

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

佳作

091004

電流知多少，用電安全沒煩惱

學校名稱：國立泰山高級中學

作者：	指導老師：
職一 林稟豪	張玉鼎
職一 陳信璋	邱鴻祺

關鍵詞：安全電流 霍爾元件 環型鐵心

電流知多少，用電安全沒煩惱

摘要

本研究可改善一般家用或市售的電源插座，讓一般電器使用者，能夠容易的從本裝置上 LED BAR 的顯示知道，目前插座所提供的電流大小，是否已達安全的限度，有指示與警示作用，防止過載的發生，LED BAR 的顯示效果也能夠提醒電器使用者養成節約能源的習慣，隨手關閉不需要的電器設備。

本裝置是使用霍爾 IC 來檢出導體電流大小所產生相對應的磁場強度，再轉換成電壓訊號輸出，是屬於非接觸式的電流感測，安全性佳，檢出訊號經放大電路處理後，驅動 LED BAR，過電流時(15A)，內部蜂鳴器會發出警告聲響，進而送出訊號使的無熔絲開關（附漏電斷路器者）跳脫，達到過載保護的功能。

壹、研究動機

現在越來越多電器產品的發明，每個家庭的用電量日以遽增，卻漸漸忽略了用電安全的重要性，導致現今電線走火的災害頻傳。電工實習課上，知道電工法規對導線的安全電流有所規定，過大的電流會讓導線外層 PVC 絕緣超過容許溫度發生危險。

既然導線的安全電流是有所規定，可是我們怎知道開啓各項電器設備電源後，它到底用了多少電流？電流快達到安全電流臨界值了嗎？除非是專業人員用儀表來測量其大小，否則沒人能切確的知道真正電流大小，人們只重視來電的感覺，最後用電安全只能淪為口號。

爲了不讓這些災害不斷發生，於是我們設計了此裝置。如果插座附有供應電流大小的指示的功能，在每當開啓一項電器設備，就能立即反應電流的大小，如此的效果，用電人會不被提醒嗎？會不加以節制嗎？答案是肯定的。

貳、研究目的

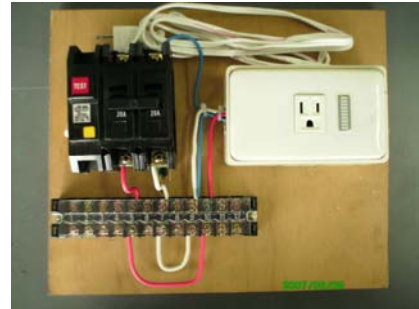
製做一個附有電流指示的插座，讓電器使用者能簡單的從電流大小指示裝置知道用電的狀況，讓該插座的指示裝置能容易的區分出各種電器的耗電能力，讓過大的電流有可能造成危害之前，送出訊號使蜂鳴器發出警告聲響，使無熔絲開關跳脫(附漏電斷路器)，進而降低意外災害的發生，提高用電的安全性，讓使用者也能被時時提醒，隨手關閉不必要的電器，養成節約用電的習慣。

本研究應用到高一所學到的四大專業課程，包括基本電學、電子學、電工實習，與基本電學實習等，綜合此專業課程，從選用電子零件、基礎電路實驗、電路的連接、測試、安裝等能將所學到的知識與技能，用在電源插座安全上的改善。

參、研究設備與器材

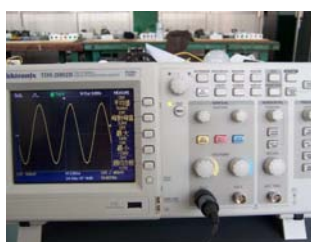
一、 實驗材料：

1. 無熔絲開關(附漏電斷路器)：一個
2. PVC 接線盒：一組
3. PVC 導線：1.6mm，長度若干
4. 端子台：12P 一個
5. 環型鐵心：30 ϕ (報廢 PC 拆下)
6. 霍爾 IC UGN3503：一個
7. 變壓器：110/12V 200mA
8. IC L7805：一個
9. IC L7809：一個
10. 稽納二極體 6.2V：一個
11. 電阻與半可調電阻：數個
12. 電容：10uF/25V、100uF/25V、1000uF/20V
13. 排針：若干
14. 麵包板：一片
15. 感光電路板(玻璃纖維)：10cm $\times$ 6.5cm
16. 透明片：A4 大小
17. 錫絲：一捲
18. 細單心導線：長度若干
19. DC 6V 繼電器：一個
20. 束線帶：10CM 若干
21. 熱縮套管：3 ϕ 、5 ϕ 長度若干
22. 端子台：2P 一個
23. DC 蜂鳴器：一個
24. 顯影劑：10g
25. 氯化鐵：200CC



