

面向 21 世纪高职高专系列教材

单片机原理及应用

张 伟 主编

王焕顺 审



机械工业出版社

本书是根据教育部高职高专培养目标及对单片机教学的基本要求、结合全国高等职业技术教育机电技术类专业系列教材研讨会的精神,由高职高专机电专业教材编委会组织编写的教材。

全书以 MCS—51 型单片机应用系统为主线,围绕该系统的组成、设计、调试运行全面地介绍了 MCS—51 型单片机的结构原理组成和应用技术。教材本着“从实践中来,到实践中去”的原则编写,力求使读者通过应用学习理论,并在理论指导下灵活应用于实践。通过本书的学习可以使读者较快地掌握单片机应用系统的开发技术和应用实例。

本书适用于高职高专机电技术应用专业,也适用于自动化控制、应用电子技术等专业使用,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/张伟主编. —北京:机械工业出版社,2002.1
面向 21 世纪高职高专系列教材
ISBN 7-111-08296-6

I. 单… II. 张… 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(2001)第 071053 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:王虹 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文
封面设计:宋晓磊 责任印制:路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
1000mm×1400mm B5·8.25 印张·377 千字
0 001—5 000 册
定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

面向 21 世纪高职高专 机电专业系列教材编委会成员名单

顾问	王文斌	陈瑞藻	李奇	冯炳尧		
主任委员	吴家礼					
副主任委员	朱家健	任建伟	孙希羚	梁栋	张华	
	帕尔哈提	朱建风				
委员	刘靖华	韩满林	丛晓霞	朱旭平	陈永专	
	吕汀	刘靖岩	刘桂荣	杨新友	陈剑鹤	
	张伟	何彦廷	陶若冰	陈志刚		
秘书长	胡毓坚					
副秘书长	郝秀凯					

出版说明

积极发展高职高专教育,完善职业教育体系,是我国职业教育改革和发展的一项重要任务。为了深化职业教育的改革,推进高职高专教育的发展,培养 21 世纪与我国现代化建设要求相适应的,并在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备运作的高级职业技术应用型人才,尽快组织一批适应高职高专教学特色的教材,已成为各高职高专院校的迫切要求。为此,机械工业出版社与高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会联合组织了全国 40 多所院校的骨干教师,共同研究开发了一批计算机专业、电子技术专业和机电专业的高职高专系列教材。

各编委会确立了“根据高职高专学生的培养目标,强化实践能力和创新意识的培养,反映现代职业教育思想、教育方法和教育手段,造就技术实用型人才为立足点”的编写原则。力求使教材体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。

本套系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业、机电专业教材编委会分别会同各院校第一线专业教师针对高职高专计算机、电子技术和机电各专业的教学现状和教材存在的问题开展研讨,尤其针对目前高职高专教学改革的新情况,分别拟定各专业的课程设置计划和教材选题计划。在教材的编制中,将教学改革力度比较大、内容新颖、有创新精神、比较适合教学、需要修编的教材以及院校急需、适合社会经济发展的新选题优先列入选题规划。在广泛征集意见及充分讨论的基础上,由各编委会确定每个选题的编写大纲和编审人员,实行主编负责制,编委会通过责任编委和主审对教材进行质量监控。

担任本套教材编写的老师们都是来自各高职高专院校教育第一线的教师,他们以高度的责任感和使命感,经过近一年的努力,终于将本套教材呈现在广大读者面前。由于高职高专教育还处于起步阶段,加上我们的水平和经验有限,在教材的选题和编审中可能出现这样那样的问题,希望使用这套教材的教师和学生提出宝贵的意见和建议,以利我们今后不断改进,为我国的高职高专教育事业的繁荣而共同努力。

高职高专系列教材编委会
机械工业出版社

前 言

单片微型计算机简称单片机,又称为微控制器,是微型计算机的一个重要分支。它把 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器等计算机的主要部件集成在同一硅片上,它体积小、可靠性高、价格低、功能全,是 20 世纪 70 年代兴起的一种大规模集成电路。自 20 世纪 80 年代以来,单片机的发展十分迅速,各类新产品不断涌现,已广泛应用于工业自动化、家用电器、航空航天、卫星遥感等各个领域。

我国自 20 世纪 80 年代以来,在单片机应用领域取得了辉煌的成就,成为了传统工业技术改造和新产品更新换代的理想机种。基于单片机发展的这种形势,并根据教育部高职高专培养目标及对本课程教学的基本要求,结合全国高等职业技术教育机电技术类专业系列教材研讨会的精神编写本书,并经系列教材编写委员会审定。

