GigaDevice Semiconductor Inc.

GD32VW553 网络应用开发指南

应用笔记

AN185

1.1 版本

（2025 年 3 月）

目录

图索引

表索引

1. 前言

本文档基于 GD32VW553 系列芯片，介绍了如何使用 SDK 集成的各种组件实现网络应用开发。

GD32VW553 系列芯片是以 RISC-V 为内核的 32 位微控制器（MCU），包含了 Wi-Fi4/ Wi-Fi6 及 BLE5.3 连接技术。GD32VW553 Wi-Fi+BLE SDK 集成 Wi-Fi 驱动、BLE 驱动、LwIP TCP/IP 协议栈和 MbedTLS 等组件，可使开发者基于 GD32VW553 快速开发物联网应用程序。

关于 GD32VW553 系列芯片的快速使用，请参考文档《GD32VW553 快速开发指南》，关于 Wi-Fi 及 BLE 应用的开发，请参考文档《GD32VW553 Wi-Fi 开发指南》和《GD32VW553 BLE 开发指南》。

2. LwIP Sockets 应用开发

本章节介绍了如何使用 LwIP Sockets API 实现 UDP Server/UDP Client/TCP Server/TCP Client。

相关 LwIP Sockets 函数声明位于以下头文件中，LwIP 为 2.2.0 版本。

MSDK\lwip\lwip-2.2.0\src\include\lwip\sockets.h

MSDK\lwip\lwip-2.2.0\src\include\lwip\priv\sockets_priv.h

2.1. 结构体

2.1.1. sockaddr_in

表 2-1 sockaddr_in 结构体

```
struct sockaddr_in {
    u8_t            sin_len;
    sa_family_t     sin_family;
    in_port_t       sin_port;
    struct in_addr  sin_addr;
#define SIN_ZERO_LEN 8
    char            sin_zero[SIN_ZERO_LEN];
};
```

2.1.2. sockaddr

表 2-2 sockaddr 结构体

```
struct sockaddr {
    u8_t        sa_len;
    sa_family_t sa_family;
    char        sa_data[14];
};
```

2.1.3. timeval

表 2-3 timeval 结构体

```
Struct timeval {
    long    tv_sec;     /* seconds */
    long    tv_usec;    /* and microseconds */
};
```

2.1.4. fd_set

表 2-4 fd_set 结构体

```
/* 套接字文件描述符集合 */
typedef struct fd_set
{
  unsigned char fd_bits [(FD_SETSIZE+7)/8];
} fd_set;
/* 以下是 fd_set 结构体操作符 */
FD_ZERO(fd_set *fdset) //将套接字文件描述符集合清空
FD_SET(int fd, fd_set *fdset) //在套接字文件描述符集合中增加一个描述符
FD_CLR(int fd, fd_set *fdset) //在套接字文件描述符集合中删除一个描述符
FD_ISSET(int fd, fd_set *fdset) //判断描述符是否在套接字文件描述符集合中
```

2.2. API 接口

2.2.1. socket

宏：#define socket(domain,type,protocol) lwip_socket(domain,type,protocol)

原型：int lwip_socket (int domain, int type, int protocol)

功能：该函数用于申请一个套接字。

输入参数：domain，套接字使用的协议族，其中，AF_INET 对应 IPv4 协议，AF_INET6 对应 IPv6 协议。

type，套接字使用的服务类型，SOCK_STREAM 对应 TCP，SOCK_DGRAM 对应 UDP，SOCK_RAW 对应原始套接字。

protocol，套接字使用的特定协议，一般使用默认值 0。

输出参数：无。

返回值：成功返回套接字描述符，失败返回-1。

2.2.2. bind

宏：#define bind(s,name,namelen) lwip_bind(s,name,namelen)

原型：int lwip_bind (int s, const struct sockaddr *name, socklen_t namelen)

功能：该函数用于服务器端绑定套接字和网卡信息。

输入参数：s，待绑定的服务器端套接字描述符。

name，指向 sockaddr 结构体的指针，其中包含了网卡的 IP 地址、端口号等信息。

这些信息保存在结构体的 sa_data[14]连续 14 字节里面，使用并不友好，因此通常使用更加清晰的结构体 sockaddr_in。这两个结构体是等价的，只不过 sockaddr_in 对 sa_data[14]重新进行了划分，分出了 sin_port，sin_addr 等字段。

namelen，name 结构体的长度。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

表 2-5 bind()示例

```
struct sockaddr_in server_addr;
/*  填充 sockaddr_in 结构体  */
server_addr.sin_family = AF_INET;
server_addr.sin_len = sizeof(server_addr);
server_addr.sin_port = htons(server_port);
server_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
/* sockaddr_in 结构体强制类型转换  */
bind(server_fd, (struct sockaddr *)&server_addr, sizeof(server_addr));
```

2.2.3. connect

宏：#define connect(s,name,namelen) lwip_connect(s,name,namelen)

原型：int lwip_connect (int s, const struct sockaddr *name, socklen_t namelen)

功能：该函数用于客户端，将套接字与远端的网卡信息绑定。对于 UDP，仅记录信息；对于 TCP，除了记录信息，还将发起握手过程并建立 TCP 连接。

输入参数：s，客户端套接字描述符。

name，指向 sockaddr 结构体的指针，保存了远端的网卡信息。

namelen，name 结构体的长度。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.4. listen

宏：#define listen(s,backlog) lwip_listen(s,backlog)

原型：int lwip_listen (int s, int backlog)

功能：该函数只用于 TCP 服务器端，让服务器进入监听状态，等待远端的连接请求。

输入参数：s，服务器端套接字描述符。

backlog，请求队列的大小，只有宏 TCP_LISTEN_BACKLOG==1 时有效。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.5. accept

宏：#define accept(s,addr,addrlen) lwip_accept(s,addr,addrlen)

原型：int lwip_accept (int s, struct sockaddr *addr, socklen_t *addrlen)

功能：该函数只用于 TCP 服务器端，等待远端的连接请求，并且建立一个新的 TCP 连接。调用该函数前需要先调用 listen()函数进入监听状态。

输入参数：s，服务器端套接字描述符。

addrlen，addr 结构体的长度。

输出参数：addr，指向 sockaddr 结构体的指针，保存了远端的网卡信息。

返回值：成功返回一个代表远端的套接字描述符，失败返回-1。

2.2.6. sendto

宏：#define sendto(s,dataptr,size,flags,to,tolen) lwip_sendto(s,dataptr,size,flags,to,tolen)

原型：ssize_t lwip_sendto (int s, const void *dataptr, size_t size, int flags,

const struct sockaddr *to, socklen_t tolen)

功能：该函数用于 UDP 传输数据，向远端发送 UDP 报文。

输入参数：s，套接字描述符。

dataptr，待发送数据的起始地址。

size，数据的长度。

flags，指定发送数据时的一些处理，如 MSG_DONTWAIT(0x08)表示此次传输为非阻塞。通常设置为 0。

to，指向 sockaddr 结构体的指针，保存了远端的网卡信息。

tolen，to 结构体的长度。

输出参数：无。

返回值：成功返回发送数据的长度，失败返回-1。

2.2.7. send

宏：#define send(s,dataptr,size,flags) lwip_send(s,dataptr,size,flags)

原型：ssize_t lwip_send (int s, const void *dataptr, size_t size, int flags)

功能：该函数用于 UDP 和 TCP 传输数据，向远端发送数据。由于 send 未指定远端信息，所以需要在套接字处于连接状态时使用。

输入参数：s，套接字描述符。

dataptr，待发送数据的起始地址。

size，数据的长度。

flags，指定发送数据时的一些处理，参考 sendto。

输出参数：无。

返回值：成功返回发送数据的长度，失败返回-1。

2.2.8. recvfrom

宏：

#define recvfrom(s,mem,len,flags,from,fromlen) lwip_recvfrom(s,mem,len,flags,from,fromlen)

原型：ssize_t lwip_recvfrom (int s, void *mem, size_t len, int flags,

struct sockaddr *from, socklen_t *fromlen)

功能：该函数用于 UDP 和 TCP 接收数据。

输入参数：s，套接字描述符。

len，接收数据的最大长度。

flags，指定发送数据时的一些处理，参考 sendto。

fromlen，from 结构体的长度。

输出参数：mem，接收数据的缓存起始地址。

from，指向 sockaddr 结构体的指针，保存了远端的网卡信息。

返回值：成功返回接收数据的长度，失败返回-1。

2.2.9. recv

宏：#define recv(s,mem,len,flags) lwip_recv(s,mem,len,flags)

原型：ssize_t lwip_recv(int s, void *mem, size_t len, int flags)

功能：该函数用于 UDP 和 TCP 接收数据，实际等同于 from 与 fromlen 皆为 NULL 时的 recvfrom 函数。

输入参数：s，套接字描述符。

len，接收数据的最大长度。

flags，指定发送数据时的一些处理，参考 sendto。

输出参数：mem，接收数据的缓存起始地址。

返回值：成功返回接收数据的长度，失败返回-1。

2.2.10. shutdown

宏：#define shutdown(s,how) lwip_shutdown(s,how)

原型：int lwip_shutdown(int s, int how)

