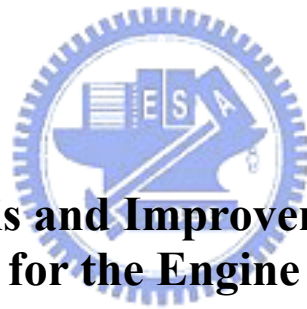


國立交通大學
電機與控制工程學系
碩 士 論 文

汽車引擎電腦的軟體分析與改良



**Software Analysis and Improvement of Electronic
Control Module for the Engine in an Automobile**

研 究 生：劉宇學

指 導 教 授：王啟旭 教授

中華民國九十五年十月

汽車引擎電腦的軟體分析與改良

Software Analysis and Improvement of Electronic Control Module for the Engine in an Automobile

研究生：劉宇學

Student: Yu-Xue Liu

指導教授：王啟旭

Advisor: Dr. Chi-Hsu Wang

國立交通大學

電機與控制工程學系



Submitted to Department of Electrical and Control Engineering

College of Electrical Engineering and Computer Science

National Chiao-Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master

In

Electrical and Control Engineering

October 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年十月

汽車引擎電腦的軟體分析與改良

研究生：劉宇學 指導教授：王啟旭 教授

國立交通大學電機與控制工程學系

摘 要

高效能微控制器目前廣泛的應用在汽車引擎電腦(ECM)上，扮演引擎控制的主宰者。當汽車在行駛中，周圍的各種環境因素都是控制引擎的主要參數，而這些參數也都會影響汽車引擎的動力輸出。所以要將引擎的性能發揮到最佳狀態，則必須將所有相關的參數都納入考量，並計算出最佳的結果，同時將引擎性能完全發揮出來。而上述所指的最佳的結果就是參考供油曲線所計算出來的。

本論文是研究 SAAB 汽車公司旗下的一款應用在渦輪引擎汽車 (SAAB 900SE) 上的汽車引擎電腦的軟體部份。此電腦中的軟體是在電子控制模組 Electronic Control Module (ECM) 中的微控制器 (Microcontroller Motorola MC68332) 上執行。儲存在 ECM 軟體程式中的供油曲線與渦輪引擎的動力輸出表現有非常密切的關係。本論文的主要研究方向是研究 ECM 中控制引擎供油以及噴油嘴作動有關的模組，這些模組是用以計算正確供油量的供油曲線表，來驅動引擎達到最佳的動力輸出。

Software Analysis and Improvement of Electronic Control Module for the Engine in an Automobile

Student: Yu-Xue Liu

Advisor: Dr. Chi-Hsu Wang

Department of Electrical and Control Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

High performance microcontroller has been broadly applied in the Electronic Control Module (ECM) for the engine in an automobile, which plays the main role in engine control. While the car is moving, all the environmental factors around the car are main parameters for engine control, and power output of engine is affected by these parameters. For optimal behavior of engine power performance, all correlative parameters must be considered to compute the optimal performance out of engine capability. This optimal performance is basically computed according to the fuel matrices in ECM.

The purpose of this thesis is to analyze the software flow of Electronic Control Module (ECM) in a turbo-charged automobile SAAB 900SE, manufactured by SAAB, 1994~1998. The firmware in this ECM is executed by using the microcontroller Motorola MC68332. The fuel matrices stored in ECM determines the major power output performance of a turbo-charged engine. This thesis is focused on the modules which control the engine fuel supply and the action of fuel injectors. These modules are located in the assembly code in ECM, which are used to calculate the amount of fuel supply to drive the engine to yield optimum power output.

誌 謝

首先感謝我的指導教授 王啟旭博士兩年來細心教導，以及在我的學習過程中給予協助與鼓勵，除了讓我在專業領域上有更深刻的體會外，在待人處世和學習態度方面也都獲得相當大的啟發，也讓我理解到做研究應有的確實態度與方法。

另外要特別感謝實驗室學長文榮生、黃得裕、王之政、吳建勳提供研究上的許多寶貴意見與經驗，讓我的論文研究得以順利進行。也感謝實驗室同窗張英德、甘能捷、林書帆等，學弟黃俊豪、吳佳陽在生活與研究上互相幫忙。

最後感謝家人的支持與關懷。我的父母在我求學路上毫無保留的付出，總能給予我精神上最大的鼓勵。我的妻子玉卿與女兒慈恩，陪我渡過碩士生活中的點點滴滴。

劉宇學 于新竹

中華民國九十五年十月

目錄

| | |
|--|------|
| 中文摘要 | i |
| Abstract | ii |
| 致謝 | iii |
| 目錄 | iv |
| 表目錄 | vii |
| 圖目錄 | viii |
| 第一章 簡介 | 1 |
| 1.1 研究動機與目的 | 1 |
| 1.2 內容大綱 | 1 |
| 第二章 噴油嘴的基本控制 | 2 |
| 2.1 燃油噴射相關機制 | 2 |
| 2.1.1 噴油嘴(Injector) | 2 |
| 2.1.2 預先燃油噴射(Pre-injection) | 3 |
| 2.1.3 計算燃油噴射時間 | 3 |
| 2.1.4 斷油(Fuel shut-off) | 4 |
| 2.2 噴油嘴控制模式 | 5 |
| 2.3 Output compare (OC).....輸出比較控制模式 | 7 |
| 2.3.1 概論 | 7 |
| 2.3.2 運作方式 | 7 |
| 2.3.3 參數的意義 | 8 |
| 2.3.3.1 OFFSET | 8 |
| 2.3.3.2 REF_ADDR1 | 9 |
| 2.4 Period Measurement with Missing Transition Detect(PMM).....消失暫態 偵測的週期量測模式 | 9 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.4.1 | 概論 | 9 |
| 2.4.2 | 運作方式 | 10 |
| 2.4.3 | 參數的意義 | 11 |
| 2.4.3.1 | MAX_MISSING | 11 |
| 2.4.3.2 | NUM_OF_TEETH | 11 |
| 2.4.3.3 | MISSING_COUNT | 12 |
| 2.4.3.4 | RATIO | 12 |
| 2.4.3.5 | TCR2_MAX_VALUE | 12 |
| 2.4.3.6 | PERIOD_LOW_WORD | 12 |
| 2.5 | Position-Synchronized Pulse Generator (PSP).....同部位置脈衝產生器 | |
| | 控制模式 | 12 |
| 2.5.1 | 概論 | 12 |
| 2.5.2 | 運作方式 | 13 |
| 2.5.3 | 參數的意義 | 14 |
| 2.5.3.1 | PERIOD_ADDRESS | 14 |
| 2.5.3.2 | RATIO1 | 14 |
| 2.5.3.3 | ANGLE1 | 14 |
| 2.5.3.4 | HIGH_TIME | 14 |
| 第三章 | 封包值檢測程序(Checksum routine) | 15 |
| 3.1 | 封包值檢測概述 | 15 |
| 3.2 | 汽車引擎電腦中的封包值檢測程序 | 15 |
| 3.3 | 關於資料複製與否的封包值檢測程序 | 15 |
| 3.4 | 關於程式資料正確性的封包值檢測程序 | 19 |
| 3.5 | 封包值檢測程序範例 | 19 |
| 3.5.1 | 資料複製與否的封包值檢測程序範例 | 19 |
| 3.5.2 | 程式資料正確性的封包值檢測程序範例 | 20 |

| | |
|---|----|
| 第四章 汽車引擎供油控制曲線 | 22 |
| 4.1 何謂汽車引擎控制曲線 | 22 |
| 4.2 汽車引擎供油控制曲線的主要功能 | 22 |
| 4.3 目前所獲得的汽車引擎供油控制曲線 | 23 |
| 4.3.1 節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線 | 23 |
| 4.3.2 進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線 | 24 |
| 4.3.3 進階版程式中所獲得的汽車引擎供油控制曲線 | 25 |
| 第五章 實驗驗證與結果 | 28 |
| 5.1 實驗過程與方法 | 28 |
| 5.2 實驗結果 | 28 |
| 5.2.1 基本版引擎供油控制曲線實驗結果 | 29 |
| 5.2.2 進階版節流閥位置-引擎轉速對應引擎供油量控制曲線實驗 結果 | 30 |
| 5.2.3 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速對應引擎供油量控制曲線實驗 結果 | 31 |
| 第六章 未來的研究目標 | 33 |
| 6.1 其他的引擎控制曲線 | 33 |
| 第七章 結論 | 35 |
| 參考文獻 | 36 |

表目錄

| | | |
|------|------------------------------------|----|
| 表2-1 | 時序處理單元的通道參數位置 | 8 |
| 表3-1 | 主程式前段系統記憶體段落位址與封包值儲存位址關係表 | 16 |
| 表3-2 | 主程式尾段系統記憶體段落位址與新封包值儲存位址關係表 | 16 |
| 表3-3 | 封包值比較位址與結果儲存位址關係表 | 17 |
| 表3-4 | 記憶體數值檢查位址與結果儲存位址關係表 | 18 |
| 表5-1 | 基本版引擎供油控制曲線參數量測數據 | 29 |
| 表5-2 | 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線參數量測數據 | 30 |
| 表5-3 | 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線參數量測數據 | 31 |



圖目錄

| | | |
|-------|--|----|
| 圖2-1 | 噴油嘴外觀示意圖 | 2 |
| 圖2-2 | 預先燃油噴射流程示意圖 | 3 |
| 圖2-3 | 計算燃油噴射時間流程示意圖 | 4 |
| 圖2-4 | 斷油程序的流程示意圖 | 5 |
| 圖2-5 | 噴油嘴與時序處理單元通道之間電路示意圖 | 6 |
| 圖2-6 | 輸出比較控制模式的輸出波形示意圖 | 7 |
| 圖2-7 | PMM偵測曲軸旋轉狀態方式示意圖 | 9 |
| 圖2-8 | PMM與PSP的波形關係示意圖 | 10 |
| 圖2-9 | 四行程引擎運作流程示意圖 | 11 |
| 圖2-10 | 同部位置脈衝產生器控制模式的輸出波形示意圖 | 13 |
| 圖3-1 | 資料複製封包值檢測程序流程示意圖 | 18 |
| 圖3-2 | 程式資料正確性封包值檢測程序流程示意圖 | 19 |
| 圖4-1 | 節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖 | 24 |
| 圖4-2 | 進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖 | 25 |
| 圖4-3 | 進階程式中節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖 | 26 |
| 圖4-4 | 進階程式中進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖 | 26 |
| 圖4-5 | 燃油噴射時間詳細計算流程圖 | 27 |
| 圖5-1 | 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(1000rpm) | 29 |
| 圖5-2 | 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(2000rpm) | 30 |
| 圖5-3 | 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(3000rpm) | 30 |
| 圖5-4 | 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 (1000rpm) | 31 |
| 圖5-5 | 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 | |

| | | | |
|------|--------------------------------|-------|----|
| | (2000rpm) | | 31 |
| 圖5-6 | 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 | | |
| | (3000rpm) | | 31 |
| 圖5-7 | 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 | | |
| | (1000rpm) | | 32 |
| 圖5-8 | 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 | | |
| | (2000rpm) | | 32 |
| 圖5-9 | 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 | | |
| | (3000rpm) | | 32 |
| 圖6-1 | 尚未確定的引擎控制曲線(1) | | 33 |
| 圖6-2 | 尚未確定的引擎控制曲線(2) | | 33 |
| 圖6-3 | 尚未確定的引擎控制曲線(3) | | 34 |
| 圖6-4 | 尚未確定的引擎控制曲線(4) | | 34 |



第一章

簡介

本章主要是針對這次研究的動機與目的以及本論文的所有內容做概略的敘述與介紹。

1.1 研究動機與目的

由於高科技與經濟的快速成長，各式各樣的交通工具已成為人類日常生活中的重要一環。現今汽車工業的設計工程師在汽車上運用了多種電子電路技術，在汽車上安裝各種感知器來收集大量的感知信號，並透過傳輸介面傳送至汽車的引擎控制中心，即所謂的汽車引擎電腦（Electronic Control Module for the Engine in an Automobile 簡稱 ECM）。此電腦控制了引擎所有的動作。因此想要改良汽車引擎的性能，了解汽車引擎電腦是一個基本的著手目標。

因此本論文研究的目的是要找出引擎供油的主要控制模式。本論文研究的引擎電腦是運用在 SAAB 900SE 1994~1998 Turbo-charged Car。藉由以前實驗室學長所解析的汽車引擎電腦的電路架構以及研究 ECM 的組合程式碼，可以得到控制供油的主要模組。最後的目標是將程式的資料作修改，來驗證研究的結果，並改善引擎的輸出效能。



1.2 內容大綱

本論文內容可分為，第一章為簡介。第二章說明了 SAAB 900SE 引擎噴油嘴的基本操作流程。第三章的主題是在討論 SAAB 900SE 中的汽車引擎電腦中的封包值檢測程序(Checksum Routine)。第四章與第五章分別是說明在程式中找到的汽車引擎供油控制曲線(Fuel Control Matrices)以及程式資料修改的實驗驗證過程與結果。第六章則是補充了在這項研究中有找出其他的控制曲線，未來的研究目標就是確定這些曲線的意義並修改以獲得更優異的引擎效能。最後在第七章對本研究做結論。

第二章

噴油嘴的基本控制

本章將針對噴油嘴的基本機構及其與引擎電腦中央處理單元的連接與控制模式作詳細的說明，其中控制模式可分為兩種完全不同的時序操作方式。

2.1 燃油噴射相關機制

2.1.1 噴油嘴(Injector)

