

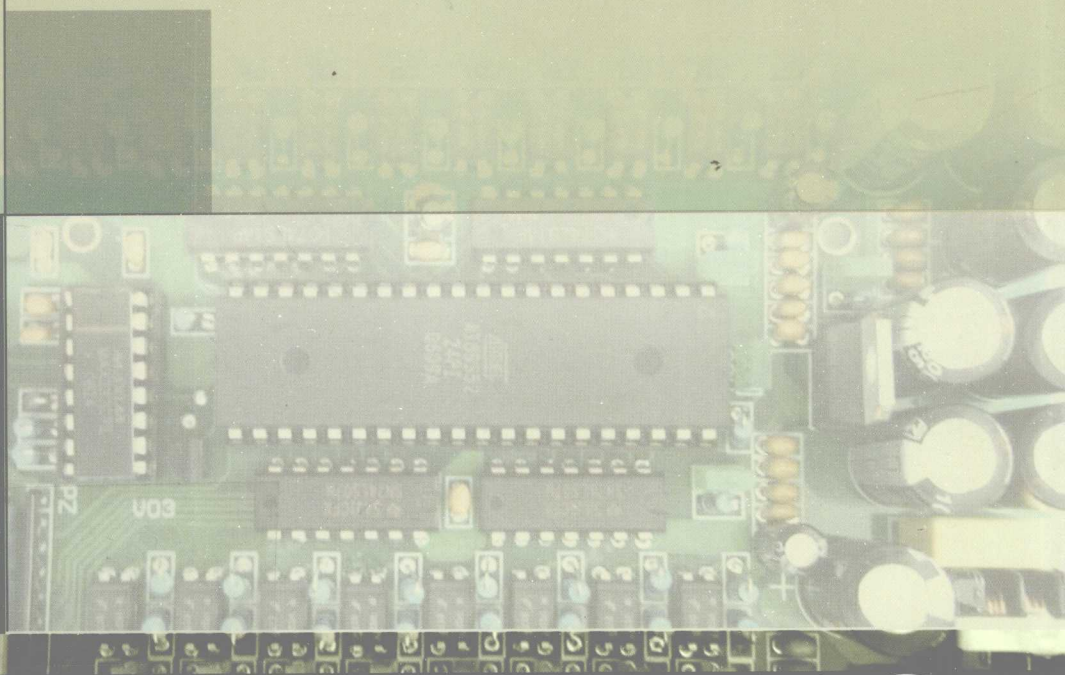


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新世纪高校机电工程规划教材

单片机原理与应用

第 2 版

霍孟友 主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新世纪高校机电工程规划教材

单片机原理与应用

第2版

主 编 霍孟友
副主编 王爱群 孙玉德 吴清收
参 编 裘著燕 李建美
主 审 何 芳 王安敏



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书以 MCS-51、AT89 系列单片机为对象,全面系统地介绍了单片机的基本结构、工作原理及应用技术。本书共分为 12 章,内容包括一般计算机工作原理简介、单片机结构原理、指令系统和汇编语言程序设计、存储器扩展技术、中断系统、定时器/计数器原理及应用、串行接口及应用、并行接口扩展及应用、A/D 与 D/A 转换器接口技术、高性价比 AT89 单片机性能及应用、单片机应用系统设计方法与举例,书后附录内容为数制与数字电路基础及指令总览。

本书可作为高等学校非计算机类专业微机原理课程教材,也可作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/霍孟友主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2008.8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 新世纪高校机电工程规划教材
ISBN 978-7-111-13274-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 118067 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:谷玉春 版式设计:霍永明 责任校对:姜 婷

封面设计:姚 毅 责任印制:杨 曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2009 年 5 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm · 12.5 印张·306 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-13274-5

ISBN 978-7-89451-002-0 (光盘)

定价:28.50 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

新世纪高校机电类规划教材

编审委员会

顾问：艾 兴（院士）

领导小组：张 慧 师忠秀 梁景凯 高文龙

赵永瑞 赵玉刚

委 员：张 慧 张进生 宋世军 沈敏德

赵永瑞 程居山 赵玉刚 齐明侠

师忠秀 王守城 姜培刚 梅 宁

昃向博 梁景凯 方世杰 高文龙

邓海平 尚书旗 姜军生 刘镇昌

第2版前言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

单片机小巧、功耗低、控制功能强、可靠性高、应用灵活、价格低廉，非常适用于机、电、仪一体化产品，在工业控制、机电一体化产品、家用电器、智能仪表等诸多领域得到了广泛应用，充分显示了单片机广阔的应用前景。

本书是为高等学校非计算机专业学生和有关工程技术人员学习掌握 MCS-51 单片机原理基础知识和应用技术而编写的，希望读者通过对本书的学习能掌握单片机原理知识和工程应用的基本方法。

