

24-Bit Sigma-Delta ADC

Ver2.0

For Bridge Sensor, Pin-Programmable, low Power

XM24HT+

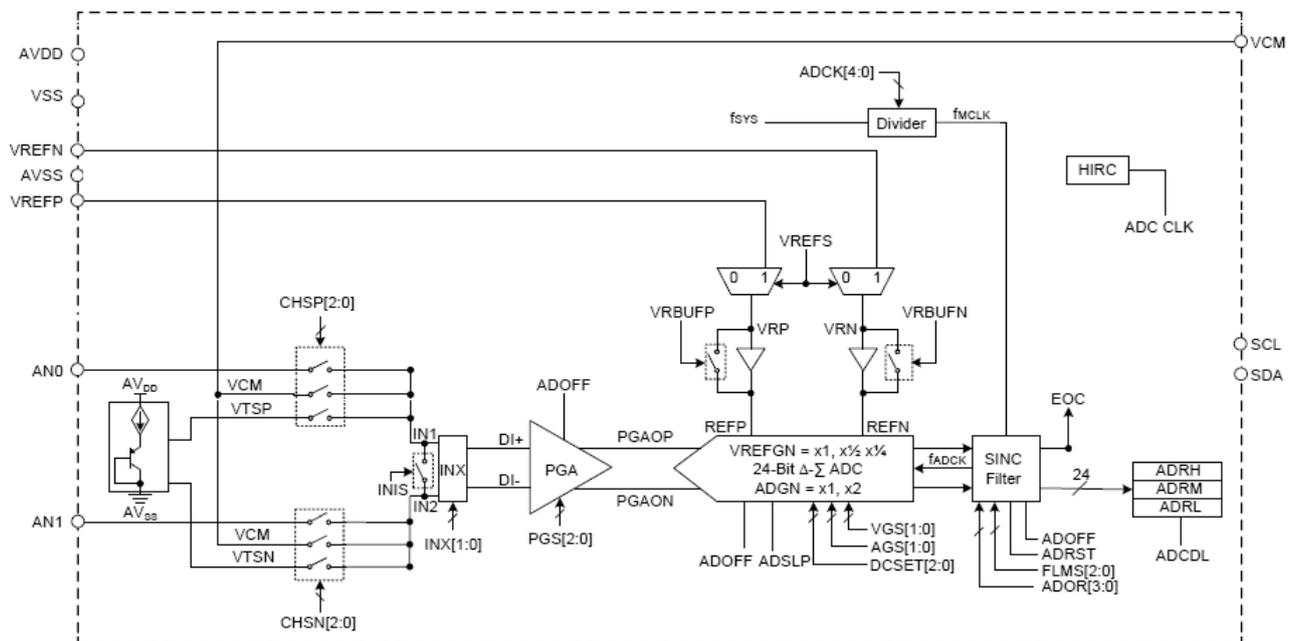
功能特性

- 寬工作電壓：2.4V~5.5V
- 內部可程式設計增益放大器1~128(256)
- 內部I2C介面用於外部通信
- 5Hz~1.6kHz ADC 輸出資料傳輸率
- 內置溫度感測器用於補償
- INL 50ppm
- 封裝類型：8-pin SOP

應用場合

- 電子秤
- 液體/氣體化學分析
- 智能變換器
- 可攜式設備
- 儀器儀錶
- 健康監測設備
- 精密感測器

功能方塊圖



概述

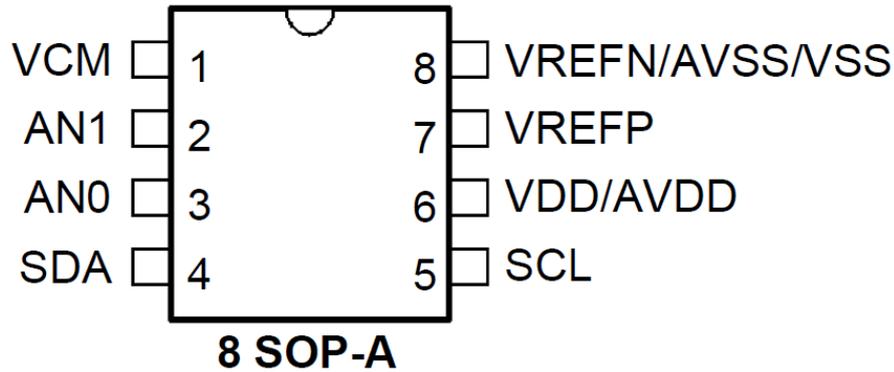
XM24HT+ 是一款內建可程式設計增益放大器的多通道 24-bit 的 Delta Sigma A/D 轉換器，專門為與類比信號差分介面應用而設計。

該芯片具有低雜訊和高精度的性能，並可通過內部 I2C 匯流排與外部硬體進行通信。

這種功能高度集成的 Delta Sigma A/D 轉換器具有高精度和低功耗的規格，為與外部感測器的介面提供了卓越的解決方案，特別適用於電池供電應用。

芯片引腳

引腳圖



引腳說明

引腳順序	引腳名稱	類型	說明
1	VCM	AI	ADC 輸入通道 COM
2	AN1	AI	ADC 輸入通道 1
3	AN0	AI	ADC 輸入通道 0
4	SDA	I/O	I2C 數據線
5	SCL	I	I2C 時鐘線
6	VDD	PWR	數位正電源電壓
	AVDD	PWR	類比正電源電壓
7	VERFP	AI	正極參考輸入電壓
8	VERFN	AI	負極參考輸入電壓
	AVSS	PWR	類比負電源電壓
	VSS	PWR	數位負電源電壓

引腳類型注釋

引腳類型	說明
I	數位輸入
I/O	數位輸入/ 輸出
AI	模擬輸入
PWR	電源

極限參數

供應電壓..... VSS-0.3V~VSS+6.0V	儲存溫度..... -50°C~125°C
IOL 總電流 80mA	總功耗..... 500mW
輸入電壓.....VSS-0.3V~ VDD+0.3V	工作溫度..... -40°C~85°C
IOH 總電流 -80mA	

注：這裡只強調額定功率，超過極限參數所規定的範圍將對芯片造成損害，無法預期芯片在上述標示範圍外的工作狀態，而且若長期在標示範圍外的條件下工作，可能影響芯片的可靠性。

直流電氣特性

工作溫度：-40°C~85°C · 典型值 Ta=25°C

符號	參數	測試條件		最小值	典型值	最大值	單位
		VDD	條件				
VDD	工作電壓 (HIRC)	—	f _{SYS} =f _{HIRC} =4.9152MHz	2.4	—	5.5	V
IDD	工作電流 (HIRC)	3V	無負載，所有外設關閉 f _{SYS} =f _{HIRC} =4.9152MHz	—	400	600	μA
		5V		—	0.8	1.2	mA
ISTB	待機電流	3V	無負載，所有外設關閉	—	—	1	μA
		5V		—	—	2	μA