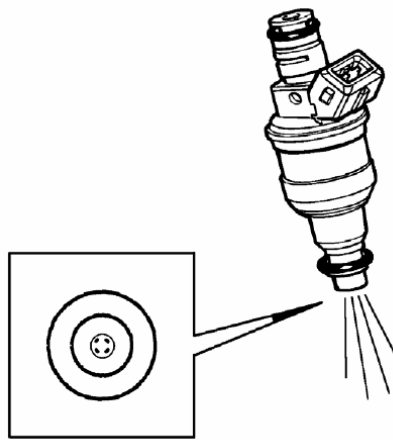


圖 2-1 噴油嘴外觀示意圖

如上圖2-1所示[1]，每一個噴油嘴有四個如針孔大小般的燃油噴射孔，以確保噴射出的燃油均勻分布在進氣歧管中。如此才能夠獲得最佳的燃燒效率，同時降低廢氣污染程度。噴油嘴開啟是由磁化線圈控制，當電流通過時產生電磁感應而打開噴油嘴；電流消失後，噴油嘴立刻由一種彈簧機構使其回到關閉的狀態。

為了使所有噴油嘴所噴出的燃油注(fuel jets)能夠正確注入對應的進氣閥中，因此與噴油嘴的安裝位置有重要的關聯。噴油嘴是成對的安裝在兩兩汽缸之間的位置，第一與第二汽缸之間以及第三與第四汽缸之間的位置都各安裝了兩個噴油嘴。

所有燃油注的量(供油量)是經過精確設定的，而每個噴油嘴噴出四個燃油注平均分配在每個進氣閥中，所以每一個進氣閥都獲得四個燃油注。舉例來說，第一與第二汽缸之間有兩個噴油嘴分別為噴油嘴1與噴油嘴2，噴油嘴1所噴射的四個燃油注有兩個進入進氣閥1有兩個進入進氣閥2，噴油嘴2也是相同情況。

2.1.2 預先燃油噴射(Pre-injection)

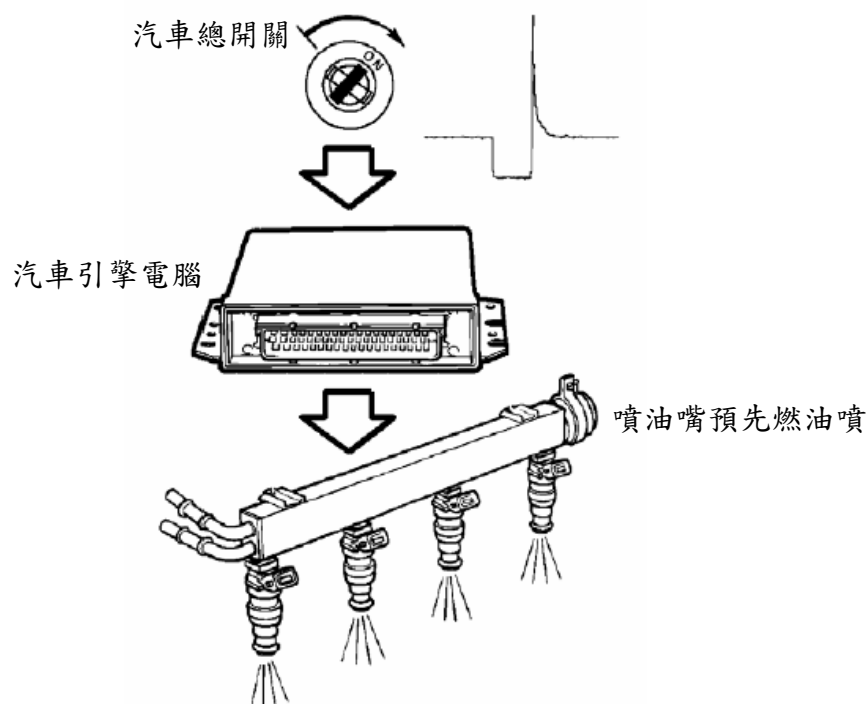


圖 2-2 預先燃油噴射流程示意圖

如上圖2-2所示[1]當汽車總開關轉至啟動引擎(engine start)位置時汽車引擎電腦隨即將點火系統打開，同時在汽車上的主繼電器與燃油幫浦繼電器立即運作數秒的時間。當燃油幫浦將燃油壓力上升直到足夠在噴油嘴噴出所需的燃油注時，汽車引擎電腦會依據引擎冷卻劑溫度決定供油量，並透過四個噴油噴出引擎啟動時所需的油量。

若引擎未能啟動，而預先燃油噴射程序將封鎖十五分鐘。若引擎啟動後隨即在短時間內又關閉引擎，在關閉汽車總開關後，汽車引擎電腦將等待至少四十五秒後執行另一種預先點火的程序。

2.1.3 計算燃油噴射時間

下頁圖 2-3 所示為燃油噴射時間的計算流程[1]，其中包含進氣歧管絕對壓力、進氣溫度與廢氣含氧量等感知器信號，利用這些外界環境參數以獲得正確的供油量以及提高燃油的燃燒效率。

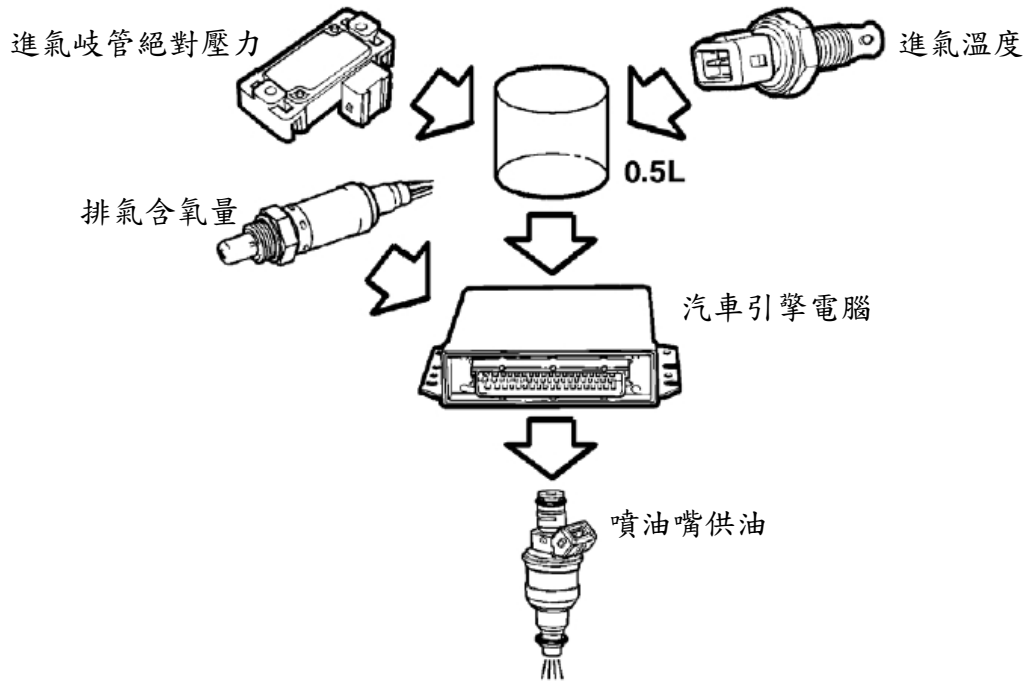


圖 2-3 計算燃油噴射時間流程示意圖

如上圖2-3所示，汽車引擎電腦必須計算出每一汽缸所吸入空氣的質量，引此才能決定每一個進氣歧管所需的正確供油量。汽車引擎電腦計算空氣質量的方法與依據如以下說明：本論文所研究的車款SAAB 900SE所搭配的引擎是排氣量 (displacement) 為2.0L四汽缸渦輪引擎，所以平均每一汽缸的容積為0.5L。體積為0.5L的空氣在特定的密度中有固定的質量，因此利用進氣歧管中的溫度與壓力即可計算出此時空氣的密度。汽車引擎電腦會依據計算所得的空氣質量決定所需的供油量同時控制噴油嘴開啟的時間長短，直到正確的油量噴入進氣歧管中再關閉噴油嘴。對於控制噴油嘴開啟的時間長短，汽車引擎電腦也會依去排氣含氧量作修正，以降地廢氣污染並提升引擎效率。

當節流閥打開(汽車駕駛者踩下油門)時，汽車引擎電腦提供較濃的混合油氣以產生更大的動力使汽車達到加速效果；相反的當汽車需要減速時，此時汽車引擎電腦所提供的混合油氣相對的較稀薄。當外界氣溫較低，汽車引擎在暖機 (warm-up) 的過程中，汽車引擎電腦此時依據引擎冷卻劑溫度來決定供油量。

當汽車引擎已完成暖機程序且車用電瓶在擁有正常的電壓狀態下，燃油噴射時間的變動範圍約在2.5ms(引擎怠速狀態)到18ms(全油門狀態)之間。

2.1.4 斷油(Fuel shut-off)

下頁圖 2-4 即為汽車引擎電腦發出斷油程序的流程[1]。

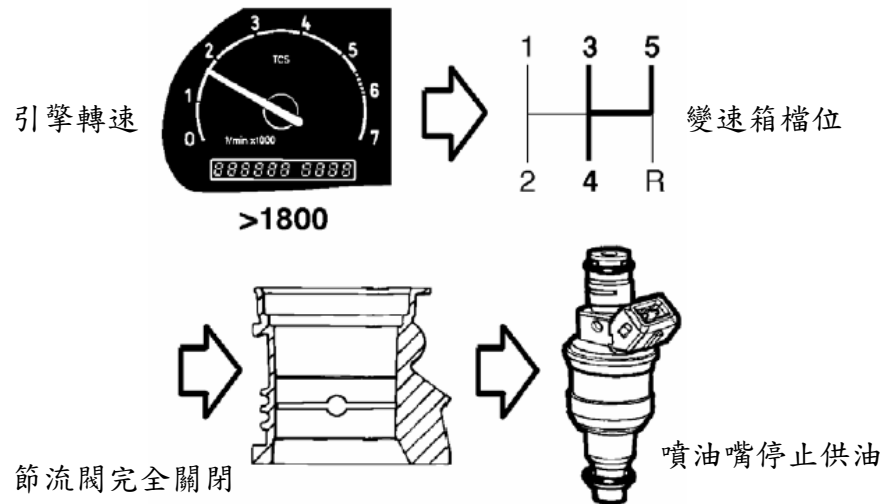


圖 2-4 斷油程序的流程示意圖

斷油，即所為停止供油，如上圖 2-4 所示當引擎轉速超過 1800rpm 時，若變速箱(在此指手排變速箱)的檔位是在中高檔位(第三，第四，第五檔位)同時節流閥完全關閉(節流閥與油門踏板互相連接，當節流閥完全關閉時意指汽車駕駛人將油門完全放開)，汽車引擎電腦在大約一秒的延遲時間後停止供油。在搭配自動變速箱的車款中，汽車引擎電腦在所有檔位都能發出斷油程序。當引擎轉速持續降低低於 1400rpm 時，汽車引擎電腦才會回復供油動作。為了保護汽車引擎本體，當引擎轉速超過 6200rpm 時汽車引擎電腦會強制停止供油，因此引擎轉速就會自動下降，利用此方式將轉速控制在 6200rpm 以下，以達到保護汽車引擎本體的效果。

2.2 噴油嘴控制模式

汽車引擎電腦對於本論文所研究的汽車車款(SAAB 900SE)的引擎噴油嘴控制程序是透過引擎電腦內部的微控制器(Microcontroller Motorola MC68332)中的中央處理單元(CPU)與微控制器內建的時序處理單元(Time Processor Unit 簡稱 TPU)模組搭配來執行，主要是以掌控噴油嘴開啟的時間長短的方式來控制噴油量。

時序處理單元(Time Processor Unit)是專為作時序控制(Timing Control)而設計且具半自主特性的智慧型控制模組[5][6]，可以與中央處理單元同時運作互不干涉並且存取共同的參數資料。時序處理單元亦可視為具特殊用途的微運算器，執行匹配與紀錄的程序。時序處理單元中共有十六個通道(Channel)，是主要的輸入或輸出介面管道。時序處理單元的參數儲存在微控制器(MC68332)且為固定記憶體陣列位置中，同時接受中央處理單元與時序處理單元存取。

在中央處理單元與時序處理單元搭配的引擎噴油嘴控制程序中，主要的控制信號是由時序處理單元的通道輸出，中央處理單元則是決定是否改變時序處理單

元的輸出動作並且在需要改變時產生信號通知時序處理單元。在本論文所研究的汽車引擎噴油嘴(Injector)與 TPU Channel (簡稱 TPUCH)之間的電路如下圖 2-5 所示：

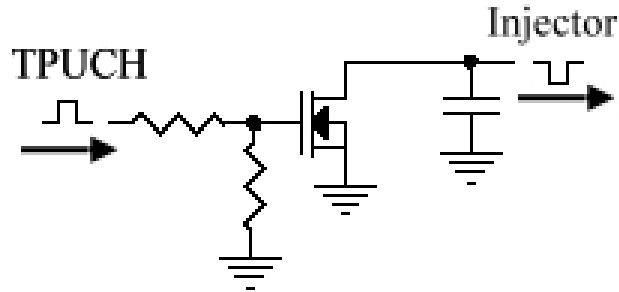


圖 2-5 噴油嘴與時序處理單元通道之間電路示意圖

由上圖 2-5 電路可知，在 TPUCH 端輸入正脈衝方波時，電晶體會因閘極電壓升高而打開。此時噴油嘴(Injector)端接收到負脈衝方波訊號而接地，同時產生電流流經噴油嘴內部的磁化線圈產生電磁感應使噴油嘴打開。正負兩脈衝方波的持續時間(duration)相同，所以汽車引擎電腦則是控制 TPUCH 輸出的正脈衝方波的持續時間以掌握噴油嘴開啟的時間長短，也同時控制了噴油量。

汽車引擎電腦的中央處理單元與時序處理單元搭配控制噴油嘴的模式有以下兩種：

- A. Output Compare (OC).....輸出比較控制模式[2]，此模式是控制預先燃油噴射程序，在本章 2.3 節作說明。
- B. Position-Synchronized Pulse Generator (PSP).....同部位置脈衝產生器控制模式[4]，此模式是主要的噴油控制模式。

