

# 自動導航公路系統ADVANCE-F 之行車控制研究及其實驗室試驗



交通部運輸研究所

中華民國八十二年八月

# 交通部運輸研究所

## 合作研究計畫出版品摘要表

<b>出版品名稱</b> 中 文：自動導航公路系統ADVANCE-F之行車控制研究及其實驗室試驗 外 文：The Study And Experiment on Vehicle Control of An Automated Highway System ADVANCE-F			
<b>國際標準書號(或叢刊號)</b>	<b>政府出版品統一編號</b> <div style="text-align: center;">009104820333</div>	<b>運輸研究所出版品編號</b> <div style="text-align: center;">82 - 39 - 617</div>	
<b>本所主辦單位：綜合技術組</b> <b>主 管：</b> <b>計畫主持人：楊淑貞</b> <b>研究人員：莊麗珍</b>	<b>委託研究單位：</b> <b>計畫主持人：張堂賢</b> <b>研究人員：林建志、閻菁菁、</b> <b>賴以軒、黃雅芬、王慶茂、李國良</b> <b>曾錦河、尹鴻彬、陳如聖、陳志忠</b> <b>李元俊</b> <b>地址：</b> <b>聯絡電話：02-6236517</b>		<b>研 究 期 間</b>  自 8 1 年11 月 至 8 2 年 6 月
<b>關鍵詞：</b> 智慧型車路系統、導航、自動駕駛系統、導向控制、速率控制、短場試驗、反光標線、車速感應器、步進馬達、方向機柱、伺服機。			
<b>摘 要：</b> ADVANCE-F之行車控制研究及實驗室試驗能找出交通作業及硬體技術間最理想的搭配，並建立軟硬體之可靠度。行車控制研究在介定ADVANCE-F公路行車之導向控制及速率控制之成熟技術及軟體策略，並分析實施後之車流行為及容量，而實驗室試驗為以靜態車輛控制試驗為主再配以短場動態系統測試，該工作分別包括導向控制試驗及速率控制試驗。			
<b>出版日期</b>	<b>頁數</b>	<b>工本費</b>	<b>本 出 版 品 取 得 方 式</b>
82年 8 月	82	165 元	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
<b>管制等級：</b> <input type="checkbox"/> 機密 ( <input type="checkbox"/> 解密日期為      年      月      日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解密 ) <input type="checkbox"/> 限閱 <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
<b>備 註：</b> 本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

# 目 錄

	頁 次
第一章 ADVANCE-F 之研究發展方向. . . . .	1
1. 1 前言. . . . .	1
1. 2 本期研發內容. . . . .	2
1. 3 本期完成之架構. . . . .	3
1. 4 未來工作方向. . . . .	8
第二章 ADVANCE-F 之導向控制技術及試驗. . . . .	9
2. 1 導向控制系統一側向控制單元. . . . .	1 0
2. 2 導向光電感測系統元件規格與設計. . . . .	1 0
2. 2. 1 道路導向標線規格. . . . .	1 0
2. 2. 2 導向光電感測器規格. . . . .	1 0
2. 2. 3 導向光電感測器與PC之介面電路. . . . .	1 2
2. 3 車速感應器與其介面電路. . . . .	1 2
2. 4 伺服機構器件規格與設計. . . . .	1 3
2. 4. 1 伺服機. . . . .	1 3
2. 4. 2 伺服控制器規格及電路. . . . .	1 8
2. 5 導向控制實驗室試驗. . . . .	2 3
2. 5. 1 實驗模型. . . . .	2 3
2. 5. 2 實驗軟體. . . . .	2 5
2. 5. 3 實驗結果. . . . .	2 7
2. 6 導向控制之實車短場試驗. . . . .	2 8
2. 6. 1 感測元件之佈設. . . . .	2 8
2. 6. 2 方向機控制模式. . . . .	2 9
2. 6. 3 短場試驗結果與發現. . . . .	3 5
第三章 ADVANCE-F 之速率控制技術與試驗. . . . .	3 7

	頁 次
3 . 1 第一相速率控制系統－中央速控法. . . . .	3 7
3 . 2 中央速控機構與測試. . . . .	3 8
3 . 2 . 1 實驗之路邊區段控制器. . . . .	3 8
3 . 2 . 2 車輛定速裝置與無線電接收系統之接合. . .	4 0
3 . 2 . 3 中央速率控制試驗程式. . . . .	4 2
3 . 2 . 4 中央速控測試與發現. . . . .	4 3
3 . 2 . 5 試驗結論. . . . .	4 3
3 . 3 第二相速率控制系統－自主速控法. . . . .	4 3
3 . 3 . 1 傳統定速器與自動煞車系統之結合. . . .	4 4
3 . 3 . 2 導航車之行進間的防衛性駕駛環境. . . .	5 4
第四章 ADVANCE-F 施行之車流與容量初探. . . . .	5 6
4 . 1 導航車的基本行車之跟車控制法則. . . . .	5 6
4 . 1 . 1 安全間距之決定. . . . .	5 6
4 . 1 . 2 行車速率. . . . .	5 8
4 . 1 . 3 加減速值之決定. . . . .	6 0
4 . 1 . 4 誤差寬容量與測距儀之能力要求. . . .	6 0
4 . 2 車流與容量探索. . . . .	6 1
4 . 3 電腦行車模擬模式之建立. . . . .	6 3
4 . 3 . 1 基本系統環境與假設. . . . .	6 4
4 . 3 . 2 車流運行準則. . . . .	6 8
4 . 3 . 3 初步模擬結果. . . . .	7 2
第五章 總結 . . . . .	7 3
5 . 1 結論. . . . .	7 3
5 . 2 綜合討論. . . . .	7 4
5 . 3 發展 ADVANCE-F 之組合建議. . . . .	7 9
參考資料. . . . .	8 0

# 圖目錄

	頁次
圖 1 - 1 ADVACNE-F 之 AF82 導向控制架構. . . . .	5
圖 1 - 2 ADVANCE-F 之 AF82 縱向控制第二相—自主速控架構. . .	6
圖 1 - 3 AF82 計劃完成之推行方式. . . . .	7
圖 1 - 4 ADVANCE-F 之未來中程研發工作方向. . . . .	9
圖 2 - 1 導向控制系統. . . . .	1 1
圖 2 - 2 導向光電感測器規格. . . . .	1 2
圖 2 - 3 感測器電路. . . . .	1 3
圖 2 - 4 電子數位時速錶. . . . .	1 4
圖 2 - 5 車速感應器之訊號轉換介面電路 ( a ) 前置電路. . . . .	1 4
續圖 2 - 5 車速感應器之訊號轉換介面電路 ( b ) 車速表運算電路. .	1 5
圖 2 - 6 伺服方向機用之步進馬達尺寸. . . . .	1 7
圖 2 - 7 步進馬達與方向機接合位置示意. . . . .	1 7
圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片 ( 一 ) . . . . .	1 8
續圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片 ( 二 ) . . . . .	1 9
續圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片 ( 三 ) . . . . .	1 9
圖 2 - 9 伺服機導向裝車實體照片. . . . .	2 0
圖 2 - 1 0 中央主控介面電路. . . . .	2 1
圖 2 - 1 1 馬達驅動器. . . . .	2 2
圖 2 - 1 2 馬達驅動器尺寸與接合電路. . . . .	2 2
圖 2 - 1 3 導向控制實驗台模型. . . . .	2 4
圖 2 - 1 4 感應裝置關係圖. . . . .	2 5
圖 2 - 1 5 短場試驗之感測元件佈設. . . . .	2 8
圖 2 - 1 6 側向位移與輪胎旋角模式. . . . .	3 0

	頁 次
圖 2 - 1 7 車輛轉向運動立面. . . . .	3 1
圖 2 - 1 8 阿克曼旋轉. . . . .	3 3
圖 2 - 1 9 高速時的旋回運動. . . . .	3 3
圖 3 - 1 第一相速率控制系統－中央速控法. . . . .	3 7
圖 3 - 2 模擬路邊區段控制器. . . . .	3 8
圖 3 - 3 路邊控制器與無線電發射器之接合電路. . . . .	3 9
圖 3 - 4 模擬區段控制器 ( 1 ) 主控電腦. . . . .	3 9
續圖 3 - 4 模擬區段控制器 ( 2 ) 發射器. . . . .	4 0
圖 3 - 5 車輛定速裝置與無線電接收器之接合. . . . .	4 0
圖 3 - 6 無線電接收器與車輛定速裝置之接合介面. . . . .	4 1
圖 3 - 7 車輛端速率控制器. . . . .	4 1
圖 3 - 8 定速暨自動煞車控制系統. . . . .	4 5
圖 3 - 9 定速器與 PC-Notebook 間訊號轉換介面 . . . . .	4 6
圖 3 - 1 0 煞車用步進馬達之裝置. . . . .	4 7
圖 3 - 1 1 導航車之防衛性駕駛環境. . . . .	5 4
圖 4 - 1 減速示意圖. . . . .	5 7
圖 4 - 2 模擬路段示意圖. . . . .	6 6
圖 4 - 3 併入動作相對座標示意圖. . . . .	7 1

# 表目錄

頁次

表 2 . 1	車速與其最大脈衝數之限制. . . . .	3 4
表 2 . 2	ADVANCE-F 驅動方向機之步進馬達負載時最大轉速脈衝. .	3 5
表 4 . 1	基本跟車間距. . . . .	6 2

# 第一章 ADVANCE-F 之研究發展方向

## 1. 1 前言

近年來，先進國家為解決道路交通擁擠及維護生活環境品質，均大力投入研究「智慧車路系統」(Intelligent Vehicle/Highway System; IVHS)之技術，其中又以美國、日本及歐洲共同體最為積極。「IVHS」是美國聯邦公路總署(FHWA)於1989年所訂的名稱，目前有關的計劃可分為五個子系統：[39]

1. 先進交通管理系統(ATMS)
2. 先進旅行者資訊系統(ATIS)
3. 商用車輛營運系統(CVO)
4. 自動公路車輛控制系統(AHVCS)
5. 先進公共運輸系統(APTS)

其手段不外是研發藉高科技產品來改進運輸之效率。在國內有關智慧車路系統的研究近年亦有漸次熱衷的跡象，但並沒有團隊的組織。而本「自動導航公路系統 ADVANCE-F」則為國內首宗有系統有計劃研發自動公路車輛控制系統的研究，最早命名於民國79年春夏之交，主旨擬研發自動車輛駕駛系統，以現代進步科技方法做到安全、穩定之自動行車控制來達到改善公路交通之質與量的問題；發展 ADVANCE-F 的目的也即在於：(1) 有效地增進公路容量，(2) 確保交通安全，(3) 維護生活環境及(4) 促進工業升級、提升國家形象。而所謂 ADVANCE-F 係「Advanced Drive Vehicle/Automatic Navigation Control Enroute system-Freeway」之簡稱。目前已將 ADVANCE-F 之「F」改名為 Formosa，因為本系統已不只 Freeway 適用，一般公路亦可執行之故。另一方面，字面的意思更可擴充到「進步的台灣」，也正代表本計劃未來所象徵的意義。

有關自動導航公路系統 ADVANCE-F，作者曾於81年6月完成實施可行性研究，該研究報告內容包括總論篇（敘述 ADVANCE-F 的一般概念）、技術篇（說明速率控制及導向控制之架構、方式和器件）、交通篇（探討交通控制方法、車流出交流道的步驟及道路容量初步分析



）、效益篇（分析道路使用者及總體社會的相對效益）及綜合篇（比較 ADVANCE-F 與國外相似系統之優劣、最後綜合可行性結果）。經比較分析與工作心得，發現 ADVANCE-F 的架構不亞於世界各主要相似系統，如 OSU、PATH、TOYOTA 及 BENZ，且適用於台灣地區的特殊車流環境。[3.4]

基於前期的研究經驗，本期繼續發展 ADVANCE-F 的工作即以行車控制研究及其實驗室試驗為主，因為行車控制研究及實驗室試驗能找出交通作業及硬體技術間最理想的搭配，並建立軟硬體之可靠度。也只有在此研究及試驗之結果，交通控制相關策略才能正確執行，效益評估才能準確估量。目前 ADVANCE-F 的研究第二期工作已完成，在行車控制策略及技術性實做部份得到更具體可靠的架構。該原型車架構的製造及其相關試驗結果成功地展現極具實施的價值，詳細內容描述於本報告後面之各章節中。

## 1. 2 本期研發內容

本研究為完成發展 ADVANCE-F 之四階段的第二階段工作，即行車控制研究及其實驗室試驗。行車控制研究在介定 ADVANCE-F 公路行車之導向控制及速率控制之成熟技術及軟體策略，並分析實施後之車流行為及容量。而實驗室試驗為以靜態車輛控制試驗為主再配以短場動態系統測試，該工作分別包括導向控制試驗及速率控制試驗。

導向控制試驗係以感測器對反光標線的感測狀況，由車上電腦解析並命令下達鉗於方向機之步進馬達正負轉，致使方向機柱接受電腦操控。基本上，本階段為設計導向控制單元，包括感應裝置、控制器及致動機構，並藉實車驗證推計出控制參數之量度，修飾控制程式以達精準之導向控制。

速率控制試驗分兩相：第一相屬中央速控計畫，為模擬路邊控制區使用無線電統一操控轄區內所有車速之試驗，無線電之一端為模擬之路邊控制器，另一端連接車輛定速裝置。本相工作首將設計通訊介面，及纂寫操控車速程式，再測試定速器接收命令及控制速率的穩定性問題。第二相屬自主速率控制計畫，本期係改良車輛定速裝置使其本身必要時具自主決策微調速率功能，做為未來能全智慧地做判別決定加減速及煞

車動作之先驅。

實驗室試驗是完成 ADVANCE-F 必經之途，試驗乃能從中找到實際控制癥結，而做為改進軟硬體缺失之依據，最後冀能得到滿意、安全、舒適的車輛行進控制技術。本報告是記載實體技術與試驗之成果，從中必可以肯定 ADVANCE-F 之發展正邁向成功之路。

本計劃之工作細目為：

## **1. 導向控制技術與試驗**

於實驗室裝置模擬測試車道系統及裝置實驗車一部。工作內容有：

- (1) 光電感應元件選擇、介面設計及裝置。
- (2) 伺服機構器件選擇、設計及裝置。
- (3) 導向控制模式分析。
- (4) 伺服程式設計及伺服系統測試。
- (5) 感應系統與伺服系統整合實驗及短場試驗。

## **2. 速率控制技術與試驗**

- (1) 中央速率控制初步系統之設計、測試與分析。
- (2) 自主速率控制系統之分析設計與測試。

## **3. 車流與容量研究**

- (1) 行車跟車法則研擬。
- (2) 車流與容量探討。

### **1. 3 本期完成之架構**

回顧 ADVANCE-F 之發展沿革，民國七十九年（1990）至今，整個架構為了因應系統客觀環境的相容性而做了相當幅度的調整。原先系統（例如 ADVANCE-F 81 年度之計劃 AF81）若欲達實現目標，於研發階

段將須投入相當龐大的金錢於試驗，譬如至少需三公里的實驗道路及通訊、控制等硬體裝置，實非現時所可能要求的。因此，發展 ADVANCE-F 的方向經吾人審慎考量做了局部的修改，目前的 AF 82 系統已使 ADVANCE-F 更容易讓人接受及實現。因為此新的 ADVANCE-F 簡化了許多公共設施及交通控制技術，且原本擔心事故發生的法律責任歸屬問題都變得較單純。底下是本期中（＜AF82 計劃＞）已完成的架構之說明：

## 1. 導向控制

導向控制即側向控制，圖 1-1 為 ADVANCE-F 之車輛導向控制之基本架構。該控制主要之任務為當車輛於導航車道上行駛時，車上的電腦能駕御方向機以達準確穩定之行車側向控制目的。部份區塊解說如下：

- (1) 車道導向標線，係貼著於近乎車道中心之一種專為導引導航車側向控制而設之特殊反光標線。貼著之線型係依車輛導向控制機構特性及車輛運動狀況而導得。該控制之基本設計速度（Design Speed）預定為 120KPH。
- (2) 光電感測器（Photo Sensor），使用 11 組紅外線光電感測器並列裝設於前端保險桿下方，做為偵測標線及定向參數之一。
- (3) 車上車速感應器，其訊號源於傳動軸上所設一支 SPG（Signal Pulse Generator），不管側向控制或縱向控制（速率控制），車速是該控制的必要決策參數，因此精確的電子式車速讀取裝置在此十分重要。
- (5) 側向控制電腦係根據(2)及(3)之所測結果經本微電腦決定方向機轉角，此轉角乃步進馬達轉速及時間因素的函數。
- (6) 顯像器及擴音器，用以顯示車輛操作及警告訊息。（\* 本項未完成，正進行中）。
- (7) (8) 手動方向機與自動控制方向機之切換鈕。
- (9) 步進馬達-1，係接受側向控制電腦命令旋動方向機柱之動力源。
- (10) 為傳統之轉向機構。



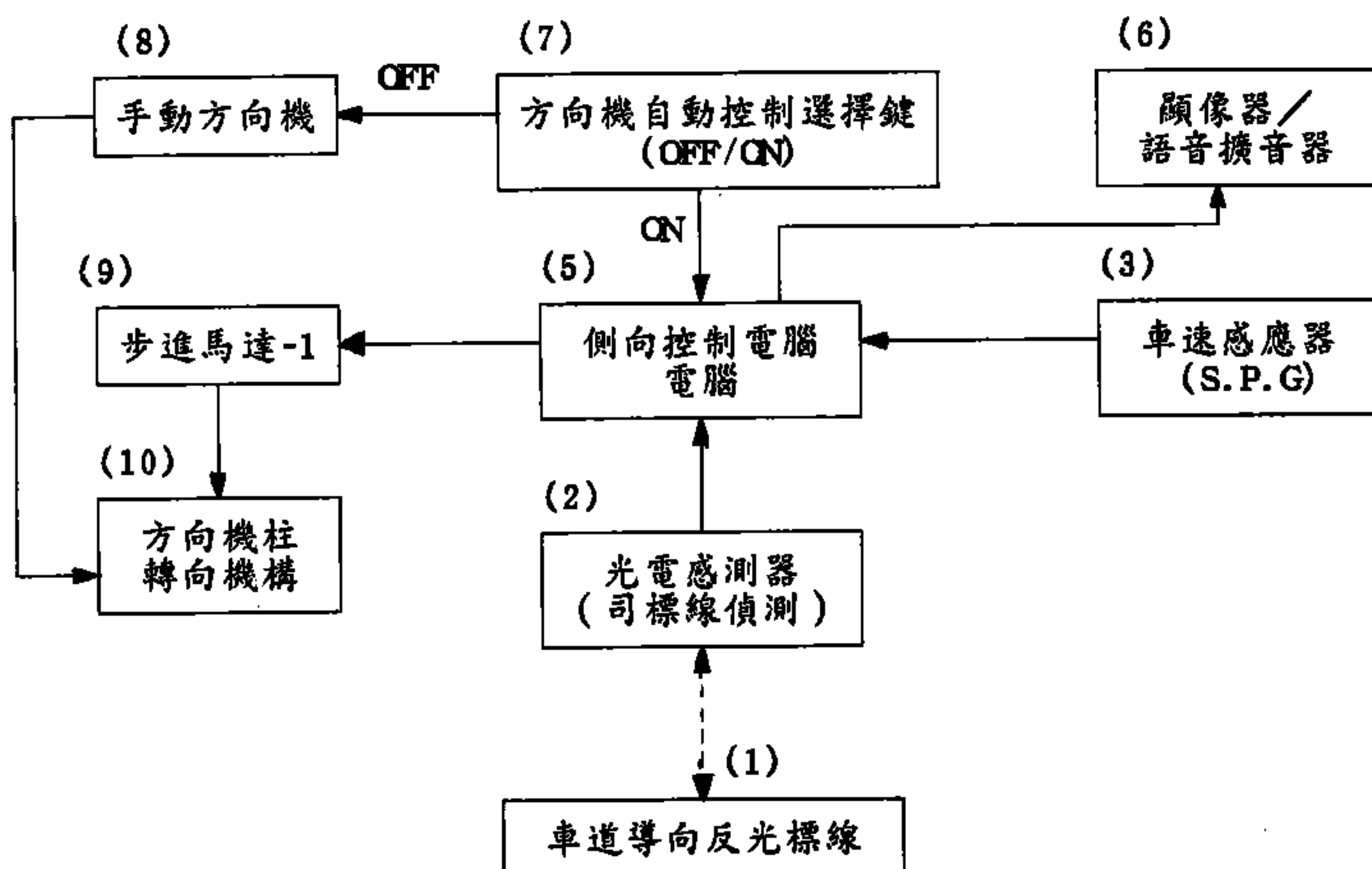


圖 1 - 1 ADVACNE-F 之 AF82 導向控制架構

## 2. 速率控制

速率控制即縱向控制，ADVANCE-F 的縱向控制系統發展分兩相進行：第一相稱為中央速率控制系統（中央速控），所謂中央是指交通控制中心，由其透過路邊控制器予以全般式控制道路上的車輛速率也。其概念已於前期 AF81 架構中提出，在此不詳加說明。由於中央速控需龐大經費才能進行完整試驗，故本案決定將之列入長期計劃，而於本期 AF82 中僅進行由無線電通訊方式遙控車速之試驗；也即裝設模擬之路邊控制器，由其發射無線電微波驅動傳統定速裝置以操作電源開關、加減速及解除等動作。此項試驗乃為中央速控架構最基本的要求。〔4〕

至於第二相為自主速率控制系統（簡稱自主速控），AF82 所完成之架構詳如圖 1-2 所示。圖中之虛線框內係為傳統之定速裝置，當中可以知道傳統縱向的操作可以經由加速腳踏板，或定速鍵盤（一）（上有 ON/OFF，加速 + / 設定，減速 - / 重置，及解除四個鍵）予以作業。本研究賦予新增功能之關連系統為：

- (1) 近距感測器，裝置於導航車之周邊，用以偵測周邊車或物體與本身之間距。
- (2) 縱向控制電腦根據近距感測器所收集周邊車距或物距做為提示警訊依據，並檢測現況車速予以微動調整由定速鍵盤（二）所鎖定的速率。倘現況速率發生過高（如下坡時）或有危險警訊，速控電腦即啟動自動煞車系統。
- (3) 速率控制作業狀態顯示及警訊之播放。（\* 本項未完成，正進行中）。
- (4) 裝置步進馬達-2，接受速控電腦命令驅動煞車等第。
- (5) 設計速率數位顯示錶，以方便試驗之進行。

### 3. 執行駕駛方式

在本 AF82 計劃階段之完成，自動導航車可以根據下列方式操縱車輛，如圖 1-3: (1) 側向控制方面可有兩種選擇，即手動或自動。(2)

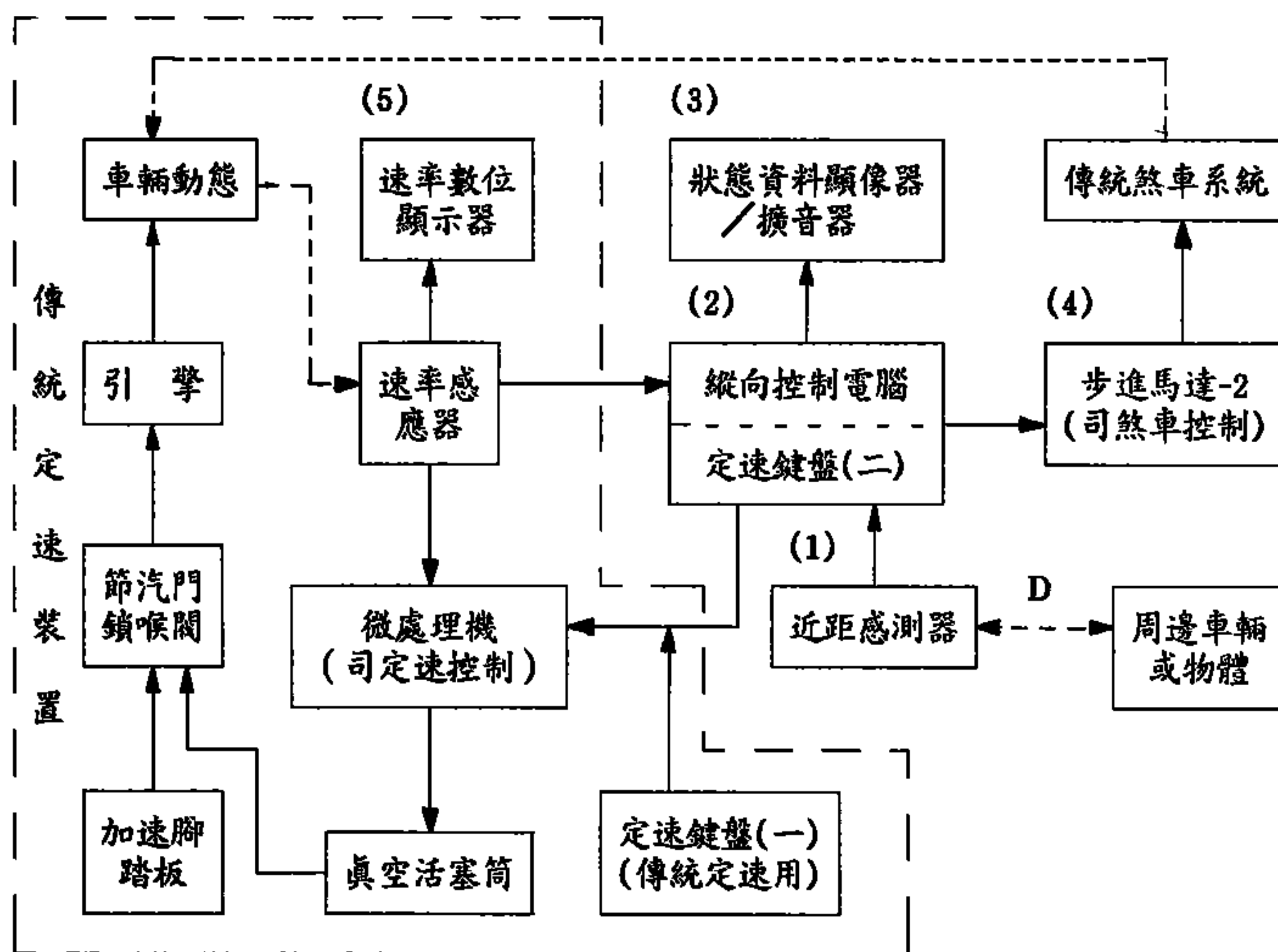


圖 1 - 2 ADVANCE-F 之 AF82 縱向控制第二相——自主速控架構

速控方面除保有傳統踏板外，駕駛可選用定速鍵盤做加減速，進一步可使用有防撞之加減速微調及自動煞車功能之自主速控裝置。至於無線電控制車速尚待未來中央速控之公共設施部門的配合方能執行。這裡要強調的是使用傳統定速裝置(定速鍵(一))與使用自主速控定速裝置(定速鍵(二))有很大的差異，由圖1-2知使用傳統定速鍵將無法啟動自動煞車系統，尤其下坡時會出現失速現象。

因此，剛使用導航車的人他會採手動方向盤配合定速器之按鍵選擇定常車速，必要時以加減速鍵小幅調整車速，緊急時以踏板煞車。進一步可能使用自動方向盤控制卻採踏板控制車速。於信心建立後，就會讓自動方向操控與自主速控裝置併用。然而截至本AF82計劃，速控系统尚未完成全自主速控，實際僅能稱半自主速控，全自主速控需待未來完成測距儀或前後車間雙向通訊系統之裝設。而且AF82亦不能自動變換車道，當需變換車道時則須將側向控制權切回手動。

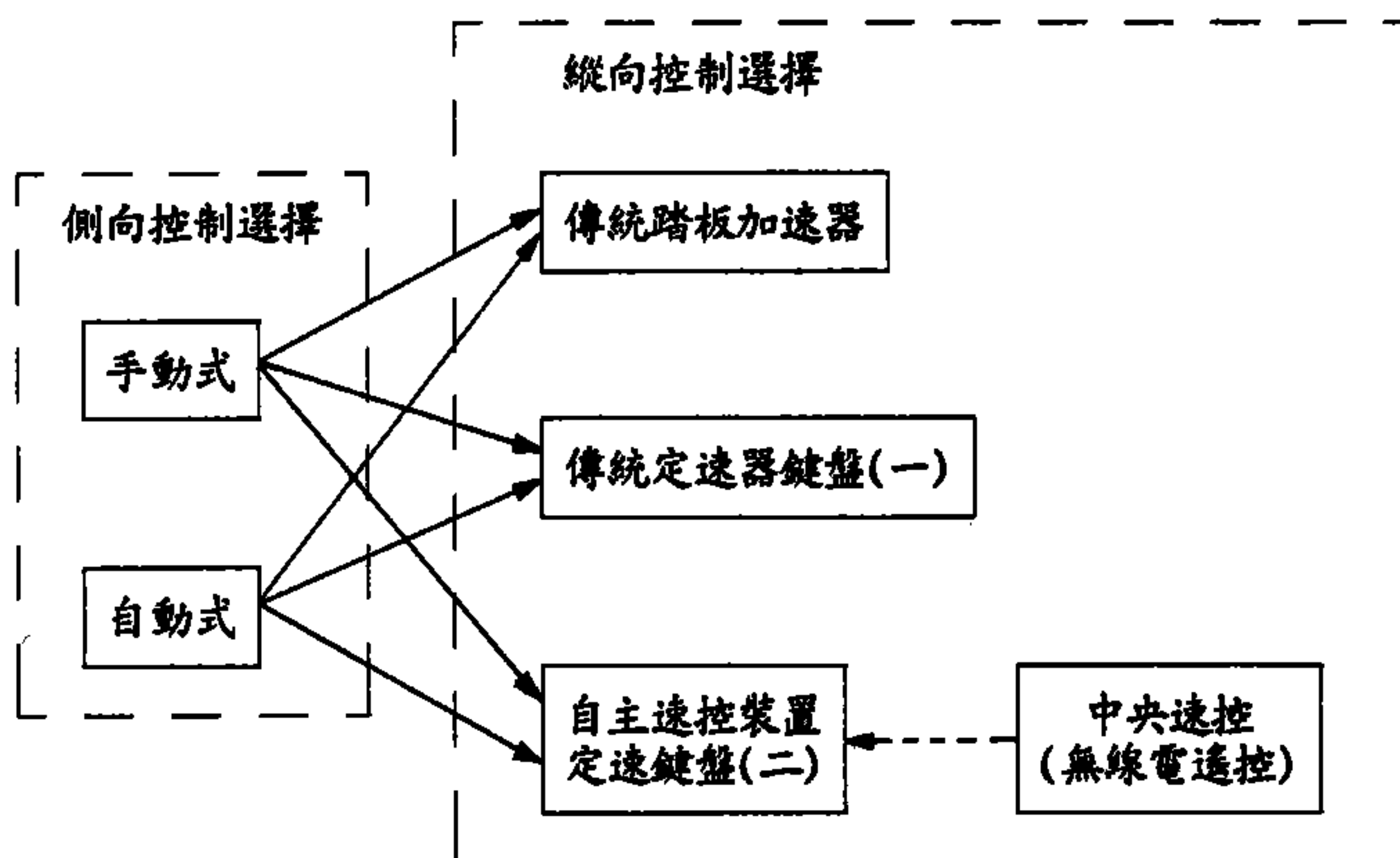


圖 1 - 3 AF82 計劃完成之推行方式

## 1. 4 未來工作方向

於圖 1-4 中為 ADVANCE-F 未來中程研發之計劃大略。工作項目大致為：

1. 研究變換車道允許與否之檢測，以及碰撞預警語音提示裝備。進而開發自動變換車道之控制。
2. 研究以步進馬達取代真空活塞閥致動節汽門鎖喉閥的裝置。
3. 研究採用雷達測距儀偵測前導車距，以供車間程控制與自主速率控制的決策資源。
4. 開發前後車雙向通訊技術，可使間程控制再縮短，提高道路容量與安全管理。
5. 另外為加強行車安全，擬裝設氣候感測器、路面感測器及載重感測器。

