

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DANPIANJI YUANLI JI JIEKOU JISHU

单片机原理 及接口技术

温宗周 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



35

DANPIANJI YUANLI JI JIEKOU JISHU

单片机原理 及接口技术

主 编 温宗周
编 写 孟建华 赵 宁
主 审 薛钧义



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书分为12章, 主要内容包括单片计算机概述、MCS-51系列单片机硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计知识、中断概念和中断逻辑、定时器/计数器、串行口原理及应用、C51基础、单片机系统的扩展、人机通道配置与接口技术、单片机最新接口技术实例、MCS-51系列单片机应用举例。本书的特点是深入浅出、概念清楚、叙述详细, 内容具有系统性、先进性和实用性。

本书可作为高等院校自动化、电子信息、计算机应用、机电一体化等专业的单片机课程本科教材, 也可作为高职高专及函授教材, 同时可作为工程技术人员的单片机应用技术参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及接口技术/温宗周主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-9118-2

I. 单… II. 温… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口—高等学校—教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 116957 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年8月第一版 2009年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 22.75印张 558千字

定价 36.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

单片微型计算机又称为微控制器，它是一种面向控制的大规模集成电路芯片。在全世界的年产量已超过 100 亿片，其应用领域日益扩大，在我国的年用量也有大约 10 亿片。单片机的应用技术已成为一项新的工程应用技术。

随着电子技术的迅猛发展和超大规模集成电路设计以及制造工艺的进一步提高，单片机技术有了迅速发展，并且已经渗透到国防尖端、工业、农业及日常生活的各个领域。在智能仪器仪表、工业检测控制、电力电子、汽车电子、机电一体化等方面都得到了广泛的应用，并取得了巨大的成果。以 MCS-51 单片机基本内核为核心的各种扩展型、增强型的单片机不断推出，特别是美国 ATMEL 公司、荷兰 PHILIPS 公司、德国西门子公司、美国 DALLAS 公司等生产的与 MCS-51 兼容的单片机，使得该系列的单片机具有种类多、规格齐、资料全、应用广、适应性强等特点。在今后若干年内，MCS-51 单片机在嵌入式系统应用中都将占据主要地位，也是我国单片机应用领域的主流机型。

单片机是当今各种新技术的载体，各个应用领域的工程技术人员都迫切地需要掌握这一技术。单片机课程是高等院校中自动化、电子信息、计算机应用、机电一体化及其他工程类专业必修课程。为了适应单片机原理及接口课程教学内容的不断变化，使初学者尽快掌握单片机技术的应用，编者根据近二十年来单片机原理及应用教学、科研方面的经验及体会，以 MCS-51 系列单片机为主、本着深入浅出的原则编写了本书，以期使以本书为教材的学生对 MCS-51 单片机的主要技术能深入理解、牢固掌握、灵活应用，使用本书自学的读者更易于理解、掌握和应用单片机关键性技术，同时能够对正在从事单片机系统设计、具有一定实践经验的工程技术人员有所帮助。

本书共分 12 章：第 1 章为微机基础知识；第 2 章介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构和时序；第 3 章介绍了 MCS-51 单片机指令系统；第 4 章介绍了汇编语言程序设计；第 5 章介绍了 MCS-51 单片机中断系统；第 6 章介绍了 MCS-51 单片机定时器及应用；第 7 章介绍了 MCS-51 单片机串行口及应用；第 8 章介绍了 MCS-51 单片机 C51 程序设计方法；第 9 章介绍了单片机系统的扩展方法；第 10 章介绍了单片机人机通道接口技术；第 11 章介绍了单片机新型接口技术；第 12 章为单片机应用系统设计实例。

本书由温宗周主编。第 2、9、10、11、12 章由温宗周编写，第 1、5、6、7 章由孟建华编写，第 3、4、8 章由赵宁编写。西安交通大学电气工程学院博士生导师薛钧义教授审阅了全书，并提出了许多宝贵的意见和建议。武桐老师、赵硕伟、张虎山等同学协助做了许多图文处理工作，武桐老师主持编写了配套的多媒体课件。在本书编写过程中得到了中国电力出

