

台北市立大安高級工業職業學校專題製作

作品說明書



群別：電機電子群

作品：不一樣的鐵道模型

關鍵字：鐵道模型、藍芽控制

目錄

壹、摘要.....	5
貳、研究動機.....	5
參、研究方法.....	6
一、研究流程	6
(一)、時間規劃.....	6
(二)、研究步驟.....	6
(三)、操作步驟.....	7
二、使用材料及工具.....	8
(一)、主要零件介紹	8
(二)、軟體介紹	11
(三)、電路介紹.....	12
肆、研究成果.....	14
一、車內配置.....	14
二、手機介面.....	15
三、成品展示.....	15
伍、討論.....	16
一、增加散熱空間	16
二、提高穩定性	5
陸、結論.....	4
柒、參考資料.....	4

圖目錄

圖 1:時間分配表	6
圖 2:啟動程序	7
圖 3:車輛控制	7
圖 4: 臺北捷運 C381 型高運量電聯車模型	8
圖 5: ATmega328P	9
圖 6: 7805	9
圖 7: App Inventor	11
圖 8: 模型列車手機操作面板	11
圖 9: 模型列車控制程式的撰寫過程	11
圖 10:車內的導電彈簧	12
圖 11:轉向架上的金屬車輪及導電銅片	12
圖 12:二號車电路板的橋式整流 IC 及導電銅片	12
圖 13:四號車背面的補銅	13
圖 14:電路板固定於車頂	14
圖 15:4 車的零件配置	14
圖 16:手機操控介面	15
圖 17: 可以使用在分段供電(直流)的模型列車	15

表目錄

表 1:時間分配表	6
表 2: 臺北捷運 C381 型高運量電聯車模型規格.....	8
表 3: 7805 腳位功能	9
表 4: L293D 腳位功能	10
表 5: HC06 藍芽模組連接至其他元件腳位.....	10

【不一樣的鐵道模型】

壹、摘要

目前鐵道模型通常使用的控制模式是類比式及數位式，但是這兩種模式仰賴軌道來傳送信號給列車，因負載效應的關係，列車在軌道上所收到的信號不穩定，導致模型列車無法更接近理想的效果。這次專題則是要做出一列額定直流 12V、電源與信號隔開的試驗模型列車，來解決類比式及數位式的共同問題。

我利用單晶片控制直流馬達、室內燈、頭尾燈信號及藍芽模組，透過手機連接藍芽進行無線操控。

使用現有模型列車進行改造，重新設計模型列車的電路，使電源與信號隔開。

手機介面則以 App Inventor 撰寫，可操控列車行進及室內燈、頭尾燈亮度。

貳、研究動機

鐵道模型是一個依真實比例製作而成的模型，包括列車及相關物件，目前鐵道模型的外觀將會越做越寫實，通常以重現歷史上真實的型號及姿態呈現。

目前鐵道模型通常使用的控制模式是類比式及數位式，兩種模式都仰賴軌道來傳送信號給列車，但因負載效應，列車接收到的信號並不穩定。

要使信號穩定，必須要有穩定的電源，電源與信號必須隔開，降低負載效應對信號的干擾，如果只使用一臺控制器來供電的話，軌道配置範圍一定有限，要解決這項問題，我想到的方法有兩種：

- 1.車內自備電源(例如鋰電池)供電
- 2.分段供電(使用實例:臺鐵電氣化鐵路供電系統)

第一種方法雖然可行，但模型列車行駛一段時間後必須更換電源或充電，比第二種方法較差(不適合長時間高功率運轉)，第二種方法供電穩定，軌道配置範圍幾乎可以無限擴大(只要能滿足供給直流 12V 電源的條件即可)，所以這次專題採第二種方法進行施作。

鐵道模型的分段供電電路並不複雜，但要完整呈現需要有使負載效應已經對模型有一定影響的空間才能看出它的成效，依照目前場地及預算難以呈現，一列可以使用在分段供電(直流)的模型列車依照目前預算較好呈現，所以先試製一列模型列車為本次專題的目標。

參、研究方法

一、研究流程

(一)、時間規劃

專題的時間分配如下：

	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1.購買材料							
2.蒐集資料							
3.程式設計							
4.電路設計							
5.測試機構							
6.終版機構							
7.成品測試							

