

MCS-51单片微型计算机原理与开发

王树勋 王朝玉 张新发 编著



机械工业出版社

前 言

几年来,单片微型计算机在我国的应用正以预想不到的速度迅猛发展,它已在我国人民生活 and 生产的各个领域得到了卓有成效的应用,成为实现我国科技现代化的重要工具。一个学习单片微型计算机的热潮经久不衰,单片机的应用技术水平不断提高。我们奉献出这本书,愿为推动这一热潮的发展贡献一点微薄的力量。

本书是作者几年来在本校教学及校外科技人员培训教学实践中的总结,也是作者从事单片机应用的科研成果的总结。

全书共分两大部分:即“原理部分”和“开发部分”。

“原理部分”是为初步具备数字电路和计算机知识的读者编写的。如果读者具有Z80微型计算机的基本知识,完全可以通过自学本书达到掌握MCS-51单片机原理的目的。“原理部分”包括第一章到第八章,主要讲述了MCS-51单片微型计算机硬件结构、指令系统、存储器扩展,I/O口扩展、A/D、D/A连接及程序设计等。各章配有大量例题,其中相当一部分直接取材于经实践验证过的应用成果。每章后附有思考题与习题,读者可以边学、边练,学完这一部分可初步掌握MCS-51单片微型计算机的基本原理和技能。

“开发部分”是为初步具有MCS-51单片微型计算机原理的读者和正在从事单片机应用工作的科技工作者编写的。在教学中,作者发现即使有些读者对“原理部分”掌握得比较好,但在实际应用中仍感到十分困难,其原因是在原理与应用之间出现了“断层”。因此,教材有必要为读者提供一座通过“断层”的桥梁——一个通用性很强,可供各行各业应用MCS-51单片机的工作者模仿和移值的典型系统。这就是本书的第二部分——“开发部分”,开发系统集成单片机原理于一体,几乎融汇原理部分的全部软、硬件知识。

本书由王树勋主编。王朝玉同志编写了§2-4、§4-1及第六章,张新发同志编写了其余章节均由王树勋同志编写。

本书在编写过程中得到吉林工业大学吴治衡教授的热心指导和帮助。魏晓丽同志为本书编写了配套的实验指导书,为进一步完善教学环节作了大量工作,在此一并表示感谢。

由于我们学识水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1989.8 于吉林工业大学

目 录

第一章 绪论.....	1	§3-2 MCS-51 指令寻址方式.....	42
§1-1 什么是单片微型计算机.....	1	一、立即寻址.....	42
§1-2 单片微型计算机发展概况.....	1	二、直接寻址.....	43
§1-3 单片机的主要优点.....	3	三、寄存器寻址.....	44
§1-4 单片机是“机电一体化” 中最理想的控制器.....	4	四、寄存器间接寻址.....	46
§1-5 单片机是传统工业改造的有力工具.....	4	五、基寄存器加变址寄存器间接寻址.....	48
§1-6 MCS-51 系列单片机.....	5	六、相对寻址.....	48
思考题与习题.....	7	七、位寻址.....	49
第二章 MCS-51 单片机内部结 构分析.....	8	§3-3 数据传送与交换指令.....	50
§2-1 引言.....		一、通用数据传送指令.....	51
一、MCS-51 单片机主要功能.....	8	二、累加器传送指令.....	58
二、MCS-51 单片机芯片及引脚功能.....	9	三、目的地址传送指令.....	64
三、MCS-51 单片机逻辑图.....	11	§3-4 算术运算指令.....	64
§2-2 MCS-51 存储器结构.....	11	一、加法指令.....	65
一、8051 芯片存储器配置.....	11	二、减法指令.....	72
二、8052 存储器配置.....	12	三、乘除法指令.....	74
三、MCS-51 内外存储器系统.....	13	§3-5 逻辑操作指令.....	76
四、存储器.....	14	§3-6 控制转移指令.....	84
§2-3 MCS-51 CPU.....	20	§3-7 布尔处理机指令.....	97
一、MCS-51 运算器.....	20	一、布尔数据传送指令.....	98
二、MCS-51 控制器.....	21	二、布尔状态控制类指令.....	99
三、振荡器、时钟电路.....	21	三、布尔逻辑运算指令.....	100
四、MCS-51 CPU 时序.....	22	四、位条件转移指令.....	102
五、MCS-51 单片机复位.....	24	思考题与习题.....	104
六、MCS-51 低功耗运行方式.....	26	第四章 MCS-51 定时/计数器、串 行口及中断系统.....	110
§2-4 MCS-51 并行 I/O 口.....	28	§4-1 MCS-51 定时器.....	110
一、P0 口的结构与功能.....	28	一、方式 0 的工作原理及应用.....	112
二、P1 口的结构与功能.....	30	二、方式 1 的工作原理及应用.....	113
三、P2 口的结构与功能.....	31	三、方式 2 的工作原理及应用.....	115
四、P3 口的结构与功能.....	32	四、方式 3 的工作原理及应用.....	116
五、并行 I/O 口的接口要求.....	33	五、定时器/计数器门控制位 GATE 的作用.....	116
§2-5 MCS-51 单片机内部程序存储器的 写入、校验和加密.....	33	六、定时器应用时应注意问题.....	117
一、8751 片内 EPROM 的写入和擦除.....	33	七、定时器计数器 T ₂	118
二、8751/8051 内部程序校验.....	34	§4-2 MCS-51 串行口.....	121
三、内部程序存储器的加密位.....	35	一、串行口方式 0 的工作原理.....	123
§2-6 布尔处理机.....	36	二、串行口方式 0 的应用.....	126
思考题与习题.....	36	三、串行口方式 1 的工作原理.....	128
第三章 MCS-51 指令系统.....	38	四、串行口方式 1 的应用.....	133
§3-1 指令系统概述.....	38	五、串行口方式 2、方式 3 的工作原理.....	134
一、指令系统一般概念.....	38	六、串行口方式 2 的应用.....	138
二、MCS-51 指令系统概述.....	41	七、多机通信原理.....	140
		八、多机通信应用.....	141
		§4-3 MCS-51 单片机中断系统.....	147