交流電氣特性

工作溫度：-40°C~85°C · 典型值 Ta=25°C

符號	參數	測試條件		最小值	典型值	最大值	單位
		VDD	條件				
f _{SYS}	系統時鐘 (HIRC)	2.4~5.5V	f _{SYS} =f _{HIRC} =4.9152MHz	—	4.9152	—	MHz
f _{HIRC}	內部高速RC 振盪器 (HIRC)	3V	Ta=25°C	-2%	4.9152	+2%	MHz
		3V±0.3V	Ta=0°C~70°C	-5%	4.9152	+5%	MHz
		3V±0.3V	Ta=-40°C~85°C	-10%	4.9152	+10%	MHz
		2.4V~5.5V	Ta=0°C~70°C	-7%	4.9152	+7%	MHz
		2.4V~5.5V	Ta=-40°C~85°C	-10%	4.9152	+10%	MHz

I²C 電氣特性

工作溫度：-40°C~85°C · 典型值 Ta=25°C

符號	參數	測試條件		最小值	典型值	最大值	單位
		VDD	條件				
f _{I2C}	I ² C 標準模式 (100kHz) f _{SYS} 頻率	—	無時鐘去抖	2	—	—	MHz
		—	2 個系統時鐘去抖	4	—	—	MHz
		—	4 個系統時鐘去抖	8	—	—	MHz
	I ² C 快速模式 (400kHz) f _{SYS} 頻率	—	無時鐘去抖	5	—	—	MHz
		—	2 個系統時鐘去抖	10	—	—	MHz
		—	4 個系統時鐘去抖	20	—	—	MHz

PGA+ADC 電氣特性

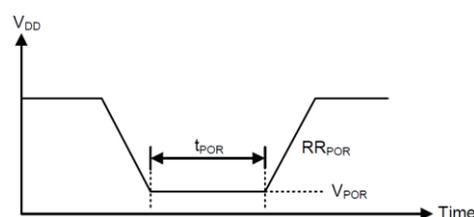
工作溫度：-40°C~85°C · 典型值 Ta=25°C

符號	參數	測試條件		最小值	典型值	最大值	單位
		VDD	條件				
AVDD	ADC 和PGA 電源電壓	—	—	2.4	—	5.5	V
ADC (Delta Sigma ADC)							
IADC	ADC 使能的額外電流	—	VRBUIP=1 · VRBUFN=1	—	—	800	μA
			VRBUIP=0 · VRBUFN=0	—	500	650	μA
IADSTB	待機電流	—	系統HALT · 無負載	—	—	1	μA
RSADC	解析度	—	—	—	—	24	bit
INL	非線性積分誤差	—	AVDD=3.3V · VREF=1.25V · ΔSI=±450mV · PGA Gain=1	—	±50	—	ppm
NFB	無噪音位	—	AVDD=5V · VREF=2.5V PGA Gain=128 · 資料傳輸率= 10Hz	—	16.7	—	Bit
ENOB	有效位數	—	AVDD=5V · VREF=2.5V PGA Gain=128 · 資料傳輸率= 10Hz	—	19.3	—	Bit
fADCK	ADC 時鐘頻率	—	—	40	409.6	440	kHz
fADO	ADC 輸出資料傳輸率	—	fMCLK=4.9152MHz · FLMS[2:0]=000B	5	—	640	Hz
			fMCLK=4.9152MHz · FLMS[2:0]=010B	12.5	—	1600	Hz
VREFP	參考輸入電壓	—	VREFS=1 ·	VREFN+1	—	AVDD	V
VREFN		—	VRBUIP=0 · VRBUFN=0	0	—	VREFP-1	V
VREF		—	VREF=(VREFP-VREFN)×VGS	1	—	AVDD/2	V
PGA							
VCOM	共模電壓範圍	—	—	0.4	—	AVDD -0.95	V
ΔDI	差分輸入電壓範圍	—	Gain=PGS×AGS · ΔDI=DI+ - DI-	-VREF /Gain	—	+VREF /Gain	V
溫度感測器							
TC _{TS}	溫度感測器的溫度係數	—	Ta=-40°C~85°C · VREF=1.25V · VGS[1:0]=00B (Gain=1) · VRBUIP=0 · VRBUFN=0	—	175	—	μV/°C

上電復位特性

工作溫度：-40°C~85°C · 典型值 Ta=25°C

符號	參數	測試條件		最小值	典型值	最大值	單位
		VDD	條件				
VPOR	上電重定電壓	—	—	—	—	100	mV
RRPOR	上電重定電壓速率	—	—	0.035	—	—	V/ms
tPOR	VDD 保持為VPOR 的最小時間	—	—	1	—	—	ms



功能描述

XM24HT+ 是一款多通道的 24-bit Delta Sigma 型高精度 A/D 轉換器，它們可以直接接入外部類比信號(來自感測器或其它控制信號)並直接將這些信號轉換成 24 位的數字量。除了核心 A/D 轉換器 電路外，該芯片還包括內部可程式設計增益放大器 PGA。ADC 輸入信號的放大增益由 PGA 增益控制、ADC 增益控制和 ADC 參考電壓增益控制共同確定。設計者可以靈活選擇最佳增益組合為輸入信號提供所需的放大增益以實現特定的應用。A/D 轉換器輸入通道由 4 個單端 A/D 輸入通道或 2 組差分輸入通道組成。A/D 轉換器將資料輸出到 SINC 濾波器，然後會轉換成 24-bit 的資料，並將它們存儲到 3 個資料寄存器。

此外，該芯片還提供了一個內部穩壓器以及一個溫度感測器來補償溫度引起的偏差。

內部寄存器

該芯片可通過一系列內部寄存器進行設置及操作。設備命令和資料可通過其內部 I²C 匯流排寫入設備並從設備中讀取。該列表總結了所有內部寄存器，其操作詳見功能描述中的相關章節。

