

高雄市高英高級工商職業學校
Kao Ying Industrial Commercial Vocational High School

專題製作報告



USB 充電型電風扇

指導老師：蘇志雄老師

科別班級：電機科 3 年 1 班

組 長：陳柏宏(11)

組 員：鍾永和(12)、許智翔(05)、許佑銘(04)

中 華 民 國 104 年 6 月

誌謝

首先感謝高英工商蘇志雄老師提倡教師專業本位之學術研究專題製作，以教師專業領域跨於教師帶領學生深入專題製作的依據，使學生這門專題製作課程有一個遵循規範，並了解實質專題製作的學習意義及專業探討研究的精神，如此便能使教師及學生在專業研究領域中不斷追求專業，並養成專業科技人的涵養。

經過這麼漫長的時間，本專題報告在努力下終於順利的完成，要先感蘇志雄老師細心的引導我們，克服專題製作中所面臨的困難，使得本專題可以順利完成。

專題報告口試期間，感謝蘇志雄老師給予我們很多上台練習的機會，不僅給我們指導，並且提供寶貴的經驗與建議，使得我們的專題內容可以更完整，在此由衷感謝。

同時在這段時間內，也感謝週遭老師及學生的支持協助，使得有著一股執著的動力，提領著學生突破時間及距離的障礙，充份善用科技人的專業研究執著、溝通及檢討修正的精神，一同完成此專題製作的任務。

最後，感謝科內的各位老師在各個學科領域方面，細心的指導，使我們的專題報告能夠更充實更完整，在此致上最高的敬意。

中文摘要

傳統的桌上型小風扇都會有噪音的問題，但我們設計出的充電型風扇可以達到低轉速、高風量，而且可以隨自己喜好更換 12cm 機殼風扇。此風扇是以 12v 蓄電池供電，基座是以小型 PC 九百孔電路板用來當電路底座，我們是使用 110 伏特交流電壓轉變為直流的 12 伏特的電壓，並根據克希荷夫電壓定率、惠斯頓電橋和戴維寧等效電路去推導出我們的橋式整流電路。齊元件有：變壓器 AC110V $\rightarrow$ DC12V、二極體 N007 x 4、電解電容 220 μ F 30V x 1、LM7812 x 1、還有自製的電流保護電路，充電電池是採用 蓄電池，容量為 1.2AH，實測使用時間約 6 小時。

目錄

誌謝	i
中文摘要	ii
目錄	iii
表目錄	iv
圖目錄	v
壹、前言	1
一、製作動機	1
二、製作目的	1
三、製作架構	2
貳、理論探討	3
一、製作方法	3
二、充電型電風扇	4
三、直流風扇	4
四、變壓器	5
五、充電型電風扇的種類	8
六、克希荷夫電路定律	8
七、惠斯登電橋	11
八、戴維寧定理	13
九、鉛蓄電池	15
十、整流電路	17
參、專題製作	20
一、設備及器材	22
二、團隊任務配置	24
肆、製作成果	25
一、製作過程	26
二、製作成果與功能介紹	27
伍、結論與建議	23
一、結論	23
二、建議	23

陸、参考文献.....	24
-------------	----

表目錄

表 1	使用儀器設備一覽表	15
表 2	使用材料	16
表 3	專題製作計畫書	17
表 4	工作進度甘特圖	18

圖目錄

圖 1 專題製作架構圖	1
圖 2 直流風扇圖	4
圖 3 變壓器架構圖	5
圖 4 變壓器原理圖	6
圖 5 變壓器符號圖	7
圖 6 充電型電風扇圖	8
圖 7 克希荷夫電路圖	9
圖 8 克希荷夫電壓圖	10
圖 9 惠斯頓電橋電路圖	13
圖 10 戴維寧等效電路圖	15
圖 11 半波整流器	17
圖 12 單相橋式全波整流	18
圖 13 三相橋式整流器	19
圖 14 橋式整流電路示意圖	25
圖 15 電路設計	20
圖 16 實體側面角度	21
圖 17 實體上方角度	21
圖 18 控制電路	21
圖 19 燈泡	21
圖 20 動作時(有感測)正面圖	21
圖 21 動作時(有感測)側面圖	21
圖 22 動作時(無感測)側面圖	22
圖 23 動作時(無感測)正面圖	22
圖 24 電路(無感測)側面圖	22
圖 25 電路(有感測)側面圖	22

壹、前言

一、製作動機

夏季到了，在炎熱的夏天裡，在戶外跟室內空間裡，沒有傳統型電風扇跟沒有冷氣時該怎麼辦，於是我們研發了這個專題“蓄電池充電型電風扇”可以幫助我們在炎熱的夏天裡度過，這個方便在於，市面上多是裝電池的，而我們打算用蓄電池，就可以在居家進行充電，充滿電時，就可以帶去戶外及教室裡面，就可以度過這個炎熱的夏天。

二、製作目的

我們想要做這個專題的目的，主要是為了改良傳統型風扇的缺點，並且增加其他的功能及讓它的便利性提升。然而我們的風扇達到完全靜音的狀態，而且大風量，但因為製作時欠缺技術，導致產品因測試而失敗很多，造成製作成本高昂，但最終還是克服了，相信有一天能在市面上看到此產品大賣。

