

臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽

「專題組」作品說明書封面



群別：電機與電子群

作品名稱：居家智能電力監控系統

關鍵字：物聯網、電力監控、節能

目錄

壹、摘要.....	3
貳、研究動機.....	3
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明	4
肆、研究方法(過程).....	4
一、研究流程.....	4
二、研究材料及設備	6
(一)、硬體	6
(二)、軟體	8
三、研究內容.....	9
(一)、系統架構	9
(二)、程式流程	10
四、理論及技術探討	11
(一)、物聯網(MQTT)	11
(二)、台電電費計算方法分析	11
(三)、對電流感測器之研究	12
伍、研究結果.....	12
一、硬體結構.....	12
二、軟體成果.....	13
三、系統精準度之研究.....	15
(一)、電流	15
(二)、功率	17
(三)、用電度數(此試驗只使用插座一至四).....	17
陸、討論.....	17
一、硬體組合	17
(一)、第一階段(ACS712+webbit)	17
(二)、第二階段(ACS712+esp32+webbit)	18
(三)、最終版(ACS712+arduino uno+esp01+webbit)	18
二、未來展望	18
(一)、提高數值精確度	18
(二)、豐富功能性且精緻化	18
(三)、系統工業化及個人化	18
柒、結論.....	19
捌、參考資料及其他.....	19
一、參考資料.....	19

【居家智能電力監控系統】

壹、摘要

本作品是一個人性化的智能電力監控系統，我們所設計的這個系統主要是利用電流感測器及 uno 板進行電流感測，再把偵測到的電流值利用 MQTT 傳至 Web Bit，Web Bit 進行電費與電量的運算後，將計算完成的資料上傳至 google 試算表，並利用數據產出能明確分析的圖表，我們也利用 MQTT 傳輸訊息來達到開關繼電器的效果。使用者能透過 APP 來直觀化民生用電，其包括監視用電報表、遠端控制電力和設定用電警告及上限等功能，最終以達到節約能源與省錢的目的。

貳、研究動機

隨著能源政策的推動，環保意識的抬頭，民眾對於用電的討論度也愈來愈高，有時人們在用電時，常常會忘記關閉一些電器，又或著是人們雖然將電器關閉了，但有些電器含有「待機電力」，當電器在插頭上時還是會帶來不必要的耗能，這樣不僅會浪費電也會浪費錢，並且台灣的再生能源佔比也不高，主要也是以燃煤、燃氣為重，我們用越多電就勢必得燒更多煤炭、燃氣，產生更多溫室氣體，加速全球暖化，如何良好、有效的用電成為現今一大焦點。

近年來物聯網的概念逐漸步入我們的生活，人們可以透過手機不用在家裡也能開關冷氣，讓自己在大熱天回到家時就有冷氣吹，使我們的生活更加方便。

基於以上這些契機，促使我們想製作一個系統能夠遠端監視家庭用電情況，將家庭的用電數據化、圖表化，找出家庭中不必要的耗能，利用智慧化的方式「將用電量計算成電費」，警告使用者用電，讓使用者更有感覺，並且透過物聯網遠端控制、限制家中的用電，以達到省電、省錢及環保節能之目的。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

本專題「居家智能電力監控系統」以高中所學的課程內容加以延伸，運用在專題製作上，如下表所示，為課程之相關性與教學單元之說明。

課程名稱	主題與課程之相關性
基本電學	對電路的基本認識
基本電學實習	電路的基本實作與焊接
電工實習	基本配線認識
電子學實習	電路原理及繼電器等電子元件應用
資訊科技	對於程式的基本概念認識
智慧居家監控實習	物聯網、遠端控制和訊號傳遞
專題製作	Arduino 的操作及應用

肆、研究方法(過程)

一、研究流程

本專題步驟分為組成訂定專題題目，尋找相關資料並與指導老師進行討論，規劃系統功能與構造，確認工作分配，我們分成軟體及硬體製作，軟體分成三部分進行，分別是主程式、APP 程式以及副程式，硬體製作則是先設計電路再製作實體，最後我們將其整合進行實驗記錄，詳細流程圖如下圖。

