主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

主持人：林法正教授 (中央電機)

研究團隊：董必正教授 (中央機械)
褚文和副教授 (虎科車輛)
王建民助理教授 (虎科車輛)
黃仲欽副教授 (台科電機)
謝龍昌教授 (虎科動機)
徐國鎧教授 (中央電機)
劉說芳副教授 (成大工設)
張一屏副教授 (大葉機械)
薛義誠教授 (中央資管)





大綱

- 研究目的
- 組織架構及分工
- 本研究LEV規格
- 情境動畫
  - 未來生活之情境模擬動畫
  - 主機板式智慧型移動載具概念模擬動畫
  - 關鍵模組運作動畫
- 關鍵模組實品
- 關鍵模組研究成果
  - CAN Bus連線整合測試
  - 能量管理系統提供輪內馬達運轉之電能供應測試
  - EPS轉向系統測試
- 全車整合測試成果
- 計畫研究成果
- 各子計畫研究成果說明
- 結論
- 附錄-本研究模組規格

研究目的

- 為因應近年來世界各國對石油的需求大幅擴張，石油資源日趨枯竭，油價高漲，世界各國無不加緊研發智慧型輕量化移動載具以符合環保、省能、安全、舒適、在地化等需求。有鑒於此，國科會工程處提出「智慧型輕量化移動載具前瞻技術」跨領域研究專案計畫，預期能以智慧型輕量化移動載具關鍵技術開發與產學研攜手分工合作之方式完成此一專案計畫。並要求設計與工程領域整合，期望在設計與工程互相激盪下，孕育出創新的關鍵模組、前瞻技術，以及由其整合而成之未來移動載具。

- 本研究係針對「智慧型輕量化移動載具前瞻技術」跨領域研究專案計畫提供台灣乃至全世界未來生活可能之型態變遷，必然所需之智慧型移動載具前期之市場分析與概念設計提案。

- 本研究之目的即為發展一主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術，藉由整合行車控制器主機板模組、輪內永磁式同步馬達設計、輪內永磁式同步馬達驅動與控制、智能型電池管理技術、載具外觀與內裝設計、電動車主動動態控制與分析，及智慧型移動載具規格之研究與限制條件律定等技術，以提升台灣於輕型電動車之技術競爭力，並期能再創台灣電子產業之榮景。

- 本研究中各系統與功能將進行模組化，再律定其標準化規格，而後可擴大推廣至LEV產業中，除引進國際規範外並藉由產業聯盟間合作與討論產生共識，進一步訂定台灣LEV產業中模組之共同的標準與規範，以利LEV產業聚落之發展。

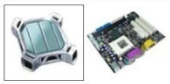
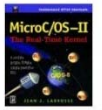
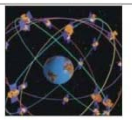
研究目的

- 主機板式智慧型輕量移動載具的組裝概念和個人電腦之組裝相同，每一部份可由不同的公司生產，但是規格都可相容，使用者可依其需要購買組合而成。除了車體底盤為機械設計外，其餘全為電子電機系統設計。

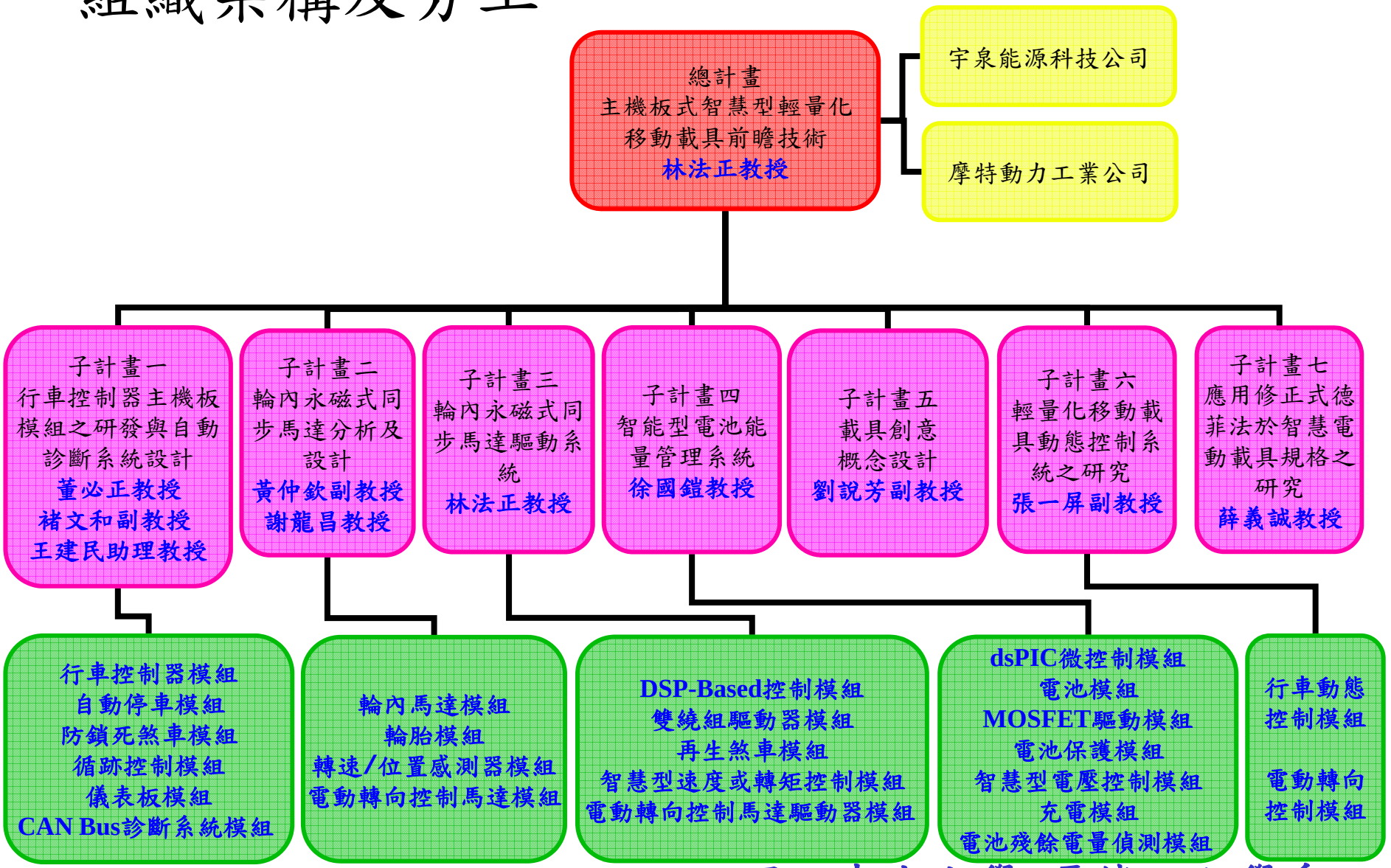
全車系統組成之廠商區分

項目	廠商
車體結構	現今之汽車廠
主機板式行車控制器模組	電腦主機板廠商或工業電腦廠商
電池與電源供應	電源供應器與電池廠商
輪內馬達	馬達設計製造廠
馬達驅動與控制	變頻器製造廠
GPS電子地圖、車用雷達系統及其他車用電子	3C及其他車用電子廠商

個人電腦與本研究之主機板式智慧型輕量移動載具概念轉化之對應

個人電腦		主機板式智慧型量化移動載具	
			
Motherboard		Motherframe	
	主機板 構成複雜電子系統之主電路板。		電動車基底 模組化電動車底盤，以主機板結合底盤爲基底，安裝上車架與車殼。
	電腦主機外殼 包覆內部電路板之外殼。		
	作業系統 電腦運行之軟體作業系統。		μC/OS-II 智能行車與輔助功能之軟體作業系統。
	PCI 硬體介面。		CAN Bus 硬體介面。
	即插即用電腦週邊 即插即用方便增添電腦週邊產品。(如：USB介面滑鼠、USB介面印表機。		即插即用載具配備升級 即插即用概念，使用CAN Bus 與 USB 介面之模組化車用升級配備。(如：太陽能充電模組車頂、附 CCD 鏡頭後照鏡模組。
			
	網際網路 電腦可透過網路連線，接收與發佈資料。		GPS 與整合式行動網路 車上軟體可即時安裝與更新，並可提供即時行車資訊，如顯示最近的維修站與電池充電站據點。
	電源供應器 供應電腦電能。		電池能量管理 供應電動車電能。
	CD-ROM、DVD-ROM、HD 轉軸式馬達驅動。		馬達驅動器&馬達 輪內馬達驅動。

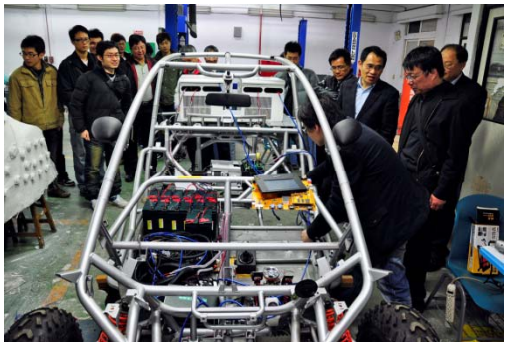
組織架構及分工


總計畫
主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術
林法正教授
宇泉能源科技公司
摩特動力工業公司
子計畫一
行車控制器主機板模組之研發與自動診斷系統設計
董必正教授
褚文和副教授
王建民助理教授
子計畫二
輪內永磁式同步馬達分析及設計
黃仲欽副教授
謝龍昌教授
子計畫三
輪內永磁式同步馬達驅動系統
林法正教授
子計畫四
智能型電池能量管理系統
徐國鎧教授
子計畫五
載具創意概念設計
劉說芳副教授
子計畫六
輕量化移動載具動態控制系統之研究
張一屏副教授
子計畫七
應用修正式德菲法於智慧電動載具規格之研究
薛義誠教授
行車控制器模組
自動停車模組
防鎖死煞車模組
循跡控制模組
儀表板模組
CAN Bus診斷系統模組
輪內馬達模組
輪胎模組
轉速/位置感測器模組
電動轉向控制馬達模組
DSP-Based控制模組
雙繞組驅動器模組
再生煞車模組
智慧型速度或轉矩控制模組
電動轉向控制馬達驅動器模組
dsPIC微控制模組
電池模組
MOSFET驅動模組
電池保護模組
智慧型電壓控制模組
充電模組
電池殘餘電量偵測模組
行車動態控制模組
電動轉向控制模組

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術



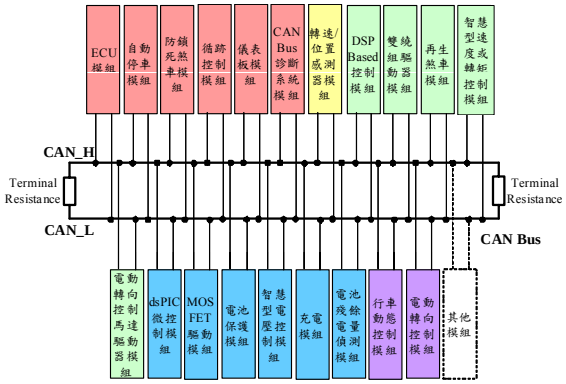




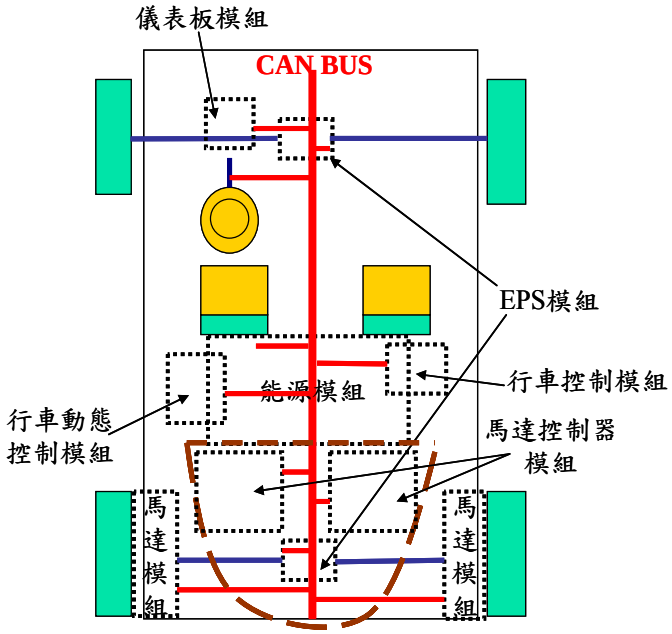
各模組將利用摩特動力公司之Bug Racer 500為實驗平台進行測試



主機板式智慧型輕量移動載具之全車模組圖



主機板式智慧型輕量移動載具之全車模組CAN Bus網路圖



主機板式智慧型輕量移動載具之全車模組配置圖

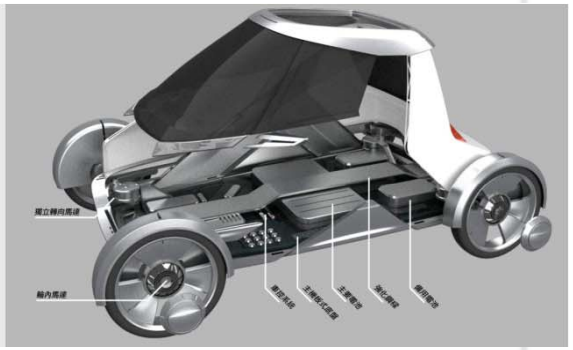
本研究之LEV 規格			
車身長		mm	2920
車身寬		mm	1620
車身高		mm	1480
車身重		kg	750(含2人)
車身承載		人	2
電池總容量		V/Ah	189/40.08
總能量		W-hr	7575.12
車輛性能	極速	km/h	60
	續航力 (@20%SOC)	km @60km/h、40km/h	145/188
		km @ECE40 (ECE40規範適用於小型電動車與電動機車)	167
	能量消耗 (@20%SOC)	W-hr/km (@60km/h、40km/h)	52.24/40.29
		W-hr/km (@ ECE-40)	45.36
特點	1.馬達直驅、無傳動機構 2.雙EPS(4WS)及兩輪獨立驅動系統(2WD) 3.X-By-Wire 4.CAN Bus 2.0通訊介面 5.智慧型CAN Bus自動診斷模組 6.輪內馬達具兩組三相線圈，其中一組線圈故障仍可進入Safe Mode降速行駛 7.具再生煞車模組之功能 8.智慧型自動停車功能		

情境動畫

- 車體數位3D造型設計：
  - Mother-Frame(Motherboard + Space Frame)概念，本團隊經由評估，此款概念LEV之相關技術發展的實際可行性較高，並且較為符合未來10年之電動車發展前瞻趨勢及未來城市生活之形態與特色。







M-Frame馬達及車架底盤裝置示意圖







M-Frame數位模型外觀

M-Frame車輛內部及上掀式車門示意圖

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

- M-Frame「未來生活之情境模擬動畫」與「實體比例模型」：

為使主機板式電動車(Mother Frame LEV，簡稱M-Frame)的概念更為具體，運用撰寫一段內容包含人、事、物的情境故事，來強調本研究發展M-Frame的特點和設計目標，並將其製作成動畫短片呈現，此短片也是本研究團隊相互討論的良好溝通與討論橋梁。