三、製作架構

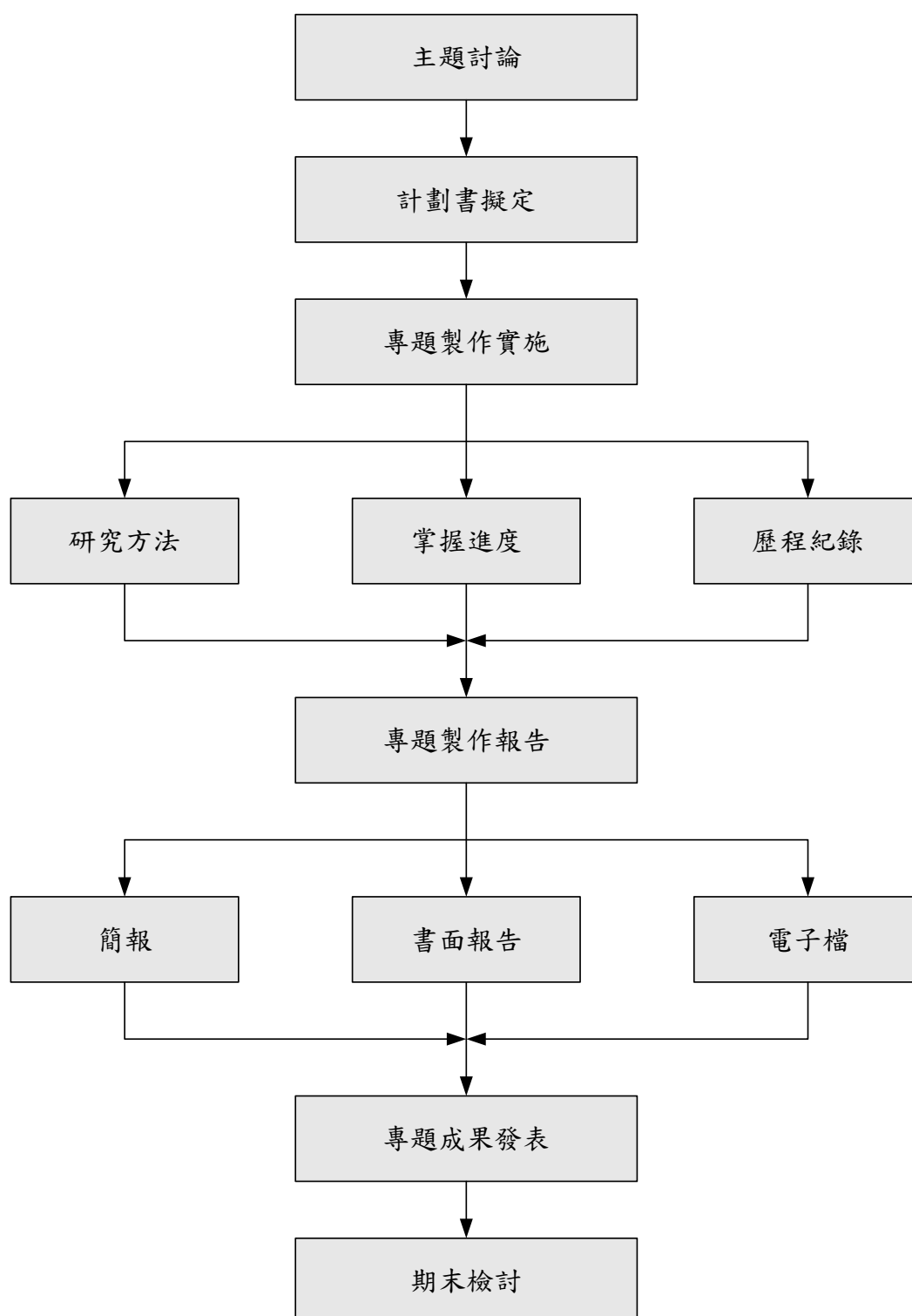


圖 1 專題製作架構圖

貳、理論探討

一、製作方法

首先規劃電路圖，並根據希荷夫電壓定率、惠斯頓電橋和戴維寧等效電路去推導出我們的橋式整流電路。

利用小型 PC 九百孔電路板，插上二極體 N007 x 4 、電解電容 220 μ F 30V x 1 、 LM7812 x 1 、 還有自製的電流保護電路。

二、充電型電風扇

創意迷你風扇，採用蓄電池充電，適合室內室外使用。
，精緻小巧，外觀時尚可愛，攜帶方便，適合移動攜帶使用。風速穩定，節能，環保，超低功耗。內置高能量可迴圈充電蓄電池，十分方便。

直接連接電腦電源充電，也可以使用外接適配電源或手機充電器充電，方便快捷。扇葉和主機可以拆分，方便清洗和保存。

三、直流風扇

(1) 分類

主要分為兩大類：無刷和有刷。有刷風扇通連續工作壽命在幾百到 1 千多個小時，到達使用極限就需要更換碳刷，不然很容易造成軸承的磨損。無刷風扇連續工作壽命在一般是萬小時來計，而且轉速可控制。產泛應用於電子產品散熱及通風上。

