



數位壓力計應用說明書

HY14E10

目錄

1 簡介.....	4
2 原理說明.....	4
2.1 控制晶片.....	5
3 設計規劃.....	6
3.1 硬體說明.....	6
3.2 程式流程說明.....	7
3.3 暫存器列表.....	8
3.4 IIC REGISTER TABLE.....	8
3.5 EEPROM REGISTER TABLE.....	8
3.6 暫存器描述.....	9
3.7 TPS(BUILT-IN TEMPERATURE SENSOR) RAW DATA.....	9
3.8 SENSOR RAW DATA.....	9
3.9 REGISTER/EERPOM DATA OUTPUT.....	10
3.10 REGISTER/EERPOM ADDRESS INPUT.....	10
3.11 REGISTER/EERPOM DATA INPUT.....	10
3.12 IIC SEQUENCE WAVEFORM.....	14
3.13 通訊範例.....	15
3.14 ADC讀取流程.....	15
3.15 ODR/OSR設定及檢查流程.....	15

3.16	TCR/SDR設定及檢查流程.....	15
3.17	DEMO BOARD SCHEMATIC	15
4	技術規格.....	17
4.1	OSR與ODR關係表	17
4.2	OSR/ODR與系統電流關係表.....	17
5	硬體操作.....	18
6	軟體操作.....	19
7	參考文獻.....	7-22
8	修訂紀錄.....	8-22

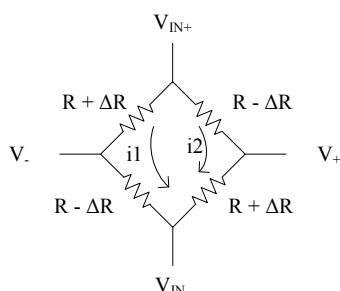
1 簡介

本文利用 HY14E 數位感測器開發平台，在 Strain Gauge 壓力計應用上，提供使用者內建環境溫度感測值，以及 Strain Gauge 測量值原始碼輸出功能。並開放給使用者儲存校正參數於 EEPROM 中，以及使用者可以更改該應用輸出率(ODR)與 ADC 解析度(OSR)使用。

