



普通高等教育“十二五”规划教材



汽车类高端技能人才实用教材

汽车单片机 与车载网络技术

◎ 李 勇 主编 李鹏伟 苟丹丹 副主编 ◎



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
汽车类高端技能人才实用教材

汽车单片机与车载网络技术

李 勇 主 编

李鹏伟 苟丹丹 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容分为两大部分,其中第一部分(第1至7章)为汽车单片机部分,主要介绍通用单片机 MCS-51 的内部结构、工作原理与典型应用系统,介绍单片机的指令系统和程序设计过程,以及典型接口电路的硬件和软件构成,配合第7章的项目实训,让汽车类专业的读者对单片机系统有一个较为全面的认识,在此基础上介绍汽车单片机的类型、ECU 的组成和奇瑞利单点电脑的工作原理与典型故障分析等;第二部分(第8至13章)为车载网络部分,主要介绍车载网络的发展历史,以及有关通信与网络技术的基础知识,通过 CAN 总线系统重点介绍了 CAN 数据链路层的工作原理,通过 J1939 协议重点介绍了 CAN 应用层的工作原理,介绍了 LIN、MOST、VAN 等其他车载网络技术,最后介绍了两种典型车型的车载网络及其常见故障。

本书可作为汽车工程类本科、高职高专的教材,也可作为汽车类工程技术人员,中等职业学校汽车专业教师的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车单片机与车载网络技术 / 李勇主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.8

汽车类高端技能人才实用教材

ISBN 978-7-121-13929-1

I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车—单片微型计算机—高等学校—教材 ②汽车—计算机网络—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129744 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 郭 莉

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 25 字数: 640 千字

印 次: 2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

从 20 世纪 60 年代开始,随着电子技术的飞速发展,汽车性能也由于电子技术的应用得到了迅猛的提高。汽车的电子化已经成为公认的汽车技术的发展方向。到目前为止,汽车电子化程度的高低,已经成为当今世界衡量汽车技术先进水平的重要标志。在如今生产的中档以上汽车上,电子装置所占的成本已经达到整车成本的 30%~35%,在豪华轿车上已经占到 50%以上。

随着电子技术在汽车中的拓展,特别是在 20 世纪 80 年代以后,MCU/MPU 在汽车中得到了广泛应用,出现了基于数据通信的车载网络,这为提高汽车性能和减少线束数量提供了有效的解决途径。UART 在汽车中的成功应用,标志着汽车电子开始走向成熟,并逐步迈向网络化。

作为汽车工程类专业,设置汽车电子技术方面的专业课程是各院校的必然选择。汽车单片机和车载网络技术是汽车电子应用技术的基础,在此基础上才可以理解诸如 ABS、ESP 等系统的工作原理。

对于汽车工程类的学生而言,单片机和通信网络方面的知识太过抽象。本书编写中尤其注意两点:一是通俗易懂,二是理论联系实际。本书力求用浅显通俗的语言先介绍单片机、通信和网络的基本概念,在此基础上逐渐扩展到专业理论。因为通用单片机容易获得,各高校实验条件成熟,所以在汽车单片机的介绍中,首先用通用单片机作为实体边学边练,通过通用单片机掌握系统的工作原理,然后再介绍汽车单片机的类型、ECU 的组成和玛瑞利单点电脑。车载网络部分,通过 CAN 总线系统重点介绍 CAN 数据链路层的工作原理,通过 J1939 协议重点介绍 CAN 应用层的工作原理,最后通过两种典型车型的车载网络及其常见故障的学习,将理论知识和实际汽车电路结合起来,为学生提供从理论到实践的学习过程。

本书可作为汽车工程类本科、高职高专的教材使用,也可作为汽车工程技术人员,中等职业学校汽车专业教师的参考书使用。本书为高等院校汽车工程类专业教材,要求学生具有模拟和数字电子技术的基本知识。本书用于本科教材时应将教学重点放在理论教学部分,作为高职高专教材使用时,在注重基本理论讲解的同时,应配合实训加强实践部分教学内容的实施力度。

本书由西安汽车科技职业学院高级工程师李勇担任主编,电子工程系讲师李鹏伟、苟丹丹担任副主编。书中第 1 章至第 7 章由李鹏伟老师编写,第 8、9、10、12 和 13 章由李勇老师编写,第 11 章由苟丹丹老师编写。本书出版前作为校本教材,已经在西安汽车科技职业学院汽车电子技术专业试用两届。

