

概述

本手册适用范围：

适用范围	
SPC1125 系列	SPC1125, SPC1128, SPD1121
SPC1168 系列	SPC1155, SPC1156, SPC1158, SPC1168, SPD1148, SPD1178, SPD1188, SPD1163, SPM1173
SPC2168 系列	SPC2168, SPC2165, SPC2166, SPC1198
SPC1169 系列	SPC1169, SPD1179, SPD1176, SPD1177, SPD1179B
SPC2188 系列	SPC1185, SPC2188
SPC1198B 系列	SPC1198B

目录

1	概述	7
1.1	IAP 上位机运行环境	7
2	IAP 实现	8
2.1	写存储器命令	9
2.2	擦除存储器命令.....	13
2.3	跳转命令	15
3	IAP 升级 APP	17
3.1	通过 UART 升级 APP	17
3.2	通过 LIN 升级 APP.....	20
3.3	通过 CAN/CANFD 升级 APP	24
4	IAP 升级结果.....	28

图片列表

图 2-1: IAP Loader 流程图	8
图 2-2: 写存储器命令（主机侧）	10
图 2-3: 写存储器命令（设备侧）	11
图 2-4: 擦除存储器命令（主机侧）	13
图 2-5: 擦除存储器命令（设备侧）	14
图 2-6: 跳转命令（主机侧）	15
图 2-7: 跳转命令（设备侧）	16
图 3-1: UART IAP 硬件连接	17
图 3-2: 选择 UART 协议	18
图 3-3: 串口波特率	19
图 3-4: 下位机可握手窗口	19
图 3-5: LIN IAP 硬件连接	20
图 3-6: LIN IAP 硬件连接	21
图 3-7: 选择 LIN 协议	22
图 3-8: LIN 波特率	23
图 3-9: 下位机可握手窗口	23
图 3-10: CAN/CANFD IAP 硬件连接	24
图 3-11: 选择 CAN 或 CANFD 协议	26
图 3-12: 配置 CAN 或 CANFD 协议参数	26
图 3-13: 下位机可握手窗口	27
图 4-1: 用户应用程序的串口打印界面	28

表格列表

表 1-1: Flash 启动与 BOOT 电平关系.....	7
表 2-1: IAP 命令集.....	9
表 2-2: 芯片和 N 以 Address 及对应关系.....	12
表 2-3: 芯片对应扇区大小	15
表 3-1: 芯片 UART 接口电平	17

版本历史

版本	日期	作者	状态	变更
A/0	2023-09-01	X.He	已过期	1. 首次发布。
A/1	2023-12-28	X.He	已过期	1. 添加 章节 3 中的硬件连接描述。 2. 更新 章节 4 中的图片。
C/0	2024-08-29	HangSu	已过期	1. 更新 章节 1, 2, 3, 4 。
C/1	2024-09-05	HangSu	已过期	1. 更新 章节 3 。
C/2	2025-03-31	HangSu	已发布	1. 更新 章节 3 。 2. 适用范围增加。 3. 添加 SPC1198B 系列。

术语或缩写

术语或缩写	描述
IAP	In Application Programming, 在应用编程
ISP	In System Programming, 在系统编程

1 概述

IAP 的全称是：In Applicatin Programming，即在应用编程。

IAP 所起的作用是对用户 APP 程序进行升级操作，当 MCU 刚上电时，会执行 IAP 程序，用户需要在 IAP 中实现接收数据并实现对 APP 程序进行烧录的功能。整个工作流程描述如下：

1. 用户将 APP 的 hex 文件发给 IAP 程序；
2. IAP 程序将 APP 的数据写到特定的地址中；
3. APP 数据烧写完毕后，IAP 程序执行跳转操作，跳转到 APP 程序并运行。

注意：

1. 在 Spintrol 设计中，为了确保 IAP 程序能够执行，需要将 BOOT 设置为特定电平，具体请见表 1-1。
2. IAP 通信接口可根据实际情况进行选择，Spintrol SDK 已提供 UART、CAN、LIN 三种接口形式的 IAP 示例工程。

表 1-1: Flash 启动与 BOOT 电平关系

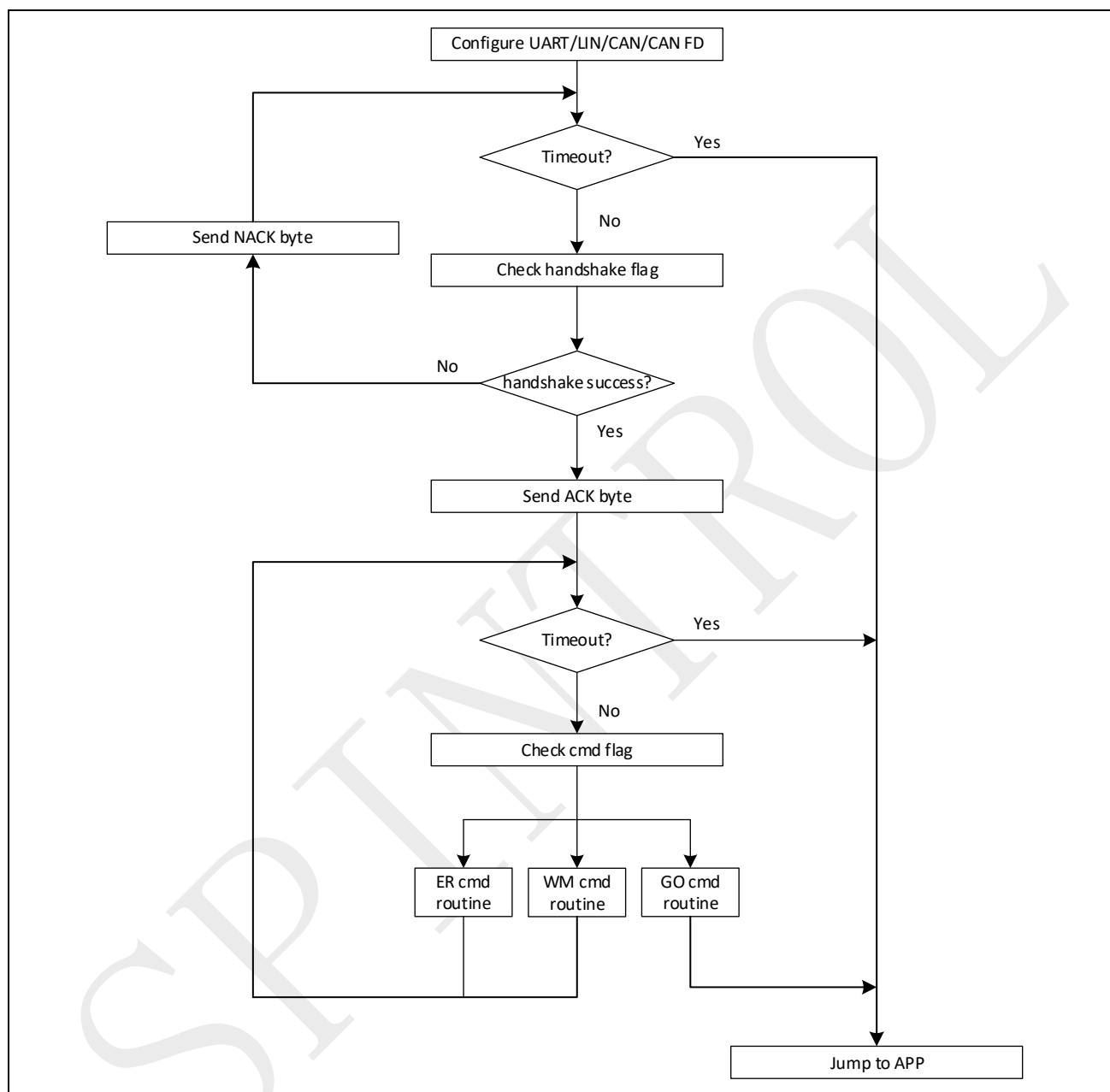
芯片	BOOT
SPC1125 系列	拉高
SPC1168 系列	拉高
SPC2168 系列	拉高
SPC1169 系列	拉低
SPC2188 系列	拉高
SPC1198B 系列	拉高

1.1 IAP 上位机运行环境

Win10 以下，现有 dll 不支持 Win11。

2 IAP 实现

图 2-1: IAP Loader 流程图



这里有两个延时，一个用来提供下位机开机时的可握手窗口，一个用来防止下位机在 IAP Loader 中死等。

图 2-1 所示的 IAP 流程中所支持的命令列如表 2-1 所示，每个命令在后续小结中进一步描述。

表 2-1: IAP 命令集

命令	Code	描述
Write Memory	0x36	从应用程序指定的地址开始，向 Flash 存储器写入最多 256 字节的数据。
Erase Memory	0x34	擦除指定的 Flash 存储器区域。
Jump Memory	0x21	跳转到指定位置运行 APP 程序。

通信安全性

所有从编程工具到设备的通信都经过以下验证：

- 校验和：接收到的数据块所有字节进行异或运算。在每次通信结束时添加一个包含所有先前字节异或运算结果的字节（校验和字节），通过对所有接收到的字节（数据+校验和）进行异或运算，在数据包的结尾处的结果必定为 0x00。
- 对于每个命令，主机发送一个字节及其补码（XOR = 0x00）。

