



## 应用笔记: IQS221 SPI通讯模式概述

### 1. 介绍

在IQS221，有多种输出模式，如直接输出模式(Direct Modes)，编码输出模式(Binary Coded Modes)，还有SPI输出模式。在IQS221的众多输出模式里，SPI可以输出比其它模式更多的信息，包括当前芯片的工作状态，具体的采样值等信息。在产品的前期开发期间，AZOTEQ提供的仿真器就是采用SPI通讯模式，配合PC软件，可以很真实的显示产品的工作状态。在本文档里，主要针对于SPI通讯模式进行解释。

## SPI 模式

IQS221 在跟 MCU 通讯时使用 SPI 的从协议，一般的SPI通讯时使用以下四个管脚：

- 主出从入数据脚 (MOSI) – TO1
- 主入从出数据脚 (SOMI) – TO2
- 时钟脚 (SCK) – TO4
- 片选脚 (/SS) – TO5

另外，IQS221 还使用另一管脚配合 SPI 一起使用，其管脚名为：

- 信号就绪脚 (RDY) – TO3

在 MCU 与 IQS221 通讯之前，IQS221 必须被配置成(SPI-L,SPI-M)的一种 SPI 模式。

MCU 作为主机，需要把片选脚 (/SS) 拉低。这可以让 MCU 用同一个 SPI 脚控制更多的从机。

RDY 脚用来告之 MCU，当前 IQS221 有可用的数据。MCU 只有侦测到这个信号时，才能输出时钟信号以取得一个字节的的数据。当 IQS221 有任一字节数据准备好时，RDY 脚就会置高。

当 MCU 在时钟脚输出第一个上升沿时，RDY 脚会被拉低。当下一个数据就绪时，RDY 就又会拉高。

MCU 的 SPI 必须按如下设置：

- 将 MCU 设置成主模式
- MCU 必须等待 RDY 脚置高，然后才能输出 SCK，进行数据传输
- TO2 (SOMI) 脚采到的数据是先高位后低位。
- 数据在 SCK 脚上升时有效
- 在平时，SCK 为高电平

SPI 的时序图如图 1-2,每一组数据会在这一组电容采样转换完成后被送出，IQS221 将 9 路分为 A，B，C 三组。

例如：CX0,CX1 和 CX2 是在同一组发送的，在下一个周期，CX3，CX4 和 CX5 的数据又一起送出。具体参考图 1-1。

在 SPI 模式下，以下几点功能需要注意：

- OPT2 脚将在 SLEEP 命令后当作唤醒脚，或是在 STOP\_TRANSMIT 命令后当作继续数据传输信号。
- 芯片的灵敏度选择将由内部决定的，并且是通过 SPI 命令来设定的。
- TO4 在 SPI 时，是作为时钟脚，将不在用作外面灵敏度选择。

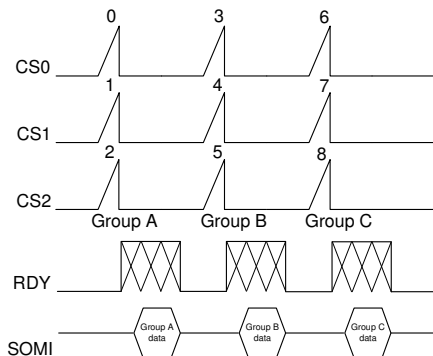


图 1-1: SPI 数据在每个转换完后才送出

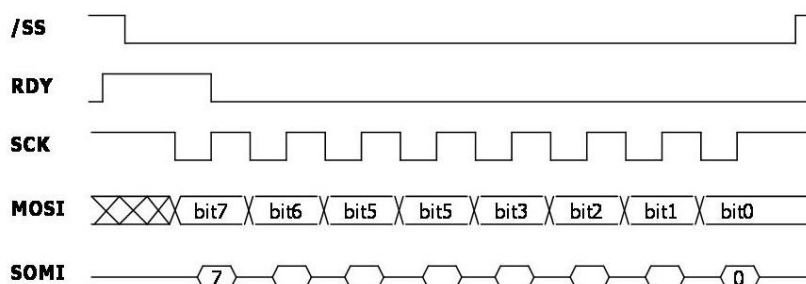


图 1-2 : SPI 时序图

### 1.1.1 SPI-L 相对值输出模式

在这个模式下，SPI 送出的是各个通道的相对参数值，相对参数值是指实际转换量与各个通道的参考值的比值。当用户有感觉或是触摸动作时，这个相对值可以给用户很直观的数据表明哪一个通道变化量是最大的。如果当前的采样值大于等于参考值，那这个相对值直接等

