC 地址
- MAC 地址的 Bit 0 不能为 1，例如，MAC 地址可以是“1a:…”，但不可以是“15:…”
- FF:FF:FF:FF:FF:FF 和 00:00:00:00:00:00 是无效地址，不能设置

示例

```
AT+CIPSTAMAC="1a:fe:35:98:d3:7b"
```

3.2.21 AT+CIPAPMAC：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址

命令：

```
AT+CIPAPMAC?
```

响应：

```
+CIPAPMAC:<"mac">
OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址

命令：

```
AT+CIPAPMAC=<"mac">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<”mac”>**：字符串参数，表示 ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- ESP32-C3 SoftAP 的 MAC 地址与 ESP32-C3 Station 不同，不要为二者设置同样的 MAC 地址
- MAC 地址的 Bit 0 不能为 1，例如，MAC 地址可以是“18:…”，但不可以是“15:…”
- FF:FF:FF:FF:FF:FF 和 00:00:00:00:00:00 是无效地址，不能设置

示例

```
AT+CIPAPMAC="18:fe:35:98:d3:7b"
```

3.2.22 AT+CIPSTA：查询/设置 ESP32-C3 Station 的 IP 地址

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 Station 的 IP 地址

命令：

```
AT+CIPSTA?
```

响应：

```
+CIPSTA:ip:<"ip">
+CIPSTA:gateway:<"gateway">
+CIPSTA:netmask:<"netmask">
+CIPSTA:ip6ll:<"ipv6 addr">
+CIPSTA:ip6gl:<"ipv6 addr">

OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 Station 的 IPv4 地址

命令：

```
AT+CIPSTA=<"ip">[,<"gateway">,<"netmask">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" ip" >**：字符串参数，表示 ESP32-C3 station 的 IPv4 地址
- **<" gateway" >**：网关
- **<" netmask" >**：子网掩码
- **<" ipv6 addr" >**：ESP32-C3 station 的 IPv6 地址

说明

- 使用查询命令时，只有当 ESP32-C3 station 连入 AP 或者配置过静态 IP 地址后，才能查询到它的 IP 地址
- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 本设置命令与设置 DHCP 的命令相互影响，如*AT+CWDHCP*
  - 若启用静态 IPv4 地址，则禁用 DHCP
  - 若启用 DHCP，则禁用静态 IPv4 地址
  - 最后一次配置会覆盖上一次配置

示例

```
AT+CIPSTA="192.168.6.100","192.168.6.1","255.255.255.0"
```

3.2.23 AT+CIPAP：查询/设置 ESP32-C3 SoftAP 的 IP 地址

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 SoftAP 的 IP 地址

命令：

```
AT+CIPAP?
```

响应：

```
+CIPAP:ip:<"ip">
+CIPAP:gateway:<"gateway">
+CIPAP:netmask:<"netmask">
+CIPAP:ip6ll:<"ipv6 addr">

OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 SoftAP 的 IPv4 地址

命令：

```
AT+CIPAP=<"ip">[,<"gateway">,<"netmask">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" ip" >**：字符串参数，表示 ESP32-C3 SoftAP 的 IPv4 地址
- **<" gateway" >**：网关
- **<" netmask" >**：子网掩码
- **<" ipv6 addr" >**：ESP32-C3 SoftAP 的 IPv6 地址

说明

- 本设置命令仅适用于 IPv4 网络，不适用于 IPv6 网络
- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 本设置命令与设置 DHCP 的命令相互影响，如*AT+CWDHCP*
  - 若启用静态 IPv4 地址，则禁用 DHCP
  - 若启用 DHCP，则禁用静态 IPv4 地址
  - 最后一次配置会覆盖上一次配置

示例

```
AT+CIPAP="192.168.5.1","192.168.5.1","255.255.255.0"
```

3.2.24 AT+CWSTARTSMART：开启 SmartConfig

执行命令

功能：

开启 ESP-TOUCH+AirKiss 兼容模式

命令：

```
AT+CWSTARTSMART
```

设置命令

功能：

开启某指定类型的 SmartConfig

命令：

```
AT+CWSTARTSMART=<type>[,<auth floor>][,<"esptouch v2 key">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<type>**：类型
  - 1: ESP-TOUCH
  - 2: AirKiss
  - 3: ESP-TOUCH+AirKiss
  - 4: ESP-TOUCH v2
- **<auth floor>**：Wi-Fi 认证模式阈值，ESP-AT 不会连接到 authmode 低于此阈值的 AP
  - 0: OPEN（默认）
  - 1: WEP
  - 2: WPA_PSK
  - 3: WPA2_PSK
  - 4: WPA_WPA2_PSK
  - 5: WPA2_ENTERPRISE
  - 6: WPA3_PSK
  - 7: WPA2_WPA3_PSK
  - 8: WAPI_PSK
  - 9: OWE
  - 10: WPA3_ENT_192
  - 11: WPA3_EXT_PSK
  - 12: WPA3_EXT_PSK_MIXED_MODE
  - 13: DPP
  - 14: WPA3_ENTERPRISE
  - 15: WPA2_WPA3_ENTERPRISE
- **<" esptouch v2 key" >**：ESP-TOUCH v2 的解密秘钥，用于解密 Wi-Fi 密码和自定义数据。长度应为 16 字节。

说明

- 更多有关 SmartConfig 的信息，请参考 ESP-TOUCH 使用指南；
- SmartConfig 仅支持在 ESP32-C3 Station 模式下调用；
- 消息 `Smart get Wi-Fi info` 表示 SmartConfig 成功获取到 AP 信息，之后 ESP32-C3 尝试连接 AP；
- 消息 `+SCRD:<length>,<rvd data>` 表示 ESP-Touch v2 成功获取到自定义数据；
- 消息 `Smartconfig connected Wi-Fi` 表示成功连接到 AP；
- 因为 ESP32-C3 设备需要将 SmartConfig 配网结果同步给手机端，所以建议在消息 `Smartconfig connected Wi-Fi` 输出后延迟超过 6 秒再调用*AT+CWSTOPSMART*；
- 可调用*AT+CWSTOPSMART* 停止 SmartConfig，然后再执行其他命令。注意，在 SmartConfig 过程中请勿执行其他命令。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWSTARTSMART
```

3.2.25 AT+CWSTOPSMART：停止 SmartConfig

执行命令

命令：

```
AT+CWSTOPSMART
```

响应：

```
OK
```

说明

- 无论 SmartConfig 成功与否，都请在执行其他命令之前调用*AT+CWSTOPSMART* 释放 SmartConfig 占用的内存

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWSTARTSMART
AT+CWSTOPSMART
```

3.2.26 AT+WPS：设置 WPS 功能

设置命令

命令：

```
AT+WPS=<enable>[,<auth floor>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**:
  - 1: 开启 PBC 类型的 WPS
  - 0: 关闭 PBC 类型的 WPS
- **<auth floor>**: Wi-Fi 认证模式阈值，ESP-AT 不会连接到 authmode 低于此阈值的 AP
  - 0: OPEN（默认）
  - 1: WEP
  - 2: WPA_PSK
  - 3: WPA2_PSK
  - 4: WPA_WPA2_PSK
  - 5: WPA2_ENTERPRISE
  - 6: WPA3_PSK
  - 7: WPA2_WPA3_PSK
  - 8: WAPI_PSK
  - 9: OWE
  - 10: WPA3_ENT_192
  - 11: WPA3_EXT_PSK
  - 12: WPA3_EXT_PSK_MIXED_MODE
  - 13: DPP
  - 14: WPA3_ENTERPRISE
  - 15: WPA2_WPA3_ENTERPRISE

说明

- WPS 功能必须在 ESP32-C3 Station 使能的情况下调用
- WPS 不支持 WEP 加密方式

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+WPS=1
```

3.2.27 AT+CWJEAP：连接 WPA2 企业版 AP

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 station 连入的企业版 AP 的配置信息

命令：

```
AT+CWJEAP?
```

响应：

```
+CWJEAP:<"ssid">,<method>,<"identity">,<"username">,<"password">,<security>
OK
```

设置命令

功能：

连接到目标企业版 AP

命令：

```
AT+CWJEAP=<"ssid">,<method>,<"identity">,<"username">,<"password">,<security>[,
↪<jeap_timeout>]
```

响应：

```
OK
```

或

```
+CWJEAP:Timeout
ERROR
```

参数

- **<" ssid" >**：企业版 AP 的 SSID
  - 如果 SSID 或密码中包含 , 、 "、 \\ 等特殊字符，需转义
- **<method>**：WPA2 企业版认证方式
  - 0: EAP-TLS
  - 1: EAP-PEAP
  - 2: EAP-TTLS
- **<" identity" >**：阶段 1 的身份，字符串限制为 1 ~ 32
- **<" username" >**：阶段 2 的用户名，范围：1 ~ 32 字节，EAP-PEAP、EAP-TTLS 两种认证方式需设置本参数，EAP-TLS 方式无需设置本参数
- **<" password" >**：阶段 2 的密码，范围：1 ~ 32 字节，EAP-PEAP、EAP-TTLS 两种认证方式需设置本参数，EAP-TLS 方式无需设置本参数
- **<security>**：
  - Bit0: 提供证书供 WPA2 Enterprise 服务器端 CA 证书校验；
  - Bit1: 客户端载入 CA 证书来校验 WPA2 Enterprise 服务器端的证书；
- **[<jeap_timeout>]**：*AT+CWJEAP* 命令的最大超时时间，单位：秒，默认值：15，范围：[3,600]

示例

```
// 连接至 EAP-TLS 认证方式的企业版 AP，设置身份，验证服务器证书，加载客户端证书
AT+CWJEAP="dlink11111",0,"example@espressif.com",,,3

// 连接至 EAP-PEAP 认证方式的企业版␣
↪AP，设置身份、用户名、密码，不验证服务器证书，不加载客户端证书
AT+CWJEAP="dlink11111",1,"example@espressif.com","espressif","test11",0
```

错误代码：

WPA2 企业版错误码以 `ERR CODE:0x<%08x>` 格式打印：

AT_EAP_MALLOC_FAILED	0x8001
AT_EAP_GET_NVS_CONFIG_FAILED	0x8002
AT_EAP_CONN_FAILED	0x8003
AT_EAP_SET_WIFI_CONFIG_FAILED	0x8004
AT_EAP_SET_IDENTITY_FAILED	0x8005
AT_EAP_SET_USERNAME_FAILED	0x8006
AT_EAP_SET_PASSWORD_FAILED	0x8007
AT_EAP_GET_CA_LEN_FAILED	0x8008
AT_EAP_READ_CA_FAILED	0x8009
AT_EAP_SET_CA_FAILED	0x800A
AT_EAP_GET_CERT_LEN_FAILED	0x800B
AT_EAP_READ_CERT_FAILED	0x800C

续下页

表 1 - 接上页

AT_EAP_MALLOC_FAILED	0x8001
AT_EAP_GET_KEY_LEN_FAILED	0x800D
AT_EAP_READ_KEY_FAILED	0x800E
AT_EAP_SET_CERT_KEY_FAILED	0x800F
AT_EAP_ENABLE_FAILED	0x8010
AT_EAP_ALREADY_CONNECTED	0x8011
AT_EAP_GET_SSID_FAILED	0x8012
AT_EAP_SSID_NULL	0x8013
AT_EAP_SSID_LEN_ERROR	0x8014
AT_EAP_GET_METHOD_FAILED	0x8015
AT_EAP_CONN_TIMEOUT	0x8016
AT_EAP_GET_IDENTITY_FAILED	0x8017
AT_EAP_IDENTITY_LEN_ERROR	0x8018
AT_EAP_GET_USERNAME_FAILED	0x8019
AT_EAP_USERNAME_LEN_ERROR	0x801A
AT_EAP_GET_PASSWORD_FAILED	0x801B
AT_EAP_PASSWORD_LEN_ERROR	0x801C
AT_EAP_GET_SECURITY_FAILED	0x801D
AT_EAP_SECURITY_ERROR	0x801E
AT_EAP_METHOD_SECURITY_UNMATCHED	0x801F
AT_EAP_PARAMETER_COUNTS_ERROR	0x8020
AT_EAP_GET_WIFI_MODE_ERROR	0x8021
AT_EAP_WIFI_MODE_NOT_STA	0x8022
AT_EAP_SET_CONFIG_FAILED	0x8023
AT_EAP_METHOD_ERROR	0x8024

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 使用本命令需开启 Station 模式
- 使用 TLS 认证方式需使能客户端证书
- 如果您想使用自己的证书，运行时请使用*AT+SYSMFG* 命令更新 WPA2 Enterprise 客户端证书。如果您想预烧录自己的证书，请参考*如何更新 PKI 配置*。
- 如果 `<security>` 配置为 2，为了校验服务器的证书有效期，请在发送*AT+CWJEAP* 命令前确保 ESP32-C3 已获取到当前时间。（您可以发送*AT+SYSTIMESTAMP=<unix_timestamp>* 命令来配置当前时间，发送*AT+SYSTIMESTAMP?* 命令查询当前时间。）

3.2.28 AT+CWHOSTNAME：查询/设置 ESP32-C3 Station 的主机名称

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 Station 的主机名称

命令：

```
AT+CWHOSTNAME?
```

响应：

```
+CWHOSTNAME:<hostname>

OK
```

设置命令

功能：

设置 ESP32-C3 Station 的主机名称

命令：

```
AT+CWHOSTNAME=<"hostname">
```

响应：

```
OK
```

若没开启 Station 模式，则返回：

```
ERROR
```

参数

- **<"hostname">**：ESP32-C3 Station 的主机名称，最大长度：32 字节

说明

- 配置更改不保存到 flash

示例

```
AT+CWMODE=3
AT+CWHOSTNAME="my_test"
```

3.2.29 AT+CWCOUNTRY：查询/设置 Wi-Fi 国家代码

查询命令

功能：

查询 Wi-Fi 国家代码

命令：

```
AT+CWCOUNTRY?
```

响应：

```
+CWCOUNTRY:<country_policy>,<"country_code">,<start_channel>,<total_channel_count>

OK
```

设置命令

功能：

设置 Wi-Fi 国家代码

命令：

```
AT+CWCOUNTRY=<country_policy>,<"country_code">,<start_channel>,<total_channel_
↪count>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<country_policy>**：
  - 0: 将国家代码改为 ESP32-C3 设备连入的 AP 的国家代码
  - 1: 不改变国家代码，始终保持本命令设置的国家代码
- **<" country_code" >**：国家代码，最大长度：3 个字符，各国国家代码请参考 ISO 3166-1 alpha-2 标准。
- **<start_channel>**：起始信号道，范围：[1,14]
- **<total_channel_count>**：信道总个数

说明

- 详细说明请参考：Wi-Fi 国家/地区代码。
- 配置更改不保存到 flash

示例

```
AT+CWMODE=3
AT+CWCOUNTRY=1,"CN",1,13
```

3.3 TCP/IP AT 命令

- *介绍*
- *AT+CIPV6*: 启用/禁用 IPv6 网络 (IPv6)
- *AT+CIPSTATE*：查询 TCP/UDP/SSL 连接信息
- *AT+CIPDOMAIN*：域名解析
- *AT+CIPSTART*：建立 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接
- *AT+CIPSTARTEX*：建立自动分配 ID 的 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接
- *[仅适用数据模式]* +++: 退出*数据模式*
- *AT+SAVETRANSLINK*：设置 Network 开机*透传模式* 信息
- *AT+CIPSEND*：在*普通传输模式* 或 Network *透传模式* 下发送数据
- *AT+CIPSENDL*：在*普通传输模式* 下并行发送长数据
- *AT+CIPSENDLCFG*：设置*AT+CIPSENDL* 命令的属性
- *AT+CIPSENDEX*：在*普通传输模式* 下采用扩展的方式发送数据
- *AT+CIPCLOSE*：关闭 TCP/UDP/SSL 连接
- *AT+CIPCONNPERSIST*：查询、设置 TCP/SSL 连接持久化参数
- *AT+CIFSR*：查询本地 IP 地址和 MAC 地址
- *AT+CIPMUX*：启用/禁用多连接模式
- *AT+CIPSERVER*：建立/关闭 TCP 或 SSL 服务器
- *AT+CIPSERVERMAXCONN*：查询/设置服务器允许建立的最大连接数
- *AT+CIPMODE*：查询/设置传输模式
- *AT+CIPSTO*：查询/设置本地 TCP 服务器超时时间
- *AT+CIPSNTPCFG*：查询/设置时区和 SNTP 服务器

- *AT+CIPSNTPTIME*：查询 SNTP 时间
- *AT+CIPSNTPINTV*：查询/设置 SNTP 时间同步的间隔
- *AT+CIPFWVER*：查询服务器已有的 AT 固件版本
- *AT+CIUPDATE*：通过 Network 升级固件
- *AT+CIPDINFO*：设置 +IPD 消息详情
- *AT+CIPSSLCCONF*：查询/设置 SSL 客户端配置
- *AT+CIPSSLCCIPHER*：查询/设置 SSL 客户端的密码套件 (cipher suite)
- *AT+CIPSSLCCN*：查询/设置 SSL 客户端的公用名 (common name)
- *AT+CIPSSLCSNI*：查询/设置 SSL 客户端的 SNI
- *AT+CIPSSLCALPN*：查询/设置 SSL 客户端 ALPN
- *AT+CIPSSLCPSK*：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (字符串格式)
- *AT+CIPSSLCPSKHEX*：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (十六进制格式)
- *AT+CIPRECONNINTV*：查询/设置 Network 透传模式 下的 TCP/UDP/SSL 重连间隔
- *AT+CIPRECVTYPE*：查询/设置套接字接收模式
- *AT+CIPRECVDATA*：获取被动接收模式下的套接字数据
- *AT+CIPRECVLEN*：查询被动接收模式下套接字数据的长度
- *AT+PING*：ping 对端主机
- *AT+CIPDNS*：查询/设置 DNS 服务器信息
- *AT+MDNS*：设置 mDNS 功能
- *AT+CIPTCPOPT*：查询/设置套接字选项

3.3.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您需要修改 ESP32-C3 默认支持的命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择（下面每项是独立的，根据您的需要选择）：

- 禁用 OTA 命令（*AT+CIUPDATE*、*AT+CIPFWVER*）：`Component config > AT > AT OTA command support`
- 禁用 PING 命令（*AT+PING*）：`Component config > AT > AT ping command support`
- 禁用 mDNS 命令（*AT+MDNS*）：`Component config > AT > AT MDNS command support`
- 禁用 TCP/IP 命令（不推荐。一旦禁用，所有 TCP/IP 功能将无法使用，您需要自行实现这些 AT 命令）：`Component config > AT > AT net command support`

3.3.2 AT+CIPV6: 启用/禁用 IPv6 网络 (IPv6)

查询命令

功能：

查询 IPv6 网络是否使能

命令：

```
AT+CIPV6?
```

响应：

```
+CIPV6:<enable>

OK
```

设置命令

功能：

启用/禁用 IPv6 网络

命令：

```
AT+CIPV6=<enable>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**: IPv6 网络使能状态。默认值：0
  - 0: 禁用 IPv6 网络
  - 1: 启用 IPv6 网络

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区
- 在使用基于 IPv6 网络的上层应用前，需要先启用 IPv6 网络。（例如：基于 IPv6 网络使用 TCP/UDP/SSL/PING/DNS，也称为 TCP6/UDP6/SSL6/PING6/DNS6 或 TCPv6/UDPv6/SSLv6/PINGv6/DNSv6）

3.3.3 AT+CIPSTATE：查询 TCP/UDP/SSL 连接信息

查询命令

命令：

```
AT+CIPSTATE?
```

响应：

当有连接时，AT 返回：

```
+CIPSTATE:<link ID>,<"type">,<"remote IP">,<remote port>,<local port>,<tetype>

OK
```

当没有连接时，AT 返回：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<" type" >**：字符串参数，表示传输类型：" TCP"、" UDP"、" SSL"、" TCPv6"、" UDPv6" 或 "SSLv6"
- **<" remote IP" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址或 IPv6 地址
- **<remote port>**：远端端口值
- **<local port>**：ESP32-C3 本地端口值
- **<tetype>**:
  - 0: ESP32-C3 设备作为客户端
  - 1: ESP32-C3 设备作为服务器

3.3.4 AT+CIPDOMAIN：域名解析

设置命令

命令：

```
AT+CIPDOMAIN=<"domain name">[,<ip network>][,<timeout>][,<show_all_ip>]
```

响应：

```
+CIPDOMAIN:<"IP address">

OK
```

参数

- **<" domain name" >**：待解析的域名
- **<ip network>**：首选 IP 网络。默认值：1
  - 1：首选解析为 IPv4 地址
  - 2：只解析为 IPv4 地址
  - 3：只解析为 IPv6 地址
- **<" IP address" >**：解析后的 IPv4 地址或 IPv6 地址
- **<timeout>**：命令超时。单位：毫秒。默认值：0。范围：[0,60000]。设置为 0 时，命令的超时依赖于网络和 lwIP 协议栈；设置为非 0 时，命令会在指定超时内返回，但会多消耗约 5 KB 的堆空间。
- **<show_all_ip>**：是否显示所有解析到的 IP 地址。默认值：0
  - 0：只显示首个解析到的 IP 地址
  - 1：显示所有解析到的 IP 地址

说明

- 如果您想解析域名为多个 IP 地址，请增加 `python build.py menuconfig > Component config > LWIP > DNS > Maximum number of IP addresses per host` 的值，然后重新编译 ESP-AT 工程。最终返回的格式如下：

  ```
  +CIPDOMAIN:<"IP address">
  +CIPDOMAIN:<"IP address">
  ...

  OK
  ```

示例

```
AT+CWMODE=1                          // 设置 station 模式
AT+CWJAP="SSID","password"           // 连接网络
AT+CIPDOMAIN="iot.espressif.cn"      // 域名解析

// 域名解析，只解析为 IPv4 地址
AT+CIPDOMAIN="iot.espressif.cn",2

// 域名解析，只解析为 IPv6 地址
AT+CIPDOMAIN="ipv6.test-ipv6.com",3

// 域名解析，首选解析为 IPv4 地址
AT+CIPDOMAIN="ds.test-ipv6.com",1
```

3.3.5 AT+CIPSTART：建立 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接

- 建立 *TCP* 连接
- 建立 *UDP* 传输
- 建立 *SSL* 连接

建立 TCP 连接

设置命令　命令：

```
// 单连接 (AT+CIPMUX=0):
AT+CIPSTART=<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<keep_alive>][,<"local IP">][,
↪<timeout>]

// 多连接 (AT+CIPMUX=1):
AT+CIPSTART=<link ID>,<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<keep_alive>][,<
↪"local IP">][,<timeout>]
```

响应：

单连接模式下，返回：

```
CONNECT

OK
```

多连接模式下，返回：

```
<link ID>,CONNECT

OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况。该参数范围取决于 menuconfig 中的两个配置项。一个是 AT 组件中的配置项 AT_SOCKET_MAX_CONN_NUM，默认值为 5。另一个是 LWIP 组件中的配置项 LWIP_MAX_SOCKETS，默认值为 10。要修改该参数的范围，您需要修改配置项 AT_SOCKET_MAX_CONN_NUM 的值并确保该值不大于 LWIP_MAX_SOCKETS 的值。（请参考*编译 ESP-AT 工程* 获取更多信息。）
- **<" type" >**：字符串参数，表示网络连接类型，" TCP" 或 "TCPv6"。默认值：" TCP"
- **<" remote host" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址、IPv6 地址，或域名。最长为 64 字节。如果您需要使用域名且域名长度超过 64 字节，请使用*AT+CIPDOMAIN* 命令获取域名对应的 IP 地址，然后使用 IP 地址建立连接。
- **<remote port>**：远端端口值
- **<keep_alive>**：配置套接字的 SO_KEEPALIVE 选项（参考：SO_KEEPALIVE 介绍），单位：秒。
- 范围：[0,7200]。
  - 0：禁用 keep-alive 功能；（默认）
  - 1 ~ 7200：开启 keep-alive 功能。TCP_KEEPIDLE 值为 **<keep_alive>**，TCP_KEEPINTVL 值为 1，TCP_KEEPCNT 值为 3。
- 本命令中的 <keep_alive> 参数与*AT+CIPTCPOPT* 命令中的 <keep_alive> 参数相同，最终值由后设置的命令决定。如果运行本命令时不设置 <keep_alive> 参数，则默认使用上次配置的值。
- **<" local IP" >**：本地的 IPv4 地址或 IPv6 地址，用于绑定连接。使用多个网络接口或多个 IP 地址时，此参数非常有用。默认为禁用。如需使用请先自行设置。可设置为空。
- **<timeout>**：命令超时。单位：毫秒。默认值：0。范围：[0,60000]。设置为 0 时，命令的超时依赖于网络和 lwIP 协议栈；设置为非 0 时，命令会在指定超时内返回，但会多消耗约 5 KB 的堆空间。

说明

- 如果您想基于 IPv6 网络建立一个 TCP 连接，请执行以下操作：
  - 确保 AP 支持 IPv6
  - 设置*AT+CIPV6=1*
  - 通过*AT+CWJAP* 命令获取到一个 IPv6 地址
  - （可选）通过*AT+CIPSTA?* 命令检查 ESP32-C3 是否获取到 IPv6 地址
- 若需查看建立 TCP 连接失败原因，请先运行*AT+SYSLOG=1* 启用日志后重试本命令。失败时，AT 会返回更详细的错误码 `+ERRNO:<error_code>`，以便定位问题。

示例

```
AT+CIPSTART="TCP","iot.espressif.cn",8000
AT+CIPSTART="TCP","192.168.101.110",1000
AT+CIPSTART="TCP","192.168.101.110",2500,60
AT+CIPSTART="TCP","192.168.101.110",1000,,"192.168.101.100"

// 连接 GitHub 的 TCP 服务器，设置 5 秒超时
AT+CIPSTART="TCP","www.github.com",80,,,5000

AT+CIPSTART="TCPv6","test-ipv6.com",80
AT+CIPSTART="TCPv6","fe80::860d:8eff:fe9d:cd90",1000,,"fe80::411c:1fdb:22a6:4d24"

// esp-at 已通过 AT+CWJAP 获取到 IPv6 全局地址
AT+CIPSTART="TCPv6","2404:6800:4005:80b::2004",80,,
↪"240e:3a1:2070:11c0:32ae:a4ff:fe80:65ac"
```

建立 UDP 传输

设置命令　命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSTART=<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<local port>,<mode>,<"local IP
↪">][,<timeout>]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSTART=<link ID>,<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<local port>,<mode>,<
↪"local IP">][,<timeout>]
```

响应：

单连接模式下，返回：

```
CONNECT

OK
```

多连接模式下，返回：

```
<link ID>,CONNECT

OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<" type" >**：字符串参数，表示网络连接类型，" UDP" 或 "UDPv6"。默认值：" TCP"
- **<" remote host" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址、IPv6 地址，或域名。最长为 64 字节。如果您需要使用域名且域名长度超过 64 字节，请使用*AT+CIPDOMAIN* 命令获取域名对应的 IP 地址，然后使用 IP 地址建立连接。

- **<remote port>**：远端端口值
- **<local port>**：ESP32-C3 设备的 UDP 端口值
- **<mode>**：在 UDP 透传下，本参数的值必须设为 0
  - 0: 接收到 UDP 数据后，不改变对端 UDP 地址信息（默认）
  - 1: 仅第一次接收到与初始设置不同的对端 UDP 数据时，改变对端 UDP 地址信息为发送数据设备的 IP 地址和端口
  - 2: 每次接收到 UDP 数据时，都改变对端 UDP 地址信息为发送数据的设备的 IP 地址和端口
- **<" local IP" >**：本地的 IPv4 地址或 IPv6 地址，用于绑定连接。使用多个网络接口或多个 IP 地址时，此参数非常有用。默认为禁用。如需使用请先自行设置。可设置为空。
- **<timeout>**：命令超时。单位：毫秒。默认值：0。范围：[0,60000]。设置为 0 时，命令的超时依赖于网络和 lwIP 协议栈；设置为非 0 时，命令会在指定超时内返回，但会多消耗约 5 KB 的堆空间。

说明

- 如果 UDP 连接中的远端 IP 地址是 IPv4 组播地址 (224.0.0.0 ~ 239.255.255.255)，ESP32-C3 设备将发送和接收 UDPv4 组播
- 如果 UDP 连接中的远端 IP 地址是 IPv4 广播地址 (255.255.255.255)，ESP32-C3 设备将发送和接收 UDPv4 广播
- 如果 UDP 连接中的远端 IP 地址是 IPv6 组播地址 (FF00:0:0:0:0:0:0:0 ~ FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF)，ESP32-C3 设备将基于 IPv6 网络，发送和接收 UDP 组播
- 使用参数 <mode> 前，需先设置参数 <local port>
- 如果您想基于 IPv6 网络建立一个 UDP 传输，请执行以下操作：
  - 确保 AP 支持 IPv6
  - 设置*AT+CIPV6=1*
  - 通过*AT+CWJAP* 命令获取到一个 IPv6 地址
  - （可选）通过*AT+CIPSTA?* 命令检查 ESP32-C3 是否获取到 IPv6 地址
- 如果想接收长度大于 1460 字节的 UDP 包，请自行*编译 ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：Component config > LWIP > Enable reassembly incoming fragmented IP4 packets
- 若需查看建立 UDP 传输失败原因，请先运行*AT+SYSLOG=1* 启用日志后重试本命令。失败时，AT 会返回更详细的错误码 +ERRNO:<error_code>，以便定位问题。

示例

```
// UDPv4 单播
AT+CIPSTART="UDP","192.168.101.110",1000,1002,2
AT+CIPSTART="UDP","192.168.101.110",1000,,,"192.168.101.100"

// 建立和 pool.ntp.org 的 UDP 传输，设置 5 秒超时
AT+CIPSTART="UDP","pool.ntp.org",123,,,,5000

// 基于 IPv6 网络的 UDP 单播
AT+CIPSTART="UDPv6","fe80::32ae:a4ff:fe80:65ac",1000,,,"fe80::5512:f37f:bb03:5d9b"

// 基于 IPv6 网络的 UDP 多播
AT+CIPSTART="UDPv6","FF02::FC",1000,1002,0
```

建立 SSL 连接

设置命令　命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSTART=<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<keep_alive>,<"local IP">][,
↪<timeout>]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
```

(续下页)

(接上页)

```
AT+CIPSTART=<link ID>,<"type">,<"remote host">,<remote port>[,<keep_alive>,<"local␣
↪IP">][,<timeout>]
```

响应：

单连接模式下，返回：

```
CONNECT

OK
```

多连接模式下，返回：

```
<link ID>,CONNECT

OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<" type" >**：字符串参数，表示网络连接类型，" SSL" 或 "SSLv6"。默认值：" TCP"
- **<" remote host" >**：字符串参数，表示远端 IPv4 地址、IPv6 地址，或域名。最长为 64 字节。如果您需要使用域名且域名长度超过 64 字节，请使用*AT+CIPDOMAIN* 命令获取域名对应的 IP 地址，然后使用 IP 地址建立连接。
- **<remote port>**：远端端口值
- **<keep_alive>**：配置套接字的 SO_KEEPALIVE 选项（参考：SO_KEEPALIVE 介绍），单位：秒。
- 范围：[0,7200]。
  - 0：禁用 keep-alive 功能；（默认）
  - 1 ~ 7200：开启 keep-alive 功能。TCP_KEEPIDLE 值为 **<keep_alive>**，TCP_KEEPINTVL 值为 1，TCP_KEEPCNT 值为 3。
- 本命令中的 <keep_alive> 参数与*AT+CIPTCPOPT* 命令中的 <keep_alive> 参数相同，最终值由后设置的命令决定。如果运行本命令时不设置 <keep_alive> 参数，则默认使用上次配置的值。
- **<" local IP" >**：本地的 IPv4 地址或 IPv6 地址，用于绑定连接。使用多个网络接口或多个 IP 地址时，此参数非常有用。默认为禁用。如需使用请先自行设置。可设置为空。
- **<timeout>**：命令超时。单位：毫秒。默认值：0。范围：[0,60000]。设置为 0 时，命令的超时依赖于网络和 lwIP 协议栈；设置为非 0 时，命令会在指定超时内返回，但会多消耗约 5 KB 的堆空间。

说明

- SSL 连接数量取决于可用内存和最大连接数量
- SSL 连接需占用大量内存，内存不足会导致系统重启
- 如果 AT+CIPSTART 命令是基于 SSL 连接，且每个数据包的超时时间为 10 秒，则总超时时间会变得更长，具体取决于握手数据包的个数
- 有一些 SSL 服务器需要 SSL 客户端在连接时要求拓展字段支持 SNI，请在 SSL 连接前先使用*AT+CIPSSLCSNI* 命令配置 SNI。通常情况下，SNI 的值为服务器的域名。
- 如果您想基于 IPv6 网络建立一个 SSL 连接，请执行以下操作：
  - 确保 AP 支持 IPv6
  - 设置*AT+CIPV6=1*
  - 通过*AT+CWJAP* 命令获取到一个 IPv6 地址
  - （可选）通过*AT+CIPSTA?* 命令检查 ESP32-C3 是否获取到 IPv6 地址
- 若需查看建立 SSL 连接失败原因，请先运行*AT+SYSLOG=1* 启用日志后重试本命令。失败时，AT 会返回更详细的错误码 +ERRNO:<error_code>，以便定位问题。

示例

```
AT+CIPSTART="SSL","iot.espressif.cn",8443
AT+CIPSTART="SSL","192.168.101.110",1000,,"192.168.101.100"

// 连接微软必应的 SSL 服务器，设置 5 秒超时
AT+CIPSTART="SSL","www.bing.com",443,,,5000

// esp-at 已通过 AT+CWJAP 获取到 IPv6 全局地址
AT+CIPSTART="SSLv6","240e:3a1:2070:11c0:6972:6f96:9147:d66d",1000,,
↪"240e:3a1:2070:11c0:55ce:4e19:9649:b75"
```

3.3.6 AT+CIPSTARTEX：建立自动分配 ID 的 TCP 连接、UDP 传输或 SSL 连接

本命令与*AT+CIPSTART* 相似，不同点在于：在多连接的情况下 (*AT+CIPMUX=1*) 无需手动分配 ID，系统会自动为新建的连接分配 ID。

3.3.7 [仅适用数据模式] +++：退出数据模式

特殊执行命令

功能：

退出数据模式，进入命令模式

Command:

```
// 仅适用数据模式
+++
```

说明

- 此特殊执行命令包含有三个相同的 + 字符（即 ASCII 码：0x2b），同时命令结尾没有 CR-LF 字符
- 确保第一个 + 字符前至少有 20 ms 时间间隔内没有其他输入，第三个 + 字符后至少有 20 ms 时间间隔内没有其他输入，三个 + 字符之间至多有 20 ms 时间间隔内没有其他输入。否则，+ 字符会被当做普通数据发送出去
- 本条特殊执行命令没有命令回复
- 请至少间隔 1 秒再发下一条 AT 命令

3.3.8 AT+CIPSEND：在普通传输模式或 Network 透传模式下发送数据

设置命令

功能：

普通传输模式 下，指定长度发送数据。如果您要发送的数据长度大于 8192 字节，请使用*AT+CIPSENDL* 命令发送。

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSEND=<length>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSEND=<link ID>,<length>

// UDP 传输可指定对端主机和端口
AT+CIPSEND=[<link ID>,]<length>[,<"remote host">,<remote port>]
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <length> 后，数据传输开始。

如果未建立连接或数据传输时连接被断开，返回：

```
ERROR
```

如果所有数据被成功发往协议栈（不代表数据已经发送到对端），返回：

```
SEND OK
```

执行命令

功能：

进入 Network 透传模式

命令：

```
AT+CIPSEND
```

响应：

```
OK
>
```

或

```
ERROR
```

进入 Network 透传模式，ESP32-C3 设备每次最大接收 8192 字节，最大发送 2920 字节。如果收到的数据长度大于等于 2920 字节，数据会立即被分为每 2920 字节一组的块进行发送，否则会等待 20 毫秒或等待收到的数据大于等于 2920 字节再发送数据（您可以通过*AT+TRANSINTVL* 命令配置此间隔）。当输入单独一包+++ 时，退出透传模式 下的数据发送模式，请至少间隔 1 秒再发下一条 AT 命令。

本命令必须在开启透传模式 以及单连接下使用。若为 UDP 透传，*AT+CIPSTART* 命令的参数 <mode> 必须设置为 0。

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<length>**：数据长度，最大值：8192 字节
- **<" remote host" >**：UDP 传输可以指定对端主机：IPv4 地址、IPv6 地址，或域名
- **<remote port>**：UDP 传输可以指定对端端口

说明

- 您可以使用*AT+CIPTCPOPT* 命令来为每个 TCP 连接配置套接字选项。例如：设置 <so_sndtimeo> 为 5000，则 TCP 发送操作会在 5 秒内返回结果，无论成功还是失败。这可以节省 MCU 等待 AT 命令回复的时间。

3.3.9 AT+CIPSENDL：在普通传输模式下并行发送长数据

设置命令

功能：

普通传输模式 下，指定长度，并行发送数据（AT 命令端口接收数据和 AT 往对端发送数据是并行的）。您可以使用*AT+CIPSENDLCFG* 命令配置本条命令。如果您要发送的数据长度小于 8192 字节，您也可以使用*AT+CIPSEND* 命令发送。

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSENDL=<length>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSENDL=<link ID>,<length>

// UDP 传输可指定对端主机和端口
AT+CIPSENDL=[<link ID>,]<length>[,<"remote host">,<remote port>]
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 进入数据模式 并且已准备好接收 AT 命令端口的数据，此时您可以输入数据，一旦 AT 命令端口接收到数据，数据就会被发往底层协议，数据传输开始。

如果传输已开始，系统会根据*AT+CIPSENDLCFG* 配置上报消息：

```
+CIPSENDL:<had sent len>,<port recv len>
```

如果传输被+++ 命令取消，系统返回：

```
SEND CANCELLED
```

如果所有数据没有被完全发出去，系统最终返回：

```
SEND FAIL
```

如果所有数据被成功发往协议栈（不代表数据已经发送到对端），系统最终返回：

```
SEND OK
```

当连接断开时，您可以发送+++ 命令取消传输，同时 ESP32-C3 设备会从数据模式 退出。否则，AT 命令端口会一直接收数据，直到收到指定的 <length> 长度数据后，才会退出数据模式。

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<length>**：数据长度，最大值：2^{31} - 1 字节
- **<" remote host" >**：UDP 传输可以指定对端主机：IPv4 地址、IPv6 地址，或域名
- **<remote port>**：UDP 传输可以指定对端端口
- **<had sent len>**：成功发到底层协议栈的数据长度
- **<port recv len>**：AT 命令端口收到的数据总长度

说明

- 建议您使用 UART 流控。否则，如果 UART 接收速度大于网络发送速度时，将会导致数据丢失。
- 您可以使用*AT+CIPTCPOPT* 命令来为每个 TCP 连接配置套接字选项。例如：设置 <so_sndtimeo> 为 5000，则 TCP 发送操作会在 5 秒内返回结果，无论成功还是失败。这可以节省 MCU 等待 AT 命令回复的时间。

3.3.10 AT+CIPSENDLCFG: 设置 AT+CIPSENDL 命令的属性

查询命令

功能：

查询*AT+CIPSENDL* 命令的配置

命令：

```
AT+CIPSENDLCFG?
```

响应：

```
+CIPSENDLCFG:<report size>,<transmit size>

OK
```

设置命令

功能：

设置*AT+CIPSENDL* 命令的配置

命令：

```
AT+CIPSENDLCFG=<report size>[,<transmit size>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<report size>**: *AT+CIPSENDL* 命令中的上报块大小。默认值：1024。范围：[100,2 [20]]。例如：设置 `<report size>` 值为 100，则*AT+CIPSENDL* 命令回复里的 `<had sent len>` 上报序列为（100，200，300，400，……）。最后的 `<had sent len>` 上报值总是等于实际传输的数据长度。
- **<transmit size>**: *AT+CIPSENDL* 命令中的传输块大小，它指定了数据发往协议栈的数据块大小。默认值：2920。范围：[100,2920]。如果收到的数据长度大于等于 `<transmit size>`，数据会立即被分为每 `<transmit size>` 字节一组的块进行发送，否则会等待 20 毫秒或等待收到的数据大于等于 `<transmit size>` 字节再发送数据（您可以通过*AT+TRANSINTVL* 命令配置此间隔）。

说明

- 对于吞吐量小但对实时性要求高的设备，推荐您设置较小的 `<transmit size>`。也推荐您通过*AT+CIPTCPOPT* 命令设置 `TCP_NODELAY` 属性。
- 对于吞吐量大的设备，推荐您设置较大的 `<transmit size>`。也推荐您阅读如何提高 *ESP-AT* 吞吐性能。

3.3.11 AT+CIPSENDEX：在普通传输模式下采用扩展的方式发送数据

设置命令

功能：

普通传输模式 下，指定长度发送数据，或者使用字符串 \0 (0x5c, 0x30 ASCII) 触发数据发送

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSENDEX=<length>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSENDEX=<link ID>,<length>

// UDP 传输可指定对端 IP 地址和端口：
AT+CIPSENDEX=[<link ID>,]<length>[,<"remote host">,<remote port>]
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入指定长度的数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <length> 后或数据中出现 \0 字符时，数据传输开始。

如果未建立连接或数据传输时连接被断开，返回：

```
ERROR
```

如果所有数据被成功发往协议栈（不代表数据已经发送到对端），返回：

```
SEND OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ 4)，用于多连接的情况
- **<length>**：数据长度，最大值：8192 字节
- **<" remote host" >**：UDP 传输可以指定对端主机：IPv4 地址、IPv6 地址，或域名
- **<remote port>**：UDP 传输可以指定对端端口

说明

- 当数据长度满足要求时，或数据中出现 \0 字符时 (0x5c，0x30 ASCII)，数据传输开始，系统返回普通命令模式，等待下一条 AT 命令
- 如果数据中包含 \<any>，则会去掉反斜杠，只使用 <any> 符号
- 如果需要发送 \0，请转义为 \\0
- 您可以使用*AT+CIPTCPOPT* 命令来为每个 TCP 连接配置套接字选项。例如：设置 <so_sndtimeo> 为 5000，则 TCP 发送操作会在 5 秒内返回结果，无论成功还是失败。这可以节省 MCU 等待 AT 命令回复的时间。

3.3.12 AT+CIPCLOSE：关闭 TCP/UDP/SSL 连接

设置命令

功能：

关闭多连接模式下的 TCP/UDP/SSL 连接

命令：

```
AT+CIPCLOSE=<link ID>
```

响应：

```
<link ID>,CLOSED

OK
```

执行命令

功能：

关闭单连接模式下的 TCP/UDP/SSL 连接

```
AT+CIPCLOSE
```

响应：

```
CLOSED

OK
```

参数

- **<link ID>**：需关闭的网络连接 ID，如果设为 5，则表示关闭所有连接

3.3.13 AT+CIPCONNPERSIST：查询、设置 TCP/SSL 连接持久化参数

查询命令

功能：

查询 TCP/SSL 连接的持久化属性

命令：

```
AT+CIPCONNPERSIST?
```

响应：

```
+CIPCONNPERSIST:<persist_link>[...][,<persist_link>]

OK
```

设置命令

功能：

设置 TCP/SSL 连接的持久化属性

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPCONNPERSIST=<persist_link>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPCONNPERSIST=<link ID>,<persist_link>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：需设置的网络连接 ID
- **<persist_link>**：是否启用连接保持。关闭（默认）时，ESP32-C3 在 netif 停止、断开或丢失 IP 后会立即主动关闭该 netif 上的 TCP/SSL 连接；启用时，AT 不会主动断开，由协议栈自行处理连接状态。
- 0: 禁用连接保持（默认）。
- 1: 启用连接保持。

3.3.14 AT+CIFSR：查询本地 IP 地址和 MAC 地址

执行命令

命令：

```
AT+CIFSR
```

响应：

```
+CIFSR:APIP,<"APIP">
+CIFSR:APIP6LL,<"APIP6LL">
+CIFSR:APIP6GL,<"APIP6GL">
+CIFSR:APMAC,<"APMAC">
+CIFSR:STAIP,<"STAIP">
+CIFSR:STAIP6LL,<"STAIP6LL">
+CIFSR:STAIP6GL,<"STAIP6GL">
+CIFSR:STAMAC,<"STAMAC">
+CIFSR:ETHIP,<"ETHIP">
+CIFSR:ETHIP6LL,<"ETHIP6LL">
+CIFSR:ETHIP6GL,<"ETHIP6GL">
+CIFSR:ETHMAC,<"ETHMAC">

OK
```

参数

- **<" APIP" >**: ESP32-C3 Wi-Fi SoftAP 的 IPv4 地址
- **<" APIP6LL" >**: ESP32-C3 Wi-Fi SoftAP 的 IPv6 本地链路地址
- **<" APIP6GL" >**: ESP32-C3 Wi-Fi SoftAP 的 IPv6 全局地址
- **<" APMAC" >**: ESP32-C3 Wi-Fi SoftAP 的 MAC 地址
- **<" STAIP" >**: ESP32-C3 Wi-Fi station 的 IPv4 地址
- **<" STAIP6LL" >**: ESP32-C3 Wi-Fi station 的 IPv6 本地链路地址
- **<" STAIP6GL" >**: ESP32-C3 Wi-Fi station 的 IPv6 全局地址
- **<" STAMAC" >**: ESP32-C3 Wi-Fi station 的 MAC 地址
- **<" ETHIP" >**: ESP32-C3 ethernet 的 IPv4 地址
- **<" ETHIP6LL" >**: ESP32-C3 ethernet 的 IPv6 本地链路地址

- **<" ETHIP6GL" >**: ESP32-C3 ethernet 的 IPv6 全局地址
- **<" ETHMAC" >**: ESP32-C3 ethernet 的 MAC 地址

说明

- 只有当 ESP32-C3 设备获取到有效接口信息后，才能查询到它的 IP 地址和 MAC 地址

3.3.15 AT+CIPMUX：启用/禁用多连接模式

查询命令

功能：

查询连接模式

命令：

```
AT+CIPMUX?
```

响应：

```
+CIPMUX:<mode>
OK
```

设置命令

功能：

设置连接模式

命令：

```
AT+CIPMUX=<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：连接模式，默认值：0
  - 0: 单连接
  - 1: 多连接

说明

- 只有当所有连接都断开时才可更改连接模式
- 只有普通传输模式 (*AT+CIPMODE=0*)，才能设置为多连接
- 如果建立了 TCP/SSL 服务器，想切换为单连接，必须关闭服务器 (*AT+CIPSERVER=0*)
- 多连接并行传输大量数据时，可能会出现内存峰值不足的情况，请您根据产品的实际情况进行测试，并实现 MCU 对内存不足的处理

示例

```
AT+CIPMUX=1
```

3.3.16 AT+CIPSERVER：建立/关闭 TCP 或 SSL 服务器

查询命令

功能：

查询 TCP/SSL 服务器状态

命令：

```
AT+CIPSERVER?
```

响应：

```
+CIPSERVER:<mode>[,<port>,<"type">,<CA enable>,<netif>]

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CIPSERVER=<mode>[,<param2>][,<"type">][,<CA enable>][,<netif>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：
  - 0: 关闭服务器
  - 1: 建立服务器
- **<param2>**：参数 <mode> 不同，则此参数意义不同：
- 如果 <mode> 是 1，<param2> 代表端口号。默认值：333
- 如果 <mode> 是 0，<param2> 代表服务器是否关闭所有客户端。默认值：0
  - 0：关闭服务器并保留现有客户端连接
  - 1：关闭服务器并关闭所有连接
- **<" type" >**：服务器类型：" TCP"，" TCPv6"，" SSL"，或 "SSLv6" . 默认值：" TCP"
- **<CA enable>**：
  - 0：不使用 CA 认证
  - 1：使用 CA 认证
- **<netif>**：指定服务器监听的网络接口，默认值：0。
  - 0：所有网络接口
  - 1：Wi-Fi station 接口
  - 2：Wi-Fi SoftAP 接口

说明

- 多连接情况下 (*AT+CIPMUX=1*)，才能开启服务器。
- 创建服务器后，自动建立服务器监听，最多只允许创建一个服务器。

- 当有客户端接入，会自动占用一个连接 ID。
- 如果您想基于 IPv6 网络创建一个 TCP/SSL 服务器，请首先设置*AT+CIPV6=1*，并获取一个 IPv6 地址。
- 关闭服务器时，参数 <"type">、<CA enable> 和 <netiif> 必须省略。
- 若需查看建立服务器失败原因，请先运行*AT+SYSLOG=1* 启用日志后重试本命令。失败时，AT 会返回更详细的错误码 +ERRNO:<error_code>，以便定位问题。

示例

```
// 建立 TCP 服务器
AT+CIPMUX=1
AT+CIPSERVER=1,80

// 建立 SSL 服务器
AT+CIPMUX=1
AT+CIPSERVER=1,443,"SSL",1

// 基于 IPv6 网络，创建 SSL 服务器
AT+CIPMUX=1
AT+CIPSERVER=1,443,"SSLv6",0

// 关闭服务器并且关闭所有连接
AT+CIPSERVER=0,1
```

3.3.17 AT+CIPSERVERMAXCONN：查询/设置服务器允许建立的最大连接数

查询命令

功能：

查询 TCP 或 SSL 服务器允许建立的最大连接数

命令：

```
AT+CIPSERVERMAXCONN?
```

响应：

```
+CIPSERVERMAXCONN:<num>
OK
```

设置命令

功能：

设置 TCP 或 SSL 服务器允许建立的最大连接数

命令：

```
AT+CIPSERVERMAXCONN=<num>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<num>**：TCP 或 SSL 服务器允许建立的最大连接数，范围：[1,5]。如果您想修改该参数的上限阈值，请参考*AT+CIPSTART* 命令中参数 <link ID> 的描述。

说明

- 如需设置最大连接数 (AT+CIPSERVERMAXCONN=<num>)，请在创建服务器之前设置。

示例

```
AT+CIPMUX=1
AT+CIPSERVERMAXCONN=2
AT+CIPSERVER=1,80
```

3.3.18 AT+CIPMODE：查询/设置传输模式

查询命令

功能：

查询传输模式

命令：

```
AT+CIPMODE?
```

响应：

```
+CIPMODE:<mode>
OK
```

设置命令

功能：

设置传输模式

命令：

```
AT+CIPMODE=<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**:
  - 0: 普通传输模式
  - 1: Network 透传接收模式，仅支持 TCP 单连接、UDP 固定通信对端、SSL 单连接的情况

说明

- 配置更改不保存到 flash。
- 在 ESP32-C3 进入 Network 透传接收模式 后，任何蓝牙功能将无法使用。

示例

```
AT+CIPMODE=1
```

3.3.19 AT+CIPSTO：查询/设置本地 TCP/SSL 服务器超时时间

查询命令

功能：

查询本地 TCP/SSL 服务器超时时间

命令：

```
AT+CIPSTO?
```

响应：

```
+CIPSTO:<time>
OK
```

设置命令

功能：

设置本地 TCP/SSL 服务器超时时间

命令：

```
AT+CIPSTO=<time>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<time>**：本地 TCP/SSL 服务器超时时间，单位：秒，取值范围：[0,7200]

说明

- 当 TCP/SSL 客户端在 <time> 时间内未发生数据通讯时，ESP32-C3 服务器会断开此连接。
- 如果设置参数 <time> 为 0，则连接永远不会超时，不建议这样设置。
- 在设定的时间内，当客户端发起与服务器的通信或者服务器发起与客户端的通信时，计时器将重新计时。超时后，客户端被关闭。

示例

```
AT+CIPMUX=1
AT+CIPSERVER=1,1001
AT+CIPSTO=10
```

3.3.20 AT+CIPSNTPCFG：查询/设置时区和 SNTP 服务器

查询命令

命令：

```
AT+CIPSNTPCFG?
```

响应：

```
+CIPSNTPCFG:<enable>,<timezone>[,<"SNTP server1">][,<"SNTP server2">][,<"SNTP␣
↪server3">]
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CIPSNTPCFG=<enable>[,<timezone>][,<"SNTP server1">][,<"SNTP server2">][,<"SNTP␣
↪server3">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：设置 SNTP 服务器：
  - 1: 设置 SNTP 服务器；
  - 0: 不设置 SNTP 服务器。
- **<timezone>**：支持以下两种格式：
  - 第一种格式的范围：[-12,14]，它以小时为单位，通过与协调世界时 (UTC) 的偏移来标记大多数时区（UTC–12:00 至 UTC+14:00）；
  - 第二种格式为 UTC 偏移量，UTC 偏移量指定了你需要加多少时间到 UTC 时间上才能得到本地时间，通常显示为 [+|-][hh]mm。如果当地时区在本初子午线以西，则为负数，如果在东边，则为正数。小时 (hh) 必须在 -12 到 14 之间，分钟 (mm) 必须在 0 到 59 之间。例如，如果您想把时区设置为新西兰查塔姆群岛，即 UTC+12:45，您应该把 <timezone> 参数设置为 1245，更多信息请参考 UTC 偏移量。
- **[<" SNTP server1" >]**：第一个 SNTP 服务器。
- **[<" SNTP server2" >]**：第二个 SNTP 服务器。
- **[<" SNTP server3" >]**：第三个 SNTP 服务器。

说明

- 设置命令若未填写以上三个 SNTP 服务器参数，则默认使用 “cn.ntp.org.cn”、” ntp.sjtu.edu.cn” 和 “us.pool.ntp.org” 其中之一。
- 对于查询命令，查询的 <timezone> 参数可能会和设置的 <timezone> 参数不一样。因为 <timezone> 参数支持第二种 UTC 偏移量格式，例如：设置 AT+CIPSNTPCFG=1,015，那么查询时，ESP-AT 会忽略时区参数的前导 0，即设置值是 15。不属于第一种格式，所以按照第二种 UTC 偏移量格式解析，也就是 UTC+00:15，也就是查询出来的是 0 时区。

- 由于 SNTP 是基于 UDP 协议发送请求和接收回复，当网络丢包时，会导致 ESP32-C3 的时间无法及时同步。一旦 AT 命令口输出 *+TIME_UPDATED*，代表时间已同步，此时您可以发送 *AT+CIPSNTPTIME?* 命令查询当前时间。

示例

```
// 使能 SNTP 服务器，设置中国时区 (UTC+08:00)
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"
或
AT+CIPSNTPCFG=1,800,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"

// 使能 SNTP 服务器，设置美国纽约的时区 (UTC-05:00)
AT+CIPSNTPCFG=1,-5,"0.pool.ntp.org","time.google.com"
或
AT+CIPSNTPCFG=1,-500,"0.pool.ntp.org","time.google.com"

// 使能 SNTP 服务器，设置新西兰时区查塔姆群岛的时区 (Chatham Islands, UTC+12:45)
AT+CIPSNTPCFG=1,1245,"0.pool.ntp.org","time.google.com"
```

3.3.21 AT+CIPSNTPTIME：查询 SNTP 时间

查询命令

命令：

```
AT+CIPSNTPTIME?
```

响应：

```
+CIPSNTPTIME:<asctime style time>
OK
```

说明

- 有关 asctime 时间的定义请见 asctime man page。
- 在 ESP32-C3 进入 Light-sleep 或 Deep-sleep 后再唤醒，系统时间可能会不准。建议您重新发送 *AT+CIPSNTPCFG* 命令，从 NTP 服务器获取新的时间。
- SNTP 获取到的时间存储在 RTC 区域，因此在软重启（芯片不掉电）后，时间不会丢失。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="1234567890","1234567890"
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"
AT+CIPSNTPTIME?
+CIPSNTPTIME:Tue Oct 19 17:47:56 2021
OK

或

AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="1234567890","1234567890"
AT+CIPSNTPCFG=1,530
AT+CIPSNTPTIME?
```

(续下页)

(接上页)

```
+CIPSNTPTIME:Tue Oct 19 15:17:56 2021
OK
```

3.3.22 AT+CIPSNTPINTV：查询/设置 SNTP 时间同步的间隔

查询命令

命令：

```
AT+CIPSNTPINTV?
```

响应：

```
+CIPSNTPINTV:<interval second>

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CIPSNTPINTV=<interval second>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<interval second>**：SNTP 时间同步间隔。单位：秒。范围：[15,4294967]。

说明

- 配置了时间同步间隔，意味着 ESP32-C3 多久一次向 NTP 服务器获取新的时间。

示例

```
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"

OK

// 每小时同步一次时间
AT+CIPSNTPINTV=3600

OK
```

3.3.23 AT+CIPFWVER：查询服务器已有的 AT 固件版本

查询命令

功能：

查询服务器已有的 ESP32-C3 AT 固件版本

命令：

```
AT+CIPFWVER?
```

响应：

```
+CIPFWVER:<"version">

OK
```

参数

- **<”version”>**：ESP32-C3 AT 固件版本

说明

- 在选择要升级的 OTA 版本时，强烈不建议从高版本向低版本升级。

3.3.24 AT+CIUPDATE：通过 Network 升级固件

ESP-AT 在运行时，通过 Network 从指定的服务器上下载新固件到某些分区，从而升级固件。

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 设备的升级状态

命令：

```
AT+CIUPDATE?
```

响应：

```
+CIPUPDATE:<state>

OK
```

执行命令

功能：

在阻塞模式下通过 OTA 升级到 TCP 服务器上最新版本的固件

命令：

```
AT+CIUPDATE
```

响应：

请参考设置命令中的响应

设置命令

功能：

升级到服务器上指定版本的固件

命令：

```
AT+CIUPDATE=<ota mode>[,<"version">][,<"firmware name">][,<nonblocking>]
```

响应：

如果 OTA 在阻塞模式下成功，返回：

```
+CIPUPDATE:1
+CIPUPDATE:2
+CIPUPDATE:3
+CIPUPDATE:4

OK
```

如果 OTA 在非阻塞模式下成功，返回：

```
OK
+CIPUPDATE:1
+CIPUPDATE:2
+CIPUPDATE:3
+CIPUPDATE:4
```

如果在阻塞模式下 OTA 失败，返回：

```
+CIPUPDATE:<state>

ERROR
```

如果在非阻塞模式下 OTA 失败，返回：

```
OK
+CIPUPDATE:<state>
+CIPUPDATE:-1
```

参数

- **<ota mode>**:
  - 0: 通过 HTTP OTA；
  - 1: 通过 HTTPS OTA，如果无效，请检查 `./build.py menuconfig > Component config > AT > OTA based upon ssl` 是否使能，更多信息请见本地编译 *ESP-AT 工程*。
- **<version>**：AT 版本，如 `v1.2.0.0`、`v1.1.3.0` 或 `v1.1.2.0`。
- **<" firmware name" >**：升级的固件，如 `ota`、`mqtt_ca`、`client_ca` 或其它 `at_customize.csv` 中自定义的分区。
- **<nonblocking>**:
  - 0: 阻塞模式的 OTA。此模式下，直到 OTA 升级成功或失败后才可以发送 AT 命令。
  - 1: 非阻塞模式的 OTA。此模式下，升级完成后 (+CIPUPDATE:4) 需手动重启。
- **<state>**:
  - 1: 找到服务器；
  - 2: 连接至服务器；
  - 3: 获得升级版本；
  - 4: 完成升级；
  - -1: 非阻塞模式下 OTA 失败。

说明

- 升级速度取决于网络状况。
- 如果网络条件不佳导致升级失败，AT 将返回 ERROR，请等待一段时间再试。
- 如果您直接使用乐鑫提供的 AT BIN, 本命令将从 Espressif Cloud 下载 AT 固件升级。
- 如果您使用的是自行编译的 AT BIN，请自行实现 AT+CIUPDATE FOTA 功能或者使用*AT+USEROTA* 或者*AT+WEBSERVER* 命令，可参考 ESP-AT 工程提供的示例 FOTA。
- 建议升级 AT 固件后，调用*AT+RESTORE* 恢复出厂设置。
- OTA 过程的超时时间为 3 分钟。
- 非阻塞模式响应中的 OK 和 +CIPUPDATE:<state> 在输出顺序上没有严格意义上的先后顺序。OK 可能在 +CIPUPDATE:<state> 之前输出，也有可能在 +CIPUPDATE:<state> 之后输出。
- 不建议升级到旧版本。降到旧版本会存在一定的兼容性问题，甚至无法运行，如果您坚持要升级到旧版本，请根据自己的产品自行测试验证功能。
- 请参考*如何实现 OTA 升级* 获取更多 OTA 命令。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="1234567890","1234567890"
AT+CIUPDATE
AT+CIUPDATE=1
AT+CIUPDATE=1,"v1.2.0.0"
AT+CIUPDATE=1,"v2.2.0.0","mqtt_ca"
AT+CIUPDATE=1,"v2.2.0.0","ota",1
AT+CIUPDATE=1,,,1
AT+CIUPDATE=1,,"ota",1
AT+CIUPDATE=1,"v2.2.0.0",,1
```

3.3.25 AT+CIPDINFO：设置 +IPD 消息详情

查询命令

命令：

```
AT+CIPDINFO?
```

响应：

```
+CIPDINFO:true
OK
```

或

```
+CIPDINFO:false
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+CIPDINFO=<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**:
  - 0: 在“+IPD”和“+CIPRECVDATA”消息中，不提示对端 IP 地址和端口信息
  - 1: 在“+IPD”和“+CIPRECVDATA”消息中，提示对端 IP 地址和端口信息

示例

```
AT+CIPDINFO=1
```

3.3.26 AT+CIPSSLCCONF：查询/设置 SSL 客户端配置

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 作为 SSL 客户端时每个连接的配置信息

命令：

```
AT+CIPSSLCCONF?
```

响应：

```
+CIPSSLCCONF:<link ID>,<auth_mode>,<pki_number>,<ca_number>
OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCCONF=<auth_mode>[,<pki_number>][,<ca_number>]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCCONF=<link ID>,<auth_mode>[,<pki_number>][,<ca_number>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接，本参数默认值为 5。
- **<auth_mode>**:
  - 0: 不认证，此时无需填写 <pki_number> 和 <ca_number> 参数；
  - 1: ESP-AT 提供客户端证书供服务器端 CA 证书校验；
  - 2: ESP-AT 客户端载入 CA 证书来校验服务器端的证书；
  - 3: 相互认证。
- **<pki_number>**：证书和私钥的索引，如果只有一个证书和私钥，其值应为 0。
- **<ca_number>**：CA 的索引，如果只有一个 CA，其值应为 0。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。
- 配置更改将保存在 NVS 区，如果您使用*AT+SAVETRANSLINK* 命令设置开机进入 SSL 透传模式，ESP32-C3 将在下次上电时基于本配置建立 SSL 连接。
- 如果您想使用自己的证书，运行时请使用*AT+SYSMFG* 命令更新 SSL 证书。如果您想预烧录自己的证书，请参考如何更新 *PKI* 配置。
- 如果 <auth_mode> 配置为 2 或者 3，为了校验服务器的证书有效期，请在发送*AT+CIPSTART* 命令前确保 ESP32-C3 已获取到当前时间。（您可以发送*AT+CIPSNTPCFG* 命令来配置 SNTP，获取当前时间，发送*AT+CIPSNTPTIME?* 命令查询当前时间。）

3.3.27 AT+CIPSSLCCIPHER：查询/设置 SSL 客户端的密码套件 (Cipher Suite)

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 作为 SSL 客户端时支持的密码套件

命令：

```
AT+CIPSSLCCIPHER?
```

响应：

```
+CIPSSLCCIPHER:<idx>,<cipher_suite>

OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCCIPHER=<counts>[,<cipher_suite>][...][,<cipher_suite>]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCCIPHER=<link ID>,<counts>[,<cipher_suite>][...][,<cipher_suite>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<idx>**：密码套件的索引号，从 0 开始。
- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接，本参数默认值为 5。
- **<counts>**：密码套件的数量。最大值受限于命令的最大长度 256 字节。
  - 0: 清除已配置的密码套件。
  - 其它: 设置密码套件的个数。
- **<cipher_suite>**：表示 ClientHello 中的密码套件。对应的值定义在 ssl_ciphersuites.h 中。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。

示例

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)，密码套件为 TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_128_CBC_SHA256 和␣
↪TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_256_CCM
AT+CIPSSLCCIPHER=2,0xC023,0xC0AD

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)，密码套件为 TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_128_CBC_SHA256 和␣
↪TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_256_CCM
AT+CIPSSLCCIPHER=0,2,0xC023,0xC0AD
```

3.3.28 AT+CIPSSLCCN：查询/设置 SSL 客户端的公用名 (common name)

查询命令

功能：

查询每个 SSL 连接中客户端的通用名称

命令：

```
AT+CIPSSLCCN?
```

响应：

```
+CIPSSLCCN:<link ID>,<"common name">
OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCCN=<"common name">

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCCN=<link ID>,<"common name">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在单连接的情况下，本参数值为 0；在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<" common name" >**：本参数用来认证服务器发送的证书中的公用名。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。

3.3.29 AT+CIPSSLCSNI：查询/设置 SSL 客户端的 SNI

查询命令

功能：

查询每个连接的 SNI 配置

命令：

```
AT+CIPSSLCSNI?
```

响应：

```
+CIPSSLCSNI:<link ID>,<"sni">
OK
```

设置命令

命令：

```
单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCSNI=<"sni">

多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCSNI=<link ID>,<"sni">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在单连接的情况下，本参数值为 0；在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<" sni" >**：ClientHello 里的 SNI。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。

3.3.30 AT+CIPSSLCALPN：查询/设置 SSL 客户端 ALPN

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 作为 SSL 客户端时每个连接的 ALPN 配置

命令：

```
AT+CIPSSLCALPN?
```

响应：

```
+CIPSSLCALPN:<link ID>,<"alpn">[,<"alpn">][,<"alpn">]

OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCALPN=<counts>[,<"alpn">][,<"alpn">][,<"alpn">]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCALPN=<link ID>,<counts>[,<"alpn">][,<"alpn">[,<"alpn">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在单连接的情况下，本参数值为 0；在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<counts>**：ALPN 的数量。范围：[0,5]。
- 0: 清除 ALPN 配置。
- [1,5]: 设置 ALPN 配置。
- **<" alpn" >**：字符串参数，表示 ClientHello 中的 ALPN。ALPN 最大长度受限于命令的最大长度。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。

3.3.31 AT+CIPSSLCPSK：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (字符串格式)

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 作为 SSL 客户端时每个连接的 PSK 配置

命令：

```
AT+CIPSSLCPSK?
```

响应：

```
+CIPSSLCPSK:<link ID>,<"psk">,<"hint">
OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPSSLCPSK=<"psk">,<"hint">

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPSSLCPSK=<link ID>,<"psk">,<"hint">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在单连接的情况下，本参数值为 0；在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<" psk" >**：PSK identity (字符串格式)，最大长度：32。如果您的 <"psk"> 参数包含 \0，请使用*AT+CIPSSLCPSKHEX* 命令。
- **<" hint" >**：PSK hint，最大长度：32。

说明

- 如果想要本配置立即生效，请在建立 SSL 连接前运行本命令。

3.3.32 AT+CIPSSLCPSKHEX：查询/设置 SSL 客户端的 PSK (十六进制格式)

说明

- 类似于*AT+CIPSSLCPSK* 命令，该命令也用于设置或查询 SSL 客户端的预共享密钥 (PSK)，但其 <"psk"> 参数使用十六进制格式而不是字符串格式。因此，<"psk"> 参数中的 \0 表示为 00。

示例

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)，PSK identity 为 "psk"，PSK hint 为 "myhint"
AT+CIPSSLCPSKHEX="70736b","myhint"

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)，PSK identity 为 "psk"，PSK hint 为 "myhint"
AT+CIPSSLCPSKHEX=0,"70736b","myhint"
```

3.3.33 AT+CIPRECONNINTV：查询/设置 Network 透传模式下的 TCP/UDP/SSL 重连间隔

查询命令

功能：

查询 Network 透传模式 下的自动重连间隔

命令：

```
AT+CIPRECONNINTV?
```

响应：

```
+CIPRECONNINTV:<interval>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Network 透传模式 下 TCP/UDP/SSL 传输断开后自动重连的间隔

命令：

```
AT+CIPRECONNINTV=<interval>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<interval>**：自动重连间隔时间，单位：100 毫秒，默认值：1，范围：[1,36000]。

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1* 时，配置更改将保存在 NVS 区。

示例

```
AT+CIPRECONNINTV=10
```

3.3.34 AT+CIPRECVTYPE：查询/设置套接字接收模式

查询命令

功能：

查询套接字接收模式

命令：

```
AT+CIPRECVTYPE?
```

响应：

```
+CIPRECVTYPE:<link ID>,<mode>

OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPRECVTYPE=<mode>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPRECVTYPE=<link ID>,<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link ID>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在单连接的情况下，本参数值为 0；在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<mode>**：套接字数据接收模式，默认值：0。
  - 0: 主动模式，ESP-AT 将所有接收到的套接字数据立即发送给主机 MCU，头为 “+IPD”（套接字接收窗口为 5760 字节，每次向 MCU 最大发送 2920 字节有效数据）。
  - 1: 被动模式，ESP-AT 将所有接收到的套接字数据保存到内部缓存区（套接字接收窗口，默认值为 5760 字节），等待 MCU 读取。对于 TCP 和 SSL 连接，如果缓存区满了，将阻止套接字传输；对于 UDP 传输，如果缓存区满了，则会发生数据丢失。

说明

- 该配置不能用于 Network 透传模式。
- 当 ESP-AT 在被动模式下收到套接字数据时，会根据情况的不同提示不同的信息：
  - 多连接时 (AT+CIPMUX=1)，提示 `+IPD,<link ID>,<len>`；
  - 单连接时 (AT+CIPMUX=0)，提示 `+IPD,<len>`。
- `<len>` 表示缓存区中套接字数据的总长度。
- 一旦有 `+IPD` 报出，应该运行*AT+CIPRECVDATA* 来读取数据。否则，在前一个 `+IPD` 被读取之前，下一个 `+IPD` 将不会被报告给主机 MCU。
- 在断开连接的情况下，缓冲的套接字数据仍然存在，MCU 仍然可以读取，直到发送*AT+CIPCLOSE*（AT 作为客户端）或*AT+CIPSERVER=0,1*（AT 作为服务器）。换句话说，如果 `+IPD` 已经被报告，那么在你发送*AT+CIPCLOSE* 或发送*AT+CIPSERVER=0,1* 或通过*AT+CIPRECVDATA* 命令读取所有数据之前，这个连接的 `CLOSED` 信息永远不会出现。
- 预计设备将接收大量网络数据并且 MCU 端来不及处理时，可以参考示例，使用被动接收数据模式。

示例

```
// 单连接模式下，设置被动接收模式
AT+CIPRECVTYPE=1

// 多连接模式下，设置所有连接为被动接收模式
AT+CIPRECVTYPE=5,1
```

3.3.35 AT+CIPRECVDATA：获取被动接收模式下的套接字数据

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)
AT+CIPRECVDATA=<len>

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)
AT+CIPRECVDATA=<link_id>,<len>
```

响应：

```
+CIPRECVDATA:<actual_len>,<data>
OK
```

或

```
+CIPRECVDATA:<actual_len>,<"remote IP">,<remote port>,<data>
OK
```

参数

- **<link_id>**：多连接模式下的连接 ID。
- **<len>**：最大值为：0x7fffffff，如果实际收到的数据长度比本参数值小，则返回实际长度的数据。
- **<actual_len>**：实际获取的数据长度。
- **<data>**：获取的数据。
- **<" remote IP" >**：字符串参数，表示对端 IP 地址，通过*AT+CIPDINFO=1* 命令使能。
- **<remote port>**：对端端口，通过*AT+CIPDINFO=1* 命令使能。

说明

- 该命令需要在被动接收模式下执行，否则会直接返回 ERROR，可以通过*AT+CIPRECVTYPE?* 命令确认是否是在被动接收模式。
- 该命令在没有数据可读的情况下执行时会直接返回 ERROR，可以通过*AT+CIPRECVLEN?* 命令确认此时是否有可读数据。
- 执行 AT+CIPRECVDATA=<len> 命令时，至少需要 <len> + 128 字节的内存，您可以使用命令*AT+SYSRAM?* 查询当前可用内存情况。当内存不足导致内存申请失败时此命令也会返回 ERROR。你可以通过*AT 输出日志口* 查看是否有类似 alloc fail 的打印信息，以确认是否出现了内存分配失败的情况。

示例

```
AT+CIPRECVTYPE=1

// 例如，如果主机 MCU 从 0 号连接中收到 100 字节的数据，
// 则会提示消息 "+IPD,0,100",
// 然后，您可以通过运行以下命令读取这 100 字节的数据：
AT+CIPRECVDATA=0,100
```

3.3.36 AT+CIPRECVLEN：查询被动接收模式下套接字数据的长度

查询命令

功能：

查询某一连接中缓存的所有的数据长度

命令：

```
AT+CIPRECVLEN?
```

响应：

```
+CIPRECVLEN:<data length of link>[...][,<data length of link>]

OK
```

参数

- **<data length of link>**：某一连接中缓冲的所有的数据长度。

说明

- SSL 连接中，ESP-AT 返回的数据长度可能会小于真实数据的长度。

示例

```
AT+CIPRECVLEN?
+CIPRECVLEN:100,,,,,
OK
```

3.3.37 AT+PING：ping 对端主机

设置命令

功能：

ping 对端主机

命令：

```
AT+PING=<"host">
```

响应：

```
+PING:<time>

OK
```

或

```
+PING:TIMEOUT   // 只有在域名解析失败或 PING 超时情况下，才会有这个回复

ERROR
```

参数

- **<" host" >**：字符串参数，表示对端主机的 IPv4 地址，IPv6 地址，或域名。
- **<time>**：ping 的响应时间，单位：毫秒。

说明

- 如果您想基于 IPv6 网络 Ping 对端主机，请执行以下操作：
  - 确保 AP 支持 IPv6
  - 设置*AT+CIPV6=1*
  - 通过*AT+CWJAP* 命令获取到一个 IPv6 地址
  - （可选）通过*AT+CIPSTA?* 命令检查 ESP32-C3 是否获取到 IPv6 地址
- 如果远端主机是域名字符串，则 ping 将先通过 DNS 进行域名解析（优先解析 IPv4 地址），再 ping 对端主机 IP 地址

示例

```
AT+PING="192.168.1.1"
AT+PING="www.baidu.com"

// 下一代互联网国家工程中心
AT+PING="240c::6666"
```

3.3.38 AT+CIPDNS：查询/设置 DNS 服务器信息

查询命令

功能：

查询当前 DNS 服务器信息

命令：

```
AT+CIPDNS?
```

响应：

```
+CIPDNS:<enable>[,<"DNS IP1">][,<"DNS IP2">][,<"DNS IP3">]
OK
```

设置命令

功能：

设置 DNS 服务器信息

命令：

```
AT+CIPDNS=<enable>[,<"DNS IP1">][,<"DNS IP2">][,<"DNS IP3">]
```

响应：

```
OK
```

或

```
ERROR
```

参数

- **<enable>**：设置 DNS 服务器
  - 0: 启用自动获取 DNS 服务器设置，DNS 服务器将会恢复为 208.67.222.222、114.114.114.114 和 8.8.8.8，只有当 ESP32-C3 station 完成了 DHCP 过程，DNS 服务器才有可能会更新。
  - 1: 启用手动设置 DNS 服务器信息，如果不设置参数 <DNS IPx> 的值，则使用默认值 208.67.222.222、114.114.114.114 和 8.8.8.8。
- **<" DNS IP1" >**：第一个 DNS 服务器 IP 地址，对于设置命令，只有当 <enable> 参数为 1 时，也就是启用手动 DNS 设置，本参数才有效；如果设置 <enable> 为 1，并为本参数设置一个值，当您运行查询命令时，ESP-AT 将把该参数作为当前的 DNS 设置返回。
- **<" DNS IP2" >**：第二个 DNS 服务器 IP 地址，对于设置命令，只有当 <enable> 参数为 1 时，也就是启用手动 DNS 设置，本参数才有效；如果设置 <enable> 为 1，并为本参数设置一个值，当您运行查询命令时，ESP-AT 将把该参数作为当前的 DNS 设置返回。
- **<" DNS IP3" >**：第三个 DNS 服务器 IP 地址，对于设置命令，只有当 <enable> 参数为 1 时，也就是启用手动 DNS 设置，本参数才有效；如果设置 <enable> 为 1，并为本参数设置一个值，当您运行查询命令时，ESP-AT 将把该参数作为当前的 DNS 设置返回。

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存在 NVS 区。
- 这三个参数不能设置在同一个服务器上。
- 当 <enable> 为 0 时，DNS 服务器可能会根据 ESP32-C3 设备所连接的路由器的配置而改变。

示例

```
AT+CIPDNS=0
AT+CIPDNS=1,"208.67.222.222","114.114.114.114","8.8.8.8"

// 第一个基于 IPv6 的 DNS 服务器：下一代互联网国家工程中心
// 第二个基于 IPv6 的 DNS 服务器：google-public-dns-a.google.com
// 第三个基于 IPv6 的 DNS 服务器：江苏省主 DNS 服务器
AT+CIPDNS=1,"240c::6666","2001:4860:4860::8888","240e:5a::6666"
```

3.3.39 AT+MDNS：设置 mDNS 功能

- 设备开启一个 *mDNS* 服务
- 查询局域网里的 *mDNS* 服务

设备开启一个 mDNS 服务

设置命令　命令：

```
AT+MDNS=<mode>[,<"hostname">,<"service_type">,<port>][,<"instance">][,<"proto">][,
↪<txt_number>][,<"key">,<"value">][...]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：
  - 1：开启 mDNS 服务，后续参数需要填写
  - 0：关闭 mDNS 功能，后续参数无需填写
- **<" hostname" >**：mDNS 主机名称。
- **<" service_type" >**：mDNS 服务类型。
- **<port>**：mDNS 服务端口。
- **<" instance" >**：mDNS 实例名称。默认值：<"hostname">。
- **<" proto" >**：mDNS 服务协议。建议值：_tcp 或 _udp，默认值：_tcp。
- **<txt_number>**：mDNS TXT 记录的数量。范围：[1,20]。
- **<" key" >**：TXT 记录的键。
- **<" value" >**：TXT 记录的值。
- **[…]**：根据 <txt_number> 继续填写 TXT 记录的键值对。

示例

```
// 开启 mDNS 服务，主机名为 "espressif"，服务类型为 "_iot"，端口为 8080
AT+MDNS=1,"espressif","_iot",8080

// 关闭 mDNS 功能
AT+MDNS=0
```

详细示例参考*mDNS 服务示例*。

查询局域网里的 mDNS 服务

设置命令　命令：

```
// 查询局域网里的 PTR 记录
AT+MDNS=<mode>,<type>,<"service">,<"proto">[,<timeout>][,<max_results>]

// 查询局域网里的 TXT、 SRV、 TXT + SRV 记录
AT+MDNS=<mode>,<type>,<"instance">,<"service">,<"proto">[,<timeout>][,<max_results>
↪]

// 查询局域网里的 A、AAAA、A + AAAA 记录
AT+MDNS=<mode>,<type>,<"hostname">[,<timeout>][,<max_results>]
```

响应：

```
+MDNS:<data_len>,
IF=<netif>
IP=<ip_type>
PTR=<instance>
SRV=<hostname>:<port>
TXT=<key>=<value>
A=<ip4>
AAAA=<ip6>

OK
```

命令参数

- **<mode>**：
  - 2：查询局域网里的 mDNS 服务，后续参数需要填写
  - 0：关闭 mDNS 功能，后续参数无需填写
- **<type>**：查询类型。
  - 0：PTR 记录
  - 1：TXT 记录
  - 2：SRV 记录
  - 3：TXT + SRV 记录
  - 4：A 记录
  - 5：AAAA 记录
  - 6：A + AAAA 记录
- **<" instance" >**：mDNS 实例名称。最大长度：64 字节，超过会自动截断。
- **<" hostname" >**：主机名称。最大长度：64 字节，超过会自动截断。
- **<" service" >**：mDNS 服务类型。最大长度：64 字节，超过会自动截断。
- **<" proto" >**：mDNS 服务协议。最大长度：64 字节，超过会自动截断。建议值：`_tcp` 或 `_udp`。
- **<timeout>**：查询超时时间，单位：毫秒，默认值：5000。范围：[1000,180000]。如果查询的个数未达到 `<max_results>`，则在超时后返回查询结果。
- **<max_results>**：查询结果的最大数量，默认值：1。范围：[1,255]。如果查询的个数未达到 `<max_results>`，则在超时后返回查询结果。否则，立即返回查询结果。

命令响应参数

- **<data_len>**：查询结果的长度。
- **<netif>**：网络接口，表示 mDNS 服务所在的网络接口。
  - 1：Wi-Fi Station 接口
  - 2：Wi-Fi SoftAP 接口
- **<ip_type>**：网络接口的 IP 地址类型。
  - 0：IPv4 地址
  - 1：IPv6 地址
- **<instance>**：mDNS 实例名称。

- **<hostname>**：主机名称。
- **<port>**：mDNS 服务端口。
- **<key>**：TXT 记录的键。
- **<value>**：TXT 记录的值。
- **<ip4>**：mDNS 服务所在的 IPv4 地址。
- **<ip6>**：mDNS 服务所在的 IPv6 地址。

示例

```
// PC 上通过 avahi-publish 发布 mDNS 服务
avahi-publish -s my_instance _my_printer._tcp 35 "version=v4.1.0.0"

// 通过 AT 命令查询局域网里的 PTR 记录
AT+MDNS=2,0,"_my_printer","_tcp"

// 响应结果
+MDNS:234,
IF=1
IP=0
PTR=my_instance
SRV=espressif-1.local:35
TXT=version=v4.1.0.0
A=192.168.200.249
AAAA=240e:1234:204c:bd02:d80f:8c45:3576:2574
AAAA=240e:1234:204c:bd02:f043:47f0:7c39:0002
AAAA=240e:1234:204c:bd02:2971:f412:14c6:fa00

OK

// 关闭 mDNS 功能
AT+MDNS=0
```

3.3.40 AT+CIPTCPOPT：查询/设置套接字选项

查询命令

功能：

查询当前套接字选项

命令：

```
AT+CIPTCPOPT?
```

响应：

```
+CIPTCPOPT:<link_id>,<so_linger>,<tcp_nodelay>,<so_sndtimeo>,<keep_alive>
OK
```

设置命令

命令：

```
// 单连接：(AT+CIPMUX=0)：
AT+CIPTCPOPT=[<so_linger>],[<tcp_nodelay>],[<so_sndtimeo>][,<keep_alive>]

// 多连接：(AT+CIPMUX=1)：
AT+CIPTCPOPT=<link ID>,[<so_linger>],[<tcp_nodelay>],[<so_sndtimeo>][,<keep_alive>]
```

响应：

```
OK
```

或

```
ERROR
```

参数

- **<link_id>**：网络连接 ID (0 ~ max)，在多连接的情况下，若参数值设为 max，则表示所有连接；本参数默认值为 5。
- **<so_linger>**：配置套接字的 SO_LINGER 选项（参考：SO_LINGER 介绍），单位：秒，默认值：-1。
  - = -1: 关闭；
  - = 0: 开启，linger time = 0；
  - > 0: 开启，linger time = <so_linger>；
- **<tcp_nodelay>**：配置套接字的 TCP_NODELAY 选项（参考：TCP_NODELAY 介绍），默认值：0。
  - 0: 禁用 TCP_NODELAY
  - 1: 启用 TCP_NODELAY
- **<so_sndtimeo>**：配置套接字的 SO_SNDTIMEO 选项（参考：SO_SNDTIMEO 介绍），单位：毫秒，默认值：0。
- **<keep_alive>**：配置套接字的 SO_KEEPALIVE 选项（参考：SO_KEEPALIVE 介绍），单位：秒。
- 范围：[0,7200]。
  - 0：禁用 keep-alive 功能；（默认）
  - 1 ~ 7200：开启 keep-alive 功能。TCP_KEEPIDLE 值为 **<keep_alive>**，TCP_KEEPINTVL 值为 1，TCP_KEEPCNT 值为 3。
- 本命令中的 <keep_alive> 参数与*AT+CIPSTART* 命令中的 <keep_alive> 参数相同，最终值由后设置的命令决定。如果运行本命令时不设置 <keep_alive> 参数，则默认使用上次配置的值。

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存到 NVS 分区。
- 在配置套接字选项前，**请充分了解该选项功能，以及配置后可能的影响**。
- SO_LINGER 选项不建议配置较大的值。例如配置 SO_LINGER 值为 60，则*AT+CIPCLOSE* 命令在收不到对端 TCP FIN 包情况下，会导致 AT 阻塞 60 秒，从而无法响应其它命令。因此，SO_LINGER 建议保持默认值。
- TCP_NODELAY 选项适用于吞吐量小但对实时性要求高的场景。开启后，*LwIP* 会加快 TCP 的发送，但如果网络环境较差，会由于重传而导致吞吐降低。因此，TCP_NODELAY 建议保持默认值。
- SO_SNDTIMEO 选项适用于*AT+CIPSTART* 命令未配置 keepalive 参数的应用场景。配置本选项后，*AT+CIPSEND*、*AT+CIPSENDL*、*AT+CIPSENDEX* 命令将会在该超时内退出，无论是否发送成功。这里，SO_SNDTIMEO 建议配置为 5 ~ 10 秒。
- SO_KEEPALIVE 选项适用于主动定时检测连接是否断开的应用场景，通常 AT 作为 TCP 服务器时建议配置该选项。配置本选项后，会增加额外的网络带宽。SO_KEEPALIVE 建议配置值不小于 60 秒。

3.4 Bluetooth® Low Energy AT 命令集

- *介绍*
- *AT+BLEINIT*：Bluetooth LE 初始化
- *AT+BLEADDR*：设置 Bluetooth LE 设备地址
- *AT+BLENAME*：查询/设置 Bluetooth LE 设备名称
- *AT+BLESCANPARAM*：查询/设置 Bluetooth LE 扫描参数
- *AT+BLESCAN*：使能 Bluetooth LE 扫描

- *AT+BLESCANRSPDATA*：设置 Bluetooth LE 扫描响应
- *AT+BLEADVPARAM*：查询/设置 Bluetooth LE 广播参数
- *AT+BLEADVDATA*：设置 Bluetooth LE 广播数据
- *AT+BLEADVDATAEX*：自动设置 Bluetooth LE 广播数据
- *AT+BLEADVSTART*：开始 Bluetooth LE 广播
- *AT+BLEADVSTOP*：停止 Bluetooth LE 广播
- *AT+BLECONN*：建立 Bluetooth LE 连接
- *AT+BLECONNPARAM*：查询/更新 Bluetooth LE 连接参数
- *AT+BLEDISCONN*：断开 Bluetooth LE 连接
- *AT+BLEDATALEN*：设置 Bluetooth LE 数据包长度
- *AT+BLECFGMTU*：设置 Bluetooth LE MTU 长度
- *AT+BLEGATTSSRVCRE*：GATTS 创建服务
- *AT+BLEGATTSSRVSTART*：GATTS 开启服务
- *AT+BLEGATTSSRVSTOP*：GATTS 停止服务
- *AT+BLEGATTSSRV*：GATTS 发现服务
- *AT+BLEGATTSCHAR*：GATTS 发现服务特征
- *AT+BLEGATTSNTFY*：服务器 notify 服务特征值给客户端
- *AT+BLEGATTSIND*：服务器 indicate 服务特征值给客户端
- *AT+BLEGATTSSETATTR*：GATTS 设置服务特征值
- *AT+BLEGATTCPRIMSRV*：GATTC 发现基本服务
- *AT+BLEGATTCINCLSRV*：GATTC 发现包含的服务
- *AT+BLEGATTCCHAR*：GATTC 发现服务特征
- *AT+BLEGATTCRD*：GATTC 读取服务特征值
- *AT+BLEGATTCWR*：GATTC 写服务特征值
- *AT+BLESPPCFG*：查询/设置 Bluetooth LE SPP 参数
- *AT+BLESPP*：进入 Bluetooth LE SPP 模式
- *AT+SAVETRANSLINK*：设置 Bluetooth LE 开机透传模式 信息
- *AT+BLESECPARAM*：查询/设置 Bluetooth LE 加密参数
- *AT+BLEENC*：发起 Bluetooth LE 加密请求
- *AT+BLEENCRSP*：回复对端设备发起的配对请求
- *AT+BLEKEYREPLY*：给对方设备回复密钥
- *AT+BLECONFREPLY*：给对方设备回复确认结果（传统连接阶段）
- *AT+BLEENCDEV*：查询绑定的 Bluetooth LE 加密设备列表
- *AT+BLEENCCLEAR*：清除 Bluetooth LE 加密设备列表
- *AT+BLESETKEY*：设置 Bluetooth LE 静态配对密钥
- *AT+BLEHIDINIT*：Bluetooth LE HID 协议初始化
- *AT+BLEHIDKB*：发送 Bluetooth LE HID 键盘信息
- *AT+BLEHIDMUS*：发送 Bluetooth LE HID 鼠标信息
- *AT+BLEHIDCONSUMER*：发送 Bluetooth LE HID consumer 信息
- *AT+BLUFI*：开启或关闭 BluFi
- *AT+BLUFINAME*：查询/设置 BluFi 设备名称
- *AT+BLUFISEND*: 发送 BluFi 用户自定义数据
- *AT+BLEPERIODICDATA*：设置 Bluetooth LE 周期性广播数据
- *AT+BLEPERIODICSTART*：开启 Bluetooth LE 周期性广播
- *AT+BLEPERIODICSTOP*：停止 Bluetooth LE 周期性广播
- *AT+BLESYNCSTART*：开启周期性广播同步
- *AT+BLESYNCSTOP*：停止周期性广播同步
- *AT+BLEREADPHY*：查询当前连接使用的 PHY
- *AT+BLESETPHY*：设置当前连接使用的 PHY

3.4.1 介绍

当前，ESP32-C3 AT 固件支持 蓝牙核心规范 5.0 版本。

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您需要修改 ESP32-C3 默认支持的命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择（下面每项是独立的，根据您的需要选择）：

- 禁用 BluFi 命令：`Component config > AT > AT blufi command support`
- 禁用 Bluetooth LE 命令：`Component config > AT > AT ble command support`
- 禁用 Bluetooth LE HID 命令：`Component config > AT > AT ble hid command support`

3.4.2 AT+BLEINIT：Bluetooth LE 初始化

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE 是否初始化

命令：

```
AT+BLEINIT?
```

响应：

若已初始化，AT 返回：

```
+BLEINIT:<role>
OK
```

若未初始化，AT 返回：

```
+BLEINIT:0
OK
```

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 初始化角色

命令：

```
AT+BLEINIT=<init>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<init>**:
- 0: 注销 Bluetooth LE
- 1: client 角色
- 2: server 角色
- 3: 双角色（client 和 server）

说明

- 为获得更好的性能，建议在使用 Bluetooth LE 功能前，先发送*AT+CWMODE=0/1* 命令禁用 SoftAP。如您想了解更多细节，请阅读 RF 共存 文档。
- 使用其它 Bluetooth LE 命令之前，请先调用本命令，初始化 Bluetooth LE 角色。
- Bluetooth LE 角色初始化后，不能直接切换。如需切换角色，需要先调用*AT+RST* 命令重启系统，再重新初始化 Bluetooth LE 角色。

- 建议在注销 Bluetooth LE 之前，停止正在进行的广播、扫描并断开所有的连接。
- 如果 Bluetooth LE 已初始化，则*AT+CIPMODE* 无法设置为 1。
- 如果设置为双角色，则既可以使用服务器角色相关的命令，也可以使用客户端角色相关的命令。
- 在双角色模式下，BLE 透传相关命令和 BLE 自动透传开机功能不支持。
- 在双角色模式下，可以设置广播参数、查询广播参数并开始或停止广播。
- 在双角色模式下，可以设置扫描参数、查询扫描参数并开始或停止扫描。
- 在双角色模式下，可以发起所有连接相关参数更新并查询连接参数。
- 在双角色模式下，连接和广播的总数限制为 3。

示例

```
AT+BLEINIT=1
```

3.4.3 AT+BLEADDR：设置 Bluetooth LE 设备地址

查询命令

功能：

```
查询 Bluetooth LE 设备的公共地址
```

命令：

```
AT+BLEADDR?
```

响应：

```
+BLEADDR:<BLE_public_addr>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 设备的地址类型

命令：

```
AT+BLEADDR=<addr_type>[,<random_addr>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<addr_type>**:
- 0: 公共地址 (Public Address)
- 1: 随机地址 (Random Address)

说明

- 静态地址 (Static Address) 应满足以下条件：
- 地址最高两位应为 1；
- 随机地址部分至少有 1 位为 0；

- 随机地址部分至少有 1 位为 1。
- 设置的静态地址不会被保存在 NVS 区。

示例

```
AT+BLEADDR=1,"f8:7f:24:87:1c:7b"     // 设置随机设备地址的静态地址
AT+BLEADDR=1                         // 设置随机设备地址的私有地址
AT+BLEADDR=0                         // 设置公共设备地址
```

3.4.4 AT+BLENAME：查询/设置 Bluetooth LE 设备名称

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE 设备名称

命令：

```
AT+BLENAME?
```

响应：

```
+BLENAME:<device_name>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 设备名称

命令：

```
AT+BLENAME=<device_name>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<device_name>**：Bluetooth LE 设备名称，最大长度：32，默认名称为 “ESP-AT”。

说明

- 若*AT+SYSSTORE=1*，配置更改将保存在 NVS 区。
- 通过该命令设置设备名称后，建议您执行*AT+BLEADVDATA* 命令将设备名称放进广播数据当中。

示例

```
AT+BLENAME="esp_demo"
```

3.4.5 AT+BLESCANPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 扫描参数

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE 扫描参数

命令：

```
AT+BLESCANPARAM?
```

响应：

```
+BLESCANPARAM:<scan_type>,<own_addr_type>,<filter_policy>,<scan_interval>,<scan_
↪window>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 扫描参数

命令：