表 1:時間分配表

(二)、研究步驟

專題的研究步驟如下：



圖 1:時間分配表

(三)、操作步驟

鐵道模型操作步驟如下圖：

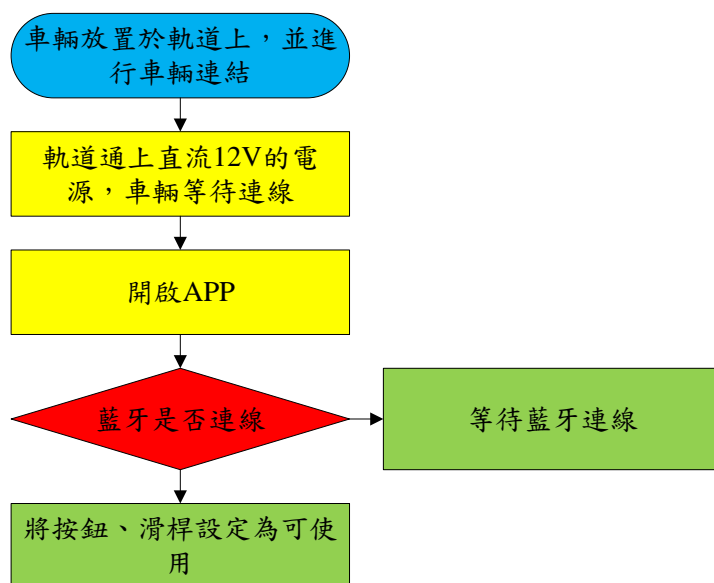


圖 2:啟動程序

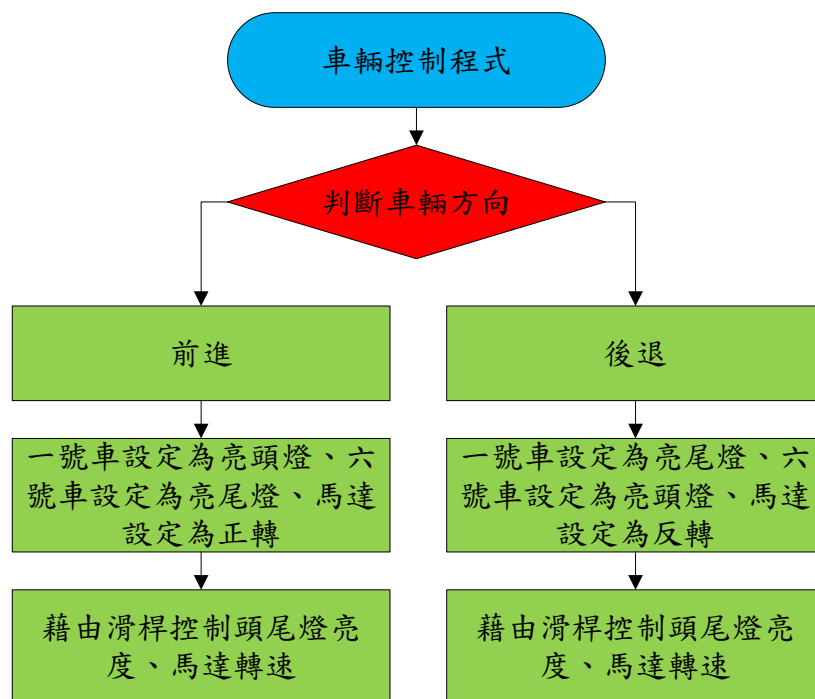


圖 3:車輛控制

二、使用材料及工具

(一)、主要零件介紹

1. 臺北捷運 C381 型高運量電聯車模型(鐵支路模型製作)

為此次修改之模型，內有直流馬達及頭尾燈電路(頭尾燈電路因受到廠商設計因素，難以拆解，故本次專題不修改頭尾燈電路)



圖 4: 臺北捷運 C381 型高運量電聯車模型

模型比例	1/160
使用電壓	直流 12V
最小通過半徑	R249

表 2: 臺北捷運 C381 型高運量電聯車模型規格

2. ATmega328P (Arduino 微控制器)

為本次專題之微控制器，因本次專題車內空間較小的緣故，才選擇此單晶片，燒錄 Bootloader 程式後即可燒錄 Arduino 程式，較易上手。

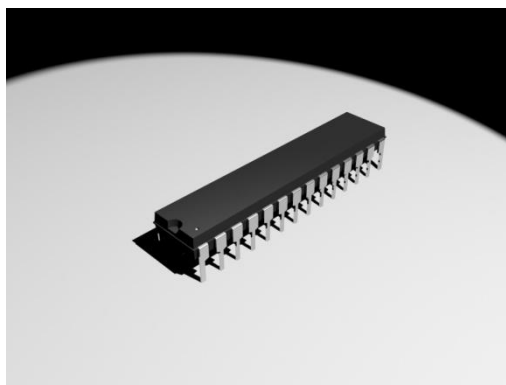


圖 5: ATmega328P

3. 7805 (直流 5V 穩壓 IC)

