

微電腦控制農產品重量選別系統之基礎研究

A Preliminary Study on Micro-computer Controlled Weighing and Grading System

國立臺灣大學農工所機械組碩士

扶 亞 民

Yea-Min Fu

國立臺灣大學農機系教授

王 康 男

Kang-Nang Wang

摘 要

本研究主要目的在從基礎探討出一套既精確且高速化的微電腦控制果蔬重量選別系統。實驗分兩部份進行，均使用自行設計之動態秤重裝置：

1. 個人電腦 PC/AT 之先期資料擷取與分析：

採用16位元之 PC/AT 個人電腦，以及 14BITS 之類比數位轉換卡，擷取秤重合被放大過的量重信號，再使用 LOTUS 等軟體分析處理。

2. 以蘋果二號微電腦為重量選別系統之主控部份：

採用蘋果二號微電腦，以及紅外線近接開關、八位元類比數位轉換卡做重量訊號之擷取。再透過 6522VIA 卡，送出重量判斷值至發光二極體七段顯示器，以及分級控制板。

由第一部分之實驗結果分析顯示，在99%信賴度下，動態秤重裝置空轉時，信號有 ± 7 公克之跳動情況，作頻度分析後，發現可用算術平均處理：信號經過平均處理，不論靜態或動態均可得到 ± 0.6 公克內的誤差範圍，精度大增。秤重速度由實驗結果經分析顯示可達每分鐘約 100個以上。

第二部份之實驗結果分析顯示，在此系統下，若以秤重速度為 26 cm/sec，或每分鐘60個左右時，總誤差約在 $\pm 1.3\%$ FSO（全標度輸出百分數；percent full scale output）內。此項誤差系因類比至數位卡解析度限制，及以組合語言撰寫重量選別控制程式時，計算上不使用浮點運算，有去尾的誤差。

ABSTRACT

The main purpose of this study is to make a basic investigation into accurate and high-speed micro-computer controlled weighing-and-grading system.

A 16-bit personal computer (IBM-AT) and 14-bit analog-to-digital converted card were used to form a data acquisition system (DAS). The acquired signal was converted into floppy disk which could be processed and analyzed by "LOTUS" software. A system with weighing and grading functions was subsequently designed.

This system was composed of weigh-cell mechanism, an APPLE II microcomputer, an I/O card, an A/D card, display cards, and a grading control card, etc... After the data was analyzed, it was found that:

- 1). The output signal of weigh-cell mechanism was of normal distribution.
- 2). At 99% confidence level the range of signal vibrations did not exceed 7 grams.
- 3). The accuracy can be greatly improved if the acquired data is arithmetically averaged—the confidence interval became 8.6gm, at $\alpha=1\%$ after arithmetic averaging.
- 4). The weighing-and-grading rate can reach a speed up to 100 pieces per minute.

A proto-type weighing and grading system using 6502 CPU as the control was constructed. The error of weighing was approximately 1.3 % at the rate of 60 pieces per minute. The major error was from the 8-bits A/D card as the resolution was only 1/255. The minor error was from weight computation which was determined by integer calculation and not floating-point calculation.

一、前 言

分級選別是提高農產品品質與價格的最佳方法之一，農產品經分級處理後，往往能獲得較高的利潤。此外，消費意識的高漲，亦要求農產品的品質必須劃分清楚，作分級包裝，以便利選擇購買。

農產品之分級依據，包括了重量、形狀、顏色、甜度等等因素；而其中最直接，且相當重要的一個依據是農產品的重量，例如水梨、蘋果等等高經濟價值的作物，均是以重量作為分級之依據標準。以人工作重量分級選別的工作，不僅因為工資的上漲增加成本，而且人工愈來愈難雇得，因此，使用機械作重量選別，是必然的趨勢。

目前，農產品重量選別機均係進口，價格高，且操作須仰賴國外技術指導，維修檢驗更是如此。本省電子零件價格便宜，購買容易，精密度亦夠，無論在經濟層面或技術層面而言，電子式之重量選別系統實具相當之開發潛力；重量選別系統之應用，亦不僅限於農作物之後處理而已，對於肥料之分裝、食品罐頭之檢重等等都是相當便利的工具。所以為開發更精確更快速的重量選別機之準備，並希望新興的諸項科技能在農業機械的領域下紮根茁壯，作微電腦控制農產品重量選別系統之基礎研究，甚為重要。

本研究主要目的在於從基礎探討既精確且高速化的微電腦控制農產品重量選別系統，該系統包括：

1. 測力器秤重部之設計與基礎探討：

使用測力器 (load cell) 設計一套秤重系統，以系統動力、振動理論與統計方法分析，使系統受振動之影響最少，同時可增進分級選別系統的處理能力及穩定性 (精度)。

2. 微電腦控制部之設計與基礎探討：

秤重部加上微電腦的資料擷取系統 (Data Acquisition System; DAS) 和信號控制，結合成具有秤重及分級等基本功能的水果重量選別裝置。

二、理論分析

電子秤重選果之知識領域，跨越電學以及力學兩大層面，同時，亦須具有資訊電腦的基礎，要整合三方面的理論、原理，方能對秤重選別作深入的研究。

(一) 應變規測力器之原理與特性

電阻線受拉伸力而電阻增加，受壓縮力而電阻線之電阻減少的現象，是應變規設計的原理。欲求應變計所產生之微小電阻變化時，須轉換成電壓或電流後，再行測定。通常，我們利用惠斯登電橋回

路來達成這個要求。由於溫度（熱）會影響電阻原件之電阻值，所以還要加上一些校準的元件，（如圖1）具四元件（R1, R2, R3, R4）的應變壓力轉換計所示。由惠斯登電橋得到的電壓值輸出（output），理論上是與應變規的伸縮量成正比的。將應變計粘着於彈性金屬材料上，則可製成可測力或重量的測力器（LOAD CELL），能夠檢測靜態或動態的力。

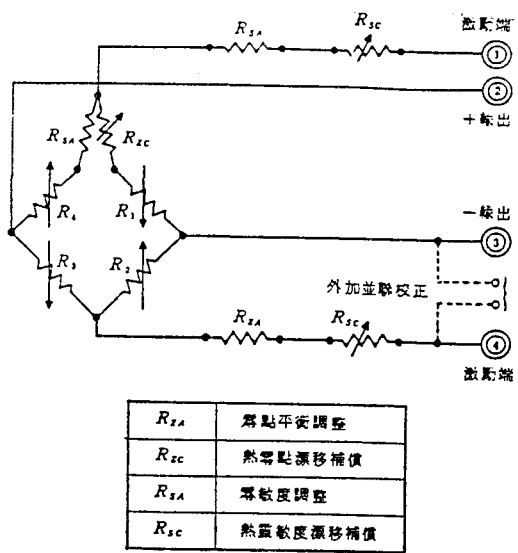


圖1 具四元件 (R1, R2, R3, R4) 的應變壓力轉換計

- 影響應變規測力器性能的主因如下：
- (1)外圍之溫度影響，引起電橋平衡點的變化。
 - (2)因外圍溫度變化，引起測力器靈敏度之變動。
 - (3)應變之產生為非線性（NON-LINEAR）。
 - (4)應變計之潛變（CREEP）。
 - (5)應變計之鬆弛。