```
AT+BLESCANPARAM=<scan_type>,<own_addr_type>,<filter_policy>,<scan_interval>,<scan_
↪window>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<scan_type>**：扫描类型
- 0: 被动扫描
- 1: 主动扫描
- **<own_addr_type>**：地址类型
- 0: 公共地址
- 1: 随机地址
- 2: RPA 公共地址
- 3: RPA 随机地址
- **<filter_policy>**：扫描过滤方式
- 0: BLE_SCAN_FILTER_ALLOW_ALL
- 1: BLE_SCAN_FILTER_ALLOW_ONLY_WLST
- 2: BLE_SCAN_FILTER_ALLOW_UND_RPA_DIR
- 3: BLE_SCAN_FILTER_ALLOW_WLIST_PRA_DIR
- **<scan_interval>**：扫描间隔。本参数值应大于等于 <scan_window> 参数值。参数范围：[0x0004,0x4000]。扫描间隔是该参数乘以 0.625 毫秒，所以实际的扫描间隔范围为 [2.5,10240] 毫秒。
- **<scan_window>**：扫描窗口。本参数值应小于等于 <scan_interval> 参数值。参数范围：[0x0004,0x4000]。扫描窗口是该参数乘以 0.625 毫秒，所以实际的扫描窗口范围为 [2.5,10240] 毫秒。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLESCANPARAM=0,0,0,100,50
```

3.4.6 AT+BLESCAN：使能 Bluetooth LE 扫描

设置命令

功能：

开始/停止 Bluetooth LE 扫描

命令：

```
AT+BLESCAN=<enable>[,<duration>][,<filter_type>,<filter_param>]
```

响应：

```
+BLESCAN:<addr>,<rssi>,<adv_data>,<scan_rsp_data>,<addr_type>
OK
+BLESCANDONE
```

参数

- **<enable>**：
- 1: 开始持续扫描
- 0: 停止持续扫描
- **[<duration>]**：扫描持续时间，单位：秒。
- 若设置停止扫描，无需设置本参数；
- 若设置开始扫描，需设置本参数：
  - 本参数设为 0 时，则表示开始持续扫描；
  - 本参数设为非 0 值时，例如 AT+BLESCAN=1,3，则表示扫描 3 秒后自动结束扫描，然后返回扫描结果。
- **[<filter_type>]**：过滤选项
- 1: “MAC”
- 2: “NAME”
- **<filter_param>**：过滤参数，表示对方设备 MAC 地址或名称
- **<addr>**：Bluetooth LE 地址
- **<rssi>**：信号强度
- **<adv_data>**：广播数据
- **<scan_rsp_data>**：扫描响应数据
- **<addr_type>**：广播设备地址类型

说明

- 响应中的 OK 和 +BLESCAN:<addr>,<rssi>,<adv_data>,<scan_rsp_data>,<addr_type> 在输出顺序上没有严格意义上的先后顺序。OK 可能在 +BLESCAN:<addr>,<rssi>,<adv_data>,<scan_rsp_data>,<addr_type> 之前输出，也有可能在 +BLESCAN:<addr>,<rssi>,<adv_data>,<scan_rsp_data>,<addr_type> 之后输出。
- 如果您想要获得扫描响应数据，需要使用*AT+BLESCANPARAM* 命令设置扫描方式为 active scan (AT+BLESCANPARAM=1,0,0,100,50)，并且对端设备需要设置 scan rsp data，才能获得扫描响应数据。

示例

```
AT+BLEINIT=1     // 角色：客户端
AT+BLESCAN=1     // 开始扫描
AT+BLESCAN=0     // 停止扫描
AT+BLESCAN=1,3,1,"24:0A:C4:96:E6:88"  // 开始扫描，过滤类型为 MAC 地址
AT+BLESCAN=1,3,2,"ESP-AT"  // 开始扫描，过滤类型为设备名称
```

3.4.7 AT+BLESCANRSPDATA：设置 Bluetooth LE 扫描响应

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 扫描响应

命令：

```
AT+BLESCANRSPDATA=<scan_rsp_data>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<scan_rsp_data>**：扫描响应数据，为 HEX 字符串。例如，若想设置扫描响应数据为 “0x11 0x22 0x33 0x44 0x55”，则命令为 `AT+BLESCANRSPDATA="1122334455"`。

示例

```
AT+BLEINIT=2   // 角色：服务器
AT+BLEADVPARAM=32,32,0,0,7,0,,   // 设置广播参数
AT+BLESCANRSPDATA="1122334455"   // 设置扫描响应数据
```

3.4.8 AT+BLEADVPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 广播参数

查询命令

功能：

查询广播参数

命令：

```
AT+BLEADVPARAM?
```

响应：

```
+BLEADVPARAM:<adv_int_min>,<adv_int_max>,<adv_type>,<own_addr_type>,<channel_map>,
↪<adv_filter_policy>,<peer_addr_type>,<"peer_addr">,<primary_PHY>,<secondary_PHY>
OK
```

设置命令

功能：

设置广播参数

命令：

```
AT+BLEADVPARAM=<adv_int_min>,<adv_int_max>,<adv_type>,<own_addr_type>,<channel_map>
↪[,<adv_filter_policy>][,<peer_addr_type>,<"peer_addr">][,<primary_PHY>,
↪<secondary_PHY>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<adv_int_min>**：最小广播间隔。参数范围：[0x0020,0x4000]。广播间隔等于该参数乘以 0.625 毫秒，所以实际的最小广播间隔范围为 [20,10240] 毫秒。本参数值应小于等于 <adv_int_max> 参数值。
- **<adv_int_max>**：最大广播间隔。参数范围：[0x0020,0x4000]。广播间隔等于该参数乘以 0.625 毫秒，所以实际的最大广播间隔范围为 [20,10240] 毫秒。本参数值应大于等于 <adv_int_min> 参数值。
- **<adv_type>**:

- 0: ADV_TYPE_IND
- 1: ADV_TYPE_DIRECT_IND_HIGH
- 2: ADV_TYPE_SCAN_IND
- 3: ADV_TYPE_NONCONN_IND
- 4: ADV_TYPE_DIRECT_IND_LOW
- 5: ADV_TYPE_EXT_NOSCANNABLE_IND
- 6: ADV_TYPE_EXT_CONNECTABLE_IND
- **7: ADV_TYPE_EXT_SCANNABLE_IND**
  - 当设置广播类型为 0-4，则使用*AT+BLEADVDATA* 命令设置广播参数最多只能设置 31 字节，如果需要设置更长的广播参数，请调用*AT+BLESCANRSPDATA* 命令来设置。
  - 当设置广播类型为 5-7，则使用*AT+BLEADVDATA* 命令设置广播参数最多只能设置 119 字节。

- **<own_addr_type>**：Bluetooth LE 地址类型
- 0: BLE_ADDR_TYPE_PUBLIC
- 1: BLE_ADDR_TYPE_RANDOM
- **<channel_map>**：广播信道
- 1: ADV_CHNL_37
- 2: ADV_CHNL_38
- 4: ADV_CHNL_39
- 7: ADV_CHNL_ALL
- **[<adv_filter_policy>]**：广播过滤器规则
- 0: ADV_FILTER_ALLOW_SCAN_ANY_CON_ANY
- 1: ADV_FILTER_ALLOW_SCAN_WLST_CON_ANY
- 2: ADV_FILTER_ALLOW_SCAN_ANY_CON_WLST
- 3: ADV_FILTER_ALLOW_SCAN_WLST_CON_WLST
- **[<peer_addr_type>]**：对方 Bluetooth LE 地址类型
- 0: PUBLIC
- 1: RANDOM
- **[<" peer_addr" >]**：对方 Bluetooth LE 地址

- **[<primary_phy>]**：广播 primary PHY。默认值：1M PHY。
  - 1: 1M PHY
  - 3: Coded PHY

- **[<secondary_phy>]**：广播 secondary PHY。默认值：1M PHY。
  - 1: 1M PHY
  - 2: 2M PHY
  - 3: Coded PHY

说明

- 如果从未设置过 peer_addr，那么查询出来的结果会是全零。
- primary_phy 和 secondary_phy 需要一起设置，如果不设置，那么未设置的参数会使用默认 1M PHY。

示例 1

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,0,4,0,1,"12:34:45:78:66:88"
AT+BLEADVPARAM=32,32,6,0,7,0,0,"62:34:45:78:66:88",1,3
```

示例 2

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADDR=1,"c2:34:45:78:66:89"
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,1,4,0,1,"12:34:45:78:66:88"
// 此时 Bluetooth LE 客户端扫描到的 ESP 设备的 MAC 地址为 "c2:34:45:78:66:89"
```

3.4.9 AT+BLEADVDATA：设置 Bluetooth LE 广播数据

设置命令

功能：

设置广播数据

命令：

```
AT+BLEADVDATA=<adv_data>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<adv_data>**：广播数据，为 HEX 字符串。例如，若想设置广播数据为 “0x11 0x22 0x33 0x44 0x55”，则命令为 AT+BLEADVDATA="1122334455"。最大长度：119 字节。

说明

- 如果之前已经使用命令*AT+BLEADVDATAEX*=<dev_name>,<uuid>,<manufacturer_data>,<include_power> 设置了广播数据，则会被本命令设置的广播数据覆盖。
- 如果您想使用本命令修改设备名称，则建议在执行完该命令之后执行*AT+BLENAME* 命令将设备名称设置为同样的名称。
- 在使用*AT+BLEADVDATA* 命令之前，必须先通过*AT+BLEADVPARAM* 命令设置广播参数。

- 当调用*AT+BLEADVPARAM* 命令设置广播类型为 0-4，则使用*AT+BLEADVDATA* 命令设置广播数据最多只能设置 31 字节，如果需要设置更长的广播数据，请调用*AT+BLESCANRSPDATA* 命令来设置。
- 当调用*AT+BLEADVPARAM* 命令设置广播类型为 5-7，则使用*AT+BLEADVDATA* 命令设置广播数据最多只能设置 119 字节。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADVPARAM=32,32,0,0,7,0,,    // 设置广播参数
AT+BLEADVDATA="1122334455"        // 设置广播数据
```

3.4.10 AT+BLEADVDATAEX：自动设置 Bluetooth LE 广播数据

查询命令

功能：

查询广播数据的参数

命令：

```
AT+BLEADVDATAEX?
```

响应：

```
+BLEADVDATAEX:<dev_name>,<uuid>,<manufacturer_data>,<include_power>

OK
```

设置命令

功能：

设置广播数据并开始广播

命令：

```
AT+BLEADVDATAEX=<dev_name>,<uuid>,<manufacturer_data>,<include_power>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<dev_name>**：字符串参数，表示设备名称。例如，若想设置设备名称为“just-test”，则命令为 `AT+BLEADVSTARTEX="just-test",<uuid>,<manufacturer_data>,<include_power>`。
- **<uuid>**：字符串参数。例如，若想设置 UUID 为“0xA002”，则命令为 `AT+BLEADVSTARTEX=<dev_name>,"A002",<manufacturer_data>,<include_power>`。
- **<manufacturer_data>**：制造商数据，为 HEX 字符串。例如，若想设置制造商数据为“0x11 0x22 0x33 0x44 0x55”，则命令为 `AT+BLEADVSTARTEX=<dev_name>,<uuid>,"1122334455",<include_power>`。
- **<include_power>**：若广播数据需包含 TX 功率，本参数应该设为 `1`；否则，为 `0`。

说明

- 如果之前已经使用命令*AT+BLEADVDATA*=<adv_data> 设置了广播数据，则会被本命令设置的广播数据覆盖。
- 此命令会自动将之前使用*AT+BLEADVPARAM* 命令设置的广播类型更改为 0。
- AT 会根据用户输入的参数依次自动组包，但数据总长度最大为 31 字节，若超出该长度，将被截断。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADVDATAEX="ESP-AT","A002","0102030405",1
```

3.4.11 AT+BLEADVSTART：开始 Bluetooth LE 广播

执行命令

功能：

开始广播

命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

响应：

```
OK
```

说明

- 若未使用命令*AT+BLEADVPARAM*=<adv_parameter> 设置广播参数，则使用默认广播参数。
- 若未使用命令*AT+BLEADVDATA*=<adv_data> 设置广播数据，则发送全 0 数据包。
- 若之前已经使用命令*AT+BLEADVDATA*=<adv_data> 设置过广播数据，则会被*AT+BLEADVDATAEX*=<dev_name>,<uuid>,<manufacturer_data>,<include_power> 设置的广播数据覆盖，相反，如果先使用 AT+BLEADVDATAEX，则会被 AT+BLEADVDATA 设置的广播数据覆盖。
- 开启 Bluetooth LE 广播后，如果没有建立 Bluetooth LE 连接，那么将会一直保持广播；如果建立了连接，则会自动结束广播。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADVSTART
```

3.4.12 AT+BLEADVSTOP：停止 Bluetooth LE 广播

执行命令

功能：

停止广播

命令：

```
AT+BLEADVSTOP
```

响应：

```
OK
```

说明

- 若开始广播后，成功建立 Bluetooth LE 连接，则会自动结束 Bluetooth LE 广播，无需调用本命令。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEADVSTART
AT+BLEADVSTOP
```

3.4.13 AT+BLECONN：建立 Bluetooth LE 连接

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE 连接

命令：

```
AT+BLECONN?
```

响应：

```
+BLECONN:<conn_index>,<remote_address>
OK
```

若未建立连接，则响应不显示 <conn_index> 和 <remote_address> 参数。

设置命令

功能：

建立 Bluetooth LE 连接

命令：

```
AT+BLECONN=<conn_index>,<remote_address>[,<addr_type>,<timeout>]
```

响应：

若建立连接成功，则提示：

```
+BLECONN:<conn_index>,<remote_address>

OK
```

若建立连接失败，则提示：

```
+BLECONN:<conn_index>,-1

ERROR
```

若是因为参数错误或者其它的一些原因导致连接失败，则提示：

```
ERROR
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<remote_address>**：对方 Bluetooth LE 设备地址。
- **[<addr_type>]**：广播设备地址类型：
  - 0: 公共地址 (Public Address)
  - 1: 随机地址 (Random Address)
- **[<timeout>]**：连接超时时间，单位：秒。范围：[3,30]。

说明

- 建议在建立新连接之前，先运行*AT+BLESCAN* 命令扫描设备，确保目标设备处于广播状态。
- 最大连接超时为 30 秒。
- 如果 Bluetooth LE server 已初始化且连接已成功建立，则可以使用此命令在对等设备 (GATTC) 中发现服务。还可以使用以下 GATTC 命令：
- *AT+BLEGATTCPRIMSRV*
- *AT+BLEGATTCINCLSRV*
- *AT+BLEGATTCCHAR*
- *AT+BLEGATTCRD*
- *AT+BLEGATTCWR*
- *AT+BLEGATTSIND*
- 如果*AT+BLECONN?* 在 Bluetooth LE 未初始的情况下执行 (*AT+BLEINIT=0*)，则系统不会输出 `+BLECONN:<conn_index>,<remote_address>` 。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23",0,10
```

3.4.14 AT+BLECONNPARAM：查询/更新 Bluetooth LE 连接参数

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE 连接参数

命令：

```
AT+BLECONNPARAM?
```

响应：

```
+BLECONNPARAM:<conn_index>,<min_interval>,<max_interval>,<cur_interval>,<latency>,
↪<timeout>
OK
```

设置命令

功能：

更新 Bluetooth LE 连接参数

命令：

```
AT+BLECONNPARAM=<conn_index>,<min_interval>,<max_interval>,<latency>,<timeout>
```

响应：

```
OK
```

若设置失败，则提示以下信息：

```
+BLECONNPARAM: <conn_index>,-1
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<min_interval>**：最小连接间隔。本参数值应小于等于 <max_interval> 参数值。参数范围：[0x0006,0x0C80]。连接间隔等于该参数乘以 1.25 毫秒，所以实际的最小连接间隔范围为 [7.5,4000] 毫秒。
- **<max_interval>**：最大连接间隔。本参数值应大于等于 <min_interval> 参数值。参数范围：[0x0006,0x0C80]。连接间隔等于该参数乘以 1.25 毫秒，所以实际的最大连接间隔范围为 [7.5,4000] 毫秒。
- **<cur_interval>**：当前连接间隔。
- **<latency>**：延迟。参数范围：[0x0000,0x01F3]。
- **<timeout>**：超时。参数范围：[0x000A,0x0C80]。超时等于该参数乘以 10 毫秒，所以实际的超时范围为 [100,32000] 毫秒。

说明

- 本命令要求先建立连接，client 或者 server 角色都支持更新连接参数。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLECONNPARAM=0,12,14,1,500
```

3.4.15 AT+BLEDISCONN：断开 Bluetooth LE 连接

执行命令

功能：

断开 Bluetooth LE 连接

命令：

```
AT+BLEDISCONN=<conn_index>
```

响应：

```
OK  // 收到 AT+BLEDISCONN 命令
+BLEDISCONN:<conn_index>,<remote_address>  // 运行命令成功
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<remote_address>**：对方 Bluetooth LE 设备地址。

示例

```
AT+BLEINIT=1   // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLEDISCONN=0
```

3.4.16 AT+BLEDATALEN：设置 Bluetooth LE 数据包长度

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE 数据包长度

命令：

```
AT+BLEDATALEN=<conn_index>,<pkt_data_len>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<pkt_data_len>**：数据包长度，范围：[0x001B,0x00FB]。

说明

- 需要先建立 Bluetooth LE 连接，才能设置数据包长度。

示例

```
AT+BLEINIT=1   // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLEDATALEN=0,30
```

3.4.17 AT+BLECFGMTU：设置 Bluetooth LE MTU 长度

查询命令

功能：

查询 MTU（maximum transmission unit，最大传输单元）长度

命令：

```
AT+BLECFGMTU?
```

响应：

```
+BLECFGMTU:<conn_index>,<mtu_size>
OK
```

设置命令

功能：

设置 MTU 的长度

命令：

```
AT+BLECFGMTU=<conn_index>,<mtu_size>
```

响应：

```
OK  // 收到本命令
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<mtu_size>**：MTU 长度，单位：字节，范围：[23,517]。

说明

- 本命令要求先建立 Bluetooth LE 连接。
- 仅支持客户端运行本命令设置 MTU 的长度。
- MTU 的实际长度需要协商，响应 OK 只表示尝试协商 MTU 长度，因此设置长度不一定生效，建议调用*AT+BLECFGMTU?* 查询实际 MTU 长度

示例

```
AT+BLEINIT=1   // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLECFGMTU=0,300
```

3.4.18 AT+BLEGATTSSRVCRE：GATTS 创建服务

执行命令

功能：

GATTS (Generic Attributes Server) 创建 Bluetooth LE 服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

响应：

```
OK
```

说明

- 使用 ESP32-C3 作为 Bluetooth LE server 创建服务，需烧录带有 GATTS 配置的 mfg_nvs.bin 文件到 flash 中。
- Bluetooth LE server 初始化后，请及时调用本命令创建服务；如果先建立 Bluetooth LE 连接，则无法创建服务。
- 如果 Bluetooth LE client 已初始化成功，可以使用此命令创建服务；也可以使用其他一些相应的 GATTS 命令，例如启动和停止服务、设置服务特征值和 notification/indication，具体命令如下：
  - *AT+BLEGATTSSRVCRE* (建议在 Bluetooth LE 连接建立之前使用)
  - *AT+BLEGATTSSRVSTART* (建议在 Bluetooth LE 连接建立之前使用)
  - *AT+BLEGATTSSRV*
  - *AT+BLEGATTSCHAR*
  - *AT+BLEGATTSNTFY*
  - *AT+BLEGATTSIND*
  - *AT+BLEGATTSSETATTR*

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

3.4.19 AT+BLEGATTSSRVSTART：GATTS 开启服务

执行命令

功能：

GATTS 开启全部服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

设置命令

功能：

GATTS 开启某指定服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART=<srv_index>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<srv_index>**：服务序号，从 1 开始递增。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

3.4.20 AT+BLEGATTSSRVSTOP：GATTS 停止服务

执行命令

功能：

GATTS 停止全部服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTOP
```

设置命令

功能：

GATTS 停止某指定服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTOP=<srv_index>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<srv_index>**：服务序号，从 1 开始递增。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEGATTSSRVSTOP
```

3.4.21 AT+BLEGATTSSRV：GATTS 发现服务

查询命令

功能：

GATTS 发现服务

命令：

```
AT+BLEGATTSSRV?
```

响应：

```
+BLEGATTSSRV:<srv_index>,<start>,<srv_uuid>,<srv_type>
OK
```

参数

- **<srv_index>**：服务序号，从 1 开始递增。
- **<start>**：
- 0: 服务未开始；
- 1: 服务已开始。
- **<srv_uuid>**：服务的 UUID。
- **<srv_type>**：服务的类型：
- 0: 次要服务；
- 1: 首要服务。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRV?
```

3.4.22 AT+BLEGATTSCHAR：GATTS 发现服务特征

查询命令

功能：

GATTS 发现服务特征

命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

响应：

对于服务特征信息，响应如下：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",<srv_index>,<char_index>,<char_uuid>,<char_prop>
```

对于描述符信息，响应如下：

```
+BLEGATTSCHAR:"desc",<srv_index>,<char_index>,<desc_index>,<desc_uuid>
OK
```

参数

- **<srv_index>**：服务序号，从 1 开始递增。
- **<char_index>**：服务特征的序号，从 1 起始递增。
- **<char_uuid>**：服务特征的 UUID。
- **<char_prop>**：服务特征的属性。
- **<desc_index>**：特征描述符序号。
- **<desc_uuid>**：特征描述符的 UUID。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEGATTSCHAR?
```

3.4.23 AT+BLEGATTSNTFY：服务器 notify 服务特征值给客户端

设置命令

功能：

服务器 notify 服务特征值给客户端

命令：

```
AT+BLEGATTSNTFY=<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<length>
```

响应：

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，执行 notify 操作。

若数据传输成功，则提示：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<char_index>**：服务特征的序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<length>**：数据长度，最大长度：(:ref:`MTU <cmd-BMTU>` - 3)。

示例

```
AT+BLEINIT=2      // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEADVSTART    // 开始广播，当 client 连接后，必须配置接收 notify
AT+BLEGATTSCHAR?  // 查询允许 notify 客户端的特征
// 例如，使用 3 号服务的 6 号特征 notify 长度为 4 字节的数据，使用如下命令：
AT+BLEGATTSNTFY=0,3,6,4
// 提示 ">" 符号后，输入 4 字节的数据，如 "1234"，然后数据自动传输
```

3.4.24 AT+BLEGATTSIND：服务器 indicate 服务特征值给客户端

设置命令

功能：

服务器 indicate 服务特征值给客户端

命令：

```
AT+BLEGATTSIND=<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<length>
```

响应：

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，执行 indicate 操作。

若数据传输成功，则提示：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<char_index>**：服务特征的序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<length>**：数据长度，最大长度：（*MTU* - 3）。

示例

```
AT+BLEINIT=2       // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEADVSTART     // 开始广播，当 client 连接后，必须配置接收 indication
AT+BLEGATTSCHAR?   // 查询客户端可以接收 indication 的特征
// 例如，使用 3 号服务的 7 号特征 indicate 长度为 4 字节的数据，命令如下：
AT+BLEGATTSIND=0,3,7,4
// 提示 ">" 符号后，输入 4 字节的数据，如 "1234"，然后数据自动传输
```

3.4.25 AT+BLEGATTSSETATTR：GATTS 设置服务特征值

设置命令

功能：

GATTS 设置服务特征值或描述符值

命令：

```
AT+BLEGATTSSETATTR=<srv_index>,<char_index>,[<desc_index>],<length>
```

响应：

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，执行设置操作。

若数据传输成功，则提示：

```
OK
```

参数

- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<char_index>**：服务特征的序号，可运行*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- 若填写，则设置描述符的值；
- 若未填写，则设置特征值。
- **<length>**：数据长度。

说明

- 如果 <length> 参数值大于支持的最大长度，则设置会失败。关于 service table，请见 gatts_data.csv 。

示例

```
AT+BLEINIT=2    // 角色：服务器
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEGATTSCHAR?
// 例如，向 1 号服务的 1 号特征写入长度为 1 字节的数据，命令如下：
AT+BLEGATTSSETATTR=1,1,,1
// 提示 ">" 符号后，输入 1 字节的数据即可，例如 "8"，然后设置开始
```

3.4.26 AT+BLEGATTCPRIMSRV：GATTC 发现基本服务

查询命令

功能：

GATTC (Generic Attributes Client) 发现基本服务

命令：

```
AT+BLEGATTCPRIMSRV=<conn_index>
```

响应：

```
+BLEGATTCPRIMSRV:<conn_index>,<srv_index>,<srv_uuid>,<srv_type>
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，从 1 开始递增。
- **<srv_uuid>**：服务的 UUID。
- **<srv_type>**：服务的类型：
- 0: 次要服务；
- 1: 首要服务。

说明

- 使用本命令，需要先建立 Bluetooth LE 连接。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:12:5f:9d:91:98"
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
```

3.4.27 AT+BLEGATTCINCLSRV：GATTC 发现包含的服务

设置命令

功能：

GATTC 发现包含服务

命令：

```
AT+BLEGATTCINCLSRV=<conn_index>,<srv_index>
```

响应：

```
+BLEGATTCINCLSRV:<conn_index>,<srv_index>,<srv_uuid>,<srv_type>,<included_srv_uuid>
↪,<included_srv_type>
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 查询。
- **<srv_uuid>**：服务的 UUID。
- **<srv_type>**：服务的类型：
- 0: 次要服务；
- 1: 首要服务。
- **<included_srv_uuid>**：包含服务的 UUID。
- **<included_srv_type>**：包含服务的类型：
- 0: 次要服务；
- 1: 首要服务。

说明

- 使用本命令，需要先建立 Bluetooth LE 连接。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:12:5f:9d:91:98"
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
AT+BLEGATTCINCLSRV=0,1  // 根据前一条命令的查询结果，指定 index 查询
```

3.4.28 AT+BLEGATTCCHAR：GATTC 发现服务特征

设置命令

功能：

GATTC 发现服务特征

命令：

```
AT+BLEGATTCCHAR=<conn_index>,<srv_index>
```

响应：

对于服务特征信息，响应如下：

```
+BLEGATTCCHAR:"char",<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<char_uuid>,<char_prop>
```

对于描述符信息，响应如下：

```
+BLEGATTCCHAR:"desc",<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<desc_index>,<desc_uuid>
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 查询。
- **<char_index>**：服务特征的序号，从 1 开始递增。
- **<char_uuid>**：服务特征的 UUID。
- **<char_prop>**：服务特征的属性。
- **<desc_index>**：特征描述符序号。
- **<desc_uuid>**：特征描述符的 UUID。

说明

- 使用本命令，需要先建立 Bluetooth LE 连接。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:12:5f:9d:91:98"
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
AT+BLEGATTCCHAR=0,1 // 根据前一条命令的查询结果，指定 index 查询
```

3.4.29 AT+BLEGATTCRD：GATTC 读取服务特征值

设置命令

功能：

GATTC 读取服务特征值或描述符值

命令：

```
AT+BLEGATTCRD=<conn_index>,<srv_index>,<char_index>[,<desc_index>]
```

响应：

```
+BLEGATTCRD:<conn_index>,<len>,<value>
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 查询。
- **<char_index>**：服务特征序号，可运行*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index> 查询。
- **[<desc_index>]**：特征描述符序号：
- 若设置，读取目标描述符的值；
- 若未设置，读取目标特征的值。
- **<len>**：数据长度。
- **<value>**：<char_value> 或者 <desc_value>。
- **<char_value>**：服务特征值，字符串格式，运行*AT+BLEGATTCRD*=<conn_index>,<srv_index>,<char_index> 读取。例如，若响应为 `+BLEGATTCRD:0,1,0`，则表示数据长度为 1，内容为 “0”。
- **<desc_value>**：服务特征描述符的值，字符串格式，运行*AT+BLEGATTCRD*=<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<desc_index> 读取。例如，若响应为 `+BLEGATTCRD:0,4,0123`，则表示数据长度为 4，内容为 “0123”。

说明

- 使用本命令，需要先建立 Bluetooth LE 连接。
- 若目标服务特征不支持读操作，则返回 “ERROR”。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:12:5f:9d:91:98"
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
AT+BLEGATTCCHAR=0,3 // 根据前一条命令的查询结果，指定 index 查询
// 例如，读取第 3 号服务的第 2 号特征的第 1 号描述符信息，命令如下：
AT+BLEGATTCRD=0,3,2,1
```

3.4.30 AT+BLEGATTCWR：GATTC 写服务特征值

设置命令

功能：

GATTC 写服务特征值或描述符值

命令：

```
AT+BLEGATTCWR=<conn_index>,<srv_index>,<char_index>[,<desc_index>],<length>
```

Response:

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 `<length>` 的值时，执行写入操作。

若数据传输成功，则提示：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。

- **<srv_index>**：服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index> 查询。
- **<char_index>**：服务特征序号，可运行*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index> 查询。
- **[<desc_index>]**：特征描述符序号：
- 若设置，则写目标描述符的值；
- 若未设置，则写目标特征的值。
- **<length>**：数据长度。该参数的取值范围受 gatts_data.csv 中 `val_max_len` 参数影响。

说明

- 使用本命令，需要先建立 Bluetooth LE 连接。
- 若目标服务特征不支持写操作，则返回“ERROR”。

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:12:5f:9d:91:98"
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
AT+BLEGATTCCHAR=0,3 // 根据前一条命令的查询结果，指定 index 查询
// 例如，向第 3 号服务的第 4 号特征，写入长度为 6 字节的数据，命令如下：
AT+BLEGATTCWR=0,3,4,,6
// 提示 ">" 符号后，输入 6 字节的数据即可，如 "123456"，然后开始写入
```

3.4.31 AT+BLESPPCFG：查询/设置 Bluetooth LE SPP 参数

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE SPP (Serial Port Profile) 参数

命令：

```
AT+BLESPPCFG?
```

响应：

```
+BLESPPCFG:<tx_service_index>,<tx_char_index>,<rx_service_index>,<rx_char_index>,
↪<auto_conn>
OK
```

设置命令

功能：

设置或重置 Bluetooth LE SPP 参数

命令：

```
AT+BLESPPCFG=<cfg_enable>[,<tx_service_index>,<tx_char_index>,<rx_service_index>,
↪<rx_char_index>][,<auto_conn>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<cfg_enable>**：
- 0: 重置所有 SPP 参数，后面参数无需填写；
- 1: 后面参数需要填写。
- **<tx_service_index>**：tx 服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index>和*AT+BLEGATTSSRV?* 查询。
- **<tx_char_index>**：tx 服务特征序号，可运行*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index>和*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<rx_service_index>**：rx 服务序号，可运行*AT+BLEGATTCPRIMSRV*=<conn_index>和*AT+BLEGATTSSRV?* 查询。
- **<rx_char_index>**：rx 服务特征序号，可运行*AT+BLEGATTCCHAR*=<conn_index>,<srv_index>和*AT+BLEGATTSCHAR?* 查询。
- **<auto_conn>**: 自动重连标志位，默认情况下，自动重连功能被使能。
- 0: 禁止 Bluetooth LE 透传自动重连功能。
- 1: 使能 Bluetooth LE 透传自动重连功能。

说明

- 对于 Bluetooth LE 客户端，tx 服务特征属性必须是 `write with response` 或 `write without response`，rx 服务特征属性必须是 `indicate` 或 `notify`。
- 对于 Bluetooth LE 服务器，tx 服务特征属性必须是 `indicate` 或 `notify`，rx 服务特征属性必须是 `write with response` 或 `write without response`。
- 禁用了自动重连功能后，如果连接断开，会提示有断开连接信息提示 (依赖于 AT+SYSMSG)，需要重新发送连接的命令；使能的情况下，连接断开后，会自动重连，MCU 侧将感知不到连接的断开，如果对端的 MAC 发生了改变，则无法连接成功。

示例

```
AT+BLESPPCFG=0           // 重置 Bluetooth LE SPP 参数
AT+BLESPPCFG=1,3,5,3,7   // 设置 Bluetooth LE SPP 参数
AT+BLESPPCFG?            // 查询 Bluetooth LE SPP 参数
```

3.4.32 AT+BLESPP：进入 Bluetooth LE SPP 模式

执行命令

功能：

进入 Bluetooth LE SPP 模式

命令：

```
AT+BLESPP
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已经进入 Bluetooth LE SPP 模式，可以进行数据的发送和接收。

若 Bluetooth LE SPP 状态错误 (对端在 Bluetooth LE 连接建立后未使能 Notifications)，则返回：

```
ERROR
```

说明

- 在 SPP 传输中，若未设置*AT+SYSMSG* Bit0 为 1，则 AT 不会提示任何退出 SPP 透传模式的信息。
- 在 SPP 传输中，若未设置*AT+SYSMSG* Bit2 为 1，则 AT 不会提示任何连接状态变更的信息。
- 当系统收到只含有 +++ 的包时，设备返回到普通命令模式，请至少等待一秒再发送下一个 AT 命令。

示例

```
AT+BLESPP    // 进入 Bluetooth LE SPP 模式
```

3.4.33 AT+BLESECPARAM：查询/设置 Bluetooth LE 加密参数

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE SMP 加密参数

命令：

```
AT+BLESECPARAM?
```

响应：

```
+BLESECPARAM:<auth_req>,<iocap>,<enc_key_size>,<init_key>,<rsp_key>,<auth_option>
OK
```

设置命令

功能：

设置 Bluetooth LE SMP 加密参数

命令：

```
AT+BLESECPARAM=<auth_req>,<iocap>,<enc_key_size>,<init_key>,<rsp_key>[,<auth_
↪option>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<auth_req>**：认证请求。
- 0: NO_BOND
- 1: BOND
- 4: MITM
- 8: SC_ONLY
- 9: SC_BOND
- 12: SC_MITM
- 13: SC_MITM_BOND
- **<iocap>**：输入输出能力。
- 0: DisplayOnly
- 1: DisplayYesNo

- 2: KeyboardOnly
- 3: NoInputNoOutput
- 4: Keyboard display
- **<enc_key_size>**：加密密钥长度。参数范围：[7,16]。单位：字节。
- **<init_key>**：多个比特位组成的初始密钥。
- **<rsp_key>**：多个比特位组成的响应密钥。
- **<auth_option>**：安全认证选项：
- 0: 自动选择安全等级；
- 1: 如果无法满足之前设定的安全等级，则会断开连接。

说明

- <init_key> 和 <rsp_key> 参数的比特位组合模式如下：
- Bit0: 用于交换初始密钥和响应密钥的加密密钥；
- Bit1: 用于交换初始密钥和响应密钥的 IRK 密钥；
- Bit2: 用于交换初始密钥和响应密钥的 CSRK 密钥；
- Bit3: 用于交换初始密钥和响应密钥的 link 密钥（仅用于 Bluetooth LE 和 BR/EDR 共存模式）。

示例

```
AT+BLESECPARAM=1,4,16,3,3,0
```

3.4.34 AT+BLEENC：发起 Bluetooth LE 加密请求

设置命令

功能：

发起配对请求

命令：

```
AT+BLEENC=<conn_index>,<sec_act>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<sec_act>**：
- 0: SEC_NONE；
- 1: SEC_ENCRYPT；
- 2: SEC_ENCRYPT_NO_MITM；
- 3: SEC_ENCRYPT_MITM。

说明

- 使用本命令前，请先设置安全参数、建立与对方设备的连接。

示例

```
AT+RESTORE
AT+BLEINIT=2
AT+BLEGATTSSRVCRE
AT+BLEGATTSSRVSTART
AT+BLEADDR?
AT+BLESECPARAM=1,0,16,3,3
AT+BLESETKEY=123456
AT+BLEADVSTART
// 使用 Bluetooth LE 调试 app 作为 client 与 ESP32-C3 设备建立 Bluetooth LE 连接
AT+BLEENC=0,3
```

3.4.35 AT+BLEENCRSP：回复对端设备发起的配对请求

设置命令

功能：

回复对端设备发起的配对请求

命令：

```
AT+BLEENCRSP=<conn_index>,<accept>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<accept>**：
- 0: 拒绝；
- 1: 接受。

说明

- 使用本命令后，AT 会在配对请求流程结束后输出配对结果。

```
+BLEAUTHCMPL:<conn_index>,<enc_result>
```

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<enc_result>**：
- 0: 加密配对成功；
- 1: 加密配对失败。

示例

```
AT+BLEENCRSP=0,1
```

3.4.36 AT+BLEKEYREPLY：给对方设备回复密钥

设置命令

功能：

回复配对密钥

命令：

```
AT+BLEKEYREPLY=<conn_index>,<key>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<key>**：配对密钥。

示例

```
AT+BLEKEYREPLY=0,649784
```

3.4.37 AT+BLECONFREPLY：给对方设备回复确认结果（传统连接阶段）

设置命令

功能：

回复配对结果

命令：

```
AT+BLECONFREPLY=<conn_index>,<confirm>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<conn_index>**：Bluetooth LE 连接号，范围：[0,2]。
- **<confirm>**：
- 0: 否
- 1: 是

示例

```
AT+BLECONFREPLY=0,1
```

3.4.38 AT+BLEENCDEV：查询绑定的 Bluetooth LE 加密设备列表

查询命令

功能：

查询绑定的 Bluetooth LE 加密设备列表

命令：

```
AT+BLEENCDEV?
```

响应：

```
+BLEENCDEV:<enc_dev_index>,<mac_address>
OK
```

参数

- **<enc_dev_index>**：已绑定设备的连接号。该参数不一定等于命令*AT+BLECONN* 查询出的 Bluetooth LE 连接列表中的 `conn_index` 参数。范围：[0,14]。
- **<mac_address>**：MAC 地址。

说明

- ESP-AT 最多允许绑定 `15` 个设备。如果绑定的设备数量超过 15 个，那么新绑定的设备信息会根据绑定顺序从 0 到 14 号依次覆盖之前的设备信息。

示例

```
AT+BLEENCDEV?
```

3.4.39 AT+BLEENCCLEAR：清除 Bluetooth LE 加密设备列表

设置命令

功能：

从安全数据库列表中删除某一连接号的设备

命令：

```
AT+BLEENCCLEAR=<enc_dev_index>
```

响应：

```
OK
```

执行命令

功能：

删除安全数据库所有设备

命令：

```
AT+BLEENCCLEAR
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enc_dev_index>**：已绑定设备的连接号。

示例

```
AT+BLEENCCLEAR
```

3.4.40 AT+BLESETKEY：设置 Bluetooth LE 静态配对密钥

查询命令

功能：

```
查询 Bluetooth LE 静态配对密钥，若未设置，则 AT 返回 -1
```

命令：

```
AT+BLESETKEY?
```

响应：

```
+BLESETKEY:<static_key>
OK
```

设置命令

功能：

为所有 Bluetooth LE 连接设置一个 Bluetooth LE 静态配对密钥

命令：

```
AT+BLESETKEY=<static_key>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<static_key>**：Bluetooth LE 静态配对密钥。

示例

```
AT+BLESETKEY=123456
```

3.4.41 AT+BLEHIDINIT：Bluetooth LE HID 协议初始化

查询命令

功能：

查询 Bluetooth LE HID 协议初始化情况

命令：

```
AT+BLEHIDINIT?
```

响应：

若未初始化，则 AT 返回：

```
+BLEHIDINIT:0
OK
```

若已初始化，则 AT 返回：

```
+BLEHIDINIT:1
OK
```

设置命令

功能：

初始化 Bluetooth LE HID 协议

命令：

```
AT+BLEHIDINIT=<init>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<init>**：
- 0: 取消 Bluetooth LE HID 协议的初始化；
- 1: 初始化 Bluetooth LE HID 协议。

说明

- Bluetooth LE HID 无法与通用 GATT/GAP 命令同时使用。

示例

```
AT+BLEHIDINIT=1
```

3.4.42 AT+BLEHIDKB：发送 Bluetooth LE HID 键盘信息

设置命令

功能：

发送键盘信息

命令：

```
AT+BLEHIDKB=<Modifier_keys>,<key_1>,<key_2>,<key_3>,<key_4>,<key_5>,<key_6>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<Modifier_keys>**：组合键。
- **<key_1>**：键代码 1。
- **<key_2>**：键代码 2。
- **<key_3>**：键代码 3。
- **<key_4>**：键代码 4。
- **<key_5>**：键代码 5。
- **<key_6>**：键代码 6。

说明

- 更多键代码的信息，请参考 Universal Serial Bus HID Usage Tables 的 Keyboard/Keypad Page 章节。
- 要使此命令与 iOS 产品交互，您的设备需要先通过 MFI 认证。

示例

```
AT+BLEHIDKB=0,4,0,0,0,0,0    // 输入字符串 "a"
```

3.4.43 AT+BLEHIDMUS：发送 Bluetooth LE HID 鼠标信息

设置命令

功能：

发送鼠标信息

命令：

```
AT+BLEHIDMUS=<buttons>,<X_displacement>,<Y_displacement>,<wheel>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<buttons>**：鼠标按键。
- **<X_displacement>**：X 位移。
- **<Y_displacement>**：Y 位移。
- **<wheel>**：滚轮。

说明

- 更多 HID 鼠标信息，请参考 Universal Serial Bus HID Usage Tables 的 Generic Desktop Page 和 Application Usages 章节。
- 要使此命令与 iOS 产品交互，您的设备需要先通过 MFI 认证。

示例

```
AT+BLEHIDMUS=0,10,10,0
```

3.4.44 AT+BLEHIDCONSUMER：发送 Bluetooth LE HID consumer 信息

设置命令

功能：

发送 consumer 信息

命令：

```
AT+BLEHIDCONSUMER=<consumer_usage_id>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<consumer_usage_id>**：consumer ID，如 power、reset、help、volume 等。详情请参考 HID Usage Tables for Universal Serial Bus (USB) 中的 Consumer Page (0x0C) 章节。

说明

- 要使此命令与 iOS 产品交互，您的设备需要先通过 MFI 认证。

示例

```
AT+BLEHIDCONSUMER=233    // 调高音量
```

3.4.45 AT+BLUFI：开启或关闭 BluFi

查询命令

功能：

查询 BluFi 状态

命令：

```
AT+BLUFI?
```

响应：

若 BluFi 未开启，则返回：

```
+BLUFI:0

OK
```

若 BluFi 已开启，则返回：

```
+BLUFI:1

OK
```

设置命令

功能：

开启或关闭 BluFi

命令：

```
AT+BLUFI=<option>[,<auth floor>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<option>**：
  - 0: 关闭 BluFi；
  - 1: 开启 BluFi。
- **<auth floor>**：Wi-Fi 认证模式阈值，ESP-AT 不会连接到认证模式低于此阈值的 AP：
  - 0: OPEN（默认）
  - 1: WEP
  - 2: WPA_PSK
  - 3: WPA2_PSK
  - 4: WPA_WPA2_PSK
  - 5: WPA2_ENTERPRISE
  - 6: WPA3_PSK
  - 7: WPA2_WPA3_PSK
  - 8: WAPI_PSK
  - 9: OWE
  - 10: WPA3_ENT_192
  - 11: WPA3_EXT_PSK
  - 12: WPA3_EXT_PSK_MIXED_MODE
  - 13: DPP

  - 14: WPA3_ENTERPRISE
  - 15: WPA2_WPA3_ENTERPRISE

说明

- 您只能在 Bluetooth LE 未初始化情况下开启或关闭 BluFi (*AT+BLEINIT=0*)。
- 为获得更好的性能，建议在使用 BluFi 功能前，先发送*AT+CWMODE=0/1* 命令禁用 SoftAP。如您想了解更多细节，请阅读 RF 共存 文档。
- BluFi 配网后请发送 *AT+BLUFI=0* 命令关闭 BluFi，以释放资源。

示例

```
AT+BLUFI=1
```

3.4.46 AT+BLUFINAME：查询/设置 BluFi 设备名称

查询命令

功能：

查询 BluFi 名称

命令：

```
AT+BLUFINAME?
```

响应：

```
+BLUFINAME:<device_name>
OK
```

设置命令

功能：

设置 BluFi 设备名称

命令：

```
AT+BLUFINAME=<device_name>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<device_name>**：BluFi 设备名称。

说明

- 如需设置 BluFi 设备名称，请在运行 *AT+BLUFI=1* 命令前设置，否则将使用默认名称 BLUFI_DEVICE。
- BluFi 设备名称最大长度为 26 字节。
- Blufi APP 可以在应用商店中下载。

示例

```
AT+BLUFINAME="BLUFI_DEV"
AT+BLUFINAME?
```

3.4.47 AT+BLUFISEND: 发送 BluFi 用户自定义数据

设置命令

功能:

发送 BluFi 用户自定义数据给手机端

命令:

```
AT+BLUFISEND=<length>
```

Response:

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，开始传输数据。

若数据传输成功，则提示：

```
OK
```

参数

- **<length>**：数据长度，单位：字节。

说明

- 自定义数据的长度不能超过 600 字节。
- 如果 ESP 收到手机发来的用户自定义数据，那么会以 +BLUFIDATA:<len>,<data> 格式打印。

示例

```
AT+BLUFISEND=4
// 提示 ">" 符号后，输入 4 字节的数据即可，如 "1234"，然后数据会被自动发送给手机
```

3.4.48 AT+BLEPERIODICDATA: 设置 Bluetooth LE 周期性广播数据

设置命令

功能:

设置周期性广播数据。

命令:

```
AT+BLEPERIODICDATA=<periodic_data>
```

响应:

```
OK
```

参数

- **<periodic_data>**: 周期性广播数据，为 16 进制字符串。例如，若想设置广播数据为 “0x11 0x22 0x33 0x44 0x55”，则命令为 `AT+BLEPERIODICDATA="1122334455"`。

示例

```
AT+BLEINIT=2
AT+BLEPERIODICDATA="1122334455"
```

3.4.49 AT+BLEPERIODICSTART: 开启周期性广播

执行命令

功能:

开启周期性广播。

命令:

```
AT+BLEPERIODICSTART
```

响应:

```
OK
```

说明

- 在开始周期性广播之前，需要先开启扩展广播，扩展广播类型为 ADV_TYPE_EXT_NOSCANNABLE_IND。

示例

```
AT+BLEINIT=2
AT+BLEPERIODICDATA="1122334455" // 设置周期性广播数据
AT+BLEADVPARAM=32,32,5,0,7,0    // 设置扩展广播参数
AT+BLEADVSTART  // 开启扩展广播
AT+BLEPERIODICSTART  // 开启周期性广播
```

3.4.50 AT+BLEPERIODICSTOP: 停止周期性广播同步

执行命令

功能:

停止周期性广播

命令:

```
AT+BLEPERIODICSTOP
```

响应:

```
OK
```

示例

```
AT+BLEPERIODICSTOP    // 停止周期性广播
```

3.4.51 AT+BLESYNCSTART: 开启同步周期性广播

设置命令

功能:

与正在进行周期性广播的设备同步。

命令:

```
AT+BLESYNCSTART=<target_address>
```

响应:

```
+BLESYNC:<addr>,<rssi>,<periodic_adv_data>
OK
```

参数

- **<addr>**: 设备地址
- **<rssi>**: 信号强度
- **<periodic_adv_data>**: 周期性广播数据

说明

- 在开启周期性广播同步之前，需要保持 Bluetooth LE 扫描功能持续进行。

示例

```
AT+BLEINIT=1
AT+BLESCAN=1    // 开始扫描
AT+BLESYNCSTART="24:0a:c4:09:34:23"  // 开始周期性广播同步
```

3.4.52 AT+BLESYNCSTOP: 停止周期性广播同步

执行命令

功能:

停止周期性广播同步功能。

命令:

```
AT+BLESYNCSTOP
```

响应:

```
OK
```

说明

- 如果客户将 BLE 扫描功能关闭，那么周期性广播同步功能也会被自动停止。

示例

```
AT+BLEINIT=1
AT+BLESCAN=1
AT+BLESYNCSTART="24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLESYNCSTOP
```

3.4.53 AT+BLEREADPHY: 查询当前连接使用的 PHY

设置命令

功能:

查询当前连接使用的 PHY。

命令:

```
AT+BLEREADPHY=<conn_index>
```

响应:

如果查询成功，返回:

```
+BLEREADPHY:<device_addr>,<tx_phy>,<rx_phy>
OK
```

如果查询失败，返回:

```
+BLEREADPHY:-1
OK
```

参数

- **<device_addr>**: 对端设备地址
- **<tx_phy>**:
- 1: 1M PHY.
- 2: 2M PHY.
- 3: Coded PHY.
- **<rx_phy>**:
- 1: 1M PHY.
- 2: 2M PHY.
- 3: Coded PHY.

示例

```
AT+BLEINIT=1
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLEREADPHY=0 // 查询当前连接的 PHY
```

3.4.54 AT+BLESETPHY: 设置当前连接的 PHY

设置命令

功能:

设置当前连接的 PHY。

命令:

```
AT+BLESETPHY=<conn_index>,<tx_rx_phy>
```

响应:

如果查询成功，返回:

```
+BLESETPHY:<device_addr>,<tx_phy>,<rx_phy>
OK
```

如果查询失败，返回:

```
+BLESETPHY:-1
OK
```

参数

- **<device_addr>**：对端设备地址
- **<tx_rx_phy>**:
- 1: 1M PHY
- 2: 2M PHY
- 3: Coded PHY

示例

```
AT+BLEINIT=1    // 角色：客户端
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:09:34:23"
AT+BLEREADPHY=0
```

3.5 MQTT AT 命令集

- 介绍
- *AT+MQTTUSERCFG*：设置 MQTT 用户属性
- *AT+MQTTLONGCLIENTID*：设置 MQTT 客户端 ID
- *AT+MQTTLONGUSERNAME*：设置 MQTT 登陆用户名
- *AT+MQTTLONGPASSWORD*：设置 MQTT 登陆密码
- *AT+MQTTCONNCFG*：设置 MQTT 连接属性
- *AT+MQTTALPN*：设置 MQTT 应用层协议协商 (ALPN)
- *AT+MQTTSNI*：设置 MQTT 服务器名称指示 (SNI)
- *AT+MQTTCONN*：连接 MQTT Broker
- *AT+MQTTPUB*：发布 MQTT 消息（字符串）
- *AT+MQTTPUBRAW*：发布长 MQTT 消息
- *AT+MQTTSUB*：订阅 MQTT Topic
- *AT+MQTTUNSUB*：取消订阅 MQTT Topic
- *AT+MQTTCLEAN*：断开 MQTT 连接
- *MQTT AT 错误码*

- *MQTT AT 说明*

3.5.1 介绍

重要:

- 当前，ESP32-C3 系列 AT 固件支持 MQTT 3.1.1 版本。
- 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您不需要 ESP32-C3 支持 MQTT 命令，请自行*编译 ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：
  - 禁用 `Component config > AT > AT MQTT command support`
- MQTT 连接本地 Broker 示例见*MQTT AT 示例*
- MQTT 连接 AWS IoT 示例见*MQTT 云连接 AT 示例*

3.5.2 AT+MQTTUSERCFG：设置 MQTT 用户属性

设置命令

功能:

配置 MQTT 用户属性

命令:

```
AT+MQTTUSERCFG=<LinkID>,<scheme>,<"client_id">,<"username">,<"password">,<cert_key_
↪ID>,<CA_ID>,<"path">
```

响应:

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<scheme>**：
  - 1: MQTT over TCP；
  - 2: MQTT over TLS（不校验证书）；
  - 3: MQTT over TLS（校验 server 证书）；
  - 4: MQTT over TLS（提供 client 证书）；
  - 5: MQTT over TLS（校验 server 证书并且提供 client 证书）；
  - 6: MQTT over WebSocket（基于 TCP）；
  - 7: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，不校验证书）；
  - 8: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，校验 server 证书）；
  - 9: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，提供 client 证书）；
  - 10: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，校验 server 证书并且提供 client 证书）。
- **<" client_id" >**：MQTT 客户端 ID，最大长度：256 字节。
- **<" username" >**：用户名，用于登陆 MQTT broker，最大长度：64 字节。
- **<" password" >**：密码，用于登陆 MQTT broker，最大长度：64 字节。
- **<cert_key_ID>**：证书 ID，目前 ESP-AT 仅支持一套 cert 证书，参数为 0。
- **<CA_ID>**：CA ID，目前 ESP-AT 仅支持一套 CA 证书，参数为 0。
- **<" path" >**：资源路径，最大长度：32 字节。

说明

- 每条 AT 命令的总长度不能超过 256 字节。

- 如果您想使用自己的证书，运行时请使用*AT+SYSMFG* 命令更新 MQTT 证书。如果您想预烧录自己的证书，请参考*如何更新 PKI 配置*。
- 如果 <scheme> 配置为 3、5、8、10，为了校验服务器的证书有效期，请在发送*AT+MQTTCONN* 命令前确保 ESP32-C3 已获取到当前时间。（您可以发送*AT+CIPSNTPCFG* 命令来配置 SNTP，获取当前时间，发送*AT+CIPSNTPTIME?* 命令查询当前时间。）

3.5.3 AT+MQTTLONGCLIENTID：设置 MQTT 客户端 ID

设置命令

功能：

设置 MQTT 客户端 ID

命令：

```
AT+MQTTLONGCLIENTID=<LinkID>,<length>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 MQTT 客户端 ID，此时您可以输入客户端 ID，当 AT 接收到的客户端 ID 长度达到 <length> 后，返回：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<length>**：MQTT 客户端 ID 长度。范围：[1,1024]。

说明

- *AT+MQTTUSERCFG* 命令也可以设置 MQTT 客户端 ID，二者之间的差别包括：
  - *AT+MQTTLONGCLIENTID* 命令可以用来设置相对较长的客户端 ID，因为*AT+MQTTUSERCFG* 命令的长度受限；
  - 应在设置*AT+MQTTUSERCFG* 后再使用*AT+MQTTLONGCLIENTID*。

3.5.4 AT+MQTTLONGUSERNAME：设置 MQTT 登陆用户名

设置命令

功能：

设置 MQTT 用户名

命令：

```
AT+MQTTLONGUSERNAME=<LinkID>,<length>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 MQTT 用户名，此时您可以输入 MQTT 用户名，当 AT 接收到的 MQTT 用户名长度达到 <length> 后，返回：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<length>**：MQTT 用户名长度。范围：[1,1024]。

说明

- *AT+MQTTUSERCFG* 命令也可以设置 MQTT 用户名，二者之间的差别包括：
  - *AT+MQTTLONGUSERNAME* 命令可以用来设置相对较长的用户名，因为*AT+MQTTUSERCFG* 命令的长度受限。
  - 应在设置*AT+MQTTUSERCFG* 后再使用*AT+MQTTLONGUSERNAME*。

3.5.5 AT+MQTTLONGPASSWORD：设置 MQTT 登陆密码

设置命令

功能：

设置 MQTT 密码

命令：

```
AT+MQTTLONGPASSWORD=<LinkID>,<length>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 MQTT 密码，此时您可以输入 MQTT 密码，当 AT 接收到的 MQTT 密码长度达到 <length> 后，返回：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<length>**：MQTT 密码长度。范围：[1,1024]。

说明

- *AT+MQTTUSERCFG* 命令也可以设置 MQTT 密码，二者之间的差别包括：
  - *AT+MQTTLONGPASSWORD* 可以用来设置相对较长的密码，因为*AT+MQTTUSERCFG* 命令的长度受限；
  - 应在设置*AT+MQTTUSERCFG* 后再使用*AT+MQTTLONGPASSWORD*。

3.5.6 AT+MQTTCONNCFG：设置 MQTT 连接属性

设置命令

功能：

设置 MQTT 连接属性

命令：

```
AT+MQTTCONNCFG=<LinkID>,<keepalive>,<disable_clean_session>,<"lwt_topic">,<"lwt_msg
↪">,<lwt_qos>,<lwt_retain>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<keepalive>**：MQTT ping 超时时间，单位：秒。范围：[0,7200]。默认值：0，会被强制改为 120 秒。
- **<disable_clean_session>**：设置 MQTT 清理会话标志，有关该参数的更多信息请参考 MQTT 3.1.1 协议中的 Clean Session 章节。
  - 0: 使能清理会话
  - 1: 禁用清理会话
- **<" lwt_topic" >**：遗嘱 topic，最大长度：128 字节。
- **<" lwt_msg" >**：遗嘱 message，最大长度：128 字节。
- **<lwt_qos>**：遗嘱 QoS，参数可选 0、1、2，默认值：0。
- **<lwt_retain>**：遗嘱 retain，参数可选 0 或 1，默认值：0。

说明

- 设置此命令前，应先设置*AT+MQTTUSERCFG*。

3.5.7 AT+MQTTALPN：设置 MQTT 应用层协议协商 (ALPN)

设置命令

功能：

设置 MQTT 应用层协议协商 (ALPN)

命令：

```
AT+MQTTALPN=<LinkID>,<alpn_counts>[,<"alpn">][,<"alpn">][,<"alpn">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<alpn_counts>**：<" alpn" > 参数个数。范围：[0,5]。
  - 0：清除 MQTT ALPN 配置
  - [1,5]：设置 MQTT ALPN 配置
- **<" alpn" >**：字符串参数，表示 ClientHello 中的 ALPN，用户可以发送多个 ALPN 字段到服务器。

说明

- 整条 AT 命令长度应小于 256 字节。
- 只有在 MQTT 基于 TLS 或 WSS 时，MQTT ALPN 字段才会生效。
- 应在设置*AT+MQTTUSERCFG* 后再使用*AT+MQTTALPN*。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"ntp1.aliyun.com","ntp2.aliyun.com"
AT+MQTTUSERCFG=0,5,"ESP32-C3","espressif","1234567890",0,0,""
AT+MQTTALPN=0,2,"mqtt-ca.cn","mqtt-ca.us"
AT+MQTTCONN=0,"192.168.200.2",8883,1
```

3.5.8 AT+MQTTSNI：设置 MQTT 服务器名称指示 (SNI)

设置命令

功能：

设置 MQTT 服务器名称指示 (SNI)

命令：

```
AT+MQTTSNI=<LinkID>,<"sni">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<”sni”>**：MQTT 服务器名称指示。您可以在 ClientHello 中将其发送到服务器。

说明

- 整条 AT 命令长度应小于 256 字节。
- 只有在 MQTT 基于 TLS 或 WSS 时，MQTT SNI 字段才会生效。
- 应在设置*AT+MQTTUSERCFG* 后再使用*AT+MQTTSNI*。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"ntp1.aliyun.com","ntp2.aliyun.com"
AT+MQTTUSERCFG=0,5,"ESP32-C3","espressif","1234567890",0,0,""
AT+MQTTSNI=0,"my_specific_prefix.iot.my_aws_region.amazonaws.com"
AT+MQTTCONN=0,"my_specific_prefix.iot.my_aws_region.amazonaws.com",8883,1
```

3.5.9 AT+MQTTCONN：连接 MQTT Broker

查询命令

功能：

查询 ESP32-C3 设备已连接的 MQTT broker

命令：

```
AT+MQTTCONN?
```

响应：

```
+MQTTCONN:<LinkID>,<state>,<scheme>,<"host">,<port>,<"path">,<reconnect>
OK
```

设置命令

功能：

连接 MQTT Broker

命令：

```
AT+MQTTCONN=<LinkID>,<"host">,<port>,<reconnect>[,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<" host" >**：MQTT broker 域名，最大长度：128 字节。
- **<port>**：MQTT broker 端口，最大端口：65535。
- **<" path" >**：资源路径，最大长度：32 字节。
- **<reconnect>**：
  - 0: MQTT 不自动重连。如果 MQTT 建立连接后又断开，则无法再次使用本命令重新建立连接，您需要先发送*AT+MQTTCLEAN=0* 命令清理信息，重新配置参数，再建立新的连接。
  - 1: MQTT 自动重连，会消耗较多的内存资源。
- **<timeout_ms>**：超时时间，单位：毫秒。范围：[3000,60000]。默认值：15000 毫秒。
- **<state>**：MQTT 状态：
  - 0: MQTT 未初始化；
  - 1: 已设置*AT+MQTTUSERCFG*；
  - 2: 已设置*AT+MQTTCONNCFG*；
  - 3: 连接已断开；
  - 4: 已建立连接；
  - 5: 已连接，但未订阅 topic；
  - 6: 已连接，已订阅过 topic。
- **<scheme>**：
  - 1: MQTT over TCP；
  - 2: MQTT over TLS（不校验证书）；
  - 3: MQTT over TLS（校验 server 证书）；
  - 4: MQTT over TLS（提供 client 证书）；
  - 5: MQTT over TLS（校验 server 证书并且提供 client 证书）；
  - 6: MQTT over WebSocket（基于 TCP）；
  - 7: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，不校验证书）；
  - 8: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，校验 server 证书）；

- 9: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，提供 client 证书）；
- 10: MQTT over WebSocket Secure（基于 TLS，校验 server 证书并且提供 client 证书）。

3.5.10 AT+MQTTPUB：发布 MQTT 消息（字符串）

设置命令

功能：

通过 topic 发布 MQTT **字符串**消息。如果您发布消息的数据量相对较多，已经超过了单条 AT 命令的长度阈值 256 字节，请使用*AT+MQTTPUBRAW* 命令。

命令：

```
AT+MQTTPUB=<LinkID>,<"topic">,<"data">,<qos>,<retain>[,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<" topic" >**：MQTT topic，最大长度：128 字节。
- **<data>**：MQTT 字符串消息。
- **<qos>**：发布消息的 QoS，参数可选 0、1、或 2，默认值：0。
- **<retain>**：发布 retain。
- **<timeout_ms>**：超时时间，单位：毫秒。范围：[3000,60000]。默认值：15000 毫秒。

说明

- 每条 AT 命令的总长度不能超过 256 字节。
- 本命令不能发送数据 \0，若需要发送该数据，请使用*AT+MQTTPUBRAW* 命令。

示例

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+MQTTUSERCFG=0,1,"ESP32-C3","espressif","1234567890",0,0,""
AT+MQTTCONN=0,"192.168.10.234",1883,0
AT+MQTTPUB=0,"topic","\"{\"timestamp\":\"20201121085253\"}\"",0,0  //␣
↪发送此命令时，请注意特殊字符是否需要转义。
```

3.5.11 AT+MQTTPUBRAW：发布长 MQTT 消息

设置命令

功能：

通过 topic 发布长 MQTT 消息。如果您发布消息的数据量相对较少，不大于单条 AT 命令的长度阈值 256 字节，也可以使用*AT+MQTTPUB* 命令。

命令：

```
AT+MQTTPUBRAW=<LinkID>,<"topic">,<length>,<qos>,<retain>[,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，数据传输开始。

若传输成功，则 AT 返回：

```
+MQTTPUB:OK
```

若传输失败，则 AT 返回：

```
+MQTTPUB:FAIL
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<" topic" >**：MQTT topic，最大长度：128 字节。
- **<length>**：MQTT 消息长度，不同 ESP32-C3 设备的最大长度受到可利用内存的限制。
- **<qos>**：发布消息的 QoS，参数可选 0、1、或 2，默认值：0。
- **<retain>**：发布 retain。
- **<timeout_ms>**：超时时间，单位：毫秒。范围：[3000,60000]。默认值：15000 毫秒。

3.5.12 AT+MQTTSUB：订阅 MQTT Topic

查询命令

功能：

查询已订阅的 topic

命令：

```
AT+MQTTSUB?
```

响应：

```
+MQTTSUB:<LinkID>,<state>,<"topic1">,<qos>
+MQTTSUB:<LinkID>,<state>,<"topic2">,<qos>
+MQTTSUB:<LinkID>,<state>,<"topic3">,<qos>
...
OK
```

设置命令

功能：

订阅指定 MQTT topic 的指定 QoS，支持订阅多个 topic（最多支持订阅 10 个 topic）。

命令：

```
AT+MQTTSUB=<LinkID>,<"topic">,<qos>[,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK
```

当 AT 接收到已订阅的 topic 的 MQTT 消息时，返回：

```
+MQTTSUBRECV:<LinkID>,<"topic">,<data_length>,data
```

若已订阅过该 topic，则返回：

```
ALREADY SUBSCRIBE
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<state>**：MQTT 状态：
  - 0: MQTT 未初始化；
  - 1: 已设置*AT+MQTTUSERCFG*；
  - 2: 已设置*AT+MQTTCONNCFG*；
  - 3: 连接已断开；
  - 4: 已建立连接；
  - 5: 已连接，但未订阅 topic；
  - 6: 已连接，已订阅过 MQTT topic。
- **<" topic" >**：订阅的 topic。
- **<qos>**：订阅的 QoS。
- **<timeout_ms>**：超时时间，单位：毫秒。范围：[3000,60000]。默认值：15000 毫秒。

说明

- 由于广域网每个路由节点的 MTU 限制或流量策略管理等，MQTT broker 发送的一条消息，最终可能会被分为多个消息发给 ESP32-C3 设备，因此 ESP32-C3 可能会收到多条 +MQTTSUBRECV 消息。
- 若 ESP32-C3 设备收到一条 MQTT 消息，且消息长度超过 1024 字节（包括 MQTT 报头和 MQTT 有效载荷），也会被分为多条 +MQTTSUBRECV 消息。此时，您可以通过下面方式增加 MQTT 缓冲区来避免此情况。
  - `./build.py menuconfig > Component config > ESP-MQTT Configurations > MQTT Using custom configurations`
  - `./build.py menuconfig > Component config > ESP-MQTT Configurations > MQTT Using custom configurations > Default MQTT Buffer Size > 1460`

3.5.13 AT+MQTTUNSUB：取消订阅 MQTT Topic

设置命令

功能：

客户端取消订阅指定 topic，可多次调用本命令，以取消订阅不同的 topic。

命令：

```
AT+MQTTUNSUB=<LinkID>,<"topic">[,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK
```

若未订阅过该 topic，则返回：

```
NO UNSUBSCRIBE

OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。
- **<”topic”>**：MQTT topic，最大长度：128 字节。
- **<timeout_ms>**：超时时间，单位：毫秒。范围：[3000,60000]。默认值：15000 毫秒。

3.5.14 AT+MQTTCLEAN：断开 MQTT 连接

设置命令

功能：

断开 MQTT 连接，释放资源。

命令：

```
AT+MQTTCLEAN=<LinkID>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<LinkID>**：当前仅支持 link ID 0。

3.5.15 MQTT AT 错误码

MQTT 错误码以 `ERR CODE:0x<%08x>` 形式打印。

错误类型	错误码
AT_MQTT_NO_CONFIGURED	0x6001
AT_MQTT_NOT_IN_CONFIGURED_STATE	0x6002
AT_MQTT_UNINITIATED_OR_ALREADY_CLEAN	0x6003
AT_MQTT_ALREADY_CONNECTED	0x6004
AT_MQTT_MALLOC_FAILED	0x6005
AT_MQTT_NULL_LINK	0x6006
AT_MQTT_NULL_PARAMTER	0x6007
AT_MQTT_PARAMETER_COUNTS_IS_WRONG	0x6008
AT_MQTT_TLS_CONFIG_ERROR	0x6009
AT_MQTT_PARAM_PREPARE_ERROR	0x600A
AT_MQTT_CLIENT_START_FAILED	0x600B
AT_MQTT_CLIENT_PUBLISH_FAILED	0x600C
AT_MQTT_CLIENT_SUBSCRIBE_FAILED	0x600D
AT_MQTT_CLIENT_UNSUBSCRIBE_FAILED	0x600E
AT_MQTT_CLIENT_DISCONNECT_FAILED	0x600F
AT_MQTT_LINK_ID_READ_FAILED	0x6010
AT_MQTT_LINK_ID_VALUE_IS_WRONG	0x6011
AT_MQTT_SCHEME_READ_FAILED	0x6012
AT_MQTT_SCHEME_VALUE_IS_WRONG	0x6013
AT_MQTT_CLIENT_ID_READ_FAILED	0x6014
AT_MQTT_CLIENT_ID_IS_NULL	0x6015
AT_MQTT_CLIENT_ID_IS_OVERLENGTH	0x6016
AT_MQTT_USERNAME_READ_FAILED	0x6017
AT_MQTT_USERNAME_IS_NULL	0x6018

续下页

表 2 – 接上页

错误类型	错误码
AT_MQTT_USERNAME_IS_OVERLENGTH	0x6019
AT_MQTT_PASSWORD_READ_FAILED	0x601A
AT_MQTT_PASSWORD_IS_NULL	0x601B
AT_MQTT_PASSWORD_IS_OVERLENGTH	0x601C
AT_MQTT_CERT_KEY_ID_READ_FAILED	0x601D
AT_MQTT_CERT_KEY_ID_VALUE_IS_WRONG	0x601E
AT_MQTT_CA_ID_READ_FAILED	0x601F
AT_MQTT_CA_ID_VALUE_IS_WRONG	0x6020
AT_MQTT_CA_LENGTH_ERROR	0x6021
AT_MQTT_CA_READ_FAILED	0x6022
AT_MQTT_CERT_LENGTH_ERROR	0x6023
AT_MQTT_CERT_READ_FAILED	0x6024
AT_MQTT_KEY_LENGTH_ERROR	0x6025
AT_MQTT_KEY_READ_FAILED	0x6026
AT_MQTT_PATH_READ_FAILED	0x6027
AT_MQTT_PATH_IS_NULL	0x6028
AT_MQTT_PATH_IS_OVERLENGTH	0x6029
AT_MQTT_VERSION_READ_FAILED	0x602A
AT_MQTT_KEEPALIVE_READ_FAILED	0x602B
AT_MQTT_KEEPALIVE_IS_NULL	0x602C
AT_MQTT_KEEPALIVE_VALUE_IS_WRONG	0x602D
AT_MQTT_DISABLE_CLEAN_SESSION_READ_FAILED	0x602E
AT_MQTT_DISABLE_CLEAN_SESSION_VALUE_IS_WRONG	0x602F
AT_MQTT_LWT_TOPIC_READ_FAILED	0x6030
AT_MQTT_LWT_TOPIC_IS_NULL	0x6031
AT_MQTT_LWT_TOPIC_IS_OVERLENGTH	0x6032
AT_MQTT_LWT_MSG_READ_FAILED	0x6033
AT_MQTT_LWT_MSG_IS_NULL	0x6034
AT_MQTT_LWT_MSG_IS_OVERLENGTH	0x6035
AT_MQTT_LWT_QOS_READ_FAILED	0x6036
AT_MQTT_LWT_QOS_VALUE_IS_WRONG	0x6037
AT_MQTT_LWT_RETAIN_READ_FAILED	0x6038
AT_MQTT_LWT_RETAIN_VALUE_IS_WRONG	0x6039
AT_MQTT_HOST_READ_FAILED	0x603A
AT_MQTT_HOST_IS_NULL	0x603B
AT_MQTT_HOST_IS_OVERLENGTH	0x603C
AT_MQTT_PORT_READ_FAILED	0x603D
AT_MQTT_PORT_VALUE_IS_WRONG	0x603E
AT_MQTT_RECONNECT_READ_FAILED	0x603F
AT_MQTT_RECONNECT_VALUE_IS_WRONG	0x6040
AT_MQTT_TOPIC_READ_FAILED	0x6041
AT_MQTT_TOPIC_IS_NULL	0x6042
AT_MQTT_TOPIC_IS_OVERLENGTH	0x6043
AT_MQTT_DATA_READ_FAILED	0x6044
AT_MQTT_DATA_IS_NULL	0x6045
AT_MQTT_DATA_IS_OVERLENGTH	0x6046
AT_MQTT_QOS_READ_FAILED	0x6047
AT_MQTT_QOS_VALUE_IS_WRONG	0x6048
AT_MQTT_RETAIN_READ_FAILED	0x6049
AT_MQTT_RETAIN_VALUE_IS_WRONG	0x604A
AT_MQTT_PUBLISH_LENGTH_READ_FAILED	0x604B
AT_MQTT_PUBLISH_LENGTH_VALUE_IS_WRONG	0x604C
AT_MQTT_RECV_LENGTH_IS_WRONG	0x604D
AT_MQTT_CREATE_SEMA_FAILED	0x604E
AT_MQTT_CREATE_EVENT_GROUP_FAILED	0x604F

续下页

表 2 - 接上页

错误类型	错误码
AT_MQTT_URI_PARSE_FAILED	0x6050
AT_MQTT_IN_DISCONNECTED_STATE	0x6051
AT_MQTT_HOSTNAME_VERIFY_FAILED	0x6052

3.5.16 MQTT AT 说明

- 当 MQTT 连接断开时，会提示 `+MQTTDISCONNECTED:<LinkID>` 消息。
- 当 MQTT 连接建立时，会提示 `+MQTTCONNECTED:<LinkID>,<scheme>,<"host">,port,<"path">,<reconnect>` 消息。

3.6 HTTP AT 命令集

- 介绍
- *AT+HTTPCLIENT*：发送 HTTP 客户端请求
- *AT+HTTPGETSIZE*：获取 HTTP 资源大小
- *AT+HTTPCGET*：获取 HTTP 资源
- *AT+HTTPCPOST*：Post 指定长度的 HTTP 数据
- *AT+HTTPCPUT*：Put 指定长度的 HTTP 数据
- *AT+HTTPURLCFG*：设置/获取长的 HTTP URL
- *AT+HTTPCHEAD*：设置/查询 HTTP 请求头
- *AT+HTTPCFG*：设置 HTTP 客户端配置
- *HTTP AT 错误码*

3.6.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您不需要 ESP32-C3 支持 HTTP 命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 禁用 `Component config > AT > AT http command support`

3.6.2 AT+HTTPCLIENT：发送 HTTP 客户端请求

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCLIENT=<opt>,<content-type>,<"url">,[<"host">],[<"path">],<transport_type>[,<"data">][,<"http_req_header">][,<"http_req_header">][...]
```

响应：

```
+HTTPCLIENT:<size>,<data>

OK
```

参数

- **<opt>**：HTTP 客户端请求方法：
  - 1：HEAD
  - 2：GET
  - 3：POST
  - 4：PUT
  - 5：DELETE
- **<content-type>**：客户端请求数据类型：
  - 0：`application/x-www-form-urlencoded`
  - 1：`application/json`
  - 2：`multipart/form-data`
  - 3：`text/xml`
- **<" url" >**：HTTP URL，当后面的 `<"host">` 和 `<"path">` 参数为空时，本参数会自动覆盖这两个参数。
- **<" host" >**：域名或 IP 地址。
- **<" path" >**：HTTP 路径。
- **<transport_type>**：HTTP 客户端传输类型，默认值为 1：
  - 1：`HTTP_TRANSPORT_OVER_TCP`
  - 2：`HTTP_TRANSPORT_OVER_SSL`
- **<" data" >**：当 `<opt>` 是 POST 请求时，本参数为发送给 HTTP 服务器的数据。当 `<opt>` 不是 POST 请求时，这个参数不存在（也就是，不需要输入逗号来表示有这个参数）。
- **<" http_req_header" >**：可发送多个请求头给服务器。

说明

- 如果包含 URL 的整条命令的长度超过了 256 字节，请先使用*AT+HTTPURLCFG* 命令预配置 URL，然后本命令里的 `<"url">` 参数需要设置为 `""`。
- 如果 `url` 参数不为空，HTTP 客户端将使用它并忽略 `host` 参数和 `path` 参数；如果 `url` 参数被省略或字符串为空，HTTP 客户端将使用 `host` 参数和 `path` 参数。
- 某些已发布的固件默认不支持 HTTP 客户端命令（详情请见*ESP-AT 固件差异*），但是可通过以下方式使其支持该命令：`./build.py menuconfig > Component config > AT > AT http command support`，然后编译项目（详情请见*本地编译 ESP-AT 工程*）。
- 该命令不支持 URL 重定向，在获取到服务器返回的状态码 301（永久性重定向）或者 302（临时性重定向）后不会自动跳转到新的 URL 地址。您可以使用某些工具获取要访问的实际 URL，然后通过该命令访问它。
- 如果包含 `<"data">` 参数的整条命令的长度超过了 256 字节，请使用*AT+HTTPCPOST* 命令。
- 要设置更多的 HTTP 请求头，请使用*AT+HTTPCHEAD* 命令。

示例

```
// HEAD 请求
AT+HTTPCLIENT=1,0,"http://httpbin.org/get","httpbin.org","/get",1

// GET 请求
AT+HTTPCLIENT=2,0,"http://httpbin.org/get","httpbin.org","/get",1

// POST 请求
AT+HTTPCLIENT=3,0,"http://httpbin.org/post","httpbin.org","/post",1,"field1=value1&
↪field2=value2"
```

3.6.3 AT+HTTPGETSIZE：获取 HTTP 资源大小

设置命令

命令：

```
AT+HTTPGETSIZE=<"url">[,<tx size>][,<rx size>][,<timeout>]
```

响应：

```
+HTTPGETSIZE:<size>

OK
```

参数

- **<" url" >**：HTTP URL。
- **<tx size>**：HTTP 发送缓存大小。单位：字节。默认值：2048。范围：[0,10240]。
- **<rx size>**：HTTP 接收缓存大小。单位：字节。默认值：2048。范围：[0,10240]。
- **<timeout>**：网络超时。单位：毫秒。默认值：5000。范围：[0,180000]。
- **<size>**：HTTP 资源大小。

说明

- 如果包含 URL 的整条命令的长度超过了 256 字节，请先使用*AT+HTTPURLCFG* 命令预配置 URL，然后本命令里的 <"url"> 参数需要设置为 ""。
- 如果您想设置 HTTP 请求头，请使用*AT+HTTPCHEAD* 命令设置。

示例

```
AT+HTTPGETSIZE="http://www.baidu.com/img/bdlogo.gif"
```

3.6.4 AT+HTTPCGET：获取 HTTP 资源

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCGET=<"url">[,<tx size>][,<rx size>][,<timeout>]
```

响应：

```
+HTTPCGET:<size>,<data>
OK
```

参数

- **<" url" >**：HTTP URL。
- **<tx size>**：HTTP 发送缓存大小。单位：字节。默认值：2048。范围：[0,10240]。
- **<rx size>**：HTTP 接收缓存大小。单位：字节。默认值：2048。范围：[0,10240]。
- **<timeout>**：网络超时。单位：毫秒。默认值：5000。范围：[0,180000]。

说明

- 如果包含 URL 的整条命令的长度超过了 256 字节，请先使用*AT+HTTPURLCFG* 命令预配置 URL，然后本命令里的 <"url"> 参数需要设置为 ""。
- 如果您想设置 HTTP 请求头，请使用*AT+HTTPCHEAD* 命令设置。

3.6.5 AT+HTTPCPOST：Post 指定长度的 HTTP 数据

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCPOST=<"url">,<length>[,<http_req_header_cnt>][,<"http_req_header">..<"http_
↪req_header">]
```

响应：

```
OK

>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，传输开始。

若传输成功，则返回：

```
SEND OK
```

若传输失败，则返回：

```
SEND FAIL
```

参数

- **<" url" >**：HTTP URL。
- **<length>**：需 POST 的 HTTP 数据长度。最大长度等于系统可分配的堆空间大小。
- **<http_req_header_cnt>**：<"http_req_header"> 参数的数量。
- **[<" http_req_header" >]**：HTTP 请求头。可发送多个请求头给服务器。

说明

- 如果包含 URL 的整条命令的长度超过了 256 字节，请先使用*AT+HTTPURLCFG* 命令预配置 URL，然后本命令里的 <"url"> 参数需要设置为 ""。
- 该命令的 content-type 默认类型为 application/x-www-form-urlencoded。
- 如果您想设置 HTTP 请求头，请使用*AT+HTTPCHEAD* 命令设置。

3.6.6 AT+HTTPCPUT：Put 指定长度的 HTTP 数据

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCPUT=<"url">,<length>[,<http_req_header_cnt>][,<"http_req_header">..<"http_
↪req_header">]
```

响应：

```
OK

>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，传输开始。

若传输成功，则返回：

```
SEND OK
```

若传输失败，则返回：

```
SEND FAIL
```

参数

- **<" url" >**：HTTP URL。
- **<length>**：需 Put 的 HTTP 数据长度。最大长度等于系统可分配的堆空间大小。
- **<http_req_header_cnt>**：<"http_req_header"> 参数的数量。
- **[<" http_req_header" >]**：HTTP 请求头。可发送多个请求头给服务器。

说明

- 如果包含 URL 的整条命令的长度超过了 256 字节，请先使用*AT+HTTPURLCFG* 命令预配置 URL，然后本命令里的 <"url"> 参数需要设置为 ""。
- 如果您想设置 HTTP 请求头，请使用*AT+HTTPCHEAD* 命令设置。

3.6.7 AT+HTTPURLCFG：设置/获取长的 HTTP URL

查询命令

命令：

```
AT+HTTPURLCFG?
```

响应：

```
[+HTTPURLCFG:<url length>,<data>]
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+HTTPURLCFG=<url length>
```

响应：

```
OK

>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入 URL，当数据长度达到参数 <url length> 的值时，系统返回：

```
SET OK
```

参数

- **<url length>**：HTTP URL 长度。单位：字节。
  - 0：清除 HTTP URL 配置。
  - [8,8192]：设置 HTTP URL 配置。

- **<data>**：HTTP URL 数据。

3.6.8 AT+HTTPCHEAD：设置/查询 HTTP 请求头

查询命令

命令：

```
AT+HTTPCHEAD?
```

响应：

```
+HTTPCHEAD:<index>,<"req_header">

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCHEAD=<req_header_len>
```

响应：

```
OK

>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收 AT 命令口数据，此时您可以输入 HTTP 请求头（请求头为 `key: value` 形式），当数据长度达到参数 `<req_header_len>` 的值时，AT 返回：

```
OK
```

参数

- **<index>**：HTTP 请求头的索引值。
- **<" req_header" >**：HTTP 请求头。
- **<req_header_len>**：HTTP 请求头长度。单位：字节。
  - 0：清除所有已设置的 HTTP 请求头。
  - 其他值：设置一个新的 HTTP 请求头。

说明

- 本命令一次只能设置一个 HTTP 请求头，但可以多次设置，支持多个不同的 HTTP 请求头。
- 本命令配置的 HTTP 请求头是全局性的，一旦设置，所有 HTTP 的命令都会携带这些请求头。
- 本命令设置的 HTTP 请求头中的 `key` 如果和其它 HTTP 命令的请求头中的 `key` 相同，则会使用本命令中设置的 HTTP 请求头。

示例

```
// 设置请求头
AT+HTTPCHEAD=18

// 在收到 ">" 符号后，输入以下的 Range 请求头，下载资源的前 256 个字节。
```

(续下页)

(接上页)

```
Range: bytes=0-255

// 下载 HTTP 资源
AT+HTTPCGET="https://docs.espressif.com/projects/esp-at/zh_CN/latest/esp32c3/index.
↪html"
```

3.6.9 AT+HTTPCFG：设置 HTTP 客户端配置

设置命令

命令：

```
AT+HTTPCFG=<auth_mode>[,<pki_number>][,<ca_number>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<auth_mode>**：
  - 0: 不认证，此时无需填写 <pki_number> 和 <ca_number> 参数；
  - 1: ESP-AT 提供 HTTP 客户端证书供 HTTP 服务器端 CA 证书校验；
  - 2: ESP-AT HTTP 客户端载入 CA 证书来校验 HTTP 服务器端的证书；
  - 3: 相互认证。
- **<pki_number>**：证书和私钥的索引，如果只有一个证书和私钥，其值应为 0。
- **<ca_number>**：CA 的索引，如果只有一个 CA，其值应为 0。

说明

- 默认 AT 固件不支持 HTTP 证书配置，您可以启用 `./build.py menuconfig > Component config > AT > AT http command support > AT HTTP authentication method` 下选型来使其支持。
- 本命令配置的参数是全局性的，一旦设置，所有 HTTP 命令都会共用该配置。
- 如果您想使用自己的证书，运行时请使用*AT+SYSMFG* 命令更新 HTTP 证书。如果您想预烧录自己的证书，请参考*如何更新 PKI 配置*。
- 如果 <auth_mode> 配置为 2 或者 3，为了校验服务器的证书有效期，请在发送其它 HTTP 命令前确保 ESP32-C3 已获取到当前时间。（您可以发送*AT+CIPSNTPCFG* 命令来配置 SNTP，获取当前时间，发送*AT+CIPSNTPTIME?* 命令查询当前时间。）

3.6.10 HTTP AT 错误码

启用*AT+SYSLOG=1* 后，HTTP 客户端请求失败时，AT 会返回错误码。错误码的格式为：

```
ERR CODE:0x010a7xxx
```

其中 01 是模块标识符，0a 是模块执行 AT 命令的响应结果，7xxx 表示 HTTP 错误码。如果 xxx 在 HTTP 标准状态码范围内，则表示标准 HTTP 状态码；否则表示 AT HTTP 内部的错误码。下表列出了部分 HTTP 状态码信息，更多详情请参考 RFC 2616）。

HTTP 错误码（HTTP 状态码）	说明
0x7000	建立连接失败
0x7190 (400)	Bad Request
0x7191 (401)	Unauthorized
0x7192 (402)	Payment Required
0x7193 (403)	Forbidden
0x7194 (404)	Not Found
0x7195 (405)	Method Not Allowed
0x7196 (406)	Not Acceptable
0x7197 (407)	Proxy Authentication Required
0x7198 (408)	Request Timeout
0x7199 (409)	Conflict
0x719a (410)	Gone
0x719b (411)	Length Required
0x719c (412)	Precondition Failed
0x719d (413)	Request Entity Too Large
0x719e (414)	Request-URI Too Long
0x719f (415)	Unsupported Media Type
0x71a0 (416)	Requested Range Not Satisfiable
0x71a1 (417)	Expectation Failed
0x71f4 (500)	Internal Server Error
0x71f5 (501)	Not Implemented
0x71f6 (502)	Bad Gateway
0x71f7 (503)	Service Unavailable
0x71f8 (504)	Gateway Timeout
0x71f9 (505)	HTTP Version Not Supported

3.7 文件系统 AT 命令集

- 介绍
- *AT+FS*：文件系统操作
- *AT+FSMOUNT*：挂载/卸载文件系统

3.7.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件不支持此页面下的 AT 命令。如果您需要 ESP32-C3 支持文件系统命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 启用 `Component config > AT > AT FS command support`

3.7.2 AT+FS：文件系统操作

设置命令

命令：

```
AT+FS=<type>,<operation>,<filename>,<offset>,<length>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<type>**：目前仅支持 FATFS
  - 0：FATFS
- **<operation>**：
  - 0：删除文件
  - 1：写文件
  - 2：读文件
  - 3：查询文件大小
  - 4：查询路径下文件，目前仅支持根目录
- **<offset>**：偏移地址，仅针对读写操作设置
- **<length>**：长度，仅针对读写操作设置

说明

- 本命令会自动挂载文件系统。*AT+FS* 文件系统操作完成后，强烈建议使用*AT+FSMOUNT=0* 命令卸载文件系统，来释放大量 RAM 空间。
- 使用本命令需烧录 at_customize.bin，详细信息可参考 ESP-IDF 分区表 和如何自定义分区。
- 若读取数据的长度大于实际文件大小，仅返回实际长度的数据。
- 当 <operator> 为 write 时，系统收到此命令后先换行返回 >，此时您可以输入要写的数据，数据长度应与 <length> 一致。

示例

```
// 删除某个文件
AT+FS=0,0,"filename"

// 在某个文件偏移地址 100 处写入 10 字节
AT+FS=0,1,"filename",100,10

// 从某个文件偏移地址 0 处读取 100 字节
AT+FS=0,2,"filename",0,100

// 列出根目录下所有文件
AT+FS=0,4,"."
```

3.7.3 AT+FSMOUNT：挂载/卸载 FS 文件系统

设置命令

命令：

```
AT+FSMOUNT=<mount>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mount>**：
  - 0：卸载 FS 文件系统
  - 1：挂载 FS 文件系统

说明

- *AT+FS* 文件系统操作完成后，强烈建议使用本命令*AT+FSMOUNT=0* 命令卸载文件系统，来释放大量 RAM 空间。

示例

```
// 手动卸载文件系统
AT+FSMOUNT=0

// 手动挂载文件系统
AT+FSMOUNT=1
```

3.8 WebSocket AT 命令集

- 介绍
- *AT+WSCFG*：配置 WebSocket 参数
- *AT+WSHEAD*：设置/查询 WebSocket 请求头
- *AT+WSOPEN*：查询/打开 WebSocket 连接
- *AT+WSSEND*：向 WebSocket 连接发送数据
- *AT+WSCLOSE*：关闭 WebSocket 连接

3.8.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件不支持此页面下的 AT 命令。如果您需要 ESP32-C3 支持 WebSocket 命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 启用 `Component config > AT > AT WebSocket command support`

3.8.2 AT+WSCFG：配置 WebSocket 参数

设置命令

命令：

```
AT+WSCFG=<link_id>,<ping_intv_sec>,<ping_timeout_sec>[,<buffer_size>][,<auth_mode>,
↪<pki_number>,<ca_number>]
```

响应：

```
OK
```

或

```
ERROR
```

参数

- **<link_id>**：WebSocket 连接 ID。范围：[0,2]，即最大支持三个 WebSocket 连接。
- **<ping_intv_sec>**：发送 WebSocket Ping 间隔。单位：秒。范围：[1,7200]。默认值：10，即：每隔 10 秒发送一次 WebSocket Ping 包。
- **<ping_timeout_sec>**：WebSocket Ping 超时。单位：秒。范围：[1,7200]。默认值：120，即：120 秒未收到 WebSocket Pong 包，则关闭连接。
- **<buffer_size>**：WebSocket 缓冲区大小。单位：字节。范围：[1,8192]。默认值：1024。
- **<auth_mode>**:
  - 0: 不认证，此时无需填写 <pki_number> 和 <ca_number> 参数；
  - 1: ESP-AT 提供客户端证书供服务器端 CA 证书校验；
  - 2: ESP-AT 客户端载入 CA 证书来校验服务器端的证书；
  - 3: 相互认证。
- **<pki_number>**：证书和私钥的索引，如果只有一个证书和私钥，其值应为 0。
- **<ca_number>**：CA 的索引，如果只有一个 CA，其值应为 0。

说明

- 此命令应在*AT+WSOPEN* 之前配置，否则不会生效。
- 如果您想使用自己的证书，运行时请使用*AT+SYSMFG* 命令更新 WebSocket 证书。如果您想预烧录自己的证书，请参考*如何更新 PKI 配置*。
- 如果 <auth_mode> 配置为 2 或者 3，为了校验服务器的证书有效期，请在发送*AT+WSOPEN* 命令前确保 ESP32-C3 已获取到当前时间。（您可以发送*AT+CIPSNTPCFG* 命令来配置 SNTP，获取当前时间，发送*AT+CIPSNTPTIME?* 命令查询当前时间。）
- 相互认证的示例：*基于 TLS 的 WebSocket 连接（相互鉴权）*。

示例

```
// 配置 link_id 为 0 的 WebSocket 连接的 Ping 发送间隔为 30 秒，超时 60 秒，缓冲区␣
↪4096 字节
AT+WSCFG=0,30,60,4096
```

3.8.3 AT+WSHEAD：设置/查询 WebSocket 请求头

查询命令

命令：

```
AT+WSHEAD?
```

响应：

```
+WSHEAD:<index>,<"req_header">

OK
```

设置命令

命令：

```
AT+WSHEAD=<req_header_len>
```

响应：

```
OK

>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收 AT 命令口数据，此时您可以输入 WebSocket 请求头（请求头为 `key: value` 形式），当数据长度达到参数 `<req_header_len>` 的值时，AT 返回：

```
OK
```

参数

- **<index>**：WebSocket 请求头的索引值。
- **<" req_header" >**：WebSocket 请求头。
- **<req_header_len>**：WebSocket 请求头长度。单位：字节。
  - 0：清除所有已设置的 WebSocket 请求头。
  - 其他值：设置一个新的 WebSocket 请求头。

说明

- 本命令一次只能设置一个 WebSocket 请求头，但可以多次设置，支持多个不同的 WebSocket 请求头。
- 本命令配置的 WebSocket 请求头是全局性的，一旦设置，所有 WebSocket 的命令都会携带这些请求头。

示例

```
// 设置请求头
AT+WSHEAD=49

// 在收到 ">" 符号后，输入以下的 authorization 请求头
AUTHORIZATION: Basic QTIzMzIyMDE5OTk6MTIzNDU2Nzg=

// 打开一个 WebSocket 连接
AT+WSOPEN=0,"wss://demo.piesocket.com/v3/channel_123?api_
↪key=VCXCEuvhGcBDP7XhiJJUDvR1e1D3eiVjgZ9VRiaV&notify_self"
```

3.8.4 AT+WSOPEN：查询/打开一个 WebSocket 连接

查询命令

命令：

```
AT+WSOPEN?
```

响应：

当有连接时，AT 返回：

```
+WSOPEN:<link_id>,<state>,<"uri">

OK
```

当没有连接时，AT 返回：

```
OK
```

设置命令

命令：

```
AT+WSOPEN=<link_id>,<"uri">[,<"subprotocol">][,<timeout_ms>][,<"auth">]
```

响应：

```
+WS_CONNECTED:<link_id>

OK
```

或

```
ERROR
```

参数

- **<link_id>**：WebSocket 连接 ID。范围：[0,2]，即最大支持三个 WebSocket 连接。
- **<state>**：WebSocket 连接的状态。
  - 0：WebSocket 连接已关闭。
  - 1：WebSocket 连接正在重连。
  - 2：已建立 WebSocket 连接。
  - 3：接收 WebSocket Pong 超时或读取连接数据错误，正在等待重连。
  - 4：已收到服务器端 WebSocket 关闭帧，正在发送关闭帧到服务器。
- **<" uri" >**：WebSocket 服务器的统一资源标识符。
- **<" subprotocol" >**：WebSocket 子协议（参考 RFC6455 1.9 章节）。
- **<timeout_ms>**：建立 WebSocket 连接的超时时间。单位：毫秒。范围：[0,180000]。默认值：15000。
- **<" auth" >**：WebSocket 鉴权（参考 RFC6455 4.1.12 章节）。

示例

```
// uri 参数来自于 https://www.piesocket.com/websocket-tester
AT+WSOPEN=0,"wss://demo.piesocket.com/v3/channel_123?api_
↪key=VCXCEuvhGcBDP7XhiJJUDvR1e1D3eiVjgZ9VRiaV&notify_self"
```

详细示例参考：*WebSocket 示例*。

3.8.5 AT+WSSEND：向 WebSocket 连接发送数据

设置命令

命令：

