

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

佳作

091007

省電看這裡-家庭電力監控系統

學校名稱：臺北市立內湖高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 宋宛臻	黃天祥
職二 李柏翰	陳昭安
職二 許豔尹	
職二 廖宜俊	

關鍵詞：電流感測、電力監控、節能減碳

摘要

為協助建立良好用電習慣，讓家中省下可觀的電費，本研究製作的家庭電力監控系統，即時的圖表顯示家中電力耗損的情形，可監視家庭成員的用電，協助改變用電習慣，進而達到省電的目的。在安全方面，當電流過大時，也可發出警訊或切斷電力，免於走火的危險。使用軟體控制各電力迴路，設定旅行、睡眠...等程序，以便在這時候，確實切斷非必要電力。

本電路設計使用霍爾元件感測電流，電流值經 A/D 轉換後，將資料透過 USB I/O 卡寫入電腦，儲存於資料庫，藉以產生圖表資訊，呈現各插座的用電狀況。將系統所計算的電流值及度數，比對理論值、瓦時計及數位電流表的測量值，並做具體校正。經實測證明可提供可靠的數據，能夠即時提供用電狀況，做為家庭節能策略的依據。

壹、研究動機

在「節能減碳、保護地球」的概念下，導引我們思考如何節約家庭用電。學校也時常對我們宣導節能的重要性及節能的措施，確實也提供了不少省電節能的建議。然而實行節能措施，都得再等兩個月收到帳單之後，才可以驗證成效，且家庭生活習慣也會隨著季節的改變，因此帳單所呈現的內容，並沒有辦法在最短時間內，提供我們改善用電習慣的建議。如果可以透過一個裝置，隨時顯示家庭用電的使用或流失的狀況，立即提供調整用電方式的參考，那節能減碳的效果一定更為顯著。

電器的耗能程度與使用者的使用習慣有很大的關係，而各種不可知的電力流失，也會讓每個家庭莫明奇妙的耗損電力。如果家裡面的插座裏，加裝一個監控器，可以定時回報電流值，統計使用狀況，讓使用者可以在遠端的監控平台上做切斷或開啓，便可以輕易的掌握家庭用電。而家用電腦便是最好的監控平台，若配合 LCD 電視更可讓使用者隨時察知家庭用電。最後把每天用電情形儲存，定期統計，便可讓家人比較現在與過去的用電情形，藉此改善用電習慣，達到節約的目的。

在本研究過程中，我們參考電子學、計算機概論、數位邏輯、數位邏輯實習及套裝軟體實習所學的知識與技能，另外老師再指導我們 Visual Basic 進階程式設計、電子儀表、家庭室內配線知識，才得以完成「家庭電力監控系統」。

貳、研究目的

本研究之自製家庭電力監控系統主要有四大目標：

- 一、定期收集家中每個插頭的電流變化資訊。
- 二、以圖表及圖示顯示用電的狀況。
- 三、試算該月用電的度數，並試算使用電費及碳排放量參考值。
- 四、透過家用電腦中的監控平台軟體，手動或自動開關指定的電源插頭。

依照上述的目標，所設計之軟體系統如下：

- 一、自行設計及製作完成電力監控系統。
- 二、自製電力監控系統使用於家庭電力迴路系統時，發展出下列三個研究問題：
 - (一) 自製之電力監控系統，因減少不必要的用電，可達到節省電量為何？
 - (二) 自製之電力監控系統，所減少之費用為何？
 - (三) 可開發出幾種模式供使用者運用於生活中？

參、研究設備及器材

本研究使用的設備如表 3-1 所示

表 3-1 設備一覽表

類別名稱	設備、軟體名稱	規格	功能
硬體	數位夾式電表	200A	測交流電流
硬體	瓦時計	單相	測使用電力度數
硬體	筆記型電腦	HP-3807	執行軟體
硬體	黑白雷射印表機	HP LJ 5200tn	列印資料、報告
硬體	數位相機	SONY DSC-T33	拍攝紀錄用
硬體	直流電源供應器	±30V，3A	提供實驗用電源
硬體	示波器	20MHZ	觀測波形
硬體	信號產生器	GFG-8020H	實驗電路用

表 3-1(續) 設備一覽表

類別名稱	設備、軟體名稱	規格	功能
硬體	三用電表	指針型	檢查電路
硬體	負載箱	440k，2kw	模擬負載
硬體	吸錫器	PK-366N	吸取餘錫
硬體	烙鐵	30W	焊接電路
硬體	尖嘴鉗	6 英吋	夾取零件
硬體	斜口鉗	6 英吋	剪斷接腳
硬體	鑽孔機	1~12 mm	鑽孔
軟體	Microsoft Word	2003 版	文書處理
軟體	Microsoft Excel	2003 版	數據統整
軟體	Microsoft Visual Basic	6.0 版	程式編寫
軟體	Microsoft Access	2003 版	編輯資料庫

本研究使用材料如表 3-2 所示

表 3-2 材料一覽表

品名	規格	數量	單位
IC 腳座	20PIN	8	個
IC 腳座	14PIN	2	個
IC 腳座	8PIN	8	個
IC	74245	4	個
IC	ADC0804	4	個
IC	7476	1	個
IC	7414	1	個
IC	μ A741CN	8	個
IC	LM317	1	個
IC	LM337	1	個

品名	規格	數量	單位
電阻	1K Ω , 1/4W	1	個
電阻	10K Ω , 1/4W	1	個
電阻	2.2K Ω , 1/4W	1	個
電阻	47K , 1/4W	1	個
可變電阻	10K Ω , B 型	4	個
可變電阻	2K Ω , B 型	2	個
電容	150pF	1	個
電容	100uF , 50V	2	個
電容	100uF , 16V	3	個
電容	1uF	1	個
電容	0.01uF	1	個
二極體	1N4002	8	個
電路板	檢定板	5	片
鉚錫	1mm	1	捆
單芯線	0.6mm	2~3	捆
霍爾元件	50A/4V	4	個
SSR 固態電驛	20A/240V	2	個
變壓器	110V/12V	1	個
無熔絲開關	2P20AT	4	個
插座	110V 接地型	1	個
單切開關	110V 接地型	1	個
插座盒	3 個插座用	3	個
壓克力板	3mm , 透明	4	片
燈泡	110V/100W	1	顆
保險絲	5A	2	個

肆、相關知識

一、本研究使用的零件及裝置

本研究使用的 IC 其型號及功能彙整如下表 4-1。

表 4-1 IC 功能一覽表

IC 編號	功 能
AD0804	類比信號轉成數位信號
74245	多工器
UA741CN	放大電路
7476	D 型正反器
7414	樞密特反閘

上述 IC 之動作原理簡要敘述如下：

(一) A/D 轉換器

A/D 轉換器是將類比的信號轉換成數位信號。本研究使用的 ADC0804 為一具有 8 位元解析度單通道的 20 腳 IC，使用 5V 單電源。類比輸入電壓範圍為 0 至 5V，消耗功率 15mW，轉換時間為 100ms。由於具有 8 位元解析度，其變化有 256 階。本研究中即使用 A/D 轉換器將電流值轉換成數位訊號表示，能讓電腦讀取數值，如下圖 4-1 所示。



圖 4-1 訊號轉換過程

(二) 固態電驛 (SSR, Solidstate Relay)

固態電驛是一種由固態電子元件組成的無接點開關，其外部接線圖如圖 4-2 所示。利用電子元件的轉換特性，達到無接點、無火花，而能接通和斷開電路的目的。相較於以往的「線圈—簧片觸點式」繼電器 (Electromechanical Relay, EMR)，SSR 沒有任何可動的機械零件，工作中也沒有任何機械動作，具有超越 EMR 的優勢，如反應快、可靠度高、壽命長 (SSR 的開關次數可達 $10^8 \sim 10^9$ 次，比一般 EMR 的 10^6 高出百倍)、無動作雜訊、耐震、耐機械衝擊以及具有良好的防潮防黴特性。

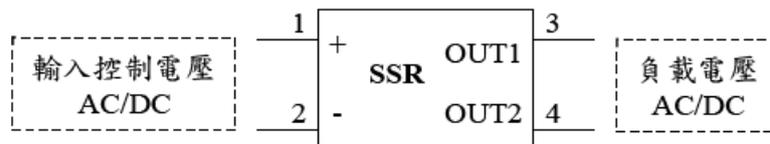


圖4-2 固態電驛 (SSR) 外部接線圖

(三)霍爾元件

霍爾元件常被作為磁場檢知和磁場測定元件，當磁場通過霍爾元件，會在其輸出端產出電壓 V_H ，將此電壓連接到運算放大器做比較或放大，可用以控制電路或測量磁場強度。霍爾元件做為電流檢出與電壓檢出元件，其原理如圖 4-3 所示，當導體 A 有電流通過時，則根據安培定律在導體周圍的環形鐵心上產生磁場，因磁場磁通密度與通過導體電流強度成正比，所以霍爾元件感測磁通密度，即可得到相對應的電流值。若使待測電壓正比於電流 I ，而磁通密度又與電流成正比，因此利用霍爾元件亦可檢出電壓值。

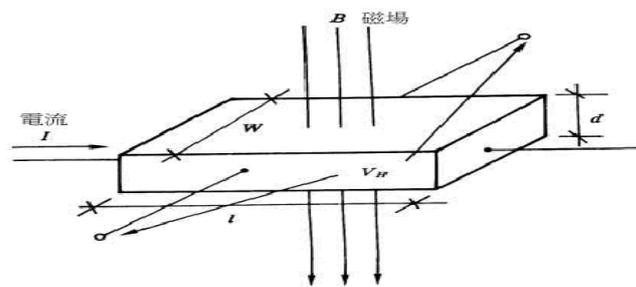


圖 4-3 霍爾元件檢測原理

(四)、精密全波整流電路

霍爾元件感測之交流電流訊號經電路放大後，其比例為 $50A/4V$ 。將此訊號經過精密全波整流電路同時放大 2.2 倍，如圖 4-4 所示，可將轉換比例調整為 $20A/5V$ ，以符合 A/D 轉換之最大輸入電壓，以得到最高之解析度，並能感測到微小的電流變化。

