

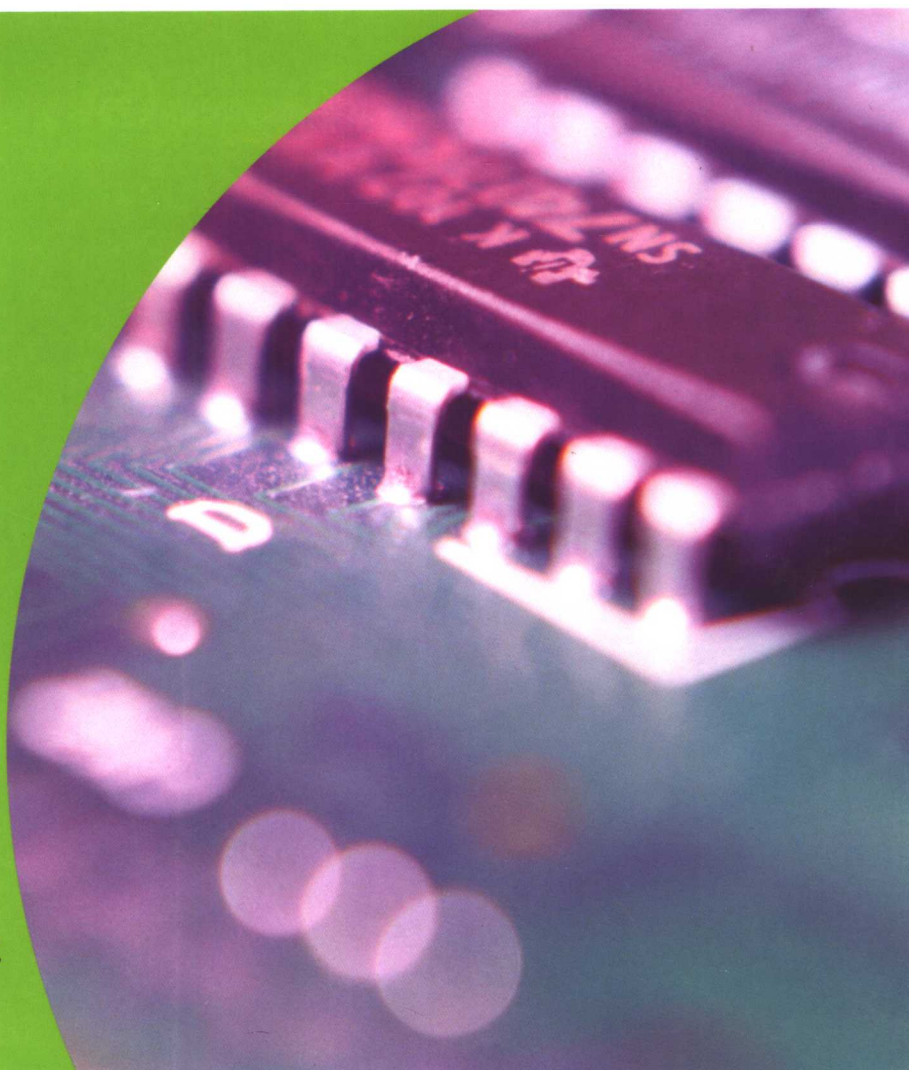
高职高专机电专业规划教材



单片机原理及应用

●主编 李传军

河南科学技术出版社



高职高专机电专业规划教材

单片机原理及应用

主 编 李传军

河南科学技术出版社

·郑州·

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/李传军主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2006. 2

(高职高专机电专业规划教材)

ISBN 7-5349-3440-0

I. 单… II. 李… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 002069 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

责任编辑: 孙 彤

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 河南第一新华印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 21.25 字数: 490 千字

版 次: 2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1—4 000

定 价: 29.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《高职高专机电专业规划教材》编审委员会名单

主 任 李 华

副主任 (按姓氏笔画排序)

