

迷你無線地磅之研製

¹楊善國 ²鄭貴仁 ²鄭兆宏 ²江承翰 ²李昆宜

¹ 國立勤益技術學院機械系副教授

² 國立勤益技術學院機械系自動化控制組二專生

摘要

近年來各種載重車肇事頻繁，而肇事原因多半是因超載導致操控困難、煞車距離變長，以至於意外發生並損壞路面。為了使載重車駕駛和執法單位能夠方便得知車輛的載重情形以避免超載，一非定點式的載重量測裝置是非常需要的。本研究即在研發並製作一可攜式車輛載重現地量測裝置，以隨時掌握載重。本研究以負荷元為感測元件，感測信號經處理後無線發射並顯示於接收器上，以達到現地量測的目的。

關鍵詞：負荷元、無線傳輸、地磅

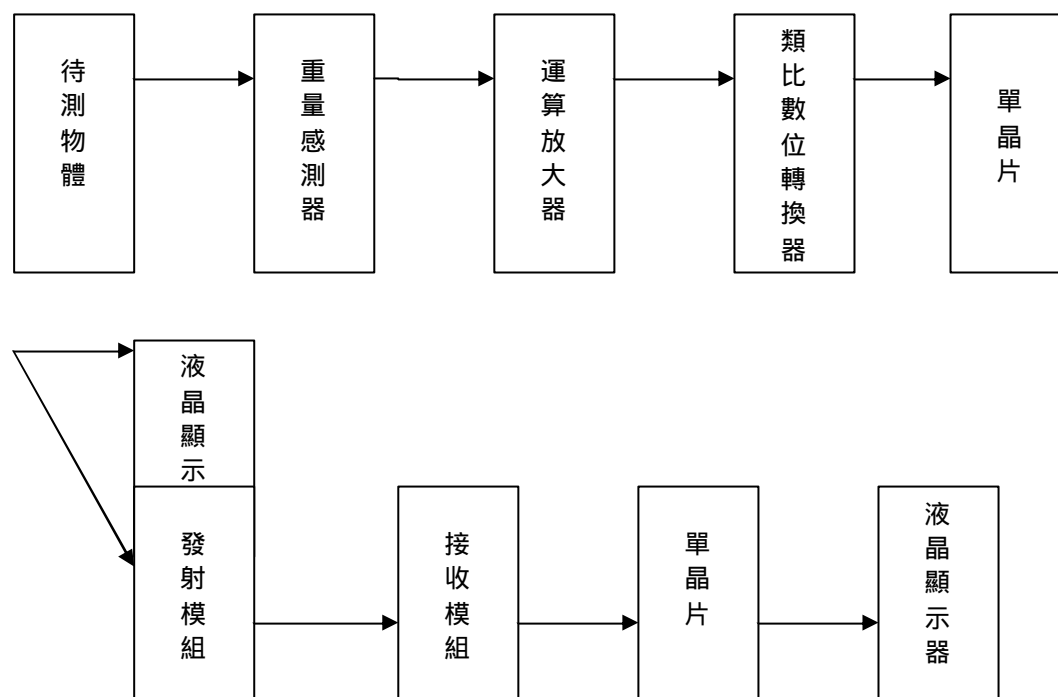
一、前言

一般車輛在出廠時，皆有一定範圍之承載量，但由於少數駕駛者存著僥倖心態，認為超出其額定承載範圍可增加利益而且應該不至於發生危險，但砂石車或大型車輛超載時，常會發生操控困難或因慣性作用而使煞車距離增長，因而發生交通事故且路面因承受過大的負荷而使其使用壽命減短。

砂石車超載的事故屢見不鮮，以往若要得知車輛是否超載，唯一的辦法只有將車輛引導至地磅站後，才能測得是否違規超載。高速公路的過磅站往往需耗費大量的人力、物力與時間，才能檢測砂石車的重量是否超過標準，此方式既煩雜又無效率。所以設計、發展一套測量過程簡單而又有效率並可非定點的方式馬上測得車輛是否超重，以有效預防因超重而造成的重大交通事故和避免人員的傷亡是非常需要的。

迷你無線地磅為使用應變荷重計，將其所受之負荷以電壓型式信號輸出，經運算放大電路放大後，由類比/數位轉換器將類比電壓信號轉換成數位信號，傳到單晶片做信號的轉換與編碼，將轉換信號以 LCD 顯示出待測物之重量、編碼信號經過發射模組將