本书在编写过程中参阅了大量相关资料,并引用了不少参考文献中的内容,由于时间仓促,无法联系,未能一一与著作者协商,在此表示衷心的感谢,并致以歉意。

最后竭诚欢迎广大读者对书中存在的误漏之处提出批评指正,交流讨论,以便我们改正提高。

编 者

2011 年 6 月于西安

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 汽车电工电子技术的发展	2
1.1.1 汽车电工电子技术的发展历程	2
1.1.2 汽车电工电子在整车系统中的地位	3
1.2 单片机的基础知识	3
1.2.1 单片机的概念和分类	3
1.2.2 常见单片机的类型、特点和用途	4
1.2.3 单片机的发展趋势	6
1.2.4 单片机在汽车上的应用	6
1.3 数制与编码	7
1.3.1 数制	7
1.3.2 编码	8
1.3.3 几个术语	10
第 2 章 MCS-51 单片机内部结构和原理	11
2.1 MCS-51 单片机内部结构与封装	11
2.1.1 MCS-51 单片机基本结构及功能	11
2.1.2 MCS-51 单片机引脚分布及功能	13
2.2 MCS-51 单片机内部存储器	15
2.2.1 程序存储器	15
2.2.2 数据存储器	16
2.3 MCS-51 单片机 I/O 端口电路、时钟电路与工作方式	20
2.3.1 MCS-51 单片机 I/O 端口的结构及使用方法	20
2.3.2 MCS-51 单片机时钟电路	23
2.3.3 MCS-51 单片机工作方式	24
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统与程序设计	27
3.1 MCS-51 单片机指令系统详解	27
3.1.1 MCS-51 单片机指令概述	27
3.1.2 MCS-51 单片机寻址方式	28
3.1.3 MCS-51 单片机指令功能	30
3.2 MCS-51 单片机汇编语言程序设计	38
3.2.1 MCS-51 单片机汇编语言及其特点	38
3.2.2 MCS-51 单片机汇编语言伪指令	39
3.2.3 汇编程序设计步骤与基本结构	41
3.2.4 常用子程序	44
第 4 章 MCS-51 单片机中断、定时系统及串行数据通信	47
4.1 MCS-51 单片机中断系统	47

4.1.1	中断的概念	47
4.1.2	MCS-51 单片机中断源	48
4.1.3	MCS-51 单片机中断响应与服务	51
4.2	MCS-51 单片机定时器/计数器	53
4.2.1	MCS-51 单片机定时器/计数器的结构和工作原理	53
4.2.2	MCS-51 单片机定时器/计数器的工作方式	54
4.3	MCS-51 单片机串行数据通信	57
4.3.1	MCS-51 单片机串行数据通信的基本原理	58
4.3.2	MCS-51 单片机串行口控制寄存器与工作方式	59
第 5 章	MCS-51 单片机接口技术	63
5.1	MCS-51 单片机键盘接口技术	63
5.1.1	独立式非编码键盘接口的实现	63
5.1.2	矩阵键盘接口的实现	65
5.2	MCS-51 单片机显示器接口技术	66
5.2.1	LED 数码管显示接口	66
5.2.2	LCD 液晶显示接口	68
5.3	MCS-51 单片机与 D/A、A/D 转换器接口技术	70
5.3.1	采用 DAC0832 芯片的 D/A 转换接口技术	70
5.3.2	ADC0809 芯片的 A/D 转换接口技术	72
第 6 章	汽车单片机与电子控制单元	74
6.1	汽车单片机	74
6.1.1	摩托罗拉汽车单片机介绍	74
6.1.2	英飞凌公司生产的 8 位单片机 B58468	76
6.1.3	西门子公司的 80C517A 单片机	78
6.2	汽车电子控制单元	79
6.2.1	ECU 的作用	79
6.2.2	ECU 的结构	80
6.2.3	ECU 的可靠性	85
6.3	玛瑞利单点电脑	86
6.3.1	MC68HC11F1 单片机	86
6.3.2	玛瑞利单点电脑的硬件构成	89
6.3.3	玛瑞利电脑的点火控制电路	97
6.3.4	玛瑞利电脑的喷油控制电路	99
6.3.5	玛瑞利电脑的怠速控制电路	100
6.3.6	其他电路	101
6.3.7	玛瑞利单点电脑典型故障剖析	103
第 7 章	单片机项目实训	106
项目实训 1	单片机最小开发系统的设计制作	106
项目实训 2	Keil μ Vision3 编译、仿真软件的安装及使用方法	111
项目实训 3	下载软件的安装及使用	119