王林鸿	王朝庄	田 坤	杨星钊	李学雷
张 勤	苏海青	郝小会	侯继红	顾文明
陶 昆	彭志宏	薛培军		

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉中	王丽霞	王林鸿	王朝庄	田 坤
史艳红	宁玉伟	刘好增	刘静香	李 华
李传军	李学雷	杨星钊	吴振亭	张 勤
张洪峰	张淑贤	肖 珑	苗志毅	苏海青
郝小会	侯继红	陶 昆	顾文明	常家东
康宝来	梁南丁	彭志宏	熊运昌	薛培军

《单片机原理及应用》编委名单

主 编 李传军

副主编 李小强 胡满红 王亦军
王立萍 蔡正科

编 委 (按姓氏笔画排序)

付德永 刘春哲 李翰臣
张春青

主 审 庞思勤

序

高等职业技术教育是我国高等教育体系的重要组成部分。从上世纪 90 年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都接近于占高等教育总规模的半壁江山。自 2002 年 10 月以后,教育部连续召开了三次全国高等职业教育产学研合作研讨会,明确指出高等职业技术教育要“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”,为高等职业技术教育的发展指明了方向。2005 年 11 月,全国职业教育工作会议召开,会议提出要大力发展中国特色的职业教育,国务院印发了《关于大力发展职业教育的决定》。根据会议的精神,到 2010 年,我国高等职业教育招生规模要占高等教育招生规模的一半以上。

高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路,调整经济结构和转变增长方式,提供高素质技能型人才的任務。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。面对这一形势,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法;大力推进精品专业、精品课程和教材建设;高度重视实践和实训环节教学;与企业紧密联系,加强学生的生产实习和社会实践,取得了许多成功的经验。近几年来,河南省的高职高专院校抓住机遇,主动面向社会,服务经济建设与社会发展,积极推进教学改革,加强教学基本建设,探索新的人才培养模式,形成了许多在全国具有重要影响的高等职业技术教育教学成果,许多高职高专院校在全国具有较高的知名度。

但是高等职业技术教育的发展并不平衡。由于发展速度快,一部分新举办的院校对高等职业技术教育的本质规律仍在认识过程中,对专业建设、教学内容改革还在逐步探索之中。因此,总结成功的经验,把高等职业技术教育发展的成果以教材的形式固化,在更多的院校得以推广,无疑是一件非常有意义的事情。服务于地方经济建设,人才培养模式多样化是高等职业技术教育的特征之一,编写符合地方人才培养特色要求的高职高专教材也是高等职业技术教育发展的需要。教育部在《关于申报“普通高等教育‘十一五’国家级教材规划”选题的通知》中也明确提出了教材规划制定的四个原则,即:(1)坚持分类指导的原则。编写适应不同层次、不同类型院校的教材。(2)坚持多样性的原则。鼓励编写具有不同风格和特色的教材。(3)坚持新编与修订

相结合的原则。鼓励根据学科的发展、社会对人才的需要和人才培养的实践编写新教材。(4) 坚持突出重点的原则。基础课、专业基础课是提高质量的关键,应当加强教材建设。根据这一精神,河南科学技术出版社抓住这一时机,组织编写高职高专机电类教材,对于高等职业技术教育将起到展示成果和实力,推动教学改革与教学基本建设,促进发展的重要作用。

这一系列教材共 16 种,涵盖了机电类专业的专业基础课和主干课,在编写过程中,贯彻了高等职业技术人才培养的基本要求,对传统的课程体系进行了有效的整合,突出了技能培养和理论知识的应用能力培养,精简了理论内容;对专业技术内容进行了及时的更新,反映了技术发展的水平,同时结合行业的特色,缩短了学生专业技术技能与生产一线的距离,具有鲜明的高等职业技术教育人才培养特色。参加系列教材编写的各位作者都是长期从事高职高专教学工作的教师,在教学实践中结合各校的实际情况积累了丰富的经验,对高等职业技术人才的培养和机电类专业的课程体系、教学内容的改革具有深刻的理解,形成了自己的特色。这些经验和成果必定能在教材中得到反映。我们期待着有特色、高质量的高职高专机电类系列教材的诞生。相信经过不断的完善,这一系列教材将能够成为高职高专教材的精品。