購買測力器時，都會附有它的誤差特性，包含了：滯後(hysteresis)(如圖2 測力器之滯後現象)、重現率(repeatability)、靈敏度、以及與時間有關的潛變、零位漂移、靈敏度漂移。這些誤差均以% FSO (即 Percent of Full Scale Output) 來表示。

(二)具旋轉不平衡質量的數學模式

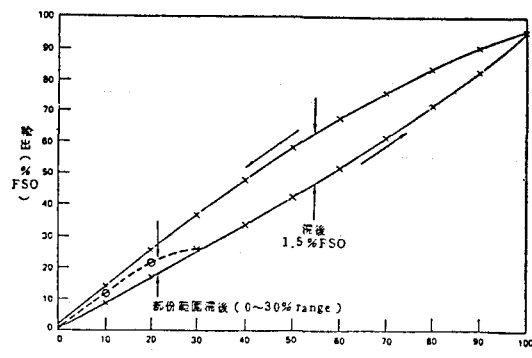


圖2 測力器 (LOAD CELL) 之滯後現象

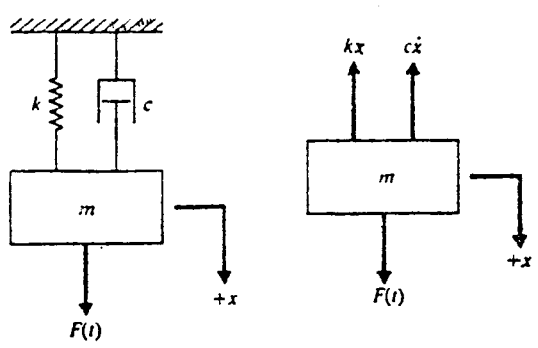


圖3 簡化的力學模式(b)

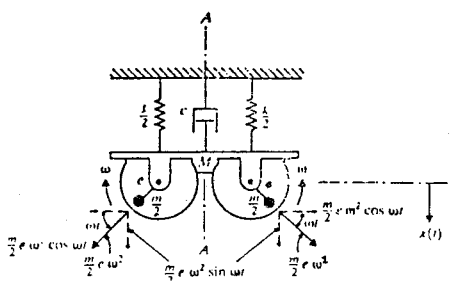


圖4 具旋轉不平衡質量之力學模式

將測力器秤重台視為如圖3的模式；若考慮質量M上還含有轉動部份，而該轉動式或旋轉的質量為不平衡，偏心質量 (eccentric mass) 為m，以角速 ω 旋轉，如圖4具旋轉不平衡質量之力學模式所示。

則此旋轉之不平衡質量相當於前述之系統，受一簡諧外力作用，其大小為 $me\omega^2$ 。

數學表示式將成為：

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = me\omega^2 \sin(\omega t + \Phi)$$

令 $\Phi = 0$ 時解得

振幅

$$X = \frac{me\omega^2}{\sqrt{(k - M\omega^2)^2 + (c\omega)^2}}$$

$$= \frac{me}{M} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 |H(i\omega)|$$

其中

$$H(i\omega) = \left| \frac{kX}{F_0} \right|$$

$$= \frac{1}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

$$r = \frac{\omega}{\omega_n}, \zeta = \frac{c}{c_0}$$

三、實驗設備與方法

(一) 實驗架構

實驗分為兩部分進行：一為使用 PC/AT 之

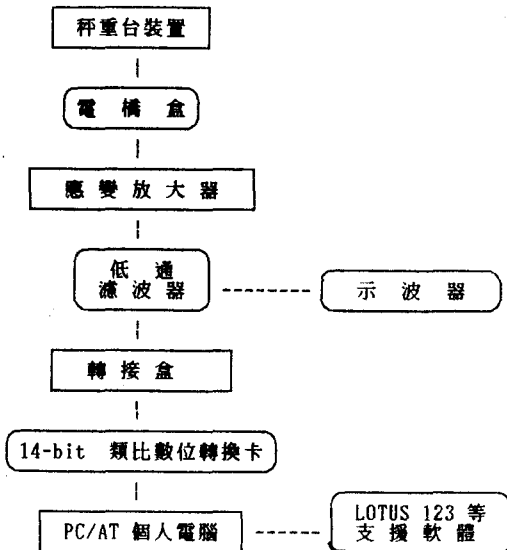


圖 5 實驗架構圖(一)

使用 PC/AT 作資料擷取分析之場合

先期資料擷取與分析：使用 14bit 高解析度的 A/D 卡，並配合 PC/AT 之大記憶容量，高速的處理能力以及強有力的資料處理套裝軟體，達成實驗數據的資料擷取與整理分析的工作。架構圖見圖 5。

二為使用八位元 APPLE II 為主控微電腦之秤重選別分級系統；採用解析度為 8bits 的 A/D 卡，配合 6502 組合語言程式，用紅外線感測裝置為觸發 (TRIGGER) 之設備，組合成一套資料取系統 (D.A.S.)，再根據此資料以軟體判定水果的等級，透過 6522 VIA 做分級的動作。架構圖見圖 6，使用蘋果二號微電腦為雛形機主控部

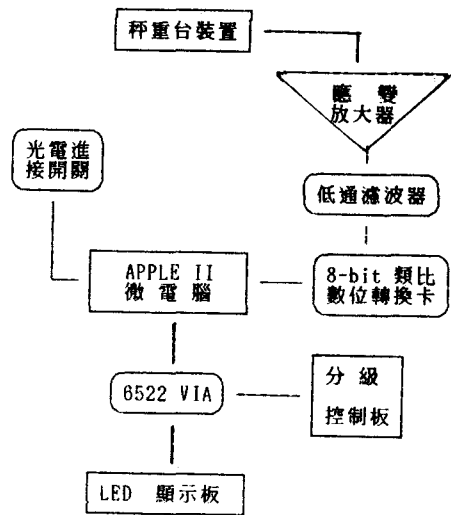


圖 6 實驗架構圖(二)

使用蘋果二號微電腦為雛形機主控部之場合

三、實驗設備與方法

(一) 實驗設備

本實驗之設備包括重量感測器或覺察器 (LOAD CELL)、KYOWA 600#series 應變放大器 (含濾波器)、類比與數位轉換器介面卡、SA-MPO 波形產生器、HITACHI V#222 示波器、APPLE II 微電腦、PC/AT 個人電腦、紅外線感測裝置、電源供給器、自製之秤重台 (含直流馬達及輕薄之皮帶等)、6522 VIA 卡、分級控制電路與秤重結果顯示電路板。

