



QICHE WEIXIU JICHU XUNLIAN CONGSHU

汽车维修基础训练丛书

教你认识 汽车电子控制器

麻友良◎主编



一看就懂 一学就会

- 基础入手，帮你掌握微处理器的基础知识
- 由浅入深，系统介绍电子控制器的组成部件
- 典型点拨，详解典型电子控制器原理与检修
- 技能提高，帮你解决电子控制器的常用故障



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修基础训练丛书

教你



认识汽车电子控制器

主 编 麻友良

副主编 游彩霞



机械工业出版社

本书简要介绍了计算机的基本原理,系统介绍了单片机的硬件构成与软件的作用,并在此基础上,介绍了典型汽车电子控制系统的组成与工作原理,重点介绍了电子控制器的组成、执行器的类型以及控制器和执行器的故障检测方法。

本书图文并茂,可帮助读者在掌握与提高计算机知识水平的基础上,深入了解汽车电子控制系统的组成与工作原理,深刻认识电子控制器各组成部分的功用与工作原理,掌握汽车电子控制系统及汽车电子控制器的检修技能。本书适用于从事或准备从事汽车使用维修的广大读者,同时也可作为大专院校、职业院校学生学习汽车电子技术课程的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

教你认识汽车电子控制器/麻友良主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

(汽车维修基础训练丛书)

ISBN 978-7-111-44673-6

I. ①教… II. ①麻… III. ①汽车-电子控制-电子设备
IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第261425号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青

版式设计:常天培 责任校对:任秀丽

责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2014年1月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·390千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-44673-6

定价:39.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车电子控制器是汽车电子控制系统的核心部件,现代汽车的发动机、底盘及车身上均有多种电子控制技术的应用,汽车上的电子控制器少则2~5个,多的达数十个。汽车电子系统中的电子控制器根据相关传感器的信号来分析与判断被控对象的状态,并输出控制信号,通过驱动电路控制执行器工作,使被控对象工作在设定的目标范围之内。要充分了解汽车电子控制系统的工作原理并熟练掌握汽车电子控制系统的检修技术,熟悉电子控制器的组成与工作原理是十分必要的。而现代汽车电子技术实际上就是计算机控制技术,汽车上各种自动控制系统的控制核心部件是微处理器。因此,掌握计算机的基础知识,熟悉单片机的组成与工作原理,是熟悉汽车电子控制系统、充分了解汽车电子控制器的基础。

本书第二章从数制开始,简明扼要地介绍了门电路、触发器、寄存器、计数器、运算电路及控制器、运算器、存储器及总线等计算机基础部件的作用与工作原理,第三章则是从使用的角度,较为系统地介绍了单片机的硬件构成及软件基础。这两章的内容可帮助读者了解计算机的工作原理,熟悉单片机的基本组成与工作原理。读者有了这些计算机基础知识和单片机的软硬件基础知识,再去认识与掌握汽车电子控制系统的控制原理及汽车电子控制器的基本组成、工作原理及检测方法,就会有顺理成章、水到渠成的感觉。在此基础上,本书系统地总结了汽车电子控制器各组成部件的作用与原理,典型汽车电子控制系统的组成与工作原理,各种类型执行器的结构、工作原理、驱动方式及检测方法,这些内容可帮助读者更好地认识汽车电子控制器,以及各种汽车电子控制系统的控制原理。本书还介绍了汽车电子控制器的常用故障检测方法,并列出了典型汽车电子控制器的检测方法与检测参数,以使本书能成为读者进行汽车电子控制系统检修操作的实践指导工具书。

本书适用于从事汽车使用与维修的技术人员和工人,以及想要学习汽车电子控制系统检测与维修的广大读者,也可作为大学、中专、中职、高职等相关专业学生学习的参考用书。

本书由武汉科技大学教授麻友良主编,游彩霞任副主编,参加编写的有:邵冬明、彭小晴、席敏、汤富强、王仁秋、杨谦等。在编写过程中,我们参阅了大量相关的书籍资料,从中汲取了许多知识和经验,在此向这些书的作者表示感谢。由于本人水平所限,书中会有不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 汽车电子技术发展概况	1
一、汽车电子技术发展历史	1
二、汽车电子技术应用现状	2
三、汽车电子控制技术的展望	5
第二节 单片机概述	6
一、单片机的基本概念及特点	6
二、单片机的发展概况	7
三、单片机的发展趋势	8
第二章 计算机基础知识	11
第一节 数制	11
一、计算机中采用的数制	11
二、各种数制的转换	12
第二节 计算机的基础电路	13
一、逻辑（门）电路	13
二、触发器	15
三、寄存器	17
四、计数器	19
五、运算电路	21
第三节 计算机的基本部件	23
一、运算器	23
二、控制器	23
三、存储器	25
四、总线结构	27
第三章 单片机的组成与工作原理	30
第一节 单片机的硬件构成	30
一、单片机的组成部件	30
二、单片机的内部结构与工作原理	32
三、单片机的存储结构	34
四、单片机 I/O 接口的电路原理	36
五、单片机的时钟、时序与工作 方式	38
第二节 单片机的软件基础	41
一、单片机指令系统概述	41
二、单片机的寻址方式	43
三、单片机的指令系统	46

