

國立交通大學
電機與控制工程學系

碩士論文

智慧車實車驗證平台之建立

An Experimental Platform for Smart Car Control

研究生：吳文真

指導教授：李祖添 教授

中華民國九十六年一月

智慧車實車驗證平台之建立

An Experimental Platform for Smart Car Control

研究生：吳文真

Student : Wen-Chen Wu

指導教授：李祖添 教授

Advisor : Prof. Tsu-Tian Lee



A Thesis

Submitted to Department of Electrical and Control Engineering

College of Electrical and Computer Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the degree of Master

In

Electrical and Control Engineering

January 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年一月

智慧車實車驗證平台之建立

學生：吳文真

指導教授：李祖添 教授

國立交通大學電機與控制工程學系



摘要

本論文描述台灣第一部智慧車實車驗證平台建立的過程。依照行車安全的需求，智慧車整合了多種感測器、致動器，以介面電路溝通所有設備，並且採取可重複規劃的控制器作為系統核心，再加上多種電源供應系統，完成了一台擴充性佳的實驗車，命名為Taiwan iTS-1。

透過實車演練，證明Taiwan iTS-1成功的整合了各種元件，完成智慧型車輛控制的任務。在這次的實車演練中，根據影像系統提供的障礙物資訊，在緊急狀況發生時，控制器會自動啟動煞車功能，保護車輛與駕駛人的安全，Taiwan iTS-1順利執行了自動安全防撞系統的任務。

The Experimental Platform of Smart Car Control

Student: Wen-Chen Wu

Advisor: Prof. Tsu-Tian Lee

Department of Electrical and Control Engineering
National Chiao Tung University



ABSTRACT

In this thesis, the first experimental platform for smart car control in Taiwan is presented. A stand-alone device is adopted as a re-programmable controller for smart car control. Many sensors, actuators and interface circuits are designed and integrated to an experimental vehicle, the Taiwan *i*TS-1.

On-road testing of Taiwan *i*TS-1 has demonstrated that the experimental platform can effectively implement smart car control. Experiment results show that Taiwan *i*TS-1 automatically stop in front of an obstacle within a specified distance. The obstacle is detected by monocular vision system with real-time obstacle detection capability mounted on Taiwan *i*TS-1.

致謝

本篇研究論文能夠順利完成，首先必須感謝指導教授 李祖添老師多年來的諄諄教誨與無微不至的關心，使我在研究方面、求學態度與待人處事上有所啟迪，在此謹向老師致上最高的謝意和敬意。

同時，也要特別感謝 吳炳飛教授從大學專題到研究所求學時的指導與協助，由吳教授帶領的 CSSP 實驗室的研究夥伴們，在準備實車演練的那段日子，大家一起不分晝夜的做實驗，使 Taiwan iTS-1 順利完成。

感謝實驗室的昭暉學長、保村學長在研究期間的照顧，還有眾多學長、同學、學弟們對於學業上的討論及生活上的分享。感謝男友倪豐洲交往八年來的陪伴。對於辛苦養育、教育我二十餘載的父母更是難以感謝二字表達由衷的感激。

謹以此篇論文獻給所有關心、照顧我的人。

吳文真 2006.12.26

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	viii
第一章 序論	1
1.1 動機.....	1
1.2 章節內容介紹.....	3
第二章 實驗車研究與規劃	4
2.1 實驗車.....	4
2.1.1 各國智慧車之配備分析.....	4
2.1.2 實驗車：TAIWAN iTS-1 結構參數與配備.....	10
2.2 實驗車發展規劃.....	12
2.2.1 汽車產業研發車用電子的規劃.....	12
2.2.2 實驗車發展規劃.....	14
第三章 主控制器功能與設計	15
3.1 以 MicroAutoBox 為主控制器.....	15
3.2 MicroAutoBox 程式設計與問題解決.....	18
3.2.1 MicroAutoBox 程式設計.....	18

3.2.2	MicroAutoBox 原廠裝備	22
3.2.3	MicroAutoBox 使用困難與解決方法	23
第四章	感測器、致動器與整體電子系統設計	24
4.1	感測器	24
4.1.1	督普勒雷達測速器之信號擷取設計	24
4.1.2	儀表板車速信號	26
4.1.3	影像測距之信號整合	27
4.2	致動器	29
4.2.1	煞車致動器	29
4.2.2	方向盤致動器	31
4.3	電力供應與介面電路設計	32
4.3.1	產生 110 伏特交流電與 12 伏特直流電	32
4.3.2	產生 5 伏特與 3.3 伏特直流電	34
4.3.3	介面電路設計	35
第五章	實車驗證	36
5.1	系統整合與任務規劃	36
5.2	系統整合的過程	38
5.3	實車演練成果	40
第六章	結論	42
	參考文獻	44

圖目錄

圖 2.1：PATH 計畫使用的實驗車，圖中編號一的元件為磁場感測器	5
圖 2.2(a)：ARGO 計畫之內裝配備	7
圖 2.2(b)：ARGO 計畫之實驗車配備	7
圖 2.3：ARGO 的控制機制	8
圖 2.4：OSU 計畫實驗車配備	9
圖 2.5：SAVRIN 車體結構數據	10
圖 2.6：TAIWAN ITS-1 外觀	11
圖 2.7：車用電子系統發展的 V-Cycle	13
圖 2.8：天合汽車集團研發電子轉向系統的雛形	13
圖 2.9：實驗車雛形的規劃	14
圖 3.1：MicroAutoBox 外觀	16
圖 3.2：MicroAutoBox 與其他裝置連接示意圖	16
圖 3.3：dSPACE 在 Matlab/Simulink 新增的元件	18
圖 3.4：以 Simulink 設計一個車輛橫向控制器	19
圖 3.5：圖 3.4 中的 Fuzzy Logic Controller 的組態	19
圖 3.6：Control Desk	20
圖 3.7：系統的開發流程圖	21
圖 3.8：MicroAutoBox 相關裝備	22
圖 3.9：修正後的電源供應線路	23
圖 4.1：測速雷達裝置在車輛底盤	25
圖 4.2：測速雷達輸出信號放大後再送到 MicroAutoBox	25
圖 4.3：車速解碼器的方塊圖	26
圖 4.4：連接 Com Port 的電路圖	28
圖 4.5：煞車用的致動器	29
圖 4.6：連接煞車致動器的正端信號	30

圖 4.7：連接煞車致動器的負端信號·····	30
圖 4.8：在實驗室中以 MicroAutoBox 製造脈波信號·····	31
圖 4.9：電力系統的示意圖·····	33
圖 4.10：12 伏特直流電部分的電路圖·····	33
圖 4.11：產生 5 伏特與 3.3 伏特直流電的電路圖·····	34
圖 4.12：擴充 MicroAutoBox 的 RS-232 的介面·····	35
圖 5.1：實驗車系統架構·····	37
圖 5.2：主控制器(on-vehicle controller)內部的方塊圖·····	38
圖 5.3：使用 Matlab/Simulink 設計的程式·····	39
圖 5.4：實車演練照片·····	40



表目錄

表 2.1：ARGO 計畫與 OSU 計畫的比較·····	6
表 2.2：SAVRIN 相關資訊·····	10
表 3.1：MicroAutoBox 配備的信號介面·····	17
表 4.1：車速與信號頻率的關係·····	27
表 4.2：Com Port 的腳位說明·····	28



第一章

緒論

1.1 動機

在智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)與自動化高速公路系統(Automated Highway Systems, AHS)的研究領域中，先進車輛控制與安全系統(Advanced Vehicle Control and Safety Systems, AVCSS)正蓬勃的發展。這些研究致力於提升行車安全與便利、減低能源損耗、增進道路自動化、並且讓現有的道路可容納更高的車流量。

名聞國際的PATH計畫，已經實現了一個基於基礎建設的作法[1]，他們在高速公路上加裝了分散式的磁性元件，實驗車上則加裝了磁力感測器，這個系統可以讓高速公路上的車隊，在全速前進的時候，只須保持相當短的行車間距，因而大量的增加高速公路的車流容量[2]。除了基於基礎建設的系統之外，自主式系統(Autonomous Systems)也被廣泛的討論，自主式系統是指車輛控制所需的資訊，不需依靠道路端的設備，只來自裝置於車輛本身的感測器，感測器獲得的資訊包含：車輛與前車的距離、或與道路中央的相對位移等。相對於基於基礎建設的系統，自主式系統易於實現，因此，這類的系統也引起了廣泛的興趣。

針對自主式系統，在車隊控制領域中，Sheikoleslam與Desoer針對線性化

車輛模型提出了一個線性控制器[3]，這個控制方式不需要前車回傳資訊，但是，必須有精確的車輛模型才能設計控制器。不同於以車輛模型為基礎的控制方式，Mar and Lin 提出了一個適應性網路模糊推論系統[4]，在跟車防撞系統中控制車速。他們由雷達感測器取得與前車的相對速度與距離，根據車輛本身的特性，控制器會推算出車輛應有的加速度或減速度。在車隊控制方面，車輛本身的不理想性也需要被考慮，也就是車用控制器的輸出飽和問題，針對這個問題，Warnick 與 Rodriguez 提出了一套有系統的控制器設計方法[5]。除了以上理論方面的研究之外，還有各種實作型的自主性系統的發展，ARGO 就是其中之一[6]。

ARGO 計畫的主要目標，就是開發一個以影像資訊為主要回授的主動式安全系統，讓實驗車能夠在一般道路上自動駕駛[6]。為了節省系統費用，他們選擇了低價的攝影機與商用電腦，分別當作感測器與控制器，而他們採用的控制法則，是以最佳化的道路跟隨任務為目標[7]。此外，還有一組來自俄亥俄州立大學的研究團隊，他們開發的實驗車能夠執行車道保持功能[8]，並且以時間最佳化控制實驗車執行變換車道的功能[9]。

放眼國際，智慧型運輸系統的研究方興未艾，而在台灣，則有李祖添教授帶領的 ITS 卓越計畫，以達成增進安全、效率、人性化的運輸環境為目標，也發展出台灣第一台智慧車實車驗證平台，取名為 Taiwan ITS-1。本篇論文主要在描述 Taiwan ITS-1 控制器的發展過程。

1.2 章節內容介紹

論文章節內容安排如下：第二章取法各國實驗車的研究經驗，並規劃本研究實驗車的發展方向與架構；確定了控制目標之後，第三章描述主控制器的功能與設計方法；接著，介紹控制系統中負責取得資訊的感測器、推動機械裝置的致動器，第四章在分析這些配備所需的信號協定，並且設計介面電路銜接所有裝備；第五章中，藉著 ITS 計畫第一次實車演練，驗證整個實驗車平台的可行性；最後，在第六章做出結論。



第二章

實驗車研究與規劃

為了建立實車驗證平台，本章研究世界各國智慧車的配備，接著，考慮本計畫實驗車的原始配備，統整分析之後，根據研究需求來規劃發展步驟，目的是建立一個可執行的實驗車架構。

2.1 實驗車

實體車輛的研究可分為很多不同面向，例如：無人地面車(Transitional Unmanned Ground Vehicle)[10]是為了戰略目的而發展，智慧型機器人也多以類似車輛的結構為基礎(vehicle-like robot)[11]，還有以改裝遙控車來模擬真實車輛行進或停車的研究。

而在本研究中，我們將以市售家庭房車為實驗車，直接面對真實車輛的環境，以駕駛人與車輛的角度出發，發展出最人性化的設計。

2.1.1 各國智慧車之配備分析

實驗車的各种配備與研究的目標息息相關，在本節中，我們深入了解世界各國的同類型研究，分析他們使用的配備與研究方向。

在世界各國以家庭房車為實驗車的研究中，依照實驗車所使用的感測方式，可分為兩大類：第一類以美國 PATH 計畫為代表，第二類則以義大利 ARGO 計畫與俄亥俄州立大學的 OSU 計畫為代表。

第一類的實驗車，必需搭配基礎建設(Infrastructure)才能取得車輛狀態。例如 PATH 計畫所改裝的別克(Buick)配有磁場感測器，如圖 2.1 中編號一的元件，感測器能感應埋在車道中的磁石，藉以判斷車輛與車道的相對位置或速度。

在 1997 年聖地牙哥的實地演練中，PATH 計畫實現了自動化高速公路系統 (Automated Highways)，八輛改裝過的轎車排成一列，以時速約 104 公里自動駕駛，每輛車的間距卻只有短短的 6.5 公尺[5]。該計畫在一條特製的高速公路，每間隔一公尺埋進一個磁石。