于 256。越大的触摸或是感应，将会产生越小的相对值。在这个模式里，SPI 每个周期输出 12 字节，这 12 字节的具体含义详见表 1-1。请注意，这个模式下，由于芯片要计算相对值（除法计算），所以在 SPI 通讯时，取得前 3 字节后，后面数据的准备时间会比较长。

表 1-1 : SPI-L – 输出/输入字节的详细说明

|        |       | IQS221 送出的数据      |                     | IQS221 接收到的数据 |                |
|--------|-------|-------------------|---------------------|---------------|----------------|
| Byte # | Bit # | 值                 | 功能                  | 值             | 功能             |
| 1      | 7:0   | 0xFF              | 前导码 1               | 命令字           | 注 <sup>5</sup> |
| 2      | 15:8  | <ND><CBA><cba><d> | 前导码 2 <sup>1</sup>  | 命令参数          | 注 <sup>5</sup> |
| 3      | 23:16 | CH[7:0]           | 有效通道指示 <sup>2</sup> | 输出字节控制位 1     | 注 <sup>6</sup> |
| 4      | 31:24 | 相对值 I             | 高位                  | D/C           | 无意义值           |
| 5      | 39:32 | 相对值 I             | 低位                  | D/C           | 无意义值           |
| 6      | 47:40 | 相对值 II            | 高位                  | D/C           | 无意义值           |
| 7      | 55:48 | 相对值 II            | 低位                  | D/C           | 无意义值           |
| 8      | 63:56 | 相对值 III           | 高位                  | D/C           | 无意义值           |
| 9      | 71:64 | 相对值 III           | 低位                  | 输出字节控制位 2     | 注 <sup>6</sup> |
| 10     | 79:72 | 灵敏度设定值 X          | 注 <sup>3</sup>      | D/C           | 无意义值           |
| 11     | 87:80 | 灵敏度设定值 Y          | 注 <sup>3</sup>      | D/C           | 无意义值           |
| 12     | 95:88 | CRC               | 注 <sup>4</sup>      | D/C           | 无意义值           |

### 1.1.2 SPI-M 原始数据输出模式

在 SPI-M 模式下，将所有的当前采样值及参考值将以实际数据通过 SPI 送出。

设计者可以很自由地使用这些数据进行分析。数据具体格式参考表 1-2。



表1-2：SPI-M –输出/输入字节的详细说明

| Byte # | Bit #   | IQS221 送出的数据      |                    | IQS221 接收到的数据 |                |
|--------|---------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
|        |         | 值                 | 功能                 | 值             | 功能             |
| 1      | 7:0     | 0xFF              | 前导码 1              | 命令字           | 注 <sup>5</sup> |
| 2      | 15:8    | <ND><CBA><cba><d> | 前导码 2 <sup>1</sup> | 命令参数          | 注 <sup>5</sup> |
| 3      | 23:16   | CH[7:0]           | 有效通道 <sup>2</sup>  | 输出字节控制位 1     | 注 <sup>6</sup> |
| 4      | 31:24   | CS I              | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 5      | 39:32   | CS I              | 低位                 | D/C           | 无意义值           |
| 6      | 47:40   | CS II             | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 7      | 55:48   | CS II             | 低位                 | D/C           | 无意义值           |
| 8      | 63:56   | CS III            | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 9      | 71:64   | CS III            | 低位                 | 输出字节控制位 2     | 注 <sup>6</sup> |
| 10     | 79:72   | LT I              | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 11     | 87:80   | LT I              | 低位                 | D/C           | 无意义值           |
| 12     | 95:88   | LT II             | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 13     | 103:96  | LT II             | 低位                 | D/C           | 无意义值           |
| 14     | 111:104 | LT III            | 高位                 | D/C           | 无意义值           |
| 15     | 119:112 | LT III            | 低位                 | 输出字节控制位 3     | 注 <sup>6</sup> |
| 16     | 127:120 | 灵敏度设定值 X          | 注 <sup>3</sup>     | D/C           | 无意义值           |
| 17     | 135:128 | 灵敏度设定值 Y          | 注 <sup>3</sup>     | D/C           | 无意义值           |
| 18     | 143:136 | CRC               | 注 <sup>4</sup>     | D/C           | 无意义值           |