四、汇编语言与程序设计简介	57
第三节 单片机的中断	62
一、单片机中断概述	62
二、单片机中断系统的硬件结构	64
三、单片机中断控制过程	67
四、单片机中断的应用	68
第四节 单片机的定时/计数器	69
一、定时/计数器概述	69
二、定时/计数器的硬件结构	70
三、定时/计数器的工作方式	72
四、定时/计数器的应用	73
第五节 单片机的串行接口	75
一、串行通信概述	75
二、单片机串行口的硬件结构	77
三、单片机串行口的工作方式	79
第四章 汽车电子控制器的构成	81
第一节 汽车电子控制器概述	81
一、汽车电子控制系统的功能与 类型	81
二、汽车电子控制系统的基本组成	82
三、汽车电子控制器的基本组成	85
第二节 汽车电子控制器输入电路	85
一、数字信号输入电路	86
二、模拟信号输入电路	86
三、传感器电源	87
第三节 微处理器	87
一、中央微处理器的构成	88
二、程序存储器的作用与类型	88
三、数据存储器的作用	89
四、输入/输出接口	89
第四节 汽车电子控制器输出电路	90
一、输出电路的构成	90
二、信号转换电路	90
三、执行器驱动电路	91
第五章 汽车电子控制系统执行器	92
第一节 直流电动机	92
一、直流电动机的结构类型	92



二、直流电动机的控制方式	93	三、动力转向电子控制系统实例	136
三、直流电动机的检测方法	94	第五节 悬架电子控制系统	138
第二节 步进电动机	95	一、悬架电子控制系统概述	138
一、步进电动机的结构特点	95	二、主动悬架电子控制原理	140
二、步进电动机的转动原理	96	三、主动悬架电子控制系统实例	144
三、步进电动机的控制方式	97	第六节 汽车巡航电子控制系统	147
四、步进电动机的检测方法	97	一、汽车巡航电子控制系统概述	147
第三节 直动电磁阀	98	二、汽车巡航电子控制原理	148
一、直动电磁阀的结构原理	98	三、汽车巡航电子控制系统实例	152
二、直动电磁阀的控制方式	98	第七节 安全气囊电子控制系统	153
三、直动电磁阀的检测方法	99	一、安全气囊电子控制系统概述	153
第四节 转动电磁阀	100	二、安全气囊控制原理	154
一、转动电磁阀的结构类型	100	三、安全气囊电子控制系统实例	158
二、转动电磁阀的工作原理	100	第八节 汽车电子控制系统故障自 诊断	159
三、转动电磁阀的检测方法	101	一、汽车电子控制系统故障自诊 断概述	159
第五节 继电器	101	二、汽车电子控制系统故障自诊 断原理	160
一、继电器的结构类型	102	第七章 汽车电子控制器的检修	162
二、继电器的控制方式	102	第一节 汽车电子控制器检修方法特点 分析	162
三、继电器的检测方法	103	一、汽车电子控制器检测概述	162
第六章 典型汽车电子控制系统	104	二、汽车 ECU 故障检测的一般程序	163
第一节 发动机电子控制系统	104	三、汽车 ECU 的动态检测法简介	164
一、发动机电子控制系统概述	104	第二节 汽车电子控制器的检测方法 示例	165
二、汽油喷射控制原理	107	一、发动机 ECU 的检测	165
三、点火控制原理	108	二、自动变速器 ECU 的检测	170
四、发动机怠速控制原理	110	三、防抱死制动系统 ECU 的检测	179
五、炭罐通气量控制原理	111	四、悬架控制系统 ECU 的检测	184
六、废气再循环控制原理	112	五、安全气囊系统 ECU 的检测	187
七、汽车发动机电子控制系统实例	113	六、汽车巡航系统 ECU 的检测	191
第二节 自动变速器控制系统	115	第八章 典型汽车电子控制器的检测 参数	195
一、自动变速器电子控制系统概述	115	第一节 东风雪铁龙车系电控系统 ECU 检测参数	195
二、自动变速器换挡控制原理	118	一、爱丽舍轿车 TU5JP/K 发动机 ECU 检测参数	195
三、自动变速器油压控制原理	120	二、爱丽舍轿车防盗系统 ECU 检测 参数	196
四、自动变速器变矩器锁止控制 原理	122	三、赛纳轿车发动机 ECU 检测参数	196
五、自动变速器电子控制系统实例	123		
第三节 防滑电子控制系统	126		
一、防滑电子控制系统概述	126		
二、制动防抱死控制原理	127		
三、防滑转控制原理	128		
四、汽车防滑电子控制系统实例	129		
第四节 动力转向电子控制系统	134		
一、动力转向电子控制系统概述	134		
二、动力转向电子控制原理	135		