项目实训 4	流水灯	125
项目实训 5	继电器控制	127
项目实训 6	交通灯	128
项目实训 7	音频输出	130
项目实训 8	查询式键盘	134
项目实训 9	4×4 矩阵键盘	136
项目实训 10	8 位 LED 显示器	139
项目实训 11	电子钟	142
项目实训 12	DS18B20 温度传感器	144
项目实训 13	液晶显示器	151
第 8 章	车载网络概述	156
8.1	车载网络的发展历史	156
8.1.1	车载网络产生的原因	156
8.1.2	车载网络的发展历程	157
8.2	车载网络的分类及其网络协议	158
8.3	常用车载网络系统简介	160
8.3.1	CAN	160
8.3.2	LIN	160
8.3.3	FlexRay	161
8.3.4	MOST	162
8.3.5	IEEE1394	162
8.4	网络基础知识	164
8.4.1	网络的概念	164
8.4.2	网络的分类（以计算机网络为例）	166
8.4.3	计算机网络体系结构	167
8.4.4	局域网	170
8.4.5	现场总线	171
第 9 章	控制器局域网（CAN）	174
9.1	CAN 概述	174
9.1.1	CAN 的产生和发展	174
9.1.2	CAN 协议标准及其定义的网络结构	175
9.2	CAN 协议体系结构	176
9.3	CAN 总线数据链路层基本原理	180
9.3.1	CAN 传输数据的方式	180
9.3.2	CAN 的非破坏性按位仲裁规则	188
9.3.3	CAN 中的位填充	190
9.3.4	CAN 对错误的处理	192
9.4	CAN 总线物理层基本原理	193
9.4.1	CAN 总线的同步	194
9.4.2	CAN 总线节点与总线的连接	198
9.5	CAN 总线的管理与故障界定	202

9.5.1	故障界定的概念	202
9.5.2	故障界定的实现方法	202
9.5.3	计数器的计数规则	202
9.5.4	总线故障管理	203
9.6	PHILIPS SJA1000 CAN 控制器	204
9.6.1	PHILIPS SJA1000 CAN 控制器在 ECU 中的位置和作用	204
9.6.2	硬件结构	205
9.6.3	CAN 控制模块 SJA1000 的简要说明	206
9.6.4	SJA1000 的两种工作模式	207
9.6.5	BasicCAN 模式下寄存器地址的分配	207
9.6.6	复位模式	209
9.6.7	控制寄存器 (CR)	211
9.6.8	命令寄存器 (CMR)	212
9.6.9	状态寄存器 (SR)	213
9.6.10	中断寄存器 (IR)	214
9.6.11	发送缓冲区列表	215
9.6.12	接收缓冲区列表	217
9.6.13	验收滤波器	218
9.6.14	总线定时寄存器	218
9.6.15	输出控制寄存器 (OCR)	220
9.6.16	时钟分频寄存器 (CDR)	223
9.7	SJA1000 在 CAN 节点中的应用	224
9.7.1	CAN 节点的结构	224
9.7.2	硬件构成	225
9.7.3	CAN 节点的基本工作过程	229
9.7.4	中断	237
9.8	通用 CAN 收发器 PCA82C250/251	239
9.8.1	方框图与引脚排列	239
9.8.2	三种工作模式	240
9.8.3	典型应用电路	241
第 10 章 SAE J1939 协议		244
10.1	概述	244
10.2	网络拓扑结构	245
10.3	物理层	246
10.4	数据链路层	249
10.4.1	消息与帧的格式	249
10.4.2	协议数据单元	253
10.4.3	协议数据单元格式	254
10.4.4	消息 (报文) 类型	256
10.4.5	多帧传输机制	261
10.4.6	源地址和参数群编号的分配过程	261

10.5	网络层	265
10.6	应用层	266
10.6.1	通信参数的定义	267
10.6.2	发动机通信与控制参数	271
10.7	故障诊断	281
10.7.1	诊断故障代码定义	281
10.7.2	故障诊断状态灯	283
10.7.3	诊断报文 (DM)	284
10.8	网络管理	290
10.8.1	SAE J1939 通信方式	290
10.8.2	电控单元 (ECU) 的名称和地址	292
10.8.3	节点地址分配	293
第 11 章	其他车载网络	296
11.1	LIN 总线	296
11.1.1	LIN 总线概述	296
11.1.2	LIN 总线的主要特征	297
11.1.3	LIN 总线的结构与协议	297
11.1.4	LIN 的控制单元	302
11.1.5	LIN 总线系统的物理结构	306
11.1.6	LIN 总线在汽车上的应用	306
11.1.7	LIN 的防盗功能和自诊断功能	308
11.2	MOST 总线技术	309
11.2.1	MOST 总线概述	309
11.2.2	MOST 总线的主要特征及术语	309
11.2.3	MOST 总线的基本结构与原理	311
11.2.4	MOST 总线控制单元的内部结构	313
11.2.5	MOST 总线的环形结构	316
11.2.6	MOST 总线系统状态	316
11.2.7	MOST 总线在汽车上的应用	318
11.2.8	MOST 总线的诊断	318
11.3	蓝牙技术	320
11.3.1	蓝牙技术概述	320
11.3.2	车载蓝牙系统的结构与原理	321
11.3.3	蓝牙技术在车载免提系统中的应用	323
11.3.4	蓝牙技术的诊断	324
11.4	VAN 总线	324
11.4.1	VAN 总线的发展	324
11.4.2	VAN 总线的结构	325
11.4.3	VAN 的物理层	329