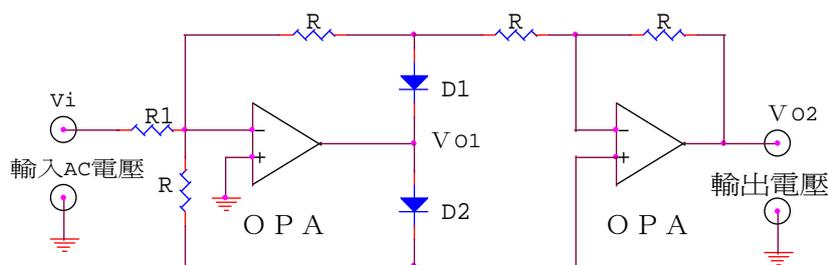


圖 4-4 具放大功能之精密全波整流電路

二、家用電器之耗電量

依經濟部能源局 (2006 年) 的資料，家庭使用電器類別主要有五種，分別為空調類、照明類、廚房類、衣著類及視聽類等，而電器之消耗電力及度數如表 4-2 所示。

表 4-2 家庭各類別電器消耗電力及度數 (經濟部能源局, 2006)

類別	電器名稱	消耗電力(w)	每年使用時間 估計(時)	年耗電量 (度)	備註
一、空調類	冷氣機	900	5 時*30 日*6 月=900	810.0	2000Kcal/Hr 冬季較少使用
	吹風機	800	1/6 時*15 日*12 月=30	24.0	
	電暖爐	700	3 時*30 日*3 月=270	189.0	季節性使用
	除濕機	285	3 時*30 日*6 月=540	153.9	16.6 吋，季節性使用
	電扇	66	3 時*30 日*8 月=720	47.5	16 吋，季節性使用
	抽風機	30	4 時 10*日 12*月=480	14.4	
二、照明類	燈泡(60W)	60	3 時*30 日 12*月=1080	64.8	
	日光燈(20W)	25	5 時*30 日 12*月=1800	45.0	
	省電燈泡	17	5 時*30 日 12*月=1800	30.6	
	神龕燈	10	24 時*30 日 12*月 =8640	86.4	
三、衣著類	乾衣機	1200	1/3 時*10 日*10 月=33	39.6	夏季較少使用
	電熨斗	800	3 時/月*12=36	28.8	
	洗衣機	420	1/2 時*10 日*12 月=60	25.2	
四、視聽類	電視機	140	4 時*30 日*12 月=1440	201.6	28 吋彩色
	音響	50	1 時*30 日*12 月=360	18.0	
	收音機	10	1 時*30 日*12 月=360	3.6	

表 4-2(續) 家庭各類別電器消耗電力及度數

類別	電器名稱	消耗電力(w)	每年使用時間估計(時)	年耗電量(度)	備註
五、 廚房類	微波爐	1200	5 時/月*12 月=60	72.0	
	電磁爐	1200	2 時/月*12 月=24	28.8	
	開飲機	800	2 時*30 日*12 月=720	576.0	
	電鍋	800	1/2 時*30 日*12 月=180	144.0	10 人份
	電烤箱	800	2 時/月*12 月=24	19.2	
	抽油煙機	350	1/3 時*30 日*12 月=120	42.0	
	果菜榨汁機	210	1 時/月*12 月=12	2.5	
	烘碗機	200	1/2 時*30 日*12 月=180	36.0	
	電冰箱	130	12 時*30 日*12 月=4320	561.6	320 公升

三、家用電器每月累計方式

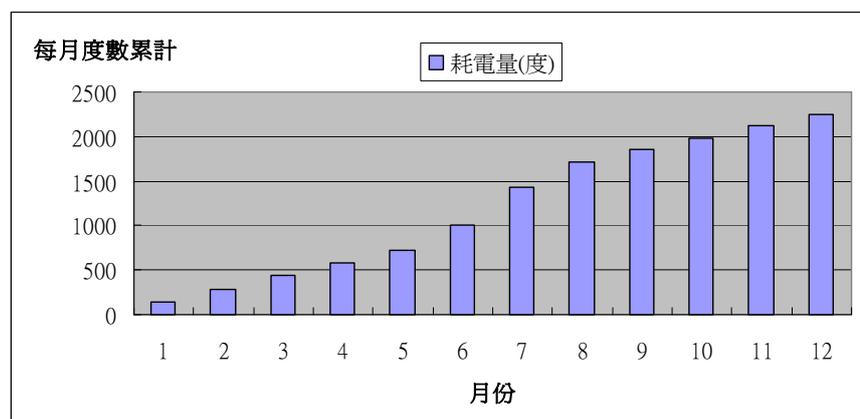
依據表 4-2 電氣耗能標準之資料，將各種家庭常用電器度數予以平均，推算每月平均度數即(2+6+5.4+2.6+48+12+3.5+49+2.1+16.8)可得每月耗電度數大約為 147.4 度 (仟瓦一小時)。而 6~9 月為夏季的用電尖峰期，每月耗電度數為 280.4 度。

以這兩個耗電度數做軟體警示的標準。每月電氣耗能標準推算如表

4-3 與圖 4-5 所示：

表 4-3 依據表 4-2 所做每月電氣耗能標準推算

月份	耗電量(度)
1	145.4
2	290.8
3	436.2
4	581.6
5	727
6	1007.4
7	1433.2
8	1713.6
9	1848.6
10	1983.6
11	2118.6
12	2253.6



- (一) 使用電熱水器每日增加 6 度 (以每戶 4 人為例)。
- (二) 老舊冰箱耗電為新冰箱之 1.8 倍。
- (三) 家庭若有景觀水池幫浦這耗電量每日約將增加 7.5 度。
- (四) 老舊的冷氣機耗電為新冷氣機之 2.2 倍。
- (五) 冰箱夏季每日約為 3.08 度，冬天約為 1.88 度。
- (六) 熱水瓶夏季每日約為 0.85 度，冬季為 1.12 度

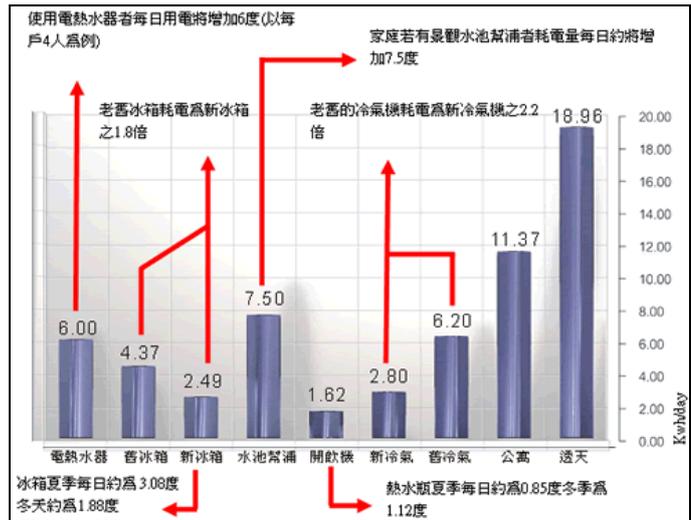


圖 4-5 家庭各類型電器使用狀況 (經濟部能源局,2009)

四、家電設備待機用電調查

- (一) 以一噸的窗型冷氣機為例，扣除正常使用時間後，所累積下來待機用電約為 37~52.9(度/年)，與平均一部冷氣 410(度/年)相比，約佔 9%~13%。如圖 4-6 所示：
- (二) 家電設備在長時間不使用的狀況下，若能將插頭從插座拔開，的確有不小的節約能源效果。

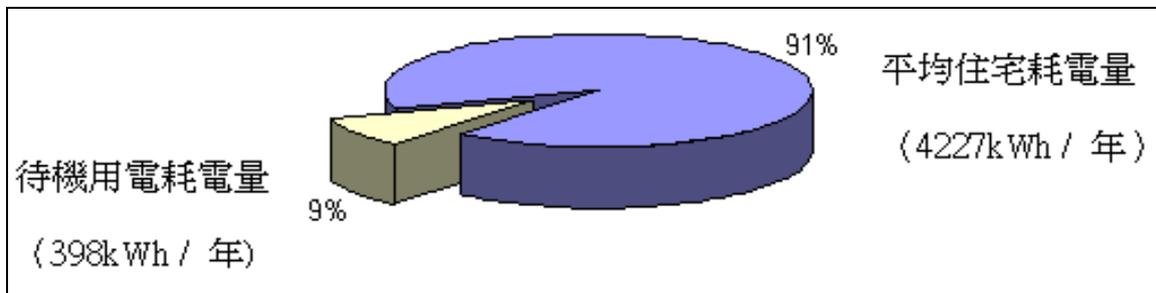


圖 4-6 家電設備待機用電比例圖 (經濟部能源局,2009)

五、日常生活用電所產生之碳排量，如表 4-4 所示：

表 4-4 日常生活用電所產生之碳排量

家庭耗能		
每月用電度數	$\text{溫室氣體量} = \frac{\text{每月度數} \times 0.637}{\text{成員人數}}$	家中電費計算週期為 2 個月，應將數值除以 2 之後再填入空格。消耗 1 度電力約產生 0.637 公斤之 CO ₂

伍、研究過程或方法

本系統主要分成兩大部份，硬體的部份負責電流取樣、A/D 轉換及迴路開啓或關閉，軟體的部份用來將 A/D 轉換的數據換算成電流值並即時儲存在資料庫中，並設計統計資訊的介面供使用者監測、分析，其次是發送迴路的開關訊號。分別說明如圖 5-1 所示