一、MCS-51 中断源	148	四、8155 有关资料	197
二、中断允许寄存器 IE	149	§7-3 实用 I/O 口扩展板	200
三、中断优先级	150	一、用户系统译码电路分析	200
四、中断响应执行过程	151	二、2764 地址分布	200
五、中断响应时间	153	三、6264 地址分布	202
六、单步执行操作	154	四、8155 地址分布	202
七、多外部中断源	155	五、I/O 口	203
思考题与习题	156	六、8155I/O 口软件设计举例	203
第五章 汇编语言程序设计	158	七、用途	203
§5-1 概述	158	§7-4 8255I/O 口扩展器	204
§5-2 顺序结构程序设计	158	一、8255 结构	204
§5-3 分支程序设计	159	二、方式选择	206
一、N 路分支程序	159	三、方式 0 的功能与时序	207
二、128 路分支程序	161	四、方式 1 的功能与时序	209
三、在运行中计算分支地址程序	161	五、方式 2 的功能与时序	213
§5-4 循环程序设计	162	§7-5 8255 与 8751 接口方法与应用	217
一、单重循环程序	163	思考题与习题	218
二、多重循环	165	第八章 MCS-51 单片机与 A/D 转换器、D/A 转换器的接口设计	219
§5-5 子程序设计	166	§8-1 D/A 转换器工作原理	219
一、子程序概念	166	一、二进制权重电阻解码网络 D/A 转换器原理	219
二、子程序分类	167	二、T 型解码网络 D/A 转换器原理	221
三、子程序嵌套	168	§8-2 MCS-51 与 D/A 转换器连接	222
四、子程序应用	169	一、DAC 0832 介绍	222
§5-6 常用程序设计技巧	170	二、MCS-51 单片机与 DAC 0832 连接	223
一、查表程序设计	170	三、8051 扩展两个 DAC 0832 方法	224
二、响应中断现场保护程序设计	173	§8-3 A/D 转换器工作原理	225
三、利用堆栈传送参数程序设计	174	一、逐次逼近法 A/D 转换器原理	225
思考题与习题	178	二、双积分式 A/D 转换器原理	226
第六章 存储器扩展设计	179	§8-4 MCS-51 与 A/D 转换器连接	227
§6-1 MCS-51 的存储器配置	179	一、ADC 0809 A/D 转换器	227
§6-2 程序存储器的扩展设计	179	二、MCS-51 与 ADC 0809 的连接	229
一、外部程序存储器的操作时序	179	§8-5 实用 MCS-51 A/D 与 D/A 扩展板	231
二、常用芯片介绍	180	一、系统译码电路分析	231
三、程序存储器的扩展设计	184	二、2764 地址分布	231
§6-3 数据存储器的扩展设计	185	三、6264 地址分布	232
一、外部数据存储器的操作时序	187	四、8155 地址分布	232
二、常用数据存储器芯片简介	187	五、ADC 0809 口地址	233
三、数据存储器的扩展设计	188	六、DAC 0832 口地址	233
思考题与习题	189	七、A/D、D/A 软件设计	233
第七章 并行 I/O 口扩展设计	191	八、用途	234
§7-1 概述	191	思考题与习题	234
§7-2 8155 带 RAM 与定时器的 I/O 口扩展器	191	第九章 MCS-51 单片机开发机原理	235
一、8155 引脚功能	191	§9-1 开发的概念与开发系统	235
二、8155 内部寄存器	193	一、开发与开发系统概念	235
三、定时/计数器	196		

二、开发系统在单片机应用中的作用·····	235	六、开发机 EPROM 写入原理·····	255
三、单片机开发系统(装置)的基本功能·····	236	七、开发机仿真及供用户使用资源·····	258
四、MCS-51 机开发系统·····	237	八、开发机复位·····	260
五、学习 MCS-51 单片机开发机原理和 键盘监控程序的重要性·····	237	§ 9-4 键盘监控程序概述·····	261
§ 9-2 MCS-51 单片机开发机功能·····	238	一、键盘监控程序总体结构·····	261
§ 9-3 MCS-51 开发机的结构及原理·····	241	二、键盘监控 RAM 区·····	261
一、中央处理器——8031·····	241	三、键盘监控程序一览表·····	263
二、存贮器·····	242	四、监控程序中的表格·····	265
三、键盘、显示器接口——8155·····	243	附录 MCS-51 系列指令系统表·····	266
四、开发机键盘输入、显示器输出原理·····	248	参考文献·····	272
五、开发机转录、转贮工作原理·····	253		

第一章 绪 论

§ 1-1 什么是单片微型计算机

一般认为,微型计算机由以下三个基本单元构成:

- (1) 中央处理器 CPU, 运算与控制部件;
- (2) 存储器 ROM/RAM, 存放程序和数据信息存储部件;
- (3) 接口 I/O, 输入、输出信息部件。

例如,大家熟知的 TP801 单板机,就是把 Z80-CPU、RAM/EPROM、CTC、PIO 等集成电路芯片安装在一块印刷电路板上而构成的计算机。“单板机”的芳名就是由此产生的。同理,如果将这些基本单元组装在几块印刷电路板上,可称其为“多板机”,系统机一般都是“多板机”。

顾名思义,单片微型计算机就是由一片芯片构成的计算机,即在一块芯片上集成了中央处理器 CPU,存储器 RAM/ROM/EPROM, I/O 接口及其它有关部件构成的计算机。其全称为单片微型计算机(Single—chip Microcomputer)或微控制器(Micro—Controller)。

§ 1-2 单片微型计算机发展概况

大家知道,自从第一台电子计算机 ENIAC 于 1946 年在美国宾夕法尼亚州诞生以来,电子计算机经历了四个主要阶段:

第一阶段:1946~1958年 电子管计算机。

第二阶段:1959~1963年 晶体管计算机。

第三阶段:1964~1970年 集成电路计算机。

第四阶段:1971~目前,大规模集成电路(超大规模集成电路)计算机。

随着阶段的更迭,计算机性能飞速发展。现代计算机运算速度已达每秒亿次级,存储器容量已是兆位级。

大规模集成电路的出现和发展,使计算机的全部电路纳入几块甚至一块芯片上成为可能,这就导致了在第四阶段占有重要地位的微型计算机的诞生。

目前,超大规模集成电路已达 450000 晶体管/片水平。它极大地促进了微型计算机的发展。微型计算机具有体积小、重量轻、价格低廉、便于使用等一系列优点、广泛应用于工业、农业、军事、商业、管理及日常生活与学习中,微型计算机已渗入到国民经济的各个领域。人们在实践中逐步认识到计算机在加速人类文明世界进程中的无法估量的作用。事实上,计算机对于人类的重大意义只在微型计算机出现后才充分地显露出来并被人们所

认识。

微型计算机的发展已形成两个主要方向, 其一是赶超小型机, 利用大规模集成电路技术, 不断扩大微处理器能力, 实际上微型计算机已经赶上或超过小型计算机水平, 在某些方面的性能甚至接近于大型计算机功能, 当然, 小型机和大型机自身也在发展; 其二是将微型机进一步微型化, 已经生产出单片微型计算机, 随着科学的发展, 要求使用计算机的领域日益广泛深入。然而, 对于小型智能仪器仪表, 实时工业控制、智能终端, 电信设备、汽车、农机、家用电器、儿童玩具等领域, 它们的控制计算并不很复杂, 但对体积、成本、功耗等要求十分苛刻。这不但是一般通用微型计算机无法胜任的, 就是单板机也无能为力。像这样中、低档的应用, 其范围极广, 数量极大。为了满足上述应用的需求, 设计制造了单片微型计算机。它破除了典型微型计算机按逻辑功能划分芯片结构的传统概念, 不求规模大, 只求小而全。在设计制造时调整了接口配制, 加强了控制功能, 减少了存储器容量, 在一块芯片上制成了单片微型计算机。

到目前为止, 单片微型计算机的发展大体经历了三代:

第一代: 1971~1975 年, 4 位单片机。例如得克萨斯仪器公司的 TM1000, Intel 公司的 INTE4004 等。这些计算机价格便宜、功能有限, 只运用于消费类电子产品。

第二代: 1976~1982 年, 8 位单片机。例如 Intel 公司的 MCS-48、Motorola 公司的 MC6801、MC6802, Zilog 公司的 Z8 系列等。

在 1980 年, Intel 公司推出了 MCS-51 系列高档 8 位机。与 MCS-48 系列单片机相比, MCS-51 系列的内部程序存储器扩大了 4 倍 (4K), 数据存储器增加了 1 倍 (128 字节) 工作寄存器组扩大了 1 倍, 有两个 16 位定时器, 32 根 I/O 线, 新增设了全双工串行 I/O 口等功能。这种单片机寻址范围大, 使用范围宽, 不仅能应用于简单系统, 而且广泛用于工业控制、外部设备控制、宏观经济、局部网络及家用计算机中, 是单片机中最有生命力的一类。

第三代: 1983 年~目前, 16 位单片机。例如 Mosmek 公司的 MK6800, Intel 公司的 MCS-96 等。MCS-96 集成度为 12 万只晶体管/片。寻址范围 64k 字节、片内 ROM 8k 字节、RAM 232 个字节、5 个 8 位并行口。一个全双工串行口、4 个 16 位定时器, 8 通道 10 位 A/D 转换器等, 另外 MCS-96 指令系统能处理位、字节、字, 有 16 位乘 16 位乘法、32 位除以 16 位除法指令, 可见一块单片计算机的功能可以和一台多片系统机相媲美。单片机已进入一个崭新的阶段。高性能单片机正在不断出现, 单片机将涉足于更新、更复杂、更广泛的领域。

1983 年 9 月在巴黎召开的第九届世界计算机会议, 非常重视单片机的发展。据统计, 世界上用得最多的是 8 位单片机、今后将以 8 位机以下的单片机为主, 向多功能、低功耗、低价格方向发展。在单片机应用中应努力提高性能/价格比, 而不应盲目追求高性能单片机。从综合经济效益出发, 8 位单片机在相当大范围内在相当长的一段时间会继续发挥作用。16 位单片机和不久即将问世的 32 位单片机主要扩大了单片机的应用范围, 而不是代替 8 位机。鉴于这种情况, 本书将以介绍 8 位单片机为主。

表 1-1 给出了常用单片机性能。目前世界上各国生产单片机的公司很多, 在我国, Intel 公司产品占了大部分市场。因此, 本书以 Intel 公司的 MCS-51 系列 8 位单片机为样机讲述单片机原理。

表1-1 常见单片机一览表

厂 家	型 号	ROM形式(字节)		RAM 容量(位)	I/O 线数	工 艺	CPU 处理 位数	引 脚 数	
		ROM	EPROM						
Intel	MCS8048 系 列	MCS8048H	1K		64×8	24	HMOS	8	40
		MCS8748		1K	64×8	24	NMOS	8	40
		MCS8035H			64×8	24	HMOS	8	40
		MCS8049H	2K		128×8	24	HMOS	8	40
		MCS8749H		2K	128×8	24	HMOS	8	40
		MCS8039H			128×8	24	HMOS	8	40
	MCS8051 系 列	MCS8051	4K		128×8	32	HMOS	8	40
		MCS8751		4K	128×8	32	HMOS	8	40
		MCS8031			128×8	32	HMOS	8	40
	Motorola	MC6805 系 列	MC6805P2	1.1K		64×8	20	HMOS	8
MC6805R2			2K		64×8	32	HMOS	8	40
MC68705P3				1.8K	112×8	20	HMOS	8	28
MC146805E2					112×8	16	CMOS	8	40
MC6801 系 列		MC6801	2K		128×8	29	HMOS	8	40
		MC68701		2K	128×8	29	HMOS	8	40
		MC6803			128×8	29	HMOS	8	40
					128×8	29	HMOS	8	40
Zilog	Z8系列	Z8601	2K		128×8	32	HMOS	8	40
		Z8602			128×8	32	HMOS	8	40
		Z8603			128×8	32	HMOS	8	40
		Z8671			128×8	32	HMOS	8	40
National Semiconductor	C OPS40 系列	COPS420	1K		64×4	23	NMOS	4	28
MOSTEK	MK6800		4K		256×8	48	HMOS	16	48

