

现代汽车电子技术

潘旭峰 等编著

ND 28/02

北京理工大学出版社

内 容 简 介

汽车电子技术是自动控制、计算机与汽车技术等紧密结合,“车、电”一体,而且正在迅速溶入信息处理技术的产物,也是提高现代汽车的自动化程度,使之更安全、可靠、方便、舒适,并向智能化方向发展的主要支撑技术。

本书共分七章,比较全面系统地阐述了当前汽车电子技术涉及的内容,包括汽车电子控制系统的核心——ECU、汽车动力与传动系统电子控制、底盘部分和车身部分电子控制,以及汽车信息与通讯系统等方面的基本原理和结构。编写过程中坚持了深入浅出、图文并茂的原则,力求将现代汽车电子技术的全貌与发展趋势展现给读者。

本书可供高等院校相关专业的本科生和研究生使用,也可供有关科技工作者及维修人员使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子技术/潘旭峰等编著. —北京:北京理工大学出版社,1998.1(1998.8重印)
ISBN 7-81045-356-4

I. 现… II. 潘… III. 汽车-电子技术 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 23350 号

责任印制:刘季昌 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码 100081 电话(010)68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787毫米×1092毫米 16开本 16印张 387千字

1998年1月第1版 1998年8月第2次印刷

印数:3001—6000册 定价:21.00元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前言

经过 100 多年的发展,汽车已经成为现代物质文明的一种象征和人类生活中不可缺少的部分,而汽车在一个国家的普及程度,也已经成为衡量其工业化进程的重要标志。特别是自 70 年代以来,面对能源短缺和环境污染等一系列问题的挑战,为了适应越来越快的社会节奏和满足人类对安全、舒适、方便等性能越来越高的要求,在汽车产品中日益广泛地采用各种先进技术,特别是电子技术,已经成为时代的潮流。这一潮流正在使现代汽车迅速成为多种高新技术综合集成的载体,同时导致“汽车”的概念和内在特征发生革命性的变化。当前,电子技术尤其是微处理器在汽车上的广泛应用,使许多传统机械控制系统被电子控制系统所取代。“汽车、电子一体化”已经成为现代汽车发展的主要趋势之一,而电子技术也将成为支撑现代汽车工程的一门基础技术。

社会需求的牵引、法规的推动和技术的进步,是导致现代汽车采用电子技术,并促使其蓬勃发展的主要原因。从国际情况看,汽车电子化的过程基本上可以分为三个阶段。第一阶段从 60 年代中期到 70 年代末期,汽车应用电子技术主要是从“技术革新”着眼,对上市汽车产品采用电子装置改善部分机械部件的性能,例如晶体管点火等。这些革新往往是局部的、不很关键的,在汽车的总体设计和生产中并不予以系统考虑。第二阶段从 70 年代末期到 90 年代中期,汽车电子技术的雏形开始形成。其主要特征是在汽车大部件乃至总成的设计和生产中重视“机电一体化”的思想与技术,广泛采用机电一体装置解决机械部件所无法解决的复杂自动控制问题,例如动力总成的电子控制等。第三阶段从 90 年代中期起,预计到 2010 年,“汽车电子”作为工程技术已经成熟,将积累形成汽车电子技术群,并导致“汽车电子学”这门机电一体、多学科综合、特色鲜明的新兴学科的诞生。在这一时期,汽车的总体设计将在考虑整车机电系统协调匹配的基础上进行,强调汽车整体设计的机电一体化,重视总体、系统,设计者将不再采用出现在第一和第二阶段的“机械功能替代”或“增添”式的设计思想和方法。同时,汽车电子技术发展的重点也将由解决汽车部件或总成的自动控制问题,开始向广泛应用计算机网络与信息技术,使汽车更加自动化、智能化,并向解决汽车与社会联结等问题转移。

当前,汽车电子技术主要集中在“动力传动总成的电子控制(Powertrain Control)”、“底盘的电子控制(Vehicle Control)”、“车身的电子控制(Body Control)”和“信息通讯系统(Information & Communication)”四个方向。对此,本书给予了较为全面、系统的阐述,力求将现代汽车所采用的各类电子控制系统与信息通讯技术展现给读者。

本书共分七章,其中第一章、第二章由潘旭峰、马彪编写,第三章由黄英、张付军编写,第四章、第五章的 § 5.1、§ 5.4、第六章中的 § 6.2 和第七章由马彪编写,第五章中的 § 5.2、§ 5.3 由刘昭度编写,第六章中的 § 6.1 由王建群编写,全书由潘旭峰修改定稿。

由于编者的水平有限,编写时间仓促,资料缺乏,书中难免出现缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者

一九九七年八月

目 录

第一章 绪 论

§ 1.1 “汽车”概念的巨大变化	(1)
§ 1.2 汽车电子技术的历史、现状和发展	(4)
1.2.1 汽车电子技术的形成	(4)
1.2.2 汽车电子技术的内容	(5)
1.2.3 汽车电子工业	(6)

第二章 汽车电子控制系统的核心—ECU

§ 2.1 ECU 的基本结构与功能	(8)
2.1.1 输入处理电路	(8)
2.1.2 微处理器	(9)
2.1.3 输出处理电路	(9)
2.1.4 电源电路	(10)
§ 2.2 汽车电子系统设计	(10)
2.2.1 汽车电子系统的总体设计	(10)
2.2.2 微处理器的选择	(10)
2.2.3 控制程序的设计与开发	(11)
2.2.4 ECU 的控制程序	(11)
2.2.5 ECU 硬件抗干扰设计	(13)
§ 2.3 ECU 的检测与评估	(15)
2.3.1 汽车用 ECU 的工作环境	(15)
2.3.2 ECU 的实验室检测	(15)
2.3.3 ECU 在实际工作环境中的检测	(17)
§ 2.4 ECU 功能的发展	(17)
2.4.1 汽车电子系统综合化	(17)
2.4.2 ECU 芯片的高度集成化、专业化	(19)
2.4.3 现代控制理论的引入	(20)

第三章 汽油发动机的电子控制

§ 3.1 概 述	(21)
3.1.1 汽油机的燃油供给	(21)
3.1.2 汽油机的点火系统	(24)
3.1.3 微处理器控制时代的汽油机	(28)
§ 3.2 点火系统的电子控制	(29)
3.2.1 电子控制点火系统的信号输入	(29)
3.2.2 电子点火器	(33)
3.2.3 电子控制点火系统的控制策略	(35)