本书主要是本着理解、会用的宗旨编写的。针对非计算机专业学生及初学单片机知识的工程技术人员的特点，编写人员结合自己多年的教学经验和应用开发方面的体会，在注重基本概念、原理讲解的同时，强调了应用技术方法的学习。在章节内容安排上，遵循了循序渐进的原则，强调内容的整体性，而在难点之处则尽量增加实例。在书的开头，即给出了一个步进电动机控制系统的样例，使读者明确了学习的目标和方向；在一些功能部件与器件介绍方面，则强调了不需要深入了解内部结构而以会用作为学习目的，如在存储器扩展一章，只介绍了常用存储器芯片的引脚和功能及扩展技术方法；而在 A/D、D/A 转换器接口一章，也只着重介绍了性能指标和典型器件的接口使用方法；在串行接口一章，用简要文字讲解了串行接口原理，从而取代了传统教材中讲解复杂内部结构图的做法；最后一章介绍了硬件、软件设计、调试的基本方法、步骤，并给出了两个应用实例，使读者掌握应用系统开发的方法，以达到即学会用的教学目的。本书的最后部分是附录，内容涉及数制基础和数字电路基础，可作为部分需要补充相关知识的读者的辅助材料。

本书注重对单片机应用现状的跟踪，对目前广泛使用的、与 MCS-51 单片机具有相同内核的 AT89 系列单片机进行了介绍，并给出了 AT89C2051 控制水塔供水的应用实例，使读者加深对单片机应用实例的了解。另外，对实用性技术如串行通信、键盘、显示器扩展以及 A/D、D/A 转换器应用都给予了举例说明。

本书的编者具有较为丰富的教学和实践经验。编写人员有：山东大学的霍孟友、王爱群、裘著燕和李建美，哈尔滨工业大学（威海）的孙玉德，山东科技大学的吴清收。山东大学的霍孟友教授任主编并负责统稿，济南大学的何芳教授和青岛科技大学的王安敏教授负责主审。

在本书编写过程中，山东大学的刁凤超、郑滨完成了课件设计的大量工作。同时，参考并引用了国内部分优秀教材的有关资料，在此深表谢意。

限于编者的水平，错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

第1版前言

单片机小巧、功耗低、控制功能强、可靠性高、应用灵活、价格低廉,非常适用于机、电、仪一体化产品,在工业控制、机电一体化产品、家用电器、智能仪表等诸多领域得到了广泛应用,充分显示了单片机广阔的应用前景。

本书是为高等学校非计算机专业学生和有关工程技术人员学习掌握 MCS-51 单片机原理基础知识和应用技术而编写的,希望通过本书的学习掌握微机原理知识和工程应用的基本方法。

本书主要是本着理解、会用的宗旨编写的。针对非计算机专业学生及初学微机知识工程技术人员的特点,编写人员结合自己多年的教学经验和应用开发方面的体会,在注重基本概念、原理讲解的同时,强调了应用技术方法的学习。在章节内容安排上,遵循了循序渐进的原则,强调突出了内容的整体性,而在难点之处则尽量多加了实例。在教材的开头,即给出了一个步进电动机控制系统的例子,使读者明确了学习的目标和方向;在一些功能部件与器件介绍方面,本书则强调了不需要深入了解内部结构而以会用作为学习目的,如在存储器扩展一章,只介绍了常用存储器芯片的引脚和功能及扩展技术方法;而在 A/D、D/A 接口一章,也只着重介绍了性能指标和典型器件的接口使用方法;在串行接口一章中,对串行接口的原理以简要的方字代替了传统教材中讲解复杂内部结构图的做法;最后一章介绍了硬件、软件设计、调试的基本方法、步骤,并给出了两个应用实例,使读者掌握应用系统开发的方法,达到会用的教学目的。本书的最后部分是附录,内容涉及数制基础和数字电路基础,可作为部分需要补充相关知识读者的辅助材料。

本书注重对单片机应用现状的跟踪,对于目前广泛使用的、与 MCS-51 单片机具有相同内核的 AT89 系列单片机进行了介绍,并给出了 AT89C2051 控制水塔供水的应用实例,使读者加深对单片机应用实例的了解。另外,对实用性技术如串行通信、键盘、显示器扩展以及 A/D、D/A 转换器应用都给予了举例说明。

参加本书编写的编者具有较为丰富的教学和实践经验。编写人员有:山东大学的霍孟友、王爱群和裘著燕,哈尔滨工业大学(威海)的孙玉德,山东科技大学的吴清收。由霍孟友任主编并负责统稿,青岛科技大学王安敏教授负责主审。

在本书编写过程中,得到了山东大学机械工程学院路长厚教授的鼎力支持;出东省教育厅和机械工业出版社给予了热情的帮助和指导;山东大学的李建美、张光远、付振山做了大量的辅助工作;同时,我们参考并引用了国内部分优秀教材的有关资料。在此谨向他们深表谢意。

限于编者水平,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 8 月

参 考 文 献

- [1] 马家辰, 孙玉德. MCS-51 单片机原理及接口技术 (修订版) [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998.
- [2] 徐淑华, 程退安, 姚万生. 单片微型机原理及应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1997.
- [3] 李朝青. 单片机原理及接口技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.
- [4] 何利民. MCS-51 单片机及应用系统设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.
- [5] 张洪洞, 蓝清华. 单片机应用技术教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [6] 朝乾斌, 李光斌. 单片微型计算机原理与应用 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1998.
- [7] 潘新民, 等. 单片微型计算机使用系统设计 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1992.