全书系统全面地介绍了 MCS—51 型单片机的结构原理和应用技术,共分为 7 章。第 1 章介绍了 MCS—51 型单片机的基本结构,第 2 章系统介绍了 MCS—51 型单片机的指令系统和各类程序设计方法,第 3 章介绍了中断系统与定时器/计数器的使用,第 4 章分类介绍了单片机应用系统中常用的扩展部件及其扩展方法,第 5 章介绍了 TSC—51 实验开发系统的使用及伪指令,并扼要介绍了汇编的过程,第 6 章介绍了具体应用实例,第 7 章简要介绍了单片机应用系统的开发设计流程和抗干扰技术及常用的故障诊断方法。

本教材的编写力求循序渐进、浅显易懂。全书以 MCS—51 型单片机应用系统为主线,并围绕该系统的构思、设计、调试运行对 MCS—51 型单片机的原理、方法和应用进行了介绍。全书本着“从实践中来,到实践中去”的原则编写,力求使读者通过应用学习理论,进而在理论指导下灵活应用于实践。在每章后附有大量的习题供读者练习,以便于教学和自学。在本书的编写过程中充分注意了理论联系实际,在介绍理论知识的同时,书中提供了大量的实用电路和程序,以帮助读者较快地提高单片机应用系统的开发设计和工程维护能力。

本书由张伟主编,其中绪论由张伟编写,第 1 章由齐芳编写,第 2、3 章由张伟、陈彦编写,第 4 章由李国厚和刘桂敏编写,第 5、6 章由陈彦和马玲编写,第 7 章由李国厚编写。全书由张伟统稿,并由王焕顺担任主审。

本书适用于高职高专机电技术应用专业,也适用于自动化控制、应用电子技术等专业使用,还可供有关工程技术人员参考。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中一定存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明	
前言	
绪论	1
第1章 初识 MCS—51 型单片机	5
1.1 剖析 MCS—51 型单片机及内部组成	5
1.1.1 8051 型单片机的内部结构框图	5
1.1.2 引脚定义及功能	7
1.1.3 存储器组织结构	8
1.1.4 I/O 端口	16
1.2 MCS—51 型单片机的工作方式	20
1.2.1 复位方式	20
1.2.2 程序执行方式	22
1.2.3 单步执行方式	22
1.2.4 低功耗工作方式与掉电保护	23
1.3 MCS—51 型单片机的时序	24
1.3.1 时钟电路	24
1.3.2 CPU 的时序	25
1.4 构建 MCS—51 型单片机的最小系统	29
1.5 习题	32
第2章 MCS—51 型单片机系统程序设计	33
2.1 MCS—51 型单片机的寻址方式	33
2.1.1 指令系统概述	33
2.1.2 指令格式	33
2.1.3 寻址方式	34
2.1.4 指令的执行过程	40
2.2 数据传送指令及应用	42
2.2.1 内 RAM 数据传送指令	43
2.2.2 外 RAM 数据传送指令	45
2.2.3 ROM 数据传送指令	46
2.2.4 数据交换指令	47
2.2.5 堆栈操作指令	47
2.3 算术运算指令及应用	49
2.3.1 不带进位的加法指令	49
2.3.2 带进位的加法指令	52
2.3.3 加 1 指令	52
2.3.4 带借位的减法指令	53
2.3.5 减 1 指令	54
2.3.6 乘法指令	54
2.3.7 除法指令	55
2.3.8 十进制调整指令	55
2.4 逻辑运算指令及应用	58
2.4.1 逻辑与运算指令	58
2.4.2 逻辑或运算指令	59
2.4.3 逻辑异或运算指令	60
2.4.4 累加器清零指令	61
2.4.5 累加器取反指令	61
2.4.6 移位指令	61
2.5 控制转移指令及应用	62
2.5.1 无条件控制转移指令	63
2.5.2 有条件控制转移指令	66
2.5.3 子程序调用及返回指令	70
2.5.4 空操作指令	71
2.5.5 控制转移类指令应用举例	72
2.6 位操作指令及应用	78
2.6.1 位数据传送指令	79
2.6.2 位置位与清零指令	79
2.6.3 位运算指令	79
2.6.4 位控制转移指令	80
2.7 习题	82
第3章 中断与定时	88
3.1 中断系统及应用	88