3.2.4 曲轴位置的测量方法·····	(39)
3.2.5 爆震控制·····	(41)
3.2.6 无分电器点火系统的控制(电子配电控制)·····	(46)
§ 3.3 电子控制汽油喷射·····	(50)
3.3.1 电子控制汽油喷射的基本原理·····	(50)
3.3.2 电子控制汽油喷射的燃料与空气系统·····	(53)
3.3.3 汽油喷射控制系统的组成及工作过程·····	(60)
3.3.4 汽油喷射量的控制策略·····	(71)
3.3.5 小结·····	(80)
§ 3.4 怠速控制与 EGR 控制·····	(80)
3.4.1 怠速控制·····	(80)
3.4.2 EGR 控制·····	(85)

第四章 自动变速系统的电子控制

§ 4.1 概 述·····	(90)
4.1.1 变速控制的目标·····	(90)
4.1.2 自动变速的类型·····	(91)
4.1.3 变速控制系统的输入信号与执行机构·····	(92)
4.1.4 换档品质与控制规律·····	(97)
§ 4.2 电液自动变速控制(EAT)·····	(104)
4.2.1 系统组成·····	(104)
4.2.2 换档方法·····	(108)
4.2.3 液力变矩器的闭锁控制·····	(110)
§ 4.3 手动换档变速箱的电子控制(EMT)·····	(112)
4.3.1 系统组成·····	(113)
4.3.2 离合器控制·····	(113)
4.3.3 选档与换档控制·····	(115)
4.3.4 油门控制·····	(117)
§ 4.4 无级变速的电子控制(ECVT)·····	(118)
4.4.1 CVT 的基本概念·····	(118)
4.4.2 CVT 控制系统·····	(123)
§ 4.5 换档控制的研究进展·····	(125)
4.5.1 换档品质的改善·····	(125)
4.5.2 动力传动总成的整体控制·····	(127)

第五章 底盘部分的电子控制

§ 5.1 悬架的电子控制·····	(129)
5.1.1 概述·····	(129)
5.1.2 弹簧刚度控制·····	(134)
5.1.3 减振器阻尼控制·····	(137)
5.1.4 车高控制·····	(140)
§ 5.2 汽车制动防抱死系统(ABS)·····	(141)

5.2.1 概述·····	(141)
5.2.2 汽车路面附着性能·····	(144)
5.2.3 制动防抱死系统的结构与工作原理·····	(147)
5.2.4 制动防抱死系统在汽车上的布置·····	(153)
5.2.5 制动防抱死系统的控制技术·····	(161)
§ 5.3 汽车驱动防滑系统(ASR)·····	(165)
5.3.1 概述·····	(165)
5.3.2 ABS/ASR 系统结构·····	(167)
5.3.3 汽车驱动防滑系统控制原理·····	(168)
5.3.4 驱动防滑系统的执行机构·····	(171)
§ 5.4 其它电子控制系统·····	(173)
5.4.1 巡航控制·····	(173)
5.4.2 牵引控制·····	(176)
5.4.3 动力转向·····	(179)
5.4.4 四轮转向·····	(181)
5.4.5 四轮驱动·····	(183)
5.4.6 轮胎压力监测·····	(185)

第六章 车身部分的电子控制

§ 6.1 汽车安全气囊·····	(188)
6.1.1 概述·····	(188)
6.1.2 安全气囊系统中的传感器·····	(190)
6.1.3 安全气囊系统中的执行机构与控制器·····	(194)
6.1.4 安全气囊点火控制策略·····	(199)
6.1.5 安全气囊技术的模拟研究及进展·····	(209)
6.1.6 安全气囊系统的安装与维护·····	(211)
§ 6.2 汽车空调等系统的电子控制·····	(217)
6.2.1 汽车空调系统的电子控制·····	(217)
6.2.2 其它电子控制系统·····	(223)

第七章 信息通讯

§ 7.1 数字式仪表·····	(229)
7.1.1 数字仪表及其显示装置·····	(229)
7.1.2 几种常见的数字仪表·····	(230)
§ 7.2 综合信息系统·····	(232)
§ 7.3 定位导航系统·····	(235)
7.3.1 自主导航·····	(235)
7.3.2 GPS 导航·····	(238)
§ 7.4 蜂窝电话·····	(242)

主要参考文献

第一章 绪 论

§ 1.1 “汽车”概念的巨大变化

经过 100 多年的发展,汽车已经成为现代物质文明的一种象征和人类生活中不可缺少的部分。而汽车在一个国家的普及程度,也成为衡量其工业化的重要标志。特别是自 70 年代以来,面对能源短缺、环境污染和安全、舒适、方便等一系列问题与需求的挑战,随着人类在汽车上广泛采用先进技术,特别是电子技术,“汽车”的概念正在发生巨大变化,这主要表现在以下几个方面。

①用途的变化。以轿车为例,传统的概念是“人类的一种代步工具”,现代和未来的轿车则是能够满足人类需求的舒适、安全、方便、无污染,向自动化、智能化方向发展的多功能“移动空间”。人类可以在汽车内方便地完成在室内(包括办公室)的多种活动,包括生活与办公。对于社会来说,汽车也将成为保护环境的要素,即“绿色汽车”。

②特征的变化。传统的汽车主要是一个机械系统,而汽车工业则是一种劳动密集、技术密集型产业。现代汽车正在迅速地成为机电一体化、多种高新技术综合集成的载体,向高可靠性、安全、节省能源、自动化、智能化方向发展,向融洽人、车和环境之间的关系发展。现代和未来汽车工业的技术密集、知识密集程度正在迅速地大幅度增加,汽车的内在特征正在发生革命性的变化。

③学科基础的变化。现代汽车这一产品设计、制造的思想与方法正在发生根本的变化。传统汽车工程的学科基础主要靠力学、机械、材料这些学科支撑,而现代汽车工程的学科基础则新增了电子学、计算机、自动控制和信息技术等多门学科,靠一种新型的学科群和学科群落来支撑。

