

中華民國第 53 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

第一名

091002

運用 ZigBee 模組減少待機之節能研究

學校名稱：臺北市立木柵高級工業職業學校

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 職三 黃楷傑 職三 賴冠亨 職二 石嶺成吏一 | 指導老師： 鄭龍嶽 高俊偉 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：待機電力、ZigBee、節約能源

得獎感言

科展讓我們更樂在創新

剛參加科展時，對於寫報告、實作等方面不是很成熟，對於”科展”這項比賽也非常陌生，在經過老師和同學不斷的討論與改進，才有今天得獎的豐盛成果，從一開始的懶懶散散，到後來的積極努力，當我們將作品慢慢呈現出來時，心中的快樂是無法言喻的。

參加臺北市中小學科展前夕，我們已將作品做最佳的調整並進行分工與演練，熟讀負責的部分並帶上整頓好的心情，準備迎接其他隊伍的挑戰，終於讓我們在臺北市科展榮獲特優與創意獎的佳績，拿到了進軍全國中小學科展的入門票。

就算得到特優，我們的作品還是有許多可以改進的地方，而評審給我們的建議我們也一併在這次的作品上做調整，像是門上的 LED 燈做成了防小偷模式、門開啟的順暢度、瓦數實際測量統計與瓦特數顯示幕…等等，改變了許多電路與程式讓作品更完美，目的就是希望能獲得評審的青睞，在比賽中嶄露頭角。

在科展期間我們的團隊夥伴展現出有史以來最佳表現，個個信心十足，在頒獎當天有同學看到臺北市帶隊老師在紀錄表上木柵高工處寫個 3，讓大夥誤以為只拿到第三名，又不敢去查證，失望之情溢於言表。在揭曉成績的那一剎那，宣佈我們得到第一名，那時真想抱在一起大叫，真是不敢相信！事後問了帶隊老師 3 是代表第三階段頒獎，是我們想太多，得失心太重所致。

我們想鼓勵各位學弟妹，其實做科展並不是你們想像中的枯燥乏味，科學探索是一條很長的路，但是這種學習能發展出學校考試所無法達成的目的，創意很重要，更重要的是激發想像力，將科學創意付諸行動、動手做才能將想像的科學作品實現出來，在實驗、製作的過程中奠定廣深雄厚的基礎。在製作科展比賽時會遇到許許多多、大大小小的問題，但我們都會設法去解決我們遇到的困境，在遇到解決不了的問題時，也別忘了師長，多與師長提問與討論，相信老師會給你們很好的解答。

從獲得臺北市科展特優與創意獎，到榮獲全國科展第一名與崇友創新研究獎，我們十分幸運但也付出了超過十分的心力與超過十分的努力，經過這次的比賽後，我們會朝科學研究這條路繼續走下去，希望我們在未來的比賽中，也能繼續大放異彩，為學校爭光，為台灣爭光！



木柵第一：木柵高工許振輝校長(左二)與得獎學生合影



木柵科展團隊：左起為鄭龍嶽老師、賴冠亨、黃楷傑、石嶺成吏一、高俊偉老師



頒獎典禮：與高職組評審長合影

摘要

本研究以家庭電器用品設備互連組成ZigBee模組網路，並控制之以減少待機情況作為研究對象。先將家庭中各種電器設備依據其使用情況而加以「群組化」，分別是「短期出門」、「長期出門」、「永不斷電」三大類，並實際量測紀錄各種電器設備在未使用且處於待機情況下所消耗之電力，以供研討、統整應用於減少總待機用電量之節能效益。

結果顯示利用門鎖的開啟與關閉來啟動ZigBee系統，進而控制「群組化家電」的待機情況有顯著的節能表現。在「短期出門模式」時，家電群組的總待機電力最多可節省約31元/月以及減少8.8 kg/月CO₂的排放量。在「長期出門模式」時，家電群組的總待機電力最多可節省約132元/月以及減少37.2 kg/月CO₂的排放量，亦可增加家庭的用電安全。

壹、研究動機

隨著人類使用能源需求不斷的增加，地球上各種能源逐漸被消耗殆盡，像是煤炭、石油、天然氣等等，且伴隨而來地球暖化的問題也日益嚴重，因此「節能、減碳」就成為現今最重要的課題。「電能」是目前使用最普遍的一種能源，由於它具有易取得、易使用、易控制、易儲存、易傳遞、效率高且乾淨等特點，因此它成為我們日常生活中不可或缺的要害，不論是日常生活或工作，我們始終無法擺脫它。

現代化社會中，人們為了生活而整日奔波、忙碌，其實待在家裡的時間並不長，而家中大部分的電器用品沒被使用時，常會因「待機」而消耗大量的「電能」。在此時地球面臨能源消耗殆盡的窘境，讓我們體認到「節約能源」的重要性，因此我們以「減少待機，節約能源」為目標，展開我們這次的研究與實驗。

貳、研究目的

在一般家庭中，很少人會去注意待機耗電，但待機耗電就像水蛭一樣，不知不覺中就被吸走了許多的電量，造成能源的浪費。為了跟進「節約能源」趨勢，以「自動斷電門鎖系統」與「ZigBee 模組」作為這次科展研究的主題，改造一般家中四段式的門鎖成為控制端，並由 ZigBee 模組執行電器電子系統的控制動作。藉由這次的實驗研究來減少無謂的能源消耗，將「節約能源」的議題從紙上談兵，變成現實的行動，減緩能源的耗用及環境的惡化。

- 一、根據家電設備使用特性，進行分類群組化。
- 二、了解 ZigBee 無線通訊控制的動作原理及應用。
- 三、結合 ZigBee 開關/插座模組控制並減少家電設備總待機電量。
- 四、藉由鎖門的動作，就能達到減少電能浪費的目的。

參、研究設備與器材

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 圖 1 數位相機 | 圖 2 三用電表 | 圖 3 多功能鉗 | 圖 4 螺絲起子 |
|  |  |  |  |
| 圖 5 電鑽、鑽頭 | 圖 6 四段門鎖 | 圖 7 鉸鍊 | 圖 8 補土 |

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 圖 9 木板 | 圖 10 微動開關 | 圖 11 木鋸 | 圖 12 T 型鋁板 |
|  |  |  |  |
| 圖 13 美工刀、剪刀 | 圖 14 熱熔膠 | 圖 15 銼刀、砂紙 | 圖 16 鋁片切割器 |
|  |  |  |  |
| 圖 17 尺、捲尺 | 圖 18 夾式電流表 | 圖 19 烙鐵、錫 | 圖 20 C 型夾具 |
|  |  |  |  |
| 圖 21 木紋貼皮 | 圖 22 電力分析儀 | 圖 23 手工鋸 | 圖 24 砂紙 |
|  |  |  |  |
| 圖 25 游標卡尺 | 圖 26 雕刻機 | 圖 27 插座盒 | 圖 28 ZigBee 模組 |

肆、研究過程和方法

以「改善待機浪費電能」、「節能」、「環保」為主軸，在室內方面找尋有待機情況的家電用品，並實際利用電力分析儀量測未使用時待機的電力，與各方面蒐集的資料進行彙整、研討，再依照具有待機電力的家電用品使用情況進行群組化，分別為「短期出門」、「長期出門」與「永不斷電」三大類。配合三大類家電所使用的插座內加裝低耗能的固態繼電器與 ZigBee 模組，並利用經過改造的門鎖與鑰匙進行選擇控制節省待機用電的模式。以下內容對於文獻探討、實驗設備介紹、系統架構介紹、實驗架構與製作方式進行詳盡介紹。