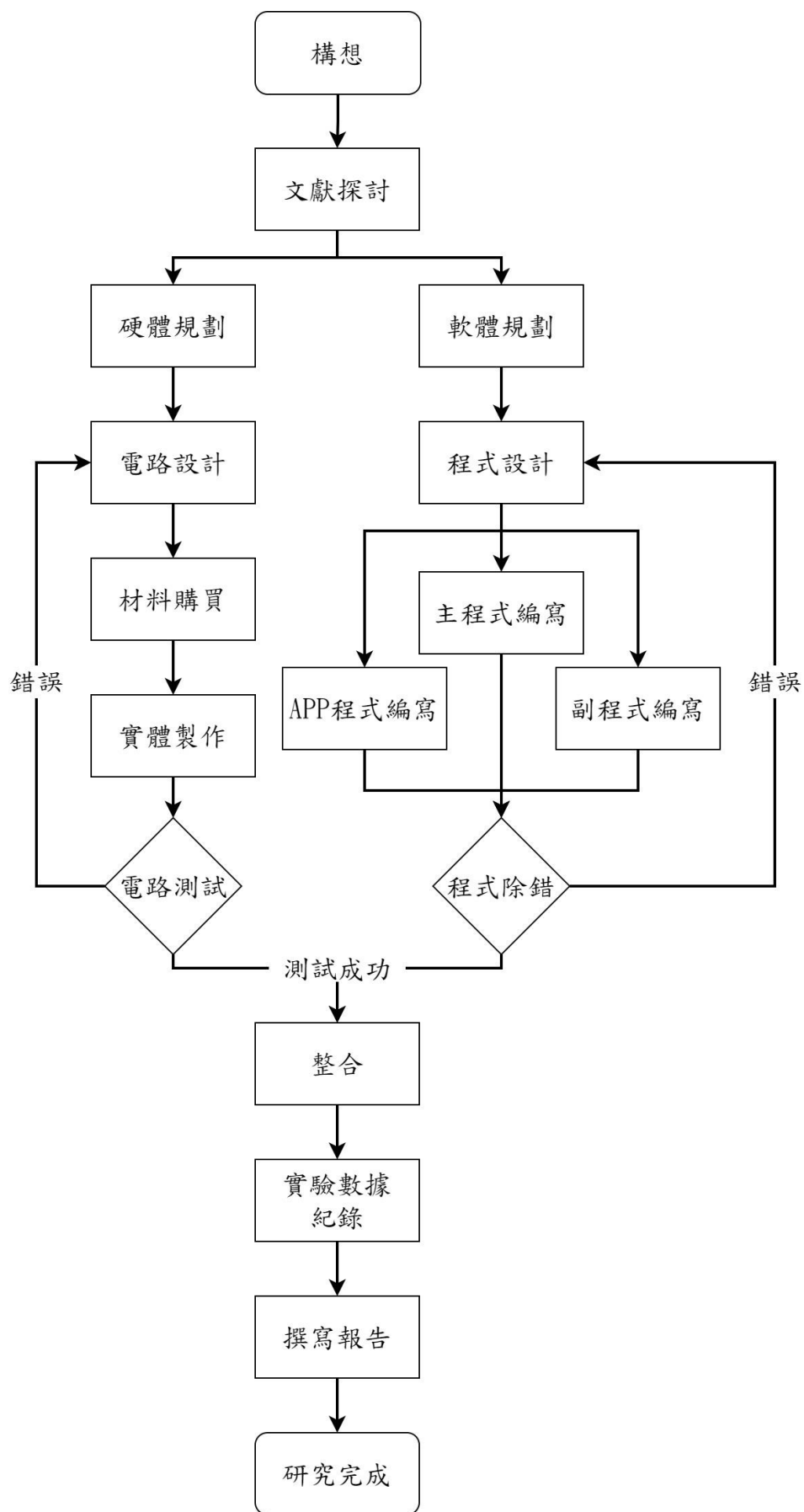


圖 1 研究流程

二、研究材料及設備

(一)、硬體

1、Web bit+擴充版

Web bit 開發版是利用 json 格式進程式編寫，有全彩 LED 矩陣、光敏感測器、按鈕開關、溫度感應器、蜂鳴器和九軸感測器，由 ESP32 晶片來達到物聯網的功能，其中還有一個最方便的功能就是雲端燒錄，不像其他開發板需要使用 USB 傳輸線來進程式燒錄，我們利用它來做時間及電費計算並將計算後的資料上傳至 google 試算表。



圖 2 Web bit[1]

2、Arduino uno

Arduino uno 為初學者最常使用且容易上手的開發板，網路上擁有許多範例及函式庫能夠供我們進行參考，在我們編寫電流運算程式時有巨大幫助。



圖 3 Arduino uno[2]

3、Esp8266-01

Esp8266-01 是一款低功耗的 UART 模組，專為移動設備物聯網設計，可將設備連接到 Wi-Fi 上，Arduino uno 開發板沒有 WiFi 的功能，而透過這塊 Esp8266-01 能夠賦予 uno 板網路通訊的功能，以達到利用 MQTT 來傳送電流值此目的。



圖 4 Esp8266-01[3]

4、ACS712

ACS712 電流感測器，是利用霍爾效應來感測電流，可以量測交流、直流或是脈衝電，將電流值轉換成類比電壓訊號，讓我們的 uno 板成功讀取，本次專題使用的 ACS712 有 5、20、30 的版本，可測量正負 30、20、5 安培。



規格	對應模擬量輸出 [mV/A]
ACS712ELCTR-05B-T	185
ACS712ELCTR-20A-T	100
ACS712ELCTR-30A-T	66

