

# 可遠端電力監控器之研製

周秀琴\*

## 摘要

本文利用 LabVIEW 圖形程式配合自行研製的擷取訊號介面及輸入輸出控制介面，建構一套工業監控系統，能針對能源用戶的電力訊號作量測及用電設備作監控。

電腦主機透過 RS-485 的通訊介面及訊號擷取介面，可取得電壓、電流訊號，快速的計算出功率、功率因數、實功率、虛功率等資訊，可記錄、儲存這些資料，並在人機界面下將各類電力訊號顯示於電腦上，做適當的警報與事件處理、可列印圖表、報表，及故障記錄以達到有效的監測電力狀態，管理者更可以經由網際網路來操作系統，進而利用輸出輸入控制介面控制遠程的設備以達期望的目的。

## ABSTRACT

The design and implementation of LabVIEW-aided power system SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) for industrial applications is presented in this paper.

The mainframe computer can get the electrical power parameters (such as voltage、current and power factor )from the fore-microprocessor via RS-485 communication interface. All of the power parameters and control signals are transmitted upon the network, so it can also command the remote controllers to detect the status and control the switching gear of the remote equipments. These data can be recorded and stored simultaneously in the LabVIEW environment and displayed on the screen.

## 目次

- 一、前言
- 二、物理量分析及公式
- 三、軟體設計
- 四、硬體架構
- 五、系統整合成果
- 六、結論及未來展望
- 七、參考文獻

### 一、前言

由於環保意識的抬頭，電力能源的開發受到限制，但用電需求量與日俱增，電力面臨嚴重不足，因此能源管理就更顯得重要了。準確、迅速、節省人力資源的控制為自動化業界中長久追求的目標，使得工業界中監控系統成為一重要趨勢，近年來低價位、而功能強大的電腦大量的被採用，網際網路科技又快速地進展，中央監控系統(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)也已經廣泛被應用，所謂中央監控系統(SCADA)就是將現場的物理訊號，經由遠端資料收集器(Remote Terminal Unit, RTU)收集整理，再藉著通訊系統回傳至控制中心的電腦資料庫內，經由電腦整理分析可獲知受控系統的狀況。

本文希望藉由中央監控系統了解用電狀況，可對用電控管作進一步規劃，控制用電量，一方面節省不必要的用電，節約電力資源，另一方面系統若發現狀況異常，監控人員可由主電腦直接下達控制指令，控制現場開關設備，甚至也可以透過網際網路監控用電狀況，以合乎時效性及遠距離監控。

## 二、物理量分析及公式

### 2.1 單相電力參數的表示

$$\text{電壓瞬時值} \quad v(t) = V_0 + \sqrt{2} \sum_{h=1}^n V_h \sin(h\omega_1 t + \theta_h)$$

(其中  $V_0$  為直流電壓， $I_0$  為直流電流， $V_1$  為基頻電壓， $I_1$  為基頻電流， $V_h$  為第  $h$  級諧波電壓， $I_h$  為第  $h$  級諧波電流， $n$  表示第  $n$  級諧波。)

$$\text{電流瞬時值} \quad i(t) = I_0 + \sqrt{2} \sum_{h=1}^n I_h \sin(h\omega_1 t + \sigma_h)$$

$$\text{實功率} \quad P = I_0 V_0 + \sum_{h=1}^n V_h I_h \cos(\theta_h - \sigma_h)$$

$$\text{無效功率} \quad Q = \sum_{h=1}^n V_h I_h \sin(\theta_h - \sigma_h)$$

$$\text{均方根電壓 (Root Mean Square Voltage)} \quad V_{rms} = \left[ \sum_{h=0}^n V_h^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{均方根電流 (Root Mean Square Current)} \quad I_{rms} = \left[ \sum_{h=0}^n I_h^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{視在功率 (Apparent Power)} \quad S = V_{rms} \cdot I_{rms} = \left[ \sum_{h=0}^n V_h^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \sum_{h=0}^n I_h^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{失真功率 (Distortion Power)} \quad D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

$$\text{功率因數 (Power Factor)} \quad PF = \frac{P}{S}$$

$$\text{各次諧波有效功率} \quad P_h = V_h I_h \cos \theta_h$$

$$\text{各次諧波無效功率} \quad Q_h = V_h I_h \sin \theta_h$$

### 2.2 各電力參數的計算法

$$\text{電壓有效值演算法:} \quad V_{rms} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N V_K^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

電流有效值演算法：
$$I_{rms} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N I_K^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

實功率演算法：
$$Watt = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N I_K V_K$$

視在功率演算法：
$$VA = V_{rms} I_{rms}$$

功率因數演算法：
$$COS \theta = \frac{Watt}{VA}$$

虛功率演算法：
$$Var = \left[ (VA)^2 - (Watt)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(其中  $V_k$  表示第  $k$  個電壓取樣值， $I_k$  表示第  $k$  個電流取樣值， $N$  代表一個週期的取樣點數。)