§ 1-3 单 片 机 的 主 要 优 点

单片机主要优点如下:

1. 集成度高、体积小、功能强、速度快

粗略地讲, MCS-51 系列中的一片 8751 芯片(外形几何尺寸相当于 Z80-CPU), 其功能相当于一片 Z80-CPU、2 片 Z80-CTC、一片 Z80-SIO、一片 2732 EPROM 芯片的功能的总和。MCS-51 单片机指令系统中为适应控制的需要设有极强的位处理功能。具有加、

减、乘、除指令，CPU时钟高达12MHz，完成单字节乘法或除法运算仅需要 $4\mu\text{s}$ ，而且具有多机通信功能，可作为多机系统中的一个子系统。

2. 价格低廉

由于单片机生产批量大、其成本很低，所以具有极高的性能/价格比。

3. 单片机有工业级芯片，可靠性强

一般，微处理器和有关元器件分军用和民用两级，民用产品主要适用于办公室及机房环境，工作温度在 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ ；军用产品要求在恶劣条件下稳定工作，工作温度在 $-65\sim +125^{\circ}\text{C}$ ；工业应用介于以上两者之间，工业产品在 $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$ 应能正常工作。工业产品可靠性比民用产品强，而价格较军用品低。

在单片机应用中，可以根据实际工作环境，选择工业级芯片，保证系统可靠性。

单片机其它优点将在以后各章陆续说明。

§ 1-4 单片机是机电一体化中最理想的控制器

近年来，在国际上出现了 Mechanics 和 electronics 复合而成的 Mechtronics 一词，国内称之为“机电一体化”。它是通过机械技术与微电子技术、信息技术紧密结合而形成的一个新学科领域。这种结合形成一种技术趋势，涌现了崭新的产品及先进的制造技术，因而使整个机械、仪表、控制的产品结构发生根本变化，并产生强大的经济效益和社会效益，改变着国民经济各部门的技术装备状态。

一般来说，不同的机电一体化产品，在机械电气特性及生产工艺过程中的要求也不同，要识别、接受各种各样的实时信息。这些信息可能是开关量，也可能是模拟量。对这些量的精度和动态要求也很不同，故而需要考虑对机械装置，传感器性能进行补偿。

工业控制对实时性和高可靠性要求较高。在机电一体化系统中，除了实时操作系统的软件外，还要求有多种应用软件，并要求控制机指令系统功能强、效率高，有自诊断、纠错、容错等功能。

另外，机电一体化产品，尤其是民用产品对电气部分造价十分敏感。

因此，机电一体化产品要求其电气控制部分具有实时性，高可靠性、智能（功能）化、体积小、价格低廉。所有这些均决定了单片机是机电一体化的产品中控制器的最佳选择。

目前，已有一批以单片机为核心控制器的机电一体化产品，诸如彩色胶片洗印机，遥控电视、录像机，全自动洗衣机，电子乐器，智能化仪器仪表，银行利率专用机，化工反应釜的多参量控制装置，地矿物探仪器，煤矿井下生产安全监测系统，冶金配料，数控机床，机器人，柔性加工系统，智能医疗机械等。

可以预言，单片机在机电一体化中将扮演越来越重要的角色。

§ 1-5 单片机是传统工业改造的有力工具

在传统工业中，大多数是利用人工操作的机械进行生产的。同一产品，不同的人用同一机床进行生产，产品质量与产量受到人的技术水平、精神状态、疲劳程度等多种因素的制约。因而，要保证高质量、高产量，使原材料和能源精确地使用在最佳状态是难以达到的。

机械是人双手的延伸,在很大程度上,只是减轻人的体力劳动。然而若将传统机床改造成数控机床,就可以用计算机部分或大部分地代替人的大脑,来安排管理控制操纵机床加工工件。

我国绝大部分传统工业,为数众多的是中小型企业,单台机床进行加工或单个设备进行生产,存在着企业技术改造费用有限、原有设备陈旧、落后、人才素质不高等情况,而改造企业的生产条件,就要求投资少、见效快、可靠性高、容易掌握、对环境条件要求低等。单片机较好的能满足了这些条件。

单片机在我国工业改造中已发挥巨大作用,从以下几个例子中也以看到这一点。

在制药行业中,片剂是用压片机压制成型的。片剂重量差异要求控制在 $\pm 2\%$ 范围内,因而,必须对压片机充填调节机构随时加以控制。对于成品片剂需要称重计量,与标准片剂进行比较并反馈到充填调节机构,调节冲模距离,以达到规定误差要求。对于每分钟压制1200片的压片机,用人工控制是很难适应的。然而传统压片机工艺就是用人工控制,靠人每隔5分钟检验一片,再去调节充填机构。而在这个过程中,压片机也压到6000片。哈尔滨制药四厂用8039单片机为核心研制的控制系统,以MD100-1型精密电子秤为检测传感器,步进电机作为执行机构,加上部分接口电路构成闭环控制系统,达到自动操作,控制片剂重量差异 $< \pm 2\%$,检测和调节周期缩短为6s,仅为人工的1/50。这样不仅精度高了,而且提高了产品合格率。

东南大学利用8035单片机作为核心部分,对炉窑的燃烧状态进行数学模拟,建立了热效率计算的数学模型,研制出多功能锅炉热效率测试仪,已在南京油脂化工厂,南京丝织厂、南京制药厂应用,均得到满意结果。

航空航天部研制的KJ4型煤矿井下安全生产监控系统,井下分站亦是用单片机构成的。为大幅度降低我国煤矿百万吨死亡率作出了贡献。

上海自来水改造工程,用的是8051单片机组成的分布式控制系统。

综上所述,单片机是适合我国国情的传统工业改造的有力技术手段。

§ 1-6 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机主要产品及其参数列于表 1-2。其典型产品为 8751、8051 和 8031。