在遠程計劃中擬研發中央速控系統，並結合先進交通資訊系統（ATIS）及先進交通管理系統（ATMS）以中央速控之路邊區段控制器為媒介，祈使道路交通臻於上層智慧。

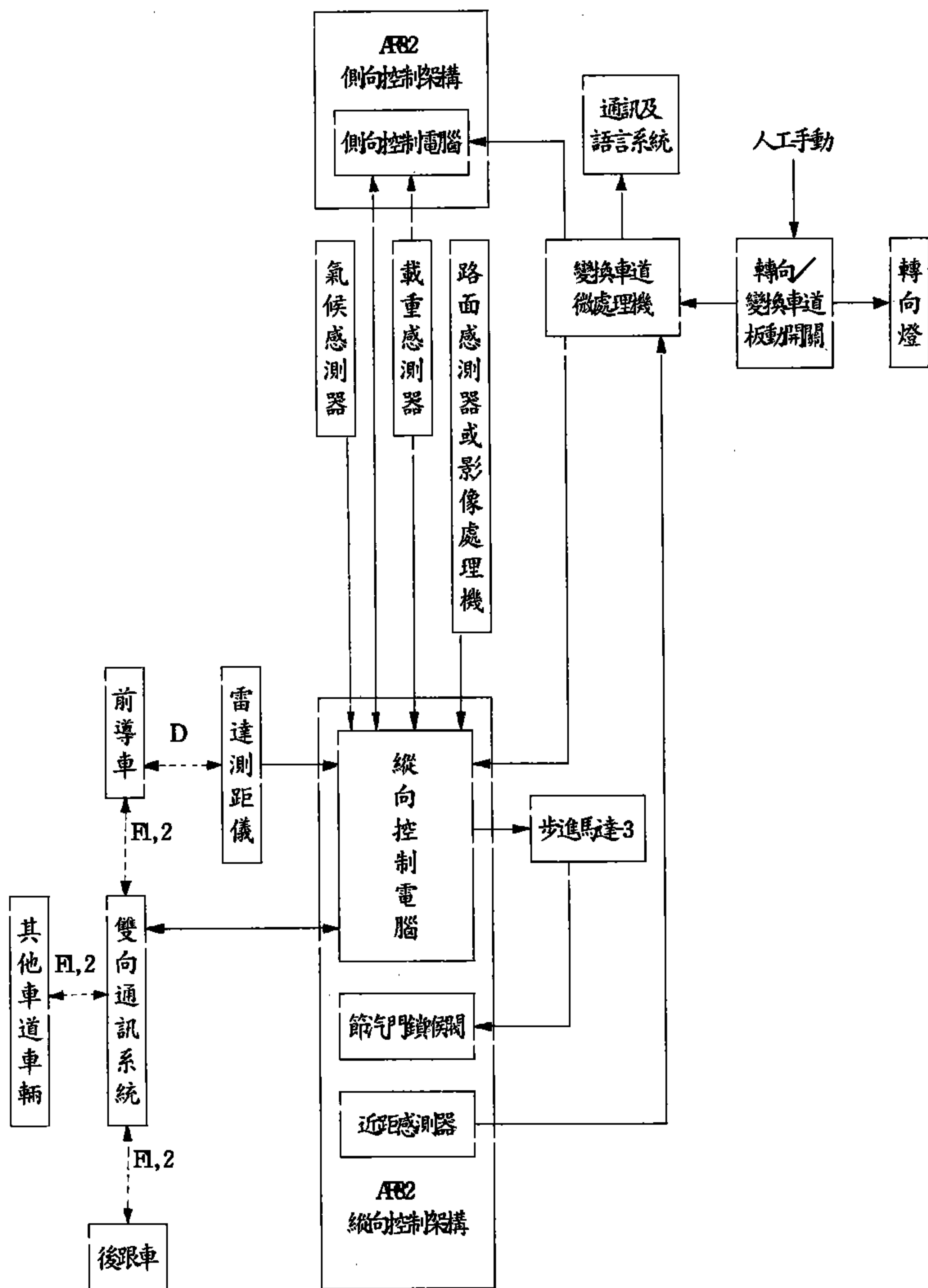


圖 1 - 4 ADVANCE-F 之未來中程研發工作方向



## 第二章 ADVANCE-F 之導向控制技術及試驗

### 2. 1 導向控制系統一側向控制單元

導向控制系統主要包括感測子系統(Input)及伺服子系統(Control and Output)，其關係如圖 2-1 所示。該各項元件之規格將於下面數節中敘述。

### 2. 2 導向光電感測系統元件規格與設計

#### 2. 2. 1 道路導向標線規格

1. 規格：爲下述光電感測器之發光反射專用，即需符合其光波頻寬帶之反射。
2. 寬度：1 inch (2.54cm)
3. 增益：(1) 1200 Candle Power ( $-4^{\circ}$  Entrance Angle)  
3000 Luminance Factor.  
(2) 600 Candle Power ( $30^{\circ}$  Entrance Angle)

#### 2. 2. 2 導向光電感測器規格

有關本研究所使用之導向光電感測器如圖 2-2，其規格如下：

1. 電源電壓：DC12V。
2. 消耗電流： $< 50\text{mA}$ （每顆）。
3. 檢測距離：標準 30cm，最大 60cm，（只對前述之專用導向反光標線作用）。
4. 光源：LED 紅外光。
5. 光源直徑：20mm / 距離 50cm。
6. 光源強度：可調式（ $270^{\circ}$ ）。

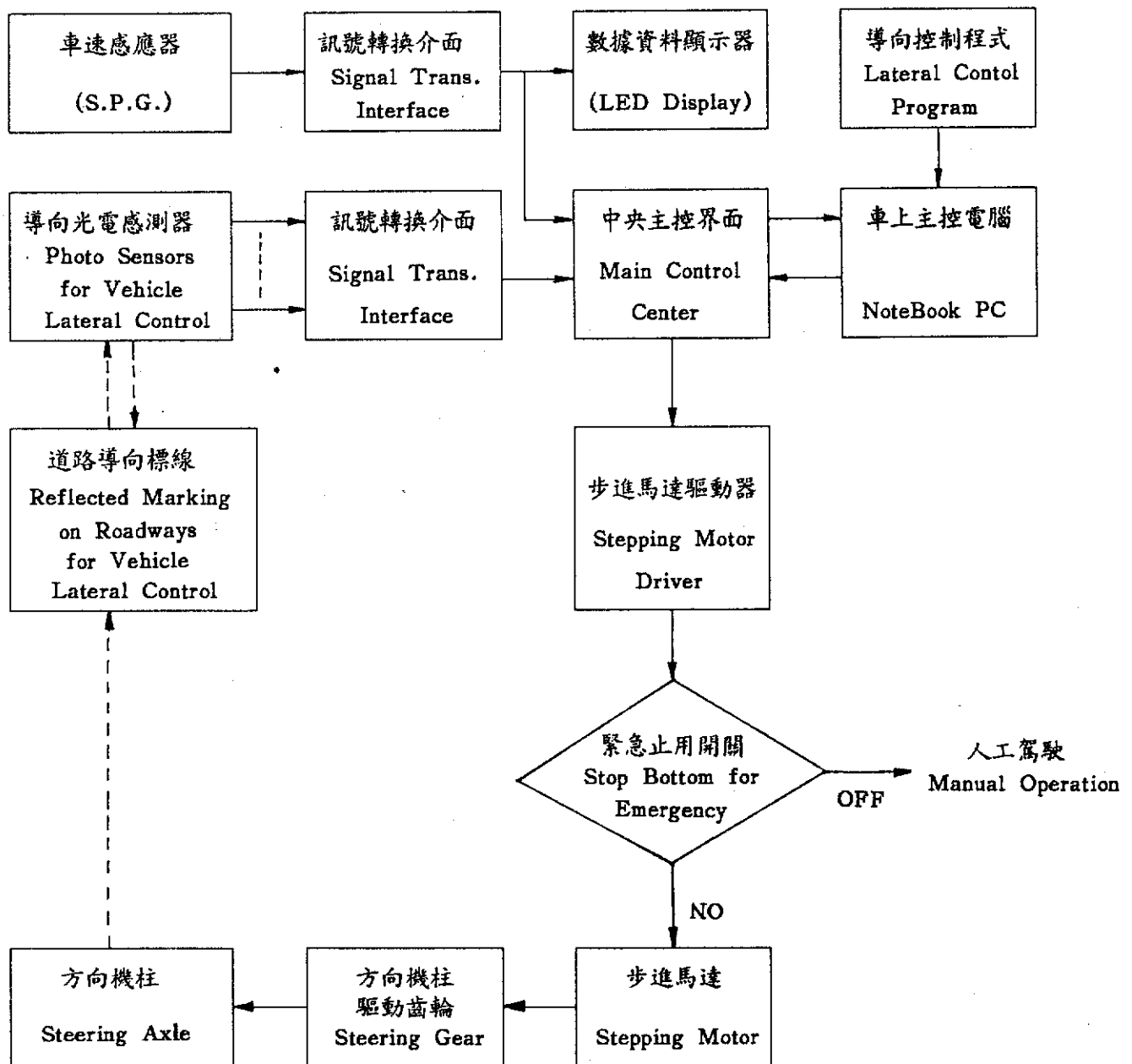


圖 2 - 1 導向控制系統

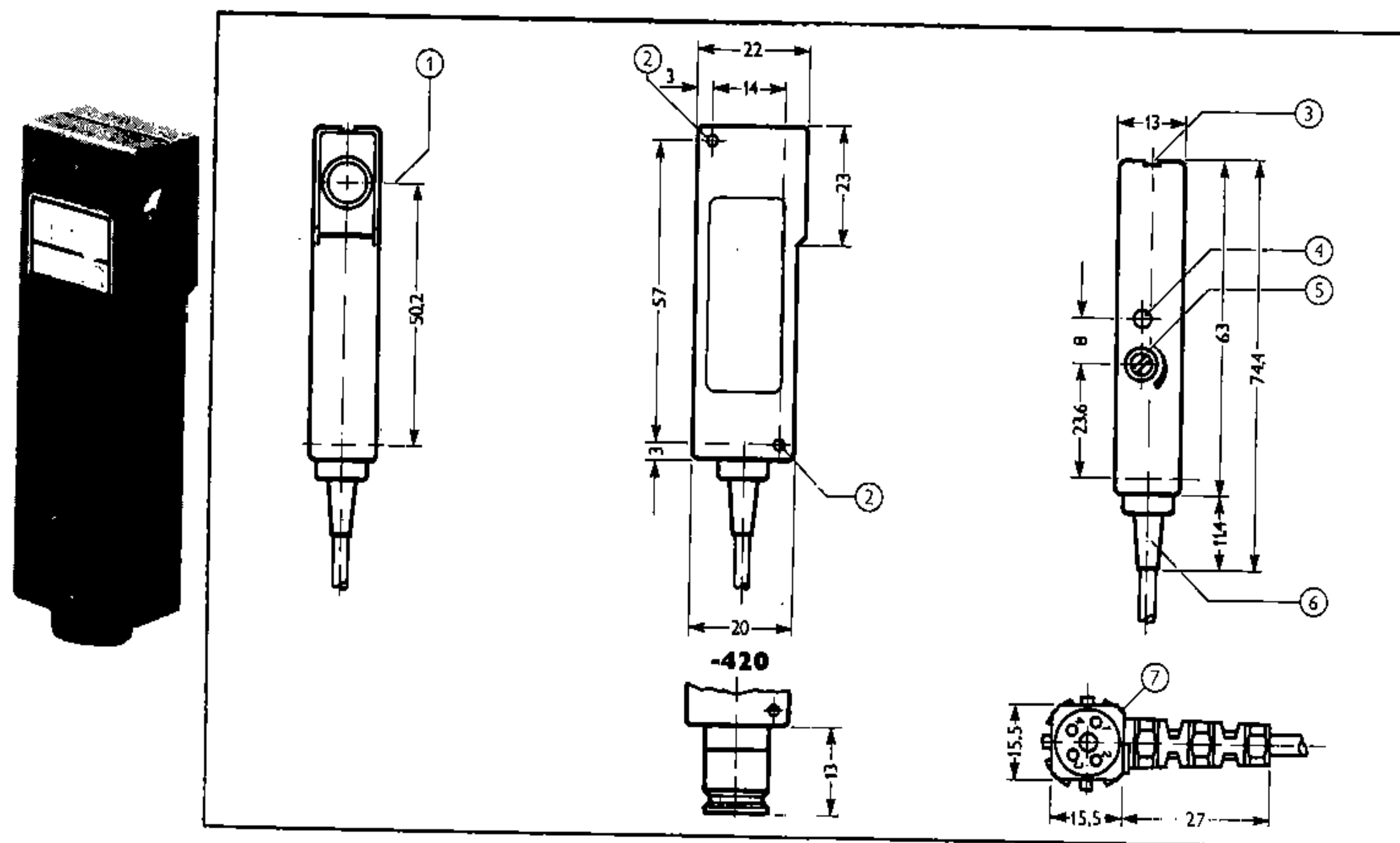


圖 2 - 2 導向光電感測器規格

7. 出力動作：NPN High / Low OUTPUT。
8. 應答速度： $\leq 250 \mu s$ ，2000 / s
9. 操作溫度： $-25^{\circ}C \sim +55^{\circ}C$
10. 保護構造：IP67，（密閉、防塵、防水）
11. 回路保護：逆極性保護、短路保護、雜訊消除

### 2. 2. 3 導向光電感測器與 PC 之介面電路

有關導向光電感測器之訊號送至 PC 主控電腦須經一介面，如圖 2-3 所示。

### 2. 3 車速感應器與其介面電路

#### 1. 車速感應器及電子數位時速錶

車速感應器使用雙 S.P.G. 串聯式搭接於傳動軸上，一組訊號送往

定速器，一組訊號經轉換介面送至主控 PC，並連接出至電子數位時速錶（如圖 2-4），而其主心轉軸乃續接至速率儀錶。

## 2. 車速感應器之訊號轉換介面電路

由於 S.P.G. 送出的是類比訊號，將其轉成數位訊號以便電腦讀取，其介面如圖 2-5 (a) 前置電路及圖 2-5 (b) 訊號處理電路（時速運算電路）。

### 2. 4 伺服機構器件規格與設計

#### 2. 4. 1 伺服機

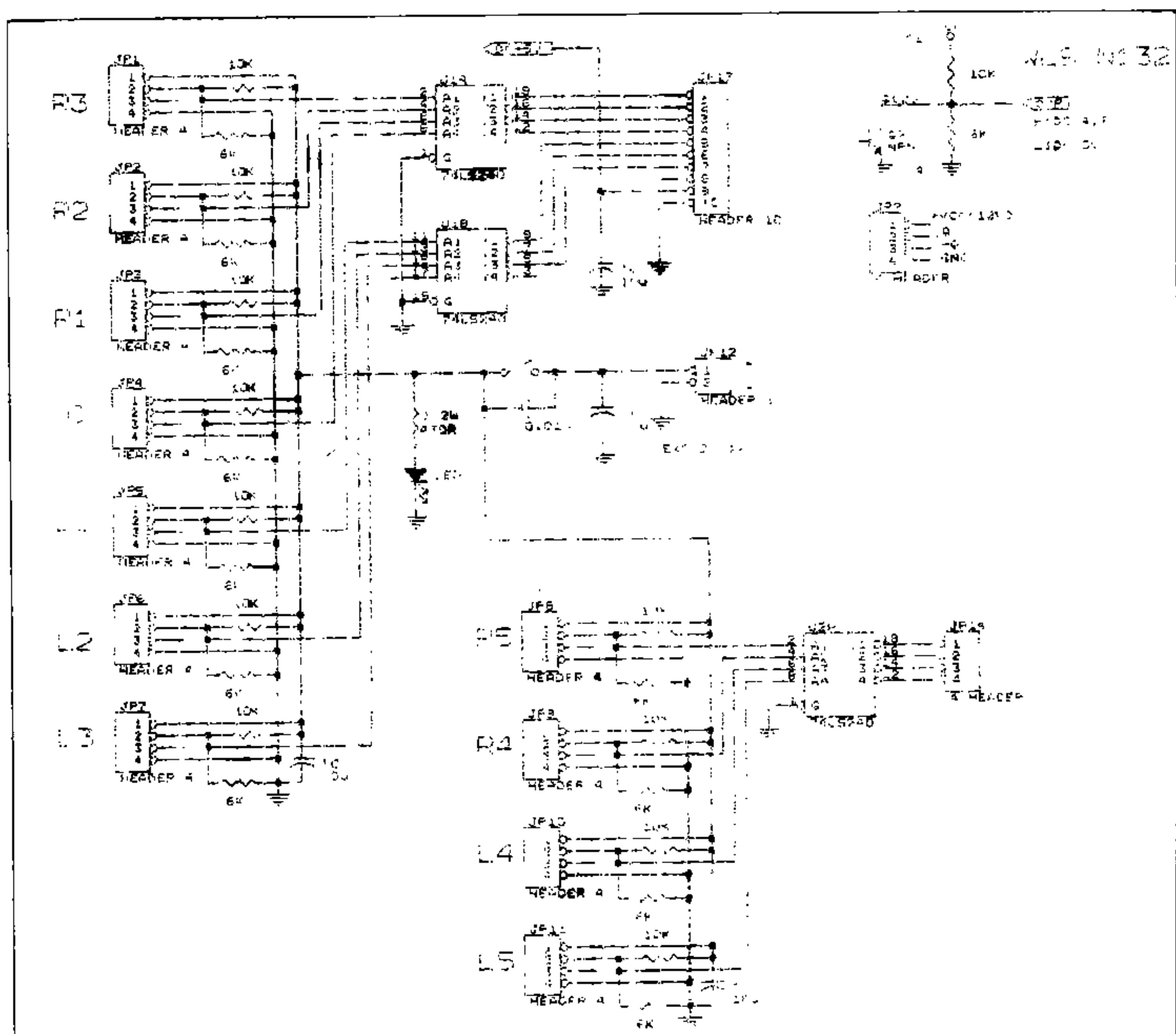


圖 2 - 3 感測器電路



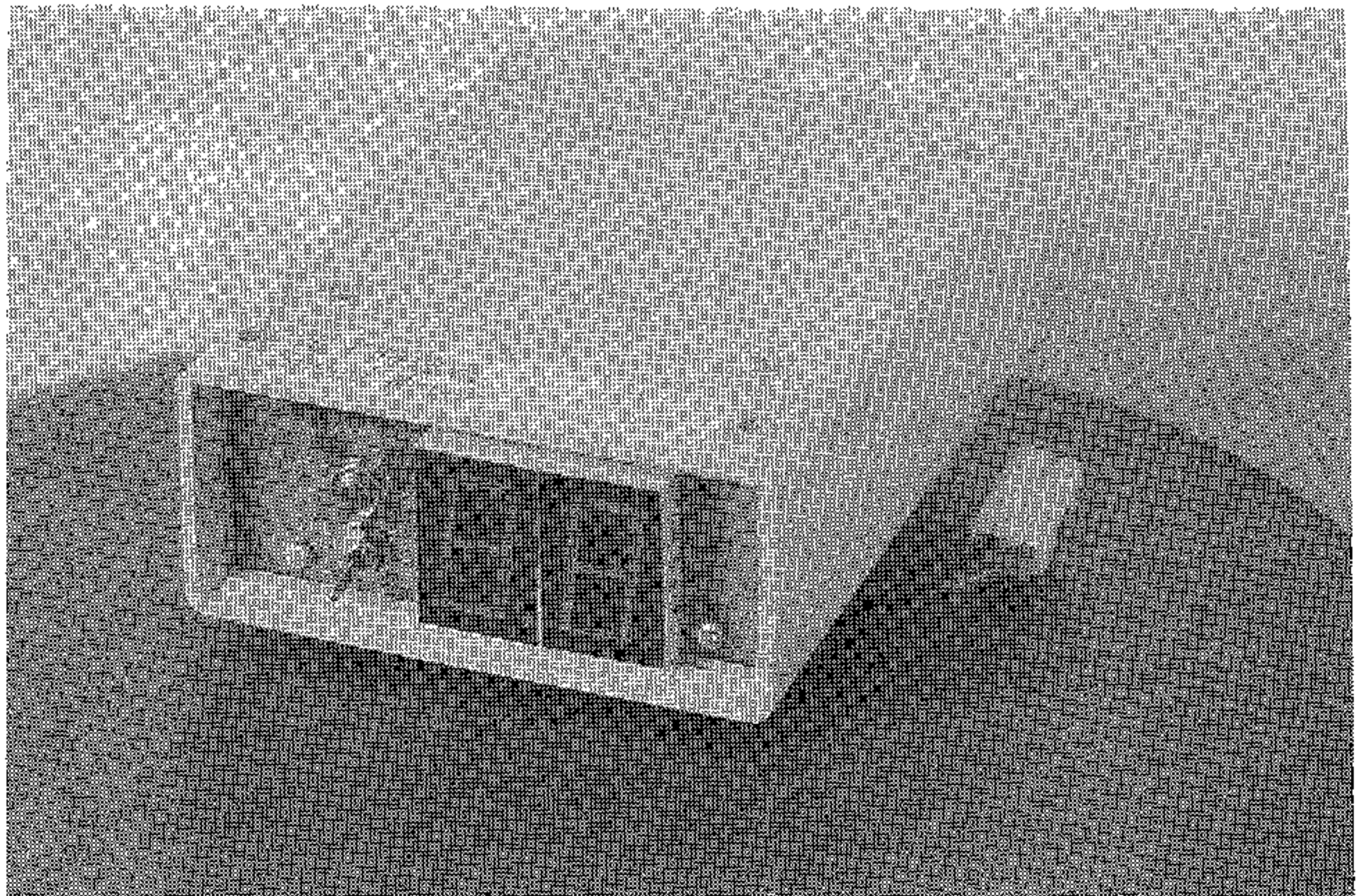
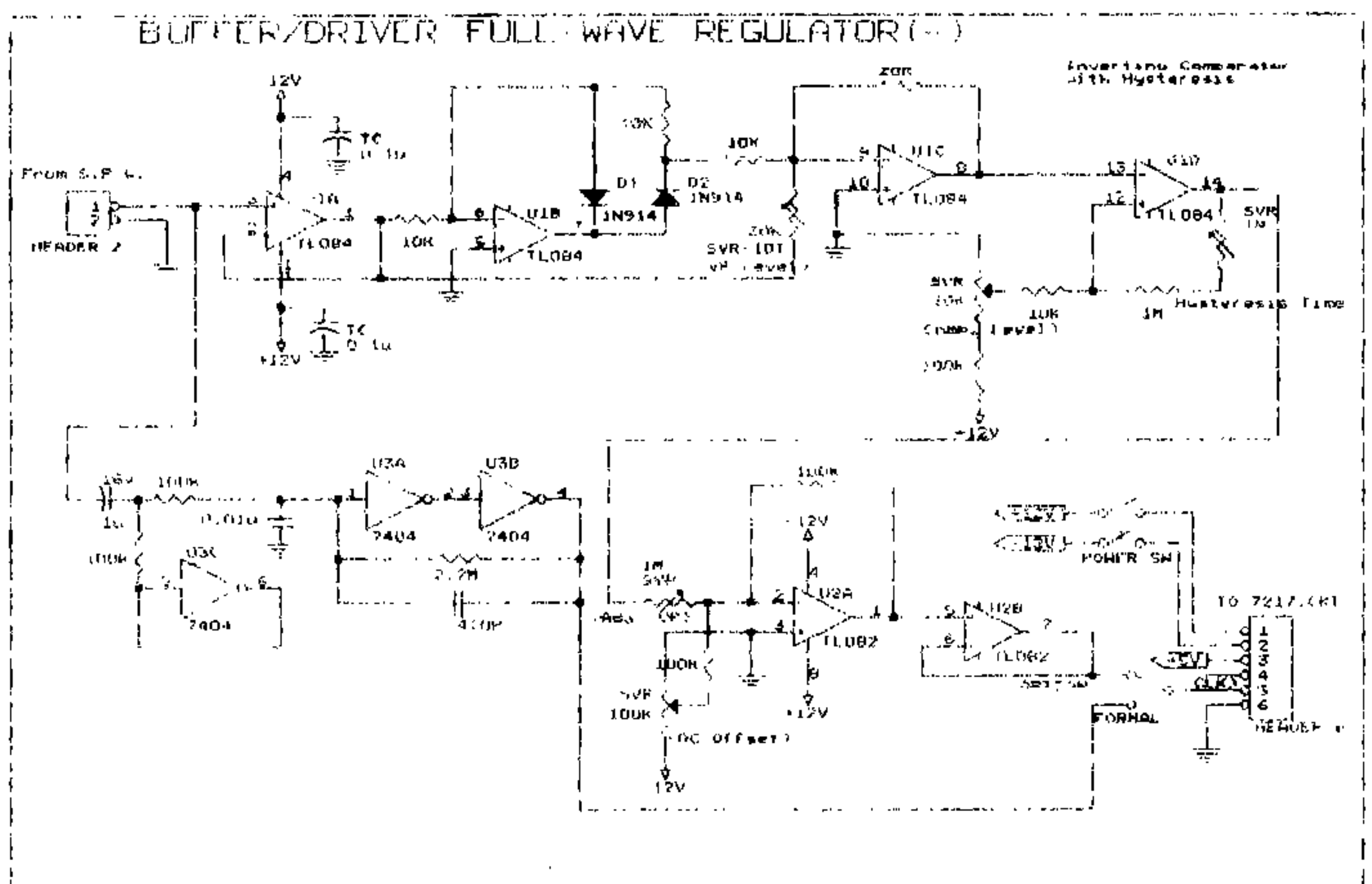


圖 2-4 電子數位時速錶



(a) 前置電路

圖 2-5 車速感應器之訊號轉換介面電路





伺服機為以大小齒輪咬合方向機柱與一只步進馬達之結構。

## 1. 扭力計算

根據一般車輛方向盤之外徑扭力值為 3kg 推算，方向機柱之中心扭力約為 60 kg-cm；以裕隆飛鈴 102 自排車為例，其方向盤直徑為 38.5 cm，根據此數據推算，其中心扭力為：

$$3 \times \frac{38.5}{2} = 57.75 \text{ kg-cm}$$

故可設定安全扭力為 60 kg-cm。依本研究轉換齒輪之選擇，步進馬達齒輪之直徑為 58.5 mm，齒數為 39；方向機柱齒輪之直徑為 175.5 mm，齒數為 117，故可產生 1：3 之減速效率，且扭力可增三倍，所以選擇大於 20 kg-cm 之步進馬達即可。

## 2. 步進馬達

- (1) 電器規格：
  - A. 電壓：DC4.8V
  - B. 電流：3A（每相）
  - C. 扭力：38 kg-cm (Torgue)
  - D. 角度：0.9（每格）
  - E. 誤差：± 5 %
  - F. 絕緣：B class
  - G. 溫度：0 ~ 40 ° C，80 ° C max
- (2) 重量：3.6 kg
- (3) 尺寸：如圖 2-6

## 3. 方向機柱與伺服機之接合架構

根據一般車輛方向機柱之配置，本計劃選擇之最佳改裝點如圖 2-7 所示。其方法是將方向機柱總承之套筒部份切開，並經過處理，將大齒輪(D：175.5mm)固定於方向機柱支承上，再將馬達以一” L

Lead Wire AWG18

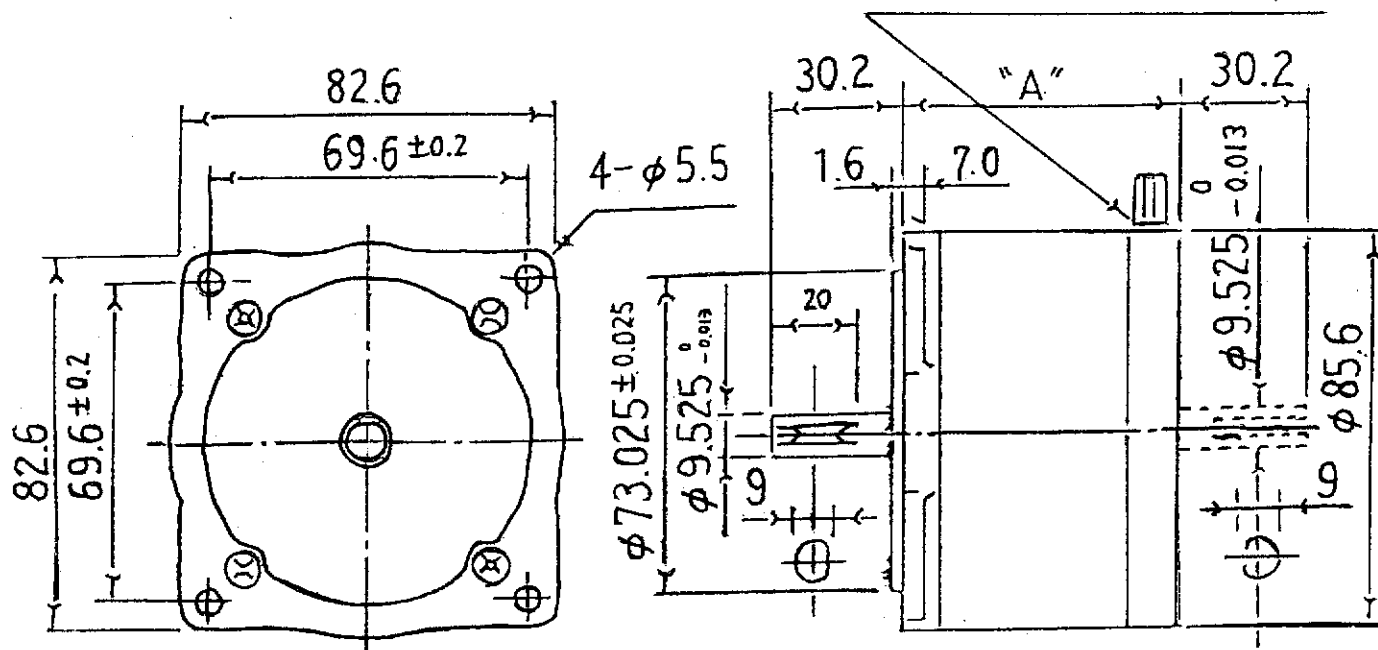


圖 2-6 伺服方向機用之步進馬達尺寸

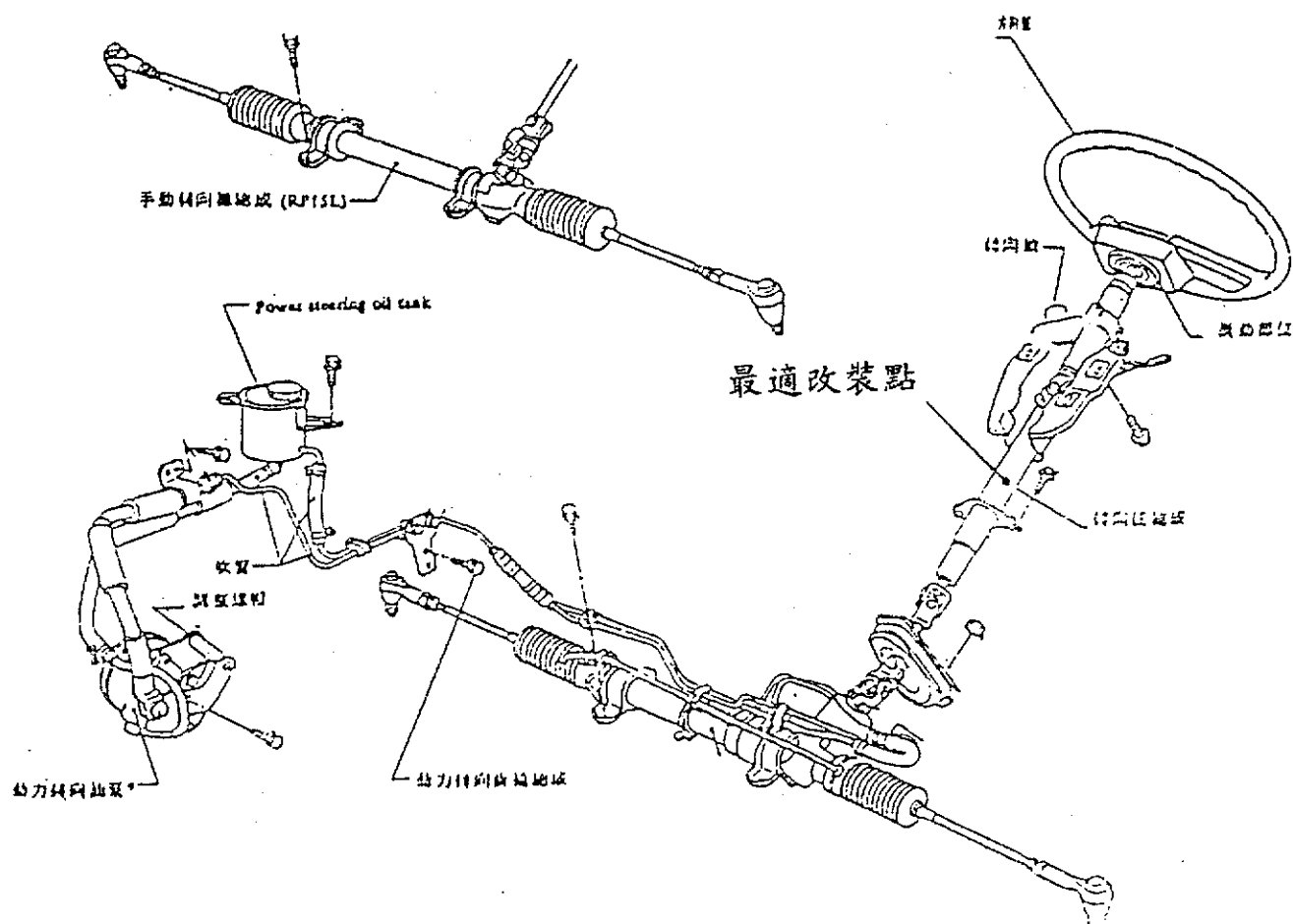


圖 2-7 步進馬達與方向機接合位置示意 [5]