為本次專題用來降壓，供給 IC、藍牙模組工作電壓的來源，7805 腳位功能如表 3。



圖 6: 7805

腳位	名稱	功能
1	INPUT	電源輸入
2	GND	零電位
3	OUTPUT	直流 5V 電源輸出

表 3: 7805 腳位功能

4.L293D

為本次專題之驅動核心，利用 H 橋電路即可達成控制直流馬達正反轉、轉速及頭尾燈亮滅，體積比 L298N 小，適合放在空間有限的鐵道模型內。L293D 腳位功能如表 4。

腳位	名稱	功能
2、7、10、15	INPUT	信號輸入
3、6、11、14	OUTPUT	輸出至負載(如:馬達)
4、5、12、13	GND	零電位
1	Enable1	高電位時腳位 2~7 動作，低電位時停用
9	Enable2	高電位時腳位 10~15 動作，低電位時停用
8	Vcc	負載工作電壓 (DC12V)
16	Vss	IC 工作電壓(DC5V)

表 4: L293D 腳位功能

5.HC06 藍芽模組

為本次專題用來與手機進行訊號接收之元件，本次專題的目標是做出一系列可以使用在分段供電(直流)的模型列車，因成本考量，才選擇使用 HC06 藍芽模組，較不適合使用於遠距離控制，連接至其他元件腳位如表 5。

腳位	名稱	連接至其他元件腳位
1	GND	零電位
2	VCC	7805 之腳位 3 (OUTPUT)
3	TX/TXD	ATMega328P 之腳位 2 (RX/RXD)
4	RX/RXD	ATMega328P 之腳位 3 (TX/TXD)

表 5: HC06 藍芽模組連接至其他元件腳位

(二)、軟體介紹

1.App Inventor

App Inventor 是一款適合給設計 App 的初學者來設計 App 給 Android 手機的網頁，書寫方式使用了如積木堆疊的方式呈現，比起程式碼更輕鬆上手，但介面設計比起其他 App 設計軟體(例如:Adobe 系列軟體)來的死板，限制較多。我用此設計手機操作面板，來控制列車。



圖 7: App Inventor



圖 8: 模型列車手機操作面板

2.Arduino

Arduino 是一款撰寫 ATmega328P 的其中一套程式，語法類似撰寫 89S51 程式的 C 語言，具有文字編輯介面、工具欄、除錯...等基本功能。我用此來撰寫模型列車的控制程式。

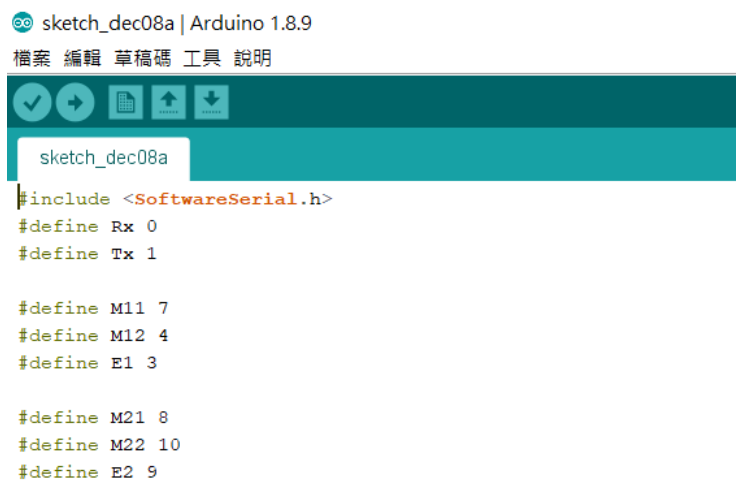


圖 9: 模型列車控制程式的撰寫過程

(三)、電路介紹

1.供電電路

模型列車的電力接收來源是從軌道上藉由金屬車輪(車輪並非一體成形，所以利用三用電表轉至短路檔量測車輪兩端時，三用電表不會檢測出其為短路)接收電源，經過銅片、彈簧，才來到電路板，為了防止接收到的電源極性相反，電源會先經過橋式整流 IC 在供應至其他元件，本專題的二、四、五號車有設計此電路。