版社的大力支持，在本书出版之际，编者对在本书编写过程中给予帮助的所有人员表示真诚的感谢。本书参考和引用了参考文献中所列教材和著作中的有关内容，在此向原作者表示感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

2009年6月



目 录

前言

第 1 章 单片计算机概述	1
1.1 微型计算机、单板机与单片机	1
1.2 单片机的特点和应用	2
1.3 单片机的历史与发展	4
1.4 单片机主要产品简介	6
习题.....	8
第 2 章 MCS-51 系列单片机硬件结构	9
2.1 MCS-51 系列单片机的主要性能特点	9
2.2 MCS-51 系列的内部总体结构	10
2.3 MCS-51 系列的引脚功能描述	11
2.4 存储器配置.....	13
2.5 振荡器、时钟电路和 CPU 时序	20
2.6 输入/输出端口	22
2.7 定时器/计数器	27
2.8 串行接口.....	29
2.9 单步操作.....	30
2.10 复位操作	31
2.11 低功耗操作方式	32
2.12 编程、程序验证与加密	35
2.13 布尔处理机	36
习题	36
第 3 章 指令系统	39
3.1 汇编语言.....	39
3.2 寻址方式.....	41
3.3 指令系统.....	46
习题	67
第 4 章 汇编语言程序设计知识	70
4.1 编程的步骤、方法和技巧.....	70
4.2 汇编语言源程序的编辑与汇编.....	84
习题	88
第 5 章 中断概念和中断逻辑	90
5.1 中断的基本概念.....	90
5.2 中断源和中断逻辑.....	92

5.3	中断相关的寄存器	94
5.4	中断处理	96
5.5	中断程序举例	100
	习题	101
第6章	定时器/计数器	103
6.1	MCS-51 系列单片机定时器/计数器 T0 和 T1 的特性	103
6.2	定时器/计数器 T0 和 T1 相关的寄存器	103
6.3	T0 和 T1 模块的电路结构和工作原理	105
6.4	定时器/计数器的 4 种工作方式	108
6.5	定时器/计数器 2	112
6.6	定时器/计数器应用举例	114
	习题	118
第7章	串行口原理及应用	120
7.1	串行数据通信概述	120
7.2	80C51 串行口及控制	121
7.3	串行口的工作方式	124
7.4	多处理机通信方式	129
7.5	串行口的应用	131
	习题	142
第8章	C51 基础	144
8.1	C51 的程序结构及编译环境	144
8.2	C51 的数据类型与存储类型	146
8.3	AT89S52 结构的 C51 定义	148
8.4	C51 和汇编语言的混合编程	151
8.5	C51 程序设计举例	156
8.6	程序调试与下载运行	158
	习题	161
第9章	单片机系统的扩展	162
9.1	概述	162
9.2	单片机的外部并行扩展	167
9.3	可编程 I/O 接口的扩展	173
	习题	184
第10章	人机通道配置与接口技术	186
10.1	单片机应用系统中的人机通道	186
10.2	按键、键盘及其接口	187
10.3	显示与显示器接口	204
10.4	微型打印机接口技术	230
10.5	语言接口	234
	习题	235

第 11 章 单片机最新接口技术实例	237
11.1 串行 E ² PROM 的类型及应用	237
11.2 数据采集及简单程序控制	246
11.3 显示及显示器接口	254
11.4 USB 接口及其应用	282
11.5 73K222AL 单片式调制解调器	300
11.6 网络芯片 PS2000A 接口及其应用	312
第 12 章 MCS-51 系列单片机应用举例	329
12.1 单片机应用系统的一般设计过程	329
12.2 应用系统结构及其设计内容	330
12.3 交通信号灯模拟控制	333
12.4 步进电机控制	334
12.5 电力系统负载电流的数据采集与远端再现	339
12.6 倒计时器的设计	343
附录 A MCS-51 系列指令集	350
附录 B MCS-51 系列指令速查表	354
参考文献	356