型鋼架固定於方向機柱上，此時馬達之小齒輪(D： 58.8mm)必須與大齒輪咬合，並必須注意齒輪嵌合之齒面間隙以達最適當之距離；如齒輪咬合不密，當馬達轉動時易產生振動，而使機構受損。其中齒隙之最適當求法，可根據以下公式：

$$(\text{模數} \times 0.04) - 0.06 \text{ (mm)}$$

傳動效率就齒輪一般而言，平齒輪為 93% ~ 96%，故本案採用平齒輪為伺服齒輪，接合後如圖 2-8，圖 2-9（照片）。

## 2. 4. 2 伺服控制器規格及電路

### 1. 主控制電腦

Brand：(IBM PC Compatible) Notebook PC

CPU：80386 DX33

Speed：59 MHz

RAM：4Mega Bytes

F.D.：1.4 Mega Bytes x1

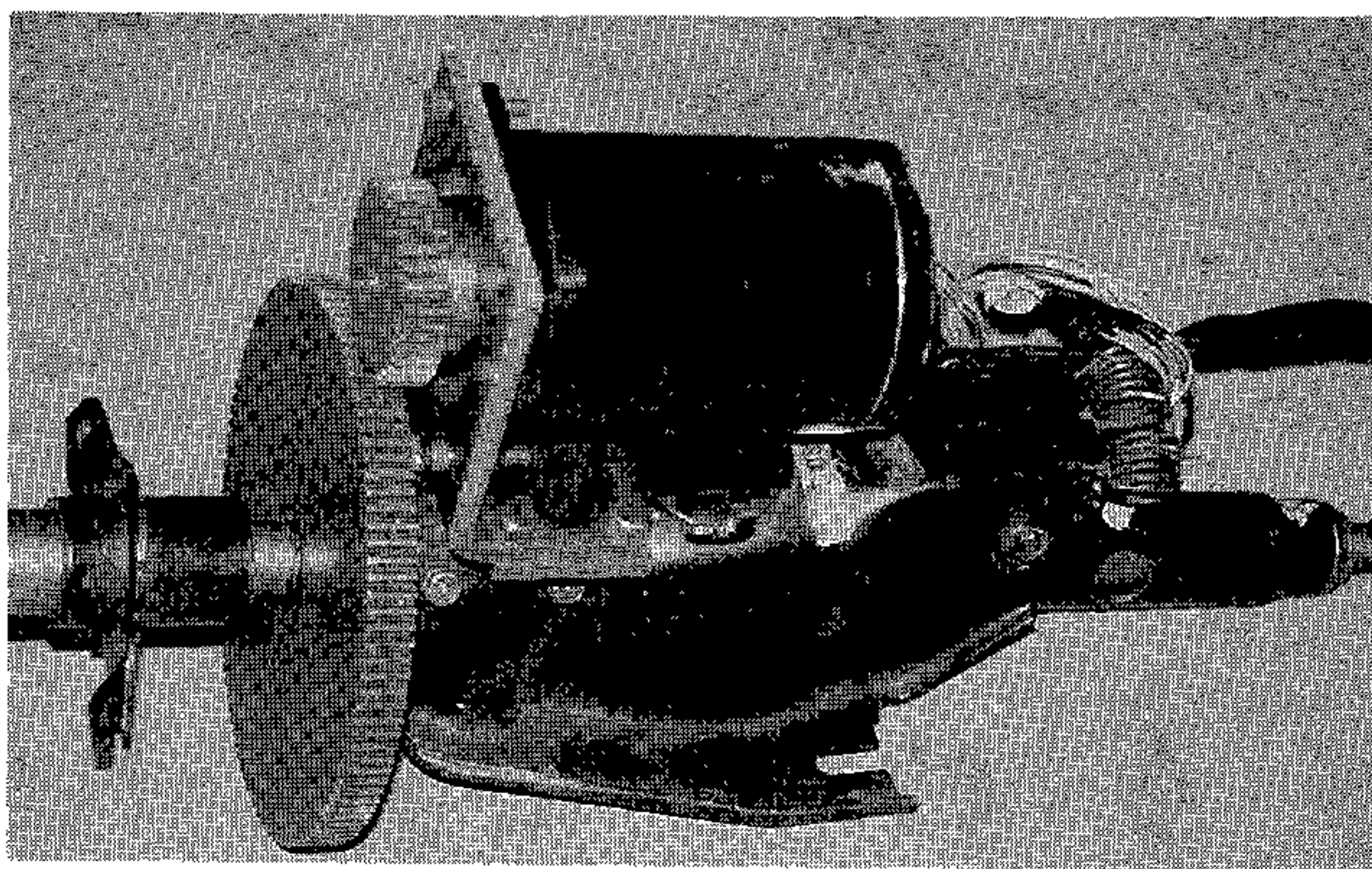
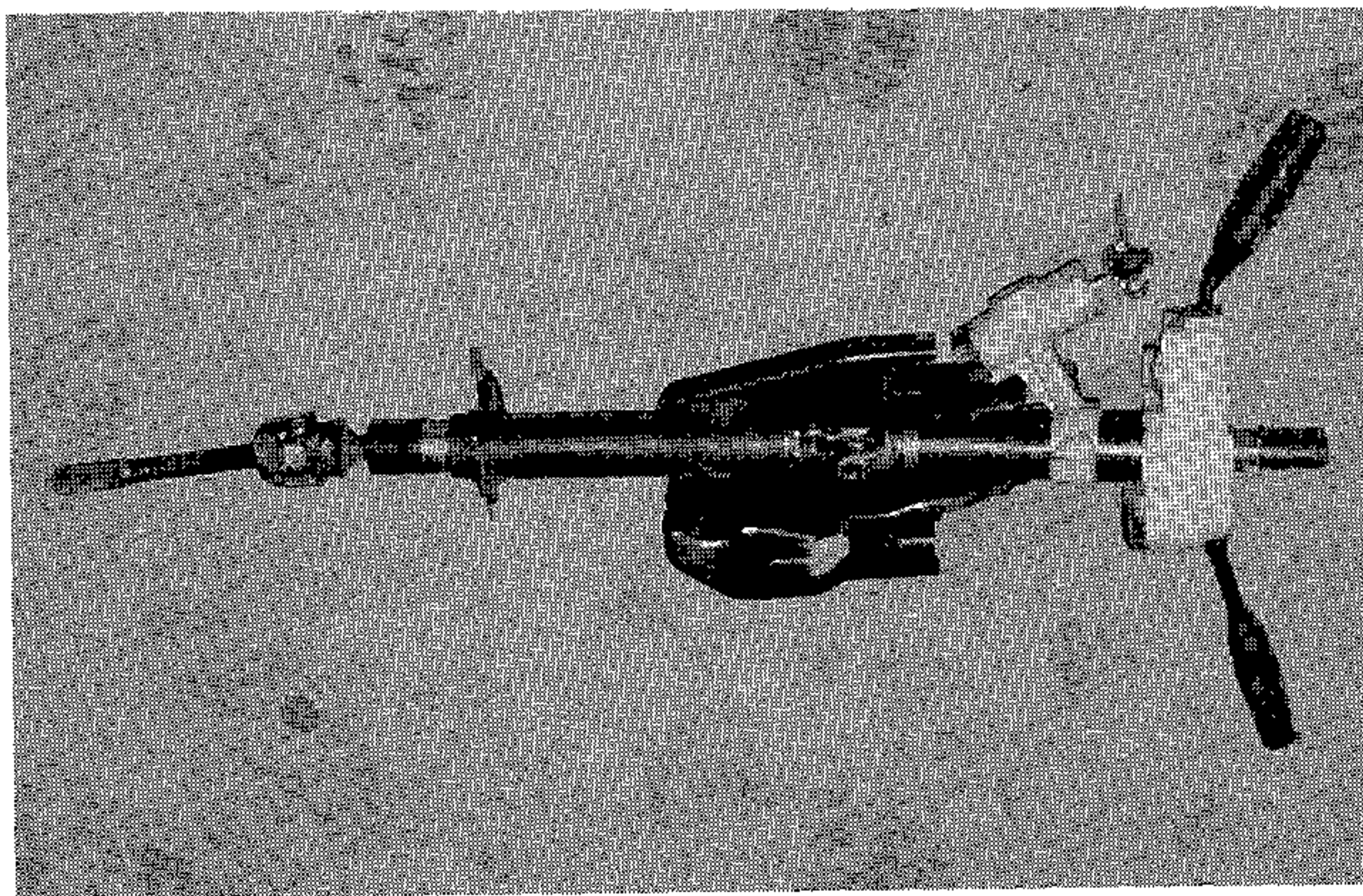
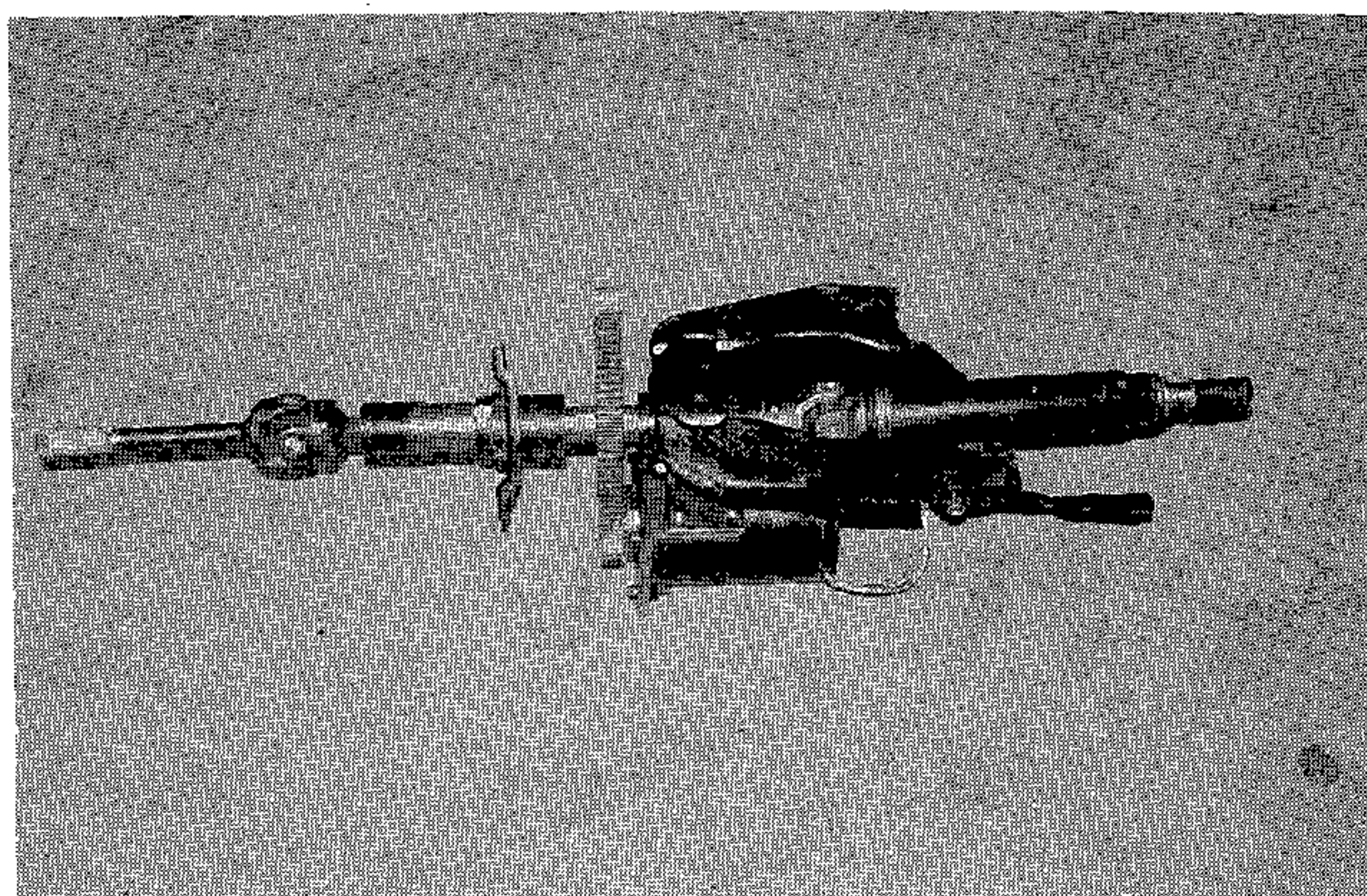


圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片（一）





續圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片 (二)



續圖 2 - 8 方向機柱與其伺服機接合照片 (三)



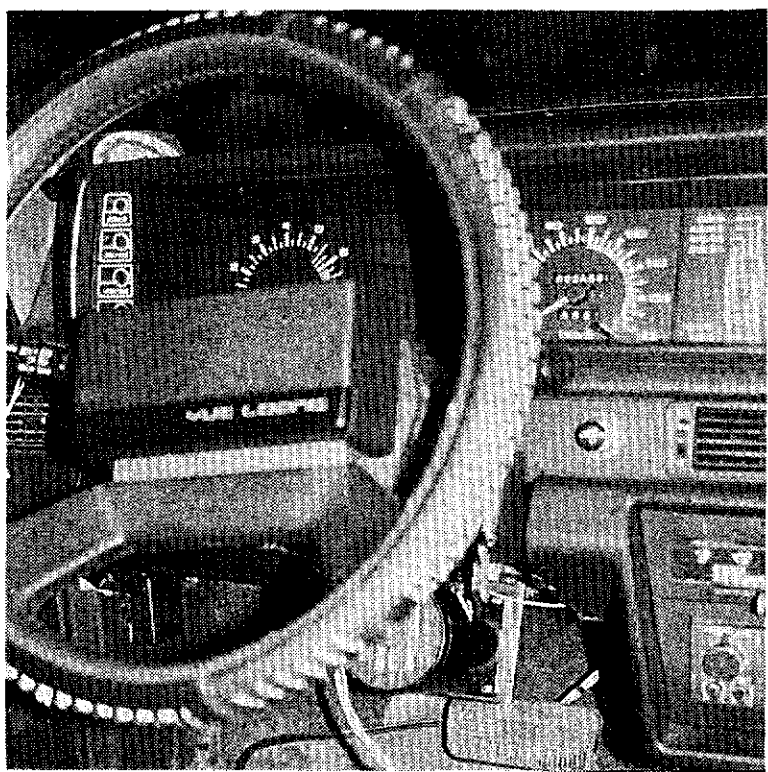
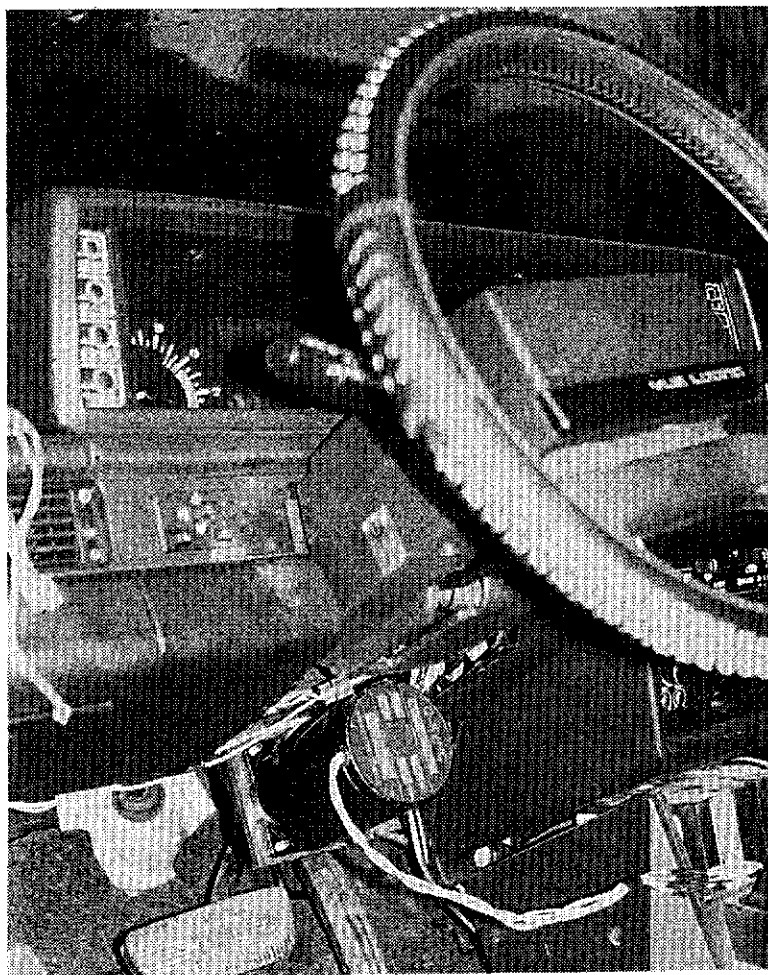


圖 2 - 9 伺服機導向裝車實體照片

External Bus : ISA 16 Bit Bus x2

2. 中央主控介面電路圖，詳如圖 2-10。

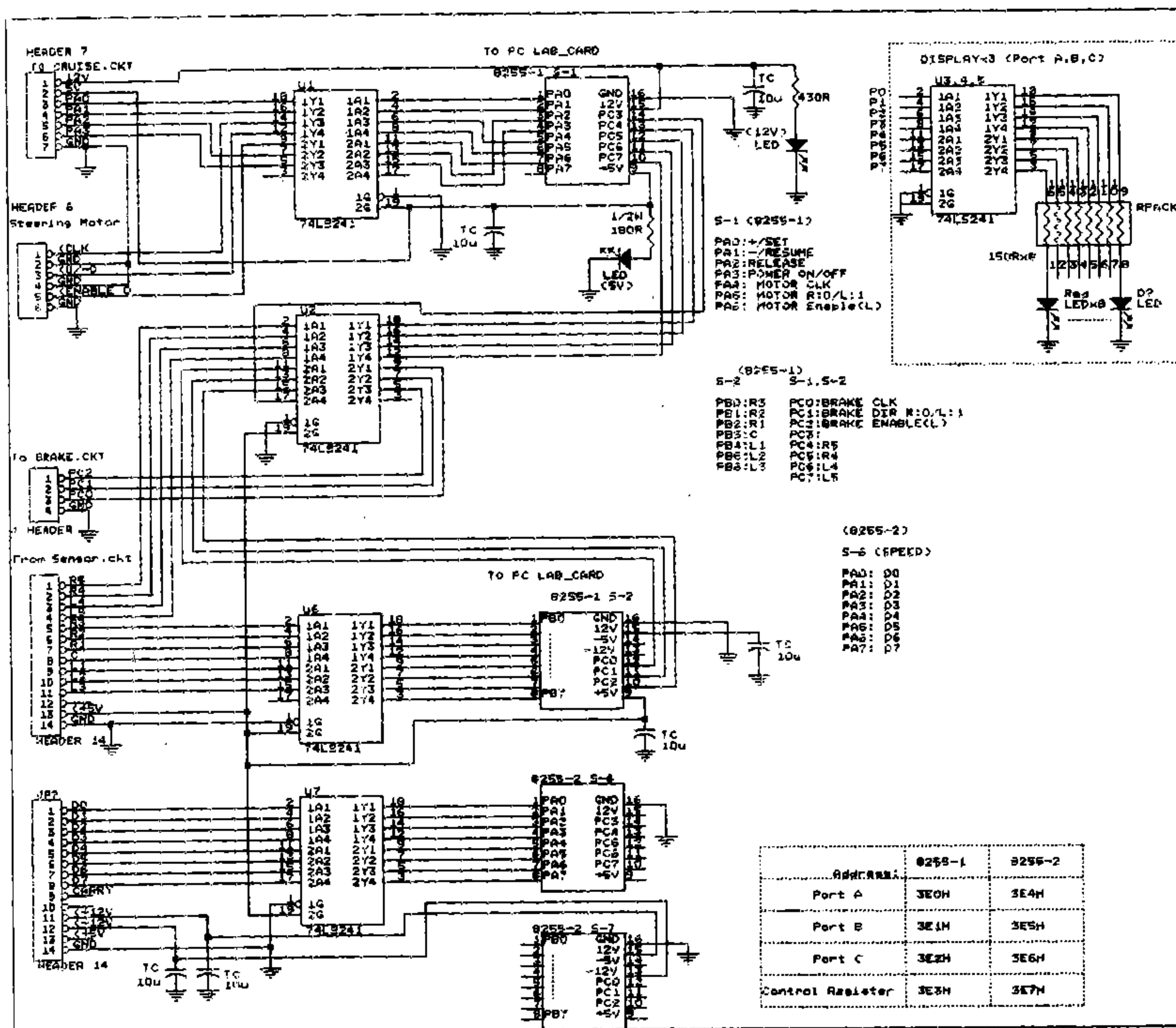


圖 2-10 中央主控介面電路

### 3. 馬達驅動器：（圖 2-11）

(1) 電器規格：

- (A) 電壓：DC9-35V。
- (B) 功率：最大 50VA。
- (C) 輸出：最大每向 3A。（定電流可調式）
- (D) 功能選擇：自動半功率選擇，全步／半步選擇。
- (E) 控制輸入：脈波輸入、方向輸入、馬達放鬆輸入。

(2) 尺寸：圖 2-12

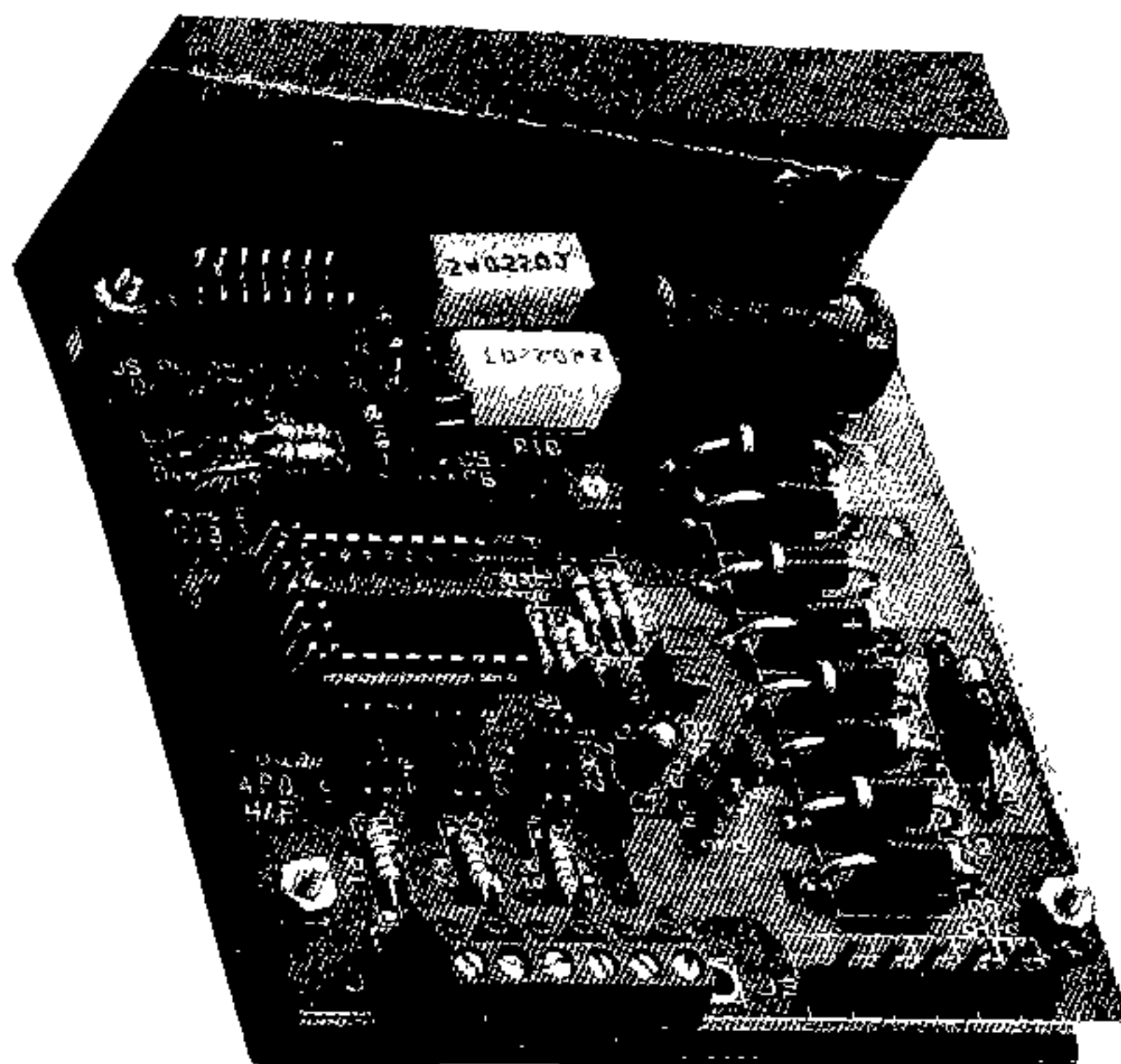
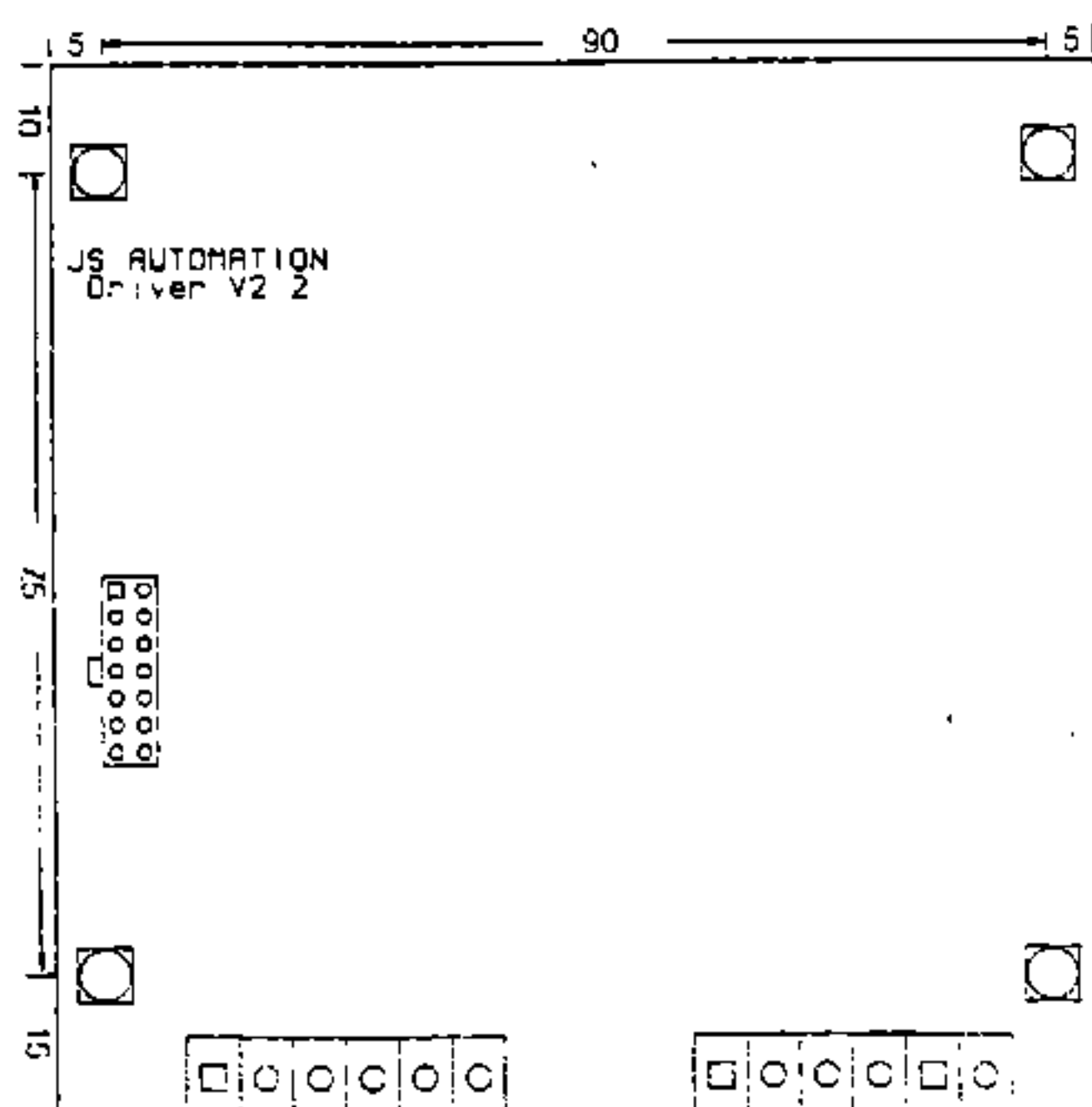
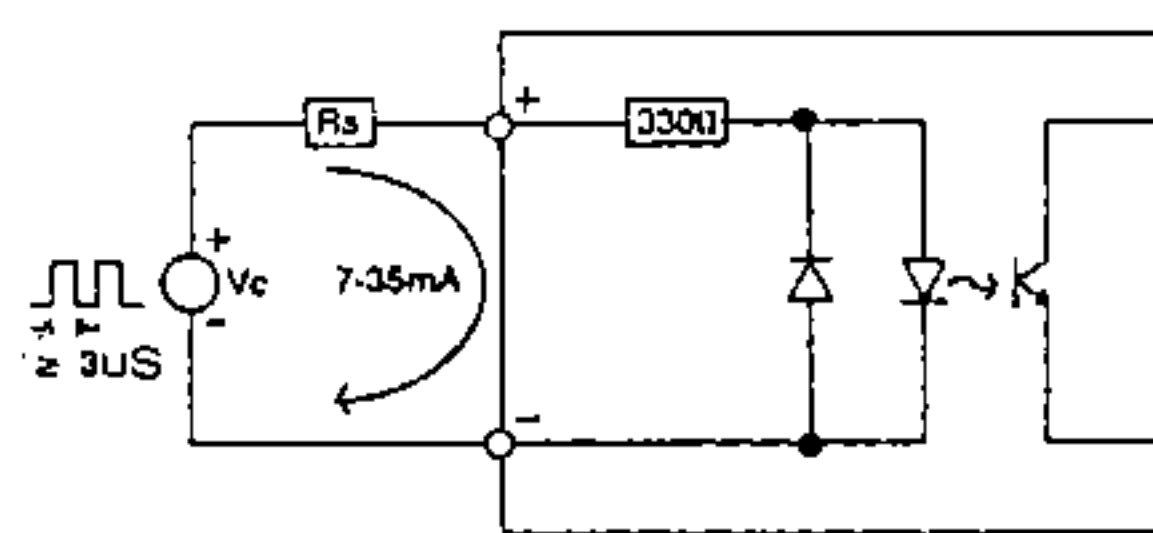


圖 2-11 馬達驅動器

外觀尺寸圖 (DIMENSIONS) m/m



輸入電路 (INPUT CIRCUIT)



Vc: CONTROL SIGNAL (V)

Rs: SERIES RESISTOR (Ω)

$$\frac{V_c - 1.2}{0.035} - 330 \leq R_s \leq \frac{V_c - 1.2}{0.007} - 330$$

圖 2-12 馬達驅動器尺寸與接合電路

## 2. 5 導向控制實驗室試驗

### 2. 5. 1 實驗模型

#### 1. 模型：圖 2-13（照片）

#### 2. 實驗台規格

##### (1) 感應器移動架：

長：2M

寬：0.35M

高：1M

材質：3mm，5mm 鋼板，5mm 間距齒條 x 1M。

感應及伺服機構：同 2.2 及 2.4 節所述。

##### (2) 高轉速模擬道路標線移動架：

長：0.6M

寬：0.28M

高：0.57M

材質：50mm x 50mm 鋼柱 x 8, 50mm（寬）x 100mm（半徑）鋼  
轉輪 x 2

皮帶：50mm（寬）x 1.14M（長），上著 2.2.1 節所述之反光標  
線

模擬道路移動馬達：

(A) 出力：1/4 H.P.

(B) 轉速：3600rpm(max)

(C) 電壓：180VDC(max)

馬達驅動器：

(A) 入力電壓：220VAC

(B) 出力電壓：200VDC

(C) 最大出力：1 H.P.