注意： $XOR(A, B) = 0xFF \wedge A \wedge B$ 。

每个数据包都会被接受（ACK 答复）或丢弃（NACK 答复）：

- ACK = 0x79
- NACK = 0x1F

2.1 写存储器命令

主机行为如下：

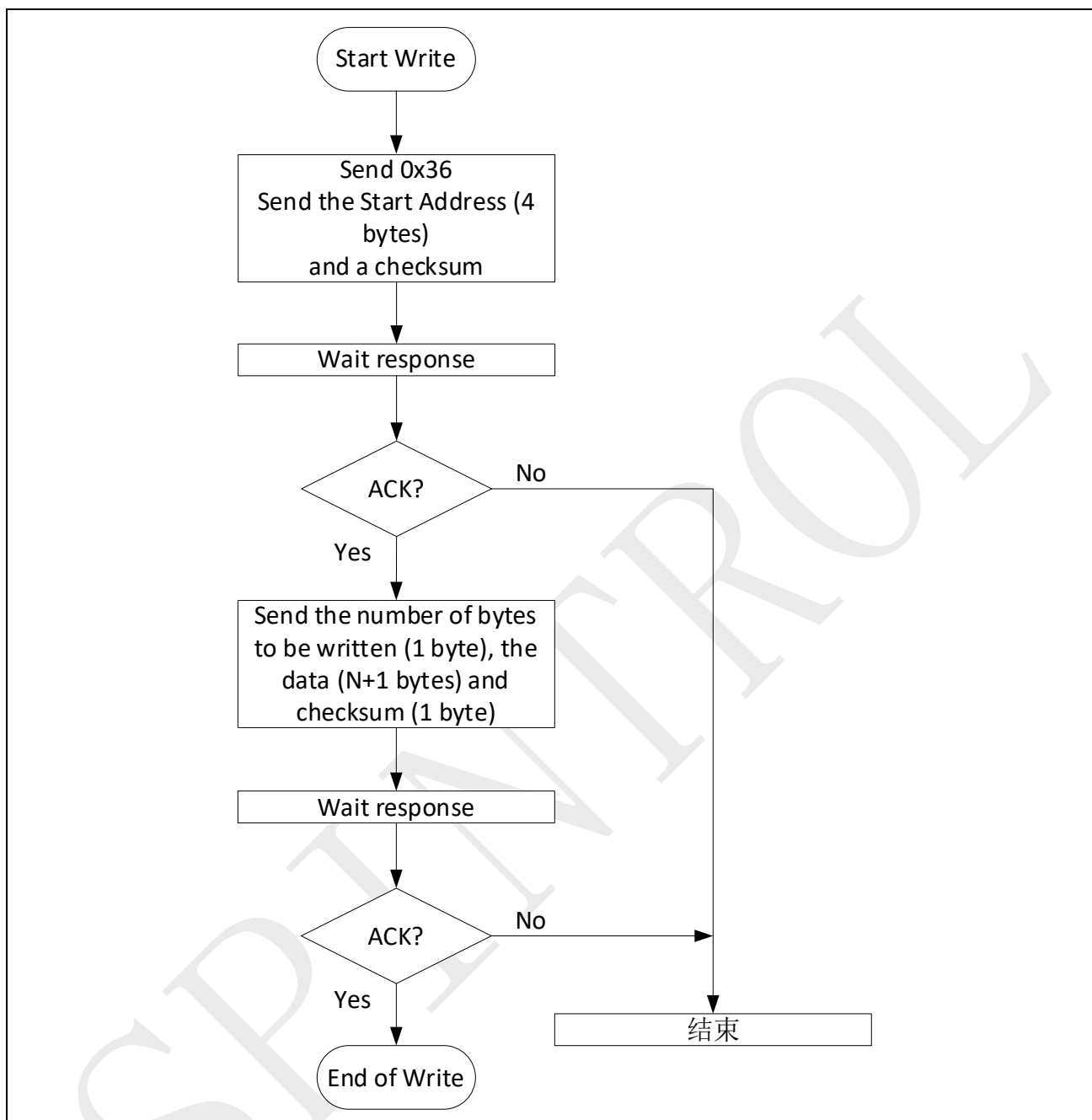
Byte 1: 0x36
Byte 2 to 5: Start address

- byte 2: LSB
- byte 5: MSB

Byte 6: Checksum: XOR (Byte 1 ~ Byte 5) Wait for ACK
Byte 7: Number of bytes to be written ($0 < N \leq 255$)
N +1 data bytes: (Max 256 bytes)
Checksum byte: XOR (Byte 7 ~ N+1 data bytes) Wait for ACK

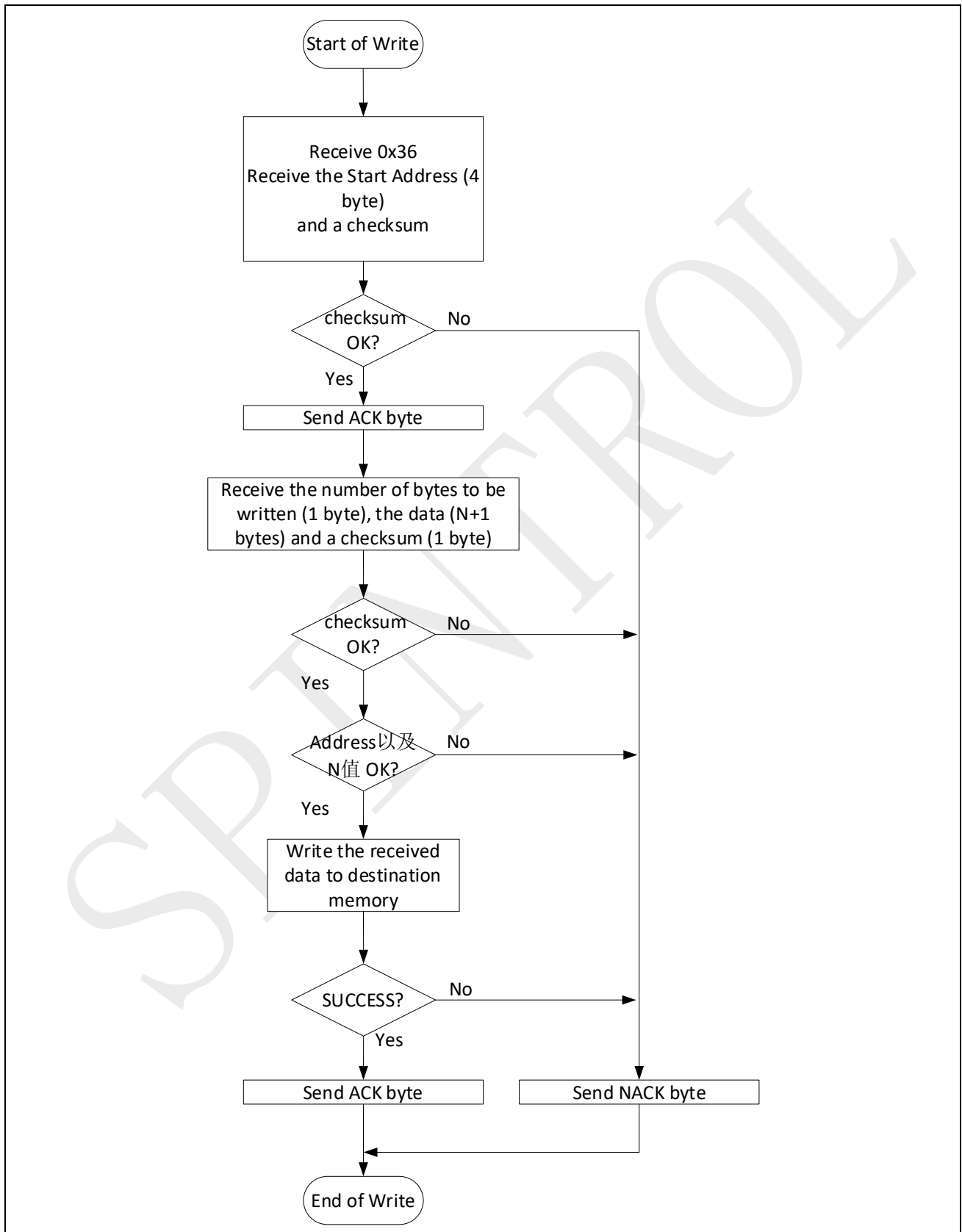
注意： Byte 7 (N) 最大为 255，无法直接表示 256，因此协议规定，采用 N+1 表示实际传输 byte 数。

图 2-2：写存储器命令（主机侧）



从机行为如下：

图 2-3：写存储器命令（设备侧）



由于硬件设计上的不同，底层 Write 函数能力也不一样，致使下位机能接受的 N 以及 Address 也有一定的限制，具体请参考表 2-2。

表 2-2：芯片和 N 以 Address 及对应关系

芯片	最小写入 Byte 单位	N+1	Address
SPC1169 系列	8Byte	8 的倍数	8Byte 对齐
SPC1168 系列 SPC1125 系列	4Byte	4 的倍数	4Byte 对齐
SPC2188 系列	1Byte	1 的倍数	1Byte 对齐
SPC1198B 系列	1Byte	1 的倍数	1Byte 对齐

注意：对于 SPC1198B 系列，其存储单元实际数据位宽为 128 位，可以按照最小逐个字节编程，但每次擦除后在 125MHz 时钟下对于每 512 字节对齐的存储区域累积编程次数不得大于 260 次，即每次编程应当操作尽量多的字节以减少总的编程次数。