李 华

2006 年 1 月 6 日

前 言

本书是高职高专规划教材。在编写过程中,根据高职高专的教学特点,选材注意实用性,突出应用能力的培养。

本书以 MCS—51 单片机为主线,从实用角度出发,第 1 章阐述了计算机的基础知识;第 2 章介绍了单片机的硬件结构与功能;第 3 章和第 4 章介绍了 MCS—51 单片机的指令系统和汇编语言程序设计方法;第 5 章介绍了中断和定时器/计数器;第 6 章介绍了串行通信,并以实训的形式对各种通信进行了详细介绍和应用举例;第 7 章介绍了 MCS—51 单片机的扩展与接口技术,包括存储器的扩展,可编程并行 I/O 接口的扩展,键盘和显示接口电路,数模、模数的转换及接口设计;第 8 章主要是利用 MCS—51 单片机进行机电系统的应用举例,包括单片机系统设计概要、步骤和方法等,可以作为课程设计或应用系统设计的参考;第 9 章选择了单片机的基本实验;附录介绍了典型芯片的引脚图和常用 EPROM 固化电压参考表等内容。另外,各章还配备了丰富的例题、习题和思考题。

本书第 1 章由李翰臣编写,第 2 章由蔡正科编写,第 3、4 章由李传军编写,第 5 章由李小强编写,第 6 章由王立萍编写,第 7 章由王亦军编写,第 8 章由胡满红编写,第 9 章由张春青和刘春哲编写,附录由付德永编写。本书由李传军任主编,李小强、胡满红、王亦军、王立萍和蔡正科任副主编,全书由李传军进行统稿。

本书承北京理工大学庞思勤教授主审,提出了许多宝贵意见和建议。在此表示感谢。

由于编者水平有限且成书仓促,难免有疏漏、欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 2 月

目 录

第1章 微型计算机基础	1
1.1 单片机的发展和应用	1
1.1.1 单片机的发展概况及趋势	1
1.1.2 单片机系统的特点及应用	4
1.2 典型单片机简介	5
1.2.1 8 位单片机的主要生产厂家和机型	5
1.2.2 MCS—51 系列单片机	7
1.3 单片机的数制、码制与编码	9
1.3.1 进位计数制	9
1.3.2 码制转换	15
1.3.3 二进制编码	18
1.4 半导体存储器	19
1.4.1 半导体存储器分类	19
1.4.2 ROM	19
1.4.3 RAM	20
1.4.4 半导体存储器容量与主要参数	20
思考与练习	21
 第2章 MCS—51 单片机硬件结构与功能	23
2.1 概述	23
2.1.1 单片机及单片机应用系统	23
2.1.2 MCS—51 单片机系列	25
2.2 8051 单片机的结构和原理	26
2.2.1 8051 单片机的结构	26
2.2.2 8051 单片机的引脚	30
2.2.3 8051 单片机存储器	33
2.3 8051 单片机工作方式	37
2.3.1 复位方式	37