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 绪论	1
第一节 计算机的基本结构与工作原理	1
第二节 单片机	2
习题与思考题	6
第二章 MCS-51 单片机的结构和原理	7
第一节 MCS-51 单片机的组成与结构	7
第二节 MCS-51 单片机的引脚及其功能	9
第三节 MCS-51 单片机的存储器配置	11
第四节 振荡器与时钟电路及 CPU 时序	17
第五节 并行 I/O 端口	18
第六节 MCS-51 单片机基本工作系统的组成	22
习题与思考题	23
第三章 MCS-51 单片机的指令系统	25
第一节 指令系统概述	25
第二节 寻址方式	27
第三节 指令系统	31
习题与思考题	53
第四章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计	55
第一节 汇编语言程序设计基础知识	55
第二节 汇编语言程序设计	60
习题与思考题	67
第五章 MCS-51 单片机存储器扩展	68
第一节 常用存储器	68
第二节 MCS-51 单片机扩展三总线构成	72
第三节 MCS-51 单片机程序存储器扩展	73
第四节 MCS-51 单片机数据存储器扩展	75
第五节 选址译码方法与混合扩展	76
习题与思考题	80
第六章 中断与中断系统	81
第一节 中断与中断系统的基本概念	81
第二节 MCS-51 单片机中断系统的结构及中断控制	84
第三节 中断应用举例	90
习题与思考题	92
第七章 定时器/计数器	93
第一节 定时器/计数器的工作原理与组成	93

第二节 定时器/计数器的工作方式	96
第三节 定时器/计数器的应用	98
习题与思考题	103
第八章 MCS-51 单片机串行接口与应用	104
第一节 通信技术基础	104
第二节 MCS-51 单片机串行接口	105
第三节 串行接口的应用	108
习题与思考题	122
第九章 MCS-51 单片机并行接口的扩展与应用	123
第一节 I/O 端口概述	123
第二节 8255A 并行接口的扩展	124
第三节 8155 并行接口的扩展	130
第四节 键盘与数码管显示器的接口及编程	134
第五节 微型打印机的并行接口及编程	141
习题与思考题	145
第十章 单片机与 A/D、D/A 转换器的接口	146
第一节 A/D 转换器及其接口	146
第二节 D/A 转换器及其接口	150
习题与思考题	153
第十一章 高性价比 AT89 单片机	154
第一节 AT89 单片机概况	154
第二节 AT89 Flash 单片机	155
第三节 AT89 Flash 单片机的应用	160
习题与思考题	162
第十二章 MCS-51 单片机应用系统设计方法与举例	163
第一节 单片机应用系统的设计方法	163
第二节 单片机应用设计举例	167
习题与思考题	178
附 录	179
附录 A 数制基础	179
附录 B 数字电路基础	182
附录 C MCS-51 单片机指令总览	186
参考文献	191

第一章 绪 论

本章简要地介绍了一般微机的组成结构、工作原理和各组成部件的作用等，并以此为基础推出单芯片微机即单片机的基本概念、主要应用系列以及发展应用现状等。

第一节 计算机的基本结构与工作原理

一、计算机概述

随着电子技术的飞速发展和大规模集成电路的出现，20 世纪 70 年代初出现了一代新型的电子计算机——微型计算机（简称微机）。它是利用大规模集成电路技术把计算机的中央处理单元（CPU）即计算机的控制器和运算器集成在一个芯片上，同存储器及输入/输出（I/O）接口电路共同构成的。

微处理器大约经历了以下几个阶段。20 世纪 70 年代中期，先后生产了 3 大系列 8 位微处理器，即 Intel 公司的 8080、8085，Motorola 公司的 M6800 和 Zilog 公司的 Z80；20 世纪 70 年代末和 80 年代初先后生产了 8086、Z8000、M68000 等 16 位微处理器；后来又推出了 80386 和 68020 等 32 位微处理器，芯片上的集成度已超过 20 万个晶体管。同时利用大规模集成电路技术制造了容量相当大的内存储器芯片（用于存放程序或数据），如 $16\text{KB} \times 4$ 位静态存储器和 $64\text{KB} \times 1$ 位、 $256\text{KB} \times 1$ 位动态存储器〔随机存储器（RAM）〕和 $32\text{KB} \times 8$ 位的只读存储器（ROM）。另外，又把各种通用的、专用的或可编程序的接口电路〔用于外围设备，简称（外设）接口〕集成在一个芯片上，这样，把 CPU 配上一定容量的 RAM、ROM 以及接口电路（如并行接口电路、串行接口电路）和必要的外设（通常包括 CRT 终端，打印机，软、硬盘驱动器等）就构成了一台微机。