圖 5 ACS712 及規格對照表[4]

5、繼電器

我們所採用的繼電器模組是 5V 的低態動作繼電器，能用小訊號來控制交直流電開關，當繼電器收到 0 的數位訊號 B 接點吸磁導通收到 1 則反之，最終達到控制插座的效果。



圖 6 繼電器[5]

6、電源供應模組

電源供應模組主要將 12V 變壓直流電壓轉換，提供 12V、5V 和 3.3V 的直流電壓給我們的開發版和其他模組。



圖 7 電源供應模組[6]

(二)、軟體

1、App Inventor

App Inventor 是一個能夠線上開發 Android 系統 app 的軟體，相較於複雜的程式碼，能夠透過積木來簡單的編寫，相當適合想要製作 app 的初學者，我們希望透過它給予使用者較為直觀的功能介面以利操作。



圖 8 App Inventor[7]

2、Arduino Ide

Arduino Ide 做為全世界最廣泛使用的開發版開發軟體，其開發板眾多且配合各感測器的函式庫也非常的多，對於初學者相當友善。

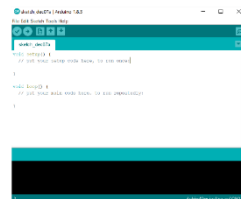


圖 9 Arduino Ide[8]

3、Lineotify

Line Notify 是 Line 所提供的服務平台，使用者能藉與網站服務連動後，用 Line 來接收來自其他服務的通知。



LINE Notify

圖 10 Line Notify[9]

4、Web Bit

Web Bit 是透過積木進行編寫，透過積木來撰寫對於程式初學十分方便。



圖 11 Web Bit[10]

三、研究內容

(一)、系統架構

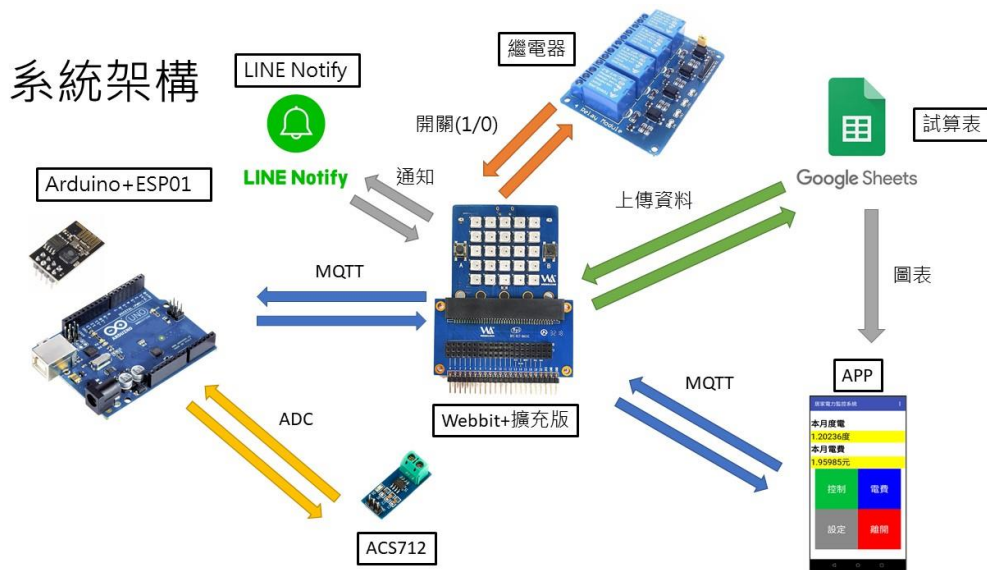


圖 12 系統架構

作品主要分為三大系統：

- 1.電流感測系統：利用 arduino uno+acs712 讀取類比讀入電流的瞬時值，再透過函式運算成電流的有效值，最後透過 esp01 傳送 MQTT 訊息給 Webbit。
- 2.Webbit 系統：Webbit 系統負責接收來自電流感測系統的 MQTT 電流值並運算成度電及電費並上傳至試算表，可以發送 LINE 通知給使用者，還有接收來自手機 app 的 MQTT 電費限制與繼電器訊號來執行插座的開斷電。
- 3.手機 App：手機程式從試算表抓取插座的用電資料與圖表，並傳送 MQTT 開關訊號與限制訊號至 Webbit 系統。