2 原理說明

Strain Gauge 測量原理簡介

當受到壓力變形時，將導致 Strain Gauge 的電阻產生 ΔR 的變化量，如下圖說明。

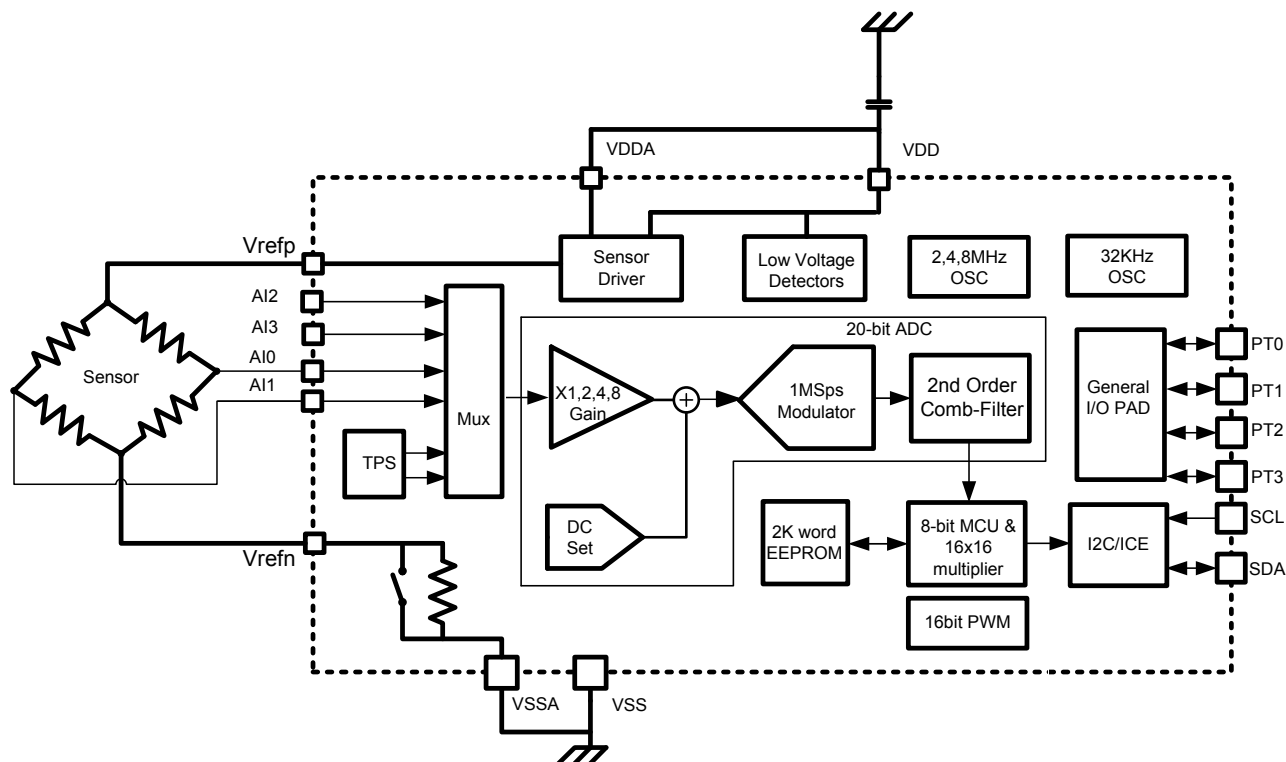


ΔR 的變化量產生在訊號兩端的電壓變化為： $V+ - V- = \Delta R/R \times (V_{IN+} - V_{IN-})$

因此利用此電壓變化的物理量經過ADC轉換為數位訊號輸出。因為 ΔR 的變化量遠小於R，可知此電壓變化大致為mV等級的電壓訊號，當要做一個高精度的壓力計時，處理的訊號將接近於1uV，一般使用在壓力計的內組大約5KΩ，SPAN約35mV在2.8V驅動電壓5.8 PSI滿載規格下。因此如果 $V_{IN+} - V_{IN-}$ 的電壓為2.8V，輸出訊號 $V+ - V-$ 的電壓也只有35mV；如果要以5.8 PSI(=39.99 kpa=300.5 mm.Hg)的壓力計而言，需要解析到1 Pa RMS Noise等效解析電壓約0.88uV RMS Noise，而需要解析到1 mm.Hg RMS Noise等效解析電壓約0.12mV RMS Noise。因此以本方案ADC解析度可以調整為OSR=16384，可以達ENOB=19.1bits, Input RMS Noise=0.76uV規格，以符合0.88uV RMS Noise/Pa解析度需求。

2.1 控制晶片

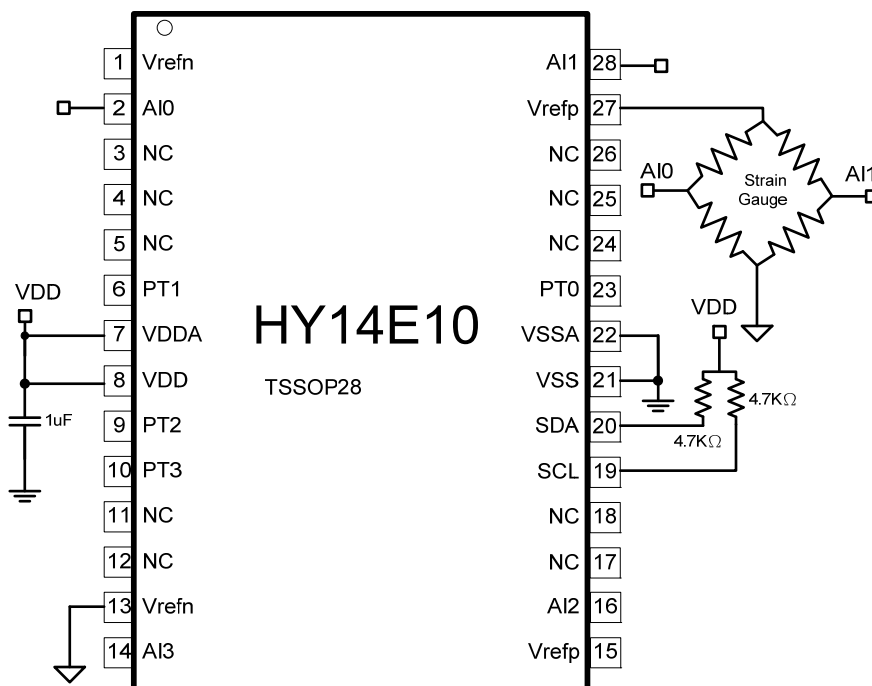
下圖為 HY14E 晶片方塊圖,具有以下特性描述:



- 用於整合式壓阻壓力傳感器
- 內建一個 20 位元 ADC，用於電壓和溫度測量，同時支援兩組差動類比多工輸入
- 內建一個 PGA 輸入信號放大，可以放大訊號 $x2 \sim x8$
- 寬工作電壓範圍: 2.0V ~ 5.5V
- 內建 2K words EEPROM, 支援 10 萬次燒錄次數
- 內建 128 bytes SRAM
- 支援 16bit x 16bit 硬體乘法器
- I2C 從機通訊界面
- 4 個通用 I/O 埠(PT0/PT1 支援輸入中斷功能)
- 支援 8-bit Timer A 以及 16-bit Timer B and PWM
- 2 線式 JTAG 開發介面(與 I2C 共用)
- 可程式感測器驅動電壓(Vrefp 管腳輸出)
- 僅需 VDD 外部電容是必需的
- 內建 VDDA 穩壓源，當啟動時，須在外接電容穩壓，如果不使用時，則 VDDA 管腳必須連接到 VDD。

3 設計規劃

3.1 硬體說明



內建溫度感測器之數位壓力計應用線路

Note:

電源輸入端僅需連接一顆外部電容,建議容值 $\geq 1\mu\text{F}$.

