

# 2013 臺灣國際科學展覽會

## 優勝作品專輯

作品編號	100044
參展科別	工程學科
作品名稱	具備節能協定之智慧型開關裝置的設計與研究
得獎獎項	一等獎 阿布達比正選代表:2013 年國際科學博覽會
就讀學校	臺北市立敦化國民中學
指導教師	劉睿荷
作者姓名	陳韋同、陳賢倫
關鍵字	節能協定、節能開關、即時輪詢

---

## 作者簡介



大家好，我是就讀於台北市敦化國中二年級的陳韋同，國一時加入數理資優班，老師開了發明課及認識研究等課程，經過這些課程後，我也研發出關於節約能源的新型發明，並已獲得了專利。這種成就感也讓我開始深入地接觸科學，也更有興趣去嘗試做研究並參加科展。

我從小就滿喜歡參加各種營隊及科學相關的展覽，如在美國參加太空及電腦工程相關的營隊，在美國參加營隊的時候也交了許多外國的朋友，我們不僅互相了解對方國家的文化，甚至討論太空及電腦工程相關的議題。就讀雙語小學時，已有實驗課可以作實驗，也因為這些經驗，讓我從小就對科學研究有著濃厚的興趣，並在國一開始了科學研究並參加科展。

在科展過程中經過了不斷的模擬、實作、焊接，甚至星期六日兩整天也都在作實驗，雖結果常常不如預期，但我們都持續努力並找出更好的解決方案。在這研究的過程中我要感謝師長們及家人的支持，他們除教導我們這方面的知識外，

還犧牲了他們許多時間來陪伴我們。

未來我希望能將科學研究精神實踐在日常生活中，改善生活中不方便之處，這可讓我的生活充滿科學，充滿樂趣!

大家好，我是就讀於敦化國中二年級的陳賢倫，在國一下加入數理資優班，老師開了許多和研究有關的課程，因此除了科展，也參加了些發明展，發明了一個省水裝置，和這次的科展一起申請了新型專利，讓我對這方面有了許多經驗。

在課餘時間，我喜歡去參加科學營隊，像是科學鑑識營，天文營等，曾作了血液鑑定的實驗，還有在山上觀查星座等有趣且充實的學習，另一方面我也對外語有濃厚的興趣，參加了美國遊學團，和國外的學生進行交流，除了英文技巧外，也學到了如何與國外學生相處，希望在未來能有更多機會參加。

在科展實驗時，遇到了不少困難，像是模擬軟體的資料庫不足，拉線技巧不熟練，以及焊接時常冷焊等狀況，也常因此導致實驗進度落後，有著許多壓力，但保持著恆心努力，克服種種困難，最後成功完成實驗，之前的挫折和壓力都成為了心中的成就感，支持著我繼續前進，我想這就是科學實驗的美好吧!

## 摘要

本研究參考智慧型 3C 產品之節能協定，將其應用於電源開關裝置上，此開關裝置將具備工作模式、待機模式及睡眠模式，利用此三種模式並結合即時輪詢的技術，發展出適合智慧型節能開關裝置的節能協定，達到全自動且節能的目標。此智慧型節能開關裝置主要包括固態開關電路、電流感測電路、RC 濾波器電路以及控制電路，本研究針對上述幾種主要電路進行電路的研究及實作，並建立模擬的電路模型，根據此模型設計出完整的智慧型節能開關裝置，進行其節能效率及未來大量應用的可行性分析。經過實作證明，此種具備節能協定的智慧型節能開關的確能有效地省下家電待機耗電，與市面上不具備節能協定的開關相比，有更高的使用便利性。

## **Abstract**

Standby power is electrical power that is absorbed by electrical and electronic appliances when they are switched off. It has been calculated that approximately 10% of energy usage in a typical household is from standby power. In this project, an energy-saving protocol of smart mobile consumer products will be discussed and how the development of a new energy saving power-switching device can eliminate upwards of 90% of wasted standby power.

Electronic appliances often have 3 modes, these include – working mode, standby mode and sleep mode, and each one consumes a different amount of power. Combining these three modes, Real-Time polling technology enabled us to develop a control unit designed with an energy-saving protocol. Research of circuits led us to outline a main circuit and then create simulation circuit models. This led to the creation of a fully automatic intelligent switching device. This intelligent energy-saving switching device is composed of a solid-state relay circuit, a current sensor circuit, an RC filter circuit, and a control circuit. After conducting tests on the simulation models and analyzing the data on its efficiency for energy savings, an intelligent energy-saving switching device could be assembled. Further analysis allowed us to determine the feasibility of this switch and how it may be implemented into commonly used household appliances and electronics.

Upon completion of all tests on the experimental prototype we were able to conclusively state that this intelligent energy-saving switch with an energy-saving protocol could effectively save standby power consumption of appliances. Elimination switches that are currently on the market can reduce standby power consumption; however, they need to be user activated. Our design with an intelligent energy-saving protocol is completely automatic.

# 壹、前言

## 一、研究動機

在現今的社會中，節能減碳已成為全民運動，政府也推出四省運動(省電、省水、省油、省紙)〔1〕，希望全民能一起來節約能源，愛護我們的地球。

為了響應政府推出的活動，我們調查了許多資料，發現當電子裝置處於待機狀態或關機狀態時，一般的插座皆持續將電源的電能完全提供給電子裝置，使得電子裝置在待機時仍會繼續耗電，而從文獻中〔2〕〔3〕〔4〕也發現，這些在待機中消耗的電量是很可觀的。雖然市面上已有相關的節能產品嘗試解決待機電源損耗的問題，但都具有共同的缺點，第一為無法自動回復電源供應，須由人為或第三者的裝置來進行電源恢復，第二為成本過高而造成無法普及。為解決此待機耗電的問題，提供更普及化的方案有其重要性及必要性，相信對現在全民的節能減碳運動，會有很大的貢獻。

## 二、研究目的

目前市面上的智慧型 3C 產品(手機，電腦等)裝置都具備節能協定，例如這些裝置均提供省電的睡眠模式，以降低非使用時的電源損耗，並可經由其節能協定，當裝置需要被使用時可被喚醒回到正常的工作模式。本研究將參考目前這些裝置的節能協定，提出一種創新的智慧型節能開關的設計方法，建立應用在電源開關的節能協定，以其達到完全自動化的智慧型節能開關設計，並能節省大量的待機耗電。

本研究將包括下列主要的目標:

1. 應用即時輪詢技術之節能協定的建立
2. 具備節能協定之智慧型節能開關設計

3. 應用節能協定設計出低成本的節能開關
4. 模擬電路模型的建立

## 貳、研究方法或過程

本研究將依照(圖 1)研究流程圖的步驟來執行。資料蒐集針對現在的問題，市場上現有的產品，及相關學術研究來對問題作最深入的了解。接下來分析出問題的所在以及提出解決方案，並建立模擬電路模型，分析其可行性，並能對此解決方案進行電路實作，將實驗的結果再進行分析比較，要了解是否有達到此研究的目的，最後將此結果應用在實際日常生活當中。

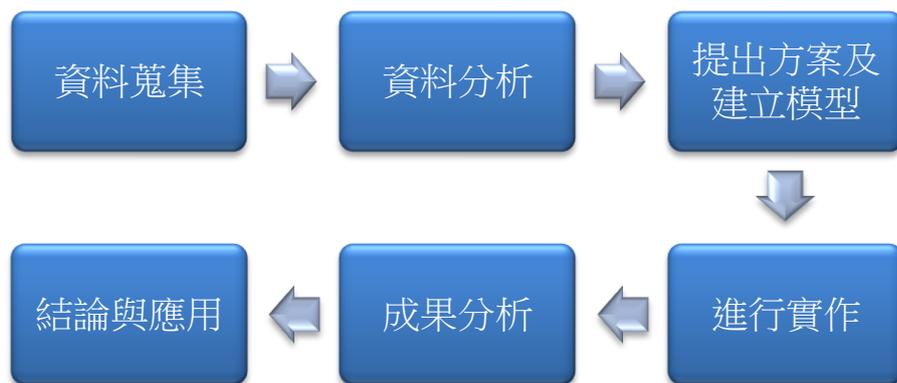


圖 1 研究流程圖

研究過程中，若發現可改善的空間，此流程會重複上一步驟，並重新評估其可行性及提出其他方案，目的是要達到更高的品質，使此研究更完整。本研究所產生的模擬電路模型亦可提供未來進一步研究的參考。

### 一、資料蒐集

在資料蒐集的部分(圖 2)，針對各國電力消耗的資料進行蒐集，以期了解問題的嚴重性及研究的重要性和急迫性，並針對家庭常用家電裝置進行耗能資料的量測及蒐集，以提供未來研究設計的重要參考。蒐集現有節能開關之

資料，可了解其優缺點並進行改善，並針對目前相關的學術研究進行了解，期待能在現有的基礎上有更大的突破。

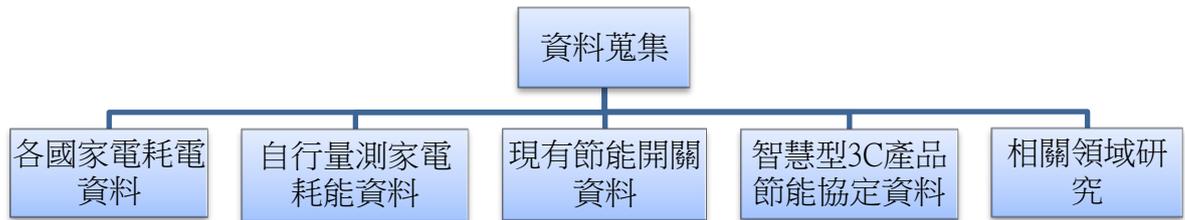
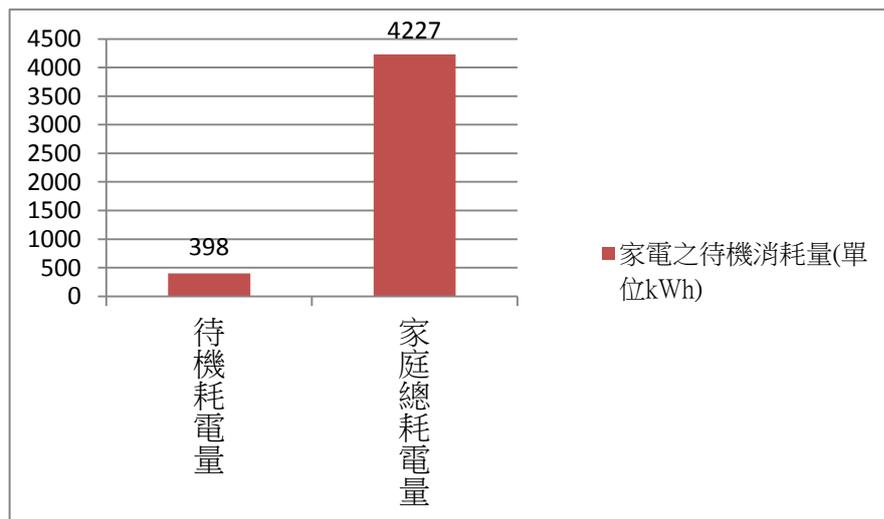


圖 2 資料蒐集思考圖

### 1. 各國家電耗電資料

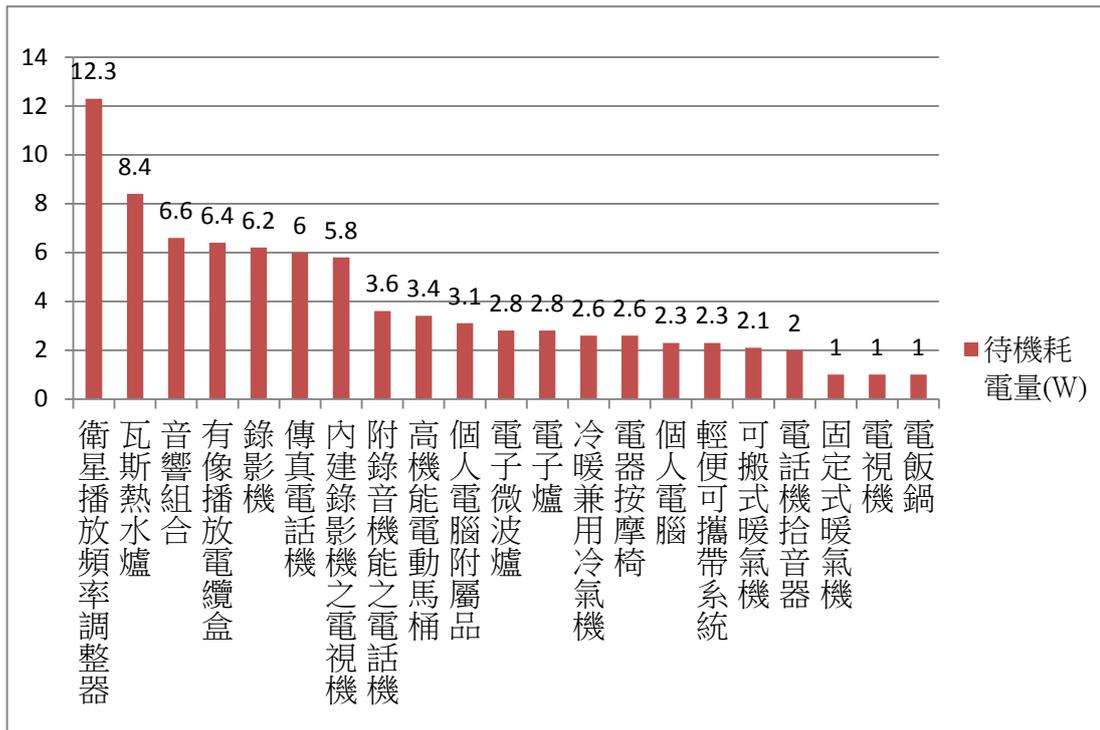
日本首都圈各個家庭的家電待機耗電量為 8.61%，根據統計日本家庭的平均消耗電量為 4227kwh/年·戶，因此由待機而損耗的電量將高達 398kwh/年·戶(表 1)。

表 1 日本首都圈家庭一年平均消耗電量



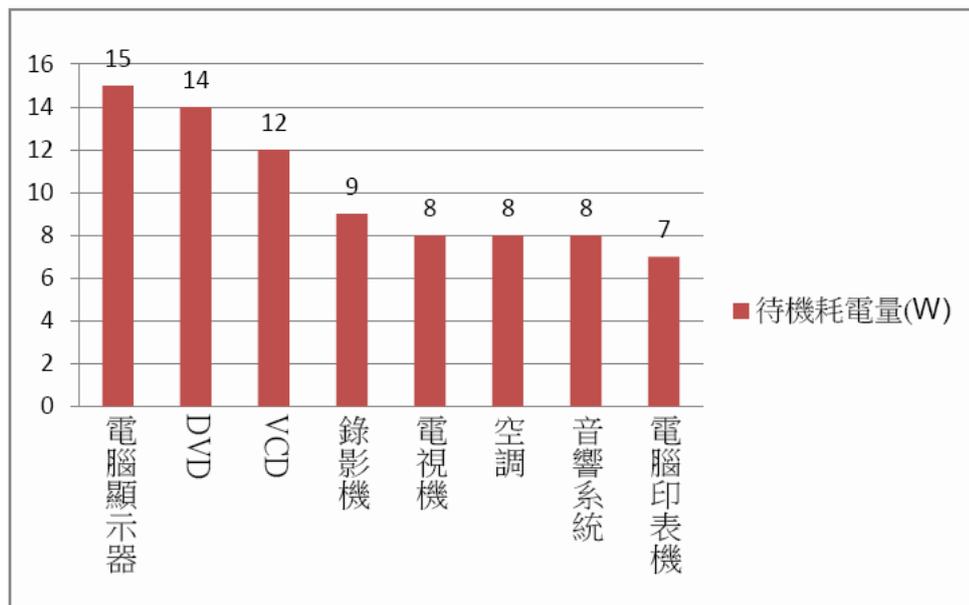
在日常生活當中，有極大多數的家電，平常應該不會去拔掉這些插頭，根據數據這些常用的家電待機所損耗的電量是相當可觀的(表 2) [2]。

表 2 日本首都圈家庭家電裝置待機耗電排行榜



根據美國伯克利國家實驗室對中國大城市現狀調查的一組檢測報告顯示，平均每戶的家電待機功率竟為 40 瓦，一家人一年因家電待機就要損耗掉約 350kwh 的電，幾乎相當於一天 1kwh [3]。此數據和日本的數據相當接近。表 3 為中國常用家電待機耗電排行榜。

表 3 中國常用家電待機耗電排行榜



根據臺灣消費者文教基金會計算，如果每個家庭有二十項電器，每月平均要為待機電器多付七十元，每年是八百四十元，換算成電量約為 380kwh/戶·年，以全國七百萬戶家庭計算，等於全臺灣每年必須花六十億元來支付待機費 [4]。表 4 和表 5 為臺灣常用家電平均待機耗電量統計：

表 4 臺灣常用電器之平均待機耗電量(消基會)

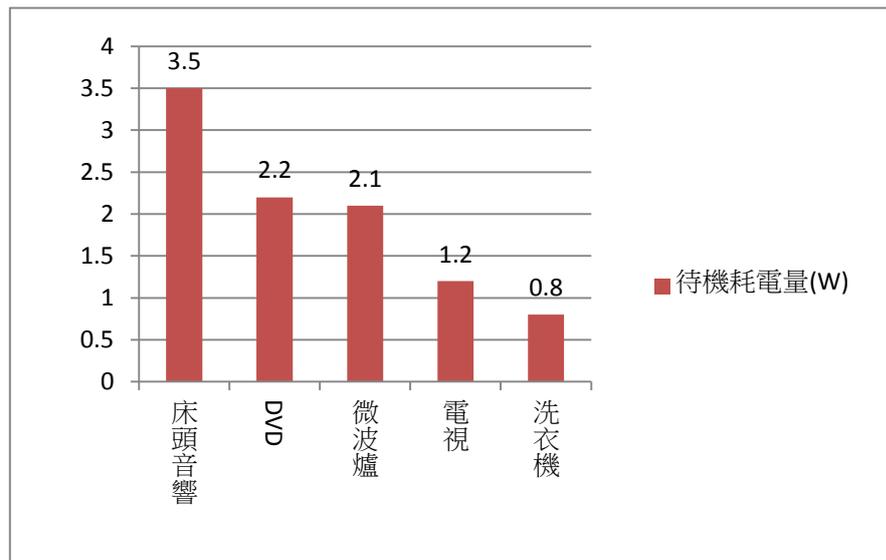
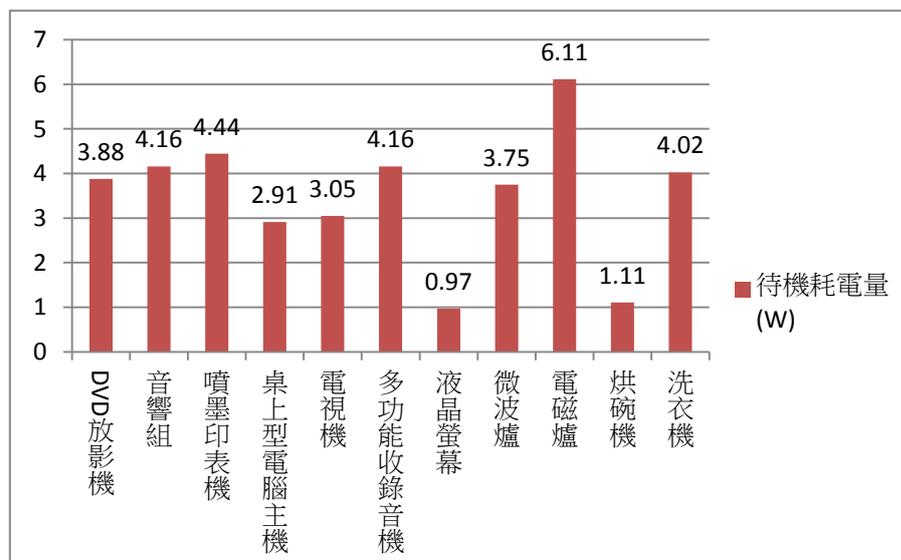


表 5 臺灣常用電器之平均待機耗電量(台電)



