



計價秤應用說明書

HY11P13

3000 Counts Pricing Scale

目錄

1	簡介.....	3
2	原理說明.....	3
2.1	感測元件.....	3
2.2	控制晶片.....	4
3	設計規劃.....	6
3.1	硬體說明.....	6
3.2	軟體說明.....	8
4	技術規格.....	11
4.1	溫度飄移實驗結果.....	11
5	結論.....	12
6	操作說明.....	13
6.1	使用方法.....	13

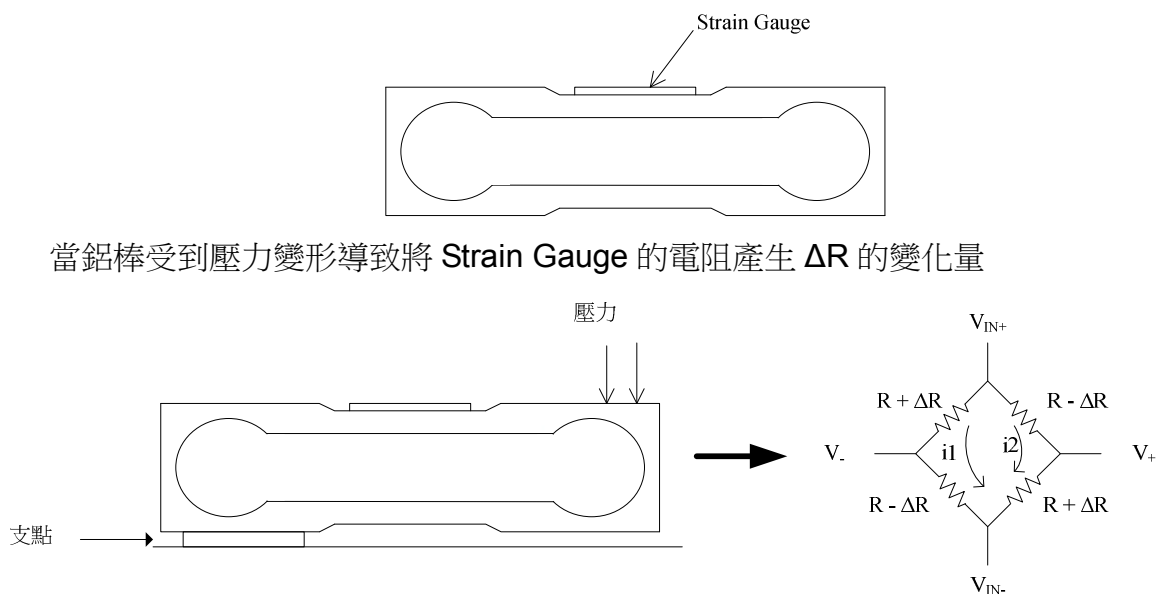
1 簡介

由於計價秤需要做嚴格的認證，包括溫度、精確度與解析度，更需要具有抗干擾能力(ESD 與 EMI)，這些除了周邊零件的特性需要達到規格要求之外，更需要量測晶片的規格能符合要求。因此如果能夠簡化周邊的被動元件(電阻)，這將能夠降低溫度對量測的影響之外，更能夠節省成本，對抗干擾能力也有明顯的改善。

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 ΔR 的變化量

此 ΔR 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 ΔR 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 Ω ，而 ΔR 的變化量最大也只有 1 Ω ，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 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