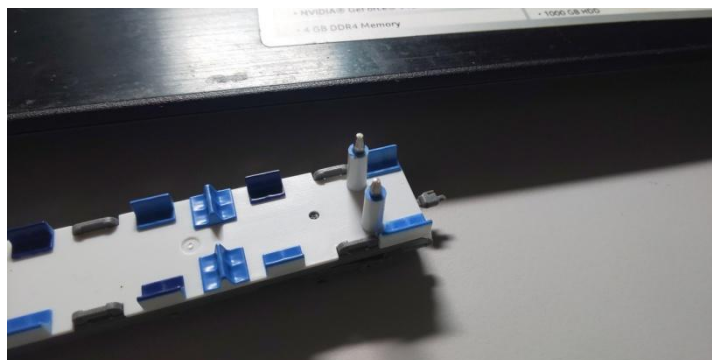


圖 10:車內的導電彈簧



圖 11:轉向架上的金屬車輪及導電銅片

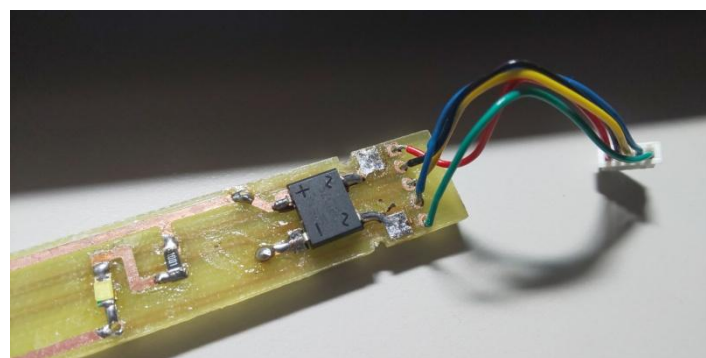


圖 12:二號車電路板的橋式整流 IC 及導電銅片

2. ATmega328P 控制電路、L293D 馬達、頭尾燈驅動電路

由於模型列車的電路在封閉的車內，所以必須使用無線遙控來控制列車，在人力、技術、成本等多方面的考量下，我使用藍芽、ATmega328P 及 L293D 來控制列車，這一部分是列車最核心的一部分，如果沒有正常驅動，我們就無法控制列車。要使這三個元件能正常驅動，必須要有一個穩定的直流 5V 電源，我使用 7805 穩壓 IC 來供應直流 5V 電源。ATmega328P 還需要 16MHz 的時脈訊號，我使用石英震盪器及陶瓷電容所構成的震盪電路來解決此問題。L293D 需要一個直流 12V 電源來驅動馬達、頭尾燈，我從橋式整流 IC 拉線直接供應個直流 12V 電源。利用補銅來解決銅線的散熱問題。

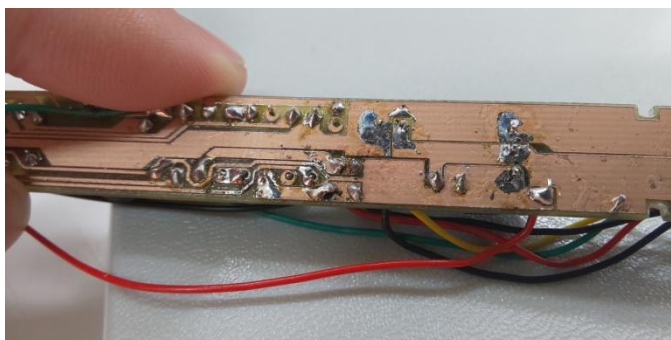


圖 13:四號車背面的補銅

肆、研究成果

一、車內配置

列車共有六節車廂：

- 1.第一、六節車廂:有室內燈、頭尾燈，從其他車廂接收電源
- 2.第二節車廂:有室內燈，從軌道上接收電源供給至全部車廂
- 3.第三節車廂:有室內燈、馬達，從其他車廂接收電源
- 4.第四節車廂:有室內燈，ATMega328P、L293D、7805 等核心元件皆位於此車廂，從軌道上接收電源供給至全部車廂。
- 5.第五節車廂:有室內燈，HC06 藍芽模組