8751、8051 和 8031 三种芯片主要区别在于:8051 芯片内部有 4K 字节 ROM 形式程序存储器;8751 芯片内部有 4K 字节 EPROM 形式程序存储器;8031 片内无程序存储器。8051 内部程序要由生产芯片厂家写入,所以适用于低成本大批量生产;8751 适于开发样机,小批量生产或有待于进一步完善的情况;8031 芯片必须外接程序存储器,适用于较方便进行修改和更新程序存储器的场合。

表 1-2 中 8052 芯片内部有 8K 字节程序存储器,256 个字节 RAM,3 个 16 位定时器,6 条中断线。8032 除内部无程序存储器外,其它与 8052 相同。

表 1-2 中 8044 (内有 4K 字节 EPROM) 能实现 HDLC/SPLS 通信功能,能构成廉价控制局部网络,最大数据传输率也达 2.4Mb/s。

表中,80C51、80C31 等产品为 CHMOS 工艺,它既具有 CMOS 的低功耗特性,又保

表1-2 MCS-51 单片机系列产品性能表

型号 性能	8051	80C51	8751	8031	80C31	8052	8032	8044
工 艺	HMOS	CHMOS	HMOS	HMOS	CHMOS	HMOS	HMOS	HMOS
程序存储器 (字节)	4K ROM	4K ROM	4K EPROM	—	—	8K ROM	—	4K ROM
数据存储器 (字节)	128	128	128	128	128	256	256	192
程序存储器 (片外、字节)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
数据存储器扩展 (片外、字节)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
最高时钟频率/MHZ	12	12	12	12	12	12	12	12
典型指令执行时间/ μs	1	1	1	1	1	1	1	1
16位定时器/计数器 个数	2	2	2	2	2	3	3	1
并行I/O口/线	32	32	32	16	16	32	16	32
串行I/O口	同步方式: 异步方式: 9位或10位可编程							HOLC /SPLC
中断源	5	5	5	5	5	6	6	5
I _{cc} 最大电流/mA	125	24	185	175	24	160	160	200
掉电方式时的电 流/mA待机方式时 的电流/mA	10 —	50 μA 3	20 —	10 —	50 μA —3	10 —	10 —	30 —

持了 HMOS 的高速、高封装密度特性。这种芯片具有掉电保护和“空闲”方式功能。在掉电保护工作方式下，如果发生掉电，则由电池供电，仅保证数据存储器区的需要，其它部分全部停止工作，此时单片机功耗为最小。在“空闲”工作方式下，CPU 除定时器和中断部分继续工作外，其它部分全部停止工作。“空闲”状态由定时器或外部中断信号结束，适用于断续工作情况，降低了单片机功耗。

MCS-51 单片机可以用 MCS-80 和 MCS-85 外围芯片加以扩展，进一步提高了它们的功能。

MCS-51 系列单片机的封装方式、芯片等级、产品检验情况等，用商标型号数字前的一、二个前缀字母表示，其意义如表 1-3 所示。

表中民用级温度范围为 0~70℃，工业级温度范围为 -40~+85℃。老化试验是根据美军标准 MIL-STD-883 中方法 1015 试验条件 D 进行的。在 $U_{cc}=5\pm0.5V$ ，温度为 125℃ 条件下，至少进行 160 小时老化处理。如型号 P8031AH 表示该芯片是塑料封装、民用级、没有经过老化处理。

MCS-51 系列单片机产品商品型号后缀表示产品加工工艺类型，8051 为 HMOSI 工艺，8051AH 为 HMOSI 工艺、80C51BH 为 HMOSI 工艺。

例如：型号 LD8031AH 表示该产品是陶瓷浸渍封装；工业级芯片，进行过老化处理，产品属于 HMOSI 工艺。

表1-3 前缀说明

前 缀	封 装 形 式	级 别	进行老化试验否
P	塑 料	民 用	否
D	陶瓷浸渍	民 用	否
C	陶 瓷	民 用	否
TP	塑 料	工 业	否
TD	陶瓷浸渍	工 业	否
TC	陶 瓷	工 业	否
QP	塑 料	民 用	进 行
QD	陶瓷浸渍	民 用	进 行
QC	陶 瓷	民 用	进 行
LP	塑 料	工 业	进 行
LD	陶瓷浸渍	工 业	进 行
LC	陶 瓷	工 业	进 行

工业级经过老化处理的芯片，可靠性好，价格也相对比较高。根据实际系统工作环境和条件的不同，选择不同性能芯片。

MCS-51 系列单片机新产品不断出现，最近 Intel 公司推出 8052AH-BASIC 产品，它内部 ROM 驻留了 8K BASIC 解释程序，称之为 MCSBASIC-52。MCSBASIC-52 拥有所有的标准 BASIC 命令、语句和操作。允许用户用普通 BASIC 编程，也允许用户用汇编语言编程。此外，还具有浮点运算，码制转换，EPROM，E²PROM 写入等功能，丰富的功能表现出极强的生命力。

思考题与习题

1. 什么是单片微型计算机？它在结构上有什么特点？
2. 单片微型计算机有哪些主要优点？
3. 试述单片机在机电一体化产品中的作用。
4. 试举一例，说明单片机可能在某机床、（设备、家用电器）中的改造中发挥作用。
5. “MCS-51系列单片机中所有产品都属于工业级”这句话对不对？为什么？
6. 说明下列产品型号的意义

