

電動娃娃車控制器之設計與雛型製作

Design and Implementation of the Electric Baby Carriages Controller and Prototype

紀捷聰¹、施平輝²

Chieh-Tsung Chi¹, Pyng-Huei Shie²

¹ 建國科技大學電機系

¹ Department of Electrical Engineering
Chien Kuo University of Technology

E-mail : jih@ctu.edu.tw

² 建國科技大學電機系

² Department of Electrical Engineering
Chien Kuo University of Technology

E-mail : sphuei@ctu.edu.tw

摘要

傳統娃娃車具備提供嬰幼兒基本交通和休息空間，節省操作者照顧嬰幼兒的體力消耗和提供幼兒臨時的休憩空間，但確無娛樂和教導功能的特點。隨時代變遷，電子科技日新越異，許多電子產品功能成本低且功能多，本文即在開發一種結合最新電子科技之新型兼具娛樂和教導功能的電動娃娃車為研究目標。本文所開發之電動娃娃車是以傳統娃娃車的機構本體為基礎，將傳統依賴人力推動操作改以電動馬達作為動力。系統動作受一塊電子控制板控制，控制板功能包括馬達轉速設定選擇、音樂種類選擇、教導語辭選擇、電池剩餘電量偵測與顯示、安全保護等功能。本文將針對電動娃娃車的功能需求設計相關之硬體電路和軟體程式設計，並完成一實體雛型。最後，對完成後之電動娃娃車雛型在不同工作條件下進行了各種相關功能測試與參數資料收集，由所收集的實驗數據資料結果顯示本文所創作的電動娃娃車確實能夠滿足預期的發展目標與具備應有的功能。

關鍵字詞：娃娃車，嬰幼兒，直流馬達，電子控制板。

Abstract

Conventional baby carriages provide basic transportation and space to rest with infants and young children, saving the operator to take care of the physical exertion of infants and young children and provide young children the temporary open space, free entertainment and teach functional characteristics. With the changing times, the electronic technology Nisshin more exclusive, and many low cost electronic products function and multi-function, this paper is to develop a combination of the latest electronic technology new electric doll car both entertainment and teach research objectives. In this paper, the development of electric doll car based on the traditional doll car body mechanism, rely on the traditional human electric motor as a driving force to promote the operation changed. The control system action by an electronic control panel, control panel functions, including the function of the motor speed setting options, select the type of music teach language resigned select the remaining battery detection and security protection. The article will focus on the functional requirements of the electric baby carriages and the design of hardware circuit design and firmware program and complete the prototype of an entity. Finally, under different working conditions of the electric the dolls vehicle prototype complete all relevant functional testing and parameter data collection doll creation of electric car, able to meet the development goals of the expected results by the experimental data collected and to have the kind of functionality.

Keywords: Electric baby carriages, Infant, DC motor, Electronic control panel.

1. 前言

娃娃車以供嬰幼兒舒適乘坐，使操作者可以在輕鬆的體力負荷下帶著嬰幼兒外出散步，可以明顯降低一般娃娃車操作者的體力消耗及降低疲勞的產生機會。長期以來，娃娃車在不知不覺當中已經幾乎變成現代人照顧家中嬰幼兒的一種不可獲缺的工具之一。目前市面上所販售的娃娃車林林總總，有雙人或單人座椅的，有或無折疊設計和避震設計的。隨著電子科技的技術，電子元件的功能不斷增加，價格因元件大量生產結果而大幅降價，漸漸的在嬰兒座椅市場上也有以二次電池供電，以電動馬達驅動之電動娃娃車被設計出來和量產販售，以電動馬達輸出之動力取代傳統完全依賴人力推動的傳統娃娃車，如此又再進一步的節省家長推動娃娃車的體力付出，這是一項相當大的進步。然而，一般之電動娃娃車大多是利用簡單的機械開關按鈕和前進/後退鈕[1]控制電動娃娃車的動作。前者主要是用於控制電池電源是否與電動馬達導通，完成驅動娃娃車執行前進或停止動作的初始化準備工作；後者是控制娃娃車是要前進或後退，其實是控制電動馬達前進(正轉)或者是要後退(反轉)。並無任何為控制電路或為保護嬰幼兒而設計的相關保護電路設計，故當家長未將雙手部緊握於電動娃娃車之握把上或離開時，電動娃娃車之操控制按鈕或前進按鈕可能會在非刻意情形下被誤觸起動的情況下自行前進，導致於電動娃娃車在無人看顧或操作情況動作，對車上嬰幼兒個人安全造成立即性的生命威脅，極有可能產生意外狀況，此即產品安全設計不當而產生無法滿足電動娃娃車基本使用安全性要求的問題。