第二节 东风本田 CR-V 轿车 ECU 检测		
参数	199	
一、发动机 ECU 检测参数	199	
二、ABS ECU 检测参数	205	
第三节 东风日产天籁轿车 ECU 检测		
参数	206	
一、发动机 ECU 检测参数	206	
二、自动变速器 ECU 检测参数	214	
第四节 北京现代车系电控系统 ECU		
检测参数	216	
一、北京现代途胜轿车发动机 ECU		
检测参数	216	
二、北京现代御翔轿车发动机 ECU		
检测参数	218	
第五节 一汽丰田卡罗拉轿车电控系统		
ECU 检测参数	221	
一、发动机 ECU 检测参数	221	
二、自动变速器 ECU 检测参数	224	
三、ABS ECU 检测参数	226	
四、动力转向系统 ECU 检测参数	227	
第六节 广汽丰田凯美瑞轿车电控系统		
ECU 检测参数	228	
一、发动机 ECU 检测参数	228	
二、自动变速器 ECU 检测参数	231	
三、ABS ECU 检测参数	232	
四、空调系统 ECU 检测参数	232	
第七节 其他汽车电控系统 ECU 检测		
参数	234	
一、奇瑞东方之子轿车发动机 ECU		
检测参数	234	
二、长安马自达 3 轿车发动机 ECU		
检测参数	238	
三、中华轿车自动变速器 ECU 检测		
参数	241	
四、东南菱帅轿车自动变速器 ECU		
检测参数	243	
参考文献	246	

第一章



绪 论

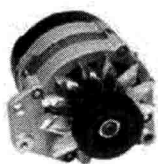
第一节 汽车电子技术发展概况

一、汽车电子技术发展历史

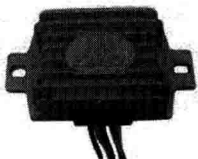
汽车电子化是建立在电子技术的发展基础之上，电子技术经历了真空管、晶体管、集成电路、大规模集成电路到超大规模集成电路这样一个发展过程，汽车电子化的历程记载着电子技术的进步，可将其分为四个阶段。

1. 传统电器的电子化阶段

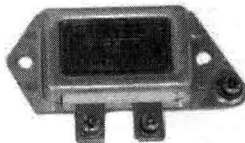
20 世纪 50 年代初期，在汽车上开始出现电子管收音机，这是电子技术在汽车上最早的应用。晶体管出现以后，很快就被用到了汽车上，在 20 世纪 60 年代，汽车上就开始使用硅整流交流发电机和晶体管调节器。此后，晶体管点火装置、晶体管闪光器（图 1-1）等也在汽车上逐渐盛行起来。这些电子装置的使用，使传统电器的性能及工作的可靠性得以提高。



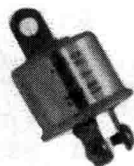
硅整流发电机



电子点火器



电子调节器



电子闪光器

图 1-1 汽车电子装置

2. 电子控制技术的应用阶段

20 世纪 70 年代后期，随着人们对汽车安全、节能、排气污染控制及舒适性等要求的不断提高，汽车电子控制技术也进入了快速发展阶段。这一时期，电子工业有了长足的进步，特别是集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路技术得到了迅速的发展。微型计算机技术的出现和发展，给汽车电子控制技术的应用提供了可靠的技术保障。1976 年，美国通用汽车公司首次在汽车上装备了用微处理器控制的电子点火系统，从此，以微处理器为控制核心的汽车电子控制系统在汽车上得到了广泛的应用。



3. 电子控制技术的迅速发展阶段

20 世纪 90 年代, 汽车电子技术进入了发展高峰期。这一阶段, 超微型磁体、超高效电机及集成电路的微型化, 为汽车的集中电子控制提供了可靠的技术基础。应用最为普遍的集中电子控制是发动机电子控制系统, 该控制系统集中了点火控制、燃油喷射控制、怠速控制等多项控制功能。在这一发展阶段, 集合了发动机与自动变速器控制功能的动力控制系统, 具有防抱死及防滑转功能的防滑控制系统, 集发动机控制、防抱死、防滑转等控制功能的汽车安全控制系统等也相继在汽车上应用。相比于单项电子控制系统, 集中控制可实现信息资源共享, 简化了控制系统的硬件, 各相关的控制系统可实现最佳的协调控制, 并实现单项控制系统无法达到的控制功能。

4. 汽车电子技术更加成熟阶段

目前, 汽车电子技术已发展到更加成熟的阶段, 集专用化微处理器技术、控制优化技术、传感器技术、网络技术、机电一体化耦合交叉技术等综合技术为一体的汽车电子控制系统已从科研阶段进入了商品化的成熟阶段, 汽车电子控制技术已成为衡量现代汽车发展水平的重要标志。

