

---

## 从 ST25R3911B 迁移到 ST25R3916 的指南

### 引言

ST25R3916（高性能 NFC 通用器件和 EMVCo™ 读写器）从 ST25R3911B（NFC / HF RFID 读写器 IC）演化而来。它在多个方面进行了升级，如：改进了接收器灵敏度和抗噪能力，通过改进的发射特性使驱动级更稳定可靠，两个主机接口，更大的 FIFO，支持 CE，硬件 EMD 抑制，下冲和过冲保护等。

# 1 术语和缩略语

**表 1. 术语定义**

缩略语	定义
AAT	自动天线调谐
ADC	模数转换器
AP2P	主动 P2P
CSO	电容感应输出
CSI	电容感应输入
EMC	电磁兼容性能
HW	硬件
I2C	内置集成电路
IRQ	中断请求
MCU	微控制器
P2P	点对点
PSRR	电源抑制比
PCB	印刷电路板
RC	电阻电容
RF	射频
RFAL	RF 抽象层
SPI	串行外设接口
SW	软件

## 2 引脚排列对比

两种芯片采用相似的封装。ST25R3916 硅片引入的附加功能需要变更引脚排列，这将影响芯片的引脚对引脚兼容性。作为参考，使用 ST25R3916-DISCO 的原理图和布局。表 2. 信号布局对比 下面详细介绍了 ST25R3911B 和 ST25R3916 之间的引脚排列差异，信号描述在表 3. 信号描述对比中。

