

先進車輛節能照明系統

陳信正、廖坤賢、楊佑謙

摘 要

本研究旨在應用脈波寬度調變 (pulse width modulation, 簡稱 PWM) 技術來控制電動車輛的頭燈亮度, 以減少能源消耗及提高電動車輛續航力。本研究主要目的有四項: 1. 應用脈波寬度調變技術轉換驅動電壓訊號, 以調整頭燈亮度。2. 應用類比/數位訊號處理技術轉換電子油門訊號, 以調整頭燈亮度。3. 整合電子油門訊號及檔位邏輯系統訊號, 使車輛達到節能效果。4. 提出電動車之頭燈改良技術, 以達到節省電能的要求。

本研究採用實驗方式進行, 以探討高亮度之發光二極體頭燈在亮度調整設計與控制邏輯, 兩個變項變化後對頭燈亮度及電能消耗的影響。經實驗後能順利將電子油門系統感測訊號及檔位邏輯系統訊號加以整合, 並能由電腦依行車路況主動式調整頭燈照明亮度, 達到節能減碳之目的。

Abstract

The invention integrates the concept of energy saving into the head lamp lighting system. According to the signals of automobile driving condition and gear shift position, this system integrates electronic throttle signal with gear shift logic signals, adjusts the luminance of head lamp. The seven-segment display on the dashboard displays the working average voltage of the head lamp system.

The PWM technology is used to convert the driving voltage signal, so as to adjust the average voltage of head lamp to control the luminance of the light source, and to reduce the energy consumption and extend the endurance. The "green energy" is merged into the automobile lighting system.

關鍵詞: 車輛照明、脈波寬度調變、微電腦單晶片

壹、研究目的

將「節能減碳」精神融入車輛照明系統，讓車輛在最適當的時機提供最佳頭燈照明的電源管理系統，以達到節能減碳效益。由於汽車充電系統檢查項目很多，其中檢測負載時最大充電電流時，必須開啟頭燈方可檢查，由此可知，頭燈佔汽車充電系統之耗電量比例相當重。若能主動調整頭燈電量，將可以在不影響車輛安全又可達到節約能源的效果。因此，運用脈波寬度調變（pulse width modulation，簡稱 PWM）技術，製作一套可調整頭燈亮度的車輛節能照明系統，以供車輛使用，特別是電動車輛是未來的發展趨勢，若將其裝設在電動車輛上更為顯著，因其行駛動力來源就是電瓶，而電動車充一次電後的續航里程，就取決於電瓶的性能及車輛的耗電裝置，如果能減少頭燈所耗用的電量，則車輛勢必能有更佳的續航力。因此，本研究主要目的如下：

- 一、應用脈波寬度調變技術轉換驅動電壓訊號，以調整頭燈亮度。
- 二、應用類比／數位訊號處理技術轉換電子油門訊號，以調整頭燈亮度。
- 三、整合電子油門訊號及檔位邏輯系統訊號，使車輛達到節能效果。
- 四、提出電動車之頭燈改良技術，以達到節省電能的要求。

貳、研究過程及方法

雖然車輛照明方式已進步成以 LED 陣列取代傳統燈泡，目前設計始終以固定亮度提供照明，卻從不考慮週遭環境與車輛狀況調整適當亮度，「節能車輛照明系統」可在全盤且周詳條件因素之下主動調整照明，完成汽車頭燈節能照明之即時調整，在不影響行車安全達到節約能源目標。

本研究旨在針對此節能車輛照明系統之即時控制電路做一規劃與設計，由於實車頭燈體積過於龐大不利於作品展示，所以本作品採用道具車作為作品基礎結構，實車頭燈之燈泡多為鹵素式燈泡，其耗用電流過大不符合節能時代趨勢，有鑑於此將其燈泡改成高亮度 LED 頭燈，如此便於精確控制頭燈調整亮度。