二、汽车电子技术应用现状

1. 汽车电子技术的应用领域

现代汽车已经成为机电一体化的新产品, 汽车电子化已进入了汽车的各大系统。图 1-2 所示的是现代汽车上已经有应用的汽车电子控制系统所具有的功能。

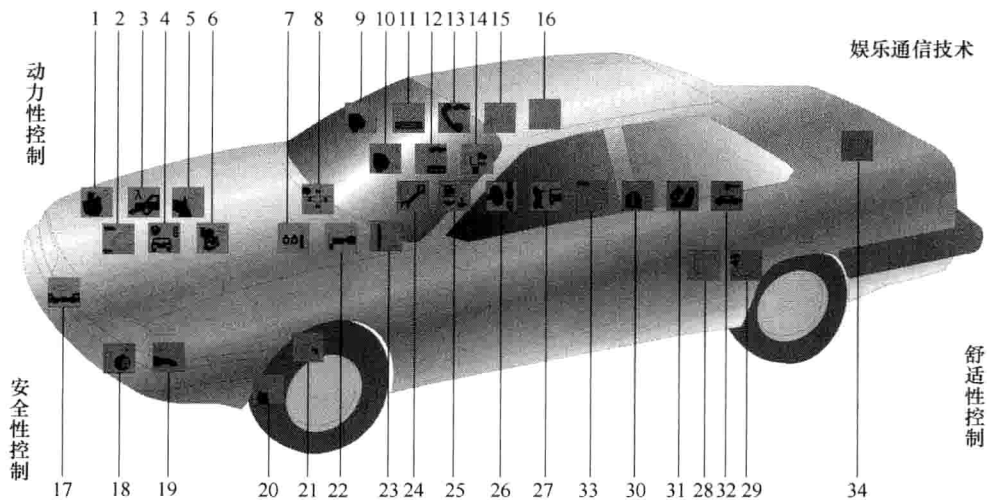


图 1-2 现代汽车上常见的电子控制技术

- 1—燃油喷射系统 2—怠速控制系统 3—空燃比反馈控制 4—集成诊断系统 5—电控自动变速系统
6—发动机管理系统 7—发动机功率控制 8—电控系统局域网 9—声响复制系统 10—声控操作系统
11—电子控制音响 12—车内计算机 13—车载电话 14—交通控制和信息系统 15—信息显示
16—线束复用 17—雷达测车距 18—前照灯控制 19—弧光灯 20—轮胎气压监测 21—ABS 与 ASR
22—诊断测试 23—刮水/清洗控制 24—维修周期显示 25—液面与磨损监测 26—安全气囊
27—电子防盗系统 28—制动力分配控制 29—电子控制悬架 30—电子控制空调 31—座椅控制系统
32—中央门锁控制 33—巡航控制系统 34—车距报警系统



应用于发动机控制的电子控制装置主要有：电子点火控制、燃油喷射控制、怠速控制、炭罐通气量控制、废气再循环控制、进气谐波增压控制、配气相位可变控制等。

汽车底盘的电子控制装置主要有：防抱死控制、防滑转控制、自动变速器控制、动力转向控制、主动悬架控制、巡航控制等。

车身电子控制装置主要有：安全气囊系统、自动空调系统、电子防盗系统、自适应前照灯、电子仪表与防盗等。

2. 汽车电子技术的发展现状

汽车电子控制技术主要包括硬件和软件方面的内容：硬件包括微机及输入/输出电路、执行部件、传感器等；软件主要是以汇编语言及其他高级语言编制的各种数据采集、计算判断、报警、程控、优化控制、监控、自诊断等程序。

微型计算机（简称微机）是现代汽车电子控制系统的核心部件，目前汽车电子控制系统中所用的微机多为单片机，其速度和容量均不如 PC 机高，但抗干扰性能较强，能适应汽车振动大等恶劣的工作环境。

汽车电子控制系统能自动协调地工作，实现人们所需的控制功能，离不开相关的软件。利用自动控制理论而建立的开环、闭环、最优、自适应控制系统，在汽车电子控制中都有应用。汽车各电子控制系统的软件（控制程序）必须具备对汽车某个系统工作状态的辨识功能，以及进行动态优化控制功能。设计具有某项控制功能的系统控制程序，可以先建立该系统的数学模型，然后再运用相应的控制理论进行系统优化控制程序设计。

由于一些控制系统的影响因素较多，理论推导建立数学模型比较困难，因而系统控制程序的设计通常采用实验方法。以点火控制系统为例，通过实验找出特定工况下的最佳点火提前角，然后存入微机 ROM 存储器，并设计查表和插值计算控制程序。在工作过程中，微机根据相关传感器的信号不断检测发动机的工况，用查寻和插值计算的方法，获得该工况下的最佳点火提前角，并与当前点火提前角进行比较，根据比较结果输出点火提前角调整控制信号，实现最佳点火提前角控制。

除了应用最多的实验方法外，另一种被称为自适应在线搜索法的控制方法也已成熟。这种控制方法包括顶点保持法和登山法两种，均不需要知道控制模型的原型，而是由微机在汽车运行中自行搜索最优工况，使控制接近或达到最优化。

