



复旦微电子

***FM11NT081D
双界面 NFC Forum Type2
Tag 芯片***

技术手册

2019. 04



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。

在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必把所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。

未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站(<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商 标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。



目 录

目 录	3
1 说明	5
2 产品综述	6
2.1 产品简介	6
2.2 产品特点	6
2.2.1 EEPROM 存储器	6
2.2.2 NFC Forum Type2 Tag 兼容性	6
2.2.3 场检测	7
2.2.4 安全特性	7
2.2.5 场能量对外供电	7
2.3 结构框图	7
2.4 引脚说明	7
2.4.1 I2C 接口版本	8
2.4.2 SPI 接口版本	9
3 功能描述	10
3.1 总体描述	10
3.2 存储器	10
3.2.1 概述	10
3.2.2 RF 接口 EEPROM 存储空间定义	11
3.2.3 接触接口 EEPROM 存储空间定义	11
3.2.4 UID/Serial Number	12
3.2.5 Static Lock Bytes	13
3.2.6 CT Lock Bits	13
3.2.7 Dynamic Lock Bytes	14
3.2.8 Capability Container (CC bytes)	15
3.2.9 存储器初始化	15
3.2.10 配置信息块	16
3.3 通信原理	18
3.4 电源管理	19
3.4.1 概述	19
3.4.2 电源方案	19
3.4.3 上电流程	19
3.5 附加功能	21
3.5.1 NFC Counter	21
3.5.2 ASCII 镜像功能	21
3.5.3 密码保护	25
3.6 指令系统	25
3.6.1 概述	25
3.6.2 部分指令详细说明	26
4 应用指南	33
4.1 I ² C	33
4.1.1 概述	33
4.1.2 I ² C 接口上电唤醒	33
4.1.3 接口时序	33
4.1.4 I ² C 工作流程	35
4.1.5 I ² C 对片内存储器的访问	37
4.2 SPI	38

4.2.1	概述	38
4.2.2	命令编码	38
4.2.3	SPI接口上电唤醒	38
4.2.4	通过SPI接口与主控MCU的连接方式	38
4.2.5	接口时序	39
4.2.6	SPI对片内存储器的访问	39
4.3	双界面访问仲裁	40
4.4	接触接口超时	40
4.5	场能量对外供电	41
4.5.1	概述	41
4.5.2	应用配置	41
4.6	典型应用电路	42
4.6.1	使用FD作为唤醒信号	42
4.6.2	使用Vout作为唤醒信号	43
4.6.3	对外供电应用	44
5	电气参数	45
5.1	极限额定参数	45
5.2	推荐工作条件	45
5.3	电参数	45
5.3.1	管脚电参数	45
5.3.2	芯片电参数	46
5.3.3	SPI接口交流参数	46
5.3.4	I2C接口交流参数	47
5.4	存储器参数	48
6	订货信息	49
7	封装信息	50
7.1	TDFN10 封装	50
版本信息		51
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务网点		52



1 说明

本文档为 FM11NT081D 芯片技术手册。FM11NT081D 是复旦微电子公司开发的符合 ISO/IEC14443 -A 协议和 NFC Forum Type2 Tag 标准，并带有 I2C 或 SPI 接口的双界面 NFC 标签芯片。FM11NT081D 分为两种子类型：FM11NT081DI 和 FM11NT081DS。请联系复旦微电子公司提供更多相关文档支持详细设计开发。



2 产品综述

2.1 产品简介

FM11NT081D 是复旦微电子公司开发的符合 ISO/IEC14443-A 协议和 NFC Forum Type2 Tag 标准，并带有 I2C 或 SPI 接口的双界面 NFC 标签芯片。其中 FM11NT081DI 和 FM11NT081DS 分别表示带有 I2C 和 SPI 接口。可广泛应用于电子设备的 NFC 应用扩展，产品身份鉴别，电子货架标签，蓝牙和 WIFI 配对等领域。

2.2 产品特点

- 通讯协议：ISO/IEC 14443-A
- 工作频率：13.56MHz
- 双界面（接触+非接触）
- 具有防冲突功能
- 最远操作距离：10cm（与天线设计和读卡器功率有关）
- 数据传输速率：106 kbit/s
- 高数据完整性：16bit CRC，奇偶校验
- 7 bytes UID，两重防冲突
- 支持 UID ASCII 镜像功能，可自动序列化为 NDEF 信息
- 自动 NFC 计数器，每次上电后第一次执行读或快速读指令触发计数一次
- 支持 NFC 计数器计数值的 ASCII 镜像功能，可自动对应为 NDEF 信息
- 支持基于 ECC 算法的原厂数字签名功能
- 支持快速读取指令
- 50pF 谐振电容
- I2C 最大通信速率：1M bps
- SPI 最大通信速率：5M bps
- 可配置的 FD 信号输出
- 场能量对外供电功能，输出电压可配置

2.2.1 EEPROM 存储器

- EEPROM 的总容量为 924 bytes，分为 231 页（Page），每页 4 bytes
- EEPROM 的用户区容量分别为 888 bytes，分为 222 页，每页 4 bytes
- 前 16 页均可单页锁定（一页对应一位锁定位），对于 FM11NT081D，16 页以后的存储区间按每 16 页进行锁定（16 个连续页对应一位锁定位）。
- 具有可选择使能的密码保护存储区功能，密码尝试的最大次数可配置。
- CC 区有 OTP 功能，具有抗撕裂能力，防止恶意解锁。
- 数据保存时间：大于 50 年
- 擦写次数：大于 20 万次

2.2.2 NFC Forum Type2 Tag 兼容性

FM11NT081D 芯片功能完全兼容 NFC Forum Type2 Tag 的技术要求，芯片出厂时已做好 NDEF 格式数据的初始化。

2.2.3 场检测

FM11NT081D 芯片提供场检测功能，开漏输出的 FD 信号可作为中断源，用于唤醒外部 MCU。FD 信号的功能可配置为：

- 射频场检测标志信号
- 接收到起始帧（通信的开始）的标志信号
- 选卡结束的标志信号

2.2.4 安全特性

- 每颗芯片拥有独立 7 byte UID，UID 不可改写
- CC 区有 OTP 功能，具有抗撕裂能力，防止恶意解锁。
- 存储区具有只读锁定功能
- 基于 ECC 算法的原厂数字签名
- 可启用 32 位密码，用于保护对存储区的读写，被保护存储空间大小可配置。

2.2.5 场能量对外供电

FM11NT081D 内置可配置输出电压的 LDO，把读卡器或 NFC 手机发出的场能量进行整流稳压后，由 VOUT 管脚输出，可以为外部芯片进行供电。输出电压有 1.5V、1.8V、2.5V、3.3V 四种电压可供选择，并可以通过配置限流能力来配置 LDO 的对外供电能力。为了稳定供电，建议在 VOUT 管脚外接 1uF 的稳压电容。

2.3 结构框图

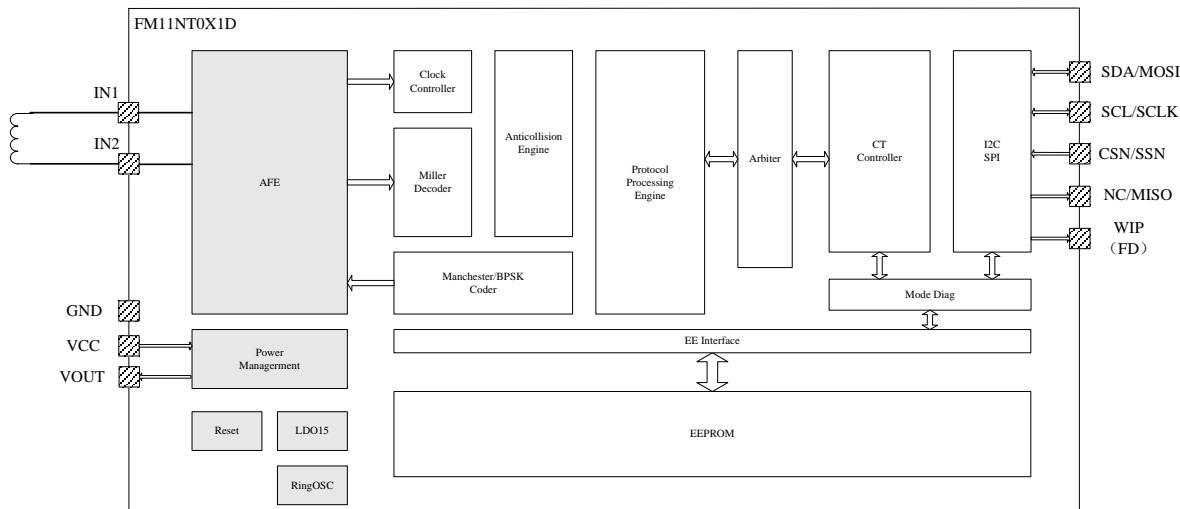


图 2-1 FM11NT081D 结构框图

2.4 引脚说明

FM11NT081D 采用 TDFN10 封装，封装示意图如下。



2.4.1 I2C 接口版本

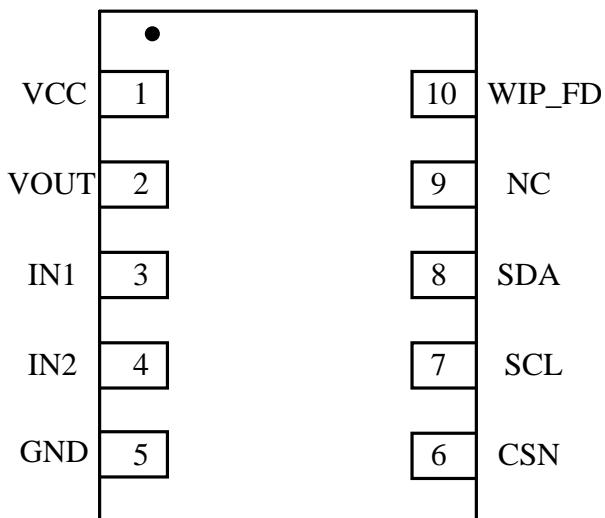


图 2-2 FM11NT081DI 封装引脚示意图

编号	管脚名称	管脚类型	说明
1	VCC	电源	芯片主电源
2	VOUT	模拟输出	场能量整流稳压后输出, 可对外供电, 或作为唤醒信号使用。
3	IN1	模拟 IO	天线射频输入端
4	IN2	模拟 IO	天线射频输入端
5	GND	地	芯片地
6	CSN	数字输入	芯片片选, 低有效
7	SCL	数字输入	I2C 接口时钟
8	SDA	数字输入/开漏输出	I2C 双向数据信号, 外接上拉电阻
9	NC	数字输出	高阻输出
10	WIP_FD	开漏输出	非接触端擦写 EEPROM 标志或场检测信号输出引脚, 开漏输出, 低电平有效。寄存器配置见表 4-5。

表 2-1 FM11NT081DI 封装引脚列表

2.4.2 SPI 接口版本

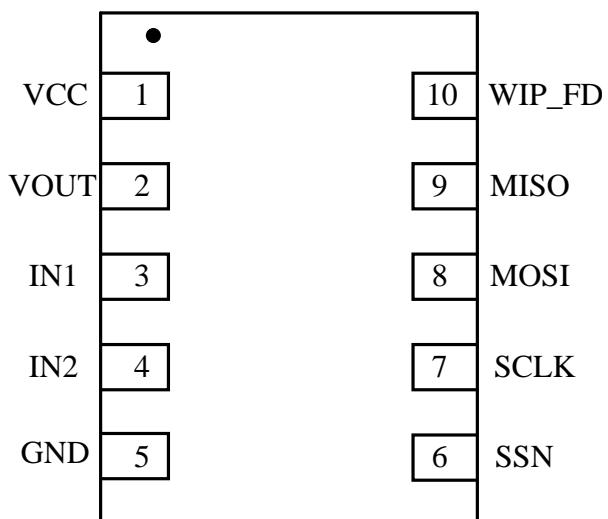


图 2-3 FM11NT081DS 封装引脚示意图

编号	管脚名称	管脚类型	说明
1	VCC	电源	芯片主电源
2	VOUT	模拟输出	场能量整流稳压后输出，可对外供电，或作为唤醒信号使用。
3	IN1	模拟 IO	天线射频输入端
4	IN2	模拟 IO	天线射频输入端
5	GND	地	芯片地
6	SSN	数字输入	SPI 片选
7	SCLK	数字输入	SPI 接口时钟
8	MOSI	数字输入/ 开漏输出	SPI 从机输入，外接上拉电阻
9	MISO	数字输出	SPI 从机输出
10	WIP_FD	开漏输出	非接端擦写 EEPROM 标志或场检测信号输出引脚，开漏输出，低电平有效。寄存器配置见表 4-5。

表 2-2 FM11NT081DS 封装引脚列表



3 功能描述

3.1 总体描述

FM11NT081D 芯片由三部分构成：

- 射频模拟电路
- 数字逻辑电路
- 非易失性存储器（EEPROM）

射频模拟电路完成数据的解调和回发，为整个芯片提供稳定的电源和时钟。

数字逻辑电路完成协议的处理，并控制 EEPROM 的读写操作。

EEPROM 提供高可靠的数据存储。

3.2 存储器

3.2.1 概述

FM11NT081D 的 EEPROM 以 4 字节为一页进行组织，用户存储区容量参见下表：

型号	用户存储器字节数	用户存储器块地址范围
FM11NT081D	888	04h~E1h

表 3-1 用户存储空间与型号的对应关系



3.2.2 RF 接口 EEPROM 存储空间定义

Page No		Byte Number inside a page						
DEC	HEX	0	1	2	3			
0	0h	Serial Number						
1	1h	Serial Number						
2	2h	Serial Number	Internal	Lock Byte	Lock Byte			
3	3h	Capability Container (CC)						
4	4h	TLV						
5	5h	Static Data Area (Page 4-15)						
...	...	Dynamic Data Area (Page 16-225, total 210Pages)						
15	Fh	Dynamic Lock Bytes						
16	10h	Mirror_Byte	RFU	Mirror_Page	AUTH0			
...	...	ACCESS	RFU					
226	E2h	PWD						
227	E3h	PACK						
228	E4h	RFU						
229	E5h							
230	E6h							

图 3-1 FM11NT081D RF 接口存储空间分配

上图中各区域的详细访问权限和说明参见下表：

存储区域	地址范围 (Byte)	用户访问	功能说明
UID	0000h~0008h	R	ISO14443A UID + BCC
Static Lock	000Ah~000Bh	OTP	静态锁定位
CC	000Ch~000Fh	RWL	Capability Container
User Data	0010h~0387h	RWL	用户数据
Dynamic Lock	0388h~038Bh	OTP	动态锁定位
Configuration	038Ch~039Bh	RWL	用户配置区

说明：

F – Forbidden

R – Read

W – Write

L – Writing can be Locked

3.2.3 接触接口 EEPROM 存储空间定义

接触接口对 EEPROM 的访问类似于 24 系列串行 EEPROM 产品，以 16byte/块 (block) 作为单次最

大写入范围。FM11NT081D 有 64 个 block。每个块（block）由 4 页（page）组成，page 地址空间分布见图 3-4。

Page No		Byte Number inside a page				Access conditions
DEC	HEX	0	1	2	3	
0	0h	Serial Number				READ
1	1h	Serial Number				READ
2	2h	Serial Number	Internal	Lock Byte	Lock Byte	READ/R&W
3	3h	Capability Container (CC)				READ&WRITE
4	4h	Static Data Area				READ&WRITE
...	...					
15	Fh					
16	10h	Dynamic Data Area				READ&WRITE
...	...					
225	E1h					
226	E2h	Dynamic Lock Bytes				READ&WRITE
227	E3h	Mirror_Byte	RFU	Mirror_Page	AUTH0	READ&WRITE
228	E4h	ACCESS	REGU_CFG	RFU		READ&WRITE
229	E5h	PWD				READ&WRITE
230	E6h	PACK		RFU		READ&WRITE
231	E7h	24bit Counter			RFU	READ&WRITE
232	E8h	ATQA		SAK1	SAK2	READ&WRITE
233	E9h	RFU				READ
234	EAh					
235	EBh					
236	ECh	RFU			I2C Address	READ&WRITE
237	EDh	RFU				READ&WRITE
...	...	RFU				READ
240	F0h	CT Lock Bits				OTP
241	F1h	CT Lock Bits				OTP
...	...	RFU				READ