### 三、軟體設計

爲了達成設備用電監控管理以及電力量測兩項功能，設計程式時依據功能要求，分爲軟體規劃、設計，硬體設計、製作；其流程如下：

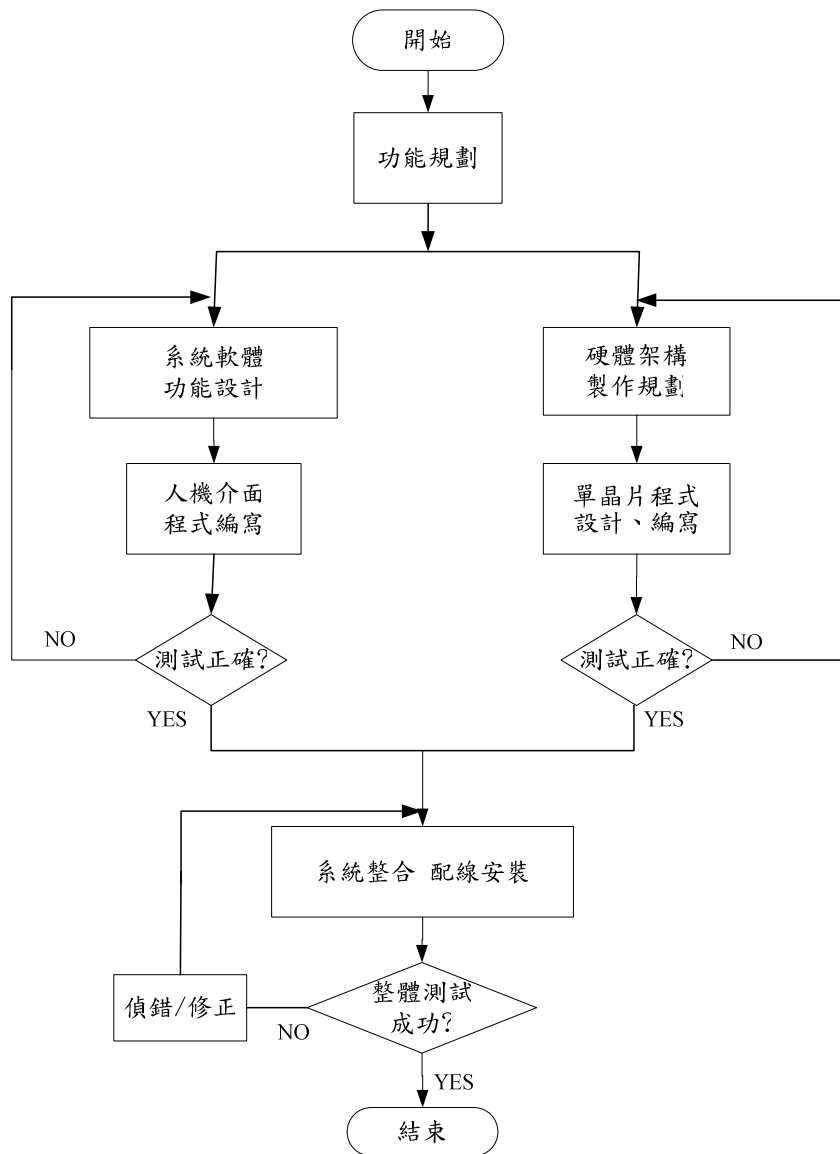


圖 3.1 軟硬體設計、製作流程圖

### 3.1 電力參數擷取計算

- 1、規劃通訊協定。
- 2、由 MCU 作電壓、電流的取樣動作。
- 3、取樣點數完成後，將數據傳送至主電腦。
- 4、主電腦計算電壓、電流、功率因數、實功率、無效功率、視在功率。
- 5、演算完成將結果顯示。