一、硬體架構圖

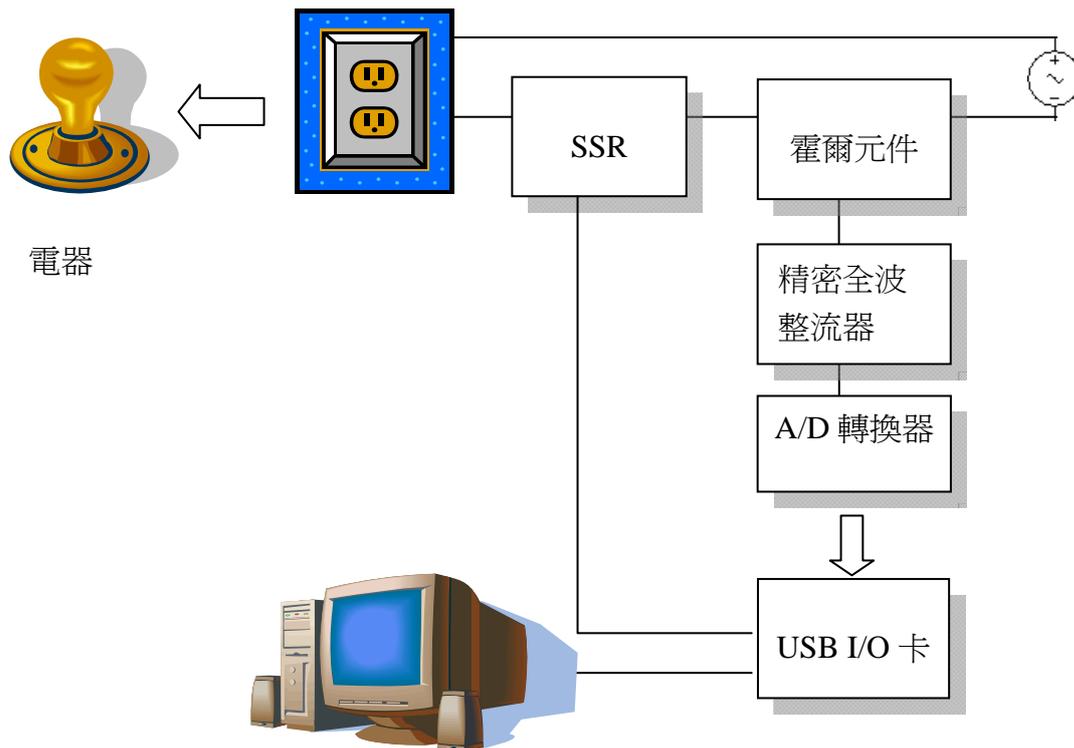


圖 5-1 硬體架構圖

- (一) 固態電驛 (SSR)：利用 USB I/O 卡控制 SSR，再由 SSR 控制插座之開啓或關閉迴路。
- (二) 霍爾元件：感測電流的大小。
- (三) 精密全波整流：將霍爾件輸出的波形經過全波整流並放大。
- (四) A/D 轉換器：透過 IC ADC0804 讀取類比訊號轉換成數位訊號。
- (五) USB I/O 卡：將霍爾元件所感測的訊號傳送到 PC 及送出訊號控制 SSR。

二、軟體架構圖

家庭電力監控系統軟體基本架構規劃為：監控程式以及接受、啓動程式。其中監控程式可分為：用電資訊、功能設定、電學知識家及本月度數、費用，如圖 5-2 所示：

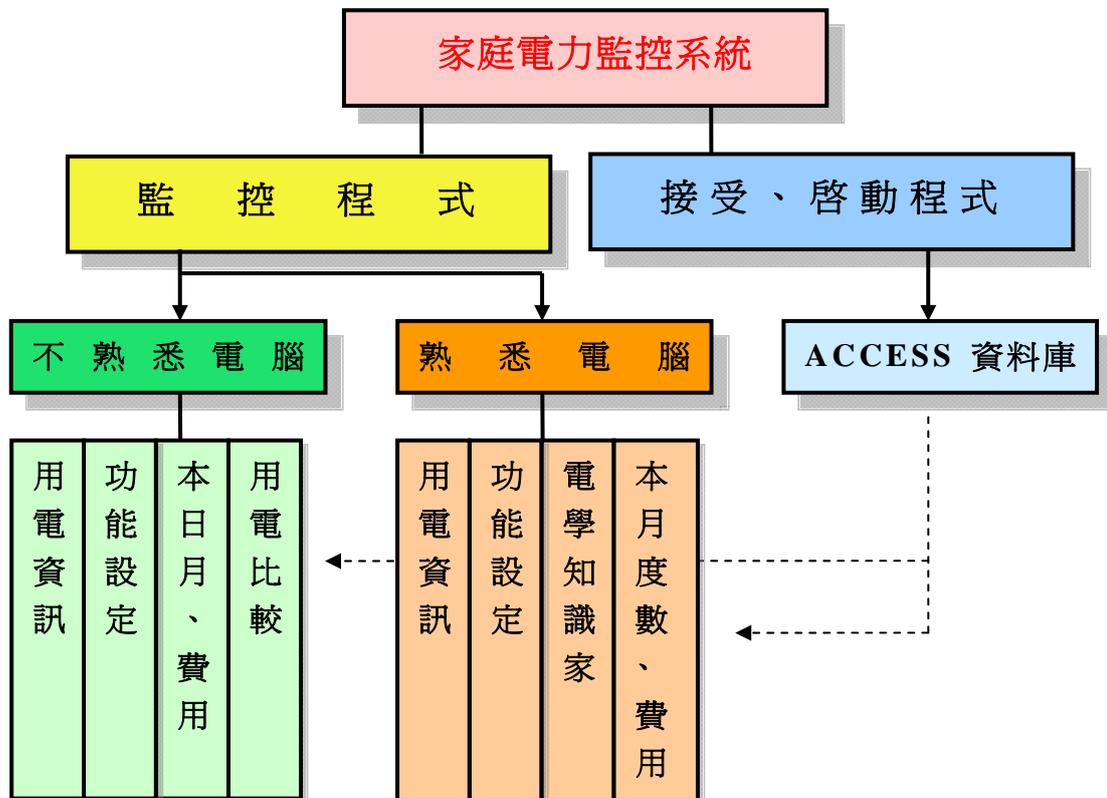


圖 5-2 家庭電力監控系統軟體架構

(一) 用電資訊：

1. 監控各個插座目前使用情況 (仟瓦-小時圖)。
2. 顯示當月的累積度數及金額。
3. 擬定當月用電量一個參考值，若接近或超過則會發出警告訊息。

(二) 功能設定：

1. 夜間不使用電器可設定為睡眠模式，電腦將會自動切斷不使用的電器電源。
2. 可啓動定時模式，設定使用某插座的時間，時間一到電腦會切斷電源。

(三) 電學知識家：包含基礎電學常識，讓使用者明白電的原理及應用，例如：電費的計算、歐姆定理等。

(四) 本月度數、費用：顯示當月累計度數及費用。

(五) 用電比較：將今年與去年或本月與上個月總用電量做比較。

三、系統設計與校正

(一) 使用具放大功能之精密全波整流電路處理霍爾元件的輸入訊號

為了不使 0.7V 以下的感測電壓遭二極體的障壁電位所截掉，採用精密全波整流器避免障壁電位的影響。將 50A/4V 霍爾元件限制在最大的輸入電流為 20A 時，輸出電壓最大值為約 2.26V，經由精密全波整流器處理，再透過 OPA 放大 2.2 倍 ($R/R_1 = 2.2$) 最大約為 5V，供應給 A/D 轉換器運作。若定義為 0~250 數位訊號，則 $5V / 250 = 0.02V$ 相當於 1bit。舉例來說，輸入電流為 0.96A，轉換成 $5 * (0.96A/20A) / 0.02 = 12$ ，則 $V_o = 0.02 * 12 = 0.24V$ ，如圖 5-3 所示：

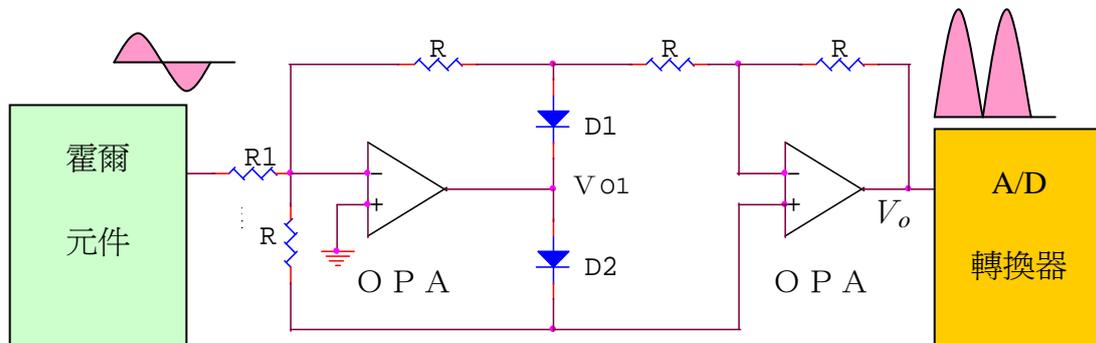


圖 5-3 具放大功能之精密全波整流器與 A/D 轉換器之連結圖

(二) 每步階電流值的計算：

設輸入電流有效值為 20A，電流最大值為 $20 * 1.414 = 28.28A$ ，採用 250 個步階取樣，則：

$$\Delta I (\text{一個步階的電流值}) = 28.28 / 250 = \underline{0.11312} \text{ A} \quad (\text{理論值}) \quad (\text{公式 1})$$

所以

$$\text{測試點之電流值} = \text{A/D 轉換的數位值} * \underline{0.11312} \text{ 安培} \quad (\text{公式 2})$$

程式碼寫法如下：

```
current = c * 0.11312 安培
' c 代表數位值
' 峰值電流 / 最大步階值 = 20 安培 * 1.414 / 250
' 故一個數位值為 0.11312(以電阻性負載為標準)
```