3.1.1 中断的概念	89	4.6.1 串行通信的基本知识	165
3.1.2 MCS—51 型单片机的中断 系统	90	4.6.2 串行接口	167
3.1.3 外部中断源的扩展	94	4.6.3 双机通信	171
3.1.4 中断系统应用举例	95	4.6.4 多机通信	175
3.2 定时器/计数器及应用	96	4.6.5 串行接口的扩展	178
3.2.1 定时器/计数器的控制	97	4.7 习题	183
3.2.2 定时器/计数器的工作方式	98	第 5 章 单片机实验开发系统	186
3.2.3 定时器/计数器应用举例	104	5.1 MCS—51 型单片机的开发与 开发系统	186
3.3 中断与定时/计数器综合应用 举例	106	5.1.1 单片机开发系统的构成	186
3.3.1 实现时钟计时的基本方法	106	5.1.2 单片机开发系统的功能	186
3.3.2 程序流程图与程序清单	107	5.1.3 单片机开发系统的分类	188
3.4 习题	111	5.1.4 TSC—51/196 型单片机实验 开发系统	188
第 4 章 MCS—51 型单片机系统的 扩展	113	5.2 MCS—51 型单片机汇编语言源 程序的编辑与汇编	198
4.1 存储器的扩展	113	5.2.1 伪指令	198
4.1.1 总线的扩展与驱动	113	5.2.2 汇编语言源程序的汇编	200
4.1.2 程序存储器的扩展	114	5.3 习题	203
4.1.3 数据存储器的扩展	118	第 6 章 MCS—51 型单片机应用 举例	204
4.1.4 存储器的综合扩展	120	6.1 HZBJ 控制系统	204
4.1.5 简单 I/O 接口的扩展	123	6.1.1 概述	204
4.2 显示器接口技术	125	6.1.2 系统总体设计	204
4.2.1 LED 显示器接口	125	6.1.3 系统硬件电路设计	205
4.2.2 8155 可编程接口芯片	127	6.1.4 系统程序设计	209
4.2.3 LED 显示器显示方式及其与单片 机的接口	131	6.2 步进电动机的控制	232
4.2.4 液晶显示器	134	6.2.1 控制原理	232
4.3 键盘接口技术	140	6.2.2 用 8031 型单片机对步进电动机 进行控制	233
4.3.1 8279 键盘/显示器接口芯片	140	6.3 习题	236
4.3.2 8279 与键盘/显示器的接口	148	第 7 章 单片机应用系统的开发与可 靠性设计	238
4.4 打印机接口技术	151	7.1 单片机应用系统的设计	238
4.4.1 微型打印机简介	151	7.1.1 总体设计	238
4.4.2 8255A 可编程接口芯片	151	7.1.2 硬件设计	239
4.4.3 查询方式的打印驱动	157	7.1.3 软件设计	239
4.5 模/数与数/模转换接口技术	159	7.1.4 系统的调试	239
4.5.1 数/模 (D/A) 转换	159	7.2 单片机系统的可靠性设计	240
4.5.2 模/数 (A/D) 转换	162		
4.6 串行接口技术	165		

7.2.1 系统的可靠性设计	240	附录 A MCS—51 型单片机指	
7.2.2 单片机应用系统的抗		令简表	245
干扰设计	241	附录 B ASCII 字符表	249
7.2.3 单片机系统的故障诊断	242	附录 C 常用集成电路引脚图	250
7.3 习题	243	参考文献	255
附录	245		

绪 论

0.1 单片机及其特点

单片微型计算机 (Single - Chip Microcomputer) 简称单片机, 又称单片微控制器 (Single - Chip Microcontroller), 就是将 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种接口电路集成到一块集成电路芯片上构成的微型计算机。

单片机具有以下特点:

(1) 受集成度的限制, 片内存储容量较小, ROM 一般小于 8KB, RAM 小于 256B; 但可在外部扩展, 通常 ROM、RAM 可分别扩展至 64KB。

(2) 可靠性高。芯片是按照工业测控环境要求设计的, 其抗工业噪声干扰能力优于一般通用的 CPU; 程序指令、常数、表格固化在 ROM 中不易被破坏; 许多信号通道均在一个芯片内, 故可靠性高。

(3) 易扩展。片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用的总线及并行、串行输入/输出管脚, 很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(4) 控制功能强。为了满足工业控制的要求, 一般单片机的指令系统中均有极其丰富的条件分支转移指令、I/O 口的逻辑操作及位处理指令。一般说来, 单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

(5) 体积小、功耗低、价格便宜、易于产品化。

0.2 单片机的发展

单片机分为通用型单片机和专用型单片机两类。通常所说的单片机是指通用型单片机。所谓通用型单片机就是把所有可开发的资源全部提供给用户使用, 其适应性较强, 应用范围较广。而专用型单片机是针对某些特定的场合专门设计的芯片, 其应用范围有一定的局限性, 但它的指令执行时间短、运算速度快、精度高。