6、回至第 2 點，繼續做取樣動作。

3.2 擷取電壓、電流並計算相關參數流程如圖 3.2 所示

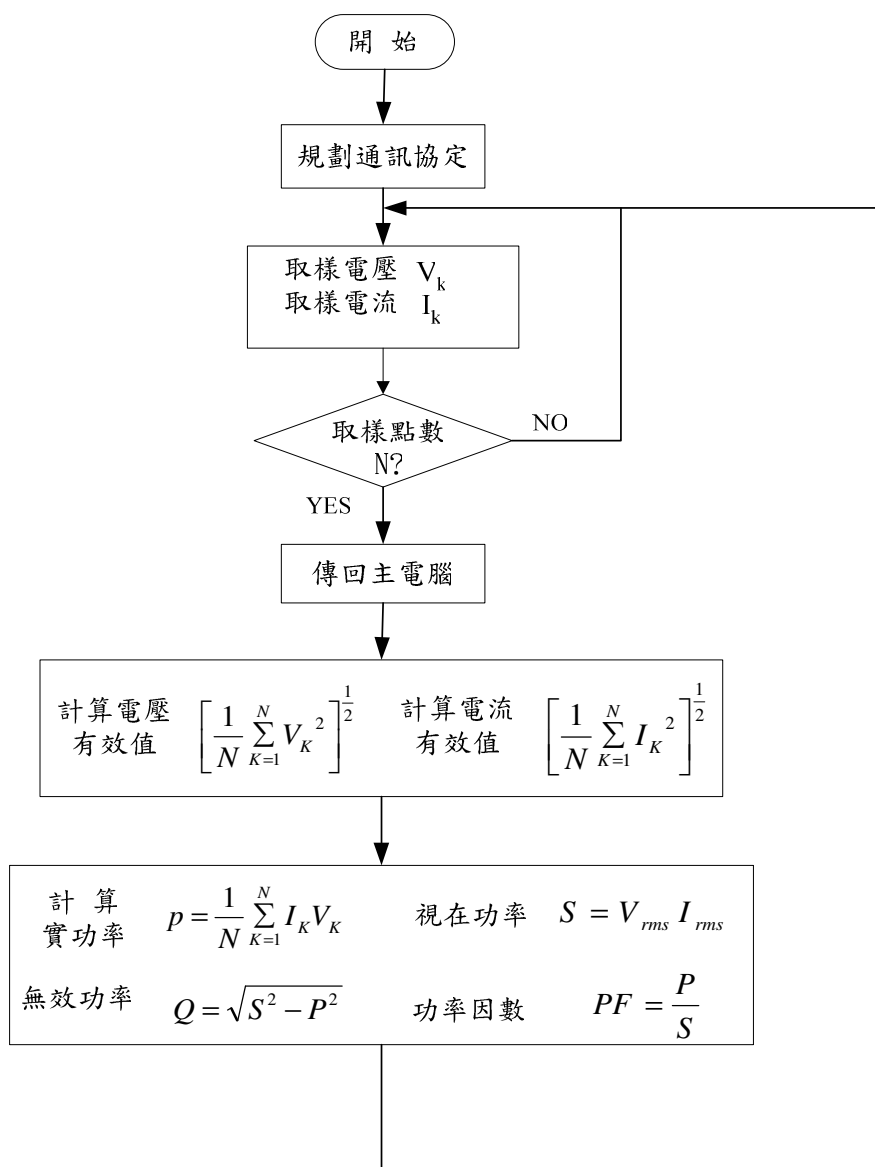


圖 3.2 取樣演算電力參數流程圖

## 四 硬體架構

在擷取系統硬體設計上，本文取用微電腦可程式通訊控制技術，爲了在第一層就處理所有終端設備的電子電路模組，故本系統採用兩個微處理器，每顆微處理器各自進行自個的處理程序；一顆微處理器負責電壓、電流多通道取樣訊號及作類比/數位訊號轉換，另一顆微處理器則負責作數位訊號輸入及輸出工作，燒入兩顆微控制器的程式是相互獨立的，硬體方塊圖如圖 4.1 所示。個人電腦則透過 RS232/RS485 之通訊控制介面負責整個擷取的資料作收集、分析顯示及對週邊電路作控管的工作，以下將分別對本系統區塊作說明。

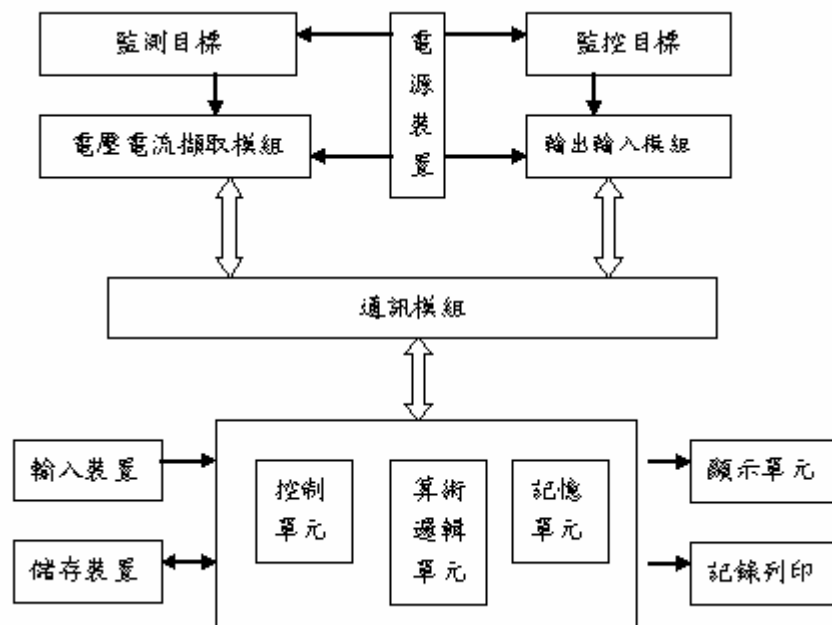


圖 4.1 硬體方塊架構圖

### 4.1 訊號擷取流程

大部分的量測都從訊號接收開始；將量測到的物理量經過包含放大、濾波、同步取樣等

處理後，類比/數位轉換器才能測量此訊號。經過類比/數位轉換器將類比值轉換為數位訊號後，再送進訊號處理器做進一步處理、計算及儲存；處理程序如圖 4.2 所示。

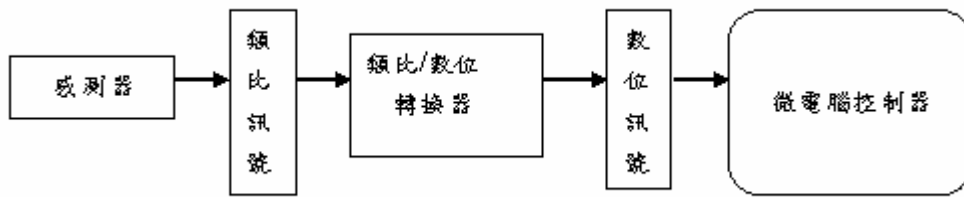


圖 4.2 一般訊號擷取程序簡圖

## 4.2 比壓器及比流器

電力系統上的電壓及電流訊號，需經過比壓器及比流器來取得。若是電壓、電流訊號直接輸入至儀器內部，將會導致儀器燒毀，故需加上比壓器（PT）、比流器（CT）將電壓、電流以等比例降低到電子零件可接受的程度，而且比壓器及比流器具有隔離作用，如圖 4.3 訊號送入 A/D 轉換前需作前端處理。