地址	寄存器名稱	上電復位值	位							
			7	6	5	4	3	2	1	0
00H	PWRC	0000 0000	—	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
01H	PGAC0	-000 0000	—	VGS1	VGS0	AGS1	AGS0	PGS2	PGS1	PGS0
02H	PGAC1	-000 000-	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
03H	PGACS	--00 0000	—	—	CHSN2	CHSN1	CHSN0	CHSP2	CHSP1	CHSP0
04H	ADRL	xxxx xxxx	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
05H	ADRM	xxxx xxxx	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
06H	ADRH	xxxx xxxx	D23	D22	D21	D20	D20	D19	D18	D17
07H	ADCR0	0010 0000	ADRST	ADSLP	ADOFF	ADOR3	ADOR2	ADOR1	ADOR0	VREFS
08H	ADCR1	0000 000-	FLMS2	FLMS1	FLMS0	VRBUFN	VRBUFP	ADCDL	EOC	—
09H	ADCS	---0 0000	—	—	—	ADCK4	ADCK3	ADCK2	ADCK1	ADCK0
0AH	ADCTE	1110 0100	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0EH	SIMC0	0 --- 00 --	SIMS	—	—	—	SIMDEB1	SIMDEB0	—	—
10H	SIMTOC	0000 0000	SIMTOEN	SIMTOF	SIMTOS5	SIMTOS4	SIMTOS3	SIMTOS2	SIMTOS1	SIMTOS0
11H	HIRCC	-----001	—	—	—	—	—	HIRCO	HIRCF	HIRCEN

*熱復位 -未定義 u 不改變 x 未知

參考電壓

ADC 轉換器參考電壓範圍由兩個外部參考引腳 VREFP 和 VREFN 提供。這兩個引腳提供了完整的參考電壓範圍 AV_{SS} 到 AV_{DD} 。該外部提供的參考電壓可通過寄存器 PGAC0 中的 VREFGN 位衰減 0.5 或 0.25。

電源控制寄存器

PWRC 寄存器 - 00H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	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	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **VCMEN** : VCM 功能使能控制位

0 : 除能

1 : 使能 1.25V

Bit 6~0 010_1000B : ADCR1[FLMS2~0]=000B ($f_{ADCK}=f_{MCLK}/30$)

010_1100B : ADCR1[FLMS2~0]=010B ($f_{ADCK}=f_{MCLK}/12$)

其它值 : 保留位

振盪器控制寄存器

該芯片的振盪器由控制寄存器控制，內部振盪器 HIRC，使用 HIRC 振盪器需要一個完整的 16 個時鐘週期才能穩定。

HIRCC 寄存器 - 11H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	HIRCO	HIRCF	HIRCEN
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R	R/W
POR	—	—	—	—	—	0	0	1

Bit 7~3 未定義，讀為 "0"

Bit 2 **HIRCO** : HIRC 時鐘輸出該位元必須保留為 "0"

Bit 1 **HIRCF** : HIRC 振盪器穩定標誌位元

0 : 未穩定

1 : 穩定

若HIRCEN 置高使能HIRC 振盪器，則HIRC 振盪器穩定需要16 個系統時鐘。

Bit 0 **HIRCEN** : HIRC 振盪器使能控制位

0 : 除能

1 : 使能

內部信號增益控制放大器 - PGA

內部可程式設計增益放大器用於轉換前差分輸入信號的放大。A/D 轉換器的所有輸入信號必須通過 PGA。輸入信號的預處理可使一個最優的信號範圍以最優解析度獲得轉換值。

PGA 寄存器

通過一系列寄存器設置 PGA 增益以及選擇輸入源來實現 PGA 的控制。

PGAC0 寄存器 – 01H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	VGS1	VGS0	AGS1	AGS0	PGS2	PGS1	PGS0
R/W	—	R/W						
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定義·讀為“0”

Bit 6~5 **VGS1~VGS0** : REFP/REFN 差分參考電壓增益選擇位元

- 00 : VREFGN=1
- 01 : VREFGN=1/2
- 10 : VREFGN=1/4

Bit 4~3 **AGS1~AGS0** : ADC PGAOP/PGAON 差分輸入信號增益選擇位元

- 00 : ADGN=1
- 01 : ADGN=2 (用於Gain=128=PGAGN×ADGN=64×2)

Bit 2~0 **PGS2~PGS0** : PGA DI+/DI- 差分通道輸入增益選擇位

- 000 : PGAGN=1
- 001 : PGAGN=2
- 010 : PGAGN=4
- 011 : PGAGN=8
- 100 : PGAGN=16
- 101 : PGAGN=32
- 110 : PGAGN=64

PGAC1 寄存器 – 02H

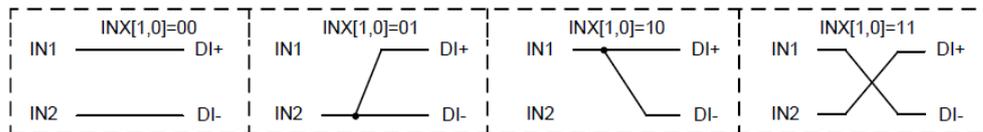
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	INIS	INX1	INX0	DCSET2	DCSET1	DCSET0	—
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	—	0	0	0	0	0	0	—

Bit 7 未定義·讀為“0”

Bit 6 **INIS** : 選擇輸入端 IN1/IN2 內部連接控制位

- 0 : 不連接
- 1 : 連接

Bit 5~4 **INX1~INX0** : 選擇輸入端 IN1/IN2 以及 PGA 差分輸入端 DI+/DI- 連接控制位



Bit 3~1 **DCSET2~DCSET0** : 差分輸入信號PGAOP/PGAON 偏置選擇位元

- 000 : DCSET=+0V
- 001 : DCSET=+0.25×ΔV_{R_I}
- 010 : DCSET=+0.5×ΔV_{R_I}
- 011 : DCSET=+0.75×ΔV_{R_I}
- 100 : DCSET=+0V
- 101 : DCSET=-0.25×ΔV_{R_I}
- 110 : DCSET=-0.5×ΔV_{R_I}
- 111 : DCSET=-0.75×ΔV_{R_I}

ΔV_{R_I} 為差分參考電壓·可在輸入信號的基礎上選擇一定的增益放大。

Bit 0 未定義·讀為“0”

PGA 輸入通道選擇

除了轉換器測量的外部模擬輸入外，還有幾個可以連接到轉換器的內部類比電壓線路。類似溫度感測器的一系列不同來源，通常用於校準目的。

PGACS 寄存器 – 03H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	CHSN2	CHSN1	CHSN0	CHSP2	CHSP1	CHSP0
R/W	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 未定義，讀為 “0”