第 12 章 大众车系车载网络系统	334
12.1 大众车系 CAN 网络的基本组成.....	334
12.2 驱动系统 CAN 总线.....	335
12.2.1 驱动系统 CAN 总线的数据传输.....	335
12.2.2 驱动系统 CAN 总线的信号抗干扰功能.....	336
12.2.3 驱动系统 CAN 总线的阻抗.....	337
12.3 舒适系统 CAN 总线.....	337
12.3.1 舒适系统 CAN 总线的数据传输.....	338
12.3.2 舒适系统 CAN 总线的单线工作模式.....	339
12.4 CAN 总线的其他系统.....	340
12.4.1 网关.....	340
12.4.2 诊断总线.....	341
12.4.3 LIN 总线.....	343
12.4.4 电源管理.....	343
12.4.5 内部故障管理.....	344
12.5 CAN 总线典型故障.....	344
12.6 大众 POLO 轿车车载网络系统.....	346
12.6.1 车载网络节点——各电子控制单元控制功能电路.....	346
12.6.2 POLO 轿车 CAN 总线.....	350
12.6.3 POLO 轿车 CAN 总线自诊断.....	356
第 13 章 奥迪车系车载网络系统	359
13.1 奥迪车系 CAN 系统概况.....	359
13.1.1 奥迪 A6 CAN 总线系统.....	359
13.1.2 奥迪 A4 CAN 总线系统.....	360
13.1.3 奥迪车系 CAN 总线系统组成.....	362
13.1.4 网关与网络管理工作模式.....	363
13.2 LIN 系统.....	364
13.3 奥迪车系 CAN 总线系统检测与故障诊断.....	366
13.3.1 驱动系统 CAN 总线的检测.....	366
13.3.2 驱动系统 CAN 总线的常见故障波形.....	367
13.3.3 舒适系统和信息系统 CAN 总线的检测.....	370
13.3.4 舒适系统 CAN 总线的常见故障波形.....	373
13.3.5 终端电阻的检测与诊断.....	379
13.3.6 测量数据块的读取.....	380
13.3.7 静态电流及其检测.....	381
13.3.8 故障存储.....	383
附录 1 MCS-51 系列单片机指令表（按类型排列）	385
附录 2 单片机最小开发系统完整版原理图	388
参考文献	389

第 1 章 概 述

随着电子技术的发展和应用，基于改善安全、舒适、节能和环保等性能的电控系统在汽车电子系统中占有非常重要的地位，这些电控系统的核心是电子控制单元，即人们常说的 ECU，ECU 由微型计算机、输入、输出及控制电路等部分组成，而 ECU 的核心是单片机。例如，发动机电控单元的功用是根据其内存的程序和数据对空气流量计及各种传感器输入的信息进行运算、处理、判断，然后输出指令，向喷油器提供一定宽度的电脉冲信号以控制喷油量，并适时发出点火信号控制火花塞点火；驾驶员侧车窗的电控单元可以控制车窗的四挡升降，还可以通过总线技术控制其他三个车窗的升降及与舒适系统电控单元通信等，这些电控单元都用到了单片机。

电子控制单元 ECU (Electronic Control Unit)，又称“行车电脑”、“车载电脑”等。从用途上讲则是汽车专用微机控制器，也叫汽车专用单片机。它和普通的单片机一样，由微处理器 (CPU)、存储器 (ROM、RAM)、输入/输出接口 (I/O)、模数转换器 (A/D) 以及放大、整形、限幅和驱动等大规模集成电路组成。如图 1.1 所示，为大众 POLO 轿车的驻车辅助系统电控单元和车载网络电控单元，内部有一个大规模集成电路 (芯片)，就是汽车专用单片机。汽车专用单片机资料属于内部资料，而且没有针对研究汽车专用单片机原理的实验实训设备，因此研究汽车专用单片机有很大难度，硬件条件很难保证能将汽车专用单片机学懂会用，又因为汽车专用单片机和通用单片机内部结构和工作原理极其相似，因此本教材所讲单片机着重介绍普通单片机的原理、接口技术及使用方法。

