

## 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

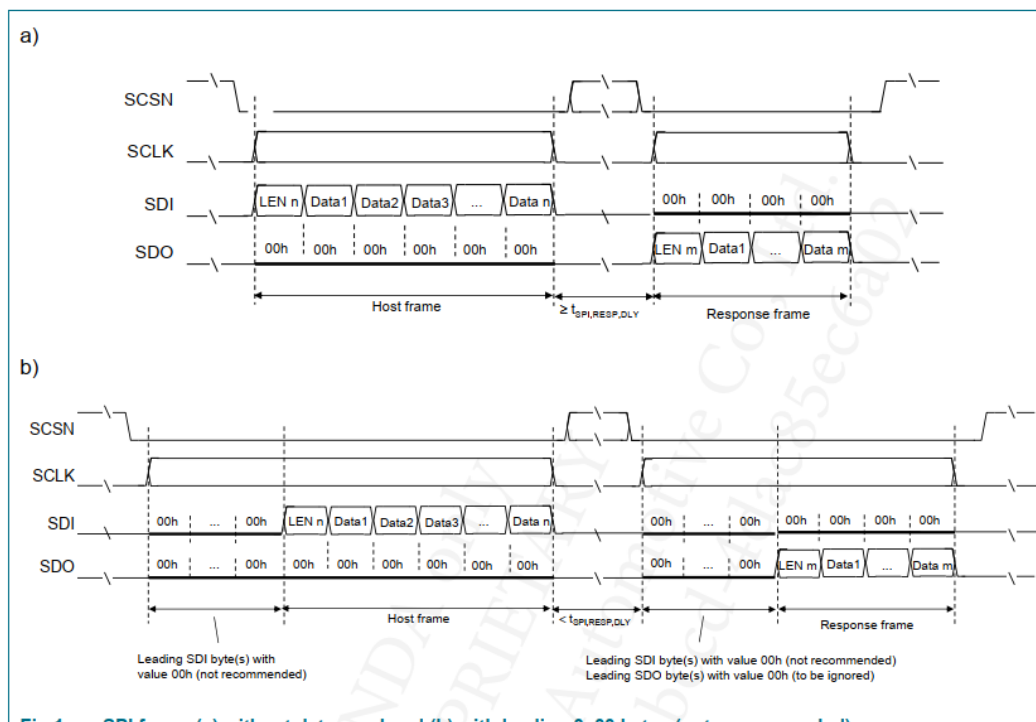
LEN	数据
0x04	0xF0 0x00 0x10 0x34

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。





## 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**

<b>MSBit</b>	<b>LSBit</b>
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**

<b>MSBit</b>	<b>LSBit</b>	<b>MSBit</b>	<b>LSBit</b>
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

<b>LEN</b>	<b>CMD</b>	参数	<b>CRC8</b>
<b>LEN</b>	<b>0xXX</b>	<b>VALUE_L</b> <b>VALUE_H</b>	<b>CRC8</b>

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

<b>LEN</b>	<b>CMD</b>	参数	<b>CRC8</b>
<b>LEN</b>	<b>0xXX</b>	<b>VALUE_L</b> <b>VALUE_M</b> <b>VALUE_H</b>	<b>CRC8</b>

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	{爰笔字}	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		选择低频驱动器  6
			0	无选择
			1	选择
4	DR5P	W		选择低频驱动器  5
			0	无选择
			1	选择
3	DR4P	W		选择低频驱动器  4
			0	无选择
			1	选择
2	DR3P	W		选择低频驱动器  3
			0	无选择
			1	选择
1	DR2P	W		选择低频驱动器  2
			0	无选择
			1	选择
0	DR1P	W		选择低频驱动器  1
			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		选择低频驱动器 6
			0	无选择
			1	选择
4	LCDR5P	W		选择低频驱动器 5
			0	无选择
			1	选择
3	LCDR4P	W		选择低频驱动器 4
			0	无选择
			1	选择
2	LCDR3P	W		选择低频驱动器 3
			0	无选择
			1	选择
1	LCDR2P	W		选择低频驱动器 2
			0	无选择
			1	选择
0	LCDR1P	W		选择低频驱动器 1
			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。

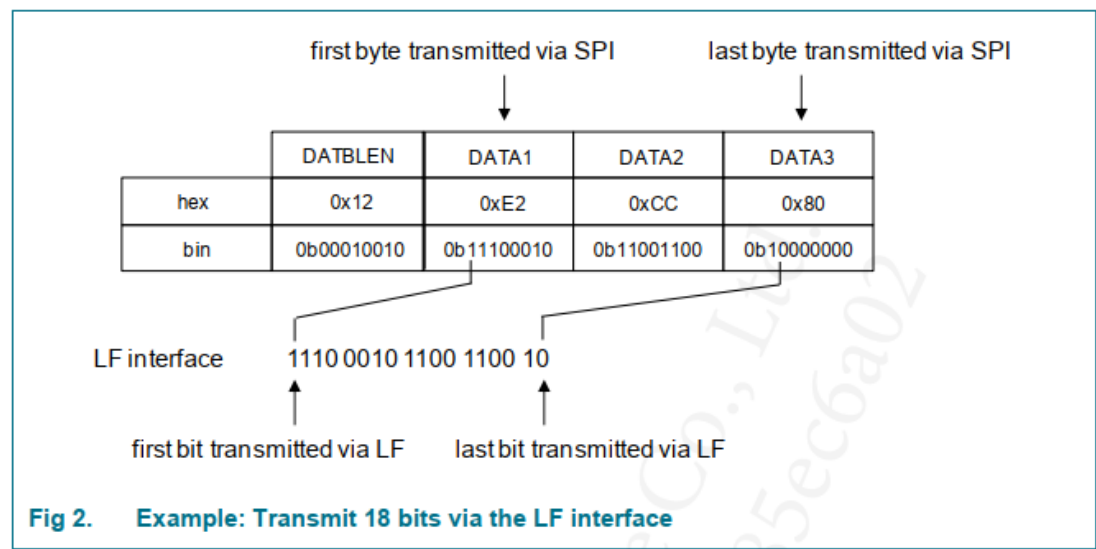
最后一个可能不完整的字节保持有效数据 MSB 对齐（例如，对于 5 位 0b10101xxx，最后 3 位 xxx 应设置为“0”并被嵌入式系统软件忽略）。数据以 MSB 先发送