以上SPI功能跟1.1.1所述的差不多，只是在第15字节多了输出字节控制位3，当这个字节等于0x04时，SPI将会直接输出CRC值，而不会再输出16，17字节的内容。

以上两个 SPI 模式，当任何一个通道有感应触发时，POUT 脚将输出高。当任一通道 TOUCH 功能被感应到时，BUZ 也会有一脉冲输出。

**注 1:** <ND> = 当有噪声时置高(在芯片配置时，噪声功能必须被使能，默认使能)  
<CBA> = Touch(III);Touch(II);Touch(I)  
<cba> = Prox(III); Prox(II); Prox(I)  
<d> = 通道 8 指示位

例如：当 A 组数据送出时 (CX0, CX1 和 CX2)，并且 CX1 及 CX2 有触摸及感应触发，则<CBA> = 110，<cbd> = 110。

当 C 组数据送出时 (CX6, CX7 和 CX8)，并且 CX7, CX8 有触摸及感应触发时，则<CBA> = 110，<cba>=110。

**注 2:** 本字节加上<d>共 9 位用来指示哪些几个通道在本次转换里完成。如果这一位被置 0，说明这个通道被关闭。

**注 3:** 表 1-3：

例如：当 A 组数据转换结束，会输出 CX0，CX1 和 CX2；这时<d>=0，本字节等于 00000111。

若是 C 组数据转换结束，会输出 CX6, CX7，CX8。这时<d> = 1，本字节等于 11000000。



|          |                |             |             |             |             |             |             |             |
|----------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|          | <b>bit7</b>    | <b>bit6</b> | <b>bit5</b> | <b>bit4</b> | <b>bit3</b> | <b>bit2</b> | <b>bit1</b> | <b>bit0</b> |
| 灵敏度设定值 X | PROXLVLS<br>EL | TO7         | TO6         | TO5         | TO4         | TO2         | TO1         | TO0         |

|          |   |   |   |   |   |        |        |        |
|----------|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|
| 灵敏度设定值 Y | X | x | x | x | x | halt C | halt B | halt A |
|----------|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|

灵敏度设定值 X: 当前灵敏度设置值，具体编码

| SPI 命令 | 功能       |
|--------|----------|
| 0xE1   | 感应/触摸 设置 |
| 0xB4   | 配置设置     |
| 0xD2   | 命令设置     |

详见规格书。PROXLVSEL – 配合其它设置，并代替之前 OTP 烧写时的对 PROX 灵敏度的设置。

灵敏度设定值 Y: 指示当前通道的滤波环境适应状态，IQS221 目前是否在环境适应的延时当中。

**注 4:** CRC 是指对所有字节进行 XOR 操作，用来检验传输中数据是不是有错误，另外可以与前导码 (0xFF) 一起做同步使用，当发现 CRC 错误时，MCU 可搜索一个值等于 0xFF 的返回值作为一次传输的开始。

**注 5:** IQS221 的设置可以通过一些命令动态改变。具体设置如下：

表 1-4 : SPI 命令

例如：可通过 SPI 下命令 E1 来改变灵敏度设置。其后跟随的数据跟灵敏度设定值 X 格式一样。详见表 1-6。

**注 6:** 输出字节控制位将改变本次传输的总字节数。当 IQS221 接收到表 1-5 的值时，它将马上停止输出剩下的数据，马上输出最后的 CRC 字节，然后完成本次数据传输。

表 1-5 : 输出字节控制位

| 位置       | 值    | 中断位置:         |
|----------|------|---------------|
|          | 0x00 | 没有中断，全部数据传完   |
| 输出字节控制 1 | 0x01 | 在第 3 位后不再传数据  |
| 输出字节控制 2 | 0x02 | 在第 9 位后不再传数据  |
| 输出字节控制 3 | 0x04 | 在第 15 位后不再传数据 |

在工作时，芯片其实只判断一个位，例如，在输出字节控制 1 时，IQS221 判断 0bit 是否是 1，是 1 则生效。以此类推，在输出字节控制 2 时，IQS221 判断 1bit 是否是 1，是 1 则生效。

表 1-6 : 灵敏度设定值 X

| 命令 | 0xE1           |      |      |      |      |      |      |      |
|----|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | bit7           | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 |
| 数据 | PROXLVL<br>SEL | TO7  | TO6  | TO5  | TO4  | TO2  | TO1  | TO0  |

bit7 **PROXLVSEL:** 感应档位控制位(详见规格书)

