

無開關電子秤

技術演進說明：

電子秤經歷了指針式電子秤，離散元件組成的數子型電子秤及高階產品用單晶片式電子秤。其基本秤重方式不外乎透過機構上的壓力(重量)傳感器，當施壓力於傳感器上，傳感器會發生形變，而產生阻抗變化，在外部給予驅動電壓後，會將壓力轉換為電壓或電流的量化訊號輸出，再經由小訊號放大線路及抗干擾濾波線路處理後，由 ADC(類比數位轉換器)轉換為數字訊號，而數字訊號就由微控制器(MCU)運算處理後，再搭配各種不同 UI(user interface)功能來連接周邊應用，透過周邊控制及液晶顯示出傳感器的感應量。然而其電子秤設計皆需前置複雜的硬體電路來完成訊號取樣，及搭配微控制器來進行轉換，一般則需要通過以下設計流程。如圖 1。

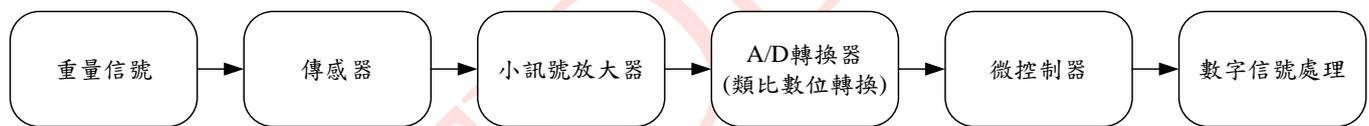


圖 1

在電子秤逐漸普及後，電子體重秤的應用也隨之而來，而原本在電子秤上的特點也隨著被帶入電子體重秤中。除基本單位轉換功能，多組記憶，自動零點追蹤，電池電壓提示，系統待機，身體重量測量等功能外，也逐漸將身體各參數資料也加入量測中：就像是身體質量指數(Body Mass Index, BMI)，體脂肪，身體水分含量等功能。

而對使用者而言，最常遇到的問題就是使用體重秤前，都要有開機的動作，之後才能進行體重測量。因為早期體重秤設計，其消耗電流很大，為了達到省電功能，設計者從硬體上製作了按鍵，如圖 2，當使用者要秤重時，則需開啟按鍵後，等待幾秒鐘時間，使體重秤歸零動作後，才能予以秤重。但實際使用上，這對老人家或是小孩子在秤重上會造成困擾或不方便，通常他們都不知道要

先開啟開關才可以開始秤重，因此以為體重秤故障，或是需要等待固定時間歸零後才可以開始秤重的困擾。

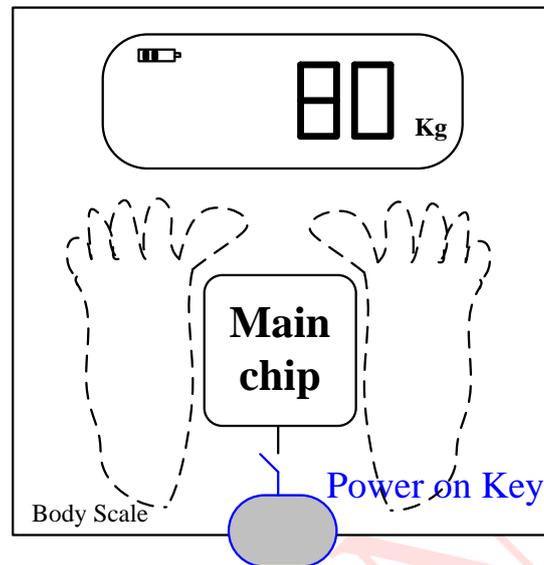


圖 2

因為該功能的需求，使得技術逐漸進步到由硬體判斷線路來自動啟動秤重測量功能，如圖 3 所示，透過一級比較器(Comparator)進行秤重喚醒判斷。但這也存在技術上所需克服問題，往往傳感器(Sensor)差動輸出電壓非常微小，而一般比較器設計就已經存在幾毫伏特(mV)的零點偏移量(offset)，且若要設定為啟動秤重的電壓量通常更微小，都只有幾微伏特(uV)的電壓，因此常常會造成誤動作，反而使得體重秤沒有達到省電功能，而且因為比較器需要處於主動偵測模式下，才能時刻判斷使用者是否有在使用體重秤，因此比較器的低消耗電流則被進一步的要求。因此要達到如此規格及成本之下，這樣的設計方法逐漸被市場所淘汰。而且常常的誤判也造成使用者的混淆與使用不便，所以在真的要秤重時，體重秤通常已經沒電無法使用。