本文所設計之電動娃娃車，結合了最新的電子科技，以單晶片為核心設計了新型電娃娃車的電子控制板(ECU；Electronic control circuit)，嚴格規定電動娃娃車的操作者雙手務必緊握在娃娃車的握把上，如此才完成電動娃娃車進入預備動作狀態，以確保操作者是在“刻意”的狀況下操作電動娃娃車。另外，本文所創作之電動娃娃車還具備了可因應不同操作者和嬰幼兒年齡而需改變電動娃娃車行進速度設定設計、音樂選擇模式、教導

選擇模式和電池剩餘電量偵測和顯示等功能。本文將以完成上述功能目標下，藉由完成電子控制板軟硬體設計和配合機構完成一實體雛型，最後，實體雛型會配合不同實驗條件來進行一系列的實驗量測與資料收集，驗證確定電動娃娃車可以滿足預期的設計目標與功能。

2. 系統之組成架構

如圖 1 所示，為組成電動娃娃車的功能方塊圖。系統中包含了二次鉛酸電池、安全控制開關、電池剩餘電量減測和顯示電路、直流馬達和驅動電路、電流感測電路、音樂與學習教導模式選擇和前進速度選擇等。底下將依序介紹和說明組成之各子系統的功能：

電源電路：電路的首要，本文所設計的電動娃娃車係以鉛酸二次電池作為直流馬達、電子控制板和其周邊元件工作所需的直流電源，因為不同地負載所需的工作電源電壓也不相同，所以如圖 1 示，二次鉛酸電池輸出電壓為直流+24 V，然後依序經過三級電壓降壓和穩壓電路後，分別得到+12 V、+5 V 和+3.3 V。

(1) 安全控制開關：為防止電動娃娃車在非刻意操作下動作和節省系統電能消耗的考量下，在電動娃娃車的手推握把兩側設計了左、右安全控制開關，圖 1 指出唯有當左、右安全控制開關同時被閉合時，系統二次鉛酸電池才會實際對電路開始供電，即完成系統動作前準備動作。

(2) 電池剩餘電量檢測和顯示電路：當電動娃娃車的操作者按下電池測試開關(Battery test)，電子控制板上的單晶片會透過類比轉數位 IC 對鉛酸電池擷取輸出電壓，藉此判斷目前鉛酸電池的剩餘電力為何，且將結果顯示在七段顯示器上。

(3) 直流馬達和驅動電路：系統的動力來自於一顆直流有刷馬達。直流馬達的電樞與+24 V 和一顆功率晶體(或開關)串聯，構成一單極性轉速控制架構。因為功率晶體執行導通和分斷所需的控制電壓正、負 20 V，實際上，本文在電子控制板上由+24 V 鉛酸電池輸出降壓和穩壓得到+12 V 輸出。將單晶片輸出之+5 V 與 0 V 電壓準位變化之脈波寬度調變(PWM；Pulse Width Modulation)波形提升至+12 V 與 0 V 電壓準位變化，然後驅動功率晶體導通(+12 V)或分斷(0 V)，以便控制實現直流馬達導通、停止、前進速度等功能。

