

21 世纪高职高专规划教材

单片机原理与应用

金龙国 主 编

陈 萌 李雪梅 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书以 8 位单片机 MCS-51 为例,采用教、学、做相结合的教学模式,以理论够用、注重应用的原则,通过循序渐进、不断拓宽思路的方法讲述单片机应用技术所需的基础知识和基本技能。本书内容包括:单片机结构原理、单片机开发系统、指令系统、汇编语言程序设计、定时与中断、系统扩展、接口技术、串行口通信。本书附有应用实例、习题和实验指导。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校、电大的工业电气自动化专业的教材,也适用于电气技术、机电一体化、计算机应用及其他相关专业。

本书配有免费电子教案,读者可以到中国水利水电出版社网站免费下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/金龙国主编. —北京:中国水利水电出版社,2005

(21 世纪高职高专规划教材)

ISBN 7-5084-3145-6

I. 单... II. 金... 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(2005)第 089205 号

书 名	单片机原理与应用
作 者	金龙国 主编 \ 陈萌 李雪梅 副主编
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010)63202266(总机)、68331835(营销中心)、82562819(万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 17 印张 387 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	24.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书以 8 位单片机 MCS-51 系列为例,采用教、学、做相结合的教学模式,以理论够用、注重应用的原则,通过循序渐进、不断拓宽思路的方法讲述单片机应用技术所需要的基础知识和基本技能。本书内容包括:单片机硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、定时与中断、系统扩展、接口技术、串行口通信、单片机应用系统设计和实验实训等。本书附有应用实例、习题和实验指导。

考虑到高等职业技术教育和专科教育的教学基本要求和教学规律,把本书的编写立意放在:注重与高职高专学生的知识、能力结构相适应上;根据高职高专人才培养规格和人才主要去向,确定本教材的内容,加强针对性和实用性;注重培养学生解决实际问题的能力,强化学生的单片机技术综合运用能力;正确处理与本科教材、中专教材的区别。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校、电大的工业电气自动化技术专业的教材,也适用于电气技术、机电一体化、计算机应用及其他相关专业。

本书的特点是以 MCS-51 系列为例,系统讲述单片机的原理和应用,论述深入浅出,强调实用,多举实例,每章后面附有小结和习题。

这种安排符合我国的国情,符合高等职业技术教育和专科教育的基本教学要求和教学规律,也正是本书的选题特色。

本书参考学时在 74~90 学时之间(含实训),具体安排如下:第 1 章 4 学时,第 2 章 8~10 学时,第 3 章 8~10 学时,第 4 章 8~10 学时,第 5 章 8~10 学时,第 6 章 8~10 学时,第 7 章 12~14 学时,第 8 章 10~12 学时,第 9 章 8~10 学时。使用者可根据具体情况增减学时。

本书由金龙国主编,陈萌、李雪梅副主编。青岛职业技术学院金龙国对本书的编写思路与大纲进行了总体规划,指导全书的编写,并对全书统稿。青岛职业技术学院陈萌和桂林电子工业学院李雪梅协助金龙国完成上述工作。其中金龙国编写了第 1 章、第 2 章和实训,陈萌编写了第 3 章、第 4 章,何敬银编写了第 5 章,李雪梅编写了第 6 章、第 7 章,胡希勇编写了第 8 章,徐占鹏编写了第 9 章。

中国水利水电出版社的杨庆川主任为本书的编写和出版提供了很大的帮助,在此向杨庆川主任以及其他为本书的出版做出贡献的各位朋友表示深深的谢意。

由于时间紧迫和编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,真诚欢迎各位读者对本书提出批评和建议。