根據日本、中國和臺灣的調查數據，由待機所產生不必要的耗

電量，使能源產生不必要的浪費，如又考慮電力傳輸的損耗，總體的耗損將更為可觀，現在雖然覺得沒什麼，但是在以後人口激增、能源缺乏的時代裡，將會是很寶貴的資源。

## 2. 自行量測家電耗能資料

針對常用家電的待機損耗進行實際量測，將運用瓦特計對於家電待機中及實際運作中的耗能進行量測，根據表 6 實測的資料顯示待機的耗電量雖沒有表 2 到表 5 所列的數據大，但長時間累積下來也是一筆可觀的損耗，其中差異的原因是現代家電多為綠能家電，所以待機損耗也相對變小，但也不可忽視。

表 6 家中電器實際量測資料

家電裝置名稱	交流電源電壓 (Volt)	家電運轉中電流 (A)	家電運轉中功率損耗 (W)	家電待機中電流(A)	家電待機中功率損耗 (W)
ASUS 筆電	111.4	0.2504	27.9000	0.0099	1.1000
Acer 電腦主機	111.4	0.7630	85.0000	0.0403	4.5000
Panasonic FL148MS 電風扇	111.4	0.5066	56.4300	0.0126	1.4000
Canon ip4760 printer	111.4	0.0592	6.6000	0.0027	0.3000
Apple Mac mini	111.4	0.1420	15.8200	0.0031	0.3500
3M 檯燈	111.4	0.2325	25.9000	0.0036	0.4000
Samsung LED 電腦螢幕	111.4	0.2273	25.3200	0.0000	0.0000
Philips 音響	111.4	0.0646	7.2000	0.0284	3.1600
Panasonic 電視	111.4	2.5030	278.8300	0.0000	0.0000
大同電鍋	111.4	5.0696	564.7500	0.0000	0.0000
LG 洗衣機	111.4	0.3007	33.5000	0.0215	2.4000
Panasonic 電鍋	111.4	0.5969	66.5000	0.0090	1.0000
咖啡機	111.4	5.1616	575.0000	0.0000	0.0000
Sanyo 電扇	111.4	0.2823	31.4500	0.0000	0.0000
Panasonic 電話	111.4	0.0368	4.1000	0.0153	1.7000
Sampo 電風扇	111.4	0.4500	50.1330	0.0000	0.0000

## 3. 現有節能開關資料

因為待機損耗的問題已被大眾所注意，市面上已經有嘗試解決

此問題的產品上市，主要分為四大類，各有優缺點，但僅可解決部分問題，無法提供一個方便有效率的最佳方案。

#### 第一類型的節能開關(半自動式)：



圖 3 第一類型節能開關

此類型的開關在不使用電器時，會直接從插座切掉開關，但在使用電器前須手動開啟開關。插座有保險絲設計及防潑水防塵蓋設計等多重安全保障，以提升安全性。此為最基本的省電開關，能自動關閉但需要手動開啟，會對日常生活造成一些不便。

#### 第二類型的節能開關(連動式)：



圖 4 第二類型節能開關

此類型的開關，能自動偵測開關電源，以主電源的用電狀況為基準，例如將電視插上主電源，電視關閉時，使用其他五組子插座的電器同時也會自動關閉，而電視開啟時，其他插座也會自動開啟。

第三類型的節能開關(遙控式)：



圖 5 第三類型節能開關

此類型的開關會提供一個遙控器，對開關進行遠端控制開或關的動作，主要目的是要去解決手動式不便利的問題。

第四類型的節能開關(感知式)：



圖 6 第四類型節能開關

此種開關整合感應器還有無線模組，形成一個節能的系統，會有一個控制主機，根據使用者習慣及電能的使用狀況，來控制各個插座的電力狀況，此種開關不只節省待機損耗，也會根據主機的節能演算法則，節省使用中的電能損耗，但建構成本相當昂貴，將造成普及上的問題 [5]。

#### 4. 智慧型 3C 產品節能協定資料

目前的智慧型 3C 產品如手機、筆記型電腦等均為移動型的電子裝置，其電源均由此智慧型 3C 產品內部之電池供應，因此使用時間的長短和電池電力的容量有極大的關係，通常為了延長此類電子裝置之使用時間，都會有節能協定以節省待機時的耗電，圖 7 為一般智慧型 3C 產品的節能協定。

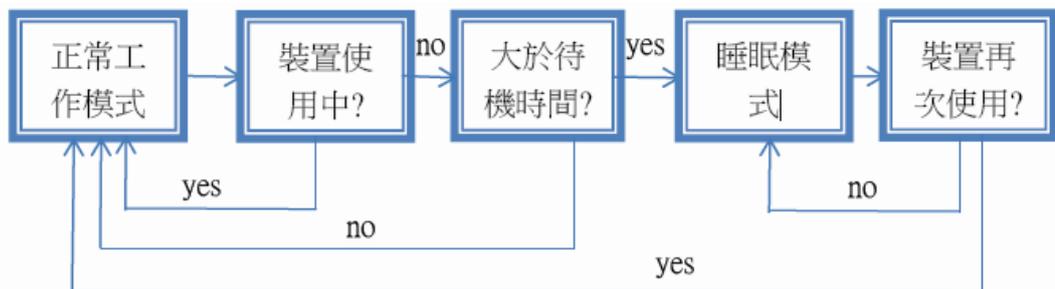


圖 7 智慧型 3C 產品省電節能協定流程圖

根據圖 7 可得知智慧型 3C 產品一般的節能協定通常達成以下幾點：

- a. 3C 產品在正常工作模式時，會詢問裝置是否使用中。
- b. 若 3C 產品沒有在使用，並不會立刻進入睡眠模式，會偵測其待機時間是否大於某一時間長度，例如在沒有使用產品 1 分鐘後進入睡眠模式。
- c. 3C 產品在睡眠模式時會檢查裝置是否再次被使用。
- d. 如在睡眠模式時發現裝置再次被使用，則會回到正常工作模式。

通常在正常工作模式時，電源的消耗量較大，為了省電的目的，此類型產品都會具有睡眠模式，在睡眠模式時，只需維持最小的電源供應即可，此節能協定即定義產品在不同模式之間的切換以達到節能的目的，但需要人為的觸發。

## 5. 相關領域研究

對於能源相關的研究，是各國學術單位或研究機構爭相投入心力研究的重要主題，根據目前相關研究報告，此能源相關的研究方向聚焦於下列幾個方向：

- (1) 再生能源的研究
- (2) 綠建築的研究
- (3) 智慧電網的研究
- (4) 節能的研究

### 再生能源的研究：

為來自大自然的能源，例如太陽能、風力、潮汐能、地熱等，是取之不盡，用之不竭的能源，單是太陽光就可以滿足全世界 2850 倍的能源需求。風能可滿足全世界 200 倍的能源需求，水力可以滿足全世界 3 倍的能源，生質能可以滿足全世界 20 倍的能源，地熱可滿足全世界 5 倍的能源需求。但在這麼豐富的能源下，人類實際的使用量只有 19% 的能源需求來自再生能源，有很大的進步空間〔6〕。

### 綠建築的研究：

指在建築生命週期中（指由建材生產到建築物規劃、設計、施工、使用、管理及拆除之一系列過程），消耗最少地球資源，使用最少能源及製造最少廢棄物的建築物。簡而言之，就是生態、節能、減廢、健康的建築〔7〕。

### 智慧電網的研究：

以雙向數位科技建立的輸電網路，用來傳送電力。它可以偵測電力供應者的電力供應狀況，與一般家庭使用者的電力使用狀況，來調整家電用品的耗電量，以此達到節約能源，降低損耗，增強電

網可靠性的目的〔8〕〔22〕。

### 節能的研究:

主要是以降低電器裝置所產生的耗電量為主，才有所謂的綠色家電等產品，目前的研究方向是以與智慧電網做結合〔9〕。

根據目前的研究方向，大多聚焦於前段(能源開發)，或是採用新式的電路設計以降低電器裝置本身的耗電，或是結合智慧電網的感測網路，進行有效率的電源管理，此類型的研究計畫案，均屬於大型的計畫，需要大量的資源投入，本研究基於經費設備有限，無法進行此方面的節能研究，所以本研究將聚焦於後段的節能，如何利用節能協定，針對待機耗電，提供有效率且便利的節能解決方案。

## 二、資料分析

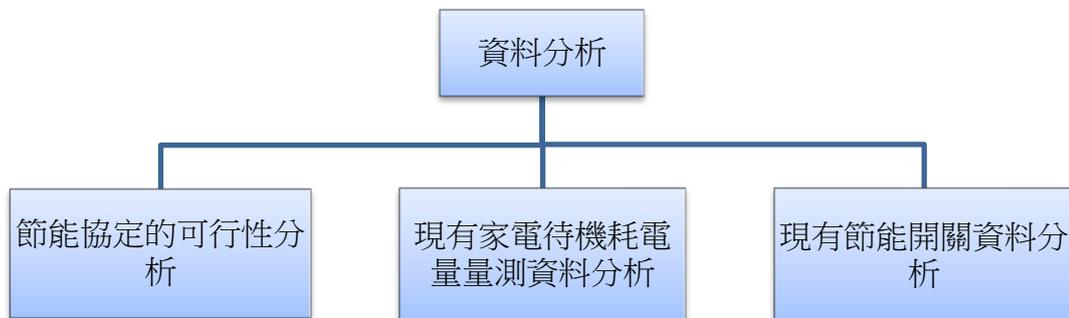


圖 8 資料分析思考圖

### 1. 節能協定的可行性分析

圖 9 為一般家電裝置的操作模式，家電裝置的電源會由交流電源插座提供，由於一般的電源插座並無提供自動切斷電源的功能，而是由家電插座是否插入電源插座來決定供電與否。

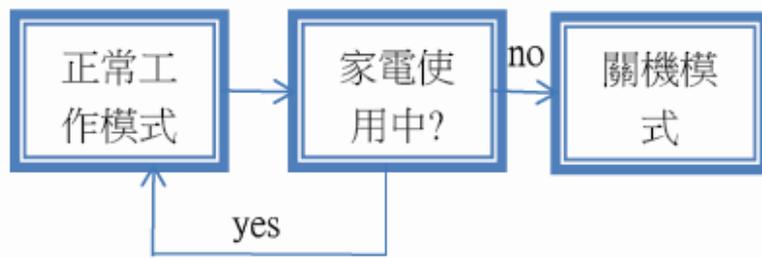


圖 9 家電裝置操作模式

圖 9 家電裝置的操作模式，表示當使用者打開家電裝置之開關時，裝置會進入正常的工作模式；當使用者關閉家電裝置的開關時，裝置進入睡眠模式。但由於電源插座的持續性供電，即使家電裝置處於關機模式中，亦無法完全阻絕電源的損耗；因此如欲解決此待機的損耗，則必須在電源插座上設計一開關裝置，當家電裝置處於關機模式時，能將電源切斷停止供電，以消除待機的損耗〔10〕〔11〕〔12〕。

此電源插座上的開關裝置，須具備節能的協定，才能有智慧地去根據家電的運轉模式為正常的工作模式或待機模式，來提供電源或切斷電源，根據圖 7 智慧型 3C 產品的節能協定發現此節能協定可被應用在智慧型開關裝置，圖 10 為智慧型節能開關裝置之節能協定流程圖。

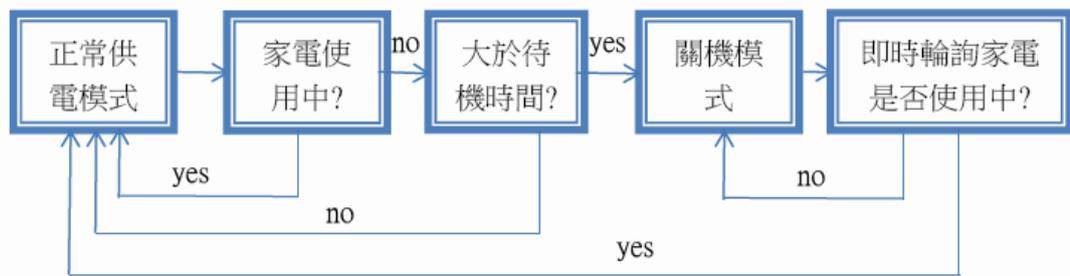


圖 10 智慧型節能開關裝置之節能協定流程圖

具備節能協定之開關裝置的操作模式如下〔13〕：

- a. 家電使用中的時候，開關裝置會正常供電。
- b. 若家電裝置未使用的時間超過待機時間時，則開關裝置將會切斷電源，並進入睡眠模式。
- c. 在睡眠模式時，開關會進行即時輪詢的動作，每隔一段時間確認家電的運轉模式。
- d. 若家電開啟，則開關裝置會進入正常供電模式；反之，家電關閉時，開關裝置繼續回到睡眠模式。

根據上列操作模式說明，此開關裝置是可具備節能的協定來解決待機耗電的問題，此節能協定運用了即時輪詢來確認家電的運轉模式。圖 11 為即時輪詢訊號的工作模式。

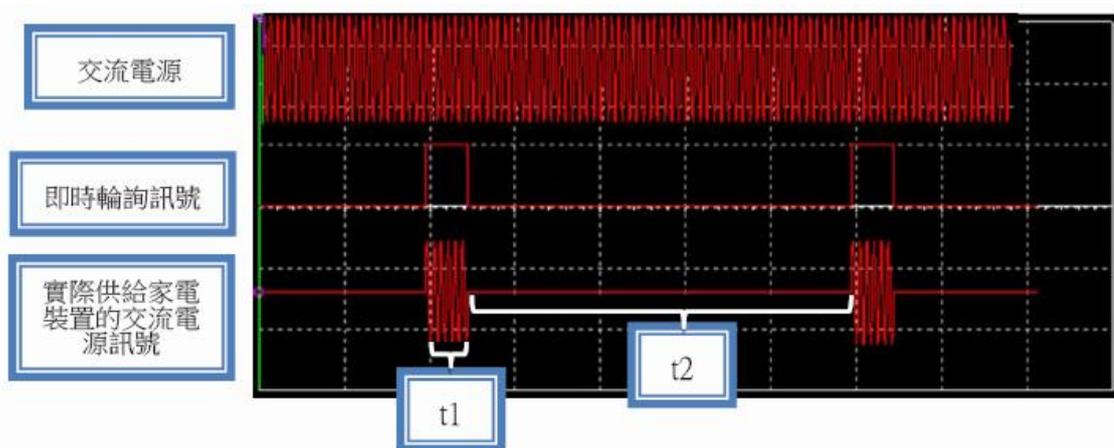


圖 11 即時輪詢訊號的工作模式

根據圖 11，當開關裝置進入睡眠模式時，在  $t_1$  的時間內，開關裝置會供應交流電源給家電裝置，如在此時家電裝置被開啟，則此開關裝置會偵測耗電量狀況，決定是否離開睡眠模式，進入正常供電模式；在  $t_2$  的時間內，開關裝置會完全切斷交流電源的供給，此時相當將家電裝置的插頭拔出，這將不會有任何的待機耗電 [ 13 ]。

根據圖 10 及圖 11，電源開關的節能協定的操作是可以被實現在一般的電源開關中，讓電源開關像 3C 產品一樣具備智慧型的省電模

式，進而節省家電待機時的耗電。

本研究的節能協定與智慧型 3C 產品的節能協定的不同之處在於，市面上的智慧型 3C 產品所具備的節能協定是為了節省正常工作模式中所消耗之不必要的電量，如當筆記型電腦處於工作模式時，過了一段時間後，筆記型電腦的螢幕將會變暗，進而省下正常工作模式中，在閒置時消耗的電量；而本研究的節能協定主要著重在於節省待機模式所消耗之不必要的電量，如當家電裝置處於待機模式時，還是會存在一些待機耗電，本研究就是為了省下這些待機時的損耗，而將智慧型 3C 產品的節能協定應用在節省待機模式之耗電上，這對電子裝置的省電將會有更大的幫助。

## 2. 現有家電待機耗電量量測資料分析

當執行節能協定時，偵測家電的用電狀況為一重要的參數，所以如何分辨出目前家電的運轉模式為正常工作模式或待機模式將是此節能協定能不能被實現的重要關鍵。本研究將使用電流感知器，偵測用電量狀況來決定運轉模式 [17]。

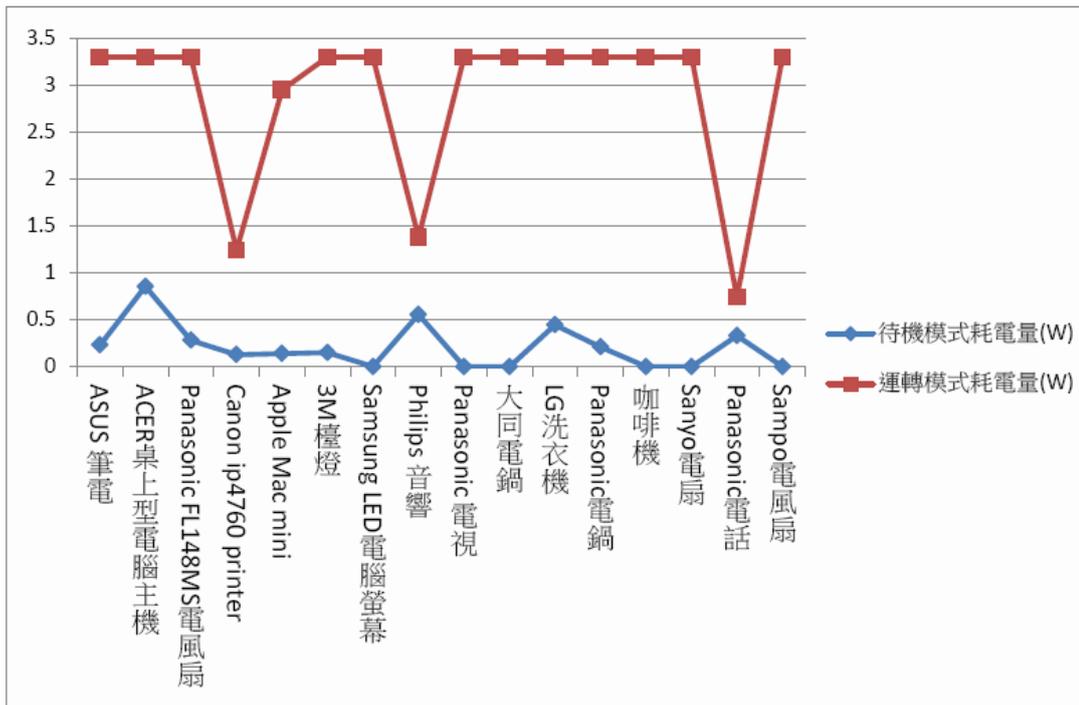
根據表 7 現有家電待機耗電量量測資料，測得之電流感知器上的電壓可得表 8 的資料。

表 7 家電待機耗電量量測和電流感知器的對應表

家電裝置名稱	交流電源 電壓 (Volt)	家電運轉 中電流(A)	家電運轉 中之電流 感知器電 壓)(V)	家電運轉 中功率損 耗(W)	家電待機 中電流(A)	家電待機 中之電流 感知器電 壓(V)	家電待機 中功率損 耗 (W)
ASUS 筆電	111.4	0.2504	3.30	27.9000	0.0099	0.230	1.1000
Acer 電腦主機	111.4	0.7630	3.30	85.0000	0.0403	0.855	4.5000
Panasonic FL148MS 電風扇	111.4	0.5066	3.30	56.4300	0.0126	0.280	1.4000
Canon ip4760 printer	111.4	0.0592	1.24	6.6000	0.0027	0.128	0.3000
Apple Mac mini	111.4	0.1420	2.95	15.8200	0.0031	0.139	0.3500
3M 檯燈	111.4	0.2325	3.30	25.9000	0.0036	0.150	0.4000
Samsung LED 電腦螢幕	111.4	0.2273	3.30	25.3200	0.0000	0.000	0.0000
Philips 音響	111.4	0.0646	1.38	7.2000	0.0284	0.555	3.1600
Panasonic 電視	111.4	2.5030	3.30	278.8300	0.0000	0.000	0.0000
大同電鍋	111.4	5.0696	3.30	564.7500	0.0000	0.000	0.0000
LG 洗衣機	111.4	0.3007	3.30	33.5000	0.0215	0.445	2.4000
Panasonic 電鍋	111.4	0.5969	3.30	66.5000	0.0090	0.210	1.0000
咖啡機	111.4	5.1616	3.30	575.0000	0.0000	0.000	0.0000
Sanyo 電扇	111.4	0.2823	3.30	31.4500	0.0000	0.000	0.0000
Panasonic 電話	111.4	0.0368	0.74	4.1000	0.0153	0.330	1.7000
Sampo 電風扇	111.4	0.4500	3.30	50.1330	0.0000	0.000	0.0000