M-Frame比例模型

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

- 主機板式智慧型移動載具概念模擬動畫

五段情境模擬影片

一、主機板車體組成情境呈現

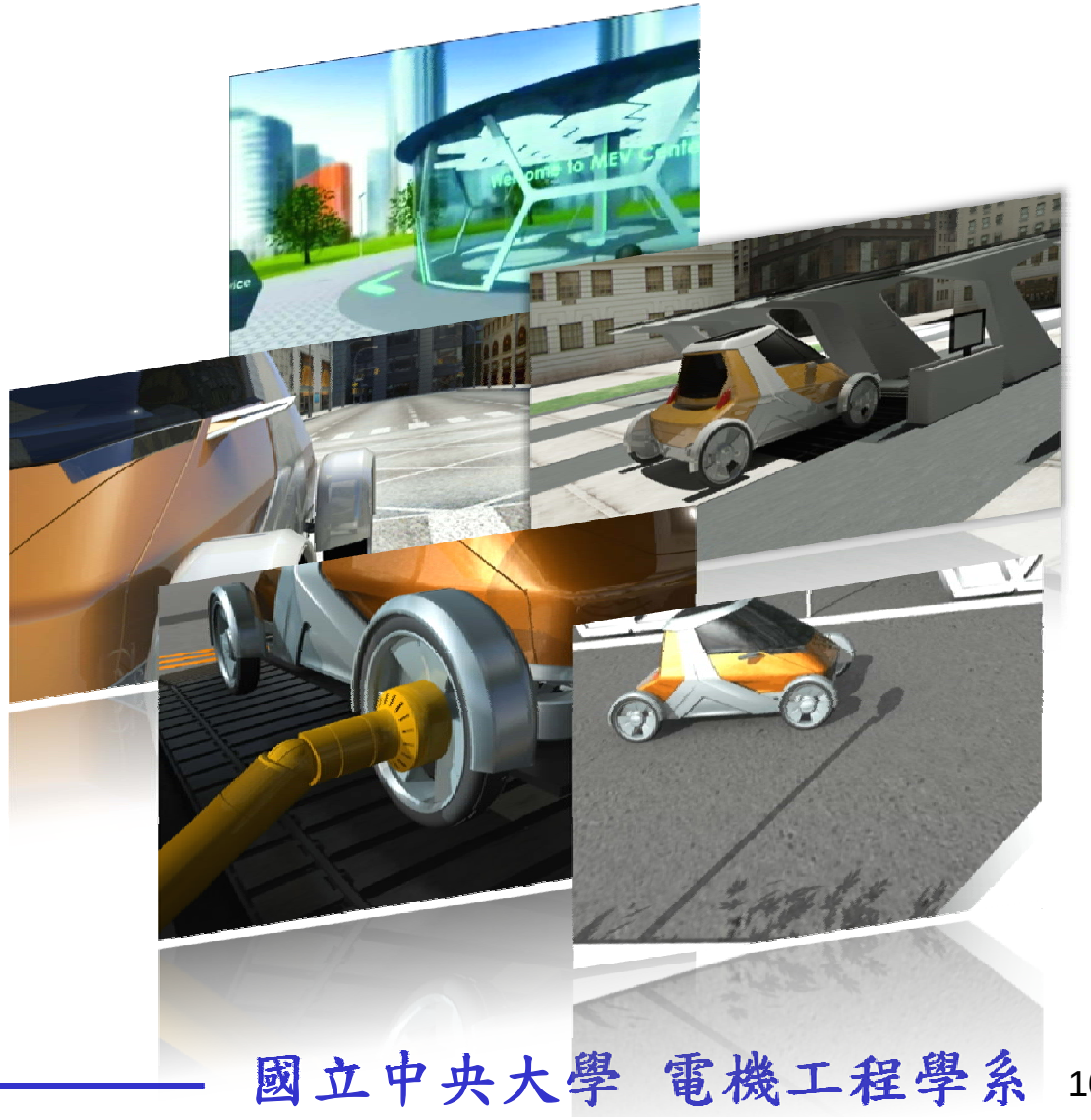
二、電能形式與補充情境呈現

三、Auto-Parking情境呈現

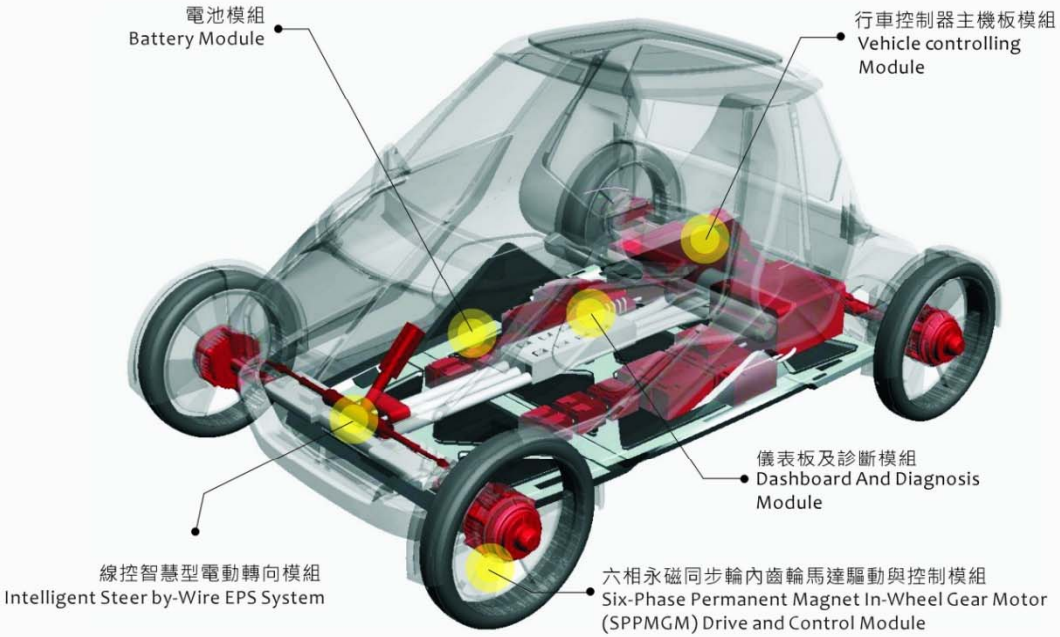
四、車體故障情境呈現

五、車輛升級與個人化情境呈現

LINK



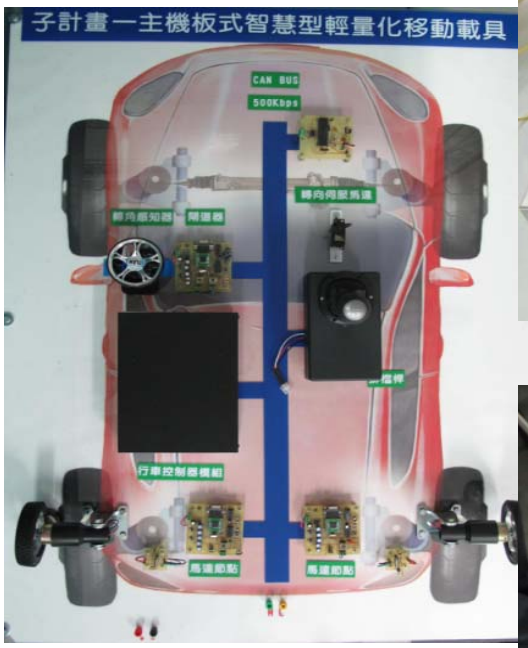
- 關鍵模組運作動畫：



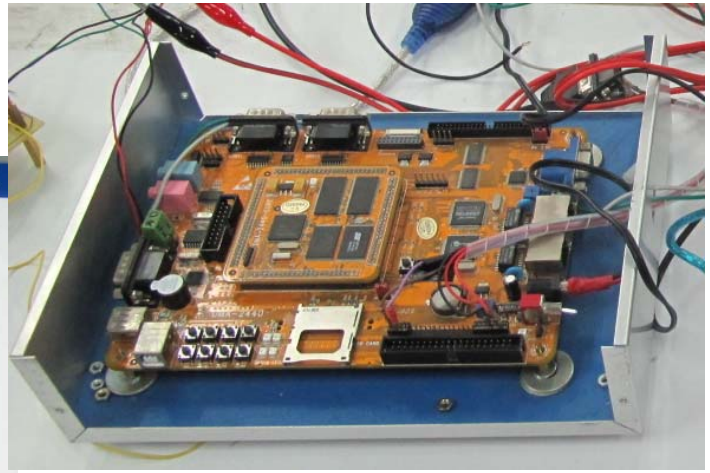
主機板式智慧型移動載具模組配置透視圖



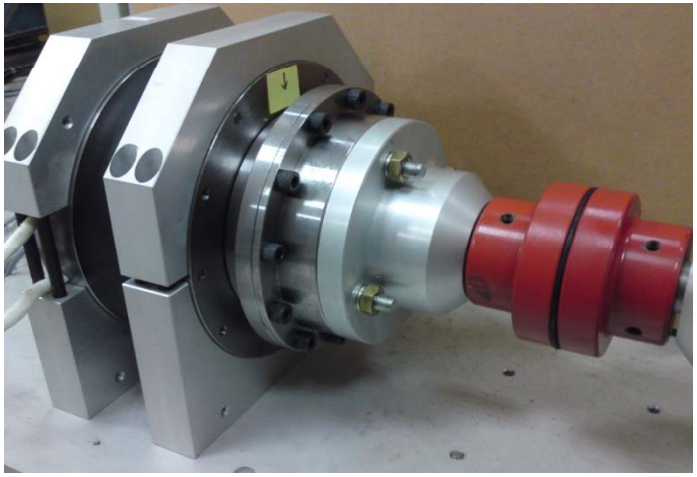
關鍵模組實品



CAN Bus連線Demo板



行車控制器主機板模組



六相永磁同步輪內齒輪馬達



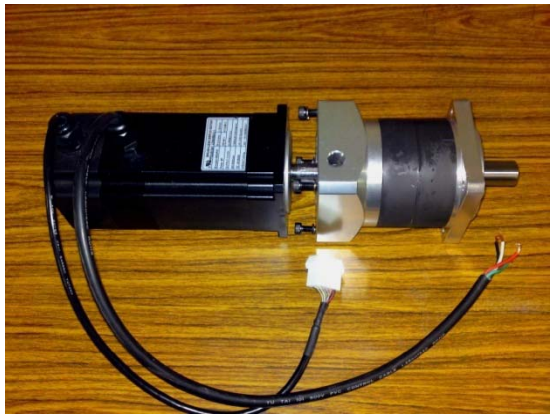
儀表板及診斷模組



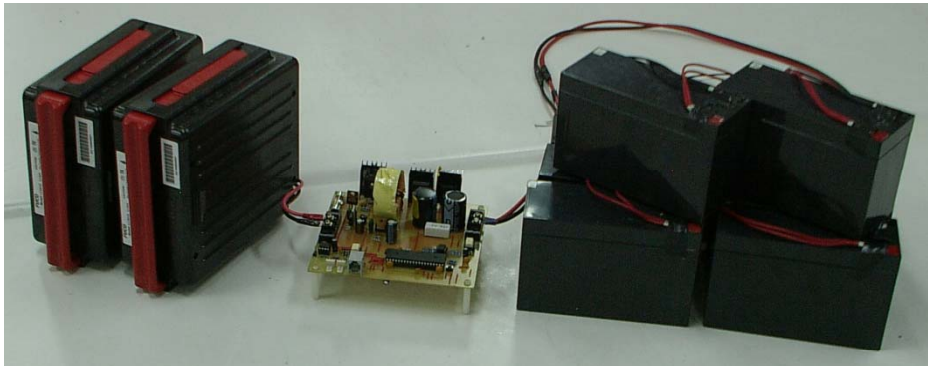


六相永磁同步輪內齒輪馬達驅動與控制模組

關鍵模組實品



電動轉向馬達

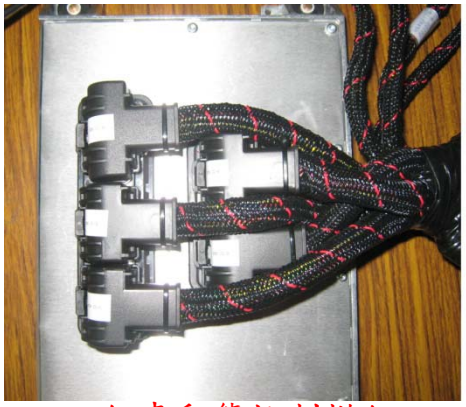


能量管理系統模組與電池模組





電動轉向馬達驅動與控制模組



行車動態控制模組

關鍵模組研究成果

- CAN Bus連線整合測試

子計畫一 行車控制器模組



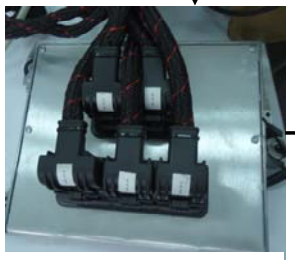
子計畫一 儀表模組



油門、煞車踏板訊號

車速訊號

鋰電池、
鉛酸電池SOC訊號



馬達命令
輪速訊號





子計畫六 行車動態模組

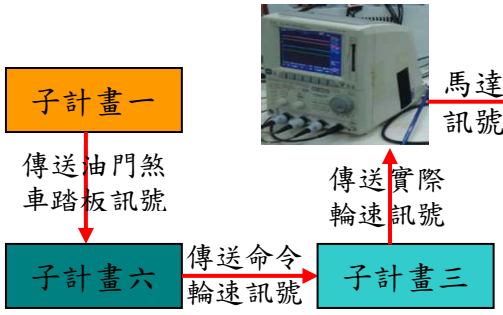
子計畫三 馬達控制器模組

子計畫四 電能管理模組



CAN Bus連線整合測試實測影片

CAN Bus連線整合測試架構圖



Number	Direction	CAN	TimeIdentifier	FrameID	Format	Type	DataLength	Data
00001338	Receive	0	0x00c98080	0x0c000100	Data	Extend	0x08	50 2e 01 00 00 00 00 00
00001339	Receive	0	0x00c980b5	0x0c000300	Data	Extend	0x08	32 5a 32 5a 00 00 00 00
00001340	Receive	0	0x00c980c5	0x0c000700	Data	Extend	0x08	00 00 00 00 00 00 00 00
00001341	Receive	0	0x00c9811c	0x0c000300	Data	Extend	0x08	32 5a 32 5a 00 00 00 00
00001342	Receive	0	0x00c9812c	0x0c000700	Data	Extend	0x08	00 00 00 00 00 00 00 00
00001343	Receive	0	0x00c98138	0x0c000000	Data	Extend	0x08	00 00 00 00 00 00 00 00
00001344	Receive	0	0x00c98148	0x0c000100	Data	Extend	0x08	50 2e 01 00 00 00 00 00
00001345	Receive	0	0x00c98183	0x0c000300	Data	Extend	0x08	32 5a 32 5a 00 00 00 00
00001346	Receive	0	0x00c98193	0x0c000700	Data	Extend	0x08	00 00 00 00 00 00 00 00
00001347	Receive	0	0x00c981ea	0x0c000300	Data	Extend	0x08	32 5a 32 5a 00 00 00 00

