



---

廚房秤應用說明書

HY11P13

3000 Counts Easy Kitchen Scale

## 目錄

<b>1</b>	<b>簡介</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>原理說明</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>感測元件</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>控制晶片</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>設計規劃</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>硬體說明</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>軟體流程</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>技術規格</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>溫度飄移實驗結果</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>結論</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>操作說明</b> .....	<b>12</b>
<b>6.1</b>	<b>使用方法</b> .....	<b>12</b>

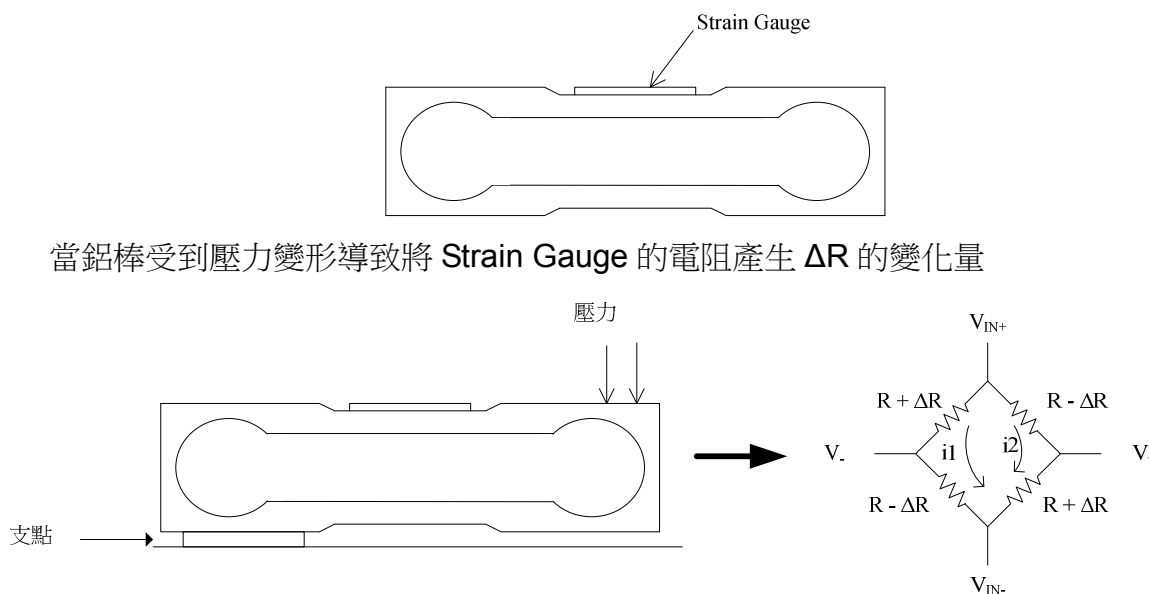
## 1 簡介

在科技尚未發展的年代人類對重量取得來自於天平，然後進步到使用彈簧作為物理量，直到電子數位時代的來臨，開始將這些物理量轉換為電壓，再將電壓轉換為數字直接顯示出來。壓電轉換的感應器發展後，將重量的的分度值就越來越精細，將原來傳統的 1/300 彈簧秤到 Load Cell 秤 1/3000，而對元件的要求也越來越少；HY11P13 晶片正是為了減少周邊元件提高解析度而設計。

## 2 原理說明

### 2.1 感測元件

Load Cell 的原理是在鋁制的棒上面貼上一片由橋氏電阻所組成的 Strain gauge，俗稱應變片。



當鋁棒受到壓力變形導致將 Strain Gauge 的電阻產生  $\Delta R$  的變化量

此  $\Delta R$  的變化量產生在訊號兩端的電壓變化為

$$V_+ - V_- = \left( \frac{R + \Delta R}{(R - \Delta R) + (R + \Delta R)} \times (V_{IN+} - V_{IN-}) \right) - \left( \frac{R - \Delta R}{(R - \Delta R) + (R + \Delta R)} \times (V_{IN+} - V_{IN-}) \right)$$

$$V_+ - V_- = \frac{\Delta R}{R} \times (V_{IN+} - V_{IN-})$$

因此利用此電壓變化的物理量經過 ADC 轉換為數位訊號，經由顯示器顯示出來。但是由於此電壓變化大致為 mV 等級的電壓訊號(因為  $\Delta R$  的變化量遠小於  $R$ )，要做一個高精度的秤，處裡的訊號將接近於 0.1uV，如果 ADC 的性能(Noise 的處理)無法達到要求，勢必要將電壓訊號再經過一級 OP 的放大，以達到精度要求。