根據表 8 的資料顯示，大多數的家電在待機模式和運轉模式時的參考電壓差異相當大，可輕易被系統區分出來，但有少數極低耗電的裝置(如電話、印表機沒在操作時及音響)自身的耗電量已不太大，對於節能開關來說，比較無法看到其功效，所以那些裝置將不會是本研究所聚焦的方向。

表 8 家電待機模式和運轉模式參考電壓



### 3. 現有節能開關資料分析

針對現有四種類型的節能開關之是否具備節能協定、使用便利性、成本及節能效率進行分析及比較(表 9)

表 9 各種類型節能開關比較表

類型	具備節能協定	使用便利性	製作成本	節能效率
第一類型	無	低	低	高
第二類型	無	低	中	中
第三類型	無	中	中	中
第四類型	無	低	高	高

本研究將會利用即時輪詢的技術，發展節能協定，以產生第五種類型的節能開關，將具備節能協定、高便利性、低成本及高節能效率。

### 三、提出方案及建立模型



圖 12 提出方案及建立模型思考圖

在提供解決方案時，會進行系統的規格定義及設計，並做模擬分析，根據分析的結果，建立模擬的電路模型，此模型可被應用於實作及未來延伸性研究使用，本研究之模擬模型分析及建立將會利用由 National Instruments 所研發之 MultiSim 12.0 模擬軟體來進行：

#### 1. 定義規格

根據現有市面上節能開關的特性(表 9)，本研究設計的開關須具備節能協定、高便利性、低成本及節能效率高的特性，表 10 為此節能開關的規格需求。

表 10 本研究之系統規格表

規格	需求	功能	規格數據
規格一	能自動判斷家電的運轉模式(待機或工作模式)	電流感知器	感知電流範圍(0~10A)
規格二	能自動開機	具備節能協定	每隔 1 秒啟動 0.1 秒確認家電的運轉模式
規格三	低製造成本	RC 濾波器、電晶體控制電路	製作成本小於 100 NTD
規格四	高節能效率	N/A	省電效率=90%，自身功率損耗小於 0.1W
規格五	高安全性	固態繼電器	N/A

## 2. 系統設計

本研究設計之系統由下列模組所組成(圖 13)：



圖 13 系統架構圖

**電源模組：**將 110V 轉成 DC5V，提供此系統其他模組使用，為了降低成本，此系統中將只使用單電源+5V [ 14 ] 。

**即時輪詢模組：**執行節能協定，提供喚醒此節能開關之訊號(每隔 1 秒鐘會產生 0.1 秒的輪詢訊號)。

**電流感知器：**感測家電的運轉模式是處於待機或工作模式 [ 15 ] [ 18 ] 。

**控制電路：**根據電流感知訊號，來判斷是否打開電源(正常工作模式)或進入輪詢的模式(待機中)。

**高速固態開關：**提供安全且高速的開關

根據系統架構圖(圖 13)及系統規格表(表 10)，本研究具備節能協定之智慧型電源開關的設計為圖 14 所示

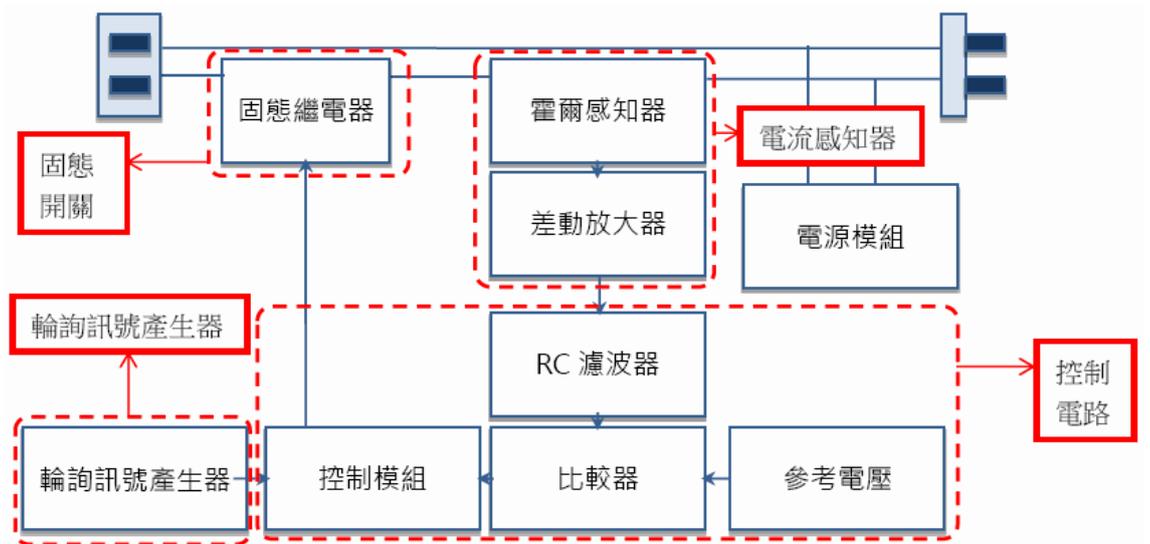


圖 14 系統設計圖

**電流感知器**：包括霍爾感知器及差動放大器，霍爾感知器利用霍爾效應的原理，將迴路電流轉換成電壓，以便提供電流感知；因電流感知的訊號相當微弱，而需差動放大器將其訊號放大，以便後處理〔16〕〔19〕。

**RC 濾波器**：將交流的電流訊號轉換成直流，並提供不同的充電及放電的時間，以符合系統的需求。

**比較器**：根據電流感知訊號，判斷裝置處於待機或工作模式。

**參考電壓**：根據待機的耗電量，設定此參考電壓，提供給比較器做判斷。

**輪詢訊號產生器**：產生定時詢問的訊號，去檢查家電裝置的運轉模式，配合節能協定以達到自動化的效果。

**控制電路**：根據家電裝置的模式是待機或工作模式，產生控制訊號，去控制高速固態繼電器，達成節能的效果。

**高速固態繼電器**：對 110V 交流訊號提供開啟或關閉的功能。

### 3. 原理分析及模型建立

根據圖 14 所示，下列將針對各個模組進行原理分析、訊號模擬

及將模擬結果建立成電路模型。

## A. 電流感知器

原理分析：

電流感知器主要利用霍爾感知器和差動放大器將電流感知訊號轉換成電壓並放大，做為判斷工作模式和待機模式，在此針對此二模組做分析。

### 霍爾感知器

霍爾感知器利用通過導體的電流會產生一個磁場，而因磁場會隨者電流大小做變化，所以此霍爾感知器可以在不干擾電流情況下而測量電流。利用此感應器做為電流感知器中的主要元件，即能夠有效測得家電的電流感知電壓，方便下一級模組比較。

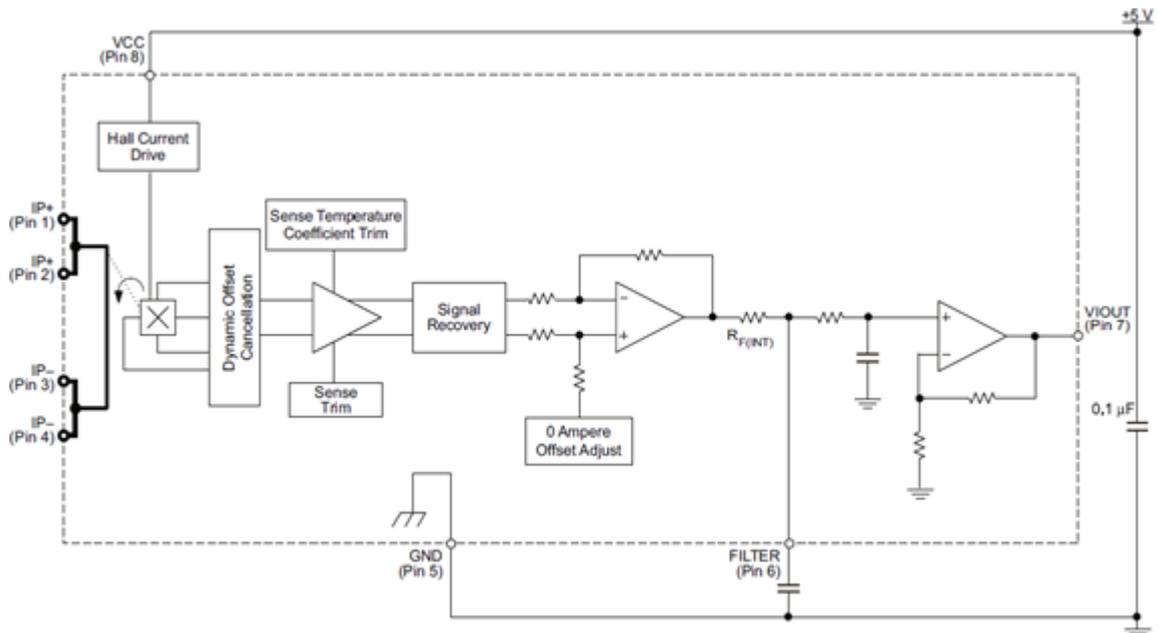


圖 15 霍爾感知器示意圖

從上圖可知家電的電流訊號從 IP+輸入，利用霍爾效應得到一電壓值，而這電壓值較小，所以需經過多次的放大及整流後才能到下一模組進行比較。

表 11 輸出電壓和電流對照表

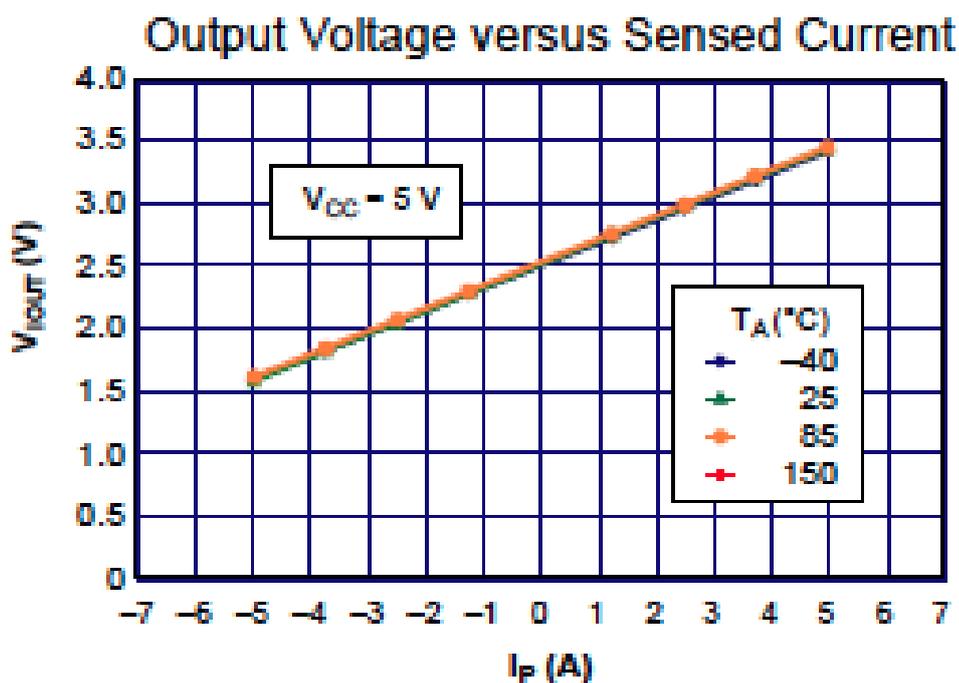


表 12 感知電流與電壓感知程度之對照表

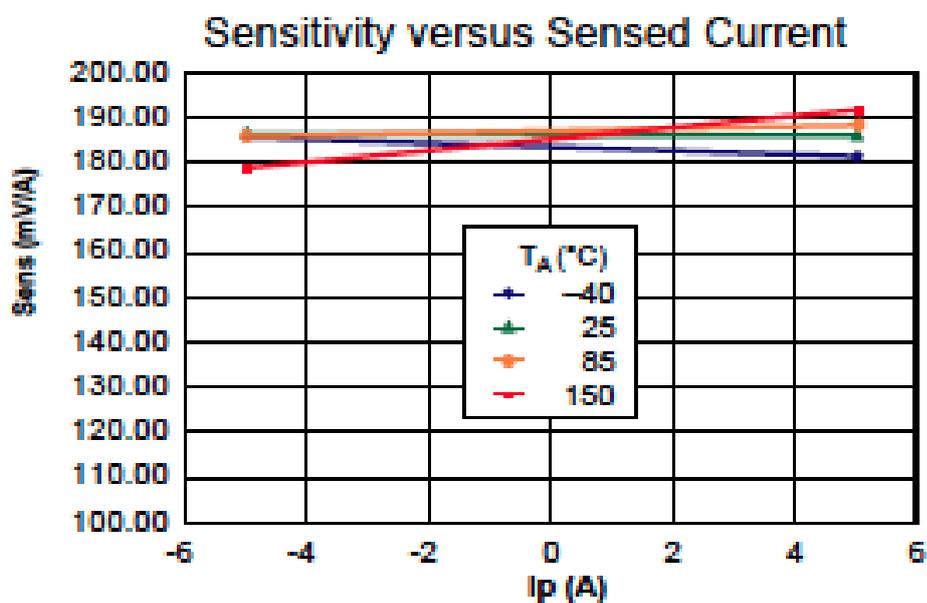


表 11 為在不同溫度下電壓和電流的對照，從此表可發現，電壓和電流成正比，也就是使用霍爾感知器可以偵測電流訊號並轉換成電壓，達到電流感知的效果。

表 12 的對照表中可知不管電流的大小及流向或在不同的溫度下，

其一安培所轉換的電壓量沒有什麼太大的變動，所以可知此霍爾感知器是一個較穩定的模組

### 差動放大器

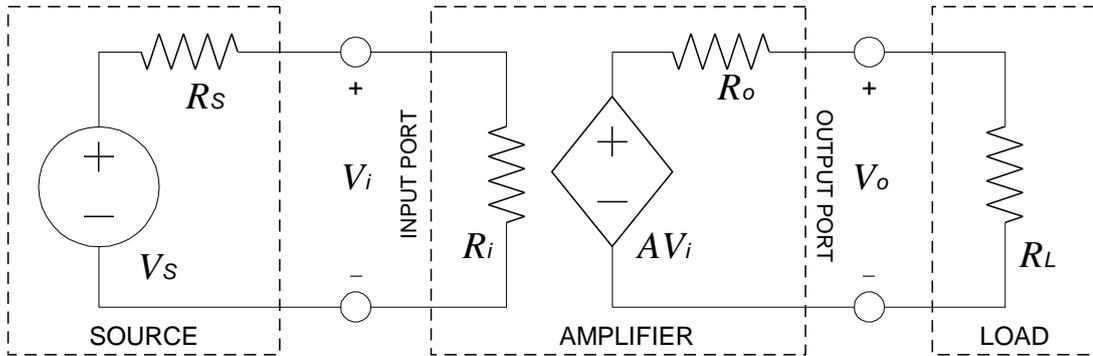


圖 16 放大器的小訊號模型

圖 16 為理想放大器的小訊號模型，根據此模型，可得公式(1)和(2)，假設  $R_i \gg R_s$  且  $R_L \gg R_o$  時，可得公式(3)和(4)

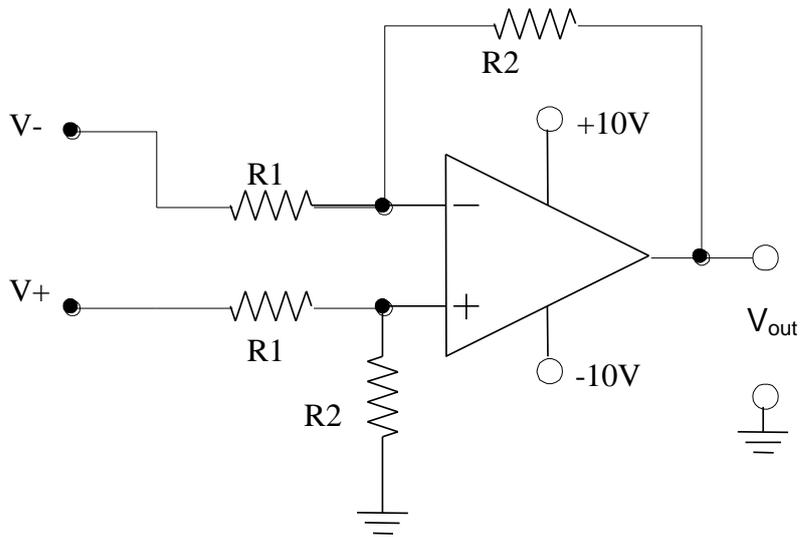


圖 17 差動放大器電路

假設圖 17 的差動放大器為理想放大器，可得公式(5)，其中  $R_2/R_1$  為放大倍數

$$V_i = \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right) V_s \quad (1)$$

$$V_o = \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) AV_i \quad (2)$$

$$V_i = V_s \quad (3)$$

$$V_o = AV_i \quad (4)$$

$$V_{out} = (V_+ - V_-) \frac{R_2}{R_1} \quad (5)$$

規格製訂：

表 13 為電流感知器規格需求，本身的功率損耗須遠小於家電裝置的待機耗電，否則此開關裝置將無法真實的省下耗電量。

表 13 電流感知器規格需求

規格	需求	規格數據
規格一	低功率損耗	功率損耗 < 10mW
規格二	偵測待機電流訊號 < 3mA	放大倍數 > 75 倍(設計為 100 倍)
規格三	低成本	+5V 單電源放大器

模擬電路模型建立：

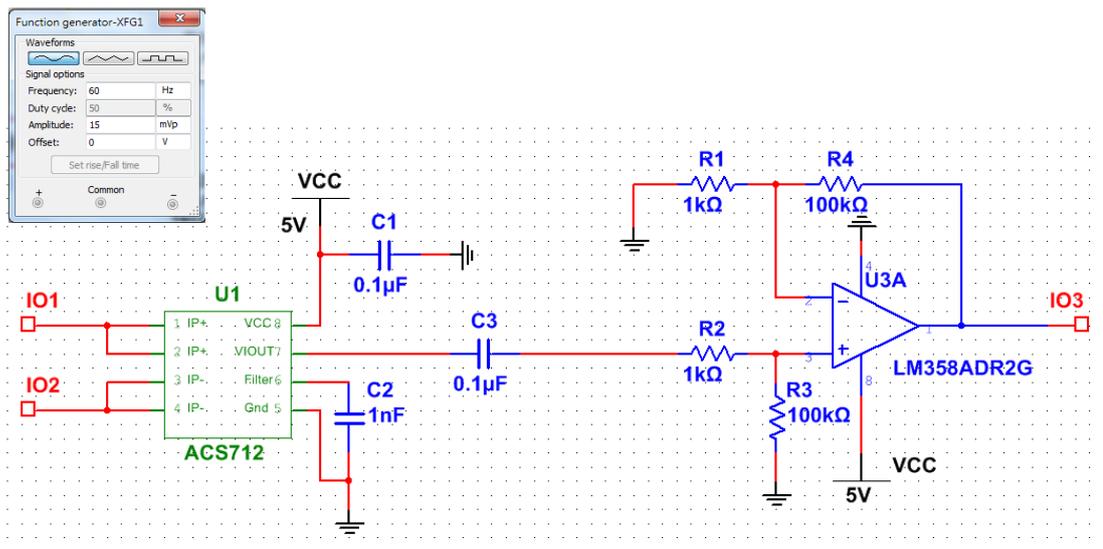


圖 18 電流感知器模擬電路模型

圖 18 為電流感知器的模擬電路，輸入 60Hz  $V_p=15\text{mV}$  的正旋波  
差動訊號(模擬家電裝置待機的損耗)