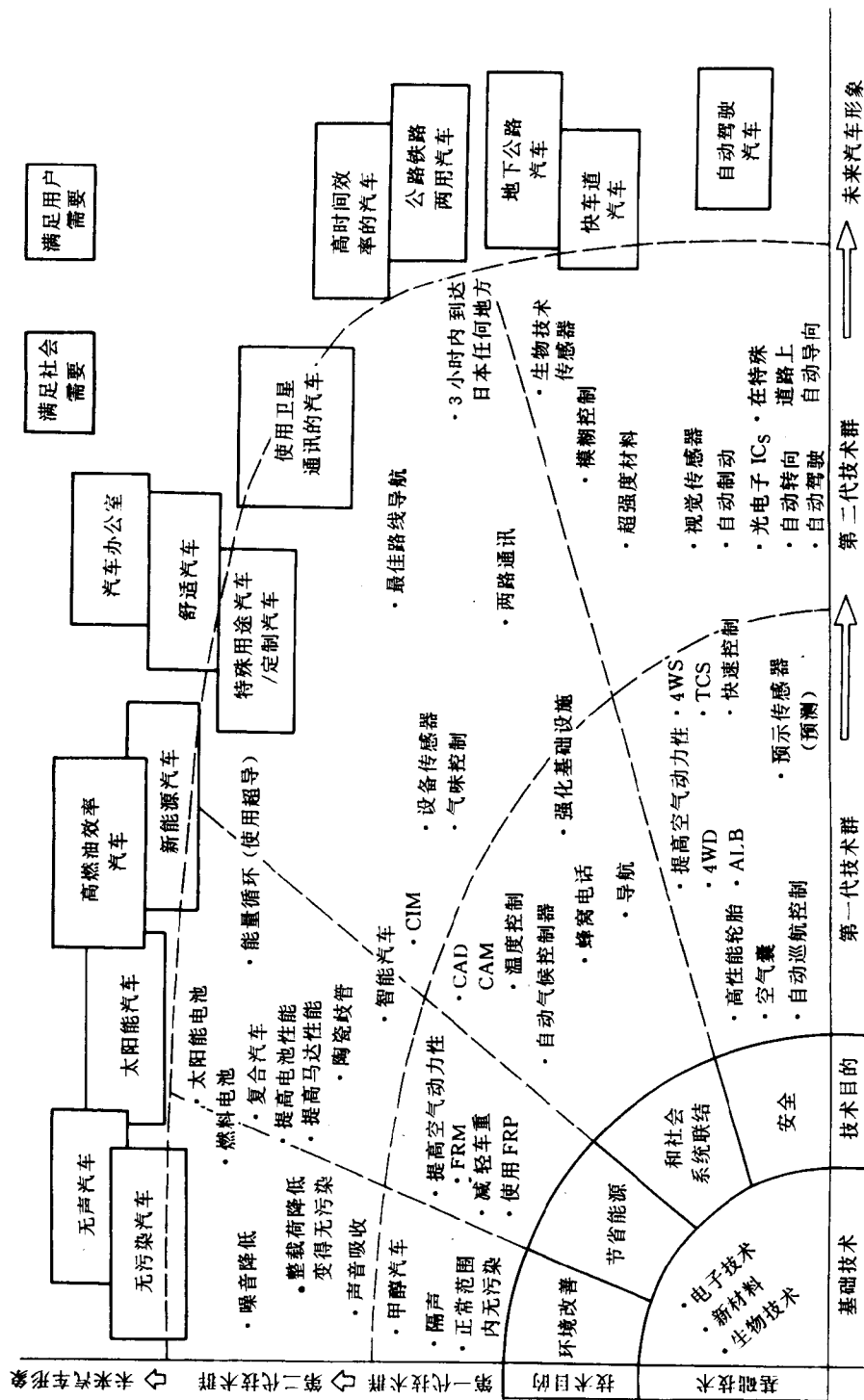
目前,汽车贸易总额在国际市场中占第三位,西方经济发达国家无一不把汽车作为其国民经济发展及社会现代化的支柱产业。图 1.1.1 表示出了 21 世纪汽车技术的发展与展望,从现在到 21 世纪中叶,汽车将集中围绕如下几方面发展:

①满足用户需求,大幅度提高汽车的性能,使之更舒适、方便、安全、可靠;

②满足社会需求,保护环境、节省能源、节约资源;

③实现包含道路在内的交通系统智能化,将汽车和社会有机地联结起来。

显然,电子技术作为支撑现代汽车工程的基础技术之一,在解决这些问题中将占有不可替代的重要地位。预计 2010 年以前,汽车电子技术的研究,将主要围绕汽车各重要部件,解决其自动控制问题。包括研究控制系统的输入(传感器系统和采样环节)、输出(即执行机构)、控制策略与实现方法;从控制理论与实践上解决被控对象是强非线性时变系统、且具有随机输入时的问题;以及在低成本的前题下,研制高实时性、高可靠性和高精度的控制系统。在 21 世纪,汽车电子技术将运用计算机网络和信息技术,使汽车与社会联结方面获得较大的进展,包括广泛使用蜂窝电话与 GPS,以及采用多路总线分布式网络来集成所有汽车部件的电子控制模块,使整个系统具有数据融合、故障诊断与一定的自修复功能。运行在社会和经济



(资料: 21 世纪汽车世界的高技术展望, 世界贸易和工业部)