表 2. 信号布局对比

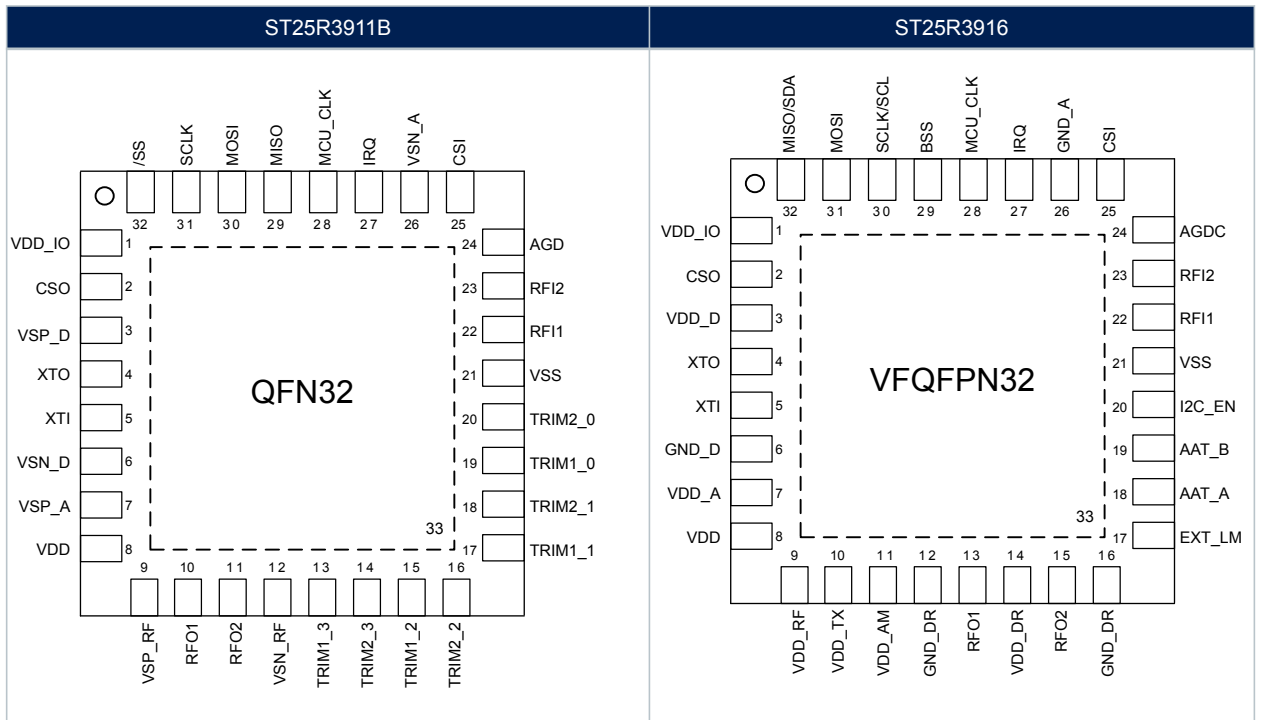


表 3. 信号描述对比

		ST25R3911B		ST25R3916	
变更	PIN	名称	说明	名称	说明
相同	1	VDD_IO	外设通信的正电源	VDD_IO	外设通信的正电源
相同	2	CSO	电容器传感器输出	CSO	电容器传感器输出
相同	3	VSP_D	稳压器输出	VDD_D	稳压器输出
相同	4	XTO	晶体振荡器输出	XTO	晶体振荡器输出
相同	5	XTI	晶体振荡器输入	XTI	晶体振荡器输入
相同	6	VSN_D	数字接地	GND_D	数字接地
相同	7	VSP_A	模拟电源稳压器输出	VDD_A	模拟电源稳压器输出
相同	8	VDD	外部正电源	VDD	外部正电源
相同	9	VSP_RF	天线驱动器的电源稳压器输出	VDD_RF	天线驱动器的电源稳压器输出
差异	10	RFO1	天线驱动器输出	VDD_TX	TX 部件的外部正电源
差异	11	RFO2	天线驱动器输出	VDD_AM	AM 调制的稳压驱动器电源
差异	12	VSN_RF	天线驱动器的地	GND_DR	天线驱动器接地，包括驱动器 VSS

		ST25R3911B		ST25R3916	
变更	PIN	名称	说明	名称	说明
差异	13	TRIM1_3	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	RFO1	天线驱动器输出
差异	14	TRIM2_3	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	VDD_DR	天线驱动器正电源输入
差异	15	TRIM1_2	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	RFO2	天线驱动器输出
差异	16	TRIM2_2	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	GND_DR	天线驱动器接地, 包括驱动器 VSS
差异	17	TRIM1_1	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	EXT_LM	外部负载调制 MOS 栅极驱动器
差异	18	TRIM2_1	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	AAT_A	可变电容 AAT_A 的 AAT 调谐电压
差异	19	TRIM1_0	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	AAT_B	可变电容 AAT_B 的 AAT 调谐电压
差异	20	TRIM2_0	微调天线谐振电路的模拟 I/O 输入	I2C_EN	I2C 接口使能
相同	21	VSS	接地, 晶片衬底电位	VSS	接地, 晶片衬底电位
相同	22	RFI1	模拟输入接收器输入	RFI1	模拟输入接收器输入
相同	23	RFI2	模拟输入接收器输入	RFI2	模拟输入接收器输入
相同	24	AGD	模拟参考电压	AGDC	模拟参考电压
相同	25	CSI	电容传感器输入	CSI	电容传感器输入
相同	26	VSN_A	模拟接地	GND_A	模拟接地
相同	27	IRQ	中断请求输出	IRQ	中断请求输出
相同	28	MCU_CLK	微控制器时钟输出	MCU_CLK	微控制器时钟输出
差异	29	MISO	串行外设接口数据输出	BSS	串行外设接口使能 (激活为低电平)
差异	30	MOSI	串行外设接口数据输入	SCLK/SCL	串行外设接口时钟 / I2C 时钟
差异	31	SCLK	串行外设接口时钟	MOSI	串行外设接口数据输入
差异	32	/SS	串行外设接口使能 (激活为低电平)	MISO/SDA	串行外设接口数据输出 / I2C 数据线路
相同	33	VSS	晶片衬底电位, 连接到 PCB 上的 VSS	VSS	晶片衬底电位, 连接到 PCB 上的 VSS