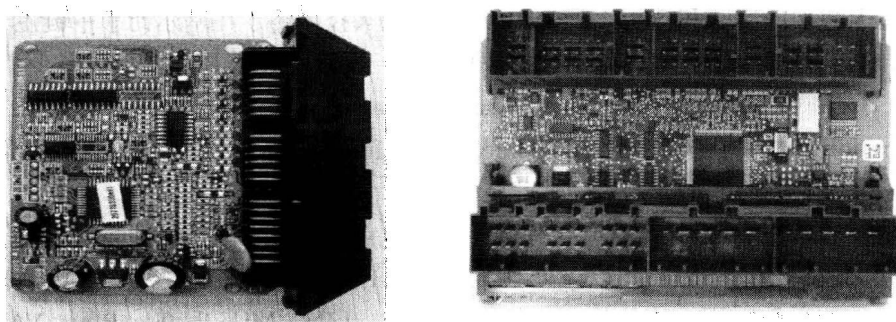


图 1.1 POLO 轿车驻车辅助系统电控单元 (左) 和车载网络电控单元 (右)

普通单片机中，Intel 公司的 MCS-51 系列单片机在我国流行最广，Intel 公司也是最早研发出并大量生产、销售单片机的国际大公司，后来 Intel 公司将单片机的生产资料 and 权力卖给其他一些 IC 公司。现在市场上可以买到不同厂家生产的多种不同型号的单片机，可谓是琳琅满目。MCS-51 系列单片机在市场上很多见，成本较低，各种参考资料非常丰富，实验实训设备种类众多，成本低廉，应用实例非常广泛，特别有利于初学者对单片机的学习

和使用。本书以 MCS-51 系列单片机为例,对单片机的内部结构、指令系统、中断定时系统、外围接口技术、程序编译方法、程序下载过程和几个典型的项目应用等分别予以介绍,使读者较快掌握单片机的基础知识和基本应用技能,进而对汽车专用单片机有直接的认识。

1.1 汽车电工电子技术的发展

1.1.1 汽车电工电子技术的发展历程

20 世纪初,正在研究高频整流器的英国发明家弗莱明在真空中加热的灯丝前加了一块极板,从而发明了第一只电子管,他把这种装有两个极的电子管称为真空二极管,利用新发明的电子管可以给电流整流。电子管的发明被称为是电子工业的起点。此后不久,美国发明家德福雷斯特在二极管的灯丝和极板间加了一个栅极,从而发明了第一只真空三极管,这个发明大大提高了器件的灵敏度,应用极为广泛,许多人都将真空三极管的发明看作电子工业诞生的真正起点。

1947 年,美国电话电报公司贝尔实验室的三位科学家肖克莱、巴丁和布赖顿合作发明了晶体管,即三个引脚的半导体固体器件,引起了电子技术的一场革命,这三人也因此共同获得 1956 年最高科学奖——诺贝尔物理奖。晶体管与电子管相比,有寿命长、消耗电能极少、不需预热、可靠、耐冲击、耐震动等众多优点,因此被广泛应用于家电、玩具、汽车、轮船、飞机、高铁、无线通信、航天、军事、工业制造等各个领域的各个领域。

随着晶体管的问世,硅二极管整流式交流发电机取代了直流发电机,晶体管电路开始在汽车上应用,并逐步集成化。

1958 年 5 月美国人基尔比进入德克萨斯仪器公司,他思考采用半导体制造整个电路的途径,经过无数次的实验和挫折,到 1959 年一项新兴技术终于在基尔比手中诞生了,就是今天大放异彩的集成电路。集成电路根据集成度(一定尺寸的芯片上能集成多少个晶体管)分为四种:小规模集成电路(SSI: Small Scale Integration)、中规模集成电路(MSI: Medium Scale Integration)、大规模集成电路(LSI: Large Scale Integration)和超大规模集成电路(VLSI: Very Large Scale Integration)。

汽车电控技术在 20 世纪七八十年代开始形成,点火装置、电子燃油喷射装置等技术逐渐成熟,并大规模使用。之后,以微处理器为核心的微机控制系统在汽车上大规模使用,并且各微机控制系统采用不同局域网络标准(CAN、LIN、MOST、FlexRay、VAN、蓝牙等),可以相互通信,实现信息共享,使汽车的舒适性、安全性等性能得到较大的提高,如图 1.2 所示为车载网络系统的总体构成。汽车的发展已经进入了汽车电子化、智能化和网络化的时代,同时在汽车各部分电控单元中大规模数字集成电路也得到大量应用。