2.3.2	程序执行方式	38
2.3.3	省电方式	38
2.3.4	EPROM 编程和校验方式	39
2.4	8051 时钟电路与时序	40
2.4.1	振荡器与时钟电路	40
2.4.2	时序	41
	思考与练习	42
第3章	MCS—51 单片机指令系统	44
3.1	概述	44
3.1.1	机器语言、汇编语言和高级语言	44
3.1.2	指令格式	45
3.1.3	MCS—51 单片机指令系统综述	45
3.2	MCS—51 单片机指令系统的寻址方式	46
3.2.1	立即寻址	46
3.2.2	直接寻址	47
3.2.3	寄存器寻址	47
3.2.4	寄存器间接寻址	47
3.2.5	基址加变址寻址	48
3.2.6	相对寻址	48
3.2.7	位寻址	49
3.3	MCS—51 单片机指令系统	49
3.3.1	数据传送类指令	49
3.3.2	算术运算类指令	52
3.3.3	逻辑运算类指令	54
3.3.4	位操作数指令	57
3.3.5	控制转移类指令	59
3.4	伪指令	63
3.5	汇编编译器的使用	65
3.5.1	单片机开发系统基本功能	65
3.5.2	单片机开发系统的分类和选择	66
3.5.3	E6000 系列仿真器特点	67
3.5.4	E6000 系列仿真器使用方法	69
3.5.5	E6000 系列仿真器应用举例	81
	思考与练习	87
第4章	MCS—51 单片机汇编语言程序设计	90
4.1	概述	90



4.1.1 汇编语言程序设计的步骤	90
4.1.2 汇编语言编程的注意事项	91
4.2 基本结构程序设计	91
4.2.1 顺序结构程序设计	92
4.2.2 分支结构程序设计	94
4.2.3 循环结构与循环结构程序设计	97
4.3 子程序设计和参数传递	104
4.3.1 子程序设计	104
4.3.2 参数传递	105
4.4 查表程序设计	110
4.5 码制转换	113
4.5.1 二进制码与 ASCII 码的转换	113
4.5.2 十六进制码与 ASCII 码的转换	114
4.5.3 二进制码与 BCD 码的转换	115
思考与练习	117
第5章 中断和定时器/计数器	120
5.1 中断	120
5.1.1 中断系统概述	120
5.1.2 MCS—51 的中断请求源	123
5.2 中断控制	123
5.2.1 定时器控制寄存器 TCON	124
5.2.2 串行接口控制寄存器 SCON	124
5.2.3 中断允许控制寄存器 IE	125
5.2.4 中断优先级控制寄存器 IP	125
5.2.5 中断响应过程	126
5.3 多个外部中断源系统的应用	127
5.3.1 中断请求的撤除	127
5.3.2 外部中断的应用	128
5.3.3 中断、查询结合法	129
5.3.4 用优先权编码器扩展外部中断源	131
5.4 定时器/计数器	133
5.4.1 工作方式控制寄存器 TMOD	134
5.4.2 定时器控制寄存器 TCON	135
5.4.3 定时器/计数器的工作方式	135
5.4.4 定时器/计数器的初始化	141
5.4.5 定时器/计数器工作方式举例	143
5.5 定时器/计数器编程和应用	145

5.5.1	定时器/计数器作为外部中断源的方法	145
5.5.2	定时器/计数器在中断应用中初值的恢复	145
5.5.3	电子琴应用	147
5.5.4	电子时钟应用	151
思考与练习		156
第6章	单片机的串行通信	158
6.1	串行通信的概念	158
6.1.1	串行通信的基本方式	158
6.1.2	串行通信的波特率 (Baud Rate)	159
6.2	串行通信的结构及工作方式	160
6.2.1	串行通信的结构	160
6.2.2	串行通信的工作方式	161
6.2.3	串行通信的接口标准	163
6.2.4	双机通信	169
6.2.5	多机通信	169
6.3	串行接口的应用	171
6.3.1	串行接口扩展显示器训练	171
6.3.2	串行接口扩展键盘训练	172
6.4	串行通信技术	174
6.4.1	双机通信训练	174
6.4.2	用电流环实现的远距离通信训练	179
6.4.3	计算机与单片机的通信训练	179
思考与练习		186
第7章	MCS—51 系统扩展与接口技术	188
7.1	存储器扩展技术	189
7.1.1	MCS—51 单片机外部存储器的扩展	189
7.1.2	片外 ROM 存储器扩展举例	191
7.1.3	片外 RAM 存储器扩展举例	194
7.2	I/O 接口扩展技术	195
7.2.1	I/O 接口扩展概述	195
7.2.2	MCS—51 单片机对可编程并行 I/O 芯片 8255A 的扩展	196
7.2.3	MCS—51 单片机对可编程并行 I/O 芯片 8155 的扩展	202
7.2.4	MCS—51 与 8253 的接口	208
7.3	键盘和显示接口	214
7.3.1	键盘接口工作原理	214
7.3.2	单片机对非编码键盘的控制方式	215



