

目录

| | |
|----------------------|----|
| SPI 命令概述..... | 8 |
| SPI 帧结构..... | 8 |
| 主机框架结构..... | 9 |
| 响应帧结构..... | 9 |
| 位和字节顺序..... | 10 |
| SPI 命令集 CMD..... | 11 |
| 命令参数 PARAM..... | 13 |
| 驱动标识符 DRID..... | 14 |
| 驱动选择 DRP..... | 15 |
| 驱动分配顺序..... | 15 |
| 小电流驱动器选择 LCDRP..... | 16 |
| LF 数据位顺序..... | 17 |
| 设备状态标志 STAT..... | 18 |
| 多状态标志处理..... | 21 |
| 所有命令使用的状态标志事件..... | 22 |
| 循环冗余校验 CRC8..... | 23 |
| 命令帧时序..... | 23 |
| 直接帧响应..... | 23 |
| 非阻塞命令..... | 24 |
| 命令限制..... | 25 |
| 命令参数限制..... | 27 |
| 通用命令..... | 27 |
| GET_VERSION..... | 27 |
| 命令..... | 27 |
| 响应..... | 27 |
| 状态标志..... | 28 |
| CONFIG_DEVICE..... | 28 |
| 命令..... | 28 |
| 响应..... | 29 |
| 状态标志..... | 29 |
| CONFIG_ADVANCED..... | 29 |
| 命令..... | 29 |
| 响应..... | 33 |
| 状态标志..... | 33 |
| 设备复位..... | 34 |
| SET_POR..... | 34 |
| 命令..... | 34 |
| 响应..... | 34 |
| 状态标志..... | 34 |
| GET_POR_STATUS..... | 34 |
| 命令..... | 34 |
| 响应..... | 35 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 状态标志..... | 35 |
| CLEAR_POR_STATUS..... | 35 |
| 命令..... | 36 |
| 响应..... | 36 |
| 状态标志..... | 37 |
| 运行状态..... | 37 |
| START_SLEEP | 37 |
| 命令..... | 37 |
| 响应..... | 37 |
| 状态标志..... | 37 |
| START_SLEEP_FORCED | 37 |
| 命令..... | 38 |
| 响应..... | 38 |
| 状态标志..... | 38 |
| 升压转换器..... | 38 |
| CONFIG_BOOST..... | 38 |
| 命令..... | 38 |
| 响应..... | 39 |
| 状态标志..... | 39 |
| LF 天线驱动器 | 40 |
| CONFIG_LF_DRIVER | 40 |
| 命令..... | 40 |
| 响应..... | 42 |
| 状态标志..... | 42 |
| 并联小电流驱动器..... | 43 |
| CONFIG_LC_DRIVER | 43 |
| 命令..... | 43 |
| 响应..... | 43 |
| 状态标志..... | 44 |
| 电报定序器..... | 44 |
| SET_LF_DATA..... | 44 |
| 命令..... | 44 |
| 响应..... | 46 |
| 状态标志..... | 46 |
| SET_LC_DATA..... | 46 |
| 命令..... | 46 |
| 响应..... | 47 |
| 状态标志..... | 47 |
| START_LF_TRANSMIT | 48 |
| 命令..... | 48 |
| 响应..... | 49 |
| 状态标志..... | 49 |
| START_LF_TRANSMIT_DATA..... | 49 |
| 命令..... | 49 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 响应..... | 50 |
| 状态标志..... | 50 |
| STOP_LF_TRANSMIT..... | 51 |
| 命令..... | 51 |
| 响应..... | 51 |
| 状态标志..... | 51 |
| 防盗器 | 51 |
| CONFIG_IMMO_DRIVER | 51 |
| 命令..... | 51 |
| 响应..... | 53 |
| 状态标志..... | 53 |
| CONFIG_IMMO_BPLM | 53 |
| 命令..... | 53 |
| 响应..... | 56 |
| 状态标志..... | 56 |
| CONFIG_IMMO_RECEIVER..... | 56 |
| 命令..... | 56 |
| 响应..... | 57 |
| 状态标志..... | 57 |
| START_IMMO | 57 |
| 命令..... | 58 |
| 响应..... | 58 |
| 状态标志..... | 58 |
| STOP_IMMO..... | 58 |
| 命令..... | 58 |
| 响应..... | 58 |
| 状态标志..... | 59 |
| START_IMMO_TRANSMIT | 59 |
| 命令..... | 59 |
| 响应..... | 59 |
| 状态标志..... | 60 |
| START_IMMO_TRANSCEIVE | 60 |
| 命令..... | 60 |
| 响应..... | 61 |
| 状态标志..... | 61 |
| GET_IMMO_RESPONSE..... | 61 |
| 命令..... | 61 |
| 响应..... | 61 |
| 状态标志..... | 62 |
| CLEAR_IMMO_STATUS | 62 |
| 命令..... | 62 |
| 响应..... | 62 |
| 状态标志..... | 63 |
| SET_IMMO_MASK..... | 63 |

| | |
|----------------------------|----|
| 命令..... | 63 |
| 响应..... | 63 |
| 状态标志..... | 63 |
| 天线参数..... | 64 |
| MEAS_ANT_IMP..... | 64 |
| 响应..... | 65 |
| 状态标志..... | 65 |
| MEAS_ANT_IMP_ADVANCED..... | 65 |
| 命令..... | 66 |
| 响应..... | 66 |
| 状态标志..... | 66 |
| SET_ANT_IMP..... | 66 |
| 命令..... | 66 |
| 响应..... | 68 |
| 状态标志..... | 69 |
| GET_ANT_IMP..... | 69 |
| 命令..... | 69 |
| 响应..... | 69 |
| 状态标志..... | 70 |
| GET_ANT_IMP_EFFECTIVE..... | 70 |
| 命令..... | 70 |
| 响应..... | 71 |
| 状态标志..... | 72 |
| 设备保护..... | 72 |
| GET_PROT_STATUS..... | 72 |
| 命令..... | 72 |
| 响应..... | 72 |
| 状态标志..... | 74 |
| CLEAR_PROT_STATUS..... | 74 |
| 命令..... | 74 |
| 响应..... | 75 |
| 状态标志..... | 75 |
| SET_PROT_MASK..... | 75 |
| 命令..... | 76 |
| 响应..... | 77 |
| 状态标志..... | 77 |
| 设备诊断..... | 77 |
| START_DIAG..... | 77 |
| 命令..... | 78 |
| 响应..... | 80 |
| 状态标志..... | 80 |
| GET_DIAG_STATUS..... | 80 |
| 命令..... | 80 |
| 响应..... | 80 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 状态标志..... | 82 |
| CLEAR_DIAG_STATUS | 82 |
| 命令..... | 82 |
| 响应..... | 83 |
| 状态标志..... | 83 |
| SPI 接口..... | 83 |
| CONFIG_SPI | 83 |
| 命令..... | 83 |
| 响应..... | 84 |
| 状态标志..... | 84 |
| ECHO_SPI | 84 |
| 命令..... | 84 |
| 响应..... | 84 |
| 状态标志..... | 85 |
| 唤醒端口..... | 85 |
| CONFIG_WUP..... | 85 |
| 命令..... | 85 |
| 响应..... | 90 |
| 状态标志..... | 90 |
| GET_WUP_STATUS | 90 |
| 命令..... | 91 |
| 响应..... | 91 |
| 状态标志..... | 92 |
| CLEAR_WUP_STATUS | 92 |
| 命令..... | 92 |
| 响应..... | 93 |
| 状态标志..... | 93 |
| SET_WUP_MASK | 93 |
| 命令..... | 93 |
| 响应..... | 94 |
| 状态标志..... | 94 |
| WUP 事件触发的轮询 | 94 |
| CONFIG_WUP_POLLING..... | 94 |
| 命令..... | 94 |
| 响应..... | 96 |
| 状态标志..... | 96 |
| 定时器触发的轮询..... | 97 |
| CONFIG_TIMER_POLLING | 97 |
| 命令..... | 97 |
| 响应..... | 99 |
| 状态标志..... | 99 |
| START_TIMER_POLLING | 99 |
| 命令..... | 99 |
| 响应..... | 100 |

| | |
|------------------------|-----|
| 状态标志..... | 100 |
| 温度指示..... | 100 |
| CONFIG_TEMP..... | 100 |
| 命令..... | 100 |
| 响应..... | 101 |
| 状态标志..... | 101 |
| GET_TEMP_STATUS..... | 101 |
| 命令..... | 101 |
| 响应..... | 101 |
| 状态标志..... | 102 |
| CLEAR_TEMP_STATUS..... | 102 |
| 命令..... | 102 |
| 响应..... | 102 |
| 状态标志..... | 102 |
| SET_TEMP_MASK..... | 103 |
| 命令..... | 103 |
| 响应..... | 103 |
| 状态标志..... | 103 |
| 操作状态标志..... | 103 |
| GET_OP_STATUS..... | 103 |
| 命令..... | 104 |
| 响应..... | 104 |
| 状态标志..... | 105 |
| CLEAR_OP_STATUS..... | 105 |
| 命令..... | 105 |
| 响应..... | 105 |
| 状态标志..... | 106 |
| SET_OP_MASK..... | 106 |
| 命令..... | 106 |
| 响应..... | 107 |
| 状态标志..... | 107 |
| 程序下载..... | 107 |
| DOWNLOAD_PROG..... | 107 |
| 命令..... | 107 |
| 响应..... | 108 |
| 状态标志..... | 108 |
| START_PROG..... | 108 |
| 命令..... | 108 |
| 响应..... | 108 |
| 状态标志..... | 108 |
| GET_PROG_SIG..... | 109 |
| 命令..... | 109 |
| 响应..... | 110 |
| 状态标志..... | 110 |

| | |
|-------------------|-----|
| 动态特性..... | 110 |
| SPI 命令响应延迟时间..... | 110 |
| SPI 命令操作延迟时间..... | 111 |
| 进一步的动态特性..... | 112 |
| 修订历史..... | 112 |
| 法律信息..... | 113 |
| 联系方式..... | 113 |
| 内容 | 113 |

SPI 命令概述

NJJ29C0B 是一款联合低频驱动器和接收器 IC，带有嵌入式 控制器。 NJJ29C0B 由主机控制器通过 SPI 命令控制，该命令是预定义 SPI 命令集的一部分，包含用于设备配置、设置和数据交换的命令。 主机控制器作为 SPI 主机，而 NJJ29C0B 作为 SPI 从机

SPI 帧结构

SPI 命令在 SPI 帧中传输。 一个 SPI 帧最多包含 256 个字节。 RX 和 TX 的默认值为 0x00，对应空闲模式下的 SPI 接口。

SPI 消息的第一个数据字节被解释为 SPI 消息长度 (LEN)。 LEN 在 0x01 和 0xFF 之间有效，并指定随后的数据字节数（通常在一个 SPI 消息中最多 255 个数据字节，一些命令支持更少的数据字节）。 数据字节可以包含任何内容（包括值 0x00）。

表 1. SPI 帧示例

| LEN | 数据 |
|------|---------------------|
| 0x04 | 0xF0 0x00 0x10 0x34 |

任何值为 0x00 的前导字节都将被丢弃。 任何时候都允许从前导 0x00 字节更改为任何其他值。

如果 NJJ29C0B 在预期时间内没有接收到指定数量的数据字节，则 RX 复位，第一个不同于 0x00 的字节被解释为下一个主机命令帧的长度。 如果接收到的数据字节多于预期，则忽略这些数据字节并清除包含这些字节的 RX 缓冲区。

从 NJJ29C0B 读取数据时，应使用 0x00 字节作为 TX 数据。 类似地，0x00 字节在接收时被发送。图 1 显示了由主机帧和响应帧组成的 SPI 帧。当既不打算 RX 也不打算 TX 操作时，建议不发送值为 0x00 的前导字节以减少设备负载。

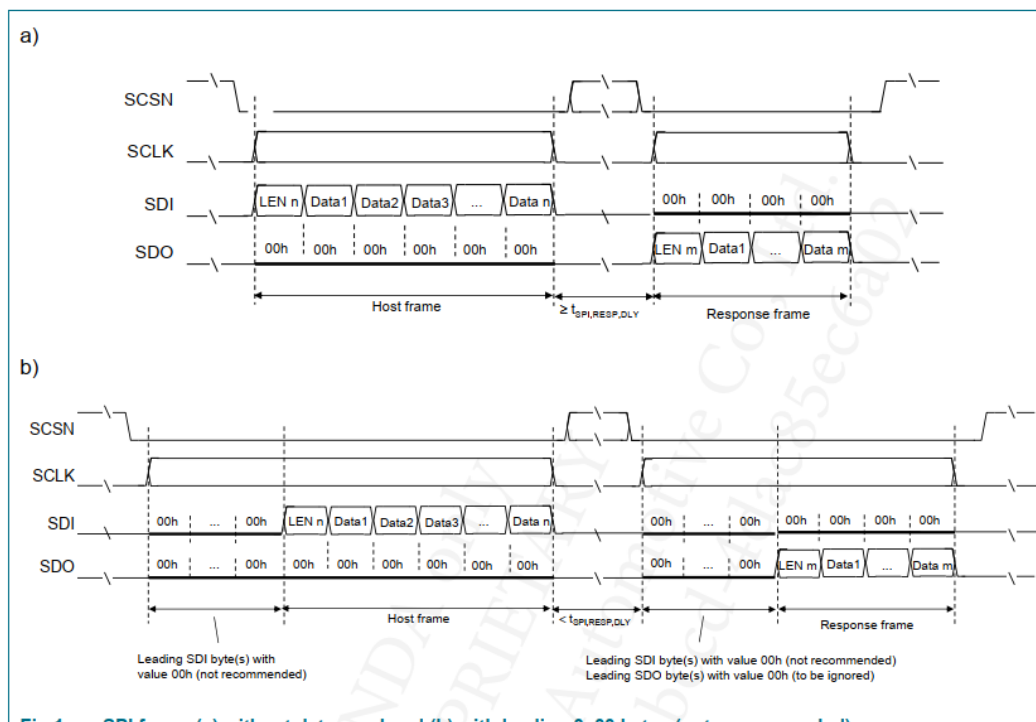


Fig. 4. SPI frame (a) without data overhead (b) with leading 0x00 bytes (not recommended)

主机框架结构

从主机到 NJJ29C0B 的命令帧结构如表 2 所示。

表 2. 从主机到 NJJ29C0B 的 SPI 命令结构

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|------------|------|
| 1 字节 | 1 字节 | 0...253 字节 | 1 字节 |

CMD 保存应采取哪些操作的信息。PARAM 是可选的, 它的大小取决于 CMD。PARAM 可以包含 0 到 253 个字节。

每个 SPI 主机帧在帧结束时由 CRC8 保护

响应帧结构

来自主机的每个命令帧总是由来自 NJJ29C0B 的直接响应帧确认。

在收到对前一个命令的直接响应 (例如, 通过发送 0x00 字节) 或相应的最大响应延迟时间过去之前, 不应发送下一个主机命令帧。

NJJ29C0B 到主机的响应帧结构如表 3 所示

表 3. NJJ29C0B 到主机的 SPI 响应结构

| LEN | CMD | 统计 | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|------------|------|
| 1 字节 | 1 字节 | 1 字节 | 0...252 字节 | 1 字节 |

CMD 保存从主机帧到 NJJ29C0B 的回显值。STAT 字节包含设备状态标志, 这些标志

表示应用程序故障或命令执行期间发生的特殊事件。PARAM 编码取决于 CMD。

PARAM 可以包含 0 到 252 个字节。每个 SPI 响应帧在帧结束时由 CRC8 保护

位和字节顺序

每个 SPI 字节以最低有效位在前 (LSBit 在前) 传输。例如, 字节 0xA2 (0b1010 0010) 作为位序列通过 SPI 接口以 0b0100 0101 的顺序传输

表 4. 示例: 0xA2 的 LSBit 和 MSBit

| MSBit | LSBit |
|-------|-------|
| 1 | 0 |

如果一个值包含 2 个或更多字节, 则以最低有效字节在前 (LSByte 在前) 传输。每个字节以最低有效位在前 (LSBit 在前) 传输。例如, 16 位值 0xC5A2 (0b1100 0101 1010 0010) 作为位序列通过 SPI 接口以 0b0100 0101 1010 0011 的顺序传输

表 5. 示例: 0xC5A2 MSByte LSByte 的 LSBit、MSBit、LSByte 和 MSByte

| MSBit | LSBit | MSBit | LSBit |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 0 |

为了清楚起见, 低位和高位字节的位置在每个相应的 SPI 命令中明确指定。每个低字节标签以“_L”结尾 (例如“VALUE_L”), 而每个高字节标签以“_H”结尾 (例如“VALUE_H”)。

表 6. 具有 2 字节值的示例 SPI 命令序列

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|-----------------|------|
| LEN | 0xXX | VALUE_L VALUE_H | CRC8 |

对于 3 字节长度的值, 中间字节在末尾标有“_M” (例如“VALUE_M”)

表 7. 具有 3 字节值的示例 SPI 命令序列

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|-------------------------|------|
| LEN | 0xXX | VALUE_L VALUE_M VALUE_H | CRC8 |

由于并非所有值都需要 SPI 字节结构给出的所有可用位, 因此这些位按升序从 0 (LSByte 的 LSBit) 到 MSByte 的 MSBit 编号

表 8. 值 0xC5A2 示例中的位编号

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

如果一个值由几个位组成, 则记为 VALUE[m:n]。下表显示了由 8、16 和 24 位组成的值的位表示法示例。

表 9. VALUE8BIT (1 个字节)

| 字节符号 | 位符号 | 描述 |
|-----------|----------------|------|
| VALUE8BIT | VALUE8BIT[7:0] | 8 位值 |

表 10. VALUE16BIT (2 字节)

| 字节符号 | 位符号 | 描述 |
|--------------|------------------|----------|
| VALUE16BIT | VALUE16BIT[15:0] | 16 位值 |
| VALUE16BIT_H | VALUE16BIT[15:8] | 16 位值高字节 |
| VALUE16BIT_L | VALUE16BIT[7:0] | 16 位值低字节 |

表 11. VALUE24BIT (3 字节)

| 字节符号 | 位符号 | 描述 |
|--------------|-------------------|----------|
| VALUE24BIT | VALUE24BIT[23:0] | 24 位值 |
| VALUE24BIT_H | VALUE24BIT[23:16] | 24 位值高字节 |
| VALUE24BIT_M | VALUE24BIT[15:8] | 24 位值中字节 |
| VALUE24BIT_L | VALUE24BIT[7:0] | 24 位值低字节 |

如果一个值包含的位少于完成一个字节边界所需的位,则可以使用其余位。例如,由 23 位组成的值标记为 VALUE[22:0]。在这种情况下,代表高字节的 MSBit 的 VALUE[23] 可以用于其他用途

SPI 命令集 CMD

CMD 字节确定要采取的设备操作。表 12 总结了 SPI 命令集

表 12. SPI 命令集[1][2]

| 命令 | CMD 编码 | 说明 |
|--------------------|--------|--------------------------|
| 一般命令 | | |
| GET_VERSION | 0xF0 | 读取设备版本标识符 |
| CONFIG_DEVICE | 0x09 | 配置设备参数 |
| CONFIG_ADVANCED | 0xD2 | 配置高级设备参数 |
| 设备重置 | | |
| SET_POR | 0xF4 | 执行上电复位 |
| GET_POR_STATUS | 0x07 | 读取设备上电复位状态标志 |
| CLEAR_POR_STATUS | 0x08 | 清除设备复位后设置的 POR 状态标志 |
| 工作状态 | | |
| START_SLEEP | 0x50 | 将设备设置为睡眠状态 |
| START_SLEEP_FORCED | 0x4F | 将设备设置为 SLEEP 状态,与设备状态无关 |
| 升压转换器 | | |
| CONFIG_BOOST | 0x45 | 配置升压转换器 |
| 低频天线驱动器 | | |
| CONFIG_LF_DRIVER | 0x40 | 配置低频驱动模式、波特率、电流、抖动、频率、转移 |
| 并联低电流驱动器 | | |
| CONFIG_LC_DRIVER | 0x44 | 配置低电流低频驱动 |
| 电报定序器 | | |

| | | |
|------------------------|------|---------------------------|
| SET_LF_DATA | 0x41 | 在 RAM 中存储要通过主驱动程序传输的数据 |
| SET_LC_DATA | 0x47 | 在 RAM 中存储要通过低电流驱动器传输的数据 |
| START_LF_TRANSMIT | 0x42 | 使用预加载的配置和数据开始 LF 传输 |
| START_LF_TRANSMIT_DATA | 0x46 | 使用预加载配置和附加数据开始 LF 传输 |
| STOP_LF_TRANSMIT | 0x43 | 停止低频传输 |
| 防盗器 | | |
| CONFIG_IMMO_DRIVER | 0x60 | 配置防盗天线驱动 |
| CONFIG_IMMO_BPLM | 0x61 | 配置二进制脉冲长度调制器时序 |
| CONFIG_IMMO_RECEIVER | 0x62 | 配置防盗接收器 |
| START_IMMO | 0x63 | 启动 immo 驱动并发送恒定载波信号 |
| STOP_IMMO | 0x64 | 停止 immo 驱动程序传输的恒定载波信号 |
| START_IMMO_TRANSCEIVE | 0x65 | 写入应答器并读取应答器的响应 |
| START_IMMO_TRANSMIT | 0x66 | 向转发器写入数据 |
| GET_IMMO_RESPONSE | 0x67 | 从接收数据缓冲区读取数据 |
| CLEAR_IMMO_STATUS | 0x68 | 清除防盗器状态标志 |
| SET_IMMO_MASK | 0x69 | 屏蔽防盗器状态标志以触发 INT 引脚 |
| 天线参数 | | |
| MEAS_ANT_IMP | 0x48 | 测量天线阻抗值（变体 1） |
| MEAS_ANT_IMP_ADVANCED | 0xD5 | 测量天线阻抗值（变体 2） |
| SET_ANT_IMP | 0x49 | 设置天线阻抗值 |
| GET_ANT_IMP | 0x4A | 读取天线阻抗值 |
| GET_ANT_IMP_EFFECTIVE | 0xD4 | 读取有效天线阻抗值 |
| 设备保护 | | |
| GET_PROT_STATUS | 0x58 | 读取设备保护状态标志（故障） |
| CLEAR_PROT_STATUS | 0x59 | 清除设备保护状态标志 |
| SET_PROT_MASK | 0x5A | 屏蔽设备保护标志以触发 INT 引脚 |
| 设备诊断 | | |
| START_DIAG | 0x4C | 启动升压转换器、LF 驱动器和天线的诊断 |
| GET_DIAG_STATUS | 0x4D | 读取设备诊断状态标志 |
| CLEAR_DIAG_STATUS | 0x4E | 清除设备诊断状态标志 |
| SPI 接口 | | |
| CONFIG_SPI | 0xF1 | 配置 SPI 接口 |
| ECHO_SPI | 0x01 | 检查 SPI 链路正确物理操作 |
| 唤醒端口 | | |
| CONFIG_WUP | 0x10 | 配置唤醒端口 |
| GET_WUP_STATUS | 0x13 | 读取唤醒状态标志 |
| CLEAR_WUP_STATUS | 0x14 | 清除唤醒状态标志 |
| SET_WUP_MASK | 0x15 | 屏蔽唤醒状态标志以触发 INT 引脚 |
| WUP 事件触发轮询 | | |
| CONFIG_WUP_POLLING | 0x51 | 配置通过唤醒端口唤醒的驱动程序序列 |
| 定时器触发轮询 | | |
| CONFIG_TIMER_POLLING | 0x52 | 配置轮询定时器和轮询方案 |
| START_TIMER_POLLING | 0x53 | 将设备设置为 SLEEP 状态并启动定时器触发轮询 |
| 温度指示 | | |

| | | |
|-------------------|------|----------------------|
| CONFIG_TEMP | 0x18 | 配置温度警告阈值 |
| GET_TEMP_STATUS | 0x19 | 读取温度状态标志 |
| CLEAR_TEMP_STATUS | 0x1A | 清除温度状态标志 |
| SET_TEMP_MASK | 0x1B | 用于触发 INT 引脚的掩码温度状态标志 |
| 操作状态标志 | | |
| GET_OP_STATUS | 0x55 | 读取操作状态标志 |
| CLEAR_OP_STATUS | 0x56 | 清除操作状态标志 |
| SET_OP_MASK | 0x57 | 屏蔽操作状态标志以触发 INT 引脚 |
| 程序下载 | | |
| DOWNLOAD_PROG | 0x30 | 将程序存储在 RAM 中以供执行 |
| START_PROG | 0x31 | 执行下载到 RAM 中的程序 |
| GET_PROG_SIG | 0x33 | 读取程序签名 |

[1] 命令集可能会发生变化

[2] 除非另有说明，否则只允许使用指定的命令

在详细的 SPI 命令描述中，标记为 RFU 的位和字节保留供将来使用。为了将来的兼容性，写操作应分别为 RFU 位或字节分配“0”或“0x00”。RFU 位或字节的任何读操作分别产生“0”或“0x00”

命令参数 PARAM

大多数 SPI 命令包含参数，代表设置和/或数据。这些参数编码在 SPI 帧中包含的 PARAM 字节中

参数：

PARAM 包含一个或多个命令参数 A、B、C、...