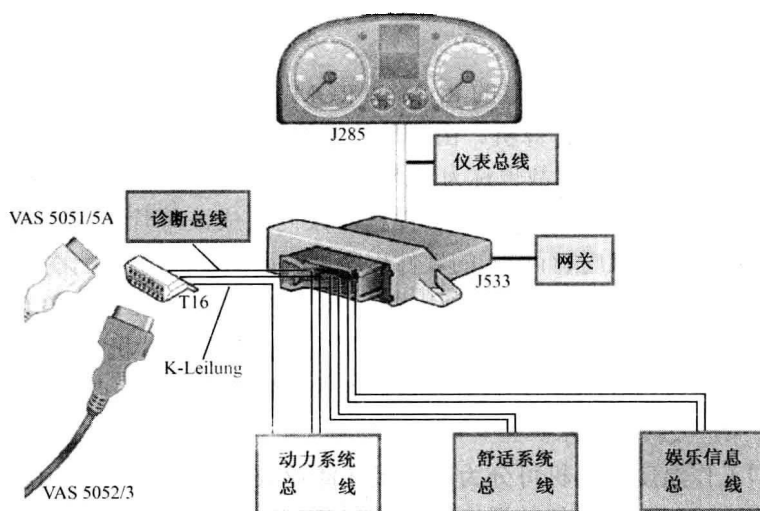


图 1.2 车载网络系统的总体构成

汽车电工电子技术已涉及到汽车的各个方面，如动力控制系统、安全与底盘电子系统、车身电子系统和信息与通信系统。随着汽车电工电子技术的飞速发展，汽车电子设备的技术含量、可靠性、安全性和经济性等决定着汽车的档次、竞争力及其发展市场等。电子设备及线路的综合成本占汽车总成本的比重也会越来越大。

1.1.2 汽车电工电子在整车系统中的地位

汽车电工电子技术的发展及在汽车上的广泛应用使得汽车的各项性能指标得到了较大改善，如发动机电控单元的闭环控制可以使发动机在各种工况下始终处于较佳工作状态。电工电子技术使汽车、道路、环境和乘员间形成完整的系统，这一完美结合是纯机械方法无法实现的。

汽车电子控制设备成本低，控制精确，使用寿命长，对汽车的性能发挥着至关重要的作用，其通用性较好，便于维修和更换。电子技术的发展使得电子电路高度集成化，体积小、使用方便等优点使电子设备成本越来越低，品种越来越多。在未来的汽车发展上，机械方面的发展空间越来越小，而汽车电子设备会得到较快较大的发展。随着石油危机的加剧，即使燃油汽车慢慢退出历史舞台，取而代之的是新能源汽车，如电动汽车，它们都需要电子控制单元对其工作性能和舒适性能等各方面做出可靠控制，可见电工电子技术对汽车发展的作用重大。

1.2 单片机的基础知识

1.2.1 单片机的概念和分类

微处理器（芯片）本身不是计算机，但它是小型计算机或微型计算机的控制和处理部分。

微机包括微处理器、存储器（RAM、ROM）、输入输出设备等，是具有完整运算及控制功能的计算机。

单片机是将微处理器、一定容量的 RAM 和 ROM、I/O 口、定时器、计数器等电路集成在一块芯片上构成的单片微型计算机。由于单片机的体积、结构和功能特点，在实际应用中可以完全融入应用系统之中，故也称为嵌入式微控制器（Embedded Micro-Controller）。

基本的单片机系统由单片机芯片和软件程序共同组成，单片机内部的中央处理单元（CPU）处于核心地位，CPU 执行嵌入的软件程序进而调动硬件电路工作完成控制功能。

常用的单片机类型有 MCS-51 系列单片机、PIC 系列单片机、MSP430 单片机、AVR 单片机等。其中 MCS-51 系列及其兼容产品是目前最常用的一种单片机类型，产品较多，成本低，资料齐全，应用广泛，已被单片机开发设计者普遍接受。本书重点讨论 MCS-51 系列普通单片机的工作原理及接口技术。

一般，根据工作温度单片机可分为民用级（商业级）、工业级和军用级三种：民用级的温度范围是 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，工业级的温度范围是 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，军用级的温度范围是 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。如果是一般普通商业级单片机，在超规格范围使用 IC 时，就有可能无法工作，或工作运作不正常等现象发生。