功能：该函数用于关闭连接，只用于 TCP，对于 UDP 不起作用。

输入参数：s，套接字描述符。

how，断开方式。SHUT_RD，断开输入流；SHUT_WR，断开输出流；SHUT_RDWR，断开输入输出流。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.11. close

宏：#define close(s) lwip_close(s)

原型：int lwip_close(int s)

功能：该函数用于关闭套接字。

输入参数：s，套接字描述符。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.12. setsockopt

宏：#define setsockopt(s,level,optname,opval,optlen) lwip_setsockopt(s,level, \

optname,opval,optlen)

原型：int lwip_setsockopt (int s, int level, int optname, const void *optval, socklen_t optlen)

功能：该函数用于设置套接字的选项信息。

输入参数：s，套接字描述符。

level，选项级别。如 SOL_SOCKET 表示在套接字层；IPPROTO_IP 表示在 IP 层；

IPPROTO_TCP 表示在 TCP 层。

optname，level 层的具体选项名称。如 TCP 层，有 TCP_NODELAY(不使用 Nagle 算法)，TCP_KEEPALIVE(设置 TCP 保活时间)；IP 层，有 IP_TOS(设置服务类型)，IP_TTL(设置生存时间)；套接字层，有 SO_REUSEADDR(允许重用本地地址)，SO_RCVTIMEO(设置接收数据超时时间)等。

opval，optname 选项设置的值。

optlen，opval 的长度。

输出参数：无。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.13. getsockname

宏：#define getsockopt(s,level,optname,opval,optlen) lwip_getsockopt(s,level, \

optname,opval,optlen)

原型：int lwip_getsockopt (int s, int level, int optname, void *optval, socklen_t *optlen)

功能：该函数用于获取套接字的选项信息。

输入参数：s，套接字描述符。

level，选项级别。参考 setsockopt 函数。

optname，level 层的具体选项名称。参考 setsockopt 函数。

optlen，opval 的长度。

输出参数：opval，获取到的 optname 选项设置的值。

返回值：成功返回 0，失败返回-1。

2.2.14. fcntl

宏：#define fcntl(s,cmd,val) lwip_fcntl(s,cmd,val)

原型：int lwip_fcntl(int s, int cmd, int val)

功能：该函数用于执行一些套接字操作。

输入参数：s，套接字描述符。

cmd，套接字操作。F_GETFL 用于获取套接字的属性；F_SETFL 用于设置套接字的属性。

val，cmd 为 F_GETFL 时，此参数无效，可设为 0；cmd 为 F_SETFL 时，val 是待设置的套接字属性。如 O_NONBLOCK，表示套接字是非阻塞的。

输出参数：无。

返回值：cmd 为 F_SETFL 时，成功返回 0，失败返回-1。

cmd 为 F_GETFL 时，成功返回套接字的属性，失败返回-1。

表 2-6 fcntl 示例

```
int nflags = -1;
nflags = fcntl(fd, F_GETFL, 0);
if (nflags < 0)
    return;
nflags |= O_NONBLOCK;
if (fcntl(fd, F_SETFL, nflags) < 0)
    return;
```

2.2.15. select

宏：#define select (maxfdp1, readset,writeset,exceptset,timeout) lwip_select(maxfdp1, \

readset,writeset,exceptset,timeout)

原型：int lwip_select(int maxfdp1, fd_set *readset, fd_set *writeset, fd_set *exceptset,

struct timeval *timeout)

功能：该函数用于监视套接字的状态变化，包括读写和异常。

输入参数：maxfdp1，需要监视的最大的套接字描述符值+1，此处最大的套接字描述符值指三个套接字描述符集合 readset/ writeset/ exceptset 中的最大值。

readset，fd_set 结构体指针，指向需要监视可读状态的套接字描述符集合，可为 NULL，表示不监视可读状态。

writeset，fd_set 结构体指针，指向需要监视可写状态的套接字描述符集合，可为 NULL，表示不监视可写状态。

exceptset，fd_set 结构体指针，指向需要监视异常状态的套接字描述符集合，可为 NULL，表示不监视异常状态。

timeout，timeval 结构体指针，指向超时时间值。当为 NULL 时，select 处于阻塞状态，直到监视的某个套接字描述符集合中有套接字发生变化才返回；当 timeout 值设为 0 时，select 处于非阻塞状态，无论监视的套接字描述符集合中有无套接字发生变化都直接返回；当 timeout 值大于 0 时，select 在 timeout 时间内阻塞，超时时间内有套接字发生变化或是到达超时时间返回。

输出参数：无。

返回值：负值，select 出错；正值，监视到有套接字描述符发生状态变化；0，超时或没有监视到变化。

表 2-7 select 示例

```
char recv_buf[128];
fd_set read_set;
struct timeval timeout;
int max_fd_num = 0;

timeout.tv_sec = 1;
timeout.tv_usec = 0;

while (1) {
    /* select 执行后套接字描述符集合会发生变化，所以需要重新初始化并设置监视的描述符 */
    FD_ZERO(&read_set);
    FD_SET(fd, &read_set);
    max_fd_num = fd + 1;

    select(max_fd_num, &read_set, NULL, NULL, &timeout);
    if (!FD_ISSET(fd, &read_set))
        continue;
    sys_memset(recv_buf, 0, 128);
    recv(fd, recv_buf, 128, 0);
}
```

2.3. Errno 错误码

上述 API 使用过程中，如果执行出错返回值通常是-1，无法提供具体错误信息。LwIP 使用了一个全局变量 errno，当 API 出错时，errno 将通过 sock_set_errno()进行错误码赋值，因此在 API 出错位置读取 errno 即可判断具体错误原因。

错误码位于 MSDK\lwip\lwip-2.2.0\src\include\lwip\errno.h 文件中，使用示例如下：

表 2-8 errno 示例

```
int ret;
char recv_buf[128];
sys_memset(recv_buf, 0, 128);
ret = recv(fd, recv_buf, 128, MSG_DONTWAIT);
if (ret < 0) {
  if (errno != EAGAIN) {
    printf("recv error: %d.\r\n", errno);
  }
}
```

2.4. LwIP Sockets 编程示例

LwIP Sockets 编程示例可以参考 MSDK\lwip\lwip-2.2.0\demo\lwip_sockets_demo.c 文件。

示例使用本章介绍的 LwIP Sockets API 实现了 UDP Server/UDP Client/TCP Server/TCP Client。它们均可以与远端进行通信。

3. MbedTLS 应用开发

本章节介绍了如何使用 MbedTLS 组件实现一个 HTTPS Client，该 Client 可以访问 HTTPS Server 并与其进行交互。

相关 MbedTLS 接口函数声明位于以下头文件中，MbedTLS 为 3.6.2 版本。

MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\ssl.h

MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\net_sockets.h

MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\x509_crt.h

MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\pk.h

MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\debug.h

3.1. 相关结构体

3.1.1. mbedtls_net_context

/* TLS 网络上下文 */

typedef struct mbedtls_net_context mbedtls_net_context;

3.1.2. mbedtls_ssl_context

/* SSL 上下文 */

typedef struct mbedtls_ssl_context mbedtls_ssl_context;

3.1.3. mbedtls_ssl_config

/* SSL 配置 */

typedef struct mbedtls_ssl_config mbedtls_ssl_config;

3.1.4. mbedtls_x509_crt

/* x509 证书结构体 */

typedef struct mbedtls_x509_crt mbedtls_x509_crt;

3.1.5. mbedtls_pk_context

/* 公钥上下文 */

typedef struct mbedtls_pk_context mbedtls_pk_context;

3.2. 初始化 API

3.2.1. mbedtls_debug_set_threshold

原型：void mbedtls_debug_set_threshold (int threshold)

功能：该函数用于设置调试日志的输出等级。

输入参数：threshold，待设置的 debug level。

输出参数：无。

返回值：无。

该函数用于调试，使用时需要打开宏 MBEDTLS_DEBUG_C，该宏位于 MSDK\mbedtls\mbedtls-3.6.2\include\mbedtls\mbedtls_config.h。

3.2.2. mbedtls_net_init

原型：void mbedtls_net_init (mbedtls_net_context *ctx)

功能：该函数用于初始化 TLS 网络上下文。

输入参数：ctx，mbedtls_net_context 结构体指针，指向网络上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.2.3. mbedtls_ssl_init

原型：void mbedtls_ssl_init (mbedtls_ssl_context *ssl)

功能：该函数用于初始化 SSL 上下文。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.2.4. mbedtls_ssl_config_init

原型：void mbedtls_ssl_config_init (mbedtls_ssl_config *conf)

功能：该函数用于初始化 SSL 配置。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

输出参数：无。

返回值：无。

3.2.5. mbedtls_x509_crt_init

原型：void mbedtls_x509_crt_init (mbedtls_x509_crt *crt)

功能：该函数用于初始化根证书链表。

输入参数：crt，mbedtls_x509_crt 结构体指针，指向 x509 证书对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.2.6. mbedtls_pk_init

原型：void mbedtls_pk_init (mbedtls_pk_context *ctx)

功能：该函数用于初始化公钥上下文。

输入参数：ctx，mbedtls_pk_context 结构体指针，指向公钥上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.3. 配置 API

