

# WS1850X 系列芯片

---

## LPCD 用户手册

## 修订记录

修订版本	修改说明	发布日期
V1.0	初稿完成	2019.4
V1.1	评审通过	2019.5
V1.2	Delta值对LPCD的影响修正	2019.10
V1.3	添加LPCD寄存器描述	2019.11
V1.4	LPCD规格书规范化整理, 添加了调试补充提示	2022.7
V1.5	优化LPCD调试补充提示	2022.8
V1.6	增加IIC通讯, LPCD复用误唤醒提示	2024.3

## 前言

WS1850X 系列芯片是高度集成的工作在 13.56MHz 下的非接触读写器芯片。

WS1850X 芯片内部集成了低功耗外部卡片侦测电路，能以超低功耗完成外部非接触卡片靠近的侦测。特别适合电池供电、需要低功耗工作、并且需要实时处理任意时刻会进入射频场的外部卡片的非接触读写器应用设备。

## 读者对象

本文档为 LPCD 的详细使用说明文档。

利于用户便捷、有效的使用 LPCD 功能。

# 目录

前言.....	3
目录.....	4
表目录.....	5
图目录.....	6
<b>1 LPCD 应用介绍 .....</b>	<b>7</b>
<b>2 LPCD 工作原理介绍 .....</b>	<b>8</b>
2.1 检测时间 .....	8
2.2 检测原理 .....	8
<b>3 LPCD 时间参数 .....</b>	<b>9</b>
<b>4 LPCD 功耗参数 .....</b>	<b>9</b>
<b>5 LPCD API 介绍 .....</b>	<b>9</b>
<b>6 典型配置 .....</b>	<b>9</b>
6.1 寄存器值配置 .....	9
6.2 休眠时间：101.57ms.....	10
6.3 休眠时间：250ms.....	10
6.4 休眠时间：500ms.....	11
<b>7 LPCD 检测距离 .....</b>	<b>12</b>
7.1 LPCD 检测距离示例 .....	12
7.2 测试板图片 .....	12
<b>8 LPCD 调试步骤 .....</b>	<b>13</b>
<b>9 LPCD 寄存器描述 .....</b>	<b>14</b>
9.1 LPCD 相关寄存器 .....	14
9.1.1 DivlEnReg 寄存器 .....	14
9.1.2 DivIRq 寄存器 .....	14
9.2 Page4 扩展寄存器.....	14
9.2.1 LPCD Reg 寄存器.....	14
9.2.2 WUPeriod Reg.....	15
9.2.3 SwingCntReg 寄存器 .....	15
9.3 Page6 扩展寄存器.....	15

9.3.1 P6_Reg31 寄存器.....	15
9.3.2 P6_Reg33 寄存器.....	16
9.3.3 P6_Reg36 寄存器.....	16
9.3.4 P6_Reg38 寄存器.....	17
9.3.5 P6_Reg39 寄存器.....	17
<b>10 扩展寄存器访问.....</b>	<b>18</b>
<b>11 LPCD 调试补充提示.....</b>	<b>19</b>
11.1 天线调试提示 .....	19
11.2 关于寄存器 33h、38h、39h 补充.....	19
11.3 关于 LPCD 使用不当补充 .....	19

## 表目录

表 7-1 实际测试数据 .....	12
表 9-1 DivIEnReg 寄存器（地址 03h，复位值 00h） .....	14
表 9-2 DivIEnReg 寄存器位描述 .....	14
表 9-3 DivIRq 寄存器（地址 05h，复位值 00h） .....	14
表 9-4 DivIRq 寄存器位描述 .....	14
表 9-5 LPCDReg 寄存器（地址 3Ch，复位值 00h） .....	14
表 9-6 LPCDReg 寄存器位描述 .....	15
表 9-7 WUPeriodReg 寄存器（地址 3Dh，复位值 0Fh） .....	15
表 9-8 WUPeriodReg 寄存器位描述.....	15
表 9-9 SwingCntReg 寄存器（地址 3Eh，复位值 04h） .....	15
表 9-10 SwingCntReg 寄存器描述.....	15
表 9-11 P6_Reg31 寄存器（地址 31h，复位值 00h） .....	15
表 9-12 P6_Reg31 寄存器位描述 .....	16
表 9-13 P6_Reg33 寄存器（地址 33h，复位值 00h） .....	16
表 9-14 P6_Reg33 寄存器描述 .....	16
表 9-15 P6_Reg36 寄存器（地址 36h，复位值 00h） .....	16
表 9-16 P6_Reg36 寄存器位描述 .....	16
表 9-17 P6_Reg38 寄存器（地址 38h，复位值 30h） .....	17
表 9-18 P6_Reg38 寄存器描述 .....	17
表 9-19 P6_Reg39 寄存器（地址 39h，复位值 1Fh） .....	17
表 9-20 P6_Reg39 寄存器描述 .....	17