```
AT+WSSEND=<link_id>,<length>[,<opcode>][,<timeout_ms>]
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好从 AT port 接收数据，此时您可以输入数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <length> 后，数据传输开始。

如果未建立连接或数据传输时连接被断开，返回：

```
ERROR
```

如果数据传输成功，返回：

```
SEND OK
```

参数

- **<link_id>**：WebSocket 连接 ID。范围：[0,2]。
- **<length>**：发送的数据长度。单位：字节。可发送的最大长度由*AT+WSCFG* 中的 <buffer_size> 值减去 10 和系统可分配的堆空间大小共同决定（取两个中的小值）。
- **<opcode>**：发送的 WebSocket 帧中的 opcode。范围：[0,0xF]。默认值：1，即 text 帧。请参考 RFC6455 5.2 章节 了解更多的 opcode。
  - 0x0：continuation 帧
  - 0x1：text 帧
  - 0x2：binary 帧
  - 0x3 - 0x7：为其它非控制帧保留
  - 0x8：连接关闭帧
  - 0x9：ping 帧
  - 0xA：pong 帧
  - 0xB - 0xF：为其它控制帧保留
- **<timeout_ms>**：发送超时时间。单位：毫秒。范围：[0,60000]。默认值：10000。

3.8.6 AT+WSCLOSE：关闭 WebSocket 连接

设置命令

命令：

```
AT+WSCLOSE=<link_id>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<link_id>**：WebSocket 连接 ID。范围：[0,2]。

示例

```
// 关闭 ID 为 0 的 WebSocket 连接
AT+WSCLOSE=0
```

3.9 信令测试 AT 命令

- 介绍

- *AT+FACTPLCP*：发送长 PLCP 或短 PLCP

3.9.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您不需要 ESP32-C3 支持信令测试命令，请自行*编译 ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 禁用 `Component config > AT > AT signaling test command support`

3.9.2 AT+FACTPLCP：发送长 PLCP 或短 PLCP

设置命令

命令：

```
AT+FACTPLCP=<enable>,<tx_with_long>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：启用/禁用手动配置：
  - 0: 禁用手动配置，将使用 `<tx_with_long>` 参数的默认值；
  - 1: 启用手动配置，AT 发送的 PLCP 类型取决于 `<tx_with_long>` 参数。
- **<tx_with_long>**：发送长 PLCP 或短 PLCP：
  - 0: 发送短 PLCP（默认）；
  - 1: 发送长 PLCP。

3.10 驱动 AT 命令

- *介绍*
- *AT+DRVADC*：读取 ADC 通道值
- *AT+DRVPWMINIT*：初始化 PWM 驱动器
- *AT+DRVPWMDUTY*：设置 PWM 占空比
- *AT+DRVPWMFADE*：设置 PWM 渐变
- *AT+DRVI2CINIT*：初始化 I2C 主机驱动
- *AT+DRVI2CRD*：读取 I2C 数据
- *AT+DRVI2CWRDATA*：写入 I2C 数据
- *AT+DRVI2CWRBYTES*：写入不超过 4 字节的 I2C 数据
- *AT+DRVSPICONFGPIO*：配置 SPI GPIO
- *AT+DRVSPIINIT*：初始化 SPI 主机驱动
- *AT+DRVSPIRD*：读取 SPI 数据
- *AT+DRVSPIWR*：写入 SPI 数据

3.10.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件不支持此页面下的 AT 命令。如果您需要 ESP32-C3 支持驱动命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 启用 `Component config > AT > AT driver command support`

3.10.2 AT+DRVADC：读取 ADC 通道值

设置命令

命令：

```
AT+DRVADC=<channel>,<atten>
```

响应：

```
+DRVADC:<raw data>

OK
```

参数

- **<channel>**：ADC1 通道。
- ESP32-C3 设备的取值范围为 [0,4]。

通道	管脚
0	GPIO0
1	GPIO1
2	GPIO2
3	GPIO3
4	GPIO4

- **<atten>**：衰减值。
- 0: 0 dB 衰减，有效测量范围为 [0, 750] mV。
- 1: 2.5 dB 衰减，有效测量范围为 [0, 1050] mV。
- 2: 6 dB 衰减，有效测量范围为 [0, 1300] mV。
- 3: 11 dB 衰减，有效测量范围为 [0, 2500] mV。
- **<raw data>**：ADC 通道值。

说明

- ESP-AT 只支持 ADC1。
- ESP32-C3 支持 12 位宽度。
- 对于如何将通道值转换为电压，可以参考 ADC 转换。

示例

```
// ESP32-C3 设备设置为 0 dB 衰减，有效测量范围为 [0, 750] mV
// 电压为 2048 / 4095 * 750 = 375.09 mV
AT+DRVADC=0,0
+DRVADC:2048

OK
```

3.10.3 AT+DRVPWMINIT：初始化 PWM 驱动器

设置命令

命令：

```
AT+DRVPWMINIT=<freq>,<duty_res>,<ch0_gpio>[,...,<ch3_gpio>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<freq>**：LEDC 定时器频率，单位：Hz，范围：1 Hz ~ 8 MHz。
- **<duty_res>**：LEDC 通道占空比分辨率，范围：0 ~ 20 位。
- **<chx_gpio>**：LEDC 通道 x 的输出 GPIO。例如，如果您想将 GPIO16 作为通道 0，需设置 <ch0_gpio> 为 16。

说明

- ESP-AT 最多能支持 4 个通道。
- 使用本命令初始化的通道数量直接决定了其它 PWM 命令（如*AT+DRVPWMDUTY* 和*AT+DRVPWMFADE*）能够设置的通道。例如，如果您只初始化了两个通道，那么 AT+DRVPWMDUTY 命令只能用来更改这两个通道的 PWM 占空比。
- 频率和占空比分辨率相互影响。更多信息请见 频率和占空比分辨率支持范围。

示例

```
AT+DRVPWMINIT=5000,13,17,16,18,19  // 设置 4 个通道，频率为 5 kHz，占空比分辨率为␣
↪13 位
AT+DRVPWMINIT=10000,10,17          // 只初始化通道 0，频率为 10␣
↪kHz，占空比分辨率为 10 位，其它 PWM 相关命令只能设置一个通道
```

3.10.4 AT+DRVPWMDUTY：设置 PWM 占空比

设置命令

命令：

```
AT+DRVPWMDUTY=<ch0_duty>[,...,<ch3_duty>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<duty>**：LEDC 通道占空比，范围：[0,2 占空比分辨率]。

说明

- ESP-AT 最多能支持 4 个通道。
- 若某个通道无需设置占空比，直接省略该参数。

示例

```
AT+DRVPWMDUTY=255,512    // 设置通道 0 的占空比为 255，设置通道 1 的占空比为 512
AT+DRVPWMDUTY=,,0        // 只设置通道 2 的占空比为 0
```

3.10.5 AT+DRVPWMFADE：设置 PWM 渐变

设置命令

命令：

```
AT+DRVPWMFADE=<ch0_target_duty>,<ch0_fade_time>[,...,<ch3_target_duty>,<ch3_fade_
↪time>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<target_duty>**：目标渐变占空比，范围：[0,2 duty_resolution −1]。
- **<fade_time>**：渐变的最长时间，单位：毫秒。

说明

- ESP-AT 最多能支持 4 个通道。
- 若某个通道无需设置 <target_duty> 和 <fade_time>，直接省略即可。

示例

```
AT+DRVPWMFADE=,,0,1000             // 使用一秒的时间将通道 1 的占空比设置为 0
AT+DRVPWMFADE=1024,1000,0,2000,  // 使用一秒的时间将通道 0 的占空比设置为␣
↪1024、两秒的时间将通道 1 的占空比设为 0
```

3.10.6 AT+DRVI2CINIT：初始化 I2C 主机驱动

设置命令

命令：

```
AT+DRVI2CINIT=<num>,<scl_io>,<sda_io>,<clock>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<num>**：I2C 端口号，范围：0 ~ 1。如果未设置后面的参数，AT 将不初始化该 I2C 端口。
- **<scl_io>**：I2C SCL 信号的 GPIO 号。
- **<sda_io>**：I2C SDA 信号的 GPIO 号。
- **<clock>**：主机模式下的 I2C 时钟频率，单位：Hz，最大值：1 MHz。

说明

- 本命令只支持 I2C 主机。

示例

```
AT+DRVI2CINIT=0,25,26,1000  // 初始化 I2C0, SCL: GPIO25, SDA: GPIO26, I2C␣
↪时钟频率：1 kHz
AT+DRVI2CINIT=0             // 取消 I2C0 初始化
```

3.10.7 AT+DRVI2CRD：读取 I2C 数据

设置命令

命令：

```
AT+DRVI2CRD=<num>,<address>,<length>
```

响应：

```
+DRVI2CRD:<read data>
OK
```

参数

- **<num>**：I2C 端口号，范围：0 ~ 1。
- **<address>**：I2C 从机设备地址：
  - 7 位地址：0 ~ 0x7F;
  - 10 位地址：第一个字节的前七个位是 1111 0XX，其中最后两位 XX 是 10 位地址的最高两位。例如，如果 10 位地址为 0x2FF (b' 1011111111)，那么输入的地址为 0x7AFF (b' 111101011111111)。
- **<length>**：I2C 数据长度，范围：1 ~ 2048。
- **<read data>**：I2C 数据。

说明

- I2C 传输超时时间为一秒。

示例

```
AT+DRVI2CRD=0,0x34,1      // I2C0 从地址 0x34 处读取 1 字节的数据
AT+DRVI2CRD=0,0x7AFF,1    // I2C0 从 10 位地址 0x2FF 处读取 1 字节的数据

// I2C0 读地址 0x34，寄存器地址 0x27，读 2 字节
AT+DRVI2CWRBYTES=0,0x34,1,0x27      // I2C0 先写设备地址 0x34、寄存器地址 0x27
AT+DRVI2CRD=0,0x34,2                // I2C0 读地址 2 字节
```

3.10.8 AT+DRVI2CWRDATA：写入 I2C 数据

设置命令

命令：

```
AT+DRVI2CWRDATA=<num>,<address>,<length>
```

响应：

```
OK
>
```

收到上述响应后，请输入您想写入的数据，当数据达到参数指定长度后，数据传输开始。

若数据传输成功，则返回：

```
OK
```

若数据传输失败，则返回：

```
ERROR
```

参数

- **<num>**：I2C 端口号，范围：0 ~ 1。
- **<address>**：I2C 从机设备地址：
  - 7 位地址：0 ~ 0x7F；
  - 10 位地址：第一个字节的前七个位是 1111 0XX，其中最后两位 XX 是 10 位地址的最高两位。例如，如果 10 位地址为 0x2FF (b' 1011111111)，那么输入的地址为 0x7AFF (b' 111101011111111)。
- **<length>**：I2C 数据长度，范围：1 ~ 2048。

说明

- I2C 传输超时时间为一秒。

示例

```
AT+DRVI2CWRDATA=0,0x34,10    // I2C0 写入 10 字节数据至地址 0x34
```

3.10.9 AT+DRVI2CWRBYTES：写入不超过 4 字节的 I2C 数据

设置命令

命令：

```
AT+DRVI2CWRBYTES=<num>,<address>,<length>,<data>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<num>**：I2C 端口号，范围：0 ~ 1。
- **<address>**：I2C 从机设备地址。
  - 7 位地址：0 ~ 0x7F。
  - 10 位地址：第一个字节的前七个位是 1111 0XX，其中最后两位 XX 是 10 位地址的最高两位。例如，如果 10 位地址为 0x2FF (b' 1011111111)，那么输入的地址为 0x7AFF (b' 111101011111111)。
- **<length>**：待写入的 I2C 数据长度，范围：1 ~ 4 字节。
- **<data>**：参数 <length> 指定长度的数据，范围：0 ~ 0xFFFFFFFF。

说明

- I2C 传输超时时间为一秒。

示例

```
AT+DRVI2CWRBYTES=0,0x34,2,0x1234      // I2C0 写入 2 字节数据 0x1234 至地址 0x34
AT+DRVI2CWRBYTES=0,0x7AFF,2,0x1234    // I2C0 写入 2 字节数据 0x1234 至 10 位地址␣
↪0x2FF

// I2C0 写地址 0x34、寄存器地址 0x27，数据为 c0xFF
AT+DRVI2CWRBYTES=0,0x34,2,0x27FF
```

3.10.10 AT+DRVSPICONFGPIO：配置 SPI GPIO

设置命令

命令：

```
AT+DRVSPICONFGPIO=<mosi>,<miso>,<sclk>,<cs>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mosi>**：主出从入信号对应的 GPIO 管脚。
- **<miso>**：主入从出信号对应 GPIO 管脚，若不使用，置位 -1。
- **<sclk>**：SPI 时钟信号对应的 GPIO 管脚。
- **<cs>**：选择从机的信号对应 GPIO 管脚，若不使用，置位 -1。

3.10.11 AT+DRVSPIINIT：初始化 SPI 主机驱动

设置命令

命令：

```
AT+DRVSPIINIT=<clock>,<mode>,<cmd_bit>,<addr_bit>,<dma_chan>[,bits_msb]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<clock>**：时钟速度，分频数为 80 MHz，单位：Hz，最大值：40 MHz。
- **<mode>**：SPI 模式，范围：0 ~ 3。
- **<cmd_bit>**：命令阶段的默认位数，范围：0 ~ 16。
- **<addr_bit>**：地址阶段的默认位数，范围：0 ~ 64。
- **<dma_chan>**：通道 1 或 2，不需要 DMA 时也可为 0。
- **<bits_msb>**：SPI 数据格式：
  - bit0:
    - 0: 先传输 MSB（默认）；
    - 1: 先传输 LSB。
  - bit1:
    - 0: 先接收 MSB（默认）；
    - 1: 先接收 LSB。

说明

- 请在 SPI 初始化前配置 SPI GPIO。

示例

```
AT+DRVSPIINIT=102400,0,0,0,0,3 // SPI 时钟：100␣
↪kHz；模式：0；命令阶段和地址阶段默认位数均为 0；不使用 DMA；先传输和接收 LSB
OK
AT+DRVSPIINIT=0   // 删除 SPI 驱动
OK
```

3.10.12 AT+DRVSPIRD：读取 SPI 数据

设置命令

命令：

```
AT+DRVSPIRD=<data_len>[,<cmd>,<cmd_len>][,<addr>,<addr_len>]
```

响应：

```
+DRVSPIRD:<read data>
OK
```

参数

- **<data_len>**：待读取的 SPI 数据长度，范围：1 ~ 4092 字节。
- **<cmd>**：命令数据，数据长度由 <cmd_len> 参数设定。
- **<cmd_len>**：本次传输中的命令长度，范围：0 ~ 2 字节。
- **<addr>**：命令地址，地址长度由 <addr_len> 参数设定。
- **<addr_len>**：本次传输中地址长度，范围：0 ~ 4 字节。

说明

- 若不使用 DMA，<data_len> 参数每次能够设定的最大值为 64 字节。

示例

```
AT+DRVSPIRD=2  // 读取 2 字节数据
+DRVI2CREAD:ffff
OK

AT+DRVSPIRD=2,0x03,1,0x001000,3  // 读取 2 字节数据，<cmd> 为 0x03，<cmd_len> 为 1
↪字节，<addr> 为 0x1000，<addr_len> 为 3 字节
+DRVI2CREAD:ffff
OK
```

3.10.13 AT+DRVSPIWR：写入 SPI 数据

设置命令

命令：

```
AT+DRVSPIWR=<data_len>[,<cmd>,<cmd_len>][,<addr>,<addr_len>]
```

响应：

当 <data_len> 参数值大于 0，AT 返回：

```
OK
>
```

收到上述响应后，请输入您想写入的数据，当数据达到参数指定长度后，数据传输开始。

若数据传输成功，AT 返回：

```
OK
```

当 <data_len> 参数值为 0 时，也即 AT 只传输命令和地址，不传输 SPI 数据，此时 AT 返回：

```
OK
```

参数

- **<data_len>**：SPI 数据长度，范围：0 ~ 4092。
- **<cmd>**：命令数据，数据长度由 <cmd_len> 参数设定。
- **<cmd_len>**：本次传输中的命令长度，范围：0 ~ 2 字节。
- **<addr>**：命令地址，地址长度由 <addr_len> 参数设定。
- **<addr_len>**：本次传输中地址长度，范围：0 ~ 4 字节。

说明

- 若不使用 DMA，<data_len> 参数每次能够设定的最大值为 64 字节。

示例

```
AT+DRVSPIWR=2  // 写入 2 字节数据
OK
>              // 开始接收串行数据
OK

AT+DRVSPIWR=0,0x03,1,0x001000,3  // 写入 0 字节数据，<cmd> 为 0x03，<cmd_len> 为 1
↪字节，<addr> 为 0x1000，<addr_len> 为 3 字节
OK
```

3.11 Web 服务器 AT 命令

- 介绍
- *AT+WEBSERVER*: 启用/禁用通过 Web 服务器配置 Wi-Fi 连接

3.11.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件不支持此页面下的 AT 命令。如果您需要 ESP32-C3 支持 Web 服务器命令，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 启用 Component config > AT > AT Web Server command support

3.11.2 AT+WEBSERVER: 启用/禁用通过 Web 服务器配置 Wi-Fi 连接

设置命令

命令：

```
AT+WEBSERVER=<enable>,<server_port>,<connection_timeout>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**: 启用/禁用 Web 服务器。
  - 0: 禁用 Web 服务器并释放相关资源。
  - 1: 启用 Web 服务器，您可以通过微信或者浏览器配置 Wi-Fi 连接信息。
- **<server_port>**: Web 服务器端口号。
- **<connection_timeout>**: 每个连接的超时时间。单位：秒。范围：[21,60]。

说明

- 有两种方法可以提供 Web 服务器所需的 HTML 文件。一种是使用 FAT 文件系统，此时需要启用 AT FS 命令。另一种是使用嵌入文件来存储 HTML 文件（默认设置）。
- 默认的 HTML 文件为 index.html 。如果需要自定义 HTML 文件的显示格式或显示文字，则您直接修改该文件即可；如果需要自定义 HTML 文件的其它内容（例如：增加一个字段），则您需要对应修改源码文件 at_web_server_cmd.c 。
- 请确保开放的 socket 的最大数目不能小于 12，您可以在 menuconfig 中设置此项 `./build.py menuconfig > Component config > LWIP > Max number of open sockets`，然后重新编译工程（参考文档*本地编译 ESP-AT 工程*）。
- AT 固件默认不支持 Web 服务器 AT 命令（参考文档 see *ESP-AT 固件差异*），但您可以在 menuconfig 中设置支持 Web 服务器 AT 命令 `./build.py menuconfig > Component config > AT > AT WEB Server command support`，然后重新编译工程（参考文档*本地编译 ESP-AT 工程*）。
- ESP-AT 在 ESP32-C3 系列设备中支持强制门户 (captive portal)，可参考*示例*。
- 更多示例可参考文档*Web Server AT 示例*。
- 该命令的实现开源，源码请参考 at/src/at_web_server_cmd.c。
- 请参考*如何实现 OTA 升级* 获取更多 OTA 命令。

示例

```
// 启用 Web 服务器，端口 80，每个连接的超时时间 50 秒
AT+WEBSERVER=1,80,50

// 禁用 Web 服务器
AT+WEBSERVER=0
```

3.12 用户 AT 命令

- *介绍*
- *AT+USERRAM*：操作用户的空闲 RAM
- *AT+USEROTA*：根据指定 URL 升级固件
- *AT+USERWKMCUCFG*：设置 AT 唤醒 MCU 的配置
- *AT+USERMCUSLEEP*：MCU 指示自己睡眠状态
- *AT+USERDOCS*：查询固件对应的用户文档链接

3.12.1 介绍

重要： 默认的 AT 固件支持此页面下的所有 AT 命令。如果您不需要 ESP32-C3 支持用户命令，请自行*编译 ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：

- 禁用 `Component config > AT > AT user command support`

3.12.2 AT+USERRAM: 操作用户的空闲 RAM

查询命令

功能：

查询用户当前可用的空闲 RAM 大小

命令：

```
AT+USERRAM?
```

响应：

```
+USERRAM:<size>

OK
```

设置命令

功能：

分配、读、写、擦除、释放用户 RAM 空间

命令：

```
AT+USERRAM=<operation>,<size>[,<offset>]
```

响应：

```
+USERRAM:<length>,<data>    // 只有是读操作时，才会有这个回复

OK
```

参数

- **<operation>**：
  - 0：释放用户 RAM 空间
  - 1：分配用户 RAM 空间
  - 2：向用户 RAM 写数据
  - 3：从用户 RAM 读数据
  - 4：清除用户 RAM 上的数据
- **<size>**: 分配/读/写的用户 RAM 大小
- **<offset>**: 读/写 RAM 的偏移量。默认：0

说明

- 请在执行任何其他操作之前分配用户 RAM 空间。
- 当 <operator> 为 write 时，系统收到此命令后先换行返回 >，此时您可以输入要写的数据，数据长度应与 <length> 一致。
- 当 <operator> 为 read 时并且长度大于 1024，ESP-AT 会以同样格式多次回复，每次回复最多携带 1024 字节数据，最终以 \r\nOK\r\n 结束。

示例

```
// 分配 1 KB 用户 RAM 空间
AT+USERRAM=1,1024

// 向 RAM 空间开始位置写入 500 字节数据
AT+USERRAM=2,500

// 从 RAM 空间偏移 100 位置读取 64 字节数据
AT+USERRAM=3,64,100

// 释放用户 RAM 空间
AT+USERRAM=0
```

3.12.3 AT+USEROTA：根据指定 URL 升级固件

ESP-AT 在运行时，升级到指定 URL 上的新固件。

设置命令

功能：

升级到 URL 指定版本的固件

命令：

```
AT+USEROTA=<url len>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收 URL，此时您可以输入 URL，当 AT 接收到的 URL 长度达到 <url len> 后，返回：

```
Recv <url len> bytes
```

AT 输出上述信息之后，升级过程开始。如果升级完成，返回：

```
OK
```

如果参数错误或者固件升级失败，返回：

```
ERROR
```

参数

- **<url len>**：URL 长度。最大值：8192 字节

说明

- 您可以从 *GitHub Actions* 里下载 所需要的 OTA 固件，也可以自行编译 *ESP-AT* 工程 生成所需要的 OTA 固件。
- OTA 固件为 build/esp-at.bin。
- 升级速度取决于网络状况。
- 如果网络条件不佳导致升级失败，AT 将返回 ERROR，请等待一段时间再试。
- 不建议升级到旧版本。降到旧版本会存在一定的兼容性问题，甚至无法运行，如果您坚持要升级到旧版本，请根据自己的产品自行测试验证功能。
- 建议升级 AT 固件后，调用*AT+RESTORE* 恢复出厂设置。
- AT+USEROTA 支持 HTTP 和 HTTPS。
- AT 输出 > 字符后，数据中的特殊字符不需要转义字符进行转义，也不需要以新行结尾 (CR-LF)。
- 当 URL 为 HTTPS 时，不建议 SSL 认证。如果要求 SSL 认证，您必须自行生成 PKI 文件然后将它们下载到对应的分区中，之后在 AT+USEROTA 命令的实现代码中加载证书。对于 PKI 文件请参考如何更新 *PKI* 配置。对于 AT+USEROTA 命令，可参考 ESP-AT 工程提供的示例 USEROTA。
- 请参考如何实现 *OTA* 升级 获取更多 OTA 命令。

示例

```
AT+USEROTA=36

OK

>
Recv 36 bytes

OK
```

3.12.4 AT+USERWKMCUCFG：设置 AT 唤醒 MCU 的配置

设置命令

功能：

此命令配置 AT 如何检查 MCU 的唤醒状态，以及 AT 如何唤醒 MCU。

- 当 MCU 是醒来的状态，AT 将直接向 MCU 发送数据，不会发送唤醒信号。
- 当 MCU 是睡眠的状态，AT 准备向 MCU 主动发送数据时（主动发送的数据和*ESP-AT 消息报告* 中定义的相同），AT 会先发送唤醒信号再发送数据。MCU 被唤醒或者超时后会清除唤醒信号。

命令：

```
AT+USERWKMCUCFG=<enable>,<wake mode>,<wake number>,<wake signal>,<delay time>[,
↪<check mcu awake method>]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<enable>**：启用或禁用唤醒配置。
  - 0：禁用唤醒 MCU 配置
  - 1：使能唤醒 MCU 配置
- **<wake mode>**：唤醒模式。
  - 1：GPIO 唤醒
  - 2：UART 唤醒
- **<wake number>**：该参数的意义取决于 <wake mode> 的值。
  - 如果 <wake mode> 是 1，<wake number> 代表唤醒管脚 GPIO 编号。用户需要保证配置的唤醒管脚没有用作其它用途，否则需要用户做兼容性处理。
  - 如果 <wake mode> 是 2，<wake number> 代表唤醒 UART 编号。当前只支持 1，即支持 UART1 唤醒 MCU。
- **<wake signal>**：该参数的意义取决于 <wake mode> 的值。
  - 如果 <wake mode> 是 1，<wake signal> 代表唤醒电平。
    - 0：低电平
    - 1：高电平
  - 如果 <wake mode> 是 2，<wake signal> 代表唤醒字节。范围：[0,255]。
- **<delay time>**：最大等待时间。单位：毫秒。范围：[0,60000]。该参数的意义取决于 <wake mode> 的值。
  - 如果 <wake mode> 是 1，则在 <delay time> 期间内，将一直保持 <wake signal> 电平。<delay time> 到后，则反转 <wake signal> 电平。
  - 如果 <wake mode> 是 2，则立即发送 <wake signal> 字节，进入等待直到超时。
- **<check mcu awake method>**：AT 检查 MCU 是否处于醒来的状态。
  - Bit 0：是否开启与*AT+USERMCUSLEEP* 命令的关联。默认开启。即：收到 AT+USERMCUSLEEP=0 命令，指示 MCU 醒来；收到 AT+USERMCUSLEEP=1 命令，指示 MCU 睡眠。

  - Bit 1：是否开启与*AT+SLEEP=0/1/2/3* 命令的关联。默认禁用。即：收到 AT+SLEEP=0 命令，指示 MCU 醒来；收到 AT+SLEEP=1/2/3 命令，指示 MCU 睡眠。
  - Bit 2：是否开启 <delay time> 超时后指示 MCU 醒来功能。默认禁用。即：禁用时，delay time 后，指示 MCU 睡眠；使能时，delay time 后，指示 MCU 醒来。
  - Bit 3（暂未实现）：是否开启 GPIO 指示 MCU 醒来功能。默认不支持。

说明

- 此命令只需要配置一次。
- 每次 AT 向 MCU 主动发送数据前，会先发送唤醒信号再进入等待，<delay time> 时间到了之后直接发送数据。此超时会降低与 MCU 间的传输效率。
- 如果在 <delay time> 毫秒之前，AT 收到 <check mcu awake method> 里的任意唤醒事件，则立即清除唤醒状态；否则会等待 <delay time> 超时后，会自动清除唤醒状态。

示例

```
// 使能唤醒 MCU 配置。每次 AT 向 MCU 发送数据前，会先使用 Wi-Fi 模块的 GPIO18␣
↪管脚，高电平唤醒 MCU，同时保持高电平 10 秒。
AT+USERWKMCUCFG=1,1,18,1,10000,3

// 禁用唤醒 MCU 配置
AT+USERWKMCUCFG=0
```

3.12.5 AT+USERMCUSLEEP：MCU 指示自己睡眠状态

设置命令

功能：

在*AT+USERWKMCUCFG* 命令的 <check mcu awake method> Bit 0 配置情况下，此命令才会生效。用于告知 AT 当前 MCU 的睡眠状态。

命令：

```
AT+USERMCUSLEEP=<state>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<state>**：
  - 0：指示 MCU 醒来。
  - 1：指示 MCU 睡眠。

示例

```
// MCU 告知 AT 当前 MCU 醒来
AT+USERMCUSLEEP=0
```

3.12.6 AT+USERDOCS：查询固件对应的用户文档链接

查询命令

功能：

查询当前运行固件对应的中英文用户文档链接。

命令：

```
AT+USERDOCS?
```

响应：

```
+USERDOCS:<"en url">
+USERDOCS:<"cn url">

OK
```

参数

- **<" en url" >**：英文文档链接
- **<" cn url" >**：中文文档链接

示例

```
AT+USERDOCS?
+USERDOCS:"https://docs.espressif.com/projects/esp-at/en/latest/esp32c3/index.html"
+USERDOCS:"https://docs.espressif.com/projects/esp-at/zh_CN/latest/esp32c3/index.
↪html"

OK
```

强烈建议在使用命令之前先阅读以下内容，了解 AT 命令的一些基本信息。

- *AT 命令分类*
- *参数信息保存在 flash 中的 AT 命令*
- *AT 消息*
- *AT 日志*

3.13 AT 命令分类

通用 AT 命令有四种类型：

类型	命令格式	说明
测试命令	AT+< 命令名称 >=?	查询设置命令的内部参数及其取值范围
查询命令	AT+< 命令名称 >?	返回当前参数值
设置命令	AT+< 命令名称 >=<…>	设置用户自定义的参数值，并运行命令
执行命令	AT+< 命令名称 >	运行无用户自定义参数的命令

- 不是每条 AT 命令都具备上述四种类型的命令。
- 命令里输入参数，当前只支持字符串参数和整形数字参数。
- 尖括号 < > 内的参数不可以省略。
- 方括号 [ ] 内的参数可以省略，省略时使用默认值。例如，运行*AT+CWJAP* 命令时省略某些参数：

```
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+CWJAP="ssid","password","11:22:33:44:55:66"
```

- 当省略的参数后仍有参数要填写时，必须使用 ,，以示分隔，如：

```
AT+CWJAP="ssid","password",,1
```

- 使用双引号表示字符串参数，如：

```
AT+CWSAP="ESP756290","21030826",1,4
```

- 特殊字符需作转义处理，当前需要转义的字符有 ,、"、\。
  - \\：转义反斜杠。
  - \,：转义逗号，分隔参数的逗号无需转义。
  - \"：转义双引号，表示字符串参数的双引号无需转义。
  - \<any>：转义 <any> 字符，即只使用 <any> 字符，不使用反斜杠。
- 只有 AT **命令**中的特殊字符需要转义，其它地方无需转义。例如，AT 命令口打印 > 等待输入数据时，该数据不需要转义。

```
AT+CWJAP="comma\,backslash\\ssid","1234567890"
AT+MQTTPUB=0,"topic","\"{\"sensor\":012}\"",1,0
```

- AT 命令的默认波特率为 115200。
- 每条 AT 命令的长度不应超过 256 字节。
- AT 命令以新行 (CR-LF) 结束，所以串口工具应设置为“新行模式”。
- AT 命令错误代码的定义请见*AT API Reference*：
  - *esp_at_error_code*
  - *esp_at_para_parse_result_type*
  - *esp_at_result_code_string_index*

3.14 参数信息保存在 flash 中的 AT 命令

以下 AT 命令的参数更改将始终保存在 flash 的 NVS 区域中，因此重启后，会直接使用。

- *AT+UART_DEF*: AT+UART_DEF=115200,8,1,0,3
- *AT+SAVETRANSLINK*: AT+SAVETRANSLINK=1,"192.168.6.10",1001
- *AT+CWAUTOCONN*: AT+CWAUTOCONN=1

其它一些命令的参数更改是否保存到 flash 可以通过*AT+SYSSTORE* 命令来配置，具体请参见命令的详细说明。

备注： AT 命令里的参数保存，是通过 NVS 库实现的。因此，如果命令配置相同的参数值，则不会写入 flash；如果命令配置不同的参数值，flash 也不会被频繁擦除。

3.15 AT 消息

从 ESP-AT 命令端口返回的 ESP-AT 消息有两种类型：ESP-AT 响应（被动）和 ESP-AT 消息报告（主动）。

- ESP-AT 响应（被动）
  每个输入的 ESP-AT 命令都会返回响应，告诉发送者 ESP-AT 命令的执行结果。响应的最后一条消息必然是 OK 或者 ERROR。

表 3: ESP-AT 响应

AT 响应	说明
OK	AT 命令处理完毕，返回 OK
ERROR	AT 命令错误或执行过程中发生错误
SEND OK	数据已发送到协议栈（针对于*AT+CIPSEND* 和*AT+CIPSENDEX* 命令），但不代表数据已经发到对端
SEND FAIL	向协议栈发送数据时发生错误（针对于*AT+CIPSEND* 和*AT+CIPSENDEX* 命令）
SET OK	URL 已经成功设置（针对于*AT+HTTPURLCFG* 命令）
+<Command Name>:...	详细描述 AT 命令处理结果

- ESP-AT 消息报告（主动）
  ESP-AT 会报告系统中重要的状态变化或消息。

表 4: ESP-AT 消息报告

ESP-AT 消息报告	说明
ready	ESP-AT 固件已经准备就绪
busy p···	系统繁忙，正在处理上一条命令，无法处理新的命令
ERR CODE:<0x%08x>	不同命令的错误代码
Will force to restart!!!	立即重启模块
smartconfig type:<xxx>	Smartconfig 类型
Smart get wifi info	Smartconfig 已获取 SSID 和 PASSWORD
+SCRD:<length>,<reserved data>	ESP-Touch v2 已获取自定义数据
smartconfig connected wifi	Smartconfig 完成，ESP-AT 已连接到 Wi-Fi
WIFI CONNECTED	Wi-Fi station 接口已连接到 AP
WIFI GOT IP	Wi-Fi station 接口已获取 IPv4 地址
WIFI GOT IPv6 LL	Wi-Fi station 接口已获取 IPv6 链路本地地址
WIFI GOT IPv6 GL	Wi-Fi station 接口已获取 IPv6 全局地址
WIFI DISCONNECT	Wi-Fi station 接口已与 AP 断开连接
+ETH_CONNECTED	以太网接口已连接
+ETH_GOT_IP	以太网接口已获取 IPv4 地址
+ETH_DISCONNECTED	以太网接口已断开
[<conn_id>,]CONNECT	ID 为 <conn_id> 的网络连接已建立（默认情况下，ID 为 0）
[<conn_id>,]CLOSED	ID 为 <conn_id> 的网络连接已断开（默认情况下，ID 为 0）
+ERRNO:<error_code>	命令执行失败时的错误码。 – 建立 TCP 连接、UDP 传输、SSL 服务器失败时，错误码按优先级返回：首先为套接字的 SO_ERROR；若 SO_ERROR 为 0，则返回 LwIP 的 errno；若 errno 为 0，则返回 ESP-AT 定义的错误码。 – 建立 SSL 连接失败时，错误码按优先级返回：首先为证书相关错误码；若证书相关错误码为 0，则返回 mbedTLS 的错误码；若 mbedTLS 的错误码为 0，则返回 esp-tls 的错误码；若 esp-tls 的错误码为 0，则返回 ESP-AT 定义的错误码。
+LINK_CONN	TCP/UDP/SSL 连接的详细信息
+STA_CONNECTED: <sta_mac>	station 已连接到 ESP-AT 的 Wi-Fi softAP 接口
+DIST_STA_IP: <sta_mac>,<sta_ip>	ESP-AT 的 Wi-Fi softAP 接口给 station 分配 IP 地址

续下页

表 4 – 接上页

ESP-AT 消息报告	说明
+STA_DISCONNECTED: <sta_mac>	station 与 ESP-AT 的 Wi-Fi softAP 接口的连接断开
>	ESP-AT 正在等待用户输入数据
Recv <xxx> bytes	ESP-AT 从命令端口已接收到 <xxx> 字节
+IPD	ESP-AT 在非透传模式下，已收到来自网络的数据。有以下的消息格式： – 如果 AT+CIPMUX=0，AT+CIPRECVTYPE=1，打印：+IPD,<length> – 如果 AT+CIPMUX=1，AT+CIPRECVTYPE=<link_id>,1，打印：+IPD,<link_id>,<length> – 如果 AT+CIPMUX=0，AT+CIPRECVTYPE=0，AT+CIPDINFO=0，打印：+IPD,<length>:<data> – 如果 AT+CIPMUX=1，AT+CIPRECVTYPE=<link_id>,0，AT+CIPDINFO=0，打印：+IPD,<link_id>,<length>:<data> – 如果 AT+CIPMUX=0，AT+CIPRECVTYPE=0，AT+CIPDINFO=1，打印：+IPD,<length>,<"remote_ip">,<remote_port>:<data> – 如果 AT+CIPMUX=1，AT+CIPRECVTYPE=<link_id>,0，AT+CIPDINFO=1，打印：+IPD,<link_id>,<length>,<"remote_ip">,<remote_port>:<data> 其中的 link_id 为连接 ID，length 为数据长度，remote_ip 为远端 IP 地址，remote_port 为远端端口号，data 为数据。注意：当这是个 SSL 连接时，在被动接收模式下（AT+CIPRECVTYPE=1），AT 命令口回复的 length 可能和实际可读的 SSL 数据长度不一致。因为 AT 会优先返回 SSL 层可读的数据长度，如果 SSL 层可读的数据长度为 0，AT 会返回套接字层可读的数据长度。
透传模式 下的数据	ESP-AT 在透传模式下，已收到来自网络或蓝牙的数据
SEND Canceled	取消在普通传输模式 下发送数据
Have <xxx> Connections	已达到服务器的最大连接数
+QUITT	ESP-AT 退出透传模式
NO CERT FOUND	在自定义分区中没有找到有效的设备证书
NO PRVT_KEY FOUND	在自定义分区中没有找到有效的私钥
NO CA FOUND	在自定义分区中没有找到有效的 CA 证书
+TIME_UPDATED	系统时间已更新。只在发送 *AT+CIPSNTPCFG* 命令后或者掉电重启后，系统从 SNTP 服务器获取到新的时间，才会打印此消息。
+MQTTCONNECTED	MQTT 已连接到 broker
+MQTTDISCONNECTED	MQTT 与 broker 已断开连接
+MQTTSUBRECV	MQTT 已从 broker 收到数据
+MQTTPUB:FAIL	MQTT 发布数据失败
+MQTTPUB:OK	MQTT 发布数据完成

续下页

表 4 – 接上页

ESP-AT 消息报告	说明
+BLECONN	Bluetooth LE 连接已建立
+BLEDISCONN	Bluetooth LE 连接已断开
+READ	通过 Bluetooth LE 连接进行读取操作
+WRITE	通过 Bluetooth LE 进行写入操作
+NOTIFY	来自 Bluetooth LE 连接的 notification
+INDICATE	来自 Bluetooth LE 连接的 indication
+BLESECNTFYKEY	Bluetooth LE SMP 密钥
+BLESECREQ:<conn_index>	收到来自 Bluetooth LE 连接的加密配对请求
+BLEAUTHCMPL:<conn_index>,<enc_result>	Bluetooth LE SMP 配对完成
+BLUFIDATA:<len>,<data>	ESP 设备收到从手机端发送的 BluFi 用户自定义数据
+WS_DISCONNECTED:<link_id>	连接 ID 为 <link_id> 的 WebSocket 连接已断开
+WS_CONNECTED:<link_id>	连接 ID 为 <link_id> 的 WebSocket 连接已建立
+WS_DATA:<link_id>,<data_len>,<data>	连接 ID 为 <link_id> 的 WebSocket 连接收到数据
+WS_CLOSED:<link_id>	连接 ID 为 <link_id> 的 WebSocket 连接已关闭
+BLESCANDONE	扫描结束
+BLESECKEYREQ:<conn_index>	对端已经接受配对请求，ESP 设备可以输入密钥了
+BLE_TT_MODE	进入 BLE 透传模式
+WRITE:<conn_index>	在透传模式下，使能 notify 或者 indicate 时，打印以“+WRITE:”开头的提示消息

如果使用第三方云命令，ESP-AT 会在系统中报告云重要状态变化或消息。

表 5: ESP-AT 第三方云消息报告

ESP-AT 消息报告	说明
RainMaker AT 消息	请参考*ESP-AT RainMaker 消息报告（主动）*

3.16 AT 日志

通过*硬件连接*中输出日志功能对应的管脚，ESP-AT 会输出丰富的日志信息，帮助用户了解 ESP-AT 的运行状态。您也可以*启用不同的日志配置*，以查看更多详细的日志信息。下面列出了部分常见的日志信息和对应说明：

表 6: ESP-AT 日志

AT 日志	说明
at-common: write dlen:0	AT 命令口的 RX 收到非预期的数据，通常这些数据里含有多个 \0 字符。如果使用 UART 和 MCU 通信，请检查： • ESP32-C3 的 UART RX 引脚是否正确连接到 MCU 的 TX 引脚 • MCU 是否发送了非 AT 命令格式的数据 • MCU 是否正确配置了 UART 波特率、数据位、停止位、奇偶校验位、流控 • MCU 的 GND 是否正确连接到 ESP32-C3 的 GND 引脚
at-init: at param mode: <mode>	AT 初始化时的参数模式 • 0：无参数 • 1：使用 mfg_nvs 分区里的参数 • 2：使用 factory_param 分区里的参数
at-init: v4.1.0.0 (<src>)	AT 固件的版本号和对应固件生成的来源
at-wifi: negotiated phy mode: <phy_mode>	Wi-Fi Station 连接到 AP 时协商的 PHY 模式 • 0：Low Rate • 1：11b • 2：11g • 3：11a • 4：HT20 • 5：HT40 • 6：HE20 • 7：VHT20
at-wifi: wifi disconnected, rc:<reason_code>	Wi-Fi station 断开连接的 原因代码
at-wifi: wifi reconnect..(<index>/<total_count>)	Wi-Fi station 正在重连到 AP
at-net: unknown host: <hostname>	无法解析主机名 <hostname>，请检查 DNS 设置和网络连接
at-net: send failed, s:<send_len> r:<ret_len>	发送数据失败，发送长度为 <send_len>，实际返回长度为 <ret_len>。请检查网络连接。
at-net: link is changed	AT 作为服务器时，在数据发送过程中，客户端连接断开后，新的客户端连接到服务器。
at-net: link:<link_id> is on netif:<netif_id>	连接 <link_id> 在网络接口 <netif_id> 上建立成功了。 • 1：Wi-Fi station 接口 • 2：Wi-Fi softAP 接口 • 3：以太网接口

Chapter 4

AT 命令示例

4.1 AT 响应消息格式控制示例

- 启用系统消息过滤，实现 *HTTP* 透传下载功能

4.1.1 启用系统消息过滤，实现 HTTP 透传下载功能

本例以下载一个 PNG 格式的图片文件为例，图片链接为 https://www.espressif.com/sites/default/files/home/hardware.png。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

   ```
   AT+RESTORE
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 连接路由器。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890"
   ```

   响应：

   ```
   WIFI CONNECTED
   WIFI GOT IP

   OK
   ```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. 设置系统消息过滤器一：过滤每条 HTTP 数据的头部和尾部。
   命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=1,18,3
```

   响应：

```
OK

>
```

   此时输入 `^+HTTPCGET:[0-9]*,`（共 18 字节）和 `\r\n$`（共 3 字节，其中 `\r\n` 对应 ASCII 码中的换行和回车，即：0D 0A）。响应：

```
OK
```

   说明：

   - `^+HTTPCGET:[0-9]*,` 为头部正则表达式，表示匹配以 `+HTTPCGET:` 开头，紧跟着一串数字，最后为逗号的字符串。
   - `\r\n$` 为尾部正则表达式，表示匹配以 `\r\n` 结尾的字符串。

5. 设置系统消息过滤器二：过滤图片下载完成时的 OK 系统消息。
   命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=1,0,7
```

   响应：

```
OK

>
```

   此时输入 `\r\nOK\r\n$`（共 7 字节，其中 `\r\n` 对应 ASCII 码中的换行和回车，即：0D 0A）。响应：

```
OK
```

   说明：

   - `\r\nOK\r\n$` 为尾部正则表达式，表示匹配以 `\r\nOK\r\n` 结尾的字符串。

6. 启用系统消息过滤
   命令：

```
AT+SYSMSGFILTER=1
```

   响应：

```
OK
```

   说明：

   - 只有启用系统消息过滤后，上面设置的过滤器才会生效。

7. 关闭回显
   命令：

```
ATE0
```

   响应：

```
OK
```

8. 下载图片
   下载图片，设置发送和接收缓存大小为 2048 字节，网络超时为 5000 毫秒（注意：网络超时不是命令超时，此处的 5 秒网络超时指有连续 5 秒未接收到服务器端的数据，则关闭此网络连接。在较差的网络环境中，如果每秒都能接收一点服务器端的数据，则不会关闭此网络连接，这可能导致命令超时很长）。
   命令：

```
AT+HTTPCGET="https://www.espressif.com/sites/default/files/home/hardware.png",
↪2048,2048,5000
```

响应：

```
// 此处，MCU 将透传接收到整个 https://www.espressif.com/sites/default/files/
↪home/hardware.png 图片资源。
```

说明：

- 如果图片下载失败，AT 仍然会发送 \r\nERROR\r\n （共 9 字节）系统消息给 MCU。

9. 清除过滤器
   命令：

```
AT+SYSMSGFILTERCFG=0
```

响应：

```
OK
```

10. 禁用系统消息过滤
    命令：

```
AT+SYSMSGFILTER=0
```

响应：

```
OK
```

11. 开启回显
    命令：

```
ATE1
```

响应：

```
OK
```

4.2 TCP-IP AT 示例

本文档主要介绍在 ESP32-C3 设备上运行*TCP/IP AT 命令* 命令的详细示例。

- *ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端建立单连接*
- *ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器建立多连接*
- *远端 IP 地址和端口固定的 UDP 通信*
- *远端 IP 地址和端口可变的 UDP 通信*
- *ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立单连接*
- *ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立多连接*
- *ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立双向认证单连接*
- *ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立双向认证多连接*
- *ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端，建立单连接，实现 Network 透传*
- *ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器，实现 Network 透传*
- *ESP32-C3 设备作为 softAP 在 UDP 传输中实现 Network 透传*
- *ESP32-C3 设备获取被动接收模式下的套接字数据*
- *ESP32-C3 设备开启 mDNS 服务，PC 通过域名连接到设备的 TCP 服务器*

4.2.1 ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端建立单连接

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。

命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

   响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

   说明：
   - 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
   在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 TCP 服务器。例如 TCP 服务器的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
5. ESP32-C3 设备作为客户端通过 TCP 连接到 TCP 服务器，服务器 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
   命令：

```
AT+CIPSTART="TCP","192.168.3.102",8080
```

   响应：

```
CONNECT

OK
```

6. 发送 4 字节数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND=4
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes
```

(续下页)

(接上页)

```
SEND OK
```

说明：

- 若输入的字节数目超过 AT+CIPSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。

7. 接收 4 字节数据。
   假设 TCP 服务器发送 4 字节的数据（数据为 test），则系统会提示：

```
+IPD,4:test
```

4.2.2 ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器建立多连接

当 ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器时，必须通过*AT+CIPMUX=1* 命令使能多连接，因为可能有多个 TCP 客户端连接到 ESP32-C3 设备。

以下是 ESP32-C3 设备作为 softAP 建立 TCP 服务器的示例；如果是 ESP32-C3 设备作为 station，可在连接路由器后按照同样方法建立服务器。

1. 设置 Wi-Fi 模式为 softAP。
   命令：

```
AT+CWMODE=2
```

   响应：

```
OK
```

2. 使能多连接。
   命令：

```
AT+CIPMUX=1
```

   响应：

```
OK
```

3. 设置 softAP。
   命令：

```
AT+CWSAP="ESP32_softAP","1234567890",5,3
```

   响应：

```
OK
```

4. 查询 softAP 信息。
   命令：

```
AT+CIPAP?
```

   响应：

```
AT+CIPAP?
+CIPAP:ip:"192.168.4.1"
+CIPAP:gateway:"192.168.4.1"
+CIPAP:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

   说明：

   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同。

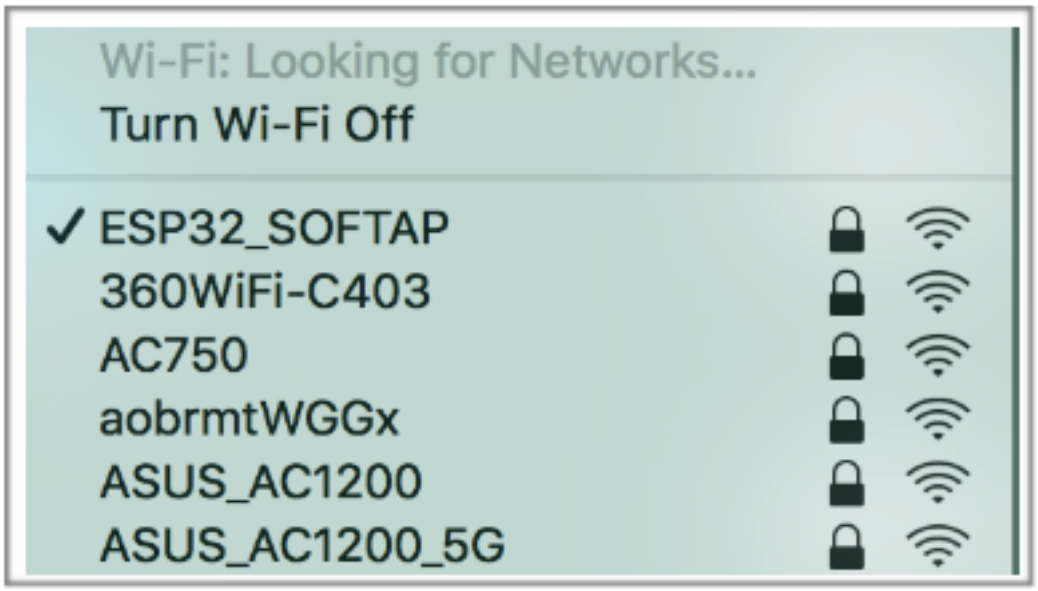
5. 建立 TCP 服务器，默认端口为 333。
   命令：

```
AT+CIPSERVER=1
```

响应：

```
OK
```

6. PC 连接到 ESP32-C3 设备的 softAP。



7. 在 PC 上使用网络调试工具创建一个 TCP 客户端，连接到 ESP32-C3 设备创建的 TCP 服务器。
8. 发送 4 字节数据到网络连接 ID 为 0 的链路上。
   命令：

```
AT+CIPSEND=0,4
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

   说明：
   - 若输入的字节数目超过 `AT+CIPSEND` 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 `busy p...`，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 `SEND OK`。
9. 从网络连接 ID 为 0 的链路上接收 4 字节数据。
   假设 TCP 服务器发送 4 字节的数据（数据为 `test`），则系统会提示：

```
+IPD,0,4:test
```

10. 关闭 TCP 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE=0
```

    响应：

```
0,CLOSED

OK
```

4.2.3 远端 IP 地址和端口固定的 UDP 通信

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

   响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

   说明：
   - 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接到同一个路由。
   在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 UDP 传输。例如 PC 的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
5. 使能多连接。
   命令：

```
AT+CIPMUX=1
```

   响应：

```
OK
```

6. 创建 UDP 传输。分配网络连接 ID 为 4，远程 IP 地址为 `192.168.3.102`，远端端口为 `8080`，本地端口为 `1112`，模式为 `0`。

   重要： `AT+CIPSTART` 命令的参数 `mode` 决定了 UDP 通信的远端 IP 地址和端口是否固定。若参数为 0，则代表系统会分配一个特定网络连接 ID，以确保通信过程中远端的 IP 地址和端口不会被改变，且数据发送端和数据接收端不会被其它设备代替。

   命令：

```
AT+CIPSTART=4,"UDP","192.168.3.102",8080,1112,0
```

   响应：

```
4,CONNECT

OK
```

说明：

- "192.168.3.102" 和 8080 为 UDP 传输的远端 IP 地址和远端端口，也就是 PC 建立的 UDP 配置。
- 1112 为 ESP32-C3 设备的 UDP 本地端口，您可自行设置，如不设置则为随机值。
- 0 表示 UDP 远端 IP 地址和端口是固定的，不能更改。比如有另外一台 PC 创建了 UDP 端并且向 ESP32-C3 设备端口 1112 发送数据，ESP32-C3 设备仍然会接收来自 UDP 端口 1112 的数据，如果使用 AT 命令 AT+CIPSEND=4,X，那么数据仍然只会发送到第一台 PC 端。但是如果这个参数未设置为 0，那么数据将会被发送到新的 PC 端。

7. 发送 7 字节数据到网络连接 ID 为 4 的链路上。
   命令：

```
AT+CIPSEND=4,7
```

响应：

```
OK

>
```

输入 7 字节数据，例如输入数据是 abcdefg，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 7 bytes

SEND OK
```

说明：

- 若输入的字节数目超过 AT+CIPSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。

8. 从网络连接 ID 为 4 的链路上接收 4 字节数据。
   假设 PC 发送 4 字节的数据（数据为 test），则系统会提示：

```
+IPD,4,4:test
```

9. 关闭网络连接 ID 为 4 的 UDP 连接。
   命令：

```
AT+CIPCLOSE=4
```

响应：

```
4,CLOSED

OK
```

4.2.4 远端 IP 地址和端口可变的 UDP 通信

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

说明：

- 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接到同一个路由。
   在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 UDP 传输。例如 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
5. 使能单连接。
   命令：

```
AT+CIPMUX=0
```

响应：

```
OK
```

6. 创建 UDP 传输。远程 IP 地址为 `192.168.3.102`，远端端口为 `8080`，本地端口为 `1112`，模式为 `2`。
   命令：

```
AT+CIPSTART="UDP","192.168.3.102",8080,1112,2
```

响应：

```
CONNECT

OK
```

说明：

- `"192.168.3.102"` 和 *8080* 为 UDP 传输的远端 IP 地址和远端端口，也就是 PC 建立的 UDP 配置。
- `1112` 为 ESP32-C3 设备的 UDP 本地端口，您可自行设置，如不设置则为随机值。
- `2` 表示当前 UDP 传输建立后，UDP 传输远端信息仍然会更改；UDP 传输的远端信息会自动更改为最近一次与 ESP32-C3 设备 UDP 通信的远端 IP 地址和端口。

7. 发送 4 字节数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND=4
```

响应：

```
OK

>
```

输入 4 字节数据，例如输入数据是 test，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

说明：

- 若输入的字节数目超过 AT+CIPSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。

8. 发送 UDP 包给其它 UDP 远端。例如发送 4 字节数据，远端主机的 IP 地址为 192.168.3.103，远端端口为 1000。
   若需要发 UDP 包给其它 UDP 远端，只需指定对方 IP 地址和端口即可。
   命令：

```
AT+CIPSEND=4,"192.168.3.103",1000
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 test，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

9. 接收 4 字节数据。
   假设 PC 发送 4 字节的数据（数据为 test），则系统会提示：

```
+IPD,4:test
```

10. 关闭 UDP 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE
```

    响应：

```
CLOSED

OK
```

4.2.5 ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立单连接

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
```

(续下页)

(接上页)

```
OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

   响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

   说明：

   - 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
5. 在 PC 上使用 OpenSSL 命令，创建一个 SSL 服务器。例如 SSL 服务器的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8070`。
   命令：

```
openssl s_server -cert /home/esp-at/components/customized_partitions/raw_data/
↪server_cert/server_cert.crt -key /home/esp-at/components/customized_
↪partitions/raw_data/server_key/server.key -port 8070
```

   响应：

```
ACCEPT
```

6. ESP32-C3 设备作为客户端通过 SSL 连接到 SSL 服务器，服务器 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8070`。
   命令：

```
AT+CIPSTART="SSL","192.168.3.102",8070
```

   响应：

```
CONNECT

OK
```

7. 发送 4 字节数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND=4
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

   说明：

   - 若输入的字节数目超过 `AT+CIPSEND` 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 `busy p...`，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 `SEND OK`。

8. 接收 4 字节数据。

假设 TCP 服务器发送 4 字节的数据（数据为 `test`），则系统会提示：

```
+IPD,4:test
```

4.2.6 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立多连接

当 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器时，必须通过*AT+CIPMUX=1* 命令使能多连接，因为可能有多个客户端连接到 ESP32-C3 设备。

以下是 ESP32-C3 设备作为 softAP 建立 SSL 服务器的示例；如果是 ESP32-C3 设备作为 station，可在连接路由器后，参照本示例中的建立连接 SSL 服务器的相关步骤。

1. 设置 Wi-Fi 模式为 softAP。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 使能多连接。
   命令：

   ```
   AT+CIPMUX=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 配置 ESP32-C3 softAP。
   命令：

   ```
   AT+CWSAP="ESP32_softAP","1234567890",5,3
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4. 查询 softAP 信息。
   命令：

   ```
   AT+CIPAP?
   ```

   响应：

   ```
   AT+CIPAP?
   +CIPAP:ip:"192.168.4.1"
   +CIPAP:gateway:"192.168.4.1"
   +CIPAP:netmask:"255.255.255.0"

   OK
   ```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同。

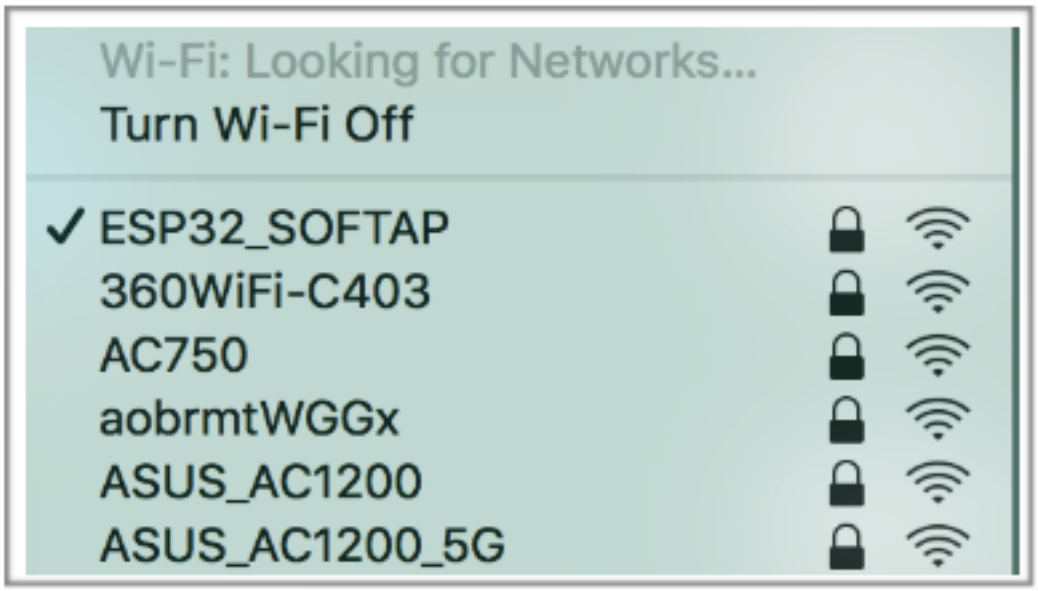
5. 建立 SSL 服务器，端口为 `8070`。
   命令：

   ```
   AT+CIPSERVER=1,8070,"SSL"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

6. PC 连接到 ESP32-C3 设备的 softAP。
7. 在 PC 上使用 OpenSSL 命令，创建一个 SSL 客户端，连接到 ESP32-C3 设备创建的 SSL 服务器。
   命令：




```
openssl s_client -host 192.168.4.1 -port 8070
```

ESP32-C3 设备上的响应：

```
CONNECT
```

8. 发送 4 字节数据到网络连接 ID 为 0 的链路上。
   命令：

```
AT+CIPSEND=0,4
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

   说明：
   - 若输入的字节数目超过 `AT+CIPSEND` 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 `busy p...`，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 `SEND OK`。

9. 从网络连接 ID 为 0 的链路上接收 4 字节数据。
   假设 SSL 服务器发送 4 字节的数据（数据为 `test`），则系统会提示：

```
+IPD,0,4:test
```

10. 关闭 SSL 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE=0
```

    响应：

```
0,CLOSED

OK
```

4.2.7 ESP32-C3 设备作为 SSL 客户端建立双向认证单连接

本示例中使用的证书是 ESP-AT 中默认的证书，您也可以使用自己的证书：

- 要使用您自己的 SSL 客户端证书，请根据如何更新 *PKI* 配置 文档替换默认的证书。
- 要使用您自己的 SSL 服务器证书，请用您自己的证书路径替换下面的 SSL 服务器证书。

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 连接到路由器。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890"
   ```

   响应：

   ```
   WIFI CONNECTED
   WIFI GOT IP

   OK
   ```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
3. 设置 SNTP 服务器。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPCFG=1,8,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

   说明：
   - 您可以根据自己国家的时区设置 SNTP 服务器。
4. 查询 SNTP 时间。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPTIME?
   ```

   响应：

   ```
   +CIPSNTPTIME:Mon Oct 18 20:12:27 2021
   OK
   ```

   说明：
   - 您可以查询 SNTP 时间与实时时间是否相符来判断您设置的 SNTP 服务器是否生效。
5. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

   ```
   AT+CIPSTA?
   ```

   响应：

   ```
   +CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
   +CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
   +CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

   OK
   ```

   说明：
   - 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

6. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
7. 在 PC 上使用 OpenSSL 命令，创建一个 SSL 服务器。例如 SSL 服务器的 IP 地址为 192.168.3.102，端口为 8070。
   命令：

```
openssl s_server -CAfile /home/esp-at/components/customized_partitions/raw_
↪data/server_ca/server_ca.crt -cert /home/esp-at/components/customized_
↪partitions/raw_data/server_cert/server_cert.crt -key /home/esp-at/components/
↪customized_partitions/raw_data/server_key/server.key -port 8070 -verify_
↪return_error -verify_depth 1 -Verify 1
```

   ESP32-C3 设备上的响应：

```
ACCEPT
```

   说明：
   - 命令中的证书路径可以根据你的证书位置进行调整。
8. ESP32-C3 设备设置 SSL 客户端双向认证配置。
   命令：

```
AT+CIPSSLCCONF=3,0,0
```

   响应：

```
OK
```

9. ESP32-C3 设备作为客户端通过 SSL 连接到 SSL 服务器，服务器 IP 地址为 192.168.3.102，端口为 8070。
   命令：

```
AT+CIPSTART="SSL","192.168.3.102",8070
```

   响应：

```
CONNECT

OK
```

10. 发送 4 字节数据。
    命令：

```
AT+CIPSEND=4
```

    响应：

```
OK

>
```

    输入 4 字节数据，例如输入数据是 test，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

    说明：
    - 若输入的字节数目超过 AT+CIPSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。
11. 接收 4 字节数据。
    假设 TCP 服务器发送 4 字节的数据（数据为 test），则系统会提示：

```
+IPD,4:test
```

4.2.8 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立双向认证多连接

当 ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器时，必须通过*AT+CIPMUX=1* 命令使能多连接，因为可能有多个客户端连接到 ESP32-C3 设备。

以下是 ESP32-C3 设备作为 station 建立 SSL 服务器的示例；如果是 ESP32-C3 设备作为 softAP，可参考 `ESP32-C3 设备作为 SSL 服务器建立多连接示例`。

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

   响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

   说明：
   - 您的查询结果可能与上述响应中的不同。
4. 使能多连接。
   命令：

```
AT+CIPMUX=1
```

   响应：

```
OK
```

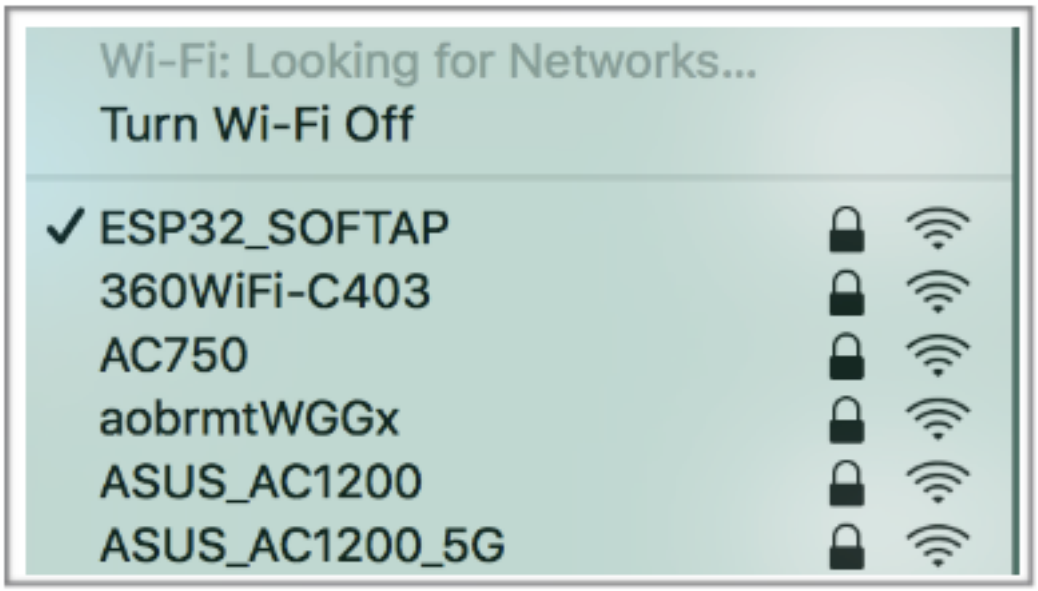
5. 建立 SSL 服务器，端口为 `8070`。
   命令：

```
AT+CIPSERVER=1,8070,"SSL",1
```

   响应：

```
OK
```

6. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
7. 在 PC 上使用 OpenSSL 命令，创建一个 SSL 客户端，连接到 ESP32-C3 设备创建的 SSL 服务器。
   命令：




```
openssl s_client -CAfile /home/esp-at/components/customized_partitions/raw_
↪data/client_ca/client_ca_00.crt -cert /home/esp-at/components/customized_
↪partitions/raw_data/client_cert/client_cert_00.crt -key /home/esp-at/
↪components/customized_partitions/raw_data/client_key/client_key_00.key -host␣
↪192.168.3.112 -port 8070
```

ESP32-C3 设备上的响应：

```
0,CONNECT
```

8. 发送 4 字节数据到网络连接 ID 为 0 的链路上。
   命令：

```
AT+CIPSEND=0,4
```

   响应：

```
OK

>
```

   输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
Recv 4 bytes

SEND OK
```

   说明：
   - 若输入的字节数目超过 `AT+CIPSEND` 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 `busy p...`，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 `SEND OK`。
9. 从网络连接 ID 为 0 的链路上接收 4 字节数据。
   假设 SSL 服务器发送 4 字节的数据（数据为 `test`），则系统会提示：

```
+IPD,0,4:test
```

10. 关闭 SSL 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE=0
```

    响应：

```
0,CLOSED

OK
```

11. 关闭 SSL 服务端。
命令：

```
AT+CIPSERVER=0
```

响应：

```
OK
```

4.2.9 ESP32-C3 设备作为 TCP 客户端，建立单连接，实现 Network 透传

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

说明：
- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
命令：

```
AT+CIPSTA?
```

响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

说明：
- 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接到同一个路由。
在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 TCP 服务器。例如 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
5. ESP32-C3 设备作为客户端通过 TCP 连接到 TCP 服务器，服务器 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8080`。
命令：

```
AT+CIPSTART="TCP","192.168.3.102",8080
```

响应：

```
CONNECT

OK
```

6. 进入 Network 透传接收模式。
   命令：

```
AT+CIPMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

7. 进入 Network 透传模式 并发送数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND
```

   响应：

```
OK

>
```

8. 停止发送数据
   在透传发送数据过程中，若识别到单独的一包数据 +++，则系统会退出透传发送。此时请至少等待 1 秒，再发下一条 AT 命令。请注意，如果直接用键盘打字输入 +++，有可能因时间太慢而不能被识别为连续的三个 +。更多介绍请参考*[仅适用透传模式] +++*。

   重要： 使用 +++ 可退出透传模式，回到透传接收模式，此时 TCP 连接仍然有效。您也可以使用 AT+CIPSEND 命令恢复透传。

9. 退出 Network 透传接收模式。
   命令：

```
AT+CIPMODE=0
```

   响应：

```
OK
```

10. 关闭 TCP 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE
```

    响应：

```
CLOSED

OK
```

4.2.10 ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器，实现 Network 透传

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 设置多连接模式。
   命令：

```
AT+CIPMUX=1
```

响应：

```
OK
```

说明：

- TCP 服务器必须在多连接模式下才能开启。

4. 设置 TCP 服务器最大连接数为 1。
   命令：

```
AT+CIPSERVERMAXCONN=1
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 透传模式是点对点的，因此 TCP 服务器的最大连接数只能是 1。

5. 开启 TCP 服务器。
   命令：

```
AT+CIPSERVER=1,8080
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 设置 TCP 服务器端口为 8080，您也可以设置为其它端口。

6. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"

OK
```

说明：

- 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

7. PC 连接到 ESP32-C3 TCP 服务器。
   PC 与 ESP32-C3 设备连接到同一个路由。
   在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 TCP 客户端。连接到 ESP32-C3 的 TCP 服务器。地址为 `192.168.3.112`，端口为 `8080`。
   AT 响应：

```
0,CONNECT
```

8. 进入 Network 透传接收模式。
   命令：

```
AT+CIPMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

9. 进入 Network 透传模式 并发送数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND
```

   响应：

```
OK

>
```

10. 停止发送数据
    在透传发送数据过程中，若识别到单独的一包数据 +++，则系统会退出透传发送。此时请至少等待 1 秒，再发下一条 AT 命令。请注意，如果直接用键盘打字输入 +++，有可能因时间太慢而不能被识别为连续的三个 +。更多介绍请参考*[仅适用透传模式] +++*。

    重要： 使用 +++ 可退出透传模式，回到透传接收模式，此时 TCP 连接仍然有效。您也可以使用 AT+CIPSEND 命令恢复透传。

11. 退出 Network 透传接收模式。
    命令：

```
AT+CIPMODE=0
```

    响应：

```
OK
```

12. 关闭 TCP 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE
```

    响应：

```
CLOSED

OK
```

4.2.11 ESP32-C3 设备作为 softAP 在 UDP 传输中实现 Network 透传

1. 设置 Wi-Fi 模式为 softAP。
   命令：

```
AT+CWMODE=2
```

   响应：

```
OK
```

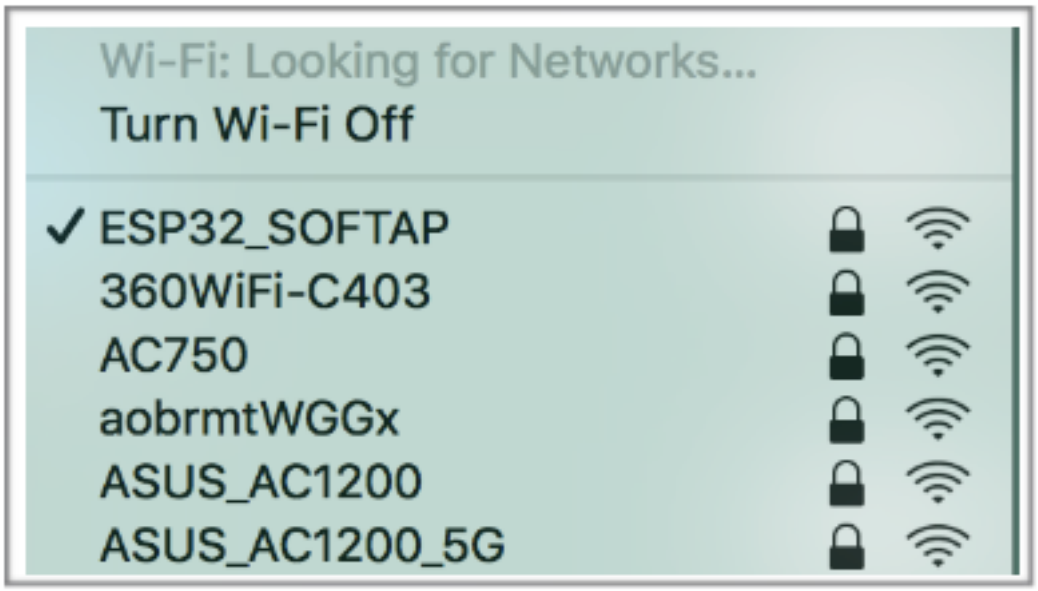
2. 设置 softAP。
   命令：

```
AT+CWSAP="ESP32_softAP","1234567890",5,3
```

响应：

```
OK
```

3. PC 连接到 ESP32-C3 设备的 softAP。



4. 创建一个 UDP 端点。
   在 PC 上使用网络调试助手，创建一个 UDP 传输。例如 PC 端 IP 地址为 `192.168.4.2`，端口为 `8080`。
5. ESP32-C3 与 PC 对应端口建立固定对端 IP 地址和端口的 UDP 传输。远程 IP 地址为 `192.168.4.2`，远端端口为 `8080`，本地端口为 `2233`，模式为 `0`。
   命令：

```
AT+CIPSTART="UDP","192.168.4.2",8080,2233,0
```

响应：

```
CONNECT

OK
```

6. 进入 Network 透传接收模式。
   命令：

```
AT+CIPMODE=1
```

响应：

```
OK
```

7. 进入 Network 透传模式 并发送数据。
   命令：

```
AT+CIPSEND
```

响应：

```
OK

>
```

8. 停止发送数据

在透传发送数据过程中，若识别到单独的一包数据 +++，则系统会退出透传发送。此时请至少等待 1 秒，再发下一条 AT 命令。请注意，如果直接用键盘打字输入 +++，有可能因时间太慢而不能被识别为连续的三个 +。更多介绍请参考*[仅适用透传模式] +++*。

重要： 使用 +++ 可退出透传模式，回到透传接收模式，此时 TCP 连接仍然有效。您也可以使用 AT+CIPSEND 命令恢复透传。

---

9. 退出 Network 透传接收模式。
   命令：

```
AT+CIPMODE=0
```

   响应：

```
OK
```

10. 关闭 TCP 连接。
    命令：

```
AT+CIPCLOSE
```

    响应：

```
CLOSED

OK
```

4.2.12 ESP32-C3 设备获取被动接收模式下的套接字数据

预计设备将接收大量网络数据并且 MCU 端来不及处理时，可以参考该示例，使用被动接收数据模式。

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 查询 ESP32-C3 设备 IP 地址。
   命令：

```
AT+CIPSTA?
```

   响应：

```
+CIPSTA:ip:"192.168.3.112"
+CIPSTA:gateway:"192.168.3.1"
+CIPSTA:netmask:"255.255.255.0"
```

(续下页)

(接上页)

```
OK
```

说明：

- 您的查询结果可能与上述响应中的不同。

4. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
   在 PC 上使用网络调试工具，创建一个 TCP 服务器。例如 TCP 服务器的 IP 地址为 192.168.3.102，端口为 8080。
5. ESP32-C3 设备作为客户端通过 TCP 连接到 TCP 服务器，服务器 IP 地址为 192.168.3.102，端口为 8080。
   命令：

```
AT+CIPSTART="TCP","192.168.3.102",8080
```

响应：

```
CONNECT

OK
```

6. ESP32-C3 设备设置套接字接收模式为被动模式。
   命令：

```
AT+CIPRECVTYPE=1
```

响应：

```
OK
```

7. TCP 服务器发送 4 字节的数据（数据为 test）。
   说明：
   - 此时会回复 +IPD,4，如果后续再接收到服务器数据，是否回复 +IPD,，请阅读*AT+CIPRECVTYPE* 说明部分。
8. ESP32-C3 设备查询被动接收模式下套接字数据的长度。
   命令：

```
AT+CIPRECVLEN?
```

响应：

```
+CIPRECVLEN:4
OK
```

9. ESP32-C3 设备获取被动接收模式下的套接字数据。
   命令：

```
AT+CIPRECVDATA=4
```

响应：

```
+CIPRECVDATA:4,test
OK
```

4.2.13 ESP32-C3 设备开启 mDNS 服务，PC 通过域名连接到设备的 TCP 服务器

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
3. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
   只有在同一个局域网中，PC 才能发现 ESP32-C3 设备。
4. 在 PC 上使用 mDNS 工具开启服务发现。例如 Linux 上使用 avahi-browse （macOS 或 Windows 上使用 Bonjour）。
   命令：

```
sudo avahi-browse -a -r
```

5. ESP32-C3 设备开启 mDNS 服务。
   命令：

```
AT+MDNS=1,"espressif","_printer",35,"my_instance","_tcp",2,"product","my_
↪printer","firmware_version","AT-V3.4.1.0"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   - 此命令开启 mDNS 服务，表明了设备实例名称为 `my_instance`，服务类型为 `_printer`，端口为 `35`，产品为 `my_printer`，固件版本为 `AT-V3.4.1.0`。
6. （可选步骤）PC 端发现 ESP32-C3 设备。
   PC 端的 `avahi-browse` 工具会提示：

```
...
+ enx000ec6dd4ebf IPv4 my_instance                                      UNIX␣
↪Printer         local
= enx000ec6dd4ebf IPv4 my_instance                                      UNIX␣
↪Printer         local
  hostname = [espressif.local]
  address = [192.168.200.90]
  port = [35]
  txt = ["product=my_printer" "firmware_version=AT-V3.4.1.0"]
```

   说明：
   - 此步骤不是必须的，只是为了验证 ESP32-C3 设备的 mDNS 功能是否正常。
7. ESP32-C3 设备使能多连接。
   命令：

```
AT+CIPMUX=1
```

   响应：

```
OK
```

8. ESP32-C3 设备作为 TCP 服务器，端口为 `35`。
   命令：

```
AT+CIPSERVER=1,35
```

响应：

```
OK
```

9. 在 PC 上使用 TCP 工具（例如，Linux 或 macOS 上使用 nc，Windows 上使用 ncat），通过域名连接到 ESP32-C3 设备的 TCP 服务器。
   命令：

   ```
   nc espressif.local 35
   ```

   ESP32-C3 设备响应：

   ```
   0,CONNECT
   ```

   说明：
   - 连接建立成功后，PC 和 ESP32-C3 设备之间立即可以进行数据传输。
10. ESP32-C3 设备关闭 mDNS 功能。
    命令：

    ```
    AT+MDNS=0
    ```

    响应：

    ```
    OK
    ```

    说明：
    - 关闭 mDNS 功能能一定程度上减少设备的功耗。

4.3 Bluetooth LE AT 示例

本文档主要介绍*Bluetooth® Low Energy AT 命令集* 的使用方法，并提供在 ESP32-C3 设备上运行这些命令的详细示例。

- *简介*
- *Bluetooth LE 客户端读写服务特征值*
- *Bluetooth LE 连接加密*
- *两个 ESP32-C3 开发板之间建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据*
- *ESP32-C3 与手机建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据*
- *ESP32-C3 和手机之间建立 Bluetooth LE 连接并配对*

4.3.1 简介

ESP-AT 当前仅支持 **Bluetooth LE 4.2 协议规范**，本文档中的描述仅适用于 **Bluetooth LE protocol 4.2 协议规范**。请参考 核心规范 4.2 获取更多信息。

Bluetooth LE 协议架构

Bluetooth LE 协议栈从下至上分为几个层级：`Physical Layer (PHY)`、`Link Layer (LL)`、`Host Controller Interface (HCI)`、`Logical Link Control and Adaptation Protocol Layer (L2CAP)`、`Attribute Protocol (ATT)`、`Security Manager Protocol (SMP)`、`Generic Attribute Profile (GATT)`、`Generic Access Profile (GAP)`。

- `PHY`：PHY 层主要负责在物理信道上发送和接收信息包。Bluetooth LE 使用 `40` 个射频信道。频率范围：2402 MHz 到 2480 MHz。

- LL：LL 层主要负责创建、修改和释放逻辑链路（以及，如果需要，它们相关的逻辑传输），以及与设备之间的物理链路相关的参数的更新。它控制链路层状态机处于 准备、广播、监听/扫描、发起连接、已连接五种状态之一。
- HCI：HCI 层向主机和控制器提供一个标准化的接口。该层可以由软件 API 实现或者使用硬件接口 UART、SPI、USB 来控制。
- L2CAP：L2CAP 层负责对主机和协议栈之间交换的数据进行协议复用能力、分段和重组操作。
- ATT：ATT 层实现了属性服务器和属性客户端之间的点对点协议。ATT 客户端向 ATT 服务端发送命令、请求和确认。ATT 服务端向客户端发送响应、通知和指示。
- SMP：SMP 层用于生成加密密钥和身份密钥。SMP 还管理加密密钥和身份密钥的存储，并负责生成随机地址并将随机地址解析为已知设备身份。
- GATT：GATT 层表示属性服务器和可选的属性客户端的功能。该配置文件描述了属性服务器中使用的服务、特征和属性的层次结构。该层提供用于发现、读取、写入和指示服务特性和属性的接口。
- GAP：GAP 层代表所有蓝牙设备通用的基本功能，例如传输、协议和应用程序配置文件使用的模式和访问程序。GAP 服务包括设备发现、连接模式、安全、身份验证、关联模型和服务发现。

Bluetooth LE 角色划分

在 Bluetooth LE 协议栈中不同的层级有不同的角色划分。这些角色划分互不影响。

- LL：设备可以划分为 主机和 从机，从机广播，主机可以发起连接。
- GAP：定义了 4 种特定角色：广播者、观察者、外围设备和 中心设备。
- GATT：设备可以分为 服务端和 客户端。

重要:

- 本文档中描述的 Bluetooth LE 服务端和 Bluetooth LE 客户端都是 GATT 层角色。
- 当前，ESP-AT 支持 Bluetooth LE 服务端和 Bluetooth LE 客户端同时存在。
- 不论 ESP-AT 初始化为 Bluetooth LE 服务端还是 Bluetooth LE 客户端，同时连接的最大设备数量为 3。

GATT 其实是一种属性传输协议，简单的讲可以认为是一种属性传输的应用层协议。这个属性的结构非常简单。它由 服务组成，每个服务由不同数量的 特征组成，每个 特征又由很多其它的元素组成。

GATT 服务端和 GATT 客户端这两种角色存在于 Bluetooth LE 连接建立之后。GATT 服务器存储通过属性协议传输的数据，并接受来自 GATT 客户端的属性协议请求、命令和确认。简而言之，提供数据的一端称为 GATT 服务端，访问数据的一端称为 GATT 客户端。

4.3.2 Bluetooth LE 客户端读写服务特征值

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 Bluetooth LE 服务端（只作为 Bluetooth LE 服务端角色），另一块作为 Bluetooth LE 客户端（只作为 Bluetooth LE 客户端角色）。这个例子展示了应如何使用 AT 命令建立 Bluetooth LE 连接，完成数据通信。

重要: 在以下步骤中以 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，以 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端执行即可。

---

1. 初始化 Bluetooth LE 功能。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

   响应：

```
OK
```

ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
命令：

```
AT+BLEINIT=1
```

响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取其 MAC 地址。
命令：

```
AT+BLEADDR?
```

响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

说明：
- 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现服务特征。
命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

响应：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",1,1,0xC300,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,2,0xC301,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,2,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,3,0xC302,0x08
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,3,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,4,0xC303,0x04
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,4,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,5,0xC304,0x08
+BLEGATTSCHAR:"char",1,6,0xC305,0x10
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,6,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,7,0xC306,0x20
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,7,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,8,0xC307,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,8,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,1,0xC400,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,2,0xC401,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,2,1,0x2901
```

(续下页)

(接上页)

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播，之后 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开始扫描并且持续 3 秒钟。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

   响应：

```
OK
```

   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLESCAN=1,3
```

   响应：

```
OK
+BLESCAN:"5b:3b:6c:51:90:49",-87,02011a020a0c0aff4c001005071c3024dc,,1
+BLESCAN:"c4:5b:be:93:ec:66",-84,0201060303111809095647543147572d58020a03,,0
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-29,,,0
```

   说明：
   - 您的扫描结果可能与上述响应中的不同。

3. 建立 Bluetooth LE 连接。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:d6:e4:46"
```

   响应：

```
+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46"

OK
```

   说明：
   - 输入上述命令时，请使用您的 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端地址。
   - 如果 Bluetooth LE 连接成功，则会提示 `+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46`。
   - 如果 Bluetooth LE 连接失败，则会提示 `+BLECONN:0,-1`。

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
```

   响应：

```
+BLEGATTCPRIMSRV:0,1,0x1801,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,2,0x1800,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,3,0xA002,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,4,0xA003,1

OK
```

   说明：
   - ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询服务的结果，比 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询服务的结果多两个默认服务（UUID: 0x1800 和 0x1801），这是正常现象。正因如此，对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询的 <srv_index> 值 + 2。例如上述示例中的服务 0xA002，当前在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询到的 <srv_index> 为 3，如果在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询，则 <srv_index> 为 1。

5. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTCCHAR=0,3
```

   响应：

```
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,1,0xC300,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,1,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,2,0xC301,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,2,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,3,0xC302,0x08
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,3,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,4,0xC303,0x04
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,4,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,5,0xC304,0x08
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,6,0xC305,0x10
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,6,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,7,0xC306,0x20
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,7,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,8,0xC307,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,8,1,0x2901

OK
```

6. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端读取一个特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTCRD=0,3,1
```

   响应：

```
+BLEGATTCRD:0,1,0

OK
```

   说明：
   - 请注意目标特征值必须要有读权限。
   - 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端读取特征成功，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端则会提示 `+READ:0,"7c:df:a1:b3:8d:de"`。

7. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端写一个特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTCWR=0,3,3,,2
```

   响应：

```
>
```

   符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 `<length>` 的值时，执行写入操作。

```
OK
```

   说明：
   - 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端写特征描述符成功，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端则会提示 `+WRITE:<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,[<desc_index>],<len>,<value>`。

8. Indicate 一个特征值。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLEGATTCWR=0,3,7,1,2
```

   响应：

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，执行写入操作。
为了接收 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发送过来的数据（通过 notify 方式或者 indicate 方式），ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端需要提前向服务端注册。对于 notify 方式，需要写入值 0x0001，对于 indicate 方式，需要写入值 0x0002。在本例中写入 0x0002 来使用 indicate 方式。

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端写特征描述符成功，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端则会提示 +WRITE:<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<desc_index>,<len>,<value>。

ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
命令：

```
AT+BLEGATTSIND=0,1,7,3
```

响应：

```
>
```

符号 > 表示 AT 准备好接收串口数据，此时您可以输入数据，当数据长度达到参数 <length> 的值时，执行 indicate 操作。

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端接收到 indication, 则会提示 +INDICATE:<conn_index>,<srv_index>,<char_index>,<len>,<value>。
- 对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端的 <srv_index> 值 + 2，这是正常现象。
- 对于服务中特征的权限，您可参考文档如何自定义低功耗蓝牙服务。

4.3.3 Bluetooth LE 服务端读写服务特征值

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 Bluetooth LE 服务端（只作为 Bluetooth LE 服务端角色），另一块作为 Bluetooth LE 客户端（只作为 Bluetooth LE 客户端角色）。这个例子展示了应如何建立 Bluetooth LE 连接，以及服务端读写服务特征值和客户端设置，notify 服务特征值。

重要： 步骤中以 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，以 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端执行即可。

---

1. 初始化 Bluetooth LE 功能。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

   响应：

```
OK
```

   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLEINIT=1
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取其 MAC 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。
2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播参数。
   命令：

```
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,0,7,0,,
```

   响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播数据。
   命令：

```
AT+BLEADVDATA="0201060A094573707265737369660303 02A0"
```

   响应：

```
OK
```

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播。
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端获取其 MAC 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:03:a7:4e"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开始扫描，持续 3 秒。
   命令：

```
AT+BLESCAN=1,3
```

   响应：

```
OK
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-78,0201060a094573707265737369660303 02a0,,0
+BLESCAN:"45:03:cb:ac:aa:a0",-62,0201060aff4c001005441c61df7d,,1
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-26,0201060a094573707265737369660303 02a0,,0
```

   说明：
   - 您的扫描结果可能与上述响应中的不同。

3. 建立 the Bluetooth LE 连接。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:d6:e4:46"
```

   响应：

```
+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46"

OK
```

   说明：
   - 输入上述命令时，请使用您的 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端地址。
   - 如果 Bluetooth LE 连接成功，则会提示 `+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46`。
   - 如果 Bluetooth LE 连接失败，则会提示 `+BLECONN:0,-1`。

   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：

   命令：

```
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:03:a7:4e"
```

   响应：

```
+BLECONN:0,"24:0a:c4:03:a7:4e"

OK
```

说明：

- 输入上述命令时，请使用您的 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端地址。
- 如果 Bluetooth LE 连接成功，则会提示 `OK`，不会提示 `+BLECONN:0,"24:0a:c4:03:a7:4e`。
- 如果 Bluetooth LE 连接失败，则会提示 `ERROR`，不会提示 `+BLECONN:0,-1`。

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询本地服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRV?
```

   响应：

```
+BLEGATTSSRV:1,1,0xA002,1
+BLEGATTSSRV:2,1,0xA003,1

OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现本地特征。
   命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

   响应：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",1,1,0xC300,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,2,0xC301,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,2,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,3,0xC302,0x08
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,3,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,4,0xC303,0x04
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,4,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,5,0xC304,0x08
+BLEGATTSCHAR:"char",1,6,0xC305,0x10
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,6,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,7,0xC306,0x20
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,7,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,8,0xC307,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,8,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,1,0xC400,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,2,0xC401,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,2,1,0x2901

OK
```

3. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现对端服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
```

   响应：

```
+BLEGATTCPRIMSRV:0,1,0x1801,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,2,0x1800,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,3,0xA002,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,4,0xA003,1

OK
```

   说明：
   - ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端查询服务的结果，比 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询服务的结果多两个默认服务（UUID: 0x1800 和 0x1801）。正因如此，对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端查询的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询的 <srv_index> 值 + 2。

例如，上述示例中的服务 0xA002，当前在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端查询到的 <srv_index> 为 3，如果在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询，则 <srv_index> 为 1。

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现对端特征。
   命令：

```
AT+BLEGATTCCHAR=0,3
```

   响应：

```
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,1,0xC300,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,1,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,2,0xC301,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,2,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,3,0xC302,0x08
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,3,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,4,0xC303,0x04
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,4,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,5,0xC304,0x08
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,6,0xC305,0x10
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,6,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,7,0xC306,0x20
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,7,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,8,0xC307,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,8,1,0x2901

OK
```

5. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端设置服务特征值。
   选择支持写操作的服务特征（characteristic）去设置服务特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSETATTR=1,8,,1
```

   响应：

```
>
```

   命令：

```
写入一个字节 ``9``
```

   响应：

```
OK
```

6. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端读服务特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTCRD=0,3,8,
```

   响应：

```
+BLEGATTCRD:0,1,9

OK
```

7. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端写服务特征值。
   选择支持写操作的服务特性写入特性。
   命令：

```
AT+BLEGATTCWR=0,3,6,1,2
```

   响应：

```
>
```

   命令：

```
写入2个字节 ``12``
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 如果 Bluetooth LE 服务端写服务特征值成功后，Bluetooth LE 客户端则会提示 `+WRITE:0,1,6,1,2,12`。

8. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端 notify 服务特征值

命令：

```
AT+BLEGATTSNTFY=0,1,6,10
```

响应：

```
>
```

命令：

```
写入 ``1234567890`` 10个字节
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端 notify 服务特征值给服务端成功，Bluetooth LE 服务端则会提示 `+NOTIFY:0,3,6,10,1234567890`。

4.3.4 Bluetooth LE 连接加密

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 Bluetooth LE 服务端（只作为 Bluetooth LE 服务端角色），另一块作为 Bluetooth LE 客户端（只作为 Bluetooth LE 客户端角色）。这个例子展示了怎样加密 Bluetooth LE 连接。

重要:

- 在以下步骤中以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端`开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端`开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端执行即可。
- 加密和 绑定是两个不同的概念。绑定只是加密成功后在本地存储了一个长期的密钥。
- ESP-AT 最多允许绑定 `10` 个设备。

---

1. 初始化 Bluetooth LE 功能。

ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：

命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

响应：

```
OK
```

ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：

命令：

```
AT+BLEINIT=1
```

响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取 Bluetooth LE 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现服务特征。
   命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

   响应：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",1,1,0xC300,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,2,0xC301,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,2,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,3,0xC302,0x08
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,3,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,4,0xC303,0x04
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,4,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,5,0xC304,0x08
+BLEGATTSCHAR:"char",1,6,0xC305,0x10
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,6,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,7,0xC306,0x20
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,7,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,8,0xC307,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,8,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,1,0xC400,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,2,0xC401,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,2,1,0x2901

OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播，之后 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开始扫描并且持续 3 秒钟。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

响应：

```
OK
```

ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
命令：

```
AT+BLESCAN=1,3
```

响应：

```
OK
+BLESCAN:"5b:3b:6c:51:90:49",-87,02011a020a0c0aff4c001005071c3024dc,,1
+BLESCAN:"c4:5b:be:93:ec:66",-84,02010603031118090956475431475 72d58020a03,,0
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-29,,,0
```

说明：

- 您的扫描结果可能与上述响应中的不同。

3. 建立 Bluetooth LE 连接。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:d6:e4:46"
```

响应：

```
+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46"

OK
```

说明：

- 输入上述命令时，请使用您的 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端地址。
- 如果 Bluetooth LE 连接成功，则会提示 `+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46`。
- 如果 Bluetooth LE 连接失败，则会提示 `+BLECONN:0,-1`。

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
```

响应：

```
+BLEGATTCPRIMSRV:0,1,0x1801,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,2,0x1800,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,3,0xA002,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,4,0xA003,1

OK
```

说明：

- ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询服务的结果，比 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询服务的结果多两个默认服务（UUID: 0x1800 和 0x1801），这是正常现象。正因如此，对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询的 <srv_index> 值 + 2。例如上述示例中的服务 0xA002，当前在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询到的 <srv_index> 为 3，如果在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询，则 <srv_index> 为 1。

5. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现特征值。
   命令：

```
AT+BLEGATTCCHAR=0,3
```

响应：

```
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,1,0xC300,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,1,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,2,0xC301,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,2,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,3,0xC302,0x08
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,3,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,4,0xC303,0x04
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,4,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,5,0xC304,0x08
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,6,0xC305,0x10
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,6,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,7,0xC306,0x20
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,7,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,8,0xC307,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,8,1,0x2901

OK
```

6. 设置加密参数。设置 auth_req 为 SC_MITM_BOND，服务端的 iocap 为 KeyboardOnly，客户端的 iocap 为 KeyboardDisplay，key_size 为 16，init_key 为 3, rsp_key 为 3。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLESECPARAM=13,2,16,3,3
```