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）。

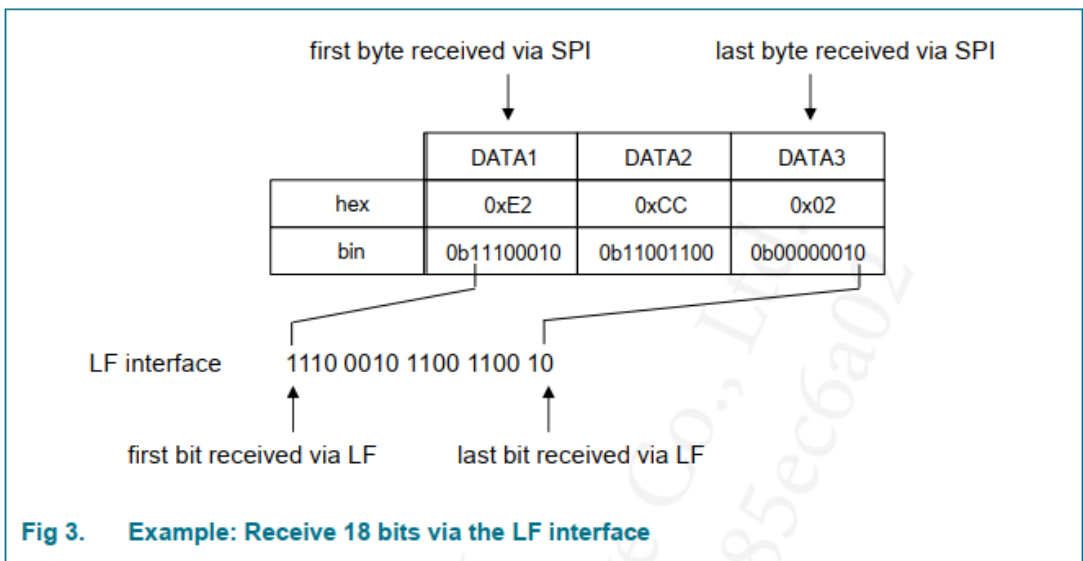
接收时序始终是 8 位的倍数。嵌入式系统软件等待通过 LF 接口接收到的最后一个完整字节，并用零替换未使用的位。

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
6	SF_LAST_OP	R	1	命令未知或（暂时）不允许
				LF 场激活状态
			0	激活成功
5	SF_CRC	R	1	激活失败
				CRC 状态
			0	无错误
4	SF_PAR	R	1	错误
				参数解释状态
			0	可行
3	SF_OP	R	1	失败
				运行状态
			0	无请求
2	SF_WUP	R	1	个请求
				唤醒状态
			0	无请求
1	SF_PROT	R	1	个请求
				保护状态
			0	无请求
0	SF_POR	R	1	个请求
				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:

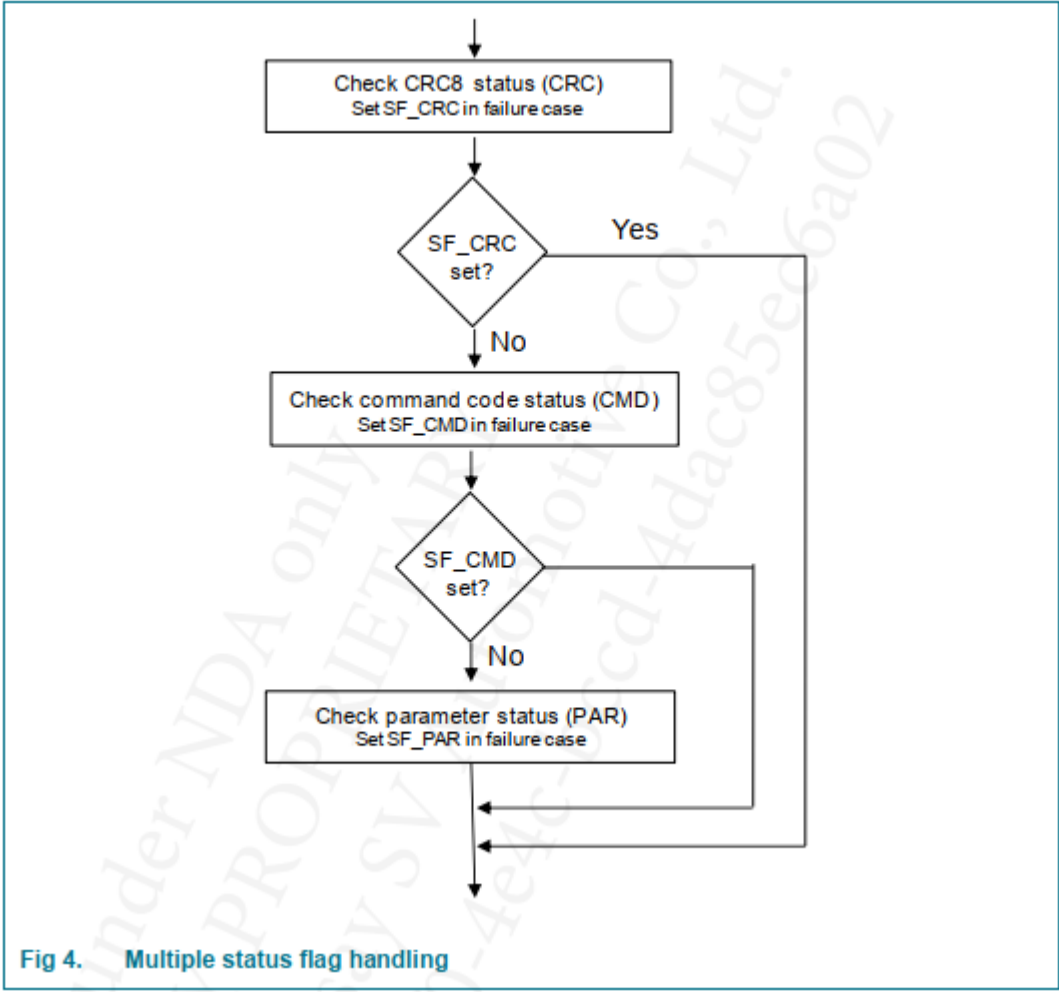
如果发生设备上电复位 (POR)，则设置 SF\_POR。释放上电复位后，SPI 响应提供状态标志 SF\_POR 设置。