随着 1971 年 Intel 公司 4 位微处理器 4004 的成功研制, 接着又在 1976 年推出 MCS—48 型系列单片机之后, 单片机的发展非常迅速。就通用型单片机而言, 目前市场上的产品至少有 50 多个系列, 300 多个品种。从基本操作处理的数据来看, 有 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机以及 32 位单片机等。尽管目前市场上的种类很多, 但由于种种原因, 许多单片机在国内未能成为主流, 目前国内仍然是以 MCS—48、MCS—51、MCS—96 为主流系列。本书主要讲述 MCS—51 系列单片机的原理及其应用。

在 MCS—48 系列中还有低档型号 8020、8021 和 8022。它们的指令只是 8048 指令中的一个子集, 速度也比较慢, 不过 8022 是带有两个输入通道的 8 位 A/D 转换电路, 适合于简单的智能仪表和过程控制。

MCS—51 系列单片机属高档 8 位单片机。近年来, Intel 在提高该产品性能方面做了不少的工作, 相继推出了不少新产品, 见表 0-1。

(1) 8052/8752/8032: 将原来的 8051/8751/8031 进行了扩展, 数据存储器增至 256B; 程序存储器增至 8KB; 定时/计数器增至 3 个 16 位计数器, 共有 6 个中断源。

(2) 低功耗的 CHMOS 工艺芯片 80C51/87C51/80C31: 这种芯片允许电源波动范围较大, 为 $5V \pm 20\%$, 并有三种功耗控制方式。

(3) 具有高级语言编程的芯片 8052AH—BASIC: 该芯片在片内固化有 MCSBA-SICS52 解释程序, 软件开发比较方便。此外还能够实现 BCD 码的浮点运算以及十六进制数和十进制数的转换。

(4) 高性能的 8XC252 系列: 在 8052 基础上, 采用 CHMOS 工艺, 并将 MCS—96 型系列中的一些高速输出、脉冲宽度调制、上/下定时/计数器移植进来构成新一代 MCS—51 型产品 80C252/87C252/83C252, 它们是目前 MCS—51 型系列单片机中的最新产品。

0.3 单片机的应用

单片机自身的特点决定了其应用非常广泛, 单片机的应用可分为单机应用和多机应用。

1. 单机应用

所谓单机应用, 是指在一个应用系统中只使用一块单片机, 这是目前应用最多的方式。单机应用的主要领域有:

(1) 智能产品 单片机与传统的机械产品相结合, 使传统的机械产品结构简化、控制智能化, 构成了新一代的机电一体化产品。例如, 在电传打字机的设计中, 就由于采用单片机而取代了近千个机械部件。

(2) 智能仪表 用单片机改造原有的测量、控制仪表, 能促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化的方向发展, 并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由单片机构成的智能仪表, 集测量、处理、控制功能于一体, 从而赋予测量仪表以崭新的面貌。单片机智能仪表的这些特点, 使传统的仪器、仪表发生了根本的变革。

(3) 测控系统 用单片机可以构成各种工业控制系统、自适应控制系统以及数据采集系统等。

(4) 数控控制机 采用单片机作为机床数控系统的控制机, 可以提高机床数控系统的可靠性、增强功能、降低控制机成本, 并有可能改变数控控制机的结构模式。

(5) 智能接口 在计算机系统, 特别是在较大型的工业测控系统中, 除通用外部设备(打印机、键盘、磁盘驱动器、CRT)外, 还有许多外部通信、采集、多路分配管理以及驱动控制等接口。这些外部设备与接口, 如果完全由主机进行管理, 势必造成主机负担过重, 降低系统的运行速度, 接口的管理水平也不可能提高。如果用单片机进行接口的控制与管理, 单片机与主机就可以并行工作, 使系统的运行速度大大提高。另一方面, 由于单片机可对接口信息进行加工处理, 也就可以大量减少接口界面的通信密度,