(二)、程式流程

1、主程式流程

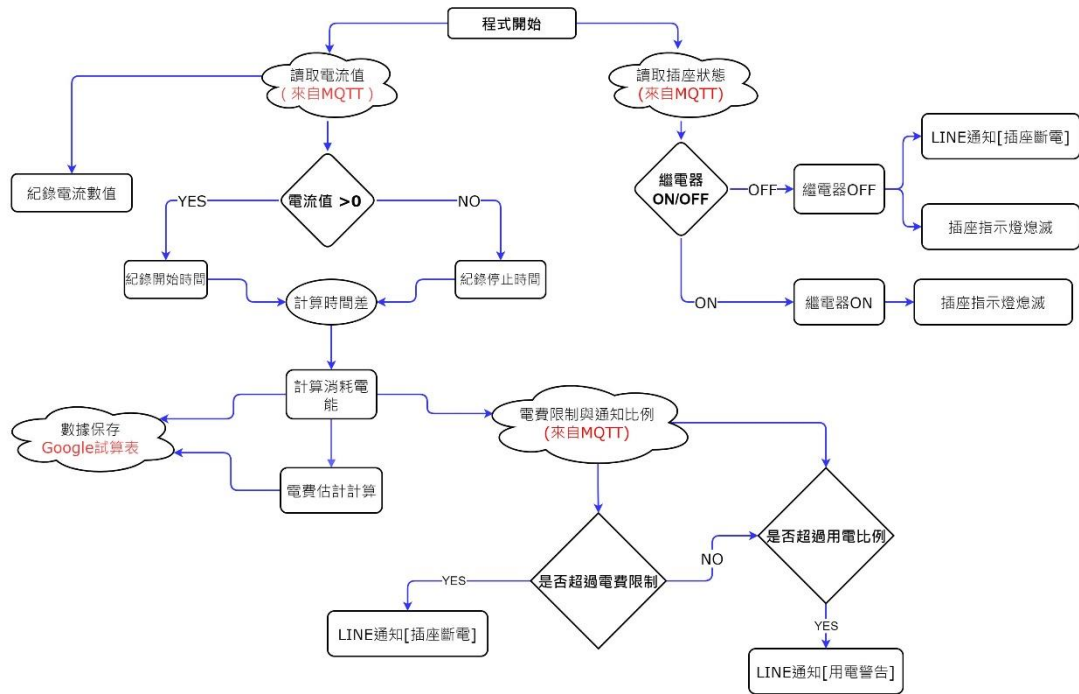


圖 13 主程式流程圖

2、副程式流程

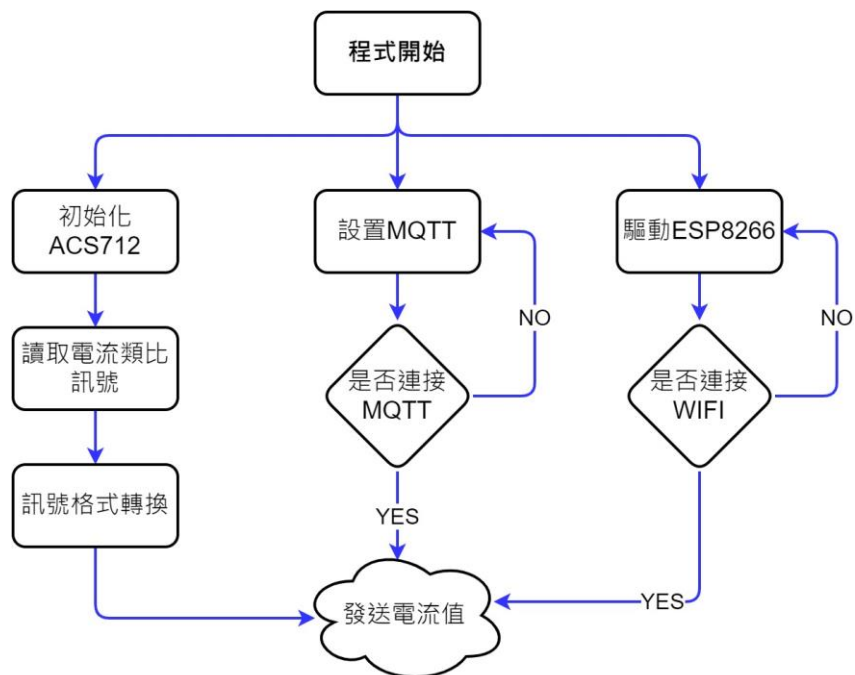


圖 14 副程式流程圖

四、理論及技術探討

(一)、物聯網(MQTT)

MQTT 是一個可靠、輕量的二進制通訊協定，工作於 TCP/IP 上，適合用在資源及網路有限的裝置，常應用於物聯網的實作當中，在 MQTT 中有兩種網路實體，第一個是代理人(broker)負責發布及訂閱的事宜，第二個是客戶端(client)，而客戶端又分為兩種，一種是發布者(publisher)可以發布訊息給代理人中的對應主題，而另一種是訂閱者(subscribe)，能接收訂閱代理人對應主題的訊息。[11]

