

HT67F50 使用 SIM SPI Mode 之用法

文件編碼：AN0252T

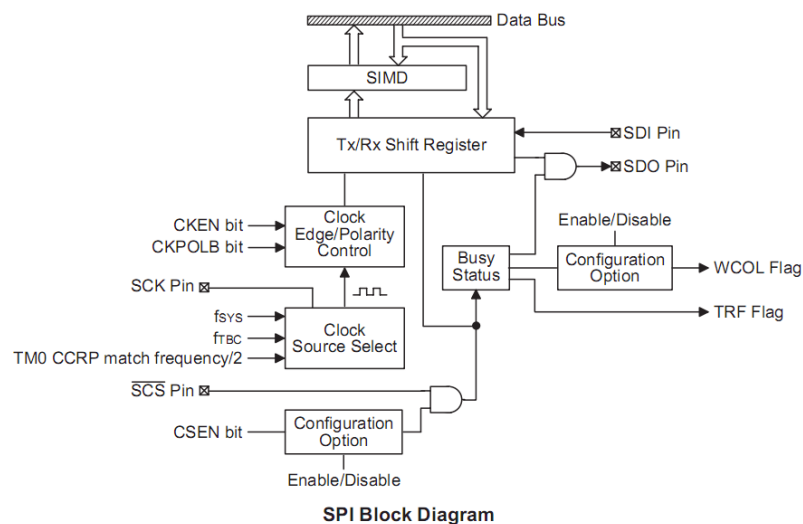
簡介

HT67F50 內建有一個 Serial Interface Module 模組 (包括 SPI 和 I²C 兩種總線模式) 和一個具有獨立 SPI 功能模組 SPIA，本文以 HT67F50 為母體，介紹使用 SPI 進行資料傳輸的方法和注意事項。

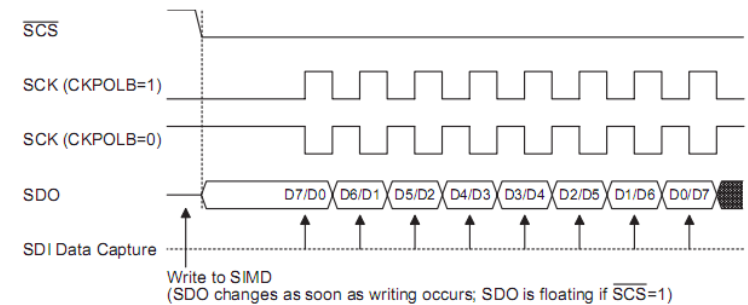
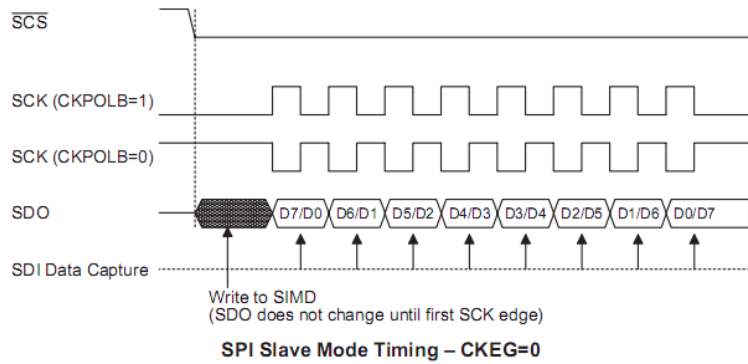
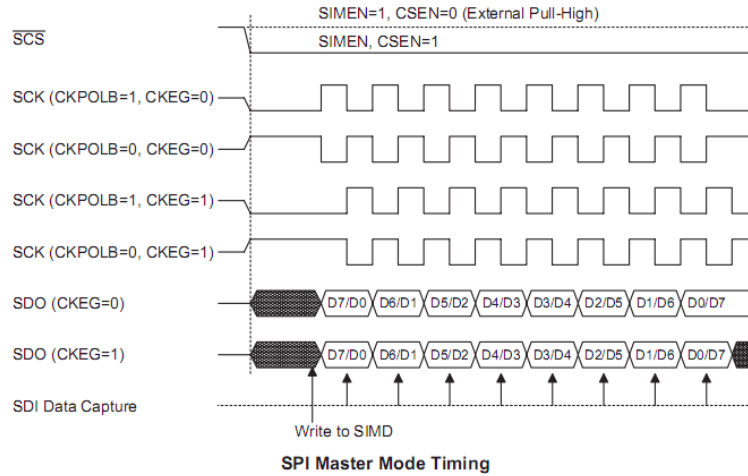
SPI Interface