目前的微机以大规模集成电路和超大规模集成电路为特征，同最早期的电子管组成的计算机相比大大缩小了体积，同时也大大降低了成本，但它所完成的功能没有降低，相反却大大增强了。

二、计算机的基本结构

计算机最初所完成的功能只是用于计算。那么，要完成计算功能，它应该由哪些部分构成呢？首先，要有进行运算的部件——运算器；其次，要有能代替纸张作用的器件——存储器，用于记忆原始题目、原始数据和中间结果以及存放能使机器自动进行运算而编制的各种命令；再次，要有能代替人协调控制的机构——控制器，由它根据事先给定的命令发出各种控制信息，使整个计算过程一步步地进行。但是仅有这 3 部分还不够。原始的数据与命令要输入，就要有输入设备；而计算结果需要输出，就要有输出设备。有了这些部件，就构成了一个基本的计算机系统，其基本结构如图 1-1 所示。存储器与运算器、控制器一起组成了微机的主机。

微机使用的存储器可分为内存和外存两部分。内存容量相对较小，但存取速度快，常用的有磁心或半导体存储器等；而外存容量较大，但存取速度较慢，常用的有软磁盘、硬磁盘

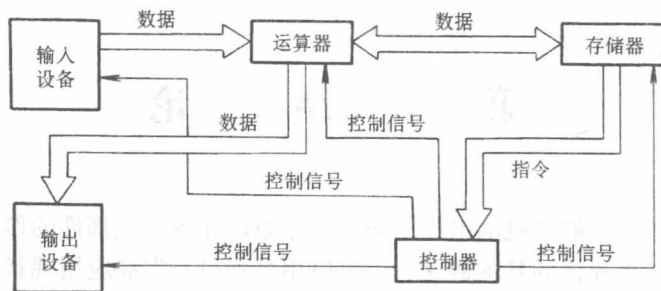


图 1-1 计算机的基本结构

及磁带、光盘等。微机常用的输入设备有键盘、鼠标、纸带读入机等；常用的输出设备有 CRT 显示器、打印机等。当计算机用于控制时，还需要接口电路输入/输出各种现场信息和控制命令。各种 I/O 设备通称为计算机的外设。

三、微机工作原理

上面介绍的组成计算机的部件称之为计算机的硬件，它是计算机完成所有功能的物质基础。在软件的支持下，硬件各部分之间传递与交换信息。在计算机内部，基本上有两种信息在流动：一种是数据信息，另一种就是控制命令。数据信息包括原始数据和结果等，它们由输入设备输入后存于存储器。原始数据在计算机运算处理时从存储器传送至运算器进行运算，中间结果再存于存储器，最后结果则由输出设备输出。程序作为特殊数据存于程序存储器，控制器从程序存储器中一条条地取出指令译码后转变为各种控制命令：控制输入装置的启动和停止、控制运算器按规定一步步地进行各种运算和处理、控制存储器的读或写以及控制输出设备输出结果等，以达到程序所要求的目的。

下面以两个数据相加这一简单运算为例介绍计算机完成这一功能的过程：

第一步：先通过输入设备（如键盘）将两个数据送入存储器指定的存储单元；

第二步：把第一个数据从它所在的存储单元中取出，送到运算器中；

第三步：把第二个数据从它所在的存储单元中取出，送到运算器中；

第四步：将两个数据相加；

第五步：把两数相加所得的结果送至存储器中的指定单元保存；

第六步：如果需要将结果打印出来，可将计算结果送至打印机（输出设备）打印输出。

通过这 6 个步骤，就完成了两个数据的相加过程。那么，所有这些输入、取数、送数、两数相加、存数等一系列操作，计算机又是如何识别和执行的呢？显然需要有各种指令（程序）的支持。通常计算机的一条指令对应一种基本操作，计算机按照人们事先编制好的指令在控制器的指挥下一步步地执行，每执行一条指令就完成一部分特定功能，直至所有指令全部执行完，两个数据相加的运算就完成了。