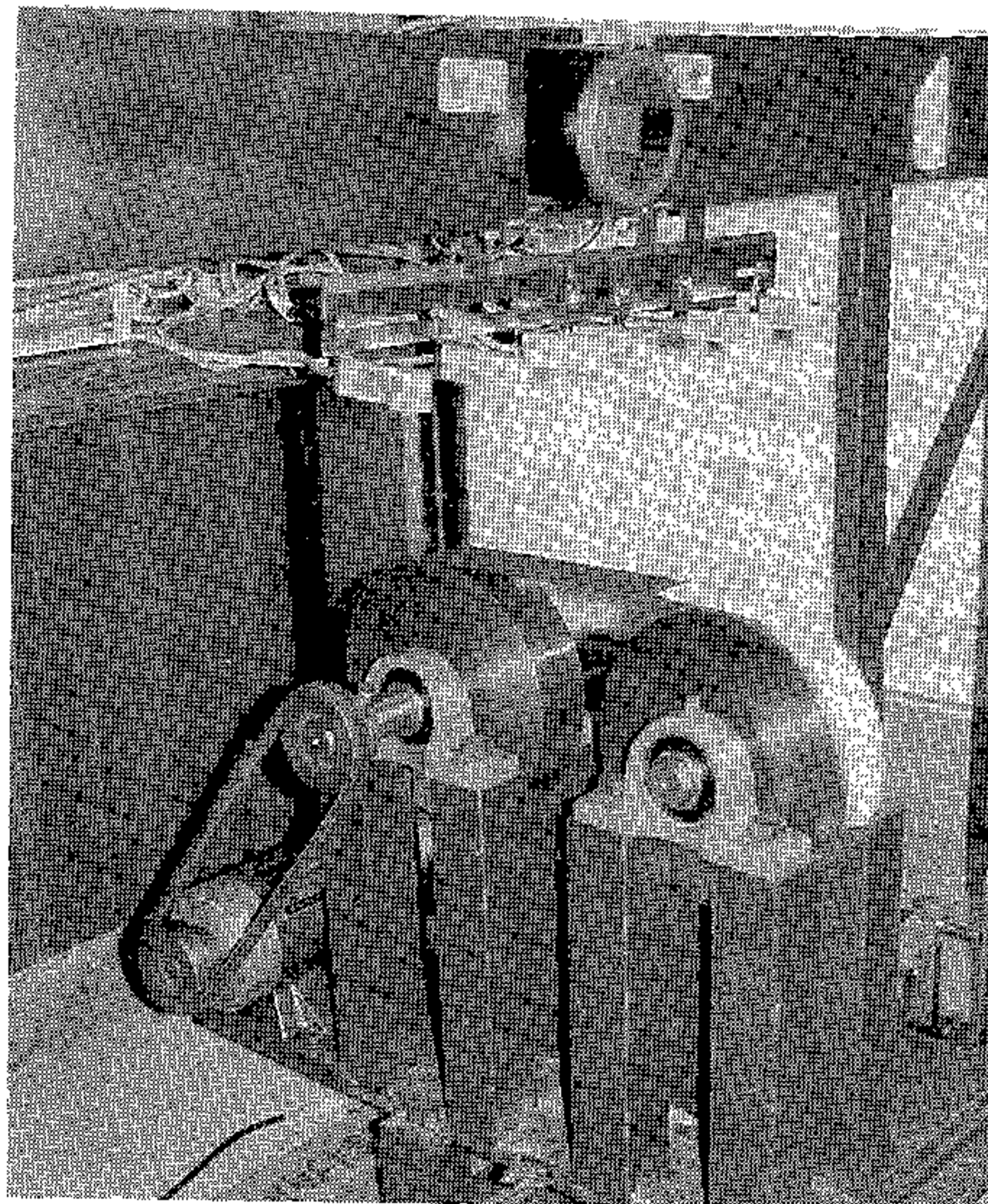


圖 2 — 1 3 導向控制實驗台模型



3. 感應器裝置方式如圖 2-14，共七顆，由左至右分別定義為 L3，L2，L1，C，R1，R2，R3。每顆間隔暫定 5cm。由感應器至標線高差 15cm，光直徑為 0.65cm。

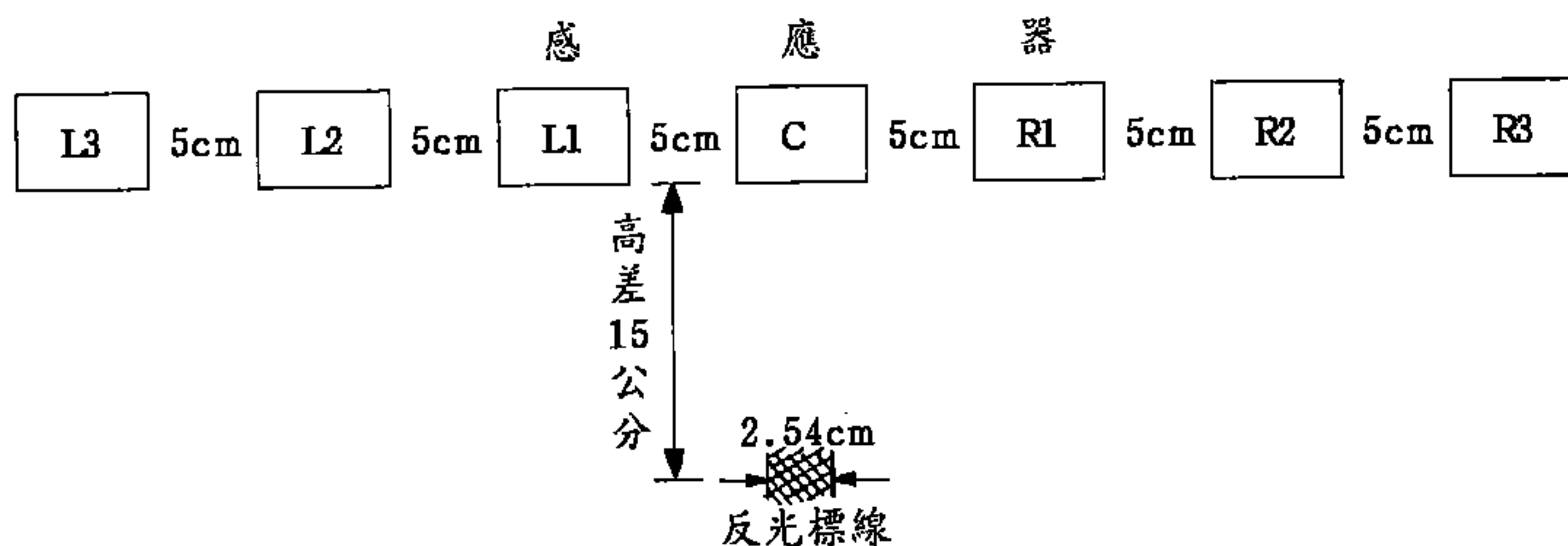


圖 2-14 感應裝置關係圖

## 2. 5. 2 實驗軟體

### 1. 實驗室導向控制程式

#### LATRAL.BAS

```

OUT &H3E3,&H82                                'Set 8255 Port A,C as O/P Port
                                                'Set 8255 Port B as I/P Port

START:
CLS
OUT &H3E0,&H40                                'Reset Port A O/P Data
OUT &H3E2,&H00                                'Reset Port C O/P Data
PRINT "Sensor Program Starting... (Any Key:END)"
PRINT "3 2 1 C 1 2 3"

ACT:                                            'Check keyboard situation
WHILE INSTAT
    GOTO 999
WEND

SENSOR:
IPDATA%=INP(&H3E1) AND &H7F
IF IPDATA%=&H00 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-1-0-0-0...C"
    PA6%=1
ELSEIF IPDATA%=&H0C THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-1-1-0-0...C,R1"
    PA5%=0:PA6%=0:ACC%=1
ELSEIF IPDATA%=&H04 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-0-1-0-0... R1"
    PA5%=0:PA6%=0:ACC%=2
ELSEIF IPDATA%=&H06 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-0-1-1-0... R1,R2"
    PA5%=0:PA6%=0:ACC%=3
ELSEIF IPDATA%=&H02 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-0-0-1-0... R2"
    PA5%=0:PA6%=0:ACC%=4
ELSEIF IPDATA%=&H03 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-0-0-1-1... R2,R3"
    PA5%=0:PA6%=0:ACC%=5

```



```

ELSEIF IPDATA% = &H01 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-0-0-0-1... R3 "
    PA5% = 0: PA6% = 0: ACC% = 6

ELSEIF IPDATA% = &H10 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-1-1-0-0-0... C, L1 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 1

ELSEIF IPDATA% = &H10 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-0-1-0-0-0-0... L1 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 2

ELSEIF IPDATA% = &H30 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-1-1-0-0-0-0... L1, L2 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 3

ELSEIF IPDATA% = &H20 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "0-1-0-0-0-0-0... L2 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 4

ELSEIF IPDATA% = &H60 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "1-1-0-0-0-0-0... L2, L3 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 5

ELSEIF IPDATA% = &H40 THEN
    LOCATE 3,1: PRINT "1-0-0-0-0-0-0... L3 "
    PA5% = 1: PA6% = 0: ACC% = 6

ELSEIF IPDATA% = &H00 THEN
    PA6% = 1
    LOCATE 3,1: PRINT "No Signal... I/P DATA=00000000 "

ELSE
    PA6% = 1
    LOCATE 3,1: PRINT "SIGNAL ERROR! I/P DATA="; BIN$(IPDATA%)
END IF

```

'Display Situation

```

IF PA6% = 0 THEN
    IF PA5% = 0 THEN
        LOCATE 5,1: PRINT "Turning Right... "
    ELSE
        LOCATE 5,1: PRINT "Turning Left... "
    END IF
ELSE
    LOCATE 5,1: PRINT "No Turning.... "
END IF

```

'DELAY TIME  
'O/P CLK: High

```

PA4% = 1: TL% = 17 - ACC% + 2
OPDATA% = PA6% * 64 + PA5% * 32 + PA4% * 16
OUT &H3E0, OPDATA%
FOR N = 1 TO TL%
NEXT N

```

'O/P CLK: Low

```

PA4% = 0
OPDATA% = PA6% * 64 + PA5% * 32 + PA4% * 16
OUT &H3E0, OPDATA%
FOR N = 1 TO TL%
NEXT N

```

'DELAY TIME

GOTO ACT

```

999 OUT &H3E0, &H40 'RESET Port A O/P DATA
INPUT "Do you try again? (Y/N)".LAS
IF LAS = "Y" OR LAS = "y" THEN GOTO START
PRINT "Bye Bye!"
END

```

## 2. 程式概要

- (1) 當中央感應器 "C" 接收反射訊號時馬達靜止不動。
- (2) 當左感應器 "L1" 接收反射訊號時馬達向左以每秒 0.5 轉轉速轉動。(感應器移動 9.4cm/s)
- (3) 當左感應器 "L2" 接收反射訊號時馬達向左以每秒 1.0 轉轉速轉動。(感應器移動 18.8cm/s)
- (4) 當左感應器 "L3" 接收反射訊號時馬達向左以每秒 1.5 轉轉速轉動。(感應器移動 28.2cm/s)
- (5) 當右感應器 "R1" 接收反射訊號時馬達向右以每秒 0.5 轉轉速轉動。(感應器移動 9.4cm/s)
- (6) 當右感應器 "R2" 接收反射訊號時馬達向右以每秒 1.0 轉轉速轉動。(感應器移動 18.8cm/s)
- (7) 當右感應器 "R3" 接收反射訊號時馬達向右以每秒 1.5 轉轉速轉動。(感應器移動 28.2cm/s)
- (8) 當所有感應器皆無收到訊號，馬達以其最後收到訊號之轉速繼續轉動，如此每個感應器之間距可拉大，並且保證可回至中央 "C"。
- (9) 當有三顆以上之感應器同時收到訊號，會發出警訊，代表標線即將中止；當全部感應器收到訊號後，馬達驅動電源即跳開，．．．（恢復人工駕駛）。

## 2. 5. 3 實驗結果

### 1. 實驗發現

- (1) 在模擬道路標線移動器高轉速下（3600rpm，即模擬實際車速為 135km/hr），感應器裝置對反光標線之作用仍能正常正確反應及動作，此表示本規格之感應器裝設於導航車上，即使於高速行駛亦能符合要求。
- (2) 感應器之反應動作相當靈敏，左／右轉及加減速皆正確動作，唯其左右移動之最高速度受限於馬達本身之最高轉速

(約 1 秒 1.5 轉) 及齒條之磨擦力，由實驗得知其齒條移動 0.85M 需要 6 秒鐘時間(最高速)。於是瞭解所用的馬達之出力(扭力)、轉速關連和其極值對控制程式纂寫極為重要。

## 2. 實驗結論

本實驗室裝置之試驗結果顯示由感應器接受經由模擬道路之反光標線所反射之訊號，再由主控電腦決定馬達之動作並驅動馬達，伺服感應器移動架，全程之軟硬體設計及裝置皆無誤失。因此，吾人對此控制機構得以安心裝車進行實車試驗。

### 2. 6 導向控制之實車短場試驗

雖前項的實驗室試驗極為成功，然吾人將其裝車進行低速短場測試並未能正確導引車輛行進軌跡，係因該軟硬體架構均不足以做動態行車試驗。本節將進一步研究探討短場試驗架構與測試結果。

#### 2. 6. 1 感測元件之佈設

由於反光標線成本高，因研究經費限制，吾人將其寬度改為 1 inch，隨之亦改變感測元件之佈設，詳如圖 2-15 所示。

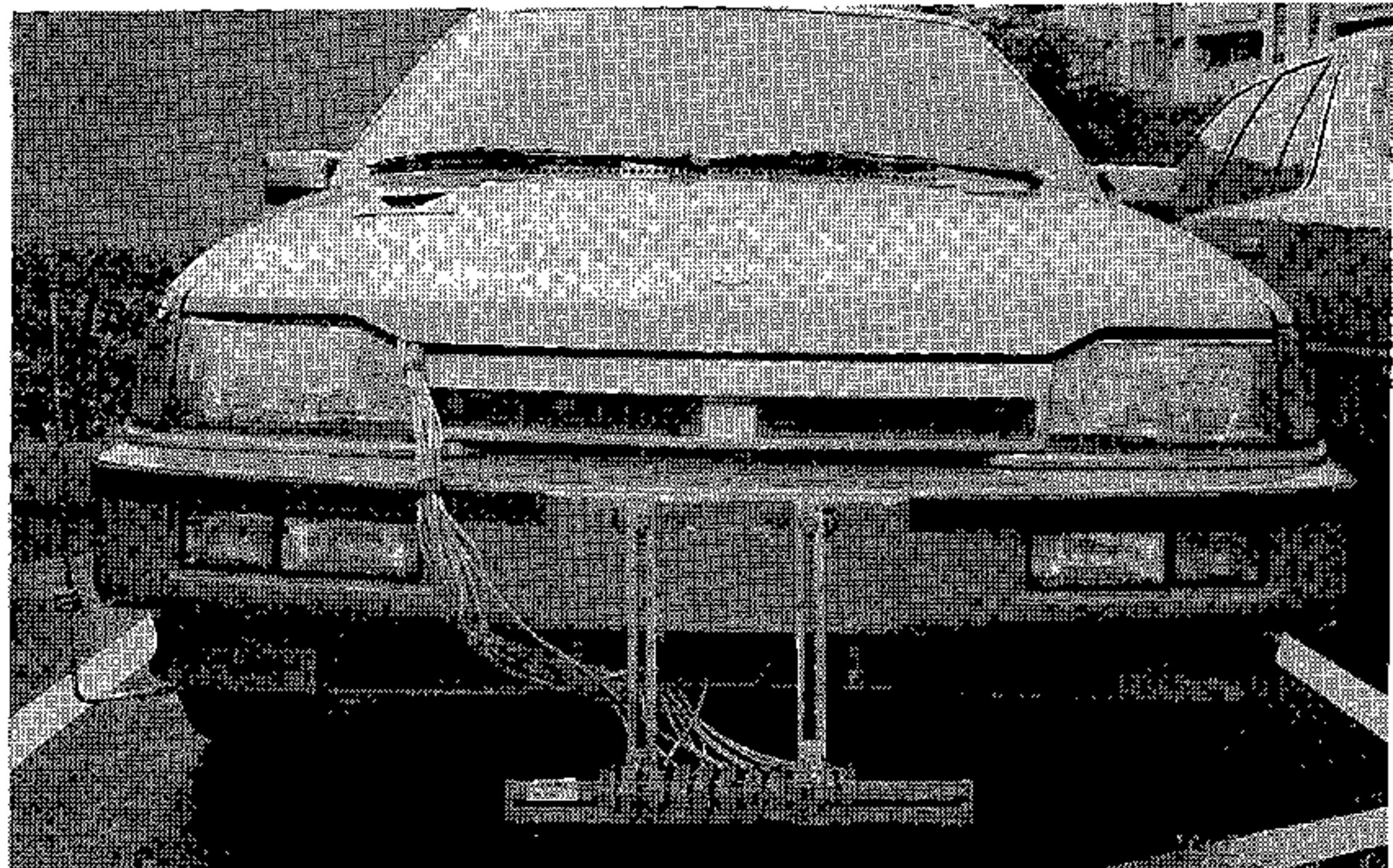


圖 2 - 1 5 短場試驗之感測元件佈設

## 2. 6. 2 方向機控制模式

本項模式之設計係以 ADVANCE-F 實驗車飛羚 102GTA 為本，即所得之參數均僅符合該車種之重量分佈、車身結構、車身幾何、輪胎拐彎能力——胎壓、著力面積、柔度等，且為前輪驅動之條件下進行。

### 1. 輪胎旋角與驅動脈衝數比

ADVANCE-F 之控制電腦脈衝命令與實際輪胎轉角關係如下：

命令一個脈衝數  $\longrightarrow$  方向機驅動馬達轉角 1.8 度 ( $(\pi / 100)$  徑)

1 度馬達轉角  $\longrightarrow$  方向機柱轉角 (1/3) 度

方向機柱最大旋角  $\longrightarrow$  585 度

車輪最大旋角  $\longrightarrow$  35 度

由上知空載時車輪旋角與方向機柱旋角比為  $0.0598 \div 0.06$ ，但經糙度稍粗於高級公路路面之場地，及附加載重 180kgf，實驗結果發現車速在 0 ~ 50KPH，方向機柱旋角小於 180° 時，車輪與方向機柱之旋角間關係幾成直線，比值約為 0.05625。特別注意的是此時比值與車速之間的關係並不顯著。於是短場試驗（車速  $V < 50\text{KPH} < 500$  公尺之實驗道路）之控制脈衝數  $P_n$  與車輪旋角  $\theta_t$  之關係被定為：

$$\begin{aligned} & \frac{\text{馬達轉角}}{\text{脈衝數 } P_n} \times \frac{\text{方向機柱轉角}}{\text{馬達轉角}} \times \frac{\text{車輪旋角 } \theta_t}{\text{方向機柱旋角}} \\ &= \frac{1.8}{1} \times \frac{(1/3)}{1} \times 0.057 \\ &= 0.0342 \end{aligned}$$

即  $\theta_t = kP_n$ ， $k = 0.0336 \sim 0.0360$ ，於短場驗時取  $k = 0.0342$ 。

## 2. 側向位移與脈衝數關聯實驗設計說明

根據 2.6.1 節有關感測器之佈置知，現階段設設計最大側向位移為 5~6inches（最外側感測器邊緣），即 12.7~15.24cm。側向位移與輪胎旋角的關係取為：

$$\theta_t = f(u, x) = g(u) x^{h(u)}$$

其中  $u$  為車速（單位：m/sec）， $x$  為偵測到之感測器之側向座（標圖 2-16）。因  $g(u)$  與  $h(u)$  之值直接影響行車側向控制之穩定性，求取該值實為短場試驗最主要之目的。於  $u, g, h$  三維的測試中可獲得  $g(u)$  及  $h(u)$  對行車狀況最穩定之值。穩定性之度量可依車輛側向移動  $x$  與縱向距離（ $=ut$ ； $t$  為時間）之關係函數為之：

$$x = A \sin \omega t$$

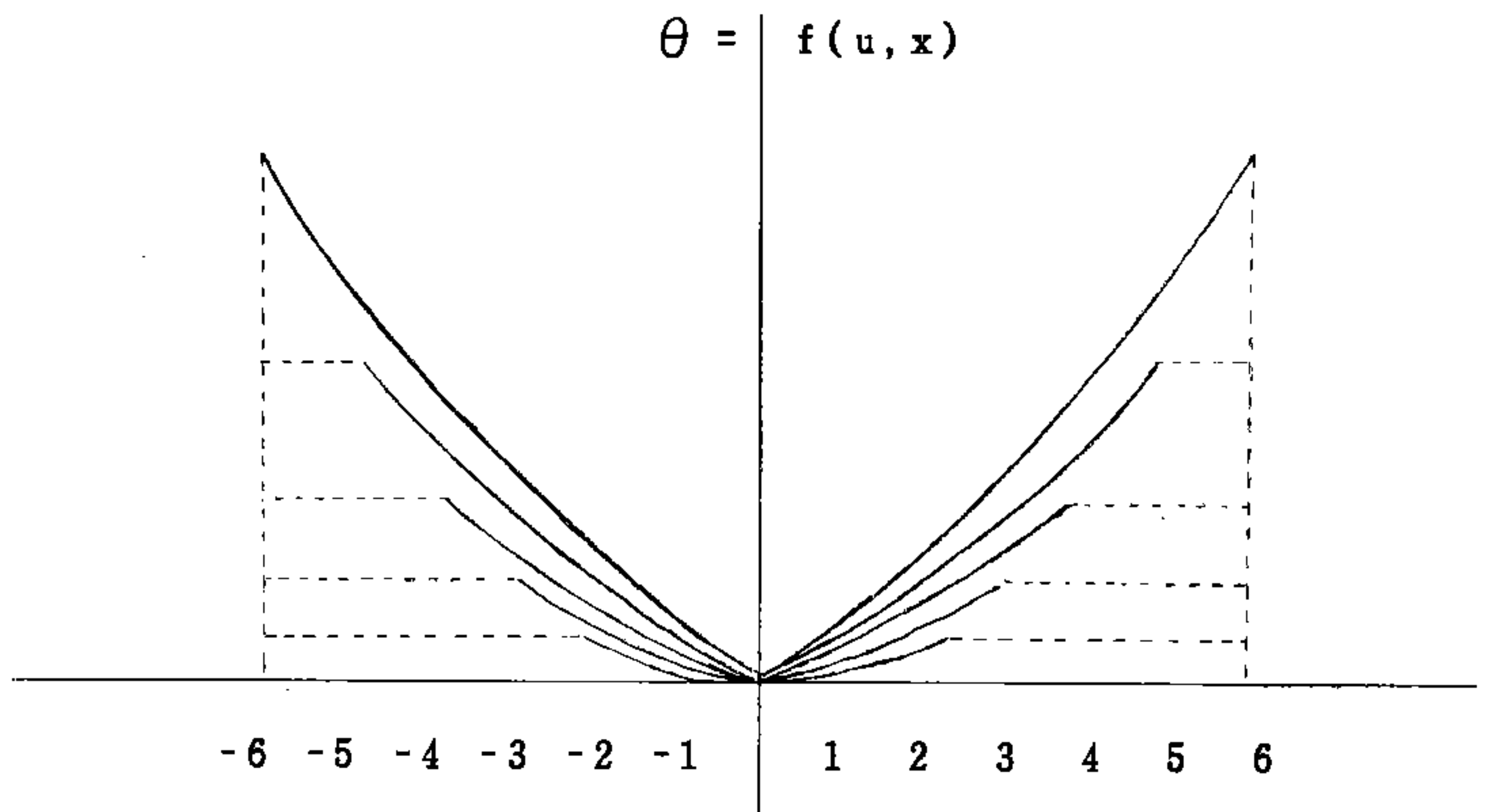


圖 2-16 側向位移與輪胎旋角模式

$A$  為側向擺動幅度 (cm)， $\omega$  為側向擺動頻率。所謂穩定即存在有最小的  $A$  與  $\omega$  時。

因  $\theta = kP_n$ ，故短場試驗控制側向位移與脈衝數關聯為

$$P_n = (1/k)g(u)x^{h(u)} = 29.24 g(u)x^{h(u)}$$

上式代表之意義即是：當車速為  $u$ ，偵測到標線之感測器為  $x=X$  時，控制電腦所送出之對應脈衝數之累進絕對值為  $P_n$ 。因此，當  $|X|$  值大時， $P_n$  也相對增大， $|X|$  值減少時， $P_n$  也朝負向減小。

### 3. 最小轉彎半徑與最大脈衝數之檢驗

由物理學得知，彎道行車之離心力為  $(W/G)(u^2/R)$ ， $W$  為車重， $R$  為半徑， $G$  為重力加速度。由圖 2-17 可解得公路設計最小半徑（公尺）：

$$R_{rd} = \frac{V^2}{127(f+e)}$$

$f$  為側向磨擦係數，超高  $e = \tan \alpha$ 。由圖 2-17 亦可解出避免翻車之臨界半徑  $R_{cr}$ ：

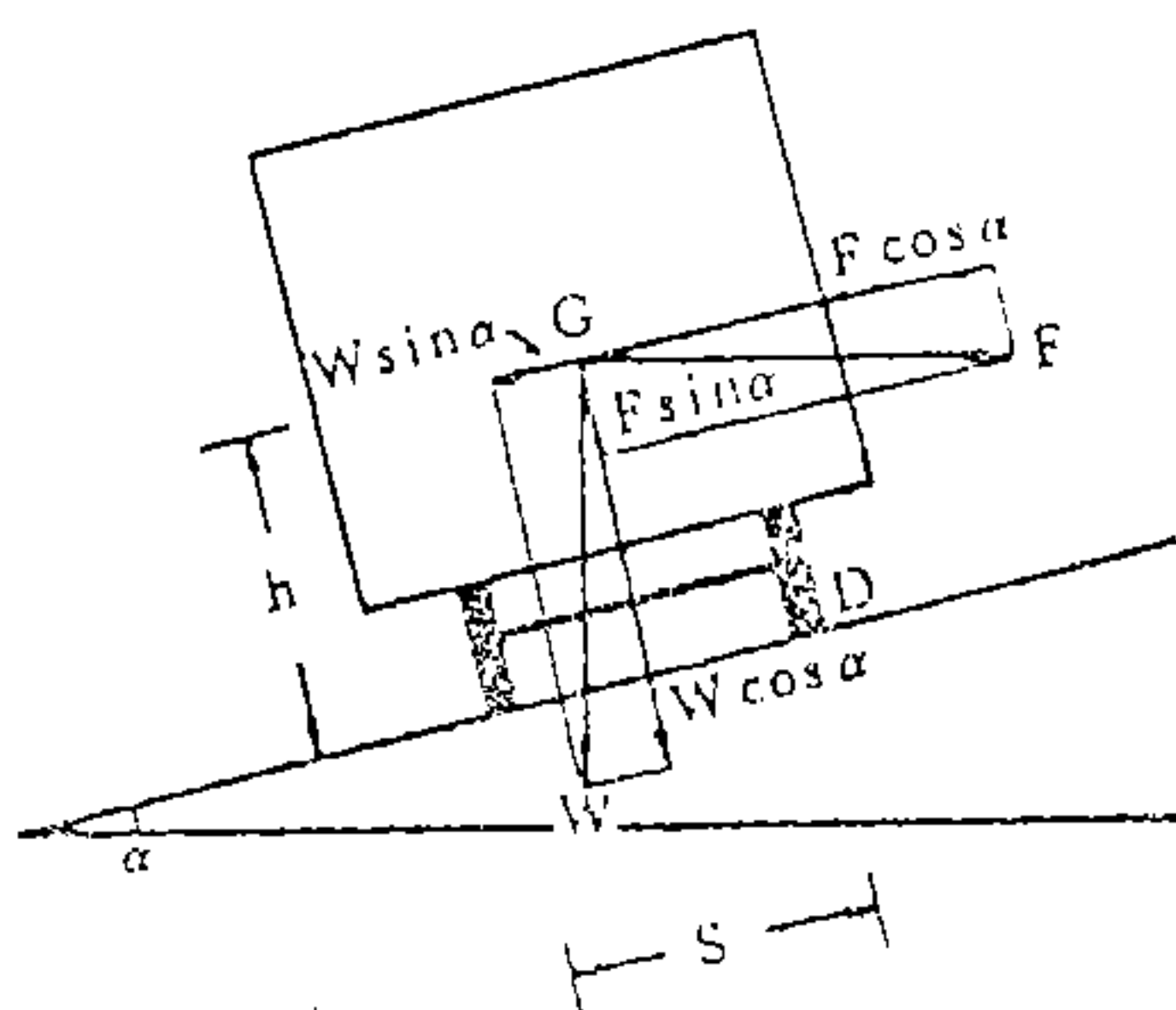


圖 2-17 車輛轉向運動立面

$$W \sin \alpha \cdot h - F \cos \alpha \cdot h + W \cos \alpha \cdot (s/2) + F \sin \alpha (s/2) = 0$$

$$\therefore F = (W/G)(u^2/R)$$

$$\begin{aligned}\therefore R_{cr} &= \frac{u^2}{G} \cdot \frac{\cos \alpha \cdot h - \sin \alpha \cdot (s/2)}{\sin \alpha \cdot h + \cos \alpha \cdot (S/2)} \\ &= \frac{u^2}{G} \cdot \frac{2h - se}{2he + s} = \frac{V^2}{3.6^2 G} \cdot \frac{2h - se}{2he + s}\end{aligned}$$

其中  $h$  為車輛重心至地面距離， $s$  為輪距，今取  $e=0.1$ ， $f=0.135$ ， $G=9.81$ ， $h=0.7m$ ， $s=1.35$ ，則

$$\begin{aligned}R_{rd} &= \frac{V^2}{30} \\ R_{cr} &= \frac{V^2}{150}\end{aligned}$$

因此  $R_{cr}$  恒小於  $R_{rd}$ ，安全係數  $SF = R_{rd}/R_{cr} = 5$ 。

又根據阿克曼轉向機構 (Ackermann-Jean Tand) 幾何概念可得車輛前輪旋角與最小半徑之關係：[16]

$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{L}{\sin \delta_{om} L} \dots \dots \dots \text{低速時 (圖 2-18)} \\ &\doteq \frac{L}{\sin[\delta - (\delta_f - \alpha_r)]} \doteq \frac{L}{\delta - (\alpha_f - \alpha_r)} \text{高速時 (圖 2-19)}\end{aligned}$$

$$\text{故得：} [\delta - (\alpha_f - \alpha_r)] = \frac{L}{R_{min}}$$

今於安全狀況下，取  $SF=2.5$ ，即令：

$$R_{min} = 2.5R_{cr} = \frac{V^2}{60} \text{ 代入前式得}$$

$$[\delta - (\alpha_f - \alpha_r)] = \frac{60L}{V^2}$$



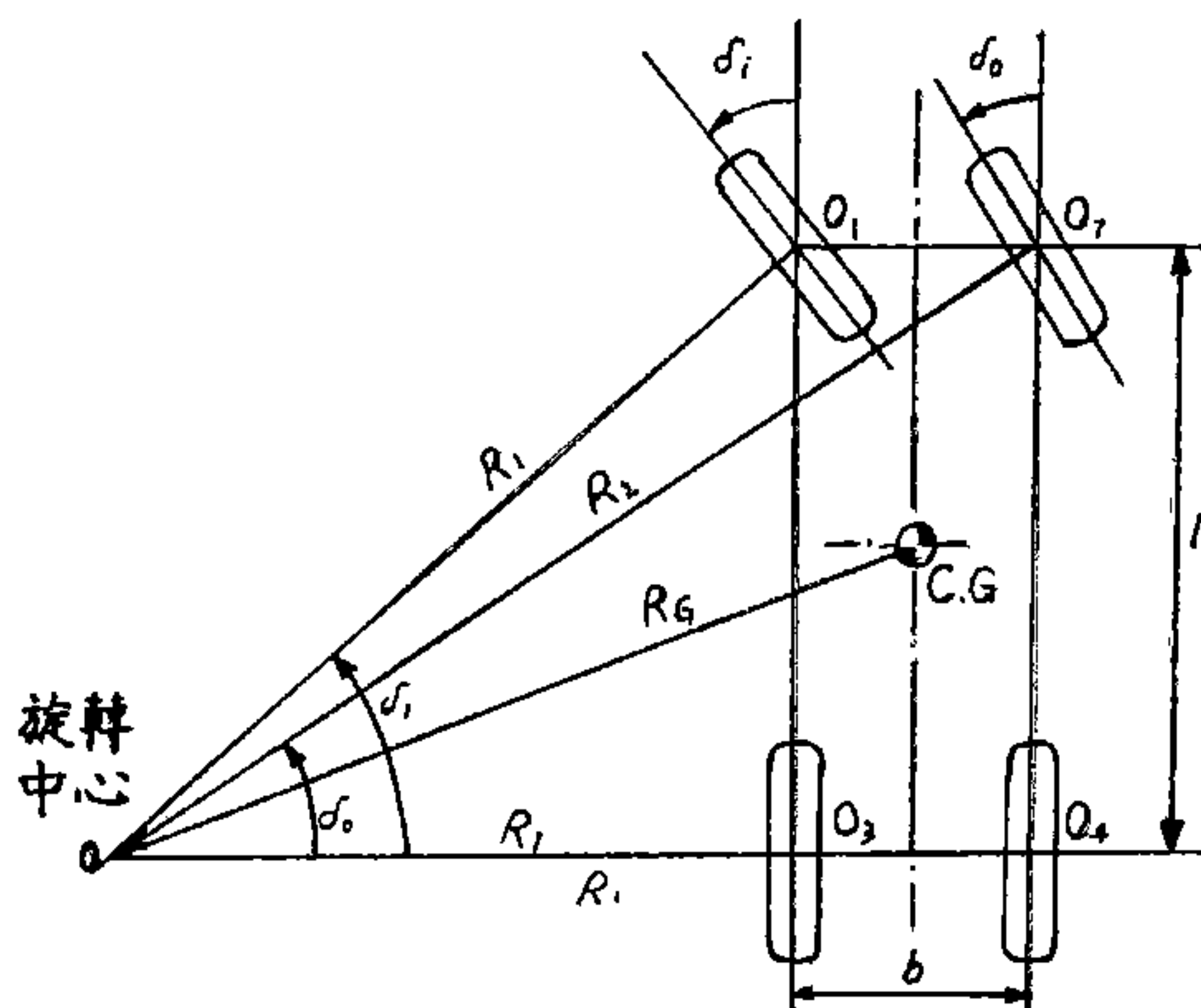


圖 2-18 阿克曼旋轉[16]

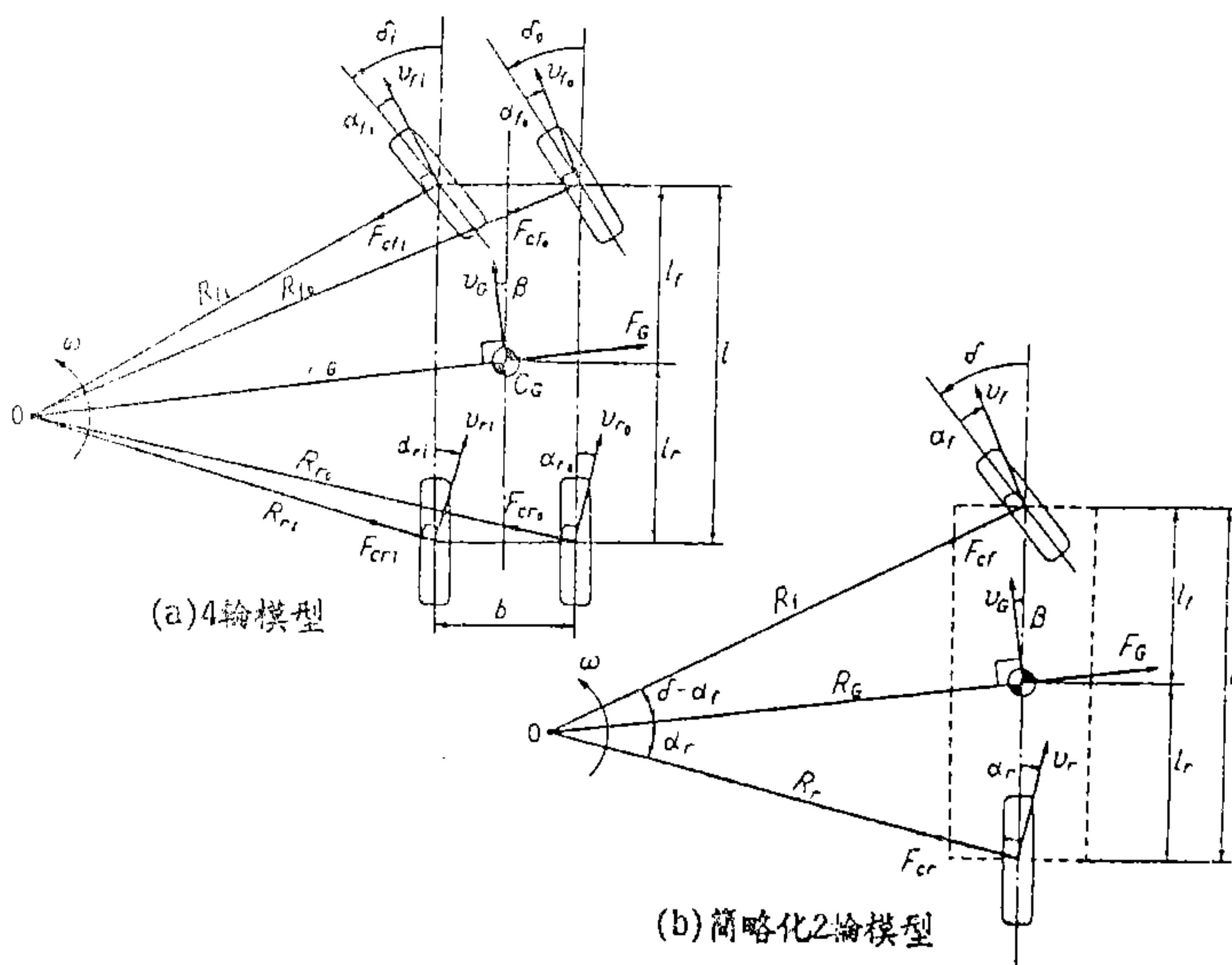


圖 2-19 高速時的旋回運動[16]



故可設最大前輪旋角為

$$\theta_{t, \max} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{60L}{V^2} \bigg|_{L=2.5m} = \frac{8594}{V^2} < \delta$$