為重量感測之覺察器，使用負荷能量為 3 kg

或 6 kg 之電子秤用者。將應變規測力器依廠商型錄規格指示，安置於設計好之底座上，由於應變規測力器本身具有結構阻尼，雖為欠阻尼情況，並不外加阻尼器。

在靜態之秤重台機構設計中，在測力器上加一只附有等距離滾輪之平台，以便水果自上面順利滑過。

另外，設計一具有馬達和輕薄皮帶、皮帶輪之組架，如圖 7。秤重部裝置之設計圖，裝置於測力器上，即成為一無停止之秤重台，我們稱之為「主動」的稱量室。以有別於物體自由滑過方式的「被動」的稱量室機構。

2.0816/0817 類比至數位轉換卡⁽¹⁾

這張卡，使用於八位元的蘋果電腦上，是美國 John-Bell 公司出品，使用 INTEL 的 ADC 0816/0817 做為主要 IC，具有 16 個通道的多工功能，未來如果採用多線工作時，A/D 轉換工作可採用同一類 IC，不必再購買，因而具良好擴充性

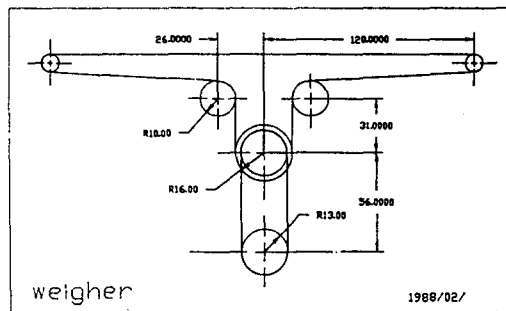


圖 7 秤重部裝置之設計圖

。轉換時間約 $100 \mu s$ ，在本實驗的應用中，已有相當之餘裕。

A/D 轉換卡的線路，如圖 8 0816/0817 類比與數位轉換卡線路圖。

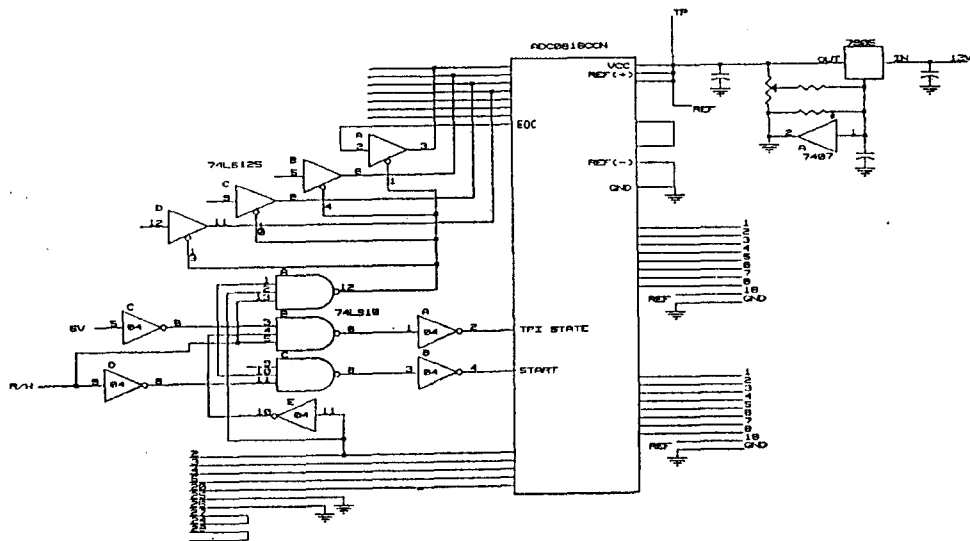


圖 8 0816/0817 類比至數位轉換卡線路圖

3.紅外線近接開關

近接開關之種類繁多，光學式的近接開關較適合實驗中水果進入之偵測，而光學式中，由於可見光方式較易受到環境自然光源或人工光源之干擾，故採用紅外線感測。製作一紅外線近接開關，配合

微電腦之控制，將此裝置設計成僅有邏輯與壹之反應，當水果通過，遮住紅外光時，會產生一負緣觸發訊號，送至 6522 VIA 的 CA1 (U1)，通知微電腦水果已進入秤重台，可做進一步的處理。線路如圖 5-5 紅外線近接開關電子線路圖 9。

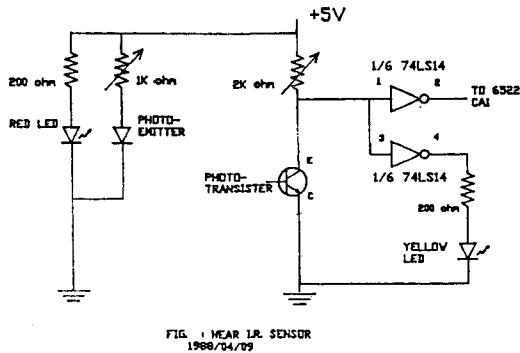


圖 9 紅外線近接開關電子線路圖

4.發光二極體七段顯示器電路

為了顯示秤重之結果以及分級之級數，採用紅色 LED 發光二極體之七段 BCD 顯示器，製作四位數字的顯示裝置。顯示器用共陽的，並配上 7447 BIN-TO-BCD 解碼／推動器。圖 10，為本顯示器與 6522 VIA 卡聯接時的電路設計圖。

5.分級控制電路

分級控制電路，在規格上，亦爲從6522卡上的

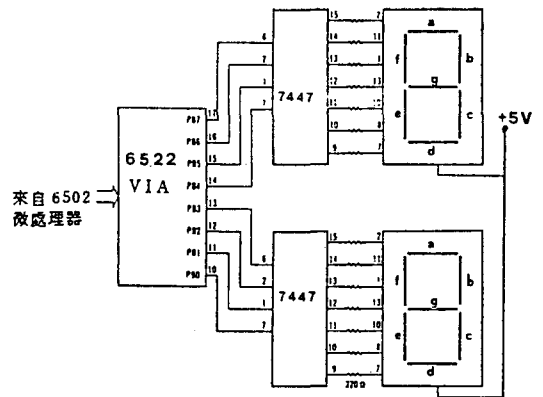


圖10 顯示重量用之顯示器電路圖

16脚插座上接出而設計，用了 TTL 之 74LS42 解碼器做解碼，再利用 74LS03 反相器推動 LED 燈號，顯示分級的燈號。如圖11分級控制電路板設計圖。若將 LED 改成固態繼電器。(SOLID STATE RELAY)，就成了分級的控制電路可在繼電器後加上電磁閥或分級機構，來控制分級。