本作品為全盤性之汽車電學系統整合技術，透過電子油門系統及檔位邏輯之整

合製作達成此目標。因此將整體作品劃分成硬體配置與電路系統兩個部分做介紹。

一、硬體配置介紹

本研究使用道具車作為基礎結構，其外觀如圖 1 所示。採用高亮度 LED 頭燈耗用電流小符合未來汽車照明趨勢，不僅便於展示，而且也更精確控制調整照明亮度。

此外觀硬體結構包含頭燈模組、馬達驅動模組與檔位選擇開關等。頭燈模組會依檔位選擇開關位置調整適當亮度，馬達驅動模組會依油門踏板開度驅動車輪。

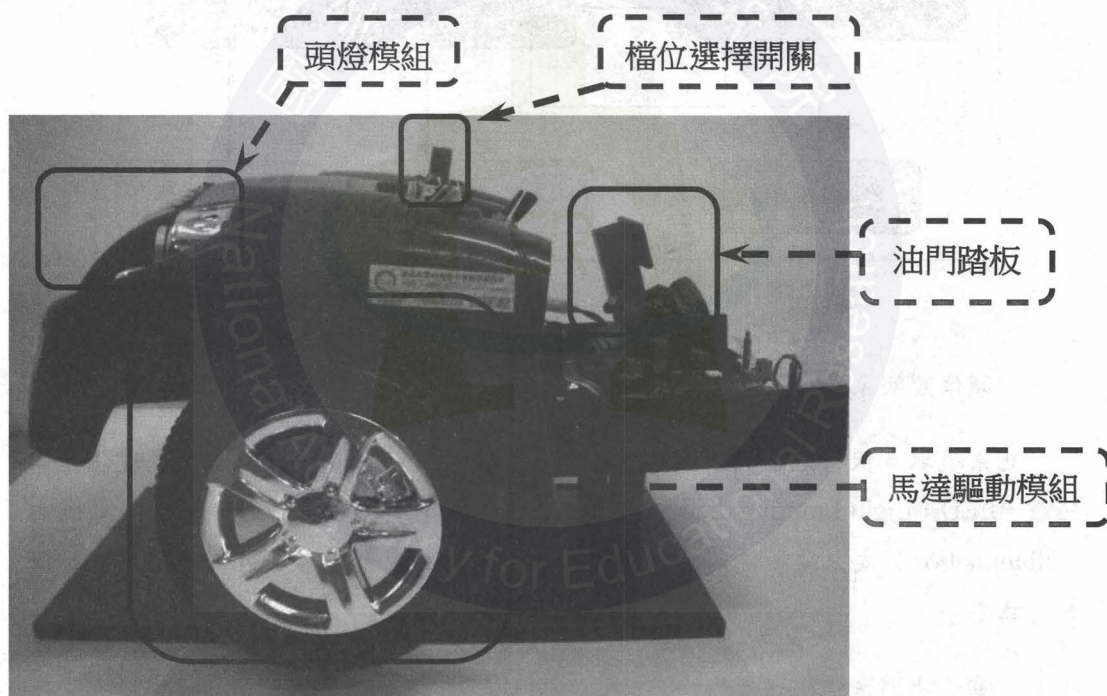


圖 1 硬體配置圖

二、系統描述

本系統主要是將節能概念整合於頭燈系統，目的是為了符合頭燈系統控制邏輯，透過電子油門及檔位邏輯系統之輸入訊號，使頭燈系統根據馬達轉速變化自動

調整光線亮度，儀表板上亦以七段顯示器顯示頭燈系統之工作平均電壓。電路系統之系統方塊圖如圖 2 所示。

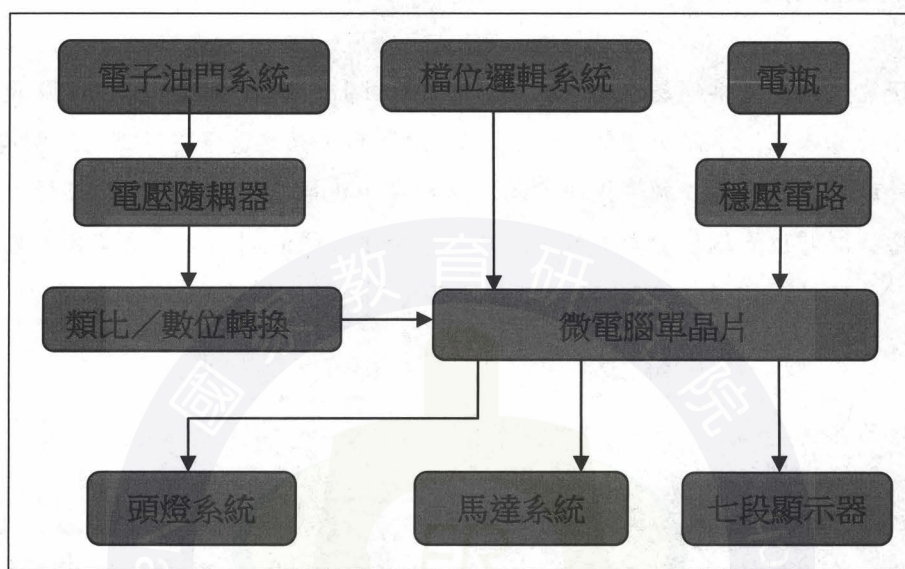


圖 2 系統方塊圖

(一) 頭燈照明系統