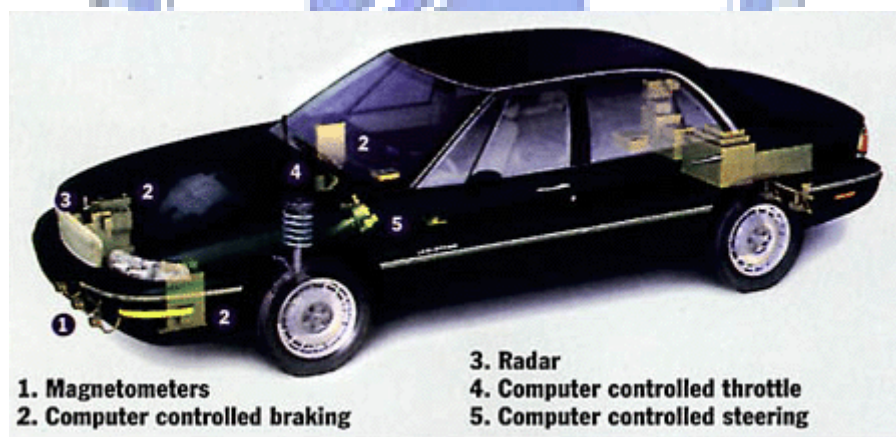


圖 2.1：PATH 計畫使用的實驗車，圖中編號一的元件為磁場感測器

有別於需要搭配基礎建設的實驗車，在第二類的研究中，實驗車被設計為可以在一般車道上行駛，不需要依靠道路端(roadside)傳來的資訊。這類的實驗車，仿造人眼視覺感測方式，以影像偵測為主，再搭配雷達或紅外線感測器，偵

測車速或距離。

在國外的研究中，以影像回授為基礎之實作車輛，主要有兩組人馬，分別是義大利的 ARGO 計畫，以及俄亥俄州立大學的 OSU 計畫，表 2.1 為 ARGO 計畫與 OSU 計畫的比較。

表 2.1：ARGO 計畫與 OSU 計畫的比較

	ARGO	OSU
執行任務	跟車(car-following)	lane change (trajectory tracking)
限制	前車只能做小幅轉彎(大曲率半徑)	假設在 lane change 時的速度是固定的
Control law	可調 gain 的 P Control	Time-optimal Control
model	不需要，採用嘗試錯誤法來調整 P Controller	車體模型：線性腳踏車 E/M 模型：二階 + Delay
團隊背景	影像團隊	控制，系統整合團隊
影像處理	前車偵測+道路偵測	道路偵測
車輛改裝	自行改裝，只有方向盤	Honda 提供 Steer by Wire 與 Drive by Wire 的車輛
縱向力	無 (以人控制油門+煞車)	無 (lane change 時要定速)

ARGO 實驗車由意大利帕爾馬大學開發，將一輛轎車改裝成 ARGO 實驗車，主要目標是發展一套自動巡航系統，能在標準路面進行跟車(car-following)任務。在感測器方面，ARGO 配備立體視覺系統如圖 2.2(a)，以影像信號為回授來偵測前方車輛位置。另外還有以測量前輪轉速為基礎的車速計。為了使整體系統更具經濟效益，ARGO 在攝影機與電腦的選擇上，都以市售機種為主要考量，而不是

特別為 ARGO 定製的配備[6]。

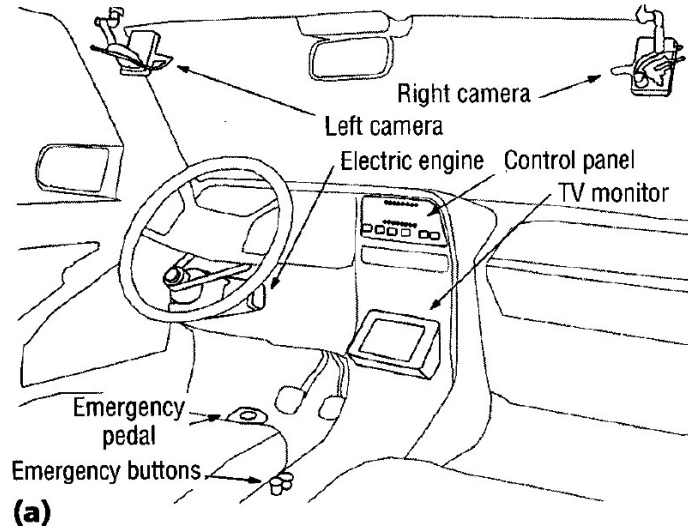


圖 2.2(a)：ARGO 計畫之內裝配備

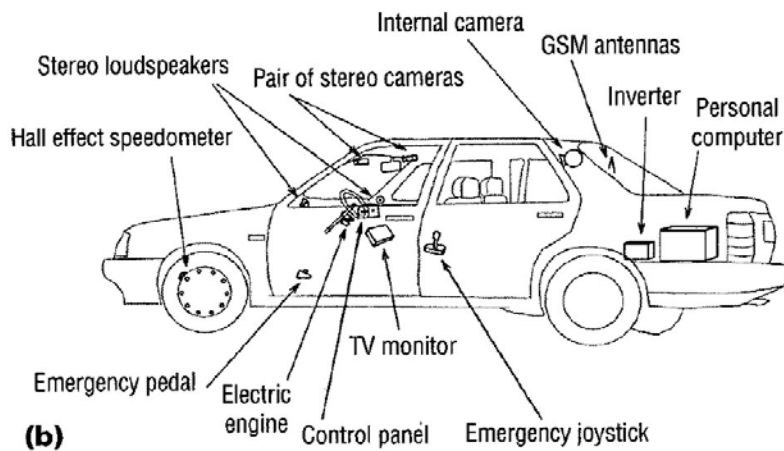


圖 2.2(b)：ARGO 計畫之實驗車配備

在致動器方面，由於 ARGO 的目標在於跟車，路徑的曲率半徑則規劃為大曲率半徑，不考慮直角轉彎的狀況。因此，ARGO 團隊並沒有加裝縱向的致動器來控制車速，例如油門與煞車，車速信號對 ARGO 來說，只作為調整控制器的參考信號。ARGO 的自動轉向功能以機械結構來達成，由一個步進馬達，藉著傳送帶

的方式帶動方向盤的轉向柱(steering column)。

ARGO 團隊的專長為影像處理，在成果發表中，也多專注於道路資訊取得與重建，因此，他們在控制法則方面採取相對簡單的作法，控制器目標是準確的跟隨前導車前進，系統方塊圖如圖 2.3。其中，控制器使用的是比例控制器(gain proportional controller)，而控制輸出信號是前輪轉角 δ 。ARGO 藉由視覺系統感測並且重建道路資訊，找出目前路徑與目標路徑的差值 e ，並調整控制器。

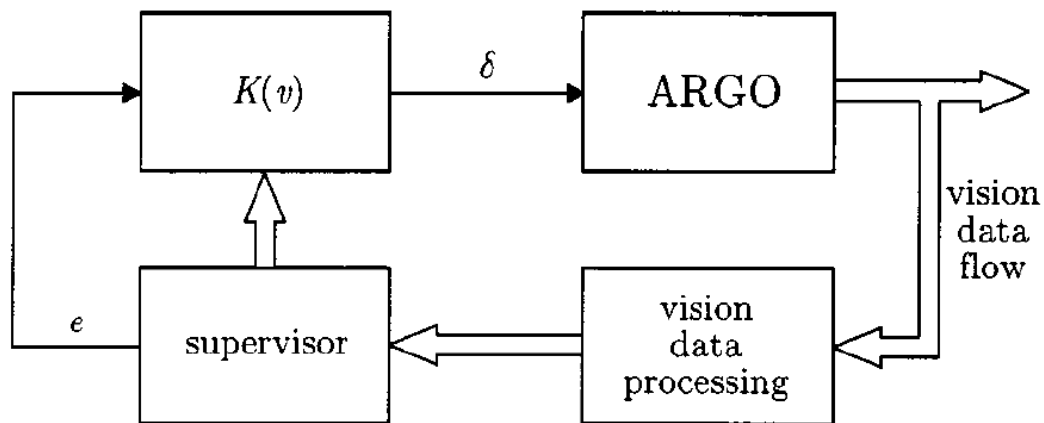


圖 2.3：ARGO 的控制機制

相對於專精在影像處理的 ARGO，美國俄亥俄州立大學(Ohio State University)的 OSU 計畫，則以實現控制理論為導向。OSU 使用一台 1996 Honda Accord LX' s 為實驗車，這台實驗車由 Honda 提供，並且配備了縱向與橫向的致動器，包含電子轉向系統(Steer by Wire, SBW)，與電子驅動系統(Drive by Wire ,DBW)。在電子驅動系統中，不僅有油門致動器，更有煞車致動器。如圖 2.4，除了致動器之外，在車前與車後有雷達測距裝置，再加上前視攝影機。藉由這些配備，OSU 實驗車可執行車道保持(lane keeping)與車道變換

(lane-changing) [8]。

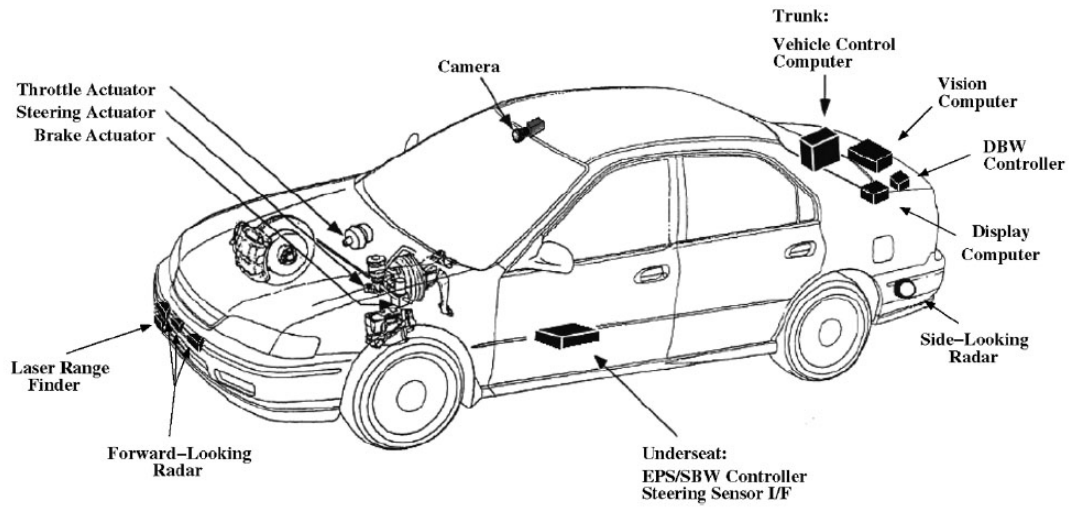


圖 2.4：OSU 計畫實驗車配備

綜合上述觀察，在實驗車控制領域中，橫向與縱向控制力是被分開來實作的，ARGO 只使用方向盤來自動控制轉向角度，而油門與煞車則由駕駛人工控制。OSU 計畫雖然同時配備了電子轉向系統與電子驅動系統，但是在執行車道保持功能時，則不考慮大幅度的轉向，而在執行變換車道的功能時，則不考慮大幅度的加速減速。

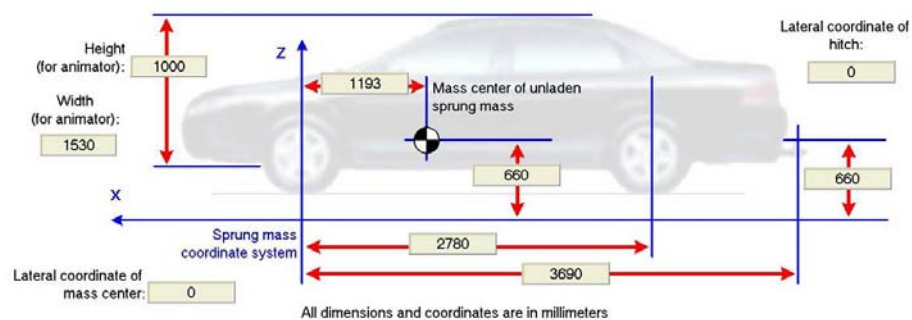
另外，對非車輛背景的研究者來說，貿然改裝車輛內部架構，一但破壞車體機械結構，可能會嚴重影響行車安全，而 OSU 能夠取得 Honda 原廠改裝電子致動器的車輛，實屬難得。ARGO 則是以附加的方式來加裝轉向機制，以不破壞原始配備為原則，可以作為本研究的借鏡。

2.1.2 實驗車：TAIWAN ITS-1結構參數與原始配備

本研究承蒙中華汽車捐贈了一台SAVRIN作為實驗車，SAVRIN為國產轎式休旅車，本研究所獲贈的則是日本原裝進口原型車，車殼為白色。根據SAVRIN原廠所提供的車體參數如表2.2，圖2.5則是以車輛模擬軟體Carsim所表示的車體資訊。

表 2.2: SAVRIN 相關資訊

7人座特仕車型	
引擎	L4 DOHC 16V VVT +DMM 可變汽門正時系統
排氣量 (cc)	1997
最大馬力 ps/rpm	150/6250
最大扭力 kg-m/rpm	19.2/3000
變速系統	INVECS-II SPORTS-MODE 4 A/T
最小迴轉半徑(m)	5.5
油箱容量(l)	63



Sprung mass:	1640	kg	<input checked="" type="checkbox"/> (Optional) Radii of Gyration	Rx:	0.7866	m
Roll inertia (box):	1014.75	kg-m ²		Ry:	1.3760	m
Pitch inertia (lyy):	3105	kg-m ²		Rz:	1.3760	m
Yaw inertia (lzz):	3105	kg-m ²		Inertia and radius of gyration are related by the equation: $I = M \cdot R^2$		
Product (by):	0	kg-m ²				
Product (bxz):	0	kg-m ²				
Product (lyz):	0	kg-m ²				