3.3.1. mbedtls_x509_crt_parse

原型：int mbedtls_x509_crt_parse (mbedtls_x509_crt *chain, const unsigned char *buf, size_t buflen)

功能：该函数用于解析 buf 中一个或多个证书并把它们添加到根证书链表。

输入参数：chain，mbedtls_x509_crt 结构体指针，指向 x509 证书对象。

buf，指向存储根证书的 buffer。

buflen，存储根证书的 buffer 大小。

输出参数：无。

返回值：0 表示解析成功，非 0 失败。

3.3.2. mbedtls_pk_parse_key

原型：int mbedtls_pk_parse_key (mbedtls_pk_context *ctx,
const unsigned char *key, size_t keylen,
const unsigned char *pwd, size_t pwdlen,
int (*f_rng)(void *, unsigned char *, size_t), void *p_rng)

功能：该函数用于解析公钥并将其添加到公钥上下文。

输入参数：ctx，mbedtls_pk_context 结构体指针，指向公钥上下文对象。

key，指向存储公钥的 buffer。

keylen，存储公钥的 buffer 大小。

pwd，指向存储解密密码的 buffer，可为 NULL，表示公钥未加密。

pwdlen，存储解密密码的 buffer 大小，当 pwd 为 NULL 时此参数被忽略。

f_rng，RNG 函数，不能为 NULL。

p_rng，RNG 函数的参数。

输出参数：无。

返回值：0 表示解析成功，非 0 失败。

3.3.3. mbedtls_ssl_conf_own_cert

原型：int mbedtls_ssl_conf_own_cert (mbedtls_ssl_config *conf,
mbedtls_x509_crt *own_cert,
mbedtls_pk_context *pk_key)

功能：该函数用于关联自身的证书链及公钥。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

own_cert，mbedtls_x509_crt 结构体指针，指向 x509 证书对象。

pk_key，mbedtls_pk_context 结构体指针，指向公钥上下文对象。

输出参数：无。

返回值：0 表示关联成功，非 0 失败。

3.3.4. mbedtls_ssl_config_defaults

原型：int mbedtls_ssl_config_defaults (mbedtls_ssl_config *conf,

int endpoint, int transport, int preset)

功能：该函数用于加载默认的 SSL 配置。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

endpoint，设置 SSL 为客户端还是服务器，MBEDTLS_SSL_IS_CLIENT 或者 MBEDTLS_SSL_IS_SERVER。

transport，使用 TLS(MBEDTLS_SSL_TRANSPORT_STREAM) 或者使用 DTLS(MBEDTLS_SSL_TRANSPORT_DATAGRAM)。

preset，默认使用 MBEDTLS_SSL_PRESET_DEFAULT。

输出参数：无。

返回值：0 表示配置成功，非 0 失败。

3.3.5. mbedtls_ssl_conf_rng

原型：void mbedtls_ssl_conf_rng (mbedtls_ssl_config *conf,

int (*f_rng) (void *, unsigned char *, size_t),

void *p_rng)

功能：该函数用于设置随机数生成器回调。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

f_rng，随机数生成器函数。

p_rng，随机数生成器函数参数。

输出参数：无。

返回值：无。

f_rng 参考 MSDK\mbedtls\demo\ssl_client.c 文件内的 my_random()函数。

3.3.6. mbedtls_ssl_conf_dbg

原型：void mbedtls_ssl_conf_dbg (mbedtls_ssl_config *conf,

void (*f_dbg) (void *, int, const char *, int, const char *),

void *p_dbg)

功能：该函数用于设置 debug 回调。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

f_dbg，debug 函数。

p_dbg，debug 函数参数。

输出参数：无。

返回值：无。

f_dbg 参考 MSDK\mbedtls\demo\ssl_client.c 文件内的 my_debug ()函数。

3.3.7. mbedtls_ssl_conf_authmode

原型：void mbedtls_ssl_conf_authmode (mbedtls_ssl_config *conf, int authmode)

功能：该函数用于设置证书验证模式。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

authmode，证书验证模式。如下，

MBEDTLS_SSL_VERIFY_NONE，不检查证书。服务器默认值，如果是客户端表明连接是不安全的。

MBEDTLS_SSL_VERIFY_OPTIONAL，检查对等证书，但即使验证失败，握手也会继续。

MBEDTLS_SSL_VERIFY_REQUIRED，检查对等证书，验证失败握手将终止，客户端默认值。

输出参数：无。

返回值：无。

3.3.8. mbedtls_ssl_conf_ca_chain

原型：void mbedtls_ssl_conf_ca_chain (mbedtls_ssl_config *conf,

mbedtls_x509_crt *ca_chain,

mbedtls_x509_crl *ca_crl)

功能：该函数用于设置验证证书所需要的数据。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

ca_chain，受信的 CA 证书链，保存在 mbedtls_x509_crt 结构体中。

ca_crl，受信的 CA CRLs，保存在 mbedtls_x509_crl 结构体中，可为 NULL。

输出参数：无。

返回值：无。

3.3.9. mbedtls_ssl_conf_verify

原型：void mbedtls_ssl_conf_verify (mbedtls_ssl_config *conf,

int (*f_vrfy) (void *, mbedtls_x509_crt *, int, uint32_t *),

void *p_vrfy)

功能：该函数用于设置证书验证回调。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

f_vrfy，验证回调函数。

p_vrfy，验证回调函数参数。

输出参数：无。

返回值：无。

f_vrfy 建议使用 MSDK\mbedtls\demo\ssl_client.c 文件内的 my_verify ()函数，用户也可进行修改。

3.3.10. mbedtls_ssl_setup

原型：int mbedtls_ssl_setup (mbedtls_ssl_context *ssl,

const mbedtls_ssl_config *conf)

功能：该函数用于将 SSL 配置设置到 SSL 上下文中，并初始化 handshake。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

输出参数：无。

返回值：0 表示配置成功，非 0 失败。

3.3.11. mbedtls_ssl_set_hostname

原型：int mbedtls_ssl_set_hostname (mbedtls_ssl_context *ssl, const char *hostname)

功能：该函数用于设置主机名。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

hostname，主机名。主机名必须与服务器证书对应。

输出参数：无。

返回值：0 表示设置成功，非 0 失败。

3.4. 连接与握手 API

3.4.1. mbedtls_net_connect

原型：int mbedtls_net_connect (mbedtls_net_context *ctx, const char *host,

const char *port, int proto)

功能：该函数用于根据指定的 host:port 及 protocol 建立网络连接。

输入参数：ctx，mbedtls_net_context 结构体指针，指向网络上下文对象。

host，待连接主机名。

port，待连接的主机端口号。

proto，指定的协议类型，UDP(MBEDTLS_NET_PROTO_UDP) 或者 TCP (MBEDTLS_NET_PROTO_TCP)。

输出参数：无。

返回值：0 表示建立连接成功，非 0 失败。

3.4.2. mbedtls_ssl_set_bio

原型：void mbedtls_ssl_set_bio (mbedtls_ssl_context *ssl,

void *p_bio,

mbedtls_ssl_send_t *f_send,

mbedtls_ssl_recv_t *f_recv,

mbedtls_ssl_recv_timeout_t *f_recv_timeout)

功能：该函数用于为网络层设置读写函数。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

p_bio，读写函数的参数。

f_send，写回调函数。

f_recv，读回调函数。

f_recv_timeout，阻塞回调函数。

输出参数：无。

返回值：无。

对于 TLS，f_recv 与 f_recv_timeout 提供其一即可，如果都有，默认使用 f_recv_timeout。

对于 DTLS，要么提供 f_recv_timeout，要么提供非阻塞的 f_recv。

MSDK\mbedtls\mbedtls-2.17.0-ssl\library\net_sockets.c 中提供了三个对应函数，mbedtls_net_send()，mbedtls_net_recv()和 mbedtls_net_recv_timeout()。

3.4.3. mbedtls_ssl_handshake

原型：int mbedtls_ssl_handshake (mbedtls_ssl_context *ssl)

功能：该函数用于执行 SSL 握手。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

输出参数：无。

返回值：0 表示握手成功，非 0 失败。

3.4.4. mbedtls_ssl_get_verify_result

原型：uint32_t mbedtls_ssl_get_verify_result (const mbedtls_ssl_context *ssl)

功能：该函数用于获取证书验证结果。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

输出参数：无。

返回值：0 表示证书验证成功，非 0 失败。

3.4.5. mbedtls_x509_crt_verify_info

原型：int mbedtls_x509_crt_verify_info (char *buf, size_t size, const char *prefix,

uint32_t flags)

功能：该函数用于获取证书验证状态的信息，通常在 mbedtls_ssl_get_verify_result()函数返回非 0 时获取证书验证失败的信息。

输入参数：size，输出 buffer 的大小。

prefix，行前缀。

flags，mbedtls_ssl_get_verify_result()函数的返回值。

输出参数：buf，存储验证状态信息字符串的 buffer。

返回值：写到 buffer 的验证状态信息字符串的长度（不包括结束符）或者负的错误代码。

3.5. 读写 API

3.5.1. mbedtls_ssl_write

原型：int mbedtls_ssl_write (mbedtls_ssl_context *ssl, const unsigned char *buf, size_t len)