7.3.3	七段 LED 显示工作原理	221
7.3.4	动态显示程序设计	225
7.3.5	可编程键盘/显示器接口芯片 8279	226
7.4	模拟量与数字量转换电路接口技术	235
7.4.1	概述	235
7.4.2	D/A 转换	235
7.4.3	A/D 转换	240
7.4.4	模拟量与数字量转换中的若干应用技术	243
	思考与练习	245
第 8 章	MCS—51 单片机应用系统设计	247
8.1	MCS—51 单片机应用系统开发的原则与步骤	247
8.1.1	单片机系统开发的基本原则	247
8.1.2	单片机系统开发的基本步骤	248
8.2	实时时钟系统设计	250
8.2.1	设计要求	250
8.2.2	总体方案	251
8.2.3	硬件设计	252
8.2.4	DS1302 简介	253
8.2.5	软件设计	255
8.2.6	系统调试与脱机运行	256
8.2.7	相关软件	257
8.3	单片机可靠性设计	262
8.3.1	单片机抗干扰设计	262
8.3.2	硬件可靠性设计	263
8.3.3	系统监控芯片 X5045 介绍	264
8.3.4	软件可靠性措施	267
8.4	液晶显示系统设计	270
8.4.1	OCM4X8C 简介	270
8.4.2	OCM4X8C 的引脚定义和用户指令集	271
8.4.3	OCM4X8C 的字符显示	273
8.4.4	OCM4X8C 的应用说明	274
8.4.5	OCM4X8C 的接口方式与时序	274
8.4.6	OCM4X8C 的应用实例	275
8.5	数据采集系统——单片机的温度控制系统	278
8.5.1	单片机温控系统的基本组成和工作原理	278
8.5.2	硬件设计	278
8.5.3	软件设计	279

思考与练习	281
第9章 MCS—51 单片机控制系统实验	284
9.1 仿真系统介绍	284
9.2 MCS—51 单片机指令系统学习	286
9.3 中断和定时器/计数器实验	292
9.4 8255A 可编程并行 I/O 接口实验	294
9.5 A/D、D/A 转换实验	296
9.6 步进电机控制实验	298
9.7 8279 键盘和显示控制实验	301
附录	304
附录 I MCS—51 系列单片机指令系统表	304
附录 II 常用接口芯片引脚图	311
附录 III ASCII (美国信息交换标准码) 表	321
附录 IV 常用 EPROM 固化电压参考表	322
参考文献	325

第 1 章

微型计算机基础

1.1 单片机的发展和应用

单片微型计算机 (Single-Chip Microprocessor) 是微型计算机 (Microcomputer, 简称微机) 的一个重要分支, 也是一种非常活跃和颇具生命力的机种。单片微型计算机简称单片机, 特别适用于工业控制领域, 因此又称为微控制器 (Microcontroller)。

通常, 单片机由单块集成电路芯片构成, 内部包含有计算机的五大基本功能部件: 控制器、运算器、存储器和输入/输出 (Input/Output, 简称 I/O) 接口电路。因此, 单片机只需要和适当的软件及外部设备相结合, 便可成为一个单片机控制系统。

1.1.1 单片机的发展概况及趋势

1. 单片机的发展概况 1971 年微处理器研制成功不久, 就出现了单片微型计算机即单片机, 但最早的单片机是 1 位的, 处理能力有限。

单片机的发展可分为 4 个阶段:

第一阶段 (1974 ~ 1976 年): 单片机初级阶段。因为受工艺限制, 单片机采用单片的形式而且功能比较简单。例如美国仙童公司生产的 F8 单片机, 实际上只包括了 8 位 CPU (中央处理单元, Central Processing Unit 的简称)、64 个字节的 RAM (随机存储器, Random Access Memory 的简称) 和 2 个并行接口。

第二阶段 (1976 ~ 1978 年): 低性能单片机阶段。以 Intel 公司制造的 MCS—48 系列单片机为代表, 该系列单片机片内集成有 8 位 CPU、8 位定时器/计数器、并行 I/O 接口、RAM 和 ROM (只读存储器, Read-Only Memory 的简称) 等, 但是最大的缺点就是无串行接口, 中断处理比较简单而且片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4KB。

第三阶段 (1978 ~ 1983 年): 高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行接口, 多级中断系统, 16 位定时器/计数器, 片内 ROM、RAM 容量加大, 且寻址范围可达 64KB, 有的片内还带有 A/D 转换器。这类单片机的典型代表是 Intel 公司的 MCS—51 系列的 8051、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机的性能价格比高, 所以直到现在仍被广泛应用, 是目前应用数量较多的单片机。

第四阶段 (1983 年至今): 8 位单片机巩固发展以及 16 位单片机、32 位单片机推

出阶段。此阶段的主要特征是：一方面发展 16 位单片机、32 位单片机及专用型单片机；另一方面不断完善高档 8 位单片机，改善其结构，增加片内器件，以满足不同的用户需要。16 位单片机的典型产品，如早期 Intel 公司生产的 MCS—96 系列单片机，片内带有多通道 10 位逐次逼近比较式 A/D 转换器和高速输入/输出部件（HSI/HSO），实时处理的能力很强；再如近几年 TI 公司推出的 MSP430 系列低功耗的 16 位单片机，更是降低了功耗，可采用 1.8~3.6V 电压供电，并集成了更丰富的片内资源。而 32 位单片机除了具有更高的集成度外，其晶振已达 20MHz，这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机增快许多，性能比 8 位、16 位单片机更加优越，也能处理较复杂的图形和声音数据。

2. 单片机的发展趋势 8051 处理器内核自从诞生之日（20 世纪 70 年代末到 80 年代）起就基本停滞不前，而软件及外围电路的设计却并非如此，系统设计者不断地对基于 8051 的应用进行着改进和升级。这种“性能爬升”将现有的 8051 性能推向了极限。可是不幸的是，对于 8051 内核的改进却一直没有跟得上。这样看来，系统的设计者似乎不得不转向其他的处理器，并花费昂贵的代价去重新设计和更新系统。性能的瓶颈在于过时的内核设计。尽管外部晶振的速度最高可以达到 40MHz，传统的 8051 仍然需要 12 个时钟周期才能运行 1 个机器周期，每条指令需要 1~4 个机器周期，这意味着执行一条指令就需要少则 12 个、多则 48 个时钟周期。这样，即便是运行像 NOP 这样的单周期指令，吞吐率也被限制于仅有 3MIPS（Million Instructions Per Second 的缩写）。

从 20 世纪 90 年代初开始，购买了 Intel 公司 8051 内核的各个大厂商都开始积极地分析 8051 设计上的缺陷，并重新设计。而且设计的原则基本上都是按照一条绝对不变的准则——指令集和 8051 指令集操作码必须保持兼容。重新设计之后，各个大公司相继于 90 年代末推出了一系列完全符合 8051 指令集的高性能 8 位单片机，有的只需要 4 个时钟周期就能运行 1 个机器周期，这样在晶振不变的情况下，吞吐率为原来的 3 倍。而且大多数新型芯片内部都集成了大量的功能器件，极大地提升了 8051 内核单片机的应用范围，并减少了老产品改进的成本。