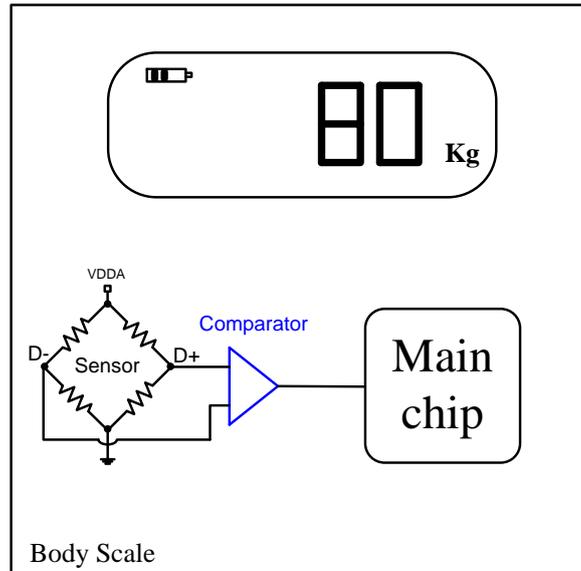


圖 3

在其測試方法逐漸被淘汰後，大家紛紛使用高性能、低聲噪及低耗電的儀表放大器 (Instrumentation Amplifier, IA) 於體重秤設計上，如圖 4。在感測器的輸出訊號分辨率上，可達更高準確度的判斷來啟動測量功能。雖然精度提高，已經減少誤判存在，但其高單價的 IA，更是在體重秤市場中遇到瓶頸與推廣障礙，為了準確啟動秤重的功能，而增加成本的解決方法，終端客戶終究還是避而遠之。