經過 OP 放大所要處裡的因數就顯的複雜多了，除了 OP 本身的性能要求要能達到外，還要考慮外圍的電阻元件也要達到溫度變化的要求，此作法的成本相對性的要提高很多。又如果要將 Load Cell 輸出訊號直接轉換成數位訊號，那除了 ADC 本身的分辨率需要達到要求外，最小訊號的處理更要能小於 0.1uV 以下，這樣才能做出一個真正符合要求的秤。

廚房秤的 Load Cell 的  $R$  大約 1K $\Omega$ ，而  $\Delta R$  的變化量最大也只有 1 $\Omega$ ，如果  $V_{IN+} - V_{IN-}$

的電壓為 3V，輸出訊號 V+ - V- 的電壓也只有 3mV；如果要做到 3000 Count，內外比為

$$1:10 \text{ 的廚房秤，那最小要處理的訊號為 } \frac{3mV}{3000 \times 10} = 0.1\mu V$$

ADC 性能能否達到規格要求，通常是以 RMS Noise 來推算外部是否穩定內外解析度比值。就一般我們以目視法認定的內部解析度通常是指我們經軟件處理後顯示只有 1 格滾動時，此時滿量程的格數就是其內部解析度，其 1 格所代表的訊號約為 2~3 倍 RMS Noise，就需要認證的計價秤而言，內外解析度比值至少要達到 1：10。但就不須認證的電子秤通常為了顯示產品的最佳性能，通常會盡可能提升外部解析度，降低內外解析度比值，但內外解析度比小於 1：3 時如果使用一般常規的軟件處理不容易做到穩定的外部顯示。

對於開發電子秤產品而言，使用 HY11PXX 系列晶片其所能達到的最大內部解析度的瓶頸在於 Input RMS Noise 而不在於 ADC 解析度，HY11PXX 的 ADC 再 PGA=8，ADC GAIN=16，OSR=32768 每秒 8 筆輸出時其 Input RMS Noise 約為 100nV，但由於其 Input Noise 主要由 Thermal Noise 所組成，所以如果我們再透過平均的軟件處理是可以再將 Input Noise 再進一步降低(使用其他晶片其 Input Noise 主要由 Flick Noise 組成是無法經平均的軟件處理降低)，根據我們實驗可得到如果取 8 筆平均其 Input RMS Noise 約為 40nV，如果取 16 筆平均其 Input RMS Noise 約為 30nV。但會犧牲增加量測穩定時間的代價。如取 16 筆平均則至少需要 2 Sec 才能穩定。

所以如果我們使用 8 筆平均的軟件處理其 Input RMS Noise 約為 40nV，3 倍 RMS Noise 代表約 1 格的滾動，即為 120nV。在使用 2.4V Load Cell 驅動電壓，1mV/V 的 Load Cell 下滿量程可達 2.4mV，所以在此情形下我們可以得到 20000 Counts 的內部解析度。

## 2.2 控制晶片

### 11P13 ADC 的特性

低電壓工作	→ADC 最低工作電壓 2.4V
ADC Gain 放大	→×1/4 ~ ×16
內置預放大電路(PGA)	→×1 ~ ×8
參考電壓設置	→×1/2 與 ×1
Offset 設置	→0, ±1/4Vref, ±1/2Vref, ±3/4Vref
內置輸入訊號切換	→V+ V-, V+短路, V-短路, V+ V-交叉 4 種模式切換
多通道訊號輸入	
多種輸出速率選擇	→ADCK / 256 ~ ADCK / 32768
高分辨率	→18 bits 輸出分辨率
最小分辨電壓	→最小分辨電壓 0.07uV
Rail To Rail 訊號輸入	→輸入訊號最低為 VSS - 0.2V, 最高為 VDDA
Gain 低溫漂係數	→10 PPM/°C

### 11P13 晶片的特性

多種系統震盪頻率選擇	→內部 32K, 2MHz 外部 32K ~ 16MHz
低功耗	→使用內部 2MHz 開啟 ADC, 最大功耗小於 1mA
內置 LCD 驅動	→4×20 點顯示

