

Si512

NFC 前端芯片

1. 介绍

Si512 是一款高度集成的 NFC 前端，支持 13.56MHz 下的多种主动/被动模式非接触式通信方法和协议，支持自动载波侦测功能（ACD）。

Si512 前端有 5 种工作模式：

- 读写器模式，支持 ISO 14443A 和 Felica
- 读写器模式，支持 ISO 14443B
- 卡模拟模式，支持 ISO 14443A 和 Felica
- NFCIP-1 模式
- ACD 模式，以极低功耗实现自动的 13.56MHz 射频卡和射频场的检测

Si512 的内部发射机部分可以驱动读卡器天线，无需其他电路即可与支持 ISO 14443A 的卡和收发机进行通信。为了处理来自 ISO 14443A 卡和收发机的信号，接收机部分则实现了高效的解调解码电路。芯片的数字部分可以完整地处理 ISO 14443A 帧及其错误检测（奇偶校验和 CRC）。

Si512 读卡器模式下支持全层 ISO 14443B 协议，提供了晶振、线圈等附加组件，可以实现 ISO 14443-4 和 ISO 14443B 防冲突标准。

Si512 读卡器模式下支持 Felica 通信方式，为了处理 Felica 信号，其接收机部分实现了高效的解调解码电路。芯片的数字部分可以处理 Felica 帧及其错误检测（CRC）。Si512 支持 Felica 更高速的通信，双向数据传输速率高达 424kbits/s。

卡模拟模式下，Si512 可以驱动天线，无需其他外围电路，可以模式 ISO14443A 或者 Felica 卡的响应读卡器命令。Si512 的数字部分可以产生负载调制信号，通过外部电路将响应送回读卡器。

NFCIP-1 模式下，Si512 可以直接与支持 NFCIP-1 的设备进行通信。NFCIP-1 模式提供了符合 Ecma 340 和 ISO 18092 标准的通信模式，数据传输速率最高可达 424kbits/s。芯片的数字部分可以完整地处理 NFCIP-1 帧及其错误检测。

ACD 模式下，芯片大部分时间处于休眠状态，由 3K RC 定时唤醒，以极低功耗侦测 13.56MHz 的射频场和射频卡，检测到场或卡自动产生中断唤醒 MCU。侦测场和卡的功能可以单独使能。在典型的 500ms 轮询周期下，电流约为 7.8uA。整个 ACD 过程不需要 MCU 干预。

芯片实现了多种主机接口：

- SPI 接口
- 串行 UART（类似 RS232，电平取决于提供的管脚电压）
- I²C 接口
- 8-bit 并行接口

目录

| | | |
|-----------|-----------------------------------|----|
| 1. | 介绍..... | 1 |
| 目录 | 3 | |
| 2. | 产品特性..... | 8 |
| 3. | 主要参数指标..... | 10 |
| 4. | 芯片框图..... | 11 |
| 5. | 管脚定义..... | 13 |
| 6. | 功能描述..... | 16 |
| 6.1 | ISO 14443A 读卡器功能 | 16 |
| 6.2 | ISO/IEC 14443B 读卡器功能..... | 17 |
| 6.3 | Felica 读卡器功能..... | 18 |
| 6.3.1 | Felica 帧和编码..... | 19 |
| 6.4 | NFCIP-1 模式功能..... | 19 |
| 6.4.1 | 主动通信模式..... | 20 |
| 6.4.2 | 被动通信模式..... | 20 |
| 6.4.3 | NFCIP-1 数据编码和帧..... | 21 |
| 6.4.4 | NFCIP-1 协议支持..... | 21 |
| 6.4.5 | Felica 卡模拟模式功能..... | 22 |
| 6.5 | Auto Low Power Polling Loop | 22 |
| 6.5.1 | RF 参考值自动获取方法..... | 24 |
| 6.5.2 | 检波电路..... | 24 |
| 6.5.3 | 晶振监测..... | 24 |
| 6.5.4 | 3K RC | 25 |
| 6.5.5 | ARI..... | 25 |
| 6.5.6 | ACD 配置监测 | 25 |
| 7. | 寄存器映射..... | 26 |
| 7.1 | 寄存器集概述..... | 26 |
| 7.2 | PAGE0: 命令和状态 | 29 |
| 7.2.1 | PageReg | 29 |
| 7.2.2 | CommandReg | 30 |
| 7.2.3 | ComlEnReg..... | 31 |
| 7.2.4 | DivlEnReg..... | 32 |
| 7.2.5 | ComIrqReg..... | 32 |
| 7.2.6 | DivIrqReg | 33 |

| | |
|----------------------------|----|
| 7.2.7 ErrorReg..... | 34 |
| 7.2.8 Status1Reg | 36 |
| 7.2.9 Status2Reg | 37 |
| 7.2.10 FIFODataReg..... | 38 |
| 7.2.11 FIFOLevelReg | 38 |
| 7.2.12 WaterLevelReg..... | 39 |
| 7.2.13 ControlReg..... | 39 |
| 7.2.14 BitFramingReg..... | 40 |
| 7.2.15 CollReg | 41 |
| 7.2.16 PollReg..... | 42 |
| 7.3 PAGE1: 通信 | 47 |
| 7.3.1 PageReg | 47 |
| 7.3.2 ModeReg..... | 47 |
| 7.3.3 TxModeReg | 48 |
| 7.3.4 RxModeReg | 50 |
| 7.3.5 TxControlReg | 51 |
| 7.3.6 TxAutoReg..... | 52 |
| 7.3.7 TxSelReg..... | 53 |
| 7.3.8 RxSelReg | 54 |
| 7.3.9 RxThresholdReg | 55 |
| 7.3.10 DemodReg | 55 |
| 7.3.11 FelNFC1Reg | 56 |
| 7.3.12 FelNFC2Reg | 57 |
| 7.3.13 MifNFCReg | 58 |
| 7.3.14 ManualRCVReg..... | 58 |
| 7.3.15 TypeBReg..... | 59 |
| 7.3.16 SerialSpeedReg..... | 61 |
| 7.4 PAGE2: 配置 | 62 |
| 7.4.1 PageReg | 62 |
| 7.4.2/3 CRCResultReg..... | 62 |
| 7.4.4 GsNOffReg | 63 |
| 7.4.5 ModWidthReg..... | 64 |
| 7.4.6 TxBitPhaseReg | 65 |

| | | |
|-----------|------------------------------|----|
| 7.4.7 | RFCfgReg | 65 |
| 7.4.8 | GsNOnReg..... | 66 |
| 7.4.9 | CWGsPReg..... | 66 |
| 7.4.10 | ModGsPReg..... | 67 |
| 7.4.11/12 | TModeReg, TPrescalerReg..... | 68 |
| 7.4.13/14 | TReloadReg | 69 |
| 7.4.15/16 | TCounterValReg | 70 |
| 7.5 | PAGE3: 测试 | 71 |
| 7.5.1 | PageReg | 71 |
| 7.5.2 | TestSel1Reg | 72 |
| 7.5.3 | TestSel2Reg | 72 |
| 7.5.4 | TestPinEnReg..... | 73 |
| 7.5.5 | TestPinValueReg | 74 |
| 7.5.6 | TestBusReg | 74 |
| 7.5.7 | AutoTestReg..... | 75 |
| 7.5.8 | VersionReg..... | 76 |
| 7.5.9 | AnalogTestReg..... | 76 |
| 7.5.10 | TestDAC1Reg..... | 78 |
| 7.5.11 | TestDAC2Reg | 78 |
| 7.5.12 | TestADCReg | 79 |
| 7.5.13 | RFTReg..... | 79 |
| 7.5.14 | PollLPReg..... | 80 |
| 8. | 数字接口..... | 82 |
| 8.1 | 微控制器接口自动检测..... | 82 |
| 8.2 | SPI..... | 82 |
| 8.2.1 | SPI 读数据..... | 83 |
| 8.2.2 | SPI 写数据..... | 83 |
| 8.2.3 | SPI 地址字节..... | 84 |
| 8.3 | UART | 84 |
| 8.3.1 | 与主机的连接..... | 84 |
| 8.3.2 | 可选的传输速率..... | 84 |
| 8.3.3 | UART 帧格式..... | 86 |
| 8.4 | I2C..... | 87 |

| | | |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 8.4.1 | 数据有效性..... | 88 |
| 8.4.2 | 起始和停止条件..... | 88 |
| 8.4.3 | 字节格式..... | 89 |
| 8.4.4 | 应答..... | 89 |
| 8.4.5 | 7 位寻址..... | 90 |
| 8.4.6 | 寄存器写访问..... | 91 |
| 8.4.7 | 寄存器读访问..... | 91 |
| 8.4.8 | 高速模式..... | 92 |
| 8.4.9 | 高速传输..... | 92 |
| 8.4.10 | 高速模式下的串行数据传输格式..... | 93 |
| 8.4.11 | F/S 模式与 HS 模式间的转换..... | 94 |
| 8.4.12 | F/S 模式下的 Si512..... | 94 |
| 9. | 8 位并行接口..... | 95 |
| 9.1 | 支持的主机控制器接口概览..... | 95 |
| 9.2 | 读写分立..... | 95 |
| 9.3 | 读写复用..... | 96 |
| 10. | 模拟接口与非接触式 UART..... | 97 |
| 10.1 | 概述..... | 97 |
| 10.2 | TX 驱动..... | 97 |
| 10.3 | 射频场检测器..... | 99 |
| 10.4 | 数据模式检测器..... | 100 |
| 10.5 | 串行数据转换器..... | 101 |
| 10.6 | S2C 接口支持..... | 102 |
| 10.6.1 | S ² C 接口支持的 Felica 信号..... | 103 |
| 10.6.2 | S2C 接口支持的 ISO/IEC 14443A 信号..... | 104 |
| 10.6 | Felica 和 NFC 轮询的硬件支持..... | 105 |
| 10.6.1 | 发起者的轮询序列功能..... | 105 |
| 10.6.2 | 目标的轮询序列功能..... | 105 |
| 10.6.3 | Felica 和 NFC 轮询的额外硬件支持..... | 106 |
| 10.6.4 | CRC 协处理器..... | 106 |
| 11. | FIFO..... | 108 |
| 11.1 | FIFO 存取..... | 108 |
| 11.2 | FIFO 控制..... | 108 |
| 11.3 | FIFO 状态信息..... | 108 |

| | | |
|---------|-------------------------|-----|
| 12. | 中断请求系统..... | 110 |
| 12.1 | 中断源概览..... | 110 |
| 13. | 定时器..... | 112 |
| 14. | 低功耗模式..... | 113 |
| 14.1 | 硬掉电..... | 113 |
| 14.2 | 软掉电..... | 113 |
| 14.3 | 发射机掉电..... | 113 |
| 15. | 振荡器电路..... | 114 |
| 16. | 复位及振荡器启动时间..... | 115 |
| 16.1 | 复位时间要求..... | 115 |
| 16.2 | 振荡器启动时间..... | 115 |
| 17. | 命令集..... | 116 |
| 17.1 | 概述..... | 116 |
| 17.2 | 命令概览..... | 116 |
| 17.3 | 命令说明..... | 117 |
| 17.3.1 | Idle | 117 |
| 17.3.2 | Config | 117 |
| 17.3.3 | Generate RandomID | 117 |
| 17.3.4 | CalcCRC | 118 |
| 17.3.5 | Transmit | 118 |
| 17.3.6 | MStart | 118 |
| 17.3.7 | ADC_EXCUTE..... | 118 |
| 17.3.8 | NoCmdChange..... | 118 |
| 17.3.9 | Receive..... | 119 |
| 17.3.10 | Transceive | 119 |
| 17.3.11 | AutoColl..... | 119 |
| 17.3.12 | SoftReset..... | 121 |
| 18. | 应用原理图..... | 122 |
| 19. | 推荐工作环境..... | 123 |
| 20. | 封装信息..... | 124 |
| 21. | 版本信息..... | 125 |
| 22. | 订单信息..... | 126 |

2. 产品特性

- 高度集成的解调解码电路
- 集成 RF 场检测器
- 集成数据模式检测器
- 读卡器模式下支持 ISO 14443 A 协议
- 读卡器模式下支持 ISO 14443 B 协议
- 读卡器模式下典型工作距离最大可达 50mm，具体视天线的长度和调谐而定
- NFCIP-1 模式下典型工作距离最大可达 50mm，具体视天线的长度和调谐，以及电源而定
- ISO 14443A 卡和 Felica 卡模拟模式下典型工作距离在 100mm 左右，具体视天线的长度和调谐，以及外部场的强度而定
- 对于 ISO 14443A，支持更高的通信速率：212kbits/s 和 424kbits/s
- 对于 Felica，支持 212kbits/s 和 424kbits/s 的通信速率
- 集成 NFCIP-1 RF 接口，通信速率高达 424kbits/s
- 支持 S²C 接口
- 支持的主机接口：
 - ◆ SPI 接口，速率高达 10Mbits/s
 - ◆ I²C 接口，快速模式速率达 400kBd，高速模式速率达 3400kBd
 - ◆ 串行 UART，速率达 1228.8kBd
 - ◆ 8-bit 并行接口，可支持地址锁存使能
- 64 字节 FIFO
- 灵活的中断模式
- 低功耗硬复位功能
- 支持软掉电模式
- 集成可编程定时器
- 27.12MHz 内部振荡器
- 电源电压 2.5V-3.6V
- 集成 CRC 协处理器
- 可编程 I/O 管脚
- 支持自测试
- 低功耗 13.56MHz 射频卡侦测

- 低功耗 13.56MHz 射频场侦测
- 支持 ACD 模式
- ACD 模式支持自动检测 RF 和卡
- ACD 过程不需要 MCU 干预
- OSC 起振失败监测功能

3. 主要参数指标

主要是各种模式下的电压、电流、温度。

表 1 主要参数指标

| 参数 | 符号 | 条件 | 备注 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|-----------------|---|-----|-----|-----|------|----|
| 模拟供电电压 | VDDA | AVDD=PVDD=SVDD=TVDD; | (1) | 2.3 | 3.3 | 4 | V |
| TVDD 供电电压 | VDD(TVDD) | VSSA=VSSD=VSS(PVSS)=VSS(TVSS)=0V | | 2.3 | 3.3 | 4 | V |
| PVDD 供电电压 | VDD(PVDD) | | (1) | 2.3 | 3.3 | 4 | V |
| SVDD 供电电压 | VDD(SVDD) | VSSA=VSSD=VSS(PVSS)=VSS(TVSS)=0V | | 2.3 | 3.3 | 4 | V |
| 掉电电流 | I _{pd} | AVDD=VDD(SVDD)=VDD(TVDD)=VDD(PVDD)=3.3V | | | | | |
| | | 硬掉电; NRSTPD 管脚置低 | (2) | - | 1.1 | 1.5 | uA |
| | | 软掉电; 射频信号检测器开启 | (2) | - | 5.5 | 6 | uA |
| 自动寻卡平均电流 | IACD1 | 500ms 自动寻卡时间间隔 | | - | 7.8 | 8.5 | uA |
| 自动寻场平均电流 | IACD2 | 500ms 自动寻场时间间隔 | | - | 7.2 | 8 | uA |
| PVDD 供电电流 | IDDD | PVDD 引脚; PVDD=3.3V | | - | 1.1 | 1.5 | mA |
| 模拟供电电流 | IDDA | AVDD 引脚; VDDA=3.3V, CommandReg 寄存器的 RcvOff 位=0 | | - | 3 | 4 | mA |
| | | AVDD 引脚; 接收机关闭; VDDA=3.3V, CommandReg 寄存器的 RcvOff 位=1 | | - | 0.9 | 1 | mA |
| 发射机电流 | IDD(TVDD) | 持续发射载波 | (3) | - | 20 | 30 | mA |
| 存储温度 | | QFN32 | | -55 | - | +125 | °C |
| 工作温度 | | QFN32 | | -40 | - | +85 | °C |

注: (1) VDDA, VDD(TVDD)必须始终保持电压相同;

(2) I_{pd} 是所有供电电源的总电流;

(3) 典型电路操作期间, 总电流小于 30mA。

注: 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。

4. 芯片框图

在卡模拟接收模式、读卡器模式和 NFCIP-1 模式通信下，模拟接口可以完成模拟信号的调制和解调。

射频场检测器可以检测到外部天线发到 RX 管脚上的射频场。

数据模式检测器可以检测到接收信号是 Felica 还是 NFCIP-1 格式，以此来为解调信号配置内部接收机。

通信接口（S²C）可提供数字信号用于速率高于 424kbits/s 的传输和与安全 IC 模块的通信。

非接触式 UART 用于处理与主机通信时的协议要求，FIFO 用于实现非接触式 UART 和主机之间快速便捷的数据传输。

多种主机接口可满足用户的需求。

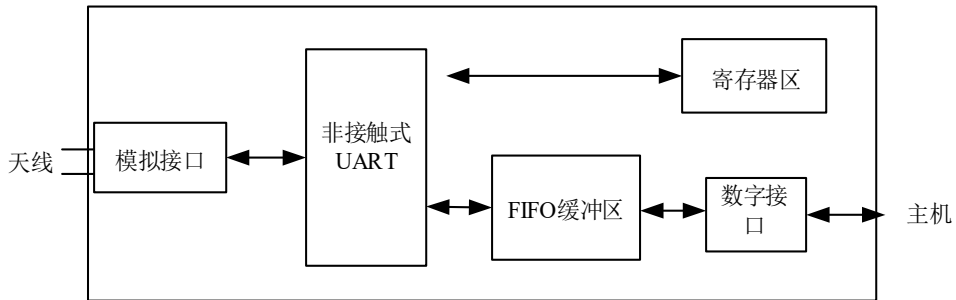


图 4.1 Si512 简化框图

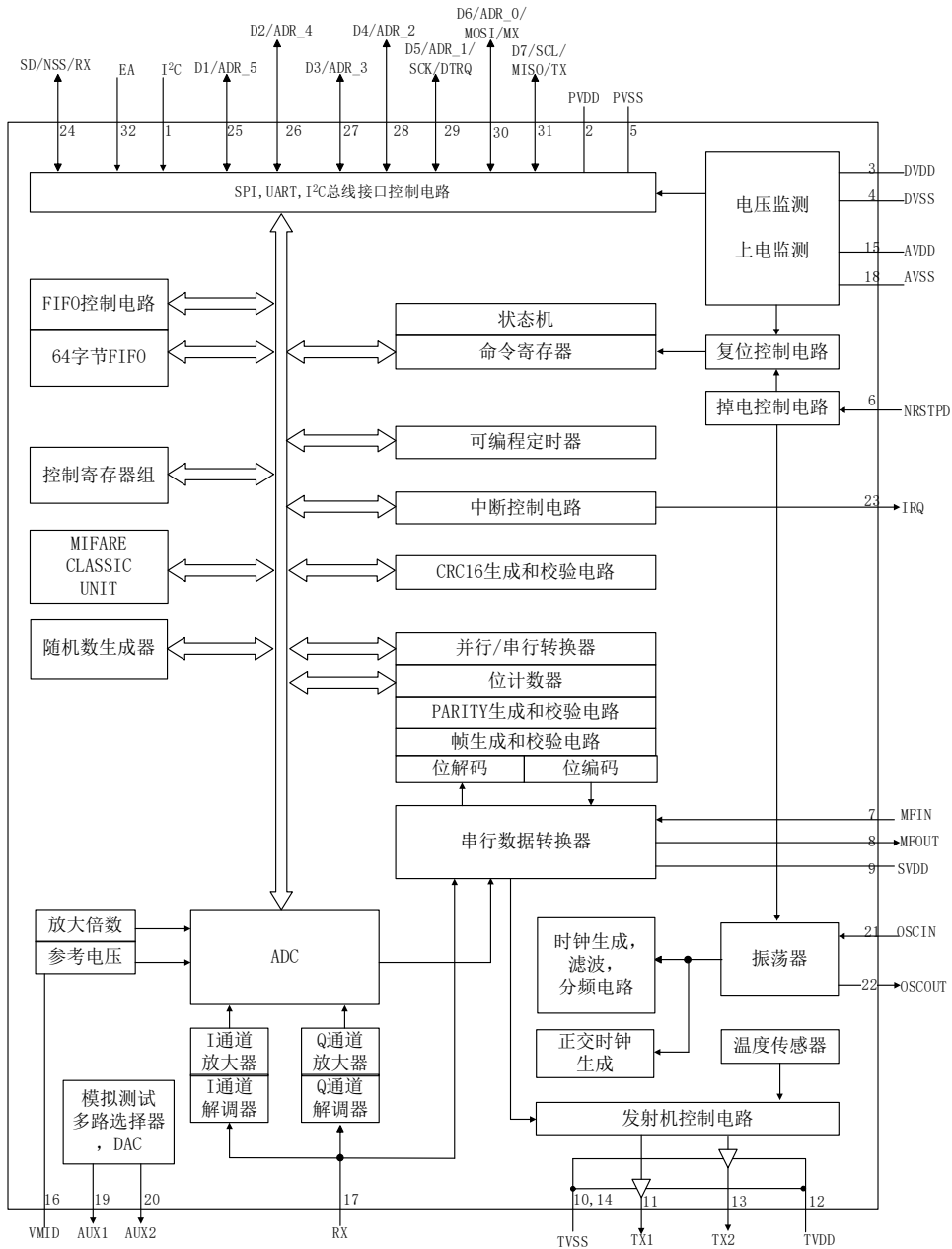


图 4.2 Si512 功能框图

5. 管脚定义

Si512 管脚封装示意图如下：

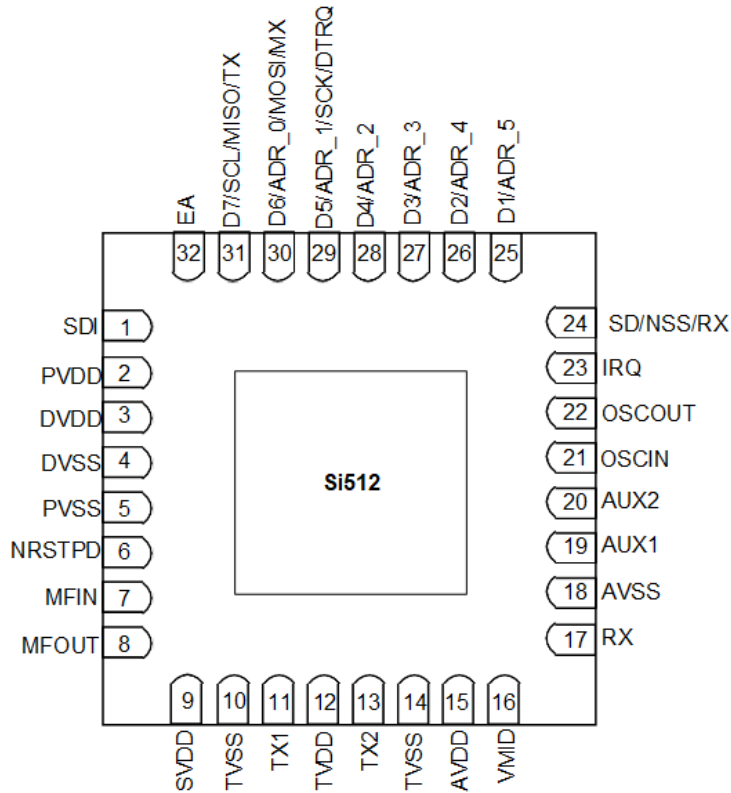


图 5.1 Si512 管脚示意图

表 5-1 管脚描述

| 管脚标号 | 符号 | 类型[1] | 描述 |
|------|--------|-------|---|
| 1 | SDI | I | I2C 总线输入[2] |
| 2 | PVDD | P | 管脚电源 |
| 3 | DVDD | P | 数字电源 |
| 4 | DVSS | P | 数字地 |
| 5 | PVSS | P | 管脚电源地 |
| 6 | NRSTPD | I | 复位和掉电输入： ·掉电：处于低电平时进入掉电状态；内部电流驱动关闭，振荡器关闭，输入引脚冻结，不与外部连接 |

| | | | |
|----|--------|-----|---|
| | | | ·复位：上升沿触发复位 |
| 7 | MFIN | I | 通信接口输入：接收数字串行数据流 |
| 8 | MFOUT | O | 通信接口输出：发送串行数据流 |
| 9 | SVDD | P | 为 MFIN/MFOUT 供电 |
| 10 | TVSS | P | 发射机地：TX1, TX2 输出级的地 |
| 11 | TX1 | O | 发射机 1：发射调制的 13.56MHz 能量载波 |
| 12 | TVDD | P | 发射机电源：TX1, TX2 输出级的电源 |
| 13 | TX2 | O | 发射机 2：发射调制的 13.56MHz 能量载波 |
| 14 | TVSS | P | 发射机地：TX1, TX2 输出级的地 |
| 15 | AVDD | P | 模拟电源 |
| 16 | VMID | P | 内部参考电压：该管脚提供内部参考电压 |
| 17 | RX | I | 接收机输入 |
| 18 | AVSS | P | 模拟地 |
| 19 | AUX1 | O | 辅助输出：用于测试 |
| 20 | AUX2 | O | |
| 21 | OSCIN | I | 晶振输入：振荡器反相放大器的输入；同时也是外部时钟的输入（fosc=27.12MHz） |
| 22 | OSCOUT | O | 晶振输出：振荡器反相放大器的输出 |
| 23 | IRQ | O | 中断请求：指示中断事件 |
| 24 | SD | I/O | I2C 总线串行数据输入输出[2] |
| | NSS | I | SPI 信号输入[2] |
| | RX | I | UART 地址输入[2] |
| 25 | D1 | I/O | 测试端口[2] |
| | ADR_5 | I/O | I2C 总线地址 5 输入[2] |
| 26 | D2 | I/O | 测试端口 |
| | ADR_4 | I | I2C 总线地址 4 输入[2] |
| 27 | D3 | I/O | 测试端口 |
| | ADR_3 | I | I2C 总线地址 3 输入[2] |

| | | | |
|----|-------|-----|--------------------|
| 28 | D4 | I/O | 测试端口 |
| | ADR_2 | I | I2C 总线地址 2 输入[2] |
| 29 | D5 | I/O | 测试端口 |
| | ADR_1 | I | I2C 总线地址 1 输入[2] |
| | SCK | I | SPI 串行时钟输入[2] |
| | DTRQ | O | UART 向微控制器发数请求[2] |
| 30 | D6 | I/O | 测试端口 |
| | ADR_0 | I | I2C 总线地址 0 输入[2] |
| | MOSI | I/O | SPI 主机输出从机输入[2] |
| | MX | O | UART 向微控制器的输出[2] |
| 31 | D7 | I/O | 测试端口 |
| | SCL | I/O | I2C 总线时钟输入/输出[2] |
| | MISO | I/O | SPI 主机输入从机输出[2] |
| | TX | O | UART 向微控制器的数据输出[2] |
| 32 | EA | I | 外部地址输入：用于编码 I2C 地址 |