模糊控制是近年来出现的新的控制理论，在汽车电子控制技术中也有应用。模糊控制系统以模糊数、模糊语言形式的知识表示，以模糊逻辑推理为理论基础，采用计算机控制技术，构成具有闭环结构的数字控制系统。模糊逻辑从含义上比其他传统逻辑更接近人类的思想和自然语言。

3. 网络技术在汽车中的应用

汽车电子技术应用现状的另一个显著特点是网络技术的广泛应用。汽车网络技术应用包括车辆内部和外部两种。

（1）网络技术在汽车内部的应用

网络技术在汽车内部的应用，是指用总线连接汽车电子控制系统各部件。传感器与微机、微机与部分执行器件、微机与微机之间，均是通过总线进行信号传输的网络技术。

一些汽车具有功能较为完备的电子控制装置，装有数十个微机控制器及上百个传感器。这些汽车电子控制系统通常采用网络技术，以解决传统线路信号传输可靠性差、线路繁杂且



故障率高等问题，并为汽车电子控制系统实现集中控制创造了必要的条件。例如：美国通用汽车公司的集中控制系统采用一个微机系统分别控制汽车防滑制动、牵引力控制、优化点火、超速报警、自动门锁和防盗等多个控制子系统（图 1-3）；又如，日产公司的分级控制系统采用一台中央控制计算机分别控制四台微机，分别控制防滑制动、优化点火、燃油喷射、数据传输等（图 1-4）。

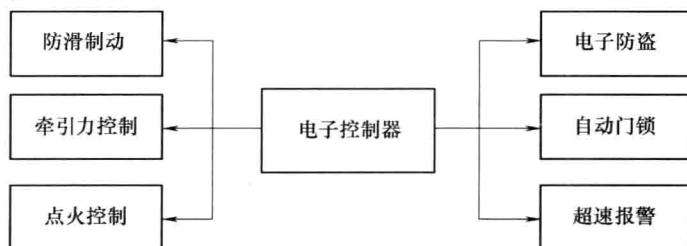


图 1-3 集中控制模式

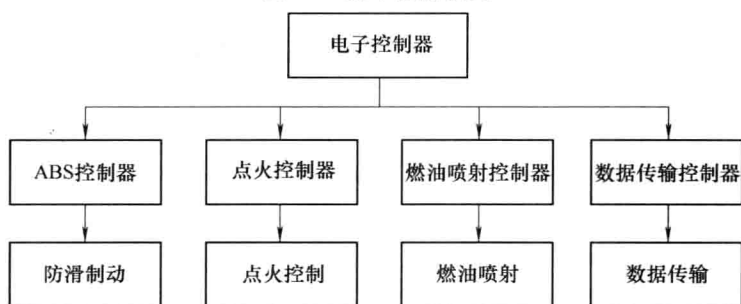


图 1-4 分级控制模式

无论是用一个微机系统控制多个装置的集中控制系统，还是分级控制系统，采用网络技术后，不但实现了所有传感器的共享，还可以共用其他设备。在环形网控制控制系统中，几十个微机中即使有个别出现故障，也可使汽车保持正常运行。因此，在汽车上应用网络技术不但使扩充新的控制功能变得十分容易，并可使各项控制功能更加协调，而且大大增加了控制系统工作的可靠性。

微机外部的网络通信采用串行传输方式，为适应汽车网络控制的需要，更好地在各控制系统之间完成交流信息、协调控制、共享资源及标准化与通用化，世界各国都在积极合作，进行汽车局域网的研究与开发，并推出相应的网络标准。几种典型的网络标准见表 1-1。

表 1-1 几种典型的网络标准

序 号	通信协议名称	推荐或实施单位
1	CAN	奔驰、英特尔、博世、JSAE、ISO/TC22/SC3/WG1
2	BASCCAN	飞利浦、博世
3	ABWS	大众
4	VAN	雷诺、标致、雪铁龙、ISO/TC22/SC3/WG1
5	HBCC	福特、SAEJ1850
6	PALMENT	马自达、SAE
7	DLCS	通用
8	CCD	克莱斯勒、SAE



除表 1-1 所列的 8 种网络通信协议外,其他的还有宝马 (BMW) 公司 1994 年提出的 DAN 集中式网络协议;阿尔法·罗密欧公司的 DAN 集中式网络协议;卢卡斯 (Lucas) 公司的光学分布式星形耦合器系统;日立公司的集中式光学单纤维双向通信;飞利浦公司的 DDR 分布式网络协议等。

到目前为止,还没有一个可以兼容各大汽车公司通信协议的网络标准。因此,在汽车上就形成了多种类型的网络标准共存的局面。为整合各种标准,一份有关汽车网络的国际标准正由国际标准化组织起草。

