



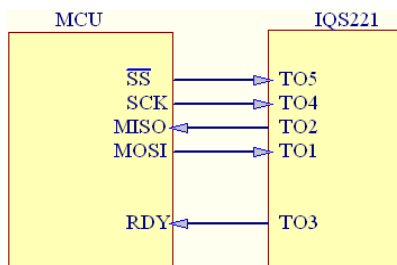
應用手冊： IQS221 SPI 模式動作說明

SPI 模式

此模式為單晶片(MCU)作為主元件，透過串列周邊介面(SPI)的通訊模式接收及控制 IQS221。

SPI 介面的 4 個連接腳分別在：

- 主出從入 (MOSI) – TO1
- 主入從出 (MISO) – TO2
- 串列時脈 (SCK) – TO4
- 從屬選擇 (/SS) – TO5



另外增加一支資料備妥告知接腳：

- 資料備妥 (RDY) – TO3

首先將 IQS221 燒錄為 SPI-M 或 SPI-L 模式，然後透過 SPI 介面連接到單晶片。

當要開始通訊時，MCU 先將對應的 IQS221 從屬選擇(/SS)接腳下拉至低準位(Low)。

IQS221 透過 RDY 腳發送高準位(Hi)告知 MCU 資料已經備妥。MCU 就可以發送串列時脈(SCK)，收集 IQS221 所提供的一個位元組的資料。每個位元組都有一個獨立的 RDY 訊號告知 MCU。

RDY 訊號會在 MCU 發送第一個 SCK 後覆歸到低準位，直到下一個位元(BYTE)備妥後 RDY 訊號將會回到高準位。

SPI 介面控制流程如下(如圖 1)：

- 設定單晶片為 SPI 之主元件
- 選擇所要控制的 IQS221 下拉/SS 腳至低準位
- 等待 RDY 訊號上拉至高準位
- 發出 SCK 訊號並由 MISO 腳收資[高位元(MSB)先傳送
- MCU 在 SCK 上緣時取的正确資料
- SCK 待命時停在高準位
- 等待下一個 RDY 訊號

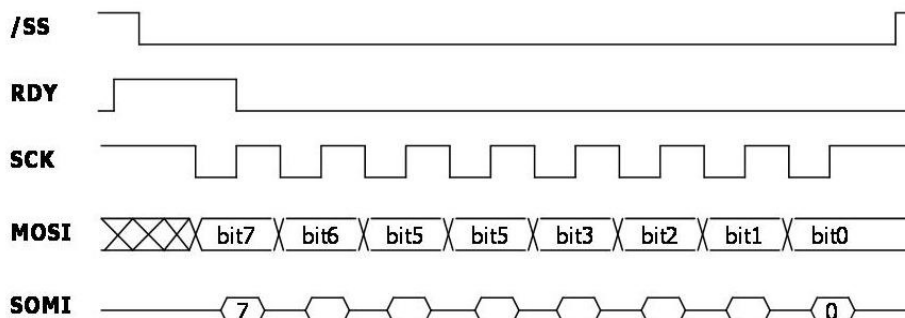


圖 1：SPI 時序



每次可取得同一群組(A,B 或 C)轉換完成的內容(參考圖 2)。

範例：資料 CX0, CX1 及 CX2 會同時傳送, 下一次為 CX3, CX4 及 CX5。

SPI 模式時 IC 接腳功能轉換:

- OPT2 – 當 IC 接收睡眠(SLEEP) /停止傳送 (STOP_TRANSMIT)的命令後，可用此接腳喚醒 IC
- 靈敏度改由透過 SPI 介面從內部設定
- TO4 – 此設定改由 SPI 命令控制