## 图目录

图 2-1 LPCD 工作时段 .....	8
图 2-2 LPCD 工作状态 .....	8
图 6-1 LPCD 配置参数 .....	11
图 6-2 休眠功耗测试 .....	11
图 7-2 测试 DEMO 板 .....	12
图 8-1 上位机配置演示流程 .....	13

# 1 LPCD应用介绍

LPCD 为 LOW POWER EXTEML CARD DETECT 的缩写，即读写模式下芯片可以以超低的待机功耗完成对外部是否有非接触卡片靠近的侦测。如果没有卡片靠近，则始终以这个待机功耗进行 LPCD 侦测。如果发现有卡片靠近，则输出中断，唤醒主控 MCU 芯片，进入正常的读写器通讯模式，完成与卡片的数据交互。

WS1850X 芯片内部集成了 LPCD 电路，一方面可以简化系统 PCB 板级设计、优化系统成本、彻底解放系统 MCU 对卡片检测的责任。

## 使用注意：

- 1、NFC 芯片采用 **SPI** 通信时，休眠期间 MISO 应固定电平，NSS 拉高。
- 2、NFC 芯片采用 **IIC** 通信时，休眠期间 SDA，SCL 为输出状态，且波形不能有变化，否则会唤醒。即 IIC 通讯 LPCD 模式下，**休眠期间**共用 IIC 的**通讯线产生电平跳变**会误唤醒。
- 3、NFC 芯片采用 **URAT** 通信时，休眠期间 TX 为输出高电平，RX 为输入低电平。
- 4、**IRQ** 休眠期间要固定电平。

## 2 LPCD工作原理介绍

### 2.1 检测时间

LPCD 划分成三个时间阶段， $T[inactivity]$ 、 $T[wake]$ 、 $T[detect]$ 分别对应着不同的功耗。

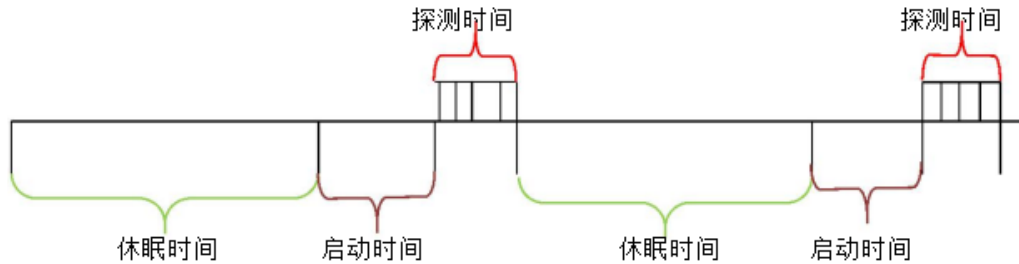


图2-1 LPCD 工作时段

### 2.2 检测原理

初始状态时，芯片会检测当前场内的场强并自动记录到芯片内，当场内强度发生变化超过一定的 Delta 值，芯片会自动唤醒到 Ready 状态，同时触发 TagDetIirq 中断通知 MCU。