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

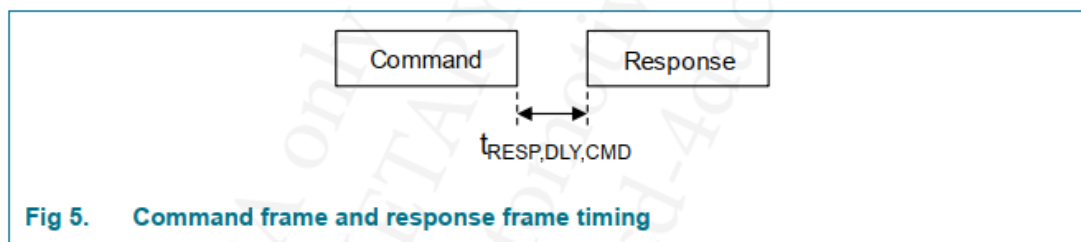
输入（十六进制）	CRC8（十六进制）
00 08 3F 00	4A

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 tRESP,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  $\mu$ 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。



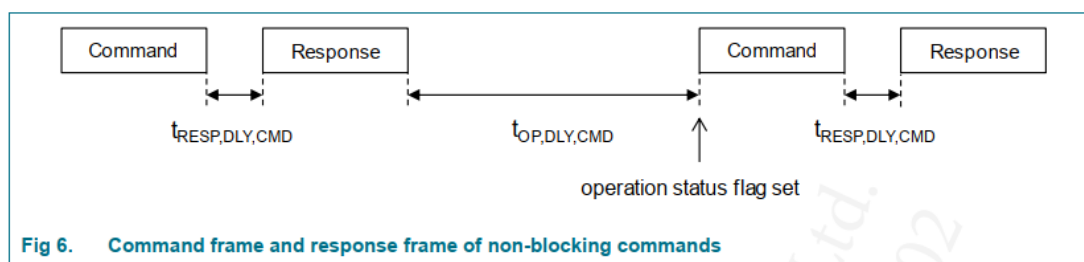
## 非阻塞命令

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

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。

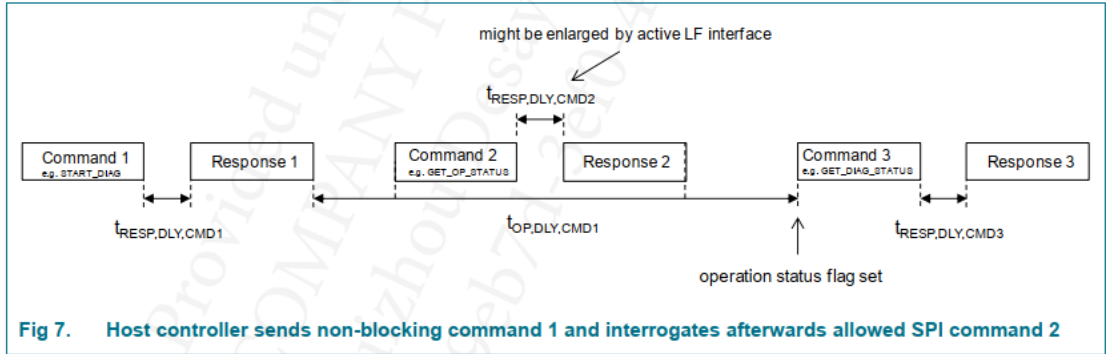


发送非阻塞命令后，操作完成前，允许查询以下 SPI 命令

- 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	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 to4	RFU	W0		保留供将来使用
3to0	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		<b>Embedded</b> 控制器访问权限错误
			0	未断言
			1	断言
5	SF_RAMERR	R		<b>RAM</b> 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

			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
3 到 0	CUR_MAX[3:0]	W		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]	W0		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 DATA\_CFG 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<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 字节并发送。如果 LCDATBLEN 大于 DATBLEN，则仅使用 LCDATA<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 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<sub>i</sub>:

LCDATA<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> 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 <sub>i</sub> 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 LCDRPi 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。通过同时驱动的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