註：PSP 必須伴隨著另一個 TPU Channel 用以擷取曲軸(crankshaft)訊號做參考以達到最有效的供油控制。而擷取曲軸位置訊號的時序處理單元輸入模式為：Period Measurement with Missing Transition Detect (PMM).....消失暫態偵測的週期量測模式[3]。在本章 2.4 節先對 PMM 做說明，接著在 2.5 節詳細說明 PSP 控制模式。

OC 與 PSP 的輸出信號都是由 TPUCH 輸出，而此輸出信號相當於圖 2-5 的電路中的脈衝方波。此兩種噴油嘴控制模式都有其各自的參數，而每個參數都是控制脈衝方波的重要依據。所以汽車引擎電腦的中央處理單元藉由改變這些參數的數值，進而改變時序處理單元輸出的脈衝方波控制信號持續時間，以掌控噴油嘴所噴射出的油量。

2.3 Output Compare (OC).....輸出比較控制模式

2.3.1 概論：

Output compare (OC).....輸出比較控制模式[2]，可在所屬的時序處理單元通道(TPUCH)產生單一暫態輸出、單一脈衝或與另一個TPUCH連結後產生以50%功率週期(duty cycle)的連續脈衝方波。前兩項功能需要汽車引擎電腦的中央處理單元做起始狀態的預設動作，第三項功能產生連續方波是不被控制而獨立執行的。

2.3.2 運作方式：

輸出比較控制模式有兩種操作方式，在論文所研究的汽車引擎電腦應用在SAAB 900SE 的引擎噴油嘴控制上只用了其中的一種：Host-initiated pulse mode(主控端起始化脈衝方式)。汽車引擎電腦的中央處理單元先預設一個上升(rising)、下降(falling)或一個預先狀態的觸發(a toggle of the previous state)暫態給時序處理單元。

在此運作方式(Host-initiated pulse mode)中，相同的參數的條件下可有以下兩種輸出波形：

- A. 選定即時輸出(Immediate Output Selected)，中央處理單元可強制產生一個即時的脈衝輸出，脈衝時間長短是依據可由程式改變的延遲時間決定。
- B. 非選定即時輸出(Immediate Output Not Selected)，中央處理單元以一個參考時間點再延遲一段可由程式改變的時間後產生脈衝輸出。

兩者的輸出波形如下圖 2-6 所示。

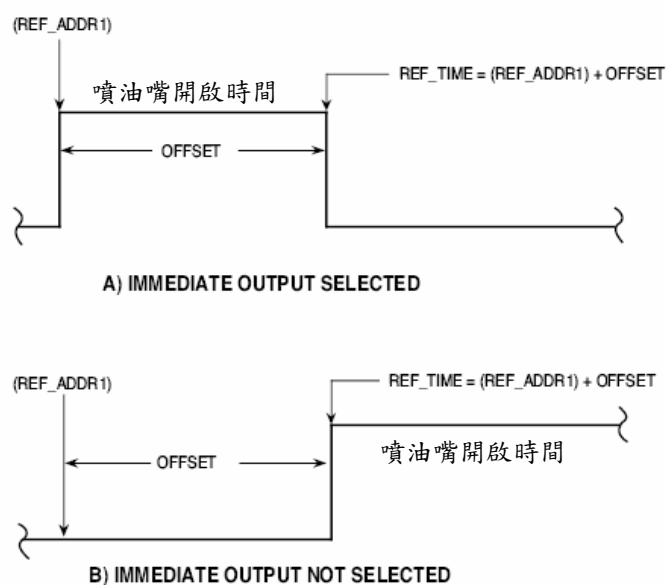


圖 2-6 輸出比較控制模式的輸出波形示意圖

在前頁圖2-6A中，選定即時輸出(Immediate Output Selected)，中央處理單元選定在REF_ADDR1時間點強制使時序處理單元產生脈衝輸出，脈衝長度持續時間即為OFFSET，脈衝輸出後回歸穩定狀態。

在上圖2-6B中，非選定即時輸出(Immediate Output Not Selected)，中央處理單元以REF_ADDR1為參考時間點，再經過OFFSET大小的延遲時間後使時序處理單元產生脈衝輸出。

2.3.3 參數的意義：

表 2-1 時序處理單元的通道參數位置[5]

| 通道 編號 | 基本位置 參數編號 | 參數位置 | | | | | | | |
|----------|--------------|------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | \$YFFF## | 00 | 02 | 04 | 06 | 08 | 0A | — | — |
| 1 | \$YFFF## | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 1A | — | — |
| 2 | \$YFFF## | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 2A | — | — |
| 3 | \$YFFF## | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 3A | — | — |
| 4 | \$YFFF## | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 4A | — | — |
| 5 | \$YFFF## | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 5A | — | — |
| 6 | \$YFFF## | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 6A | — | — |
| 7 | \$YFFF## | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 7A | — | — |
| 8 | \$YFFF## | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 8A | — | — |
| 9 | \$YFFF## | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 | 9A | — | — |
| 10 | \$YFFF## | A0 | A2 | A4 | A6 | A8 | AA | — | — |
| 11 | \$YFFF## | B0 | B2 | B4 | B6 | B8 | BA | — | — |
| 12 | \$YFFF## | C0 | C2 | C4 | C6 | C8 | CA | — | — |
| 13 | \$YFFF## | D0 | D2 | D4 | D6 | D8 | DA | — | — |
| 14 | \$YFFF## | E0 | E2 | E4 | E6 | E8 | EA | EC | EE |
| 15 | \$YFFF## | F0 | F2 | F4 | F6 | F8 | FA | FC | FE |

上表 2-1 是所有時序處理單元的通道參數位置表，每個通道最多能夠有六個參數。通道 14 與通道 15 的第七與第八個參數是儲存特殊意義的參數而並非屬通道 14 與通道 15 所有。

2.3.3.1 OFFSET

由前頁圖2-6可清楚看出OFFSET為脈衝時間長短(圖2-6A)或參考時間點距脈衝產生點的延遲時間(圖2-6B)，OFFSET的值可透過程式更改。當輸出比較控制模式的運作方式為Host-initiated pulse mode(主控端起始化脈衝方式)時，OFFSET的數值是由中央處理單元直接決定並填入，其數值的意義即可代表噴油

嘴所噴射出的燃油量。輸出比較控制模式主要是控制引擎尚未啟動前的預先燃油噴射程序，所以OFFSET的數值是中央處理單元依據引擎冷卻劑溫度而決定。

2.3.3.2 REF_ADDR1

REF_ADDR1 是儲存一個記憶體陣列的指標，其所指的記憶體位置中的數值就是在圖 2-6 中所代表的時間點。舉例來說假設 REF_ADDR1 = \$3A(其中\$3A 為十六進位數值)，則 REF_ADDR1 所指的位置是就是 TPUCH3(時序處理單元的第三通道)的參數中之第六個參數(由表 2-1 可知)。

2.4 Period Measurement with Missing Transition Detect (PMM)消失暫態偵測的週期量測模式

2.4.1 概論：

Period Measurement with Missing Transition Detect(PMM).....消失暫態偵測的週期量測模式[3]，其主要是用來偵測曲軸的旋轉狀態作為同部位置脈衝產生器控制模式(PSP)的參考，使PSP的運作能夠根據曲軸的位置達到準確的引擎供油控制效果。PMM偵測曲軸旋轉狀態的方式如以下說明。

消失的暫態位置

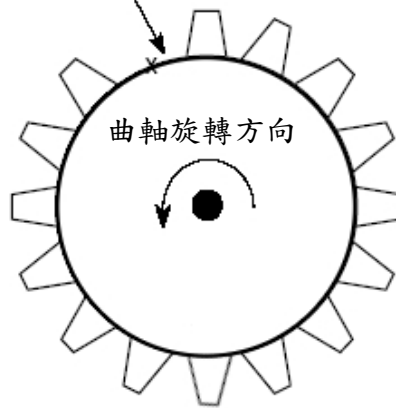


圖2-7 PMM偵測曲軸旋轉狀態方式示意圖

如上圖2-7所示，曲軸上有一類似齒輪的圓盤，其中缺少一齒已用來做判斷曲軸的標的，此缺齒的位置就是所謂的消失暫態。曲軸位置感知器是固定在特定位置用來偵測曲軸的旋轉狀態。

當曲軸旋轉時，曲軸位置感知器偵測到連續的正常暫態(正常且存在的齒)，當偵測到消失暫態時PMM會立即做紀錄以提供PSP做參考。假設目前偵測到消失暫態，而下一次偵測到消失暫態時代表曲軸已旋轉一週。兩次偵測到消失暫態之間的時間就是曲軸在此瞬間的旋轉週期。

2.4.2 運作方式：

消失暫態偵測的週期量測模式亦有兩種運作方式，與輸出比較控制模式相同，在本論文所研究的汽車引擎電腦應用在 SAAB 900SE 的引擎噴油嘴控制上只用了其中的一種：Count mode(計數方式)。

Count mode(計數方式)主要是計數曲軸位置感知器偵測到的正常暫態與消失暫態的個數，以換算成區軸的旋轉狀態。下圖 2-8 為消失暫態偵測的週期量測模式(PMM)與同部位置脈衝產生器控制模式(PSP)之間波型與相對時間位置的關係：

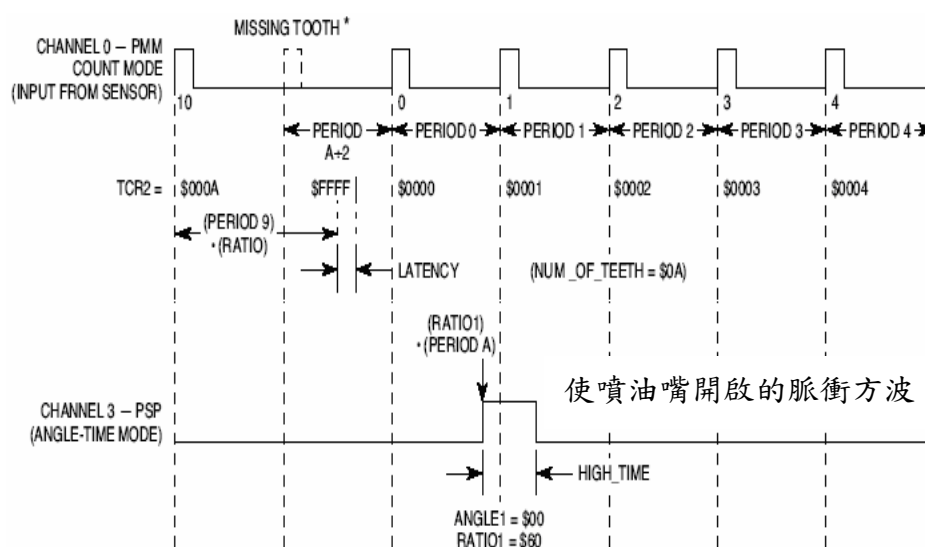


圖 2-8 PMM 與 PSP 的波形關係示意圖

註：TCR2 即為曲軸的旋轉時間計數

在上圖 2-8 中可以得知，PMM 用來偵測正常暫態 0(\$0000)到正常暫態 10(\$000A)，同時 TCR2(曲軸的旋轉時間計數)儲存所偵測到的正常暫態。

當偵測到消失暫態時，重設 TCR2 的數值為 \$FFFF，而 PSP 也在此時開始運作，在延遲一段由參數決定(決定方式在 2.5 節說明)的特定時間後產生脈衝方波輸出以打開噴油嘴使燃油注入進氣歧管中。

下頁圖 2-9 即為四行程引擎產生動力的四個基本程序，此四個程序合併稱之為一個循環(cycle)。引擎就是藉由此循環性的運作進而能夠持續產生動力。以下內容詳細明了四行程引擎運作的四個基本程序。

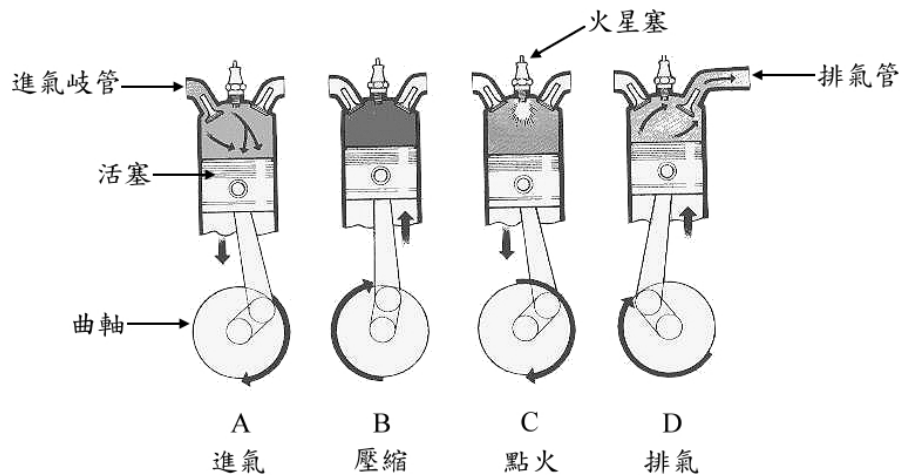


圖 2-9 四行程引擎運作流程示意圖

如上圖 2-9 中所示，四行程引擎產生動力的四個程序分別為：

- A. 進氣：當活塞下降產生負壓力將燃油與空氣混合的油氣吸入汽缸內，此油氣就是引擎產生動力的主要能源。而噴油嘴噴射燃油的程序也是在油氣進入汽缸之前完成。
- B. 壓縮：將汽缸內的油氣壓縮使其壓力上升，壓縮動作持續至活塞到達上死點(活塞上升的最高極限點，此時汽缸內油氣體積最小壓力最大)時停止。
- C. 點火：利用高壓放電產生火花點火，使高壓的油氣燃燒爆炸產生極大的擴張壓力將活塞向下推，同時推動曲軸產生動力。
- D. 排氣：利用活塞上升的力量將油氣燃燒後所殘留的廢氣推出汽缸外，當活塞再一次達到上死點時，新的混合油氣再度進入汽缸內使引擎持續產生動力。