(4) 電流感測電路：在電動娃娃車使用過程中，可能因為系統異常或操作者操作不當而使系

統發生不可預測的結果，無論是何種原因造成直流馬達負載電流異常上升，經由電流感測電路即時偵測和回授中斷電子控制板的動作，保護系統元件和嬰幼兒的人身安全。

(5) 音樂與學習教導模式選擇：本文在電動娃娃車上設計可供操作者選擇撥放不同音樂，音樂種類和數量可以隨時擴充增加。另外，系統內亦包含了一塊錄放音板，最多共可錄製 8 分鐘的語音，可錄製的聲音段數最多十段。操作者可以隨乘坐嬰幼兒的年齡和個人適應情形，將特定的聲音，例如長輩稱謂、語辭和其他短辭等錄製於錄放音板內，之後，操作者即可藉由重複撥放給嬰幼兒聽，讓嬰幼兒得以快速學會說話。

(6) 前進速度選擇：電動娃娃車的前進速度設計是可變的。基本上，可透過改變直流馬達供給電壓的高低或改變驅動功率晶體導通和分斷的時間，藉以改變供給直流馬達的平均直流電壓高低，達到變化直流馬達轉速或電動娃娃車前進速度的目的。系統選擇後者即藉由動態改變輸入驅動電路脈波寬度完成控制電動娃娃車前進速度的目的。

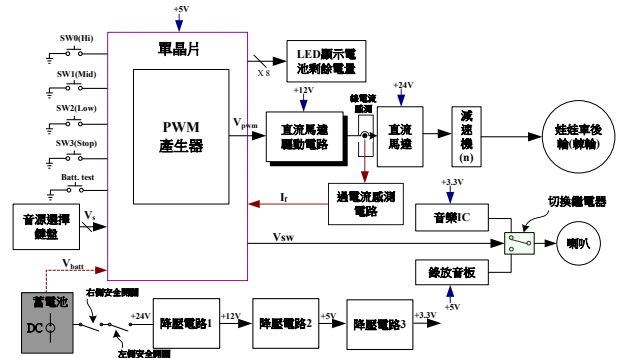


圖 1. 系統組成方塊圖

3. 控制器軟體程式設計

本文所建構之新型電動娃娃車係以直流馬達提供系統移動所需的輔助動力，如此方能節省娃娃車操作者或家長的體力消耗。如前所述，系統的動作控制與相關安全保護功能是由電子控制板執行的。電子控制板係以一顆美商 Atmel 公司製造的 AT89S51 單晶片作為控制核心，再依據系統設計所需的控制功能與保護功能依序加入必要的周邊硬體電路和軟體判斷與控制程式。限於篇幅，控制器硬體電路設計將在另一篇論文中介紹，底下將介紹軟體程式組成與其工作流程。

下圖 2 為電動娃娃車電子控制板上單晶片控制軟體工作流程圖。基本上整個軟體控制包括三個部份：第一是電池剩餘電量偵測與顯示電路；第二是音樂 IC 和錄放音板教導與放音；第三是關於系統前進速度設定，分別說明如下：