信號傳送至遠方的接收模組，接收端收到由遠方傳來的編碼信號，經單晶片加以解碼並轉換，將發射端的編碼信號顯示在 LCD 螢幕上，流程圖如圖一所示。



圖一 流程圖

二、重量感測計

由於應變計 (Strain Gage) 黏貼不容易，若受力的材料時常更換，那時常黏貼應變計就變得不符成本，同時也是一件相當麻煩的事，因此設計一受力裝置，使它能在有受到微小應力下會產生大應變，將應變計黏貼於受力面上，便可以在固定的受力與應變關係條件之下進行量測，此裝置即為本研究所使用之受力裝置，稱為荷重計 (Load Cell)。

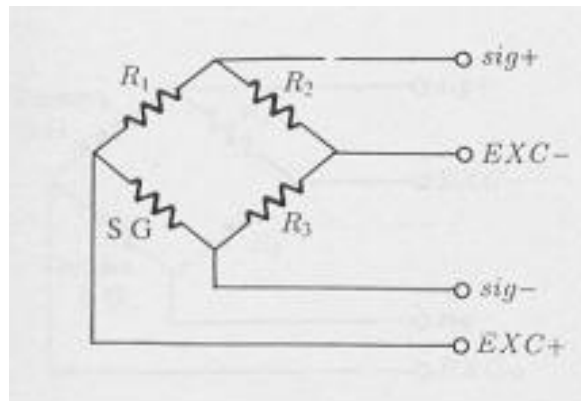
影響荷重計正確性有五個因素 [1]：

- (1) 靜態誤差：當待測的物理量（在此為重量）為常數時，測量所得的值和實際值的差別。可能會有另一靜態誤差，是由於長期負載使得器材疲乏所產生的，可利用軟體來校正。
- (2) 動態誤差：因負載的改變，而引起的測量誤差。當待測物（重量）不為常數而做連續變化時，測量的值始終落在實際值之後，這種誤差即為動態誤差。只有當待測量保持不變時，動態誤差方為零。

對荷重計而言，動態誤差和靜態誤差是無關的；但整體的誤差卻是相加的。克服動態誤差的方法有兩種，一種是待測量為一穩定的常數才給予承認，這種方法最為準確，幾乎為無誤差可言，但將影響動作速度，且若配合上震動機的話很不容易保持穩定。另一種方式為連續取樣多次，再求取平均值，這是較為實用的方法，若能再

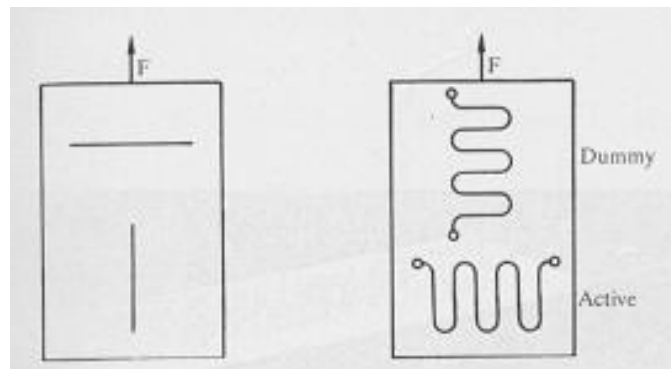
這些取樣的次數中，除掉誤差較大值，將可達到更精確的值。

- (3) 重複性 (reproducibility)：指測量到的值和平均讀數的最大誤差，當待測物 (重量) 保持固定時，轉換器的值可能呈現週期性的變化，對一個荷重計而言，若其重複性良好，而正確性不好，尚可以設法改善其正確性；然而若此荷重計的重複性不好，則對其正確性便無能為力。
- (4) 停滯時間：指待測物發生變化，至荷重計的輸出完成反應的這段時間。
- (5) 無效區：指在不影響荷重計的輸出下，待測物所能做的最大變化。此變化量越低越表示感應越靈敏。