2.4.3 參數的意義：

2.4.3.1 MAX_MISSING

MAX_MISSING為一個位元組大小(8 bits)用以儲存在曲軸的旋轉時間計數歸零(重設TCR2的數值為\$FFFF)之前需要被計數的消失暫態個數。在圖2-8中的範例中MAX_MISSING的值為1。

2.4.3.2 NUM_OF_TEETH

NUM_OF_TEETH是兩兩消失暫態之間的正常暫態的個數，包含第零個正常暫態，以圖2-7的範例中NUM_OF_TEETH的值為14(\$E)。當消失暫態被系統偵測出時，時序處理單元將所儲存的曲軸的旋轉時間計數(TCR2)中減去此參數數值，在正常狀況下此時TCR2的數值為\$FFFF。

2.4.3.3 MISSING_COUNT

MISSING_COUNT是儲存所偵測到的消失暫態個數(消失暫態計數),在起始狀態時其數值為\$0000。每當偵測到消失暫態時,時序處理單元就會立即比較MISSING_COUNT與MAX_MISSING的數值。若MISSING_COUNT大於或等於MAX_MISSING,時序處理單元將重設TCR2的數值為\$FFFF並將MISSING_COUNT的值歸零(\$0000)。

2.4.3.4 RATIO

RATIO,是用以與先前的兩個正常暫態時間間隔(如圖2-8中TCR2的值由\$0000至\$0001的時間)相乘,計算所獲得的數值是下一個正常暫態必須出現的時間間隔。在圖2-8中的範例中,此計算所獲得的時間間隔(PERIOD9 * RATIO)也代表消失暫態必須在此期間被偵測並且完成重設TCR2數值的程序。

RATIO由中央處理單元控制並填入正確參數位置,而只有時序處理單元可以利用此參數。對於消失暫態偵測的週期量測模式(PMM)而言,RATIO的數值大小範圍介於十六進位數值\$80到\$FF(其意義相當於十進位數值1.0到1.99)。

2.4.3.5 TCR2_MAX_VALUE

TCR2_MAX_VALUE為一個位元組大小(8 bits)用以儲存曲軸的旋轉時間計數的最大值。在圖2-8中的範例中,TCR2_MAX_VALUE的值為10(\$000A)。

若曲軸的旋轉時間計數因正常暫態替換了預期中的消失暫態而超過此最大值,曲軸的旋轉時間計數將被設定為十六進位數值\$80FF,同時消失暫態計數一併歸零。

2.4.3.6 PERIOD_LOW_WORD

PERIOD_LOW_WORD 是用以記錄最近一次所量測獲得兩個正常暫態之間的時間間隔大小(四個位元組大小的數值儲存)中較低的兩個位元組數值。而另一個參數 PERIOD_HIGH_WORD 則是較高的兩個位元組數值。當引擎轉速越高時,此參數的數值越小。

2.5 Position-Synchronized Pulse Generator (PSP).....同 部位置脈衝產生器控制模式

2.5.1 概論：

Position-Synchronized Pulse Generator (PSP)同部位置脈衝產生器控制模式[4]是以另一個時序處理單元通道(TPUCH)先決定的時間為參考點而產生輸出,在本論文研究的例子中是以曲軸位置訊號為參考(如圖2-8的範例)。同部位置脈衝產生器控制模式的運作時所伴隨的另一個時序處理單元通道通常是以

Period Measurement with Missing Transition Detect(PMM)或Period Measurement with Additional Transition Detect(PMA)的模式運作。PMM或PMA都是用來決定PSP的參考時間，而同部位置脈衝產生器控制模式所產生的輸出也是相對於此參考時間。

2.5.2 運作方式：

同部位置脈衝產生器控制模式亦有兩種操作方式，與輸出比較控制模式相同，在論文所研究的汽車引擎電腦應用在 SAAB 900SE 的引擎噴油嘴控制上只用了其中的一種：Angle-time mode(觀點與時間方式)。

Angle-time mode(觀點與時間方式)其輸出波形的下降端(falling edge)是參考上升端(rising edge)而決定。時序處理單元最多能同時有十五個通道以同部位置脈衝產生器控制模式運作，與一個以 PMA 或 PMM 模式運作的通道作為參考輸入。此參考輸入用來量測與儲存曲軸旋轉時間間隔並且當引擎到達上死點時將所記錄的曲軸旋轉時間計數(TCR2)歸零。Angle-time mode(觀點與時間方式)的輸出脈衝方波波形如下圖 2-10 所示：

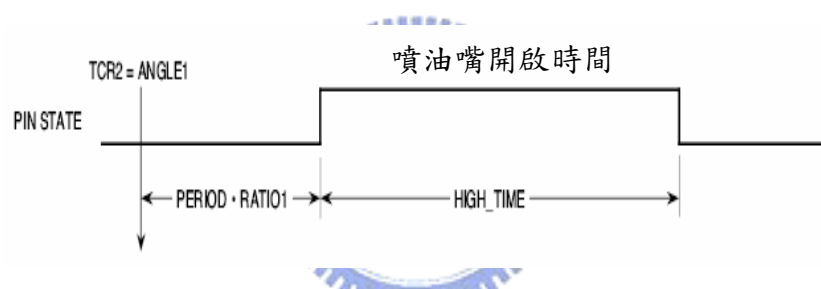


圖 2-10 同部位置脈衝產生器控制模式的輸出波形示意圖

如上圖 2-10 所示，當 PMM 計算的曲軸的旋轉時間計數(TCR2)的數值等於 ANGLE1 時，開始計算延遲時間。延遲時間為：

$$\text{PERIOD} \times \text{RATIO1} \quad (2.1)$$

延遲後即產生脈衝方波輸出，而 HIGH_TIME 則是此脈衝方波的持續時間。

在圖 2-8 的範例中，ANGLE1 的值為\$00，所以當 TCR2 的值等於\$0000 時，時序處理單元以(2.1)式計算所需的延遲時間。RATIO1 的值為\$60，PERIOD 的數值即為 PMM 的參數中用以紀錄兩兩正常暫態之間的時間間隔大小的 PERIOD_LOW_WORD(在圖 2-8 的範例中標示為 PERIOD A)。所以在 TCR2 的值等於\$0000 後延遲 RATIO1 * PERIOD_LOW_WORD 的時間，時序處理單元輸出持續時間為 HIGH_TIME 的脈衝方波打開噴油嘴噴射燃油。HIGH_TIME 正是噴油嘴打開的時間長度。

2.5.3 參數的意義：

2.5.3.1 PERIOD_ADDRESS

PERIOD_ADDRESS用以儲存一個記憶體陣列的指標，就是如前頁圖2-10中PERIOD代表數值的位置，是由中央處理單元決定，通常都是指在一個以PMA或PMM運作模式在作動的時序處理單元通道的對應參數位置。在本論文所研究的汽車引擎電腦的例子中都是在PMM運作模式中的一個參數PERIOD_LOW_WORD。

在圖2-8的範例中，CHANNEL_0以PMM模式運作偵測正常與消失暫態，所以正在以PSP模式運作CHANNEL_3的PERIOD_ADDRESS所指的數值正是CHANNEL0的PERIOD_LOW_WORD。

2.5.3.2 RATIO1

RATIO1亦是由中央處理單元決定，是用來與PERIOD_ADDRESS所指的數值相乘以獲得正確的延遲時間。RATIO1的數值範圍介於十六進位數值\$00到\$FF(其數值代表的意義相當於十進位數值0.0到1.99)。

2.5.3.3 ANGLE1

ANGLE1是由中央處理單元決定，此參數意義代表的是曲軸的旋轉時間計數的參考點，用以決定脈衝方波輸出的時機，也就是噴油嘴開啟噴油的時機。其數值都是與曲軸的旋轉時間計數(TCR2)做比較，當兩者相等時代表脈衝方波的輸出時機已到。

2.5.3.4 HIGH_TIME

HIGH_TIME是脈衝方波輸出的持續時間長度，其數值由中央處理單元控制。此參數值即所謂的噴油嘴開啟時間長度(供油時間長度)，亦是決定供油量的主要參數。

第三章

封包值檢測程序(Checksum routine)

本章的內容主要是探討在本論文所研究的汽車引擎電腦程式中的封包值檢測程序，其中包含執行封包值檢測程序的目的、方式與流程。

3.1 封包值檢測概述

封包值檢測主要是用於檢測資料在傳輸過程中是否產生錯誤或是程式的資料是否有經過非正當的修改。在後者中若有偵測出程式被修改，則程式無法正常執行。在一般的情形中，封包值檢測程序都是在系統主程式前段部份執行，若檢測出錯誤則可跳過其餘的主程式程序。

封包值的計算方式就是將所有的程式資料相加求和(sum)，而正確的封包值儲存在資料的固定位置上但不被列入封包值計算，所求得的和值(sum value)與正確的封包值(checksum value)比較，若相等則表示資料正確，反之則表示此資料中有錯誤存在。

在汽車引擎電腦的程式中，封包值檢測是一種安全的保護措施。若程式被不正當的修改，則引擎的運作就很可能會發生不被預期的危險狀況。所以封包值檢測程序可以避免危險狀況發生。當汽車引擎電腦程式中的封包值檢測程序偵測出程式資料有經過非正當的修改，則汽車引擎電腦將封鎖引擎是其不能啟動。

3.2 汽車引擎電腦中的封包值檢測程序

本論文所研究的汽車引擎電腦程式中包含兩種封包值檢測程序，而此兩種程序都各有不同的目的。

- A. 用來檢測是否需要將ROM(Read Only Memory 唯讀記憶體)的資料重新複製到系統記憶體(Random Access Memory 隨機存取記憶體，簡稱RAM)中。
- B. 檢測程式資料是否有錯誤存在或是有經過非正當的修改。此兩種封包值檢測程序的細節與過程在以下的內容中敘述。

在本論文所研究的汽車引擎電腦程式中是先執行第一種封包值檢測程序，確定所有需要複製的資料正確後再執行第二種程序以檢測系統程式資料。

3.3 關於資料複製與否的封包值檢測程序

此種封包值檢測程序是不會影像程式的執行，只有在偵測出錯誤時需要重新複製ROM資料到系統記憶體中。此系統記憶體屬揮發性記憶體，當記憶體斷電後所有資料就會消失，而汽車引擎電腦中的記憶體由於有車用電瓶提供電力，所

以在引擎熄火後仍可維持記憶體中的資料。在本論文所研究的系統中將需要複製 ROM 的部份分成十二段，每一段分別做封包值檢測。檢測的方式是先計算特定十二個系統記憶體段落位址的封包值，並將這些封包值儲存在一個固定的位址中，封包值是以四個位元組大小(4 bytes = 32 bits)方式儲存。如下表 3-1：

表 3-1 主程式前段系統記憶體段落位址與封包值儲存位址關係表

| 系統記憶體段落位址 | | 封包值儲存位址 |
|-------------------|----|---------|
| (3CA8H) ~ (4312H) | -> | (3474H) |
| (451BH) ~ (4ECCH) | -> | (347EH) |
| (4ECCH) ~ (52C6H) | -> | (3488H) |
| (52C8H) ~ (5510H) | -> | (3492H) |
| (562CH) ~ (5A7AH) | -> | (349CH) |
| (5A7CH) ~ (5D56H) | -> | (34A6H) |
| (5D56H) ~ (5EFAH) | -> | (34B0H) |
| (5EFAH) ~ (600AH) | -> | (34BAH) |
| (600AH) ~ (6522H) | -> | (34C4H) |
| (6522H) ~ (65C6H) | -> | (34CEH) |
| (65C8H) ~ (65D0H) | -> | (34D8H) |
| (65D0H) ~ (664EH) | -> | (34E2H) |

在主程式尾段時也有做相同的動作將系統記憶體中的資料作相加，但是所計算出的封包值是放在上列封包值儲存位址的下一個位置中。如下表 3-2；

表 3-2 主程式尾段系統記憶體段落位址與新封包值儲存位址關係表

| 系統記憶體段落位址 | | 新封包值儲存位址 |
|-------------------|----|----------|
| (3CA8H) ~ (4312H) | -> | (3478H) |
| (451BH) ~ (4ECCH) | -> | (3482H) |
| (4ECCH) ~ (52C6H) | -> | (348CH) |
| (52C8H) ~ (5510H) | -> | (3496H) |
| (562CH) ~ (5A7AH) | -> | (34A0H) |
| (5A7CH) ~ (5D56H) | -> | (34AAH) |
| (5D56H) ~ (5EFAH) | -> | (34B4H) |
| (5EFAH) ~ (600AH) | -> | (34BEH) |
| (600AH) ~ (6522H) | -> | (34C8H) |
| (6522H) ~ (65C6H) | -> | (34D2H) |
| (65C8H) ~ (65D0H) | -> | (34DCH) |
| (65D0H) ~ (664EH) | -> | (34E6H) |

在主程式尾段計算封包值的用意是在下一次開啟汽車引擎電腦時，主程式前段計算獲得的封包值需要與這一次汽車引擎電腦關閉前主程式尾段計算獲得的

封包值作比較。第一次開啟汽車引擎電腦時，由於系統記憶體中尚未有資料，所以此封包值檢測程序絕對是會測出錯誤，系統則會執行全部的資料複製程序。

資料複製與否的封包值檢測步驟：

1. 比較下列的系統記憶體中的數值，比較的結果記錄在程式尾段儲存封包值位置的下一個位置，如下表 3-3。

表 3-3 封包值比較位址與結果儲存位址關係表

| 比較的位置 | | 結果記錄位置 |
|----------------------|----|---------|
| (3474H) with (3478H) | -> | (347CH) |
| (347EH) with (3482H) | -> | (3486H) |
| (3488H) with (348CH) | -> | (3490H) |
| (3492H) with (3496H) | -> | (349AH) |
| (349CH) with (34A0H) | -> | (34A4H) |
| (34A6H) with (34AAH) | -> | (34AEH) |
| (34B0H) with (34B4H) | -> | (34B8H) |
| (34BAH) with (34BEH) | -> | (34C2H) |
| (34C4H) with (34C8H) | -> | (34CCH) |
| (34CEH) with (34D2H) | -> | (34D6H) |
| (34D8H) with (34DCH) | -> | (34E0H) |
| (34E2H) with (34E6H) | -> | (34EAH) |