## 3 功能描述

本节描述上述引脚排列和功能之间的区别。

### 3.1 电源管理和 AM 调制

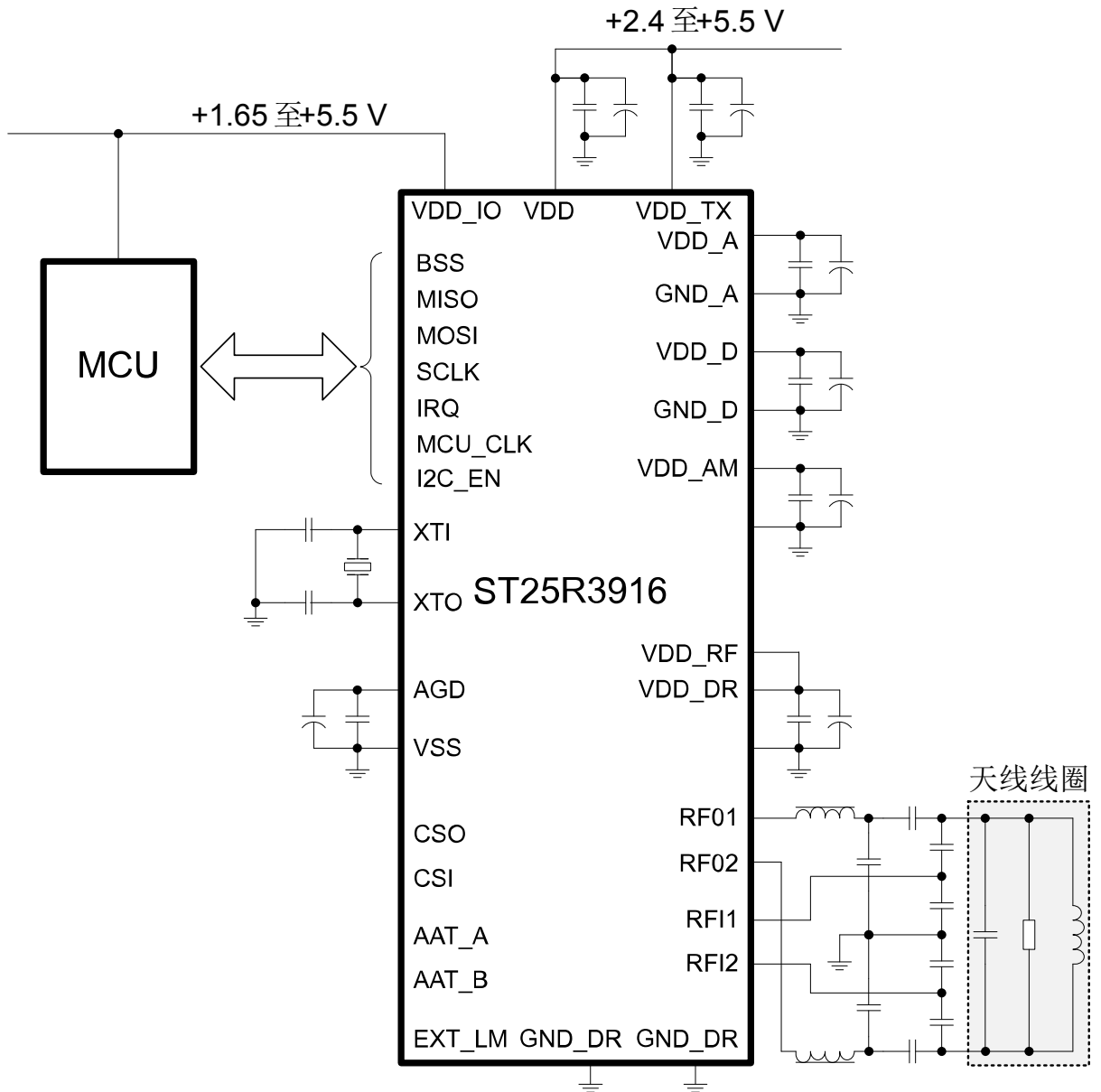
ST25R3916 有三个正电源引脚，VDD、VDD\_TX、VDD\_IO。电源和天线电路详细情况如表所示 图 1. 电源和天线电路原理图