圖二 惠斯登電橋電路

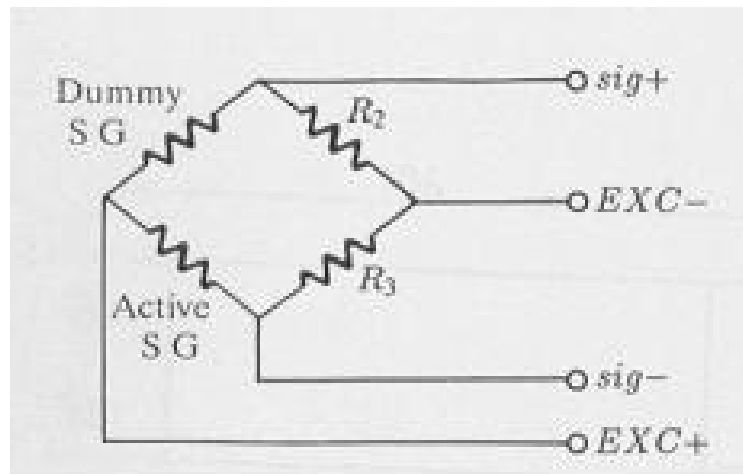
因 Strain Gage 受到溫度影響而產生的電阻值 (溫度效應 Temperature Effect)，可能比受形變而產生之電阻值變化還要大，所以須要虛擬應變計加以補償，其安置位置如圖三所示 [2]。



圖三 Dummy 及 Active SG 之安裝位置及方向

將兩個相同的應變計置於惠斯頓電橋中如圖四，且兩者所受到的溫度影響皆為相同，所以其阻值變化 (R) 可以互相抵消 [2]。

虛擬應變計 (Dummy Strain Gage) 的放置方向需為受力較不靈敏方向，而真正用來測量受力的應變計 (Active Strain Gage) 就必須為受力靈敏方向，才不致使虛擬應變計也因受力而發生變形，而使輸出皆為零的現象 [2]。



圖四 以虛擬應變計做溫度補償惠斯頓電橋

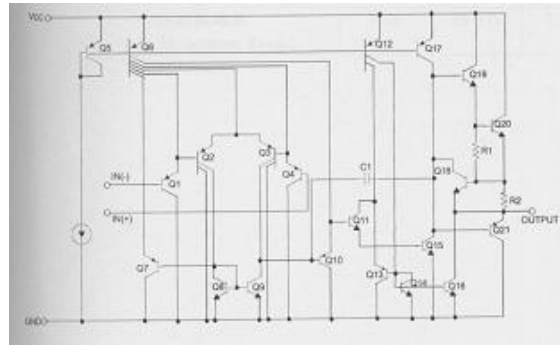
本研究所使用之應變荷重計為荷美士公司所生產型號為 AAA Series 其規格如表一所示[3]。

表一 荷重計規格表

Model	AAA
Zero Balance	$\pm 5\%$ of R.O.
Creep Atrated Capacity(20Min)	0.015%
Nonlinearity Hysteresis And	0.015%
Repeatability	
Input Impedance	400ohm \pm 15ohm
Output impedance	350ohm \pm 3ohm
Temperature Compensated	-10 to 50
Temperature Effect On Output	0.002% Of Applied Load/
Temperature Effect On Zero	0.004% Of Rated Output/
Safe Overloading	1 1/2 x Rated Capacity
Recommended Excitation	10v DC or AC
Insulation Resistance	> 2000 Mega ohms
Capacity	120 Kgs

三、運算放大器

本研究所使用之放大器為 LM358, 內部包括有兩個獨立高增益、內部頻率補償的雙運算放大器, 適合於電源電壓範圍很寬的單電源使用, 也適用於雙電源工作模式, 在推薦的工作條件下, 電源電流與電源電壓無關。它的使用範圍包括傳感放大器、直流增益模組和其他所有可用單電源供電的使用運算放大器的場合。



圖五 LM358 內部單一 OP 電路圖(Schematic Diagram)

四、類比-數位轉換器

用單晶片來處理外界的類比信號，例如溫度或壓力等，必須將所得的類比電壓或電流信號轉換成單晶片所能處理的等值數位信號，因此必須使用類比/數位轉換器 (Analog to Digital Converter) 簡稱 ADC。

ADC 能夠分辨最小的類比量，稱為解析度。而最小類比量(VLSB)恰對應到 ADC 輸出的一個最小的位元刻度(LSB)，因為最小刻度取決二進位的位元數，故 ADC 的位元可用來表示解析度。對於 N 位元的 ADC，其電壓解析度為[5]：