一、文獻探討

本實驗為求家用電器待機情況可有效減少，因此實驗選用待機消耗電力較多且一般家中常出現的設備為主，研討家電設備群組化後、出門斷電的節約效能是否有效，其相關理論敘述如下：

(一)飯店插卡取電系統

如圖 29、30 所示，飯店所使用的是 IC 卡門鎖的先進電子門鎖系統，也就是當客人離開客房時，僅須從取電開關上拔除房門卡，即可將供應電力切除（每位客人必定會拔卡出來，因為沒有卡就無法進出房間），此動作即可減少客房內電器產品在待機模式下的耗電量。

若客房內沒有加裝取電開關系統，客人一旦沒有關閉電器就外出，服務員也沒有及時注意的情況下，電器便會長時間都在運轉或待機模式，不但浪費電力同時有可能會因電器本身發熱而引發火災。該系統採用現代科技的最新產品 IC 卡作為開啟房門的鎖匙，使用安全可靠，性能表現卓越，是現代化管理的技術保證和安全保障，它集計算機、電子、機械、電機技術為一體，以智能三環路應來控制門鎖的開啟。

插卡取電系統給系統管理者帶來安全、迅捷、自動化的管理模式，又為使用者提供了極大的方便，拔卡後延時 15 秒才斷電，留有足夠的照明時間讓客人安穩走出客房。IC 卡門鎖是用智能 IC 卡控制開啟房門。特點具有多層次，可以一卡開多門，多卡開一門等，提高安全性。IC 卡專用節電開關內置 CPU（微電腦處理器）和讀卡器裝置，使用 MP 係列酒店門鎖的 IC 卡插卡取電有效，其它卡片、紙片等均不能取電，真正做到讀 IC 卡正確後節電開關工作，才能有效地節約用電。



圖 29 插卡取電開關

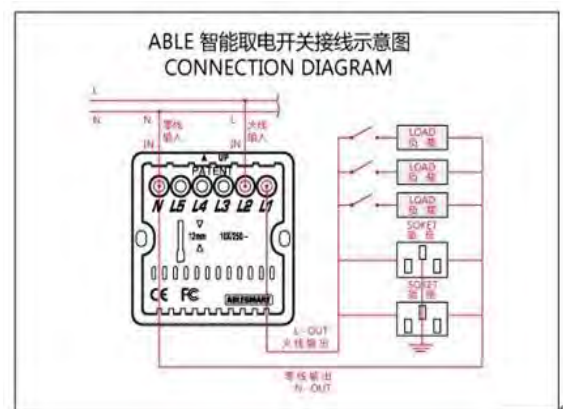


圖 30 插卡取電開關接線示意圖

(二)家庭電器用品待機電力

一般家庭的待機電力約占家庭用電之 9.5%，其中待機電力消耗量最大的前五名電器，分別為床頭音響、錄影機、電能熱水器、冷氣機及收（錄）音機等，具有計時、定時或遙控功能的新式家電設備均有待機電力的消耗。針對使用「待機電力」的電器

而言，在外出及長時間不用時，拔除電器的插頭是可以節省其待機電力的消耗。具有待機電力消耗之電器，如關機還亮著小紅燈的電視、有顯示時間的微波爐，或是關掉電源仍會顯示螢幕的錄放影機、收錄音機或音響、洗衣機、電腦及螢幕、會顯示溫度的冷氣機等，或是可使用遙控器開關電力的家電產品，都屬於「待機電力家電」。相對地，非待機電力家電產品(如：電燈、吹風機、電熨斗、果汁機、烤箱)使用後或關閉電器總開關，就算沒有拔掉插頭，也不會消耗電量。

表 1 電器用品待機用電表

| 品名 | 待機電力 (W) | 每日待機時數 (小時) | 待機耗電 (度/年) | 電費 (元/年) |
|----------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| 收錄音機 | 4.71 | 21 | 36.1 | 93.5 |
| 床頭音響組 | 4.6 | 22 | 36.9 | 95.6 |
| 噴墨印表機 | 4.48 | 23.5 | 38.4 | 99.5 |
| DVD 錄放影機 | 4.2 | 22 | 33.7 | 87.3 |
| 洗衣機 | 4.19 | 23.2 | 35.5 | 91.9 |
| 微波爐 | 3.84 | 23.7 | 33.2 | 86.0 |
| 電視機 | 3.74 | 19.3 | 26.3 | 68.1 |
| 桌上型電腦 | 3.48 | 20.3 | 25.8 | 66.81 |
| 冷氣機 | 1.81 | 20.7 | 13.7 | 35.5 |
| LCD 電腦螢幕 | 1.11 | 20.3 | 8.2 | 21.2 |
| 儲備型 | 60 公升(含)以上 | 平均保溫用電 2.14 度/日 | | 2.023 |
| 電熱水器 | 60 公升以下 | 平均保溫用電 1.08 度/日 | | 1.021 |

備註：每度電以 2.59 元計

二、實驗設備介紹

(一)四段式門鎖

家是每個家庭的私密空間和安全的屏障，為了能夠確保這一份安全，則有賴於門鎖來避免和排除侵入及擾亂。要進入一個家首先要突破一個門鎖，其下手的目標不外乎從門門和鎖頭開始，因此門門和鎖頭的強固性是保護加的第一防線，應該要特別注意的地方。此外，大門鐵板的厚度也會影響門鎖固定的牢靠性，多段鎖類型，門板面上的固定孔應設計多些，且鎖安裝務必要確實，每一個螺絲都要拴牢妥當才能發揮力量，鎖體才能夠固定的更穩當。

門鎖依據其構造可分為單段式及多段式，本實驗因需配合多樣控制而採用四段式門鎖。具備高密度多重鎖組、隱藏式節構以及不鏽鋼板材的特點，是防撬防盜且安全的鎖，提供了居家安全之最佳守護。



圖31 四段式門鎖

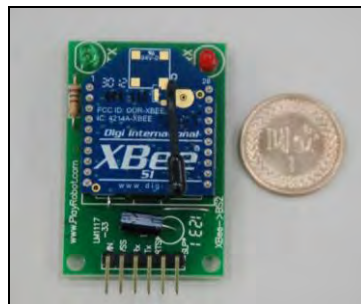


圖32 ZigBee模組與1元硬幣比較圖

(二)ZigBee模組系統

ZigBee是一種低速短距離傳輸的無線網路協定，底層是採用 IEEE 802.15.4 標準規範的媒體存取層與實體層。主要特色有低速、低耗電、低成本、支援大量網路節點、支援多種網路拓撲、低複雜度、快速、可靠、安全，其正常範圍是100公尺。主要使用ZigBee目的，是可以做到多節點間的無線通訊控制，因此傳統的控制方法，每個被控制個體上都需要連接上訊號控制線，便可被ZigBee無線通訊控制取代，而省下繁雜且漫長的電線佈置。

ZigBee之技術本質具有下列特性：

1. **省電**：傳輸速率低、傳輸資料量少，訊號的收發時間短。在非工作模式時ZigBee處於睡眠模式，而在工作與睡眠模式之間的轉換時間，一般睡眠啟動時間只有15ms，而設備搜索時間為30ms。ZigBee十分省電，電池則可有長達6個月到2年左右的使用時間。
2. **可靠度高**：ZigBee 之MAC 層採用talk-when-ready之碰撞避免機制：當有資料傳送需求時則立即傳送，每個發送的資料封包都由接收方確認收到並進行確認訊息回覆，若沒有得到確認訊息的回覆就表示發生了碰撞，將再傳一次，以此方式大幅提高系統資訊傳輸之可靠度。
3. **高擴充性**：一個ZigBee的網路最多包括有255個ZigBee網路節點，其中一個是Master設備，其餘則是Slave設備。若是透過Network Coordinator則整體網路最多可達到6500個ZigBee網路節點，再加上各個Network Coordinator可互相連接，使整體ZigBee 網路節點數目將十分可觀。