以 SPD1179 为例，N+1 必须是 8 的倍数，且上限不能超过 256，同时 Address 必须 8 Byte 对齐。

2.2 擦除存储器命令

主机行为如下：

Byte 1: 0x34

Byte 2 to 5: Start address

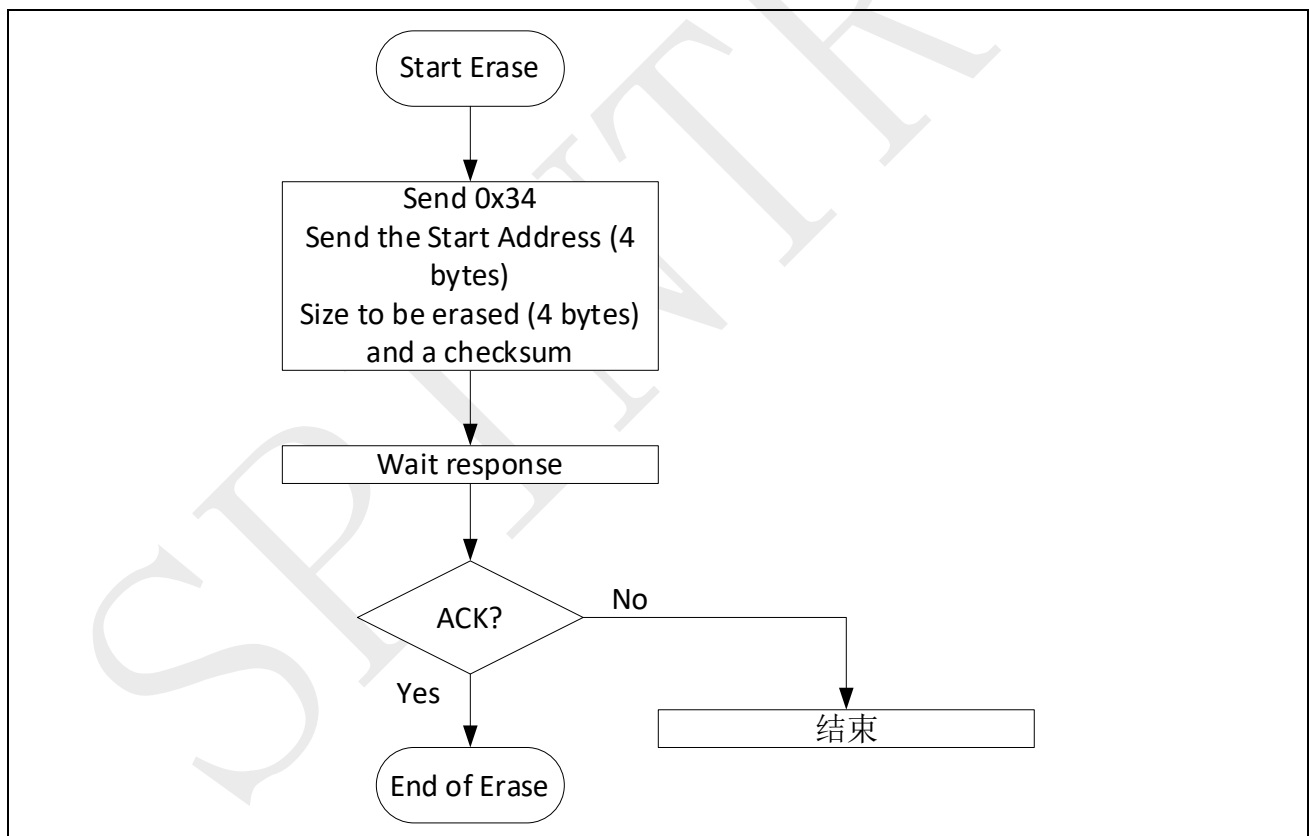
- byte 2: LSB
- byte 5: MSB

Byte 6 to 9: Size to be erased

- byte 6: LSB
- byte 9: MSB

Byte 10: Checksum: XOR (Byte 1 ~ Byte 9) Wait for ACK

图 2-4：擦除存储器命令（主机侧）



从机行为如下：

图 2-5：擦除存储器命令（设备侧）

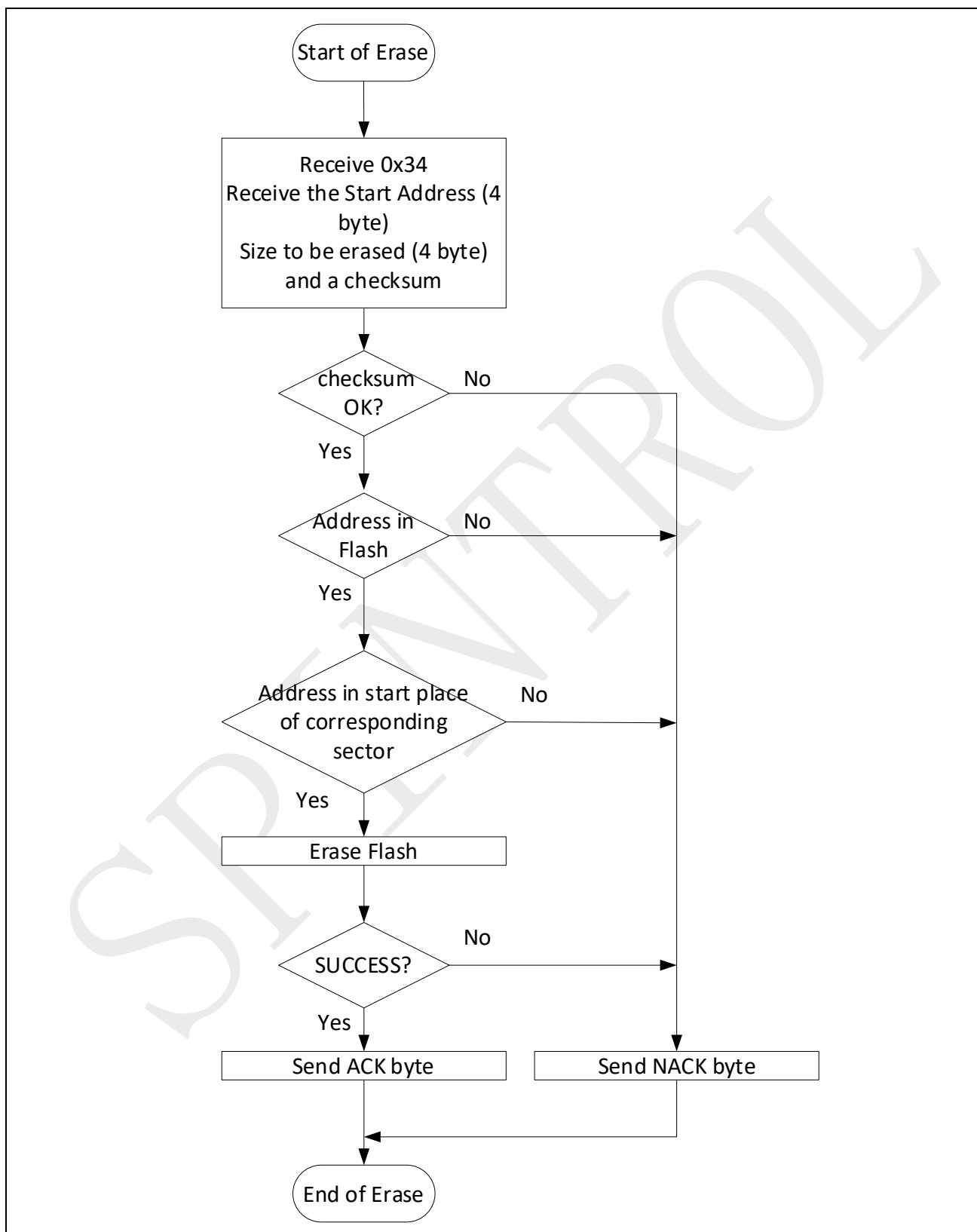


表 2-3：芯片对应扇区大小

芯片	扇区大小
SPC1169 系列	4K
SPC1168 系列 SPC1125 系列	512B
SPC2188 系列	默认 ECC 使能时有效容量为 2KB； 关闭 ECC 后有效容量为 4KB。
SPC1198B 系列	1K