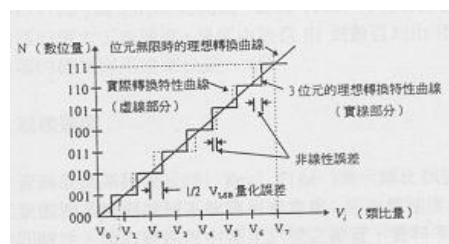
$$\begin{aligned} \text{VLSB} &= \text{輸入電壓最大擺幅} / 2^n - 1 \\ &= V_{in(max)} - V_{in(min)} / 2^n - 1 \end{aligned}$$

ADC 的精確度為量化誤差與非線性誤差的總合[5]。

- (1) 量化誤差：ADC 量化過程中均以有限的離散數位量來表示連續類比量，所以造成了許多類比量只反應出同一數位量而產生 $\pm 1/2\text{VLSB}$ 的量化誤差，這種誤差是量化程序中無法避免的，只能以增加解析度來減少量化誤差程度[5]。

轉換時間與訊號的變動間一產生量化誤差，當轉換開始到轉換結束需花上微秒或毫秒的轉換時間，若輸入電壓在此期間有變動，即造成量化誤差，降低量化誤差之方法，是在轉換前加入取樣/保持電路[5]。

- (2) 非線性誤差：ADC 會因元件本身電路結構之精確度、溫度係數、偏移(Offset)、飄移(Drift)或轉換速度太慢及差動非線性誤差等因素，使輸入、輸出無法保持良好的線性關係，造成非線性誤差。圖六 為 ADC 的誤差特性曲線與理想轉換曲線間的關係[5]。



圖六 ADC 的轉換精確度特性

- (3) 溫度係數：攝氏溫度變化所產生的相對誤差，稱為溫度係數以 PPM (Part Per Million) / 為單位 [6]。
- (4) 電源變化靈敏度 (PSRR, Power Supply Rejection Ratio)：如 AC 或 DC 電源發生變化相對於同樣輸入訊號之變化的百分比 $0.05\% / V\%$ ，當電源變化 1% 相當於輸入類比訊號變化 0.05% [6]。

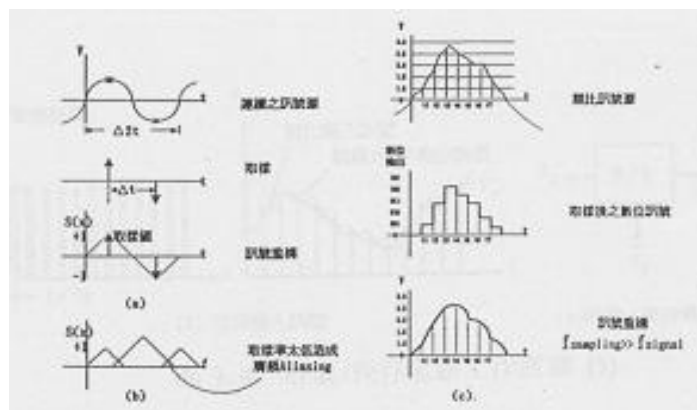
$$\text{PSRR} = \text{電源變化}\% / \text{類比輸入訊號變化}\%$$

轉換時間指從下達轉換命令 SOC(Start of Conversion) 到轉成數位量後 ADC 傳回結束訊息 EOC(End of Conversion) 為止的時間間隔，記為 t_{conv} ，轉換時間可決定 ADC 的最大工作速度。 t_{conv} 由數個毫秒到數個微秒不等，依 ADC 的種類與用途來決定 [5]。

資料收集系統要及時 (Real Time) 表示類比訊號變化量，於工業監測系統與控制系統應用非常廣；即取樣速度決定資料採集的即時性，而取樣速度由類比訊號之頻寬，資料多工通道數，每週期取樣數決定 [6]。

依照奈奎斯特準則 (Nyquist criterion)，若要以取樣方式忠實的重現基本頻帶訊號，取樣頻率必須大於最高頻率的二倍，即不失真的取樣速率至少得為輸入訊號最大頻率 (F_{max}) 的二倍 [6]。

例如一正弦波信號頻率為 100Hz 送進 ADC 晶片，其最少取樣頻率為 $2f$ ，即大於 200Hz ，在一週期可取樣 2 個訊號點，但該數位值還原後可能會失真，因此若是 ADC 的轉換時間及取樣時間不夠快，則部分類比訊號會遺失。如圖七所示為時變訊號的取樣圖 [6]。