SPI (Serial Peripheral Interface) 是一個全雙工串列資料傳輸器，最初由摩托羅拉設計，其允許多種設備通過 SPI 總線進行相互通信。設備之間通過主/從技術，只有主機能夠發起資料的傳遞。一個簡單的四線信號總線被用來進行所有的通信，這四線信號線與普通的 I/O 埠共用。

SIM 模組中的 SPI



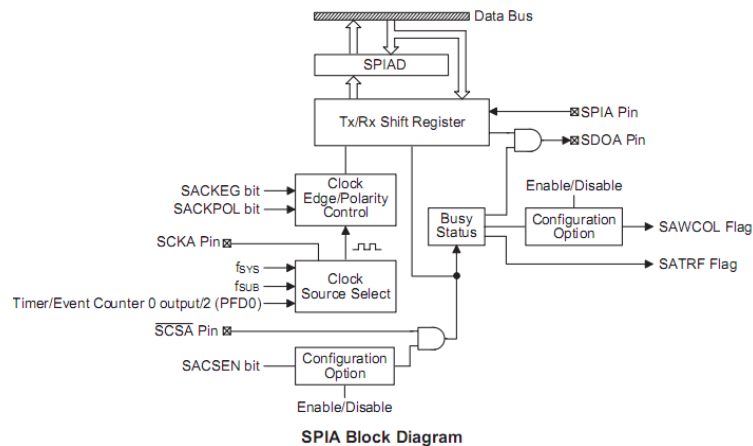
SIM SPI 介面是一個全雙工的串列資料連接，串列介面功能有 4 根基本信號線，包含 SDO (串列資料輸出)，SDI (串列資料輸入)，SCK (串列時鐘) 和 \overline{SCS} (從機選擇)，這 4 根基本信號線系統默認與 PC1、PC0、PA7、PA6 I/O 共用，具體可由暫存器 PRM0 的 SIMPS1、SIMPS0 位元控制改變共用的 I/O Pin。注意的是，從機選擇線的條件是由 SIMC2 控制暫存器內的 CSEN 位元決定的。如果 CSEN 被置位， \overline{SCS} 線有效，但如果 CSEN 被清零，那麼 \overline{SCS} 線將處於浮空狀態。下面的時序圖描述了 SPI 總線的主模式和從模式下的時序協定。



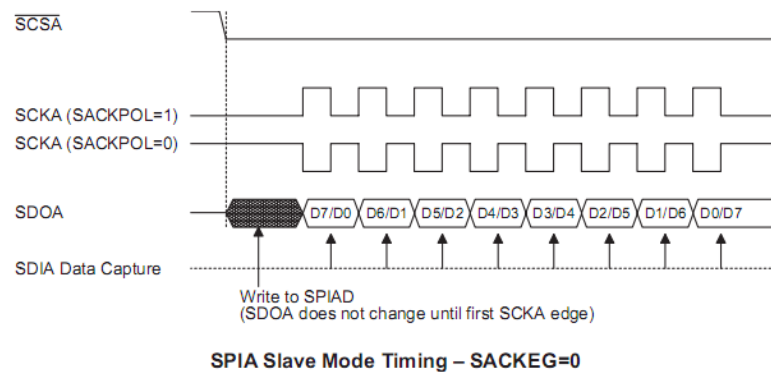
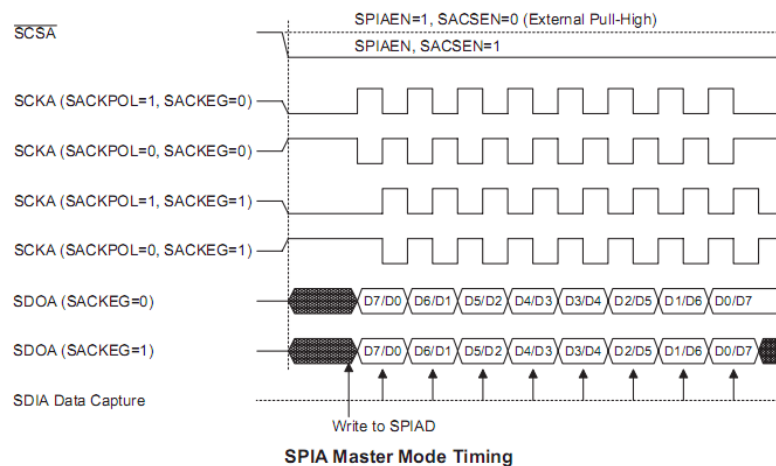
Note: For SPI slave mode, if SIMEN=1 and CSEN=0, SPI is always enabled and ignores the \overline{SCS} level.