注：[1]管脚类型：I=输入（Input），O=输出（Output），P=电源（Power）；
[2]这些管脚的功能在第 8 节数字接口中另有说明。

6. 功能描述

Si512 的传输模块支持具有多种传输速率和调制方法的 ISO14443A 和 14443B 读卡器模式。

Si512 支持如下工作模式：

- 14443A 和 Felica 读卡器模式
- 14443A 和 Felica 卡模拟模式
- NFCIP-1 模式
- ACD 模式

这些模式支持多种传输速率和调制方式。

注意：本章所列出的调制系数和模式都是系统参数，也就是说为了达到最优性能，需要适配的芯片设置和天线调谐。

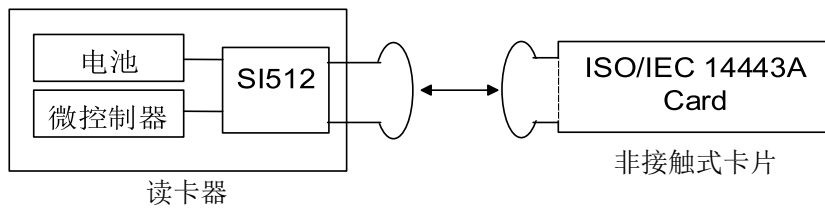


图 6.1 Si512 读卡模式

6.1 ISO 14443A 读卡器功能

物理层通信示意图如下。

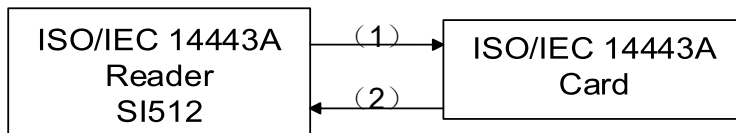


图 6.2 ISO/IEC 14443A 读卡器模式通信示意图

物理参数如下表所示。

表 6-1 ISO 14443A 读卡器通信相关参数列表

| 通信方向 | 信号类型 | 传输速率 | | |
|-----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|
| | | 106kBd | 212kBd | 424kBd |
| 读卡器→卡 (Si512 发送数据到卡) | 读卡器的调制 | 100%ASK | 100%ASK | 100%ASK |
| | 位编码 | 改进 Miller 编码 | 改进 Miller 编码 | 改进 Miller 编码 |
| | 位长度 | (128/13.56) μs | (64/13.56) μs | (32/13.56) μs |
| 卡 → 读卡器 (Si512 接收来自卡的数据) | 卡的调制 | 副载波负载调制 | 副载波负载调制 | 副载波负载调制 |
| | 副载波频率 | 13.56MHz/16 | 13.56MHz/16 | 13.56MHz/16 |
| | 位编码 | Manchester | BPSK | BPSK |

完整 ISO 14443A 协议的实现需要使用芯片的非接触式 UART 和外围专用主机。内部 CRC 协处理器根据 ISO 14443A-3 来计算 CRC 值，根据传输速率生成奇偶校验位。

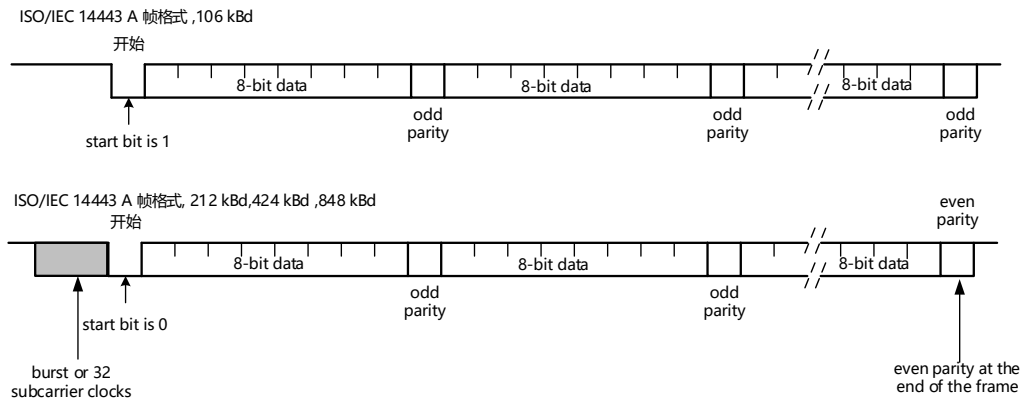


图 6.3 ISO/IEC 14443A 协议数据编码与帧结构

6.2 ISO/IEC 14443B 读卡器功能

Si512 支持 ISO/IEC 14443B 卡的读写，相关物理层参数如下表所示。

表 6-2 ISO 14443B 读卡器通信相关参数列表

| 通信方向 | 信号类型 | 传输速率 | | |
|-----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|
| | | 106kBd | 212kBd | 424kBd |
| 读卡器 → 卡 (Si512 发送数据到卡) | 读卡器的调制 | 10%ASK | 10%ASK | 10%ASK |
| | 位编码 | NRZ -L | NRZ -L | NRZ -L |
| | 位长度 | (128/13.56) μs | (64/13.56) μs | (32/13.56) μs |
| 卡 → 读卡器 (Si512 接收来自卡的数据) | 卡的调制 | 副载波负载调制 | 副载波负载调制 | 副载波负载调制 |
| | 副载波频率 | 13.56MHz/16 | 13.56MHz/16 | 13.56MHz/16 |
| | 位编码 | BPSK | BPSK | BPSK |

6.3 Felica 读卡器功能

Felica 协议的物理层通信示意如图所示。

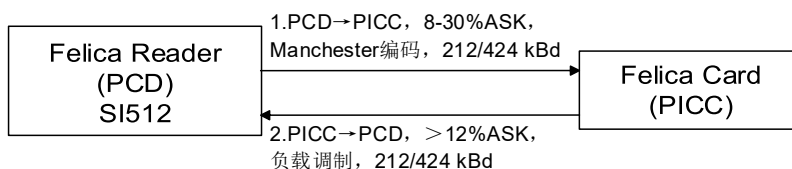


图 6.4 Felica 读卡器模式通信示意图

表 6-3 Felica 读卡器通信相关参数列表:

| 通信方向 | 信号类型 | 传输速率 | |
|------------------------|--------|---------------|---------------|
| | | 212kBd | 424kBd |
| 读卡器 → 卡 (Si512 发送数据到卡) | 读卡器的调制 | 8-30%ASK | 8-30%ASK |
| | 位编码 | Manchester | Manchester |
| | 位长度 | (64/13.56) μs | (32/13.56) μs |
| | 卡的调制 | >12%ASK | >12%ASK |

| | | | |
|------------------------|-----|------------|------------|
| 卡→读卡器 (Si512 接收来自卡的数据) | 位编码 | Manchester | Manchester |
|------------------------|-----|------------|------------|

完整 Felica 协议的实现需要使用芯片的非接触式 UART 和外围专用主机。

6.3.1 Felica 帧和编码

表 6-4 Felica 数据编码和帧

| 前导码 | | | | | | 同步 | | 长度 | 数据 | CRC | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---------|-----|--|
| 00h | 00h | 00h | 00h | 00h | 00h | B2h | 4Dh | | N bytes | | |

为了实现 Felica 通信, 帧要包含 6 字节的前导码 (00h, 00h, 00h, 00h, 00h, 00h)、2 字节同步字节 (B2h, 4Dh) 给接收机做同步处理。后面紧随一个长度字节, 用来指示传输的数据长度, 注意要加上长度字节本身。CRC 字节按 Felica 协议计算。

要通过射频接口传输数据, 主机要将长度和数据字节写入 FIFO, 前导码和同步字节会由 Si512 自动生成, 无需主机写入; CRC 的计算也会在芯片内部完成并添加到帧里, 无需主机写入。

6.4 NFCIP-1 模式功能

NFCIP-1 通信分为主动模式和被动模式两种:

- 主动通信模式表示通信的发起者和目标都使用自己的射频场来传输数据;
- 被动通信模式表示由发起者产生 13.56MHz 射频场, 目标以负载调制的方式来响应发起者的指令。

Si512 完全支持 NFCIP-1 协议的主动/被动通信模式, 通信速率可选 106kb/s, 212kb/s, 424kb/s。

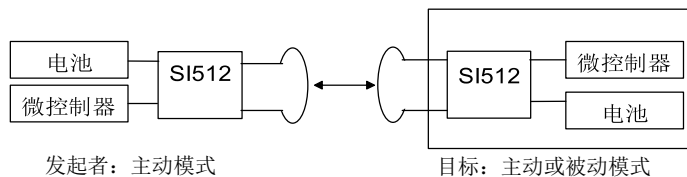


图 6.5 NFCIP-1 模式

6.4.1 主动通信模式

发起者和目标都使用自己的射频场来传输数据。物理层通信示意图如图所示。

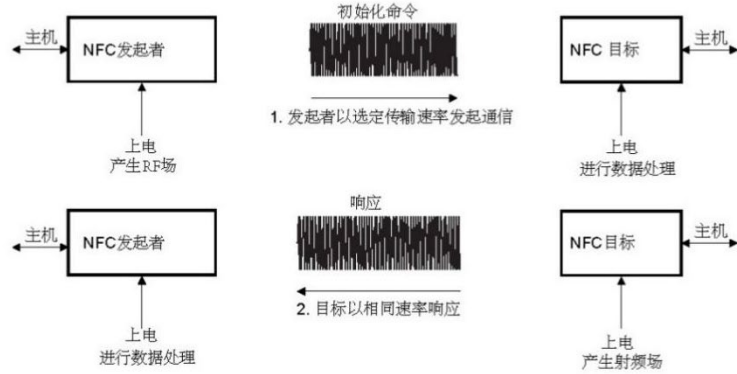


图 6.7 主动通信模式

表 6-5 主动模式通信相关参数列表：

| 通信方向 | 106kbits/s | 212kbits/s | 424kbits/s | 848kbits/s | 1.69Mbits/s, 3.39Mbits/s |
|--------|--|--------------------|------------|---------------|-----------------------------|
| 发起者→目标 | 符合 14443A 协议， 100%ASK, 改进 Miller 编码 | 符合 Felica 协议，8-30% | | 数字电路可以达到的更高速率 | |
| 目标→发起者 | | | | | |

完整 NFCIP-1 的实现需要使用芯片的非接触式 UART 和外围专用主机。高于 424kbits/s 的传输速率在协议中未定义，Si512 在专用的外围电路支持下可以达到更高的通信速率。

6.4.2 被动通信模式

目标用负载调制的方式响应发起者的指令。物理层通信示意图如图所示。

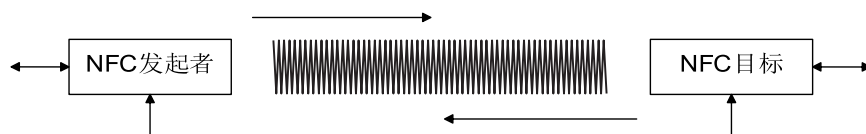


图 6.8 被动通信模式

表 6-6 被动模式通信相关参数列表:

| 通信方向 | 106kbits/s | 212kbits/s | 424kbits/s | 848kbits/s | 1.69Mbits/s, 3.39Mbits/s |
|--------|---|---|------------|-------------------|-----------------------------|
| 发起者→目标 | 符合 14443A 协议, 100%ASK, 改进 Miller 编码 | 符合 Felica 协议, 8-30% ASK, Manchester 编码 | | 数字电路可以达到的更 高速率 | |
| 目标→发起者 | 符合 14443A 协议, 副载波负载调制, Manchester 编码 | 符合 Felica 协议, >12% ASK, Manchester 编码 | | | |

完整 NFCIP-1 的实现需要使用芯片的非接触式 UART 和外围专用主机。高于 424kbits/s 的传输速率在协议中未定义, Si512 在专用的外围电路支持下可以达到更高的通信速率。

6.4.3 NFCIP-1 数据编码和帧

NFCIP-1 在主动/被动模式下的数据编码和帧格式如下表所示。

表 6-7 NFCIP-1 数据编码和帧

| 传输速率 | 数据编码和帧 |
|------------|----------------|
| 106kbits/s | 符合 14443A 规定格式 |
| 212kbits/s | 符合 Felica 规定格式 |
| 424kbits/s | 符合 Felica 规定格式 |

主动/被动通信模式中, NFCIP-1 数据编码和帧都在 NFCIP-1 标准中定义。注意数据链路层要遵循以下要求:

- 数据交换中途不可以改变传输速率;
- 一次完整的通信包含初始化、防冲突和数据交换过程。

6.4.4 NFCIP-1 协议支持

NFCIP-1 通信的发起遵循以下要求:

- 每个 NFCIP-1 设备默认为目标, 自身的射频场是关闭的, 当具体应用需要时可以开启发起者模式;

- 射频场检测器是开启的；
- 发起者只有在 TIDT 时间内没检测到外部射频场时，才开启自身的射频场；
- 由发起者根据通信方式进行初始化过程。

6.4.5 Felica 卡模拟模式功能

表 6-9 Felica 卡模拟模式通信相关参数列表：

| 通信方向 | 信号类型 | 传输速率 | |
|-----------|--------|---------------|---------------|
| | | 212kBd | 424kBd |
| 读卡器→Si512 | 读卡器的调制 | 8-30%ASK | 8-30%ASK |
| | 位编码 | Manchester | Manchester |
| | 位长度 | (64/13.56) μs | (32/13.56) μs |
| Si512→读卡器 | 卡的调制 | >12%ASK | >12%ASK |
| | 位编码 | Manchester | Manchester |

6.5 Auto Low Power Polling Loop

自动低功耗轮循环（Auto Low Power Polling Loop）由 3 个阶段构成——侦听、轮询和休眠。其中侦听和休眠可以单独使能。在典型的 500ms 的轮询周期下，平均电流仅为 7.8uA，可实现极低功耗自动检场检卡。

其原理简图如下所示：

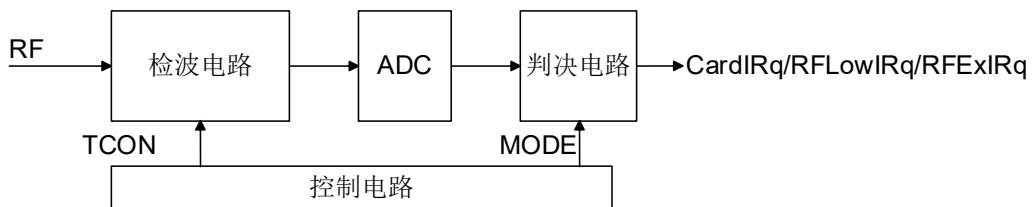


图 6.9 ACD 功能简图

轮询和侦听功能的实现原理见检波电路说明部分。轮询和侦听阶段的

T_CON 可以单独配置。

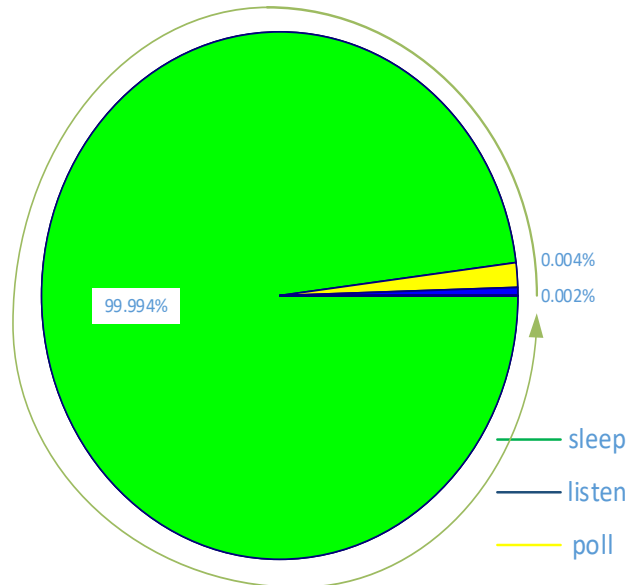


图 6.10 轮询过程示意图

根据用户设置，进入轮询模式之后的 2~5 次侦听/轮询可以忽略。

1) 侦听阶段

Si512 在此阶段寻找阅读器。Si512 不发射载波，检测外部有没有其他阅读器发射的 13.56MHz 载波。若其幅度大于 RFE_{Threshold}，则停止执行 Loop 并产生中断。

2) 轮询阶段

Si512 在此阶段寻找射频卡。Si512 先发射载波然后检测 13.56MHz 载波幅度变化。若载波幅度变化大于设定阈值则判定为有卡并产生中断。

(1) 检卡模式：可以设置为自动模式和绝对值模式

- 自动模式——将本次检测载波幅度与上次检卡时的载波幅度比较，差值超过设定阈值则判定有卡。
- 绝对值模式——将本次检测载波幅度与设定值比较，差值超过设定阈值则判定有卡。

(2) 检卡方向：检卡方向可以根据需要设置为三种模式

- 上升沿——有卡比无卡时的载波幅度大
- 下降沿——有卡比无卡时的载波幅度小

➤ 双沿——有卡比无卡时的载波幅度大或小

➤ 场异常判断

(3) 休眠阶段：芯片处于休眠状态。

相关寄存器：0x01，0x0F_A/B/C/D/E/F/G/I/J/K/L/M/N/O/P

6.5.1 RF 参考值自动获取方法

通过命令自动获取：

- 通过写 ADC_EXCUTE 命令获取，命令编码为 0110b
- 等待 100us 以上
- 再次写 ADC_EXCUTE，读 0X0F_G 即为所需参考值

6.5.2 检波电路

检波电路原理简图如下：

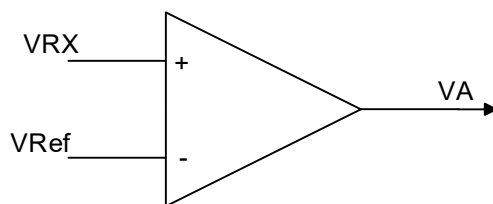


图 6.11 检波电路框图

VRX：天线端场强，VRef：ADC 参考电压，由 T_CON 控制；VA：检波模块送给 ADC 的电压。

6.5.3 晶振监测

在轮询过程中，当晶振连续 4 次起振失败时，产生晶振起失败中断。产生中断之后，芯片并不会唤醒，而是继续执行 Polling Loop。一旦 OSC 起振，内部计数器复位。

相关寄存器有：0x0F_F/0x0F_O/0x0F_P。

6.5.4 3K RC

- (1) 定时唤醒——由 3K RC 驱动，3K RC 只在 Polling Loop 中工作。
- (2) 时钟校正——分为自动校正和手动校正：
 - 自动校正：通过写 MStart 命令自动校正，命令编码为 0101b；
 - 手动校正：通过配置寄存器进行手动校正。

相关寄存器：0x0F_A/0x0F_E/0x0F_F。

6.5.5 ARI

此功能用来指示寻卡时 RF 场是否开启。ARI 比 RF 场提前开 1us，比 RF 场晚关 1us。ARI 功能和 D1 脚复用。

相关寄存器：0x0F_L/0x0F_J。

6.5.6 ACD 配置监测

进入轮询模式之前，将 ACCEn 置 1，使能配置监测功能。一旦数据丢失，将产生 ACCErr，通过 IRQ 传出。更新轮询配置之前必须将 ACCEn 拉低。拉低 ACCEn，ACCErr 将自动被清除。

7. 寄存器映射

7.1 寄存器集概述

表 7-1 寄存器概览

| 地址(HEX) | 寄存器名 | 功能 |
|---------------------|---------------|------------------------|
| PAGE0: 命令和状态 | | |
| 0 | PageReg | 寄存器翻页和轮询配置访问 |
| 1 | CommandReg | 启动、终止命令的执行 |
| 2 | ComlEnReg | 中断请求传递的使能和禁能控制位 |
| 3 | DivlEnReg | 中断请求传递的使能和禁能控制位 |
| 4 | ComIrqReg | 中断请求标志位 |
| 5 | DivIrqReg | 中断请求标志位 |
| 6 | ErrorReg | 错误标志位, 指示上一个执行的命令的错误状态 |
| 7 | Status1Reg | 通信的状态标志 |
| 8 | Status2Reg | 接收机和发送机的状态标志 |
| 9 | FIFODataReg | 64 字节 FIFO 的输入输出缓冲区 |
| A | FIFOLevelReg | 指示 FIFO 中存储的字节数 |
| B | WaterLevelReg | 定义产生上溢和下溢警报的 FIFO 深度 |
| C | ControlReg | 各控制寄存器 |
| D | BitFramingReg | 面向比特的帧的调整 |
| E | CollReg | RF 接口检测到的第一个冲突位的位置 |
| F_A | RCCfg1 | 3K RC 配置 1 |
| F_B | ACRDCfg | 射频卡和射频场检测 |
| F_C | ManRefVal | 手动模式参考值 |
| F_D | ValDelta | 场强变化范围 |
| F_E | ADCCfg | 轮询 ADC 配置 |
| F_F | RCCfg2 | 3K RC 配置 2 |

| | | |
|------------------|----------------|------------------------------------|
| F_G | ADCVal | 轮询 ADC 采样值 |
| F_H | WdtCnt | 看门狗间隔设置 |
| F_I | ARI | ACRD |
| F_J | ACC | ACRD 配置校验 |
| F_K | LPDCfg1 | 检波器配置 1 |
| F_L | LPDCfg2 | 检波器配置 2 |
| F_M | RFLowDetect | ACD 期间低 RF 监测配置 |
| F_N | ExRFDetect | ACD 期间外部 RF 监测配置 |
| F_O | ACRDIRqEn | ACD 相关中断使能 |
| F_P | ACRDIRq | ACD 相关中断 |
| PAGE1: 命令 | | |
| 0 | PageReg | 寄存器翻页和轮询配置访问 |
| 1 | ModeReg | 定义发射和接收的常用模式 |
| 2 | TxModeReg | 定义发射的速率和帧 |
| 3 | RxModeReg | 定义接收的速率和帧 |
| 4 | TxControlReg | 控制天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的逻辑特性 |
| 5 | TxAutoReg | 控制天线驱动的配置 |
| 6 | TxSelReg | 选择天线驱动源 |
| 7 | RxSelReg | 内部接收机设置 |
| 8 | RxThresholdReg | 选择位译码器的阈值 |
| 9 | DemodReg | 解调电路设置 |
| A | FelNFC1Reg | 定义接收数据包的有效长度范围 |
| B | FelNFC2Reg | 定义接收数据包的有效长度范围 |
| C | MifNFCReg | 控制 ISO14443A 和 NFC 106kbit 目标模式的通信 |
| D | ManualRCVReg | 接收机参数细调 |
| E | TypeBReg | 配置 ISO14443B 通信 |
| F | SerialSpeedReg | 选择串行 UART 接口的速率 |

| PAGE2: 配置 | | |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 0 | PageReg | 寄存器翻页和轮询配置访问 |
| 1 | CRCResultReg | 显示 CRC 计算的 MSB 和 LSB 值 |
| 2 | | |
| 3 | GsNOffReg | 选择天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数，在天线驱动关闭时做调制用 |
| 4 | ModWidthReg | 控制调制宽度 |
| 5 | TxBitPhaseReg | 调整 106kBd 时的发射位相 |
| 6 | RFCfgReg | 配置接收机增益和 RF 检测器灵敏度 |
| 7 | GsNOOnReg | 选择天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数，在天线驱动打开时做调制用 |
| 8 | CWGsPReg | 选择天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数，在未调制时使用 |
| 9 | ModGsPReg | 选择天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数，在调制时使用 |
| A | TModeReg | 内部定时器设置 |
| B | TPrescalerReg | |
| C | TReloadReg | 16-bit 定时器重装值 |
| D | | |
| E | TCounterValReg | 16-bit 实际定时器值 |
| F | | |
| PAGE3: 测试 | | |
| 0 | PageReg | 寄存器翻页和轮询配置访问 |
| 1 | TestSel1Reg | 常用测试信号配置 |
| 2 | TestSel2Reg | 常用测试信号配置和 PRBS 控制 |
| 3 | TestPinEnReg | 8-bit 并行总线的管脚输出驱动使能（仅用于串行接口） |
| 4 | TestPinValueReg | 当用作 I/O 总线时，定义 8-bit 并行总线的值 |
| 5 | TestBusReg | 内部测试总线的状态 |
| 6 | AutoTestReg | 控制数字自测试 |
| 7 | VersionReg | 版本控制 |

| | | |
|-----|---------------|---------------------|
| 8 | AnalogTestReg | 控制管脚 AUX1 和 AUX2 |
| 9 | TestDAC1Reg | 定义 TestDAC1 的测试值 |
| A | TestDAC2Reg | 定义 TestDAC2 的测试值 |
| B | TestADCReg | 显示 ADC I 和 Q 通道的实际值 |
| C-E | RFT | 保留用于产品测试 |
| F | PollPReg | 手动配置降低 ACD 模式功耗 |

根据寄存器的不同功能，寄存器位的存取情况也有不同。位操作相同的寄存器通常会被分配到一组。寄存器行为如下表所示。

表 7-2 寄存器行为描述

| 缩写 | 操作 | 描述 |
|-----|-----|---|
| r/w | 读/写 | 这些位由微控制器写入和读出，用作芯片控制，其内容不受内部状态机的影响。例如 ComIrqReg 可以由微控制器写入和读出，也可以由内部状态机读出，但是状态机不能改变它的内容。 |
| dy | 动态 | 这些位由微控制器写入和读出，也可以由内部状态机自动写入。例如当执行完一个实际的命令后，命令寄存器的内容随之自动变化。 |
| r | 只读 | 这些位保存着大量的标志，其值仅由内部状态来决定。例如 CRCReady 标志不是从外部写入，而是显示芯片内部状态。 |
| w | 只写 | 读这些位通常返回 0。 |
| RFU | - | 这些寄存器保留为将来使用，其值不应更改。 |
| RFT | - | 这些寄存器保留用于产品测试，其值不应更改。 |