圖七 時變訊號之取樣圖 (a)2 倍取樣頻率及訊號重構
(b)取樣頻率低造成疊頻假象 (c)連續信號之取構和重構

取樣頻率 (f_{sampling}) 大於 2 倍訊號頻率 (f_{signal}) 否則取樣頻率太低訊號轉換成頻率時能看出假頻稱為假像訊號誤差 (Aliasing) 之錯誤如圖七 [6]。

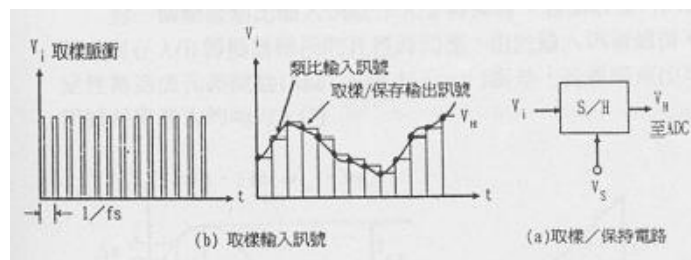
實際上每週期取樣兩次只是不失真的起始條件，而這兩次取樣需採集訊號峰值才能重現原信號 [6]。

若 $f_{\text{sampling}} = 2f_{\text{signal}}$ 並不保證取樣不會造成訊號重構時的假訊號誤差，為了更理

想的採集訊息，取樣速度通常需為輸入運號最高頻率的 6 ~ 10 倍範圍 $f_{\text{sampling}} = 10 f_{\text{signal}}$ ，類比信號中若取樣點越多(取樣頻率越快)則還原信號就越準確[6]。

而多通道(Multi-Channel)之系統如 4 選 1 通道數、8 選 1 通道數、16 選 1 通道數，其 $f_{\text{sampling}} = 10 f_{\text{signal}} \times m$ (m = 通道數)。通常於取樣電路前端加上低通濾波器濾除信號中不必要的高頻分量[6]。

取樣/保持電路，S/H (Sampling /Hold Circuit) 可用來消除類比輸入信號的瞬變，穩定 ADC 的精確度，並降低轉換器速度要求，常被使用在資料採集系統中。取樣/保持電路的工作情況如圖八所示[5]。



圖八 取樣/保存電路工作原理

如果類比信號的最高頻率為 f_{max} ，取樣速率為 f_s ，則依奈奎特準則，不失真的必要取樣率為

$$f_s \geq 2 \times f_{\text{max}}$$

若 ADC 的最大轉率恰等於取樣速率，則轉換時間 t_{conv} 恰為取樣速率的倒數，故

$$\left[t_{\text{conv}} = \frac{1}{f_s} \right] \leq \left[\frac{1}{2 \times f_{\text{max}}} = \frac{T_{\text{max}}}{2} \right]$$

此式說明 ADC 在有取樣/保持電路下最大轉換時間不可大於類比輸入信號最大的頻率半週期時間 T_{max} 。

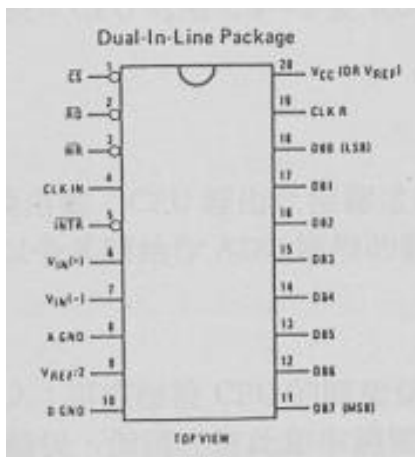
如果 ADC 有 m 個多通道，且取樣速率為輸入最大頻率的 n 倍，則上式應修正為

$$\left[t_{\text{conv}} = \frac{1}{f_s} \right] \leq \left[\frac{1}{m \times n \times f_{\text{max}}} \right]$$

ADC0804 主要規格、特性[8]

1. +5V 單電源工作電壓。
2. 類比電壓輸入範圍 0 ~ +5 V 之間。
3. 參考電壓為 2.5 V。
4. 解析度為 8 位元。

5. 轉換時間為 $100 \mu s$ (時脈頻率 $f_{CLK} = 640kHz$ 時)。
6. 讀取時間 $135 ns$ 。
7. 誤差值最大為 ± 1 LSB。
8. 差動 (Differential) 之類比電壓輸入。
9. 輸出具有栓鎖 (Latch)。



圖九 ADC0804 之接腳圖

8051 接腳如圖十所示。



圖十 DIP 接腳圖

五、液晶顯示器(LCD)