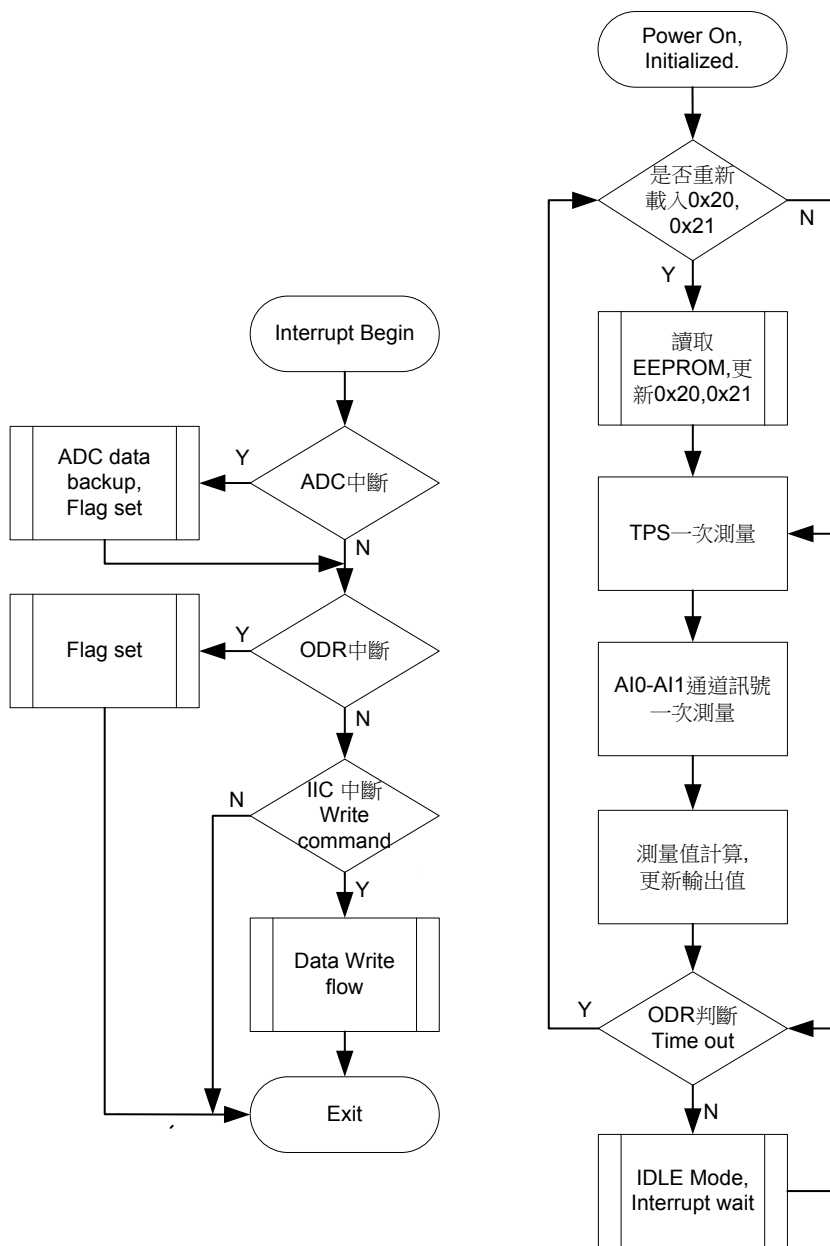
壓力傳感器(Strain Gauge)阻抗,建議阻值 $\geq 5\text{K}\Omega$

IIC 通訊引腳為 Open-Drain 輸出架構,需要外接上拉電阻.

預設 Vrefp 穩壓輸出為 2.7V 驅動, 因此 VDD=VDDA 電壓需調整在 3V 以上($\leq 5.5\text{V}$)工作.

AI0-AI1 輸入通道需外接傳感器應用, 而 Sensor 輸出差動電壓最大值需小於 0.15V

3.2 程式流程說明



程式流程示意圖

3.3 暫存器列表

3.4 IIC Register Table

該指標位置可以透過 IIC 介面直接讀取資料，部分指標提供寫入功能。

IIC POINTER	IIC ACCESSs	Name Example	Format (bit)	Comment
0x00	R	TPS, ADC raw data L	8	
0x01	R	TPS, ADC raw data M	8	
0x02	R	TPS, ADC raw data H	4 ^{*1}	
0x03	R	Sensor, ADC raw data L	8	
0x04	R	Sensor, ADC raw data M	8	
0x05	R	Sensor, ADC raw data H	4 ^{*1}	
0x06	R	ADC Status	8	
0x07	R	Register/EERPOM data output	8	
0x0E	W	Register/EERPOM Address input	8	
0x0F	W	Register/EERPOM Data input	8	
0x12	W	Measurement trigger signal	8	

IIC Address= 0x20 (default=0x20,使用者可自行決定)

TPS: built-in temperature sensor.

Sensor: external strain gauge sensor

*1, 高三位數據無效, 僅低五位有效.

3.5 EEPROM Register Table

該命令透過 IIC 介面發送給 MCU 後，分別針對晶片及 EEPROM Address 進行讀寫。

IIC address	IIC ACCESSs	Name Example	Format (bit)	Comment
0x20	W	ADC resolution and timing control	8	Default: 0x02
0x21	W	Sensor driving control	8	Default: 0x04
0x22	W	ADC Gain control	8	Default: 0x0C
0x40~ 0x77	W	Customer used (EEPROM block)	8	
0x80~ 0xFF	W	SOC Register control	8	

3.6 暫存器描述

3.7 TPS(built-in temperature sensor) Raw data

內建溫度感測器 TPS 資料輸出格式,為 ADC 原始資料輸出,需經過校正與計算後才使用.

資料輸出為 20-bit 資料格式[D19~D0],包含符號位(D19),正數資料最大值為 0x07FFFF.

LSB, Bit0==Ready Flag,用來通知 Master 端資料更新判斷使用,當 Bit0=0b,代表為上一筆舊資料, Bit0=1b,代表為新資料.