7.2 PAGE0：命令和状态

7.2.1 PageReg

表 7-2 PageReg 地址：00h 复位值：00h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--|---------|---------|-----------|---|---|---|------------|---|
| | UsePage | Regbank | RegSelect | | | | PageSelect | |
| | Select | Select | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

表 7-3 PageReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|--|
| 7 | UsePageSelect | 设置为 1 时，PageSelect 的值被视为寄存器地址 A5 和 A4。寄存器地址的低位则分别由地址引脚和内部地址锁存决定； 设置为 0 时，寄存器地址完全由内部地址锁存所决定。地址引脚的描述见 9.1 节 |
| 6 | RegbankSelect | 设置为 1 时，可以读写 0Fh 寄存器组 |
| 5-2 | RegSelect | 0000: 读写 A 组寄存器； 0001: 读写 B 组寄存器； ... 1111: 读写 P 组寄存器 |
| 1-0 | PageSelect | PageSelect 的值只有在 UsePageSelect 为 1 时才有效，此时用于指定寄存器页，即地址高两位 |

7.2.2 CommandReg

启动、终止命令的执行。

表 7-4 CommandReg 地址: 01h 复位值: 20h

| | | | | | | | | |
|------|----------|-----|--------|------------|---------|----|----|----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | AutoPoll | 0 | RevOff | Power Down | Command | | | |
| 访问权限 | dy | RFU | r/w | dy | dy | dy | dy | dy |

表 7-5 CommandReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|----------|---|
| 7 | AutoPoll | 0: Off 1: On 在 ACD 模式下，每当检测带外部周期信号上升沿就自动开始执行轮询。在轮询期间，每当检测到场强中断就将 AutoPoll 置 0，即关闭 ACD，并产生中断信号；否则进入 PowerDown 模式，等待下一次外部周期信号 |

| | | |
|-----|-----------|--|
| 6 | - | 保留为将来使用 |
| 5 | RcvOff | 设置为 1 表示接收机的模拟部分关断 |
| 4 | PowerDown | 设置为 1 表示进入软掉电模式； 设置为 0, Si512 启动唤醒过程, 在该过程中这一位仍然保持为 1, 0 表示 Si512 已经准备好工作。 <i>注意: 如果已经激活 SoftReset 命令, 这一位就不能再置位</i> |
| 3-0 | Command | 根据命令码来激活命令; 读这些寄存器可以得到当前正在执行的命令。见 18 节 |

7.2.3 ComIEnReg

中断请求传递的使能和禁能控制位。

表 7-6 ComIEnReg 地址: 02h 复位值: 80h

| | | | | | | | | |
|------|--------|-------|-------|---------|------------|------------|--------|----------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | IRqInv | TxIEn | RxIEn | IdleIEn | HiAlertIEn | LoAlertIEn | ErrIEn | TimerIEn |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-7 ComIEnReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|------------|---|
| 7 | IRqInv | 设置为 1 表示 IRQ 管脚上的信号与 Status1Reg 中的 IRq 位相反; 设置为 0 则相等。与 DivIrqReg 中的 IRqPushPull 位一起使用, 默认值为 1 时 IRQ 管脚的输出是三态的 |
| 6 | TxIEn | 允许发射机中断请求 (TxIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 5 | RxIEn | 允许接收机中断请求 (RxIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 4 | IdleIEn | 允许空闲中断请求 (IdleIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 3 | HiAlertIEn | 允许高警告中断请求 (HiAlertIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 2 | LoAlertIEn | 允许低警告中断请求 (LoAlertIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 1 | ErrIEn | 允许错误中断请求 (ErrorIRq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 0 | TimerIEn | 允许定时器中断请求 (TimerIRq) 传递到 IRQ 管脚 |

7.2.4 DivIEnReg

中断请求传递的使能和禁能控制位。

表 7-8 DivIrqReg 地址: 03h 复位值: 00h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|-----------------|-----------|----------|-------------|---------|------------|-------------|--------------|
| | IRQPush Pull | CardIrqEn | WdtIrqEn | SiginActIEn | ModelEn | CRCI En | RFOn IEn | RFOffI En |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-9 DivIrqReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|--|
| 7 | IRQPushPull | 设置为 1 表示 IRQ 管脚用作标准 CMOS 输出管脚； 设置为 0 表示 IRQ 管脚用作开漏输出。 |
| 6 | CardIrqEn | 场强中断使能 1: 使能 0: 不使能 |
| 5 | WdtIrqEn | 定时唤醒使能 1: 使能 0: 不使能 |
| 4 | SiginActIEn | 允许 SIGIN 有效中断请求传递到 IRQ 管脚 |
| 3 | ModelEn | 允许模式中中断请求 (ModeIrq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 2 | CRCIEn | 允许 CRC 中断请求 (CRCIrq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 1 | RFOnIEn | 允许 RF 场开启中断请求 (RfOnIrq) 传递到 IRQ 管脚 |
| 0 | RFOffIEn | 允许 RF 场关闭中断请求 (RfOffIrq) 传递到 IRQ 管脚 |

7.2.5 ComIrqReg

中断请求标志位。

表 7-10 ComIrqReg 地址: 04h 复位值: 14h

| | | | | | | | | |
|------|------|-------|-------|---------|------------|------------|--------|----------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | Set1 | TxIRq | RxIRq | IdleIRq | HiAlertIRq | LoAlertIRq | ErrIRq | TimerIRq |
| 访问权限 | w | dy | dy | dy | dy | dy | dy | dy |

表 7-11 ComIrqReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|------------|--|
| 7 | Set1 | 与中断标志位配合使用，用来将中断标志位置 1 或清 0 当此位写 0，同时对应中断标志位写 1 表示清除此中断位； 当此位写 1，同时对应中断标志位写 1 表示置位此中断位； |
| 6 | TxIRq | 在发射完发送数据的最后一个比特后立刻置 1 |
| 5 | RxIRq | 当接收机检测到一个有效数据流结束后置 1； 如果 RxModeReg 中的 RxNoErr 为 1，那么只有当 FIFO 中有有效数据字节时 RxIRq 才置 1 |
| 4 | IdleIRq | 当命令自动终止时置 1，例如当 CommandReg 从任意命令变为空闲命令时。如果启动了一个未知的命令，CommandReg 将变为空闲，并置位 IdleIRq。由微控制器启动 Idle 命令则不会置位空闲中断 |
| 3 | HiAlertIRq | 当 Status1Reg 的 HiAlert 位为 1 时置 1。与 HiAlert 相反，HiAlertIRq 保存了该中断事件，只能通过 Set1 位的清零指示来复位 |
| 2 | LoAlertIRq | 当 Status1Reg 的 LoAlert 位为 1 时置 1。与 LoAlert 相反，LoAlertIRq 保存了该中断事件，只能通过 Set1 位的清零指示来复位 |
| 1 | ErrIRq | 当 ErrorReg 中有任何错误位为 1 时置 1 |
| 0 | TimerIRq | 当定时器 TimerValue 寄存器递减到 0 时置 1 |

7.2.6 DivIrqReg

中断请求标志位。

表 7-12 DivIrqReg 地址: 05h 复位值: xxh, 000x00xxb

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|------|------|---------|--------|-------------|---------|--------|----------|----------|
| | Set2 | CardIRq | WdtIRq | SiginActIRq | ModeIRq | CRCIRq | RFOonIRq | RFOffIRq |
| 访问权限 | w | dy | dy | dy | dy | dy | dy | dy |

表 7-13 DivIrqReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|---|
| 7 | Set2 | 与中断标志位配合使用，用来将中断标志位置 1 或清 0 当此位写 0，同时对应中断标志位写 1 表示清除此中断位； 当此位写 1，同时对应中断标志位写 1 表示置位此中断位； |
| 6 | CardIRq | 场强中断 1: 有卡 0: 无卡 |
| 5 | WdtIRq | 定时唤醒中断 1: 产生了定时唤醒 0: 未产生定时唤醒 |
| 4 | SiginActIRq | 当 SIGIN 有效时置 1；当信号上升沿或下降沿被检测到时置位 |
| 3 | ModeIRq | 当数据模式检测器检测到通信模式后置 1。 注意数据模式检测器只有在 AutoColl 命令时才激活，且在检测到通信模式之后自动终止；每次在 RF 复位后数据模式检测器也会重启 |
| 2 | CRCIRq | 当 CRC 命令有效且所有数据都被处理后置 1 |
| 1 | RFOonIRq | 当检测到外部 RF 场时置 1 |
| 0 | RFOffIRq | 在当前外部 RF 场关闭时置 1 |

7.2.7 ErrorReg

错误标志位，指示上一个执行的命令的错误状态。

表 7-14 ErrorReg 地址：06h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|-------|---------|-------|------------|---------|--------|-----------|-------------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | WrErr | TempErr | RFErr | BufferOvfl | CollErr | CRCErr | ParityErr | ProtocolErr |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-15 ErrorReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|---|
| 7 | WrErr | 在 AutoColl 命令执行期间，主机向 FIFO 写数时置 1； 在射频接口发送最后一个比特到接收最后一个比特之间，主机向 FIFO 写数也会置 1 |
| 6 | TempErr | 内部温度传感器检测到过热时置 1，此时天线驱动自动关断 |
| 5 | RFErr | 主动通信模式下，如果对方未按照 NFCIP-1 标准规定的定时关闭射频场则置 1，注意 RFErr 只用于主动通信模式，需要 RxFraming 或 TxFraming 设置为 01 来开启这个功能 |
| 4 | BufferOvfl | 在主机或者 Si512 的内部状态机（如接收机）在 FIFO 已满的情况下仍向 FIFO 写数时置 1 |
| 3 | CollErr | 检测到位冲突时置 1；在接收机启动阶段自动清 0 仅在 106kbits/s 面向比特的防冲突过程中有效，在 212/424 kbts/s 时该位始终为 0 |
| 2 | CRCErr | 在 RxModeReg 中的 RxCRCEn 位为 1 且 CRC 计算错误时置 1，在接收机启动阶段自动清 0 |
| 1 | ParityErr | 在奇偶校验出错时置 1，在接收机启动阶段自动清 0。仅在 ISO 14443A 或 NFCIP-1 106kbts/s 通信情况下有效 |
| 0 | ProtocolErr | 在如下任一情形下置 1： （1）SOF 错误。在接收机启动阶段自动清 0。仅在主动/被动 106kbts/s 通信模式下有效 （2）在 Felica 或者速率高于 106 的主动通信模式下，ModeReg 中的 DetectSync 位为 1，且检测到字节长度违例时 （3）AutoColl 命令期间，ControlReg 的 Initiator 位为 1 （4）Miller 译码器在 ISO 14443A 定义的最小时间内检测到 2 个脉冲时 |

注意：执行命令时将清除除了 TempErr 之外的所有错误标志位；错误标志位不能通过软件置位。

7.2.8 Status1Reg

CRC，中断和 FIFO 的状态位。

表 7-16 Status1Reg 地址：07h 复位值：xxh, x100x01xb

| | | | | | | | | |
|------|----------|-------|----------|-----|----------|-------|---------|---------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | RFFreqOK | CRCOk | CRCReady | IRq | TRunning | RFOon | HiAlert | LoAlert |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-17 Status1Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|----------|--|
| 7 | RFFreqOK | 指示 RX 管脚上检测到的信号频率是否在 13.56MHz 范围内，如果 12MHz<RX 管脚频率<15MHz 则置 1 注意如果外部射频场的频率在 9-12 或者 15-19MHz 范围内，该位的值是不定的 |
| 6 | CRCOk | CRC 结果为 0 时置 1。在发射和接收数据时 CRCOk 不定，使用 ErrorReg 中 CRCErr 的值。CRCOk 指示了 CRC 协处理器的状态，在计算过程中该位为 0，CRC 计算完成且正确时置 1 |
| 5 | CRCReady | CRC 计算完成时置 1，该位仅在 CalcCRC 命令期间对 CRC 协处理器的计算有效 |
| 4 | IRq | 任意中断源请求中断（与中断使能位有关，详见 ComIrqReg 和 DivIEnReg 的配置） |
| 3 | TRunning | 定时单元工作时置 1，例如 TCounterValReg 会随着下一个定时器时钟的到来而递减 注意在门控模式中，当定时器由寄存器位使能时，则 TRunning 置 1，不受门控信号的影响 |
| 2 | RFOon | 检测到外部 RF 场时置 1。该位不存储 RF 场的状态 |
| 1 | HiAlert | 当 FIFO 中存储的字节数满足下式时置 1： $HiAlert = (64 - FIFOLength) \leq WaterLevel$ |
| 0 | LoAlert | 当 FIFO 中存储的字节数满足下式时置 1： |

| | | |
|--|--|-----------------------------------|
| | | LoAlert = FIFOLength ≤ WaterLevel |
|--|--|-----------------------------------|

7.2.9 Status2Reg

接收机，发射机和数据模式检测器的状态位。

表 7-18 Status2Reg 地址：08h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|------------|-----|-----------------|-----|-------------|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TempSensClear | I2CForceHS | 0 | TargetActivated | 0 | Modem State | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | RFU | rdy | RFU | r | r | r |

表 7-19 Status2Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|---|----|-----|----|-----|----------------------------------|-----|--|-----|------|-----|---|-----|------|
| 7 | TempSensClear | 设置为 1，且温度低于警报限制值 125°C 时清除温度错误 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | I2CForceHS | I2C 输入滤波器设置。设置为 1 时，I2C 输入滤波器进入不受 I2C 协议约束的高速模式；设置为 0 时 I2C 输入滤波器满足 I2C 协议 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | - | 保留为将来使用 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | TargetActivated | 当 Select 命令和 Polling 命令收到响应时置 1。注意该位仅在被动通信模式 AutoColl 命令执行期间才能置 1，且在外部射频场关闭时自动清 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | - | 保留为将来使用 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-0 | Modem State | 发射机和接收机的状态 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">值</th> <th>描述</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">000</td> <td>空闲</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">001</td> <td>等待 BitFramingReg 中的 StartSend 置位</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">010</td> <td>TxWait: 如果 TxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再发射数据。 TxWait 的最小时间在 TxWaitReg 中定义</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">011</td> <td>发射数据</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">100</td> <td>RxWait: 如果 RxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再接收数据。 RxWait 的最小时间在 RxSelReg 中定义</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">101</td> <td>等待数据</td> </tr> </tbody> </table> | 值 | 描述 | 000 | 空闲 | 001 | 等待 BitFramingReg 中的 StartSend 置位 | 010 | TxWait: 如果 TxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再发射数据。 TxWait 的最小时间在 TxWaitReg 中定义 | 011 | 发射数据 | 100 | RxWait: 如果 RxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再接收数据。 RxWait 的最小时间在 RxSelReg 中定义 | 101 | 等待数据 |
| 值 | 描述 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 000 | 空闲 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | 等待 BitFramingReg 中的 StartSend 置位 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 010 | TxWait: 如果 TxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再发射数据。 TxWait 的最小时间在 TxWaitReg 中定义 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 011 | 发射数据 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | RxWait: 如果 RxWaitRF 位为 1，等待 RF 场准备好再接收数据。 RxWait 的最小时间在 RxSelReg 中定义 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 101 | 等待数据 | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|--|-----|------|
| | | 110 | 接收数据 |
|--|--|-----|------|

7.2.10 FIFODataReg

FIFO 的输入输出。

表 7-20 FIFODataReg 地址: 09h 复位值: xxh, xxxxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | FIFOData | | | | | | | |
| 访问权限 | dy | dy | dy | dy | dy | dy | dy | dy |

表 7-21 FIFODataReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------|--|
| 7-0 | FIFOData | 内部 64 字节 FIFO 的数据输入和输出端口，相当于串行输入输出数据流的并行输入/输出转换器 |

7.2.11 FIFOLevelReg

指示存储在 FIFO 中的字节数。

表 7-22 PageReg 地址: 0Ah 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|-------------|-----------|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | FlushBuffer | FIFOLevel | | | | | | |
| 访问权限 | w | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-23 PageReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-------------|---|
| 7 | FlushBuffer | 设置为 1 时，立刻清除 FIFO 的读写指针和 ErrorReg 的 BufferOvfl 标志。读该位总是返回 0 |
| 6-0 | FIFOLevel | 指示存储在 FIFO 中的字节数，写 FIFODataReg 时随之递增，读 FIFODataReg 时随之递减 |

7.2.12 WaterLevelReg

定义发出 FIFO 下溢和上溢警告的 FIFO 深度。

表 7-24 WaterLevelReg 地址: 0Bh 复位值: 08h

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | WaterLevel | | | | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-25 WaterLevelReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|------------|---|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 |
| 5-0 | WaterLevel | 指示产生上溢和下溢警告的 FIFO 深度: 当 FIFO 中剩余的空间 \leq WaterLevel 时, Status1Reg 的 HiAlert 置 1; 当 FIFO 中的字节数 \leq WaterLevel 时, Status1Reg 的 LoAlert 置 1 |

7.2.13 ControlReg

控制位。

表 7-26 ControlReg 地址: 0Ch 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|----------|-----------|-------------------|-----------|-----|------------|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TStopNow | TStartNow | WrNFCID toFIFO | Initiator | 0 | RxLastBits | | |
| 访问权限 | w | w | dy | r/w | RFU | r | r | r |

表 7-27 ControlReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|--|
| 7 | TStopNow | 设置为 1 时定时器立刻停止工作，读该位始终返回 0 |
| 6 | TStartNow | 设置为 1 时定时器立刻开始工作，读该位始终返回 0 |
| 5 | WrNFCIDtoFIFO | 设置为 1 时，芯片内部存储的 10 字节 NFCID 被复制到 FIFO，完成后该位自动清 0 |
| 4 | Initiator | 设置为 1 时 Si512 作为发起者，否则作为目标 |
| 3 | - | 保留为将来使用 |
| 2-0 | RxLastBits | 指示最后一个接收到的字节中有效的比特数，如果为 0，则整个字节都是有效的 |

7.2.14 BitFramingReg

调整面向比特的帧。

表 7-28 BitFramingReg 地址：0Dh 复位值：00h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|-----------|---------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|
| | StartSend | RxAlign | | | 0 | TxLastBits | | |
| 访问权限 | w | r/w | r/w | r/w | RFU | r/w | r/w | r/w |

表 7-29 BitFramingReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-----------|--|
| 7 | StartSend | 设置为 1 时开始发射数据；该位只在与 Transceive 命令一起使用时有效 |
| 6-4 | RxAlign | <p>用于面向比特的帧的接收：RxAlign 定义了接收到的第一个比特在 FIFO 中的存储比特位置，后面接收到的比特依次存储其后</p> <p>例如：</p> <p>RxAlign=0：接收到的 LSB 存储在比特位置 0，第二个接收到的比特存储在比特位置 1；</p> <p>RxAlign=1：接收到的 LSB 存储在比特位置 1，第二个接收到的比特存储在比特位置 2；</p> |

| | | |
|-----|------------|--|
| | | RxAlign=7: 接收到的 LSB 存储在比特位置 7, 第二个接收到的比特存储在下一个字节的比特位置 0; |
| 3 | - | 保留为将来使用 |
| 2-0 | TxLastBits | 用于面向比特的帧的发送: TxLastBits 定义了发射数据最后一个字节要发射的比特数, 000 表示发射整个字节 |

7.2.15 CollReg

RF 接口检测到的首个位冲突的位置。

表 7-30 CollReg 地址: 0Eh 复位值: xxh, 101xxxxb

| | | | | |
|------|-----------------|-----|-----------------|---------|
| | 7 | 6 | 5 | 4: 0 |
| | ValuesAfterColl | 0 | CollPosNotValid | CollPos |
| 访问权限 | r/w | RFU | r | r |

表 7-31 CollReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-----------------|--|
| 7 | ValuesAfterColl | 如果设置为 0, 发生冲突后所有接收到的比特都会被清除; 该位仅在 106kbts/s 面向比特的防冲突过程中使用, 否则将设置为 1 |
| 6 | - | 保留为将来使用 |
| 5 | CollPosNotValid | 如果没有检测到冲突, 或者冲突位置超过了 CollPos 的范围, 则设置为 1; 仅在 106kbts/s 的被动通信模式或者 ISO 14443A 读卡器模式下有效 |
| 4-0 | CollPos | 指示了首个被检测到的位冲突在接收帧中的位置 例如: 00h 表示在第 32 位上检测到了位冲突 01h 表示在第 1 位上检测到了位冲突 08h 表示在第 8 位上检测到了位冲突 仅在 106kbts/s 的被动通信模式或者 ISO 14443A 读卡器模式, 且 CollPosNotValid 为 0 的情况下有效 |

7.2.16 PollReg

地址 0x0F 下埋了 16 组寄存器，通过地址 0x00/0x10/0x20/0x30 寄存器选择具体访问哪一组。

表 7-32 PollReg 地址：0Fh 复位值：xxh，详见下表

| 地址 | 位 | 符号 | 访问权限 | 复位值 | 描述 |
|------|-----|---------|------|---------|--|
| 0F_A | | RCCfg1 | | 05h | 3K RC 配置 1 |
| | 7 | Trimsel | r/w | 0b | 1: 选择手动校正 0: 选择自动校正 |
| | 6 | Max | r/w | 0b | 1: 使能精校正 |
| | 5:0 | mdelay | r/w | 000101b | ACD 唤醒间隔 (mdelay+1)*100ms, 最小 100ms, 最大 6400ms |
| 0F_B | | ACRDCfg | | 02h | 3K RC 配置 1 |
| | 7:6 | ACDEdge | r/w | 00b | 简语定义: LSample 上一次检卡采样值 CSample 本次检卡采样值 ValSet 为 0F_C[6:0]的值 ValDelta 为 0F_D[6:0]的值 绝对值模式有卡判决条件 00/11: CSample > ValSet + ValDelta 或者 CSample < ValSet - ValDelta 01: CSample > ValSet + ValDelta 10: CSample < ValSet - ValDelta 相对值模式有卡判决条件 CSample > LSample+ ValDelta 或者 CSample < LSample- ValDelta 01: CSample > LSample+ ValDelta 10: CSample < LSample- ValDelta |
| | 5 | ACDMode | r/w | 0b | 0: 绝对值比较 |

| | | | | | |
|------|-----|----------|-----|----------|---|
| | | | | | 1: 相对值比较 |
| | 4:3 | ACDRFEn | r/w | 00b | 01: 使能低功耗卡检测 10: 使能低功耗 RF 检测 00/11: 同时使能低功耗卡和 RF 检测 |
| | 2:1 | MaskACD | r/w | 01b | ACD 模式下 00: 从第 3 次轮询开始检测卡或射频场 01: 从第 4 次轮询开始检测卡或射频场 10: 从第 5 次轮询开始检测卡或射频场 11: 从第 6 次轮询开始检测卡或射频场 |
| | 0 | - | | | 保留 |
| 0F_C | | ValSet | | 70h | 手动模式参考值 |
| | 7 | - | RFU | 0b | |
| | 6:0 | ValSet | r/w | 1110000b | 手动设置无卡场强参考值 |
| 0F_D | | ValDelta | | 0fh | 场强变化范围 |
| | 7 | - | RFU | 0 | |
| | 6:0 | ValDelta | r | 0001111b | 场强变化范围设置 |
| 0F_E | | - | - | 03h | 保留 |
| | 7 | - | - | - | 保留 |
| | 6 | - | - | | 保留 |
| | 5 | - | - | | 保留 |
| | 4:3 | - | - | | 保留 |
| | 2:0 | - | - | | 保留 |
| 0F_F | | RCCFG1 | | c0h | 3K RC 配置 2 |
| | 7 | OMEN | r/w | 1b | 1: 使能 OSC 监测功能 0: 关闭 OSC 监测功能 |
| | 6:0 | TRIMSET | r/w | 1000000b | 手动设置 RCOSC 校正值 |
| 0F_G | | ADCVal | | xx | 轮询 ADC 采样值 |
| | 7 | - | RFU | 0b | |

| | | | | | |
|------|-----|---------|-----|-----------|---|
| | 6:0 | VAL_ADC | r | x | ADC 采样值 |
| 0F_H | | WdtCnt | | 26h | 看门狗中断产生间隔设置 |
| | 7:0 | WdtCnt | r/w | 00100110b | 轮询模式下，每次唤醒检卡时看门狗计数器加 1，当看门狗计数器值与 WdtCnt 相等时产生看门狗中断，同时看门狗重新计数，但是并不会唤醒芯片。 |
| 0F_I | | ARI | | 00h | |
| | 7:6 | - | - | - | |
| | 5:4 | TK | r/w | 00b | 检波前端放大器控制 00/11: 检波前端放大器 OFF 01: 检波前端放大 10 倍 10: 检波前端放大 21 倍 |
| | 3 | - | - | - | |
| | 2 | ARIPol | r/w | 0b | ARI 极性控制 1: ARI 低电平指示 ACD 模式下 RF 开启 0: ARI 高电平 ACD 模式下 RF 开启 |
| | 1 | ARIEEn | r/w | 0b | ARI 使能 1: 使能，即 D1 输出 ARI 0: 不使能，即不影响 D1 引脚状态 |
| | 0 | ARI | r | x | ACD 模式下 RF 状态指示 |
| 0F_J | | ACC | - | - | ACD 模式下监测配置是否丢失。 |
| | 7 | ACCErr | r | 0 | 0: 轮询配置数据没有丢失 1: 轮询配置数据丢失 仅在 ACCEEn 为 1 的情况下有效。 |
| | 6 | ACCEn | r/w | 0 | ACC 使能，在配置 ACD 寄存器时， 必须先将此位清零。 0: 写 55h 清零； |

| | | | | | |
|------|-----|----------------|-----|----------|---|
| | | | | | 1: 写非 55h 置 1。 |
| | 5:0 | - | - | 0 | 保留 |
| 0F_K | | LPDCFG1 | | 0fh | |
| | 7 | - | - | - | 保留 |
| | 6:5 | TR | r/w | 00b | <p>检波电路中的减法器增益控制字。</p> <p>00: 1 倍</p> <p>01: 3 倍</p> <p>10: 7 倍</p> <p>11: 15 倍</p> |
| | 4:3 | TI | r/w | 01b | <p>检波电路中前段检波运放斜率控制字。</p> <p>00: 0.5</p> <p>01: 1</p> <p>10: 1.5</p> <p>11: 2</p> |
| | 2:0 | VCON | r/w | 111b | <p>检波时 ADC 参考电压控制。通过配置此位使检波模块输出位于 ADC 量程内。</p> <p>000: 1.407V</p> <p>001: 1.472V</p> <p>010: 1.537V</p> <p>011: 1.603V</p> <p>100: 1.66V</p> <p>101: 1.718V</p> <p>110: 1.8V</p> <p>111: 1.9V</p> |
| 0F_L | | - | - | - | 保留 |
| 0F_M | | RFLowDetect | | 08h | ACD 期间低 RF 监测配置 |
| | 7 | RFLowDetectEn | r/w | 0b | <p>1: 使能 Reader 所发 RF 异常检测</p> <p>0: 关闭 Reader 所发 RF 异常检测</p> |
| | 6:0 | RFLowThreshold | r/w | 0001000b | 检卡时判断 RF 是否过低 |

| | | | | | |
|------|-----|----------------|-----|----------|---|
| | | | | | 阈值可选范围 0~128 阈值计算公式： $RFLowThreshold$ |
| 0F_N | | ExRFDetect | | 08h | ACD 期间外部 RF 监测配置 |
| | 7 | - | RFU | 0 | |
| | 6:0 | RFLowThreshold | r/w | 0001000b | 判断周围有无其他 RF 的阈值 |
| 0F_O | | ACRDIRqEn | | 00h | ACD 相关中断使能 |
| | 7:4 | - | RFU | 0b | |
| | 3 | OSCMonIrqEn | r/w | 0b | 1:使能 OSCMonIrqEn 中断 |
| | 2 | - | RFU | 0b | |
| | 1 | RFLowIrqEn | r/w | 0b | 1: 使能 RFLowIrq 中断 |
| | 0 | RFEsIrqEn | r/w | 0b | 1: 使能 RFEsIrq 中断 |
| 0F_P | | ACRDIRq | | 00h | ACD 相关中断 |
| | 7 | set3 | w | 0b | 与中断标志位配合使用，用来将中断标志位置 1 或清 0 当此位写 0，同时对应中断标志位写 1 表示清除此中断位； 当此位写 1，同时对应中断标志位写 1 表示置位此中断位； |
| | 6:4 | - | RFU | 0b | |
| | 3 | OSCMonIrq | dy | 0b | 1: OSC 连续四次唤醒失败 |
| | 2 | - | RFU | 0b | 保留 |
| | 1 | RFLowIrq | dy | 0b | 1: 检卡时 RF 值过低 |
| | 0 | RFEsIrq | dy | 0b | 1: 检测到外部 RF |

