

AT32 Bootloader UART Protocol

前言

本文档主要描述 AT32 内置 bootloader 使用的 UART 协议，并详细介绍支持的协议命令，以及协议的使用流程。如需要了解更多 UART 的硬件资源或者当前型号是否支持 UART 请参考如下文档：
《PM0007_AT32_Bootloader_Program_Manual》。

目录

1	UARTx 编程启动模式	8
2	UARTx 波特率	9
3	Bootloader 支持命令	10
4	Bootloader 命令详解	11
4.1	Set ISP	11
4.1.1	主机和设备端流程图	11
4.1.2	主机端数据传输过程	12
4.2	Get Commands	12
4.2.1	主机和设备端流程图	13
4.2.2	主机端数据传输过程	14
4.3	Get Version	15
4.3.1	主机和设备端流程图	15
4.3.2	主机端数据传输过程	16
4.4	Get Device ID	16
4.4.1	主机和设备端流程图	17
4.4.2	主机端数据传输过程	18
4.5	Read Memory	18
4.5.1	主机和设备端流程图	19
4.5.2	主机端数据传输过程	21
4.6	Jump	21
4.6.1	主机和设备端流程图	22
4.6.2	主机端数据传输过程	23
4.7	Write Memory	24
4.7.1	主机和设备端流程图	25
4.7.2	主机端数据传输过程	27
4.8	Erase	27
4.8.1	主机和设备端流程图	29

4.8.2	主机端数据传输过程	30
4.9	Erase and Program Protect	31
4.9.1	主机和设备端流程图	32
4.9.2	主机端数据传输过程	33
4.10	Erase and Program Unprotect	34
4.10.1	主机和设备端流程图	34
4.10.2	主机端数据传输过程	35
4.11	Access Protect	36
4.11.1	主机和设备端流程图	36
4.11.2	主机端数据传输过程	37
4.12	Access Unprotect	38
4.12.1	主机和设备端流程图	38
4.12.2	主机端数据传输过程	39
4.13	Firmware CRC	39
4.13.1	主机和设备端流程图	40
4.13.2	主机端数据传输过程	42
4.14	Enable SPIM	42
4.14.1	主机和设备端流程图	43
4.14.2	主机端数据传输过程	44
4.15	Enable sLib	44
4.15.1	主机和设备端流程图	45
4.15.2	主机端数据传输过程	46
4.16	Disable sLib	47
4.16.1	主机和设备端流程图	48
4.16.2	主机端数据传输过程	49
4.17	Get sLib status	50
4.17.1	主机和设备端流程图	51
4.17.2	主机端数据传输过程	52
4.18	SPIM Remap	53
4.18.1	主机和设备端流程图	54
4.18.2	主机端数据传输过程	55
4.19	Reset Device	56

4.19.1 主机和设备端流程图	56
4.19.2 主机端数据传输过程	57
4.20 Advanced Access Protect.....	57
4.20.1 主机和设备端流程图	58
4.20.2 主机端数据传输过程	59
5 版本历史	60

表目录

表 1 擦除类型说明表	28
表 2 文档版本历史	60

图目录

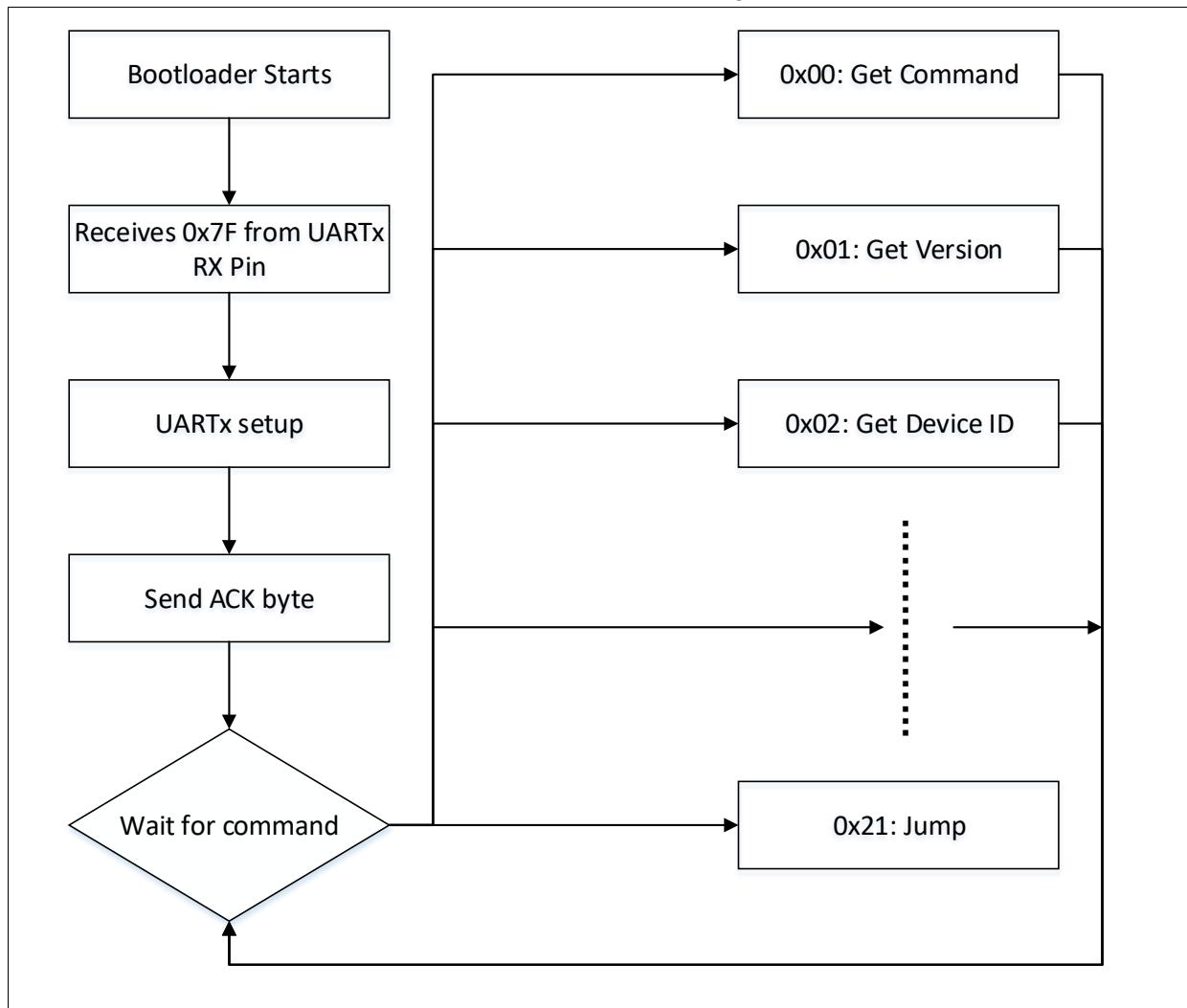
图 1 Bootloader Main Loop	8
图 2 Set ISP 主机端流程图	11
图 3 Set ISP 设备端流程图	12
图 4 Get Commands 主机端流程图	13
图 5 Get Commands 设备端流程图	14
图 6 Get Version 主机端流程图	15
图 7 Get Version 设备端流程图	16
图 8 Get Device ID 主机端流程图	17
图 9 Get Device ID 设备端流程图	18
图 10 Read Memory 主机端流程图	19
图 11 Read Memory 设备端流程图	20
图 12 Jump 主机端流程图	22
图 13 Jump 设备端流程图	23
图 14 Write Memory 主机端流程图	25
图 15 Write Memory 设备端流程图	26
图 16 Erase 主机端流程图	29
图 17 Erase 设备端流程图	30
图 18 Erase and Program Protect 主机端流程图	32
图 19 Erase and Program Protect 设备端流程图	33
图 20 Erase and Program Unprotect 主机端流程图	34
图 21 Erase and Program Unprotect 设备端流程图	35
图 22 Access Protect 主机端流程图	36
图 23 Access Protect 设备端流程图	37
图 24 Access Unprotect 主机端流程图	38
图 25 Access Unprotect 设备端流程图	39
图 26 Firmware CRC 主机端流程图	40
图 27 Firmware CRC 设备端流程图	41
图 28 Enable SPIM 主机端流程图	43
图 29 Enable SPIM 设备端流程图	43
图 30 Enable sLib 主机端流程图	45

图 31 Enable sLib 设备端流程图.....	46
图 32 Disable sLib 主机端流程图.....	48
图 33 Disable sLib 设备端流程图.....	49
图 34 Get sLib status 主机端流程图	51
图 35 Get sLib status 设备端流程图	52
图 36 SPIM Remap 主机端流程图	54
图 37 SPIM Remap 设备端流程图	55
图 38 Reset Device 主机端流程图	56
图 39 Reset Device 设备端流程图	57
图 40 Advanced Access Protect 主机端流程图	58
图 41 Advanced Access Protect 设备端流程图	59

1 UARTx 编程启动模式

当使用UART编程模式时，Bootloader启动之后会检测UARTx Rx引脚，等待接收0x7F数据帧：一个起始位，0x7F数据位，奇偶校验位和一个停止位。通过Systick定时器测量该数据帧，计算出UARTx使用的波特率，再通过UARTx响应主机0x79，表示连接成功，此时微控制器端等待接收主机命令。如下图流程：

图 1 Bootloader Main Loop



2 UARTx 波特率

波特率设定

AT32 Bootloader 支持自动侦测波特率，误差率低于 2.5%。最小波特率支持 1200，最大波特率支持 256000。

$$\text{误差率} = \left| \frac{\text{Device baud rate} - \text{Host baud rate}}{\text{Device baud rate}} \right| \times 100\% \text{。误差率小于 } 2.5\%.$$

Bootloader 侦测波特率方法：

微控制启动之后，主机端发送 0x7F 数据到设备端，包括 1 个起始位，值为 0x7F 的 8 位数据，偶校验位和 1 个停止位。

当设备侦测到主机发送的数据后，会将设备端对应的 UARTx 设定好波特率，然后响应 0x79，当主机接收到 0x79，则表示连接成功，可以继续发送命令。

ACK = 0x79

NACK = 0x1F

3 Bootloader 支持命令

不同系列的微控制器功能有所差别，因此不同系列的微控制支持的协议命令个数会有区别，但对于相同的协议命令，所有系列都是可以兼容的，如读，写，擦除命令等。

如下列出协议命令列表：

命令	值	说明	支持型号
Set ISP	0xFA	设置上位机识别编号	AT32F413xx, AT32F415xx, AT32F403Axx, AT32F407xx, AT32F421xx, AT32A403Axx
Get Commands ⁽¹⁾	0x00	获取设备支持命令列表	ALL
Get Version	0x01	获取 bootloader 版本号	ALL
Get Device ID ⁽¹⁾	0x02	获取设备 ID 号，可用于判断型号	ALL
Read memory	0x11	读取存储器指定地址的数据	ALL
Jump	0x21	跳转到指定的存储器地址执行程序	ALL
Write memory	0x31	写数据到存储器的指定地址	ALL
Erase	0x44	擦除存储器	ALL
Erase and program protect	0x63	开启擦写保护	ALL
Erase and program unprotect	0x73	关闭擦写保护	ALL
Access Protect	0x82	开启访问保护	ALL
Access Unprotect	0x92	关闭访问保护	ALL
Firmware CRC	0xAC	计算指定 sector CRC	ALL
Enable SPIM(bank3)	0xB3	使能外部存储器	支持 SPIM 的型号
Enable sLib	0xD0	使能 sLib 功能	支持 sLib 的型号
Disable sLib	0xD1	解除 sLib 功能	支持 sLib 的型号
Get sLib Status	0xD2	获取 sLib 状态	支持 sLib 的型号
SPIM Remap	0xD3	SPIM IO pin 脚重映射	支持 SPIM 的型号
Reset Device	0xD4	复位设备	只有 AT32F403xx 不支持
Advanced Access Protect	0xD6	使能高级访问保护	支持高级访问保护的型号

注意 1：AT32F413xx, AT32F415xx, AT32F403Axx, AT32F407xx, AT32F421xx, AT32A403Axx 这几个系列在使用 Get Commands 和 Get Device ID 命令前要先发送 Set ISP 命令。如果对于其它不支持 Set ISP 命令的系列发送 Set ISP 命令，设备端会回复 NACK，主机可以忽略此 NACK，继续后面的命令操作。

4 Bootloader 命令详解

本章主要说明 bootloader 每条协议命令的作用和使用方法，包括主机端和设备端对命令解析的流程。

4.1 Set ISP

Set ISP 命令作用是为了区别不同上位机，在支持此命令的微控制器系列中，需要发送此命令，对应的 Get Commands 命令和 Get Device ID 命令才能响应正确的数据。对不支持此命令的微控制器系列，是否发送此命令，对后续的命令都没有影响。为了不同微控制流程兼容，主机端对此命令可分成两种情况处理：

- 主机发送 Set ISP 命令，设备在响应主机端 ACK，主机端继续发送 4 字节的上位机识别码，固定为“0x02, 0x03, 0x54, 0x41”，接着再发送 1 字节的校验和，设备再次响应主机 ACK，表示此命令结束，可以进行下条命令的发送。
- 主机端发送 Set ISP 命令，设备响应主机端 NACK，主机端收到此 NACK 响应之后，表示命令结束，直接结束当前命令的后续流程，进入下一条命令的发送。

此命令在访问保护开启时也能使用。

4.1.1 主机和设备端流程图

图 2 Set ISP 主机端流程图

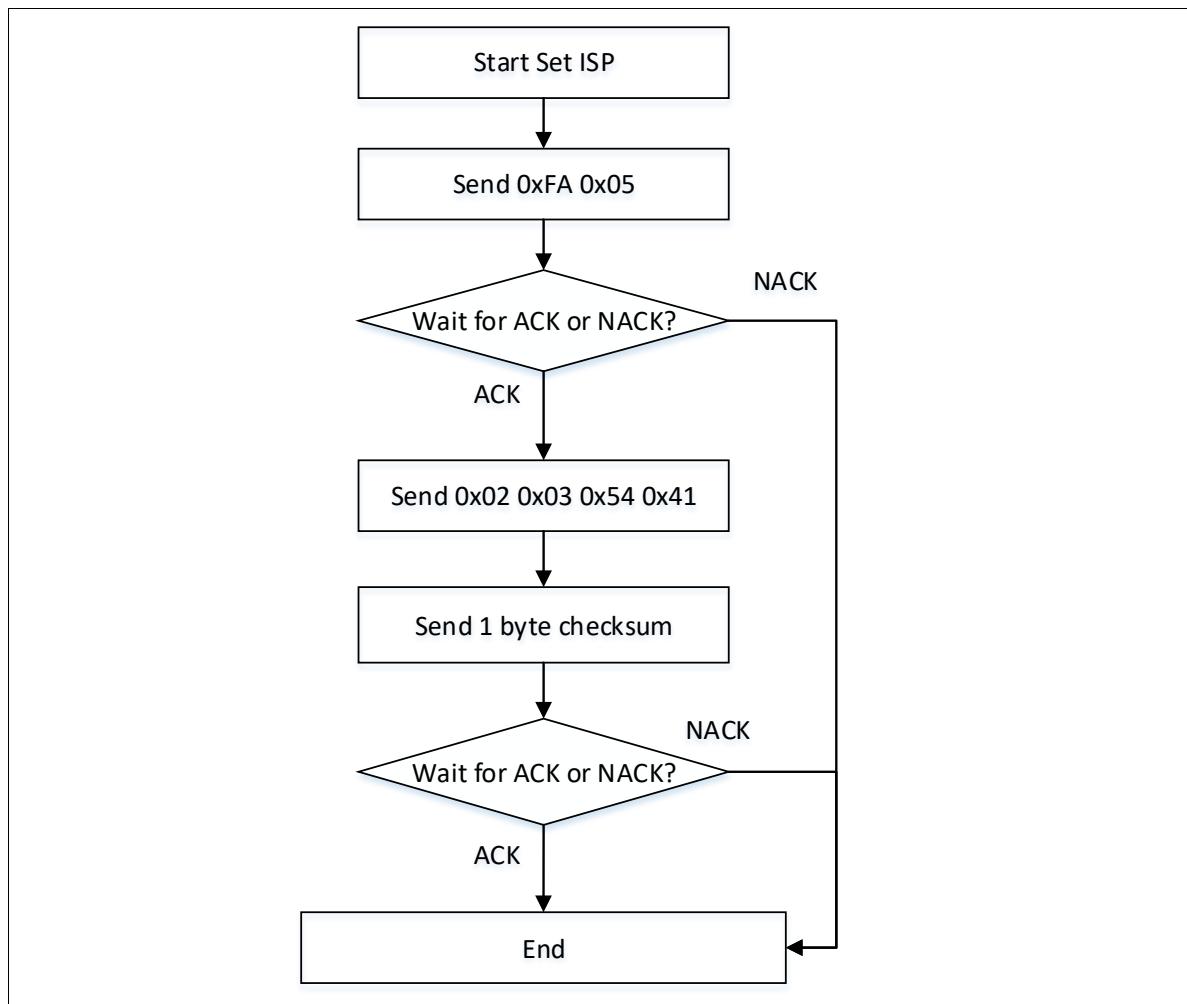
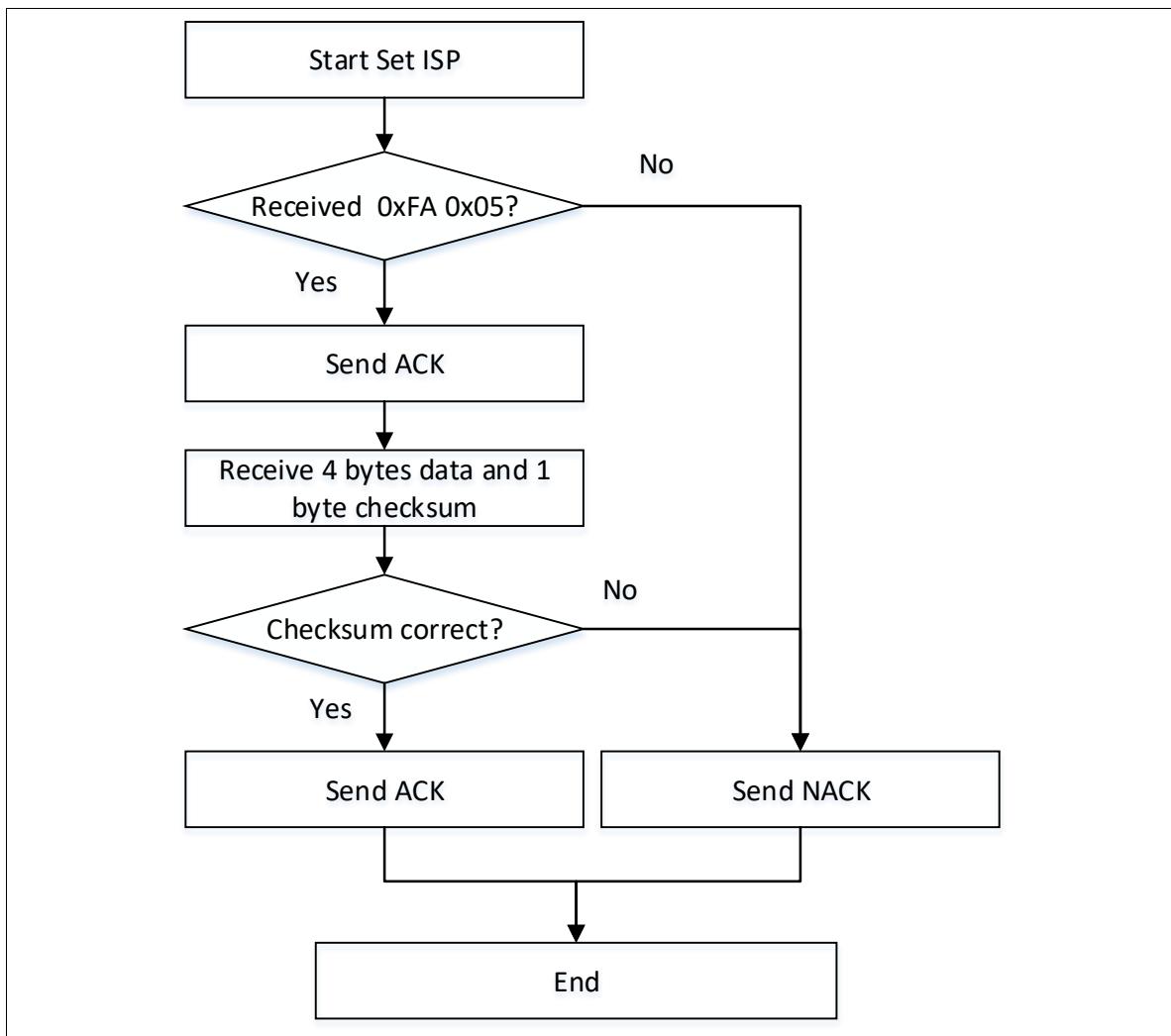


图 3 Set ISP 设备端流程图



4.1.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xFA	
2		0x05	
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，命令结束
3		0x02	
4		0x03	
5		0x54	
6		0x41	
7		*	CheckSum(Byte3~Byte6)
	2	ACK	命令结束

4.2 Get Commands

Get Commands 命令用于获取协议版本号和设备支持的命令列表，对应不同系列的微控制器，支持的命令个数不同，返回的列表就会有所不同。

Bootloader 在收到此命令之后，会响应主机 ACK，接着会响应主机 1 字节的数据来表明接下来要传送的数据长度，再返回协议版本和支持命令列表，然后再响应 ACK。

此命令在访问保护开启时也能使用。

注意：AT32F413xx, AT32F415xx, AT32F403Axx, AT32F407xx, AT32F421xx, AT32A403Axx，这几个系列在发送 *Get Commands* 之前需要发送 *Set ISP* 命令