Bit 5~3 **CHSN2~CHSN0** : PGA 反相輸入端 IN2 選擇位

000 : AN1

110 : VCM

111 : VTSN – 溫度感測器負極輸出，為便於操作更合理，若選擇VTSN 信號作為反相端輸入，建議選擇VTSP 為正相端輸入。

Bit 2~0 **CHSP2~CHSP0** : 正相輸入端 IN1 選擇位

000 : AN0

110 : VCM

111 : VTSP – 溫度感測器正極輸出，若選擇VTSP 信號作為正相端輸入，建議選擇VTSN 為反相端輸入。

A/D 轉換器操作

A/D 轉換器接收了來自 PGA 輸出的差分類比信號，並通過 Delta Sigma 轉換器將其轉換成一個 24-bit 的數位值。A/D 轉換器的整體操作由一系列控制寄存器控制。

ADCR0 寄存器 – 07H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADRST	ADSLP	ADOFF	ADOR3	ADOR2	ADOR1	ADOR0	VREFS
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit 7 **ADRST** : A/D 轉換器軟體重定控制位元

0 : 除能

1 : 使能

此位元可用來重定A/D 轉換器內部數位SINC 濾波器。此位為低，A/D 轉換正常工作，若將此位從低設為高，將重定內部數位SINC 濾波器同時當前A/D 轉換的資料失效。再清零此位，將開始一次新的A/D 轉換。

Bit 6 **ADSLP** : A/D 轉換器休眠模式控制位元元元

0 : 正常模式

1 : 休眠模式

此位用於控制當通過設置ADOFF 位為低開啟A/D 轉換器後，A/D 轉換器是否進入休眠模式。當A/D 轉換器開啟後且此位為低時，A/D 轉換器正常工作，反之若開啟後此位為高則進入休眠模式。在休眠模式下，除PGA 和內部Bandgap 電路外的其它A/D 轉換電路都將關閉減少功耗。

Bit 5 **ADOFF** : A/D 轉換器模組電源開/ 關控制位

0 : 電源開

1 : 電源關

此位控制A/D 內部功能的電源。該位被清零將使能A/D 轉換器。如果該位設為高將關閉A/D 轉換器以降低功耗。由於A/D 轉換器在不執行轉換動作時都會產生一定的功耗，所以這在電源敏感的電池應用中需要多加注意。

建議在進入空閒/ 休眠模式前，設置ADOFF=1 以減少功耗。無論ADSLP 和ADRST 位如何設置，ADOFF=1 將關閉A/D 轉換器模組的電源。

Bit 4~1 **ADOR3~ADOR0** : A/D 轉換器過取樣速率選擇位元

- 0000 : 過取樣速率OSR=32768
- 0001 : 過取樣速率OSR=16384
- 0010 : 過取樣速率OSR=8192
- 0011 : 過取樣速率OSR=4096
- 0100 : 過取樣速率OSR=2048
- 0101 : 過取樣速率OSR=1024
- 0110 : 過取樣速率OSR=512
- 0111 : 過取樣速率OSR=256
- 1000 : 過取樣速率OSR=128

Bit 0 **VREFS** : A/D 轉換器參考電壓對選擇位元

- 0 : 外部參考電壓對- VCM & AVSS
- 1 : 外部參考電壓對- VREFP & VREFN

ADCR1 寄存器 – 08H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	FLMS2	FLMS1	FLMS0	VRBUFN	VRBUFP	ADCDL	EOC	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	0	0	0	0	0	0	0	—

Bit 7~5 **FLMS2~FLMS0** : A/D 轉換器時鐘分頻比選擇

- 000 : $f_{ADCK} = f_{MCLK} / 30 \cdot N = 30$
- 010 : $f_{ADCK} = f_{MCLK} / 12 \cdot N = 12$

Bit 4 **VRBUFN** : A/D 轉換器反相參考電壓輸入(VRN) 緩存控制位

- 0 : 除能輸入緩存 · 使能旁路功能
- 1 : 使能輸入緩存 · 除能旁路功能

Bit 3 **VRBUFP** : A/D 轉換器正相參考電壓輸入 (VRP) 緩存控制位

- 0 : 除能輸入緩存 · 使能旁路功能
- 1 : 使能輸入緩存 · 除能旁路功能

Bit 2 **ADCDL** : A/D 轉換器資料鎖存功能控制位元

- 0 : A/D 轉換資料更新
- 1 : A/D 轉換資料不更新

若使能A/D 轉換資料鎖存功能，最新轉換的資料將被鎖存，且不會更新後面的轉換結果直到該功能被除能。雖然轉換後的資料被鎖存到資料寄存器，A/D 轉換電路仍正常運行，但並不產生中斷，EOC 也不改變。建議在讀取ADRL、ADRM 和ADRH 寄存器中的轉換資料之前先將該位置高。讀取後該位會被清零以除能A/D 資料鎖存功能，以便下一筆轉換結果的存儲。這樣可以防止在A/D 轉換過程中得到不需要的資料。

Bit 1 **EOC** : A/D 轉換結束標誌

- 0 : A/D 轉換中
- 1 : A/D 轉換結束

當A/D 轉換過程完成時，該標誌將由硬體自動置高，但必須由應用程式軟體清除。

Bit 0 未定義，讀為 "0"

A/D 轉換器資料傳輸率的定義

Delta Sigma A/D 轉換器的資料傳輸率可以通過下面的公式計算。

$$\begin{aligned} \text{資料傳輸率} &= f_{ADCK}/OSR \\ &= (f_{MCLK}/N)/OSR \\ &= f_{MCLK}/(N \times OSR) \end{aligned}$$

f_{ADCK} : f_{MCLK}/N

f_{MCLK} : f_{SYS} 或 $f_{SYS}/2/(ADCK+1)$ ，通過 $ADCK[4:0]$ 位選擇。

N : 30 或 12，通過 $FLMS[2:0]$ 位選擇。

OSR : 過取樣速率，通過 $ADOR[2:0]$ 位選擇。

例如，若需要一個 10Hz 的資料傳輸率，可以選擇 A/D 時鐘源 f_{MCLK} 為 4.9152MHz，然後設置 $FLMS[2:0]=000b$ ，即獲得 A/D 轉換時鐘為 A/D 時鐘源的 30 分頻，最後設置 $ADOR[3:0]=0001b$ ，選擇過取樣速率為 16384。因此，可以得到一個資料傳輸率 = $4.9152\text{MHz}/(30 \times 16384) = 10\text{Hz}$ 。

需注意的是當資料傳輸率為 10Hz，A/D 轉換器對於頻率為 50Hz 或 60Hz 交流電源有陷波抑制功能。

A/D 轉換器時鐘源

A/D 轉換器的時鐘源通常固定在 4.9152MHz，可來自系統時鐘 f_{SYS} 或其分頻，分頻係數由 ADCS 寄存器中的 $ADCK4 \sim ADCK0$ 位決定，以獲得固定 4.9152MHz 的 ADC 時鐘源。