   响应：

```
OK
```

   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLESECPARAM=13,4,16,3,3
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   - 在本例中，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端输入配对码，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端显示配对码。
   - ESP-AT 支持 Legacy Pairing 和 Secure Connections 两种加密方式，但后者有更高级别的优先级。如果对端也支持 Secure Connections，则会采用 Secure Connections 方式加密。
7. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发起加密请求。
   命令：

```
AT+BLEENC=0,3
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端成功接收到加密请求，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端则会提示 +BLESECREQ:0。

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端响应配对请求。

   命令：

```
AT+BLEENCRSP=0,1
```

   响应：

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端成功收到配对响应，则 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端将会产生一个 6 位的配对码。
- 在本例中，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端则会提示 `+BLESECNTFYKEY:0,793718`。配对码为 `793718`。

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端回复配对码。
   命令：

```
AT+BLEKEYREPLY=0,793718
```

响应：

```
OK
```

执行这个命令之后，在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端和 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端会有一些对应信息提示。
ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：

```
+BLESECKEYTYPE:0,16
+BLESECKEYTYPE:0,1
+BLESECKEYTYPE:0,32
+BLESECKEYTYPE:0,2
+BLEAUTHCMPL:0,0
```

ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：

```
+BLESECNTFYKEY:0,793718
+BLESECKEYTYPE:0,2
+BLESECKEYTYPE:0,16
+BLESECKEYTYPE:0,1
+BLESECKEYTYPE:0,32
+BLEAUTHCMPL:0,0
```

您可以忽略以 `+BLESECKEYTYPE` 开头的信息。信息 `+BLEAUTHCMPL:0,0` 中的第二个参数为 `0` 表示加密成功，为 `1` 表示加密失败。

4.3.5 两个 ESP32-C3 开发板之间建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 Bluetooth LE 服务端（只作为 Bluetooth LE 服务端角色），另一块作为 Bluetooth LE 客户端（只作为 Bluetooth LE 客户端角色）。这个例子展示了应如何建立 Bluetooth LE 连接，以及建立透传通信 Bluetooth LE SPP (Serial Port Profile, UART-Bluetooth LE 透传模式)。

重要： 在以下步骤中以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端`开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端`开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端执行即可。

---

1. 初始化 Bluetooth LE 功能。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

响应：

```
OK
```

ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
命令：

```
AT+BLEINIT=1
```

响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取其 MAC 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。
2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播参数。
   命令：

```
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,0,7,0,,
```

   响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播数据。
   命令：

```
AT+BLEADVDATA="0201060A094573707265737369660303 02A0"
```

   响应：

```
OK
```

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播。
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

   响应：

```
OK
```

5. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开始扫描，持续 3 秒。
   命令：

```
AT+BLESCAN=1,3
```

   响应：

```
OK
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-78,0201060a0945737072657373696603030 2a0,,0
+BLESCAN:"45:03:cb:ac:aa:a0",-62,0201060aff4c001005441c61df7d,,1
+BLESCAN:"24:0a:c4:d6:e4:46",-26,0201060a0945737072657373696603030 2a0,,0
```

   说明：
   - 您的扫描结果可能与上述响应中的不同。

6. 建立 the Bluetooth LE 连接。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端：
   命令：

```
AT+BLECONN=0,"24:0a:c4:d6:e4:46"
```

   响应：

```
+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46"

OK
```

   说明：
   - 输入上述命令时，请使用您的 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端地址。
   - 如果 Bluetooth LE 连接成功，则会提示 `+BLECONN:0,"24:0a:c4:d6:e4:46`。
   - 如果 Bluetooth LE 连接失败，则会提示 `+BLECONN:0,-1`。

7. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端查询服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRV?
```

   响应：

```
+BLEGATTSSRV:1,1,0xA002,1
+BLEGATTSSRV:2,1,0xA003,1

OK
```

8. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现特征。
   命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

   响应：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",1,1,0xC300,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,2,0xC301,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,2,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,3,0xC302,0x08
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,3,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,4,0xC303,0x04
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,4,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,5,0xC304,0x08
+BLEGATTSCHAR:"char",1,6,0xC305,0x10
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,6,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,7,0xC306,0x20
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,7,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,8,0xC307,0x02
```

(续下页)

(接上页)

```
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,8,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,1,0xC400,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,2,0xC401,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,2,1,0x2901

OK
```

9. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTCPRIMSRV=0
```

   响应：

```
+BLEGATTCPRIMSRV:0,1,0x1801,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,2,0x1800,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,3,0xA002,1
+BLEGATTCPRIMSRV:0,4,0xA003,1

OK
```

   说明：
   - ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询服务的结果，比 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询服务的结果多两个默认服务（UUID: 0x1800 和 0x1801），这是正常现象。正因如此，对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端查询的 <srv_index> 值 + 2。例如，上述示例中的服务 0xA002，当前在 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端查询到的 <srv_index> 为 3，如果在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端通过*AT+BLEGATTSSRV?* 命令查询，则 <srv_index> 为 1。
10. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端发现特征。
    命令：

```
AT+BLEGATTCCHAR=0,3
```

    响应：

```
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,1,0xC300,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,1,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,2,0xC301,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,2,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,3,0xC302,0x08
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,3,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,4,0xC303,0x04
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,4,1,0x2901
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,5,0xC304,0x08
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,6,0xC305,0x10
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,6,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,7,0xC306,0x20
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,7,1,0x2902
+BLEGATTCCHAR:"char",0,3,8,0xC307,0x02
+BLEGATTCCHAR:"desc",0,3,8,1,0x2901

OK
```

11. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端配置 Bluetooth LE SPP。
    选择支持写操作的服务特征（characteristic）作为写通道发送数据，选择支持 notify 或者 indicate 的 characteristic 作为读通道接收数据。
    命令：

```
AT+BLESPPCFG=1,3,5,3,7
```

    响应：

```
OK
```

12. ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端使能 Bluetooth LE SPP。
    命令：

    ```
    AT+BLESPP
    ```

    响应：

    ```
    OK

    >
    ```

    上述响应表示 AT 已经进入 Bluetooth LE SPP 模式，可以进行数据的发送和接收。
    说明：
    - ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端开启 Bluetooth LE SPP 透传模式后，串口收到的数据会通过 Bluetooth LE 传输到 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端。
13. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端配置 Bluetooth LE SPP。
    选择支持 notify 或者 indicate 的 characteristic 作为写通道发送数据，选择支持写操作的 characteristic 作为读通道接收数据。
    命令：

    ```
    AT+BLESPPCFG=1,1,7,1,5
    ```

    响应：

    ```
    OK
    ```

14. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端使能 Bluetooth LE SPP。
    命令：

    ```
    AT+BLESPP
    ```

    响应：

    ```
    OK

    >
    ```

    上述响应表示 AT 已经进入 Bluetooth LE SPP 模式，可以进行数据的发送和接收。
    说明：
    - ESP32-C3 Bluetooth LE 服户端开启 Bluetooth LE SPP 透传模式后，串口收到的数据会通过 Bluetooth LE 传输到 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端。
    - 如果 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端端没有先开启 Bluetooth LE SPP 透传，或者使用其他设备作为 Bluetooth LE 客户端，则 ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端需要先开启侦听 Notify 或者 Indicate。例如，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端如果未开启透传，则应先调用 *AT+BLEGATTCWR=0,3,7,1,1* 开启侦听，ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端才能成功实现透传。
    - 对于同一服务，ESP32-C3 Bluetooth LE 客户端的 <srv_index> 值等于 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端的 <srv_index> 值 + 2，这是正常现象。

4.3.6 ESP32-C3 与手机建立 SPP 连接，以及在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据

该示例展示了如何在 ESP32-C3 开发板（仅作为低功耗蓝牙服务器角色）和手机（仅作为低功耗蓝牙客户端角色）之间建立 SPP 连接，以及如何在 UART-Bluetooth LE 透传模式下传输数据。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开头`的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，而以 `Bluetooth LE 客户端开头`的操作只需要在手机的蓝牙调试助手中执行即可。

---

1. 在手机端下载 Bluetooth LE 调试助手，例如 LightBlue。
2. 初始化 Bluetooth LE 功能。

ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取其 MAC 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。
2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播参数。
   命令：

```
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,0,7,0,,
```

   响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播数据。
   命令：

```
AT+BLEADVDATA="0201060A094573707265737369660303 02A0"
```

   响应：

```
OK
```

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播。
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

   响应：

```
OK
```

5. 创建 Bluetooth LE 连接。

手机打开 LightBlue 应用程序，并打开 SCAN 开始扫描，找到 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端的 MAC 地址，点击 CONNECT 进行连接。此时 ESP32-C3 端应该会打印类似于 +BLECONN:0,"60:51:42:fe:98:aa" 的日志，这表示已经建立了 Bluetooth LE 连接。

6. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端查询服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRV?
```

   响应：

```
+BLEGATTSSRV:1,1,0xA002,1
+BLEGATTSSRV:2,1,0xA003,1

OK
```

7. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发现特征。
   命令：

```
AT+BLEGATTSCHAR?
```

   响应：

```
+BLEGATTSCHAR:"char",1,1,0xC300,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,2,0xC301,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,2,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,3,0xC302,0x08
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,3,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,4,0xC303,0x04
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,4,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",1,5,0xC304,0x08
+BLEGATTSCHAR:"char",1,6,0xC305,0x10
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,6,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,7,0xC306,0x20
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,7,1,0x2902
+BLEGATTSCHAR:"char",1,8,0xC307,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",1,8,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,1,0xC400,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,1,1,0x2901
+BLEGATTSCHAR:"char",2,2,0xC401,0x02
+BLEGATTSCHAR:"desc",2,2,1,0x2901

OK
```

8. Bluetooth LE 客户端发现特征。
   此时在手机 LightBlue 客户端选择点击 Properties 为 NOTIFY 或者 INDICATE 的服务特征（这里 ESP-AT 默认 Properties 为 NOTIFY 或者 INDICATE 的服务特征是 0xC305 和 0xC306），开始侦听 Properties 为 NOTIFY 或者 INDICATE 的服务特征。
9. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端配置 Bluetooth LE SPP。
   选择支持 notify 或者 indicate 的 characteristic 作为写通道发送数据，选择支持写操作的 characteristic 作为读通道接收数据。
   命令：

```
AT+BLESPPCFG=1,1,7,1,5
```

   响应：

```
OK
```

10. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端使能 Bluetooth LE SPP。
    命令：

```
AT+BLESPP
```

    响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已经进入 Bluetooth LE SPP 模式，可以进行数据的发送和接收。

11. Bluetooth LE 客户端发送数据。
    在 LightBlue 客户端选择 0xC304 服务特征值发送数据 `test` 给 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端，此时 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端可以收到 `test`。
12. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发送数据。
    在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端直接发送 `test`，此时 LightBlue 客户端可以收到 `test`。

4.3.7 ESP32-C3 和手机之间建立 Bluetooth LE 连接并配对

该示例展示了如何在 ESP32-C3 开发板（仅作为低功耗蓝牙服务器角色）和手机（仅作为低功耗蓝牙客户端角色）之间建立 Bluetooth LE 连接并输入密钥完成配对。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端`开头的操作只需要在 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端执行即可，而以 `Bluetooth LE 客户端`开头的操作只需要在手机的蓝牙调试助手中执行即可。

---

1. 在手机端下载 Bluetooth LE 调试助手，例如 LightBlue 应用程序。
2. 初始化 Bluetooth LE 功能。
   ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端：
   命令：

```
AT+BLEINIT=2
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端创建服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVCRE
```

   响应：

```
OK
```

2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开启服务。
   命令：

```
AT+BLEGATTSSRVSTART
```

   响应：

```
OK
```

1. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端获取其 MAC 地址。
   命令：

```
AT+BLEADDR?
```

   响应：

```
+BLEADDR:"24:0a:c4:d6:e4:46"
OK
```

   说明：
   - 您查询到的地址可能与上述响应中的不同，请记住您的地址，下面的步骤中会用到。
2. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播参数。
   命令：

```
AT+BLEADVPARAM=50,50,0,0,7,0,,
```

响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置广播数据。
   命令：

```
AT+BLEADVDATA="0201060A094573707265737369660303 02A0"
```

   响应：

```
OK
```

4. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端设置加密参数。
   命令：

```
AT+BLESECPARAM=13,2,16,3,3
```

   响应：

```
OK
```

5. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端开始广播。
   命令：

```
AT+BLEADVSTART
```

   响应：

```
OK
```

6. Bluetooth LE 客户端创建连接。
   手机打开 LightBlue 应用程序，并打开 SCAN 开始扫描，找到 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端的 MAC 地址，点击 CONNECT 进行连接。此时 ESP32-C3 端应该会打印类似于 `+BLECONN:0,"60:51:42:fe:98:aa"` 的日志，这表示已经建立了 Bluetooth LE 连接。
7. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端发起加密请求。
   命令：

```
AT+BLEENC=0,3
```

   响应：

```
OK
```

8. Bluetooth LE 客户端同意配对。
   手机 LightBlue 应用程序刚刚创建成功的 Bluetooth LE 连接的页面会弹出配对信息（包含配对密钥，例如密钥为：231518），点击 配对。此时 ESP32-C3 端应该会打印类似于 `+BLESECKEYREQ:0` 的日志，这表示手机已经响应配对。
9. ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端回复配对密钥。
   此时 Bluetooth LE 服务端回复的密钥即为上一步骤中手机 LightBlue 应用程序弹出的配对信息中的密钥：231518。
   命令：

```
AT+BLEKEYREPLY=0,231518
```

   响应：

```
OK
```

   此时 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端会打印类似于以下日志，这表示 ESP32-C3 Bluetooth LE 服务端与手机 Bluetooth LE 客户端完成了配对。

```
+BLESECKEYTYPE:0,16
+BLESECKEYTYPE:0,1
+BLESECKEYTYPE:0,32
```

(续下页)

(接上页)

```
+BLESECKEYTYPE:0,2
+BLEAUTHCMPL:0,0
```

4.4 MQTT AT 示例

本文档主要提供在 ESP32-C3 设备上运行*MQTT AT 命令集* 命令的详细示例。

- *基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量少）*
- *基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量多）*
- *基于 TLS 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）*
- *基于 WSS 的 MQTT 连接*

重要： 文档中所描述的例子均基于设备已连接 Wi-Fi 的前提。

4.4.1 基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量少）

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 MQTT 发布者（只作为 MQTT 发布者角色），另一块作为 MQTT 订阅者（只作为 MQTT 订阅者角色）。

示例介绍了如何基于 TCP 创建 MQTT 连接。首先您需要创建一个本地 MQTT 代理，假设 MQTT 代理的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8883`。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 MQTT 发布者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 发布者端执行即可，以 `ESP32-C3 MQTT 订阅者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端执行即可。如果操作没有特别指明在哪端操作，则需要在发布者端和订阅者端都执行。

1. 设置 MQTT 用户属性。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

   ```
   AT+MQTTUSERCFG=0,1,"publisher","espressif","123456789",0,0,""
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

   ```
   AT+MQTTUSERCFG=0,1,"subscriber","espressif","123456789",0,0,""
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 连接 MQTT 代理。
   命令：

   ```
   AT+MQTTCONN=0,"192.168.3.102",8883,1
   ```

   响应：

```
+MQTTCONNECTED:0,1,"192.168.3.102","8883","",1

OK
```

说明：

- 您输入的 MQTT 代理域名或 MQTT 代理 IP 地址可能与上述命令中的不同。

3. 订阅 MQTT 主题。
   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

```
AT+MQTTSUB=0,"topic",1
```

响应：

```
OK
```

4. 发布 MQTT 消息（字符串）。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

```
AT+MQTTPUB=0,"topic","test",1,0
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 MQTT 发布者成功发布消息，以下信息将会在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端提示。

```
+MQTTSUBRECV:0,"topic",4,test
```

5. 关闭 MQTT 连接。
   命令：

```
AT+MQTTCLEAN=0
```

响应：

```
OK
```

4.4.2 基于 TCP 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）（适用于数据量多）

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 MQTT 发布者（只作为 MQTT 发布者角色），另一块作为 MQTT 订阅者（只作为 MQTT 订阅者角色）。

示例介绍了如何基于 TCP 创建 MQTT 连接。首先您需要创建一个本地 MQTT 代理，假设 MQTT 代理的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8883`。

如果您发布消息的数据量相对较多，已经超过了单条 AT 命令的长度阈值 `256`，则您可以使用*AT+MQTTPUBRAW* 命令。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 MQTT 发布者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 发布者端执行即可，以 `ESP32-C3 MQTT 订阅者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端执行即可。如果操作没有特别指明在哪端操作，则需要在发布者端和订阅者端都执行。

---

1. 设置 MQTT 用户属性。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

```
AT+MQTTUSERCFG=0,1,"publisher","espressif","123456789",0,0,""
```

响应：

```
OK
```

ESP32-C3 MQTT 订阅者：
命令：

```
AT+MQTTUSERCFG=0,1,"subscriber","espressif","123456789",0,0,""
```

响应：

```
OK
```

2. 连接 MQTT 代理。
命令：

```
AT+MQTTCONN=0,"192.168.3.102",8883,1
```

响应：

```
+MQTTCONNECTED:0,1,"192.168.3.102","8883","",1

OK
```

说明：
- 您输入的 MQTT 代理域名或 MQTT 代理 IP 地址可能与上述命令中的不同。

3. 订阅 MQTT 主题。
ESP32-C3 MQTT 订阅者：
命令：

```
AT+MQTTSUB=0,"topic",1
```

响应：

```
OK
```

4. 发布 MQTT 消息（字符串）。
假设你想要发布消息的数据如下，长度为 427 字节。

```
{"headers": {"Accept": "application/json","Accept-Encoding": "gzip, deflate",
↪"Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;q=0.7","Content-Length": "0
↪","Host": "httpbin.org","Origin": "http://httpbin.org","Referer": "http://
↪httpbin.org/","User-Agent": "Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.
↪36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36","X-Amzn-Trace-Id
↪": "Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413"}}
```

ESP32-C3 MQTT 发布者：
命令：

```
AT+MQTTPUBRAW=0,"topic",427,0,0
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <length> 后，数据传输开始。

```
+MQTTPUB:OK
```

说明：
- AT 输出 > 字符后，数据中的特殊字符不需要转义字符进行转义，也不需要以新行结尾 (CR-LF)。
- 如果 ESP32-C3 MQTT 发布者成功发布消息，以下信息将会在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端提示。

```
+MQTTSUBRECV:0,"topic",427,{"headers": {"Accept": "application/json",
↪"Accept-Encoding": "gzip, deflate","Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-
```

(续下页)

(接上页)

```
↪CN;q=0.8,zh;q=0.7","Content-Length": "0","Host": "httpbin.org","Origin":
↪"http://httpbin.org","Referer": "http://httpbin.org/","User-Agent":
↪"Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko)␣
↪Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36","X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-6150581e-
↪1ad4bd5254b4bf5218070413"}}
```

5. 关闭 MQTT 连接。
   命令：

```
AT+MQTTCLEAN=0
```

   响应：

```
OK
```

4.4.3 基于 TLS 的 MQTT 连接（需要本地创建 MQTT 代理）

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 MQTT 发布者（只作为 MQTT 发布者角色），另一块作为 MQTT 订阅者（只作为 MQTT 订阅者角色）。

示例介绍了如何基于 TLS 创建 MQTT 连接。首先您需要创建一个本地 MQTT 代理，假设 MQTT 代理的 IP 地址为 `192.168.3.102`，端口为 `8883`。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 MQTT 发布者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 发布者端执行即可，以 `ESP32-C3 MQTT 订阅者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端执行即可。如果操作没有特别指明在哪端操作，则需要在发布者端和订阅者端都执行。

---

1. 设置时区和 SNTP 服务器。
   命令：

```
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"ntp1.aliyun.com"
```

   响应：

```
OK
```

2. 查询 SNTP 时间。
   命令：

```
AT+CIPSNTPTIME?
```

   响应：

```
+CIPSNTPTIME:Thu Sep  2 18:57:03 2021
OK
```

   说明：
   - 您的查询 SNTP 结果可能与上述响应中的不同。
   - 请确保 SNTP 时间一定是真实有效的时间，不能是 1970 年及之前的时间。
   - 设置时间是为了在 TLS 认证时校验证书的有效期。
3. 设置 MQTT 用户属性。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

```
AT+MQTTUSERCFG=0,4,"publisher","espressif","123456789",0,0,""
```

   响应：

```
OK
```

   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

```
AT+MQTTUSERCFG=0,4,"subscriber","espressif","123456789",0,0,""
```

响应：

```
OK
```

4. 设置 MQTT 连接属性。
   命令：

```
AT+MQTTCONNCFG=0,0,0,"lwtt","lwtm",0,0
```

响应：

```
OK
```

5. 连接 MQTT 代理。
   命令：

```
AT+MQTTCONN=0,"192.168.3.102",8883,1
```

响应：

```
+MQTTCONNECTED:0,4,"192.168.3.102","8883","",1

OK
```

说明：
- 您输入的 MQTT 代理域名或 MQTT 代理 IP 地址可能与上述命令中的不同。

6. 订阅 MQTT 主题。
   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

```
AT+MQTTSUB=0,"topic",1
```

响应：

```
OK
```

7. 发布 MQTT 消息（字符串）。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

```
AT+MQTTPUB=0,"topic","test",1,0
```

响应：

```
OK
```

说明：
- 如果 ESP32-C3 MQTT 发布者成功发布消息，以下信息将会在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端提示。

```
+MQTTSUBRECV:0,"topic",4,test
```

8. 关闭 MQTT 连接。
   命令：

```
AT+MQTTCLEAN=0
```

响应：

```
OK
```

4.4.4 基于 WSS 的 MQTT 连接

以下示例同时使用两块 ESP32-C3 开发板，其中一块作为 MQTT 发布者（只作为 MQTT 发布者角色），另一块作为 MQTT 订阅者（只作为 MQTT 订阅者角色）。

示例介绍了如何基于 WSS 创建 MQTT 连接。MQTT 代理域名为 `test.mosquitto.org`，资源路径为 `mqtt`，端口为 `8081`。

重要： 步骤中以 `ESP32-C3 MQTT 发布者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 发布者端执行即可，以 `ESP32-C3 MQTT 订阅者`开头的操作只需要在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端执行即可。如果操作没有特别指明在哪端操作，则需要在发布者端和订阅者端都执行。

---

1. 设置时区和 SNTP 服务器。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPCFG=1,8,"ntp1.aliyun.com"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 查询 SNTP 时间。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPTIME?
   ```

   响应：

   ```
   +CIPSNTPTIME:Thu Sep  2 18:57:03 2021
   OK
   ```

   说明：
   - 您的查询 SNTP 结果可能与上述响应中的不同。
   - 请确保 SNTP 时间一定是真实有效的时间，不能是 1970 年及之前的时间。
   - 设置时间是为了在 TLS 认证时校验证书的有效期。

3. 设置 MQTT 用户属性。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

   ```
   AT+MQTTUSERCFG=0,7,"publisher","","",0,0,"mqtt"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

   ```
   AT+MQTTUSERCFG=0,7,"subscriber","","",0,0,"mqtt"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4. 连接 MQTT 代理。
   命令：

   ```
   AT+MQTTCONN=0,"test.mosquitto.org",8081,1
   ```

   响应：

   ```
   +MQTTCONNECTED:0,7,"test.mosquitto.org","8081","/mqtt",1

   OK
   ```

   说明：
   - 您输入的 MQTT 代理域名或 MQTT 代理 IP 地址可能与上述命令中的不同。

5. 订阅 MQTT 主题。
   ESP32-C3 MQTT 订阅者：
   命令：

```
AT+MQTTSUB=0,"topic",1
```

响应：

```
OK
```

6. 发布 MQTT 消息（字符串）。
   ESP32-C3 MQTT 发布者：
   命令：

```
AT+MQTTPUB=0,"topic","test",1,0
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 如果 ESP32-C3 MQTT 发布者成功发布消息，以下信息将会在 ESP32-C3 MQTT 订阅者端提示。

```
+MQTTSUBRECV:0,"topic",4,test
```

7. 关闭 MQTT 连接。
   命令：

```
AT+MQTTCLEAN=0
```

响应：

```
OK
```

4.5 MQTT AT 连接云示例

本文档主要介绍您的设备如何通过 AT 命令对接 AWS IoT。

重要： 有关如何使用 MQTT AT 命令的详细信息，请参阅*MQTT AT 命令集*。您需要通过阅读 AWS IoT 开发指南 来熟悉 AWS IoT。

请按照以下步骤使用 ESP-AT 将您的 ESP32-C3 设备连接到 AWS IoT。

- *从 AWS IoT 获取证书以及 endpoint*
- *使用 MQTT AT 命令基于双向认证连接 AWS IoT*

4.5.1 从 AWS IoT 获取证书以及 endpoint

1. 登录您的 AWS IoT 控制台帐号，以及切换至 IoT Core services。
2. 按照 创建 AWS IoT 资源 中的说明创建 AWS IoT 策略、事物和证书。

   确保您已获得以下证书和密钥文件：

   - device.pem.crt（设备证书）
   - private.pem.key（私有密钥）
   - Amazon-root-CA-1.pem（根 CA 证书）

3. 根据文档 设置策略 获取端点 (endpoint) 以及了解如何通过证书将事物绑定到策略。
   端点的格式为“xxx-ats.iot.us-east-2.amazonaws.com”。

备注： 强烈建议您熟悉 AWS IoT 开发人员指南 以下是本指南中值得注意的一些要点。

- AWS IoT 需要所有设备必须有事物证书、事物私钥、和根证书。
- 有关如何激活证书。
- 区域建议选择俄亥俄州 (Ohio)。

4.5.2 使用 MQTT AT 命令基于双向认证连接 AWS IoT

替换证书

打开本地 ESP-AT 工程，并执行如下操作：

- 使用 `Amazon-root-CA-1.pem` 替换 customized_partitions/raw_data/mqtt_ca/mqtt_ca.crt。
- 使用 `device.pem.crt` 替换 customized_partitions/raw_data/mqtt_cert/mqtt_client.crt。
- 使用 `private.pem.key` 替换 customized_partitions/raw_data/mqtt_key/mqtt_client.key。

编译和烧录 AT 固件

编译 ESP-AT 项目以构建 AT 固件，并将固件烧录到您的 ESP32-C3 设备。欲了解更多信息，请参阅*本地编译 ESP-AT 工程*。

备注： 若不想编译 ESP-AT 工程替换证书，可直接使用 AT 命令替换固件中的证书，具体请参阅*如何更新 PKI 配置*。

使用 AT 命令连接到 AWS IoT

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 连接 AP。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP=<"ssid">,<"password">
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 设置 SNTP Server。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPCFG=1,8,"pool.ntp.org"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4. 查询 SNTP 时间。
   命令：

   ```
   AT+CIPSNTPTIME?
   ```

   响应：

```
+CIPSNTPTIME:<asctime style time>
OK
```

说明：

- 此时获得的 <asctime style time> 必须是设置时区的实时时间，否则会因为证书有效期而导致连接失败。

5. 设置 MQTT 用户属性。
   命令：

```
AT+MQTTUSERCFG=0,5,"esp32","espressif","1234567890",0,0,""
```

响应：

```
OK
```

说明：

- AT+MQTTUSERCFG 中第二参数为 5，即双向认证，不可更改。

6. 连接 AWS IoT。
   命令：

```
AT+MQTTCONN=0,"<endpoint>",8883,1
```

响应：

```
+MQTTCONNECTED:0,5,<endpoint>,"8883","",1
OK
```

说明：

- 请在 *<endpoint>* 参数中填写您的 <endpoint> 值。
- 无法更改端口 8883。

7. 订阅消息。
   命令：

```
AT+MQTTSUB=0,"topic/esp32at",1
```

响应：

```
OK
```

8. 发布消息。
   命令：

```
AT+MQTTPUB=0,"topic/esp32at","hello aws!",1,0
```

响应：

```
+MQTTSUBRECV:0,"topic/esp32at",10,hello aws!

OK
```

示例日志

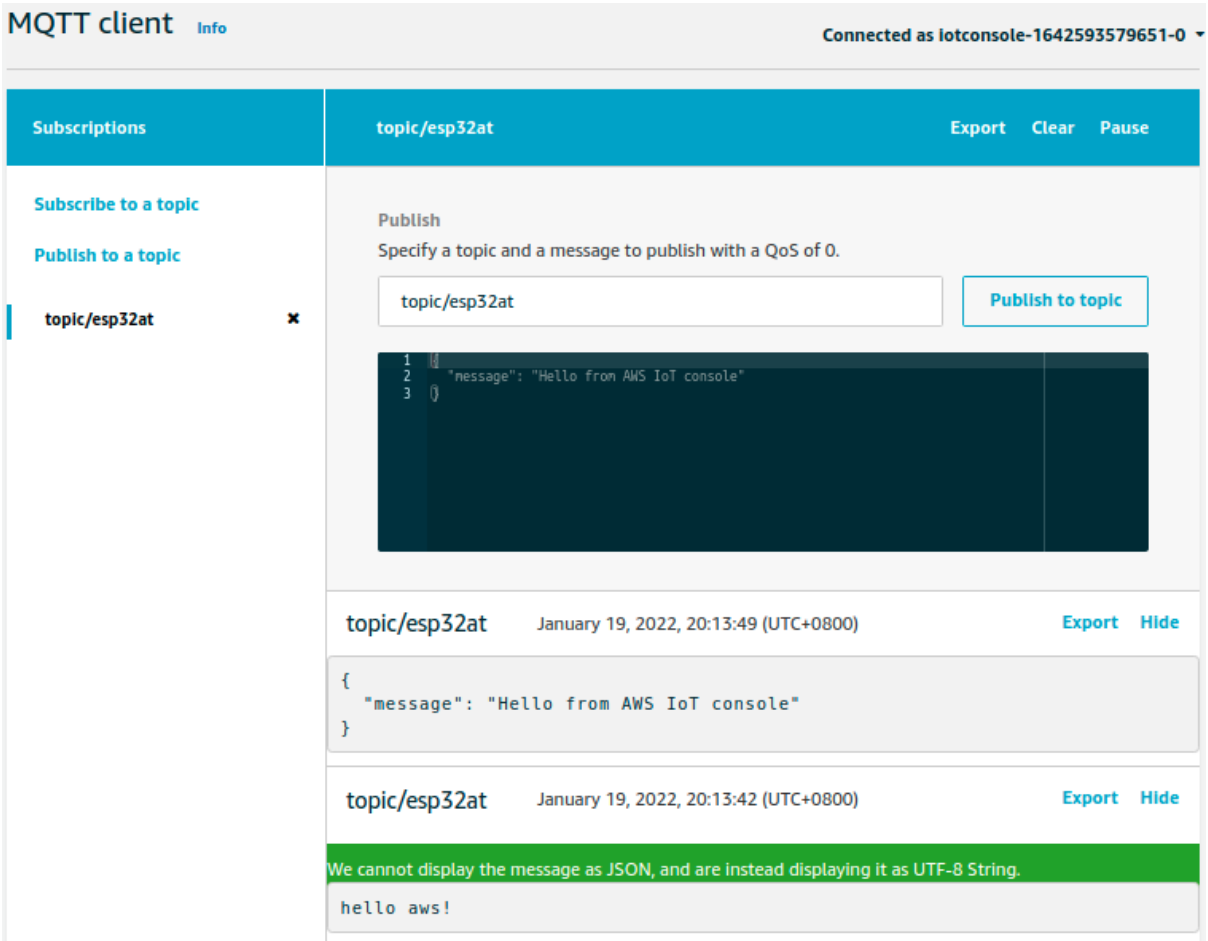
正常交互日志如下:

1. ESP32 端日志
2. AWS 端日志

4.6 Web Server AT 示例

本文档主要介绍 AT web server 的使用，主要涉及以下几个方面的应用：

```
[20:12:43:217] AT+CWMODE=1
[20:12:43:217]
[20:12:43:217] OK
[20:12:56:684] AT+CWJAP="MERCURY_407",""
[20:12:58:234] WIFI CONNECTED
[20:12:58:937] WIFI GOT IP
[20:12:58:937]
[20:12:58:937] OK
[20:13:01:892] AT+CIPSNTPCFG=1,8,"ntp1.aliyun.com"
[20:13:01:892]
[20:13:01:892] OK
[20:13:10:854] AT+CIPSNTPTIME?
[20:13:10:854] +CIPSNTPTIME:Wed Jan 19 20:13:10 2022
[20:13:10:854] OK
[20:13:15:716] AT+MQTTUSERCFG=0,5,"esp32","espressif","1234567890",0,0,""
[20:13:15:716]
[20:13:15:716] OK
[20:13:23:030] AT+MQTTCONN=0,"a108b8vm1g634q-ats.iot.us-east-2.amazonaws.com",8883,1
[20:13:31:479] +MQTTCONNECTED:0,5,"a108b8vm1g634q-ats.iot.us-east-2.amazonaws.com","8883","",1
[20:13:31:479]
[20:13:31:479] OK
[20:13:34:275] AT+MQTTSUB=0,"topic/esp32at",1
[20:13:35:521]
[20:13:35:521] OK
[20:13:41:959] AT+MQTTPUB=0,"topic/esp32at","hello aws!",1,0
[20:13:42:422] +MQTTSUBRECV:0,"topic/esp32at",10,hello aws!
[20:13:42:422]
[20:13:42:422] OK
[20:13:49:335] +MQTTSUBRECV:0,"topic/esp32at",45,{
[20:13:49:335]   "message": "Hello from AWS IoT console"
[20:13:49:335] }
```


MQTT client
Info
Connected as iotconsole-1642593579651-0
Subscriptions
topic/esp32at
Export
Clear
Pause
Subscribe to a topic
Publish to a topic
topic/esp32at
Publish
Specify a topic and a message to publish with a QoS of 0.
topic/esp32at
Publish to topic
{
"message": "Hello from AWS IoT console"
}
topic/esp32at
January 19, 2022, 20:13:49 (UTC+0800)
Export
Hide
{
"message": "Hello from AWS IoT console"
}
topic/esp32at
January 19, 2022, 20:13:42 (UTC+0800)
Export
Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
hello aws!

- 使用浏览器进行 *Wi-Fi* 配网
- 使用浏览器进行 *OTA* 固件升级
- 使用微信小程序进行 *Wi-Fi* 配网
- 使用微信小程序进行 *OTA* 固件升级
- *ESP32-C3* 使用 *Captive Portal* 功能

备注： 默认的 AT 固件并不支持 AT web server 的功能，请参考 *Web 服务器 AT 命令* 启用该功能。

4.6.1 使用浏览器进行 Wi-Fi 配网

简介

通过 web server，手机或 PC 可以设置 ESP32-C3 设备的 Wi-Fi 连接信息。您可以使用手机或电脑连接到 ESP32-C3 设备的 AP，通过浏览器打开配网网页，并将 Wi-Fi 配置信息发送给 ESP32-C3 设备，然后 ESP32-C3 设备将根据该配置信息连接到指定的路由器。

流程

整个配网流程可以分为以下三步：

- 配网设备连接 *ESP32-C3* 设备
- 使用浏览器发送配网信息
- 通知配网结果

配网设备连接 ESP32-C3 设备 首先，为了让配网设备连接 ESP32-C3 设备，ESP32-C3 设备需要配置成 AP + STA 模式，并创建一个 WEB 服务器等待配网信息，对应的 AT 命令如下：

1. 清除之前的配网信息，如果不清除配网信息，可能因为依然保留之前的配置信息从而导致 WEB 服务器无法创建。
   - Command

```
AT+RESTORE
```

2. 配置 ESP32-C3 设备为 Station + SoftAP 模式。
   - Command

```
AT+CWMODE=3
```

3. 设置 SoftAP 的 ssid 和 password（如设置默认连接 ssid 为 *pos_softap*，无密码的 Wi-Fi）。
   - Command

```
AT+CWSAP="pos_softap","",11,0,3
```

4. 使能多连接。
   - Command

```
AT+CIPMUX=1
```

5. 创建 web server，端口：80，最大连接时间：25 s（默认最大为 60 s）。
   - Command

```
AT+WEBSERVER=1,80,25
```

然后，使用上述命令启动 web server 后，打开配网设备的 Wi-Fi 连接功能，连接 ESP32-C3 设备的 AP：



图 1: 连接 ESP32-C3 AP

使用浏览器发送配网信息 在配网设备连接到 ESP32-C3 设备后，即可发送 HTTP 请求，配置待接入的路由器的信息：（注意，浏览器配网不支持配网设备作为待接入 AP，例如，如果使用手机连接到 ESP32-C3 的 AP，则该手机不建议作为 ESP32-C3 设备待接入的热点。）在浏览器中输入 web server 默认的 IP 地址（如果未设置 ESP32-C3 设备的 SoftAP IP 地址，默认为 192.168.4.1，您可以通过 AT+CIPAP? 命令查询当前的 SoftAP IP 地址），打开配网界面，输入拟连接的路由器的 ssid、password，点击“开始配网”即可开始配网：

用户也可以点击配网页面中 SSID 输入框右方的下拉框，查看 ESP32-C3 模块附近的 AP 列表，选择目标 AP 并输入 password 后，点击“开始配网”即可启动配网：

通知配网结果 配网成功后网页显示如下：

说明 1：配网成功后，网页将自动关闭，若想继续访问网页，请重新输入 ESP32-C3 设备的 IP 地址，重新打开网页。

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:1       // 代表启动配网
WIFI CONNECTED        // 代表正在连接
WIFI GOT IP           // 连接成功并获取到 IP
+WEBSERVERRSP:2       // 代表网页端收到配网成功结果，此时可以释放 WEB 资源
```

如果配网失败，网页将显示：

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:1       // 代表启动配网，没有后续发起连接以及获取 IP 的信息，MCU␣
↪可以在收到该条消息后建立计时，若计时超时，则配网失败。
```

常见故障排除

说明 1：配网页面收到提示“数据发送失败”。请检查 ESP32-C3 模块的 Wi-Fi AP 是否正确开启，以及 AP 的相关配置，并确认已经输入正确的 AT 命令成功启用 web server。

4.6.2 使用浏览器进行 OTA 固件升级

简介

浏览器打开 web server 的网页后，可以选择进入 OTA 升级页面，通过网页升级应用分区中的固件或者其它分区中的证书二进制固件（请参考文档*如何更新 PKI 配置* 了解更多证书信息）。



图 2: 打开配网界面



图 3: 浏览器获取 Wi-Fi AP 列表示意图


192.168.4.1
ESP-AT
FAST_FWR310_02
配网成功, 3 秒后自动关闭网页
connect OK
开始配网

图 4: 配网成功



图 5: 配网失败

流程

- 打开 *OTA* 配置页面
- 选择要更新的分区
- 发送新版固件
- 获取 *OTA* 结果

打开 OTA 配置页面 如图，点击网页右下角“OTA 升级”选项，打开 OTA 配置页面后，可以查看当前固件版本、AT Core 版本：

说明 1：仅当浏览器连接 ESP32-C3 模块的 AP，或者访问 OTA 配置页面的设备与 ESP32-C3 模块连接在同一个子网中时，才可以打开该配置界面。

说明 2：网页上显示的“当前固件版本”为当前用户编译的应用程序版本号，用户可通过 `./build.py menuconfig -> Component config -> AT -> AT firmware version`(参考*本地编译 ESP-AT 工程*)更改该版本号，建立固件版本与应用程序的同步关系，以便于管理应用程序固件版本。

选择要更新的分区 如图，点击“Partition”下拉框来获取所有可以升级的分区：

发送新版固件 如图，点击页面中的“浏览”按钮，选择待发送的新版固件：

之后点击“固件升级”按钮发送新版固件。

说明 1：对于 `ota` 分区，网页会对选择的固件进行检查。固件命名的后缀必须为 `.bin`。请确保固件的大小不要超过 `partitions_at.csv` 文件中定义的 `ota` 分区大小。有关此文件的详细信息，请参考文档*如何增加一个新的模组支持*。

说明 2：对于其它分区，网页会对选择的固件进行检查。固件命名的后缀必须为 `.bin`。请确保固件的大小不要超过 `at_customize.csv` 文件中定义的分区大小。有关此文件的详细信息，请参考文档*如何自定义分区*。

获取 OTA 结果 如图，固件发送成功，将提示“升级成功”：

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:3       // 代表开始接收 OTA 固件数据
+WEBSERVERRSP:4       // 代表成功接收 OTA 固件数据
```

若接收的 OTA 固件数据失败，将提示“升级失败，请稍后重试”：

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:3       // 代表开始接收 OTA 固件数据
+WEBSERVERRSP:5       // 代表接收的 OTA 固件数据失败，用户可以选择重新打开 OTA␣
↪配置界面，按照上述步骤进行 OTA 固件升级
```

说明 1：对于 `ota` 分区，需要执行*AT+RST* 重启 ESP32-C3 以应用新版固件。

说明 2：ESP32-C3 会校验接收到的 `ota` 固件内容。但不会校验接收到的其它分区固件内容，所以请确保其它分区固件内容的正确性。

4.6.3 使用微信小程序进行 Wi-Fi 配网


ESP-AT
请选择新版本固件，然后点击升级按钮进行升级:
Partition
浏览
固件升级
当前 app 固件版本: 2.5.0
AT Core 版本: 2.5.0.0
设备配网
OTA 升级

图 6: OTA 配置页面



图 7: 获取所有可以升级的分区



图 8: 选择待发送的新版固件


ESP-AT
请选择新版本固件，然后点击升级按钮进行升级:
提示
升级成功
确定
固件升级
当前 app 固件版本: 2.5.0
AT Core 版本: 2.5.0.0
设备配网
OTA 升级

图 9: 新版固件发送成功



图 10: 新版固件发送失败

简介

微信小程序配网是通过微信小程序连接 ESP32-C3 设备创建的 AP，并通过微信小程序将需要连接的 AP 信息传输给 ESP32-C3 设备，ESP32-C3 设备通过这些信息连接到对应的 AP，并通知微信小程序配网结果的解决方案。

重要： ESP-AT 微信小程序将于 2024 年 12 月 31 日下架。在此期间，请做好产品功能的过渡。如您此后仍有相关需求，敬请联系 乐鑫商务，我们将竭诚为您提供支持和解决方案，感谢您的理解和支持。

流程

整个配网流程可以分为以下四步：

- 配置 *ESP32-C3* 设备参数
- 加载微信小程序
- 目标 *AP* 选择
- 执行配网

配置 ESP32-C3 设备参数 为了让小程序连接 ESP32-C3 设备，ESP32-C3 设备需要配置成 AP + STA 模式，并创建一个 WEB 服务器等待小程序连接，对应的 AT 命令如下：

1. 清除之前的配网信息，如果不清除配网信息，可能因为依然保留之前的配置信息从而导致 WEB 服务器无法创建。
   - Command

   ```
   AT+RESTORE
   ```

2. 配置 ESP32-C3 设备为 Station + SoftAP 模式。
   - Command

   ```
   AT+CWMODE=3
   ```

3. 设置 SoftAP 的 ssid 和 password（如设置默认连接 ssid 为 *pos_softap*，password 为 *espressif*）。
   - Command

   ```
   AT+CWSAP="pos_softap","espressif",11,3,3
   ```

   备注： 微信小程序默认向 ssid 为 *pos_softap*，password 为 *espressif* 的 SoftAP 发起连接，请确保将 ESP32-C3 设备的参数按照上述配置进行设置。

   ---

1. 使能多连接。
   - Command

   ```
   AT+CIPMUX=1
   ```

2. 创建 web server，端口：80，最大连接时间：40 s（默认最大为 60 s）。
   - Command

   ```
   AT+WEBSERVER=1,80,40
   ```

加载微信小程序 打开手机微信，扫描下面的二维码：

打开微信小程序，进入配网界面：



图 11: 获取小程序的二维码

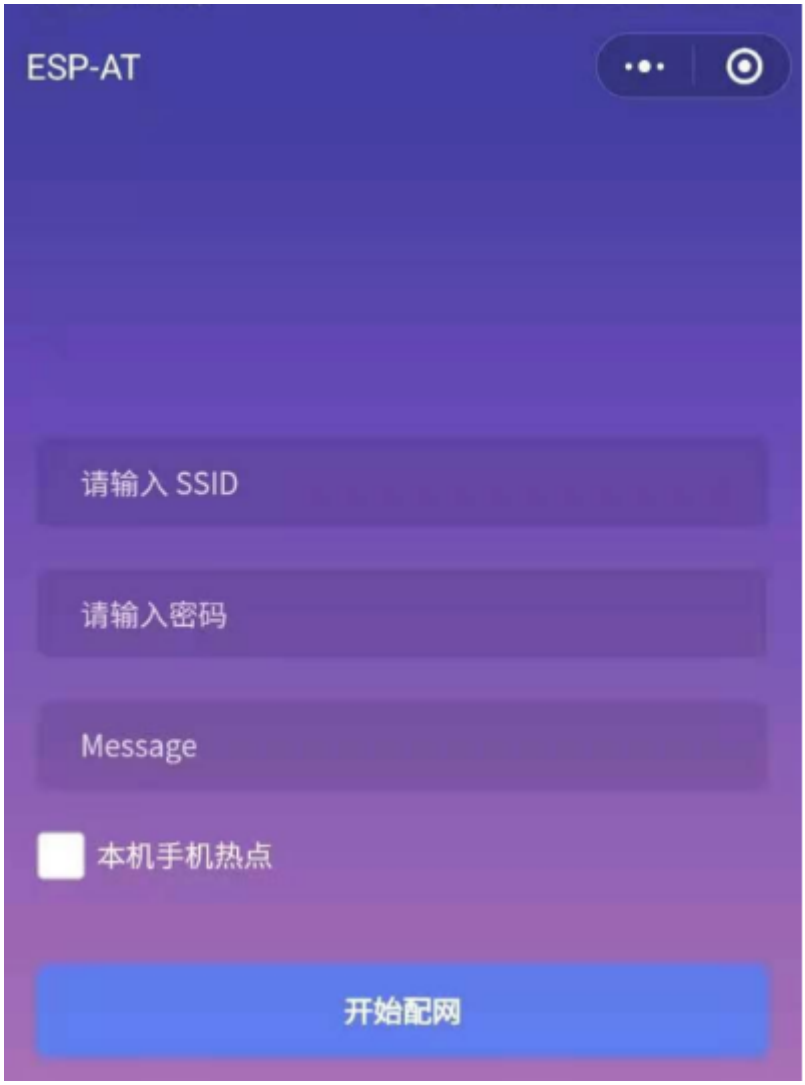


图 12: 小程序配网界面

目标 AP 选择 加载微信小程序后，根据待连接的目标 AP，可将配网情况分为两种情况：

1. 待接入的目标 AP 为本机配网手机提供的热点。此时请选中微信小程序页面的“本机手机热点”选项框。

2. 待接入的目标 AP 不是本机配网手机提供的热点，如路由器等 AP。此时请确保“本机手机热点”选项框未被选中。

执行配网

待接入的目标 AP 不是本机配网手机 这里以待接入的热点为路由器为例，介绍配网的过程：

1. 打开手机 Wi-Fi，连接路由器：



图 13: 连接到路由器

2. 打开微信小程序，可以看到小程序页面已经自动显示当前路由器的 ssid 为”FAST_FWR310_02”。

注意：如果当前页面未显示已经连接的路由器的 ssid，请点击下图中的“重新进入小程序”，刷新当前页面：

3. 输入路由器的 password 后，点击“开始配网”。

4. 配网成功，小程序页面显示：

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:1       // 代表启动配网
WIFI CONNECTED        // 代表正在连接
WIFI GOT IP           // 连接成功并获取到 IP
+WEBSERVERRSP:2       // 代表小程序收到配网成功结果，此时可以释放 WEB 资源
```

5. 若配网失败，则小程序页面显示：

同时，在串口端将收到如下信息：

```
+WEBSERVERRSP:1       // 代表启动配网，没有后续发起连接以及获取 IP 的信息，MCU␣
↪可以在收到该条消息后建立计时，若计时超时，则配网失败。
```

待接入的目标 AP 为本机配网手机 如果正在配网的手机作为待接入 AP，则用户不需要输入 ssid，只需要输入本机的 AP 的 password，并根据提示及时打开手机 AP 即可（如果手机支持同时打开 Wi-Fi 和分享热点，也可提前打开手机 AP）。

备注： 要使用该功能，手机的个人热点 MAC 地址和无线局域网 MAC 地址必须确保至少前五个字节相同。

---

1. 选中微信小程序页面的“本机手机热点”选项框，输入本机热点的 password 后，点击“开始配网”。

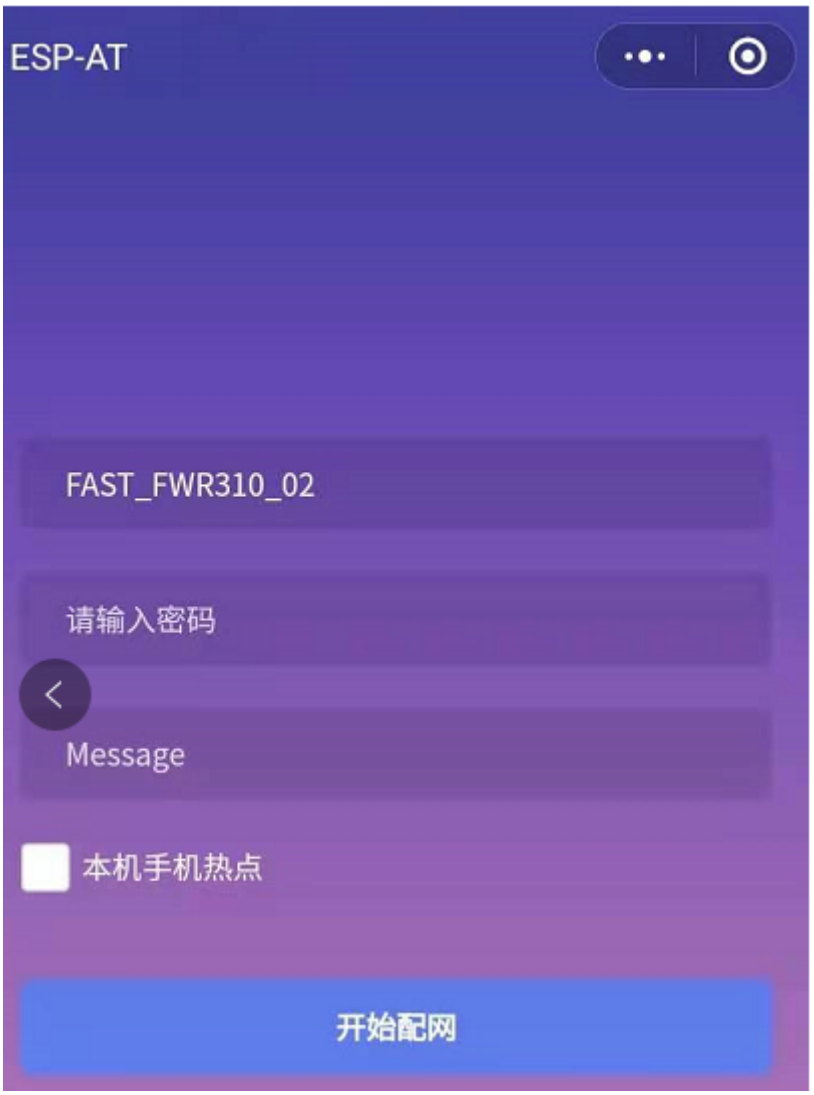


图 14: 获取路由器信息

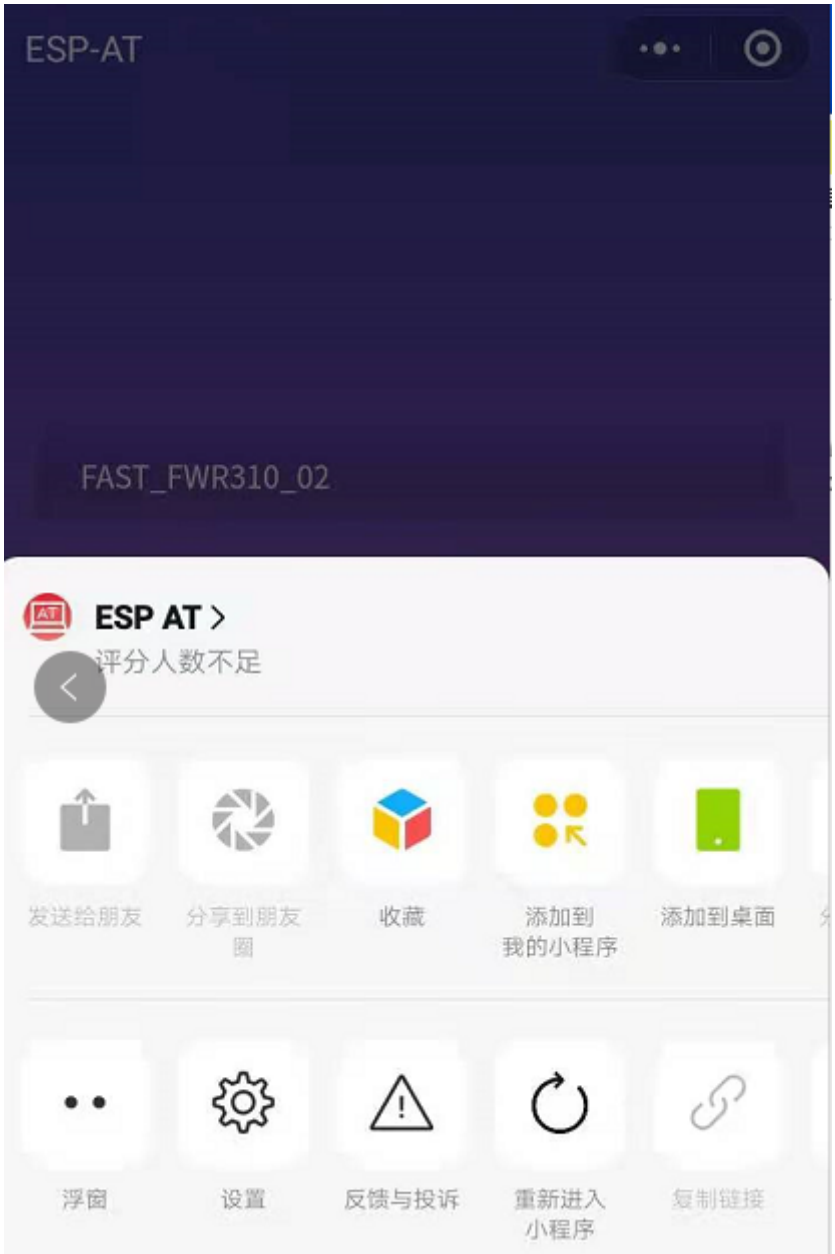

ESP-AT
FAST_FWR310_02
ESP AT >
评分人数不足
发送给朋友
分享到朋友圈
收藏
添加到我的小程序
添加到桌面
浮窗
设置
反馈与投诉
重新进入小程序
复制链接

图 15: 重新进入小程序



图 16: 通过小程序连接到路由器



图 17: 通过小程序成功连接到路由器



图 18: 通过小程序连接到路由器失败



图 19: 输入 AP 的密码

2. 启动配网后，在收到提示“连接手机热点中”的提示后，请检查本机手机热点已经开启，此时 ESP32-C3 设备将自动扫描周围热点并发起连接。

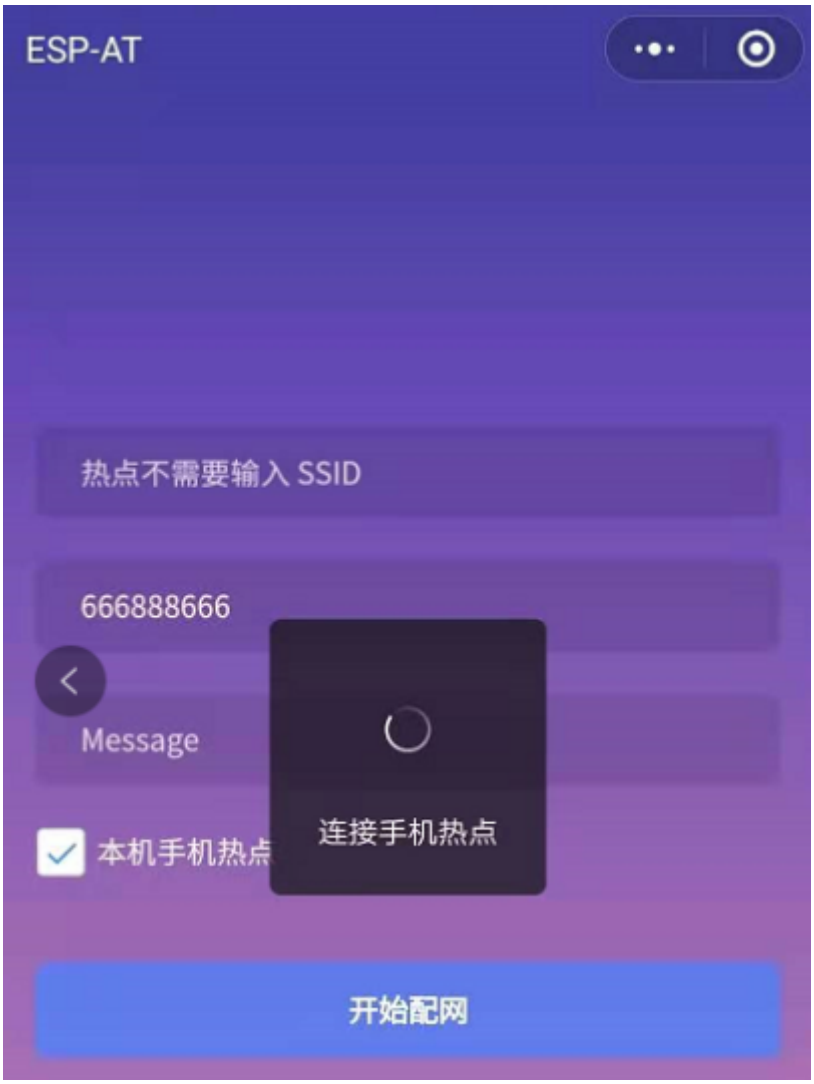


图 20: 开始连接到 AP

3. 配网结果在小程序页面的显示以及串口端输出的数据与上述“待接入的目标 AP 不是本机配网手机”时的情况一样，请参考上文。

常见故障排除

说明 1：配网页面收到提示“数据发送失败”。请检查 ESP32-C3 模块的 Wi-Fi AP 是否正确开启，以及 AP 的相关配置，并确认已经输入正确的 AT 命令成功启用 web server。

说明 2：配网页面收到提示“连接 AP 失败”。请检查配网设备的 Wi-Fi 连接功能是否打开，检查 ESP32-C3 模块的 Wi-Fi AP 是否正确开启，以及 AP 的 ssid、password 是否按上述步骤进行配置。

说明 3：配网页面收到提示“系统保存的 Wi-Fi 配置过期”。请手动使用手机连接 ESP32-C3 模块 AP，确认 ESP32-C3 模块的 ssid、password 已经按照上述步骤进行配置。

4.6.4 使用微信小程序进行 OTA 固件升级

微信小程序支持在线完成 ESP32-C3 设备的固件升级，请参考上述*配置 ESP32-C3 设备参数* 的具体步骤完成 ESP32-C3 模块的配置（如果已经在配网时完成配置，不用重复配置）。完成配置后，设备执行 OTA

固件升级的流程与使用浏览器进行 OTA 固件升级类似，请参考使用浏览器进行 *OTA* 固件升级。

4.6.5 ESP32-C3 使用 Captive Portal 功能

简介

Captive Portal，是一种“强制认证主页”技术，当使用支持 Captive Portal 的 station 设备连接到提供 Captive Portal 服务的 AP 设备时，将触发 station 设备的浏览器跳转到指定的网页。更多关于 Captive Portal 的介绍，请参考 Captive Portal Wiki。

备注： 默认情况下 AT web 并未启用该功能，可以通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > AT WEB Server command support > AT WEB captive portal support` 启用该功能，然后编译工程（请参考本地编译 *ESP-AT* 工程）。此外，启用该功能，可能导致使用微信小程序进行配网或 OTA 固件升级时发生页面跳转，建议仅在使用浏览器访问 AT web 时启用该功能。

流程

启用 Captive Portal 功能后，请参考上述配网设备连接 *ESP32-C3* 设备 的具体步骤完成 ESP32-C3 模块的配置，然后连接 ESP32-C3 设备的 AP：



图 21: 连接打开 Captive Portal 功能的 AP

如上图，station 设备连接打开 Captive Portal 功能的 ESP32-C3 设备的 AP 后，提示“需登录/认证”，然后将自动打开浏览器，并跳转到 AT web 的主界面。若不能自动跳转，请根据 station 设备的提示，点击“认证”或点击上图中的“pos_softap”热点的名称，手动触发 Captive Portal 自动打开浏览器，进入到 AT web 的主界面。

常见故障排除

说明 1：通信双方（station 设备、AP 设备）都支持 Captive Portal 功能才能保证该功能正常使用，因此，若设备连接 ESP32-C3 设备的 AP 后未提示“需登录/认证”，并且没有自动进入到 AT web 的主界面，可能是 station 设备不支持该功能，此时，请参考上述使用浏览器发送配网信息 的具体步骤手动打开 AT web 的主界面。

4.7 HTTP AT 示例

本文档主要提供在 ESP32-C3 设备上运行*HTTP AT 命令集* 命令的详细示例。

- *HTTP 客户端 HEAD 请求方法*
- *HTTP 客户端 GET 请求方法*
- *HTTP 客户端 POST 请求方法（适用于 POST 少量数据）*
- *HTTP 客户端 POST 请求方法（推荐方式）*
- *HTTP 客户端 PUT 请求方法（适用于无数据情况）*
- *HTTP 客户端 PUT 请求方法（推荐方式）*
- *HTTP 客户端 DELETE 请求方法*

重要： 当前 ESP-AT 仅支持部分 HTTP 客户端的功能。

4.7.1 HTTP 客户端 HEAD 请求方法

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

```
AT+RESTORE
```

   响应：

```
OK
```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

3. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
4. 发送一个 HTTP HEAD 请求。设置 `opt` 为 `1`（HEAD 方法），`url` 为 `http://httpbin.org/get`，`transport_type` 为 `1`（HTTP_TRANSPORT_OVER_TCP）。
   命令：

```
AT+HTTPCLIENT=1,0,"http://httpbin.org/get",,,1
```

   响应：

```
+HTTPCLIENT:35, Date: Sun, 26 Sep 2021 06:59:13 GMT
+HTTPCLIENT:30, Content-Type: application/json
+HTTPCLIENT:19, Content-Length: 329
+HTTPCLIENT:22, Connection: keep-alive
```

(续下页)

(接上页)

```
+HTTPCLIENT:23, Server: gunicorn/19.9.0
+HTTPCLIENT:30, Access-Control-Allow-Origin: *
+HTTPCLIENT:38, Access-Control-Allow-Credentials: true

OK
```

说明：

- 您获取到的 HTTP 头部信息可能与上述响应中的不同。

4.7.2 HTTP 客户端 GET 请求方法

本例以下载一个 JPG 格式的图片文件为例。图片链接为 https://www.espressif.com/sites/all/themes/espressif/images/about-us/solution-platform.jpg。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

   ```
   AT+RESTORE
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 连接路由器。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890"
   ```

   响应：

   ```
   WIFI CONNECTED
   WIFI GOT IP

   OK
   ```

   说明：

   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. 发送一个 HTTP GET 请求。设置 `opt` 为 `2`（GET 方法），`url` 为 `https://www.espressif.com/sites/all/themes/espressif/images/about-us/solution-platform.jpg`，`transport_type` 为 `2`（HTTP_TRANSPORT_OVER_SSL）。
   命令：

   ```
   AT+HTTPCLIENT=2,0,"https://www.espressif.com/sites/all/themes/espressif/images/
   ↪about-us/solution-platform.jpg",,,2
   ```

   响应：

   ```
   +HTTPCLIENT:512,<0xff><0xd8><0xff><0xe2><0x0c>XICC_PROFILE<break>
   <0x01><0x01><break>
   <break>
   <0x0c>HLino<0x02><0x10><break>
   <break>
   mntrRGB XYZ <0x07><0xce><break>
   <0x02><break>
   ```

(续下页)

(接上页)

```
...
+HTTPCLIENT:512,<0xeb><0xe2>v<0xcb><0x98>-<0xf8><0x8a><0xae><0xf3><0xc8><0xb6>
↪<0xa8><0x86><0x02>j<0x06><0xe2>
"<0xaa>*p<0x7f>2",h<0x12>N<0xa5><0x1e><0xd2>bp<0xea><0x1e><0xf5><0xa3>x<0xa6>J
↪<0x14>Ti<0xc3>m<0x1a>m<0x94>T<0xe1>I<0xb6><0x90><0xdc>_<0x11>QU;<0x94><0x97>
↪<0xcb><0xdd><0xc7><0xc6><0x85><0xd7>U<0x02><0xc9>W<0xa4><0xaa><0xa1><0xa1>
↪<0x08>hB<0x1a><0x10><0x86><0x84>!<0xa1><0x08>hB<0x1a><0x10><0x9b><0xb9>K
↪<0xf5>5<0x95>5-=<0x8a><0xcb><0xce><0xe0><0x91><0xf0>m<0xa9><0x04>C<0xde>k
↪<0xe7><0xc2>v<H|<0xaf><0xb8>L<0x91>=<0xda>_<0x94><0xde><0xd0><0xa9><0xc0>
↪<0xdd>8<0x9a>B<0xaa><0x1a><0x10><0x86><0x84>$<0xf4><0xd6><0xf2><0xa3><0x92>
↪<0xe7><0xa8>I<0xa3>b<0x1f>)<0xe1>z<0xc4>y<0xae><0xca><0xed><0xec><0x1e>|^
↪<0xd7>E<0xa2>_<0x13><0x9e>;{|<0xb5>Q<0x97><0xa5>P<0xdf><0xa1>#3vn<0x1b><0xc3>
↪-<0x92><0xe2>dIn<0x9c><0xb8>
<0xc7><0xa9><0xc6>(<0xe0><0xd3>i-<0x9e>@<0xbb><0xcc><0x88><0xd5>K<0xe3><0xf0>O
↪<0x9f>Km<0xb3>h<0xa8>omR<0xfe><0x8b><0xf9><0xa4><0xa6><0xff><break>
aU<0xdf><0xf3><0xa3>:A<0xe2>UG<0x04>k<0xaa>*<0xa1><0xa1><0x0b><0xca><0xec>
↪<0xd8>Q<0xfb><0xbc>yqY<0xec><0xfb>?<0x16>CM<0xf6>|}<0xae><0xf3><0x1e><0xdf>%
↪<0xf8><0xe8><0xb1>B<0x8f>[<0xb3>><0x04><0xec><0xeb>f<0x06><0x1c><0xe8><0x92>
↪<0xc9><0x8c><0xb0>I<0xd1><0x8b>%<0x99><0x04><0xd0><0xbb>s<0x8b>xj<0xe2>4f
↪<0xa0><0x8e>+E<0xda><0xab><0xc7>=<0xab><0xc7><0xb9>xz1f<0xba><0xfd>_e6<0xff>
↪<break>
(w<0xa7>b<0xe3>m<0xf0>|<0x82><0xc9><0xfb><0x8b><0xac>r<0x95><0x94><0x96><0xd9>i
↪<0xe9>RVA<0x91><0x83><0x8b>M'<0x86><0x8f><0xa3>A<0xd8><0xd8>"r"<0x8a><0xa8>
↪<0x9e>zl=<0xcd><0x16><0x07>D<0xa2><0xd0>u(<0xc2><0x8b><0x0b><0xc4><0xf1>
↪<0x87><0x9c><0x93><0x8f><0xe3><0xd5>U<0x12>]<0x8e><0x91>]<0x91><0x06>#l<0xbe>
↪<0xf4>t0?<0xd7><0x85><GEM<0xb1>%<0xee>UUT<0xe7><0xdf><0xa0><0xb9><0xce><0xe2>
↪U@<0x03><0x82>S<0xe9>*<0xa8>hB<0x1a><0x10><0xa1><0xaf>V<0x19>U<0x9d><0xb3>x
↪<0xa6><0xc7><0xe2><0x86><0x8e>d[<0x89>e<0x05>l<0x80>H<0x91>#<0xd2><0x8c>
↪<0xe1>j<0x1b>rH<0x04><0x89><0x98><0xd3>lZW]q><0xc2><';<0x93><0xb4><0xf5>&
↪<0x9d><0xa0>^Wp<0xa9>6`<0xe2>T<0xa2><0xc2><0xb1>*<0xbc><0x13><0x13><0xa0>
↪<0xc4>)<0x83><0xb6><0xbe><0x86><0xb9><0x88>-<0x1a>

OK
```

4.7.3 HTTP 客户端 POST 请求方法（适用于 POST 少量数据）

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器，数据类型为 `application/json`。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

   ```
   AT+RESTORE
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 连接路由器。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890"
   ```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. 发送一个 HTTP POST 请求。设置 opt 为 3 （POST 方法） ，url 为 http://httpbin.org/post，content-type 为 1 （application/json） ，transport_type 为 1 （HTTP_TRANSPORT_OVER_TCP）。
   命令：

```
AT+HTTPCLIENT=3,1,"http://httpbin.org/post",,,1,"{\"form\":{\"purpose\":\"test\
↪"}}"
```

响应：

```
+HTTPCLIENT:282,{
  "args": {},
  "data": "{\"form\":{\"purpose\":\"test\"}}",
  "files": {},
  "form": {},
  "headers": {
    "Content-Length": "27",
    "Content-Type": "application/json",
    "Host": "httpbin.org",
    "User-Agent": "ESP32 HTTP Client/1.0",
    "X-Amzn-Trace-Id": "Root=
+HTTPCLIENT:173,1-61503a3f-4b16b71918855b97614c5dfb"
  },
  "json": {
    "form": {
      "purpose": "test"
    }
  },
  "origin": "20.187.154.207",
  "url": "http://httpbin.org/post"
}


OK
```

说明：

- 您获取到的结果可能与上述响应中的不同。

4.7.4 HTTP 客户端 POST 请求方法（推荐方式）

如果您 POST 的数据量相对较多，已经超过了单条 AT 命令的长度阈值 256，则建议您可以使用*AT+HTTPCPOST* 命令。

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器，数据类型为 application/json。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

```
AT+RESTORE
```

响应：

```
OK
```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

3. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. Post 指定长度数据。该命令设置 HTTP 头部字段数量为 2，分别是 connection 字段和 content-type 字段，connection 字段值为 keep-alive，connection 字段值为 application/json。
   假设你想要 post 的 JSON 数据如下，长度为 427 字节。

```
{"headers": {"Accept": "application/json","Accept-Encoding": "gzip, deflate",
↪"Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;q=0.7","Content-Length": "0
↪","Host": "httpbin.org","Origin": "http://httpbin.org","Referer": "http://
↪httpbin.org/","User-Agent": "Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.
↪36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36","X-Amzn-Trace-Id
↪": "Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413"}}
```

命令：

```
AT+HTTPCPOST="http://httpbin.org/post",427,2,"connection: keep-alive","content-
↪type: application/json"
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入上面提到的 427 字节长的数据，当 AT 接收到的数据长度达到 <length> 后，数据传输开始。

```
+HTTPCPOST:281,{
  "args": {},
  "data": "{\"headers\": {\"Accept\": \"application/json\",\"Accept-Encoding\
↪": \"gzip, deflate\",\"Accept-Language\": \"en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;
↪q=0.7\",\"Content-Length\": \"0\",\"Host\": \"httpbin.org\",\"Origin\": \
↪"http://httpbin.org\",\"Referer\": \"htt
+HTTPCPOST:512,p://httpbin.org/\",\"User-Agent\": \"Mozilla/5.0 (X11; Linux␣
↪x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/
↪537.36\",\"X-Amzn-Trace-Id\": \"Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413\"}}
↪",
  "files": {},
  "form": {},
  "headers": {
    "Content-Length": "427",
    "Content-Type": "application/json",
    "Host": "httpbin.org",
    "User-Agent": "ESP32 HTTP Client/1.0",
    "X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-61505e76-278b5c267aaf55842bd58b32"
  },
```

(续下页)

(接上页)

```
  "json": {
    "headers": {

+HTTPCPOST:512,"Accept": "application/json",
      "Accept-Encoding": "gzip, deflate",
      "Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;q=0.7",
      "Content-Length": "0",
      "Host": "httpbin.org",
      "Origin": "http://httpbin.org",
      "Referer": "http://httpbin.org/",
      "User-Agent": "Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML,
↪ like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36",
      "X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413"
    }
  },
  "origin": "20.187.154
+HTTPCPOST:45,.207",
  "url": "http://httpbin.org/post"
}


SEND OK
```

说明：

- AT 输出 > 字符后，HTTP body 中的特殊字符不需要转义字符进行转义，也不需要以新行结尾 (CR-LF)。

4.7.5 HTTP 客户端 PUT 请求方法（适用于无数据情况）

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器。PUT 请求支持 查询字符串参数 模式。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

```
AT+RESTORE
```

   响应：

```
OK
```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

3. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：

   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. 发送一个 HTTP PUT 请求。设置 opt 为 4 （PUT 方法），url 为 http://httpbin.org/put，transport_type 为 1 （HTTP_TRANSPORT_OVER_TCP）。
   命令：

```
AT+HTTPCLIENT=4,0,"http://httpbin.org/put?user=foo",,,1
```

   响应：

```
+HTTPCLIENT:282,{
  "args": {
    "user": "foo"
  },
  "data": "",
  "files": {},
  "form": {},
  "headers": {
    "Content-Length": "0",
    "Content-Type": "application/x-www-form-urlencoded",
    "Host": "httpbin.org",
    "User-Agent": "ESP32 HTTP Client/1.0",
    "X-Amzn-Trace-Id": "R
+HTTPCLIENT:140,oot=1-61503d41-1dd8cbe0056190f721ab1912"
  },
  "json": null,
  "origin": "20.187.154.207",
  "url": "http://httpbin.org/put?user=foo"
}


OK
```

   说明：
   - 您获取到的结果可能与上述响应中的不同。

4.7.6 HTTP 客户端 PUT 请求方法（推荐方式）

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器，数据类型为 application/json。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

```
AT+RESTORE
```

   响应：

```
OK
```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

3. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
```

(续下页)

(接上页)

```
OK
```

说明：

- 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. PUT 指定长度数据。该命令设置 HTTP 头部字段数量为 2，分别是 `connection` 字段和 `content-type` 字段，`connection` 字段值为 `keep-alive`，`connection` 字段值为 `application/json`。
   假设你想要 put 的 JSON 数据如下，长度为 427 字节。

```
{"headers": {"Accept": "application/json","Accept-Encoding": "gzip, deflate",
↪"Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;q=0.7","Content-Length": "0
↪","Host": "httpbin.org","Origin": "http://httpbin.org","Referer": "http://
↪httpbin.org/","User-Agent": "Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.
↪36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36","X-Amzn-Trace-Id
↪": "Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413"}}
```

命令：

```
AT+HTTPCPUT="http://httpbin.org/put",427,2,"connection: keep-alive","content-
↪type: application/json"
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已准备好接收串行数据，此时您可以输入上面提到的 427 字节长的数据，当 AT 接收到的数据长度达到 `<length>` 后，数据传输开始。

```
+HTTPCPUT:281,{
  "args": {},
  "data": "{\"headers\": {\"Accept\": \"application/json\",\"Accept-Encoding\
↪": \"gzip, deflate\",\"Accept-Language\": \"en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;
↪q=0.7\",\"Content-Length\": \"0\",\"Host\": \"httpbin.org\",\"Origin\": \
↪"http://httpbin.org\",\"Referer\": \"htt
+HTTPCPUT:512,p://httpbin.org/\",\"User-Agent\": \"Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_
↪64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.
↪36\",\"X-Amzn-Trace-Id\": \"Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413\"}}",
  "files": {},
  "form": {},
  "headers": {
    "Content-Length": "427",
    "Content-Type": "application/json",
    "Host": "httpbin.org",
    "User-Agent": "ESP32 HTTP Client/1.0",
    "X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-635f7009-681be2d5478504dc5b83624a"
  },
  "json": {
    "headers": {

+HTTPCPUT:512,"Accept": "application/json",
      "Accept-Encoding": "gzip, deflate",
      "Accept-Language": "en-US,en;q=0.9,zh-CN;q=0.8,zh;q=0.7",
      "Content-Length": "0",
      "Host": "httpbin.org",
      "Origin": "http://httpbin.org",
      "Referer": "http://httpbin.org/",
      "User-Agent": "Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML,
↪ like Gecko) Chrome/91.0.4472.114 Safari/537.36",
      "X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-6150581e-1ad4bd5254b4bf5218070413"
    }
```

(续下页)

(接上页)

```
  },
  "origin": "52.246.135
+HTTPCPUT:43,.57",
  "url": "http://httpbin.org/put"
}


SEND OK
```

说明：

- AT 输出 > 字符后，HTTP body 中的特殊字符不需要转义字符进行转义，也不需要以新行结尾 (CR-LF)。

4.7.7 HTTP 客户端 DELETE 请求方法

该示例以 http://httpbin.org 作为 HTTP 服务器。DELETE 方法用于删除服务器上的资源。DELETE 请求的实现依赖服务器。

1. 恢复出厂设置。
   命令：

```
AT+RESTORE
```

   响应：

```
OK
```

2. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

3. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：

   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

4. 发送一个 HTTP DELETE 请求。设置 opt to 5 （DELETE 方法），url 为 http://httpbin.org/delete，transport_type to 1 （HTTP_TRANSPORT_OVER_TCP）。
   命令：

```
AT+HTTPCLIENT=5,0,"https://httpbin.org/delete",,,1
```

   响应：

```
+HTTPCLIENT:282,{
  "args": {},
  "data": "",
  "files": {},
  "form": {},
```

(续下页)

(接上页)

```
  "headers": {
    "Content-Length": "0",
    "Content-Type": "application/x-www-form-urlencoded",
    "Host": "httpbin.org",
    "User-Agent": "ESP32 HTTP Client/1.0",
    "X-Amzn-Trace-Id": "Root=1-61504289-468a41
+HTTPCLIENT:114,737b0d251672acec9d"
  },
  "json": null,
  "origin": "20.187.154.207",
  "url": "https://httpbin.org/delete"
}


OK
```

说明：

- 您获取到的结果可能与上述响应中的不同。

4.8 WebSocket AT 示例

本文档介绍了在 ESP32-C3 设备上运行 *WebSocket AT 命令集* 命令的详细示例。

- *基于 TCP 的 WebSocket 连接*
- *基于 TLS 的 WebSocket 连接（相互鉴权）*

重要： 默认的 AT 固件不支持 WebSocket 功能。如果您需要 ESP32-C3 支持 WebSocket 功能，请参考介绍。

4.8.1 基于 TCP 的 WebSocket 连接

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 连接到路由器。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890"
   ```

   响应：

   ```
   WIFI CONNECTED
   WIFI GOT IP

   OK
   ```

   说明：

   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
4. 在 PC 上使用 python 创建一个基于 TCP 的 WebSocket 服务器。示例代码如下：

```
#!/usr/bin/env python

import asyncio
from websockets.server import serve

host = "192.168.200.249"
port = 8765

async def echo(websocket):
    async for message in websocket:
        await websocket.send(message)

async def main():
    async with serve(echo, host, port):
        print(f"Server started at ws://{host}:{port}")
        await asyncio.get_running_loop().create_future()  # run forever

asyncio.run(main())
```

请修改上述代码中的 host 为 PC 的 IP 地址并保存为 ws-server.py 文件，同时运行该程序。

```
python ws-server.py
```

说明：

- 如果您的 PC 上没有安装 websockets 库，请使用 pip install websockets 安装。
- 默认设置的 WebSocket 服务器端口为 8765，您也可以设置为其它端口。

5. ESP32-C3 设备作为客户端连接到 WebSocket 服务器。
   命令：

```
AT+WSOPEN=0,"ws://192.168.200.249:8765"
```

响应：

```
+WS_CONNECTED:0

OK
```

6. 发送 4 字节数据。
   命令：

```
AT+WSSEND=0,4
```

响应：

```
OK

>
```

输入 4 字节数据，例如输入数据是 test，之后 AT 将会输出以下信息。

```
SEND OK
```

说明：

- 若输入的字节数目超过 AT+WSSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。

7. 接收 4 字节数据。
   由于上面的 WebSocket 服务器是一个回显服务器，因此在数据发送后，服务器也会原样返回该数据，即 AT 会输出：

```
+WS_DATA:0,4,test
```

4.8.2 基于 TLS 的 WebSocket 连接（相互鉴权）

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。

命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 设置 SNTP 服务器。
   命令：

```
AT+CIPSNTPCFG=1,8,"cn.ntp.org.cn","ntp.sjtu.edu.cn"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   - 您可以根据自己国家的时区设置 SNTP 服务器。

4. 查询 SNTP 时间。
   命令：

```
AT+CIPSNTPTIME?
```

   响应：

```
+CIPSNTPTIME:Wed Nov 13 17:00:15 2024
OK
```

   说明：
   - 您可以查询 SNTP 时间与实时时间是否相符来判断您设置的 SNTP 服务器是否生效。
   - 设置时间是为了在 TLS 认证时校验证书的有效期。

5. PC 与 ESP32-C3 设备连接同一个路由。
6. 获取 WebSocket 服务器端的 CA、证书、私钥。
   您可以使用 `openssl` 工具生成 CA、证书、和私钥。如果遇到困难，请使用以下配置进行测试：
   `wss_ca.crt`

```
-----BEGIN CERTIFICATE-----
MIIDNjCCAh6gAwIBAgIUDe6T+Pu0BqmmTjw3s4snVRNFiCMwDQYJKoZIhvcNAQEL
BQAwNjELMAkGA1UEBhMCQ04xFTATBgNVBAoMDEVTUFJFU1NJRiBBVDEQMA4GA1UE
AwwHUm9vdCBDQTAeFw0yNDA5MTkwOTMzNDBaFw0zNDA5MTcwOTMzNDBaMDYxCzAJ
BgNVBAYTAkNOMRUwEwYDVQQKDAxFU1BSRVNTSUYgQVQxEDAOBgNVBAMMB1Jvb3Qg
Q0EwggEiMA0GCSqGSIb3DQEBAQUAA4IBDwAwggEKAoIBAQCylQstJGNFHLf7F+gG
oMSZSrWV4+/5Qxw1Cw3y5N1OVkMSxppYHVxj6MbOwWoCqQcx/WMtqnhg9ATDiZOE
bXFVB0aZd6EEBz24k7UvQ1ilfIw5tzmjl8SSbe7CiFq302WVokBVFhSeY2jrG+sI
6PWg0WsvxzierDL9hef708IJERlX0ScBIsLZnVU4UBPtrbG2bgl3L6T5iQ95tSEX
LsmfZ4l+/Q1xSC7VGH1K1WGBnUzGpv9vLc9uFGZVcAEKx1V9Y7DsyJvTosfOOMmb
yUIcBk5nVCHRfhmtrfRAWWD9YaNc0gMPVpO6cHzGd/Fgw6vO6QshMYUOE6wxpVjb
8JYlAgMBAAGjPDA6MAwGA1UdEwQFMAMBAf8wCwYDVR0PBAQDAgGmMB0GA1UdDgQW
BBRdPJ7Nq+WXSiLN4ZLWJlQQfjrm7zANBgkqhkiG9w0BAQsFAAOCAQEANYpErE2L
IpISbzJTvG6A67YmYMyadWSNGQ2VjdLK2s3zkggF96bIZziygOa9mgAKD/yTw10t
V0xF1GUDz43DtJZ1wxo8FPrxH41cP63vjtp28+ZNkylv9Hrx8De2JjiYwRpZmlQY
```

(续下页)

(接上页)

```
EHwDEFpK26LdwPPalwdMZSyMzCtRNJ+o8Bk5kSc3V9QJmh9lLe4PdfCJcfzwPskC
dNgUMECRa4k3VFOYVUumyFofG8/kINcRogfPzZuUE2Oj1wCHqSpOaP2CJN9QTk0q
Fn0Itrjikv6z1aTp+SJPOzRPbympL9KhhhhcYJQdPaXHWWYfdhEU/abnnJQpd+1Y
HPnBCb4tK/pS9w==
-----END CERTIFICATE-----
```

wss_server.crt

```
-----BEGIN CERTIFICATE-----
MIIDVTCCAj2gAwIBAgIUPLhviJh1UJDQ5Md6tHibK11jP24wDQYJKoZIhvcNAQEL
BQAwNjELMAkGA1UEBhMCQ04xFTATBgNVBAoMDEVTUFJFU1NJRiBBVDEQMA4GA1UE
AwwHUm9vdCBDQTAeFw0yNDA5MTkwOTMzNDBaFw0zNDA5MTcwOTMzNDBaMDQxCzAJ
BgNVBAYTAkNOMRUwEwYDVQQKDAxFU1BSRVNTSUYgQVQxDjAMBgNVBAMMBUwxIENB
MIIBIjANBgkqhkiG9w0BAQEFAAOCAQ8AMIIBCgKCAQEAtKALI+zRbUaMjukAi2ai
dzPdNdy+TUv2K+GyB15yomIr0e1c1pfztk68zdHKcFFt0RQfz1GYtxrZzqvO7o4t
K9ijFAw+k498SCTmTqHwlUKc7B9mK6UZfZSkXUnufXKE5+N96u+49e3wbk7yoNfQ
kzdtwwXUtM6ee5w7HvjwdKQcJXYWv/c/zVLWmAUG3AEaUknS8r4LdG/X+L/bxN+9
zycLL5tGgZg22KENW4QWsSUY6ntuKQDlohiNxi+wXyM3mVNOc94umICj7a1OhPst
UmuLYD/gUCnM4JRvQYAVmPQCi88KoLj7aIwJedQ7TJwhJGDS6WDVEMeRfJVXswUk
4QIDAQABo10wWzAMBgNVHRMEBTADAQH/MAsGA1UdDwQEAwIBpjAdBgNVHQ4EFgQU
e1wZbnvJnZr8js60EyIWiP6hRFAwHwYDVR0jBBgwFoAUNrQtNxD0tapUczc8Mwln
hPZE84YwDQYJKoZIhvcNAQELBQADggEBAICnosdYBc6enaKB77AWXFzMWyDDLvd5
JSJa1IRJ+Rhs1gBxjIH66/+6QyZcJu5C/RZ+RZ04Mky3nMndc3kSCFqauBCK9xoG
/fZ5wrAfH54o4P+3ZliGoK8EltKu1HuQYJTW8JKbLWCRJ8PnGkrDZBgSXgn8tyL4
U3hu1MdmkH//fiV0z6itfyJcZDu387l8bGBhrAD3Z7gWcdIJbXxmu6m7FJadUe/N
0vsLtgkOpOyUa2rThOnJpSyXB5QnKifRGYjuPrnOIWtmADYQRUeD2zdgqRUUuYJR
ee4Vz2BFXhpZdGeD3bVAop+/YEbTa0iDxXSLWkPLQfCyIkdTPXmKQPQ=
-----END CERTIFICATE-----
```

wss_server.key

```
-----BEGIN PRIVATE KEY-----
MIIEvAIBADANBgkqhkiG9w0BAQEFAASCBKYwggSiAgEAAoIBAQC0oAsj7NFtRoyO
6QCLZqJ3M9013L5NS/Yr4bIHXnKiYivR7VzWl/O2TrzN0cpwUW3RFB/PUZi3GtnO
q87uji0r2KMUDD6Tj3xIJOZOofCVQpzsH2YrpRl9lKRdSe59coTn433q77j17fBu
TvKg19CTN23DBdS0zp57nDse+PB0pBwldha/9z/NUtaYBQbcARpSSdLyvgt0b9f4
v9vE373PJwsvm0aBmDbYoQ1bhBaxJRjqe24pAOWiGI3GL7BfIzeZU05z3i6YgKPt
rU6E+y1Sa4tgP+BQKczglG9BgBWY9AKLzwqguPtojAl51DtMnCEkYNLpYNUQx5F8
lVezBSThAgMBAAECggEASkRF4FsWjyJDV91Y4nhsU6vpCCT/wCN8D/XoL9x3MOpB
jzrUAc4PoIWGXvAkFwN8LkviemlX6+2n4bDF0FN4Ij+caflQ33ZPSRCW+3zdQVnW
0MVmSorDTN3JqSvlWgI0wG3Kz8cKW2AejBR88YJbGbTgNiBXIZKVGkkWC/maULKa
L2Omd5ZzF9qkWWoBk0GxrlME+V9726L6SJHIVESkPcbojXZPM06zmz84+Zzf0UdG
pl+SocmQzo8yzhjXR8UHxtzfZbiiJZGCsWIxvizqM4OTaRfIBPhmmSNwpO7Vk3lD
t6XISALqMbIHv/co5LOWs5WnyQBud28MV7RpCD/tawKBgQDnGuFSmilpMR6KqRrd
O8amarseklND9NiWsUcXLYYHQkNClTtr5Gqtm3EbJbR0wLwUzL7PwgeuNmN6e6vz
IreS7wd+uO3HeVVsFPeOpTlXzALMG6wuYN/Ipfe/T8v/vq9CkoZ6VDaDN6OdEBAq
g6pAUQFL+uamLfrKcCiZtiOR/wKBgQDIFRhC5MyLaFlw3XumgAsh37tmlGOQ/T+K
GAWXiRhzXW340EVezNUUXeJcGig4BgNVwXBvjYTk0unyIw72bUNrIeOqp4ZgO2vW
NUgyDgIGKZuIIGI51FeezG6Qu2s93qZTYtdjH0M4ISKgrKOvY51fuXBNFSuC7BOq
i5MQamuJHwKBgHGJhiszq6aPSCbtH1KTHGwDwXwqfRfEwWd/HqLnbZJBXpPmhvPh
mvtBg5bHtlkpmv1I/XFKLMXM2KCDA54Gb1OTdQYvyjmWhX386wY8a+iTRMiLy9JZ
K3gC+a0Wge1Z+/Zj0AdnOgTLH+l4y8hnOQwx/8YZNJltu2kbIwcpMV53AoGAFMzE
meepL/DoI2iS+ysifSICHFbexurc2SFIK4mwBgY3cX9NRt6qZBSifIqnlbNiU17p
rl8a6qLWeTqVyp5vPMroHQyPVp+2xS0C1VlJcpSOu6cKLxLZDQQZlmg1bNghmFeV
JpPQbBxdujBYT9peON5RQ2IpBNI/9SHPZwx5I2cCgYBdCmby0loBi5lCbCXKV5c3
mzlPpM6zR3aLYsFyknWRtLv3UPMGzOLsRDkwfQEMZWt/VFjXehajyqd8X7r3V0lX
cz5LwmH0MSKDYgdzrJjvE3lPxDdKtmyPr5nnF/8/SF6Lawj7v6eGnpiZNqHC/wkK
9EmCxWXJc/9GVWSZtEOz/Q==
-----END PRIVATE KEY-----
```

7. 在 PC 上使用 python 创建一个基于 TLS 的 WebSocket 服务器。示例代码如下：

```
#!/usr/bin/env python

import asyncio
import ssl
import websockets

host = '192.168.200.249'
port = 8766
wss_ca = '/your_path/wss_ca.crt'
wss_cert = '/your_path/wss_server.crt'
wss_key = '/your_path/wss_server.key'

async def echo(websocket, path):
    async for message in websocket:
        await websocket.send(message)

ssl_context = ssl.SSLContext(ssl.PROTOCOL_TLS_SERVER)
ssl_context.load_cert_chain(certfile=wss_cert, keyfile=wss_key)
ssl_context.verify_mode = ssl.CERT_REQUIRED
ssl_context.load_verify_locations(wss_ca)

start_server = websockets.serve(echo, host, port, ssl=ssl_context)

asyncio.get_event_loop().run_until_complete(start_server)
print(f"Server started at wss://{host}:{port}")

asyncio.get_event_loop().run_forever()
```

请修改上述代码中的 `host` 为 PC 的 IP 地址，`wss_ca`、`wss_cert`、`wss_key` 为服务器端的 CA、证书、和私钥路径，并保存为 `wss-server.py` 文件，同时运行该程序。

```
python wss-server.py
```

说明：

- 如果您的 PC 上没有安装 `websockets` 库，请使用 `pip install websockets` 安装。
- 设置的 WebSocket 服务器端口为 `8766`，您也可以设置为其它端口。

8. 配置 WebSocket 连接为相互鉴权。
   命令：

```
AT+WSCFG=0,30,60,4096,3,0,0
```

   响应：

```
OK
```

   说明：

   - 如果您想使用自己的客户端证书或者使用多套证书，请参考*如何更新 PKI 配置*。

9. ESP32-C3 设备作为客户端连接到 WebSocket 服务器。
   命令：

```
AT+WSOPEN=0,"wss://192.168.200.249:8766"
```

   响应：

```
+WS_CONNECTED:0

OK
```

10. 发送 4 字节数据。
    命令：

```
AT+WSSEND=0,4
```

    响应：

```
OK

>
```

输入 4 字节数据，例如输入数据是 test，之后 AT 将会输出以下信息。

```
SEND OK
```

说明：

- 若输入的字节数目超过 AT+WSSEND 命令设定的长度 (n)，则系统会响应 busy p...，并发送数据的前 n 个字节，发送完成后响应 SEND OK。

11. 接收 4 字节数据。
由于上面的 WebSocket 服务器是一个回显服务器，因此在数据发送后，服务器也会原样返回该数据，即 AT 会输出：