4.2.1 主机和设备端流程图

图 4 Get Commands 主机端流程图

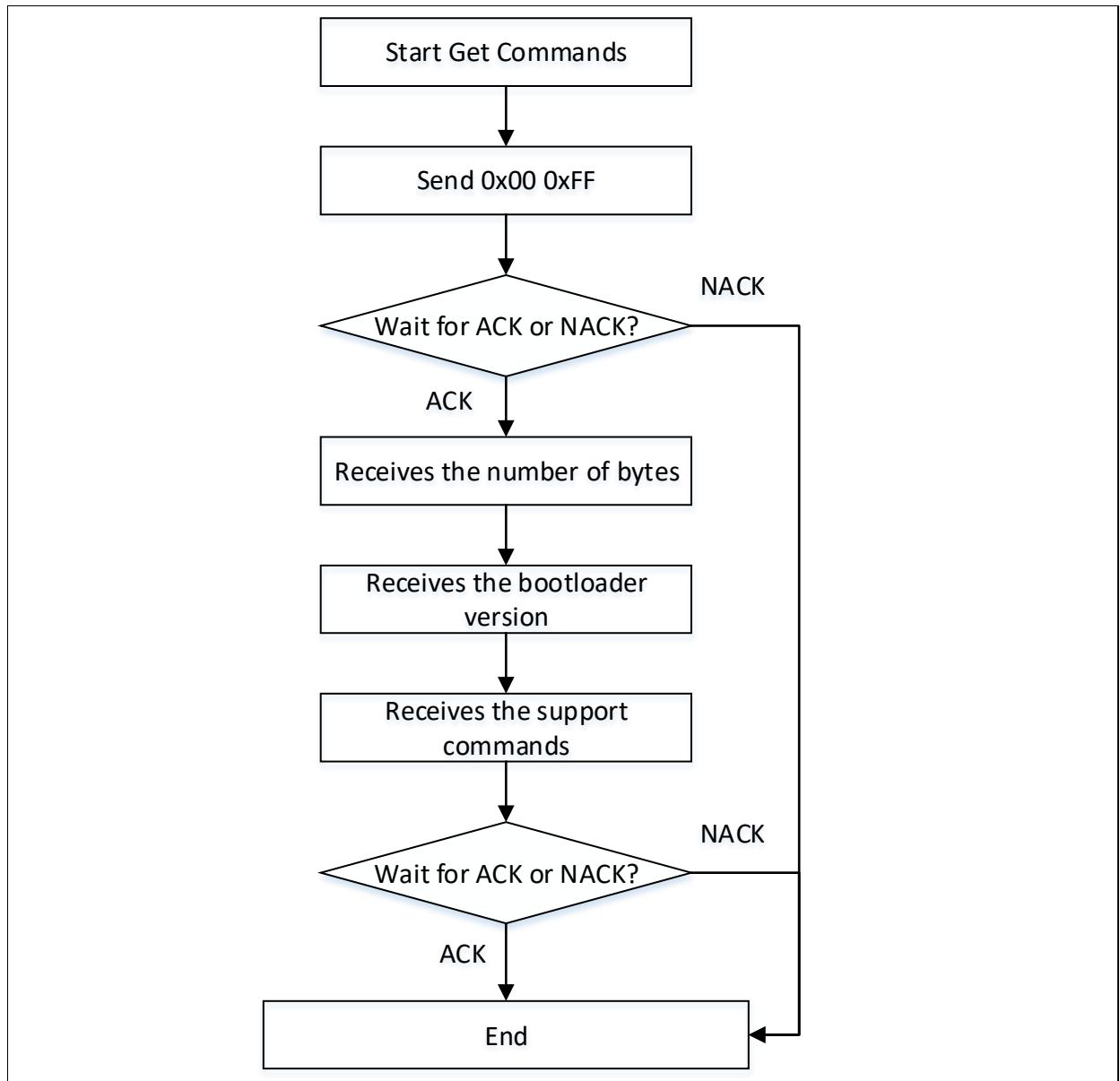
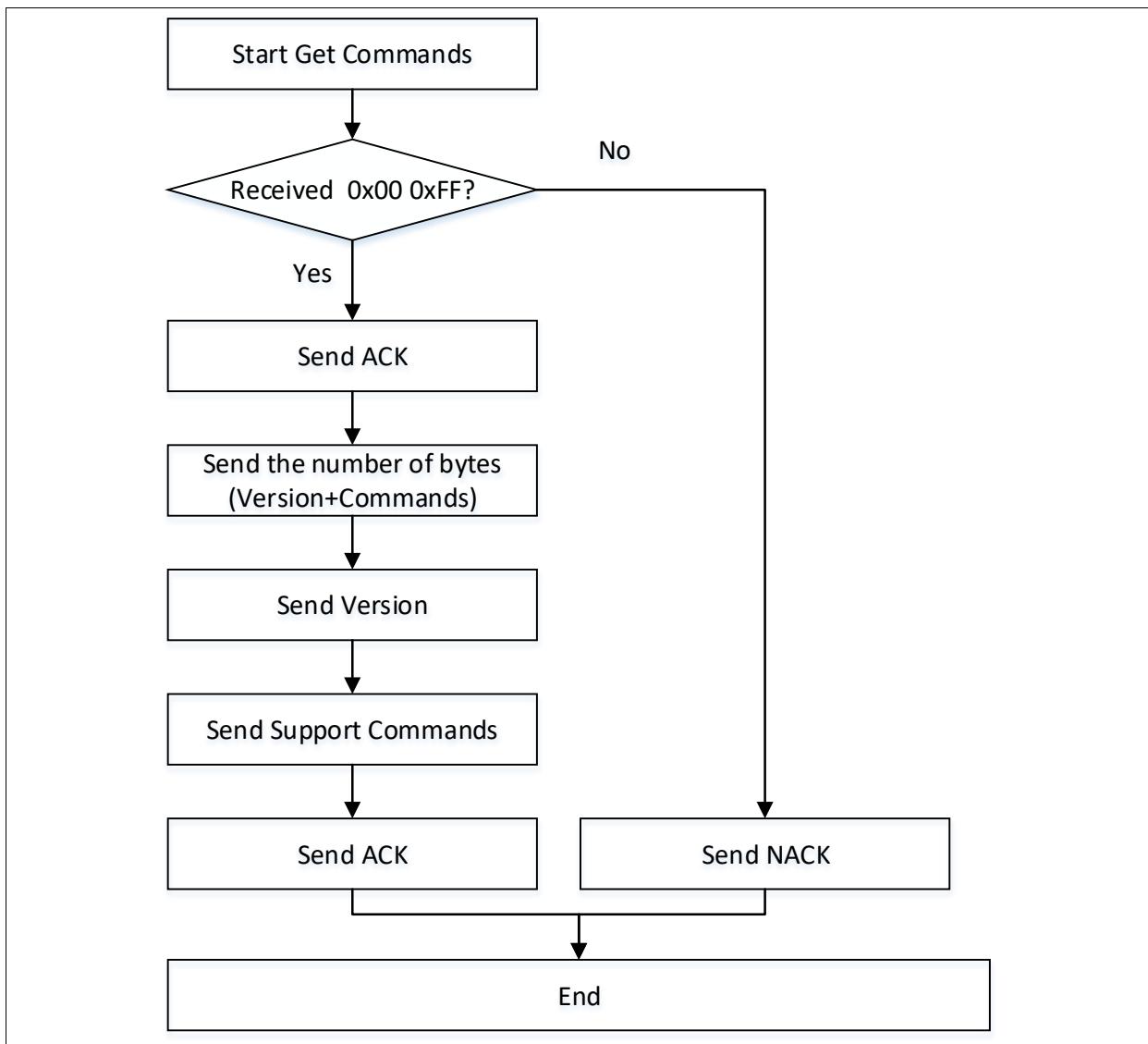


图 5 Get Commands 设备端流程图



4.2.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x00	
2		0xFF	
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，命令结束
	2	n	表示后面会收到 n 字节数据
	3	*	Bootloader 的协议版本号
	4	0x00	第一个命令 Get Commands
	5	0x01	第二个命令 Get Version

	n+2	*	第 n 个命令
	n+3	ACK	命令结束

4.3 Get Version

Get Version 命令用来读取设备端 Bootloader 的版本号，当设备端收到此命令后，会响应主机 ACK，接着会传送 1 字节的 Bootloader 协议版本号和 2 个字节的 Bootloader 版本号（简称 BID），然后再响应主机 ACK，表示命令结束。

此命令在访问保护开启时也能使用。

4.3.1 主机和设备端流程图

图 6 Get Version 主机端流程图

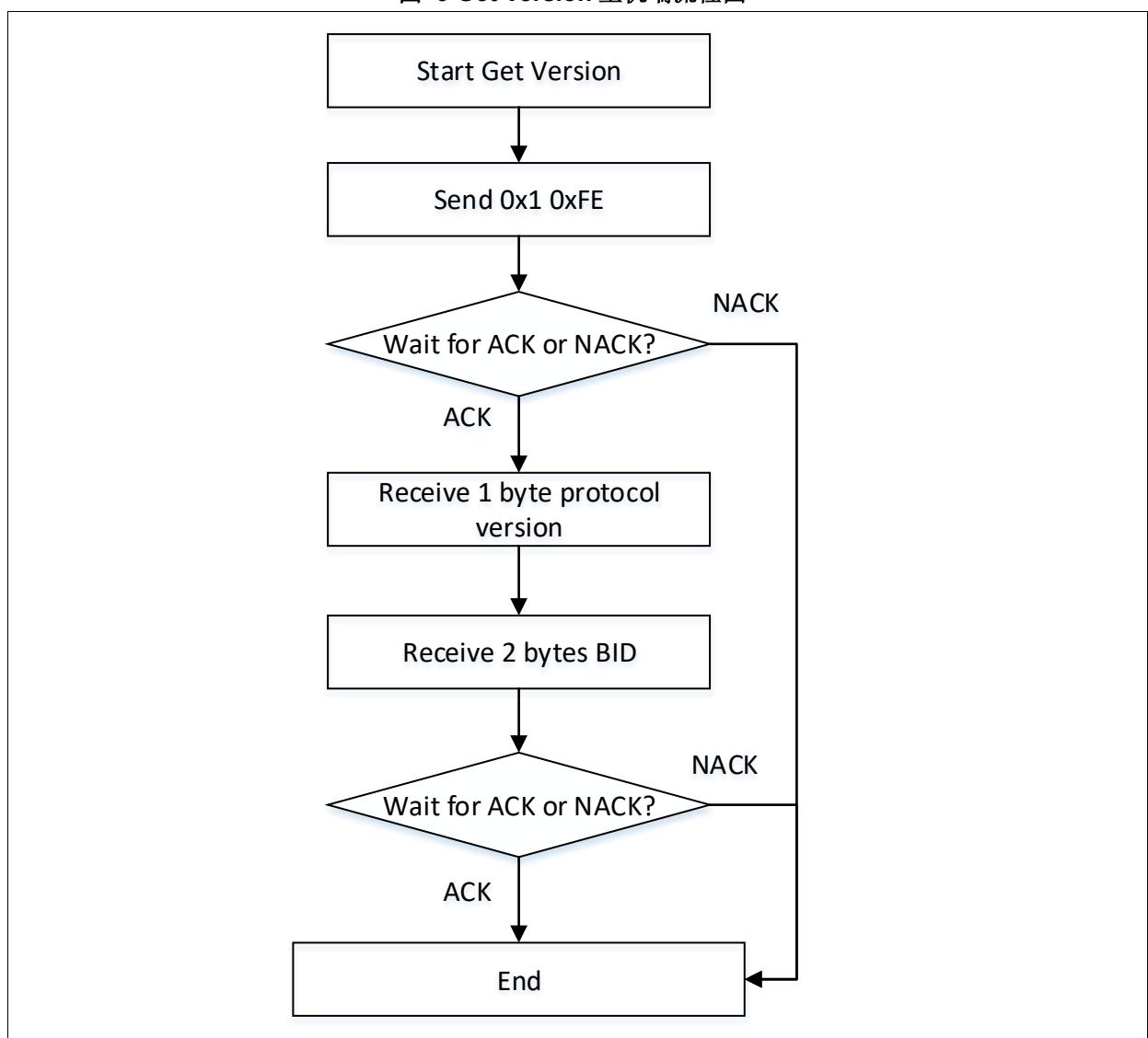
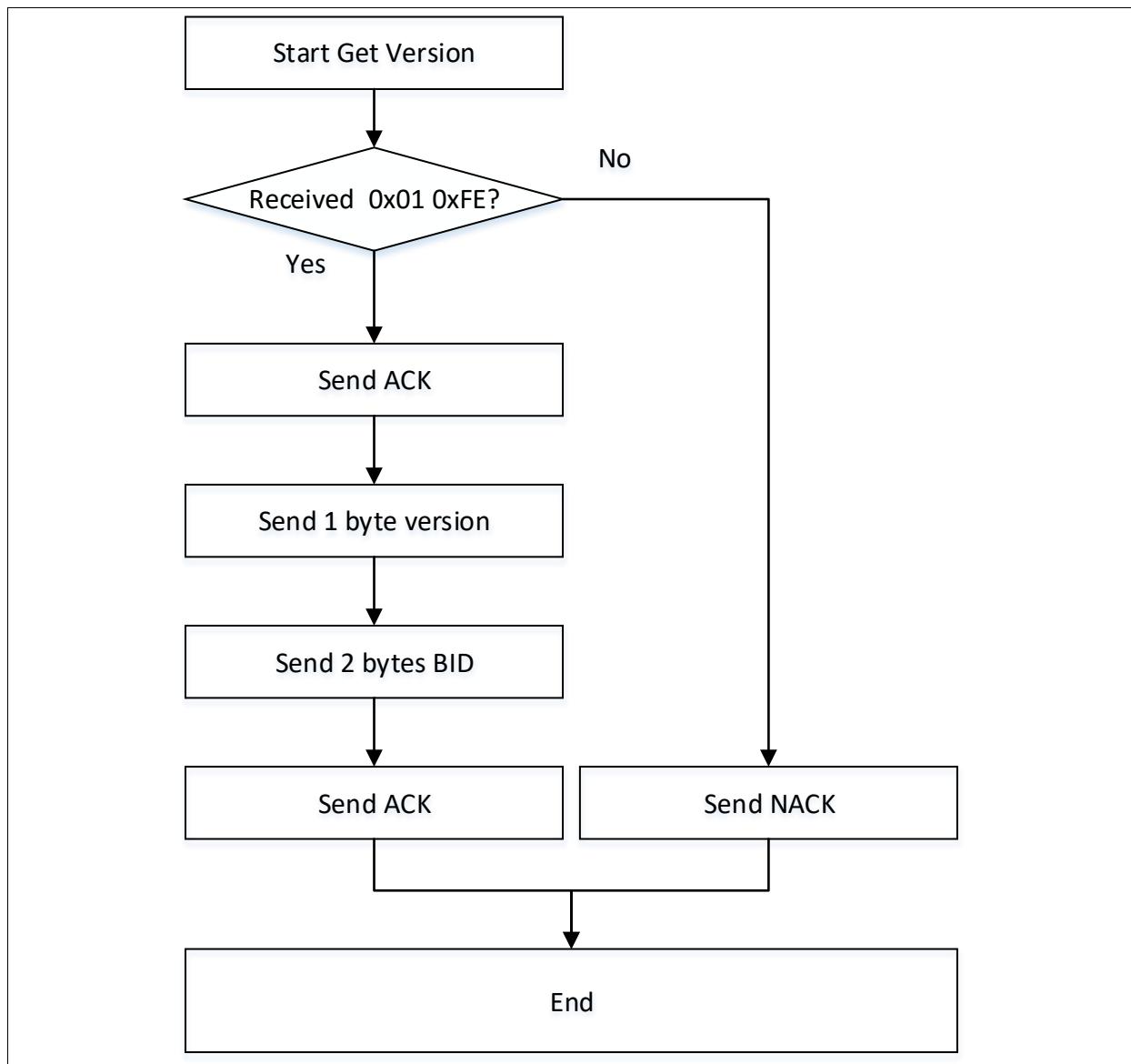


图 7 Get Version 设备端流程图



4.3.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x01	
2		0xFE	
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，命令结束
	2	*	协议版本号
	3	*	Bootloader 版本号 (BID)
	4	*	Bootloader 版本号 (BID)
	5	ACK	命令结束

4.4 Get Device ID

Get Device ID 命令用于读取微控制器具体型号，响应的数据中包含 4 字节 Product ID 号和 1 字节的 Project ID。主机端可以根据 1 字节的 Project ID 判断当前连续的设备是哪个系列的微控制器，通过 4

字节的 Product ID 号判断具体的某一个型号。

当设备端收到此命令后，会先响应主机 ACK，接着会传送 1 字节数据长度，表示要传送的数据长度，其值为具体长度减 1（如后续传送数据长度为 5，则此值为 4），接着再传送 4 字节的 Product ID 和 1 字节的 Project ID，然后再响应一个 ACK。

此命令在访问保护开启时也能使用。

4.4.1 主机和设备端流程图

图 8 Get Device ID 主机端流程图

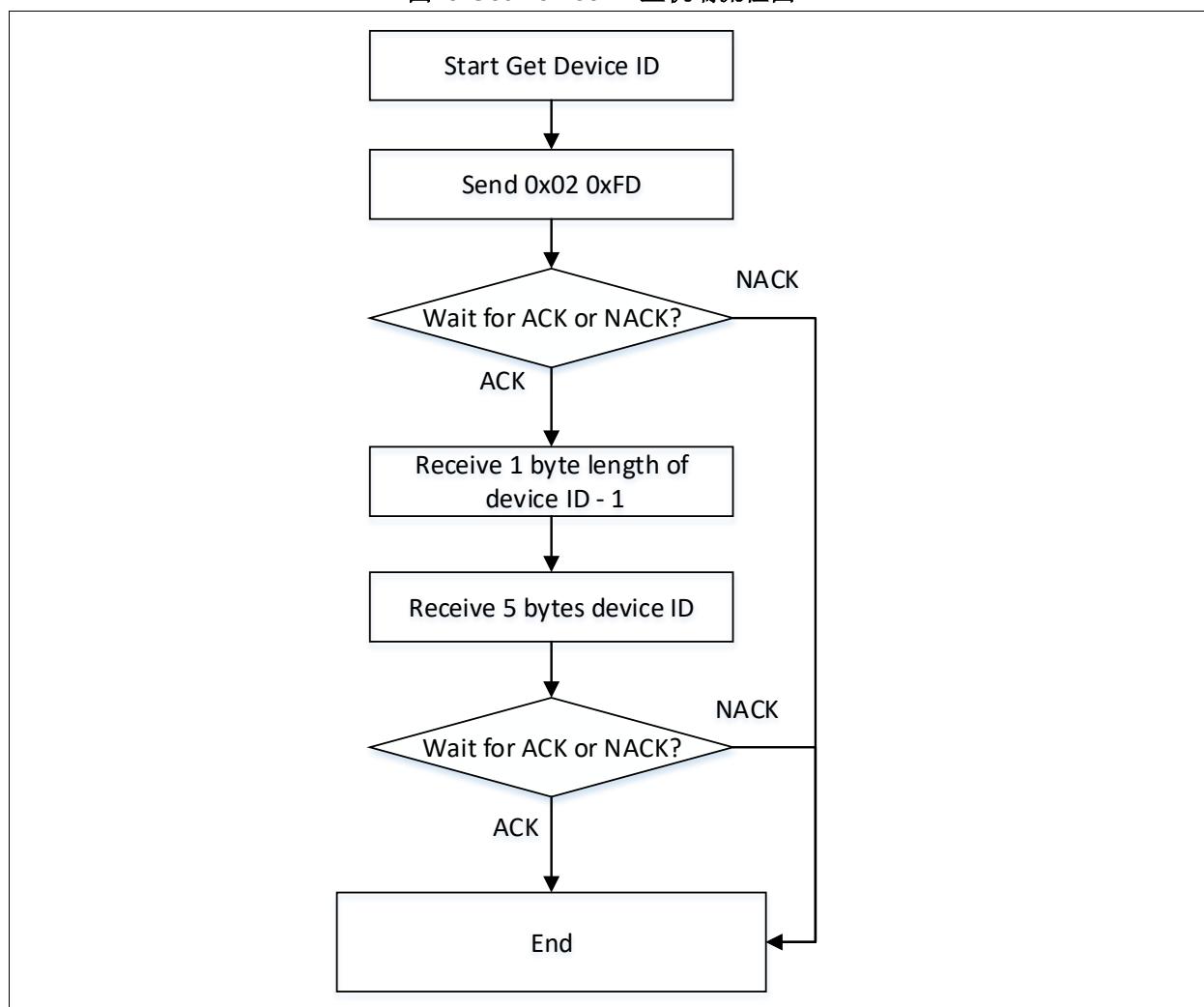
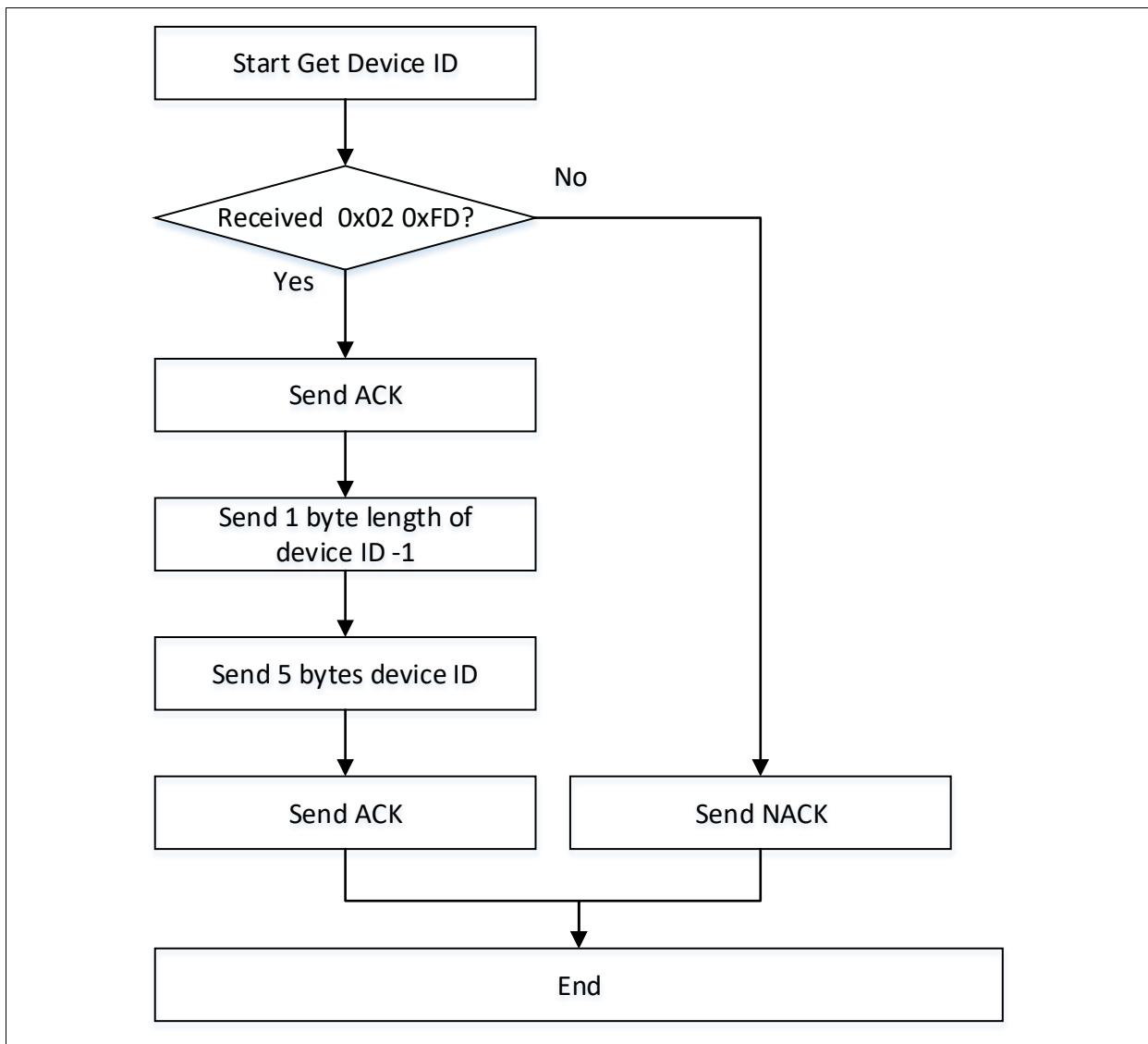