(三)微控制器模組

1. 固態繼電器

固態繼電器（solid state relay）簡稱SSR。是一種由半導體電路組成的無接點繼電器。其功能與一般電磁式繼電器相同，但沒有電磁式繼電器的機械銀接點。而由半導體元件如SCR、TRIAC來代替接點的功能，以開啟或切斷電路。圖33、34為SSR的電路符號和外觀。

固態繼電器的控制輸入電路與控制電路之間是絕緣的。而是以光耦合，超音波耦合，脈波變壓器或其它能量轉換方式，來將觸發信號加至閘流體SCR或TRIAC的閘極，使閘流體動作。圖35(a)，為一利用光耦合方式的固態繼電器，輸入的觸發信號經紅外線LED轉換成光能信號，當光能信號照射到光TRIAC的閘極時，使光TRIAC觸發，而光TRIAC的陽極電流又通過控制負載的TRIAC閘極，使得控制TRIAC也被觸發、導通，使負載加電工作，圖35(b)由LED與光達靈頓組成的光耦合器來觸發SCR。

固態繼電器與電磁繼電器比較起來有以下特點：(1)沒有接點，故不會產生火花燒損接點，壽命長，可靠性高。(2)反應速度快，工作頻率高。(3)體積小，重量輕。(4)消耗功率小。



圖 33 固態繼電器外觀

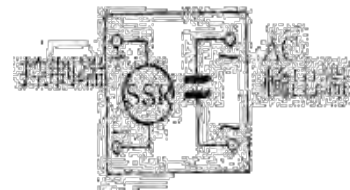


圖 34 固態繼電器電路符號

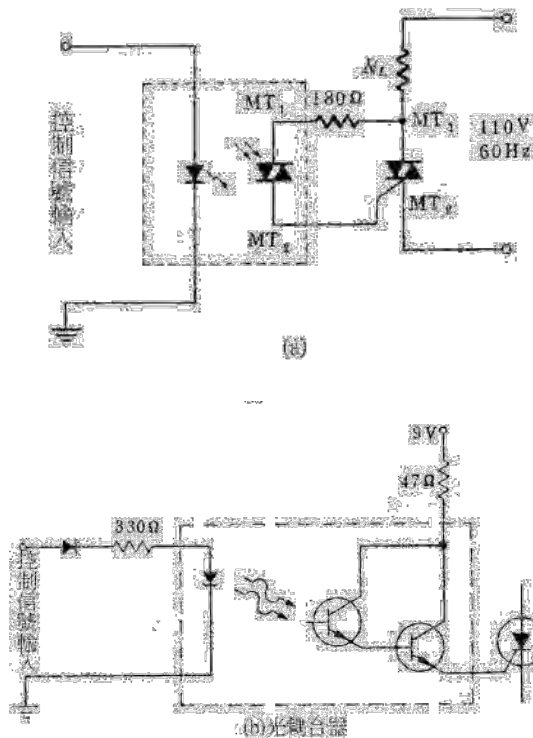


圖 35 光耦合器組成的固態繼電器

2.單晶片 89C2051

小型的控制系統並不需要用到很多 I/O，所以體積小、價格便宜的單晶片微電腦會被優先考慮。Atmel 公司的 89C2051 不但具備了體積小巧、省電、價格低廉等優點，同時還保留了 89C51 在軟、硬體上的優良特性，非常適合於家用電器控制，分佈式測控網絡，I/O 量不足不是很大的應用系統。由於本次研究使用輸出、入接腳有 6 支、UART 接腳有 2 支。因此選用 89C2051 代替 89C51。

茲將 89C2051 接腳如圖 36 所示，特性說明如下：

- 1.指令及接腳的名稱完全與 89C51 相容只是 I/O 接腳較少。
- 2.只有 20 支接腳，體積小不占空間，節省電路板的體積。
- 3.採用 Flash Memory 做內部的程式記憶體，容量 2K Byte。所以可以使用的位址為 0000H ~ 07FFH。
- 4.PORT1：包括 P1.0~P1.7，具有一般 IO 功能但可作為類比輸入端。
- 5.PORT3：包括 P3.0~P3.7，有一般 IO 功能與特殊功能(其中 P3.0(RXD)作為 UART 之接收端，P3.1(TXD)作為 UART 之發射端，可與 ZigBee 模組輸出相連接且電氣信號能一致。
- 6.PORT3 接腳的低態驅動能力為 20mA。

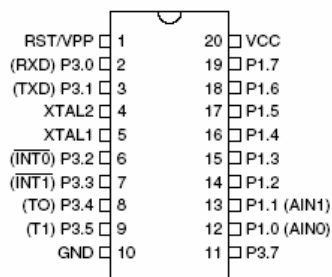


圖 36 89C2051 單晶片接腳圖與外觀

3.繼電器

繼電器又名電驛，繼電器接腳如圖 36.1 所示，在電路中擔任訊號或電壓接續、隔離的功能。輸入部分為一組電磁鐵，當電磁鐵通過電流時，產生磁性，就會吸引著接點閉合或斷開；當電流消失後輸出又回到原始狀態輸出部分，通常接點部分會有一組常開接點 NO、常閉接點 NC 與共用接點 COM。