功能：该函数用于向 SSL 写入数据，最多写入‘len’字节长度的数据。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

buf，待写入数据的 buffer。

len，待写入数据的长度。

输出参数：无。

返回值：非负数表示实际写入的数据长度，负数表示其他 SSL 指定的错误码。

3.5.2. mbedtls_ssl_read

原型：int mbedtls_ssl_read (mbedtls_ssl_context *ssl, unsigned char *buf, size_t len)

功能：该函数用于从 SSL 读取数据，最多读取‘len’字节长度的数据。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

buf，接收读取数据的 buffer。

len，要读取的数据长度。

输出参数：无。

返回值：正数表示读取到的数据长度，0 表示读取到结束符，负数表示其他 SSL 指定的错误码。

3.6. 断连及资源释放 API

3.6.1. mbedtls_ssl_close_notify

原型：int mbedtls_ssl_close_notify (mbedtls_ssl_context *ssl)

功能：该函数用于通知对方连接正在关闭。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

输出参数：无。

返回值：0 表示成功，非 0 失败。

3.6.2. mbedtls_net_free

原型：void mbedtls_net_free (mbedtls_net_context *ctx)

功能：该函数用于断开与对方的连接并且释放相关资源。

输入参数：ctx，mbedtls_net_context 结构体指针，指向网络上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.6.3. mbedtls_x509_crt_free

原型：void mbedtls_x509_crt_free (mbedtls_x509_crt *crt)

功能：该函数用于释放证书数据。

输入参数：crt，mbedtls_x509_crt 结构体指针，指向 x509 证书对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.6.4. mbedtls_pk_free

原型：void mbedtls_pk_free (mbedtls_pk_context *ctx)

功能：该函数用于释放公钥数据。

输入参数：ctx，mbedtls_pk_context 结构体指针，指向公钥上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.6.5. mbedtls_ssl_free

原型：void mbedtls_ssl_free (mbedtls_ssl_context *ssl)

功能：该函数用于释放 SSL 上下文。

输入参数：ssl，mbedtls_ssl_context 结构体指针，指向 SSL 上下文对象。

输出参数：无。

返回值：无。

3.6.6. mbedtls_ssl_config_free

原型：void mbedtls_ssl_config_free (mbedtls_ssl_config *conf)

功能：该函数用于释放 SSL 配置。

输入参数：conf，mbedtls_ssl_config 结构体指针，指向 SSL 配置。

输出参数：无。

返回值：无。

3.7. 代码示例

HTTPS Client 示例可以参考 MSDK\mbedtls\demo\ssl_client.c 及 MSDK\mbedtls\demo\ssl_certs.c。

示例中使用证书验证方式，支持两种证书校验等级，通过 mbedtls_ssl_conf_authmode()函数配置。一种是 MBEDTLS_SSL_VERIFY_NONE，该等级下不校验证书是否合法，是不安全的，不推荐使用；另一种是 MBEDTLS_SSL_VERIFY_REQUIRED，该等级下证书校验必须成功才能继续下一步。

同时，示例还提供了几个 HTTPS Request 方法，如 GET，HEAD，POST 等与服务器进行交互。

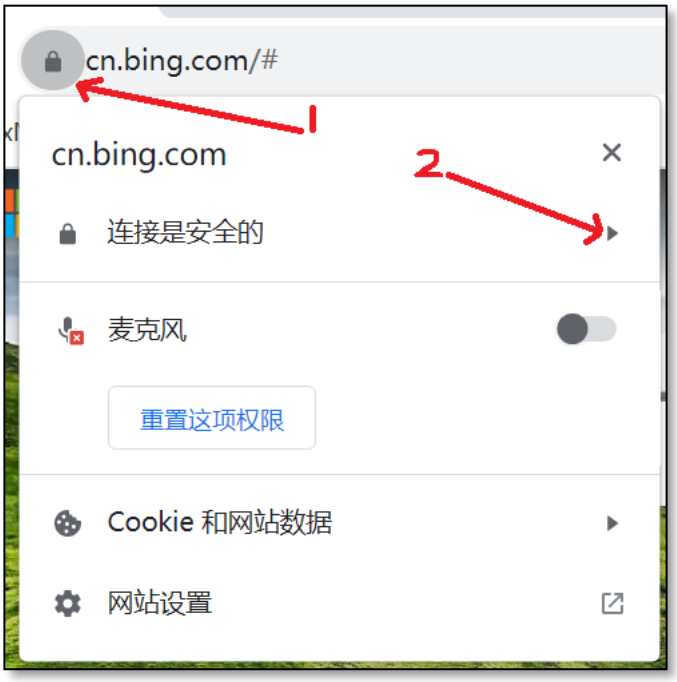
3.8. 证书获取

3.8.1. 服务器证书

如果是自搭服务器，可以使用 OpenSSL 创建生成证书。

如果是服务商的服务器，可以直接联系服务商获取 base64 编码 x.509 编码的 PEM 格式证书文件，也可以从服务商网站导出，下面以 Chrome 浏览器查看必应网站证书为例。

图 3-1. 服务商网站导出证书 1

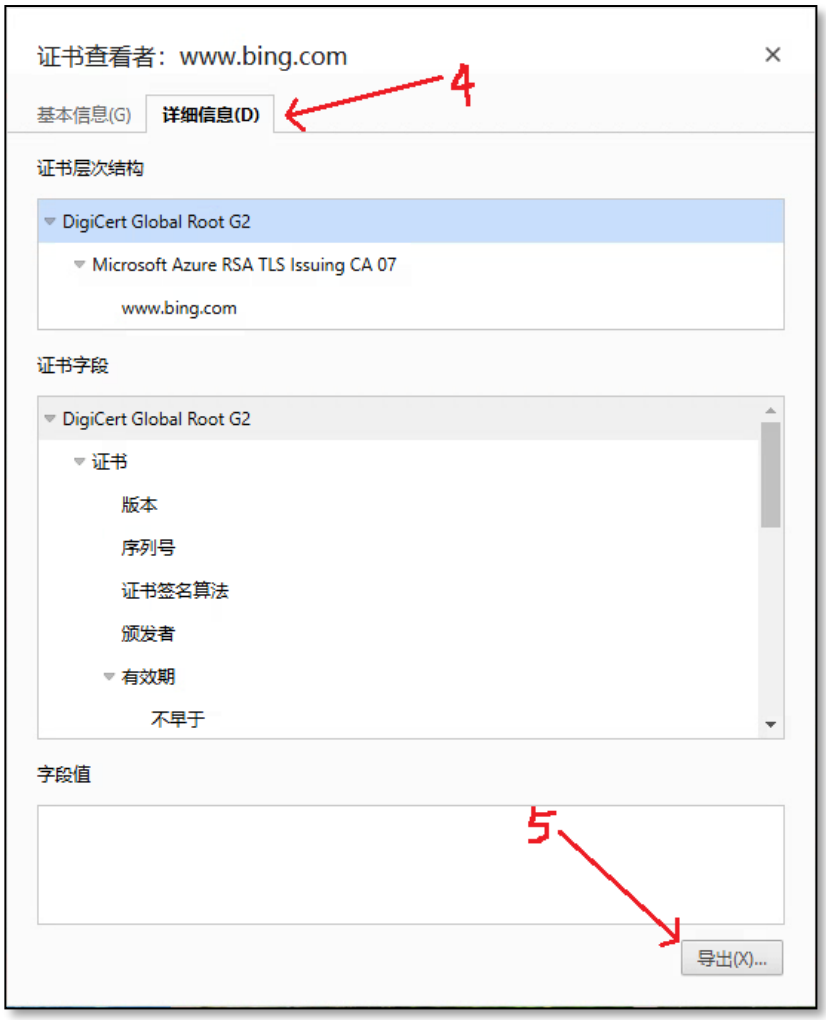


首先点击地址栏左侧“锁”状符号，然后点击“连接是安全的”一栏右侧“三角”符号，会进入*图 3-2. 服务商网站导出证书 2* 界面。

图 3-2. 服务商网站导出证书 2

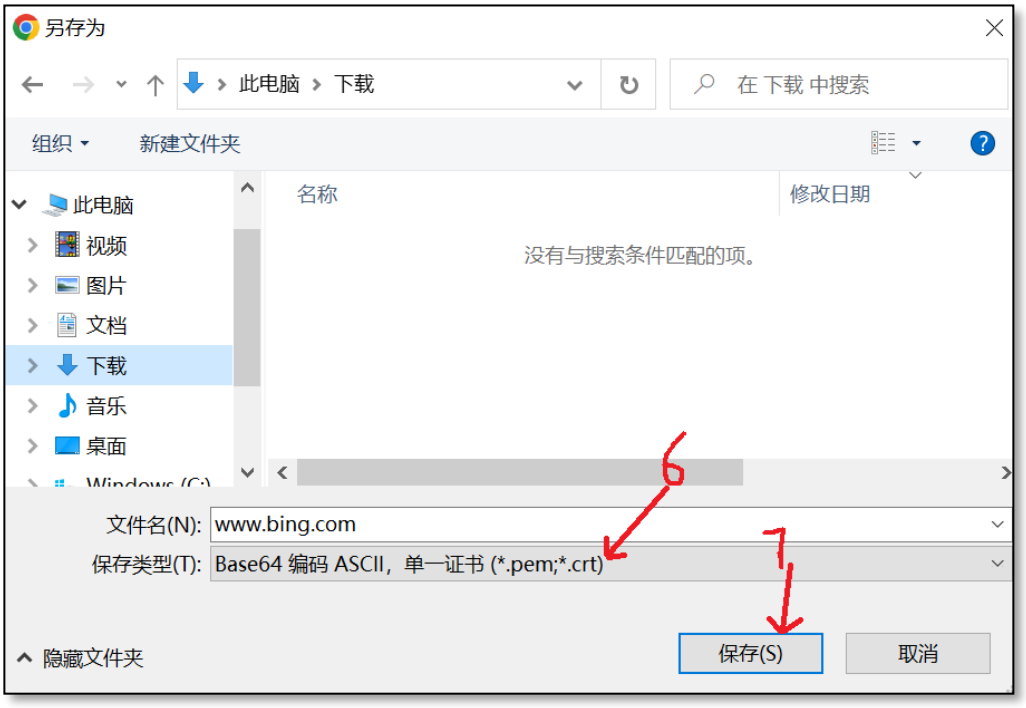
点击“证书有效”一栏右侧“箭头”符号，会进入*图 3-3. 服务商网站导出证书*界面。