表 13. 不同类型参数的 SPI 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|-----------|------|
| LEN | 0xXX | A B C ... | CRC8 |

参数可以是相同类型 A（例如数据字节），重复 A1、A2、...

表 14. 具有相同类型参数的 SPI 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|-----------|------|
| LEN | 0xXX | A1 A2 ... | CRC8 |

为了更清楚起见，在本文档中，重复 A1、A2、……的参数由其名称表示，后跟大括号 {Ai} 中的“i”。SPI 消息长度 LEN 用于确定相应命令中的参数数量。参数的最小数量应为 1

表 15. 具有相同类型参数的简化表示法的 SPI 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|------|------|
| LEN | 0xXX | {Ai} | CRC8 |

一些命令允许重复参数序列 A1、B1、C1、A2、B2、C2、... 包含不同类型的参数。参数按给定顺序依次重复。每个参数序列代表一个参数集。重复参数的顺序不受约束，因此顺序 A1、B1、C1、A2、B2、C2 等价于顺序 A2、B2、C2、A1、B1、C1

表 16. 具有顺序重复参数的 SPI 命令

| | | | |
|-----|------|--------------------------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0xXX | A1 B1 C1 A2 B2 C2 A3 B3 C3 ... | CRC8 |

在简化的符号中，这通过将顺序重复的参数嵌入大括号 {Ai, Bi, Ci, ...} 中表示。SPI 消息长度 LEN 用于确定相应命令中的参数序列（参数集）的数量。重复参数的序列数可以是 1

表 17. 以简化符号顺序重复参数的 SPI 命令

| | | | |
|-----|------|-------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0xXX | {爱笔字} | CRC8 |

如果在同一命令中以不同的值多次传输相同的参数，则最后传输的设置将覆盖任何先前的设置。

驱动标识符 DRID

一些 LF 驱动相关的 SPI 命令有一个驱动标识符 DRID 来选择请求的驱动，后跟这个通道的参数

表 18. LF 驱动程序相关命令的 SPI 命令结构

参数

DRID

DRID:

驱动程序（通道）ID 标识为其分配参数集的 LF 通道

表 19. DRID

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------|----|----|-------------|
| 7 到 3 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 2 到 0 | DRID | W | | 驱动程序标识符 |
| | | | 00 | 低频驱动器 1 |
| | | | 01 | 001 低频驱动器 2 |
| | | | 02 | 010 低频驱动器 3 |
| | | | 03 | 011 低频驱动器 4 |
| | | | 04 | 100 低频驱动器 5 |
| | | | 05 | 101 低频驱动器 6 |
| | | | 06 | 110 保留供将来使用 |
| | | | 07 | 111 保留供将来使用 |

驱动选择 DRP

有些命令需要同时选择多个驱动程序。 这些命令通过设置参数 DRP 中的相应位来选择相应的驱动程序

表 20. LF 驱动器选择参数

| | |
|------|--------------|
| DRP | RFU |
| DRP: | 选择 LF 驱动器 Tx |

表 21. DRP

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------|----|---|---------|
| 7 到 6 | RFU | WO | | 保留供将来使用 |
| 5 | DR6P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 4 | DR5P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 3 | DR4P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 2 | DR3P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 1 | DR2P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 0 | DR1P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |

驱动分配顺序

在某些情况下,设备必须自己将相应的专用驱动程序分配给通过主机命令传输的参数序列。在这种情况下,驱动程序按驱动程序编号升序分配给参数序列,从最低编号开始(表 22)

表 22. 驱动程序分配顺序

| 编号 | 驱动程序分配 |
|----|----------|
| 1 | 个低频驱动器 1 |
| 2 | 低频驱动器 2 |
| 3 | 低频驱动器 3 |

- 4 低频驱动器 4
- 5 低频驱动器 5
- 6 低频驱动器 6

例子：
如果需要在命令中分配驱动程序 1、3 和 4，则应用以下顺序：

- 1st: LF 驱动器 1
- 2nd: LF 驱动器 3
- 3rd: LF 驱动器 4

小电流驱动器选择 LCDRP

启动 LF 传输的命令允许激活与主驱动器并行的低电流驱动器。 通过设置参数 LCDRP 中的相应位，只允许选择未被选择为主驱动器的通道的低电流驱动器。

激活主驱动器时，选定的低电流驱动器自动开始发射

表 23. 低电流驱动器选择参数

参数

LCDRP RFU

LCDRP:

LCDRP 选择低电流 LF 驱动器 Tx

表 24. LCDRP（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------|----|---|---------|
| 7 到 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | LCDR6P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 4 | LCDR5P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 3 | LCDR4P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 2 | LCDR3P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 1 | LCDR2P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |
| 0 | LCDR1P | W | 0 | 无选择 |
| | | | 1 | 选择 |

LF 数据位顺序

发送或接收 LF 数据的序列通过将数据拆分为完整字节和最后一个字节来处理，如果依赖于 LF 协议，则位数偏离 8 位的倍数

LF 发射

以下 SPI 命令指定要通过设备 LF 接口传输的数据

- SET_LF_DATA
- SET_LC_DATA
- START_LF_TRANSMIT_DATA
- START_IMMO_TRANSMIT
- START_IMMO_TRANSCEIVE（传输部分）

数据通过 SPI 接口以字节为导向（每个数据值由一个字节表示）传输，从第一个数据字节开始到最后一个数据字节。

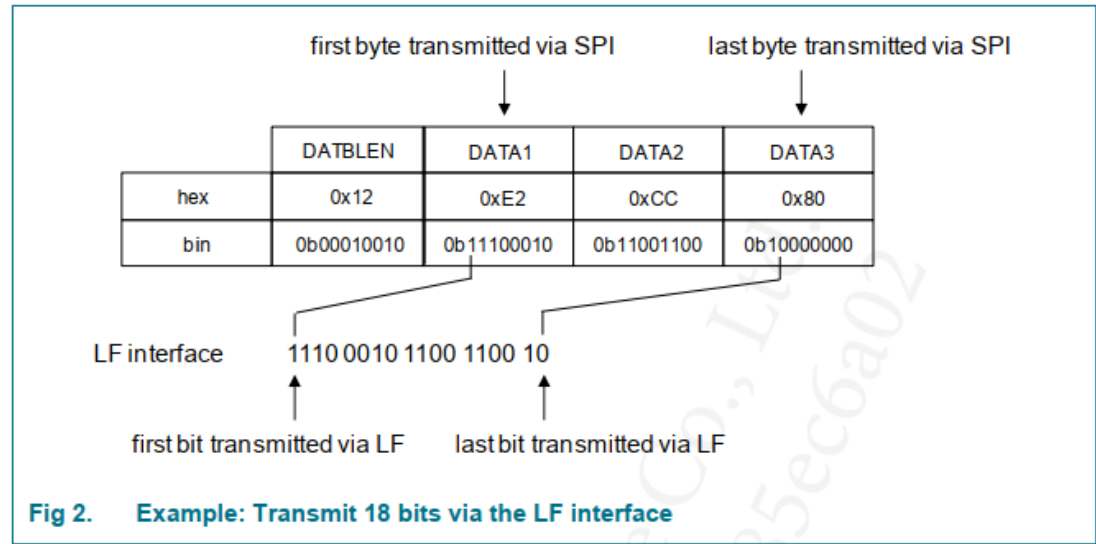
最后一个可能不完整的字节保持有效数据 MSB 对齐（例如，对于 5 位 0b10101xxx，最后 3 位 xxx 应设置为“0”并被嵌入式系统软件忽略）。数据以 MSB 先发送

例子：

应通过 LF 接口传输 18 位序列 (DATBLEN = 0x12)

0b1110 0010 1100 1100 10

在这个例子中，首先 DATA1 被完全发送，然后 DATA2 被发送。由于指定的总数据长度为 18 位，最后 DATA3 的前 2 位是 MSB 对齐的 Pr，其余 6 位 DATA3 的低位用零填充（图 2）



LF 接收

一个命令处理通过设备 LF 接口接收的数据

• **GET_IMMO_RESPONSE**

数据通过 SPI 接口按字节接收（每个数据值由一个字节表示），从第一个数据字节开始一直到最后一个数据字节。

最后一个可能不完整的字节保持有效数据 LSB 对齐（例如，对于 5 位 0bxxx10101，高前 3 位设置为“0”，主机控制器应忽略）。

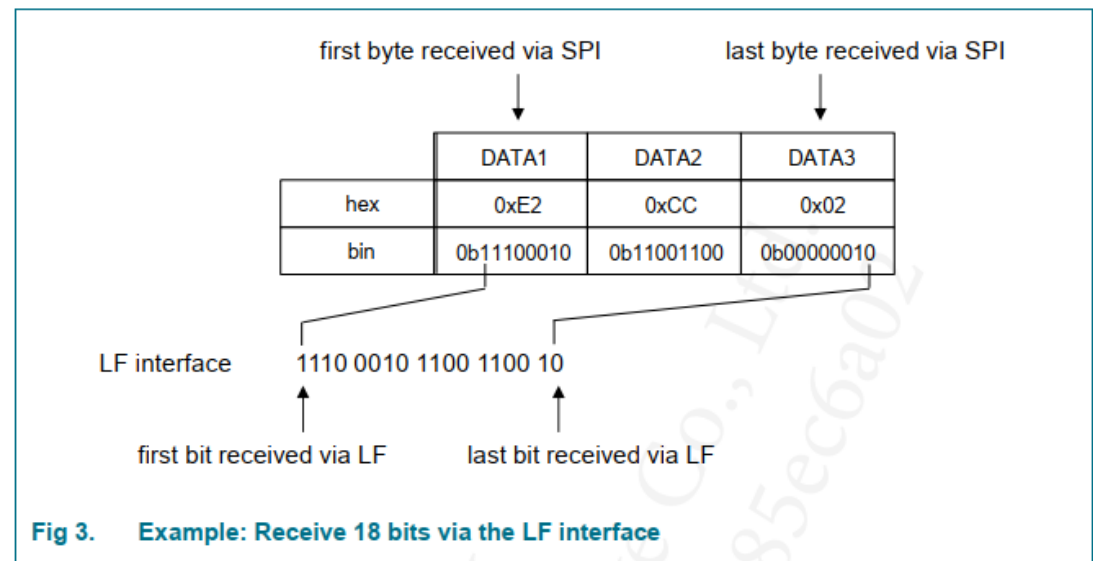
接收时序始终是 8 位的倍数。嵌入式系统软件等待通过 LF 接口接收到的最后一个完整字节，并用零替换未使用的位。

例子：

应通过 LF 接口接收 18 位序列

0b1110 0010 1100 1100 10

在该示例中，首先完整接收 DATA1，然后接收 DATA2。由于指定的总数据长度为 18 位，最后 DATA3 的前 2 位是 LSB 对齐的，而 DATA3 的其余 6 个高位用零填充（图 3）。



设备状态标志 STAT

每个命令响应都包含设备状态标志。器件状态标志编码在 STAT 字节中，包括指示器件复位的标志状态。

统计：

设备状态标志可以分为两组

- 动态状态标志 STAT[7:4] 和
- 静态状态标志 STAT[3:0]

动态状态标志

- **SF_CMD**
- **SF_LAST_OP**
- **SF_CRC** 和
- **SF_PAR**

表示最后一个 SPI 命令的结果并动态更改它们的值。

静态标志

- SF_OP
- SF_WUP
- SF_PROT 和
- SF_POR

表示相应组中汇总事件的组标志（操作状态标志组、唤醒状态标志组、保护状态标志组和上电复位状态标志组）。一旦设置，这些标志将保持它们的值，直到主机控制器清除相应组中的相应详细状态标志

表 25. STAT（复位值 0x01）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|------------|----|---|--------------|
| 7 | SF_CMD | R | | 命令码解释状态 |
| | | | 0 | 有效命令 |
| | | | 1 | 命令未知或（暂时）不允许 |
| 6 | SF_LAST_OP | R | | LF 场激活状态 |
| | | | 0 | 激活成功 |
| | | | 1 | 激活失败 |
| 5 | SF_CRC | R | | CRC 状态 |
| | | | 0 | 无错误 |
| | | | 1 | 错误 |
| 4 | SF_PAR | R | | 参数解释状态 |
| | | | 0 | 可行 |
| | | | 1 | 失败 |
| 3 | SF_OP | R | | 运行状态 |
| | | | 0 | 无请求 |
| | | | 1 | 个请求 |
| 2 | SF_WUP | R | | 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无请求 |
| | | | 1 | 个请求 |
| 1 | SF_PROT | R | | 保护状态 |
| | | | 0 | 无请求 |
| | | | 1 | 个请求 |
| 0 | SF_POR | R | | 设备复位状态 |
| | | | 0 | 无复位 |
| | | | 1 | 重置 |

SF_CMD:

- 如果命令不允许（此时），则设置 SF_CMD，因为
- 使用了未知的 SPI 命令编码（枚举器故障）
 - 在实际设备操作状态下不允许发送 SPI 命令
 - NJJ29C0B 处理非阻塞命令，主机控制器在 NJJ29C0B 设置操作状态标志之前询问不允许的 SPI 命令
- 如果提供的 SPI 响应设置了状态标志 SF_CMD，则未执行先前发送的命令主机帧的预期功能。

SF_LAST_OP:

SF_LAST_OP 如果在激活 LF 字段时在以下操作期间发生错误，则设置

- 升压转换器启动
- LF 驱动器电源启动
- LF 驱动器启动
- 电流控制回路启动
- PLL 启动
- Immo LDO 诊断
- Immo ADC 校准（仅适用于 immo 操作）

因此，SF_LAST_OP 表示无法执行预期的驱动程序操作。

对于大多数可以上报 SF_LAST_OP 的 SPI 命令，SF_LAST_OP 在直接响应中不设置，而是在后续命令的响应中上报。一个例外是命令 START_IMMO，它在直接响应中报告 SF_LAST_OP。

由于除了 SF_LAST_OP 之外，SF_PROT 也与 LF 驱动程序操作有关，以下条件显示根据故障条件设置哪个标志

SF_LAST_OP 已设置

- 对于命令 START_LF_TRANSMIT、START_LF_TRANSMIT_DATA、START_TIMER_POLLING:
如果在 tLF 内 LF 激活期间，START 接收到 STOP_LF_TRANSMIT 命令，则在后续命令的响应中报告 SF_LAST_OP 标志。
- 对于命令 MEAS_ANT_IMP 和 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED:
如果 VBAT 大于 18V，则不执行天线阻抗测量，并且在后续命令的响应中报告 SF_LAST_OP 标志。
- 对于命令 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED:
如果一个或多个天线的阻抗测量不成功，例如，由于天线连接断开，则在后续命令的响应中报告 SF_LAST_OP 标志。
- 对于激活 LF 字段的所有命令:
如果在激活 LF 字段的操作过程中发生错误（并且没有保护），则在后续命令的响应中报告 SF_LAST_OP（例外：START_IMMO 在直接响应中报告 SF_LAST_OP）

SF_PROT 已设置

- 对于激活 LF 字段的所有命令:
如果在 LF 激活开始之前发生保护，则在后续命令的响应中报告 SF_PROT 并且没有 SF_LAST_OP 标志。

SF_LAST_OP 和 SF_PROT 均已设置

- 对于激活 LF 字段的所有命令:
当启用任何硬件块后引发设备保护标志时，SF_LAST_OP 和 SF_PROT 都会在后续命令的响应中报告（例外：START_IMMO 在直接响应中报告 SF_LAST_OP 和 SF_PROT）。

SF_CRC:

如果附加到 SPI 命令的 CRC8 错误，则设置 SF_CRC

需要注意的是，如果在命令响应中设置了 SF_CRC，则回显的命令代码不能被视为正确。

如果提供的 SPI 响应设置了状态标志 SF_CRC，则未执行先前发送的命令主机帧的预期功能

SF_PAR:

如果无法正确解释通过 SPI 命令传输的参数，则设置 SF_PAR。这包括超出其有效范围的参数值和不一致的长度，尤其是在级联帧上。如果 RFU 位设置为 1，SF_PAR 也会设置。

此外，如果参数集不可行，则设置 SF_PAR，例如，如果发送 CLEAR_XX_STATUS 命令而没有标记为清除的状态标志。

如果 SPI 响应设置了状态标志 SF_PAR，则相应命令主机帧的预期功能未执行

SF_OP:

如果非阻塞命令已完成其操作并因此设置其专用操作状态标志，则设置 SF_OP。

如果提供的 SPI 响应设置了状态标志 SF_OP，则应询问命令 GET_OP_STATUS 以检查哪个操作已完成。

SF_WUP:

如果在启用的唤醒端口检测到有效的唤醒事件，则设置 SF_WUP。

如果在状态标志 SF_WUP 设置的情况下提供 SPI 响应，则应询问命令 GET_WUP_STATUS 以检查哪个唤醒端口已触发。

SF_PROT:

如果触发了设备保护事件，则设置 SF_PROT。设备通过硬件停用升压转换器和 D* 类驱动程序（如果已激活）。之后，它进入 ERROR 状态。

如果提供的 SPI 响应设置了状态标志 SF_PROT，则应询问命令 GET_PROT_STATUS 以检查触发了哪个保护事件。

SF_POR:

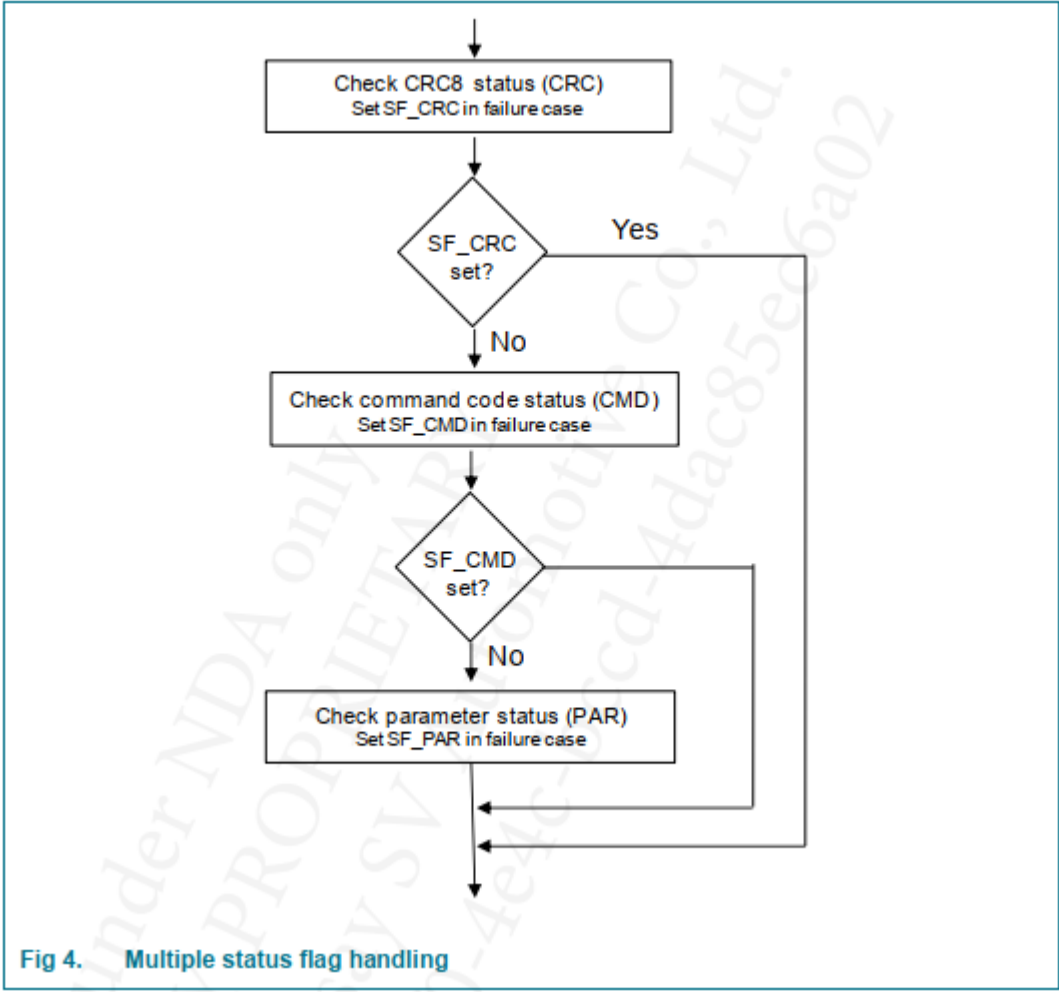
如果发生设备上电复位 (POR)，则设置 SF_POR。释放上电复位后，SPI 响应提供状态标志 SF_POR 设置。

如果提供的 SPI 响应设置了状态标志 SF_POR，则应询问命令 GET_POR_STATUS 以检查哪个事件触发了上电复位

多状态标志处理

取决于 SPI 命令和参数，在某些情况下，可能适合设置多个设备状态标志。在这些情况下，将按以下顺序检查和设置状态标志（图 4）。

- SF_CRC 总是首先检查，因为在故障情况下，SPI 命令的剩余内容不可靠
- SF_CMD 在 SF_CRC 之后处理并否决 SF_PAR，因为参数评估以 SPI 命令的精确知识为前提
- 如果之前未检测到 SF_CRC 和 SF_CMD 问题，则会评估 SF_PAR



如果检测到故障，则中止参数检查。例如，当主机控制器在禁止设备操作状态下询问 SPI 命令时，设置 SF_CMD，而不检查 SPI 命令参数 PARAM。

所有命令使用的状态标志事件

如果发生以下故障或事件之一，所有 SPI 命令通常使用以下设备状态标志

表 26. 所有命令使用的状态标志事件

| 状态字节 | 状态位 | 报告的故障或事件 |
|-------|------------|--|
| STAT | SF_CMD | 命令不允许（在当前设备状态下）[1] |
| | SF_LAST_OP | LF 电源路径激活期间失败（由之前直接发送的命令引起） LF 传输中止（由之前直接发送的命令 STOP_LF_TRANSMIT 导致， 在启动 LF 之后和 tLF 之前询问时，START 已经过去） |
| | SF_CRC | SPI CRC 错误 |
| | SF_PAR | 无效的 SPI 帧长度 |
| SF_OP | | 保留供将来使用 (RFU) 位或字段值设置为 >0[2] |
| | | 接收到的所有 LF 数据（由之前发送的非阻塞命令引起） |
| | | 发送的所有 LF 数据（由之前发送的非阻塞命令引起） 天线阻抗测量完成（由之前发送的非阻塞命令引起） |

| | |
|---------|-----------------------|
| | 天线诊断完成（由之前发送的非阻塞命令引起） |
| SF_WUP | WUP 触发 |
| SF_PROT | 保护触发 |
| SF_POR | 设备复位触发 |

将剩余的设备状态标志事件分配给相应的 SPI 命令在详细的 SPI 命令描述中给出

循环冗余校验 CRC8

每个 SPI 命令附加一个 8 位循环冗余校验值 (CRC8)。CRC8 计算包括所有数据字节，包括 LEN 直到最后一个 PARAM 字节。

CRC8:

CRC8 根据以下算法计算。

CRC8 计算

字 wCRC;

```
wCRC = 0x00;
for( each data bit )
{
    wCRC = wCRC * 2;
    if(( wCRC >= 0x100 ) ^ ( data bit == 1 ))
    {
        wCRC = wCRC ^ 0x07;
        // CRC Polynome = (x^8 + x^2 + x + 1)
    }
    wCRC = wCRC & 0xFF;
}
```

表 27. CRC8 计算示例

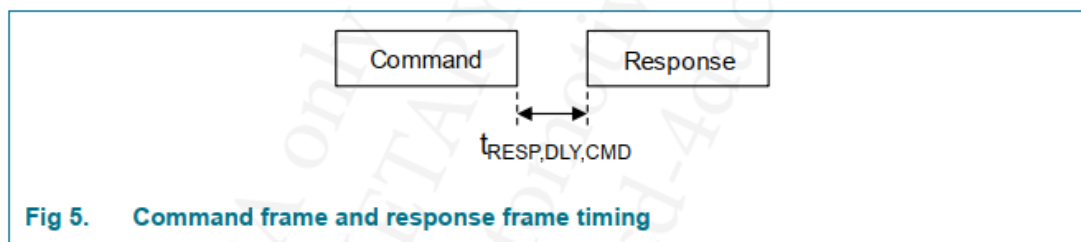
| 输入（十六进制） | CRC8（十六进制） |
|-------------|------------|
| 00 08 3F 00 | 4A |