命令輪速
訊號

踏板訊號

CAN Bus分析儀之訊號分析結果

CAN Bus連線測試(輪內馬達驅動)架構與結果圖

關鍵模組研究成果

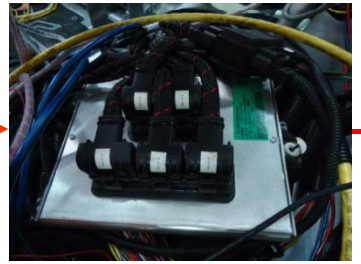
- 能量管理系統提供輪內馬達運轉之電能供應測試

子計畫一行車控制器模組



傳送油門及煞車踏板訊號

子計畫六行車動態模組



傳送命令輪速訊號

子計畫三輪內馬達驅動器



驅動

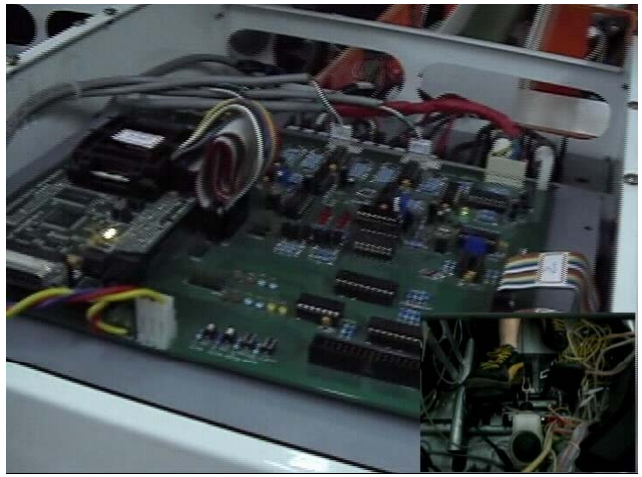
子計畫二輪內馬達



電能供應



子計畫四能量管理系統



能量管理系統提供輪內馬達運轉之電能供應測試實測影片

關鍵模組研究成果

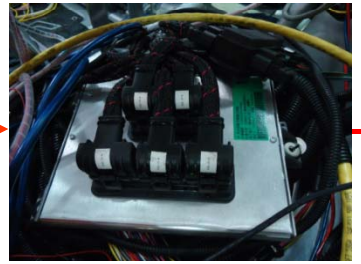
- EPS轉向系統測試

子計畫一行車控制器模組



傳送方向盤
轉角訊號

子計畫六行車動態模組



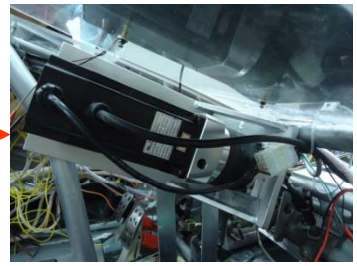
傳送命令
轉角訊號

子計畫三EPS馬達驅動器



驅動

EPS馬達



電能供應

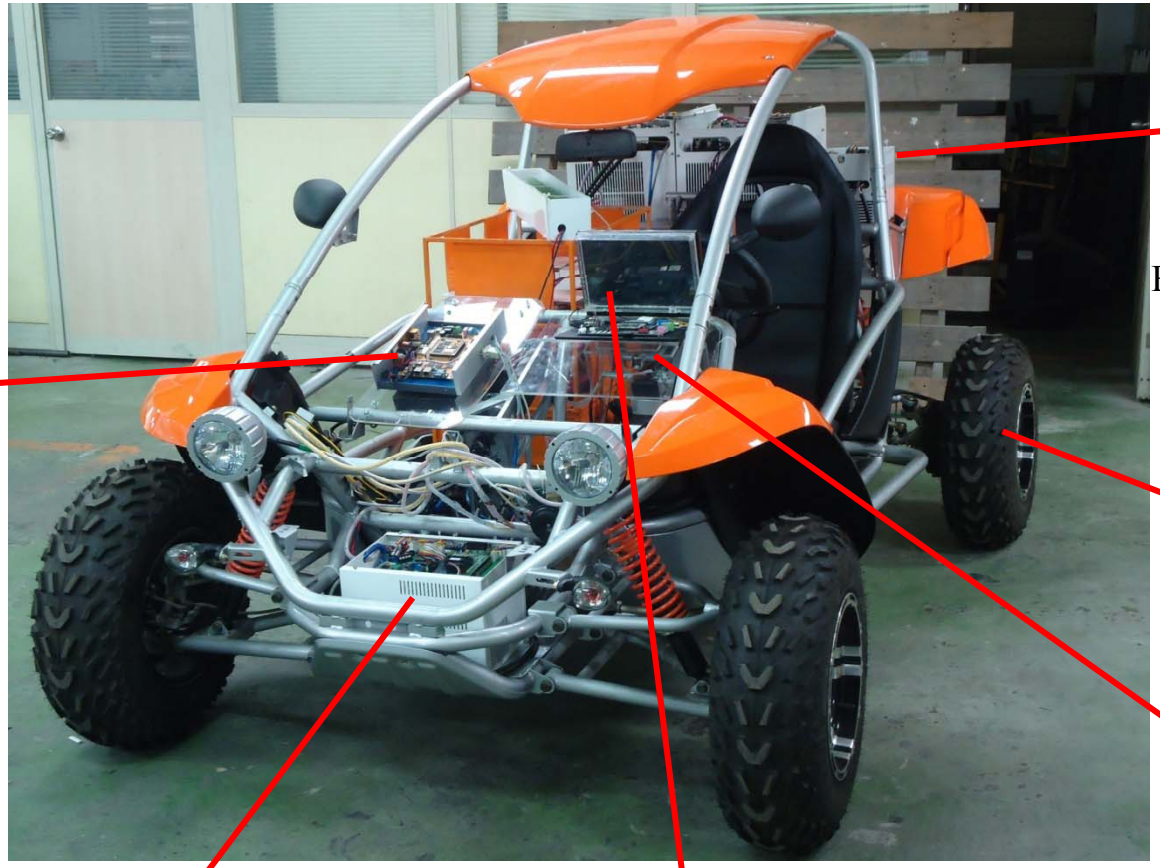


子計畫四能量管理系統



EPS轉向系統測試實測影片

全車整合測試成果





行車控制器主機板模組



EPS馬達驅動器模組(後)



六相永磁同步輪
內齒輪馬達(左)



方向盤轉角感知器



EPS馬達驅動器模組(前)



儀表板與自動診斷系統模組

全車整合測試成果



輪內馬達驅動器模組



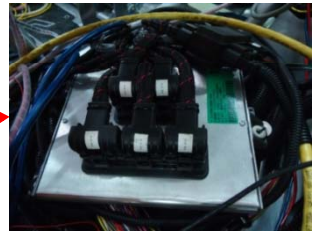




EPS馬達 (前)



六相永磁同步輪
內齒輪馬達(右)



行車動態控制模組



EPS馬達 (後)



能量管理系統模組與高能量電池模組



高功率電池模組

全車整合測試成果

- 全車架空運轉測試與落地測試







全車架空運轉測試與落地測試

計畫研究成果

- 期刊論文：
  - F. J. Lin, M. S. Huang, P. Y. Yeh, H. C. Tsai and C. H. Kuan, “DSP-based Probabilistic Fuzzy Neural Network Control for Li-ion Battery Charger,” *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 27, no. 8, pp. 3782-3794, 2012.
  - F. J. Lin, Y. C. Hung, J. C. Hwang, I. P. Chang, and M. T. Tsai, “Digital signal processor-based probabilistic fuzzy neural network control of in-wheel motor drive for light electric vehicle,” *IET Electric Power Applications*, vol. 6, no. 2, pp. 47-61, 2012.
  - Yih-Chearng Shiue and Chun-Yueh Lin, “Developing a New Foresight Model for Future Technology Evaluation in Electric Vehicle Industry”, *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 39, no. 2, Mar., 2011.
  - IET EPA, “Takagi-Sugeno-Kang Type Fuzzy Neural Network with Asymmetric Membership Function Fault Tolerant Control of Six-Phase Motor Drive System using DSP” (準備中)
  - IEEE Fuzzy System, “Intelligent Complementary Sliding Mode Fault Tolerant Control of Six-Phase Motor Drive System using DSP” (準備中)
  - IEEE Vehicular Technology, “Energy Management with Load Sharing Control for Light Electric Vehicle” (準備中)
  - IEEE Vehicular Technology, “The Design of Embedded Electric Vehicle Driving Controller and System Integration” (準備中)
  - IEEE Vehicular Technology, “The Development of a CAN-Bus Based State of Digital Dashboard Interface” (準備中)
- 研討會：
  - 第13屆車輛工程學術研討會，”車輛線傳橫向穩定控制模擬之研究” (2008年10月)
  - 第14屆車輛工程學術研討會，”電動車通訊協定應用層規劃與負載模擬分析” (2009年10月)
  - 第14屆車輛工程學術研討會，”自動停車路徑規劃策略” (2009年10月)
  - 第14屆車輛工程學術研討會，”車輛四輪獨立轉向系統動態模擬之研究” (2009年10月)
  - 第14屆車輛工程學術研討會，”車輛線傳四輪電控轉向系統模擬測試之研究” (2009年10月)
  - 中國機械工程學會第25屆全國學術研討會，”模糊邏輯控制器應用於車輛線傳橫向穩定控制模擬之研究” (2009年10月)
  - 明志科技大學技術與教學研討會暨台灣感性學會研討會，”電動車前瞻趨勢之概念探討” (2009年11月)
  - 明志科技大學技術與教學研討會暨台灣感性學會研討會，”使用者導向之未來智慧型輕量化電動車設計發展” (2009年11月)
  - 中華民國設計學會15屆設計學術研究成果研討會，”運用情境法與Kano’s Model探討消費者需求—以電動車為例” (2010年6月)

計畫研究成果

- 研討會(續)：
  - 中國機械工程學會第26屆全國學術研討會，”車輛線傳四輪電控轉向系統模擬測試之研究” (2010年10月)
  - 中國機械工程學會第26屆全國學術研討會，”四輪轉向系統轉向參數對車輛操控性能影響之研究” (2010年10月)
  - EVS 25, “The Design of an Embedded Anti-skid Brake System for a Four-Wheel Steering Electric Vehicle” (2010年11月)
  - EVS 25, “Strategy of Motion Planning for Auto Parking System” (2010年11月)
  - EVS 25, “Modularized Light Electric Vehicle Technology” (2010年11月)
  - EVS 25, “The Design of Planetary type Gear-Motor for Neighborhood Electric Vehicle” (2010年11月)
  - EVS 25, “Applying Modified Delphi Method to Construct the Specification for Intelligent Electric Vehicles” (2010年11月)
  - 第15屆車輛工程學術研討會，”電動車嵌入式診斷系統規劃與設計” (2010年11月)
  - 第15屆車輛工程學術研討會，”嵌入式電動車防鎖死煞車系統設計” (2010年11月)
  - 第15屆車輛工程學術研討會，”輕型電動載具線傳四輪轉向硬體迴路分析” (2010年11月)
  - 第15屆車輛工程學術研討會，”電控四輪轉向車身操控動態多目標最佳化控制” (2010年11月)
  - International Conference on Computer Science and Logistics Engineering (ICCSLE 2011), “A New E-Commerce Interface Display Design Integrating Augmented Reality and Interactive Multimedia” (2011年11月)
  - The First International Conference on Engineering and Technology Innovation (ICETI 2011), “The Design Prototype Manufacture and Efficiency Test of Planetary Gear Reducer for Electric Vehicle” (2011年11月)
  - 第31屆電力工程研討會，”具電流分配控制之複合式電池系統研製” (2010年12月)
  - 第16屆車輛工程學術研討會，”電動車車載嵌入式診斷系統設計”(2011年11月)
  - 第16屆車輛工程學術研討會，”嵌入式電動車行車控制器設計與系統整合”(2011年11月)
  - 第16屆車輛工成學術研討會，”具CAN-Bus功能之數位儀表介面研製”(2011年11月)
  - 第16屆車輛工程學術研討會，”輕型電動線傳四輪轉向車輛嵌入式系統設計與模擬之研究” (2011年11月)
  - 第16屆車輛工程學術研討會，”線傳車輛四輪獨立驅動與轉向之嵌入式系統硬體迴路分析” (2011年11月)
  - 第16屆車輛工程學術研討會，”四輪電動轉向車輛參考模型嵌入式系統控制研究”(2011年11月)
  - 中國機械工程學會第27屆全國學術研討會，”智慧型電動車輛線傳傳動嵌入式系統之硬體迴路分析” (2011年12月)

計畫研究成果

- 研討會(續)：
  - 中國機械工程學會第27屆全國學術研討會，”電動車輛線傳四輪轉向硬體迴路分析” (2011年12月)
  - 中國機械工程學會第27屆全國學術研討會，”四輪電動車輛線傳驅動與轉向控制分析” (2011年12月)
  - 2011國際創新設計管理工程學術會議(IDME2011)，”運用QFD創新輕量化載具之前瞻設計” (2011年12月)
  - EVS 26,” Electric Vehicle by-Wire Control of Traction and 4WS Embedded HIL Study”(2012年5月)
  - EVS 26, “Foresight Scenario Analysis of Motor System of Electric Vehicle”(2012年5月)

- 專利申請：
  - 電動車輪內齒輪馬達模組 (審查中)
  - 14極12槽永磁式同步電機之結構 (審查中)
  - 26極24槽永磁式同步電機之結構 (審查中)
  - 車輛四輪轉向操控模擬模組(審查中)
  - 通用型車前防撞雷達測試架(審查中)
  - 電動車用二速變速齒輪箱設計 (準備中)
  - 新型Plug-in電池充電架構之技術 (準備中)

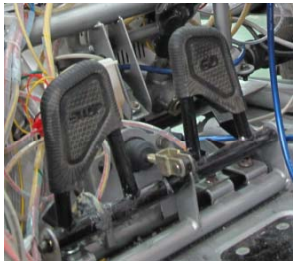
- 其他著作：
  - 電工通訊，”模組化輕型電動車之技術” (2010年3月)
  - 工業設計期刊第三十八卷第一期，”使用者導向之未來智慧型輕量化電動車設計發展” (2010年)

各子計畫研究成果說明

子計畫一--行車控制器主機板模組之研發與自動診斷系統設計

- 具有uC/OS II作業系統嵌入式主機板模組
  - μC/OS II作業系統主機板模組可設立多組TASK，透過CAN Bus上流通訊息，依照其優先權執行所需功能。
  - 行車控制器移植uC/OS-II即時作業系統，利用計時中斷機制發送各種循環率訊號，如踏板訊號、ABS訊號等，完成行車控制器發送訊號準確性。
  - 計時中斷時間週期設定為10ms，利用Tektronix TDS5054B示波器擷取訊號，其行車控制器發送CAN Bus訊號如下圖。
  - 完成電子式加速踏板功能，利用CAN Bus傳送加速開度訊號。
  - 完成電子式煞車踏板功能，利用CAN Bus傳送煞車開度訊號。
  - 完成實車轉向功能，轉角感知器線傳控制轉向系統，利用CAN Bus傳送轉向訊號。

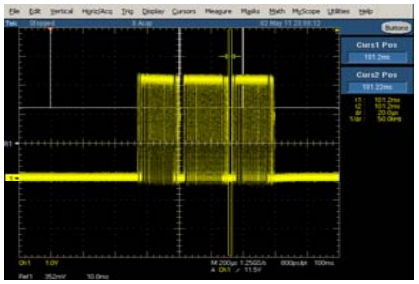




電子式踏板

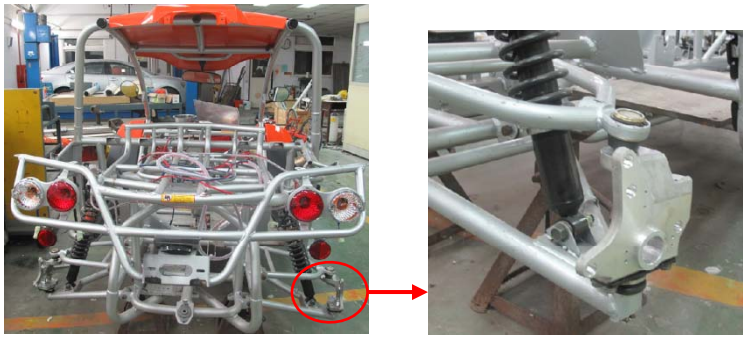
轉角感知器線傳控制轉向系統



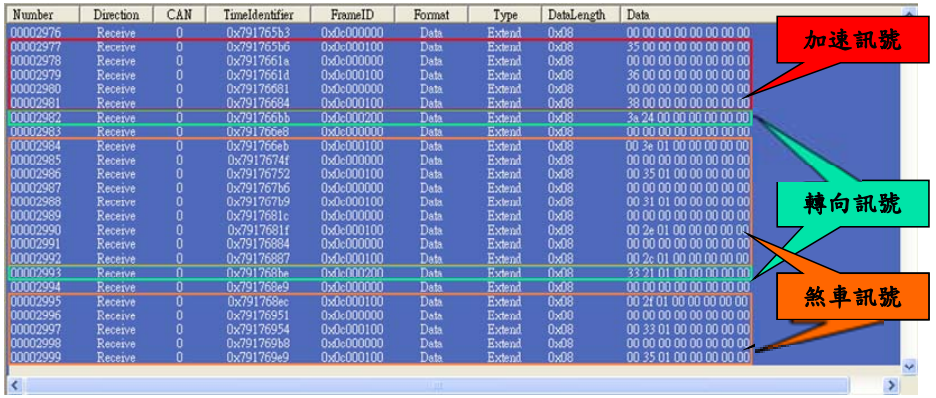


發送三筆循環率為10ms CAN訊號

- Bug Racer 500沙灘車改裝
  - 本計畫電動車行駛方式為四輪轉向機制，後輪改裝方式是將前輪懸吊機構及轉向機構移植到後輪，以完成Bug Racer 500沙灘車後輪改裝。



Bug Racer 500車體改裝

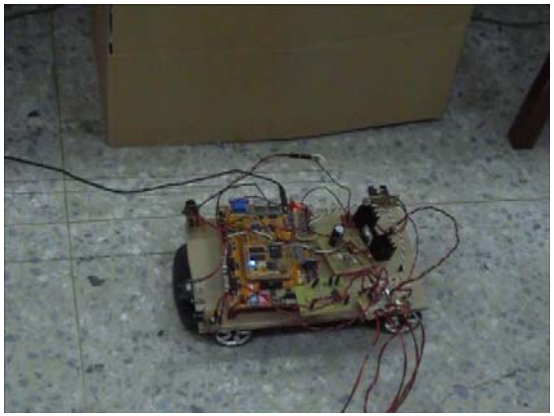


CAN Bus 加速、轉向、煞車訊號量測

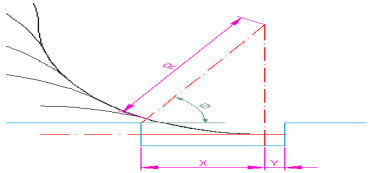
主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

自動停車模組模型

- ARM 920T微處理器核心的S3C 2440開發平台。
- 超音波雷達與紅外線雷達進行環境偵測。
- 環境偵測與車體條件參數設計路徑軌跡。
- 左下圖為自動停車模型動作影片，經由模型車進行路徑規畫測試，證明所規劃之移動路徑為可行之軌跡。
- 其規劃停車路徑所需之車位大小計算如右下圖所示。