第1章 单片计算机概述

1.1 微型计算机、单板机与单片机

当代的计算机是微电子学与计算数学相结合的产物。微电子学的基本元件及其集成电路构成了它的硬件基础；而计算数学的计算方法与数据结构则成为计算机的软件基础。

自从1945年底世界上第一台电子数字计算机ENIAC诞生至今，已有60多年了，计算机技术取得了异常迅猛的发展。由电子管、晶体管、集成电路以至第四代的超大规模集成电路计算机，都与微电子技术的进步密切相关，且以所采用的逻辑元件作为划分代的标志。微型计算机正是大规模集成电路孕育的产物。

一个典型的数字计算机系统应包括运算器、控制器、数据与程序存储器、输入输出接口四大部分。如果把运算器与控制器集成在一小块硅片上，则称该芯片为中央处理器CPU (Central Processing Unit)，或微处理器MPU (Micro Processing Unit 或 Microprocessor)。如果将其与大规模集成电路制成的主存储器、输入输出接口电路用总线结构联系起来，就构成了微型计算机。显然，单硅片的中央处理器CPU是微型计算机区别于大、中、小型计算机的主要结构特征。如果在一块晶体芯片上，能容纳上述一台数字计算机的四个基本组成部分，则这种芯片就被称为单晶片微型电脑或单片微型计算机。由此可见，一个只集成了中央处理器CPU的IC封装，只是微型计算机的一个组成部分。只有在一块硅片上包括了计算机的全部基本要素：CPU、ROM (或 EPROM)、RAM 和 I/O 接口，才能称得上是一台单片机。

微型计算机已被广泛地用于数值计算和工业控制之中。用于数据处理时，需要配上相应的外围设备如显示器 (CRT)、键盘及打印机等，组成所谓通用微型计算机系统 (Microcomputer System)。用于工业控制时，由于控制对象是五花八门的，因而不可能设计出一个通用的控制计算机。一般只提供由上述四部分组成的基本计算机系统以尽量缩小机器的体积，用户则可根据需要增加相应的过程通道如模拟量输入输出通道、开关量输入输出通道等，组成各自的计算机控制系统。国内出现的多种类型单板计算机正是出于这种考虑而均可直接用于控制系统中。一般单板机还具有简单的开发功能，可用来作为学习机。这种单板机由多片大规模集成电路元件组成，芯片都布置在一块印制电路板上，所以从结构上看，单板机实际上是一个单板、多片的微型计算机小系统。

随着大规模集成电路技术的飞跃发展以及实际应用的刺激，集成度更高，性能价格比更为优越，体积、质量大为减小的微型计算机——单片计算机便应运而生了。自Intel公司1976年9月率先推出MCS-48系列单片机后，各种类型和型号的单片微型计算机犹如雨后春笋，相继问世。世界上一些著名的器件公司如Motorola公司、Zilog公司等也竞相推出新产品。Intel公司在MCS-48系列单片机的基础上，又于20世纪80年代初推出了MCS-51系列单片微型计算机。和MCS-48系列相比，MCS-51系列无论在片内RAM，I/O口的功能、种类和数量上，还是在系统扩展功能、指令系统和CPU处理能力等方面都大大地加强了。此后1983年，Intel公司又推出了高性能的16位单片机MCS-96系列。由于采用了最新的

制造工艺，并使用了计算机辅助设计技术，使得集成度高达 12 万只管子/片，其运算速度、控制功能也大大提高了一步。由于 Intel 公司的单片机问世早，产品系列齐全、兼容性强；所以在世界各地得到了最广泛的应用。本书主要介绍 MCS-51 系列单片机的原理及应用。

MCS-51 是 Intel 公司推出的 8 位单片机系列。该系列有 8051、8052、8031、8032、8751 等多种产品，其中 8051、8052 带有片内 ROM，8751 带有片内 EPROM，8031、8032 无 ROM 需外接程序存储器。MCS-51 的典型产品为 8051，它有 $4K \times 8$ ROM，128B RAM，两个 16 位定时/计数器，4 个 8 位 I/O 口，一个串行口。MCS-51 系列具有很强的位寻址和运算功能，特别适合于控制应用的场合，因而又叫微控制器 (Microcontroller)。使用 MCS-51 系列来构成各种控制系统，可大大简化硬件结构，降低成本。MCS-51 系列中的 8031 单片机使用灵活，价格低廉，更适合推广应用，是本书介绍的重点，所以，书中在不特别使用 MCS-51 名词时，所用单片机一词实际上是指 8031 单片机而言的。