表 0-1 INTEL 公司主要单片机系列

系 列	型 号	片内存储器		片外存储器 接寻址范围		I/O 口线		中 断 源	定时/计数器 (个×位)	晶振 /MHz	典型指 令周期 /μs	封装 (DIP)	其 他
		ROM/EPROM	RAM/B	RAM	EPROM/KB	并行	串行						
MCS-48 (8 位机)	8048	1KB/ 64	64	256B	4	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8748	/1KB	64	256B	4	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8035	—	64	256B	4	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8049	2KB/ 128	128	256B	4	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
	8749	/2KB	128	256B	4	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
	8039	—	128	256B	4	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
MCS-51 (8 位机)	8051	4KB/ 128	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8751	/4KB	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8031	—	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8052AH	8KB/ 256	256	64KB	64	32	UART	6	3×16	2-12	1	40	
	8752AH	/8KB	256	64KB	64	32	UART	6	3×16	2-12	1	40	
	8032AH	—	256	64KB	64	32	UART	6	3×16	2-12	1	40	
	80C51BH	4KB/ 128	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	80C31BH	—	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	87C51BH	/4KB	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	80C252	8KB/ 256	256	64KB	64	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	
	87C252	/8KB	256	64KB	64	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	CHMOS, 有脉宽调制输出, 高速输出
	83C252	—	256	64KB	64	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	
	8052AH - BASIC	8KB	256	64KB	64	32	UART	6	3×16	2-12	1	40	片内固化有 BASIC 解释程序
	8044	4KB/ 192	192	64KB	64	32	SIU	5	2×16	12	1	40	SIU 最大传输速率 2.4Mb/s 距离 30m
MCS-96 (16 位机)	8744	/4KB	192	64KB	64	32	SIU	5	2×16	12	1	40	
	8344	—	192	64KB	64	32	SIU	5	2×16	12	1	40	
	8094	—	232	64KB	64	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	4×10 位 A/D
	8095	—	232	64KB	64	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	
	8096	—	232	64KB	64	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	8×10 位 A/D
	8097	—	232	64KB	64	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	
	8394	8KB/ 232	232	64KB	64	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	4×10 位 A/D
	8395	8KB/ 232	232	64KB	64	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	
	8396	8KB/ 232	232	64KB	64	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	8×10 位 A/D
	8397	8KB/ 232	232	64KB	64	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	

极大地提高接口的管理水平。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，不仅可以提高采集速度，而且还可以对数据进行预处理，如数字滤波、线性化处理及误差修正等。在通信接口中采用单片机，可以对数据进行编码、解码、分配管理以及接受/发送等工作。在一些通用计算机的外部设备上，已实现了单片机的键盘管理以及对打印机、绘图机、硬盘驱动器的控制。

2. 多机应用

多机应用是高科技领域应用的主要模式。单片机的高可靠性、控制性能以及高运行速度，必然使未来的高科技工程系统采用单片机多机系统成为主要的发展方向。

单片机的多机应用系统可分为功能弥散系统、并行多机处理系统以及局部网络系统。由于篇幅的限制，本书对多机应用不做过多的阐述。

第 1 章 初识 MCS—51 型单片机

1.1 剖析 MCS—51 型单片机及内部组成

MCS—51 是美国 Intel 公司生产的 8 位高档单片机系列。在这个系列里，有多种机型，它们的性能特点也各不相同。但它们都具有 8051 型单片机的基本结构和功能。本章将主要以 8051 型单片机为主线，介绍 MCS—51 型单片机的内部结构、引脚功能以及应用实例等。

1.1.1 8051 型单片机的内部结构框图

8051 型单片机的内部结构如图 1-1 所示，它包含以下功能部件：

1. 中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心。它由运算器和控制器组成。运算器以 ALU 为核心，用于完成二进制数的算术和逻辑运算。控制器是 CPU 的大脑中枢。它在时钟信号的同步作用下对指令进行译码，使单片机系统的各部件按时序协调有序地工作。

2. 片内 RAM

8051 型单片机芯片内部共有 256 个字节的 RAM 单元，但高 128 个单元中只有一部分被特殊功能寄存器（Special Function Register，简记作 SFR）占用，其余单元用户不能使用。这些特殊功能寄存器，其功能已有专门规定，用户不得随意赋值。只有低 128 个单元可以作为随机存取单元供用户使用，这些单元主要用于存放随机存取的数据及运算的中间结果。通常所说的内 RAM 就是指这低 128 个单元。

3. 片内 ROM

8051 型单片机内部有 4KB 掩膜 ROM，主要用于存放程序、原始数据和表格内容，被称之为程序存储器，有时也被称为片内 ROM。

4. 定时器/计数器

8051 型单片机内部有 2 个 16 位的定时器/计数器，以实现定时或计数功能，并以其定时或计数的结果对系统进行控制。

5. 并行 I/O 口

8051 型单片机有 4 个 8 位并行 I/O 口，即 P0、P1、P2 和 P3 口。这些端口可以用

作一般输入或输出。但通常 P0 口作为 8 位数据总线/低 8 位地址总线复用口, P2 口常用作高 8 位地址总线, 而 P3 口的各个管脚多以第二功能输入或第二功能输出形式出现。因此, 一般情况下只有 P1 口的 8 个管脚作为通用 I/O 口。