命令帧时序

直接帧响应

直接响应帧在接收到主机帧的 CRC8 后延迟时间发送。该响应延迟时间 $t_{RESP,DLY,CMD}$ 取决于 SPI 命令和命令参数，因为需要检查正确的命令长度、CRC8 和命令参数（图 5）。

重要的是要注意集成 μ Controller 的任何其他处理活动，如保护处理、活动 LF 接口（例如 LF 通道更改）、WUP 事件可能会扩大响应延迟时间。



非阻塞命令

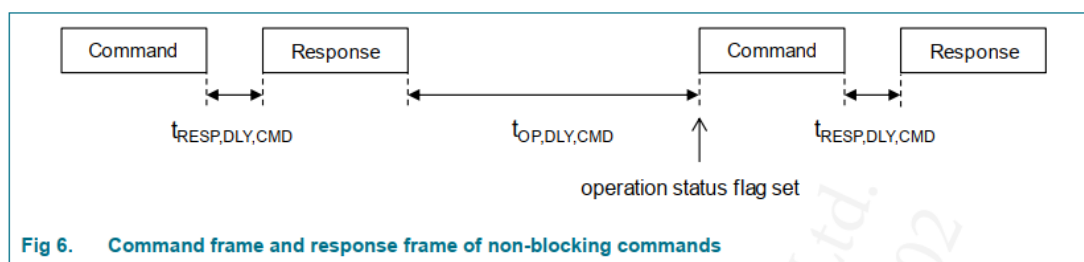
一些 SPI 命令在 NJJ29C0B 上启动需要延长处理时间并且具有操作状态标志的操作。
表 28 总结了这些非阻塞命令

表 28. 带有操作状态标志的非阻塞命令

| 非阻塞命令 | 操作状态标志 |
|------------------------|------------|
| START_LF_TRANSMIT | SF_TXREADY |
| START_LF_TRANSMIT_DATA | SF_TXREADY |
| START_IMMO_TRANSMIT | SF_TXREADY |
| START_IMMO_TRANSCEIVE | SF_RXREADY |
| MEAS_ANT_IMP | SF_IMPMEAS |
| MEAS_ANT_IMP_ADVANCED | SF_IMPMEAS |
| START_DIAG | SF_DIAG |

接收到这些命令之一后，准备发送 SPI 响应并启动已启动的 NJJ29C0B 操作（例如诊断）。在命令响应延迟时间 $t_{RESP,DLY,CMD}$ 之后，应用程序可以询问指示命令已执行的直接响应。发送直接 SPI 响应后，启动的操作正在进行（图 6）。

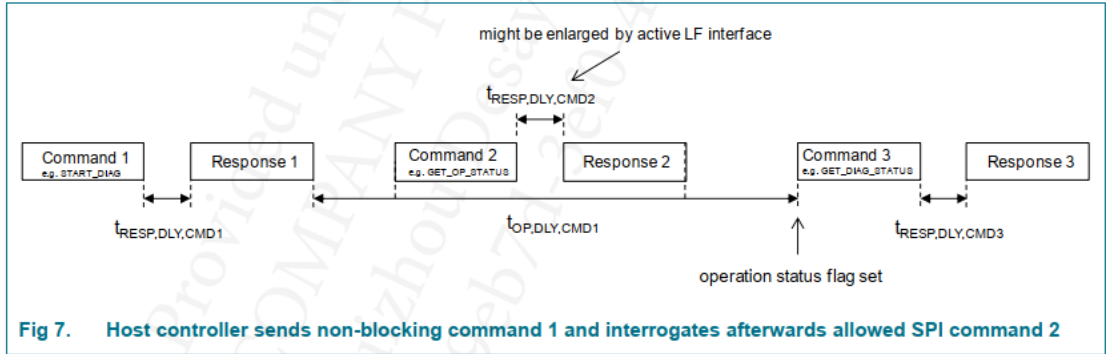
操作延迟时间 $t_{OP,DLY,CMD}$ 取决于命令和命令参数。操作完成由专用操作状态标志指示，主机控制器可以检查该标志，或者可以将哪个设置分配给设备 INT 引脚。



发送非阻塞命令后，操作完成前，允许查询以下 SPI 命令

- GET_POR_STATUS
- GET_PROT_STATUS
- GET_DIAG_STATUS
- GET_WUP_STATUS
- GET_TEMP_STATUS
- GET_OP_STATUS
- START_SLEEP_FORCED
- SET_POR

- STOP_LF_TRANSMIT（仅在发送命令 START_LF_TRANSMIT 或 START_LF_TRANSMIT_DATA 之后）
- STOP_IMMO（仅在发送命令 START_IMMO_TRANSMIT 或 START_IMMO_TRANSCEIVE 后）特别是 GET_OP_STATUS 用于检查启动的操作何时完成（如果 INT 引脚未用于此目的）（图 7）



如果主机控制器在 NJJ29C0B 设置操作状态标志之前询问不同的 SPI 命令，则不执行该命令，并在设置状态标志 SF_CMD 的情况下提供 SPI 响应

由于 SPI 命令的处理需要一定的处理时间，其中启动的 NJJ29C0B 操作会延迟，在运行过程中询问多个 SPI 命令可能会影响操作执行时间。

启动操作完成后，允许再次发送所有 SPI 命令

命令限制

某些 SPI 命令仅在特殊设备条件下才允许使用。表 29 总结了依赖于器件工作状态的 SPI 命令限制。

如果询问了在相应设备操作状态中不允许的 SPI 命令，则不处理此命令，并且直接 SPI 响应包含设置的设备状态标志 SF_CMD

表 29. SPI 命令限制

| Command | IDLE state | PKE state | IMMO state | DIAG state | ERROR state | 运行中的状态 | 完成后的状态 |
|--------------------|------------|-----------|------------|------------|-------------|--------|--------|
| 一般命令 | | | | | | | |
| GET_VERSION | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CONFIG_DEVICE | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CONFIG_ADVANCED | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| 设备重置 | | | | | | | |
| SET_POR | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 冷启动 | IDLE |
| GET_POR_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_POR_STATUS | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| 工作状态 | | | | | | | |
| START_SLEEP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | SLEEP |
| START_SLEEP_FORCED | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | SLEEP |
| 升压转换器 | | | | | | | |
| CONFIG_BOOST | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| 低频天线驱动器 | | | | | | | |
| CONFIG_LF_DRIVER | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

并联低电流驱动器

| | | | | | | | |
|------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| CONFIG_LC_DRIVER | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
|------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|

电报定序器

| | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SET_LF_DATA | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| SET_LC_DATA | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| START_LF_TRANSMIT | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | PKE | IDLE |
| START_LF_TRANSMIT_DATA | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | PKE | IDLE |
| STOP_LF_TRANSMIT | 不允许 | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 | IDLE |

防盗器

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| CONFIG_IMMO_DRIVER | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CONFIG_IMMO_BPLM | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CONFIG_IMMO_RECEIVER | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| START_IMMO | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 | IMMO |
| STOP_IMMO | 不允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 | IDLE |
| START_IMMO_TRANSCEIVE | 不允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 无变化 |
| START_IMMO_TRANSMIT | 不允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 无变化 |
| GET_IMMO_RESPONSE | 允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_IMMO_STATUS | 允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| SET_IMMO_MASK | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

天线阻抗

| | | | | | | | | |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| MEAS_ANT_IMP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | PKE | IDLE |
| MEAS_ANT_IMP_ADVANCED | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | PKE IDLE |
| SET_ANT_IMP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 | |
| GET_ANT_IMP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 | |
| GET_ANT_IMP_EFFECTIVE | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 | |

设备保护

| | | | | | | | |
|-------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|----------------------------------|
| GET_PROT_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_PROT_STATUS | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 如果所有设备保护标志都被清除, 则为 IDLE。 其他没有变化。 |
| SET_PROT_MASK | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

设备诊断

| | | | | | | | |
|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| START_DIAG | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | DIAG | IDLE |
| GET_DIAG_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_DIAG_STATUS | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

SPI 接口

| | | | | | | | |
|------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| CONFIG_SPI | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| ECHO_SPI | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

唤醒端口

| | | | | | | | |
|------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| CONFIG_WUP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| GET_WUP_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_WUP_STATUS | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| SET_WUP_MASK | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

WUP 事件触发轮询

| | | | | | | | |
|--------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| CONFIG_WUP_POLLING | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
|--------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|

| | | | | | | | |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 定时器触发轮询 | | | | | | | |
| CONFIG_TIMER_POLLING | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| START_TIMER_POLLING | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 无变化 | PTIME = 0 的 PKE 状态。PTIME > 0 的 POLLING/IDLE/PKE 状态的周期性重复 |

| | | | | | | | |
|-------------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 温度指示 | | | | | | | |
| CONFIG_TEMP | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| GET_TEMP_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_TEMP_STATUS | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| SET_TEMP_MASK | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| 操作状态标志 | | | | | | | |
| GET_OP_STATUS | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| CLEAR_OP_STATUS | 允许 | 不允许 | 允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| SET_OP_MASK | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| 程序下载 | | | | | | | |
| DOWNLOAD_PROG | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| START_PROG | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |
| GET_PROG_SIG | 允许 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 允许 | 无变化 | 无变化 |

命令参数限制

以下命令描述中使用的所有代表模拟特性的命令参数（例如电流、电压、阻抗、电感、品质因数、相位、时间、频率、比特率、温度和百分比）都是象征性的典型值，可能与给出的确切值有偏差 在参数说明中

通用命令

GET_VERSION

GET_VERSION 提供版本标识符。

命令

表 30. GET_VERSION 命令

| | | |
|------|------|------|
| LEN | CMD | CRC8 |
| 0x02 | 0xF0 | CRC8 |

响应

表 31. GET_VERSION 响应

| | | | | |
|-----|-----|----|----|------|
| LEN | CMD | 统计 | 参数 | CRC8 |
|-----|-----|----|----|------|

0x0B 0xF0 STAT PI_L PI_H HW_L HW_H ROM_L ROM_H RAM_L RAM_H CRC8

PI:

PI 包含产品标识符。

表 32. PI（复位值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|----------|----|--------|-------|
| 15 到 0 | PI[15:0] | R | 0xFFFF | 产品标识符 |

HW:

HW 包含硬件版本标识符。

表 33. 硬件（复位值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|----------|----|--------|------|
| 15 到 0 | HW[15:0] | R | 0xFFFF | 硬件版本 |

ROM:

ROM 包含 ROM 版本标识符。

表 34. ROM（复位值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|-----------|----|--------|--------|
| 15 到 0 | ROM[15:0] | R | 0xFFFF | ROM 版本 |

RAM:

RAM 包含 RAM 版本标识符。 如果不执行 RAM 下载，则返回 RAM 版本号 0xFFFF。

表 35. RAM（复位值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|-----------|----|--------|--------|
| 15 到 0 | RAM[15:0] | R | 0xFFFF | RAM 版本 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CONFIG_DEVICE

CONFIG_DEVICE 配置设备参数。

命令

表 36. CONFIG_DEVICE 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|--------|------|
| 0x03 | 0x09 | DEVPAR | CRC8 |

DEVPAR:

表 37. DEVPAR（默认值 0x01）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------|----|---|---------------------|
| 7 到 2 | RFU | WO | | 保留供将来使用 |
| 1 | PREAMB | W | | 自动发送 NXP 前导码和代码违规模式 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 0 | VIO | W | | VIO 电压电平 |
| | | | 0 | 3.3 伏 |
| | | | 1 | 5 伏 |

PREAMB:

如果启用了 PREAMB，则每次驱动程序自动启动 LF 传输时，都会在传输更多数据之前发送 NXP 前导码和代码违规（同步）模式。在前导之后发送的数据被附加而不中断数据流。

VIO:

如果请求更改电平，则在发送响应之前更改电压

响应

表 38.CONFIG_DEVICE 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x09 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CONFIG_ADVANCED

设备参数的初始设置经过优化，可满足典型应用的需求。对于某些设备参数，使其适应应用程序可能是有利的

因此，CONFIG_ADVANCED 允许用更新的参数覆盖这些设备参数的初始配置值

命令

表 39. CONFIG_ADVANCED 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|--------------------|------|
| LEN | 0xD2 | {CAPARi {VALUEij}} | CRC8 |

CAPARi, VALUEij:

CAPARi 选择与 VALUEij 适配的 CONFIG_ADVANCED 参数

表 40. CONFIG_ADVANCED 参数

| CAPARi | 函数 | VALUEij | 类型 | 描述 |
|--------|--------------|---------------|-----------|--------------|
| 0x04 | | DRVMINTON | VALUE8BIT | LF 驱动器最小开启时间 |
| 0x12 | CONFIG_CHIRP | CHIRPBLANK | VALUE8BIT | 啁啾消隐样本数 |
| | | CHIRPSTEPINC | VALUE8BIT | 频率步进增量数 |
| | | CHIRPSTEAFTPK | VALUE8BIT | 峰值后的频率步进数 |
| | | CHIRPSTEPBCK | VALUE8BIT | 跳回的频率步数 |
| | | CHIRPCYCLE | VALUE8BIT | 每个频率的周期数 |

DRVMINTON

天线电流是在 $D * LF$ 驱动器开启期间测量的。在电流检测电路中对镜像信号进行采样之前，需要稳定驱动脉冲。此建立时间可能受 TX 引脚连接到 GND 的外部电容器的影响，具体取决于应用。

LF 驱动器最小接通时间的初始值经过优化以涵盖典型应用。在某些应用程序中，更新 LF 驱动程序最小开启时间的默认值可能是有利的。CONFIG_ADVANCED DRVMINTON 允许覆盖 LF 驱动器最小开启时间的默认设置

表 41. DRVMINTON (复位值 0x05)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|------------------|----|-------|--------------|
| 7 to 4 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 3 to 0 | DRV_MIN_TON[3:0] | W | | LF 驱动器最小导通时间 |
| | | | 0000 | 200 纳秒 |
| | | | 0001 | 250 纳秒 |
| | | | | |
| | | | 1110 | 900 纳秒 |
| | | | 1111 | 950 纳秒 |

DRV_MIN_TON:

参数 DRV_MIN_TON 调整将执行有效天线驱动器电流测量的时间间隔（参考有效驱动器周期的中间）。如果有效驱动周期等于或大于 $2 \times (DRV_MIN_TON + 100 \text{ ns})$ ，则选择稳压 FB 反馈操作

CONFIG_CHIRP

借助频率啁啾信号快速准确地确定天线谐振频率，该频率啁啾信号由快正向啁啾和慢速反向啁啾组成。

快进啁啾每 6 个周期取一个样本值，并将频率增加 2 个频率步长（步长 $f = f_C / 256 = 488.28125 \text{ Hz}$ ）。一旦检测到峰值，快进啁啾终止。

基于对谐振频率的第一次估计，慢速反向啁啾在快啁啾的终止频率附近开始。慢速反向啁啾在采样之前对每个频率应用 8 或 9 个周期。之后，频率缓慢回退（步长 $f = f_C / 256 = 488.28125 \text{ Hz}$ ），直到确定样本最大值。

啁啾信号经过优化以涵盖典型应用。优化是在考虑操作延迟时间和结果准确性的情况下完成的。在某些应用中，针对所应用的天线定制啁啾可能是有利的。

CONFIG_ADVANCED 允许调整相关的啁啾信号参数。

啁啾：

啁啾信号开始时会出现过冲，这是由偏离谐振频率的频率驱动的天线引起的。为避免基于此过冲错误地检测到峰值，默认情况下会丢弃第一个样本值（空白）。

空白的第一个样本的初始数量经过优化以涵盖典型应用。在某些应用程序中，更新默认值可能是有利的。

因此，CONFIG_ADVANCED CHIRPBLANK 允许覆盖空白第一个样本数的默认设置

表 42. CHIRPBLANK（复位值 0x02）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------------|----|------|---------|
| 7 到 3 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 2 到 0 | CHIRP_BLANK[2:0] | W | | 啁啾消隐样本数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 |
| | | | 0x02 | 2 |
| | | | 0x03 | 3 |
| | | | 0x04 | 4 |
| | | | 0x05 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0x07 | 保留供将来使用 |

啁啾：

为了加快天线谐振频率测量，在快进啁啾期间，啁啾频率每 6 个周期增加 2 个频率步长（步长 $f = f_C / 256 = 488.28125 \text{ Hz}$ ）。

频率步长增量的初始数量经过优化以涵盖典型应用。

在某些应用程序中，更新默认值可能是有利的

因此，CONFIG_ADVANCED CHIRPSTEPINC 允许覆盖频率步进增量数的默认设置。

请注意，配置值 0x01 会增加命令 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 的执行时间

表 43. CHIRPSTEPINC（复位值 0x02）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------------|----|------|---------|
| 7 到 4 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 3 到 0 | CHIRP_STEPINC[3:0] | W | | 频率步进增量数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0x0A | 10 |
| | | | 0x0B | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0x0F | 保留供将来使用 |

CHIRPSTEPFTPK:

如果啁啾信号幅度变为最大并且如果在以下频率设置下的信号值较小，则检测到天线谐

振峰值。 可以配置在慢速反向啁啾期间检查第二个条件的频率步长数。

峰值后的初始频率步数经过优化以涵盖典型应用。 在某些应用程序中，更新此数字可能是有利的。

因此，CONFIG_ADVANCED_CHIRPSTEPAFTPK 允许覆盖峰值后频率步进数的默认设置。

请注意，配置大于 0x01 的值会增加命令 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 的执行时间

表 44. CHIRPSTEPAFTPK (复位值 0x01)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------------------|----|------|------------|
| 7 到 3 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 2 到 0 | CHIRP_STEPAFTPK[2:0] | W | | 峰值之后的频率步进数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0x05 | 5 |
| | | | 0x06 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x07 | 保留供将来使用 |

啁啾:

啁啾信号在少数周期内保持在一个频率设置。 因此，最大电流将在应用谐振频率后延迟出现。 在最大电流时，啁啾信号已经移动到更高的频率

为了补偿这种影响，啁啾频率在慢速反向啁啾开始之前跳回 5 个频率步长（步长 $f = f_C / 256 = 488.28125 \text{ Hz}$ ）。

初始频率反步数经过优化以涵盖典型应用。 在某些应用程序中，更新此数字可能是有利的。

因此，CONFIG_ADVANCED_CHIRPSTEPBCK 允许覆盖频率反步数的默认设置

表 45. CHIRPSTEPBCK (复位值 0x05)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------------|----|------|---------|
| 7 到 4 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 3 到 0 | CHIRP_STEPBCK[3:0] | W | | 跳回的频率步数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0x05 | 5 |
| | | | ... | |
| | | | 0x0A | 10 |
| | | | 0x0B | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0x0F | 保留供将来使用 |

CHIRPCYCLE:

在用快进啁啾检测到峰值后，开始慢速反向啁啾。

每个频率的初始周期数经过优化以涵盖典型应用。 在某些应用程序中，更新此数字可能是有利的。

因此，CONFIG_ADVANCED CHIRPCYCLE 允许覆盖每个频率周期数的默认设置。

请注意，推荐值为 0x08（与复位值不同），较大的值会增加命令 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 的执行时间

表 46. CHIRPCYCLE（复位值 0x04）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------------------|----|------|----------|
| 7 到 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 到 0 | CHIRP_CYCLE[4:0] [1] | W | | 每个频率的周期数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 5 或 6 |
| | | | 0x02 | 6 或 7 |
| | | | 0x03 | 7 或 8 |
| | | | 0x04 | 8 或 9 |
| | | | ... | |
| | | | 0x1D | 33 或 34 |
| | | | 0x1E | 34 或 35 |
| | | | 0x1F | 保留供将来使用 |

响应

表 47. CONFIG_ADVANCED 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0xD2 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志

表 48. CONFIG_ADVANCED 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|----------------------------------|
| STAT | SF_PAR | 啁啾消隐样本数 0 或大于 4 |
| | | 频率步进增量数 0 或大于 10 |
| | | 峰值后的频率步数 0 或大于 5 |
| | | 跳回的频率步数 0 或大于 10 |
| | | 每个频率的周期数小于 “5 或 6” 或大于 “34 或 35” |

设备复位

SET_POR

SET_POR 通过 SPI 命令触发上电复位。发送响应后，设备复位被释放。SF_POR 标志
在释放上电复位后的 SPI 响应中设置，直到通过命令 CLEAR_POR_STATUS 设置 SC_RSTSW
清除标志

命令

表 49. SET_POR 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0xF4 | CRC8 |

响应

表 50.SET_POR 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0xF4 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

GET_POR_STATUS

GET_POR_STATUS 读取设备上电复位标志。如果设置了任何标志，则 INT 引脚设置为
“高”

命令

表 51. GET_POR_STATUS 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x07 | CRC8 |

响应包含设备复位标志。如果未检测到上电复位，则在相应参数中返回零。

响应

表 52. GET_POR_STATUS 响应

| | | | | |
|------|------|----|----|------|
| LEN | CMD | 统计 | 参数 | CRC8 |
| 0x04 | 0x07 | 统计 | 端口 | CRC8 |

端口:

复位标志寄存器 PORF 指示上一次上电复位事件的原因。 任何写访问都被忽略

表 53. PORF（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|-----------|----|---|--------------------|
| 7 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 6 | SF_CPUERR | R | | Embedded 控制器访问权限错误 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 5 | SF_RAMERR | R | | RAM 奇偶校验错误 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 4 | SF_WD | R | | 看门狗复位 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 3 | SF_CLKEXT | R | | 外部时钟错误 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 2 | SF_RSTSW | R | | 软件复位 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 1 | SF_RSTEXT | R | | 外部复位 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |
| 0 | SF_LOWBAT | R | | 低电源电压 |
| | | | 0 | 未断言 |
| | | | 1 | 断言 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CLEAR_POR_STATUS

CLEAR_POR_STATUS 清除设备重置状态标志（如果已标记）。

命令

表 54. CLEAR_POR_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x08 | PORC | CRC8 |

PORC:

PORC 指定要清除的设备复位状态标志

表 55. PORC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|-----------|----|---|------------|
| 7 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 6 | SC_CPUERR | W | 0 | 无变化 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 5 | SC_RAMERR | W | 0 | RAM 奇偶校验错误 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 4 | SC_WD | W | 0 | 看门狗复位 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 3 | SC_CLKEXT | W | 0 | 外部时钟错误 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 2 | SC_RSTSW | W | 0 | 软件复位 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 1 | SC_RSTEXT | W | 0 | 外部复位 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 0 | SC_LOWBAT | W | 0 | 低电源电压 |
| | | | 1 | 清除标志 |

响应

表 56. CLEAR_POR_STATUS 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x08 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 57. CLEAR_POR_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|------------|
| STAT | SF_PAR | PORC 设置为 0 |

运行状态

START_SLEEP

START_SLEEP 将设备设置为 SLEEP 状态。START_SLEEP 仅在 IDLE 和 ERROR 状态下处理。在命令响应中发送 CRC8 后进入 SLEEP 状态

命令

表 58. START_SLEEP 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x50 | CRC8 |

响应

表 59. START_SLEEP 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x50 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

START_SLEEP_FORCED

START_SLEEP_FORCED 将设备设置为与 START_SLEEP 类似的 SLEEP 状态，但不同之处如下

- 在所有设备状态下处理
- 无条件进入睡眠状态

- 即使处理了非阻塞命令也执行
- 唤醒事件被忽略，直到进入 SLEEP 状态

根据器件状态，升压转换器和 LF 驱动器在接收到命令后斜降。 在命令响应中发送 CRC8 后进入 SLEEP 状态

命令

表 60. START_SLEEP_FORCED 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x4F | CRC8 |

响应

表 61. START_SLEEP_FORCED 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x4F | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

升压转换器

CONFIG_BOOST

CONFIG_BOOST 在电压上升期间配置初始升压转换器线圈电流，然后配置升压转换器线圈中的最大电流（线圈电流限制）。 根据应用需要降低最大电流有利于分离最合适的外部组件（线圈、二极管）。

命令

表 62. CONFIG_BOOST 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|--------|------|
| 0x03 | 0x45 | CURMAX | CRC8 |

CURMAX:

表 63. CURMAX（复位值 0x0F）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|---|-----------|
| 7 至 4 | CUR_INIT[3:0] | W | | 初始升压转换器电流 |

| | | | | |
|-------|--------------|---|-------|---------------|
| 3 到 0 | CUR_MAX[3:0] | W | 0000 | 5A |
| | | | 0001 | 保留供将来使用 |
| | | | 0010 | 保留供将来使用 |
| | | | 0011 | 4 A |
| | | | 0100 | 5 A |
| | | | | |
| | | | 1110 | 15 A |
| | | | 1111 | 16 A |
| | | | | 升压转换器线圈中的最大电流 |
| | | | 0000 | 保留供将来使用 |
| | | | 0001 | 保留供将来使用 |
| | | | 0010 | 保留供将来使用 |
| | | | 0011 | 4 A |
| | | | 0100 | 5 A |
| | | | | |
| | | | 1110 | 15 A |
| | | | 1111 | 16 A |