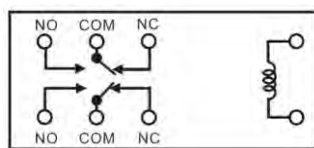


圖 36-1 繼電器接腳圖與外觀

三、研究方法

(一) 流程圖

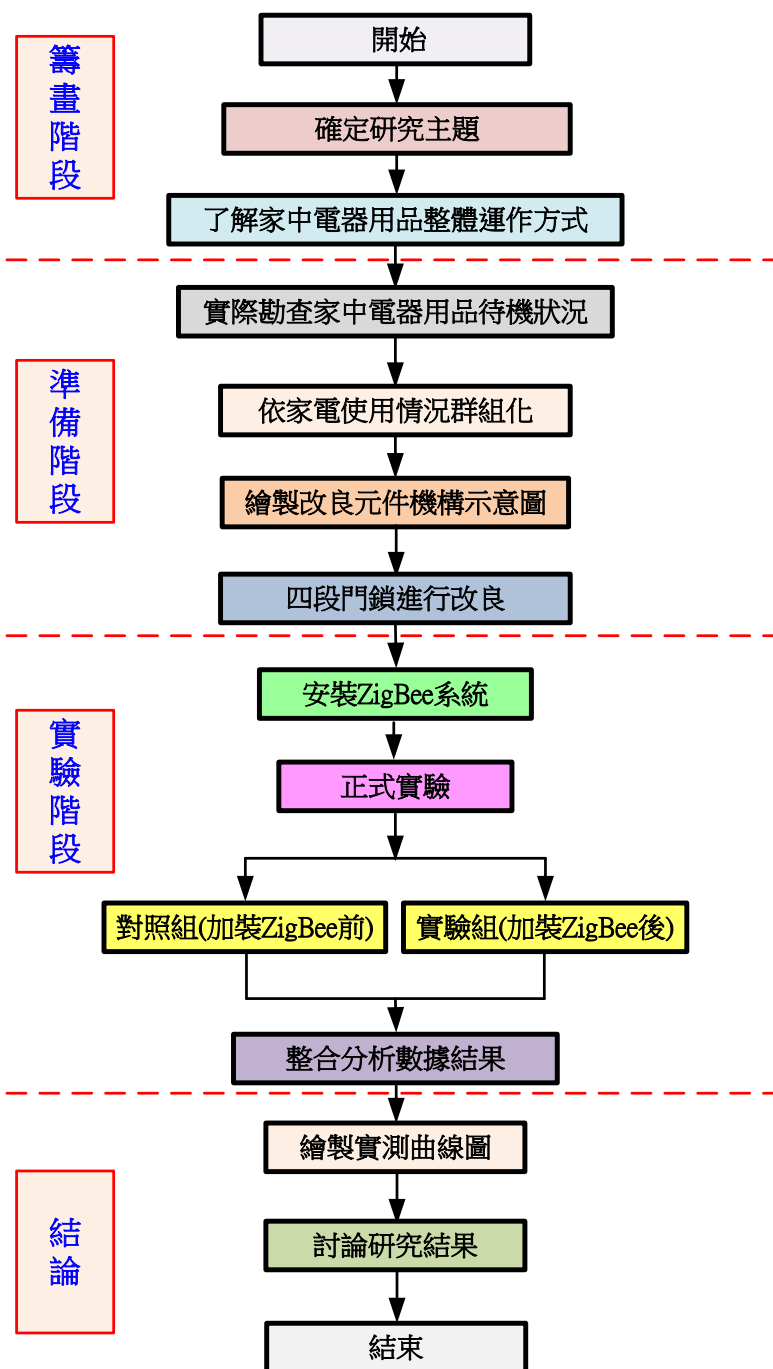


圖 37 實驗研究流程圖

(二) 家庭電器分類群組化

依據家庭中各種電器設備的特性以及使用情況來進行「群組化」，分別是「短期出門」、「長期出門」、「永不斷電」三大群組。如圖38所示。

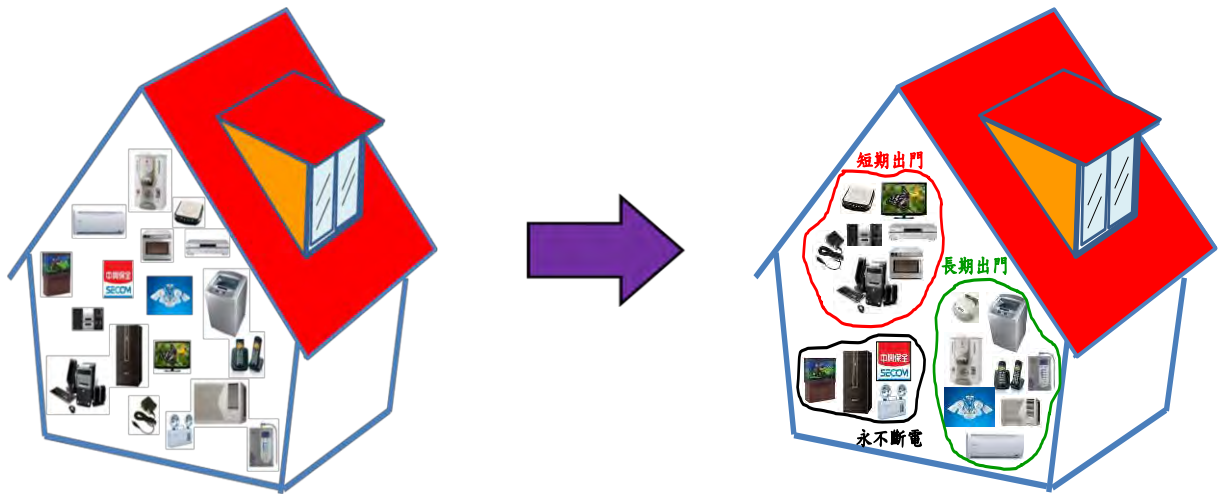


圖38家庭電器分類群組化示意圖

(三)門框組、門鎖製作與改造

1.多段式門鎖改裝

圖 39 所示，在家中門鎖後方安裝三個微動開關及 ZigBee 模組電路，利用鎖門時鎖栓的伸縮變化來碰觸不同的微動開關，藉由 ZigBee 模組電路以無線傳遞方式將控制訊號傳至插座 ZigBee 模組以達到待機耗電斷電的目的。

- 第一個微動開關：一般鎖門時，門外藍色指示燈會亮起。
- 第二個微動開關：短期出門時，家中待機電器關閉，門外藍色及黃色指示燈會亮起。
- 第三個微動開關：長期出門時，家中待機電器關閉，門外藍、黃及綠色指示燈均會亮起。

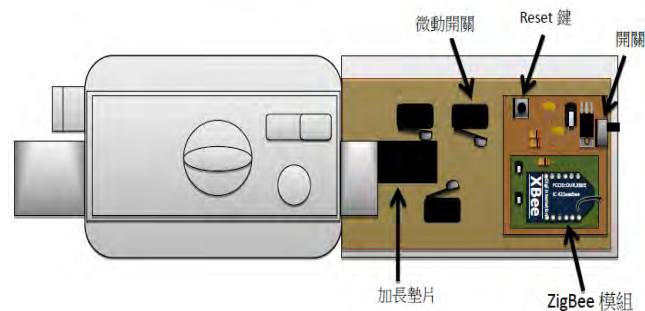


圖 39 多段式門鎖改裝示意圖

2.門框門板改善施作過程：



圖 40 挑選適合木板

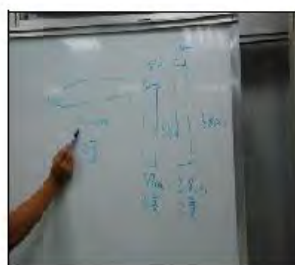


圖 41 決定門框大小



圖 42 繪製門框尺寸



圖 43 裁切木板



圖 44 組裝木板



圖 45 門框完成



圖 46 底板貼木紋紙



圖 47 門板補土修飾



圖 48 裝置木門鉸鍊



圖 49 鑽銑門鎖孔



圖 50 裁切門板接合片



圖 51 安裝接合鋁片



圖 52 裝置門鎖（後）

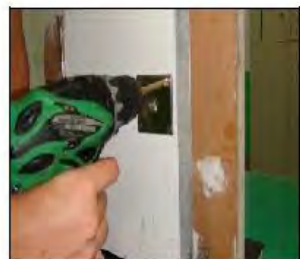


圖 53 裝置門鎖（前）

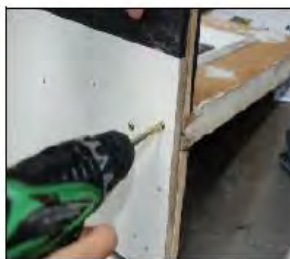


圖 54 固定門框底部



圖 55 門框門鎖組成



圖 56 安裝微動開關



圖 57 磨平門板



圖 58 美飾門框門板



圖 59 門框門鎖完成

- (1) **挑選適合木板**：如圖 40 所示，將材料室中、廢棄木板中挑選適合做門框、門板材質的木板，材質有木芯板、合板...等等，最後我們選擇了木芯板。
- (2) **決定門框大小**：如圖 41 所示，我們討論門框長度、寬度，最後決定採用錯綜重疊法將木板組裝成一個口字形，使木板更加堅固。
- (3) **繪製門框尺寸**：如圖 42 所示，將木板平放並且用角尺量出討論的長度與寬度，再用鉛筆畫出適當大小。
- (4) **裁切木板**：如圖 43 所示，將木板依照測量的尺寸，依序的將木板切下來，並將不適當的木板再次進行裁切，直到適合的大小。