1.2.2 常见单片机的类型、特点和用途

1. MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机及其兼容产品的生产厂家很多，它们已经广泛应用于各个领域。现列出具有代表性的部分产品，如表 1.1 所示。

表 1.1 常用 MCS-51 系列单片机

公 司	品 名	特 点
Intel	8051	MCS-51CMOS 单片 8 位微处理器，32 条 I/O 引线，2 个定时器/计数器，5 个中断源，2 个优先级，128B 片内 RAM
Philips	80C562	基于 8051CMOS 控制器，8 位 A/D，PWM，48 条 I/O 引线，3 个定时器/计数器，14 个中断源，4 个优先级，无片内 ROM，256B 片内 RAM
Atmel	89C51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器，3 级程序存储器加密，32 条 I/O 引线，2 个定时器/计数器，6 个中断源，4KB Flash 存储器，256B 片内 RAM
	89C2051	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器，2 级程序存储器加密，15 条 I/O 引线，2 个定时器/计数器，6 个中断源，2KB Flash 存储器，128B 片内 RAM
	89S51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器，3 级程序存储器加密，32 条 I/O 引线，2 个定时器/计数器，6 个中断源，4KB Flash 存储器，256B 片内 RAM，编程看门狗定时器，电源关断标志，SPI 串行接口，ISP

表中，SPI（Serial Peripheral Interface），为串行外设接口，该总线是 Motorola 公司推出的一种同步串行外设接口，与其他外设以串行方式通信，系统可配置为主或从操作模式。ISP

(In System Programming) 为在系统编程, 也就是说单片机可以直接安装在目标系统上, 编程的时候不需要拔出来, 也不需要专门的编程器, 就可以直接在目标系统上编程, 而以前的 89C51 在编程的时候必须拔下来并用专门的编程器烧写程序, 很不方便, 现在绝大多数单片机都有 ISP 或者 JTAG 功能。

MCS-51 单片机的封装形式有好几种, 型号也有很多, 其中最常用的三种双列直插型封装的单片机实物图如图 1.3 所示。

2. PIC 系列单片机

PIC 系列单片机由美国 Microchip 公司设计生产, 广泛应用于各种电子产品、汽车电子及工业控制等领域, 如部分轿车的驻车辅助系统控制器就采用 PIC 单片机。该单片机的特点有: 采用哈佛结构(程序存储器和数据存储器分开的结构), 流水线结构(取指令和执行指令采用流水线形式), 寄存器组结构(I/O 口、定时器等以寄存器方式工作和寻址), 精简指令系统且种类齐全。如图 1.4 所示为两种 PIC 单片机芯片图。

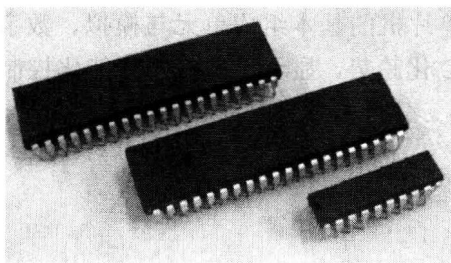


图 1.3 三种不同型号的 51 系列单片机芯片图

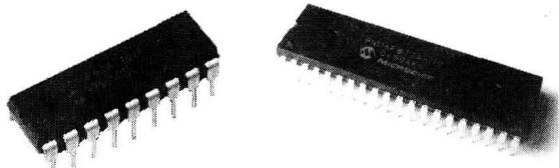


图 1.4 PIC 单片机芯片图

3. MSP430 单片机

MSP430 系列单片机是美国德州仪器公司设计生产的一种 16 位单片机, 采用精简指令系统, 具有运算处理能力强、极低的功耗、开发方便灵活等优点。该系列单片机均为工业级, 适合工业环境下使用。如图 1.5 所示为一种 MSP430 单片机。

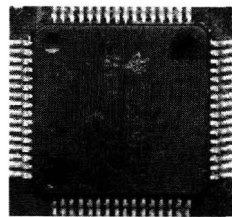


图 1.5 MSP430 单片机芯片图

4. AVR 单片机

1997 年, 由 ATMEL 公司挪威设计中心的两位研发员利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术, 共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机, 简称 AVR。相对于出现较早也较为成熟的 51 系列单片机, AVR 系列单片机片内资源更为丰富, 接口也更为强大, 同时由于其价格低等优势, 在很多场合可以替代 51 系列单片机。AVR 单片机属于高速嵌入式单片机, 具有预取指令功能、多累加器型、处理数据速度快、中断响应速度快、保密性能好等优点, 被广泛应用于 GPS、空调控制板、打印机控制板、智能电表、智能手电、LED 控制屏和医疗设备等。如图 1.6 所示, 为 AVR 单片机芯片的其中一种。