低電壓檢測 →多段式電源電壓檢測  
內置多段式穩壓輸出 →3.3V，2.93V，2.64V，2.4V  
串列 SPI 通訊  
PWM/PDM 輸出

### 3 設計規劃

#### 3.1 硬體說明

整體線路分為 3 部分說明

- ADC
- 低電壓檢測電路
- 電源與周邊電路

##### 3.1.1 ADC

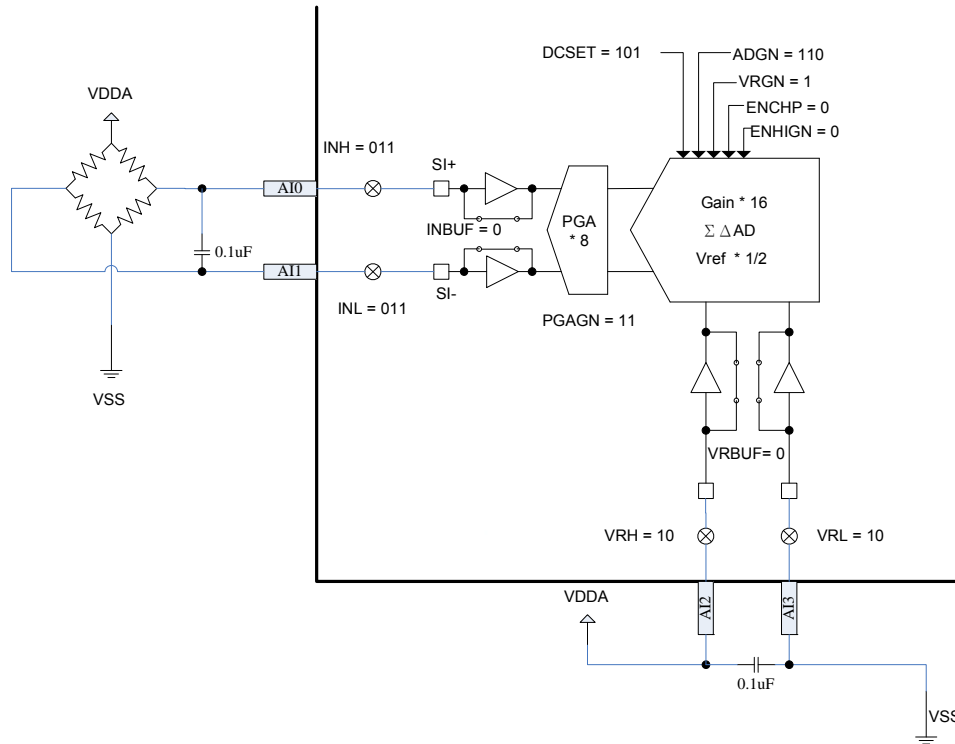


圖 1

Load Cell 輸入電壓由內置 Regulator 2.4V 輸出供給，Load Cell 1mV/V 的輸出訊號 Full Scale 輸出電壓為 2.4mV，ADC 內部的 PGA 放大 8 倍，Gain 放大 16 倍，參考電壓由 VDDA-VSS 供給 VRGN 設置 1(VREF 乘 1/2)，相當於輸入參考電壓 1.2V，這可滿足 ADC 輸出±16 bit 時最小解析電壓 0.08uV 的要求。由於 11P13 的 ADC 具有良好的溫度特性，整體的溫度曲線約略於±10ppm，所以只要選擇低溫飄係數 Load Cell，這就可以達到溫度飄移的要求。AI0-AI1 與 AI2-AI3 的輸入電容務必要接，這在溫度變化時，讓 ADC 有足夠的保持時間。

##### 3.1.2 低電壓檢測電路

低電壓檢測可由內部 SVS 模組內部 Register VLDX 設定檢測低電壓電位。當電壓小於設定值時，透過比較器輸出，使得 SVSOP 旗標為 1。由於 11P13 內部的 REFO 基準電壓具有低溫飄的特性(大約 50PPM)，所以溫度的影響可以降到最小。