(2) 网络技术在汽车外部的应用

网络技术在汽车外部的应用,实际上是指无线网络技术在汽车上的应用。汽车上运用无线网络技术,人们在驾驶汽车时就可以像在家里一样上网。

目前,已有不少公司在进行这方面的研究与开发。例如:IBM 公司和摩托罗拉 (Motorola) 公司已合作开发车用无线 Internet 技术,这项技术可使驾驶人和乘客能够在车上发送电子邮件以及从事网上各种活动,如电子商务和网上购物、查看股市行情和天气预报等。此外,微软 (Microsoft) 公司新推出了专门为“车上网”设计的 AutoPC 软件,该系统采用 Windows CE 操作系统,具有交互式语言识别等各种多媒体功能。与普通的网络技术不同的是,车用网络技术可以让汽车驾驶人在手不离方向盘、眼不离行驶前方的情况下,与 PC 机系统交换各种信息(例如:行车前方的交通状况、到达目的地最短时间、导航等),还可以在车上收发 E-mail、打网络电话以及其他上网活动。因此,汽车无线网络技术能够在保障汽车行车安全的前提下,使驾驶人获得更多的信息或及时进行信息交流。

三、汽车电子控制技术的展望

汽车电子控制技术进一步发展的一个趋势是应用领域继续扩展和多项功能的集中控制。电子节气门、配气相位可变控制、发动机进气压力波控制、前后轮制动力分配控制等电子控制技术已经在一些汽车上使用,新的电子控制装置还将不断涌现。功能强大的专用微型计算机的开发和应用,使控制器处理信息的速度和能力有进一步的提高,可扫清更多控制功能的集中控制或整车集中控制的技术障碍。此外,红外摄像、微波雷达、激光雷达、超声波测距与测速雷达等将使汽车电子控制系统的“眼睛”更亮,可实现车间距自动控制、障碍物监测和报警、汽车跑偏自动纠正和报警、驾驶人困倦和酒后提醒及报警等,使汽车电子控制系统具有更高的智能化,汽车的行驶安全性、乘坐舒适性等会有更充分的保障。

汽车电子控制系统发展的另一个趋势是电子化仪表融入无线通信技术,即汽车无线网络技术更加普及。汽车无线网络技术不仅可使驾驶人得到汽车运行状态信息,还可与智能交通信息网络、汽车服务与援救网络等进行信息交流,并获得帮助。比如,通过电子地图和 GPS 系统,驾驶人可知道自己驾驶车辆的确切位置、到达目的地的最佳行车路线等;通过与交通信息控制中心的信息交流,可避开交通堵塞路段;通过与汽车故障援救中心网络的信息交流,可及时得到故障排查指导和救援。

汽车电子技术使汽车向着高度智能化的方向发展。

第二节 单片机概述

一、单片机的基本概念及特点

1. 单片机的基本概念

如前所述,汽车电子控制系统中所用的微机主要是单片机。单片机即单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer, SCM), 是一块集成电路芯片。SCM 是采用超大规模集成电路技术, 将具有数据处理能力的中央微处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入与输出接口 I/O、中断系统、定时器/计时器等功能模块集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统 (图 1-5)。

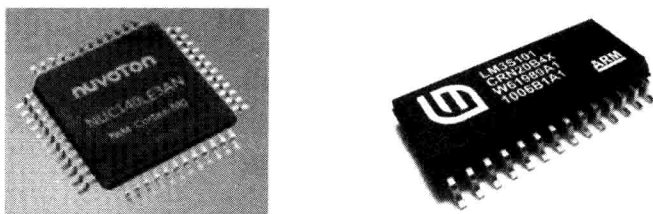


图 1-5 单片机芯片

在单片机诞生之初,其组成与原理都基于计算功能,因此,称其为单片机 (SCM) 是一个准确的、流行的称谓。随着 SCM 在技术上、体系结构上的不断进步,其控制功能不断扩展,它的主要功能从计算转向了控制,因而国际上也逐渐将这种芯片改称为微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)。MCU 已经是国际上公认的名词,其中文翻译应为微控制器,但中文习惯上还是用“单片机”这个称谓。也就是说,将中文“单片机”的英文缩写写成“MCU”,或是将 MCU 翻译为“单片机”而不是微控制器,是因为中文习惯了“单片机”这个称谓,单片机就是微控制器。

2. 单片机的特点

单片机与通用型微机相比,其结构、指令设置及性能等特点如下。

1) 单片机中的存储器 ROM 和 RAM 功用严格区分。ROM 为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格;RAM 则为数据存储器,用作工作区及存放用户数据。这种存储结构使得用于控制的单片机具有较大的程序存储空间,以便将开发成功的程序固化在 ROM 中,而将工作中少量的随机数据存放于 RAM 中。

2) 采用面向控制的指令系统。单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理等功能,以满足控制的要求。

3) 具有很高的集成度。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了总线内部之间的连线,大大提高了单片机的可靠性和抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,能适应恶劣的环境。同时随着集成度越来越高,生产规格越来越大,单片机的性价比也越来越高。