下图为 LPCD 的工作过程图，蓝线为天线上的波形，黄色为晶振的波形，从图中可以看出当晶振启动一段时间后，开启载波探测功能，载波探测结束又迅速恢复到休眠状态。

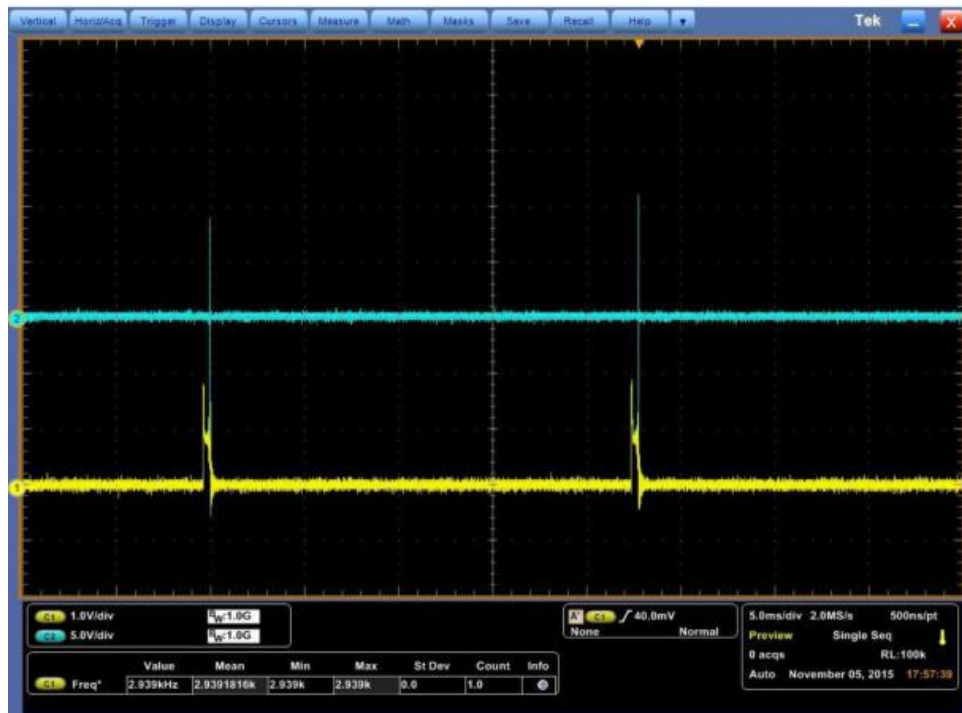


图2-2 LPCD 工作状态



## 3 LPCD时间参数

休眠时间:  $T[\text{inactivity}] = \text{WUPeriod} * 256 * \text{Tclk\_32k}$

启动时间:  $T[\text{wake}] = 400\text{us}$  (当前版本芯片实测值)

探测时间:  $T[\text{detect}] = \text{SwingsCnt} * 16 * 2 * \text{Tclk\_27M12}$

卡探测需要总时间 =  $(T[\text{inactivity}] + T[\text{wake}] + T[\text{detect}]) * (\text{Skip} + 1)$

## 4 LPCD功耗参数

休眠功耗:  $I_{\text{sleep}} = 0.5\mu\text{A}$  (典型)

启动功耗:  $I_{\text{wake}} = 0.7\text{mA}$  (典型测试值)

探测功耗:  $I_{\text{work}} = 40\text{mA}$  (取决于载波发射功率和硬件电路, 一般范围为 10~80mA, 如 40mA)

卡探测平均功耗:  $I_{\text{average}} = (T[\text{inactivity}] * I_{\text{sleep}} + T[\text{wake}] * I_{\text{wake}} + T[\text{detect}] * I_{\text{work}}) / (T[\text{inactivity}] + T[\text{wake}] + T[\text{detect}])$