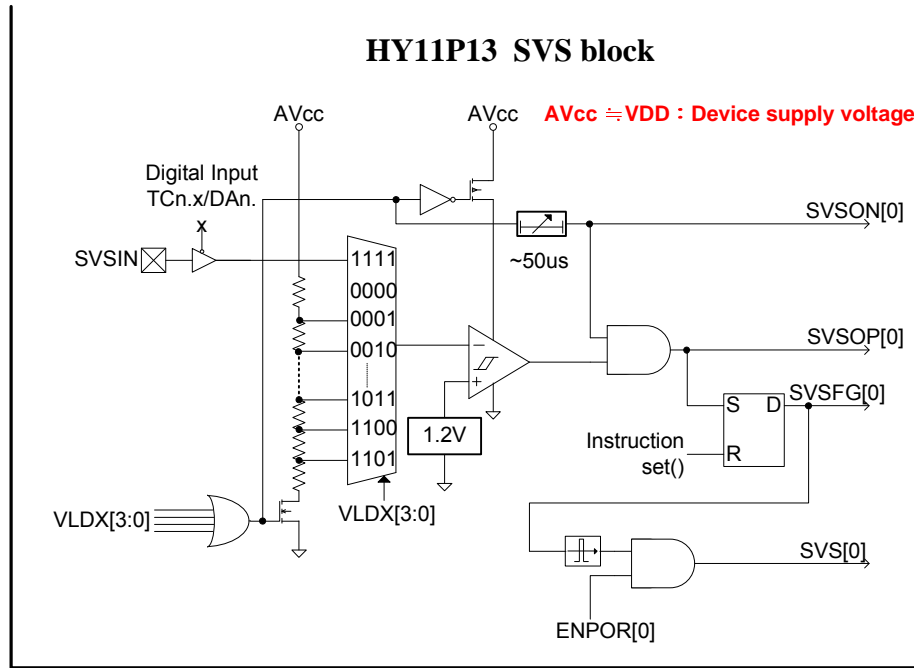


圖 2

### 3.1.3 電源與周邊電路

由於參考電壓選擇由 VDDA 供給，沒有任何外部分壓電路，所有整個系統的零件只有電容，與 EEPROM(24C02)和 Pull High 電阻 2 顆，所有元件除 Load Cell 需低溫飄外，其他原件並不需要考慮溫度，所以成本可以降到最低。

## 3.2 軟體流程

### 3.2.1 訊號交叉測量扣除 Offset Noise

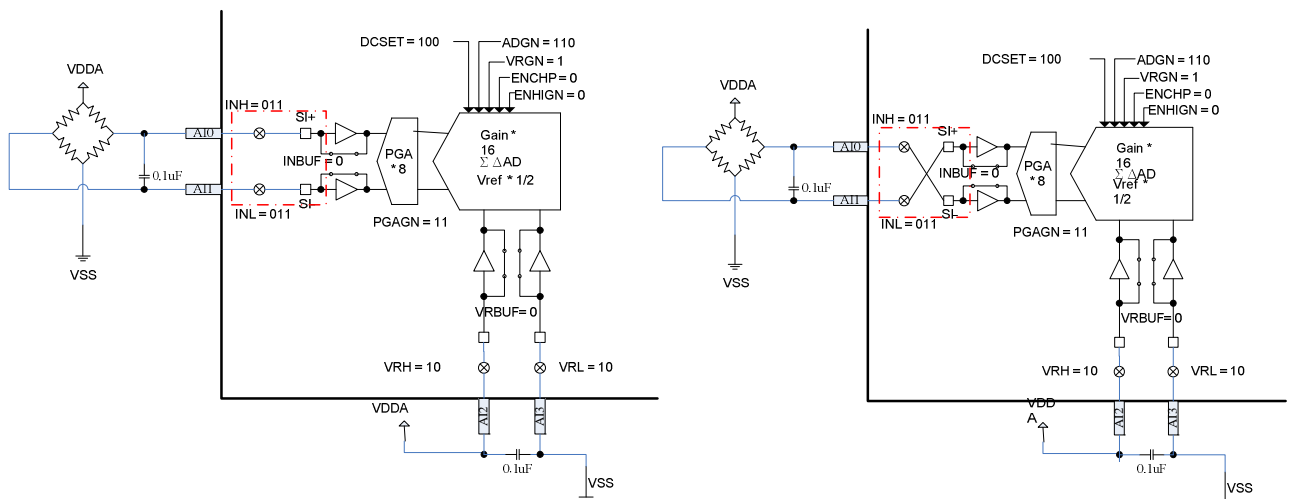


圖 3

由於廚房秤的訊號很小，利用訊號交錯測量的方式可以扣除晶片內部 Offset noise，可將解析度再提高 1 倍。可將 OSR 設定為 ADCK/8192，將網路先設定為輸入正向，丟棄 2 筆 ADC 數據然後連續 4 比平均，得到 ADCH；然後將網路設定為輸入交錯，丟棄 2 筆 ADC 數據然後連續 4 比平均，得到 ADCL，ADCO = ADCH