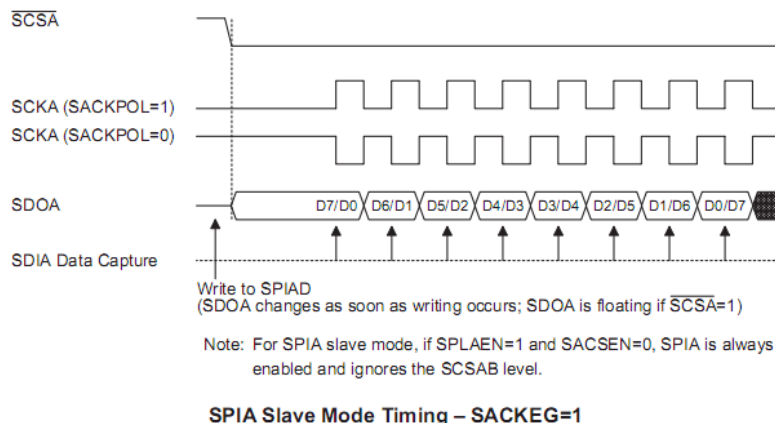
SPI Slave Mode Timing – CKEG=1

獨立 SPI 模組 SPIA



SPIA 介面是一個全雙工的串列資料連接，串列介面功能有 4 根基本信號線，包含 SDOA (串列資料輸出)、SDIA (串列資料輸入)、SCKA (串列時鐘) 和 $\overline{\text{SCSA}}$ (從元件選擇)，這 4 根基本信號線分別與 PA3~PA0 I/O 共用。注意的是，從機選擇線的條件是由 SPIAC1 控制暫存器內的 SACSSEN 位元決定的。如果 SACSSEN 被置位， $\overline{\text{SCSA}}$ 線有效，但如果 SACSSEN 被清零，那麼 $\overline{\text{SCSA}}$ 線將處於浮空狀態。下面的時序圖描述了 SPIA 總線的主模式和從模式下的時序協定。





Operation Declaration

SIM 模組中的 SPI

SIM 中的 SPI 的介面與 I/O 功能和 I²C 共用腳位，系統默認 SDO 與 PC1 共用，SDI 與 PC0 共用 (I²C 模式下，此引腳為 SDA)，SCK 與 PA7 共用 (I²C 模式下，此引腳為 SCK)，SCS 與 PA6 共用。可通過改變暫存器 PRM0 的 SIMPS1、SIMPS0 控制位元狀態來改變共用的 I/O Pin，具體如下所示：

PRM0 Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	C1XPS1	C1XPS0	C0XPS1	C0XPS0	SIMPS1	SIMPS0	PCKPS1	PCKPS0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

- Bit 3~2 **SIMPS1, SIMPS0**: SIM Pin Remapping Control
 00: SDO on PC1; SDI/SDA on PC0; SCK/SCL on PA7; SCSB on PA6
 01: SDO on PC5; SDI/SDA on PC4; SCK/SCL on PC3; SCSB on PC2
 10: SDO on PG5; SDI/SDA on PG4; SCK/SCL on PG3; SCSB on PG2
 11: Undefined
- Bit 1~0 **PCKPS1, PCKPS0**: PCK and PINTB Pin Remapping Control
 00: PCK on PA5; PINTB on PA4
 01: PCK on PC1; PINTB on PC0
 10: PCK on PG1; PINTB on PG0
 11: Undefined

打開 SPI 功能，你必須首先將配置選項的 SIM Function 選擇為 Enable，然後設定好 SIMC0 和 SIMC2 暫存器值。

HT67F50 與 SIM SPI 功能相關的暫存器一共有 3 個。它們是 SIMD、SIMC0、SIMC2。

SIMD 暫存器被用來儲存馬上要傳輸或者剛接收到的資料。它是和 I²C 共用的，在 HT67F50 SIM 模組中，SPI 與 I²C 只能二選其一。要把資料寫入 SPI 總線，資料必須要放入 SIMD 暫存器才能被得到傳輸。相應的在資料從 SPI 總線接收到後，也只能從 SIMD 暫存器中讀出資料。總之，任何通過 SPI 總線進行傳送和接受的資料都必須通過 SIMD 暫存器。

SIMD Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

"x" unknow

SIMC0 暫存器也是 SPI 和 I²C 共用的，它被用來打開或者關閉串列介面功能，設置 SPI 總線資料傳輸的時鐘頻率。

SIMC0 Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIM2	SIM1	SIM0	PCKEN	PCKP1	PCKP0	SIMEN	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	1	1	1	0	0	0	0	—