1.2 单片机的特点和应用

一、单片机的基本组成

单片机的结构特征是将组成计算机的基本部件集成在一块晶体芯片上，构成一台功能独特的、完整的单片微型计算机。图 1-1 所示为单片机的典型结构框图。

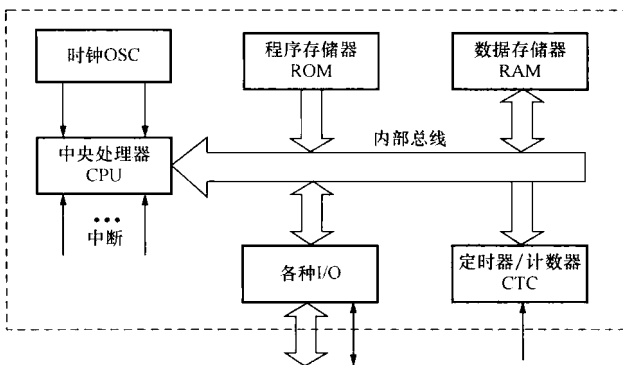


图 1-1 单片机的典型结构框图

下面简要介绍各组成部分。

(一) 中央处理器

单片机中的中央处理器 CPU 和通用微处理器基本相同，由运算器和控制器组成，另外增设了“面向控制”的处理功能，如位处理、查表、多种跳转、乘法运算、状态检测、中断处理等，增强了实时性。

(二) 存储器

单片机的存储器组织有两种基本结构。一种是普林斯顿 (Princeton) 结构，将程序和数据合用一个存储器空间，ROM 和 RAM 的地址同在一个空间里分配不同的地址；CPU 访问存储器时，一个地址对应唯一的一个存储单元，可以是 ROM，也可以是 RAM。另一种是将程序存储器和数据存储器截然分开，分别寻址的结构，称为哈佛 (Harvard) 结构；CPU 用不同的指令访问不同的存储器空间。由于单片机实际应用中“面向控制”的特点，一般需要较大的程序存储器。目前，包括 MCS-51 和 80C51 系列的单片机均采用程序存储器和数据存储器截然分开的哈佛结构。

(1) 数据存储器 (RAM)。在单片机中，用随机存取的存储器 (RAM) 来存储数据，暂存运行期间的数据、中间结果、缓冲和标志位等，所以称之为数据存储器。一般在单片机内部设置一定容量 (64B~256B) 的 RAM，并以高速 RAM 的形式集成在单片机内，以加快单片机的运行速度。同时，单片机内还把专用的寄存器和通用的寄存器放在同一片内 RAM 统一编址，以利于运行速度的提高。对于某些应用系统，还可以外部扩展数据存储器。

(2) 程序存储器 (ROM)。单片机的应用中常常将开发调试成功后的应用程序存储在程序存储器中, 因为不再改变, 所以这种存储器都采用只读存储器 ROM 的形式。

单片机内部的程序存储器常有以下几种形式。

1) 掩膜 ROM (Mask ROM): 它是由半导体厂家在芯片生产封装时, 将用户的应用程序代码通过掩膜工艺制作到单片机的 ROM 区中, 一旦写入后用户不能修改。所以它适合于程序已定型, 并大批量使用的场合。8051 就是采用掩膜 ROM 的单片机型号。

2) EPROM: 此种芯片带有透明窗口, 可通过紫外线擦除程序存储器的内容。应用程序可通过专门的写入器脱机写入到单片机中, 需要更改时可通过紫外线擦除后重新写入。8751 就是采用 EPROM 的单片机型号。

3) ROMLESS: 这种单片机内部没有程序存储器, 使用时必须在外部并行扩展一片 EPROM 作为程序存储器。8031 就是 ROMLESS 型的单片机。

4) OTP (One Time Programmable, ROM): 这是用户一次性编程写入的程序存储器。用户可通过专用的写入器将应用程序写入 OTP ROM 中, 但只允许写入一次。