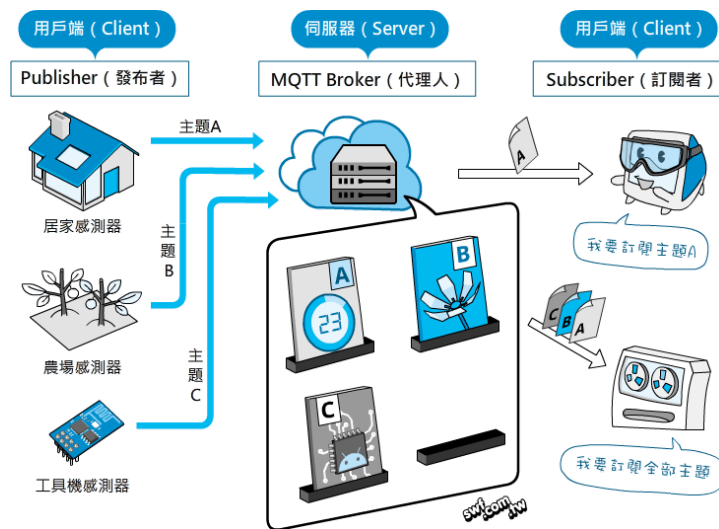


圖 15 MQTT 概念圖[12]

(二)、台電電費計算方法分析

我們系統裏有電費計算的功能，計算方式主要是根據台電所提供的電價表，台電係利用度電分級的方式做電費計算。以夏季做舉例，這個月用了 130 度電，計算方式為 $120 \times 1.63 + 10 \times 2.38$ 元。[13]

三、表燈(住商)用電

(一)非時間電價

1.住宅用

單位：元

每月用電度數分段		夏 月 (6/1 至 9/30)	非夏月 (夏月以外時間)
120 度以下部分	每度	1.63	1.63
121~330 度部分		2.38	2.10
331~500 度部分		3.52	2.89
501~700 度部分		4.80	3.94
701~1000 度部分		5.66	4.60
1001 度以上部分		6.41	5.03

圖 16 台電電價表[14]

(三)、對電流感測器之研究

1、霍爾效應

霍爾效應 (Hall effect) 是指當固體導體放置在一個磁場內，且有電流通過時，導體內的電荷載子受到洛倫茲力而偏向一邊，繼而產生電壓(霍爾電壓)的現象。[15] acs712 就是利用此原理產生類比電壓訊號來感測電流。如圖 16 (1) 電子、(2) 導體、(3) 磁鐵、(4) 磁場、(5) 電源

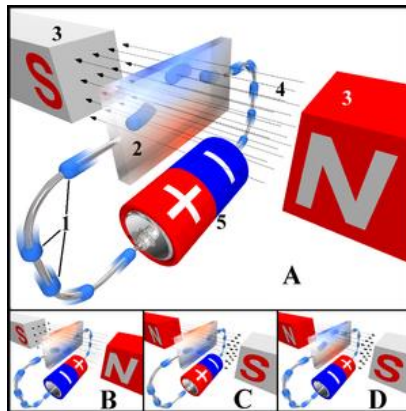


圖 17 霍爾效應[16]

伍、研究結果

一、硬體結構



圖 18 系統正面圖

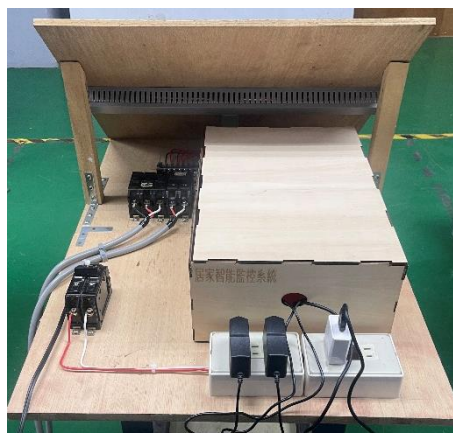


圖 19 系統背面圖

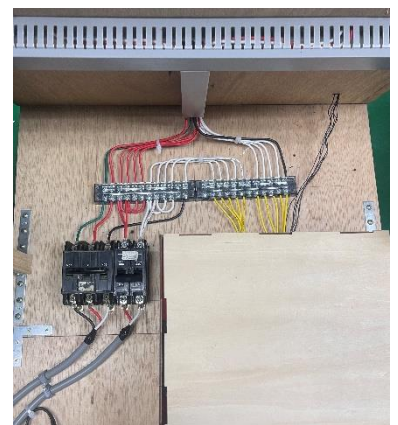
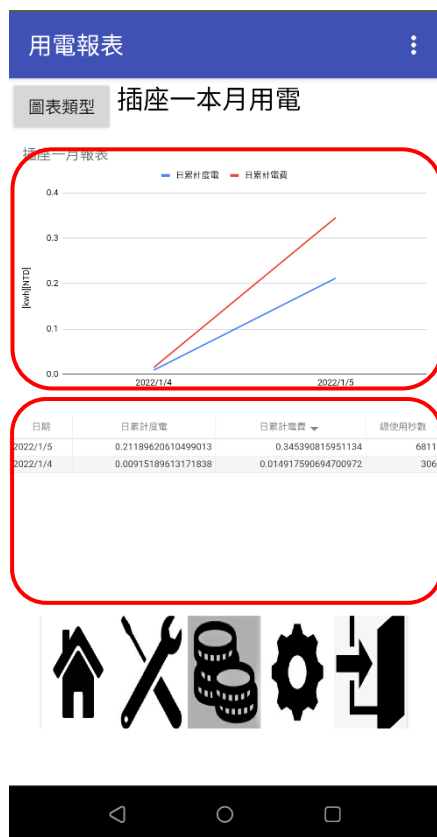