7.3 PAGE1: 通信

7.3.1 PageReg

表 7-33 PageReg 地址: 10h 复位值: 00h

| | | | | | |
|------|----------------|----------------|-----------|------------|-----|
| | 7 | 6 | 5: 2 | 1 | 0 |
| | UsePage Select | Regbank Select | RegSelect | PageSelect | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-34 PageReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|--|
| 7 | UsePageSelect | 设置为 1 时，PageSelect 的值被视为寄存器地址 A5 和 A4。寄存器地址的低位则分别由地址引脚和内部地址锁存决定； 设置为 0 时，寄存器地址完全由内部地址锁存所决定。地址引脚的描述见 9.1 节 |
| 6 | RegbankSelect | 设置为 1 时，可以读写 0Fh 寄存器组 |
| 5-2 | RegSelect | 0000: 读写 A 组寄存器； 0001: 读写 B 组寄存器； ... 1111: 读写 P 组寄存器 |
| 1-0 | PageSelect | PageSelect 的值只有在 UsePageSelect 为 1 时才有效，此时用于指定寄存器页（即寄存器地址 A5 和 A4） |

7.3.2 ModeReg

定义发射和接收模式的通用设置。

表 7-35 ModeReg 地址: 11h 复位值: 3Bh

| | | | | | | | |
|------|----------|-------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1: 0 |
| | MSBFirst | Detect Sync | TxWaitRF | RxWaitRF | PolSignin | ModeDetOff | CRCPreset |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-36 ModeReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | | | | | | | | |
|-----|-------------|--|----|------------|----|------|----|------|----|------|
| 7 | MSBFirst | 设置为 1 时，CRC 协处理器从最高位开始计算 CRC，且 CRCResultReg 中的 CRCResultMSB 和 CRCResultLSB 位是颠倒的。注意在 RF 通信中忽略该位功能 | | | | | | | | |
| 6 | Detect Sync | 设置为 1 时，非接触式 UART 等待到 F0h 时才激活接收机，并将 F0h 加到传输时的同步字节当中；仅在 106kbits/s NFCIP-1 数据交换协议下有效，其他模式下该位应设置为 0 | | | | | | | | |
| 5 | TxWaitRF | 设置为 1 时，读卡器或 NFCIP-1 发起者模式下发射机只有在自身 RF 场产生后才启动 | | | | | | | | |
| 4 | RxWaitRF | 设置为 1 时，卡模拟或 NFCIP-1 目标模式下 RxWait 计数只有在检测到外部 RF 场后才开始 | | | | | | | | |
| 3 | PolSigin | 定义 SIGIN 管脚的极性。设置为 1 时，SIGIN 管脚高电平有效；设置为 0 时低电平有效。注意内部包络信号的编码是低电平有效的，改变该位的值会产生 SiginActIRq 中断 | | | | | | | | |
| 2 | ModeDetOff | 设置为 1 时，内部模式检测器关闭，注意模式检测器只工作在 AutoColl 命令执行期间 | | | | | | | | |
| 1-0 | CRCPreset | 定义 CalCRC 命令下 CRC 协处理器的预设值，注意在任何通信过程中，协处理器会根据 RxMode 和 TxMode 自动选择预设值 | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>设置</th> <th>对应 CRC 预设值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td> <td>0000</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>6363</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>A671</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>FFFF</td> </tr> </tbody> </table> | 设置 | 对应 CRC 预设值 | 00 | 0000 | 01 | 6363 | 10 | A671 |
| 设置 | 对应 CRC 预设值 | | | | | | | | | |
| 00 | 0000 | | | | | | | | | |
| 01 | 6363 | | | | | | | | | |
| 10 | A671 | | | | | | | | | |
| 11 | FFFF | | | | | | | | | |

7.3.3 TxModeReg

定义发射过程的数据速率和帧格式。

表 7-37 TxModeReg 地址：12h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|------|---------|---------|----|----|--------|-------|-----------|----|
| | TxCRCEn | TxSpeed | | | InvMod | TxMix | TxFraming | |
| 访问权限 | r/w | dy | dy | dy | r/w | r/w | dy | dy |

表 7-38 TxModeReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|------------|--|----------------------------------|
| 7 | TxCRCEn | 设置为 1 时，数据发射过程中可以产生 CRC；仅在 106kbits/s 下可以设置为 0 | |
| 6-4 | TxSpeed | 定义数据传输速率。注意在 424kbits/s 以上速率的数据编码形式与 424kbits/s 主动通信模式（Ecma 340）所规定的形式相同 | |
| | | 设置 | 速率 |
| | | 000 | 106kbits/s |
| | | 001 | 212kbits/s |
| | | 010 | 424kbits/s |
| | | 011 | 保留 |
| | | 100 | 保留 |
| | | 101 | 保留 |
| | | 110 | 保留 |
| 111 | 保留 | | |
| 3 | InvMod | 设置为 1 时，待发射数据的调制是反相的 | |
| 2 | TxMix | 设置为 1 时，MFIN 管脚上的信号与内部编码器的相混合 | |
| 1-0 | TxFraming | 定义数据传输使用的帧格式 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | ISO 14443A 或者 106kbits/s 被动通信模式 |
| | | 01 | 主动通信模式 |
| | | 10 | Felica 或者 212, 424kbits/s 被动通信模式 |
| 11 | ISO 14443B | | |

7.3.4 RxModeReg

定义接收过程的数据速率和帧格式。

表 7-39 RxModeReg 地址：13h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------|---------|----|----|---------|------------|-----------|----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | RxCRCEn | RxSpeed | | | RxNoErr | RxMultiple | RxFraming | |
| 访问权限 | r/w | dy | dy | dy | r/w | r/w | dy | dy |

表 51 RxModeReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|---|----|----|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 7 | RxCRCEn | 设置为 1 时，数据接收过程中可以产生 CRC；仅在 106kbits/s 下可以设置为 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-4 | RxSpeed | <p>定义数据传输速率。注意 Si512 模拟部分最高只支持 424kbits/s，但数字 UART 可以处理更高的数据速率。424kbits/s 以上速率的数据编码形式与 424kbits/s 主动通信模式（Ecma 340）所规定的形式相同</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>设置</th> <th>速率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>000</td><td>106kbits/s</td></tr> <tr><td>001</td><td>212kbits/s</td></tr> <tr><td>010</td><td>424kbits/s</td></tr> <tr><td>011</td><td>保留</td></tr> <tr><td>100</td><td>保留</td></tr> <tr><td>101</td><td>保留</td></tr> <tr><td>110</td><td>保留</td></tr> <tr><td>111</td><td>保留</td></tr> </tbody> </table> | 设置 | 速率 | 000 | 106kbits/s | 001 | 212kbits/s | 010 | 424kbits/s | 011 | 保留 | 100 | 保留 | 101 | 保留 | 110 | 保留 | 111 | 保留 |
| 设置 | 速率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 000 | 106kbits/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | 212kbits/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 010 | 424kbits/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 011 | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 101 | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | RxNoErr | 设置为 1 时，接收时忽略无效的数据流（少于 4bits），接收机仍继续工作，ISO 14443B 模式如果要忽略无效数据，还需将 RxSOFReq 设置为 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | RxMultiple | <p>设置为 0 时，接收机在接收完一个数据帧后关闭</p> <p>设置为 1 时，可以接收多个数据帧，Receive 和 Transceive 命令不会自动终止，只能通过写其他命令（除 Receive 外）或者由主机清除该位来终止接收；</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|-----|-----------|--|----------------------------------|
| | | Si512 会在 FIFO 接收的数据流末尾加上一个错误信息字节 (ErrorReg 的值) | |
| 1-0 | RxFraming | 定义接收数据使用的帧格式 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | ISO 14443A 或者 106kbits/s 被动通信模式 |
| | | 01 | 主动通信模式 |
| | | 10 | Felica 或者 212, 424kbits/s 被动通信模式 |
| | | 11 | ISO 14443B |

7.3.5 TxControlReg

控制天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的逻辑特性。

表 7-40 TxControlReg 地址: 14h 复位值: 80h

| | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|---------|---------|---------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | InvTx2R FOn | InvTx1R FOn | InvTx2R FOff | InvTx1R FOff | Tx2CW | CheckRF | Tx2RFEn | Tx1RFEn |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | w | r/w | r/w |

表 7-41 TxControlReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|--|
| 7 | InvTx2RFOn | 设置为 1 时, 如果 TX2 驱动开启, 则 TX2 管脚的输出信号反相 |
| 6 | InvTx1RFOn | 设置为 1 时, 如果 TX1 驱动开启, 则 TX1 管脚的输出信号反相 |
| 5 | InvTx2RFOff | 设置为 1 时, 如果 TX2 驱动关闭, 则 TX2 管脚的输出信号反相 |
| 4 | InvTx1RFOff | 设置为 1 时, 如果 TX1 驱动关闭, 则 TX1 管脚的输出信号反相 |
| 3 | Tx2CW | 设置为 1 时, 管脚 TX2 持续输出未调制的 13.56MHz 载波; 设置为 0 时, Tx2CW 使能调制载波信号 |
| 2 | CheckRF | 设置为 1 时, 如果检测到外部 RF 场则不能置位 Tx2RFEn 和 Tx1RFEn; 仅在与 Tx2RFEn、Tx1RFEn 一起使用时有效 |
| 1 | Tx2RFEn | 设置为 1 时, 管脚 TX2 输出由待传输数据调制的 13.56MHz 载波 |

| | | |
|---|---------|--|
| 0 | Tx1RFEn | 设置为 1 时，管脚 TX1 输出由待传输数据调制的 13.56MHz 载波 |
|---|---------|--|

7.3.6 TxAutoReg

控制天线驱动的设置。

表 7-42 TxAutoReg 地址：15h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|-----------------|----------------|-----|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | AutoRFO FF | Force100 ASK | Auto WakeUp | 0 | CAOn | InitialRF On | Tx2RF AutoEn | Tx1RF AutoEn |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-43 TxAutoReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|--|
| 7 | AutoRFOFF | 设置为 1 时，按 NFCIP-1 规定的定时，在发射完最后一个数据比特后关断所有天线驱动 |
| 6 | Force100ASK | 设置为 1 时，忽略 ModGsPReg 的值，强制 ASK 调制系数为 100% |
| 5 | AutoWakeUp | 设置为 1 时，处在软掉电模式下的 Si512 由 RF 场检测器唤醒 |
| 4 | - | 保留为将来使用 |
| 3 | CAOn | 设置为 1 时，进入防冲突过程，按照 NFCIP-1 标准设置 n 的值 |
| 2 | InitialRFOn | 设置为 1 时，执行初始化 RF 冲突避免，完成后自动清零 InitialRFOn；注意天线驱动必须由 Tx2RFAutoEn 和 Tx1RFAutoEn 使能才可以开启 |
| 1 | Tx2RFAutoEn | 设置为 1 时，在外部 RF 场关闭 TADT 时间后 Tx2 驱动开启。如果 InitialRFOn 也为 1，在 TIDT 时间内未检测到外部 RF 场则 Tx2 驱动开启；TADT 和 TIDT 在 NFCIP-1（ISO 18092）标准中定义 |
| 0 | Tx1RFAutoEn | 设置为 1 时，在外部 RF 场关闭 TADT 时间后 Tx1 驱动开启。如果 InitialRFOn 也为 1，在 TIDT 时间内未检测到外部 RF 场则 Tx1 驱动开启；TADT 和 TIDT 在 NFCIP-1（ISO 18092）标准中定义 |

7.3.7 TxSelReg

选择模拟部分的信号来源。

表 7-44 TxSelReg 地址：16h 复位值：10h

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | DriverSel | | SigOutSel | | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-45 TxSelReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|------|--|--------------------|---|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 | |
| 5-4 | DriverSel | 选择 Tx1 和 Tx2 驱动的输入 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | 三态。注意设置为三态时，软掉电模式下驱动只能处于三态模式 |
| | | 01 | 来自内部编码器的调制信号（包络） |
| | | 10 | 来自 SIGIN 的调制信号（包络） |
| 11 | 高电平。注意电平值取决于 InvTx1RFOff/InvTx1RFOff 和 InvTx2RFOff/InvTx2RFOff 的设置 | | |
| 3-0 | SigOutSel | 选择 MFOUT 管脚的输入 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 0000 | 三态 |
| | | 0001 | 低电平 |
| | | 0010 | 高电平 |
| | | 0011 | TestBus 信号。由 TestSel1Reg 中的 TestBusBitSel 位定义 |
| | | 0100 | 来自内部编码器的调制信号（包络） |
| | | 0101 | 待发射的串行数据流 |
| | | 0110 | 接收电路的输出*（卡模拟信号的恢复、延时），此信号用作给 3 线 SAM 接口的数据输出 |
| 0111 | 接收到的串行数据流 | | |

| | | | |
|--|--|-----------|--|
| | | 1000-1011 | Felica SAM 调制 1000 接收* 1001 发射 1010 解调比较器的输出 1011 保留 |
| | | 1100-1111 | 保留 |

7.3.8 RxSelReg

内部接收机设置。

表 7-46 RxSelReg 地址：17h 复位值：84h

| | | | | | | | | |
|------|---------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | UartSel | | RxWait | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-47 RxSelReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|---------|--|-----------------|
| 7-6 | UartSel | 选择非接触式 UART 的输入 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | 固定的低电平 |
| | | 01 | SIGIN 的包络信号 |
| | | 10 | 来自内部电路模拟部分的调制信号 |
| | 11 | SIGIN 管脚的调制信号；仅在 424kbts/s 以上速率时有效 | |
| 5-0 | RxWait | 数据发射后，延迟 RxWait 个比特时间后激活接收机。在这个帧保护时间内忽略 RX 管脚上的信号。此参数用于除 Receive 外的其他命令（如 Transceive, Autocoll），根据 Si512 的不同模式，RxWait 计数器的启动时间也不同。被动通信模式下计数器在发射数据流的最后一个调制脉冲后启动；主动通信模式下计数器在外部 RF 场打开后立即启动 | |

7.3.9 RxThresholdReg

选择位译码器的阈值。

表 7-48 RxThresholdReg 地址: 18h 复位值: 84h

| | | | | | | | | |
|------|----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | MinLevel | | | | 0 | CollLevel | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | RFU | r/w | r/w | r/w |

表 7-49 RxThresholdReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-----------|--|
| 7-4 | MinLevel | 定义输入译码器信号有效的最小强度阈值，如果信号强度低于此值，则不会被译码 |
| 3 | - | 保留为将来使用 |
| 2-0 | CollLevel | 定义输入译码器的 Manchester 编码信号中，当产生位冲突时，强度更弱的半个比特信号的最小强度阈值 |

7.3.10 DemodReg

解调电路设置。

表 7-50 DemodReg 地址: 19h 复位值: 4Dh

| | | | | | | | | |
|------|-------|-----|-------|------------------|--------|-----|---------|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | AddIQ | | FixIQ | TPrescal Even | TauRcv | | TauSync | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-51 DemodReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|----|----|
|---|----|----|

| | | | |
|-----|--------------|---|---------------|
| 7-6 | AddIQ | 定义接收过程中 I 和 Q 通道的使用。注意在 FixIQ 为 0 时如下设置才有效 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | 选择信号值更强的通道 |
| | | 01 | 选择信号值更强的通道并冻结 |
| | | 10 | Q 通道信号相加 |
| | | 11 | 保留 |
| 5 | FixIQ | 设置为 1 且 AddIQ=x0, 则接收时固定使用 I 通道 设置为 1 且 AddIQ=x1, 则接收固定使用 Q 通道 注意如果 MFIN/MFOUT 作为 S2C 接口使用, FixIQ 要重新设置为 1, AddIQ 设置为 x0 | |
| 4 | TPrescalEven | 设置为 0 时, 使用下式计算预分频器的频率 fTimer: $f_{Timer} = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 1);$ 设置为 1 时, 使用下式计算预分频器的频率 fTimer: $f_{Timer} = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 2).$ (TPrescalEven 默认为 0). | |
| 3-2 | TauRcv | 数据接收过程中改变内部 PLL 的时间常数 注意设置为 00 时, 数据接收过程中 PLL 是冻结的 | |
| 1-0 | TauSync | Burst 过程中改变内部 PLL 的时间常数 | |

7.3.11 FelNFC1Reg

定义 Felica 同步字节的长度和接收数据包的最小长度。

表 7-52 FelNFC1Reg 地址: 00h 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|------------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | FelSyncLen | | DataLenMin | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-53 FelNFC1Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|----|----|
|---|----|----|

| | | | |
|-----|------------|--|----------------|
| 7-6 | FelSyncLen | 定义同步字节的长度 | |
| | | 设置 | 同步字节（十六进制） |
| | | 00 | B2 4D |
| | | 01 | 00 B2 4D |
| | | 10 | 00 00 B2 4D |
| | | 11 | 00 00 00 B2 4D |
| 5-0 | DataLenMin | 定义接收数据包的最小长度： $DataLenMin * 4 \leq \text{数据包长度}$ ，如果接收到的数据包长度不满足此式，则被忽略 在 106kbits/s，ModeReg 中的 DetectSync 为 0 时忽略此参数 | |

7.3.12 FelNFC2Reg

定义 Felica 接收数据包的最大长度。

表 7-54 FelNFC2Reg 地址：1Bh 复位值：00h

| | | | |
|------|-----------------|---------------|------------|
| | 7 | 6 | 5: 0 |
| | WaitForSelected | ShortTimeSlot | DataLenMax |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w |

表 7-55 FelNFC2Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-----------------|--|
| 7 | WaitForSelected | 设置为 1 时，AutoColl 命令只在如下两种情况下自动终止： 根据 ISO 14443A 协议进行有效的选择程序后，再接收到一个有效命令； 根据 Felica 标准进行有效的轮询程序后，再接收到一个有效命令 注意一旦置位该位，则不能进行主动通信。设置该位可以减少主机从机的交互，以防被动通信模式下与同一射频场中的另一设备发生通信 |
| 6 | ShortTimeSlot | 定义 424kbits/s 被动通信模式下的时隙长度。设置为 1 时使用短时隙（212kbits/s 时隙长度的一半），设置为 0 时使用长时隙（与 212kbits/s 时隙长度相等） |

| | | |
|-----|------------|--|
| 5-0 | DataLenMax | <p>定义接收数据包的最大长度：$DataLenMax * 4 \geq$数据包长度，如果接收到的数据包长度不满足此式，则被忽略；如果设置为 0，最大可以接收 256 字节的数据包</p> <p>在 106kbits/s，ModeReg 中的 DetectSync 为 0 时忽略此参数</p> |
|-----|------------|--|

7.3.13 MifNFCReg

目标或者卡模拟模式下 ISO 14443A/NFC 的具体设置。

表 7-56 MifNFCReg 地址：1Ch 复位值：62h

| | | | | | | | | |
|------|------------|-----|-----|-----------|-----|----------|--------|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | SensMiller | | | TauMiller | | MFHalted | Txwait | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-57 MifNFCReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|------------|---|
| 7-5 | SensMiller | 定义 Miller 译码器的灵敏度 |
| 4-3 | TauMiller | 定义 Miller 译码器的时间常数 |
| 2 | MFHalted | 设置为 1 时，106kbits/s 卡模拟模式的 Si512 进入 HALT 态 |
| 1-0 | Txwait | <p>定义接收与发射之间的最小响应时间：$TxWait\ bits + 7\ bits$.</p> <p>最短响应时间是 7bits 长度 ($Txwait=0$)，最长 10bits ($Txwait=3$)，如果帧的传输在最小响应时间结束前启动，Si512 会等待最小响应时间结束后再开始发射数据；</p> <p>如果帧的传输在最小响应时间结束后启动，Si512 在数据比特同步正确(由 TxBitPhase 设置)的情况下立刻开始发射数据</p> |

7.3.14 ManualRCVReg

手动微调内部接收机设置。

注意：标准应用下不建议更改此寄存器配置。

表 7-58 ManualRCVReg 地址：1Dh 复位值：00h

| | | | | | | | |
|------|-----|-------------------|----------------|-------------------|------------|-------------|------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1: 0 |
| | 0 | FastFilt MF_SO | Delay MF_SO | Parity Disable | LargeBWPLL | Manual HPCF | HPCF |
| 访问权限 | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-59 ManualRCVReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------------|---|
| 7 | - | 保留为将来使用 |
| 6 | FastFilt MF_SO | <p>设置为 1 时，Miller 延时电路的内部滤波器将设置为快速模式</p> <p>注意只有当希望得到脉冲宽度小于 400ns 的 Miller 脉冲时才设置为 1。 (106kBd 速率下 Miller 脉冲宽度一般为 3us)</p> |
| 5 | Delay MF_SO | <p>设置为 1 时，延时 MFOUT 管脚上的信号，使 SAM 模式下 MFIN 上的信号要比 ISO 14443A 规定的快 128/fc，以此满足 ISO 14443A 协议对射频场的约束</p> <p>注意仅当 TxSelReg 中的 SigOutSel 设置为 1110 或者 1111 时，延时才能激活</p> |
| 4 | ParityDisable | <p>设置为 1 时，关闭发射数据时奇偶校验位的产生和接收数据时奇偶校验位的检验。接收到的奇偶校验位做数据位处理</p> |
| 3 | LargeBWPLL | <p>设置为 1 时，扩展做时钟恢复的内部 PLL 的带宽</p> |
| 2 | ManualHPCF | <p>设置为 0 时，忽略 HPCF 的值，由接收模式自动定义 HPCF</p> <p>设置为 1 时，HPCF 的值有效</p> |
| 1-0 | HPCF | <p>选择内部接收电路滤波器的高通角频率 (HPCF)：</p> <ul style="list-style-type: none"> 00 信号的频谱下至 106kHz 01 信号的频谱下至 212kHz 10 信号的频谱下至 424kHz 11 信号的频谱下至 848kHz |

7.3.15 TypeBReg

表 7-60 TypeBReg 地址：1Eh 复位值：00h

| | | | | | | | |
|------|----------|----------|-----|-------------|---------|---------|-------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1: 0 |
| | RxSOFReq | RxEOFReq | 0 | EOFSOFWidth | NoTxSOF | NoTxEOF | TxEgt |
| 访问权限 | r/w | r/w | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-61 TypeBReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-------------|---|
| 7 | RxSOFReq | 设置为 1 时，不接收无 SOF 的数据流；清 0 后，接收有 SOF 和无 SOF 的数据流。SOF 不会被写入 FIFO |
| 6 | RxEOFReq | 设置为 1 时，不接收无 EOF 的数据流，末尾无 EOF 的数据流会导致 ProtocolErr；清 0 后，接收有 EOF 和无 EOF 的数据流。EOF 不会被写入 FIFO |
| 5 | - | 保留为将来使用 |
| 4 | EOFSOFWidth | <p>如果设置为 1 且 EOFSOFAdjust 为 0，SOF 和 EOF 取 ISO 14443B 协议中定义的最大长度；</p> <p>如果清零且 EOFSOFAdjust 为 0，SOF 和 EOF 取 ISO 14443B 协议中定义的最小长度；</p> <p>如果设置为 1 且 EOFSOFAdjust 为 1，则有：</p> <p>SOF 低电平时间：$SOF_{low} = (11etu - 8cycles) / fc$</p> <p>SOF 高电平时间：$SOF_{high} = (2etu + 8cycles) / fc$</p> <p>EOF 低电平时间：$EOF_{low} = (11etu - 8cycles) / fc$，</p> <p>其中 etu 为 1 比特持续时间，cycle 为 1 个时钟周期，fc 为载波频率。</p> <p>如果设置为 0 且 EOFSOFAdjust 为 1，系统行为不符合 ISO 标准</p> |
| 3 | NoTxSOF | 设置为 1 时，发射数据不产生 SOF |
| 2 | NoTxEOF | 设置为 1 时，发射数据不产生 EOF |
| 1-0 | TxEgt | <p>定义字符间保护时间（EGT）的长度</p> <p>00 0bit</p> <p>01 1bit</p> <p>10 2bit</p> <p>11 3bit</p> |