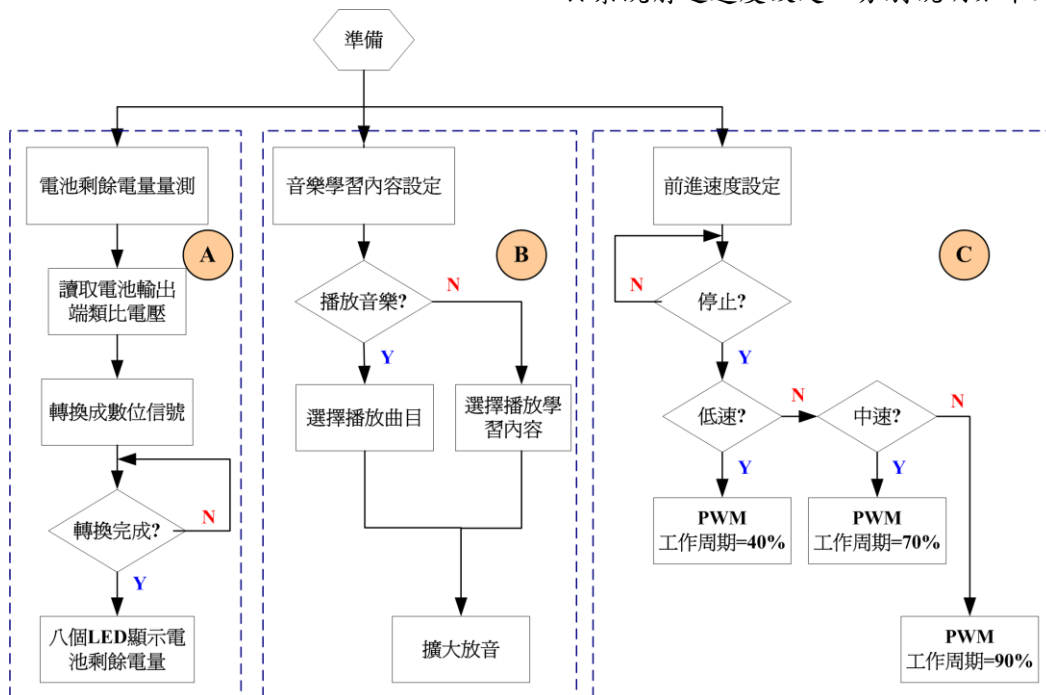


圖 2. 系統軟體工作流程圖

4.1 電池剩餘電量偵測與顯示電路

當操作者按下“電池剩餘電量偵測與顯示按鈕”，雖然鉛酸電池的剩餘電量與輸出端點的電位是呈現正比例關係，但是電池電壓一般是直接供應系統直流馬達工作用電的，當直流馬達工作時，尤其是起動時，勢必會因直流馬達的大起動電流而使得電池輸出兩端的電位產生變化，若單晶片直此時是直接透過 A/D 轉換 IC 讀取電池輸出端點電位，將會產生嚴重的誤差結果。為此，當操作者按下“電池剩餘電量偵測與顯示按鈕”時，單晶片首先會命令一個繼電器斷開電池對直流馬達電樞的電源接線，之後，再透過 A/D 轉換 IC 讀取電池輸出端點電位，如此才能得到較穩定且正確的電池剩餘電量。當單晶片讀取電池的剩餘電量後，會以八個 LED 等比例顯示對應的電池剩餘電量，使操作者隨時可獲得有關電池剩餘電量資料，不致於發生使用電動娃娃車中途沒電可用的窘境。

4.2 音樂 IC 和錄放音板教導與放音

基本上，系統上有兩種可能音源產生來源，一個是音樂 IC，由兩個 SM6201 IC 構成，每個 IC 內部已錄製三首音樂，所以系統共有六首固定的音樂可供操作者選擇播放；另外，基於一般娃娃車操作者的需求，通常都會希望在電動娃娃車同時，對車上的嬰幼兒進行一些簡單或簡短的聲音教導動作，例如稱謂和問候語，所以在系統上設有一塊錄放音板，可隨機供娃娃車操作者錄製或修改不同的聲音教導內容。因為系統的兩個音源是共用同一個放音音箱，所以在同一時間系統只允許由一個音源利用放音音箱進行擴音工作。不論音樂 IC 或錄放音板因為工作時，硬體電路都會有一支接腳會輸出邏輯高電壓準位，這些接腳都被回授至單晶片輸入端，單晶片就是利用這些音源產生電路的接腳回授信號電壓準位高低，目前有無音源產生聲音信號，不致於產生音源信號有混雜在一起的情形。

4.3 系統前進速度設定

隨者操作電動娃娃車的對象不同或因應在不同場所與需求，可能希望對電動娃娃車前進速度有著不同需求。系統一共設計有三種不同的前進速度供操作者選用，分別是低速、中速、和高