## 5 LPCD API介绍

`void pcd_lpcd_start()` 说明: 启动芯片的 lpcd 功能

`void pcd_lpcd_end()` 说明: 结束芯片的 lpcd 功能

`void pcd_lpcd_application()` 说明: 读卡函数

## 6 典型配置

### 6.1 寄存器值配置

```
write_reg(0x14,0x83); //开启载波
```

```
//Page4
```

```
write_reg(0x37,0x5e); //打开私有寄存器保护开关
```

```
write_reg(0x3c,0x37); //设置 Delta[3:0]的值, 开启 32k
```

```
write_reg(0x3d,0x0d); //设置休眠时间
```

```
write_reg(0x3e,0x95); //设置连续探测次数, 开启 LPCD_en
```

```
write_reg(0x37,0x00); //关闭私有寄存器保护开关
```

```
//Page 6
```

```
write_reg(0x37,0x5a); //打开私有寄存器保护开关
```

```
write_reg(0x38,0xf0);  
write_reg(0x39,0x3f);  
write_reg(0x31,0xa1);  
write_reg(0x33,0xa0);  
write_reg(0x37,0x00); //关闭私有寄存器保护开关  
Clear_bit_mask(0x02,Bit7); //具体应用相关，配置为高电平为有中断  
write_reg(0x03,0x20); //打开卡探测中断使能  
write_reg(0x01,0x10); //PCD soft powerdown，进入休眠卡检测
```

## 6.2 休眠时间：101.57ms

37=5e(打开私有寄存器保护开关)  
3C=37 (Delta=7)  
3D=0D(休眠时间 101.57ms)  
3E=A5(探测 3 次、探测时间 5.9us)  
37=00(关闭私有寄存器保护开关)  
平均功耗=566785/101975.9=5.6uA

## 6.3 休眠时间：250ms

37=5e(打开私有寄存器保护开关)  
3C=37(Delta=7)  
3D=20(休眠时间 250ms)  
3E=95(探测 2 次，探测时间 5.9us)  
37=00(关闭私有寄存器保护开关)  
平均功耗=641000/250405.9=2.6uA  
实际测试如下图所示：



图6-1 LPCD 配置参数



图6-2 休眠功耗测试

## 6.4 休眠时间：500ms

37=5e(打开私有寄存器保护开关)

3C=34(Delta=4)

3D=40(休眠时间 500ms)

3E=95(探测 2 次, 探测时间 5.9us)

37=00(关闭私有寄存器保护开关)

平均功耗=766000/500405.9=1.5uA

## 7 LPCD检测距离

LPCD 探测距离依赖于天线和卡。一般来讲，LPCD 探测距离会（远）小于读卡的操作距离，尤其是那些低负载的卡。读卡器天线与卡的耦合越强，探测距离越好。

读卡器天线高 Q 值(比如为 106kbps 速率设计)比较低 Q 值（天线范围内有 LPCD 或设计为高 bit 速率通信）会有更好的距离表现。

WS1850X 测距离有更好的鲁棒性，最大限度的确保不同的天线和卡都拥有较好的探测距离，因此探测距离一般会比读卡工作距离短一些。

### 7.1 LPCD 检测距离示例

	MIFARE Plus	MIFARE S50-7字节	MIFARE S50-4字节	MIFARE UL	身份证	Cos卡1	Cos卡2
读卡距离[cm]	5.8	9	9.5	8.7	6	8.1	5.5
LPCD距离[cm]	4.6	3.1	6	4.5	6	3	5.5