註：比較結果若相等則在記錄位置填入：4fH；若不相等則填入：4eH

此段程式的意義是將程式開始所得的封包值與上一次執行程式結束前的封包值做比較，並把比較的結果記錄下來。第一次開啟除外，每一次開啟都會根據比較的結果來判斷是否需要重新複製資料。其判斷的根據是檢查表 3-3 中的結果記錄位置中的數值，若為 4fH(封包值檢測通過)則所屬的記憶體段落資料不做任何更動；若為 4eH(封包值檢測未通過)則將所屬的記憶體段落資料重新複製。汽車引擎電腦系統完全斷電後的下一次開啟都算是第一次開啟，汽車本身更換電瓶後再發動，此時引擎電腦亦是需要重新複製資料。

另外為了避免第一次開啟汽車引擎電腦由於系統記憶體在上尚未些入資料時所存在的亂碼恰巧通過了第一步驟的封包值檢測程序，所以汽車引擎電腦必須要有自行判斷是否為第一次開啟的機制。在本論文所研究的系統主程式尾段將十六進位數值 18244281H(此數值是由 SAAB 原廠所設計)填入以下系統記憶體位置中(430EH)，(4EC8H)，(52C2H)，(550CH)，(5A76H)，(5D52H)，(5EF6H)，(6006H)，(600AH)，(65C2H)，(65CCH)，(664AH)。封包值檢測的第二步驟就是利用這些系統記憶體位置的數值判斷汽車引擎電腦是否為第一次開啟。

2. 檢查下列系統記憶體的資料是否等於 18244281H，若相等則直接繼續進行下一個記憶體位置判斷；若不相等則將十六進位數值 4eH 儲存在紀錄位置

中，此時記錄位址與前一個步驟中的封包值比較結果記錄位置相同，如下表 3-4。

表 3-4 記憶體數值檢查位址與結果儲存位址關係表

| 檢查位置 | | 結果記錄位置 |
|---------|----|---------|
| (430EH) | -> | (347CH) |
| (4EC8H) | -> | (3486H) |
| (52C2H) | -> | (3490H) |
| (550CH) | -> | (349AH) |
| (5A76H) | -> | (34A4H) |
| (5D52H) | -> | (34AEH) |
| (5EF6H) | -> | (34B8H) |
| (6006H) | -> | (34C2H) |
| (600AH) | -> | (34CCH) |
| (65C2H) | -> | (34D6H) |
| (65CCH) | -> | (34E0H) |
| (664AH) | -> | (34EAH) |

註：檢查結果若相等則直接進行下一位置檢查；若不相等則填入：4eH

此檢查程序可以得知汽車引擎電腦是否為第一次開機操作，當汽車引擎電腦第一次開機操作之後，表 3-4 中所列的檢查位置都會被填入十六進位數值 18244281H，在汽車引擎電腦尚未斷電的情況下會維持此數值，以表示已經過第一次開機。下圖 3-1 是關於資料複製與否的封包值檢測程序的流程圖。

Checksum Mode 1 Block Diagram

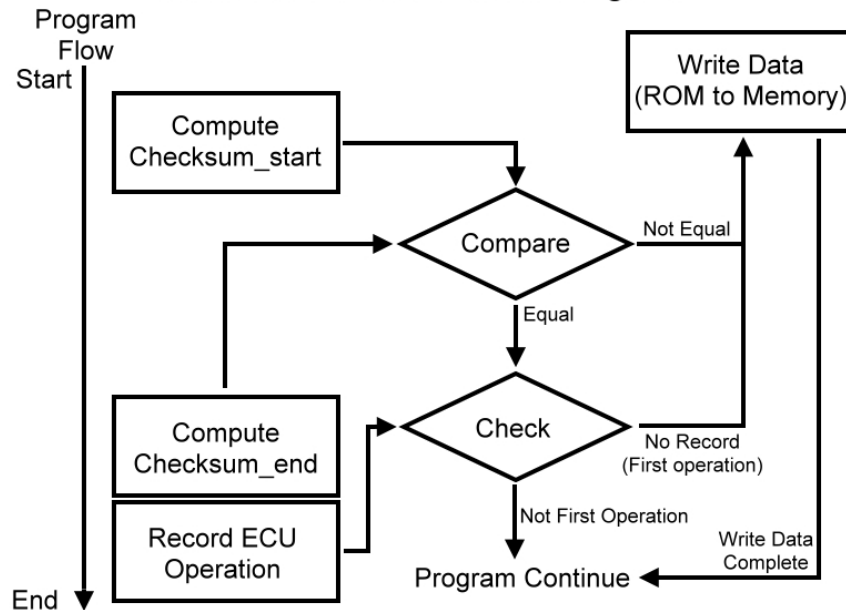


圖 3-1 資料複製封包值檢測程序流程示意圖

3.4 關於程式資料正確性的封包值檢測程序

本論文研究的汽車引擎電腦中的第二種封包值檢測程序主要是檢測係同程式資料是否有錯誤或是非正當程序修改，檢測方式是將系統程式中屬於主要程式指令與參考變數的全部資料都相加求和，即所謂封包值。而此系統程式的正確封包值儲存在程式資料的固定位置中，但此位置不被列入計算封包值的範圍。

若汽車引擎電腦程式計算所得的封包值不等於儲存在程式資料中的正確封包值，則汽車引擎電腦會阻斷引擎啟動同時提醒使用者檢查系統，以避免引擎發動後發生不被預期的危險狀況。若要修改系統程式，則必須將此封包值檢測程序做適當的修正，以確保新的程式能夠通過此封包值檢測，如此才可以使引擎正常發動。下圖 3-2 關於程式資料正確性的封包值檢測程序的流程圖。

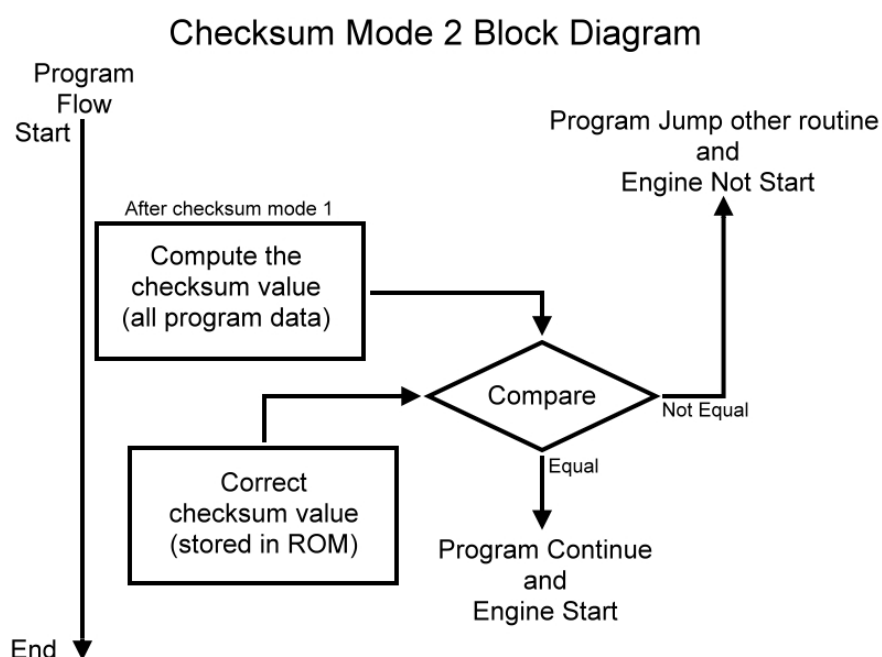


圖 3-2 程式資料正確性封包值檢測程序流程示意圖

3.5 封包值檢測程序範例

在本段內容中將針對 3.3 與 3.4 所討論兩種不同意義的封包值檢測程序各舉出一個範例作進一步的說明。

3.5.1 資料複製與否的封包值檢測程序範例

假設有一段儲存於唯讀記憶體(ROM)且需要被複製於系統記憶體(RAM)中的十六進位數值資料如：20 25 29 30 35 3F 0D 19 20 25 2A 30 35 40 47 4D 0D 0D 14 1A 1E 26 2A 31 36 等共二十五個位元組，其複製在系統記憶體中的十六進位數值位置由 100H 至 118H。假設封包值檢測程序分兩段檢測此二十五個位元組資料，第一段檢測十位元組(100H ~ 109H)，第二段檢測十五位元組(10AH ~

118H)。在上一次執行汽車引擎電腦程式時，在主程式尾段會將第一段(100H ~ 109H)與第二段(10AH ~ 118H)的封包值計算出來並分別儲存於004H與00CH的位置中，其中封包值是以四位元組大小儲存。假設資料數值都沒有改變，所以第一段所獲得的封包值為：

$$20 + 25 + 29 + 30 + 35 + 3F + 0D + 19 + 20 + 25 = 0000017D \text{ (四位元組)}$$

所以004H~007H的資料數值分別為00 00 01 7D。第二段所獲得的封包值為：

$$2A + 30 + 35 + 40 + 47 + 4D + 0D +$$

$$0D + 14 + 1A + 1E + 26 + 2A + 31 + 36 = 00000280$$

所以00CH~00FH的資料數值分別為00 00 02 80。

在下一次執行汽車引擎電腦程式時，主程式前段會重新計算封包值，若資料數值沒有改變則所獲得的封包值相同。此時儲存封包值的位置分別為000H(第一段)與008H(第二段)，所以000H~003H的資料數值分別為00 00 01 7D，008H~00BH的資料數值分別為00 00 02 80。

| 記憶體段落 | 記憶體位置 | 數值 |
|-------|-------------|-------------|
| 第一段 | 000H ~ 003H | 00 00 01 7D |
| 第一段 | 004H ~ 007H | 00 00 01 7D |
| 第二段 | 008H ~ 00BH | 00 00 02 80 |
| 第二段 | 00CH ~ 00FH | 00 00 02 80 |

由上表可知，第一段與第二段前後兩次獲得的封包值相同，所以第一段與第二段的資料不需要重新複製。若系統記憶體中的資料數值因外在其他因素導致數值改變，此時前後所獲得的封包值就會不同而汽車引擎電腦會立即執行資料重新複製的程序。

關於系統會自動判斷此汽車引擎電腦是否為第一次操作，在每一次執行主程式時，在程式尾段都會將一特定數值18244281H(此數值是由SAAB原廠所設計)儲存在固定的系統記憶體位置中。判斷這些固定記憶體位置中的數值是否等於18244281H就可以得知此汽車引擎電腦是否為第一次操作。

3.5.2 程式資料正確性的封包值檢測程序範例

假設儲存在唯讀記憶體中的汽車引擎電腦系統程式資料十六進位數值為：4D 51 57 5A 60 6C 73 76 7B 91 93 A5 20 30 4E 55 69 71 73 7B 99 99 99 CD 1F 31 50 58 5E 61 00 00 0C 52 等三十四個位元組。在判斷程式資料正確性的封包值檢測程序中有固定的封包值計算範圍，在這範例中假設封包值計算範圍是在前三十個位元組，而最後四個位元組是儲存正確的封包值(00000C52)。此封包值檢測程序第一步先計算封包值：

$$4D + 51 + 57 + 5A + 60 + 6C + 73 + 76 + 7B + 91 +$$

$$93 + A5 + 20 + 30 + 4E + 55 + 69 + 71 + 73 + 7B +$$

$$99 + 99 + 99 + CD + 1F + 31 + 50 + 58 + 5E + 61 = 00000C52 \text{ (四位元組)}$$

系統程式計算獲得封包值後，立即與儲存在唯讀記憶體中的正確的封包值作比較。在本範例中計算獲得的封包值與正確的封包值相等，此時汽車引擎電腦得以進行正常的控制程序並等待引擎啟動。若程式資料經過非正當程序修改，將第十個位元組的資料數值由 91 改成 81，而修改後的程式資料如：4D 51 57 5A 60 6C 73 76 7B 81 93 A5 20 30 4E 55 69 71 73 7B 99 99 99 CD 1F 31 50 58 5E 61 00 00 0C 52，而系統計算獲得的封包值為：

$$4D + 51 + 57 + 5A + 60 + 6C + 73 + 76 + 7B + \underline{81} + \\ 93 + A5 + 20 + 30 + 4E + 55 + 69 + 71 + 73 + 7B + \\ 99 + 99 + 99 + CD + 1F + 31 + 50 + 58 + 5E + 61 = \underline{00000C42}$$

因為程式資料被修改，所以系統計算獲得的封包值 00000C42 與正確的封包值 00000C52 不相等，此時汽車引擎電腦會阻斷引擎啟動同時進入特殊程序後停止操作。



第四章

汽車引擎供油控制曲線

汽車引擎供油控制曲線是本次研究的主要重點，也是本論文的核心與最重要的實驗成果。在本章的內容中說明了目前已獲得並且確定其實質意義的引擎供油控制曲線。

4.1 何謂汽車引擎控制曲線

汽車引擎控制曲線(Control Matrices for the Engine in an Automobile)是一種儲存在汽車引擎電腦中且數值固定的資料表[1]，可以讓中央處理單元在決定引擎控制的參數時作相關資料的查表動作。控制曲線與程式資料一併儲存於汽車引擎電腦中的唯讀記憶體中(ROM)，當引擎電腦開啟時，中央處理單元立即執行控制曲線的複製程序，將資料複製於系統記憶體中(RAM)。在第三章內容中所探討的第一類型封包值檢測程序，其中需要被檢測的資料即包含了汽車引擎控制曲線。

在量產汽車上的汽車引擎電腦中所儲存的控制曲線是經過精確的最佳化程序所設計完成的，並且通過實際行車測試，是最符合市場基本需求的標準而設計。此原廠設計的控制曲線兼具省油、環保與提供穩定的引擎動力輸出。