IIC POINTER	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x02	D19	D19	D19	D19	D18	D17	D16	D15
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-
0x01	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-
0x00	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Ready
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

D19: 符號位, Ready,新舊資料旗標.

3.8 Sensor Raw data

AI0-AI1 通道連接 Strain Gauge Sensor 之 ADC 原始資料輸出

資料輸出為 20-bit 資料格式[D19~D0],包含符號位(D19),正數資料最大值為 0x07FFFF.

LSB, Bit0==Ready Flag,用來通知 Master 端資料更新判斷使用,當 Bit0=0b,代表為上一筆舊資料, Bit0=1b,代表為新資料.

IIC POINTER	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x05	D19	D19	D19	D19	D18	D17	D16	D15
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-
0x04	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-
0x03	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Ready
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

D19: 符號位, Ready,新舊資料旗標.

3.9 Register/EERPOM data output

反映 Register/EERPOM 資料輸出.

資料輸出為 8-bit 資料格式[D7~D0],

IIC POINTER	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x07	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

3.10 Register/EERPOM Address input

Address 輸入使用, 資料輸入為 8-bit 資料格式[D7~D0].

IIC POINTER	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x0E	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

3.11 Register/EERPOM Data input

Data 輸入使用, 資料輸入為 8-bit 資料格式[D7~D0].

該資料輸入搭配 POINTER=0x0E 所定義 Address 輸入.

POINTER: 0x0E=0x20,代表 Address=0x20;

POINTER: 0x0F=0x9A,代表 data=0x9A.

當 POINTER=0x0F 寫入後,就會執行實際資料寫入 address 動作.

IIC POINTER	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x0F	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

當 POINTER=0x0E 寫入 COMMAND,代表不同的暫存器定義.下表描述各暫存器中的預設值:
Address=0x20, ADC resolution and timing control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x20	OSR2	OSR1	OSR0	ODR2	ODR1	ODR0	Mode1	Mode0
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	1	0	0	1	1	0	1	0

0x20[OSR2, OSR1, OSR0], ADC 解析度設定.

- 111b: OSR=128, ENOB=14.4bits, Input RMS Noise=19.4uV.
- 110b: OSR=256, ENOB=15.9bits, Input RMS Noise=6.8uV.
- 101b: OSR=512 ENOB=16.7bits, Input RMS Noise=4.0uV.
- 100b: OSR=1024, ENOB=17.2bits, Input RMS Noise=2.7uV.
- 011b: OSR=2048, ENOB=17.8bits, Input RMS Noise=1.8uV.
- 010b: OSR=4096, ENOB=18.3bits, Input RMS Noise=1.3uV.
- 001b: OSR=8192, ENOB=18.7bits, Input RMS Noise=0.97uV.
- 000b: OSR=16384, ENOB=19.1bits, Input RMS Noise=0.76uV. (default)

0x20[ODR2, ODR1, ODR0], Output data rate,每次測量的掃描時間..

- 111b: 0.5hz
- 110b: 1hz
- 101b: 2hz
- 100b: 4hz
- 011b: 8hz
- 010b: 16hz
- 001b: 32hz
- 000b: 64hz (default)

0x20[Mode1, Mode0], ADC Analog Ground Voltage, 需根據 ADC 電源 VDDA 範圍設定.

- 11b: 3.8V<VDDA<5.5V
- 10b: 2.6V<VDDA<3.8V (default)
- 01b: 2.3V<VDDA<2.8V
- 00b: 1.8V<VDDA<2.4V

Address=0x21, Sensor driving control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x21	DCSET2	DCSET1	DCSET0	TCR1	TCR0	SDRV1	SDRV0	REF
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	0	0	0	0	0	1	0	0

0x21[DCSET2, DCSET1, DCSET0], ADC DC Offset 調整

- 111b: $-3/8 * V_{ref}$
- 110b: $-2/8 * V_{ref}$
- 101b: $-1/8 * V_{ref}$
- 100b: offset = 0
- 011b: $3/8 * V_{ref}$
- 010b: $2/8 * V_{ref}$
- 001b: $1/8 * V_{ref}$
- 000b: offset = 0 (default)

0x21[TCR1, TCR0], 設定 ADC Vrefn 管腳內部到 VSS 管腳的電阻值

- 11b: 7.5K ohm
- 10b: 5K ohm
- 01b: 2.5K ohm
- 00b: 0 (default)

0x21[SDRV1, SDRV0], Sensor Driver Vrefp 管腳電壓選擇控制

- 00b: 1.65V
- 01b: 2.2V
- 10b: 2.8V (default)
- 11b: 3.8V

0x21[REF], ADC 參考電壓網路選擇控制

- 0b: ADC 參考電壓通道為 $(V_{refp} - V_{refn})/2$ (default)
- 1b: ADC 參考電壓通道為 $(V_{refn} - V_{SS})/1$

Address=0x22, ADC Gain control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x21	-	-	-	-	ADGN1	ADGN0	-	-
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	0	0	0	0	0	1	0	0

0x22[ADGN1, ADGN0], ADC Gain 調整

11b: ADC Gain x8 (default)

10b: ADC Gain x4

01b: ADC Gain x2

00b: ADC Gain x1

Address=0x40~ 0x77, EEPROM Block address. Customer used for calibration parameter.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x40~0x77	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