二、實驗工具：

1. 剝線鉗
2. 日光燈(曝光用) x 1
3. 尖嘴鉗
4. 電烙鐵 30 瓦
5. 吸錫器
6. 鋼鋸
7. 鑽台與小電鑽
8. 鑽針：0.8mm、1mm、1.2mm
9. 銼刀：平銼、三角銼
10. 美工刀
11. 十字起子
12. USB 隨身碟 512MB



三、實驗儀器與設備

1. 數位式示波器 Tektronix TDS2002B
2. DC 電源供應器(雙電源)
3. AC 安培表(0~30A)
4. AC 安培表(0~10A)
5. 數位式三用電表
6. 類比式三用電表
7. 800W 電暖器(兩段式) × 2
8. 600W 烤箱
9. 1200W 吹風機(三段式)
10. 自耦變壓器 110V/220V，15A
11. 電腦含小畫家與 excel 軟體

數位式示波器

DC 電源供應器



AC 安培表



三用電表



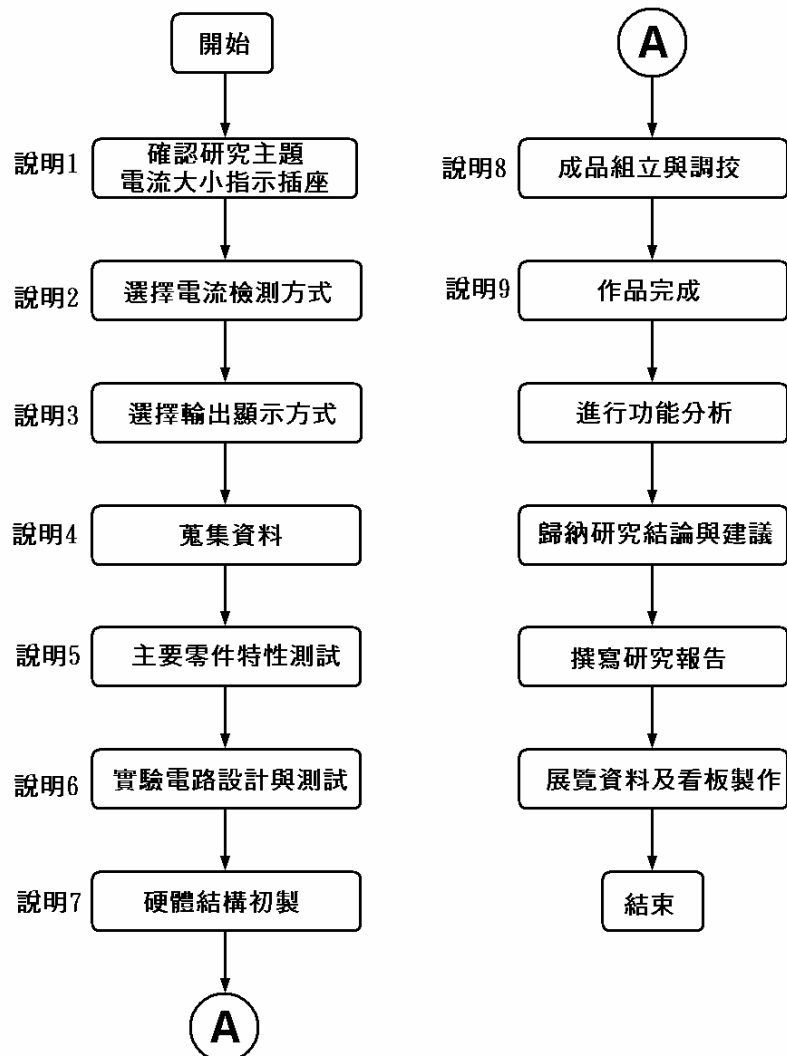
負載



自耦變壓器

肆、研究過程或方法

一、研究流程：



研究流程圖

二、研究方法說明：

(一)、說明 1. 題目的選擇：

- (1) 選擇電機、電子課程有關的題目。
- (2) 選擇生活上實用且有能力完成的題目。
- (3) 選擇學校現有設備可以幫助完成的題目。
- (4) 確認別人沒有做過一樣的研究，否則徒勞無功，了無新意。
- (5) 題目暫定：電流大小指示插座。