图 9 Get Device ID 设备端流程图



4.4.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x02	
2		0xFD	
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，命令结束
	2	0x04	Device ID 长度减 1
	3	*	Product ID [8-15]
	4	*	Product ID [0-7]
	5	*	Product ID [24-31]
	6	*	Product ID [16-23]
	7	*	Project ID
	8	ACK	命令结束

4.5 Read Memory

Read Memory 命令用来读取存储器，SRAM，启动程序代码区，用户系统数据区等有效地址范围内

的数据，各种型号可允许读取的范围不同。在支持 SPIM 的型号上，要读取 SPIM 的数据，必须先使能 SPIM(发送 Enable SPIM 命令)。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，会响应主机 ACK，接着会等待 4 字节的地址和 1 字节的地址 Checksum，当 Checksum 正确且地址有效时，响应主机 ACK，再等待 1 字节的读取长度及其 Checksum，长度的值为实际要读取的值长度减 1(如读 10 字节数据，此值为 9)，当 Checksum 正确，响应主机 ACK 之后，将开始传送对应地址的数据。

此命令在访问保护开启时不能使用。

4.5.1 主机和设备端流程图

图 10 Read Memory 主机端流程图

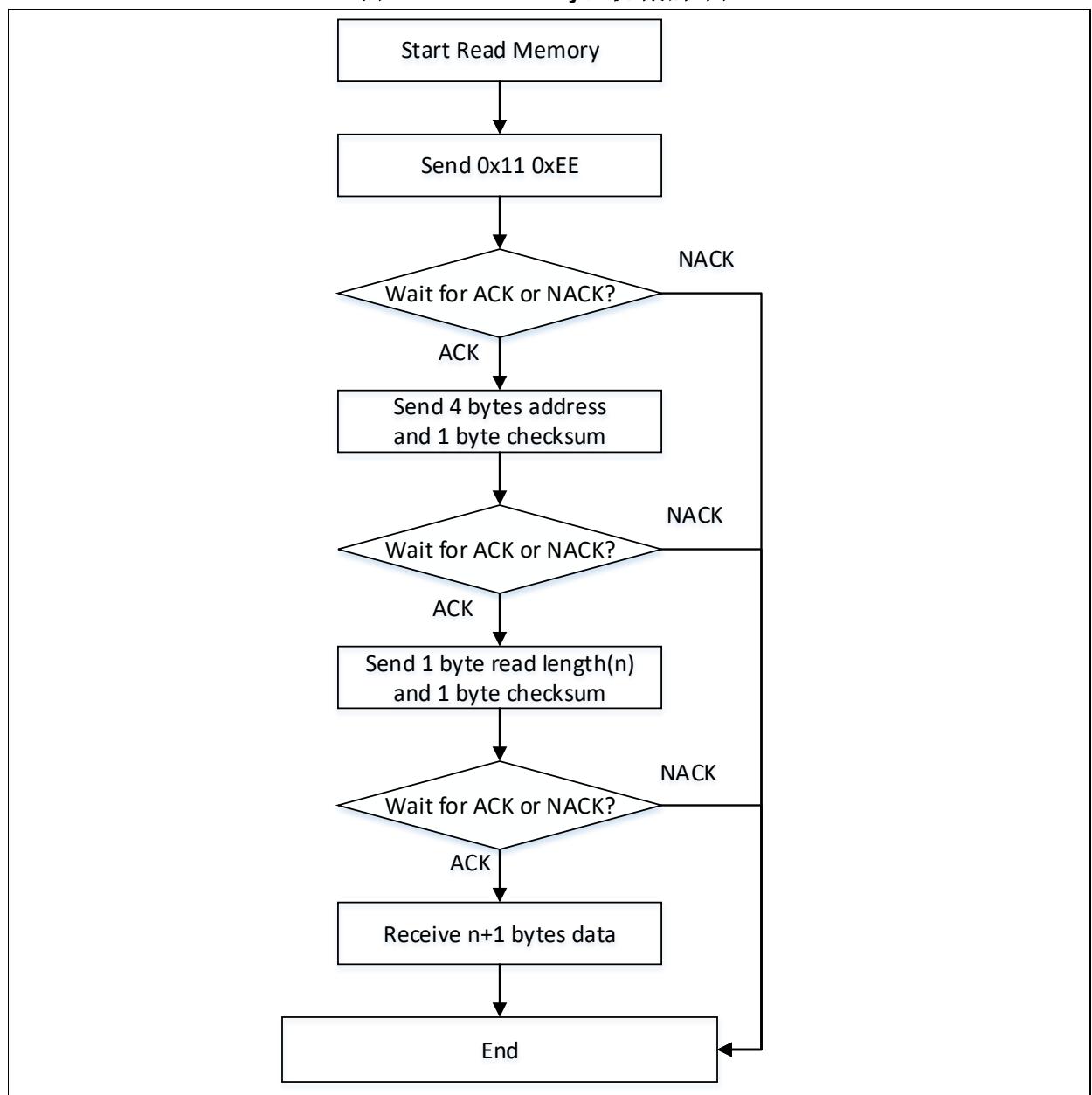
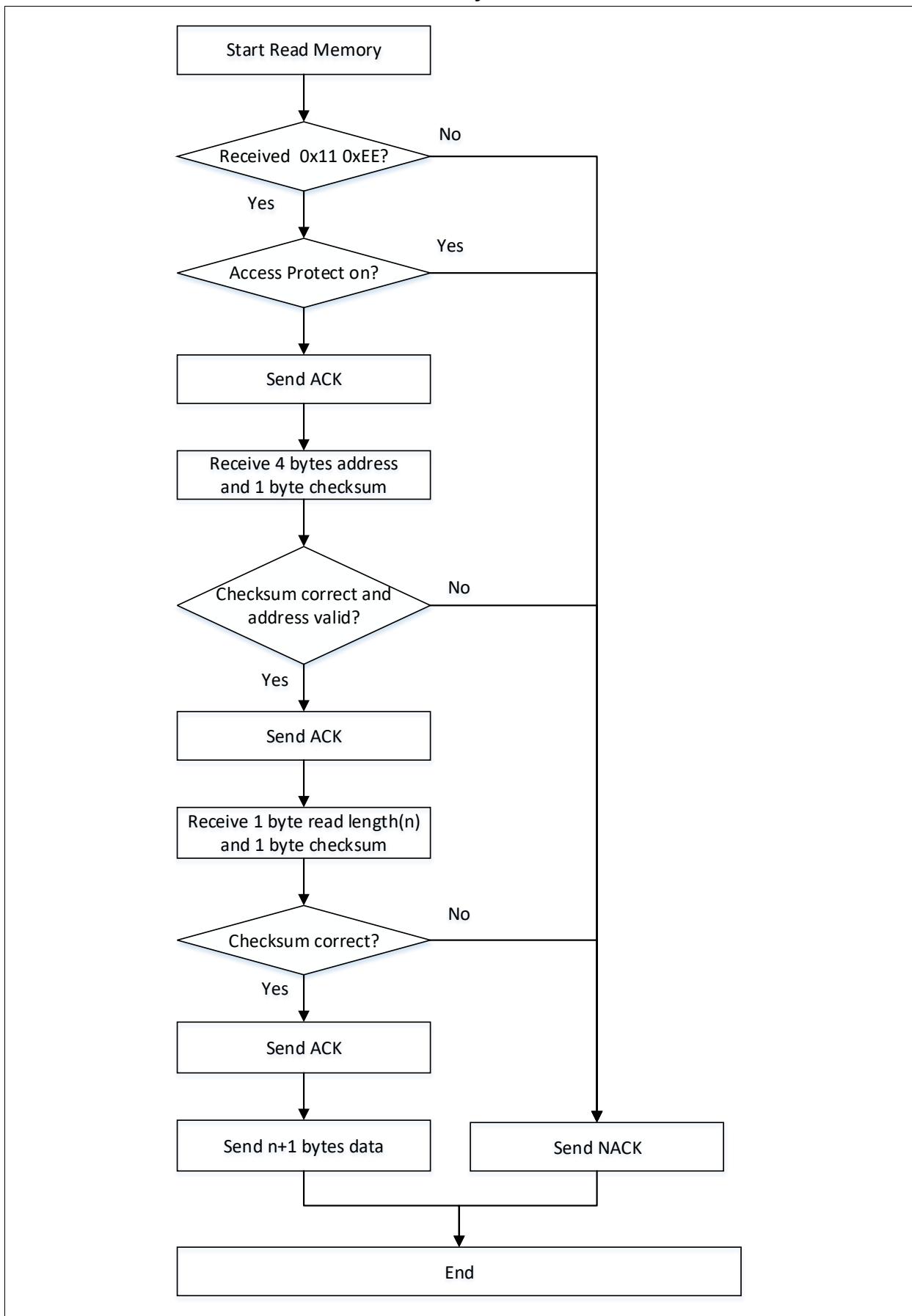


图 11 Read Memory 设备端流程图



4.5.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x11	
2		0xEE	
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，表示访问保护开启，结束此命令
3		*	Address MSB
4		*	
5		*	
6		*	Address LSB
7		*	Checksum: XOR (address byte3~byte6)
	2	ACK/NACK	收到 NACK, 结束此命令
8		*	读取数据长度 - 1 (n)
9		*	Checksum: 0xFF XOR byte8
	3	ACK/NACK	收到 NACK, 结束此命令
	4	*	目标地址数据
	目标地址数据
	4+n+1	*	目标地址数据

4.6 Jump

Jump 命令用于跳转到指定地址进行执行，可以跳转到主存储器和 SRAM 中去执行，跳转的地址必须是有效范围内的地址，需要注意各个型号的有效地址范围不同。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待 4 字节的跳转地址及其 Checksum，当收到的地址和 Checksum 都有效时，响应主机 ACK 后，将跳转到响应地址进行执行程序。

此命令在访问保护开启时不能使用。

注意：对于 AT32F421xx 系列，Jump 命令可能会跳转失败。

4.6.1 主机和设备端流程图

图 12 Jump 主机端流程图

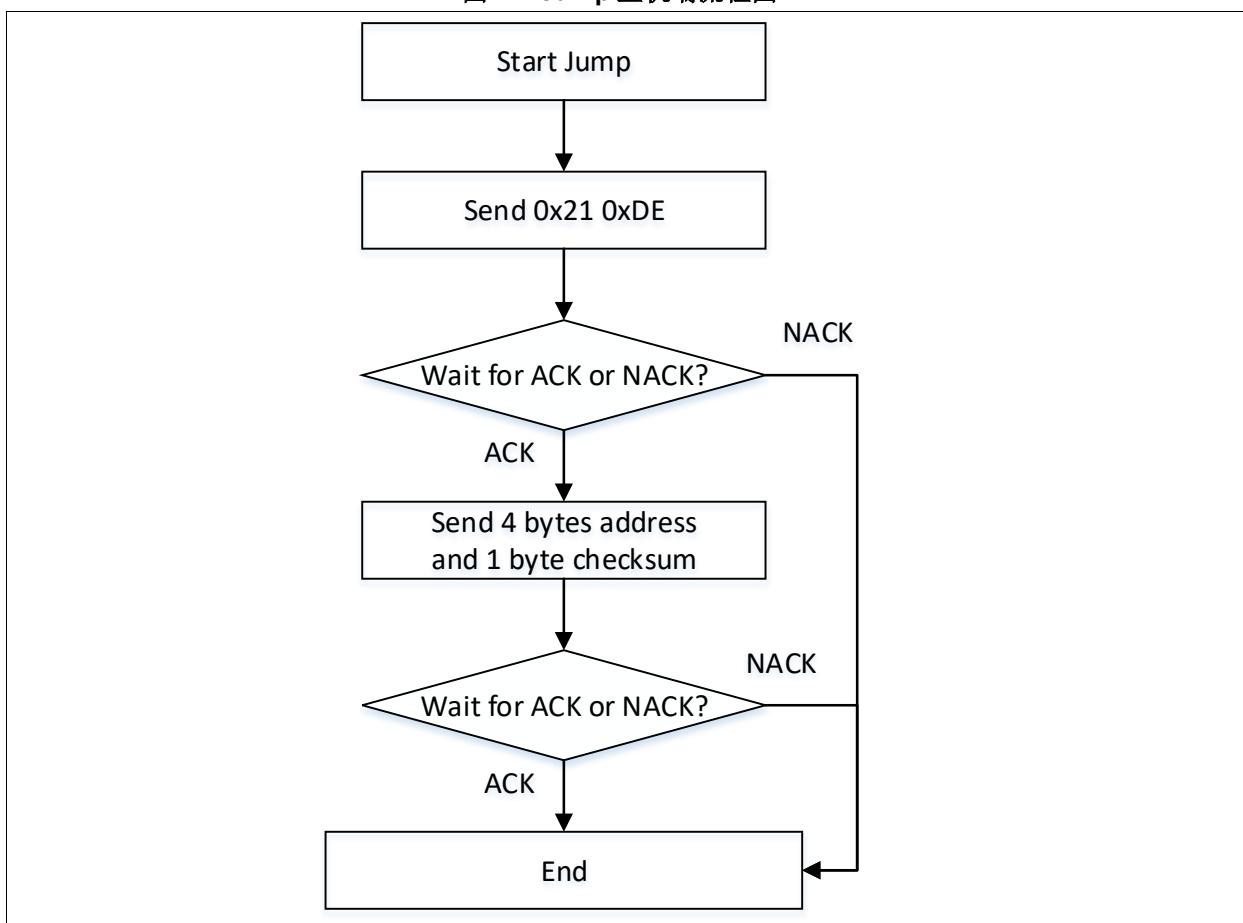
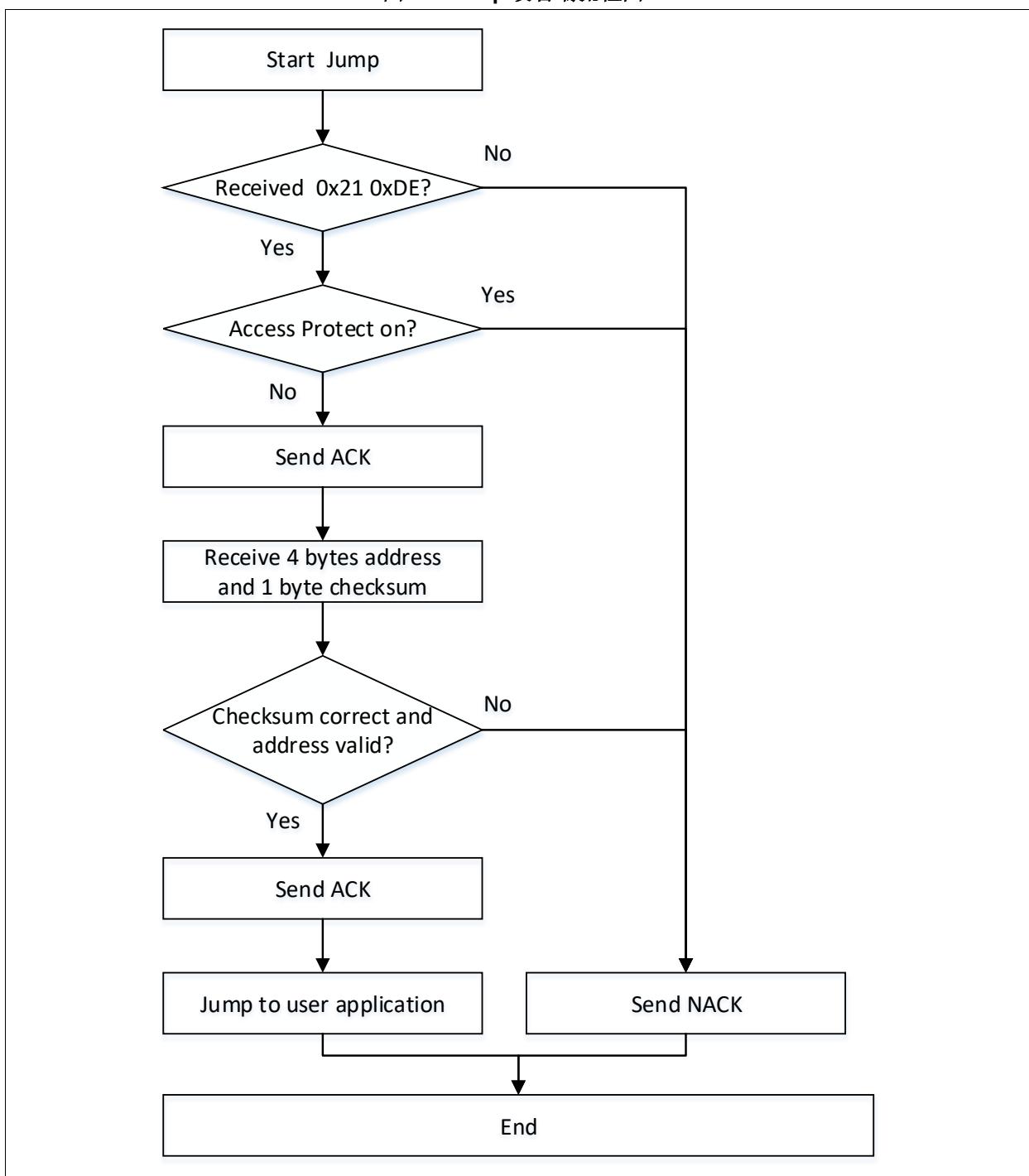


图 13 Jump 设备端流程图



4.6.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x21	Jump
2		0xDE	Jump
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，表示访问保护开启，结束此命令
3		*	Address MSB
4		*	

发送过程	接收过程	数据	描述
5		*	
6		*	Address LSB
7		*	Checksum: XOR (address byte3~byte6)
	2	ACK/NACK	

4.7 Write Memory

Write Memory 命令用于将数据写入主存储器，SRAM，用户系统数据区等，在写入主存储器之前，需要先擦除对应地址的数据，另外写入的地址必须是有效范围内的地址，需要注意各个型号的有效地址范围不同。

用户系统数据区由于不同型号范围不同，会有不同处理：

- 用户系统数据区小于 256 字节

主机只发一次写命令将所有用户系统数据写入，设备端在收到命令之后会自动擦除用户系统数据区，然后将数据写入，最后自动执行系统复位。

- 用户系统系统数据区大于 256 字节

主机需要发送多次写命令，才能将用户系统数据写入

设备端在收到命令之后，如果地址为用户系统数据区的起始地址，则执行擦除，然后写入数据。如果收到的地址不是用户系统数据区的起始地址，则不执行擦除，直接将数据写入对应地址。当数据写完之后，将自动执行系统复位。

注意：AT32F435xx/AT32F437xx 在写完用户系统数据区之后不会自动执行系统复位，需要主机端发送复位命令（Reset）。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待 4 字节的写入地址及其 Checksum，当收到的地址和 Checksum 都有效时，响应主机 ACK，再等待 1 字节的写入长度及其 Checksum，长度的值为实际要写入的值长度减 1(如写 10 字节数据，此值为 9)，当 Checksum 正确时，将开始写入对应地址的数据，写完之后响应主机 ACK。

此命令在访问保护开启时不能使用。

4.7.1 主机和设备端流程图

图 14 Write Memory 主机端流程图

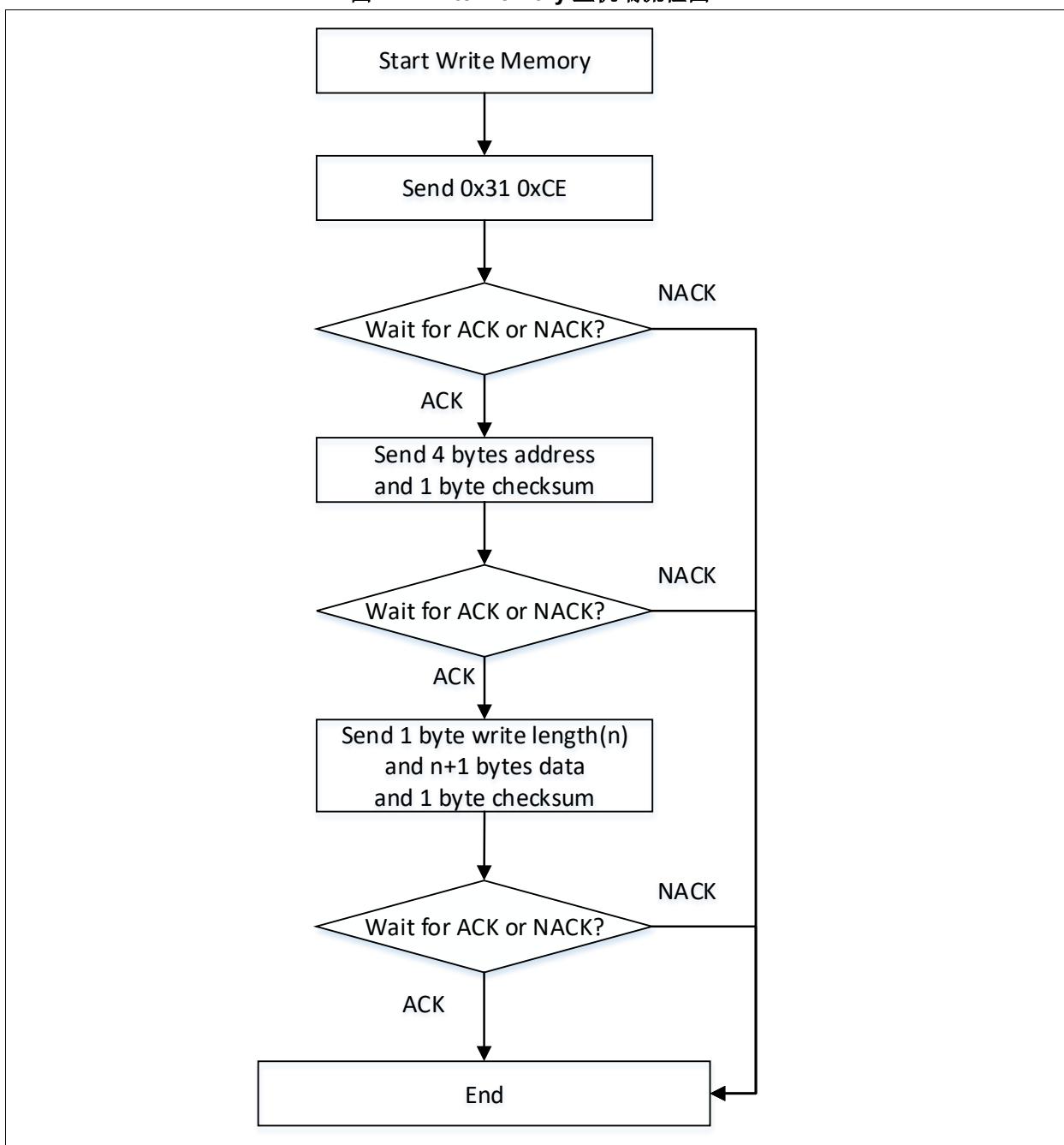
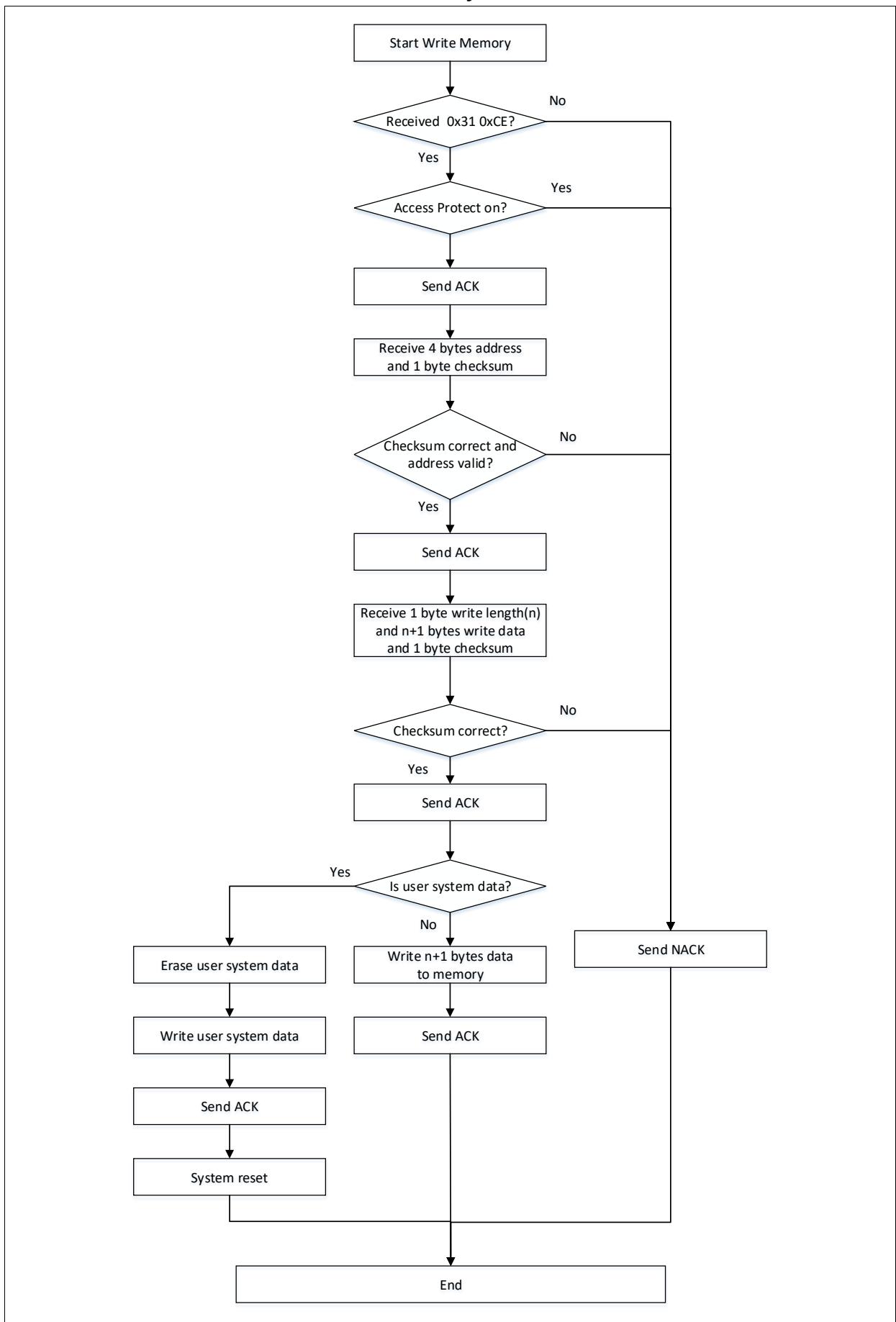