4) 低功耗, 低电压。单片机的功耗低, 电源电压也低, 有利于开发便携式产品。

5) 增设 I²C 串行总线方式。单片机所增加 I²C (Inter-Integrated Circuit) 串行总线方式、SPI (Serial Peripheral Interface) 串行接口等, 进一步缩小了体积, 简化了结构。

6) 适用性强, 开发方便。单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范, 只需极少的外部电路与程序软件相结合, 就可构成不同用途、各种规模的应用系统。

3. 单片机的应用

单片机是汽车电子控制系统的核心部件, 除此之外, 在日常生活、工业测控、国防军事等各个领域均有着广泛的应用, 对人们的生活、社会的进步均发挥了极其重要的作用。

1) 在日常生活中的应用。在人们日常生活中, 单片机的应用比比皆是, 例如: 商店的电子秤、医院的心电仪、出租车上的计价器、公交车上的语音报站器、路边的电子屏、学习用的学习机、电冰箱、电视机、洗衣机、照相机、录像机、电饭煲等, 这些器件的控制核心均为单片机。

2) 工业测控领域的应用。在各类测控仪器仪表中, 采用单片机可使仪器仪表实现数字化、智能化和微型化, 且测控的功能可大大提高。

3) 计算机外部设备与智能接口中的应用。在计算机外部设备与智能接口中, 也有单片机的应用, 例如: 图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘磁带机、智能终端机等。

4) 网络与通信设备中的应用。在网络与通信设备中, 采用高性能的单片机以达到应有的信号处理与通信能力。典型的应用实例有: 手机、交换机等。

5) 军事、航空航天领域中的应用。军事、航空航天领域中, 单片机同样有着广泛的应用。高性能的单片机可令具有各种控制功能、工作可靠的测控装置成为现实, 满足军事及航空航天的需要。

6) 在汽车上的应用。1976 年美国通用汽车公司首次采用微机控制点火以后, 这种以微处理器为控制核心的汽车电子控制系统得到了迅速的发展, 而单片机的成熟与发展, 使得它在汽车上的应用更加普遍。如今, 汽车上由单片机组成的汽车电子控制器少则两三个, 多达数十个。单片机在汽车电子控制技术领域发挥着无可替代的作用。

二、单片机的发展概况

自从 1946 年 2 月第一台计算机问世以来, 计算机技术有了翻天覆地的变化。目前计算机硬件技术向巨型化、微型化和单片三个方向发展, 而单片机已经发展成为计算机技术中最具活力的分支。自 1975 年美国 TEXAS 仪器公司的 TMS1000 系列 4 位单片机开始, 到现在三十多年的时间, 单片机已从 4 位、8 位机发展到 16 位、32 位机, 从主要用作计算的 SCM, 到主要用于控制的 MCU, 再到被称为片上系统的 SOC, 单片机的集成度越来越高, 其功能越来越强, 应用也越来越广, 单片机的种类也达到了数百种。单片机的发展可大致分为如下 4 个阶段。

1. 探索阶段

单片机发展的最初阶段主要是探索如何把计算机的主要部件集成在一块芯片上。1975 年, TMS1000 系列 4 位单片机问世以后, 与计算机相关的制造公司纷纷投入到单片机的研究与开发之中。1976 年, Intel 公司推出了 MCS-48 系统 8 位单片机, 自此, 单片机发展进入了



一个新的阶段，8 位单片机应运而生。

1978 年以前，各厂家生产的 8 位单片机由于受集成度的限制，一般没有串行接口，并且寻址的范围小（<8KB），从性能上看属于低档 8 位单片机。

2. 完善阶段

1978—1983 年期间，随着集成电路工艺水平的提高（集成度提高到每片几万支管），一些高性能的 8 位单片机相继问世。在品种繁多的单片机中，最典型的当属 Intel 公司 1980 年推出的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上发展起来的，其功能较 MCS-48 有很大的增强，属高档 8 位单片机。MCS-51 单片机主要在如下几个方面奠定了其典型的通用总线型单片机体系结构的基础。

- 1) 设置了经典、完善的 8 位单片机的并行总线结构。
- 2) 外围功能单元由 CPU 集中管理的模式。
- 3) 体现控制特性的位地址空间、位操作方式。
- 4) 指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

由于 MCS-51 系列单片机在结构上的逐渐完善，奠定了它在这一阶段的领先地位。它的产品曾经在世界单片机市场占有 50% 以上的份额。虽然 MCS-51 系列单片机是 8 位单片机，但属高档 8 位单片机。此外，它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点，直到现在，MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型。因此，国内通常以 MCS-51 系列单片机作为教学机型。

3. 微控制器发展阶段

为满足测控系统要求的各种外围电路与接口电路，突出其智能化控制功能，飞利浦（Philips）等一些著名半导体厂商在 8051 单片机基本结构的基础上增加了外围电路功能，以突出单片机的控制功能。在单片机芯片中纳入了用于测控的模数转换器、数模转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等功能电路后，就突出了单片机的微控制器特征。