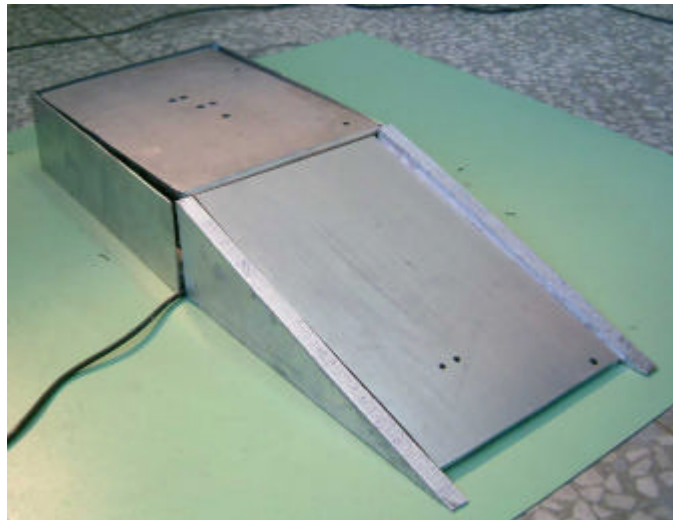
LCD 的種類有字形與繪圖式二種，其中所謂字型式的 LCD 指的是其內部已燒錄好許多不同的文字字型(四則運算符號)，阿拉伯數字，大小寫英文字母與日文，使用者只要將欲顯示文字的控制碼 (ASCII CODE) 寫入 LCD，則字型就會顯示於顯示幕上，一般傳真機上的 LCD 即為字型式的 LCD，所謂繪圖式的 LCD 指的是其上的所有點都是利用 ON 或 OFF 控制以顯示資料或圖形。

表 5.1 LCD 各接腳的名稱

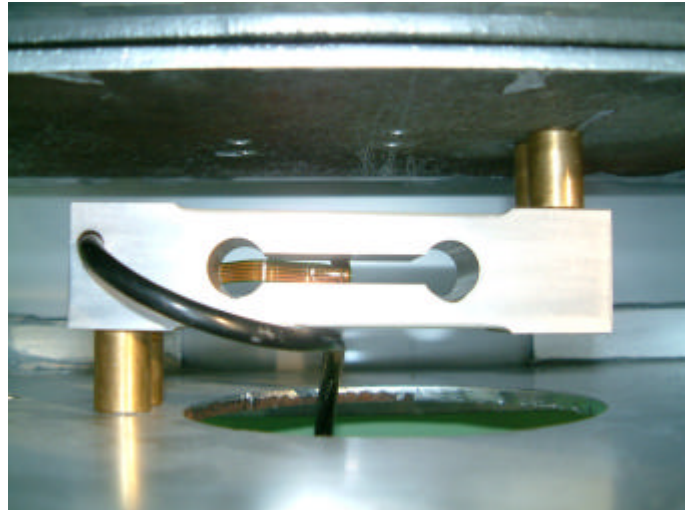
接 腳	信 號
1	V _{SS}
2	VDD
3	V ₀
4	RS
5	R/W
6	E
7	DB0
8	DB1
9	DB2
10	DB3
11	DB4
12	DB5
13	DB6
14	DB7