- ADCL

3.2.2 軟體平均增加 ADC 的 Bit 輸出

由於小訊號放大到 128 倍，ADC 的輸出 Bit 只能達到 ±15 bit，如果使用軟體平均方式可以再將 ADC 的解析度提升 1~2bit。將新的 ADC 值與 7 個 ADC Buffer 值相加除以 8 輸出到 ADC OUT 如圖 4，此目的是將 8 筆 ADC 做平均輸出，這可以將 noise 平均提高信號輸出的 Bit 數。

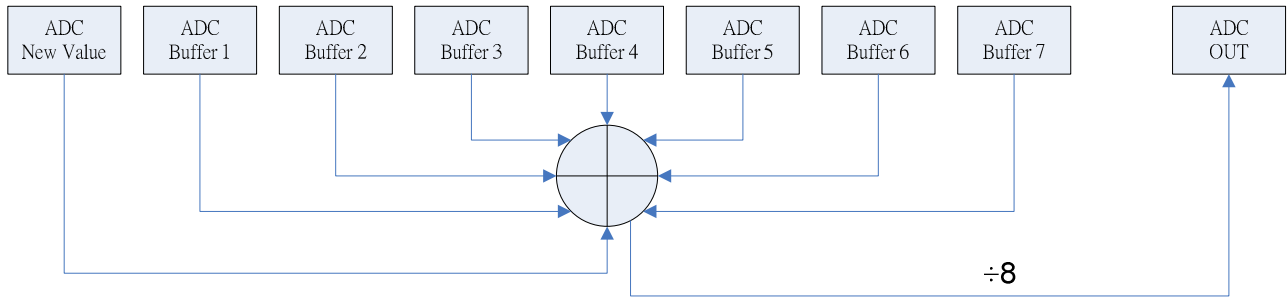


圖 4

當 ADC 平均輸出後，將新值移到 Buffer 1，Buffer 1 移到 Buffer 2...，Buffer 6 移到 Buffer 7。如圖 5



圖 5

由於平均輸出的反應時間比較慢，當有較大的 ADC 值變化時，需要跳過此平均程式。當 ADC 新值大於 ADC 平均值超過 0x200 時，先記錄此新 ADC 值，但不加入平均值運算，如果下一次的 ADC 值還是超過 0x200，將新值取代所有 ADC 的 Buffer 並輸出；如果下一次的 ADC 值沒有超過，可回到平均流程。