此系統以 6 伏特充電式鉛酸電池為電源，使用 38 瓦 1000 流明之高亮度發光二極體 (LED, Light Emitting diode) 模組為主要照明，電力安全操作車子所需之照明 (illumination) 或光線，使駕駛者視線清楚，並對其他駕駛者及行人產生警示，提升行車安全。

(二) 電子油門系統

此系統必須能知道油門開度，因此我們應用具有類似油門踏板同樣原理之節氣門位置感知器 (throttle position sensor) 替代油門踏板電位計，節氣門體實體圖如圖 3 所示。旋轉式節氣門位置感知器構造為一可變電阻及與節氣門同軸之轉臂，轉臂在可變電阻器上移動，改變其電壓信號輸入至微電腦單晶片，電壓越高表示節氣門開度亦愈大^[1]。

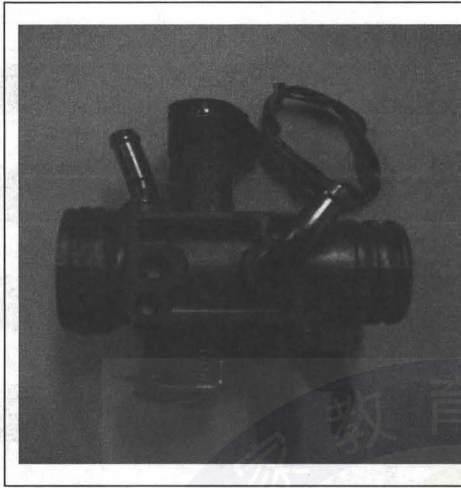


圖 3 節氣門實體圖

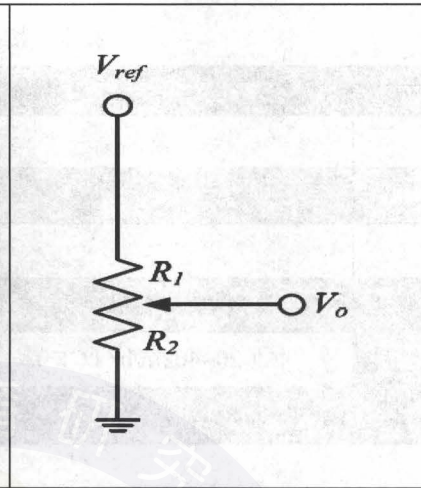


圖 4 節氣門感知器電路圖

圖 4 為節氣門感知器電路圖，圖中可變電阻可看成兩個電阻之串聯電路，根據克希荷夫電壓定律（Kirchhoff's Voltage Law，簡稱 KVL）得知^[2]