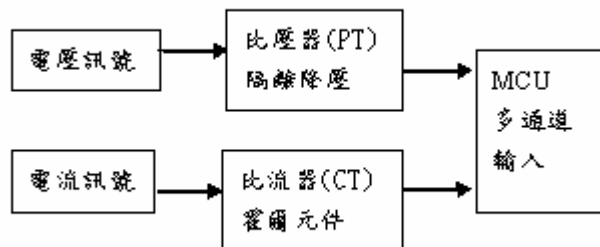


圖 4.3 訊號送入 A/D 轉換之前端處理

## 4.3 取樣與保持電路

將電力訊號經比壓器（降低電壓）、比流器（轉換成等比例的小電壓訊號）再送至類比/數位轉換器離散、量化取樣，如圖 4.4 類比/數位資料轉換過程所示：



類比數位轉換（ADC）過程中，首先要對要轉換的資料作取樣與保存(Sampling and Holding)，然後再將擷取到的資料加以量化(Quantization)，如此完成了資料的轉換。其中取樣的目的是在於將原始類比資料分段一一擷取，因此取樣速率(Sampling rate)越高則訊號越不易失真，亦即解析度越高；量化的目的則是在於將藉由取樣所獲得的資料以 0 與 1 的組合予以編碼，同樣的量化的位元數越高則解析度越高。

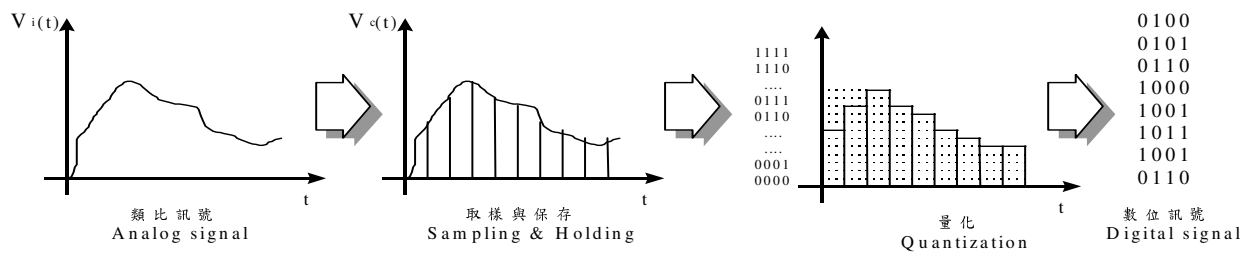


圖 4.4 類比/數位資料轉換

ATMEL 新推出的 AT90S8535 具有 8 通道 10 位元 ADC 並以取樣保持(Sampling & Holding)控制讀取類比訊號以確保作數位轉換時，輸入類比電位是保持於恆定位準的，可做單一通道或可以多工器設定選擇由 PA0 至 PA7 所輸入的任一類比電壓做 ADC 轉換，並有中斷設定及其對應旗號做轉換完成之告知，而對應讀取，並可做 ADC 自由隨意的讀取轉換控制，如圖 4.5 所示為 AT90S8535 的 A/D 的轉換控制方塊圖。當 ADC 轉換完成後，會將轉換完成的資料載入 ADCL 及 ADCH 這兩個資料暫存器中，而讀取資料時先讀取 ADCL 再讀取 ADCH 的資料。