第二节 单片机

一、单片机的基本概念和分类

在计算机技术蓬勃发展的过程中，微机的出现具有划时代的意义，它为计算机的发展和普及开辟了一条崭新的途径。当今微机技术的发展大体上形成了两大分支。一个分支是以微

处理器 (MPU) 为核心所构成的通用微机系统, 由 CPU、存储器 (RAM 和 ROM)、I/O 端口和 I/O 设备等多个部分构成, CPU 只是其中的一个芯片, 由此组成的微机可以完成科学计算、数据处理、图形图像处理、语音处理、数据库管理、人工智能与控制、数字模拟与数字仿真等功能。为了满足工控对象的嵌入式应用要求, 通用计算机必须进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系中构成诸如自动驾驶仪和轮机监控系统等, 由于通用计算机体积相对较大且成本较高, 无法嵌入到大多数对象体系 (如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等) 中去, 由此至 20 世纪 80 年代单芯片微机便应运而生, 就是将 CPU、RAM、ROM、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 端口等主要部件集成在一块芯片上, 这就构成了单片微型计算机 (Single Chip Micro Computer, SCMC), 简称单片机, 它是当今微机技术发展的另一个分支。虽然单片机只有一个芯片, 但无论从组成还是从功能上看, 它已具备了计算机系统的属性, 是一个简单的微机。单片机具有体积小、功耗低、功能强、性能价格比高、易于推广等显著优点, 主要应用于控制领域, 用于实现各种控制功能, 在自动化装置、智能化仪器仪表、过程控制和家用电器等领域得到越来越多的应用, 所以国际上通常称其为微控制器 (Micro Control Unit, MCU), 又称为嵌入式微控制器 (Embedded Micro Controller Unit, EMCU)。事实上, 单片机在发展过程中也在不断完善和增加其控制方面的功能, 如硬件上增加 A/D 转换器、PWM 器件及高速 I/O 端口, 软件上增加乘法、除法及位处理指令等。但在我国仍习惯于单片机这一名词, 所以一直称其为“单片机”。

就单片机本身而言, 可分为通用型和专用型两种。通用型单片机的内部资源比较丰富, 性能全面, 适应性强, 能满足各种不同的应用要求。但是, 用户在实际使用时要做进一步的全面设计, 才能组成一个以通用单片机为核心的应用控制系统, 如 MCS-51 系列、PIC 系列、MSP430 系列单片机。专用型单片机是针对一种产品或一种控制应用而专门设计的, 设计时已经对系统结构最简化、软硬件资源利用最优化、可靠性和成本最佳化等方面作了全面的考虑, 在使用时不需要做进一步的设计, 所以专用型单片机具有十分明显的优势。

二、MCS-51 单片机

在通用型单片机中, MCS-51 单片机是目前 8 位单片机的主流机型, 数量约占 8 位单片机总量的 38.3%, 在实时控制、智能化仪器仪表等领域应用最广。自 20 世纪 80 年代中期 MCS-51 单片机出现以后, 单片机迅速得到了广泛的应用。目前, 8 位单片机的开发和应用均以 MCS-51 单片机为主, 已成为我国 8 位单片机的主导机型。随着功能不断完善的开发工具的出现, 该系列单片机得到了进一步的应用, 已在各个技术领域的科研和技术改造、产品开发中起着越来越大的作用。

MCS-51 单片机分为 8051、8751 和 8031 3 种基本产品, 它们都有 1 个 8 位的面向控制的 CPU、128B RAM、21 个特殊功能寄存器、4 个 8 位并行 I/O 端口、1 个全双工异步串行端口、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源 (具有 2 级的优先级别选择)。而它们的区别是: 8051 单片机片内含有掩膜型 ROM 程序存储器, 因为这种存储器中的程序是由生产厂家在出厂前固化于片内的, 所以只有在批量较大、程序不需要修改时才会用到。8751 单片机片内含有 EPROM 型程序存储器, 用户在调试好程序后, 将其固化在 EPROM 中, 在需要修改时, 用紫外线照射擦除, 然后再写入新的用户程序; 但该芯片价格较高, 且程序擦除也不是很方便。8031 单片机片内没有程序存储器, 需要外部扩展程序存储器, 才能构成一个有完整功能的单片机。

Intel 公司后来在 8051、8751 和 8031 的基础上,增加了 MCS-51 单片机的增强型产品: 8052、8752 和 8032。这些产品与 8051、8751 和 8031 相比分别增加了一个定时器/计数器、一个中断源、128B 的片内 RAM 以及 4KB 的程序存储器 (仅对 8052 和 8752)。另外,采用 CMOS 工艺制造的 80C51、87C51 和 80C31,除运行时功耗低外,还具有既节电又能保存片内信息的空闲和掉电两种工作方式的特色。常用的 MCS-51 单片机性能见表 1-1。其中型号中带“C”字符的芯片为 CMOS 工艺制造,功耗较低,如 80C51 的功耗只有 120mW,而 8051 的功耗却为 530mW。

表 1-1 MCS-51 单片机性能

芯片型号	片内 ROM 容量/KB	片内 EPROM 容量/KB	片内 RAM 容量/B	寻址 范围/KB	定时器 /计数器	并行端口	串行端口 /个	中断源 /个
8051	4		128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
80C51	4		128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
8052	8		256	64	16 位 3 个	8 位 4 个	1	6
8751		4	128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
87C51		4	128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
8752		8	256	64	16 位 3 个	8 位 4 个	1	6
8031			128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
80C31			128	64	16 位 2 个	8 位 4 个	1	5
8032			256	64	16 位 3 个	8 位 4 个	1	6