（三）檔位邏輯系統

此系統可依車輛行駛之狀況主動調整頭燈光源亮度，不再只依駕駛者選擇檔位開關位置提供適當之照明亮度。檔位邏輯系統如表 2.1 所示。檔位開關位置分別為：

1. P (Parking)：駐車位置。可防止汽車滑行，選擇桿定位於此位置時，引擎才可啟動^[3]。為了節省頭燈之耗電量，我們設定之輸出電量可以節能 70%，此時馬達不轉動。
2. R (Reverse)：倒車檔位置^[3]。節省輸出電量與駐車位置一樣為節能 50%，此時馬達低轉速反向旋轉。
3. N (Neutral)：空檔。在此位置引擎可改動及運轉，而不驅動車子^[3]。節能模式與駐車位置相同。
4. D (Drive)：正常前駛位置。一般行車時，均使用此位置^[3]。此位置馬達轉速與電子油門開度成正比，在此分別模擬未滿 20km/hr、20~40km/hr 以下與超過 40km/hr 之車速，車輪相依以低速、中速、高速正向運轉，頭燈則以 30%、50%與 100%之電量輸出。

表 1 檔位邏輯系統

檔位	車速 (馬達轉速)	頭燈亮度	電量輸出
P	無	低	30%
R	低	中	50%
N	與 P 檔同模式		
D	低 (未滿 20km/hr)	低	30%
	中 (20~40km/hr 以下)	中	50%
	高 (超過 40km/hr)	高	100%

三、電路系統

(一) 微電腦單晶片

本研究使用之主核心控制器為 ATMEL 公司所生產的 8 位元 FLASH 微控制器 AT89S51^[4]，內含 8K 的程式記憶體，可重覆之燒錄程式，工作頻率最大為 33MHz，在進行 AT89S51 晶片程式燒錄工作時，除了傳統需拔 IC 到燒錄器燒錄之並列燒錄功能外，還擁有串列周邊介面 (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE, SPI) 記憶體技術，可進行線上燒錄 (In-System Programming, ISP) 程式之功能，這種燒錄方式可以在不拔 IC 之狀況，直接對已成型電路之 AT89S51 進行燒錄動作，這項新功能是 ATMEL 公司 AT89S5X 系列單晶片才具備之燒錄功能。

(二) 類比／數位轉換器

類比／數位轉換器 (analog/digital converter, 簡稱 ADC) 可將感測器測得所要控制之類比訊號轉換為數位訊號，進行較高效率的處理、儲存或傳輸^[5]。本系統使用電子油門踏板感知器偵測油門所帶動之轉軸，將感知器所擷取之訊號傳到類比／數位轉換器進行轉換成數位信號，再經由微電腦單晶片計算出此時油門踏板之開度。

本研究採用類比轉數位轉換元件為 ADC0804 晶片，其具有「8 位元解析能力，轉換時間為 100 微秒，最大誤差值為 1 個 LSB 值 (最小電壓刻度)」、「類比輸入電壓範圍為 0~5V」等特性^[5]，非常適合應用於本系統。

（三）脈波寬度調變設計

在頭燈系統方面，為了能讓頭燈調整照明亮度，我們使用脈波寬度調變控制技術。其輸出數值產生脈波寬調變之控制方式，因電壓為固定，只要工作週期（duty cycle）為高電位之時間越長，則輸出數值就越大^[6]，輸出之平均功率愈大，亮度亦隨之愈亮。

本研究之是以脈波寬度調變為設計核心，輸入訊號改變固定週期之輸出訊號，當波形為高電位（ t_{on} ）之時間愈長其輸出平均電壓值愈大，因此隨著輸入訊號大小變化便可以產生相對應大小之輸出工作週期，如此便可達成輸出功率之控制。

（四）七段顯示器

七段顯示器是用來顯示單一之十進制或十六進制之數字，是由 7 個 LED 所構成，分為共陽極與共陰極兩種，由七個細長型和一個小數點型的 LED 所組成，每個 LED 稱為一欄位，分別為 a、b、c、d、e、f、g、dp，其中 dot 為小數點^[7]。藉由線路連結而成一塊顯示器，點亮不同線段，便可顯示出不同之數字或英文符號。