在本論文所研究的汽車引擎電腦中儲存了以下三種控制曲線[1]：

1. 汽車引擎供油控制曲線(Fuel Injection Control Matrices for the Engine in an Automobile)：主要控制引擎噴油嘴所噴射出的燃油量，使引擎獲得最佳燃燒效率，同時提升動力輸出。
2. 汽車引擎點火時序控制曲線(Ignition Timing Control Matrices for the Engine in an Automobile)：主要控制點火系統運作的時機與時間順序，點火系統在最佳的時機點火一樣能夠提高引擎性能。
3. 汽車引擎室增壓控制曲線(Boost Pressure Control Matrices for the Engine in an Automobile)：主要控制渦輪引擎系統的渦輪增壓器所提供的引擎增壓值，在不同的環境條件下，引擎必須得到最適當的增壓值才有最佳的動力輸出表現。

本論文主要的研究目標是針對汽車引擎供油的控制曲線。

4.2 汽車引擎供油控制曲線的主要功能

當汽車引擎在運轉時，引擎電腦必須快速決定正確的供油量，此時汽車引擎供油控制曲線(Fuel Injection Control Matrices for the Engine in an Automobile)就是最佳且最有效率的資料依據[1]。汽車引擎電腦用以決定供油量的外界環境參數有：進氣歧管壓力、進氣溫度、引擎轉速、引擎冷卻劑溫度、廢氣中的含氧量

與節流閥位置等六項。每一項環境參數都有其特殊的用途，在第二章的內容已說明，引擎冷卻劑溫度是決定預先燃油噴射供油量的重要依據；而進氣歧管壓力與進氣溫度是用來計算汽缸內的空氣密度，再利用固定汽缸容積換算成空氣質量以提供汽車引擎電腦決定供油量。

汽車引擎供油控制曲線，即是讓引擎電腦能夠依據某些外界環境參數，而快速利用查表方式獲得決定供油量的數據。例如當汽車駕駛人欲加快行車速度施力踩下油門踏板(節流閥開啟角度加大)時，引擎轉速在 3000rpm 或 2000rpm 所需的燃油量必定不相同，此時引擎電腦即可透過查詢噴油嘴開起持續時間與節流閥位置以及引擎轉速之間的關係圖表，快速且準確決定出符合當下環境狀況所需的正確供油量。引擎供油控制曲線中的資料數值也算是引擎供油量(噴油嘴開起持續時間)的範圍，引擎供油系統在此數值範圍內運作就是符合原廠所設計兼具省油、環保與穩定的引擎動力輸出。

4.3 目前所獲得的汽車引擎供油控制曲線

在本論文所研究的汽車引擎電腦程式中，目前所獲得的汽車引擎供油控制曲線都是三維(3D)空間的參數關係表，在三維空間中有兩個座標的實質意義就是在 4.2 節中所提到的六項外界環境參數中的其中兩項。這兩個座標參數與引擎供油量(噴油嘴開起持續時間)構成類似連續的函數關係，所以在已知這兩個座標參數的狀況下，利用引擎供油控制曲線即可查出所需的供油量參數。中央處理單元執行查表程序後所獲得的數值就是控制引擎供油量的主要依據。在以下的內中說明目前所獲得的汽車引擎供油控制曲線。

4.3.1 節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線

將節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線利用 Matlab 軟體以三度空間方式繪圖，如下頁圖 4-1 中所示。在圖中可以清楚看出引擎轉速與節流閥位置兩項外界環境參數在不同狀態下對應於供油量的關係，並且得知此供油控制曲線擁有以下幾項特性：

- A. 當節流閥開啟程度加大(汽車駕駛人欲加快行車速度)時，引擎供油量明顯都有相對增加的趨勢。若當時引擎的轉速越高，引擎供油量隨著節流閥開啟程度加大而相對增加的趨勢更為強烈，此現象意指當引擎在高轉速時更容易使行車速度加快。
- B. 在節流閥開啟程度較小(汽車駕駛人踩下油門踏板程度較小)時，引擎轉速與供油量之間沒有絕對的直接關聯性。由此現象可以獲得幾個論點：1. 當汽車在剛開始起步的狀態(引擎在低轉速且節流閥開啟程度較小)時，供油量並不會太大，以免起步衝力過大造成危險。2. 汽車在減速狀態(引擎在高轉速且節流閥開啟程度較小)時，汽車引擎電腦降低供油量以達到減

速的效果。

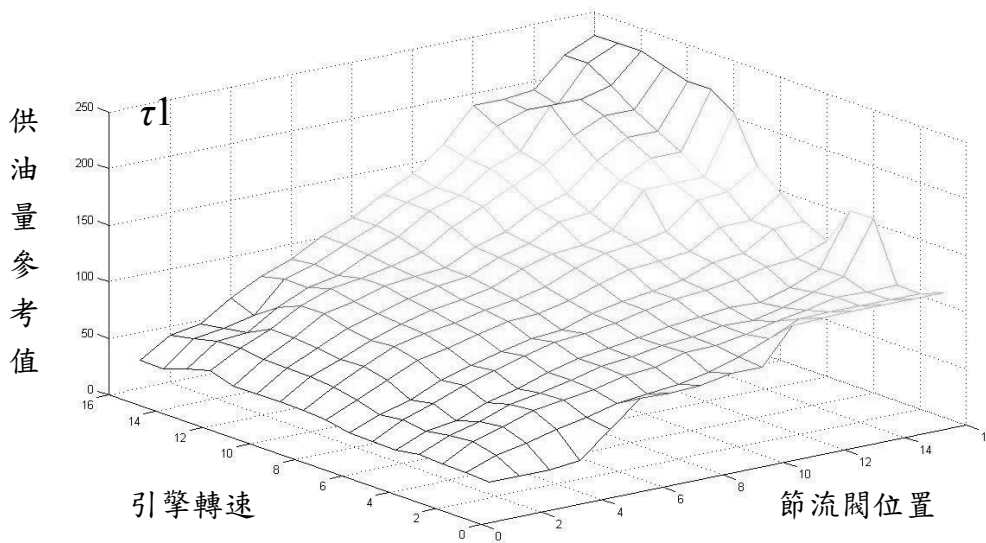


圖 4-1 節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖

在上圖 4-1 中，節流閥位置座標的數值是以節流閥開起的程度作依據，其數值的範圍由 0%(節流閥完全關閉)至 100%(節流閥完全開啟)，在此範圍之間共分十六個等級。引擎轉速座標的計算單位是 rpm(revolution per minute)，以每分鐘曲軸旋轉多少圈計算，其數值的範圍由 0 rpm 至 6200 rpm。在本論文第二章已說明，汽車引擎電腦利用斷油控制程序將引擎最高轉速限制在 6200 rpm。引擎轉速座標與節流閥位置座標相同，在其固定數值範圍中分十六個等級。供油量則是以數值資料大小一個位元組(byte)的十六進位數值儲存，此數值的意義是噴油嘴開起的持續時間。

4.3.2 進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線

與 4.3.1 節中所敘述的作法相同，將進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線三度空間方式繪圖，如下頁圖 4-2 中所示。在圖中可以看出引擎轉速與進氣歧管壓力兩項外界環境參數對應於供油量的關係和以下幾項與節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線類似的特性：

- A. 當進氣歧管壓力增加(汽車引擎渦輪增壓器提供的壓力上升)時，引擎供油量也會相對增加，但不比節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線明顯。相同的當引擎的轉速越高，引擎供油量隨著進氣歧管壓力增加而相對增加的趨勢更顯著。
- B. 在進氣歧管壓力較小時，引擎轉速與供油量之間沒有太大的關聯性。由此現象亦可以獲得幾個論點：1.當汽車引擎在低轉速的起步狀態時，引擎排

出的廢氣不多導致渦輪增壓器供油的壓力也不會太大(進氣歧管壓力小)，所以供油量不會太多造成引擎積碳。2.引擎在高轉速且進氣歧管壓力較小時，通常都是需要減速時發生，所以汽車引擎電腦將供油量減少使行車速度降下來。

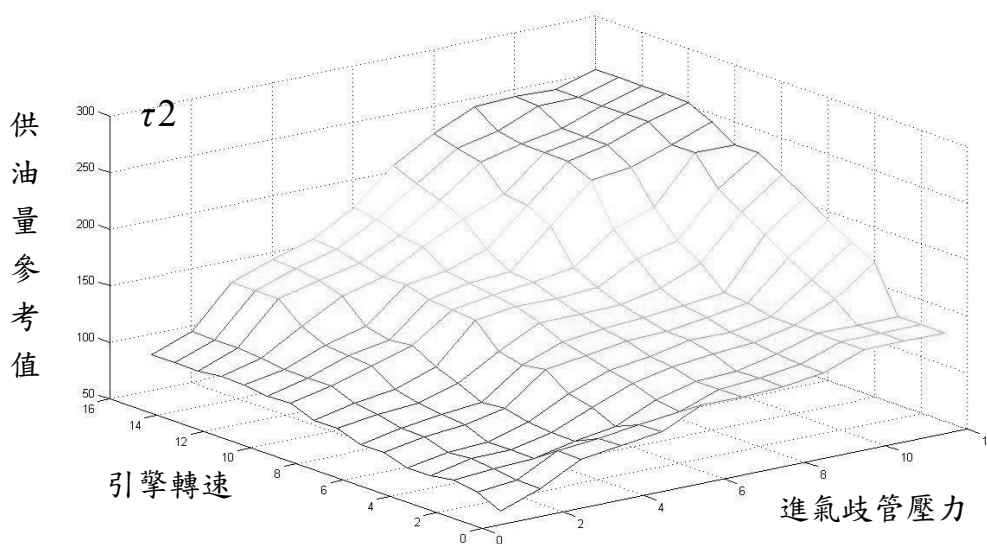


圖 4-2 進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖

在上圖 4-2 中，進氣歧管壓力座標的數值是以壓力單位 kPa 作依據，其數值的範圍由 100 kPa(一大氣壓)至 300 kPa(渦輪增壓器提供極高增壓值)，在此範圍之間共分十二個等級。引擎轉速座標的計算與節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線相同，其數值範圍也是中分十六個等級。

4.3.3 進階版程式中所獲得的汽車引擎供油控制曲線

在 4.3.1 節與 4.3.2 節中所探討的引擎供油控制曲線，都是在原廠基本版的汽車引擎電腦程式中所找到的。在這一節的內容中則是探討在進階版程式中所獲得的引擎供油控制曲線。

進階版程式中擁有與 4.3.1 節及 4.3.2 節中所討論的相同定義與相同功能的引擎供油控制曲線，兩種版本程式的控制曲線之間亦有向同的特質，而最大的不同在於曲線的平滑(smooth)程度與供油量峰值(top value)範圍的大小。在進階版程式中的供油控制曲線比基本版程式中的平滑，且峰值更大範圍也比較廣。所以進階版程式中的供油控制曲線中供油量的數值幾乎都比基本版程式中的大，也意味著當汽車引擎電腦執行進階版程式時，在相同條件下供油量也會比較多。

在正常情況下，當汽車引擎所獲得的燃油量增加時，所產生的動力也會相對的提升。而提升動力所要付出的代價就是引擎的油耗程度增加，同時引擎本體的

壽命也會相對的減少。

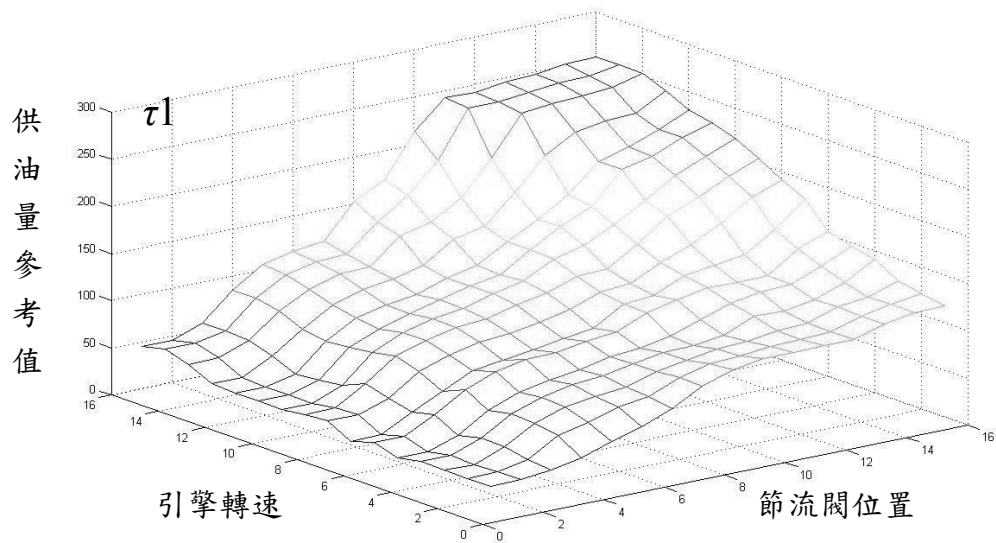


圖 4-3 進階程式中節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖

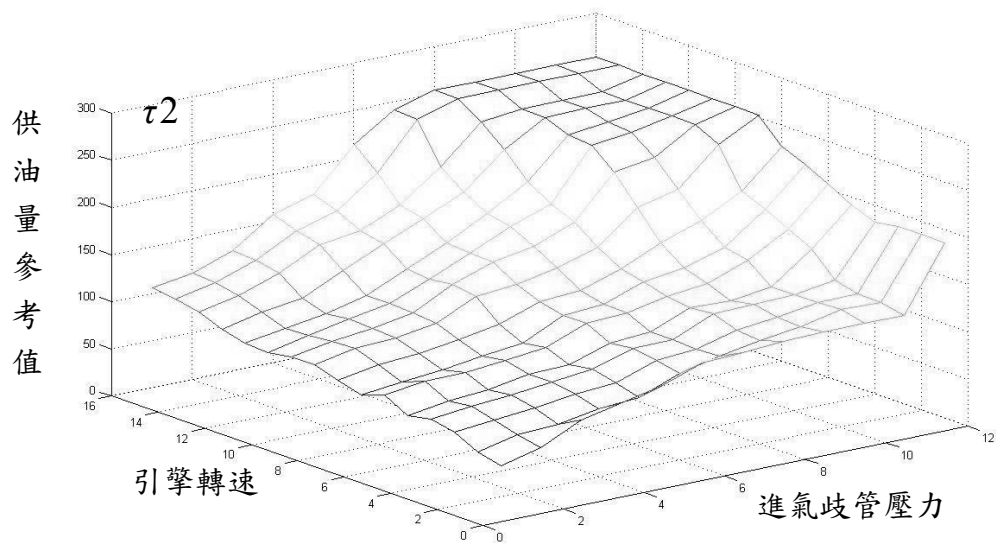


圖 4-4 進階程式中進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線圖

以上圖 4-3 以及圖 4-4 即為進階程式中的汽車引擎供油控制曲線圖，在圖中可以看到與基本版程式的控制曲線最顯著的相異特質，就是進階版程式的控制曲線峰值範圍增大了不少。峰值範圍大也就是進階版程式可以使引擎獲得高燃油量的時機比基本版程式多，相對的產生較大的動力以及消耗較多的燃油。本論文第五章就是討論將進階版程式的供油控制曲線取代基本版程式的供油控制曲線的實車道路測試實驗結果。