图 1.1.1 未来汽车的技术发展期望和巨大变化

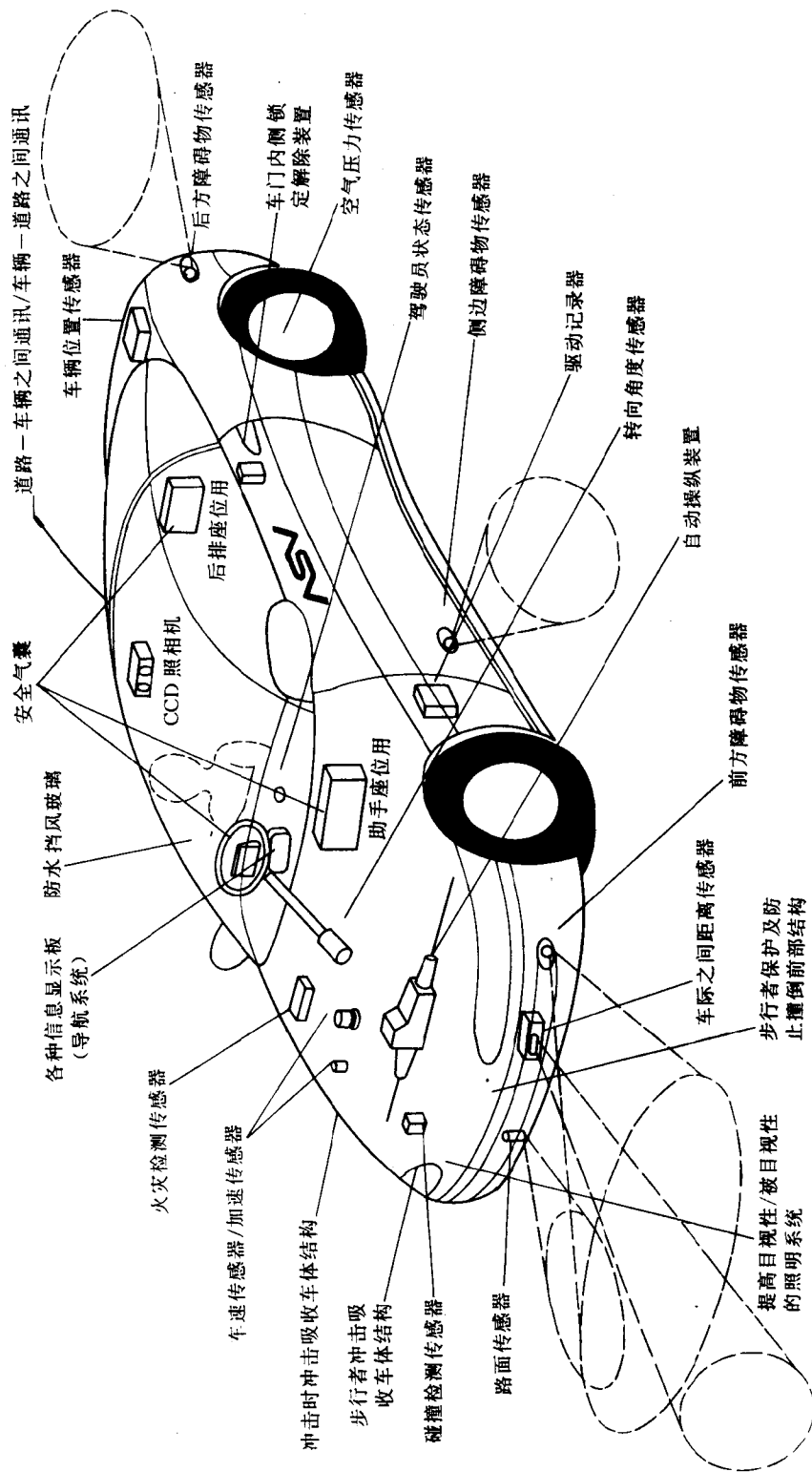


图 1.1.2 面向 21 世纪的汽车

结构中的汽车,将会发生更多变化。图1.1.2所示为日本提出的先进安全概念汽车(ASV):通过应用电子技术,显著提高人机系统(驾驶员驾驶汽车)的安全性,预防事故的发生,减轻受伤害的程度等。汽车上安装着各种监控驾驶员、汽车、周围环境情况的传感器,以及微型计算机和执行机构等,大幅度提高汽车行驶的自动化和智能化水平,为解决交通堵塞和交通安全问题奠定了基础。

§ 1.2 汽车电子技术的历史、现状和发展

1.2.1 汽车电子技术的形成

社会需求的牵引、法规的推动和技术的进步,是导致汽车上采用电子技术,并蓬勃发展的根本原因。安全方面是汽车最早的法规,随后陆续制订了排气污染与噪声控制、燃油经济性等一系列日益严格的法规。它们强制性地推动了电子技术在汽车上的广泛应用,许多机械控制系统被电子控制系统所取代,使汽车电子化的程度越来越高,并形成了三个阶段(如图1.2.1所示)。

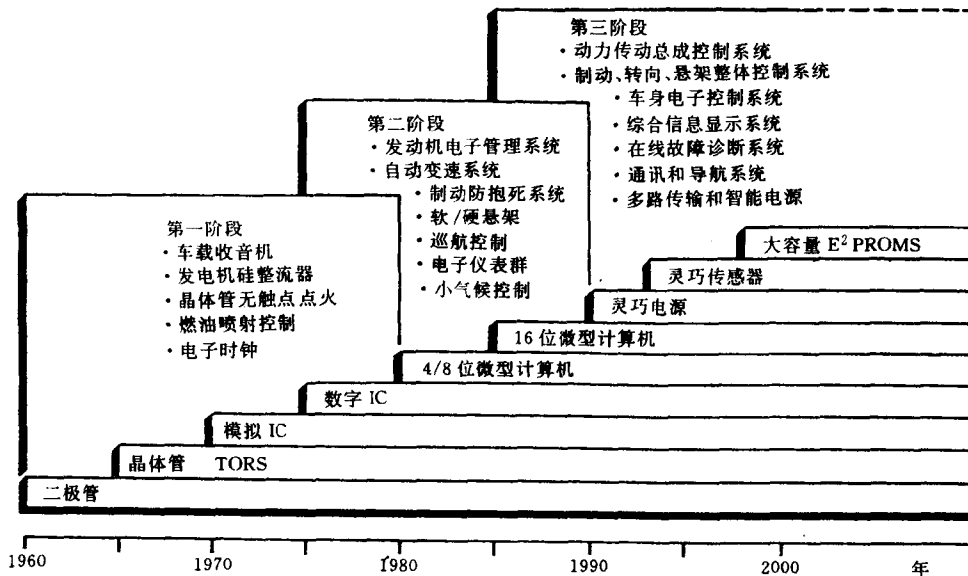


图 1.2.1 汽车电子技术的形成与发展

第一阶段:从 60 年代中期到 70 年代末期,主要是从技术革新着眼,应用电子装置改善部分机械部件的性能,这些革新往往是局部的、不很关键的,按汽车各部件完成相对独立的自动控制功能,在汽车总体设计中不予以系统考虑。例如采用硅整流发电机、发动机晶体管无触点点火、电子控制燃油喷射、电子时钟等。

第二阶段:从 70 年代末期到 90 年代中期,汽车电子技术的雏形开始形成。主要特点是在汽车大部件乃至总成的设计和生产中,重视“机电一体化”的思想与技术,应用电子装置解决机械部件所无法解决的复杂自动控制问题。在这一阶段,大规模集成电路和 4 位、8 位微处理器