7.3.16 SerialSpeedReg

串行 UART 接口的速率设置。

表 7-62 SerialSpeedReg 地址: 1Fh 复位值: EBh

| | | | | | | | | |
|------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | BR_T0 | | | BR_T1 | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-63 SerialSpeedReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-------|---------------------------|
| 7-5 | BR_T0 | 调整传输速率的因子 BR_T0, 详见 8.3.2 |
| 4-0 | BR_T1 | 调整传输速率的因子 BR_T0, 详见 8.3.2 |

7.4 PAGE2: 配置

7.4.1 PageReg

表 7-64 PageReg 地址: 20h 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|-------------------|-------------------|-----------|-----|-----|-----|------------|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | UsePage Select | Regbank Select | RegSelect | | | | PageSelect | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-65 PageReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|--|
| 7 | UsePageSelect | 设置为 1 时, PageSelect 的值被视为寄存器地址 A5 和 A4。寄存器地址的低位则分别由地址引脚和内部地址锁存决定; 设置为 0 时, 寄存器地址完全由内部地址锁存所决定。地址引脚的描述见 9.1 节 |
| 6 | RegbankSelect | 设置为 1 时, 可以读写 0Fh 寄存器组 |
| 5-2 | RegSelect | 0000: 读写 A 组寄存器; 0001: 读写 B 组寄存器; ... 1111: 读写 P 组寄存器 |
| 1-0 | PageSelect | PageSelect 的值只有在 UsePageSelect 为 1 时才有效, 此时用于指定寄存器页 (即寄存器地址 A5 和 A4) |

7.4.2/3 CRCResultReg

显示 CRC 计算结果的实际最高字节和最低字节。

注意 CRC 结果分开存储在两组 8bits 寄存器当中; 若置位 ModeReg 当中 MSBFirst 位, 字节中比特顺序将颠倒, 而字节顺序不变。

表 7-66 CRCResultReg 地址: 21h 复位值: FFh

| | | | | | | | | |
|------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | CRCResultMSB | | | | | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-67 CRCResultReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|--------------|--|
| 7 | CRCResultMSB | CRCResultReg 中最高字节的实际值。仅在 Status1Reg 中的 CRCReady 为 1 时有效 |

表 7-68 CRCResultReg 地址: 22h 复位值: FFh

| | | | | | | | | |
|------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | CRCResultLSB | | | | | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-69 CRCResultReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|--------------|--|
| 7 | CRCResultLSB | CRCResultReg 中最低字节的实际值。仅在 Status1Reg 中的 CRCReady 为 1 时有效 |

7.4.4 GsNOffReg

天线驱动关闭时天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数设置。

表 7-70 GsNOffReg 地址: 23h 复位值: 88h

| | | | | | | | | |
|------|----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | CWGsNOff | | | | ModGsNOff | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-71 GsNOffReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-----------|---|
| 7-4 | CWGsNOff | 用于负载调制，在不调制时，定义输出的 N 驱动的电导值 注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsNOff 的最高位必须为 1； 仅在天线驱动关闭时有效，否则将使用 GsNOnReg 中的 CWGsNOff 值 |
| 3-0 | ModGsNOff | 用于负载调制，在有调制时，定义输出的 N 驱动的电导值，可以用于调整调制系数 注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsNOff 的最高位必须为 1； 仅在天线驱动关闭时有效，否则将使用 GsNOnReg 中的 ModGsNOff 值 |

7.4.5 ModWidthReg

调制宽度的设置。

表 7-72 ModWidthReg 地址：24h 复位值：26h

| | | | | | | | | |
|------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | ModWidth | | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-73 ModWidthReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------|--|
| 7-0 | ModWidth | Si512 作为主动/被动模式发起者时，定义 Miller 调制的脉冲宽度为 (ModWidth + 1/fc) 的倍数，最大可达半个比特持续时间，其计算如下式： 低电平时间：#clocksLOW = (ModWidth modulo 8) + 1 高电平时间：#clocksHIGH = 16 - #clocksLOW. Si512 作为 106kb/s 被动模式目标或者 ISO 14443A 卡时，ModWidth 用于改变副载波的工作周期 |

7.4.6 TxBitPhaseReg

调整 106kbits/s 数据传输时的位相。

表 7-74 TxBitPhaseReg 地址：25h 复位值：87h

| | | |
|------|--------------|------------|
| | 7 | 6: 0 |
| | RcvClkChange | TxBitPhase |
| 访问权限 | r/w | r/w |

表 7-75 TxBitPhaseReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|--------------|---|
| 7 | RcvClkChange | 设置为 1 时，解调器的时钟来自外部 RF 场 |
| 6-0 | TxBitPhase | 表示在发射数据前，加到等待发射时间 (TxWait) 之上的载波时钟周期数，用于调整 106kbits/s NFCIP-1 被动通信模式或 ISO 14443A 卡模拟模式发射数据时的位同步 |

7.4.7 RFCfgReg

接收机增益和射频场检测器的灵敏度配置。

表 7-76 RFCfgReg 地址：26h 复位值：48h

| | | | | | |
|------|------------|--------|---------|-----|-----|
| | 7 | 6: 3 | 2 | 1 | 0 |
| | RFLevelAmp | RxGain | RFLevel | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-77 RFCfgReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|------------|---------------------|------|
| 7 | RFLevelAmp | 设置为 1 时激活射频场检测器的放大器 | |
| 6-3 | RxGain | 定义接收机电压增益因子 | |
| | | 设置 | 增益 |
| | | 000 | 18dB |
| | | 001 | 23dB |

| | | | |
|-----|----------|-----------------------|------|
| | | 010 | 18dB |
| | | 011 | 23dB |
| | | 100 | 33dB |
| | | 101 | 38dB |
| | | 110 | 43dB |
| | | 111 | 48dB |
| 2-0 | RFLLevel | 定义射频场检测器的灵敏度，详见第 10 节 | |

7.4.8 GsNOnReg

天线驱动打开时天线驱动管脚 TX1 和 TX2 的电导系数设置。

表 7-78 GsNOnReg 地址：27h 复位值：88h

| | | | | | | | | |
|------|---------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | CWGsNOn | | | | ModGsNOn | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-79 GsNOnReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------|---|
| 7-4 | CWGsNOn | 在不调制时，定义输出的 N 驱动的电导值；可以用于调整输出功率，从而调整电流和工作距离 注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsNOn 的最高位必须为 1； 仅在天线驱动打开时有效，否则将使用 GsNOffReg 中的 CWGsNOff 值 |
| 3-0 | ModGsNOn | 在有调制时，定义输出的 N 驱动的电导值，用于调整调制系数 注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsNOn 的最高位必须为 1； 仅在天线驱动打开时有效，否则将使用 GsNOffReg 中的 ModGsNOff 值 |

7.4.9 CWGsPReg

不调制时 P 驱动的电导系数设置。

表 7-80 CWGsPReg 地址：28h 复位值：20h

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | CWGsP | | | | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-81 CWGsPReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-------|--|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 |
| 5-0 | CWGSP | 在不调制时，定义输出的 P 驱动的电导值，可以用于调整输出功率，从而调整电流和工作距离 <i>注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsP 的最高位必须为 1</i> |

7.4.10 ModGsPReg

有调制时 P 驱动的电导系数设置。

表 7-82 ModGsPReg 地址：29h 复位值：20h

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | ModGsP | | | | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-83 ModGsPReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|--------|---|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 |
| 5-0 | ModGsP | 在有调制时，定义输出的 P 驱动的电导值，可以用于调整调制系数 <i>注意：电导值是二进制加权的；软掉电模式下 CWGsP 的最高位必须为 1</i> <i>注意如果 Force100ASK 为 1，ModGsP 的值无效</i> |

7.4.11/12 TModeReg, TPrescalerReg

定时器设置。

注意预分频器的值分开存储在两组 8bits 寄存器中。

表 7-84 TModeReg 地址: 2Ah 复位值: 00h

| | | | | | |
|------|-------|--------|-----|--------------|---------------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3: 0 |
| | TAuto | TGated | | TAutoRestart | TPrescaler_Hi |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-85 TModeReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|---------------|---|------------|
| 7 | TAuto | <p>设置为 1 时，在任何通信模式下发射完数据后自动启动定时器；或在 InitialRFOn 为 1 且 RF 场打开后自动启动定时器</p> <p>如果 RxModeReg 中的 RxMultiple 为 0，在 ISO 14443B 106kbts/s 模式下定时器在第 5 个比特后停止（1 个起始位，4 个数据位）；其他通信模式下定时器在第 4 个比特后停止；</p> <p>如果 RxMultiple 为 1，定时器不会自动停止，需要通过置位 ControlReg 中的 TStopNow 位来终止定时器。</p> <p>TAuto 设置为 0 时表示定时器不受通信协议约束</p> | |
| 6-5 | TGated | 内部定时器工作在门控模式 | |
| | | 注意在门控模式下，定时器工作时 TRunning=1；TGated 不影响门控信号 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | 非门控模式 |
| | | 01 | MFIN 作门控信号 |
| 10 | AUX1 作门控信号 | | |
| 11 | A3 作门控信号 | | |
| 4 | TAutoRestart | <p>设置为 1 时，定时器自动重新从 TReloadValue 向下计数；</p> <p>设置为 0 时，定时器向下计数，当递减到 0 时，产生定时中断 TimerIRq = 1</p> | |
| 3-0 | TPrescaler_Hi | <p>TPrescaler 的高 4 位</p> <p>如果 DemodReg 中的 TPrescalEven 位为 0，fTimer 按照下式计算：</p> | |

| | |
|--|---|
| | $fTimer = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 1)$ 其中 $TPreScaler = [TPrescaler_Hi:TPrescaler_Lo]$ ，表示完整的 12bits TPrescaler 值；TPrescalEven 默认为 0，当 TPrescalEven 设置为 1 时： $fTimer = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 2)$ |
|--|---|

表 7-86 TPrescalerReg 地址：2Bh 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TPrescaler_Lo | | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-87 TPrescalerReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|---|
| 7-0 | TPrescaler_Lo | TPrescaler 的低 8 位 如果 DemodReg 中的 TPrescalEven 位为 0，fTimer 按照下式计算： $fTimer = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 1)$ 其中 $TPreScaler = [TPrescaler_Hi:TPrescaler_Lo]$ ，表示完整的 12bits TPrescaler 值；TPrescalEven 默认为 0，当 TPrescalEven 设置为 1 时： $fTimer = 13.56MHz / (2 * TPreScaler + 2)$ |

7.4.13/14 TReloadReg

16bits 定时器重装值。

注意重装值分开存储在两组 8bits 寄存器当中。

表 7-88 TReloadReg (高位) 地址：2Ch 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TReloadVal_Hi | | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-89 TReloadReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|----|----|
| | | |

| | | |
|-----|---------------|---|
| 7-0 | TReloadVal_Hi | TReloadReg 的高 8 位启动定时器时,定时器会载入 TReloadVal 值;TReloadVal 值改变后,在下次启动定时器时生效 |
|-----|---------------|---|

表 7-90 TReloadReg (低位) 地址: 2Dh 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TReloadVal_Lo | | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-91 TReloadReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|--|
| 7-0 | TReloadVal_Hi | TReloadReg 的低 8 位 启动定时器时,定时器会载入 TReloadVal 值; TReloadVal 值改变后,在下次启动定时器时生效 |

7.4.15/16 TCounterValReg

定时器的当前值。

注意计数值分开存储在两组 8bits 寄存器中。

表 7-92 TCounterValReg (高位) 地址: 2Eh 复位值: xxh, xxxxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TcntVal_Hi | | | | | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-93 TCounterValReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|------------|------------------------|
| 7-0 | TcntVal_Hi | 定时器的当前值 TcntVal 的高 8 位 |

表 7-94 TCounterValReg (低位) 地址: 2Fh 复位值: xxh, xxxxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TcntVal_Lo | | | | | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-95 TCounterValReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|------------|------------------------|
| 7-0 | TcntVal_Lo | 定时器的当前值 TcntVal 的低 8 位 |

7.5 PAGE3: 测试

7.5.1 PageReg

表 7-96 PageReg 地址: 30h 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|-------------------|-------------------|-----------|-----|-----|-----|------------|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | UsePage Select | Regbank Select | RegSelect | | | | PageSelect | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-97 PageReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------------|---|
| 7 | UsePageSelect | <p>设置为 1 时, PageSelect 的值被视为寄存器地址 A5 和 A4。寄存器地址的低位则分别由地址引脚和内部地址锁存决定;</p> <p>设置为 0 时, 寄存器地址完全由内部地址锁存所决定。地址引脚的描述见 9.1 节</p> |
| 6 | RegbankSelect | 设置为 1 时, 可以读写 0Fh 寄存器组 |
| 5-2 | RegSelect | <p>0000: 读写 A 组寄存器;</p> <p>0001: 读写 B 组寄存器;</p> <p>...</p> |

| | | |
|-----|------------|--|
| | | 1111: 读写 P 组寄存器 |
| 1-0 | PageSelect | PageSelect 的值只有在 UsePageSelect 为 1 时才有效, 此时用于指定寄存器页 (即寄存器地址 A5 和 A4) |

7.5.2 TestSel1Reg

通用测试信号配置。

表 7-98 TestSel1Reg 地址: 31h 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-------------|-----|----------|--------------|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | - | - | SAMClockSel | | SAMClkD1 | TstBusBitSel | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-99 TestSel1Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|--------------|--|---------------|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 | |
| 5-4 | SAMClockSel | 定义 13.56MHz SAM 时钟源 | |
| | | 设置 | 描述 |
| | | 00 | GND, SAM 时钟关断 |
| | | 01 | 来自内部振荡器 |
| | | 10 | 内部 UART 时钟 |
| | | 11 | 来自 RF 场 |
| 3 | SAMClkD1 | 设置为 1 时, SAM 时钟传到 D1 上。仅在不使用 8bits 并行接口时有效 | |
| 2-0 | TstBusBitSel | 从测试总线选择 TestBus 位, 以传播到 MFOUT | |

7.5.3 TestSel2Reg

通用测试信号配置以及 PRBS 控制。

表 7-100 TestSel2Reg 地址: 32h 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|------|----------------|-------|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| | TstBus Flip | PRBS9 | PRBS15 | TstBusSel | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-101 TestSel2Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|------------|---|
| 7 | TstBusFlip | 设置为 1 时，测试总线按如下顺序映射到并行端口： D4, D3, D2, D6, D5, D0, D1 |
| 6 | PRBS9 | 根据 ITU-TO150 来启动和使能 PRBS9 序列 注意所有与发射数据相关的寄存器都要按照 PRBS9 模式来配置；由 send 命令来启动指定数据序列的发射 |
| 5 | PRBS15 | 根据 ITU-TO150 来启动和使能 PRBS15 序列 注意所有与发射数据相关的寄存器都要按照 PRBS15 模式来配置；由 send 命令来启动指定数据序列的发射 |
| 4-0 | TstBusSel | 选择测试总线 |

7.5.4 TestPinEnReg

使能 8bits 并行总线的管脚输出驱动。

表 7-102 TestPinEnReg 地址：33h 复位值：80h

| | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | RS232 LineEn | TestPinEn | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-103 TestPinEnReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|-------------|---------------------------------|
| 7 | RS232LineEn | 设置为 0 时，禁用串行 UART 的 MX 和 DTRQ 线 |

| | | |
|-----|-----------|---|
| 6-0 | TestPinEn | <p>使能 8bits 并行接口的管脚输出驱动</p> <p>例如：将第 0 位设置为 1 表示使能 D0，将第 5 位设置为 1 表示使能 D5；</p> <p>注意仅在使用串行接口时有效，如果使用 SPI 接口，或者使用串行 UART 接口且 RS232LineEn=1，则只能使用 D0-D4</p> |
|-----|-----------|---|

7.5.5 TestPinValueReg

当 7bits 并行端口用作 I/O 口时，定义端口值。

表 7-104 TestPinValueReg 地址：34h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|-------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | UseIO | TestPinValue | | | | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-105 TestPinValueReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|--------------|--|
| 7 | UseIO | <p>设置为 1 时，在使用串行接口的情况下，使能 7bits 并行端口的 I/O 功能，其输入/输出行为由 TestPinEnReg 中的 TestPinEn 来定义，输出值由 TestPinVal 定义</p> <p>注意如果 SAMC1kD1 设置为 1，则 D1 不能做 I/O 口使用</p> |
| 6-0 | TestPinValue | <p>定义 7bits 并行端口用作 I/O 时的值。每个输出位必须由 TestPinEnReg 中的 TestPinEn 来使能</p> <p>注意如果 UseIO 为 1，读 TestPinValue 得到的是管脚 D6-D0 的实际值；如果 UseIO 清 0，则读回 TestPinValueReg 的值</p> |

7.5.6 TestBusReg

内部测试总线的状态。

表 7-106 TestBusReg 地址：35h 复位值：xxh, xxxxxxxxh

| | | | | | | | | |
|--|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | TestBus | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|

表 7-107 TestBusReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------|----------------------------------|
| 7-0 | TestBus | 显示内部测试总线的状态，测试总线由 TestSel2Reg 选择 |

7.5.7 AutoTestReg

数字自测试相关设置。

表 7-108 AutoTestReg 地址: 36h 复位值: 40h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|-----|--------|------------------|-----|----------|-----|-----|-----|
| | 0 | AmpRcv | EOFSOF Adjust | - | SelfTest | | | |
| 访问权限 | RFT | r/w | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-109 AutoTestReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|---|--------------|---|
| 7 | - | 保留用于产品测试 |
| 6 | AmpRcv | <p>设置为 1 时，接收机内部信号处理过程是非线性的，由此可以增加 106kb/s 通信模式下的工作距离</p> <p>注意由于信号处理的非线性，RxThresholdReg 中 MinLevel 和 CollLevel 的影响也是非线性的</p> |
| 5 | EOFSOFAdjust | <p>如果设置为 0 且 EOFSOFWidth 为 1，SOF 和 EOF 取 ISO 14443B 协议中定义的最大长度；</p> <p>如果设置为 0 且 EOFSOFWidth 为 0，SOF 和 EOF 取 ISO 14443B 协议中定义的最小长度；</p> <p>如果设置为 1 且 EOFSOFWidth 为 1，则有：</p> <p>SOF 低电平时间：$SOFlow = (11etu - 8cycles) / fc$</p> <p>SOF 高电平时间：$SOFhigh = (2etu + 8cycles) / fc$</p> <p>EOF 低电平时间：$EOFlow = (11etu - 8cycles) / fc$，</p> |

| | | |
|-----|----------|--|
| 4 | - | 保留为将来使用 |
| 3-0 | SelfTest | 使能数字自测试。自测可以由 CommandReg 写 SelfTest 命令来开启，通过写 1001 使能；注意在默认工作模式下通过写 0000 禁止自测试 |

7.5.8 VersionReg

版本信息。

表 7-110 VersionReg 地址：37h 复位值：xxh, xxxxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | Version | | | | | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-111 VersionReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------|-----|
| 7-0 | Version | 82h |

7.5.9 AnalogTestReg

AUX1 和 AUX2 管脚设置。

表 7-112 AnalogTestReg 地址：38h 复位值：00h

| | | | | | | | | |
|------|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | AnalogSelAux1 | | | | AnalogSelAux2 | | | |
| 访问权限 | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-113 AnalogTestReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 | |
|-----|---------------|------------|----------|
| 7-4 | AnalogSelAux1 | 控制 AUX 管脚 | |
| 3-0 | AnalogSelAux2 | 设置 0000 | 描述 三态 |

| | | |
|--|------|--|
| | 0001 | TestDAC1 (AUX1) 的输出, TestDAC2 (AUX2) 的输出 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0010 | Testsignal Corr1 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0011 | Testsignal Corr2 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0100 | Testsignal MinLevel <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0101 | ADC I 通道 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0110 | ADC Q 通道 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 0111 | ADC I, Q 通道结合 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 1000 | 产品测试 <i>注意是电流输出, AUX 推荐使用 1kΩ 的下拉电阻</i> |
| | 1001 | SAM 时钟 (13.56MHz) |
| | 1010 | 高电平 |
| | 1011 | 低电平 |
| | 1100 | TxActive 106kbits/s 时: 起始位、数据位、奇偶校验位、CRC 时为高; 212/424kbits/s 时: 前导码、同步字节、数据和 CRC 时为高 |
| | 1101 | RxActive 106kbits/s 时: 数据位、奇偶校验位、CRC 时为高; 212/424kbits/s 时: 数据和 CRC 时为高 |
| | 1110 | 副载波检测 106kbits/s 时: 不支持; 212/424kbits/s 时: 前导码最后部分、同步字节、数据、CRC 时为高 |
| | 1111 | 由 TestSel1Reg 中的 TstBusBitSel 位定义测试总线 |

7.5.10 TestDAC1Reg

TestDAC1 的测试值。

表 126 TestDAC1Reg 地址: 39h 复位值: xxh, 00xxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | TestDAC1 | | | | | |
| 访问权限 | RFT | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 127 TestDAC1Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------|---|
| 7 | - | 保留用于产品测试 |
| 6 | - | 保留为将来使用 |
| 5-0 | TestDAC1 | 定义 TestDAC1 的测试值。通过将 AnalogTestReg 中的 AnalogSelAux1 设置为 0001, 可使 DAC1 的输出转换到 AUX1 |

7.5.11 TestDAC2Reg

TestDAC2 的测试值。

表 7-114 TestDAC2Reg 地址: 3Ah 复位值: xxh, 00xxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | TestDAC2 | | | | | |
| 访问权限 | RFU | RFU | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |

表 7-115 TestDAC2Reg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----------|---|
| 7-6 | - | 保留为将来使用 |
| 5-0 | TestDAC2 | 定义 TestDAC2 的测试值。通过将 AnalogTestReg 中的 AnalogSelAux2 设置为 0001, 可使 DAC2 的输出转换到 AUX2 |

7.5.12 TestADCReg

ADC I 通道和 Q 通道的实际值。

表 7-116 TestADCReg 地址: 3Bh 复位值: xxh, xxxxxxxxb

| | | | | | | | | |
|------|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | ADC_I | | | | ADC_Q | | | |
| 访问权限 | r | r | r | r | r | r | r | r |

表 7-117 TestADCReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|-------|--------------|
| 7-4 | ADC_I | ADC I 通道的实际值 |
| 3-0 | ADC_Q | ADC Q 通道的实际值 |

7.5.13 RFTReg

表 7-118 RFTReg 地址: 3Ch 复位值: FFh

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 访问权限 | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT |

表 7-119 RFTReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----|----------|
| 7-0 | - | 保留用于产品测试 |

表 7-120 RFTReg 地址: 3D 复位值: 00h

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 访问权限 | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

表 7-121 RFTReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----|----------|
| 7:0 | - | 保留用于产品测试 |

表 7-122 RFTReg 地址: 3Eh 复位值: 03h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 访问权限 | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT | RFT |

表 7-123 RFTReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|----|-----|
| 7:0 | | RFT |

7.5.14 PollPReg

手动配置进一步降低 ACD 模式功耗。

表 7-124 PollPReg 地址: 3Fh 复位值: 03h

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0 | 0 | PollPEn | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 访问权限 | RFT | RFT | RFT | r/w | RFT | RFT | RFT | RFT |

表 7-125 PollPReg 位描述

| 位 | 符号 | 功能 |
|-----|---------|--------------------------|
| 7:5 | - | RFT |
| 4 | PollPEn | 设置为 1 时可以进一步降低 ACD 模式的功耗 |
| 3:2 | - | RFT |
| 1 | | VMID 开关 |

| | | |
|---|---|----------------|
| | | 1: 关闭 0: 开启 |
| 0 | - | RFT |

8. 数字接口

8.1 微控制器接口自动检测

Si512 支持可直接相连的各种微控制器接口类型, 如 SPI, I2C 和串行 UART。在上电或硬复位后, Si512 复位自身的接口并自动检测当前主机的接口类型。因为每种接口有其固定的管脚连接, Si512 可以通过检测这些管脚的逻辑电平从而分辨出复位后的接口类型。下表列出了不同的连接配置:

表 8-1 不同接口类型的检测

| 引脚 | 接口类型 | | |
|-----|-----------|----------|-------------|
| | UART (输入) | SPI (输出) | I2C (输入/输出) |
| SDA | RX | NSS | SDA |
| I2C | 0 | 0 | 1 |
| EA | 0 | 1 | EA |
| D7 | TX | MISO | SCL |
| D6 | MX | MOSI | ADR_0 |
| D5 | DTRQ | SCK | ADR_1 |
| D4 | - | - | ADR_2 |
| D3 | - | - | ADR_3 |
| D2 | - | - | ADR_4 |
| D1 | - | - | ADR_5 |

8.2 SPI

Si512 支持串行外围接口 (兼容 SPI) 来达到与主机的高速通信, 数据速率最高可达 10Mbps/s。当与主机通信时, Si512 作为从机, 从主机处接受寄存器设置, 与主机交互射频接口通信相关的数据。

兼容 SPI 的接口同样可以在 Si512 和微控制器之间建立高速串行通信, 接口的处理与 SPI 标准相同。

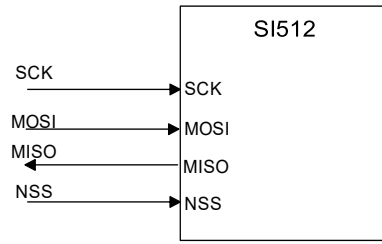


图 8.1 SPI 接口

Si512 在 SPI 通信中作从机，SPI 的时钟信号 SCK 由主机产生，数据通过 MOSI 线从主机传输到从机，通过 MISO 线从从机传输到主机。两条线上传输数据字节时都是高位在先，且数据在时钟上升沿时需要保持稳定，在下降沿时可以改变。