自動停車模組停車影片



黑線：車體移動軌跡。

藍色：停車格區域。



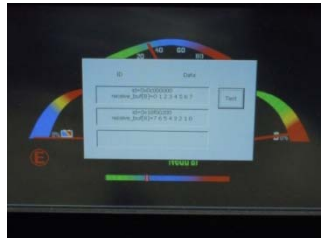
DMA-6410開發平台

儀表模組與自動診斷模組

- 儀表模組與自動診斷模組整合於同一模組，並準確接收各計畫傳送CAN Bus訊號及故障訊息，藉由觸碰螢幕將儀錶與自動診斷模組相互切換，達成儀表與診斷功能之整合。
- 儀表板可顯示車速、電瓶狀態、ABS以及TCS作動等訊號。
- 可攜式CAN Bus通訊介面DMA-6410開發平台。
- 開發平台採用Windows CE 6.0作業系統。
- Visual Basic 2008 IDE開發儀表板應用程式。
- 診斷程式具有中文化介面顯示故障診斷與車輛參數等功能。



數位式儀表板模組

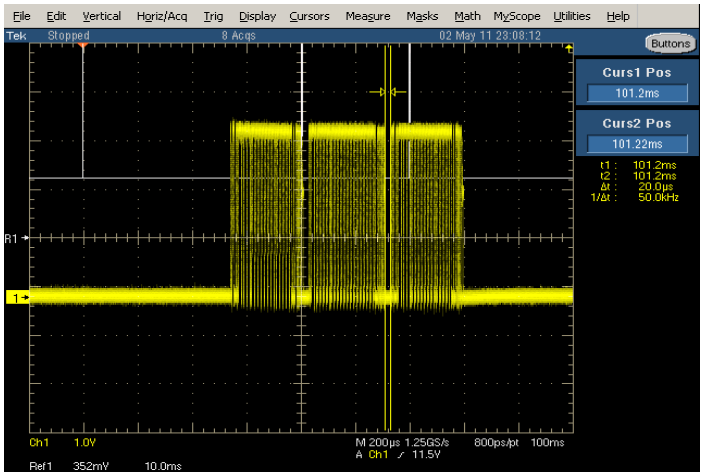


自動診斷模組

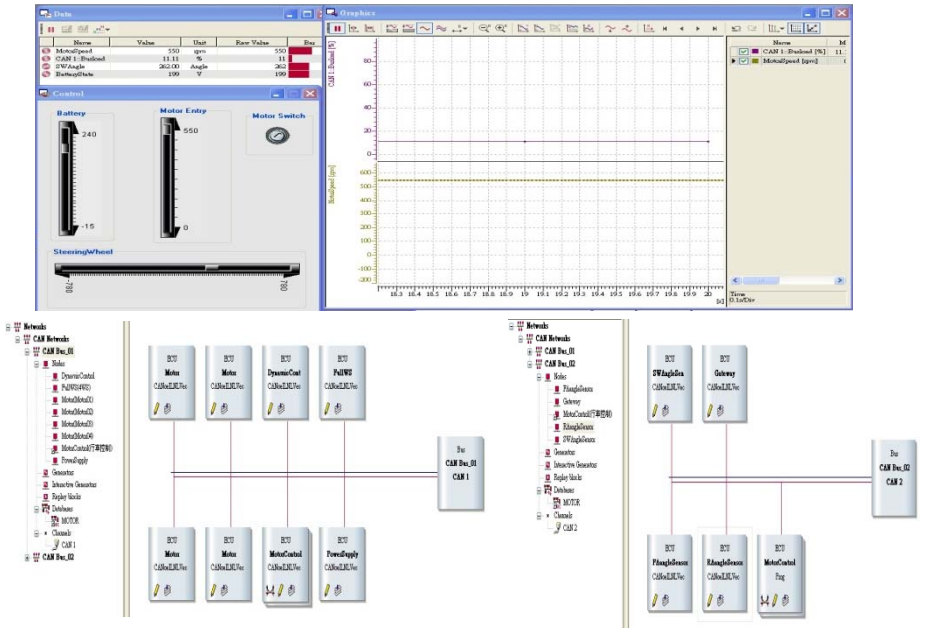
- CAN Bus網路應用層規劃：
  - 右圖為應用層規劃，對應各節點所產生之訊號相對應的規範，右為其中之一的樣本，目前已規劃44筆。
- CAN Bus網路之CANoe網路負載與分析：
  - 右下圖為CANoe網路負載與分析的結果，藉由兩條CAN Bus透過閘道器轉換訊號，分析目前本研究中所規劃之節點是否合理。
  - 計時中斷時間週期設定為10ms，利用Tektronix TDS5054B示波器擷取訊號，其行車控制器發送CAN Bus訊號如下圖。

CAN Bus網路應用層規劃表

訊息參數	資訊解析度	資訊長度	資訊範圍	資料位置
倒車訊號	00:off 01:on	2bit	00:off 01:on	can_data [2] 2.0~2.1
倒車指示燈訊號	00:off 01:on	2bit	00:off 01:on	can_data [2] 2.2~2.3
煞車訊號	00:off 01:on	2bit	00:off 01:on	can_data [6] 6.0~6.1
手煞車訊號	00:off 01:on	2bit	00:off 01:on	can_data [6] 6.2~6.3

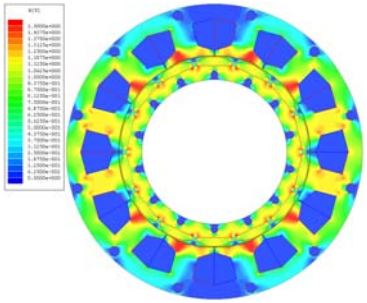


發送三筆循環率為10ms CAN訊號

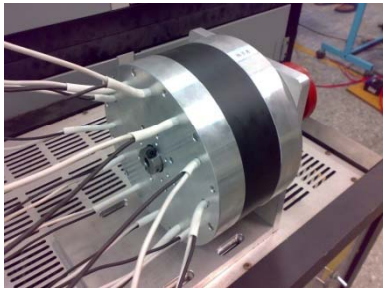


CAN Bus網路之CANoe網路負載與分析

子計畫二-輪內永磁式同步馬達分析及設計



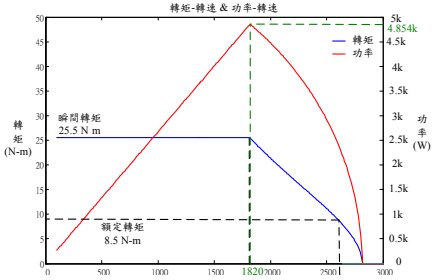
12槽14極輪內馬達之磁通密度分析的結果



六相永磁同步馬達之實體圖

六相永磁同步馬達簡要規格

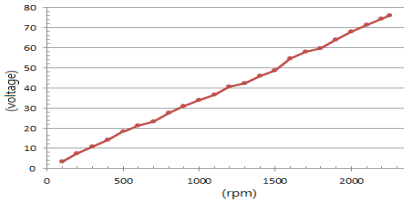
相數(m)	六相
槽數(N_s)	12
極數(N_p)	14
額定轉速	2250 rpm
定子每槽線圈數	24 匝
線徑	2.2 mm
定子內徑/外徑 (直徑)	129.6 mm / 200 mm
轉子內徑/外徑 (直徑)	98 mm / 128 mm
每相等效電阻	0.046Ω
交軸電感 L_q (H)	0.0026
直軸電感 L_d (H)	0.0017
磁通鏈向量 λ_m' (V/rad/s)	0.0469
軸向鐵心有效長度（積厚）	50 mm
佔槽率	58.5 %
額定電流(rms 值)	11.4 A
額定功率	2 kW
相電壓峰值(未錯位/錯位)	77.27V / 76.68V
相電壓總諧波失真率(未錯位/錯位)	1.48% / 0.92%



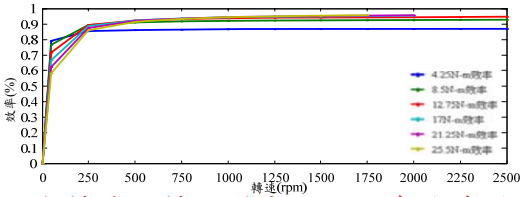
六相永磁同步馬達轉矩範圍及功率範圍

馬達溫度量測表

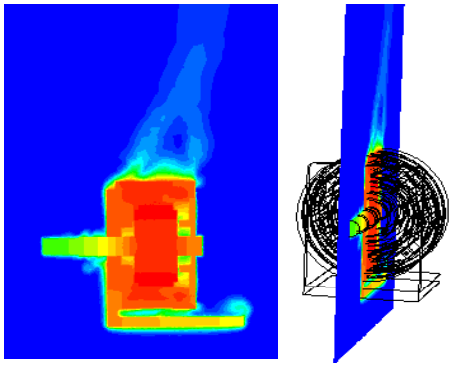
	實驗 1500 rpm	模擬 1500 rpm 環溫 20℃	模擬 1500 rpm 環溫 35℃	模擬 2250 rpm 環溫 20℃	模擬 2250 rpm 環溫 35℃
線圈溫度	54.6℃	55℃	71℃	64℃	81℃
定子溫度	55.7℃	56℃	72℃	64℃	81℃
外殼溫度	51℃	54℃	70℃	63℃	79℃



轉速-電壓曲線圖



各轉速及轉矩對應下之效率曲線圖

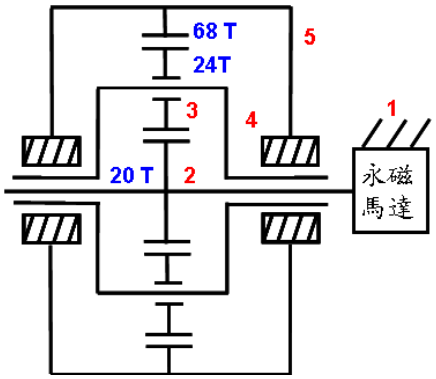


在8.5N-m轉速2250rpm之馬達溫度分佈

主機板式智慧型輕量化移動載具前

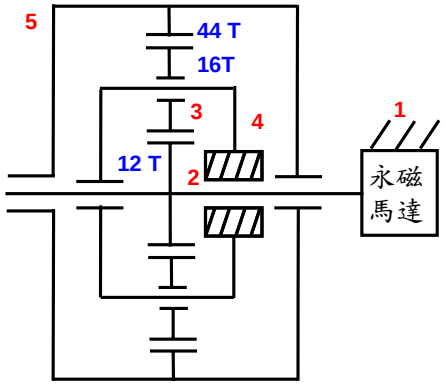
■輕型載具用高效率齒輪箱設計

- ■完成規格確認與進行其設計與繪圖。
- ■完成行星齒輪減速機之運動設計。
- ■完成行星齒輪減速機之齒形設計與繪圖。
- ■分為減速比4.4:1之Case1與減速比3.67:1之Case2兩種設計

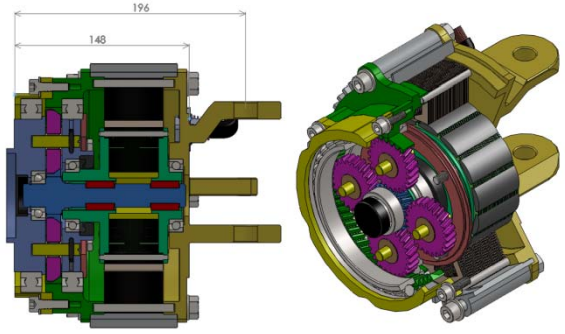


Case1行星齒輪系之機構簡圖
(將環齒輪5固定在馬達上)
馬達以額定轉速2250rpm運轉，對應車速約63.15km/h

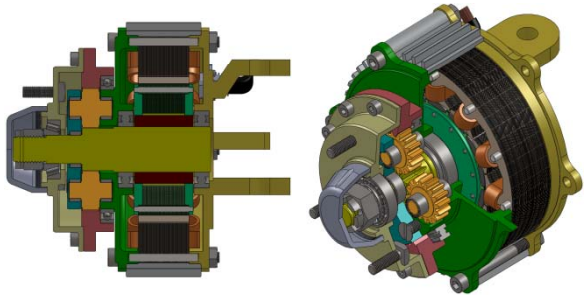
提升車速



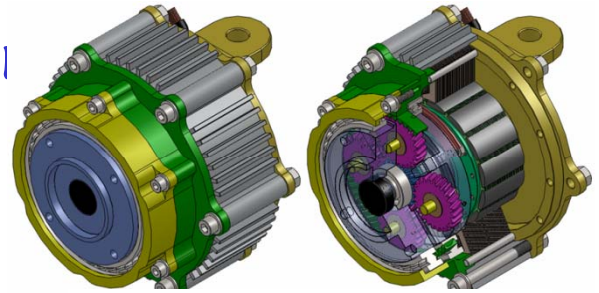
Case2行星齒輪系之機構簡圖
(將行星臂4固定在馬達上)
馬達以額定轉速2250rpm運轉，對應車速約70.557km/h



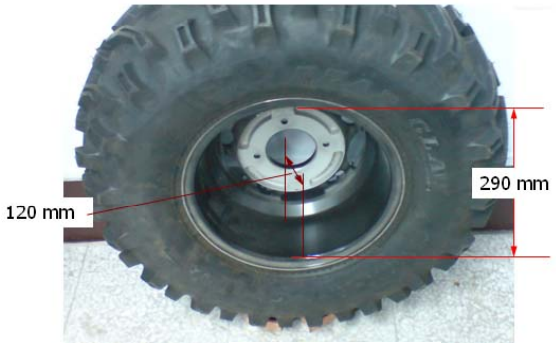
Case1齒輪箱&馬達總成剖面示意圖



Case2齒輪箱&馬達總成剖面示意圖



齒輪箱&永磁馬達&轉向座總成

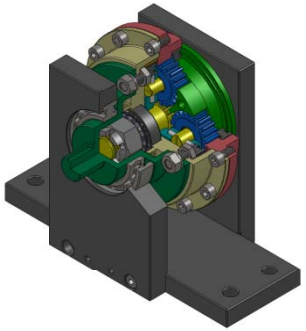


車輛輪胎

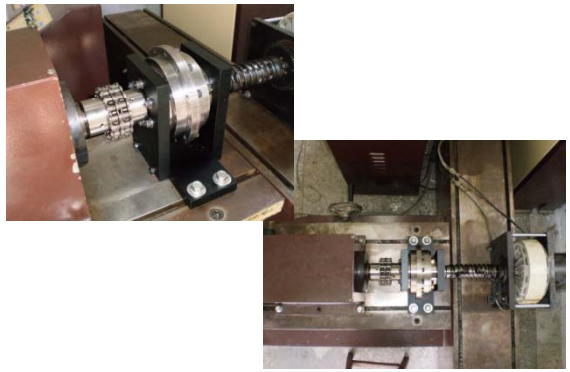


齒輪箱&永磁馬達&車輛輪胎結合狀況

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術



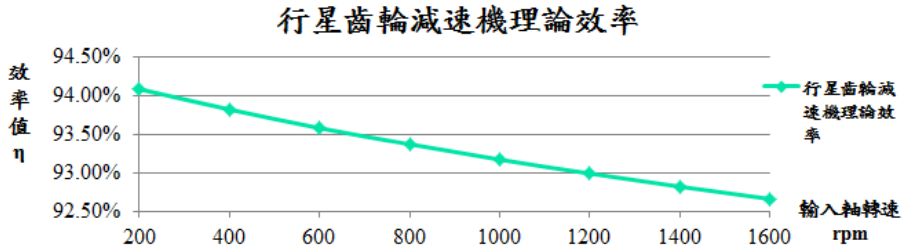
行星齒輪減速機
機械結構圖



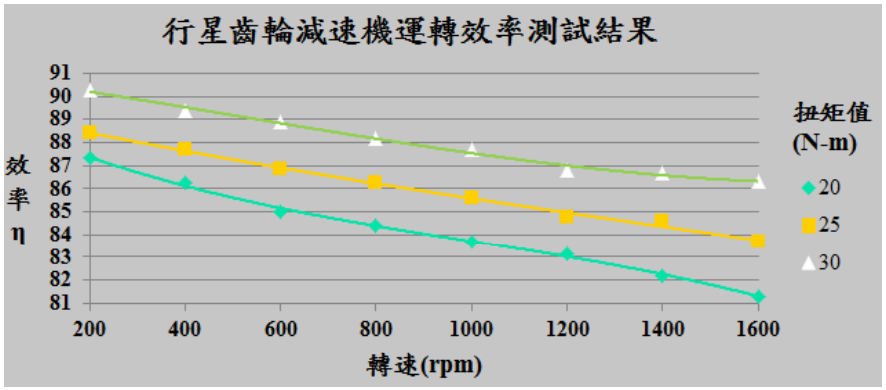
雛型機效率測試平台



輪內齒輪馬達實車安裝



轉速(rpm)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
外齒輪效率	99.14	98.82	98.55	98.33	98.14	97.96	97.79	97.64
內齒輪效率	99.78	99.83	99.84	99.84	99.82	99.81	99.79	99.78
齒形效率	98.93	98.66	98.40	98.17	97.97	97.78	97.60	97.43
軸承效率	$(99)^3$							
聯軸器效率	$(99)^2$							
總效率	94.08	93.82	93.58	93.37	93.17	92.99	92.82	92.66