訊號分析：

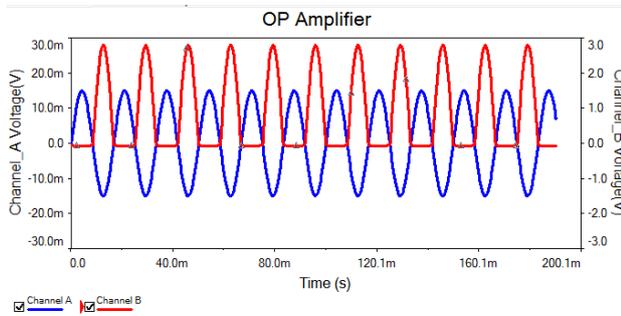


圖 19a 電流感知器輸出波形

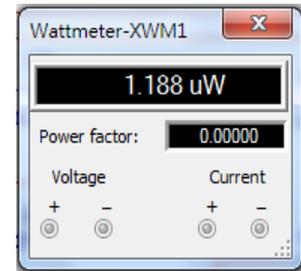


圖 19b 放大器功率損耗

此電流感知器具有差動放大器，可將訊號放大 100 倍，並且使用單端的+5V 電源輸入，達到半波整流的效果。 $R1 = R2 = 1\text{K}$  歐姆  $R3 = R4 = 100\text{K}$  歐姆，其放大倍數為 100 倍，如圖 19a，藍色訊號為感知電阻上的電流感知訊號(峰值約 15mV)，紅色訊號為電流感知器之輸出訊號(峰值約 3V)，由於電流感知訊號為差動訊號，故當感知訊號之峰值為 15mV 時，其差動訊號輸入端將為 30mV，故放大倍數為 100 倍後的輸出訊號為峰值 3V。

另外根據此模型，電流感知器自身的功率損耗接近於 0V 如圖 19b，符合設計規格。

## B. RC 濾波器

原理分析：s

電流感知訊號仍為交流訊號，為了準確分辨此電流感知訊號的大小，須將此交流訊號轉換成直流訊號，因此 RC 濾波器電路將被使用在將交流訊號轉成直流訊號。

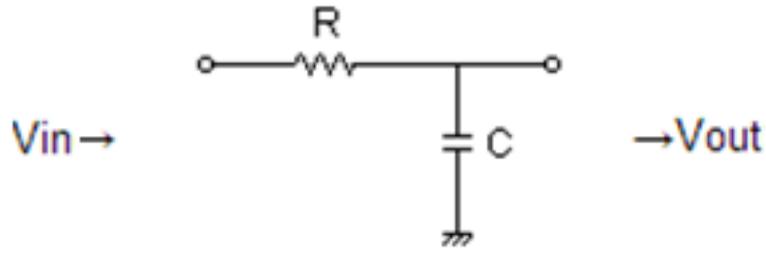


圖 20 RC 濾波器充電模型

圖 20 為 RC 濾波器的等效電路，根據此電路可推導出 RC 濾波器充電的微分方程式(公式 6)，並求解此微分方程式，可得其輸出(公式 7)。

$$V_{in} = RC \frac{dV_{out}}{dt} + V_{out} \quad (6)$$

$$V_{out} = V_{in} \times (1 - e^{-t/RC}) \quad (7)$$

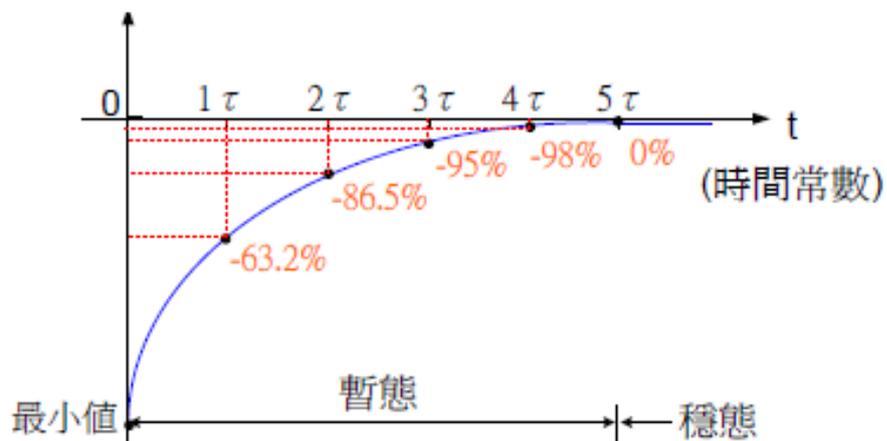


圖 21 RC 濾波器充電暫態響應

假設時間常數  $\tau = RC$ ，所以在五個時間常數之後， $V_{out}$  會幾乎等於  $V_{in}$ ，達到完全充電的效果，如圖 21 所示

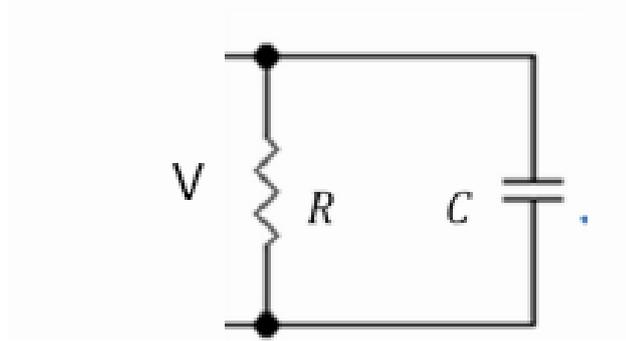


圖 22 RC 濾波器放電模型

根據圖 22 可推導出 RC 濾波器放電的微分方程式(公式 8)，根據公式(8)求解微分方程式，可得濾波器的輸出(公式 9)

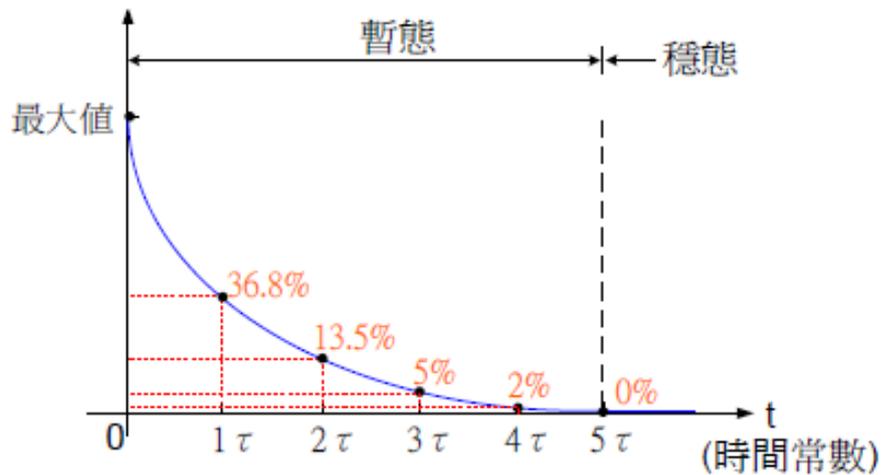


圖 23 RC 濾波器放電暫態響應

假設時間常數  $\tau = RC$ ，所以在五個時間常數之後， $V_{out}$  會幾乎等於  $V_{in}$ ，達到完全放電的效果，如圖 23 所示

$$RC \frac{dV}{dt} + V = 0 \tag{8}$$

$$V = V_0 \times e^{-t/RC} \tag{9}$$

規格製訂：

表 14 為 RC 濾波器的規格需求，主要的目的是將電流感知器輸

出之交流訊號快速地轉換成直流訊號，充電時間小於 20ms 的目的是要快速地打開開關，讓使用者使用家電的情形不受到影響；而放電時間大於 10 秒的目的是要有緩衝時間，慢慢地關閉，避免電流瞬間變小而造成開關裝置的誤動作。

表 14 RC 濾波器規格需求

規格	需求	規格數據
規格一	低頻濾波器	頻寬 $\ll 60\text{Hz}$
規格二	快速打開開關	充電時間 $< 20\text{ms}$
規格三	關閉時有個緩衝時間，避免誤動作	放電時間 $> 10\text{s}$

模擬電路模型建立：

輸入訊號為  $0.01\text{Hz}$   $V_p = 5\text{V}$  方波訊號

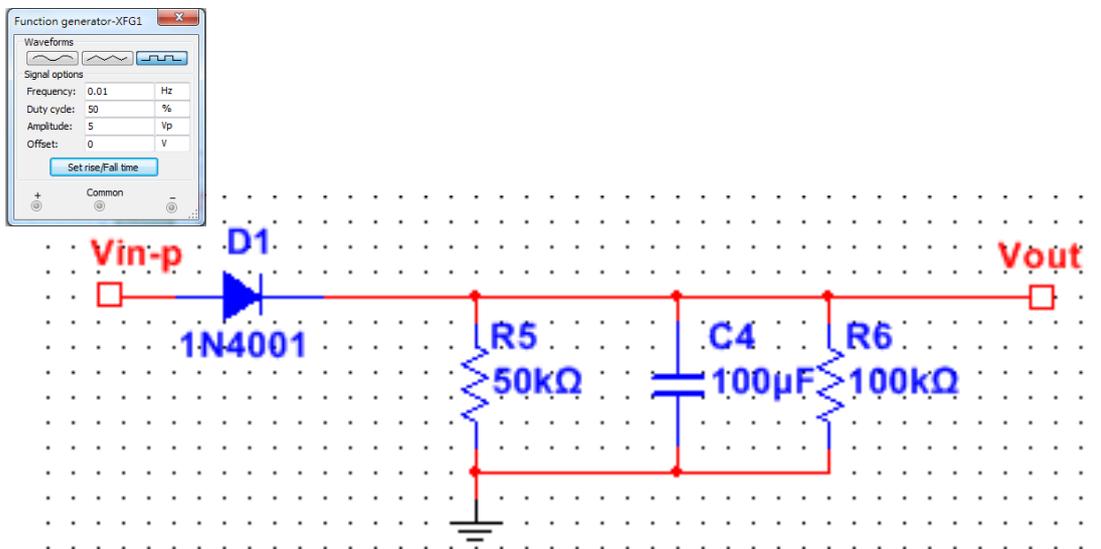


圖 24 RC 濾波器模擬電路

訊號分析：

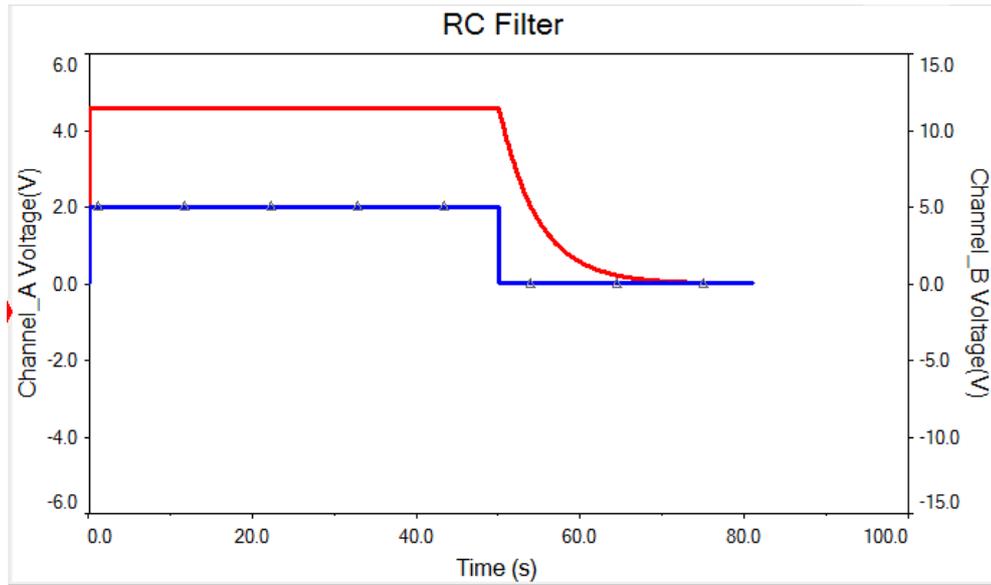


圖 25a RC 濾波器放電訊號

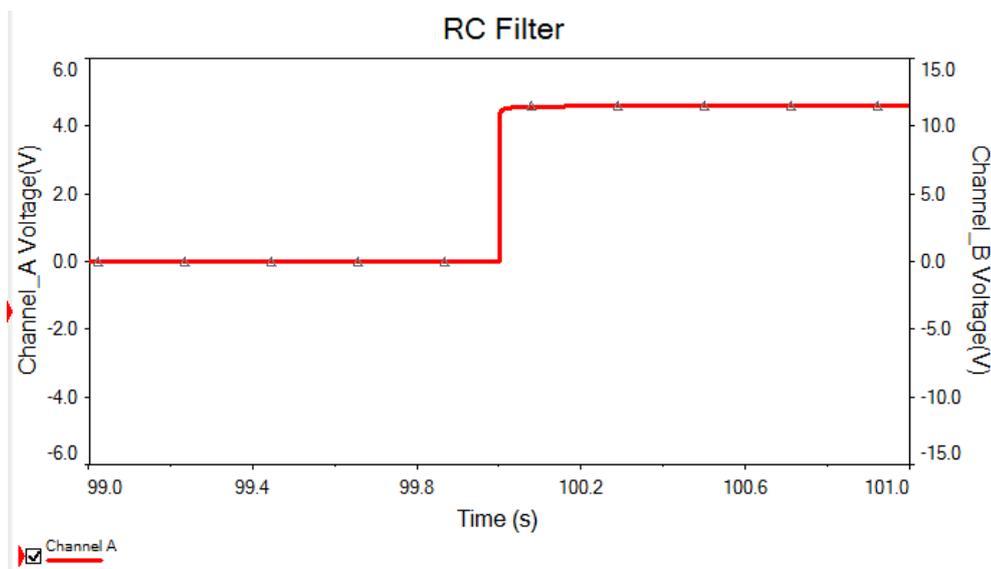


圖 25b RC 濾波器充電訊號

根據圖 24 的模擬電路，RC 放電的時間常數 $=R \times C=50K \times 100\mu F = 5$ ，五倍的 RC 時間為 25 秒，符合圖 25a 所示。

根據圖 24 的模擬電路，RC 充電的時間常數 $=R \times C=0 \times 100\mu F = 0$ ，充電時間幾乎為零，符合圖 25b 所示。

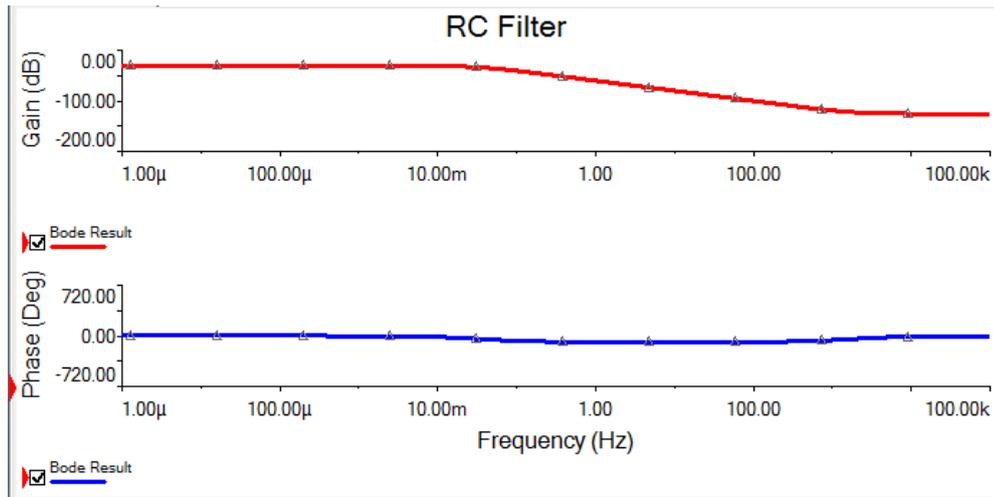


圖 25c RC 濾波器波德圖

圖 25c 為此電路的頻率響應波德圖，頻寬接近直流，所以可將 60Hz 的交流訊號，完美的轉換成直流，圖 24 的設計將可符合設計規格。

### C.比較電路

原理分析：

電流感知訊號經過 RC 濾波器而變成直流電壓，可用一直流參考電壓，配合比較電路來判斷電流感知訊號為工作模式或待機模式。

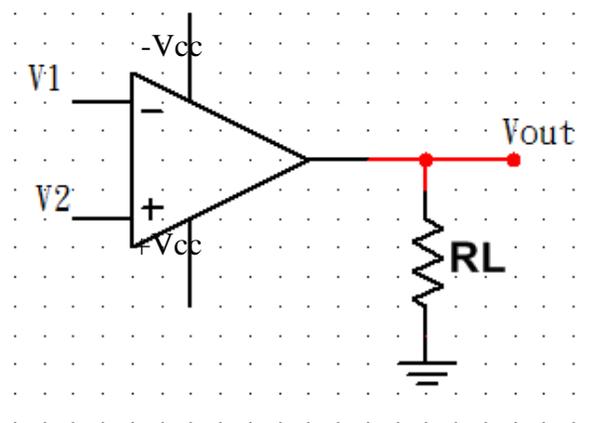


圖 26 比較器電路模型

圖 26 為比較電路模型，並依此模型推導出公式(10)，當  $V_1 > V_2$

時， $V_{out}$  將為負的飽和電壓 ( $-V_{sat} = -V_{cc}$ )，反之， $V_1 < V_2$  時， $V_{out}$  為正的飽和電壓 ( $V_{sat} = V_{cc}$ )

$$V_{out} = V_{sat} \times \text{sign}(V_2 - V_1) \quad (10)$$

規格製訂：

表 15 為比較器電路的規格需求，須達成低功率損耗及快速切換電源。快速切換開關的目的是要快速地打開電源開關，讓使用者使用家電的情形不受到影響，而降低功率損耗可省下更多不必要的消耗。

表 15 比較器規格製訂

規格	需求	規格數據
規格一	低功率損耗	比較器的功率損耗 < 10mW
規格二	快速切換電源	反應時間 < 10ms

模擬電路模型建立：

V+輸入 2.5V 的直流參考電位(模擬待機的參考電位)

V-輸入 1Hz 5V 的三角波(模擬變動的電壓源)

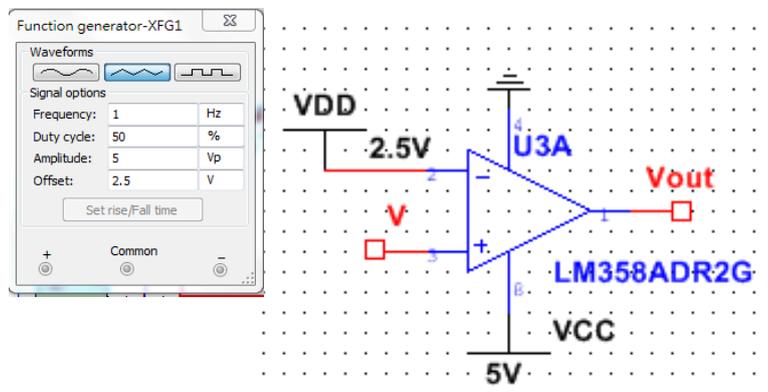


圖 27 比較器模擬電路

訊號分析：

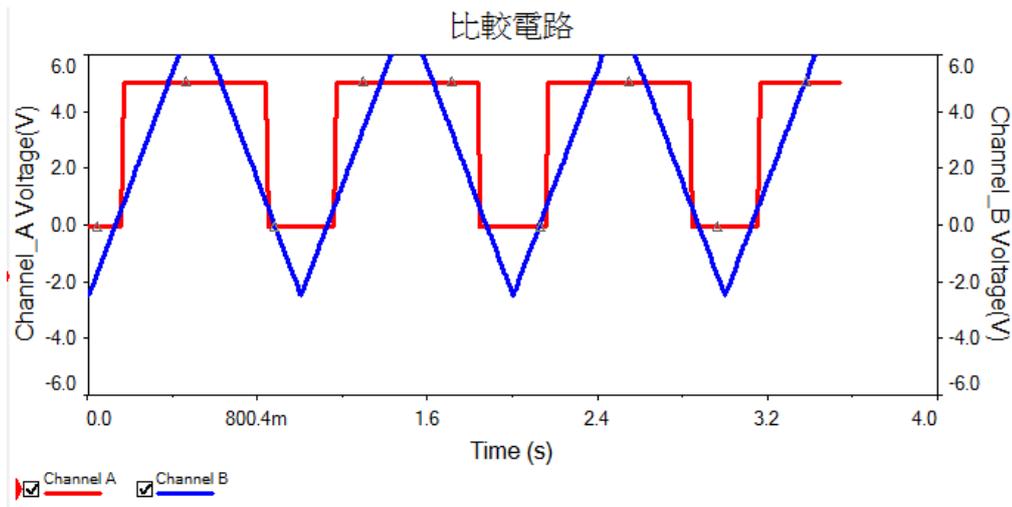


圖 28 比較器輸出訊號

圖 28 之三角波模擬變動的電壓源，由圖可知，當從家電裝置輸入訊號的電壓經放大器放大後為 0.75V 時，三角波與方波訊號交會，代表此時比較器輸出 +Vcc 的電壓(5V)，而當三角波的電壓下降，再次與方波訊號交會，代表此時比較器輸出 -Vcc(0V)