- SIMEN：這一個 bit 在總體上控制 SPI 介面的開與關，當 SIMEN 位元被清為 0 時，將關閉掉 SPI 介面功能。SDI、SDO、SCK 與 \overline{SCS} 將會處於浮空狀態，此時，SPI 工作電流將變為一個極小值。當這一位變為 1 時，SPI 功能將打開。當然，必須要先在配置選項中打開 SIM 功能，這一位元才會有效。要注意到地方是，當 SIMEN 位元從 0 變為 1 時，此時 SPI 的控制暫存器將會變為無法預測的值，因此，每當 SIMEN 位元從 0 變為 1 時，應用程式必須要重新初始化 SPI 的控制暫存器。
- SIM0~SIM2：這幾位元用來設定 SIM 功能的操作模式，也就是選擇 I²C 功能或者選擇 SPI 功能。如果選擇了 SPI 功能，還將選擇主/從模式、主機的時鐘頻率，時鐘可以選擇為系統時鐘，也可以來源於 TM0 CCRP Match 的二除頻。如果選擇從模式，將不用選擇時鐘，它的時鐘由它的主機提供。具體情況由下圖所示：

SIM2, SIM1, SIM0: SIM Operating Mode Control

000: SPI master mode; SPI clock is $f_{SYS}/4$
001: SPI master mode; SPI clock is $f_{SYS}/16$
010: SPI master mode; SPI clock is $f_{SYS}/64$
011: SPI master mode; SPI clock is f_{TBC}
100: SPI master mode; SPI clock is TM0 CCRP match frequency/2
101: SPI slave mode
110: I²C slave mode
111: Unused mode

- PCKEN、PCKP1、PCKP0 這三個暫存器用於控制外圍時鐘輸出。此週邊設備時鐘輸出引腳 PCLK 系統默認與 I/O 引腳 (PA6) 共用，具體可由 PRM0 暫存器的 PCKPS1、PCKPS0 位元控制，如下所示：

Bit 1~0 PCKPS1, PCKPS0: PCK and PINTB Pin Remapping Control

00: PCK on PA5; PINTB on PA4
01: PCK on PC1; PINTB on PC0
10: PCK on PG1; PINTB on PG0
11: Undefined

- PCKEN：這個位元在總體上控制外圍時鐘輸出的開與關。
- PCKP0、PCKP1：選擇外圍時鐘輸出的時鐘來源，如下表：

PCKP1, PCKP0: Select PCK output pin frequency

00: f_{SYS}
01: $f_{SYS}/4$
10: $f_{SYS}/8$
11: TM0 CCRP match frequency/2

SIMC2 暫存器是 SPI 和 I²C 共用的。I²C 模式下，此暫存器 I²C 串列通訊的位址暫存器 SIMA；SPI 模式下，此暫存器為 SPI 串列通訊的控制暫存器。

SIMC2 Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	CKPOLB	CKEG	MLS	CSEN	WCOL	TRF
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

- TRF：傳送/接收完成旗標位元，當傳送或者接收完成後，它將自動的設定為 1。需要軟體清除。
- WCOL：主/從模式下，若正在發送資料或接收資料，寫入 SIMD 暫存器將會設定 WCOL 位元，且寫入資料被忽略。WCOL 功能可由配置選項打開或者關閉。WCOL 由硬體設定位元，軟體清除為 0。
- CSEN：串列介面片選功能打開/關閉。若 CSEN=1， \overline{SCS} 片選功能有效。主模式下，在 SCK 信號輸出前先輸出 \overline{SCS} 片選信號；而在從模式下，接收到 \overline{SCS} 信號前(後)，資料傳輸被關閉(打開)。若 CSEN=0， \overline{SCS} 引腳處於浮空狀態，選片功能失效，此時可在外部對 \overline{SCS} 引腳 Pull-High 以實現片選功能。CSEN 功能可由配置選項打開或者關閉。
- MLS：MSB 或 LSB 選擇位元。也就是傳輸時高位元優先或者低位元優先。
- CKEG 和 CKPOLB：這兩位元在資料傳輸前必須進行設定，否則，一個錯誤的時鐘源會被產生。CKPOLB 位元決定時鐘線的基本狀態，當這一位元為高時，時鐘線在不活動的狀態下將為低，反之為高。CKEG 位元決定時鐘線有效時的時鐘源類型，它將依賴於 CKPOLB 的值，下面是這 2 位元組合起來的情況。