速，操作者只要透過娃娃車前進速度設定按鈕即可選擇，相當簡便。系統軟體基本上是利用改變驅動功率晶體信號的脈波寬度信號達成控制馬達速度的目的，低速對應到 40%的工作周期，中速對應到 70%工作周期，高速則對應到 90%工作周期。另外，當直流馬達起動時和速度變化過快情形下，通常直流馬達會瞬間需要較大的電流以產生大轉矩以產生足夠大的扭力驅動系統機構前進所需的動能，然而，確造成供給電能的鉛酸電池輸出端電壓瞬間下降。不幸的，因為系統其他電路工作所需的+12V、+5V 和+3.3V 都是從+24V 電池逐級降壓和穩壓得到的，當電池輸出端點電壓因直流馬達轉速變化過快而導致瞬間下降，且低至所供給電路元件的最低容許電壓限制，必然使得這些電路無法正常工作了。為此，系統在單晶片軟體中設計了，當娃娃車操作者下達轉速變化過大級距命令或從停止狀態開發起任何轉速時，都會利用軟體技巧加入“軟起動”功能，採逐漸增加功率晶體驅動信號工作周期的方式控制直流馬達，就能有效控制直流馬達轉速變換和順利起動直流馬達的目的。

5. 雛型製作與實驗結果

本文所創作之新型電動娃娃車乃結合傳統娃娃車的本體機構、直流馬達和電子控制板所組成的。並未大量修改傳統娃娃車的組成機構，只是在傳統娃娃車本體上加入適當的電子控制電路與電流感測元件而已。本創作所設計的電子控制電路不僅適用於一般住戶的新娃娃車上，同時亦適用於原來娃娃車用戶之車上，應用範圍廣，且使用彈性高。本創作所設計之電子控制板電路係以一顆單晶片作為發展核心，配合少數周邊元件組成，電路組成相當簡單，成本低且製作技術上應該不會產生任何問題，所以本創作所提之新型電動娃娃車雛型製作應該是可行的。

5.1 完成雛型

圖 3 是依據前述之設計構想所完成的新型電動娃娃車雛型。直流馬達與相關電子控制板都裝設在娃娃車機構本體的下面底盤位置，直流馬達的轉軸與減速齒輪箱的一次側耦合，減速後齒輪箱的二次側輸出則透過棘輪與後耦合，理由在於一旦娃娃車因為在使用過程中發生電池內含電能已經用完以致於無法再靠直流馬達提供動力源，娃娃車還是與傳統娃娃車一樣，可以藉由操作者的手推力量將娃娃車推回家中或目的地。電

子控制板的主要控制按鈕則以導線接至接近操作者手推握把上半部位置，方便娃娃車操作者操控娃娃車。



圖 3. 新型電動娃娃車雛型外觀照片

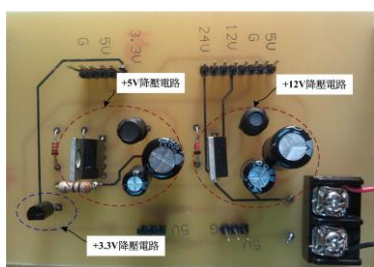


圖 4. 電子控制板三組降壓電路組成照片

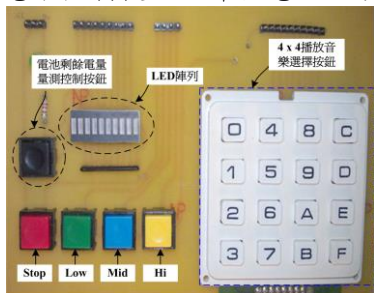


圖 5. 音樂播放曲目 4x4 選擇鍵盤、前進速度設定按鈕和電池剩餘電量量測與 LED 陣列顯示

系統的設備與電路的工作電源主要是由兩個各有+12V 電壓輸出之鉛酸電池互相串聯所提供的。系統的動力源，直流馬達，是由鉛酸電池直接輸出之+24V 電壓供給的；而功率晶體驅動電路則是以+12V 供給的；單晶片、收音音箱和保護電路都是工作在+5V；音樂 IC 則是由+3.3V 所供給的。簡而言之，系統若要正常工作就必須含有四組不同電位的電壓源。圖 4 是以鉛酸電池輸出之+24V 作為輸入，然後分別再以三級降壓電路產生+12V、+5V 和+3.3V 等直流電源。

圖 5 中包含了系統中所有的控制按鈕，包含 4 X 4 音樂及錄放音板播放音樂或錄放音內容選擇按鍵、系統前進速選擇按鍵、電池剩餘電量量測控制按鍵和 8 個可以對應顯示目前電池剩餘電量多寡的 LED 模組[1]。圖 6 則是系統電子控制