#### D. 輪詢訊號產生器

原理分析：

為了讓此開關裝置具備節能協定，本研究運用即時輪詢的技術，使開關有自動喚醒的功能，並使用了輪詢訊號產生器，產生即時輪詢的訊號。

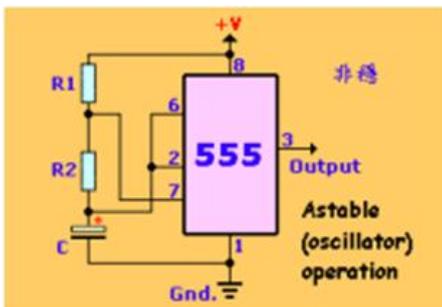


圖 29a 輪詢訊號產生器模型

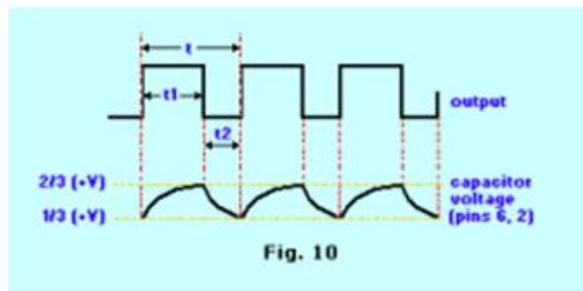


圖 29b 產生波形圖

本輪詢訊號產生器將使用時序 IC555 產生輪詢訊號，根據圖 29a 的模型了解輪詢訊號會和 RC 充放電相關，公式(11)為輪詢訊號的頻率，此輪詢訊號分成詢問時間 $t_1$ 和睡眠時間 $t_2$ ， $t_1$ 和 $t_2$ 可由公式(12)和(13)求得。

$$f = 1/[0.693 \times C \times (R_1 + 2 \times R_2)] \quad (11)$$

$$t_1 = 0.693 \times (R_1 + R_2) \times C \quad (12)$$

$$t_2 = 0.693 \times R_2 \times C \quad (13)$$

規格製訂：

表 16 為輪詢訊號產生器的規格需求，根據節能協定的需求，必須產生每隔 1 秒啟動 0.1 秒的輪詢訊號，即 1 秒內電源開關只會對家電裝置提供電源 0.1 秒，因此可節省 0.9 秒的待機損耗，自身的功率損耗亦須遠小於待機損耗。

表 16 輪詢訊號產生器規格需求：

規格	需求	規格數據
規格一	產生輪詢訊號	週期為 1 秒，啟動時間為 0.1 秒
規格二	低功率損耗	輪詢訊號產生器的耗電量 < 10mW

模擬電路模型建立：

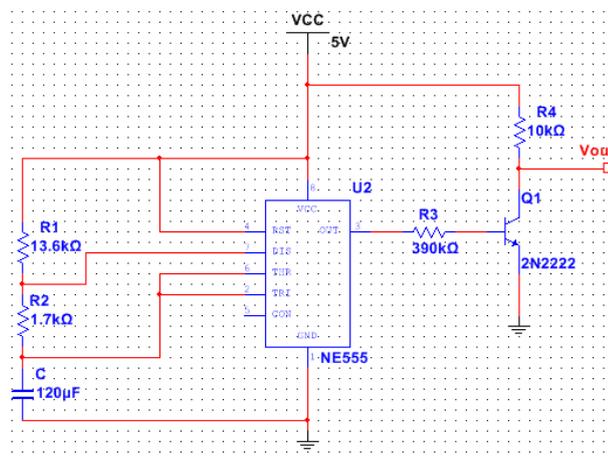


圖 30 輪詢訊號產生器模擬電路

訊號分析：

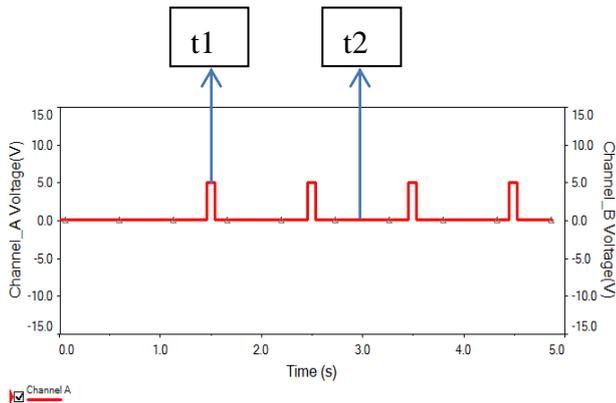


圖 31a 輪詢訊號產生器輸出波形圖

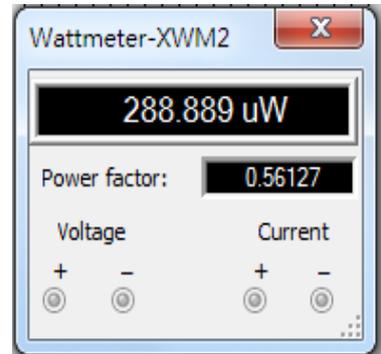


圖 31b 輪詢訊號產生器功率損耗

根據圖 31a 的模擬結果， $t_1$  為詢問的時間(0.1 秒)， $t_2$  為睡眠時間(0.9 秒)，且功率損耗也有低於標準，所以圖 30 的輪詢訊號產生器的模擬電路符合一開始的設計規格。

### E. 控制電路

原理分析：

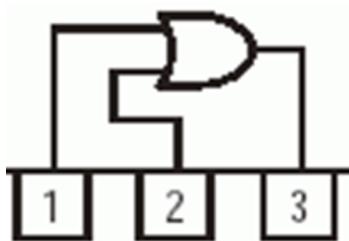


圖 32a 或閘(OR Gate)

Pin1	Pin2	Pin3
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

圖 32b 或閘真值表

根據圖 32a 和 32b，可發現只要 Pin1 或 Pin2 任何一個 Pin 為 1 的時候，Pin3 輸出為 1，此電路可被應用於控制固態繼電器，讓 Pin1 為輪詢訊號，Pin2 為家電的工作模式(比較電路的輸出，0 為待機模式，1 為工作模式)，所以當家電為工作模式時( $Pin2 = 1$ )，則  $Pin3 = 1$ ，會去開啟固態繼電器，讓家電裝置正常工作；反之，當家電為待機模式時( $Pin2 = 0$ )，則  $Pin3 = Pin1$ (輪詢訊號)，會透過此訊號去控制

固態繼電器，每隔 1 秒鐘有 0.9 秒是屬於睡眠模式，只有 0.1 秒會啟動，並詢問家電裝置是否已被開啟，如果沒有，會繼續進入睡眠。

$$Pin3 = Pin1 \text{ OR } Pin2 \quad (14)$$

規格製訂：

表 17 為控制電路的規格需求，或閘是用於控制高速固態繼電器，當家電使用中的時候，導通固態繼電器，使家電正常使用；而當家電待機的時候，也是由或閘提供輪詢訊號控制高速固態繼電器，進行詢問的動作。

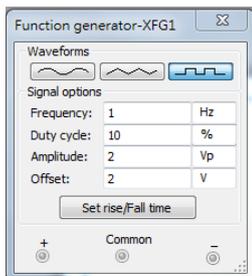
此控制電路本身須輸出大於 20mA 的電流來驅動高速固態繼電器，但是其自身的功率損耗也不可過高，以減少不必要的消耗。

表 17 控制電路規格需求

規格	需求	規格數據
規格一	或閘的功能	家電使用中，輸出 5V 直流電啟動高速固態開關，使家電可被正常使用。家電待機中，輸出輪詢訊號
規格二	低功率損耗	自身功率損耗 < 10mW
規格三	大輸出的驅動電流	驅動電流 > 20mA

模擬電路模型建立：

Vin1 輸入輪詢訊號，且 Vin2 輸入比較電路的輸出訊號



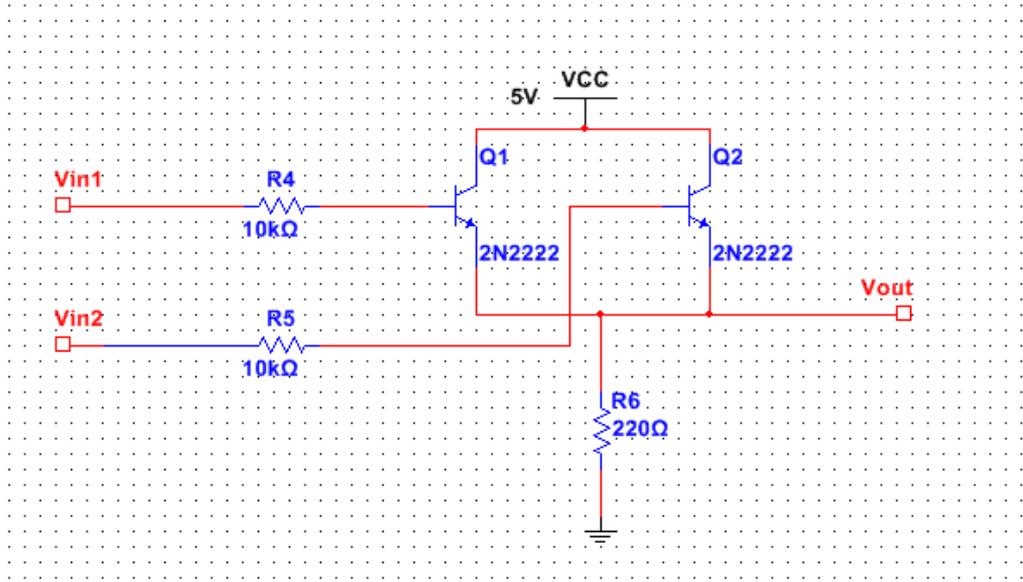


圖 33 控制電路模擬圖

訊號分析：

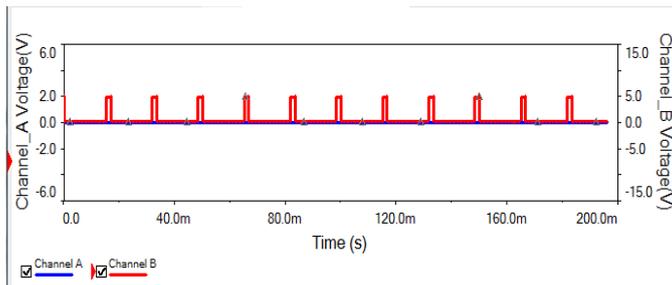


圖 34a Pin2 為 0V 時控制電路輸出訊號

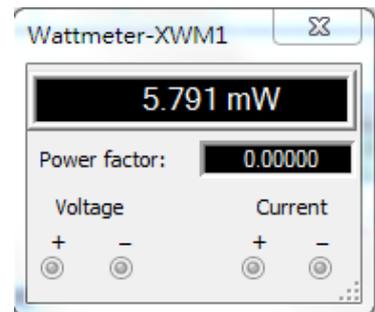


圖 34b 控制電路功率損耗

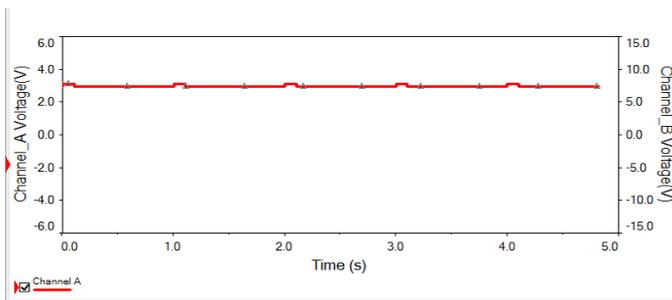


圖 34c Pin2 為 5V 時控制電路輸出訊號

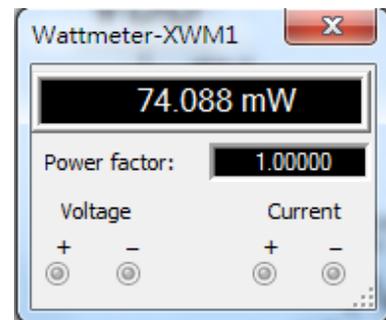


圖 34d 控制電路功率損耗

根據固態繼電器的規格，其控制訊號需耗電 16mA 以上，所以換算成功率損耗約 70 到 80mW，與模擬結果吻合，可符合設計規格的要求。

#### 四、進行實作

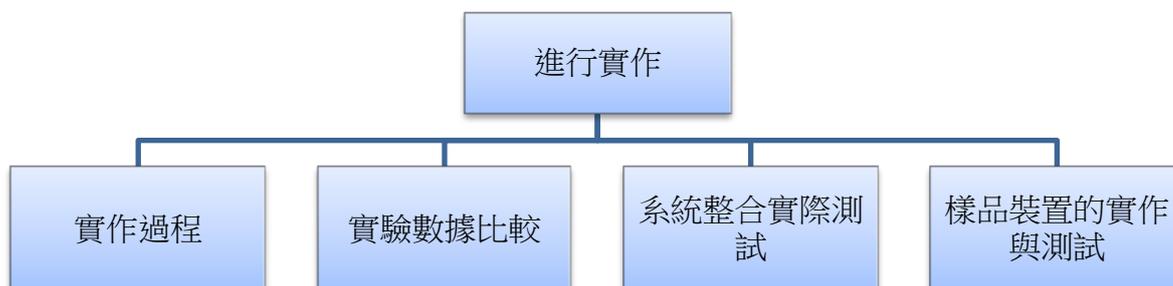


圖 35 進行實作思考圖

##### 1. 實作過程

表 18 及 19 為實作過程時運用到的器材及設備：

表 18 研究設備列表：

實驗設備	型號	數量	註解
數位示波器	TDS-2022b	1	N/A
三用電表	YF-3502T	1	N/A
瓦特計	SPG-26MS	1	N/A
訊號產生器	GFG-8015G	1	N/A
電源供應器	N/A	1	N/A
烙鐵	OK-60	1	N/A
麵包板	EIC-1104	1	N/A
印刷電路板蝕刻機	ET-20	1	N/A
電腦	ASUS A52J ASUS G75W	2	N/A
電路圖軟體	MultiSim	1	Evaluation version (30 days)
印刷電路板佈線軟體	Ultiboard	1	Evaluation version (30 days)

表 19 研究元件列表：

元件	型號	數量	註解
高速固態開關(SSR)	G3NE-210T-US	1	N/A
交流電源開關	N/A	2	N/A
漆包線	N/A	1	N/A
電阻	電阻板 (0 ohm ~ 10M ohm)	2	N/A
電容	22 $\mu$ F,100 $\mu$ F,220 $\mu$ F	一批	N/A
電路板	N/A	2	N/A
電晶體	KN2222A	10	N/A
時序產生器	NE555	5	N/A
放大器	LM358	5	N/A
可變電阻	500K, 1M	2	N/A
霍爾感知器	ACS712	2	N/A

#### A. 電流感知器

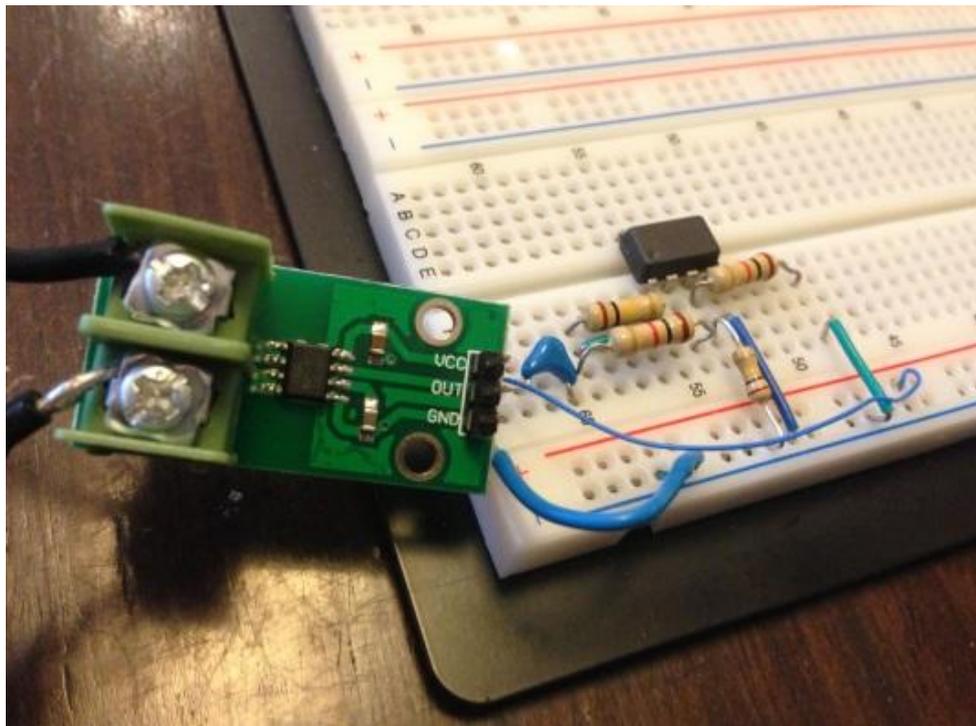


圖 36a 電流感知器電路實作

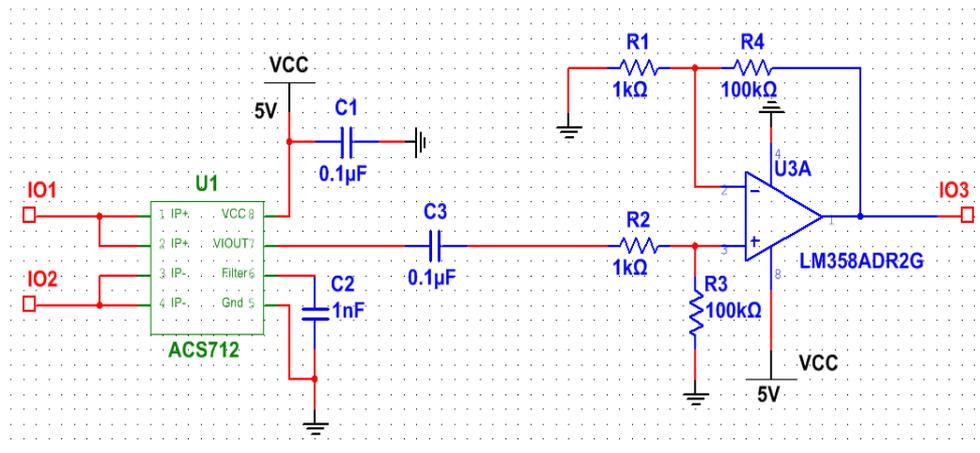


圖 36b 電流感知器之放大器電路圖

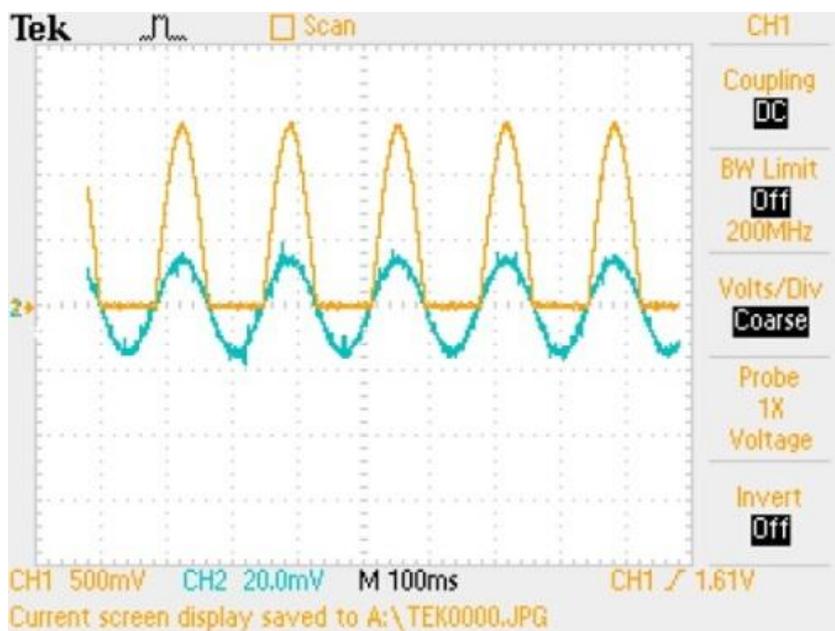


圖 36c 電流感知器訊號輸出波形

根據圖 36c 的波形顯示，此電流感知器之放大器電路實際放大倍數約 95 倍，可將微弱之電流感知訊號約 15mV(藍綠色訊號)，放大 95 倍到 1.4V(黃色訊號)，以利後續處理，故此電流感知器將可符合期待值。