圖 20 系統配線

二、軟體成果

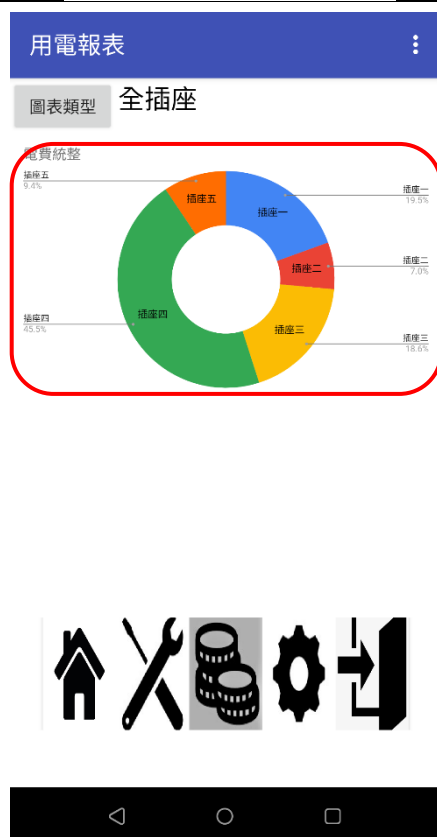




月用電圖表(以日為單位的折線圖),可以看出每月的用電趨勢與整體概況。

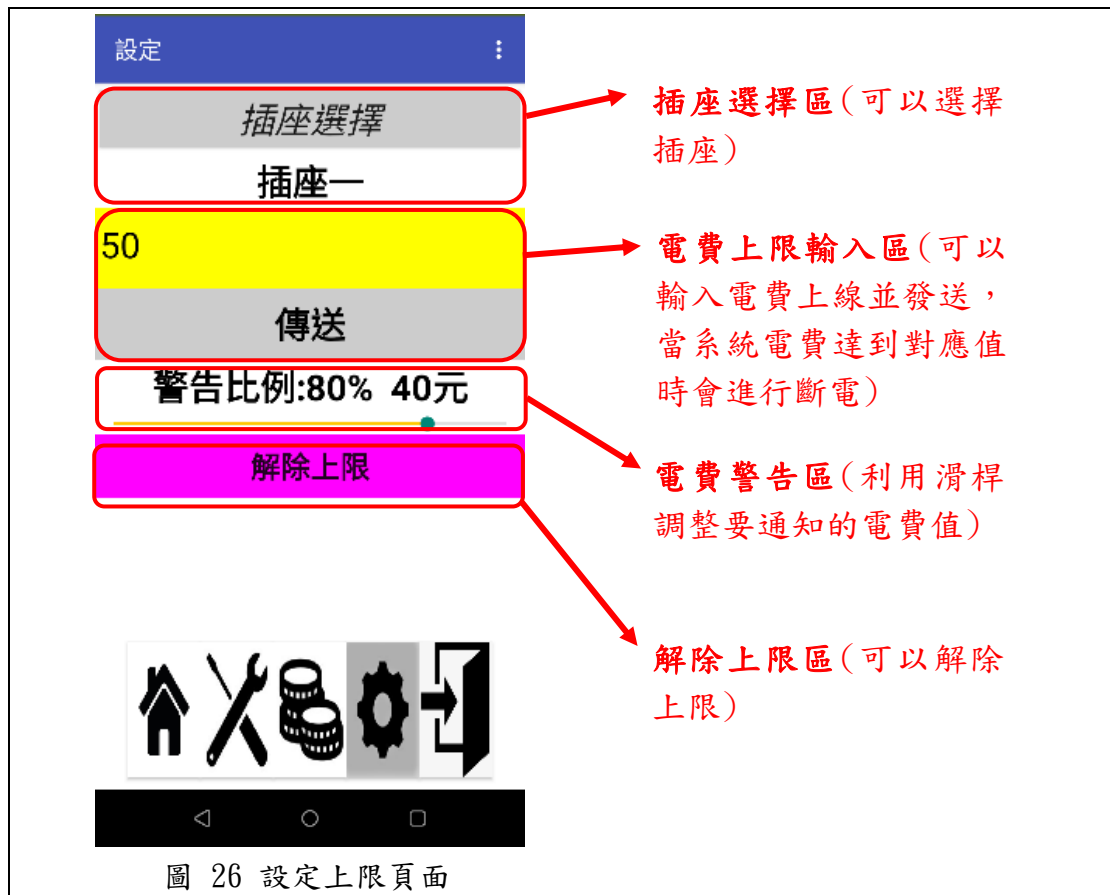
月用電表格(將月用電數值匯出成表格)帶有每月的詳細用電情況,如每天的累計度電、電費及總使用時間。