內部 $OSC=4.9152\text{MHz}$ ， $f_{ADCK}=f_{MCLK}/30$

資料傳輸率(Hz)	ADCK4~0	ADOR3~0	FLMS2~0
10	11111	0001	000

內部 $OSC=4.9152\text{MHz}$ ， $f_{ADCK}=f_{MCLK}/12$

資料傳輸率(Hz)	ADCK4~0	ADOR3~0	FLMS2~0
25	11111	0001	010

ADCS 寄存器 – 09H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	ADCK4	ADCK3	ADCK2	ADCK1	ADCK0
R/W	—	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	0	0	0	0	0

Bit 7~5 未定義，讀為“0”

Bit 4~0 **ADCK4~ADCK0** : A/D 轉換器時鐘源 f_{MCLK} 分頻率選擇位元

00000~11110 : $f_{MCLK}=f_{SYS}/2/(ADCK[4:0] + 1)$

11111 : $f_{MCLK}=f_{SYS}$

ADCTE 寄存器 – 0AH

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	1	1	1	0	0	1	0	0

Bit 7~0 保留位，需固定為 1110_0111B 0xE7。

A/D 轉換器工作模式

該 A/D 轉換器提供了四種工作模式，正常模式、暫停模式、休眠模式和重定模式，分別由 ADCR0 寄存器中的 ADOFF、ADSLP 和 ADRST 位控制。下表列出了工作模式的選擇。ADOFF 控制整體的開關狀態，如果高功率將降低 A/D 轉換器的功率。當 ADOFF 位為高時，轉換器將被供電，ADSLP 位將決定轉換器是否處於正常的運行模式或睡眠模式。

A/D 工作模式概要

ADOFF	ADSLP	ADRST	工作模式	說明
1	x	x	暫停模式	Bandgap off · PGA off · ADC off · 溫度感測器off · VRN/VRP 暫存器off · SINC 濾波器 off
0	1	x	休眠模式	Bandgap on · PGA on · ADC off · 溫度感測器off · VRN/VRP 暫存器off · SINC 濾波器on
0	0	0	正常模式	Bandgap on · PGA on · ADC on · 溫度感測器on/off · VRN/VRP 暫存器on/off · SINC 濾波器on
0	0	1	重定模式	Bandgap on · PGA on · ADC on · 溫度感測器on/off · VRN/VRP 暫存器on/off · SINC 濾波器復位

注：

“x”：未知

1. 可以通過設置VCMEN 位元控制VCM 發生器 on/off；
2. 可以通過設置CHSN[2:0] 或CHSP[2:0] 位元控制溫度感測器on/off；
3. 可以通過相應設置 VRBUFN 或 VRBUFV 位控制 VRN 或 VRP 緩存 on/off。

A/D 轉換過程

要打開A/D轉換器，首先應將ADOFF和ADSLP位清零，除能A/D轉換器的暫停和休眠模式，以確保A/D轉換器可以通電。ADCR0 寄存器中的ADRST位，用於上電後打開和復位A/D轉換器。當芯片設定此位元從邏輯低到邏輯高，然後再到邏輯低，一個模數轉換後的資料就會開始在SINC濾波器中進行轉換。設置完成後，A/D轉換器可以開始工作。這三位用於控制內部模數轉換器的開啟動作。

ADCR1寄存器中的EOC 位用於表明模數轉換過程的完成。在轉換週期結束後，EOC 位元會被芯片自動地置為1。A/D 轉換資料將不斷更新，如果A/D轉換資料鎖存功能使能，最新的轉換資料會被鎖存，這樣後面再轉換的資料不會被保存，直到該功能被關閉。

A/D 轉換器參考電壓來自外部參考源引腳 VREFP 和 VREFN，可通過 ADCR0 寄存器的 VREFS 位來選擇。

A/D 轉換步驟

- 步驟 1：提供電源給PGA 和ADC。
- 步驟 2：通過PGAC0 寄存器，選擇PGA、ADC 和參考電壓的增益。
- 步驟 3：通過PGAC1 寄存器，選擇PGA 的輸入引腳連接。
- 步驟 4：通過ADCS 寄存器中的ADCK4~ADCK0 位，選擇所需的A/D 轉換時鐘源4.9152MHz。
- 步驟 5：通過ADCR0 寄存器中的ADOR[2:0] 位及ADCR1 寄存器中的FLMS[2:0] 位，選擇輸出數據傳輸率。
- 步驟 6：通過PGACS 寄存器中的CHSP2~CHSP0 和CHSN2~CHSN0 位，選擇連接至內部PGA 的通道。
- 步驟 7：通過ADCR0 寄存器中的ADOFF 和ADSLP 位，關閉暫停和休眠模式。
- 步驟 8：通過置高ADCR0 寄存器中的ADRST 位來復位A/D 轉換器，清除該位來釋放重定模式。
- 步驟 9：可以輪詢ADCR1 寄存器中的EOC 位，檢查模數轉換過程是否完成。當此位元成為邏輯高時，表示轉換過程已經完成。轉換完成後，可讀取A/D 資料寄存器ADRL、ADRM和ADRH獲得轉換後的值。

A/D 轉換功能

由於被轉換的值是24 位，所以它的轉換範圍為-8388608~8388607 (十進位)。轉換後的資料以二進位補數的形式表示，最高位元是轉換資料的符號位元。由於模擬輸入最大值等於VCM 或差分參考輸入電壓(由ADCR0 寄存器的VREFS 位選擇)放大後的電壓值 ΔVR_I ，因此每一位可表示 $\Delta VR_I/8388608$ 的模擬輸入值。

$$1 \text{ LSB} = \Delta VR_I / 8388608$$

通過下面的等式可估算A/D 轉換器輸入電壓值：

$$\Delta SI_I = (PGAGN \times ADGN \times \Delta DI_{\pm}) + DCSET \quad \Delta VR_I = VREFGN \times \Delta VR_{\pm}$$

$$\text{ADC 轉換資料} = (\Delta SI_I / \Delta VR_I) \times K \quad \text{其中，} K = 2 \text{ 的 } 23 \text{ 次方。}$$