```
+WS_DATA:0,4,test
```

4.9 Sleep AT 示例

本文档简要介绍并举例说明如何在 ESP32-C3 系列产品上使用 AT 命令设置睡眠模式。

- 简介
- 在 *Wi-Fi* 模式下设置为 *Modem-sleep* 模式
- 在 *Wi-Fi* 模式下设置为 *Light-sleep* 模式
- 在蓝牙广播态下设置为 *Light-sleep* 模式
- 在蓝牙连接态下设置为 *Light-sleep* 模式
- 设置为 *Deep-sleep* 模式

4.9.1 简介

ESP32-C3 系列采用先进的电源管理技术，可以在不同的电源模式之间切换。当前，ESP-AT 支持以下四种功耗模式（更多休眠模式请参考技术规格书）：

1. Active 模式：芯片射频处于工作状态。芯片可以接收、发射和侦听信号。
2. Modem-sleep 模式：CPU 可运行，时钟可被配置。Wi-Fi 基带、蓝牙基带和射频关闭。
3. Light-sleep 模式：CPU 暂停运行。RTC 存储器和外设以及 ULP 协处理器运行。任何唤醒事件（MAC、主机、RTC 定时器或外部中断）都会唤醒芯片。
4. Deep-sleep 模式：CPU 和大部分外设都会掉电，只有 RTC 存储器和 RTC 外设处于工作状态。

默认情况下，ESP32-C3 会在系统复位后进入 Active 模式。当 CPU 不需要一直工作时，例如等待外部活动唤醒时，系统可以进入低功耗模式。

ESP32-C3 的功耗，请参考 ESP32-C3 系列芯片技术规格书。

备注：

- 将分别描述在 Wi-Fi 模式和蓝牙模式下将 ESP32-C3 设置为睡眠模式。
- 在单 Wi-Fi 模式下，只有 station 模式支持 Modem-sleep 模式和 Light-sleep 模式。
- 对于蓝牙模式下的 Light-sleep 模式，请确保外部存在 32 KHz 晶振。如果外部不存在 32 KHz 晶振，ESP-AT 将工作在 Modem-sleep 模式。

测量方法

为避免功耗测试过程中出现一些不必要的干扰，建议使用集成芯片的乐鑫模组进行测试。

硬件连接可参考下图。（注意，图中开发板只保留了 ESP32-C3 ，外围元器件均已移除。）

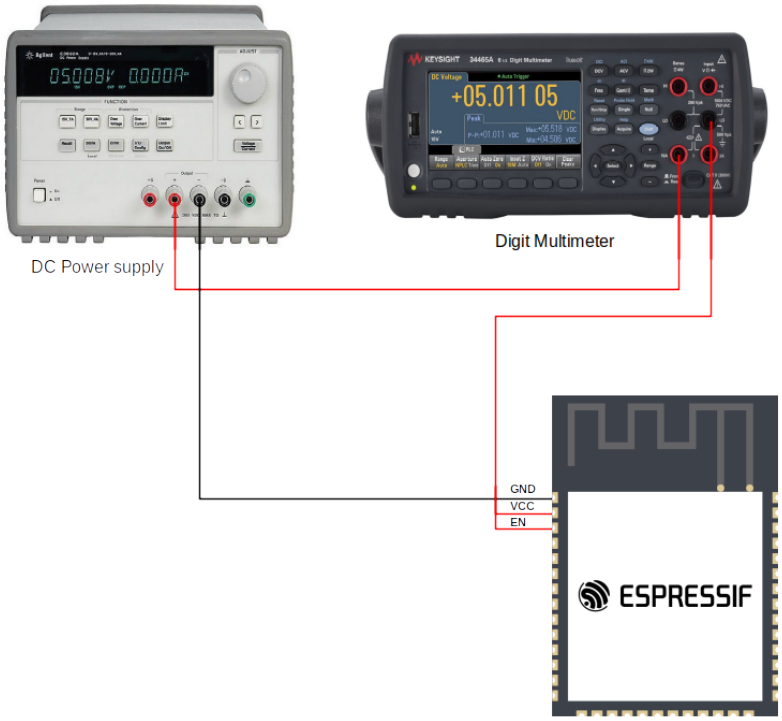


图 22: ESP32-C3 硬件连接

4.9.2 在 Wi-Fi 模式下设置为 Modem-sleep 模式

1. 设置 Wi-Fi 为 station 模式。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
3. 设置休眠模式为 Modem-sleep 模式。
   命令：

```
AT+SLEEP=1
```

响应：

```
OK
```

备注： RF 将根据 AP 的 DTIM 定期关闭（路由器一般设置 DTIM 为 1）。

4.9.3 在 Wi-Fi 模式下设置为 Light-sleep 模式

1. 设置 Wi-Fi 为 station 模式。
   命令：

   ```
   AT+CWMODE=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 连接路由器。设置监听间隔为 3。
   命令：

   ```
   AT+CWJAP="espressif","1234567890",,,,3
   ```

   响应：

   ```
   WIFI CONNECTED
   WIFI GOT IP

   OK
   ```

   说明：
   - 您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。

3. 设置休眠模式为 Light-sleep 模式。
   命令：

   ```
   AT+SLEEP=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

备注： CPU 将会自动休眠，RF 则会根据*AT+CWJAP* 设置的监听间隔定期关闭。

4.9.4 在蓝牙广播态下设置为 Light-sleep 模式

1. 初始化为角色为蓝牙服务端。

   命令：

   ```
   AT+BLEINIT=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 设置蓝牙广播参数。设置蓝牙广播间隔为 1 s。

   命令：

```
AT+BLEADVPARAM=1600,1600,0,0,7,0,0,"00:00:00:00:00:00"
```

响应：

```
OK
```

3. 开始广播。

   命令：

   ```
   AT+BLEADVSTART
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4. 禁用 Wi-Fi。

   命令：

   ```
   AT+CWINIT=0
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

5. 设置休眠模式为 Light-sleep 模式。

   命令：

   ```
   AT+SLEEP=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4.9.5 在蓝牙连接态下设置为 Light-sleep 模式

1. 初始化为角色为蓝牙服务端。

   命令：

   ```
   AT+BLEINIT=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

2. 开始广播。

   命令：

   ```
   AT+BLEADVSTART
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 等待连接。

   如果连接建立成功，则 AT 将会提示：

```
+BLECONN:0,"47:3f:86:dc:e4:7d"
+BLECONNPARAM:0,0,0,6,0,500
+BLECONNPARAM:0,0,0,24,0,500

OK
```

说明：

- 在这个示例中，蓝牙客户端的地址为 47:3f:86:dc:e4:7d。
- 对于提示信息（+BLECONN and +BLECONNPARAM），请参考*AT+BLECONN* 和*AT+BLECONNPARAM* 获取更多信息。

4. 更新蓝牙连接参数。设置蓝牙连接间隔为 1 s。

   命令：

   ```
   AT+BLECONNPARAM=0,800,800,0,500
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

   如果连接参数更新成功，则 AT 将会提示：

   ```
   +BLECONNPARAM:0,800,800,800,0,500
   ```

   说明：

   - 对于提示信息（+BLECONNPARAM），请参考*AT+BLECONNPARAM* 获取更多信息。

5. 禁用 Wi-Fi。

   命令：

   ```
   AT+CWINIT=0
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

6. 设置休眠模式为 Light-sleep 模式。

   命令：

   ```
   AT+SLEEP=2
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4.9.6 设置为 Deep-sleep 模式

设置休眠模式为 Deep-sleep 模式。设置 deep-sleep 时间为 3600000 ms。

命令：

```
AT+GSLP=3600000
```

响应：

```
OK
```

说明：

- 设定时间到后，设备自动唤醒，调用深度睡眠唤醒桩，然后加载应用程序。
- 对于 Deep-sleep 模式，唯一的唤醒方法是定时唤醒。

4.10 AT 配网示例

本文档主要介绍以下几种 ESP-AT 支持的配网方式：

- *BluFi 配网*
- *SmartConfig 配网*
- *SoftAP 配网 （WEB 配网）*
- *WPS 配网*

表 1: 配网方式关键参数总结

配网方式	BluFi 配网	SmartConfig 配网	SoftAP 配网	WPS 配网
默认固件支持情况	✅	✅	❌ （备注 *1*）	✅
是否需要 BLE	✅	❌	❌	❌
是否需要额外的手机 APP	✅	✅ （备注 *2*）	✅	❌
配网成功率	高	较高	高	高
操作复杂性	简单	简单	复杂	复杂
推荐指数	推荐	中等	中等	中等

- 备注 1：若想 AT 固件中支持 SoftAP 配网，请参考：*Web 服务器 AT 命令*。
- 备注 2：使用 SmartConfig 中的 AirKiss 类型配网时需依赖微信 APP，国外用户可能无法使用微信 APP。

4.10.1 BluFi 配网

BluFi 是一款基于蓝牙通道的 Wi-Fi 网络配置功能，更多信息请参考 BluFi 文档。

1. 在手机端安装 EspBluFi 应用程序。
   - Android：安卓端 EspBluFi 下载 （安卓端源码）
   - iOS：iOS 端 EspBluFi 下载 （iOS 端源码）
2. ESP32-C3 设备设置 BluFi 名称。
   命令：

   ```
   AT+BLUFINAME="blufi_test"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

3. 开启 BluFi。
   命令：

   ```
   AT+BLUFI=1
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

4. 手机创建 BluFi 连接并进行配网。
   4.1 BluFi 连接

手机打开系统蓝牙和 GPS 定位功能，启动 EspBluFi 应用程序，找到名为 `blufi_test` 的设备并点击进入，再点击 连接进行连接。此时，ESP 设备端应打印类似于 `+BLUFICONN` 的日志，应用程序页面也会输出类似以下信息，表明 BluFi 连接已成功建立。

```
Connected <mac>

Discover service and characteristics success

Set notification enable complete

Set mtu complete, mtu=...
```

4.2 BluFi 配网

连接完成后，在 EspBluFi 应用程序中点击 配网按钮，页面将会跳转至 配置页面。在此页面输入 Wi-Fi 的 SSID 和密码，并点击 确定按钮开始配网。稍等片刻，应用程序页面也会显示类似以下信息。

```
Post configure params complete

Receive device status response:
OpMode: Station
Station connect Wi-Fi now
Station connect Wi-Fi bssid: <mac>
Station connect Wi-Fi ssid: <ssid>
```

4.3 配网成功

请稍等片刻，ESP 设备将输出以下日志。至此，ESP 设备的配网已成功完成。

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
```

5. （可选步骤）ESP32-C3 设备发送 BluFi 用户自定义数据。

命令：

```
AT+BLUFISEND=4
```

响应：

```
>
```

输入 4 字节数据，例如输入数据是 `test`，之后 AT 将会输出以下信息。

```
OK
```

此时手机应用程序端显示了类似以下信息：

```
Receive custom data:
test
```

6. ESP32-C3 设备关闭 BluFi。

命令：

```
AT+BLUFI=0
```

响应：

```
+BLUFIDISCONN

OK
```

此时手机应用程序端显示了类似以下信息：

```
Disconnect <mac>, status=19
```

4.10.2 SmartConfig 配网

AT SmartConfig 配网有四种类型，分别是 ESP-TOUCH、AirKiss、ESP-TOUCH+AirKiss 和 ESP-TOUCH v2。以下是 AirKiss 和 ESP-TOUCH v2 类型的配网示例。

ESP-TOUCH v2 配网示例

1. 在手机端安装 EspTouch 应用程序。
   - Android：安卓端 EspTouch 下载 （安卓端应用程序源码）
   - iOS：iOS 端 EspTouch 下载 （iOS 端应用程序源码）
2. 设置 ESP 设备为 Station 模式。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 设备开启 SmartConfig。
   命令：

```
AT+CWSTARTSMART=4,0,"1234567890123456"
```

   响应：

```
OK
```

4. 在手机端进行配网。
   请按照以下步骤操作：打开手机的 Wi-Fi，连接到目标网络（例如 SSID：test，密码：1234567890），启动 EspTouch 应用程序，点击 EspTouch V2 按钮。在跳转的页面中输入所连接 Wi-Fi 的密码、待配网的设备数量以及 AES 密钥，如下所示：

```
Wi-Fi 密码：1234567890
需要配网的设备数量：1
AES 密钥：1234567890123456
```

5. 在 ESP 设备端确认配网成功。
   此时 ESP 设备端会输出类似如下信息：

```
smartconfig type:ESPTOUCH_V2
Smart get wifi info
ssid:test
password:1234567890
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
smartconfig connected wifi
```

   到此，ESP 设备的配网已成功完成。
6. ESP32-C3 设备停止 SmartConfig。
   命令：

```
AT+CWSTOPSMART
```

   响应：

```
OK
```

AirKiss 配网示例

1. 打开手机微信，搜索并关注“乐鑫信息科技”公众号。
2. 设置 ESP 设备为 Station 模式。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 设备开启 SmartConfig。
   命令：

```
AT+CWSTARTSMART=2
```

响应：

```
OK
```

4. 在手机端进行配网。
   手机连接到要配网的 Wi-Fi（例如 SSID：test，密码：1234567890），然后打开微信，进入“乐鑫信息科技”公众号，点击产品资源，找到 AirKiss 设备并进入。在跳转的页面中输入 Wi-Fi 密码 1234567890，稍等片刻，手机页面将显示类似日志 配置成功 . . . . . 。
   此时 ESP 设备端会输出类似如下信息：

```
smartconfig type:AIRKISS
Smart get wifi info
ssid:test
password:1234567890
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
smartconfig connected wifi
```

   到此，ESP 设备的配网已成功完成。
5. ESP32-C3 设备停止 SmartConfig。
   命令：

```
AT+CWSTOPSMART
```

响应：

```
OK
```

4.10.3 SoftAP 配网

AT SoftAP 配网指的是 WEB 配网。有关详细信息，请参见*Web Server AT 示例*。

4.10.4 WPS 配网

1. 准备一个支持 WPS 配网的路由器（例如 Wi-Fi SSID: test）。
2. 设置 ESP 设备为 Station 模式。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

响应：

```
OK
```

3. ESP32-C3 设备开启 WPS 配网。
   命令：

```
AT+WPS=1
```

响应：

```
OK
```

此时根据路由器的使用手册，开启 WPS 功能，稍等片刻，ESP 设备端会输出类似如下信息，即设备配网已成功。

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
```

4. 查询 ESP32-C3 设备连接上的 Wi-Fi 信息。
   命令：

```
AT+CWJAP?
```

   响应：

```
+CWJAP:"test",......
OK
```

5. ESP32-C3 设备关闭 WPS 配网。
   命令：

```
AT+WPS=0
```

   响应：

```
OK
```

第三方云 AT 命令请参考以下示例。

- *RainMaker AT 示例*

Chapter 5

ESP-AT 版本简介

本文档主要介绍了 ESP-AT 的版本、如何选择版本、版本管理、支持期限、查看版本、和订阅 AT 发布等内容。

5.1 发布版本

ESP-AT 在 GitHub 平台上的完整发布历史请见 发布说明页面。您可以在该页面查看各个版本的 AT 固件、发布说明、配套文档及相应获取方式。

5.2 我该选择哪个版本？

请阅读*AT 软件方案选型*。

5.3 版本管理

5.3.1 ESP-AT 发布固件管理

ESP-AT 发布是针对芯片的，通常是指发布一个或者几个芯片的 AT 固件。ESP-AT *发布的 AT 固件* 所支持的 AT 命令集通常是向后兼容的。这意味着，您可以将新版本的 AT 固件更新至旧版本的设备中。

ESP-AT 发布的固件采用了和 语义版本管理方法 类似的方式，即您可以从字面含义理解每个版本的差异。例如 `v3.3.0.0`，`v` 代表版本，其后为版本号，版本号的格式如下：

```
<major>.<minor>.<patch>.<custom>
```

其中：

- <major> 为主要版本。例如 `v4.0.0.0` 代表有重大更新，通常包括引入新的芯片支持、新特性、和问题修复。
- <minor> 为次要版本。例如 `v3.3.0.0` 代表有较大更新，通常包括新增特性、ESP-IDF 版本升级、和问题修复。
- <patch> 为修复版本，也叫 bugfix 版本。例如 `v2.4.2.0` 代表仅修复了一些问题，并不增加任何新特性。
- <custom> 为自定义版本。通常用于下游代理商、或定制项目的版本。

5.3.2 ESP-AT 发布分支管理

ESP-AT 发布 AT 固件的同时，如果有主要版本或者次要版本的更新，会创建一个新的 发布分支。

ESP-AT 发布的分支采用了和 语义版本管理方法 类似的方式，即您可以从字面含义理解每个版本的差异。例如 `release/v3.3.0.0`，`release` 代表着发布的分支，`v` 代表着发布分支的版本，其后为版本号，版本号的格式如下：

```
<major>.<minor>.0.0
```

其中：

- <major> 为主要版本。例如 `release/v4.0.0.0` 代表有重大更新，通常包括引入新的芯片支持、新特性、和问题修复。
- <minor> 为次要版本。例如 `release/v3.3.0.0` 代表有较大更新，通常包括新增特性、ESP-IDF 版本升级、和问题修复。

通常情况下，待发布的 AT 固件会在发布分支上进行多轮测试，直到没有重大问题后，会发布 AT 固件并同步发布分支到 GitHub。

- 新的特性开发通常会在 master 分支上进行，不会合并到发布分支上。
- 问题修复通常会在 master 分支上进行，如果问题严重，会合并到发布分支上。

5.4 支持期限

ESP-AT 的每个主要版本和次要版本都有相应的支持期限。支持期限满后，版本停止更新维护，将不再提供支持。由于 ESP-AT 是基于 ESP-IDF 开发的项目，因此 ESP-AT 的支持期限是受限于 ESP-IDF 的支持期限。当前 ESP-AT 各版本信息如下：

AT 版本（发布时间）	发布固件适用芯片	IDF 版本	IDF 支持期限截止	AT 新版本迭代计划
v5.0.0.0 (2025.11.24)	• ESP32-C5 • ESP32-C61	~v5.5.2 (cc569cbd)	2028.1.21	2027.8.21 - 2027.10.21
v4.1.1.0 (2025.7.31)	• ESP32 • ESP32-C2 • ESP32-C3 • ESP32-C6 • ESP32-S2	~v5.4.2 (8ad0d3d8)	2027.7.5	2027.2.5 - 2027.4.5
v4.1.0.0 (2025.7.18)	• ESP32 • ESP32-C2 • ESP32-C3 • ESP32-C6	~v5.4.2 (8ad0d3d8)	2027.7.5	已发布新版本 v4.1.1.0
v4.0.0.0 (2023.12.29)	ESP32-C6	v5.1.2	2025.12.30	已发布新版本 v4.1.1.0
v3.4.0.0 (2024.6.7)	• ESP32 • ESP32-S2	v5.0.6	2025.5.29	已发布新版本 v4.1.1.0
v3.3.0.0 (2024.5.9)	• ESP32-C2 • ESP32-C3	v5.0.6	2025.5.29	已发布新版本 v4.1.1.0

ESP-AT 各发布版本支持期限如下：

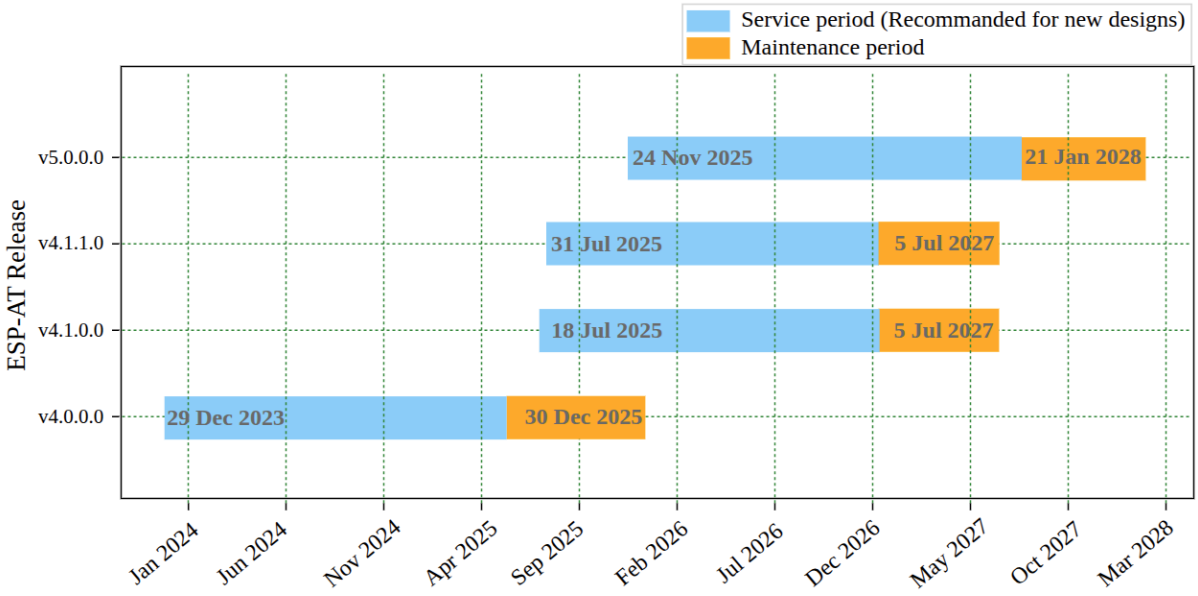


图 1: ESP-AT 版本支持期限

- 支持期限的服务期
  通常为从 AT 发布该芯片的 AT 固件开始，到计划发布该芯片下一个 AT 版本为止。下一个 AT 版本的发布时间通常在该芯片有重大问题需要修复，或者对应的 ESP-IDF 支持期限 结束前几个月（AT 发布说明中有介绍该芯片对应的 ESP-IDF 版本）。
- 支持期限的维护期
  通常为从服务期结束后，到该芯片对应的 ESP-IDF 支持期限 结束（AT 发布说明中有介绍该芯片对应的 ESP-IDF 版本）。例如，ESP-IDF v5.0 的支持期限到 2025 年 5 月 29 日，那么 ESP-AT v3.0 ~ v3.3 的维护期限也到 2025 年 5 月 29 日。

一般而言：

- 一旦 AT 发布新的版本，则旧版本的支持期限的服务期结束，进入支持期限的维护期。
  例如，AT 发布了 v3.3.0.0 版本（针对 ESP32-C2 和 ESP32-C3 芯片），那么 ESP32-C3 的 v3.2.0.0 版本的支持期限的服务期结束，进入支持期限的维护期；ESP32-C2 的 v3.1.0.0 版本的支持期限的服务期结束，进入支持期限的维护期。
- 如您有 GitHub 账号，请订阅 *AT 版本发布* ，GitHub 将会在新版本发布的时候通知您。当您所使用的 AT 固件有 Bugfix 版本发布时，请做好升级至该 Bugfix 版本的规划。
- 请确保您所使用的版本停止更新维护前，已做好升级至新版本的规划。
- 在支持期限内意味着 ESP-AT 团队将继续在 GitHub 的发布分支上进行重要 bug 修复、安全修复等，并根据需要定期发布新的 Bugfix 版本。

5.5 查看当前 AT 固件版本

请发送*AT+GMR* 命令查看 AT 固件版本信息，参考*AT+GMR* 命令下的参数说明了解更多信息。

5.6 订阅 AT 版本发布

- 第一步：登录您的 *GitHub* 账号
- 第二步：选择定制化的通知
- 第三步：定制发布应用

5.6.1 第一步：登录您的 GitHub 账号

在开始之前，请先 登录您的 GitHub 账号，因为订阅发布需要登录权限。

5.6.2 第二步：选择定制化的通知

访问 ESP-AT 仓库，点击页面右上角的 `Watch`，再点击 `Custom`。

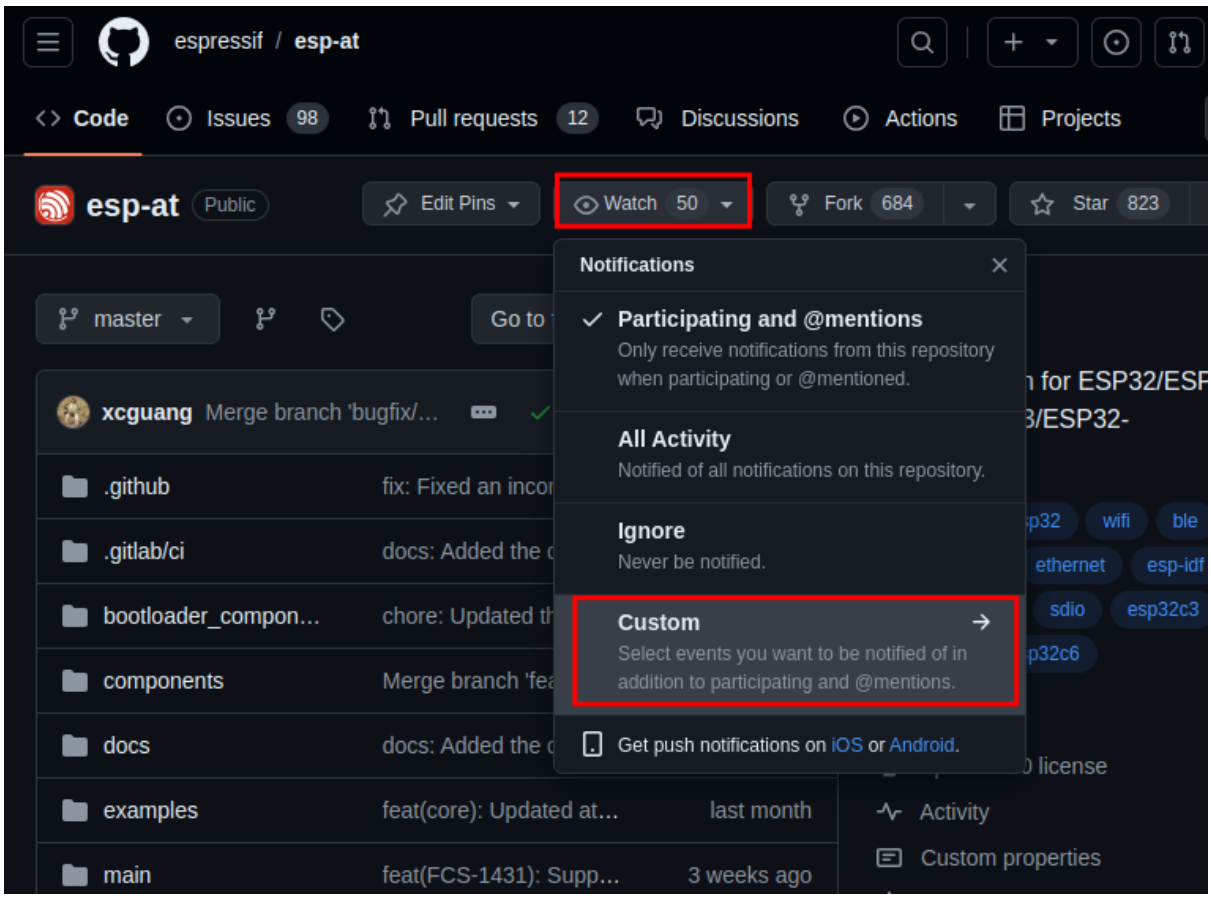


图 2: 定制化通知（点击放大）

5.6.3 第三步：定制发布应用

勾选 `Releases` 并点击 `Apply`。

这样就完成了订阅 AT 发布的操作。当有新的 AT 版本发布时，您将会收到 GitHub 的通知。

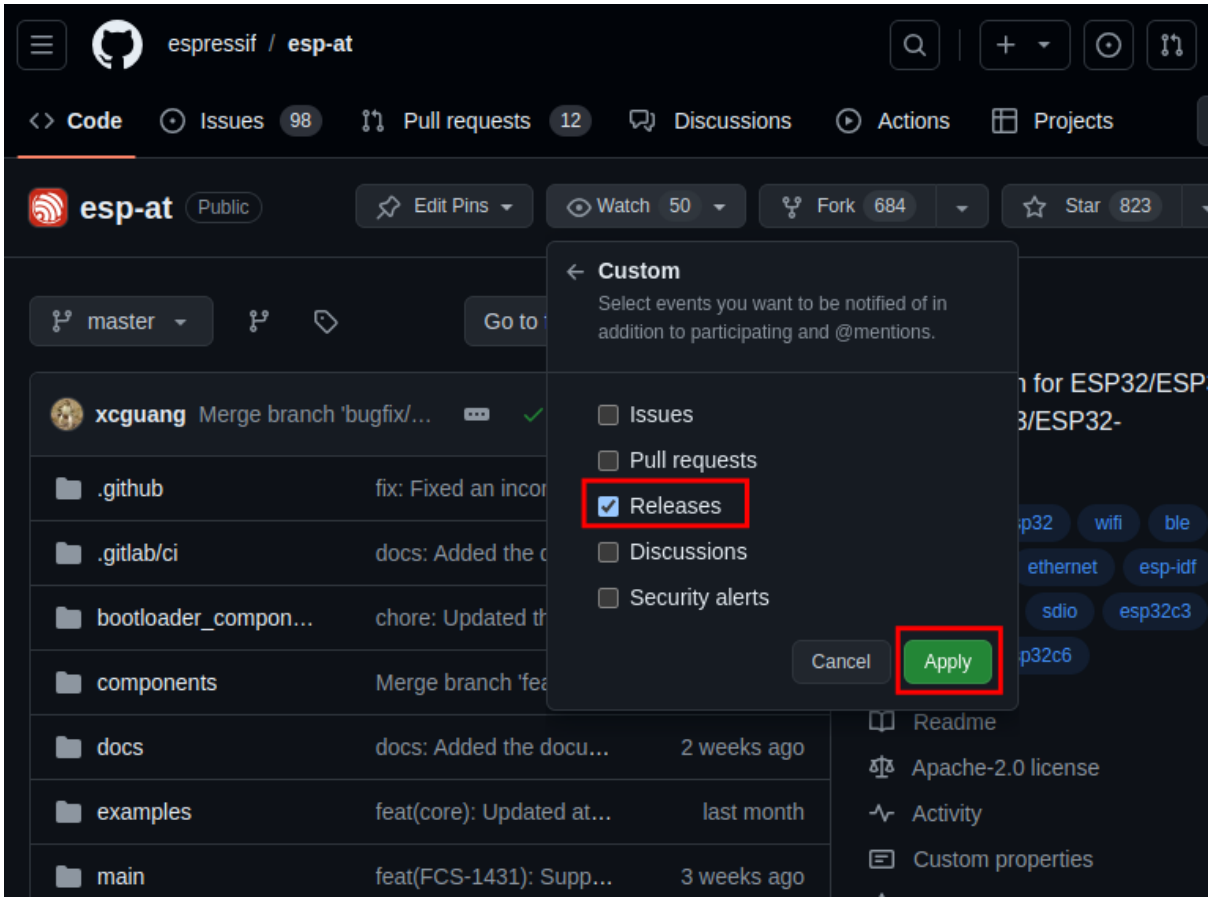


图 3: 定制发布应用（点击放大）

Chapter 6

如何编译和开发自己的 AT 工程

6.1 本地编译 ESP-AT 工程

本文档详细介绍了如何本地编译 ESP-AT 工程，并将生成的固件烧录到 ESP32-C3 设备中。当默认的官方发布的固件 无法满足需求时，如您需要自定义*AT 端口管脚*、低功耗蓝牙服务 以及分区 等，那么就需要编译 ESP-AT 工程。

如果本地编译 ESP-AT 工程有困难，或者需要修改的代码量较少，推荐您通过*如何在 GitHub 网页上编译 ESP-AT 工程*。

6.1.1 详细步骤

请根据下方详细步骤，完成 ESP-AT 工程的克隆、环境安装、配置、编译以及烧录。**推荐您优先选择 Linux 系统开发**。

- *第一步：ESP-IDF 快速入门*
- *第二步：获取 ESP-AT*
- *第三步：安装环境*
- *第四步：连接设备*
- *第五步：配置工程*
- *第六步：编译工程*
- *第七步：烧录到设备*
- *build.py 进阶用法*

6.1.2 第一步：ESP-IDF 快速入门

在编译 ESP-AT 工程之前，请先学习使用 ESP-IDF，因为 ESP-AT 是基于 ESP-IDF 开发的。

请您根据 ESP-IDF v5.4 快速入门文档 的指导，完成 `hello_world` 工程的配置、编译以及下载固件至 ESP32-C3 开发板等步骤。

备注： 此步骤不是必须的，但如果您是初学者，强烈建议您完成此步骤，以熟悉 ESP-IDF 并确保顺利进行以下步骤。

完成上一步的 ESP-IDF 快速入门后，便可以开始下面的 ESP-AT 工程的编译。

6.1.3 第二步：获取 ESP-AT

编译 ESP-AT 工程需下载乐鑫提供的软件库文件 ESP-AT 仓库。

打开终端，切换到您要保存 ESP-AT 的工作目录，使用 `git clone` 命令克隆远程仓库，获取 ESP-AT 的本地副本。以下是不同操作系统的获取方式。

- Linux 或 macOS

```
cd ~/esp
git clone --recursive https://github.com/espressif/esp-at.git
```

- Windows
  对于 ESP32-C3 系列模组，推荐您以管理员权限运行 ESP-IDF 5.4 CMD。

```
cd %userprofile%\esp
git clone --recursive https://github.com/espressif/esp-at.git
```

如果您在中国或无法访问 GitHub 的地区，可以通过以下镜像更快地克隆 ESP-AT：`git clone https://jihulab.com/esp-mirror/espressif/esp-at.git`。

ESP-AT 将下载至 Linux 和 macOS 的 `~/esp/esp-at`、Windows 的 `%userprofile%\esp\esp-at`。

备注： 在本文档中，Linux 和 macOS 操作系统中 ESP-AT 的默认安装路径为 `~/esp`；Windows 操作系统的默认路径为 `%userprofile%\esp`。您也可以将 ESP-AT 安装在任何其它路径下，但请注意在使用命令行时进行相应替换。注意，ESP-AT 不支持带有空格的路径。

6.1.4 第三步：安装环境

运行项目工具 `install` 来安装环境。此安装工具将自动安装依赖的 Python 包、ESP-IDF 仓库以及 ESP-IDF 依赖的编译器、工具等。

- Linux 或 macOS

```
./build.py install
```

- Windows

```
python build.py install
```

如果是第一次安装环境，请为 ESP32-C3 设备选择以下配置选项。

- 选择 `Platform name`，例如 ESP32-C3 系列设备选择 `PLATFORM_ESP32C3`。`Platform name` 由 factory_param_data.csv 定义。
- 选择 `Module name`，例如 ESP32-C3-MINI-1 模组选择 `MINI-1`。`Module name` 由 factory_param_data.csv 定义。
- 在选择启用或禁用 silence mode 之前，请先阅读文档，了解 silence mode。一般情况下请禁用。
- 如果 `build/module_info.json` 文件存在，上述三个配置选项将不会出现。因此，如果您想重新配置模组信息，请删除该文件。

以设置 `Platform name` 为 `ESP32C3`，`Module name` 为 `MINI-1`，并禁用 silence mode 为例：

```
$ ./build.py install
Ready to install ESP-IDF prerequisites..

... (more lines of install ESP-IDF prerequisites)

Ready to install ESP-AT prerequisites..
```

(续下页)

(接上页)

```
... (more lines of install ESP-IDF prerequisites)

Platform name:
...
2. PLATFORM_ESP32C3
...
choose(range[1,7]):2

Module name:
1. MINI-1 (Firmware description: ...)
...
choose(range[1,3]):1

Enable silence mode to remove some logs and reduce the firmware size?
0. No
1. Yes
choose(range[0,1]):0
Platform name:ESP32C3 Module name:MINI-1 Silence:0
Cloning into 'esp-idf'...

... (more lines of clone esp-idf)

Ready to set up ESP-IDF tools..

... (more lines of set up ESP-IDF tools)

All done! You can now run:

./build.py build
```

6.1.5 第四步：连接设备

使用 USB 线将您的 ESP32-C3 设备连接到 PC 上，以下载固件和输出日志，详情请见*硬件连接*。注意，如果您在编译过程中不发送 AT 命令和接收 AT 响应，则不需要建立“AT 命令/响应”连接。关于更改默认端口管脚的信息请参考*如何设置 AT 端口管脚*。

6.1.6 第五步：配置工程

运行项目工具 `menuconfig` 来配置。

- Linux 或 macOS

```
./build.py menuconfig
```

- Windows

```
python build.py menuconfig
```

如果以上所有步骤都正确，则会弹出下面的菜单：

此菜单可以用来配置工程，如更改 AT 端口管脚、启用经典蓝牙功能等，如果不修改配置，则按照默认配置编译工程。

6.1.7 第六步：编译工程

运行以下命令编译工程。

- Linux 或 macOS

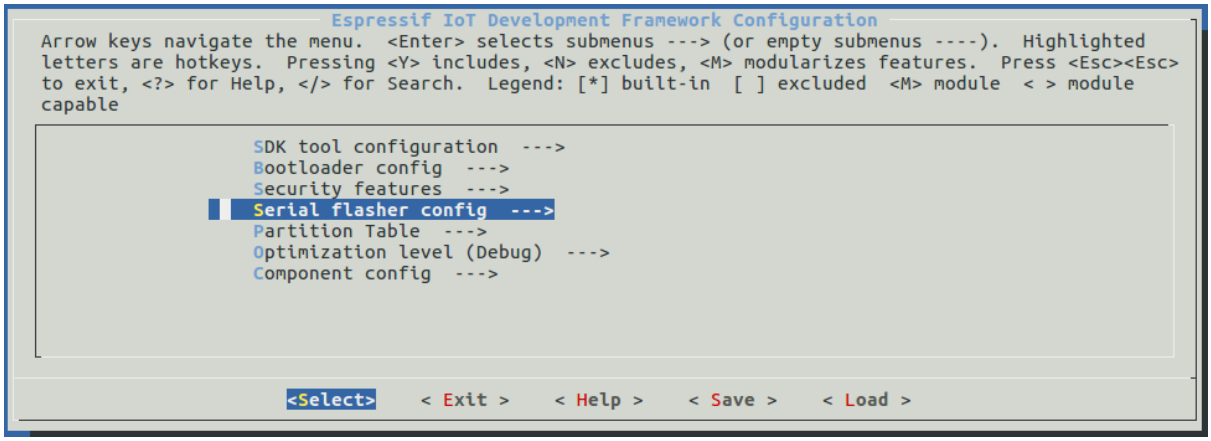


图 1: 工程配置 - 主窗口

```
./build.py build
```

- Windows

```
python build.py build
```

如果启用了蓝牙功能，固件尺寸会大大增加。请确保它不超过 ota 分区的大小。

编译完成后会在 `build/factory` 路径下生成打包好的量产固件。更多信息请参见*ESP-AT 固件差异*。

6.1.8 第七步：烧录到设备

运行以下命令将生成的固件烧录到 ESP32-C3 设备上。

- Linux 或 macOS

```
./build.py -p (PORT) flash
```

- Windows

```
python build.py -p (PORT) flash
```

注意请用 ESP32-C3 设备的串口名称替换 `(PORT)`。或者按照提示信息将固件烧录到 flash 中。仍然需要注意替换 `(PORT)`。

如果 ESP-AT bin 不能启动，并且打印出 “ota data partition invalid” ，请运行 `python build.py erase_flash` 来擦除整个 flash，然后重新烧录 AT 固件。

6.1.9 build.py 进阶用法

`build.py` 脚本是基于 idf.py 封装的工具（即 `idf.py <cmd>` 功能均包含在 `build.py <cmd>` 里），您可以运行以下命令查看更多用法。

- Linux 或 macOS

```
./build.py --help
```

- Windows

```
python build.py --help
```

6.2 网页编译 ESP-AT 工程

本文档详细介绍了如何通过网页编译 ESP-AT 工程。当默认的官方发布的固件 无法满足需求时，如您需要开启 *WebSocket 功能* 并关闭 *mDNS 功能*，那么就需要编译 ESP-AT 工程。通常推荐您本地搭建环境编译 *ESP-AT 工程*，但如果您本地搭建环境编译有困难，则请参考本文档，通过网页编译 ESP-AT 工程。

> **注意：网页编译的 AT 固件，需要您根据自己的产品自行测试验证功能。**
>
> **请保存好下载的固件以及下载链接**，用于后续可能的问题调试。

6.2.1 详细步骤

请根据下方详细步骤，完成 ESP-AT 工程的 Fork、环境配置、代码修改以及编译。

- 第一步：登录您的 *GitHub* 账号
- 第二步：*Fork ESP-AT 工程*
- 第三步：开启 *GitHub Actions 功能*
- 第四步：配置编译 *ESP-AT 工程*所需的密钥
- 第五步：使用 *github.dev* 编辑器修改和提交代码
- 第六步：*GitHub Actions* 编译 *AT* 固件

6.2.2 第一步：登录您的 GitHub 账号

在开始之前，请先 登录您的 GitHub 账号，因为编译和下载固件需要登录权限。

6.2.3 第二步：Fork ESP-AT 工程

访问 ESP-AT 仓库，点击页面右上角的 `Fork`。

点击 `Create fork` 复制仓库到自己的 GitHub 账号下。默认的 Fork 仅拷贝 master 分支。如果您需要基于指定的分支修改代码，请取消勾选 `Copy the master branch only`。

6.2.4 第三步：开启 GitHub Actions 功能

点击仓库下的 Actions 进入 GitHub Actions 页面。

点击 `I understand my workflows, go ahead and enable them` 启用 GitHub Actions。

启用 GitHub Actions 完成。

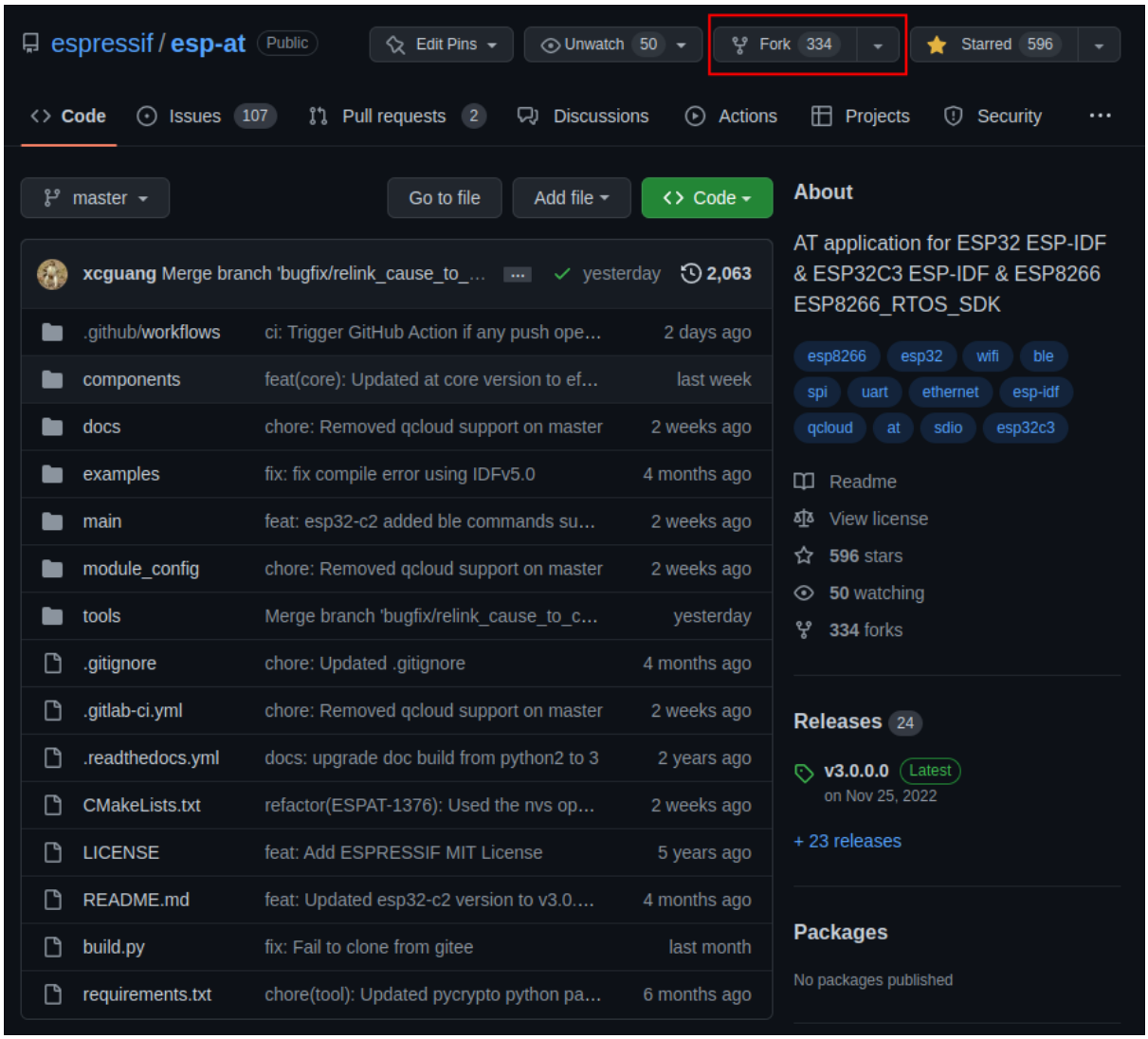

espressif / esp-at
Public
Edit Pins
Unwatch 50
Fork 334
Starred 596
Code
Issues 107
Pull requests 2
Discussions
Actions
Projects
Security
master
Go to file
Add file
Code
xcguang Merge branch 'bugfix/relink_cause_to_... yesterday 2,063
.github/workflows ci: Trigger GitHub Action if any push ope... 2 days ago
components feat(core): Updated at core version to ef... last week
docs chore: Removed qcloud support on master 2 weeks ago
examples fix: fix compile error using IDFv5.0 4 months ago
main feat: esp32-c2 added ble commands su... 2 weeks ago
module_config chore: Removed qcloud support on master 2 weeks ago
tools Merge branch 'bugfix/relink_cause_to_c... yesterday
.gitignore chore: Updated .gitignore 4 months ago
.gitlab-ci.yml chore: Removed qcloud support on master 2 weeks ago
.readthedocs.yml docs: upgrade doc build from python2 to 3 2 years ago
CMakeLists.txt refactor(ESPAT-1376): Used the nvs op... 2 weeks ago
LICENSE feat: Add ESPRESSIF MIT License 5 years ago
README.md feat: Updated esp32-c2 version to v3.0.... 4 months ago
build.py fix: Fail to clone from gitee last month
requirements.txt chore(tool): Updated pycrypto python pa... 6 months ago
About
AT application for ESP32 ESP-IDF & ESP32C3 ESP-IDF & ESP8266 ESP8266_RTOS_SDK
esp8266 esp32 wifi ble spi uart ethernet esp-idf qcloud at sdio esp32c3
Readme
View license
596 stars
50 watching
334 forks
Releases 24
v3.0.0.0 Latest
on Nov 25, 2022
+ 23 releases
Packages
No packages published

图 2: 点击 Fork

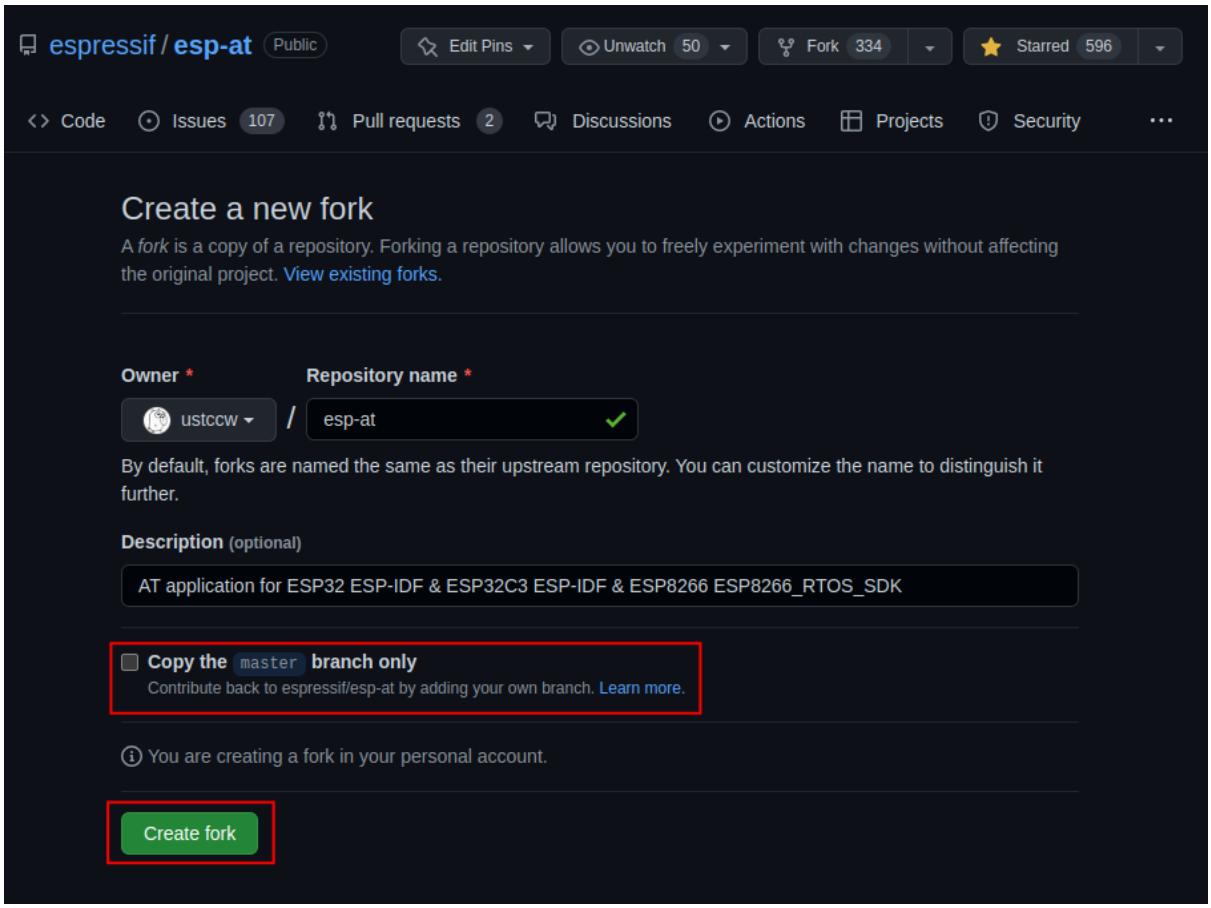

espressif / esp-at
Public
Edit Pins
Unwatch 50
Fork 334
Starred 596
Code
Issues 107
Pull requests 2
Discussions
Actions
Projects
Security
Create a new fork
A fork is a copy of a repository. Forking a repository allows you to freely experiment with changes without affecting the original project. View existing forks.
Owner *
Repository name *
ustccw
/
esp-at
By default, forks are named the same as their upstream repository. You can customize the name to distinguish it further.
Description (optional)
AT application for ESP32 ESP-IDF & ESP32C3 ESP-IDF & ESP8266 ESP8266_RTOS_SDK
Copy the master branch only
Contribute back to espressif/esp-at by adding your own branch. Learn more.
You are creating a fork in your personal account.
Create fork

图 3: 创建 Fork

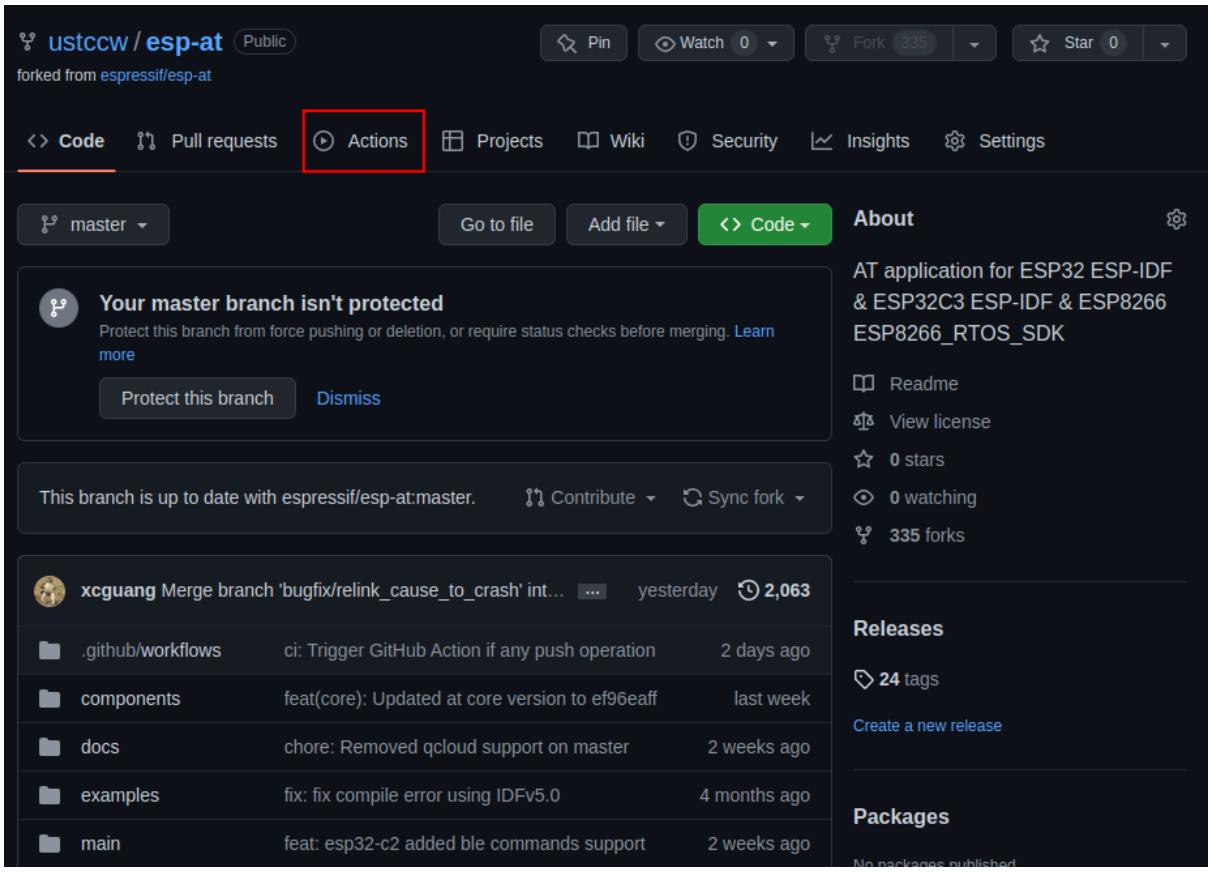


图 4: 点击 Actions

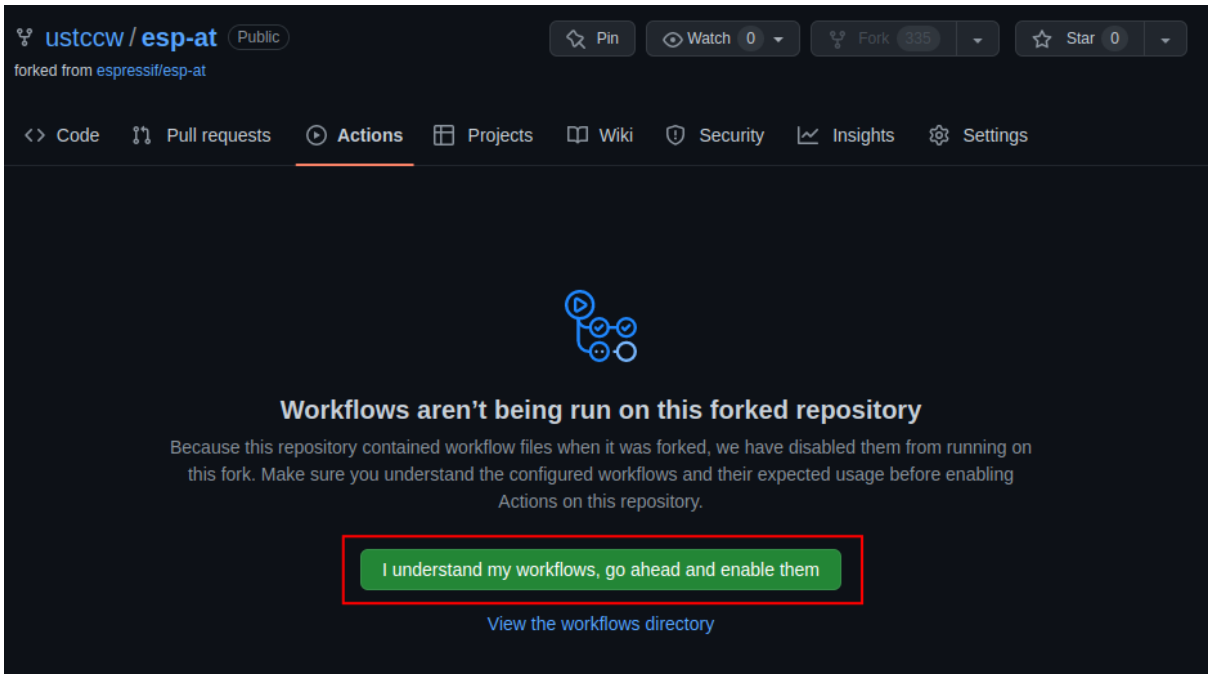


图 5: 启用 GitHub Actions

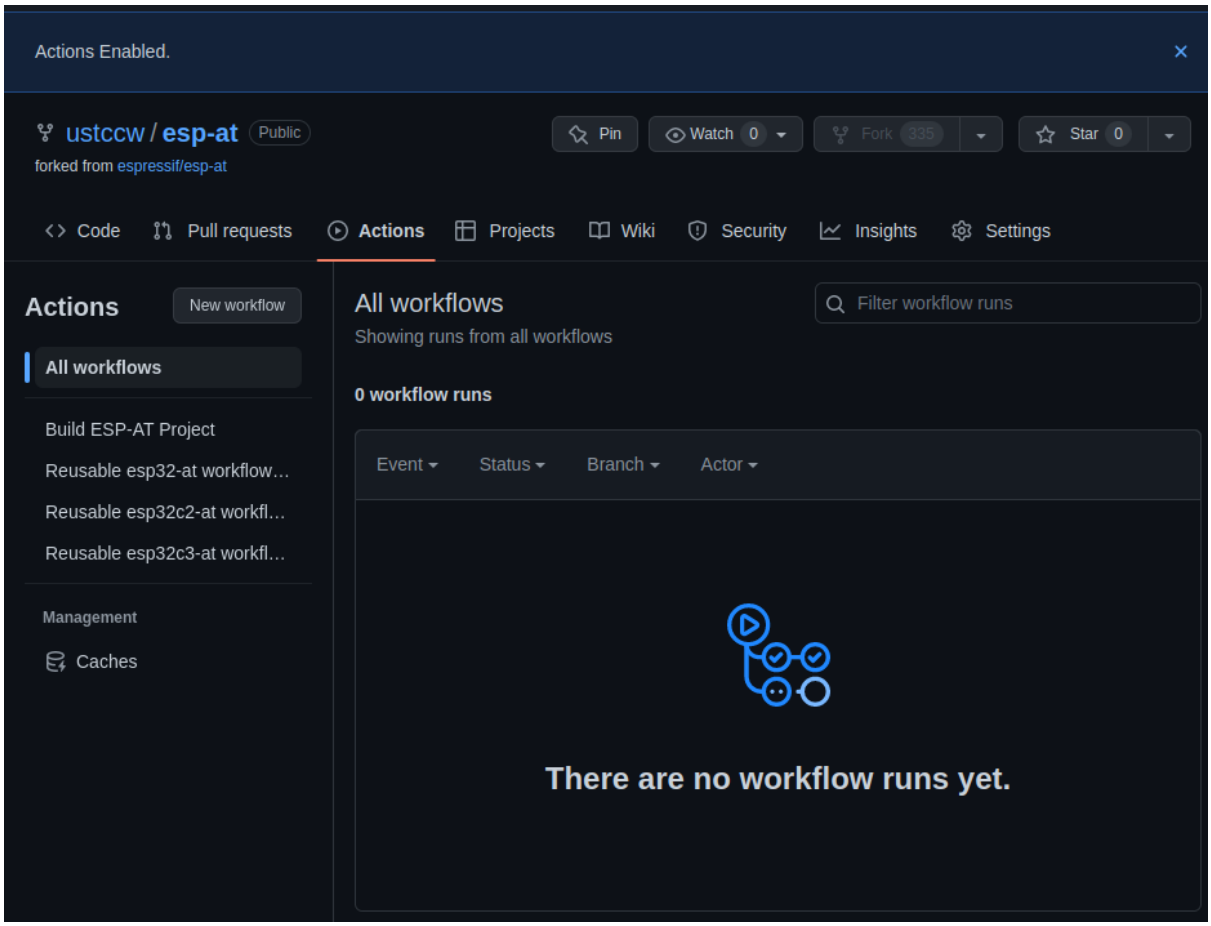


图 6: 启用 GitHub Actions 完成

6.2.5 第四步：配置编译 ESP-AT 工程所需的密钥

如果您有 Espressif OTA server 的账户和 OTA token，并且需要使用*AT+CIUPDATE* 命令升级 AT 固件，那么需要完成此步骤。否则，建议您禁用 CONFIG_AT_OTA_SUPPORT（有关更多详细信息，请参阅*第五步：使用 github.dev 编辑器修改和提交代码*）或者跳过此步骤。

点击仓库下的 `Settings` 进入设置页面。

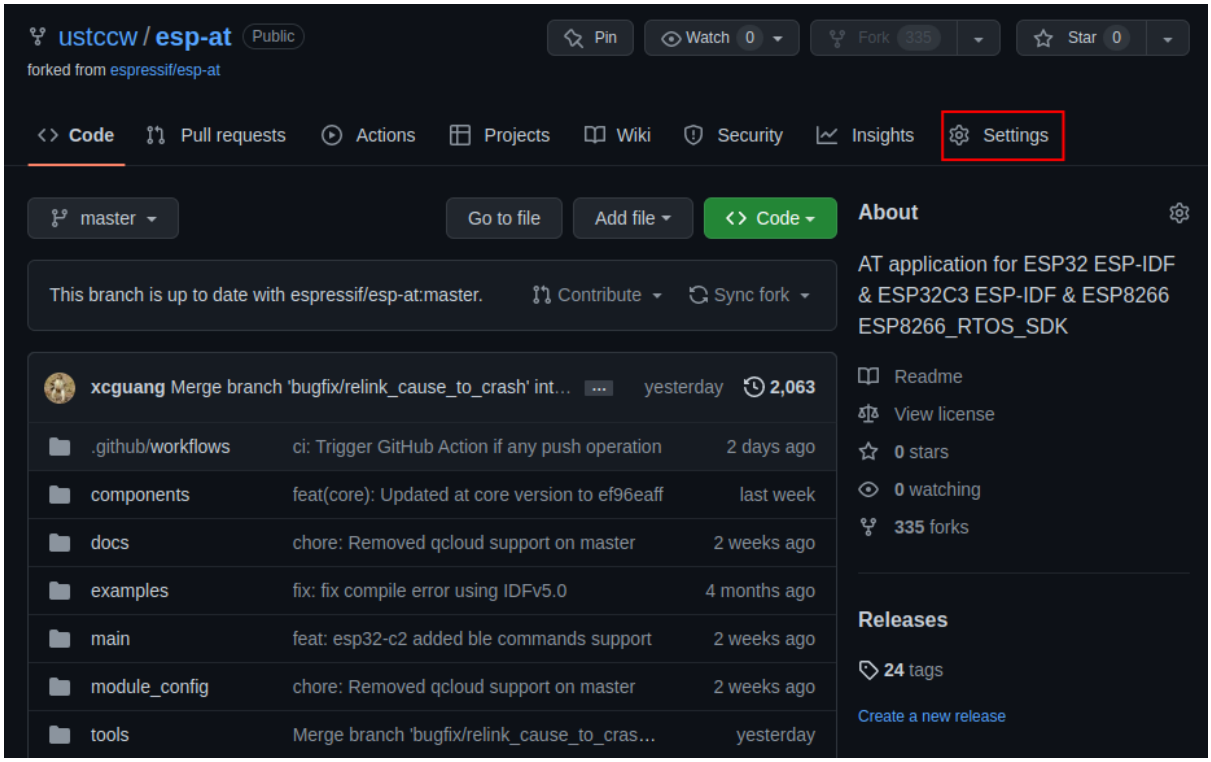


图 7: 点击 Settings

点击 `Settings` > `Secrets and variables` > `Actions` 进入 Action 配置页面。

点击 `New repository secret` 进入密钥创建页面。

输入 Name 和 Secrets，点击 `Add secret` 创建一个新的密钥。此处的密钥即是 OTA token。

需要配置的可能的密钥名称如下：

```
AT_OTA_TOKEN_WROOM32
AT_OTA_TOKEN_WROVER32
AT_OTA_TOKEN_ESP32_MINI_1
AT_OTA_TOKEN_ESP32_PICO_D4
AT_OTA_TOKEN_ESP32_SOLO_1
AT_OTA_TOKEN_ESP32C3_MINI
ESP32C2_2MB_TOKEN
ESP32C2_4MB_TOKEN
ESP32C5_4MB_TOKEN
ESP32C6_4MB_TOKEN
ESP32C61_4MB_TOKEN
```

如果需要更多的模组支持 AT 固件升级，请重复上面步骤，再次添加不同的密钥，所有密钥创建完成的页面如下。

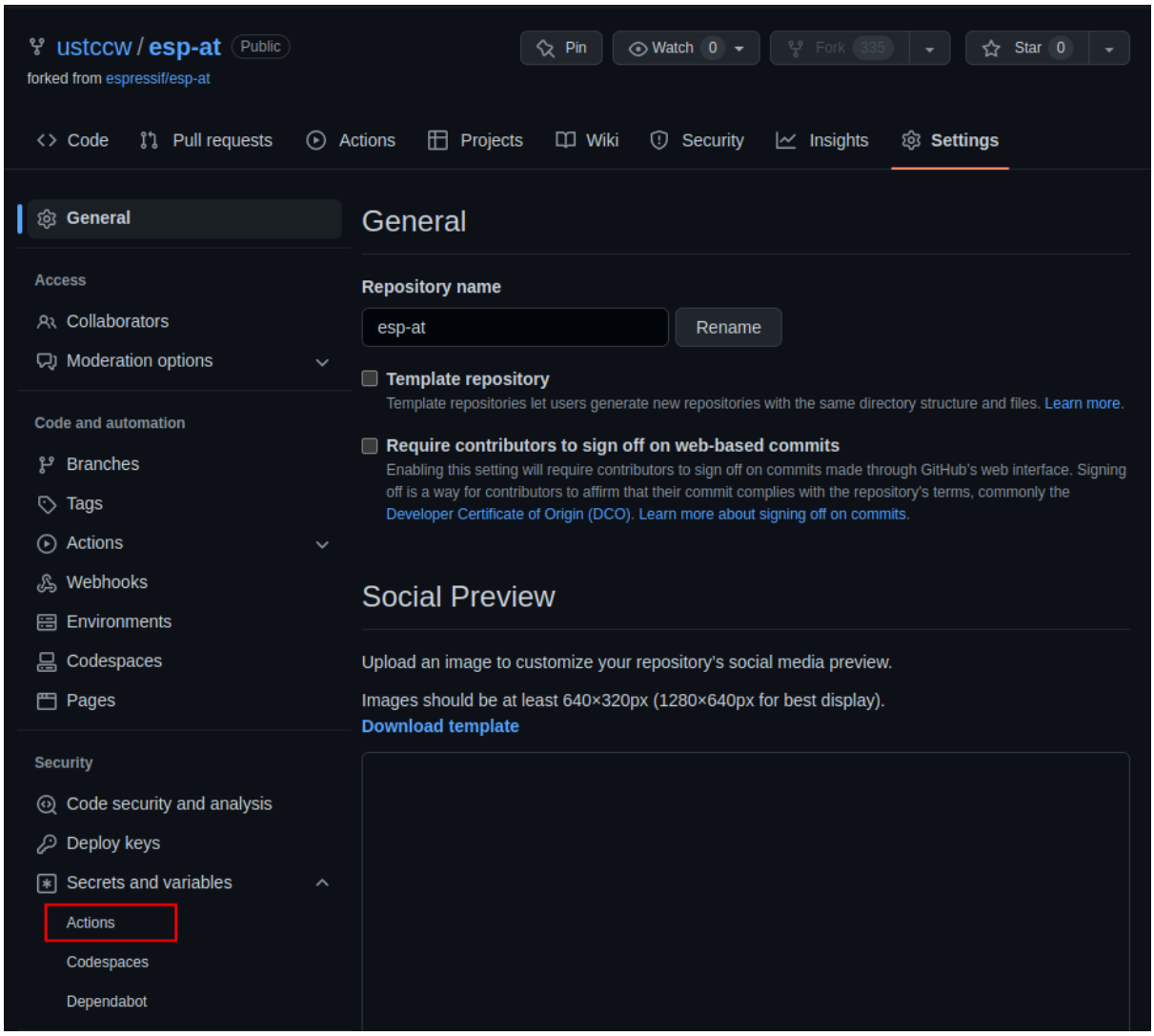


图 8: 进入 Actions 配置页面

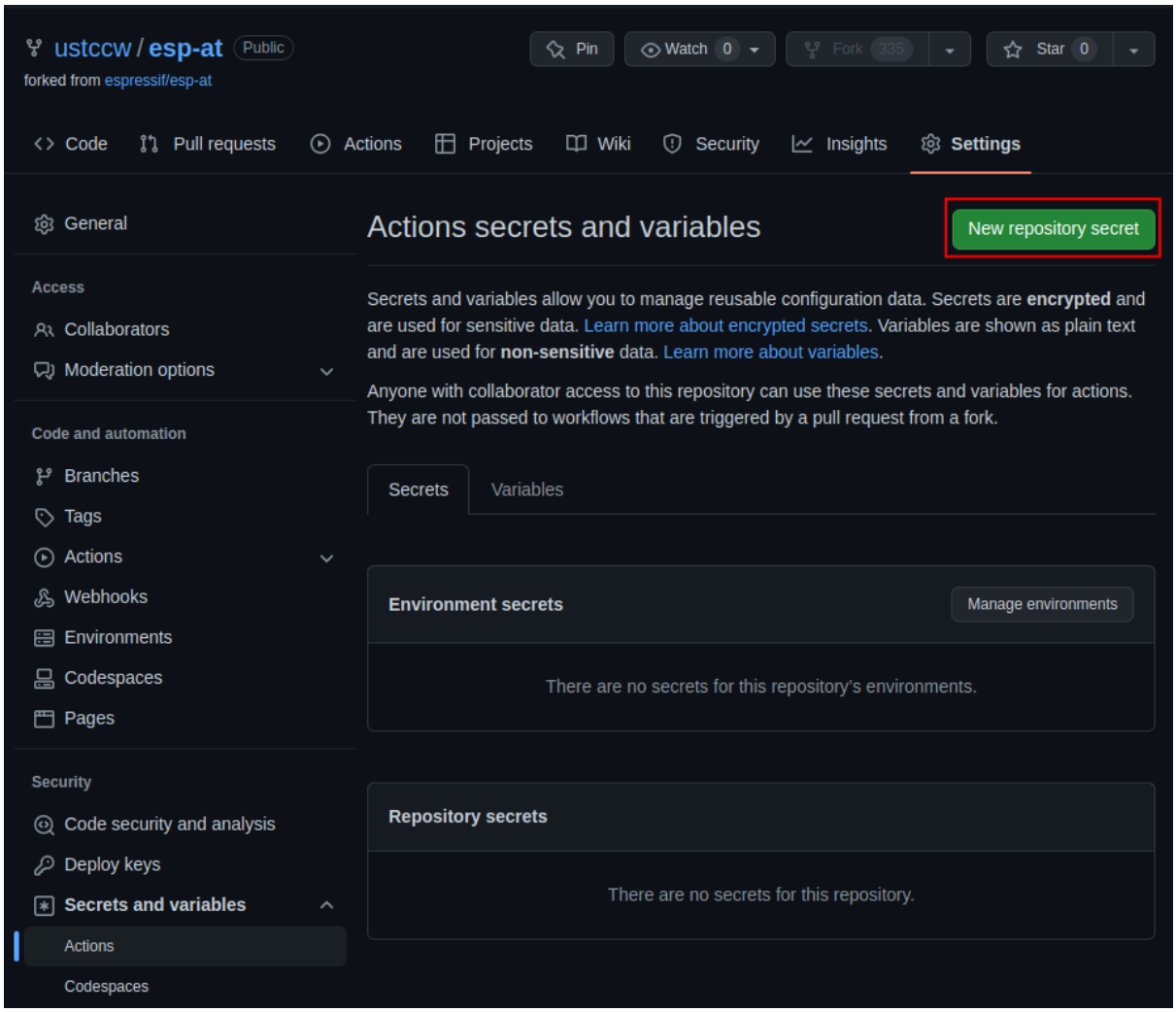

ustccw / esp-at
Public
forked from espressif/esp-at
Pin
Watch 0
Fork 335
Star 0
Code
Pull requests
Actions
Projects
Wiki
Security
Insights
Settings
General
Access
Collaborators
Moderation options
Code and automation
Branches
Tags
Actions
Webhooks
Environments
Codespaces
Pages
Security
Code security and analysis
Deploy keys
Secrets and variables
Actions
Codespaces
Actions secrets and variables
New repository secret
Secrets and variables allow you to manage reusable configuration data. Secrets are encrypted and are used for sensitive data. Learn more about encrypted secrets. Variables are shown as plain text and are used for non-sensitive data. Learn more about variables.
Anyone with collaborator access to this repository can use these secrets and variables for actions. They are not passed to workflows that are triggered by a pull request from a fork.
Secrets
Variables
Environment secrets
Manage environments
There are no secrets for this repository's environments.
Repository secrets
There are no secrets for this repository.

图 9: 创建密钥页面

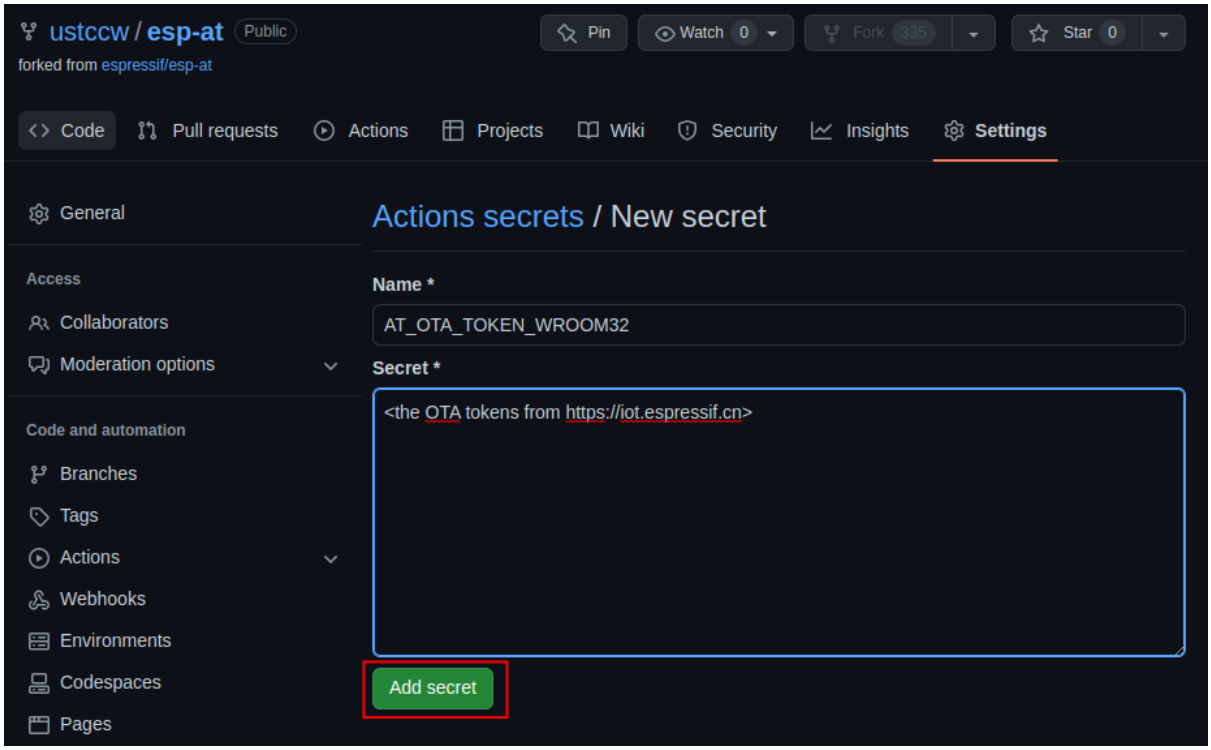


图 10: 创建密钥

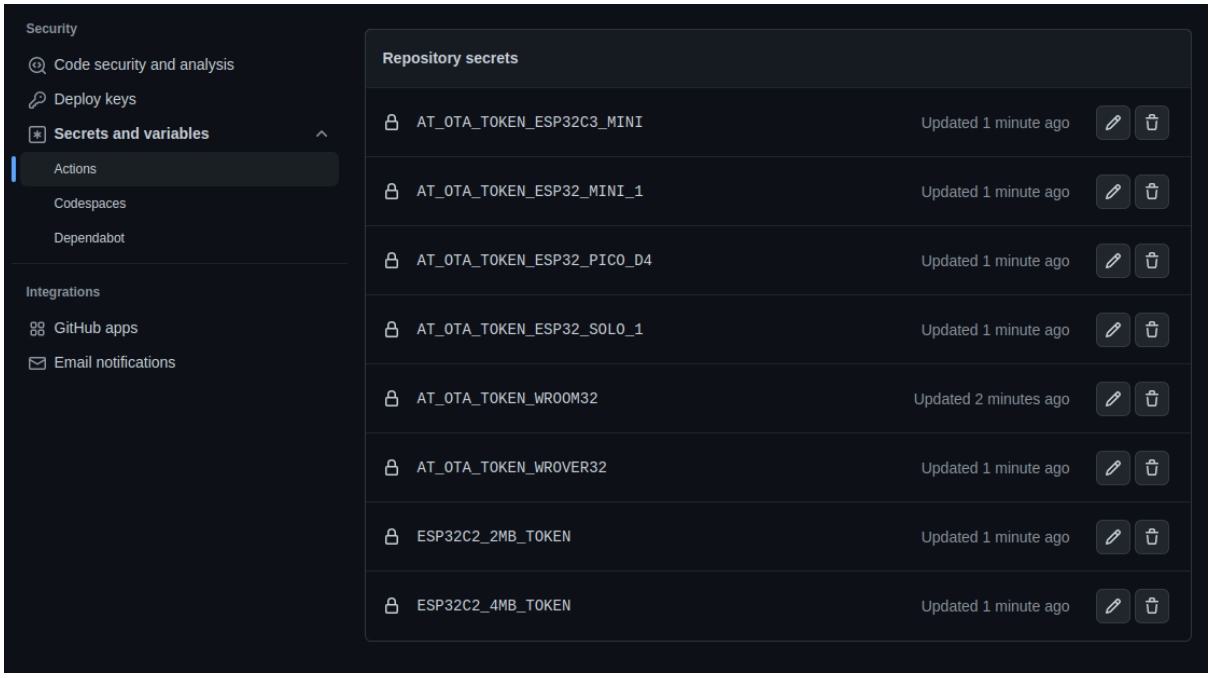


图 11: 创建密钥完成

6.2.6 第五步：使用 github.dev 编辑器修改和提交代码

第五步也可以参考 github.dev 官方文档，下面是示例过程。

5.1 打开 github.dev 编辑器

回到仓库主页，选择要修改的分支名称。

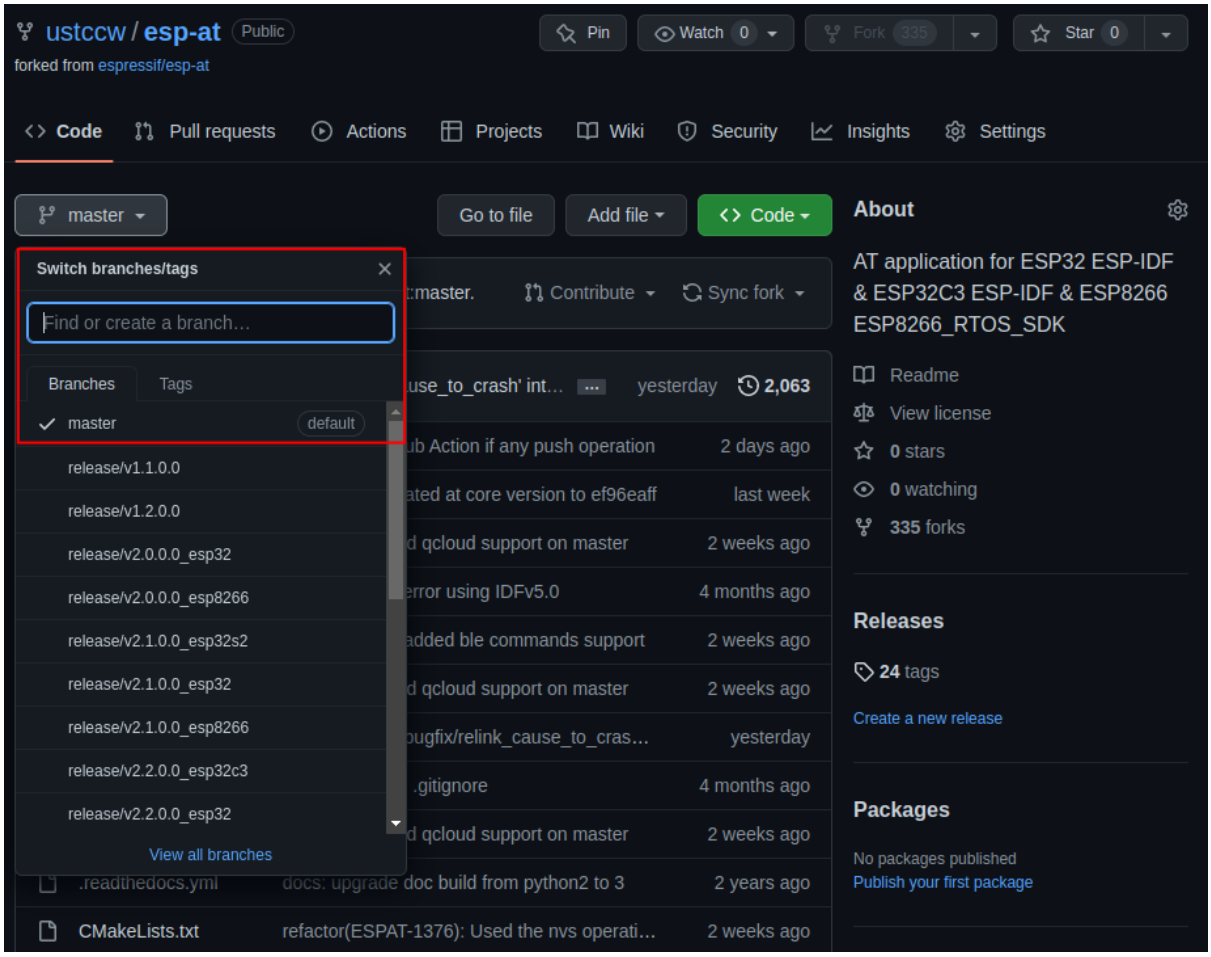


图 12: 选择分支

按键盘上点号 .，使用 github.dev 编辑器打开分支代码。

5.2 创建新分支

在编辑器的底部，单击状态栏中的分支名称，在下拉菜单中，单击要切换到的分支或输入新分支的名称，然后单击 创建新分支。

单击 `Switch to Branch`，创建分支。

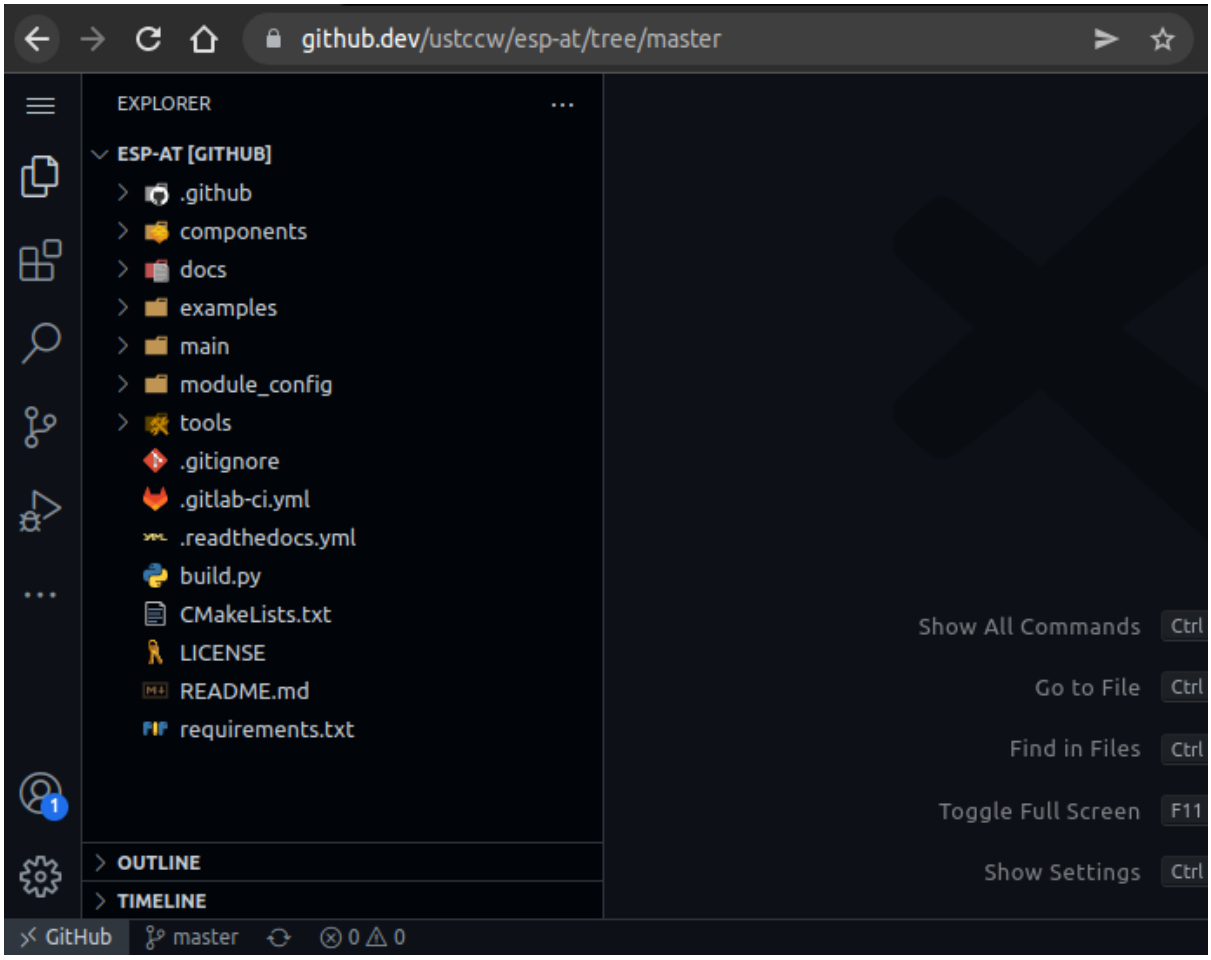

github.dev/ustccw/esp-at/tree/master
EXPLORER
ESP-AT [GITHUB]
.github
components
docs
examples
main
module_config
tools
.gitignore
.gitlab-ci.yml
.readthedocs.yml
build.py
CMakeLists.txt
LICENSE
README.md
requirements.txt
OUTLINE
TIMELINE
Show All Commands Ctrl
Go to File Ctrl
Find in Files Ctrl
Toggle Full Screen F11
Show Settings Ctrl
GitHub
master

图 13: 打开分支代码

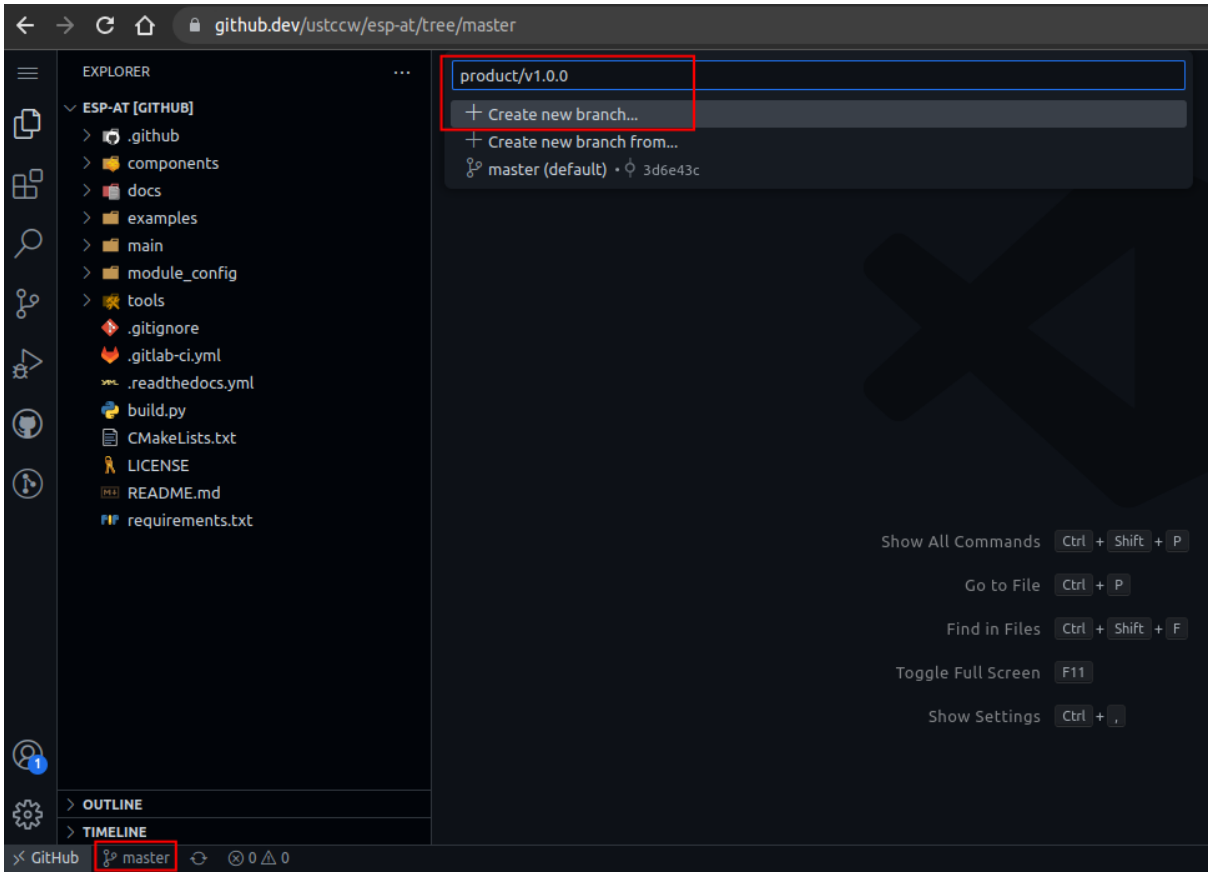


图 14: 创建新分支（点击放大）

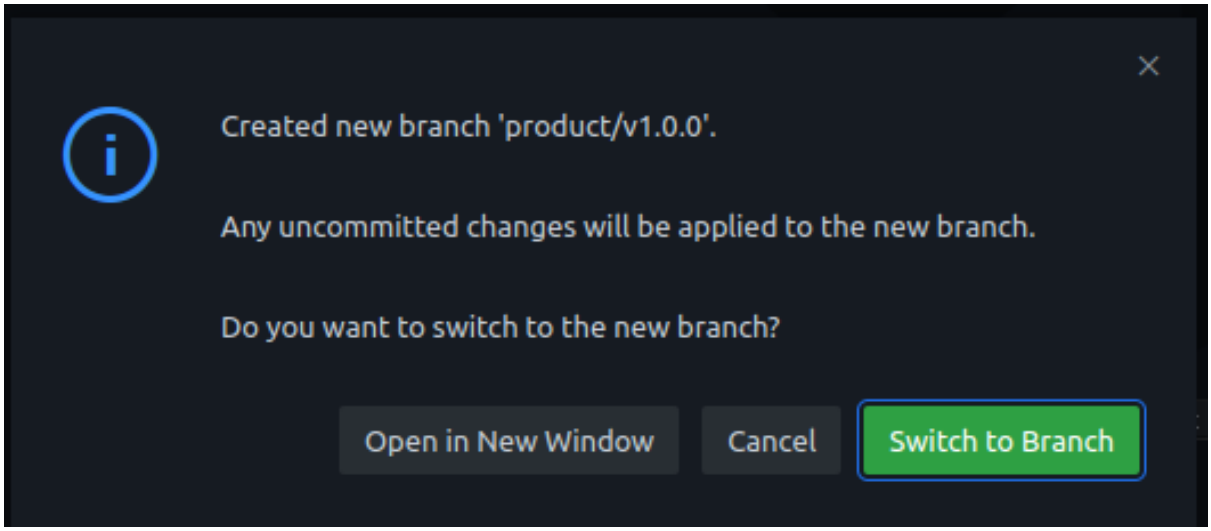


图 15: 确认创建分支

分支创建完成。

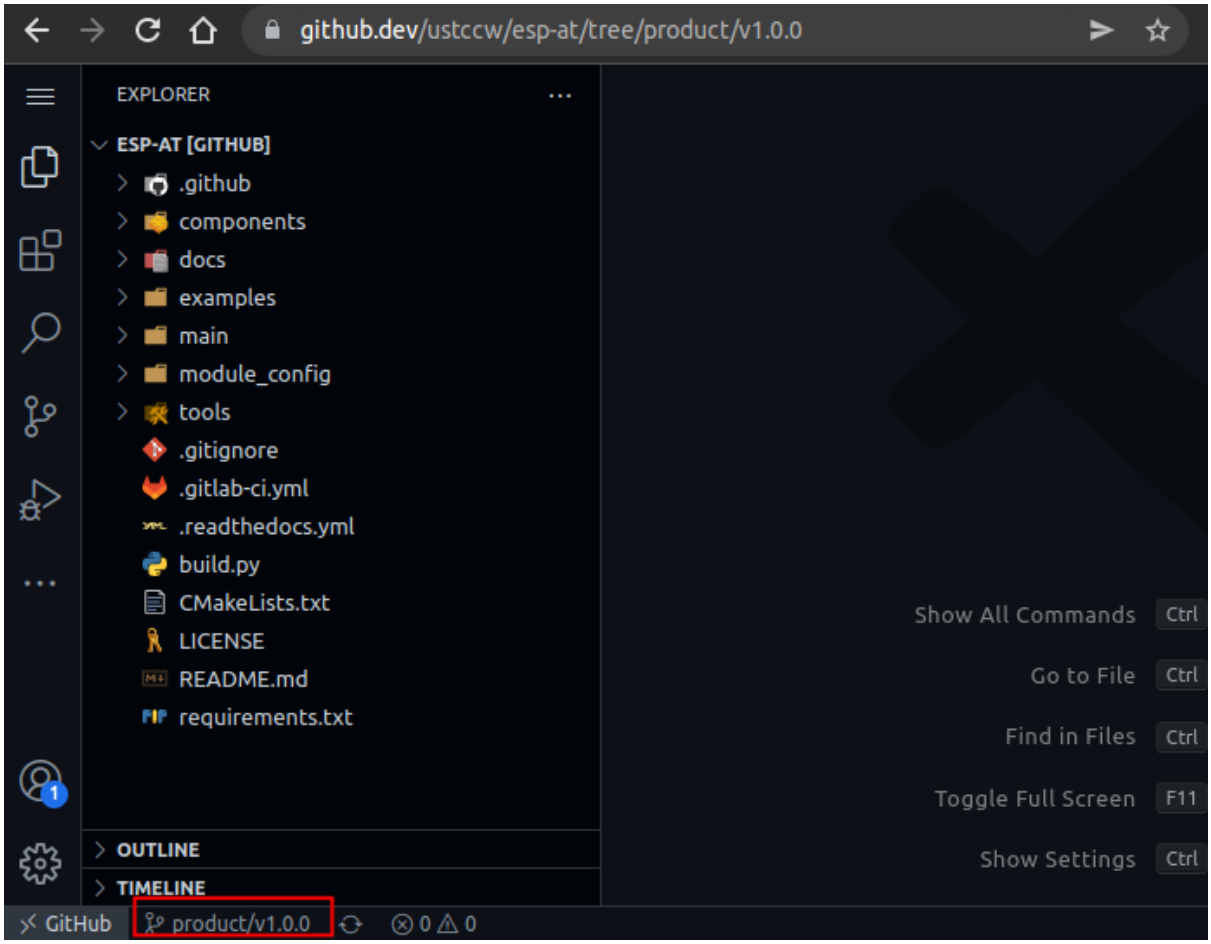


图 16: 分支创建完成

5.3 提交更改

在 github.dev 编辑器中修改代码。例如*开启 WebSocket 功能* 并关闭*mDNS 功能*，则需要打开模组的配置文件 `esp-at/module_config/<your_module_name>/sdkconfig.defaults` 文件，增加如下行：

```
CONFIG_AT_WS_COMMAND_SUPPORT=y
CONFIG_AT_MDNS_COMMAND_SUPPORT=n
```