图 3-3. 服务商网站导出证书 3



先点击界面上方“详细信息”，然后点击右下方“导出”，进入*图 3-4. 服务商网站导出证书 4* 界面。

图 3-4. 服务商网站导出证书 4



保存类型选择“Base64 编码”格式，然后保存，将保存的文件使用文本编辑器打开，内容如*图 3-5. 服务商网站导出证书 5*所示，以“-----BEGIN CERTIFICATE-----”开头，以“-----END CERTIFICATE-----”结尾。注意，图中证书有作删减，不能直接使用。

图 3-5. 服务商网站导出证书 5

```
-----BEGIN CERTIFICATE-----
MIINgDCCC2igAwIBAgITMwDHr3NSOEMh032ZMgAAAMevczANBgkqhkiG9w0BAQwF
ADBZMQswCQYDVQQGEwJVUzEeMBwGA1UEChMVTWljcm9zb2Z0IENvcnBvcmF0aW9u
MSowKAYDVQQDEyFNaWNyb3NvZnQgQXp1cmUgVExTIEl2c3VpbmcgQ0EgMDUwHhcN
MjMwNzI2MjM1NzIzWhcNMjQwMTIyMjM1NzIzWjBjMQswCQYDVQQGEwJVUzELMAkG
A1UECBMCV0ExEDAOBgNVBAcTB1JlZG1vbmQxHjAcBgNVBAoTFU1pY3Jvc29mdCBD
b3Jwb3JhdGlvbjEVMBMGA1UEAxMMd3d3LmJpbmcuY29tMIIBIjANBgkqhkiG9w0B
AQEFAAOCAQ8AMIIBCgKCAQEA0PlX464ApgYhePtN65ZCq/CKY5veIk2LmPaEH5Ec
bT4jsrRD+dtWxaamLUcH/WcODwv+t9Tssov4N3MR4C88jRHpZyrGFXFWFX3JWfj6
Fk3MxnJNbcJ2nnk0KFg+76MWm0u+Mr2Qzfd6l1orhBQc75h50N929Ge+7k4ZEJo7
jA0BCYbNLL5NHEsSIjmWnNfxY/vvQp1pQAhjTIWbZxqLuGR5ONaG5h0im11uTDI8
RcKMPaImsA1FkySwWFajrQG4XBihf5Q8yJGLMtNCUZgwkX6oJRGe4K7obYbfEJSL
zyJa2wuU5I0F6h2JhYqgDMjgg9PosTGWMy2Obuwl3o5EDQIDAQABo4IJNTCCCTEw
ggF/BgorBgEEAdZ5AgQCBIIBbwSCAWsBaQB2AHb/iD8KtvuVUcJhzPWHujS0pM27
KdxoQgqf5mdMWjp0AAABiZSr/bgAAAQDAEcwRQIgdv01ml+RDVCQYyLaTy3tsijw
to9Zrw==
-----END CERTIFICATE-----
```

3.8.2. 客户端证书

自搭客户端，可以使用 OpenSSL 创建生成证书。

注意，使用 OpenSSL 生成的证书仅可测试使用。

4. MQTT

本章节介绍了 MQTT 的开发指导，它是一种基于发布/订阅模式的轻量级消息传输协议。

当前支持 mqtt3.1.1 和 mqtt5.0 两个版本，底层接口位于如下文件。

\lwip\lwip-2.2.0\src\apps\mqtt.c

\lwip\lwip-2.2.0\src\apps\mqtt5.c

4.1. 配置参数初始化

1、使能 MQTT，需要在 app_cfg.h 中打开宏 CONFIG_MQTT。

2、使能带 SSL 加密方式传输，需要打开宏 LWIP_SSL_MQTT（当前默认打开）。

SDK 加密方式是使用 LwIP 中自带的 SSL 加密套件，相关接口函数位于如下文件中。

lwip\lwip-2.2.0\src\apps\altcp_tls\altcp_tls_mbedtls.c

lwip\lwip-2.2.0\src\apps\altcp_tls\altcp_tls_mbedtls_mem.c

lwip\lwip-2.2.0\src\apps\altcp_tls\altcp_tls_mbedtls_mem.h

lwip\lwip-2.2.0\src\apps\altcp_tls\altcp_tls_mbedtls_structs.h

证书以及相关的客户端配置位于如下文件中。

MSDK\app\mqtt_app\mqtt_ssl_config.c

3、客户端的配置接口函数位于以下文件中。

MSDK\app\mqtt_app\mqtt_client_config.c

MSDK\app\mqtt_app\mqtt5_client_config.c

其中，mqtt_client_config.c 主要是对 MQTT 客户端的基本配置，如客户端 ID、用户名密码、心跳等 MQTT 客户端通用配置。如果使用 SSL 安全加密传输，还需要配置代理服务的根证书。mqtt5_client_config.c 主要用来配置 MQTT5.0 版本相关的新增特性等。

注：当前软件只提供了 MQTT3.1.1 和 MQTT5.0 的基本功能使用，对于部分版本增强特性的配置，软件在两个配置文件中的相应位置写成了固定值，后期用户可以根据需要并结合协议自行添加接口灵活修改配置，以满足相应业务需求。

4.2. 相关结构体

4.2.1. mqtt_connect_client_info_t

/* 客户端信息和连线的基本配置 */

4.2.2. mqtt5_connection_property_config_t

/* mqtt5 连线配置 */

4.2.3. mqtt5_publish_property_config_t

/* mqtt5 发布消息配置 */

4.2.4. mqtt5_subscribe_property_config_t

/* mqtt5 订阅消息配置 */

4.2.5. mqtt5_unsubscribe_property_config_t

/* mqtt5 取消订阅消息配置 */

4.2.6. mqtt5_disconnect_property_config_t

/* mqtt5 断开连线消息配置 */

4.2.7. mqtt5_publish_resp_property_t

/* mqtt5 发布消息回复配置 */

4.2.8. mqtt5_connection_property_storage_t

/* mqtt5 连线存储配置 */

4.2.9. mqtt5_connection_will_property_storage_t

/* mqtt5 连线遗嘱存储配置 */

4.3. 基本功能 API

4.3.1. mqtt5_param_cfg

原型：int mqtt5_param_cfg (mqtt_client_t *mqtt_client)

功能：配置 MQTT5 特性功能相关参数。

输入参数：mqtt_client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

输出参数：无。

返回值： 配置成功（0）/失败（非 0）。

4.3.2. mqtt_client_connect

原型：err_t mqtt_client_connect (mqtt_client_t *client,

const ip_addr_t *ip_addr, u16_t port,

mqtt_connection_cb_t cb, void *arg,

const struct mqtt_connect_client_info_t *client_info,

u8_t mutual_auth)

功能：用于 mqtt3.1.1 发起客户端连接代理服务器的请求。函数会绑定远端代理服务 IP 地址和端口号、注册相关的 TCP callback 函数，并填充 MQTT 请求连接的消息内容到指定的 buffer 中。等底层 TCP 握手成功并建立 TCP 连接后，在 TCP connect 中执行回调函数，实现请求消息的发送。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

ip_addr，指向代理服务器的 ip 地址。

port，代理服务器端口。

cb，连接状态转变回调函数，当 MQTT 连接状态发生改变时，用于传输层通知上层应用，该函数可自定义。

arg，指向连接状态转变回调函数的参数。

client_info，指向 mqtt_connect_client_info_t 客户端连接配置信息结构体。

mutual_auth，双向认证标识符。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.3. mqtt5_client_connect

原型：err_t mqtt5_client_connect (mqtt_client_t *client,

const ip_addr_t *ip_addr, u16_t port,

mqtt_connection_cb_t cb, void *arg,

const struct mqtt_connect_client_info_t *client_info,

const mqtt5_connection_property_storage_t *property,

const mqtt5_connection_will_property_storage_t *will_property,

u8_t mutual_auth)