2.3 跳转命令

主机行为如下：

Byte 1: 0x21

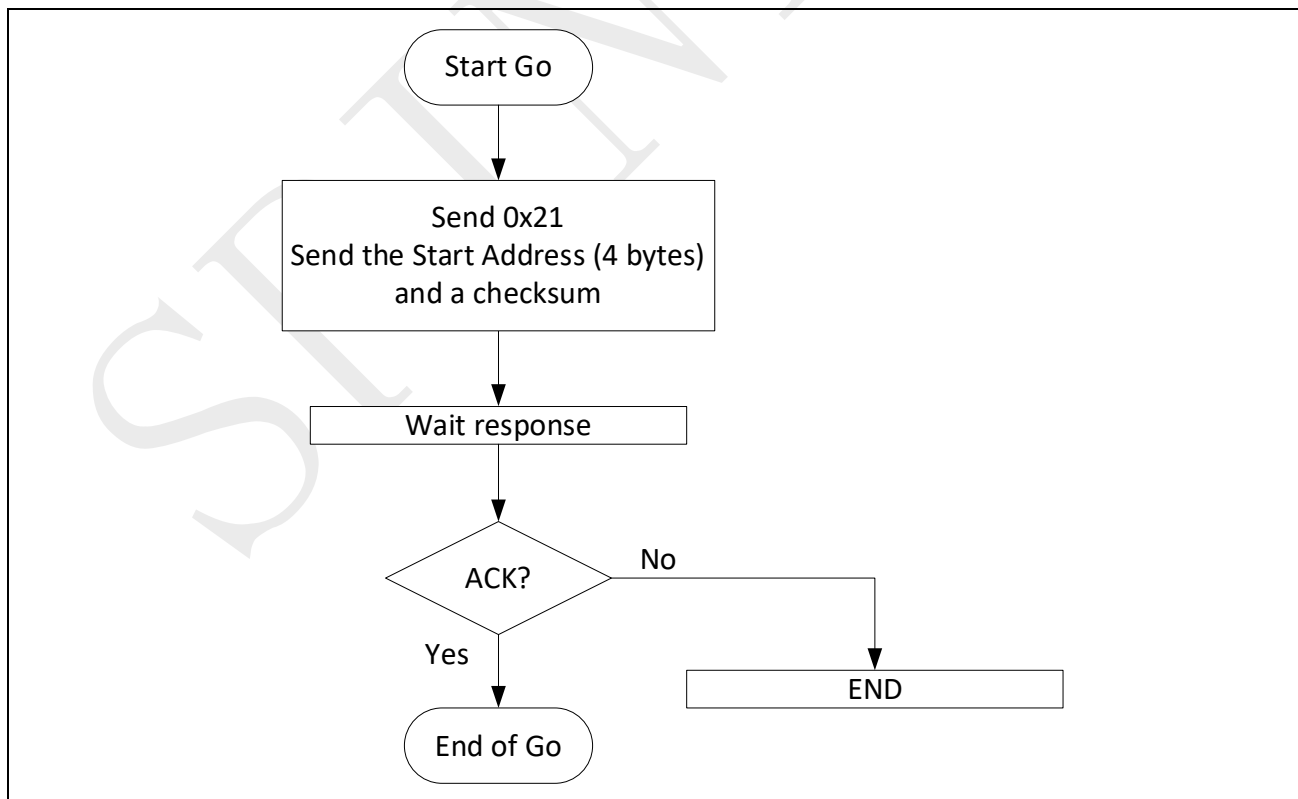
Byte 2 to 5: Go address

– byte 2: LSB

– byte 5: MSB

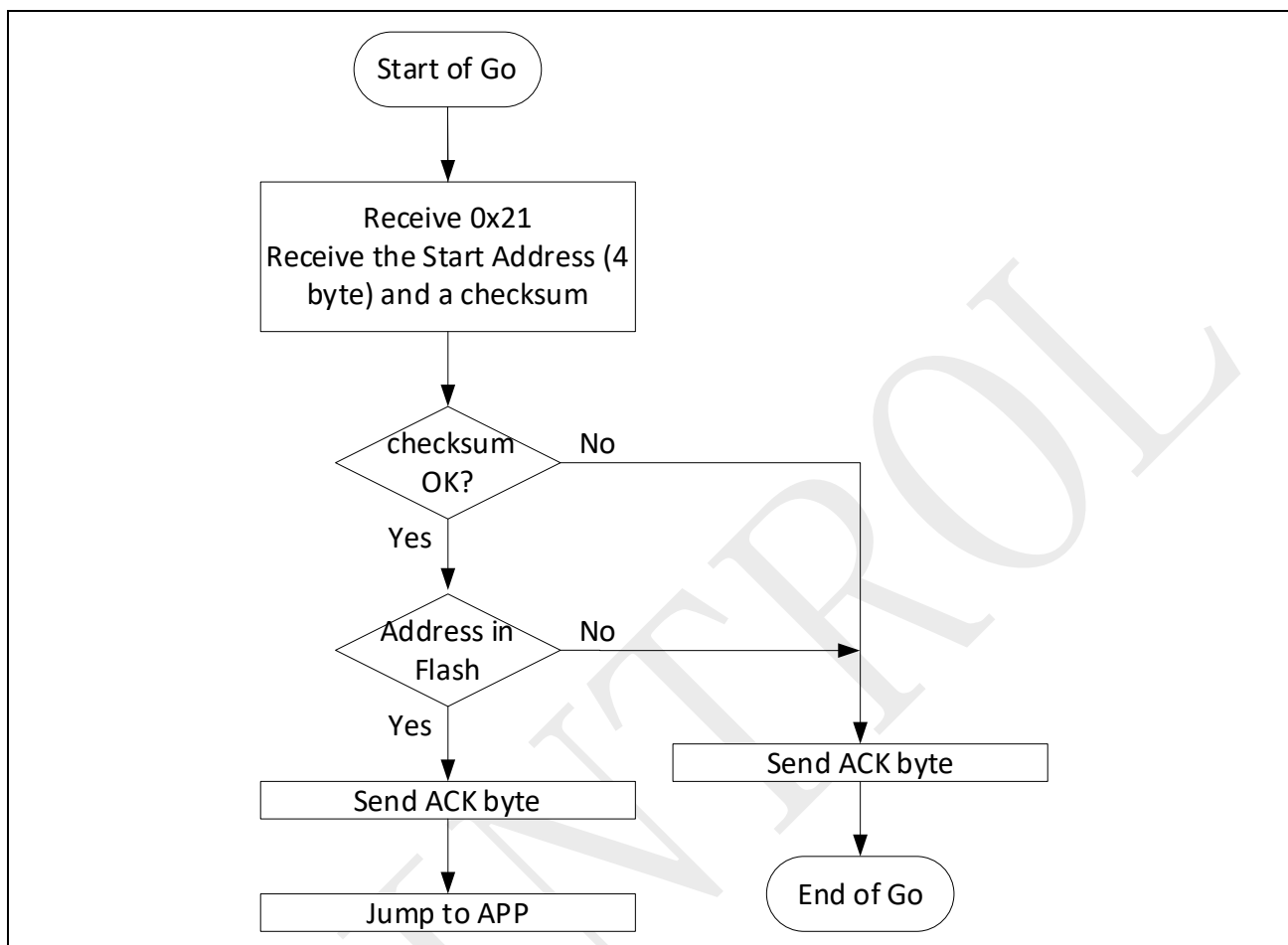
Byte 6: Checksum: XOR (Byte 1 ~ Byte 5) Wait for ACK

图 2-6：跳转命令（主机侧）



从机行为如下：

图 2-7：跳转命令（设备侧）



3 IAP 升级 APP

3.1 通过 UART 升级 APP

适用范围
SPC1168 系列, SPC2168 系列, SPC1125 系列 SPC1169 系列, SPC2188 系列, SPC1198B 系列

硬件连接如图 3-1 所示，上下位机连接的步骤及注意事项：

- USB_TO_UART 的 TXD 与芯片的 RXD，USB_TO_UART 的 RXD 与芯片的 TXD 相接；
- 如果通讯异常，排查上位机选择的串口端口号是否正确，排查 UART 接口电平是否符合预期，不同芯片 UART 接口电平如表 3-1 所示。

图 3-1: UART IAP 硬件连接

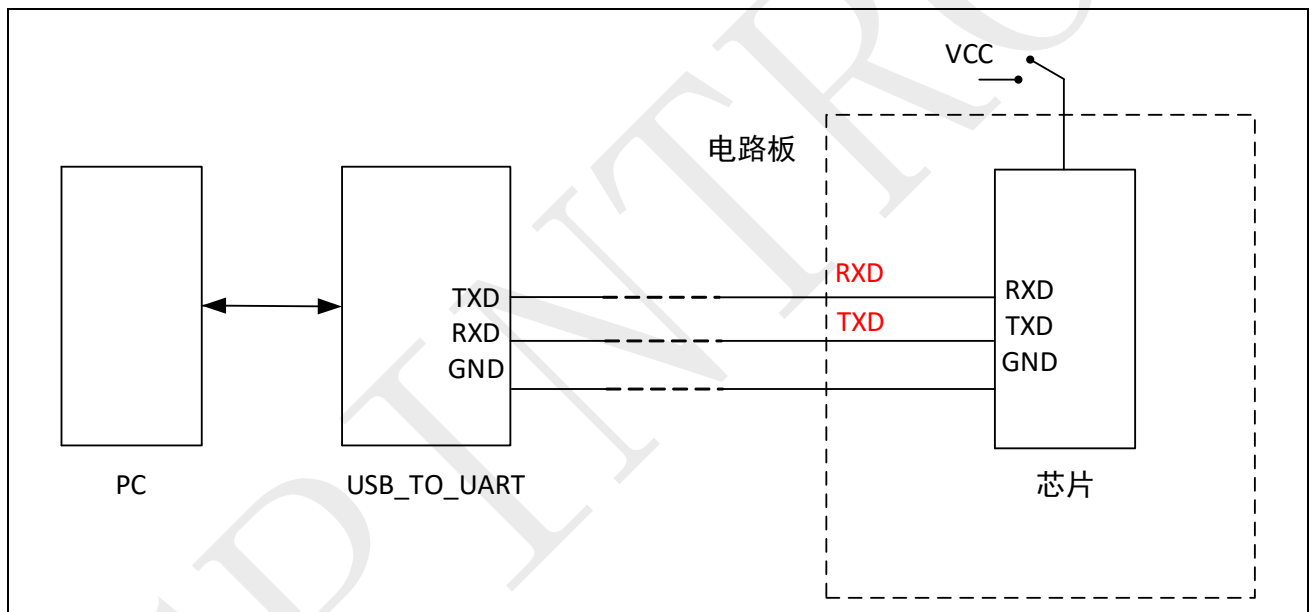


表 3-1: 芯片 UART 接口电平

芯片	UART 接口电平
SPC1168 系列, SPC1125 系列, SPC2168 系列, SPC2188 系列, SPC1198B 系列	3.3V
SPC1169 系列	5V