表7-1 实际测试数据

注：读卡距离使用 REQA/REQB 指令测量，使用 ID1 尺寸卡

### 7.2 测试板图片

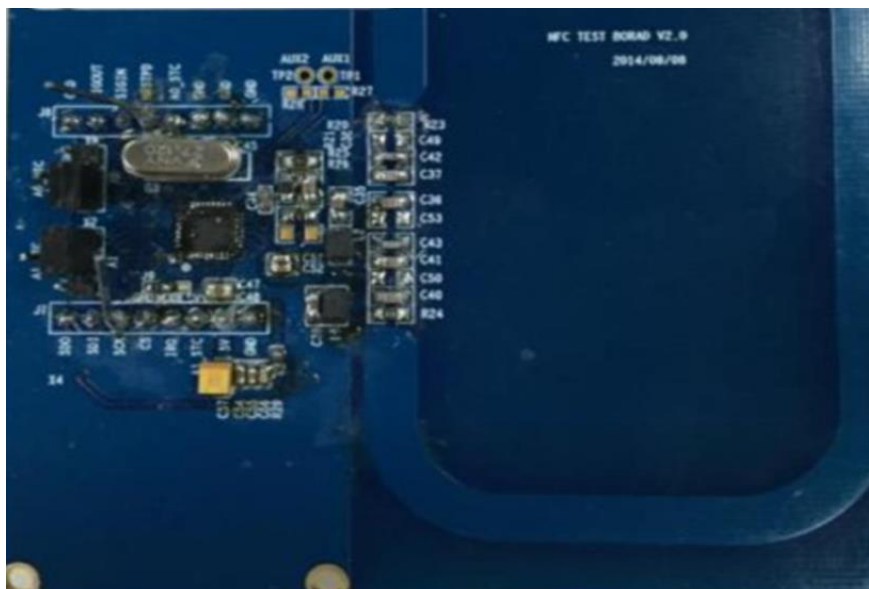


图7-1 测试 DEMO 板

## 8 LPCD调试步骤

- 1) 配置寄存器 27=f8、28=3f，示波器探头点一下天线，测试下场强，此时为场强最大值；
- 2) 配置寄存器 37=5a、38=f0、39=3f；reg37/38 这 2 个寄存器的值可以改变，38=f0(高四位有效)；39=3f(低六位有效)；场强随着 38=X0(X=0,1,2.....f 递增)，39=NM(N=0,1,2,3；M=0,1,2,3.....f 递增)；找到合适的组合，用示波器探头点一下天线，测试下场强，一般场强为最大场强一半附近，LPCD 效果最好；
- 3) 配置寄存器 33=a0(步进大小)、36=80(80-a0 之间可调)；
- 4) 在 NFC\_ConfigTool 软件里面打开” LPCD 测试”，初始调试上面的要求组合的时候可以把” Delta” 设置大一点(防止误唤醒)，” 休眠时间” 设置为 200ms，” 检测时间” 设置为 15us，” 跳过次数” 为 1；
- 5) 可以放卡测试。



图8-1 上位机配置演示流程

## 9 LPCD寄存器描述

### 9.1 LPCD 相关寄存器

#### 9.1.1 DivlEnReg 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol			TagDetlEn					
Access			RW					

表9-1 DivlEnReg 寄存器（地址 03h，复位值 00h）

Bit	Symbol	Value	Description
5	TagDetlEn	0	1: 使能卡探测中断
			0: 不使能卡探测中断

表9-2 DivlEnReg 寄存器位描述

#### 9.1.2 DivIRq 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol			TagDetlRq					
Access			RW					

表9-3 DivIRq 寄存器（地址 05h，复位值 00h）

Bit	Symbol	Value	Description
5	TagDetlEn	0	1: 产生卡探测中断
			0: 未产生卡探测中断

表9-4 DivIRq 寄存器位描述

### 9.2 Page4 扩展寄存器

#### 9.2.1 LPCD Reg 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	Rsvd[1:0]		CLK32K_En	CalibEn	Delta[3:0]			
Access	RW		RW	RW	RW			

表9-5 LPCDReg 寄存器（地址 3Ch，复位值 00h）

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 6	Rsvd[1:0]	0	
5	CLK32K_En	0	0: 32k 振荡器不使能
			1: 32k 振荡器使能
4	CalibEn	0	0: 卡探测器校准功能关闭
			1: 卡探测器校准功能使能
3 to 0	Delta[3:0]	0	卡探测触发值与 ADC 参考值的偏移触发范围： 小于 -Delta 或大于 +Delta

			建议值: $\Delta \geq 4$ , $\Delta$ 值越大, 探测距离减小但抗干扰能力增强, 值减小探测距离增高但抗干扰能力减弱, 根据硬件电路和探测距离适当调整
--	--	--	---

表9-6 LPCDReg 寄存器位描述

### 9.2.2 WUPeriod Reg 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	WUPeriod[7:0]							
Access	RW							

表9-7 WUPeriodReg 寄存器 (地址 3Dh, 复位值 0Fh)

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 0	WUPeriod[7:0]	0x0f	$T[\text{inactivity}] = \text{WUPeriod} * 256 * \text{Tclk\_32k}$ 如: WUPeriod=0x0D, 休眠时间=101.57ms