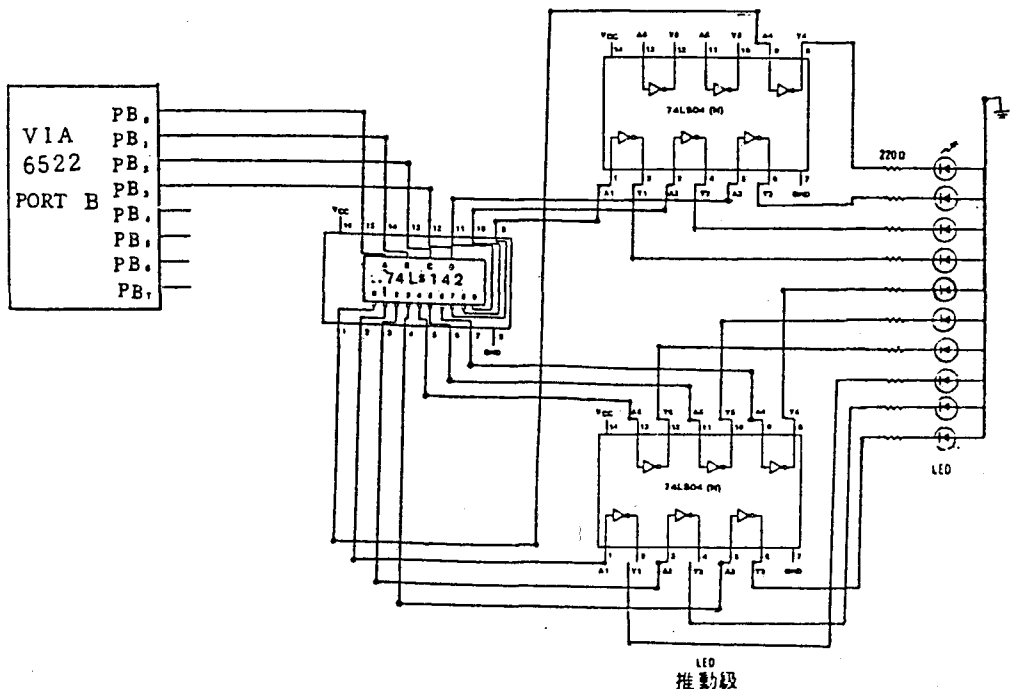


圖11 分級控制電路圖

(二)實驗方法

實驗之主要目的在為重量選別之雛型機作基礎的研究與探討，因而採用16位元的 PC/AT 來作資料的先期分析整理，再將得到的經驗與結論，應用在做主要控制的 8 位元電腦上，所以實驗方法與過程分兩方面進行。

1. PC/AT 之資料擷取與分析

(1)就實驗之容量能力 (Capacity) 選擇適當之重量感測器：

本實驗最早使用彈簧鋼及應變規自製之懸臂樑式測力器，並附以阻尼器，唯因安定時間過長，及校正線性度等問題，改採市售日本 Shinko 的秤用測力器 (strain-gage load-cell)。

(2)校正 PC/AT 之資料擷取系統 (D. A. S.-14)：將購得之 ADDA-14 類比／數位轉換介面卡插置於 PC/AT 之插槽上，並連接至一 BNC 插座開關轉接盒 (ADAPT BOX)，再與波形產生器連接，藉波形產生器產生之已知固定頻率波形來檢測 D. A. S.-14 是否能取得正確頻率，由於本實驗室之波形產生器性能關係，2%之頻率誤差為可容忍。若頻率有誤，則應更改軟體之取樣間隔或時間常數。

其次，更重要的是校正 D.A.S.-14 的振幅，即所測得的類比電壓與轉換後的數位顯示值是否一致；理論上可精確到10伏特的 $1/2^{14}$ 。我們採用電壓極為穩定的水銀電池做校正的電壓源，先用數字式的電表量取電池電壓值，並記錄此值，然後將此電壓源當做信號，透過 BNC 插座開關盒輸入 D. A. S.-14，把類比數位轉換得到的顯示值和電池的電壓值比較，看看是否一致。如果並不一致時，必須校調 AD 卡上的一個微調可變電阻。

同理，如果在 D. A. S.-14 的信號輸入端輸入零伏特或接地，則相對地應得到零伏特的顯示值。校正時之儀器連接狀況如圖12校正 D. A. S.-14 時之儀器連接圖。

(3)依圖 5 實驗架構圖(一)將儀器連接完畢，測試測力器 Load-cell 不荷重時之雜訊情況，再測試測力器 Load-cell 荷重時之情形。

(4)製作秤重部：本實驗設計假靜態自由滾動之秤重台及皮帶驅動之動態秤重台。

(5)安置秤重部及簡單之進料、出料裝置，做實際之模擬測試。

(6)資料整理與分析歸納：採用 LOTUS 123

軟體整理資料、繪製圖表，及作頻度分析。另外使用 RCBD 複因子試驗法分析實驗資料。

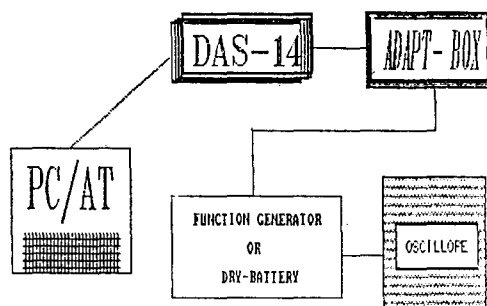


圖12 校正 D.A.S.-14 時之儀器連接圖

2.使用 APPLE II 為主控微電腦之重量選別分級系統：

(1)將 ADC 0816/0817 介面卡置於蘋果二號之第五號插槽 (slot #5)，雙 6522 VIA 卡置於七號插槽 (slot #7)。

(2)依 3-3-1節的方法，校正 ADC 0816/0817 介面卡。

(3)將自製之發光二極體七段顯示器，以排線連

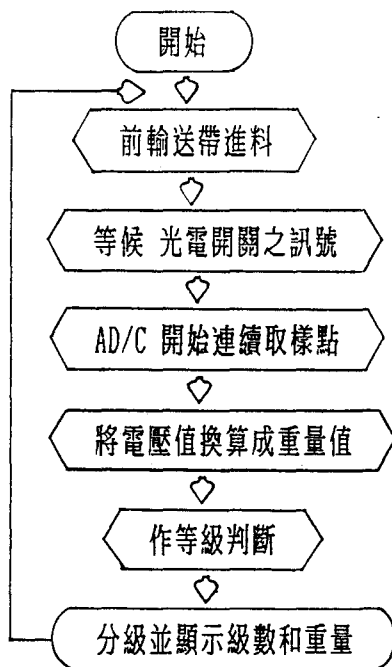


圖13 秤重之邏輯步驟 (WEIGHING ALGORITHM)