(二)、說明 2. 選擇電流檢測方式：

- (1) 比流器：體積大、價格高，不予採用。
- (2) 錳銅線：需與負載串聯使用，危險性高，不予採用。
- (3) 霍爾元件：電子學半導體課程提及，不必與負載做接觸性的連接，即可檢測電流大小產生相對應的磁場強度，線性，故予採用。

(三)、說明 3. 選擇輸出方式：

- (1) 七節顯示器：一般大眾較不易明白數字代表的意義，警示效果不佳，且電流大於 10A，就要兩個七節顯示器來顯示，佔空間，不予採用。
- (2) 紅色 LED BAR：越多顆 LED 發亮，表示電流越大，與電視機音量指示，或手機電量顯示有類似作用，不需另外學習，且紅色 LED 較醒目，在控制電路中紅色指示燈含有”使用中”的意義，若採用綠色 LED，會讓人誤以為”安全無虞”，其實用電量不論多寡，都要注意用電安全，故予採用。
- (3) DC 蜂鳴器：體積小，適合產生間歇性的聲響，提示電流已超過安全限度，故予採用。

(四)、說明 4. 蒐集資料：

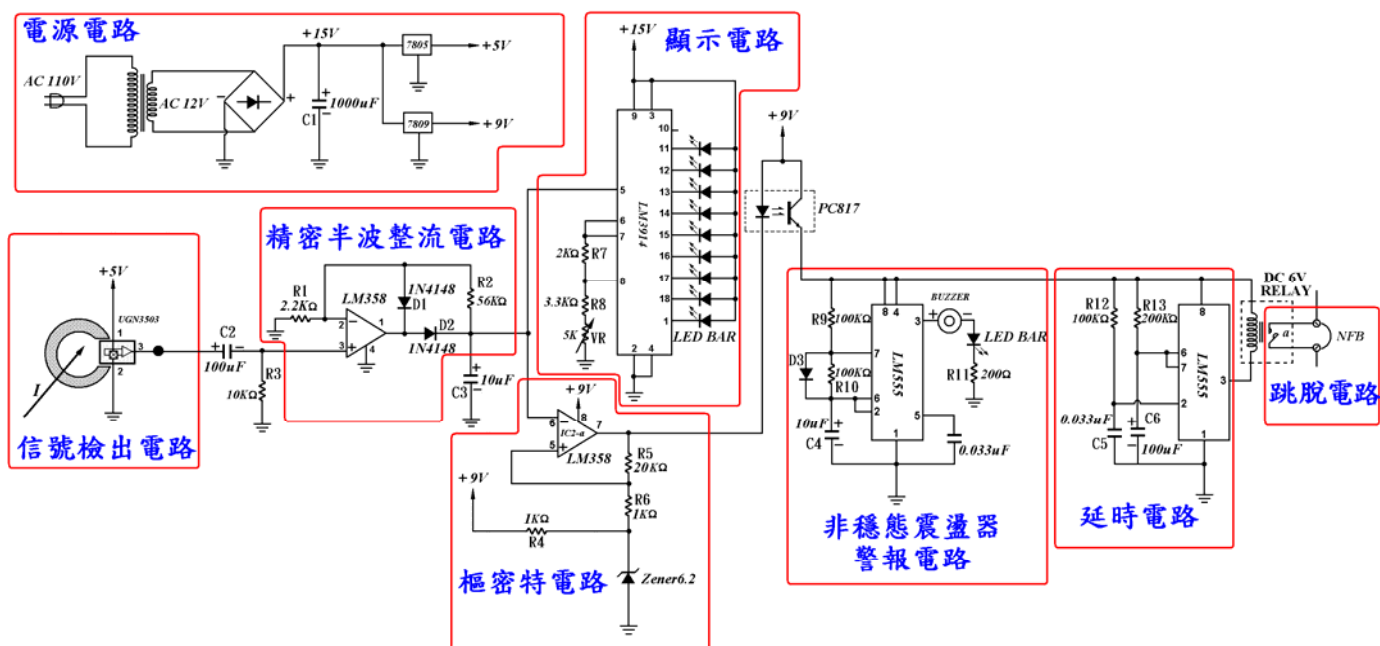
- (1) 霍爾元件的編號及 DATASHEET 與應用電路。
- (2) 選擇推動 LED BAR 的 IC LM3914 及 DATASHEET 與應用電路。
- (3) 穩壓 IC LM7805 與 LM7809 的 DATASHEET。
- (4) 選擇單電源運算放大器 LM358 DATASHEET。
- (5) 蒐集 IC LM555 的 DATASHEET 與應用電路。
- (6) 電工法規對安全電流的規定。