提供給使用者 0x40~ 0x77 共 55 bytes EEPROM 空間供儲存參數使用

Address=0x80~ 0xFF, Real Chip SOC Register control address

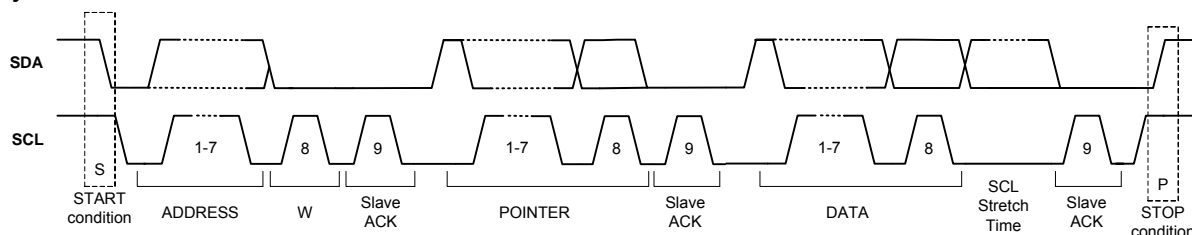
IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x80~0xFF	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	-	-	-	-	-	-	-	-

該區塊資料直接對照到實際晶片 0x00~0x7F SOC Registers 內容修改，僅在修改後有效果，重新上電後恢復預設值，部分 Register 為程序間不斷切換中修改，因此修改可能無效。暫不建議使用者針對該部分修改。

3.12 IIC Sequence Waveform

IIC Write Mode Sequence Waveform:

Byte write-

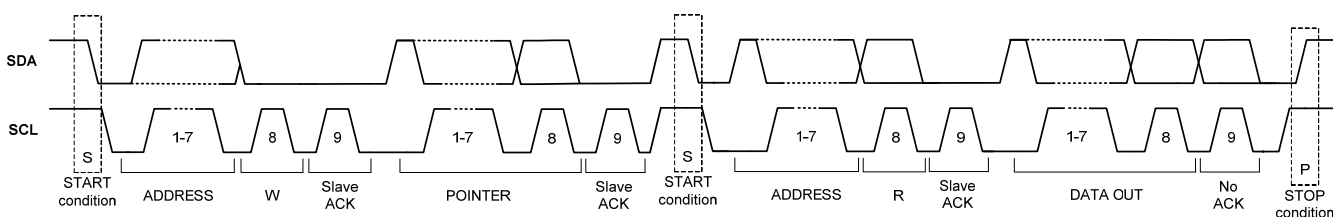


Note:

- SCL Stretch time, min: 2msec. (SCL 被晶片拉住為 Low 的最少時間)
- 主控端(Master)寫入 DATA 之後,需要判斷從機端(Slave)將 SCL 從 Low 拉住釋放開到至 High 後,才能執行 Stop 動作,以確保寫入動作完整執行。
- Write Pointer Limit: 0x08~0xFF.

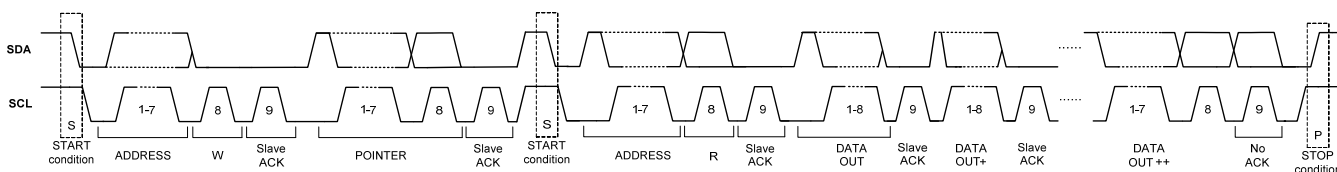
IIC Read Mode Sequence Waveform:

Byte Read-



Note: -Read Pointer Limit: 0x00~0x07.

Continuous Byte Read-



Note: -Read Pointer Limit: 0x00~0x07.

3.13 通訊範例

3.14 ADC 讀取流程

以下透過描述 IIC 通訊流程,讓使用者了解讀取 ADC Raw data 流程.

Step1:讀取 POINTER: 0x00 ~ 0x05. ADC raw data.

Protocol: (Byte Write and Continuous Byte Read)

Step1: S + ADW + 0x80 + RS + ADR + Data out0 + ... + Data out5 +P.

Then, TPS Raw data at Data out2/ Data out1/ Data out0.(H/M/L)

ADC Raw data at Data out5/ Data out4/ Data out3.(H/M/L)

Note:

S: Start, P: Stop, RS: Repeat Start, ADW: Slave address write, ADR: Slave address read.

3.15 ODR/OSR 設定及檢查流程

以下透過描述 IIC 通訊流程,讓使用者了解設定 Address: 0x20 資料修改流程.

想要設定 Address: 0x20= 0x9A;

Then, OSR=1024, ENOB=17.2bits, Input RMS Noise=2.7uV; ODR=1hz, Mode=10b.

Step1:針對 POINTER: 0x0E=0x20,

Step2:針對 POINTER: 0x0F=0x9A,(資料寫入,要等到下一次 ODR 發生後,才會執行更新)

Step3:檢查 POINTER: 0x07=0x9A,成立則表示成功寫入..