接至 6522卡。

(4)製作紅外線感測裝置及分級控制電路。

(5)依 3-3-1節的結論，擬定重量選別分級之邏輯步驟 (Weighing Algorithm)，如圖13秤重之邏輯步驟。

(6)依圖 6 實驗架構圖(二)，裝置儀器設備。

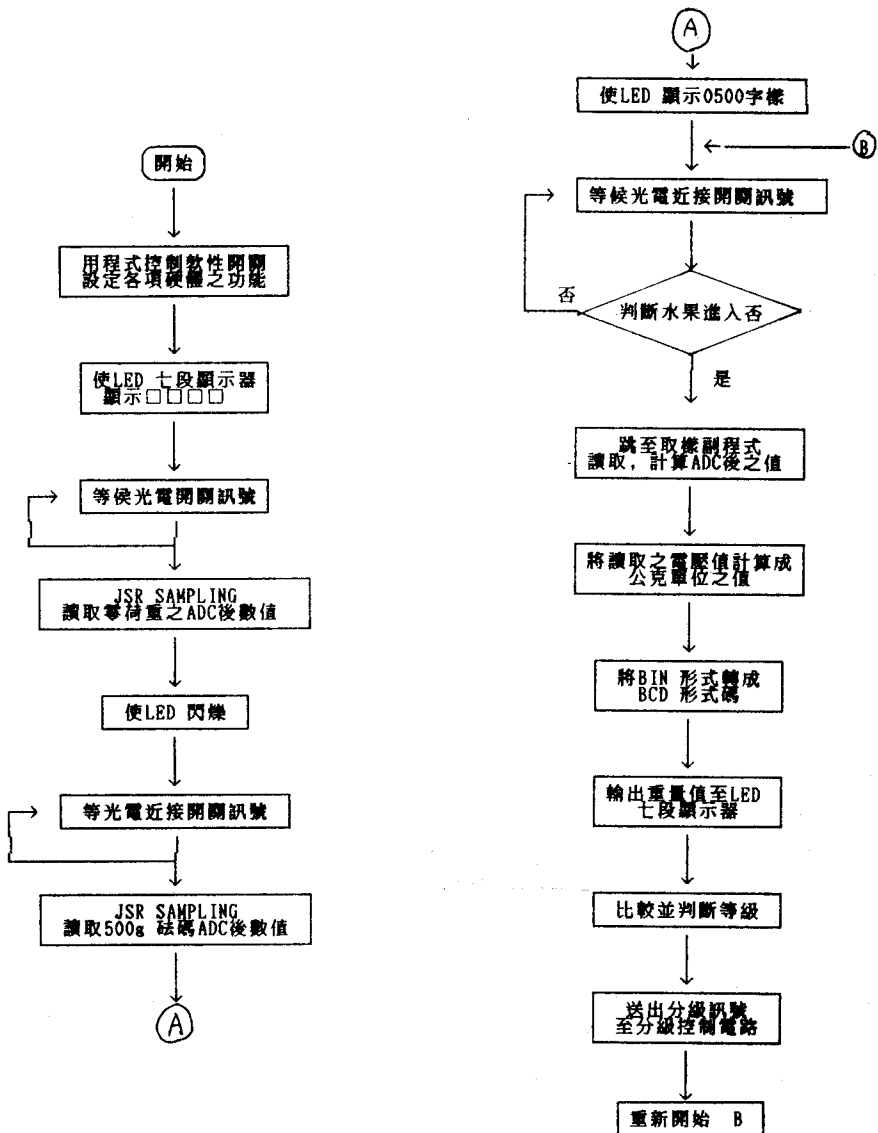
(7)撰寫6502組合語言，以達到類比與數位轉換取樣、計算、判斷重量、輸出顯示、分級控制的功能。其程式流程圖如圖14自動重量選別6502組合語

言程式流程圖、圖15，重量選別取樣副程式 SA-MPLING 流程圖所示。

(8)記錄此系統在固定重量下秤量之重量輸出結果，供參考分析。

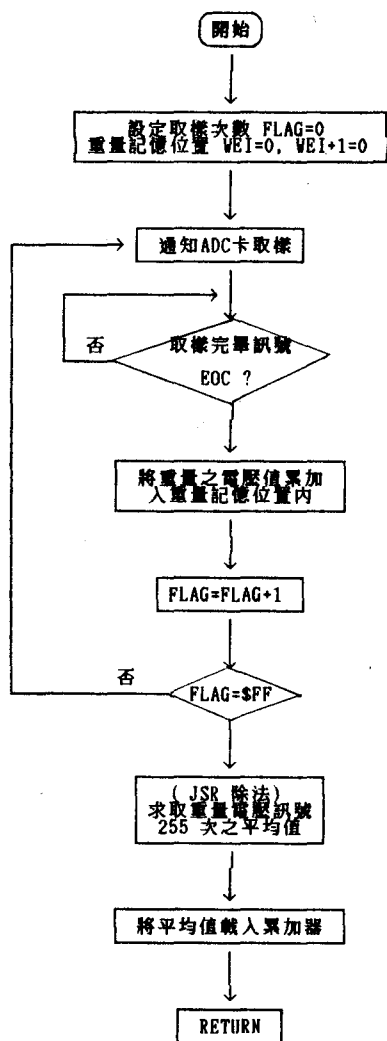
四、實驗結果與討論

使用 PC/AT 個人電腦及類比至數位轉換的技術，將測力器秤重台各試驗狀態下之輸出訊號，以數位方式記錄，存檔於磁碟上，由於每筆資料均



:重量選別組合語言電腦程式流程圖

圖14 重量選別組合語言電腦程式流程圖



：取樣副程式 SAMPLING 流程圖

圖15 取樣副程式 SAMPLING 流程圖

有 1000~5000點電壓記錄，所以把檔案轉入 LOTUS 123 軟體，做資料處理，計算各個狀況試驗之平均、標準差，並整理成圖表。為便利觀察變化情形，實驗結果均以 X-Y 圖表示，X軸表示時間，Y軸表示對應之輸出電壓訊號，單位為毫伏（mV）。

(一)靜止秤量之反應

靜止秤量係指以靜態秤量台秤物，物品為靜止，或滑過及滾過秤量台。包括 0 公克、78 公克、500

公克不同重量之各種靜態秤量試驗。圖16、圖17為秤量結果之代表例。

(二)動態秤量之反應

動態秤量係指以裝有馬達、皮帶輸送設備之動態秤量台，於運轉狀態時秤量物品而言。包括，濾波之差別之試驗及有無外加電容器之影響反應。圖18為動態秤量之結果之代表例。

(三)變化重量及動態與否條件下之反應

使秤重合在不荷重（0 公克）、低荷重（124 公克）、高荷重（500 公克）三種情況中，分別再測試靜態與動態秤量的反應，其試驗之方式依「完全逢機區集設計法」。結果如表 1。又根據本組實驗資料，繪得如圖19的校正圖。