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。

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。

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。

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

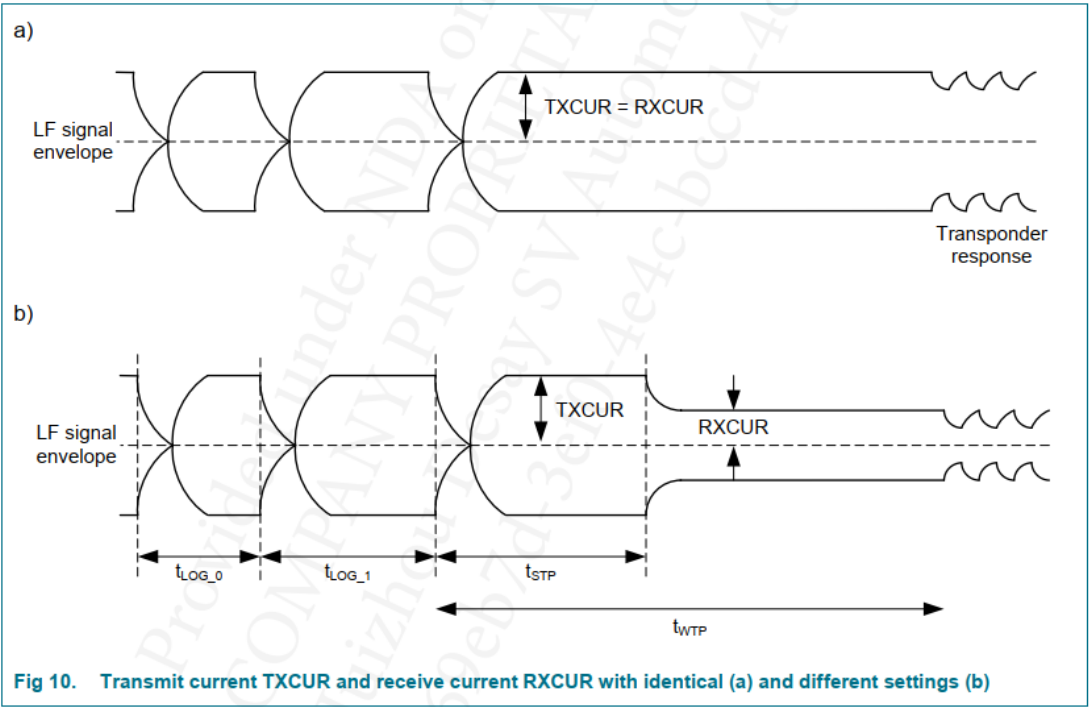
表 99. RXPAR (复位值 0x1F)

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

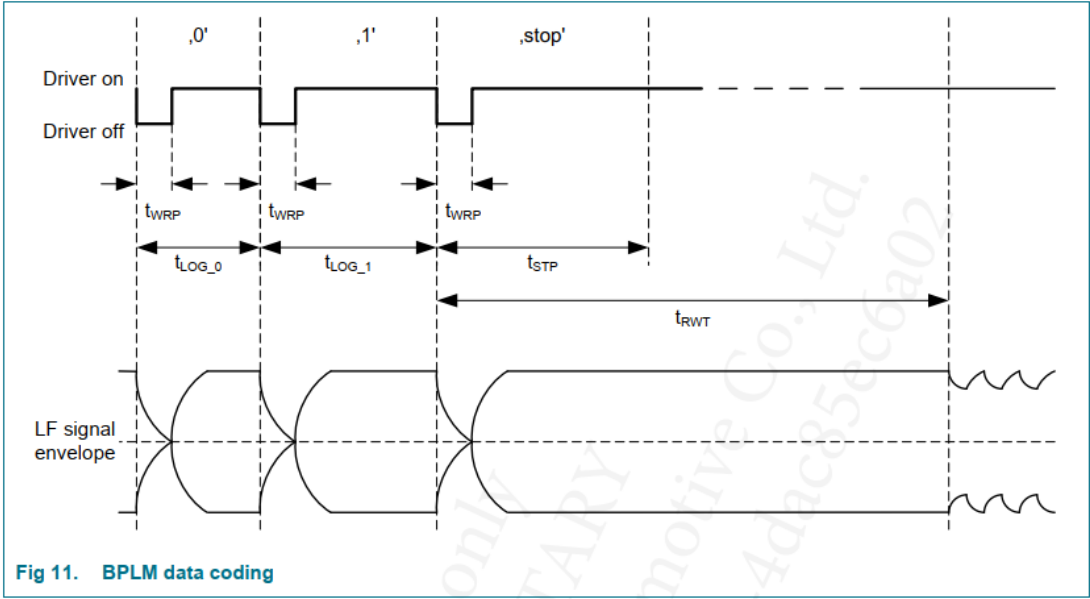
MPT（最大功率）:

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	RXCFG TSYNC	CRC8

RXCFG:

RXCFG 定义应答器响应的均衡器模式和接收器等待时间

表 106.RXCFG（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 0xxxxx）

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 ZANT 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 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 ZANT 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