(三)取得有效值

理論上使用峰值檢波器取得正弦波峰值再除以 1.414，就可以取得有效值。但實際上用示波器觀測，除非是完全電阻性的負載，否則波形不會呈現完美的正弦波，甚至接上電腦這類的負載，還會有很大的突波出現。因此決定採用直接對波形取樣計算的方式取得有效值。

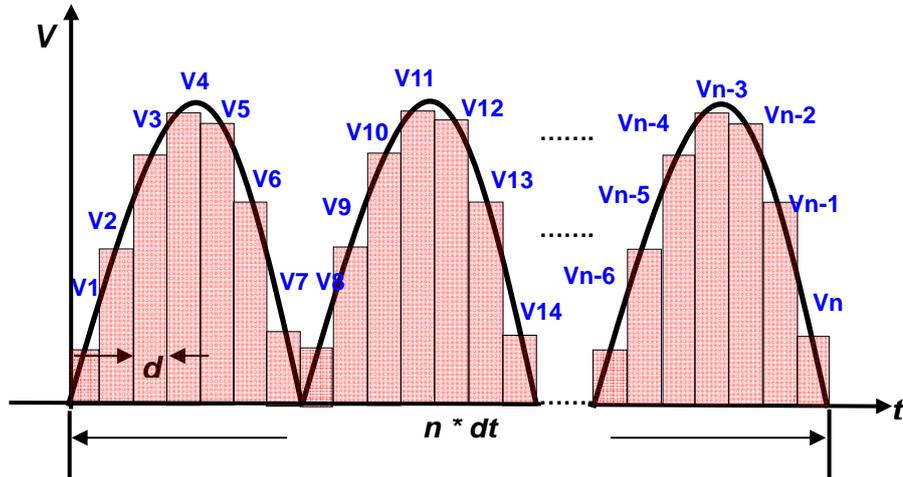


圖 5-4 取樣的概念圖

由圖 5-4 針對輸入的訊號波形取樣，取得 V_1 、 V_2 、 V_3 ... V_n 的取樣電壓，使用公式 3 計算，便可以取得有效值。

$$V_{rms} \approx \sqrt{\frac{(V_1)^2 \times dt + (V_2)^2 \times dt + (V_3)^2 \times dt + \dots + (V_n)^2 \times dt}{n \times dt}} \quad (\text{公式 3})$$

$$= \sqrt{\frac{(V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_3)^2 + \dots + (V_n)^2}{n}}$$

根據公式 1，程式敘述如下：

```
square(i - 1) = square(i - 1) + current ^ 2
rms = (square(i - 1) / cnt) ^ 0.5 計算有效值
'square(i - 1) 記錄電流平分值的累加
'cnt 變數代表有次取樣
```

接著驗證上述理論推估是否可行，實驗方式以負載箱做負載，調整到負載電流經數位電流表顯示 0.7A (此為有效值，最大值為 1.01808 安培)，此時本系統經由霍爾元件感測送至電腦，經運算後所顯示之數值亦為 0.7A，如圖 5-5 所示，幾無誤差。

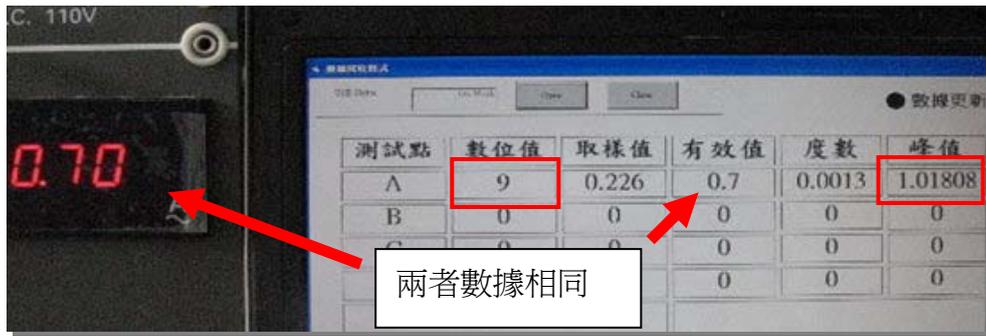


圖 5-5 經實驗電流表與電腦上的有效值皆為 0.7A，峰值為 1.01808A

如圖 5-5，可以證實電腦與參考用的電流表都是 0.7A，而一個步階的電流值 ΔI 為：

$$\Delta I = 1.01808 \text{ 安培} / 9 \text{ 階} = \underline{0.11312 \text{ 安培}}$$

可以證實，經過取樣再帶入公式 3 後，不但可以得到準確的電流有效值，且證實了公式 1 所推導的 0.11312 安培 是一個理想步階值。

(四) 度數計算

由數據接收程式每分鐘取得一次有效值，再計算得到度數。度數計算公式如下：

$$\text{總度數(千瓦-小時)} = (\text{累計電流值} * 110\text{V} * \text{經過小時} / 1000) \quad (\text{公式 4})$$

每分鐘計算一次度數，因此經過小時數為 **1 / 60 小時 (1 分鐘)**，程式如下：

$$\text{degree(jj)} = \text{degree(jj)} + \text{rms(jj)} * 110 * 1 / 60 / 1000$$

- ' rms(jj) 為電流有效值，並偵測每分鐘的度數
- ' degree(jj) 為使用度數，使用迴圈將每分鐘的度數相加

(五) 如何將 4 組 A/D 轉換的結果，送到 USB I/O 卡的 Port 2

四組 A/D 轉換器分別將資料輸出到 74245 的輸入，而 74245 的輸出則接成匯流排，輸入到 USB I/O 的 Port2。利用 USB I/O 的 Port2 的低四位元，分別傳送控制訊號給 4 個 74245 的 E_A-E_D ，若 E_A-E_D 其中一腳接收到 0，其它為 1。則 E 腳為 0 的 74245 輸出資料給 USB I/O 卡，其他為 1 的則輸出為高阻抗狀態。例如：編號 ABCD 四顆 IC 74245 收到 1110，則編號 D 的 74245 會負責送出資料，如圖 5-6 所示。

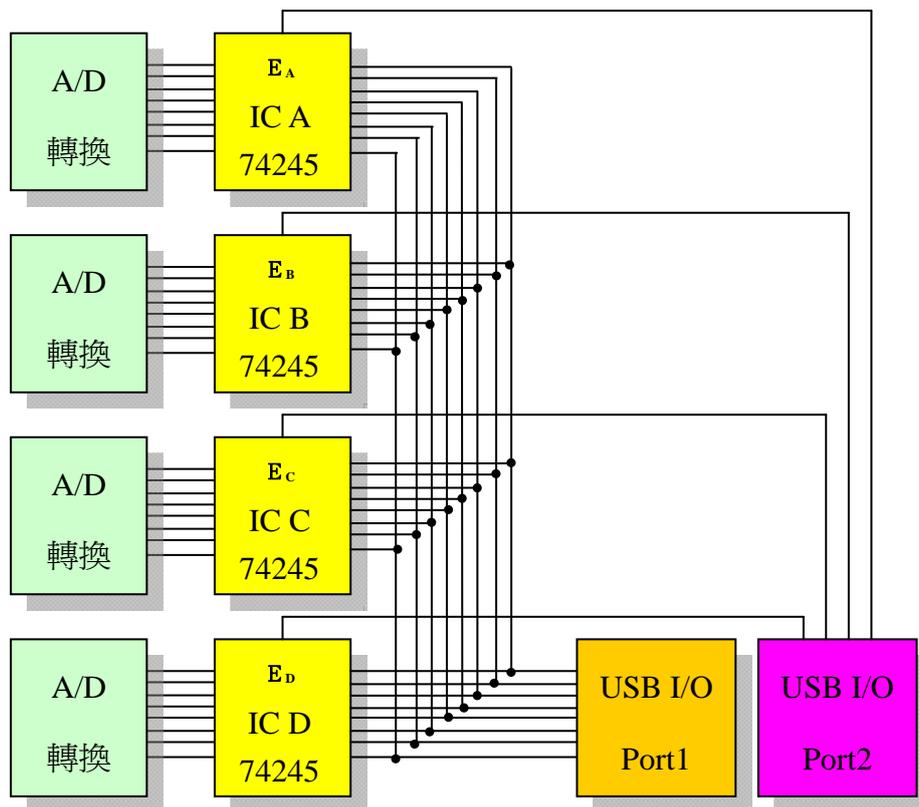


圖 5-6 A/D 轉換器的資料透過 74LS245、Port2 作切換。

(六) 霍爾元件線性程度測試：

以負載箱(5~440Ω)作模擬負載，調整電阻，以獲得 1A~20A 之電流以供測試，如圖 5-7。使用解析度可到 0.01A，最大可測量 20A 的數位電流表作為校正參考，以其數據與電腦測得的電流值比較，如圖 5-8，藉以評估霍爾元件經由本系統轉換的線性程度。