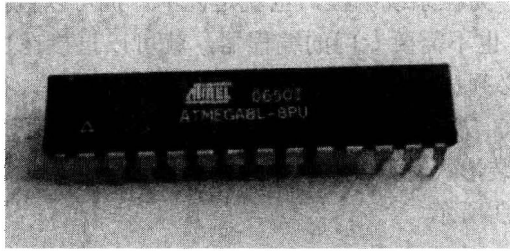


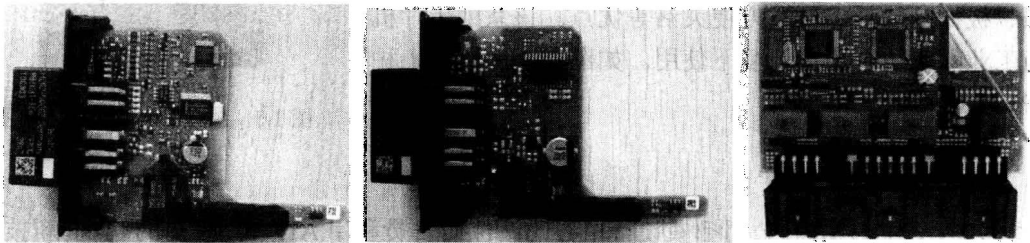
图 1.6 型号为 ATMEGA8L 的 AVR 单片机

1.2.3 单片机的发展趋势

单片机从 8 位机、16 位机到 32 位机，功能各具特色，目前正朝着高性能和多样化方向发展，体积小、功耗小、容量大、性能高、低价格等成为发展新产品的要求，最重要的是实现应用系统与控制对象的最佳结合，即将单片机的基本组成单元与模拟、数字外设集成在一个芯片上而组成的片上系统，形成 SoC 化趋势，显示单片机的智能化控制能力。

1.2.4 单片机在汽车上的应用

电子技术的迅速发展使得单片机在汽车上广泛使用。点火系统 ECU，废气再循环控制系统 ECU，自动变速器 ECU，悬架控制 ECU，自动空调系统 ECU，制动防抱死系统 ECU，安全气囊 ECU，雷达防撞 ECU 等系统电控单元中都有单片机的身影。在以后的汽车发展中，单片机会出现于更多的部分，使汽车的性能得到真正的提高。图 1.7 所示为 POLO 轿车的驾驶员侧、驾驶员后侧车窗电控单元和舒适系统电控单元。



(a) 驾驶员侧车窗电控单元

(b) 驾驶员后侧车窗电控单元

(c) 舒适系统电控单元

图 1.7 POLO 轿车的驾驶员侧、驾驶员后侧车窗电控单元和舒适系统电控单元

1.3 数制与编码

1.3.1 数制

单片机是处理数字信息的，因此各种数据和信息进入单片机处理前必须转换成二进制数或二进制编码。

数制也称进位制，是按进位方式实现计数的一种规则。单片机中常用的有 3 种数制：二进制、十进制和十六进制。数制有两个基本要素：一是基数，表示某种数制具有的数字字符的个数以及进位的规则；二是位权，表示一个进位计数制的数中不同数位上数字的单位数值，第 i 位的位权即为基数的 i 次幂。

1. 十进制 (Decimal, 用 D 表示)

十进制数的基数为 10，有 0~9 十个数字字符，逢十进一。小数点左边第一位的位权为 10^0 ，第二位的位权为 10^1 ，往左依次为 10^2 ……小数点右边第一位的位权为 10^{-1} ，往右依次为 10^{-2} ……

任何一个十进制数 N 可以表示为：

$$(N)_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} + K_{-m} \times 10^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i$$

其中， m 表示小数位的位数， n 表示整数位的位数， K_i 为 0~9。

2. 二进制 (Binary, 用 B 表示)

基数为 2 的数制为二进制，有 0、1 两个数字字符，逢二进一。

任何一个二进制数 N 可以表示为：

$$(N)_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 + K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-m} \times 2^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i$$

其中， m 表示小数位的位数， n 表示整数位的位数， K_i 为 0~1。

3. 十六进制 (Hexadecimal, 用 H 表示)

基数为 16 的数制为十六进制，有 0~9、A、B、C、D、E、F 十六个数字字符，其中 A~F 分别表示 10~15，逢十六进一。

任何一个十六进制数 N 可以表示为：

$$(N)_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 + K_{-1} \times 16^{-1} + K_{-m} \times 16^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i$$

其中， m 表示小数位的位数， n 表示整数位的位数， K_i 为 0~F。

4. 数制间的转换

(1) 十进制 \leftrightarrow 二进制