(1) D8031AH

(2) TD8031AH

(3) LD8031AH

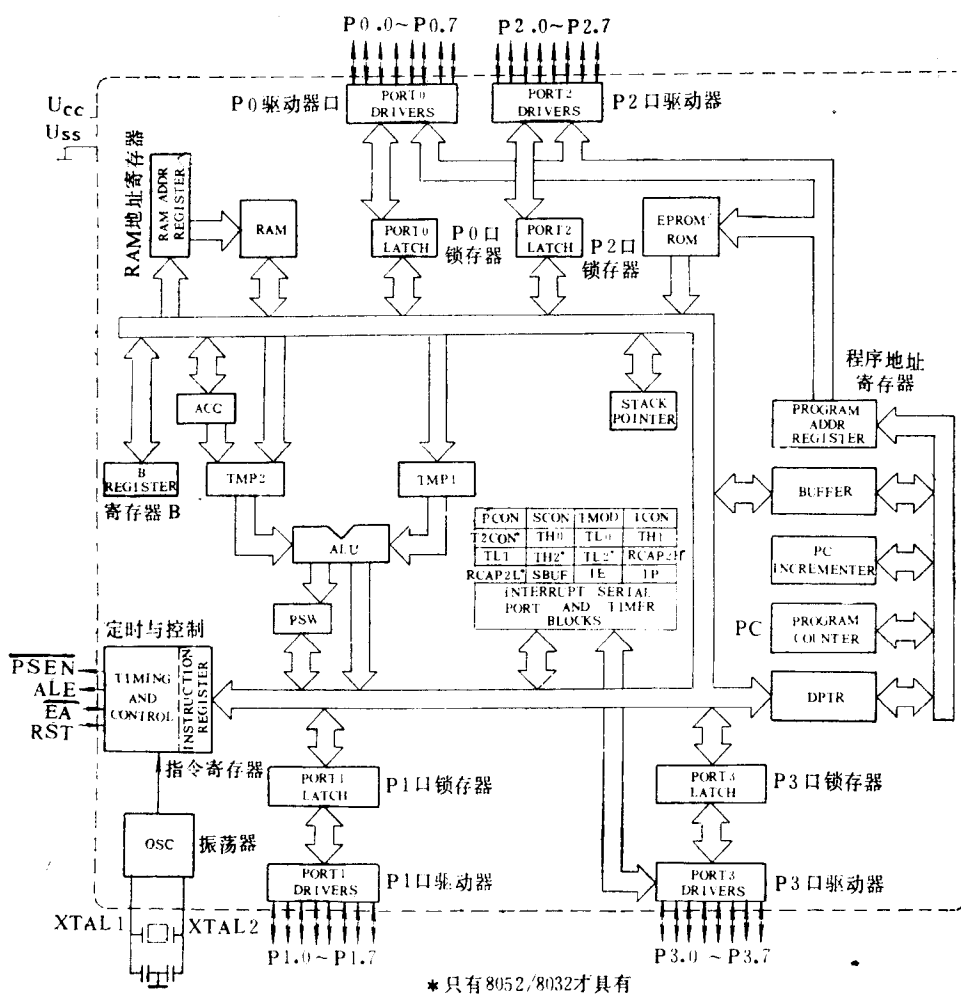
第二章 MCS-51单片机内部结构分析

§ 2-1 引言

一、MCS-51 单片机主要功能

表 1-2 中各类产品均属于 MCS-51 系列。它们的内部结构可以用图 2-1 表示。各类产品之间的区别主要在于工艺不同。因此，一般用“8051”这个名词泛指 MCS-51 系列。

8052 内部程序存储器为 8K 字节，数据存储器为 256 个字节，有 8 个 16 位定时器、6 个中断源，其结构也可以用图 2-1 表示，8052 特有的结构在图中用“*”表示。为了简便，



* 只有 8052/8032 才具有

图 2-1 MCS-51 总体结构图

此后用“8052”这个词既代表8052，又代表“8032”。

关于图 2-1 所示硬件各部分功能，将在后续各章中逐步深入介绍。

MCS-51 单片机内部包括如下部件（及功能）

- 8 位 CPU
- 振荡器和时钟电路。
- 4K 字节程序存储器（ROM 形式或 EPROM 形式，8052 为 8K 字节 ROM）。
- 32 条 I/O 口线。
- 可寻址外部程序存储器和数据存储器，各 64K 字节。

• 2 个 16 位定时器/计数器（8052 为 3 个）。

• 5 个中断源（8052 为 6 个），2 个中断优先级。

• 1 个全双工串行 I/O 口。

• 具有位寻址功能和很强的布尔处理能力。

• 128 字节内部 RAM（8052 为 256 个字节），和 21 个特殊功能寄存器（8052 为 24 个）。

二、MCS-51 单片机芯片及引脚功能

MCS-51 单片机芯片为 HMOS 芯片，采用 40 引脚双列直插封装形式，CHMOS 芯片除采用双列直插封装外还采用了方形封装形式。图 2-2 给出了它们的引脚配置图。图 2-2 a 中 1 脚和 2 脚