如圖 5-7、圖 5-8 與表 5-1 所示：

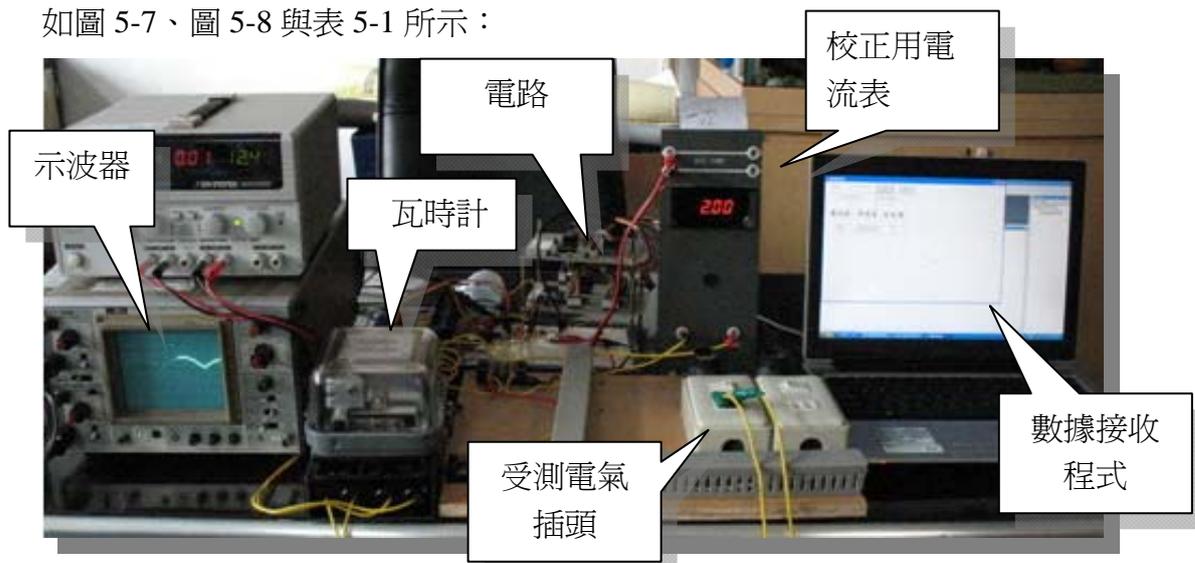


圖 5-7 霍爾元件特性測試實驗

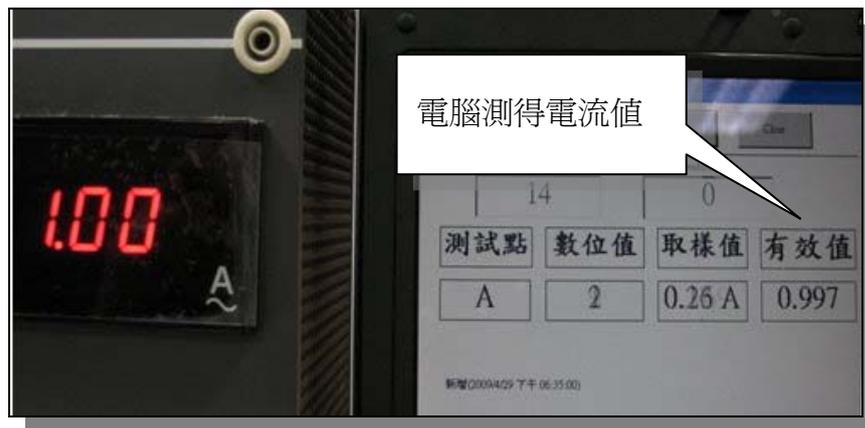
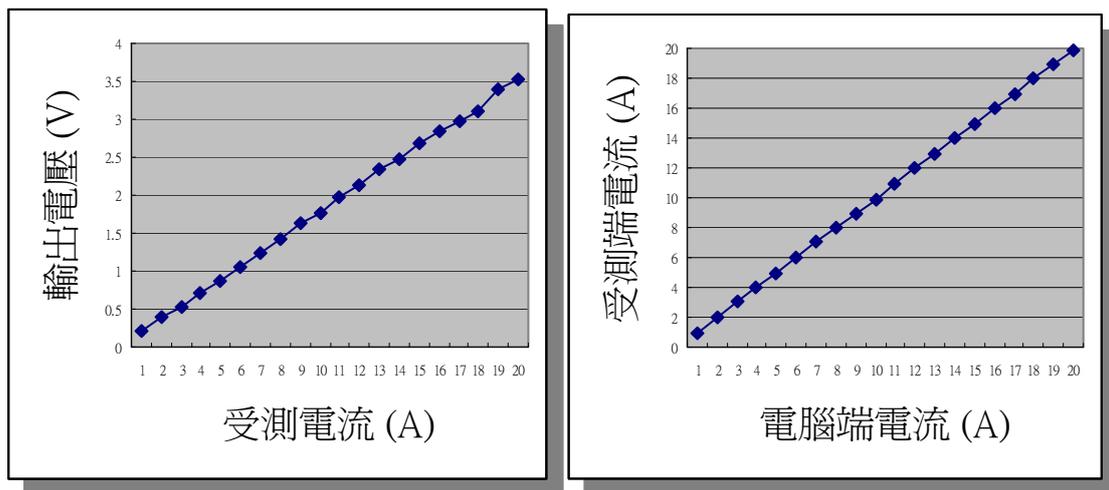


圖 5-8 霍爾元件數據呈現結果

霍爾元件規格是 50A : 4V，假設家庭插座可承受最大電流為 20A，則輸出為 2.26V。想要 20A 時輸出電壓為 5V，可調整精密全波整流 OPA 放大 2.2 倍，則得到 $2.26 * 2.2 \doteq 5V$ ，得到 20A:5V 的規格。將電流由 1A 每次間隔 1A 一直調到 20A，記錄每一級霍爾元件的輸出電壓兩者比較取的轉換比，紀錄電腦計算的電流有效值，並計算出與受測電流的誤差。最後再用轉換比換算，計算出 20:N (N=電腦測得電流 * 轉換比)，得到實際比再與理論比相互比較，依兩者相近的程度評估品質好壞的程度，如表 5-1 所示。

表 5-1 霍爾元件在各電流的實驗值與理論值比較

受測電流 (A)	霍爾元件 2 次側		電腦測得數據		轉換比	實際比	理論比
	輸出電壓 (Vp)	輸出電壓 (Vrms)	電流(A)	誤差(%)			
1	0.28	0.198	0.997	-0.30	0.198	20:5.6	20:5
2	0.54	0.382	2.000	0.00	0.191	20:5.4	20:5
3	0.75	0.530	3.010	0.33	0.177	20:5	20:5
4	1.00	0.707	4.030	0.75	0.177	20:5	20:5
5	1.24	0.877	4.990	-0.20	0.175	20:5	20:5
6	1.50	1.061	6.000	0.00	0.177	20:5	20:5
7	1.75	1.238	7.010	0.14	0.177	20:5	20:5
8	2.00	1.414	8.000	0.00	0.177	20:5	20:5
9	2.30	1.627	8.940	-0.67	0.181	20:5.1	20:5
10	2.50	1.768	9.930	-0.70	0.177	20:5	20:5
11	2.80	1.980	10.920	-0.73	0.180	20:5.1	20:5
12	3.00	2.122	11.970	-0.25	0.177	20:5	20:5
13	3.30	2.334	12.980	-0.15	0.180	20:5.1	20:5
14	3.50	2.475	13.950	-0.36	0.177	20:5	20:5
15	0.28	2.687	14.930	-0.30	0.198	20:5.1	20:5
16	0.54	2.829	15.940	0.00	0.191	20:5	20:5
17	0.75	2.970	16.970	0.33	0.177	20:4.9	20:5
18	1.00	3.112	17.960	0.75	0.177	20:4.9	20:5
19	1.24	3.395	18.970	-0.20	0.175	20:5.1	20:5
20	1.50	3.536	19.880	0.00	0.177	20:5	20:5



(a) 比較受測電流與輸出電壓比較

(b) 受測電流與電腦測得電流

圖 5-9 線性程度的比較圖

由圖 5-9(a) 可看出由霍爾元件的輸出電壓，與輸入電流比較幾近於線性轉換。再看圖 5-9(b)使用電腦計算得到的有效值，也同樣呈現線性。若觀察表 5-1 的轉換比，除了 1A、2A、15A、16A 因不明因素差別較大外，其它電流等級都控制在 0.177 上下。電腦測得電流，也都控制在 1% 以內的誤差，具有很高的準確度。

四、系統測試及實驗

實驗一：電腦與瓦時表度數比較

(一) 實驗目的：

1. 了解使用電器時，瓦時計的度數是否與電腦的度數一致。
2. 藉由驗證電腦與瓦時計的變化量，來評估系統與實際家庭用電度數差異的程度。

(二) 實驗設計：

1. 如圖 5-10 所示，使用負載箱固定在 3 安培的電流，經 A/D 轉換器轉為數位信號傳入電腦，經運算後所得的度數，比較與瓦時計的度數一致的程度。
2. 將總開關開啓，瓦時計與電腦接收程式同步啓動，每隔 1 分鐘更新一筆資料，比較兩者的瓦特數的變化量是否相等或近似，以驗證電腦所測度數的可靠程度。
3. 每隔 10 分鐘紀錄瓦時計測試總度數及電腦所得的度數以比較其差異。