- (5) **組裝木板**：如圖 44 所示，將底部用強力膠黏貼起來，再使用螺絲將裁切好的木板用錯接法，將木板加強固定，以免木板損壞。
- (6) **門框完成**：如圖 45 所示，將木板用錯縱重疊法組合成一個門框後用強力膠固定門框，靜置五個小時後，在使用補土將木頭表面補平，門框便大功造成了。
- (7) **底板黏貼木紋紙**：如圖 46 所示，先將補土修飾後的底座用自黏式貼皮黏貼增加美觀，底板的目的是將門框及門板能夠站立。
- (8) **門板補土修飾**：如圖 47 所示，將木門上凹陷處，用補土補平，之後貼木紋紙才不會有凹凸不平的現象產生，增加木板美觀。
- (9) **裝置木門鉸鍊**：如圖 48 所示，先將門框繪製門較位置與大小，接著依照繪製好的大小，將裁切木框使門較能安裝上去，接著將木門與鉸鍊鎖在一起。
- (10) **鑽銑門鎖孔**：如圖 49 所示，在木門上繪製門鎖鎖頭大小，在使用適合大小的電鑽，將木門鑽孔，在使用銼刀將圓孔內磨平，使門鎖能順利裝置上去。
- (11) **裁切門板接合鋁片**：如圖 50 所示，用手工具將鋁片測量出和門框一樣尺寸，再裁切出適當大小並用砂紙磨平。
- (12) **安裝接合鋁片**：如圖 51 所示，將鋁片與門鎖測量好位置，確認好位置後把門板接合鋁片裝置在門框邊緣，主要是要遮蓋門板的門縫。
- (13) **裝置門鎖（後）**：如圖 52 所示，把門鎖固定在鑽好孔的門板後，在使用長螺絲將門鎖牢牢鎖住，確認不會卡到門框後，即完成安裝。
- (14) **裝置門鎖（前）**：如圖 53 所示，安裝不鏽鋼板於門板鑰匙孔前，以增加門板與鑰匙孔的美觀。
- (15) **固定門框與底板**：如圖 54 所示，先將門框底部置入於底板溝槽中，再使用電鑽將兩個物件以長鐵皮螺絲固定之。
- (16) **門框門鎖組成**：如圖 55 所示，將門板與鎖開啟與關閉數次，以利觀察是否順利或卡住，若有卡住或磨擦則進行修整。
- (17) **安裝微動開關**：如圖 56 所示，在門鎖後方伸縮之鎖門鐵片上加裝塑膠片，並安裝 3 個微動開關裝置，以利鑰匙鎖門時控制微動開關。
- (18) **磨平木板**：如圖 57 所示，將門框與木門之間磨平，以至於開關門時不會無法閉合或開關不順等問題產生。
- (19) **美飾門框門板**：如圖 58 所示，先將門框及門板補土修平後，再使用自黏式貼皮黏貼於表面以增加其美觀。
- (20) **門框門鎖組裝完成**：如圖 59 所示，先將補土修飾後的底座用自黏式貼皮黏貼，使用電鑽將兩個物件固定在以起，以至於門能順利地擺放在桌上，不會東倒西歪。

(三)微控制器模組製作

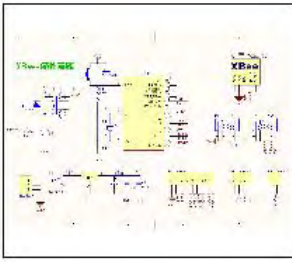


圖 60 繪製電路圖

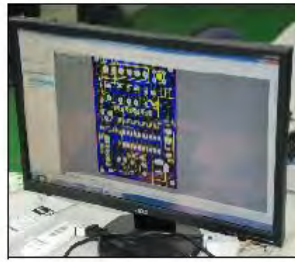


圖 61 繪製 PCB



圖 62 雕刻電路板

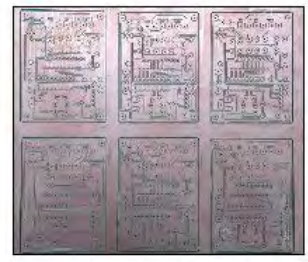


圖 63 電路板完成

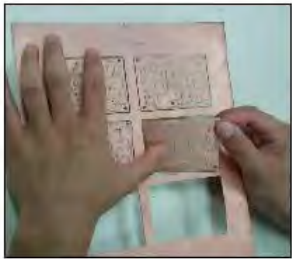


圖 64 電路板切割



圖 65 元件配置

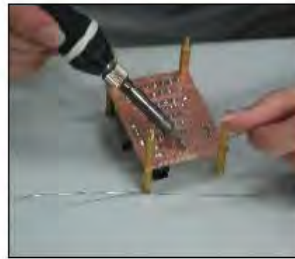


圖 66 焊接元件

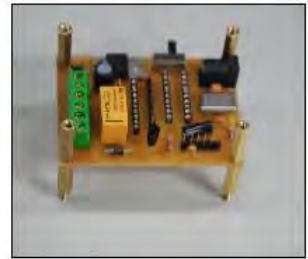


圖 67 控制模組完成

- (1) **繪製電路圖**:如圖 60 所示,將構想與老師討論後,使用 Altium Designer summer 2009 電腦輔助繪圖軟體,畫出微控制器模組電路圖。
- (2) **繪製 PCB**:如圖 61 所示,先蒐集選用之電子零件,經尺寸丈量後,建立零件外型。再利用 Altium Designer summer 2009 將電路圖轉成電路板,希望能與 ZigBee 模組板能緊密相連。
- (3) **雕刻電路板製板**:如圖 62 所示,利用德國 LPKF 電路板雕刻機將 Altium Designer summer 2009 之電路板輸出成 Gerber 檔,之後輸入到 Master CAD 軟體驅動電路板雕刻機進行雕刻。
- (4) **電路板完成**:如圖 63 所示,由於雕刻機使用電路板較大,因此採用六連板方式雕刻,由於電路板設計得很好,因此使用電面板即可完成本電路。
- (5) **電路板切割**:如圖 64 所示,雕刻完畢為六連板,且雕刻機依據電路板之板框設定,進行切割並留有一小部分連接,因此用手即可將電路板逐一分離。
- (6) **元件配置**:如圖 65 所示,依據電路板零件面配置圖,將所有零件由低而高,逐一裝上電路板,看看有無不合之處。由於 ZigBee 發射與接收板為共用電路板,因此大幅減少電路板設計製作的時間。
- (7) **焊接元件**:如圖 66 所示,發射電路與接收電路最大不同處是發射電路沒有繼電器、電晶體、交流輸出入端,其他與接收電路一樣。焊接時須注意接腳是否有錫絲,會造成短路現象。
- (8) **控制模組完成**:如圖 67 所示,將做好的為控制模組與 ZigBee 模組相連接,接腳均正確無誤,但因連接工作需焊於焊接面上,經與老師討論後,採用長腳的連接器才解決此一問題。