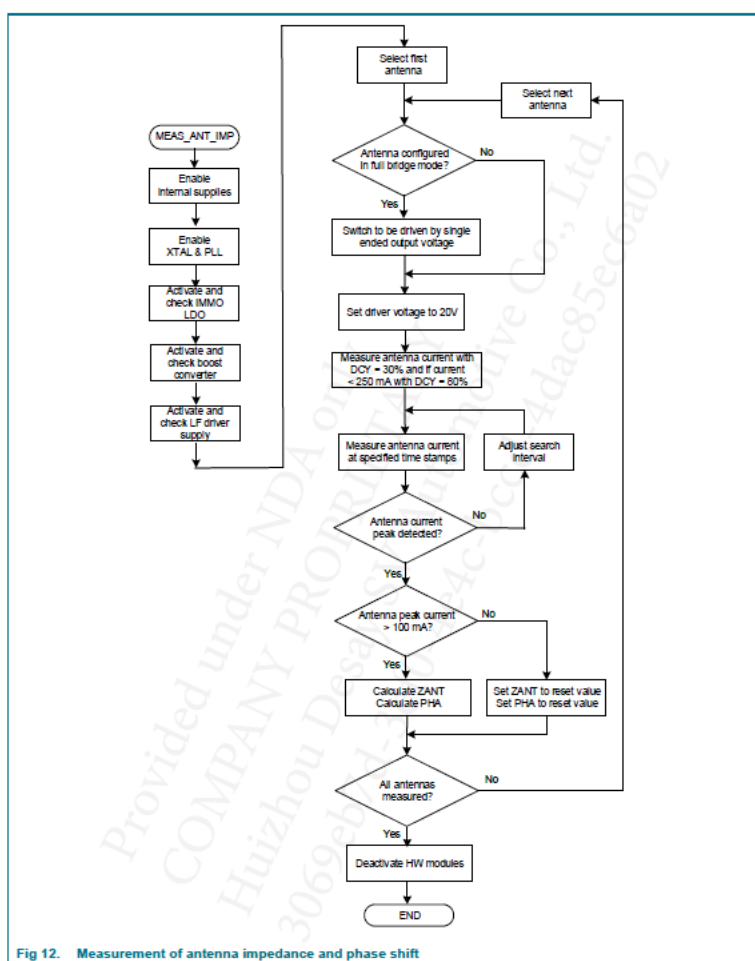


Fig 12. Measurement of antenna impedance and phase shift



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	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 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	$\geq 64$

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		驱动器电源状态
			0	无故障
			1	故障
3	SF_BC	R		升压转换器状态
			0	无故障
			1	故障
2	SF_TEMPOV	R		超温状态
			0	无故障
			1	故障
1	SF_BATUN	R		电池欠压状态
			0	无故障
			1	故障
0	SF_BATOV	R		电池过压状态
			0	无故障
			1	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		LF 驱动器 6
			0	无故障
			1	故障
4	SF_DR5P	R		LF 驱动器 5
			0	无故障
			1	故障
3	SF_DR4P	R		LF 驱动器 4
			0	无故障
			1	故障
2	SF_DR3P	R		LF 驱动器 3
			0	无故障
			1	故障
1	SF_DR2P	R		LF 驱动器 2
			0	无故障
			1	故障
0	SF_DR1P	R		LF 驱动器 1
			0	无故障
			1	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		驱动器电源状态
			0	无更改
			1	清除标志
3	SC_BC	W		升压转换器状态
			0	无更改
			1	清除标志
2	SC_TEMPOV	W		超温状态
			0	无更改
			1	清除标志
1	SC_BATUN	W		电池欠压状态
			0	无更改
			1	清除标志
0	SC_BATOV	W		电池过压状态
			0	无更改
			1	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
		1	清除标志
4	SC_DR5P W		LF 驱动器 5
		0	无更改
		1	清除标志
3	SC_DR4P W		LF 驱动器 4
		0	无更改
		1	清除标志
2	SC_DR3P W		LF 驱动器 3
		0	无更改
		1	清除标志
1	SC_DR2P W		LF 驱动器 2
		0	无更改
		1	清除标志
0	SC_DR1P W		LF 驱动程序 1
		0	无更改
		1	清除标志

## 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

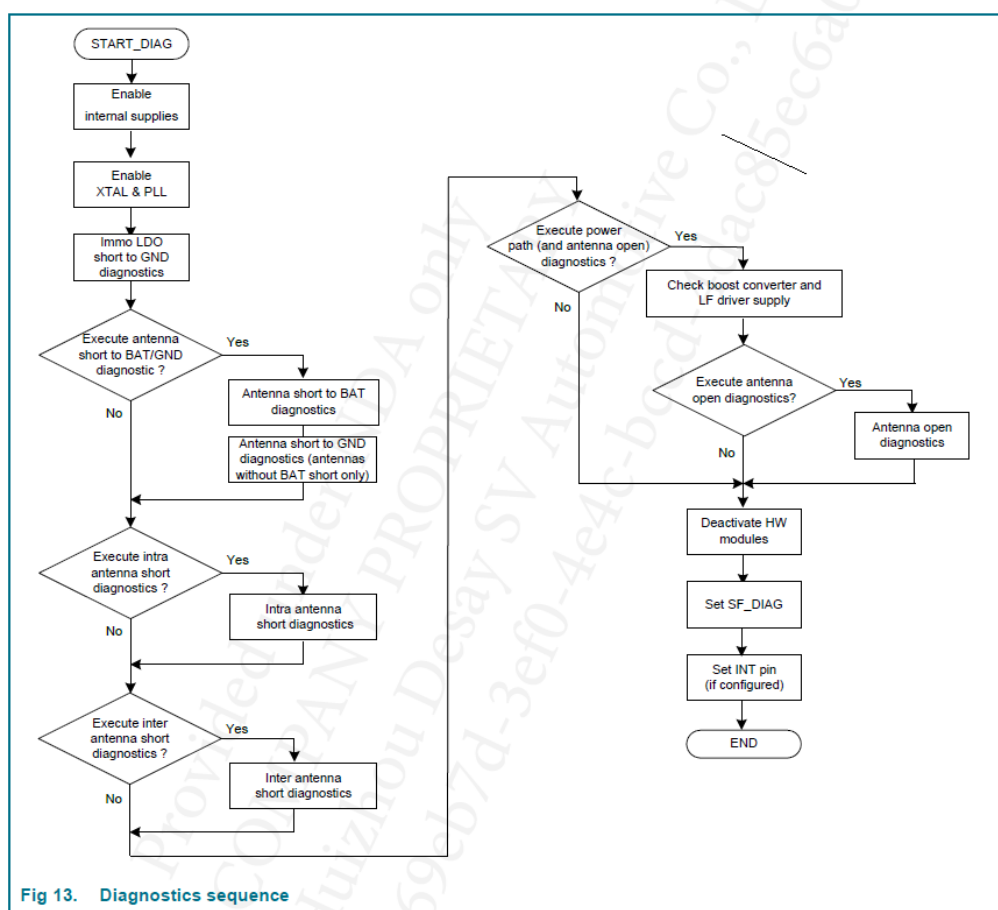
## 状态标志

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



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作为驱动程序 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。