8.2.1 SPI 读数据

用 SPI 读数据需要如下表的字节顺序，注意是先发送最高位。其中第一个字节定义了模式和地址：

表 8-2 MOSI 和 MISO 字节顺序

| 线名 | 字节 0 | 字节 1 | 字节 2 | ... | 字节 n | 字 节 n+1 |
|------|------|------|------|-----|--------|------------|
| MOSI | 地址 0 | 地址 1 | 地址 2 | ... | 地址 n | 00 |
| MISO | X* | 数据 0 | 数据 1 | ... | 数据 n-1 | 数据 n |

注：X=任意值；先传输 MSB。

8.2.2 SPI 写数据

用 SPI 向 Si512 写数据需要如下表的字节顺序，其中第一个字节定义了模式和地址：

表 8-3 MOSI 和 MISO 字节顺序

| 线名 | 字节 0 | 字节 1 | 字节 2 | ... | 字节 n | 字节 n+1 |
|------|------|------|------|-----|--------|--------|
| MOSI | 地址 0 | 数据 0 | 数据 1 | ... | 数据 n-1 | 数据 n |
| MISO | X* | X* | X* | ... | X* | X* |

注：X=任意值；先传输 MSB。

8.2.3 SPI 地址字节

地址字节需要满足如下表的形式：

表 8-4 地址字节 0 寄存器；MOSI

| | | |
|---------|------|---------|
| 7 (MSB) | 6: 1 | 0 (LSB) |
| 1=读/0=写 | 地址 | 0 |

第一个字节的最高位定义了所使用的模式，如果是从 Si512 读数据则最高位为 1；如果是向 Si512 写数据则最高位为 0。6-1 位给出地址，最低位设置为 0。

8.3 UART

8.3.1 与主机的连接

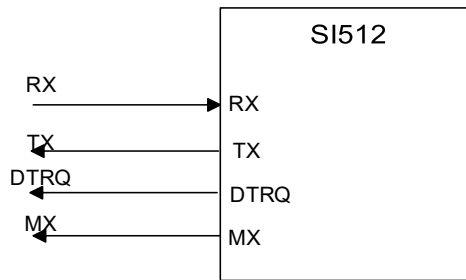


图 8.2 UART 接口

注意：DTRQ 和 MX 信号可以通过清除 TestPinEnReg 寄存器的 RS232LineEn 位来屏蔽。

8.3.2 可选的传输速率

Si512 内部 UART 接口与 RS232 串行接口兼容，默认的传输速率是 8.6kBd，由主机写 SeriaSpeedReg 寄存器可以改变传输速率，其中 BR_T0[2:0]和 BR_T1[4:0]与速率设置有关，如下表所示：

表 8-5 BR_T0 和 BR_T1 设置

| BR_Tn | Bit0 | Bit1 | Bit2 | Bit3 | Bit4 | Bit5 | Bit6 | Bit7 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BR_T0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |
| BR_T1 | 1-32 | 33-64 | 33-64 | 33-64 | 33-64 | 33-64 | 33-64 | 33-64 |

例：不同传输速率及其相关寄存器设置如下表。

表 8-6 可选的 UART 传输速率

| 传输速率 (kBd) | SeriaSpeedReg 寄存器值 | | 速率精确度 (%) * |
|------------|--------------------|--------|-------------|
| | 十进制表示 | 十六进制表示 | |
| 7.2 | 250 | FAh | -0.25 |
| 8.6 | 235 | EBh | 0.32 |
| 14.4 | 218 | DAh | -0.25 |
| 19.2 | 203 | CBh | 0.32 |
| 38.4 | 171 | ABh | 0.32 |
| 57.6 | 154 | 9Ah | -0.25 |
| 115.2 | 122 | 7Ah | -0.25 |
| 128 | 116 | 74h | -0.06 |
| 230.4 | 90 | 5Ah | -0.25 |
| 460.8 | 58 | 3Ah | -0.25 |
| 921.6 | 28 | 1Ch | 1.45 |
| 1228.8 | 21 | 15h | 0.32 |

注*：上述传输速率实际误差均小于 1.5%。

表中可选传输速率是根据如下公式所计算：

BR_T0[2:0]=0 时：

$$transforspeed = \frac{27.12 \times 10^6}{(BR_T0 + 1)}$$

BR_T0[2:0]>0 时：

$$transforspeed = \frac{27.12 \times 10^6}{\frac{(BR_T1 + 33)}{2^{(BR_T0-1)}}$$

8.3.3 UART 帧格式

表 8-7 UART 帧

| Bit | 长度 | 值 |
|-----|-------|----|
| 起始位 | 1bit | 0 |
| 数据位 | 8bits | 数据 |
| 停止位 | 1bit | 1 |

注意：对于数据和地址字节，要先传输最低位，发送数据时不加奇偶校验位。

如果要使用 UART 接口读数据，需使用如下表顺序。由发送的第一个字节定义所用模式及地址。

表 8-8 读数据字节顺序

| 引脚 | 字节 0 | 字节 1 |
|----|------|------|
| RX | 地址 | - |
| TX | - | 数据 0 |

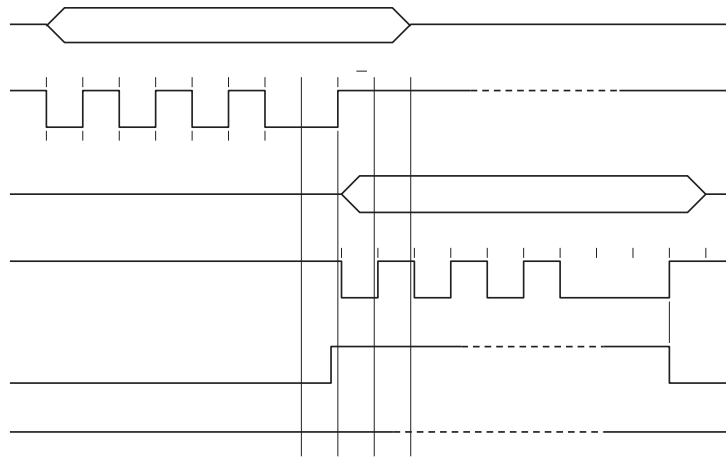


图 8.3 UART 读数据时序图

如果要使用 UART 接口向 Si512 写数据，则需要使用如下表的结构。由发送的第一个字节定义所用模式及地址。

表 8-9 写数据字节顺序

| 引脚 | 字节 0 | 字节 1 |
|----|------|------|
| RX | 地址 0 | 数据 0 |

| | | |
|----|---|------|
| TX | - | 地址 0 |
|----|---|------|

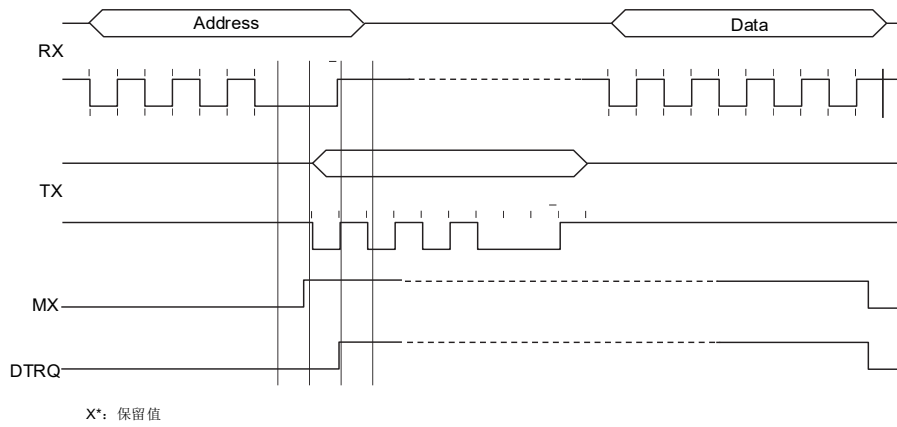


图 8.4 UART 写数据时序图

注意：引脚 RX 传输地址字节后，可以直接传输数据字节。

地址字节需要满足如下形式：

由第一个字节的最高位设置所用的模式，如果要从 Si512 读数据，则最高位设为 1；要向 Si512 写数据，则最高位设为 0。第六位保留为将来使用，5-0 位定义地址。

表 8-10 地址字节 0 寄存器；MOSI

| 7 (MSB) | 6 | 5: 1 | 0 (LSB) |
|---------|----|------|---------|
| 1=读/0=写 | 保留 | 地址 | |

8.4 I2C

I²C 总线是一种低功耗、低管脚占用的串行总线接口，其实现符合 I²C-bus interface specification, rev. 2.1, January 2000 规定。该接口只能工作在 Slave 模式，因此此时 Si512 不产生时钟，也不进行访问仲裁。

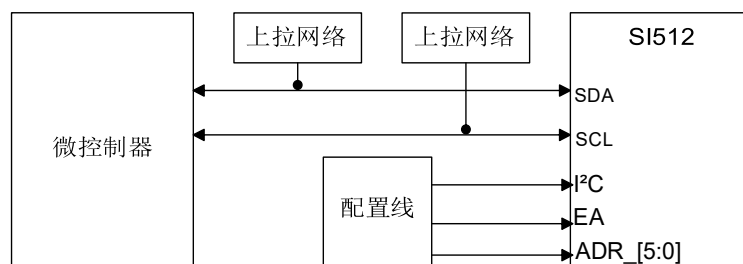


图 8.5 I²C 总线接口

Si512 可以作为标准模式、快速模式和高速模式下的从机接收端或者从机发射端。

SDA 是接电流源或上拉电阻的正电源的双向数据线。在无数据传输时，SDA 与 SCL 线均为高电平。Si512 有三态输出模拟用于实现线与功能。标准模式下 I²C 总线上的数据传输速率高达 100kBd；快速模式下高达 400kBd；高速模式下高达 3.4Mbits/s。

如果选择 I²C 总线接口，SCL 和 SDA 线上的毛刺抑制符合 I²C 总线接口规则。

8.4.1 数据有效性

SDA 线上的数据在时钟为高时需要保持稳定；仅当 SCL 上时钟信号为低时，数据线上的状态才能改变。

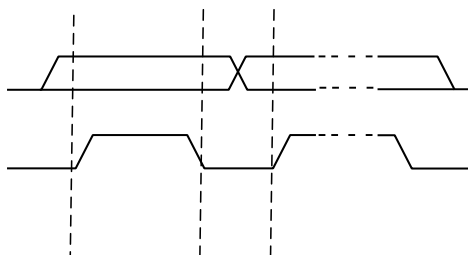


图 8.6 I²C 总线比特传输

8.4.2 起始和停止条件

为管理 I²C 总线上的数据传输，本节定义了 START (S) 与 STOP (P) 条件：

- 起始条件 START：当 SCL 为高时，SDA 线上由高变低的跳变。
- 停止条件 STOP：当 SCL 为高时，SDA 线上由低变高的跳变。

起始和停止条件由 I²C 主机产生，产生起始条件后认为主机处于繁忙状态；停止条件结束后主机回到空闲状态。

如果在起始条件后，产生重复起始条件（Sr）而非停止条件，则认为总线仍处于繁忙状态。起始（S）和重复起始（Sr）条件的功能完全相同，因此都用符号 S 表示。

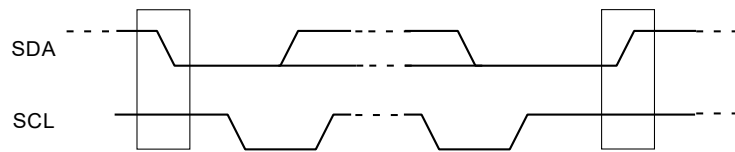


图 8.7 起始和停止条件

8.4.3 字节格式

每个字节后需要跟一个应答位，传输字节时最高位在前，如下图；在一次数据传输当中，传输的字节数无限制但是必须满足读写周期格式。

8.4.4 应答

每个数据字节结束后会再传输一个应答位（Acknowledge），与应答相关的时钟脉冲由主机产生。在应答周期内，数据的发送方（主机或从机）将释放 SDA 线（高电平），接收方拉低 SDA 线使其在应答时钟脉冲为高时，SDA 保持在低电平。

主机可以通过产生停止条件来终止传输；也可以通过产生重复起始条件来开启一次新的传输。

主机接收端通过在最后一个字节不产生应答来告知从机发射端数据的结束；从机发射端释放数据线，从而使主机可以产生停止条件或重复起始条件。

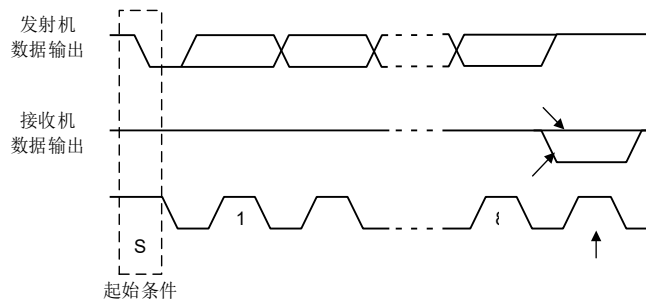


图 8.8 I2C 总线应答位

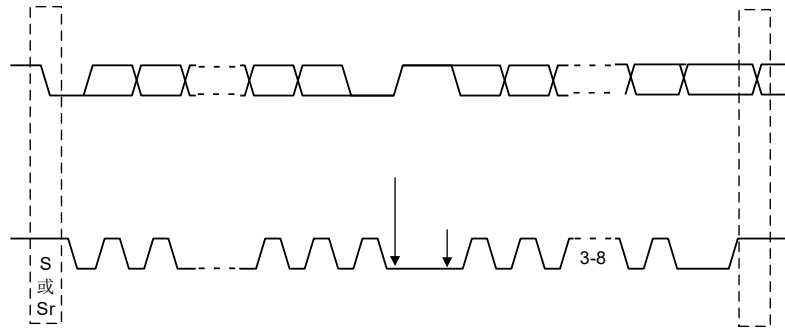


图 8.9 I2C 总线数据传输示意图

8.4.5 7 位寻址

I²C 寻址过程中，起始条件后的第一个字节用来决定主机选择哪一个从机进行通信。

I²C 总线规范中有多个地址保留，在配置设备时，设计者需确保不会与保留地址产生冲突。

I²C 总线地址规范与 EA 管脚的定义有关。在释放 NRSTPD 管脚或上电复位后，芯片立刻通过 EA 管脚来获得 I²C 总线的地址。如果 EA 为低电平，芯片总线地址的高 4 位设置为 0101b，从机地址的剩余 3 位 (ADR_0, ADR_1, ADR_2) 可以由用户自由配置以防与其他 I²C 总线设备发生冲突；如果 EA 为高电平，ADR_0-ADR_5 完全由外部管脚来决定，而 ADR_6 始终设置为 0。

两种模式下外部地址编码都在释放复位条件后立刻锁定，不考虑此后所用管脚产生的变化。通过外部连线，I²C 总线地址端口还可以用做测试信号的输出。

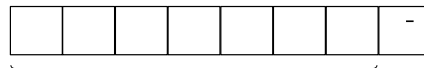


图 8.10 起始条件后的第一个字节

8.4.6 寄存器写访问

要通过 I²C 总线，由主机写 Si512 的特殊功能寄存器，需使用如下帧格式：

- 由帧的第一个字节指定设备地址（遵循 I²C 总线规范）；
- 由帧的第二个字节指示寄存器地址；其后是 n 个数据字节。

在一个数据帧中，所有数据字节要写入同一寄存器地址，实现 FIFO 的快速访问。读/写标志位（ R/\overline{W} ）应清 0。

8.4.7 寄存器读访问

要读 Si512 某个地址的特殊功能寄存器，主机必须遵循如下步骤：

- 首先按下图的帧格式写入指定寄存器的地址；
- 由帧的第一个字节指定设备地址（遵循 I²C 总线规范）；
- 由帧的第二个字节指示寄存器地址，不加数据字节；
- 读/写标志位为 0。

上述写访问后才开始读访问。主机发送 Si512 的设备地址，作为响应 Si512 将发回相应寄存器的内容。一帧中所有数据字节都从同一个寄存器地址读出，以此实现 FIFO 的快速访问或者寄存器的查询。

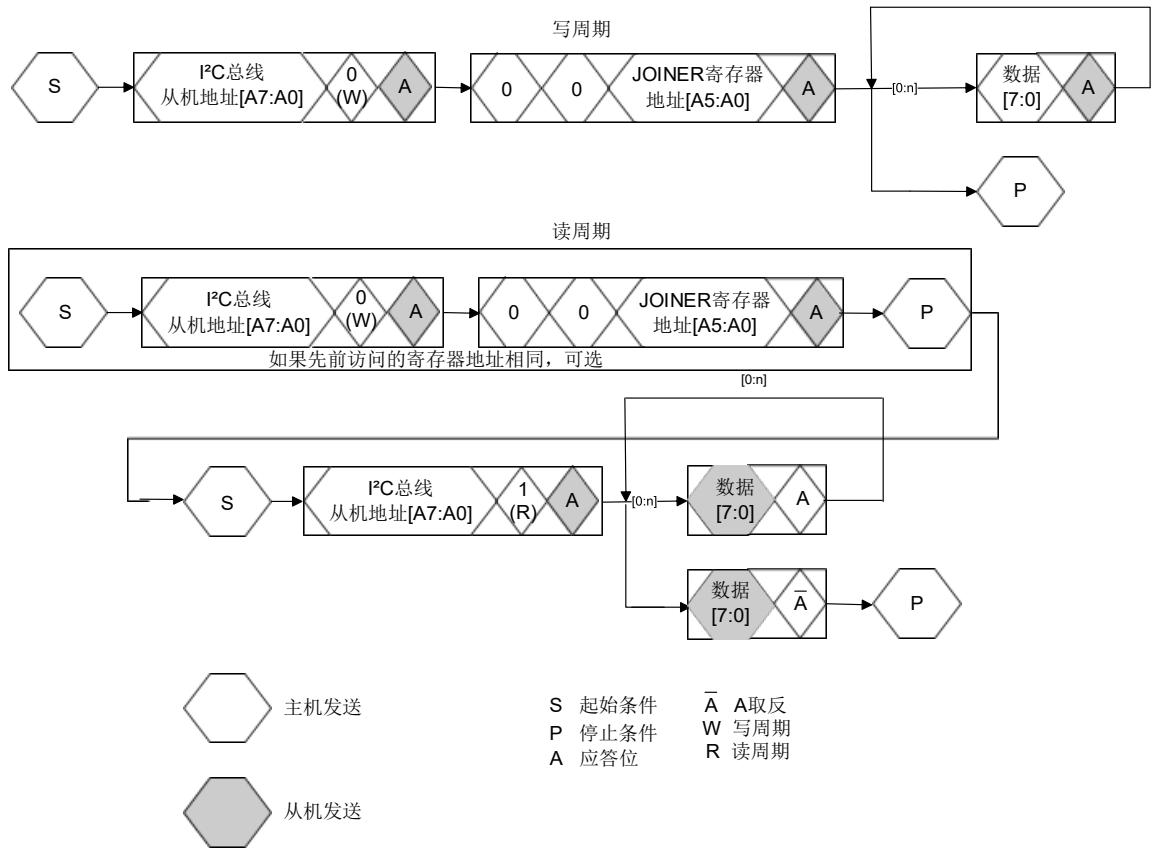


图 8.11 寄存器读写访问

8.4.8 高速模式

高速模式 (HS mode) 下, 设备可以以高达 3.4Mbits/s 的数据速率进行信息的传输, 同时为满足双向混合速率总线系统的要求, 向下兼容快速和标准模式 (F/S mode)。

8.4.9 高速传输

为实现高达 3.4Mbits/s 的数据速率, 对 I²C 总线工作做出如下改进:

- 高速模式下设备的 SDA 和 SCL 输入具有毛刺抑制功能, 加入了 Scmitt 触发器, 使其与 F/S 模式相比有不同的时间常数;
- 高速模式下设备的 SDA 和 SCL 输出缓冲区具有下降沿斜率控制功能, 使其与 F/S 模式相比有不同的下降时间。

8.4.10 高速模式下的串行数据传输格式

高速模式下串行数据的传输满足 I²C 总线标准模式的规范：

- (1) 起始条件 (S)
- (2) 8-bits 主机代码 (00001xxx, xxx 为任意值)
- (3) 应答位取反 (\bar{A})

当高速模式开始时,主机发送重复起始条件与带读/写标志的 7-bit 从机地址,然后从被选中的 Si512 处接收到应答位 (A)。

下一个重复起始条件后,数据仍以高速模式进行传输,只有在停止条件后才切换回 F/S 模式。为降低主机的代码开销,主机可以通过重复起始条件来连接大量的高速模式传输。

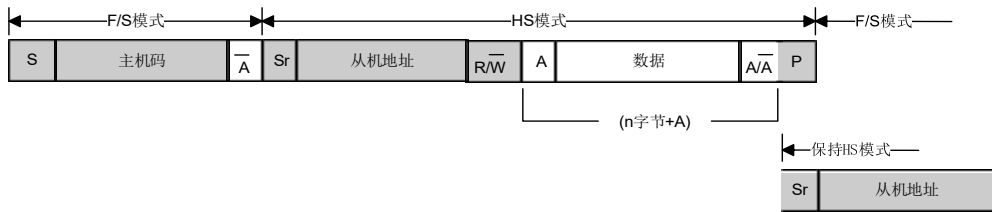


图 8.12 I2C 总线 HS 模式协议转换

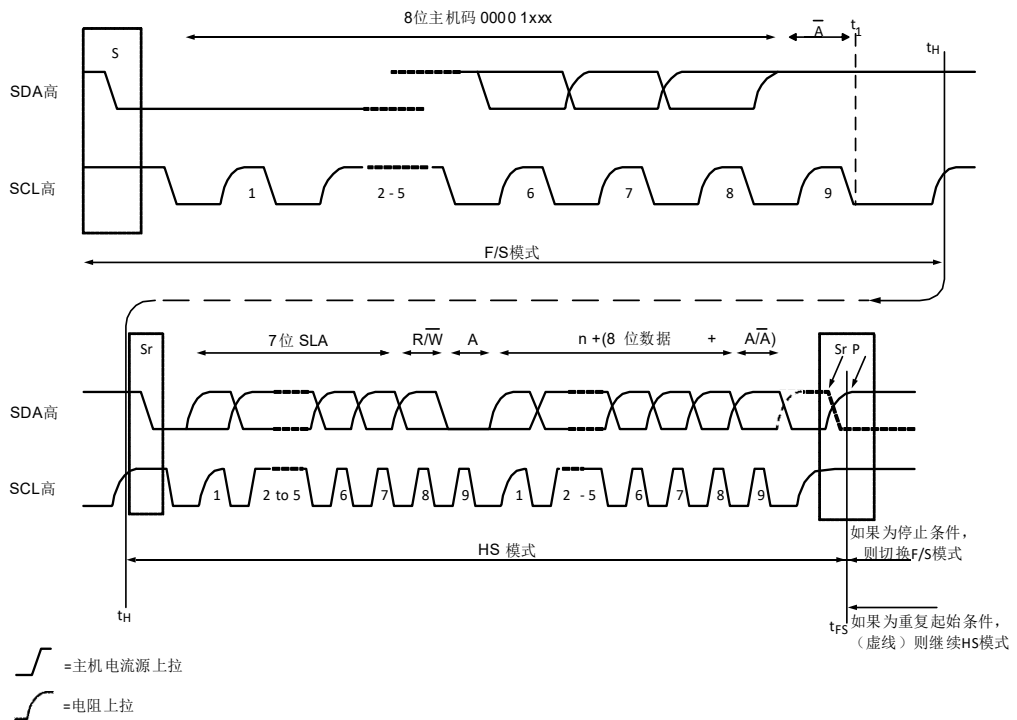


图 8.13 I2C 总线 HS 模式协议帧

8.4.11 F/S 模式与 HS 模式间的转换

复位和初始化后，Si512 处于快速模式（因快速模式向下兼容标准模式，实际上称作 F/S 模式）。连接总线的 Si512 可以识别“S 00001xxxx A”序列并将内部电路设置从快速模式转换到高速模式。

Si512 将执行下述操作：

- 1、将 SDA 和 SCL 输入滤波器按照毛刺抑制的要求设置为高速模式；
- 2、调整 SDA 输出级的斜率控制。

如果将 Status2Reg 的 I2CForceHS 位设置为 1，在不与其他 I2C 总线设备通信的情况下，系统配置可以长期保持在高速模式下，此后无需再发主机代码。这部分内容未在总线规范中定义，必须在总线上没有连接其他设备时才能使用。此外，由于毛刺抑制减弱，总线上必须避免出现毛刺。

8.4.12 F/S 模式下的 Si512

Si512 完全向下兼容 F/S 模式的 I2C 总线系统。因配置中未收到主机代码，设备会保持在 F/S 模式并以 F/S 模式的速率进行数据传输。

9. 8 位并行接口

Si512 支持两种不同的 8 位并行接口，分别兼容 Intel 和 Motorola 模式。

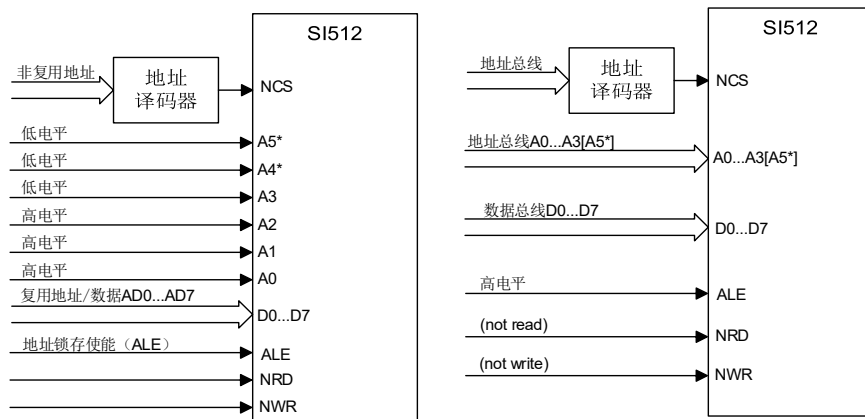
9.1 支持的主机控制器接口概览

Si512 支持与多种微控制器的接口连接，下表列出了 Si512 支持的并行接口类型：

表 9-1 接口类型

| 支持的接口类型 | 总线类型 | 分立地址、数据总线 | 复用地址、数据总线 |
|-----------------------|------|-----------------|--------------------|
| 读写分立 (兼容 Intel) | 控制 | NRD, NWR, NCS | NRD, NWR, NCS, ALE |
| | 地址 | A0...A3[...A5*] | AD0...AD7 |
| | 数据 | D0...D7 | AD0...AD7 |
| 读写复用 (兼容 Motorola) | 控制 | R/NW, NDS, NCS | R/NW, NDS, NCS, AS |
| | 地址 | A0...A3[...A5*] | AD0...AD7 |
| | 数据 | D0...D7 | AD0...AD7 |