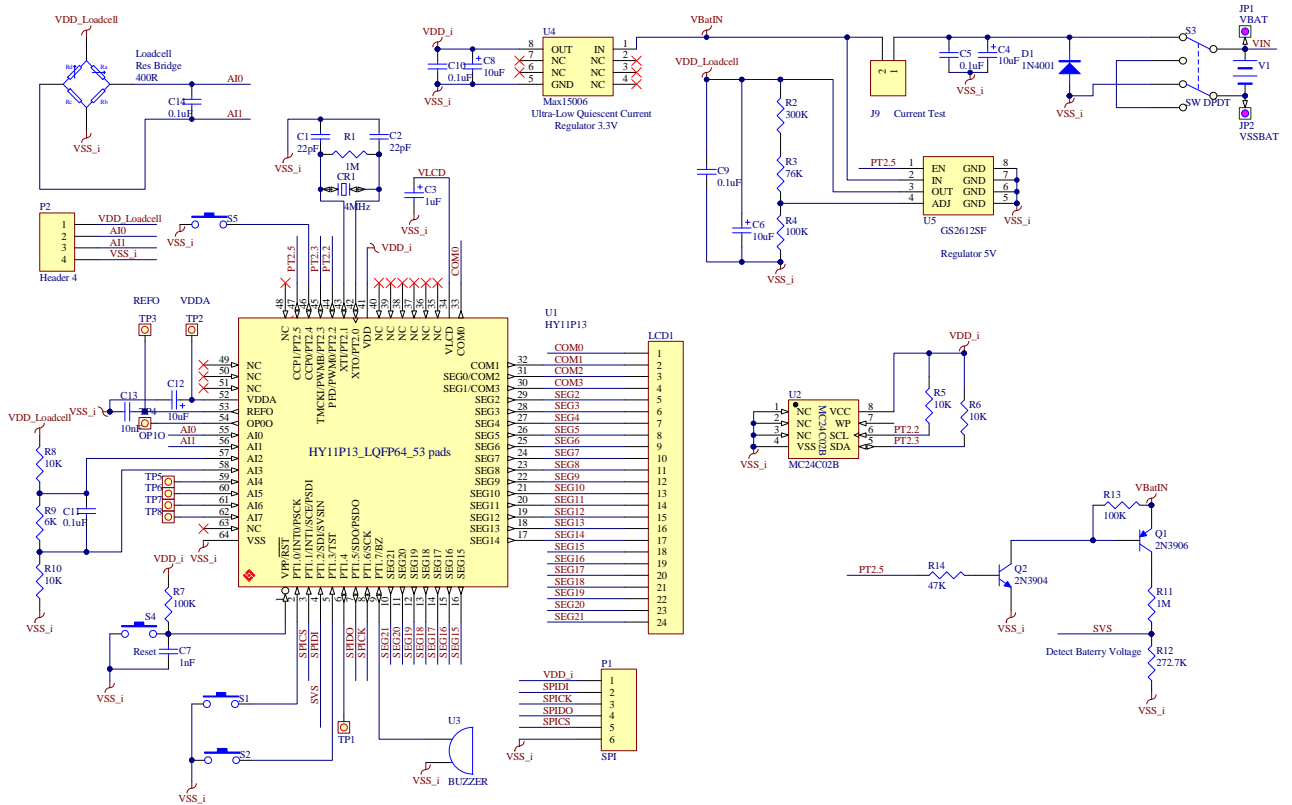


圖 1

Demo Board 分為三部分說明：

- ◆ ADC
- ◆ 低電壓檢測電路
- ◆ 電源與周邊電路

3.1.1 ADC

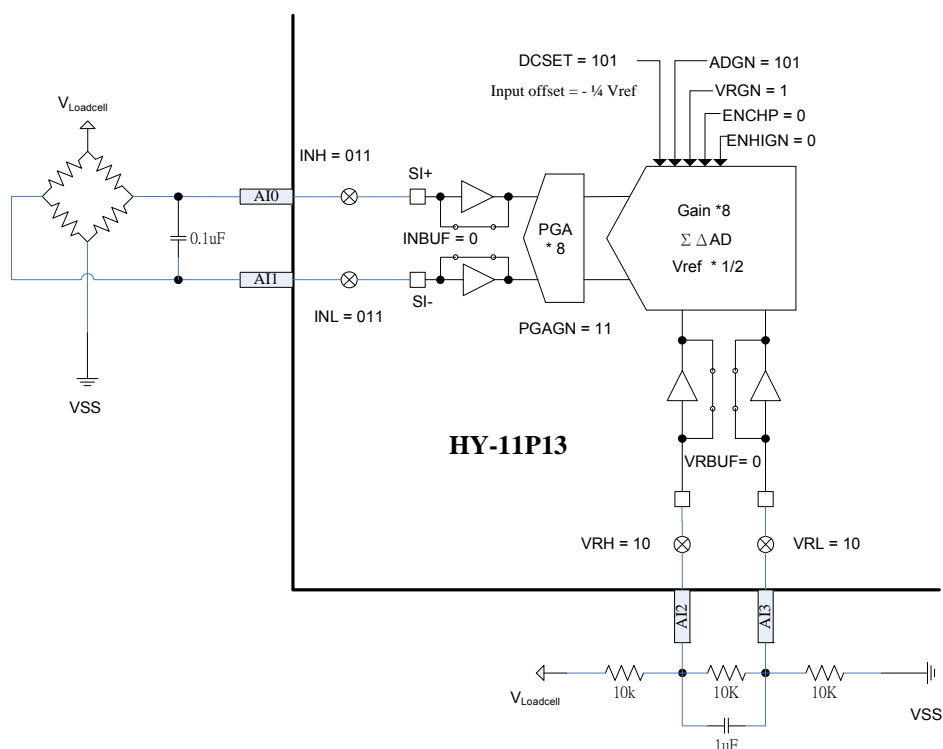


圖 2

Load Cell 輸入電壓由 Regulator 3.3V 輸入，這電壓可以讓 Load Cell 2mV/V 的輸出訊號最大可達 6.6mV，ADC 內部的 PGA 放大 8 倍，Gain 放大 8 倍，VRGN = 1 (VREF 乘 1/2)，這可滿足 ADC 輸出 ±15 bit 時最小解析電壓 0.2uV 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 2~3 顆低溫飄係數電阻與 Load Cell，這就可以達到計價秤認證的規格要求。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