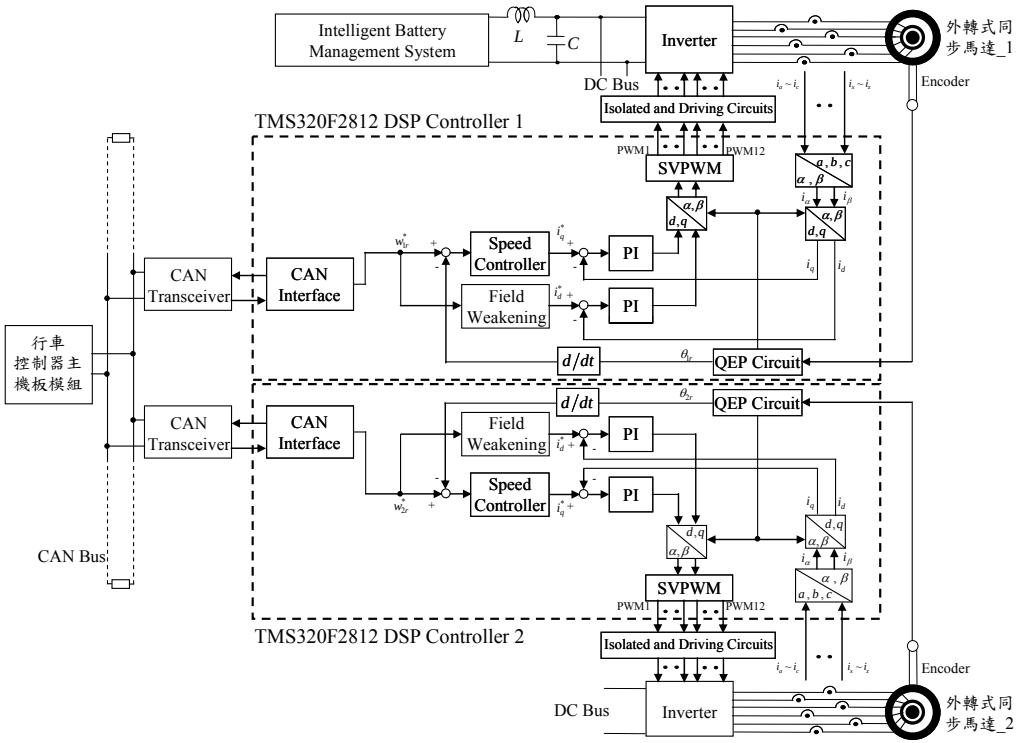


效率值 %		輸入軸轉速 (rpm)							
		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
負載 (N-m)	20	87.33	86.26	85.03	84.42	83.66	83.12	82.19	81.31
	25	88.39	87.69	86.87	86.27	85.59	84.74	84.60	83.67
	30	90.25	89.38	88.91	88.17	87.68	86.79	86.67	86.31

子計畫三-輪內永磁式同步馬達驅動系統

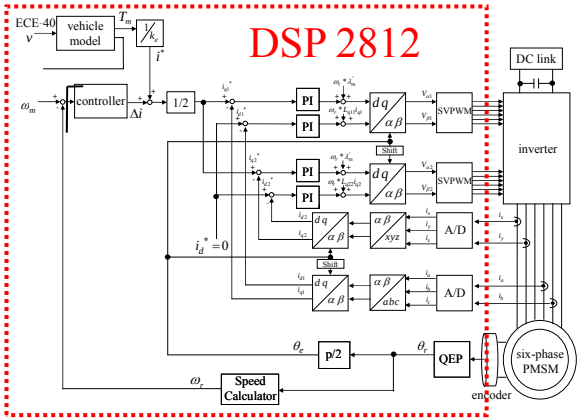
- 本研究之目標在發展六相永磁式同步馬達所組成之輪內永磁式同步馬達驅動系統，用於電動車之輪胎應用。六相永磁式同步馬達驅動控制系統，如右圖所示：
- 採用比例積分控制器、Elman類神經網路控制器、機率模糊類神經網路控制器以達到控制要求，整個控制系統是建立在磁場導向電流控制之反流器驅動架構上。
- 在履行上採用TI TMS320F2812 DSP為基礎之控制晶片並以C語言將各控制法則實用化，以做為商品化之雛型，並配合磁場導向電流控制電壓源反流器以控制外轉式永磁式同步馬達，以達LEV之輪胎應用的成效。

◎馬達採用12槽14極之結構以降低頓轉轉矩。
◎定子為二組三相繞組所組成，相差30度電機角。
◎當六相永磁式同步馬達一組三相系統發生故障時，可藉由另一組之三相模式降速繼續運轉。