四、紀錄與校正問題

在製作節能車輛照明系統之過程中，遇到了許多問題。針對這些問題，乃經過不斷多次校正與相互討論如何解決這些困難，以不分別提出製作遭遇的問題及解決方式。

（一）參考電壓校正

在 ADC0804 的電路實驗中，理論上可測試之電壓值經由電阻分壓之後可測得 2.5 伏特，但是實際測量之果卻不到 2 伏特。

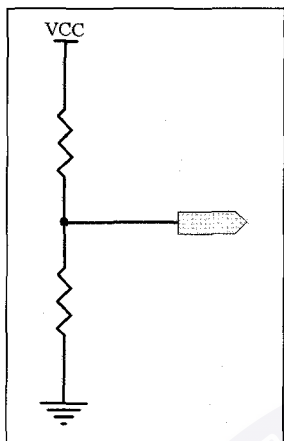


圖 5 電阻分壓

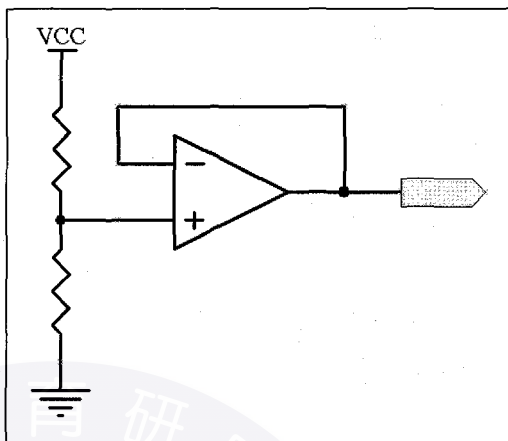


圖 6 電壓隨耦器

經實驗數據與查閱相關書籍資料之後，發現量測數據不符理想之原因，輸入端在電源與搭鐵端間單純只用兩個電阻分壓，會產生負載效應失去所需之穩定參考電壓值，如圖 5 所示。在討論之後，便利用直接回授之電壓隨耦器，其具有高阻抗訊號源與低阻抗負載之特性，非常適合做為之間極佳的緩衝器，經過多次實驗後成功得到所需之穩定參考電壓，解決原本無達到參考電壓值之問題，如圖 6 所示。

電壓隨耦器可做阻抗匹配用，因其輸入阻抗最高、輸出阻抗最小，可以隔絕前後級之影響，且近似零輸出阻抗可推動更多負載^[8]，其輸入與輸出相位相同，負回授電壓增益為 1，所以選用電壓隨耦器做為緩衝器，降低負載效應的影響。

(二) 驅動電路訊號放大

在頭燈驅動電路之實驗中，原本用一只電晶體驅動頭燈，發現頭燈未達期望的亮度。在問題討論之過程中，想到利用電子概論與實習所學之達靈頓 (darlington) 電路，此電路能將一個微弱之小電流轉變成大電流，提供所需的電流驅動負載，如圖 7 所示。