(五) ZigBee 插座開關模組的改善

1. ZigBee 門鎖模組改善施作過程：

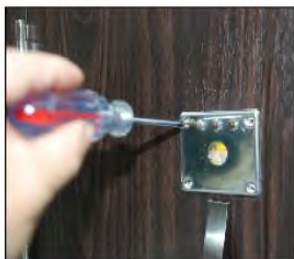


圖 68 安裝指示燈



圖 69 焊接微動開關



圖 70 門鎖安裝

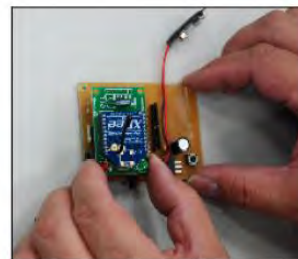


圖 71 裝 ZigBee 模組

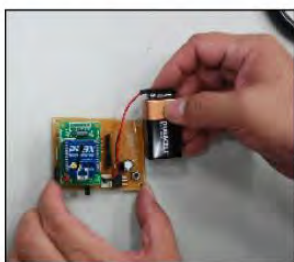


圖 72 接上電源



圖 73 排線組裝



圖 74 門鎖模組固定



圖 75 門鎖模組完成

- (1) **安裝指示燈**：如圖 68 所示，在門鎖鑰匙孔上方不鏽鋼板鑽孔，並將藍、黃及綠色指示燈安裝於 3 個孔內。
- (2) **焊接微動開關**：如圖 69 所示，先將 3 個微動開關固定於適當的位置，並將與排線及指示燈間的電線以錫銲銲接。
- (3) **門鎖安裝**：如圖 70 所示，將加長墊片的門鎖用螺絲固定，但需注意微動開關與加長的墊片是否可以密切配合及準確開與關。
- (4) **裝 ZigBee 模組**：如圖 71 所示，將 ZigBee 模組安裝於已製作好的控制板上，但需注意針型腳是否接觸良好。
- (5) **接上電源**：如圖 72 所示，使用 DC9V 電池安裝於 ZigBee 模組上，並用雙面膠將電池黏貼於電路板上。
- (6) **排線組裝**：如圖 73 所示，將連接微動開關與指示燈的排線裝於控制板排線座上，安裝時需注意 ZigBee 模組避免弄壞。
- (7) **門鎖模組固定**：如圖 74 所示，將控制板與 ZigBee 模組固定於門板上，需注意排線的長度。
- (8) **門鎖模組完成**：如圖 75 所示，選擇適當大小的塑膠盒在面板鑽孔及安裝復歸鍵，將微動開關與門鎖模組蓋住，增加整體性的美觀。

2.ZigBee 插座開關模組改善施作過程：

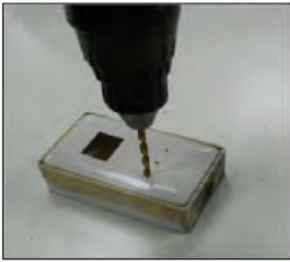


圖 76 插座面板鑽孔



圖 77 焊接燈與開關

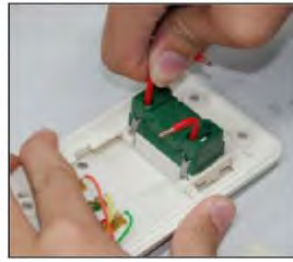


圖 78 插座配線



圖 79 安裝 ZigBee 模組

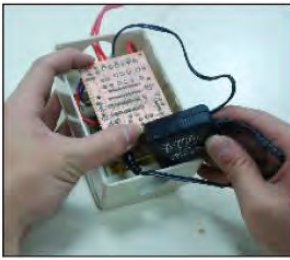


圖 80 接上直流電源



圖 81 插座模組測試



圖 82 面板貼標籤



圖 83 插座模組完成

- (1) **插座面板鑽孔**：如圖 76 所示，先將插座面板鑽孔位置標上，選擇與指示燈、選擇開關孔徑一樣的鑽頭鑽孔。
- (2) **焊接燈與開關**：如圖 77 所示，將指示燈與選擇開關置入孔內，並用烙鐵錫銲上與控制板連接的排線。
- (3) **插座配線**：如圖 78 所示，剝除直徑 1.6mm 單心線絕緣外皮並插入插座孔內並將導線另一端鎖緊於控制板，需注意導線的長度以配合有限的塑膠盒空間。
- (4) **安裝 ZigBee 模組**：如圖 79 所示，將 ZigBee 模組安裝控制板上，安裝時需注意接腳的接觸是否緊密或搖動。
- (5) **接上直流電源**：如圖 80 所示，將直流電源插頭插入控制板的插座，並將電子變壓器置入塑膠插座盒內。
- (6) **插座模組測試**：如圖 81 所示，將已製作好的 ZigBee 插座模組送電進行測試，旋轉改變不同頻道進行測試。
- (7) **面板貼標籤**：如圖 82 所示，插座面板選擇開關裝上旋轉鈕，並將標籤貼於指示燈與選擇開關適當位置上。
- (8) **插座模組完成**：如圖 83 所示，插座模組進行完簡易測試後，再以小夜燈作為負荷實測其功能。

(六)門鎖控制與家電待機電力關係

家庭電器設備分布在各個不同的空間裡，若要依其不同的分類(短期出門、長期出門、永不斷電)來進行配電線路控制，其整個工程相當浩大且擴充性小。ZigBee 插座模組可以依電器的分類而設定群組，進而控制所有電器用品設備開啟或斷電。如圖 84 所示，門鎖控制待機電力示意圖即可明顯看出家電群組化及與門鎖的控制。

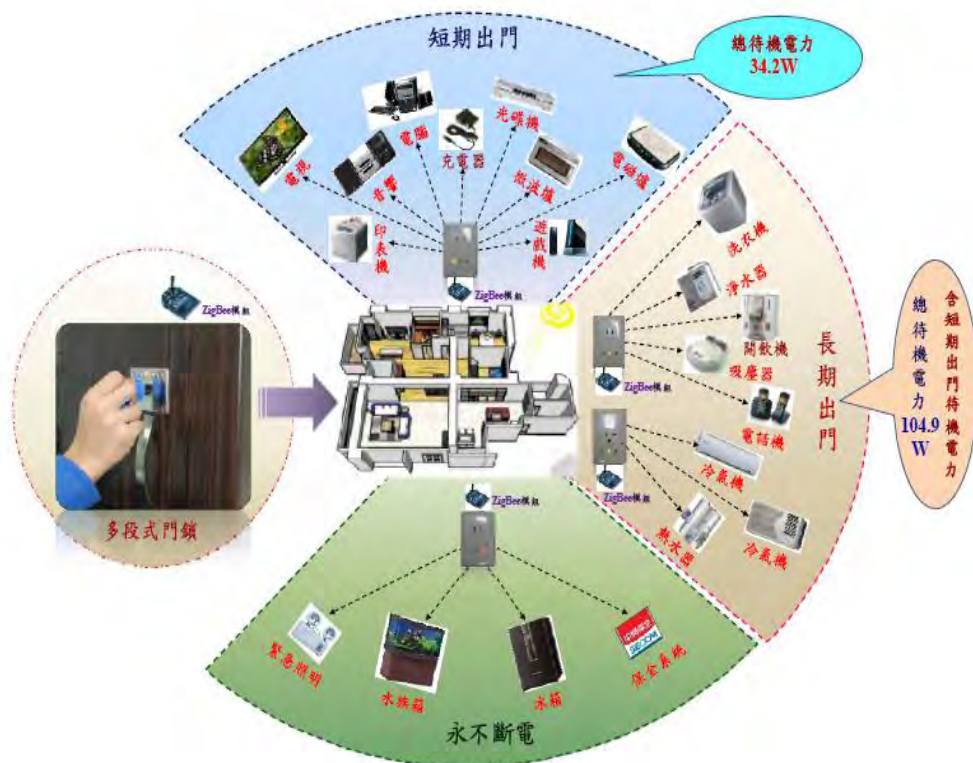


圖 84 門鎖控制待機電力示意圖

表 2 為不同鎖門模式與家電斷電待機電力總表。門鎖指示燈均未亮時，鎖門模式是未關門或扣上門，ZigBee 插座模組未作動呈現斷電情況，電器設備待機電力仍持續消耗。指示燈藍燈亮時，鎖門模式為居家安全的一般鎖門模式，但待機電力仍持續消耗。指示燈藍、黃燈亮時為短期出門鎖門模式，部分 ZigBee 插座模組作動而斷電，少數待機電力停止消耗。門鎖指示燈藍、黃、綠燈亮時，為長期出門鎖門模式，除了永不斷電系統外，所有 ZigBee 插座模組作動而斷電，家中具有待機電力之電器設備全部關機。