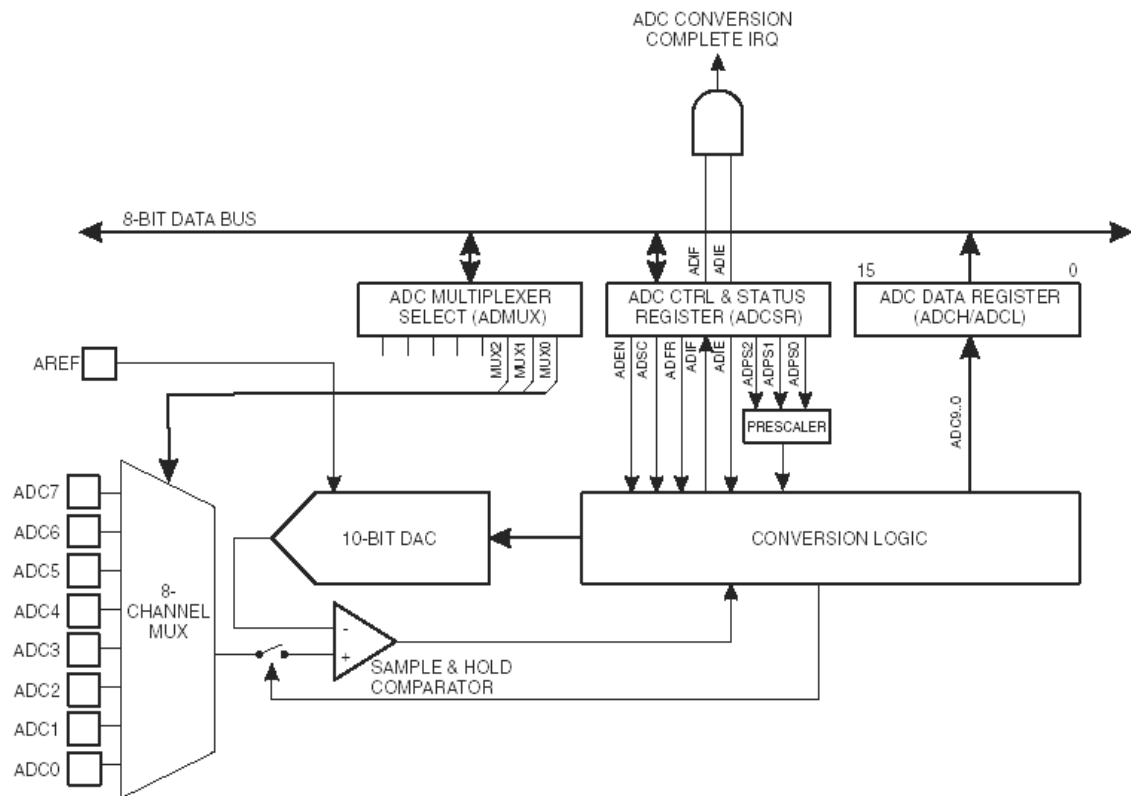


圖 4.5 AT90S8535 的 A/D 的轉換控制方塊圖

硬體完成如圖 4.5 圖至 4.7 所示

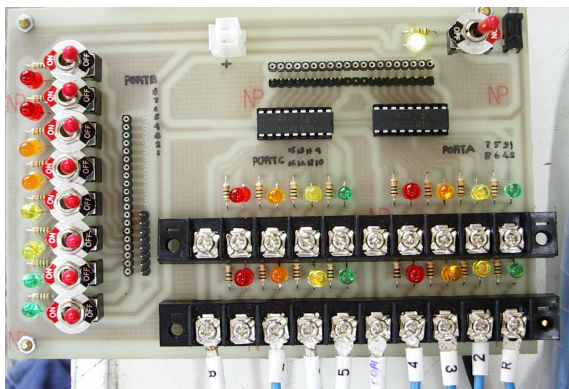


圖 4.5 DI/DO 介面板實體圖

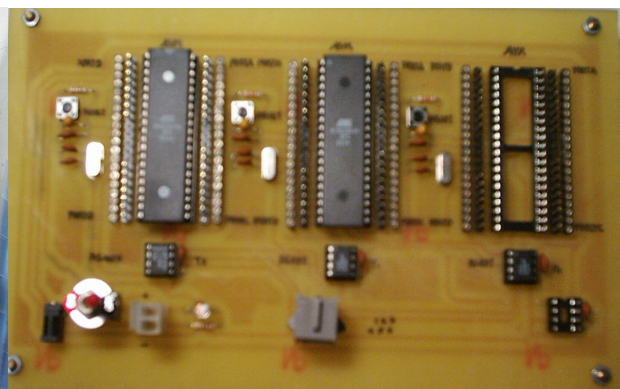


圖 4.6 單晶資料擷取控制介面板實體圖

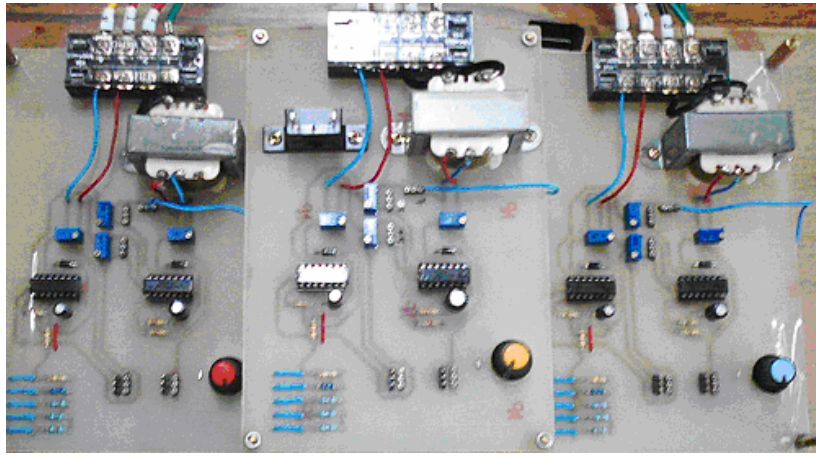


圖 4.7 三相電壓電流訊號擷取介面卡實體圖

## 五、系統整合成果

系統可分為兩種不同的連線方式來作測試、分析、監控畫面：

### 1、現場連線監控模式：

現場經由個人電腦以 RS-232 轉成 RS-485 作傳輸介面。

### 2、遠端監控模式：

遠端控制系統，Client 端利用電腦 IE (Internet Explorer) 瀏覽器上網連線至伺服電腦 IP 呼叫操作網頁，伺服主機可決定是否給於此 Client 端監控權，或監視權之請求，再由伺服主機將監控動態畫面或監視畫面傳給用戶端，如下圖 5.1 至圖 5.7 為系統一些應用畫面。