圖 2.5：SAVRIN 車體結構數據

在最初取得這台實驗車的時候，本研究的實驗車如同一般市售的SAVRIN，並沒有內建電子轉向系統(Steer by Wire, SBW)，與電子驅動系統(Drive by Wire, DBW)，也缺少可以提供車速資訊的行車電腦，距離本研究的初步目標～「以電子方式控制車輛行動」，的確有很長的路要走。所幸，SAVRIN的內部空間很大，在加裝電子配備的考量上，給我們很大的自由度；而中華汽車所提供的車體資訊，也給我們很大的幫助。

對比PATH計畫所擁有的龐大人力與財力，與OSU實驗車內建完整的電子裝置，本研究將從小而美的任務開始發展，運用從現有的資源，累積車輛控制的經驗，進而發展成能與其他實驗車並駕齊驅的成果。



圖 2.6：TAIWAN iTS-1 外觀

本研究將這台實驗車命名為TAIWAN iTS-1，如圖2.6，是台灣在智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)研究中，第一台實車驗證平台，其中小寫的*i*，不僅有智慧(intelligent)的意涵，也取其形狀類似站立的人

類，代表TAIWAN ITS-1以人為本，發展人性化的智慧型房車。

2.2 實驗車發展規劃

在前面章節中，我們敘述了各界在智慧車方面的研究成果，這些卓越的研究成果都是本研究的標竿。

然而，除了上述報導的研究成果，我們需要深入了解隱藏在背後的研發步驟與經驗，以便加快我們的研發腳步。因此，在本節中，我們取法產業界的經驗，學習汽車公司在發展專案的過程，最後，總結這些經驗，規劃本研究實驗車發展步驟。

2.2.1 汽車產業研發車用電子的規劃

汽車產業常用的一套研發流程稱為 V-Cycle，如圖 2.7，V-Cycle 是 dSPACE 公司所提的一套電子控制單元(Electronic Control Unit, ECU)完整的研發流程，dSPACE 公司出產 V-Cycle 所需要的軟硬體，且被許多汽車公司採用。

在 V-Cycle 的左邊中間部分，表示在實現控制器的時候，需要快速雛形建置(Rapid Control Prototyping)的硬體，由於控制器會時常修正，這個硬體需要具備快速的修改方法。在 V-Cycle 右邊的部份，則代表在電子控制單元的迴路測試(Hardware in the Loop, HIL)階段，需要有另一套軟硬體，模擬真實車輛的物理模形，包含真實負載的模擬與各種可能產生的故障訊號，完全的取代真實車輛系統，以便在實車測試之前過濾可能發生的問題。

天合汽車集團(TRW Automotive Holdings Corp.)在發展電子轉向系統

(Steer-by-Wire)時，即採用如圖 2.8 左上方的中央 MicroAutoBox 來完成控制器的快速雛形建置(Rapid Control Prototyping) [6]。

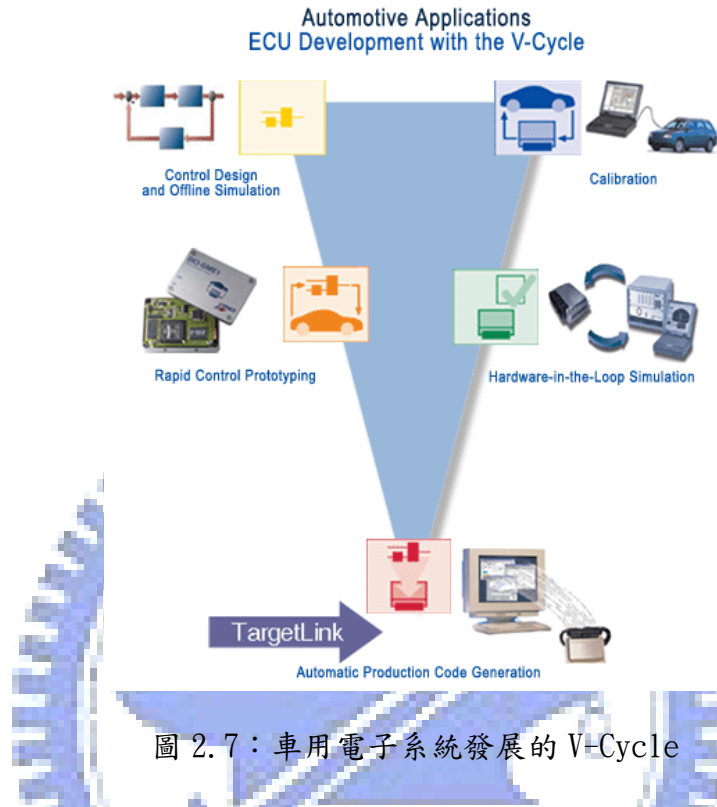


圖 2.7：車用電子系統發展的 V-Cycle

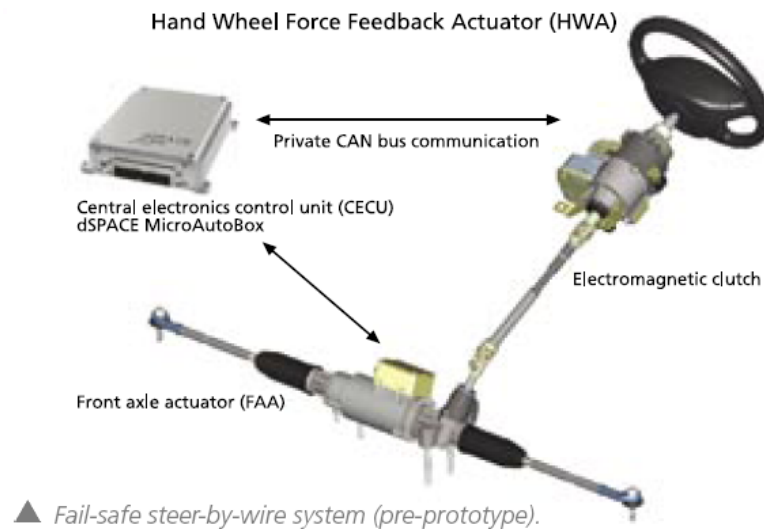


圖 2.8：天合汽車集團研發電子轉向系統的雛形

由以上資訊可以得知，一個完整的車輛用電子控制單元(ECU)發展過程，是需要重覆的測試與驗證，而重複性這個特點，則暗示了電子控制單元必須能被快

速的修正。因此，這將是我們選擇電子控制單元的主要考量。

2.2.2 實驗車發展規劃

為了配合未來發展的彈性，我們考慮以控制器為軸心，建立控制器的測試平台 (Test Bench)。採用一個中央電子控制單元，這個單元可重複被規劃來實現各種功能，並具有充分的擴充性，以便連結其他子計畫所開發的各種致動器與感測器，如圖 2.9。

在應用的角度上，我們不限制系統的功能，保持各種可能性，但是必須先完成各種模組之間的介面。因此，實驗車的發展重點有二個：

- 一· 中央電子控制單元的程式設計
- 二· 中央電子控制單元與周邊元件的信號整合

中央電子控制單元的程式設計，將在第三章中敘述；而與周邊元件的信號整合，則在第四章中討論。

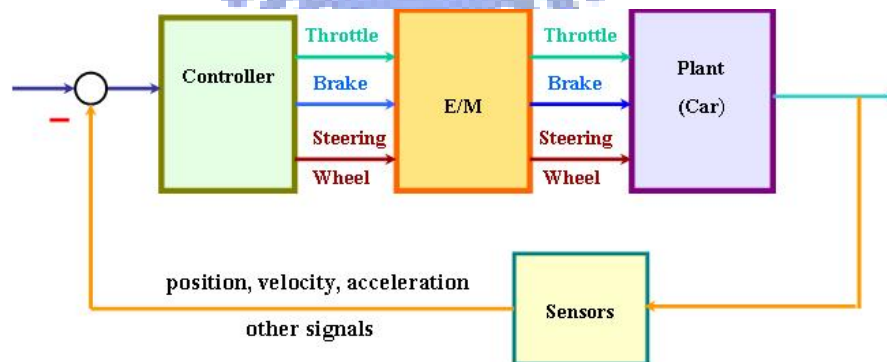


圖 2.9：實驗車雛形的規劃

第三章

主控制器功能與設計

前一章確立了實驗車測試平台的走向，本章將介紹整個測試平台的另外一個主要元件～主控制器，包含主控制器的選擇，軟體與硬體測試，以及測試過程所遇到的問題與解決方式。

3.1 以 MicroAutoBox 為主控制器

實驗車平台必須提供高度的彈性，以配合各個子計畫所提供的各種子系統，包含各種致動器與感測器，因此，在考慮主控制器時，高速的運算能力與多樣化的輸入輸出資源，是第一個重點。

本研究的控制理論研究團隊，已開發出各種不同的車輛控制方法，為了測試這些不同的方法，控制器的軟體部分，需要具備簡易且快速的修改功能。另外，控制器除了在實驗車上使用，也必須在實驗室先進行分離測試，也就是控制器的硬體必須體積小且可攜性高。此外，為了增加可靠度，與提升研究的可行性，廠商的經驗與售後服務也是一大考量要點。

基於以上的需求，我們選擇了由 dSPACE 公司所生產的 MicroAutoBox 為主控制器。dSPACE 的各種快速雛形建置器(Rapid Control Prototyper)廣為車輛產業界使用，而在台灣也有工研院採用 MicroAutoBox 來進行機車引擎的研究。

MicroAutoBox 的體積大約等於一包 A4 影印紙，20(寬) x 22.5(長) x 5(高)公分，可攜性相當高[12]。如圖 3.1，我們將透過左下方的圓孔與筆記型電腦連接，電腦只要加裝 PCMCIA 轉接卡，就可以由電腦端執行程式下載、數據監測等功能。而中間下方的黑色部份，則是總共 156 個腳位的連接器，用來跟其他裝置連接，如圖 3.2。



圖3.1：MicroAutoBox外觀



圖3.2：MicroAutoBox與其他裝置連接示意圖

表 3.1 為 MicroAutoBox 配備的信號介面，主要包含電源、類比到數位信號轉換器 (ADC)、數位到類比信號轉換器 (DAC)、車用電子信號主流規格 CAN-Bus (Controller Area Network ,CAN)、並列式數位信號輸入輸出介面 (DIO)、序列式輸入輸出介面 (Serial Interface)。

表 3.1： MicroAutoBox 配備的信號介面

MicroAutoBox 配備的信號介面		
Base Board	Digital I/O Subsystem	CAN Subsystem
ADC Unit Type 1	Bit I/O Unit	CAN Support, Interface 1
DAC Unit	DIO ADC Unit	CAN Support, Interface 2
ECU Interface Unit	Drives Control Edge Aligned	Serial Interface
Flash Memory Access	Drives Control Center Aligned	
	PWM Generation with a Variable Period (PWM_VP)	

Matlab 是控制領域最常使用的設計軟體，而 dSPACE 公司所提供的一整套控制系統軟硬體研發工具，能夠和我們的研發環境～Matlab/Simulink 完美的結合，讓控制團隊在 MATLAB 上的研發成果，能夠快速的得到驗證。

除了可與電腦快速溝通之外，MicroAutoBox 也可以獨立運作。在程式下載之後，MicroAutoBox 在下次開機時，不須與電腦連線，僅需 12 伏特的直流電壓，即可獨立運作，執行控制功能。

3.2 MicroAutoBox 程式設計與問題解決

MicroAutoBox 是一套獨特的系統，雖然它能很方便的與 Matlab 串連，但是，在讓它工作之前，還需要先學習如何使用專門的硬體與軟體。

在硬體方面，除了接線裝置、電源的安排、還要考量信號線的規格與推力。軟體方面，需要學習兩套相關的軟體，第一套是 dSPACE 公司在 Matlab/Simulink 中附加的各種元件方塊，第二套是 ControlDesk，這是用來下載程式、監控信號、與管理 MicroAutoBox 的軟體。本節將簡單介紹這些軟體與硬體的使用，並討論相關問題。

3.2.1 MicroAutoBox 程式設計



圖 3.3：dSPACE 在 Matlab/Simulink 新增的元件

在安裝了 MicroAutoBox 之後，在 Matlab 作業環境下，會發現如圖 3.3 所示的元件被新增到 Simulink 中，圖中的 DS1401 Base Board 指的是 MicroAutoBox 內的基版型號，而圖中的 DS1401 STANDARD I/O 模組，則提供所有的輸入輸出方塊，我們可以拖曳這些方塊到 Simulink 環境中進行各種組合與設定。

圖 3.4 是一個在 Simulink 底下設計的車輛橫向控制系統，這個系統使用模糊控制器(Fuzzy Logic Controller)，這個模糊控制器模塊是 Simulink 本身提供的，圖 3.5 是圖 3.4 中的模糊控制器模塊的組態，在這個範例的模糊控制器模塊中，我們規畫了兩個輸入，第一個是縱向速度，第二個是橫向誤差，而輸出是方向盤轉角，代表控制器會依照車輛的縱向速度與橫向誤差，命令方向盤送出適當的轉向信號。