图 15 Write Memory 设备端流程图



4.7.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x31	Write Memory
2		0xCE	Write Memory
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，表示访问保护开启，结束此命令
3		*	Address MSB
4		*	
5		*	
6		*	Address LSB
7		*	Checksum: XOR (address byte3~byte6)
	2	ACK/NACK	收到 NACK, 结束此命令
8		*	写入数据长度 n - 1
9		*	写入数据
...		...	写入数据
9+n		*	写入数据
			Checksum: XOR byte8 - byte9+n
	3	ACK/NACK	命令结束

4.8 Erase

Erase 命令用于擦除主存储器，Erase 支持按 Sector 擦除（Sector 大小根据具体型号有区别），全擦除等操作，对于存在 Bank2 的型号还支持 Bank1 擦除和 Bank2 擦除，支持 SPIM 的型号同时支持 Bank3 的擦除，擦除的地址必须是有效范围内的地址，各个型号的有效地址范围不同。

另外 AT32F435xx/AT32F437xx 还支持 Block 擦除。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待接收 2 字节数据，设备根据这两个字节判断擦除类型：

- 如果是 Sector 擦除，则表示擦除 Sector 的个数，接着再等待接收要擦除的 n 个 Sector 的索引，当索引接收完成之后，会进行 Sector 擦除，擦除完成之后响应主机 ACK。
- 如果全擦除或者 Bank 擦除，则直接执行对应的擦除动作，擦除完成之后响应主机 ACK
- 如果是 Block 擦除，则等待接收 4 个字节的 Block 起始地址及其 Checksum，如果 Checksum 正确，则执行 Block 擦除，擦除完成之后响应主机 ACK。AT32F435xx 和 AT32F437xx 支持 Block 擦除，每个 Block 大小为 64KB。

此命令在访问保护开启时不能使用。

表 1 擦除类型说明表

擦除类型	擦除索引 (index)	擦除位置
Sector 擦除	0x00 0x00	Sector0
	0x00 0x01	Sector1

	0x80 00	Bank3 Sector0
	0x80 01	Bank3 Sector1

	0x8F 0xFF	Bank3 Sector4096
全擦除	0xFF 0xFF	All Flash
Bank 擦除	0xFF 0xFE	Bank1 Erase
	0xFF 0xFD	Bank2 Erase
	0xFF 0xFC	Bank3 Erase
Block 擦除	0xFF 0xFB	Block Erase

注意:Sector 大小参考具体型号说明

4.8.1 主机和设备端流程图

图 16 Erase 主机端流程图

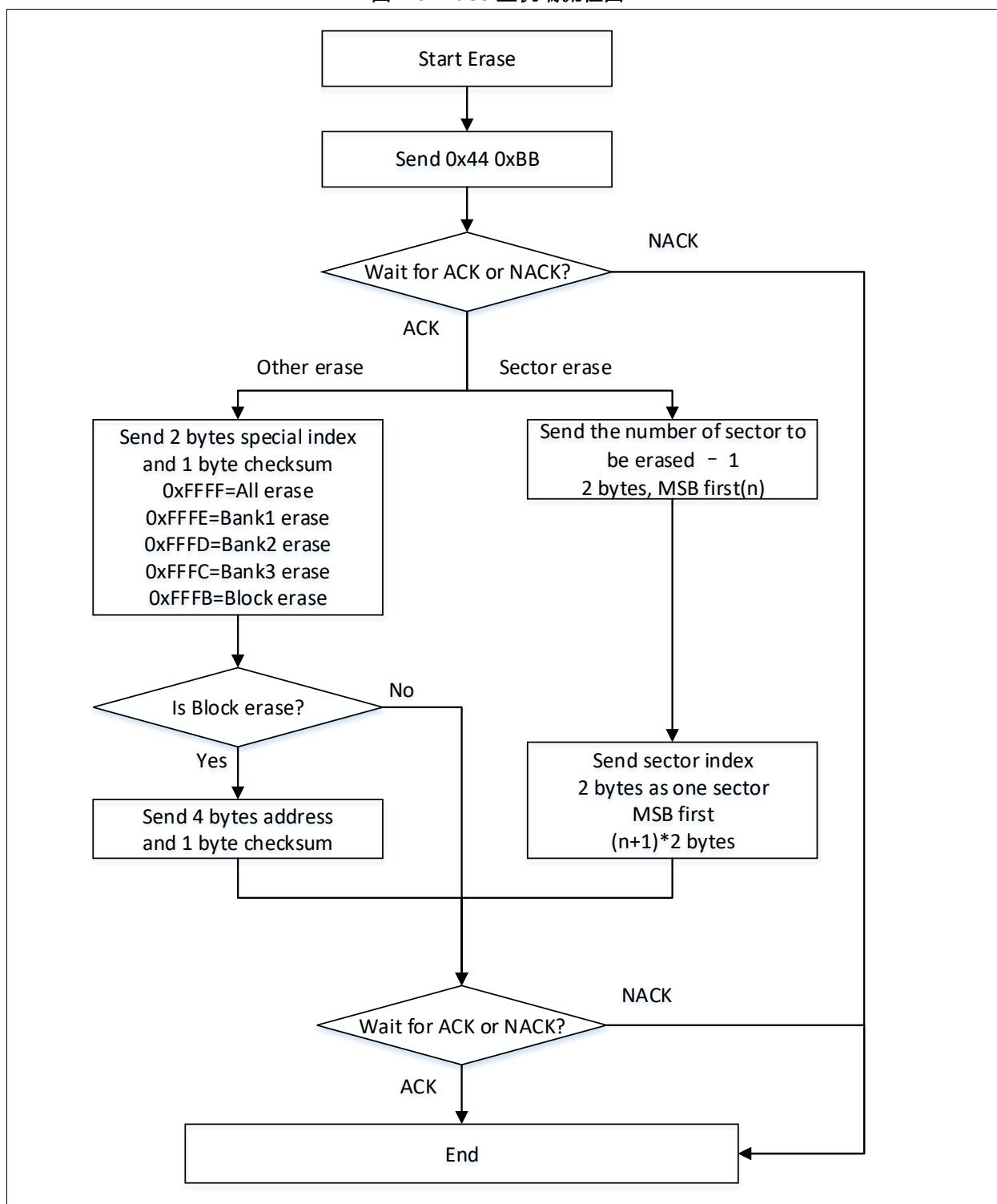
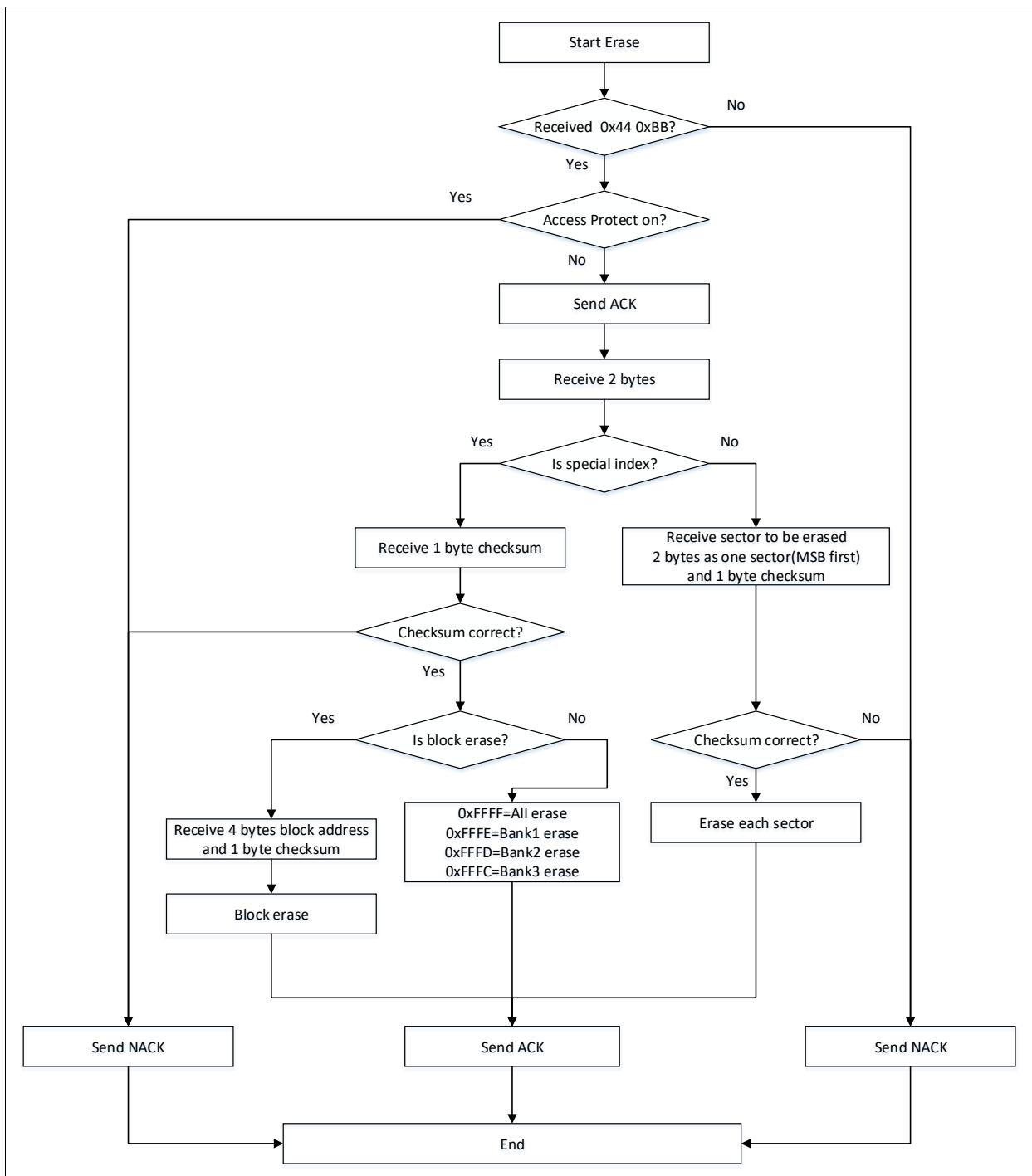


图 17 Erase 设备端流程图



4.8.2 主机端数据传输过程

Sector 擦除主机传送过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x44	Erase
2		0xBB	Erase
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		*	擦除 sector 个数 - 1 (n) MSB
4		*	擦除 sector 个数 - 1 (n) LSB

发送过程	接收过程	数据	描述
5		*	第一个 Sector index (MSB)
6		*	第一个 Sector index (LSB)
...		*	第 x 个 Sector index (MSB)
...		*	第 x 个 Sector index (LSB)
7+2(n+1)		*	Checksum: XOR (byte 3~6+2(n+1))
	2	ACK	

Block 擦除主机传送过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x44	Erase
2		0xBB	Erase
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		0xFF	Block 擦除
4		0xFB	Block 擦除
5		*	Checksum: XOR (byte 3~4)
6		*	Block 地址 (MSB)
7		*	Block 地址
8		*	Block 地址
9		*	Block 地址 (LSB)
10		*	Checksum: XOR (byte 6~9)
	2	ACK	

Bank 或者全擦除主机传送过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x44	Erase
2		0xBB	Erase
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		0xFF	全擦或者 Bank 擦索引 (MSB)
4		*	全擦 (0xFF) 或者 Bank 擦 (0xFE, 0xFD, 0xFC) 索引 (LSB)
5		*	Checksum: XOR (byte 3~4)
	2	ACK	

4.9 Erase and Program Protect

Erase and Program protect 命令用于保护指定的 sector 不能进行擦除和编程。

当设备收到此命令后, 如果访问保护没有开启, 则响应主机 ACK, 接着会等待 1 字节的长度-1 (n), 接着再接收 n+1 个字节对应擦写保护的 index bit 位 (可参考对应系列型号的用户系统数据区擦写保护 bit 位的定义), 以及 1 字节的 Checksum, 当 Checksum 有效时, 设备将擦除用户系统数据区 (会保留用户系统数据区除擦写保护字节的其它数据), 写入擦写保护的设定, 然后响应主机 ACK, 接着执行系统复位。

注意：擦写保护中的 *index bit* 取值为 (0,1,2...n)，对应用户系统数据区中擦写保护字节 (0-N) 的 bit 位，更多详细内容可参考具体型号用户手册中的用户系统数据说明。
此命令在访问保护开启时不能使用。

4.9.1 主机和设备端流程图

图 18 Erase and Program Protect 主机端流程图

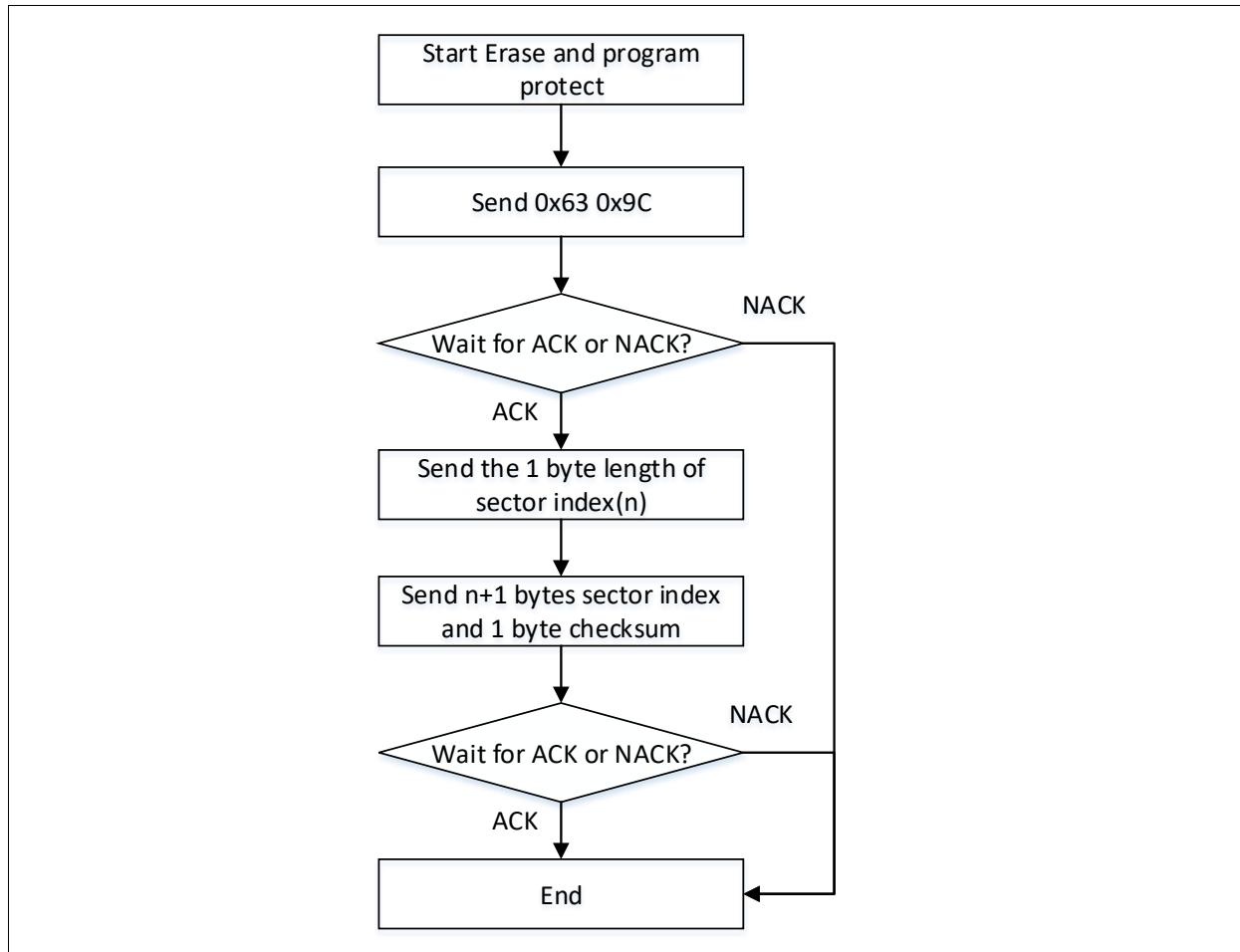
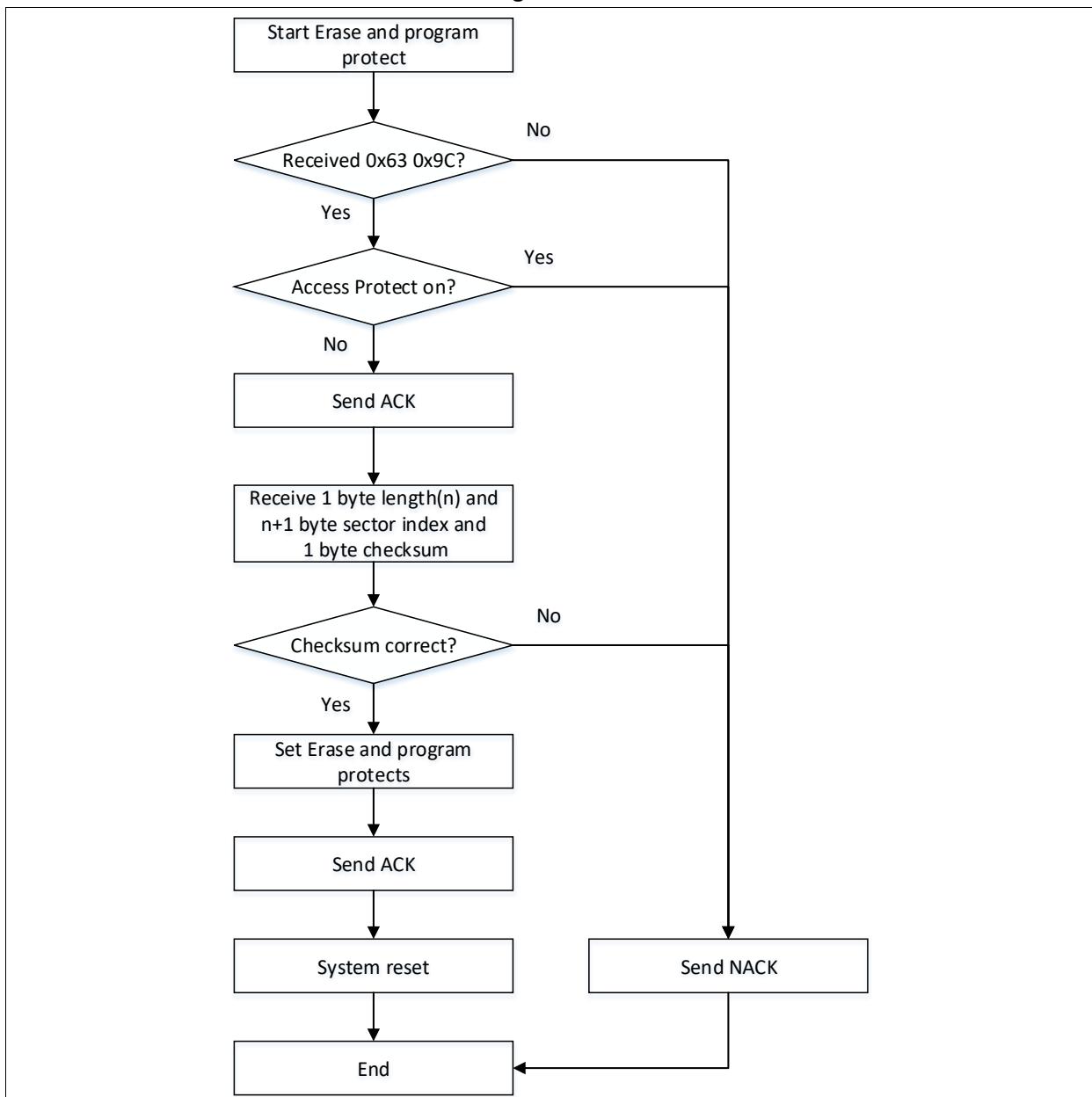