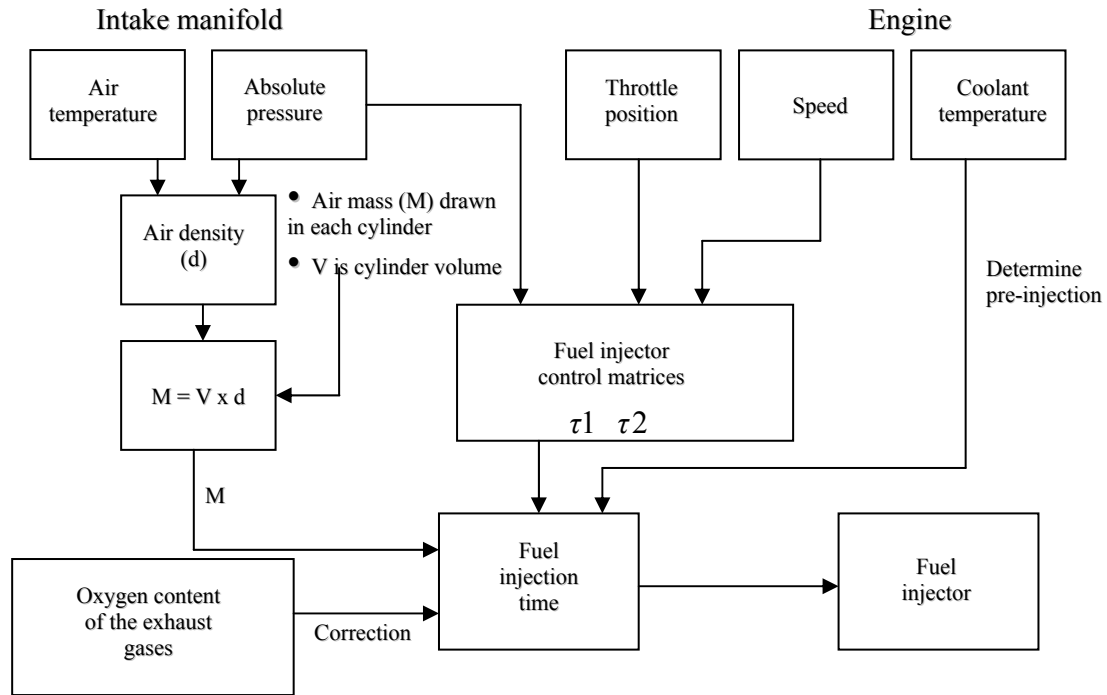


圖 4-5 燃油噴射時間詳細計算流程圖

$$\tau_1 = f_1(\omega, \delta), \tau_2 = f_2(\omega, \rho)$$

$$T = F(w_1 \times \tau_1, w_2 \times \tau_2, M, \text{Oxygen})$$

T = 供油時間。

ω = 引擎轉速(rpm)。

δ = 節流閥位置。

ρ = 進氣歧管壓力。

τ_1 與 τ_2 為查表獲得的供油量參考值。

w_1 與 w_2 為未知的係數。

上圖 4-5 所示為詳細供油時間計算流程，相較於圖 2-3 的計算流程，圖 4-5 加入了供油控制曲線查表程序。由引擎轉速與節流閥位置查表獲得供油量參考值 τ_1 以及由引擎轉速與進氣歧管壓力查表獲得供油量參考值 τ_2 ，汽車引擎電腦中央處理單元將兩者再與進氣歧管中的空氣質量 M 以及排氣含氧量一併考量計算獲得正確供油時間。

第五章

實驗驗證與結果

利用這次研究汽車引擎電腦程式的成果，進一步實行修改汽車引擎電腦供油控制曲線的實車道路測試。本章將針對本實驗的過程、方法與結果作詳細的說明。

5.1 實驗過程與方法

本論文所研究的汽車引擎電腦程式是燒錄在中央處理單元以外的唯讀記憶體(Read Only Memory 簡稱 ROM)中，在此 ROM 中亦包含汽車引擎供油控制曲線。本實驗的主要目的，是將進階版程式中的供油控制曲線複寫在基本版程式中，並取代原本的供油控制曲線以修改引擎的供油量。所以本實驗的第一要務必須將程式資料重新燒錄，同時將封包值作必要的修正以確保修改後的程式能通過封包值檢測程序(見第三章說明)，如此引擎才能啟動。完成以上程序才能進行修改引擎供油量的實車道路測試實驗。

在實車道路測試時，由於必須量測出穩定的噴油嘴開啟持續時間，所以我們選擇的實驗地點是又長又直到寬敞道路(台北市大度路)。本實驗必須以安全性做第一優先考量，因此在道路測試時將引擎轉速維持在 1000 rpm、2000 rpm 與 3000 rpm 等低轉速狀態作為實驗的參考點。量測噴油嘴開啟持續時間的方法是，先讓汽車變速箱的檔位固定在低速檔，同時保持固定的引擎轉速行駛一段距離後用專業的車用量測儀器量測噴油嘴開啟持續時間，當此時間穩定時以毫秒(ms)為單位紀錄，同時用示波器紀錄噴油嘴端的電壓變化波形。另外也用了 SAAB 汽車公司所使用的汽車車況檢測工具(TECH 2)記錄節流閥開啟程度(%)與進氣歧管壓力(kPa)。實車道路測試實驗分成以下三個主要階段。

- A. 以尚未做任何修改的基本版汽車引擎電腦程式作測試。此階段測試的主要目的是要獲得噴油嘴開啟持續時間(供油量)數據對照的基準。
- B. 修改基本版汽車引擎電腦程式中的節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線。
- C. 修改基本版汽車引擎電腦程式中的進氣歧管壓力-引擎轉速對應供油量的控制曲線。

在上述中 B 與 C 兩個階段的主要目的是量測修改供油控制曲線後，噴油嘴開啟的持續時間的改變。更改過的進階版噴油嘴控制曲線數值都比基本版的數值來得大，所以實驗前預估噴油嘴開啟的持續時間會延長。

5.2 實驗結果

本實驗結果的資料包括噴油嘴開啟持續時間、節流閥開啟程度與進氣歧管壓

力等參數的量測數據以及噴油嘴端電壓變化的波形圖。在以下的段落中說明各階段的實驗結果，其中實驗的量測數據以列表方式呈現；電壓變化波形圖的水平座標是時間(毫秒 ms)，垂直座標是電壓(伏特 V)，水平座標每一格的刻度大小代表 2 ms，垂直座標每一格的刻度大小代表 5 V，在波形圖中水平中心線處電壓值為 0 V(接地)。

5.2.1 基本版引擎供油控制曲線實驗結果

表 5-1 基本版引擎供油控制曲線參數量測數據

| 引擎轉速 | 噴油嘴開啟持續時間 | 進氣歧管壓力 | 節流閥開啟程度 |
|----------|-----------|---------|---------|
| 1000 rpm | 3.90 ms | 157 kPa | 10.2 % |
| 2000 rpm | 3.60 ms | 150 kPa | 18.4 % |
| 3000 rpm | 3.50 ms | 150 kPa | 22.7 % |

由上表 5-1 中可以得知，若汽車駕駛人須要較高的引擎轉速，則勢必將節流閥開啟程度加大(汽車駕駛人踩下更多油門)。在一般的情況下，汽車引擎在低轉速時(1000 rpm)都處於即將加速的狀態，所以噴油嘴開啟持續時間反而比中低轉速(2000 rpm 與 3000 rpm)時來得長(供油量較大)；此時進氣歧管壓力也比中低轉速時高(渦輪增壓器提供較高的增壓值)。根據上述現象可以知道若汽車變速箱的檔位維持在低速檔，而引擎又保持在低轉速，此時油耗量是比較高的且容易使引擎室產生積碳現象。

本實驗所紀錄的結果數據都是當噴油嘴開啟持續時間在穩定狀態時所量測獲得的數值，而引擎在轉速上升的過程中所需的供油量是最大的。由於在轉速上升的過程中所有參數值變動頻率高且範圍大，所以不方便做紀錄。

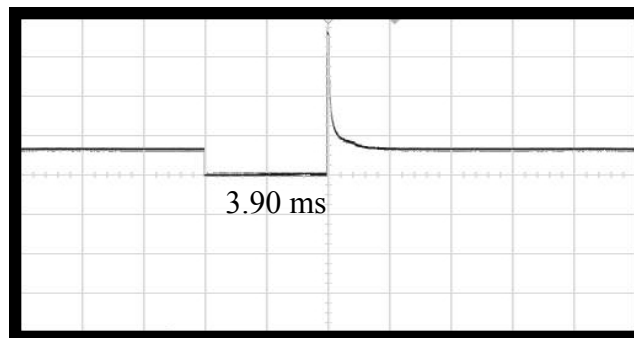


圖 5-1 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(1000rpm)

在上圖 5-1 中，噴油嘴端電壓維持在 0 V 的時間長短即為噴油嘴開啟持續時間。由於噴油嘴本身的磁化線圈構造，所以在關閉的瞬間也會發生電磁感應，同時在噴油嘴端產生正電壓的即時脈衝(impulse)，之後立即回復原本的電壓值(由汽車主計電器提供給噴油嘴的電壓)。

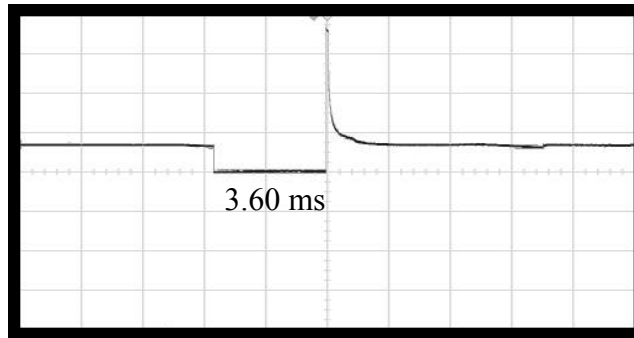


圖 5-2 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(2000rpm)

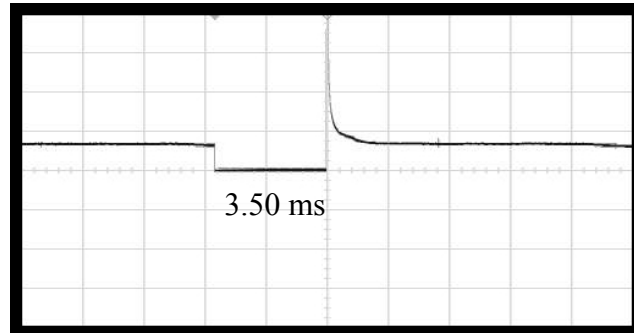


圖 5-3 基本版引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖(3000rpm)

5.2.2 進階版節流閥位置-引擎轉速對應引擎供油量控制曲線實驗結果

表 5-2 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線參數量測數據

| 引擎轉速 | 噴油嘴開啟持續時間 | 進氣歧管壓力 | 節流閥開啟程度 |
|----------|-----------|---------|---------|
| 1000 rpm | 4.00 ms | 156 kPa | 10.2 % |
| 2000 rpm | 3.80 ms | 150 kPa | 18.8 % |
| 3000 rpm | 3.90 ms | 145 kPa | 21.6 % |

由上表 5-2 中可以得到與基本版引擎供油控制曲線相同的特性，引擎在低轉速時供油量與進氣歧管壓力都比較大。在數據中可以明顯得到的實驗結果是：在節流閥開啟程度相近以及進氣歧管壓力相同甚至更低的情況下，進階版節流閥位置-引擎轉速對應供油量的控制曲線使噴油嘴開啟持續時間拉長了，所以引擎供油量也同時獲得提升。

在表 5-2 的數據中所能夠顯示的是穩定狀態時供油量的提升，事實上在實車道路測試實驗的過程中，汽車引擎在加速狀態時供油量的提升程度會比穩定狀態來的高，但由於紀錄數據上的困難所以沒有辦法在本論文中一一列出。

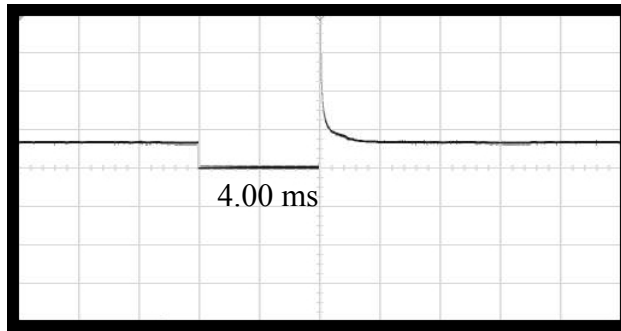


圖 5-4 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖
(1000rpm)