图 3-2 FM11NT081D 接触接口存储空间分配

3.2.4 UID/Serial Number

每颗芯片独有的 7 字节序列号 (UID) 及其 2 字节校验码存放在 EE 的最低地址，包括 Page0、Page1

和 Page2 的第一字节。UID 在出厂时写入，用户不能改写。

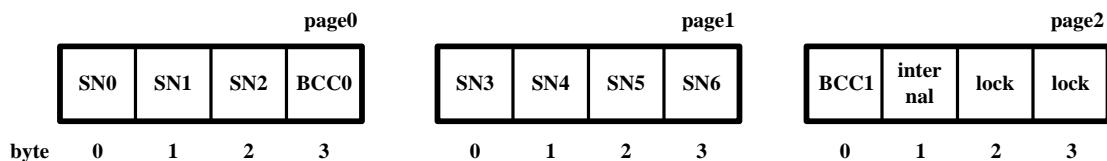


图 3-3 UID/Serial Number

根据 ISO14443-3 校验字节 BCC0 定义为 $CT \oplus SN0 \oplus SN1 \oplus SN2$ ，而 BCC1 定义为 $SN3 \oplus SN4 \oplus SN5 \oplus SN6$ 。

SN0 保存复旦微电子公司的制造商代码。

3.2.5 Static Lock Bytes

Page2 的 byte2 和 byte3 为 static lock bytes，可用于锁定 static data area 中的 12 页和 CC 页的写权限。Static lock bits 为 OTP 属性，用户一旦将其改写为 1，便无法再改写为 0，同时对应 Bit7~Bit4 变为只读属性，无法改写。

Lock byte0 的 Bit7~Bit4 和 lock byte1 的 Bit7~Bit0 分别对应锁定 12 个 static data page，lock byte0 的 Bit3 对应 CC 页，lock byte0 的 Bit2~Bit0 则为 Block-Locking Bits (BL)，BL 位一旦置为 1，则对应的 lock 位不能再改写。

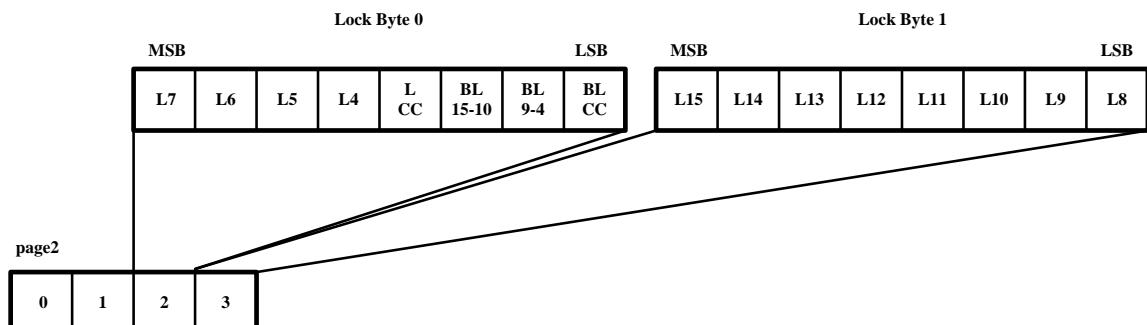


图 3-4 UID/Serial Number

上图中，Lx 表示用于锁定 Page x 的写权限，BLx 表示阻止改写 memory area x 的 BL 位。

比如，若 BL15-10 被置位成 1，则 L15~L10 (lock byte1 的 Bit[7:2]) 将不能再被改写。所有的 Lx 和 BLx 都是 OTP 的，用户可以用 WRITE 或 COMPATIBILITY_WRITE 命令进行改写，一旦写为 1，不能再改写为 0，且具有抗撕裂能力。出厂时 Static Lock bytes 的默认值为 00 00h。

3.2.6 CT Lock Bits

CT Lock Bits 定义接触口 (I2C/SPI) 访问 EEPROM 权限，控制位具有 OTP 属性，一旦置为 1，不能再改写为 0。每 bit 锁定 4 个 page，16 字节。配置区 EEPROM 地址为 0x03C0-0x03C7，Page240-Page241。Lock CT CFG 用来锁定 Page240-Page241。

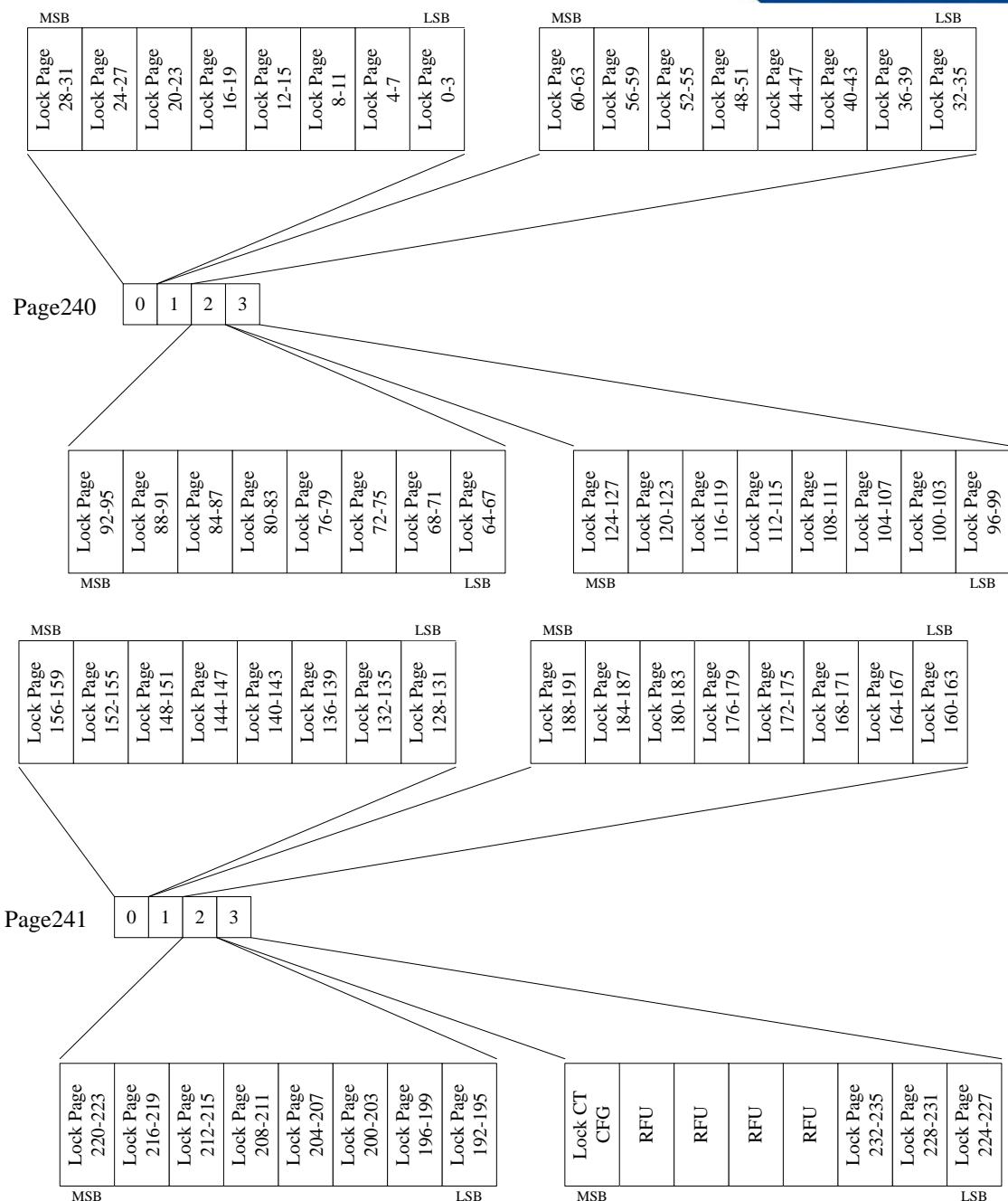


图 3-5 FM11NT081D CT Lock Bits

3.2.7

Dynamic Lock Bytes

根据 NFC T2TOP 规范，Dynamic lock bytes 用来锁定从 Page 10h 开始的用户存储器区域。Dynamic Lock bytes 所在地址根据产品型号不同而不同。

型号	Dynamic Lock Bytes 页地址	页锁定范围
FM11NT081D	E2h	16~225

表 3-2 Dynamic Lock Bytes 块地址

Dynamic Lock bytes 同样具有 OTP 属性，一旦被置为 1，不能再被改写为 0。

FM11NT081D Dynamic Lock bytes 定义:

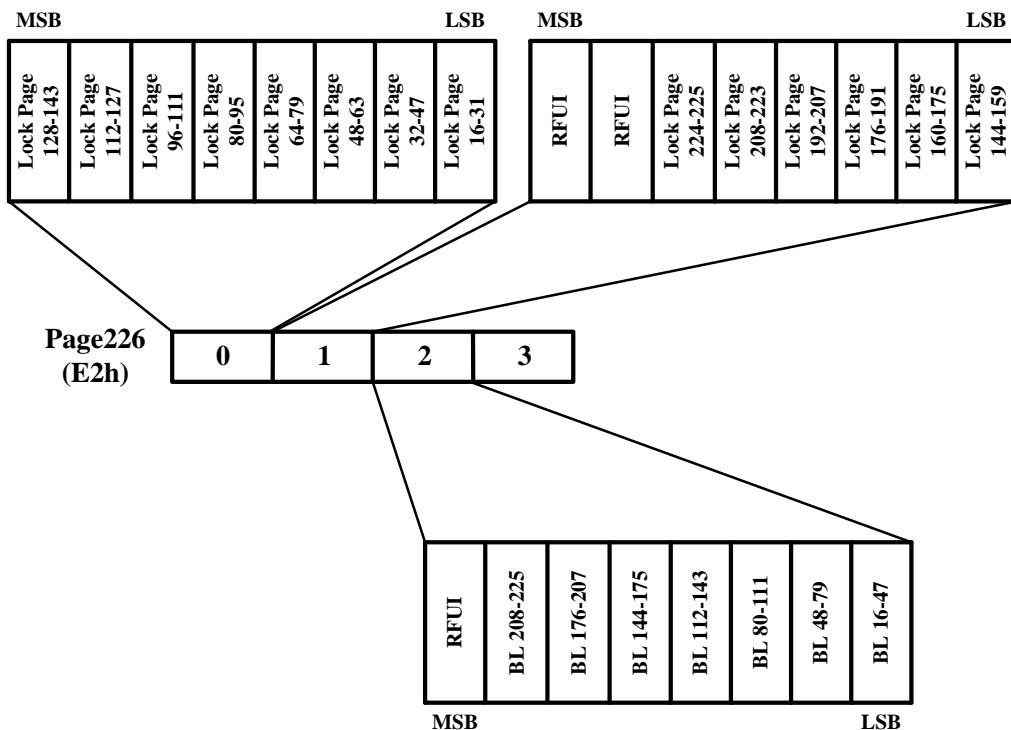


图 3-6 FM11NT081D Dynamic Lock Bytes

3.2.8 Capability Container (CC bytes)

Capability Container 根据 NFC Forum Type2 Tag 规范生成。CC 页内容的详细定义可以参考 NFC Forum T2TOP1.1。CC 字节的内容可以通过 WRITE 或者 COMPATIBILITY_WRITE 指令改写，CC 具有 OTP 属性，一旦置为 1，不能再改写为 0。

为了保证对 NFC T2TOP 的兼容性，不建议用户修改 CC 的内容。

CC 的详细定义如下：

- Byte0: 必须为 E1h 以符合 NFC Forum 要求
- Byte1: 代表芯片支持的 NFCT2T OP 版本号，比如 10h 表示 version1.0
- Byte2: 此字节 × 8 代表 data area 大小，比如 06h 表示 Tag 数据区为 48 字节
- Byte3: 高 4bit 表示 CC 和 data area 的读权限，默认 0h, 8h-Eh 为私有化数据，1h-7h 和 Fh 为 RFU；低 4bit 表示 CC 和 data area 的写权限，默认 0h, Fh 表示禁止写权限

3.2.9 存储器初始化

FM11NT081D 的 CC 页 (03h) 以及数据页 04h、05h 在芯片出厂时已经根据 NFC Forum T2TOP 规范预先进行数据初始化。以下表格表明了 FM11NT081D 出厂后的初始化内容。05h 以后的用户区初始化数据为全 “00h”。

所有的 LOCK 位在出厂时为 “0” 状态，意味着所有的页都处于未锁定状态。



页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
03h	E1h	10h	6Fh	00h
04h	01h	03h	E8h	0Eh
05h	66h	03h	00h	FEh

表 3-3 FM11NT081D 初始化内容

3.2.10 配置信息块

3.2.10.1 概述

FM11NT081D 的 E3h~E6h 页是芯片的用户配置信息区，其内容定义如下：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
E3h	FDP & Mirror	RFUI	Mirror Page	AUTH0
E4h	ACCESS	RFUI	RFUI	RFUI
E5h	PWD			
E6h	PACK		RFUI	RFUI

表 3-4 FM11NT081D 配置信息区

3.2.10.2 ACCESS

Name: ACCESS			
Field	Description	Reset	Access
7	PROT 定义密码保护程度 0: 写 EE 需要密码验证 1: 读写 EE 都需要密码验证	0	RW
6	CFGLOCK 配置区锁定位（只锁定最低 2 页） 0: 配置区可以改写 1: 配置信息永久不可写	0	RW
5	RFU		
4	NFC_CNT_EN 0: NFC Counter 禁止 1: NFC Counter 使能 如果 NFC Counter 使能，NFC Counter 会在每次进场后收到的第一个 READ 或 FAST_READ 时递增	0	RW
3	NFC_CNT_PWD_PROT 0: NFC Counter 不受密码保护 1: NFC Counter 密码保护使能 如果 NFC Counter 密码保护使能，FM11NT081D 只会在经过密码认证之后响应 READ_CNT 命令并回发 NFC Counter 值，否则回发错误代码	0	RW
2:0	AUTHLIM 密码验证错误次数上限 000: 无上限 001-111: 指定密码错误最大次数 一旦密码验证错误超过 AUTHLIM，后续 PWD_AUTH 命令不论密码正确与否全部响应 NAK	3'b000	RW

表 3-5 ACCESS byte 功能描述



3.2.10.3 FDP & Mirror

Name: Mirror Byte			
Field	Description	Reset	Access
7:6	Mirror CONF 定义使用哪种 ASCII 镜像 00: 无 ASCII 镜像 01: 使用 UID 镜像 10: 使用 NFC Counter 镜像 11: 同时使用 UID 和 NFC Counter 镜像	2'b00	RW
5:4	Mirror Byte ASCII 镜像目标起始字节地址	2'b00	RW
3	sleep_en SLEEP 模式使能	1'b0	RW
2	strg_mode TAG 回发调制强度选择 1: 强调制 0: 弱调制	1'b1	RW
1:0	fdp_conf FD pin 配置, 双界面 TAG 应用下有效 00: 无 FD 功能 01: 收到第一个 SoF 时输出 FD 10: TAG 选中时输出 FD 11: 进场输出 FD	2'b11	RW

表 3-6 FDP&Mirror byte 功能描述

3.2.10.4 Mirror Page

Name: Mirror Page			
Field	Description	Reset	Access
7:0	Mirror Page ASCII 镜像目标起始页地址。 Mirror Page > 03h 时使能 ASCII 镜像, 长度 14 字节。	8'h0	RW

表 3-7 Mirror Block byte 功能描述

3.2.10.5 AUTH0

Name: AUTH0			
Field	Description	Reset	Access
7:0	AUTH0 定义需要密码保护的起始页地址。	8'hFF	RW

表 3-8 AUTH0 byte 功能描述

3.2.10.6 PWD

Name: PWD			
Field	Description	Reset	Access
31:0	PWD 32bit 密码, 用户模式下不可读 不被 AUTH0 保护时用户可写, 建议将 PWD 置于 AUTH0 保护范围内, 经过 PWD_AUTH 之后才可以改写。	32'hFFFFFF	RW

表 3-9 PWD byte 功能描述

3.2.10.7 PACK

Name: PACK			
Field	Description	Reset	Access
15:0	PACK 16bit 密码认证回发 PWD_AUTH 命令下发的密码与 FM11NT081D 本地 PWD 相符时回发 PACK，否则回发 NAK。 不被 AUTH0 保护时用户可写，建议将 PACK 置于 AUTH0 保护范围内，经过 PWD_AUTH 之后才可以改写。	16'h0000	RW