6. 串行口

MCS—51 型单片机有一个全双工的串行口, 用以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强, 即可以作为全双工异步通信收发器使用, 也可以作为同步移位寄存器使用。

7. 中断控制系统

8051 型单片机共有 5 个中断源, 即 2 个外部中断源、2 个定时器/计数器中断源和 1 个串行中断源。全部中断源可设定为高低 2 个优先级, 用来满足控制应用的需要。

除了上述主要组成部分外, MCS—51 型单片机芯片还集成了时钟电路、复位电路等, 它们也是单片机的重要组成。

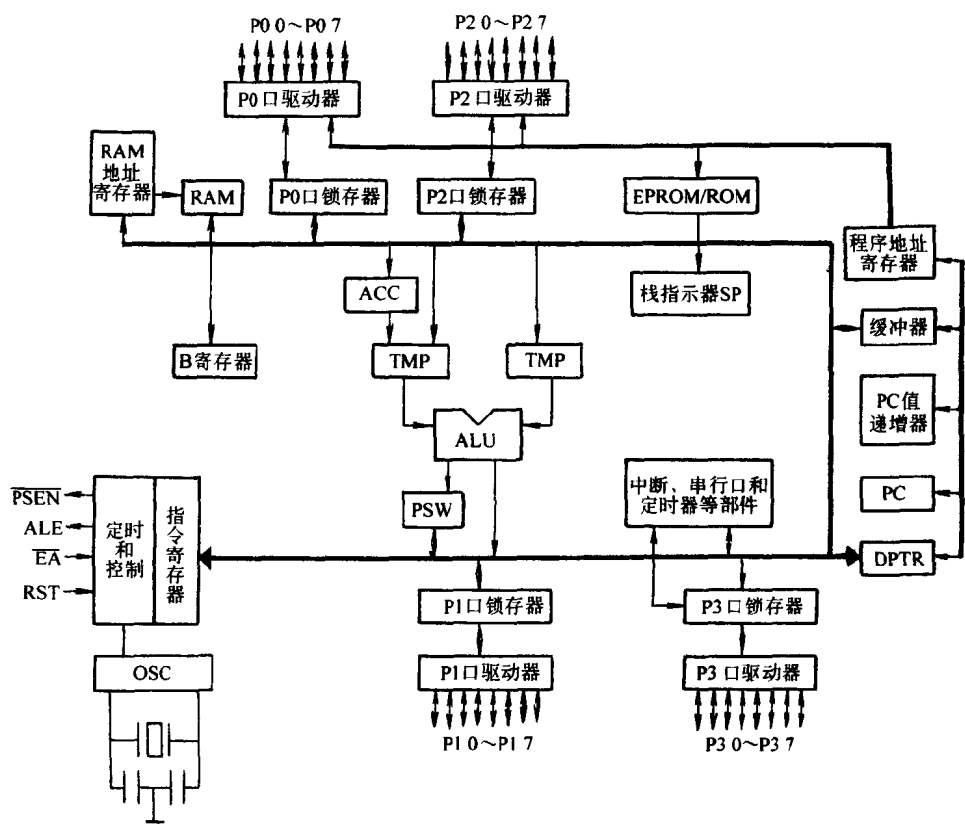


图 1-1 8051 内部结构图

上述各功能部件通过内部总线相连构成了 8051 型单片机。与其相比较, 8751 芯片内部的程序存储器选用了 4KB 的 EPROM, 而 8031 芯片内部则没有程序存储器。

1.1.2 引脚定义及功能

MCS—51 型系列单片机是具有 40 个引脚双列直插式封装的器件。其中许多引脚具有第二功能，但各种不同的单片机芯片又略有不同。其引脚如图 1-2 所示，图中管脚可以分为 4 类：电源类管脚 2 个、时钟类管脚 2 个、并行 I/O 类管脚 32 个、控制类管脚 4 个。

1. 电源类引脚

- V_{CC} (40 脚)：芯片工作电源的输入端，+5V。
- V_{SS} (20 脚)：电源的接地端。

2. 控制信号引脚

- RST/V_{PD} (9 脚)：RST 为复位信号输入端。当 RST 端保持两个机器周期（24 个时钟周期）的高电平时，可对单片机实现复位操作。

该引脚的第二功能 (V_{PD}) 是作为内部备用电源的输入端。当主电源 V_{CC} 一旦发生掉电或电压降低到低于电平规定值时，可通过 V_{PD} 为单片机内部 RAM 提供电源，以保护片内 RAM 中的信息不丢失，使系统在上电后能继续正常运行。