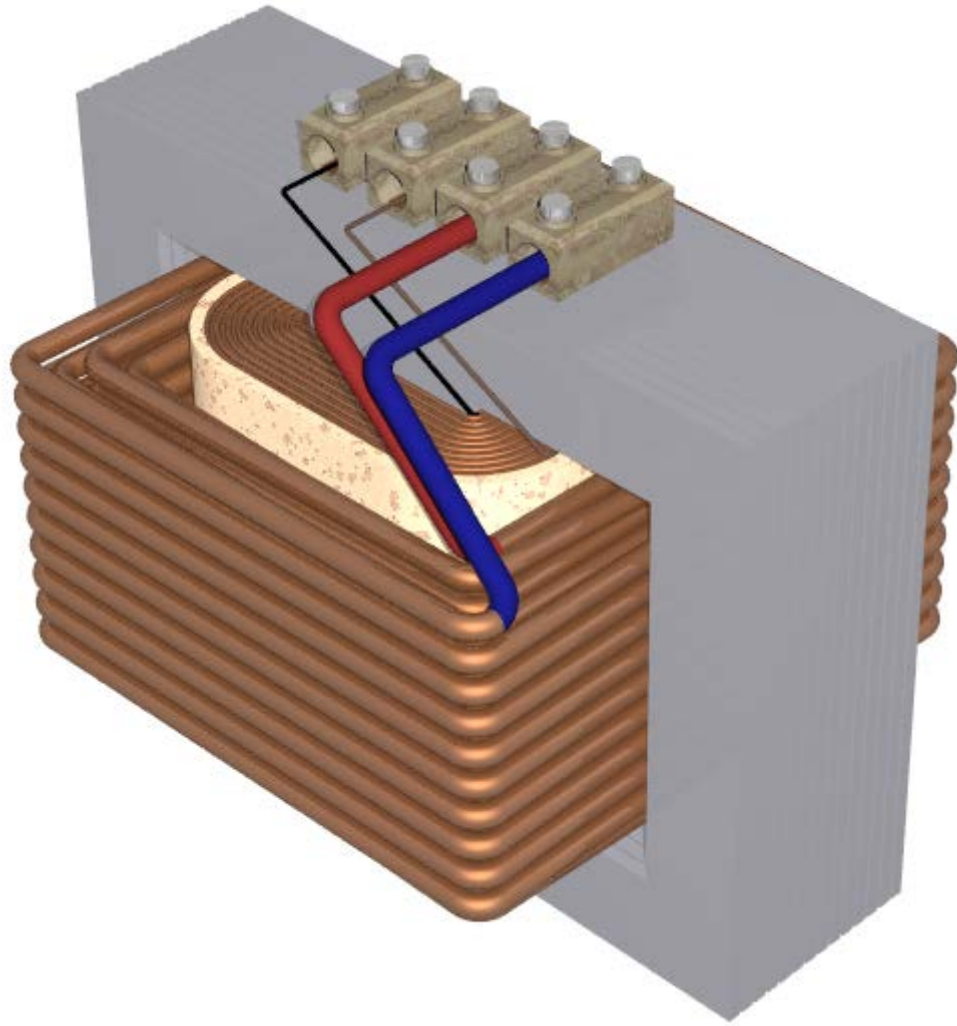


(2) 工作原理

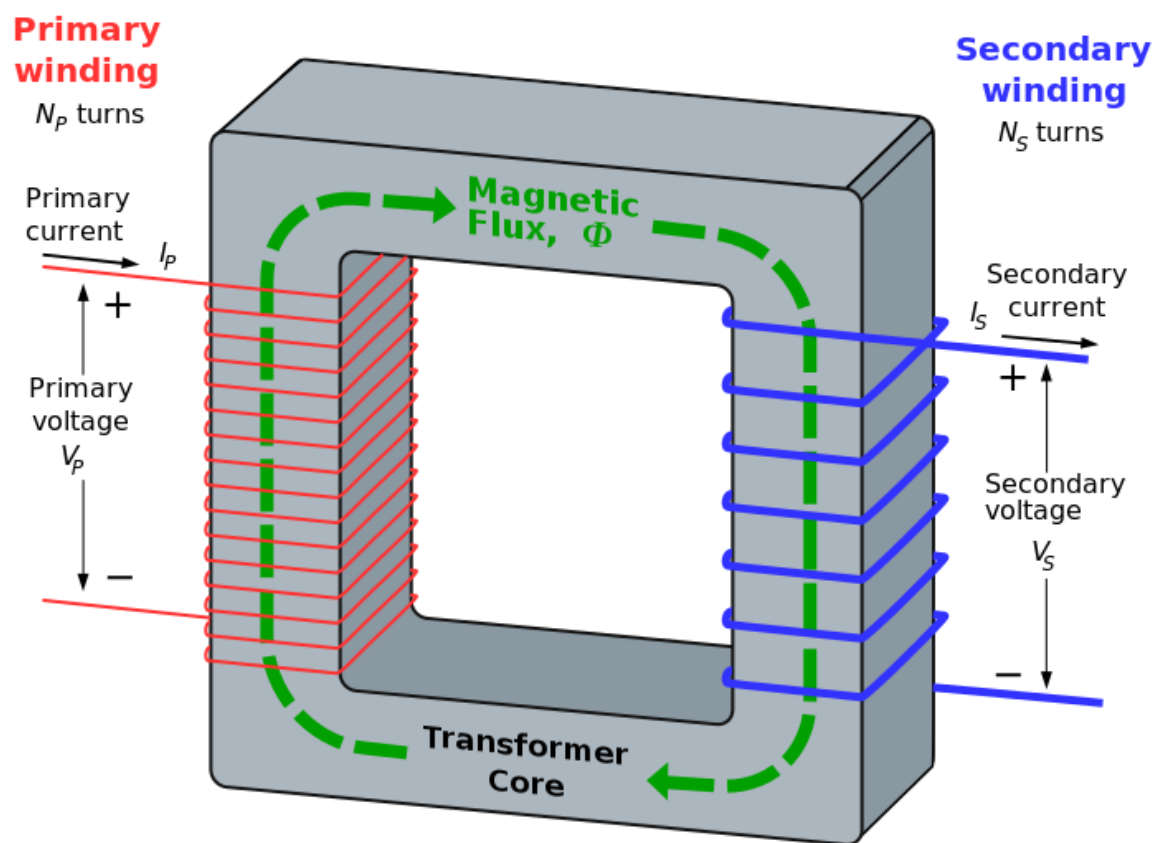
簡單而言，依靠改變輸入到無刷電機定子線圈上的電流波交變頻率和波形，在繞組線圈周圍形成一個繞電機幾何軸心全轉的磁場，這個磁場驅動轉子上的永磁磁鋼轉動，電機就轉起來了，電機的性能和磁鋼數量、磁鋼磁通強度、電機輸入電壓大小等因素有關，更與無刷電機的控制性能有很大關係，因為輸入的是直流電，電流需要電子調速器將其變成3相交流電，還需要從遙控器接收機那裡接收控制信號，控制電機的轉速，以滿足模型使用需要。總的來說，無刷電機的結構是比較簡單的，真正決定其使用性能的還是無刷電子調速器，好的電子調速器需要有單片機控制程序設計、電路設計、複雜加工工藝等過程的總體控制，所以價格要比有刷電機高出很多。