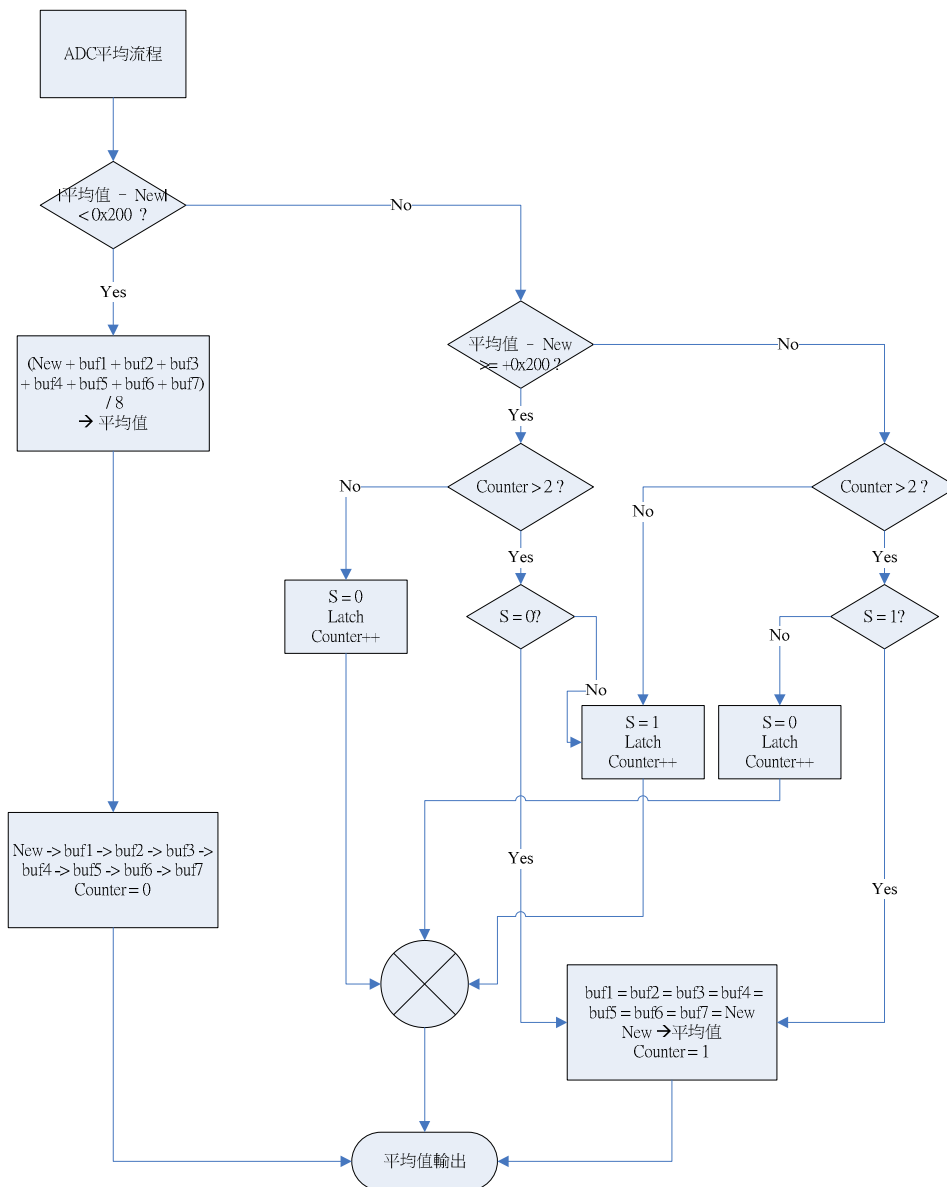


圖 6

## 4 技術規格

### 4.1 溫度飄移實驗結果

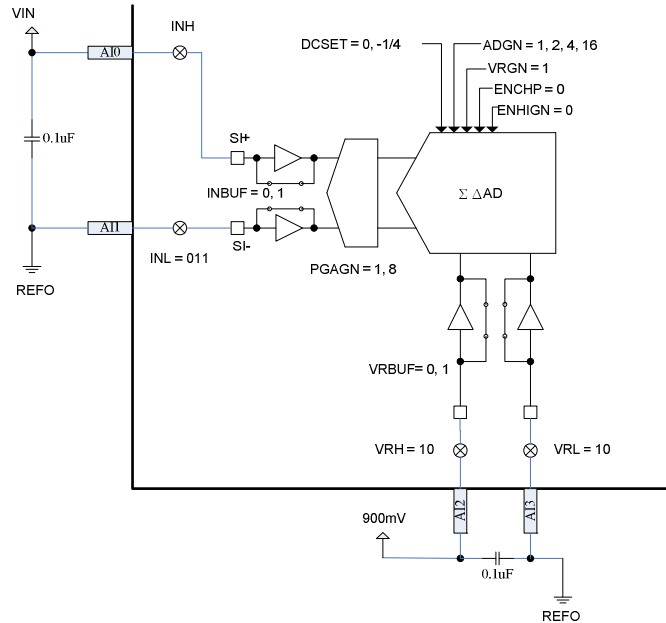


圖 7 溫飄測試線路

### Gain 飄移測試結果

Dither = 100 , Chopper clock = 101 , Chopper ON , OSR = 111 , ADC Clock=250KHz , VDD = 3V , VDDA = 2.4 Reference Voltage = 900mV				
Test Mode	-20°C ~ 20°C	0°C ~ 20°C	40°C ~ 20°C	60°C ~ 20°C
	PPM/°C			
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	-1.89	1.91	-0.95	-1.17
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-2.24	-0.42	-0.98	-1.57
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	6.61	7.20	-7.45	-7.41
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	5.93	6.66	-6.70	-6.86
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	-1.55	-1.30	-1.15	-0.49
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-1.43	-1.18	-1.10	-0.66
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	7.25	6.27	-6.24	-6.13
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	6.76	6.85	-7.21	-6.51
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	-0.90	-1.91	-1.16	-0.63
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-0.85	-1.78	-2.40	-0.88
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	7.20	6.69	-6.86	-6.00
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	7.33	7.12	-7.45	-6.24
Gain = 1*16 , Offset = 0	-0.73	-1.72	-1.12	-0.55
Gain = 8*4 , Offset = 0	1.66	3.10	0.25	0.12
Gain = 8*16 , Offset = 0	12.10	10.40	-6.90	-3.03
Gain = 1*1 , Offset = -1/4Vref	1.32	0.82	-2.74	-2.83
Gain = 1*2 , Offset = -1/4Vref	-0.81	-0.59	-0.87	-0.94
Gain = 1*4 , Offset = -1/4Vref	-0.51	-0.74	-1.18	-0.87
Gain = 1*16 , Offset = -1/4Vref	-0.10	-0.55	-1.19	-1.19
Gain = 8*4 , Offset = -1/4Vref	0.57	1.57	-2.00	-1.33
Gain = 8*16 , Offset = -1/4Vref	7.27	5.98	4.75	-1.31