表 3-10 PACK byte 功能描述

3.3 通信原理

具体通信协议和时序定义等请用户自行参考 ISO/IEC 14443-A 协议。

芯片工作流程符合 ISO14443A-3 协议，如下图所示：

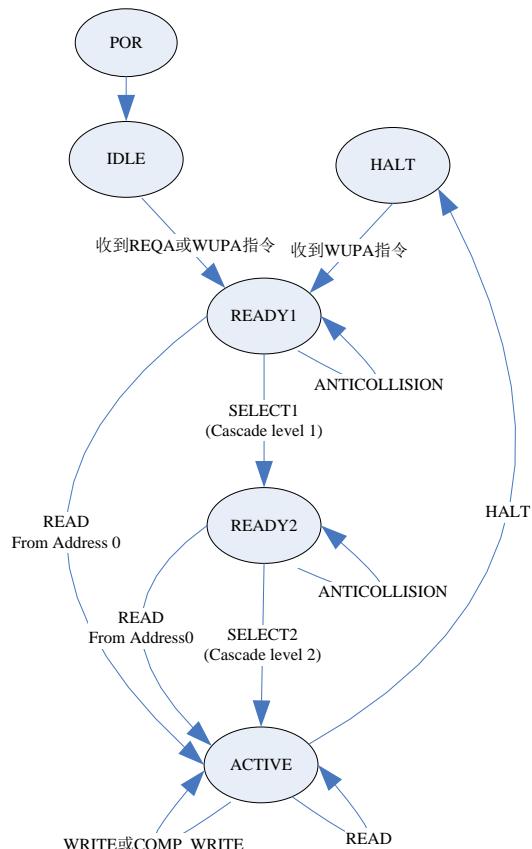


图 3-7 非接触工作流程

3.4 电源管理

3.4.1 概述

FM11NT081D 电源管理方案的主要特点：

- 双界面电源自动切换，内核单电源工作。
- 接触界面不通信时（CSN/SSN 为高）零待机功耗

3.4.2 电源方案

下图是 FM11NT081D 芯片的电源方案。VCC 为接触端口电源，通过开关 Switch 与非接触端的整流输出合并为内核主电源，再经过 LDO 稳压后产生内核电源。

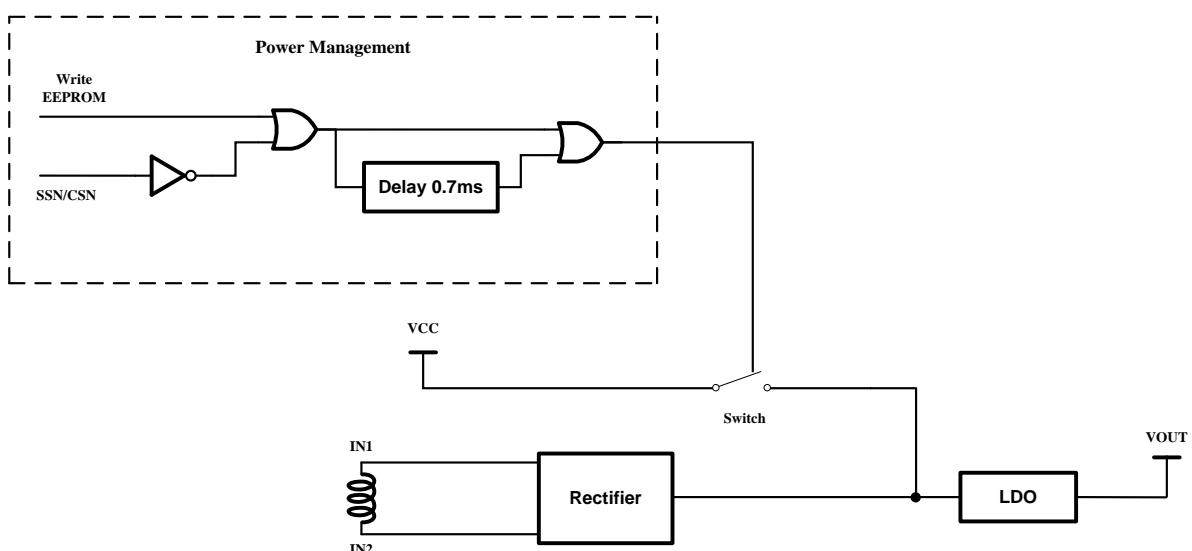


图 3-8 芯片电源方案

在接触端有数据通讯时，接触端电源通过开关给芯片供电，当接触端无数据通讯时，接触端开关关闭，使接触端实现零功耗待机模式。

1. 电源开关判别逻辑：

在 CSN/SSN 选中情况下打开电源开关，如果是接触端启动对 EEPROM 的擦写操作，则 Write EEPROM 信号变高，使此过程中开关保持在闭合状态，用 delay 单元保证开关的打开和闭合之间有至少 0.7ms 的延迟，避免单接触界面操作 EEPROM 时，指令结束和擦写 EEPROM 启动之间芯片下电。

单接触界面操作芯片时，CSN/SSN 需提前至少 100us 使能有效，以保证芯片上电完成。

2. 接触端零功耗待机：

VCC 下的电路在开关关闭的情况下无直流通路，实现了零功耗待机模式。

3. 接触端宽电压范围：

单接触界面情况下，接触端 VCC 的工作电压范围为 1.7V~5.5V。

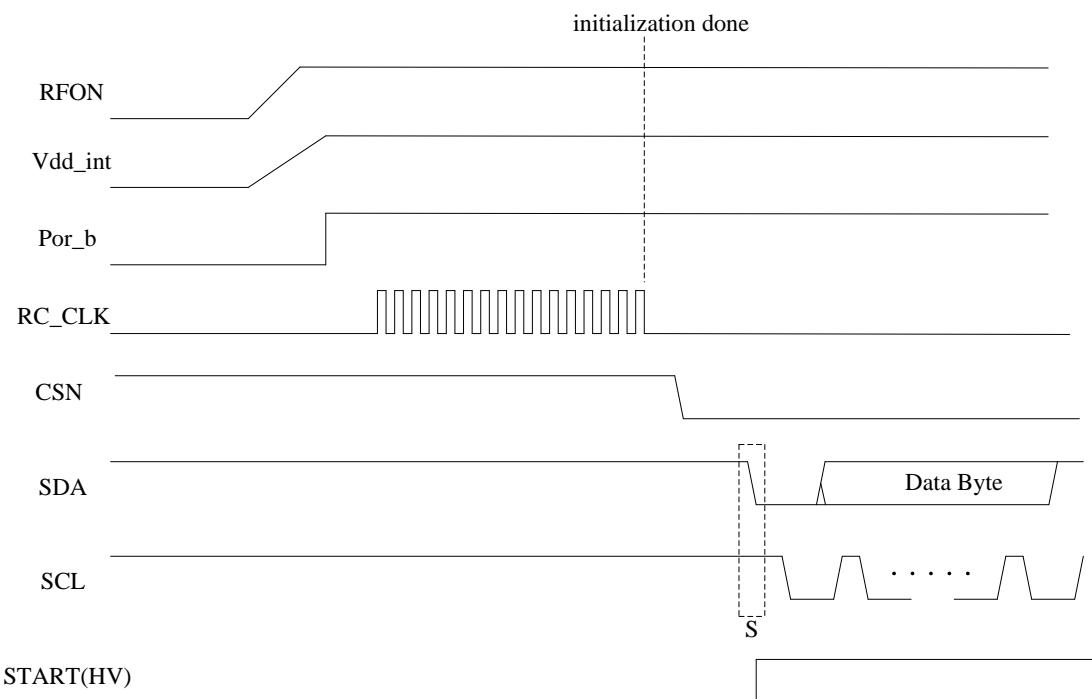
双界面同时存在的情况下，接触端 VCC 的工作电压范围为 1.62V~5.5V

3.4.3 上电流程

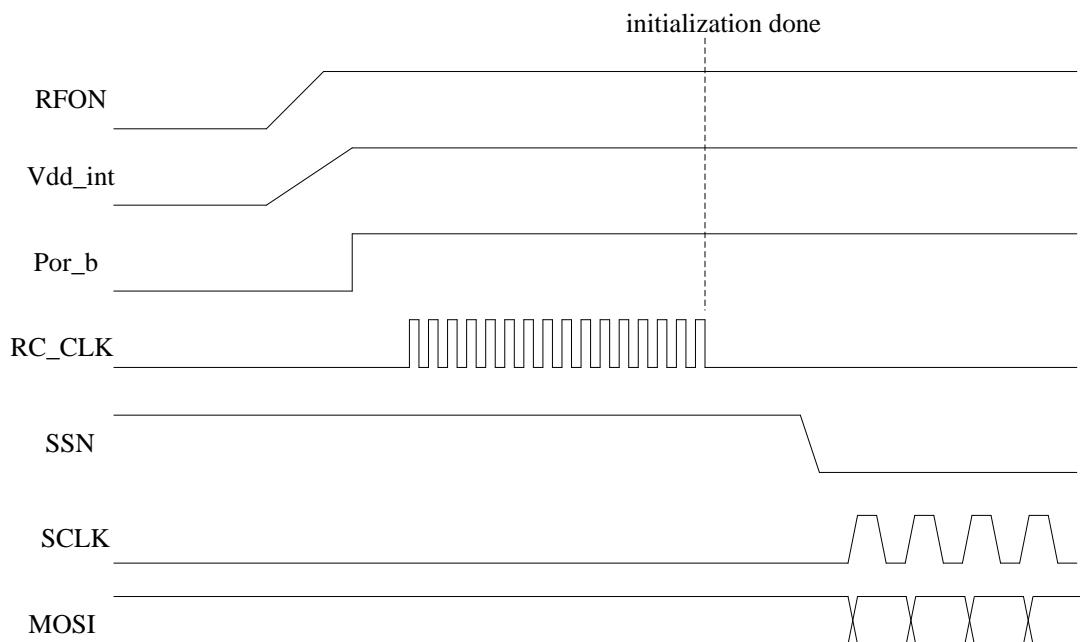
3.4.3.1 RF 进场上电

RF 进场上电时接触端电路由场能量供电，因此 MCU 在被中断唤醒后可以直接发起总线通讯。

1. FM11NT081DI 上电流程:

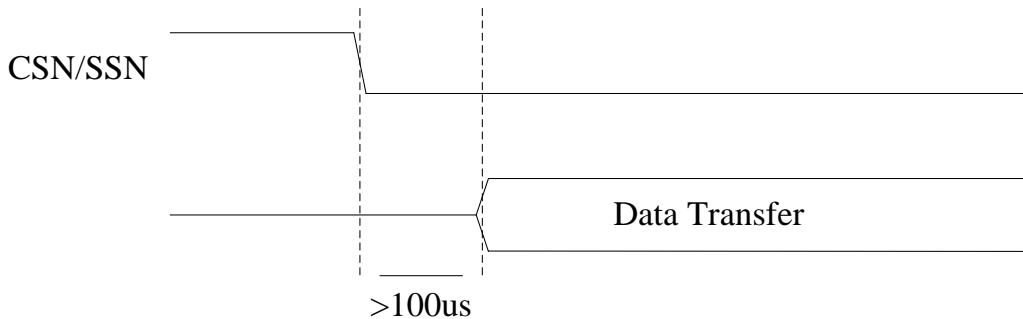


2. FM11NT081DS 上电流程:



3.4.3.2 接触端单独上电

场供电优先级高于接触界面供电，在非进场状态下，FM11NT081D 内核电源处于下电状态，外部主控 MCU 需要通过拉低 CSN/SSN 来使 FM11NT081D 上电。由于内核电源上电需要建立时间，因此要求外部主控 MCU 在发起通信前必须使能 CSN/SSN 至少 100us，以确保 FM11NT081D 内核电源的稳定建立：



3.5 附加功能

FM11NT081D 除符合 NFC FORUM T2T 规范规定功能以外，还有以下附加功能。

3.5.1 NFC Counter

FM11NT081D 内建一个 24bit 非挥发计数器，在每次进场后收到第一条 READ 或 FAST_READ 命令时，自动触发计数器递增。

NFC Counter 功能可以用 NFC_CNT_EN 位来使能或者禁止（参见章节 3.2.8.2）。

NFC Counter 的值可以使用 READ_CNT 命令或者 NFC Counter Mirror 功能读出。读取计数值也可以被密码保护，使能或禁止密码保护由 NFC_CNT_PWD_PROT（参见章节 3.2.8.2）控制。

3.5.2 ASCII 镜像功能

3.5.2.1 概述

FM11NT081D 支持将 7 字节 UID 或 3 字节 NFC Counter 的 ASCII 码映射到用户数据区的某处空间中。当 READ 或者 FAST_READ 指令读取的 EE 空间中包含此 Mirror 空间，则 FM11NT081D 回发 UID 或 NFC Counter 的 ASCII 码，而非此物理空间中的实际存储数据。

根据 EE 中的 MIRROR_CONF（参见章节 3.2.8.4）配置，用户可以选择单独镜像 UID、NFC Counter 或者同时镜像 UID+NFC Counter。

镜像的起始地址由 MIRROR_PAGE（参见章节 3.2.8.5）和 MIRROR_BYT（参见章节 3.2.8.4）信息共同定义。

如果同时镜像 UID 和 NFC Counter，则 UID 和 Counter 字节之间自动插入”x”字符（ASCII 码 78h）进行分割。

ASCII Mirror	存储器中需要占据的空间
UID	14 bytes
NFC Counter	6 bytes
UID + NFC Counter	14 bytes UID + 1 byte 分隔符 + 6 bytes NFC Counter = 21 bytes

表 3-11 镜像所需空间大小

3.5.2.2 UID 镜像

此功能可以将 7 字节 UID 的 ASCII 码映射到芯片的物理存储空间中的特定地址，镜像后需要占据 14 字节。当 READ 或者 FAST_READ 指令涉及到被镜像的地址，FM11NT081D 将回发 UID 的 ASCII 码，而不是实际物理空间中的数据。

物理存储空间中被镜像的目标地址可以通过 MIRROR_PAGE 和 MIRROR_BYTE 指定。其中 MIRROR_PAGE 指定了镜像起始的页地址，MIRROR_BYTE 指定了镜像起始页中开始镜像的字节地址。

用户通过将 MIRROR_PAGE 写成>03h 的值，以及 MIRROR_CONF 写为 01b，来使能 UID 镜像功能。用户必须注意 14 字节的 UID 镜像不能超出用户存储空间的上限，否则镜像功能无效。

取值	MIRROR_PAGE	MIRROR_BYTE
最小值	04h	00b
最大值	最大用户块-3	10b

表 3-12 UID 镜像地址范围

下面的例子中，MIRROR_PAGE=0Ch，MIRROR_BYTE=01b，物理存储内容如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				
0Ch	3D	30	30	30	=000
0Dh	30	30	30	30	0000
0Eh	30	30	30	30	0000
0Fh	30	30	30	FE	000.
10h	00	00	00	00	...
...	...				

表 3-13 UID 镜像前的物理存储空间

UID 镜像后的虚拟存储空间如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				
0Ch	3D	31	44	41	=1DA
0Dh	32	33	30	31	2301
0Eh	31	30	39	36	1096
0Fh	37	45	43	FE	7EC.
10h	00	00	00	00	...
...	...				

表 3-14 UID 镜像后的虚拟存储空间

3.5.2.3 NFC Counter 镜像

此功能可以将 3 字节 NFC Counter 的 ASCII 码映射到芯片的物理存储空间中的特定地址，镜像后需要占据 6 字节。当 READ 或者 FAST_READ 指令涉及到被镜像的地址，FM11NT081D 将回发 NFC Counter 的 ASCII 码，而不是物理空间中的实际数据。

物理存储空间中被镜像的目标地址可以通过 MIRROR_PAGE 和 MIRROR_BYTE 指定。其中 MIRROR_PAGE 指定了镜像起始的页地址，MIRROR_BYTE 指定了镜像起始页中开始镜像的字节地址。

用户通过将 MIRROR_PAGE 写成 >03h 的值，以及 MIRROR_CONF 写为 10b，来使能 NFC Counter 镜像功能。用户必须注意 6 字节的 NFC Counter 镜像不能超出用户存储空间的上限，否则镜像功能无效。

如果 NFC_CNT_PWD_PROT 被置位为 1，则 NFC Counter 值处于密码保护状态下，只有在事先进行了成功的 PWD_AUTH 操作之后，FM11NT081D 才会执行 NFC Counter 镜像，否则镜像功能无效。

取值	MIRROR_PAGE	MIRROR_BYTE
最小值	04h	00b
最大值	最大用户块-1	10b

表 3-15 NFC Counter 镜像地址范围

下面的例子中，MIRROR_PAGE=0Ch，MIRROR_BYTE=01b，NFC Counter 的计数值为 00-10-2F，物理存储内容如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				
0Ch	3D	30	30	30	=000
0Dh	30	30	30	FE	000.
0Eh	00	00	00	00	...
0Fh	00	00	00	00	...
10h	00	00	00	00	...
...	...				