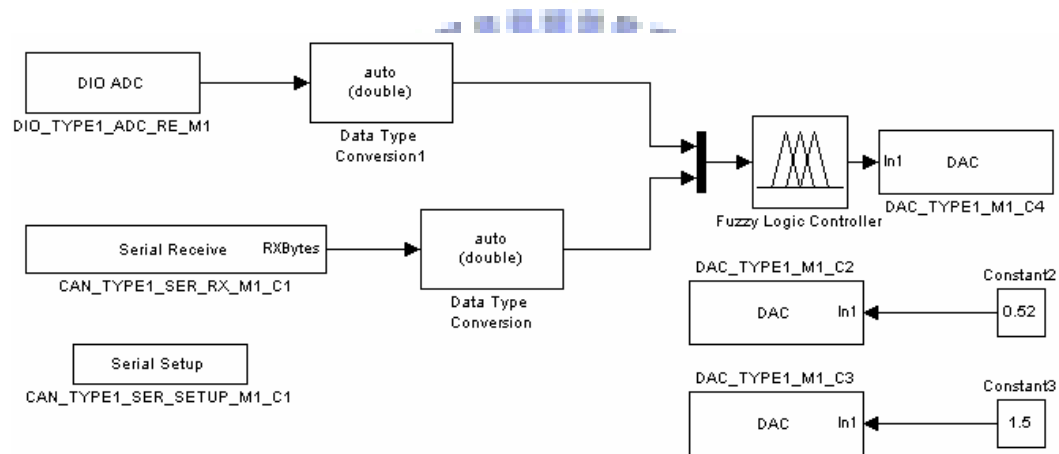


圖 3.4：以 Simulink 設計一個車輛橫向控制器

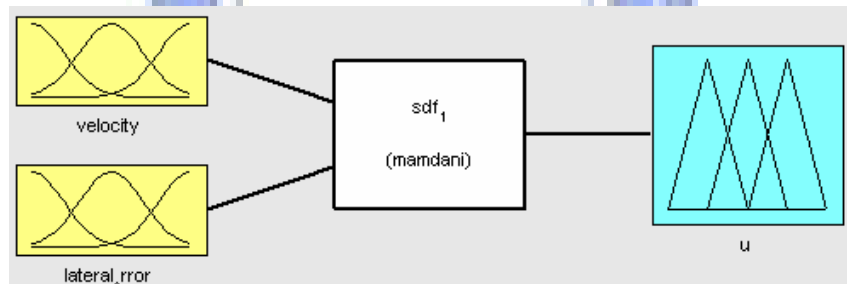


圖 3.5：Fuzzy Logic Controller 的組態

而在圖 3.4 中的 DIO、DAC、ADC 等輸入輸出方塊，與 Serial Setup 等設定方塊，則是對應到 MicroAutoBox 的硬體設定。例如 CAN_Type1_SER_RX_M1_C1 方塊，是 MicroAutoBox 以 Serial Port 的方式，從速度感測元件取得車速信號。

因此，在 Simulink 底下，藉由使用 dSPACE 的 RTI1401 library，我們可以很自由的設計並且模擬系統功能，等確定系統功能之後，再進行編譯，並且下載到 MicroAutoBox 中。

編譯與下載的功能，則必須由 ControlDesk 進行，圖 3.6 為 ControlDesk 的工作環境，由圖中左方列表，可以進行 MicroAutoBox 的硬體設定、並且下載程式。由圖中央的 Layout 視窗，則可以觀察各個 I/O 元件的信號，每個信號的變數，則由圖下方的 Variable 視窗取得。

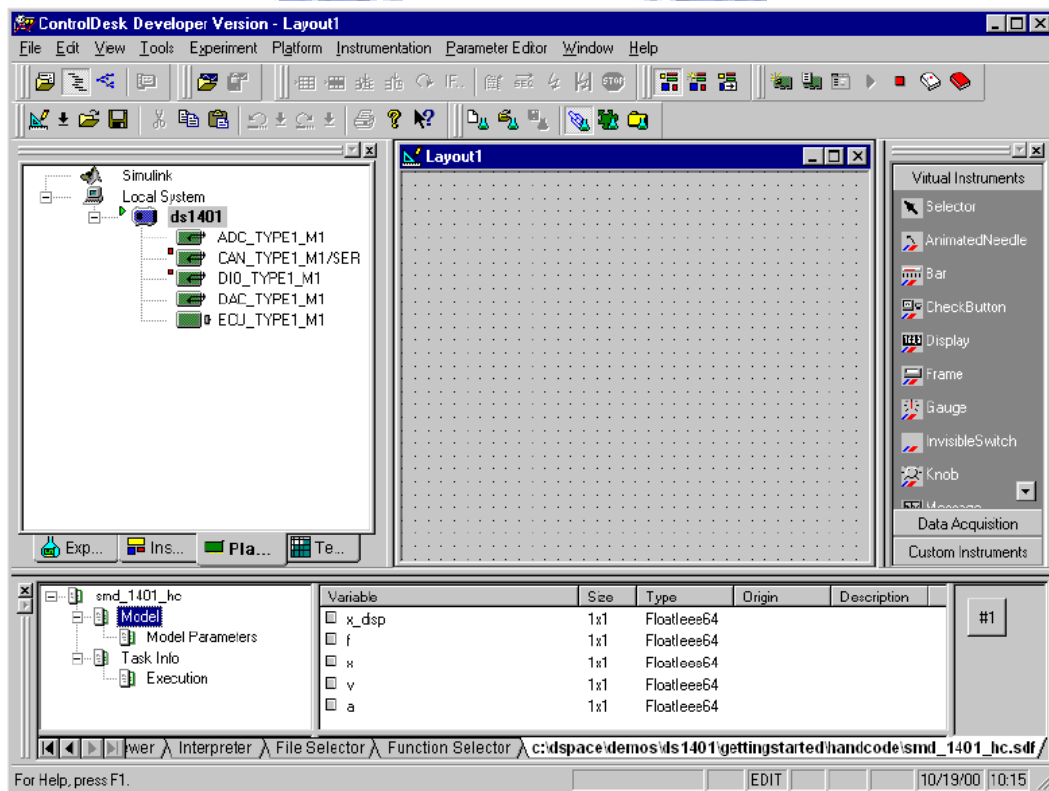


圖 3.6 : Control Desk

總結以上所有的發展步驟，我們整理出程式發展流程圖，圖 3.7 描述了一個系統從開發到執行的所有步驟，配合 Matlab/Simulink、ControlDesk 兩套軟體使用，就可以設計一個控制器，並且下載到 MicroAutoBox 執行。

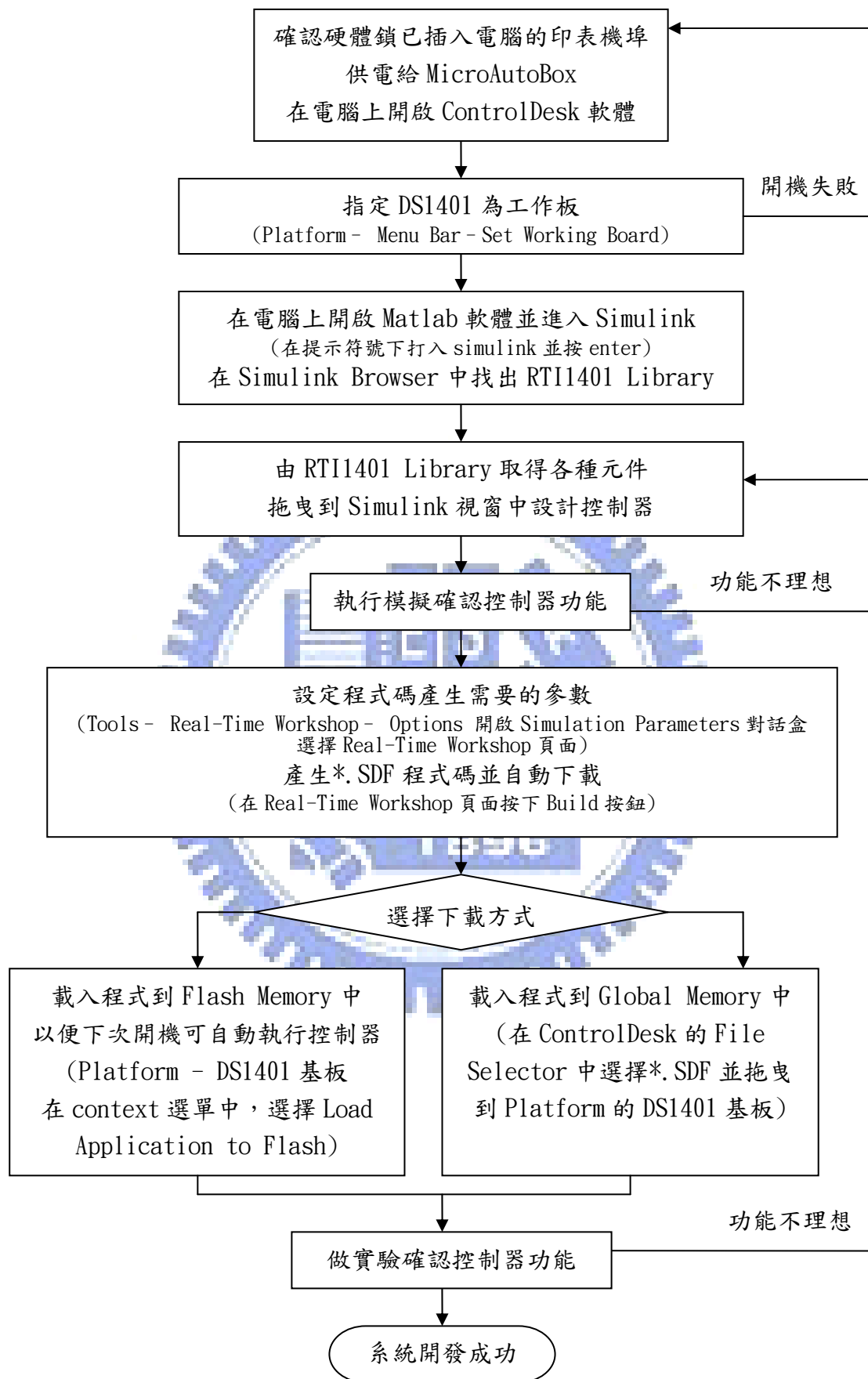


圖 3.7：系統的開發流程圖

3.2.2 MicroAutoBox 原廠裝備

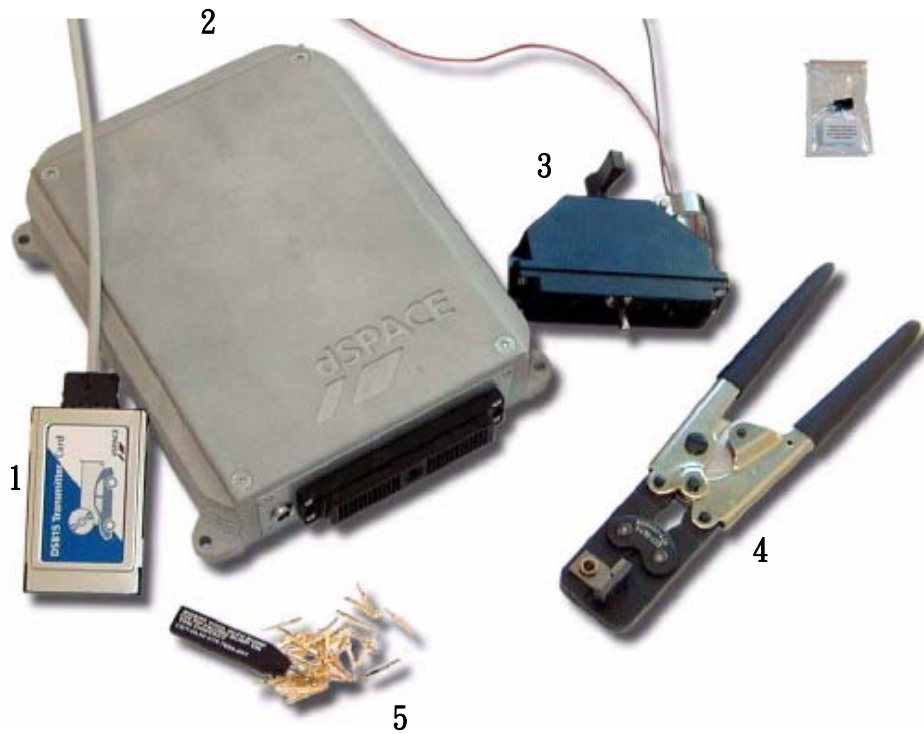


圖 3.8：MicroAutoBox 相關裝備

圖 3.8 顯示來自 MicroAutoBox 原廠的所有周邊配備，包含：

1. DS815 連接卡：一端插入電腦，另一端的纜線則連接到 MicroAutoBox
2. MicroAutoBox 主體
3. 零插入力連接器(Zero Insertion Force, ZIF Connector)：共 156 隻腳，
可鎖在 MicroAutoBox 下方的黑色接頭
4. 壓線箱：將金屬接點與信號線連接的裝置
5. 金屬接點：可塞入零插入力連接器的金屬接點