圖 24 月用電報表頁面



全插座用電圖表(以圓餅圖表示),可以看出全部用電中個插座的佔比。

圖 25 總用電報表頁面



三、系統精準度之研究

(一)、電流

本實驗對系統每個插座分別進行不同負載的試驗，並去計算誤差百分比，可以看出感測器的規格不同所對應出來的感測值也相當不一樣，在插座一我們安裝的是 5A 型號的感測器，插座二三四是 20A 的型號，插座五則是安裝 30A 的型號，插座一至四所使用的是 110V 的電源，插座五是 220V 的電源。

誤差百分比的計算:將鉤表量測值視為真值，系統感測值視為測量值，採用「 $[(\text{測量值}-\text{真值})/\text{真值}]\times 100\%$ 」

從圖 27 我們得知插座一所量出來的值較為精準，誤差值較小，插座二三四量出來的值沒有插座一來的精準，誤差也稍大，推測是型號的關係，但插座一二三四所量出來的值整體來說都還在可以接受的範圍內。

試驗\插座\規格	acs712-5	acs712-20		
	插座一	插座二	插座三	插座四
鉤錶量測電流 α [A](白熾燈)	1.951	1.974	1.968	1.955
系統感測值 α [A](白熾燈)	1.944	1.858	1.865	1.852
α 誤差百分比(%)	-0.36	-5.88	-5.23	-5.27
鉤錶量測電流 β [A](電風扇)	0.489	0.476	0.468	0.472
系統感測值 β [A](電風扇)	0.5	0.5	0.495	0.498
β 誤差百分比(%)	2.25	5.04	5.77	5.51
鉤錶量測電流 γ [A](電鍋保溫)	0.355	0.324	0.325	0.323
系統感測值 γ [A](電鍋保溫)	0.358	0.33	0.33	0.324
γ 誤差百分比(%)	0.85	1.85	1.54	0.31
平均誤差百分比(%)	0.91	4.26	4.18	3.70

圖 27 電流試驗(插座一至四)

從圖 28 可以看出插座五所量測出來的數值與實際數值是相差最多的，計算出來的誤差百分比也是最大的，而我們推測有幾個原因，包括感測器型號、波形、電壓及負載性等原因造成這樣的結果。

試驗\插座\規格	acs712-30
	插座五
鉤錶量測電流 α [A](分離式空調-冷氣模式)	1.743
系統感測值 α [A](分離式空調-冷氣模式)	2.29
α 誤差百分比(%)	31.38
鉤錶量測電流 α [A](分離式空調-除溼模式)	1.548
系統感測值 β [A](分離式空調-除溼模式)	1.893
β 誤差百分比(%)	22.29
鉤錶量測電流 γ [A](水銀燈)	0.43
系統感測值 γ [A](水銀燈)	0.51
γ 誤差百分比(%)	18.60
平均誤差百分比(%)	24.09

圖 28 電流試驗(插座五)

(二)、功率

本實驗對系統每個插座進行不同負載功率試驗，模擬家庭中會使用的電器，並對系統所計算出的功率值作分析比較，由圖 29 得知插座一至四的所量出的功率值誤差較小，但插座五誤差較大。

誤差百分比的計算:將電器額定功率視為真值，系統計算功率視為測量值，採用「 $[(\text{測量值}-\text{真值})/\text{真值}]\times 100\%$ 」

試驗\插座	插座一(燈泡)	插座二(風扇)	插座三(冰箱)	插座四(電鍋)	插座五(水銀燈)
電器額定功率[w]	100	60	110	600	100
系統計算功率[w]	99.96	59.04	106.14	595.9	108.95
誤差百分比(%)	0.04	1.6	3.51	0.68	8.95

圖 29 功率試驗

(三)、用電度數(此試驗只使用插座一至四)

本實驗對系統的總度電測量值進行用電度數試驗，將系統與瓦時計去做比較，經實驗我們發現系統計算出來的總用電度數與瓦時計的量測值僅相差 1.8%，對於這個結果我們認為是相當精準的了。

誤差百分比的計算:將瓦時計視為真值，系統計算度數視為測量值，採用「 $[(\text{測量值}-\text{真值})/\text{真值}]\times 100\%$ 」