三、其他系列 8 位单片机

1. AT89 单片机

AT89 单片机是 ATMEL 公司生产的 8 位 Flash 单片机,其内含 8031CPU 内核,与 MCS-51 单片机兼容,只要熟悉 MCS-51 单片机的结构和使用方法,就不难掌握 AT89 单片机。

(1) AT89 单片机的特点

1) 内部含有 4KB 或 8KB 可重复编程的 Flash 存储器。这一特点使得该系列单片机的开发过程比较简单,可以十分方便地修改程序,大大缩短了系统的开发周期。

2) 与 MCS-51 单片机兼容。无论是指令还是芯片引脚都与 MCS-51 单片机兼容,所以,在使用 MCS-51 单片机的系统中,可直接用具有相同引脚的 AT89 单片机代替 MCS-51 单片机。

3) 具有节电工作方式。AT89 单片机具有掉电和空闲两种节电工作方式,在系统只需要保护内存数据时可使单片机采用节电工作方式,可大大降低系统的功耗。

4) 有丰富的型号可供选择。厂家根据系统功能的多少开发出 3 种型号的 AT89 单片机供用户选择,使系统具有较高的性价比。

(2) AT89 单片机的种类 AT89 单片机有低档型、标准型和高档型 3 种类型的产品。低档型有 AT89C1051 和 AT89C2051 两种产品,它们的 CPU 与其他型号相同,但 I/O 端口较少 (15 条);标准型有 AT89C51、AT89C52、AT89LV51 和 AT89LV52 这 4 种类型的产品,比低档型的功能有所增强,有 32 条可编程的 I/O 端口线,128~256B RAM,2~3 个 16 位

定时/计数器，5~7级中断源。其中 AT89LV51 和 AT89LV52 属于低电压类型，可在 2.7~6V 电压范围内工作；高档型有 AT89S52 一种产品，它比标准型又增加了一部分功能，如看门狗功能、8KB Flash 存储器、在线下载功能等。表 1-2 列出了 AT89 单片机各种型号的性能。

表 1-2 AT89 单片机性能比较

型 号	AT89C51/ AT89LV51	AT89C52/ AT89LV52	AT89C1051	AT89C2051	AT89S52
Flash 容量/KB	4	8	1	2	8
片内 RAM 容量/B	128	256	64	128	256
I/O 端口/个	32	32	15	15	32
定时器/计数器/个	2	3	1	2	3
中断源/个	5	6	2	5	6
串行口/个	1	1	1	1	1
E ² PROM 容量/KB	—	—	—	—	2

2. PIC 系列单片机

在 MCS-51 和 AT89 单片机出现后又相继出现了 PIC 系列和 MSP430 系列等一批具有更强功能的单片机。PIC 系列单片机是由美国 Microchip 公司推出的，具有高速度、低工作电压、低功耗、低成本、小体积及大输入/输出驱动能力的优势，能够满足各种不同系统的设计需要。PIC 系列单片机的指令较少，只有 MCS-51 单片机的 1/3，但指令的使用灵活性较大。片内程序存储器根据单片机型号的不同最多分 4 页，每页 512 个字（字长为 12 位）；数据存储器由包括 I/O 端口在内的 80 个可寻址的 8 位寄存器组成，分为通用寄存器和专用寄存器两大类。

PIC 单片机同样为 8 位微控制器系列，按照其性能的高低分为低档型（PIC16C5×/12C5××）、中档型（PIC16C××）和高档型（PIC17C××）3 种类型的产品。不同型号的产品有各自不同的优势，如低档型中的 PIC12C5××× 为 8 引脚封装，体积极小且价格极低，避免了由于体积因素而不能使用微控制器的弊端；中档型的品种最丰富，它的突出特点是在保持低价位的前提下具有很高的性能，与低档型相比扩展了存储容量和 I/O 端口，中断处理功能和外围接口功能都相对增强；高档型的运行速度最快，片内集成了功能丰富而强大的外围部件，其 I/O 端口的控制功能可以满足大多数控制系统的需要，并可外扩展 EPROM 和 RAM 芯片。

3. MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是由 TI 公司生产的具有超低功耗的微控制器系列。它的 CPU 为 16 位，采用“冯·诺依曼”结构，其 RAM、ROM 及全部外设模块都位于同一个地址空间内，最多达 1MB 的寻址空间。在小存储模式时，总的寻址空间为 64KB，采用线性寻址空间，寻址时不必考虑代码段和数据页；在大存储模式时，代码访问的地址空间为 16 个 64KB 段，数据访问的地址空间为 16 个 64KB 页。程序存储器有 ROM 型、OTP 型、EPROM 型和 Flash 型，数据存储器有 RAM 型和 E²PROM 型。