功能：用于 mqtt5.0 发起客户端连接代理服务器的请求。函数会绑定远端代理服务器 IP 地址和端口号、注册相关的 TCP callback 函数，并填充 MQTT 请求连接的消息内容到指定的 buffer 中。等底层 TCP 握手成功并建立 TCP 连接后，在 TCP connect 中执行回调函数，实现消息请求的发送。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

ip_addr，指向代理服务器的 ip 地址。

port，代理服务器端口。

cb，连接状态转变回调函数，当 MQTT 连接状态发生改变时，用于传输层通知上层应用，该函数可自定义。

arg，指向连接状态转变回调函数的参数。

client_info，指向 mqtt_connect_client_info_t 客户端连接配置信息结构体。

property，指向 mqtt5 连接特性配置的 mqtt5_connection_property_storage_t 结构体。

will_property，指向 mqtt5_connection_will_property_storage_t 结构体，用于 mqtt5 连接遗嘱特性配置。

mutual_auth，双向认证标识符。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.4. mqtt_msg_publish

原型：err_t mqtt_msg_publish (mqtt_client_t *client,

const char *topic,

const void *payload, u16_t payload_length,

u8_t qos, u8_t retain,

mqtt_request_cb_t cb, void *arg)

功能：用于发布 mqtt3.1.1 的主题，函数会通过发布消息配置和输入的消息内容，使用 mqtt3.1.1 版本格式填充 puhlish 消息，并存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

topic，指向待发布的消息主题名称。

payload，指向待发布的消息主题内容。

payload_length，待发布的消息主题内容长度。

qos，待发布消息主题的 qos 等级；

retain，消息保留标志位。

cb，指向发布的回调函数，用于发送成功或者超时未收到确认后的处理函数，该函数可以自定义。

arg，回调函数参数。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.5. mqtt5_msg_publish

原型：err_t mqtt5_msg_publish (mqtt_client_t *client,

const char *topic,

const void *payload, u16_t payload_length,

u8_t qos, u8_t retain,

mqtt_request_cb_t cb, void *arg,

const mqtt5_publish_property_config_t *property,

const char *resp_info)

功能：用于发布 mqtt5.0 主题，函数会通过发布消息的配置和输入的消息内容，使用 mqtt5.0 版本格式填充 puhlish 消息，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

topic，指向待发布的消息主题名称。

payload，指向待发布的消息主题内容。

payload_length，消息主题内容长度。

qos，待发布主题的 qos 等级。

retain，消息保留标志位。

cb，指向发布后的回调函数，用于发送成功或者超时未收到确认后的处理函数，该函数可以自定义。

arg，回调函数参数。

property，指向 mqtt5 发布特性配置 mqtt5_publish_property_config_t 结构体。

resp_info，指向待回复的消息主题名称。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.6. mqtt_sub_unsub

原型：err_t mqtt_sub_unsub (mqtt_client_t *client,

const char *topic,

u8_t qos, u8_t retain，

mqtt_request_cb_t cb, void *arg,

u8_t sub)

功能：用于订阅/取消订阅 mqtt3.1.1 主题，函数会通过发布消息的配置和输入的消息内容，使用 mqtt3.1.1 版本格式填充 subscrible/unsubscrible 消息主要是根据最后一个参数 sub 来区分，如果标志位为 1 则为 subscrible 订阅，如果为 0 则为 unsubscrible 取消订阅，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

topic，指向待订阅/取消订阅的消息主题名称。

qos，待订阅/取消订阅消息主题的 qos 等级。

retain，消息保留标志位。

cb，指向发布的回调函数，用于发送成功或者超时未收到确认后的处理函数。

arg，回调函数参数。

sub，订阅/取消订阅标志位，当标志位为 1 时，表示为订阅消息，为 0 时表示为取消订阅消息。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.7. mqtt5_msg_subscribe

原型：err_t mqtt5_msg_subscribe (mqtt_client_t *client,

mqtt_request_cb_t cb, void *arg,

const mqtt5_topic_t *topic_list, size_t size,

u8_t retain,

const mqtt5_subscribe_property_config_t *property)

功能：用于订阅 mqtt5.0 的主题。函数会通过订阅消息的配置和输入的订阅消息主题，使用 mqtt5.0 版本格式填充 subscrible 消息，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

cb，指向发布的回调函数，用于发送成功或者超时未收到确认后的处理函数。

arg，回调函数参数。

topic_list，指向待订阅消息主题名称列表。

size，topic_list 列表长度。

retain，消息保留标志位。

property，指向 mqtt5 订阅特性配置 mqtt5 _subscribe_property_config_t 结构体。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.8. mqtt5_msg_unsub

原型：err_t mqtt5_msg_unsub (mqtt_client_t *client,

const char *topic,

u8_t qos,

mqtt_request_cb_t cb, void *arg,

const mqtt5_unsubscribe_property_config_t *property)

功能：用于取消订阅 mqtt5.0 的主题。函数会通过取消订阅消息的配置和输入的取消订阅消息主题，使用 mqtt5.0 版本格式填充 unsubscrible 消息，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针

topic，指向取消订阅消息主题内容。

qos，取消订阅消息主题的等级 qos。

cb，指向取消订阅消息主题回调函数，用于发送成功或者超时未收到确认后的处理。

arg，回调函数参数。

property，指向 mqtt5 订阅特性配置 mqtt5_unsubscribe_property_config_t 结构体。

输出参数：无。

返回值： 执行成功（ERR_OK）/失败（非 ERR_OK）。

4.3.9. mqtt_disconnect

原型：void mqtt_disconnect (mqtt_client_t *client)

功能：用于 mqtt3.1.1 断开与服务器的连接。函数会填充 disconnect 消息，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

输出参数：无。

返回值：无。

4.3.10. mqtt5_disconnect

原型：void mqtt_disconnect (mqtt_client_t *client)

功能：用于 mqtt5.0 断开与服务器的连接。函数会填充 disconnect 消息，然后存入指定的 buffer 中，并在合适的时间发送出去。

输入参数：client，指向 mqtt_client_t 客户端信息结构体的指针。

输出参数：无。

返回值：无。

4.4. APP 代码示例

MQTT 协议层分为 mqtt（3.1.1）和 mqtt5（5.0），APP 中统一由 mqtt_cmd.c 负责调用。mqtt_cmd.c 中，当应用层启动连接时，客户端默认将 MQTT 模式配置为 MODE_TYPE_MQTT5：mqtt_mode_type_set(MODE_TYPE_MQTT5);

4.4.1. 客户端初始化

1、mqtt 基本参数初始化配置

在文件\app\mqtt_app\mqtt_client_config.c 中配置客户端连接信息：

struct mqtt_connect_client_info_t base_client_user_info；

在文件 MSDK\app\mqtt_app\mqtt_ssl_config.c 中配置 CA 和客户端证书信息

root_CA

2、初始化基本参数

在 mqtt_cmd.c 创建 task 任务时调用 mqtt_base_param_cfg 进行基本参数的初始化。

3、根据应用层需要配置相应的消息发布/订阅/收到订阅消息的处理函数

mqtt_pub_cb

mqtt_sub_cb

mqtt_unsub_cb

mqtt_receive_msg_print

mqtt_receive_pub_msg_print

mqtt_connect_callback

注：当前这些 cb 里面仅仅做了一些简单打印，用户可根据需要对数据进行相关的处理。

4.4.2. 连线服务器

当启动 MQTT 客户端时，APP 首先创建名为 mqtt task 的任务，准备好参数后，使用 mqtt5_client_connect();即用 MQTT5.0 版本尝试对代理服务器的连接请求，如果连线失败，并且代理服务器返回错误码为版本不支持时，客户端会切换成 MQTT3.1.1，然后再次尝试连接代理服务器。代码如下：

表 4-1 版本不支持切换版本示例

```
if((mqtt_mode_type_get()==MODE_TYPE_MQTT5)&&(connect_fail_reason==MQTT_CONNECTIO
    N_REFUSE_PROTOCOL)) {
    mqtt5_disconnect(mqtt_client);
    mqtt_mode_type_set(MODE_TYPE_MQTT);
    app_print("MQTT: The server does not support version 5.0, now switch to version 3.1.1\r\n");
    return mqtt_connect_to_server();
};
```

如果没有当前待连接的远端服务器的 IP 地址，APP 也支持输入网址，程序会通过调用 mqtt_ip_prase(ip_addr_t *addr_ip, char *domain) 进行解析，远端服务器的端口默认为 1883，即在 mqtt_cmd.h 文件中定义：#define MQTT_DEFAULT_PORT 1883

如果没有手动输入，系统会采用 MQTT 默认端口号 1883。服务器根据需要可能会变更端口号，比如百度智能云 MQTT 服务器不带 SSL 加密的端口号为默认 1883，但是如果带 SSL 加密的则会变更为 1884。

当前 APP 是采用可阻塞式的处理方法，客户端所有的发布和订阅消息都使用各自的队列来进

行管理。当 APP 调用连线命令时，APP 会先创建“MQTT task”，然后配置好相关参数，并将 APP 设置为 MODE_TYPE_MQTT5 模式，再通过调用 mqtt5_client_connect 启动连接流程。