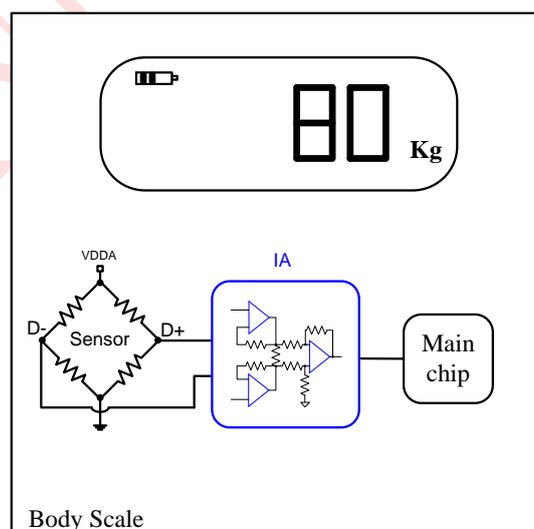


圖 4

應用架構：

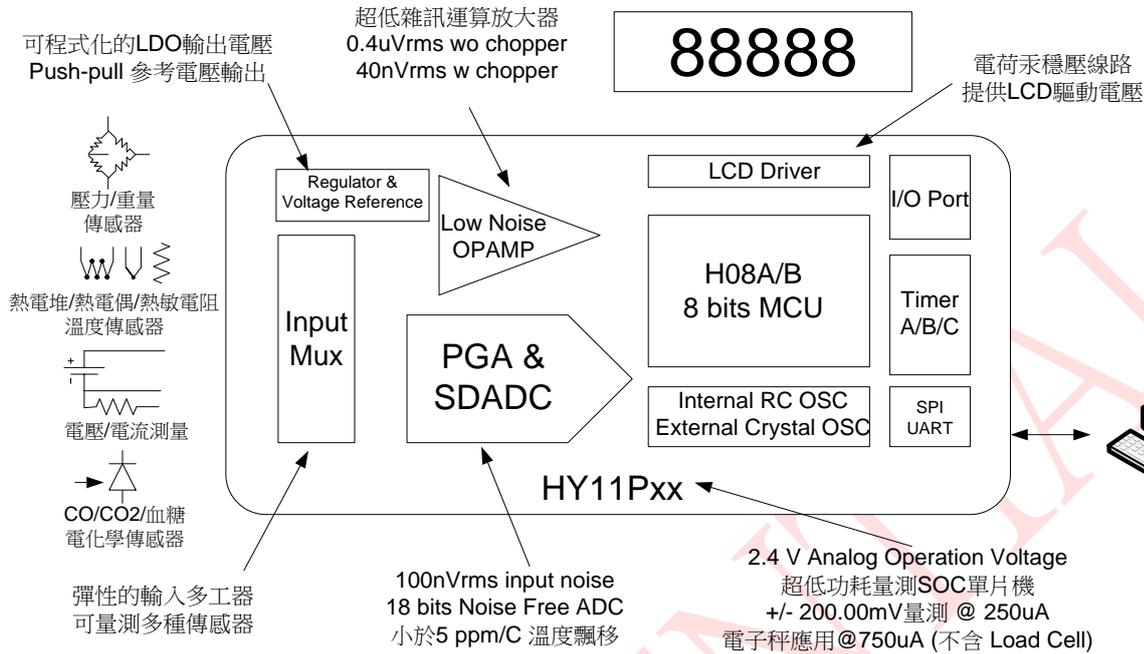


圖 5

而矽統科技所推出 HY11P 系列 8 位元高性能 OTP 單片機，如圖 5。不但具有高解析度類比數位轉換器(Analog to digital converter, ADC)之外，還整合許多周邊資源，堪稱是高整合度與高性能規格的單片機：

- ◆ 2.2V to 3.6V 工作電壓範圍，適合電池式產品使用，-40°C~85°C工作溫度範圍更符合工業規格需求。
- ◆ CPU 為加強型精簡指令集，包含硬體乘法指令及查表指令。不同晶片有 2K~8KWord OTP (One Time Programmable) Type 程式記憶體，128~512Byte 資料記憶體，足夠提供體重秤或體脂秤相關應用開發需求。
- ◆ 內建高精度可校正 RC 振盪器，可以節省外接振盪器的零件需求。
- ◆ 晶片具有彈性多種工作時脈切換選擇主頻率網路，可讓使用者達到最佳省電規劃，而 CPU

也支援待機模式及睡眠模式的指令驅動功能，更可以有效進行功率管理，使得非量測中模式更達省電效益。即使連續測量模式下，晶片功耗僅 2.25mW，進入深層睡眠模式也只有 2uW 的耗電，更適合節能省電的需求。

- ◆ 多重防當機功能，對於電源系統有啟動重置晶片功能，使得微控制器正常工作，並有硬體堆疊滿重置與看門狗重置功能，降低因外部干擾所產生晶片當機現象。
- ◆ 內建高解析度全差動輸入 $\Sigma\Delta$ ADC 類比數位轉換器：
晶片主要核心為內建高解析度類比數位轉換器，該核心使得整合應用系統達到晶片化 (System on chip, SOC) 的目的。在輸入的類比訊號不放大的設定下，ADC 的性能可以高達 ENOB 有 20bits 的超高解析能力。其 ADC 內建可程式增益放大器功能，間接可省去傳統外接前置儀表放大器的功能，其內建放大倍率最大高達 128 倍率，等效可以解析 RMS Noise 約有 100nV 的小訊號分析能力。而在 ADC 取樣頻率為 250KHZ 設定下，更可以完整取樣訊號資料，不僅 ADC 的超取樣架構提高了整個訊號的解析，可程式數位超取樣的選擇，也使得 ADC 解碼輸出率可設定成從 8HZ 到 2KHZ 的訊號輸出速度，足以滿足許多應用取樣頻寬，其後端的二階疏狀濾波器搭配超取樣架構也扮演了低通濾波的功能。
- ◆ 內建低電壓 14 段檢測功能，即時提示電池使用量。同時也可以利用 ADC 前置網路通道，進行實際電壓測量顯示功能。
- ◆ 內建多達 80(4*20)點數的 LCD 液晶驅動顯示，滿足該方案下的各血壓值顯示、時鐘模式及其他額外功用點數顯示功能，內建液晶驅動電壓的升壓設計，即使在電源電壓為低電壓下，液晶驅動器顯示明亮度一樣可被使用者所接受。