## B. RC 濾波器

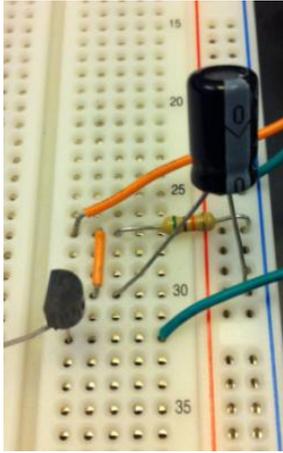
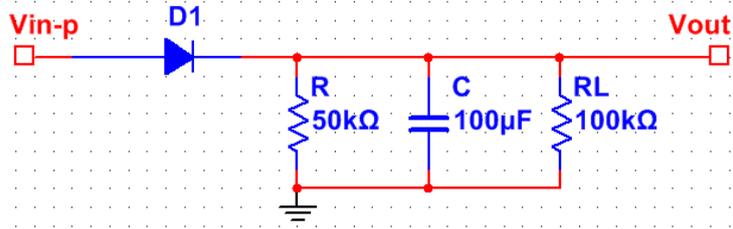


圖 37a RC 濾波器電路實作圖



37b RC 濾波器電路圖

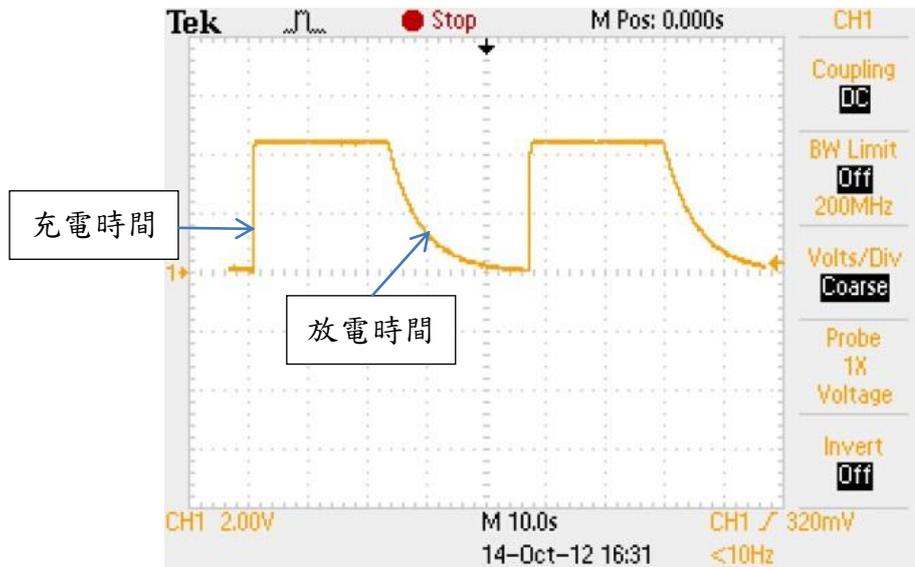


圖 37c RC 濾波器訊號波形

根據圖 37c 的波形顯示，此 RC 濾波器的充電時間  $< 10ms$ ，代表此系統從待機模式切換至工作模式的時間將  $< 10ms$ ；而 RC 濾波器的放電時間  $> 20s$ ，代表從工作模式切換回待機模式的等待時間須  $> 20s$ ，主要的目的是避免家電裝置瞬間低電流造成誤動作，所以此設計符合期待值。

### C. 比較器

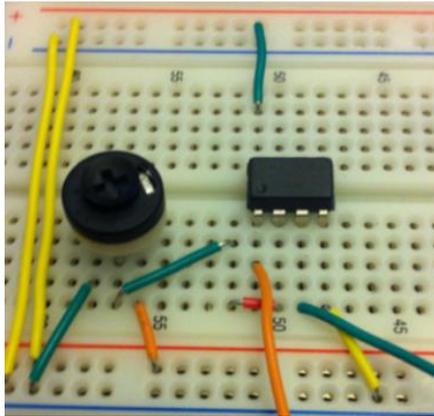


圖 38a 比較器電路實作

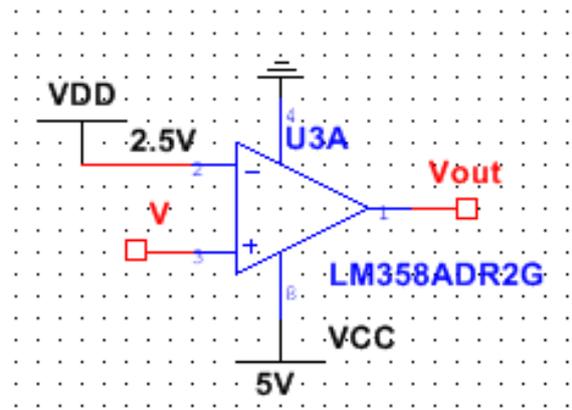


圖 38b 比較器電路圖

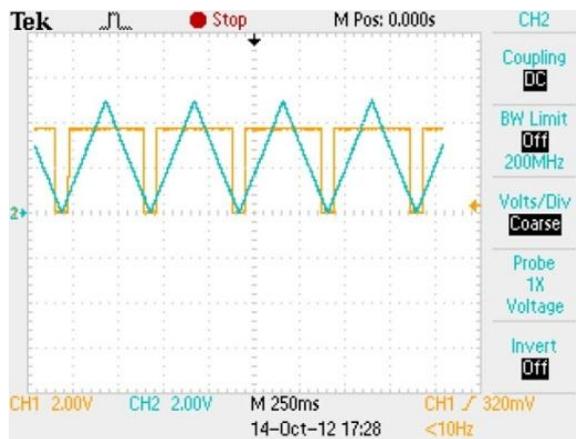


圖 38c 比較器訊號波形

根據圖 38c 的波形顯示，此實驗的參考電壓設為 0.75V，當測試訊號從 0V 變化到 5V 時，在 0.75V 的位置時，比較器會產生變化，其轉換時間已 < 10ms，代表此開關從待機模式到工作模式的切換速度，此設計符合期待值。

#### D. 輪詢訊號產生器

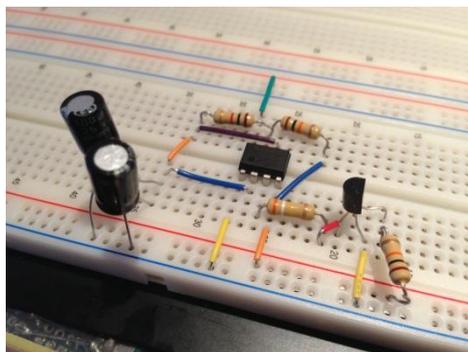


圖 39a 即時輪詢訊號產生器實作

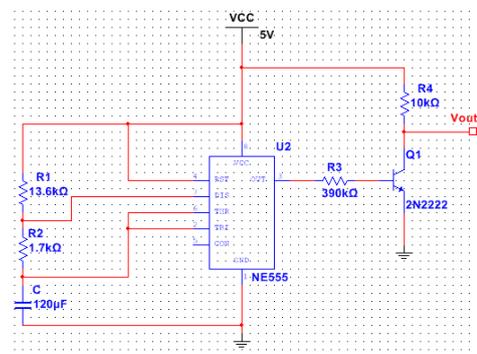


圖 39b 即時輪詢訊號產生器電路圖

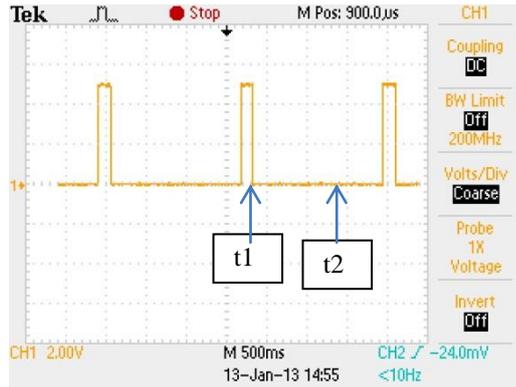


圖 39c 即時輪詢訊號產生器訊號波形

根據圖 39c 的訊號波形，此即時輪詢訊號產生器，產生兩個主要的時序 t1 和 t2，t1 為詢問模式，t2 為睡眠模式，此比例將決定省電的效率，目前系統規格為 90%(省電效率)， $t1 : t2 = 1 : 9$

### E. 控制電路

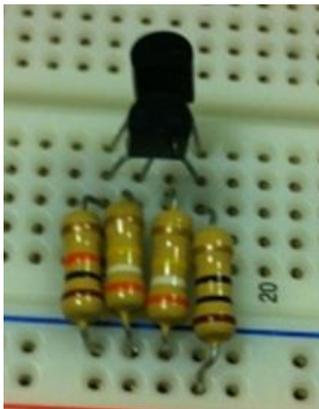


圖 40a 控制電路實作

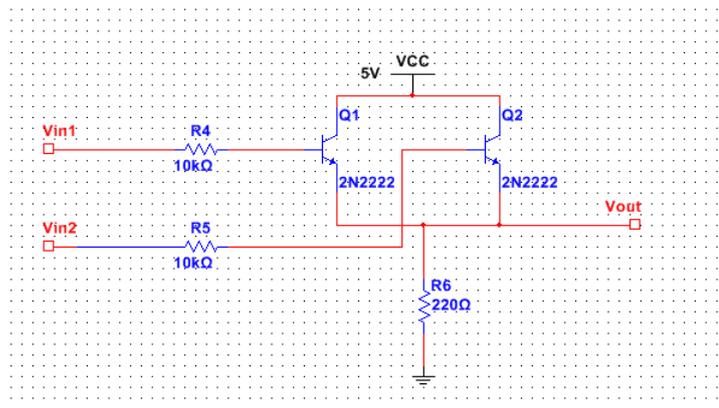


圖 40b 控制電路圖

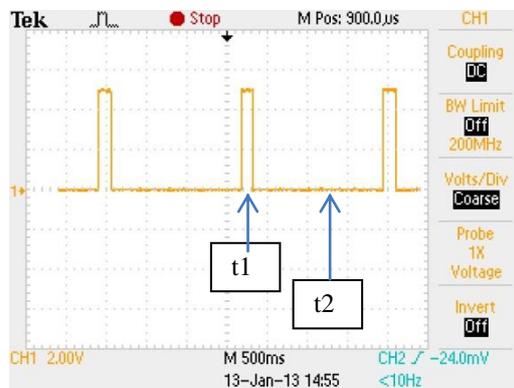


圖 40c 控制電路訊號輸出波形

這次實作將  $V_{in2}$  設定為 0V，所以根據之前設計之控制電路規格，可發現圖 40c 輸出輪詢訊號，因為當家電為待機模式時( $V_{in2} = 0$ )，則  $V_o = V_{in1}$ (輪詢訊號)，每隔 1 秒鐘有 0.9 秒是屬於睡眠模式，只有 0.1 秒會啟動，並詢問家電裝置是否已被開啟，如果沒有，會繼續進入睡眠；如果有，控制電路將會輸出 5V 直流電並開啟高速固態開關，使家電可正常使用。這些實際測試驗證了之前的模擬，也符合設計規格。

## 2. 實驗數據比較

根據主要的功能模組進行實驗數據與模擬數據的比較已確認本研究的設計符合期待值。本比較將只針對主要的模組進行分析及比對，以確認此設計之實驗數據符合之前使用模擬推導的設計規範。

### A. 電流感知器

在電流感知器的實驗數據部分是依據圖 36b 之電路進行實際量測資料和模擬結果的比較，可發現主要誤差來自小訊號量測時，儀器精準度所造成的誤差，由於此設計為及小電流功率耗損，其電流值或功率值均為毫瓦/毫伏(mW/mV) 到次毫瓦/次毫伏(uW/uV)，因為本研究所設計之節能開關對於精準度的要求並不高，只須能分辨出家電的運轉模式為工作模式或待機模式，故對精準度的要求為 100mV to 1V 的範圍，因此，本實驗之量測器材為一般三用電表或一般示波器，無需高解析度之儀器。根據表 20，主要的參數為電流感知器內之差動放大器的放大倍數(Gain)和電流感知器的輸出電壓值( $V_{o-p}$ )，可發現其實驗數據和理論模擬所產生的誤差約為 10%，在考慮量測誤差的情況下，其結果是可以接受的。

表 20 電流感知器模擬及量測結果比較表

欄1	Vin-p (mV)	Gain	C (ohm)	R1 (Ohm)	R2 (Ohm)	R3 (Ohm)	R4 (Ohm)	RL (Ohm)	Vc (Volt)	Vo-p (Volt)	Vc (Volt)	I+ (mA)	Power (mW)
實際量測資料-(1)	15.00	8.80	10.20	989	988	9.900	9.940	986.000	4.990	0.132	5.00	0.9804	4.9020
模擬結果-(1)	15.00	10.00	10.00	989	988	9.900	9.940	986.000	4.994	0.150	5.00	0.6000	3.0000
誤差	0.00%	-13.64%	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.08%	-13.64%	0.00%	38.80%	38.80%
實際量測資料-(2)	50.00	11.60	10.20	989	988	9.900	9.940	986.000	4.990	0.580	5.00	0.9804	4.9020
模擬結果-(2)	50.00	9.96	10.00	989	988	9.900	9.940	986.000	4.994	0.498	5.00	0.6000	3.0000
誤差	0.00%	14.14%	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.08%	14.14%	0.00%	38.80%	38.80%
實際量測資料-(3)	100.00	10.40	10.20	989	988	9.900	9.940	986.000	4.990	1.040	5.00	0.9804	4.9020
模擬結果-(3)	100.00	10.01	10.00	989	988	9.900	9.940	986.000	4.994	1.001	5.00	0.6000	3.0000
誤差	0.00%	3.75%	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.08%	3.75%	0.00%	38.80%	38.80%
實際量測資料-(4)	500.00	7.60	10.20	989	988	9.900	9.940	986.000	4.990	3.800	5.00	0.9804	4.9020
模擬結果-(4)	500.00	7.08	10.00	989	988	9.900	9.940	986.000	4.994	3.542	5.00	0.6000	3.0000
誤差	0.00%	6.79%	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.08%	6.79%	0.00%	38.80%	38.80%
實際量測資料-(4)	1000.00	3.84	10.20	989	988	9.900	9.940	986.000	4.990	3.840	5.00	0.9804	4.9020
模擬結果-(4)	1000.00	3.54	10.00	989	988	9.900	9.940	986.000	4.994	3.543	5.00	0.6000	3.0000
誤差	0.00%	7.73%	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.08%	7.73%	0.00%	38.80%	38.80%

## B. RC 濾波器

在 RC 濾波器的實驗數據部分是依據圖 37b 之電路進行實際量測資料和模擬結果的比較，其中 Vin-p 為輸入訊號，Freq 和 DC offset 為此輸入訊號之頻率及直流的成分，表 21 為此 RC 濾波器實驗數據比較的結果，RC 濾波器主要參數為輸出電壓值(Vout)和漣波輸出值(Vout-pp, ripple)，輸出電壓值的誤差約為 20%，主要來自量測儀器的誤差，和電容值的誤差，根據元件規格此電容值的誤差為 10%，這是造成主要誤差的來源。漣波輸出值的誤差較大，是因為漣波輸出值相當小，其範圍為毫伏，因此量測儀器的誤差已超過毫伏甚多，所以造成誤差的百分比過大，但實際使用上毫伏的範圍已可滿足系統需求，本實驗數據可說明此設計可符合規格。

表 21 RC 濾波器模擬及量測結果比較表

欄1	Vin-p (volt)	Freq. (Hz)	DC Offset (Volt)	R (Ohm)	G (uF)	RL (Ohm)	Vout (volt)	Vout-pp (ripple) (volt)
實際量測資料-(1)	0.5	60.0	0.5	9,940	22.0	99,600	0.480	0.180
模擬結果-(1)	0.5	60.0	0.5	9,940	22.0	99,600	0.364	0.040
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	24.17%	77.78%
實際量測資料-(2)	0.5	60.0	0.5	9,940	100.0	99,600	0.445	0.080
模擬結果-(2)	0.5	60.0	0.5	9,940	100.0	99,600	0.365	0.006
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	17.98%	92.50%
實際量測資料-(3)	0.5	600.0	0.5	9,940	22.0	99,600	0.443	0.080
模擬結果-(3)	0.5	600.0	0.5	9,940	22.0	99,600	0.350	0.004
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.99%	95.00%
實際量測資料-(4)	0.5	600.0	0.5	9,940	100.0	99,600	0.443	0.080
模擬結果-(4)	0.5	600.0	0.5	9,940	100.0	99,600	0.364	0.001
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	17.83%	98.75%
實際量測資料-(4)	0.5	60.0	0.5	9,940	22.0	981,000	0.484	0.180
模擬結果-(4)	0.5	60.0	0.5	9,940	22.0	981,000	0.360	0.022
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.62%	87.78%
實際量測資料-(5)	0.5	60.0	0.5	9,940	100.0	981,000	0.486	0.080
模擬結果-(5)	0.5	60.0	0.5	9,940	100.0	981,000	0.364	0.001
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.10%	98.75%

### C. 輪詢訊號產生器

在輪詢訊號產生器的實驗數據部分是依據圖 39b 之電路進行實際量測資料和模擬結果的比較，表 22 為此輪詢訊號產生器實驗數據比較的結果，此輪詢訊號產生器的主要參數為 Duty Cycle，Duty Cycle 為 Pos Width (t2 睡眠時間)和 Neg Width (t1 詢問時間)所構成(如圖 38c)，其誤差值小於 2%，是相當精確的設計，表 22 中的 Ic 為通過 Rc 的電流可代表輪詢訊號產生器的耗電量，其所示的 Ic 值誤差較大，這是由於此電路的耗電量非常小，造成一般的三用電表量測時的誤差較大，這將不影響主要的電路功能。