第二功能“T2”与“T2EX”只有 8052/8032 具有。图 2-2b 中为 44 个引脚，其中标有 NC

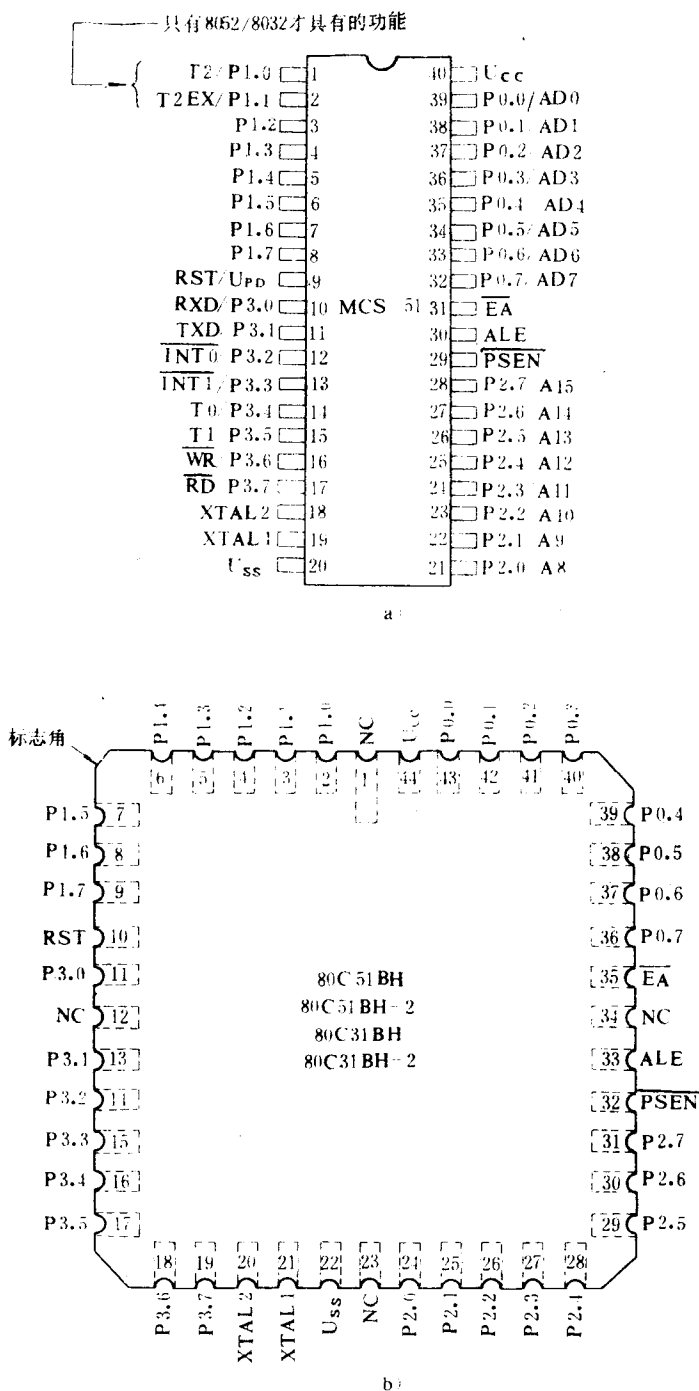


图 2-2 MCS-51 引脚图配置

a) 双列直插封装 b) 方形封装

的 1、12、23、34 是空脚，不连线。

下面对图 2-2 中各引脚简要功能说明如下，（在功能符号后面括号中，“双××脚”，表示双列直插封装××引脚；“方××脚”表示方型封装××引脚）

U_{cc} :（双 40 脚、方 44 脚）无论正常运行还是编程，校验均接正 5V 电源。

U_{ss} :（双 20 脚、方 22 脚）接地电平。

$XTAL1$:（双 19 脚、方 21 脚）片内振荡器、反相放大器输入端。接外部晶体的一个引脚。使用外接振荡器时，对于 HMOS 单片机芯片，该脚接地；对于 CHMOS 单片机芯片，该脚为驱动端（详见 § 2-3）。

$XTAL2$:（双 18 脚，方 20 脚）片内振荡器、反相放大器输出端。接外部晶体的另一端。当使用外部振荡器时，若采用 HMOS 型单片机芯片，该脚接收外部振荡器信号；若采用 CHMOS 型单片机芯片，该引脚应浮空（详见 § 2-3）。

RST/U_{PD} :（双 9 脚，方 10 脚）。当振荡器工作时，该引脚上保持两个机器周期的高电平可以使单片机复位（详见 § 2-3）。当 U_{cc} 处于掉电情况下，该引脚接在备用电源上可保护内部 RAM 数据，这就是该引脚的 U_{PD} 功能（详见 § 2-3）。

$P0$ 口:（双 32~39 脚、方 36~43 脚）是一个 8 位漏极开路双向并行 I/O 口。当使用外部存储器时，它是分时复用的地址/数据总线（低 8 位地址/8 位数据总线）。 $P0$ 口能以吸收电流方式驱动 8 个 LSTTL 负载。

$P1$ 口:（双 1~8 脚，方 2~9 脚）是一个 8 位准双向并行 I/O 口，它能带（吸收或输出电流）4 个 LSTTL 负载。对于 8052/8032 $P1.0$ 和 $P1.1$ 还有第二功能，分别为 T_2 和 $T2EX$ ， T_2 为定时器 2 计数触发输入端， $T2EX$ 为定时器 2 外部控制端。

$P2$ 口:（双 21~28 脚，方 24~31 脚）是一个 8 位准双向并行 I/O 口。在使用外部存储器时，它输出地址高 8 位，它能带（吸收或输出电流）4 个 LSTTL 负载。

（ $P0$ 口、 $P1$ 口、 $P2$ 口在 8751 EPROM 编程或校验中作用见 § 2-5）

$P3$ 口:（双 10~17 脚，方 11、13~19 脚）是一个 8 位准双向并行 I/O 口。此外它们还有第二功能，如表 2-1 所示。 $P3$ 口能带（吸收或输出电流）4 个 LSTTL 负载。

表 2-1 $P3$ 口第二功能表

口 线	第 二 功 能 说 明	备 注
$P3.0$	RXD 串行口数据输入端	详见 § 4-2
$P3.1$	TXD 串行口数据输出端	详见 § 4-2
$P3.2$	$\overline{INT0}$ 外部中断 0 请求	详见 § 4-1、§ 4-3
$P3.3$	$\overline{INT1}$ 外部中断 1 请求	详见 § 4-1、§ 4-3
$P3.4$	$T0$ 定时器/计数器 0 外部输入端	详见 § 4-1
$P3.5$	$T1$ 定时器/计数器 1 外部输入端	详见 § 4-1
$P3.6$	$\overline{WR}$ 外部数据存储器写选通信号输出端	详见 § 6-3
$P3.7$	$\overline{RD}$ 外部数据存储器读选通信号输出端	详见 § 6-3

$PROG/ALE$:（双 30 脚，方 33 脚）输出端。当访问外部存储器时，此引脚为地址锁

存信号 ALE, 即 ALE 信号作用是把 P0 口上地址总线低 8 位信息锁存在锁存器中, 此端能驱动 (吸收或输出电流) 8 个 LSTTL 负载。

对于 8751 EPROM 编程时, 此引脚为编程脉冲输入端。即 PROG 功能。

在既不是访问外部存储器, 也不是 EPROM 编程状态下, 此引脚以 1/6 振荡器频率输出, 可以作为对外输出时钟。但请注意, 在访问外部数据存储器时, 此引脚不能作为外部输出时钟。

PSEN: (双 29 脚, 方 32 脚) 输出端, 是外部程序存储器选通线。在外部程序存储器读取指令执行时, PSEN 每个机器周期有效两次; 在执行内部程序存储器读取指令时 PSEN 无效; 在访问外部数据存储器时, PSEN 也无效。此端能驱动 8 个 LSTTL 负载。