被广泛应用,从而减小了电子系统的体积,增加了可靠性。这一时期产生了许多汽车综合电子控制系统,包括发动机电子管理系统、动力传动总成控制系统、制动防抱死系统、电子控制空气悬架、电子控制转向系统、电子仪表群和复杂的娱乐系统等。

第三阶段:从 90 年代中期,预计到 2010 年,汽车电子作为工程技术已经成熟,将积累形成汽车电子技术群,并导致“汽车电子学”这门集机电一体、多学科综合、特色鲜明的新兴学科的诞生。在这一时期,电子工业将继续为汽车工业提供大批量的更先进的灵巧电源、灵巧传感器和具有大容量内存的 16 位或 32 位微处理器等。汽车的总体设计将在考虑整车机电系统协调匹配的基础上进行,强调汽车整体设计的机电一体化,重视总体、系统,设计者将不再采用出现在第一和第二阶段的“机械功能替代”或“增添”式的设计思想和方法。同时,汽车电子技术的重点也将由解决汽车部件或总成的自动控制问题,开始向广泛应用计算机网络与信息技术,使汽车更加自动化、智能化,并向解决汽车与社会联结等问题转移。

汽车在交通系统中具有十分重要的地位,但不断增加的汽车数量造成了严重的交通拥挤、交通事故、燃料消耗、时间浪费、环境污染等不利的影响。汽车必须更加智能化、信息化,应用电子、信息、定位导航等技术,改进交通系统中的效率 and 安全性。但是,由于汽车本身的变化是有限的,所以必须将汽车和社会本身有机地联结在一起。作为这方面的重要步骤,建立汽车和道路间的通讯系统是必需的。在许多国家,尤其是日本,关于汽车与道路之间的通讯系统开发、研究和实验工作正在进行,并提出了 VICS(车辆信息系统)计划。而美国正在提倡 IVHS(智能车辆高速公路系统),以 IVHS 为核心产生了名为“Mobility2000”的整体设计。由此可预见,未来的汽车交通将以车辆和道路间的通讯系统为基础,以有效而安全的管理遍布整个社会交通网络(如图 1.2.2),完成如行驶和交通管理、调整交通流动、安全驾驶等功能。

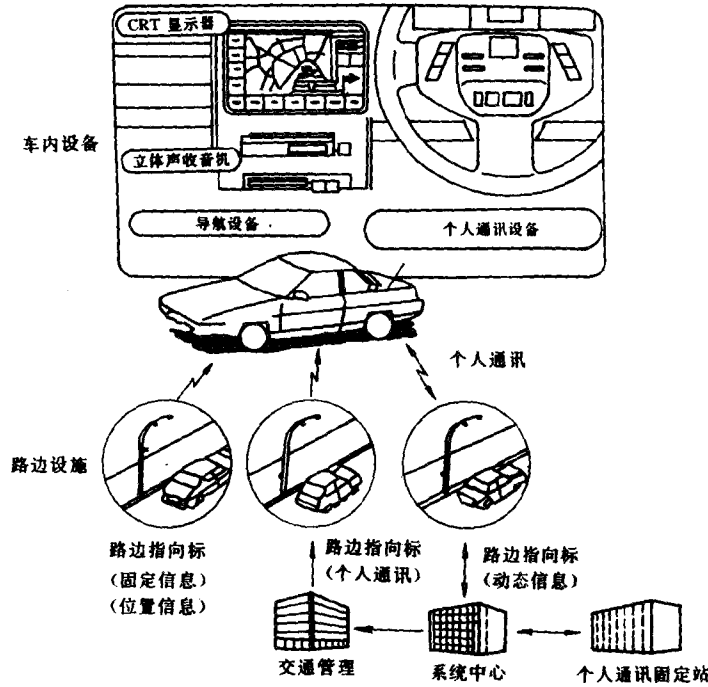


图 1.2.2 汽车路边通讯控制系统的概念

1.2.2 汽车电子技术的内容

当前汽车电子技术的内容,可大致分为如下四个方面(如图 1.2.3 所示):

①动力传动总成的电子控制(Powertrain Control)。用于实现低油耗、低污染,减小动力传动系统的冲击,减轻驾驶员的疲劳,提高汽车的动力性、经济性和舒适性。主要有发动机电子控制、变速箱电子控制和动力总成的综合电子管理等,是目前高级轿车所具备的基本电

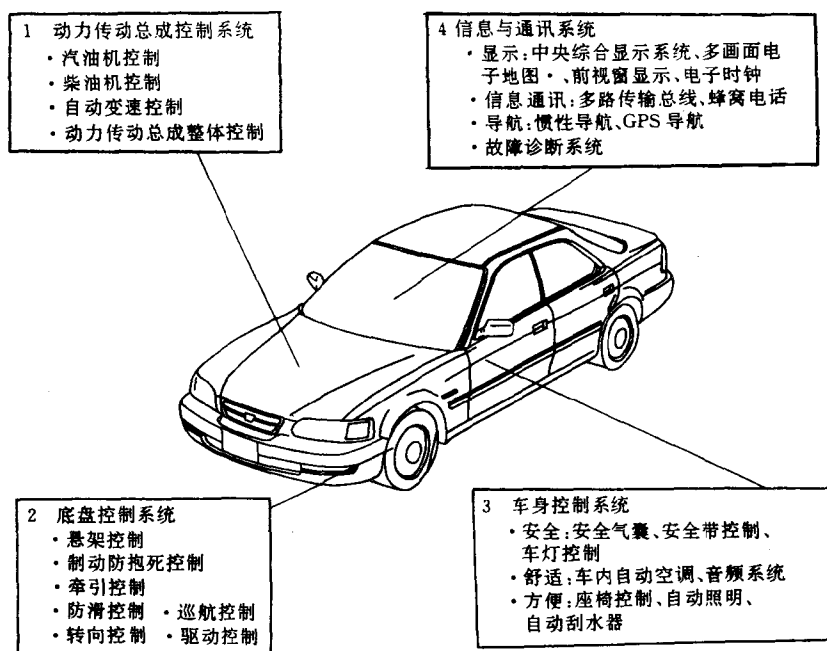


图 1.2.3 汽车电子技术的应用领域

子控制系统。

②底盘的电子控制(Vehicle Control)。用于提高汽车的舒适性、安全性和动力性等。主要有主动/半主动悬架及车高自动调节(SC)系统、制动和防滑与车辆动态性能电子控制系统(ABS/ASR/VDC)、转向控制(如 4WS)、驱动控制(如 4WD)和巡航控制等,在该方面应用的电子控制系统正在迅速发展。