CUR_INIT[3:0]:
CUR_INIT[3:0] 确定最大初始升压转换器线圈电流以对输出电容器充电并在升压转换器启动时间内达到升压转换器输出电压。 升压转换器启动后，升压转换器线圈电流限制更新为 CUR_MAX[3:0] 定义的水平。

CUR_MAX[3:0]:
CUR_MAX[3:0] 限制升压转换器启动后的升压转换器线圈电流。 在 CUR_MAX 的帮助下，可以选择最适合应用的外部组件（线圈、二极管）。

响应

表 64. CONFIG_BOOST 响应

| | | | |
|------|------|----|------|
| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
| 0x03 | 0x45 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

LF 天线驱动器

CONFIG_LF_DRIVER

CONFIG_LF_DRIVER 配置 LF 潜水员。配置数据在开始 LF 传输时使用。

检查 LF 驱动器配置和低电流驱动器设置的一致性。在失败的情况下返回错误代码而不采用设置。

命令

表 65. CONFIG_LF_DRIVER 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|--|------|
| LEN | 0x40 | {DRIDi DRPARI CURSi CURMi 0x40 DITHRi} | CRC8 |

DRIDi:

驱动程序（通道）ID DRIDi 标识为其分配参数集的 LF 通道。

DRPARI:

DRPARI 配置选定的 LF 驱动程序

表 66. DRPARI（复位值 0x14）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-------------|----|----|-------------------|
| 7 到 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | PHINV | W | | 反转驱动相位 |
| | | | 0 | 相位 0° |
| | | | 1 | 相位 180° |
| 4 | OPNLOOP | W | | 打开天线连接以实现快速天线电流衰减 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 和 2 | BDRATE[1:0] | W | | LF 驱动器波特率 |
| | | | 00 | 2 千比特/秒 |
| | | | 01 | 4 kbit/s |
| | | | 10 | 8 kbit/s |
| | | | 11 | 保留供将来使用 |
| 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | MOD | W | | 驱动桥操作模式 |
| | | | 0 | 全桥模式，中级控制 |
| | | | 1 | 全桥模式 |

PHINV:

相位 0 意味着驱动器 P 从驱动器“高”阶段开始。

相位 180° 表示驱动器 N 从驱动器“高”相位开始

OPNLOOP

设置 OPNLOOP 会在发送调制 LF 信号时加速载波关闭阶段的天线电流衰减(但不是在 LF 传输序列结束时)。

天线电流斜坡下降的加速是通过主驱动器开关暂时中断天线谐振电路来实现的。

BDRATE[1:0]:

如果为不同的驱动器配置不同的低频驱动器波特率，并且这些驱动器同时激活，则所有天线都使用所选驱动器的最低编号的波特率值。

MOD:

MOD 确定 LF 驱动器的桥操作模式。
询问命令时会检查驱动程序桥设置的一致性

- START_LF_TRANSMIT
- START_LF_TRANSMIT_DATA
- MEAS_ANT_IMP
- START_DIAG
- CONFIG_WUP_POLLING
- CONFIG_TIMER_POLLING

CURSi:

CURSi 是在单通道操作中为所选驱动器调整的电流值。

重要的是要注意，根据天线阻抗，在应用中不能总是达到所选电流。取决于天线阻抗大小 ZANT 的天线电流下限在产品数据表中指定

表 67. CURSi (复位值 0x1F)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|-------|----------------|
| 7 到 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 到 0 | CUR_S[5:0][1] | W | | 单通道操作中的驱动器电流 |
| | | | 0x00 | 1 * 15.625 毫安 |
| | | | 0x01 | 2 * 15.625 毫安 |
| | | | 0x02 | 3 * 15.625 毫安 |
| | | | | |
| | | | 0x3E | 63 * 15.625 毫安 |
| | | | 0x3F | 64 * 15.625 毫安 |

CURMi:

CURMi 是在多通道操作中为所选驱动器调整的当前值。

重要的是要注意，根据天线阻抗，在应用中不能总是达到所选电流。取决于天线阻抗大小 ZANT 的天线电流下限在产品数据表中指定

表 68. CURMi (复位值 0x1F)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----|----|---|---------|
| 7 到 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |

| | | | |
|-------|-----------------|-------|----------------|
| 5 到 0 | CUR_M[5:0][1] W | | 多通道操作中的驱动器电流 |
| | | 0x00 | 1 * 15.625 毫安 |
| | | 0x01 | 2 * 15.625 毫安 |
| | | 0x02 | 3 * 15.625 毫安 |
| | | | |
| | | 0x3E | 63 * 15.625 毫安 |
| | | 0x3F | 64 * 15.625 毫安 |

DITHRi:
DITHR 为选定的驱动程序配置抖动参数。

表 69. DITHRi（默认值 0x02）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|----|---------|
| 7 到 2 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 1 到 0 | DITHR[1:0] | W | | 抖动范围限制 |
| | | | 00 | 抖动关闭 |
| | | | 01 | 最小范围 |
| | | | 10 | 中等范围 |
| | | | 11 | 最大范围 |

例子
在以下示例中，驱动程序 1 和驱动程序 2 在一个命令中配置

表 70. 使用 CONFIG_LF_DRIVER 命令配置驱动程序 1 和驱动程序 2（全桥模式）

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---|------|
| 0x0C | 0x40 | DRID1 DRPAR1 CURS1 CURM1 0x40 DITHR1 DRID2 DRPAR2 CURS2 CURM2 | |
| | | 0x40 DITHR2 | CRC8 |

响应

表 71. CONFIG_LF_DRIVER 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x40 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志

表 72. CONFIG_LF_DRIVER 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---------------------------|
| STAT | SF_PAR | 级联帧数大于驱动程序数 级联帧集中 DRID 重复 |

并联小电流驱动器

CONFIG_LC_DRIVER

CONFIG_LC_DRIVER 配置低电流低频驱动器。配置数据用于在通过主低频驱动器传输数据的同时调整通过低电流低频驱动器传输的电流。低电流 LF 驱动器仅在主 LF 驱动器的数据操作期间有效。在载波关闭期间和通过主低频驱动器发送恒定载波信号时，不会发送低电流信号。

检查低电流驱动器设置和 LF 驱动器配置的一致性。在失败的情况下返回错误代码而不采用设置

命令

表 73. CONFIG_LC_DRIVER 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|----------------|------|
| LEN | 0x44 | {DRIDi LCCURi} | CRC8 |

DRIDi:

驱动程序（通道）ID 标识为其分配参数集的 LF 通道。

LCCURi:

LCCUR 配置选定通道 DRID 的低电流信号，当其他通道以高功率驱动时，该低电流信号被驱动。通过低电流驱动器的占空比调整电流（步长 2.5%）

表 74. LCURi（复位值 0x0F）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|------------|----|-------|------------|
| 7 到 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 to 0 | LCDCY[4:0] | W | | 低电流驱动器的占空比 |
| | | | 0x00 | 10 % |
| | | | 0x01 | 12.5 % |
| | | | | |
| | | | 0x1E | 85 % |
| | | | 0x1F | 87.5 % |

响应

表 75. CONFIG_LC_DRIVER 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x44 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志

表 76. CONFIG_LC_DRIVER 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---------------------------|
| STAT | SF_PAR | 级联帧数大于驱动程序数 级联帧集中 DRID 重复 |

电报定序器

SET_LF_DATA

SET_LF_DATA 将用户定义的 LF 电报数据存储在电池支持的 RAM 中，例如 执行命令 START_LF_TRANSMIT。

SET_LF_DATA 指定 LF 电报的特定段的数据，由段号标识

命令

表 77. SET_LF_DATA 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|--------------------------------|------|
| LEN | 0x41 | DATAID DATACFG DATBLEN {DATAi} | CRC8 |

DATAID:

DATAID 是标识哪个段受此命令影响的编号。DATAID 限制在 0 到 59 之间。

表 78 中列出的数据标识符是默认预配置的，可以按指定使用，而无需应用程序之前存储。 应用程序可以在 SET_LF_DATA 命令的帮助下覆盖预先配置的数据

表 78. 设备复位后预配置的 DATAID（默认值）

| DATAID | DATACFG | DATABLEN | DATA1 | DATA2 | DATA3 | 说明 |
|--------|---------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| 0x00 | 0x07 | 0x31 | - | - | - | 5 ms 恒定载波 |
| 0x01 | 0x07 | 0x27 | - | - | - | 4 ms 恒定载波 |
| 0x02 | 0x06 | 0x0E | - | - | - | 1.5 ms 载波关闭 |
| 0x03 | 0x06 | 0x05 | - | - | - | 0.6 ms 载波关闭 |
| 0x04 | 0x06 | 0x03 | - | - | - | 0.4 ms 载波关闭 |
| 0x05 | 0x06 | 0x04 | - | - | - | 0.5 ms 载波关闭 |
| 0x35 | 0x00 | 0x08 | 0x00 | - | - | 前导 |
| 0x36 | 0x02 | 0x12 | 0xE2 | 0xCC | 0x80 | 代码违规 |

数据 CFG:

数据配置适用于由 DATAID 标识的段，并指定此数据帧的编码。这可以是例如 曼彻斯特代码或用于发送代码违规的特殊编码。此外，可以指定驱动器关闭时间和恒定载波信号

表 79. DATA_CFG (复位值 0xXX)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|-----|--------------------|
| 7 到 3 | RFU[4:0] | WO | | 保留供将来使用 |
| 2 到 0 | DATA_CFG[2:0] | W | | 数据编码 |
| | | | 000 | 曼彻斯特 |
| | | | 001 | 按位 (NRZ) |
| | | | 010 | 半位方式，双倍转换速度 (代码违规) |
| | | | 011 | 保留供将来使用 |
| | | | 100 | 保留供将来使用 |
| | | | 101 | 保留供将来使用 |
| | | | 110 | 运营商关闭 |
| | | | 111 | 常数载体 |

DATBLEN:

对于编码数据帧 (例如曼彻斯特码)，数据位长度指定要发送的位数。DATBLEN 限制在 0 到 120 之间

表 80. DATA_CFG = 000、001 或 010 的 DATBLEN (复位值 0xXX)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|-------|---------|
| 7 到 0 | DUR[7:0] | W | | 要发送的位数 |
| | | | 0x00 | 0 位 |
| | | | 0x01 | 1 位 |
| | | | | |
| | | | 0x77 | 119 位 |
| | | | 0x78 | 120 位 |
| | | | 0x79 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFF | 保留供将来使用 |

对于关闭或恒定载波 (DATA_CFG = 110 或 111) 的特殊情况，DATBLE 指定信号的持续时间

表 81. DATA_CFG = 110 或 111 的 DATBLEN (复位值 0xXX)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|-------|------------------------|
| 7 到 0 | DUR[7:0] | W | | 载波信号的持续时间 (步长为 100 微秒) |
| | | | 0x00 | 1 * 100 s = 0.1 毫秒 |
| | | | 0x01 | 2 * 100 s = 0.2 毫秒 |
| | | | | |
| | | | 0xFE | 255 * 100 s = 25.5 毫秒 |
| | | | 0xFF | 永久关闭 (DATA_CFG = 110) |

永久开启 (DATA_CFG = 111)

DUR[7:0]

载波信号的时长设置对一个通道的 LF 传输有效。 在一个 LF 传输序列内不同天线之间切换的情况下，另一根天线上的 LF 传输在 LF 信道切换时间 (tCH,CHG) 之后继续。在设置“永久开启”或“永久关闭”的情况下，必须通过 STOP_LF_TRANSMIT 停止 LF 传输

DATAi:

DATAi 字节中的每个位位置代表一个数据位。 每个数据位都以 DATACFG 中指定的编码发送。 数据位处理根据第 1.4.5 节进行

响应

表 82. SET_LF_DATA 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x41 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 83. SET_LF_DATA 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|--|
| STAT | SF_PAR | DATAi 包含在关闭的载波或恒定的载波中 (DATA_CFG = 110 或 111) |

SET_LC_DATA

SET_LC_DATA 在通过主 LF 驱动器传输数据的同时，为通过低电流 LF 驱动器传输的数据指定数据源。 低电流 LF 驱动器仅在主 LF 驱动器的数据操作期间有效。 在载波关闭期间和通过主低频驱动器发送恒定载波信号时，不会发送低电流信号

命令

表 84. SET_LC_DATA 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|---------------------------|------|
| LEN | 0x47 | LCPAR LCDATBLEN {LCDATAi} | CRC8 |

LCPAR:

通过低电流驱动器发送的数据可以是主数据模式的反转版本，也可以是存储在电池供电 RAM 中的用户定义数据。如果选择用户定义数据，则数据本身在 LCDATAi 中指定。 如果选择反转数据，参数 LCDATBLEN 和 LCDATAi 可以省略。如果设置了，则检查 LCDATBLEN 相

对于 LCDATA_i 的长度一致性。如果检查成功，则忽略参数，同时选择倒数的数据。如果长度一致性检查失败，则在命令响应中设置状态标志 SF_PAR

表 85. LCPAR (复位值 0x00)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|---|-----------|
| 7 比 1 | RFU[6:0] | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | LCSRC | W | | 低电流数据源 |
| | | | 0 | 主要数据的反转版本 |
| | | | 1 | 用户定义数据 |

LCDATBLEN:

LCDATBLEN 指定要发送的预定义低电流驱动器数据 LCDATA_i 的位长度。LCDATBLEN 限制在 0 到 120 之间。

物理传输的 LC 数据位数由通过主 LF 驱动器 DATBLEN 传输的数据位数定义。

如果 LCDATBLEN 和 DATBLEN 都是 8 的倍数，则为主驱动器的每个字节分配一个 LCDATA_i 字节并发送。如果 LCDATBLEN 大于 DATBLEN，则仅使用 LCDATA_i 定义的第一个字节。如果 LCDATBLEN 小于 DATBLEN，则在传输所有预定义的 LC 数据字节后，传输会从第一个 LC 字节重新开始。

如果 LCDATBLEN 不是 8 位的倍数，则 LCDATA_i 的缺失位用 0 填充，并根据 LCDATBLEN 和 DATBLEN 进行分配（见图 8 和图 9）

LCDATA_i:

LCDATA_i 字节中的每个位位置代表一个数据位。每个数据位根据通过主 LF 驱动器并行发送的数据位的配置，通过编码中的低电流驱动器（例如曼彻斯特码或半位码）发送。

如果主驱动器打开恒定载波或关闭载波，则不发送 LCDATA_i 位。

每次激活主驱动器时，对于主驱动器传输的每个数据 ID，低电流数据从第一位开始。如果通过主驱动器发送的数据位多于通过 LCDATBLEN 指定的数据位，则 LCDATA_i 位将从头开始重复，直到主驱动器结束数据传输。

响应

表 86. SET_LC_DATA 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x47 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 87. SET_LC_DATA 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---|
| STAT | SF_PAR | LCDATBLEN 的长度一致性检查关于 LCDATA _i 如果失败 |

START_LF_TRANSMIT

START_LF_TRANSMIT 使用预加载的配置和 LF 电报数据启动 LF 传输。在接收到传入帧的最后一个字节 (CRC8) 后，数据传输以 tLF,START 的延迟开始。LF 电源路径激活在发送 SPI 响应之前启动。

在启动驱动程序之前，检查以下设置的可用性和一致性

- 时钟设置
- 天线阻抗设置（升压驱动）
- LF 驱动器配置
- 低电流驱动器配置

此外，所有保护和诊断标志都受到控制。如果配置了多天线使用，则计算升压转换器和占空比的设置。

完成后，设置操作状态标志 SF_TXREADY。此外，LF 字段被关闭，除非已配置永久常数载波（DATACFG[2:0] = 0b111，DUR[7:0] = 0xFF）。

如果失败，则返回错误代码并且不执行传输。例如，当 VBAT 低于欠压关断检测阈值时询问 START_LF_TRANSMIT 时，设置状态标志 SF_CMD 标志。

如果在接收到该命令时 LF 字段已经打开，则在命令响应中设置状态标志 SF_CMD

命令

表 88. START_LF_TRANSMIT 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|--|------|
| LEN | 0x42 | {DRPi RFU LCDRi RFU LENDATAIDi {DATAIDik}} | CRC8 |

DRPi:

DRPi 保存要激活哪些驱动程序的信息。如果只选择一个驱动器，则使用单个通道的相应电流设置。

同时激活 2 或 3 个驱动器，采用多通道操作的当前设置。通过同时驱动通道发送相同的低频电报数据。

将 DRPi 设置为 0，设置状态标志 SF_PAR

LCDRi:

LCDRi 选择与主驱动器并行激活的低电流低频驱动器。

用于选定通道的低电流值之前通过 CONFIG_LC_DRIVER 命令指定。

LENDATAIDi:

LENDATAIDi 指定了 DATAIDik 中的标识符 k 的数量。

DATAIDik:

DATAIDik 表示要发送的数据集的标识符

如果设置了 PREAMB（命令 CONFIG_DEVICE），则首先发送标准 NXP 前导码和代码违规模式，然后通过 DATAIDik 选择的 LF 电报数据。如果未设置 PREAMB，则直接发送通过 DATAIDik 选择的数据。

一个 DATAIDik 是强制性的。如果使用了多个 DATAIDik，则将信息排队并按选定的顺序发送数据包，而不会中断数据流。

要传输的数据与 SET_LF_DATA 一起存储，并在配置的编码中进行解释。

响应

表 89. START_LF_TRANSMIT 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x42 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 90. START_LF_TRANSMIT 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|----------------------|
| STAT | SF_PAR | 选择的 DATAID 未配置 |
| | | 选择的主驱动数 0 或大于 3 |
| | | 在正常操作和低电流操作中使用相同的驱动器 |

START_LF_TRANSMIT_DATA

START_LF_TRANSMIT_DATA 开始 LF 传输。在接收到传入帧的最后一个字节 (CRC8) 后，数据传输以 tLF,START 的延迟开始。准备好要发送的 SPI 响应后，启动 LF 电源路径激活。

在启动驱动程序之前，检查以下设置的可用性和一致性

- 时钟设置
- 天线阻抗设置（升压驱动）
- LF 驱动器配置
- 低电流驱动器配置

此外，所有保护和诊断标志都受到控制。如果配置了多天线使用，则计算升压转换器和占空比的设置。

完成后，操作状态标志 SF_TXREADY 被设置并且 LF 字段被关闭。

如果失败，则返回错误代码并且不执行传输。例如，当 VBAT 低于欠压关断检测阈值时询问 START_LF_TRANSMIT_DATA 时，设置状态标志 SF_CMD 标志。

如果在接收到该命令时 LF 字段已经打开，则在命令响应中设置状态标志 SF_CMD

命令

表 91. START_LF_TRANSMIT_DATA 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|---|------|
| LEN | 0x46 | {DRPi RFU LCDRpi RFU DATBLEN_Li DATBLEN_Hi {DATAIik}} | CRC8 |

DRPi:

DRPi 保存要激活哪些驱动程序的信息。如果只选择一个驱动器，则使用单个通道的相应电流设置。

同时激活 2 或 3 个驱动器，采用多通道操作的当前设置。通过同时驱动通道发送相同的低频电报数据。

将 **DRPi** 设置为 0 会设置状态标志 **SF_PAR**。

LCDRpi:

LCDRpi 选择与主驱动器并行激活的低电流低频驱动器。

用于选定通道的低电流值之前通过 **CONFIG_LC_DRIVER** 命令指定。

DATBLENi:

数据位长度指定要发送的数据的长度 **k**，以位为单位。最大长度为 511 位。

表 92. **DATBLENi** (复位值 0xFFFF)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|-----------------|----|-------|---------|
| 15 到 9 | RFU | WO | | 保留供将来使用 |
| 8 到 0 | DATBLEN [8:0] W | | | 数据位长 |
| | | | 0x000 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x001 | 1 位 |
| | | | 0x002 | 2 位 |
| | | | ... | |
| | | | 0x1FF | 511 位 |

DATAik:

DATAik 表示要发送的数据集。

如果设置了 **PREAMB** (命令 **CONFIG_DEVICE**)，则首先发送标准 **NXP** 前导码和代码违规模式，然后是附加的 **LF** 电报数据。如果未设置 **PREAMB**，则直接发送附加的 **LF** 电报数据。

一个 **DATAik** 字节是强制性的。**DATAik** 字节内的每个位位置代表一个数据位。每个数据位都以曼彻斯特编码发送。最后未使用的位应该用 0 填充，直到下一个字节边界。在传输过程中它们将被忽略。

如果使用多于一个 **DATAik** 字节，则将信息排队并按选定的顺序发送数据包，而不会中断数据流

响应

表 93. **START_LF_TRANSMIT_DATA** 响应

| | | | |
|------|------|----|------|
| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
| 0x03 | 0x46 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志之外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 94. START_LF_TRANSMIT_DATA 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---|
| STAT | SF_PAR | 选择的主驱动数 0 或大于 3 在正常操作和低电流操作中使用相同的驱动器 |

STOP_LF_TRANSMIT

STOP_LF_TRANSMIT 仅在 PKE 状态下有效。STOP_LF_TRANSMIT 在收到并验证传入帧的 CRC8 后停止 LF 传输。之后发送 SPI 响应。所有驱动程序都已关闭。该命令旨在关闭通过 SET_LF_DATA (DATA_CFG[2:0] = 0b111, DUR[7:0] = 0xFF) 配置的永久激活的恒定载波

命令

表 95. STOP_LF_TRANSMIT 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x43 | CRC8 |

响应

表 96. STOP_LF_TRANSMIT 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x43 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

防盗器

CONFIG_IMMO_DRIVER

CONFIG_IMMO_DRIVER 配置防盗器天线驱动程序。

命令

表 97. CONFIG_IMMO_DRIVER 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-------------|------|
| 0x04 | 0x60 | TXPAR RXPAR | CRC8 |

表 98. TXPAR (复位值 0x5F)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------------|----|-------|-------------------|
| 7 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 6 | OPNLOOP | W | | 打开天线连接以实现快速天线电流衰减 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 已启用 |
| 5 到 0 | TXCUR [5:0][1] W | | | 防盗器传输期间的电流 |
| | | | 0x00 | 1 * 15.625 毫安 |
| | | | 0x01 | 2 * 15.625 毫安 |
| | | | | |
| | | | 0x3E | 63* 15.625 毫安 |
| | | | 0x3F | 64 * 15.625 毫安 |

OPNLOOP

打开天线一侧的驱动器开关会加速天线电流衰减。

TXCUR:

TXCUR 定义防盗器传输期间的电流。

重要的是要注意，根据天线阻抗，在应用中不能总是达到所选电流。 取决于天线阻抗大小 ZANT 的天线电流下限在产品数据表中指定

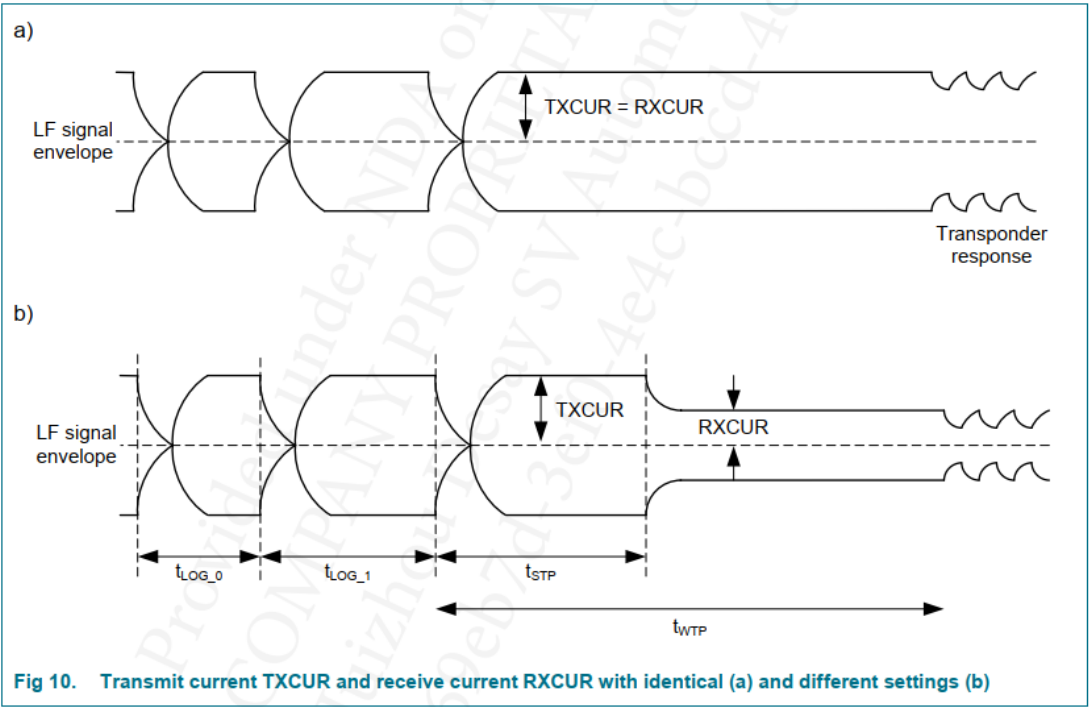
表 99. RXPART (复位值 0x1F)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------------|----|-------|----------------|
| 7 到 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 到 0 | RXCUR [5:0][1] W | | | 防盗器接收期间的电流 |
| | | | 0x00 | 1 * 15.625 毫安 |
| | | | 0x01 | 2 * 15.625 毫安 |
| | | | | |
| | | | 0x3E | 63* 15.625 毫安 |
| | | | 0x3F | 64 * 15.625 毫安 |