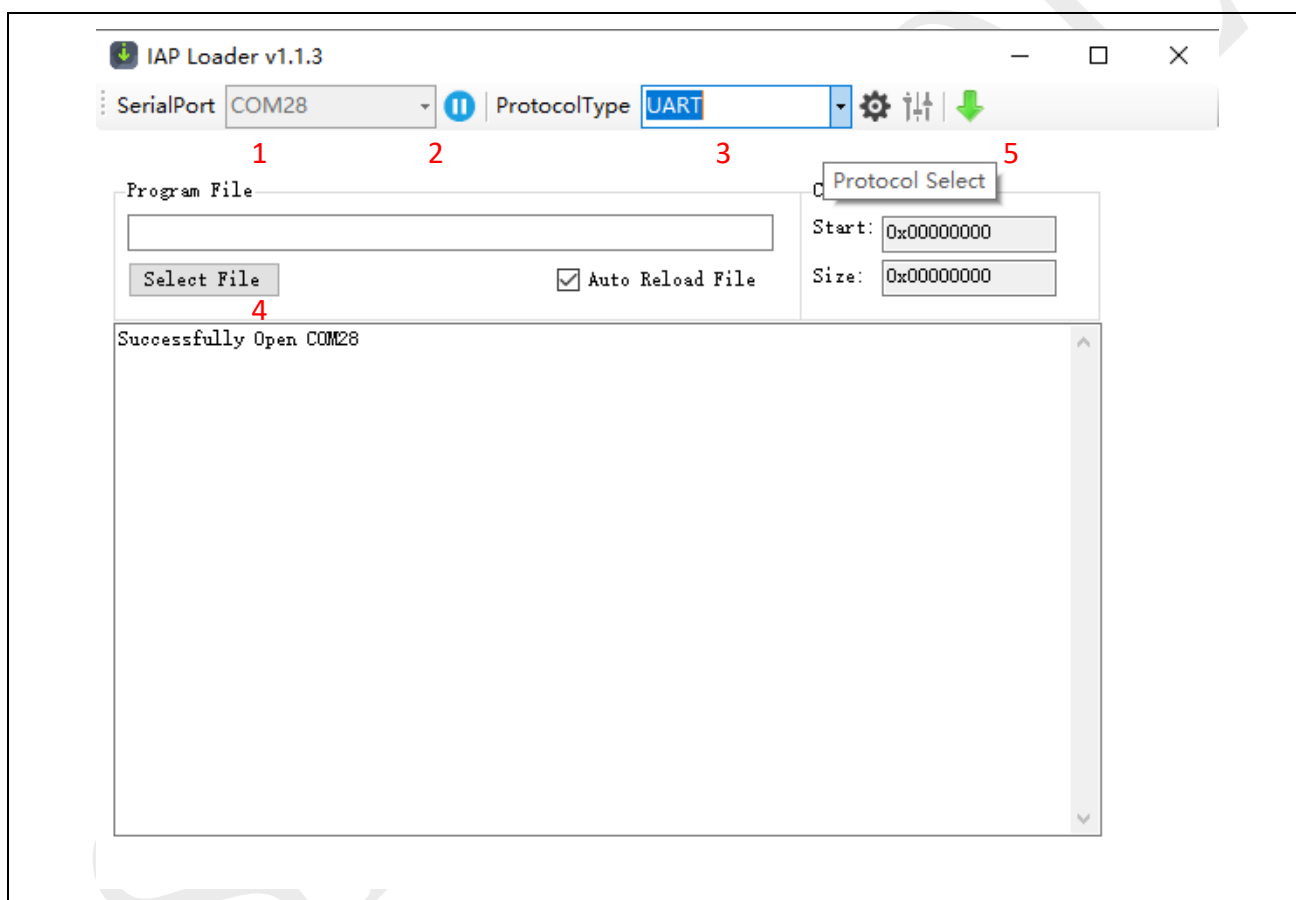
IAP Loader 下载步骤：

1. 通过 ISP/SWD 方式将编译好的 IAP Loader 程序下载到 Flash；
2. 切换 BOOT 到 Flash 启动模式，为 IAP Loader 启动做好准备。

App 下载步骤:

1. 选择对应下载的串口;
2. 打开串口;
3. 在界面的“ProtocolType”选择 UART 协议;
4. 点击界面中“Select File”选项, 选择需要更新的应用程序;
5. 点击界面的“”图标, 进行下载程序;
6. 10s 内给芯片上电。

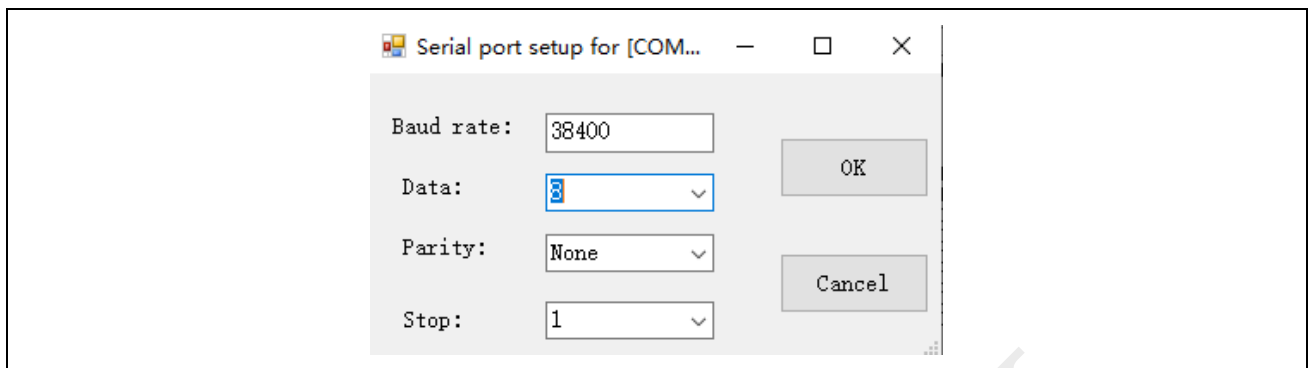
图 3-2: 选择 UART 协议



“”可以配置波特率, 如果参数变更, 下位机需同步修改。

推荐波特率 2400 到 115200。

图 3-3：串口波特率



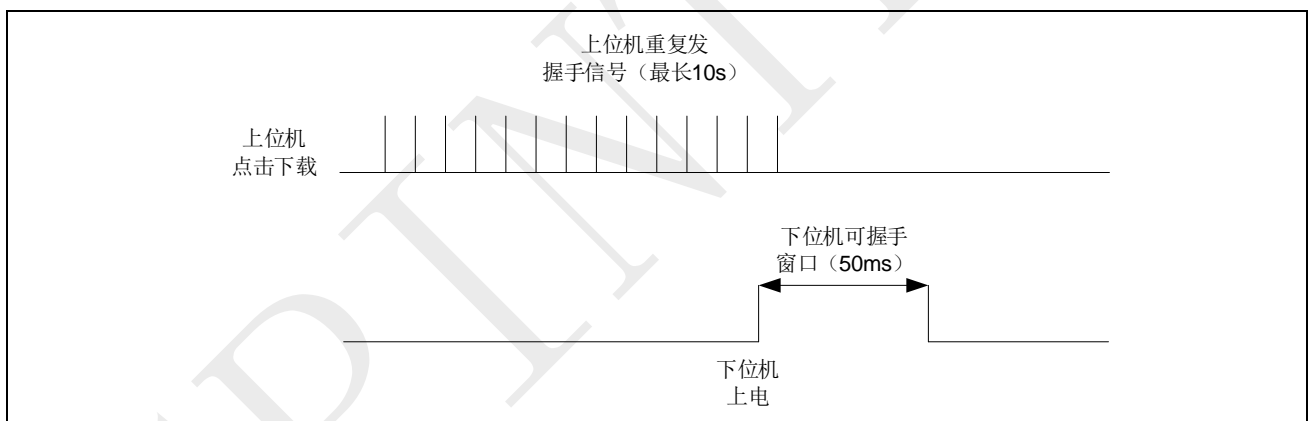
为了缩短 APP 启动时间，示例 IAP Loader 预留可握手窗口为 ms 级，因此 App 下载步骤中最后两步不能颠倒，否则上位机一定会错过下位机上电后的可握手窗口。