③车身的电子控制(Body Control)。用于增强汽车的安全、舒适和方便性。主要有安全气囊、安全带、中央防盗门锁、自适应空调、车内噪声控制、座椅控制,以及自动刮水器、自动车窗和满足多种用电设备需求的电源管理系统等。

④信息通讯系统(Information & Communication)。用于和社会联结,以及协调整车各部分的电子控制功能。主要有将大量计算机、传感器与交通管理服务系统联结在一起的综合显示系统、驾驶员信息系统、语音信息、导航系统(GPS、惯性导航)、计算机网络系统、状态监测与故障诊断系统等,是未来汽车电子技术发展的主要方向。

1.2.3 汽车电子工业

汽车电子化是现代汽车发展的重要标志,未来几十年汽车市场的竞争,就其本质而言,是汽车电子化的竞争。在美国汽车上电子产品所占的比例越来越多(如图 1.2.4 所示),到 2000 年预计平均每辆汽车中电子产品的价格要达到 4000 美元,约占整车价的 1/3 左右;欧洲汽车电子产品在 1993 年的销售额为 26 亿美元,预计到 2000 年增加到 69 亿美元;日本汽车电子产品在 1985 年的销售额为 14 亿美元,1992 年为 31 亿美元,1994 年为 34 亿美元,到 2000 年预计为 50 亿美元。

根据 1994 年的统计,日本汽车电子产品中,动力传动总成电子管理系统占 43%,底盘电

子控制系统占 14.4%，车身电子控制系统占 25%，信息与通讯系统占 17.6%。预计到 2000 年动力传动总成电子管理系统占 37%，底盘电子控制系统占 16.7%，车身电子控制系统占 27.9%，信息与通讯系统占 18.4%。总的趋势是动力传动总成电子系统占市场份额稳中有降，2000 年以前底盘、车身电子控制系统所占比例上升较快，2000 年后信息与通讯系统所占比例将有大幅度增长。

十分诱人的汽车电子产品市场，给汽车工业和电子工业带来了新的机遇，只有推动它们由相互理解不够，到交叉、渗透、沟通、融汇，才有可能逐步形成汽车电子工业这样一种机电一体、技术密集、知识密集的新型工业体系。电子技术的发展及其在汽车上的应用，促进了汽车工业技术的进步。

汽车工业的巨大发展，不但推动了汽车电子技术的形成与发展，而且为电子工业提供了广阔的市场。西方经济发达国家中，汽车工业已经成为传感器和微型计算机的最大市场，而汽车电子工业也已经成为微电子工业中的支柱和新技术革命的带头产业。汽车电子工业是一个科技先导型产业，它产出高，但是投入大、技术难度大、风险大，超前性强，竞争十分激烈。它不是汽车或电子工业的简单延伸，而是需要对汽车的“重、厚、长、大”和电子产品的“轻、薄、短、小”特点深刻理解、充分沟通，是在完成从数学、力学模型到电子控制系统(或信息处理系统)的研究开发与生产销售全过程中生长起来的新兴综合工业、交叉工业。在我国，未来成功的汽车电子工业将打破现有的行业界线，促进以产品为龙头，以资产为纽带重组重构企业集团。其中，动力总成、底盘、车身乃至整车控制方面的汽车电子产品将植根于汽车工业之中，而信息与通讯系统方面的电子产品则将以电子工业为母体发展。

综上所述，汽车电子化程度的迅速提高，使现代汽车的概念正在发生巨大变化，有关的设计、制造思想和方法也将发生重大变革。

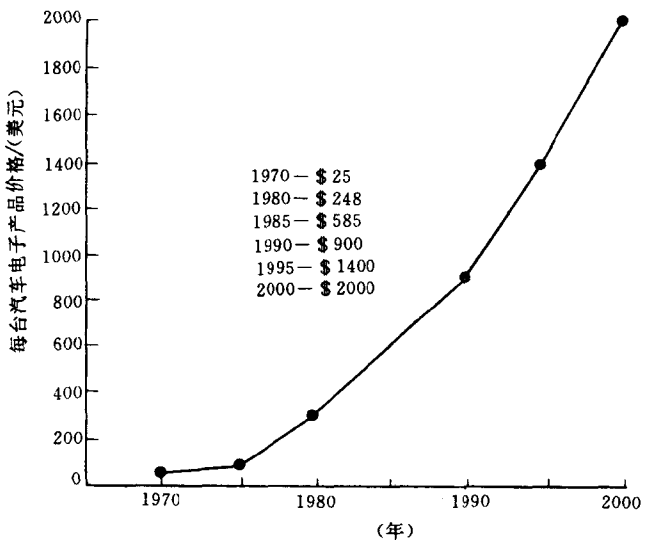


图 1.2.4 美国每辆汽车电子产品平均价格

第二章 汽车电子控制系统的核心——ECU

§ 2.1 ECU 的基本结构与功能

汽车电子控制系统包括硬件和软件两部分, 硬件有电子控制单元(ECU——Electronic Control Unit)及其接口、执行机构、传感器等; 软件则存储在 ECU 中支配电子控制系统完成实时测控功能, 包括各种数据采集、计算处理、输出控制、系统监控与自诊断等。围绕单片机设计组织的 ECU 是整个电子控制系统的核心, 使用了从普通电路到大规模集成电路等各种

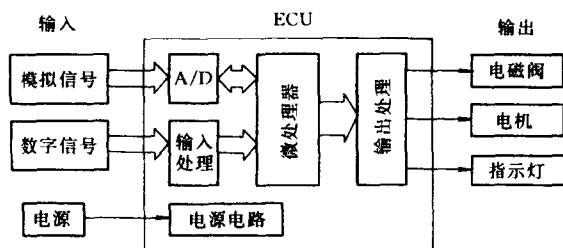


图 2.1.1 ECU 的基本组成

器件, 结构简单、可靠, 可以灵活方便地适应需求变化, 迅速开发出新的功能投入市场。随着汽车电子化程度的进一步提高和微电子技术的迅速发展, ECU 的控制功能也在不断增强, 并逐渐由单一控制向集中控制方向发展。