4.4.3. 发布消息

当客户端准备发布消息时，该消息先会被保存到 cmd_msg_pub_list 队列中，等待 mqtt task 将其取出处理：

co_list_push_back(&(msg_pub_list.cmd_msg_pub_list), &(cmd_msg_pub->hdr));

pub_msg = (publish_msg_t *) co_list_pop_front(&(msg_pub_list.cmd_msg_pub_list));

取出后使用 mqtt5_msg_publish()/mqtt_msg_publish()进行发布。发布需要使用的参数可以通过命令输入或者提前配置成固定值，也可以通过新增加接口另行修改。当前发布的消息默认为不保留，即 retain 为 0，如果需要消息保留，可手动输入该标志位为 1。

4.4.4. 订阅/取消订阅消息

当客户端准备订阅/取消订阅消息时，该消息先会被保存到 cmd_msg_sub_list 队列中，等待 mqtt task 将其取出处理：

co_list_push_back(&(msg_sub_list.cmd_msg_sub_list), &(cmd_msg_sub->hdr));

sub_msg = (sub_msg_t *) co_list_pop_front(&(msg_sub_list.cmd_msg_sub_list));

取出后使用 mqtt5_msg_subscribe()/mqtt5_msg_unsub()/mqtt_sub_unsub()进行订阅/取消订阅。订阅/取消订阅需要使用的参数可以通过命令输入或者提前配置成固定值，也可以通过新增加接口另行修改。当前订阅的消息默认为不保留，即 retain 为 0，如果需要消息保留，可手动输入该标志位为 1。

4.4.5. 自动重连

在一些通信条件不理想的情况下，客户端和代理服务器会断开连接，可以通过该开关配置在非主动断开连接的情况下断线后启动重连。APP 中通过配置 auto_reconnect 的值来实现，mqtt task 任务每次循环时会判断该值来确定是否需要启动重新连接，代码如下：

表 4-2 自动重连示例

```
if (mqtt_client_is_connected(mqtt_client) == false) {
    if (auto_reconnect) {
        goto connect;
  } else {
        break;
    }
}
```

4.4.6. 断开连接

当客户端主动启动断开连接时，demo 会将 mqtt_client->run 配置为 false，然后在 MQTT task 中进行处理，即先结束循环，然后根据需要，通过 mqtt5_disconnect/mqtt_disconnect 先向代理服务器发送断开连接请求，然后开始释放相关资源，并删除 MQTT task。

5. CoAP

本章节介绍了如何使用 CoAP（Constrained Application Protocol）组件实现一个 CoAP client 和一个简单的 CoAP server。

CoAP 为 4.3.5 版本。

5.1. 配置参数初始化

使能 CoAP，需要在 app_cfg.h 中打开宏 CONFIG_COAP。

5.2. 相关结构体

5.2.1. coap_context_t

/* CoAP 上下文信息 */

5.2.2. coap_address_t

/* CoAP 监听地址信息 */

5.2.3. coap_endpoint_t

/* 虚拟端点的抽象信息，可以附加到 coap_context_t 结构体 */

5.2.4. coap_session_t

/* 虚拟会话的抽象信息，可以附加到 coap_context_t 结构体 */

5.2.5. coap_pdu_t

/* CoAP PDU 结构体 */

5.2.6. coap_optlist_t

/* CoAP 链式列表结构体 */

5.3. 基本功能 API

5.3.1. coap_new_context

原型：coap_context_t *coap_new_context(const coap_address_t *listen_addr)

功能：创建一个新的 CoAP 上下文，所有 CoAP 服务端或客户端操作都需要在此上下文中执行。

输入参数：listen_addr，一个指向 coap_address_t 结构的指针，用于指定监听的地址和端口。

输出参数：无。

返回值：成功时返回新创建的 coap_context_t 结构体指针，失败时返回 NULL。

5.3.2. coap_new_endpoint

原型：coap_endpoint_t *coap_new_endpoint(coap_context_t *context,
const coap_address_t *listen_addr,
coap_proto_t proto)

功能：创建一个新的 CoAP 服务端的端点，用于监听指定协议（UDP/TCP）的连接。

输入参数：context，CoAP 上下文指针。

listen_addr，指向 coap_address_t 结构的指针，指定服务端监听的地址和端口。

proto，协议类型（COAP_PROTO_UDP 或 COAP_PROTO_TCP）。

输出参数：无。

返回值：成功时返回 coap_endpoint_t 结构体指针，失败时返回 NULL。

5.3.3. coap_new_client_session

原型：coap_session_t *coap_new_client_session(coap_context_t *ctx,
const coap_address_t *local_if,
const coap_address_t *server,
coap_proto_t proto)

功能：为 CoAP 客户端创建一个新的会话，用于与服务器通信。

输入参数：ctx，CoAP 上下文指针。

local_if，本地网络接口地址。

server，远程服务器地址。

proto，通信的协议类型（如 UDP 或 TCP）。

输出参数：无。

返回值：成功时返回 coap_session_t 结构体指针，失败时返回 NULL。

5.3.4. coap_send

原型：coap_mid_t coap_send(coap_session_t *session, coap_pdu_t *pdu)

功能：发送一个 CoAP 协议数据单元（PDU）到服务器或客户端。

输入参数：session，一个有效的 CoAP 会话。

pdu，指向 coap_pdu_t 的指针，表示要发送的 PDU 内容。

输出参数：无。

返回值：成功时返回发送的 PDU 的 ID，失败时返回 COAP_INVALID_MID。

5.3.5. coap_add_option

原型：size_t coap_add_option(coap_pdu_t *pdu,

coap_option_num_t number,

size_t len,

const uint8_t *data)

功能：向 CoAP PDU 中添加选项。

输入参数：pdu，指向目标 PDU 的指针。

number，CoAP 选项编号（例如资源类型、内容格式等）。

len，选项值的长度。

data，包含选项值的字节数组。

输出参数：无。

返回值：成功时返回选项的整体长度，失败时返回 0。

5.3.6. coap_free_context

原型：void coap_free_context(coap_context_t *context)

功能：释放 CoAP 上下文，清理由 coap_new_context 分配的资源。

输入参数：context，要释放的 CoAP 上下文指针。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.7. coap_io_process

原型：int coap_io_process(coap_context_t *ctx, uint32_t timeout_ms)

功能：用于处理 I/O 操作，包括接收来自网络的消息、发送已准备好的消息以及处理超时事件。通常会在服务端或客户端的事件循环中调用该函数，以确保 CoAP 协议的正常运行。

输入参数：ctx，CoAP 上下文指针。

timeout_ms，等待事件超时时间（毫秒），设置为 COAP_IO_NO_WAIT 表示不等待，函数立即返回。

输出参数：无。

返回值：成功时返回在函数中消耗的毫秒数，失败时返回-1。

5.3.8. coap_session_release

原型：void coap_session_release(coap_session_t *session)

功能：用于释放一个 CoAP 会话 (coap_session_t) 的资源。

输入参数：session，要释放的 coap_session_t 对象。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.9. coap_delete_optlist

原型：void coap_delete_optlist(coap_optlist_t *optlist_chain)

功能：用于释放一个由 coap_optlist_t 链表结构维护的 CoAP 选项列表。

输入参数：optlist_chain，指向 coap_optlist_t 链表的头结点或其他有效结点指针。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.10. coap_add_data

原型：int coap_add_data(coap_pdu_t *pdu, size_t len, const uint8_t *data)

功能：用于向 CoAP 协议数据单元(coap_pdu_t)中添加待发送的数据。

输入参数：pdu，指向目标 CoAP 协议数据单元(PDU)的指针。

len，待添加数据的长度，单位为字节。

data，指向包含有效负载数据的字节数组。

输出参数：无。

返回值：成功时返回 1，失败时返回 0。

5.3.11. coap_insert_option

原型：size_t coap_insert_option(coap_pdu_t *pdu, coap_option_num_t number,
size_t len, const uint8_t *data)

功能：用于向 CoAP 协议数据单元 (coap_pdu_t) 中插入一个选项（Option）。

输入参数：pdu，指向目标 CoAP 协议数据单元(PDU)的指针。

number，CoAP 选项编号。

len，选项值（Option Value）的长度，单位为字节。

data，指向包含选项值内容的字节数组。

输出参数：无。

返回值：成功时返回选项的长度，失败时返回 0。

5.3.12. coap_add_optlist_pdu

原型：int coap_add_optlist_pdu(coap_pdu_t *pdu, coap_optlist_t **optlist_chain)

功能：用于将选项链表(coap_optlist_t)中的所有选项添加到指定 CoAP 协议数据单元(coap_pdu_t)中。

输入参数：pdu，指向目标 CoAP 协议数据单元(PDU)的指针。

optlist_chain，指向 coap_optlist_t 链表的头结点。

输出参数：无。

返回值：成功时返回 1，失败时返回 0。

5.3.13. coap_register_option

原型：void coap_register_option(coap_context_t *ctx, uint16_t type)

功能：用于注册一个新的 CoAP 选项。

输入参数：ctx，CoAP 上下文指针。

type，CoAP 选项类型。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.14. coap_uri_into_options

原型：int coap_uri_into_options(const coap_uri_t *uri, const coap_address_t *dst,
coap_optlist_t **optlist_chain,
int create_port_host_opt,
uint8_t *buf, size_t buflen)