Gain 對溫度的飄移最大為 12PPM/°C，做為一個 3 級認證的秤，由-10°C~40°C 最大的飄移量為±1.5 Degree，相當於 20 PPM/°C。

## OFFSET 飄移測試結果

Dither = 100 , Chopper clock = 101 , Chopper ON , OSR = 111 , ADC Clock = 250KHz , VDD = 3V , VDDA = 2.4				
Mode	-20 ~ 20	0 ~ 20	40 ~ 20	60 ~ 20
	nV/°C			
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	714.96	539.08	980.58	581.00
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-2388.04	-2204.52	-2106.70	-2333.95
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	645.31	475.93	740.56	525.74
Gain = 1*1 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	-2600.92	-2770.58	-2136.08	-2269.00
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	255.90	207.35	477.90	827.18
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-2923.29	-2914.77	-2261.80	-1938.61
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	249.03	168.16	434.16	744.57
Gain = 1*2 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	-2816.38	-2828.49	-2352.39	-2027.15
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = Off	107.29	77.86	346.58	510.29
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = Off	-3097.09	-2967.50	-2487.59	-2347.65
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = Off , Ref Buffer = On	121.11	39.05	349.34	476.37
Gain = 1*4 , Offset = 0 , AIN Buffer = On , Ref Buffer = On	-3102.68	-3026.86	-2535.73	-2322.09
Gain = 1*16 , Offset = 0	-108.32	-86.15	-102.67	-84.66
Gain = 8*4 , Offset = 0	-16.00	1.58	13.07	28.88
Gain = 8*16 , Offset = 0	-38.07	-27.90	-23.28	-29.65
Gain = 1*1 , Offset = -1/4Vref	1542.99	1893.42	1861.54	1497.64
Gain = 1*2 , Offset = -1/4Vref	858.06	967.18	1115.57	1294.97
Gain = 1*4 , Offset = -1/4Vref	480.44	568.10	574.48	715.75
Gain = 1*16 , Offset = -1/4Vref	-17.30	3.55	-38.61	-13.29
Gain = 8*4 , Offset = -1/4Vref	32.75	60.18	49.19	60.29
Gain = 8*16 , Offset = -1/4Vref	-21.29	-9.80	-23.14	-21.91

如果 Load Cell 輸入電壓為 3.3V，訊號 2mV/V 輸出，也就是最大電壓輸出為 6.6mV(3000Count)，在 3 級認證的秤中在 -10°C ~ 40°C 環溫下 Offset 飄移最大不可超過  $\pm 1e/5^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.2e/^\circ\text{C}$ )，也就是小於 440nV/°C，11P13 在 Gain = 128 時的 Offset 飄移大約為 20nV/°C。所以在選擇 Load Cell 時只要 Gain 飄移小於 8 ~ 10PPM/°C，Offset 小於 400nV/°C 以下就可符合認證的標準。

## 5 結論

Gain 對溫度的飄移最大為 12PPM/°C，做為一個 3 級認證的秤，由 -10°C ~ 40°C 最大的飄移量為  $\pm 1.5$  Degree，相當於 20 PPM/°C。

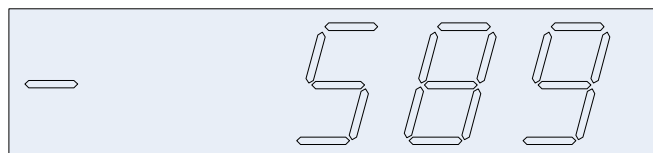
如果 Load Cell 輸入電壓為 3.3V，訊號 2mV/V 輸出，也就是最大電壓輸出為 6.6mV(3000Count)，在 3 級認證的秤中在 -10°C ~ 40°C 環溫下 Offset 飄移最大不可超過  $\pm 1e/5^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.2e/^\circ\text{C}$ )，也就是小於 440nV/°C，11P13 在 Gain = 128 時的 Offset 飄移大約為 20nV/°C。所以在選擇 Load Cell 時只要 Gain 飄移小於 8 ~ 10PPM/°C，Offset 小於 400nV/°C 以下就可符合認證的標準。