Protocol: (Byte Write and Byte Read)

Step1: S + ADW + 0x0E + 0x20 + P

Step2: S + ADW + 0x0F + 0x9A + P (wait ODR time)

Step3: S + ADW + 0x07 + RS + ADR + Data out + P. (if Data Out=0x9A)

3.16 TCR/SDR 設定及檢查流程

以下透過描述 IIC 通訊流程,讓使用者了解設定 Address: 0x21 資料修改流程.

想要設定 Address: 0x21= 0x04; Then, DCSET Offset=0*VR; Vrefn=0b; Vrefp=2.8V;

Step1:針對 POINTER: 0x0E=0x21,

Step2:針對 POINTER: 0x0F=0x04, (資料寫入,要等到下一次 ODR 發生後,才會執行更新)

Step3:檢查 POINTER: 0x07=0x04,成立則表示成功寫入..

Protocol: (Byte Write and Byte Read)

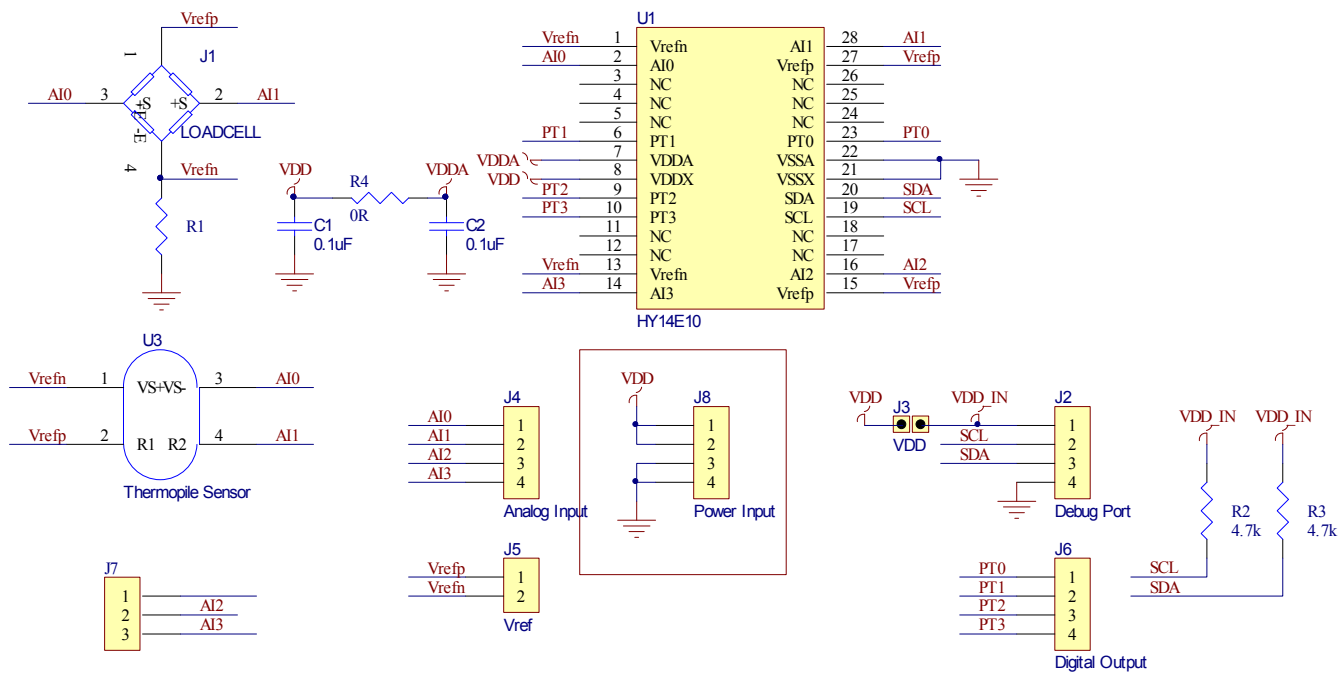
Step1: S + ADW + 0x0E + 0x21 + P

Step2: S + ADW + 0x0F + 0x04 + P

Step3: S + ADW + 0x07 + RS + ADR + Data out + P. (if Data Out=0x04)

3.17 Demo Board schematic

PCB NO: T14003 V02



4 技術規格

4.1 OSR 與 ODR 關係表

在不同 OSR 模式下，會有不同 ODR 輸出速率的說明如下，當選擇高解析度輸出模式時 (OSR>=4096)，則 ODR 輸出速率會有連帶調整，使用者需正確設定才能滿足輸出率需求。

OSR\ODR(HZ)	Actual ODR(Hz)							
	0.5	1	2	4	8	16	32	64
128	0.5	1	2	4	8	16	32	64
256	0.5	1	2	4	8	16	32	64
512	0.5	1	2	4	8	16	32	64
1024	0.5	1	2	4	8	16	32	64
2048	0.5	1	2	4	8	16	32	64
4096	0.5	1	2	4	8	16	32	45
8192	0.5	1	2	4	8	16	25	25
16384	0.5	1	2	4	8	15	15	15

Note: 實際輸出率會與晶片低速震盪器有關。

4.2 OSR/ODR 與系統電流關係表

設定 VDD=VDDA=3.3V，Sensor 驅動電壓為 2.8V，Sensor 內阻為 5KΩ。以下電流值為取得系統平均電流所記錄，實際晶片電流會與晶片工作電壓以及內部震盪器有關。