汽车上大部分控制系统中 ECU 的电路结构大同小异(个别的如安全气囊——Airbag 采用的 ECU, 因直接将传感

器置入其内而结构差别较大), 其控制功能的变化则主要依赖于软件及输入输出模块的变化, 随控制系统所完成任务的不同而不同。ECU 的基本体系结构如图 2.1.1 所示, 由输入电路、微处理器、输出电路和电源电路等四部分组成。

2.1.1 输入处理电路

作为 ECU 的输入信号主要有三种形式, 即模拟信号、数字信号(包括开关信号)、脉冲信号。模拟信号必须通过 A/D 转换为数字信号后才能为微处理器处理。由于控制系统往往要求模数信号转换具有较高的分辨率和精度, 所以通常采用 10 位以上的 A/D 转换器。为了跟上输入信号的变化, 提高测控系统的实时性, 采样间隔一般要求小于 4ms。如图 2.1.2 所示, 虽然微处理器可以处理数字信号, 但并不是所有的数字信号都可以按其原幅值大小输入, 需要通过 ECU 中电源电路产生的 +5V 电压进行转换。另外, 对诸如超过电源电压、电压在正负之间变化、带有较高的振荡或噪声、带有波动电压等输入信号, 也

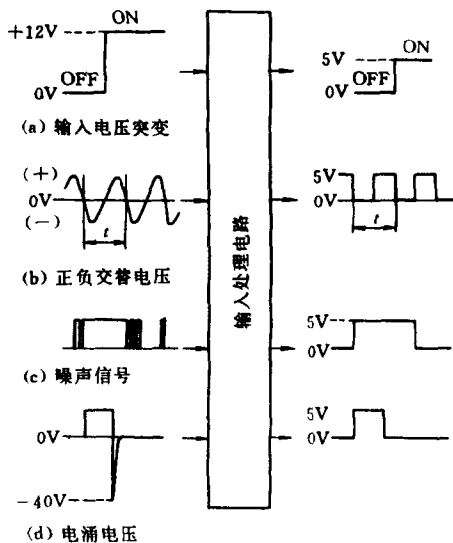


图 2.1.2 输入信号的处理

必须通过输入电路处理才能转换为微处理器可以接收和处理的信号。

2.1.2 微处理器

微处理器是ECU的核心部件。在一块大规模集成电路芯片上集成了中央处理器CPU、存储器(RAM/ROM/EPROM/EEPROM)、I/O接口电路、定时器/计数器、串行/并行通讯接口、A/D和D/A器件等微型计算机的各个功能部件,从而构成了一个完整的单片微型处理器,简称单片机,是ECU中应用最广泛的形式。单片机具有体积小、功能强和价格低等特点,而且随着半导体技术的发展,为了尽可能以“单片”的形式出现,其内部的存储器容量和I/O接口功能在不断地增加。

典型的单片机结构如图2.1.3所示。在汽车电子控制系统中,微处理器首先完成传感器信号的A/D转换、周期脉冲信号测量和其它有关汽车行驶状态信号的输入处理,然后计算并控制所需的输出值,按要求适时地向执行机构发送控制信号。目前在ECU中所使用的微处理器

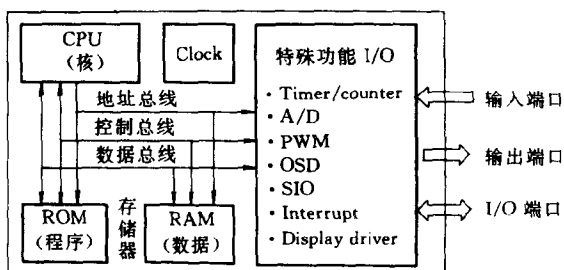


图 2.1.3 单片机的典型结构框图

器多数是8位和16位的,也有少数采用32位的。由于许多汽车部件控制所需输入的传感器信息是相同的,而微处理器的处理速度越来越快,有能力完成多个项目的分时控制,从而使得ECU由单机控制(一个ECU控制一个汽车部件)向集中控制(一个ECU控制多个汽车部件,例如动力传动系统等)方向迅速发展。另外集中控制也可使汽车电子控制系统的产品价格降低、尺寸缩小,更主要的是由于硬件数量的减少,使得汽车电子系统的可靠性得到了大幅度提高。

2.1.3 输出处理电路

微处理器输出的信号往往被用作控制电磁阀的电流信号、指示灯的开/关信号、规定的周期脉冲信号、用于驱动步进电机的一系列固定周期的脉冲信号和用于比例控制的电压信号等。一方面由于这些信号功率小,另一方面由于汽车上执行机构的电源大多数是蓄电池,而微处理器所使用的是+5V的电压,所以不能直接驱动执行机构,需要将微处理器的控制信号通过输出处理电路处理后再驱动执行机构(图2.1.4给出了用于发动机燃油喷射控制的驱动电

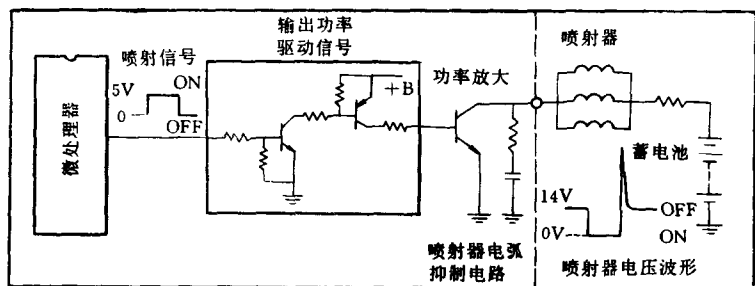


图 2.1.4 燃油喷射驱动电路

路),完成整个系统的控制功能。

2.1.4 电源电路

ECU 一般带有电池和内置电源电路,以保证微处理器及其接口电路工作在+5V 的电压下。即使在发动机启动工况等使汽车蓄电池电压有较大波动时(如图 2.1.5 所示),也能提供+5V 的稳定电压,从而保证系统的正常工作。