(五)、說明 5. 主要零件測試：

- (1) 了解霍爾 IC 的理論值與實驗值，紀錄實驗數據作為電路設計參考用。
- (2) 了解 LM358 的腳位與特性。
- (3) 了解 LM3914 的腳位與參考電壓設定，連接至 LED BAR 觀察是否正常運作。

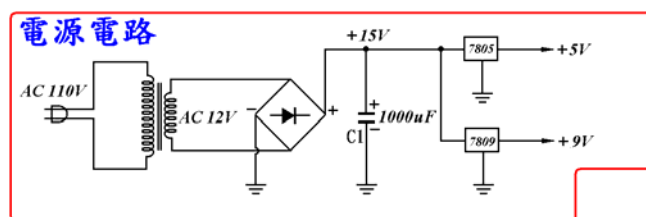
(六)、說明 6. 實驗電路設計與測試：

- (1) 電路分四大部分：電源電路、信號檢出電路、信號處理電路、輸出電路。

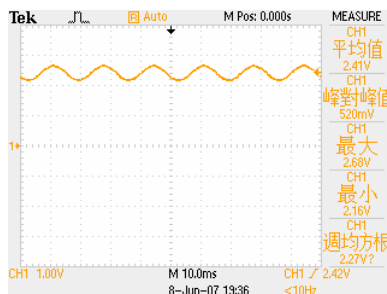
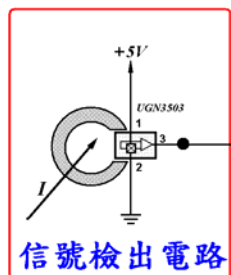


控制電路板電路圖

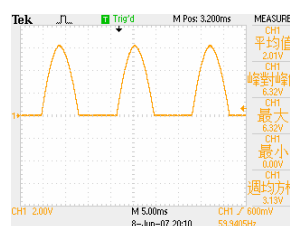
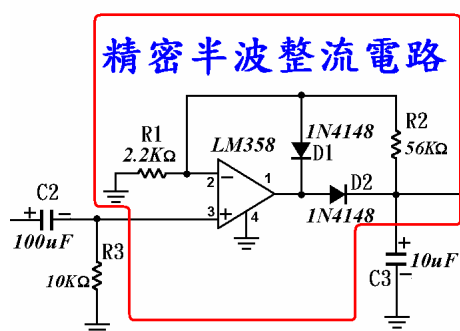
- (2) 電源電路：由 AC110V/12V 變壓器與 1A 橋式整流與濾波電容 C1 組成。



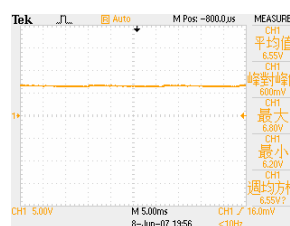
- (3) 信號檢出電路：由霍爾 IC UGN3503 檢出電壓信號（含有直流準位）。