	系統計算度數[kwh]	瓦時計量測度數[kwh]	誤差百分比(%)	平均誤差百分比(%)
Test1(2小時)	1.72	1.69	1.78	1.8
Test2(6小時)	5.14	5.05	1.81	1.8
Test3(12小時)	10.31	10.13	1.83	1.8

圖 30 用電度數試驗

陸、討論

一、硬體組合

遇到問題並解決問題的三個階段

(一)、第一階段(ACS712+webbit)

這個版本原本只想利用 ACS712 與 Webbit 板來完成，後來發現了兩個嚴重

的問題，一是 Web bit 的類比腳位較少，難以做出我們想要的一整個系統的感覺，二是要 Web bit 同時進行多個電流運算、省電控制、試算表傳輸、line 的通知和繼電器開關會造成板子難以負荷。

(二)、第二階段(ACS712+esp32+webbit)

此版本打算利用 esp32 來當作電流的接收與運算，再利用 mqtt 來傳遞訊息給，來做電流與時間的判斷，但是發現用 esp32 來進行電流量測時，電流都是錯誤的，查了資料後發現是因為 esp32 板的類比腳位只能接收到 3.3V，而 ACS712 的訊號輸出是 5V 而造成電流值不準。

(三)、最終版(ACS712+arduino uno+esp01+webbit)

最後的這個版本透過量測最精準的 ACS712+arduino uno 來進行電流感測，但是 uno 板並沒有網路通訊功能，所以我們讓其配合 esp01 執行 mqtt 的傳輸，最後利用 WEBBIT 來運算大部分的功能。

二、未來展望

(一)、提高數值精確度

根據我們的實驗結果可以得知我們所做的系統使用的感測器，我們目前僅能推測是遇到電流、電壓較大以及負載功率因數較差的用品時，會造成誤差較大，為了解決這個問題我們希望未來能使用精準度更高的感測器，使系統不會受到外在因素影響以提高系統準確度。

(二)、豐富功能性且精緻化

雖然我們目前的功能看似足夠，卻因為硬體極限缺少了幾個常見且實用的功能，希望未來能夠增加像是定時開關、過載保護等功能，也希望能夠把手機 APP 的介面精緻化，使整體更完美。

(三)、系統工業化及個人化

目前我們所設計主要是應用於家庭，只能對家庭基礎用電做分析，所以我們希望未來能往兩個方向發展，第一希望未來能往工業化發展，應用於工廠的設備用電分析；第二我們也希望將系統個人化，做到跟市面上的

智慧插座同樣大小，但是又比市面上的智慧插座多出了我們系統中獨有的功能。

柒、結論

經過此專題的研究我們確定居家智能電力監控系統是「可行的」，我們能將所使用的電量、電費數據化、圖表化，同時還能達到控制及限制電費的效果，並且不只有單一的控制樣式還能依照每個家庭需求做調整，我們以智慧化的方式達到節約能源和節省電費支出；我們期待未來每個家庭都能使用居家智能電力監控系統，我們就朝向物聯網世代前進了一大步，對地球的永續經營盡了一份心力。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

[1]圖 2

<https://store.webduino.io/products/webbit-extension-board>

[2]圖 3

<https://www.conrad.de/de/p/arduino-board-uno-65139-atmega328-191789.html>

[3]圖 4

<https://duino.ru/wifi-modul-esp8266-esp-01.html>

[4]圖 5

<https://voltiq.ru/shop/current-sensor-5a/>

[5]圖 6

<https://www.ruten.com.tw/item/show?21923650872151>

[6]圖 7

<https://www.ruten.com.tw/item/show?21820030555023>

[7]圖 8

https://zh.wikipedia.org/wiki/MIT%E5%BA%94%E7%94%A8%E5%BC%80%E5%8F%91%E8%80%85#/media/File:Mit_app_inventor.png

[8]圖 9

<https://support.microsoft.com/zh-tw/topic/%E4%B8%A%E5%82%B3%E9%9B%BB%E8%B7%AF%E6%9D%BF%E4%BB%A3%E7%A2%BC%E5%92%8C-arduino-ide-a9723765->

[1314-49e0-a69b-bb5c3e1f628d](#)

[9]圖 10

http://ble.com.tw/Iot360/v00_line_notify.php

[10]圖 11

<https://webbit.webduino.io/tutorials/doc/zh-tw/education/index.html>

[11]MQTT 教學（一）：認識 MQTT - 超圖解系列圖書

[12] 圖 15

<https://swf.com.tw/?p=1002>

[13]台灣電力公司

[14] 圖 16

<https://www.taipower.com.tw/>

[15]霍爾效應- 维基百科，自由的百科全书

[16]圖 17

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%8D%E7%88%BE%E6%95%88%E6%87%89>

Web:Bit 教育版- Webduino

<https://webbit.webduino.io/>

RobTillaart/ACS712: Arduino library for ACS Current Sensor

<https://github.com/RobTillaart/ACS712>