为了进一步缩小单片机的体积，出现了为满足串行外围扩展要求的串行总线及接口，如 I²C、SPI、MICROWIRE 等串行总线及接口。同时，带有这些接口的各种外围芯片也应运而生，如存储器、A/D、时钟等，出现了有较高性能的 16 位单片机。

4. 全面发展阶段

随着单片机应用的日益广泛，单片机的研究与开发也进入了新的高潮。许多大半导体和电气厂商也都开始加入单片机的研制和生产的行列，单片机世界出现了百花齐放、欣欣向荣的景象。如今，高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机，以及小型廉价的专用型单片机层出不穷，这些高性能的单片机满足了更广的应用领域、更高的性能要求。

三、单片机的发展趋势

为在单片机市场中占有更多的份额，世界各大芯片制造公司都全力推出自己的单片机，从 8 位、16 位到 32 位，各种类型的单片机数不胜数；通用型的，或具有某特定功能的单片机应有尽有。纵观单片机的发展过程，今后单片机的发展趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、微型化、大容量、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。



1. CMOS 化、低电压及低功耗

MCS-51 系列的 8031 型单片机推出时,其功耗达到了 630mW,而现在的单片机的功耗通常在 100mW 左右。为使单片机的功耗更低,单片机制造商们基本上都是采用 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺) 工艺。CMOS 虽然功耗低,但其物理特征决定了其工作速度不够高,而 CHMOS (互补高密度金属氧化物半导体工艺) 则具备了高速和低功耗特点,更适合于由电池供电而要求功耗更低的应用场合。随着超大规模集成电路技术由 $3\mu\text{m}$ 工艺发展到 1.5 、 1.2 、 0.8 、 0.5 、 $0.35\mu\text{m}$ 工艺,进而实现 $0.2\mu\text{m}$ 工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选,均使单片机的功耗会更低。

几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式,允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 $3\sim 6\text{V}$ 的电压范围内工作,对由电池供电的单片机已不再需要采取电源稳压措施。低电压供电的单片机电源电压的下限已由 2.7V 降至 2.2V 、 1.8V 和 0.9V 。

2. 微型化及外围电路内装化

现在的单片机普遍要求体积小、重量轻,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,还要体积小。新型单片机具有多种封装形式,其中 SMD (表面封装) 越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统向着微型化方向发展。

随着单片机集成度的不断提高,有可能将各种外围功能器件集成在片内。例如:单片机中除了常规的 CPU、RAM、ROM、I/O、中断/定时器及时钟电路以外,还可将模/数与数/模转换器、脉宽调制器 PWM、监视定时器 WDT、液晶显示驱动电路等外围电路集成在片内。单片机包含的功能电路越多,其功能就越强大。现在,一些单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有特定功能的单片机芯片,图 1-6 所示的就是专应用于汽车电子控制系统的单片机。

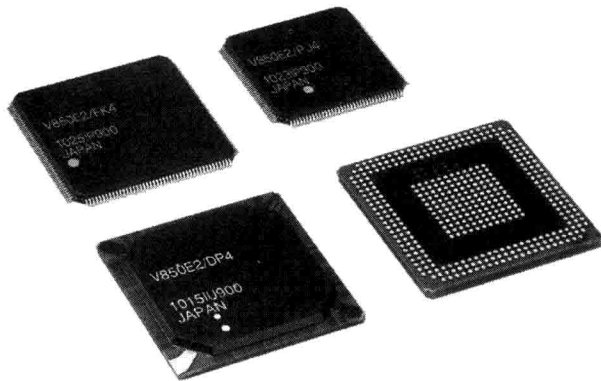


图 1-6 专用于汽车电子控制系统的单片机

3. 大容量、低价格、高性能化

普通单片机片内的 ROM 和 RAM 容量有限,通常需要外接扩充来达到系统的容量需求。如果能加大片内存储器容量,就可简化系统的结构。目前,单片机片内 ROM 的容量已可达 64KB, RAM 最大为 2KB,而专用的存储器芯片容量已达 4GB。

随着超大规模集成电路技术水平的提高,单片机的体积也越来越小,价格也更便宜, CPU 的性能可进一步得到改善。一些单片机为提高 CPU 的性能,采用了精简指令集 (RISC) 结构和流水线技术,并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。

4. ISP 及基于 ISP 的开发环境

单片机快闪存储器 (FLASH) 的使用,推动了在片编程 (In System Programmable, ISP) 技术的发展。可以用 PC 机将编制好的程序通过 3 根 SPI 接口线直接传输并且烧录到单



片机的 FLASH 中。

5. 8 位、16 位、32 位单片机共同发展

到目前为止，8 位单片机仍然是应用最多的机型。随着移动通讯、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭和应用，32 位单片机，特别是 32 位的嵌入式结构 RISC-DSP 双核单片机得到了迅速的发展。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强，32 位机越来越便宜，16 位单片机生存空间会非常有限，但近年来，16 位单片机的发展无论从品种和产量方面，都有较大幅度的增长。