四、變壓器

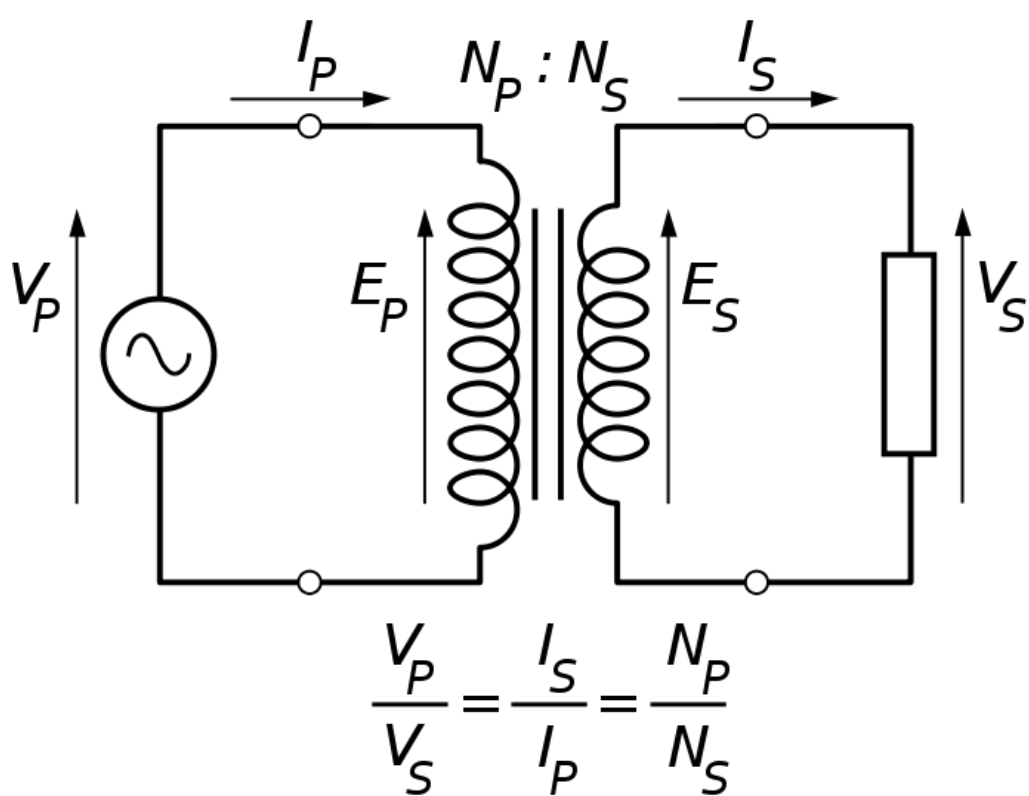
變壓器是應用法拉第電磁感應定律而升高或降低電壓的裝置。變壓器通常包含兩組或以上的線圈。主要用途是升降交流電的電壓、改變阻抗及分隔電路。電路符號常用 T 當作編號的開頭。



外鐵式變壓器的同心結構有助減少漏磁。



一個理想的降壓變壓器，此圖畫出了變壓器芯中的磁通量。



理想變壓器的電路圖。

五、充電型電風扇的種類

市面上的小型桌上型風扇可分為：可充電的及不可充電的，不可充電的又可分為：3 號電池、鋰電池。



充電型電風扇

六、克希荷夫電路定律

克希荷夫電路定律 (Kirchhoff Circuit Laws)，克希荷夫電壓定律，又稱為克希荷夫第二定律簡稱為克希荷夫定律，指的是兩條電路學定律，克希荷夫電流定律與克希荷夫電壓定律。它們涉及了電荷的守恆及電勢的保守性。1845 年，古斯塔夫·克希荷夫首先提出克希荷夫電路定律。現在，這定律被廣泛地應用於電機工程學。

(一) 克希荷夫電壓定律

克希荷夫電壓定律又稱為克希荷夫第二定律，表明

沿著閉合迴路所有元件兩端的電勢差（電壓）的代數和等於零。

或者，換句話說是這樣，

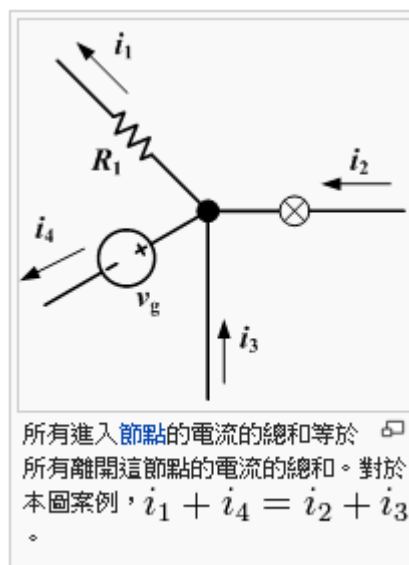
沿著閉合迴路的所有電動勢的代數和等於所有電壓降的代數和。

以方程式表達，對於電路的任意閉合迴路，

$$\sum_{k=1}^m v_k = 0 ;$$

其中， m 是這閉合迴路的元件數目， v_k 是元件兩端的電壓，可以是實數或複數。

克希荷夫電壓定律不僅應用於閉合迴路，也可以把它推廣應用於迴路的部分電路。



電路圖

(二) 電場與電勢：

在靜電學裏，電勢定義為電場的負線積分：

$$\phi(\mathbf{r}) \stackrel{\text{def}}{=} - \int_{\mathbb{L}} \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} ;$$

其中， $\phi(\mathbf{r})$ 是電勢， $\mathbf{E}$ 是電場， $\mathbb{L}$ 是從參考位置到位置 $\mathbf{r}$ 的路徑， $d\boldsymbol{\ell}$ 是這路徑的微小線元素。

那麼，克希荷夫電壓定律可以等價表達為：

$$\oint_{\mathbb{C}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 ;$$

其中， $\mathbb{C}$ 是積分的閉合迴路。

這方程式乃是法拉第電磁感應定律對於一個特殊狀況的簡化版本。假設通過閉合迴路 $\mathbb{C}$ 的磁通量為常數，則這方程式成立。

這方程式指明，電場沿著閉合迴路 $\mathbb{C}$ 的線積分為零。將這線積分切割為幾段支路，就可以分別計算每一段支路的電壓。

(三) 理論限制

由於含時電流會產生含時磁場，通過閉合迴路 $\mathbb{C}$ 的磁通量是時間的函數，根據法拉第電磁感應定律，會有電動勢 $\mathcal{E}$ 出現於閉合迴路 $\mathbb{C}$ 。所以，電場沿著閉合迴路 $\mathbb{C}$ 的線積分不等於零。這是因為電流會將能量傳遞給磁場；反之亦然，磁場亦會將能量傳遞給電流。

對於含有電感器的電路，必需將克希荷夫電壓定律加以修正。由於含時電流的作用，電路的每一個電感器都會產生對應的電動勢 $\mathcal{E}_k$ 。必需將這電動勢納入克希荷夫電壓定律，才能求得正確答案。