由於 VDD 電源是經由 Regulator 輸出，所以無法使用 VDD 來做低電壓檢測，所以 Battery 電壓需經過分壓，由 11P13 內部的電壓管理系統的 SVSIN 輸入。

當 PT2.5 Output High 時 Battery 的電壓經由 R1、R2 分壓輸入到 SVSIN，如果 SVSIN 電壓低於 1.2V，11P13 的電壓管理系統的 SVSOP 為 1，這樣就可以判斷電池電壓是否過低。

由於 11P13 內部的 REFO 基準電壓具有低溫飄的特性，如果系統要精準的判斷低電壓，就要選擇低溫度係數的 R1、R2 電阻。

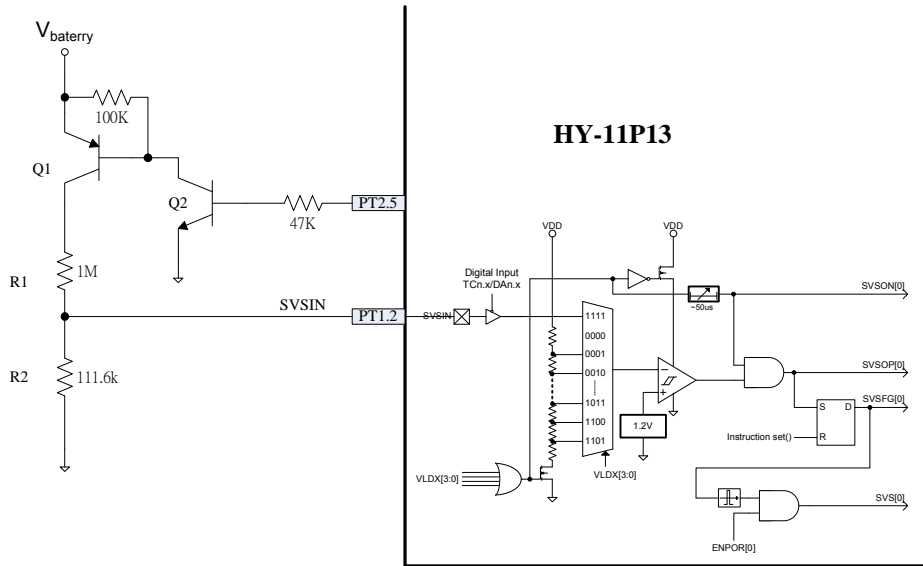


圖 3

3.1.3 電源與周邊電路

Battery 的電源輸入經過 3.3V Regulator (Low quiescent current) 穩壓器，供應給 11P13 的 VDD，由於 11P13 在 Sleep Mode 下的晶片耗電流小於 1uA，所以整個系統的耗電流決定於 3.3V Regulator 的耗電流。