(4) 信號處理電路：由 C2 隔離直流準位，再進入由運算放大器組成的、精密半坡整流(含)放大電路，最後由電容 C3 濾波後輸出。

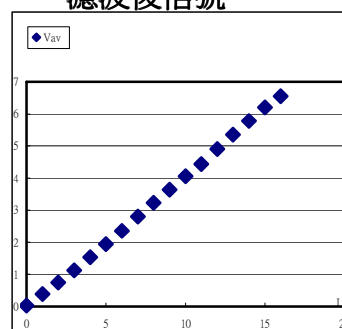


濾波前信號



濾波後信號

I(A)	0	1	2	3	4	5
Vav(V)	0.028	0.387	0.741	1.12	1.53	1.94
I(A)	6	7	8	9	10	11
Vav(V)	2.36	2.8	3.23	3.64	4.06	4.43
I(A)	12	13	14	15	16	
Vav(V)	4.9	5.35	5.78	6.2	6.55	

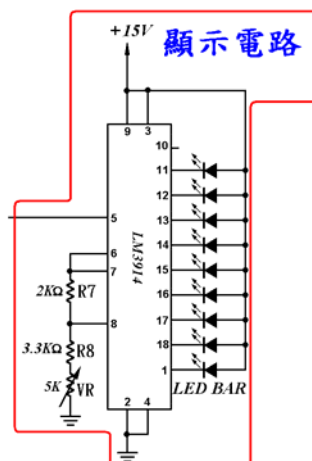


整流濾波後為一**線性**關係

(5) 輸出電路：包含顯示電路、不穩態震盪警報電路、樞密特電路，延時電路、過載電流跳脫電路。

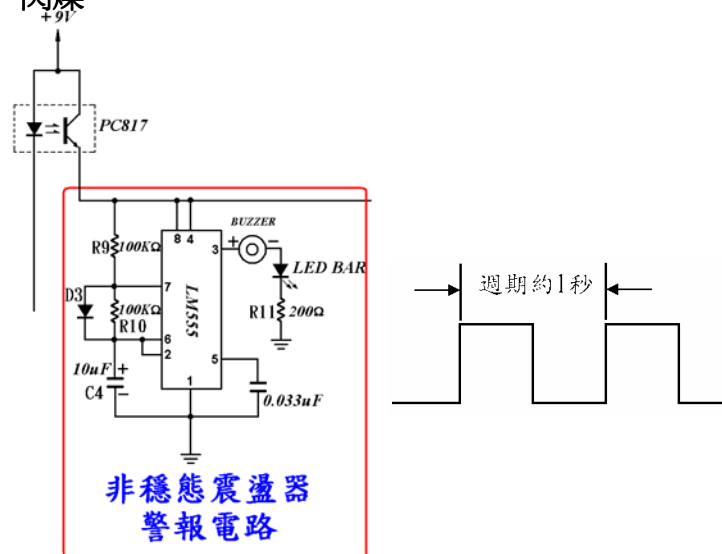
- 顯示電路：由 LM3914 專用 IC 來驅動 LED BAR，由 R7 的大小來規劃每一顆 LED 的電流， $I_{LED} \cong \frac{12.5}{R_7}$ ，參