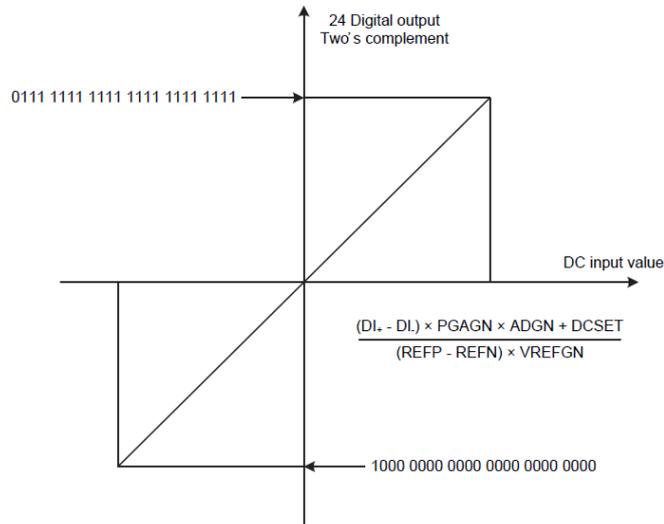
注：

1. PGAGN、ADGN 和VREFGN 的值由PGS、AGS、VGS 控制位決定。
2. ΔSI_I ：經過放大和偏置校準後的差分輸入信號
3. PGAGN：PGA 增益
4. ADGN：A/D 轉換器增益
5. VREFGN：參考電壓增益
6. ΔDI_{\pm} ：差分輸入信號，來自外部通道或內部信號
7. DCSET：偏置電壓
8. ΔVR_{\pm} ：差分參考電壓
9. ΔVR_I ：放大後的差分參考輸入電壓由於Delta Sigma A/D 轉換器的數位系統設計，其轉換的最大值為8388607，最小值為-8388608，因此有一個中間值0。A/D 轉換資料公式說明瞭轉換值的變化範圍。

A/D 轉換資料範圍

A/D 轉換資料(二進位補數 · 十六進位值)	十進位值
0x7FFFFFF	8388607
0x800000	-8388608

下圖顯示直流輸入電壓值和 A/D 轉換資料(以二進位補數形式表示) 之間的關係。



A/D 轉換資料

A/D 轉換器的資料儲存在寄存器 ADRL、ADRM 和 ADRH 中。A/D 轉換資料與輸入電壓和 PGA 的設置有關。A/D 轉換輸出資料以二進位補數的形式表示，代碼的長度為 24 位元，最高位元為符號位元。最高位“0”表示輸出為正數，最高位“1”表示輸出為負數。最大值是 8388607，最小值是-8388608。如果輸入信號大於最大值，轉換後的資料最大不超過 8388607；如果輸入信號小於最小值，轉換後的資料最小不低於-8388608。

ADRL 寄存器 – 04H

Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 轉換器資料寄存器 bit 7~bit 0

ADRL 寄存器 – 05H

Name	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 轉換器資料寄存器 bit 15~bit 8

ADRL 寄存器 – 06H

Name	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit 7~0 A/D 轉換器資料寄存器 bit 23~bit 16

A/D 轉換資料轉為電壓值

類比電壓值可通過下面的公式推導出電壓值。

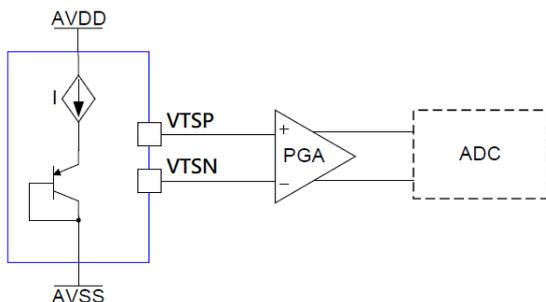
如果MSB = 0 (轉換資料為正數)：輸入電壓 = (轉換資料×LSB-DCSET)/(PGA×ADGN)

如果MSB = 1 (轉換資料為負數)：輸入電壓 = (轉換資料的補數×LSB-DCSET)/(PGA×ADGN)

注：補數= 反碼+ 1

溫度感測器

該芯片提供了一個內部溫度感測器以補償溫度所產生的影響。PGA 輸入通道通過選擇連接到 VTSP 或 VTSN。A/D 轉換器可以獲得溫度資訊，然後針對結果對 A/D 轉換資料做一些調整，以儘量減少溫度的影響，下圖說明瞭溫度感測器的功能操作。



芯片內部溫度感測器，規格175uV/°C，以25°C環境溫度Tcal做校準，採集出當前ADC結果，如ADcal，計算出斜率Gts = ADcal/(286.06+Tcal)，校準以後，假設待測目標溫度 To，讀出來的AD結果ADo，
 $To = Tcal + (Ado - ADcal) / Gts$ ，以上僅供參考

有效位數 – ENOB

雖然模數轉換器是 24 位的，PGA 增益和資料傳輸率等各種因素仍會影響實際轉換位的有效位數。

程式設計注意事項

在程式設計時，如果 A/D 轉換器未使用，通過設置 ADCR0 寄存器中的 ADOFF 為高，關閉 A/D 內部電路以減少電源功耗。此時，不考慮輸入腳的類比電壓，內部 A/D 轉換器電路不產生功耗。

外部介面通信

該芯片可通過內部 I2C 介面和外部硬體進行通信。最初是由飛利浦公司研製，是適用於同步串列資料傳輸的雙線式低速序列介面。I2C 介面具有兩線通信，非常簡單的通信協定和在同一匯流排上和多個設備進行通信的能力的優點，使之在很多的應用場合中大受歡迎。

I2C 介面操作

I2C 序列介面是一個雙線的介面，有一條串列資料線 SDA 和一條串列時鐘線 SCL。由於可能有多個設備在同一條匯流排上相互連接，所以這些設備的輸出都是開漏型輸出。因此應在這些輸出口上都加上拉電阻。應注意的是，I2C 匯流排上的每個設備都沒有選擇線，但分別與唯一的位址一一對應，用於 I2C 通信。

如果有兩個設備通過雙向的I2C 匯流排進行通信，那麼就存在一個主機和一個從機。主機和從機都可以用於傳輸和接收資料，但只有主機才可以控制匯流排動作，也只有主機才可以驅動時鐘線SCL。那些處於從機模式的設備，將只能對主機作出回應，要在I2C 匯流排上傳輸資料只有兩種方式，一是從機發送模式，二是從機接收模式一些寄存器用來控制I2C 匯流排介面的整體操作。

I2C 位址和寄存器寫/ 讀

I2C位址選擇

當該芯片僅作為從機工作時，由於可能有多個設備在同一條I2C 匯流排上相互連接，因此它將需要一個特定的位元址，I2C 位址為0xD0。

SIMC0 寄存器 – 0EH

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIMS	—	—	—	SIMDEB1	SIMDEB0	—	—
R/W	R/W	—	—	—	R/W	R/W	—	—
POR	0	—	—	—	0	0	—	—

Bit 7 **SIMS** :

- 0 : 正常工作
- 1 : 導致不可預測的反應 對於正常的操作，該位必須保持為零。

Bit 6~4 未定義，讀為"0"