3.2.3 MicroAutoBox 使用困難與解決方法

在最初使用 MicroAutoBox 時，曾經遇到供電失敗的問題。在提供電源給任何電子元件之前，我們先察看規格書上的直流特性(DC characteristics)，而 MicroAutoBox 的標準工作電壓為直流 12V，且標準工作電流為 700mA。在一般的狀況下，若電子元件吸入的電流大於標準工作電流，暗示有短路發生，必須立刻關掉電流，以免過大的電流所造成的熱度，使電子元件遭遇不可回覆的損壞。

因此，在以電源供應器提供電源之前，我們調整限流為 700 毫安培(mA)。但是，打開電源供應器時，卻發現電源供應器的過電流燈號亮起，因此，MicroAutoBox 根本無法啟動，甚至，懷疑內部電路已經損毀。在不了解 MicroAutoBox 的情況下，我們不敢任意調高電源供應器的限流。

在寫信詢問 dSPACE 工程師之後，得知 MicroAutoBox 在開機時所需的開機電流在 2-5 安培(A)。因此，我們調整電路結構如圖 3.9，即可讓 MicroAutoBox 順利開機，並且達到保護的功能。圖中的電容，可提供 MicroAutoBox 在正常運作時需要的瞬間電流。

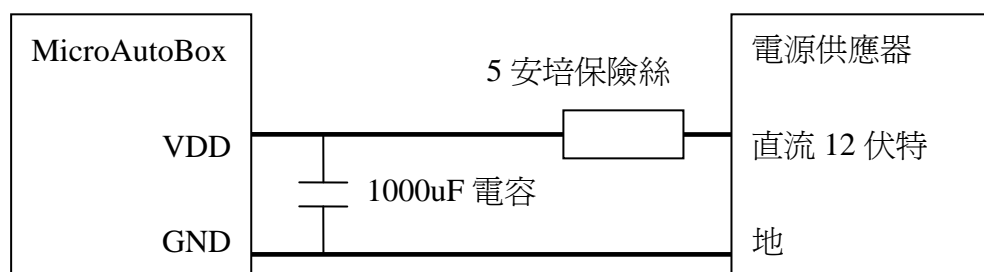


圖 3.9：修正後的電源供應線路

第四章

感測器、致動器與整體電子系統設計

實驗車上需要各種元件，包含感測器與致動器，這些元件由各個子計畫研發，在這一章中，將介紹每個元件的功能，而每個元件的電子訊號介面，不一定與主控制器相容，因此，本章重點在於如何以介面電路銜接元件與控制器，並且提供不同規格的電源，使每個元件都能正常工作。

4.1 感測器

4.1.1 督普勒雷達測速器之信號擷取設計

督普勒雷達測速器，由交通大學電信系鐘世忠教授帶領的研究團隊提供。這個測速器固定在實驗車底部，如圖 4.1，以督普勒效應偵測實驗車與地面的相對速度。這個雷達需要的電源供應為直流 12 伏特，工作電流為 70mA，可與 MicroAutoBox 使用同一組電源；在輸出信號方面，雷達會輸出一個類比信號，而此信號的頻率與車速有線性關係，因此，我們還需要設計一個信號擷取電路，將頻譜信號解碼為時域的車速信號。



圖 4.1：測速雷達裝置在車輛底盤

首先，我們先在實驗車測試雷達功能，發現雷達的輸出信號的直流部分約在 40mV 附近，而交流部份的頻率在 0~10kHz 變動。而 MicroAutoBox 的類比到數位轉換器 (ADC) 取樣頻率為 150kHz，大於交流信號的頻率 15 倍，所以，足以提供精確的取樣雷達的類比輸出。

但是，MicroAutoBox 的類比到數位轉換器的工作電壓為 0~5V、解析度為 12 位元，但雷達的輸出電壓頂多到 50mV，因此，若直接連接雷達與 MicroAutoBox，將會浪費 12 位元的解析度，因為沒有雷達信號分布在 50mV~5V 這個範圍。因此，我們將雷達信號先外接一個非反向放大器，再送到 MicroAutoBox 的類比到數位轉換器，如圖 4.2。

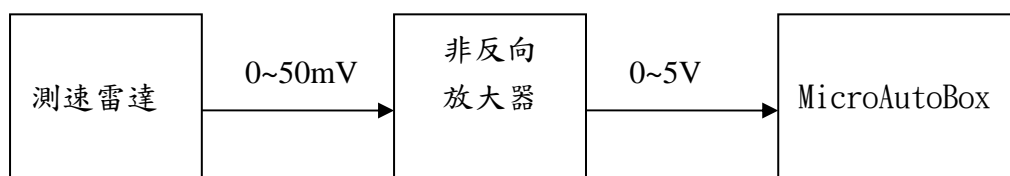


圖 4.2：測速雷達輸出信號放大後再送到 MicroAutoBox

將雷達輸出信號取樣後，還無法直接送入控制器作為運算用的速度值，控制器需要的是信號大小(magnitude)與車速有線性關係，但雷達的輸出信號則是信號頻率(frequency)與車速有線性關係，因此，在 MicroAutoBox 內部，還必須設計一段解碼器，算出控制器能用的車速信號。

圖 4.3 為車速解碼器的方塊圖，信號取樣之後，先進入緩衝器(Buffer)形成一段序列樣本，接著，對這個序列樣本作快速傅利葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)，我們會得到該序列的頻譜。由於車速信號最高為 10kHz，因此，刪除大於 10kHz 的部份。最後，由頻譜中找出最大值發生處的頻率索引值，這個頻率索引值與車速有線性關係，再經由線性函數運算就是車速。

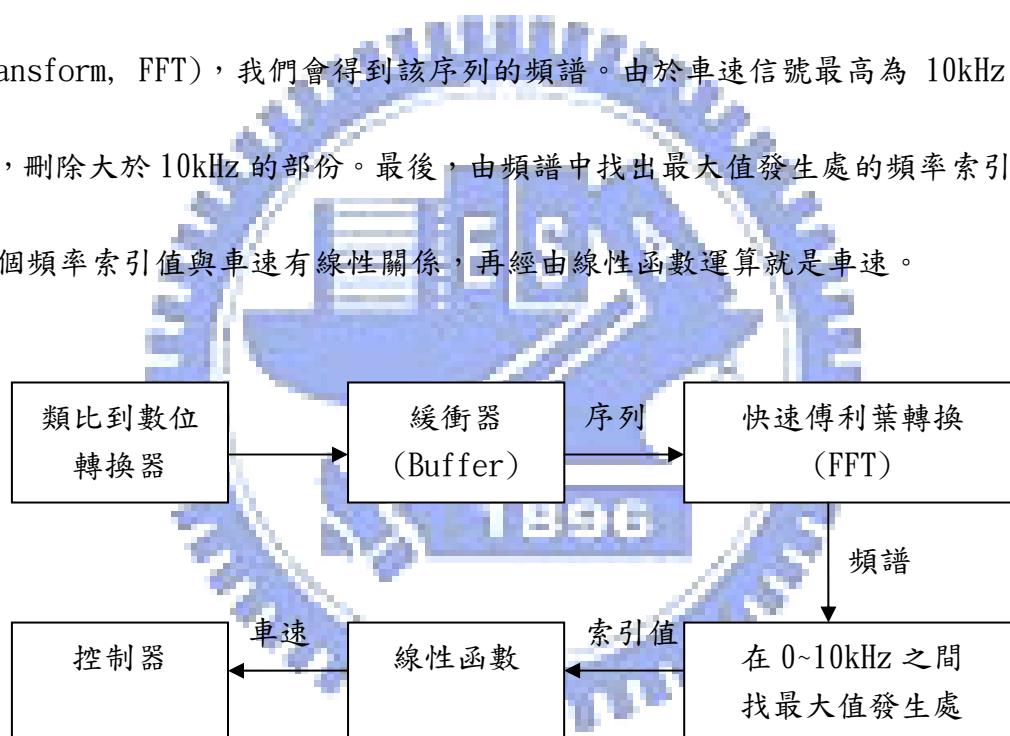


圖 4.3：車速解碼器的方塊圖

4.1.2 儀表板車速信號

除了以督普勒雷達取得車速信號之外，還有另外一個來源可以取得車速信號。實驗車本身能夠在儀表板上顯示車速，因此，我們拜託車廠，將原始的信號

線拉出，共有兩條信號線，一條是車速線，另外一條是地線，經過測量之後，信號與車速的關係如表 4.1，車輛靜止時信號準位為 0V、頻率 0Hz，車輛移動時，信號輸出為方波訊號，方波頻率與車速成正比，峰對峰值在 11~12V 間漂動，最低位準為 0V，最高位準約 12V。

表 4.1：車速與信號頻率的關係

車速(KM/HR)	量測頻率(Hz)
0	0
10	7
20	14
30	21
40	28
50	35
60	42
70	49
80	56

由於這個車速信號的最高震幅高達 12V，而 MicroAutoBox 的數位輸入接口的最高操作電壓為 5V，因此，車速信號必須透過 74LS244(Octal buffer/line driver)轉換規格，避免損壞 MicroAutoBox 接頭。

4.1.3 影像測距之信號整合

影像測距系統，來自交通大學電控系吳炳飛教授帶領的影像研究團隊，提供了完整的道路資訊。在研究執行的第一年，影像研究團隊可精準提供實驗車與前方障礙物的距離，而在影像理論發展階段，演算法是在個人電腦中完成的，因此，我們必須由個人電腦取出運算結果。在此，我們連接個人電腦都會配備的 9-pin

Com Port 傳送運算結果，使用 RS-232 協定傳送資料，此介面又稱為序列埠 (serial port)，是許多個人電腦上的通訊介面之一。表 4.2 為 Com Port 的腳位說明，但是我們只需要使用其中三隻腳位，傳送資料 (RX)、接收資料 (TX)與接地 (GND)，就可以與 MicroAutoBox 收送資料。

表 4.2：Com Port 的腳位說明

腳位	功能
1	載波偵測 (CD)
2	傳送資料 (RX)
3	接收資料 (TX)
4	資料端備妥 (DTR)
5	接地 (GND)
6	資料備妥 (DSR)
7	要求傳送 (RTS)
8	清除傳送 (CTS)
9	震鈴偵測 (RI)

但是，個人電腦的 RS-232 電氣標準，與 MicroAutoBox 的格式位準不同、而且反向，因此，RX 與 TX 信號需經過 74LS04 反向器 (Inverter)，才能正確的接收資料，圖 4.4 是與 Com Port 連接的電路圖，圖中 P1 為連接到 Com Port 的連接頭，我們使用 74LS04 中的兩個反向器來做信號轉換。

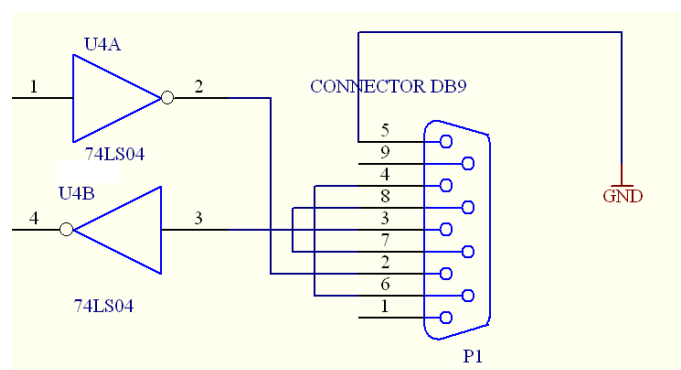


圖 4.4：連接 Com Port 的電路圖

4.2 致動器

致動器將電子訊號轉換為機械動力，用來控制實驗車的方向盤與煞車。這些致動器，由交通大學電控系廖德誠教授帶領的研究團隊研發。

4.2.1 煞車致動器

圖 4.5 即為煞車用的致動器，這個致動器被固定在駕駛座的靠右側地上，而圖上方的楔形裝置，會往箭頭方向移動，完成採煞車踏板的動作。



圖 4.5：煞車用的致動器

煞車驅動系統的信號介面為兩條訊號線，而這兩條訊號線的差動電壓與輸出力成正比，可提供 0~700 牛頓的輸出力，對應到的差動信號為 0~5V。針對煞車趨動系統，MicroAutoBox 可由兩個類比輸出產生差動信號，此外，我們也設計了可切換到手動控制模式的機制。

圖 4.6 表示與煞車致動器的正端信號連接電路，透過圖中 JP3，可選擇控制信號的來源是 MicroAutoBox 的類比輸出，或是電路板上的分壓電路產生的信號，而圖中的 R2 為可變電阻，使用者可以轉動可變電阻產生不同的輸入電壓，連接到煞車致動器的正端輸入。圖 4.7 則是與煞車致動器的負端信號連接電路，透過圖中的 JP2 則可以切換為手動輸入。