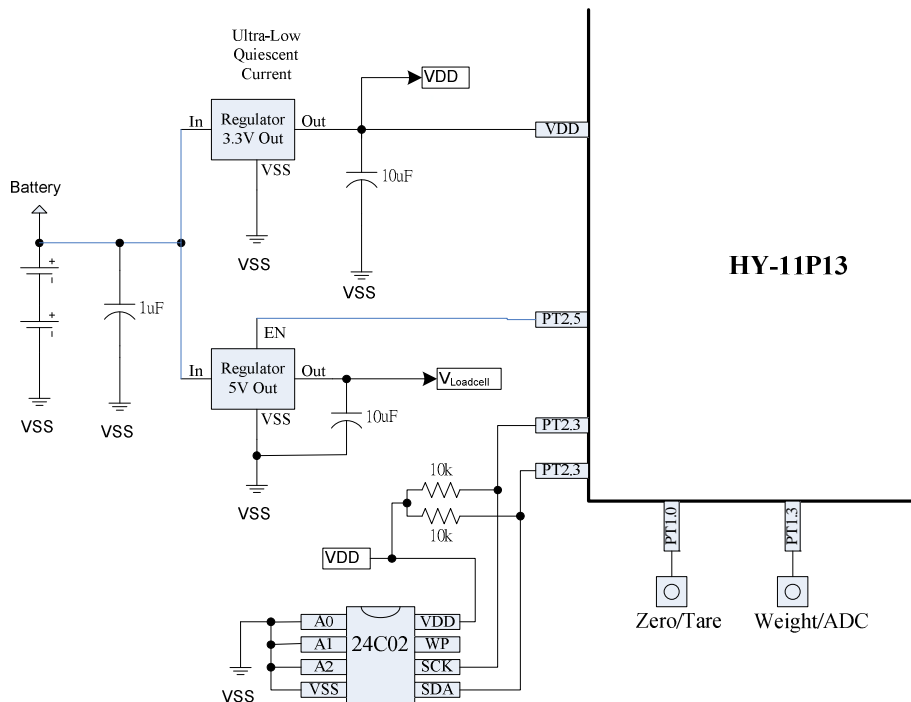


圖 4

5V 的 Regulator 輸出電壓供應給 Load Cell 與參考電壓，由 11P13 的 PT2.5 控制輸出，當進入省電模式時可將此電源關閉。

3.2 軟體說明

3.2.1 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 5，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。