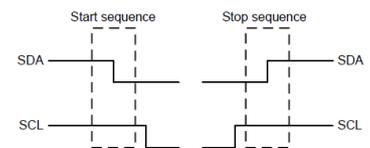
Bit 3~2 **SIMDEB1~SIMDEB0** : I2C 去抖時間選擇位

- 00 : 無去抖時間
- 01 : 2 個系統時鐘去抖時間
- 10 : 4 個系統時鐘去抖時間
- 11 : 4 個系統時鐘去抖時間

Bit 1~0 未定義，讀為"0"

起始和停止操作

正常情況下，SCL線為低時，SDA線才會發生變化。然而，有兩個例外情況，即起始和停止操作，即SCL 線將被主機強制拉高，而SDA線的狀態將會改變。如圖所示，當SCL線高時，SDA線高到低的轉換表示開始操作，SDA線低到高的轉換表示停止操作。



I2C 匯流排資料傳輸

I2C 匯流排上會進行 8 位寬度的資料傳輸，這個資料傳輸順序是最高有效位元元，即高位在前，最低有效位，即低位在後。當在 SDA 線上設置資料時，SCL 線將產生一個高脈衝來鎖存資料。當 SCL 線為高時，SDA 線將不允許改變狀態。若 8 位元資料已傳輸完成，設備將發送第 9 位元，即應答信號。因此，總共傳輸了 9 個位，接著 9 個 SCL 時鐘脈衝傳輸每一筆 8 位元資料或位元組。當接收方發送回一個 ACK 低位時，表示接收方接收了 8 位元資料，並準備接收下一個位元組。如果發送回來的是 ACK 高位，表示接收方無法進一步接收到任何資料，並且主機應該發送一個停止序列。

I2C寄存器寫/讀

寫過程

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			
Start	Device Address								Write	ACK	Register Address								ACK	Register Data								ACK	Stop

讀過程

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			7	6	5	4	3	2	1	0													
Start	Device Address								Write	ACK	Register Address								ACK	Start	Device Address								Read	ACK	Register Data								ACK	Stop

I2C 匯流排起始信號

起始信號只能由連接I2C匯流排的主機產生，而不是由從機產生。匯流排上的所有從機都可以偵測到起始信號。起始信號是指在SCL 為高電平時，SDA 線上發生從高到低的電平變化。

從機地址

I2C 匯流排上的所有從機都會偵測由主機發出的起始信號。發送起始信號後，緊接著主機會發送從機位址以選擇要進行資料傳輸的從機。從機隨後發出一個低電平應答信號(即第9 位)。

I2C 匯流排從機位址應答信號

主機發送呼叫位址後，當 I2C 匯流排上的任何從機內部位址與其匹配時，會發送一個應答信號。此應答信號會通知主機有從機已經接收到了呼叫位址。如果主機沒有收到應答信號，則主機必須發送停止(STOP) 信號以結束通信。

I2C 匯流排資料和應答信號

在從機確認接收到從位址後，會進行8 位寬度的資料傳輸。這個資料傳輸順序是的高位在前，低位元在後。接收方在接收到8 位元資料後必須發出一個應答信號("0") 以繼續接收下一個資料。如果從機發送方沒接收到來自主機接收方的應答信號，發送方將釋放SDA 線，此時主機方可發出STOP 信號以釋放 I2C 匯流排。

I2C 超時功能

I2C 介面包括超時功能，由單個寄存器控制。該寄存器設置了系統時鐘單元總體功能的使能/ 除能以及超時時間。通過讀取 SIMTOF 位元來決定 I2C 匯流排是否超時。當 I2C 匯流排超時時，該位元將自動置高，但需要通過應用程式手動清除。

SIMTOC寄存器 – 10H

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIMTOEN	SIMTOF	SIMTOS5	SIMTOS4	SIMTOS3	SIMTOS2	SIMTOS1	SIMTOS0
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 7 **SIMTOEN** : I2C 超時控制位

0 : 除能

1 : 使能

Bit 6 **SIMTOF** : I2C 超時標誌位元

0 : 未發生

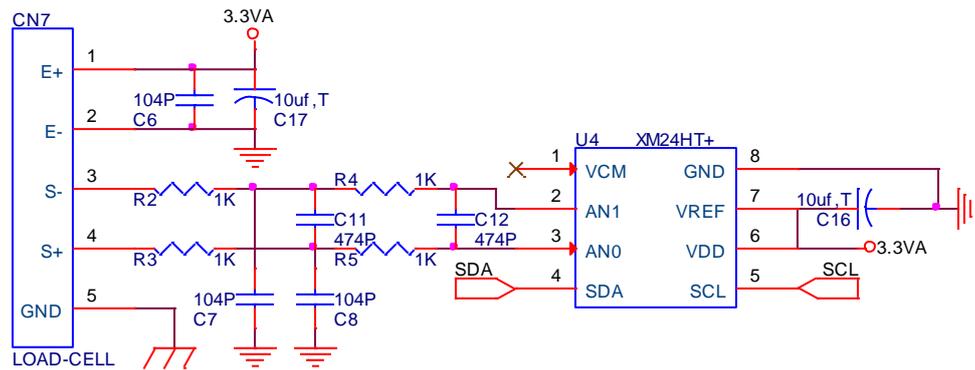
1 : 發生 該位置高時，超時功能發生，需由應用程式清除。

Bit 5~0 **SIMTOS5~SIMTOS0** : I2C 超時時間選擇位

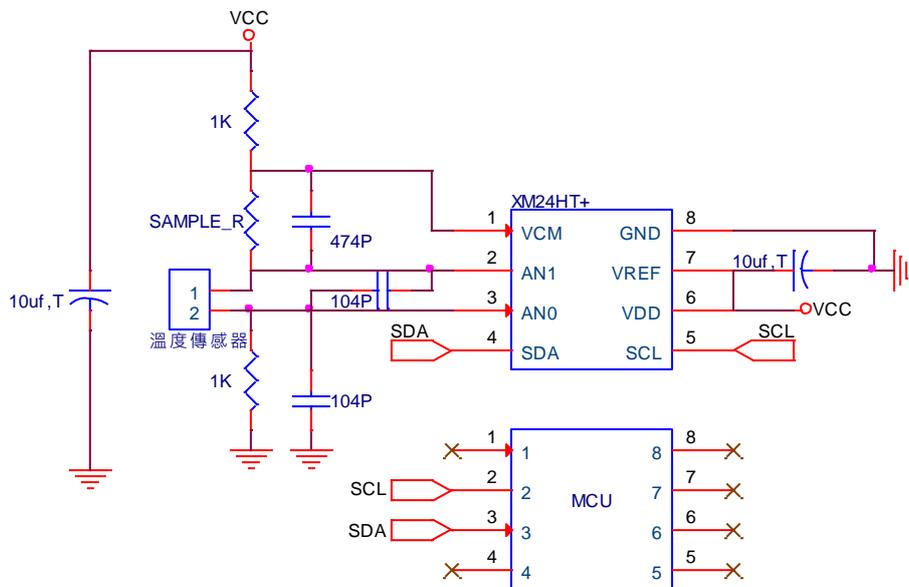
I2C 超時時鐘源是 $f_{SUB}/32$ ，其中 $f_{SUB}=f_{SYS}/128$ 。