- $ALE/\overline{PROG}$ (30 脚)：ALE 为地址锁存允许输出信号。在访问外部存储器时，ALE 用来锁存 P0 扩展地址低 8 位的地址信号。在不访问外部存储器时，ALE 以时钟振荡频率的 1/6 的固定频率输出。因而它又可用作外部定时及其它需要。但请注意：每当 CPU 访问外部数据存储器时，将减少一个 ALE 脉冲。ALE 能驱动 8 个 TTL 门。

此引脚的第二功能 ($\overline{PROG}$) 是对 8751 型单片机内部 EPROM 编程时的编程脉冲输入端。

- $\overline{PSEN}$ (29 脚)：外部程序存储器 ROM 的读选通信号输出端。当访问外部 ROM 时， $\overline{PSEN}$ 定时产生负脉冲作为外部 ROM 的选通信号，即每个机器周期（12 个时钟周期）内有效两次。在访问外部 RAM 或片内 ROM 时，不会产生有效的 $\overline{PSEN}$ 信号， $\overline{PSEN}$ 可驱动 8 个 LS TTL 门输入端。

- $\overline{EA}/V_{PP}$ (31 脚)： $\overline{EA}$ 为访问内外外部程序存储器控制信号。当 $\overline{EA} = 0$ 时，对 ROM 的访问限定在外部程序存储器；当 $\overline{EA} = 1$ 时，在对 ROM 的访问先从内部 4KB 开始，当地址范围超出 4KB 时自动切换到外部进行访问。由此可见 8031 型单片机没有内部的 4KB 程序存储器，因此其 $\overline{EA}$ 脚应接地。

当向内含 EPROM 的单片机（如 8751）固化程序时，通过该引脚的第二功能 V_{PP} 外接 12~25V 的编程电压。

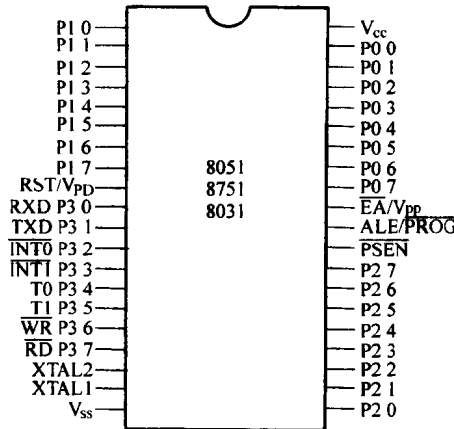


图 1-2 MCS—51 型单片机芯片引脚图

3. 时钟振荡电路引脚

XTAL1 (19 脚) 和 XTAL2 (18 脚) 的内部是一个振荡电路。当使用内部振荡电路时, 在这两个管脚上外接石英晶体和微调电容; 当使用外部时钟时, 用于接外部时钟脉冲信号。

4. 并行 I/O 端口

8051 型单片机有 32 条 I/O 线, 构成 4 个 8 位双向端口。

- P0 口 (32~39 脚): 是一个 8 位漏极开路型的双向 I/O 口; 在访问外部存储器时, 分时提供低 8 位地址, 并用作 8 位双向数据总线。

- P1 口 (1~8 脚): 是一个带内部提升电阻的 8 位准双向 I/O 口。

- P2 口 (21~28 脚): 是一个带内部提升电阻的 8 位准双向 I/O 口; 在访问外部存储器时, 提供高 8 位地址。在对 8751 型单片机内 EPROM 进行编程和检验时, P2 口用于接收高 8 位地址和控制信号。

- P3 口 (10~17 脚): 是一个带内部提升电阻的 8 位准双向 I/O 口。在系统中, 这 8 个引脚都有各自的第二功能, 详见表 1-1。

表 1-1 P3 口各位的第二功能

P3 口引脚	第二功能	P3 口引脚	第二功能
P3 0	RXD (串行口输入端)	P3 4	T0 (定时器 0 外部输入)
P3 1	TXD (串行口输出端)	P3 5	T1 (定时器 1 外部输入)
P3 2	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0 输入)	P3 6	$\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写脉冲输出)
P3 3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入)	P3 7	$\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读脉冲输出)