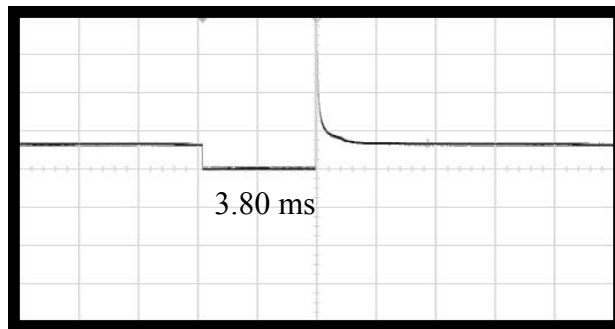


圖 5-5 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖
(2000rpm)

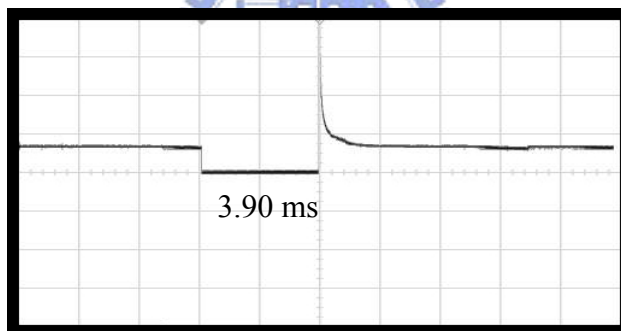


圖 5-6 進階版節流閥位置-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖
(3000rpm)

5.2.3 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速對應引擎供油量控制曲線實驗結果

表 5-3 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線參數量測數據

| 引擎轉速 | 噴油嘴開啟持續時間 | 進氣歧管壓力 | 節流閥開啟程度 |
|----------|-----------|---------|---------|
| 1000 rpm | 4.10 ms | 160 kPa | 10.2 % |
| 2000 rpm | 3.80 ms | 150 kPa | 19.2 % |
| 3000 rpm | 3.80 ms | 149 kPa | 22.0 % |

由上表 5-3 中的實驗數據也可以得知，進階版進氣歧管壓力-引擎轉速對應

引擎供油量控制曲線在節流閥開啟程度以及進氣歧管壓力相近的情況下也將噴油嘴開啟持續時間延長了，意即提升了引擎供油量。更改此供油控制曲線後，引擎在 1000 rpm 時渦輪增壓器提供的增壓值更高。

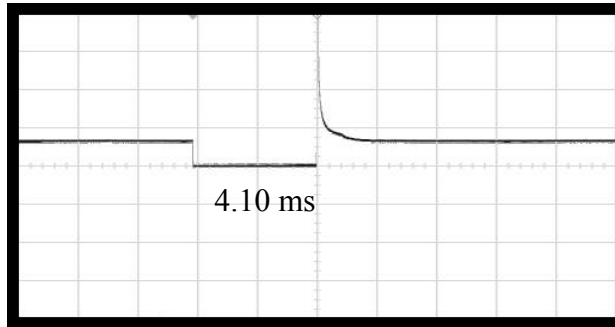


圖 5-7 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 (1000rpm)

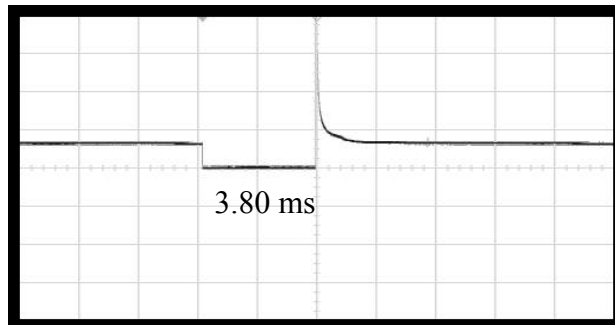


圖 5-8 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 (2000rpm)

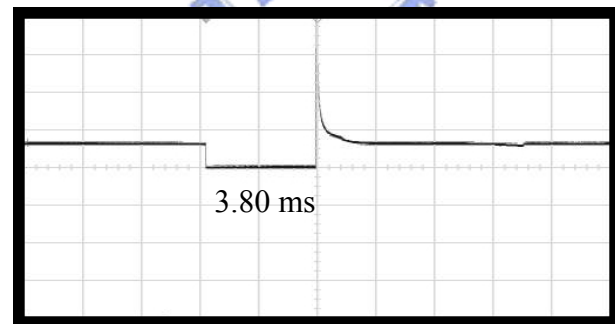


圖 5-9 進階版進氣歧管壓力-引擎轉速引擎供油控制曲線噴油嘴電壓波形圖 (3000rpm)

第六章

未來的研究目標

本章內容主要是對於完成這次研究之後，利用已獲得的成果所能引發出未來的研究方向與目標作說明。

6.1 其他的引擎控制曲線

本論文第四章第一節已說明了在這次研究的汽車車款(SAAB 900SE)中的引擎電腦包含了三種引擎控制曲線：引擎供油控制曲線、引擎點火時序控制曲線與引擎室增壓控制曲線。在本論文所研究的汽車引擎電腦程式中，我們已經找到了其他類似引擎供油控制曲線的資料表。因此我們可以知道，在這些尚未確定其功能的引擎控制曲線中必定包含了引擎點火時序控制曲線與引擎室增壓控制曲線。所以這些控制曲線的實質意義與功能，以及修改這些控制曲線後引擎的動力輸出表現將會是接下來的主要研究目標。以下列出幾個尚未確定的引擎控制曲線圖。

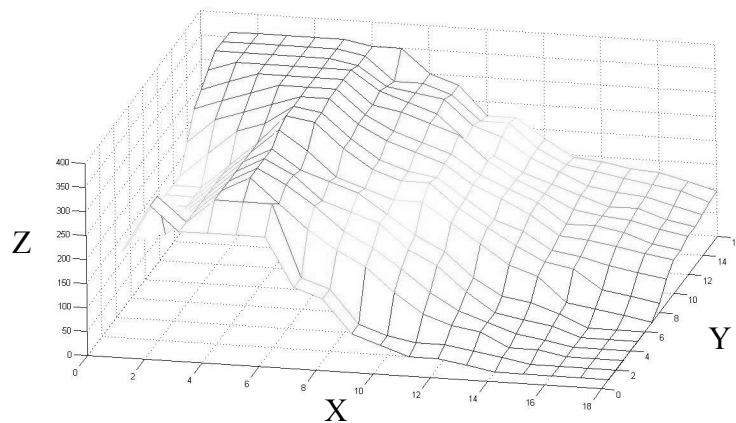


圖 6-1 尚未確定的引擎控制曲線(1)

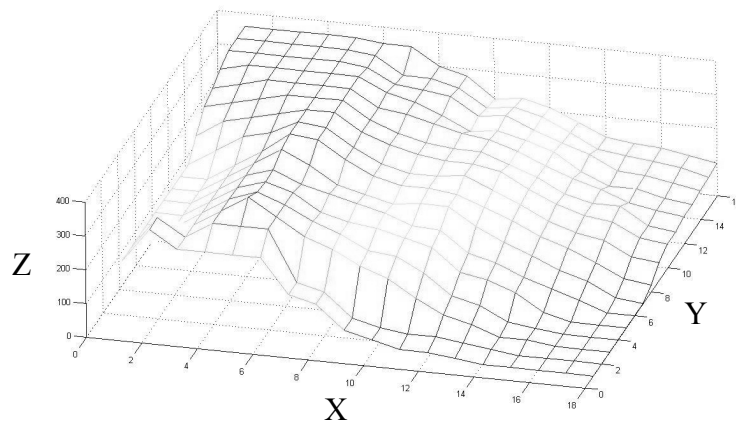


圖 6-2 尚未確定的引擎控制曲線(2)

在上頁圖 6-1 與圖 6-2 中可以發現，兩者的平面座標所劃分的等級數相同(X 座標分十八個等級，Y 座標分十六個等級)，所以可以預先推論這兩個控制曲線的功能應該是相同，而主要的不同在於 X 與 Y 兩座標軸所代表的意義以及汽車引擎電腦在執行查表程序時所根據的外界環境參數。

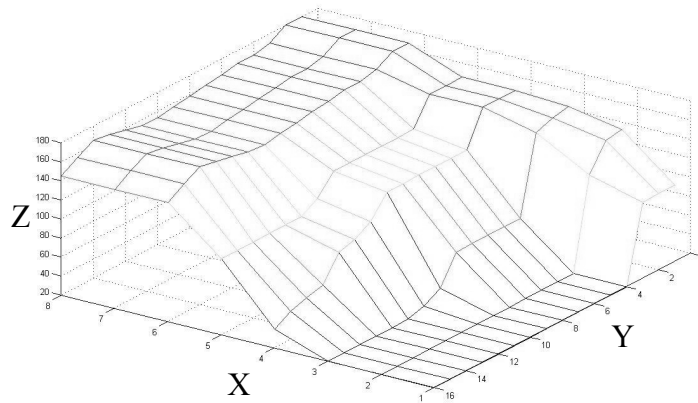


圖 6-3 尚未確定的引擎控制曲線(3)

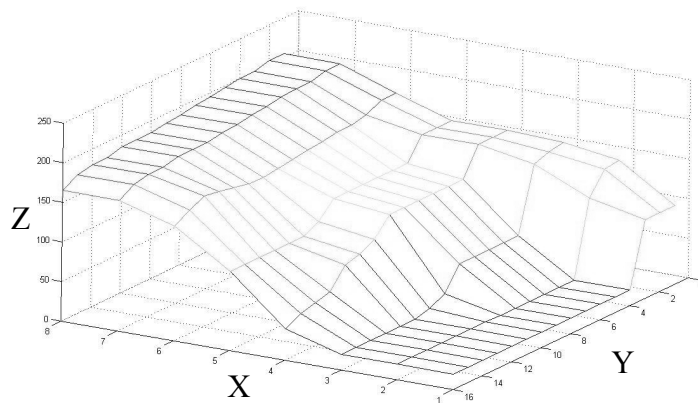


圖 6-4 尚未確定的引擎控制曲線(4)

在上圖 6-3 與圖 6-4 中的控制曲線可以看出兩者的座標軸擁有與圖 6-1 與圖 6-2 中的控制曲線類似的特性(圖 6-3 與圖 6-4 中的控制曲線的 X 座標分八個等級，Y 座標分十六個等級)，所以上列的四個引擎控制曲線可能是兩組對應不同引擎控制參數的資料表。

在這次研究中所找到的引擎控制曲線尚有近十種並未在本章內容一一列出，而未來的研究方向將會著重於這些控制曲線的實質意義與功能。在完全了解汽車引擎電腦的控制曲線後，即可透過修改這些控制曲線而達到提升引擎動力輸出的效果。

第七章

結論

本論文的主要研究目標是找出汽車引擎電腦程式中的引擎供油控制曲線在系統程式資料的位置，以及將此供油控制曲線加以修改以獲得引擎供油量的改變。在本論文第五章的內容中已說明了，修改引擎供油控制曲線後的實車道路測試實驗結果。由此實驗結果的數據中可以清楚知道，我們將引擎供油控制曲線的資料數值加大而引擎供油量也有相對的提升，因此我們可以作出以下結論：

1. 在汽車引擎電腦程式資料中，本研究過程中所找到的引擎控制資料表確實是引擎供油控制曲線，以及研究獲得的引擎供油控制曲線在程式資料中的固定位置也是正確的。
2. 透過實車道路測試實驗結果驗證後，對於引擎供油控制曲線資料數值的修改也獲得引擎供油量相對提升的結果，因此對於汽車引擎電腦程式可以在合理的條件下修改引擎供油控制曲線。
3. 對於封包值檢測程序，在本研究中所做的修正是計算修改後程式的新封包值，並填入在程式資料中的固定儲存位置。在實車道路測試時，使用修改後的程式可以使汽車引擎正常啟動，因此可以證實在這次研究中獲得的封包值計算方式與其固定儲存位置也是正確無誤的

由以上敘述，本研究最後的主要成果是：解開了汽車引擎電腦程式中的封包值檢測程序、在程式資料中找到了引擎供油控制曲線並確定其儲存位置與修改引擎供油控制曲線確實能改變引擎的供油量。

在汽車引擎產生動力輸出的程序中，燃油是動力產生的來源，所以提升引擎所獲得的燃油量相對的可以提升動力。點火時機的控制(Ignition Timing Control)以及渦輪增壓器提供的增壓值(Boost Pressure)也是與動力的產生有密切關係，舉例來說：利用這次研究的成果，將噴油嘴開其持續時間延長後，引擎點火系統的點火時機若能做相對應的調整，如此更能夠提升燃油的燃燒效率使引擎產生更大動力並且減少因燃燒不完全而造成的積碳現象；引擎獲得的燃油量提高了，燃油與空氣的混合比(mixture ratio)會隨著改變，所以此時渦輪增壓器必須提高增壓值使更多新鮮空氣進入引擎內，使混合比保持在正常範圍而使引擎中的燃油獲得有效的燃燒效率。所以將全部的引擎控制曲線的實質意義與功能都解開後，就能夠更有效的改變引擎控制參數並大幅提升引擎動力輸出。

參考文獻

- [1] Saab, “Saab Workshop Information System (WIS) 93(9440)”, 2003.
- [2] Motorola, “Output Compare TPU Function (OC)” Semiconductor Programming Note, 1997.
- [3] Motorola, “Period Measurement With Missing Transition Detection TPU Function (PMM)” Semiconductor Programming Note, 1997.
- [4] Motorola, “Position-Synchronized Pulse Generator (PSP) TPU Function” Semiconductor Programming Note, 1997.
- [5] Motorola, “MC68332 User’s Manual” Digital DNA from Motorola, 2000.
- [6] Thomas L. Harman, “The Motorola MC68332 Microcontroller Product Design, Assembly Language Programming, and Interfacing”, Prentice Hall, New Jersey, 1991
- [7] 黃得裕, “汽車引擎電腦的設計與實作 Design and Implementation of Electronic Control Unit (ECU) For Engine In Automobile” 國立交通大學, 碩士論文, 指導教授: 林錫寬, 王啟旭, 2004
- [8] 微控制器相關知識, <http://www.freescale.com/>