VDD 是主供电引脚。它通过两个稳压器（VDD\_A，VDD\_D）为模拟块和数字块供电。VDD\_TX 是发射器电源引脚。它通过两个稳压器（VDD\_RF，VDD\_AM）为发射器供电。所支持的 VDD 和 VDD\_TX 供电范围分别为 2.4 V~3.6 V 和 3.6~5.5 V。VDD 和 VDD\_TX 引脚必须连接到相同的电源。

VDD\_A 和 VDD\_D 块应连接到 3.6 V（最大）。采用 5 V 电源（电压范围 3.6 V~5.5 V）时必须使用 VDD\_A 和 VDD\_D 稳压器。

已调电压是自动调整，以获得尽可能高的稳压，同时仍提供良好的 PSRR（电源抑制比）。所有稳压器引脚也有相应的负电源引脚，外部连接到接地平面（VSS）。所有稳压器引脚和 AGD 电压都通过一对陶瓷电容进行缓冲。对于 VDD、VDD\_TX、VDD\_RF、VDD\_AM 和 VDD\_DR 引脚，推荐的级间耦合电容值 2.2 $\mu$ F 并联一个 10 nF；对于引脚 AGDC，推荐的电容值是 1 $\mu$ F 并联一个 10 nF。

图 1. 电源和天线电路原理图



AM 调制发射器使用 VDD\_AM 稳压器作为电源。发射器电源在调制阶段使用 VDD\_AM 稳压器输出电压。在调制时，发射器切换到内部电源。这就能为 2.4~5.5 V 之间的供电电压提供正确的调制指数。

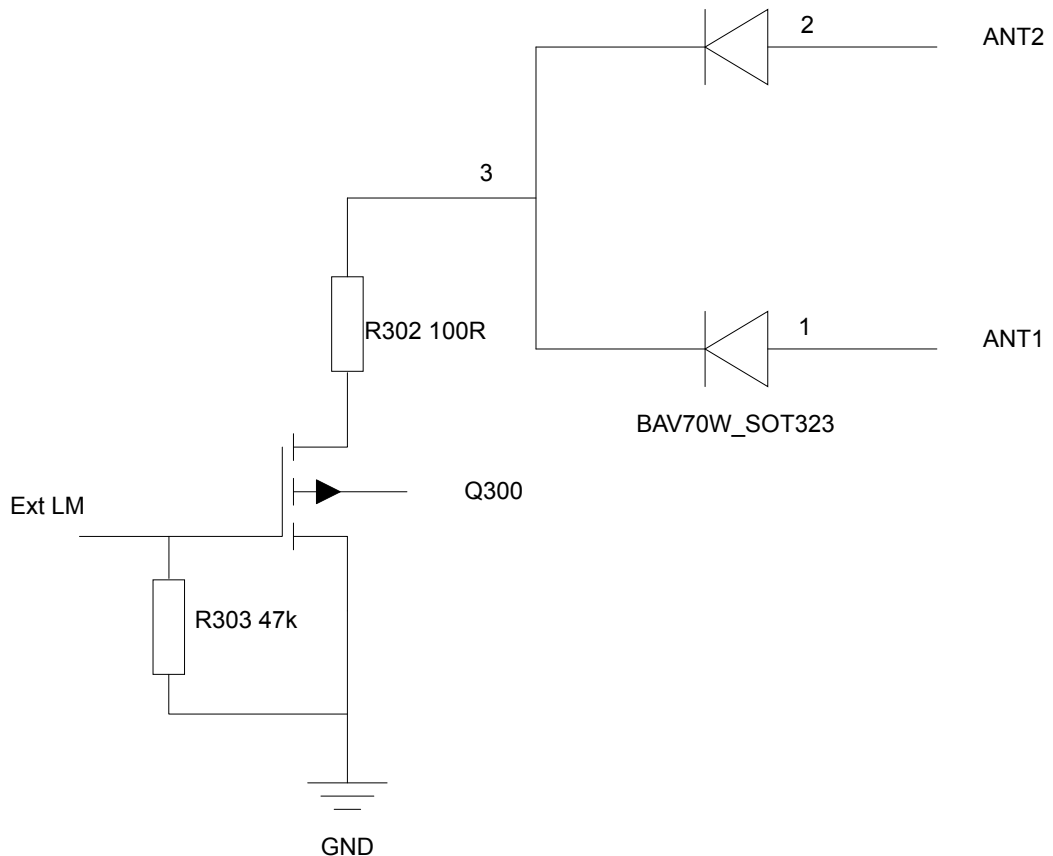
输出电压和调制指数设置由 TX 驱动寄存器中的 AM\_MOD<3:0>选项位控制，范围是 5-40%。另一种方法是设置电阻性 AM 调制（就像 ST25R3911B 那样），将辅助调制设置寄存器中的 DIS\_REG\_AM 位设置为高位。对于软件调制深度不需要进一步设置。电压型 AM 调制电平值与由 PICC 和环境造成的去谐成反线性关系。