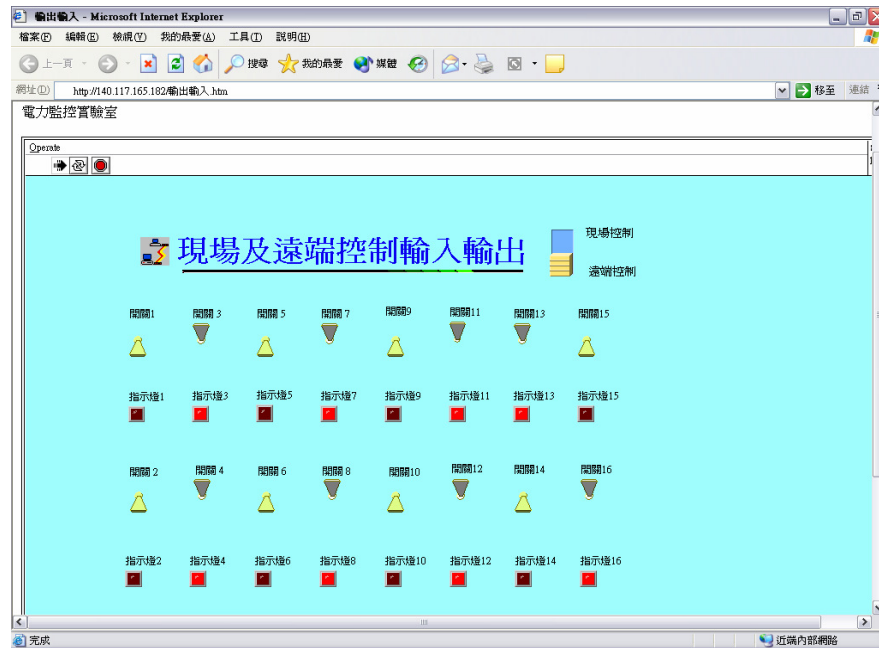


圖 5.1 監控輸出輸入畫面(八輸入十六輸出)

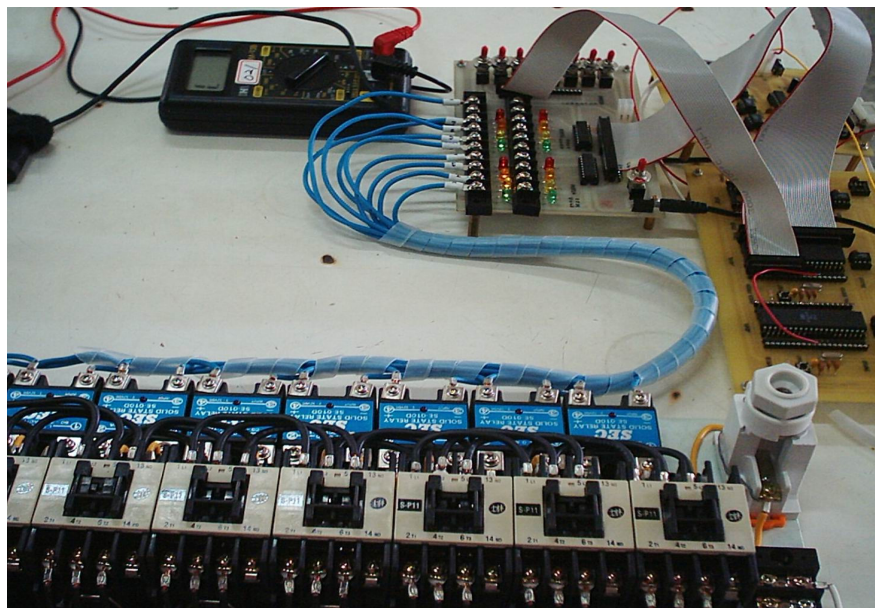


圖 5.2 輸出輸入介面卡配合負載板實體圖

如圖 5.3 所示，利用輸出輸入模組，取代 PLC 可做遠端順序控制畫面，程式執行簡單，螢幕上有計時器(TIMER)，可設定時間，有 ON 及 OFF 開關，可啟動可停止；圖 5.4 所示為接到負載板，利用燈泡來顯示順序動作。