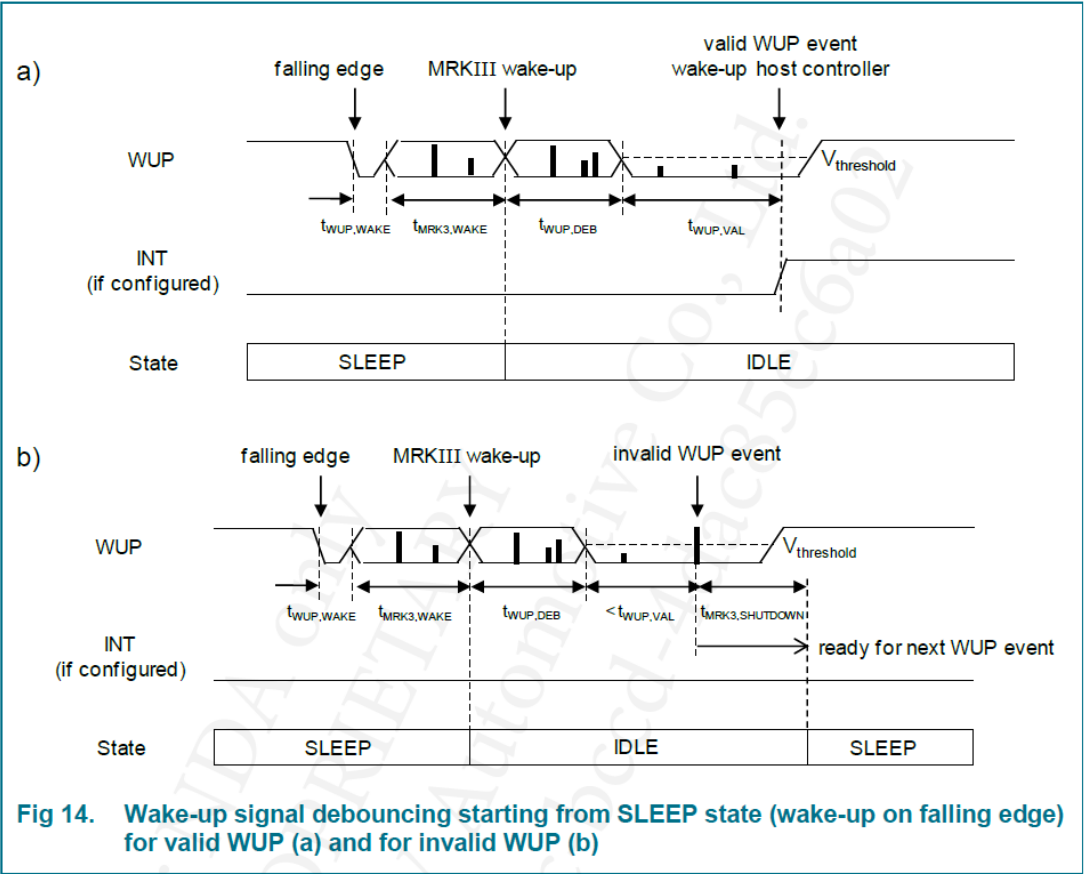
如果此检查成功，将启动验证计时器。如果在达到时间  $t_{WUP}$ ，VAL 之前，信号始终低于/高于低/高电平阈值，则唤醒信号分类为有效，并设置 SF\_WUPi 标志。此外，如果配置，则设置 INT 引脚。

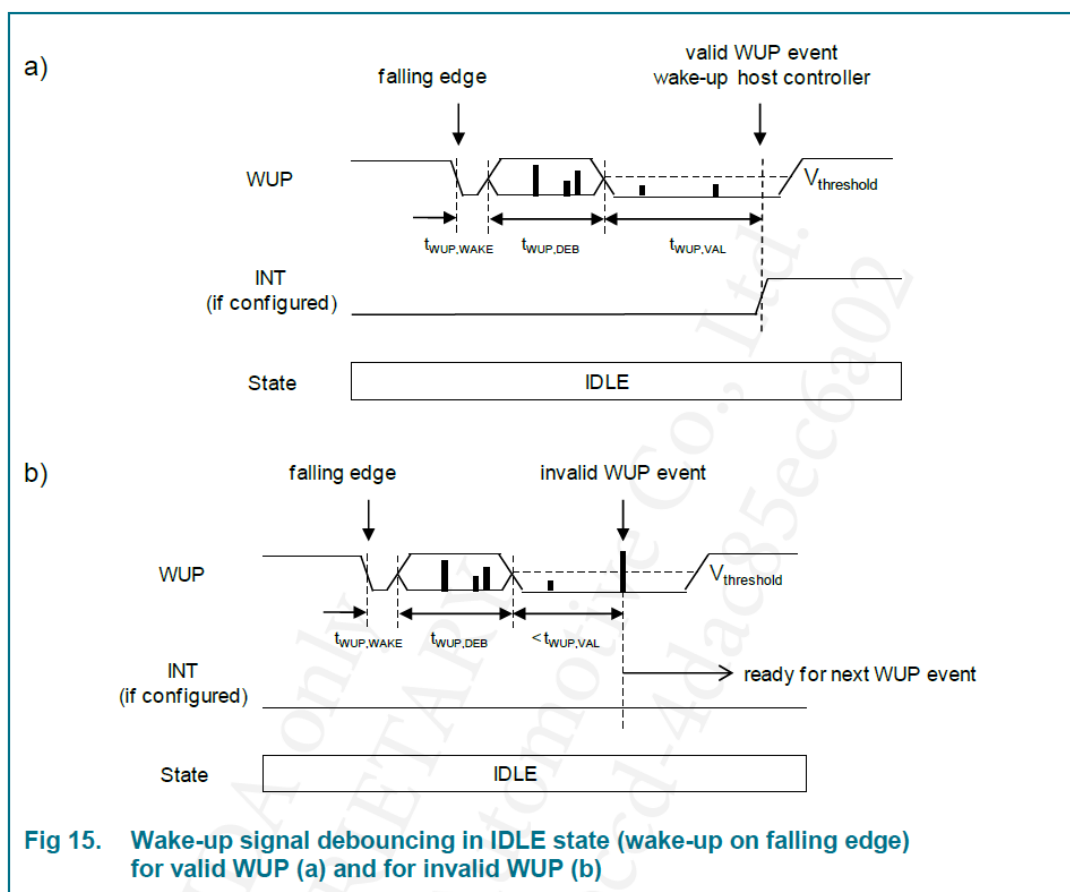
如果在达到  $t_{WUP}$ ，VAL 时间之前信号变高/变低，则唤醒信号将被分类为无效，且未设