表9-8 WUPeriodReg 寄存器位描述

### 9.2.3 SwingCntReg 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	LPCD_en[7]	Skip[6:4]			SwingsCnt[3:0]			
Access	RW	RW			RW			

表9-9 SwingCntReg 寄存器 (地址 3Eh, 复位值 04h)

Bit	Symbol	Value	Description
7	Rsvd[1:0]	0	0: 当软掉电模式 (PowerDown) 探卡不使能 1: 当软掉电模式 (PowerDown) 探卡使能
6 to 4	Skip6[6:4]	0	当探测到卡 Skip+1 次后, 产生 TagDetIrq
3 to 0	SwingsCnt[3:0]	0x04	$T[\text{detect}] = \text{SwingsCnt} * 16 * 2 * \text{Tclk\_27.12M}$ 每次探测的时间: 如 SwingsCnt=5, 探测时间=5.9us

表9-10 SwingCntReg 寄存器描述

## 9.3 Page6 扩展寄存器

### 9.3.1 P6\_Reg31 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	LPCD: ReferenceVaue[7:0]							
Access	RW							

表9-11 P6\_Reg31 寄存器 (地址 31h, 复位值 00h)



Bit	Symbol	Value	Description
7 to 0	LPCD:ReferenceVaue[7:0]	0	LPCD 检测参考值： (通过搜索接近设置的 ADC)

表9-12 P6\_Reg31 寄存器位描述

### 9.3.2 P6\_Reg33 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	CalibStep[1:0]		CalibMode	LPCDADCManEn	LPCDEnRCcal	RC32KCalMan	RC27MCalMan	LPCDUseRC
Access	RW		RW	RW	RW	RW	RW	RW

表9-13 P6\_Reg33 寄存器（地址 33h，复位值 00h）

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 6	CalibStep[1:0]	0	当 CalibMode=1, CWGsp_lpcd 调整步长及范围： 00: step=1, [CWGsp_lpcd-8, CWGsp_lpcd+7] 01: step=2, [CWGsp_lpcd-16, CWGsp_lpcd+14] 10: step=3, [CWGsp_lpcd-24, CWGsp_lpcd+21] 11: step=4, [2,62]
5	CalibMode	0	如果 CalibEn=1, 并且进入 LPCD 时, 或者 SLPTIMEMode=1, 并且自动定时器计数到零后 0: 直接取样 ADC 数据作为参考值 1: 调整 CWGsp_lpcd, 取接近设定的 LPCDADCRef 的 ADC 数据作为参考值
4	LPCDADCManEn	0	LPCD_ADC 手动使能
3	LPCDEnRCcal	0	使能 LPCD 结束后进行 RC27Mhz 和 RC32Khz 校准 (注 意: 当设置 LPCD_en=1 时, 强制执行 RC27Mhz 一次) 当设置 LPCD_en=1 或者 RC32K_en=1 时, 强制执行 RC32Khz 一次
2	RC32KcalMan	0	LPCD32KhzRC 手动校准使能
1	RC27McalMan	0	LPCD27.12MhzRC 手动校准使能
0	LPCDUseRC	0	LPCD27.12MhzRC 使能位

表9-14 P6\_Reg33 寄存器描述

### 9.3.3 P6\_Reg36 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	LPCD: ReferenceVaue[7:0]							
Access	RW							

表9-15 P6\_Reg36 寄存器（地址 36h，复位值 00h）

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 0	LPCDADCRef [7:0]	0x80	LPCD ADC 参考电平值 (设置合适的 ADC 参考值)

表9-16 P6\_Reg36 寄存器位描述



### 9.3.4 P6\_Reg38 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	CWGsN_lpcd[3:0]				Rsvd[3:0]			
Access	RW				RO			

表9-17 P6\_Reg38 寄存器（地址 38h，复位值 30h）

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 4	CWGsn_lpcd[3:0]	0x03	Defines the conductance of the n-driver output during LPCD
3 to 0	Rsvd[3:0]	0	无效位