RXCUR:

RXCUR 定义防盗器接收期间的电流。

如果 RXCUR 不等于 TXCUR,则在 BPLM 调制器停止条件后,电流电平将更改为 RXCUR 设置 (图 10)



重要的是要注意，根据天线阻抗，在应用中不能总是达到所选电流。产品数据表中规定了取决于天线阻抗幅度 Z_{ANT} 的天线电流下限。

响应

表 100. CONFIG_IMMO_DRIVER 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x60 | 状态 | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CONFIG_IMMO_BPLM

CONFIG_IMMO_BPLM 配置二进制脉冲长度调制器时序。设置需要根据应答器规格完成。

命令

表 101. CONFIG_IMMO_BPLM 命令

| Len | CMD | 参数 | crc8 |
|------|------|----------|------|
| 0x04 | 0x61 | TLOG MPT | CRC8 |

TLOG:

定义逻辑“0”和“1”的 BPLM 脉冲长度

表 102.TLOG (复位值 0x01)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-------------|----|-----|------------------|
| 7 至 4 | TLOG_1[3:0] | W | | 逻辑 1 的 BPLM 脉冲时间 |
| | | | 0x0 | 28 T0 |
| | | | 0x1 | 29 T0 |
| | | | 0x2 | 30 T0 |
| | | | 0x3 | 31 T0 |
| | | | 0x4 | 32 T0 |
| | | | 0x5 | 33 T0 |
| | | | 0x6 | 34 T0 |
| | | | 0x7 | 35 T0 |
| | | | 0x8 | 36 T0 |
| | | | 0x9 | 37 T0 |
| | | | 0xA | 38 T0 |
| | | | 0xB | 39 T0 |
| | | | 0xC | 40 T0 |
| | | | 0xD | 41 T0 |
| | | | 0xE | 42 T0 |
| | | | 0xF | 43 T0 |
| 3 至 0 | TLOG_0[3:0] | W | | 逻辑 0 的 BPLM 脉冲时间 |
| | | | 0x0 | 19 T0 |
| | | | 0x1 | 20 T0 |
| | | | 0x2 | 21 T0 |
| | | | 0x3 | 22 T0 |
| | | | 0x4 | 23 T0 |
| | | | 0x5 | 24 T0 |
| | | | 0x6 | 25 T0 |
| | | | 0x7 | 26 T0 |
| | | | 0x8 | 27 T0 |
| | | | 0x9 | 28 T0 |
| | | | 0xA | 29 T0 |
| | | | 0xB | 30 T0 |
| | | | 0xC | 31 T0 |
| | | | 0xD | 32 T0 |
| | | | 0xE | 33 T0 |
| | | | 0xF | 34 T0 |

MPT (最大功率):

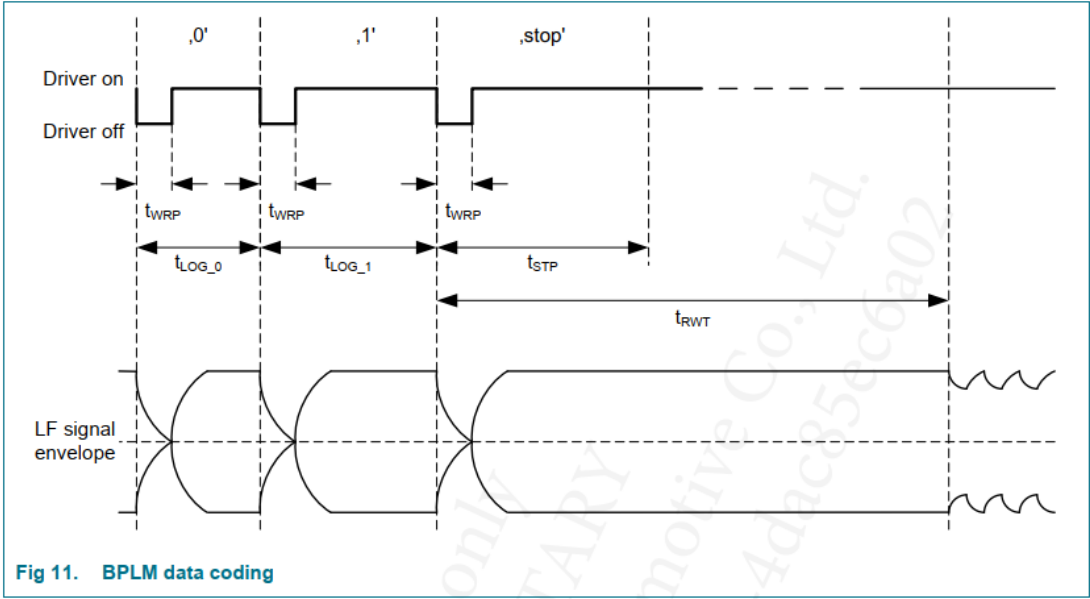
定义写入脉冲的低持续时间和停止脉冲长度

表 103.MPT (重置值 0x68)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|----|----|---|----|
|---|----|----|---|----|

| | | | | |
|-------|------------|---|-----|----------|
| 7 至 4 | TSTOP[3:0] | W | | 停止脉冲持续时间 |
| | | | 0x0 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x1 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x2 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x3 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x4 | 36 T0 |
| | | | 0x5 | 37 T0 |
| | | | 0x6 | 38 T0 |
| | | | 0x7 | 39 T0 |
| | | | 0x8 | 40 T0 |
| | | | 0x9 | 41 T0 |
| | | | 0xA | 42 T0 |
| | | | 0xB | 43 T0 |
| | | | 0xC | 44 T0 |
| | | | 0xD | 45 T0 |
| | | | 0xE | 46 T0 |
| | | | 0xF | 47 T0 |

| | | | | |
|-------|-----------|---|-----|-----------|
| 3 至 0 | TWRP[3:0] | W | | 写入脉冲持续时间短 |
| | | | 0x0 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x1 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x2 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x3 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x4 | 4 T0 |
| | | | 0x5 | 5 T0 |
| | | | 0x6 | 6 T0 |
| | | | 0x7 | 7 T0 |
| | | | 0x8 | 8 T0 |
| | | | 0x9 | 9 T0 |
| | | | 0xA | 10 T0 |
| | | | 0xB | 11 T0 |
| | | | 0xC | 12 T0 |
| | | | 0xD | 13 T0 |
| | | | 0xE | 14 T0 |
| | | | 0xF | 15 T0 |



响应

表 104.CONFIG_IMMO_BPLM 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x61 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

CONFIG_IMMO_RECEIVER

CONFIG_IMMO_RECEIVER 配置防盗接收器。需要根据收发器规范进行设置。

命令

表 105.CONFIG_IMMO_RECEIVER 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-------------|------|
| 0x04 | 0x62 | RXCFC TSYNC | CRC8 |

RXCFC:

RXCFC 定义应答器响应的均衡器模式和接收器等待时间

表 106.RXCFC (复位值 0x01)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|-----|----|---|---------|
| 7 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |

| | | | | |
|-------|-----------|----|------|------------------------|
| 6 至 2 | TRWT[4:0] | W | | 接收机等待应答器响应的时间 |
| | | | 0x00 | 1*202 T0+TSYNC |
| | | | 0x01 | 2*202 T0+TSYNC |
| | | | ... | |
| | | | 0x1F | 32*202 T0+TSYNC |
| 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | EQU | W | | 均衡器模式配置 |
| | | | 0 | EQ 图案（5x “1”） |
| | | | 1 | EQM 模式（6x “1” +1x “0”） |

TRWT:

TRWT 是接收器必须等待的时间，直到应答器发回响应。
在此期间，接收器对传入数据敏感。

TSYNC:

TSYNC 添加到 TRWT 中，用于微调 TRWT

表 107.TSYNC（复位值 0x10）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|------|---------------|
| 7 至 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 至 0 | TSYNC[4:0] | W | | 接收机等待应答器响应的时间 |
| | | | 0x00 | -16 T0 |
| | | | 0x01 | -15 T0 |
| | | | ... | |
| | | | 0x0F | -1 T0 |
| | | | 0x10 | 0 T0 |
| | | | 0x11 | 1 T0 |
| | | | 0x1F | 15 T0 |

响应

表 108.CONFIG_IMMO_RECEIVER 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x62 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

START_IMMO

START_IMMO 启动防盗模块驱动器和接收器，并使用为防盗模块传输配置的天线电流发

送恒定载波信号。接收并验证传入帧的 CRC8 后，传输以 tIMMO、START 的延迟开始。

命令

表 109.START_IMMO 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x63 | CRC8 |

响应

表 110.START_IMMO 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x63 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 111.START_IMMO 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|------------|------------------------------------|
| STAT | SF_LAST_OP | LF 电源路径激活期间故障（由 START_IMMO 命令本身引起） |

STOP_IMMO

STOP_IMMO 停止防盗模块驱动器传输的恒定载波信号。接收并验证传入帧的 CRC8 后，传输停止。防盗接收器也会停止。

如果收到此命令时 LF 字段已关闭，则 LF 字段将保持关闭状态。

命令

表 112.STOP_IMMO 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x64 | CRC8 |

响应

表 113.STOP_IMMO 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x64 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。
注：STOP_IMMO 本身未设置任何操作状态标志 OPF

START_IMMO_TRANSMIT

START_IMMO_TRANSMIT 将数据写入应答器。BPLM 调制器是在接收并验证传入帧的 CRC8 后启动。BPLM 是在发送 SPI 响应之前启动。完成后，设置操作状态标志 SF_TXREADY。此命令只能在 START_IMMO 命令之后使用，因为这会启用通信所需的恒定载波信号。完成后 START_IMMO_TRANSMIT 常量载波未关闭。如果应该从收发器接收数据，则命令必须使用 START_IMMO_TRANSCEIVE

命令

表 114 START_IMMO_TRANSMIT 命令

| | | | |
|-----|------|----------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0x66 | DATBLEN{DATAi} | CRC8 |

DATBLEN:
数据位长度以位为单位指定要发送的数据的长度

表 115.DATBLEN（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------|----|------|---------|
| 7 到 0 | DATBLEN[7:0] | W | | 要发送的位数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 位 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFE | 254 位 |
| | | | 0xFF | 255 位 |

DATAi:
DATAi 字节中的每个位位置代表一个数据位。每个数据位以 BPLM 编码发送。钻头处理按照第 1.4.5 节进行。

响应

表 116.START_IMMO_TRANSMIT 响应

| | | | |
|-----|------|------|------|
| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
| 长度 | 0x66 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

START_IMMO_TRANSCEIVE

START_IMMO_TRANSCEIVE 写入应答器，然后在一个命令内读取应答器的响应。BPLM 调制器在接收并验证传入帧的最后一个字节（CRC8）后启动。BPLM 在发送 SPI 响应之前启动

在 BPLM 停止条件后，天线电流变为配置的防盗模块接收电流（如果与防盗模块传输电流不同），在配置的接收器等待应答器响应时间（TRWT[4:0]）后，接收器将对传入数据敏感。该命令定义将要接收的数据位数。如果该位不等于 8 的倍数，则始终接收完整字节。丢失的位作为低频通道的噪声信号接收。

数据接收后，天线电流变回配置的防盗模块传输电流（如果与接收电流不同），完成后，设置操作状态标志 SF_RXREADY。

此命令只能在 START_IMMO 命令之后使用，因为这会启用通信所需的恒定载波信号。START_IMMO_TRANSCEIVE 完成后，恒定载波未关闭

命令

表 117 START_IMMO_TRANSCEIVE 命令

| | | | |
|-----|------|-------------------------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0x65 | DATBLEN{DATAi}RXLEN_L RXLEN_H | CRC8 |

DATBLEN:

数据位长度以位为单位指定要发送的数据的长度

表 118.DATBLEN（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------|----|------|---------|
| 7 到 0 | DATBLEN[7:0] | W | | 要发送的位数 |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x01 | 1 位 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFE | 254 位 |
| | | | 0xFF | 255 位 |

DATAi:

DATAi 字节中的每个位位置代表一个数据位。每个数据位以 BPLM 编码发送。钻头处理按照第 1.4.5 节进行。

RXLEN:

RXLEN 表示预期接收的位数

表 119.RXLEN（复位值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|------------|----|-------|---------|
| 15 至 9 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 8 至 0 | RXLEN[8:0] | W | | 接收比特数 |
| | | | 0x000 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x001 | 1 位 |
| | | | 0x002 | 2 位 |
| | | | ... | |
| | | | 0x1FF | 511 位 |

响应

表 120.START_IMMO_TRANSCEIVE 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x65 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

GET_IMMO_RESPONSE

GET_IMMO_RESPONSE 从接收数据缓冲区读取给定的字节数。此命令将在每次执行 START_IMMO_TRANSCEIVE 命令后使用

命令

表 121.GET_IMMO_RESPONSE 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x67 | CRC8 |

响应

表 122.GET_IMMO_RESPONSE 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
|-----|------|------|--------------|------|
| LEN | 0x67 | STAT | IMMOF{DATAi} | CRC8 |

IMMOF:

IMMOF 指定防盗模块数据传输错误标志。

表 123.IMMOF（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---|----|----|---|----|
|---|----|----|---|----|

| | | | |
|-------|-----------|----|------------------|
| 7 至 1 | RFU | R0 | 保留供将来使用 |
| 0 | SF_OVRDRV | R | Immo RX ADC 超速状态 |
| | | 0 | 无故障 |
| | | 1 | 故障 |

SF_OVRDRV:

如果 IMMO 接收器检测到接收到的输入信号被剪切，则设置 SF_OVRDRV。在这种情况下，必须将从应答器接收到的数据视为损坏。

DATAi:

每个 DATAi 字节包含应答器发送的曼彻斯特解码响应。根据第 1.4.5 节进行钻头处理

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志

表 124.GET_IMMO_RESPONSE 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---------|
| STAT | SF_PAR | 数据接收不成功 |

CLEAR_IMMO_STATUS

CLEAR_IMMO_STATUS 清除防盗模块数据传输错误标志。

命令

表 125.CLEAR_IMMO_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-------|------|
| 0x03 | 0x68 | IMMOC | CRC8 |

IMMOC:

IMMOC 指定要清除的防盗模块数据传输错误标志。

表 126.IMMOC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|---|------------------|
| 7 至 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | SC_OVRDRV | W | | Immo RX ADC 超速状态 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

响应

表 127.CLEAR_IMMO_STATUS 响应

| | | | |
|------|------|------|------|
| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
| 0x03 | 0x68 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 128.CLEAR_IMMO_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|---------|------------|
| STAT | SF_PARI | MMOC 设置为 0 |

SET_IMMO_MASK

如果设置了防盗模块数据传输错误标志，SET_IMMO_MASK 将启用 INT 引脚的触发。

命令

表 129 SET_IMMO_MASK 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-------|------|
| 0x03 | 0x69 | IMMOM | CRC8 |

IMMOM:

如果设置了防盗模块数据传输错误标志，IMMOM 将提供掩码以启用 INT 引脚。防盗模块数据传输错误标志本身不受影响。

表 130.IMMOM（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|---|---------------------------------|
| 7 至 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | SM_OVRDRV | W | | 如果设置 imm RX ADC 超速状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

响应

表 131.SET_IMMO_MASK 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x69 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

天线参数

MEAS_ANT_IMP

MEAS_ANT_IMP 测量每个选定信道的天线参数阻抗 Z_{ANT} 和相移 PHA 。为此，启动增压转换器和左前驱动器。

在开始天线阻抗测量之前，低频驱动器的设置应与应用一致。

阻抗测量是在固定的驱动器电压 $VDR=20\text{ V}$ 下进行的。它从 30% 的驱动器占空比开始。

如果第一次测量的天线驱动器电流小于 250 mA，则驱动器占空比设置为 80% (图 12)。

使用确定的驱动器占空比确定天线驱动器电流峰值。如果峰值电流等于或大于 100 mA，且命令成功完成，则测量值存储在电池供电 RAM 中。这些值自动用于以下升压转换器设置。如果测得的最大天线驱动器电流低于 100 mA (例如，如果未连接天线)，则将 Z_{ANT} 和 PHA 设置为其重置值。

MEAS_ANT_IMP 完成后，设置操作状态标志 SF_IMPMEAS。这些值可以通过 GET_ANT_IMP 命令读取。

如果随后询问 SET_ANT_IMP 或 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED，则会覆盖先前通过 MEAS_AANT_IMP 测量的值

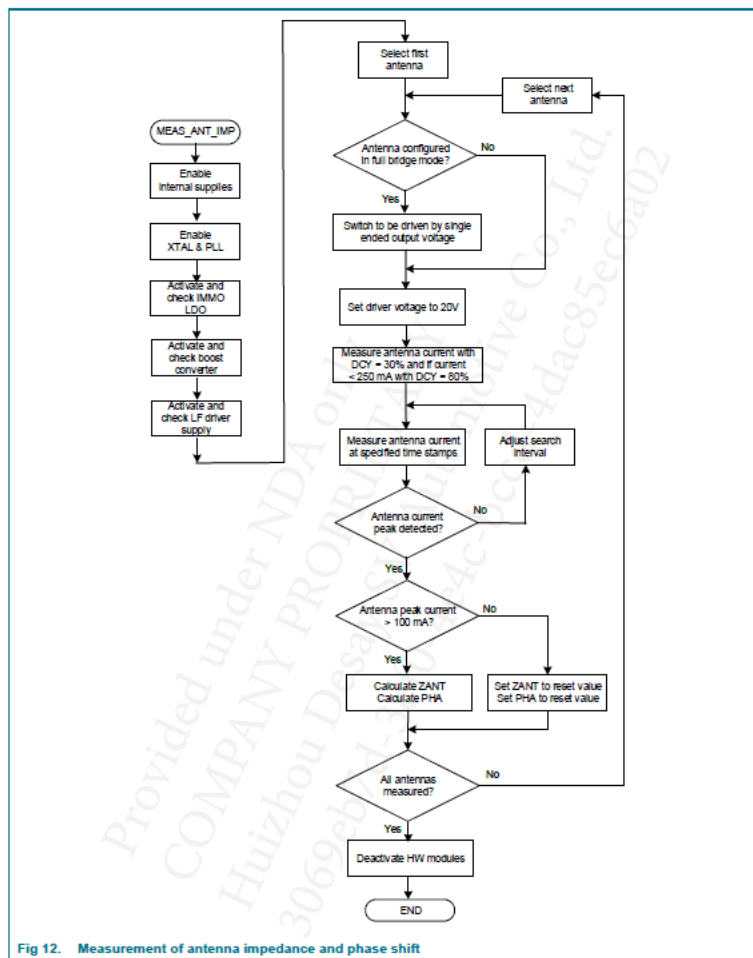


Fig 12. Measurement of antenna impedance and phase shift

10.1.1 命令

表 132.MEAS_ANT_IMP 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|--------------|------|
| 0x04 | 0x48 | DRP RFU | CRC8 |

DRP:

DRP 为天线阻抗测量选择低频驱动器。可以选择多个驱动程序。

响应

表 133.MEAS_ANT_IMP 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x48 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 134.MEAS_ANT_IMP 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|------------|---------------------------|
| STAT | SF_LAST_OP | 天线阻抗测量未执行，因为 VBAT 大于 18 V |

MEAS_ANT_IMP_ADVANCED

MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 测量每个选定通道的天线参数阻抗 ZANT 和相移 PHA。为此，启动增压转换器和左前驱动器。

阻抗测量是在驱动器电压 VDR 为 20 V 和 25 V，驱动器占空比 DCYDR 为 30%、50%、55% 和 75% 的情况下进行的。设备工作频率围绕标称工作频率 fC 变化，分辨率为 fC/256=488.28125 Hz。实现的算法以 112.5 kHz 的频率开始，并确定失谐量为 fC-25%到 fC+8% 的天线的阻抗。

MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 完成后，设置操作状态标志 SF_IMPMEAS（该标志与 MEAS_ANT_IMP 共享）。这些值可以通过 GET_ANT_IMP 或 GET_ANT_IMP_EFFECTIVE 读取。

在开始天线阻抗测量之前，低频驱动器设置（例如全桥模式）应与应用程序一致。

如果随后询问 SET_ANT_IMP 或 MEAS_ANT_IMP，则会覆盖先前通过 MEAS_AANT_IMP_ADVANCED 测量的值。

在询问 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 之前，请务必注意以下两个说明

1）每次设备冷启动后，必须发送带有以下参数的 CONFIG_ADVANCED（CONFIG_CHIRP 功能）：

o 配置_取消（0x12、0x02、0x02，0x01、0x05、0x08）

2）每次询问 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 之前，设备应进入和退出睡眠状态，例如通过以下 SPI 序列：

- o 执行 START_SLEEP（或 START_SLEEP_FORCED）
 - o 唤醒设备（例如通过 SCSN 转换）
 - o 执行 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED
- 注：在单天线操作中，MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 可以在之前不进入睡眠状态的情况下执行

命令

表 135.MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---------|------|
| 0x04 | 0xD5 | DRP DRN | CRC8 |

DRP、DRN：

DRP、DRN 为天线阻抗测量选择低频驱动器。可以选择多个驱动程序。

响应

表 136.MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0xD5 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 137.MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|------------|-------------------------------------|
| STAT | SF_LAST_OP | 天线阻抗测量未执行，因为 VBAT 大于 18 V 打开天线连接 |

SET_ANT_IMP

SET_ANT_IMP 设置升压转换器和 D 级占空比初始设置所需的天线阻抗值。天线参数集由电感 L、品质因数 Q 和失谐 DET 组成。

如果随后询问 MEAS_ANT_IMP 或 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED，则会覆盖以前通过 SET_ANT_IMP 进行的设置

命令

表 138 SET_ANT_IMP 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|-----|----|------|
|-----|-----|----|------|

LEN 0x49 {DRIDi Li Qi DETi} CRC8

DRIDi:
驱动器（通道）ID 标识为其分配参数集的低频通道。

Li:
Li 指定天线电感。

表 139.Li（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------|----|------|---------------------|
| 7 至 0 | L[7:0] | W | | 电感值 in H（步骤 a 10 H） |
| | | | 0x00 | 1*10=10 H |
| | | | 0x01 | 2*10=20 H |
| | | | ... | |
| | | | 0x8D | 142*10=1420 H |
| | | | 0x8E | 143*10=1430 H |
| | | | 0x8F | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFF | 保留供将来使用 |

Qi:
Qi 指定天线质量因子

表 140.Qi（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------|----|------|---------|
| 7 至 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 至 0 | Q[4:0] | W | | 质量系数 |
| | | | 0x00 | 1 个 |
| | | | 0x01 | 2 |
| | | | ... | |
| | | | 0x1E | 31 个 |
| | | | 0x1F | 32 个 |

DETi:
DETi 指定天线失谐。

表 141.DETi（复位值 0x80）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|------|---------------------------------|
| 7 至 0 | DET[7:0] | W | | 天线失谐($f=f_C/256=488.28125$ 赫兹) |
| | | | 0x00 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0x65 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x66 | $f_C-26* f$ |
| | | | 0x67 | $f_C-25* f$ |
| | | | ... | |

| | |
|------|----------|
| 0x7F | fC-1* f |
| 0x80 | fC+0* f |
| 0x81 | fC+1* f |
| ... | |
| 0x99 | fC+25* f |
| 0x9A | fC+26* f |
| 0x9B | 保留供将来使用 |
| ... | |
| 0xFF | 保留供将来使用 |

响应

响应延迟了计算天线阻抗 ZANT 和天线相移的计算时间。

表 142.SET_ANT_IMP 响应

| | | | | |
|-----|------|------|--------------------|------|
| LEN | CMD | 状态 | | CRC8 |
| 长度 | 0x49 | STAT | {DRIDi ZANTi PHAi} | CRC8 |