使用本教材的读者,如有什么疑问,可与青岛职业技术学院信息技术学院的陈萌老师联系,电话:0532-86105307。

编 者

2005 年 5 月

于青岛职业技术学院

目 录

第1章 单片机概述	1	3.1.3 单片机执行指令的过程	31
1.1 单片机的发展历史	1	3.1.4 指令中符号意义说明	32
1.2 单片机的软硬件系统	2	3.2 数据传送类指令	33
1.2.1 单片机硬件系统	2	3.2.1 内部 RAM 数据传送指令组	33
1.2.2 单片机软件系统	4	3.2.2 外部 RAM 数据传送指令组	34
1.3 MCS-51 系列单片机	4	3.2.3 程序存储器数据传送指令组	35
1.3.1 51 子系列和 52 子系列	4	3.2.4 数据交换指令组	36
1.3.2 单片机芯片的半导体工艺	5	3.2.5 堆栈操作指令组	36
1.3.3 片内 ROM 存储器配置形式	5	3.2.6 数据传送类指令汇总及说明	36
本章小结	5	3.3 算术运算类指令	38
习题一	6	3.3.1 加法指令组	38
第2章 MCS-51 系列单片机结构	7	3.3.2 带进位加法指令组	38
2.1 MCS-51 单片机的内部组成及信号 引脚	7	3.3.3 带借位减法指令组	39
2.1.1 8051 单片机的基本组成	7	3.3.4 加 1 指令组	40
2.1.2 MCS-51 的信号引脚	8	3.3.5 减 1 指令组	40
2.2 8051 的内部存储器	10	3.3.6 乘除指令组	40
2.2.1 内部数据存储器低 128 单元	10	3.3.7 十进制调整指令	41
2.2.2 内部数据存储器高 128 单元	11	3.3.8 算术运算类指令汇总	42
2.2.3 堆栈及堆栈指示器	15	3.4 逻辑运算及移位类指令	43
2.2.4 内部程序存储器	16	3.4.1 逻辑与运算指令组	43
2.3 并行输入/输出电路结构	17	3.4.2 逻辑或运算指令组	44
2.3.1 P_0 口	17	3.4.3 逻辑异或运算指令组	44
2.3.2 P_1 口	18	3.4.4 累加器清 0 取反指令组	44
2.3.3 P_2 口	19	3.4.5 移位指令组	45
2.3.4 P_3 口	19	3.4.6 逻辑运算及移位类指令汇总	45
2.4 时钟电路与复位电路	20	3.5 控制转移类指令	46
2.4.1 时钟电路与时序	20	3.5.1 无条件转移指令组	46
2.4.2 单片机的复位电路	22	3.5.2 条件转移指令组	48
2.5 MCS-51 单片机工作方式	23	3.5.3 子程序调用与返回指令组	50
本章小结	24	3.5.4 空操作指令	52
习题二	25	3.5.5 控制转移类指令汇总	52
第3章 MCS-51 指令系统	27	3.6 布尔变量操作类指令	53
3.1 MCS-51 指令系统概述	27	3.6.1 位传送指令组	53
3.1.1 指令格式	27	3.6.2 位置位复位指令组	53
3.1.2 寻址方式	28	3.6.3 位运算指令组	53
		3.6.4 位控制转移指令组	54