◆ 多樣化的數位功能支援，達到完整的數位控制方案：

豐富的多功能數位周邊，可以在有更多的應用想像空間，包含有 8-bit Timer A、16-bit Timer B、8-bit Timer C 模組及內建支援數位訊號比較模組、擷取模組、脈衝寬度調變(Pulse-width modulation, PWM)模組及頻率調變(Pulse-frequency divider, PFD)功能等。其內建的串列通訊 SPI 模組與 RS232 模組，更適合於 PC 通訊的一個橋樑。

CONFIDENTIAL

方案優勢說明：

因為其高度整合性，可使橋式傳感器差動輸出訊號直接連接到 HY11P 系列晶片，如圖 6。即可進行訊號轉換處理，不需經過前置放大線路來進行放大與濾波處理，已經減少非常多外部零件設計需求。其高解析度當然毋庸置疑，在秤重測量模式下，調整放大倍率為 128 倍，類比數位轉換輸出率為 8sps，其 ADC 有效位數(Effective number of bit, ENOB)高達 17.5bits，等效輸入聲噪更可以解析到 100nV 微小訊號，且在可接受 1sps 顯示速率下，可以透過 8 筆資料滑動平均濾波處理法，來降低等效輸入聲噪至 40nV，再進一步提升解析能力。而在快速輸出接近 1ksps 的輸出率下，其 ADC ENOB 仍可達 14bits 能力。因具有類比電源系統低電壓設計能力，使得類比測量線路可以工作在 2.4V 低壓下，使得晶片消耗電流降低許多，即使連續測量模式下，晶片功耗也僅 2.25mW。

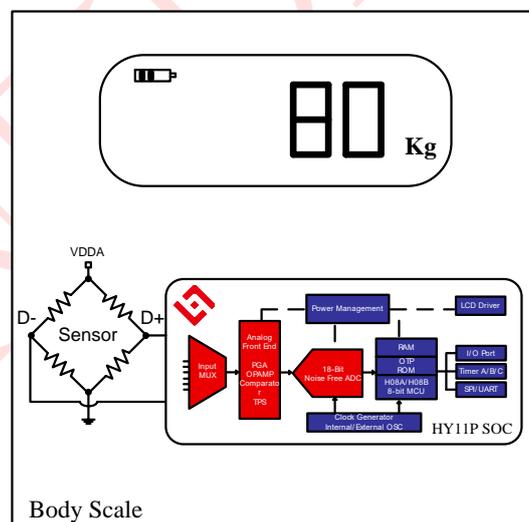


圖 6

因此在晶片具備高解析度與快速輸出能力下，研發出軟體智能判斷功能來取代按鍵啟動開關的功能，利用微控制器啟動測量模式與監控模式的搭配，可控制平均消耗電流在 20uA 以內，即使使用 210mAh 的電池來驅動，仍可持續工作一年半以上的時間。而軟體智能判斷功能則以圖 7

來進行說明：若以體重秤為例，傳感器等效阻抗為 1KΩ 左右，等效消耗電流約 2.4mA，而晶片工作時，以每秒為單位喚醒一次進行測量，基本上監控電流可以細分成以下 A、B、C、D 等四大項消耗電流成分；