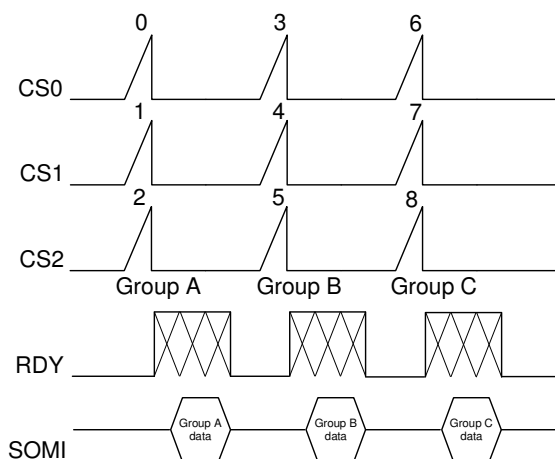
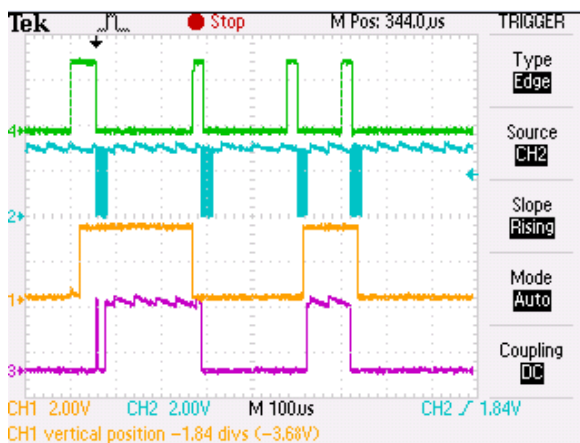
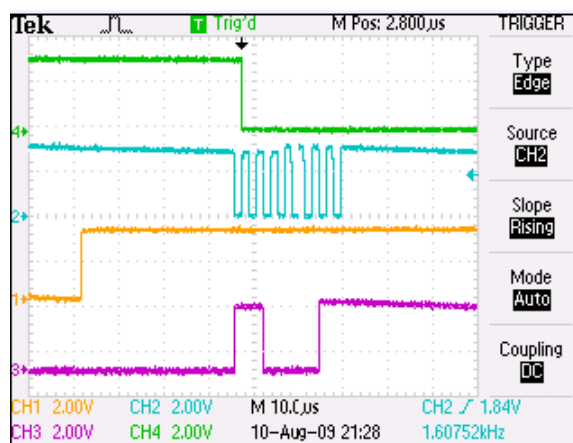


圖 2: SPI 轉換資料傳送



Ch4 : RDY

Ch2 : SCK



Ch1: MISO

Ch3 : MOSI

圖 3: SPI 資料波形



SPI-L 相對資料模式

透過 SPI 傳送每一通道相對資料，將每一通道濾波後的數值加以標準化取其相對數值 (relative values)。當操作者觸碰時，可取的最大的變化量，當數值 256 (0x100)時表示目前取得的數據與上次相同。當觸控或感應的相對變化數值過大時將進行學習，調整相對應資料。SPI-L 的模式下，每傳送一完整週期的資料為 12 位元組(如表 1)。

表 1：SPI-L – 通訊資料說明

		IQS221 傳送出的資料		IQS221 接收到的資料	
位元組 #	位元 #	內容	功能	內容	功能
1	7:0	0xFF	先導碼	先導命令	註解 ⁵
2	15:8	<ND CBA><cba><d>	先導碼 2 ¹	命令內容	註解 ⁵
3	23:16	CH[7:0] ²	動作通道	長度	註解 ⁶
4	31:24	相對值 I	高位元組	D/C	無效資料
5	39:32	相對值 I	低位元組	D/C	無效資料
6	47:40	相對值 II	高位元組	D/C	無效資料
7	55:48	相對值 II	低位元組	D/C	無效資料
8	63:56	相對值 III	高位元組	D/C	無效資料
9	71:64	相對值 III	低位元組	長度	註解 ⁶
10	79:72	界限 X(ThresholdX)	註解 ³	D/C	無效資料
11	87:80	界限 Y(ThresholdY)	註解 ³	D/C	無效資料
12	95:88	CRC	註解 ⁴	D/C	無效資料

SPI-M 實際資料輸出模式

透過 SPI 介面傳送目前輸入腳實際數值及濾波後數值。設計者可任選習慣的 MCU 作為接收端。SPI-M 的模式下，每傳送一完整週期的資料為 18 個位元組 (如表 2)。

表 2: SPI-M –通訊資料說明

		IQS221 傳送出的資料		IQS221 接收到的資料	
位元組 #	位元 #	內容	功能	內容	功能
1	7:0	0xFF	先導碼 1	先導命令	註解 ⁵
2	15:8	<ND CBA><cba><d>	先導碼 2 ¹	命令內容	註解 ⁵
3	23:16	CH[7:0]	動作通道	長度 (LENGTH)	註解 ⁶
4	31:24	通道實際數值(CS) I	高位元組	D/C(Don't Care)	無效資料
5	39:32	通道實際數值(CS) I	低位元組	D/C	無效資料
6	47:40	通道實際數值(CS) II	高位元組	D/C	無效資料
7	55:48	通道實際數值(CS) II	低位元組	D/C	無效資料