总的来说，单片机的发展趋势是向大容量、高性能化、外围电路内装化等方面发展。为满足不同的用户要求，各公司竞相推出了能满足不同需要的产品。

下面从不同角度介绍一下单片机的发展趋势：

（1）CPU 的改进：主要是提高 CPU 的处理字长或提高时钟频率。采用双 CPU 结构，这样可以提高处理能力，还有一些改进了系统的设计，提升了系统速度；高性能单片机增加数据总线宽度，内部采用 16 位或 32 位数据总线，这样其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机；16 位和 32 位单片机大多采用了流水线结构，指令以队列形式出现在 CPU 中，且具有很快的运算速度，尤其适合于作数字信号处理用；大多数单片机的总线接口采用串行总线结构，如 I²C 总线，该总线是用 3 条数据线代替现行的 8 位数据总线，从而大大地减少了单片机引线，降低了单片机的成本，目前许多公司都在积极开发此类产品。

（2）存储器的扩展：主要是存储容量的扩展。现在的半导体技术更新越来越快，



早期使用的 EEPROM 都已被 Flash 存储器所替代, 这样不仅大大提高了程序固化的速度, 而且程序的擦写次数也高达 10 万次; 对于 8051 内核的单片机片内的程序存储器容量从 1KB 到 64KB 都有, 甚至部分单片机内部程序存储器的容量超过 128KB, 这也简化了外围电路的设计。对于 16 位和 32 位单片机来说只要制造条件允许, 就可以集成更多的程序存储器。

(3) 片内 I/O 的改进: 一般单片机都有较多的并行接口, 以满足外围设备、芯片扩展的需要; 并配有串行接口, 以满足多机通讯功能的要求。

①增加并行接口的驱动能力。这样可减少外部驱动, 例如, 有的单片机能直接输出大电流和高电压, 以便能直接驱动 LED 和 LCD (液晶显示器)。

②增加 I/O 接口的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 都能进行逻辑操作。中、高档单片机的位处理系统能够对 I/O 接口进行位寻址及位操作, 大大地加强了 I/O 接口线控制的灵活性。

③有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能, 为构成网络化系统提供了方便条件。

(4) 外围电路内装化: 随着集成度的不断提高, 有可能把众多的外围功能器件集成在片内。这也是单片机发展的重要趋势。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外, 随着单片机档次的提高, 以适应检测、控制功能更高的要求, 片内集成的部件还有模/数转换器 (A/D 转换器)、数/模转换器 (D/A 转换器)、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等。

随着集成电路技术及工艺的不断发展和完善, 能装入片内的外围电路也可以是大规模的, 把所需的外围电路全部装入单片机内, 即系统的单片化是目前单片机发展的趋势之一。

(5) 低功耗化: MCS—51 系列的 8031 推出时功耗达 630mW, 而现在的单片机普遍都在 100mW 左右, 随着对单片机要求功耗越来越低, 现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺), 如 80C51 就采用了 HMOS (高密度金属氧化物半导体工艺) 和 CHMOS (互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低, 但由于其物理特性决定其工作速度不够高, 而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点, 这些特性更适合于在要求低功耗像电池供电的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

目前 8 位单片机中有 1/2 的产品已 CMOS 化, 这类单片机普遍配有 Wait 和 Stop 两种工作方式。例如, 采用 CHMOS 工艺的 MCS—51 系列单片机 80C31/80C51/87C51 在正常运行 (5V, 12MHz) 时, 工作电流为 16mA; 同样条件下用 Wait 方式工作时, 工作电流则为 3.7mA; 而用 Stop (2V) 方式工作时, 工作电流仅为 50nA。

纵观单片机几十年的发展历程, 单片机的今后发展方向将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内存储器容量增加和 Flash 存储器化方向发展。但其位数不一定会继续增加, 尽管现在已经有了 32 位单片机, 但使用的并不多。可以预言, 今后的单片机将是功能更强、集成度和可靠性更高而功耗更低, 以及使用更方便。