1 = 使能可替换的感应档位选择

0 = 默认，外置模式

bit6:0 **TO7:TO0:** TO 脚状态控制位。(详见规格书)



表 1-7 配置位设置

| 命令 | 0xB4   |      |       |       |            |      |      |      |
|----|--------|------|-------|-------|------------|------|------|------|
|    | bit7   | bit6 | bit5  | bit4  | bit3       | bit2 | bit1 | bit0 |
| 数据 | SHIELD | ZOOM | HALT1 | HALT0 | FASTCHARGE | LP1  | LP0  | XLP  |

- bit7           **SHIELD:** 屏蔽使能控制位 (详见规格书)  
1 = 使能屏蔽  
0 = 不使能屏蔽
- bit6           **ZOOM:** 放大功能使能控制位 (详见规格书)  
1 = 不使能放大功能  
0 = 使能放大功能
  
- bit5:4         **HALT1/HALT0:** 停止滤波器延时设定(详见规格书)  
11 = 总是停止  
10 = 总是不停止  
01 = 40S 后停止  
00 = 20S 后停止
- bit3           **FASTCHARGE:** 快速充电控制位(详见规格书)  
1 = 使能快充 (T<sub>SAMPLE</sub> = ±15ms)  
0 = 不使能快充(T<sub>SAMPLE</sub> = ±20ms)
- bit2:1         **LP1/LP0:** 省电模式选择(只有在 OPT1 = LOW 时或下了 0xD2 命令后) (详见规格书)  
11 = 440ms  
10 = 330ms  
01 = 220ms  
00 = 110ms
- bit0           **XLP =** 额外的省电模式控制位(详见规格书)  
1 = 使能 XLP  
0 = 不使能 XLP

表 1-8 : 命令设置

| 命令 | 0xD2   |      |      |       |       |         |      |         |
|----|--------|------|------|-------|-------|---------|------|---------|
|    | bit7   | bit6 | bit5 | bit4  | bit3  | bit2    | bit1 | bit0    |
| 数据 | RESEED | -    | -    | NP/LP | SLEEP | STOPSPI | ND   | CONVDIV |

- bit7           **RESEED:** 强制取得当前的 8 组数据的平均值作为参考值，即重新校准  
1 = 强制使能  
0 = 不使能
- bit6           保留
- bit5           保留
- bit4           **NP/LP:** 标准模式与省电模式选择  
1 = 省电模式  
0 = 标准模式
- bit3           **SLEEP:** 睡眠模式控制位 <sup>7</sup>  
1 = 使能睡眠  
0 = 不使能睡眠



|      |  |
|------|--|
| bit2 | <b>STOPSPI</b> : 停止 SPI 通讯控制位 <sup>8</sup><br>1 = 让芯片停止 SPI 通讯<br>0 = 不影响 SPI 通讯 |
| bit1 | <b>ND</b> = 噪声检测控制位<br>1 = 不使能噪声检测<br>0 = 使能噪声检测                                 |
| Bit0 | <b>CONVDIV</b> = 转换时间设置(详见规格书)<br>1 = 125kHz (正常模式下)<br>0 = 250kHz (正常模式下)       |

除以上三个命令值，可以被接受，其它命令将直接被IQS221忽略。

**注 7:** 若 IQS221 收到一个 SLEEP 命令，芯片将在本组转换结束及本次通讯后进入 SLEEP 模式，并且通讯也将关闭。

芯片只能通过 OPT2 下降沿唤醒。当 IQS221 醒来，当前的转换及通讯功能将继续。主 MCU 需重新等待 RDY 脚变高后再进行数据传输。

**注 8:** 一旦 IQS221 从主机收到 STOPSPI 指令，芯片会在本次转换及本次通讯结束后停止通讯。但 IQS221 会按设定的功能继续工作。

请注意外部需接一个下拉电阻以保证 OPT2 脚在这个期间外在平稳的状态，在 STOP 模式下，唤醒通讯有以下两种方法：

- 当一个感应被检测到时，RDY 脚会拉高来告诉主机，让主机开始进行通讯。
- 主机可以通过拉低/SS 脚来告诉 IQS221 进入正常通讯方式。(就像片选使能一样)。然后主机必须等待 RDY 拉高以确定芯片有有效的数据输出。

可以在外部将/SS 与 OPT2 连在一起，然后由主机控制芯片进入 SLEEP 和 STOPSPI 状态。这样便不需要再加一个额外的 I/O 口来进行对芯片的唤醒。