CKPOLB	CKEG	SCK Clock Signal
0	0	High Base Level Active Rising Edge
0	1	High Base Level Active Falling Edge
1	0	Low Base Level Active Falling Edge
1	1	Low Base Level Active Rising Edge

獨立 SPI 模組 SPIA

SPIA 的介面與 I/O 功能共用腳位，SDOA 與 PA3 共用，SDIA 與 PA2 共用，SCKA 與 PA1 共用， \overline{SCSA} 與 PA0 共用。打開 SPIA 功能你必須首先將配置選項的 SPI1 選擇為 Enable，然後設定好 SPIAC0 和 SPIAC1 暫存器值。

與 SPIA 功能相關的暫存器一共有 3 個。它們是 SPIAD、SPIAC0、SPIAC1，這些暫存器與 SIM SPI 相關的控制暫存器相對應，如下表所示：

SIM SPI		SPIA
暫存器名稱		暫存器名稱
SIMD	→	SPIAD
SIMC0	→	SPIAC0
SIMC2	→	SPIAC1

與 SIM SPI 控制暫存器不同的是，SPIA 的控制暫存器是獨立的，與 I²C 的控制無關。

SPIAD 暫存器被用來儲存馬上要傳輸或者剛接收到的資料。SPIA 總線進行傳送和接受的資料都必須通過 SPIAD 暫存器。

SPIAD Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	x	x	x	X	x	X	x	x

"x" unknown

SPIAC0 暫存器用來打開或者關閉串列介面功能，設定 SPIA 總線資料傳輸的時鐘頻率。

SPIAC0 Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SASPI2	SASPI1	SASPI0	—	—	—	SPIAEN	—
R/W	R/W	R/W	R/W	—	—	—	R/W	—
POR	1	1	1	0	0	0	0	0

- SPIAEN：這一個 Bit 在總體上控制 SPIA 介面的開與關，當 SPIAEN 位元被清為 0 時，將關閉掉 SPIA 介面功能。與 SIM SPI 的控制 Bit SIMEN 相當。
- SASPI2~SASPI0：這幾位元用來設定 SPIA 功能的操作模式，選擇主/從模式、主機的時鐘頻率，時鐘可以選擇為系統時鐘，也可以來源於計時器。如果選擇從模式，將不用選擇時鐘，它的時鐘由它的主機提供。具體情況由下圖所示：

SASPI2~SASPI0: Master/Slave Clock Select

000 : SPIA master, $f_{SYS}/4$

001 : SPIA master, $f_{SYS}/16$

010 : SPIA master, $f_{SYS}/64$

011 : SPIA master, f_{SUB}

100 : SPIA master, TP0 CCRP match frequency/2 (PFD)

101 : SPIA slave

SPIAC1 為 SPIA 串列通訊的控制暫存器。

SPIAC1 Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	SACKPOL	SACKEG	SAMLS	SACSEN	SAWCOL	SATRF
R/W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