考電壓(即第五腳的輸入電壓上限) $V = 1.25(1 + \frac{R_8 + VR}{R_7})$

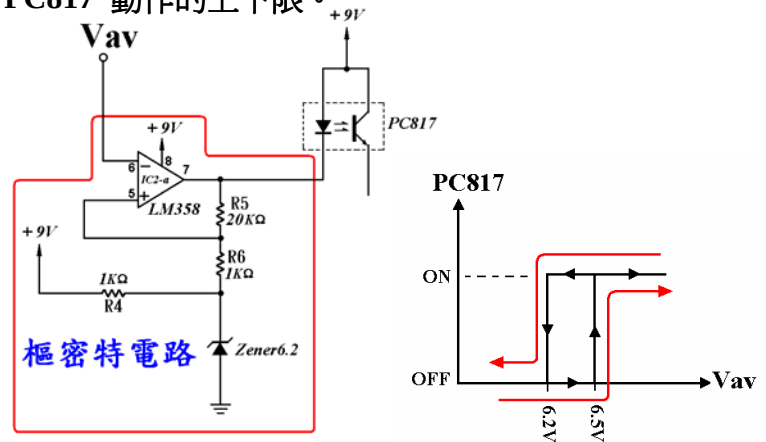


15A	10
13.5A	9
12A	8
10.5A	7
9A	6
7.5A	5
6A	4
4.5A	3
3A	2
1.5A	1

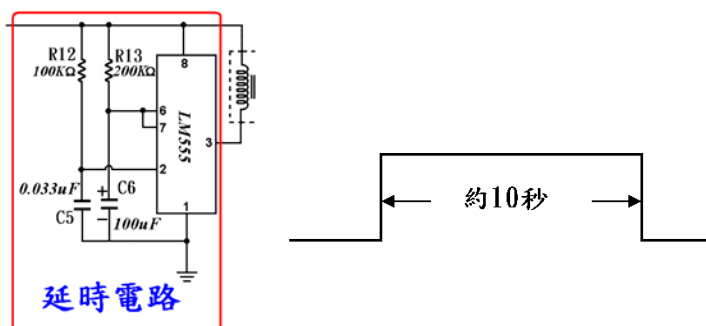
- 非穩態震盪警報電路：光耦合器 PC817 導通後，此電路產生約 1Hz 的警報聲，LED BAR 第 10 顆 LED 也同時閃爍。



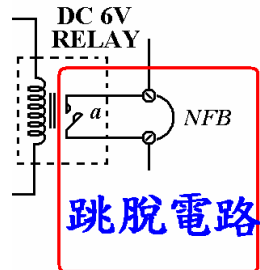
- 樞密特電路：未避免電流在臨界值 15A 時，警報電路與延時電路誤動作，產生不規律的聲響，故以此電路設定 PC817 動作的上下限。



- 延時電路：此電路為 power on delay 電路，負載電流超過 15A 時，延時電路啟動，約 10 秒後 pin3 轉為低態，繼電器動作。



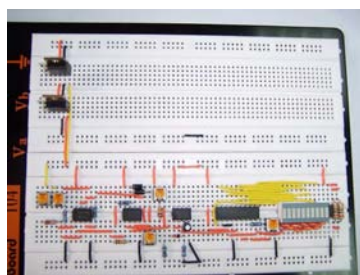
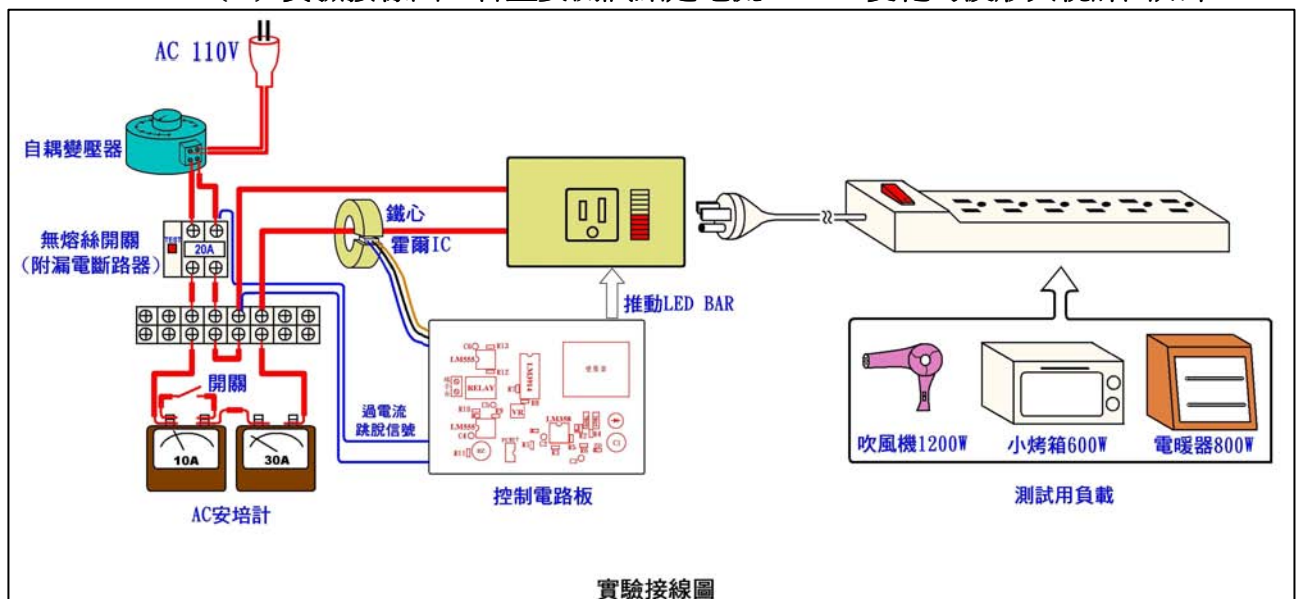
- 跳脫電路：當繼電器動作，接點閉合，使得 NFB 其中一線電流被分流，使得 NFB 內部兩線電流不平衡（製造漏電的假象），使得漏電斷路器跳脫。