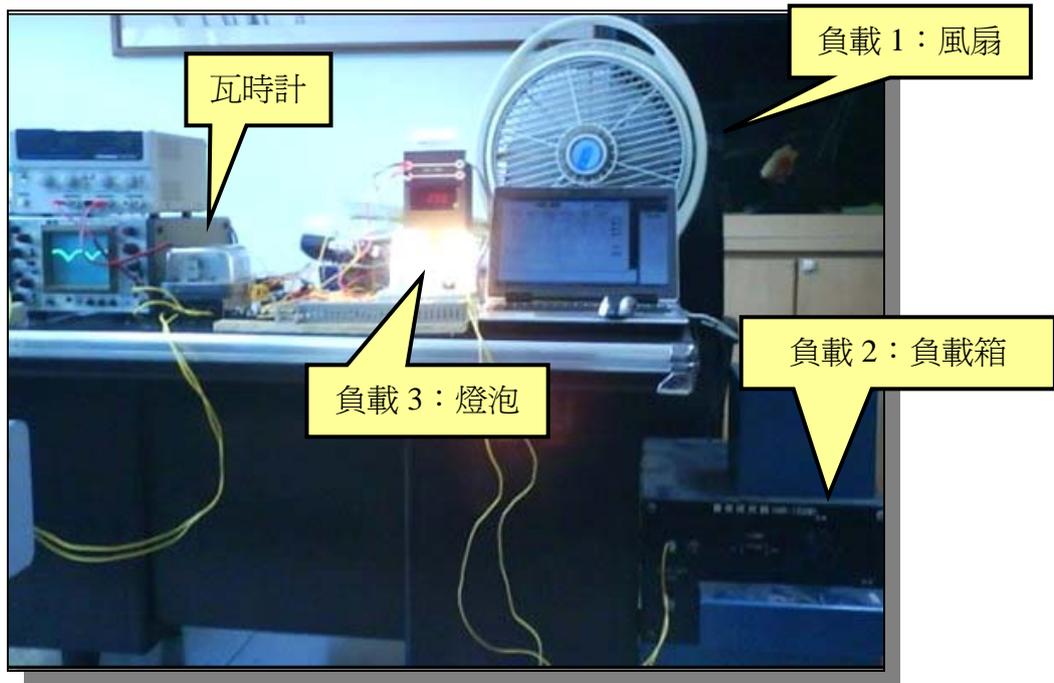


圖 5-10 使用各種負載以模擬實際的使用狀況

(三) 實驗數據：

將實驗結果依不同的檢測儀器，紀錄度數、電流於下表，並計算出度數的增量。

實驗結果如表 5-2 所述。

表 5-2 實驗數據紀錄

負載電流：3A 每十分鐘度數 = $3 * 110 * 10 / 60 / 1000 = 0.055$ 度

儀器 時間	瓦時計		電流表	電腦		
	度數	度數增量	電流 (A)	度數	度數增量	電流(A)
17 : 43	19.2	0	3	0.0054	0	3
17 : 53	19.26	0.060	3.01	0.0604	0.065	3.013
18 : 03	19.315	0.055	3	0.1154	0.055	3
18 : 13	19.375	0.060	3.01	0.1705	0.0551	3
18 : 23	19.43	0.055	3	0.2251	0.0546	2.99
18 : 33	19.48	0.050	3	0.2801	0.0551	3.01
18 : 43	19.54	0.060	3.01	0.3351	0.055	3
18 : 53	19.605	0.055	2.99	0.3901	0.055	3
19 : 03	19.665	0.060	3	0.4451	0.055	2.99
19 : 13	19.772	0.055	3	0.5001	0.055	3
	平均增量	0.0566	3.002	平均增量	0.0560	3.000

(四) 實驗結果：

1. 電腦所呈現的度數和瓦時計的數值大約相同，平均增加了 0.056 度。
2. 電腦與瓦時計所顯示的度數，比較相差 0.0006 度，約 **1.06%**的差異。

(五) 分析與討論：

1. 經上述的測試，電腦與瓦時計所得的度數數據只有 1.06%的誤差，實際及理想狀況大致相同。可以反映確實用電的狀況，提供給使用者警示與參考。
2. 使用示波器測量總電流霍爾元件輸出端的波形，雖然並非十分完美，但接近正弦波。波形如圖 5-11 所示：

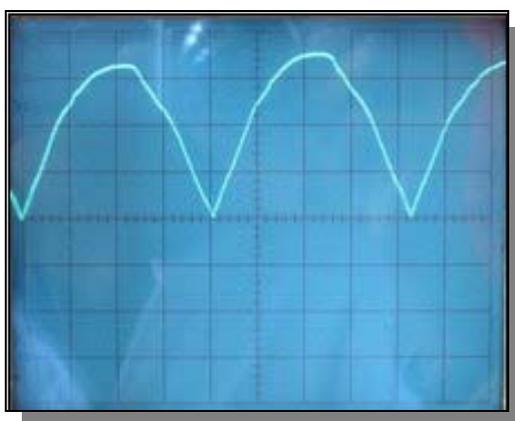


圖 5-11 使用示波器測量霍爾元件輸出電壓的波形

非正弦波的波形反應在瓦時表與電腦測得的數據，只造成些微誤差，可見本軟體相當高程度的反應實際的狀況。家庭電費都是依瓦時表計價，因此本系統足以提供可靠的數據告知家庭電力的使用狀況。雖然預估還是會跟實際電費帳單會有些許的差別，但已具有參考價值。

陸、研究結果

本研究分為硬體及軟體兩部分，硬體電路在基礎室內配線中接上使用 SSR 固態繼電器及霍爾元件，分別用來控制交流迴路的開關及電流值的偵測，將霍爾元件的輸出電壓，先經過精密全波整流電路。同時電腦經由 I/O 卡控制多工器 IC74245 取樣波形訊號，再經 A/D 轉換成數位資料，再透過 USB I/O 卡供電腦讀取電壓值。軟體方面使用 Visual Basic 撰寫兩個程式，分別為「數據接收程式」及「電力監控程式」。數據接收程式用於讀取 USB I/O 卡的電壓資料，電力監控程式主要是呈現電力的使用狀況。硬體及軟體分別說明如下：