OSR\ODR(HZ)	Operation current (mA)		
	1	8	64
128	0.006	0.03	0.23
256	0.007	0.04	0.27
512	0.008	0.05	0.35
1024	0.010	0.08	0.98
2048	0.011	0.12	1.08
4096	0.02	0.21	1.23
8192	0.05	0.39	1.30
16384	0.08	0.72	1.33

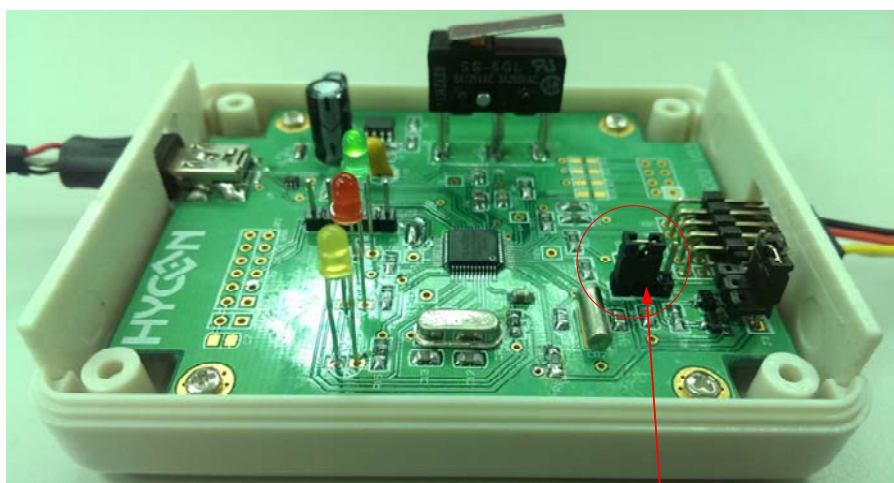
5 硬體操作

通訊盒輸出腳位從 1~5 依序為：NA、VDD、SCL、SDA、VSS。除 NA 外其餘與 Demo Board 對應腳為相接。VDD 輸出電壓為 3.3V。如欲改變 IC 工作電壓，將通訊盒端 VDD 移至外接電源即可(IC 工作電壓為 2V~5.5V)

正常插上 USB 後 L1 燈號會亮起。按鈕並無作用，如不小心誤觸會導致 L3 燈號亮起，將 USB 重新上電後，恢復至 L1 燈號亮起方能繼續使用。



通訊盒進行連接時，jumping 請依下圖紅圈處位置調整。



注意!!

6 軟體操作

開啓 DemoSoft.exe

- 開啓 HY14EXX test software: 確認 IC 與控制板狀態為 connect, 如為 Disconnect, 滑鼠直接點選 Disconnect 即可重新確認是否連結。



圖 2

- I2C Slave addr: 依據在 IDE 軟體裡輸入的值, 經過 2 進制轉換, 得出藍圈處的值。

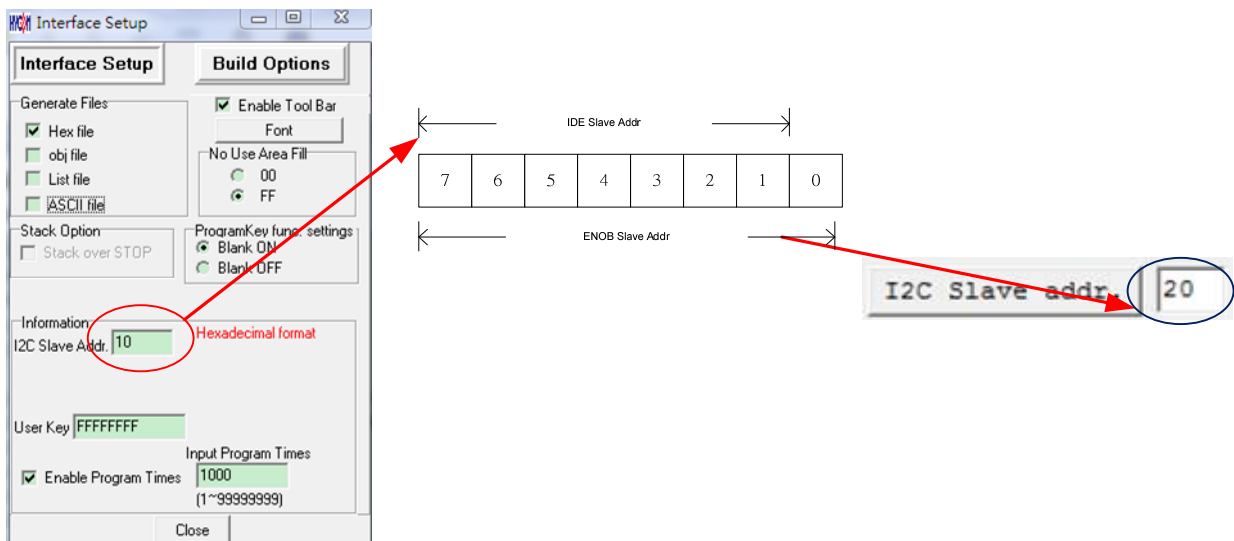


圖 3

- 可選擇 Data 呈現方式。

有3種資料呈現方式



圖 4

- 選擇 ODR 及 OSR。
 - 修改方式有兩種：一. 透過下拉式選單直接選取、二. 透過 Address、Data 進行修改。
 - Scan 後 Data 可以透過 Save 鍵存為 CSV 檔(存於開啓目錄內的 DataLog 資料內)。