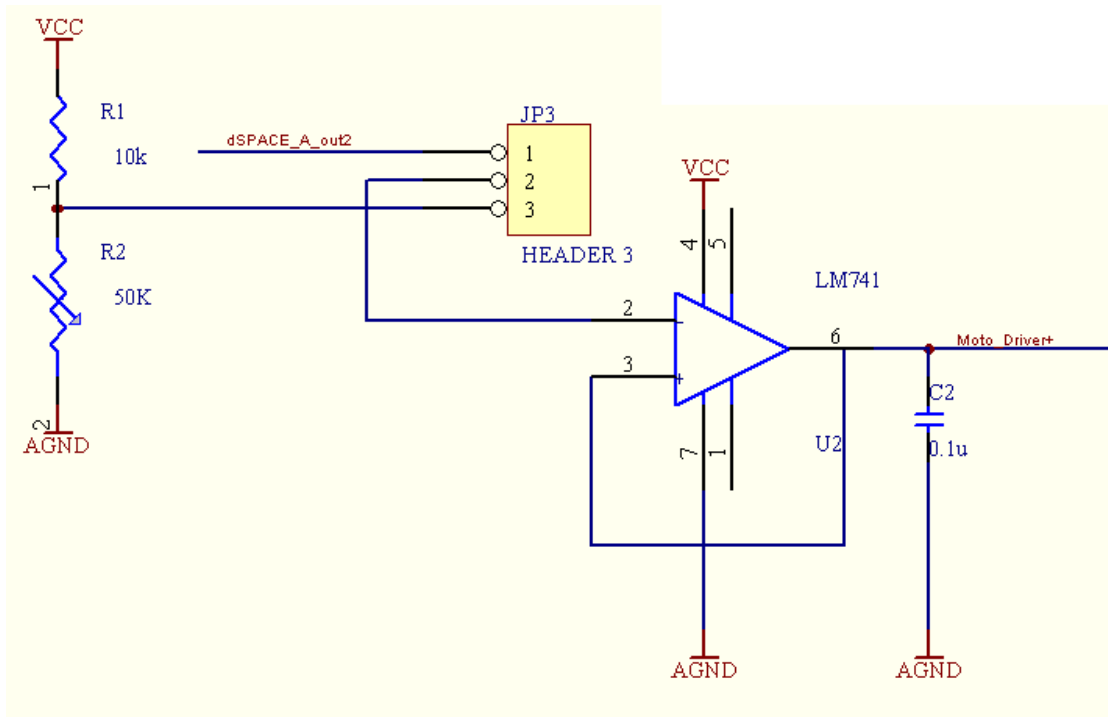


圖 4.6：連接煞車致動器的正端信號

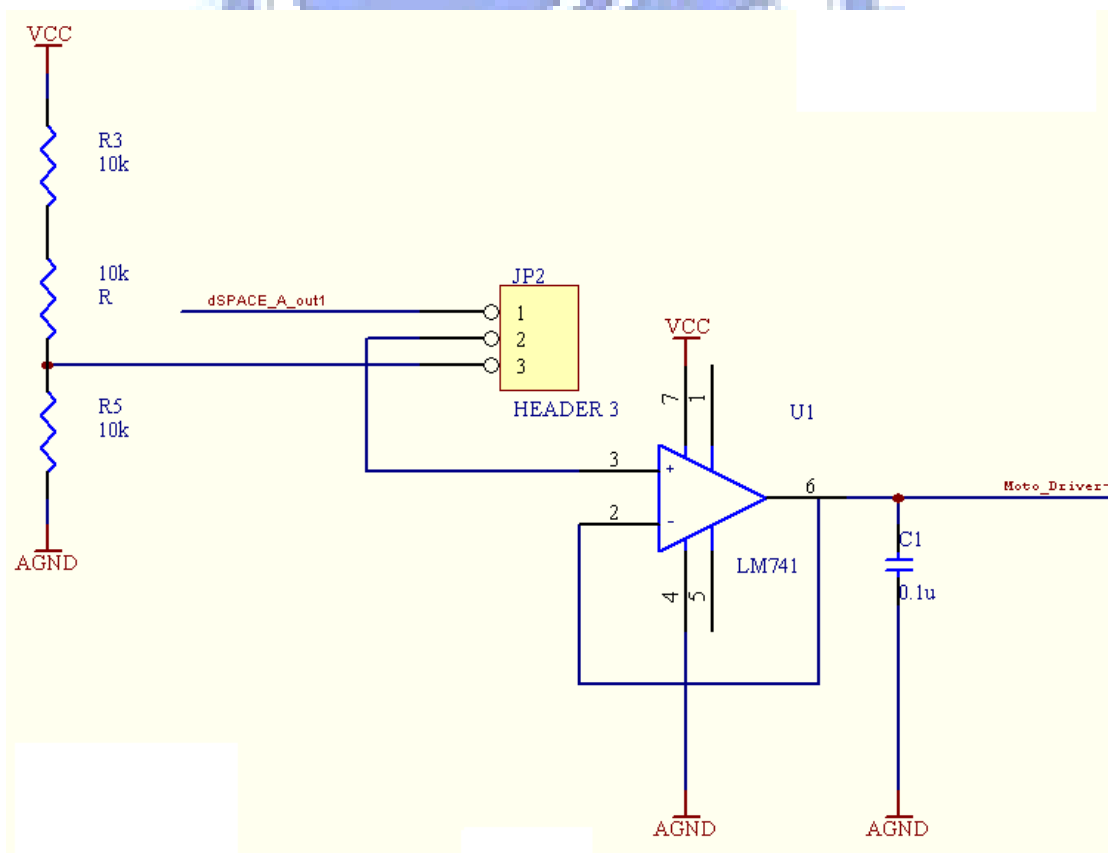


圖 4.7：連接煞車致動器的負端信號

4.2.2 方向盤致動器

而廖德誠教授的研究團隊，也完成了方向盤致動器的改裝的工作，亦即將轉向機構安裝於車體之上，採取皮帶傳動的模式，利用兩個齒數不同的齒輪，分別安裝於方向盤後方以及馬達端，利用馬達的轉動，帶動皮帶，進而轉動方向盤，達到轉向的目的。

在信號介面方面，方向盤致動器有三條信號線，其中兩條代表相位，用來控制方向盤往右轉或者往左轉，而第三條則需要脈波輸入，一個脈波代表方向盤往指定方向轉 0.0072 度。圖 4.8 是在實驗室以 MicroAutoBox 製造脈波信號，如圖中示波器所示，圖中左方是用來進行 MicroAutoBox 程式設計的筆記型電腦，而中間電源供應器上方則是 MicroAutoBox 與介面電路板。

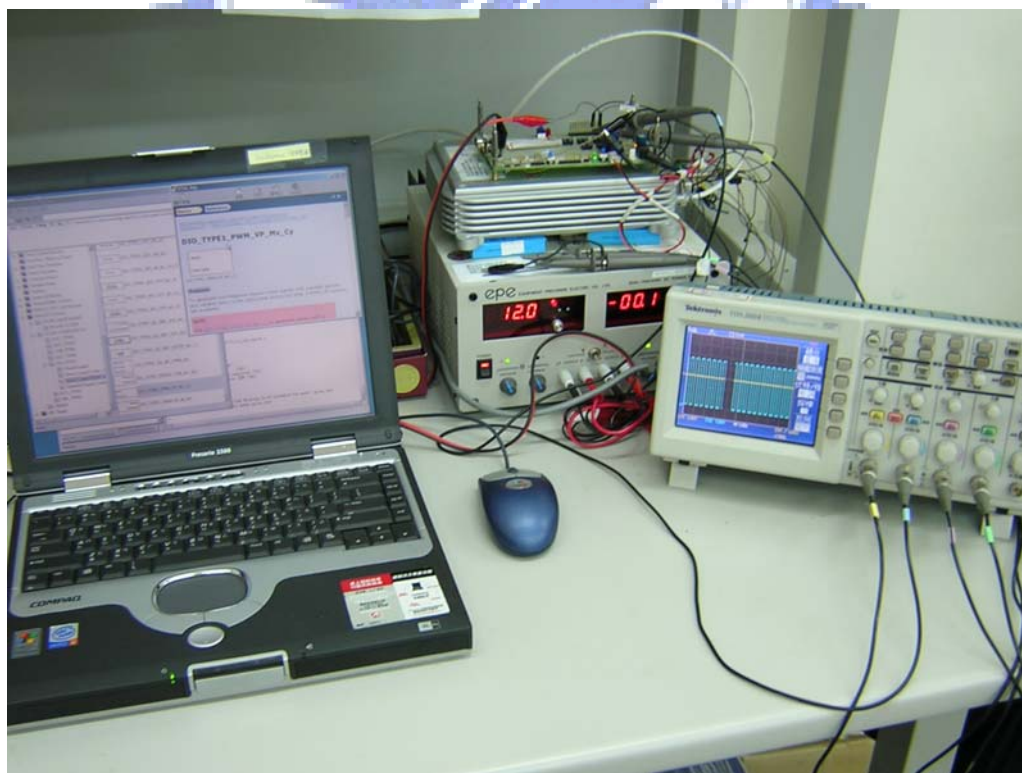


圖 4.8：在實驗室中以 MicroAutoBox 製造脈波信號

4.3 電力供應與介面電路設計

從前一章介紹的控制器，到本章討論的感測器、致動器，實驗車上將會配有各種電子設備，而所有的電子設備都需不同的電源供給才能正常的發揮功用。例如：處理影像資訊的個人電腦需要 110 伏特交流電源，專為車輛設計的控制器或感測器需要 12 伏特的直流電源，而我們自己設計的介面電路則需要 5 伏特的直流電源，另外，考慮以後會將控制器實現到 FPGA 上，還需要 3.3 伏特的直流電。

除了介紹如何在實驗車上安排不同的電源，在本節中，最後將敘述如何幫 MicroAutoBox 擴充一組 RS-232 的介面。

4.3.1 產生 110 伏特交流電與 12 伏特直流電

實驗車上需要 110 伏特交流電的電子設備為：

- 一、以個人電腦為基礎的影像處理系統，
- 二、煞車與方向盤致動系統中的伺服馬達與馬達趨動器。

為了不改變原本車輛內部的供電狀況，因次，我們不使用車輛本身的電瓶，而是，另外採購了 12 伏特的電池，再以直流轉交流電源轉換器產生 110 伏特交流電。

另外，我們再以交流轉直流電源轉換器，產生 12 伏特的直流電，而之後所有的直流電源都由這一組 12 伏特轉換，如此一來，所有的直流供電系統的地都是等電位的。

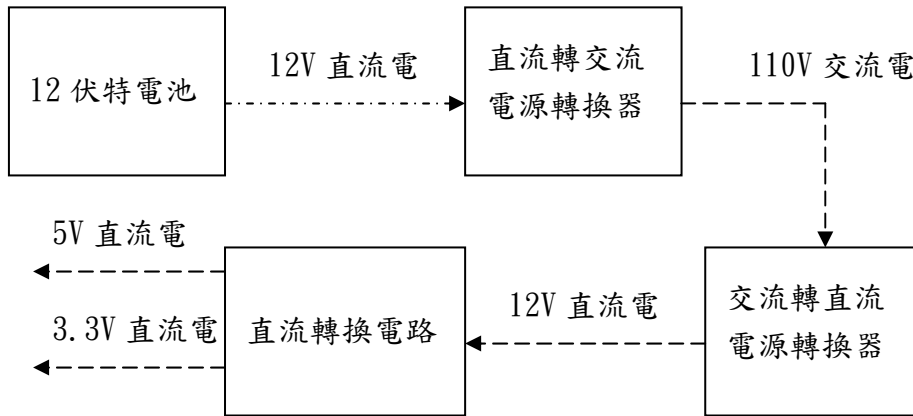


圖 4.9：電力系統的示意圖

圖 4.9，為實驗車上電力系統的示意圖，圖 4.10 為介面电路板中的 12 伏特直流電部分的電路圖，D1、D2 為電源指示燈，J4 是供應到 MicroAutoBox 的 12 伏特電源，C4 是 1000uF 的大電容，功能是供應 MicroAutoBox 可能突然增加的電流需求量。