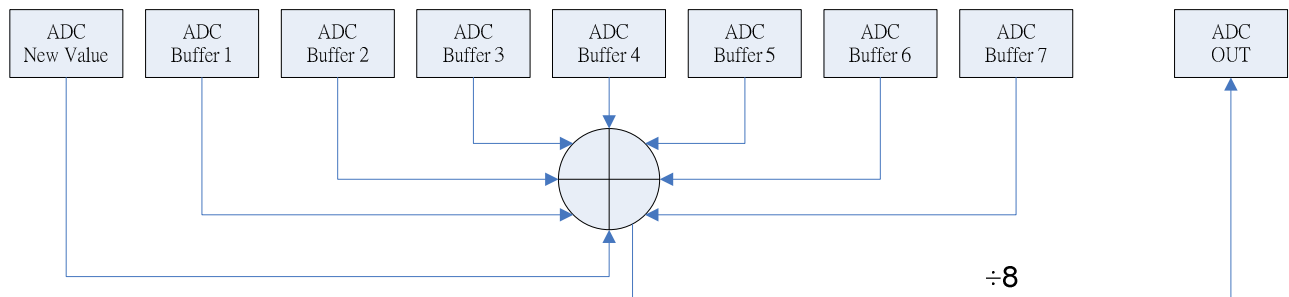


圖 5

當ADC平均輸出後，將新值移到Buffer 1，Buffer 1 移到Buffer 2...，Buffer6 移到Buffer 7，如圖 6。



圖 6

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。

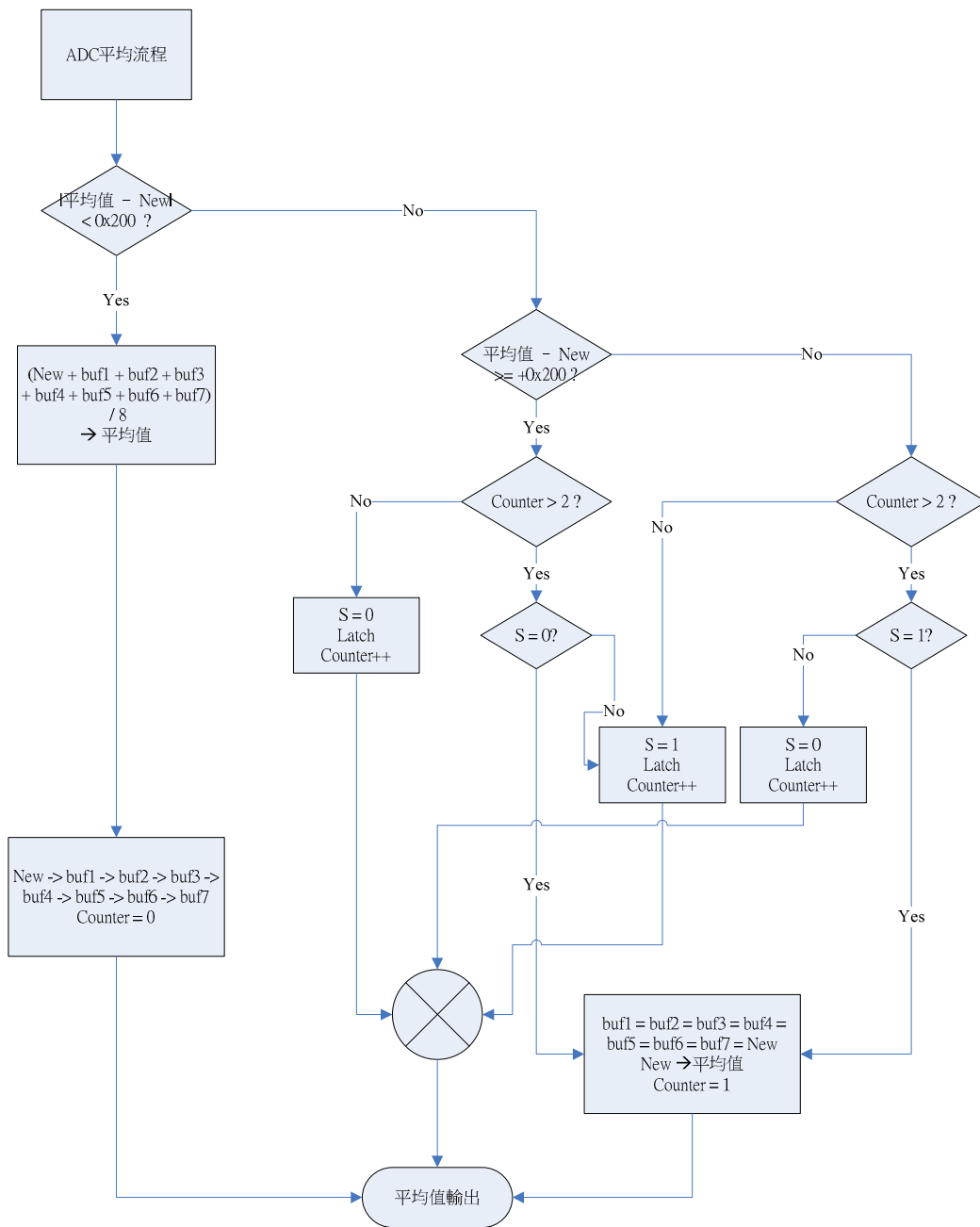


圖 7

4 技術規格

4.1 溫度飄移實驗結果

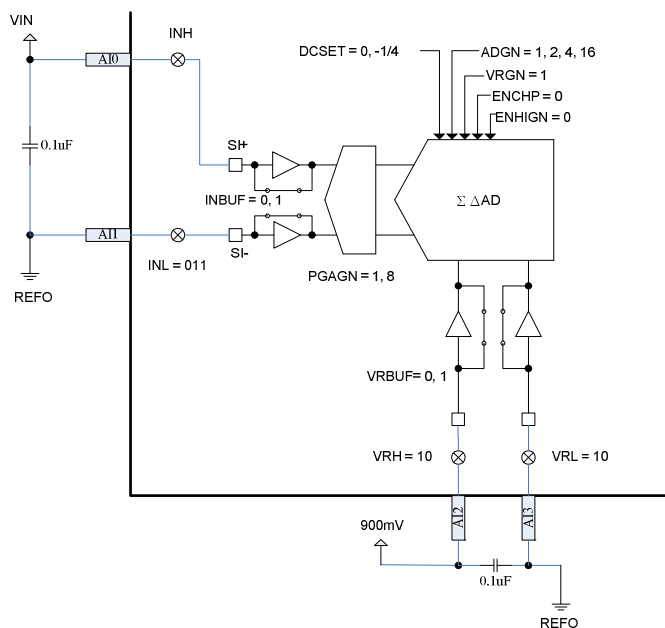


圖 8 溫飄測試線路

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 ± 1.5 Degree，相當於 20 PPM/°C。

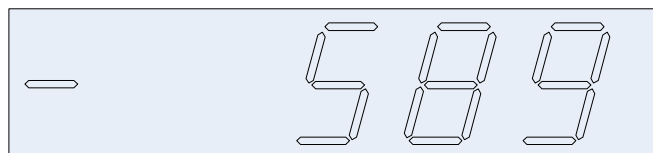
如果 Load Cell 輸入電壓為 3.3V，訊號 2mV/V 輸出，也就是最大電壓輸出為 6.6mV(3000Count)，在 3 級認證的秤中在 -10°C ~ 40°C 環溫下 Offset 飄移最大不可超過 $\pm 1e/5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.2e/^{\circ}\text{C}$)，也就是小於 440nV/°C，11P13 在 Gain = 128 時的 Offset 飄移大約為 20nV/°C。