表 3-16 NFC Counter 镜像前的物理存储空间

NFC Counter 镜像后的虚拟存储空间如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
0Ch	3D	30	30	31	=001
0Dh	30	32	46	FE	02F.
0Eh	00	00	00	00	...
0Fh	00	00	00	00	...
10h	00	00	00	00	...
...	...				

表 3-17 NFC Counter 镜像后的虚拟存储空间

3.5.2.4 UID + NFC Counter 镜像

此功能可以将 7 字节 UID 和 3 字节 NFC Counter 的 ASCII 码一同映射到芯片的物理存储空间中的特定地址，两者之间用 1 字节分隔符（“x”字符，ASCII 码 78h）分隔，因此镜像后需要占据 21 字节。当 READ 或者 FAST_READ 指令涉及到被镜像的地址，FM11NT081D 将回发 NFC Counter 的 ASCII 码，而不是物理空间中的实际数据。

物理存储空间中被镜像的目标地址可以通过 MIRROR_PAGE 和 MIRROR_BYTE 指定。其中 MIRROR_PAGE 指定了镜像起始的页地址，MIRROR_BYTE 指定了镜像起始页中开始镜像的字节地址。

用户通过将 MIRROR_PAGE 写成>03h 的值，以及 MIRROR_CONF 写为 11b，来使能 NFC Counter 镜像功能。用户必须注意 21 字节的镜像值不能超出用户存储空间的上限，否则镜像功能无效。

如果 NFC_CNT_PWD_PROT 被置位为 1，则 NFC Counter 值处于密码保护状态下，只有在事先进行了成功的 PWD_AUTH 操作之后，FM11NT081D 才会执行 NFC Counter 镜像，否则镜像功能无效。

取值	MIRROR_PAGE	MIRROR_BYTE
最小值	04h	00b
最大值	最大用户块-5	11b

表 3-18 UID + NFC Counter 镜像地址范围

下面的例子中，MIRROR_PAGE=0Ch，MIRROR_BYTE=01b，NFC Counter 的计数值为 00-10-2F，物理存储内容如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				
0Ch	3D	30	30	30	=000
0Dh	30	30	30	30	0000
0Eh	30	30	30	30	0000
0Fh	30	30	30	78	000x
10h	30	30	30	30	0000
11h	30	30	FE	00	00..
...	...				

表 3-19 镜像前的物理存储空间



UID 镜像后的虚拟存储空间如下表：

页地址	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	ASCII
00h	1D	A2	30	56	
01h	11	09	67	EC	
02h	B6	internal	lock bytes		
03h					
04h					
...	...				
0Ch	3D	31	44	41	=1DA
0Dh	32	33	30	31	2301
0Eh	31	30	39	36	1096
0Fh	37	45	43	78	7ECx
10h	30	30	31	30	0010
11h	32	46	FE	00	2F..
...	...				

表 3-20 镜像后的虚拟存储空间

3.5.3 密码保护

用户可以通过使能密码保护功能来限制对特定存储器地址范围的读写访问权限。EEPROM 中保存 4 字节的密码（PWD）和 2 字节的密码认证响应（PACK），由用户自行定义并写入。

AUTHLIM 参数（参见章节 3.2.8.2）用于定义允许的错误密码尝试次数上限，芯片会自动记录 NFC 设备发起的错误密码认证次数，当错误次数超过 AUTHLIM 规定的上限后，即使 NFC 设备发送了正确的密码，也不被 FM11NT0X1 所接受。如果 NFC 设备在达到错误上限之前（含错误次数等于错误上限）发送了正确的密码，则 FM11NT081D 自动清零记录的出错次数。注意密码错误次数是保存在 EEPROM 中的，并不会因为下电而清除。

在 FM11NT081D 的出厂状态下，AUTH0 初始化为 FFh，即默认关闭了密码保护功能，此时用户可以任意改写 PWD 和 PACK 的内容。当用户写入配置信息、PWD 和 PACK 之后，可以根据需要设置 AUTH0。芯片重新上电后将 EEPROM 存储区从 AUTH0 指向的页地址开始设为密码保护。用户可以通过这种方法保护配置信息、PWD、PACK 和敏感数据不被非法改写。

3.6 指令系统

3.6.1 概述

FM11NT081D 支持的指令集如下表所示。

Command	ISO14443	Code
Request	REQA	26h
WakeUp	WUPA	52h
Anticollision CL1	Anticollision CL1	93h 20h
Select CL1	Select CL1	93h 70h
Anticollision CL2	Anticollision CL2	95h 20h
Select CL2	Select CL2	95h 70h
Halt	HLTA	50h 00h
GET_VERSION	-	60h

Command	ISO14443	Code
READ	-	30h
FAST_READ	-	3Ah
WRITE	-	A2h
READ_CNT	-	39h
COMP_WRITE	-	A0h
PWD_AUTH	-	1Bh
READ_SIG	-	3Ch

表 3-21 FM11NT081D 指令集

FM11NT081D 定义了 4bit 的 ACK 和 NAK，其编码和含义如下：

Code	ACK/NAK
4'hA	Acknowledge
4'ho	NAK, 命令参数错误
4'h1	NAK, 校验位或 CRC 错
4'h4	NAK, 非法密码认证或内部计数器溢出
4'h5	NAK, EE 写错误

表 3-22 FM11NT081D ACK 和 NAK 编码

FM11NT081D 定义的 ATQA 和 SAK 如下：

Response	Hex	Bit
ATQA	00 44	0000_0000_0100_0100
SAK	00	0000_0000

表 3-23 FM11NT081D ATQA 和 SAK 编码

3.6.2 部分指令详细说明

3.6.2.1 READ

READ 命令只有一个字节的参数——读地址(Page Address)，最多寻址 256 页，每页占 4 字节，共计 1KB 正好占据一个 Sector。

FM11NT081D 在收到 READ 命令后，在规定时间内回发页地址参数指定页开始的 16 个字节（固定回发 4 页），或者回发 NAK 响应。

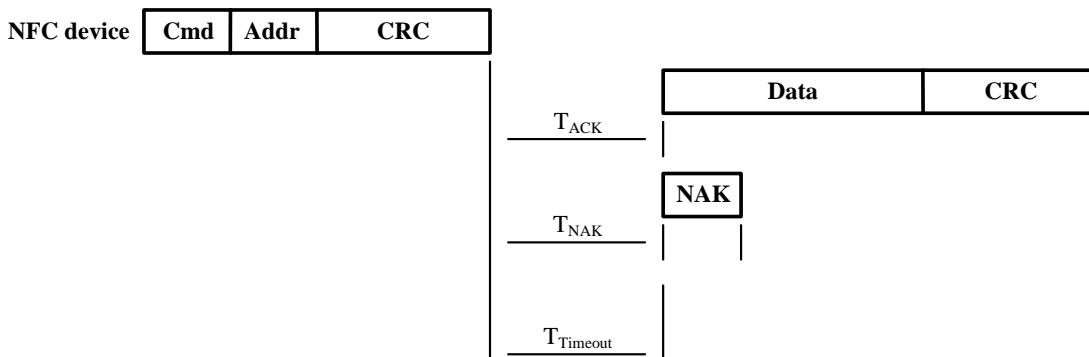


图 3-9 READ 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	30h	READ 命令编码	1byte
Addr	-	读取页起始地址	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes

内容	编码	描述	长度
Data	-	FM11NT081D 回发的数据	16bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-24 READ 命令

比如 Addr=03h，则 FM11NT081D 回发 Page03、04、05、06 的数据。如果 Addr 位于 EE 可访问空间之外，FM11NT081D 回发 NAK。如果 Addr 临近可访问 EE 的边界，则 FM11NT081D 采用 roll-over 策略。比如对于 8K EE，有效地址范围是 00-E6h，若 Addr=E4h，则 FM11NT081D 回发 PageE4、E5、E6、00 的数据；若 Addr>E6h，FM11NT081D 回发 NAK。

出厂状态下，FM11NT081D READ 命令地址有效范围：00h~E6h；

对于启动了密码保护的情况，如果没有经过密码校验，Addr 处于被保护区域（AUTH0 设定地址之后），则 FM11NT081D 回发 NAK。如果 Addr 在被保护区域边界处，FM11NT081D 同样使用 roll-over 策略。比如 AUTH0==60h，Addr=59h，未经过密码校验，则 FM11NT081D 回发 Page59、00、01、02。一旦通过了密码校验，READ 指令行为与无密码保护情况完全一致。

出于安全考虑，无法读出 PWD 和 PACK 的真实数据。当 READ 命令的返回数据包含这两页时，PWD 和 PACK 的返回数据将会是 00h。

通信的时序特征符合 ISO14443-3 标准。

3.6.2.2 WRITE

WRITE 命令有 2 个参数：写地址（Page Address）和写入数据，写地址与 READ 命令相同，写入数据固定为 4 字节（一个页），LSB 在先。FM11NT081D 擦写 EE 成功后回发 ACK，否则回发 NAK。

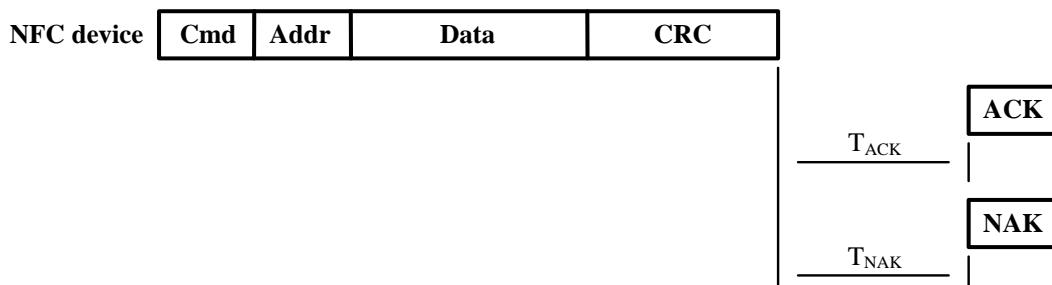


图 3-10 WRITE 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	A2h	WRITE 命令编码	1byte
Addr	-	写入页地址	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Data	-	FM11NT081D 收到的数据	4bytes
ACK/NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-25 WRITE 命令

FM11NT081D WRITE 命令地址有效范围如下，写地址超出地址有效范围将回发 NAK：
FM11NT081D: 00h~E6h；

3.6.2.3 GET_VERSION

GET_VERSION 指令用于获得芯片的详细型号和版本信息。

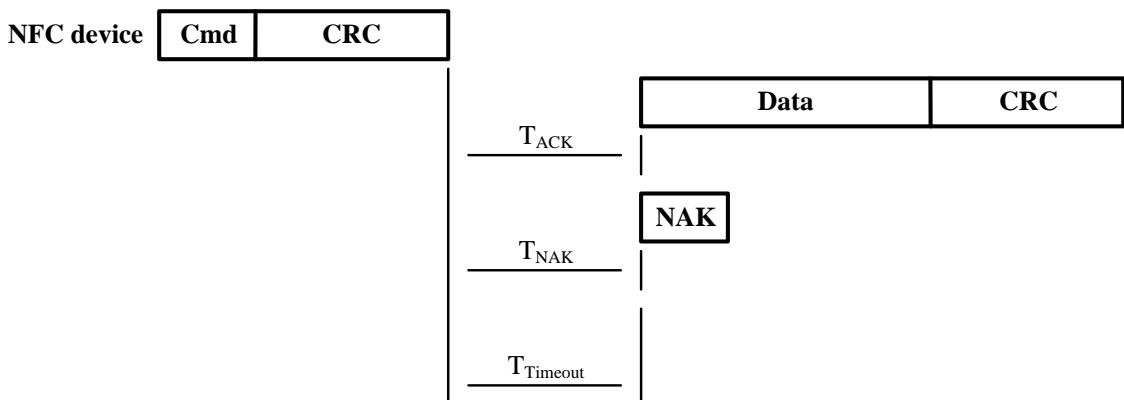


图 3-11 GET_VERSION 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	60h	GET_VERSION 命令编码	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Data	-	FM11NT081D 回发的数据	8bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-26 GET_VERSION 命令

GET_VERSION 回发信息说明：

Byte No.	描述	FM11NT081D	含义
0	Header	00h	固定
1	Vendor ID	1Dh	FMSH
2	Product Type	05h	Dual-NTAG
3	Product Subtype	01h	50pF
4	Major Version	01h	1
5	Minor Version	00h	V0
6	Storage Size	13h	存储容量
7	Protocol Type	03h	支持 ISO14443-3

表 3-27 GET_VERSION 回发信息

存储容量（Storage Size）数据长 1 个字节，该字节定义了可用数据存储区的大小。Storage Size 的 Bit7~Bit1 表示一个无符号整数 n, FM11NT081D 用户数据存储区的大小至少为 2^n 个字节。如果 Bit0 为 0, 那么 FM11NT081D 可用数据存储区的大小就为 2^n 个字节。如果 Bit0 为 1, 那么 FM11NT081D 可用数据存储区的大小在 2^n 和 2^{n+1} 个字节之间。

3.6.2.4 FAST_READ

FAST_READ 命令可以用来从 FM11NT081D 连续读取 N 个 Page 的数据，命令参数包含起始页地址和结束页地址，不限制回发数据长度。

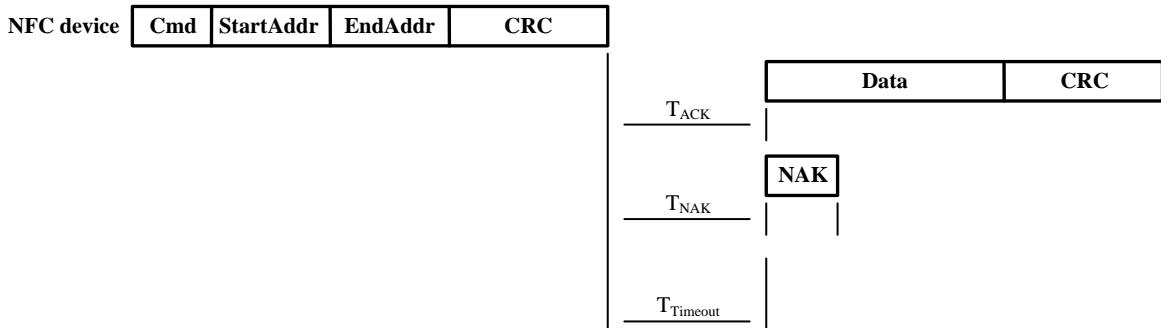


图 3-12 FAST_READ 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	3Ah	FAST_READ 命令编码	1byte
StartAddr	-	起始页地址	1byte
EndAddr	-	结束页地址	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Data	-	FM11NT081D 收到的数据	n*4bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-28 FAST_READ 命令

假设 StartAddr==03h, EndAddr==07h, 则 FM11NT081D 回发 Page03、04、05、06、07 的数据。EndAddr 必须大于或等于 StartAddr。如果 EndAddr 小于 StartAddr, 则 FM11NT081D 回发 NAK。如果 EndAddr 等于 StartAddr, 则 FAST_READ 命令等同于 READ 命令。如果被寻址的页超出了 EE 物理配置空间, 则 FM11NT081D 回发 NAK。在没有通过密码校验的情况下, 如果读取区域包含被密码保护的区域, FM11NT081D 回发 NAK。

3.6.2.5 COMPATIBILITY_WRITE

COMPATIBILITY_WRITE 命令分 2 部分, 第一部分先给出写地址, 第二部分给出 16 字节写数据, 但是只有最低 4 字节数据会被写入, 由于数据传输时 LSB 在先, 所以是先发的 4 字节被写入目标块, 后续 12 字节数据忽略。