图 19 Erase and Program Protect 设备端流程图



4.9.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x63	Erase and program protect
2		0x9C	Erase and program protect
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，结束此命令
3		*	保护长度字节-1 (n)
...		...	需要设置保护的 index
5+n+1		*	Checksum: XOR (byte 3~4+n+1)
	2	ACK	

4.10 Erase and Program Unprotect

Erase and program unprotect 命令用于解除存储器的擦写保护。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，然后执行解除所有 sector 的擦写保护，再次响应主机 ACK，之后会执行系统复位。

此命令在访问保护开启时不能使用。

4.10.1 主机和设备端流程图

图 20 Erase and Program Unprotect 主机端流程图

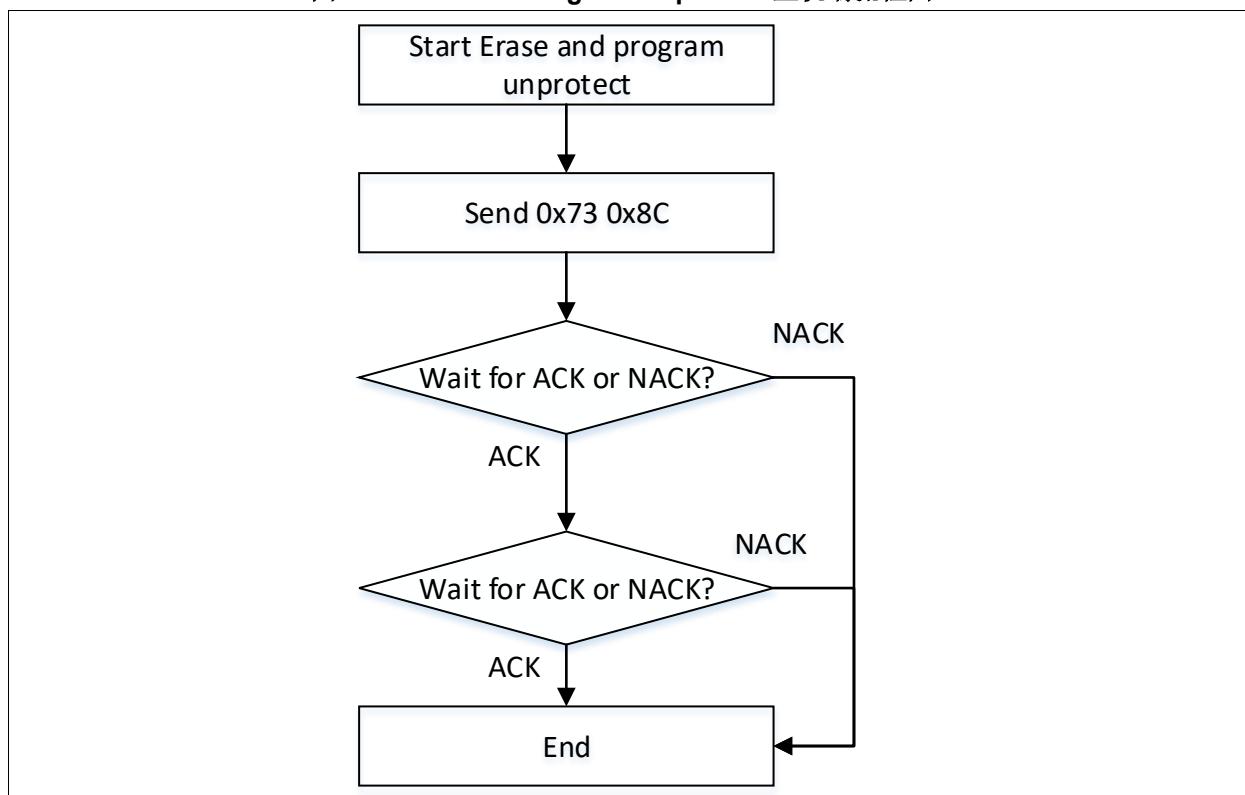
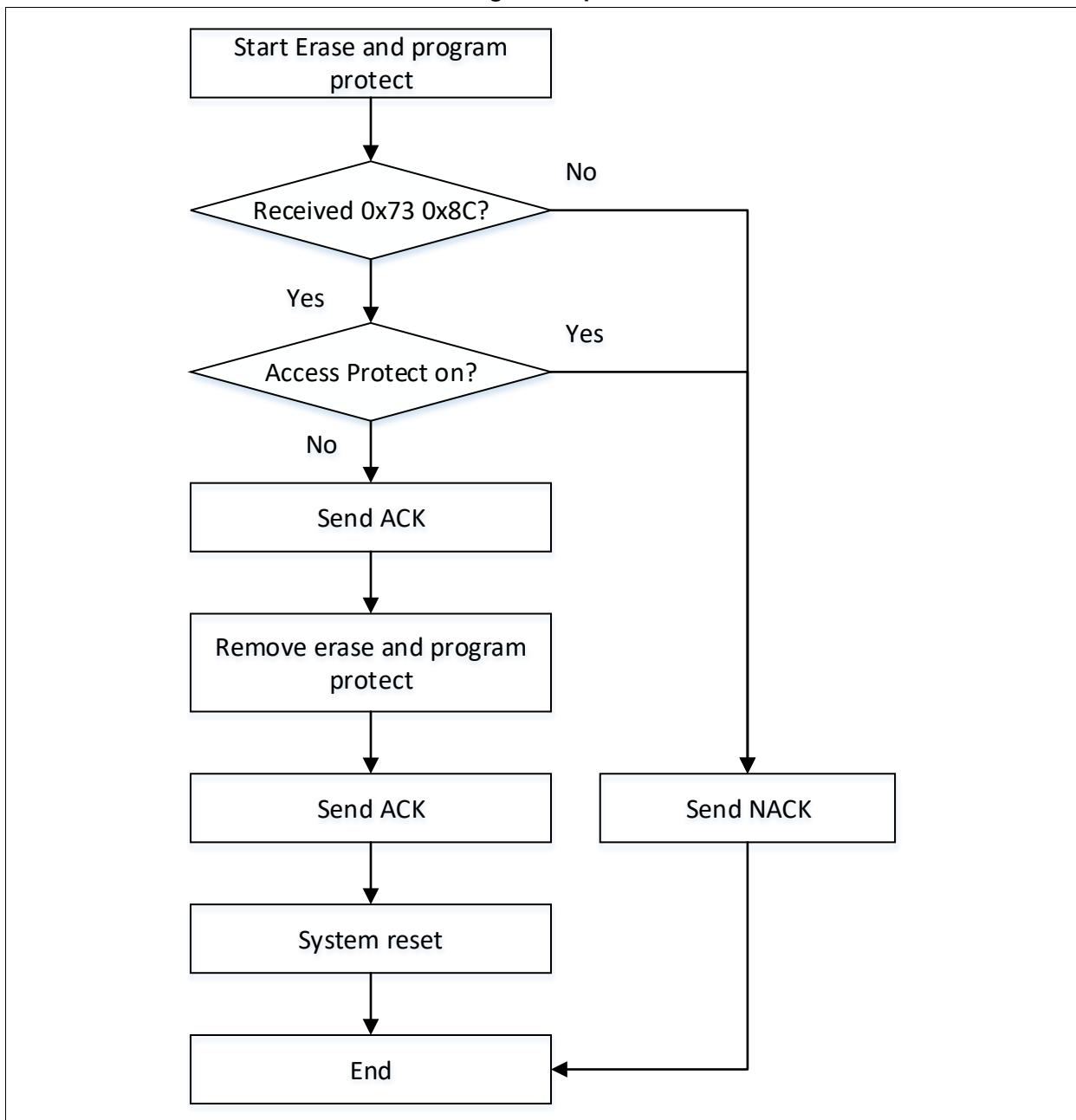


图 21 Erase and Program Unprotect 设备端流程图



4.10.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x73	Erase and program unprotect
2		0x8C	Erase and program unprotect
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	2	ACK	

4.11 Access Protect

Access Protect 命令使能存储器的访问保护，使用此命令后，将不能读取到存储器的数据。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，然后执行使能访问保护功能，完成之后响应主机 ACK，并启动系统复位。

此命令在访问保护开启时不能使用。

4.11.1 主机和设备端流程图

图 22 Access Protect 主机端流程图

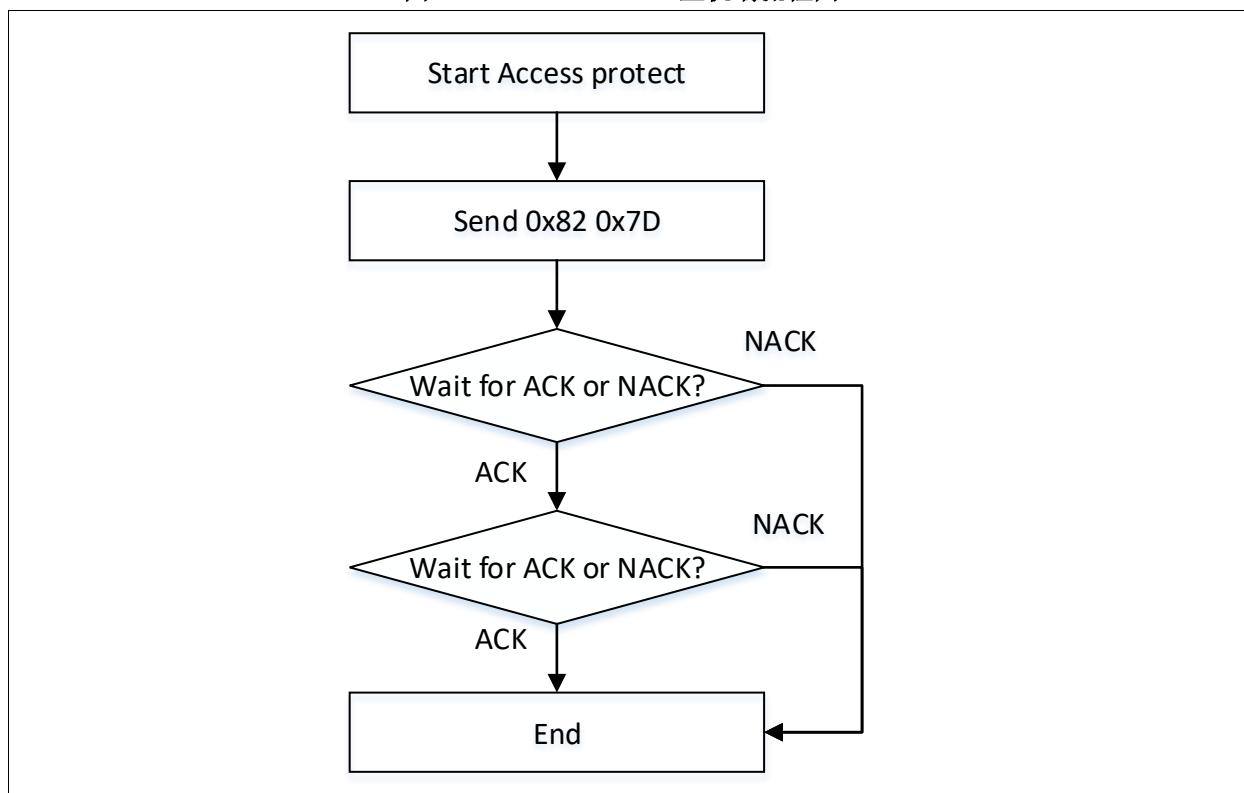
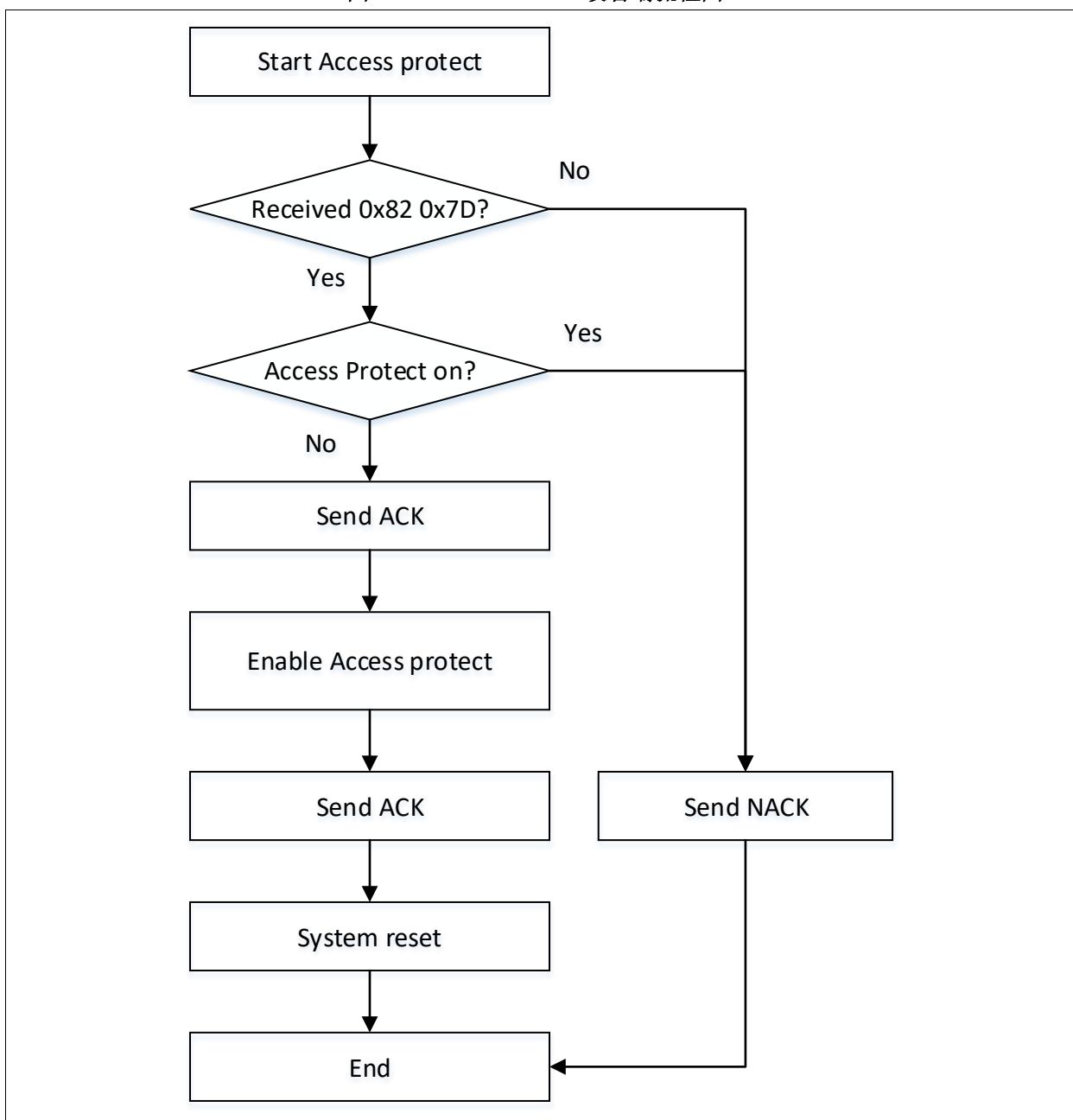


图 23 Access Protect 设备端流程图



4.11.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x82	Access protect
2		0x7D	Access protect
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	2	ACK	

4.12 Access Unprotect

Access unprotect 命令用于解除存储器的访问保护，如果设备在访问保护模式下，调用此命令解除访问保护，会自动擦除存储器所有数据。

当设备收到此命令后，响应主机 ACK，执行解除访问保护，完成之后响应主机 ACK，并执行系统复位。

4.12.1 主机和设备端流程图

图 24 Access Unprotect 主机端流程图

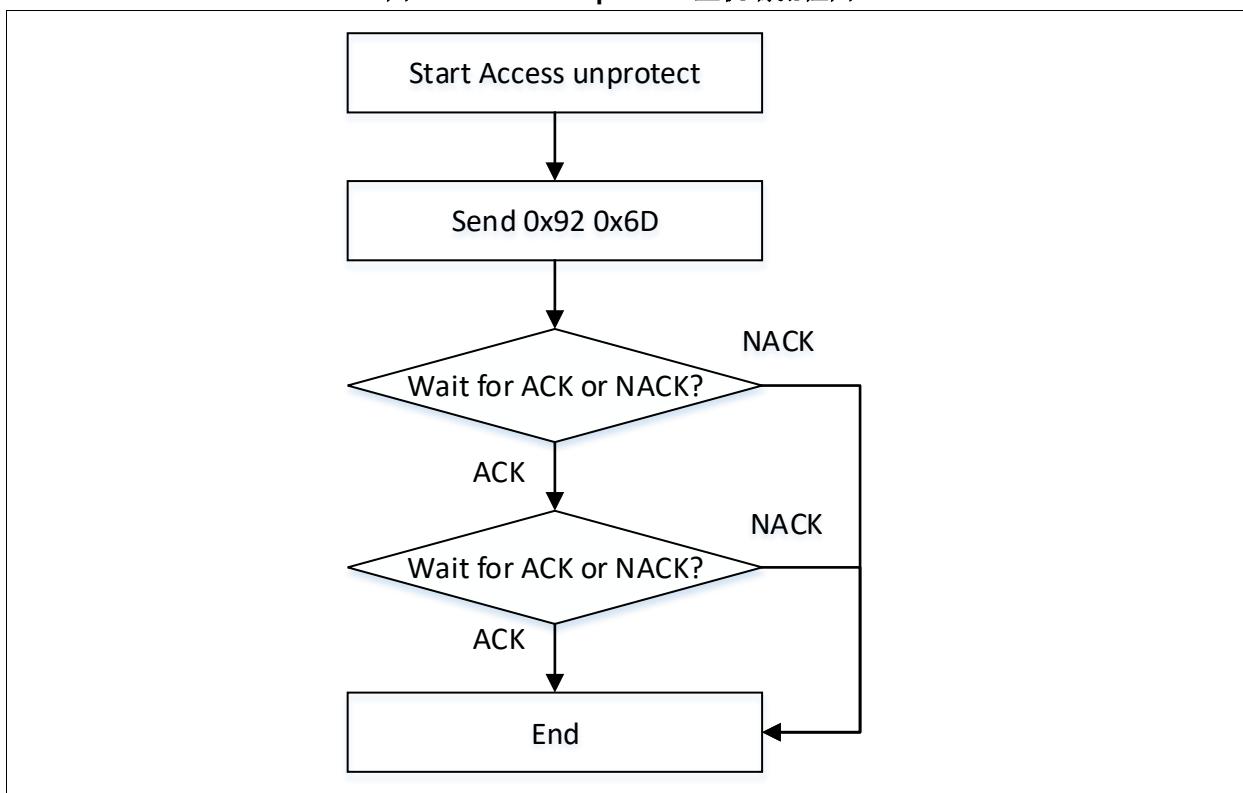
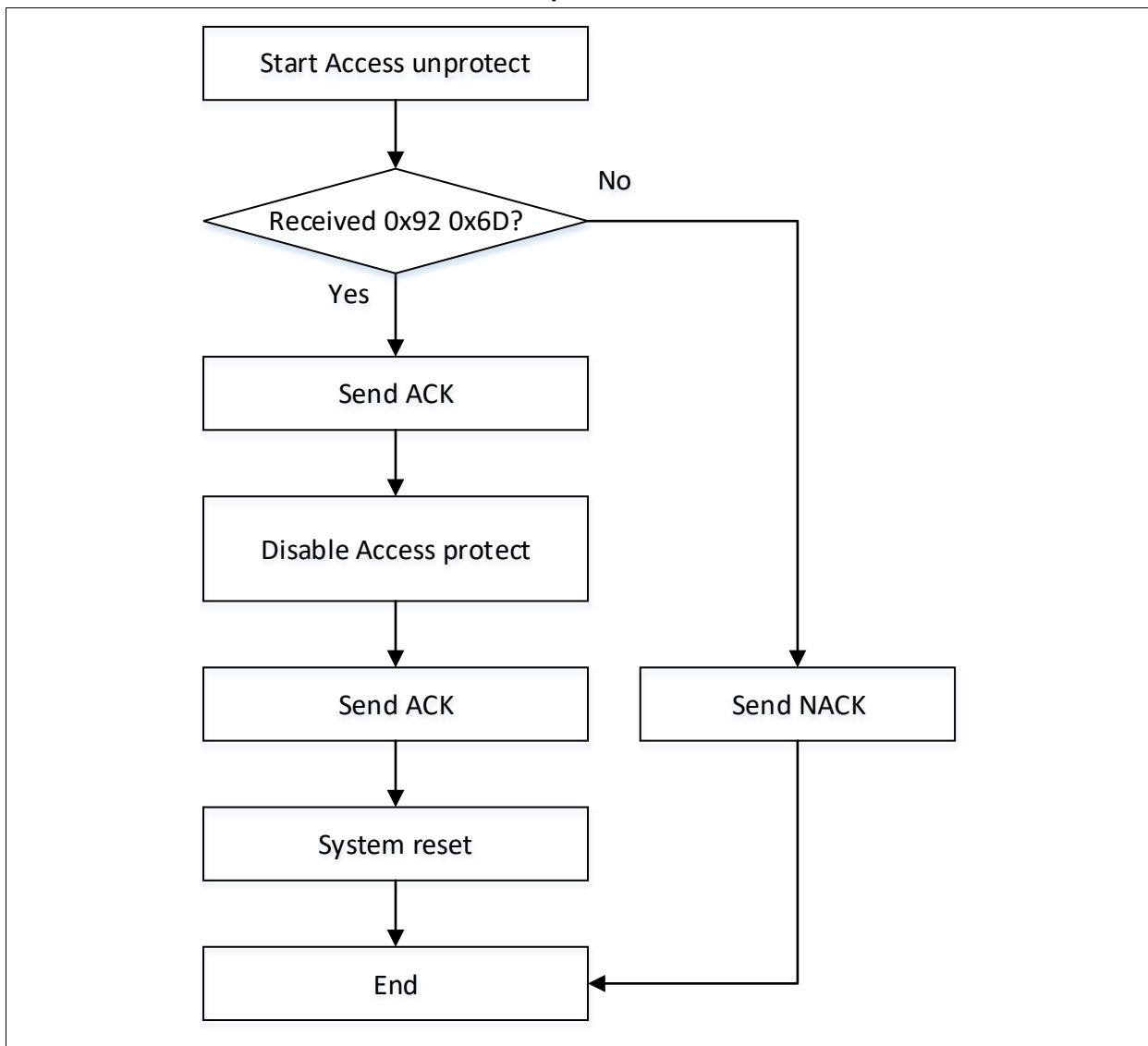


图 25 Access Unprotect 设备端流程图



4.12.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0x92	Access unprotect
2		0x6D	Access unprotect
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	2	ACK	

4.13 Firmware CRC

Firmware CRC 命令用于校验存储器数据是否正确。主机可以指定存储器区域计算，但必须以 sector 为单位并且起始地址要对齐 sector。

当设备收到此命令后，则响应主机 ACK，接着会等待 4 字节的起始地址及其 1 字节的 Checksum，当收到的地址和 checksum 都有效时，响应主机 ACK 后，接着再等待接收 2 字节需要计算 sector 的