EA/U_{PP}: (双 31 脚, 方 35 脚) 输入端。

当 EA 为高电平时, 若程序计数器 PC 值小于 0FFFH, 则 CPU 访问内部程序存储器, 若 PC 值大于 0FFFH, 则 CPU 访问外部程序存储器。当 EA 为低电平时, CPU 只能访问内部程序存储器。

在 8751 EPROM 编程时, 此引脚接 21V 编程电源, 即 V_{PP} 功能。

三、MCS-51 单片机逻辑图

第一章已说明把 CPU、存储器、I/O 口等部件集成在一块芯片上构成了单片机。本章以后各节分别以 MCS-51 内部存储器、CPU、I/O 口为单元进行介绍。为了方便, 在以后各章中讲述原理时, 常常以 MCS-51 逻辑图代替芯片外形图, 如图 2-3 所示。

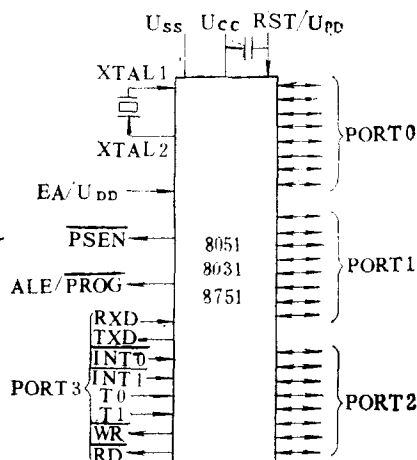


图 2-3 MCS-51 逻辑符号图

§ 2-2 MCS-51 存储器结构

一、8051 芯片存储器配置

如表 1-2 所示, 8051/8751/80C51 芯片部内有 4K 字节程序存储器, 地址为 0000H~0FFFH (8031/80C31 没有), 可外接程序存储器 64K 字节, 地址为 0000H~0FFFFH。当 EA 引脚保持高电平时, 程序计数器 PC 值不超过 0FFFH 时, CPU 执行内部程序存储器程序, 当 PC 值为 1000H~0FFFFH 时, CPU 执行外部程序存储器程序; 当 EA 引脚为低电平时, CPU 只能执行外部程序存储器程序, 地址为 0000H~0FFFFH (8031/80C31 芯片 EA 引脚必须接地)。8051/8751/8031/80C51/80C31 芯片内部均有 128 个字节数据存储器 RAM, 地址为 00H~7FH; 在 80H~FFH 之间的 128 个字节中分布有 20 个特殊功能寄存器 (或专用寄存器), 占用了 21 个字节, 称之为特殊功能寄存器块 SFR, 此区间 (80H~FFH) 的其它字节无定义, 不能使用。这些芯片都可以外接 64K 字节数据存储器, 地址为

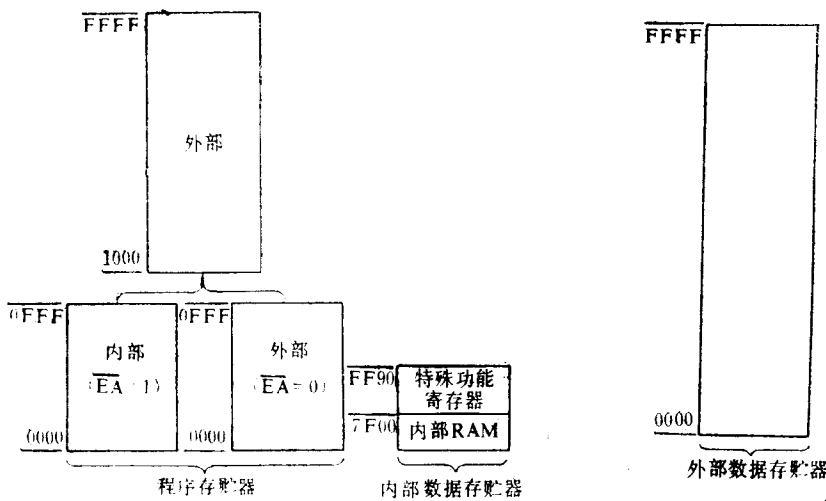


图 2-4 8051存储器配置图

0000H~FFFFH。这些“8051”芯片存储器配置如图 2-4 所示。

二、8052 存储器配置

表 1-2 还表明，8052 芯片内部有 8K 字节 ROM 形式程序存储器，地址为 0000H~2FFFH（8032 没有），外部程序存储器可扩展到 64K 字节，地址为 0000H~FFFFH。

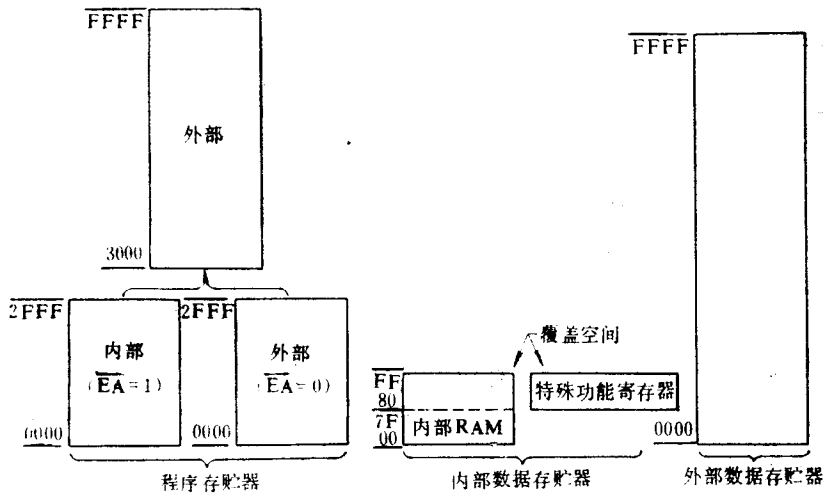


图 2-5 8052存储器配置图

当引脚 EA 保持高电平时，程序计数器 PC 值不超过 2FFFH 时，CPU 执行内部程序存储器程序，当 PC 值为 3000H~FFFFH 时，CPU 执行外部程序存储器程序，当引脚 EA 接