(四) 頻率

思考單頻率交流電路的任意節點，應用克希荷夫電流定律

$$\sum_{k=1}^n i_k = \sum_{k=1}^n I_k \cos(\omega t + \theta_k) = \text{Re} \left\{ \sum_{k=1}^n I_k e^{j(\omega t + \theta_k)} \right\} = \text{Re} \left\{ \left(\sum_{k=1}^n I_k e^{j\theta_k} \right) e^{j\omega t} \right\} = 0 ;$$

其中， i_k 是第 k 個進入或離開這節點的電流， I_k 是其振幅， θ_k 是其相位， ω 是角頻率， t 是時間。

對於任意時間，這方程式成立。所以，設定相量 $\mathbb{I}_k = I_k e^{j\theta_k}$ ，則可以得到頻域的克希荷夫電流定律，以方程式表達，

$$\sum_{k=1}^n \mathbb{I}_k = 0。$$

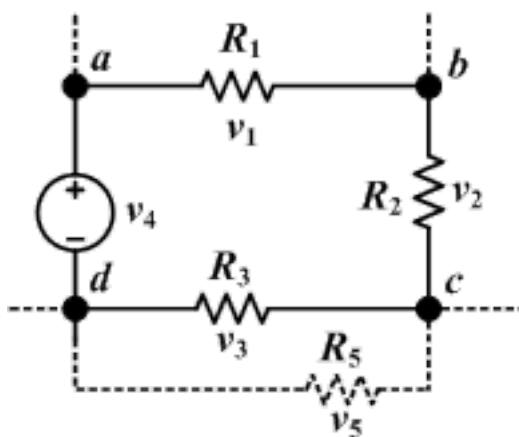
頻域的克希荷夫電流定律表明：

所有進入或離開節點的電流相量的代數和等於零。

這是節點分析的基礎定律。

類似地，對於交流電路的任意閉合迴路，頻域的克希荷夫電壓定律表明：

沿著閉合迴路所有元件兩端的電壓相量的代數和等於零。



克希荷夫電壓定律

七、惠斯登電橋

惠斯通電橋（英語：Wheatstone bridge，又稱惠斯同電橋、惠斯登電橋）是在 1833 年由塞繆爾·亨特·克里斯蒂發明，1843 年

由查爾斯·惠斯通改進及推廣的一種測量工具。它用來精確測量未知電阻器的電阻值，其原理和原始的電位差計相近。

待測電阻 R_x ，和已知電阻的可變電阻器 R_2 、電阻 R_1 和電阻 R_3 。在一個電路內，將 R_1 和 R_2 串聯， R_3 和 R_x 串聯，再將這兩個串聯的電路並聯，在 R_1 和 R_2 之間的電線中點跟在 R_3 和 R_x 之間的電線中點接駁上一條電線，在這條電線上放置檢流計。當 $R_2/R_1 = R_x/R_3$ 時，電橋平衡，檢流計無電流通過。由於是否有電流經過是十分敏感的，惠斯登橋可以獲取頗精確的測量。

(一)應用與推導

用克希荷夫電路定律計算通過 B 和 D 的電流：

$$\begin{aligned} I_3 - I_x + I_g &= 0 \\ I_1 - I_g - I_2 &= 0 \end{aligned}$$

用克希荷夫第二定律計算 ABD 和 BCD 的電壓：

$$\begin{aligned} (I_3 \cdot R_3) - (I_g \cdot R_g) - (I_1 \cdot R_1) &= 0 \\ (I_x \cdot R_x) - (I_2 \cdot R_2) + (I_g \cdot R_g) &= 0 \end{aligned}$$

當電橋平衡時， $I_g = 0$ 。因此，以上的方程式可以寫成：

$$\begin{aligned} I_3 \cdot R_3 &= I_1 \cdot R_1 \\ I_x \cdot R_x &= I_2 \cdot R_2 \end{aligned}$$

兩式相除，並整理，得：

$$R_x = \frac{R_2 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot R_3}{R_1 \cdot I_1 \cdot I_x}$$

由於串聯電路內各元件的電流相等，故 $I_3 = I_x$ 且 $I_1 = I_2$ 。因此， R_x 的值為：

$$R_x = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1}$$

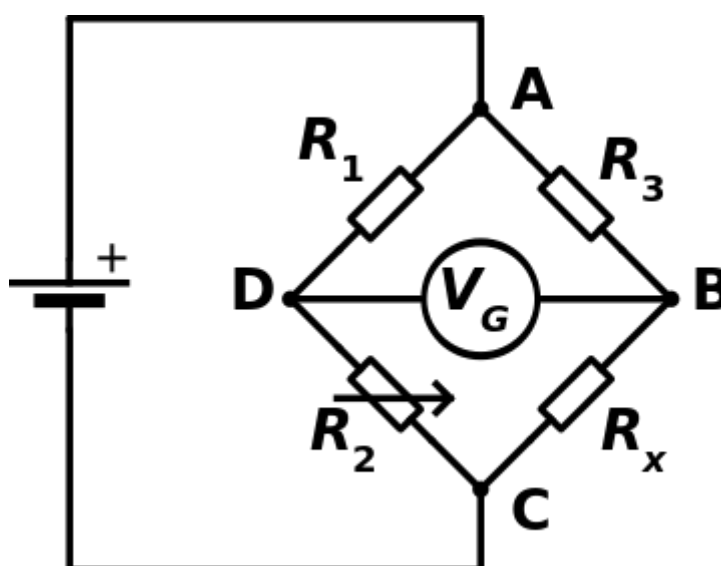
如果知道了四個電阻的值和電源的電壓 (V_s)，則可以算出每一個分壓器的電壓，並把它們相減，來得出電橋兩端的電壓 (V)。

方程式為：

$$V = \frac{R_x}{R_3 + R_x} V_s - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

可簡化為：

$$V = \left(\frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_s$$



惠斯頓電橋電路圖

八、戴維寧定理

戴維寧定理 (Thevenin's theorem) 又稱等效電壓源定律，是由法國科學家 L·C·戴維寧於 1853 年提出的一個電學定理。由於早在 1853 年，亥姆霍茲也提出過本定理，所以又稱亥姆霍茲-戴維寧定理。其內容是：一個含有獨立電壓源、獨立電流源及電阻的線性網絡的兩端，就其外部型態而言，在電性上可以用一個獨立電壓源 V 和一個鬆弛二端網絡的串聯電阻