(四)秤重合振動現象的觀察與頻度分析

經實驗觀察發現在靜態時，輸出電壓、訊號跳動較小，動態秤量之跳動較大，其響應並與假設力學模式之響應有相同之趨勢。各圖靠近尾部處均有稍大的振動，原因是皮帶下的支撐薄板在彼處正好結束。

由於測力器的反應靈敏，高頻小信號振動很易發生，可採用濾波器先行濾去高頻部份，只留下足以代表重量之低頻部份。此外，加上電容亦可使系統之輸出變異範圍減小，使有較為穩定平滑之輸出，但過大的電容會使響應變得緩慢或增加安止時間。

由於系統之響應圖形點數多，且並不易直接由圖面得出結論，因之，將此（振幅—時間）的 X-Y 圖整理成為頻度分佈圖，以便利觀察分析。

實驗發現，秤重合的振動經由 AD 取樣再以頻率分佈圖顯示，結果均約有呈鈴形常態分佈之趨勢。取樣點愈多，其常態分佈趨勢愈明顯；所以可以其電壓輸出之算術平均值，代表其重量下，相對應的電壓值。

綜合觀察，秤重合電壓振動輸出情形約有以下現象：

- (1)秤重合的電壓振動輸出情形與理論分析之力學模式有相同的趨勢。
- (2)秤重合的電壓振動輸出為隨機（random）。經分析後約呈常態分佈。
- (3)靜態秤重時的電壓振動輸出情形顯然較動態秤重時為穩定。
- (4)秤重合的電壓振動輸出在開始後約 0.4秒之後才穩定下來。