因  $\theta_t = kP_n$ ，最大脈衝數  $P_{n, \max}$  即為：

$$P_{n, \max} = \frac{1}{k} \cdot \frac{8594}{V^2} = \frac{251300}{V^2}$$

但因方向盤 (steer) 最大轉角為 585 度，即脈衝數 975，故前式之有效範圍應為：

$$P_{n, \max} = \frac{251300}{V^2} = \frac{19390}{u^2} \leq 975$$

即約  $V \geq 16\text{KPH} \div 4.46 \text{ m/sec}$ 。吾人將此式列示於表 2.1 以供參考。

表 2. 1 車速與其最大脈衝數之限制

時速(KPH)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$P_{n, \max}$	975	628	279	157	100	70	51	39	31	25	21	17
$\theta_{\text{steer}}$	585	377	167	94	60	42	31	23	19	15	13	10
$\theta_{\text{tire}}$	33.4	21.5	9.5	5.4	3.4	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6

#### 4. 步進馬達與其驅動脈衝頻率設定

步進馬達出力與轉速有極大關係，通常當其扭力最大係在低轉速時發生，高轉速會使扭力快速下滑。為取得任何狀況都扭得動方向機又能達到轉速要求之關鍵。本研究做了附加載重 180kgf 之實車試驗，結果可達最大脈衝頻率  $P_{f, \max}$ （即轉速）如表 2.2 所示。其中發現車速

V 愈快，最大脈衝頻率  $P_{f,max}$  可取愈大，梯度約 0.12，即

$$\begin{aligned} P_{f,max} &= 39.6 + 0.12V \\ &= 39.6 + 0.432u \end{aligned}$$

$P_{f,max}$  之單位為  $H_z$ 。

表 2. 2 ADVANCE-F 驅動方向機之步進馬達負載\*時最大轉速脈衝

車速 (KPH)	10	20	30	40	50
脈衝頻率 /S	40.8	42	43.2	44.4	45.8
馬達轉角 /S	73.44	75.6	77.76	79.92	82.44
馬達轉速 /S	0.204	0.21	0.216	0.222	0.229
方向盤轉角 /S	24.48	25.2	25.92	26.64	27.48
方向盤轉速 /S	0.068	0.07	0.072	0.074	0.076
試驗定義： 馬達轉角 = 脈衝頻率 $\times 1.8$ (每秒角度) 馬達轉速 = 馬達轉角 $\div 360$ (每秒圈) 方向盤轉角 = 馬達轉角 $\div 3$ (每秒角度) 方向盤轉速 = 方向盤轉角 $\div 360$ (每秒圈)					

\* 飛羚 102GTA + 180kgf

## 2. 6. 3 短場試驗結果與發現

本導向短場試驗為測試導向機構及軟體之控制觀念正確性與否。因控制軟體十分複雜且一直在修飾中，暫不列入本報告。本案經多次於淡海平直道路及烏來山區道路試車結果較佳之  $P_n$  及  $P_f$  為：

$$P_n = \frac{4000}{V^2} x^{1.0} \sim \frac{6700}{V^2} x^{1.0}, \quad -6 \leq x \leq 6$$

$$P_f = 35 \sim 40 \text{ Hz}$$

$$A_m = 0 \sim 3.0 \text{ (inch)}$$

### 重要發現：

1. 經多次測試，方向機柱伺服機構表現運作完全正確正常。因馬達運轉速度不高，溫度亦不致上升影響結構。
2. 方向機柱伺服機構可隨時裝卸，極為方便。因此導向控制機構未來朝單一套件設計十分可行。
3. 供電設計雙軌化，進出系統採觸摸式，系統操作十分簡便，相當安全可靠。
4. 感應及偵測系統經決策軟體到硬體行為均配合得相當完美。

雖然短場試車極其成功，但也發現數項功能有待未來中場試車時解決：

1. 目前使用飛羚 102GTA 之 SPG 訊號產生器，其每轉可輸出正負計 16 個脈衝，為正弦波電壓值；於是，當低車速時，電壓值很小，受外在電波干擾影響之敏感度便高，故此時介面電路所測得的時速值便不穩定；尤其在加速器作用時，其變異擴大現象更明顯。在短場試驗時，因決策時間遠高於 SPG 之輸出時間，故決策函數中之現時速率值暫時採用連續三值平均數以平滑處理方式輸出。本研究小組此刻正研究改良裕隆 601 的 SPG（日裝金屬保護型，32pulses），以供未來中場試驗之需。
2. 於大彎道之試車顯示所備硬體能力不足，其關鍵有二：其一是馬達轉速無法達到相對要求的快速。主要原因是供電系統無法滿足國內工業常用馬達驅動器規格，雖然本案已使用雙軌供電，但要提高電源到 DC 110V 或以上，從體積重量及價格而言並不經濟（車輛供電標準為 DC 12V）。且要專為 ADVANCE-F 設計 12V~48V 的驅動器，已非目前財務所能擔負。因此，於中場試驗時，向工業大國探索合適的驅動器是必要的。其二是導向標線感測器為同間隔並列 11 顆，在大彎道顯示數量不足。從經濟及安全性的觀點看，排列方式亦有待改進。

### 第三章 ADVANCE-F 之速率控制技術與試驗

ADVANCE-F 之速率控制發展分兩相進行，第一相為中央速控法，第二相為自主速控法。茲敘述於後。

#### 3. 1 第一相速率控制系統—中央速控法

中央速控是 ADVANCE-F 控制之長期目標，因中央速控的手段較能達成交通管理目的—提高容量及安全（參見 AF81）。但依現實的社會背景和技術條件都不夠成熟去施行，況且研發環境及經費要求很高。儘管如此，本研究對此一架構仍進行部份概念試驗，該系統如圖 3-1 所示。

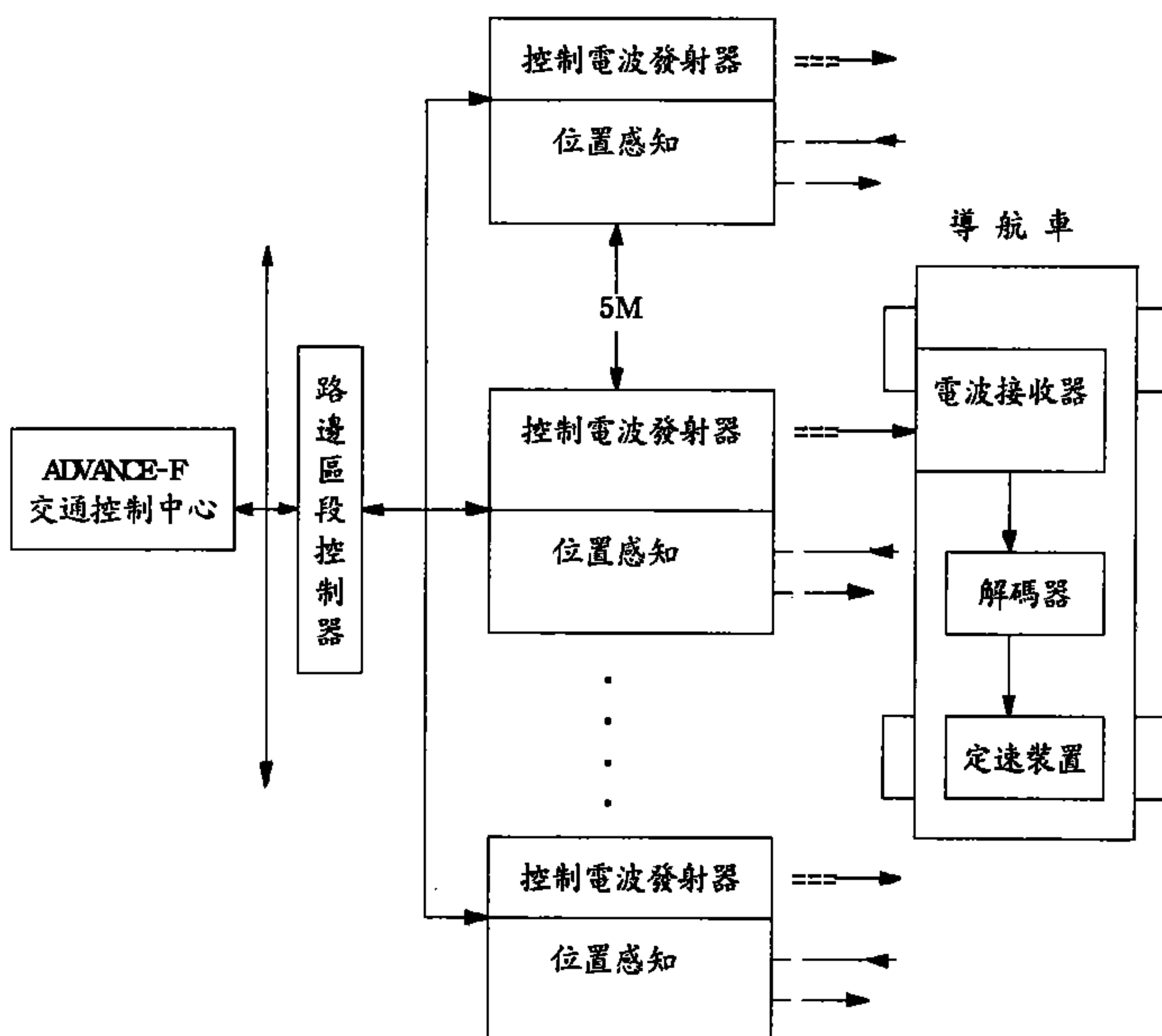


圖 3 - 1 第一相速率控制系統—中央速控法

中央速控之基本構想是將道路做多區段分割，每一區段內的車輛速率由其路邊控制器統一遙控，因此控制器與車輛間須進行辨識，定位及雙向通訊。有關內容詳見 ADVANCE-F 81 年研究報告 (AF81) 。[4]

### 3. 2 中央速控機構與測試

#### 3. 2. 1 實驗之路邊區段控制器

圖 3-2 為模擬路邊區段控制器之架構，主要包括一具主控電腦及下達車速命令之無線電發射器。主控電腦為 PC-Notebook，規格同導向控制系統設施。

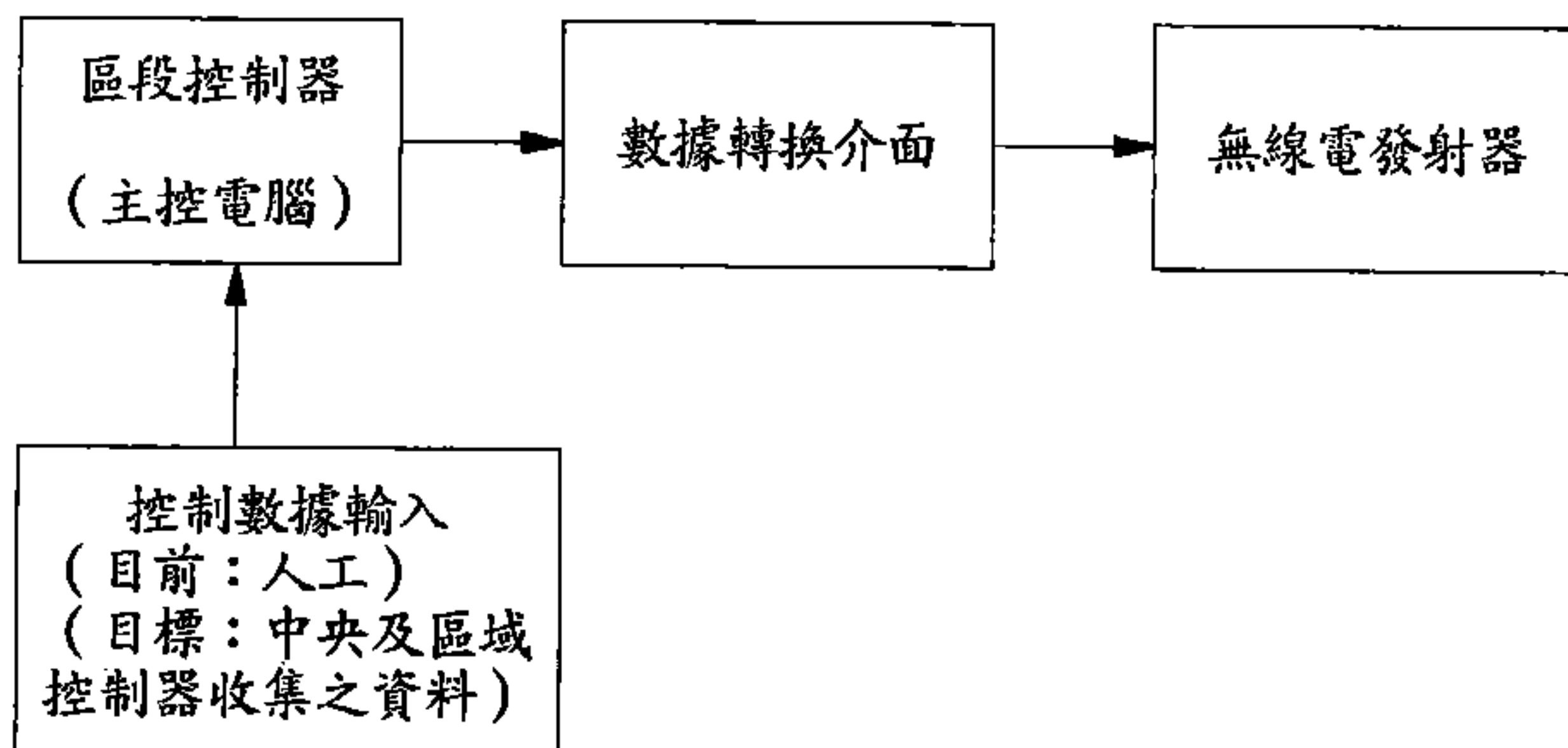


圖 3 - 2 模擬路邊區段控制器

無線電發射器之規格為：

- (1) 電波頻率：27MHz
- (2) 電波功率：0.1W
- (3) 有效範圍：0-5 公尺 (半徑)
- (4) 頻道數：4
- (5) 訊號編碼：256 組。

在接合電腦與無線電發射器間之介面電路如圖 3-3 所示。圖 3-4 則為此控制器之實體圖。



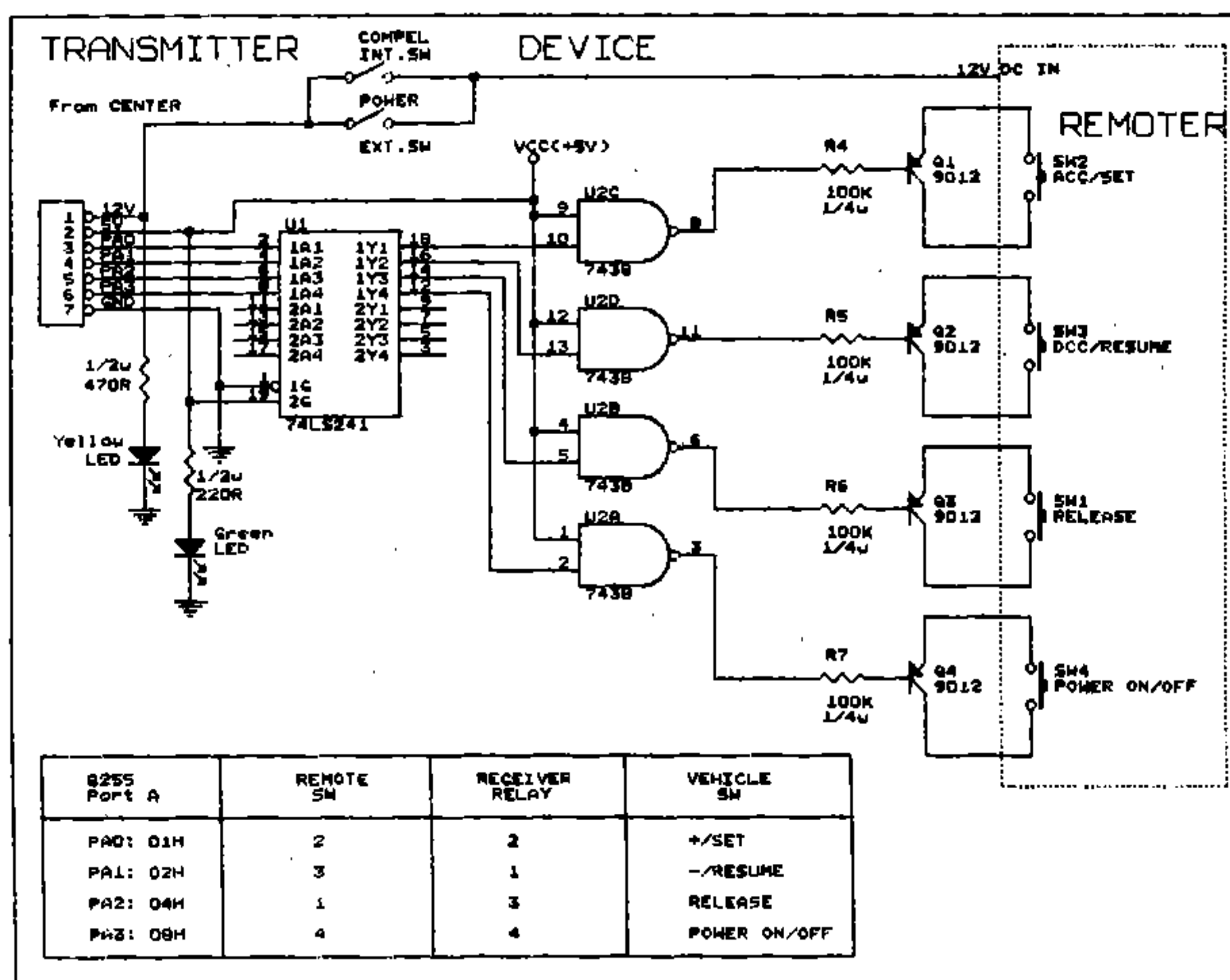


圖 3 - 3 路邊控制器與無線電發射器之接合電路

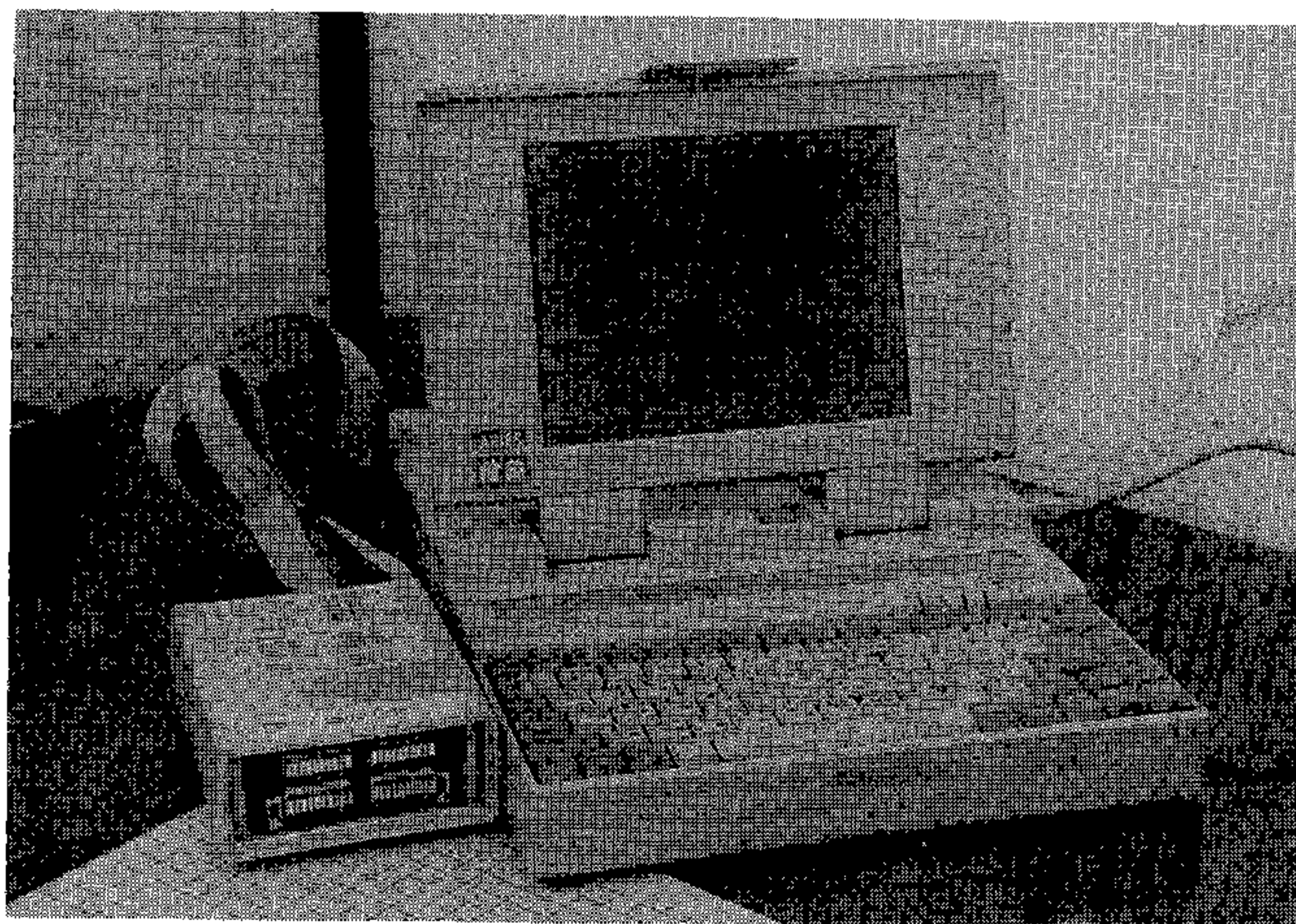
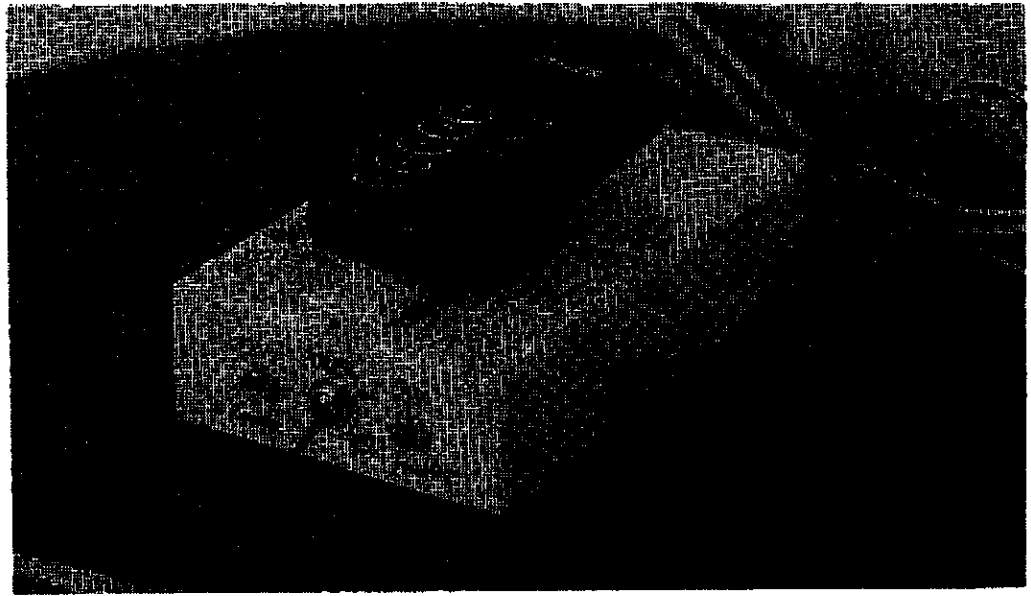


圖 3 - 4 模擬區段控制器 (1) 主控電腦





續圖 3—4 模擬區段控制器 (2) 發射器

### 3. 2. 2 車輛定速裝置與無線電接收系統之接合

#### 1. 車輛端基本架構：

車輛端之速率控制硬體係用一無線電接收器連接原始定速裝置方式。當無線電接收到發射器送來的訊號，經解碼，即可致動原始定速裝置鍵盤，進行加減速，解除或恢復等動作。如圖 3-5。該無線電接收器為區段控制器之無線電發射器同組規格：

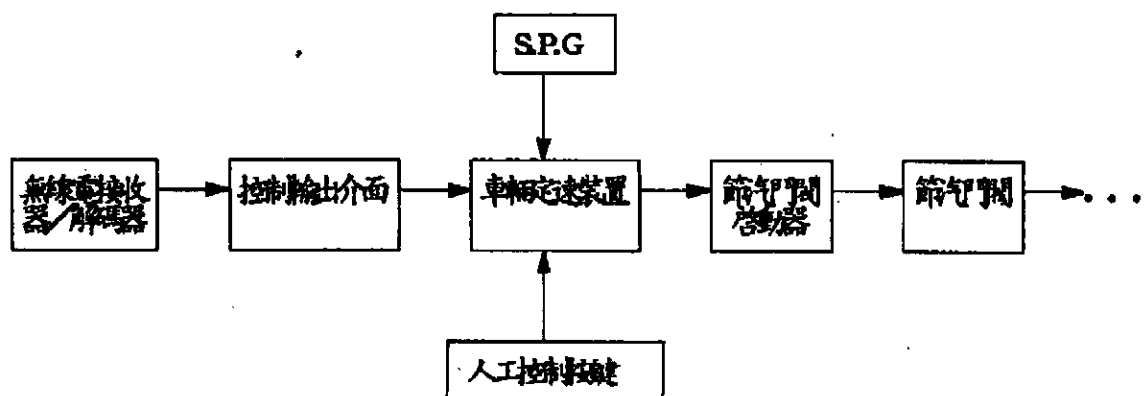


圖 3—5 車輛定速裝置與無線電接收器之接合

- (1) 電波頻率：27MHz
- (2) 頻道數：4
- (3) 訊號解碼：256組

圖 3-6 則為控制命令輸出介面。實體圖顯示於圖 3-7。

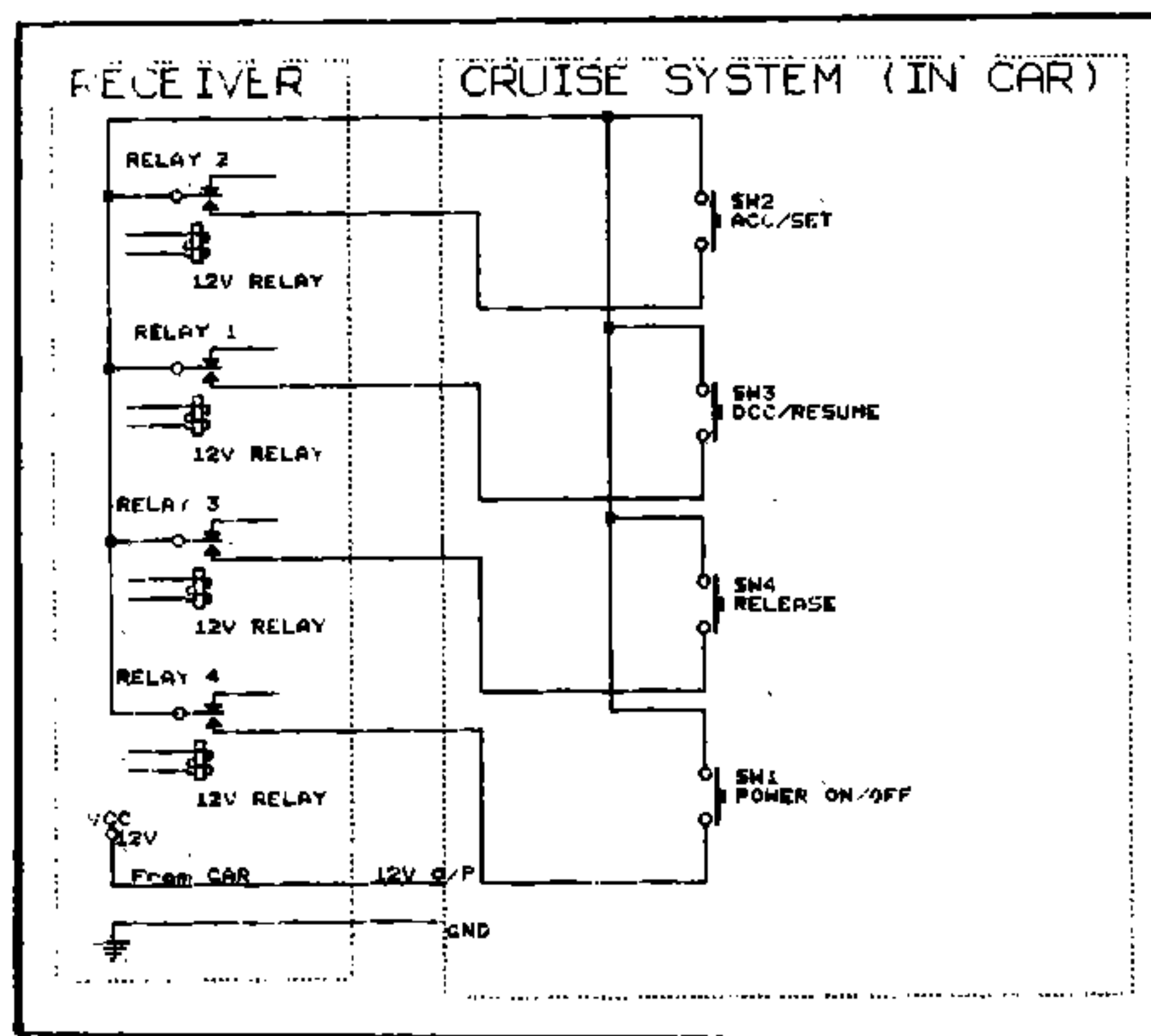


圖 3 - 6 無線電接收器與車輛定速裝置之接合介面

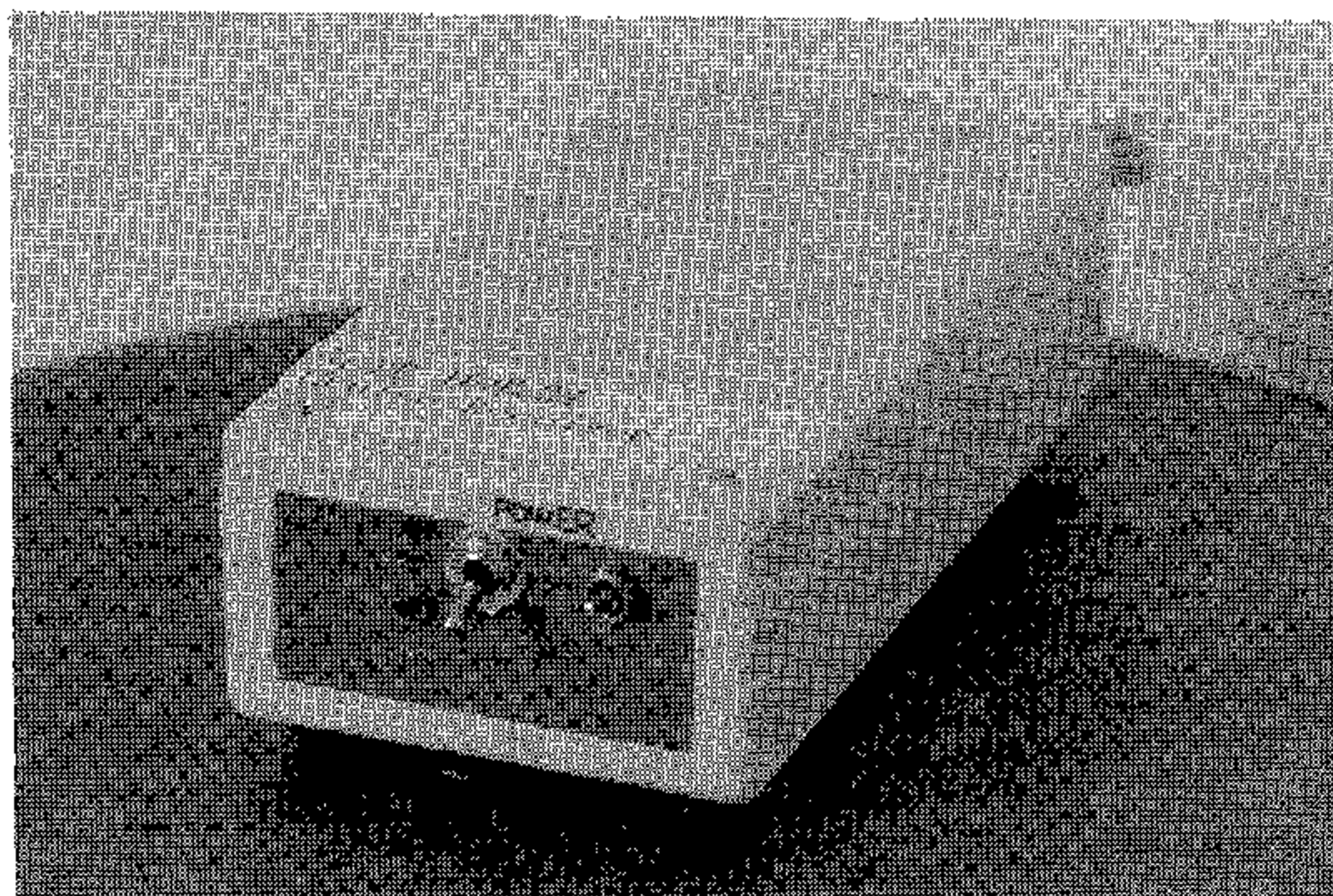


圖 3 - 7 車輛端速率控制器

### 3. 2. 3 中央速率控制試驗程式

#### CSPEED.BAS

```

CLS
OUT &H3E3,&H00          'SET 8255 Port A as OUTPUT PORT
OUT &H3E0,&H00          'RESET OUTPUT DATA
PRINT "INPUT THE SITUATION...":PRINT
PRINT "1:<ON/OFF> 2:<+/Set> 3:<-/Resume> 4:<Cancel> 9:<END> Ctrl-Break:<STOP>"
PRINT "5:<+5>      6:<-5>      7:<+10>      8:<-10>      9:Free Input Speed"

START:
LOCATE 2,1:PRINT "?"          'RESET DISPLAY DATA
10 WHILE NOT INSTAT          'CHECK KEYBOARD STATE
GOTO 10
WEND
CHAR$=INKEY$                  'INPUT DATA
LOCATE 2,1:PRINT CHAR$        'PRINT KEYIN DATA
IF CHAR$="Q" GOTO 999
ON VAL(CHAR$) GOSUB POWER,ADD1,SUB1,CANCEL,ADD5,SUB5,ADD10,SUB10,FREE
GOTO START

POWER:                          '1:FOR POWER ON/OFF (2 STATES)
OUT &H3E0,&H10
LOCATE 2,5:PRINT "1 0 H <2>"
FOR I=1 TO 950:NEXT I
OUT &H3E0,&H00
FOR N=1 TO 950:NEXT N
OUT &H3E0,&H10
FOR N=1 TO 950:NEXT N
OUT &H3E0,&H00
FOR T=1 TO 950:NEXT T
RETURN

ADD1:
K=1:OPDATA=&H01:GOTO CONTINUE

SUB1:
K=1:OPDATA=&H04:GOTO CONTINUE

CANCEL:
K=1:OPDATA=&H08:GOTO CONTINUE

ADD5:
K=5:OPDATA=&H01:GOTO CONTINUE

SUB5:
K=5:OPDATA=&H04:GOTO CONTINUE

ADD10:
K=10:OPDATA=&H01:GOTO CONTINUE

SUB10:
K=10:OPDATA=&H04:GOTO CONTINUE

FREE:
LOCATE 5,1:PRINT "ACCELERATE? (Y/N)..."
20 WHILE NOT INSTAT          'CHECK KEYBOARD STATE
GOTO 20
WEND
CHECK$=INKEY$                  'INPUT DATA
LOCATE 5,20:PRINT CHECK$      'PRINT KEYIN DATA
INPUT "INPUT SPEED...",K
IF CHECK$="Y" THEN
    POLE$="+"
    OPDATA=&H01
ELSE
    POLE$="-"
    OPDATA=&H04
END IF
LOCATE 5,20:PRINT POLE$

CONTINUE:
FOR A=1 TO K
OUT &H3E0,OPDATA
LOCATE 2,5:PRINT "0":OPDATA="H...":A
FOR B=1 TO 200:NEXT B
OUT &H3E0,&H00
FOR C=1 TO 200:NEXT C
NEXT A
LOCATE 5,1:PRINT "          ":PRINT "
RETURN