I2C 超時時間計算方法： $([SIMTOS5:SIMTOS0]+1) \times (32/f_{SUB})$

應用電路(電橋傳感器上應用)



應用電路(溫度傳感器上應用)



ADC 參考設定代碼

```

/*****/
unsigned long value;
unsigned char Rdata;
unsigned char AD_H, AD_M, AD_L;
bit DO_FILTER;
/***** XM24HT I2C start *****/
void I2C_Start(void)
{ ADC_SDA=1; ADC_SCL=1; delay(4);
  ADC_SDA=0; delay(4);
  ADC_SCL=0; delay(4); }
/***** XM24HT I2C stop *****/
void I2C_Stop(void)
{ ADC_SCL=0; ADC_SDA=0; delay(4);
  ADC_SCL=1; delay(4);
  ADC_SDA=1; delay(4); }
/***** XM24HT I2C stop *****/
void I2C_ACK(void)
{ADC_SCL=1; delay(1);
 ADC_SCL=0; delay(1);} //SET PD3=OUT
/***** XM24HT write *****/
void ByteTo_I2C(unsigned char DData)
{unsigned char m, Pos;
 m=0x80;
 for(Pos=0; Pos<8; Pos++)
   {if((m&DData)>=1){ADC_SDA=1; delay(0); ADC_SCL=0; delay(1); ADC_SCL=1; delay(2); ADC_SCL=0; delay(1);}
   else {ADC_SDA=0; delay(0); ADC_SCL=0; delay(1); ADC_SCL=1; delay(2); ADC_SCL=0; delay(1);} m=m>>1; }
 delay(1);}
/***** XM24HT I2C Byte Write *****/
void I2C_Write(unsigned char DAddr, unsigned char RAddr, unsigned char WData)
{I2C_Start();
 ByteTo_I2C(DAddr); I2C_ACK();
 ByteTo_I2C(RAddr); I2C_ACK();
 ByteTo_I2C(WData); I2C_ACK();
 I2C_Stop();}
/***** XM24HT Read *****/
void ByteFrom_I2C(void)
{Rdata=0;
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x80;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x40;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x20;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x10;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x08;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x04;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x02;}
 ADC_SCL=0; delay(2); ADC_SCL=1; delay(2); if(ADC_SDA==1){Rdata|=0x01;}}
/***** XM24HT I2C Byte Read *****/
void I2C_Read(unsigned char DAddr, unsigned char RAddr)
{I2C_Start();
 ByteTo_I2C(DAddr); I2C_ACK();
 ByteTo_I2C(RAddr); I2C_ACK();
 I2C_Start();
 ByteTo_I2C(DAddr+1); I2C_ACK();
 ByteFrom_I2C(); I2C_ACK();
 I2C_Stop();}

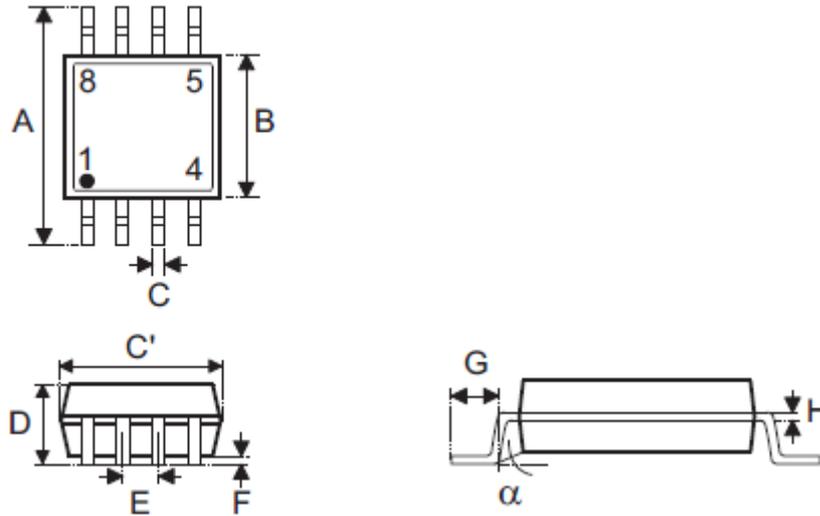
```

```

/***** XM24HT CHECK DATA READY *****/
void Read_AD_check(void)
{I2C_Read(0xd0, 0x08);
 if((Rdata&0x02)==2) {DO_FILTER=1;} else {DO_FILTER=0;}}
/***** XM24HT READ ADC DATA *****/
void Read_AD_Value(void)
{I2C_Read(0xd0, 0x04); AD_L=Rdata;
 I2C_Read(0xd0, 0x05); AD_M=Rdata;
 I2C_Read(0xd0, 0x06); AD_H=Rdata;
 I2C_Write(0xd0, 0x08, 0x00);
 value=AD_H;
 value=value<<8;
 value=value+AD_M;
 value=value<<8;
 value=value+AD_L;}
/***** XM24HT READ SETUP *****/
void INIT_XM24HT(void) // XM24HT 初始化
{I2C_Write(0xd0, 0x0a, 0xE7);
 I2C_Write(0xd0, 0x11, 0x01); // HIRCC
 I2C_Write(0xd0, 0x00, 0x28); // PWRC
 I2C_Write(0xd0, 0x01, 0x2e); // PGAC0
 I2C_Write(0xd0, 0x02, 0x00); // PGAC1
 I2C_Write(0xd0, 0x03, 0x00); // PGACS
 if(ADC_SPEED==1) {I2C_Write(0xd0, 0x07, 0x05);} //ADCRO 20HZ
 else {I2C_Write(0xd0, 0x07, 0x03);} //ADCRO 10HZ
 I2C_Write(0xd0, 0x09, 0x1F); // ADCS
 I2C_Write(0xd0, 0x08, 0x00);} // ADCR1

```

封装信息 PACKAGING 封装



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.193 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
α	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.31	—	0.51
C'	—	4.90 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.40	—	1.27
H	0.10	—	0.25
α	0°	—	8°