表 22 輪詢訊號產生器模擬及量測結果比較表

欄1	Vcc (V)	Rc (Ohm)	Vc (Volt)	R1 (ohm)	R2 (Ohm)	G (uF)	Ic (mA)	Power (mW)	Vout Pos Width (ms)	Vout Neg Width (ms)	Vout Period (ms)	Vout Freq (Hz)	Vout Duty Cycle (%)
實際量測資料-(1)	5.05	10.20	5.030	8060.00	990.00	22.00	1.96	9.90	156.00	20.00	176.00	5.68	88.64%
模擬結果-(1)	5.00	10.00	4.993	8060.00	990.00	22.00	0.70	3.50	141.10	15.15	156.25	6.40	90.30%
誤差	0.99%	1.96%	0.74%	0.00%	0.00%	0.00%	64.30%	64.65%	9.55%	24.25%	11.22%	-12.64	-1.88%
實際量測資料-(2)	5.05	10.20	5.030	8060.00	990.00	100.00	1.96	9.90	720.00	90.00	810.00	1.23	88.89%
模擬結果-(2)	5.00	10.00	4.993	8060.00	990.00	100.00	0.70	3.50	630.00	69.13	700.00	1.43	90.00%
誤差	0.99%	1.96%	0.74%	0.00%	0.00%	0.00%	64.30%	64.65%	12.50%	23.19%	13.58%	-15.71	-1.25%
實際量測資料-(3)	5.05	10.20	5.030	80800.00	9880.00	122.00	1.96	9.90	9100.00	1000.00	10100.00	0.10	90.10%
模擬結果-(3)	5.00	10.00	4.996	80800.00	9880.00	122.00	0.40	2.00	7690.00	833.00	8523.00	0.12	90.23%
誤差	0.99%	1.96%	0.68%	0.00%	0.00%	0.00%	79.60%	79.80%	15.49%	16.70%	15.61%	-18.50	-0.14%
實際量測資料-(4)	5.05	10.20	5.030	80800.00	9880.00	22.00	1.96	9.90	1600.00	200.00	1800.00	0.56	88.89%
模擬結果-(4)	5.00	10.00	4.996	80800.00	9880.00	22.00	0.40	2.00	1385.27	149.73	1535.00	0.65	90.25%
誤差	0.99%	1.96%	0.68%	0.00%	0.00%	0.00%	79.60%	79.80%	13.42%	25.13%	14.72%	-17.26	-1.53%

## D. 控制電路

在控制電路的實驗數據部分是依據圖 40b 之電路進行實際量測資料和模擬結果的比較，表 23 為此控制電路實驗數據比較的結果，其中 hFE1 和 hFE2 分別為電晶體 Q1 和 Q2 的電流放大規格，控制電路的主要參數為控制電路之輸出電壓  $V_o$  和輸出電流  $I_{out}$ ，此兩項的實驗數據和模擬的結果相當接近，其誤差小於 10%，其誤差值主要為儀器量測小訊號的誤差所導致，因此本設計應符合設計規範。

表 23 控制電路模擬及量測結果比較表

欄1	hFE1	hFE2	Vin1 (Volt)	Vin2 (Volt)	RC (Ohm)	RB1 (Ohm)	RB2 (Ohm)	RL (Ohm)	VCC (Vol)	VC (Vol)	$V_o$ (Vol)	$I_{cc}$ (mA)	$I_{out}$ (mA)	Power (mW)
實際量測資料-(1)	193	186	0.00	0.00	10.20	9,930	9,880	215	5.03	5.03	0.01	0.00	0.03	0.00
模擬結果-(1)	193	186	0.00	0.00	10.20	9,930	9,880	215	5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.60%	0.60%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%
實際量測資料-(2)	193	186	0.00	5.03	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.87	3.44	15.69	16.00	78.90
模擬結果-(2)	193	186	0.00	5.00	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.85	3.17	17.55	14.73	88.27
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.39%	7.94%	-11.88%	7.94%	-11.88%
實際量測資料-(3)	193	186	5.03	0.00	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.87	3.47	15.69	16.14	78.90
模擬結果-(3)	193	186	5.00	0.00	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.85	3.19	17.65	14.83	88.76
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.41%	8.10%	-12.50%	8.10%	-12.50%
實際量測資料-(4)	193	186	5.03	5.03	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.85	3.85	17.65	17.91	88.76
模擬結果-(4)	193	186	5.00	5.00	10.20	9,930	9,880	215	5.03	4.83	3.68	19.71	17.13	99.12
誤差	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.43%	4.34%	-11.67%	4.34%	-11.67%

從上列主要電路模塊的實驗數據可說明，本研究設計的節能開關本身所造成額外的功率損耗將是非常低，均在毫瓦的等級，相對於目前一些具有待機耗電的裝置之耗電量為 1 瓦到 3 瓦，將有數千倍的節能，具備相當的可行性。

### 3. 系統整合實際測試

根據前一節之實驗數據所示，此設計的主要電路模組均可符合設計的需求，接下來將整合成具備節能協定的完整節能開關，首先，圖 41 是此節能開關的完整模擬結果分析。

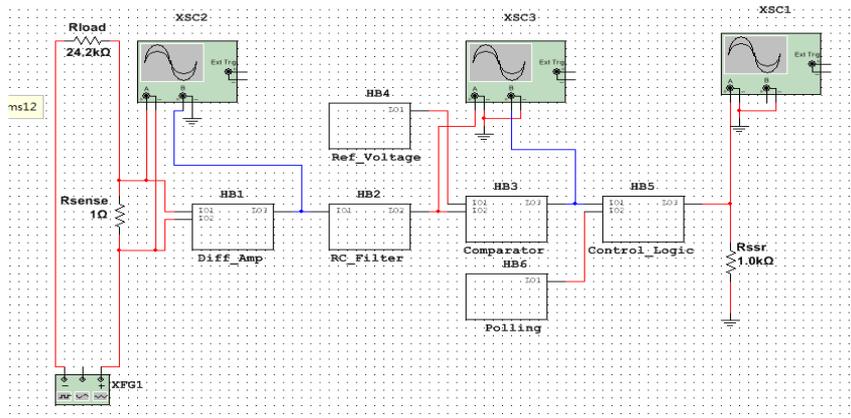


圖 41 系統整合模擬

圖 41 為此系統之整合模擬的電路模型，其中 Rload 表示家電裝置的等效電阻。例如某一家電裝置耗電為 12W 時 Rload 可用功率公式求得：

$$P = V^2/R \quad (15)$$

將 12W 及 110V 帶入公式(15)可得  $R = 12100/12$  約為 1000 歐姆，表示可用 1000 歐姆的電阻來模擬耗電 12W 的家電在工作模式的情況。

圖 42a 到 42c 為系統整合後，設家電裝置的功耗為 12W，Rload 為 1000 歐姆，各模組的模擬結果：

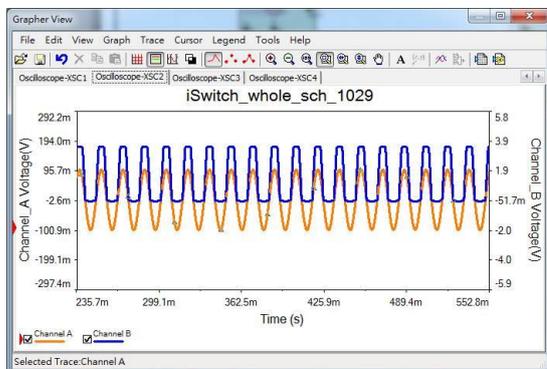


圖 42a 電流感知器的訊號

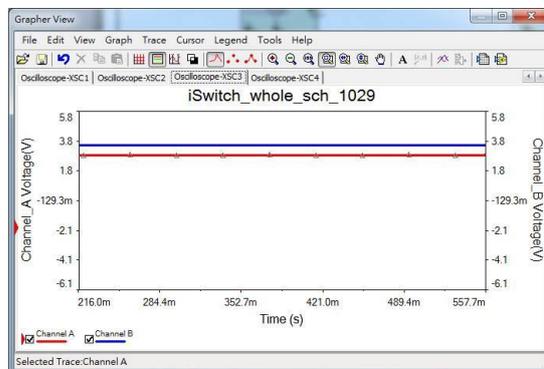


圖 42b RC 濾波器及比較器輸出

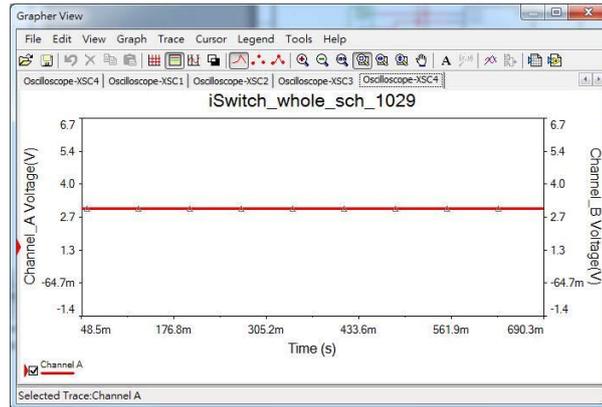


圖 42c 控制電路輸出訊號

圖 42a 的橘色訊號為電流感知訊號，在功率消耗為 12W 時的電壓值約為 100mV，藍色訊號為利用電流感知器內之差動放大器放大後的訊號，模擬的測量結果為接近 4V 的飽和電壓，符合期望結果。

圖 42b 為 RC 濾波器(紅色)，因為濾波器的輸出約為 2V 大於系統設定的參考電壓，所以比較器的輸出為接近 4V，符合期望結果。

圖 42c 為控制電路的輸出，依照控制電路設計的特性，只要比較電路的輸出為 4V，就會輸出比較電路的訊號，但是其中會有一些損耗，此模擬結果的輸出訊號為 4V，符合期望結果。

若假設待機耗電為 1.1W，並進入待機模式時，可用同樣方法求出家電裝置此時的等效電阻，將 1.1W 及 110V 帶入公式(15)可得  $R = 12100/1.1 = 11k$ ，表示可用 11K 歐姆的電阻來模擬耗電 1.1W 的家電裝置在工作模式的情況。

圖 43a 到 43c 為系統整合後，設家電裝置的功耗為 1.1W，Rload 為 11K 歐姆，各模組的模擬結果如下：

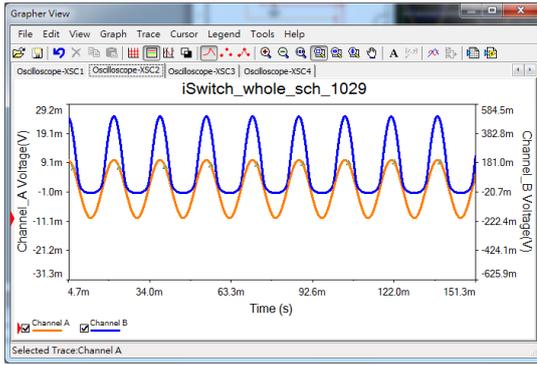


圖 43a 家電輸入訊號及放大後訊號

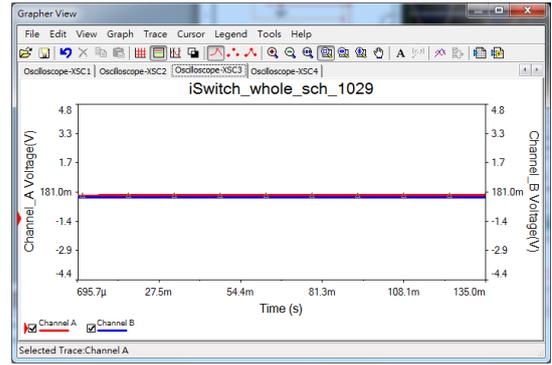


圖 43b RC 濾波器及比較器輸出



圖 43c 控制電路輸出訊號

圖 43a 的橘色訊號為電流感知訊號，在功率消耗為 1.1W 時的電壓值約為 10mV，藍色訊號為利用電流感知器內之差動放大器放大後的訊號，模擬的測量結果為接近 500mV 的輸出電壓，符合期望結果。

圖 43b 為 RC 濾波器(紅色)，因為濾波器的輸出約為 0.1V 小於系統設定的參考電壓，依照比較器輸出的設計規格應輸出接近 0V 的輸出電壓，其模擬結果也符合期望結果。

圖 43c 為控制電路的輸出，依照控制電路設計的特性，只要比較電路的輸出為 0V，就會輸出輪詢訊號產生器的訊號，此模擬結果的輸出訊號為 3.8V，也依之前設計之規格數據輸出啟動時間為 0.1 秒，週期為 1 秒的輪詢訊號，這符合期望結果。

#### 4. 樣品裝置的實作與測試

根據所做的系統整合測試模擬，利用圖 44 的步驟做電路板，並做樣品的測試。

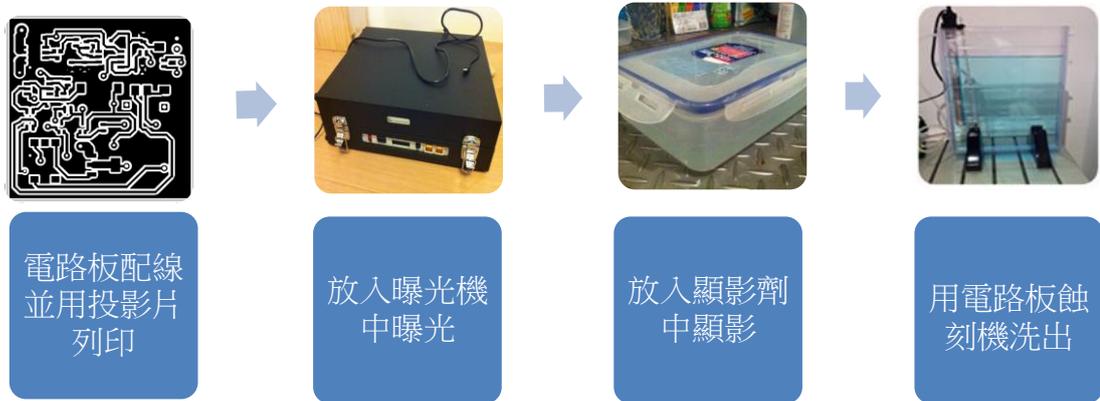


圖 44 電路板製作步驟

此裝置將會有兩個主要的電路板，一為上層電路，另一個為下層電路，其配線為圖 45 及圖 46

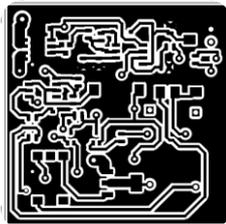


圖 45 上層電路板配線

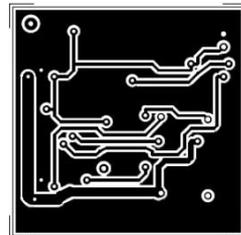


圖 46 下層電路板配線

完成這兩片電路板後，進入了焊接的階段，依照先前的系統設計圖，將元件焊接在電路板上，包括圖 47 的中心控制電路和圖 48 的交流端電路模組。

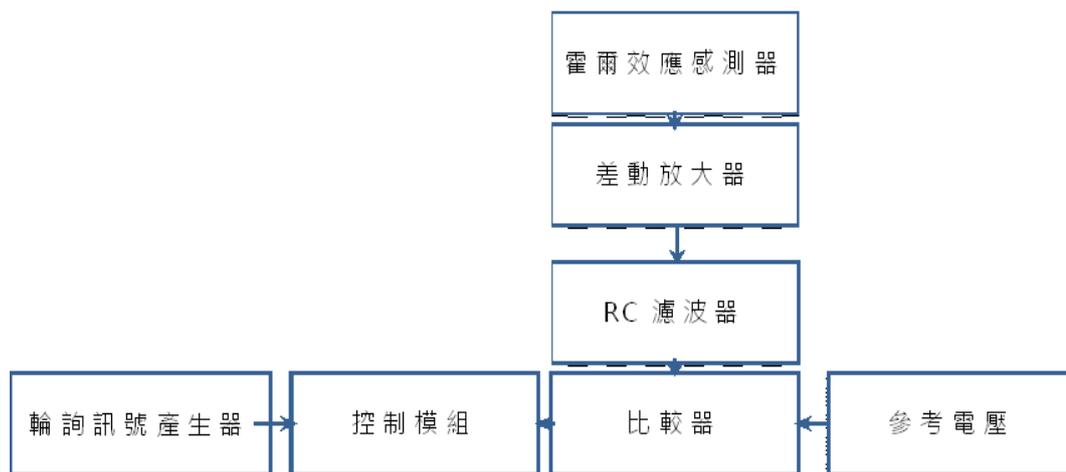


圖 47 中心控制電路模組



圖 48 交流端電路板模組

除了這兩個模組之外，整個節能開關還有一個 110V 轉 5V 的變壓器，為提供此開關電源。

最後將所有的電路及變壓器整合在一個 65\*60\*40mm 的小盒子中，所製作完成的樣品如圖 49。



圖 49 節能開關完成樣品圖

將此節能開關插入家中之交流電源插座，其內部的即時輪詢訊號將立即產生，進而形成具有節能協定的智慧型節能開關裝置，其

輪詢訊號如圖 50 所示：



圖 50 節能協定之輪詢訊號

根據此實際量測的訊號發現，此整合的節能開關已具備節能的協定，可進行實際應用的測試。實際測試將使用兩種具有待機耗能的家電裝置。

- (1) Panasonic 電風扇，其待機耗能為 1.4W，如圖 51a 所示，將本研究之智慧型節能開關應用於此電風扇上，即將電風扇的插座連接至此智能開關，再連接到電源插座，可發現其待機電源的損耗接近 0W，代表原本 1.4W 的待機損耗已不存在，經過實際測試，當把電風扇的開關打開時，電風扇可正常工作，代表此智慧型節能開關之節能協定已正確動作。



圖 51a 正常待機耗電



圖 51b 使用智慧型節能開關之待機耗電

- (2) Acer 電腦主機，其待機耗能為 4.5W，如圖 52a 所示，將本研究

之智慧型節能開關應用於此主機上，即將主機的插座連接至此智能開關，再連接到電源插座，可發現其待機電源的損耗接近 0W，代表原本 4.5W 的待機損耗已不存在，經過實際測試，當把主機的開關打開時，主機可正常工作，代表此智慧型節能開關之節能協定已正確動作。



圖 52a 正常待機耗電



圖 52b 使用智慧型節能開關之待機耗電

根據實際測試結果，節能協定可發揮其最大功效，可將大部分的待機電源損耗消除，並可提供自動電源回復的功能而無需像坊間其他的節能開關，要透過人為或其他非自動化的方式回復電源，這可證明節能協定確實可應用於電源開關裝置上。

## 參、研究結果與討論

### 一、研究結果

本研究過程從原始資料分析假設、設計模擬、模組實作到最後系統整合及測試，得到非常正面且激勵的結果，可證明用即時輪詢的方式可建立節能協定並應用在一般的開關裝置上。下列為本研究過程中，所產生的成果，相信可在未來針對節能領域的研究，提供重要的參考價值。

1. 建立具備即時輪詢的節能協定
2. 建立節能協定的電路模擬模型

### 3. 建立節能開關的電路模擬模型

### 4. 根據電路模擬模型實現具備節能協定的節能開關設計

## 二、研究結果討論

以下將針對本研究所產生的結果進行討論：

### 1. 建立具備即時輪詢的節能協定

本研究主要成果是根據智慧型手機或筆記型電腦等需要考慮省電的移動裝置，參考其省電模式發展出適合家電裝置的節能協定，此協定使用即時輪詢的技術做為核心，並定義家電裝置的三種模式：(1) 睡眠模式、(2) 工作模式和(3) 輪詢模式；此三種模式的切換是藉由電流感知電路所偵測到的家電裝置的用電量來決定〔20〕〔21〕。