```

### 3. 2. 4 中央速控測試與發現

1. 目前導航車之定速裝置規定必須在時速 50 KPH 以上才能動作，經實驗發現在時速 40 KPH 以上即有反應，45 KPH 以上即可正常起用。原因係其 S.P.G 低速時之脈衝電壓低，致使車速估算過於不準。
2. 在原本汽車使用說明中註明每次在定速啓用時之加速及減速指令每次之瞬間觸控改變量約為 1Km，經實驗得之其值只是概略值；以每加速／減速五指令（間格 0.5 秒），標準值應為  $+ 5\text{km} / - 5\text{km}$ ，但往往有  $\pm 1-2\text{km}$  之誤差。原因係節汽門致動器為使用成本較低的真空閥，無法精確致動節汽門。
3. 每次指令之間隔時間不能太快，若小於 0.5 秒，定速裝置幾乎無法正常動作。原係為手動觸模時間而設計的程式，故並不適合電子開關的速度。
4. 若遇下坡路段，即使下達減速指令，其也無法正常減速。因目前定速裝置只能控制節汽門之收／拉，無法控制煞車系統。
5. 遇上坡路段時若定速裝置啓用中，因坡度使車速減低，定速微處理機會自動下達更多的加速指令以維持等速行進，因微處理機的反應較人早且快，故對初次使用的駕駛者而言往往不容易適應，而徒增心理壓力。
6. 車速零啓動之問題仍無法由現成之定速裝置加以改裝。理由同 1。

### 3. 2. 5 試驗結論

由前面的分析知，目前的定速裝置僅能做為粗速控，事實無法配合 ADVANCE-F 之精準控制要求。為解決此番問題，必須更改更準的 S.P.G.，致動器須使用步進馬達，控制電路及程式都必須重新設計。更重要的是要讓速率控制器能在緊要關頭啓動煞車系統。這些變更吾人均將在下節自主速控系統中研究。

### 3. 3 第二相速率控制系統—自主速控法



自主速控為個別車輛自動控制自我車速，有別於由區段控制器全班控制車速。為達到自主自動之目的，導航車必須有感覺器官，也就是要有偵測環境的能力，甚至與周邊車輛間有雙向通訊能力；以及必備的決策和執行裝置。本研究在本階段裡(1)改良傳統定速器，使之與自動煞車系統結合，另(2)裝設防衛性駕駛環境，使用超音波周邊物體接近感測器，以音頻警訊駕駛。並刻正研究連接前後項，使周邊車輛或物體太接近時導航車輛得自動加減速微調，或啟動煞車系統。

### 3. 3. 1 傳統定速器與自動煞車系統之結合

#### 1. 基本架構及規格

圖 3-8 為定速與自動煞車系統之控制架構。傳統的定速器在下坡路段會發生失速現象，原因是該定速器只能控制節汽門而無法啟動煞車系統。本研究裝設由一具速控電腦來做定速將可完全掌控車速。本項裝配規格說明如下：

- (1) 於原定速器之 S.P.G. 處以雙生方式 (hybrid) 裝設另一 S.P.G.，將訊號送入主控電腦。其規格為 8 Signal (Sine Waves)/a round，經全波整流可成為 16Pulse/a round。其間之轉換介面及車速顯示器已於第二章中敘述。
- (2) 主控電腦使用筆記型 IBM Compatable 電腦，電源由車上點煙器 DC12V 供應，並插擴充控制多功介面卡。駕駛者可於指定之電腦鍵盤設定車速顯示器所顯示之速度。
- (3) 設定車速後，電腦即透過主控介面（同第二章）及訊號轉換介面去驅動原車上四顆定速鍵（位於導航車儀表板上之傳統定速系統）：

POWER: 定速電源 開／關

ACC: 定速設定／加速

DCC: 定速恢復／減速

Release: 定速取消

此訊號轉換介面顯示於圖 3-9。也就是駕駛者須定速時另可藉車上 Notebook 操作之。

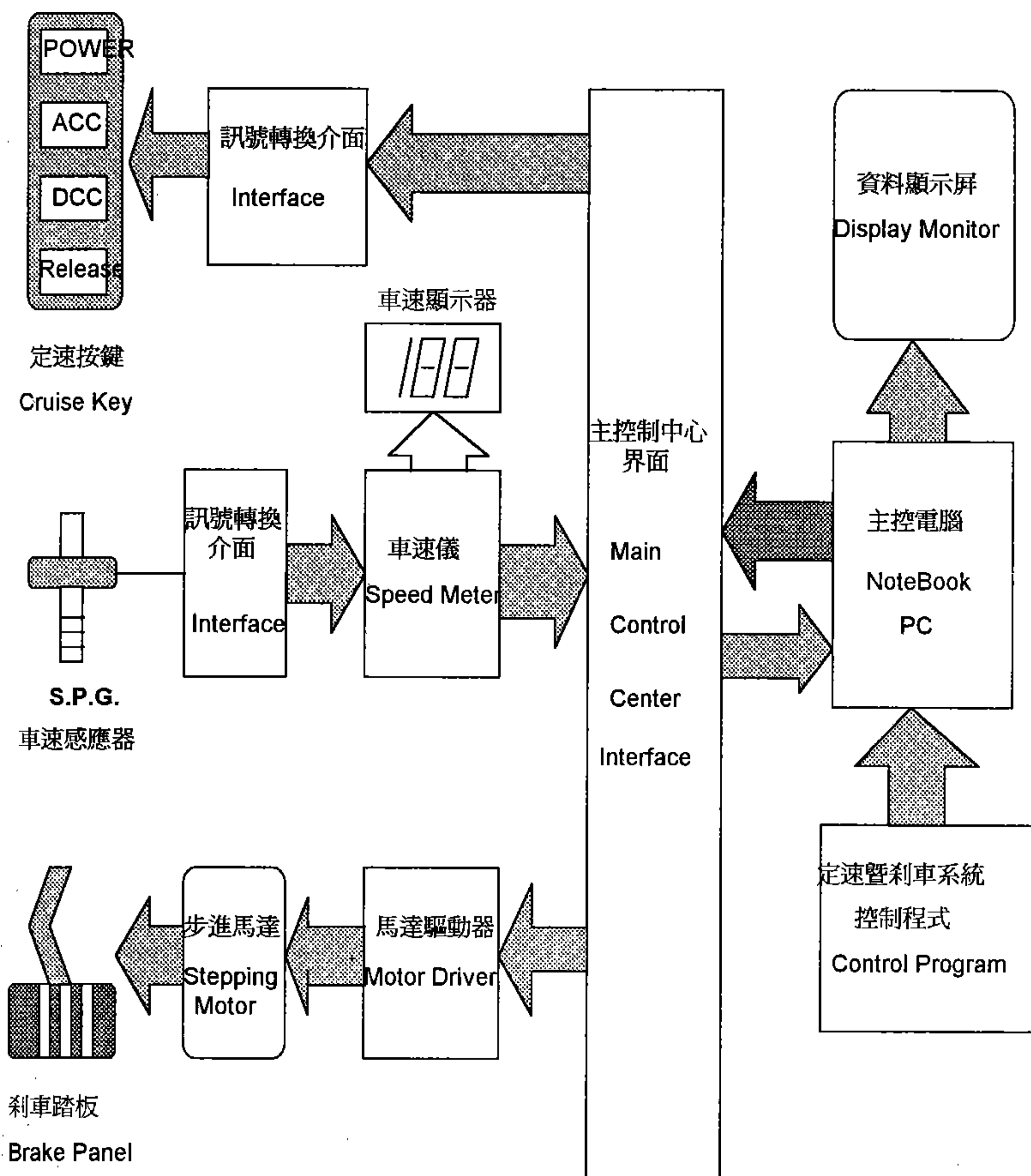


圖 3 - 8 定速暨自動煞車控制系統



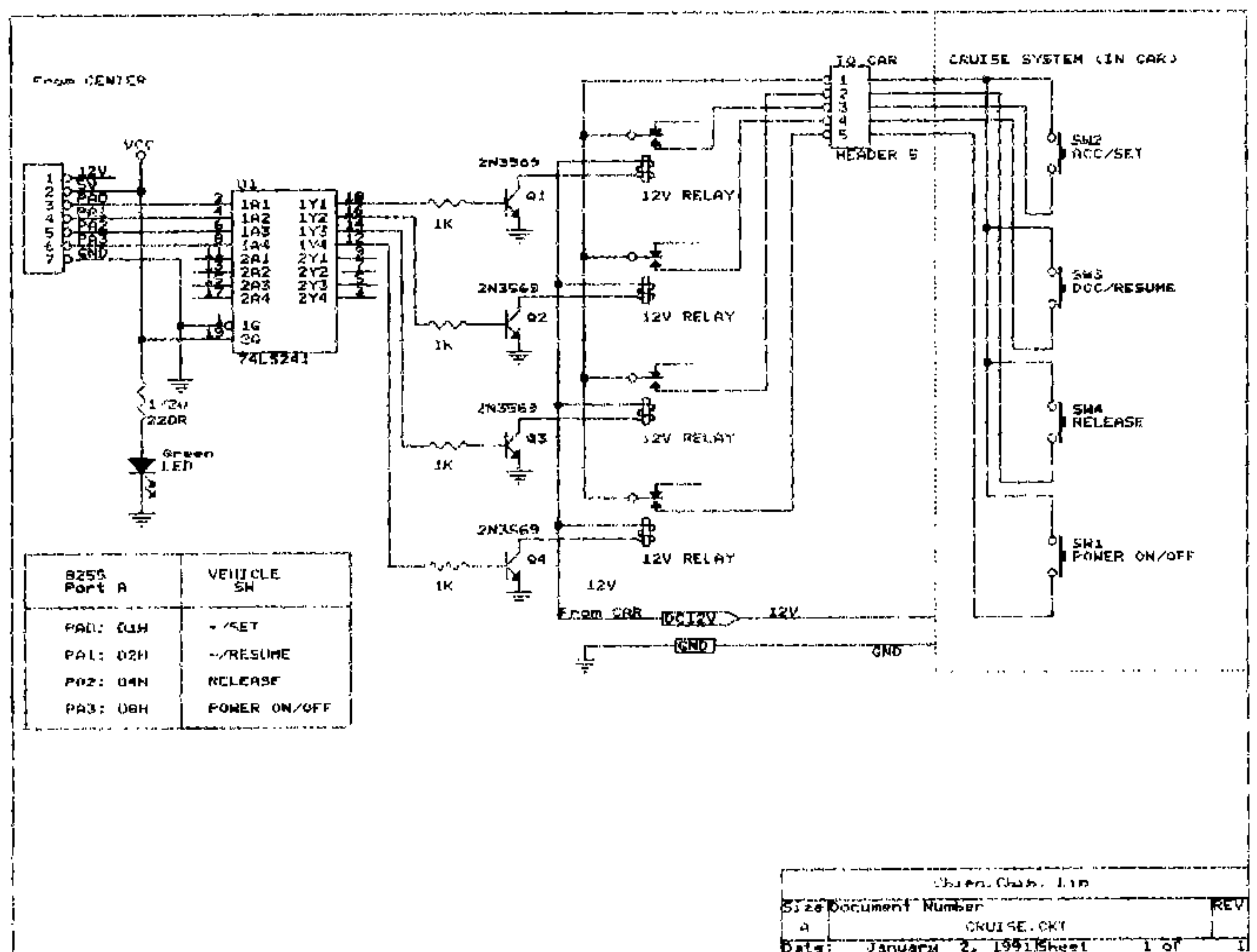


圖 3 - 9 定速器與 PC-Notebook 間訊號轉換介面

(4) 當實際車速高過定速值且又無法由關閉節汽門所制止，此時電腦即啟動自動煞車系統。本系統裝置類似導向伺服機構，硬體包括馬達驅動器及一具 22kg-cm 之步進馬達。

馬達驅動器之規格為：

- 電源：DC12V
- 驅動方式：定電流雙極性四相驅動
- 每相最大電流：2A

步進馬達之規格為：

- 電壓：DC6V
- 電流：2A/Phase
- 相數：4
- 扭力：22kg-cm

裝置實體圖如照片圖 3-10。

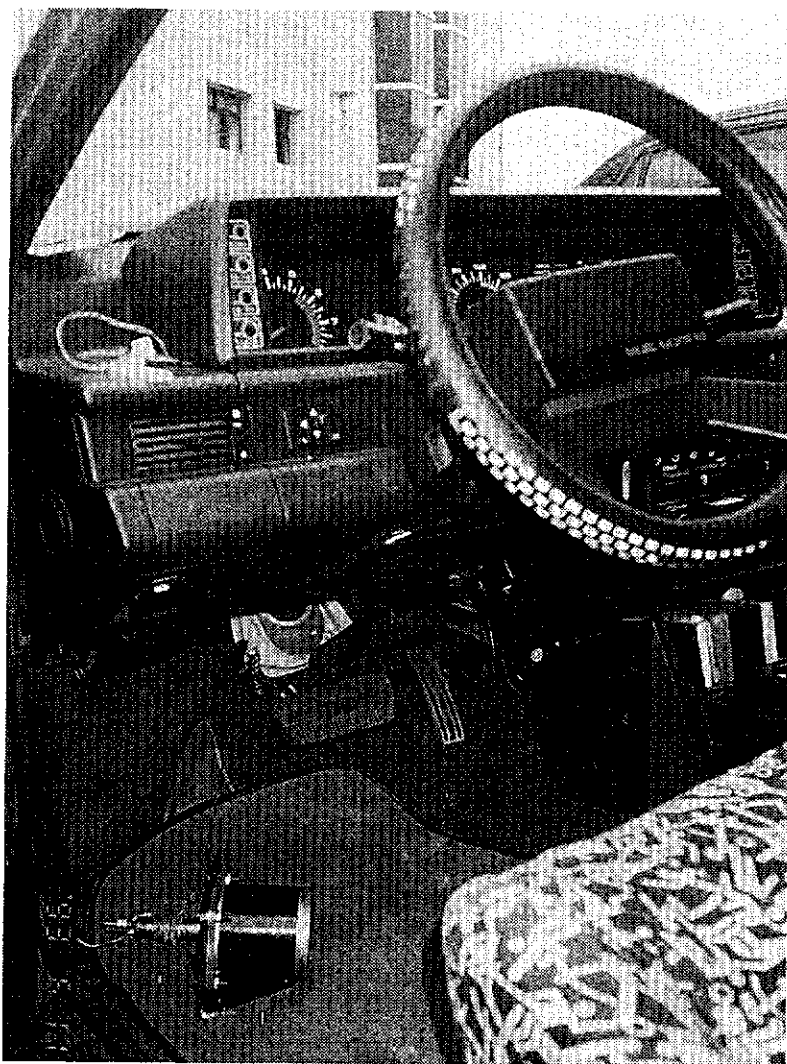


圖 3 - 1 0 煞車用步進馬達之裝置

## 2. 控制程式

基本控制概念係

- (1) 駕駛者利用主控電腦上之按鍵控制車輛定速裝置，其方式和儀表板上定速按鍵完全相同；當車輛駛於定速狀態時，若現況車速  $>$  所定速車速 + 3KPH 時（即可能遇到下坡路段），立即啟動煞車系統，直到車速恢復至原先設定之數值，以達真正定速之目的。
- (2) 煞車動作係啟動煞車馬達之轉速與每次之轉角，動作完畢

立即放鬆馬達。若車速仍未達原先定速之設定值，則重新啓動煞車副程式，直到車速減至設定值爲止，並啓動定速”恢復”鍵。

- (3) 車速偵測副程式：因 S.P.G. 所得之數值並非十分穩定（尤其在低速時），因此每次所得之車速值是以連續取三次之數值予以平均，再送至主控程式分析。又定速系統受限於車速要大於 45KPH 以上才能啓動，所以當車速低於 45Km/hr 時，顯示警告訊息，並抑制啓動定速裝置，直到車速達要求爲止。
- (4) 結束程式在程式執行過程中任一時間按下空白鍵，則立即放鬆馬達、啓動定速之”取消”鍵，確認結束後會自動關閉定速電源。

詳細程式及其流程圖如下：

```

OUT &H3E3,&H8A          'Set 8255-1 Port A,CL as O/P Port
                          'Set 8255-1 Port B,CH as I/P Port
OUT &H3E7,&H9B          'Set 8255-2 Port A,B,C as I/P Port
OUT &H3E0,&H40          'Reset Port A-1 O/P Data
OUT &H3E2,&H04          'Reset Port C-1 O/P Data
START:
CLS :SET%=0:ALARM1%=0:ALARM2%=0
LOCATE 1,1:PRINT "      <<< ADVANCE-F BRAKE SYSTEM DRIVE PROGRAM V1.2 >>>"
LOCATE 3,1:INPUT "1. Please Keyin Turn-Degree of Brake: ",DEGREE%
DEGREE%=DEGREE%/1.8
IF DEGREE%=0 GOTO 999
INPUT "2. Keyin Delaytime: ",DELAYTIME%
IF DELAYTIME%=0 GOTO 999
PRINT:PRINT "--- <1>: Power On/Off <2> :Set/+ <3>: Resume/- <4>: Release <0>: End
GOSUB IPSPEED
OBJ%=SPEED%
IPDATA:
  WHILE NOT INSTAT
    GOSUB IPSPEED
    IF SET%=0 GOTO IPDATA
CRUISE:
  IF SPEED% > OBJ%+3 THEN
    GOSUB BRAKE
  END IF
  LOCATE 11,1: PRINT "CRUISE "
  GOTO IPDATA
WEND
FUNCTION%=VAL(INKEY$)
IF FUNCTION%=0 GOTO 999
ON FUNCTION% GOSUB POWER,ACC,DCC,RELEASE
GOSUB IPSPEED
OBJ%=SPEED%:LOCATE 13,1:PRINT "OBJ. SPEED: ";OBJ%
GOTO IPDATA

```

```

POWER:
  OUT &H3E0,&H48
  LOCATE 11,1: PRINT " POWER "
  DELAY 0.5:SET%=0
  OUT &H3E0,&H40
  RETURN

ACC:
  OUT &H3E0,&H41
  LOCATE 11,1: PRINT "Set / +"
  DELAY 0.5:SET%=1
  OUT &H3E0,&H40: DELAY 2
  RETURN

DCC:
  OUT &H3E0,&H42
  LOCATE 11,1: PRINT "Resum/-"
  DELAY 0.5:SET%=1
  OUT &H3E0,&H40: DELAY 2
  RETURN

RELEASE:
  OUT &H3E0,&H44:
  LOCATE 11,1: PRINT "Release"
  DELAY 0.5:SET%=0
  OUT &H3E0,&H40: DELAY 2
  RETURN

BRAKE:
  LOCATE 11,1:PRINT "BREAK! "

  FOR CLK%= 1 TO DEGREE%
  LOCATE 15,1:PRINT "Turn Degree: ";DEGREE%*1.8
    PC2%=0:PC1%=0:PC0%=1      'O/P CLK:High
    OPDATA%=PC2%*4 + PC1%*2 + PC0%*1      'PC1%=0:TURN RIGHT
    OUT &H3E2,OPDATA%      'PC1%=1:TURN LEFT
    FOR TH%=1 TO DELAYTIME%      'DELAY TIME: High
    NEXT TH%

    PC0%=0      'O/P CLK:Low
    OPDATA%=PC2%*4 + PC1%*2 + PC0%*1
    OUT &H3E2,OPDATA%
    FOR TL%=1 TO DELAYTIME%      'DELAY TIME: Low
    NEXT TL%

    WHILE INSTAT
      IF INKEY$="0" GOTO 999
      GOTO CONTINUE
    WEND

  CONTINUE:

  NEXT CLK%
  OUT &H3E2,&H04      'Motor Disable
  LOCATE 11,1: PRINT " Stop! "
  GOSUB IPSPEED
  IF SPEED% > OBJ%+1 GOTO BRAKE
  GOSUB DCC      'Resume Cruise
  RETURN

```

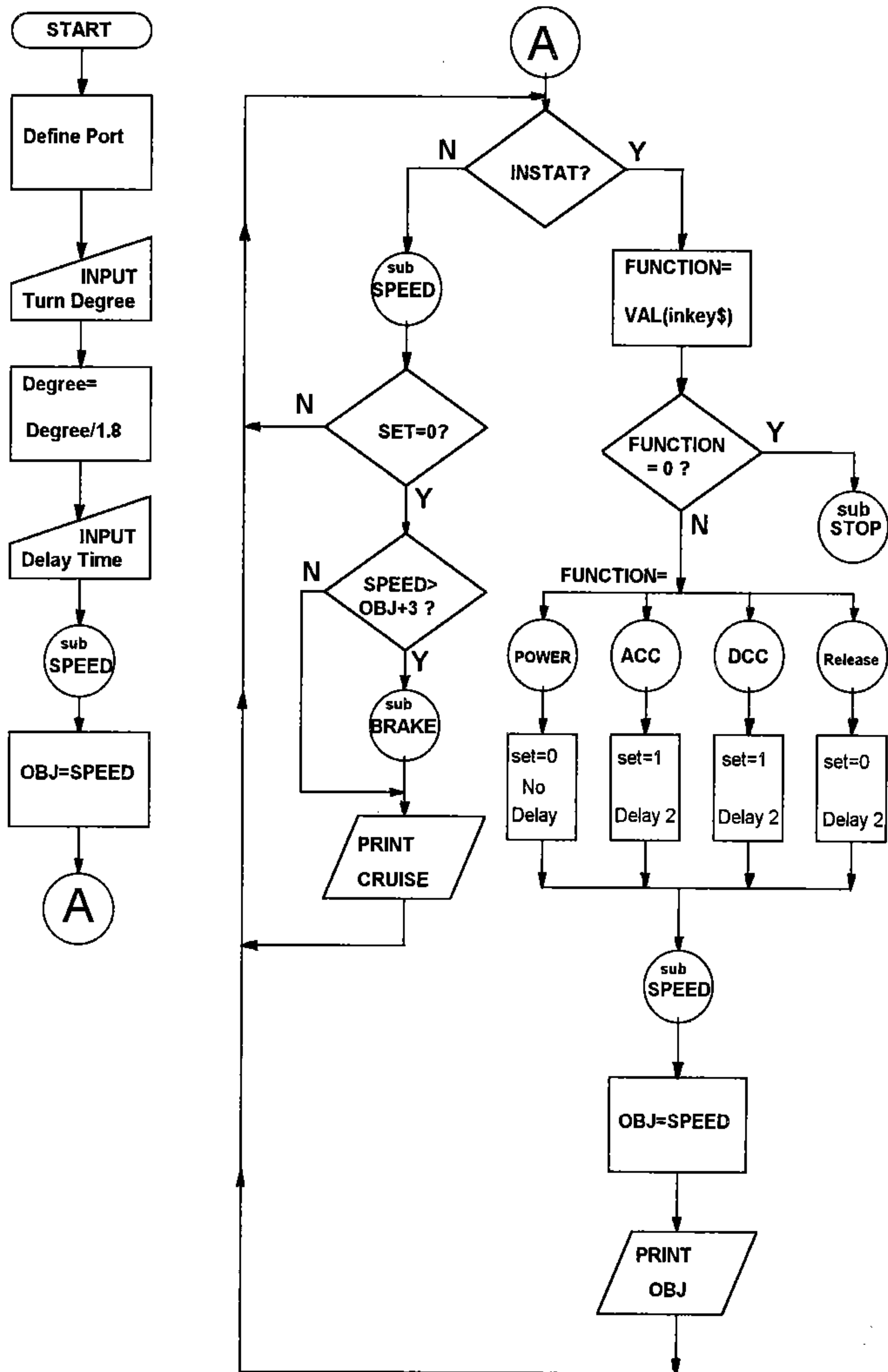


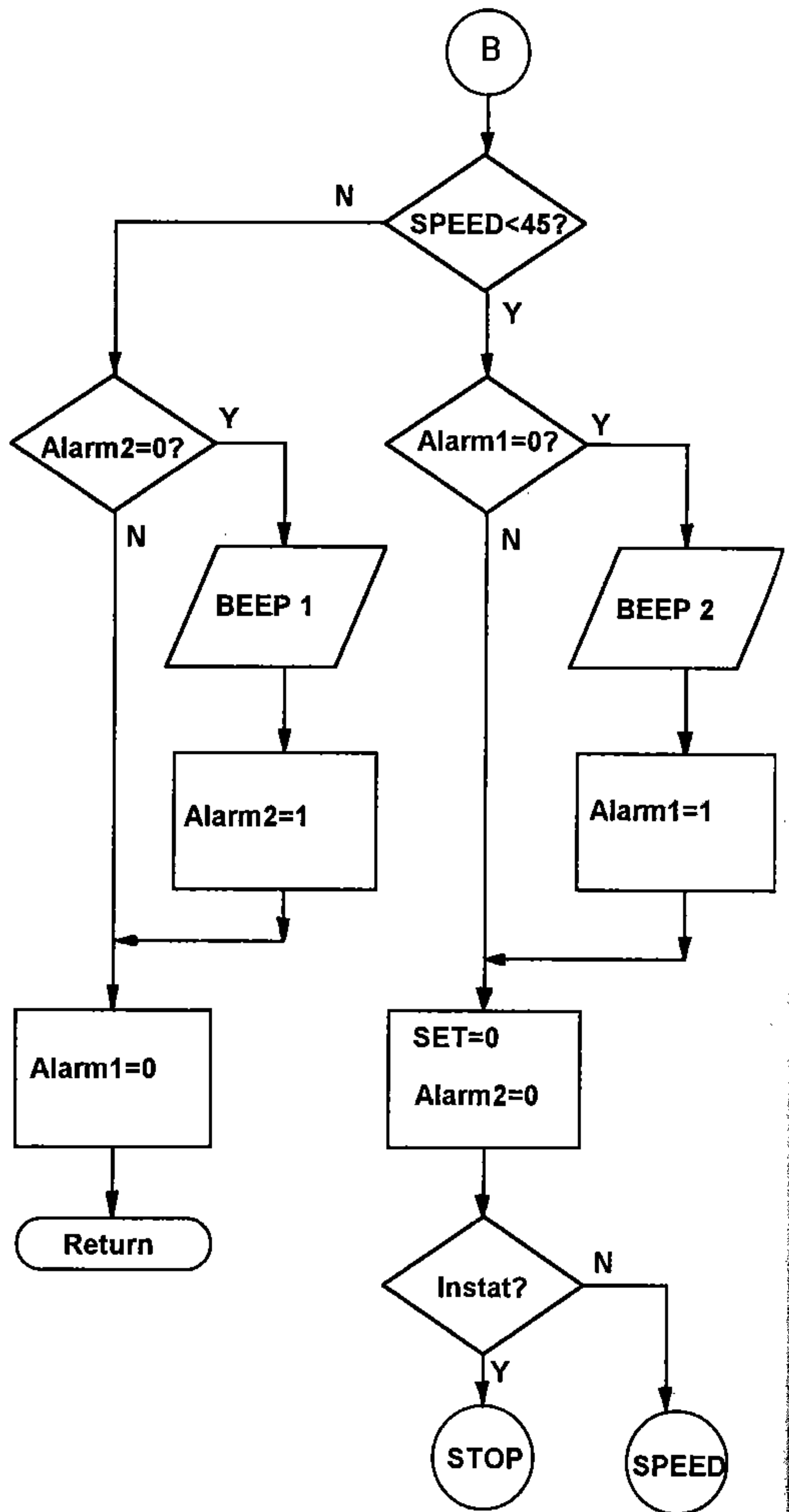
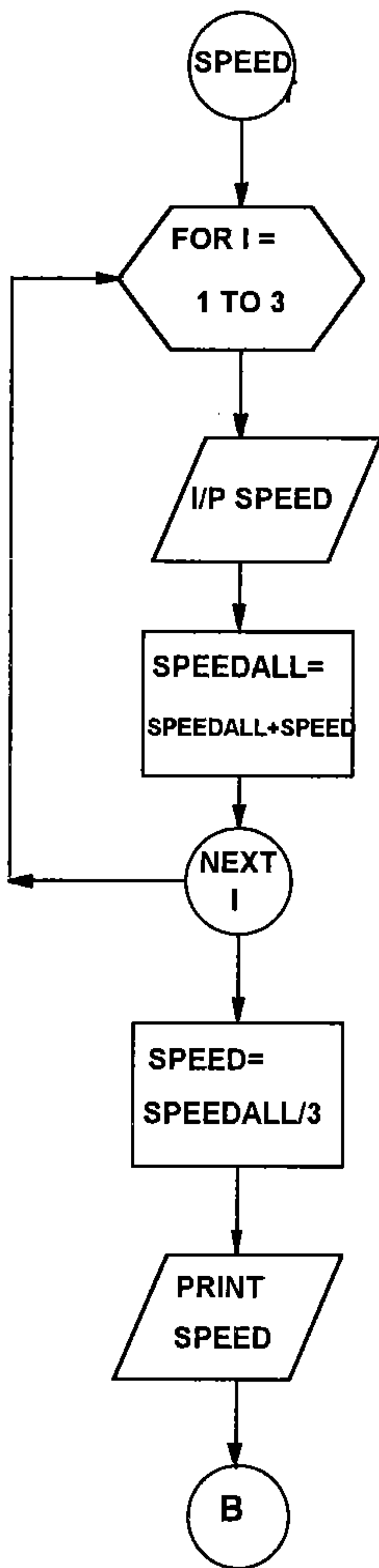
```

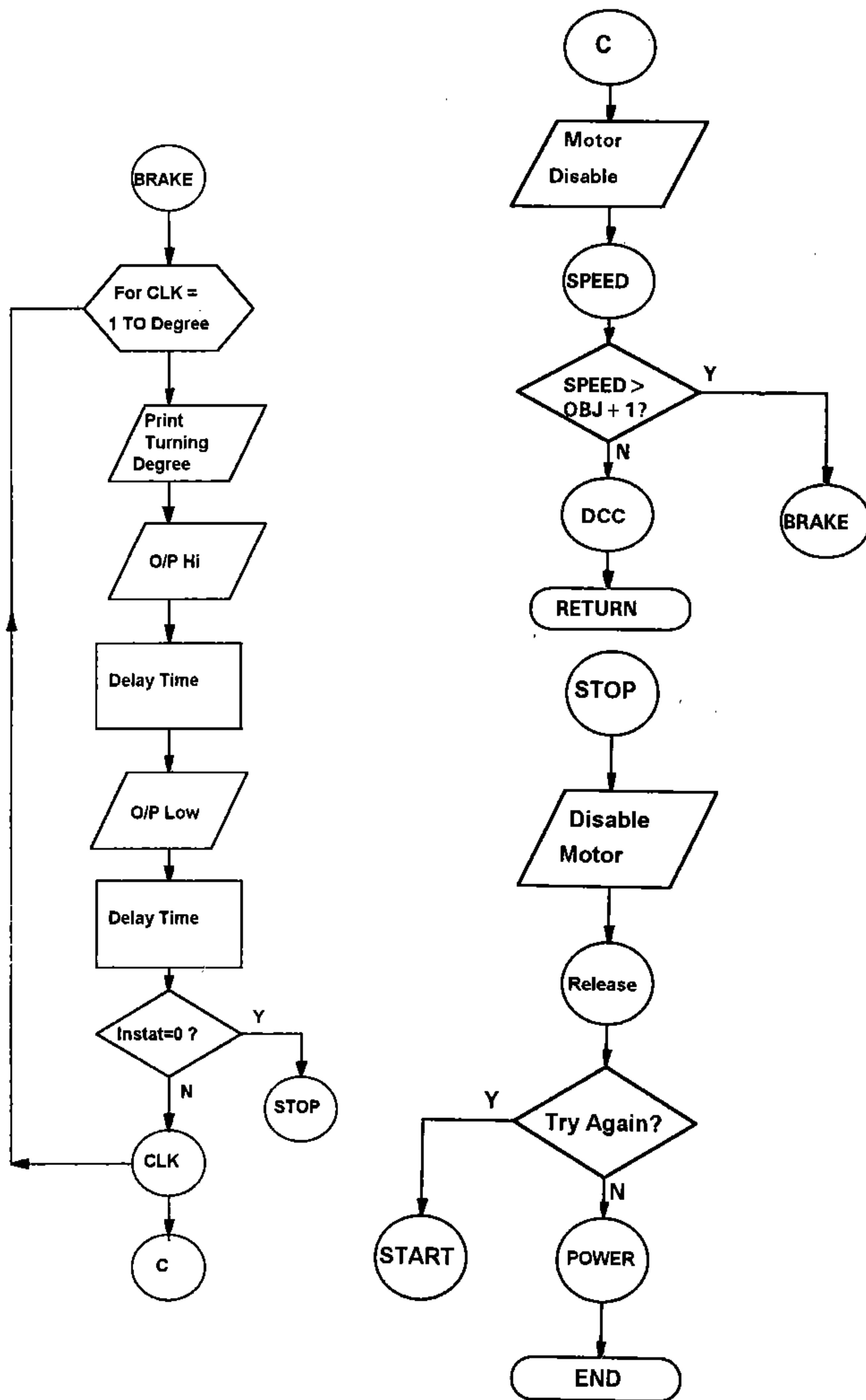
IPSPEED:
    SPEEDALL%=0
    FOR I%=1 TO 3
        SPEED%=INP(&H3E4)
        SPEED1%=SPEED% AND &H0F:SPEED2%=(SPEED% AND &HFO)/16
        SPEED%=SPEED2%*10+SPEED1%
        SPEEDALL%=SPEEDALL%+SPEED%
    NEXT I%
    SPEED%=SPEEDALL%/3
    LOCATE 7,1:PRINT "Car Speed(KPH): ";SPEED%

WARNING:
    LOCATE 9,1
    IF SPEED% < 45 THEN
        IF ALARM1% = 0 THEN
            BEEP 2
            ALARM1% = 1
        END IF
        SET%=0:ALARM2%=0
        PRINT "The speed now cannot start the Cruise System,Rechecking the speed. any key: END"
        WHILE INSTAT
            GOTO 999
        WEND
        GOTO IPSPEED
    ELSE
        IF ALARM2% = 0 THEN
            BEEP 1
            ALARM2% = 1
        END IF
        ALARM1%=0
        PRINT "OK! You can start the Cruise System, Key in Function:
    END IF
    RETURN
999
    OUT &H3E2,&H04
    GOSUB RELEASE
    LOCATE 20,1:PRINT "Do you try again? (Y/N)"
666 WHILE NOT INSTAT
    GOTO 666
WEND
PP$=INKEY$
LOCATE 20,24:PRINT PP$
IF PP$="Y" OR PP$="y" GOTO START
PRINT"ADVANCE-F Brake System Finished."
GOSUB POWER
END