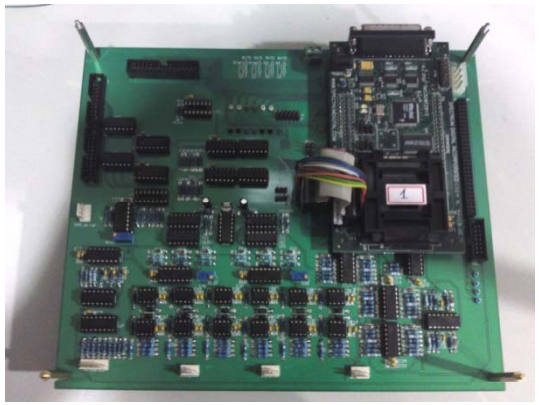


六相永磁式同步馬達驅動控制系統

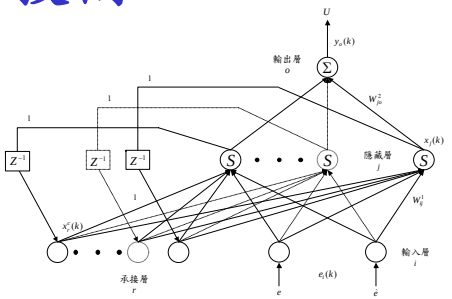
- DSP-Based輪內永磁同步馬達驅動系統



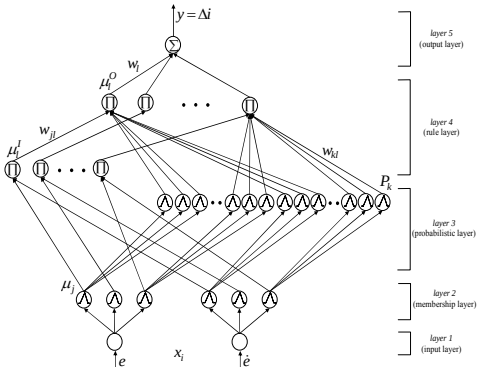
輪內永磁同步馬達驅動控制系統架構圖



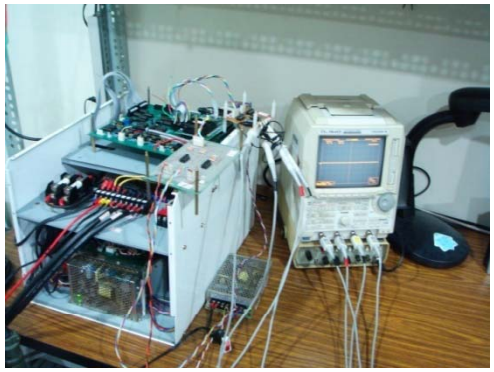
DSP 2812 Extension Board控制板實體圖



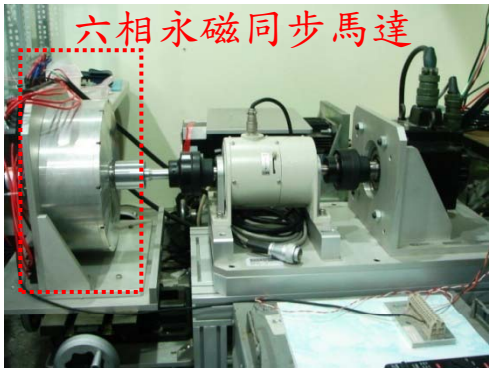
Elman類神經網路控制器架構圖



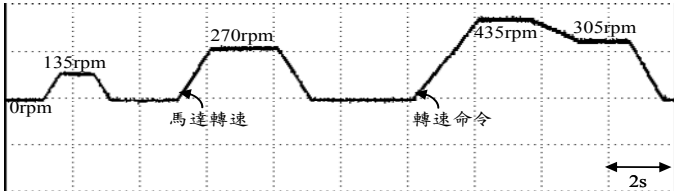
機率模糊類神經網路控制器架構圖



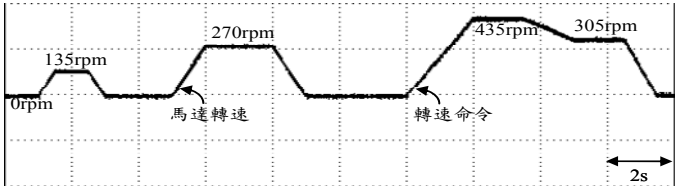
輪內永磁同步馬達驅動器實體圖



輪內永磁同步馬達測試平台實體圖

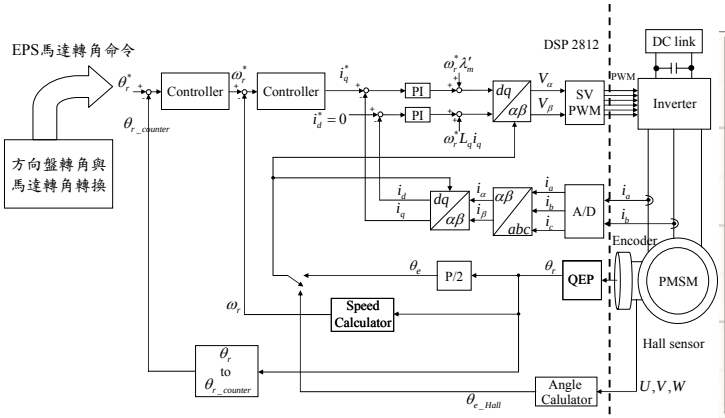


Elman類神經網路控制器ECE-40追隨響應圖

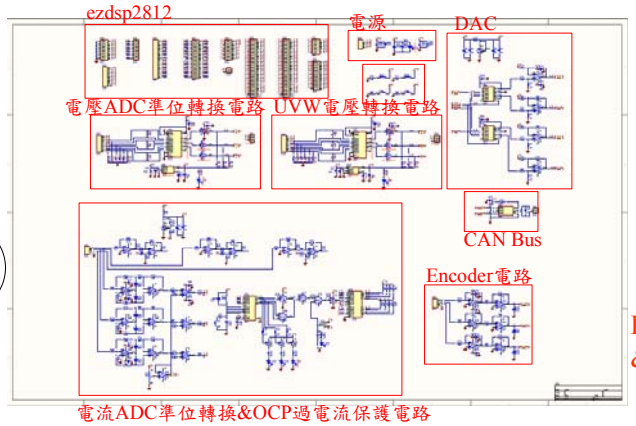


機率模糊類神經網路控制器ECE-40追隨響應圖

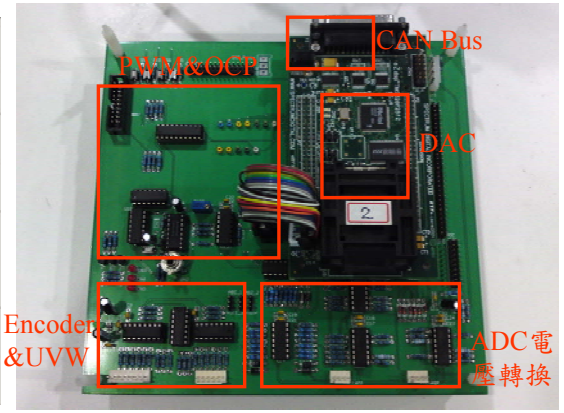
- 電動轉向馬達驅動系統



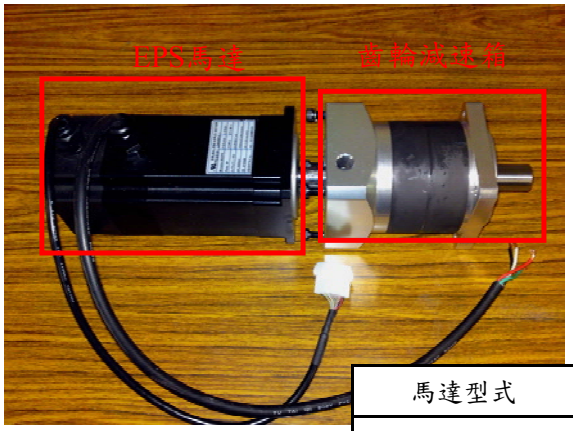
電動轉向馬達驅動控制系統架構圖



EPS馬達驅動板電路圖

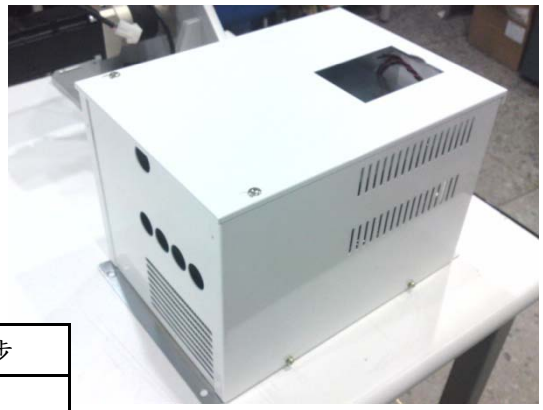


EPS馬達驅動板實體圖

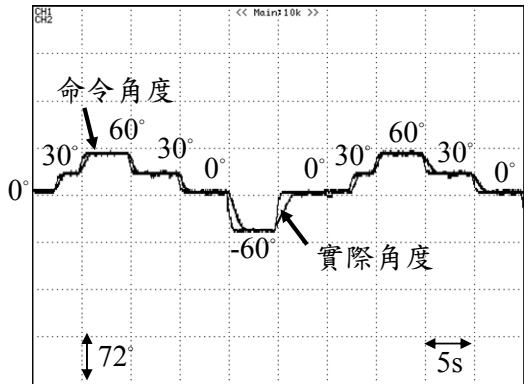


EPS馬達實體與規格

馬達型式	永磁同步
額定功率(W)	1000
額定扭力(N-m)	3.24
額定轉速(rpm)	3000
齒輪箱齒數比	1:100



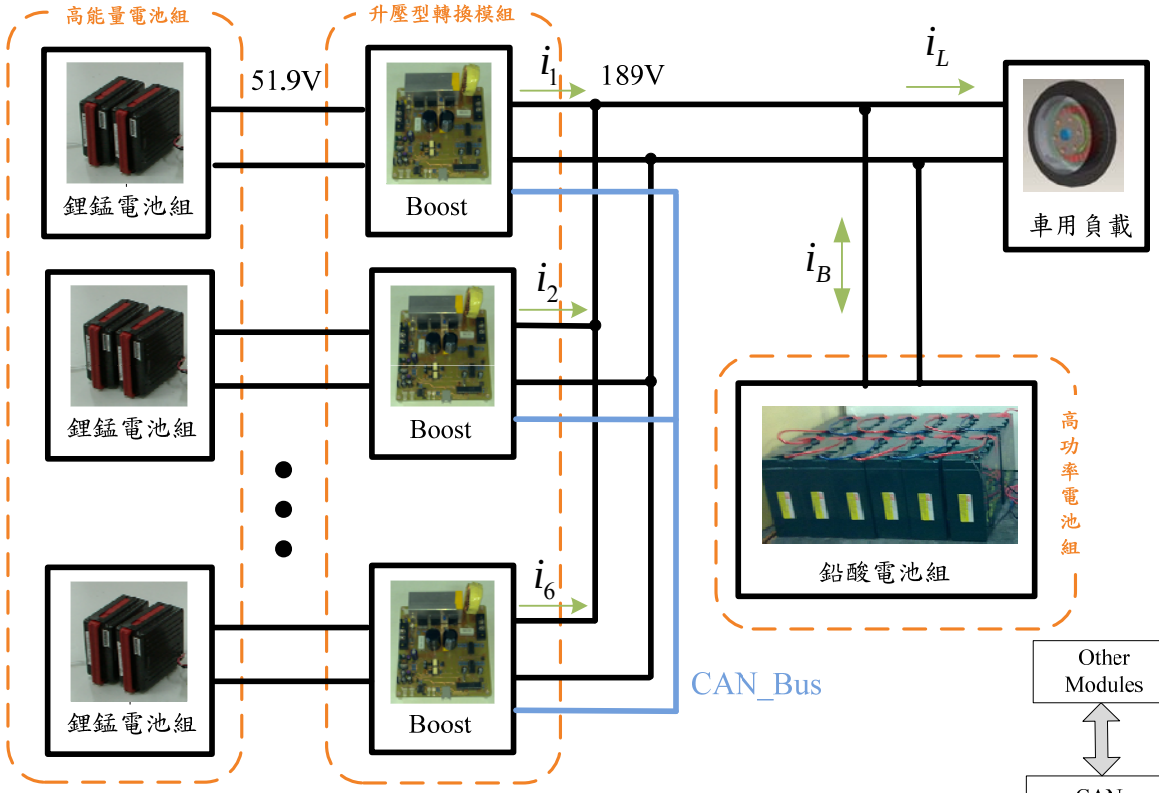
EPS馬達驅動器實體圖



EPS馬達實作結果圖

子計畫四-智能型電池能量管理系統

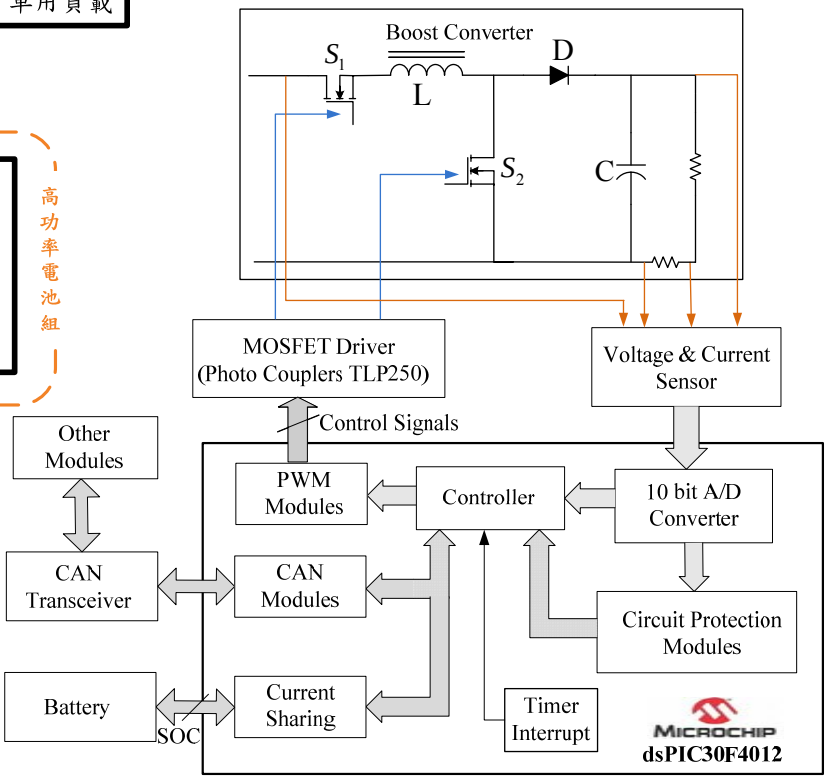
- 複合式電池系統



複合式電池系統架構圖

- 鋰錳電池組由2顆25.9V/11.4Ah鋰錳電池串聯，共6組
- 鉛酸電池組由14顆12V/24Ah鉛酸電池串聯

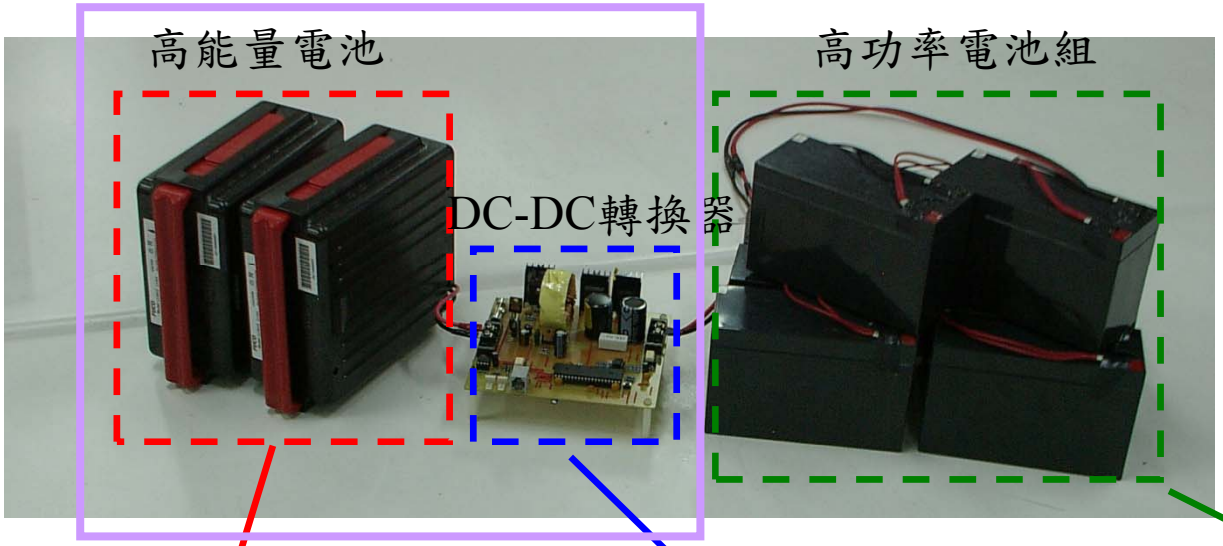
- 高能量電池組之升壓型轉換器
  - 均流架構採用主僕法
  - 加入錯誤偵錯機制補償主僕法缺點
  - 採用CAN Bus 做為均流匯流排



單一升壓型轉換器控制架構

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

單一模組（總共六個模組）



SANYO鋰電池UR18650F規格表

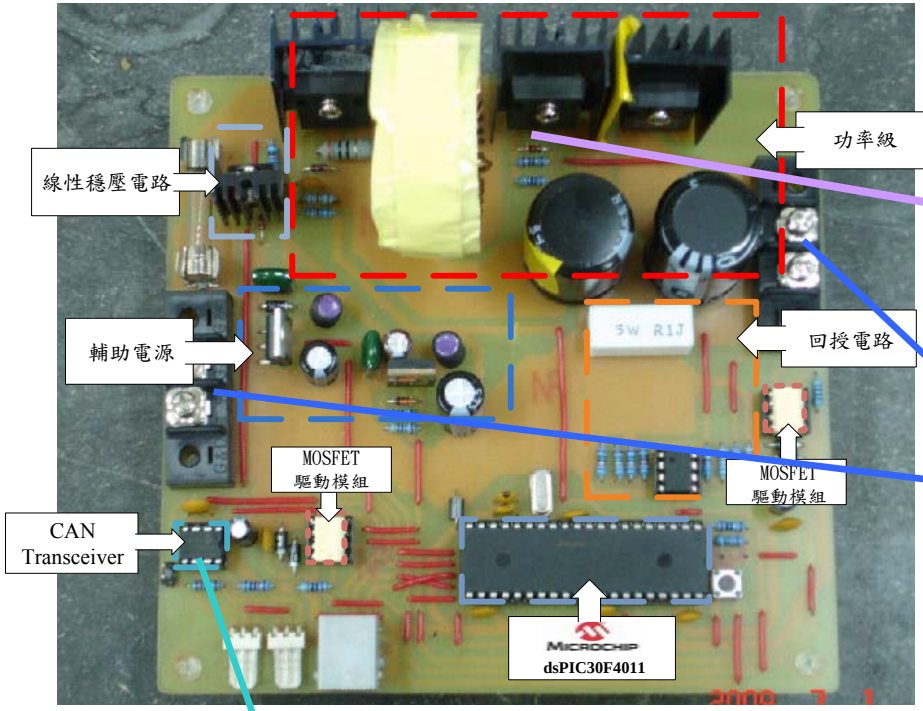
標稱容量		Min.2300mAh
標稱電壓		3.7V
充電方法		Constant Current- Constant Voltage
充電電壓		4.2V
充電電流		Std.2300mA
充電時間		2.5hrs.
外部溫度	充電	0～+40℃
	放電	-20～+60℃
	儲存	-20～+50℃
尺寸	(D)	18.10mm
	(H)	64.80mm
重量		44.5g
體積能量密度		510Wh/l
重力能量密度		191Wh/kg

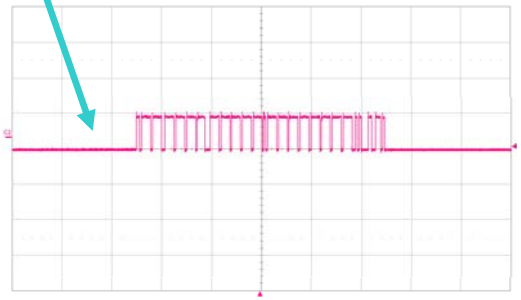
種類	鋰錳電池組 x2
規格	7S6P
額定電壓	48V
容量	11.4Ah
重量	3kg
電池芯	SANYO UR18650F

種類	升壓型轉換器
輸入電壓	40V~58V
輸出電壓	168V
額定電流	4A

種類	鉛酸電池 CSB EVH12240
額定電壓	12V
容量	24Ah
最大放電電流	320A (5 sec)
最大充電電流	7.2A
重量	約7.55kg

Boost硬體實際照片

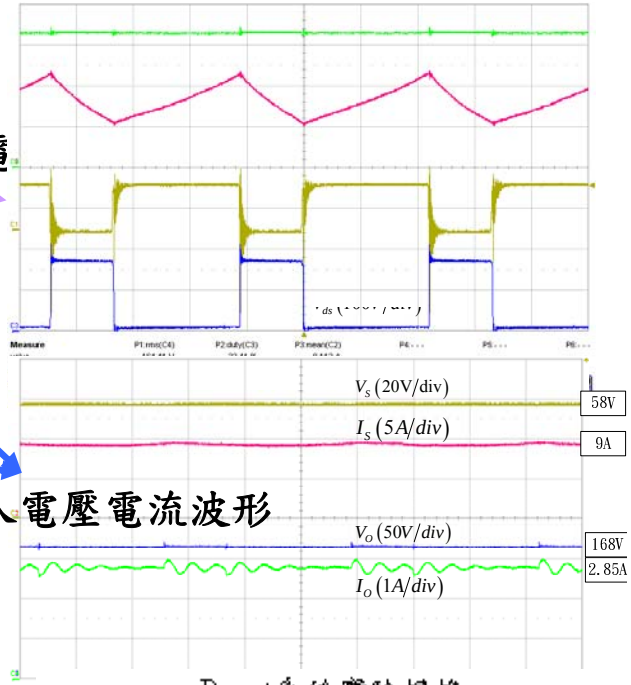




CAN傳輸波形
(Baud Rate：125kbps)

實驗波形
（輸出功率：467W）

電感電

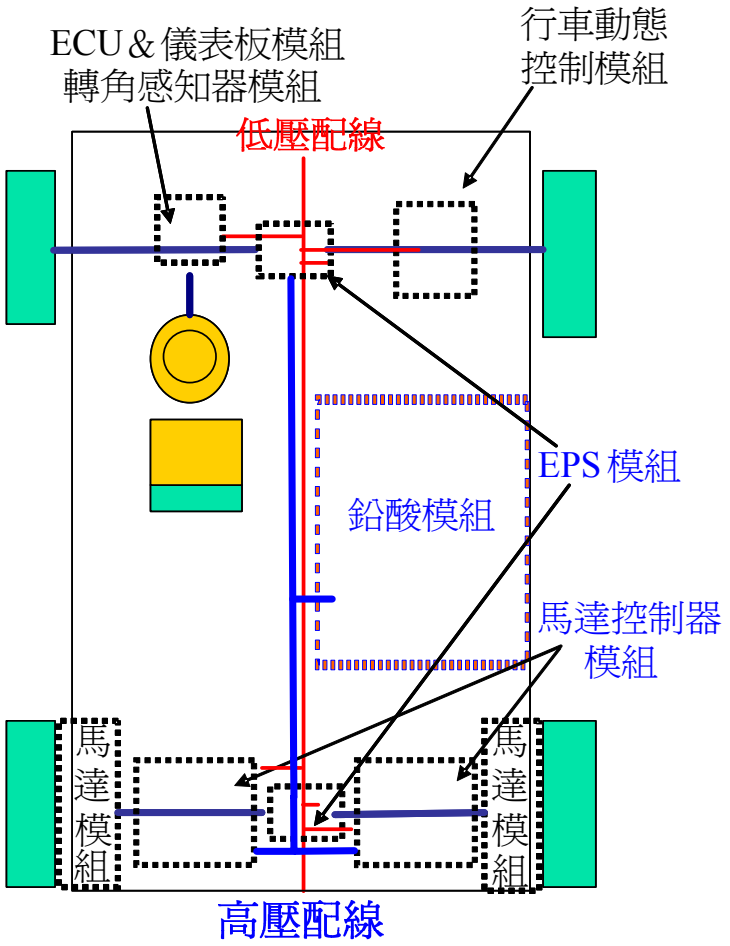


輸出入電壓電流波形

Boost系統實驗規格

參數	範圍及最大值
輸入電壓	40~58.8V
輸出電壓	164V
切換頻率	f_S=20 kHz
電感器	L=250uH
電容器	C=330uF
光耦合驅動器	TLP250
CAN Transceiver	MCP2551

- 整車高低壓模組

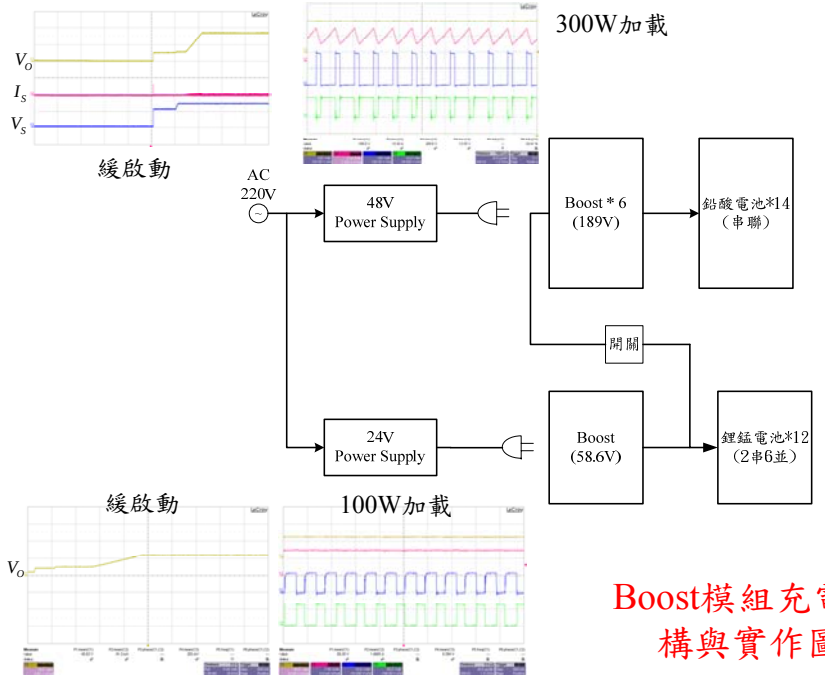


整車高低壓模組配置與配線圖

整車低壓模組規格表

	電壓	瓦數
馬達驅動系統：		
TI DSP 2812	5V	15W (4組)
Voltage & Current sensor	15V, -15V	10W(4組)
風扇	24V	12W (4組)
行車系統：		
ECU	5V	10W
停車雷達	5V	10W
轉角感知器	12V	10W
儀表板	12V	36W
行車動態模組	12V	12W