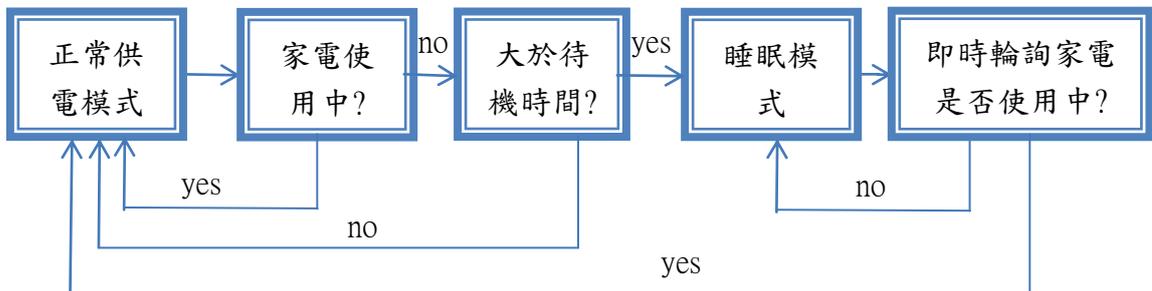


圖 53 具備節能協定之開關裝置使用模式

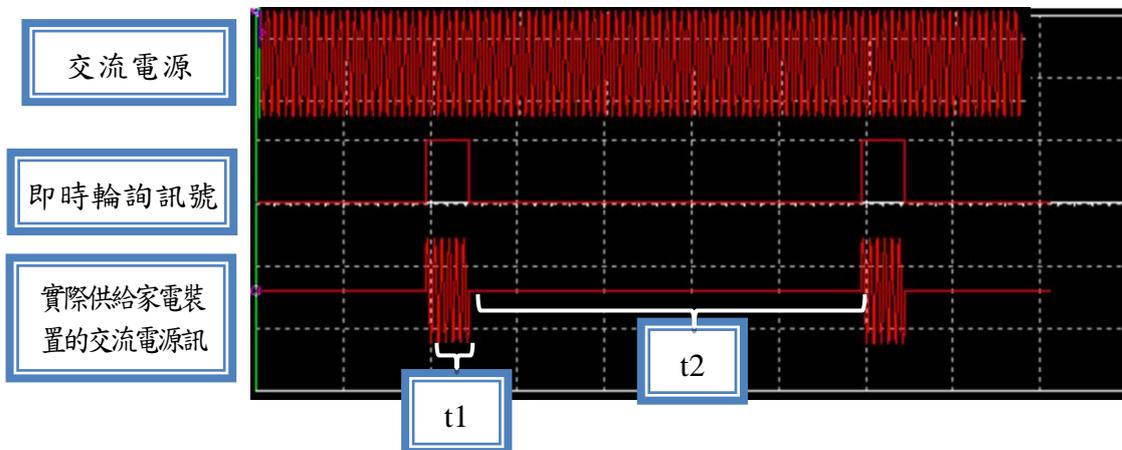


圖 54 即時輪詢訊號的工作模式

根據圖 54，實現此節能協定，並無需複雜的微處理器電路來處理，因此實現具備即時輪詢節能協定的電路成本將是相對低廉，低成本的節能開關將符合普及性的需求。另外，節能協定的時間參數  $t_1$  和  $t_2$ ，可決定此開關裝置的節能效率， $t_2$  時間愈長表示開關裝置在睡眠模式的時間亦愈長，由於開關裝置處於睡眠模式時，相當是將插頭從插座上分離，因此是不會有待機耗電；節能協定的時間參數  $t_1$ ，決定開關裝置被喚醒的時間，此時開關裝置會進入輪詢模式，會短暫的開啟電源，並由電流感知電路去偵測家電裝置的使用狀態， $t_1$  時間愈短，其省電效率將愈高，但必須考慮家電裝置的啟動時間是否足夠？根據本研究之實驗數據， $t_1=100\text{ms}$  可滿足所有家電裝置的需求。

## 2. 建立節能協定的電路模擬模型

由於電路的實現需要時間及成本，因此本研究成果之一是使用 NI 公司出品之 Multi-Sim 軟體建立具備即時輪詢節能協定的電路模擬模型。

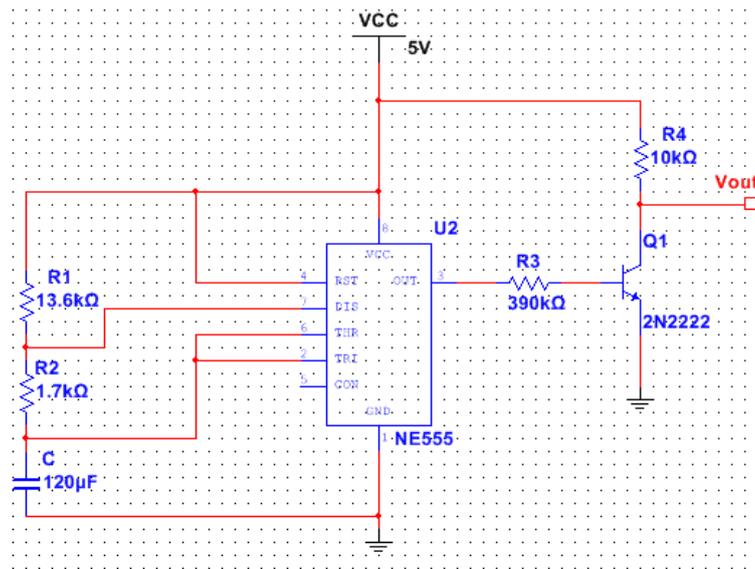


圖 55 建立節能協定之主要電路模擬模型圖

此模擬模型以工業標準之 SPICE 模擬模型作為核心基礎，因此可很容易被整合進去未來其他設計或延伸研究。此模型主要的節能參數為 R1、R2 及 C1，這些參數將決定節能協定的時間參數，當需要重新設計新一代的節能協定時或需要調整節能協定之參數時，無需立即實現節能協定的電路，僅需調整這些節能參數並重新執行模擬軟體，即可得到接近實際狀況的模擬結果，根據本研究所蒐集之實驗數據比較，模擬結果可代表相當程度的實際結果，這可大量節省時間與金錢，並可提供未來延伸研究之基礎。

### 3. 建立節能開關的電路模擬模型

除了節能協定的核心模組外，本研究亦針對此節能開關的其他電路模組建立其相對應之電路模擬模型，此成果包括(1)電流感知電路模擬模型、(2)RC 濾波器電路模擬模型和(3)控制電路之電路模擬模型。針對這些電路模擬模型的討論如下。

#### (1) 電流感知電路模擬模型

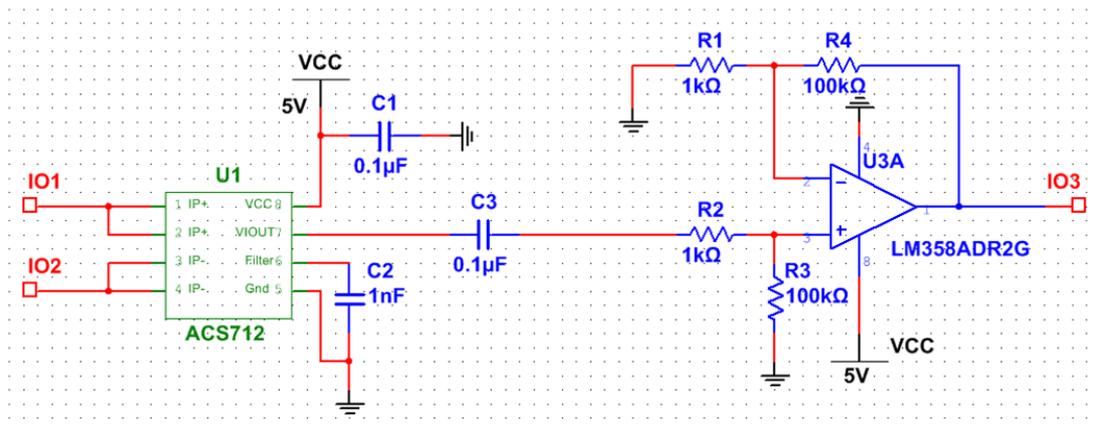


圖 56 電流感知電路模擬模型圖

電流感知電路模擬模型如圖 56 所示，可調整差動放大器的增益值( $R1/R4, R2/R3$ )來模擬是否此電流感知電路可以分辨出家電裝置的使用模式是處於待機模式或啟動模式?為了增加分辨率，在電流感知

電路中，存在一差動放大器對感知之電流小訊號進行放大，可將電壓分辨率變大。R1/R4 和 R2/R3 決定此差動放大器的增益，利用模擬軟體可很容易調整這些參數，可在電路實作前達到參數最佳化的目的。

## (2) 控制電路模擬模型

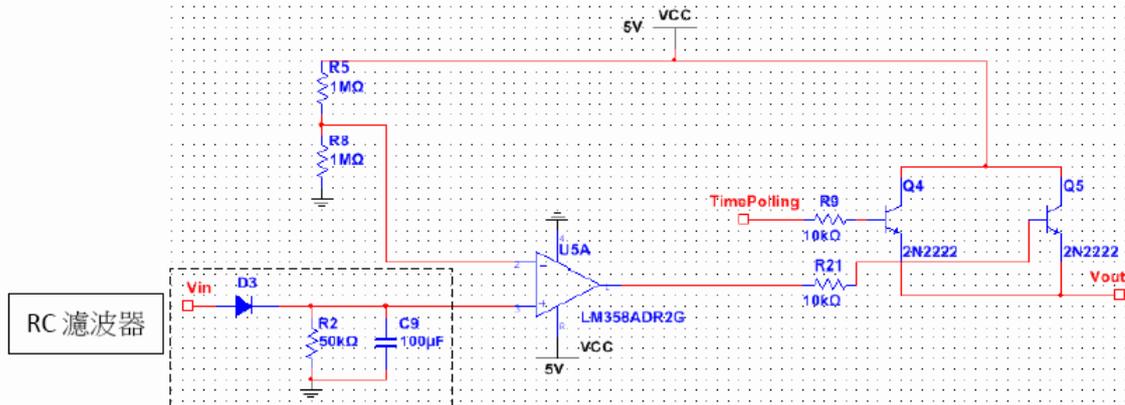


圖 57 控制電路模擬模型圖

圖 57 圈選部分為 RC 濾波器電路模擬模型，其中 R2 和 C9 決定此濾波器的頻寬，其前級之電流感知電路為 60 赫茲交流電流訊號，需經由此濾波器電路將交流訊號轉換成直流準位，以方便後續判斷連接之家電裝置的運轉模式為待機或工作模式，利用此電路模擬模型可得知最佳之 R2 和 C9 的參數值和預期之電流感知訊號的直流準位。如果 R2 和 C9 的參數值設定無法將交流之電流感知訊號完全轉換成直流訊號時，代表低通濾波器的輸出將存在漣波訊號，將對後續的訊號處理造成不穩定的結果，因此透過此模擬模型可得知 R2=50K 歐姆和 C9=100uF 可符合需求。

而其他部分為控制電路之電路模擬模型，此電路主要提供即時輪詢的訊號和電流感知訊號的整合及輸出，此輸出訊號會連接至固態繼電器電路，並根據節能協定去進行電源開關的切換動作，其中 R9 和 R21 的參數值將決定此控制電路之輸出訊號的電流驅動能力，

並根據此電流輸出能力，了解是否滿足固態繼電器電路的電流驅動的需求，透過此電路模擬模型，即可在電路被實現前，完成電路的最佳化設計。

#### 4. 根據電路的模擬模型實現具備節能協定的節能開關設計

本研究最終成果是實現具備節能協定的節能開關的實體樣品製作，此設計是根據本研究的電路模擬模型的成果，完成節能開關電路的最佳化設計，並藉由此實際製作之節能開關，印證原先的假設的可行性，即一般的電源開關亦可加入節能協定以達到節省待機功耗的目的。利用即時輪詢技術所發展之節能協定，可提供全自動的操作模式，這可以大大改善現有市面上類似的產品無法全自動恢復電源供應的重大缺點，這些現象均可在此實體樣品的測試上得到驗證。並可透過此實體樣品的測試結果對先前建立的模擬模型進行修改，以期達到最佳化的模擬模型，這對未來進一步研究或相關節能產品的開發或研究，提供最大的參考價值



圖 58 具備節能協定之智慧型節能開關的實體樣品圖

圖 58 為本研究完成的具備節能協定之智慧型節能開關的實體樣品，根據此實體樣品的測試結果可得知，其自身的待機損耗小於 0.1 瓦，即時輪詢的節能協定是可以讓家電裝置，再重新開啟其的電源開關時，是可以自動恢復電源供應，無須任何人為的動作。相信此

成果可對未來節能的研究提供一個重要的參考價值。

## 肆、結論與應用

根據本研究提出的實驗數據發現，使用即時輪詢技術運用於智慧型開關的節能協定是可以大量降低待機時的耗電，其省電效率將由即時輪詢電路模塊中的 Duty Cycle 和周期來決定，本研究使用的參數為 10%/90%和週期 1 秒，這表示此節能的協定為每隔 1 秒會被喚醒 0.1 秒以確認是否家電裝置已被使用。如確認此家電裝置正被開啟時，本智慧節能開關將自動開啟電源，無需使用者走到該開關或插座進行人為的電源開啟的動作，這對於使用者有很大的便利性，也有助於此開關能更普及的被使用，這點對於是否能達成大量的節省待機耗電量有決定性的影響。假設有待機耗電家電裝置的平均待機功耗為 1.5 瓦-小時，平均待機時間為一天 16 小時，並假設每一家中只有 5 個本研究之智慧型節能開關，全台灣家庭數約 800 萬戶，根據此數據可推算出節省的電量為

$$2 \text{ Watt-Hour} * 5 (\text{開關數}) * 16 \text{ Hours} = 160 \text{ Watt (per day)}$$

$$160 * 365 (\text{days}) = 58400 \text{ Watt (約 58 度電)}$$

$$58 \text{ 度電} * 8,000,000 (\text{戶}) = 464 \text{ 百萬度電} = 4.64 \text{ 億度電}$$

再考慮電力傳輸損耗(約 8%)，總電力的年度耗損約 467.7 億度電，不管從金錢的節省或環保的考量，這都是刻不容緩的問題，此假設為相當保守的估算，事實上實際的功耗將遠大於此估算的結果，若考慮將此解決方案推行到全世界，整體的節能結果將是巨大的數據，相信對於節能省碳愛地球會是十分具體的行動。

相較於坊間同類型的產品，具使用便利性上的限制(皆無法完全自動開啟電源)，不易被廣泛使用。本研究所提出解決方案，因具備節能協定，將是完全可自動化節能的解決方案，這是此類型產品是否能普遍被採用的重要關鍵之一；另外，產品成本是另一個是否能普及的因素，本研究的目的是之一為研究低成本的節能開關，

主要是希望透過低成本形成大量的普及，在設計的過程中，針對元件的選擇及電路的設計，均採用最簡單及最低成本的考量，表 24 為此節能開關的元件列表：

表 24 節能開關元件列表

數值	型號	件數	數值	型號	件數
<b>1M<math>\Omega</math></b>	R0603	1	<b>LM358ADR2G</b>	SOIC127P600X175-8N	1
<b>1K<math>\Omega</math></b>	R0603	3	<b>LM555CM</b>	SOIC127P600X175-8N	1
<b>2N2222</b>	SOT65P210X110-3N	3	<b>0.5<math>\Omega</math></b>	RES1500-900X250	1
<b>4M<math>\Omega</math></b>	R0603	1	<b>3.3k<math>\Omega</math></b>	R0603	1
<b>10k<math>\Omega</math></b>	R0603	4	<b>3.3<math>\mu</math>F</b>	CAPMP3528X190N	1
<b>50k<math>\Omega</math></b>	R0603	3	<b>10<math>\mu</math>F</b>	CAPMP3528X190N	1
<b>100k<math>\Omega</math></b>	R0603	1	<b>22<math>\mu</math>F</b>	CAPMP3528X190N	1
<b>100<math>\mu</math>F</b>	CAPMP352X190N	1	<b>22<math>\Omega</math></b>	RES1500-900X250	1
<b>120<math>\mu</math>F</b>	CAPMP352X190N	1	<b>220<math>\Omega</math></b>	RES1500-900X250	1
<b>390k<math>\Omega</math></b>	R0603	1	<b>ET134W</b>	SOT230P700X180-4N	1
<b>D10DE</b>	SOD3718X135N	1	<b>HDR1X2</b>	HDR1X2	2
<b>HDR1X2</b>	HDR1X2	3	<b>MOC3042</b>	DIP6	1
<b>ACS712</b>	ACS712	1			

本設計主要採用離散元件(電阻、電容、二極體)為主，並無大量的主動元件或微處理器來完成此節能開關的節能協定，這是能否降低成本的主要關鍵，根據表 24，在大量製作時，其成本將介於 NTD50 到 NTD100 中，比較目前市面上類似的產品價格約介於 NTD1200 到 NTD1500 間，將更具備普及性的優勢條件。

智慧型節能開關在未來的應用上，可朝兩個方向進行，第一，將此研究成果具體化成一獨立之節能開關，此節能開關具備節能協定可達成自動節省待機功率損耗的目的，其使用方式非常直接且容易，只需將家電裝置插入此節能開關中，並透過此節能開關連接至家中交流電源即可，並無需要做任何設定在使用前或使用中，對使用者來說是無任何額外的負擔，但在無形中已可節省大量的待機損耗，如圖 59 所示。



圖 59 具節能協定的智慧型節能開關使用圖

第二，將此研究成果直接應用於家電裝置的設計中，在新一代的家電產品中可加入即時輪詢的節能協定，這對家電裝置的節能省電會有更大的功效。

相信透過本研究的成果，可對家電裝置的待機損耗能有巨大的貢獻，在未來的延伸研究方面，可朝下列方向前進：

### 1. 跟智慧電網結合

加入本研究之節能協定，讓智慧電網除可省下傳輸及使用閒置的耗電外，也能省下裝置待機時的耗電。未來也希望能研發出更多協定，發展出更多智慧電網的應用，並提升其節能效率。

### 2. 結合手機應用程式

將本研究利用節能協定研發出的節能開關，結合手機應用程式，可加入遠端遙控功能、收取家中用電量資訊、甚至可將手機變成智慧電網的控制中心，使家中的智慧型節能開關成為感測器，也就能創造出一個小型家中的智慧輸電系統，也就能控管家中的用電狀況。

### 3. 跟綠能家電設計結合

分析綠能家電的電源供應模組及使用模式，可將本研究之即時輪詢的節能協定加以改善，以期更能達到綠能家電的設計需求。

#### 4. 家電使用模式標準化

將本研究之節能協定應用在家電上，並加入家電裝置的設計當中，將家電產品的使用模式標準化，使家電產品都能自動並智慧化地省下待機耗電。

**節能省碳大家一起來，讓本研究的成果為此行動貢獻一分心力。**

### 伍、參考文獻

1. 每日「四省」節能減碳，中華民國總統府，總統札記，100年4月20日
2. 日本省能源中心，“待機時消費電力調查報告書”，平成11年度，第1到3頁
3. 捉住待機“電耗子”幫你每天省一度電，新華網新聞晨報，2004年6月11日
4. “家電待機一年浪費60億”，自由時報，2005年4月7日
5. 鄭政謙，2011年，以WSN模組設計節能應用模組與智慧功率回報開關之研製，聖約翰科技大學，第8頁
6. 維基百科，2012年10月16日，可再生能源
7. 維基百科，2012年5月25日，綠色建築
8. 維基百科，2012年10月9日，智慧電網
9. 用電器具能源效率分析與住宅耗電評估程式開發，陳政鋒，2008年，第64-65頁及第81到82頁
10. 陳焜生，2010年8月17日，家用省電開關，專利書，第10到12頁
11. 張定原；高銘駿；陳錦皇，2009年12月1日，智能電器控制系統，專利書，第12到13頁

12. 劉英彰，2010年6月14日，節能插座之控制電路，專利書，第15到18頁
13. 陳韋同；陳賢倫；陳江川，2012年，智能開關裝置及其操作方法，專利書，第13到15頁及圖示
14. 許育銘，2007年，整流電路之初探，高雄縣中山工商，第2頁
15. *Michael Alan Sheets*，May 19, 2006，Standby Power Management Architecture for Deep-Submicron Systems，Electrical Engineering and Computer Sciences，University of California at Berkeley，Page 110 to 111
16. Ahmed Youssef，2008，Power Management for Deep Submicron Microprocessors，University of Waterloo，Page 8 to 12
17. Energy Efficiency Office Electrical and Mechanical Services Department，June, 2011，Reducing Standby Power Consumption，Page 2 to 5
18. 王清松；黃糧勻，2005年5月，用在電源IC的電流感測技術之研究，亞東學報第二十五期，第35到40頁
19. 李柏翰；許艷尹，2009年，用電知多少－電流感測系統，台北市立內湖高工，第5到6頁
20. 何信威，2010年，智慧插座電源偵測系統，台灣科技大學，第8頁
21. 張宏圖，2012，利用人臉偵測及確認做即時自動省電節能及安全認證，國立中央大學，第2到3頁
22. 杜宏祥，2010，嵌入式遠距節能省電監控系統的研發，聖約翰科技大學，第7到11頁
23. 陳彥豪，2011，智慧電網的發展與應用，台灣經濟研究院，第1到19頁
24. 黃政傑，2010，智慧電網的應用-能源使用方法的管理與實務，天碩電網科技公司，第2頁
25. 奧斯朋出版編輯群、葉尚芳教授，2007，圖解物理辭典，天下遠見出版股份有限公司，第56到80頁

## 評語

本件作品以協定之方式製作智慧型開關，對於建立協定之背景資料更多之探討，將使研究內容更豐富。