3.6.5 布尔变量操作类指令汇总	54	6.1.3 扩展外部存储器的一般方法	102
3.6.6 常用伪指令	55	6.2 程序存储器扩展技术	104
本章小结	57	6.2.1 典型存储器芯片介绍	104
习题三	57	6.2.2 EPROM 程序存储器扩展实例	108
第4章 MCS-51 汇编语言程序设计	59	6.3 数据存储器扩展技术	111
4.1 汇编语言及汇编语言程序设计	59	6.3.1 典型芯片介绍	111
4.1.1 汇编语言及其语句格式	59	6.3.2 SRAM 扩展实例	112
4.1.2 汇编语言程序设计	60	本章小结	117
4.1.3 顺序结构程序	60	习题六	118
4.1.4 分支结构程序	61	第7章 单片机接口技术	119
4.1.5 循环结构程序	62	7.1 单片机 I/O 接口技术基础	119
4.2 汇编语言实用程序设计	64	7.1.1 输入/输出操作需要接口	
4.2.1 汇编语言程序的基本结构形式	64	电路	119
4.2.2 子程序的设计	65	7.1.2 接口电路的基本功能	119
4.2.3 查表程序设计	67	7.1.3 数据总线隔离技术	120
4.2.4 关键字查找程序设计	69	7.2 并行 I/O 口扩展	121
4.2.5 数据极值查找程序设计	70	7.2.1 并行 I/O 口的简单扩展	121
4.2.6 数据排序程序设计	71	7.2.2 采用 8255 扩展 I/O 口	122
4.2.7 分支转移程序设计	73	7.2.3 可编程 RAM I/O 接口芯片 8155	
4.2.8 循环程序设计	76	及其扩展 I/O 口技术	131
4.2.9 码制转换程序设计	79	7.3 MCS-51 单片机键盘接口技术	136
4.2.10 算术运算子程序设计	81	7.3.1 键盘工作原理	137
本章小结	84	7.3.2 独立式按键	137
习题四	84	7.3.3 矩阵式键盘接口技术	139
第5章 MCS-51 定时/计数器和中断		7.4 MCS-51 单片机显示器接口技术	142
系统	86	7.4.1 LED 显示器的接口技术	142
5.1 MCS-51 定时/计数器	86	7.4.2 可编程键盘/显示器接口芯片	
5.1.1 8051 单片机定时/计数器的结构与		Intel 8279	148
工作原理	86	7.4.3 液晶显示技术	157
5.1.2 定时/计数器的方式寄存器和		7.5 模/数(A/D)转换器与单片机接口	
控制寄存器	87	及应用	160
5.1.3 定时/计数器的 4 种工作方式	88	7.5.1 A/D 转换器概述	160
5.2 MCS-51 单片机中断系统	92	7.5.2 常用 A/D 转换器及其接口	
5.2.1 MCS-51 中断系统概述	92	设计	161
5.2.2 中断源和中断标志	94	7.6 数/模(D/A)转换器与单片机接口及	
5.2.3 中断响应过程	97	应用	167
5.2.4 外部中断源的扩展	98	7.6.1 D/A 转换器概述	167
本章小结	99	7.6.2 常用 D/A 转换器 DAC0832 及其	
习题五	100	接口技术	168
第6章 存储器与存储器扩展	101	本章小结	171
6.1 单片机存储器概述	101	习题七	172
6.1.1 存储器的有关概念	101	第8章 串行口通信技术	174
6.1.2 存储器的主要性能指标	101	8.1 串行通信基础	174

8.1.1 串行通信的分类	174	9.2.3 软件设计	206
8.1.2 串行通信的制式	176	9.2.4 系统仿真调试	207
8.1.3 串行通信的接口电路	176	9.2.5 系统安装运行	208
8.2 串行通信总线标准及其接口	176	9.3 MCS-51 单片机应用系统设计	
8.2.1 RS-232C 接口	177	举例	209
8.2.2 RS-449、RS-422、RS-423 及 RS-485 接口	179	9.3.1 单片机在电冰箱控制系统中的 应用	209
8.2.3 20 mA 电流环路串行接口	181	9.3.2 单片机在电子密码锁中的 应用	213
8.3 MCS-51 的串行口	181	9.3.3 单片机水塔水位控制	221
8.3.1 MCS-51 串行口的结构	181	9.3.4 单片机交通灯模拟控制	223
8.3.2 MCS-51 串行口的工作方式	184	9.3.5 单片机作息时间控制	227
8.3.3 MCS-51 串行口的波特率	188	本章小结	230
8.4 MCS-51 单片机之间的通信	189	习题九	230
8.4.1 双机通信硬件电路	189	实训	231
8.4.2 双机通信软件编程	189	实验一 系统认识实验	231
8.4.3 多机通信	194	实验二 数码转换程序实验	233
8.5 PC 机和单片机之间的通信	195	实验三 运算类实验	235
8.5.1 接口设计	195	实验四 数据类实验(数据排序)	239
8.5.2 软件编程	196	实验五 中断系统实验	240
本章小结	197	实验六 定时器/计数器实验	242
习题八	197	实验七 A/D 转换	245
第9章 MCS-51 单片机应用系统设计	199	实验八 D/A 转换	247
9.1 单片机应用系统概述	199	实验九 串行通信接口实验	249
9.1.1 单片机应用系统的特点	199	实验十 存储器扩展实验	250
9.1.2 单片机应用系统的分类	199	实验十一 8155 键盘及显示接口实验	252
9.2 MCS-51 单片机应用系统设计		附录1 MCS-51 指令表	256
方法	202	附录2 MCS-51 指令编码表	261
9.2.1 系统的总体方案设计	202	参考文献	265
9.2.2 硬件设计	204		