### 3.2 卡模式 / 外部负载调制 (EXT\_LM)

ST25R3916 新增了支持 ISO14443-A 和 FeliCatm 协议的被动目标模式。ST25R3916 在被动目标模式下通过在两个 RFO 驱动电阻值之间切换来产生负载调制。被动目标调制寄存器中的 PT\_RES<3:0>和 PTM\_RES<3:0>位分别代表未调制 (PT\_RES) 和已调制 (PTM\_RES) 状态下的 RFO 驱动电阻。

此外，发送器还可以通过 EXT\_LM 引脚驱动外部 MOS 晶体管，以产生负载调制信号。图 2. 外部负载调制电路 举例说明外部 MOS 晶体管的实现电路，其中包含正确工作所需的电阻和二极管。元件的选择必须适应最终应用规格。

图 2. 外部负载调制电路



有关详细工作条件，请参阅 ST25R3916 数据表。

### 3.3 自动天线调谐(AAT)

ST25R3916 有两路 8 位 DAC 输出 (AAT\_A 和 AAT\_B)，用于控制可变电容以实现天线调谐。AAT 功能是可选功能。当 VDD\_A = 3.4 V 时，DAC 输出的范围从 150 mV 到 VDD\_A-150 mV。每路 DAC 输出的负载电阻不得低于 60 kOhm。可变电容器是四引脚器件，当施加直流控制电压时，会改变两个引脚之间的电容。

除了串联和并联匹配电容外，还可以将可变电容放入天线匹配电路中。常见的调谐范围从 50% (控制电压 = 3 V) 到 100% (控制电压 = 0 V)。更多详细信息请参见 [www.st.com](http://www.st.com) 上关于 ST25R3911B 和 ST25R3916 器件的自动天线调谐应用说明。

### 3.4 SPI / I2C 接口

ST25R3916 有两个主机接口。SPI 接口，类似于 ST25R3911B SPI 接口实现和新集成的 I2C 接口。表 4. 主机接口信号线 下面是共享信号接口引脚的详细信息。