1.1.3 存储器组织结构

存储器是存放数据及程序的功能部件, 是计算机中极重要的组成部分。在正式接触 MCS—51 型单片机的存储器组织结构之前, 有必要了解存储器的一般知识。

1. 存储器的基础知识

(1) 存储器的分类方式 在微型计算机系统中, 存储器按其所处的位置, 可分为外部存储器和内部存储器两种形式。外部存储器简称外存, 主要是各种大容量的磁盘存储器、光盘存储器等。这类存储器的存储容量大, 但存取速度较慢; 内部存储器简称内存, 主要是能与 CPU 直接进行数据交换的半导体存储器。这类存储器的存储容量较外存小, 但存取速度快。

而按存储器的读写方式, 又可分为只读存储器 ROM (Read Only Memory); 读写存储器 RAM (Random Access Memory) 又称随机存储器。存储在 ROM 中的信息只能被读出 (取出), 不能被写入或修改。即便系统断电, ROM 中的内容也不会丢失。因此, 这类存储器适用于存放各种固定的系统程序、应用程序和表格常数等。而 RAM 中的内

容可随时进行读/写操作，一般用于存放随机处理的数据，但是在 RAM 断电后，其中的内容将会丢失。

(2) 存储器的常用单位及术语

- 位 (bit)：位是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位。由于计算机中使用的是二进制，因此，位就是指一个二进制位。

- 字节 (Byte)：一个连续的 8 位二进制数码称为一个字节，即 $1\text{Byte} = 8\text{bit}$ 。

- 字 (Word)：字通常由 16 位二进制数码组成，也可以说，两个字节构成一个字。

- 字长：字长是指计算机能一次处理二进制数码位数的多少。不同类型的计算机有不同的字长，如 MCS-51 型单片机是 8 位机，字长为 8 位；以 80586 为微处理器的计算机是 32 位机，其字长为 32 位。

(3) 存储器的主要参数

- 存储容量：存储器的存储容量用来表示可存放二进制数据量的多少。存储容量越大，其存储的数据就越多。用于存储数据的场所，称其为单元。为了辨认并区别这些单元，将每个单元按顺序编号，这种编号称为地址。单元与地址是一一对应的关系。

地址是用若干位二进制数码来表示的，而二进制位数取决于微型计算机内部地址总线的条数，即计算机内有多少条地址线，CPU 就可以寻址多少位二进制的地址。若 8 位微型计算机中设有 16 条地址线，单元地址就用 16 位二进制数码表示，其地址编码可以从 0000H 编到 0FFFFH，共 65536 个地址，对应 65536 个存储单元，写成 2^{16} 。因此，若存储器的容量设为 Q ，机内的地址条数设为 n ，则有 $Q = 2^n$ 。

在微型计算机中，数据的存放都是以字节为单位的。所以，往往用字节来表示存储器的存储容量。如：某存储器有 1024 个存储单元，可以存储 1024 个字节的数据，这 1024 个字节称为 1KB (写成 $1\text{KB} = 1024\text{B}$)，通常就称该存储器的存储容量是 1KB。这样的存储单位还有 MB、GB 和 TB，它们之间的数量关系为：

$$1\text{KB} = 1024\text{B}; 1\text{MB} = 1024\text{KB}; 1\text{GB} = 1024\text{MB}; 1\text{TB} = 1024\text{GB}$$

- 读写周期：读写周期是指内部存储器从接收到由 CPU 送来的要寻找的存储单元地址开始，到读出 (取出) 或写入 (存入) 1 个字节数据所需要的时间。因此，它是表示存储器工作速度的重要指标。MOS 型存储器的读写周期约为 $100 \sim 300\text{ns}$ 。

- 功耗：存储器芯片的功耗可分为工作功耗和维持功耗。工作功耗是指存储器芯片被选通进行读/写时的功耗，而维持功耗是存储器芯片未被选通而仅维持已存储信息时的功耗。功耗的单位一般用 $\text{mW}/\text{芯片}$ 来表示。

CPU 对存储器进行的操作有两种，即读出或写入。由于存储器具有记忆功能，所以，在执行读操作后，存储单元的原有内容不变。这种读出被称为是非破坏性的读出。写入操作后，存储单元的原有数据将被新写入的数据所覆盖，而且在一个新数据写入之前将予以保留。这是存储器记忆功能的体现。

(4) 存储器的编址方式 微型计算机中存储器的组织结构有两种类型：一是程序存储器和数据存储器共用一个存储空间，统一编址，属于 Von Neumann 结构 (即普林斯顿结构)；二是程序存储器和数据存储器互相分离，分开编址，属于 Harvard 结构 (哈佛结构)。MCS-51 型单片机采用的是哈佛结构。