个数-1 (n) 及其 1 字节的 Checksum, 当 Checksum 正确时, 响应主机 ACK, 并开始计算 CRC, 计算完成之后, 将 4 字节的 CRC 回传给主机。

Firmware CRC 使用 MPEG-2 CRC 算法。

4.13.1 主机和设备端流程图

图 26 Firmware CRC 主机端流程图

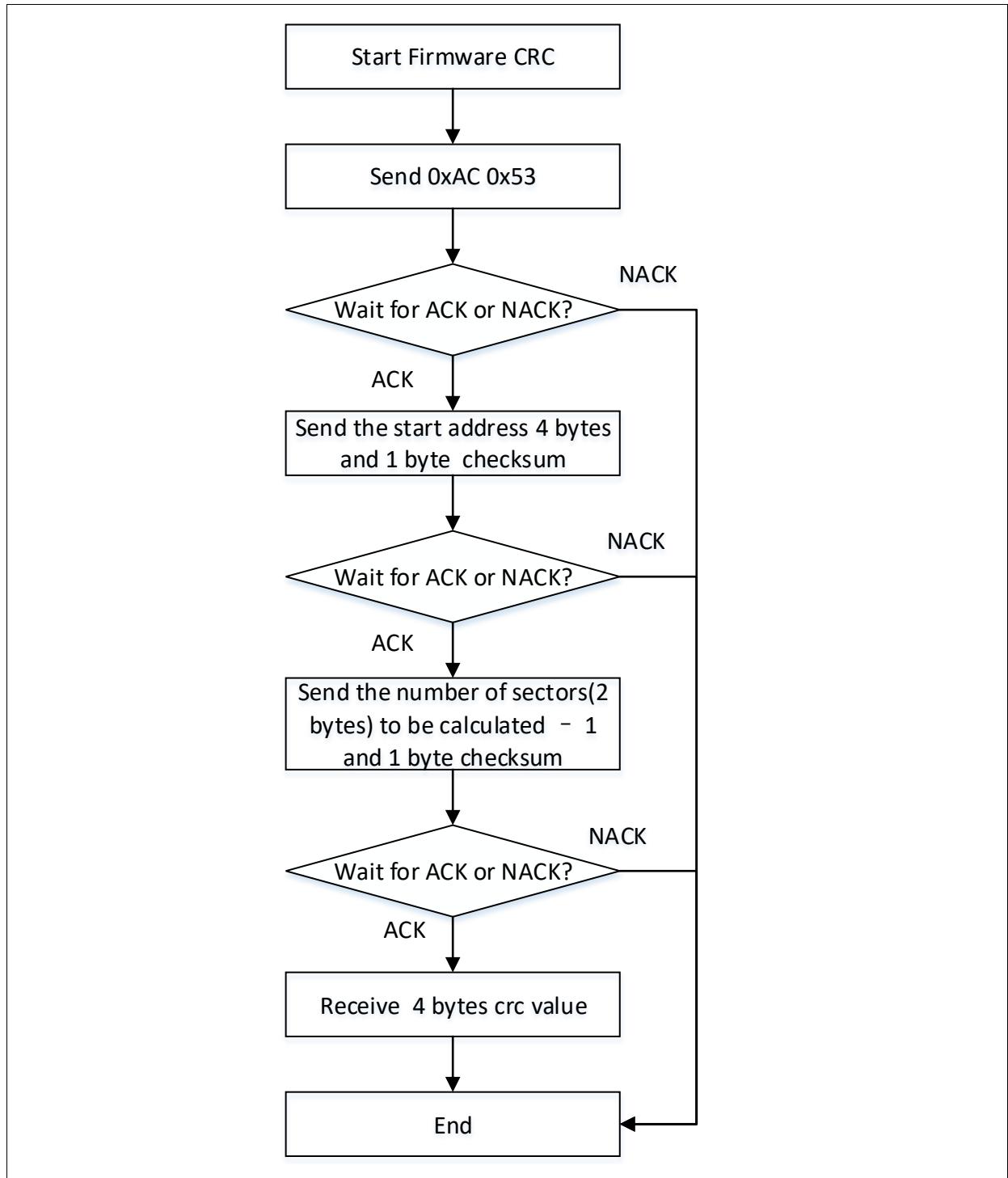
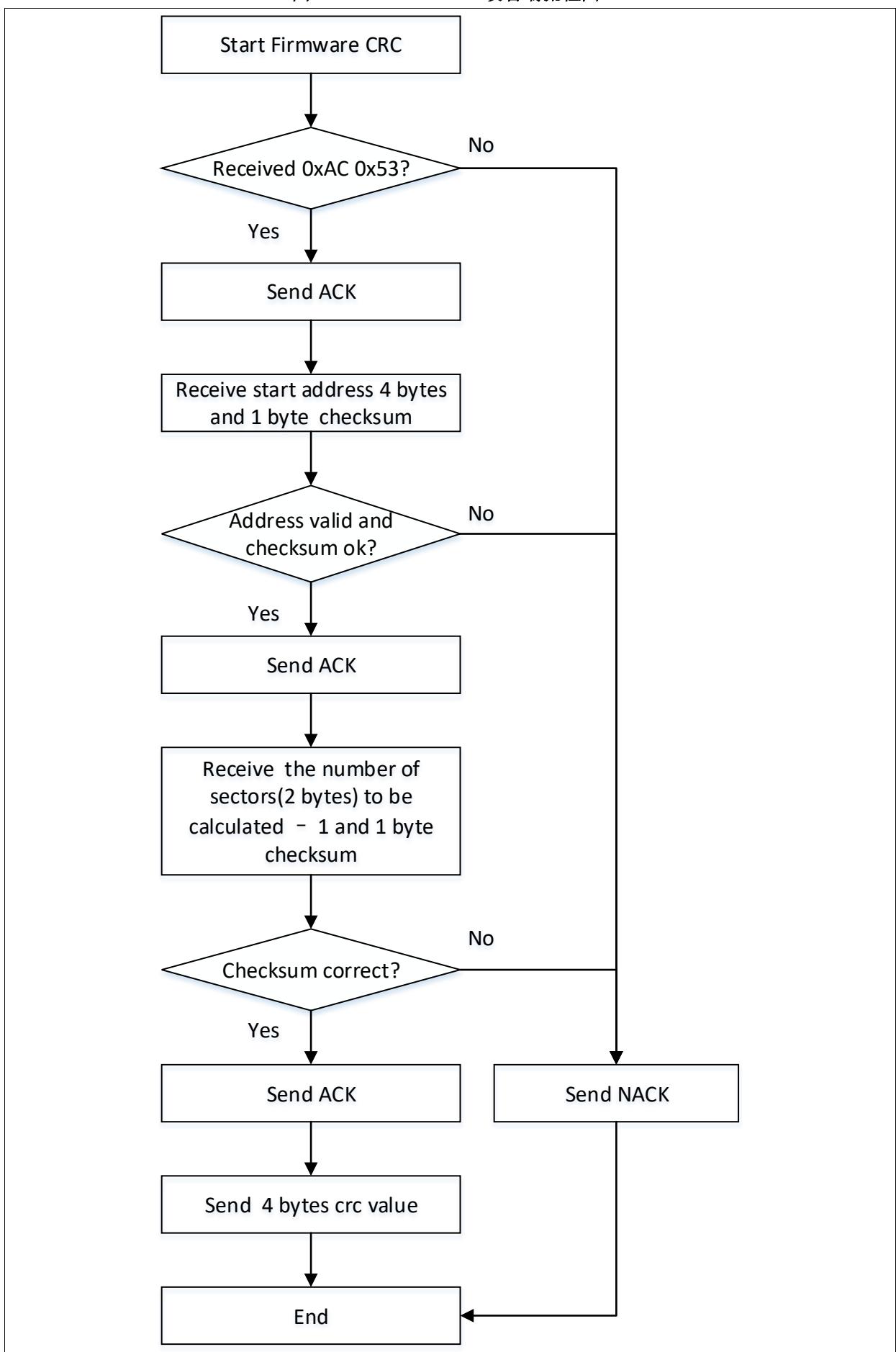


图 27 Firmware CRC 设备端流程图



4.13.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xAC	Firmware CRC
2		0x53	Firmware CRC
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		*	Address (MSB)
4		*	Address
5		*	Address
6		*	Address (LSB)
7		*	Checksum XOR (byte 3~6)
	2	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
8		*	Number of sectors – 1 MSB (n)
9		*	Number of sectors – 1 LSB (n)
10		*	Checksum = byte8 XOR byte9 XOR 0xFF
	3	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	4	*	CRC value (MSB)
	5	*	CRC value
	6	*	CRC value
	7	*	CRC value (LSB)

4.14 Enable SPIM

Enable SPIM 命令用于扩展使能 Bank3, 使用此命令时需要支持 SPIM Flash type, Flash size, 以及 Flash 的加密范围, 详细信息可参考支持 SPIM 的用户手册。

Flash type list:

- 0x90: 一般 Flash
Dummy cycle 为 4
- 0x91: 一般 Flash, 加上 Quad Enable 设定
Dummy cycle 为 4
以 Volatile 格式启用 Quad Enable

Flash size 支持的上限为 16M Bytes, 设备端会根据主机传入的 Flash size 进行后续擦除与读写。为了防止 SPIM Flash 数据直接被读出, SPIM 提供加密功能, Flash controller 写入 SPIM 时可写加密数据, 读出时对应解密。对 MCU 而言, 读写数据任是明文, 但存储在外部 Flash 的数据, 是经过加密后的数据。用户可以自行设定加密密码和加密范围, 加密密码位于用户系统数据区, 在写入 SPIM(bank3)要设定完成。

加密范围 (FLASH_FDA) 是每次启用 SPIM(bank3)时要提供的设定, 用来指定从 SPIM(bank3)起始地址开始有多少 Bytes 需要被加密, 当设定大于 16M Bytes 时, 表示 SPIM(bank3)全部加密, 当设定为 0 时, 表示 SPIM (bank3) 全部不加密。

当设备收到此命令后, 响应主机 ACK, 接着会等待 1 字节 Flash type, 4 字节的 Flash size, 4 字节

的加密范围以及 1 字节的 Checksum，当参数设定和 Checksum 都有效时，响应主机 ACK。

4.14.1 主机和设备端流程图

图 28 Enable SPIM 主机端流程图

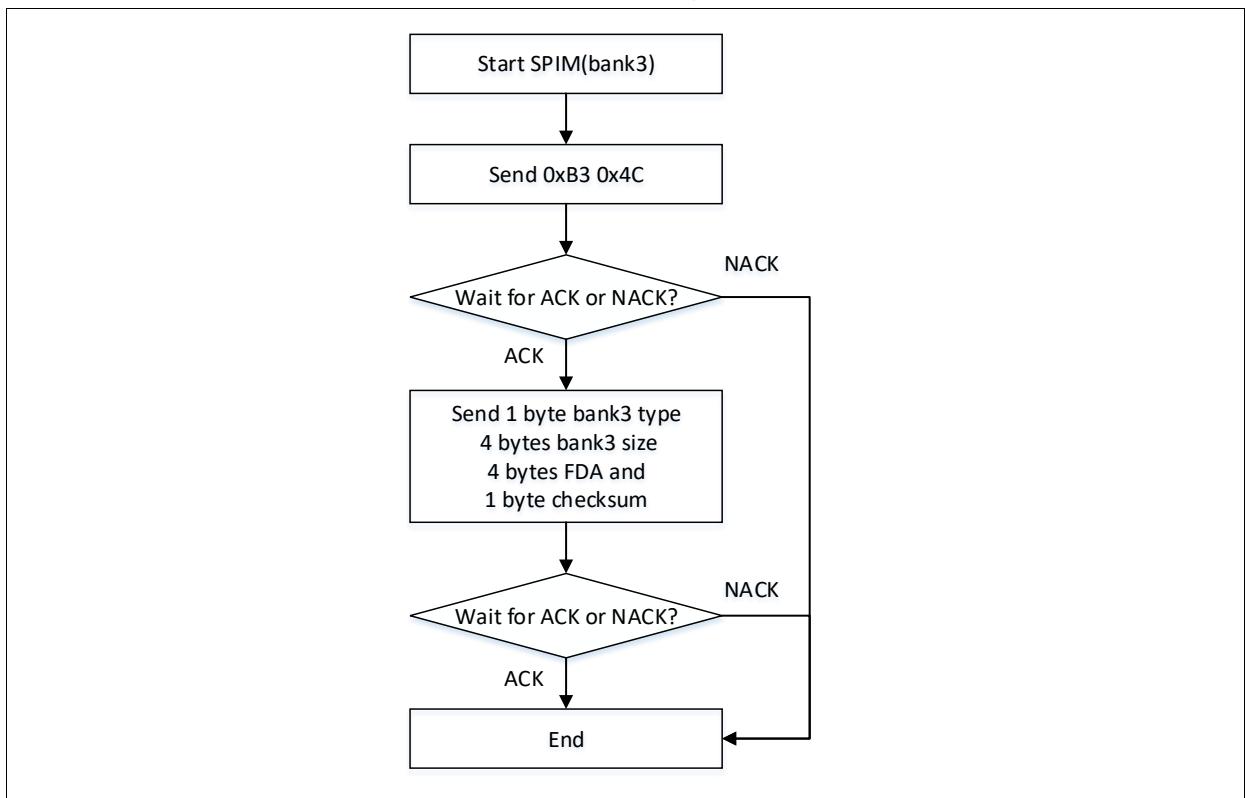
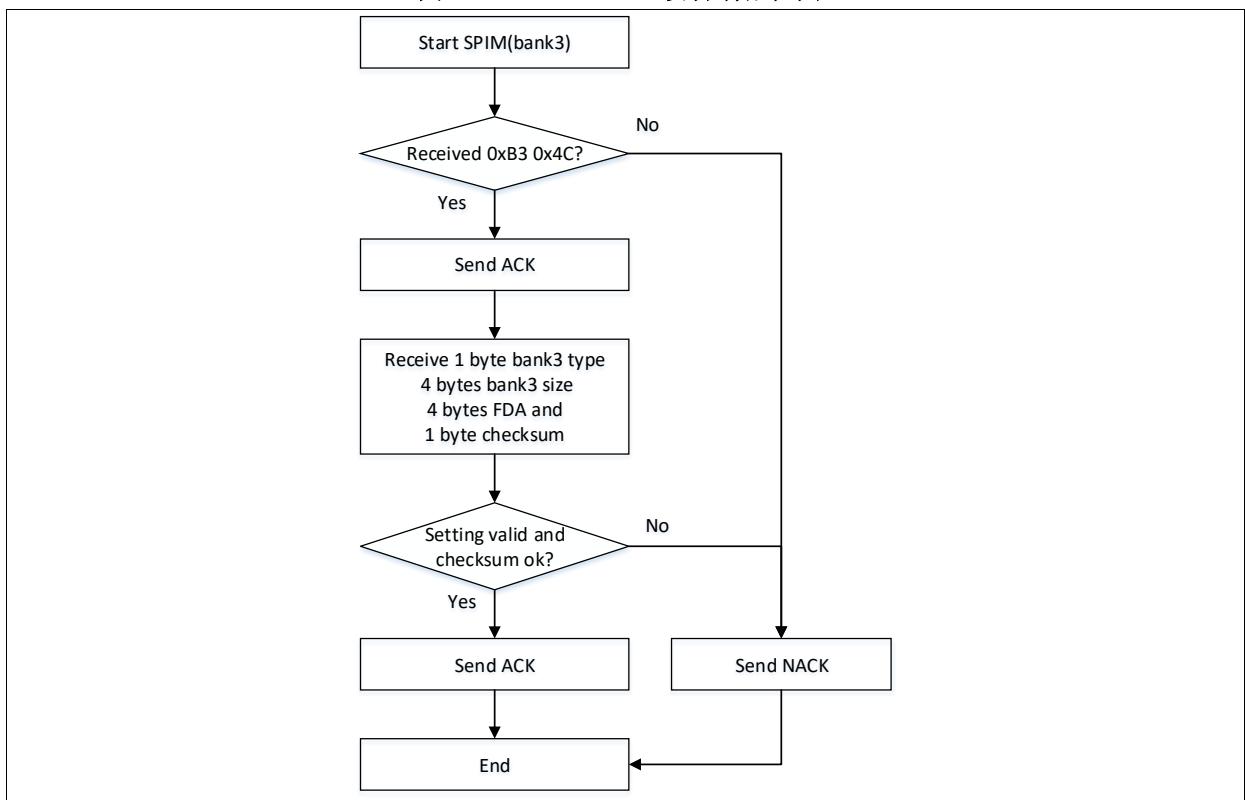


图 29 Enable SPIM 设备端流程图



4.14.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xB3	Enable SPIM
2		0x4C	Enable SPIM
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，结束此命令
3		*	Flash type
4		*	Flash size (MSB)
5		*	Flash size
6		*	Flash size
7		*	Flash size (LSB)
8		*	Flash FDA (MSB)
9		*	Flash FDA
10		*	Flash FDA
11		*	Flash FDA (LSB)
12		*	Checksum XOR (byte 3~11)
	2	ACK	

4.15 Enable sLib

Enable sLib 命令用于使能 sLib 功能，更多 sLib 的使用说明请参考 sLib 的使用指南。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待 4 字节 sLib 密码，2 字节的 sLib 起始 sector，2 字节的 sLib 数据/指令起始 sector，2 字节的 sLib 结束 sector，和 1 字节的 Checksum，当 Checksum 有效时，开始设定 sLib 配置，设置完成之后，返回 1 字节的设定状态，并响应主机 ACK。另外 sLib 的设定需要系统复位之后才能生效。

此命令在访问保护开启时不能使用。

sLib 状态：

- 1：表示当前 sLib 已经使能
- 0：表示 sLib 配置成功

4.15.1 主机和设备端流程图

图 30 Enable sLib 主机端流程图

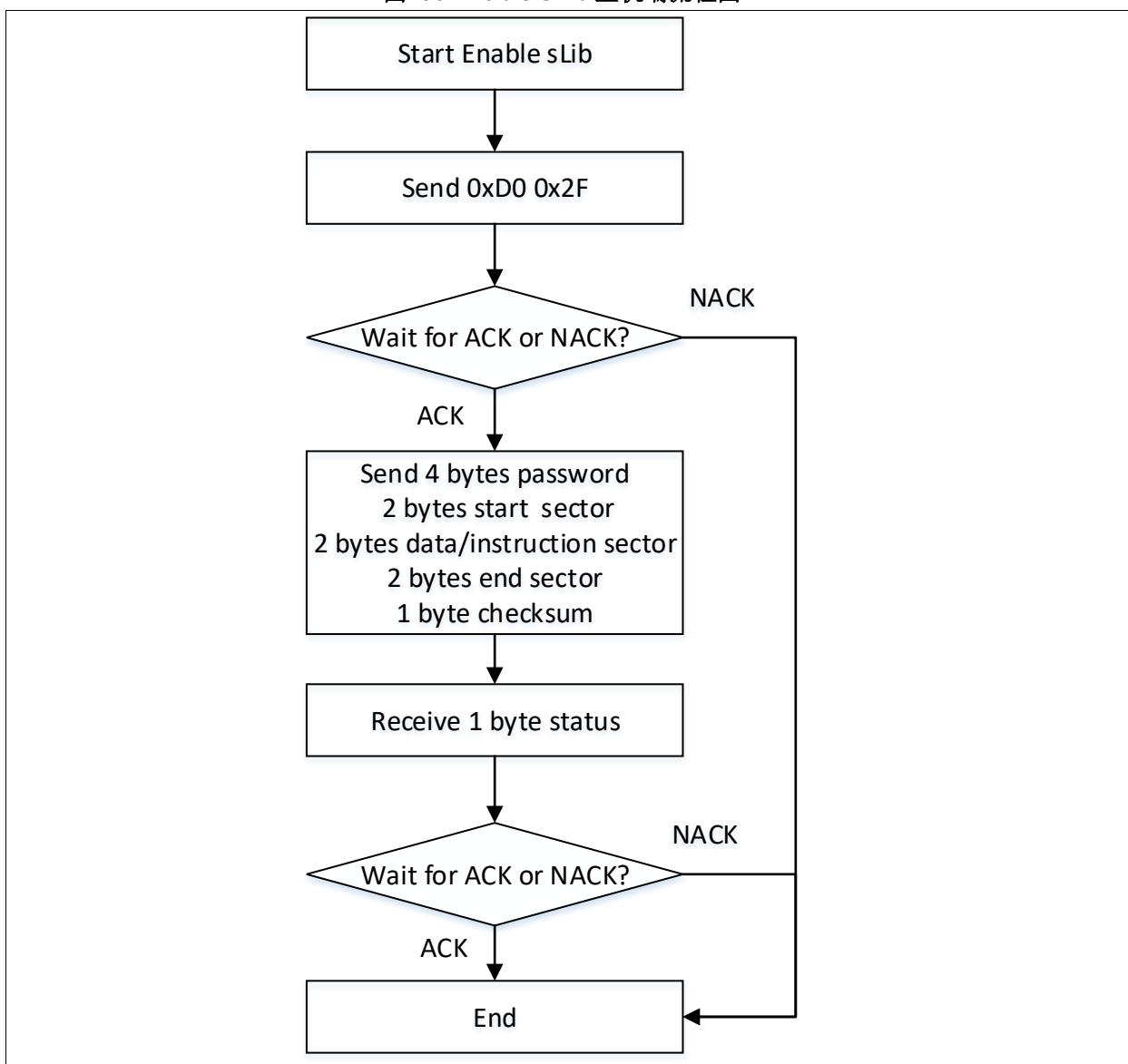
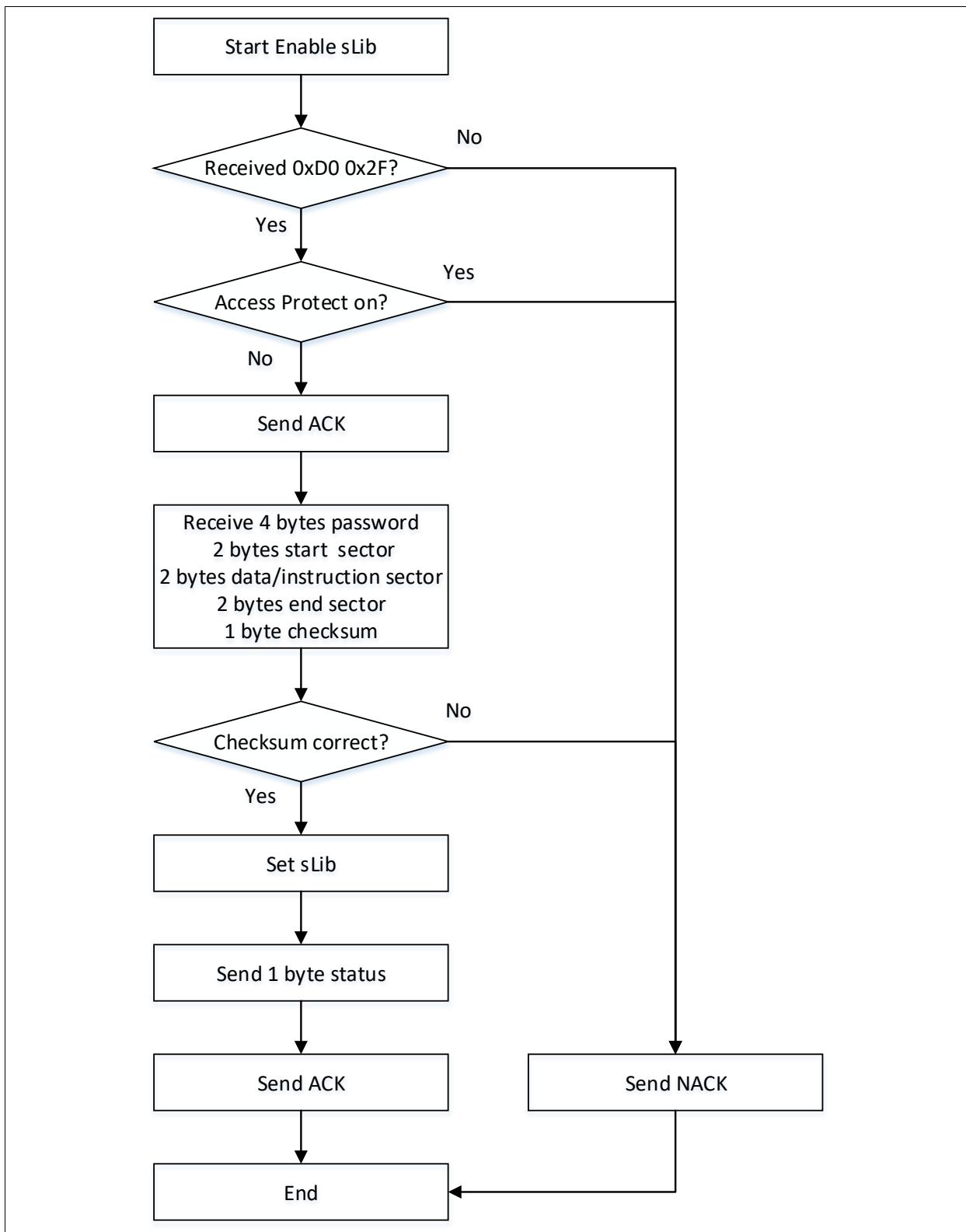