表 4. 主机接口信号线

名称	信号	说明
I2C_EN	数字输入	接口选择 (I2C_EN = 低电平, 面向 SPI 接口)
BSS	数字输入	SPI 芯片使能 (低电平激活)
MOSI	数字输入	SPI 数据输入
MISO / SDA	数字输出	SPI 数据输出 / I2C 数据线路
SCLK / SCL	数字输入	SPI 时钟 / I2C 时钟
IRQ	数字输出	中断输出 (高电平激活)

接口选择是通过将 I2C\_EN 引脚连接到 GND 或 VDD\_D 电平来完成的。如果选择 I2C 接口 (I2C\_EN = VDD\_D)，SDA 和 SCL 线路上需要额外的上拉电阻，主机接口必须正确地连接到 MCU。表 5. SPI 和 I2C 接口通信速度详细说明了每个接口的最大通信速度。

表 5. SPI 和 I2C 接口通信速度

接口	ST25R3911	ST25R3916
SPI	高达 6 Mbit/s	高达 10 Mbit/s
I2C	-	高达 3.4 Mbit/s



## 4 接口

虽然 ST25R3911 和 ST25R3916 有相似的操作和接口，但它们并不完全相同。因为功能有增减，不同的器件可能会有不同的行为。

本文档从主机的角度详细说明了这些变更。

为确保最大限度的功能覆盖，使用 [www.st.com](http://www.st.com) 免费提供的 ST NFC 库（RFAL）。

如果 RFAL 已经在 ST25R3911 项目上使用，那么迁移就非常简单，只需将要编译的驱动从 ST5R3911 切换为 ST25R3916 即可。迁移过程概述如下。

### 4.1 与主机通信

与 ST25R3911B 一样，ST25R3916 可以通过基本相同的机制进行控制：读/写寄存器、执行直接指令、读/写 FIFO。

此外，ST25R3916 包含一个被动目标存储区，可以像 FIFO 一样进行访问。

SPI 在这两种器件上都可用，而且这些事务（除了命令编码本身）基本相同。现有的 SPI 驱动程序不需要进一步修改，尽管增加 SPI 将是有益的（可达 10Mbit/s）。

### 4.2 指令

虽然一些指令共享相同的代码，但是添加了一些新指令和特性，而其他的则被删除了。表 6. ST25R3911 和 ST25R3916 的指令差异 下面总结了这些变更。

表 6. ST25R3911 和 ST25R3916 的指令差异

指令	ST25R3911	ST25R3916
C0	-	设为默认
c1	设为默认	
C2	清零	停止所有动作
C3	清零	停止所有动作
C4	传输，有 CRC	
C5	传输，没有 CRC	
C6	传输 REQA	
C7	传输 WUPA	
C8	NFC 发起方开场	
C9	NFC 响应方开场	
CA	NFC 响应方开场，并且 n=0	-
Cb	进入正常 NFC 模式	-
CC	模拟预设	-
CD	-	Go to Sense（空闲）
CE	-	Go to Sleep（停止）
D0	屏蔽接收数据	
D1	不屏蔽接收数据	
D2	-	更改 AM 调制状态
D3	测量振幅	
D4	Squelch	-
D5	重置 Rx 增益	

指令	ST25R3911	ST25R3916
D6	调节稳压器	
D7	校准调制深度	-
D8	校准天线	校准驱动时序
D9	测量相位	
DA	清除 RSSI	
DB	-	清除 FIFO
DC	进入透传模式	
DD	校准电容式传感器	
DE	测量电容值	
DF	测量电源	
E0	启动通用定时器	
E1	启动唤醒定时器	
E2	启动屏蔽接收定时器	
E3	启动无响应定时器	
E4	-	启动 PPON2 定时器
E8	-	停止无响应定时器
FB	-	访问寄存器空间-B

#### 4.2.1 模拟预设

与 ST25R3911B 不同的是，ST25R3916 不提供直接命令将预定义的设置加载到接收器和发射器。相反，主机负责根据设备所需的性能加载适当的模式和比特率设置。