DRIDi:
驱动器（通道）ID 标识为其分配参数集的低频通道。

ZANTi:
ZANTi 指定天线阻抗。价值观 64 用正确的阻抗进行内部处理，而返回值设置为 0x7F。

表 143.ZANTi 重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|------|----------------|
| 7 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 6 至 0 | ZANT[6:0] | R | | 天线阻抗 |
| | | | 0x00 | 1*0.5 = 0.5 |
| | | | 0x01 | 2*0.5 = 1 |
| | | | 0x02 | 3*0.5 = 1.5 |
| | | | ... | |
| | | | 0x7E | 127*0.5 = 63.5 |
| | | | 0x7F | >= 64 |

PHAi:
PHAi 指定天线相移。

表 144.PHAi（重置值 0x80）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|------|-------|
| 7 至 0 | PHA[7:0] | R | | 天线相移 |
| | | | 0x00 | -128° |
| | | | 0x01 | -127° |
| | | | ... | |
| | | | 0x7F | -1° |

| | |
|------|-------|
| 0x80 | 0° |
| 0x81 | +1° |
| ... | |
| 0xFE | +126° |
| 0xFF | +127° |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 145 SET_ANT_IMP 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|------------------------|
| STAT | SF_PAR | 级联帧数大于驱动器数级联帧集中重复 DRID |

GET_ANT_IMP

GET_ANT_IMP 读取天线阻抗值。

命令

表 146.GET_ANT_IMP 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---------|------|
| 0x04 | 0x4A | DRP RFU | CRC8 |

DRP:
DRP 选择 LF 驱动器。可以选择多个驱动程序。

响应

该命令返回请求的实际天线阻抗值。如果有要求阻抗值未被设置或测量更改，将返回默认值。

表 147.GET_ANT_IMP 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|-----|------|-------------------------|------|
| LEN | 0x4A | STAT {DRIDi ZANTi PHAi} | CRC8 |

DRIDi:
驱动器（通道）ID 标识检索参数集的低频通道

ZANTi:
ZANTi 指定天线阻抗。价值观 64 用正确的阻抗进行内部处理，而返回值设置为 0x7F。

如果检测到天线 i 打开，则返回值 ZANTi=0x00 和 PHAi=0x80。

表 148.ZANTi（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|------|------------------|
| 7 | RFU | R0 | | 保留供将来使用 |
| 6 至 0 | ZANT[6:0] | R | | 天线阻抗 |
| | | | 0x00 | $1*0.5 = 0.5$ |
| | | | 0x01 | $2*0.5 = 1$ |
| | | | 0x02 | $3*0.5 = 1.5$ |
| | | | ... | |
| | | | 0x7E | $127*0.5 = 63.5$ |
| | | | 0x7F | ≥ 64 |

PHAi:

PHAi 指定天线相移。

表 149.PHAi（重置值 0x80）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|------|-------|
| 7 至 0 | PHA[7:0] | R | | 天线相移 |
| | | | 0x00 | -128° |
| | | | 0x01 | -127° |
| | | | ... | |
| | | | 0x7F | -1° |
| | | | 0x80 | 0° |
| | | | 0x81 | +1° |
| | | | ... | |
| | | | 0xFF | +127° |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

GET_ANT_IMP_EFFECTIVE

GET_ANT_IMP_EFFECTIVE 读取有效天线阻抗值（包括天线阻抗 ZANT 和驱动器输出电阻 RDR）和有效天线相移值

命令

表 150.GET_ANT_IMP_EFFECTIVE 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---------|------|
| 0x04 | 0xD4 | DRP DRN | CRC8 |

DRP、DRN:

DRP、DRN 选择左前驱动器。可以选择多个驱动程序。

响应

该命令返回请求的实际有效天线阻抗值。如果设置或测量未更改请求的阻抗值，则返回默认值。

表 151.GET_ANT_IMP_EFFECTIVE 响应

| | | | | |
|-----|------|------|--------------------------------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | | CRC8 |
| 长度 | 0xD4 | STAT | {DRIDi ZANTEFFi PHAEFFi_L PHAEFFi_H} | CRC8 |

DRIDi:

驱动器（通道）ID 标识检索参数集的低频通道。

ZANTEFFi:

ZANTEFFi 指定有效天线阻抗幅值。价值观 $\geq 128\ \Omega$ 用正确的阻抗在内部处理，而返回值设置为 0xFF。

如果检测到天线 i 打开（之前通过询问 START_DIAG），则返回值 ZANTEFFi=0x0A 和 PHAEFFi=0x%400

表 152.ZANTEFFi（重置值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------|----|------|-----------------------------|
| 7 至 0 | ZANTEFF[7:0] | R | | 有效天线阻抗 |
| | | | 0x00 | $1*0.5\Omega=0.5$ |
| | | | 0x01 | $2*0.5\Omega=1.0$ |
| | | | 0x02 | $3*0.5\Omega=1.5\Omega$ |
| | | | ... | |
| | | | 0xFE | $255*0.5\Omega=127.5\Omega$ |
| | | | 0xFF | $\geq 128\ \Omega$ |

PHAEFFi:

PHAEFFi 指定有效天线相移。

表 153.PHAEFFi（重置值 0x0400）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|---------|--------------|----|-------|---|
| 15 至 11 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 10 至 0 | PHAEFF[10:0] | W | | 有效天线相移（与矩形驱动器电压中心有关） $= 90^{\circ}/1024 = 0.08789^{\circ}$ |
| | | | 0x000 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x001 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 0x004 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x005 | -1019* |
| | | | 0x006 | -1018* |

| | |
|-------|---------------------|
| ... | |
| 0x3FE | -2 个* |
| 0x3FF | -1 个* |
| 0x400 | 0 个* (0°, 无失谐) |
| 0x401 | 1 个* |
| 0x402 | 2 个* |
| ... | |
| 0x7FA | 1018 型* |
| 0x7FB | 1019 型* |
| 0x7FC | 保留供将来使用 |
| ... | |
| 0x7FF | 保留供将来使用 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

设备保护

GET_PROT_STATUS

GET_PROT_STATUS 读取设备保护标志。

命令

表 154.GET_PROT_STATUS 命令

| | | |
|------|------|------|
| LEN | CMD | CRC8 |
| 0x02 | 0x58 | CRC8 |

响应包含设备保护标志。如果在相应块中未检测到故障，则在相应参数中返回零。

响应

表 155.GET_PROT_STATUS 响应

| | | | | |
|------|------|------|----------------|------|
| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
| 0x06 | 0x58 | STAT | PROTF DRPF RFU | CRC8 |

PROTF:

保护标志寄存器 PROTF 发出由相应块生成的待定故障信号。任何写访问都将被忽略。

表 156. PROTf (重置值 0x00)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|--------|----------------------|
| 7 至 5 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 4 | SF_DRSUP | R | 0 1 | 驱动器电源状态 无故障 故障 |
| 3 | SF_BC | R | 0 1 | 升压转换器状态 无故障 故障 |
| 2 | SF_TEMPOV | R | 0 1 | 超温状态 无故障 故障 |
| 1 | SF_BATUN | R | 0 1 | 电池欠压状态 无故障 故障 |
| 0 | SF_BATOV | R | 0 1 | 电池过压状态 无故障 故障 |

DRPF:

DRPF 表示 LF 驱动器保护状态标志寄存器。

表 157. DRPF (复位值 0x00)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|--------|-----------------------|
| 7 和 6 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 5 | SF_DR6P | R | 0 1 | LF 驱动器 6 无故障 故障 |
| 4 | SF_DR5P | R | 0 1 | LF 驱动器 5 无故障 故障 |
| 3 | SF_DR4P | R | 0 1 | LF 驱动器 4 无故障 故障 |
| 2 | SF_DR3P | R | 0 1 | LF 驱动器 3 无故障 故障 |
| 1 | SF_DR2P | R | 0 1 | LF 驱动器 2 无故障 故障 |
| 0 | SF_DR1P | R | 0 1 | LF 驱动器 1 无故障 故障 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CLEAR_PROT_STATUS

CLEAR_PROT_STATUS 清除标记的状态标志。

命令

表 158.CLEAR_PROT_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|----------------|------|
| 0x05 | 0x59 | PROTC DRPC RFU | CRC8 |

PROTC:
PROTC 清除状态标志

表 159.PROTC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|--------|-----------------|
| 7 至 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 | SC_DRSUP | W | 0 1 | 驱动器电源状态 清除标志 |
| 3 | SC_BC | W | 0 1 | 升压转换器状态 清除标志 |
| 2 | SC_TEMPOV | W | 0 1 | 超温状态 清除标志 |
| 1 | SC_BATUN | W | 0 1 | 电池欠压状态 清除标志 |
| 0 | SC_BATOV | W | 0 1 | 电池过压状态 清除标志 |

DRPC:
DRPC 指定要清除哪些标志的驱动程序

表 160.DRPC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----|----|---|---------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |

| | | | |
|---|-----------|---|----------|
| 5 | SC_DR6P W | | LF 驱动器 6 |
| | | 0 | 无更改 |
| 4 | SC_DR5P W | 1 | 清除标志 |
| | | 0 | 无更改 |
| 3 | SC_DR4P W | 1 | 清除标志 |
| | | 0 | 无更改 |
| 2 | SC_DR3P W | 1 | 清除标志 |
| | | 0 | 无更改 |
| 1 | SC_DR2P W | 1 | 清除标志 |
| | | 0 | 无更改 |
| 0 | SC_DR1P W | 1 | 清除标志 |
| | | 0 | 无更改 |

响应

表 161.CLEAR_PROT_STATUS 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x59 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 162.CLEAR_PROT_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|-----------------------|
| STAT | SF_PAR | 所有 PROTC 和 DRPC 设置为 0 |

SET_PROT_MASK

如果设置了设备保护标志，SET_PROT_MASK 将启用 INT 引脚的触发。如果设置了任何标志，则 INT 引脚设置为“高”（如果已配置）。

命令

表 163 SET_PROT_MASK 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|----------------|------|
| 0x05 | 0x5A | PROTM DRPM RFU | CRC8 |

PROTM:

如果设置了设备保护标志，PROTM 提供掩码以启用 INT 引脚。保护标志本身不受影响

表 164. PROTM (重置值 0x00)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|---|-------------------------|
| 7 至 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 | SM_DRSUP | W | | 如果设置了驱动器电源状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 | SM_BC | W | | 如果设置了升压转换器状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 2 | SM_TEMPOV | W | | 如果设置了过温状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 1 | SM_BATUN | W | | 如果设置了电池欠压状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 0 | SM_BATOV | W | | 如果设置了电池过压状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

DRPM:

SM_DRiP 屏蔽 LF 驱动程序的状态标志。

表 165. DRPM (复位值 0x00)

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|---|--------------------------------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | SM_DR6P | W | | 如果设置了 LF 驱动器 6 状态标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 4 | SM_DR5P | W | | 如果设置了 LF 驱动器 5 状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 | SM_DR4P | W | | 如果设置了 LF 驱动器 4 状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

| | | | | |
|---|---------|---|---|------------------------------|
| 2 | SM_DR3P | W | | 如果设置了 LF 驱动器 3 状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| 1 | SM_DR2P | W | 1 | 启用 |
| | | | 0 | 禁用 |
| 0 | SM_DR1P | W | 1 | 启用 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

响应

表 166.SET_PROT_MASK 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x5A | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

设备诊断

START_DIAG

START_DIAG 启动功率级诊断，检查增压转换器、低频驱动器和天线。
诊断顺序如图 13 所示。完成后，设置操作状态标志 SF_DIAG

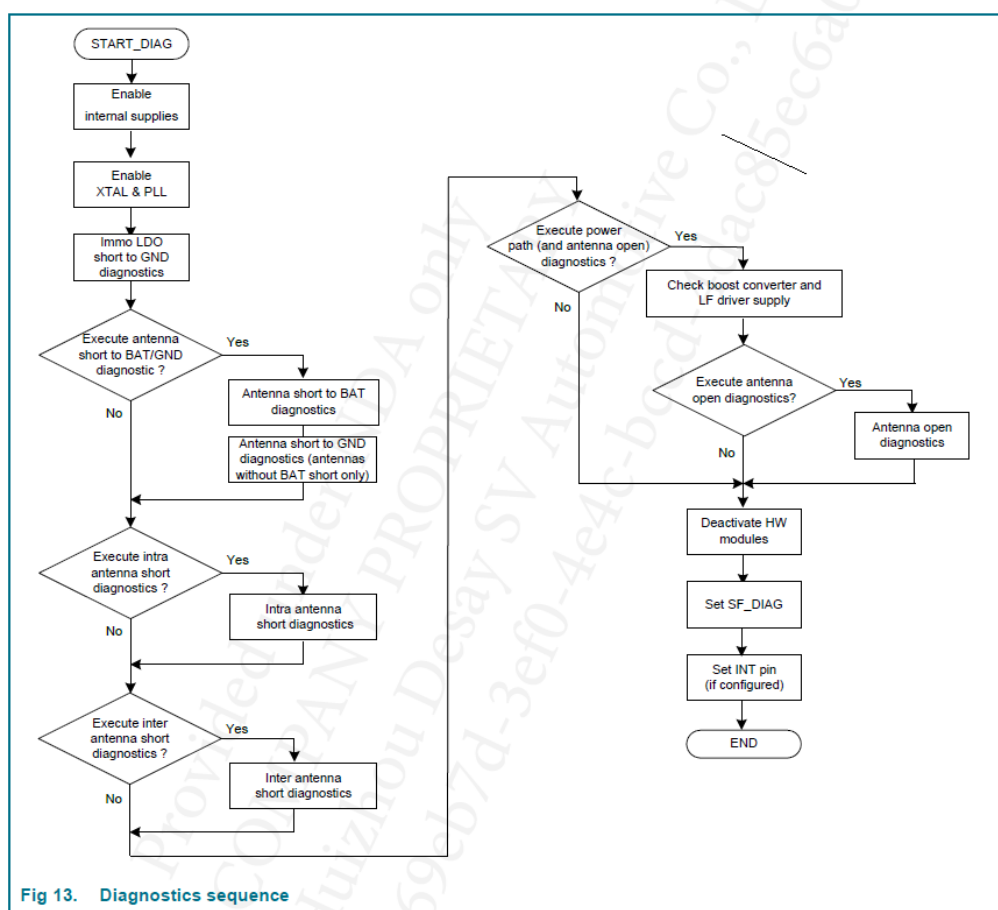


Fig 13. Diagnostics sequence

如果检测到故障，则尽可能继续执行诊断顺序，以确定一个诊断顺序中的多个故障

如果在询问 **START_DIAG** 命令之前未清除诊断状态标志，则会保留以前诊断命令中的故障指示（状态标志中的“1”），同时添加新检测到的故障。

如果为低频天线驱动器设置了诊断状态标志，则在重置诊断状态标志之前，不会在此驱动器上执行进一步的诊断操作。

如果在一个诊断步骤中发生错误，所有涉及前一步骤功能的连续步骤都将被忽略，相关标志保持其设置。

示例 1

如果“启用 XTAL 和 PLL 以及内部电源，检查 IMM LDO 输出是否存在 DC 对 GND 短路”的检查返回“1”（故障），所有连续检查都将被忽略，因此这些标志不会被修改。

示例 2

如果检测到天线 1 与 GND 短路，则不会执行天线 1 的所有其他检查（驾驶员 1 可能会受到损坏），因此驾驶员 1 的相应检查结果不会改变。

示例 3

所有直流短路、天线间和天线内检查以及升压转换器电源检查均为“通过”，并报告为“0”（无故障），低频驱动器电源检查失败，并报告回“1”（故障），不会执行任何交流驱动器“打开”检查（可能会损坏驱动器），因此，“打开”驱动程序检查的相应结果不会更改。

命令

表 167.START_DIAG 命令

| | | | |
|------|------|-----------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| 0x05 | 0x4C | DRP RFU DIAGPAR | CRC8 |

DRP:

DRP 指定诊断驱动程序

表 168.DIAGPAR（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|----|------------------------------|
| 7 至 6 | SHTTIME | W | | 用于检测天线短路的时间 |
| | | | 00 | 400μs/800μs |
| | | | 01 | 100μs/200μs |
| | | | 10 | 200μs/400μs |
| | | | 11 | 保留供将来使用 |
| 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 | OPN | W | | 选择交流天线开路诊断 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 | 电源 | W | | 选择电源路径诊断（增压转换器和 LF 驱动器电源诊断） |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 2 | SHTINTER | W | | 选择低频驱动器直流天线间短路诊断 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 1 | SHTINTRA | W | | 选择低频驱动器直流天线内部短路诊断 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 0 | SHTBATGND | W | | 选择 LF 驱动器 DC 对 VBAT/GND 短路诊断 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

SHTTIME:

SHTTIME 确定激活专用直流电流源以检测对地或 BAT 短路以及天线之间短路的时间。总诊断时间取决于 SHTTIME 设置。第一次用于接地短路测试和 BAT 短路测试，第二次用于每个指定驾驶员的内部/内部短路测试。

OPN:

设置 OPN 将选择 AC 天线打开诊断。请注意，必须同时设置 POWER。

POWER:

启动电源路径诊断需要至少选择一个有效的驱动程序。如果未选择驱动程序，则在命令响应中设置 SF_标准杆数。

SHTINTRA:

SHTINTRA 可检测同一天线的低频驱动器输出 TxiP 和 TxiN 之间的短路。

SHTINTER:

SHTINTER 可检测不同天线的低频驱动器输出 TxiP/N 和 TxiiP/N 之间的短路

响应

表 169.START_DIAG 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x4C | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 170.START_DIAG 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|-------------------------------------|
| STAT | SF_PAR | 使用命令时，未选择至少一个有效的驱动器 OPN，未同时设置 POWER |

GET_DIAG_STATUS

GET_DIAG_STATUS 读取诊断标志。

命令

表 171.GET_DIAG_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---------|------|
| 0x04 | 0x4D | DRP RFU | CRC8 |

响应

表 172.GET_DIAG_STATUS 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
|-----|------|------|--------------------|------|
| 长度 | 0x4D | STAT | SUPF{DRIDi DIAGFi} | CRC8 |

SUPF:

SUPF 包含增压转换器和左前驱动器电源的诊断结果

表 173.SUPF（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------|----|---|-----------------|
| 7 至 2 | RFU | R0 | | 保留供将来使用 |
| 1 | SF_DIAGDRSUP | R | 0 | 设备电源诊断结果 无故障 |
| | | | 1 | 故障 |
| 0 | SF_DIAGBC | R | | 增压转换器诊断结果 |

| | |
|---|-----|
| 0 | 无故障 |
| 1 | 故障 |

SF_DIAGDRSUP

- 如果以下诊断步骤之一失败，则设置 SF_DIAGDRSUP
- 启用内部供应
 - 启用 XTAL 和 PLL
 - IMMO LDO 对地短路诊断
 - 检查低频驱动器电源
- 有三种情况需要伪装：
- 如果在启用内部电源、XTAL 和 PLL 时或在 imm LDO 对地短路诊断期间检测到故障，则忽略后续天线和电源路径诊断（如果选择）。
 - 如果在低频驱动器电源检查期间检测到故障，则天线对 BAT/GND 短路诊断(如果选择)、天线内短路诊断（如选择）和天线间短路诊断（若选择）的结果仍然有效，同时忽略电源路径诊断序列（如选择）和天线打开诊断（如选定）。
 - 如果在以前的诊断运行中设置了 SF_DIAGDRSUP，并且应用程序没有重置标志，则忽略完整的天线和电源路径诊断序列（如果选择）。

SF_DIAGBC

如果升压转换器的检查失败，则设置 SF_DIAGBC。在这种情况下，将忽略后续天线打开诊断（如果选择）。

DRIDi、DIAGFi:

DIAGFi 包含各个 LF 驱动器 DRIDi 的诊断结果。

表 174.DIAGFi（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|---|--------------|
| 7 至 4 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 3 | SF_SHTANT | R | | Tx 内部或内部天线短路 |
| | | | 0 | 无故障 |
| | | | 1 | 故障 |
| 2 | SF_OPN | R | | Tx 开放天线连接 |
| | | | 0 | 无故障 |
| | | | 1 | 故障 |
| 1 | SF_SHTBAT | R | | Tx 对电池短路 |
| | | | 0 | 无故障 |
| | | | 1 | 故障 |
| 0 | SF_SHTGND | R | | Tx 对地短路 |
| | | | 0 | 无故障 |
| | | | 1 | 故障 |

如果以前的诊断运行或实际的诊断运行为驱动程序 i 设置了任何标志 SF_SHTANTi、SF_OPNi、SF_SHTBATi 或 SF_SHTGNDi，则在清除此驱动程序的所有错误标志之前，不会对驱动程序 i 执行进一步的检查。

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

CLEAR_DIAG_STATUS

CLEAR_DIAG_STATUS 清除所选诊断状态标志。

命令

表 175.CLEAR_DIAG_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|--------------------|------|
| 长度 | 0x4E | SUPC{DRIDi DIAGCi} | CRC8 |

SUPC:

SUPC 根据设置清除增压转换器和低频驱动器电源的状态标志

表 176.SUPC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------------|----|---|---------------|
| 7 至 2 | RFU | WO | | 保留供将来使用 |
| 1 | SC_DIAGDRSUP | W | | ClassD*电源故障标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 0 | SC_DIAGBC | W | | Boost 转换器故障标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

DIAGCi（诊断）:

DIAGCi 根据设置清除相应 LF 驱动器 DRIDi 的诊断标志。

表 177.DIAGCi（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-----------|----|---|--------------|
| 7 至 4 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 3 | SC_SHTANT | R | | Tx 内部或内部天线短路 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 2 | SC_OPN | R | | Tx 开放天线连接标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 1 | SC_SHTBAT | R | | Tx 对电池短路标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

| | | | |
|---|-----------|---|----------|
| 0 | SC_SHTGND | R | Tx 短接地标志 |
| | | | 0 无更改 |
| | | | 1 清除标志 |

响应

表 178.CLEAR_DIAG_STATUS 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x4E | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 179.CLEAR_DIAG_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|--|
| STAT | SF_PAR | 如果忽略 DRIDi 和 DIAGCi, 则 SUPC 设置为 0。所有 SUPC 和 DIAGCi 设置为 0 级联帧集中的重复 DRID |

SPI 接口

CONFIG_SPI

CONFIG_SPI 配置 SPI 接口。

命令

表 180.CONFIG_SPI 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-----------------|------|
| 0x04 | 0xF1 | SPI_TIMEOUT RFU | CRC8 |

SPI_TIMEOUT（SPI_TIMEOUT）:

保留用于检测 SPI 接收错误的时间。超时计数器在以下时间后激活接收长度 LEN 并在接收 LEN 字节后停止。经过后，接收接口将重置，而不通知主机。

表 181.SPI_TIMEOUT（重置值 0xFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-------------|----|------|-----------|
| 7 到 0 | SPI_TIMEOUT | W | | 检测接收错误的时间 |
| | | | 0x00 | 无超时 |

| | |
|------|-----------------|
| 0x01 | 1*1 毫秒=1 毫秒 |
| ... | |
| 0xFF | 255*1 毫秒=255 毫秒 |

响应

表 182.CONFIG_SPI 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0xF1 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

ECHO_SPI

ECHO_SPI 检查 SPI 接口的正确操作。

命令

表 183.ECHO_SPI 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|-----|------|---------|------|
| LEN | 0x01 | {DATAi} | CRC8 |

DATAi:

DATAi 包含要从设备回显的数据。数据字节数应大于 0。从总帧长度计算。

LEN 必须考虑包含回显数据的响应额外提供 STAT 字节,这意味着数据字节数 DATAi 不得超过 252 字节

响应

表 184.ECHO_SPI 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
|-----|------|------|---------|------|
| 长度 | 0x01 | STAT | {DATAi} | CRC8 |

DATAi:

DATAi 包含回显的数据字节。

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 185.ECHO_SPI 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|--------------------|
| STAT | SF_PAR | 要回显的数据字节数为 0 或>252 |

唤醒端口

CONFIG_WUP

CONFIG_WUP 配置唤醒端口。端口引脚唤醒功能在命令执行期间和命令响应发送之前激活。可以通过将 WUPEN 设置为 0x00 来关闭端口引脚唤醒功能

命令

表 186.CONFIG_WUP 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---|------|
| 0x09 | 0x10 | WUPEN WUPEDG WUPDEB WUPVAL WUPPRIO1 WUPPRIO2 WUPPRIO3 | CRC8 |

WUPEN:

WUPEN 启用或禁用端口引脚唤醒功能

表 187.WUPEN（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|--------|----|---|---------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | WUP6EN | W | | 端口 6 唤醒 |
| | | | 0 | 已禁用 |
| | | | 1 | 已启用 |
| 4 | WUP5EN | W | | 端口 5 唤醒 |
| | | | 0 | 已禁用 |
| | | | 1 | 已启用 |
| 3 | WUP4EN | W | | 端口 4 唤醒 |
| | | | 0 | 已禁用 |
| | | | 1 | 已启用 |
| 2 | WUP3EN | W | | 端口 3 唤醒 |
| | | | 0 | 已禁用 |
| | | | 1 | 已启用 |

| | | | |
|---|--------|---|---------|
| 1 | WUP2EN | W | 端口 2 唤醒 |
| | | 0 | 已禁用 |
| | | 1 | 已启用 |
| 0 | WUP1EN | W | 端口 1 唤醒 |
| | | 0 | 已禁用 |
| | | 1 | 已启用 |

WUPEDG:

WUPEDG 指定设备唤醒的信号边缘。

表 188.WUPEDG（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|---|-------------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | WUP6EDG | W | | 端口 6 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |
| 4 | WUP5EDG | W | | 端口 5 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |
| 3 | WUP4EDG | W | | 端口 4 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |
| 2 | WUP3EDG | W | | 端口 3 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |
| 1 | WUP2EDG | W | | 端口 2 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |
| 0 | WUP1EDG | W | | 端口 1 唤醒边缘选择 |
| | | | 0 | 下降沿 |
| | | | 1 | 上升沿 |

WUPDEB, WUPVAL:

WUPDEB 和 WUPVAL 指定输入信号的额外去抖时间。在以下描述中，根据唤醒边缘配置（下降/上升），必须考虑反向极性。

首先，必须在下降/上升沿之后以及经过唤醒输入过滤器时间 t_{WUP} 、wake 之后检测 WUP 输入上的有效唤醒事件。如果设备处于 SLEEP 或 POLLING 状态，则嵌入的 控制器在 t_{MRK3} 、WAKE（图 14）时间内唤醒，设备转换为 IDLE 状态。如果设备已经处于 IDLE 状态，则保持该状态（图 15）。

接下来，启动脱抖定时器。在配置的去抖时间 t_{WUPDEB} 后，设备检查低/高电平。

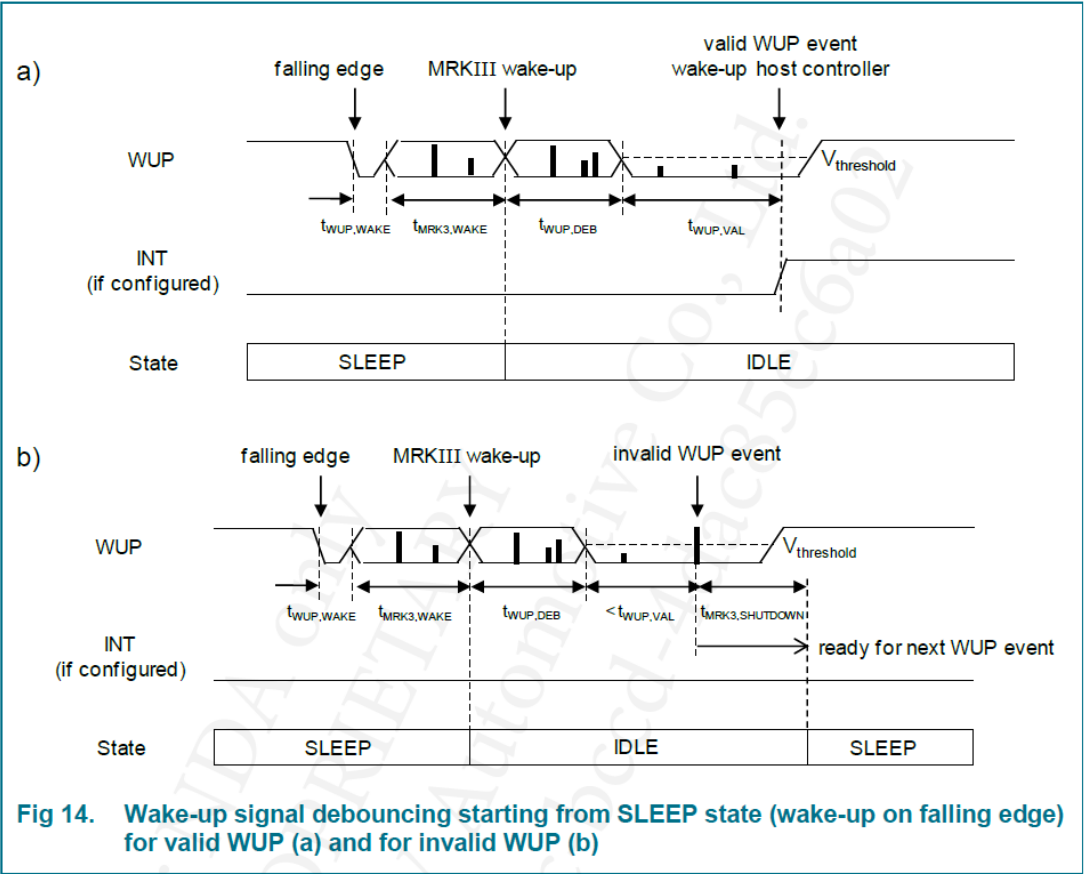
如果此检查成功，将启动验证计时器。如果在达到时间 t_{WUP} ，VAL 之前，信号始终低于/高于低/高电平阈值，则唤醒信号分类为有效，并设置 SF_WUPi 标志。此外，如果配置，则设置 INT 引脚。

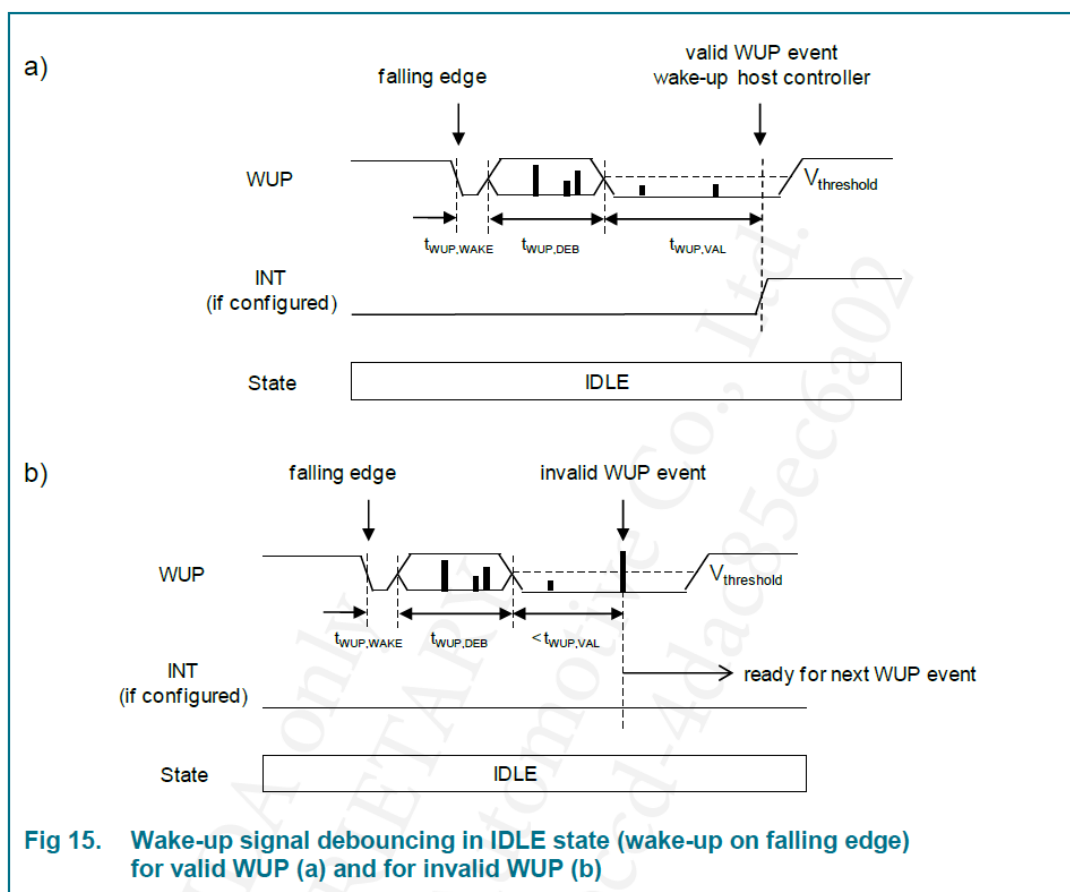
如果在达到 t_{WUP} ，VAL 时间之前信号变高/变低，则唤醒信号将被分类为无效，且未设

置 SF_WUPi 标志。之后立即激活新 WUP 事件的检测。

如果 WUP 事件是在 SLEEP 或 POLLING 状态下触发的，则在有效 WUP 事故发生后，设备将处于 IDLE 状态，而在无效 WUP 事件发生时，设备将分别重新进入 SLEEP 状态或 POLLIN 状态

若值 WUPDEB 和 WUPVAL 都设置为 0，则输入信号的附加去抖和验证被停用





如果 WUPDEB 或 WUPVAL 设置为不同于 0 的值，并且设备未处于 SLEEP 或 POLLING 状态，由于高优先级固件计算可能导致延迟，外部唤醒低脉冲必须比唤醒信号去抖动和验证的配置时间总和至少长 5 ms。在这些情况下，在执行 MEAS_ANT_IMP 或 START_DIAG 命令期间不会处理 WUP 事件

表 189.WUPDEB（重置值 0x10）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-------------|----|------|------------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 至 0 | WUPDEB[5:0] | W | | WUP 脱抖时间间隔 |
| | | | 0x00 | 0*1=0 毫秒 |
| | | | 0x01 | 1*1=1 毫秒 |
| | | | ... | |
| | | | 0x3F | 63*1=63 毫秒 |

表 190.WUPVAL（重置值 0x1E）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|-------------|----|------|---------------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 到 0 | WUPVAL[5:0] | W | | WUP 有效检查的时间间隔 |
| | | | 0x00 | 0*1=0 毫秒 |
| | | | 0x01 | 1*1=1 毫秒 |
| | | | ... | |

WUPPRIO:

WUPPRIO 指定 WUP 处理的优先级。

如果在开始发送第一个 WUP 的 LF 信号之前触发了 WUP 并且识别了第二个（或更多）WUP，则 WUP 将按照其优先级的顺序提供服务，从优先级 7 开始，降序至优先级 0。

如果两个（或更多）WUP 配置为具有相同的优先级，则会根据其数量提供 WUP，从优先级最高的 WUP1 开始，直到优先级最低的 WUP6

表 191.WUPPRIO1（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|------|-----------|
| 7 至 4 | WUP6PRIO[3:0] | W | | WUP6 优先级 |
| | | | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0110 | 优先级 6 |
| | | | 0111 | 优先级 7（最高） |
| | | | 1000 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 1111 | 保留供将来使用 |
| | | | | WUP5 优先级 |
| 3 到 0 | WUP5PRIO[3:0] | W | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0110 | 优先级 6 |
| | | | 0111 | 优先级 7（最高） |
| | | | 1000 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 1111 | 保留供将来使用 |
| | | | | |
| | | | | |

表 192.WUPPRIO2（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|------|-----------|
| 7 至 4 | WUP4PRIO[3:0] | W | | WUP4 优先级 |
| | | | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0110 | 优先级 6 |
| | | | 0111 | 优先级 7（最高） |
| | | | 1000 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 1111 | 保留供将来使用 |
| | | | | WUP3 优先级 |
| 3 到 0 | WUP3PRIO[3:0] | W | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |

| | |
|------|-----------|
| | ... |
| 0110 | 优先级 6 |
| 0111 | 优先级 7（最高） |
| 1000 | 保留供将来使用 |
| ... | |
| 1111 | 保留供将来使用 |

表 193.WUPPRIO3（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------------|----|------|-----------|
| 7 至 4 | WUP2PRIO[3:0] | W | | WUP2 优先级 |
| | | | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0110 | 优先级 6 |
| | | | 0111 | 优先级 7（最高） |
| | | | 1000 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 1111 | 保留供将来使用 |
| 3 到 0 | WUP1PRIO[3:0] | W | | WUP1 优先级 |
| | | | 0000 | 优先级 0（最低） |
| | | | 0001 | 优先级 1 |
| | | | ... | |
| | | | 0110 | 优先级 6 |
| | | | 0111 | 优先级 7（最高） |
| | | | 1000 | 保留供将来使用 |
| | | | ... | |
| | | | 1111 | 保留供将来使用 |

响应

表 194.CONFIG_WUP 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x10 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

GET_WUP_STATUS

GET_WUP_STATUS 读取唤醒标志。如果设置了标志，则 INT 引脚设置为“高”（如果已配置）。只要设置了 WUP 状态标志，就不会识别该引脚上的新 WUP 事件。

命令

表 195.GET_WUP_STATUS 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x13 | CRC8 |

响应包含唤醒标志。如果在相应的块中未识别到唤醒，则在相应的参数中返回零。

响应

表 196.GET_WUP_STATUS 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|------|------|
| 0x04 | 0x13 | STAT | WUPF | CRC8 |

WUPF:

唤醒状态标志寄存器 WUPF 表示由相应唤醒输入（WUP1 到 WUP6）生成的等待唤醒事件。任何写访问都将被忽略。

表 197.WUPF（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|---|-----------|
| 7 和 6 | RFU | R0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | SF_WUP6 | R | | 端口 6 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |
| 4 | SF_WUP5 | R | | 端口 5 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |
| 3 | SF_WUP4 | R | | 端口 4 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |
| 2 | SF_WUP3 | R | | 端口 3 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |
| 1 | SF_WUP2 | R | | 端口 2 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |
| 0 | SF_WUP1 | R | | 端口 1 唤醒状态 |
| | | | 0 | 无唤醒 |
| | | | 1 | 醒来 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

CLEAR_WUP_STATUS

CLEAR_WUP_STATUS 清除标记的唤醒状态标志。

命令

表 198.CLEAR_WUP_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x14 | WUPC | CRC8 |

WUPC:

指定要清除的唤醒标志

表 199.WUPC（重置值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|---|-----------|
| 7 至 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | SC_WUP6 | W | | 端口 6 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 4 | SC_WUP5 | W | | 端口 5 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 3 | SC_WUP4 | W | | 端口 4 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 2 | SC_WUP3 | W | | 端口 3 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 1 | SC_WUP2 | W | | 端口 2 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 0 | SC_WUP1 | W | | 端口 1 唤醒标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

响应

表 200.CLEAR_WUP_STATUS 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x14 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 201.CLEAR_WUP_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|------------|
| STAT | SF_PAR | WUPC 设置为 0 |

SET_WUP_MASK

如果设置了唤醒事件，SET_WUP_MASK 将启用 INT 引脚的触发。

命令

表 202.SET_WUP_MASK 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x15 | WUPM | CRC8 |

WUPM:

WUPM 提供掩码，以便在发生唤醒事件时启用 INT 引脚。唤醒状态标志本身不受影响。

表 203.WUPM（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|---------|----|---|---------------------------|
| 7 和 6 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 5 | SM_WUP6 | W | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 4 | SM_WUP5 | W | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 | SM_WUP4 | W | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 2 | SM_WUP3 | W | | 如果设置了端口 3 唤醒状态，则设置 INT 引脚 |

| | | | | |
|---|---------|---|---|---------------------------|
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 1 | SM_WUP2 | W | | 如果设置了端口 2 唤醒状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 0 | SM_WUP1 | W | | 如果设置了端口 1 唤醒状态，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

响应

表 204.SET_WUP_MASK 响应

| LEN | CMD | 状态 | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x15 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

WUP 事件触发的轮询

CONFIG_WUP_POLLING

CONFIG_WUP_POLLING 配置设备以处理端口引脚（WUP1-WUP6）上的端口唤醒事件，并在不与主机控制器交互的情况下触发 LF 传输。

最多支持 3 个 LF 驱动器的同时操作。可以在驾驶员激活之间配置等待时间。根据参数的数量，必须相应地采用参数 LEN。

由于一致性检查，应在配置驱动程序和数据后使用命令 CONFIG_WUP_POLLING。

WUP 轮询在命令响应发送后开始。通过将 WUPEN 设置为 0x00，可以通过 CONFIG_WUP 命令关闭 WUP 轮询。

如果在 WUP 事件触发的轮询期间调用 STOP_LF_TRANSMIT，则停止所有挂起和正在进行的帧。WUP 去抖和验证继续进行，可能会在随后立即触发新的 LF 帧。

如果在配置 WUP 轮询时有任何 WUP 事件挂起且未清除，则会清除这些 WUP 活动。

如果启用 WUP 轮询后出现有效的 WUP 事件，则将启动配置的 LF 传输。之后，必须清除 WUP 事件，然后才能启动下一个 LF 传输

命令

该命令包含参数字节块，每个块包含识别 WUP 事件后要激活的驱动程序的标识符（DRPi）。暂停时间 PTIMEi 允许在两个驱动程序之间延迟激活不同的驱动程序。

需要注意的是，CONFIG_WUP_POLLING 的最大 SPI 帧长度限制为 68 字节（SPI 消息长度 LEN 为 67）。

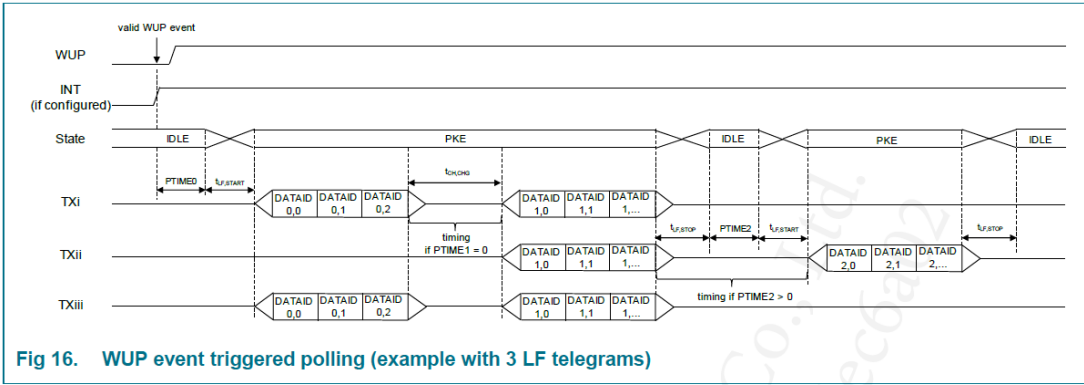
表 205.CONFIG_WUP_POLLING 命令

| | | | |
|-----|------|--|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0x51 | WUPIO{DRPi RFU LCDRPi 射频单元 PTIME_Li PTIME_Hi LENDATAIDi{DATAIDik}} | CRC8 |

要发送的 LF 电报可以具有灵活的长度。LF 电报数据被分割成之前通过命令 SET_LF_data 配置的数据段。可以通过相应的标识符 DATAIDik 选择每个段（图 16）。

LENDATAIDi 用于确定组成一个 LF 电报 i 的数据段数量。

如果设置了 PREAMB（命令 CONFIG_DEVICE），则每个配置的序列 i 都以标准 NXP 前导码和代码冲突模式开始，然后是指定数据段 DATAIDik 中配置的数据。如果未设置 PREAMB，则对于每个配置的序列 i，直接发送指定数据段 DATAIDik 中配置的数据



WUPIO:

WUPIO 选择唤醒端口以触发低频传输

表 206.WUPIO（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|------|----------|
| 7 至 3 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 2 到 0 | WUPIO[2:0] | W | | 要配置 WUP |
| | | | 0x00 | WUP 端口 1 |
| | | | 0x01 | WUP 端口 2 |
| | | | 0x02 | WUP 端口 3 |
| | | | 0x03 | WUP 端口 4 |
| | | | 0x04 | WUP 端口 5 |
| | | | 0x05 | WUP 端口 6 |
| | | | 0x06 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x07 | 保留供将来使用 |

注：如果为 WUP 轮询配置了一次通道，则随后会根据实际设置触发 LF 传输，直到发生 POR。

DRPi:

DRPi 选择低频驱动器。可以选择多个驱动程序。

LCDR*P*_i:

LCDR*P*_i 选择与主驱动器并行激活的低电流低频驱动器。
之前通过 CONFIG_LC_DRIVER 命令指定用于所选通道的低电流值。

PTIME*i*:

PTIME*i* 指定激活驱动程序之间的暂停时间。请注意，设备在暂停期间不会进入睡眠状态。

表 207.PTIME*i*（复位值 0x0000）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|-------------|----|--------|--------------------------|
| 15 至 0 | PTIME[15:0] | W | | 激活驱动程序之间的暂停时间（步骤 a 1 ms） |
| | | | 0x0000 | 0*1=0 毫秒 |
| | | | 0x0001 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x0002 | 2*1 毫秒=2 毫秒 |
| | | | 0x0003 | 3*1 毫秒=3 毫秒 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFFFF | 65535*1 毫秒=65535 毫秒 |

PTIME*i* 来自一个持续运行的计时器，提供 1 毫秒的滴答声。由于计时器未与 PTIME*i* 同步，因此设置值 PTIME*i* 会导致有效暂停，暂停时间介于（PTIME*i*-1）ms 和 PTIME*i*-ms 之间。
实例

将 PTIME*i* 设置为 0x0006（6 ms），得到的有效暂停介于 5 ms 和 6 ms 之间。
需要注意的是，根据 PTIME*i* 的值（大于或等于 0），必须添加以下时间，以获得激活之间的完全暂停
驱动程序

- PTIME*i*=0:tCH, CHG
- PTIME*i*>0:tLF、START、tLF 和 STOP

LENDATAID*i*, DATAID*k*:

要发送的 LF 电报可以具有灵活的长度，因此必须通过 LENDATAID*i* 指定建立电报 *i* 的数据段的数量。LF 电报数据本身存储在之前通过命令 SET_LF_data 配置的数据段中，并通过 DATAID*k* 选择。

响应

表 208.CONFIG_WUP_POLLING 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x51 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 209.CONFIG_WUP_POLLING 状态标志

| | | |
|------|--------|------------------------------|
| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
| STAT | SF_PAR | 所选主要驱动程序的数量 0 或大于 3 |
| | | 未配置选定的 DATAID |
| | | LENDATAID _i 设置为 0 |
| | | 正常运行和低电流运行中使用的相同驱动器 |

定时器触发的轮询

CONFIG_TIMER_POLLING

CONFIG_TIMER_POLLING 配置定时器，用于根据预定义计划自动发送 LF 电报数据，无需与主机控制器交互。该命令允许配置不同的驱动程序，以便在相应的轮询时间到期后激活。

最多支持 3 个 LF 驱动器的同时操作。根据轮询方案，必须相应地采用参数 LEN。

由于一致性检查，只有在配置驱动程序和数据后才能使用命令 CONFIG_TIMER_POLLING。

命令

该命令包含参数字节块。每个块包含轮询时间到期后要激活的驱动程序的标识符 (DRPi)，以及用于指定轮询时间的参数 PTIME_i。

需要注意的是，CONFIG_TIMER_POLLING 的最大 SPI 帧长度限制为 131 字节 (SPI 消息长度 LEN 为 130)

表 210.CONFIG_TIMER_POLLING 命令

| | | | |
|-----|------|---|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| LEN | 0x52 | {DRPi RFU LCDR _{Pi} 射频单元 PTIME _{-Li} PTIME _{-Hi} LENDATAID _i {DATAID _{ik} }}CRC8 | |

要发送的 LF 电报可以具有灵活的长度。LF 电报数据被分割成之前通过命令 SET_LF_data 配置的数据段。可以通过相应的标识符 DATAID_{ik} 选择每个段 (图 17)。

LENDATAID_i 用于确定组成一个电报 _i 的数据段数量。

如果设置了 PREAMB (命令 CONFIG_DEVICE)，则每个配置的序列 _i 都以标准 NXP 前导码和代码冲突模式开始，然后是指定数据段 DATAID_{ik} 中配置的数据。如果未设置 PREAMB，则对于每个配置的序列 _i，直接发送指定数据段 DATAID_{ik} 中配置的数据