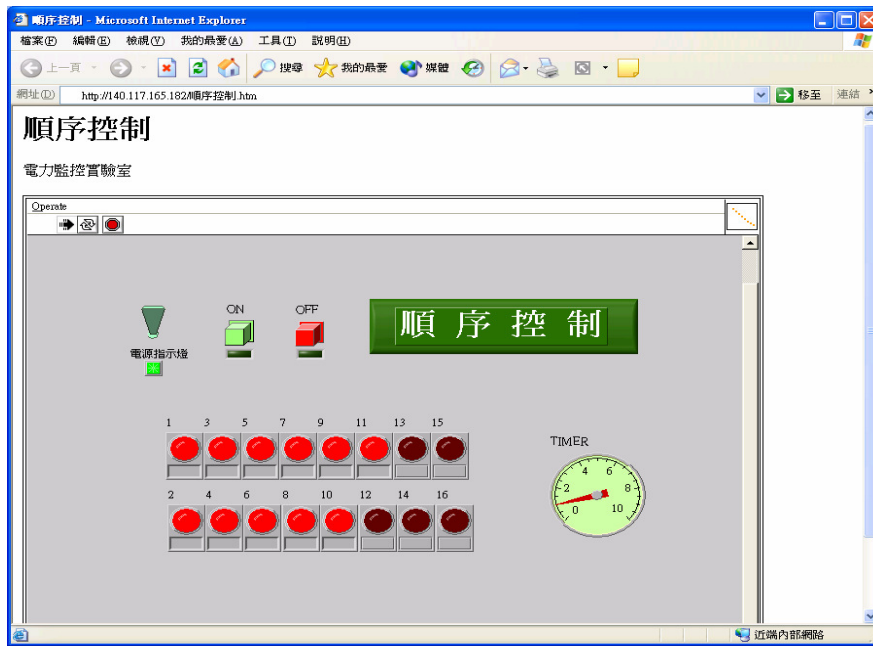


圖 5.3 利用輸出輸入取代 PLC 作順序控制畫面

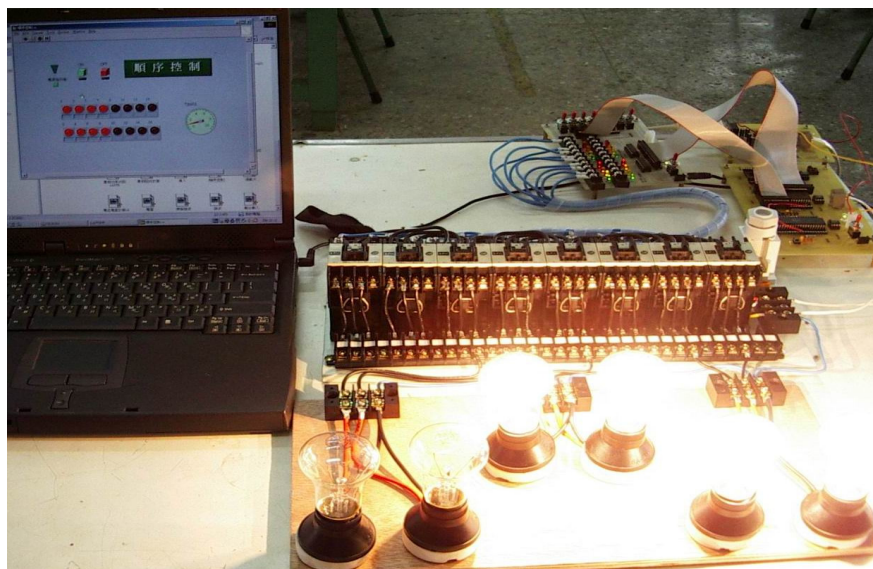


圖 5.4 利用輸出輸入取代 PLC 作順序控制實體圖

進入電表的畫面如圖 5.5 所示，由電壓電流訊號擷取卡擷取到的三相電壓及電流，傳送至主電腦，計算出功率因數、實功率、虛功率、視在功率。



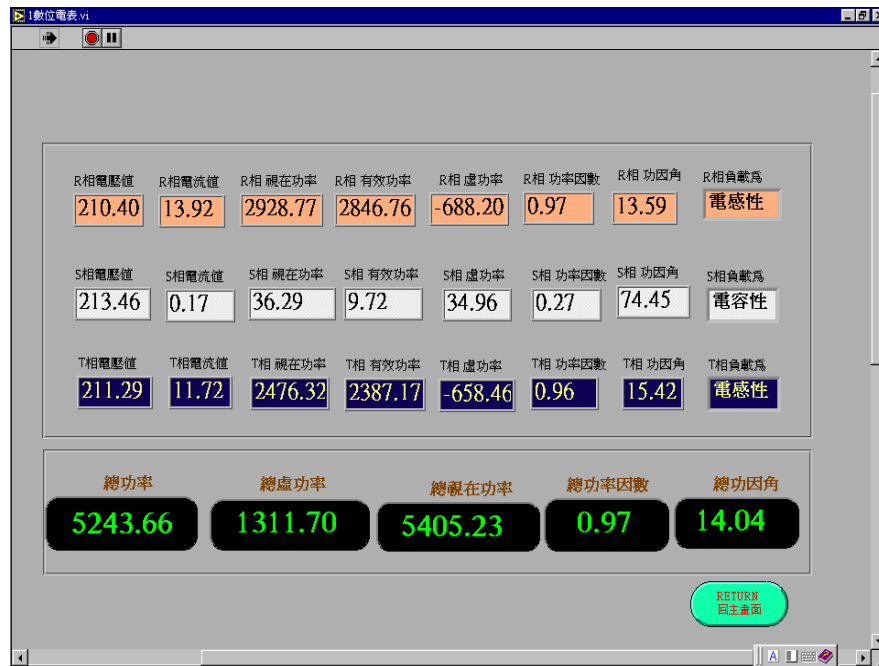


圖 5.5 電壓電流訊號擷取卡擷取數據處理畫面

進入諧波分析畫面，由電壓電流訊號擷取介面卡擷取到的電壓及電流作諧波分析，如圖 5.6 所示為電壓諧波分析，如圖 5.7 則為電流諧波分析。



圖 5.6 電壓諧波分析畫面

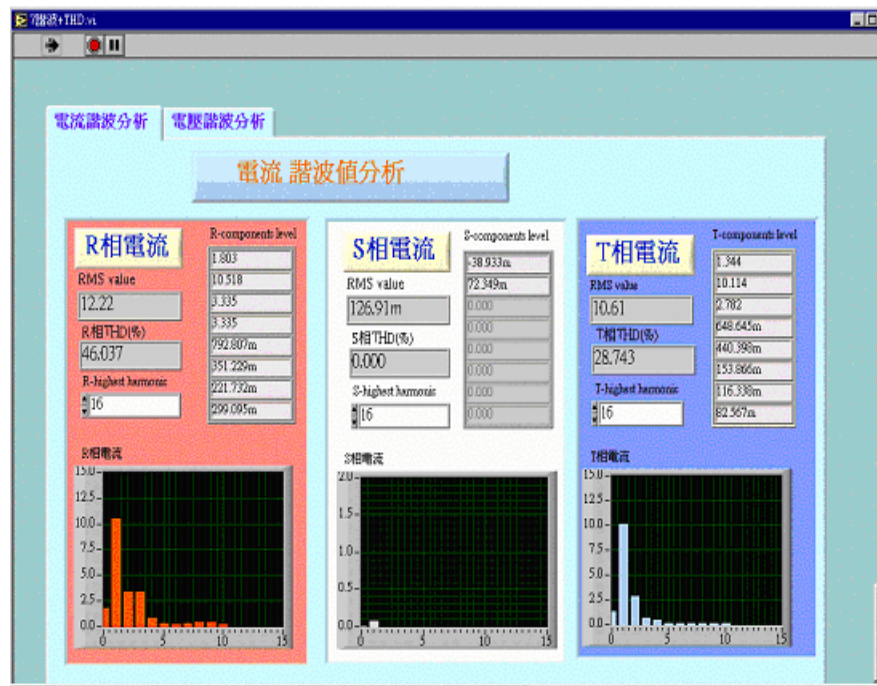


圖 5.7 電流諧波分析畫面

## 六、結論及未來展望

此監控系統以圖形語言寫成，透過大面板螢幕的人機界面顯示有簡易的操作程序，讓使用者能輕易地使用，包括：設定、顯示、控制、監視、分析、警報等訊息，每一個功能都可藉著滑鼠或鍵盤來選擇，配合通訊介面，可經由遠端即時遙控各種用電設備之接斷電，同時透過系統，用戶可以知道用電情形，作為用電排程，也可以分析電力品質好壞。

本系統雖可達到上述之功能，但實際上仍有需改進的地方，說明如下：

1、本監控系統在 WINDOWS 98 作業環境下發展設計，雖可執行多工功能，但若執行過多畫面及其他工作時，會造成系統的誤差或者動作會延遲，甚至引發當機之可能狀況。

2、電力品質的好壞，對量測儀器有很大的影響，而儀器內部對電力品質的容忍度，也相對重要。因有此種因素，使得感測器所擷取到的數值，與實際儀器量測出來的數據有差異。

3、在網路上作監控任務時，會受到網路不定時延遲性影響，而造成系統不穩定或無法達成任務。如何減少訊息的流通量，相信這是未來可探討發展的主題；在通訊及控制介面部份，除了 RS-232 介面外，個人電腦新增的 USB 及 IEEE1394，均能提供介面更快速之選擇，這也是硬體發展應配合之方向。

## 七、參考文獻

- [1] National Instruments, "LabVIEW Basics Course Manual Manual 6th", 2001.