请参考最新的 ST25R3916 RFAL 驱动程序包（可在 [www.st.com](http://www.st.com) 上获得）中的模拟配置表获取推荐的设置。

在 RFAL 中，这些设置被称为模拟配置/设置，库根据需要进行应用。这些设置被分组在一个表中，可以使用现有工具轻松定制和生成该表。

#### 4.2.2 校准调制深度

ST25R3916 不再需要进行调制深度校准。相反，通过能够提供稳定和准确调制深度的额外稳压电源来确保 ASK 调制。

#### 4.2.3 校准天线

在 ST25R3916 上，天线校准不再是通过直接命令在内部完成。校准是通过驱动两个 8 位 DAC 输出进行的，这两个输出用于控制可变电容。如需详细信息，请参阅上面的第 3.3 节 自动天线调谐(AAT)。

### 4.3 寄存器

添加了一些新寄存器以增加新功能，一些存在于两种器件上的配置位被移除。

本文档中没有详细的变更列表。在 79 个寄存器中，只有 4 个寄存器在两种器件之间保持了相同的地址和内容。这些新寄存器的一部分被添加到一个名为空间-B 的新区域中。对这些寄存器的访问要使用附加命令“Register Space-B Access（访问寄存器空间-B）”。

在官方 ST RFAL 驱动程序中，寄存器在地址上被标记（40h）以表示空间-B 寄存器。

### 4.4 FIFO

ST25R3911B 提供一个 96 字节的 FIFO，而 ST25R3916 的 FIFO 更大，为 512 字节。

FIFO 水位中断发生在传输/接收过程的不同时刻，具体取决于器件。

与 ST25R3911B 不同，ST25R3916 上的 FIFO 水位中断在传输时固定为 200 字节，在接收时固定为 300 字节，并且不能更改。

此外，FIFO 读取命令也更改了。在 ST25R3916 上，该命令代码是 9Fh。

### 4.5 中断

两个器件的中断机制是一样的。相同的 IRQ 引脚通知主机，如果没有掩蔽，一个或多个中断已经发生，主机必须尽快检索中断状态。

添加到 ST25R3916 的新中断包含在 4 个寄存器中，在 ST25R3911B 上则是包含在 3 个寄存器中。

与 ST25R3911B 类似，所有这些寄存器必须在一个 SPI / I2C 操作中读取。

下面的表格总结了中断的不同之处。

表 7. 中断的差异

位	ST25R3911	ST25R3916
1		I_osc
2		I_wl
3		I_rxs
4		I_rxe
5		I_txe
6		I_col
7	I_tim	I_rx_rest
8	I_err	RFU
9		I_dct
10		I_nre
11		I_gpe
12		I_eon
13		I_eof
14		I_cac
15		I_cat
16		I_nfct
17		I_crc
18		I_par
19		I_err2
20		I_err1
21		I_wt
22		I_wam
23		I_wph
24		I_wcap
25	-	I_ppon2
26	-	I_sl_wl
27	-	I_apon
28	-	I_rxe_pta
29	-	I_wu_f
30	-	RFU
31	-	I_wu_a*
32	-	I_wu_a

这些新中断与两个器件引入的不同特性和新处理有关。

## 4.6 定时器

ST25R3911B 上的所有定时器也可用于 ST25R3916。

更少的抖动和对步长的额外控制使其中一些定时器得到了增强。

例如，掩模接收定时器现在由定时器中的 `mrt_step` 位和 EMV 控制寄存器（它指定要使用的步长）控制。

为了改进 AP2P 支持，额外引入一个计时器（PPON2）。

## 4.7 比特率检测模式

由于 ST25R3916 也支持被动监听模式，所以比特率检测模式与之前 ST25R3911B 上可用的比特率检测模式不同。主机需要正确配置 ST25R3916 并设置期望激活的协议（被动监听和/或 AP2P）。