8	63:56	通道實際數值(CS)III	高位元組	D/C	無效資料
9	71:64	通道實際數值(CS)III	低位元組	長度(LENGTH)	註解 ⁶
10	79:72	濾波後數值(LT)I	高位元組	D/C	無效資料
11	87:80	濾波後數值(LT)I	低位元組	D/C	無效資料
12	95:88	濾波後數值(LT)II	高位元組	D/C	無效資料
13	103:96	濾波後數值(LT)II	低位元組	D/C	無效資料
14	111:104	濾波後數值(LT)III	高位元組	D/C	無效資料
15	119:112	濾波後數值(LT)III	低位元組	長度(LENGTH)	註解 ⁶
16	127:120	界限 X(ThresholdX)	註解 ³	D/C	無效資料
17	135:128	界限 Y(ThresholdY)	註解 ³	D/C	無效資料
18	143:136	CRC	註解 ⁴	D/C	無效資料

範例：當SPI傳送出 LENGTH = 0x04，時會取得15個位元組

啟動 SPI 模式後，當任意一個通道偵測到感應訊號時到 POUT 接腳會轉換成高準位，當觸碰時 BUZ 接腳會輸出。

註解 1: <ND> = 偵測到雜訊時為 1 (偵測雜訊功能必需啟動 – 初始為關閉)

<CBA> = 觸碰(III); 觸碰(II); 觸碰(I)

<cba> = 感應(III); 感應(II); 感應(I)

<d> = 第八個通道狀態

範例：當發送群組 A 的資料時(CX0, CX1 及 CX2)，如果偵測到 CX1 及 CX2，則<CBA> = 110

註解 2: 第二個位元組最後一個位元'd'加上第三個位元組，告知目前擷取到的資料是哪一個群組。

第四到第九個位元組分別代表此群組中三個通道取得的數值。

當此群組中的某一通道關閉時則對應的位元顯示的數值為 0。

範例：當發送群組 A (CX0,CX1 及 CX2)時，顯示為 d=0 那第三個位元組(Byte #3)等於 00000111。

當發送群組 C (CX6,CX7 及 CX8)時，顯示為 d=1 那第三個位元組(Byte #3)等於 11000000。

**註解 3:****表 3: 界限參數**

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
ThresholdX	PROXL VLSEL	TO7	TO6	TO5	TO4	TO2	TO1	TO0
ThresholdY	x	x	x	x	x	halt C	halt B	halt A

界限 X(ThresholdX) : 靈敏度設定(TO0~TO7)設定說明(參考表 7~14)。

PROXLVLSEL – 此位元在設定靈敏度準位至另一個刻度並且不受燒錄內容影響。

界限 Y(ThresholdY) : 顯示 IQS221 此群組中每個通道是否正常運作

註解 4: CRC 是將所有的位元組做互斥或(XOR)運算後的結果，可以配合先導碼做為同步訊號，並且可作為資料接收的正確性驗證。

註解 5: 可傳送資料到 IQS221 改變其設定值。可用命令如下:

表 4: SPI 命令

SPI 命令	功能
0xE1	感應/觸碰 設定
0xB4	參數設定
0xD2	命令設定

範例：修改靈敏度

傳送先導碼為 0xE1，並且參考表 6 格式修改 ThresholdX

註解 6: 每一週期封包長度設定。當 IQS221 接收到封包長度需求時將會傳送相對應的資料後加上 CRC 確認碼即結束此週期。第三個位元組時確認第一個位(1：傳送、0：停止)，第九個位元組時確認第二個位元，第十五位元組時確認第三個位元。

表 5: 資料長度封包

資料長度	停止位置
0x00	不要停止
0x01	只傳送三筆資料
0x02	只傳送九筆資料
0x04	只傳送十五筆資料

表 6: 界限 X 設定(ThresholdX data)

命令	0xE1							
	位元 7	位元 6	位元 5	位元 4	位元 3	位元 2	位元 1	位元 0
內容	PROXL SEL	TO7	TO6	TO5	TO4	TO2	TO1	TO0



位元 7 PROXLVLSEL: PROX 準位選擇控制位元

1 = 啟動另一種準位選擇(另一模式)

0 = 初始準位選擇(初始選項)

位元 6:0 TO7:TO0: TO 腳狀態控制位元(參考表 7~14)