組合來等效。在單頻交流系統中，此定理不僅適用於電阻，也適用於廣義的阻抗。

此定理陳述出一個具有電壓源及電阻的電路可以被轉換成戴維寧等效電路，這是用於電路分析的簡化技巧。戴維寧等效電路對於電源供應器及電池(裡面包含一個代表內阻抗的電阻及一個代表電動勢的電壓源)來說是一個很好的等效模型，此電路包含了一個理想的電壓源串聯一個理想的電阻。

二 計算

在計算戴維寧等效電路時，必須聯立兩個由電阻及電壓兩個變數所組成的方程式，這兩個方程式可經由下列步驟來獲得，但也可以使用埠在其他條件下的狀態得出：

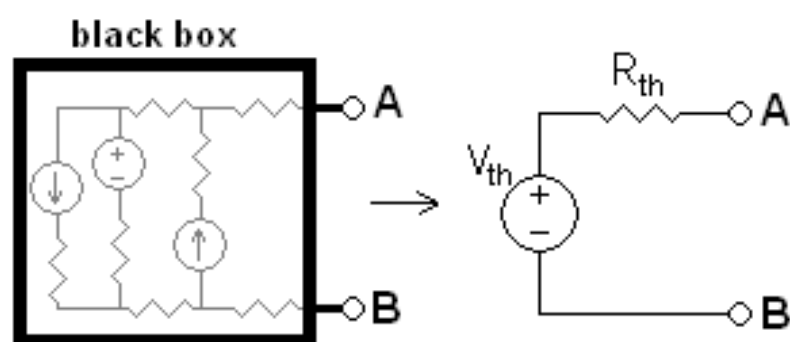
1. 在 AB 兩端開路（在沒有任何外電流輸出，亦即當 AB 點之間的阻抗無限大）的狀況下計算輸出電壓 V_{AB} ，此輸出電壓就是 V_{Th} 。
 2. 在 AB 兩端短路（亦即負載電阻為零）的狀況下計算輸出電流 I_{AB} ，此時 R_{Th} 等於 V_{Th} 除以 I_{AB} 。
- 此等效電路是由一個獨立電壓源 V_{Th} 與一個電阻 R_{Th} 串聯所組成。

其中的第 2 項也可以考慮成：

- a. 首先將原始電路系統中的電壓源以短路取代，電流源以開路取代。
- b. 此時，用一個電阻計從 AB 兩端測得系統的總電阻 R ，即等效電阻 R_{Th} 。

此戴維寧等效電壓就是該原始電路輸出端的電壓，當在計算戴維寧等效電壓時，分壓原理是很好用的，可將其中一端電壓設為 V_{out} ，而另外一端接地。

戴維寧等效電阻是由橫跨 A 與 B 兩端往系統「看」進來所量測到的，但重點是，要先將所有的電壓源及電流源以內部電阻取代。對於理想電壓源來說，可以直接用短路來取代；對於理想的電流源來說，可以直接用開路來取代。之後，電阻可以用串聯電路及並聯電路的公式計算出來。這種方法只適用於含有獨立源的電路。如果電路中存在受控源，需要用到其他的方法，如在 A 和 B 之間連接一個測試源，並計算兩端的電壓或流過測試源的電流。



戴維寧等效電路

九、鉛蓄電池

鉛酸蓄電池，又稱鉛蓄電池，是蓄電池的一種，電極主要由鉛製成，電解液是硫酸溶液的一種蓄電池。一般分為開口型電池及閥控型電池兩種。前者需要定期注酸維護，後者為免維護型蓄電池。按電池型號可分為小密、中密及大密。俗稱的電瓶主要指的是鉛酸蓄電池。

1. 結構：

鉛酸蓄電池一般由正極板、負極板、隔板、電池槽、電解液和接線端子等部分組成。

正極板為二氧化鉛板 (PbO_2)，負極板為鉛板 (Pb)。

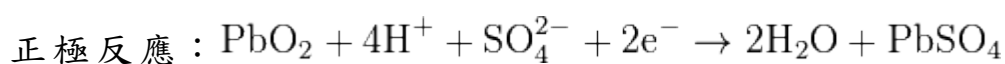
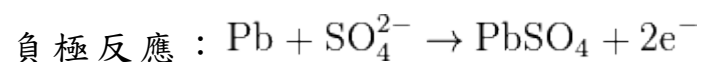
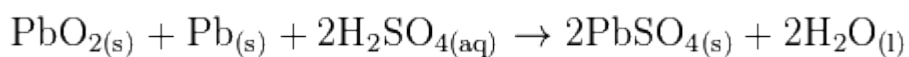
2. 原理：