MSP430 系列单片机有几个子系列，如 MSP430×31×、MSP430×32×、MSP430×33×

和 MSP430F1× 等, 其中前 3 个子系列的程序存储器为 ROM 型、EPROM 型和 OTP 型, 而 MSP430F1× 子系列为 Flash 型。MSP430 系列单片机由于功耗极低, 故特别适合于仪器仪表中使用。

四、单片机的应用

单片机具有小巧、低功耗、控制功能强、价格低廉的优点, 特别适用于机、电、仪一体化产品, 已经广泛地应用于各个领域。

1. 日常生活中的电器产品

各种便携式医疗监护、治疗仪器, 具有计价、结算功能的电子秤, 超市收款机, 条形码识别仪器, 具有可变绣花功能的电脑缝纫机, 各种高级玩具, 自动温控电冰箱、全自动洗衣机、高档照相机、摄像机、手机等电器或通信设备, 均使用了单片机进行控制。

单片机作为安防监控设备的控制器应用于家庭、汽车防盗报警器等; 由单片机控制 3 表(水表、电表、气表)的监控设备实现了数据自动远传处理。

计算机的外设, 如键盘、显示器、微型打印机、光驱和软驱等也使用了单片机进行控制。

2. 工业领域

利用单片机开发的智能化仪器仪表, 实现了温度、压力、流量、流速、电压、电流、功率、频率、长度、厚度、角度、硬度和浓度等各种物理量的分析与测试, 使仪器仪表数字化、智能化、微型化。

单片机可作为独立控制单元或者作为多级控制的前沿机应用于各种工业生产线, 自动加工设备, 无人值守的生产、监控设备, 如油田采油机运行监控仪器、机器人关节控制器等。

3. 网络及通信领域

带有网络接口功能的高性能单片机在 Ethernet 及 Ominet 中得到了应用, 传输速率、通信距离、节点数等性能均有较大提高。

目前, 单片机的应用日益广泛深入, 以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能, 现在都能通过单片机用软件方法予以实现。例如, 在仪器仪表、家用电器的智能化及过程控制等方面, 单片机扮演着越来越重要的角色, 单片机的应用正从根本上改变着传统控制系统的设计思想和方法。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术, 称之为微控制技术。微控制技术标志着一种全新概念的出现, 是对传统技术的一次革命。随着单片机应用的推广和普及, 微控制技术必将不断发展、不断完善, 进而在控制领域发挥更大的作用。

习题与思考题

- 1-1 计算机的基本结构由哪几部分组成? 其中各部分的作用是什么?
- 1-2 单片机与微机的区别与相似之处有哪些?
- 1-3 通用型单片机与专用型单片机有何区别? 专用型单片机完成的功能, 通用型单片机能否完成?
- 1-4 单片机又叫“嵌入式微控制器”, 为什么?
- 1-5 MCS-51 单片机片内程序存储器有“掩膜型 ROM”和“EPROM 型”, 两者有何不同之处?

第二章 MCS-51 单片机的结构和原理

本章主要介绍 MCS-51 单片机的结构、组成原理以及功能,最后以步进电动机的控制为例介绍 MCS-51 单片机基本工作系统的组成。

第一节 MCS-51 单片机的组成与结构

MCS-51 单片机芯片型号较多,如 8031、8051、8751、80C51BH 和 80C31BH 等,但它们的组成、性能和指令系统基本相同,因此,本章主要以 Intel 公司较早生产的代表芯片 8051 为例,对 MCS-51 单片机的结构和原理进行介绍。

一、MCS-51 单片机的基本组成

典型的 MCS-51 单片机芯片,集成了以下几个基本组成部分:

1 个 8 位中央处理单元 (CPU)、128B 或 256B 单元片内数据存储器 (RAM)、4KB 或 8KB 片内程序存储器 (ROM 或 EPROM), 4 个 8 位并行 I/O 端口 P0~P3, 2 个定时器/计数器, 5 个中断源的中断管理控制系统, 1 个全双工串行 I/O 端口 UART (通用异步接收、发送器) 及片内振荡器与时钟产生电路等。

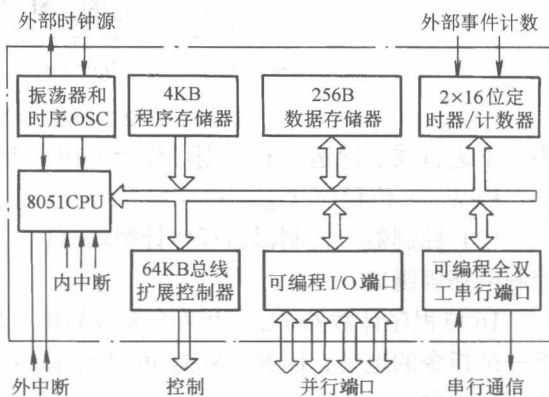


图 2-1 MCS-51 单片机的基本组成结构

图 2-1 为 MCS-51 单片机的基本组成结构框图。

二、MCS-51 单片机内部结构

8051 单片机是采用 40 个引脚的双列直插式封装 (DIP) 的芯片,其内部结构如图 2-2 所示。

1. 中央处理单元 (CPU)