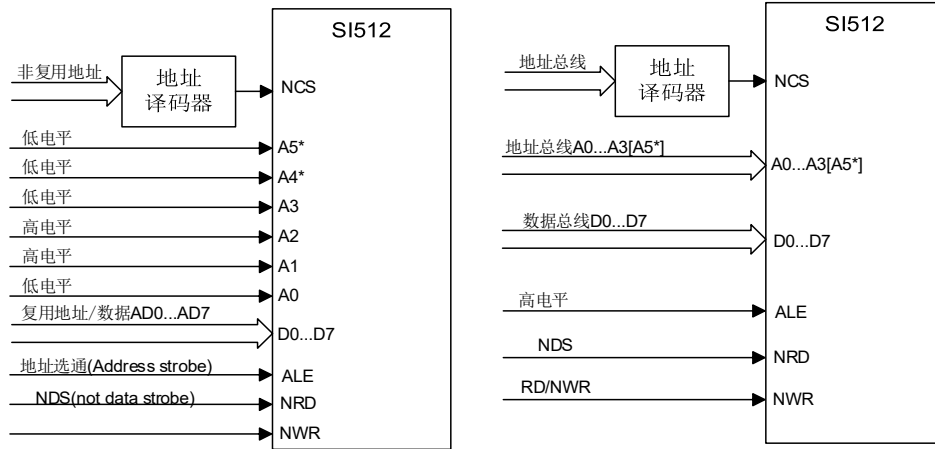
9.2 读写分立



注：*取决于数据包类型

图 9.1 分立读写时与主机控制器连接

9.3 读写复用



注：*取决于数据包类型

图 9.2 复用读写时与主机控制器连接

10. 模拟接口与非接触式 UART

10.1 概述

集成的非接触式 UART 支持以高达 848kBd 的速率与外部主机进行通信，用以满足协议的帧和差错校验的要求。为调制和解调通信接口 MFIN 管脚和 MFOUT 管脚上的数据，芯片需要连接其他外围电路。

非接触式 UART 可以与主机协同处理通信协议的要求，包括面向比特或字节的帧，此外还支持基于各通信协议的错误检测，如奇偶校验和 CRC。

注意：天线的尺寸、调谐和电源电压对芯片可达到的工作距离有较大影响。

10.2 TX 驱动

TX1 和 TX2 管脚发送的信号是由包络调制后的 13.56MHz 载波信号。可以使用一些无源器件进行匹配和滤波，从而直接驱动天线。TX1 和 TX2 上的信号可以由 TxControlReg 配置。

调制系数可以通过调整驱动的阻抗来进行配置。P 驱动的阻抗可以由 CWGsPReg 和 ModGsPReg 配置；N 驱动的阻抗可以由 GsNReg 配置。调制系数还与天线的设计与调谐有关。

信息传输期间的数据速率和帧，以及天线驱动设置由 TxModeReg 和 TxSelReg 寄存器控制，用以满足不同模式和速率下的通信要求。

表 10-1 控制 TX1 管脚信号的寄存器设置

| Tx1RFEn 位 | Force 100ASK 位 | InvTx1RF On 位 | InvTx1RF Off 位 | Envelope | TX1 管脚 | GSPMos | GSNMos | 备注 |
|--------------|----------------------|------------------|-------------------|----------|-----------|--------------|--------------|---------------------------|
| 0 | X* | X* | X* | X* | X* | CW GsNOff | CW GsNOff | RF 关闭 |
| 1 | 0 | 0 | X* | 0 | RF | pMod | nMod | 100%AS K: 管脚 TX1 下拉 |
| | | | | 1 | RF | pCW | nCW | |
| | 0 | 1 | X* | 0 | RF | pMod | nMod | |
| | | | | 1 | RF | pCW | nCW | |

| | | | | | | | | |
|--|---|---|----|---|------|------|------|--|
| | 1 | 1 | X* | 0 | 0 | pMod | nMod | 到逻辑 0, 不受 InvTx1R FOff位 影响 |
| | | | | 1 | RF_n | pCW | nCW | |

X*: 任意值

表 10-2 控制 TX2 管脚信号的寄存器设置

| Tx1RF En 位 | Force 100ASK 位 | Tx2CW 位 | InvTx2R FOn 位 | InvTx2R FOff 位 | Envelope | TX2 管脚 | GSPMos | GSNMos | 备注 | | | | |
|---------------|----------------------|------------|------------------|-------------------|----------|-----------|--------------|--------------|-------|------|-----------------------|------|---|
| 0 | X* | X* | X* | X* | X* | X* | CWGsN Off | CWGsNO ff | RF 关闭 | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | X* | 0 | RF | pMod | nMod | - | | | | |
| | | | | X* | 1 | RF | pCW | nCW | | | | | |
| | | | 1 | X* | 0 | RF_n | pMod | nMod | | | | | |
| | | | 1 | X* | 1 | RF_n | pCW | nCW | | | | | |
| | | 1 | 0 | 0 | X* | X* | RF | pCW | | nCW | 连续 未调 制载 波电导 | | |
| | | | | 1 | X* | X* | RF_n | pCW | | nCW | | | |
| | | | 1 | 0 | 0 | X* | 0 | 0 | | pMod | | nMod | 100%A SK: 管 脚 TX2 下拉到 逻辑 0, 不受 InvTx2 RFOn/I nvTx2R FOff |
| | | | | | 1 | X* | 0 | 0 | | pMod | | nMod | |
| | 1 | 0 | | X* | X* | RF | pCW | nCW | | | | | |
| | | 1 | | X* | X* | RF_n | pCW | nCW | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | 位影响 |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|

*X**: 任意值

表格中采用的缩写说明如下:

- (1) RF: 13.56MHz 时钟, 由 27.12MHz 石英晶振二分频产生;
- (2) RF_n: 反相的 13.56MHz 时钟;
- (3) GSPMos: PMOS 阵列的电导配置;
- (4) GSNMos: NMOS 阵列的电导配置;
- (5) pCW: 由 CWGsPReg 寄存器定义的, 发射连续载波信号时 PMOS 电导值;
- (6) pMod: 由 ModGsPReg 寄存器定义的, 调制时的 PMOS 电导值;
- (7) nCW: 由 GsNReg 寄存器 CWGsN[3:0]位定义的, 发射连续载波信号时 NMOS 电导值;
- (8) nMod: 由 GsNReg 寄存器 ModGsN[3:0]位定义的, 调制时的 NMOS 电导值;
- (9) X: 任意值。

注意: 如果只打开一个天线驱动, CWGsPReg、ModGsPReg 和 GsNReg 寄存器的值仍将同时用于两个驱动。

10.3 射频场检测器

为满足 NFCIP1 协议的要求 (如防射频场冲突), 芯片中集成了射频场检测器, 可用于唤醒芯片并产生中断。

射频场检测器的灵敏度可由 RFCfgReg 中的 RF level 位在 4bits 范围内调节, 灵敏度本身由天线的配置和调谐决定。下表中列出了 RX 管脚可能的灵敏度水平。

表 10-3 RFCfgReg 中 RFLevel 位设置 (RFLevel 放大器已激活)

| V~RX[Vpp] | RFLevel |
|-----------|---------|
| ~2 | 1111 |
| ~1.4 | 1110 |
| ~0.99 | 1101 |
| ~0.69 | 1100 |
| ~0.49 | 1011 |

| | |
|--------|------|
| ~0.35 | 1010 |
| ~0.24 | 1001 |
| ~0.17 | 1000 |
| ~0.12 | 0111 |
| ~0.083 | 0110 |
| ~0.058 | 0101 |
| ~0.041 | 0100 |
| ~0.029 | 0011 |
| ~0.020 | 0010 |
| ~0.014 | 0001 |
| ~0.010 | 0000 |

为提升射频场检测器的灵敏度，可以通过将 RFCfgReg 中的 RFLevelAmp 位置 1 来激活放大器。

注意：在软掉电模式下，射频场检测放大器自动关闭以满足低功耗需求。对于典型天线，较低的灵敏度水平配置可能会因环境固有的噪声引起错误结果，建议只在灵敏度配置较高时使用放大器。

10.4 数据模式检测器

数据模式检测器能够在 106 kbit、212 kbit 和 424 kbit 的标准传输速度下，根据 ISO/IEC 14443A、FeliCa 或 NFCIP-1 协议检测接收信号，从而用快速且便捷的方式配置好内部接收机，以便进行进一步的数据处理。

数据模式检测器只能由 AutoColl 命令激活，并在射频场检测器未检测到外部射频场时复位。AutoColl 命令执行期间，也可以通过将 ModeReg 中的 ModeDetOff 置 1 来关闭数据模式检测器。

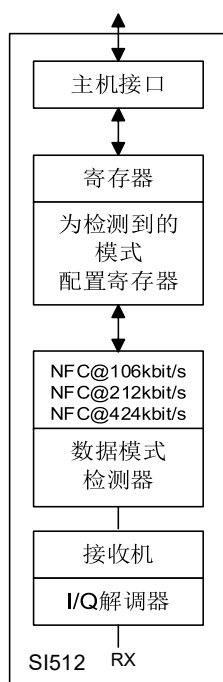


图 10.1 数据模式检测器

10.5 串行数据转换器

Si512 中实现了两个主要模块，其中数字模块由状态机、编解码逻辑组成，模拟模块则由调制器和天线驱动，接收电路和放大器组成。两个模块之间的接口信号可以由 MFIN 和 MFOUT 管脚传输。MFIN 可以处理 424kbit 以上的数字 NFC 信号，MFOUT 可以与外部电路结合使用来产生 424kbit 以上速率（也包括 106,212,424kbit）的数字信号。此外，在 Si512 与安全 IC 共同实现卡模拟功能时，MFOUT 和 MFIN 也能用于实现卡 SAM 模式的 S²C 接口。

此拓扑结构允许 Si512 的模拟模块连接到另一设备的数字模块。

串行数据的转换由 TxSelReg 和 RxSelReg 寄存器控制，图示 TX1 和 TX2 上的串行数据转换。

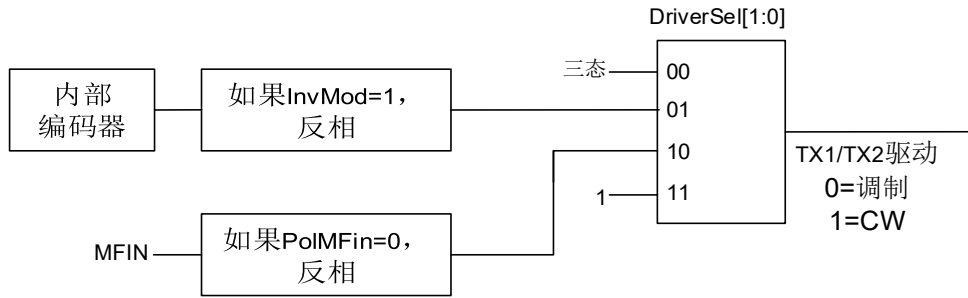


图 10.2 TX1 和 TX2 串行数据转换

10.6 S2C 接口支持

S²C 接口可使安全 IC 与 Si512 直接连接，让其充当非接触式智能卡片。接口信号可由 MFIN 和 MFOUT 传输，MFIN 可以接收 Felica 数字信号或者安全 IC 发送的数字化的 ISO/IEC 14443A 信号；MFOUT 可以向安全 IC 提供数字信号和时钟。

Si512 为 MFIN 和 MFOUT 提供了一个额外的电源管脚（地线 SVDD 和 PVSS）。下图为 Si512 和安全 IC 可能的通信方式示意图。

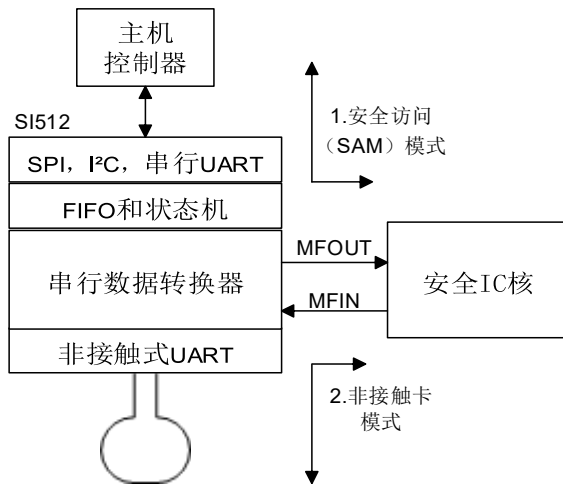


图 10.3 使用 S2C 接口通信示意图

配置为安全访问模式的主机可以通过 MFIN/MFOUT 直接与安全 IC 进行通信，此模式下 Si512 将产生 RF 时钟并通过 MFOUT 线进行通信。为启用安全访问模式，时钟信号必须由 Si512 的内部振荡器产生，详见 TestSel1Reg 中的 SAMClockSel 位说明。

配置为卡模式的安全 IC 可以通过 Si512 充当非接触式智能卡，此模式下 MFOUT 线上的信号由外部读写器的射频场提供。为启用卡模式，时钟信号必须由外部射频场产生。

10.6.1 S²C 接口支持的 Felica 信号

Felica 安全 IC 可以通过 MFOUT 和 MFIN 管脚连接到 Si512。MFOUT 上的信号包含了 13.56MHz 时钟和数字解调信号的全部信息，即时钟和解调信号用异或逻辑结合。

为使信号没有毛刺，解调信号可以先进行数字滤波，数字滤波的时延在一位长度范围内，解调信号仅在时钟上升沿发生变化。

MFOUT 相关设置由寄存器 TxSelReg 控制。

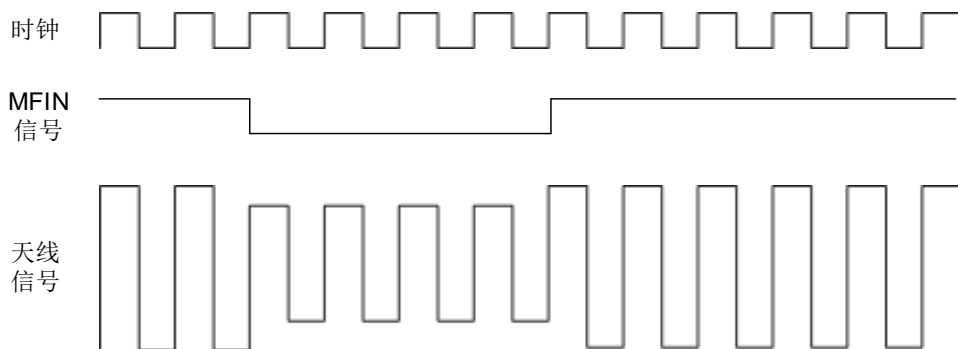


图 10.4 Felica 卡 SAM 模式 MFOUT 信号波形示意图

Felica SAM 响应直接由 MFIN 传输到天线驱动，并根据天线驱动相关寄存器的设置来进行调制。

时钟切换到 AUX1 或 AUX2（详见 AnalogSelAux）。

注意：AUX1 和 AUX2 上的高电平值与 AVDD 相同，MFOUT 上的高电平值与 SVDD 相同。如果使用串行接口，也可以用 D0 管脚作为时钟输出，D0 的高电平值与 PVDD 相同。

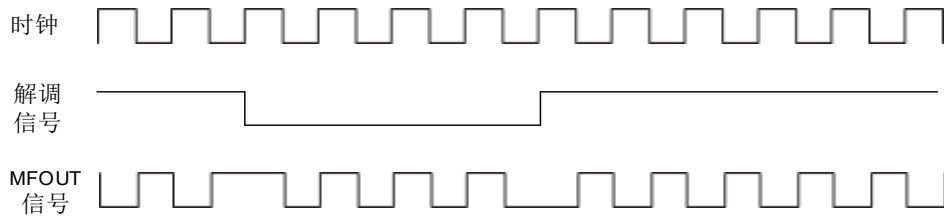


图 10.5 SAM 模式 MFIN 信号波形示意图

注意：上图天线信号为示意图，实际上的波形是正弦波。

10.6.2 S2C 接口支持的 ISO/IEC 14443A 信号

安全 IC 可以通过 MFOUT 和 MFIN 管脚连接到 Si512，MFOUT 上的波形为 13.56MHz Miller 编码的数字信号，其电平范围在 PVSS 和 PVDD 之间，非接触卡模式下由外部 13.56MHz 载波信号产生，安全访问模式下由内部产生。

MFOUT 相关设置由寄存器 TxSelReg 控制。

注意：安全访问模式和非接触卡模式下的时钟设置不同，详见 TestSel1Reg 中 SAMClockSel 位说明。

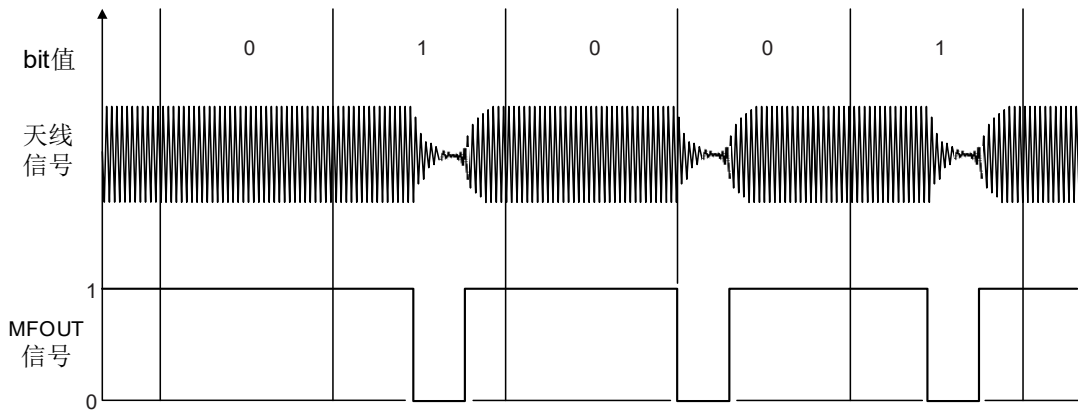


图 10.6 SAM 模式 MFOUT 信号波形示意图

MFIN 上的波形是由安全 IC 产生的，副载波频率为 847.5kHz 的 Manchester 编码信号，符合 ISO/IEC 14443 A 规定。

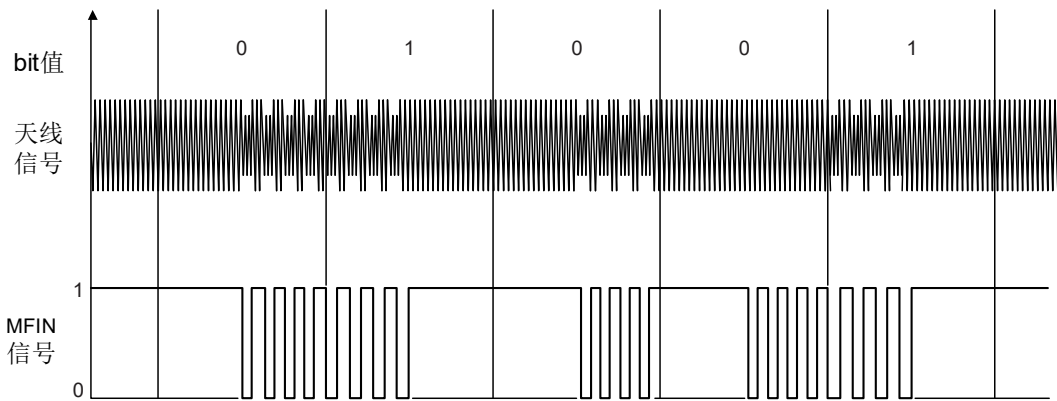


图 10.7 RE 卡 SAM 模式 MFIN 信号波形示意图

10.6 Felica 和 NFC 轮询的硬件支持

10.6.1 发起者的轮询序列功能

- 1、定时器：Si512 拥有一个可编程定时器，可以根据需求设置为在每一个时间槽结束时产生中断或在最后一个时间槽结束时产生中断。
- 2、接收机可以设置为持续接收模式，此模式下可以接收任意数量的数据包，在上一个数据包接收完成后可以直接准备接收下一个包。此模式通过将 RxModeReg 中的 RxMultiple 位置 1 来激活，且需要通过软件终止。
- 3、内部 UART 在每个接收到的数据包后加上一字节，再将其传输到 FIFO。由这个字节的信息指示接收数据包是否正确（见 ErrorReg），由数据包的第一个字节指示数据包的长度。
- 4、一个数据包的长度为 18 或 20 字节（加 1 字节错误信息），FIFO 长度为 64 字节，即 FIFO 可以同时存储三个数据包。如果要传输超过三包的数据，主机需要在 FIFO 填满清空 FIFO，防止 FIFO 溢出数据丢失（见 ErrorReg 中的 BufferOvfl 位）。

10.6.2 目标的轮询序列功能

1. 主机需要为 Si512 配置正确的轮询命令响应参数。
2. 在目标模式下，要通过激活 AutoColl 命令来启动 ACD。

3. Si512 接收到发起者发送的轮询命令，并以轮询响应应答。芯片自动选取时间槽（时间槽的生成由轮询命令定义，在 0-TSN 范围内随机）。随后，Si512 会将存储在 Config 命令第 17 和 18 字节中的系统码与接收到的发起者轮询命令中的系统码进行比较，如果相同，Si512 将按照配置好的轮询响应进行应答。FF（hex）可以作为系统码的通配符，例如，系统码为 1234（hex）的目标可以响应有如下系统码的轮询命令：1234（hex），12FF（hex），FF34（hex），FFFF（hex）。若系统码不匹配，Si512 将不做响应。

如果 Si512 接收到一个非轮询命令的有效命令，则不做响应，且终止 AutoColl；接收到的数据包将存储在 FIFO 中。

10.6.3 Felica 和 NFC 轮询的额外硬件支持

Felica 模式下除了轮询序列功能支持，Si512 还支持长度字节的检验。根据 FelNFC1Reg 和 FelNFC2Reg 寄存器，接收的长度字节需满足：接收数据包长度的最小长度由寄存器 FelNFC1Reg 中的 DataLenMin 定义，这个寄存器有 6 位，每位代表 4 字节长度；接收数据包长度的最大长度由寄存器 FelNFC2Reg 中的 DataLenMax 定义，这个寄存器也有 6 位，每位代表 4 字节长度。如果长度不在所支持的范围内，数据包不会被传输到 FIFO，且芯片会保持在接收状态。

例 1：

- DataLenMin=4：数据包长度需要大于等于 16 字节；
- DataLenMax=5：数据包长度需要小于 20 字节。则有效字节数：16,17,18,19。

例 2：

- DataLenMin=9：数据包长度需要大于等于 36 字节；
- DataLenMax=0：数据包长度需要小于 256 字节。则有效字节数：36-255。

10.6.4 CRC 协处理器

可配置的 CRC 协处理器参数如下：

- CRC 预设值：可为 0000h，6363h，A671h 或 FFFF h，具体取决于 ModeReg 寄存器的 CRCPreset[1:0]设置；

- 16 位 CRC 多项式: $x^{16}+x^{12}+x^5+1$;
- CRC 的计算结果由 CRCResultReg 寄存器指示, 此寄存器分为两组 8 位寄存器, 分别存储结果的高低字节;
- ModeReg 寄存器的 MSBfirst 位指示数据将首先从 MSB 开始载入。

表 10-4 RC 协处理器参数

| 参数 | 说明 |
|-----------|--|
| CRC 寄存器长度 | 16 位 |
| CRC 算法 | ISO/IEC 14443A 和 ITU-T 所规定的算法 |
| CRC 预设值 | ModeReg 寄存器的 CRCPreset[1:0]决定: 0000h, 6363h, A671h 或 FFFF h |

11. FIFO

Si512 使用 8×64bits FIFO 缓冲器，为主机和 Si512 内部状态机之间的输入输出数据流提供缓冲，使得在处理小于 64 字节的数据流时无需考虑主从机通信的时间约束。

11.1 FIFO 存取

FIFO 输入输出总线与 FIFODataReg 相连，每写一次该寄存器，会向 FIFO 中存储 1 字节并将 FIFO 写指针加一；每读一次该寄存器，会取出 FIFO 读指针对应位置的内容并将读指针减一。写指针与读指针的距离可以通过读 FIFOLevelReg 得到。

当微控制器启动一个命令时，Si512 可以在命令执行期间根据命令要求存取 FIFO，只有一组缓冲器可以实现主从机间的输入输出，此时微控制器不能以其他方式访问 FIFO。

11.2 FIFO 控制

将 FIFOLevelReg 的 FlushBuffer 位置 1 可以重置 FIFO 的指针，与此同时 FIFOLevel[6:0]会置 0、ErrorReg 中的 BufferOvfl 位会被清除，此前存储在 FIFO 中字节不能再访问，但是可以存入其他 64 字节。

11.3 FIFO 状态信息

主机可以获得如下 FIFO 状态信息：

- 1) 存储在 FIFO 中的字节数：由 FIFOLevelReg 中的 FIFOLevel[6:0] 可得
- 2) FIFO 上溢警告：由 Status1Reg 的 HiAlert 位可得；
- 3) FIFO 下溢警告：由 Status1Reg 的 LoAlert 位可得；
- 4) FIFO 溢出(已满但仍有字节写入)警告：由 ErrorReg 的 BufferOvfl 位可得。BufferOvfl 只能由设置 FIFOLevelReg 的 FlushBuffer 位来清 0。

Si512 在如下情况可以产生中断信号：

- (1) ComIEnReg 的 LoAlertIEn=1 时，当 Status1Reg 的 LoAlert 位变为

1 时激活管脚 IRQ;