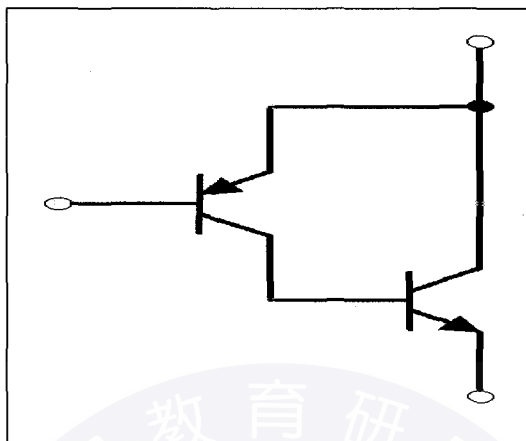


圖 7 達靈頓電晶體

參、研究結果

一、頭燈訊號量測

(一) 頭燈亮度比較

頭燈是夜間提供駕駛者良好視線最重要的照明系統，其應能提供駕駛者足夠之亮度、範圍，使駕駛者得以辨識道路環境之狀況，看得到行人、車輛、路標或其他障礙物。

應用脈波寬度調變技術產生固定頻率之脈波信號，藉由改變脈波寬度時間，調整輸出至頭燈之平均電壓值，以及程式編輯軟體及電路模擬軟體交互運用，來達到各種功能需求，再由麵包板驗證實際電路正確性。設計完成並經由電腦軟體模擬驗證只能算完成一半，後續之電路焊接、系統電路配線、硬體組裝等工作階段，每一步都與最終之成品性能息息相關，無論如何，最後之成品都必須實際進行亮度驗證，符合本研究之功能要求。

無論何種行車狀況，傳統汽車照明皆採全功率 100%輸出。在許多駕駛條件不需要這麼明亮之照明光源，因此我們利用脈波寬度調變技術，調整輸出至頭燈之平均電壓值，達到依各種駕駛條件提供適當頭燈照明。100%與 50%頭燈光源亮度對於照明目標物一樣清楚，此時就不用全功率輸出，只要 50%頭燈光源亮度即足夠，如此即有達到節能功效。

二、馬達訊號量測

(一) 控制訊號與馬達之脈波寬度調變訊號量測

應用脈波寬度調變技術做燈泡亮度之調變，其具經濟、節省空間且抗雜訊能力強，應用在工程控制之範疇很廣，只要能適時有效利用此項技術就可以提升能源效率，降低產業發展與能源運用對環境之影響。