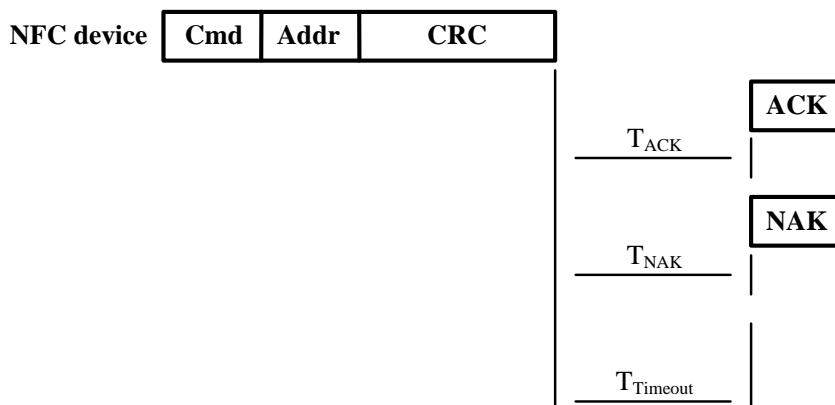


图 3-13 COMPATIBILITY_WRITE 命令第一部分

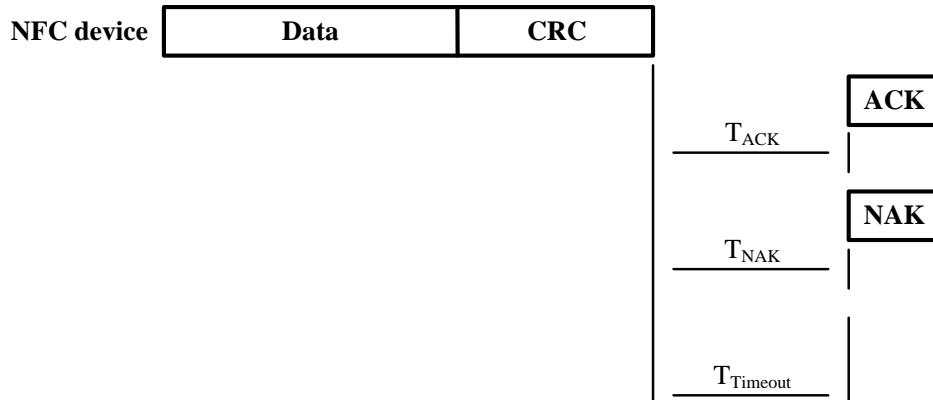


图 3-14 COMPATIBILITY_WRITE 命令第二部分

内容	编码	描述	长度
Cmd	A2h	COMPATIBILITY_WRITE 命令编码	1byte
Addr	-	起始页地址	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Data	-	FM11NT081D 收到的数据	4bytes
ACK/NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-29 COMPATIBILITY_WRITE 命令

COMPATIBILITY_WRITE 命令合法地址范围:

- FM11NT081D: 块地址 00h-E6h

当命令地址超出以上范围时, 芯片回发 NAK。

3.6.2.6 PWD_AUTH

PWD_AUTH 命令用于密码验证, 当 NFC 设备试图访问被密码保护的区域(页地址大于等于 AUTH0)时, 必须首先使用 PWD_AUTH 命令发送正确的密码。密码由用户预先写入 EEPROM。当密码匹配成功, FM11NT081D 会回发密码认证响应 PACK, 否则回发 NAK。为了防止暴力破解, 用户可以设置 AUTHLIM 来限制错误密码认证的次数上限, 当 NFC 设备发送错误密码次数超过 AUTHLIM 规定的上限之后, FM11NT081D 受密码保护的区域将永远无法访问(根据密码访问配置), 后续发送的任何 PWD_AUTH 命令, 即使密码正确, FM11NT081D 也会回发 NAK。

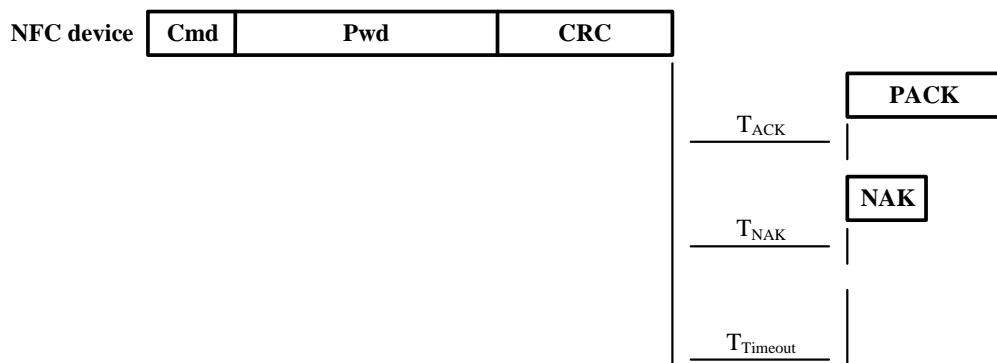


图 3-15 PWD_AUTH 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	1Bh	PWD_AUTH 命令编码	1byte
Pwd	-	密码	4bytes
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
PACK	-	密码认证响应	2bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-30 PWD_AUTH 命令

3.6.2.7 READ_SIG

READ_SIG 为原厂验签命令，FM11NT081D 收到 READ_SIG 后自动回发 32 字节原厂签名数据，此签名在出厂时写入 EEPROM，用户不可改写。签名根据 ECC 加密算法生成，每颗芯片都有唯一的签名，用户可通过此命令来实现简单的防伪功能。

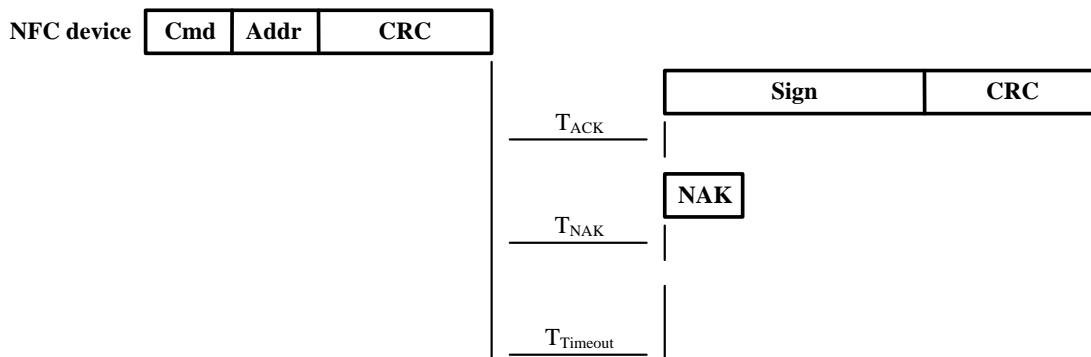


图 3-16 READ_SIG 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	3Ch	READ_SIG 命令编码	1byte
Addr	00h	RFU, 固定为 00h	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Sign	-	签名数据	32bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-31 READ_SIG 命令

3.6.2.8 READ_CNT

READ_CNT 命令用于读出 FM11NT081D 内建的 NFC Counter 计数器的值。READ_CNT 命令包含一个固定的地址参数 02h (Addr)。如果 NFC Counter 启用了密码保护 (NFC_CNT_PWD_PROT 设置为 1)，那么只有当密码校验通过后，READ_CNT 命令才能正确返回 NFC Counter 的值。

FM11NT081D 在收到 READ_CNT 命令后，在规定时间内回发 3 字节 NFC Counter 计数器的值，或者回发 NAK 响应。如果 READ_CNT 命令的地址参数不是 02h，那么 FM11NT081D 在收到 READ_CNT 命令后回发 NAK。如果 NFC Counter 启用了密码保护，但是未经过密码校验认证，那么 FM11NT081D 在收到 READ_CNT 命令后回发 NAK。

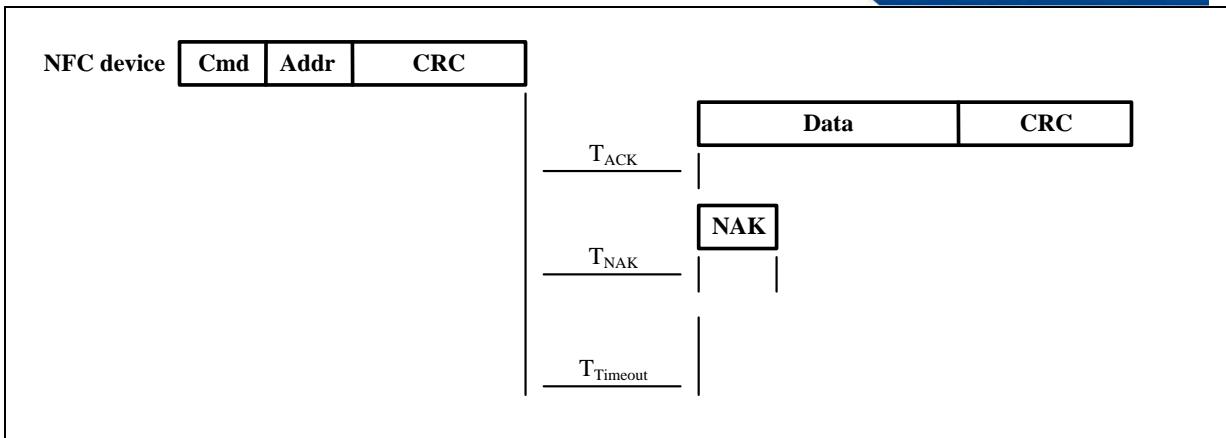


图 3-17 READ_CNT 命令

内容	编码	描述	长度
Cmd	39h	READ_CNT 命令编码	1byte
Addr	02h	NFC Counter 地址	1byte
CRC	-	CRC 校验码	2bytes
Data	-	NFC Counter 计数值	3bytes
NAK	参见表 3-24	参见表 3-24	4bits

表 3-32 READ_CNT 命令

4 应用指南

4.1 I²C

4.1.1 概述

I²C 模块实现 FM11NT081DI 与外部带有 I²C 接口的主控 MCU 之间的同步通信，硬件自动实现数据收发和命令解析与处理。通过 I²C 接口，外部主控 MCU 可以直接操作 FM11NT081DI 的片内 EEPROM。

特点：

- I²C 从机模式
- 7 位从机地址
- 传输速度支持 Standard-mode(100Kbps)、Fast-mode (400Kbps) 和 Fast-mode Plus(1Mbps)
- 通信前需要拉低 CSN 引脚使芯片上电

4.1.2 I²C 接口上电唤醒

外部主控 MCU 有可能在 FM11NT081DI 没有进场的情况下主动发起访问（读写 EEPROM），此时芯片处于下电状态，主控 MCU 需要先拉低 CSN 引脚触发 FM11NT081DI 的主电源上电，然后再发起 I²C 通信。这种情况下 FM11NT081DI 的上电准备时间小于 100us。

4.1.3 接口时序

4.1.3.1 接口时序图

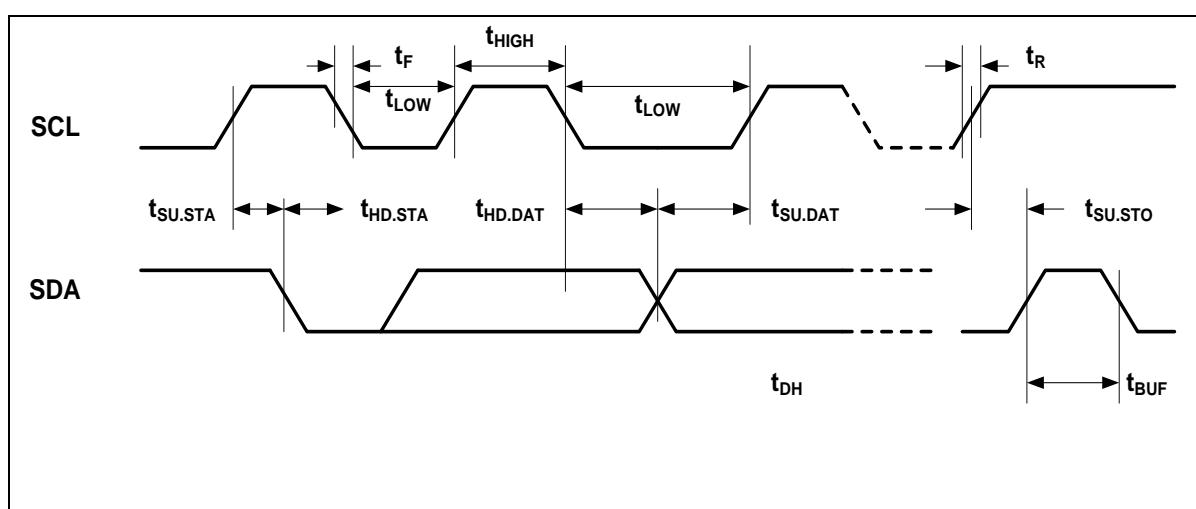
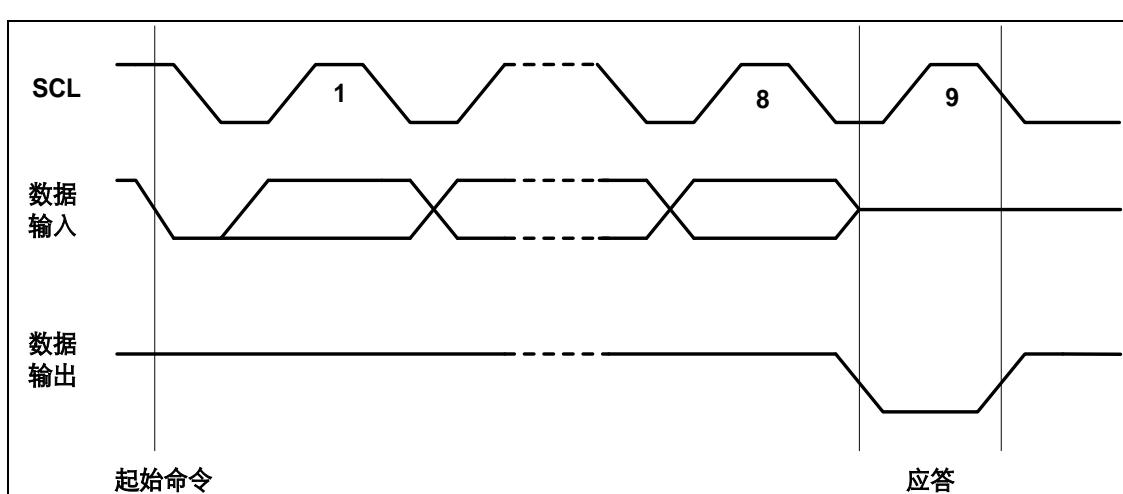
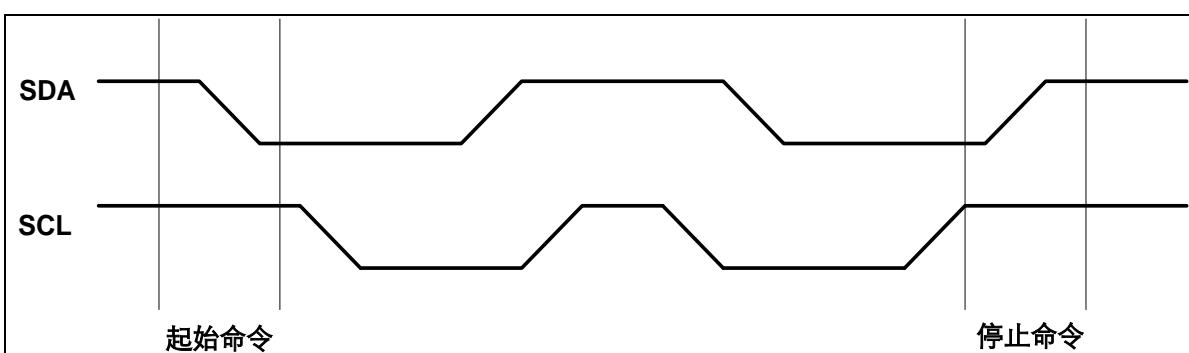
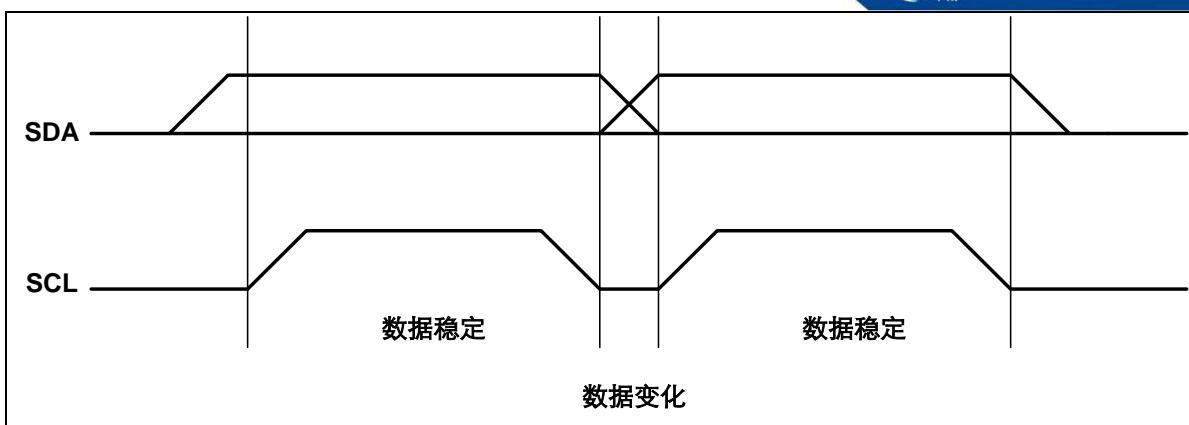