- [2] National Instruments, "LabVIEW User Manual", Jan 1998.
- [3] National Instruments, "LabVIEW™ Data Acquisition (DAQ) Course Manual", 2001
- [4]蕭子健、儲昭偉、王智昱編譯 "LabVIEW 進階篇"高立圖書，88年3月。
- [5]謝勝治，圖控式程式語言 LabVIEW，全華科技圖書，中華民國88年。
- [6] <http://www.ni.com/taiwan> (慧曇儀器公司網站)。
- [7] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Standard 1159-1995, IEEE, NEW York 1995.
- [8]江榮城，"電力品質實務(一)"全華科技圖書公司，中華民國89年7月。
- [9]林晉逸，"以 DSP 為核心之電力品質監測設備之設計"國立中山大學電機工程研究所，碩士論文中華民國九十年六月。
- [10]謝佳盛，"網際網路為基礎之遠端微控制器系統"國立中山大學電機工程研究所碩士論文，中華民國九十年。
- [11]王隆誠，"結合網際網路之分散式電力監控系統"國立中山大學電機工程研究所碩士論文中華民國九十一年。
- [12]林容益編著 "AVR 高速 16 位元 PD 單晶片微控制器應用進階篇"全華科技圖書公司，中華民國八十八年初版。
- [13]林容益編著 "AVR 高速 16 位元 PD 單晶片微控制器基礎篇"全華科技圖書公司，中華民國八十八年初版。



[14] <http://www.Amtel.com> (Amtel 半導體網站)。

[15]蔡明忠”自動化資料擷取與監控發展簡介” 國立台灣科技大學工程技術研究所，1999。

[16]白中和編譯，”資料傳送實用技術大全”，建興出版社，中華民國 87 年 8 月。

[17]劉勝良，“智慧型電能管理系統研製” 國立台灣大學電機工程學研究所碩士學位論文，九十年。

[18]鄧榮斌、林明宗、彭勝康，“電腦自動監控電力功率因數改善之研製”，88 微電腦應用系統設計製作競賽。