(6) 使用 USB 隨身碟插入示波器儲存各點信號波形，紀錄實驗數據。



(7) 實驗接線圖、各重要測試點是電流 0~15A 變化的波形與統計圖如下。

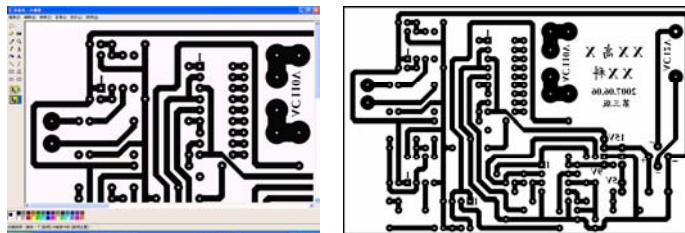


在麵包板上測試

(七)、說明 7. 硬體結構初製：主要分成電路板製作、感應線圈製作、蓋板製作、等三部份。

(1) 電路板製作：細分成佈線、曝光、顯影、蝕刻、鑽孔、插件與焊接等六個步驟。

- 佈線：用小畫家佈線之後列印在透明片上即可。



- 曝光：用日光燈曝光即可時間約為 8 分鐘。



- 顯影：顯影劑 10g，加上 20 倍的水，約 2 分鐘完成。



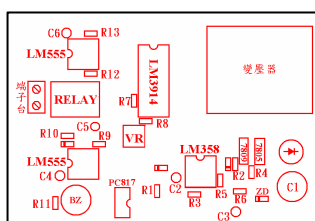
- 蝕刻：倒入氯化鐵溶液約 200cc 至塑膠桶，將電路板放入，輕輕搖動，約 10 分鐘完成，用水洗淨。



- 鑽孔：依零件接腳粗細，選擇 0.8mm、1.0mm、1.2mm 之鑽針，約 20 分鐘完成。



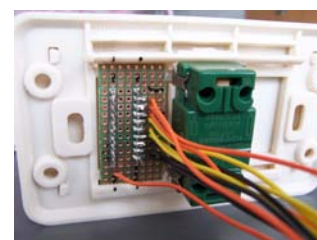
- 插件與焊接：依零件配置圖插上零件焊接完成約 120 分鐘完成。



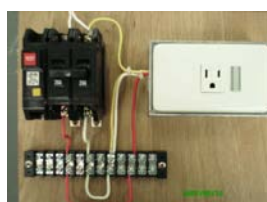
- (2) 感應線圈製作：從報廢 PC 電源供應器取下鐵心，用鋼鋸鋸一缺口，放入 UGN3503 霍爾 IC，焊上電源端、接地端、輸出端，用套管做好絕緣並用紮線加以固定，穿過 3 匝 1.6mm 單心導線，就完成了。



- (3) 蓋板製作：依 LED BAR 的尺寸在蓋板上鑽孔後，用銼刀磨成長方形孔，再將 LED BAR 焊接在圓點板上，接好線，試與插座同時嵌入蓋板。



- (八)、說明 8. 成品組立與調校：將電路板、感應線圈、蓋板組立完成後，安裝在分電盤上，就可通電測試。



- (九)、說明 9. 作品完成：經反覆測試後與組裝前特性一致，作品完成。

伍、研究結果

- 一、LED BAR 每一顆都能夠準確、線性的對應 0~15A 的電流變化。
- 二、發亮的 LED BAR 可提醒電器使用者，電器正在使用當中，應當注意其安全。
- 三、發亮的 LED BAR 可提醒電器使用者，要該節約能源，節省電費。
- 四、當電流超過 15A 時，會發出嗶嗶的聲音，提醒使用者已過載，應立即減少用電。
- 五、當電流超過 15A，持續時間達到 10 秒鐘，無熔絲開關 NFB(附漏電斷路器者)會立即跳脫，
以策安全。
- 六、使用者無須專業知識，也不必學習，也可以了解 LED BAR 代表的意義，也沒有無須特別
操作技巧，只要按往常用電即可。