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手成功，双方进入具体擦，写，跳转 cmd 通讯；

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手失败，上位机继续发送握手信号；

如果在下位机可握手窗口结束时刻，双方仍未握手成功，则下位机直接跳到 APP 运行。

图 3-4：下位机可握手窗口



3.2 通过 LIN 升级 APP

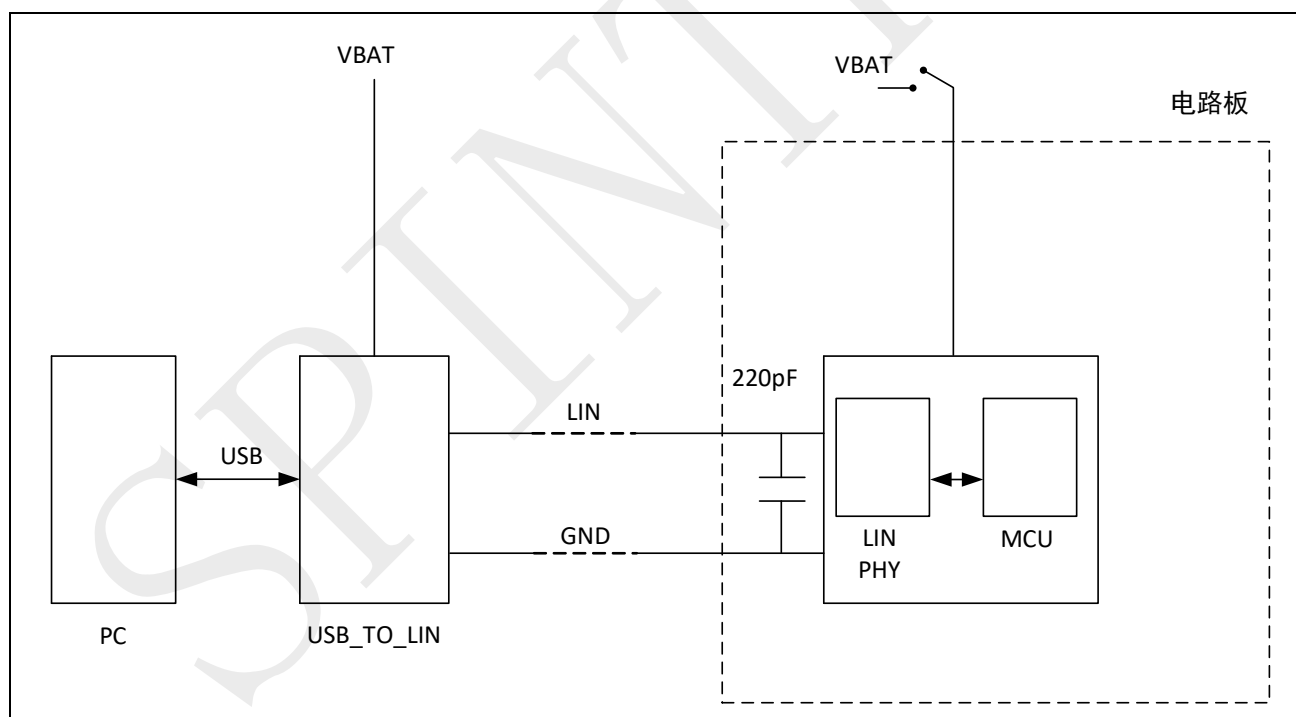
适用范围
SPC2188 系列，SPC1169 系列

硬件连接如图 3-5 所示，USB_TO_LIN 采用的是一个 USB 转 LIN 的工具（[工具链接](#)）。

上下位机连接的步骤及注意事项：

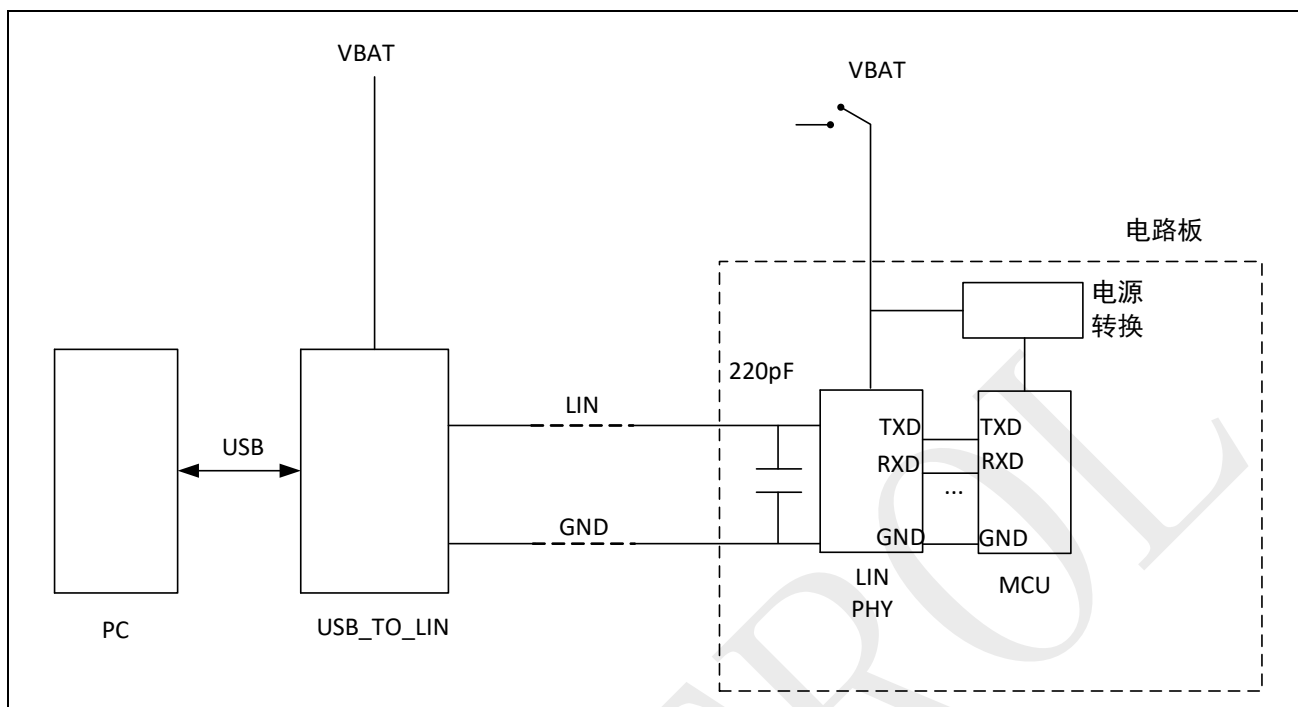
- 上位机和下位机通过 LIN 和 GND 连接起来；
- 确保 USB_TO_LIN 为独立供电，图示中 USB_TO_LIN 与下位机供电均未 VBAT 只是表示 USB_TO_LIN 与下位机电压相同，并不表示两者使用同一个电源；
- 通常 VBAT 选用 12V；
- 上位机（LIN 主机）已经集成 1k 上拉电阻，无需外部 1k 上拉；
- 下位机（LIN 从机）已经集成 30k 上拉电阻，无需外部 30k 上拉；
- 下位机（LIN 从机）需在靠近芯片 LIN 口位置处加入 220pF 对地电容。

图 3-5：LIN IAP 硬件连接



[1] 对于 SPD1179，SPD1176，LIN PHY 与 MCU 封装在一起。

图 3-6: LIN IAP 硬件连接



- [1] 对于 SPC1169, SPC1185, SPC2188, 需要在电路板上添加 LIN PHY;
- [2] 对于 SPC1169, SPC1185, SPC2188, 不支持 12V 供电, 需要在电路板上添加电源转换模块;
- [3] LIN PHY 各 PIN 脚需要按照对应厂家数据手册配置, 图中只给出 TXD 与 RXD 对应关系。

如果通讯异常, 可重点排查以下选项:

- PHY 供电是否符合预期;
- PHY 通信电平是否和芯片兼容, 如果有输入电平控制脚, 检查其上电压是否符合预期;
- PHY 是否具有控制脚, 如果有, 核实其电平是否符合预期;
- 上位机选择的串口端口号是否错误;
- 电路板上的 LIN 是否连了冗余电路 (比如将 LIN 连接到 MON 口或 LIN 上加了描述之外的上拉电阻、对地电容等)。

IAP_Loader 下载步骤:

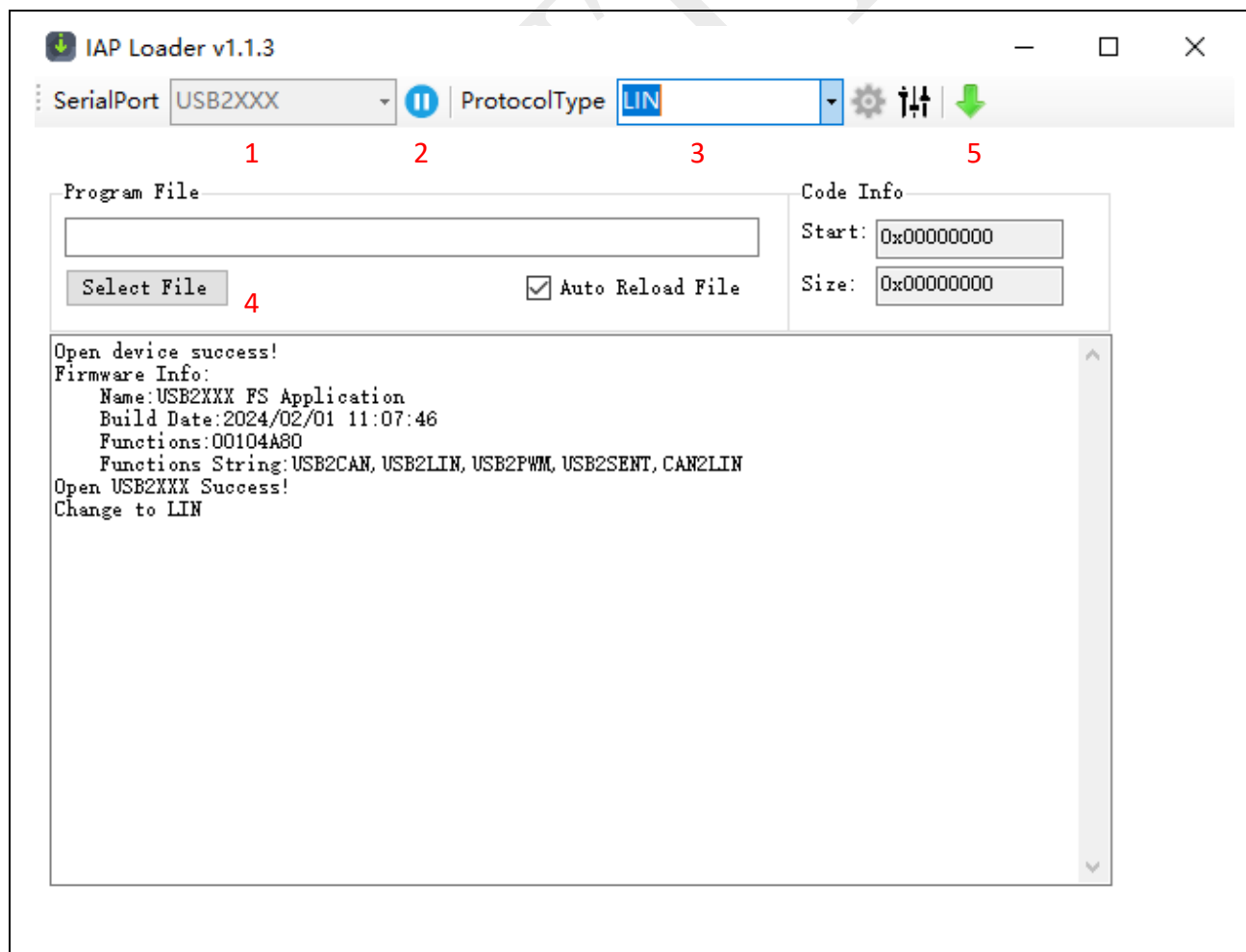
1. 通过 ISP 方式编译 IAP_Loader 并下载到 Flash（也可采用 JTAG/SWD）;
2. 切换 BOOT 到 Flash 启动模式。

IAP_App 下载步骤:

1. 选择对应 USB 设备;
2. 打开 USB 设备;
3. 在界面的“ProtocolType”选择 LIN 协议;
4. 点击界面中“Select File”选项, 选择需要更新的应用程序;
5. 点击界面的“↓”图标, 进行下载程序;
6. 10s 内给芯片上电。

注意: 芯片掉电时, USB_TO_LIN 工具不能掉电。

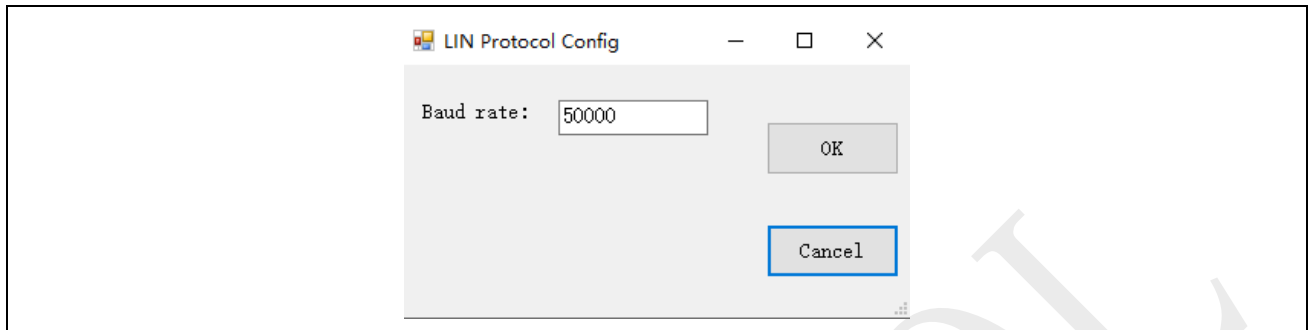
图 3-7: 选择 LIN 协议



“”可以配置波特率，如果参数变更，下位机需同步修改。

推荐波特率 4800 到 100000。

图 3-8: LIN 波特率



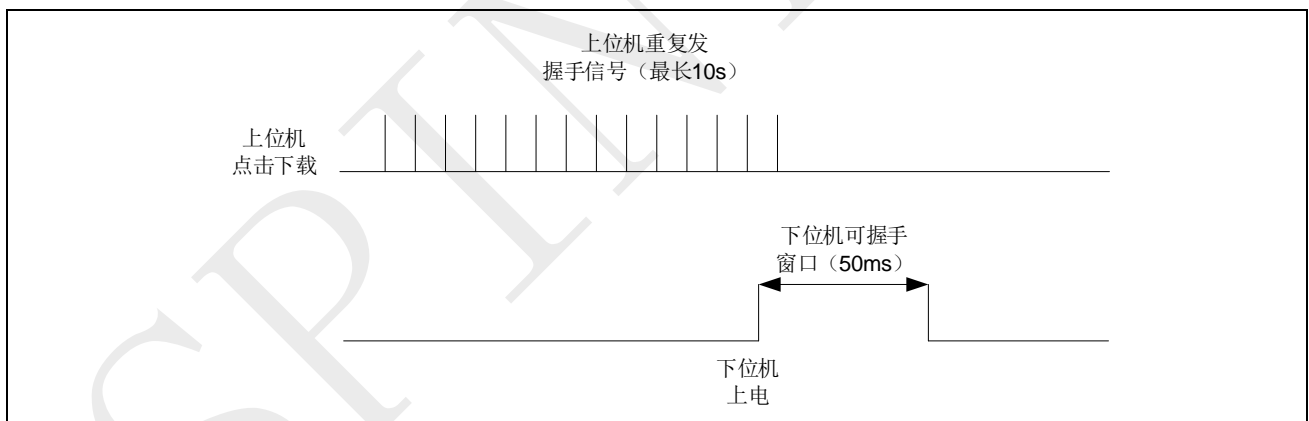
为了缩短 APP 启动时间，示例 IAP Loader 预留可握手窗口为 ms 级，因此 App 下载步骤中最后两步不能颠倒，否则上位机一定会错过下位机上电后的可握手窗口。

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手成功，双方进入具体擦，写，跳转 cmd 通讯；

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手失败，上位机继续发送握手信号；

如果在下位机可握手窗口结束时刻，双方仍未握手成功，则下位机直接跳到 APP 运行。

图 3-9: 下位机可握手窗口



3.3 通过 CAN/CANFD 升级 APP

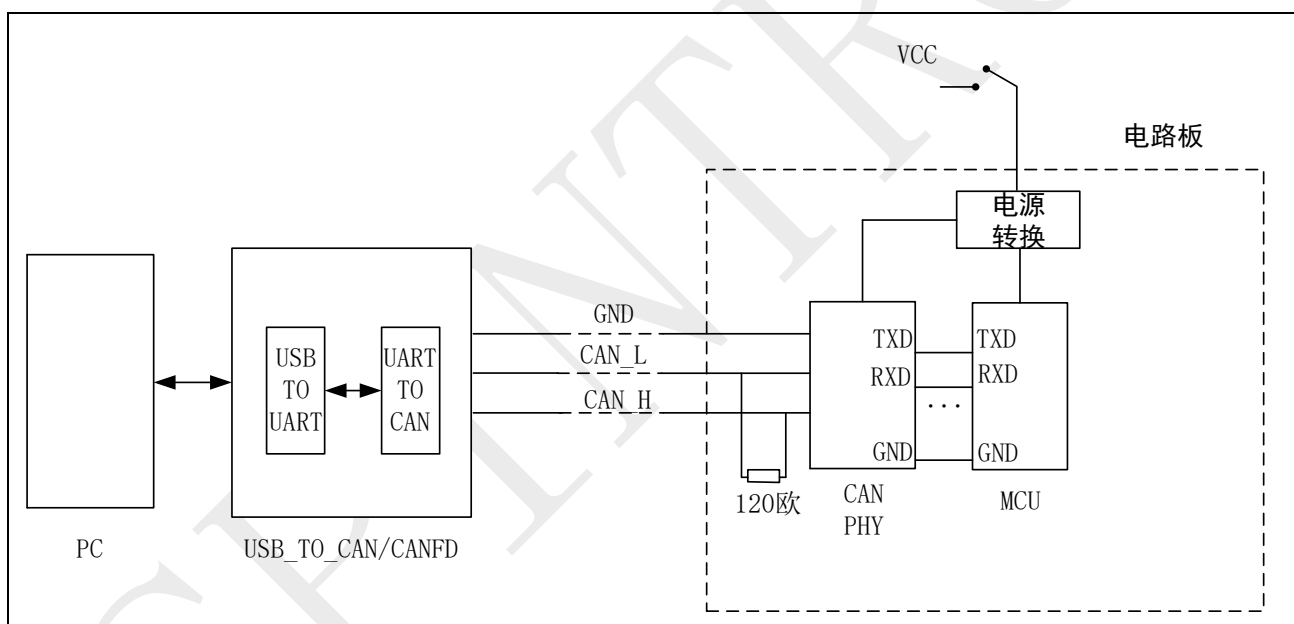
适用范围
SPC2188 系列, SPC1169 系列

硬件连接如图 3-10 所示, USB_TO_CAN/CANFD 采用的是一个 USB 转 CAN/CANFD 的工具(工具链接)。

上下位机连接的步骤:

- 上位机和下位机通过 CANL, CANH 和 GND 连接起来;
- 上位机 CANL, CANH 间已经集成 120 欧电阻, 无需再加;
- 下位机 CANL, CANH 间需要加入 120 欧电阻;
- USB_TO_CAN/CANFD 通过 PC 供电, 芯片通过 VCC 供电。

图 3-10: CAN/CANFD IAP 硬件连接



如果通讯异常, 可重点排查以下选项:

- PHY 供电是否符合预期;
- PHY 通信电平是否和芯片兼容, 如果有输入电平控制脚, 检查其上电压是否符合预期;
- PHY 是否具有控制脚, 如果有, 核实其电平是否符合预期;
- 上位机选择的串口端口号是否错误;
- CAN TXD, RXD 是否相连正确。

IAP Loader 下载步骤:

1. 如果通信介质是 CAN，Spintrol SDK 中的 IAP Demo 的代码应将宏 “USE_CANFD_IAP” 配置为 0，然后编译 IAP，并通过 ISP/SWD 方式下载到 Flash；

IAP_Loader/main.c

```
/*
 * 0: USE CAN
 * 1: USE CANFD
 */
#define USE_CANFD_IAP 0
```

2. 如果通信介质是 CAN，Spintrol SDK 中的 IAP Demo 的代码应将宏 “USE_CANFD_IAP” 配置为 1，然后编译 IAP，并通过 ISP/SWD 方式下载到 Flash；

IAP_Loader/main.c

```
/*
 * 0: USE CAN
 * 1: USE CANFD
 */
#define USE_CANFD_IAP 1
```

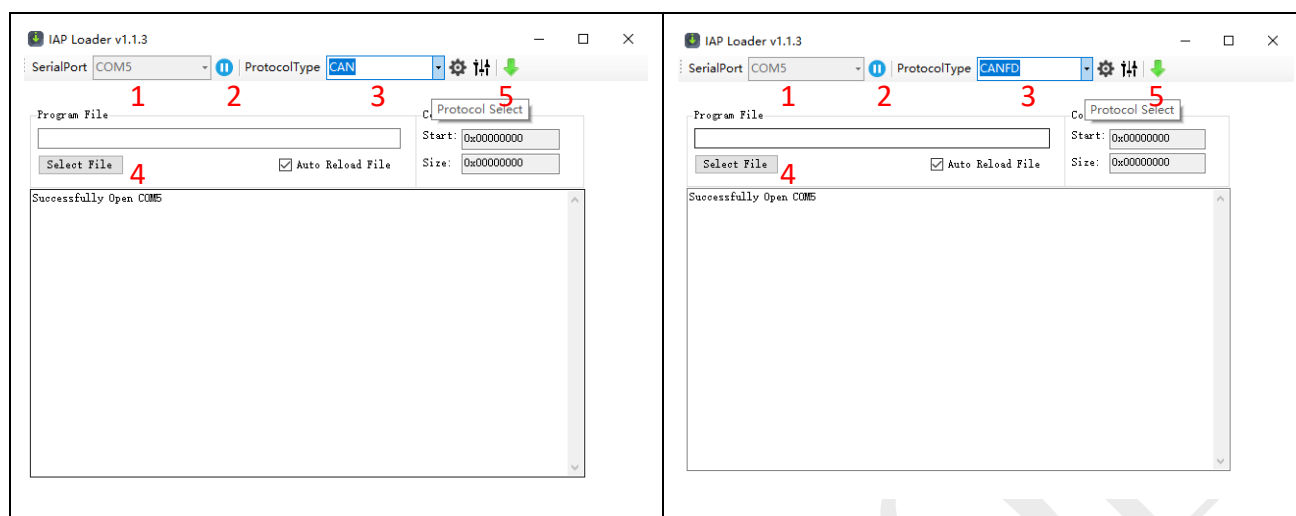
3. 切换 BOOT 到 Flash 启动模式。

App 下载步骤:

1. 选择对应下载的串口；
2. 打开串口；
3. 在界面的 “ProtocolType” 选择 CAN 或 CANFD 协议；
4. 点击界面中 “Select File” 选项，选择需要更新的应用程序；
5. 点击界面的 “” 图标，进行下载程序；
6. 10s 内给芯片上电。

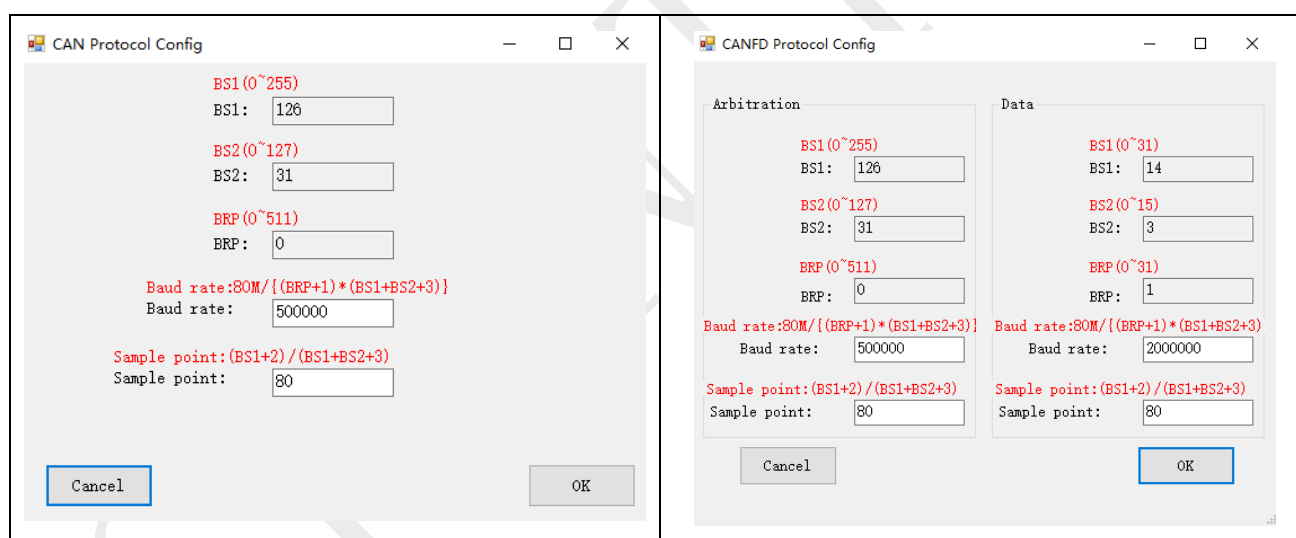
注意： 如果下载失败，排查以上配置无误后，可再次尝试下载。

图 3-11：选择 CAN 或 CANFD 协议



“”可以配置 CAN 或 CANFD 协议参数，设置通信频率以及采样点，如果参数变更，下位机需同步修改。

图 3-12：配置 CAN 或 CANFD 协议参数



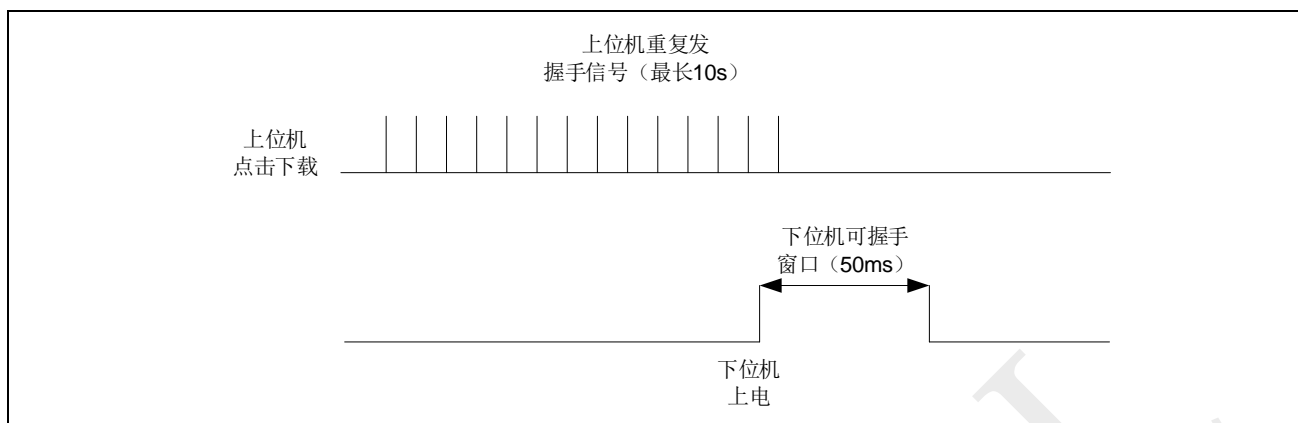
为了缩短 APP 启动时间，示例 IAP Loader 预留可握手窗口为 ms 级，因此 App 下载步骤中最后两步不能颠倒，否则上位机一定会错过下位机上电后的可握手窗口。

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手成功，双方进入具体擦，写，跳转 cmd 通讯；

如果在下位机可握手窗口内和上位机握手失败，上位机继续发送握手信号；

如果在下位机可握手窗口结束时刻，双方仍未握手成功，则下位机直接跳到 APP 运行。

图 3-13：下位机可握手窗口



4 IAP 升级结果

若使用 Spintrol 提供的 IAP Demo，IAP 升级 APP 之后将会有如图 4-1 所示的打印信息。

图 4-1：用户应用程序的串口打印界面