我們探討以軟體程式設計，完成脈波寬度調變之設計，採用同一顆微電腦單晶片整合直流馬達驅動系統及頭燈照明系統，做一有效之整合控制應用，以發揮其最大彈性與效能。

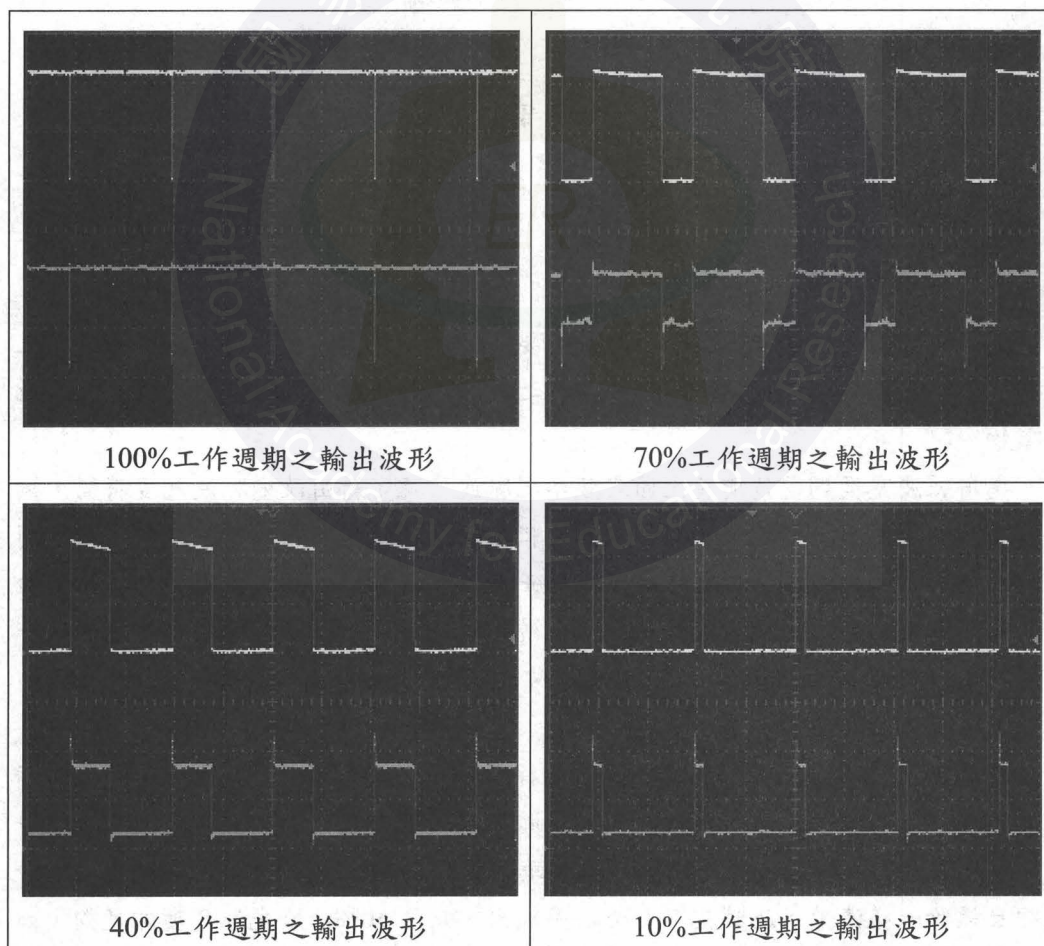


圖 8 控制訊號與驅動馬達脈波寬度調變訊號量測

本研究以軟體程式方式設計脈波寬度調變，由圖 8 可知訊號週期是固定，當輸入類比訊號轉換成數位之值為 255 時，採全功率輸出。隨著輸入訊號之大小變化，其演算所得之脈波寬度調變計算對應值為 0 到 255。下方曲線為微電腦單晶片輸出之脈波寬度調變訊號波形，上方曲線為實際輸入馬達之電壓訊號波形。

因此，控制電子油門之類比電壓訊號透過 ADC0804 晶片之轉換，將類比電壓訊號轉換成 8 位元 256 個位階解析之數位訊號，理論最高壓為電源電壓約 5 伏特，訊號輸入至微電腦單晶片加以處理，經軟體程式運算後產生相對應之 PWM 脈波輸出訊號，為了驗證理論想法是否正確，系統分別輸入 0.8~1.6 伏特、1.7~2.6 伏特、2.7~3.3 伏特及 3.4~4.2 伏特，再用示波器儲存實際量測演算後，產生對應 10%、40%、70%、100% 之 PWM 脈波輸出實際量測訊號波形。

(二) 馬達脈波寬度調變訊號之線性曲線

使用軟體程式設計之方式，探討應用脈波寬度調變模式之下輸入訊號與輸出功率之間的線性關係，並設計出更適當且節能方式照明，以防止電能耗損現象。在脈波寬度調變訊號波形量測之後，將它做一對應關係圖，如圖 9 所示。其驗證本系統之輸入控制數位數值大小，確實可以相當準確以線性關係控制實際輸出功率之大小，而這一點也驗證了本系統有效率之使用軟體程式設計方式，達成使用脈寬調變之演算方法。