所以在選擇 Load Cell 時只要 Gain 飄移小於 8 ~ 10PPM/°C，Offset 小於 400nV/°C 以下就可符合認證的標準。

6 操作說明

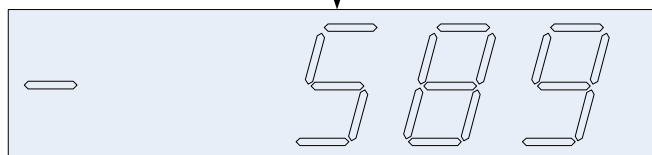
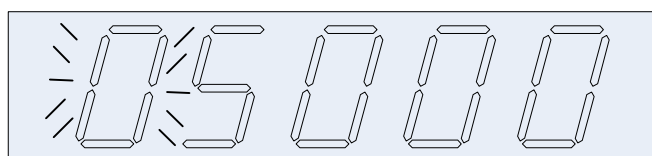
6.1 使用方法

6.1.1 校正說明

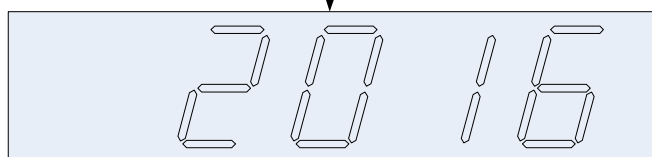
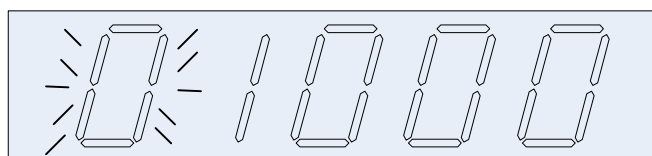
如果 EEPROM 內如果無效正值，程式自動進入校正模式。如果需要重新校正先按 PT1.0 然後 Power ON，然後放開 PT1.0。校正模式下首先 Show 內碼值



- 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

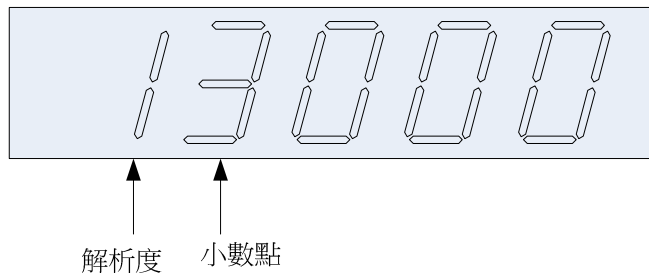


按 PT1.3，數字往上遞增，由 0→9

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。