5) Flash ROM (MTP ROM, 闪速存储器): 这是一种可由用户多次编程写入的程序存储器。它不需紫外线擦除, 编程与擦除完全用电实现, 数据不易挥发, 可保存 10 年。编程、擦除速度快, 4KB 编程只需数秒, 擦除只需 10ms。例如 AT89 系列单片机, 可实现在线编程, 也可下载。这是目前大力发展的一种 ROM, 大有取代 EPROM 型产品之势。

(三) 并行 I/O 口

单片机为了突出控制的功能, 提供了数量多、功能强、使用灵活的并行 I/O 口。使用上不仅可灵活地选择输入或输出, 还可作为系统总线或控制信号线, 从而为扩展外部存储器和 I/O 接口提供了方便。

(四) 串行 I/O 口

高速的 8 位单片机都可提供全双工串行 I/O 口, 因而能和某些终端设备进行串行通信, 或者和一些特殊功能的器件相连接。

(五) 定时器/计数器

在实际的应用中, 单片机往往需要精确地定时, 或者需对外部事件进行计数, 因而在单片机内部设置了定时器/计数器电路, 通过中断, 实现定时/计数的自动处理。

二、单片机的特点

单片机独特的结构决定了它具有如下特点。

(一) 高集成度、高可靠性

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上, 集成度很高, 体积自然也是最小的。芯片本身是按工业测控环境要求设计的, 内部布线很短, 其抗工业噪声性能优于一般通用的 CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中不易破坏, 许多信号通道均在一个芯片内, 故可靠性高。

(二) 控制功能强

为了满足对对象的控制要求, 单片机的指令系统均有极丰富的条件, 如分支转移能力、I/O 口的逻辑操作及位处理能力, 非常适用于专门的控制功能。

(三) 低电压、低功耗

为了满足广泛使用于便携式系统, 许多单片机内的工作电压仅为 1.8~3.6V, 而工作电

流仅为数百微安。

（四）优异的性能价格比

单片机的性能极高。为了提高速度和运行效率，单片机已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。单片机的寻址能力也已突破 64KB 的限制，有的已达到 1MB 和 16MB，片内的 ROM 容量可达 62MB，RAM 容量则可达 2MB。由于单片机的广泛使用，因而其销量极大，各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉，其性能价格比极高。

三、单片机的应用

由于单片机功能的飞速发展，其应用范围日益广泛，已远远超出了计算机科学的领域。小到玩具、信用卡，大到航天器、机器人，从实现数据采集、过程控制、模糊控制等智能系统到人类的日常生活，到处都离不开单片机。其主要的应用领域如下。

（一）在测控系统中的应用

单片机可以用于构成各种工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等。例如，工业上的锅炉控制、电机控制、车辆检测系统、水闸自动控制、数控机床及军事上的雷达、导弹系统等。

（二）在智能化仪器仪表中的应用

单片机应用于仪器仪表设备中促使仪器仪表向数字化、智能化、多功能化和综合化等方向发展。单片机的软件编程技术使长期以来测量仪表中的误差修正、线性化的处理等难题迎刃而解。

（三）在机电一体化中的应用

单片机与传统的机械产品结合使传统的机械产品结构简化，控制走向智能化，构成了新一代的机电一体化产品。这是机械工业发展的方向。

（四）在智能接口中的应用

计算机系统，特别是较大型的工业测控系统中采用单片机进行接口的控制管理，单片机与主机并行工作，可大大提高系统的运行速度。例如，在大型数据采集系统中，用单片机对模/数转换接口进行控制不仅可提高采集速度，还可以对数据进行预处理。如数字滤波误差修正、线性化处理等。

（五）在人类生活中的应用

单片机由于其价格低廉、体积小，被广泛应用于人类生活的诸多场合，如洗衣机、电冰箱、空调器、电饭煲、视听音响设备、大屏幕显示系统、电子玩具、信用卡、楼宇防盗系统等。单片机将使人类的生活更加方便舒适，丰富多彩。