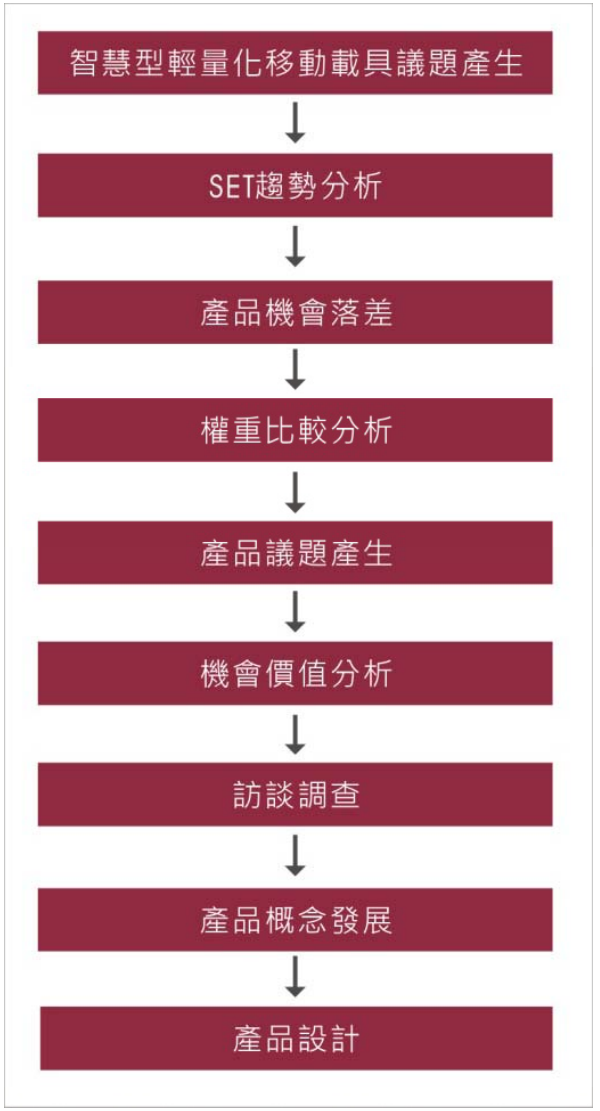
- 電池充電系統



Boost模組充電架構與實作圖

子計畫五-載具創意概念設計

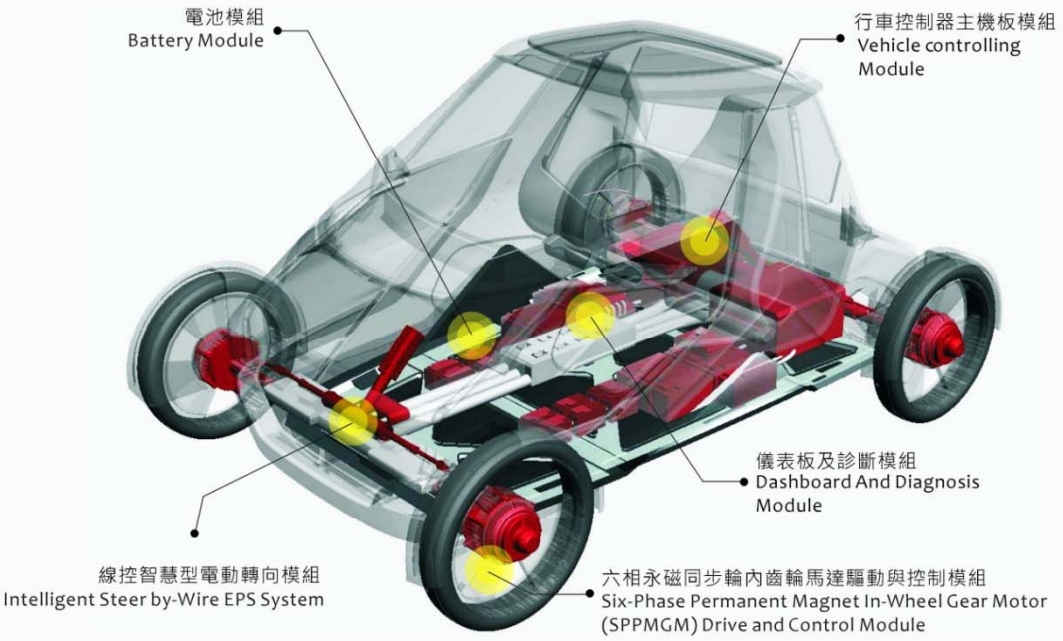
- 由創新產品發展流程，實際進行產品發展，過程中分析出未來電動車具有節能、車用零件電子化、模組化、個人風格化、智慧型管理、電能科技提升、服務層面的附加價值、維修自動化等趨勢，進而發展出本研究之主機板式輕量化移動載具概念嶄新「主機板式」之定義，即延續前面模組化的概念，以主機板結合車子底盤為基底，構成模組化電動車底盤，並可安裝車架與車殼，這樣的概念即是Motherboard結合Space Frame的創新組合，亦可強調本研究定義之主機板特色，並將本研究之主機板式輕量化移動載具取名為「Mother-Frame」亦取其縮寫稱其「M-Frame」。



使用者為中心之創新產品發展流程圖

主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術

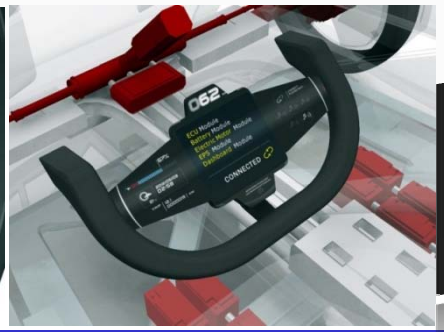
- 主機板式智慧型移動載具模組與配置透視圖繪製
  - 特色模組透過3D繪製模擬呈現，為本團隊進行討論與修正的溝通橋梁。