图 4-1 I²C 总线时序



4.1.3.2 接口时序描述

时钟有效时序: SDA 引脚通常被外围器件拉高。SDA 引脚的数据应在 SCL 为低时变化(参见图)；当数据在 SCL 为高时变化，将视为下文所述的一个起始或停止命令。

起始命令: 当 SCL 为高，SDA 由高到低的变化被视为起始命令，必须以起始命令作为任何一次读/写操作命令的开始(参见图)。

停止命令: 当 SCL 为高，SDA 由低到高的变化被视为停止命令，在一个读操作后，停止命令会使 EEPROM 进入等待(参见图)。

输出应答: SDA 上的数据都是以 8 位为一组串行输入和输出的, MSB 先发, 接收方在收完每个字节后应当在第 9 个周期回发一个回应 acknowledge 位(以下简称 ack), ack 的时钟由主机提供。发送方在 ack 期间悬空 SDA, 接收方须将 SDA 拉低, 确保 ack 时钟高电平期间 SDA 为低, 形成有效的 ack 信号(参见图)。

4.1.4 I2C 工作流程

4.1.4.1 设备选中 (Device Select)

I2C Master 通过 7bit addressing 选中 Slave 设备, FM11NT081DI 定义的 I2C Slave Device Select Code 如下:

I2C 通信首字节	Device Type Identifier				Chip Enable Address			RW
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Device Select Code	EE 可配置, 默认 7'b1010_111							RW

表 4-1

在发送 Start condition 后, 主控 MCU 应通过发送 Device Select Code 选中 FM11NT081DI, 使芯片的 I2C 控制电路处于激活状态, 以响应进一步的命令和数据。从器件地址默认为 7'b1010_111, 可在 EEPROM 内配置, 配置区字节地址为 0x03B3, 格式如表 4-2 所示, 出厂配置值为 0x57。根据用户选择在生产测试期间确定。用户也可以从接触端口自行更改此器件地址。

EEOROM 字节地址	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0x03B3	RFU	I2C Device Address						
	0	1	0	1	0	1	1	1

表 4-2

4.1.4.2 访问模式

模式	RW	字节数	初始化序列
当前地址读	1	1	start condition, device select, $RW = 1$
随机地址读	0	1	start condition, device select, $RW = 0$, 写入地址
	1		start repeat, device select, $RW = 1$
顺序读	1	$>=1$	类似当前地址读和随机地址读
字节写	0	1	start condition, device select, $RW = 0$
页写	0	$<=16$	start condition, device select, $RW = 0$

表 4-3 访问模式

4.1.4.3 主机向从机发送数据

典型的主机向从机发送数据流图如下所示:

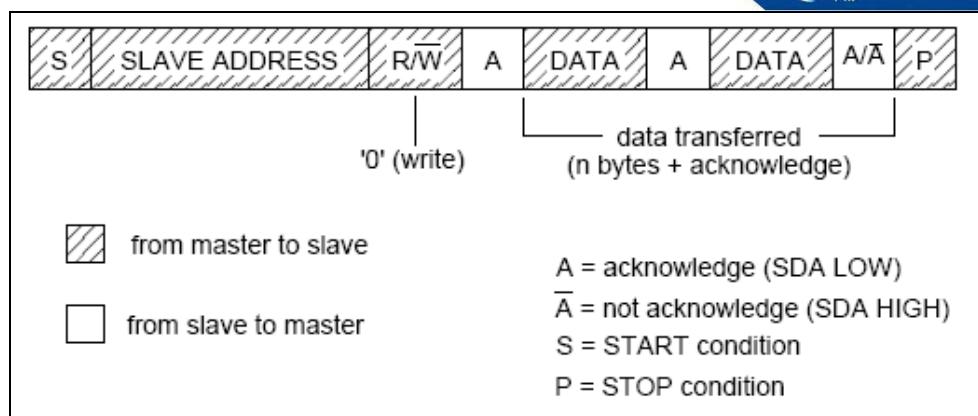


图 4-5 型的主机向从机发送数据流图

1. 主机发起 **START** 时序
 2. 主机发送从机地址，从机地址包含 7 位从机地址和 1 位 **R/W** 标志位，发送数据时 **R/W** 位为 0。
 3. 主机发送第一帧 8 位数据。
 4. 主机在每次发送完 8 位数据后，会在第 9 个 **clock** 判断是否检测到有效的 **ack**，如果主机检测到 **ack** 成功后，会继续输出下一组 8 位的数据。
 5. 若从机无法响应 **ack**，主机检测到 **ack** 失败后应发送 **STOP** 时序终止发送。
- 注：从机地址包含 7 位从机地址和 1 位 **R/W** 标志位

4.1.4.4 主机从从机读取数据

典型的主机从从机读取数据流图如下所示：

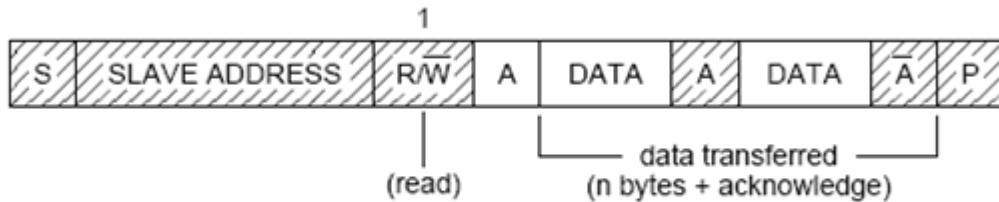


图 4-6 典型的主机从从机读取数据流图

1. 主机发起 **START** 时序
2. 主机发送从机地址，从机地址包含 7 位从机地址和 1 位 **R/W** 标志位，数据读取时 **R/W** 位为 1。
3. 此时设置 **SSPCON.RCEN** 为 1，主机自动转为接受状态
4. 主机开始接收第一帧 8 位数据，并在第 9 个 **clock** 向从机发送有效 **ack**，从而继续读取下一帧 8 位数据。
5. 主机读取结束后，发送 **STOP** 时序终止读取。

4.1.4.5 双向数据读写流程

典型的双向数据读写流图如下图所示，在主机发送或读取数据过程中，主机可以通过发送 **Repeated Start** 时序来重新启动一次新的发送或读取通信，所以主机在一次流程中，即可以有数据发送也可以有数据读取。

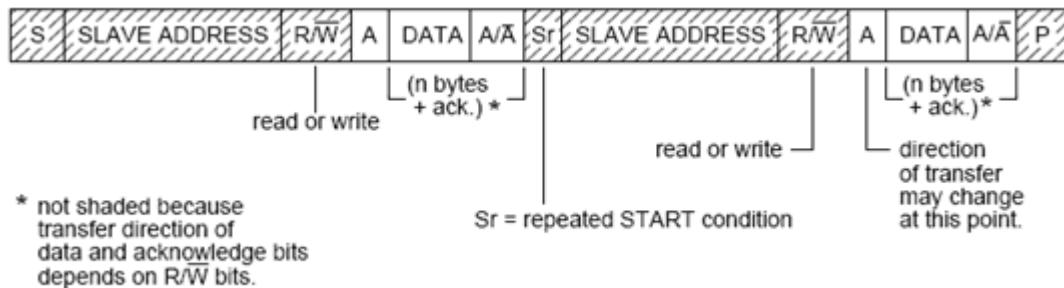
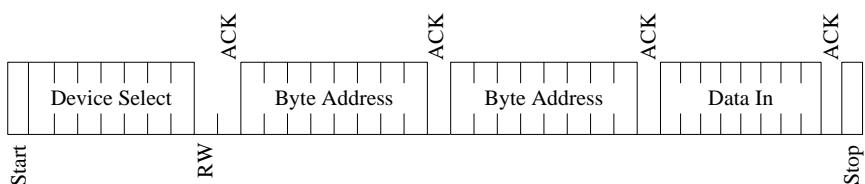


图 4-7 典型的双向数据读写流图

4.1.5 I2C 对片内存储器的访问

4.1.5.1 EEPROM 字节写



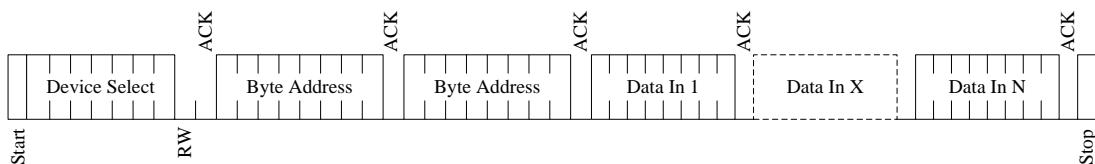
I2C 的字节写的操作序列如上图所示。主控 MCU 先向 FM11NT081DI 写入 2 字节目标地址，紧接着发送写入数据，由于总线传输方向没有改变，FM11NT081DI 在更新地址指针后维持写状态，将后续字节写入地址指针指向的位置。

Master 先给出 2 字节 EE 字节地址，寻址范围 0x0000~03FF（1K 字节），后续输入数据被写入对应的 RAMBUF。如果字节地址指向的 page 处于被 Lock 的状态，则 FM11NT081DI 回发 NACK。

为了实现以上要求，当地址指向 EE 时 FM11NT081DI 将启动内部环振，用于读取对应 CT Lock Bits。

如果目标地址没有被 LOCK，当 Master 发送 STOP 后，FM11NT081DI 启动内部擦写 EE 序列，此时擦写 EE 标志置起，保证芯片供电不掉。

4.1.5.2 EEPROM 块写



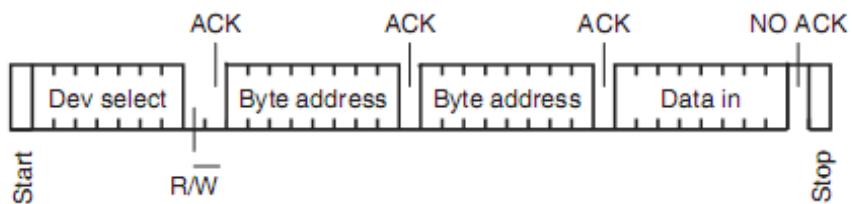
I2C 的块写的操作序列如上图所示。操作方式与字节写相同，MCU 可以连续给出 N 个字节的数据（N<=16）。

Master 先给出 2 字节 EE 字节地址，寻址范围 0x0000~03FF（1K 字节），后续输入数据被写入对应的 RAMBUF。如果字节地址指向的 page 处于被 Lock 的状态，则 FM11NT081DI 回发 NACK。

为了实现以上要求，当地址指向 EE 时 FM11NT081DI 将启动内部环振，用于读取对应 CT Lock Bits。

如果目标地址没有被 LOCK，当 Master 发送 STOP 后，FM11NT081DI 启动内部擦写 EE 序列，此时擦写 EE 标志置起，保证芯片供电不掉。

4.1.5.3 写 EEPROM 被 Lock 的地址



如果 I2C 试图向被 Lock 的地址写入数据，则 FM11NT081DI 在收到数据后回发 NACK。数字电路必须在收到写 EE 的目标地址后即时读取对应的 Lock Bit 来判决目标地址是否 Lock，并在写入数据第一个字节接收完成前置位写权限错误标志，I2C 从机在看到此标志后回发 NACK，否则回发 ACK。

4.2 SPI

4.2.1 概述

串行外设接口（Serial Peripheral Interface, SPI）是外部设备通过 3 线交换 8 位数据的串行同步通讯手段。FM11NT081DS 芯片提供了一个 SPI 接口模块，作为从设备实现与外部 SPI 总线的通信。

特点：

- 半双工3线或4线串行同步收发
- 从模式
- 可编程时钟极性和相位
- 最高频率5MHz

4.2.2 命令编码

规定 SSN 拉低后外部主控 MCU 发送的第一个字节为命令字，其编码如下，x 表示无关位，应用中建议置 0：

Operation	MODE Pattern								Data					
	MODE			Information										
	M2	M1	M0	C4	C3	C2	C1	C0						
写寄存器	0	0	0	x	4 位寄存器地址					一个或多个字节数据				
读寄存器	0	0	1	x	4 位寄存器地址					一个或多个字节数据				
写 EE	0	1	0	x	x	x	2bit EE addr		8bit addr	EE	<=16byte 数据			
读 EE	0	1	1	x	x	x	2bit EE addr		8bit addr	EE	N 字节数据			

表 4-4 SPI 接口命令编码

MCU 应按照上表所列的命令格式发起通信，错误的命令将不被 FM11NT081DS 接收处理。

4.2.3 SPI 接口上电唤醒

外部主控 MCU 有可能在 FM11NT081DS 没有进场的情况下主动发起访问（读写 EEPROM），此时芯片处于下电状态，主控 MCU 需要先拉低 SSN 引脚触发 FM11NT081DS 的主电源上电，然后再发起 SPI 通信。上电准备时间需至少为 100us。

4.2.4 通过 SPI 接口与主控 MCU 的连接方式

SPI 的数据输出线 MISO 采用三态输出设计，因此 FM11NT081DS 使用 SPI 与外部 MCU 互联时可以

选择如下两种系统方案：

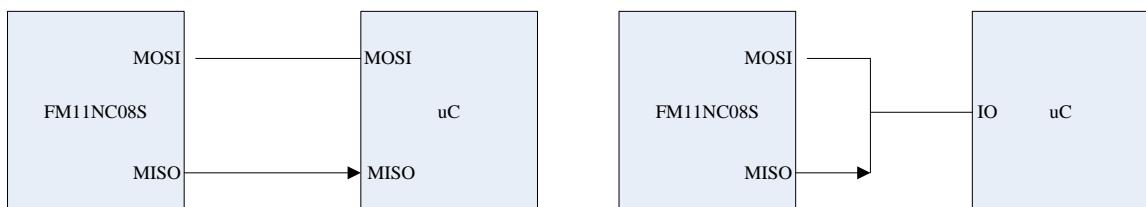


图 4-8 FM11NT081DS 通过 SPI 与 MCU 互联

4.2.5 接口时序

FM11NT081DS 的 SPI 从机支持 Mode1 或 Mode3 接口时序。芯片出厂配置为 Mode1。

Mode1 (CPOL=0,CPHA=1) 时序下，SPI 时钟默认态为 0，SPI 器件在 SCLK 下降沿采样数据，在 SCLK 上升沿发送数据。而 Mode3 (CPOL=1,CPHA=1) 时序下，SPI 时钟默认态为 0，SPI 器件在 SCLK 上升沿采样数据，在 SCLK 下降沿发送数据。

时序示意图：

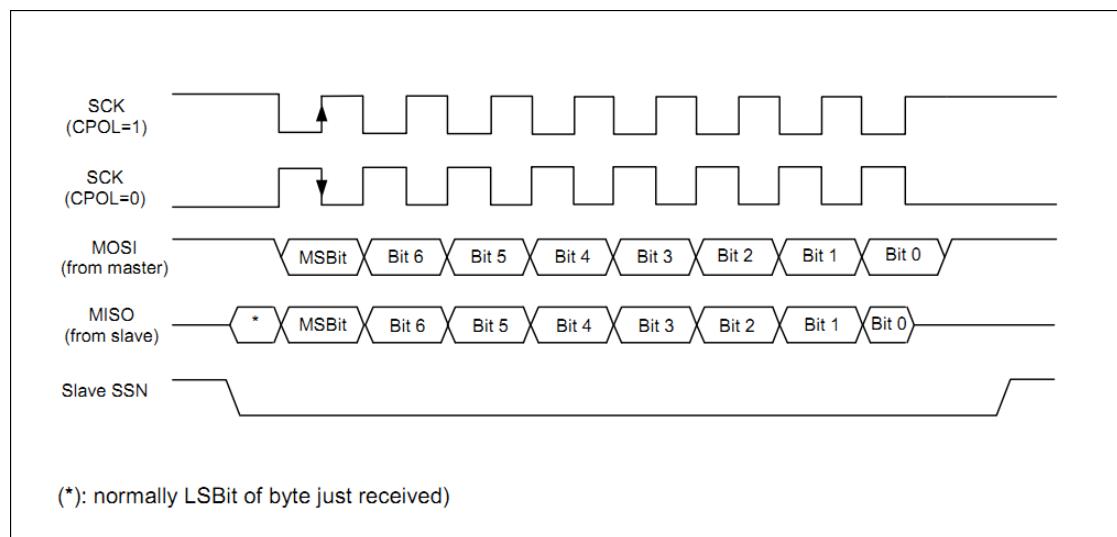


图 4-9 SPI 数据/时钟时序图 (CPHA=1)