一、硬體部份製作結果

(一) 家中總開關分電盤配線自總開關以下分為三組迴路及一個備用開關，如圖 6-1 所示。

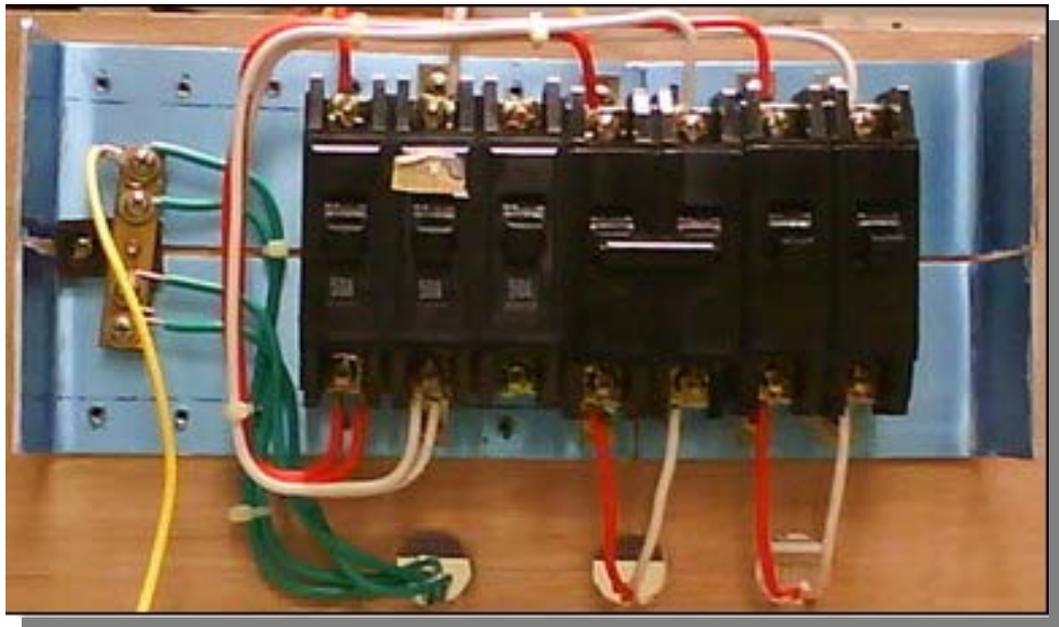


圖 6-1 家中總開關分電盤配線

(二) 利用固態電驛(SSR)控制迴路開關，將其中一組接上燈泡，負載上的電流經由霍爾元件感測並經其內部電路作用輸出交流電壓，如圖 6-2 所示。

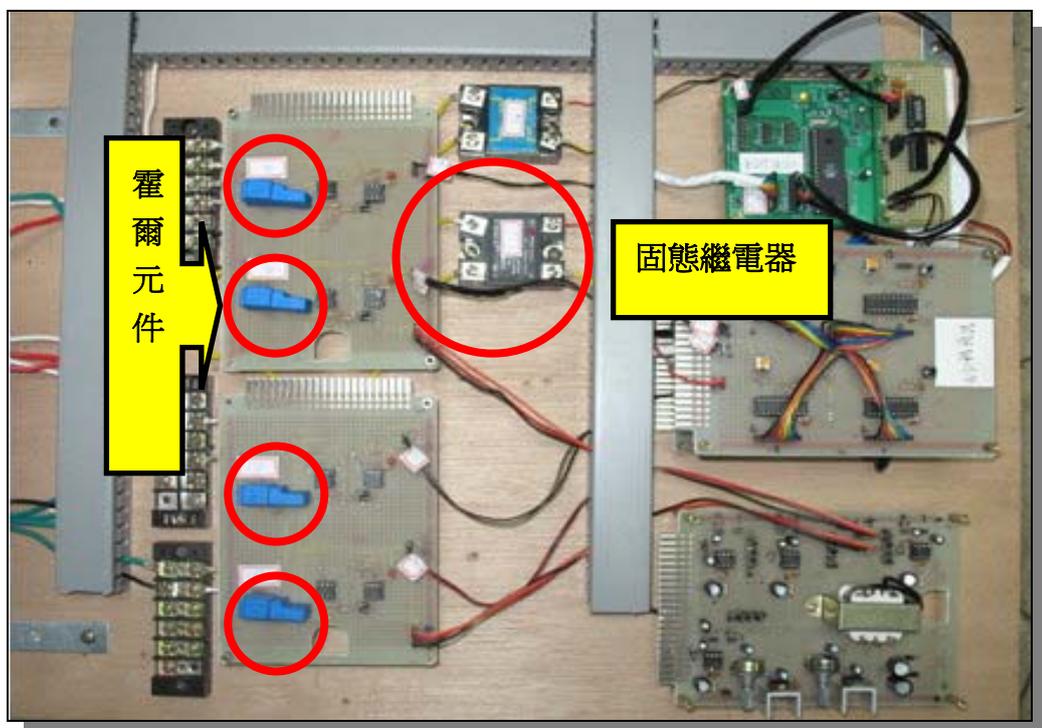


圖 6-2 固態繼電器、霍爾元件的電路配線

(三) 傳送交流電壓至精密全波整流器，把交流電壓轉換成直流脈波，如圖 6-3 所示。

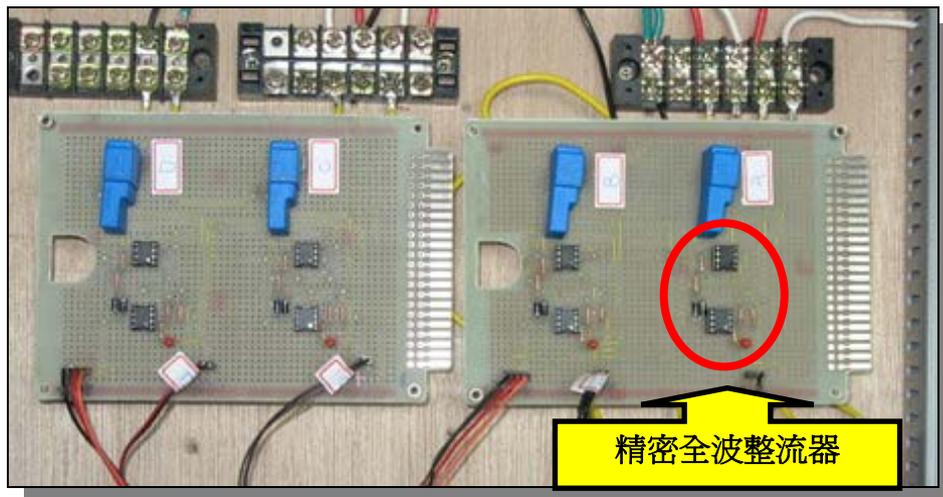


圖 6-3 四組精密全波整流器

(四) 將類比電壓訊號經 A/D 轉換電路轉換成數位訊號。如圖 6-4 所示：

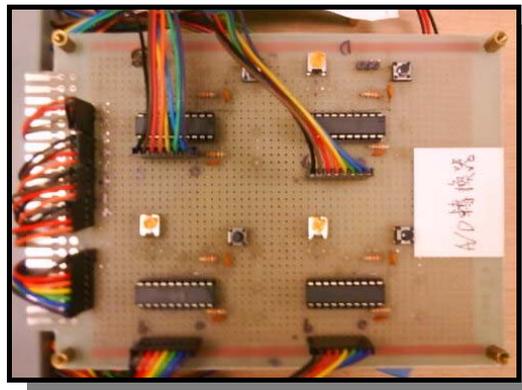


圖 6-4 A/D 轉換電路

(五) 轉換後之數位訊號資料透過 USB I/O 卡的 Port 1 傳送至電腦，Port2 的前四個位元，送出切換四組感測電壓之訊號，依序輸入 A/D 轉換器，如圖 6-5 所示。