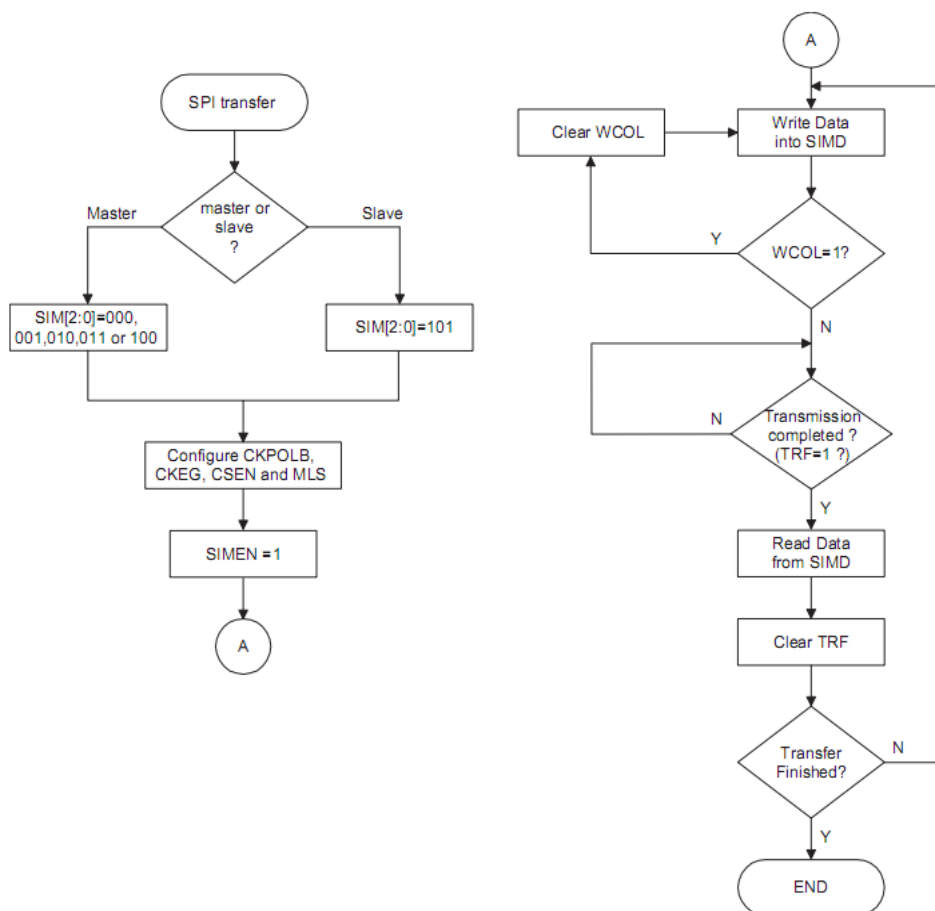
- SATRF：傳送/接收完成旗標位元，當傳送或者接收完成後，它將自動的設定 1。需要軟體清除。
- SAWCOL：主/從模式下，若正在發送資料或接收資料，寫 SPIAD 暫存器將會設定位元 SAWCOL，且寫入資料被忽略。SAWCOL 功能可由配置選項打開或者關閉。SAWCOL 由硬體設定位元，軟體清除為 0。
- SACSEN：串列介面片選功能打開/關閉。若 SACSEN=1， \overline{SCSA} 片選功能有效。主模式下，在 SCK 信號輸出前輸出 \overline{SCSA} 片選信號；而在從模式下，接收到 \overline{SCSA} 信號前(後)，資料傳輸被關閉(打開)。若 SACSEN=0， \overline{SCSA} 引腳處於浮空狀態，選片功能失效，此時可在外部對 SCSA 引腳 Pull-High 以實現片選功能。SACSEN 功能可由配置選項打開或者關閉。
- SAMLS：MSB 或 LSB 選擇位元。也就是傳輸時高位元優先或者低位元優先。

- SACKEG 和 SACKPOL：這兩位元在資料傳輸前必須進行設定，否則，一個錯誤的時鐘源會被產生。SACKPOL 位元決定時鐘線的基本狀態，當這一位元為高時，時鐘線在不活動的狀態下將為低，反之為高。SACKEG 位元決定時鐘線有效時的時鐘源類型，它將依賴於 SACKPOL 的值，下面是這 2 位元組合起來的情況。

SACKPOL	SACKEG	SCK Clock Signal
0	0	High Base Level Active Rising Edge
0	1	High Base Level Active Falling Edge
1	0	Low Base Level Active Falling Edge
1	1	Low Base Level Active Rising Edge