板的核心部位，包括單晶片、A/D 轉換 IC 與周邊元件、控制中止直流馬達繼續供電之 Rly2 和功率 MOSFET。圖 7 是系統選用的錄放音板，提供錄音的總時間長度可為八分鐘或十六分鐘等兩種，內部設計可讓操作者在最長可錄製時間內最多錄製 10 段聲音[2]，之後操作者可透過接腳控制和選擇任意想播放的聲音或音樂內容，每當播放的音樂或聲音完畢，錄放音板就重新進入初始狀態，等待操作者再一選擇或下達所欲播放的聲音片段[3]。

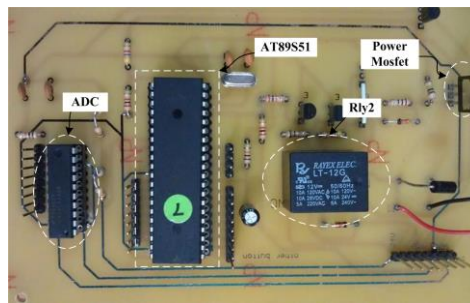


圖 6. 部份電子控制板照片，含單晶片、A/D 轉換 IC 和直流馬達電源控制繼電器等



圖 7. 錄放音板外觀照片

5.2 實驗雛型功能量測與結果

圖 8 是當電動娃娃車操作者從開始按下起動按鈕或前進按鈕時，系統電子控制板內硬體電路幾個重要節點的電壓和電流變化波形。圖 8 中的 CH4 表示當操作者按下前進按鈕(低速、中速或高速三個按鍵中的一個，目前顯示波形為操作者按下 低速按鍵)，電壓準位由高電壓準位轉變成為低電壓準位，CH1 由 AT89S51 單晶片輸出已經受到脈波寬度調變的功率晶體邏輯驅動脈波[4]，因為直流馬達若以全壓+24V 或過大的平均電壓加在其電樞上時，勢必會因為很大的直流馬達起動電流而造成系統外加電壓在起動期間突然下降，使系統其他組依賴降壓電路產生的直流電源也因此突然下降的結果，然而，此一電壓突降對於某些電路或元件顯然已經低於它的最低工作電壓而中止繼續工作或產生重置的結果。所以，本文單晶片的軟體設計中在直流馬達驅動脈波中加入了軟起動的功能，如圖 8 的 CH1，亦即

驅動脈波的工作周期是呈現由小漸漸變大的，造成實際外加在直流馬達電樞兩端的電壓不至於因為起動之初因直流馬達電樞反電勢太小所引起的過大起動電流的問題。在圖 8 的 CH2 表示將單晶片產生具有邏輯電壓準位的功率晶體驅動信號，經由驅動電路轉換成為較高電壓，且順利驅動 MOSFET 工作在導通與截止等兩種狀態，觀察 CH1 和 CH2 的波形發現兩個波形基本上是反相的。圖 9 的 CH3 是流過直流馬達的電流波形，因為在單晶片軟體中加入了軟起動直流馬達的功能，所以流過直流馬達的電流幾乎沒有很