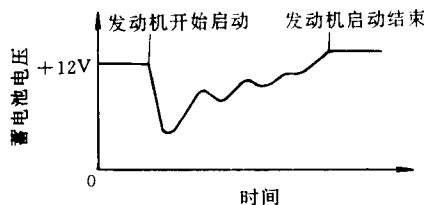


图 2.1.5 发动机启动时的电压波动

§ 2.2 汽车电子系统设计

2.2.1 汽车电子系统的总体设计

汽车电子系统是一个实时控制系统。在进行系统设计时,首先根据需要完成系统结构的综合描述,建立详细的系统需求模型和系统结构模型。具体设计流程包括系统需求模型设计、系统结构模型设计、系统硬件设计、系统软件设计和系统集成测试。在每一步的设计过程中,都需要采用相应的辅助设计工具,例如在系统的需求模型设计时,要建立系统的数据流图(DFD)和控制规程(CS)等;在系统的结构模型设计时,采用结构流图(AFD)等作为辅助工具。通过需求模型和结构模型的设计,进而提出整个系统的技术指标和要求,进行软件和硬件功能的划分,指导下一步的硬件和软件设计。电子控制系统中有的功能既可以由硬件来实现,也可以由软件来完成。因此,需要分析比较两者之间的得失,往往需要经过反复多次才能最后确定。

硬件和软件设计需要平行、交叉地进行。在整个开发过程中,常常要重新修改已做出的硬件和软件划分,此时应反复试验和评价方案,同时做出相应的调整。在系统硬件设计时,首先必须确定系统的体系结构,包括所要具有的功能和配置,传感器和执行机构等输入输出环节,控制结构和系统控制电路的操作步骤。根据这一体系结构进行系统硬件的总体设计,同时还要考虑到开发时间、费用、ECU 的结构形式和尺寸等情况。体系结构设计是为了确定输入输出处理方法,估计所需 ROM 和 RAM 的容量等,要绘制一个硬件结构框图以了解整体控制过程,在这个阶段还要确定微处理器的选取和控制电路的性能。在构成系统时,尽可能采用集成器件代替分离元件,以及使用软件功能代替硬件功能,这样可以使系统的可靠性增加,成本降低和灵活性增强。

2.2.2 微处理器的选择

汽车电子控制系统的实时性,是建立在微处理器的高速运算功能基础之上的,因此微处理器的选择是系统设计的重要环节。与一般的电子设备相比较,汽车 ECU 中微处理器的特点在于其经常要处理大量的输入和输出信号,而且要实现高精度和实时控制,因而必须能够同时进行多种独立的控制操作。为了满足这些要求,微处理器必须具有高速计算、高速实时输入和输出、高速 A/D 和 D/A 转换、多中断响应等特性。由于通用计算机功能不够而且结构过于庞大,所以往往是综合使用通用的微处理器及其外围设备,或者使用专门为汽车电子控制系统设计的微处理器。为了减小体积,单片机是目前 ECU 中应用最广泛的微处理器,以 Intel、

Motorola 和 Zilog 公司的产品系列为主。在 8 位单片机系列产品中,主要有 Intel 公司的 MCS-48/51 系列、Motorola 公司的 M68HC05/M68HC11 系列、Zilog 公司的 Z8 系列等;16 位单片机系列产品中,主要有 Intel 公司的 MCS-96 系列、Motorola 公司的 M68HC16 系列;32 位单片机系列产品中,主要有 Intel 公司的 80960 系列、Motorola 公司的 M68300 系列。由于目前汽车电子控制系统的控制功能仍然较为简单,所以大多数的 ECU 中主要是采用 8 位微处理器,而将少数 16 位或 32 位微处理器用于高精度和高速度的地方,从而降低了成本。在选择微处理器上不仅要注重满足技术要求,还要综合考虑成本等因素,不应片面地追求微处理器的高速和高位数。

2.2.3 控制程序的设计与开发

按照控制系统所要求的体系结构选定微处理器后,即可具体地进行 ECU 的设计与开发。控制程序的开发主要是对所选用的微处理器—通常是单片机的开发,可以选用多种方法。因为 ECU 本身没有开发编程的能力,需要借助开发工具才能完成。通过开发工具将 ECU 应用系统(目标机)与开发系统(宿主机)两者联系起来,在开发时充分发挥宿主机的功能,对目标机进行仿真;在应用时,再把开发成功的控制程序固化在 ECU 的 EPROM(或单片机的片内 EPROM/EEPROM)之中。以下介绍采用汇编语言和在仿真系统中进行开发时的一般步骤,图 2.2.1 给出了 ECU 控制程序开发流程图。

系统总体流程图给出开发步骤的先后顺序,须由此细化,并检查确认与系统总体设计不存在相抵触的地方。然后按照流程图准备程序,即编写源代码,再通过编译器把源代码编译成目标程序。从编写程序到翻译成目标程序一般在微机或所选用的单片机开发系统上完成,源程序的编辑和修改也可以借助仿真系统进行。完成编程后进行仿真模拟,程序要在开发系统的硬件环境中执行,排除错误,以检验能否正确运行,然后在实际的电路系统中进行硬件和软件的综合调试,这是 ECU 开发的关键,通常绝大多数的程序操作都可以在这一阶段得到检验和校正,当然最终还是要通过实际系统本身对 ECU 进行调试。系统调试好以后,就把开发好的程序通过 EPROM 编程器写入 EPROM(或单片机的片内 EPROM/EEPROM)之中,若进行正式批量生产,一般把控制程序进行掩膜。

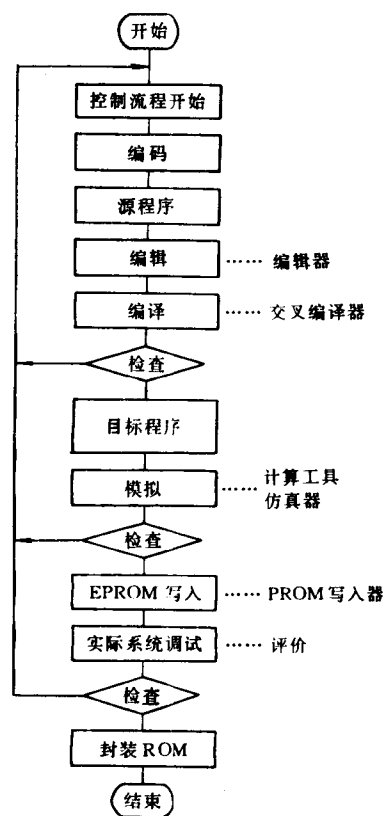


图 2.2.1 ECU 控制程序开发过程

2.2.4 ECU 的控制程序

1. 控制软件采用的语言

ECU 中的控制程序,主要由监控、管理、计算、控制、检测和自诊断等部分组成。ECU