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
			...	



0x3F      63\*1=63 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

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

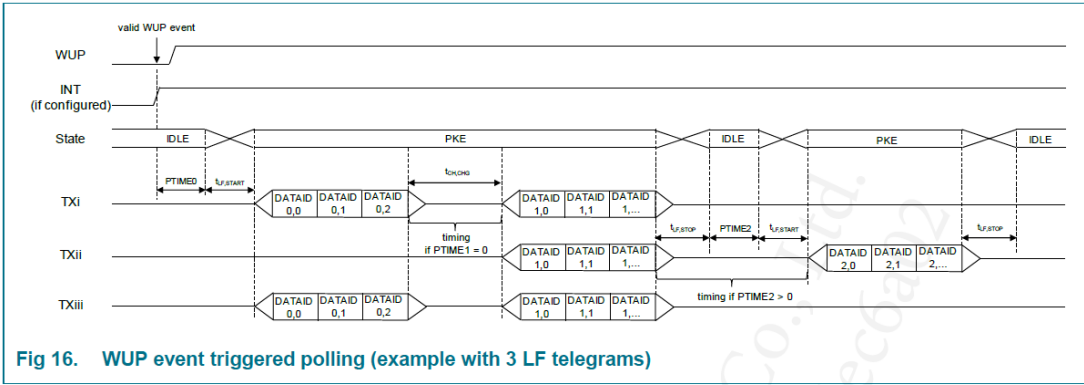


Fig 16. WUP event triggered polling (example with 3 LF telegrams)

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*<sub>i</sub>:

LCDR*P*<sub>i</sub> 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 <sub>i</sub> 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<sub>i</sub>。

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）

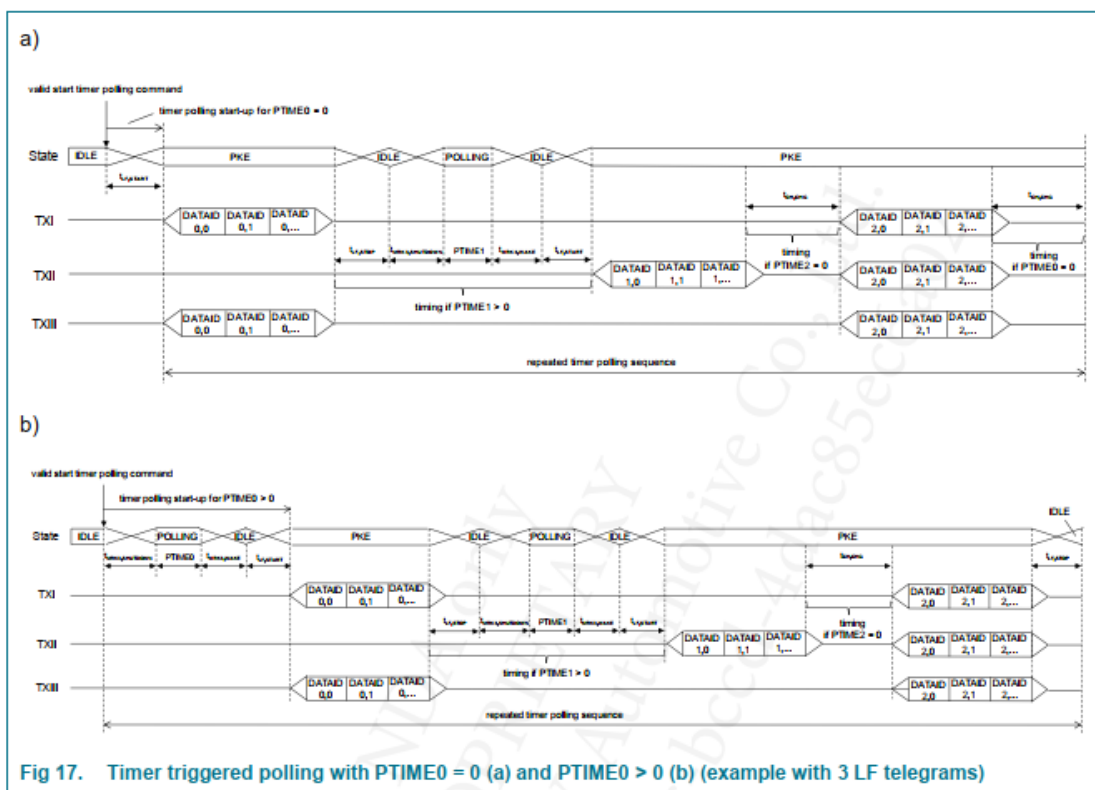
表 210.CONFIG\_TIMER\_POLLING 命令

LEN	CMD	参数	CRC8
LEN	0x52	{DRPi RFU LCDRpi 射频单元 PTIME_Li PTIME_Hi LENDATAID <sub>i</sub> {DATAID <sub>ik</sub> }}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<sub>ik</sub> 选择每个段（图 17）。