由輸出類比電壓值及 PWM 輸出之結果作一驗證比較，我們確實得到一個輸入與輸出之間呈線性關係變化之設計成果，而此結果與預期之演算設計完全一致。

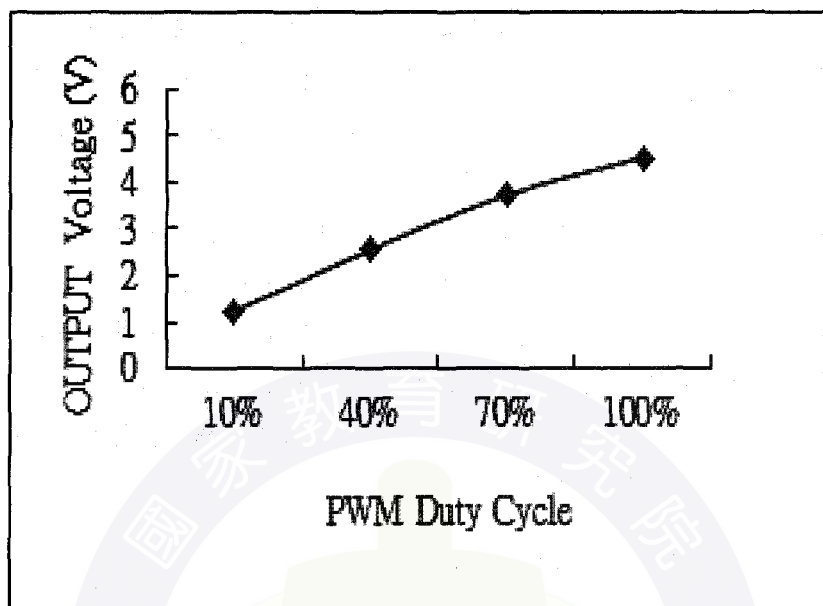


圖 9 脈波寬度調變工作週期量測值

肆、結論

一、設計成果

- (一) 採用軟體程式設計方式，探討應用脈波寬度調變技術調變輸出功率，以調整頭燈亮度。
- (二) 應用具有類似油門踏板同樣原理之節氣門位置感知器替代油門踏板電位計，並應用類比／數位訊號處理技術發展出電子油門系統，以調整頭燈亮度。
- (三) 依車輛行駛狀況、檔位開關位置及行駛條件等訊號，並整合電子油門訊號及檔位邏輯系統訊號，主動調整頭燈光源亮度，使車輛達到節能效果。
- (四) 採用同一顆微電腦單晶片整合直流馬達驅動系統及頭燈照明系統，做一有效之整合控制與應用，廣寬設計彈性與極佳節能效益，非常適合應用於電動車之頭燈改良技術，以達到節省電能的要求。

二、未來展望

- (一) 目前已完成可調式光源，未來可以再加入可調式焦距，照近或照遠只要一只頭燈即可，散光與聚光更可以適應車況與氣候。
- (二) 目前僅以開迴路模擬控制車駛狀況，無法依車輪轉速改變系統輸入命令，若將其改良成閉迴路系統，可將系統之受控制參數與所設定之命令值相比較，根據其誤差不斷修正系統輸入量，使其更能準確符合實車行駛狀況與條件。
- (三) 由白熾燈泡、鹵素燈泡、氣體放燈泡之應用，汽車頭燈提供之前方照明已有了長足進展，近年 LED 光源應用於煞車燈、方向燈等技術已成熟，新的研究與創新一直持續進行著，由目前發展趨勢來看，未來應用於頭燈或前霧燈指日可待。
- (四) 若整合於適路性頭燈照明系統 (AFS, Adaptive Front-lighting System) 功能，不僅有良好之頭燈照明性能，更能以節能方式提供照明，藉此達成節約能源之目的。

伍、參考資料

1. 呂理樵 (1995)。汽油噴射—電腦控制系統輸入。新北市：龍騰文化事業股份有限公司。
2. 黃仲宇、廖坤賢 (2010)。基本電學 (動力機群適用) —串並聯電路。新北市：台科大圖書股份有限公司。
3. 汪國禎 (2008)。汽車學 II (底盤篇) —傳動系統。臺南市：復文圖書有限公司。
4. ATMEL Semiconductor, AT89S51 8.bit Microcontroller with 8K Bytes In.System Programmable Flash Datasheet, Retrieved October16, 2012, from <http://www.atmel.com/Images/doc2487.pdf>
5. 張義和、王敏男、許宏昌、余春長 (2008)。例說 89S51.C 語言 (第二版) -ADC 與 DAC 之應用。新北市：新文京開發出版股份有限公司。
6. 賴麒文 (2006)。C 與 8051 單晶片實務設計。臺北市：文魁資訊股份有限公司。

7. 戴佳、戴衛恒 (2007)。8051 單晶片 C 語言應用程式設計實例詳解—單晶片完成 7 段數位管顯示。臺北市：松崗電腦圖書有限公司。
8. 高敏聰、范盛祺 (2012)。電子實習與概論 (二版一刷)。新北市：全華圖書股份有限公司。