在活动栏中，单击 源代码管理视图。单击已更改文件旁边的加号 + 暂存修改。

输入提交消息，描述您所做的更改。点击 `Commit & Push` 提交。

备注： 如果您想要启用或禁用 AT 固件的*silence mode*，请参考*如何启用或禁用 silence mode* 文档。

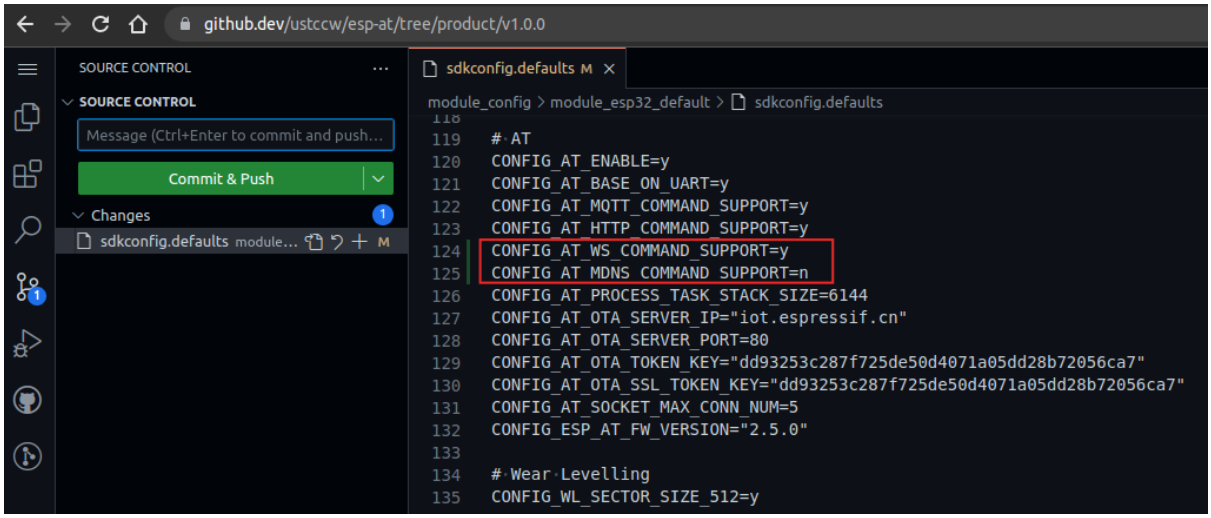


图 17: 增加 WebSocket 命令支持，禁用 mDNS 功能（点击放大）

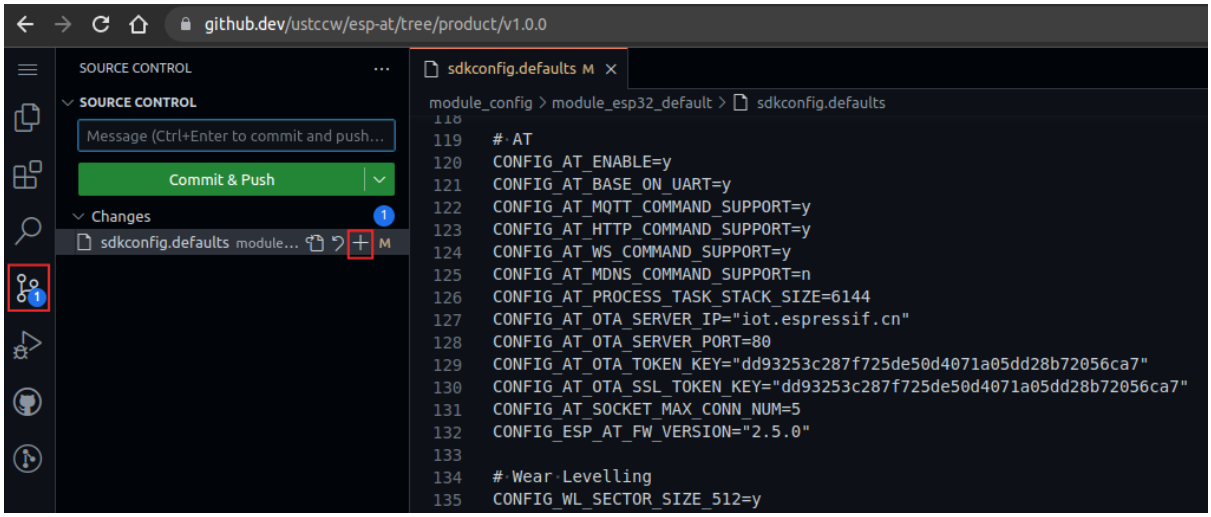


图 18: 暂存修改（点击放大）

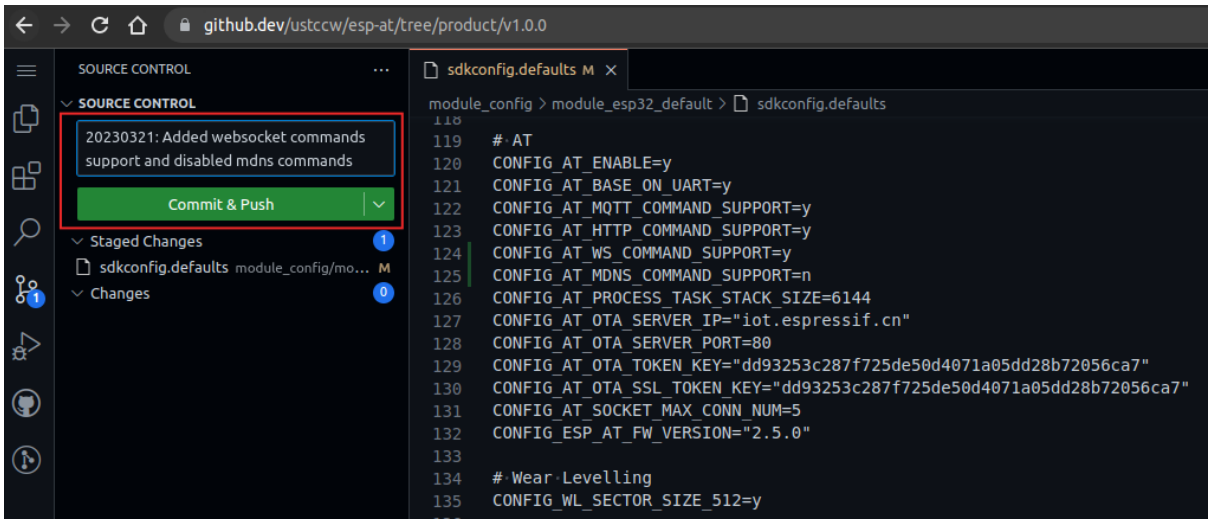


图 19: 提交修改（点击放大）

6.2.7 第六步：GitHub Actions 编译 AT 固件

上述步骤完成之后，会自动触发 GitHub Actions 编译您的 ESP-AT 固件。请参考*如何从 GitHub 下载最新临时版本 AT 固件* 文档，下载您所需要的 AT 固件（注意：文档里的步骤都是基于您自己账号下的 esp-at 仓库进行的，而不是 https://github.com/espressif/esp-at 仓库）。GitHub 上的 AT 固件会在到达 90 天有效期后自动失效，请自行保存下载的 AT 固件。

6.3 如何设置 AT 端口管脚

本文档介绍了如何修改 ESP32-C3 系列固件中的*AT port* 管脚。默认情况下，ESP-AT 使用两个 UART 接口作为 AT 端口：一个用于输出日志（以下称为日志端口），另一个用于发送 AT 命令和接收响应（以下称为命令端口）。

如果您已经有 ESP32-C3 AT 固件，并且只需要修改命令端口管脚，请直接通过*at.py 工具* 修改固件，为您的模组生成新的固件。否则您要修改 ESP32-C3 设备的 AT 端口管脚，需要完成下面步骤：

- *克隆 ESP-AT 工程*。
- 在 menuconfig 配置工具或 factory_param_data.csv 表格中修改对应管脚。
- *编译工程*。
- *将新的 bin 文件烧录进设备*。

本文档重点介绍如何修改管脚，点击上面的链接了解其它步骤的详细信息。

备注： 使用其它接口作为 AT 命令接口请参考 使用 AT SPI 接口 , AT through SPI 和 使用 AT 套接字接口 。

6.3.1 ESP32-C3 系列

ESP32-C3 AT 固件的日志端口和命令端口管脚可以自定义为其它管脚，请参阅 《ESP32-C3 技术参考手册》 查看可使用的管脚。

修改日志端口管脚

默认情况下，乐鑫提供的 ESP32-C3 AT 固件使用以下 UART0 管脚输出日志：

- TX：GPIO21
- RX：GPIO20

在编译 ESP-AT 工程时，可使用 menuconfig 配置工具将其修改为其它管脚：

- `./build.py menuconfig -> Component config -> ESP System Settings -> Channel for console output -> Custom UART`
- `./build.py menuconfig -> Component config -> ESP System Settings -> UART TX on GPIO#`
- `./build.py menuconfig -> Component config -> ESP System Settings -> UART RX on GPIO#`

修改命令端口管脚

默认情况下，UART1 用于发送 AT 命令和接收 AT 响应，其管脚定义在 factory_param_data.csv 表格中的 uart_port、uart_tx_pin、uart_rx_pin、uart_cts_pin 和 uart_rts_pin 列。

您可以直接在 factory_param_data.csv 表中修改端口管脚：

- 打开您本地的 factory_param_data.csv。
- 找到模组所在的行。

- 根据需要设置 uart_port （如果希望 AT 日志口同时用作 AT 命令口，则需要修改此行，同时保证下面的 uart_tx_pin 和 uart_rx_pin 和 AT 日志口的管脚一样）。
- 根据需要设置 uart_tx_pin 和 uart_rx_pin （您需要保证将要修改的管脚，未被其它功能使用，包括 AT 日志口的管脚）。
- 若不需要使用硬件流控功能，请将 uart_cts_pin 和 uart_rts_pin 设置为 -1。
- 保存表格。

6.4 添加自定义 AT 命令

本文档介绍了如何添加自定义的 AT 命令，以 at_custom_cmd 为例，展示每个步骤的示例代码。

自定义基本的、功能良好的命令，请参考以下步骤。

- 第一步：定义 AT 命令
- 第二步：定义注册 AT 命令函数
- 第三步：增加组件依赖
- 第四步：增加链接选项
- 第五步：设置组件环境变量
- 第六步：编译 AT 固件

正确完成上述步骤后，请运行 AT+TEST 命令获取运行结果。

自定义相对复杂的命令，参考示例如下：

- 定义返回消息
- 获取命令参数
- 省略命令参数
- 阻塞命令的执行
- 从 AT 命令端口获取输入的数据

AT 命令集的源代码不开源，以 库文件 的形式呈现，它也是解析自定义的 AT 命令的基础。

6.4.1 自定义 AT 命令

第一步：定义 AT 命令

您可在 at_custom_cmd.c 和 at_custom_cmd.h 文件中定义 AT 命令，也可在 examples/at_custom_cmd/custom 和 examples/at_custom_cmd/include 目录下创建新的源文件和头文件定义 AT 命令。

在自定义 AT 命令之前，请先确定 AT 命令的名称和类型。

命令命名规则：

- 命令应以 + 符号开头。
- 支持字母 (A~Z, a~z)、数字 (0~9) 及其它一些字符 (!、%、-、.、/、:、_)，详情请见AT 命令分类。

命令类型：

每条 AT 命令最多可以有四种类型：测试命令、查询命令、设置命令和执行命令，更多信息参见AT 命令分类。

然后，定义所需类型的命令。假设 AT+TEST 支持所有的四种类型，下面是定义 AT 命令的名称和所需支持的类型，以及定义每种类型的示例代码。

- 首先，调用esp_at_cmd_struct 来定义 AT 命令的名称和所需支持的类型，下面的示例代码定义了名称为 +TEST`` （省略了 ``AT）并支持所有四种类型的命令。

```
static const esp_at_cmd_struct at_custom_cmd[] = {
    {"+TEST", at_test_cmd_test, at_query_cmd_test, at_setup_cmd_test,␣
↪at_exe_cmd_test},
    /**
     * @brief 您可以在此处定义自己的 AT 命令
     */
};
```

备注： 如果不定义某个类型，将其设置为 NULL。

- 测试命令：

```
static uint8_t at_test_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    uint8_t buffer[64] = {0};
    snprintf((char *)buffer, 64, "test command: <AT%s=?> is executed\r\
↪n", cmd_name);
    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

- 查询命令：

```
static uint8_t at_query_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    uint8_t buffer[64] = {0};
    snprintf((char *)buffer, 64, "query command: <AT%s?> is executed\r\
↪n", cmd_name);
    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

- 设置命令：

```
static uint8_t at_setup_cmd_test(uint8_t para_num)
{
    uint8_t index = 0;

    // 获取第一个参数，并将其解析为一个数字
    int32_t digit = 0;
    if (esp_at_get_para_as_digit(index++, &digit) != ESP_AT_PARA_PARSE_
↪RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    }

    // 获取第二个参数，并将其解析为一个字符串
    uint8_t *str = NULL;
    if (esp_at_get_para_as_str(index++, &str) != ESP_AT_PARA_PARSE_
↪RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    }

    // 分配一个缓冲区，构建数据，然后通过接口 (uart/spi/sdio/socket)␣
↪将数据发送到 MCU
    uint8_t *buffer = (uint8_t *)malloc(512);
    if (!buffer) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    }
    int len = snprintf((char *)buffer, 512, "setup command: <AT%s=%d,\"
↪%s\"> is executed\r\n",
```

(续下页)

(接上页)

```
                        esp_at_get_current_cmd_name(), digit, str);
    esp_at_port_write_data(buffer, len);

    // 记得释放缓冲区
    free(buffer);

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

- 执行命令：

```
static uint8_t at_exe_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    uint8_t buffer[64] = {0};
    snprintf((char *)buffer, 64, "execute command: <AT%s> is executed\
↪r\n", cmd_name);
    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

第二步：定义注册 AT 命令函数

- 请定义 esp_at_custom_cmd_register 函数，并在函数中调用 API *esp_at_custom_cmd_array_regist()* 注册 AT 命令。
  示例代码：

```
bool esp_at_custom_cmd_register(void)
{
    return esp_at_custom_cmd_array_regist(at_custom_cmd, sizeof(at_custom_cmd)␣
↪/ sizeof(esp_at_cmd_struct));
}
```

- 然后，调用 API ESP_AT_CMD_SET_INIT_FN 来初始化您实现的注册 AT 命令函数 esp_at_custom_cmd_register。
  示例代码：

```
ESP_AT_CMD_SET_INIT_FN(esp_at_custom_cmd_register, 1);
```

备注： 如果您是在 examples/at_custom_cmd/custom 和 examples/at_custom_cmd/include 目录下创建新的源文件和头文件自定义 AT 命令，请避免将注册函数命名为 esp_at_custom_cmd_register，因为该函数在 at_custom_cmd 示例中已被定义和初始化。您可以将函数命名为 esp_at_custom_cmd_register_foo，然后使用 ESP_AT_CMD_SET_INIT_FN 初始化该函数。

第三步：增加组件依赖

如果您在*第一步：定义 AT 命令* 时使用了除 at、freertos、nvs_flash 外其他组件，请在 examples/at_custom_cmd/CMakeLists.txt 文件中添加这些组件依赖。反之，可以跳过此步骤。例如新增使用 lwip 组件，则示例代码如下：

```
set(require_components at freertos nvs_flash lwip)
```

第四步：增加链接选项

请在 examples/at_custom_cmd/CMakeLists.txt 文件中，将自定义的注册 AT 命令函数 名称作为一个链接选项强制链接给 ${COMPONENT_LIB}，确保程序运行时可以找到该函数。示例代码如下：

```
target_link_libraries(${COMPONENT_LIB} INTERFACE "-u esp_at_custom_cmd_register")
```

备注： 如果自定义的注册 AT 命令函数 名称为 esp_at_custom_cmd_register_foo，则示例代码如下：

```
target_link_libraries(${COMPONENT_LIB} INTERFACE "-u esp_at_custom_cmd_register_foo
↪")
```

第五步：设置组件环境变量

本节介绍了两种设置 at_custom_cmd 组件环境变量的方法，以确保 ESP-AT 项目在编译时能够正确找到该组件。根据您的需求选择适合的方法。如果您在 esp-at/components 目录下的原始组件中自定义 AT 命令或修改代码，则无需执行此步骤。但不建议在 esp-at/components 目录下的原始组件中自定义 AT 命令，本文也不对此进行说明。

方法 1： 在命令行中设置 AT_CUSTOM_COMPONENTS 环境变量（适用于本地编译）。

- Linux or macOS

```
export AT_CUSTOM_COMPONENTS=(path_of_at_custom_cmd)
```

- Windows

```
set AT_CUSTOM_COMPONENTS=(path_of_at_custom_cmd)
```

备注：

- 请将 (path_of_at_custom_cmd) 替换为 at_custom_cmd 目录的真实绝对路径。
- 您可以指定多个组件。例如：
  export AT_CUSTOM_COMPONENTS="~/prefix/my_path1 ~/prefix/my_path2"

方法 2： 在 esp-at/build.py 文件 setup_env_variables() 函数中加入设置 AT_CUSTOM_COMPONENTS 环境变量的代码（适用于本地编译 和网页编译）。示例代码如下：

```
# set AT_CUSTOM_COMPONENTS
at_custom_cmd_path=os.path.join(os.getcwd(), 'examples/at_custom_cmd')
os.environ['AT_CUSTOM_COMPONENTS']=at_custom_cmd_path
```

第六步：编译 AT 固件

完成以上步骤后，可根据需要选择通过网页编译 或本地编译 AT 固件，并将其烧录 到您的设备上。

6.4.2 运行 AT+TEST 命令获取运行结果

正确操作上面步骤后，运行 AT+TEST 命令获取结果如下。

测试命令：

```
AT+TEST=?
```

响应：

```
AT+TEST=?
test command: <AT+TEST=?> is executed

OK
```

查询命令：

```
AT+TEST?
```

响应：

```
AT+TEST?
query command: <AT+TEST?> is executed

OK
```

设置命令：

```
AT+TEST=1,"espressif"
```

响应：

```
AT+TEST=1,"espressif"
setup command: <AT+TEST=1,"espressif"> is executed

OK
```

执行命令：

```
AT+TEST
```

响应：

```
AT+TEST
execute command: <AT+TEST> is executed

OK
```

6.4.3 自定义复杂的 AT 命令

下面列举的示例代码适用于定义更加复杂的命令，请根据实际需要进行自定义。

定义返回消息

ESP-AT 已经在*esp_at_result_code_string_index* 定义了一些返回消息，更多返回消息请参见*AT 消息*。

除了通过 return 模式返回消息，也可调用 API *esp_at_response_result()* 来返回命令执行结果。可在代码中同时使用 API 和*ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_OK* 及*ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_FAIL*。

例如，当使用 AT+TEST 的执行命令向服务器或 MCU 发送数据时，用*esp_at_response_result()* 来返回发送结果，用 return 模式来返回命令执行结果，示例代码如下。

```
uint8_t at_exe_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    uint8_t buffer[64] = {0};

    snprintf((char *)buffer, 64, "this cmd is execute cmd: %s\r\n", cmd_name);

    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    // 向服务器或 MCU 发送数据的自定义操作
    send_data_to_server();

    // 返回 SEND OK
    esp_at_response_result(ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_OK);

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

运行命令及返回的响应：

```
AT+TEST
this cmd is execute cmd: +TEST

SEND OK

OK
```

获取命令参数

ESP-AT 提供以下两个 API 获取命令参数。

- *esp_at_get_para_as_digit()* 可获取数字参数。
- *esp_at_get_para_as_str()* 可获取字符串参数。

示例请见设置命令。

省略命令参数

本节介绍如何设置某些命令参数为可选参数。

- 省略首位或中间参数
- 省略最后一位参数

省略首位或中间参数 假设您想将 AT+TEST 命令的 <param_2> 和 <param_3> 参数设置为可选参数，其中 <param_2> 为数字参数，<param_3> 为字符串参数。

```
AT+TEST=<param_1>[,<param_2>][,<param_3>],<param_4>
```

实现代码如下。

```
uint8_t at_setup_cmd_test(uint8_t para_num)
{
    int32_t para_int_1 = 0;
    int32_t para_int_2 = 0;
    uint8_t *para_str_3 = NULL;
    uint8_t *para_str_4 = NULL;
    uint8_t num_index = 0;
    uint8_t buffer[64] = {0};
    esp_at_para_parse_result_type parse_result = ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK;
```

(续下页)

(接上页)

```
    snprintf((char *)buffer, 64, "this cmd is setup cmd and cmd num is: %u\r\n",␣
↪para_num);
    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    parse_result = esp_at_get_para_as_digit(num_index++, &para_int_1);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    } else {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "first parameter is: %d\r\n", para_int_1);
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    parse_result = esp_at_get_para_as_digit(num_index++, &para_int_2);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED) {
        if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
            return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
        } else {
            // 示例代码
            // 需要自定义操作
            memset(buffer, 0, 64);
            snprintf((char *)buffer, 64, "second parameter is: %d\r\n", para_int_
↪2);
            esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
        }
    } else {
        // 示例代码
        // 省略第二个参数
        // 需要自定义操作
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "second parameter is omitted\r\n");
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    parse_result = esp_at_get_para_as_str(num_index++, &para_str_3);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED) {
        if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
            return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
        } else {
            // 示例代码
            // 需自定义操作
            memset(buffer, 0, 64);
            snprintf((char *)buffer, 64, "third parameter is: %s\r\n", para_str_3);
            esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
        }
    } else {
        // 示例代码
        // 省略第三个参数
        // 需自定义操作
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "third parameter is omitted\r\n");
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    parse_result = esp_at_get_para_as_str(num_index++, &para_str_4);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    } else {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "fourth parameter is: %s\r\n", para_str_4);
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
```

(续下页)

(接上页)

```
    }

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

备注： 如果输入的字符串参数为 ""，则该参数没有被省略。

省略最后一位参数 假设 AT+TEST 命令的 <param_3> 参数为字符串参数，且为最后一位参数，您想将它设置为可选参数。

```
AT+TEST=<param_1>,<param_2>[,<param_3>]
```

则有以下两种省略情况。

- AT+TEST=<param_1>,<param_2>
- AT+TEST=<param_1>,<param_2>,

实现代码如下。

```
uint8_t at_setup_cmd_test(uint8_t para_num)
{
    int32_t para_int_1 = 0;
    uint8_t *para_str_2 = NULL;
    uint8_t *para_str_3 = NULL;
    uint8_t num_index = 0;
    uint8_t buffer[64] = {0};
    esp_at_para_parse_result_type parse_result = ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK;

    snprintf((char *)buffer, 64, "this cmd is setup cmd and cmd num is: %u\r\n",␣
↪para_num);
    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    parse_result = esp_at_get_para_as_digit(num_index++, &para_int_1);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    } else {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "first parameter is: %d\r\n", para_int_1);
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    parse_result = esp_at_get_para_as_str(num_index++, &para_str_2);
    if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    } else {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "second parameter is: %s\r\n", para_str_2);
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    if (num_index == para_num) {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "third parameter is omitted\r\n");
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    } else {
        parse_result = esp_at_get_para_as_str(num_index++, &para_str_3);
        if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED) {
            if (parse_result != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK) {
```

(续下页)

(接上页)

```
                return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
            } else {
                // 示例代码
                // 需自定义操作
                memset(buffer, 0, 64);
                snprintf((char *)buffer, 64, "third parameter is: %s\r\n", para_
↪str_3);
                esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
            }
        } else {
            // 示例代码
            // 省略第三个参数
            // 需自定义操作
            memset(buffer, 0, 64);
            snprintf((char *)buffer, 64, "third parameter is omitted\r\n");
            esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
        }
    }

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

备注： 如果输入的字符串参数为 ""，则该参数没有被省略。

阻塞命令的执行

有时您想阻塞某个命令的执行，等待另一个执行结果，然后系统基于这个结果可能会返回不同的值。

一般来说，这类命令需要与其它任务的结果进行同步。

推荐使用 semaphore 来同步。

示例代码如下。

```
xSemaphoreHandle at_operation_sema = NULL;

uint8_t at_exe_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    uint8_t buffer[64] = {0};

    snprintf((char *)buffer, 64, "this cmd is execute cmd: %s\r\n", cmd_name);

    esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

    // 示例代码
    // 不必在此处创建 semaphores
    at_operation_sema = xSemaphoreCreateBinary();
    assert(at_operation_sema != NULL);

    // 阻塞命令的执行
    // 等待另一个执行的结果
    // 其它任务可调用 xSemaphoreGive 来释放 semaphore
    xSemaphoreTake(at_operation_sema, portMAX_DELAY);

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

从 AT 命令端口获取输入的数据

ESP-AT 支持从 AT 命令端口访问输入的数据，为此提供以下两个 API。

- *esp_at_port_enter_specific()* 设置回调函数，AT 端口接收到输入的数据后，将调用该函数。
- *esp_at_port_exit_specific()* 删除由 esp_at_port_enter_specific 设置的回调函数。

获取数据的方法会根据数据长度是否被指定而有所不同。

指定长度的输入数据 假设您已经使用 <param_1> 指定了数据长度，如下所示。

```
AT+TEST=<param_1>
```

以下示例代码介绍如何从 AT 命令端口获取长度为 <param_1> 的输入数据。

```
static xSemaphoreHandle at_sync_sema = NULL;

void wait_data_callback(void)
{
    xSemaphoreGive(at_sync_sema);
}

uint8_t at_setup_cmd_test(uint8_t para_num)
{
    int32_t specified_len = 0;
    int32_t received_len = 0;
    int32_t remain_len = 0;
    uint8_t *buf = NULL;
    uint8_t buffer[64] = {0};

    if (esp_at_get_para_as_digit(0, &specified_len) != ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_
↪OK) {
        return ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR;
    }

    buf = (uint8_t *)malloc(specified_len);
    if (buf == NULL) {
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "malloc failed\r\n");
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    // 示例代码
    // 不必在此处创建 semaphores
    if (!at_sync_sema) {
        at_sync_sema = xSemaphoreCreateBinary();
        assert(at_sync_sema != NULL);
    }

    // 返回输入数据提示符 ">"
    esp_at_port_write_data((uint8_t *)">", strlen(">"));

    // 设置回调函数，在接收到输入数据后由 AT 端口调用
    esp_at_port_enter_specific(wait_data_callback);

    // 接收输入的数据
    while(xSemaphoreTake(at_sync_sema, portMAX_DELAY)) {
        received_len += esp_at_port_read_data(buf + received_len, specified_len -␣
↪received_len);

        if (specified_len == received_len) {
```

(续下页)

(接上页)

```
            esp_at_port_exit_specific();

            // 获取剩余输入数据的长度
            remain_len = esp_at_port_get_data_length();
            if (remain_len > 0) {
                // 示例代码
                // 如果剩余数据长度 > 0，则实际输入数据长度大于指定的接收数据长度
                // 可自定义如何处理这些剩余数据
                // 此处只是简单打印出剩余数据
                esp_at_port_recv_data_notify(remain_len, portMAX_DELAY);
            }

            // 示例代码
            // 输出接收到的数据
            memset(buffer, 0, 64);
            snprintf((char *)buffer, 64, "\r\nreceived data is: ");
            esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

            esp_at_port_write_data(buf, specified_len);

            break;
        }
    }

    free(buf);

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

因此，如果您设置 AT+TEST=5，输入的数据为 1234567890，那么 ESP-AT 返回的结果如下所示。

```
AT+TEST=5
>67890
received data is: 12345
OK
```

未指定长度的输入数据 这种情况类似 Network 透传模式，不指定数据长度。

```
AT+TEST
```

假设 ESP-AT 结束命令的执行并返回执行结果，示例代码如下。

```
#define BUFFER_LEN (2048)
static xSemaphoreHandle at_sync_sema = NULL;

void wait_data_callback(void)
{
    xSemaphoreGive(at_sync_sema);
}

uint8_t at_exe_cmd_test(uint8_t *cmd_name)
{
    int32_t received_len = 0;
    int32_t remain_len = 0;
    uint8_t *buf = NULL;
    uint8_t buffer[64] = {0};


    buf = (uint8_t *)malloc(BUFFER_LEN);
    if (buf == NULL) {
```

(续下页)

(接上页)

```
        memset(buffer, 0, 64);
        snprintf((char *)buffer, 64, "malloc failed\r\n");
        esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));
    }

    // 示例代码
    // 不必在此处创建 semaphores
    if (!at_sync_sema) {
        at_sync_sema = xSemaphoreCreateBinary();
        assert(at_sync_sema != NULL);
    }

    // 返回输入数据提示符 ">"
    esp_at_port_write_data((uint8_t *)">", strlen(">"));

    // 设置回调函数，在接收到输入数据后由 AT 端口调用
    esp_at_port_enter_specific(wait_data_callback);

    // 接收输入的数据
    while(xSemaphoreTake(at_sync_sema, portMAX_DELAY)) {
        memset(buf, 0, BUFFER_LEN);

        received_len = esp_at_port_read_data(buf, BUFFER_LEN);
        // 检查是否退出该模式
        // 退出条件是接收到 "+++" 字符串
        if ((received_len == 3) && (strncmp((const char *)buf, "+++", 3)) == 0) {
            esp_at_port_exit_specific();

            // 示例代码
            // 如果剩余数据长度 > 0，说明缓冲区内仍有数据需要处理
            // 可自定义如何处理剩余数据
            // 此处只是简单打印出剩余数据
            remain_len = esp_at_port_get_data_length();
            if (remain_len > 0) {
                esp_at_port_recv_data_notify(remain_len, portMAX_DELAY);
            }

            break;
        } else if (received_len > 0) {
            // 示例代码
            // 可自定义如何处理接收到的数据
            // 此处只是简单打印出接收到的数据
            memset(buffer, 0, 64);
            snprintf((char *)buffer, 64, "\r\nreceived data is: ");
            esp_at_port_write_data(buffer, strlen((char *)buffer));

            esp_at_port_write_data(buf, strlen((char *)buf));
        }
    }

    free(buf);

    return ESP_AT_RESULT_CODE_OK;
}
```

因此，如果第一个输入数据是 1234567890，第二个输入数据是 +++，那么 ESP-AT 返回结果如下所示。

```
AT+TEST
>
received data is: 1234567890
OK
```

6.5 如何提高 ESP-AT 吞吐性能

默认情况下，ESP-AT 和主机之间使用 UART 进行通信，因此最高吞吐速率不会超过其默认配置，即不会超过 115200 bps。用户如要 ESP-AT 实现较高的吞吐量，需了解本文，并做出有针对性的配置。本文以 ESP32-C3 为例，介绍如何提高 ESP-AT 吞吐性能。

备注： 本文基于 ESP-AT 处于透传模式 下，描述提高 TCP/UDP/SSL 吞吐性能的一般性方法。

用户可以选择下面其中一种方法，提高吞吐性能：

- （简单）快速配置
- （推荐）熟悉数据流、针对性地配置

6.5.1 （简单）快速配置

1. 配置系统、LWIP、Wi-Fi 适用于高吞吐的参数

将下面代码段拷贝并追加至 module_config/module_esp32c3_default/sdkconfig.defaults 文件最后，其它 ESP32-C3 系列设备请修改对应文件夹下的 sdkconfig.defaults 文件。

```
# System
CONFIG_ESP_SYSTEM_EVENT_TASK_STACK_SIZE=4096
CONFIG_FREERTOS_UNICORE=n
CONFIG_FREERTOS_HZ=1000
CONFIG_ESP_DEFAULT_CPU_FREQ_160=y
CONFIG_ESP_DEFAULT_CPU_FREQ_MHZ=160
CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHMODE_QIO=y
CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHFREQ_80M=y

# LWIP
CONFIG_LWIP_TCP_SND_BUF_DEFAULT=65534
CONFIG_LWIP_TCP_WND_DEFAULT=65534
CONFIG_LWIP_TCP_RECVMBOX_SIZE=12
CONFIG_LWIP_UDP_RECVMBOX_SIZE=12
CONFIG_LWIP_TCPIP_RECVMBOX_SIZE=64

# Wi-Fi
CONFIG_ESP32_WIFI_STATIC_RX_BUFFER_NUM=16
CONFIG_ESP32_WIFI_DYNAMIC_RX_BUFFER_NUM=64
CONFIG_ESP32_WIFI_DYNAMIC_TX_BUFFER_NUM=64
CONFIG_ESP32_WIFI_TX_BA_WIN=32
CONFIG_ESP32_WIFI_RX_BA_WIN=32
CONFIG_ESP32_WIFI_AMPDU_TX_ENABLED=y
CONFIG_ESP32_WIFI_AMPDU_RX_ENABLED=y
```

2. 提高 UART 缓冲区大小

将下面代码段拷贝并替换 at_uart_task.c 文件中 *uart_driver_install()* 行。

```
uart_driver_install(g_at_cmd_port, 1024 * 16, 1024 * 16, 100, &s_at_uart_
↪queue, 0);
```

3. 删除默认配置、重新编译固件、烧录运行

```
rm -rf build sdkconfig
./build.py build
./build.py flash monitor
```

4. 透传前提高 UART 波特率

典型 AT 命令序列如下：

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+UART_CUR=3000000,8,1,0,3
AT+CIPSTART="TCP","192.168.105.13",3344
AT+CIPMODE=1
AT+CIPSEND
// 传输数据
```

此快速配置的方法在一定程度上可以提高吞吐，但有时可能不能达到用户的预期。另外有些配置可能不是吞吐的瓶颈，配置较高可能会牺牲内存资源或功耗等。因此，用户也可以熟悉下面推荐的方法，进行有针对性地配置。

6.5.2 （推荐）熟悉数据流、针对性地配置

影响 ESP-AT 吞吐的因素大体描述如下图：

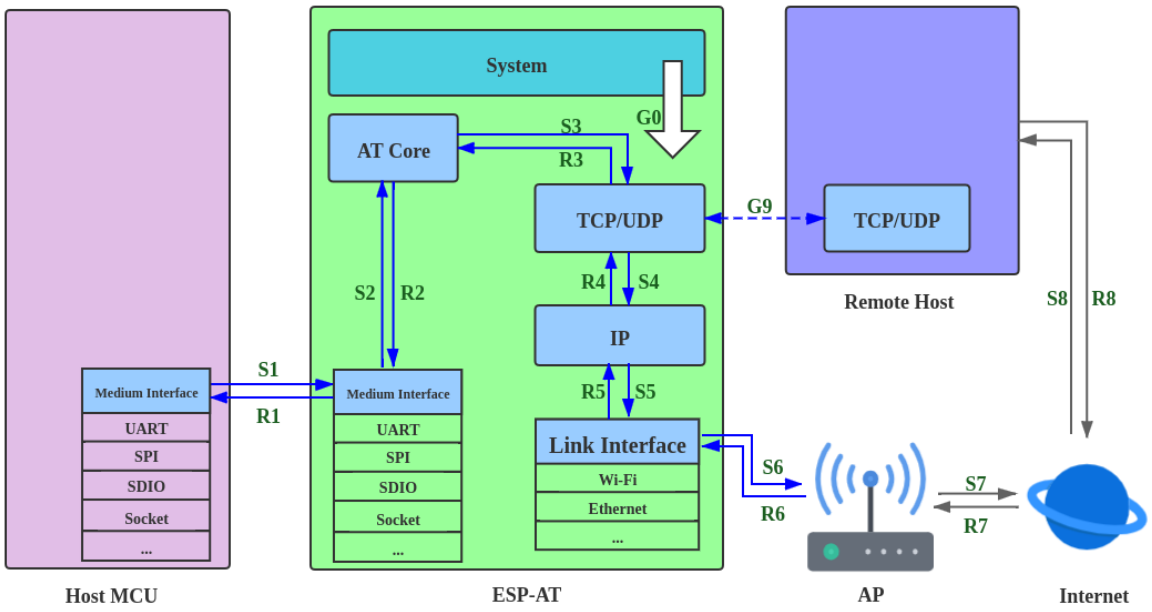


图 20: 吞吐数据流

如图中箭头所示：

- ESP-AT 发送 (TX) 的数据流为 S1 -> S2 -> S3 -> S4 -> S5 -> S6 -> S7 -> S8
- ESP-AT 接收 (RX) 的数据流为 R8 -> R7 -> R6 -> R5 -> R4 -> R3 -> R2 -> R1

吞吐的数据流类似于水流，要想提高吞吐，需要考虑在数据流速较低的节点之间进行优化，而不需要在数据流速本就达到预期的节点之间进行额外的配置，以免造成不必要的资源浪费。在实际产品中，往往只需要提高其中一条数据流吞吐即可，用户需要根据下面指导进行对应的配置即可。

备注： 下面的配置均以可用内存充足为前提的，用户可以通过*AT+SYSRAM* 命令来查询可用内存。

1. G0 吞吐优化

G0 是系统可以优化的部分，建议参考配置如下：

```
CONFIG_ESP_SYSTEM_EVENT_TASK_STACK_SIZE=4096
CONFIG_FREERTOS_UNICORE=n
CONFIG_FREERTOS_HZ=1000
CONFIG_ESP_DEFAULT_CPU_FREQ_160=y
CONFIG_ESP_DEFAULT_CPU_FREQ_MHZ=160
CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHMODE_QIO=y
CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHFREQ_80M=y
```

2. S1、R1 吞吐优化

通常情况下，S1 和 R1 是 ESP-AT 吞吐高低的关键。因为默认情况下，ESP-AT 和主机之间使用 UART 进行通信，波特率为 115200，而 UART 硬件上，速率上限为 5 Mbps。因此，用户使用场景吞吐低于 5 Mbps，可以使用默认的 UART 作为和主机之间的通信介质，同时可以进行下面优化。

2.1 提高 UART 缓冲区大小

将下面代码段拷贝并替换 at_uart_task.c 文件中 *uart_driver_install()* 行。

- 提高 UART TX 吞吐

```
uart_driver_install(g_at_cmd_port, 1024 * 16, 8192, 100, &s_at_uart_
↪queue, 0);
```

- 提高 UART RX 吞吐

```
uart_driver_install(g_at_cmd_port, 2048, 1024 * 16, 100, &s_at_uart_
↪queue, 0);
```

- 提高 UART TX 和 RX 吞吐

```
uart_driver_install(g_at_cmd_port, 1024 * 16, 1024 * 16, 100, &s_at_
↪uart_queue, 0);
```

2.2 透传前提高 UART 波特率

典型 AT 命令序列如下：

```
AT+CWMODE=1
AT+CWJAP="ssid","password"
AT+UART_CUR=3000000,8,1,0,3
AT+CIPSTART="TCP","192.168.105.13",3344
AT+CIPMODE=1
AT+CIPSEND
// 传输数据
```

备注： 用户需要确保主机的 UART 可以支持到这么高的速率，并且主机和 ESP-AT 之间的 UART 连线尽可能地短。

备注： 如果用户期望吞吐速率大于或接近于 5 Mbps，可以考虑使用 SPI、SDIO、Socket 等方式。具体请参考：

- SPI：*SPI AT 指南*
- Socket：Socket AT 指南

---

3. S2、R2、R3、S3 吞吐优化

通常情况下，S2、R2、R3、S3 不是 ESP-AT 吞吐高低的瓶颈。因为 AT core 在 UART 缓冲区和通信协议的传输层之间传递数据，仅有极少的且不耗时的应用逻辑，无需优化。

4. S4、R4、S5、R5、S6、R6 吞吐优化

ESP-AT 和主机之间使用 UART 进行通信，S4、R4、S5、R5、S6、R6 无需优化。ESP-AT 和主机之间使用其他传输介质进行通信时，S4、R4、S5、R5、S6、R6 是影响吞吐的一个因素。

S4、R4、S5、R5、S6、R6 是通信协议的传输层、网络层、和数据链路层之间的数据流。用户需要阅读 ESP-IDF 中 如何提高 Wi-Fi 性能 文档，了解原理，进行合理配置。这些配置均可以在 `./build.py menuconfig` 里进行配置。

- 优化 S4 -> S5 -> S6：发送数据方向配置
- 优化 R6 -> R5 -> R4：接收数据方向配置

5. S6、R6 吞吐优化

S6 和 R6 是通信协议的数据链路层，ESP32-C3 可以使用 Wi-Fi 或者以太网作为传输介质。Wi-Fi 除了上述介绍的优化方法之外，可能还需要用户关心：

- 提高 RF 发射功率
  默认发射功率通常不是吞吐高低的瓶颈，用户也可以通过*AT+RFPOWER* 命令查询和设置 RF 发射功率。
- 设置 802.11 b/g/n 协议
  默认 Wi-Fi 模式即为 802.11 b/g/n 协议，用户可通过*AT+CWSTAPROTO* 命令查询和设置 802.11 b/g/n 协议。配置是双向的，因此建议 AP 端 Wi-Fi 模式配置为 802.11 b/g/n 协议，频宽配置为 HT20/HT40 (20/40 MHz) 模式。

6. S7、R7、S8、R8 吞吐优化

通常情况下，S7、R7、S8、R8 不是 ESP-AT 吞吐优化的范围。因为这和实际网络带宽、网络路由、物理距离等有关。

6.6 如何更新 mfg_nvs 分区

6.6.1 mfg_nvs 分区介绍

mfg_nvs (*manufacturing nvs*) 分区定义在 `esp-at/module_config/{module_name}/at_customize.csv` 文件中。该分区存储了出厂固件的下列配置：

- 出厂参数配置（Wi-Fi 配置、UART 配置、模组配置）：请参考出厂参数配置介绍。
- PKI 配置（各类证书和密钥配置）：请参考*PKI* 配置介绍。
- GATTS 配置（低功耗蓝牙服务）：请参考低功耗蓝牙服务源文件介绍。

当您需要修改出厂参数配置、PKI 配置或者 GATTS 配置时，您可以重新编译 ESP-AT 工程，生成新的 mfg_nvs.bin 文件；或者通过*at.py* 工具 修改固件，为您的模组生成新的固件。本文介绍前者。

6.6.2 生成 mfg_nvs.bin

配置修改完成后，重新编译 *ESP-AT* 工程。在编译阶段会自动通过 mfg_nvs.py 先生成 `build/customized_partitions/mfg_nvs.csv` 文件（包含了所有配置的命名空间、键、类型、和键值信息），再由 `esp-idf` 中的 `nvs_partition_gen.py` 脚本生成 `build/customized_partitions/mfg_nvs.bin` 文件（NVS 库的结构）。

6.6.3 下载 mfg_nvs.bin

可采用以下任意一种方式下载 mfg_nvs.bin 文件。

- 下载重新编译过的 ESP-AT 固件，详情请见第七步：烧录到设备。
- 仅下载 mfg_nvs.bin，这种方法只更新 ESP32-C3 中的 mfg_nvs 分区。

  - Windows

    请下载 Windows Flash 下载工具。详细指导可参阅 Flash 下载工具用户指南。下载 `build/customized_partitions/mfg_nvs.bin` 文件到 ESP32-C3。您可以通过*AT+SYSFLASH?* 命令查询 mfg_nvs.bin 的下载地址。
  - Linux or macOS

    请使用 esptool.py。

    您可以在 ESP-AT 根目录执行以下命令下载 mfg_nvs.bin 文件。

    ```
    esptool.py --chip auto --port PORTNAME --baud 921600 --before␣
    ↪default_reset --after hard_reset write_flash -z --flash_mode dio -
    ↪-flash_freq 40m --flash_size 4MB ADDRESS mfg_nvs.bin
    ```

    将 `PORTNAME` 替换为您的串口名称。`ADDRESS` 替换为下载 mfg_nvs.bin 文件的地址，您可以通过*AT+SYSFLASH?* 命令查询下载地址。
- MCU 发送*AT+SYSFLASH* 命令更新 ESP32-C3 中的 mfg_nvs 分区。

```
# 擦除 mfg_nvs 分区
AT+SYSFLASH=0,"mfg_nvs",0,MFG_NVS_SIZE

# 写入 mfg_nvs.bin 文件
AT+SYSFLASH=1,"mfg_nvs",0,MFG_NVS_SIZE
```

`MFG_NVS_SIZE` 替换为下载 mfg_nvs.bin 文件的大小，不同的模组有不同的分区大小，您可以通过*AT+SYSFLASH?* 命令查询分区大小。

6.7 如何更新出厂参数

本文档介绍了如何更新 ESP-AT 默认的出厂参数配置。出厂参数配置包括一些 Wi-Fi 配置、UART 配置、模组配置。

- 出厂参数配置介绍
- 生成 *mfg_nvs.bin* 文件
- 下载 *mfg_nvs.bin* 文件

6.7.1 出厂参数配置介绍

当前默认的出厂参数配置的源文件 customized_partitions/raw_data/factory_param/factory_param_data.csv，如下所示：

功能	当前配置	相关 AT 命令
Wi-Fi 配置	• max_tx_power (ESP32-C3 的 Wi-Fi 最大发射功率，详情请见 ESP32-C3 发射功率 设置范围) • country_code (国家代码) • start_channel (起始 Wi-Fi 信道) • channel_num (Wi-Fi 的总信道数量)	所有需要 Wi-Fi 功能的 AT 命令
UART 配置	• uart_port (用于发送 AT 命令和接收 AT 响应的 UART 端口) • uart_baudrate (UART 波特率) • uart_tx_pin (UART TX 引脚) • uart_rx_pin (UART RX 引脚) • uart_cts_pin (UART CTS 引脚) • uart_rts_pin (UART RTS 引脚)	所有需要 UART 功能的 AT 命令
模组名称	module_name	*AT+GMR*

请根据自己的需求修改出厂参数配置，然后生成 `mfg_nvs.bin` 文件。

6.7.2 生成 mfg_nvs.bin 文件

请参考生成 *mfg_nvs.bin* 文档生成带有出厂参数配置的 `mfg_nvs.bin`。

6.7.3 下载 mfg_nvs.bin 文件

请参考下载 *mfg_nvs.bin* 文档。

6.8 如何更新 PKI 配置

本文档介绍了如何更新 ESP-AT 提供的默认的*PKI* 配置。PKI 配置包括 TLS 客户端、TLS 服务器、MQTT 客户端和 WPA2 Enterprise 客户端的证书和密钥。

- *PKI* 配置介绍
- 生成 *mfg_nvs.bin* 文件
- 下载 *mfg_nvs.bin* 文件

6.8.1 PKI 配置介绍

当前默认 PKI 配置的源文件位于 customized_partitions/raw_data 目录下，如下所示：

功能	当前配置	相关 AT 命令
TLS 客户端	第 0 套客户端配置 • client_ca_00.crt • client_cert_00.crt • client_key_00.key 第 1 套客户端配置 • client_ca_01.crt • client_cert_01.crt • client_key_01.key	• *AT+CIPSTART* • *AT+CIPSSLCCONF*
TLS 服务器	• server_ca.crt • server_cert.crt • server.key	*AT+CIPSERVER*
MQTT 客户端	• mqtt_ca.crt • mqtt_client.crt • mqtt_client.key	*AT+MQTTUSERCFG*
WebSocket 客户端	第 0 套客户端配置 • wss_ca_00.crt • wss_client_00.crt • wss_client_00.key 第 1 套客户端配置 • wss_ca_01.crt • wss_client_01.crt • wss_client_01.key	*AT+WSCFG*
HTTP 客户端	第 0 套客户端配置 • https_ca_00.crt • https_client_00.crt • https_client_00.key 第 1 套客户端配置 • https_ca_01.crt • https_client_01.crt • https_client_01.key	*AT+HTTPCFG*
WPA2 Enterprise 客户端	• wpa2_ca.pem • wpa2_client.crt • wpa2_client.key	*AT+CWJEAP*

请根据自己的需求修改 PKI 配置，然后生成 `mfg_nvs.bin` 文件。

6.8.2 生成 mfg_nvs.bin 文件

请参考生成 *mfg_nvs.bin* 文档生成带有 PKI 配置的 `mfg_nvs.bin`。

6.8.3 下载 mfg_nvs.bin 文件

请参考下载 *mfg_nvs.bin* 文档。

6.9 如何自定义低功耗蓝牙服务

本文档介绍了如何利用 ESP-AT 提供的低功耗蓝牙服务源文件在 ESP32-C3 设备上自定义低功耗蓝牙服务。

- 低功耗蓝牙服务源文件介绍
- 编译时自定义低功耗蓝牙服务
  - 修改低功耗蓝牙服务源文件
  - 生成 *mfg_nvs.bin* 文件
  - 下载 *mfg_nvs.bin* 文件

低功耗蓝牙服务被定义为 GATT 结构的多元数组，该数组至少包含一个属性类型 (attribute type) 为 0x2800 的首要服务 (primary service)。每个服务总是由一个服务定义和几个特征组成。每个特征总是由一个值和可选的描述符组成。更多相关信息请参阅 《蓝牙核心规范》 中的 Generic Attribute Profile (GATT) 一节。

6.9.1 低功耗蓝牙服务源文件介绍

低功耗蓝牙服务源文件是 ESP-AT 工程创建低功耗蓝牙服务所依据的文件，文件位于 customized_partitions/raw_data/ble_data/gatts_data.csv，内容如下表所示。

index	uuid_len	uuid	perm	val_max_len	val_cur_len	value
0	16	0x2800	0x01	2	2	A002
1	16	0x2803	0x01	1	1	2
2	16	0xC300	0x01	1	1	30
3	16	0x2901	0x11	1	1	30
…	…	…	…	…	…	…

以下内容是对上表的说明。

- `perm` 字段描述权限，它在 ESP-AT 工程中的定义如下所示。

```
/* relate to BTA_GATT_PERM_xxx in bta/bta_gatt_api.h */
/**
* @brief Attribute permissions
*/
#define    ESP_GATT_PERM_READ                   (1 << 0)    /* bit 0 -  0x0001 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_READ in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_READ_ENCRYPTED         (1 << 1)    /* bit 1 -  0x0002 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_READ_ENCRYPTED in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_READ_ENC_MITM          (1 << 2)    /* bit 2 -  0x0004 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_READ_ENC_MITM in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE                  (1 << 4)    /* bit 4 -  0x0010 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_WRITE in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE_ENCRYPTED        (1 << 5)    /* bit 5 -  0x0020 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_WRITE_ENCRYPTED in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE_ENC_MITM         (1 << 6)    /* bit 6 -  0x0040 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_WRITE_ENC_MITM in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE_SIGNED           (1 << 7)    /* bit 7 -  0x0080 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_WRITE_SIGNED in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE_SIGNED_MITM      (1 << 8)    /* bit 8 -  0x0100 */
↪    /* relate to BTA_GATT_PERM_WRITE_SIGNED_MITM in bta/bta_gatt_api.h */
#define    ESP_GATT_PERM_READ_AUTHORIZATION     (1 << 9)    /* bit 9 -  0x0200 */
#define    ESP_GATT_PERM_WRITE_AUTHORIZATION    (1 << 10)   /* bit 10 - 0x0400 */
```

- 上表第一行是 UUID 为 `0xA002` 的服务定义。

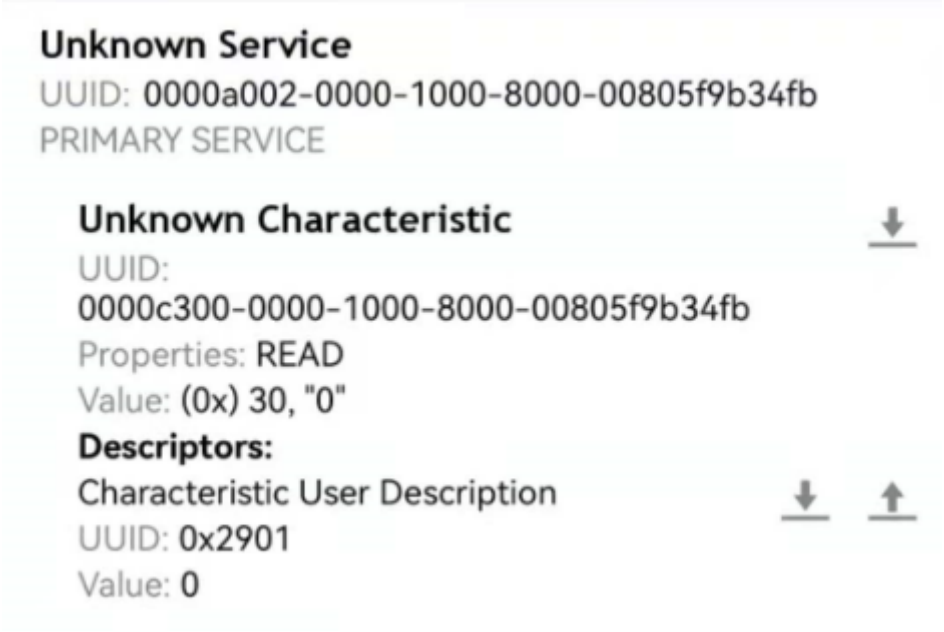
- 第二行是特征的声明。UUID `0x2803` 表示特征声明，数值 (value) `2` 设置权限，权限长度为 8 位，每一位代表一个操作的权限，`1` 表示支持该操作，`0` 表示不支持。

位	权限
0	BROADCAST
1	READ
2	WRITE WITHOUT RESPONSE
3	WRITE
4	NOTIFY
5	INDICATE
6	AUTHENTICATION SIGNED WRITES
7	EXTENDED PROPERTIES

- 第三行定义了服务的特征。该行的 UUID 是特征的 UUID，数值是特征的数值。
- 第四行定义了特征的描述符（可选）。

有关 UUID 的更多信息请参考 蓝牙技术联盟分配符。

如果直接在 ESP32-C3 设备上使用默认源文件，不做任何修改，并建立低功耗蓝牙连接，那么在客户端查询服务器服务后，会得到如下结果。



6.9.2 编译时自定义低功耗蓝牙服务

请根据以下步骤自定义低功耗蓝牙服务。

- 修改低功耗蓝牙服务源文件
- 生成 *mfg_nvs.bin* 文件
- 下载 *mfg_nvs.bin* 文件

修改低功耗蓝牙服务源文件

可定义多个服务，例如，若要定义三个服务（`Server_A`、`Server_B` 和 `Server_C`），则需要将这三个服务按顺序排列。由于定义每个服务的操作大同小异，这里我们以定义一个服务为例，其他服务您可以按照此例进行定义。

1. 添加服务定义。
   本例定义了一个值为 0xFF01 的主要服务。

index	uuid_len	uuid	perm	val_max_len	val_cur_len	value
31	16	0x2800	0x01	2	2	FF01

2. 添加特征说明和特征值。
   本例定义了一个 UUID 为 0xC300 的可读可写特征，并将其值设置为 0x30。

index	uuid_len	uuid	perm	val_max_len	val_cur_len	value
32	16	0x2803	0x11	1	1	0A
33	16	0xC300	0x11	1	1	30

3. 添加特征描述符（可选）。
   本例添加了客户端特征配置，数字 0x0000 表示通知 (notification) 和指示 (indication) 被禁用。

index	uuid_len	uuid	perm	val_max_len	val_cur_len	value
34	16	0x2902	0x11	2	2	0000

完成以上步骤后，自定义的低功耗蓝牙服务定义如下。

index	uuid_len	uuid	perm	val_max_len	val_cur_len	value
31	16	0x2800	0x01	2	2	FF01
32	16	0x2803	0x11	1	1	0A
33	16	0xC300	0x11	1	1	30
34	16	0x2902	0x11	2	2	0000

请根据自己的需求修改 GATTS 配置，然后生成 `mfg_nvs.bin` 文件。

生成 mfg_nvs.bin 文件

请参考*生成 mfg_nvs.bin* 文档生成带有低功耗蓝牙的服务配置的 `mfg_nvs.bin`。

下载 mfg_nvs.bin 文件

请参考*下载 mfg_nvs.bin* 文档。

下载完成后，重新建立低功耗蓝牙连接，在客户端查询的服务器服务如下所示。

6.10 如何自定义分区

本文档介绍了如何通过修改 ESP-AT 提供的 at_customize.csv 表来自定义 ESP32-C3 设备中的分区。共有两个分区表：一级分区表和二级分区表。

一级分区表 partitions_at.csv 供系统使用，在此基础上生成 partitions_at.bin 文件。如果一级分区表出错，系统将无法启动。因此，不建议修改 partitions_at.csv。

ESP-AT 提供了二级分区表 at_customize.csv 供您存储自定义数据块。它基于一级分区表。

要修改 ESP32-C3 设备中的分区，请按照前三个步骤操作。第四部分举例说明了前三个步骤。

- *修改 at_customize.csv*
- *生成 at_customize.bin*



- *烧录 at_customize.bin 至 ESP32-C3 设备*
- *示例*

6.10.1 修改 at_customize.csv

请参考下表找到模组的 at_customize.csv。

表 1: at_customize.csv 路径

平台	模组	路径
ESP32-C3	MINI-1	module_config/module_esp32c3_default/at_customize.csv

然后，在修改 at_customize.csv 时遵循以下规则。

- 已定义的用户分区的 `Name` 和 `Type` 不可更改，但 `SubType`、`Offset` 和 `Size` 可以更改。
- 如果您需要添加一个新的用户分区，请先检查它是否已经在 ESP-IDF (`esp_partition.h`) 中定义。
  - 如果已定义，请保持 `Type` 值与 ESP-IDF 的相同。
  - 如果未定义，请将 `Type` 设置为 `0x40`。
- 用户分区的 `Name` 不应超过 `16` 字节。
- `at_customize` 分区的默认大小定义在 partitions_at.csv 表中，添加新用户分区时请不要超出范围。

6.10.2 生成 at_customize.bin

修改 at_customize.csv 后，您可以重新编译 ESP-AT 工程或使用 python 脚本 `gen_esp32part.py` 来生成 at_customize.bin 文件。

如果使用脚本，在 ESP-AT 工程根目录下执行以下命令，并替换 `INPUT` 和 `OUTPUT`。

```
python esp-idf/components/partition_table/gen_esp32part.py <INPUT> [OUTPUT]
```

- `INPUT` 替换为待解析的 at_customize.csv 或二进制文件的路径。
- `OUTPUT` 替换为生成的二进制或 CSV 文件的路径，如果省略，将使用标准输出。

6.10.3 烧录 at_customize.bin 至 ESP32-C3 设备

将 at_customize.bin 下载到 flash 中。关于如何将二进制文件烧录至 ESP32-C3 设备，请参考*烧录 AT 固件至设备*。下表为不同模组 at_customize.bin 文件的下载地址。

表 2: 不同模组 at_customize.bin 的下载地址

平台	模组	地址	大小
ESP32-C3	MINI-1	0x1E000	0x42000

在某些情况下，必须将 at_customize.bin 下载到 flash 后才能使用一些 AT 命令：

- *AT+SYSFLASH：查询或读写 flash 用户分区*
- *AT+FS：文件系统操作*
- SSL 服务器相关命令
- BLE 服务器相关命令

6.10.4 示例

本节介绍如何将名为 test 的 4 KB 分区添加到 ESP32-C3-MINI-1 模组中。

首先找到 ESP32-C3-MINI-1 的 at_customize.csv 表，设置新分区的 Name、Type、SubType、Offset 和 Size。

```
# Name,Type,SubType,Offset,Size
... ...
test,0x40,15,0x3E000,4K
fatfs,data,fat,0x47000,100K
```

第二步，重新编译 ESP-AT 工程，或者在 ESP-AT 根目录下执行 python 脚本生成 at_customize.bin。

```
python esp-idf/components/partition_table/gen_esp32part.py -q ./module_config/
↪module_esp32c3_default/at_customize.csv at_customize.bin
```

然后，ESP-AT 根目录中会生成 at_customize.bin。

第三步，下载 at_customize.bin 至 flash。

在 ESP-AT 工程根目录下执行以下命令，并替换 PORT 和 BAUD。

```
python esp-idf/components/esptool_py/esptool/esptool.py -p PORT -b BAUD --before␣
↪default_reset --after hard_reset --chip auto  write_flash --flash_mode dio --
↪flash_size detect --flash_freq 40m 0x1E000 ./at_customize.bin
```

- PORT 替换为端口名称。
- BAUD 替换为波特率。

6.11 如何增加一个新的模组支持

ESP-AT 工程支持多个模组，并提供了模组的配置文件：factory_param_data.csv 和 module_config。如果要在 ESP-AT 工程中添加对某个 ESP32-C3 模组的支持，则需要修改这些配置文件。此处的”ESP32-C3 模组“指的是：

- ESP-AT 工程暂未适配支持的模组，包括 ESP-AT 已适配相应芯片的模组，和未适配相应芯片的模组。但不建议添加后者，因为工作量巨大，此文档也不做阐述。
- ESP-AT 工程已适配支持的模组，但用户需要对其修改默认配置的。

本文档将说明如何在 ESP-AT 工程中为 ESP-AT 已支持的某款 ESP32-C3 芯片添加新的模组支持，下文中以添加对 ESP32-C3-MINI-1 支持为例，该模组使用 SPI 而不是默认的 UART 接口。

- 第一步：配置新增模组的出厂参数
- 第二步：配置新增模组的 *OTA*
- 第三步：新增模组配置

6.11.1 第一步：配置新增模组的出厂参数

打开本地的 factory_param_data.csv ，在表格最后插入一行，根据实际需要设置相关参数。本例中，我们将 `platform` 设置为 `PLATFORM_ESP32C3`、`module_name` 设置为 `ESP32C3-USER-DEFINED`，其他参数设置值见下表（参数含义请参考出厂参数配置介绍）。

- platform: PLATFORM_ESP32C3
- module_name: ESP32C3-USER-DEFINED
- description:
- version: 4
- max_tx_power: 78
- uart_port: 1
- start_channel: 1
- channel_num: 13
- country_code: CN
- uart_baudrate: -1
- uart_tx_pin: -1
- uart_rx_pin: -1
- uart_cts_pin: -1
- uart_rts_pin: -1

6.11.2 第二步：配置新增模组的 OTA

在 at/src/at_default_config.c 中的 `s_module_info` 结构体中添加自定义模组的信息。

`s_module_info` 结构体提供 `OTA` 升级验证 `token`：

```
typedef struct {
    char* module_name;
    char* ota_token;
    char* ota_ssl_token;
} at_module_info_t;
```

若不想使用 `OTA` 功能，那么第二个参数 `ota_token` 和第三个参数 `ota_ssl_token` 应该设置为 `NULL`，第一个参数 `module_name` 必须与 factory_param_data.csv 文件中的 `module_name` 一致。

下面是修改后的 `s_module_info` 结构体。

```
static const at_module_info_t s_module_info[] = {
#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32)
  ...
#endif

#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C3)
  ...
#endif

#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C2)
  ...
#endif
```

(续下页)

(接上页)

```
#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C5)
  ...
#endif

#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C6)
  ...
#endif

#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C3)
  {"MY_MODULE",        CONFIG_ESP_AT_OTA_TOKEN_MY_MODULE,      CONFIG_ESP_AT_OTA_
↪SSL_TOKEN_MY_MODULE },      // MY_MODULE
#endif
};
```

宏 CONFIG_ESP_AT_OTA_TOKEN_MY_MODULE 和宏 CONFIG_ESP_AT_OTA_SSL_TOKEN_MY_MODULE 定义在头文件 at/private_include/at_ota_token.h 中。

```
#if defined(CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C3)
...
#define CONFIG_ESP_AT_OTA_TOKEN_MY_MODULE       CONFIG_ESP_AT_OTA_TOKEN_DEFAULT

...
#define CONFIG_ESP_AT_OTA_SSL_TOKEN_MY_MODULE       CONFIG_ESP_AT_OTA_SSL_TOKEN_
↪DEFAULT
```

6.11.3 第三步：新增模组配置

下表列出了 ESP-AT 工程支持的平台（即芯片系列）名称、模组配置名称以及各个模组配置对应的配置文件的位置。

平台	模组配置名称	对应的默认配置文件
ESP32	WROOM-32	• module_config/module_esp32_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	PICO-D4	• module_config/module_esp32_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	SOLO-1	• module_config/module_esp32_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	MINI-1	• module_config/module_esp32_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	WROVER-32	• module_config/module_wrover-32/sdkconfig.defaults • module_config/module_wrover-32/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	ESP32-D2WD	• module_config/module_esp32-d2wd/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32-d2wd/sdkconfig_silence.defaults
ESP32	ESP32-SDIO	• module_config/module_esp32-sdio/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32-sdio/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C2	ESP32C2-2MB	• module_config/module_esp32c2-2mb/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c2-2mb/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C2	ESP32C2-2MB-BLE	• module_config/module_esp32c2-2mb-ble/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c2-2mb-ble/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C2	ESP32C2-4MB	• module_config/module_esp32c2_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c2_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C3	MINI-1	• module_config/module_esp32c3_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c3_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C3	ESP32C3-SPI	• module_config/module_esp32c3-spi/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c3-spi/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C3	ESP32C3_RAINM	• module_config/module_esp32c3_rainmaker/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c3_rainmaker/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C5	ESP32C5-4MB	• module_config/module_esp32c5_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c5_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C6	ESP32C6-4MB	• module_config/module_esp32c6_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c6_default/sdkconfig_silence.defaults
ESP32-C61	ESP32C61-4MB	• module_config/module_esp32c61_default/sdkconfig.defaults • module_config/module_esp32c61_default/sdkconfig_silence.defaults

注意:

- 当*python build.py install* 中的 `silence mode` 为 0 时，模组配置对应的配置文件为 `sdkconfig.defaults`。
- 当*python build.py install* 中的 `silence mode` 为 1 时，模组配置对应的配置文件为 `sdkconfig_silence.defaults`。

首先，进入 `module_config` 文件夹，创建一个子文件夹来存放模组配置的配置文件（文件夹名称为小写），然后在其中加入配置文件 IDF_VERSION、patch、at_customize.csv、partitions_at.csv、sdkconfig.defaults 以及 sdkconfig_silence.defaults。

本例中，我们复制粘贴 `module_esp32c3_default` 文件夹及其中的配置文件，并重命名为 `module_esp32c3-user-defined`。在本例中，配置文件 IDF_VERSION、patch、at_customize.csv 和 partitions_at.csv 无需修改，我们只需修改 sdkconfig.defaults 和 sdkconfig_silence.defaults：

- 使用 `module_esp32c3-user-defined` 文件夹下的分区表，需要修改如下配置

```
CONFIG_PARTITION_TABLE_CUSTOM_FILENAME="module_config/module_esp32c3-user-
↪defined/partitions_at.csv"
CONFIG_PARTITION_TABLE_FILENAME="module_config/module_esp32c3-user-defined/
↪partitions_at.csv"
CONFIG_AT_CUSTOMIZED_PARTITION_TABLE_FILE="module_config/module_esp32c3-user-
↪defined/at_customize.csv"
```

- 使用 SPI 配置，移除 UART 配置
  - 移除 UART 配置

```
CONFIG_AT_BASE_ON_UART=n
```

  - 新增 SPI 配置

```
CONFIG_AT_BASE_ON_SPI=y
CONFIG_SPI_STANDARD_MODE=y
CONFIG_SPI_SCLK_PIN=6
CONFIG_SPI_MOSI_PIN=7
CONFIG_SPI_MISO_PIN=2
CONFIG_SPI_CS_PIN=10
CONFIG_SPI_HANDSHAKE_PIN=3
CONFIG_SPI_NUM=1
CONFIG_SPI_MODE=0
CONFIG_TX_STREAM_BUFFER_SIZE=4096
CONFIG_RX_STREAM_BUFFER_SIZE=4096
```

完成上述步骤后，可重新编译 ESP-AT 工程生成模组固件。本例中，我们在本地编译 AT 固件第三步安装环境 时，就可以选择 `PLATFORM_ESP32C3` 和 `ESP32C3-USER-DEFINED` 来生成 AT 固件。

6.12 SPI AT 指南

本文档主要介绍 SPI AT 的实现与使用，主要涉及以下几个方面：

- 简介
- 使用 *SPI AT*
- *SPI AT* 速率

6.12.1 简介

SPI AT 基于 AT 工程，使用 SPI 协议进行数据通信。在使用 SPI AT 时，MCU 设备作为 SPI master，ESP32-C3 设备作为 SPI slave，通信双方通过 SPI 协议实现基于 AT 命令的数据交互。

使用 SPI AT 的优势

AT 工程默认使用 UART 协议进行数据通信，但是 UART 协议在一些需要高速传输数据的应用场景并不适用，因此，使用支持更高传输速率的 SPI 协议传输数据成为一种较好的选择。

如何启用 SPI AT？

您可以通过下述步骤配置并启用 SPI AT：

1. 通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > communicate method for AT command > AT through SPI` 使能 SPI AT。
2. 通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > communicate method for AT command > AT SPI Data Transmission Mode` 选择 SPI 数据传输模式。
3. 通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > communicate method for AT command > AT SPI GPIO settings` 配置 SPI 使用的 GPIO 管脚。
4. 通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > communicate method for AT command > AT SPI driver settings` 选择 SPI 从机的工作模式，并配置相关缓存区的大小。
5. 重新编译 `esp-at` 工程（参考 *本地编译 ESP-AT 工程*），烧录新的固件并运行。

SPI AT 默认管脚

下表给出了不同系列的 ESP32-C3 设备使用 SPI AT 时默认的硬件管脚：

表 3: SPI AT 默认管脚

信号	GPIO 编号
SCLK	6
MISO	2
MOSI	7
CS	10
HANDSHAKE	3
GND	GND
QUADWP (qio/qout) [1]	8
QUADHD (qio/qout) [1]	9

说明 1：QUADWP 引脚和 QUADHD 引脚仅在使用 4 线 SPI 工作时使用。

您可以通过 `./build.py menuconfig > Component config > AT > communicate method for AT command > AT through SPI > AT SPI GPIO settings`，然后编译工程来配置 SPI AT 对应的管脚（参考 *本地编译 ESP-AT 工程*）。

6.12.2 使用 SPI AT

在使用 SPI AT 时，ESP32-C3 设备上运行的 SPI slave 工作在半双工通信模式下。

握手线 (handshake line)

SPI 是一种 master-slave 结构的外设，所有的传输均由 master 发起，slave 无法主动传输数据。但是，使用 AT 命令进行数据交互时，需要 ESP32-C3 设备主动能够主动上报一些信息。因此，我们在 SPI master 和 slave 之间添加了一个握手线，来实现 slave 主动向 master 上报信息的功能。

当 slave 需要传输数据时，将会把握手管脚主动拉高，这会在 master 侧产生一个上升沿的 GPIO 中断，master 发起与 slave 的通信，传输完成后，slave 将握手管脚拉低，结束此次通信。

使用握手线的具体方法为：

- Master 向 slave 发送 AT 数据时，使用握手线的方法为：
  1. master 向 slave 发送请求传输数据的请求，然后等待 slave 向握手线发出的允许发送数据的信号。
  2. master 检测到握手线上的 slave 发出的允许发送的信号后，开始发送数据。
  3. master 发送数据后，通知 slave 数据发送结束。
- Master 接收 slave 发送的 AT 数据时，使用握手线的方法为：
  1. slave 通过握手线通知 master 开始接收数据。
  2. master 接收数据，并在接收所有数据后，通知 slave 数据已经全部接收。

通信格式

SPI AT 的通信格式为 CMD+ADDR+DUMMY+DATA（读/写）。在使用 SPI AT 时，SPI master 使用到的一些通信报文介绍如下：

- Master 向 slave 发送数据时的通信报文：

表 4: 主机向从机发送数据

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA（高达 4092 字节）
0x3	0x0	0x0	data_buffer

- Master 向 slave 发送数据结束后，需要发送一条通知消息来结束本次传输，具体的通信报文为：

表 5: 主机通知从机，主机发送数据已经结束

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA
0x7	0x0	0x0	null

- Master 接收 slave 发送的数据时的通信报文：

表 6: 主机读取从机发送的数据

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA（高达 4092 字节）
0x4	0x0	0x0	data_buffer

- Master 接收 slave 发送的数据后，需要发送一条通知消息来结束本次传输，具体的通信报文为：

表 7: 主机通知从机，主机读取数据已经结束

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA
0x8	0x0	0x0	null

- Master 向 slave 发送请求传输指定大小数据的通信报文：

表 8: 主机向从机发送写数据请求

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA（4 字节）
0x1	0x0	0x0	data_info

其中 4 字节的 data_info 中包含了本次请求传输数据的数据包信息，具体格式如下：

1. Master 向 slave 发送的数据的字节数，长度 0 ~ 15 bit。
2. Master 向 slave 发送的数据包的序列号，该序列号在 master 每次发送时递增，长度 16 ~ 23 bit。
3. Magic 值，长度 24 ~ 31 bit，固定为 0xFE。

- Master 检测到握手线上有 slave 发出的信号后，需要发送一条消息查询 slave 进入接收数据的工作模式，还是进入到发送数据的工作模式，具体的通信报文为：

表 9: 主机发送请求，查询从机的可读/可写状态

CMD（1 字节）	ADDR（1 字节）	DUMMY（1 字节）	DATA（4 字节）
0x2	0x4	0x0	slave_status

发送查询请求后，slave 返回的状态信息将存储在 4 字节的 slave_status 中，其具体的格式如下：

1. slave 需要向 master 发送的数据的字节数，长度 0 ~ 15 bit；仅当 slave 处于可读状态时，该字段数字有效。
2. 数据包序列号，长度 16 ~ 23 bit，当序列号达到最大值 0xFF 时，下一个数据包的序列号重新设置为 0x0。当 slave 处于可写状态时，该字段为 master 需向 slave 发送的下一下数据包的序列号；当 slave 处于可读状态时，该字段为 slave 向 master 发送的下一个数据包的序列号。
3. slave 的可读/可写状态，长度 24 ~ 31 bit，其中，0x1 代表可读，0x2 代表可写。

SPI AT 数据交互流程

SPI AT 数据交互流程主要分为两个方面：

- SPI master 向 slave 发送 AT 命令：

```
| SPI master |                              | SPI slave |
      |                                        |
      |   -------step 1: request to send---->  |
      |                                        |
      |   <------step 2: GPIO interrupt------  |
      |                                        |
      |   -------step 3: read slave status-->  |
      |                                        |
      |   -------step 4: send data---------->  |
      |                                        |
      |   -------step 5: send done---------->  |
```

每个步骤具体的说明如下：

1. master 向 slave 发送请求向 slave 写数据的请求。
2. slave 接收 master 的发送请求，若此时 slave 允许接收数据，则向 slave_status 寄存器写入允许 master 写入的标志位，然后通过握手线触发 master 上的 GPIO 中断。
3. master 接收到中断后，读取 slave 的 slave_status 寄存器，检测到 slave 进入接收数据的状态。
4. master 开始向 slave 发送数据。
5. 发送数据结束后，master 向 slave 发送一条代表发送结束的消息。

- SPI slave 向 master 发送 AT 响应：

```
| SPI master |                                | SPI slave |
      |                                          |
      |   <------step 1: GPIO interrupt------   |
      |                                          |
      |   -------step 2: read slave status-->   |
      |                                          |
      |   <------step 3: send data------------   |
      |                                          |
      |   -------step 4: receive done------->   |
```

每个步骤具体的说明如下：

1. slave 向 slave_status 寄存器写入允许 master 读取来自 slave 的数据的标志位，然后通过握手线触发 master 上的 GPIO 中断。
2. master 接收到中断后，读取 slave 的 slave_status 寄存器，检测到 slave 进入发送数据的状态。
3. master 开始接收来自 slave 的数据。
4. 数据接收完毕后，master 向 slave 发送一条代表接收数据结束的消息。

说明 1. 为了方便理解，我们还以发送 AT 命令为例，提供了通信涉及的所有交互流程和逻辑分析仪数据，请参考 at_spi_master/spi/esp32_c_series/README.md。

SPI AT 对应的 SPI master 侧示例代码

SPI AT 本身是作为 SPI slave 使用的，使用 SPI master 与 SPI slave 进行通信的示例代码请参考 at_spi_master/spi/esp32_c_series。

说明 1. 在使用 MCU 开发之前，强烈建议使用 ESP32-C3 或者 ESP32 模拟 MCU 作为 SPI master 来运行此示例，以方便在出现问题时更容易调试问题。

6.12.3 SPI AT 速率

测试说明

- 使用 ESP32 或者 ES32-C3 开发板作为 SPI master，运行 ESP-AT 中的 at_spi_master/spi/esp32_c_series 目录的代码。其软硬件配置如下：

1. 硬件：CPU 工作频率设置为 240 MHz，flash SPI mode 配置为 QIO 模式，flash 频率设置为 40 MHz。
2. 软件：基于 ESP-IDF v4.3 的编译环境，并将示例代码中的 streambuffer 的大小调整为 8192 字节。

- 使用 ESP32-C3 作为 SPI slave，编译并烧录 SPI AT 固件（参考 *本地编译 ESP-AT 工程*），并将 ESP32-C3 配置工作在 TCP 透传模式。其软硬件配置如下：

1. 硬件：CPU 工作频率设置为 160 MHz。
2. 软件：SPI-AT 的实现代码中，将 streambuffer 的大小设置为 8192 字节，并使用 ESP-IDF 下的 example/wifi/iperf 中的 sdkconfig.defaults.esp32c3 中的相关配置参数。

测试结果

下表显示了我们在屏蔽箱中得到的通信速率结果：

表 10: SPI AT Wi-Fi TCP 通信速率

Clock	SPI mode	master->slave	slave->master
10 M	Standard	0.95 MByte/s	1.00 MByte/s
10 M	Dual	1.37 MByte/s	1.29 MByte/s
10 M	Quad	1.43 MByte/s	1.31 MByte/s
20 M	Standard	1.41 MByte/s	1.30 MByte/s
20 M	Dual	1.39 MByte/s	1.30 MByte/s
20 M	Quad	1.39 MByte/s	1.30 MByte/s
40 M	Standard	1.37 MByte/s	1.30 MByte/s
40 M	Dual	1.40 MByte/s	1.31 MByte/s
40 M	Quad	1.48 MByte/s	1.31 MByte/s

说明：当 SPI 的时钟频率较高时，受限于上层网络组件的限制，使用 Dual 或者 Quad 工作模式的通信速率想比较于 Standard 模式并未显著改善。

说明：更多关于 SPI 通信的介绍请参考对应模组的 技术参考手册。

6.13 如何实现 OTA 升级

本文档指导如何为 ESP32-C3 系列模块实现 OTA 升级。目前，ESP-AT 针对不同场景提供了以下三种 OTA 命令。您可以根据自己的需求选择适合的 OTA 命令。

1. *AT+USEROTA*
2. *AT+CIUPDATE*
3. *AT+WEBSERVER*

文档结构如下所示：

- *OTA 命令对比及应用场景*
- *使用 ESP-AT OTA 命令执行 OTA 升级*

6.13.1 OTA 命令对比及应用场景

AT+USEROTA

此命令通过 URL 实现 OTA 升级。您可以升级到放置在 HTTP 服务器上的固件。目前该命令仅支持应用分区升级。请参考*AT+USEROTA* 获取更多信息。

由于此命令属于用户自定义命令，您可以通过修改 at/src/at_user_cmd.c 源代码来实现该命令。

此命令的应用场景如下：

1. **您有属于自己的 HTTP 服务器**。
2. **您必须指定 URL**。

重要:

- 如果您升级的固件为非乐鑫正式发布的固件，在升级完成后，您可能无法使用 AT+CIUPDATE 命令升级，除非您按照*使用 AT+CIUPDATE 进行 OTA 升级* 创建了自己的设备。

AT+CIUPDATE

此命令使用 iot.espressif.cn 作为默认 HTTP 服务器。该命令不仅可以升级应用程序分区，还可以升级 `at_customize.csv` 中定义的用户自定义分区。如果您使用的是乐鑫发布的版本，该命令将只会升级到乐鑫发布的版本。请参考*AT+CIUPDATE* 获取更多信息。

使用该命令升级自定义 bin 文件，请选择以下方式之一。

1. **将 iot.espressif.cn 替换为您自己的 HTTP 服务器，并实现交互流程**。如何实现自己的 AT+CIUPDATE 命令，请参考 at/src/at_ota_cmd.c。
2. **在 iot.espressif.cn 上创建一个设备，并在其上上传 bin 文件。（前提是模组中运行的固件已经对应您在乐鑫服务器上创建的设备。）**请参考*使用 AT+CIUPDATE 进行 OTA 升级* 获取更多信息。

此命令的应用场景如下：

1. **您只使用乐鑫发布的固件，只想升级到乐鑫发布的固件**。
2. **您希望升级自定义的 bin 文件，但没有自己的 HTTP 服务器**。
3. **您有自己的 HTTP 服务器。除了升级应用程序分区外，还希望升级在 at_customize.csv 文件中定义的用户自定义分区**。

AT+WEBSERVER

此命令通过浏览器或微信小程序升级 AT 固件。目前，该命令仅提供升级应用程序分区的功能。在开始升级之前，请启用 web 服务器命令并提前将 AT 固件复制到电脑或者手机上。您可以参考*AT+WEBSERVER* 或者*Web Server AT 示例* 获取更多信息。

为了实现您自己的 HTML 页面，请参考示例 fs_image/index.html。为了实现您自己的 AT+WEBSERVER 命令，请参考示例 at/src/at_web_server_cmd.c。

此命令的应用场景如下：

1. **您需要更方便快捷的 OTA 升级，不依赖于网络状态**。

重要：

- 如果您升级的固件为非乐鑫正式发布的固件，在升级完成后，您可能无法使用 AT+CIUPDATE 命令升级，除非您按照*使用 AT+CIUPDATE 进行 OTA 升级* 创建了自己的设备。

6.13.2 使用 ESP-AT OTA 命令执行 OTA 升级

使用 AT+USEROTA 进行 OTA 升级

请参考*AT+USEROTA* 获取更多信息。

使用 AT+CIUPDATE 进行 OTA 升级

通过*AT+CIUPDATE* 命令升级自定义的 bin 文件，首先要做的就是将 bin 文件上传到 iot.espressif.cn 并且获取到 **token** 值。以下步骤描述了如何在 iot.espressif.cn 上创建设备并上传 bin 文件。

1. 打开网站 http://iot.espressif.cn 或者 https://iot.espressif.cn。
2. 点击网页右上角的“Join”，输入您的名字，邮箱地址和密码。

备注：

- 当前 `Join` 功能暂不对新用户开放。如果您想使用该功能，请联系 乐鑫。

---

3. 点击网页左上角的“Device”，然后点击“Create”来创建一个设备。
4. 当设备创建成功后会生成一个密钥，如下图所示：



图 21: 打开 iot.espressif.cn 网站

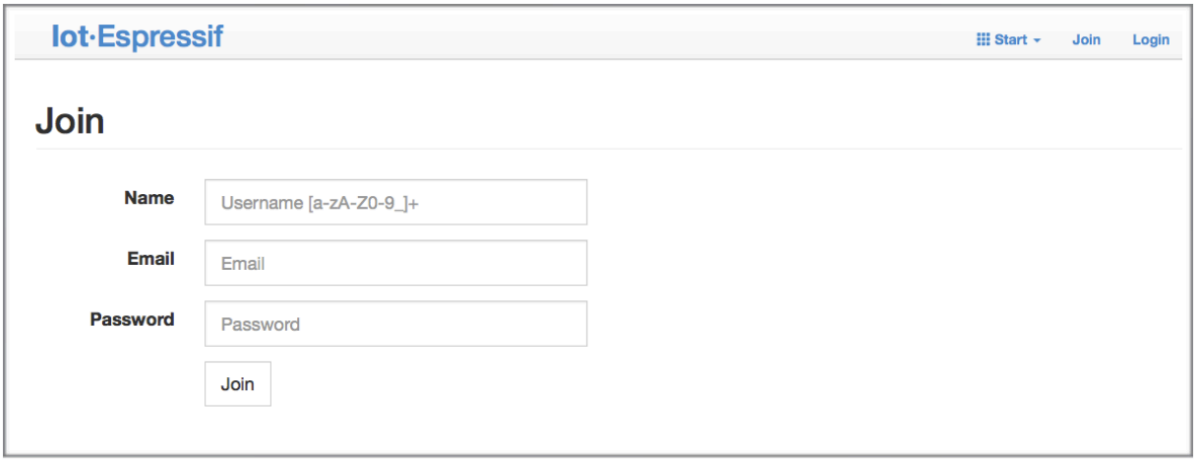


图 22: 加入 iot.espressif.cn

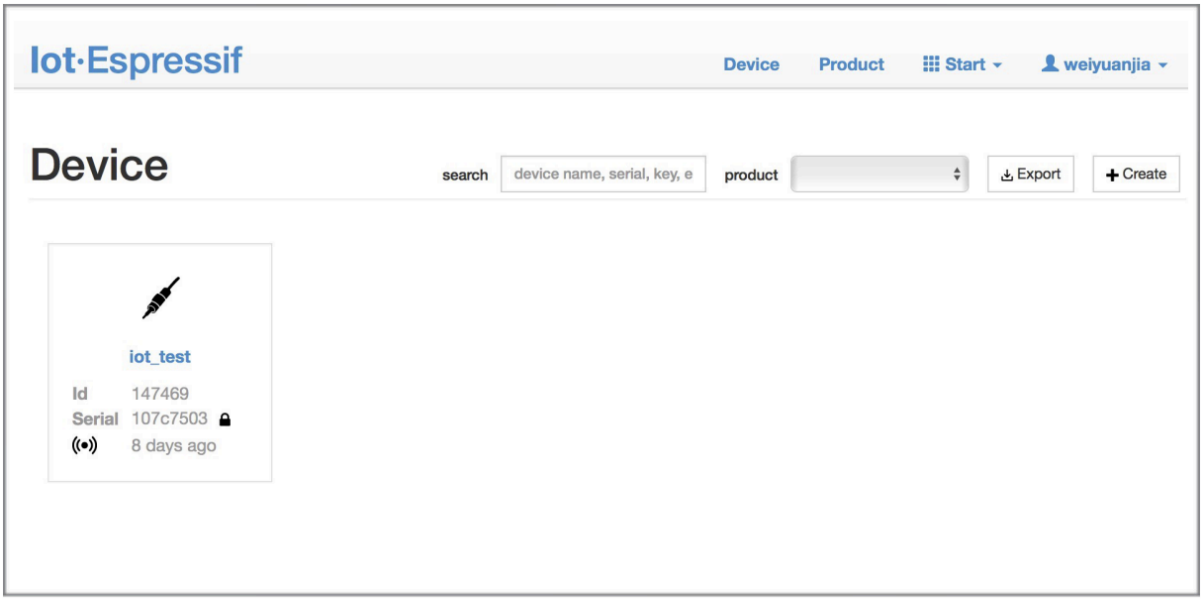


图 23: 点击“Device”

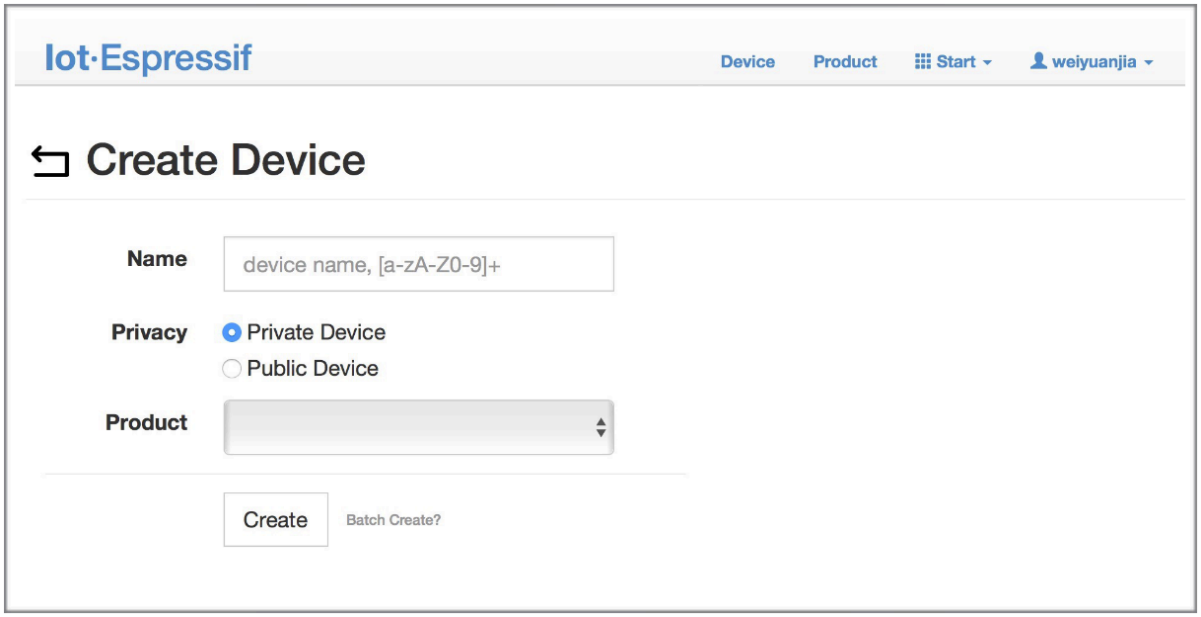


图 24: 点击“Create”

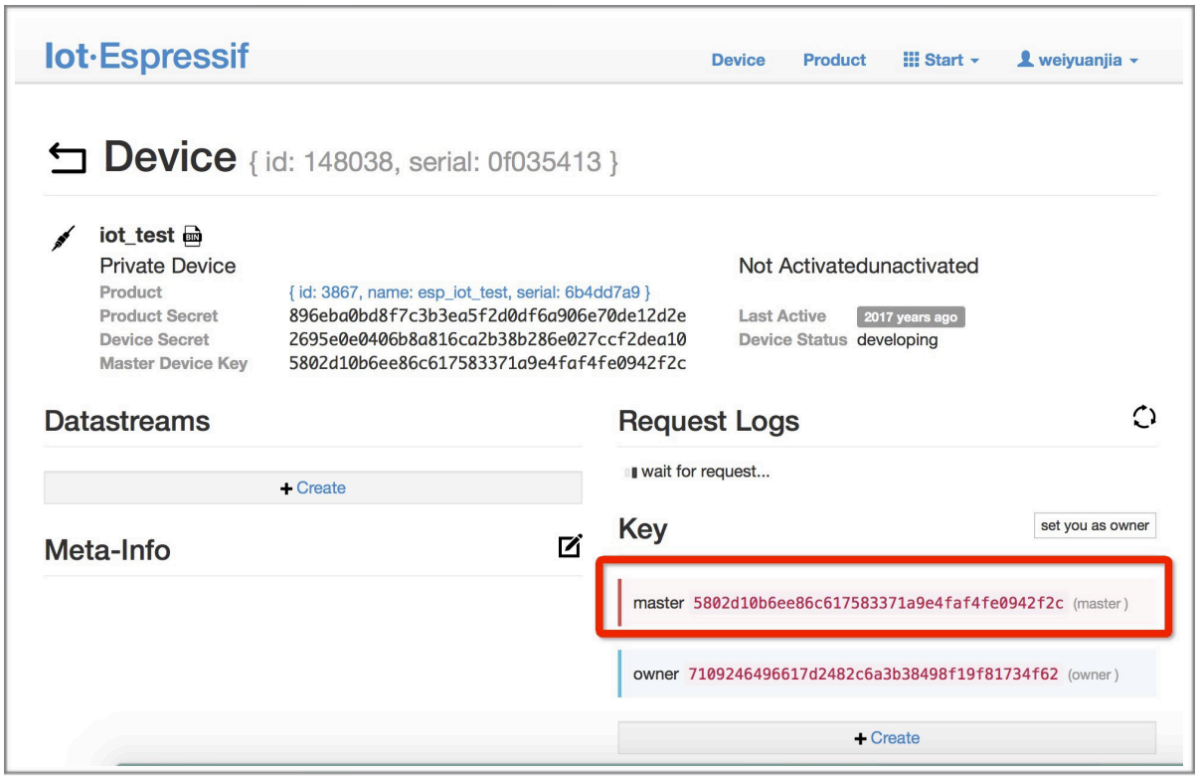


图 25: 生成一个密钥

5. 使用该密钥来编译您的 OTA bin 文件。配置 AT OTA token 密钥的过程如下如所示：

   备注： 如果使用 SSL OTA，选项 “The SSL token for AT OTA” 也需要配置。

6. 点击 “Product” 进入网页，如下如所示。单击创建的设备，在 “ROM Deploy” 下输入版本和 corename。将步骤 5 中的 bin 文件重命令为 “ota.bin” 并保存。