图 31 Enable sLib 设备端流程图



4.15.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD0	Enable sLib
2		0x2F	Enable sLib

发送过程	接收过程	数据	描述
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		*	Password (MSB)
4		*	Password
5		*	Password
6		*	Password (LSB)
7		*	sLib start sector (MSB)
8		*	sLib start sector (LSB)
9		*	sLib data/instruction start sector (MSB)
10		*	sLib data/instruction start sector (LSB)
11		*	sLib end sector (MSB)
12		*	sLib end sector (LSB)
13		*	Checksum XOR byte (3~12)
	2	0/1	sLib 设置状态
	3	ACK	

4.16 Disable sLib

Disable sLib 命令用于解除 sLib 功能，解除 sLib 会擦除存储器所有数据。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待 4 字节的 Password 和 1 字节的 Checksum，当 Checksum 有效时，执行解除 sLib 操作，并返回 1 字节的解除状态，并响应主机 ACK。

sLib 解除状态：

- 1：表示 sLib 密码错误
- 0：表示 sLib 解除成功

此命令在访问保护开启时不能使用。

4.16.1 主机和设备端流程图

图 32 Disable sLib 主机端流程图

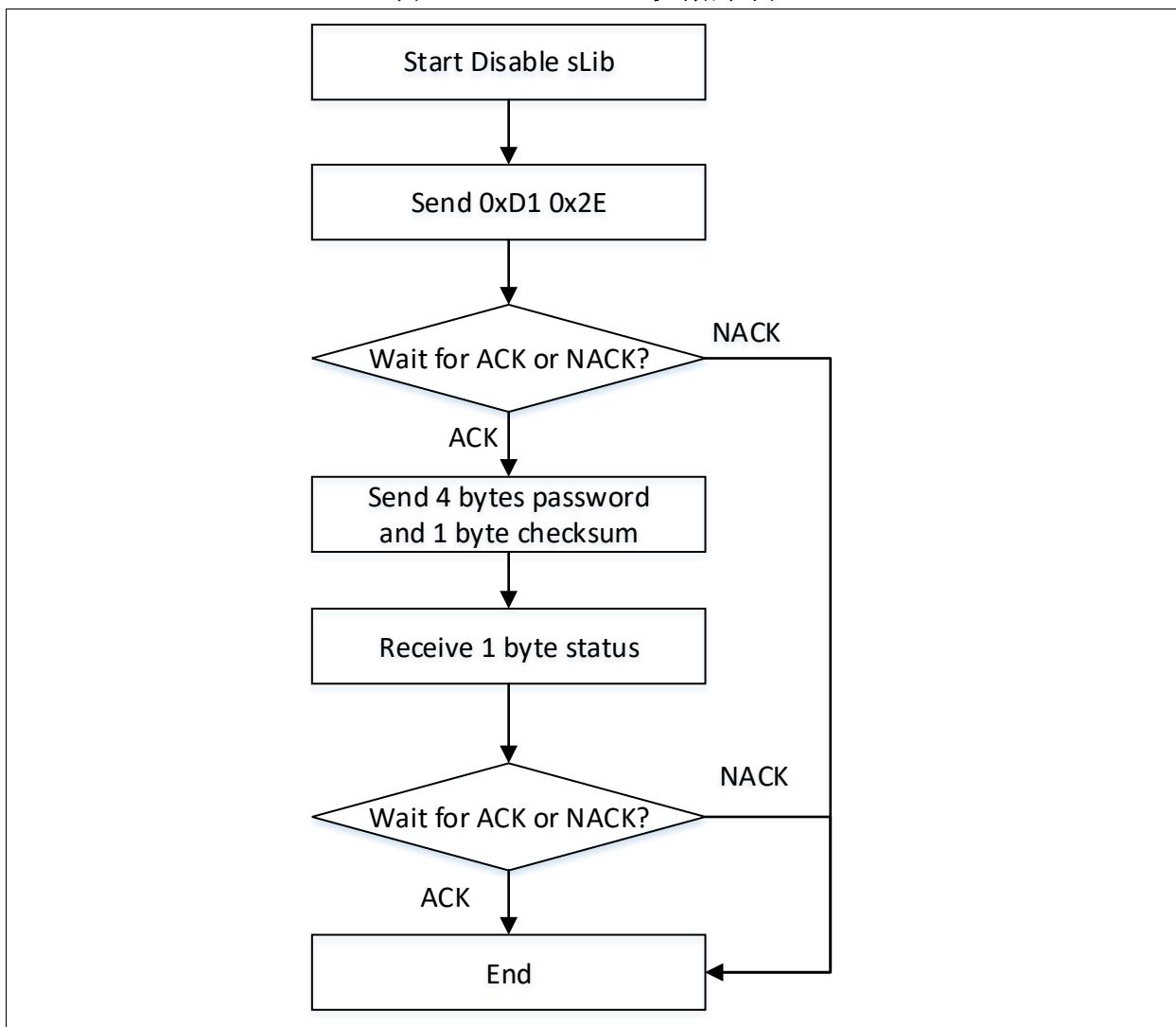
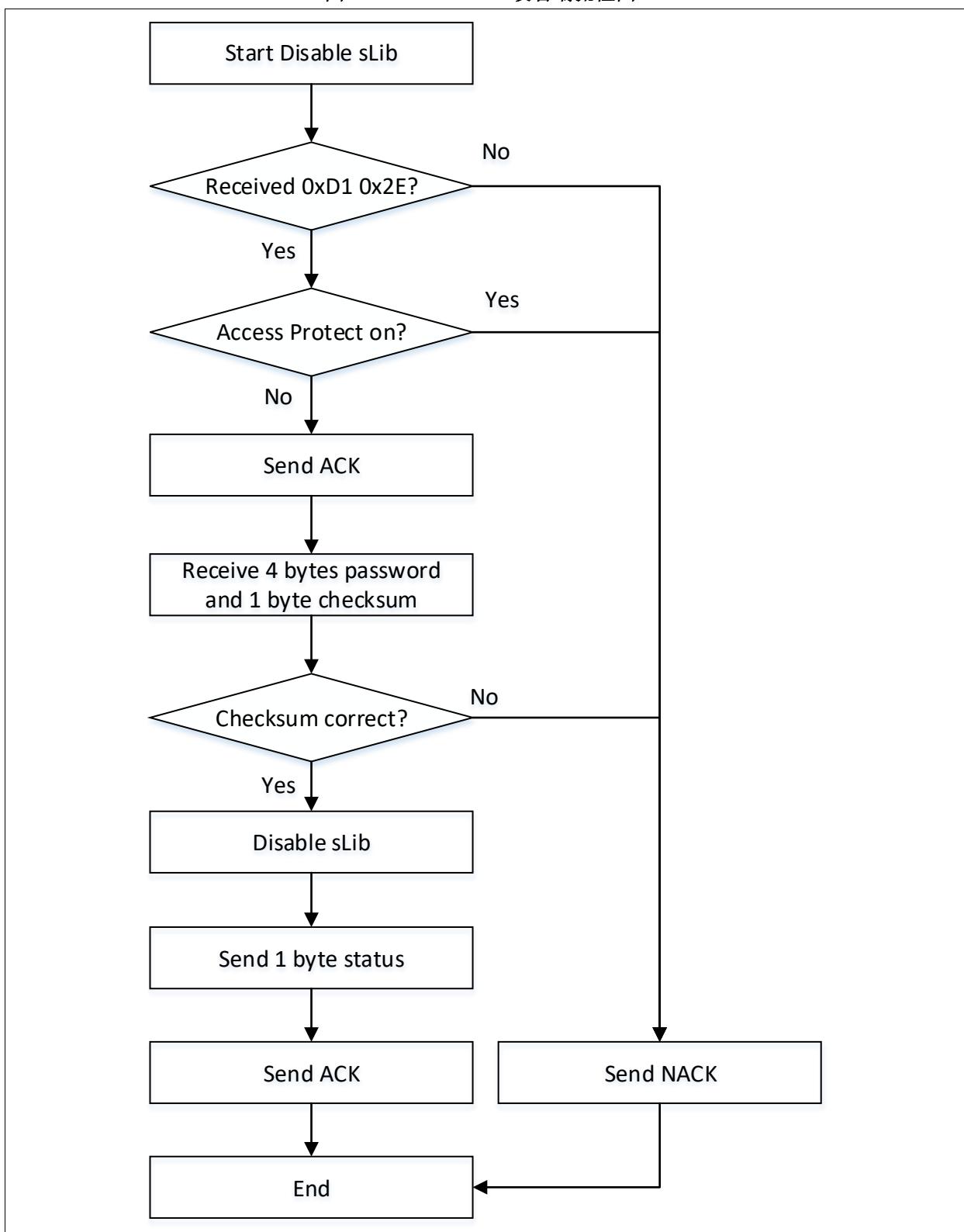


图 33 Disable sLib 设备端流程图



4.16.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD1	Disable sLib
2		0x2E	Disable sLib

发送过程	接收过程	数据	描述
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
3		*	Password (MSB)
4		*	Password
5		*	Password
6		*	Password (LSB)
	2	0/1	sLib 解除状态
	3	ACK	

4.17 Get sLib status

Get sLib status 命令用于获取当前 sLib 状态, 此命令返回对应 sLib 寄存器值, 寄存器值含义参考具体系列用户手册中关于 sLib 寄存器的说明。

AT32F435xx/AT32F437xx: (返回 16 bytes 数据)

当设备收到此命令后, 则响应主机 ACK, 接着会返回 4 字节的 SLIB_STS0 寄存器的值, 4 字节的 SLIB_STS1 寄存器值, 4 字节的 SLIB_STS2 寄存器值, 4 字节 SLIB_MISC_STS 寄存器值, 最后再响应主机 ACK。

其它系列: (返回 12 bytes 数据)

当设备收到此命令后, 则响应主机 ACK, 接着会返回 4 字节的 SLIB_STS0 寄存器的值, 4 字节的 SLIB_STS1 寄存器值, 4 字节 SLIB_MISC_STS 寄存器值, 最后再响应主机 ACK。

注意: 此命令在 AT32F403Axx, AT32F407xx, AT32F413xx 开启访问保护后不能使用, 其它系列可以使用

4.17.1 主机和设备端流程图

图 34 Get sLib status 主机端流程图

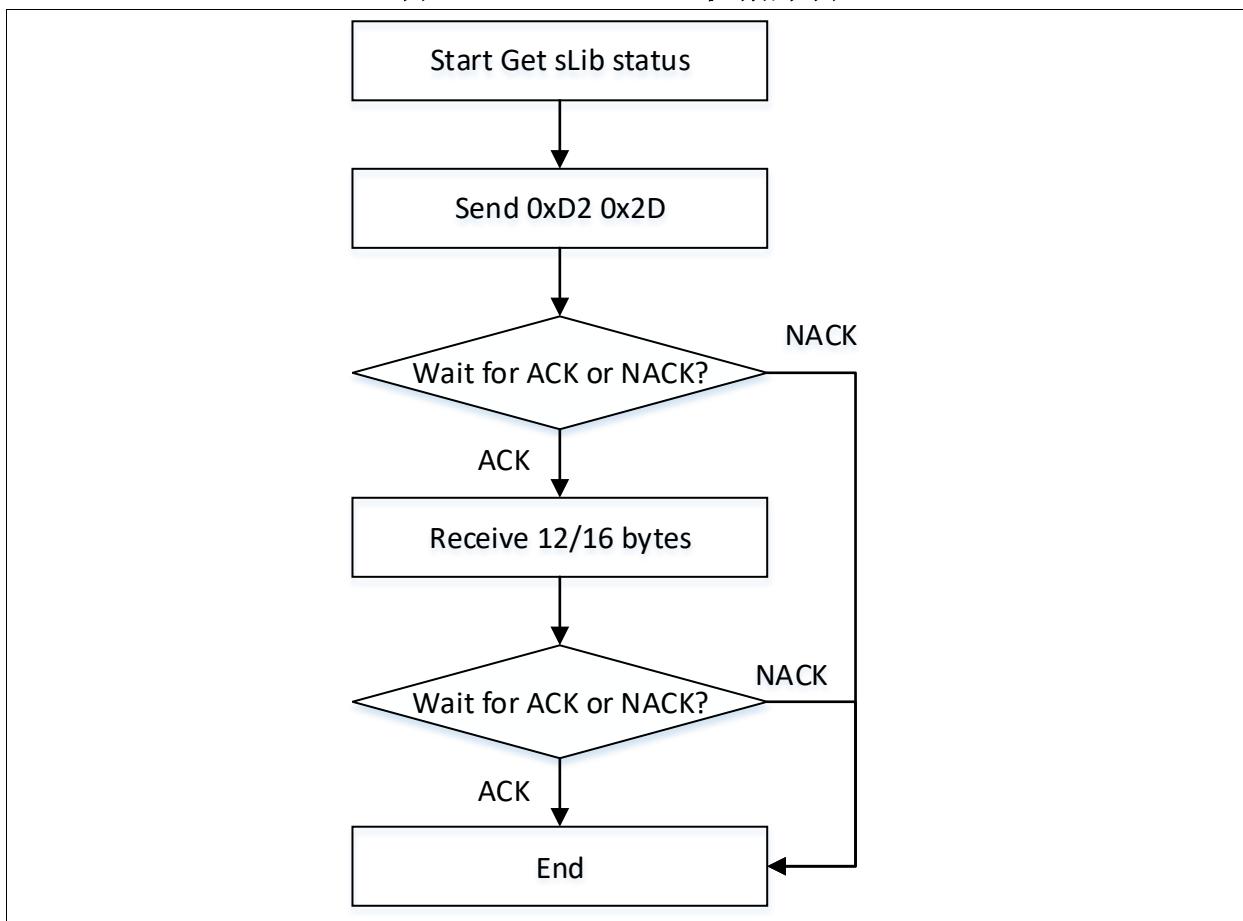
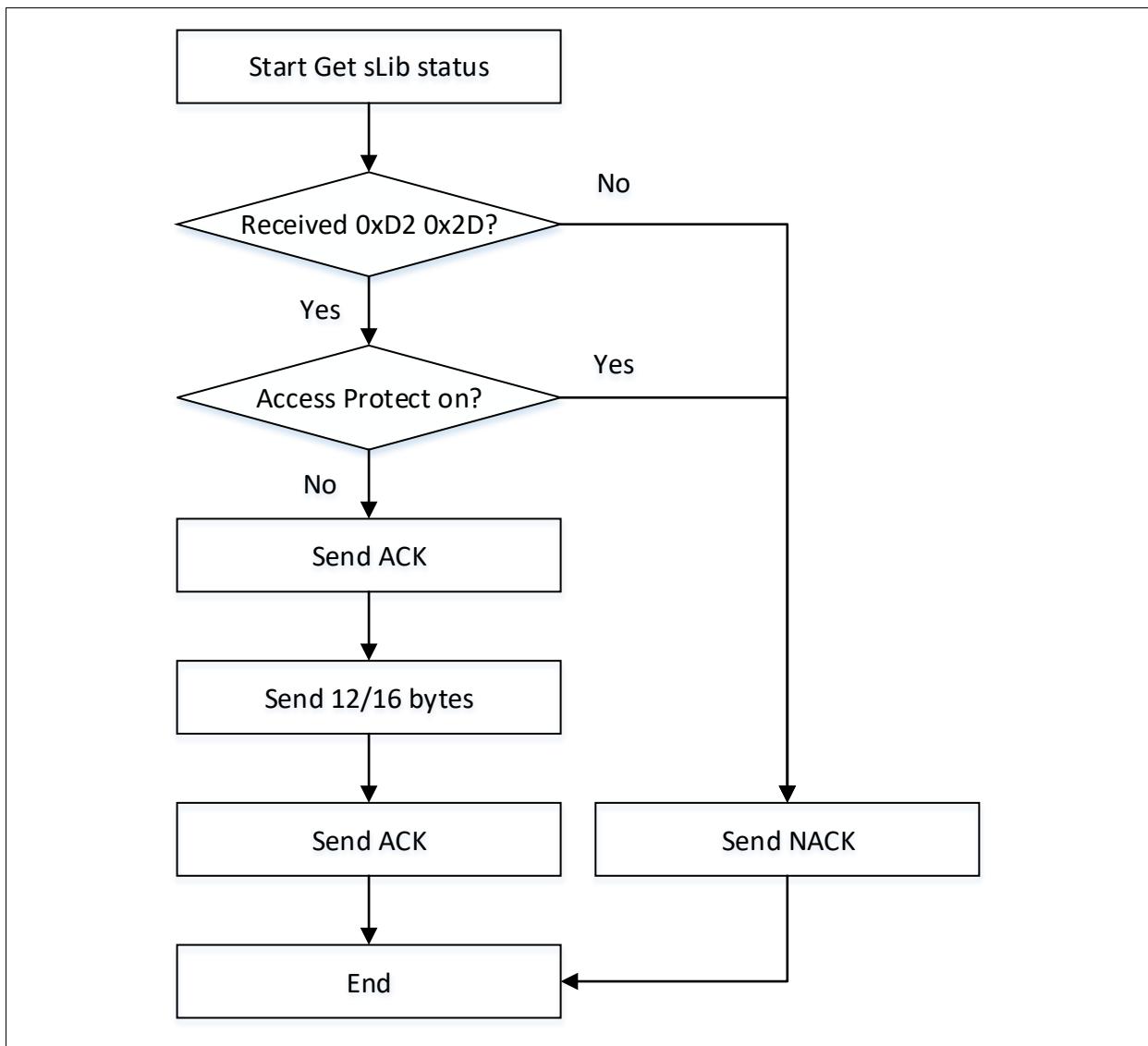


图 35 Get sLib status 设备端流程图



4.17.2 主机端数据传输过程

AT32F435xx/AT32F437xx 主机传输过程:

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD2	Get sLib status
2		0x2D	Get sLib status
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	2	*	SLIB_STS0 (MSB)
	3	*	SLIB_STS0
	4	*	SLIB_STS0
	5	*	SLIB_STS0 (LSB)
	6	*	SLIB_STS1 (MSB)
	7	*	SLIB_STS1
	8	*	SLIB_STS1
	9	*	SLIB_STS1 (LSB)
	10	*	SLIB_STS2 (MSB)

发送过程	接收过程	数据	描述
	11	*	SLIB_STS2
	12	*	SLIB_STS2
	13	*	SLIB_STS2 (LSB)
	14		SLIB_MISC_STS (MSB)
	15		SLIB_MISC_STS
	16		SLIB_MISC_STS
	17		SLIB_MISC_STS (LSB)
	18	ACK	

其它系列主机传输过程:

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD2	Get sLib status
2		0x2D	Get sLib status
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时, 结束此命令
	2	*	SLIB_STS0 (MSB)
	3	*	SLIB_STS0
	4	*	SLIB_STS0
	5	*	SLIB_STS0 (LSB)
	6	*	SLIB_STS1 (MSB)
	7	*	SLIB_STS1
	8	*	SLIB_STS1
	9	*	SLIB_STS1 (LSB)
	10	*	SLIB_MISC_STS (MSB)
	11	*	SLIB_MISC_STS
	12	*	SLIB_MISC_STS
	13	*	SLIB_MISC_STS (LSB)
	14	ACK	

4.18 SPIM Remap

SPIM Remap 命令用于 SPIM (bank3) 外部 IO 复用配置。

当设备收到此命令后, 则响应主机 ACK, 接着会等待 1 字节的 Remap Flag 及其 Checksum, 当收到的 Checksum 都有效时, 保存 Remap 状态, 并响应主机 ACK。

Remap Flag:

- 0: SCK/PB1 CS/PA8 IO0/PA11 IO1/PA12 IO2/PB7 IO3/PB6
- 1: SCK/PB1 CS/PA8 IO0/PB10 IO1/PB11 IO2/PB7 IO3/PB6

4.18.1 主机和设备端流程图

图 36 SPIM Remap 主机端流程图

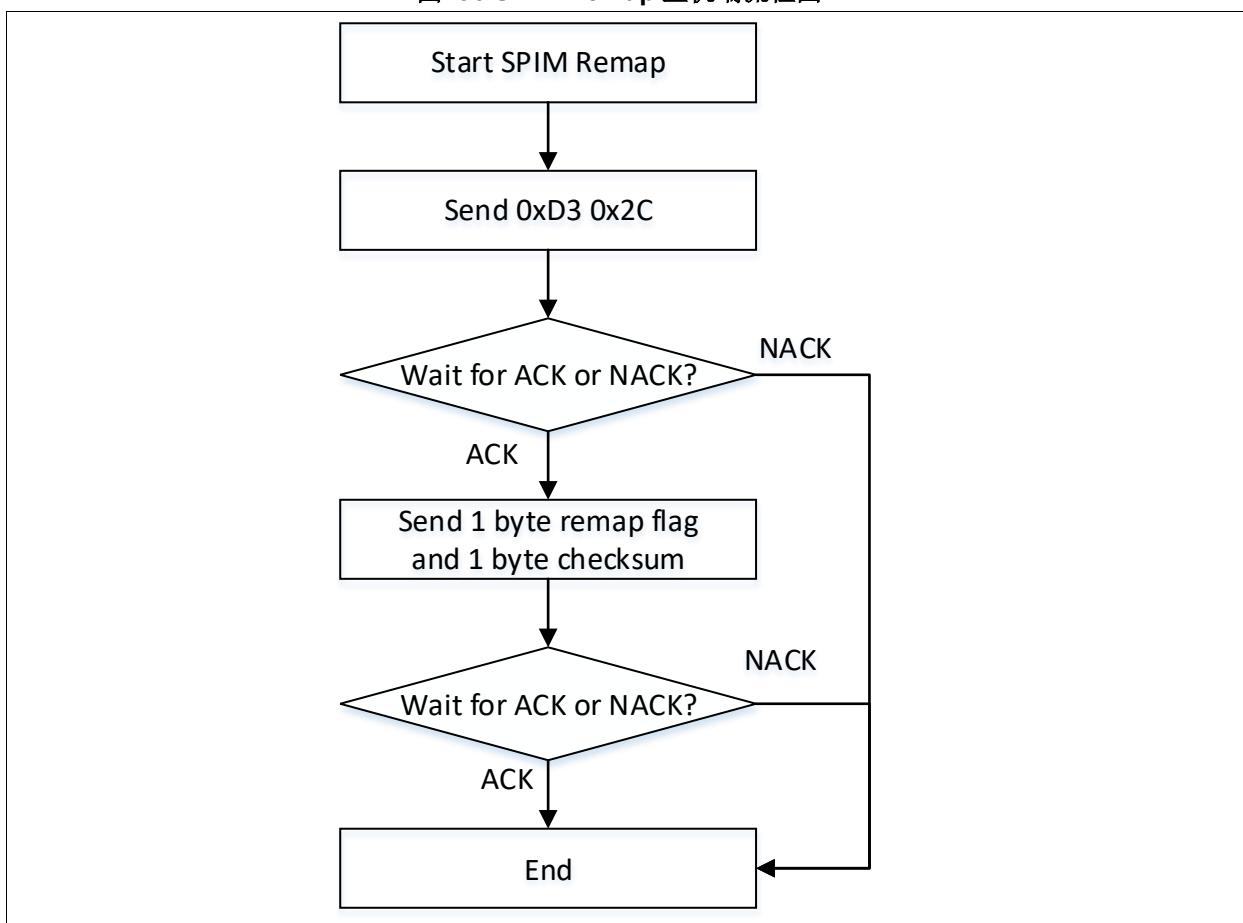
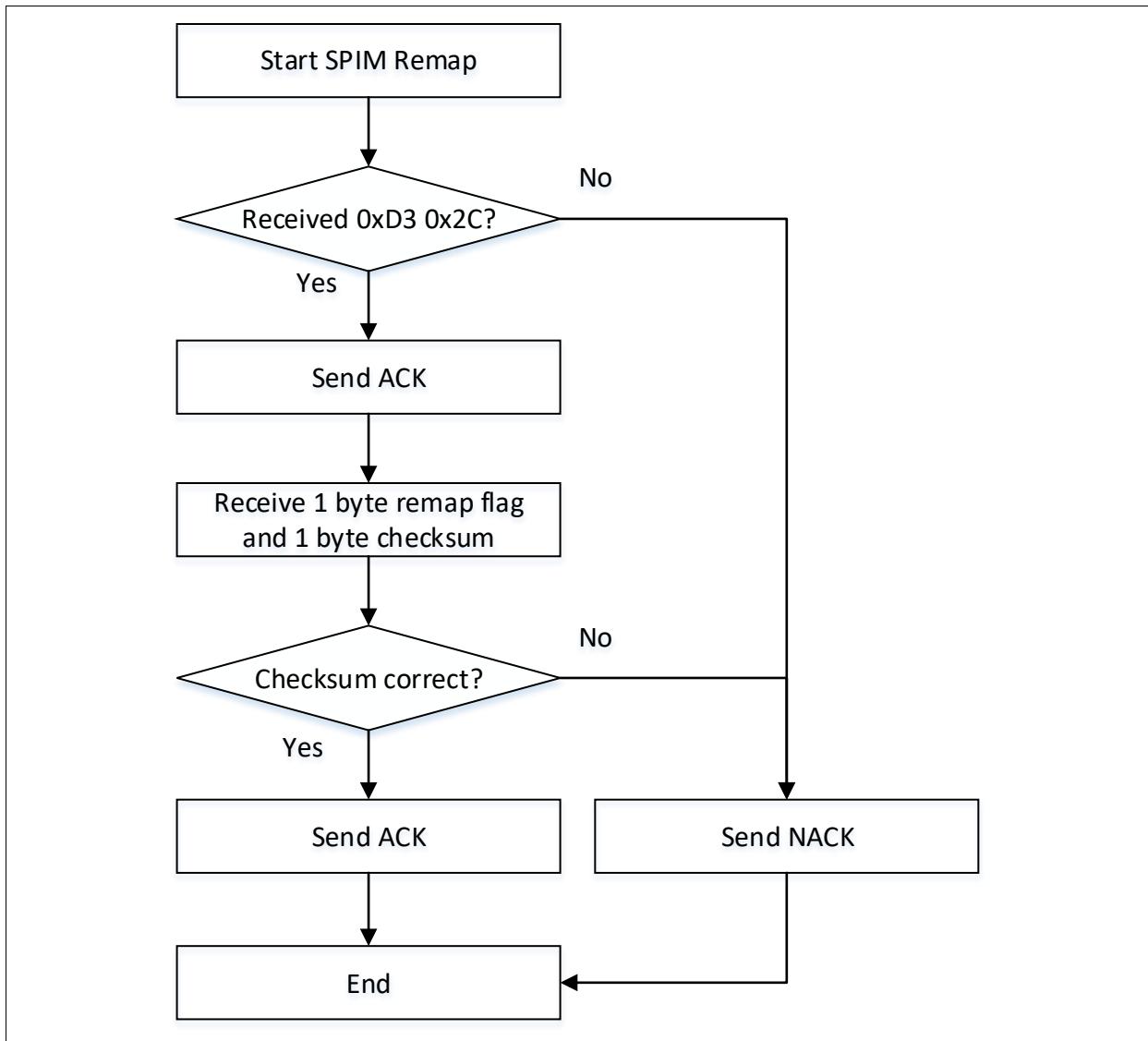


图 37 SPI Remap 设备端流程图



4.18.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD3	SPI Remap
2		0x2C	SPI Remap
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，结束此命令
3		0/1	Remap Flag
4		*	Checksum XOR byte3
	2	ACK	

4.19 Reset Device

Reset Device 命令用于设备执行系统复位。

当设备收到此命令后，响应主机 2 次 ACK，然后执行系统复位。

4.19.1 主机和设备端流程图

图 38 Reset Device 主机端流程图

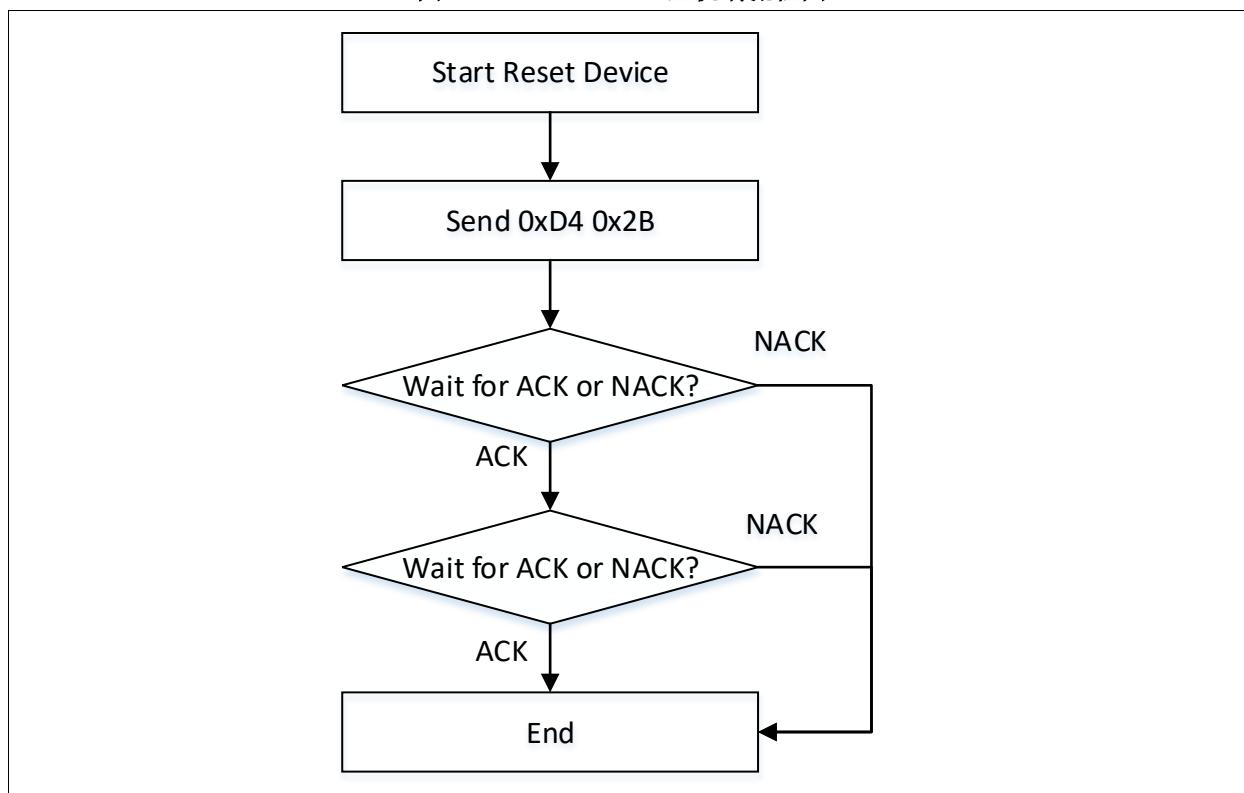
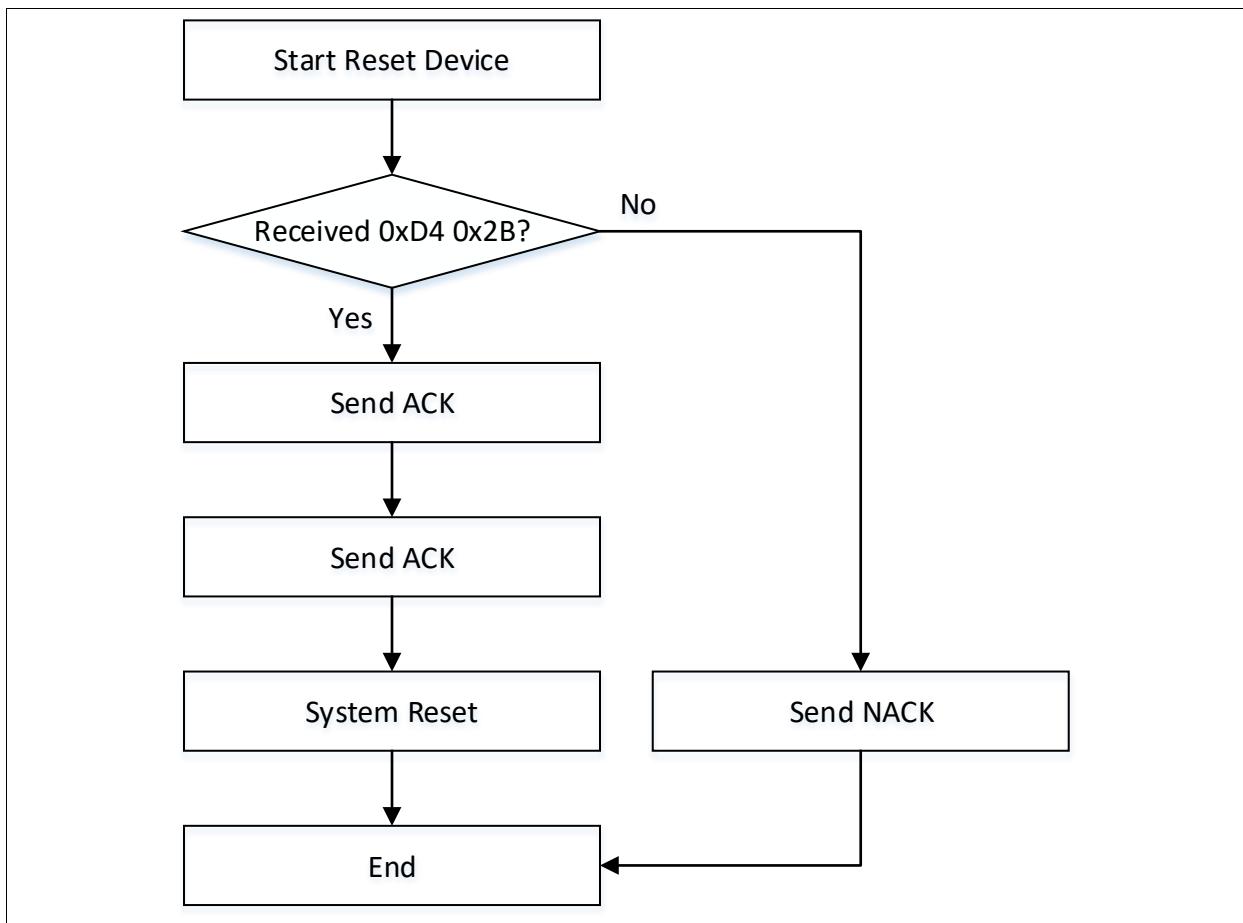


图 39 Reset Device 设备端流程图



4.19.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD4	Reset Device
2		0x2B	Reset Device
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，结束此命令
	2	ACK	

4.20 Advanced Access Protect

Advanced Access Protect 命令用于开启高级访问保护，高级读保护功能具体功能请参考对应型号用户手册中对高级读保护的说明。

当设备收到此命令后，如果访问保护没有开启，则响应主机 ACK，接着会等待 2 字节的高级访问保护 Flag (Flag 可以是任意值)，开始设定高级访问保护的配置，响应主机 ACK 之后，执行系统复位。

此命令在访问保护开启时不能使用。

注意：高级访问保护在部分型号上不能再被解除，具体参考对应型号用户手册。

4.20.1 主机和设备端流程图

图 40 Advanced Access Protect 主机端流程图

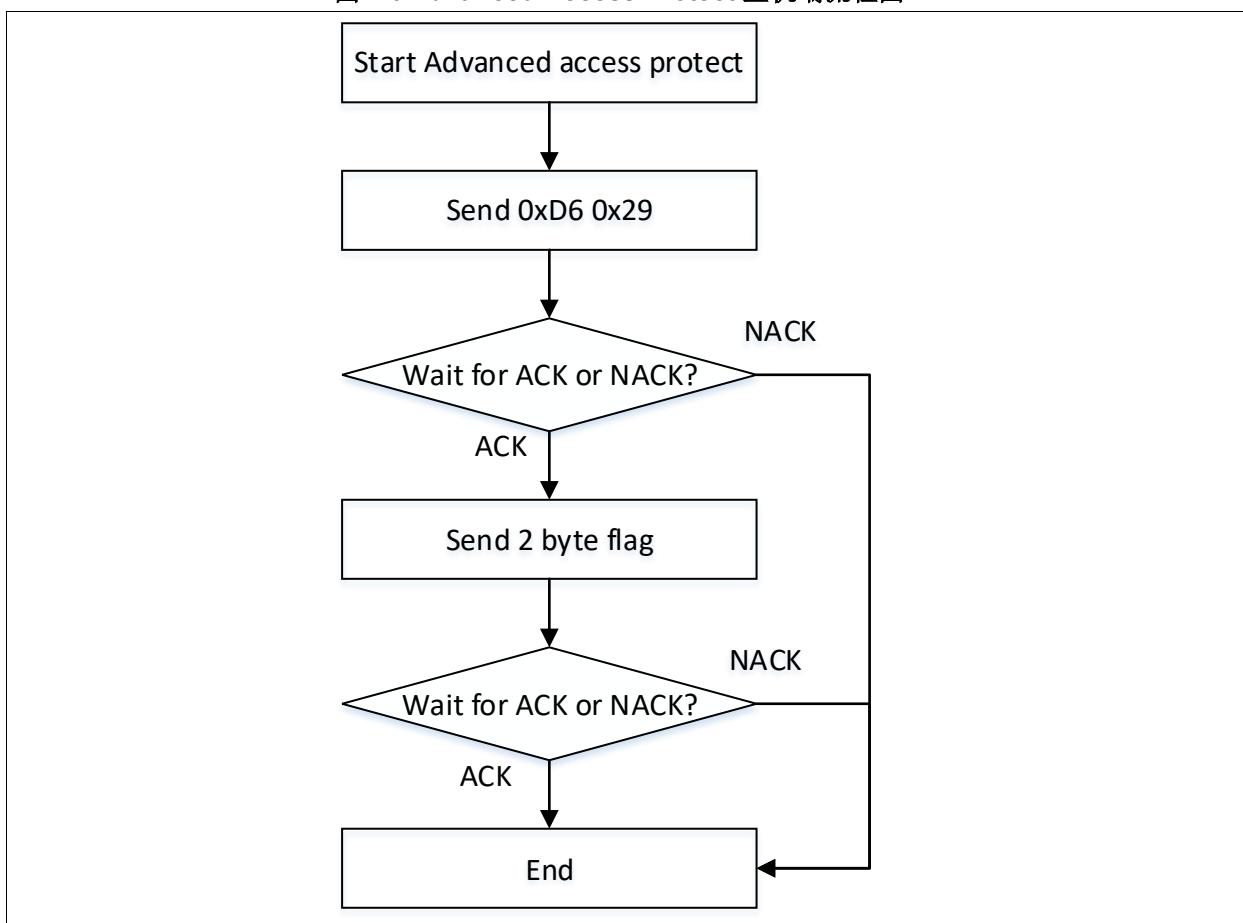
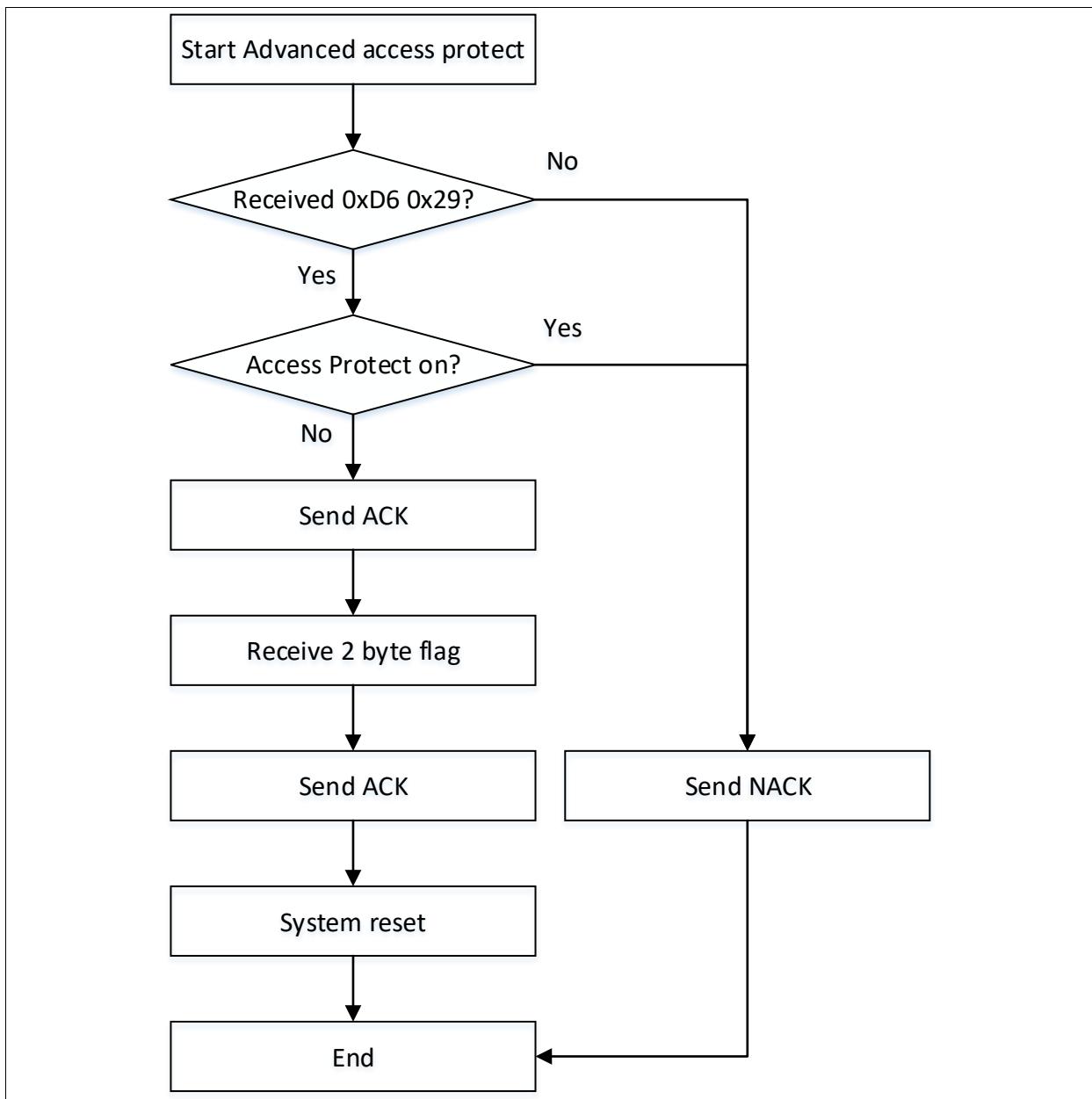


图 41 Advanced Access Protect 设备端流程图



4.20.2 主机端数据传输过程

发送过程	接收过程	数据	描述
1		0xD6	Advanced access protect
2		0x29	Advanced access protect
	1	ACK/NACK	当收到 NACK 时，结束此命令
3		*	Flag
4		*	Flag
	2	ACK	

5 版本历史

表 2 文档版本历史

日期	版本	变更
2021.12.07	2.0.0	最初版本
2023.01.05	2.0.1	<ol style="list-style-type: none">增加AT32F423支持增加AT32L021支持修改其他描述错误修改AT32F421不支持Jump命令
2023.06.30	2.0.2	<ol style="list-style-type: none">增加AT32F405/402支持增加AT32A403A支持
2024.03.20	2.0.3	<ol style="list-style-type: none">增加AT32A423支持
2024.04.28	2.0.4	<ol style="list-style-type: none">删除型号支持列表删除部分命令支持列表

重要通知 - 请仔细阅读

买方自行负责对本文所述雅特力产品和服务的选择和使用，雅特力概不承担与选择或使用本文所述雅特力产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为雅特力授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在雅特力的销售条款中另有说明，否则，雅特力对雅特力产品的使用和 / 或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

雅特力产品并非设计或专门用于下列用途的产品：(A) 对安全性有特别要求的应用，例如：生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；(B) 航空应用；(C) 航天应用或航天环境；(D) 武器，且/或(E) 其他可能导致人身伤害、死亡及财产损害的应用。如果采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向雅特力发出了书面通知，风险及法律责任仍将由采购商单独承担，且采购商应独自负责在前述应用中满足所有法律和法规要求。

经销的雅特力产品如有不同于本文档中提出的声明和 / 或技术特点的规定，将立即导致雅特力针对本文所述雅特力产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大雅特力的任何责任。

© 2024 雅特力科技 保留所有权利