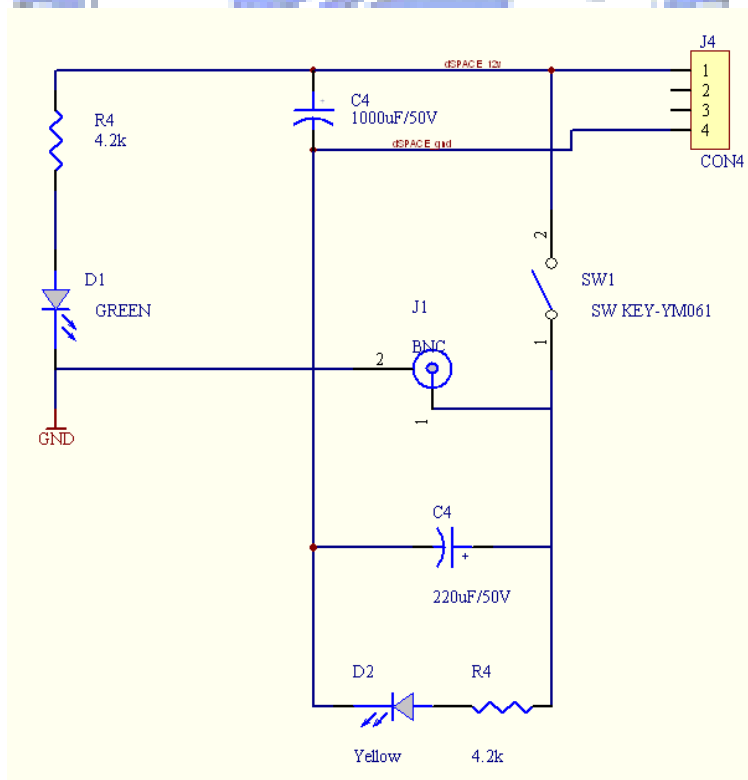


圖 4.10：12 伏特直流電部分的電路圖

4.3.2 產生 5 伏特與 3.3 伏特直流電

圖 4.11 為產生 5 伏特與 3.3 伏特直流電的電路，其中，我們使用 LM7805 將 12 伏特的直流電，轉為 5 伏特的直流電，圖面上的 VCC 即為 5 伏特的直流電。

將 5 伏特的直流電，透過 D5、D6 這兩個二極體，每個二極體壓降約 0.7 伏特，可將 5 伏特轉為約 3.6 伏特，而一般工作在 3.3 伏特的電子元件，也可以在 3.6 伏特正常工作，因此，這個電源可以提供 FPGA 開發版所需要的電源。

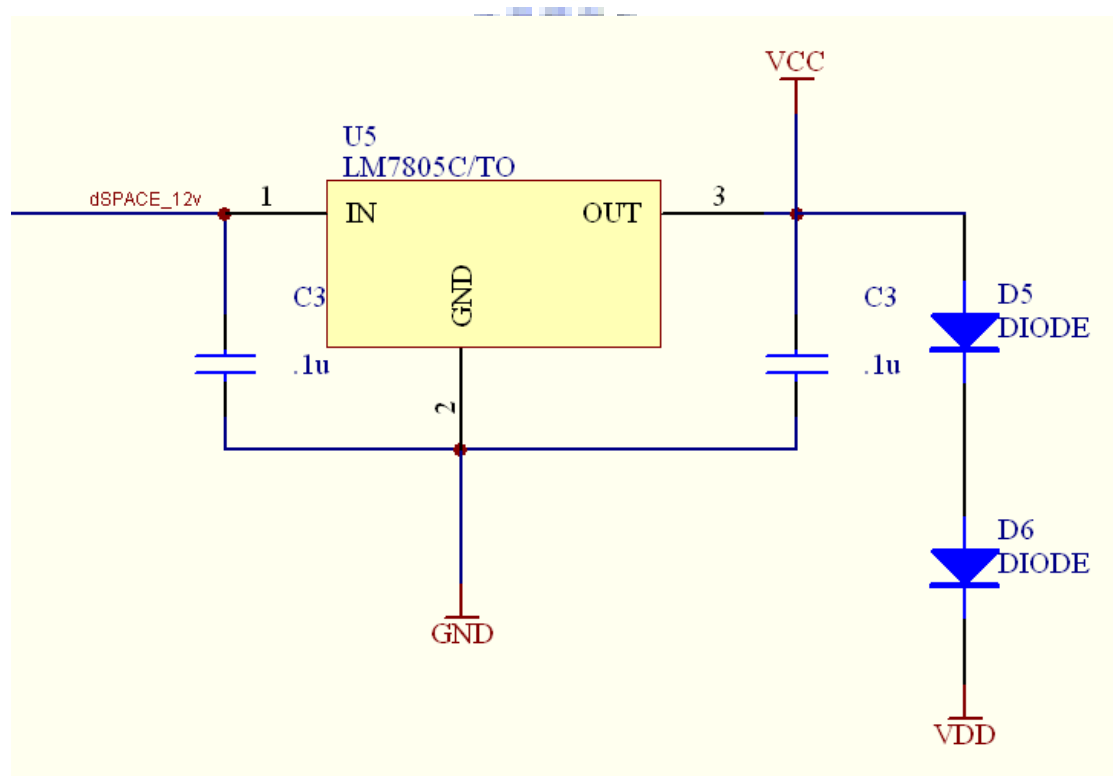


圖 4.11：產生 5 伏特與 3.3 伏特直流電的電路圖

4.3.3 介面電路設計

由於實驗車上方的電子元件很多，而這些電子元件，都透過介面電路與 MicroAutoBox 相連，因此，在介面電路的連接器上，針對不同的元件，我們特別選用不同的連接頭，避免在連接時失誤，造成元件或控制器的損壞。

最後，由於 MicroAutoBox 只配備一組 RS-232 介面，為了幫 MicroAutoBox 多擴充一組 RS-232 介面，我們使用 8051 微處理器，接收 RS-232 並轉為並列輸入輸出到 MicroAutoBox，如圖 4.12，圖中右下方的 Com Port 接頭可連到感測器的 RS-232 信號，由 8051 微處理器轉換為並列信號到 8051 的埠 0 與埠 2，再經由圖中右方的 JP8 與 JP7 連到 MicroAutoBox。

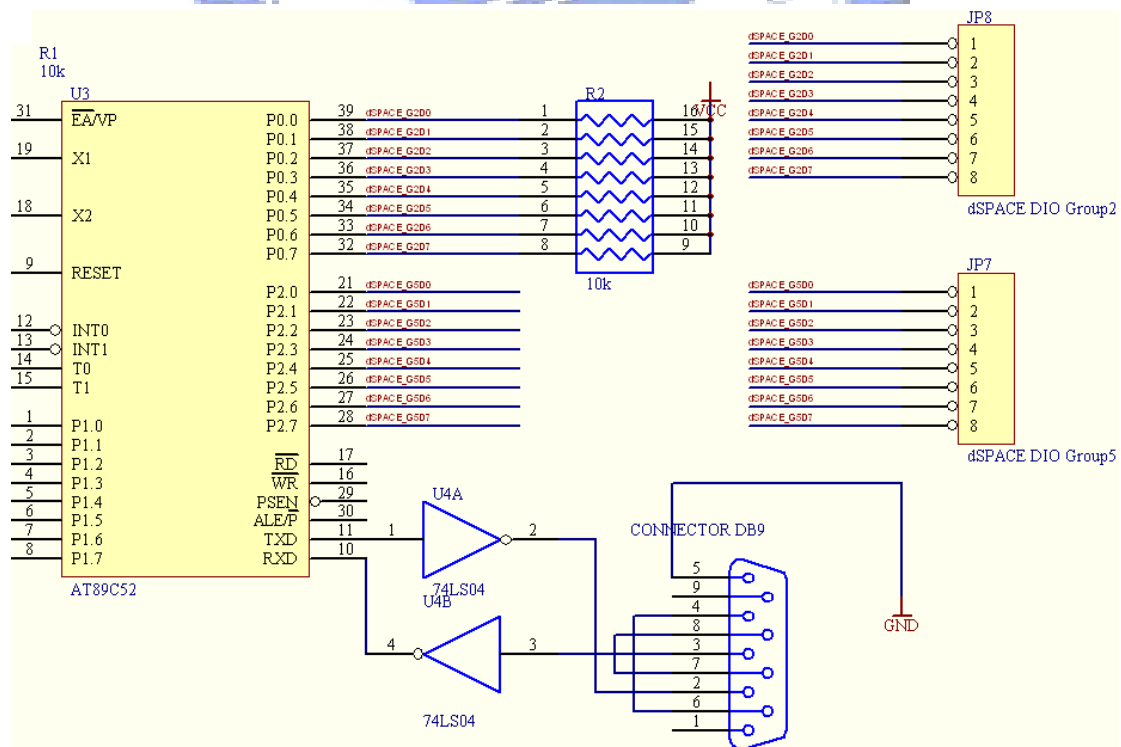


圖 4.12：擴充 MicroAutoBox 的 RS-232 的介面

第五章

實車驗證

前幾章介紹了實驗車相關的配備，包含感測器、致動器與控制器，在本章中，我們將這些配備整合起來，作為 ITS 卓越計畫的第一年實車成果展示，藉此驗證實驗車平台中的各種配備可以成功的整合與溝通。

5.1 系統整合與任務規劃

本研究的實驗車名為 Taiwan iTS-1，Taiwan iTS-1 在實車演練中，整合了各個研究團隊所研發的成果，實現一個以影像回授為基礎的自動安全防撞系統。

在這個演練中所使用的主要配備包含：取得前方障礙物資訊的影像測距系統、負責偵測對地速度的雷達測速系統、將控制器輸出轉為煞車力的煞車致動器、MicroAutoBox 扮演的主控制器、負責信號轉換與連接的介面電路、與供電系統。

除了在前幾章已經介紹過的配備之外，值得一提的是吳炳飛老師帶領的研究團隊，提供了一台平版式電腦，結合了語音辨識系統，以無線傳輸的方式，可在車內任何位置顯示車前狀況與控制車速。結合了以上的配備，Taiwan iTS-1 成功的達成了在緊急狀況下的防撞功能。

圖 5.1 表示在這次演練中的實驗車系統架構，我們以中華汽車提供的 SAVRIN 為實驗車，主控制器 (on-vehicle controller) 以差動信號透過介面電路 (Interface Circuit) 驅動煞車致動器，煞車致動器將電力轉為機械力 (Electronic to Mechanics, E/M)，踩下煞車踏板。雷達測速器 (Radar Sensor) 則將車速信號傳回控制器。此外，影像系統負責偵測前方障礙物資訊，並以無線傳輸的方式，將影像傳回平版式電腦。

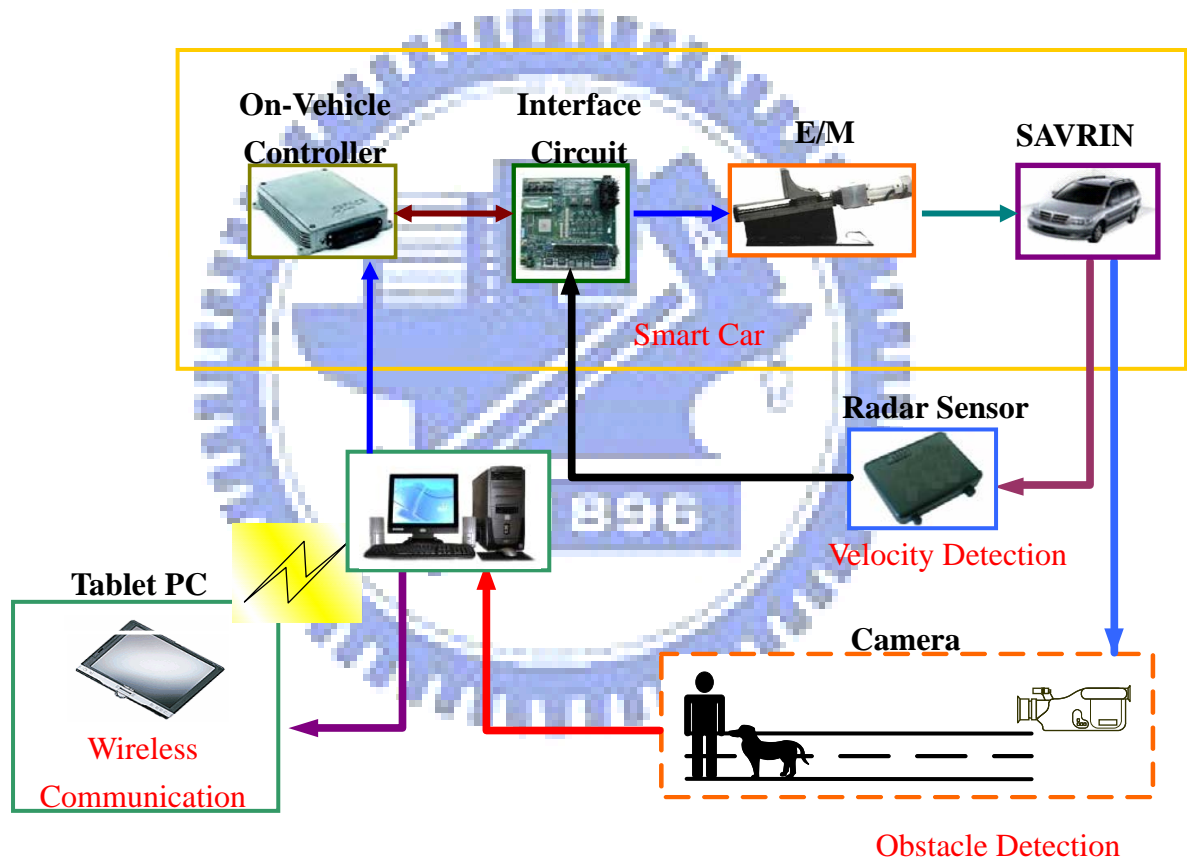


圖 5.1：實驗車系統架構

圖 5.2 是這次演練中主控制器 (on-vehicle controller) 內部的方塊圖，由障礙物偵測系統的輸入，在緊急狀況發生時通知控制器，而由雷達測速系統提供的信號，先經過前置濾波器 (Pre-filter) 過濾直流成分與雜訊之後，再由快速傳