六、製作成果

本研究製作完成之迷你無線地磅總成示於圖十一。圖十二、十三係內部重量感測器之正視及左斜視圖。



圖十一 迷你無線地磅外部實體圖

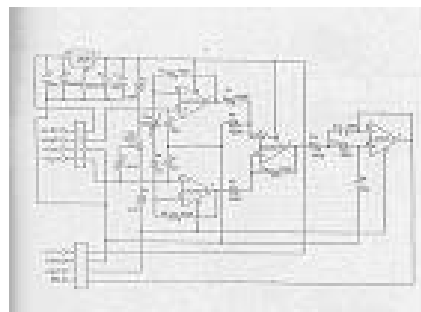


圖十二 迷你無線地磅內部重量感測器之正視圖

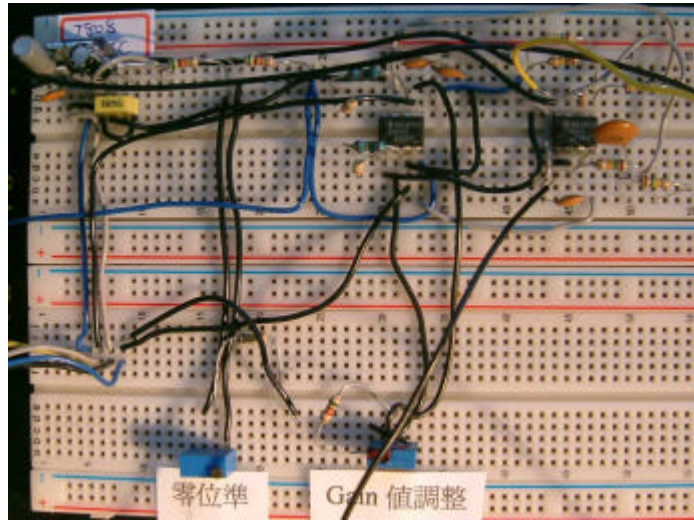


圖十三 迷你無線地磅內部重量感測器之左斜視圖

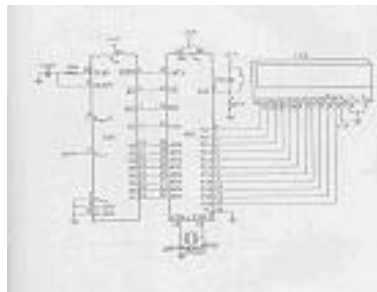
圖十四及十五係重量感測器輸出電壓信號放大電路圖及實作結果。圖十六及十七則為 LCD 顯示待測物荷重電路圖及實作結果。