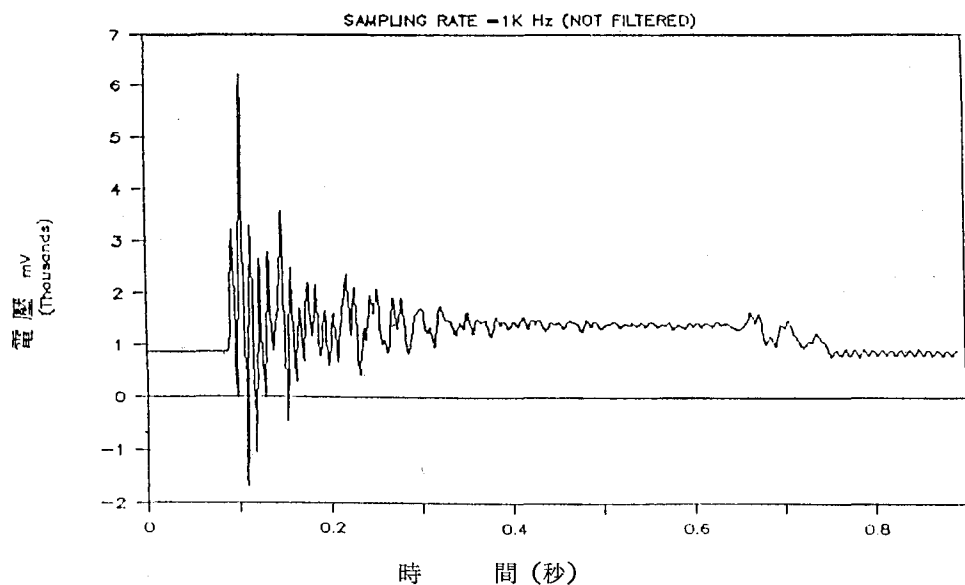


圖16 78 gm 之球體滾過靜態秤重台之波形

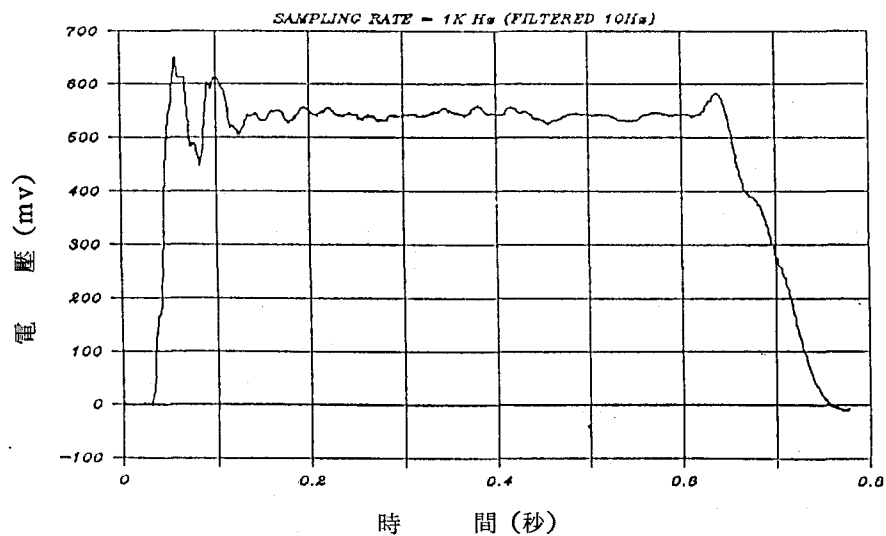


圖17 有濾波時，滾過78公克膠球之電壓輸出

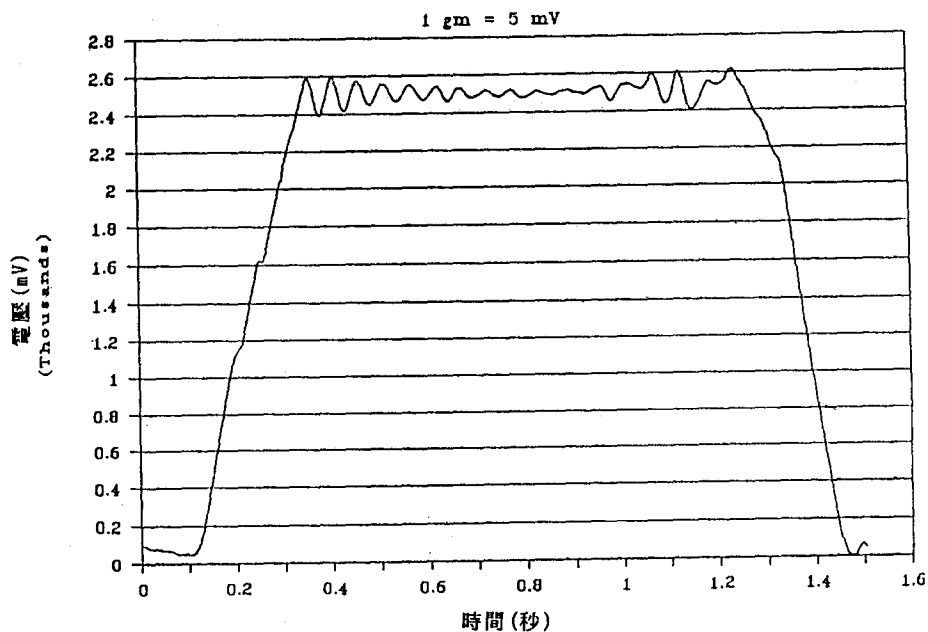


圖18 動態秤量 500公克砝碼之電壓輸出， $F=10\text{Hz}$ ， $C=1000\mu$ ， $v=25\text{ cm/sec}$

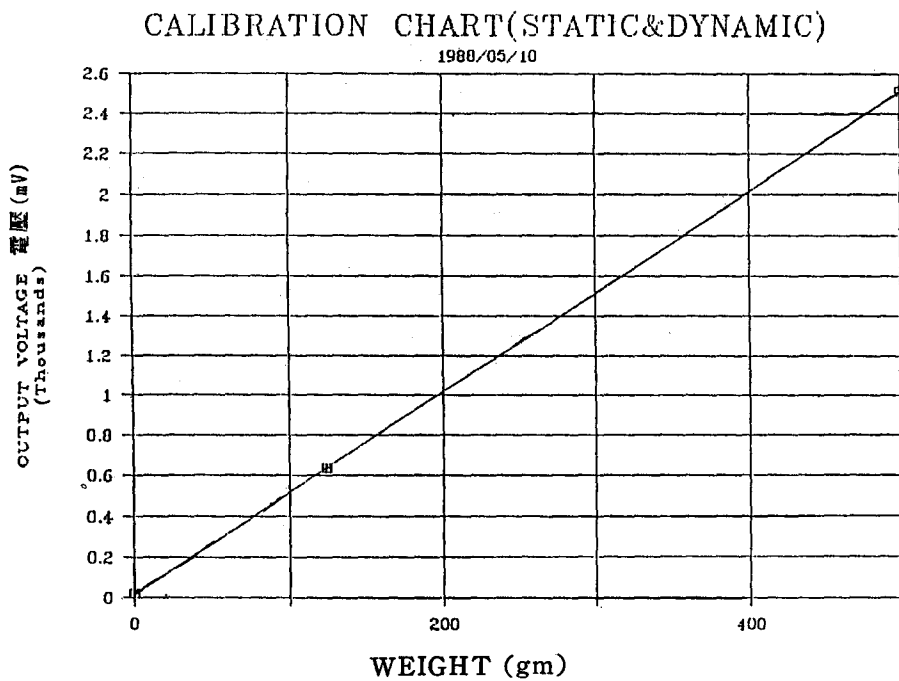


圖19 實重與經平均處理的靜態及動態秤重輸出電壓之校正表（經平均處理）

(5)在應變放大器的輸出端加以濾波電容處理，都會有較穩定的效果。

(四)輸出信號的變異程度

將表 1 所列的三十次實驗，從磁碟中叫出，並分析其標準差，得到表 2 之標準差。詳細討論如下：

(1)靜態秤量之輸出信號的變異程度：

靜態秤量之輸出電壓 標準差均 小於 1.524

mV，若以此值計算，參考圖19之校正表，每公克約相當於有 5mV 左右之電壓輸出，根據常態分佈之統計理論取標準差 $\sigma = 1.345\text{mV}$ （相當於 0.30公克）在靜態時，若依統計方法取 $\alpha = 1\%$ 時， $Z = 2.576$ ，則其振動輸出電壓變動範圍應為
(平均值) $\pm Z \sigma$
= (平均值) $\pm 3.465 \text{ mV}$

表 1 三種重量之物品在靜態及動態秤量時輸出電壓的平均值

	重 量→					
	0 公 克		1 2 4 公 克		5 0 0 公 克	
靜 態 秤 量	19.2220	S1-000	637.7964	S1-124	2511.940	S1-500
	18.8418	S2-000	637.9765	S2-124	2511.937	S2-500
	19.0541	S3-000	637.9370	S3-124	2512.003	S3-500
	18.7896	S4-000	637.8169	S4-124	2511.925	S4-500
	18.7686	S5-000	637.7252	S5-124	2511.797	S5-500
	(S000-AVG.=18.935)		(S124-AVG=637.85)		(S500-AVG=2511.92)	
動 態 秤 量	21.006	D1-002	637.1562	D1-124	2509.624	D1-500
	18.686	D2-000	638.3597	D2-124	2512.992	D2-500
	18.276	D3-000	636.5860	D3-124	2509.913	D3-500
	19.388	D4-000	637.2688	D4-124	2508.337	D4-500
	17.561	D5-000	637.6614	D5-124	2508.858	D5-500
	(AVG.=18.984)		(AVG=637.40)		(AVG=2509.94)	

表 2 三種重量在靜動態狀況的標準差情形

		STANDARD DEVIATION (5 REPLICATION) (單位：毫伏)					
		1	2	3	4	5	TOTAL
靜態 秤量	0 gm	1.524	1.129	1.219	1.224	1.222	1.147
	124 gm	1.359	1.426	1.383	1.158	1.384	1.345
	500 gm	0.901	0.827	0.788	0.711	0.871	0.822
動態 秤量	0 gm	18.251	11.286	11.072	15.086	9.352	13.402
	124 gm	7.312	9.781	22.772	35.124	34.565	24.884
	500 gm	14.745	23.480	27.325	10.409	10.962	18.676

相當於(平均值)±0.693公克

(2)動態秤量輸出信號的變異程度：

依同樣方法，取標準差 $\sigma = \sigma(\text{MAX}) = 24.884\text{mV}$ 或 $\sigma = 7.03\text{公克}$ ，若取 $\alpha = 1\%$ 則其振動輸出電壓變動範圍應為
(平均值)± $Z\sigma$
= (平均值)±64.101 mV
或相當於(平均值)±12.82公克

(3)以樣品平均值作為變數時之信賴開依表 4-1 之標準差數據，則信賴區間為

(平均值)± $Z\sigma/\sqrt{n}$ ，其結果如表 4-2

$n = 2048$ 於靜態秤量時

=400於靜態秤量時

內應用完全逢機區集設計複因子試驗法之分析

表 1 的三十筆試驗資料的平均值，係採用完全逢機區集設計 (RCBD) 之試驗設計方式，並用複因子試驗法來作分析：

試驗項目包括：三種重量狀況 (0 公克、124 公克低重量、500 公克高重量) 及二種秤重方式 (靜態、動態)，分五天重複試驗五次，每次為一個區集，以附帶測定輸出電壓值是否會因時間產生經時之變化。