圖 6-5 USB I/O 卡

二、軟體部分的製作結果

(一)依使用者對電腦的熟悉程度，進入不同的控制介面，如圖 6-6 (a)。若使用者不熟悉電腦則選否，且畫面會切到圖 6-6 (b) 簡易四種模式。

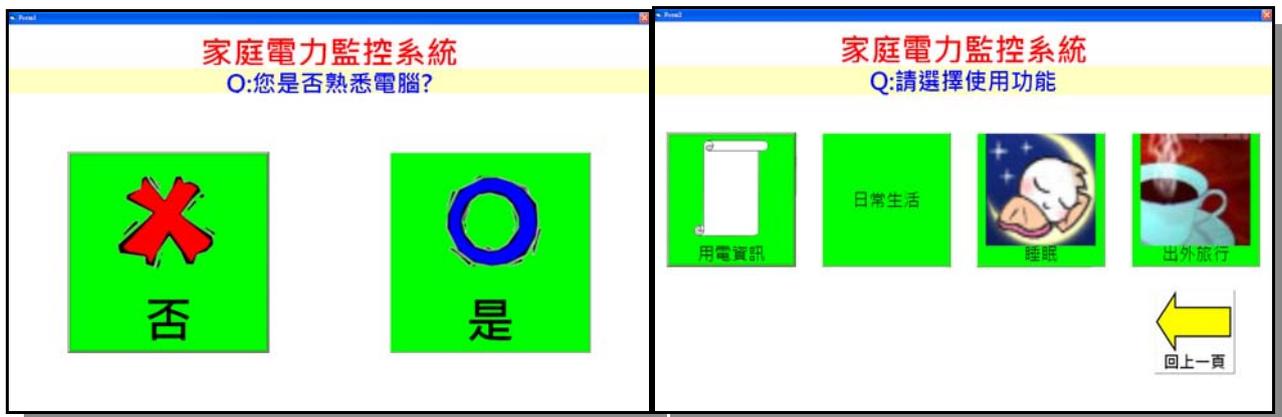


圖 6-6 (a) 進入本系統時主畫面

圖 6-6 (b) 本系統簡易四種模式畫面

(二) 若使用者選「是」，電腦畫面模擬一個與硬體模組相同的小套房，如圖 6-7 所示。

且各插座依電流大小不同，以不同顏色顯示，例如插座電流在 15A 以上將顯示紅色。

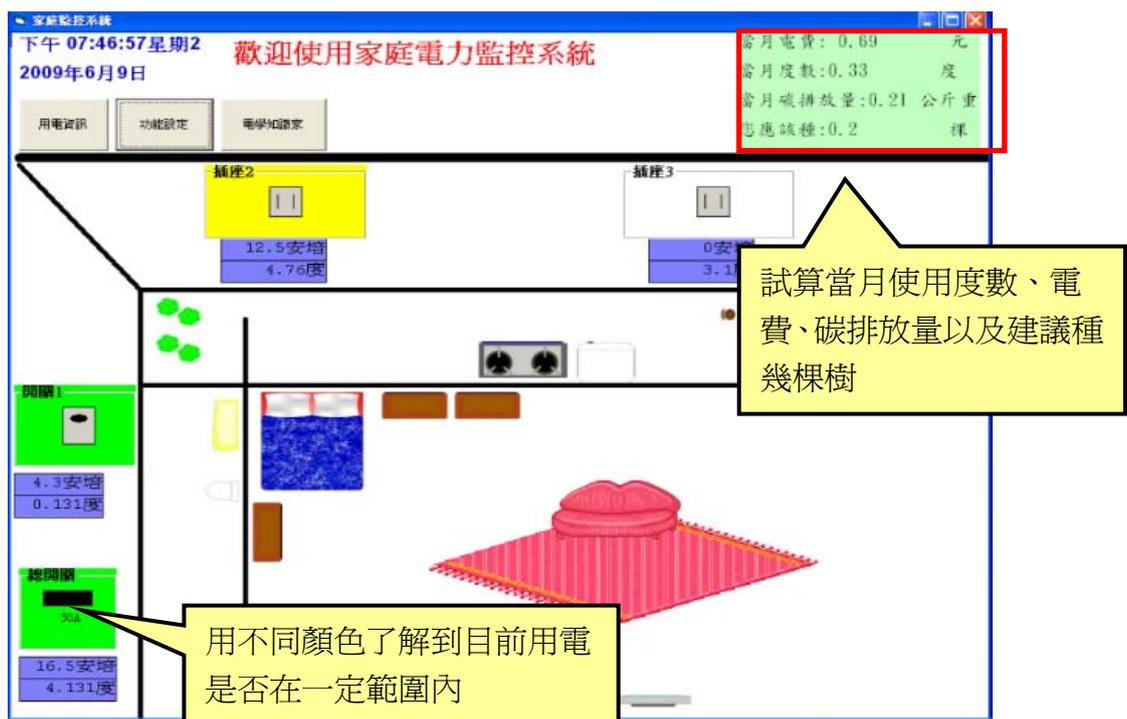


圖 6-7 家庭監控軟體系統

個別插座電流範圍	警示的顏色
0	
$0 < A < 10$	綠色
$10 < A < 12.5$	黃色
$12.5 < A < 15$	橘色
15 以上	紅色

總開關電流範圍	警示的顏色
0	
$0 < A < 25$	綠色
$25 < A < 35$	黃色
$35 < A < 45$	橘色
45 以上	紅色

(三) 數據接收程式 2 秒更新一次有效值，而度數則是每 1 分鐘更新一次。如圖 6-8 所示：

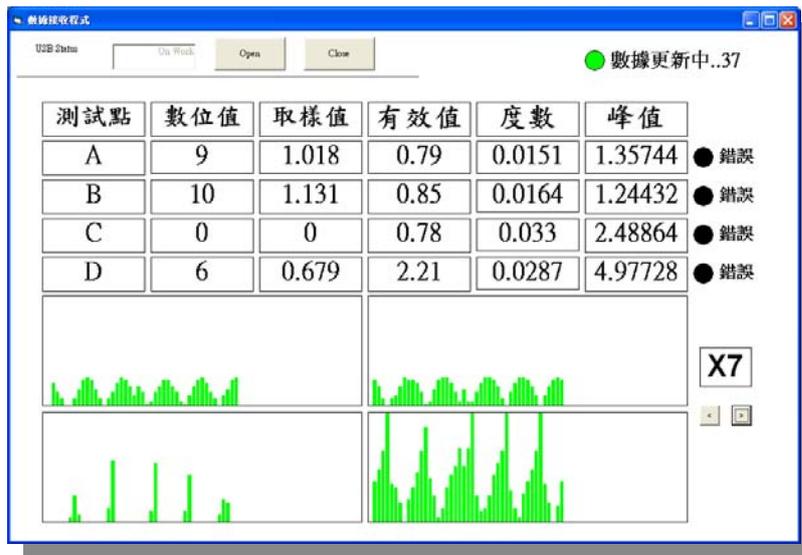


圖 6-8 數據接收程式介面

(四) 用電資訊程式算出每個插頭五分鐘的電流平均值，轉成消耗功率，最後用長條圖的方式呈現。如圖 6-9 所示可同時顯示四個監測點的功率變化，藍色代表的是總電源。

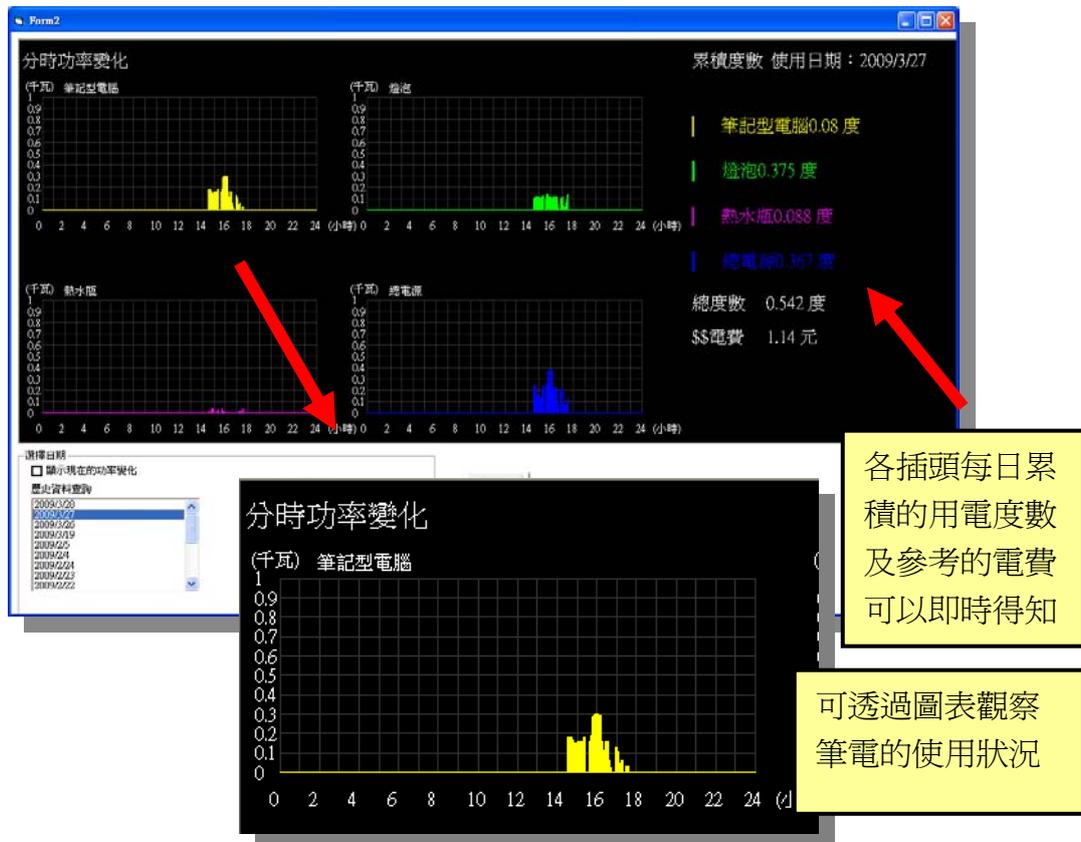


圖 6-9 用電資訊(功率變化)

(五) 了解目前各插座用電狀況，而當電量超出標準或者夜間不使用時，可由功能設定切斷各插座內部電源，以達到省電的最大效益。功能如圖 6-10 所示：



圖 6-10 各種控制狀態、功能的設定

柒、討論

一、如何維護家中各迴路安全，並於過量前發出警告，以降低電線走火之可能性？

因家中各用電迴路電流最大值為 20A，但因建造房屋時，水電工之接線氧化後，接觸點的電阻會產生高熱，而有電線走火之虞。所以當迴路電流超過 15A 時，發出警報聲來提醒使用者，將電器移至另一個迴路。

二、使用固態電驛（SSR）之控制方式為何？

(一) 當電流值突然過高時，電腦發出警告後，經由 USB I/O 卡將訊息傳至 SSR，並切斷電源。

(二) 提供本系統所設計之各種模式，如日常生活、睡眠、旅行、省電及待機等模式，切掉該狀態不需要的電力，也可以針對某個插頭做定時或直接的切斷、開啓。

三、偵測時若訊號瞬間異常增大，如何應變？

當訊號瞬間異常增大時，如突然得到 1 個數位資料 250，則偵測程式將停止取樣，再重新啓動接收，待程式收到穩定的訊號，才繼續取樣工作，以降低雜訊之影響。

四、在各種不同電流值，電腦所接收的電流值準確度有所差距，如何校正使得各電流值的精確度高且接近數位式電流表測得之電流？

理論上的 1 個數位步階值，其對應的實際電流為 0.11312A，但實際上電子零件誤差等因素，都可能導致電腦讀入的電流值會有些許的誤差，因此本系統在 1 到 20A 不同區間依誤差大小給予不同的參數分段校正，以提高精確度。

五、為何不使用峰值檢波器，取得正弦波峰值再轉換成有效值，而使用精密全波整流直接取樣交流瞬時值？

經實驗發現，不同種類的電器所感測的電流訊號不一定是正弦波，當取得的最大值再除以 1.414，不全然得到真正的有效值。將訊號作全波整流後，再由電腦程式以最短時間取樣，再將取樣值予以「平方、平均、開根號」，可取得更真實的有效值。

六、為何電流越小，電腦顯示的電流值誤差越大？

因上述第四點所述，一個步階值為 0.11312，因此在低電流時，電源及雜訊的影響比例將增加，所以誤差較大。例如：電流為 0.23 與 0.32 時，電腦所顯示的電流值約為 0.22A。

七、本系統未來可嘗試透過藍芽或網路傳輸系統，以遠距掌握家中所有用電的資訊。以及朝小型化的方向發展，可更具實用價值。

捌、結論

在實驗過程中，看著長條圖的即時變化，感受到電力流失的速度，若不謹慎注意，將導致無謂的電力資源浪費。雖然這部份並無法用數據來衡量，但看著數據不斷跳動，相信使用者的感受也會很深刻因為除了浪費電能外，最直接的就是必須多繳不必要之電費。對於所有家庭的成員來說，使用電腦設備隨時提供數據化、圖形化的資訊及開關控制，可以有效的改善使用用電習慣，以節約電力能源及家庭電費的支出。

本研究的結論主要有以下六項：

- 一、本研究所開發的「電力監控系統」，可提供家中用電迴路或插座電流及用電度數的即時資訊，讓家庭成員瞭解家中目前用電狀況，是否有浪費的情形，進而訂定省電策略，達到省電目的。
- 二、本系統用使用電腦程式運算，可得到誤差很小的電流有效值，以及反應實際的用電度數，具有很高的實用性。
- 三、自製家庭電力監控系統可以設定使用狀態，晚上睡覺或出門旅行時，可以透過狀態設定，在不同的狀態下適當的關閉不必要的用電迴路或插座；或於旅行時，依不同時間點滅家中電燈，達到防盜之警示效果。
- 四、由於用電量越多，碳排放量也越高，透過本家庭電力監控系統，可減少不必要的電力浪費，相對的也降低碳排放量，為減緩全球暖化盡一份心力。
- 五、有些未使用中的電器，因具遙控功能，插頭插著時會耗損待機電力，而頻繁的拔插頭易造成插頭與插座的損害，因此本自製家庭電力監控系統可直接由電腦控制插座電源，節省不必要之待機電力損耗。

玖、參考資料及其他

家庭各類別電器消耗電力及度數之數據 (2006 年)。2009 年 2 月 16 日。取自：經濟部能源局

http://www.tabc.org.tw/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=53

家電每日耗電量比較。2009 年 2 月 16 日。取自：經濟部能源局

http://www.tabc.org.tw/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=36

電價表(97 年 10 月 1 日)。2009 年 2 月 7 日。取自：台灣電力公司

http://www.taipower.com.tw/TaipowerWeb/upload/files/11/main_3_6_3.pdf

葉新誠。地球暖化怎麼辦?：請看「京都議定書」的退燒妙方。台北：新自然主義。p159。

(2006 年 10 月)。

A/D 轉換器原理 (2000 年 5 月 6 日)。2009 年 12 月 5 日。取自：最佳化設計實驗室

[http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/course/\(2000-05-05\)%20%C3%FE%A4%F1%](http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/course/(2000-05-05)%20%C3%FE%A4%F1%)

[BC%C6%A6%EC%B8%EA%AE%C6%C2%E0%B4%AB%BE%B9%C2%B2%A4%B6.htm](http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/course/(2000-05-05)%20%C3%FE%A4%F1%BC%C6%A6%EC%B8%EA%AE%C6%C2%E0%B4%AB%BE%B9%C2%B2%A4%B6.htm)

鄧明發、陳茂璋。微電腦專題製作應用電路。台北：知行文化。p198~p199、p184~p185、

p108~p110。(87 年 5 月)。

盧正川，張益順。數位邏輯實習。台北：旗立。p229~p232、p240~p241。(2007 年)。

蔡朝洋、蔡承佑。電子學實習。台北：全華。p119~p122。(2007 年 9 月)。

彭錦銅。工業配線實務-低壓工業配線實習。台北：台科大。1-74~1-77。(2005 年 2 月)。

孫定瀛、黃金定。常用線性 IC 資料手冊。第二版，台北：全華。p7.50~p7.54。(1996 年 4 月)

謝進發、鄭錦鈞。電工實習(II)。台北：台科大。p84~ p85、p114、p253。(2004 年 12 月)。

徐慶堂、黃天祥。電子學(I)。台北：台科大。p106~ p112。(2007 年 5 月)。

鄧文淵。Access2003 徹底活用。台北：碁峰。P6-2~6-8。(2007 年 6 月)。

【評語】 091007

- 1、 本研究研製一家庭電力監控系統，所完成作品能以圖表即時顯示家中電器耗用電力情形，並有協助改變用電習慣，達到省電的功效。此外，尚將部分居家及供電安全納入考量，符合當前市場趨勢，亦具實務應用價值。
- 2、 研究團隊能將所習得之知識與技能充分應用至本作品之研製上，且軟硬體之開發能力均佳，值得嘉許。
- 3、 本作品在經濟性及實用化上尚有研究與努力空間。