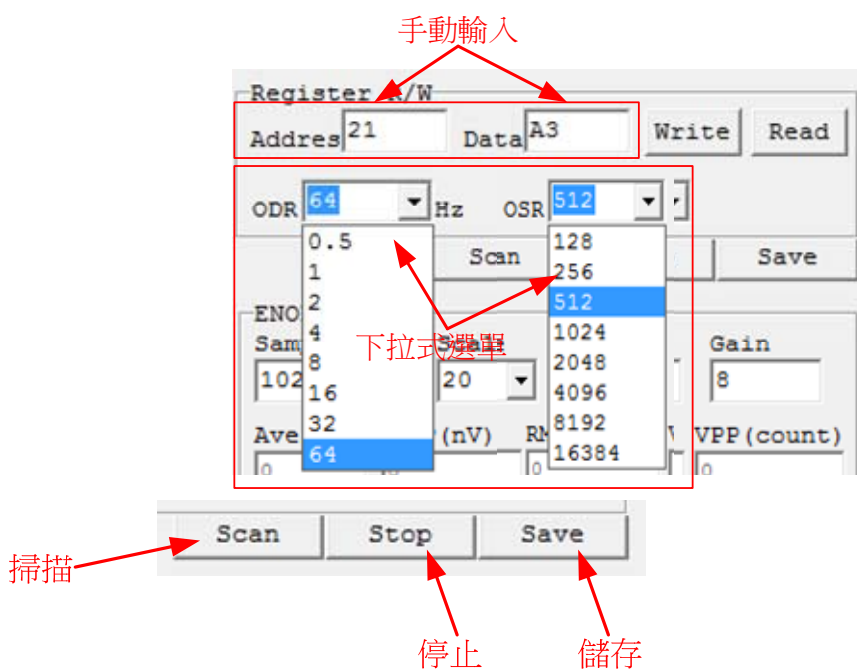


圖 5

- ENOB 測試、設定：

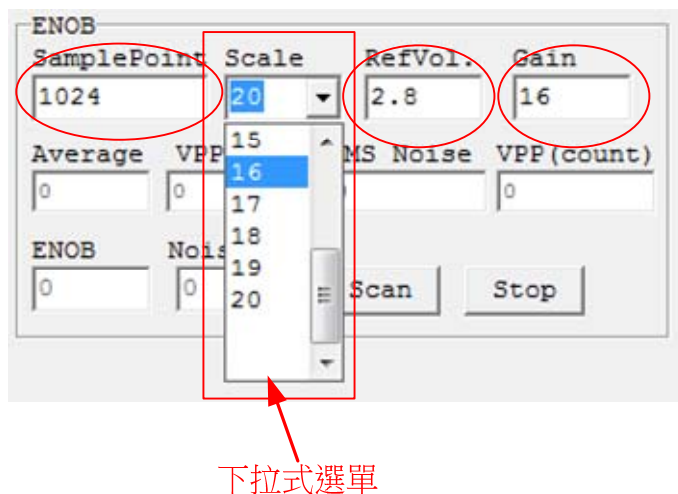


圖 6

- SamplePoint：最少為 128 筆資料，數值需為 128 的倍數。最大值不超過 10240。
- Scale：可透過下拉式選單選取，ADC 抓取資料的有效位數
- RefVol：依據 Address 0x21 設定所決定輸入為何。

Address=0x21, Sensor driving control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x21	DCSET2	DCSET1	DCSET0	TCR1	TCR0	SDRV1	SDRV0	REF
ACCESS	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	0	0	0	0	0	1	0	0

- ◆ 0x21[SDRV1, SDRV0], Sensor Driver Vrefp 管腳電壓選擇控制
- ◆ 00b: 1.65V
- ◆ 01b: 2.2V
- ◆ 10b: 2.8V (default)
- ◆ 11b: 3.8V

- Gain=依據 Address 0x21、0x22 設定所決定輸入為何。輸入數值公式： $\frac{ADGN}{REF}$ 。

Address=0x22, ADC Gain control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x22	-	-	-	-	ADGN1	ADGN0	-	-
ACCESS	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	0	0	0	0	1	1	0	0

- ◆ 0x22[ADGN1, ADGN0], ADC Gain 調整
- ◆ 11b: ADC Gain x8 (default)
- ◆ 10b: ADC Gain x4
- ◆ 01b: ADC Gain x2
- ◆ 00b: ADC Gain x1

Address=0x21, Sensor driving control address.

IIC COMMAND	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x21	DCSET2	DCSET1	DCSET0	TCR1	TCR0	SDRV1	SDRV0	REF
Access	W	W	W	W	W	W	W	W
Default	0	0	0	0	0	1	0	0

- ◆ 0x21[REF], ADC 參考電壓網路選擇控制
- ◆ 0b: ADC 參考電壓通道為(Vrefp-Vrefn)/2 (default)
- ◆ 1b: ADC 參考電壓通道為(Vrefn-VSS)/1

7 參考文獻

[1] DS-HY14E10_TC,

8 修訂紀錄

以下描述本文件差異較大的地方，而標點符號與字形的改變不在此描述範圍。

版本	頁次	變更摘要
V01	ALL	初版發行
V02	13	增加 0x21[REF], 0x22[ADGN1,ADGN0]設定功能.