蓄電池的原理是通過將化學能和直流電能相互轉化，在放電後經充電後能復原，從而達到重複使用效果。鉛蓄電池的電壓為 2 的倍數。

放電化學反應

鉛酸蓄電池中的正極活性物質（二氧化鉛）與負極活性物質（海綿鉛）和電解液（30%-40%的稀硫酸溶液），反應生成硫酸鉛和水。

化學方程式為：



充電化學反應

硫酸鉛和水轉化為二氧化鉛、海綿鉛與稀硫酸。

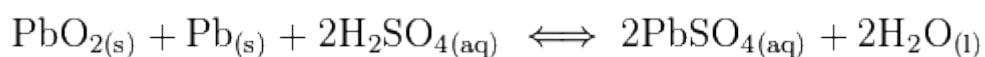
化學方程式為：



通用的化學反應

在放電反應及充電反應中，沒有額外物質減少或增加，由於兩個反應條件相同，所以是可逆反應，但實際環境下仍有許多變因。

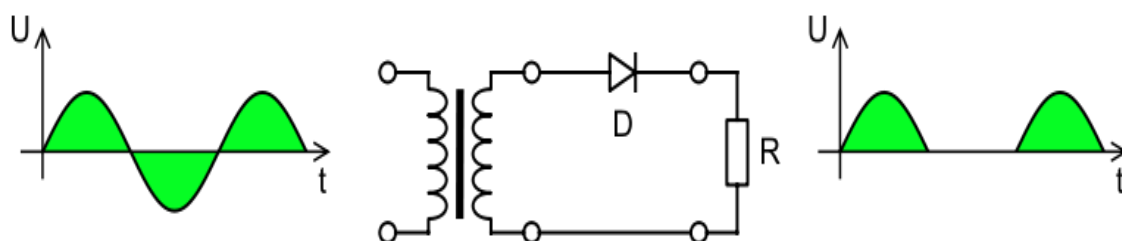
化學方程式為：



十、整流電路

1. 半波整流器

在半波整流器中，交流波形的正半週或負半週其中之一會被消除。只有一半的輸入波形會形成輸出，對於功率轉換是相當沒有效率的。



半波整流器的直流電壓輸出可以下列兩個理想方程式計算之。

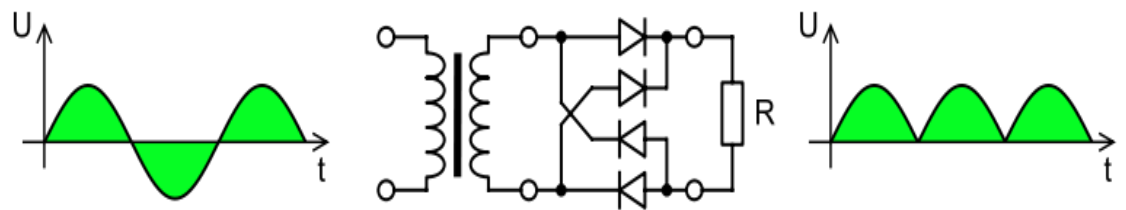
2. 單相半波整流

半波整流在單相供應時只使用一個二極體。

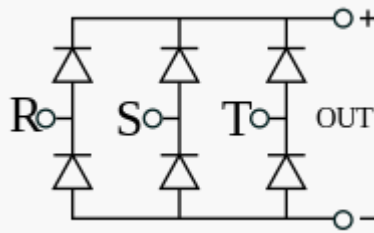
$$V_{dc} = \frac{V_{peak}}{\pi}$$

3. 單相橋式全波整流

如果不是使用具有中間抽頭的變壓器，而只有一組輸出線圈，則需使用四個二極體才能做全波整流。令峰值電壓為 V_m ，未做濾波時的平均 $V_{dc}=0.636V_m$ ，頻率為原來 AC 頻率的 2 倍，每個二極體所承受的逆向峰值電壓（PIV, Peak Inverse Voltage）值是 V_m 。輸出電壓之有效值（ V_{rms} ）約為 $0.707V_m$ （最大值）。此種方式（如圖）稱為橋式整流，這四個二極體合稱為橋式整流器：



4. 三相橋式全波整流



三相橋式整流器。

三相交流，使用六個二極體。通常有三對的二極體，不過，每一對，不是同樣會被用作一個全波單相整流電路的雙二極體。而是將對處於系列（陽極陰極到）。通常，市面雙二極體有四個接頭，所以使用者可以將它們配置為單相拆分供應使用供半一座橋或三相。



拆卸汽車交流發電機，顯示六個組成一個全波三相橋式整流二極體。

生成交流（這樣的設備被稱為交流發電機）的大多數設備生成三相交流。為例，一個汽車交流發電機有六個裡面作為為電池充電應用程式的全波整流二極體。可以作為計算的一個理想的全波整流的平均均方根輸出電壓：

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{2V_p}{\pi}$$

參、專題製作

一、設備及器材

表 1 使用儀器設備一覽表

設備名稱	用途說明
個人電腦	報告撰寫
數位相機	紀錄整個專題製作流程
三用電錶	測量配線電路正確或短路
噴墨印表機	列印專題相關資料
Microsoft Office Word	製作專題報告
Microsoft Office Power Point	進行口頭報告、製作及專題成品報告呈現
工具（十字起子、一字起子、剝線鉗、螺絲）	固定電路板和接線

表 2 使用材料

材料名稱	數量	備註
變壓器 DC12V	1 個	
二極體 N007	4 個	
束帶	若干	
電解電容 220 μ F	1 顆	30V
鐵板牙螺絲	若干	
焊錫	若干	
LM7812	2 個	
蓄電池	1 顆	1.2AH
杜邦線	數條	

表 3 專題製作計畫書

專 題 類 型		☐ 個人型專題 ☒ 團隊型專題
科 別 / 年 級		電機科 / 三年級
專 題 名 稱	中 文	充電型電風扇
	英 文	Charging type FAN
專 題 內 容 簡 述		夏季到了，在炎熱的夏天裡，在戶外跟室內空間裡，沒有傳統型電風扇跟沒有冷氣時該怎麼辦，於是我們研發了這個專題“蓄電池充電型電風扇”可以幫助我們在炎熱的夏天裡度過，這個方便在於，市面上多是裝電池的，而我們打算用蓄電池，就可以在居家進行充電，充滿電時，就可以帶去戶外及教室裡面，就可以度過這個炎熱的夏天。
指 導 老 師 姓 名		蘇志雄 老師
組 長 姓 名		陳柏宏 (11)
組 員 姓 名		鍾永和 (12)、許智翔 (5)、許佑銘 (4)
專 題 執 行 日 期		104 年 9 月 1 日 至 105 年 6 月 30 日

二、團隊任務配置

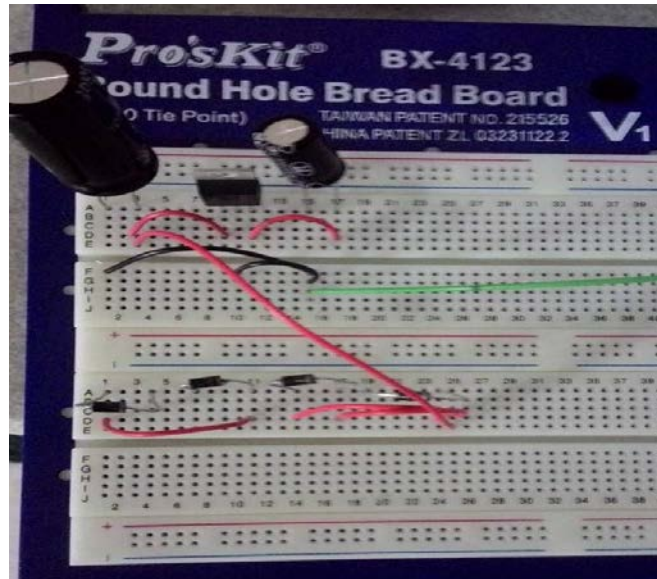
以下每個組員利用每天的早自修或下課跟專題指導老師報告專題製作進度，同時也利用 FaceBook 通訊與指導老師作線上溝通詢問問題或直接針對控制程式利用網路遠端進行解答程式問題，使專題進度持續前進。