1.3 单片机的历史与发展

一、单片机的发展概况

单片机出现的历史并不长，它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体上同步。

1970 年微型计算机研制成功后，随即在 1971 年，美国 Intel 公司生产出了 4 位单片机 4004，其特点是结构简单、功能单一、控制能力较弱，但价格低廉。1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机，其以体积小、功能全、价格低等特点获得了广泛的应用，成为单片机发展进程中的一个重要阶段，此可谓是第一代单片机。

在 MCS-48 系列单片机的基础上, Intel 公司在 20 世纪 80 年代初推出了第二代单片机的代表——MCS-51 系列单片机。这一代单片机的主要技术特征是为单片机配置了完美的外部并行总线和串行通信接口, 规范了特殊功能寄存器的控制模式, 以及为增强控制功能而强化布尔处理系统和相关的指令系统, 为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

近几年出现了具有许多新特点的单片机的, 可称之为第三代单片机。它以新一代的 80C51 系列单片机为代表, 同时 16 位单片机也有很大发展。

尽管目前单片机品种繁多, 但其中最为典型的仍当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。其功能强大, 兼容性强, 软硬件资料丰富, 国内也以此系列的单片机应用最为广泛。直到现在 MCS-51 系列仍不失为单片机中的主流机型。在今后相当长的时间内, 单片机应用领域中的 8 位机主流地位还不会改变。

二、单片机的主要技术发展方向

综观单片机 20 多年的发展过程, 再从半导体集成电路技术的发展和微电子设计技术的发展, 可以预见未来单片机技术发展的趋势。单片机将朝着大容量高性能化、小容量低价格化、外围电路的内装化以及 I/O 接口功能的增强、功耗降低等方向发展。

(一) 单片机的大容量化

单片机内存储器容量进一步扩大。以往片内 ROM 为 1~8KB, RAM 为 64~256B。现在片内 ROM 可达 40KB, 片内 RAM 可达 4KB, I/O 也不需再外加扩展芯片。OTP ROM、Flash ROM 成为主流供应状态。而随着单片机程序空间的扩大, 在空余空间可嵌入实时操作系统 RTOS 等软件, 这将大大提高产品的开发效率和单片机的性能。

(二) 单片机的高性能化

今后将不断改善单片机内 CPU 的性能, 加快指令运算速度, 提高系统控制的可靠性, 加强位处理功能、中断与定时控制功能; 并采用流水线结构, 指令以队列形式出现在 CPU 中, 因而具有很高的运算速度, 有的甚至采用多流水线结构, 其运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。

单片机的扩展方式从并行总线发展出各种串行总线, 并被工业界接受, 形成一些工业标准, 如 I²C 总线、DDB 总线、USB 接口等。它们采用 3 条数据总线代替现行的 8 位数据总线, 从而减少了单片机引线, 降低了成本。

(三) 单片机的小容量低廉化

小容量低廉的 4 位、8 位机也是单片机发展方向之一。其用途是把以往用数字逻辑电路组成的控制电路单片机化。使用专用单片机可最大限度地简化系统结构, 提高可靠性, 使资源利用率最高, 在大批量使用时有可观的经济效益。

(四) 单片机的外围电路内装化

随着单片机集成度的提高, 可以把众多的外围功能器件集成到单片机内。除了 CPU、ROM、RAM 外, 还可把 A/D 和 D/A 转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶驱动电路、锁相电路等一并集成在芯片内。为了减少外部的驱动芯片, 进一步增强单片机的并行驱动能力, 有的单片机可直接输出大电流和高电压, 以便直接驱动显示器。为进一步加快 I/O 口的传输速度, 有的单片机还设置了高速 I/O 口, 可用最快的速度触动外部设备, 也可以用最快的速度响应外部事件。

(五) 单片机将实现全面的低功耗管理

单片机的全盘 CMOS 化、非 CMOS 工艺单片机的淘汰，将给单片机技术发展带来广阔的天地，最显著的变革是本身低功耗和低功耗管理技术的飞速发展。低功耗的技术措施可提高可靠性，降低工作电压，可使抗噪声和抗干扰等各方面性能全面提高，这是一切电子系统所追求的目标。