4.2.6 SPI 对片内存储器的访问

4.2.6.1 EEPROM

SPI 读 EEPROM 时第一个字节必须为 8'b011_000xx，后续一个字节为读 EEPROM 的低 8 位地址。在连续模式下 FM11NC08S 内部地址指针自动递增，可以连续读取多个字节。

SPI 写 EEPROM 时第一个字节必须为 8'b010_000xx，后续一个字节为写 EEPROM 的低 8 位地址，后面跟随 1~16 字节数据，当 SSN 撤销后硬件自动启动擦写。

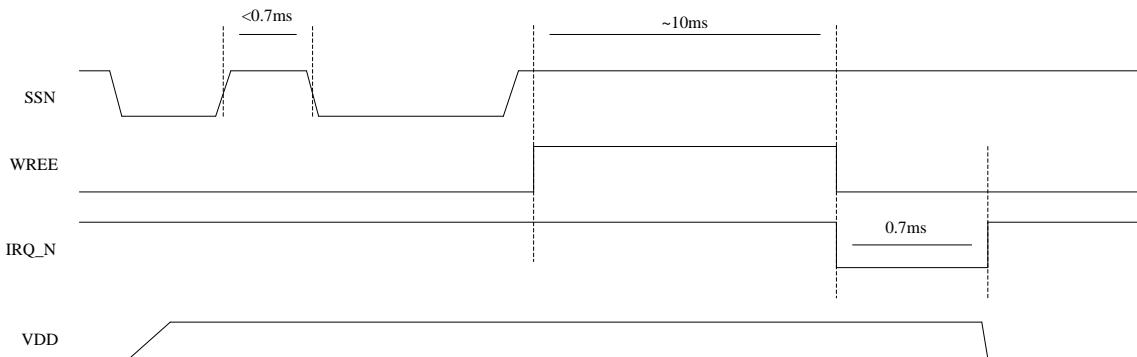


图 4-10 SPI 启动 EEPROM 擦写

为了避免系统干扰导致的 SPI 写 EEPROM 误操作，在写 EEPROM 前必须先执行写使能操作。写使能操作方法是发送写使能序列，随后拉高 SSN；在完成上述操作后，内部 EEPROM 写使能保护打开，SPI 后续操作可以进行写 EEPROM，芯片内部擦写 EEPROM 过程中需要保持 SSN 为高电平，此过程（内部信号 WREE 为高）约为 10ms，擦写完成后会产生中断信号。注意芯片下电后使能状态不会保持。

写 EEPROM 使能方式：

发送特殊指令 110,x1110,0101,0101

主控 MCU 在通过 SPI 接口擦写 FM11NT081DS 的 EEPROM 时，必须先发送写使能序列，随后紧接着发送写 EEPROM 指令。写 EEPROM 指令应保证在芯片掉电前发送（芯片会保持上电约 0.7ms），如果写使能操作后写指令间隔太久，则由于芯片已经下电，原先的写使能操作无效。

在写使能无效的情况下，SPI 接口不能擦写 EEPROM。

4.3 双界面访问仲裁

由于非接触和接触端端有可能同时访问 EEPROM，因此必须引入仲裁机制处理访问冲突。仲裁原则如下：

1. 若非接端未在擦写 EE，则在设备选中（I2C 地址匹配或 SPI SSN 为低）后复位非接端电路，可能会打断正在进行的非接读操作。
2. 若非接端正在擦写 EE，则接触口禁止访问 EE。

4.4 接触接口超时

在双界面 NFC 标签应用下，由于接触端激活时禁止非接端访问 EE，为了避免接触总线死机导致非接端长时间无法工作，FM11NT081D 的接触接口实现了 timeout 功能。如果接触接口选中后超过 20ms 未检测到总线时钟翻转，则自动产生复位信号复位接触接口电路，并清零仲裁标志位，此后非接端可以自由访问 EE。



4.5 场能量对外供电

4.5.1 概述

FM11NT081D 内置可配置输出电压的 LDO，把读卡器或 NFC 手机发出的场能量进行整流稳压后，由 VOUT 管脚输出，可以为外部芯片进行供电。输出电压有 1.5V、1.8V、2.5V、3.3V 四种电压可供选择，并可以通过配置限流能力来配置 LDO 的对外供电能力。为了稳定供电，建议在 VOUT 管脚外接 1uF 的稳压电容。

4.5.2 应用配置

FM11NT081D 利用 ISO14443 协议规定的 polling 时间对外接电容进行充电，用户需要通过 EEPROM 中写入的配置字选择输出电压和充电限流值，为了避免充电电流太大导致 FM11NC08 内核电压跌落，需要合理的选择充电限流值。

配置信息位于 EEPROM 的字节地址 0x391，内容如下：

REGU_CFG			
Field	Description	Reset	Access
7	WIP_FD 引脚输出信号配置 1: 输出 RF WIP 信号，表示 RF 正在擦写 EE 0: FD，表示进场	1'b0	RW
6	RFU	1'b0	RW
5:4	ilim_cfg[1:0] VOUT 输出最大电流限制 00: 0.5mA 01: 1mA 10: 2mA 11: No Limit	2'b00	RW
3:2	rreg_cfg LDO_CFG 输出电阻配置 00: ∞ , 关闭 LDO_CFG 01: 4 (此数字只代表输出电阻的比例) 10: 50 11: 200	2'b00	RW
1:0	vreg_cfg LDO_CFG 输出电压配置 00: 1.5V 01: 1.8V 10: 2.5V 11: 3.3V	2'b00	RW

表 4-5 场能量对外供电配置项

以上信息上电后自动加载到寄存器，并且寄存器可以被接触接口改写。要使能对外供电功能，rreg_cfg 参数不能为 00，如果 rreg_cfg 为 00，则 LDO_CFG 不会启动。

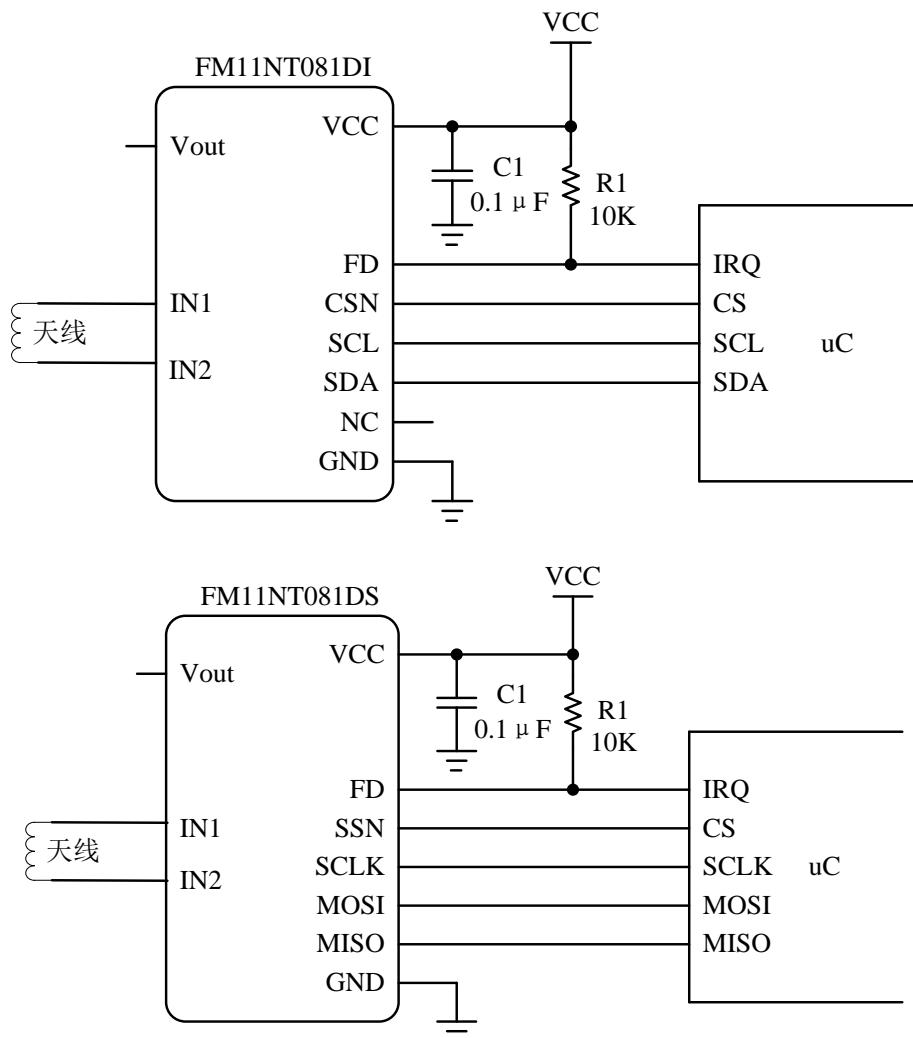
由于供电能力与场强大小、天线尺寸、卡和读写器之间的距离等多个因素有关，此处只给出 NFC 手机作为读写器，典型天线尺寸，卡天线紧贴 NFC 手机天线，VOUT 管脚外挂 1uF 电容时，输出电压的建立时间的典型测试值，如下表所示。

输出电阻配置 Rreg_cfg	限流配置 Ilimit_cfg	充电时间 (ms)			
		1.5V	1.8V	2.5V	3.3V
11	00 (0.5mA)	1.3	1.7	2.5	3.6
	01 (1mA)	0.7	0.9	1.2	1.9
	10 (2mA)	0.4	0.5	0.8	1.1
	11 (不限流)	0.1	0.1	0.2	0.3

表 4-6 LDO 输出电压建立时间

4.6 典型应用电路

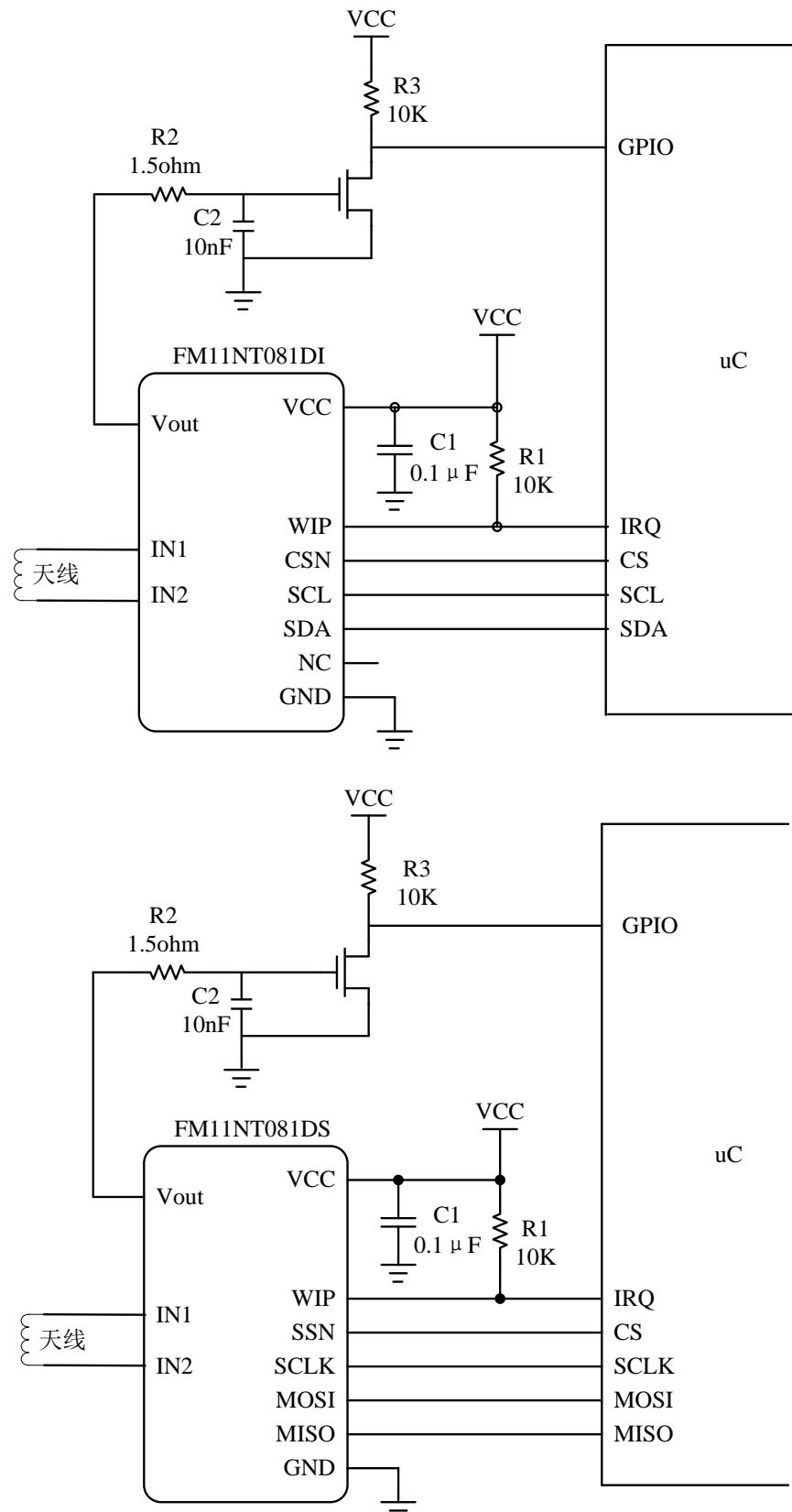
4.6.1 使用 FD 作为唤醒信号



在此应用方案中，FM11NT081D 直接接入系统主电源，Vout 悬空；如果 MCU 的中断输入引脚内建上拉电阻，则不需要 R1；如果 MCU 的 SCL 和 SDA 接口没有内建上拉电阻，则需要在系统上加入上拉电阻，阻值可参考 I2C 总线协议规范。

4.6.2 使用 Vout 作为唤醒信号

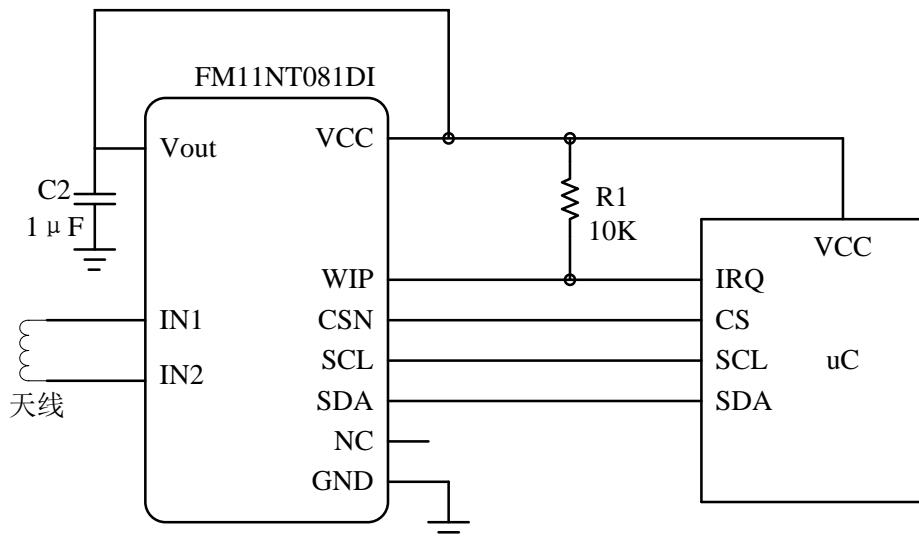
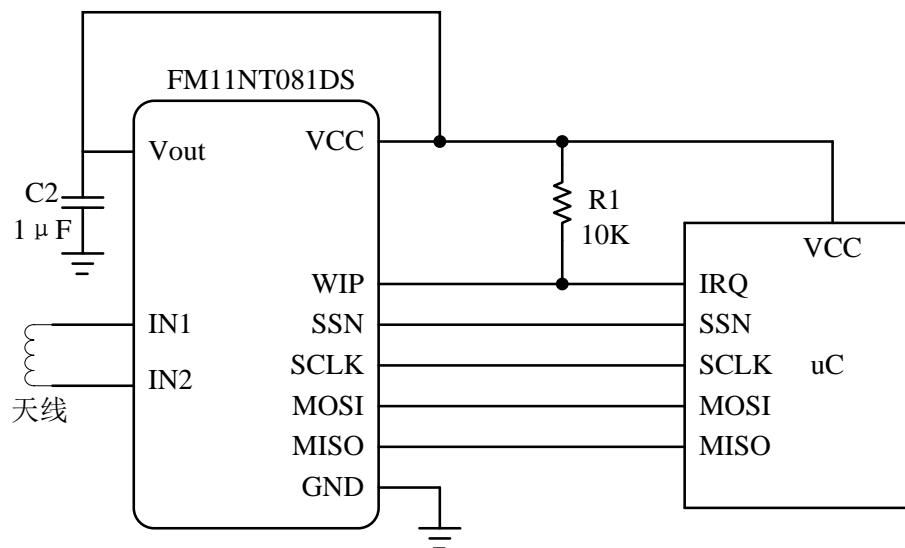
当 WIP_FD 引脚用作 WIP 功能时, FM11NT081D 可以通过 Vout 引脚对外部 MCU 提供进场指示, 此时需要用户提供一些片外电路, 并使用一个额外的 GPIO 引脚作为场检测信号输入, MCU 看到的场检测信号为低电平有效, 典型电路如下图所示。