CPU 是单片机的控制和指挥中心,由运算器和控制器等器件组成。

(1) 运算器 运算器包括一个可进行 8 位算术运算和逻辑运算的单元 ALU, 8 位暂存器 1 与暂存器 2, 8 位累加器 ACC, 寄存器 B 和程序状态字寄存器 PSW 等。

ALU: 可对 4 位 (半字节)、8 位 (单字节) 和 16 位 (双字节) 数据进行操作,如加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 数调整及比较等算术运算,并能完成 8 位数的与、或、异或、求补及循环移位等逻辑操作运算。运算时,一个运算数经暂存器 2 进入 ALU 的输入端,与另一个来自暂存器 1 的运算数进行运算。

ACC: 累加器,它是最繁忙的 8 位特殊功能寄存器,用助记符 A 表示。ALU 的运算结果存于 ACC,并常作为数据传送的中转站。

B: 8 位寄存器,在乘、除运算时,用来存放一个操作数,同时存放运算后的一部分结

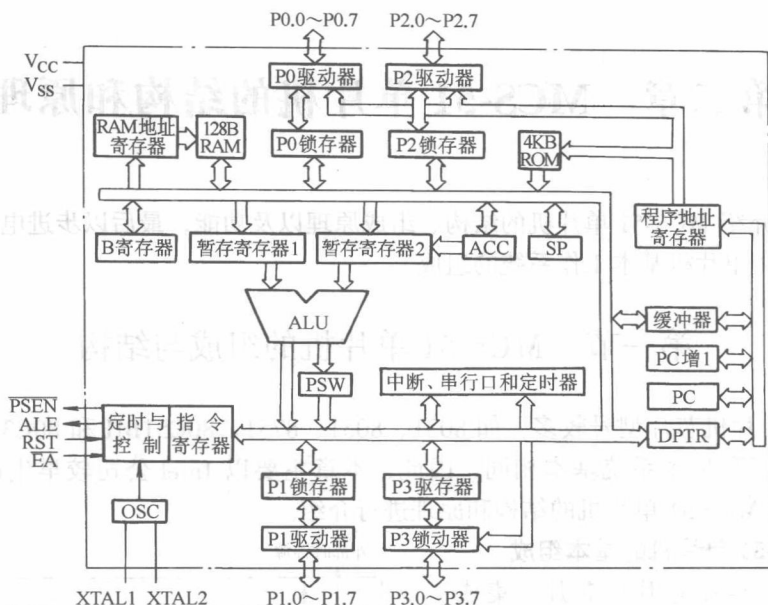


图 2-2 8051 单片机的内部结构

果；不进行乘、除运算时，则可作为通用寄存器使用。

PSW：8 位程序状态字寄存器，用于指示指令执行后的状态信息，供程序查询和判别。

(2) 控制器 控制器由程序计数器 (PC)、指令寄存器、指令译码器、振荡器及定时与控制电路等组成。

16 位程序计数器 PC：由两个 8 位的计数器 (PCH 和 PCL) 组成。PC 存储将要执行的下一条指令的地址，因此，8051 可寻址 64KB 程序存储器。改变 PC 的内容，就可改变程序执行的方向。

指令寄存器及指令译码器：由 PC 内容指定 ROM 地址单元中取出来的指令，经指令寄存器送至指令译码器进行译码，进而 CPU 产生相应序列的控制信号，执行指令所规定的操作。

振荡器及定时控制电路：8051 单片机片内有振荡器 (OSC)，通过 XTAL1、XTAL2 连接片外石英晶体及两个频率微调电容，产生 8051 工作所需的基本时钟 (节拍)。

2. 存储器

8051 芯片内部有地址空间相互独立的只读程序存储器 (ROM/EPROM) 和随机数据存储器 (RAM)。

(1) 程序存储器 (ROM/EPROM) 8051 与 8751 片内程序存储器的容量为 4KB，地址范围为 0000H~0FFFH，用于存放程序和表格常数。

(2) 数据存储器 (RAM) 8051、8751 和 8031 片内数据存储器均为 256B，分为地址为 00H~7FH 的低 RAM 区 (用于数据暂存和数据缓冲等) 和地址为 80H~FFH 的高 RAM 区 (其中有用的单元只是散落分布着 21 个特殊功能寄存器 SP、DPTR、PCON、…、IE、IP、P0、P1、P2、P3)。

3. I/O 端口

I/O 端口是单片机数据信息或控制信号进、出的通道。8051 有 4 个 8 位并行端口，即