1.4 单片机主要产品简介

一、Intel 公司的系列单片机

Intel 公司的系列单片机可分为 MCS-51、MCS-96 两个系列。Intel 的单片机每一类芯片的 ROM 根据型号一般有片内掩膜 ROM、片内 EPROM 和外接 EPROM 三种方式，这是 Intel 公司的首创，现已成为单片机的统一规范。最近 Intel 公司又推出了片内带 E²PROM 型单片机。片内掩膜 ROM 型单片机适合于已定型的产品，可以大批量生产；片内带 EPROM 型、外接 EPROM 型及片内带 E²PROM 型单片机适合于研制产品和生产产品样机。MCS-51 系列单片机的性能见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机性能

型 号		程序存储器	RAM (B)	I/O 口线	定时器 (个×位)	中断源	晶振 (MHz)
8051	8051AH/BH	4KB ROM	128	32	2×16	5	2~12
	8751AH/BH	4KB EPROM	128	32	2×16	5	2~12
	8031AH	无	128	32	2×16	5	2~12
8052	8052AH	8KB ROM	256	32	3×16	6	2~12
	8752AH	8KB EPROM	256	32	3×16	6	2~12
	8032AH	无	256	32	3×16	6	2~12
80C51	80C51BH	4KB ROM	128	32	2×16	5	2~12
	87C51BH	4KB EPROM	128	32	2×16	5	2~12
	80C31BH	无	128	32	2×16	5	2~12
80C52	80C52	8KB ROM	256	32	3×16	6	2~12
	80C32	无	256	32	3×16	6	2~12
80C54	87C54	16KB ROM	256	32	3×16	6	2~20
	80C54	16KB ROM	256	32	3×16	6	2~20
80C58	87C58	32KB ROM	256	32	3×16	6	2~20

二、PHILIPS 公司的单片机

PHILIPS 公司生产与 MCS-51 系列兼容的 80C51 系列单片机，片内具有 I²C 总线、A/D 转换器、定时监视器等丰富的外围部件。其主要产品有 80C51、80C52、80C31、80C32、80C528、80C552、80C562、80C751 等，其中 83C552 功能最强，83C751 体积最小。

PHILIPS 单片机的特点是具有 I²C 总线，这是一种串行通信总线。可以通过 I²C 总线对

系统进行扩展,使单片机系统结构更简单、体积更小。 I^2C 总线也可用于多机通信。

三、Motorola 公司的单片机

Motorola 公司的单片机从应用角度可以分成两类,即高性能的通用型单片机和面向家用消费领域的专用型单片机。MC68HC05 系列单片机的特性见表 1-2。

表 1-2 MC68HC05 系列单片机特性

型号	片内 ROM		片内 RAM	I/O 接口			监视定时器	输入捕捉	输出比较	A/D	引脚系数
	ROM	E ² PROM		并行 I/O	计数器	串行 I/O					
68HC05B6	6KB	256	176	32	16 位	SCI	√	2	2	√	48/52
68HC05C5	5KB	—	176	32	16 位	SIOP	√	1	1	—	40/44
68HC05C8	8KB	—	176	31	16 位	SPI SCI	—	1	1	—	40/44

通用型单片机具有代表性的是 MC68HC11 系列,有几十种型号。其典型产品为 MC68HC11A8,具有准 16 位的 CPU、8KB ROM、256B RAM、512B E²PROM、16 位 9 功能定时器、38 位 I/O 口线、两个串行口、8 位脉冲累加器、8 路 8 位 A/D 转换器、看门狗、17 个中断向量等功能,可单片工作,也可以扩展方式工作。

专用型单片机性能价格比较高,应用时一般采用“单片”形式,原则上一块单片机就是整个控制系统。这类单片机无法外接存储器,如 MC68HC05/MC68HC04 系列。

四、ATMEL 公司 51 系列单片机

ATMEL 公司生产的 CMOS 型 51 系列单片机,具有 MCS-51 系列内核,用 Flash ROM 代替 ROM 作为程序存储器,具有价格低、编程方便等优点。例如,89C51 就是拥有 4KB Flash ROM 的单片机。