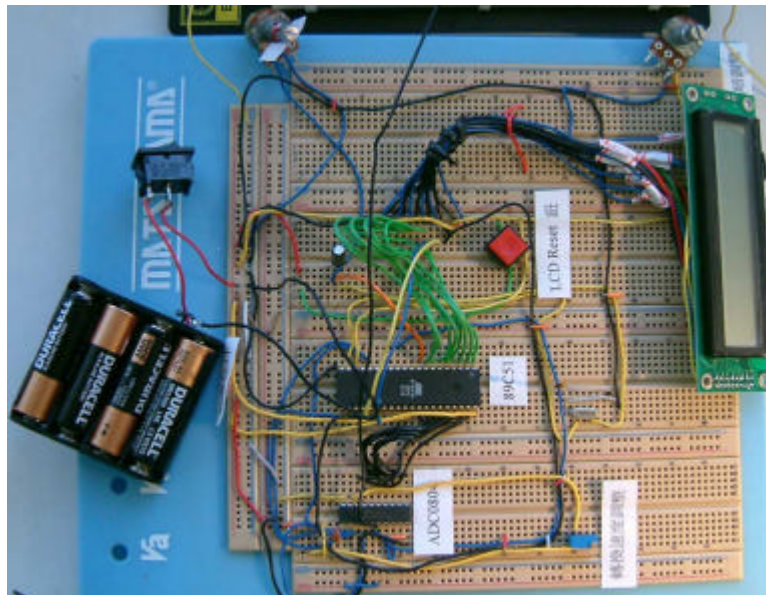
圖十四 重量感測器輸出電壓信號放大電路圖



圖十五 重量感測器輸出電壓信號放大電路實體圖

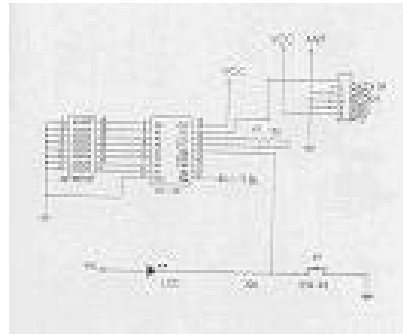


圖十六 LCD 顯示待測物荷重電路圖

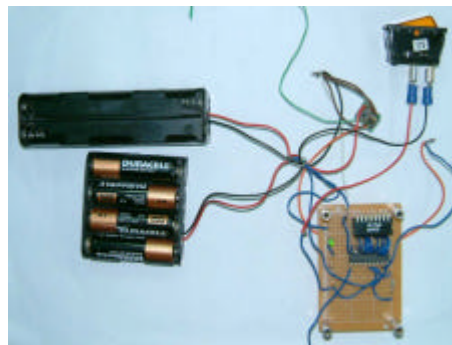


圖十七 LCD 顯示待測物荷重電路實體圖

圖十八及十九為發射模組電路圖及實作結果。

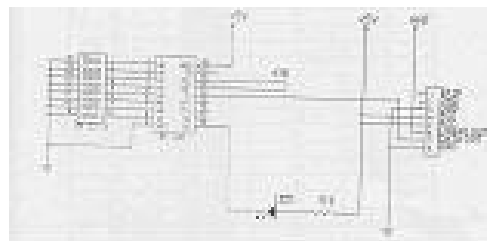


圖十八 發射模組電路圖

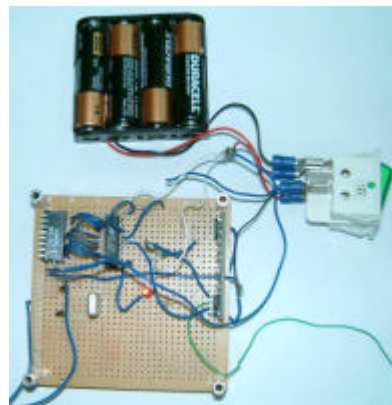


圖十九 發射模組電路實體圖

圖二十及二十一則為接收模組電路圖及實作結果。



圖二十 接收模組電路圖



圖二十一 接收模組電路實體圖

參考文獻

- (1) 鍾副昭, *8051/8052 與週邊元件控制原理分析及產品實務設計(初版)*, 全華科技圖書股份有限公司, 臺北市, 民國 79 年。
- (2) 楊善國, *感測及量度工程(修訂三版)*, 全華科技圖書股份有限公司, 臺北市, 民國 90 年。
- (3) *賀美士公司型錄*, 臺北市, 民國 90 年。
- (4) 網站資料: <http://www.national.com/>。
- (5) 陳瑞熙、高堅志、鄭明哲, *微電腦介面技術與實作*, 碁峰資訊股份有限公司, 台北市, 民國 81 年。
- (6) 陳玉德, *微處理機介面技術*, 儒林圖書有限公司, 台北市, 民國 86 年。
- (7) 李鴻鵬, *8051/8052 原理與應用*, 全華科技圖書股份有限公司, 台北市, 民國 85 年。
- (8) 孫宗瀛、黃金定, *常用線性 IC 資料手冊*, 全華科技圖書股份有限公司, 台北市, 民國 85 年。
- (9) 遲威治、陳茂璋, *數位電子學(二)*, 松崗科技圖書股份有限公司, 台北市, 民國 78 年。
- (10) 黃良充, *8051 族係:單晶片微電腦原理與實習增訂版*, 第三波資訊股份有限公司, 台北市, 民國 88 年。
- (11) 劉銘中、林琮烈、陶德福, *MCS-51 單晶片原理與 I/O 應用*, 儒林圖書有限公司, 台北市, 民國 86 年。
- (12) 陳龍三, *8051 C 語言控制入門與應用*, 松崗科技圖書股份有限公司, 台北市, 民國 87 年。
- (13) *益眾科技股份有限公司型錄*, 臺北市, 民國 90 年。
- (14) 鄧錦城, *8051 單晶片專題製作*, 益眾叢書, 台北市, 民國 82 年。
- (15) 鄧錦城, *8051 組合語言*, 益眾叢書, 台北市, 民國 82 年。
- (16) 林容益, *微電腦工業控制:單晶片 8051 應用與專題製作初版*, 全欣資訊, 臺北市, 民國 81 年。
- (17) 李齊雄、游國幹, *8051 單晶片微電腦原理與實作十版*, 儒林圖書有限公司, 臺北市, 民國 84 年。
- (18) 鄧錦城, *8051 單晶片實作寶典八版*, 益眾叢書, 臺北市, 民國 84 年。
- (19) 楊忠煌、黃博俊、李文昌, *單晶片微電腦原理與實習:8051 初版*, 全華科技圖書股份有限公司, 臺北市, 民國 85 年。
- (20) 鍾富昭, *8051 與液晶產品實務設計初版*, 全華科技圖書股份有限公司, 臺北市, 民國 86 年。
- (21) 陳石松、林正敏, *單晶片 8051 與圖控系統初版*, 高立科技圖書股份有限公司, 臺北市, 民國 87 年。
- (22) 楊明豐, *8051 單晶片設計實務初版*, 碁峰資訊股份有限公司, 臺北市, 民國 87 年。
- (23) 張正賢、鍾自立, *8051 實作與燒錄器製作1 版*, 宏友圖書有限公司, 臺北市, 民國 89 年。