表 7: CX8 觸碰靈敏度

TO4	TO2	Sensitivity Level (C _Δ)
LOW	LOW	A (1/32)
LOW	HIGH	C (2/16)
HIGH	LOW	B (1/16)
HIGH	HIGH	D (3/16)

表 8: CX[0:7] 觸碰靈敏度

TO1	TO0	Sensitivity Level (C _Δ)
LOW	LOW	A (1/32)
LOW	HIGH	C (2/16)
HIGH	LOW	B (1/16)
HIGH	HIGH	D (3/16)

表 9: Channel [7:0] – 感應靈敏度準位 (C_Δ)

		TO5	
		Low	High
PROX 準位選擇	初始選項	H (6)	F (2)
	另一模式	I (12)	L (disable)

表 10: Channel 8 - 感應靈敏度準位 (C_Δ)

		TO7 / TO6	TO7 / TO6	TO7 / TO6	TO7 / TO6
		LOW / LOW	LOW / HIGH	HIGH / LOW	HIGH / HIGH
PROX 準位選擇	初始選項	H (6)	I (12)	G (4)	F (2)
	另一模式	Least Sensitive (16)	E (1)	K (8) Sensitive	L (disable)

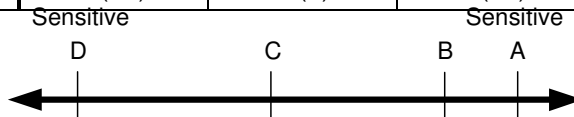


圖 4: Touch Sensitivity Scale



圖 5: Proximity Sensitivity Scale



表 11: Channel [7:0] -內部 TOUCH 靈敏度準位

CH[7:0] – 內部 TOUCH 靈敏度準位(C _Δ)	Sensitivity Level*
Level 1 (靈敏度最高){初始值}	A (1/32)
Level 2	B (1/16)
Level 3	C (2/16)
Level 4 (靈敏度最低)	D (3/16)

表 12: Channel 8 -內部 TOUCH 靈敏度準位(C_Δ)

	TO4	
	LOW	HIGH
CH8 – Internal TOUCH Sensitivity: {初始值}	A (1/32)	B (1/16)
CH8 – Internal TOUCH Sensitivity:	C (2/16)	D (3/16)

表 13: Channel [7:0] – 感應靈敏度準位(C_Δ)

	PROX Level Selection	
	Default	Alternative
Prox[7:0]: {初始值}	H (6)**	I (12)
Prox[7:0]:	F (2)	L (Disable)

表 14: Channel 8 - 內部 TOUCH 靈敏度準位 (C_Δ)

	PROX Level Selection	
	Default	Alternative
Prox[8]: Level 1 (靈敏度最高)	F (2)	L (Disable)
Prox[8]: Level 2 {初始值}	H (6)	J (16)
Prox[8]: Level 3	G (4)	K (32)
Prox[8]: Level 4 (靈敏度最低)	I (12)	E (1)

表 15: 參數設定

命令	0xB4							
	位元 7	位元 6	位元 5	位元 4	位元 3	位元 2	位元 1	位元 0
內容	SHIELD	ZOOM	HALT1	HALT0	FASTCH ARGE	LP1	LP0	XLP

位元 7 **SHIELD:** 屏蔽(Shield)功能啟動/關閉控制位元

1 = 啟動屏蔽功能

0 = 關閉屏蔽功能

位元 6 **ZOOM:** 急速偵測(Zoom) 功能啟動或關閉控制位元

1 = 關閉急速偵測功能

0 = 啟動急速偵測功能

位元 5:4 **HALT1/HALT0:** 觸發時停止(Halt)將數據代入平均計算的時間(T_{HALT})

11 = 觸發後所有數值不代入計算平均值

10 = 所有數值均代入計算平均值

01 = 觸發後停止攔取 40s 計算平均數值

00 = 觸發後停止攔取 20s 計算平均數值



- 位元 3 **FASTCHARGE:** 快速充電功能啟動或關閉控制位元
 1 = 啟動快速充電功能 ($T_{SAMPLE} = \pm 15ms$)
 0 = 關閉快速充電功能 ($T_{SAMPLE} = \pm 20ms$)

- 位元 2:1 **LP1/LP0:** 低耗電模式選擇 (只能使用在 OPT1 為低電位或者命令為 0xD2)
 11 = 440ms
 10 = 330ms
 01 = 220ms
 00 = 110ms