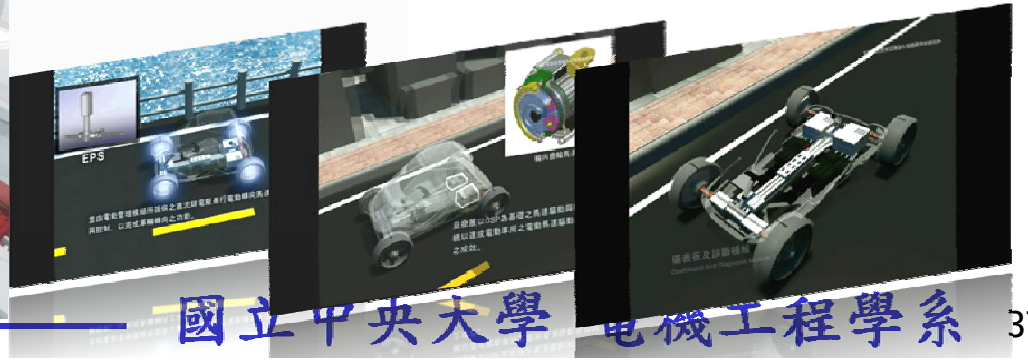




- 模組概念動畫呈現
  - 本動畫旨在呈現本團隊各項模組之特色，透過不同的行車狀況，適時展現模組特點，並透過說明文字，強化本團隊各項模組之概念呈現。





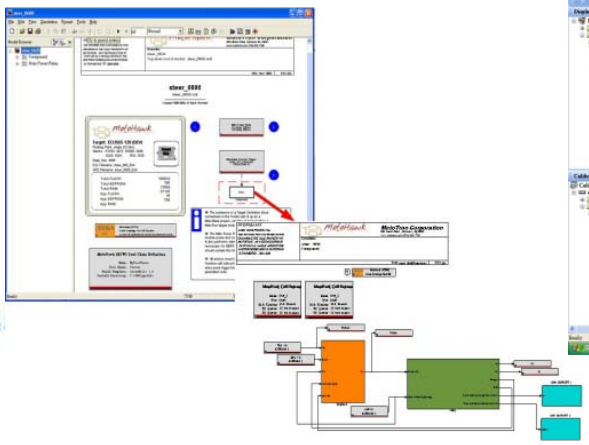


子計畫六-輕量化移動載具動態控制系統之研究

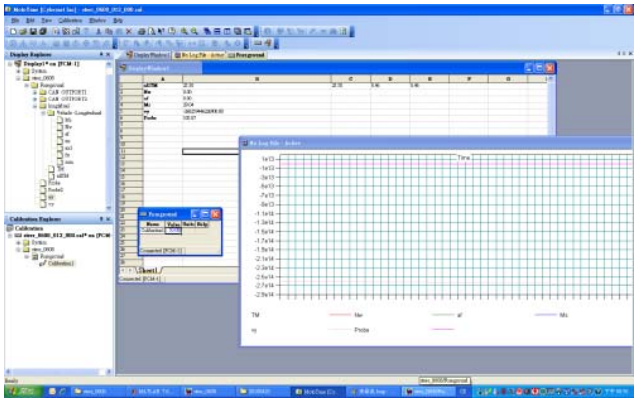
- MotoHawk車輛動態控制模組



MotoHawk車輛動態控制模組基本架構

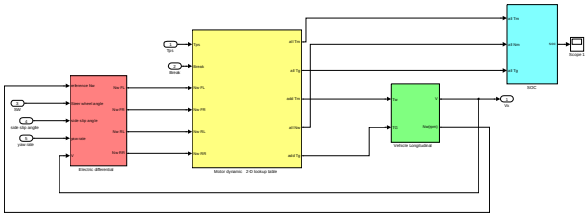


MotoHawk行車運算控制單元程式

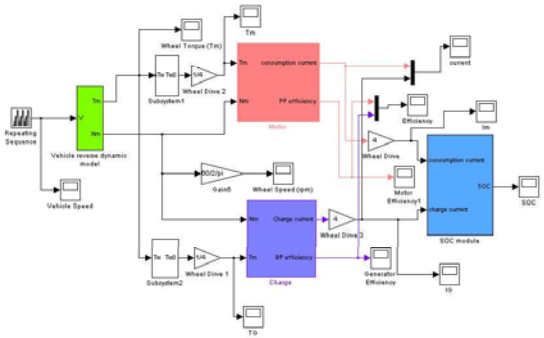


MotoTune監看及調教畫面

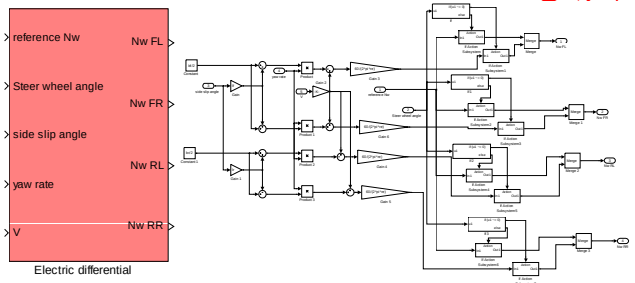
- 車輛動態控制Simulink模擬方塊圖



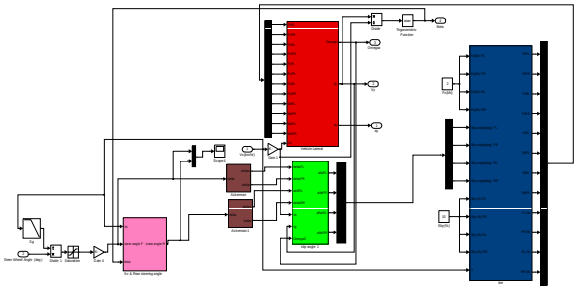
電動車輪內馬達驅動及再生煞車轉矩命令模組



電動車輛性能參數與SOC評估模組

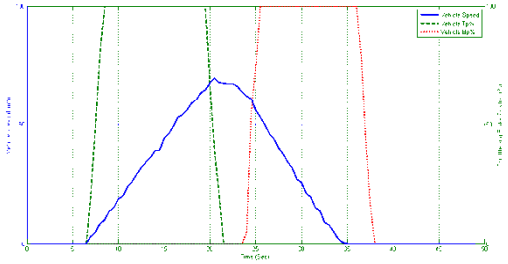


電子差速器模組

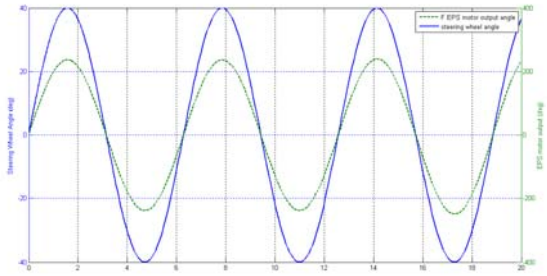


線傳四輪轉向前後輪轉向角度命令模組

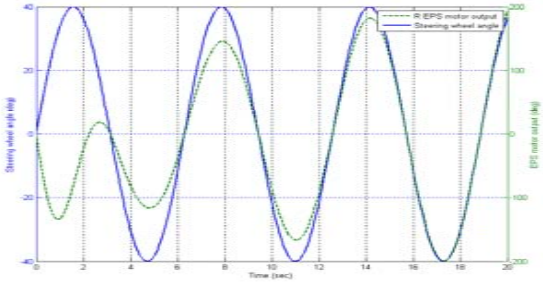
- 行車動態分析



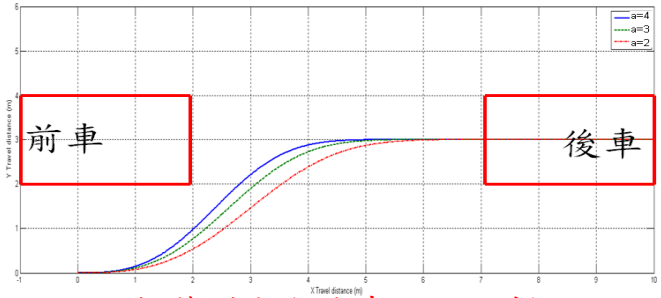
油門與煞車踏板與車速命令分析



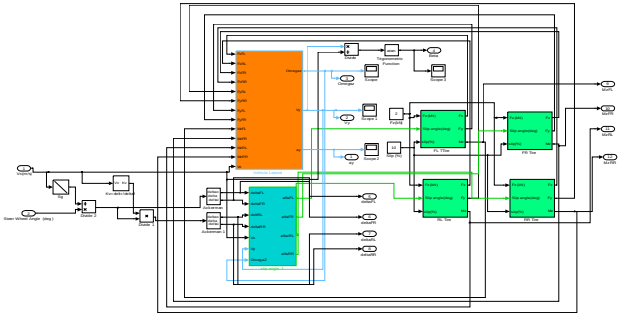
方向盤轉角與前輪EPS馬達轉向命令分析



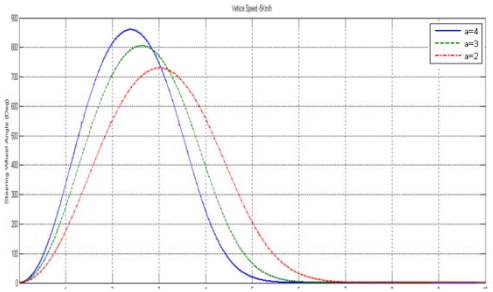
方向盤轉角與後輪EPS馬達轉向命令分析



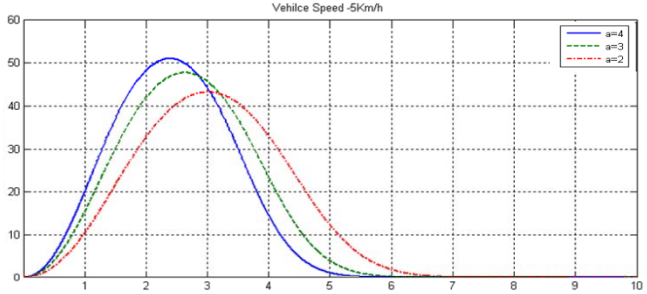
智慧型自動停車路徑規劃



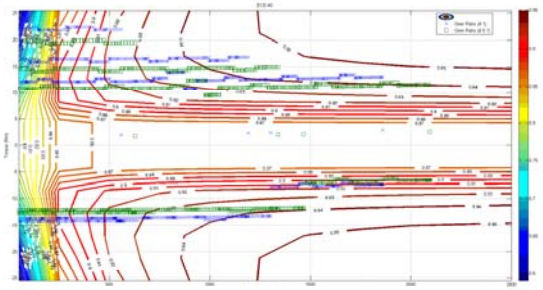
4WS電動車傳動與轉向模組整合系統



智慧型自動停車方向盤轉角分析



智慧型自動停車輪胎轉角分析



驅動馬達效率分析

主機板式智慧型輕量化

子計畫七-應用修正式德菲法於智慧電動載具規格之研究

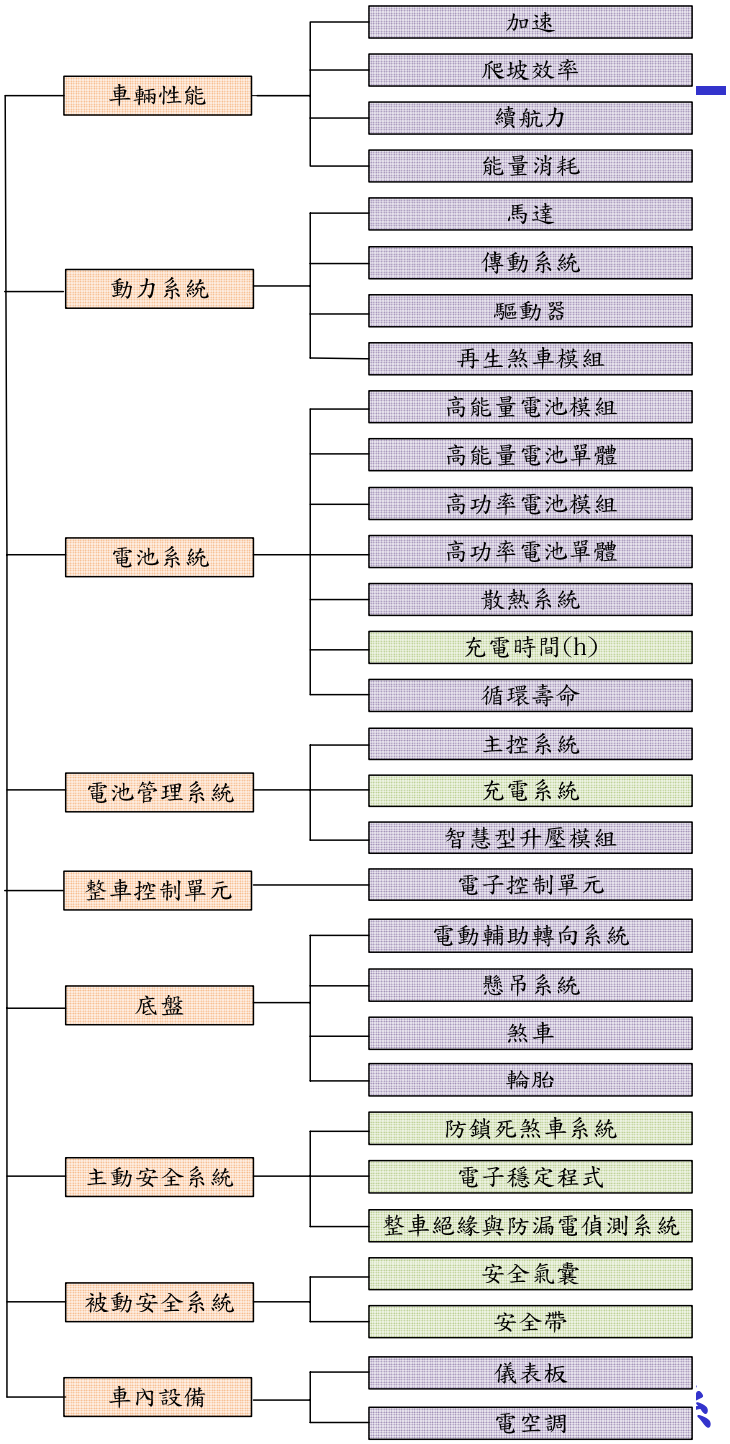
- 智慧型電動載具整車關鍵性指標
  - 右邊表格中紫色表格部分代表已完成細項之規格

- 智慧型電動載具之基本規格與附加功能表

智慧型電動載具整車規格

基本規格		
項目	單位	計畫 EV
車身長	mm	2920
車身寬	mm	1620
車身高	mm	1480
車身重	kg	750(含兩人)
車身承載	人	2
電池總容量	V/Ah	189/40.08
總能量	W-hr	7575.12
極速	km/h	60
軸距	mm	1930
前輪距	mm	1360
後輪距	mm	1590
迴轉半徑	m	N/A
最低距地高	mm	340

附加功能		
構面	指標	計畫 EV
車輛性能	極速	60km/h
智能設備	自動停車系統	具備
	倒車雷達模組	超音波雷達
	智慧型防盜系統	無
	無線通訊與自我診斷系統	無
主動安全系統	循跡控制系統	具備
	自適應巡航控制	無
	胎壓感測器	無
被動安全系統	安全車體結構	無
	行人碰撞防護	無
車內設備	中央門鎖系統	無
	車載資訊系統	無
車外設備	車載照明系統	無



■ 智慧型電動載具整車關鍵性指標-以本計畫LEV為例

車輛性能	加速	0~ 60km/h、0~ 400m	N/A
	爬坡效率	@ 20km/h	N/A
	續航力	@60km/h、40km/h	145km/188km
		@ECE40	167km
	能量消耗	W-hr/km (@20%SOC&ECE-40)	45.36

動力系統	馬達(兩顆)	馬達形式	永磁同步式
		結構	內轉式設計
		運轉方式	正/反轉設計
		額定電壓(V)	130V
		額定/最大功率(kW)	2/4.8
		額定/最大扭力(N-m)	8.4/25.2
		額定轉速(rpm)	2250
		效率	92%
	傳動系統 (齒輪箱兩組)	齒數比	1:3.67
		轉換後額定/最大扭力(N-m)	30.828/92.484
		最大馬力(hp)	6.43hp
		最高輸速(rpm)	500
		效率	95%
	驅動器(兩組)	功率單元形式	IPM
		最大驅動電流(A)	50
		操作電壓範圍(V)	100~250
		硬體-微處理器	TI DSP TMS320F2812
		軟體-控制功能	正反轉控制/煞車回充
	再生煞車模組	PM 直流馬達	N/A

底盤	電動輔助轉向系統(Electric Power Steering System, EPS)		
	懸吊系統	前輪	雙 A 臂
		後輪	雙 A 臂
	煞車	前輪	機械式煞車/碟煞
		後輪	電子式煞車/再生式煞車
	輪胎	前輪	傳統輪胎
		後輪	輪內馬達
		尺寸	12 英吋
		直徑	0.67m

電池系統	高能量電池模組(六組)	尺寸(厚度*寬*高)(mm)	140x160x85
		電池容量	51.8V/11.4Ah
		組合型式	2 顆高能量電池單體串聯
		循環壽命	500~1000
		電壓	51.8V
		最大功率(kW)	1.036
		功率密度(W/kg)	400
		能量(W-hr)	590.52
		重量(kg)	6
	高能量電池單體	尺寸(厚度*寬*高)(mm)	180x77x172
		電池型式	鋰錳電池(7S6P)
		電壓/容量	25.9V/11.4Ah
		連續最大電流(A)	20(保護電路限制)
		功率密度(W/kg)	400
		能量(W-hr)	295.26
		能量密度(W-hr/kg)	152
	高功率電池模組	尺寸(厚度*寬*高)(mm)	140x150x75
		電池容量	168V/24Ah
		組合型式	14 顆高功率電池單體串聯
		循環壽命	300~500
		電壓	168V
		最大功率(kW)	53.76
		功率密度(W/kg)	300
		能量(W-hr)	4032
		重量(kg)	105.7
	高功率電池單體	尺寸(厚度*寬*高)(mm)	80x175x195
		電池型式	鉛酸電池
		電壓/容量	12V/24Ah
		連續最大電流(A)	100
		功率密度(W/kg)	300
		能量(W-hr)	288
		能量密度(W-hr/kg)	38.15

電池管理系統	主控系統	I.C.E	dsPIC
		微處理器	dsPIC
	充電系統	Type	Plug-in 充電模組
	智慧型升壓模組	輸入電壓	55V
		輸出電壓	189V
		切換頻率	f_s= 60 kHz
		電感器	L＝240uH
		電容器	C＝330uF /200V
		光耦合驅動器	TLP250
		CAN Transceiver	MCP2551
整車控制單元(VCU)	電子控制單元(ECU)	微處理器	ARM 2440 主機板 作業系統 Micro C OS-II
主動安全系統	防鎖死煞車系統		具備
	電子穩定程式		無
	整車絕緣與防漏電偵測系統		無
被動安全系統	安全氣囊		無
	安全帶		無
車內設備	儀表板		具備
	電空調		無

電動汽車各國標準整理

主項目	子項目	國際 International	北美 N. America	日本 Japan	歐盟 EU	中國大陸 Mainland China
電動車整車 動力性能/電氣安全/ 電磁相容性(EMC)/ 碰撞安全	人體防護系統要求 EV personnel equipment	N/A	UL 2231-1(一般要求) UL 2231-2(特定要求)	N/A	N/A	N/A
	整車 Automobile	ISO 8713等	FMVSS 305等	N/A	2006/28/EC等	GB/T 19596等
動力電池 Battery 安全/性能	車用電池 Rechargeable Battery	IEC/ISO即將採用轉 換新的標準 IEC 61982-1~3	UL Sub 2580(電動車用) UL 2271(輕型電動車用)	N/A	N/A	N/A
	電池管理系統 Battery Management System	N/A	UL 508工控設備 UL 991安控IC UL 1998安控軟體 UL 60730安控模組	N/A	N/A	N/A
	鋰電池芯 Cell	IEC 62660-1 IEC 62660-2 UN-T 38.3	N/A	N/A	N/A	GB/Z 18333.1
	鋰電池模組 Module	ISO/DIS 12405-1等	SAE J1798等	N/A	N/A	QC/T 743
	鋰電池組 Pack	ISO/DIS 12405-1等	SAE J1798等	N/A	N/A	N/A
車用馬達與 驅動器 Motor and Driver	馬達 EV motor	N/A	UL 1004-1	N/A	N/A	N/A
	馬達控制器 Motor Controller	N/A	UL 508工控設備 UL 991安控IC UL 1998安控軟體 UL 60730安控模組	N/A	N/A	GB/T 18488-1 GB/T 18488-2
汽車電子 GPS/GSM	零組件	IEC標準 CISPR標準 IEC 60950-1	FCC UL 60950-1	N/A	EMC指令 汽車指令 ECE法規e-Mark	N/A
其他設備 Other Equipment	車用影音	IEC 60065-1	UL 60065-1	N/A	N/A	N/A
其他法規要求 Industry voluntary rules and others		各項國際標準，例如IEC, ISO標準	SAF標準---業者自願法規(Industry Voluntary Rules) ANSI標準	JIS標準 JEVS標準---業者自願法規(Industry Voluntary Rules)	國家標準National Standards, 例如: BS標準, NF標準, DIN標準	

國外電動車相關認證組織

區域	認證名稱	
歐盟	E/e Mark	強制
加拿大	TC認證 (CDOT認證)	強制
加拿大	CSA (Canadian Standards Association)	自願(安全)
美國	EPA	強制(環保)
美國	DOT	強制
俄羅斯	GOST	強制
日本	JIS	強制

國外電動車相關認證標準

整車認證	EC Whole Vehicle Type Approval (ECWVTA): 歐洲整車車型認證
相關CE認證	CE/EMC指令 CE/LVD指令 CE/MD指令
安全認證	車載電子設備E/e Mark認證
其它認證	2002/95/EC--RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive)

台灣電動車安全法規

標準	檢測基準	說明
ECE-R100	64	電動車輛結構與功能安全性
ECE-R94	46-1	正面碰撞試驗法規
ECE-R95	45-1	側面碰撞法規
ECE-R13/13H	42-1	動態煞車
ECE-R12	44-1	轉向控制系駕駛人碰撞保護
ECE-R10	56-1	電磁相容性

結論

- 本研究將發展一主機板式智慧型輕量化移動載具前瞻技術，藉由整合包括行車控制器主機板模組、輪內永磁式同步馬達設計、輪內永磁式同步馬達驅動與控制、智能型電池管理技術、載具外觀與內裝設計、電動車主動動態控制與分析，及智慧型移動載具規格之研究與限制條件律定等技術，以提升台灣於輕型電動車之技術競爭力，並期能再創台灣電子產業之榮景。

- 本研究之各模組間相互連結的部分使用CAN Bus介面，採用主機板式概念，與個人電腦PC組裝相同，有易組裝、更換或修復等特性。本研究之創新性特點如下：
  - 智慧型CAN Bus自動診斷模組：其可做到自我診斷及維修之功能，並能讀出歷史故障訊息及故障參數，提供快速而有效之維修建議。
  - Safe Mode模式：當六相永磁式同步馬達發生故障時，馬達藉由另一組之三相系統降速繼續運轉。
  - EPS及兩輪獨立驅動系統：利用方向盤轉角感知器、煞車、加速及檔位等訊號，與車輛實際輪速等資料，透過行車動態控制模組之分析，分別對兩組馬達驅動器下達轉矩及速度命令，並對EPS馬達驅動器下達轉角位置命令，以達到電動轉向控制之目標。
  - 智慧型自動停車模組：本研究中之車輛為無傳動軸的機構，在停車動作中，根據電動轉向控制模組，並能加入車用超音波雷達系統，進一步達到智慧型自動停車的功能。

附錄-本研究模組規格

本研究之模組規格			
動力系統	馬達 (兩顆)	馬達型式	永磁同步
		結構	內轉式設計並搭配齒輪箱
		運轉方式	正/反轉設計
		馬達散熱方式	氣冷
		額定電壓(V)	130(線間電壓最大值)
		額定/最大功率(kW)	2/4.8
		額定/最大扭力(N-m)	8.4/25.2
		額定/最大功率點轉速(rpm)	2250/1800
		重量功率密度(kW/kg)	0.125
		體積功率密度(kW/l)	0.34
		效率	92%
	齒輪箱 (兩組)	齒數比	1:3.67
		轉換後額定/最大扭力(N-m)	30.828/92.484
		最高輪速(rpm)	500
		效率	95%
	驅動器 (兩組)	功率單元形式	IPM
		最大驅動電流(A)	50
		操作電壓範圍(V)	100~250
		硬體-微處理器	TI DSP TMS320F2812
		軟體-控制功能	正/反轉控制
			煞車回充

本研究之模組規格			
EPS 轉向系統	馬達 (兩顆)	馬達型式	永磁同步
		額定功率(W)	1000
		額定扭力(N-m)	3.24
		額定轉速(rpm)	3000
	齒輪箱 (兩組)	齒數比	1:100
	驅動器 (兩組)	功率單元形式	IPM
		最大驅動電流(A)	20
		硬體-微處理器	TI DSP TMS320F2812
		軟體-控制功能	定位控制
			CAN Bus通訊 (Steering-By-Wire)

本研究之模組規格			
電池系統	高能量電池模組(六組)	電池容量	51.8V/11.4Ah
		組合型式	2顆高能量電池單體串聯
		循環壽命	500~1000
		最大功率(kW)	1.036
		功率密度(W/kg)	400
		能量(W-hr)	590.52
		能量密度(W-hr/kg)	152
		重量(kg)	6
	高能量電池單體	電池型式	鋰錳電池(7S6P)
		電壓/容量	25.9V/11.4Ah
		連續最大電流(A)	20(保護電路限制)
		30秒最大電流(A)	20(保護電路限制)
		功率密度(W/kg)	400
		能量(W-hr)	295.26
		能量密度(W-hr/kg)	152
		重量(kg)	3

本研究之模組規格			
電池系統	高功率電池模組	電池容量	168V/24Ah
		組合型式	14顆高功率電池單體串聯
		循環壽命	300~500
		最大功率(kW)	53.76
		功率密度(W/kg)	300
		能量(W-hr)	4032
		能量密度(W-hr/kg)	38.15
		重量(kg)	105.7
	高功率電池單體	電池型式	鉛酸電池
		電壓/容量	12V/24Ah
		連續最大電流(A)	100
		30秒最大電流(A)	320
		功率密度(W/kg)	300
		能量(W-hr)	288
		能量密度(W-hr/kg)	38.15
		重量(kg)	7.55

本研究之模組規格			
低壓系統	儀表板	額定電壓(V)	12
		額定電流(A)	3
		額定功率(W)	36
	行車控制器	額定電壓(V)	5
		額定電流(A)	2
		額定功率(W)	10
	自動停車雷達模組	額定電壓(V)	5
		額定電流(A)	2
		額定功率(W)	10
	DSP TMS320F2812 (四組)	額定電壓(V)	5
		額定電流(A)	3
		額定功率(W)	15
	Voltage & Current Sensor (四組)	額定電壓(V)	±15
		額定電流(A)	0.67
		額定功率(W)	10
	散熱風扇 (四組)	額定電壓(V)	24
		額定電流(A)	0.7
		額定功率(W)	16.8
	行車動態控制模組	額定電壓(V)	12
		額定電流(A)	2
		額定功率(W)	24

Thank You for Your Attention!