ATMEL 公司生产的单片机主要有 89C51、89F51、89C52、89LV52、89C55 等。

五、Microchip 公司的单片机

Microchip 公司推出了 PIC16C5× 系列单片机。其典型产品 PIC16C57 具有 8 位 CPU、2K×12 位 E²PROM 程序存储器、80×8 位 RAM、1 个 8 位定时器/计数器、21 根 I/O 口线等硬件资源;指令系统采用 RISC 指令,拥有 33 条基本指令,指令长度为 12 位,工作速度较高,主要产品有 PIC16C54、PIC16C56 等。

六、Zilog 公司的单片机

Zilog 公司推出的 Z8 系列单片机是一种中档 8 位单片机。其典型产品为 Z8601,具有 8 位 CPU、2KB ROM、124B RAM、两个 8 位定时器/计数器、32 位 I/O 口线、1 个异步串行通信口、6 个中断向量等;主要产品型号有 Z8600/10、Z8601/11、Z86C06、Z86C21、Z86C40、Z86C93 等。

应当指出,随着工业控制领域要求的提高,20 世纪 90 年代开始出现了 16 位单片机,但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品的发展,单片机技术得到了巨大的提高。随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用,32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位,并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,处理能力比起 20 世纪 80 年代提高了数百倍。目前,高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz,性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器,而普通的型号出厂价格跌落至 1 美元,最高端的型号也只有 10 美元。当代单片机系统已经不再只在裸机

环境下开发和使用，大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

习 题

- 1-1 什么是单片机？它与一般微型计算机在结构上有何区别？
- 1-2 新型 8 位单片机主要在哪些方面有所发展？给应用系统带来什么好处？
- 1-3 8051 与 8751 的区别是（ ）。
- A. 内部数据存储器的数目不同 B. 内部数据存储器的类型不同
- C. 内部程序存储器的类型不同 D. 内部的寄存器的数目不同

第 2 章 MCS-51 系列单片机硬件结构

本章详细介绍 MCS-51 系列单片机的硬件结构，特别是面向用户的一些硬件。其中，MCS-51 的定时器/计数器以及串行口、布尔处理机是大有特色的，也是本章的叙述重点，并且是 MCS-48 中所没有的。这部分内容在指令系统和应用部分将进一步叙述。

2.1 MCS-51 系列单片机的主要性能特点

Intel 公司继 1976 年推出 MCS-48 系列 8 位单片机之后，1980 年又推出了 MCS-51 系列高档 8 位单片机。后者比前者在性能上大为提高，并增加了多种片内功能。MCS-51 系列单片机分 51、52 两个子系列，其主要区别在于内部存储器的容量，下面列出 MCS-51 系列单片机的主要性能比较数据。

一、内部程序存储器 (ROM) 容量

MCS-51 单片机程序存储器配置见表 2-1。表 2-1 也适用于 CHMOS 的芯片 80C31/80C51。以后除有特殊说明以外，所述内容皆适用于 CMOS 芯片。

表 2-1 MCS-51 单片机程序存储器配置

单片机系列		存储器类型	掩膜 ROM	EPROM
MCS-51	51	8031	—	—
		8051	4KB	—
		8751	—	4KB
	52	8032	—	—
		8052	8KB	—

二、内部数据存储器 (RAM) 容量

MCS-51 系列中的 51、52 子系列的内部数据存储器容量各为 128B 和 256B (不包括专用寄存器)。

三、输入/输出口线

MCS-51 系列有四个 8 位的输入/输出口，共为 32 根口线。

四、外部数据存储器寻址空间

MCS-51 系列可以对 64KB 的外部数据存储器寻址。

五、外部程序存储器寻址空间

MCS-51 系列的内外总空间为 64KB，故根据不同的型号，MCS-51 系列外部存储器最大寻址范围为 64KB、60KB 和 56KB。

六、定时器/计数器

MCS-51 中的 51 子系列有两个 16 位定时器/计数器，52 子系列则有 3 个 16 位定时器/