   备注：
   - 如果您想要升级 `at_customize.csv` 中定义的用户自定义分区，只需将 `ota.bin` 替换为用户自定义分区的 bin 文件即可。
   - 对于 `corename` 字段，此字段仅仅用于帮助您区分 bin 文件。

7. 单击 ota.bin 将其保存为当前版本。
8. 在设备上运行*AT+USEROTA* 命令。如果网络已连接，将开始 OTA 升级。

重要：

- 设置上传到 iot.espressif.cn 的 bin 文件名称时，请遵循以下规则：
  - 如果升级 `app` 分区，请将 bin 文件名设置为 `ota.bin`。
  - 如果升级用户自定义的分区，请将 bin 文件名设置为 `at_customize.csv` 中的 `Name` 字段。例如，如果升级 `factory_Param` 分区，请将其设置为 `factory_ param.bin`。
- ESP-AT 将新固件存储在备用 OTA 分区中。这样，即使 OTA 由于意外原因失败，原始 ESP-AT 固件也能正常运行。但对于自定义分区，由于 ESP-AT 没有备份措施，请小心升级。
- **如果您打算从一开始只升级自定制的 bin 文件，那么在发布初始版本时，就应该将 OTA token 设置为自己的 token 值。**

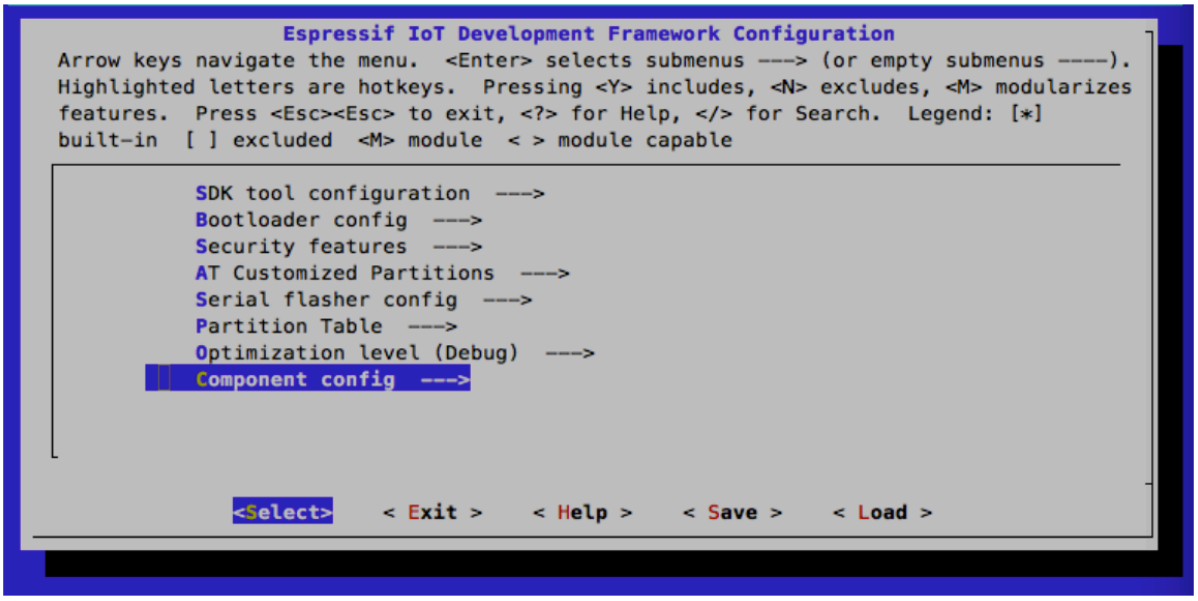


图 26: 配置 AT OTA token 密钥 - 步骤 1

使用 AT+WEBSERVER 进行 OTA 升级

请参考*AT+ WEBSERVER* 和*Web Server AT 示例* 获取更多信息。

6.14 如何更新 ESP-IDF 版本

ESP-AT 固件基于乐鑫物联网开发框架 (ESP-IDF)，每个版本的 ESP-AT 固件对应某个特定的 ESP-IDF 版本。强烈建议使用 ESP-AT 工程默认的 ESP-IDF 版本，**不建议**更新 ESP-IDF 版本，因为 libesp32c3_at_core.a 底层的 ESP-IDF 版本与 ESP-AT 工程的 IDF 版本不一致可能会导致固件的错误操作。

但是，在某些特殊情况下，ESP-IDF 的小版本更新也可能适用于 ESP-AT 工程。如果您需要更新，本文档可作为参考。

ESP-AT 固件对应的 ESP-IDF 版本记录在 `IDF_VERSION` 文件中，这些文件分布在 module_config 文件夹下的不同模组文件夹中。该文件描述了模组固件所基于的 ESP-IDF 的分支、提交 ID 和仓库地址。例如，`PLATFORM_ESP32C3` 平台的 `MINI-1` 模组的 `IDF_VERSION` 位于 module_config/module_esp32c3_default/IDF_VERSION。

如果您想为 ESP-AT 固件更新 ESP-IDF 版本，请按照以下步骤操作。

- 找到模组的 `IDF_VERSION` 文件。
- 根据需要更新其中的分支、提交 ID 和仓库地址。
- 删除 `esp-at` 根目录下原有的 `esp-idf`，以便下次编译时首先克隆 `IDF_VERSION` 中指定的 ESP-IDF 版本。
- 重新编译 ESP-AT 工程。

注意，当 ESP-AT 版本和 ESP-IDF 版本不匹配，编译时会报如下错误。

```
Please wait for the update to complete, which will take some time
```

6.15 ESP-AT 固件差异

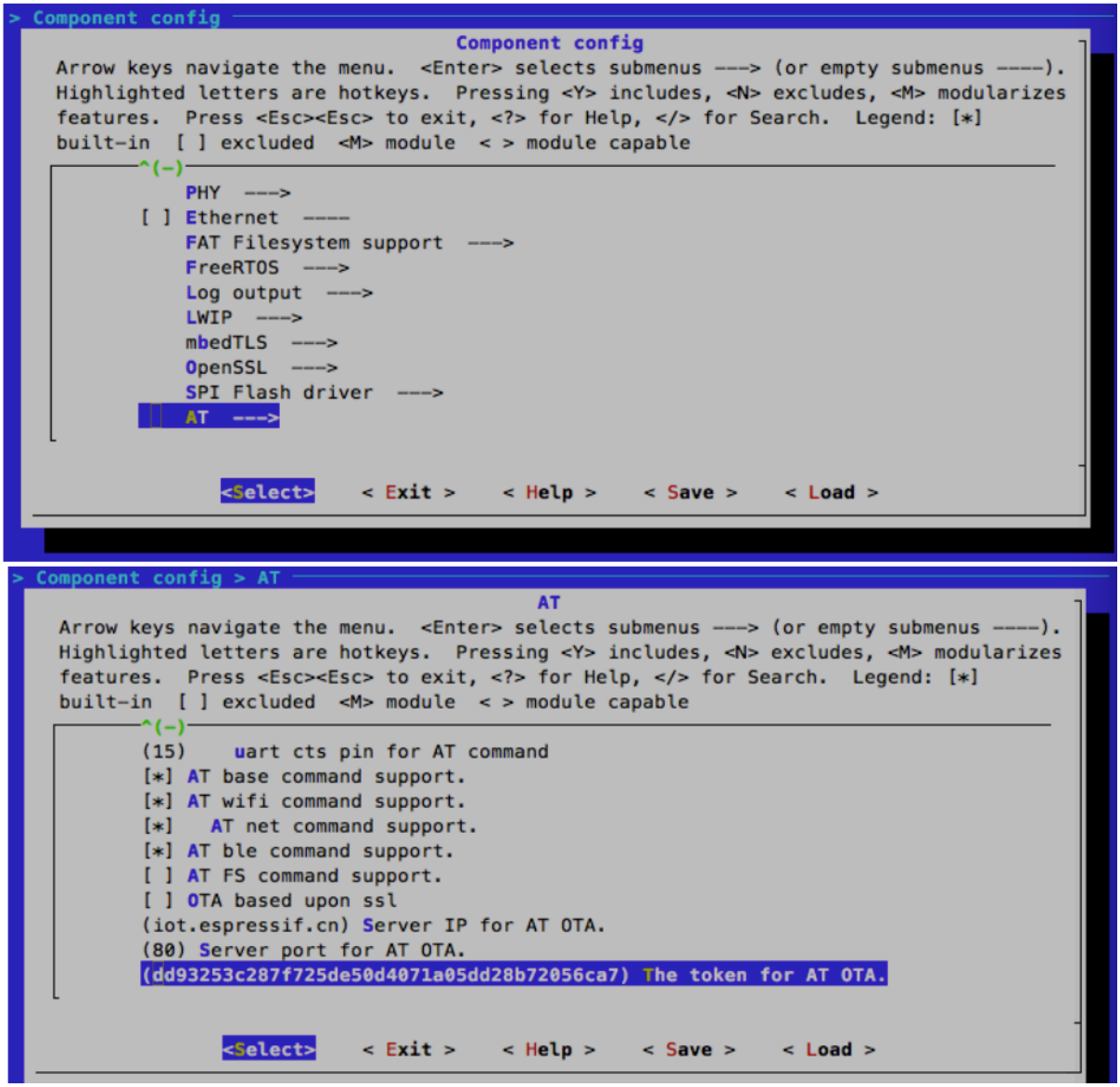


图 27: 配置 AT OTA token 密钥 - 步骤 2 和 3

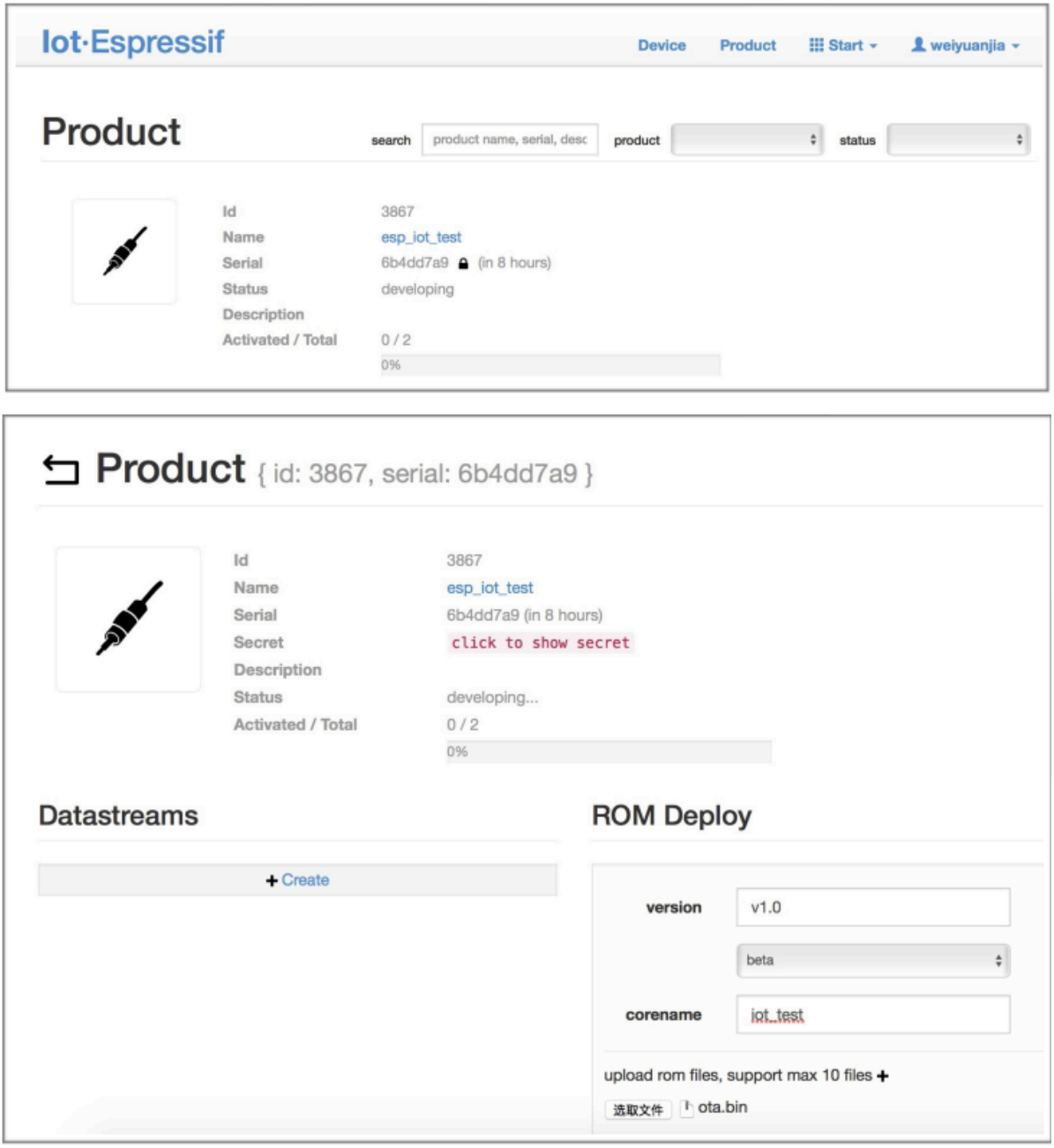


图 28: 输入版本和 corename

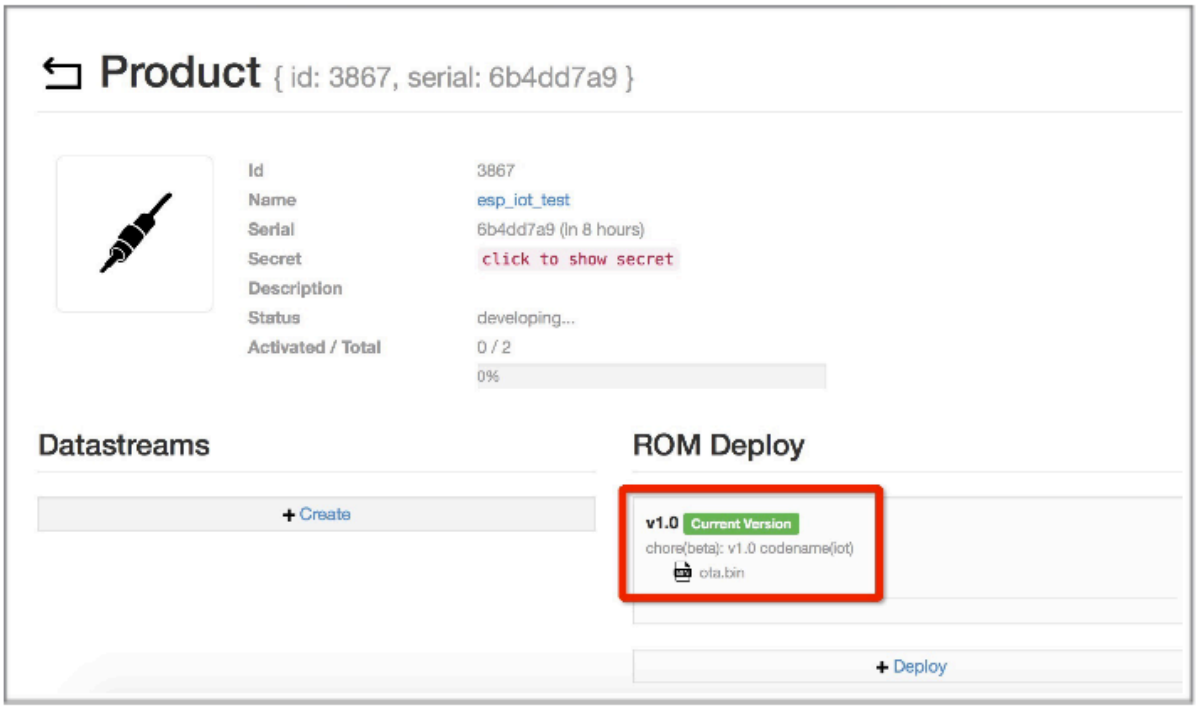


图 29: 保存当前版本的 ota.bin

文档已移至*AT 发布固件差异*。

6.16 如何从 GitHub 下载最新临时版本 AT 固件

由于 ESP-AT 在 GitHub 上启用 CI（持续集成），因此每次代码被推送到 GitHub 都会生成 ESP-AT 固件的临时版本。

注意：您所下载的最新临时版本 AT 固件仅用于测试目的。若需用于量产，请务必依据您产品的实际应用场景进行全面的功能验证与测试。此外，当前固件不支持官方的 OTA 功能 (*AT+CIUPDATE*)。

请保存好下载的固件以及下载链接，用于后续可能的问题调试。

以下步骤指导您如何从 GitHub 下载最新临时版本 AT 固件。

1. 登录您的 GitHub 账号
   在开始之前，**请先登录您的 GitHub 账号**，因为下载固件需要登录权限。
2. 打开网页 https://github.com/espressif/esp-at
3. 点击“Actions”进入“Actions”页面
4. 点击“Branch”选择指定分支
   默认为 master 分支。如果您想下载指定分支的临时固件，点击“Branch”进入指定分支的 workflow 页面。
5. 点击最新的 workflow 进入 workflow 页面
6. 将页面滚动到最后，在 `Artifacts` 页面中选择相对应的模组
7. 点击下载模组的最新临时版本 AT 固件

备注： 如果您在 `Artifacts` 页面中没有找到对应的模组，请参考*ESP-AT 固件差异* 选择类似固件进行下载。

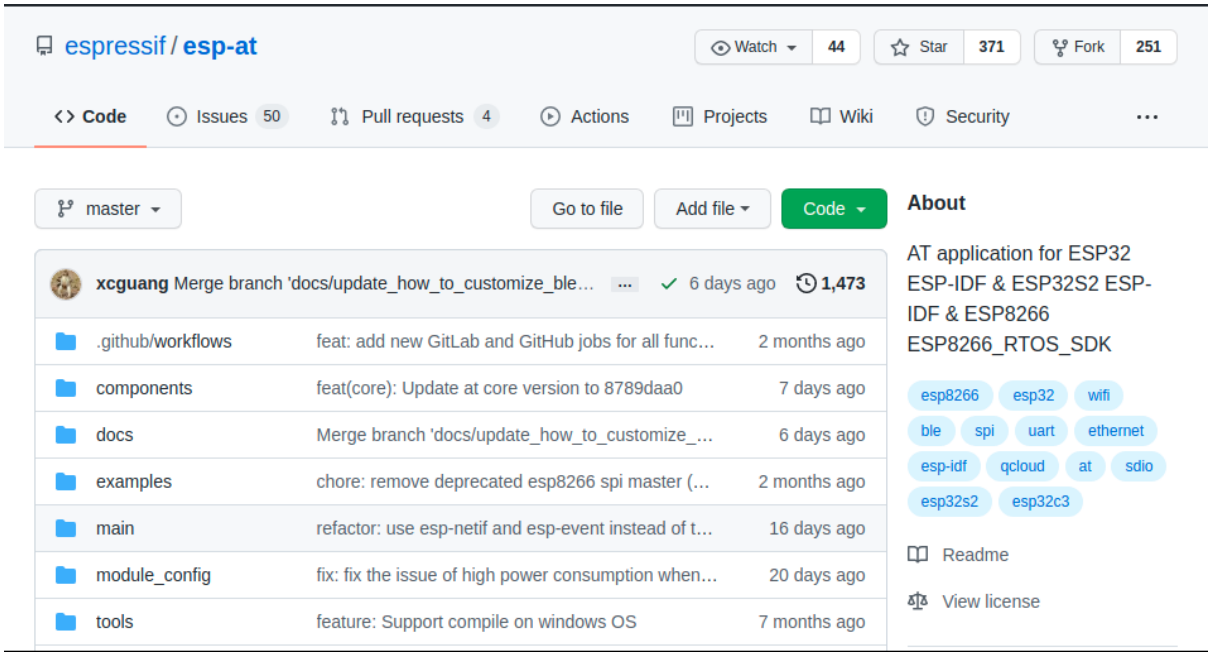


图 30: ESP-AT GitHub 官方页面

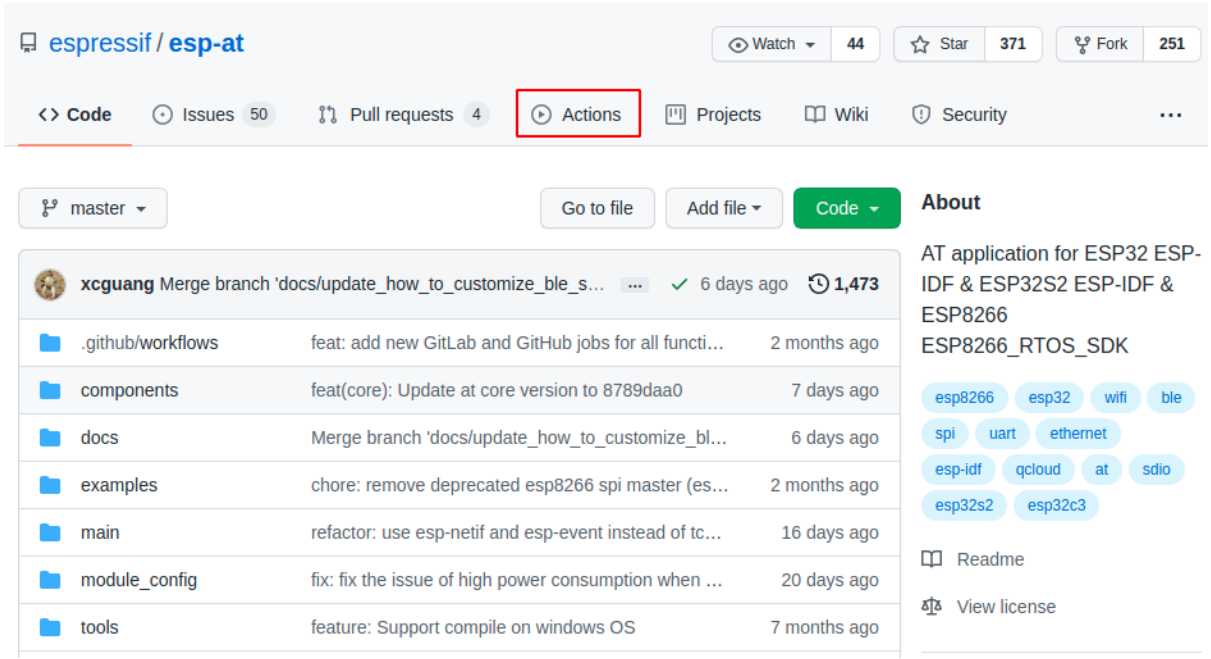


图 31: 点击 Actions

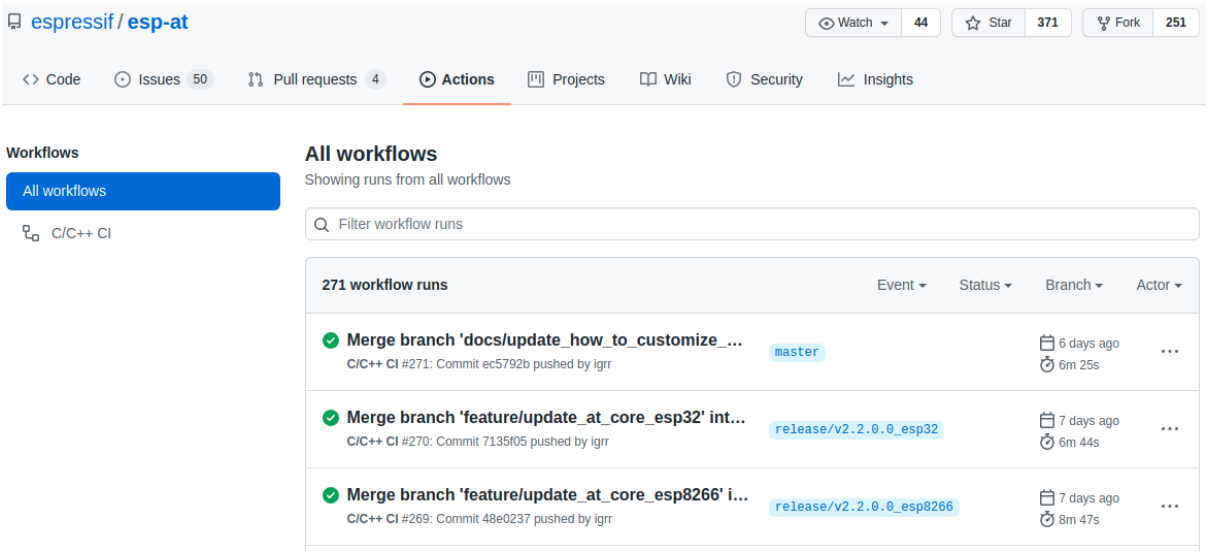


图 32: Actions 页面

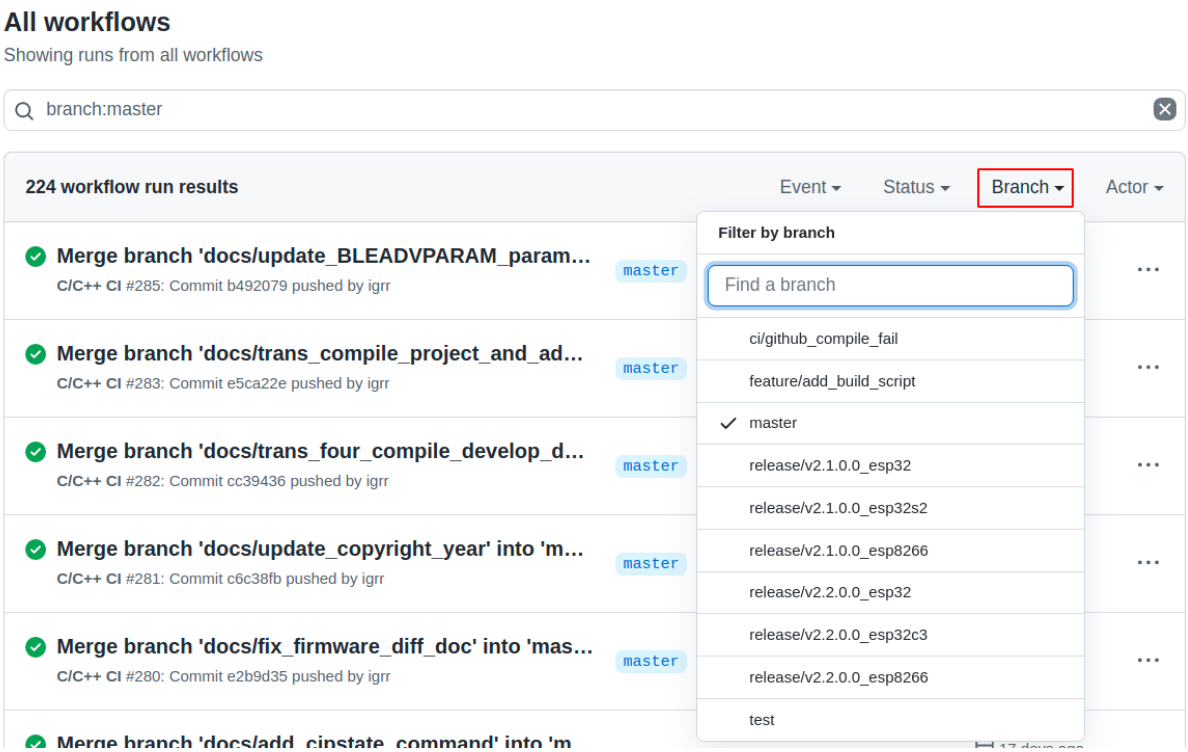


图 33: 点击 Branch

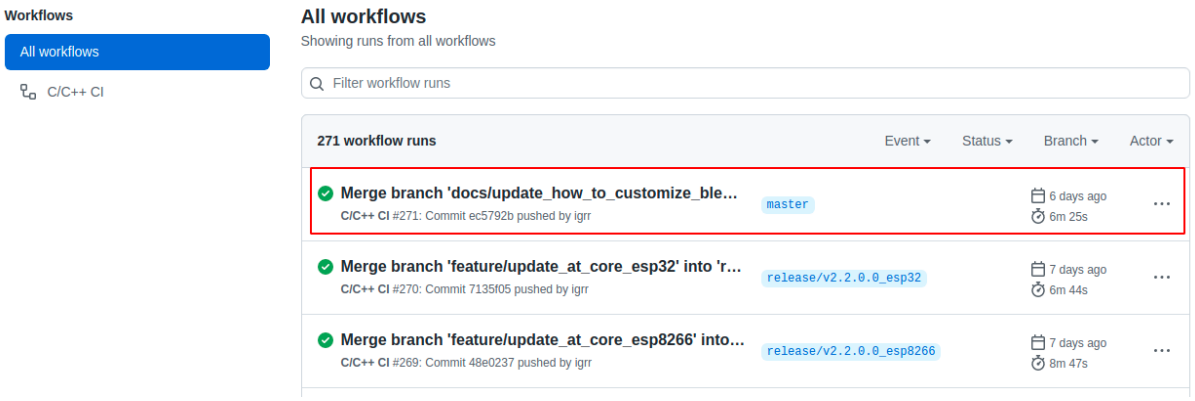


图 34: 点击最新的 Workflow

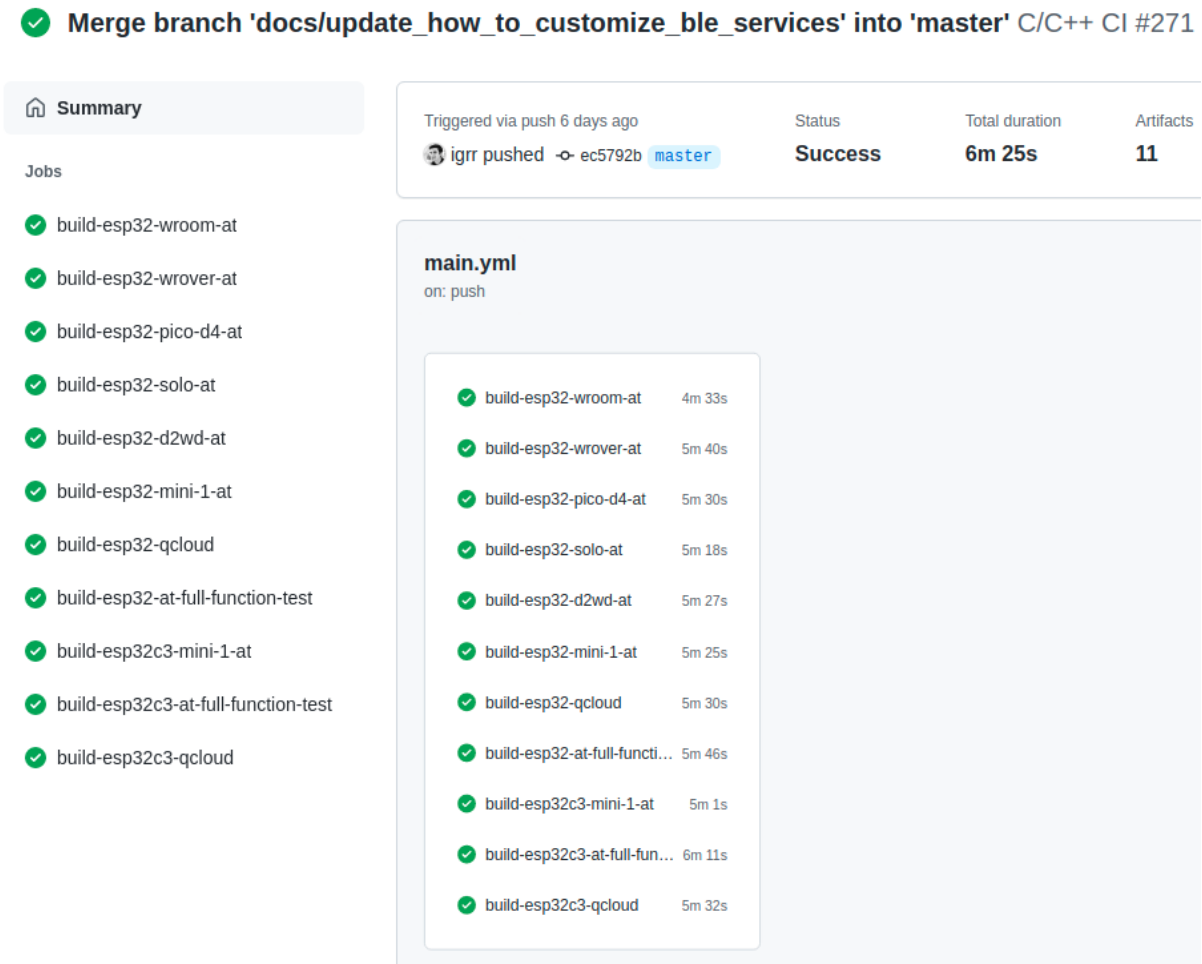


图 35: 最新的 Workflow 页面

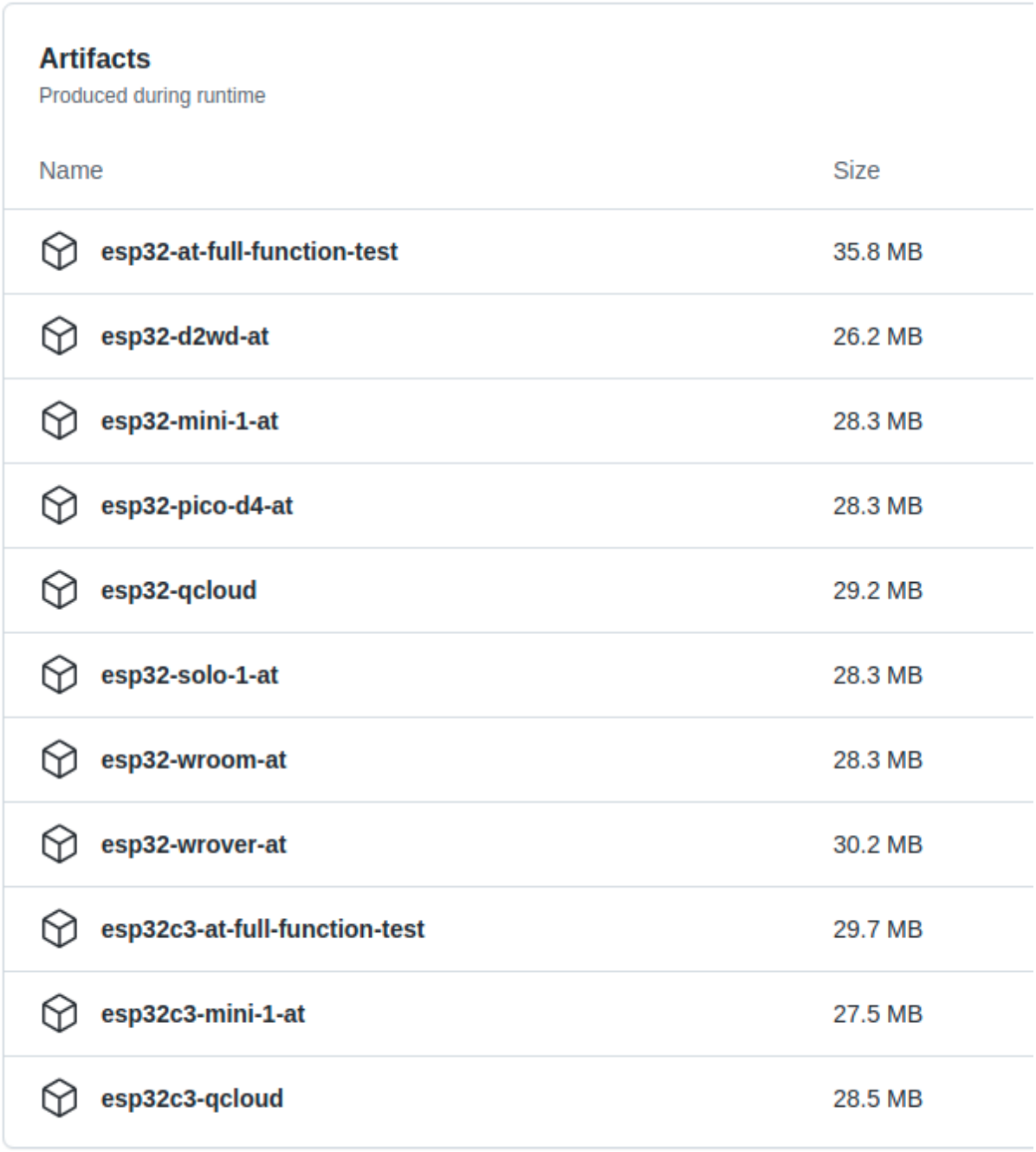


图 36: Artifacts 页面

6.17 at.py 工具

at.py 工具用于修改打包好的 2 MB/4 MB AT 量产固件（即 build/factory 目录下的 factory_XXX.bin）中的多种参数配置。这些配置包括 Wi-Fi 配置、证书和密钥配置、UART 配置、GATTS 配置等。当默认的固件无法满足您的需求时，您可以使用 at.py 工具修改固件中的这些参数配置。

6.17.1 详细步骤

请根据下方详细步骤，完成 at.py 工具下载、固件中的配置修改以及固件烧录。**推荐您优先选择 Linux 系统开发**。

- 第一步：*Python* 安装
- 第二步：*at.py* 下载
- 第三步：*at.py* 用法说明
- 第四步：*at.py* 修改固件中的配置示例
- 第五步：固件烧录

6.17.2 第一步：Python 安装

如果您本地已经安装过 Python，则可以跳过此步骤。否则，请根据 Python 官方文档，完成 Python 的下载和安装。**推荐您使用 Python 3.10.0 或更高版本**。

安装完成后，您可以在命令行中输入 python --version，查看 Python 版本。

6.17.3 第二步：at.py 下载

访问 at.py 页面，点击 Download raw file 按钮，将 at.py 文件下载到本地。

6.17.4 第三步：at.py 用法说明

当前 at.py 支持修改固件中的参数配置，请在命令行中输入 python at.py modify_bin --help，查看支持的用法以及说明。

6.17.5 第四步：at.py 修改固件中的配置示例

- 修改 *Wi-Fi* 配置
- 修改证书和密钥配置
- 修改 *UART* 配置
- 修改 *GATTS* 配置

备注:

- 您可以混合修改多种参数配置，例如，您可以同时修改 Wi-Fi 配置和证书和密钥配置。
- 待修改的参数配置，脚本并不会检查其合法性，请确保您输入的参数配置是合法的。
- 修改后的参数配置，在当前 mfg_nvs 目录下的 mfg_nvs.csv 中，会有对应的记录。

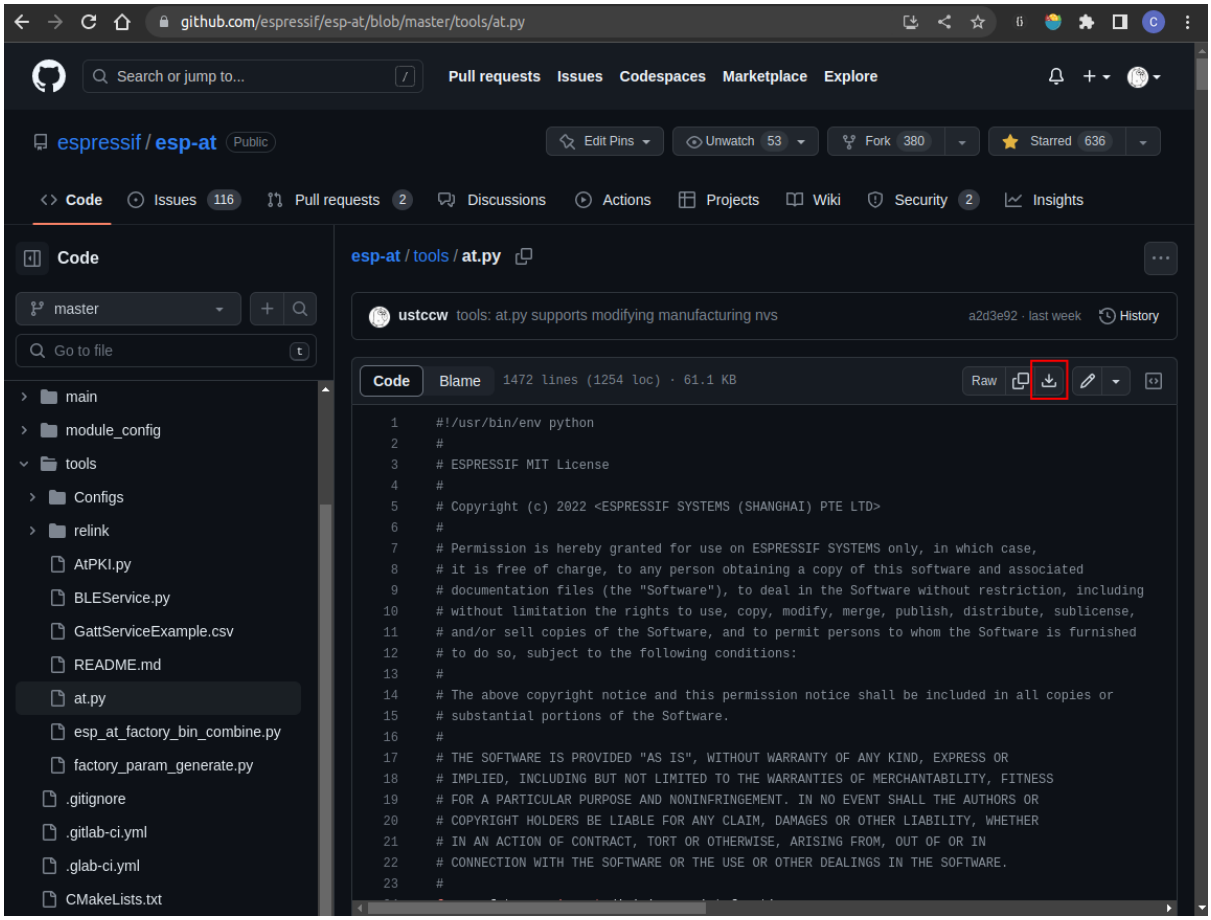


图 37: 下载 at.py 文件

修改 Wi-Fi 配置

当前可修改的 Wi-Fi 参数配置如下表所示：

参数	功能	说明
--tx_power	Wi-Fi 的最大发射功率	详情见 ESP32-C3 发射功率
--country_code	Wi-Fi 国家代码	详情见 Wi-Fi 国家/地区代码 中的 cc 字段
--start_channel	Wi-Fi 起始信道	详情见 Wi-Fi 国家/地区代码 中的 schan 字段
--channel_number	Wi-Fi 的总信道数	详情见 Wi-Fi 国家/地区代码 中的 nchan 字段

例如，您可以使用以下命令，修改 Wi-Fi 的最大发射功率为 18 dBm，国家代码为 US，起始信道为 1，总信道数为 11：

```
python at.py modify_bin --tx_power 72 --country_code "US" --start_channel 1 --
↪channel_number 11 --input factory_XXX.bin
```

- **--tx_power 72**：单位是 0.25 dBm，72 表示 18 dBm
- **--input factory_XXX.bin**：输入的固件文件

修改证书和密钥配置

当前可修改的证书和密钥配置如下表所示：

参数	功能	原始文件
--server_ca	TLS 服务器的 CA 证书	server_ca.crt
--server_cert	TLS 服务器的证书	server_cert.crt
--server_key	TLS 服务器的密钥	server.key
--client_ca0	第 0 套客户端的 CA 证书	client_ca_00.crt
--client_cert0	第 0 套客户端的证书	client_cert_00.crt
--client_key0	第 0 套客户端的密钥	client_key_00.key
--client_ca1	第 1 套客户端的 CA 证书	client_ca_01.crt
--client_cert1	第 1 套客户端的证书	client_cert_01.crt
--client_key1	第 1 套客户端的密钥	client_key_01.key
--mqtt_ca	MQTT 客户端的 CA 证书	mqtt_ca.crt
--mqtt_cert	MQTT 客户端的证书	mqtt_client.crt
--mqtt_key	MQTT 客户端的密钥	mqtt_client.key
--wpa2_ca	WPA2-Enterprise 客户端的 CA 证书	wpa2_ca.pem
--wpa2_cert	WPA2-Enterprise 客户端的证书	wpa2_client.crt
--wpa2_key	WPA2-Enterprise 客户端的密钥	wpa2_client.key

例如，您可以使用以下命令，修改 MQTT 客户端的 CA 证书、客户端的证书和密钥。

```
python at.py modify_bin --mqtt_ca mqtt/mqtt_ca.crt --mqtt_cert mqtt/mqtt.crt --
↪mqtt_key mqtt/mqtt.key --input factory_XXX.bin
```

- **--input factory_XXX.bin**：输入的固件文件

修改 UART 配置

可修改的 UART 配置，仅包括*AT 命令端口* 的 UART 配置。可修改的参数配置如下表所示：

参数	功能	说明
--uart_num	AT 命令口的 UART 号	仅在 AT 日志口同时用作 AT 命令口时，需要修改此参数。同时需保证下面的 tx_pin 和 rx_pin 要配置与*AT 日志端口* 的 tx 和 rx 管脚一致，如果*AT 日志端口* 只配置了 rx，则下面 tx_pin 需要配置与下载固件口（可查看*硬件连接*）的 UART 的 tx 管脚一致。
--baud	AT 命令口的波特率	原始值：115200
--tx_pin	AT 命令口的 TX 管脚	请保证待修改的管脚不会和其他管脚冲突
--rx_pin	AT 命令口的 RX 管脚	请保证待修改的管脚不会和其他管脚冲突
--cts_pin	AT 命令口的 CTS 管脚	请保证待修改的管脚不会和其他管脚冲突。不用流控时，修改此参数为 -1。
--rts_pin	AT 命令口的 RTS 管脚	请保证待修改的管脚不会和其他管脚冲突。不用流控时，修改此参数为 -1。

例如，您可以使用以下命令，修改 AT 命令口的波特率为 921600，TX 管脚为 17，RX 管脚为 16，禁用流控。

```
python at.py modify_bin --baud 921600 --tx_pin 17 --rx_pin 16 --cts_pin -1 --rts_
↪pin -1 --input factory_XXX.bin
```

- **--input factory_XXX.bin**：输入的固件文件

修改 GATTS 配置

修改前，请先阅读*如何自定义低功耗蓝牙服务* 文档，了解 GATTS 的配置文件 gatts_data.csv 中的各个字段的含义。

当前可修改的 GATTS 配置如下表所示：

参数	功能
--gatts_cfg0	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 0 的一行数据
--gatts_cfg1	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 1 的一行数据
--gatts_cfg2	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 2 的一行数据
--gatts_cfg3	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 3 的一行数据
--gatts_cfg4	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 4 的一行数据
--gatts_cfg5	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 5 的一行数据
--gatts_cfg6	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 6 的一行数据
--gatts_cfg7	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 7 的一行数据
--gatts_cfg8	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 8 的一行数据
--gatts_cfg9	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 9 的一行数据
--gatts_cfg10	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 10 的一行数据
--gatts_cfg11	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 11 的一行数据
--gatts_cfg12	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 12 的一行数据
--gatts_cfg13	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 13 的一行数据
--gatts_cfg14	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 14 的一行数据
--gatts_cfg15	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 15 的一行数据
--gatts_cfg16	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 16 的一行数据
--gatts_cfg17	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 17 的一行数据
--gatts_cfg18	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 18 的一行数据
--gatts_cfg19	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 19 的一行数据
--gatts_cfg20	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 20 的一行数据
--gatts_cfg21	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 21 的一行数据
--gatts_cfg22	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 22 的一行数据

续下页

表 11 – 接上页

参数	功能
--gatts_cfg23	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 23 的一行数据
--gatts_cfg24	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 24 的一行数据
--gatts_cfg25	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 25 的一行数据
--gatts_cfg26	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 26 的一行数据
--gatts_cfg27	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 27 的一行数据
--gatts_cfg28	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 28 的一行数据
--gatts_cfg29	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 29 的一行数据
--gatts_cfg30	更新 gatts_data.csv 文件中 index 为 30 的一行数据

例如，您可以使用以下命令，修改 index 为 0 行的 perm 权限。

```
python at.py modify_bin --gatts_cfg0 "0,16,0x2800,0x011,2,2,A002" --input factory_
↪XXX.bin
```

- **--input factory_XXX.bin**：输入的固件文件

注意：修改后的 AT 固件，需要您根据自己的产品自行测试验证功能。
请保存好修改前和修改后的固件以及下载链接，用于后续可能的问题调试。

第五步：固件烧录 请根据固件烧录指南，完成固件烧录。

6.18 AT API Reference

6.18.1 Header File

- components/at/include/esp_at_core.h

6.18.2 Functions

void **esp_at_module_init**(const uint8_t *custom_version)

This function should be called only once.

参数

custom_version –version information by custom

esp_at_para_parse_result_type **esp_at_get_para_as_digit**(int32_t para_index, int32_t *value)

Parse digit parameter from command string.

参数

- **para_index** –the index of parameter
- **value** –the value parsed

返回

- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK : succeed
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_FAIL : fail
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED : this parameter is OMITTED

esp_at_para_parse_result_type **esp_at_get_para_as_float**(int32_t para_index, float *value)

Parse float parameter from command string.

参数

- **para_index** –the index of parameter

- **value** –the value parsed

返回

- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK : succeed
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_FAIL : fail
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED : this parameter is OMITTED

esp_at_para_parse_result_type **esp_at_get_para_as_str**(int32_t para_index, uint8_t **result)

Parse string parameter from command string.

参数

- **para_index** –the index of parameter
- **result** –the pointer that point to the result.

返回

- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK : succeed
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_FAIL : fail
- ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED : this parameter is OMITTED

void **esp_at_port_recv_data_notify_from_isr**(int32_t len)

Calling the esp_at_port_recv_data_notify_from_isr to notify at module that at port received data. When received this notice,at task will get data by calling get_data_length and read_data in esp_at_device_ops. This function MUST be used in isr.

参数

len –data length

bool **esp_at_port_recv_data_notify**(int32_t len, uint32_t msec)

Calling the esp_at_port_recv_data_notify to notify at module that at port received data. When received this notice,at task will get data by calling get_data_length and read_data in esp_at_device_ops. This function MUST NOT be used in isr.

参数

- **len** –data length
- **msec** –timeout time,The unit is millisecond. It waits forever,if msec is portMAX_DELAY.

返回

- true : succeed
- false : fail

void **esp_at_transmit_terminal_from_isr**(void)

terminal transparent transmit mode,This function MUST be used in isr.

void **esp_at_transmit_terminal**(void)

terminal transparent transmit mode,This function MUST NOT be used in isr.

bool **esp_at_custom_cmd_array_regist**(const *esp_at_cmd_struct* *custom_at_cmd_array, uint32_t cmd_num)

register at command set, which defined by custom,

参数

- **custom_at_cmd_array** –at command set
- **cmd_num** –command number

void **esp_at_device_ops_regist**(*esp_at_device_ops_struct* *ops)

register device operate functions set,

参数

ops –device operate functions set

bool **esp_at_custom_net_ops_regist**(int32_t link_id, *esp_at_custom_net_ops_struct* *ops)

bool **esp_at_custom_ble_ops_regist**(int32_t conn_index, *esp_at_custom_ble_ops_struct* *ops)

void **esp_at_custom_ops_regist**(*esp_at_custom_ops_struct* *ops)

register custom operate functions set interacting with AT,

参数

ops –custom operate functions set

uint32_t **esp_at_get_version**(void)

get at module version number,

返回

at version bit31~bit24: at main version bit23~bit16: at sub version bit15~bit8 : at test version bit7~bit0 : at custom version

void **esp_at_response_result**(uint8_t result_code)

response AT process result,

参数

result_code –see esp_at_result_code_string_index

int32_t **esp_at_port_write_data**(uint8_t *data, int32_t len)

write data into device,

参数

- **data** –data buffer to be written
- **len** –data length

返回

- >= 0 : the real length of the data written
- others : fail.

int32_t **esp_at_port_active_write_data**(uint8_t *data, int32_t len)

call pre_active_write_data_callback() first and then write data into device,

参数

- **data** –data buffer to be written
- **len** –data length

返回

- >= 0 : the real length of the data written
- others : fail.

int32_t **esp_at_port_read_data**(uint8_t *data, int32_t len)

read data from device,

参数

- **data** –data buffer
- **len** –data length

返回

- >= 0 : the real length of the data read from device
- others : fail

bool **esp_at_port_wait_write_complete**(int32_t timeout_msec)

wait for transmitting data completely to peer device,

参数

timeout_msec –timeout time,The unit is millisecond.

返回

- true : succeed,transmit data completely
- false : fail

int32_t **esp_at_port_get_data_length**(void)

get the length of the data received,

返回

- >= 0 : the length of the data received
- others : fail

bool **esp_at_custom_cmd_line_terminator_set**(uint8_t *terminator)

Set AT command terminator, by default, the terminator is "\r\n" You can change it by calling this function, but it just supports one character now.

参数

terminator –the line terminator

返回

- true : succeed,transmit data completely
- false : fail

uint8_t ***esp_at_custom_cmd_line_terminator_get**(void)

Get AT command line terminator,by default, the return string is "\r\n" .

返回

the command line terminator

const esp_partition_t ***esp_at_custom_partition_find**(esp_partition_type_t type, esp_partition_subtype_t subtype, const char *label)

Find the partition which is defined in at_customize.csv.

参数

- **type** –the type of the partition
- **subtype** –the subtype of the partition
- **label** –Partition label

返回

pointer to esp_partition_t structure, or NULL if no partition is found. This pointer is valid for the lifetime of the application

void **esp_at_port_enter_specific**(*esp_at_port_specific_callback_t* callback)

Set AT core as specific status, it will call callback if receiving data. for example:

```
static void wait_data_callback (void)
{
    xSemaphoreGive(sync_sema);
}

void process_task(void* para)
{
    vSemaphoreCreateBinary(sync_sema);
    xSemaphoreTake(sync_sema,portMAX_DELAY);
    esp_at_port_write_data((uint8_t *)">",strlen(">"));
    esp_at_port_enter_specific(wait_data_callback);
    while(xSemaphoreTake(sync_sema,portMAX_DELAY)) {
        len = esp_at_port_read_data(data, data_len);
        // TODO:
    }
}
```

参数

callback –which will be called when received data from AT port

void **esp_at_port_exit_specific**(void)

Exit AT core as specific status.

const uint8_t ***esp_at_get_current_cmd_name**(void)

Get current AT command name.

int32_t **esp_at_get_core_version**(char *buffer, uint32_t size)

Get the version of the AT core library.

参数

- **buffer** –buffer to store the version string
- **size** –size of the buffer

返回

- > 0 : the real length of the version string
- others : fail

bool **at_fatfs_mount**(void)

Mount FATFS partition.

备注: if you want to use FATFS, you should enable “AT FS command support” in menuconfig first.

备 注: esp-at uses a fixed partition for the filesystem, which defined in esp-at/module_config/$your_module_config/at_customize.csv, and uses a fixed mount point “/fatfs”.

备注: when using FATFS, you should call this function to mount the partition first, and call at_fatfs_unmount() to unmount the partition when you don’t need it.

返回

- true : succeed
- false : fail

bool **at_fatfs_unmount**(void)

Unmount FATFS partition.

返回

- true : succeed
- false : fail

bool **at_str_is_null**(uint8_t *str)

Check if the string is NULL.

参数

str –the string to be checked

返回

- true : the string is NULL
- false : the string is not NULL

void **at_handle_result_code**(*esp_at_result_code_string_index* code, void *pbuf)

6.18.3 Structures

struct **esp_at_cmd_struct**

esp_at_cmd_struct used for define at command

Public Members

char ***at_cmdName**

at command name

uint8_t (*`at_testCmd`)(uint8_t *cmd_name)

Test Command function pointer

uint8_t (*`at_queryCmd`)(uint8_t *cmd_name)

Query Command function pointer

uint8_t (*`at_setupCmd`)(uint8_t para_num)

Setup Command function pointer

uint8_t (*`at_exeCmd`)(uint8_t *cmd_name)

Execute Command function pointer

struct `esp_at_device_ops_struct`

esp_at_device_ops_struct device operate functions struct for AT

Public Members

int32_t (*`read_data`)(uint8_t *data, int32_t len)

read data from device

int32_t (*`write_data`)(uint8_t *data, int32_t len)

write data into device

int32_t (*`get_data_length`)(void)

get the length of data received

bool (*`wait_write_complete`)(int32_t timeout_msec)

wait write finish

struct `esp_at_custom_net_ops_struct`

esp_at_custom_net_ops_struct custom socket callback for AT

Public Members

int32_t (*`recv_data`)(uint8_t *data, int32_t len)

callback when socket received data

void (*`connect_cb`)(void)

callback when socket connection is built

void (*`disconnect_cb`)(void)

callback when socket connection is disconnected

struct `esp_at_custom_ble_ops_struct`

esp_at_custom_ble_ops_struct custom ble callback for AT

Public Members

int32_t (*`recv_data`)(uint8_t *data, int32_t len)
callback when ble received data

void (*`connect_cb`)(void)
callback when ble connection is built

void (*`disconnect_cb`)(void)
callback when ble connection is disconnected

struct `esp_at_custom_ops_struct`
esp_at_ops_struct some custom function interacting with AT

Public Members

void (*`status_callback`)(*esp_at_status_type* status)
callback when AT status changes

void (*`pre_sleep_callback`)(*at_sleep_mode_t* mode)
callback before entering light sleep

void (*`pre_wakeup_callback`)(void)
callback before waking up from light sleep

void (*`pre_deepsleep_callback`)(void)
callback before enter deep sleep

void (*`pre_restart_callback`)(void)
callback before restart

void (*`pre_active_write_data_callback`)(*at_write_data_fn_t*)
callback before write data

6.18.4 Macros

`at_min`(x, y)

`at_max`(x, y)

`ESP_AT_ERROR_NO`(subcategory, extension)

`ESP_AT_CMD_ERROR_OK`
No Error

`ESP_AT_CMD_ERROR_NON_FINISH`
terminator character not found (“\r\n” expected)

ESP_AT_CMD_ERROR_NOT_FOUND_AT
Starting "AT" not found (or at, At or aT entered)

ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_LENGTH(which_para)
parameter length mismatch

ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_TYPE(which_para)
parameter type mismatch

ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_NUM(need, given)
parameter number mismatch

ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_INVALID(which_para)
the parameter is invalid

ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_PARSE_FAIL(which_para)
parse parameter fail

ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_UNSUPPORT
the command is not supported

ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_EXEC_FAIL(result)
the command execution failed

ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_PROCESSING
processing of previous command is in progress

ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_OP_ERROR
the command operation type is error

6.18.5 Type Definitions

typedef int32_t (*__at_read_data_fn_t__)(uint8_t *data, int32_t len)

typedef int32_t (*__at_write_data_fn_t__)(uint8_t *data, int32_t len)

typedef int32_t (*__at_get_data_len_fn_t__)(void)

typedef void (*__esp_at_port_specific_callback_t__)(void)
AT specific callback type.

6.18.6 Enumerations

enum **esp_at_status_type**
esp_at_status some custom function interacting with AT
Values:

enumerator **ESP_AT_STATUS_NORMAL**
Normal mode.Now mcu can send AT command

enumerator **ESP_AT_STATUS_TRANSMIT**

Transparent Transmission mode

enum **at_sleep_mode_t**

Values:

enumerator **AT_DISABLE_SLEEP**

enumerator **AT_MIN_MODEM_SLEEP**

enumerator **AT_LIGHT_SLEEP**

enumerator **AT_MAX_MODEM_SLEEP**

enumerator **AT_SLEEP_MAX**

enum **esp_at_module**

module number,Now just AT module

Values:

enumerator **ESP_AT_MODULE_NUM**

AT module

enum **esp_at_error_code**

subcategory number

Values:

enumerator **ESP_AT_SUB_OK**

OK

enumerator **ESP_AT_SUB_COMMON_ERROR**

reserved

enumerator **ESP_AT_SUB_NO_TERMINATOR**

terminator character not found (“\r\n” expected)

enumerator **ESP_AT_SUB_NO_AT**

Starting “AT” not found (or at, At or aT entered)

enumerator **ESP_AT_SUB_PARA_LENGTH_MISMATCH**

parameter length mismatch

enumerator **ESP_AT_SUB_PARA_TYPE_MISMATCH**

parameter type mismatch

enumerator **ESP_AT_SUB_PARA_NUM_MISMATCH**

parameter number mismatch

enumerator **ESP_AT_SUB_PARA_INVALID**
the parameter is invalid

enumerator **ESP_AT_SUB_PARA_PARSE_FAIL**
parse parameter fail

enumerator **ESP_AT_SUB_UNSUPPORT_CMD**
the command is not supported

enumerator **ESP_AT_SUB_CMD_EXEC_FAIL**
the command execution failed

enumerator **ESP_AT_SUB_CMD_PROCESSING**
processing of previous command is in progress

enumerator **ESP_AT_SUB_CMD_OP_ERROR**
the command operation type is error

enum **esp_at_para_parse_result_type**
the result of AT parse
Values:

enumerator **ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_FAIL**
parse fail,Maybe the type of parameter is mismatched,or out of range

enumerator **ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK**
Successful

enumerator **ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OMITTED**
the parameter is OMITTED.

enum **esp_at_result_code_string_index**
the result code of AT command processing
Values:

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_OK**
“OK”

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR**
“ERROR”

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_FAIL**
“ERROR”

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_OK**
“SEND OK”

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_FAIL**
"SEND FAIL"

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_IGNORE**
response nothing, just change internal status

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_PROCESS_DONE**
response nothing, just change internal status

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_OK_AND_INPUT_PROMPT**

enumerator **ESP_AT_RESULT_CODE_MAX**

6.18.7 Header File

- components/at/include/esp_at.h

6.18.8 Functions

const char ***esp_at_get_current_module_name**(void)
get current module name

const char ***esp_at_get_module_name_by_id**(uint32_t id)
get module name by index

uint32_t **esp_at_get_module_id**(void)
get current module id

void **esp_at_set_module_id**(uint32_t id)
Set current module id.

参数
id –**[in]** the module id to set

void **esp_at_set_module_id_by_str**(const char *buffer)
Get module id by module name.

参数
buffer –**[in]** pointer to a module name string

void **esp_at_main_preprocess**(void)
some workarounds for esp-at project

at_mfg_params_storage_mode_t **at_get_mfg_params_storage_mode**(void)
get storage mode of mfg parameters

返回
at_mfg_params_storage_mode_t

void **esp_at_ready_before**(void)
Do some things before esp-at is ready.

备注: This function can be overridden with custom implementation. For example, you can override this function to: a) execute some preset AT commands by calling at_exe_cmd() API. b) do some initializations by calling APIs from esp-idf or esp-at.

void **esp_at_log_write**(esp_log_level_t level, const char *tag, const char *format, ...)

Write message into the log.

This function is not intended to be used directly. Instead, use one of ESP_AT_LOGE, ESP_AT_LOGW, ESP_AT_LOGI, ESP_AT_LOGD, ESP_AT_LOGV macros.

This function or these macros should not be used from an interrupt.

esp_err_t **esp_at_nvs_set_str**(nvs_handle_t handle, const char *key, const char *value)

NVS operations for string and blob.

参见:

`nvs_set_str`,`nvs_get_str`,`nvs_set_blob`,`nvs_get_blob`

备注: These functions can be overridden with custom implementations. For example: you can override these functions to encrypt the data before writing to NVS (decrypt the data after reading from NVS).

---

esp_err_t **esp_at_nvs_get_str**(nvs_handle_t handle, const char *key, char *out_value, size_t *length)

esp_err_t **esp_at_nvs_set_blob**(nvs_handle_t handle, const char *key, const void *value, size_t length)

esp_err_t **esp_at_nvs_get_blob**(nvs_handle_t handle, const char *key, void *out_value, size_t *length)

6.18.9 Macros

ESP_AT_PORT_TX_WAIT_MS_MAX

AT_BUFFER_ON_STACK_SIZE

ESP_AT_LOG_BUFFER_HEXDUMP(tag, buffer, buff_len, level)

Same to ESP_LOG_BUFFER_HEXDUMP, but only output when buffer is not NULL.

CONFIG_AT_LOG_DEFAULT_LEVEL

ESP_AT_LOGE(tag, format, ...)

runtime macro to output logs at a specified level.

参见:

`printf`

参数

- **tag** –tag of the log, which can be used to change the log level by `esp_log_level_set` at runtime.
- **format** –format of the output log. See `printf`
- **...** –variables to be replaced into the log. See `printf`

ESP_AT_LOGW(tag, format, ...)

ESP_AT_LOGI(tag, format, ...)

ESP_AT_LOGD(tag, format, ...)

ESP_AT_LOGV(tag, format, ...)

6.18.10 Enumerations

enum **at_mfg_params_storage_mode_t**

Values:

enumerator **AT_PARAMS_NONE**

enumerator **AT_PARAMS_IN_MFG_NVS**

enumerator **AT_PARAMS_IN_PARTITION**

6.19 如何配置静默模式

6.19.1 简介

静默模式 (silence mode) 是 ESP-AT 固件的一种编译配置选项，用于控制 AT 的日志（即*AT 日志端口* 输出的日志）行为，通常建议禁用。如果启用，将减少应用固件的大小。但建议您 **优先考虑**下面两种方式减少应用固件的大小：

- 在*python build.py menuconfig* > Component config > AT 路径下禁用不需要的 AT 功能。
- 参考 最小化二进制文件大小 文档中的优化方法。

表 12: 启用和禁用静默模式的优点和缺点对比

静默模式	优点	缺点
禁用静默模式（即设置为 0），推荐此配置	开启一些 AT 的日志	应用固件 (esp-at.bin) 的大小会增加，这可能会导致编译 AT 固件时，应用固件大小超过了代码中划分的应用分区大小，从而导致编译失败（编译失败日志）。
启用静默模式（即设置为 1），不推荐此配置	应用固件 (esp-at.bin) 的大小会减小	此模式会删除一些 AT 的日志，并会使 CONFIG_LOG_DEFAULT_LEVEL 配置失效，从而无法输出相应等级日志，这会增加您调试 AT 功能的难度。

编译失败日志示例：

```
$ ./build.py build

... (more lines of build ESP-AT)

Generated /path/to/esp-at/build/esp-at.bin
[836/838] cd /path/to/esp-at/build/esp-at.bin
FAILED: esp-idf/esptool_py/CMakeFiles/app_check_size
cd /path/to/esp-at/build/esp-idf/esptool_py && [...]/bin/python /path/to/esp-at/
↪esp-idf/components/partition_table/check_sizes.py --offset 0x8000 partition --
↪type app /path/to/esp-at/build/partition_table/partition-table.bin /path/to/esp-
↪at/build/esp-at.bin
Error: app partition is too small for binary esp-at.bin size 0x135ae0:
  - Part 'ota_0' 0/16 @ 0xd0000 size 0x130000 (overflow 0x5ae0)
ninja: build stopped: subcommand failed.
```

6.19.2 配置

- 启用或禁用静默模式配置：
  - 本地编译 *ESP-AT 工程*
    在第三步安装环境时配置 `silence mode` 为 `No`（或 `Yes`）来禁用（或启用）静默模式。
  - 网页编译 *ESP-AT 工程*
    在执行第 5.3 步提交更改时，修改 esp-at/.github/workflows/build_template_esp32c3.yml 文件中 `silence_mode` 的值，来启用或禁用静默模式。例如，要开启静默模式，则设置为：

```
- name: Configure prerequisites
  run: |
    # set module information
    silence_mode=1
    mkdir build
    echo -e "{\"platform\": \"PLATFORM_ESP32C3\", \"module\": \"${{ inputs.
↪module_name }}\", \"silence\": ${silence_mode}}" > build/module_info.json
```

- 请将编译好的 AT 固件烧录到模组上，然后执行*AT+GMR* 命令，确认是否成功配置了静默模式的启用或禁用。
  - 如果启用静默模式，AT+GMR 命令响应中应包含 `s-`，例如：

```
AT+GMR
AT version:3.5.0.0-dev(s-88b4ea4...

... (more lines of version information)

OK
```

  - 如果禁用静默模式，AT+GMR 命令响应中不包含 `s-`，例如：

```
AT+GMR
AT version:3.5.0.0-dev(88b4ea4...

... (more lines of version information)

OK
```

6.20 如何启用更多 AT 调试日志

本文主要介绍了如何启用日志配置选项。为了获取更多用于调试 ESP-AT 功能的日志信息，请自行编译 *ESP-AT 工程*，在第三步配置工程里选择 silence mode 为 `No`。在第五步配置工程里，根据您的实际情况，针对性地启用日志配置选项。

- *AT Wi-Fi 功能调试*
- *AT 网络功能调试*
- *AT BLE 功能调试*
- *AT 接口功能调试*
- 调试示例

最终的调试日志，将从*AT 日志端口* 输出，请根据硬件连接 文档，查找 **输出日志**对应的 TX GPIO 管脚，通过串口工具查看该管脚的日志。

备注： 启用日志配置选项后，日志输出量将显著增加，因此建议先确认问题属于哪个模块，再启用对应模块的日志配置。防止因日志输出量过大，导致无法复现或者出现 `task wdt` 等新的问题。

启用日志配置选项后，固件大小将会增加，可能导致编译失败。此时，您可以在 `python build.py menuconfig > Component config > AT` 路径下禁用不需要的 AT 功能来减小固件大小。

6.20.1 AT Wi-Fi 功能调试

- 您可以启用以下配置以开启 Wi-Fi 收发包的统计数据日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info （或 Info 以上等级）
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Periodically dump Wi-Fi statistics
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Periodically dump Wi-Fi statistics > The interval of dumping Wi-Fi statistics (ms)
```

- 您可以启用以下配置以开启 Wi-Fi 交互过程的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Debug
Component config > Supplicant > Print debug messages from WPA Supplicant
```

备注： 在分析日志时，您可能会遇到 Wi-Fi 原因码，具体含义请参考 Wi-Fi 原因代码。

6.20.2 AT 网络功能调试

- *TCP* 调试
- *UDP* 调试
- *SSL* 调试
- *ICMP* 调试
- *lwIP* 网络调试

TCP 调试

若要监控 TCP 或基于 TCP 的协议（如 SSL、HTTP、MQTT、WebSocket 等）的传出 (TX) 和传入 (RX) 数据包，请启用以下配置，最终的日志中将打印 TCP 数据包信息，包括 IP 总长度、TCP 数据长度、TCP 序列号、TCP 确认号、TCP 源端口、目标端口和 TCP 标志位 (TCP flags)。其中，TCP 标志位是 CWR(128)、ECN(64)、Urgent(32)、Ack(16)、Push(8)、Reset(4)、SYN(2) 和 FIN(1) 的累积值。

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info （或 Info 以上等级）
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug > Enable the TCP packet debug messages
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug > Enable the TCP packet debug messages > Specify the list of TCP port numbers to monitor > 0
```

UDP 调试

若要监控 UDP 或基于 UDP 的协议（如 DHCP、DNS、SNTP、mDNS 等）的传出 (TX) 和传入 (RX) 数据包，请启用以下配置，最终的日志中将会打印 UDP 数据包信息，其中包括 IP 总长

度、源端口、目标端口和 UDP 数据长度。

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info (或
↪Info 以上等级)
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug >
↪Enable the UDP packet debug messages
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug >
↪Enable the UDP packet debug messages > Specify the list of outgoing UDP
↪(UDP TX) port numbers to monitor
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug >
↪Enable the UDP packet debug messages > Specify the list of incoming UDP
↪(UDP RX) port numbers to monitor
```

SSL 调试

您可以启用以下配置以开启 SSL 功能的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Verbose
Component config > mbedTLS > Enable mbedTLS debugging
Component config > mbedTLS > Enable mbedTLS debugging > Set mbedTLS
↪debugging level > Verbose
```

ICMP 调试

您可以启用以下配置以开启 ICMP 功能 (*AT+PING*) 的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info (或
↪Info 以上等级)
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Enable Network Debug >
↪Enable the ICMP packet debug messages
```

lwIP 网络调试

如果启用以上配置输出的日志仍无法满足您的调试需求，您可以在路径 `Component config > LWIP > Enable LWIP Debug` 下启用所需的调试配置。

6.20.3 AT BLE 功能调试

- 您可以直接在*AT 日志端口*查看断开原因码，从而调试 BLE 断开过程。
- 您可以启用以下配置以开启 BLE 扫描、连接、广播、数据收发等交互过程的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Debug
Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL > HCI
↪layer > DEBUG
```

- 您可以启用以下配置以开启 BLE 配对过程的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Debug
Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL > HCI
↪layer > DEBUG
Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL > SMP
↪layer > DEBUG
```

- 您可以启用以下配置以开启 BLE GATT 层的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Debug
Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL > GATT␣
↪layer > DEBUG
```

- 您可以启用以下配置以开启 AT BluFi 功能的调试日志：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Debug
Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL > BLUFI␣
↪layer > DEBUG
```

如果以上配置无法满足您的调试需求，您可以在路径 `Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > BT DEBUG LOG LEVEL` 下启用其他所需的调试配置。

6.20.4 AT 接口功能调试

- 当您想要在*AT 日志端口* 获取到 AT 通过 TX 发送给 MCU 的数据时，您可开启如下配置：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info （或 Info␣
↪以上等级）
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Logging the data sent from AT to␣
↪MCU (AT ---> MCU)
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Logging the data sent from AT to␣
↪MCU (AT ---> MCU) > The maximum length of the data sent from AT to MCU to be␣
↪logged > 8192
```

- 当您想要在*AT 日志端口* 获取 AT 通过 RX 接收到的 MCU 发送数据时，您可开启如下配置：

```
Component config > Log > Log Level > Default log verbosity > Info （或 Info␣
↪以上等级）
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Logging the data received by AT␣
↪from MCU (AT <---- MCU)
Component config > AT > Enable ESP-AT Debug > Logging the data received by AT␣
↪from MCU (AT <---- MCU) > The maximum length of the data received by AT from␣
↪MCU to be logged > 8192
```

6.20.5 调试示例

示例 1：调试 TCP 连接的数据发送和接收过程

场景：ESP 模组在波特率为 115200 以及使用双向流控情况下，作为 TCP 客户端与服务器建立了 TCP 连接，进入透传模式，并发送数据给服务器。

如图中箭头所示：

- ESP-AT 发送 (TX) 的数据流为 S1 -> S2 -> S3 -> S4 -> S5 -> S6 -> S7 -> S8
- ESP-AT 接收 (RX) 的数据流为 R8 -> R7 -> R6 -> R5 -> R4 -> R3 -> R2 -> R1

如需排查 AT 固件在各通信层级（串口通信、AT 接口、网络、Wi-Fi 等）中的数据传输问题，请参考以下分层指导，选择相应的调试方式进行分析：

- 对于 S1/R1（串口通信）：
  使用逻辑分析仪捕获 MCU 向 ESP 模组发送的串口数据（TX -> RX 线路），以确认 UART 通信是否正常。如果发现异常（通常表现为数据错误和数据丢失），请先检查线路。常见的原因包括波特率过高、MCU 和 ESP 的 UART 线路太长、双向流控配置错误、硬件设计不合理等。
- 对于 S2/R2（AT 接口层）：
  启用*AT 接口调试* 配置并重新编译 AT 固件。复测场景时，通过*AT 日志端口* 输出的日志检查 RX（接收）和 TX（发送）数据是否正常。如果发现数据丢失，请先确认硬件流控是否开启。否则如果确认为 AT 引发的问题，请在 esp-at/issues 提交 issue。

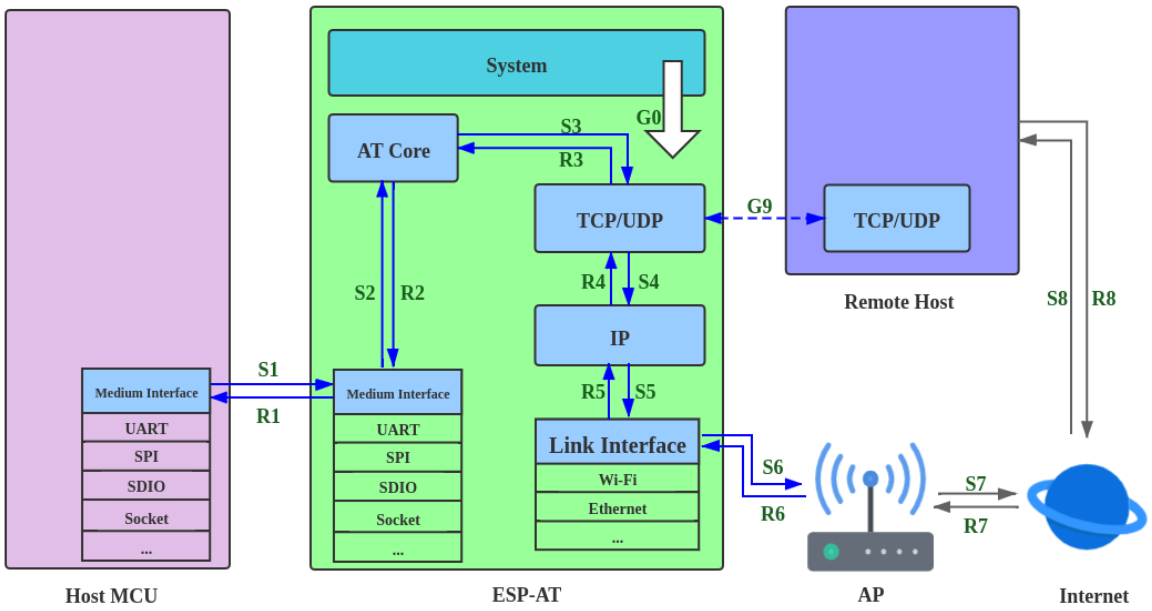


图 38: 数据流

- 对于 S3/R3（AT 内部处理）：
  无需用户关注。
- 对于 S4-S5/R4-R5（网络层）：
  启用*TCP 调试* 配置并重新编译 AT 固件。复测场景时，通过*AT 日志端口* 输出的日志分析 LwIP 层的传输是否正常。如果发现问题，请在 esp-at/issues 提交 issue。
- 对于 S6/R6（Wi-Fi 层）：
  启用*Wi-Fi 调试* 配置并重新编译 AT 固件。复测场景时，参考 乐鑫 Wireshark 使用指南 捕获空中数据包，并结合*AT 日志端口* 的日志分析 Wi-Fi 层数据传输是否正常。如果确认问题出在 Wi-Fi 层，请在 esp-at/issues 提交 issue；若问题源自服务器端，请自行排查。

示例 2：调试 BLE 连接、扫描过程

场景：ESP 模组作为 BLE 客户端与手机反复建立 BLE 连接和断开连接。

- 若您想调试 BLE 断开的原因，请在复测场景时，抓取*AT 日志端口* 的调试日志进行分析。日志中可能包含断开原因码，这些原因码是 BLE 通用的，并非 AT 特有。示例：

```
Disconnect reason = 0x13
```

- 若您想调试 BLE 扫描或连接等过程，请启用*AT BLE 功能* 调试配置，并编译 AT 固件。在复测场景时，抓取*AT 日志端口* 调试日志进行分析。

Chapter 7

第三方开放云平台定制化 AT 命令和固件

如果您对第三方开放云平台的定制 AT 命令和固件有任何需求，请联系 乐鑫商务组 进行评估。

7.1 RainMaker AT 命令和固件

7.1.1 RainMaker AT 命令集

重要： 默认的 AT 固件不支持此页面下的 AT 命令。如果您需要 ESP32-C3 支持 RainMaker 命令，请任选下面一种方式：

- 参考*如何从 GitHub 下载最新临时版本 AT 固件* 文档，下载 esp32c3-rainmaker-at 固件
- 自行*编译 ESP-AT 工程*，在第三步安装环境里 `Platform name` 选择 `PLATFORM_ESP32C3`，`Module name` 选择 ESP32C3_RAINMAKER。

- *AT+RMNODEINIT*：初始化节点
- *AT+RMNODEATTR*：属性信息操作
- *AT+RMDEV*：设备操作
- *AT+RMPARAM*：设备参数操作
- *AT+RMPARAMBOUNDS*：向数字参数添加范围
- *AT+RMPARAMSTRLIST*：向字符参数添加字符串列表
- *AT+RMPARAMCOUNT*：向数组参数添加最大元素数
- *AT+RMUSERMAPPING*：开启用户和节点之间的映射
- *AT+RMUSERUNMAPPING*：清除用户和节点之间的映射
- *AT+RMPROV*：配网并完成用户和节点之间的映射
- *AT+RMCONN*：连接到 ESP RainMaker 云
- *AT+RMCLOSE*：主动断开与 ESP RainMaker 云的连接
- *AT+RMPARAMUPDATE*：参数更新
- *AT+RMMODE*：设置传输模式
- *AT+RMSEND*：在*RainMaker 普通传输模式* 或*RainMaker 透传模式* 下发送数据
- *AT+RMOTARESULT*：发送 OTA 结果
- *AT+RMOTAFETCH*：获取 OTA 信息

AT+RMNODEINIT: 初始化节点

执行命令　命令：

```
AT+RMNODEINIT
```

响应：

```
OK
```

该命令执行成功之后，节点配置会以如下所示 JSON 格式保存在内部。

```
{
    "node_id":"xxxxxxxxxxxx",
    "config_version":"xxxx-xx-xx",
    "info":{
        "name":"ESP RainMaker AT Node",
        "fw_version":"xxxxxxx",
        "type":"AT Node",
        "model":"esp-at",
        "project_name":"esp-at",
        "platform":"esp32c3"
    },
    "devices":[

    ],
    "services":[
        {
            "name":"System",
            "type":"esp.service.system",
            "params":[
                {
                    "name":"Reboot",
                    "type":"esp.param.reboot",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Factory-Reset",
                    "type":"esp.param.factory-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Wi-Fi-Reset",
                    "type":"esp.param.wifi-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Time",
```

(续下页)

(接上页)

```
            "type":"esp.service.time",
            "params":[
                {
                    "name":"TZ",
                    "type":"esp.param.tz",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"TZ-POSIX",
                    "type":"esp.param.tz_posix",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Schedule",
            "type":"esp.service.schedule",
            "params":[
                {
                    "name":"Schedules",
                    "type":"esp.param.schedules",
                    "data_type":"array",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "bounds":{
                        "max":10
                    }
                }
            ]
        }
    ]
}
```

说明

- 在执行其它 ESP RainMaker AT 命令之前应该先执行该命令。
- 该命令默认开启了系统管理服务、OTA 服务、时区服务、定时和倒计时服务。
- 该命令首先会获取存储在量产分区 `rmaker_mfg` 中的认证信息。如果没有获取到，则会在系统 NVS 分区中获取认证信息。如果都没有获取到，则设备会执行 claiming。
- 该命令会加载存储在量产分区 `rmaker_mfg` 中的参数。如果参数不存在，则默认配置信息将用于自动创建节点。
- 节点配置中有一些默认的键值对。
  - node_id：源自证书，唯一标识符，不可更改。
  - config_version：暂时无实际用途，无需更改。
  - name：固定为 “ESP RainMaker AT Node”。
  - fw_version：RainMaker AT 版本信息。
  - type：固定为 “AT Node”。
  - model：固定为 “esp-at”。
  - project_name：固定为 “esp-at”。
  - platform：固定为 “ESP32-C3”。

- services：系统管理服务、OTA 服务、时区服务、定时和倒计时服务。

AT+RMNODEATTR：属性信息操作

设置命令　命令：

```
AT+RMNODEATTR=<"name1">,<"value1">[<"name2">,<"value2">,<"name3">,<"value3">,...,<
↪"name8">,<"value8">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" name" >**：节点属性键名。
- **<" value" >**：节点属性值。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。

示例

```
AT+RMNODEATTR="serial_num","123abc"
```

AT+RMDEV：设备操作

设置命令　命令：

```
AT+RMDEV=<dev_opt>,<"unique_name">,<"device_name">,<"device_type">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" dev_opt" >**：设备操作。
  - 0：添加一个设备。
  - 1：删除一个设备
- **<" unique_name" >**：设备唯一标识名。
- **<" device_name" >**：设备名称，将作为应用上显示的默认设备名称。
- **<" device_type" >**：设备类型。请参考 Devices。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。
- 目前一个节点只能添加一个设备。
- 该命令执行成功后，设备被添加到节点中。默认在 params 中类型的值为 “esp.param.name”，数据类型的值为 “string”，权限为 “read” 和 “write”。

示例

```
AT+RMDEV=0,"Light","Light","esp.device.light"
```

该命令执行成功之后，设备“Light”会被添加到节点配置中，并在内部以如下所示 JSON 格式保存（节点配置请参考*AT+RMNODEINIT*）。

```
{
    "node_id":"xxxxxxxxxxxx",
    "config_version":"xxxx-xx-xx",
    "info":{
        "name":"ESP RainMaker AT Node",
        "fw_version":"xxxxxxx",
        "type":"AT Node",
        "model":"esp-at",
        "project_name":"esp-at",
        "platform":"esp32c3"
    },
    "attributes":[
        {
            "name":"serial_num",
            "value":"123abc"
        }
    ],
    "devices":[
        {
            "name":"Light",
            "type":"esp.device.light",
            "params":[
                {
                    "name":"Name",
                    "type":"esp.param.name",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        }
    ],
    "services":[
        {
            "name":"System",
            "type":"esp.service.system",
            "params":[
                {
                    "name":"Reboot",
                    "type":"esp.param.reboot",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Factory-Reset",
                    "type":"esp.param.factory-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
```

(续下页)

(接上页)

```
                {
                    "name":"Wi-Fi-Reset",
                    "type":"esp.param.wifi-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Time",
            "type":"esp.service.time",
            "params":[
                {
                    "name":"TZ",
                    "type":"esp.param.tz",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"TZ-POSIX",
                    "type":"esp.param.tz_posix",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Schedule",
            "type":"esp.service.schedule",
            "params":[
                {
                    "name":"Schedules",
                    "type":"esp.param.schedules",
                    "data_type":"array",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "bounds":{
                        "max":10
                    }
                }
            ]
        }
    ]
}
```

AT+RMPARAM：设备参数操作

设置命令　功能：

向设备添加参数

命令：

```
AT+RMPARAM=<"unique_name">,<"param_name">,<"param_type">,<data_type>,<properties>,<
↪"ui_type">,<"def">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" unique_name" >**：设备唯一标识名。
- **<" param_name" >**：参数名称。
- **<" param_type" >**：参数类型。请参考 Parameters。
- **<data_type>**：数据类型。
  - bit 0：boolean。
  - bit 1：integer。
  - bit 2：floating-point number。
  - bit 3：string。
  - bit 4：object。
  - bit 5：array。
- **<properties>**：数据权限。
  - bit 0：read。
  - bit 1：write。
  - bit 2：time_series。
  - bit 3：persist。
- **<" ui_type" >**：UI 类型。请参考 UI Elements。
- **<" def" >**：默认值。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。
- 请确保参数 <def> 匹配参数 <data_type>。AT 不会做内部检查。
- 在*RainMaker 透传模式* 中，只允许存在一个参数（不包含命令*AT+RMDEV* 添加的节点默认参数）。如果在设备下存在多个参数，则无法进入*RainMaker 透传模式*。

示例

```
AT+RMPARAM="Light","Brightness","esp.param.brightness",2,3,"esp.ui.slider","50"
```

AT+RMPARAMBOUNDS：向数字参数添加范围

设置命令　命令：

```
AT+RMPARAMBOUNDS=<"unique_name">,<"param_name">,<"min">,<"max">,<"step">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" unique_name" >**：设备唯一标识名。
- **<" param_name" >**：参数名称。
- **<" min" >**：最小值。
- **<" max" >**：最大值。
- **<" step" >**：步进值。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。
- 该命令仅针对 <data_type>（请参考*AT+RMPARAM* 中的 <data_type> 参数）为 integer 或者 floating-point number 的参数。请确保参数 <"min">、<"max"> 和 <"step"> 匹配 <data_type>，AT 不会做内部检查。

示例

```
AT+RMPARAMBOUNDS="Switch","brightness","0","100","1"
```

该命令执行成功之后，”bounds” 会被加入设备 “Switch” 中，并在内部以如下所示 JSON 格式保存（节点配置请参考*AT+RMNODEINIT*）。

```
{
    "name":"Brightness",
    "type":"esp.param.brightness",
    "data_type":"int",
    "properties":[
        "read",
        "write"
    ],
    "bounds":{
        "min":0,
        "max":100,
        "step":1
    },
    "ui_type":"esp.ui.slider"
}
```

AT+RMPARAMSTRLIST：向字符参数添加字符串列表

设置命令　命令：

```
AT+RMPARAMSTRLIST=<"unique_name">,<"param_name">,<"str1">[,<"str2">,<"str3">,...,<
↪"str14">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<” unique_name” >**：设备唯一标识名。
- **<” param_name” >**：参数名称。
- **<” str” >**：字符串类表中的字符串。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。
- 该命令仅针对 <data_type>（请参考*AT+RMPARAM* 中的 <data_type> 参数）为 string 的参数。请确保参数 <"str"> 匹配 <data_type>，AT 不会做内部检查。

示例

```
AT+RMPARAM="Light","Color","esp.param.color",4,3,"esp.ui.dropdown","white"

AT+RMPARAMSTRLIST="Light","Color","white","red","blue","yellow"
```

该命令执行成功之后，”valid_strs” 会被加入设备 “Light” 中，并在内部以如下所示 JSON 格式保存（节点配置请参考*AT+RMNODEINIT*）。

```
{
    "name":"Color",
    "type":"esp.param.color",
    "data_type":"string",
    "properties":[
        "read",
        "write"
    ],
    "valid_strs":[
        "white",
        "red",
        "blue",
        "yellow"
    ],
    "ui_type":"esp.ui.dropdown"
}
```

AT+RMPARAMCOUNT：向数组参数添加最大元素数

设置命令　命令：

```
AT+RMPARAMCOUNT=<"unique_name">,<"param_name">,<array_count>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<” unique_name” >**：设备唯一标识名。
- **<” param_name” >**：参数名称。
- **<array_count>**：数组中最大元素数。

说明

- 该命令应该在设备连接上 RainMaker 云之前执行（请参考*AT+RMPROV* 或者*AT+RMCONN*）。
- 该命令仅针对 <data_type> （请参考*AT+RMPARAM* 中的 <data_type> 参数）为 array 的参数。请确保参数 <array_count> 匹配 <data_type>，AT 不会做内部检查。

示例

```
AT+RMPARAM="Light","Color","esp.param.color",6,3,"esp.ui.hidden",""

AT+RMPARAMCOUNT="Light","Color",5
```

该命令执行成功之后，”bounds” 会被加入设备 “Light” 中，并在内部以如下所示 JSON 格式保存（节点配置请参考*AT+RMNODEINIT*）。

```
{
    "name":"Color",
    "type":"esp.param.color",
    "data_type":"array",
    "properties":[
        "read",
        "write"
```

(续下页)

(接上页)

```
    ],
    "bounds":{
        "max":5
    },
    "ui_type":"esp.ui.hidden"
}
```

AT+RMUSERMAPPING：开启用户和节点之间的映射

设置命令　命令：

```
AT+RMUSERMAPPING=<"user_id">,<"secret_key">
```

响应：

```
OK
```

如果用户和节点之间的映射完成，AT 返回：

```
+RMMAPPINGDONE
```

参数

- **<" user_id" >**：用户标识符。
- **<" secret_key" >**：密钥。

说明

- 请确认在执行该命令之前设备已经连接到 ESP RainMaker 云，请参考*AT+RMCONN*。
- 该命令不保证映射成功。映射结果需要由客户端单独检查 (Phone app/CLI)。

AT+RMUSERUNMAPPING：清除用户和节点之间的映射

执行命令　命令：

```
AT+RMUSERUNMAPPING
```

响应：

```
OK
```

AT+RMPROV：配网并完成用户和节点之间的映射

设置命令　命令：

```
AT+RMPROV=<mode>[,<customer_id>,<device_extra_code>,<"broadcast_name">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：模式。
  - 0：开始配网，并在配网后开启用户和节点之间的映射。
  - 1：停止配网。
- **<customer_id>**：客户标识符，用于区分不同的客户。范围：[0,65535]。如果你想使用 Nova Home，请 联系我们。
- **<device_extra_code>**：设备编码，用于 app 配网时标识设备图标。范围：[0,255]。
- **<" broadcast_name" >**：自定义蓝牙广播时设备的名称。范围：[0,12]。单位：字节。

AT+RMCONN：连接到 ESP RainMaker 云

设置命令　命令：

```
AT+RMCONN=<conn_timeout>
```

响应：

如果设备成功连接到 ESP RainMaker 云，AT 返回：

```
+RMCONNECTED
OK
```

如果设备连接 ESP RainMaker 云失败，AT 返回：

```
ERROR
```

执行命令　命令：

```
AT+RMCONN
```

响应：

如果设备成功连接到 ESP RainMaker 云，AT 返回：

```
+RMCONNECTED
OK
```

如果设备连接 ESP RainMaker 云失败，AT 返回：

```
ERROR
```

参数

- **<conn_timeout>**：连接最大超时时间。范围：[3,600]。单位：秒。默认值：15。

AT+RMCLOSE：主动断开与 ESP RainMaker 云的连接

执行命令　命令：

```
AT+RMCLOSE
```

响应：

```
OK
```

说明

- 当设备主动调用该命令断开与云的连接时，不会主动报 *+RMDISCONNECTED* 的消息，只有设备被动的与云断开连接时，AT 才会报 *+RMDISCONNECTED* 的消息。