```









### 3. 3. 2 導航車之行進間的防衛性駕駛環境

防衛性的駕駛環境在 ADVANCE-F 導航車發展中是一項重要概念，主旨係為克服及預防行車碰撞之發生，特別是在某些駕駛人感知不足及反應落差的時機。譬如前後車安全間距之確保，避免臨車突然切入或分出而造成側撞，以及遇潛在的危險物體能處理適度煞停等動作，甚至在明視程度很差時能輔助暨提升駕駛者的判別能力。

在現階段裡，吾人正研究於車輛周邊裝設超音波測距儀，共六組，如圖 3-11 所示。該測距儀會將接近之物體準確迅速量測間距送入主控電腦，當電腦判斷有物體過於靠近或對安全發生質疑時會命令警示裝置發出鳴響，同時驅動定速裝置做加減速或煞車。

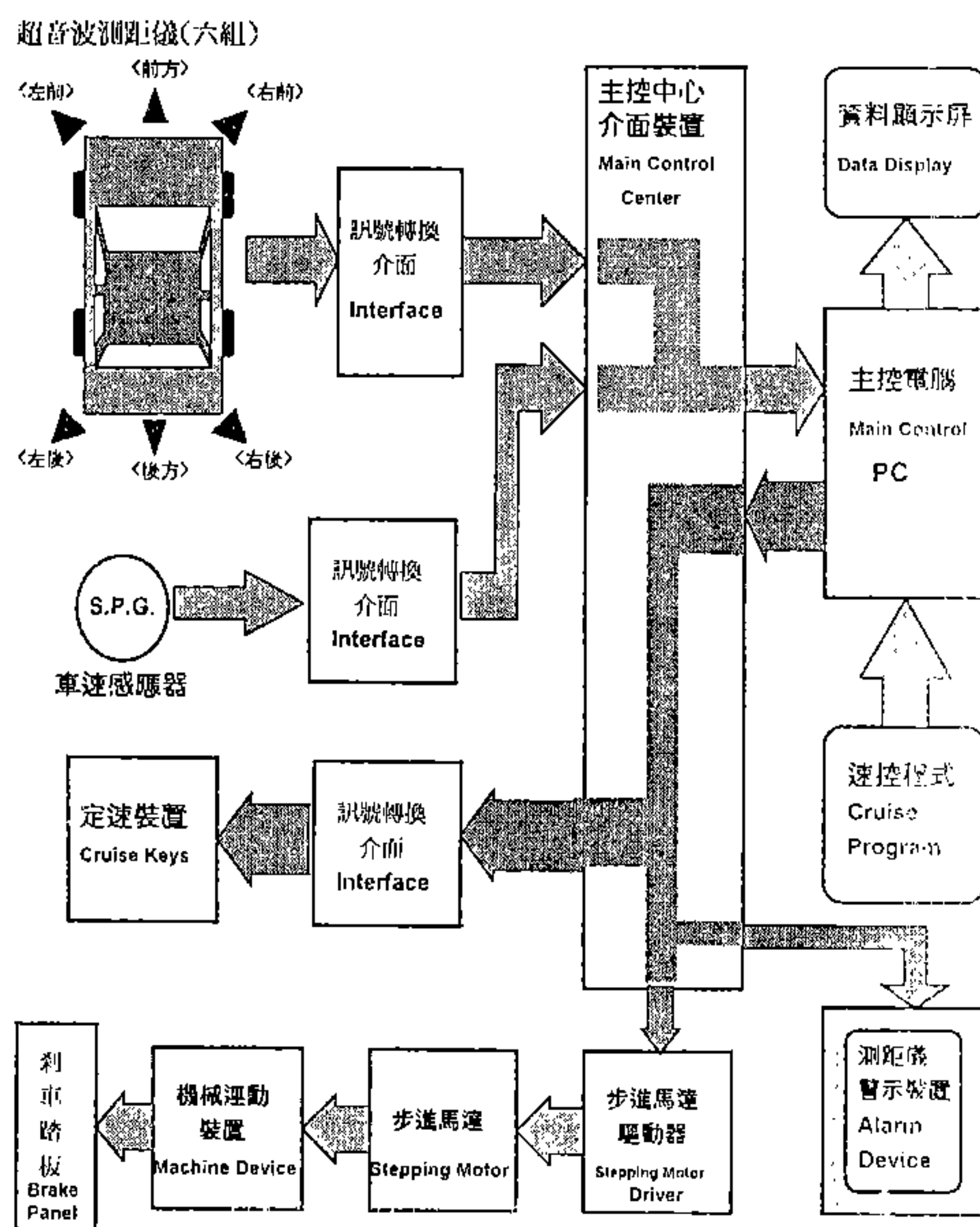
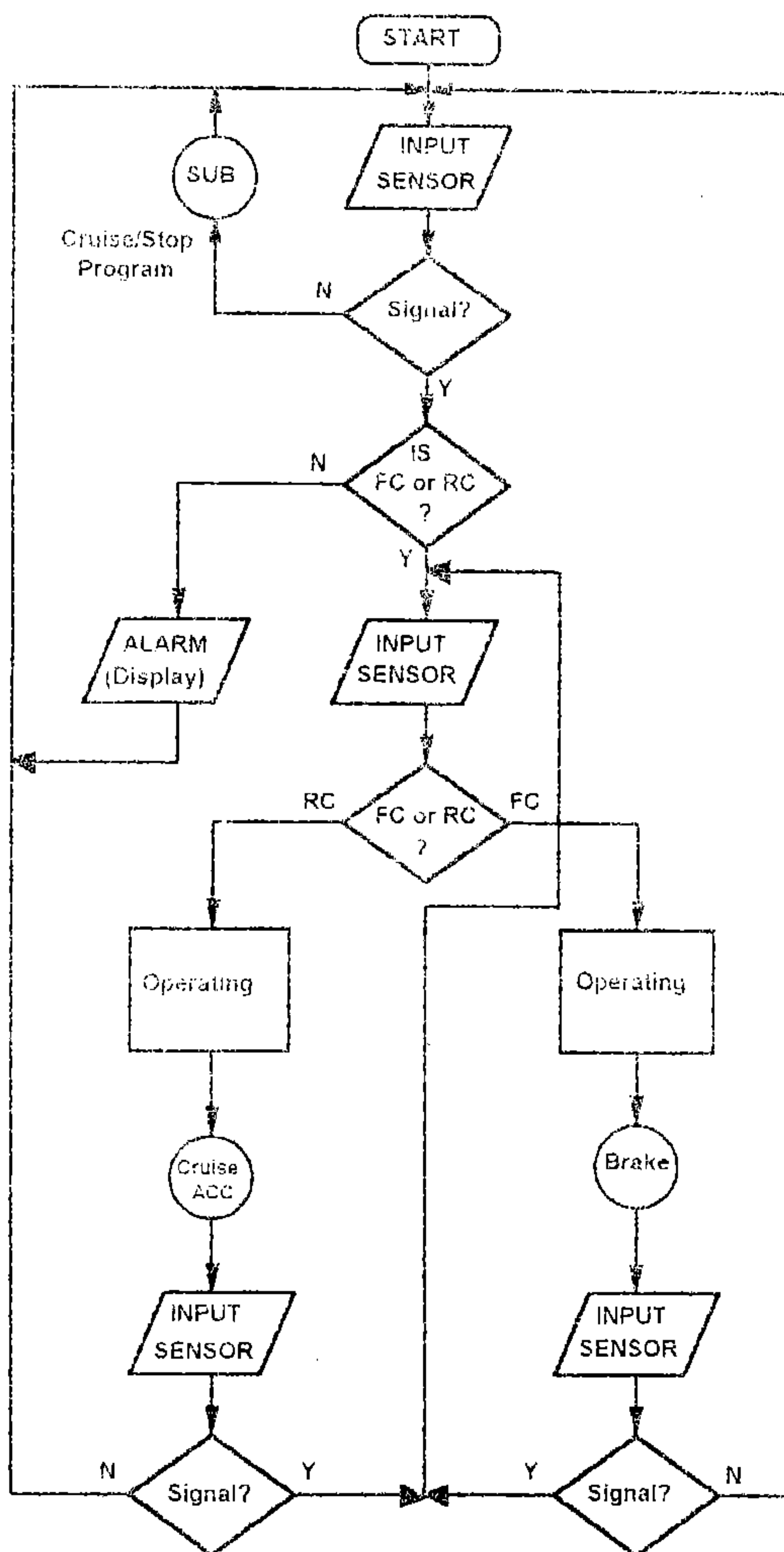


圖 3-11 導航車之防衛性駕駛環境

本防衛系統因器材規格無法於國內市面尋獲，完全自行設計則開發成本較高，目前正洽探國外先進工業產品是否有符合規格之商品。待器材獲得再設計介面修改前節控制程式，茲暫列示其控制概念流程如下：



## 第四章 ADVANCE-F 施行之車流與容量初探

本章吾人將要說明 ADVANCE-F 車輛於道路行車之跟車法則，並初步探討導航公路的可能容量。

### 4. 1 導航車的基本行車之跟車控制法則

基本行進與跟車問題之處理應分為行進中、併入及分出三狀況。由於目前 ADVANCE-F 導航車輛設計暫無法自動變換車道，故本期對行車跟車軟體決策先僅探討行進中模式乙項。茲討論如后。

#### 4. 1. 1 安全間距之決定

##### 1. 絕對安全間距 $S_{abs}$

公路行車，安全間距之決定嚴格而言為當駕駛發現前有障礙物需採緊急煞車至停止之距離（稱絕對安全間距）。設此車速當時為  $V$ ，從開始煞車至達最大減速度  $A_{max}$  時間為  $t_1$ ，車速減至  $V_1$ ，其後均以致動  $A_{max}$  到車速 0 為止，時間為  $t_2$ ，如圖 4-1。由圖 4-1 知， $J_{max}$  為最大減速力(jerk)：

$$\begin{aligned}t_1 &= \frac{A_{max}}{J_{max}} \\dA &= J_{max} dt \\A &= J_{max} \cdot t \\dV &= A dt \\\Delta V &= \int_0^{t_1} J_{max} \cdot t dt = \frac{1}{2} J_{max} t_1^2 = \frac{1}{2} \frac{A_{max}^2}{J_{max}} \\V_1 &= V - \Delta V = V - \frac{1}{2} \frac{A_{max}^2}{J_{max}}\end{aligned}$$

此時減速長度S 爲

$$S = \int V dt = \int \frac{1}{2} J_{\max} t^2 dt = \frac{1}{6} J_{\max} t^3 = \frac{1}{6} \frac{A_{\max}^3}{J_{\max}^2}$$

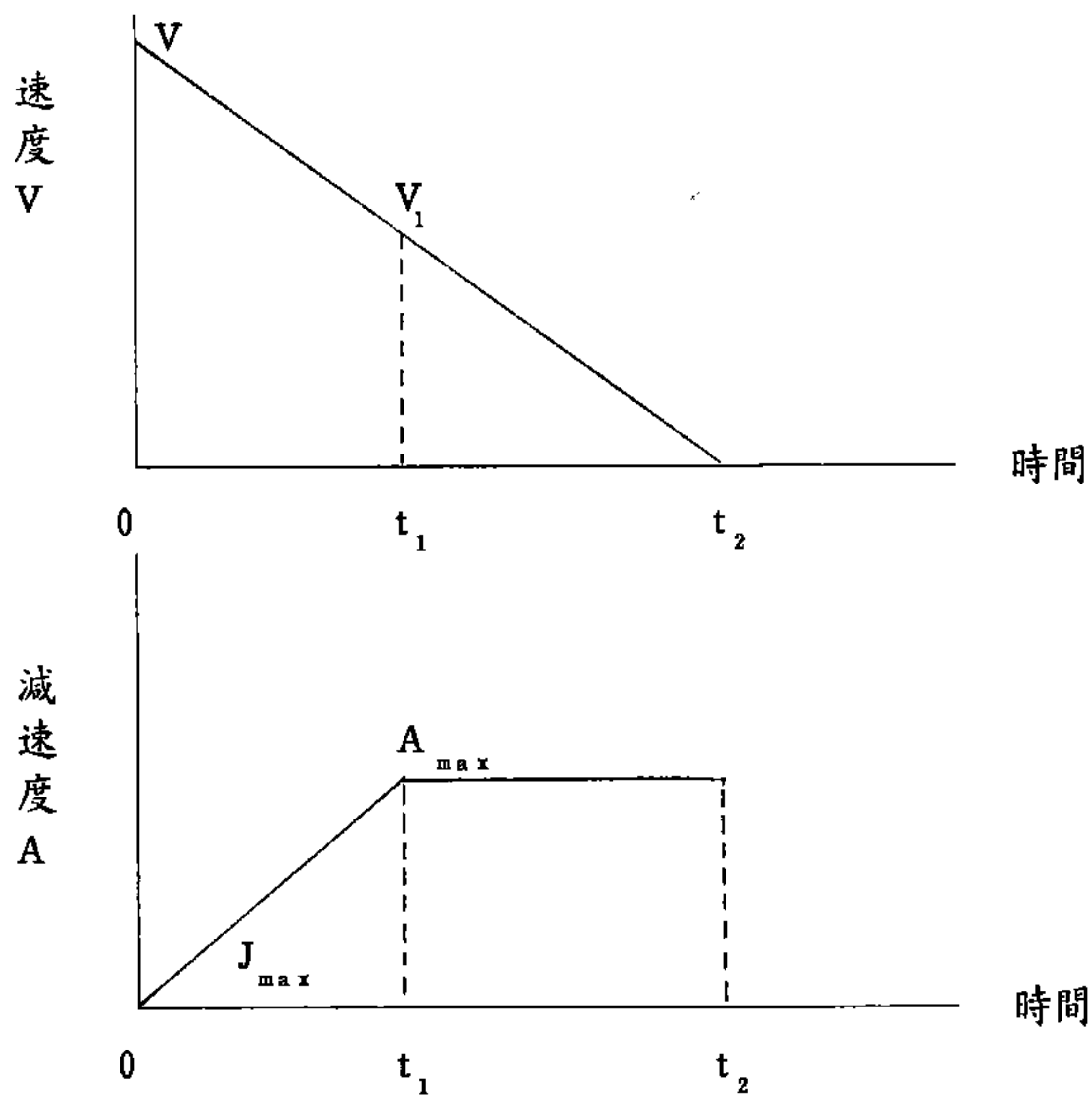


圖 4-1 減速示意圖

故於車速V減至 $V_1$ 期間，車輛實際行駛距離爲

$$S_a = Vt_1 - \frac{1}{6} \frac{A_{\max}^3}{J_{\max}^2} = V \frac{A_{\max}}{J_{\max}} - \frac{1}{6} \frac{A_{\max}^3}{J_{\max}^2}$$

由車速 $V_1$ 至 $V=0$ 行駛距離爲

$$S_b = \frac{V_1^2}{2A_{\max}} = \frac{\left(V - \frac{1}{2} \frac{A_{\max}^2}{J_{\max}}\right)^2}{2A_{\max}}$$



又若車輛測得障礙物再經車內控制器致動及機械延遲之時間為  $\tau$ ，則絕對安全間距即被定義為：[23]

$$S_{abs} = V\tau + S_a + S_b = V\tau + \left( V \frac{A_{max}}{J_{max}} - \frac{1}{6} \frac{A_{max}^3}{J_{max}^2} \right) + \frac{\left( V - \frac{1}{2} \frac{A_{max}^2}{J_{max}} \right)^2}{2A_{max}}$$

本式用於前車為非導航車之狀況。

## 2. 相對安全間距 $S_{rel}$

相對安全間距定義為「當前車採緊急煞停，跟車由感知、反應至採取緊急煞車而不致追撞所應保持之行車間距」。設前車初速為  $V_L$ ，其煞停距離為：

$$S_l = \frac{V_L^2}{2A_{max}}$$

則依定義可推得

$$\begin{aligned} S_{rel} &= S_{abs} - S_l \\ &= V_f \tau + \left( V_f \frac{A_{max}}{J_{max}} - \frac{1}{6} \frac{A_{max}^3}{J_{max}^2} \right) + \frac{\left( V_f - \frac{1}{2} \frac{A_{max}^2}{J_{max}} \right)^2 - V_L^2}{2A_{max}} \end{aligned}$$

其中  $V_f$  為跟車者之車速。上式當  $V_L = 0$  時（障礙物）， $S_{rel} = S_{abs}$ 。此式應用於前車為導航車之狀況。

## 4. 1. 2 行車速率

行進中導航車之速率決定依下規則：

1. 當前車為導航車，其速率為  $V_L$  ( $V_L \leq$  作業速率  $V_0 = kV_D$ ，導航車設計速率  $V_D = 120$  KPH， $0 < k \leq 1$ )

(1) 當車間距  $\Delta$  為  $S_{rel} \leq \Delta \leq S_{rel} + \delta$ ，(誤差寬容量  $\delta$  取 1.5 m)，則跟車速率取  $V_f = V_L$ 。

(2) 若  $\Delta > S_{rel} + \delta$ ，則  $V_f$  得加速至  $V_0$ ，但必須符合前項(1)之規定。

(3) 若  $\Delta < S_{rel}$ ，又  $V_f \geq V_L$ ，則  $V_f$  須減速至滿足第(1)項規定；若  $V_f < V_L$ ，則一段時間後，當

$$\begin{aligned}\Delta &= S_{rel} - S \\ &= S_{rel} - \frac{1}{A_n} \left\{ V_f (V_L - V_f) + \frac{1}{2} (V_L - V_f)^2 \right\}\end{aligned}$$

$V_f$  得加速至  $V_L$ 。

$$\begin{aligned}\text{前式爲 } V_L &= V_f + A_n t, \quad t = \frac{1}{A_n} (V_L - V_f) \\ S &= V_f t + \frac{1}{2} A_n t^2 \\ &= V_f \cdot \frac{1}{A_n} (V_L - V_f) + \frac{1}{2} A_n \left( \frac{V_L - V_f}{A_n} \right)^2 \\ &= \frac{1}{A_n} \left\{ V_f (V_L - V_f) + \frac{1}{2} (V_L - V_f)^2 \right\}\end{aligned}$$

其中  $A_n$  約等於  $0.2g$ 。

## 2. 當前車為非導航車時

(1) 若  $S_{abs} \leq \Delta \leq S_{abs} + \delta$ ，且  $V_L \leq V_0$ ，則  $V_f = V_L$ ；若  $V_L > V_0$ ，則  $V_f = V_0$ 。

(2) 若  $\Delta > S_{abs} + \delta$ ，則  $V_f$  得加速至  $V_0$ ，但必須符合前項(1)之規定。

(3) 若  $\Delta < S_{abs}$ ，又  $V_f \geq V_L$ ，則  $V_f$  須減速至滿足第(1)項之規定；若  $V_f < V_L$ ，且  $V_L \leq V_0$  則一段時間後，

$$\Delta = S_{abs} - \frac{1}{A_n} \left\{ V_f (V_L - V_f) + \frac{1}{2} (V_L - V_f)^2 \right\}$$

其中  $A_n = 0.2g$ ， $V_f$  得加速至  $V_L$ ；若  $V_f < V_L$ ，但  $V_L > V$ ，則  $V_f = V_0$

#### 4. 1. 3 加減速值之決定

一般行車於調整跟車間距時，加減速值依舒適狀況設定在  $-0.2g \sim 0.2g$ ，而跟車時加減速微調值由下決定：

設  $S_t$  為  $t$  時間跟車（導航車）測得與前車之間距，由前後時間所量測之間距可得

$$\Delta S = S_t - S_{t-1}$$

若  $\Delta t$  為單位量測時間，則前後兩車之速率差為

$$V_L - V_f = \Delta v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\text{即 } V_L = \frac{\Delta S}{\Delta t} + V_f$$

又前後車之加減速差  $\Delta A$

$$\begin{aligned} \Delta A &= A_L - A_f = \frac{(V_L - V_f)^2 - (V_f - V_f)^2}{2\Delta S} \\ &= \frac{\Delta v^2}{2\Delta S} = \frac{\Delta S^2}{2\Delta S \cdot \Delta t^2} = \frac{1}{2} \frac{\Delta S}{\Delta t^2} \end{aligned}$$

上式之  $\Delta A$  即為跟車者加減速之微調值。若道路狀況條件良好，緊急狀況最大加減速  $A_{\max}$  可達  $0.9g$ ；較差時為  $0.5g$ 。[19,22,23,31]

#### 4. 1. 4 誤差寬容量與測距儀之能力要求

在前面曾設定誤差寬容量  $\delta$  為 1.5 m，其來源有二：其一為車輛長度偏差，本研究於設計時取  $L = 4.5$  m，而為安全計，故於間距保持之寬容量多取 0.5m。另一是源於測距儀取樣頻率因設計速率  $V_D = 120$ KPH，即車速為 33.33m/sec，定測距儀取樣頻率為 33.33  $H_z$ ，則每次取樣間最大可能誤差為 1 m。故在本案中誤差寬容量取 1.5 m，測距儀取樣頻率原則上應不能低於 33.33  $H_z$ 。

## 4. 2 車流及容量探索

根據 ADVANCE-F 系統架構，不管是導向控制或速率控制，以朝向車內系統為主，幾乎不變更現行的公路設計及交通控制作業方式。車內系統若是套件式設計，市場上皆可自由購置。然導航車與非導航車之跟車行為暨車流現象是有相當的差異性，若能採專用車道似乎較佳。但公路主管單位需視市場普及性而決擇。實施初期之過渡階段想必難以分割導航車道或非導航車道，因此，於混合車流行為之下必會影響所預期的容量。底下吾人將做初步的數據分析，更深入的研究將在未來標準模擬模式完成後評述。

在前節已描述導航車跟車的決策基本規範，於是可知車流中之跟車間距  $G$  於穩定時（等速前進，無併入分出等理想狀況）有以下三種情況發生：

(1) 前車為非導航車，後車為導航車，則

$$G \doteq S_{abs} = V_0 \tau + \left( V_0 \frac{A_{max}}{J_{max}} - \frac{1}{6} \frac{A_{max}^3}{J_{max}^2} \right) + \frac{\left( V_0 - \frac{1}{2} \frac{A_{max}^2}{J_{max}} \right)^2}{2A_{max}}$$

$$\doteq 0.0566V_0^2 + 0.358V_0 \quad (\text{依實驗取 } \tau = 0.3 \text{ 秒, } A_{max} = 0.9g, \\ J_{max} = 76.2g)$$

參考值如表 4.1(a) 所示。

(2) 前車為導航車，後車為導航車，則



$$G \doteq S_{rel} = S_{abs} - \frac{V_L^2}{2A_{max}}$$

$$\doteq 0.358 V_0 \quad (\text{假設車流穩定時 } V_L = V_0)$$

參考值如表 4.1(b)。

- (3) 不管前車為導航車或非導航車，後車為非導航車，則若依交通安全規則建議車速若為 60KPH，車間距應保持在 6 個車長；車速 70 KPH，車間距應保持 7 個車長，．．．而導得 [19]

$$G \doteq S_{app} = \frac{V}{10} \cdot L \cdot \frac{3600}{1000}$$

$$= 0.36LV$$

$$= 1.62V_0 \quad (\text{取 } V = V_0, L = 4.5\text{m})$$

參考值如表 4.1(c)。

表 4. 1 基本跟車間距

單位：公尺

間 距	20KPH	40KPH	60KPH	80KPH	100KPH	120KPH
(a) $S_{abs}$	3.7	11.0	21.7	35.9	53.6	74.8
(b) $S_{rel}$	2.0	4.0	6.0	8.0	9.9	11.9
(c) $S_{app}$	9.0	18.0	27.0	36.0	45.0	54.0
(d) H	5.6	10.5	18.0	29.0	45.5	70.0

但非導航車為人為駕駛，不可能完全依交通安全規則行駛，若根據 Greenberg 所提之傳統公路速度密度關係公式： [6]

$$v = v_m \ln \left( \frac{K_j}{K} \right)$$

$v_m$  為最大流量下之車速，於台灣地區高速公路約 50KPH， $K$  為密度變

數， $K_j$  為最大密度約 148, (每公里之車輛數)，又間距  $H = \frac{1}{K} - L$

$L$  為車長以 4.5M 計，

$$\therefore K = \frac{1000}{H + L}, \text{ 代入 Greenberg 式得}$$

$$H = 6.76 e^{0.02V} - 4.5$$

上式  $H$  單位為公尺， $V$  之單位為 KPH，所得參考資料如表 4.1(d)。

比較表 4.1(a)(b)(c) 及 (d) 各欄之資料可知  $S_{rel}$  最小，顯示若車流均為導航車，且車速均於 120KPH 時，可得最高容量  $c$ ：

$$C = \frac{(120/3.6) * 3600}{11.9 + L} \bigg|_{L=4.5m} = 7317 \approx 7300 \text{ pcuphl}$$

這個結果與美國 PATH 計劃預期結果相差不多。然若在導航非導航混合車流情況下顯然對容量不利，因為  $S_{abs}$  在高速運作下，要求的間距相當嚴格，約為  $S_{rel}$  的 16 倍。因此對於跟隨非導航車的模式未來需謹慎予以研究及改善。當然，長遠而言或為安全之顧慮，設置導航車專用車道為最佳方案。

### 4. 3 電腦行車模擬模式之建立

為進一步瞭解實施 ADVANCE-F 後的各種車流狀況及可能容量，建立一電腦行車模擬模式十分重要。底下是本研究建立此模式之架構與初步結果：

#### 4. 3. 1 基本系統環境與假設

##### 1. 駕駛者特性

本模式包括非導航車與導航車。非導航車之駕駛者爲人，導航車之駕駛者指車內之微電腦控制系統，各車內微電腦均爲相同駕駛邏輯，且特性均一及合乎理性。

##### 2. 車輛特性

本模式將車種綜合歸納簡化分爲 20 類，並假設屬於同一類別車輛之性能與實體特性均相同。且假設系統內僅有此 20 類車種。

###### (1) 加速性能

車輛之加速性能可分爲最大加速度及正常加速度兩種，且於不同速率及引擎轉速下有其對應之最大加速度。本模式爲簡化模擬之複雜性，將不考慮不同速率及引擎轉速下之最大加速度之變異，僅假設其最大加速度值依下式決定。

$$V = V_0 + A t$$

從各車種之資料顯示車輛由 0 m/sec 加速至 27.78 m/sec ( 100 KPH ) 之所需時間即可推得

$$A = \frac{V}{t}$$

小數部份取至第二位。

至於正常加速度依加速法則而定取約 2 m/sec<sup>2</sup> ( 即 0.2g 左右 ) ，各車並無差異。

## (2) 減速性能 [23]

車輛之減速性能亦可分為最大減速度及正常減速度兩種，本模式亦暫不考慮各車種間差異以及速率不同狀況下減速度之變異。在本模式中僅假設最大減速度（緊急煞停）僅用  $7.85\text{m/sec}^2$ （即  $0.8g$ ，實際可達  $0.9g$ ，甚至有些車種可達  $1.0g$ ），而正常行車減速度可分為兩種：

(i) 被迫減速：減速度為  $3.92\text{m/sec}^2$ （約  $0.4g$ ）。

(ii) 自主減速：減速度為  $1.96\text{m/sec}^2$ （約  $0.2g$ ）。

## (3) 最大瞬間減速力 (Maximum jerk) $J_{\max}$ : [23]

$J_{\max}$  係最大減速度之一次微分，本模式假設為  $76.2\text{m/sec}^3$ 。

## 3. 道路情況

- (1) 本模式因僅探討縱向行車問題，且係微觀處理車輛行進，因此忽略轉彎時內外車道縱向任意兩點間距離之差異（ $\Delta S = 0$ ）。故假設於研究之  $10\text{km}$  模擬路段範圍內，內外車道之幾何線型均為平直路段，且無上下坡等坡度變化。
- (2) 模擬路段由起點至入口閘道距離為  $1\text{ km}$ ，由迄點至出口閘道距離亦為  $1\text{ km}$ ，中間部份為  $8\text{ km}$ ，且單向為雙車道。直進車輛產生於內側車道係導航之主線車道，併入車輛係產生於進口閘道頂端起初行駛於外側車道，且外側車道係變換過渡車道僅供併入前之準備車道及分出後之短暫停留（假設幾乎並無永久車流）。模擬路段示意圖如圖 4-2。

## 4. 系統環境特性

### (1) 速度：

本模式按車道別賦予每一車輛進入系統時之到達速率為



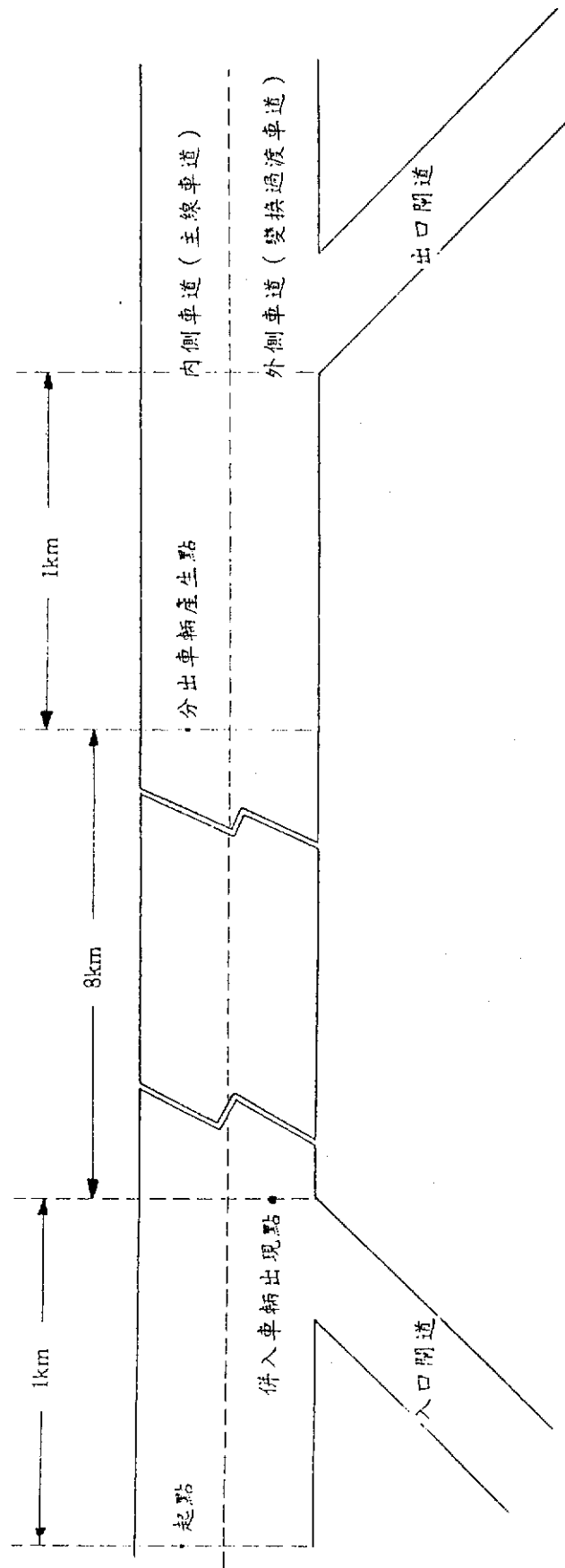


圖 4—2 模擬路段示意圖

- (i) 內側主線車道初出現之速率設於 72 ~ 120KPH ( 20m/sec ~ 33.3 m/sec ) 之間，且呈一常態分配 ( Normal Distribution ) 。
- (ii) 變換過渡車道暨併入出現點出現之車輛其到達速率係於 45 ~ 70.2 km/hour ( 12.5 ~ 19.2m/sec ) 之間亦呈常態分配。

本系統主線上一般理想狀態係處於高速行車狀況，因此不論是由於車輛性能限制或是基於安全考量，均應給予車輛速度一上限值。而本模式之最高速限給定依導航車，非導航車分別為：

- (i) 導航車：其最高速限即導控之運轉速度 ( Operation Speed ;  $V_0$  ) 值為  $V_0 = kV_D$  ,  $0 < k \leq 1$  ,  $k$  為天候及其他影響導控之參數， $V_D$  為設計速度 ( Design Speed ) 120KPH 。
- (ii) 非導航車：可加速至最高速限值為 33.3m/sec ( 即 120KPH ) 。