功能：用于将一个 CoAP URI (coap_uri_t) 转换为选项链表 (coap_optlist_t)，以便将 URI 的各部分（例如：路径、查询参数）构造成 CoAP 消息中的选项。

输入参数：uri，指向 CoAP URI 结构的指针。

dst，目的地址。

create_port_host_opt，如果需要添加端口/主机选项为 1，否则为 0。

buf，参数已忽略，可为 NULL。

buflen，参数已忽略。

输出参数：optlist_chain，指向选项链表指针的地址。。

返回值：成功时返回 0，失败时返回负数。

5.3.15. coap_register_response_handler

原型：void coap_register_response_handler(coap_context_t *context,
coap_response_handler_t handler)

功能：用于为 CoAP 上下文 (coap_context_t) 注册一个响应处理函数。

输入参数：context，CoAP 上下文指针。

handler，响应处理器函数指针。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.16. coap_register_nack_handler

原型：void coap_register_nack_handler(coap_context_t *context,
coap_nack_handler_t handler)

功能：用于为 CoAP 上下文(coap_context_t)注册一个未确认消息处理函数。

输入参数：context，CoAP 上下文指针。

handler，未确认消息处理器函数指针。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.17. coap_register_event_handler

原型：void coap_register_event_handler(coap_context_t *context,
coap_event_handler_t hnd)

功能：用于为 CoAP 上下文(coap_context_t)注册一个事件处理函数。

输入参数：context，CoAP 上下文指针。

hnd，事件处理器函数的指针。如果要取消注册，则为 NULL。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.18. coap_context_set_block_mode

原型：void coap_context_set_block_mode(coap_context_t *context,
uint32_t block_mode)

功能：用于设置 CoAP 上下文(coap_context_t)的块传输模式。

输入参数：context，CoAP 上下文指针。

block_mode，设置块模式的标志。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.19. coap_split_uri

原型：int coap_split_uri(const uint8_t *str_var, size_t len, coap_uri_t *uri)

功能：将给定的字符串解析为 URI 组件。

输入参数：str_var，要拆分的字符串。

len，字符串的长度。

输出参数：uri，用来存储 URI 的各部分内容。

返回值：成功时返回 0，失败时返回负数。

5.3.20. coap_resolve_address_info

原型：coap_addr_info_t *coap_resolve_address_info(const coap_str_const_t *address,
uint16_t port,
uint16_t secure_port,
uint16_t ws_port,
uint16_t ws_secure_port,
int ai_hints_flags,
int scheme_hint_bits,
coap_resolve_type_t type)

功能：将指定的 address 解析为一组 coap_address_t，可用于 bind()或 connect()。

输入参数：address，要解析的地址。

port，非安全协议端口号。

secure_port，安全协议端口号。

ws_port，非安全 WebSockets 端口号。

ws_secure_port，安全 WebSockets 端口号。

ai_hints_flags，内部 getaddrinfo()使用的 flag 参数。

scheme_hint_bits，返回信息的方案。

type，COAP_ADDRESS_TYPE_LOCAL 或 COAP_ADDRESS_TYPE_REMOTE。

输出参数：无。

返回值：成功时返回一个或多个链接的 coap_addr_info_t 集合，失败时返回 NULL。

5.3.21. coap_get_data_large

原型：int coap_get_data_large(const coap_pdu_t *pdu,
size_t *len,
const uint8_t **data,
size_t *offset,
size_t *total)

功能：用于从一个 CoAP PDU (协议数据单元) 中获取响应消息的有效负载(即数据部分)。

输入参数：pdu，指向包含响应消息的 CoAP PDU 对象的指针。

输出参数：len，有效负载数据的长度。

data，用于接收指向有效负载数据的指针。

offset，当前数据相对于由多个块组成的主体起始位置的偏移量。

total，主体总大小。

返回值：成功时返回 1，失败时返回 0。

5.3.22. coap_pdu_get_code

原型：coap_pdu_code_t coap_pdu_get_code(const coap_pdu_t *pdu)

功能：用于从一个 CoAP 协议数据单元 (coap_pdu_t) 中获取其消息码。

输入参数：pdu，指向要提取消息码的 CoAP PDU 对象的指针。

输出参数：无。

返回值：消息码值。

5.3.23. coap_resource_set_get_observable

原型：void coap_resource_set_get_observable(coap_resource_t *resource, int mode)

功能：用于设置指定资源 (coap_resource_t) 的可观察标志。

输入参数：resource，指向目标 CoAP 资源对象的指针。

mode，可观察性模式的标志，1 表示启用，0 表示禁用。

输出参数：无。

返回值：无。

5.3.24. coap_add_attr

原型：coap_attr_t *coap_add_attr(coap_resource_t *resource,

coap_str_const_t *name,

coap_str_const_t *value,

int flags)

功能：用于为指定的 CoAP 资源 (coap_resource_t) 添加一个属性。

输入参数：resource，指向目标 CoAP 资源对象的指针。

name，指向属性名称的指针。

value，指向属性值的指针。

flags，控制资源行为的标志位。

输出参数：无。

返回值：成功时返回新属性的结构体指针，失败时返回 NULL。

5.3.25. coap_get_available_scheme_hint_bits

原型：uint32_t coap_get_available_scheme_hint_bits(int have_pki_psk, int ws_check,
coap_proto_t use_unix_proto)

功能：用于获取当前可用的 CoAP 传输方案提示位。

输入参数：have_pki_psk，1 如果 PSK/PKI 信息已知，否则为 0。

ws_check，1 如果 WebSockets 在列表中，否则为 0。

use_unix_proto，为 Unix 套接字设置适当的协议，否则为 INET/INET6 套接字设置为 COAP_PROTO_NONE。

输出参数：无。

返回值：可用 CoAP 协议的位掩码，没有则返回 0。

5.3.26. coap_resource_notify_observers

原型：int coap_resource_notify_observers(coap_resource_t *resource,
const coap_string_t *query)

功能：启动向资源的所有观察者发送 Observe 数据包的过程，如果 query 不为 NULL，则可选择匹配该 query。

输入参数：resource，指向需要通知的 CoAP 资源对象的指针。

query，一个可选的查询字符串，用于筛选观察者，也可以为 NULL，表示向所有观察该资源的客户端发送通知。

输出参数：无。

返回值：存在通知的观察者返回 1，否则为 0。

5.3.27. coap_check_notify

原型：void coap_check_notify(coap_context_t *context)

功能：用于检查所有已知资源以确定是否被修改，然后通知订阅的观察者。

输入参数：context，指向 CoAP 上下文对象的指针。

输出参数：无。

返回值：无。

5.4. APP 代码示例

CoAP 示例可以参考 MSDK\lwip\libcoap\port\client-coap.c 和 server-coap.c。

示例使用本章介绍的 Libcoap 的 API 实现了一个 COAP client 和一个简单的 COAP server。

6. 版本历史

*表 6-1. 版本历史*为本文档的版本更新历史。

表 6-1. 版本历史

版本号	说明	日期
1.0	初稿发布	2024 年 01 月 12 日
1.1	LwIP 版本由 2.1.2 更新为 2.2.0； MbedTLS 版本由 2.17.0 更新为 3.6.2。 增加 CoAP 开发指南。	2025 年 03 月 27 日

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the “Product”), is owned by the Company according to the laws of the People’s Republic of China and other applicable laws. The Company reserves all rights under such laws and no Intellectual Property Rights are transferred (either wholly or partially) or licensed by the Company (either expressly or impliedly) herein. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

To the maximum extent permitted by applicable law, the Company makes no representations or warranties of any kind, express or implied, with regard to the merchantability and the fitness for a particular purpose of the Product, nor does the Company assume any liability arising out of the application or use of any Product. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the sole responsibility of the user of this document to determine whether the Product is suitable and fit for its applications and products planned, and properly design, program, and test the functionality and safety of its applications and products planned using the Product. The Product is designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only, and the Product is not designed or intended for use in (i) safety critical applications such as weapons systems, nuclear facilities, atomic energy controller, combustion controller, aeronautic or aerospace applications, traffic signal instruments, pollution control or hazardous substance management; (ii) life-support systems, other medical equipment or systems (including life support equipment and surgical implants); (iii) automotive applications or environments, including but not limited to applications for active and passive safety of automobiles (regardless of front market or aftermarket), for example, EPS, braking, ADAS (camera/fusion), EMS, TCU, BMS, BSG, TPMS, Airbag, Suspension, DMS, ICMS, Domain, ESC, DCDC, e-clutch, advanced-lighting, etc.. Automobile herein means a vehicle propelled by a self-contained motor, engine or the like, such as, without limitation, cars, trucks, motorcycles, electric cars, and other transportation devices; and/or (iv) other uses where the failure of the device or the Product can reasonably be expected to result in personal injury, death, or severe property or environmental damage (collectively "Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure the Product meets the applicable laws and regulations. The Company is not liable for, in whole or in part, and customers shall hereby release the Company as well as its suppliers and/or distributors from, any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Product. Customers shall indemnify and hold the Company, and its officers, employees, subsidiaries, affiliates as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Product.

Information in this document is provided solely in connection with the Product. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and the Product described herein at any time without notice. The Company shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. Information in this document supersedes and replaces information previously supplied in any prior versions of this document.