需要支持监听模式激活的特定处理。

## 5 迁移现有软件项目

如上所述，建议使用意法半导体的 NFC 库（RFAL），它提供了对所有必需技术和协议的支持，还封装了所有现有的 ST25Rxxxx 器件（ST25R3911、ST25R3916、ST25R95）。

该库会定期更新，以引入新的特性、对 NFC 设备的更广泛支持、以及补丁，始终确保符合相关标准的最新要求。

修补和调整现有的非 RFAL ST25R3911B 驱动程序比较费事，并可能导致不完整的驱动程序，它既不能接收官方更新，也不容易被支持。因此不建议这样做。

### 5.1 使用 RFAL 的项目

RFAL 是结构化的，所以在其下面的 ST2R5 系列器件都是被封装的。因此，要将现有的 ST25R3911B 项目修改为 ST25R3916，只需将 RFAL HAL（硬件抽象层）修改为 ST25R3916。

在项目编译列表或生成文件中，将 include 文件夹从 rfal/source/st25r3911 替换为 rfal/source/st25r3916，并切换以下模块：

表 8. 生成文件定义

ST25R3911B	ST25R3916
rfal_rfst25r3911	rfal_rfst25r3916
st25r3911	st25r3916
st25r3911_com	st25r3916_com
st25r3911_interrupt	st25r3916_irq
-	st25r3916_led

### 5.2 不使用 RFAL 的项目

推荐使用 RFAL。请参考 [www.st.com](http://www.st.com) 上现有的文档和参考设计以相应调整您的项目。

## 版本历史

表 9. 文档版本历史

日期	版本	变更
2019 年 4 月 10 日	1	初始版本。

## 目录

<b>1</b>	术语和缩略语 .....	<b>2</b>
<b>2</b>	引脚排列对比 .....	<b>3</b>
<b>3</b>	功能描述.....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	电源管理和 AM 调制.....	<b>5</b>
<b>3.2</b>	卡模式 / 外部负载调制 (EXT_LM) .....	<b>7</b>
<b>3.3</b>	自动天线调谐(AAT) .....	<b>8</b>
<b>3.4</b>	SPI / I2C 接口 .....	<b>8</b>
<b>4</b>	接口.....	<b>9</b>
<b>4.1</b>	与主机通信 .....	<b>9</b>
<b>4.2</b>	指令 .....	<b>9</b>
<b>4.2.1</b>	模拟预设.....	<b>10</b>
<b>4.2.2</b>	校准调制深度 .....	<b>10</b>
<b>4.2.3</b>	校准天线.....	<b>10</b>
<b>4.3</b>	寄存器 .....	<b>11</b>
<b>4.4</b>	FIFO .....	<b>11</b>
<b>4.5</b>	中断 .....	<b>11</b>
<b>4.6</b>	定时器 .....	<b>13</b>
<b>4.7</b>	比特率检测模式 .....	<b>13</b>
<b>5</b>	迁移现有软件项目 .....	<b>14</b>
<b>5.1</b>	使用 RFAL 的项目 .....	<b>14</b>
<b>5.2</b>	不使用 RFAL 的项目.....	<b>14</b>
	Revision history.....	<b>15</b>





## 图一览

图 1.	电源和天线电路原理图.....	6
图 2.	外部负载调制电路.....	7

## 表一览

表 1.	术语定义.....	2
表 2.	信号布局对比 .....	3
表 3.	信号描述对比 .....	3
表 4.	主机接口信号线.....	8
表 5.	SPI 和 I2C 接口通信速度.....	8
表 6.	ST25R3911 和 ST25R3916 的指令差异 .....	9
表 7.	中断的差异 .....	12
表 8.	生成文件定义 .....	14
表 9.	文档版本历史 .....	15

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是 ST 的商标。关于 ST 商标的其他信息，请访问 [www.st.com/trademarks](http://www.st.com/trademarks)。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2020 STMicroelectronics - 保留所有权利