表 4 工作進度甘特圖

時間 工作進度	102 年				103 年						負責成員
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
確認研究主題	●	●									陳柏宏
擬定研究大綱	●	●									鍾永和
文獻資料蒐集		●	●	●							許智翔
製作原理探討		●	●	●							全體成員
硬體電路設計			●	●							許佑銘
購買專題器材				●	●						全體成員
硬體電路製作				●	●	●	●				全體成員
整體專題測試							●	●			全體成員
數據資料整理							●	●			許智翔
撰寫專題報告								●	●		陳柏宏
專題成果發表									●	●	許智翔
完成進度(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

肆、製作成果

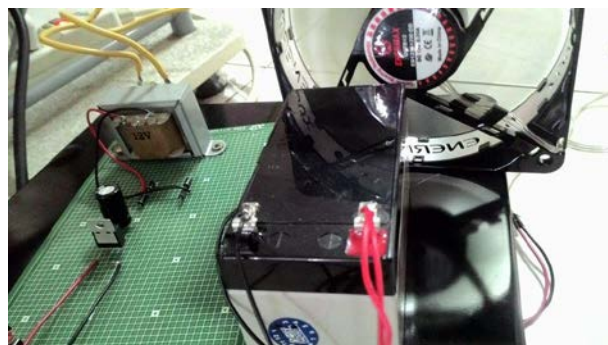
一、製作過程

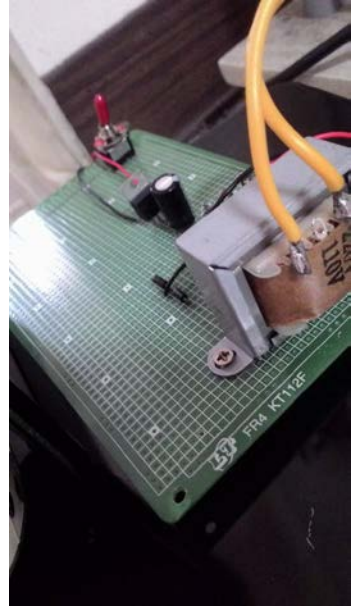
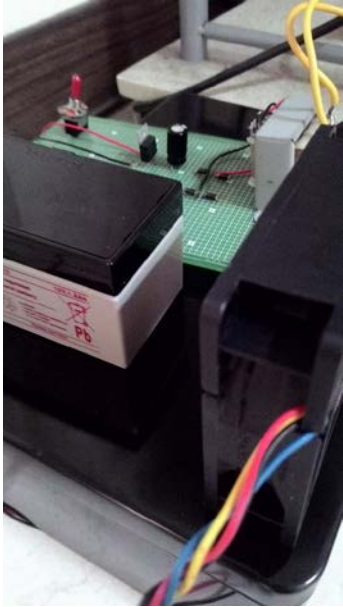


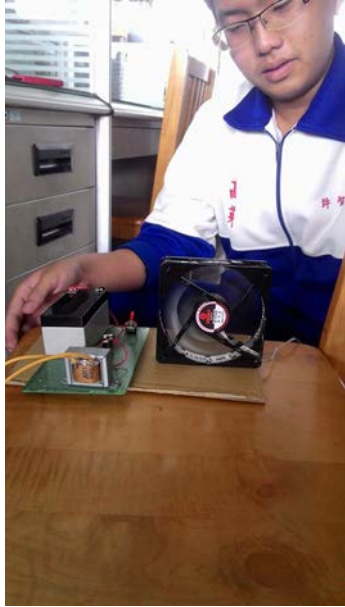
橋式整流電路示意圖。

二、製作成果與功能介紹

完成後圖片







伍、結論與建議

一、結論

在選購電扇時，除了依照自己家中的需求，挑選合適種類的電扇外，也需考慮空間的大小挑選適當的尺寸來使用，有助於效率的提升。採 8 吋風扇設計，風量大，強力馬達，超靜音設計，讓您享受安靜涼爽的夏日氣候。110v 裝置，適用於家中及咖啡廳電源上使用，也可自行搭配 110V 插頭供電，使用上更好運用，方便又貼心。超靜音設計，外觀精美小巧，送禮自用都非常合適，使用按鍵式開關，操作時更加簡便，上下旋轉調整風向，依吹風角度，想吹哪就吹哪，依個人喜好位置做調整，風量舒適，在 1.5 米左右仍可感覺到風，近身使用，四季皆宜，也可當作 NB/PC 的散熱風扇哦！

二、建議

戶外休閒地區及涼亭與咖啡廳及網咖或電腦桌前。

陸、參考文獻

一. 戴維寧定理 (Thevenin's theorem)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%88%B4%E7%BB%B4%E5%8D%97%E5%AE%9A%E7%90%86>

二. 惠斯登電橋 (Wheatstone bridge)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%83%A0%E6%96%AF%E7%99%BB%E9%9B%BB%E6%A9%8B>

三. 克希何夫電流定律 (Kirchhoff Circuit Laws)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%BA%E7%88%BE%E9%9C%8D%E5%A4%AB%E9%9B%BB%E8%B7%AF%E5%AE%9A%E5%BE%8B#.E5.9F.BA.E7.88.BE.E9.9C.8D.E5.A4.AB.E9.9B.BB.E5.A3.93.E5.AE.9A.E5.BE.8B>

四. 克希何夫電壓定律 (Kirchhoff Circuit Laws)

<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061101000012KK04187>



高足盈校 英才輩出

高雄市高英高級工商職業學校

校址：高雄市大寮區鳳林三路 19 巷 44 號

電話：(07)783-2991

網址：www.kyicvs.khc.edu.tw

E-mail：kyic@kyicvs.khc.edu.tw