將表 1 的三十筆試驗資料輸入電腦，採用 RC-BD 複因子試驗軟體分析^(7,8)，得到如表 4 的變方

表 3 標準差與樣品平均值之信賴區間

	標準差 σ (mV)	信賴區間 (mV) $\alpha = 0.01$
靜 0	1.147	18.94 ± 0.065
靜 124	1.345	637.85 ± 0.077
靜 500	0.822	2511.0 ± 0.048
動 0	13.402	18.78 ± 1.726
動 124	24.844	637.41 ± 3.200
動 500	18.676	2509.9 ± 2.405

分析表。

由表 4 的變方分析表，可判知⁽⁸⁾

(1)時間之變化 (BLOCK) 項，在99%信賴界限下為不顯著，此顯示秤量裝置之電壓輸出不受時間變化之影響。

(2)重量不同(A)將導致秤重裝置輸出電壓值之業顯著差異，此顯示不同的重量會引起顯著不同的電壓輸出。

表 4 RCBd 複因子試驗法之變方分析表
ANOVA for the Case of RCBd Factorial Design

Due to	DF	Sum of Square	Mean Square	F-Value	
Block (時間)	4	9.3336	2.33339	1.39	NS
A (重量因子)	2	33678978.4480	16839489.22401	10054237.54	**
B (動態因子)	1	2.2669	2.26690	1.35	NS
AB (交 感)	2	4.7386	2.36928	1.41	NS
ERROR	20	33.4973	1.67486	1.00	
TOTAL	29	33679021.8847	1161345.58223	693396.59	

Mean of A, Replications=15

1	2	3
18.9597	637.6287	2511.1326

Mean of B, Replications=10

1	2
1056.2354	1055.5787

(3)靜態秤量和動態秤量間(B)的差異並不顯著，在99%信賴界限下，兩者間可視為無差異存在。

(4)(A)與(B)兩因子間之交感並不顯著。即秤量重量大小之不同，與靜態動態因子之交感影響為不顯著。

(四)以蘋果二號微電腦為主控部之重量選別錐形機的秤重精度

使用底面平滑的 149公克重長方體，在錐形機上以動態秤量70次，並記錄其發光二極體七段顯示器之輸出值，得到如表 5 的結果：標準差為2.45公克，平均值為148.71，接近實重 149公克。使用統計常態分佈之理論可知，在95%的信賴度下，誤差約為：

$$\pm (2.45 \times 1.96) = \pm 4.802 \text{ (公克)}$$

$$\text{或 } (\pm 4.8/600) \times 100\% = 0.96\% \text{ FSO}$$

$$(\text{full scale output} = 600 \text{ 公克})$$

此表示：

任一次秤量在95%的信賴度下，其誤差約在 1 % FSO 以內。

同樣地，若採用蘋果來做實際之秤量，可得表 6。表 6 顯示143.5 公克的蘋果在動態連續秤量下，其平均值143.41公克，接近實重 143.5公克，標準差3.94公克，比秤長方體時的標準差要大些，原因是蘋果之形狀較不規則，在動態秤量中會有跳碰之發生，所以秤量精度略差，在95%信賴度下約為 .29% FSO。

表 5 使用蘋果二號為主控之秤重分級公統，
秤量 149公克方盒時之 LED 顯示值

147	150	147	147	150
145	145	150	147	147
153	150	150	145	150
150	147	147	147	150
147	150	147	150	145
147	153	150	145	147
153	147	150	147	147
150	150	147	147	150
147	150	150	150	147
147	153	147	153	147
155	150	150	150	
147	153	150	150	
150	150	153	147	
147	150	150	147	
150	145	150	142	

$$\text{平均值} = 148.71$$

$$\text{標準差} = 2.45$$

單位：公克

表 6 使用蘋果二號為主控之秤重分級系統，
秤量 143.5公克蘋果時之 LED 顯示值

145	147	145
145	142	145
139	142	139
139	153	142
145	147	142
147	147	142
150	142	142
145	142	145
134	145	139
150	139	137
139	147	
145	142	
142	147	
145	145	
139	137	

$$\text{平均值} = 143.41$$

$$\text{標準差} = 3.94$$

單位：公克

五、結 論

- (1)使用測力器所作的秤重台，其響應與理論分析中力學模式之解析有相同之反應趨勢，適當修正模式中彈簧常數及阻尼值，應可得到良好模擬。
- (2)秤重台之振動輸出經頻度分佈探討，在靜態與動態秤量之輸出電壓，均呈常態分佈之現象，可應用常態分佈理論檢討平均 μ 與標準差。若經濾波及加電容處理，其標準差會變小。
- (3)振動數據以樣品的算術平均值做為欲得到的重量輸出電壓值，其誤差將較單一取樣方式減小大約二十至三十倍。
- (4)本實驗秤重台之靜態秤量與動態秤量在量秤同樣重量之物品時所得重量數據，經雙方分析顯示兩者之間並無顯著差異。
- (5)秤重重量與秤重方式（靜、動態）間之交感為不顯著。
- (6)使用蘋果二號微電腦，並採算術平均法計算重量值時之訊號輸出誤差約 $\pm 1.3\%$ FSO；最大之誤差來源是八位元的類比數位轉換卡，因其之解析度僅二百五十分之一；其次在於使用組合語言副程式計算式時，為求簡便不採浮點運算，僅作整數運算，所以有去尾之誤差產生。故其顯示之最小單位亦僅標明至公克。

六、謝 誌

感謝農委會計畫：77農建—7.1—糧—06(3)，
支援經費，特此誌謝。

七、參考文獻

1. 王明燦，感測電路與微電腦介面，全華圖書公司，1987
2. 王振勇、陳福民、陳化怡，罐頭檢重機之設計，食品工業發展研究所，研究報告三十號，1974
3. 山上和夫，重量選別機之檢出部，日立評論 48 (3)：417—421，1966
4. 增洲攻，重量選別機の高速機構，機械設計 19 (8)：57—60，1975
5. Polyd, S. O'Brien, M., Development of a Microprocessor Based Data

Logging System for Fruit Grading, Trans. Asae 21(2), 1978

6. Henry M. Morris, Microprocessors Displace Mechanisms in Industrial Weighing Systems, Control Engineering, November P. 62-65, 1993
7. Richard H. McCuen, Statistical Methods for Engineer, Printice-Hall, Inc., June, 1983
8. Roger G. Petersen, Design and Analysis of Experiments, Marcel Dekker, Inc., 1985

收稿日期：民國78年9月26日

接受日期：民國79年2月1日

專營土木、水利、建築等工程

百隆營造股份有限公司

地 址：鳳山市仁愛路10巷5號

電 話：(07) 7 0 2 2 5 6 9

專營土木、水利、建築等工程

新億營造股份有限公司

地址：新竹縣芎林鄉文林村文昌街77號

專營土木、水利、建築等工程

永弘營造有限公司

地址：屏東縣東港鎮新基街21巷27號

電話：(08)8322111 • 8322222