## (2) 全機械反應延滯：

全機械反應延滯依原型車之試驗  $\tau = 0.3\text{sec}$ ，係包括：

- (i) 通訊延滯 (  $t_c$  )：感測器 ( 測距儀 ) 感知車輛位置 ( 間距 ) 變化並通知微電腦處理的時間。
- (ii) 處理延滯 (  $t_p$  )：微電腦處理與機械致動的時間。

## (3) 瞬間最大容許速度偏差：

瞬間最大容許速度偏差 ( Maximum permitted speed deviation ;  $\Delta V_T$  ) 係由於側向偏角以及儀器量測所產生之誤差而訂定之。本模式係假定為 0.762m/sec 。

## (4) 瞬間最大容許位置偏差：

瞬間最大容許位置偏差 ( Maximum permitted position deviation ;  $\Delta X_T$  ) 同理係由於側向偏角及儀器量測所產生之位置誤差，本模式係假定為 0.3048m 。

## (5) 併入與分出之車流狀況假設

本模式僅模擬最左車道之單一主線 ( 未來規劃為專用車道 )

之車流情況，故車輛在併入車輛出現點前及分出消失點後之行爲將不予介定，也即假設右線車道之直進車流不影響左線之互動關係。

#### 4. 3. 2 車流運行準則

茲將系統內車輛一般行爲準則分述如下：

##### 1. 主線車道直進之車輛行進中模式

主線車道之導航車在正常行駛狀態，均依 4.1 節所述之跟車法則行進。而非導航車之跟車係根據交通安全規則建議車速若爲 60KPH，車間距應保持在 6 個車長；車速 70KPH，車間距應保持 7 個車長，．．．；故非導航車採實用安全間距：

$$\begin{aligned} S_{app} &= \frac{V}{10} \cdot L \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= 0.36 \quad LV \end{aligned}$$

此處  $V$  爲  $m/sec$ 。而車速方面，因車輛駕駛者在不受其它車輛干擾時，皆想保持其自認爲合適之行駛速率，即每車皆給予一期望速率（desired speed），當前面無車阻礙時，該車必然加速至期望速率，然後保持等速行駛。但若前方有阻礙則依基本跟車間距  $S_{app}$  前進。

##### 2. 欲併入主線車道之車輛一併入模式

所謂併入即車輛由另一車道駛入之行爲。本階段中因導航車尚未能自動變換車道，故所有的併入行爲均係人工操作，與非導航車一樣均爲傳統的駕駛現象。今分析車輛是從右側車道併入左車道。

###### (1) 導航車併入之接受間距

當車輛於右車道欲進入左車道，方向燈作用時，車輛將偵測

左車道之間距是否足夠讓其併入。為避免影響左車道車流之穩定性，最佳併入間距  $S_{mo}$  應是：

(i) 前車為導航車，後車亦為導航車時，

$$S_{mo} \geq 2S_{rel} + L$$

(ii) 前車為非導航車，但後車為導航車時，

$$S_{mo} \geq S_{abs} + L + S_{rel}$$

(iii) 前車為導航車但後車為非導航車時，

$$S_{mo} \geq S_{rel} + L + S_{abs}$$

(iv) 前後車均為非導航車時，

$$S_{mo} \geq S_{abs} + L + S_{app}$$

## (2) 非導航車併入之接受間距

非導航車之併入將不管其前後是否為導航或非導航車，此處假設駕駛人認為最佳間距為：

$$S_{mo} \geq 2S_{app} + L$$

但因非導航車無檢測間距能力，故其併入接受間距將取：

$$S_{mo} \geq G_{min} = 2V_{mer}$$

$V_{mer}$  為併入車車速 ( m/sec )。

## (3) 併入點決策

欲併入車輛自出現點產生後，除等速前進尋找可接受間距併入以外，亦可「相對加速」前進尋找或「相對減速」等待可接受間距以便完成併入，決策方法如下：

- (i) 當某車進入系統時即發現該位置旁之內側主線車道間距大於併入安全間距  $S_{mo}$ ，則開始併入動作。若此時與前車的安全間距不足標準則執行(iv)；若此時與後車的安全間距不足標準則執行(iii)。
- (ii) 若進入系統時發現該位置旁之內側主線車道間距小於併入安全間距，首先判斷 11sec\* 可追及之前方內側車道中是否有任何間距大

---

\* 註：依張家祝、黃承傳、柯松澤君所撰，「台灣地區高速公路進口開道加速車道設計長度之研究」一文之結論，加速車道最適長度介於 240 ~ 300 公尺之間，且其前三分之二為自由加速部份後三分之一範圍則採減速跟車。因此本模式中所假設之加速容忍時間  $t_{tor}$  求算方式為：取最適長度為 270 公尺，其三分之二長為 180 公尺，設由進口開道進入已加速至 45KPH ( 12.5m/sec )，於 180 公尺後加速至 72km/hour ( 20m/sec ) 以便併入，故可依  $V^2 = V_0^2 + 2AS$  與  $V = V_0 + At$  可解得  $t$ ，即  $t_{tor} = 11$  秒。



於併安全間距  $S_{mo}$  ? 若「是」則執行(iii)；若「否」則執行(iv)。

(iii) 則依「相對加速法則」前進至可併入點，而此併入點，正常操作之導航車會發生在所超之車輛前  $\Delta_f$  距離處：

$$\Delta_f = P_{mer} - P_f \geq S_{fx} - t_m (V_f)$$

其中  $P_{mer}$  表欲併入車輛所在位置

$P_f$  表該可併入間距中後車所在位置

$V_{mer}$  表欲併入車輛當時車速

$V_f$  表該可併入間距中後車車速

$S_{fx}$  表併入後併入車輛與該可併入間距中後車之相對間距：倘後車為導航車， $S_{fx} = S_{rel}$ ；若後車為非導航車， $S_{fx} = S_{app}$ 。

$t_m$  表併入所須之時間，假設為 2 秒。

若為非導導航車或不佳操作的導航車則其併入點會發生在：

$$\Delta_f = P_{mer} - P_f = \frac{G_{min}}{2} + (1 - X_0) D$$

其中  $X_0$  為滿足 Beta 機率函數

$$RN = \int_0^{X_0} \frac{1}{B(\alpha, \beta)} X^\alpha (1 - X)^\beta dX$$

RN 為 0 ~ 1 之亂數；最適當之  $\alpha$ ， $\beta$  為  $\alpha = 5$ ， $\beta = 3$ ， $D$  為  $S - G_{min}$ ，且

$$0 \leq D \leq 4L$$

上式  $S$  為瞬間前後車實際間距， $L$  為車長 (m)。

(iv) 則依「相對減速法則」前進，等待可併入點，而此併入點正常操作之導航車係發生在與前車差  $\Delta_l$  之距離處：

$$\Delta_l = P_l - P_{mer} = S_{lx} - t_m (V_l - V_{mer})$$

其中  $P_1$  表該可併入間距中前車所在位置

$V_1$  表該可併入間距中前車車速

$S_{lx}$  表併入後併入車輛與該可併入間距中前車之相對間距：  
倘前車為導航車， $S_{lx} = S_{rel}$ ；若前車為非導航車， $S_{lx} = S_{abs}$ ；若為  
非導航車或不佳操作的導航車則其併入點會發生在：

$$\Delta_1 = P_1 - P_{mer} = \frac{G_{min}}{2} + X_0 D$$

其中之符號同前 (iii) 所示。

(4) 併入動作時間及併入速度，由圖 4-3 推知：

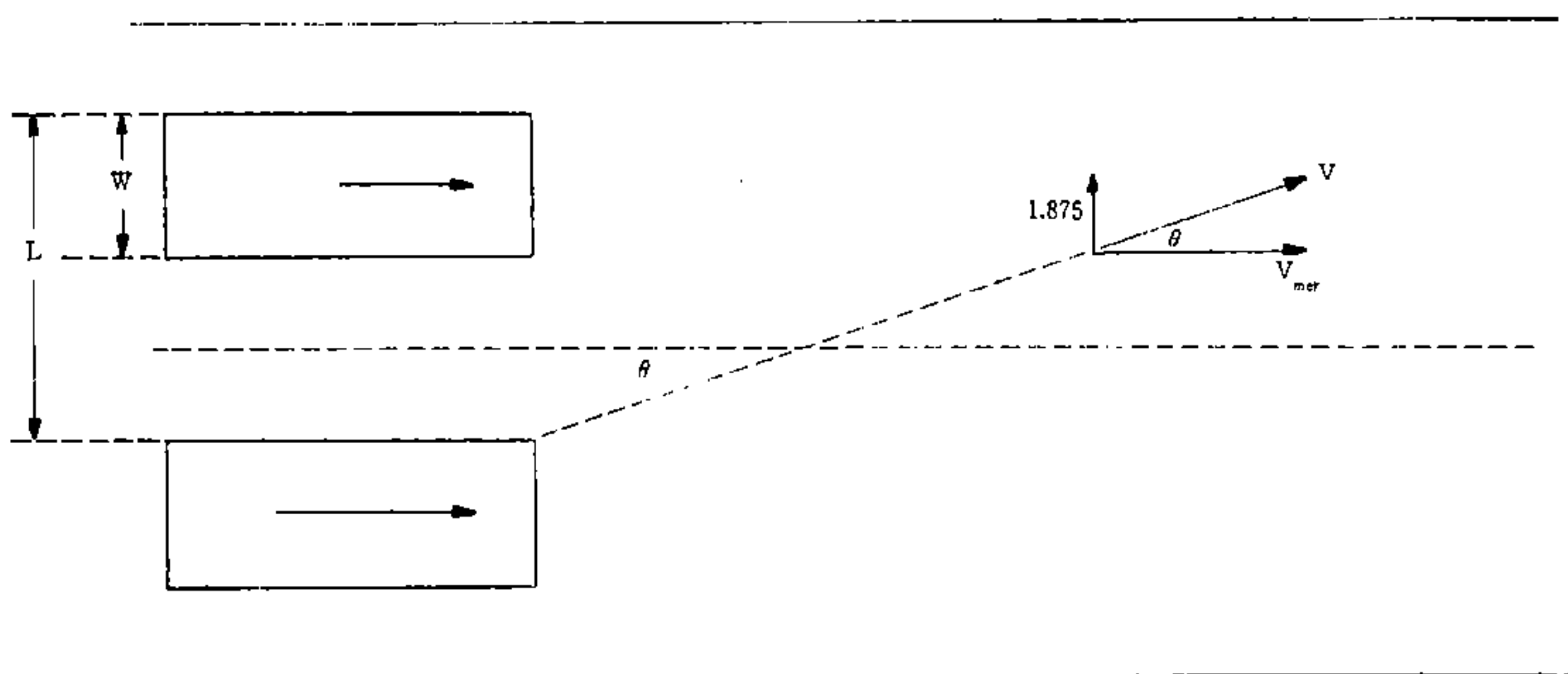


圖 4 - 3 併入動作相對座標示意圖

- (i) 假設車道寬 3.75m，且該完成併入動作須 2sec，則橫移速度為 1.875m/sec。若將車輛看成未轉向橫移，則併入車進入內側主線車道之起算時間  $t$  為：

$$t = \frac{(1/2) (3.75 - w)}{1.875}$$

取  $w=1.75m$ ，則  $t=0.53$  秒。為配合模擬間隔 0.3sec，故此  $t$  取 0.6sec。

(ii) 設併入車之車速為  $V$ ，則前進車速  $V_{mer}$  或併入速度（縱向）為：

$$\begin{aligned} V_{mer} &= \left[ V^2 - \left( \frac{3.75}{2} \right)^2 \right]^{0.5} \\ &= \left[ V^2 - 1.875^2 \right]^{0.5} \\ &= \left[ V^2 - 3.516 \right]^{0.5} \end{aligned}$$

### 3. 欲由主線車道分出之車輛——分出模式

分出模式與前段併入模式大體相同，欲分出之車輛，需檢定相鄰車道是否有可接受間距。當有合適之間距，下一步即選定分出點。惟分出模式中需處理某車輛分出時對其原車道之後車之影響，假設欲分出之車輛於分出時前進車速並不改變，但因分出角度，致使其平行於車道線之車速分量小於原前進速度，若正作動分出之車輛有緊跟尾隨車，便須調整車速及間距，而產生所謂的 Slinky Effect。

### 4. 3. 3 初步模擬結果

欲評估及預測 ADVANCE-F 實施之交通行為，必須建立一套完備的標準模擬實驗環境 (Testbed)。美國對其 IVHS 各項研發評估已建有 TWOODS (Time Warp Object Oriented Distributed Simulation) 系統，專門支援 IVHS 研究需求。前節所述即屬此類模式之建立，模式之纂寫完全反應國內交通行為與環境，但理想未完成，尚待進一步修飾。儘管如此，本模式對 ADVANCE-F 實行的車流做了初步的模擬，在不設專用車道之下，大致結果是：

- (1) 於交流道附近，導航車比  $\alpha = 30\%$  時，行車間距眾數在 1.0 秒，推知主線容量約在 3600 pcuphpl。導航車比  $\alpha = 50\%$  時，行車間距眾數為 0.7 秒，推得主線容量為 5100 pcuphpl。當全為導航車時，容量可達 7200 pcuphpl。約為現況 2400 pcuphpl 的 3 倍。
- (2) 以目前加速車道長度條件下，若欲不影響主線車流，實施匝道控制是必要的，控制併入流量為 800 pcuph。

## 第五章 總結

### 5. 1 結論

本研究為研發 ADVANCE-F 之第二期工作報告(AF82)，主要工作在於行車控制之研擬及實驗。所得結論如下：

1. 導向控制技術已趨圓熟。經平直道路及山區道路試車結果，各部機件運作均表現正常。唯目前使用之 S.P.G. 訊號產生器受外部干擾甚敏感，於低車速時，時速值較不穩定，改善方法是改良 S.P.G. 或使用光耦合技術。另外是國內生產的馬達驅動器無法在低電壓下致動馬達負荷達到高效能之田地，於是以目前的狀況 ADVANCE-F 不可能使用於有較大彎道的路況。不過，在未來的研究中一定可以解決。
2. 速率控制方面，中央速控技術較複雜，試驗及實施將更不易推行，故目前以先朝自主速控目標發展。本研究首先將傳統的定速裝置與自動煞車系統結合，使傳統的定速系統更臻完善，不致於下坡路段失速，煞車後且能自動還原定速控制。另外已設計好防衛性的駕駛環境，其功能係偵測行進中車輛與周邊接近物體之距離，以做為車輛自動微調加減速、啟動煞車及提醒駕駛之決策變數。唯測距組件國內沒有合規格的經濟產品。本項儀器倘於未來獲得解決，不但防衛性的駕駛環境得以告成，全自主性之駕駛車輛即能推展。
3. ADVANCE-F 導航車所組裝之導向控制系統及速率控制系統元件在未來都可以套件方式裝配於車輛之中，而未來要求車輛於出廠即配予某些標準配件並不多，因此將來市場化的可能性十分高。至於車輛駕駛是多元的選擇，導向控制與速率控制為分離式設計：導向控制可選擇傳統的手動方向盤或讓車上電腦來掌控；速率控制則有三組選擇，可使用腳踏板加速器煞車器，或使用傳統定速器，或使用本研究所發展之較完善的自主速控定速器，它包含一組自動煞車控制系統。我們可預期到使用者會在各系統分別試用後，建立信心方敢將駕駛工作交予自動控制系統。



4. 由本研究之分析及經電腦車流模擬模式初步評估結果，發現實施 ADVANCE-F 可使公路容量提高許多。初期導航車持有比例不高，混合車流下，對容量提升有限。至其市場比率達 50% 時，容量便可增長為目前的 2 倍。屆時已有條件實施專用車道，容量更可上升到 7200 pcuphpl 以上，為目前的 3 倍。如此，資源將被更有效的利用。

## 5. 2 綜合討論

ADVANCE-F 之研發從初始迄今約有 3 年，整體系統大致完成一半。至市場化階段未來尚有兩期工作須進行，依序是中場試驗及多車複線公路試驗。中场試驗乃屬單車試驗，項目包括改進 AF82 中導向控制及速率控制之缺失，推導控制器設計理論與分析，控制延遲與反光標線幾何設計之關連，研究人機轉換介面之處理模式，從詳實的車流模擬找尋交通設計及管制要件。多車複線公路試驗為 ADVANCE-F 最後之試車階段，將研究自動變換車道裝置，及各系統整合與通用系統軟體編纂等。寄望將來能有助改善台灣的交通環境。

底下是 82 年 6 月 21 日本案簡報時有關產官學屆所提示之意見與吾人之說明：

產官學屆提示意見	本研究答覆
<p>1. 國道高速公路局歐副局長輝政：</p> <p>(1) 本研究未來對實體現場，如大彎道及高速的行駛情況，應再加強試驗。</p> <p>(2) 駕駛人因車輛交由行車控制自動行駛，將呈現精神鬆弛狀態，此時若遇緊急情況，可能會應變不及。</p>	<p>(1) 研究目前只完成整體計劃之一半，將來尚有中场及多車複線公路試驗待進行，有關大彎道及高速行駛試驗正籌備測試中。</p> <p>(2) 在 ADVANCE-F 未來的計劃中，已列有人機轉換介面之處理方式的研究，且與系統實施有直接相關性，本研究會慎重研究。（* 據有關資料知歐體委由 BENZ 公司研究中）。</p>

<p>(3) 各種大小車輛若同時採用本系統，在道路上混合行駛將使路況更為複雜。</p> <p>(4) 變換車道是行車控制系統的基本能力要求，未來本研究應予以發展。</p>	<p>(3) ADVANCE-F系統的實施有一定的規則，在本研究電腦模擬模式完成後，會用以預測各種可能交通狀況，以便提出一套交通管理控制方式做為佐參。ADVANCE-F發展之目的即在於改善台灣混亂的車流交通行為，因此在全體自主自動化的統一控制軟體架構下，不管大小車是否混合流將只有簡化車流而不會將之複雜化。這種概念不能與現在大小車混流的情況所比擬，因ADVANCE-F不適用於不同駕駛員開車理念不一致的想法。</p> <p>(4) 在ADVANCE-F中人工變換車道有人工變換車道的操作方式；至可自動變換車道階段時，亦有其方式及條件。唯自動變換車道不是實施的必要條件，但在ADVANCE-F目前的中程計劃中（實施前）已將自動變換車道列在實施此系統前要完成的工作（可參見本報告第一章及第二章）。至於要它會自動進出交流道，那是本案更遠的目標（By Sign or Signal Recognition）</p>
<p>2. 國道新建工程局楊副總工程師松隆：</p> <p>(1) 反光標線的光感可能因車輛的碾壓而使反光減弱，影響偵測效果。</p>	<p>(1) 世界各主要系統中，有使用磁性標鈕（PATH，TOYOTA），電波電纜 BENZ TOYOTA）、反射標鈕 DOD、一般標線（NISSAN，MAZDA）以及反光標線 ADVANCE-F等，其各有優缺點。評估到底使用何者最適當，不外考量公共設施及車內裝備的成本價格、施工技術及土木工程之配合性、內外干擾防止、設施養護能力及方便性、安全程度等。本研究即依這些因素下決定採反光標線。至於在路面上如何接合以防止可能造成過度碾壓而損壞和其維護周期問題，本研究已有構想，但需進一步研究，今於實施前提出詳細佈設方式計劃。</p>

<p>(2) 交流道附近是車輛分歧與併入最複雜的地區，本研究未來應可加強該區的行車控制能力。</p> <p>(3) 車輛行車控制套件應否配置兩套，在一套配件故障時，可緊急啟動另一套配件，以增進行車安全。</p>	<p>(2) 交流道附近的交通是高速公路最複雜的地區，但在ADVANCE-F的縱向控制軟硬體應付這樣的情況是其基本能力。本導航車之自主導控設計甚至使用於一般公路都可行。當然本研究在未來會更加強該系統的能力。</p> <p>(3) 兩套控制系曾經在AF81報告裡所述之中央控制系統架構所考慮，當時是因為要防範中控當機或沒能及時偵測某公共設施毀壞而肇事。事實上，中央控制系統組件太多，就是兩套也難以確保“安全”，況且成本高出一倍。在新版的ADVANCE-F系統，以自主式為研發方向，公共設施已不多，且維護簡單、成本低廉。那麼到底車上設施是否要兩套呢？本研究認為只有供電系統需兩套外，其餘不必。當主控體系發生問題時，車內自我診斷系統、警示系統、基本巡航系統及人機介面之設計就是重要關鍵，當然系統使用前的檢測十分重要。然而最後的把關者不外使用者行車保險制度及使用者與系統套件商間的法律保障問題。</p>
<p>3. 經濟部工業局歐科長嘉瑞：</p> <p>(1) 建議本研究提出本系統各種配件可以國產化及無法國產化的理由，供工業局參考，工業局將可協助關鍵系統配件、零組件之國產化技術的引進與發展。</p> <p>(2) 建議運研所在完成本計畫之初步研究後，可讓工業局參與經費協助與協調工作。</p>	<p>(1) 系統內零組件問題，本研究均朝國產化為主，雖目前部份零件沒有合適的國產品，那是因為市場需求問題。在下一階段的研究暨中場試驗完成後，ADVANCE-F之各組件即可確立，屆時會提示給工業局，以便未來進行線上配合。</p> <p>(2) ADVANCE-F之實現有兩大關聯體系：一為土木交通系，主事道路工程、交通管理及控制。另一為工業界，主事車輛生產、機件研發和市場追求。工業局若能支援本系統之車輛研發，有助於提升我國工業水準，本研究亦十分期盼。</p>

<p>4. 車輛研測中心李總經理禮同(粘先生代)</p> <p>本研究仍應加強與各界的協調與試驗工作。</p>	<p>本研究將於適當時機尋找合作對象，並進行各項車輛安全試驗。</p>
<p>5. 裕隆汽車公司工程中心黃主任重洲：</p> <p>(1) 本試驗對車輛煞車問題，尤其下坡煞車之狀況應多留意，因為車輛在高速煞車時常有若干較難掌握的動態問題。</p> <p>(2) S.P.G. 的設計修正可與本公司連繫，本公司可以提供協助。</p> <p>(3) 本研究可作長程安排，應求漸近及詳細。</p>	<p>(1) 試車是本ADVANCE-F研發重要工作，我們都極為小心，並有保險。基本程序乃從低速進行，再逐次提高。目前我們試車時速尚且不高，主要是沒有合適的高速試車場地。</p> <p>(2) S.P.G. 訊號十分重要，若能改良，掌握控制體系已事半功倍。本研究將進一步與貴公司接洽。</p> <p>(3) 本研究並不躁進，定有中程及長程目標，每一項工作均將做詳細研究及試驗，直至達到穩定要求為止。(比較對象是人工駕駛)。</p>
<p>6. 台灣大學土木工程研究所周教授義華：</p> <p>(1) 導向控制的試驗環境及過程，如路線長度、道路幾何、試驗速度、次數及改進情况等，應予詳細描述。</p>	<p>(1) 本研究目前尚處於短場試驗階段，屬初期之試車，主要目的在檢定車輛硬體及其控制軟體之初級流程是否合於邏輯。試驗道路最初使用淡江大學商管大樓後面車道，長50公尺，試驗車速5~10KPH，旨在測試感測器裝置。至進一步改進後，於沙崙海水浴場大停車場試驗，長80公尺，主要在求取轉向控制基本係數值，時速為10~50 KPH。再次裝機後，至烏來福山產業道路試車，長200公尺，彎道半徑10~30公尺時速10~40KPH，主旨在試Ph及Pf參數。每次試車並非一次成功，經幾十次測試、修改...。許多細節已不值去說明，報告內的結果是截至目前最佳控制狀況。當然未來高速試車仍還會改進。</p>



<p>(2) 本研究的電腦模擬道路容量與實車試驗情況應有差距。</p> <p>(3) 本研究應屬可行，未來硬體設備的發展可在本研究進行至某一階段時，請工業界的專家參與。</p>	<p>(2) 電腦車流模擬係在許多假設狀況下，預知未來可能之行車狀況，以作為研擬交通管理控制之參考。文中部份假設未盡完全說明清楚，均會參酌貴意見修正。因電腦模擬模式尚未完全完成，會進一步改進至愈實際的狀況。</p> <p>(3) 正尋求工業界的參與，共謀先進台灣(ADVANCE-Formosa)的交通而努力。</p>
<p>7. 中山科學研究院林博士偉成：</p> <p>(1) 本研究所提低速 S.P.G. 會受干擾的情況，技術上應可改進。</p> <p>(2) 導向控制不一定要採用步進馬達。</p> <p>(3) 系統短場試驗的若干參數應予提出，如反光標線間隔與車速的關聯等，以使未來施工單位有所依循。</p> <p>(4) 有關試驗過程的誤差情況及程度，應提供測試過程資料。</p> <p>(5) 新進技術的開發過程中，在試驗展示時可能較無問題，但實際量產時則較為複雜，政府應位主導立場，以推動產業發展。</p>	<p>(1) S.P.G. 有很多種，大部份車種所使用的 S.P.G. 也同樣有此問題。有些新型的高級車的 S.P.G. 已較穩定，但規格未能符合本試驗車之裝置條件，若硬要使用，動大手術是必需的。本研究未來將洽裕隆工程中心協助。</p> <p>(2) 本研究選擇馬達之關鍵在於能對系統作業之安全第一，精度其次。步進馬達之優點是若控制電腦當機，它不會被卡死，且體積小，扭力能達 60kg-cm，又價錢便宜，裝置方便。</p> <p>(3) 某些參數在短場試驗中，並未列入本次試驗分析之內容中，如標線與車速之關聯等。因為控制模式的理論函數及係數分析在中場試驗時才要析出，這是下一期的工作重點。</p> <p>(4) ADVANCE-F 的研發，目前只進行一半，控制軟體都待改進，並未定案，故其誤差不值一提。未來中场試驗確定各方機件及程式後，自會提示正式的誤差程度。</p> <p>(5) 十分贊成這種見解。</p>

<p>8. 交通部運輸研究所馮副所長正民：</p> <p>(1) 報告第一章可將IVHS的五個領域先作描述，再將本計畫於IVHS的位階予以表明。</p> <p>(2) 本計畫應對實驗設計之背景環境、過程及未來的改進方向等作一說明。</p> <p>(3) 對相關的人車路主題，如駕駛人的行為改進、未來車輛國產化、市場化及道路設施佈設等問題可予以反映及建議。</p> <p>(4) 請提出下一階段產官學研等單位應如何配合及組合的建議。</p>	<p>(1) 已修改列入。</p> <p>(2) 本研究報告均已儘可能說明。</p> <p>(3) 有關人（駕駛人）路（實施道路條件）車（導航車）之細節問題在未來的研究中會明確交待。</p> <p>(4) 參見下節的說明。</p>
---	---

### 5. 3 發展 ADVANCE-F 之組合建議

ADVANCE-F 之發展目的在於改善台灣之交通，其手段是科技性的。因此其實施乃有賴政府部門、相關產業界、及學術研究單位的支援及相互配合。本研究建議之組合如下：

1. 籌設專案研發小組：負責研發工作，設主持人一人，協同主持人三人，下分技術組、交通組及社經組。
2. 籌組指導及推動委員會：主任委員由交通部次長擔任，副主任委員由經濟部次長擔任；其餘委員包括：交通部之路政司長、科技顧問室主任、運輸研究所所長、國工局局長、高公局局長；經濟部之科技顧問室主任、工業局局長、工研院院長、中央標準局局長；學術單位組織之道路協會理事長、運輸學會理事長、土木水利學會理事長、電機電子工程師學會理事長、自動機學會理事長；及相關產業界如汽車工業、電子工業、機械工業及資訊工業之公會理事長等。

ADVANCE-F 若能順利達成，台灣的交通系統自然是先進的，所帶動的工業技術亦將擠入世界一流水準。

## 參考資料：

- [1] 張堂賢，"自動導航公路系統 ADVANCE-F 之控制器檢測車隊行進穩定性模式及其推論分析"，運輸，第 16 期。
- [2] 張堂賢，"自動導航公路系統 ADVANCE-F 連動式導控系統之建構"，運輸，第 15 期。
- [3] 張堂賢，"自動導航公路系統 ADVANCE-F 之研究發展與施行的相關問題"，運輸，第 12 期。
- [4] 張堂賢，自動導航公路系統 ADVANCE-F 實施可行性研究，交通部運輸研究所，81 年。
- [5] 飛羚 102 車系修護手冊，裕隆汽車公司。
- [6] 台灣地區公路容量手冊，交通部運輸研究所，79 年。
- [7] 黃良成，"淺談無線電通信之周率特性及雜訊干擾與防止"，捷運技術，第 7 期。
- [8] 馮德益，樓世博，模糊數學方法與應用，科技圖書公司，80 年。
- [9] 陳浩湧（譯），基本伺服機構系統設計，科技圖書公司，80 年。
- [10] 許溢適，步進馬達原理與應用，金華科技圖書公司，80 年。
- [11] 余合興，光電子學原理及應用，中央圖書公司。
- [12] 黃連進，P C 多功能實驗卡，行政院新聞局，77 年。
- [13] 黃連進，A / D D / A 實驗卡使用手冊，儒林出版社，77 年。
- [14] 黃靖雄、林永憲，汽車原理，全華科技圖書公司，76 年。
- [15] 志賀擴，水谷集治（黃晴裕，賴耿陽譯），汽車電子電腦控制技術，正工出版社，80 年。
- [16] 黃靖雄，現代汽車工程學，正工出版社，81 年。
- [17] J.L. Afonso, B. Brandelon, B. Huerre, J.M.G. Sa Da Costa, "Modelling of Driver's Open-loop Steering Behaviour", Road Vehicle Automation, edited by C.O. Nwagboso, Pentech Press, 1993. pp125.
- [18] Korio Komoda, Keiji Aoki, Toshihiko Suzuki, Takashi Shigematsu, Hidetoshi Ichikawa, (Toyota Motor Corporation), "Cooperative Vehicle/ Highway System for Automated Vehicle", IVHS America Annual Meeting, 1992.

- [19] Petros A. Ioannou, C.C. Chien, John Hauser, "Autonomous Intelligent Cruise Control", IVHS America Annual Meeting, 1992.
- [20] Masaaki Taniguchi, Akio Hosaka, Katsunori Oshige, (Nissan Motor Company)," The Current Status of PVS". IVHS America Annual Meeting, 1992.
- [21] J. Karl Hedrick, P. Varaiya, M. Tomizuka, K. S. Chang, W.-B. Zhang, S. E. Shladover," Automated Highway System Experiments in The PATH Program", IVHS America Annual Meeting, 1992.
- [22] Sijiu. M. Liu, Andrew, A. Frank, "On Lateral Control of Highway Vehicles Guided by A Forward Looking Sensor", Proceedings of 1st AATT Conference, ASCE, 1989.
- [23] R. E. Fenton, "A Headway Safety Policy for Automated Highway Operations", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-28, No.1. Feb. 1979.
- [24] J. Agre, L. Clare, "Spontaneous Platooning: A Self-Organizing Approach to Improve Flow Capacity", IVHS America Annual Meeting, 1993.
- [25] Akihiro Okuno, Kenji Fujita, Hiroyuki Takahashi, Atsushi Kutami, Tomofumi Morita, (Mazda Motor Corporation), "Development of An Autonomous Highway Cruising System-Intelligent Driver Support by Vehicle Autonomy", IVHS America Annual Meeting, 1993.
- [26] S. Shladover, "California PATH Research on AVCS: Recent Accomplishments and Future Plans", IVHS America Annual Meeting, 1993.
- [27] H. Schneiderman, J.S. Albus, "Progress and Prospects for Vision-Based Automatic Driving", IVHS America Annual Meeting, 1993.
- [28] Mitsutaka Nakamura, R.W. Goudy (Aisin Seiki Ltd.), Masahiko Nakamura (IMRA), Hideki Kusunoki (Toyota), "Experimental Studies of Vehicle Lateral Control by Detection of Reflective Marker", IVHS America Annual Meeting, 1993.
- [29] B.S.Y. Rao, P. Varaiya, "Flow Benefits of Autonomous Intelligent Cruise Control in Mixed Manual and Automated Traffic", TRB 72nd Annual Meeting Jan. 10-14, 1993.
- [30] B.S.Y. Rao, P. Varaiya, F. Eskafi, "Investigations into Achievable



- Capacities and Stream Stability with Coordinated Intelligent Vehicles", TRB 72nd Annual Meeting Jan. 10-14, 1993.
- [31] S. Shladover, "Potential Freeway Capacity Effects of Advanced Vehicle Control System", 2nd AATT Conference, ASCE, 1991.
  - [32] A De Vos, "Driver Behavior Under Bad Weather", 25th ISATA Symposium, Florence, 1992.
  - [33] Y. Okada, K. Kato, J. Komura, E. Shima, (Toyota Motor), "Development of Automobile Traffic Control Equipment for Automatic Driving System", 25th ISATA Symposium, Florence, 1992.
  - [34] M. Cremer, "On Convoy-Stable Control Laws for Automatically Driven Vehicle Clusters", 25th ISATA Symposium, Florence, 1992.
  - [35] Naoto Ooka, Tatsuo Tsuboi, Hajime Oka, "Development of Automatic Driving System on Rough Road-Fault Tolerant Structure for Electronic Controller", Proc. Intelligent Vehicle, 1992.
  - [36] Amoeba. T.S. Chang, "The Intelligent Vehicle on An Automated Highway System : ADVANCE-F", Proc. Intelligent Vehicle, 1993.
  - [37] Sijiu Liu, Andrew Frank, "Simulation of A Vehicle Platoon Control System for Automatic Highway Using The Fuzzy Control Concept.", 2nd AATT Conference, ASCE, 1991.
  - [38] Kenichi Ohnishi, Junsuke Komura, Takao Ishibashi, (Toyota Motor), "Development of Automatic Driving System on Rough Road-Realization of High Reliable Automatic Driving System", Proc. Intelligent Vehicle, 1992.
  - [39] Surface Transportation and The Information Age, IVHS America, 1992.

## 自動導航公路系統ADVANCE-F之行車控制研究及其實驗室試驗

出版者：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路150號7樓

電話：(02) 7123121

經銷處：交通部運輸研究所運輸資訊組

地址：台北市敦化北路150號3樓

電話：(02)7123121

中華民國政府出版品展售中心

地址：台北市衡陽路20號3樓

電話：(02)3821394

印刷者：建華印書有限公司

地址：台北市北平西路六號五樓之一

電話：(02)3313031

中華民國八十二年八月初版一刷

本書印製180冊・每冊工本費165元