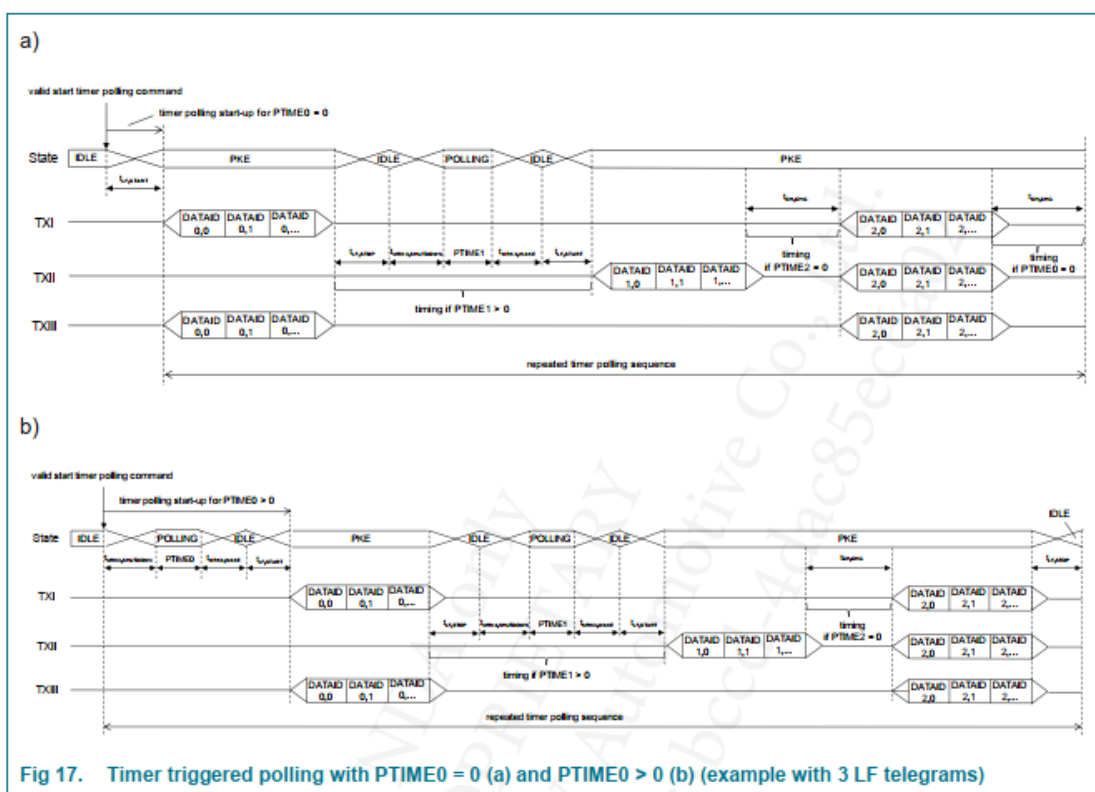


Fig 17. Timer triggered polling with PTIME0 = 0 (a) and PTIME0 > 0 (b) (example with 3 LF telegrams)

DRPi:

DRPi 选择低频驱动器。可以选择多个驱动程序。

LCDRi:

LCDRi 选择与主驱动器并行激活的低电流低频驱动器。

之前通过 CONFIG_LC_DRIVER 命令指定用于所选通道的低电流值。

PTIMEi:

PTIMEi 表示激活配置的驱动程序之间的时间间隔。

请注意，在 POLLING 状态下激活的计时器由低功率 RC 振荡器计时，精度有限（fOSC、RC、POL）

表 211.PTIMEi（重置值 0x0000）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|-------------|----|--------|------------------|
| 15 到 0 | PTIME[15:0] | W | | 轮询时间间隔 |
| | | | 0x0000 | 0*1=0 毫秒 |
| | | | 0x0001 | 保留供将来使用 |
| | | | 0x0002 | 2*1 毫秒=2 毫秒 |
| | | | 0x0003 | 3*1 毫秒=3 毫秒 |
| | | | ... | |
| | | | 0xFFFF | 65535*1=65535 毫秒 |

PTIMEi 来自一个持续运行的计时器，提供 1 毫秒的滴答声。由于计时器未与 PTIMEi 同步，因此设置值 PTIMEi 会导致有效暂停，暂停时间介于 (PTIMEi-1) ms 和 PTIMEi-ms 之间。

实例

将 PTIMEi 设置为 0x0006 (6 ms)，得到的有效暂停介于 5 ms 和 6 ms 之间。

需要注意的是，根据 PTIMEi 的值 (大于或等于 0)，必须添加以下时间，以在激活的驱动程序之间获得完全暂停

- PTIMEi=0:tCH, CHG
- PTIMEi>0:tMRK3、WAKE (唤醒)、tMRK2、SHUTDOWN (关机)、tLF (左前)、START (启动)、tLR (左后)、STOP (停止)

LENDATAIDi, DATAIDik:

要发送的 LF 电报可以具有灵活的长度，因此必须通过 LENDATAik 指定建立电报 i 的数据段的数量。LF 电报数据本身存储在之前通过命令 SET_LF_data 配置的数据段中，并通过 DATAIDik 选择

响应

表 212.CONFIG_TIMER_POLLING 响应

| 镜头 | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x52 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 213.CONFIG_TIMER_POLLING 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---------------------|
| STAT | SF_PAR | 所选主要驱动程序的数量 0 或大于 3 |
| | | 未配置选定的 DATAID |
| | | LENDATAIDi 设置为 0 |
| | | 正常运行和低电流运行中使用的相同驱动器 |

START_TIMER_POLLING

START_TIMER_POLLING 将设备设置为 POLLING 状态，并根据配置的参数激活轮询计时器。在命令响应中发送 CRC8 后，进入 POLLING 状态并立即启动轮询计时器。POLLING 状态可以通过唤醒事件保留。

命令

表 214.START_TIMER_POLLING 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x53 | CRC8 |

响应

表 215.START_TIMER_POLLING 响应

| | | | |
|------|------|------|------|
| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
| 0x03 | 0x53 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 216.START_TIMER_POLLING 状态标志

| | | |
|------|--------|----------|
| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
| STAT | SF_PAR | 未配置计时器轮询 |

温度指示

CONFIG_TEMP

CONFIG_TEMP 配置温度指示/警告的阈值。

命令

表 217.CONFIG_TEMP 命令

| | | | |
|------|------|------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| 0x03 | 0x18 | TPAR | CRC8 |

TPAR:

TPAR 指定温度指示/警告的温度阈值，并根据需要启用功能。
当达到温度阈值时，低于配置阈值的值为 10° C（85° C 为 5° C），以实现冷却滞后。
冷却后，配置的温度阈值再次激活，以便对下一个温度指示/警告事件敏感

表 218.TPAR（复位值 0x0X）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|-----|-----------|
| 7 至 5 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 4 | WARN_EN | W | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 3 至 0 | THR[3:0] | W | | 温度指示/警告阈值 |
| | | | 0x0 | 85 摄氏度 |

0x1 90 摄氏度
...
0xE 155 摄氏度
0xF 保留供将来使用

响应

表 219.CONFIG_TEMP 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x18 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

GET_TEMP_STATUS

GET_TEMP_STATUS 读取温度警告标志。

命令

表 220.GET_TEMP_STATUS 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x19 | CRC8 |

响应

表 221.GET_TEMP_STATUS 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
|------|------|------|----|------|
| 0x04 | 0x19 | STAT | 温度 | CRC8 |

温度：
TEMPF 包含温度警告标志。

表 222.TEMPF（重置值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|---|---------|
| 1 至 7 | RFU | RO | | 保留供将来使用 |
| 0 | SF_TWARN | R | | 温度警告标志 |
| | | | 0 | 未达到温度阈值 |
| | | | 1 | 达到温度阈值 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

CLEAR_TEMP_STATUS

CLEAR_TEMP_STATUS 清除温度警告标志。

命令

表 223.CLEAR_TEMP_STATUS 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x1A | 温度 | CRC8 |

温度：

TEMPC 根据设置清除温度警告标志

表 224.TEMPC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|---|---------|
| 7 至 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | SC_TWARN | W | | 温度警告标志 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

响应

表 225.CLEAR_TEMP_STATUS 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x1A | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 226.CLEAR_TEMP_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|-------------|
| STAT | SF_PAR | TEMPC 设置为 0 |

SET_TEMP_MASK

如果设置了温度警告标志，SET_TEMP_MASK 将启用 INT 引脚的触发。

命令

表 227.SET_TEMP_MASK 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|----|------|
| 0x03 | 0x1B | 温度 | CRC8 |

温度：

如果设置了温度警告标志，TEMPM 将提供掩码以启用 INT 引脚。
温度警告标志本身不受影响。

表 228.TEMPM（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|----------|----|---|------------------------|
| 7 至 1 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 0 | SM_TWARN | W | | 如果设置了温度警告标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

响应

表 229.SET_TEMP_MASK 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x1B | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志。

操作状态标志

GET_OP_STATUS

GET_OP_STATUS 读取专用操作完成时设备设置的操作状态标志。
如果在操作完成之前发生保护事件，则只设置保护标志
并且未设置操作状态标志。

命令

表 230. GET_OP_STATUS 命令

| | | |
|------|------|------|
| LEN | CMD | CRC8 |
| 0x02 | 0x55 | CRC8 |

响应

表 231. GET_OP_STATUS 响应

| | | | | |
|------|------|------|-----|------|
| LEN | CMD | STAT | 参数 | CRC8 |
| 0x04 | 0x55 | STAT | OPF | CRC8 |

表 232. OPF（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|---|------------------|
| 7 至 4 | RFU | R0 | | 保留供将来使用 |
| 3 | SF_RXREADY | R | | Immo 接收器就绪 |
| | | | 0 | 非活动或繁忙（未收到新数据） |
| | | | 1 | 就绪（接收到新数据） |
| 2 | SF_TXREADY | R | | LF 传输就绪 |
| | | | 0 | 非活动或繁忙（低频传输正在进行） |
| | | | 1 | 就绪（LF 传输完成） |
| 1 | SF_IMPMEAS | R | | 阻抗测量就绪 |
| | | | 0 | 处于非活动状态或正忙 |
| | | | 1 | 就绪 |
| 0 | SF_DIAG | R | | 诊断就绪 |
| | | | 0 | 处于非活动状态或正忙 |
| | | | 1 | 就绪 |

SF_RXREADY:

SF_RXREADY 在完成之前通过 SPI 命令 START_IMMO_TRANSCEIVE 启动的防盗模块操作后设置。

请注意，在设置 SF_RXREADY 之前，新接收的数据尚未准备好从接收缓冲区读取。原因是通过 LF 接口完成接收后，需要内部数据处理时间

SF_TXREADY:

SF_TXREADY 在完成之前通过 SPI 命令启动的 LF 传输后设置

- 启动_发送
- 启动_发送_数据
- 启动 imo_TRANSMIT

在执行 START_IMMO_TRANSCEIVE 命令后、WUP 事件触发轮询操作后或计时器触发轮询后，不会设置 SF_TXREADY。

SF_IMPMEAS:

SF_IMPMEAS 在完成之前通过 SPI 命令 MEAS_ANT_IMP 或 MEAS_ANT_IMP_ADVANCED 启动的天线阻抗测量后设置。

SF_诊断:

SF_DIAG 在完成之前通过 SPI 命令 START_DIAG 启动的设备诊断后设置。

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

CLEAR_OP_STATUS

CLEAR_OP_STATUS 清除标记操作的状态标志。

命令

表 233.CLEAR_OP_STATUS 命令
LEN CMD 参数 CRC8
0x03 0x56 OPC CRC8

表 234.OPC（复位值 0xXX）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|---|------------|
| 7 至 4 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 3 | SC_RXREADY | W | | Immo 接收器就绪 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 2 | SC_TXREADY | W | | LF 传输就绪 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 1 | SC_IMPMEAS | W | | 阻抗测量就绪 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |
| 0 | SC_DIAG | W | | 诊断就绪 |
| | | | 0 | 无更改 |
| | | | 1 | 清除标志 |

响应

表 235.CLEAR_OP_STATUS 响应
LEN CMD STAT CRC8
0x03 0x56 STAT CRC8

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 236.CLEAR_OP_STATUS 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|-----------|
| STAT | SF_PAR | OPC 设置为 0 |

SET_OP_MASK

如果操作状态标志设置为就绪，则 SET_OP_MASK 启用 INT 引脚的触发。

命令

表 237.SET_OP_MASK 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|-----|------|
| 0x03 | 0x57 | OPM | CRC8 |

OPM:

如果操作状态标志设置为就绪，OPM 提供掩码以启用 INT 引脚。

操作状态标志本身不受影响。

表 238.OPM（复位值 0x00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|-------|------------|----|---|------------------------------|
| 7 至 4 | RFU | W0 | | 保留供将来使用 |
| 3 | SM_RXREADY | W | | 如果设置了 imm 接收器就绪标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 2 | SM_TXREADY | W | | 如果设置了 LF 传输就绪标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 1 | SM_IMPMEAS | W | | 如果设置了阻抗测量就绪标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |
| 0 | SM_DIAG | W | | 如果设置了诊断就绪标志，则设置 INT 引脚 |
| | | | 0 | 禁用 |
| | | | 1 | 启用 |

响应

表 239.SET_OP_MASK 响应

| | | | |
|------|------|------|------|
| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
| 0x03 | 0x57 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

程序下载

DOWNLOAD_PROG

DOWNLOAD_PROG 将程序代码写入嵌入式应用程序代码内存（RAM），然后通过命令 EXECUTE_PROG 执行。用 1 个命令传输的程序代码大小限制为 250 字节，较大的程序必须分多步下载。

可以使用命令 GET_PROG_SIG 检查内容。未授予代码区读取权限。
在开始下载之前，应断言上电复位（POR），以清除 RAM 历史记录并确保安全设置。

命令

表 240.DOWNLOAD_PROG 命令

| | | | |
|-----|------|----------------------|------|
| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
| 长度 | 0x30 | ADDR_L ADDR_H{PROGi} | CRC8 |

ADDR:
ADDR 指定存储数据的第一个字节的地址。分几个步骤下载用户定义的程序代码，每个程序段都必须采用相应的地址。
随着索引 i 的增加，地址增加一个字节，所有 PROGi 条目都与字节相关（LSByte of word first）。有效地址范围为 0x8000 到 0xA3FF

表 241.ADDR（重置值 0xFFFF）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|------------|----|--------|-----------|
| 15 至 0 | ADDR[15:0] | W | 0xFFFF | 存储数据的字节地址 |

PROGi:
要存储的用户定义的程序代码。LEN 应均匀，{PROGi}字段的数量也应均匀，因为代码区域仅由 16 位字使用。任何程序代码段都可以独立编写，设备不检查代码本身的完整性和正确性，例如，地址段之间的覆盖或间隙。可以用签名检查程序代码的一致性。

响应

表 242.DOWNLOAD_PROG 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x30 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志

表 243.DOWNLOAD_PROG 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|---------|
| STAT | SF_PAR | 使用的地址无效 |

START_PROG

START_PROG 执行下载的嵌入式用户定义应用程序代码内存（RAM）内容。此函数始终分支到下载到代码 RAM 中的程序的起始地址（通过命令 DOWNLOAD_PROG）。

响应在执行开始之前发送。一旦最后一个字节发送到主机，代码就会执行。请注意，没有检查 RAM 下载是否正确。

重要的是要注意，如果没有可用的下载，则 RAM 未初始化。在这种情况下，主机控制器询问 START_PROG 将重置设备（内存管理上电重置 POR）。

命令

表 244.START_PROG 命令

| LEN | CMD | CRC8 |
|------|------|------|
| 0x02 | 0x31 | CRC8 |

响应

表 245.EXECUTE_PROG 响应

| LEN | CMD | STAT | CRC8 |
|------|------|------|------|
| 0x03 | 0x31 | STAT | CRC8 |

状态标志

在故障情况下，根据事件或故障条件设置通用设备状态标志

GET_PROG_SIG

GET_PROG_SIG 读取下载程序的签名

签名计算

```
// Note: data points to an even number (NumBytes) of bytes
static void _CalculateSignature( uint8_t * data, uint32_t
NumBytes )
{
uint16_t * wdata = (uint16_t *) data;
uint32_t NumWords = NumBytes / 2;
uint32_t hash = 0;
uint32_t i;
// CRC-24 algo works on 16-bit words.
for ( i = 0; i < NumWords; i++ ) {
    UpdateHashCRC24( *wdata++, &hash );
}
printf("The calculated signature: %.6X\n", hash );
}

// Simplified portable version of hash algorithm.
// output_data contains the last CRC-24 value.
static void _UpdateHashCRC24( uint16_t input_data, uint32_t *
pu32_hash )
{
uint32_t u32_reg; // only lower 24 bits are used
uint8_t carry;
u32_reg = *pu32_hash;
carry = (uint8_t) u32_reg & 0x01U;
u32_reg >>= 1;
if ( carry )
{
    u32_reg ^= 0x00D80000U;
}
u32_reg ^= ( (uint32_t)input_data << 8 );
*pu32_hash = u32_reg;
}
```

重要的是要注意，如果没有可用的下载，则 RAM 未初始化。在这种情况下，主机控制器询问 GET_PROG_SIG 将重置设备（内存管理通电重置 POR）

命令

表 246.GET_PROG_SIG 命令

| LEN | CMD | 参数 | CRC8 |
|------|------|---------------|------|
| 0x04 | 0x33 | SIZE_L SIZE_H | CRC8 |

SIZE:

SIZE 指定计算下载程序签名的字节数。签名计算始终从下载到代码 RAM 中的程序的起始地址开始（通过命令 DOWNLOAD_PROG）。由于程序代码的长度应为偶数，因此 SIZE 也限制为偶数。

响应

表 247.GET_PROG_SIG 响应

| LEN | CMD | STAT | 参数 | | | CRC8 |
|------|------|------|--------|--------|--------|------|
| 0x06 | 0x33 | STAT | SIGN_L | SIGN_M | SIGN_H | CRC8 |

签名:

程序签名包含一个代表下载程序代码的 24 位值

表 248.SIGN（重置值 0x 00 00）

| 位 | 符号 | 访问 | 值 | 说明 |
|--------|------------|----|---|------|
| 23 至 0 | SIGN[23:0] | R | | 程序签名 |

状态标志

在故障情况下，除了一般使用的设备状态标志外，还根据事件或故障条件设置以下状态标志。

表 249.GET_PROG_SIG 状态标志

| 状态字节 | 状态位 | 事件或故障条件 |
|------|--------|----------------|
| STAT | SF_PAR | SIZE 大于下载程序的长度 |

动态特性

SPI 命令响应延迟时间

表 250.SPI 命令响应延迟时间

Tamb=-40 至+105° C, GND=0 V, VBAT=8 V 至 18 V, VIO=2.9 V 至 5.5 V, fC=125 kHz, T0=1/fC, tSPI, CLK=10µs（100 kHz）或 tSPI≤ 25，外部组件根据数据表，全桥操作，中级控制，自动 NXP 前导码 PREAMB 禁用。

| Symbol ^[1] | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|--|-------------------------------------|---|------|-----|-----|------|
| t _{RESP,DLY,CLEAR_DIAG_STATUS} | CLEAR_DIAG_STATUS response delay | 1 antenna | 0.03 | | 0.3 | ms |
| | | 6 antennas | 0.1 | | 0.6 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_IMMO_STATUS} | CLEAR_IMMO_STATUS response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_OP_STATUS} | CLEAR_OP_STATUS response delay | All parameters set | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_POR_STATUS} | CLEAR_POR_STATUS response delay | All parameters set | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_PROT_STATUS} | CLEAR_PROT_STATUS response delay | 1 antenna | 0.03 | | 0.3 | ms |
| | | 6 antennas | 0.03 | | 0.6 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_TEMP_STATUS} | CLEAR_TEMP_STATUS response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CLEAR_WUP_STATUS} | CLEAR_WUP_STATUS response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_ADVANCED} | CONFIG_ADVANCED response delay | | 0.03 | | 0.6 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_BOOST} | CONFIG_BOOST response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_DEVICE} | CONFIG_DEVICE response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_IMMO_BPLM} | CONFIG_IMMO_BPLM response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_IMMO_DRIVER} | CONFIG_IMMO_DRIVER response delay | Different setting for TX and RX current | 0.2 | | 0.6 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_IMMO_RECEIVER} | CONFIG_IMMO_RECEIVER response delay | | 0.03 | | 0.3 | ms |
| t _{RESP,DLY,CONFIG_LC_DRIVER} | CONFIG_LC_DRIVER response delay | 1 antenna | 0.03 | | 0.3 | ms |
| | | 6 antennas | 0.1 | | 0.6 | ms |

.....

SPI 命令操作延迟时间

表 251.SPI 命令操作延迟时间

T_{amb}=−40 至 +105° C, GND=0 V, VBAT=8 V 至 18 V, VIO=2.9 V 至 5.5 V, f_C=125 kHz, T₀=1/f_C, t_{SPI}, CLK=10μs (100 kHz) 或 t_{SPI} ≤ 25, 外部组件根据数据表, 全桥操作, 中级控制, 自动 NXP 前导码 PREAMB 禁用。除非另有规定

| Symbol ^[1] | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|--|---|--|--------------------|-----|-------|------|
| t _{OP,DLY,MEAS_ANT_IMP} | MEAS_ANT_IMP operation delay, different current for CURS and CURM, different current for TXCUR and RXCUR | 1 antenna (except TX4) | 1.5 | | 11.1 | ms |
| | | 1 antenna TX4 | 1.8 | | 11.7 | ms |
| | | 6 antennas | 7.2 | | 45.3 | ms |
| t _{OP,DLY,MEAS_ANT_IMP_ADVANCED} | MEAS_ANT_IMP_ADVANCED operation delay, different current for CURS and CURM, different current for TXCUR and RXCUR | 1 antenna | ^[2] 1.5 | | 12.0 | ms |
| | | 1 antenna Maximum antenna detuning ±8% | 1.5 | | 8.1 | ms |
| | | 6 antennas | ^[2] 7.2 | | 61.5 | ms |
| | | 6 antennas Maximum antenna detuning ±8% | 7.2 | | 37.5 | ms |
| t _{OP,DLY,START_DIAG} | START_DIAG operation delay DIAGPAR = 0x1F | 1 antenna | ^[2] 1.5 | | 7.2 | ms |
| | | 6 antennas | ^[2] 7.2 | | 22.5 | ms |
| t _{OP,DLY,START_IMMO_TRANSCEIVE} | START_IMMO_TRANSCEIVE operation delay | 4 bits sent, 40 bits received | 15.0 | | 18.0 | ms |
| | | Maximum bits sent and maximum bits received | 178.8 | | 183.9 | ms |
| t _{OP,DLY,START_IMMO_TRANSMIT} | START_IMMO_TRANSMIT operation delay | 4 bits sent | 0.6 | | 1.8 | ms |
| | | Maximum bits sent | 44.1 | | 46.2 | ms |
| t _{OP,DLY,START_LF_TRANSMIT} | START_LF_TRANSMIT operation delay | 1 parameter block t _{SPI,CLK} = 10 μs (100 kHz) | 1.2 | | 3.3 | ms |
| | | Maximum number of parameter blocks t _{SPI,CLK} = 10 μs (100 kHz) | 71.3 | | 86.6 | ms |
| | | 1 parameter block t _{SPI,CLK} = 2 μs (500 kHz) | 1.2 | | 3.6 | ms |
| | | Maximum number of parameter blocks t _{SPI,CLK} = 2 μs (500 kHz) | 71.3 | | 88.1 | ms |
| t _{OP,DLY,START_LF_TRANSMIT_DATA} | START_LF_TRANSMIT_DATA operation delay | 2 bytes data t _{SPI,CLK} = 10 μs (100 kHz) | 2.7 | | 6.6 | ms |

.....

进一步的动态特性

表 252 进一步的动态特性

T_{amb}=−40 至 +105 ° C, GND=0 V, V_{BAT}=8 V 至 18 V, V_{IO}=2.9 V 至 5.5 V, f_C=125 kHz, T₀=1/f_C, C 连接在引脚 V_{BAT} 和 GND 之间, Z_{ANT}=10 至 20 Ω, Q ≤ 25, 外部组件符合数据表, 全桥操作, 中间控制。除非另有规定

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|----------------------------|-------------------------|------------|-----|-----|-----|------|
| t _{CH,CHG} | See NJJ29C0B data sheet | | | | | |
| t _{LF,START} | See NJJ29C0B data sheet | | | | | |
| t _{LF,STOP} | See NJJ29C0B data sheet | | | | | |
| t _{MRK3,WAKE} | See NJJ29C0B data sheet | | | | | |
| t _{MRK3,SHUTDOWN} | See NJJ29C0B data sheet | | | | | |

修订历史

表 253 修订历史

| Document ID | Release date | Data sheet status | Change notice | Supersedes |
|----------------|---|------------------------|---------------|----------------|
| NJJ29C0B_SPI_2 | 20171020 | Product data sheet | - | NJJ29C0B_SPI_1 |
| Modifications | <ul style="list-style-type: none"> Data sheet status changed from Preliminary data sheet to Product data sheet Revision history reset | | | |
| NJJ29C0B_SPI_1 | 20170818 | Preliminary data sheet | - | - |
| Modifications | <ul style="list-style-type: none"> Initial version | | | |

法律信息

联系方式

内容