立葉轉換(FFT)取出車速資訊。根據障礙物與車速資訊，控制器送出煞車命令給煞車致動器。

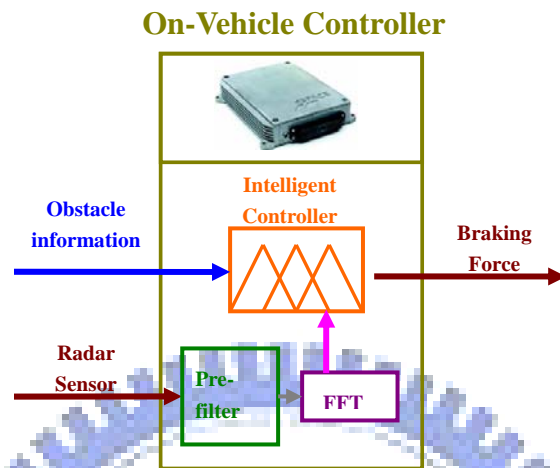


圖 5.2：主控制器(on-vehicle controller)內部的方塊圖

5.2 系統整合的過程

智慧車的實現是一個大型的系統整合過程，系統中的元件超過十種以上，元件也都是一個複雜的系統。實驗車整體系統的成敗，不僅取決於各種元件的個別功能，在整合不同元件的過程中，元件本身還需要經過適當的修正，以確保各個元件能夠正確的相互溝通、正常運作。

以督普勒雷達的車速信號擷取為例，就經歷了不少反覆測試的過程。最初，我們只知道雷達輸出頻率與車速信號有線性關係，因此，必須上車實際測量比對才能找出實際的線性函數。此外，在處理頻域轉時域的解碼電路時，由於在實驗室的環境下無法讓雷達本體快速移動，我們先使用波形產生器，模擬雷達輸出波形，設計解碼電路算出車速信號。但是，在實驗車的環境下，有一個雜訊信號出

現在時速約 10 公里處，因此，必須將這個信號所代表的速度值忽略，才能正確的得到車速信號。

在與電腦的溝通時，雖然使用的是強健的 RS-232 協定，但是，個人電腦與控制器在實驗車上連接用的電纜線長達兩公尺，另外，電源供應經過不停的轉換會夾帶許多雜訊，因此，在傳輸資料時，我們特別訂定頭碼與尾碼，資料本身則夾在頭碼與尾碼之間，在確定頭碼與尾碼正確的時候，才確認該筆資料是一筆有效資料，以此來避免資料傳輸錯誤而造成實驗車的安全問題。

在整合的過程中還經過許多反覆的修正與測試，我們以圖 5.1 所描述的系統架構，以及圖 5.3 所示使用 Matlab/Simulink 設計的程式，藉由圖 3.7 所描述的步驟，來完成本次實車的演練。

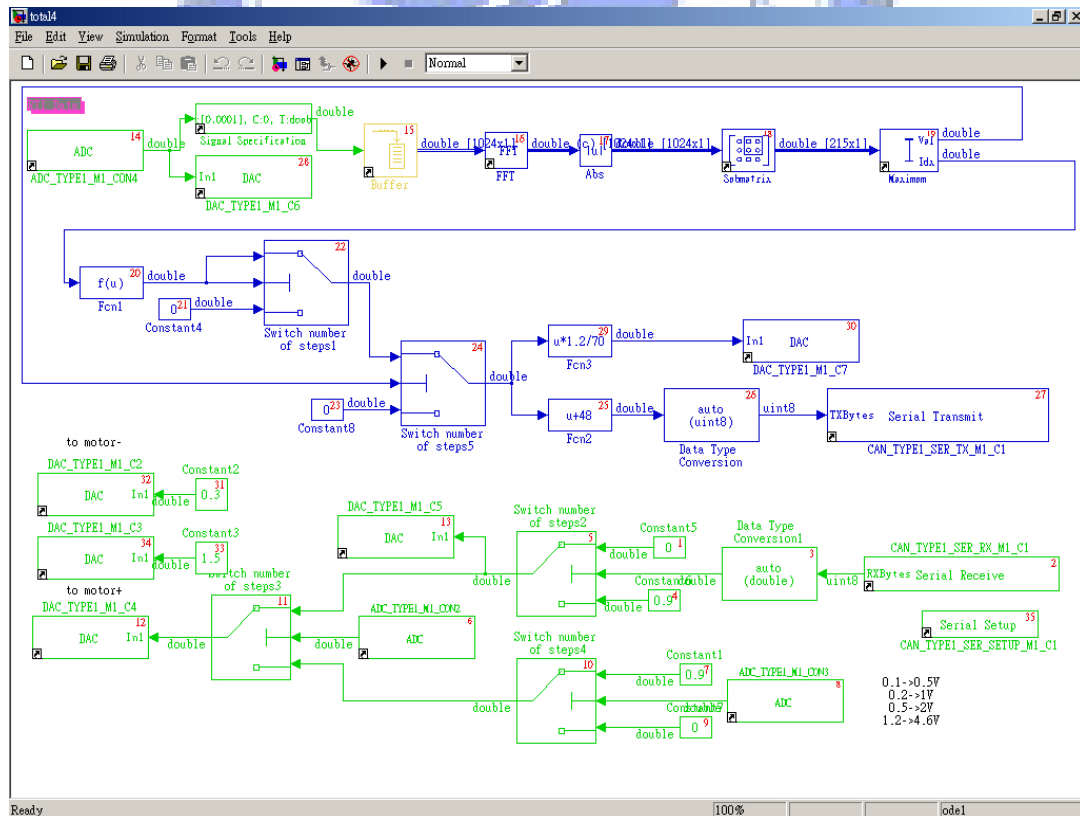


圖 5.3：使用 Matlab/Simulink 設計的程式

5.2 實車演練成果



圖 5.4：實車演練照片

本研究於 2003 年十月舉行第一次的實車演練，場地選擇在國立交通大學光復校區的室外籃球場與排球場間的車道。如圖 5.4，我們在車道中央放置一個紙箱作為障礙物。

演練開始時，實驗車是靜止，在實驗車開始移動之前，駕駛人必須按下介面電路板上的按鈕，開啟自動安全防撞系統，這會使控制器接管煞車致動器，接著，由駕駛人踩油門加速並控制方向盤，使實驗車維持在車道內，往障礙物放置地點逼近，此時，駕駛人可以放心的將緊急煞車功能交給主控制器。

實驗車以時速 40 公里左右，筆直的開往障礙物，當障礙物與實驗車的距離縮短到 10 公尺之內時，自動安全防撞系統立刻發揮功能，踩下煞車踏板讓實驗車在障礙物前一公尺處停止。接著，駕駛人可以透過介面電路板，取消自動安全防撞系統，並且接管煞車踏板，而實驗車將恢復到完全由駕駛人控制的狀態。

在這次實車演練的規劃中，我們將自動安全防撞系統訂位在輔助的角色，因此，煞車功能被設計在距離障礙物前 10 公尺才啟動。而選擇 10 公尺的原因是，

在時速 40 公里時，實驗車每秒移動 11.1 公尺，在這個情況下，若駕駛人在距離障礙物 10 公尺還沒發現危險，採取緊急煞車，那麼，實驗車將在 1 秒內撞上障礙物。

透過這次的實車演練，證明了每個研究團隊所開發的配備都有完美的運作，而 Taiwan ITS-1 成功的整合了各種配備，完成自動安全防撞的任務。



第六章

結論

在本篇論文中，我們以開發智慧車驗證平台為目標，從無到有，克服各種實務上的問題，整合感測器、致動器、與控制器，透過介面電路，補足不同介面間的信號轉換需求，建構了一個完整的系統，成功的達成實車驗證的任務。這次實車演練的成果，也已經發表在 2004 International Conference on Intelligent Systems and Control[13]。

這台名為Taiwan ITS-1 的實驗車是ITS卓越計畫的研發成果。實驗車是一個非常大而且複雜的系統，需要結合非常多人的努力才能實現。如同本篇論文中所提到的，實驗車的各種配備由各專精的研究團隊提供，研究中的每個成員，從分工到合作，完美的呈現了系統整合的寶貴精神。

Taiwan ITS-1 是台灣的第一台實車驗證平台，具備相當高的可擴充性，我們整合了實現車輛控制的基本配備，並且，提供了各種信號介面與電力供應。針對未來各種研究子題，提供了適合的驗證平台。

在實車驗證平台系統發展過程中，我們也從中學習了很多寶貴經驗。以MicroAutoBox來說，這是我們第一次面對這種複雜的硬體，在MicroAutoBox正常

工作之前，經過很長的摸索時間，必需閱讀所有的操作手冊，才能了解操作方式。

除了操作手冊上的資訊之外，在供應電源方面，也經過了很多的嚐試，並且多次詢問dSPACE德國總公司的技術人員，才了解，雖然MicroAutoBox正常工作電流僅需要700 毫安培，但是在開機瞬間，可能需要 5 安培的電流才夠。

在 MicroAutoBox 與周邊配備連接時，曾經發生 MicroAutoBox 的類比輸出推力不足而無法推動煞車馬達驅動器，必須加裝緩衝器提供更多電流才能順利運作；MicroAutoBox 與電腦連接的纜線接頭，以長約 1.5 公分的針狀金屬作為連接頭，很容易彎曲而無法正常接觸；在介面電路板上，有超過 10 組以上的接頭負責與各個配備連接，由於實驗次數很多，在多次拆解的影響下，接頭容易鬆脫造成接觸不良，而接觸不良是實務上最難發現的問題。因此，除了選擇耐用的壓線方法製作接頭之外，在除錯時，我們也學會耐心與理性的檢查各個因素，除了確認設備本身功能正常之外，還要細心查驗電源供應狀況與信號連接等每一個環節，以分離測試來釐清問題，才能順利的找出讓系統發生錯誤的地方。

在本研究團隊的努力之下，Taiwan ITS-1 已經登上國際舞台，然而，還需要配合政府法規，才能推廣到市場上。未來，若考慮往車用電子方向發展，例如：車道偏離警示、智慧型車燈、整合導航和監控的車用資訊系統等，以省電、安全為發展目標，應該可以更貼近汽車產業的短期需求。

參考文獻

- [1] T. Hessburg and M. Tomizuka, “Fuzzy logic control for lateral vehicle guidance”,
IEEE Control Systems Magazine, Volume: 14, Issue: 4, pp. 55 – 63, Aug. 1994.
- [2] D. Yanakiev and I. Kanellakopoulos, “Longitudinal control of automated CHVs
with significant actuator delays”, IEEE Transactions on Vehicular Technology,
Volume: 50, Issue: 5, pp. 1289 – 1297, Sept. 2001.
- [3] S. Sheikholeslam and C. A. Desoer, “Longitudinal control of a platoon of
vehicles with no communication of lead vehicle information: a system level
study,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume: 42, Issue: 4, pp.
546 -554, Nov. 1993.
- [4] J. Mar and F. J. Lin, “An ANFIS controller for the car-following collision
prevention system,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume: 50,
Issue: 4, pp. 1106 -1113, July 2001.
- [5] S. C. Warnick and A. A. Rodriguez, “A systematic antiwindup strategy and the
longitudinal control of a platoon of vehicles with control saturations,” IEEE
Transactions on Vehicular Technology, Volume: 49, Issue: 3, pp. 1006 -1016,
May 2000.

- [6] A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, and G. Conte, Automatic Vehicle Guidance: The Experience of the ARGO Vehicle. Singapore: World Scientific, Apr. 1999.
- [7] T. Suzuki and T. Kanade, "Measurement of vehicle motion and orientation using optical flow," IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Tokyo, Japan, Oct. 1999, pp. 25–30.
- [8] C. Hatipoglu, K. Redmill, and Ü. Özgüner, "Steering and lane change: a working system," IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Boston, MA, 1997, pp. 272–277.
- [9] Cem Hatipoglu, Ümit Özgüner, and Keith A. Redmill, "Automated Lane Change Controller Design," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume: 4, Issue: 1, pp. 13–22, March 2003.
- [10] TUGV Project Final Report, "Performance Improvements for Autonomous Cross-Country Navigation Using Stereo Vision," <http://www.frc.ri.cmu.edu/projects/tugv/home.html> , September 1998.
- [11] Y. K. Lo, A. B. Rad, C. W. Wong and M. L. Ho, "Automatic parallel parking," IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Volume 2, pp. 1190 - 1193, 12-15 Oct. 2003.
- [12] H. D. Heitzer, "Heading for the Future with Steer-by-Wire," <http://www.dspace.com/ww/en/pub/home/applicationfields/automotive/abstract.cfm?DocID=103>

[13] B. F. Wu, C. C. Chiu, C. J. Chen, W. C. Wu, J. W. Perng and T. T. Lee, “An Intelligent Vision-Based Real-Time Integration System on Autonomous Vehicles”, International Conference on Intelligent Systems and Control, pp. 51-57, Honolulu, Hawaii, USA., Aug. 23-25, 2004.