表 2 不同鎖門模式與斷電家電待機電力總表

| 門鎖指示燈 | 鎖門模式 | 插座斷電 | 斷電家電 | 待機電力 |
|---------------------|--------|---|--------------------------------------|--------|
| ○ ○ ○ | 大門關上模式 | 無 | —— | 104.9W |
| ● ○ ○ | 一般鎖門模式 | 無 | —— | 104.9W |
| ● ● ○ | 短期出門模式 |  | 液晶電視、音響、電腦、光碟機、微波爐、電磁爐、遊戲機、雷射印表機、充電器 | 70.7W |
| ● ● ● | 長期出門模式 |   | 洗衣機、淨水器、開飲機、吸塵器、電話、冷氣機、儲熱式電熱水器 | 0W |
| ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● | 永不斷電模式 |  | 冰箱、水櫃箱、保全系統、緊急照明 | —— |

本研究利用大部分人出門時均會攜帶鑰匙並將大門門鎖鎖上的習慣，進行多段式門鎖控制開啟或關閉家中電器以減少待機電力之消耗，在門外就可以依出門狀況來決定不同的鎖門模式。但為了避免外出時忘記家中還有人的情況下而進入鎖門模式造成家中成員的不便，「室內設定鍵」的設計就可以將門外已經設定的任何鎖門模式解除並恢復電力，如圖 85 所示。此設計可以安裝於室內任一處且可為多數個。此外，為了避免門外門鎖的指示燈持續亮燈耗電或明示家中無人狀況造成居家安全，鎖門完畢後指示燈即熄滅。



圖 85 室內設定鍵功能說明

伍、研究結果

(1)從表3可看出在一般家庭常出現具有待機電力消耗的家電設備，此待機消耗電力不管電器是否有開啟或運轉，待機電力仍會消耗進而造成能源的浪費。表3中亦可估算出總待機消耗電力可高達105W，隨著生活的忙碌在家時間縮短，家電設備使用時間亦減少但總待機消耗電力相對會增加。

表 3 家庭電器分類群組化與待機電力

| 短期出門 | | | 長期出門 | | | 永不斷電 | |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|
| 電器設備 | 消耗電力 | 待機電力 | 電器設備 | 消耗電力 | 待機電力 | 電器設備 | 消耗電力 |
| 音響 | 60W | 6.5W | 冰溫開飲機 | 680 W | 54W | 電冰箱 | 290W |
| 遊戲機 | 45W | 5.7W | 分離式冷氣機 | 1320W | 5W | 水族箱 | 200W |
| 電腦 | 122W | 2.7W | 窗型式冷氣機 | 1300W | 4W | 保全系統 | 100W |
| 光碟機 | 25W | 2.5W | 洗衣機 | 530W | 1.2W | 緊急照明 | 6W |
| 微波爐 | 1250W | 2.3W | 淨水器 | 105W | 2W | 緊急插座 | 0W |
| 電磁爐 | 1300W | 1.5W | 吸塵器機器人 | 25W | 1.5W | | |
| 雷射印表機 | 500W | 13W | 熱水器 | 4000W | 3W | | |
| | | | | | | | |
| 小計 | 3302W | 34.2W | 小計 | 7960W | 70.7W | 小計 | 596W |

(2)從圖86所示，明顯看出「短期出門」家電群組每日待機耗電量。「短期出門」家電群組包含音響、遊戲機、電腦、光碟機、微波爐、電磁爐、液晶電視及手機充電器，在不同的待

電時間下所計算出來的待機耗電量約為470.4W-hr。「短期出門」家電群組的待機電力24小時都在消耗，其消耗電量約為525.6W-hr，未開機的待機耗電量約佔全日的待機耗電量89.5%。這些高比例的待機耗電量可以藉由「拔插頭」的小舉動來達到「省能」的目的。

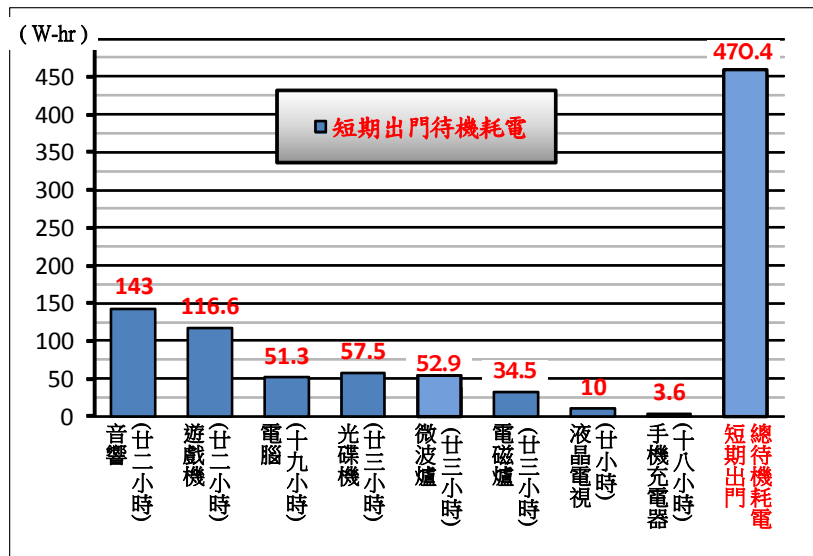


圖86 「短期出門」家電群組每日待機耗電量

(3)圖87中明顯看出「長期出門」家電群組每日待機耗電量。「長期出門」家電群組包含飲水機、分離式冷氣機、窗型冷氣機、儲備型電熱水器、淨水器、洗衣機、無線電話機以及「短期出門」家電群組每日待機耗電量(470.4W-hr)，在不同的待電時間下總待機耗電量約為1999.5W-hr。除了冰箱、水族箱、保全系統及緊急照明或插座外，「長期出門」家電群組項目繁多，24小時的待機消耗電量約為2181.6W-hr，未開機的待機耗電量約佔全日的待機耗電量91.6%。「長期出門」家電群組電器設備繁多不適合「拔插頭」來做到節約能源，藉由「家電群組化」及「ZigBee插座模組控制系統」可有效達到減少待機。

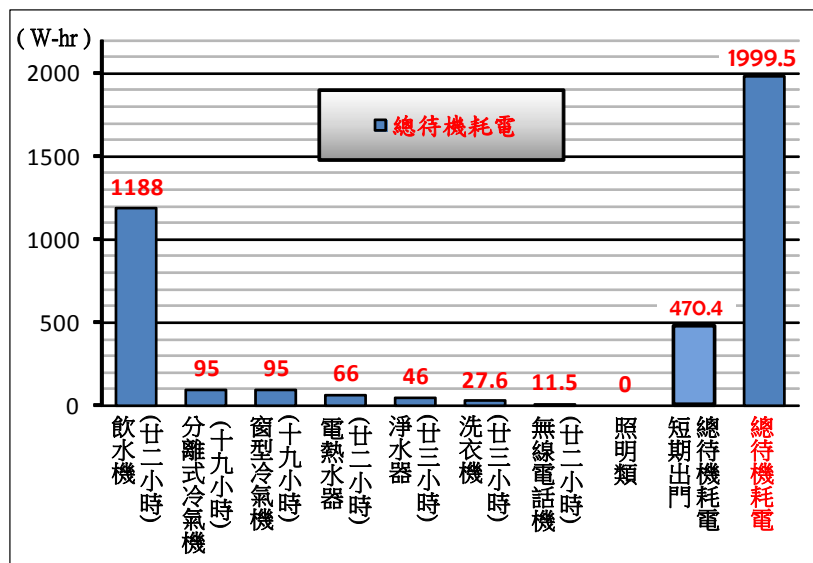


圖87 「長期出門」家電群組每日待機耗電量.