- (2) ComIEnReg 的 HiAlertIEn=1 时, 当 Status1Reg 的 HiAlert 位变为 1 时激活管脚 IRQ。

如果 FIFO 中剩余的空间小于 WaterLevel, HiAlert 将置 1:

$$HiAlert = (64 - FIFOLength) \leq WaterLevel$$

如果 FIFO 中存储的字节少于 WaterLevel, LoAlert 将置 1:

$$LoAlert = FIFOLength \leq WaterLevel$$

12. 中断请求系统

Si512 通过 Status1Reg 寄存器的 IRq 位（或者激活的 IRQ 管脚）来指示某些事件的发生，IRQ 管脚上信号可以对主机产生中断，为高效主机软件的实现提供中断处理能力。

12.1 中断源概览

下表列出了可用的中断位，对应的中断源及其激活条件。如 ComIRqReg 寄存器的 TimerIRq 中断位指示定时器单元产生的中断，当定时器从 1 减至 0 时置 1。

ComIRqReg 寄存器的 TxIRq 表示发射已经完成，如果芯片状态由发数变为传输帧结束模式，发射机将自动置位此中断位。CRC 处理器在处理完 FIFO 中的所有数据后（标志：CRCReady=1），将 DivIrqReg 寄存器的 CRCIRq 置 1。ComIRqReg 寄存器的 RxIRq 则表示检测到接收数据结束时的中断。ComIRqReg 寄存器的 IdleIRq 在当前命令完成且 CommandReg 中 Command[3:0]变为空闲值时置 1。

ComIRqReg 的 HiAlertIRq 在 Status1Reg 寄存器的 HiAlert 为 1 时置 1，即 FIFO 存储的内容已经达到 WaterLevel[5:0]规定值；ComIRqReg 的 LoAlertIRq 在 Status1Reg 寄存器的 LoAlert 为 1 时置 1，即 FIFO 存储的内容已经达到 WaterLevel[5:0]规定值。

ComIRqReg 寄存器的 ErrIRq 表示 UART 在发送接收期间检测到错误，当 ErrorReg 中任意位为 1 时置 1。

表 12-1 中断源

| 中断标志 | 中断源 | 触发条件 |
|----------|-----------|--|
| TimerIRq | 定时单元 | 定时器从 1 变为 0 |
| TxIRq | 发射机 | 从发射数据状态转变为发射 EOF 时，发射机自动置位 TxIRq |
| CRCIRq | CRC 协处理器 | CRC 协处理器处理完 FIFO 中的数据后（由 CRCReady=1 表示处理完毕）置位 CRCIRq |
| RxIRq | 接收机 | 检测到接收帧的 EOF 后产生 |
| IdleIRq | ComIRqReg | 命令执行完毕，且 CommandReg 中 Command[3:0]变为空闲时产生 |

| | | |
|------------|-----------|---|
| HiAlertIRq | FIFO | FIFO 达 WaterLevel[5:0], 且 HiAlert 置位时产生 |
| LoAlertIRq | FIFO | FIFO 达 WaterLevel[5:0], 且 LoAlert 置位时产生 |
| ErrIRq | 非接触式 UART | 在非接触式 UART 发射或接收过程中检测到错误时产生 |
| CardIRq | ACD | 检测到卡 |
| RFEExIRq | ACD | 检测到其他 13.56 Mhz RF 源 |
| RFlowIRq | ACD | 自身所发 RF 过低 |
| OscMonIRq | OSC 监测 | OSC 连续 4 次起振失败 |
| WdtIRq | 看门狗 | 看门狗计时达到所设时间 |

13. 定时器

Si512 中实现了定时单元，外部主机控制器可以通过定时器来管理与计时相关的任务。定时器可以用作如下配置：

- 超时计数器
- 看门狗计数器
- 秒表
- 可编程单触发器
- 周期触发器

定时单元可用于测量两个事件之间的时间间隔，或者定时产生特殊事件。定时器可以由下述事件触发，但不会影响任何内部事件（例如：数据接收过程中发生超时不会自动对接收产生影响）。此外，设置定时器相关的寄存器可以用于产生中断。

定时器的输入时钟频率为 13.56MHz（由 27.12MHz 晶振产生），由两部分组成：预分频器和计数器。预分频器是一个 12bits 计数器，其重装值 `TPrescaler` 可定义在 0-4095 范围内；16bits 计数器的重装值 `TReload` 则可定义在 0-65535 范围内。定时器的当前值可由 `TCounterValReg` 得到。

当计数器减到 0 时，会自动产生定时中断，其标志是 `ComIrqReg` 中的 `TimerIrq` 位，如果使能定时中断请求，中断事件会传播到 IRQ 管脚。`TimerIrq` 可以由主机置位或清除。定时器会根据配置，在计数到 0 时终止或是重新载入 `TReload` 的值。

定时器的状态由 `Status1Reg` 中的 `TRunning` 位指示。

定时器可以通过 `ControlReg` 中的 `TStartNow` 手动开启，也可以由 `TStopNow` 手动关闭；此外定时器可由 `TModeReg` 中的 `TAuto` 自动激活，以此自动满足通信协议的要求。

定时器每阶段的时延是重装值+1，如果 `TPrescaleEven` 为 0，总时间定义为：

$$(TPrescaler*2+1)*(TRload+1)/13.56MHz$$

如果 `TPrescaleEven` 为 1，总时间定义为：

$$(TPrescaler*2+2)*(TRload+1)/13.56MHz.$$

最长时间时的配置：`TPrescaler = 4095`，`TReloadVal = 65535`；最长时间： $(2*4095+2)*65536/13.56MHz = 39.59s$

例：产生 25us 的定时需要计数 339 个时钟周期，也就是说 `TPrescaler` 要设置为 169，此时定时器信号可作为 25us 的时钟信号，定时器可以计数至多 65535

个 25us 的时隙。

14. 低功耗模式

14.1 硬掉电

当管脚 NRSTPD 为低电平时，启动硬掉电模式，此模式下将关闭包括振荡器在内的所有内部电流驱动，所有数字输入缓冲器的值与输入引脚分离并固定（除了 NRSTPD 管脚），输出引脚冻结在高电平或者低电平。

14.2 软掉电

CommandReg 的 PowerDown 位置 1 后，即启动软掉电模式，此模式下所有的内部电流驱动关闭，但数字输入缓冲器并不会和输入引脚分隔，仍保留其功能；输出引脚的状态不变。

软掉电模式下，所有寄存器，FIFO，配置都将保持在当前值。

PowerDown 位设为 0 后并不会马上被清除，从软掉电模式退出还需要 1024 个时钟周期的时间，退出软掉电模式后 Si512 会自动将此位清 0。

注意：如果使用内部振荡器，必须考虑到其由 AVDD 管脚提供，使振荡器达到稳定，时钟可被内部逻辑检测到需要一定的时间（tosc）。建议用串行 UART 先发送值 55h 到 Si512，因为在访问寄存器前振荡器必须达到稳定，读地址 0 直到 Si512 以地址 0 的寄存器内容响应读命令，此时 Si512 振荡器已经稳定。

14.3 发射机掉电

发射机掉电模式下，内部天线驱动关闭，从而射频场关闭。通过将 TxControlReg 的 Tx1RFEn 或 Tx2RFEn 置 0 来进入发射机掉电模式。

15. 振荡器电路

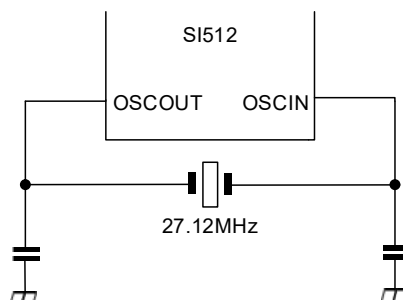


图 15.1 晶振连接

Si512 的时钟为系统的同步编码解码器提供时间基准。时间频率的稳定是正常工作的重要因素之一，为获得最优性能，必须尽可能减少时钟抖动，最好使用内部振荡器缓冲电路来实现。

如果使用外部时钟源，时钟信号必须连在 OSCIN 管脚上，此时必须关注时钟占空比及时钟抖动情况，以保证时钟信号的质量。

16. 复位及振荡器启动时间

16.1 复位时间要求

复位信号在进入数字电路之前，要先经过迟滞电路和毛刺滤波器。毛刺滤波器能滤掉短于 10ns 的信号，为执行复位，复位信号的低电平至少要保持 100ns。

16.2 振荡器启动时间

如果 Si512 处于软掉电模式，或者由 VDD 供电，则其启动时间取决于所用的振荡器，如图所示。

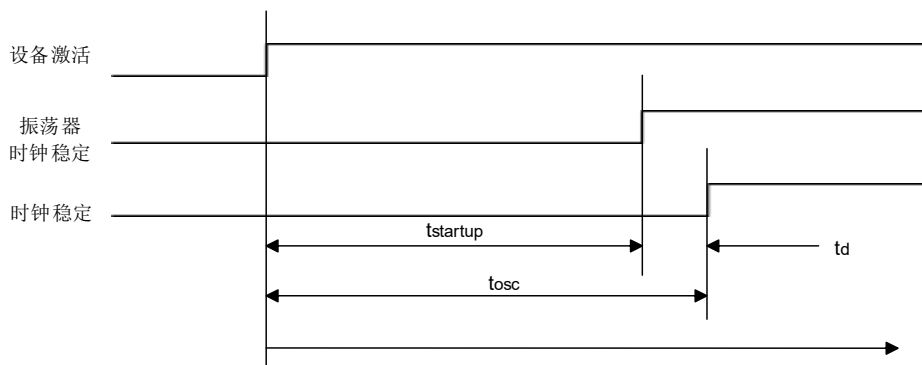


图 16.1 振荡器启动时间

$t_{startup}$ 是晶振的启动时间， t_d 是 Si512 的内部延迟时间，即在 Si512 可以被寻址之前时钟信号达到稳定的时间。

延迟时间可以按下式计算：

$$t_d = \frac{1024}{27 \mu s} = 37.74 \mu s$$

t_{osc} 是 t_d 和 $t_{startup}$ 之和。

17. 命令集

Si512 的工作由能执行一组命令集的状态机决定。由向 CommandReg 写命令码来启动命令的执行，执行过程中所必需的参数和数据通过 FIFO 进行交互。

17.1 概述

- 每个需要数据流作为输入的命令会立刻处理 FIFO 中的数据，仅 Transceive 命令例外，在使用该命令时要由 BitFramingReg 中的 StartSend 位开启数据传输；
- 每个命令都需要一些对应的参数，只有从 FIFO 得到了正确参数后才开始执行；
- 命令开始执行时不会清空 FIFO，也就是说可以先向 FIFO 中写入命令参数和数据字节，再启动命令的执行；
- 可以通过主机向 CommandReg 写一个新的命令码，来中断当前命令的执行。

17.2 命令概览

表 17-1 命令概览

| 命令 | 命令码 | 功能 |
|----------------------|------|--|
| Idle | 0000 | 不动作，取消当前命令的执行 |
| Configure | 0001 | 配置 Si512 用于 Felica, NFCIP-1 通信 |
| Generate RandomID | 0010 | 产生 10 字节随机 ID |
| CalcCRC | 0011 | 激活 CRC 协处理器或自测试 |
| Transmit | 0100 | 发射 FIFO 中的数据 |
| MStart | 0101 | 触发 3K RC 自动校正 |
| ADC_EXCUTE | 0110 | 自动获取 Poll 参考值 |
| NoCmd Change | 0111 | 命令不变化，在不影响当前命令的执行的的情况下修改 CommandReg 的其他位，如 PowerDown |
| Receive | 1000 | 激活接收电路 |
| Transceive | 1100 | 通过天线发射 FIFO 中的数据并在发射完后自动激活接收机 |

| | | |
|-----------|------|------------------------|
| AutoColl | 1101 | 处理 Felica 轮询（仅用于卡模拟模式） |
| SoftReset | 1111 | 复位 Si512 |

17.3 命令说明

17.3.1 Idle

使 Si512 处于空闲模式。也可用于终止正在执行的命令，包括 Idle 自身。

17.3.2 Config

为了使用自动 Felica 轮询和 NFCID3,用到的数据要事先存储在 FIFO 内部，次序如下述：

- 1) SENS_RES（2 字节）：依次为字节 0，字节 1；
- 2) NFCID1（3 字节）：依次为字节 0，字节 1，字节 2；NFCID1 的第一个字节固定为 08h，并会自动计算校验字节；
- 3) SEL_RES（1 字节）；
- 4) Polling response（2 字节（10h，FEh） + 6 字节 NFCID2 + 8 字节 Pad + 2 字节系统码）；
- 5) NFCID3（1 字节）

总共向内部 FIFO 中放入 25 字节。

完整的 NFCID3 长度为 10 字节，包含 3 字节 NFCID1、6 字节 NFCID2 和上述 1 字节 NFCID3。想读出这些配置需要在 FIFO 清空的条件下执行 Config 命令，如此可以将内部缓冲器存储的 25 字节传输到 FIFO 当中。

每次上电后，在使用防冲突/轮询功能（AutoColl 命令）之前都要重新配置；硬掉电时配置不会改变。该命令完成后自动终止，并激活空闲命令。

17.3.3 Generate RandomID

使用该指令产生一个存储在内部缓冲区的 10 字节随机数，向 25 字节内部缓冲区重写 10 字节。该命令完成后自动终止，并激活空闲命令。

17.3.4 CalcCRC

使用该命令会将 FIFO 内容传输到 CRC 协处理器并开始计算 CRC。CRC 计算并不局限于固定的字节数，即使数据流中 FIFO 空了也不会停止，下一个写入 FIFO 的数据仍继续进行 CRC 的计算。

CRC 预设值由 ModeReg 中的 CRCPreset[1:0]设置，命令开始执行时载入到 CRC 协处理器中。

该命令需要通过向 CommandReg 写其他命令来终止，如 Idle。

如果 AutoTestReg 中的 SelfTest[3:0]设置正确，Si512 进入自测模式，此时启动 CalcCRC 命令使芯片初始化数字自测试功能，自测结果会写入 FIFO 当中。

17.3.5 Transmit

启动该命令时立即开始发射 FIFO 中的内容。发射 FIFO 内容之前，应将相关寄存器全按数据的发射模式正确配置。

该命令在 FIFO 为空后自动终止，也可以通过向 CommandReg 写其他命令来终止。

17.3.6 MStart

自动开始校正 3K RC。Max 置 0 时，只进行粗校正；置 1 时，先进行粗校正后进行精校正。

17.3.7 ADC_EXCUTE

自动启动 ADC 进行 RF 测量。

17.3.8 NoCmdChange

该命令不影响当前正在执行的命令，用于改变 CommandReg 中除 Command[3:0]之外的其他位，例如 RcvOff 或者 PowerDown。

17.3.9 Receive

该命令激活 Si512 的接收机，等待接收数据流。在执行该命令之前需要正确设置相关的寄存器。

该命令在数据流结束后自动终止，数据流结束的标志是：接收到帧结束 EOF 或者根据所选帧格式与速率的长度字节而定。

注意如果 RxModeReg 的 RxMultiple 位设置为 1，Receive 命令不会自动终止，需要通过向 CommandReg 写其他命令来终止。

17.3.10 Transceive

使用该命令重复执行：发射 FIFO 中的数据，然后再从 RF 场中接收数据流。

每次数据的发射都需要由 BitFramingReg 中的 StartSend 位置 1 来启动。该命令需要通过向 CommandReg 写其他命令来终止。

注意如果 RxModeReg 的 RxMultiple 位设置为 1，Transceive 命令不再离开接收状态，因为接收状态此时不会自动取消。

17.3.11 AutoColl

该命令自动处理卡模式下 Felica 轮询过程。为保证功能正确，ControlReg 中的 Initiator 位需要为 0。执行命令期间，如果没有设置 ModeReg 中的 ModeDetOff 位，模式检测器是开启的，在模式检测器检测到传输模式后，所有相关的寄存器都按接收到的模式自动设置。假如执行命令时无外部 RF 场，该命令复位内部状态机并使 Si512 回到初始状态，但并不会终止，而是在 Transceive 命令激活后终止。

协议处理期间忽略中断标志位，只有接收的最后一帧所产生的中断有效。根据不同的协议，对 TxCRCEn 和 RxCRCEn 的处理也不同。在 ISO 14443A 协议激活期间，使能位由 AutoColl 命令定义，其值的改变不能从 TxModeReg 和 RxModeReg 中读到。在 Transceive 命令激活后，寄存器的值也是相关的。

如果不执行状态机防冲突和选择分支，而检测到 106kb/s 模式，则即使 CRC 校验正确，FIFO 中也会写入上一个命令的 2 个 CRC 字节。

Felica 协议激活期间，寄存器设置始终相关，不受命令的影响。该命令可以

通过软件向 CommandReg 写其他命令来清除，如 Idle。写同样的命令会重启状态机。

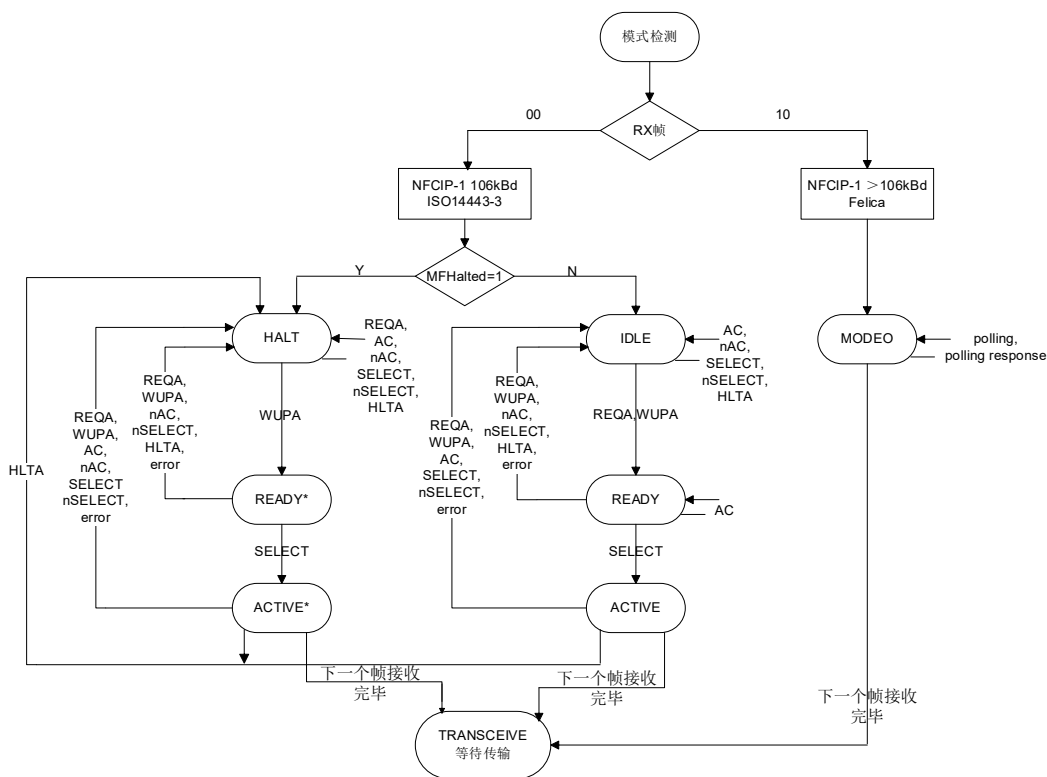


图 17.1 AutoColl 命令

NFCIP-2 212/424kbps 被动通信模式:

Felica 轮询完成后，命令自动变为 Transceive。FIFO 中有 ATR_REQ 帧。Status2Reg 中的 TargetActivated 位置 1。

NFCIP-1 106/212/424kbps 主动通信模式:

该命令自动转变为 Transceive。FIFO 中有 ATR_REQ 帧。Status2Reg 中的 TargetActivated 位为 0。仅在 106kbps 下，FIFO 中的第一个字节是开始字节 F0h，且其中写入了 CRC 字节。

Felica 卡模拟模式:

Felica 轮询完成后，命令自动变为 Transceive。FIFO 中包含 Felica 协议规定的轮询过程执行后收到的第一条指令。Status2Reg 中的 TargetActivated 位置 1。

17.3.12 SoftReset

该命令用于复位芯片。内部缓存器的配置数据保留不变，所有寄存器设为其复位值。该命令完成后自动终止。

注意 SerialSpeedReg 被复位因此串行数据速率设置为 9.6kBd。

18.应用原理图

Si512 的典型电路连接图如下，可将互补天线接到 Si512 上。

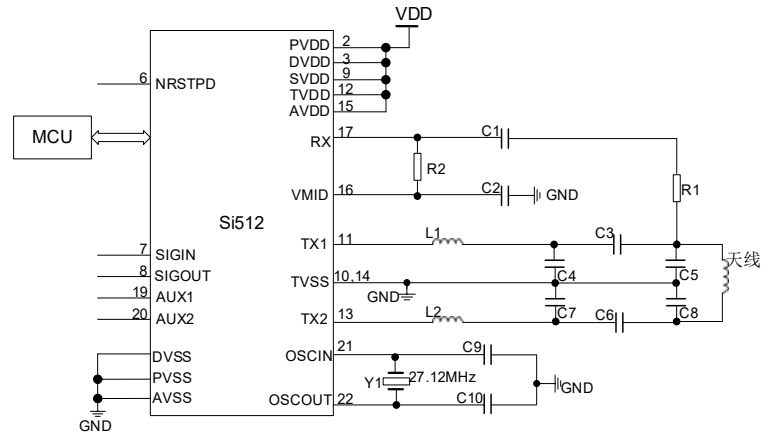


图 18.1 Si512 典型应用电路图

19. 推荐工作环境

Si512 极限参数与推荐工作环境如下表：

表 19-1 极限参数

| 参数 | 符号 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------|------|-----|------|----|
| 电源电压 | VDD | 2.3 | 4 | V |
| 工作温度 | Tamb | -40 | +110 | °C |

表 19-2 推荐工作环境

| 参数 | 标志 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|-----------|---|-----|-----|------|----|
| 模拟供电电压 | VDDA | AVDD=VDD(PVDD)=VDD(TVDD); VSSA=VSSD=VSS(PVSS)=VSS(TVSS)=0V | 2.3 | 3.3 | 3.6 | V |
| TVDD 供电电压 | VDD(TVDD) | | 2.3 | 3.3 | 3.6 | V |
| PVDD 供电电压 | VDD(PVDD) | | 2.3 | 3.3 | 3.6 | V |
| SVDD 供电电压 | VDD(SVDD) | VSSA=VSSD=VSS(PVSS)=VSS(TVSS)=0V | 2.3 | 3.3 | 3.6 | V |
| 环境温度 | Tamb | QFN32 | -40 | - | +110 | °C |

20. 封装信息

封装规格如下：

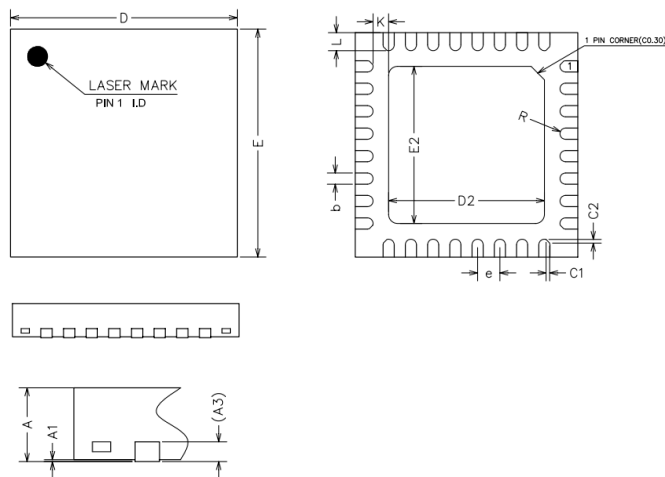


图 20.1 Si512 封装示意图

参数规格如下表（单位：mm）：

表 20-1 通用规格

| 符号 | 最小值 | 标准值 | 最大值 |
|----|---------|------|------|
| A | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| A1 | 0 | 0.02 | 0.05 |
| A3 | 0.20REF | | |
| b | 0.23 | 0.25 | 0.28 |
| D | 4.90 | 5.00 | 5.10 |
| E | 4.90 | 5.00 | 5.10 |
| D2 | 3.35 | 3.50 | 3.65 |
| E2 | 3.35 | 3.50 | 3.65 |
| e | 0.48 | 0.50 | 0.53 |
| K | 0.20 | - | - |
| L | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| R | 0.09 | - | - |
| c1 | - | 0.08 | - |

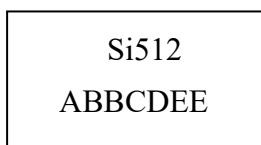
| | | | |
|----|---|------|---|
| c2 | - | 0.08 | - |
|----|---|------|---|

21. 版本信息

| 版本 | 修改日期 | 修改内容 |
|-------|------------|--------------------------|
| V2.7 | 2021/12/03 | 修改联系方式 |
| V2.8 | 2022/10/24 | 修改订单信息 |
| V2.9 | 2022/11/01 | 修改 pdf 格式无引脚问题 |
| V2.10 | 2022/11/02 | 调整格式 |
| V2.11 | 2022/12/08 | 修改 0F_B 寄存器的 ACDEdge 位描述 |
| V2.12 | 2023/01/13 | 修改寄存器名字 |
| V2.13 | 2023/02/06 | 更新温度参数 |
| V2.14 | 2023/02/21 | 更新 RCCfg1 的 mdelay 位描述 |
| V2.15 | 2023/03/21 | 改正 29h 寄存器错误地址 |
| V2.16 | 2023/04/26 | 改正 RegbankSelect 描述 |
| V2.17 | 2023/11/13 | 部分格式优化 |

22. 订单信息

封装标志



Si512:芯片代码

A: 封装日期年代码，5 代表 2020 年

BB:加工发出周记，例如 42 代表是 A 年的第 42 周发出加工

C:封装工厂代码，为 A、HT、NJ 或 WA，也简写为 A、H、N 或 W

D:测试工厂代码，为 A、Z、或 H

EE:生产批次代码

表 22-1 订单信息表

| 订单代码 | 封装 | 包装 | 最小单位 |
|--------------|------------------|---------------|------|
| Si512-Sample | 5×5mm 32-pin QFN | Box/Tube | 5 |
| Si512 | 5×5mm 32-pin QFN | Tape and reel | 4K |