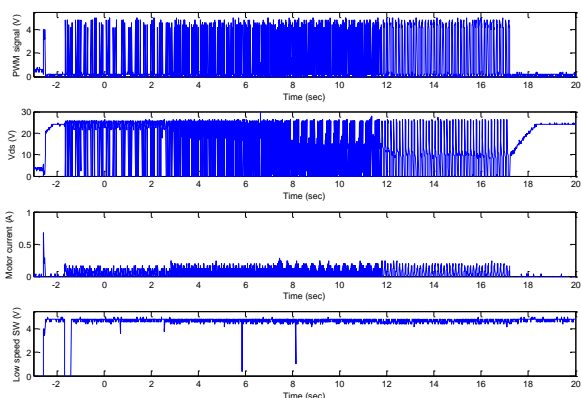


圖 8. CH1: 邏輯電壓準位脈波寬度信號；CH2: MOSFET 的吸-源極間的電位差信號 V_{ds} ；CH3: 流過直流馬達的電流。

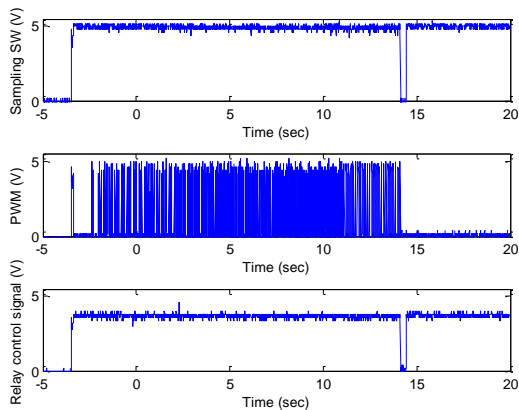


圖 9. 電池剩餘電量測試，CH1: 電池剩餘電量檢測；CH2: 單晶片輸出之 PWM 信號；CH3: 繼電器 Rly2 的控制信號。

圖 9 是操作者欲進行電池剩餘電量量測時，相關節點的電壓波形。CH1 的波形表示當操作者按下電池剩餘電量量測按鈕，電壓準位由高準位轉變為低電壓準位；單晶片會立即停止輸出功率晶體的脈波寬度調變信號，如 CH2 所示；另外，單晶片也會命令繼電器 Rly2 接點切換將直流馬達供給電壓源+24V 移除，避免系統在執行電池剩餘電量檢測過程中因馬達同時動作造成電池

端電壓擾動的結果，實際變化如 CH3 所示，表示電路功能可以滿足需求。圖 10 是量測在功率晶體輸入與輸出端的信號電壓和相位變化，CH1 是當操作者按下高速前進按鈕；CH2 為單晶片產生對應於系統以高速前進需求下應有的脈波寬度調變信號邏輯信號；CH3 為功率晶體驅動邏輯信號經過驅動電路處理放大後的電壓信號，波形電壓準位變大了，但輸入與輸出相位關係並未改

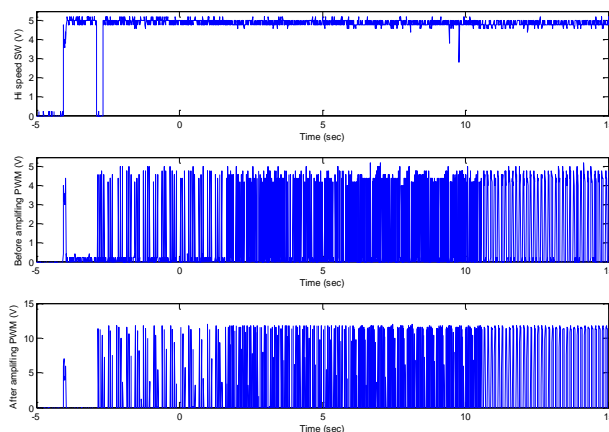


圖 10. 驅動電路的輸入與輸出信號。

6. 結論

本文所創作的電動娃娃車將傳統完全依賴人力手推前進動作改由電動馬達驅動前進，因此可大量節省操作者的體力消耗。系統也因應不同操作者的年齡、性別和場合不同提供操作者前進速度選擇。電動娃娃車結合了最新的電子科技，在系統中加入了音樂播放和數位學習功能，操作者可以隨需求利用鍵盤操作選擇後透過收音音箱播放或教導。本文已經完成了雛型製作，並對雛型的基本功能進行相關的實驗與資料收集，實驗結果顯示驗證本文所設計之電動娃娃車確實是可行的。

參考文獻

- [1] LM3914 IC 使用說明書, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3914.pdf>.
- [2] 益眾科技股份有限公司, 8 分鐘/16 分鐘錄放音板說明書, <http://www.icci.com.tw/>.
- [3] 三合微科股份有限公司, SM6201 IC 使用說明書, <http://akizukidenshi.com/download/SM6201.pdf>.
- [4] Atmel 89S51 IC 使用說明書, <http://www.atmel.com/Images/doc2487.pdf>.