(4)從表4中可看出在「短期出門」家電群組模式下每月可節省14.112kW-h(度電)，電費費用可節省約31.05元，CO₂量減少排放約8.76kg。在「長期出門」家電群組模式下每月可節省59.985kW-h(度電)，電費費用可節省約131.967元，CO₂量減少排放約37.2kg。從數據中可得到待機電力的減少能夠有效能源節約以及降低CO₂的排放量。

表 4 減少待機後每日/月之節能減排明細表

| | | | |
|--------------|----------------------|--|--|
| 短期出門 家電群組 | 待機耗電量 | 0.4704kW-h(度電)/日 0.4704×30 日= 14.112kW-h(度電)/月 | 備註： 一度電約為 2.2 元新台幣 一度電約產生 0.62kg 的 CO ₂ |
| | 節省電費費用 | 0.4704×2.2 = 1.03448 元/日 1.03448×30 =31.05 元/月 | |
| | 減排 CO ₂ 量 | 0.453×0.62 = 0.292kg /日 0.292×30 日=8.76 kg/月 | |
| 長期出門 家電群組 | 待機耗電量 | 1.9995kW-h(度電)/日 1.9995×30 日= 59.985kW-h(度電)/月 | 備註： 包含短期出門家電群組總待機耗電 0.4704kW-h/日 一度電約為 2.2 元新台幣 一度電約產生 0.62kg 的 CO ₂ |
| | 節省電費費用 | 1.9995×2.2 = 4.3989 元/日 4.3989×30 = 131.967 元/月 | |
| | 減排 CO ₂ 量 | 1.9995×0.62 = 1.23969kg /日 1.23×30 日=37.2 kg/月 | |

陸、討論

一、為什麼要將家電分成三大類？分成哪三類？這樣分有什麼好處？

答：目前的斷電裝置都只能一次斷掉全部的電器，但我們分成三大類，可以配合一般家庭的生活作息，讓使用上更加多元化。我們將家電分為三大類，分別為「短期出門」、「長期出門」與「永不斷電」。這樣分類可以照各個家庭不同的習慣來改變斷電的順序與內容。

二、三類分別有什麼電器？分類的依據是什麼？

答：「短期出門」為：遊戲機、個人電腦、光碟機、微波爐、電磁爐、液晶電視、手機充電器…等。「長期出門」為：溫熱飲水機、分離式冷氣機、窗型冷氣機、電子式熱水器、淨水機…等；「永不斷電」為：冰箱、水族箱、保全系統、緊急照明燈、緊急插座…等。分類是依據一般家庭生活作息與外出時間長短來做選擇，亦可以依各個家庭不同的需求來改變分類與順序。

三、為什麼要選擇多段式門鎖來進行改造？

答：之所以會選擇多段式門鎖來進行改造是因為每戶都會有門鎖，而大部分的人出門都會攜

帶鑰匙，用「鑰匙」來控制待機電力的斷電是最便利的方式。我們使用了許多家庭大門廣泛運用的多段鎖；第一段為關門上鎖而未斷待機電力，第二段為一般的安全鎖門配合「短期出門模式」來斷電，第三段為配合「長期出門模式」來斷電。

四、為何使用無線控制，每個插座不就都要有控制模組嗎？

答：已既成房舍的配電箱及線路均配置完成，若要依家電群組化特性再選擇插座模式可能要重新配置線路及插座，工程浩大。但使用無線控制節能裝置，只要在插座加裝控制模組，不需更改線路，還可以任意選擇電器使用的模式，將家電設備依自己的需求習慣分類。

五、為何選用 ZigBee 而不使用藍芽？

答：首先我們要求的是節能，藍芽雖然傳輸速率較快，但所消耗的功率也較大。而我們節能裝置不需如此快的傳輸速率，兩者的距離則是都足夠一般家庭傳輸，ZigBee 的系統的複雜度遠小於藍芽，因此我們選用的低耗電低成本的 ZigBee 來作為介面傳輸。

六、ZigBee 與電路的耗電不是也是待機耗電？

答：ZigBee 模組與電路確實也會耗電，但與家庭電器長期的待機耗電量相比較下非常小。從長遠的角度來看，家電待機耗電量遠大於 ZigBee 電路耗電量，能夠節省的電力確實相當可觀。

柒、結論

研究針對具有待機消耗電力之家庭電器用品群組化成三大類後，藉由門鎖鑰匙的開啟與關閉進而啟動無線 ZigBee 插座開關來分別控制家庭三大類的「待機家電」，綜合改良後實驗測量及分析結果可得下列之結論：

- (1)將家庭中附有「待機電力」耗電的電器用品群組化，可有效管理用電情況。
- (2)利用門鎖的「開」與「關」來啟動 ZigBee 系統，進而控制家電的待機情況有顯著的節能表現。
- (3)在「短期出門模式」時，家電群組(電視、電磁爐、微波爐、光碟機、電腦、遊戲機、音響)的總待機電力最多可以節省約 31 元/月的節能效益及減少排放 8.8 kg/月的 CO₂ 量。
- (4)在「長期出門模式」時，除了家電群組 (飲水機、冷氣機、熱水器、淨水器、洗衣機、電話機)外還包含「短期出門模式」的總待機電力，最多可以節省約 132 元/月的節能效益及減少排放 37.2 kg/月的 CO₂ 量。

捌、參考資料及其他

1. 蘇金龍 (2008)。家用電器待機電力控制器之研製。國立彰化師範大學 電機工程學系 碩士學位論文，彰化市。

2. 葉謙達（2006）。住宅地區待機電力推估模式之研究。國立臺灣海洋大學電機工程學系 碩士學位論文，基隆市。
3. 國家圖書館 學科專家諮詢服務 知識共享圈
http://reffaq.ncl.edu.tw/SSRS/hypage.cgi?HYPAGE=faq_detail.htm&idx=651
4. [芝麻店家]--久順鎖匙(台中太平店)--優美佳伸縮五段專利防盜大門鎖
<http://www.calldoor.com.tw/mystore/eric765410/products/42947>
5. 華泰鑫酒店插卡取電開關 <http://cn.ec51.com/gy-jiage-2746884.html>
6. 節約用電 認識光害 http://enviromo.org.tw/100aggre_sub05.html

【評語】 091002

1. 本作品利用 ZigBee、微處理器及多段門鎖來研製“家庭電器用品自動斷電系統”。創作作品中，首先將家庭電器用品分為“短期出門斷電”，“長期出門斷電”及“永不斷電”三類，接著出門鎖門時，依外出時間長短需求以鑰匙設定多段式門鎖位置，並透過 ZigBee 傳輸以切斷相關家電用品之供電，以達到節能減碳之功能。
2. 整套系統想法新穎並能具體實現，另外包括多段門鎖及電子式傳輸、ZigBee 接收器及斷電..等元件，製作簡易成本低，具應用與商業價值。
3. 能將學校基本電學、電子學、微處理器應用，程式設計、數位邏輯等課程所習得之知識與技能充分應用至本作品之研製上，實現方法適切，具新穎性、邏輯性，符合科學原理。
4. 在節能方面之實驗，若能具體量測及比較所節省之電力，將更具有說服力以展現此作品之優點。