全部車廂的電路板皆固定於車頂，各車廂利用電線傳送信號至其他車廂，整列車只有一套系統。



圖 14:電路板固定於車頂

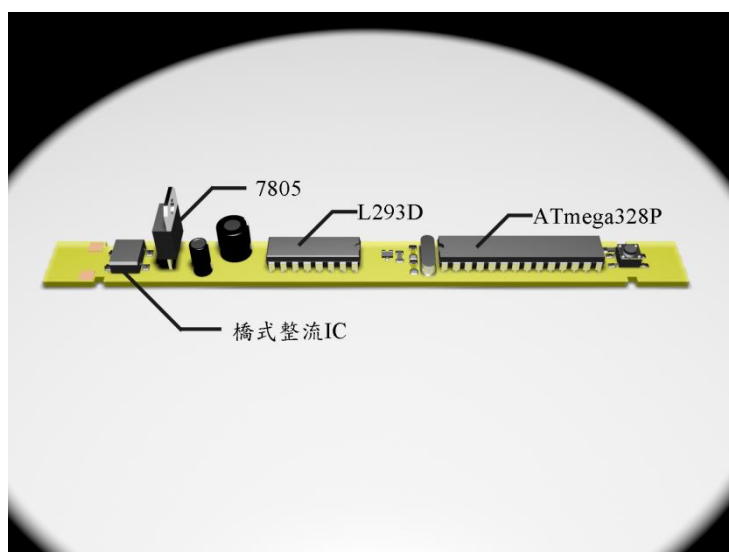


圖 15:4 車內部零件配置

二、手機介面

如圖 16 是我利用 App Inventor 寫成的手機操控介面，介面上方可選要連結的模型列車，介面下方則可以控制列車頭尾燈明滅、馬達正反轉及轉速。



圖 16:手機操控介面

三、成品展示

可以使用在分段供電(直流)的模型列車完成品如圖 17。



圖 17: 可以使用在分段供電(直流)的模型列車

伍、討論

一、增加散熱空間

在這次的專題裡，我們發現列車在長時間運轉下比改造前更容易過熱，導致列車運轉後所需要的冷卻時間變長，也使電路板的線路不能長期使用（容易因過熱而燒斷），為了改善這樣的情況，下次設計模型時，將會使用比 N 規(1:160)更大的 HO 規(1:80)比例下去設計，這樣一來除了可以增加散熱空間以外，還可以放置較多的零件，達到更完善的效果。

二、提高穩定性

在這次的專題裡，我們發現列車無法穩定接收信號、過彎時無法穩定接收電源及接收信號範圍過小等問題，調查過後，發現車廂與車廂間的跳線過多、跳線材質過硬使車廂被撐起導致無法穩定接收電源，藍牙只適合在小範圍使用，為了改善這樣的情況，必須將系統進行大範圍修改，才能減少線路及穩定接收信號，目前想到的解決辦法是：

- 1.原本一列一個系統整合成一車一個系統，將車廂與車廂間的跳線減少至四條。

- 2.由於數據較多的原因(一次控制多個系統)，改用 wifi 及物聯網控制。

上述第一點的原因是這次專題的成品車廂與車廂間的跳線過多、編組缺乏彈性及一列一套系統穩定性差而進行修改，修改後列車的編組可以更有彈性，故障時還可以保持基本運作，降低保養成本。

上述第二點源自於第一點及改善列車無法穩定接收信號，藉由 wifi 的控制可以使列車進行大範圍(或遠距離)控制，藉由物聯網可以將列車上多個系統的數據進行有效地整合，使整套系統可以更有效率地控制。

陸、結論

一列模型列車的改造成功，使我們當初為了提高信號穩定而設定的做法得到了證實，即使這列尚有許多問題存在，但也為整套專題向前邁出了一大步，發現了不少新的可能性，期許這套專題的未來，能讓我之前在書上讀到的知識一個一個能派上用場、被證實出來。

這列模型列車並非是個完美的成功，成品的品質、製成的規劃、成本的衡量都是一門重要的課題，製作的過程中遇到很多問題，使預期與成果不符，甚至是捨棄一些成品的功能來彌補較大的缺點。期許這套專題的未來能藉由這次教訓，在成品的品質、製成的規劃、成本的衡量能有更好的控管，以達到更好的效果，發現到更多的可能性。

柒、參考資料

蘇昭旭(2009)。世界鐵道與火車圖鑑。人人出版。

趙英傑(2016)。超圖解 Arduino 互動設計入門(第3版)。旗標。

交通部鐵道局。鐵路電力供應系統技術、測試程序及標準。

7805 的 datasheet

網址:

<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/138964/JIANGSU/CJ7812-TO-220/300/1/CJ7812-TO-220.html>

L293D 的 datasheet

網址:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22432/STMICROELECTRONICS/L293D.html>

App Inventor Logo 取自:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/MIT%E5%BA%94%E7%94%A8%E5%BC%80%E5%8F%91%E8%80%85>

7805 圖片 取自:

<https://www.amazon.in/Versatile-7805-5v-voltage-regulator/dp/B00KHK1C6Y>