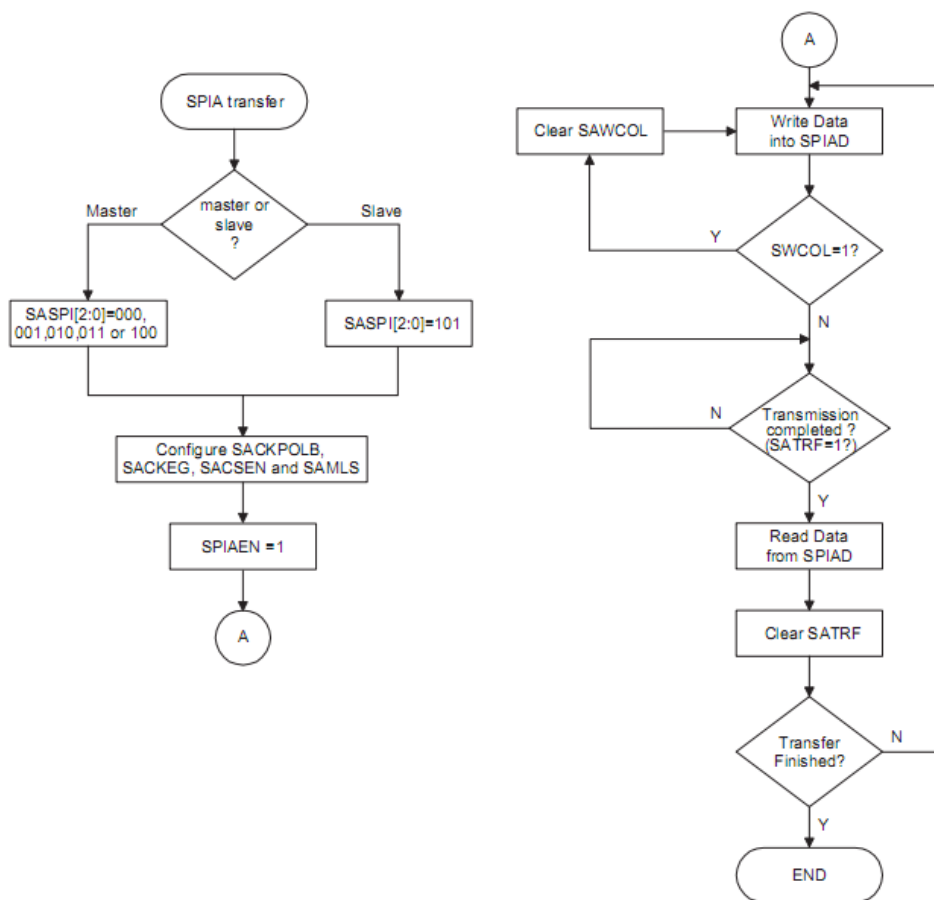
S/W Flowchart

SIM SPI 傳輸控制的流程圖如下：



SPI Transfer Control Flowchart

SPIA 傳輸控制的流程圖如下：



SPIA Transfer Control Flowchart

SIM SPI 操作

在主/從機模式下，所有的通信都通過使用 SPI 匯流排得以實現。時序圖顯示了基本的總線操作。SPI 傳輸過程中，主機在輸出 SCK 信號前，通過傳輸一個 $\overline{\text{SCS}}$ 信號選擇從機，當 CSEN=0, $\overline{\text{SCS}}$ 引腳需外部 Pull-High，如 SPI Master Mode Timing 圖所示。從模式在 $\overline{\text{SCS}}=1$ 時，SDO 為浮空， $\overline{\text{SCS}}=0$ 時，SDO 有效。從模式下，若 CSEN=0，不管 $\overline{\text{SCS}}$ 狀態如何（為高準位或為低準位），只要 SIMEN=1，SPI 就處於有效狀態。SIMC0 暫存器的 SIMEN 位必須設定位元，其可以將 SDI 引腳設成浮空狀態並且將 SDO 引腳設定高位元。在從模式下，SCK 引腳將處於浮空狀態。如果 SIMEN 位元清除為零，那麼總線將被禁止，並且 $\overline{\text{SCS}}$ 、SDI、SDO 和 SCK 將全都處於浮空狀態。在主模式下，主機將始終產生時鐘信號。在資料被寫入 SIMD 暫存器後，將啟動時鐘和資料的傳遞。在從模式下，資料的傳遞和接受將通過接收來自外部主機設備的時鐘信號來啟動。下面的步驟顯示了在主/從模式下資料傳遞遵循的順序。

主模式

- 步驟 1
設定 SIMC0 控制暫存器的 SIM0~SIM2 位元來選擇主模式和串列傳輸速率。
- 步驟 2
設定 CSEN 並利用 MLS 來選擇資料從高位元還是低位元開始，從機必須保持一致。
- 步驟 3
設定 SIMC0 控制暫存器的 SIMEN 位元來打開 SPI。
- 步驟 4
將欲傳出資料寫入 SIMD，檢查 WCOL：WCOL=1 → 發生衝突錯誤，並跳至步驟 4。
WCOL=0 → 跳至步驟 5。
- 步驟 5
輸出 CLK 信號和 SIMD 資料信號 → 使用 SDO 引腳輸出資料 → 跳至步驟 6。
- 步驟 6
檢查 TRF 或等待 SPI 串列總線中斷。
- 步驟 7
從 SIMD 暫存器讀取資料。
- 步驟 8
清除 TRF。
- 步驟 9
返回步驟 4。

從模式

- 步驟 1
設定的 SIM0~SIM2 位元為 101 來選擇從模式。
- 步驟 2
設定 CSEN 並利用 MLS 來選擇資料從高位元還是低位元開始，主機必須保持一致。
- 步驟 3
設定 SIMC0 控制暫存器的 SIMEN 位元來打開 SPI 介面。
- 步驟 4
將資料寫入 SIMD，檢查 WCOL：WCOL=1 → 發生衝突錯誤，並跳至步驟 4。
WCOL=0 → 跳至步驟 5
- 步驟 5
等待主機時鐘和 \overline{SCS} 信號 → 使用 SDO 引腳輸出資料 → 跳至步驟 6。
- 步驟 6
檢查 TRF 或等待 SPI 串列總線中斷。
- 步驟 7
從 SIMD 暫存器讀取資料。
- 步驟 8
清除 TRF。
- 步驟 9
返回步驟 4。