A 定義為 CPU 啟動及數字分析計算與顯示所需時間與耗電，時間為 2msec，消耗電流為 0.3mA。

B 定義為 ADC 啟動偵測的動作，設定 ADC 輸出率為 1ksps，在為每秒時間內，晶片是否要喚醒測量的臨界判斷標準，以最快輸出率下，進行秤重前的啟動判斷，其時間為 2.4msec，包含傳感器消耗電流，總耗電為 3.2mA。

C 定義為晶片類比電壓源 VDDA 啟動所需時間，其時間為 0.5msec，包含傳感器消耗電流，總耗電為 2.7mA。

D 定義為晶片處於待機模式下消耗電流，透過關閉類比電壓源可間接關閉傳感器電源達到最省電效果，則扣除 A、B、C 項目所剩餘時間，則為待機電流，時間為 995.1msec，消耗電流為 1.65uA。

則監控耗電流總和

$$\begin{aligned} &= 0.3\text{mA} \times 0.2\% + 2.7\text{mA} \times 0.05\% + 3.2\text{mA} \times 0.24\% + 1.65\text{uA} \times 99.51\% \\ &= 11.27\text{uA} \end{aligned}$$

其中連續測量模式下，晶片測量耗電流與傳感器消耗電流總為 3.2mA

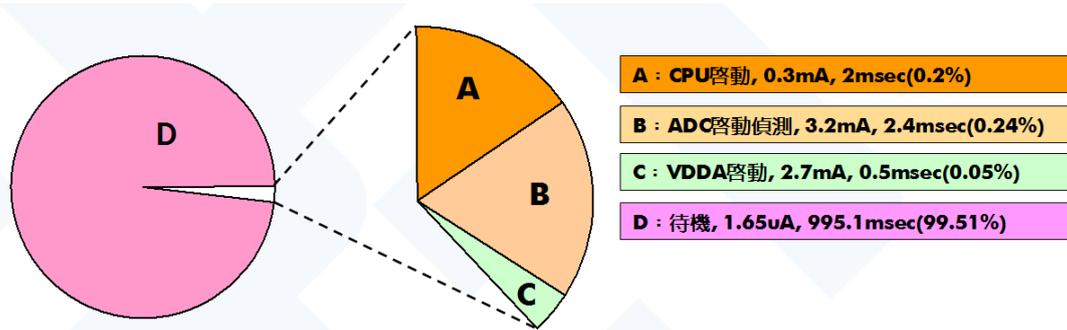


圖 7

而實際應用上，若定義每天量測 10 次體重，每一次量測 15 秒時間則平均耗電流為測量耗電流與監控耗電流總和，因此平均耗電流為：

$$\begin{aligned}
 &= (\text{量測耗電流}) \times (\text{量測次數}) \times (\text{每次量測時間}) / (1 \text{ 天時間}) + (\text{監控耗電流}) \\
 &= (3.2\text{mA}) \times (10) \times (15\text{sec}) / (86400\text{sec}) + (11.27\text{uA}) \\
 &= 16.83\text{uA}
 \end{aligned}$$

在所裝載電池電量設定為 210mAh 下，其電池壽命為：

$$\text{電池電量} / \text{平均耗電流} = 210\text{mAh} / 16.83\text{uA} = 520 \text{ 天}$$

因此，這樣的設計概念，不僅節省了一顆外部按鍵開關，其每秒鐘的智能偵測判斷，更可以達到歸零判斷依據，即使是傳感器自身微小的零點漂移變化，都可以輕易達到追蹤並更新的效果。而每秒鐘的偵測判斷，不僅可以讓使用者，一站上秤台後，即可馬上測量體重，也不需特別在意是否有打開啟動開關，也不需等待歸零動作，立即可以顯示待測重量，更可以達到非常省電的設計，在連續監控工作下，電池電量還可有長達一年半以上的使用壽命；比起他牌產品，雖擁有類似功能的設計，但卻只有不到半年的電池使用壽命相比，其性能與價格的比值(Capability/Price)遠遠凌駕其他產品之上。而該獨創性的整合設計，除了軟體控制智能判斷外，最主要就是使用了矽統科技劃時代的高性能、高整合度、極具低價格成本優勢的產品，HY11P 系列 8 位元高性能 OTP 單片機。