## 6 操作說明

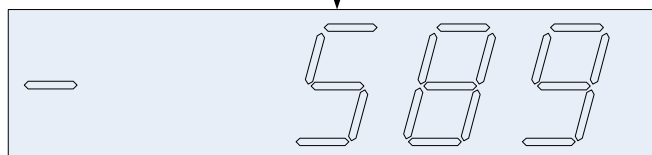
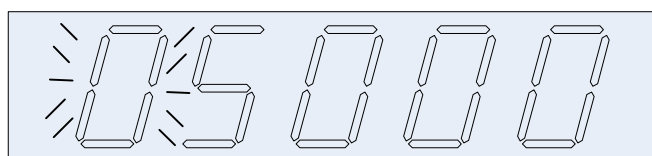
### 6.1 使用方法

#### 6.1.1 校正說明

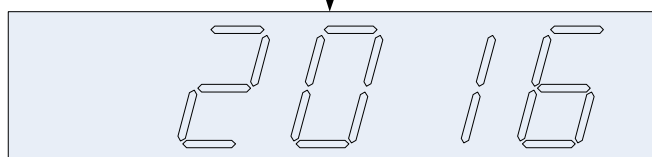
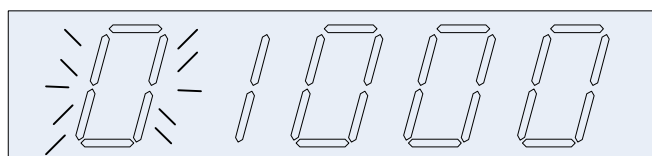
如果 EEPROM 內如果無效正值，程式自動進入校正模式。如果需要重新校正先按 PT1.0 然後 Power ON，然後放開 PT1.0。校正模式下首先 Show 內碼值



- 按 PT1.0，滿載重量(最大秤重範圍)  
位數閃爍代表該位數輸入  
按 PT1.3，數字往上遞增，由 0→9
- 按 PT1.0，數位右移，直到最後一位時進入零點校正，此時顯示內碼值，再按一下 PT1.0，存入零點值，並進入下一個流程



- 零點校正完成後，進入標準重量校正

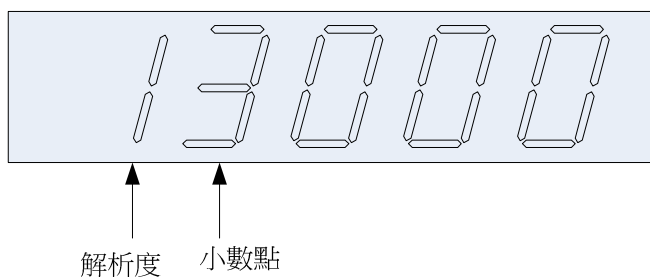


按 PT1.3，數字往上遞增，由 0→9

按 PT1.0，數位右移，直到最後一位時進入標準重量校正，放上輸入的標準重量砝碼，再按一下 PT1.0，存入校正值，並進入下一個流程

- 標準重量校正完成後，進入解析度與小數點位數選擇  
按 PT1.3，數字往上遞增，由 0→9

按 PT1.0，數位右移，直到最後一位時，再按 PT1.0，將所有的值存入 EEPROM 後進入秤重模式



## 6.1.2 秤重說明

如果 EEPROM 內如果無效正值，程式自動進入校正模式。如果需要重新校正秤重說明。

按鍵 PT1.0 → Zero 或 Tare

當重量小於滿載重量的 1/10，按此鍵為 Zero 功能

當重量大於滿載重量的 1/10，按此鍵為 Tare 功能

按鍵 PT1.3 → 內碼值與重量值，切換顯示

## 6.1.3 Auto Zero

當重量在零點範圍內  $\pm 1 \text{ div}$ ，並在 1 秒鐘維持穩定狀態下，會 Auto Zero。如果 Auto Zero 大於滿載重量的 1/10，不再有此功能。