陸、討論

- 一、電源電路用變壓器、電路板面積可再縮小，以降低成本。
- 二、電流檢測使用霍爾 IC 與鐵心【報廢 PC 的電源供應器取下】的組合，可選用體積更小，高導磁係數的鐵心。
- 三、有意發展的廠商研發專用晶片，降低成本。
- 四、此裝置也可用於用戶的分電盤上，顯示家戶用電的狀態，可達節約用電的提示效果。
- 五、若用於 110V/220V 的系統，也可由兩組的 LED BAR 來顯示分路負載是否平衡。
- 六、鐵心縫隙應剛好放得下霍爾 IC 即可，減少磁阻，也應避免漏磁過大。

柒、結論

用電有多少，電錶就跑得有多快，電錶跑得有多快，電費就收多少，但是平時有人會去看看電錶跑多快嗎？電錶在哪裡？什麼是快，又什麼是慢，也無從比較起，等到電費收費單來了，最後才會回想起真的用了不少呢！若是時時刻刻都能夠知道用電的多寡，就不必費事的找尋電錶了，附電流大小指示的插座可讓您在吃火鍋、烤麵包、打電腦的同時，也知道電流有多大，電流超過了，它還會發出嗶嗶的警告聲音，甚至送出訊號讓無熔絲開關（附漏電斷路器者）跳脫，以策安全。

「電線走火引發大火」，追根究底，用電過量且沒有節制是發生主因，若是用電在安全限度以內，也就是導線的安全電流內，那麼就能夠降低電線走火的發生率，電流大小顯示出來，更多一層保障，

全球性的能源短缺，甚至能源危機，在新能源的技術尚未臻成熟之際，大家都有責任來節約，況且台灣以燃煤來發電佔總發電量的絕大部分，二氧化碳的排放量居高不下，造成全球生態的不變，我們有絕對的責任來改善，以個人小我來說，節約用電是最簡單也最直接，小我的力量雖不足以撼動或扭轉情勢，但全球數十億人口都有志一同，積少成多，若能在日常生活當中處處都見節約能源的想法，或是具體措施，地球就有救了。

具電流顯示功能的插座，能提醒電器使用者「您還在用電，該關掉電源了嗎？」，提醒大家節約能源，這也算善盡一份心力來愛地球。

捌、參考資料

孫瑜（民 95）基本電學（I）。台北：龍騰

陳清良（民 95）電子學（I、II）。台北：龍騰

唐黨、金武昌（民 94）電工法規。台北：雙日

劉生武、謝秀蘭（民 95）室內配線丙級術科通關寶典：台科大

孫宗瀛、黃金定（民 78）常用線性 IC 資料手冊：全華

John Clarke（Jan. 2006.）Everyday Practical Electronics：Current Clamp Adaptor For Multimeters

National Semiconductor：LM3914 - Dot/Bar Display Driver www.national.com/pf/LM/LM3914.html

National Semiconductor：LM358 - Low Power Dual Operational Amplifier

<http://www.national.com/pf/LM/LM358.html>

Allegro Microsystems Inc.：UGN3503 series datasheets

http://www.datasheet4u.com/html/U/G/N/UGN3503_AllegroMicroSystems.pdf.html

【評 語】

091004 電流知多少，用電安全沒煩惱

1. 利用霍爾元件偵測並顯示個插座之用電量，作品實用性佳。
2. 以 LED BAR 顯示耗電量簡明易懂，以蜂鳴器警示過載並跳脫無熔絲開關極具保護作用。
3. 作品為 24 小時耗電，最大 2W 的耗電應再降低。
4. 插座盒空間有限，電路板應更縮小或和插座整合。
5. 切斷無熔絲開關的配線可再簡化。