表9-18 P6\_Reg38 寄存器描述

### 9.3.5 P6\_Reg39 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	Rsvd[1:0]		CWGsP_lpcd[5:0]					
Access	RO		RW					

表9-19 P6\_Reg39 寄存器（地址 39h，复位值 1Fh）

Bit	Symbol	Value	Description
7 to 6	Rsvd[1:0]	0	无效位
3 to 0	CWGSP_lpcd[5:0]	0x1f	Defines the conductance of the p-driver output during LPCD

表9-20 P6\_Reg39 寄存器描述

## 10 扩展寄存器访问

(1) **Page4** 访问步骤:

Step1: 关闭 page4 的写保护操作: **37=5E**

Step2: 写相应 page4 的寄存器, 与普通 Page0~3 一样

Step3: page4 操作完毕, 重新打开写保护 37=00

例:

配置 page4 的 3C、3D、3E 寄存器:

```
Write_reg(0x37, 0x5E); //关闭 page4 写保护
```

```
Write_reg(0x3C, 0x37); //配置 page4 的 3c 寄存器
```

```
Write_reg(0x37, 0x00); //重新打开 page4 写保护
```

(2) **Page6** 访问步骤:

Step1: 关闭 page6 的写保护操作: **37=5A**

Step2: 写相应 page6 的寄存器, 与普通 Page0~3 一样

Step3: page6 操作完毕, 重新打开写保护 37=00

例:

配置 page6 的 36、38、39 寄存器:

```
Write_reg(0x37, 0x5A); //关闭 page6 写保护
```

```
Write_reg(0x36, 0x37); //配置 page6 的 3c 寄存器
```

```
Write_reg(0x37, 0x00); //重新打开 page6 写保护
```

## 11 LPCD调试补充提示

### 11.1 天线调试提示

LPCD 模式下建议通过调整 Rx 分压电阻，在无卡状态下，把芯片 Rx 引脚的载波幅度调整到 2.0vpp~2.5vpp。同时，保证载波的包络无过冲，图形圆滑饱满。

### 11.2 关于寄存器 33h、38h、39h 补充

调试方法：（理论上 31h，36h 的值一致的时候效果最好）

1) 自动校准模式（主要校准 0x39 寄存器）：

- A、固定 0x36=0xA0
- B、固定 0x33 为某一个值（可取值范围 0x20、0x60、0xA0、0xE0，例如固定 0x20）
- C、再固定 0x38 为某一个值（例如 0x60），0x39 任取一个初始值，会在一定范围自动校准 0x39，读 0x31 是否与 0x36 基本一致
- D、如果一致取当前配置参数即可；如果不一致继续下一步
- E、改变 0x39 的值，读 0x31 是否与 0x36 一致，如果一致取当前配置参数，如果不一致继续下一步
- F、改变 0x38 的值，然后重新按照上述 C、D、E 流程，找到 0x31 与 0x36 一致的配置参数
- G、如果上述操作还不能达到要求，改变 0x33 值，继续走 C/D/E/F 流程。

2) 手动校准模式：

- A、固定 0x36=0xA0
- B、固定 0x33=0x00
- C、再固定 0x38 为某一个值（例如 0x60），0x39 取一个固定的值，读 0x31 是否与 0x36 基本一致
- D、如果一致取当前配置参数即可；如果不一致继续下一步
- E、改变 0x39 的值，读 0x31 是否与 0x36 一致，如果一致取当前配置参数，如果不一致继续下一步
- F、改变 0x38 的值，然后重新按照上述 C、D、E 流程，找到 0x31 与 0x36 一致的配置参数

### 11.3 关于 LPCD 使用不当补充

- 1) 功耗大问题：芯片在休眠期间，SPI 通讯线不能配置为输入浮空模式，配置此模式可能会造成 IO 口电平震荡，导致功耗变大。单片机端应把 MISO 固定电平。
- 2) LPCD 刷卡无效：为避免误操作以及某些极端条件下，配置 LPCD 失效，建议在每一次进入 LPCD 配置之前将**芯片复位**，保证芯片处于初始化状态，复位的延时需大于晶振的起振时间，以保证读写配置有效。