LENDATAID<sub>i</sub> 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<sub>ik</sub> 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<sub>ik</sub> 中配置的数据



DRPi:

LCDR Pi:

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

**PTIME<sub>i</sub>** 表示激活配置的驱动程序之间的时间间隔。

表 211.PTIMEi (重置值 0x0000)

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	WO		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 <sup>[1]</sup>	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_DIAG_STATUS</sub>	CLEAR_DIAG_STATUS response delay	1 antenna	0.03		0.3	ms
		6 antennas	0.1		0.6	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_IMMO_STATUS</sub>	CLEAR_IMMO_STATUS response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_OP_STATUS</sub>	CLEAR_OP_STATUS response delay	All parameters set	0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_POR_STATUS</sub>	CLEAR_POR_STATUS response delay	All parameters set	0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_PROT_STATUS</sub>	CLEAR_PROT_STATUS response delay	1 antenna	0.03		0.3	ms
		6 antennas	0.03		0.6	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_TEMP_STATUS</sub>	CLEAR_TEMP_STATUS response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CLEAR_WUP_STATUS</sub>	CLEAR_WUP_STATUS response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_ADVANCED</sub>	CONFIG_ADVANCED response delay		0.03		0.6	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_BOOST</sub>	CONFIG_BOOST response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_DEVICE</sub>	CONFIG_DEVICE response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_IMMO_BPLM</sub>	CONFIG_IMMO_BPLM response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_IMMO_DRIVER</sub>	CONFIG_IMMO_DRIVER response delay	Different setting for TX and RX current	0.2		0.6	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_IMMO_RECEIVER</sub>	CONFIG_IMMO_RECEIVER response delay		0.03		0.3	ms
t <sub>RESP,DLY,CONFIG_LC_DRIVER</sub>	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<sub>amb</sub>=−40 至 +105° C, GND=0 V, V<sub>BAT</sub>=8 V 至 18 V, V<sub>IO</sub>=2.9 V 至 5.5 V, f<sub>C</sub>=125 kHz, T<sub>0</sub>=1/f<sub>C</sub>, t<sub>SPI</sub>, CLK=10μs (100 kHz) 或 t<sub>SPI</sub> ≤ 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 <sup>[1]</sup>	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
t <sub>OP,DLY,MEAS_ANT_IMP</sub>	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 <sub>OP,DLY,MEAS_ANT_IMP_ADVANCED</sub>	MEAS_ANT_IMP_ADVANCED operation delay, different current for CURS and CURM, different current for TXCUR and RXCUR	1 antenna	<sup>[2]</sup> 1.5		12.0	ms
		1 antenna Maximum antenna detuning ±8%	1.5		8.1	ms
		6 antennas	<sup>[2]</sup> 7.2		61.5	ms
		6 antennas Maximum antenna detuning ±8%	7.2		37.5	ms
t <sub>OP,DLY,START_DIAG</sub>	START_DIAG operation delay DIAGPAR = 0x1F	1 antenna	<sup>[2]</sup> 1.5		7.2	ms
		6 antennas	<sup>[2]</sup> 7.2		22.5	ms
t <sub>OP,DLY,START_IMMO_TRANSCEIVE</sub>	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 <sub>OP,DLY,START_IMMO_TRANSMIT</sub>	START_IMMO_TRANSMIT operation delay	4 bits sent	0.6		1.8	ms
		Maximum bits sent	44.1		46.2	ms
t <sub>OP,DLY,START_LF_TRANSMIT</sub>	START_LF_TRANSMIT operation delay	1 parameter block t <sub>SPI,CLK</sub> = 10 μs (100 kHz)	1.2		3.3	ms
		Maximum number of parameter blocks t <sub>SPI,CLK</sub> = 10 μs (100 kHz)	71.3		86.6	ms
		1 parameter block t <sub>SPI,CLK</sub> = 2 μs (500 kHz)	1.2		3.6	ms
		Maximum number of parameter blocks t <sub>SPI,CLK</sub> = 2 μs (500 kHz)	71.3		88.1	ms
t <sub>OP,DLY,START_LF_TRANSMIT_DATA</sub>	START_LF_TRANSMIT_DATA operation delay	2 bytes data t <sub>SPI,CLK</sub> = 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<sub>amb</sub>=−40 至 +105 °C, GND=0 V, V<sub>BAT</sub>=8 V 至 18 V, V<sub>IO</sub>=2.9 V 至 5.5 V, f<sub>C</sub>=125 kHz, T<sub>0</sub>=1/f<sub>C</sub>, C 连接在引脚 V<sub>BAT</sub> 和 GND 之间, Z<sub>ANT</sub>=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 <sub>CH,CHG</sub>	See NJJ29C0B data sheet					
t <sub>LF,START</sub>	See NJJ29C0B data sheet					
t <sub>LF,STOP</sub>	See NJJ29C0B data sheet					
t <sub>MRK3,WAKE</sub>	See NJJ29C0B data sheet					
t <sub>MRK3,SHUTDOWN</sub>	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"><li>• Data sheet status changed from Preliminary data sheet to Product data sheet</li><li>• Revision history reset</li></ul>			
NJJ29C0B_SPI_1	20170818	Preliminary data sheet	-	-
Modifications	<ul style="list-style-type: none"><li>• Initial version</li></ul>			

法律信息

联系方式

内容