SPIA 操作

SPIA 操作與 SIM SPI 的操作類似，這裡不再說明。

SPI 配置選項

一些配置選項必須通過設備的程式來設定後用作 SPI 介面功能。SIM SPI 有一個配置選項用來在 SIMC2 暫存器使能 WCOL 的操作和寫衝突位元；另一個配置選項用來禁止或使能 SIMC0 暫存器中的 CSEN 位元。如果配置選項禁止 CSEN 位元，那麼 CSEN 將不能用來影響 SPI 匯流排所有的控制。SIMC2 暫存器的 WCOL 位元用來在資料傳送中提示寫入衝突錯誤。當資料傳遞操作中出現寫 SIMD 暫存器的現象時，WCOL 位元會提示資料衝突並且防止繼續進行寫入操作。WCOL 位元將通過硬體被設定位元，但必須通過用戶應用程式來清除為零。WCOL 位元的全部功能可以通過配置選項來禁止或打開。

同理，使用 SPIA 時，需相應地使能對應的配置選線。

程式注意事項

使用 SIM SPI 時，應注意共用引腳的設定，例如使用系統默認 SPI 的 4 根通訊引腳中的 SDI、SDO 與 PC0、PC1 共用，同時與 TP1B0、TP1B1 共用，可設定 TP1B1PS~TP1B0PS=11 使得 TP1B0、TP1B1 與 PD4、PD3 共用，繼而實現 SPI 資料傳輸功能。使用 SPIA 時，設定 COSEL=0、COOS=1，繼而實現 SPIA 的資料傳輸。

程式說明

本範例中，利用 2 塊 HT67F50 IC 分別使用 SIM SPI 和 SPIA 設定為主機和從機進行 SPI 全雙工傳輸。主從機選擇受 I/O 控制如下：

I/O 狀態		主從機模式傳輸狀態	I/O 狀態	
HT67F50 SIM-SPI	HT67F50 SPIA		HT67F50 SIM-SPI or SPIA	
PB7	PB7		PE Port	PF Port
1	0	SIM SPI 為主機，SPIA 為從機	發送數據輸入端	接收數據輸出端
0	1	SIM SPI 為從機，SPIA 為主機	發送數據輸入端	接收數據輸出端

本範例由主程式以及 SPI 的服務程式 2 部分組成，在主程式中，會對 MCU 進行初始化操作，主要是對 SPI 的相關暫存器進行初始化操作。

SPI 的服務程式 spi_Transmission 副程式中，會將 PE 中的資料發送到 SPI 總線，會將從 SPI 總線上接收到的資料保存到 PF 中輸出，用戶可以自行修改；SPIA 的服務程式 spia_Transmission 副程式中，會將 PE 中的資料發送到 SPIA 總線，會將從 SPIA 總線上接收到的資料保存到 PF 中輸出，用戶可以自行修改。

配置選項中，要使用 SIM SPI 總線，必須打開 SIM Function、WOCL 和 CSEN。要使用 SPIA 總線，必須打開 SPI1、SPI1 WOCL 和 SPI1 CSEN。其他選項由用戶使用情況決定。

程式範例

SIM SPI 主/從機輸入/輸出程式

Configuration Option :

```

OSC:                                HIRC, Filter OFF
Internal RC:                        4M@Vdd= 5V
SIM Function:                       SIM enable(SPI/I2C)
SPI S/W WCOL:                       Enable
SPI S/W CSEN :                      Enable
;other option select by user.

```

程式代碼及說明：見附件。

與之相對應 SPIA 的主/從機輸入/輸出程式

Configuration Option :

```

OSC:                                HIRC, Filter OFF
Internal RC:                        4M@Vdd= 5V
SPI1:                               Enable
SPI1 WCOL:                          Enable
SPI1 CSEN :                         Enable
;other option select by user.

```

程式代碼及說明：見附件。

Conclusions

本文講解了 HT67F50 的 SPI 相關的操作與注意事項，使用範例利用 HT67F50 SIM SPI 與 HT67F50 SPIA 分別設定為主機和從機進行 SPI 全雙工傳輸正常。用戶可以在自己的程式中直接插入相應的 IP，根據自己的需要按照附件程式說明自行修改。附件為 HT67F50 的 SIM SPI 和 SPIA 的使用程式。