在此应用方案中，FM11NT081D 直接接入系统主电源，WIP_FD 引脚用作 WIP 输出，Vout 作为额外的场检测标志信号；为降低射频场耦合的噪声，R2 和 C2 组成低通滤波，截止频率低于 10MHz。进场后 Vout 输出 1.5V 左右的电压，需要通过一个低阈值 NMOS 管产生一个低电平有效的场检测信号（类似于 FD），外部 MCU 可通过此信号判断 FM11NT081D 是否进场；R3 用来将输入电平上拉到系统电源，如果 MCU 引脚内建上拉电阻，则可以取消 R3。

4.6.3 对外供电应用

在对外供电应用中，外部 MCU 的电源可由 FM11NT081D 提供，Vout 引脚接 1uF（典型值）电容；如果 MCU 的中断输入引脚内建上拉电阻，则不需要 R1；如果 MCU 的 SCL 和 SDA 接口没有内建上拉电阻，则需要在系统上加入上拉电阻，阻值可参考 I2C 总线协议规范。





5 电气参数

5.1 极限额定参数

参数	最小值	最大值	单位
存储温度	-55	+125	°C
最大输入电流 (IN1 对 IN2; 峰值)	-	±30	mA
ESD (HBM) 【2】	-	±2	kV

表 5-1 FM11NT081D 极限额定参数【1】

*注【1】：如果外加条件超过“极限额定参数”的额定值，将会对芯片造成永久性的破坏。

*注【2】：MIL 883 E HBM。

5.2 推荐工作条件

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _A	工作温度		-25	+25	+85	°C
H _A	天线场强		1.5		7.5	A/M
VCC	VCC 电源电压范围	有非接触界面	1.62	3.3	5.5	V
		单接触界面	1.8	3.3	5.5	V

表 5-2 FM11NT081D 推荐工作条件

5.3 电参数

5.3.1 管脚电参数

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _i	非接触界面输入频率	【1】	13.553	13.56	13.567	MHz
C _i	输入谐振电容	IN1 和 IN2 之间		50		pF
数字输入管脚 (PIN6、7、8)						
V _{IL}	输入低电平		0		0.3Vcc	V
V _{IH}	输入高电平		0.7Vcc		Vcc	V
I _{leak}	输入漏电流				1	uA
数字输出管脚 (PIN9)						
VOH	输出高电平	Vcc=3.3V, I _O =4mA	0.7 Vcc		Vcc	V
VOL	输出低电平	Vcc=3.3V, I _O =4mA	0		0.3 Vcc	
开漏输出管脚 (PIN8、PIN10)						
VOL	输出低电平	Vcc=3.3V, I _O =4mA	0		0.3 Vcc	

表 5-3 管脚电参数

注【1】：频宽依据 ISM 频段规定



5.3.2 芯片电参数

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{SB1}	接触端待机电流	25°, VCC=3.3V, SSN/CSN 管脚为高		0	1	uA
I_{SB2}	接触端静态电流	25°, VCC=3.3V, SSN/CSN 管脚为低, 无通信数据		35		uA
I_{EE_WR}	接触端擦写 EEPROM 工作电流	25°, VCC=3.3V, I _{2C} 接口时钟 400KHz		150		uA
V_{out}	不对外供电时 (RREG=00)VOUT 管脚输出电压范围	-25° ~ 85°	1.3	1.5	1.8	V
V_{out}	对外供电时 VOUT 管 脚输出电压范围	-25~85° 输出电压设 定为 1.8V	1.62	1.8	1.98	V

表 5-4 芯片电参数

5.3.3 SPI 接口交流参数

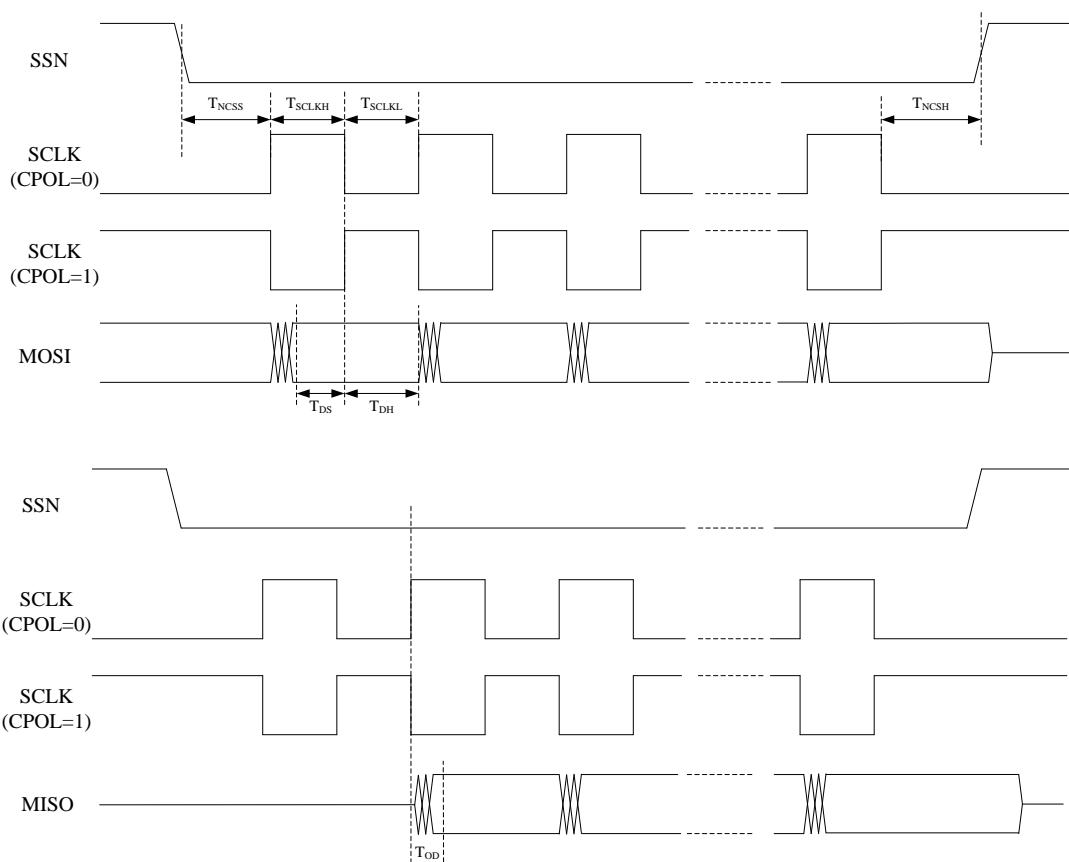
符号	参数	Standard(5MHz)			Fast(10MHz)			单位
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
TSCLK	SCLK 周期		200			100		ns
TSCLKL	SCLK 低电平时间	80			40			ns
TSCLH	SCLK 高电平时间	80			40			ns
TSSH	SPI 复位时间[1]	50			50			ns
TNCSS	SSN 下降沿到第一 个 SCLK 翻转	25			25			ns
TNCSH	SCLK 最后一个翻 转到 SSN 上升沿间 隔	80			80			ns
TDS	数据建立时间	10			10			ns
TDH	数据保持时间	10			10			ns
TOD	数据输出延迟		28			28		ns

表 5-5 SPI 接口交流参数

注:

【1】SSN 高电平需保持 TSSH 时间, 以确保 SPI 接口的有效复位

时序图:



5.3.4 I2C 接口交流参数

推荐参数的适用工作条件: $T_{BABA} = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$, $V_{BCCB} = +1.7\text{V} \sim +5.5\text{V}$, $CL = 100 \text{ pF}$ (除非另有说明)。测试条件参见“注2”。

符号	参数	Standard(400kHz)			Fast(1MHz)			单位
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
t _{LOW}	时钟脉宽低电平时间	1.3			0.5			μs
t _{HIGH}	时钟脉宽高电平时间	0.6			0.32			μs
t _I ¹	噪声抑制时间			80			80	ns
t _{AA}	时钟低至数据有效时间	0.1		0.9			0.45	μs
t _{BUF} ¹	两次指令间的总线空闲时间	1.3			0.5			μs
t _{HD.STA}	起始条件保持时间	0.6			0.25			μs
t _{SU.STA}	起始条件建立时间	0.6			0.25			μs
t _{HD.DAT}	数据保持时间	0			0			μs
t _{SU.DAT}	数据建立时间	100			50			ns
t _R	输入上升时间			300			120	ns
t _F	输入下降时间			300			120	ns
t _{SU.STO}	停止条件建立时间	0.6			0.25			μs
t _{DH}	数据输出保持时间	100			100			ns
t _{WR}	写时间			5			5	ms



表 5-6 I2C 接口交流参数

注：

【1】该参数由特性测试确定，产品未经 100% 测试。

【2】交流参数测试条件：

RL (接至 VCC): 1.3 kΩ

输入脉冲电压：0.3 VCC ~ 0.7 VCC

输入上升/下降时间：≤ 50 ns

输入/输出时序参考电压：0.5 VCC

5.4 存储器参数

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{ret}	数据保存时间	环境温度 25 度	50			年
$N_{endu(W)}$	擦写次数	环境温度 25 度	20			万次

表 5-7 存储器参数



6 订货信息

器件代号	封装形式	包装方式
FM11NT081DS-DNC-T-G	TDFN10 塑封	卷带包装
FM11NT081DI-DNC-T-G	TDFN10 塑封	卷带包装

FM 11NT 08 1 DX -XXX -C -H

公司名前缀

FM=上海复旦微电子集团股份有限公司

产品族

11NT=符合 ISO/IEC14443-A 协议和 NFC Forum Type2 Tag

标准的 NFC TAG 产品

产品容量

08=约 8k bit EEPROM

产品版本

1=第一代

产品类型

DI=双界面产品, I2C

DS= 双面产品, SPI 接口

封装形式

DNC=TDFN10

产品载体

T= Tape and Reel

U= Tube

HSF 代码

G=ROHS Compliant, Halogen-free, Antimony-free

7 封装信息

7.1 TDFN10 封装

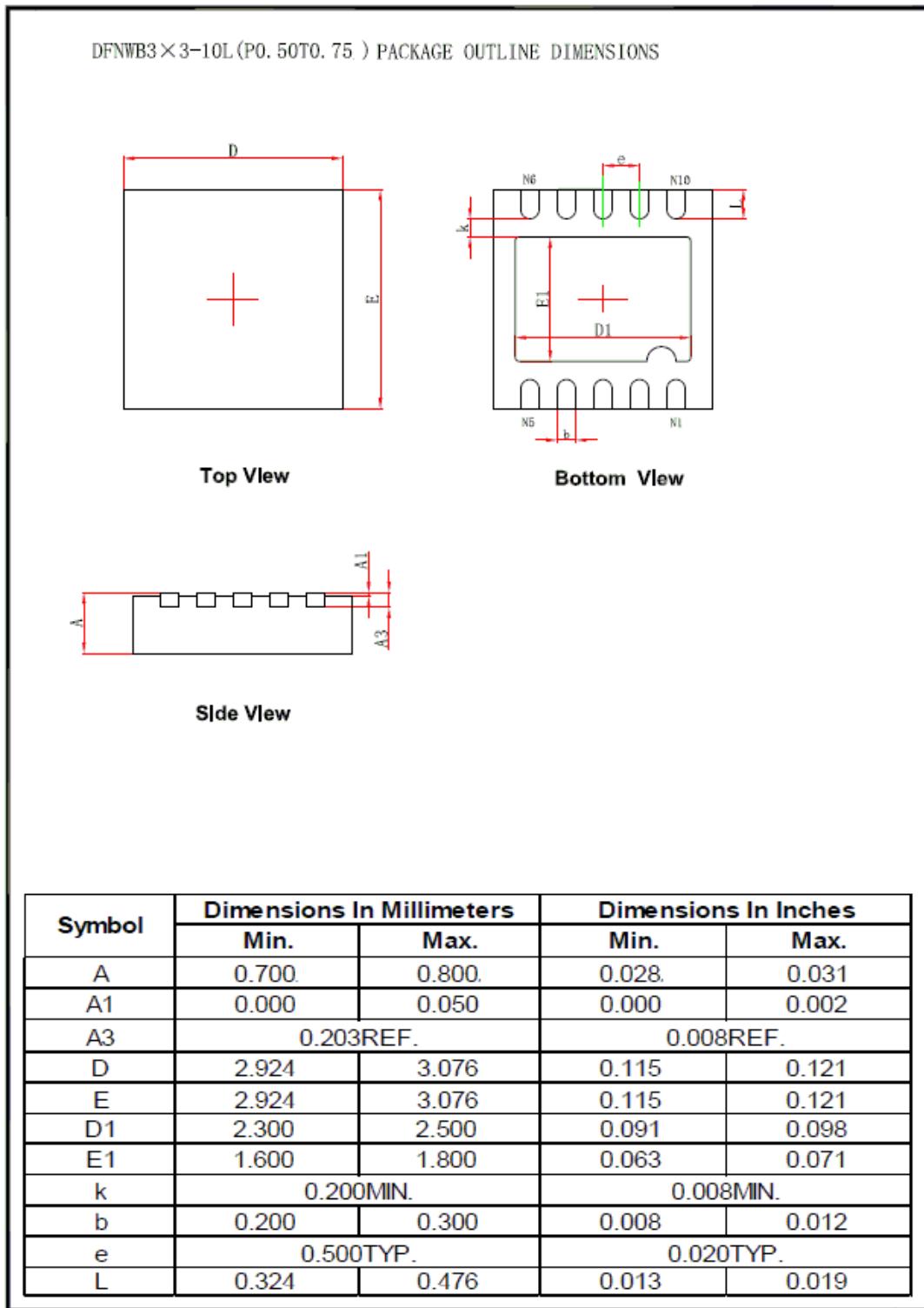


图 7-1 TDFN10 封装尺寸图

版本信息

版本号	发布日期	页数	章节或图表	更改说明
1.0	2019.4	52		从 FM11NT0X1D 的产品说明书更改而来。

上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务网点

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址：上海市国泰路 127 号 4 号楼
邮编：200433
电话：(86-021) 6565 5050
传真：(86-021) 6565 9115

上海复旦微电子（香港）股份有限公司

地址：香港九龙尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室
电话：(852) 2116 3288 2116 3338
传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室
邮编：100007
电话：(86-10) 8418 6608
传真：(86-10) 8418 6211

深圳办事处

地址：深圳市华强北路 4002 号圣廷苑酒店世纪楼 1301 室
邮编：518028
电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611
传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室
电话：(886-2) 7721 1889
传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：237, Alexandra Road, #07-01, The Alexcier, Singapore 159929
电话：(65) 6472 3688
传真：(65) 6472 3669

北美办事处

地址：2490 W. Ray Road Suite#2 Chandler, AZ 85224 USA
电话：(480) 857-6500 ext 18

公司网址：<http://www.fmsh.com/>