AT+RMPARAMUPDATE：参数更新

设置命令　命令：

```
AT+RMPARAMUPDATE=<"unique_name">,<"param_name1">,<"param_value1">[,<"param_name2">,
↪<"param_value2">,...,<"param_name7">,<"param_value7">]
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<" unique_name" >**：设备唯一标识名。
- **<" param_name" >**：参数名。
- **<" param_value" >**：参数值。

说明

- 参数 <"param_value"> 必须匹配命令*AT+RMPARAM* 中参数 <data_type> 设置的类型。
- 该命令最多支持 15 个参数，即 1 个 <"unique_name"> + 7 个 <"param_name"> + 7 个 <"param_value">。
- 整条 AT 命令的长度应小于 256 字节。如果你想更新的数据量较大，请使用*AT+RMSEND* 命令。

示例

```
AT+RMPARAMUPDATE="Light","Power","1"
```

AT+RMMODE：设置传输模式

设置命令　命令：

```
AT+RMMODE=<mode>
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<mode>**：传输模式。
  - 0：*RainMaker 普通传输模式*。
  - 1：*RainMaker 透传模式*。

说明

- 在*RainMaker 透传模式* 中，只允许存在一个参数（不包含命令*AT+RMDEV* 添加的节点默认参数）。如果在设备下存在多个参数，则无法进入*RainMaker 透传模式*。

AT+RMSEND：在 RainMaker 普通传输模式或 RainMaker 透传模式下发送数据

设置命令　功能：

在*RainMaker 普通传输模式* 中传输指定长度的数据。

命令：

```
AT+RMSEND=<"unique_name">,<"param_name">,<len>
```

响应：

```
OK

>
```

上述响应表示 AT 已经准备好接收串行数据，此时你可以输入数据，当 AT 接收到的数据长度达到 *<len>* 后，返回：

```
Recv <len> bytes
```

如果所有数据没有被完全发出去，系统最终返回：

```
SEND FAIL
```

如果所有数据被成功发送，系统最终返回：

```
SEND OK
```

执行命令　功能：

进入*RainMaker 透传模式*。

命令：

```
AT+RMSEND
```

响应：

```
OK

>
```

或

```
ERROR
```

进入*RainMaker 透传模式*。当输入单独一包 +++ 时，ESP32-C3 将会退出*RainMaker 透传模式* 下的数据发送模式。请至少间隔 1 秒在发下一条 AT 命令。

参数

- **<" unique_name" >**：设备唯一标识名。
- **<" param_name" >**：参数名。
- **<len>**：数据长度。长度值取决于 RAM 大小。你可以使用*AT+SYSRAM* 命令来查询剩余可用 RAM 大小。

说明

- 在*RainMaker 透传模式* 中，只允许存在一个参数（不包含命令*AT+RMDEV* 添加的节点默认参数）。如果在设备下存在多个参数，则无法进入*RainMaker 透传模式*。
- 如果你想同时更新多个参数，请参考*AT+RMPARAMUPDATE* 命令。

AT+RMOTARESULT：上报 OTA 结果

设置命令　命令：

```
AT+RMOTARESULT=<type>,<"ota_job_id">,<result>,<"additional_info">
```

响应：

```
OK
```

参数

- **<type>**：保留。
- **<" ota_job_id" >**：OTA job ID.
- **<result>**：OTA 结果。
  - 1：OTA 进行中。
  - 2：OTA 成功。
  - 3：OTA 失败。
  - 4：OTA 被应用程序延迟。
  - 5：OTA 由于某种原因被拒绝。
- **<" additional_info" >**：OTA 状态的附加信息。

说明

- 此命令只适用于主控 MCU OTA。对于 ESP32-C3 Wi-Fi OTA，系统会自动上报 OTA 状态。

AT+RMOTAFETCH：获取 OTA 信息

执行命令　命令：

```
AT+RMOTAFETCH
```

响应：

```
OK
```

说明

- 对于主控 MCU OTA，ESP-AT 会立即将接收到的 OTA 信息发送到主控 MCU，格式为 `+RMFWNOTIFY:<type>,<size>,<url>,<fw_version>,<ota_job_id>`。
  - **<type>**：保留。ESP-AT 总是设置为 0。
  - **<size>**：主控 MCU OTA 固件大小。单位：字节。
  - **<url>**：主控 MCU OTA 固件下载 URI。你可以执行*AT+HTTPCGET* 命令来下载固件。
  - **<fw_version>**：主控 MCU OTA 固件版本。
  - **<ota_job_id>**：主控 MCU OTA job ID. 你可以执行*AT+RMOTARESULT* 命令上报 OTA 结果。
- 对于 ESP32-C3 Wi-Fi OTA，系统会自动执行 OTA。ESP-AT 会将 OTA 状态发送到主控 MCU，格式为 `+RMOTA:<status>`。
  - 1：OTA 进行中。
  - 2：OTA 成功。
  - 3：OTA 失败。
  - 4：OTA 被应用程序延迟。
  - 5：OTA 由于某种原因被拒绝。
- 请参考*RainMaker AT OTA 指南* 了解如何通过 ESP RainMaker 云实现 OTA。

7.1.2 RainMaker AT 示例

本文档主要介绍*RainMaker AT 命令集* 的使用方法，并提供在 ESP32-C3 设备上运行这些命令的详细示例。

- 简介
- 在普通传输模式下连接到 *RainMaker* 云进行简单的通信
- 在透传模式下连接到 *RainMaker* 云进行简单的通信
- 执行用户和节点之间的映射

简介

乐鑫提供了一个官方应用 Nova Home 来和设备进行交互。您可以通过 Google Play (Android) 或者 App Store (iOS) 下载。在文档的示例中，默认使用 Nova Home（版本：1.6.2）作为客户端应用。

在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信

1. 初始化节点。
   ESP32-C3 初始化节点：
   命令：

```
AT+RMNODEINIT
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   该命令执行成功之后，节点配置将在内部保存。初始化的节点配置如下。

```
{
    "node_id":"xxxxxxxxxxx",
    "config_version":"2020-03-20",
    "info":{
        "name":"ESP RainMaker AT Node",
        "fw_version":"2.4.0(esp32c3_MINI-1_4b42408):Sep 20 2022 11:58:48",
        "type":"AT Node",
        "model":"esp-at",
        "project_name":"esp-at",
        "platform":"esp32c3"
    },
    "devices":[

    ],
    "services":[
        {
            "name":"System",
            "type":"esp.service.system",
            "params":[
                {
                    "name":"Reboot",
                    "type":"esp.param.reboot",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
```

(续下页)

(接上页)

```
                {
                    "name":"Factory-Reset",
                    "type":"esp.param.factory-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Wi-Fi-Reset",
                    "type":"esp.param.wifi-reset",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Time",
            "type":"esp.service.time",
            "params":[
                {
                    "name":"TZ",
                    "type":"esp.param.tz",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"TZ-POSIX",
                    "type":"esp.param.tz_posix",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        },
        {
            "name":"Schedule",
            "type":"esp.service.schedule",
            "params":[
                {
                    "name":"Schedules",
                    "type":"esp.param.schedules",
                    "data_type":"array",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "bounds":{
                        "max":10
                    }
                }
            ]
```

(续下页)

(接上页)

```
        }
    ]
}
```

2. 属性信息操作。(可选)
   例如，ESP32-C3 添加名字为 “serial_num”，值为 “123abc” 的属性到节点中。
   命令：

```
AT+RMNODEATTR="serial_num","123abc"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   该命令执行成功后，新的属性被添加到节点配置中。

```
{
    "node_id":"xxxxxxxxxxxx",
    "config_version":"2020-03-20",
    "info":Object{...},
    "attributes":[
        {
            "name":"serial_num",
            "value":"123abc"
        }
    ],
    "devices":[

    ],
    "services":Array[3]
}
```

3. 添加一个设备。
   例如，ESP32-C3 添加一个设备，设备唯一标识名为 “Light”，设备名称为 “Light”，设备类型为 “esp.device.light”。
   命令：

```
AT+RMDEV=0,"Light","Light","esp.device.light"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   该命令执行成功后，设备被添加到节点配置中。

```
{
    "node_id":"xxxxxxxxxxxx",
    "config_version":"2020-03-20",
    "info":Object{...},
    "attributes":Array[1],
    "devices":[
        {
            "name":"Light",
            "type":"esp.device.light",
            "params":[
                {
                    "name":"Name",
                    "type":"esp.param.name",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
```

(续下页)

(接上页)

```
                        "write"
                    ]
                }
            ]
        }
    ],
    "services":Array[3]
}
```

4. 向设备中添加参数。
   例如，ESP32-C3 添加 “Power” 和 “Brightness” 到 “Light” 设备中。
   参数名为 “Power”，参数类型为 “esp.param.power”，数据类型为 bool，权限为读和写，UI 类型为 “esp.ui.toggle”，默认值为 false (“0”)。
   命令：

```
AT+RMPARAM="Light","Power","esp.param.power",1,3,"esp.ui.toggle","0"
```

   响应：

```
OK
```

   参数名为 “Brightness”，参数类型为 “esp.param.brightness”，数据类型为 int，权限为读和写，UI 类型为 “esp.ui.slider”，默认值为 “50”。
   命令：

```
AT+RMPARAM="Light","Brightness","esp.param.brightness",2,3,"esp.ui.slider","50"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   该命令执行成功后，” Power” 参数和 “Brightness” 参数被加入到设备中。

```
{
    "node_id":"XXXXXXXXXXXX",
    "config_version":"2020-03-20",
    "info":Object{...},
    "attributes":Array[1],
    "devices":[
        {
            "name":"Light",
            "type":"esp.device.light",
            "params":[
                {
                    "name":"Name",
                    "type":"esp.param.name",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Brightness",
                    "type":"esp.param.brightness",
                    "data_type":"int",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "ui_type":"esp.ui.slider"
                },
```

(续下页)

(接上页)

```
                {
                    "name":"Power",
                    "type":"esp.param.power",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "ui_type":"esp.ui.toggle"
                }
            ]
        }
    ],
    "services":Array[3]
}
```

5. 执行配网并完成用户和节点之间的映射。
   使用 Nova Home app 作为客户端。
   命令：

```
AT+RMPROV=0
```

   响应：

```
WIFI DISCONNECT

OK
```

   如果 ESP32-C3 之前已经连接一个 AP，则设备首先会断开连接。之后在 app 右上角，您可以点击“+”按钮 > `Add Device`，然后 app 通过 Bluetooth LE 扫描并显示发现的设备。
   点击设备进行 Bluetooth LE 配网，在 `Connecting Device` 屏幕中输入 SSID 和密码。之后配网开始。
   在配网的过程中和配网成功后，系统返回：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

+RMCONNECTED
+RMMAPPINGDONE
```

   之后您可以在 app 上设置设备的名字和房间。
6. 更新参数。
   在 app 上显示灯的状态为关闭状态。通过修改“Power”参数将值改为 true（“1”）。
   命令：

```
AT+RMPARAMUPDATE="Light","Power","1"
```

   响应：

```
OK
```

   之后您可以在 app 上看到灯的状态从关闭状态切换到打开状态。
7. 远程控制设备。
   您可以在 app 上控制灯的状态。例如，您可以将灯的状态由打开状态切换到关闭状态。当 ESP32-C3 接收到控制消息时，系统返回：

```
+RMRECV:Local,Light,Power:0
```

8. 主动断开与 ESP RainMaker 云的连接。
   命令：

```
AT+RMCLOSE
```

   响应：

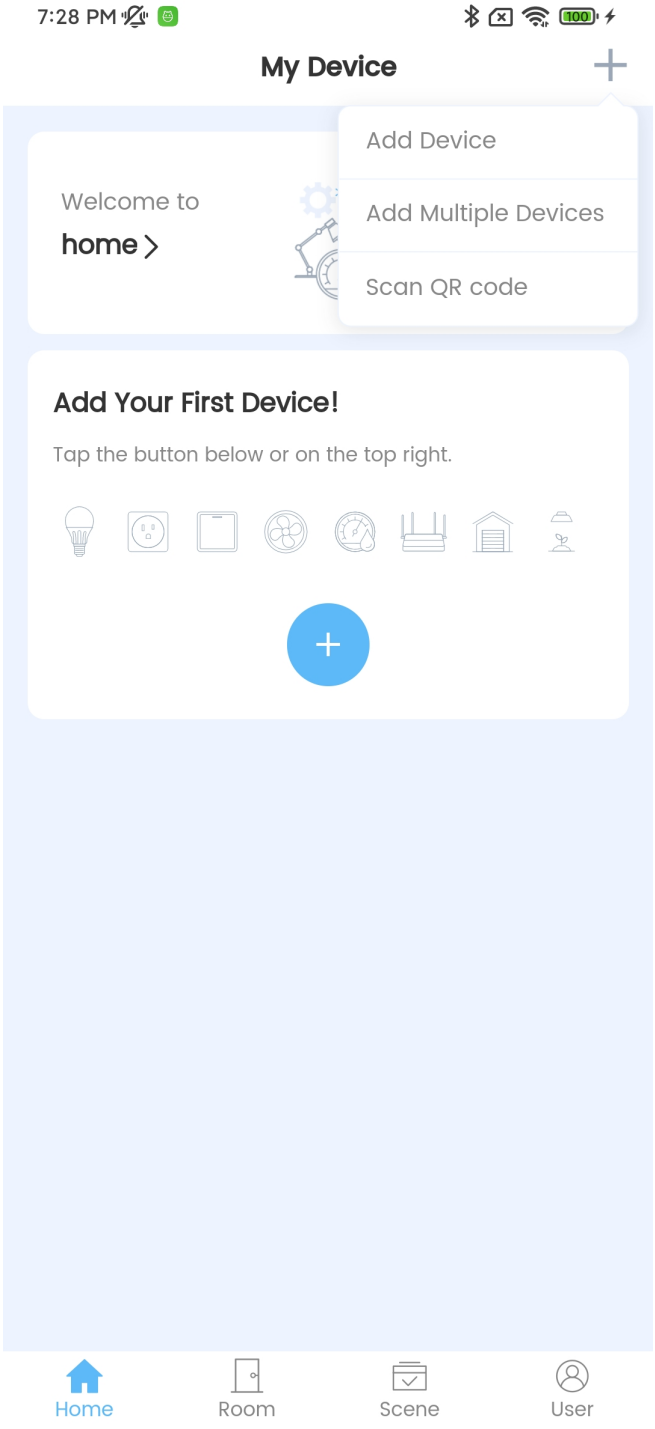


图 1: Nova Home 添加设备

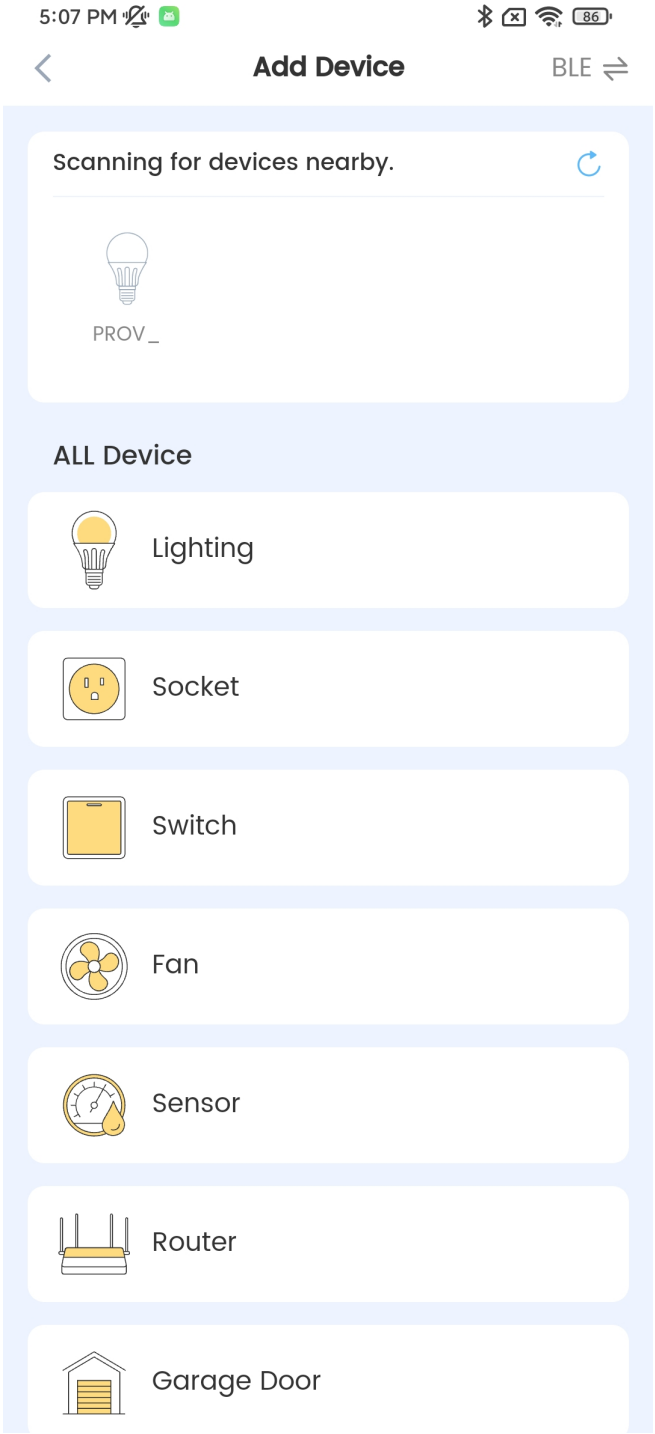


图 2: Nova Home 发现设备

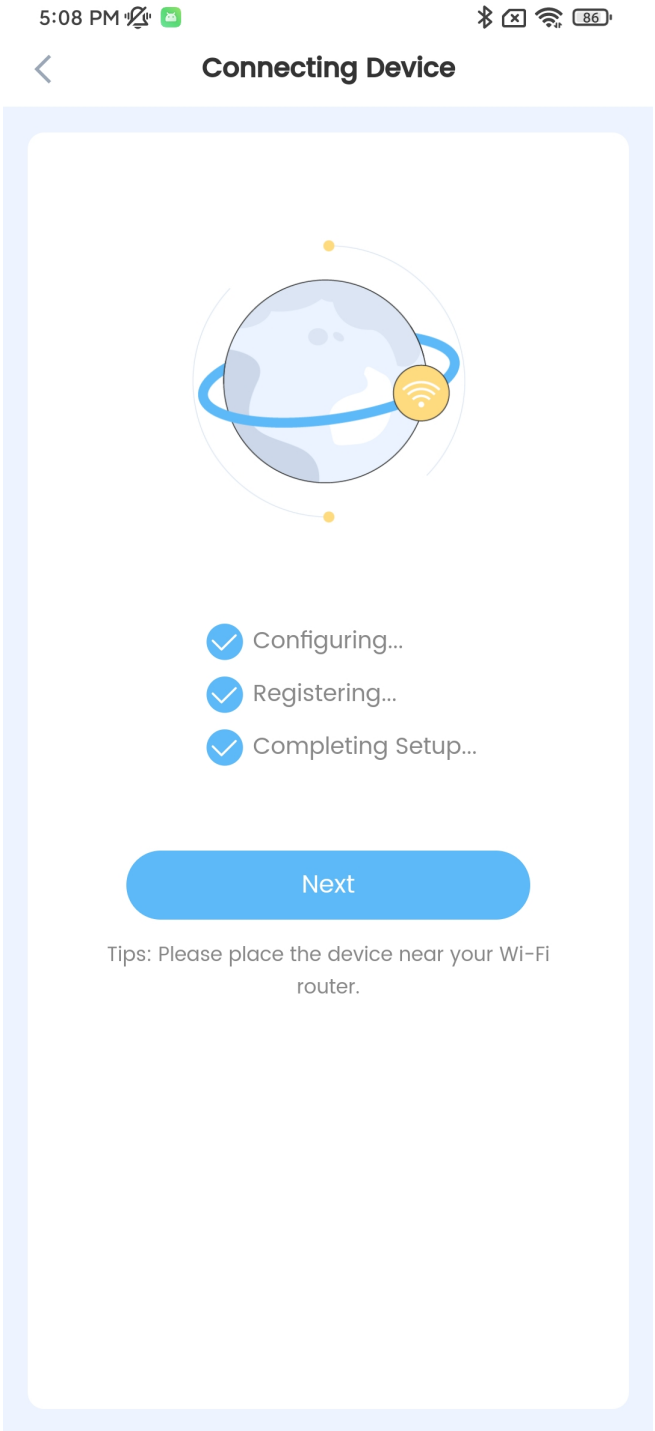


图 3: Nova Home 开始配网

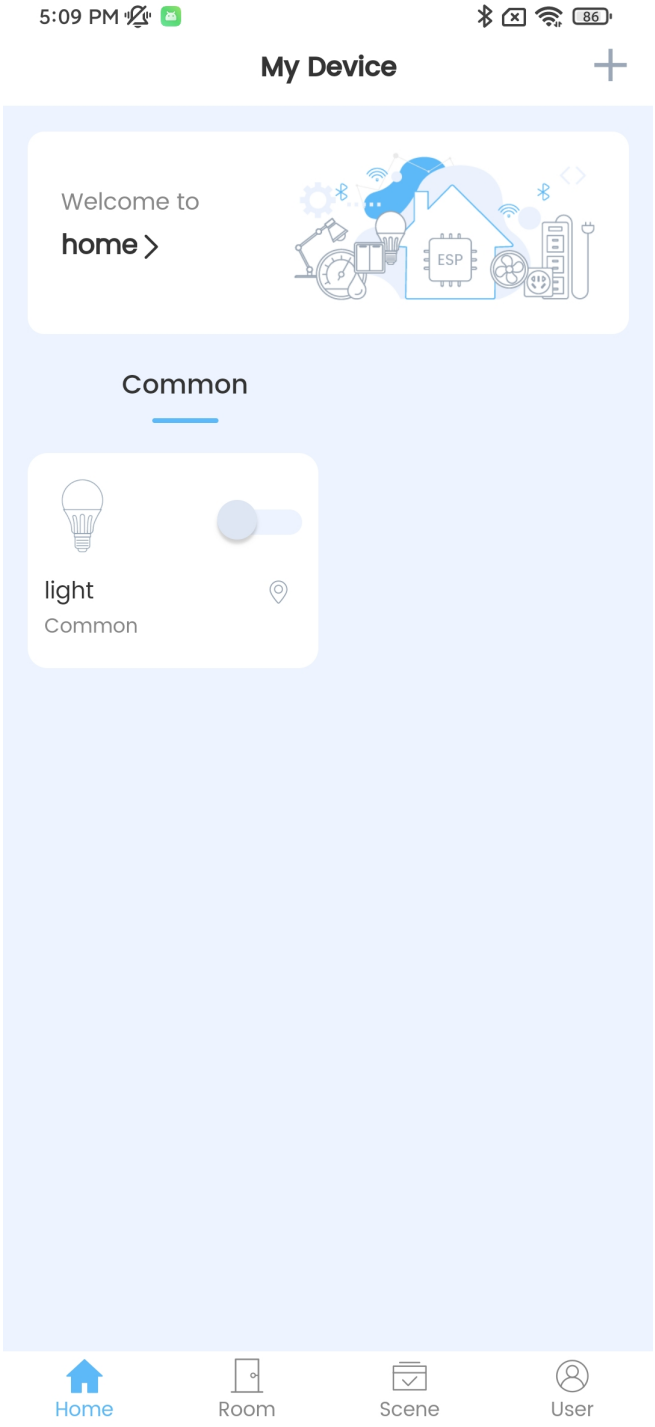


图 4: Nova Home 设备

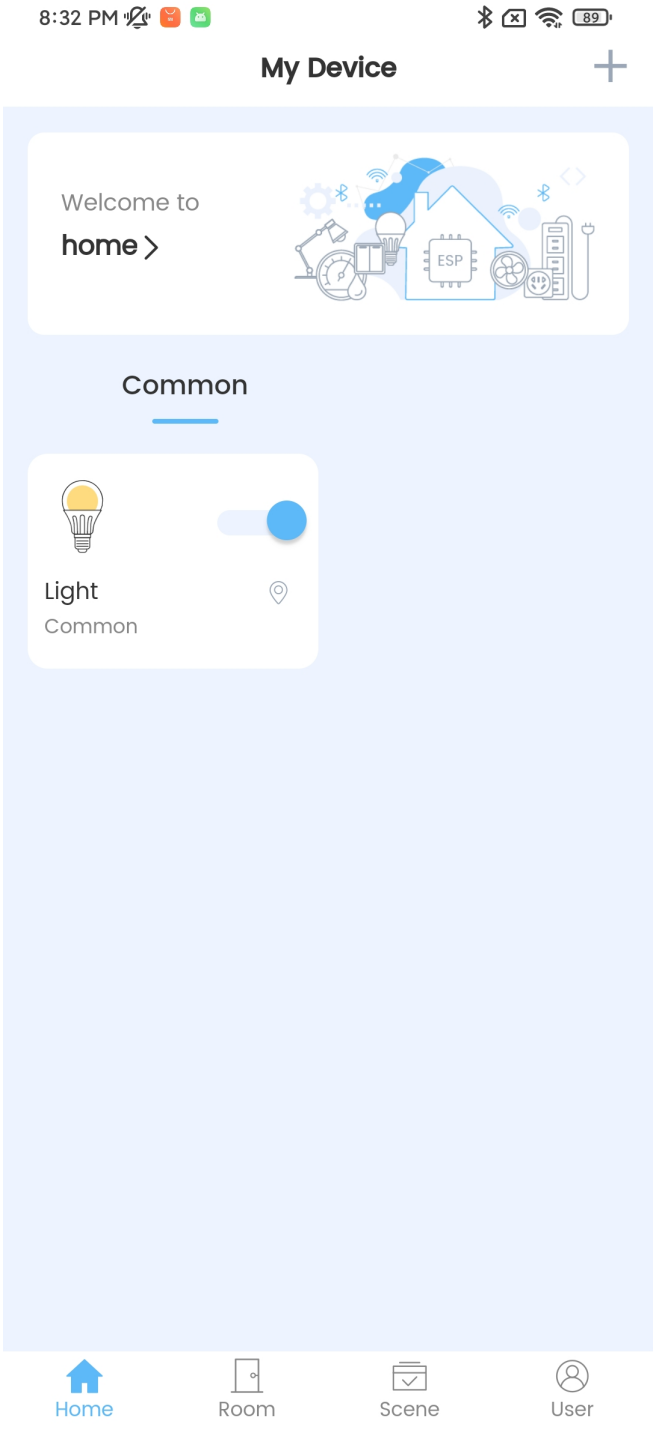


图 5: Nova Home 修改灯的状态

```
OK
```

在透传模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信

1. 初始化节点。
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*初始化节点*。
2. 属性信息操作。(可选)
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*属性信息操作*。
3. 添加一个设备。
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*添加一个设备*。
4. 向设备中添加参数。
   在*RainMaker 透传模式* 中，只允许存在一个参数（不包含命令*AT+RMDEV* 添加的节点默认参数）。
   如果在设备下存在多个参数，则无法进入*RainMaker 透传模式*。
   例如，ESP32-C3 添加“Power”参数到“Light”设备中。参数名为“Power”，参数类型为“esp.param.power”，数据类型为 bool，权限为读和写，UI 类型为 “esp.ui.toggle”，默认值为 false (“0”)。
   命令：

```
AT+RMPARAM="Light","Power","esp.param.power",1,3,"esp.ui.toggle","0"
```

   响应：

```
OK
```

   说明：
   该命令执行成功后，” Power” 参数被添加到设备中。

```
{
    "node_id":"XXXXXXXXXXXX",
    "config_version":"2020-03-20",
    "info":Object{...},
    "attributes":Array[1],
    "devices":[
        {
            "name":"Light",
            "type":"esp.device.light",
            "params":[
                {
                    "name":"Name",
                    "type":"esp.param.name",
                    "data_type":"string",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ]
                },
                {
                    "name":"Power",
                    "type":"esp.param.power",
                    "data_type":"bool",
                    "properties":[
                        "read",
                        "write"
                    ],
                    "ui_type":"esp.ui.toggle"
                }
            ]
        }
    ],
    "services":Array[3]
}
```

5. 执行配网并完成用户和节点之间的映射。
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*执行配网并完成用户和节点之间的映射*。
6. 进入透传模式。
   命令：

```
AT+RMMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

7. 发送数据
   命令：

```
AT+RMSEND
```

   响应：

```
OK

>
```

   之后您可以直接输入数据，输入 `1` 可以将灯切换到开灯状态，输入 `0` 可以将灯切换到关灯状态。
8. 停止发送数据。
   当 AT 识别到单独的一包数据 `+++` 时，系统会退出*RainMaker 透传模式*。此时请至少等待一秒，再发下一条 AT 命令。请注意，如果直接用键盘输入 `+++`，有可能因为时间太慢而不能被识别为连续的三个 `+`。

重要： 使用`+++` 可退出*RainMaker 透传模式*，回到*RainMaker 普通传输模式*。您可以再次使用 `AT+RMSEND` 命令进入到*RainMaker 透传模式*。

---

9. 主动断开与 ESP RainMaker 云的连接。
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*主动断开与 ESP RainMaker 云的连接*。

执行用户和节点之间的映射

1. 设置 Wi-Fi 模式为 station。
   命令：

```
AT+CWMODE=1
```

   响应：

```
OK
```

2. 连接到路由器。
   命令：

```
AT+CWJAP="espressif","1234567890"
```

   响应：

```
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
```

   说明：
   您输入的 SSID 和密码可能跟上述命令中的不同。请使用您的路由器的 SSID 和密码。
3. 初始化节点。
   请参考*在普通传输模式下连接到 RainMaker 云进行简单的通信* 示例中的*初始化节点*。
4. 属性信息操作。（可选）

请参考在普通传输模式下连接到 *RainMaker* 云进行简单的通信 示例中的属性信息操作。

5. 添加一个设备。
   请参考在普通传输模式下连接到 *RainMaker* 云进行简单的通信 示例中的添加一个设备。
6. 向设备中添加参数。
   请参考在普通传输模式下连接到 *RainMaker* 云进行简单的通信 示例中的向设备中添加参数。
7. 连接到 ESP RainMaker 云。
   命令：

```
AT+RMCONN
```

   响应：

```
OK
```

   如果设备成功连接到云，系统返回：

```
+RMCONNECTED
```

8. 开启用户和节点之间的映射。
   乐鑫提供了 REST APIs 操作 RainMaker 后台服务。
   首先您可以通过 API /{version}/login 输入 `user_name` 和 `password` 来获取 `accesstoken`。之后可以点击 `Authorize` 按钮来输入刚获取到的 `accesstoken`。

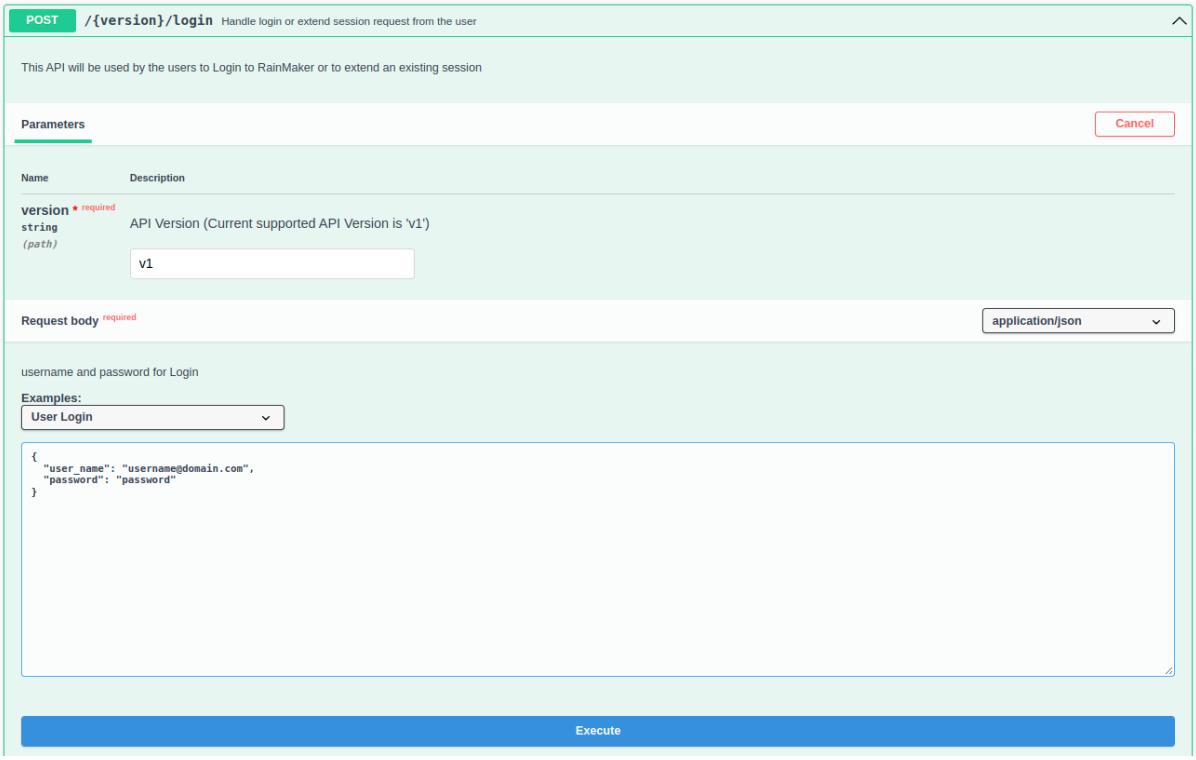


图 6: REST API 登陆

接着使用 API /{version}/user 获取 `user_id`。
接着通过 API /{version}/user/nodes/mapping 来获取 `request_id`。如下图所示，ESP32-C3 添加 `node_id` 为 “84F70308E0E8”，`secret_key` 为 “test”。
最后，使用*AT+RMUSERMAPPING* 开启用户和节点之间的映射。
命令：

```
AT+RMUSERMAPPING="GitHub_xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx","test"
```

响应：

```
OK
```

如果映射完成，系统返回：



图 7: REST API 访问令牌

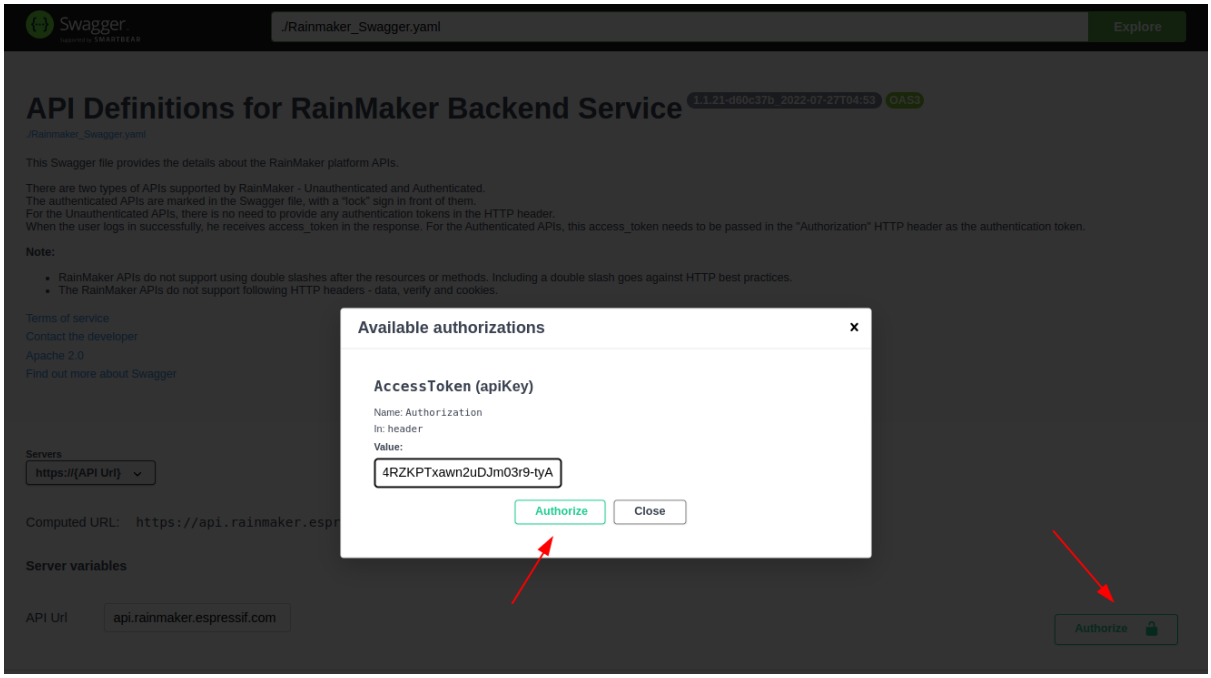


图 8: REST API 登陆授权

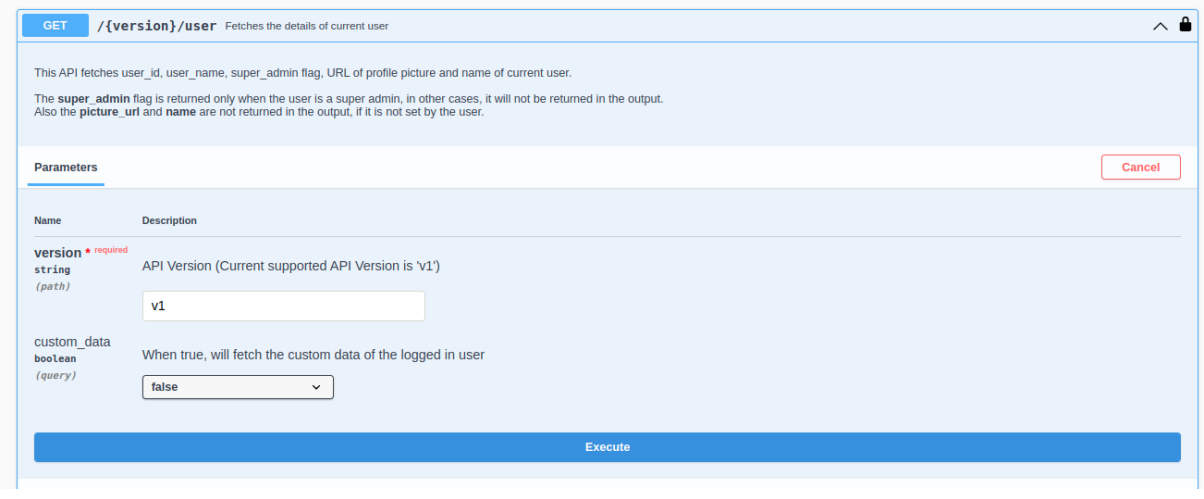


图 9: REST API 获取用户细节

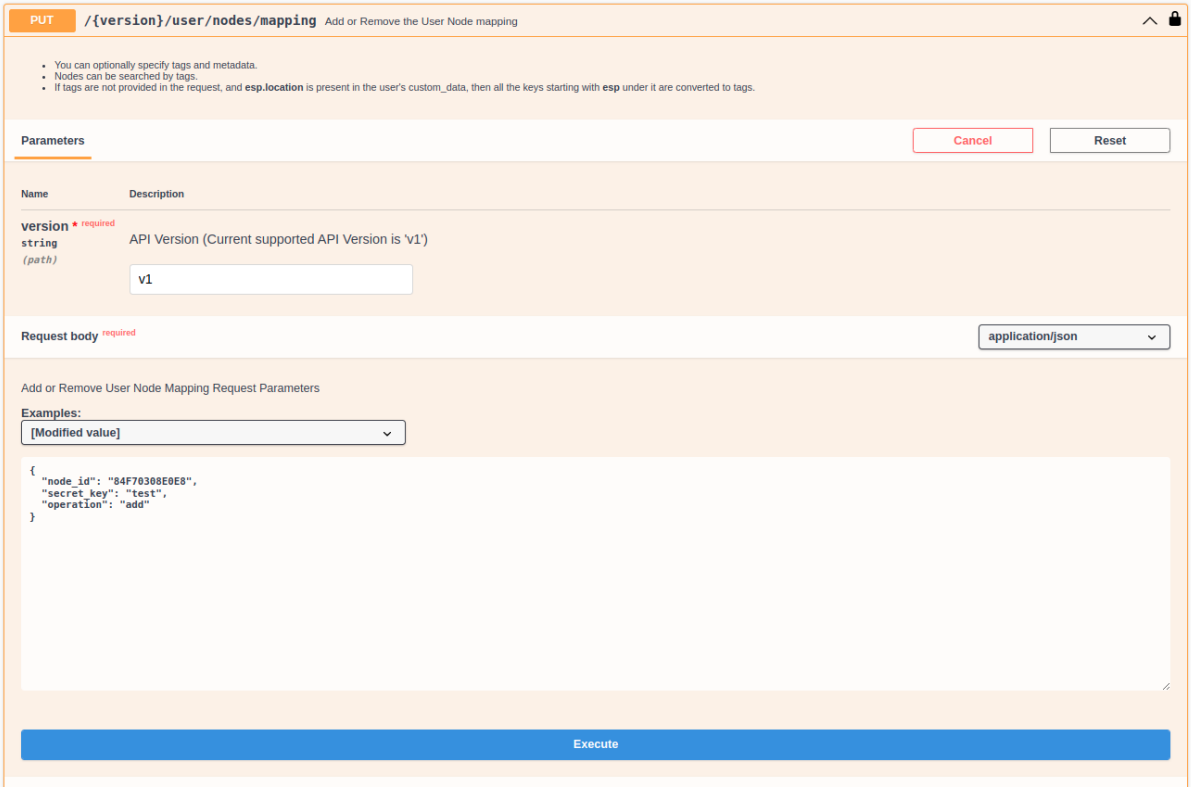


图 10: REST API 获取 Request id

```
+RMMAPPINGDONE
```

之后，您可以在 app 上刷新就可以看到刚添加的设备。
说明：
该命令不保证映射成功。映射结果需要由客户端单独检查 (Phone app/CLI)。

9. 清除用户和节点之间的映射。(可选)
   命令：

```
AT+RMUSERUNMAPPING
```

响应：

```
OK
```

7.1.3 RainMaker AT OTA 指南

本文档提供了详细的*RainMaker AT 命令集* 示例来说明如何在 ESP32-C3 上进行 OTA 升级。

- 简介
- *主控 MCU OTA*
- *Wi-Fi MCU OTA*

简介

当前 ESP RainMaker Dashboard 支持 2 种 OTA 触发方式：

- **Force Push**：直接升级。ESP RainMaker 云立即下发一条 OTA 消息。
- **User Approval**：用户确认。用户需要在手机应用上确认后才能接收到 ESP RainMaker 云下发的 OTA 消息。（推荐）

当前主控 MCU 和 Wi-Fi MCU 均支持通过 ESP RainMaker 云进行 OTA 升级：

- **主控 MCU OTA**：OTA 固件用来升级主控 MCU。
- **Wi-Fi MCU OTA**：OTA 固件用来升级 ESP32-C3。

在 OTA 过程中，存在以下 5 种状态：

- OTA 进行中。
- OTA 成功。
- OTA 失败。
- OTA 被应用程序延迟。
- OTA 由于某种原因被拒绝。

重要：

- *AT+RMNODEINIT* 命令默认开启 OTA 服务。
- 只有当设备上报的 OTA 状态为 `OTA 成功`或者 `OTA 由于某种原因被拒绝`时，云端才会将 OTA job 状态设置为 `完成`。

主控 MCU OTA

主控 MCU 完全控制其 OTA 的升级过程。

整个 OTA 流程可以分为以下三个阶段：

- 获取固件信息
- 下载固件
- 上报 *OTA* 结果

获取固件信息 ESP-AT 默认会被动的接收 OTA 信息。你也可以主动执行*AT+RMOTAFETCH* 命令来获取 OTA 信息。

1. 获取 OTA 信息。
   命令：

   ```
   AT+RMOTAFETCH
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

   如果云端存在未完成的 OTA job，ESP-AT 会立即将接收到的 OTA 信息发送到主控 MCU，格式为 `+RMFWNOTIFY:<type>,<size>,<url>,<fw_version>,<ota_job_id>`。请参考*AT+RMOTAFETCH* 获取更多 OTA 通知信息。

   ```
   +RMFWNOTIFY:0,1740880,https://esp-rainmaker-ota-315787942180-prod.s3.us-east-1.
   ↪amazonaws.com/users/GitHub_TMo6AB9Y96HjWnRkYdWfNK/firmwareimages/fnwH9nS4g/
   ↪AT_OTA_TEST_2.bin?X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-
   ↪Credential=ASIAUTBTNTESPB4WFGEF%2F20221114%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-
   ↪Amz-Date=20221114T114202Z&X-Amz-Expires=86400&X-Amz-Security-
   ↪Token=FwoGZXIvYXdzEO3%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F
   ↪%2FwEaDHkEHIt8cAKM633AFCLRAqKj%2F6Mb0%2FUTH%2BjJdcp
   ↪%2FNPuCgDF3xDY0u9kZ1LKrL9oXCmFPTMn1ZQRRELIkKxsiPwW7Y7Wwr9h6iYrtUyhWpPoapDZYNKyesfQST
   ↪%2BfFnWiq7nDYMyaqYfezIO2e60b50IEqW4aE58krGc0F4TuM1eG4ZkLX7skw
   ↪%2BuSRkhVmMo4YmlrO%2Bbi49%2Fe12DmETnX69inFXvdZqyQ4ws2T7YmDu%2BC
   ```

(续下页)

(接上页)

```
↪%2FSZZwoYkWnCBphMR
↪%2BsORfE5SCpg9VAlJfEt56NmkDTUU875zIzw9IgR1pr4MQV0E3C3KCCy7qZGTSGdss9r4Qy783WpQcT
↪%2FPfta4%2FR7fPzChbyPawAqQFDlkqjBAdANNbx3bSyDN%2BDyk%2BKXJVRXgtNTp3GQS8zp7
↪%2FGcYakd8%2FXMMqDEWJjlKjO%2F%2Bt4Gyw5iLaHwNRzeyvzm6uDYf3%2F%2F2cPhvqHtPE5
↪%2BXNU9wm%2Fv0FDpooitPImwYyLUyTk7gw1QQ
↪%2FbAhlxffQbpHJLyDqGraMyZF8KtAHnv5WeCuvs0rFt1dhmq0ePg%3D%3D&X-Amz-
↪SignedHeaders=host&X-Amz-
↪Signature=fa5e04cd9eb8d010a954ccacba12d4fccc019853b34f60ebba82b212b0080561,
↪d486921-dirty,cpuJraj3cxmAXuw8ER2GAe
```

下载固件

1. 设置长 HTTP URL。
   命令：

   ```
   AT+HTTPURLCFG=1083
   ```

   响应：

   ```
   OK

   >
   ```

   符号 > 标识 AT 准备好接收串口数据，此时你可以输入 URL，当数据长度达到参数 `<url length>` 的值时，系统返回：

   ```
   SET OK
   ```

2. 下载固件
   命令：

   ```
   AT+HTTPCGET=""
   ```

   响应：

   ```
   +HTTPCGET:<size>,<data>
   OK
   ```

   在该步中，主控 MCU 必须自己处理接收到的固件数据。请参考*AT+HTTPCGET* 命令获取更多信息。

上报 OTA 结果

1. 上报 OTA 结果。
   命令：

   ```
   AT+RMOTARESULT=0,"cpuJraj3cxmAXuw8ER2GAe",2,"OTA success"
   ```

   响应：

   ```
   OK
   ```

Wi-Fi MCU OTA

ESP32-C3 完全控制其 OTA 的升级过程。

在 OTA 过程中，ESP-AT 会自动将 OTA 状态上报云端，并以 `+RMOTA:<status>` 格式向主控 MCU 输出状态。请参考*AT+RMOTAFETCH* 命令获取 `<status>` 信息。

Wi-Fi MCU OTA 成功后，ESP-AT 将向主控 MCU 发送 `+RMOTA:1`。在此之后，当主控 MCU 发送*AT+RST* 或者*AT+RESTORE* 命令重启 ESP32-C3，或者 ESP32-C3 因为其它原因重启后，均会运行新的固件。推荐主控 MCU 接收到 `+RMOTA:1` 后在合适的时间执行*AT+RST* 命令重启 ESP32-C3 来切换到新固件。

7.1.4 Index of Abbreviations

RainMaker Normal Transmission Mode
Default Transmission Mode
In RainMaker Normal Transmission Mode, you must first add parameters to the device. ESP-AT will convert the parameters to the RainMaker data model and communicate with the cloud in string form (JSON format). In this mode, you can operate multiple parameters of the device.

RainMaker 普通传输模式
默认传输模式
在普通传输模式下，您必须先在设备下添加参数，ESP-AT 会将参数转换为 RainMaker 数据模型后以字符串形式（JSON 格式）和云端通信。在该模式下，您可以对设备下的多个参数进行操作。

RainMaker Passthrough Mode
Also called as "RainMaker Passthrough Sending & Receiving Mode".
RainMaker Passthrough Mode only supports one parameter under the device (excluding default parameters). The topic to publish is `node/<node_id>/params/local`. ESP-AT will automatically pushes the data sent by the MCU to the RainMaker cloud in string form (JSON format). The topic to subscribe to is `node/<node_id>/params/remote`. ESP-AT will automatically parses the data received from the RainMaker cloud and sends the parsed data (string format) to the MCU.
In RainMaker Passthrough Mode, other AT commands can not be sent except the special `+++` command.
In RainMaker Passthrough Mode, the scheduling service unavailable.

RainMaker 透传模式
也称为 "RainMaker 透传发送接收模式"。
RainMaker 透传模式仅支持设备中存在一个参数（不包括默认参数）。发布主题为 `node/<node_id>/params/local`。ESP-AT 会自动将 MCU 发送的数据以字符串形式（JSON 格式）推送 RainMaker 云端。订阅主题为 `node/<node_id>/params/remote`。ESP-AT 会自动将从 RainMaker 云端接收到的数据进行解析，并将解析后的数据（字符串格式）发送给 MCU。
在 RainMaker 透传模式下，除了特殊命令`+++`，无法发送其他 AT 命令。
在 RainMaker 透传模式下，定时服务不可用。

7.1.5 RainMaker AT 消息

- ESP-AT RainMaker 消息报告（主动）
  ESP-AT 会报告系统中重要的 RainMaker 状态变化或消息。

表 1: ESP-AT 消息报告

ESP-AT 消息报告	说明
通用 AT 消息	请参考*ESP-AT 消息报告（主动）*
+RMRECV:<src_name>,<device_name>,<param_n	ESP-AT 收到来自 RainMaker 云端的消息，参数 `<param_value>` 的格式为字符串
+RMCONNECTED	RainMaker 设备连接到云
+RMDISCONNECTED	RainMaker 设备被动断开了与云的连接
+RMRESET	RainMaker 设备接收到 reset 消息。主控 MCU 在接收到消息后应主动执行命令*AT+RST* 来重启模块
+RMREBOOT	RainMaker 设备接收到 reboot 消息。主控 MCU 在接收到消息后应主动执行命令*AT+RST* 来重启模块
+RMTIMEZONE	RainMaker 设备接收到 timezone 消息
+RMMAPPINGDONE	RainMaker 设备完成用户和节点之间的映射
+RMFWNOTIFY:<type>,<size>,<url>,<fw_version	RainMaker 设备输出接收到的主控 MCU OTA 信息
+RMOTA:<status>	RainMaker 设备输出 Wi-Fi MCU OTA 状态

Chapter 8

AT FAQ

- *AT* 固件
  - 我的模组没有官方发布的固件，如何获取适用的固件？
  - 如何获取 *AT* 固件源码？
  - 官网上放置的 *AT* 固件如何下载？
  - 如何整合 *ESP-AT* 编译出来的所有 *bin* 文件？
  - 模组出厂 *AT* 固件是否支持流控？
- *AT* 命令与响应
  - *AT* 提示 *busy* 是什么原因？
  - *AT* 固件，上电后发送第一个命令总是会返回下面的信息，为什么？
  - 在不同模组上的默认 *AT* 固件支持哪些命令，以及哪些命令从哪个版本开始支持？
  - 主 *MCU* 给 *ESP32-C3* 设备发 *AT* 命令无返回，是什么原因？
  - *Wi-Fi* 断开（打印 *WIFI DISCONNECT*）是为什么？
  - *Wi-Fi* 常见的兼容性问题有哪些？
  - *ESP-AT* 命令是否支持 *ESP-WIFI-MESH*？
  - 是否有 *AT* 命令连接阿里云以及腾讯云示例？
  - *AT* 命令是否可以设置低功耗蓝牙发射功率？
  - 如何支持那些默认固件不支持但可以在配置和编译 *ESP-AT* 工程后支持的命令？
  - *AT* 命令中特殊字符如何处理？
  - *AT* 命令中串口波特率是否可以修改？(默认：*115200*)
  - *ESP32-C3* 使用 *AT* 命令进入透传模式，如果连接的热点断开，*ESP32-C3* 能否给出相应的提示信息？
  - 低功耗蓝牙客户端如何使能 *notify* 和 *indicate* 功能？
- 硬件
  - 在不同模组上的 *AT* 固件要求芯片 *flash* 多大？
  - *AT* 固件如何查看 *error log*？
  - *AT* 在 *ESP32-C3* 模组上的 *UART1* 通信管脚与 *ESP32-C3* 模组的 *datasheet* 默认 *UART1* 管脚不一致？
- 性能
  - *AT Wi-Fi* 连接耗时多少？
  - *ESP-AT* 固件中 *TCP* 发送窗口大小是否可以修改？
  - *ESP32-C3 AT* 吞吐量如何测试及优化？
  - 如何修改 *ESP32-C3 AT* 默认 *TCP* 数据段最大重传次数？
- 其他
  - 乐鑫芯片可以通过哪些接口来传输 *AT* 命令？
  - *ESP32-C3 AT* 如何指定 *TLS* 协议版本？
  - *AT* 固件如何修改 *TCP* 连接数？
  - *ESP32-C3 AT* 支持 *PPP* 吗?
  - *AT* 如何使能调试日志？

- *AT 指令如何实现 HTTP 断点续传功能？*

8.1 AT 固件

8.1.1 我的模组没有官方发布的固件，如何获取适用的固件？

如果*AT 固件* 章节中没有发布相关固件，您可考虑以下选择：

- 使用相同硬件配置的模组的固件（点击*ESP-AT 固件差异*）。
- 参考：*我该选哪种类型的 AT 固件？*。

8.1.2 如何获取 AT 固件源码？

esp-at 项目以源代码和预编译库的组合形式在此仓库中分发。预编译的核心库（位于 `esp-at/components/at/lib/` 目录下）是闭源的，无开源计划。

8.1.3 官网上放置的 AT 固件如何下载？

- 烧录 Windows Flash 下载工具，详细指导可参阅 Flash 下载工具用户指南。
- 烧录地址请参考*AT 下载指南*。

8.1.4 如何整合 ESP-AT 编译出来的所有 bin 文件？

无需手动整合。现在发布的固件以及编译生成的固件中，均已自带合成好的 2MB/4MB 大小的 bin 文件，位于 `build/factory` 目录下。

8.1.5 模组出厂 AT 固件是否支持流控？

- 该模组支持硬件流控，但是不支持软件流控。
- 对于是否开启硬件流控，您可以通过串口命令*AT+UART_CUR* 或者*AT+UART_DEF* 进行修改。
- *硬件接线参考*。

8.2 AT 命令与响应

8.2.1 AT 提示 busy 是什么原因？

- 提示“busy”表示正在处理前一条命令，无法响应当前输入。因为 AT 命令的处理是线性的，只有处理完前一条命令后，才能接收下一条命令。
- 当有多余的不可[F]字符输入时，系统也会提示“busy”或“ERROR”，因为任何串口的输入，均被认为是命令输入。
  - 串口输入 AT+GMR (换行符 CR LF) (空格符)，由于 AT+GMR (换行符 CR LF) 已经是一条完整的 AT 命令了，系统会执行该命令。此时如果系统尚未完成 AT+GMR 操作，就收到了后面的空格符，将被认为是新的命令输入，系统提示“busy”。但如果是系统已经完成了 AT+GMR 操作，再收到后面的空格符，空格符将被认为是一条错误的命令，系统提示“ERROR”。
  - MCU 发送 AT+CIPSEND 后，收到 busy p.. 响应，MCU 需要重新发送数据。因为 busy p.. 代表上一条命令正在执行，当前输入无效。建议等 AT 上一条命令响应后，MCU 再重新发送新命令。

8.2.2 AT 固件，上电后发送第一个命令总是会返回下面的信息，为什么？

```
ERR CODE:0x010b0000
busy p...
```

- 此信息代表的是”正在处理上一条命令”。
- 一般情况下只会显示”busy p…”，显示 ERR CODE 是因为打开了错误代码提示。
- 如果是上电的第一条命令就返回了这个错误码信息，可能的原因是：这条命令后面多跟了换行符/空格/其他符号，或者连续发送了两个或多个 AT 命令。

8.2.3 在不同模组上的默认 AT 固件支持哪些命令，以及哪些命令从哪个版本开始支持？

- 如果您想了解 ESP-AT 在不同模组上默认固件都支持哪些命令，您可以参考*ESP-AT 固件差异*。
- 如果您想查找某个命令从哪个版本开始支持，以及各个版本上修复了哪些问题，您可以参考 release notes。

8.2.4 主 MCU 给 ESP32-C3 设备发 AT 命令无返回，是什么原因？

当主 MCU 给 ESP32-C3 设备发送 AT 命令后需要添加结束符号，在程序中的写法为：” AT\r\n”。可参见*检查 AT 固件是否烧录成功*。

8.2.5 Wi-Fi 断开（打印 WIFI DISCONNECT）是为什么？

您可以在*AT 日志端口*查看到 Wi-Fi 断开的原因，通常会打印 “wifi disconnected, rc:<reason_code>”。此处的 <reason_code> 请参考：Wi-Fi 原因代码。

8.2.6 Wi-Fi 常见的兼容性问题有哪些？

- AMPDU 兼容性问题。
  - 如果路由器不支持 AMPDU，那么 ESP32-C3 会在和路由器交互时，自动关闭 AMPDU 功能。
  - 如果路由器支持 AMPDU，但是路由器和 ESP32-C3 之间的 AMPDU 传输存在兼容性问题，那么建议关闭路由器的 AMPDU 功能或者 ESP32-C3 的 AMPDU 功能。如果您要禁用 ESP32-C3 的 AMPDU 功能，请自行*编译 ESP-AT 工程*，在第五步配置工程里选择：
    - 禁用 `Component config > Wi-Fi > WiFi AMPDU TX`
    - 禁用 `Component config > Wi-Fi > WiFi AMPDU RX`
- phy mode 兼容性问题。如果路由器和 ESP32-C3 之间的 phy mode 存在兼容性问题，那么建议切换路由器的 phy mode 或者 ESP32-C3 的 phy mode。如果您要切换 ESP32-C3 的 phy mode，请参考*AT+CWSTAPROTO* 命令。

8.2.7 ESP-AT 命令是否支持 ESP-WIFI-MESH？

ESP-AT 当前不支持 ESP-WIFI-MESH。

8.2.8 是否有 AT 命令连接阿里云以及腾讯云示例？

若使用*通用 AT 固件*，可参考以下示例：

- 阿里云应用参考：AT+MQTT aliyun。
- 腾讯云应用参考：AT+MQTT QCloud。

8.2.9 AT 命令是否可以设置低功耗蓝牙发射功率？

可以。ESP32-C3 的 Wi-Fi 和 Bluetooth LE 共用一根天线，可使用*AT+RFPOWER* 命令设置。

8.2.10 如何支持那些默认固件不支持但可以在配置和编译 ESP-AT 工程后支持的命令？

例如在 ESP32-C3 系列支持连接 WPA2 企业级路由器功能，需编译时在 menuconfig 中开启该功能 `./build.py menuconfig > Component config > AT > [*]AT WPA2 Enterprise command support`。

8.2.11 AT 命令中特殊字符如何处理？

可以参考*AT 命令分类* 章节中的转义字符语法。

8.2.12 AT 命令中串口波特率是否可以修改？(默认：115200)

AT 命令串口的波特率是可以修改的。

- 第一种方法，您可以通过串口命令*AT+UART_CUR* 或*AT+UART_DEF*。
- 第二种方法，您可以重新编译 AT 固件，编译介绍：*如何编译 AT 工程* 与*修改 UART 波特率配置*。

8.2.13 ESP32-C3 使用 AT 命令进入透传模式，如果连接的热点断开，ESP32-C3 能否给出相应的提示信息？

- 可以通过命令*AT+SYSMSG* 进行配置，可设置 AT+SYSMSG=4，如果连接的热点断开，串口会上报“WIFI DISCONNECT\r\n”。
- 需要注意的是，该命令在 AT v2.1.0 之后添加，v2.1.0 及之前的版本无法使用该命令。

8.2.14 低功耗蓝牙客户端如何使能 notify 和 indicate 功能？

- 低功耗蓝牙的特征的属性除了读、写还有 `notify` 和 `indicate`。这两种都是服务端向客户端发送数据的方式，但是要想真的发送成功需要客户端提前注册 `notification`，也就是写 `CCCD` 的值。
- 如果要使能 `notify`，需要写 `0x01`；如果要使能 `indicate`，需要写 `0x02`（写 `0x2902` 这个描述符）；如果是既想使能 `notify` 又想使能 `indicate`，需要写 `0x03`。
- 比如，ESP-AT 的默认的服务中，`0xC305` 是可 `notify` 的，`0xC306` 是可 `indicate` 的。我们分别写这两个特征下面的 `0x2902` 描述符：

```
AT+BLEGATTCWR=0,3,6,1,2
>
// 写低位 0x01 高位 0x00（如果要使用 hex 格式写的话就是：0100）
OK
// server: +WRITE:0,1,6,1,2,<0x01>,<0x00>
AT+BLEGATTCWR=0,3,7,1,2
>
// 写低位 0x02 高位 0x00（如果要使用 hex 格式写的话就是：0200）
OK
// server: +WRITE:0,1,6,1,2,<0x02>,<0x00>
// 写 ccc 是 server 可以发送 notify 和 indicate 的前提条件
```

8.3 硬件

8.3.1 在不同模组上的 AT 固件要求芯片 flash 多大？

- 对于 ESP32-C3 系列模组，您可以参考*ESP-AT 固件差异*。

8.3.2 AT 固件如何查看 error log？

- ESP32-C3 在 download port 查看 error log，默认 UART0 为 GPIO21、GPIO20。
- 详情可以参阅硬件连接。

8.3.3 AT 在 ESP32-C3 模组上的 UART1 通信管脚与 ESP32-C3 模组的 datasheet 默认 UART1 管脚不一致？

- ESP32-C3 支持 IO 矩阵变换，在编译 ESP-AT 的时候，可以在 menuconfig 中通过软件配置修改 UART1 的管脚配置，所以就会出现和 datasheet 管脚不一致的情况。
- 管脚详情可以参阅 factory_param_data.csv。

8.4 性能

8.4.1 AT Wi-Fi 连接耗时多少？

- 在办公室场景下，AT Wi-Fi 连接耗时实测为 5 秒。但在实际使用中，Wi-Fi 连接时间取决于路由器性能，网络环境，模块天线性能等多个条件。
- 可以通过*AT+CWJAP* 的 **<jap_timeout>** 参数，来设置最大超时时间。

8.4.2 ESP-AT 固件中 TCP 发送窗口大小是否可以修改？

- TCP 发送窗口当前无法通过命令修改，需要配置和编译 ESP-AT 工程生成新的固件。
- 可以重新配置 menuconfig 参数，`Component config > LWIP > TCP > Default send buffer size`。

8.4.3 ESP32-C3 AT 吞吐量如何测试及优化？

- AT 吞吐量测试的影响因素较多，建议使用 esp-idf 中的 iperf 示例进行测试（用 AT 测试时，请使用透传方式，并将数据量调整为 1460 字节连续发送）。
- 若测试速率不满足需求，您可以参考如何提高 *ESP-AT 吞吐性能* 来提高速率。

8.4.4 如何修改 ESP32-C3 AT 默认 TCP 数据段最大重传次数？

默认情况下，AT 的 TCP 数据段重传最大次数为 6 次。您可以通过以下方式重新配置 TCP 数据段重传最大次数（取值范围为：[3-12]）：

- 请参考本地编译 *ESP-AT 工程* 文档自行编译 AT 固件，在第五步中，请配置 `Maximum number of retransmissions of data segments`：

```
python build.py menuconfig > Component config > LWIP > TCP > Maximum␣
↪number of retransmissions of data segments
```

- 请参考网页编译 *ESP-AT 工程* 文档自行编译 AT 固件，在第五步的第三小点中，请修改 CONFIG_LWIP_TCP_MAXRTX 的值。

8.5 其他

8.5.1 乐鑫芯片可以通过哪些接口来传输 AT 命令？

- ESP32-C3 支持 UART、SPI 接口通信。
- AT 默认固件是使用 UART 接口来传输。用户如果需要使用 SDIO 或者 SPI 接口进行通信，可以基于 ESP-AT 配置编译，详情请见编译和开发。
- 更多资料请参考 使用 AT SDIO 接口 ， 使用 AT SPI 接口 ， 或 使用 AT 套接字接口 。

8.5.2 ESP32-C3 AT 如何指定 TLS 协议版本？

编译 ESP-AT 工程时，可以在 `./build.py menuconfig > Component config > mbedTLS` 目录下，可以将不需要的版本关闭使能。

8.5.3 AT 固件如何修改 TCP 连接数？

- 目前 AT 默认固件的 TCP 最大连接数为 5。
- ESP32-C3 AT 最大支持 16 个 TCP 连接，可以在 menuconfig 中进行配置，配置方法如下：
  - `./build.py menuconfig > Component config > AT > (16)AT socket maximum connection number`
  - `./build.py menuconfig > LWIP > (16)Max number of open sockets`

8.5.4 ESP32-C3 AT 支持 PPP 吗?

- 不支持，可参考 pppos_client 示例自行实现。

8.5.5 AT 如何使能调试日志？

- 使能 log 等级：`./build.py menuconfig > Component Config > Log output > Default log verbosity` 设置到 `Debug`。
  - 使能 Wi-Fi debug：`./build.py menuconfig > Component config > Wi-Fi > Wi-Fi debug log level` 设置到 `Debug`。
  - 使能 TCP/IP debug：`./build.py menuconfig > Component config > LWIP > Enable LWIP Debug` > 将具体想要调试的部分 log 等级设置到 `Debug`。
  - 使能 BLE debug：`./build.py menuconfig > Component config > Bluetooth > Bluedroid Options > Disable BT debug logs > BT DEBUG LOG LEVEL` > 将具体想要调试的部分 log 等级设置到 `Debug`。

8.5.6 AT 指令如何实现 HTTP 断点续传功能？

- 目前 AT 指令提供两种方法：
  - 通过 HTTP 的 Range 字段指定读取的数据范围，具体详情请参考*AT+HTTPCHEAD 示例*。
  - 可以使用 AT TCP 系列指令自行构造 HTTP GET 请求。在*ESP32-C3 设备获取被动接收模式下的套接字数据示例* 的第 6 步和第 7 步之间，添加一步：设备使用*AT+CIPSEND* 命令发送您自行构造的 HTTP GET 请求包给服务端即可。在被动接收模式下，对于从服务端获取的 HTTP GET 请求数据，MCU 需要通过主动下发*AT+CIPRECVDATA* 命令来读取这些数据，以避免因服务端传输大量数据而导致 MCU 端无法及时处理的情况。

Chapter 9

Index of Abbreviations

A2DP
: Advanced Audio Distribution Profile
高级音频分发框架

ADC
: Analog-to-Digital Converter
模拟数字转换器

ALPN
: Application Layer Protocol Negotiation
应用层协议协商

AT
: AT stands for “attention”.
AT 是 attention 的缩写。

AT command port
: The port that is used to send AT commands and receive responses. More details are in the *AT port* introduction.

AT 命令端口
: 也称为 AT 命令口，用于发送 AT 命令和接收响应的端口。更多介绍请参考*AT 端口*。

AT log port
: The port that is used to output log. More details are in the *AT port* introduction.

AT 日志端口
: 也称为 AT 日志口，用于输出 AT 日志的端口。更多介绍请参考*AT 端口*。

AT port
: AT port is the general name of AT log port (that is used to output log) and AT command port (that is used to send AT commands and receive responses). Please refer to *硬件连接* for default AT port pins and *如何设置 AT 端口管脚* for how to customize them.

AT 端口
: AT 端口是 AT 日志端口（用于输出日志）和 AT 命令端口（用于发送 AT 命令和接收响应）的总称。请参考*硬件连接* 了解默认的 AT 端口管脚，参考*如何设置 AT 端口管脚* 了解如何自定义 AT 端口管脚。

Bluetooth LE
: Bluetooth Low Energy
低功耗蓝牙

BluFi
: Wi-Fi network configuration function via Bluetooth channel
BluFi 是一款基于蓝牙通道的 Wi-Fi 网络配置功能

Command Mode
: Default operating mode of AT. In the command mode, any character received by the AT command port will be treated as an AT command, and AT returns the command execution result to the AT command port. AT enters *Data Mode* from *Command Mode* in the following cases.

  - After sending the *AT+CIPSEND* set command successfully and returns >.
  - After sending the *AT+CIPSEND* execute command successfully and returns >.
  - After sending the *AT+CIPSENDL* set command successfully and returns >.

- After sending the *AT+CIPSENDEX* set command successfully and returns >.
- After sending the *AT+SAVETRANSLINK* set command successfully and sending the *AT+RST* command and restart the module.
- After sending the *AT+BLESPP* execute command successfully and returns >.

In the data mode, send the +++ command, AT will exit from *Data Mode* and enter the *Command Mode*.

命令模式

AT 的默认工作模式。在命令模式下，AT 命令端口收到的任何字符都会被当作 AT 命令进行处理，同时 AT 会在命令端口回复命令执行结果。AT 在下列情况下，会从命令模式 进入数据模式。

- 发送*AT+CIPSEND* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSEND* 执行命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSENDL* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSENDEX* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+SAVETRANSLINK* 设置命令成功，再发送 (*AT+RST*) 命令，模组重启之后
- 发送*AT+BLESPP* 执行命令成功，回复 > 之后

在数据模式下，发送+++ 命令，会从数据模式 退出，进入命令模式。

Data Mode

In the data mode, any character received by the AT command port will be treated as data (except for special +++) instead of the AT command, and these data will be sent to the opposite end without modification. AT enters *Data Mode* from *Command Mode* in the following cases.

- After sending the *AT+CIPSEND* set command successfully and returns >.
- After sending the *AT+CIPSEND* execute command successfully and returns >.
- After sending the *AT+CIPSENDL* set command successfully and returns >.
- After sending the *AT+CIPSENDEX* set command successfully and returns >.
- After sending the *AT+SAVETRANSLINK* set command successfully and sending the *AT+RST* command and restart the module.
- After sending the *AT+BLESPP* execute command successfully and returns >.

In the data mode, send the +++ command, AT will exit from *Data Mode* and enter the *Command Mode*.

数据模式

在数据模式下，AT 命令端口收到的任何字符都会被当作数据（除了特殊的+++），而不是 AT 命令，这些数据会无修改的发往对端。AT 在下列情况下，会从命令模式 进入数据模式。

- 发送*AT+CIPSEND* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSEND* 执行命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSENDL* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+CIPSENDEX* 设置命令成功，回复 > 之后
- 发送*AT+SAVETRANSLINK* 设置命令成功，再发送*AT+RST* 命令，模组重启之后
- 发送*AT+BLESPP* 执行命令成功，回复 > 之后

在数据模式下，发送+++ 命令，会从数据模式 退出，进入命令模式。

DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol
动态主机配置协议

DNS

Domain Name System
域名系统

DTIM

Delivery Traffic Indication Map
延迟传输指示映射

GATTC

Generic Attributes client
GATT 客户端

GATTS

Generic Attributes server
GATT 服务器

HID

Human Interface Device
人机接口设备

I2C
: Inter-Integrated Circuit
集成电路总线

ICMP
: Intemet Control Message Protocol
因特网控制报文协议

LwIP
: A Lightweight TCP/IP stack
一个轻量级的 TCP/IP 协议栈

LWT
: Last Will and Testament
遗嘱

MAC
: Media Access Control
MAC 地址

mDNS
: Multicast Domain Name System
多播 DNS

manufacturing nvs
: Manufacturing Non-Volatile Storage. `manufacturing nvs` stores all certificates, private keys, GATTS data, module information, Wi-Fi configurations, UART configurations, etc. The default values of these configurations are defined in raw_data . These configurations are finally built into the `mfg_nvs.bin` file and downloaded to the flash at the address defined in `at_customize.csv`.
一个适用于量产的 NVS。manufacturing nvs 中存储了 AT 固件默认所用到的所有证书、私钥、GATTS 数据、模组信息、Wi-Fi 配置、UART 配置等。这些配置信息，默认值在 raw_data 里，最终生成了 `mfg_nvs.bin`，烧录到 `at_customize.csv` 中定义的位置。

MSB
: Most Significant Bit
最高有效位

MTU
: maximum transmission unit
最大传输单元

NVS
: Non-Volatile Storage
非易失性存储器

Normal Transmission Mode
: Default Transmission Mode
In normal transmission mode, users can send AT commands. For examples, users can send MCU data received by AT command port to the opposite end of transmission by *AT+CIPSEND*; and the data received from the opposite end of transmission will also be returned to MCU through AT command port with additional prompt: *+IPD*.
During a normal transmission, if the connection breaks, ESP32-C3 will give a prompt and will not attempt to reconnect.
More details are in *Transmission Mode Shift Diagram*.

普通传输模式
: 默认传输模式
在普通传输模式下，用户可以发送 AT 命令。例如，用户可以通过*AT+CIPSEND* 命令，发送 AT 命令口收到的 MCU 数据到传输对端。从传输对端收到的数据，会通过 AT 命令口返回给 MCU，同时会附带 *+IPD* 信息。
普通传输模式时，如果连接断开，ESP32-C3 不会重连，并提示连接断开。
更多介绍请参考*Transmission Mode Shift Diagram*。

OWE
: Opportunistic Wireless Encryption. OWE is a Wi-Fi standard which ensures that the communication between each pair of endpoints is protected from other endpoints.
More details are in Wikipedia.
机会性无线加密。OWE 是一种 Wi-Fi 标准，它确保每对端点之间的通信受到保护，不受其他端点的影响。
更多介绍请参考 维基百科。

Passthrough Mode

Also called as "Passthrough Sending & Receiving Mode".

In passthrough mode, users cannot send AT commands except special +++ command. All MCU data received by AT command port will be sent to the opposite end of transmission without any modification; and the data received from the opposite end of transmission will also be returned to MCU through AT command port without any modification.

Passthrough mode can be classified into Network Passthrough Mode and Bluetooth Passthrough Mode according to the transmission method. Network Passthrough Mode can be further classified into TCP Passthrough Mode, UDP Passthrough Mode and SSL Passthrough Mode according to the supported connection methods. Each connection method supports both client and server roles.

During the Network passthrough transmission, if the connection breaks, ESP32-C3 (as client) will keep trying to reconnect until +++ is input to exit the passthrough transmission; ESP32-C3 (as server) will shutdown the old connection and listen for a new connection until +++ is input to exit the passthrough transmission.

More details are in *Transmission Mode Shift Diagram*.

透传模式

也称为"透传发送接收模式"。

在透传模式下，除特殊命令+++ 外，用户无法发送其他 AT 命令。所有通过 AT 命令端口接收的 MCU 数据将被原样转发至传输对端；同时，从传输对端接收的数据也将通过 AT 命令端口无损回传至 MCU。

透传模式按照传输方式可分为 Network 透传模式和 Bluetooth 透传模式。Network 透传模式按照支持的连接方式可分为 TCP 透传模式、UDP 透传模式和 SSL 透传模式，每种连接方式均支持客户端和服务器两种角色。

Network 透传模式传输时，如果连接断开，ESP32-C3 作为客户端时，会不停地尝试重连，此时单独输入+++ 退出透传，则停止重连；ESP32-C3 作为服务器时，会关闭连接同时监听新的连接，此时单独输入+++ 退出透传。

更多介绍请参考*Transmission Mode Shift Diagram*。

Transmission Mode Shift Diagram

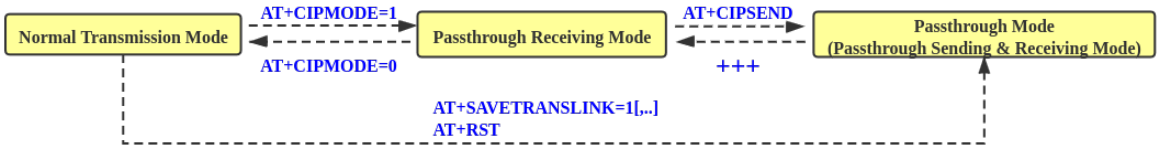


图 1: Transmission Mode Shift Diagram

More details are in the following introduction.

- *Normal Transmission Mode* (普通传输模式)
- *Passthrough Receiving Mode* (透传接收模式)
- *Passthrough Mode* (透传模式)
- *AT+CIPMODE*
- *AT+CIPSEND*
- +++
- *AT+SAVETRANSLINK*

Passthrough Receiving Mode

The temporary mode between *Normal Transmission Mode* and *Passthrough Mode*.

In passthrough receiving mode, AT cannot send any data to the opposite end of transmission; but the data received from the opposite end of transmission can be returned to MCU through AT command port without any modification. More details are in *Transmission Mode Shift Diagram*.

透传接收模式

在普通传输模式 和透传模式 之间的一个临时模式。

在透传接收模式，AT 不能发送数据到传输对端；但 AT 可以收到来自传输对端的数据，通过 AT 命令口无修改地返回给 MCU。更多介绍请参考*Transmission Mode Shift Diagram*。

PBC

Push Button Configuration

按钮配置

PCI Authentication

Payment Card Industry Authentication. In ESP-AT project, it refers to all Wi-Fi authentication modes except OPEN and WEP.
PCI 认证，在 ESP-AT 工程中指的是除 OPEN 和 WEP 以外的 Wi-Fi 认证模式。

PKI

A public key infrastructure (PKI) is a set of roles, policies, hardware, software and procedures needed to create, manage, distribute, use, store and revoke digital certificates and manage public-key encryption.
More details are in Public Key Infrastructure.
公开密钥基础建设。公开密钥基础建设（PKI）是一组由硬件、软件、参与者、管理政策与流程组成的基础架构，其目的在于创造、管理、分配、使用、存储以及撤销数字证书。
更多介绍请参考 公开密钥基础建设。

PLCP

Physical Layer Convergence Procedure
PLCP 协议，即物理层会聚协议

PMF

protected management frame
受保护的管理帧

PSK

Pre-shared Key
预共享密钥

PWM

Pulse-Width Modulation
脉冲宽度调制

QoS

Quality of Service
服务质量

RTC

Real Time Controller. A group of circuits in SoC that keeps working in any chip mode and at any time.
实时控制器，为 SoC 中的一组电路，在任何芯片模式下都能随时保持工作。

SMP

Security Manager Protocol
安全管理协议

SNI

Server Name Indication
服务器名称指示

SNTP

Simple Network Time Protocol
简单网络时间协议

SPI

Serial Peripheral Interface
串行外设接口

SPP

Serial Port Profile
SPP 协议，即串口协议

SSL

Secure Sockets Layer
SSL 协议，即安全套接字协议

system message

Data sent via AT command port to MCU. Each system message usually ends with `\r\n`. Detailed system message descriptions are available at *AT Messages*.

系统消息

AT 命令口发往 MCU 的数据。每条系统消息通常以 `\r\n` 结尾。详细的系统消息说明见*AT 消息*。

TLS

Transport Layer Security
TLS 协议，即传输层安全性协议

URC

Unsolicited Result Code
非请求结果码，一般为模组给 MCU 的串口返回

UTC

Coordinated Universal Time
协调世界时

UUID

universally unique identifier
通用唯一识别码

WEP

Wired-Equivalent Privacy
WEP 加密方式，即有线等效加密

WPA

Wi-Fi Protected Access
Wi-Fi 保护访问

WPA2

Wi-Fi Protected Access II
Wi-Fi 保护访问 II

WPS

Wi-Fi Protected Setup
Wi-Fi 保护设置

Chapter 10

特别声明

感谢您选择使用 ESP-AT 方案（固件）。为了确保您对本方案（本固件）的使用安全、合法且符合预期效果，请仔细阅读以下特别声明。本声明旨在明确用户在使用本方案（本固件）过程中需要遵循的各项条款和注意事项。通过继续使用本方案（本固件），您即表示接受并同意遵守这些条款。

10.1 应用场景验证

本方案（本固件）为通用版本，尽管针对各种场景做了大量的测试，但测试用例仍存在某些应用场景无法覆盖的风险，在决定基于本方案（本固件）进行商用量产前，请结合自己的应用场景，进行充足且全面的验证。

10.2 兼容性

由于技术日新月异，当某一新的技术、方案或标准出现时，可能导致兼容性问题，请结合自己产品做好相应的测试验证，并关注本方案（本固件）的新版本发布情况。

10.3 服务器升级注意事项

当对服务器进行升级时，包括但不限于操作系统升级、工具升级、证书升级等，请务必在正式升级前进行测试验证，避免因服务器变动导致的连接问题。

10.4 无线方案问题处理

无线方案易受外部因素影响，且问题定位复杂。请结合自身产品和云平台，规划好远程 OTA 和远程问题信息获取的解决方案，否则可能需要用户现场提供日志、数据包等必需的信息进行问题分析。

10.5 使用限制

用户不得将本方案（本固件）用于非法活动或违反相关法律法规的用途。用户应确保其使用本方案（本固件）的行为符合所有适用的法律和法规，我司不对因非法使用本方案（固件）而产生的任何后果负责。

10.6 责任限制

对于因使用本方案（本固件）造成的直接、间接、偶然、特殊或继发性的损害（包括但不限于数据丢失、利润损失、业务中断等），我司不承担任何责任，即使已被告知可能发生此类损害。

10.7 第三方软件和技术

本方案（本固件）可能包含第三方的软件或技术，我司对这些第三方软件或技术的适用性和合规性不承担责任。用户应遵循第三方的许可协议和使用条款。

10.8 数据保护

用户在使用本方案（本固件）过程中产生的数据应由用户自行负责保护和备份。我司对因数据丢失或泄露引起的任何损失不承担责任。

10.9 版本更新与维护

本方案（本固件）会不定期进行维护更新及版本发布，请自行关注版本状态，恕不另行通知。

10.10 声明更新

本声明条款可能会不定期更新，恕不另行通知。

10.11 用户责任

强烈建议用户认真阅读并严格遵守本声明条款，由于未遵守导致的风险，需由用户承担。

感谢您的理解与配合！

Chapter 11

关于 ESP-AT

这是 ESP-AT 的文档，ESP-AT 是乐鑫开发的可与乐鑫产品快速简单交互的解决方案。

乐鑫 Wi-Fi 和蓝牙芯片可以用作附加模块，可以完美集成在其他新产品或现有产品上，提供无线通讯功能。为降低客户开发成本，乐鑫开发了*AT 固件* 和各类*AT 命令*，方便客户简单快速地使用 AT 命令来控制芯片。



图 1: ESP-AT 方案

乐鑫提供的 AT 固件具有以下特色，利于芯片快速集成到应用中：

- 内置 TCP/IP 堆栈和数据缓冲
- 能便捷地集成到资源受限的主机平台中
- 主机对命令的回应易于解析
- 用户可自定义 AT 命令

11.1 其他 Espressif 连接方案

除了 ESP-AT 之外，乐鑫还提供了其他连接方案，以满足不同的集成需求：

- **ESP-Hosted 方案**可使乐鑫系列芯片作为外部主机系统的无线通信协处理器。允许主机设备（如基于 Linux 的系统或微控制器 MCU）通过标准接口（如 SPI、SDIO 或 UART）添加 Wi-Fi 和 Bluetooth/BLE 功能。详情请见 ESP-Hosted GitHub。
- **ESP-IoT-Bridge 方案**主要针对 IoT 应用场景下的各种网络接口之间的连接与通信，如 SPI、SDIO、USB、Wi-Fi、以太网等网络接口。在该解决方案中，Bridge 设备既可以为其它设备提供上网功能，又可以作为连接远程服务器的独立设备。详情请见 ESP-IoT-Bridge GitHub。



图 2: ESP-AT 命令

上述方案面向不同的系统架构和应用需求。对于希望在集成无线连接时寻找 AT 固件以外替代方案的用户，可以根据主机平台能力和系统设计目标选择更合适的解决方案。

- genindex

索引

A

A2DP, **443**
ADC, **443**
ALPN, **443**
AT, **443**
AT command port, **443**
AT log port, **443**
AT port, **443**
AT 命令端口, **443**
AT 日志端口, **443**
AT 端口, **443**
AT_BUFFER_ON_STACK_SIZE (C macro) , 398
at_fatfs_mount (C++ function) , 391
at_fatfs_unmount (C++ function) , 391
at_get_data_len_fn_t (C++ type) , 394
at_get_mfg_params_storage_mode (C++ function) , 397
at_handle_result_code (C++ function) , 391
at_max (C macro) , 393
at_mfg_params_storage_mode_t::AT_PARAMS_IN_MFG_NVS (C++ enumerator) , 399
at_mfg_params_storage_mode_t::AT_PARAMS_IN_PARTITION (C++ enumerator) , 399
at_mfg_params_storage_mode_t::AT_PARAMS_NONE (C++ enumerator) , 399
at_mfg_params_storage_mode_t (C++ enum) , 399
at_min (C macro) , 393
at_read_data_fn_t (C++ type) , 394
at_sleep_mode_t::AT_DISABLE_SLEEP(C++ enumerator) , 395
at_sleep_mode_t::AT_LIGHT_SLEEP (C++ enumerator) , 395
at_sleep_mode_t::AT_MAX_MODEM_SLEEP (C++ enumerator) , 395
at_sleep_mode_t::AT_MIN_MODEM_SLEEP (C++ enumerator) , 395
at_sleep_mode_t::AT_SLEEP_MAX (C++ enumerator) , 395
at_sleep_mode_t (C++ enum) , 395
at_str_is_null (C++ function) , 391
at_write_data_fn_t (C++ type) , 394

B

Bluetooth LE, **443**
BluFi, **443**

C

Command Mode, **443**
CONFIG_AT_LOG_DEFAULT_LEVEL (C macro), 398

D

Data Mode, **444**
DHCP, **444**
DNS, **444**
DTIM, **444**

E

ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_EXEC_FAIL (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_OP_ERROR (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_PROCESSING (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_CMD_UNSUPPORT (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_NON_FINISH (C macro), 393
ESP_AT_CMD_ERROR_NOT_FOUND_AT (C macro) , 393
ESP_AT_CMD_ERROR_OK (C macro) , 393
ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_INVALID (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_LENGTH (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_NUM(C macro), 394
ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_PARSE_FAIL (C macro) , 394
ESP_AT_CMD_ERROR_PARA_TYPE (C macro) , 394
esp_at_cmd_struct::at_cmdName (C++ member) , 391
esp_at_cmd_struct::at_exeCmd (C++ member) , 392
esp_at_cmd_struct::at_queryCmd (C++ member) , 392
esp_at_cmd_struct::at_setupCmd (C++ member) , 392
esp_at_cmd_struct::at_testCmd (C++ member) , 391
esp_at_cmd_struct (C++ struct) , 391
esp_at_custom_ble_ops_regist (C++ function) , 388

esp_at_custom_ble_ops_struct::connect_cb (C++ member), 393
esp_at_custom_ble_ops_struct::disconnect_cb (C++ member), 393
esp_at_custom_ble_ops_struct::recv_data (C++ member), 393
esp_at_custom_ble_ops_struct (C++ struct), 392
esp_at_custom_cmd_array_regist (C++ function), 388
esp_at_custom_cmd_line_terminator_get (C++ function), 390
esp_at_custom_cmd_line_terminator_set (C++ function), 389
esp_at_custom_net_ops_regist (C++ function), 388
esp_at_custom_net_ops_struct::connect_cb (C++ member), 392
esp_at_custom_net_ops_struct::disconnect_cb (C++ member), 392
esp_at_custom_net_ops_struct::recv_data (C++ member), 392
esp_at_custom_net_ops_struct (C++ struct), 392
esp_at_custom_ops_regist (C++ function), 388
esp_at_custom_ops_struct::pre_active_write_data_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct::pre_deepsleep_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct::pre_restart_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct::pre_sleep_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct::pre_wakeup_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct::status_callback (C++ member), 393
esp_at_custom_ops_struct (C++ struct), 393
esp_at_custom_partition_find (C++ function), 390
esp_at_device_ops_regist (C++ function), 388
esp_at_device_ops_struct::get_data_length (C++ member), 392
esp_at_device_ops_struct::read_data (C++ member), 392
esp_at_device_ops_struct::wait_write_complete (C++ member), 392
esp_at_device_ops_struct::write_data (C++ member), 392
esp_at_device_ops_struct (C++ struct), 392
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_CMD_EXEC_FAIL (C++ enumerator), 396
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_CMD_OP_ERROR (C++ enumerator), 396
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_CMD_PROCESSING (C++ enumerator), 396
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_COMMON_ERROR (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_NO_AT (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_NO_TERMINATOR (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_OK (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_PARA_INVALID (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_PARA_LENGTH_MISMATCH (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_PARA_NUM_MISMATCH (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_PARA_PARSE_FAIL (C++ enumerator), 396
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_PARA_TYPE_MISMATCH (C++ enumerator), 395
esp_at_error_code::ESP_AT_SUB_UNSUPPORT_CMD (C++ enumerator), 396
esp_at_error_code (C++ enum), 395
ESP_AT_ERROR_NO (C macro), 393
esp_at_get_core_version (C++ function), 390
esp_at_get_cur_cmd_name (C++ function), 390
esp_at_get_current_module_name (C++ function), 397
esp_at_get_module_id (C++ function), 397
esp_at_get_module_name_by_id (C++ function), 397
esp_at_get_para_as_digit (C++ function), 387
esp_at_get_para_as_float (C++ function), 387
esp_at_get_para_as_str (C++ function), 388
esp_at_get_version (C++ function), 389
ESP_AT_LOG_BUFFER_HEXDUMP (C macro), 398
esp_at_log_write (C++ function), 397
ESP_AT_LOGD (C macro), 398
ESP_AT_LOGE (C macro), 398
ESP_AT_LOGI (C macro), 398
ESP_AT_LOGV (C macro), 398
ESP_AT_LOGW (C macro), 398
esp_at_main_preprocess (C++ function), 397
esp_at_module::ESP_AT_MODULE_NUM (C++ enumerator), 395
esp_at_module_init (C++ function), 387
esp_at_module (C++ enum), 395
esp_at_nvs_get_blob (C++ function), 398
esp_at_nvs_get_str (C++ function), 398
esp_at_nvs_set_blob (C++ function), 398
esp_at_nvs_set_str (C++ function), 398
esp_at_para_parse_result_type::ESP_AT_PARA_PARSE_

(C++ enumerator), 396
esp_at_para_parse_result_type::ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_OK (C++ enumerator), 396
esp_at_para_parse_result_type::ESP_AT_PARA_PARSE_RESULT_TOO_MANY (C++ enumerator), 396
esp_at_para_parse_result_type (C++ enum), 396
esp_at_port_active_write_data (C++ function), 389
esp_at_port_enter_specific (C++ function), 390
esp_at_port_exit_specific (C++ function), 390
esp_at_port_get_data_length (C++ function), 389
esp_at_port_read_data (C++ function), 389
esp_at_port_recv_data_notify_from_isr (C++ function), 388
esp_at_port_recv_data_notify (C++ function), 388
esp_at_port_specific_callback_t (C++ type), 394
ESP_AT_PORT_TX_WAIT_MS_MAX (C macro), 398
esp_at_port_wait_write_complete (C++ function), 389
esp_at_port_write_data (C++ function), 389
esp_at_ready_before (C++ function), 397
esp_at_response_result (C++ function), 389
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_ERROR (C++ enumerator), 396
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_FAIL (C++ enumerator), 396
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_IGNORE (C++ enumerator), 397
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_MAX (C++ enumerator), 397
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_OK_AND_INPUT_PROMPT (C++ enumerator), 397
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_OK (C++ enumerator), 396
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_PROCESS_DONE (C++ enumerator), 397
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_FAIL (C++ enumerator), 396
esp_at_result_code_string_index::ESP_AT_RESULT_CODE_SEND_OK (C++ enumerator), 396
esp_at_result_code_string_index (C++ enum), 396
esp_at_set_module_id_by_str (C++ function), 397
esp_at_set_module_id(C++ function), 397
esp_at_status_type::ESP_AT_STATUS_NORMAL (C++ enumerator), 394
esp_at_status_type::ESP_AT_STATUS_TRANSMITTED (C++ enumerator), 394
esp_at_status_type (C++ enum), 394
esp_at_transmit_terminal_from_isr(C++ function), 388
esp_at_transmit_terminal (C++ function), 388

G

GATTC, 444
GATTS, 444

H

HID, 444

I

I2C, 445
ICMP, 445

L

LwIP, 445
LWT, 445

M

MAC, 445
manufacturing nvs, 445
mDNS, 445
MSB, 445
MTU, 445

N

Normal Transmission Mode, 445
NVS, 445

O

OWE, 445

P

Passthrough Mode, 446
Passthrough Receiving Mode, 446
PBC, 446
PCI Authentication, 446
PKI, 447
PLCP, 447
PME, 447
PSK, 447
PWM, 447

Q

QoS, 447

R

RainMaker Normal Transmission Mode, 436
RainMaker Passthrough Mode, 436
RainMaker 普通传输模式, 436
RainMaker 透传模式, 436
RMT, 447

S

SMP, 447
SNI, 447
SNTP, 447
SPI, 447
SPP, 447
SSL, 447
system message, 447

T

TLS, 447
Transmission Mode Shift Diagram, 446

U

URC, 447
UTC, 447
UUID, 448

W

WEP, 448
WPA, 448
WPA2, 448
WPS, 448

命令模式, 444

数据模式, 444
普通传输模式, 445

系统消息, 447

透传接收模式, 446
透传模式, 446