- 位元 0 **XLP =** 增加低耗電模組啟動或關閉控制位元
 1 = 啟動低耗電模組
 0 = 關閉低耗電模組

表 16: 命令設定

命令	0xD2							
	位元 7	位元 6	位元 5	位元 4	位元 3	位元 2	位元 1	位元 0
內容	RESEED	-	-	NP/LP	SLEEP	STOPSPI	ND	CONVDIV

- 位元 7 **RESEED:** 擷取目前的 8 組數值取代現有平均值
 1 = 取代目前平均值
 0 = 濾波器不影響

- 位元 6 保留
- 位元 5 保留
- 位元 4 **NP/LP:** 標準電源模式 / 低電源模式選擇
 1 = 低電源模式
 0 = 標準電源模式

- 位元 3 **SLEEP:** 睡眠模式啟動或停止控制位元 ⁷
 1 = 啟動睡眠模式
 0 = IQS221 不影響

- 位元 2 **STOPSPI:** 停止 SPI 通訊模式 啟動/關閉控制位元
 1 = 啟動 STOPSPI
 0 = IQS221 不影響

- 位元 1 **ND =** 雜訊偵測啟動/關閉控制位元
 1 = 關閉雜訊偵測
 0 = 啟動雜訊偵測

- 位元 0 **CONVDIV =** 設定轉換頻率
 1 = 約 125kHz
 0 = 約 250kHz



寫入的先導碼內容，如果不是以上資料將會被忽略。

參數詳細功能請參考IC規格書。

註解 7: 如果 IQS221 接收到 SLEEP 的命令，將會停止轉換資料並且停止串列介面的傳送。直到 OPT2 收到一個上緣信號。IQS221 將會被喚醒並且開始轉換內容重新啟動串列介面，主元件必須等待 RDY 訊號後重新接收新的資料。

註解 8: 當 IQS221 收到 STOPSPI 的命令將會完整的傳送完本周期的資料後停止所有通訊。

當 OPT2 接收到一個外部的低準位訊號，此時串列介面可以使用以下任一方式繼續接收資料：

- a.) 如果 IQS221 偵測到感應訊號 RDY 腳將會將會拉到高準位，指示主元件可以繼續接收串列資料。
- b.) 主元件必須將從元件的/SS 接腳拉至低準位，代表要開始傳送串列訊號(當要選擇裝置時)，此時主元件也必須等待從元件 RDY 訊號。

在 SLEEP 及 STOPSPI 模式下，可以將/SS 及 OPT2 接腳連接在一起，這樣 MCU 就不需要提供額外的輸出腳來在喚醒 IQS221。



PRETORIA OFFICE

Physical Address
160 Witch Hazel Avenue
Hazel Court 1, 1st Floor
Highveld Techno Park
Centurion, Gauteng
Republic of South Africa

Postal Address
PO Box 16767
Lyttelton
0140
Republic of South Africa

Tel: +27 12 665 2880
Fax: +27 12 665 2883

PAARL OFFICE

Physical Address
109 Main Street
Paarl
7646
Western Cape
Republic of South Africa

Postal Address
PO Box 3534
Paarl
7620
Republic of South Africa

Tel: +27 21 863 0033
Fax: +27 21 863 1512

WWW.AZOTEQ.COM

ProxSenseSupport@azoteq.com

The following patents relate to the device or usage of the device: US 6,249,089 B1, US 6,621,225 B2, US 6,650,066 B2, US 6,952,084 B2, US 6,984,900 B1, US 7,084,526 B2, US 7,084,531 B2, EP 1 120 018 B1, EP 1 206 168 B1, EP 1 308 913 B1, EP 1 530 178 B1, HK 104 1401A, ZL 99 8 14357.X, AUS 761094

IQ Switch, ProxSense, AirButton and the IQ logo are trademarks of Azoteq.

The information appearing in this Data Sheet is believed to be accurate at the time of publication. However, Azoteq assumes no responsibility arising from the use of the specifications described. The applications mentioned herein are used solely for the purpose of illustration and Azoteq makes no warranty or representation that such applications will be suitable without further modification, nor recommends the use of its products for application that may present a risk to human life due to malfunction or otherwise. Azoteq products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems. No licenses to patents are granted, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. Azoteq reserves the right to alter its products without prior notification. For the most up-to-date information, please contact ProxSenseSupport@azoteq.com or refer to the website.