第 1 章 单片机概述

电子计算机是一种能够迅速而精确地自动进行各种数字处理的机器,这是人类生产和科学技术发展的伟大产物,它的出现彻底改变了人类社会的面貌。电子计算机自从问世以来,经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模集成电路共四个发展阶段,即所谓的第一代计算机、第二代计算机、第三代计算机和第四代计算机。

微型计算机是大规模集成电路技术发展的直接产物,因此它属于第四代计算机。自从 1971 年第一台微型机问世以来,随着大规模集成技术的不断发展,微型机的发展方向呈现出两个主要发展趋势:一个是向高速度、高性能的高档微机方向发展;另一个是向稳定可靠、性价比高的单片机方向发展。

所谓单片机,就是把中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read Only Memory)、定时器/计数器以及 I/O (Input/Output) 接口电路等主要计算机部件,集成在一块电路芯片上的微型计算机。单片机又叫做微控制器或嵌入式控制器。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已具有了一般微机系统的含义。

1.1 单片机的发展历史

计算机及其应用已经成为高、新科学技术的重要内容和标志之一,它在国民经济的各个领域正在发挥着引人注目的作用。

在多种档次的计算机中,微型计算机占有重要地位。1971 年,美国 Intel 公司研制成世界上第一台 4 位微处理器 (CPU) Intel 4004,1972 年和 1973 年相继推出了 8 位微处理器 Intel 8008 和 Intel 8080。可以说,微处理器的问世,是计算机发展史上的一个重要里程碑,因为它为计算机的迅速发展奠定了基础。

近年来,在 4 位、8 位微处理器的基础上,美国 Intel 公司、AMD 公司等芯片制造商相继推出了 16 位微处理器、32 位微处理器和 64 位微处理器。

以上述微处理器为核心组成的微型计算机,主要用于科学计算和信息系统的管理,在一般的企事业单位,我们随时可以见到这类计算机。

单纯的微处理器并不是一台完整的计算机。如果将 CPU、存储器和其他 I/O 接口电路集成于一个芯片之中,使其具备计算机的基本功能,那么,这便是单片微型计算机(以下简称单片机)了。

尽管目前单片机的品种很多,但其中最典型性的当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 系列单片机是在 MCS-48 系列单片机的基础之上于 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位的单片机,但其功能较 MCS-48 系列有很大的增强。此外它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点。因此应用非常广泛,成为继 MCS-48 之后最重要的单片机品种。直到现在 MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型。

在 8 位单片机之后,16 位单片机也有很大发展,例如,1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机就是其中的典型代表。与 MCS-51 相比,MCS-96 不但字长增加一倍,而且还具有 4 路或 8 路的 10 位 A/D 转换功能。此外,在其他性能方面也有一定的提高。

单片机以其卓越的性能,在下述的各个领域中得到了广泛的应用。

(1) 工业自动化。在自动化技术中,无论是过程控制技术、数据采集技术还是测控技术,都离不开单片机。在工业自动化的领域中,机电一体化技术将发挥着越来越重要的作用,在这种集机械、微电子和计算机技术为一体的综合技术(例如机器人技术)中,单片机将发挥着非常重要的作用。

(2) 智能仪器仪表。目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。在智能仪器仪表中,单片机应用十分普及。单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构,减小体积而便于携带和使用,加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化方向发展。

(3) 消费类电子产品。该应用主要反映在家电领域。目前,家电产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度,例如,洗衣机、电冰箱、空调、电视机、微波炉、手机 IC 卡、汽车电子设备等。在这些设备中使用了单片机后,其功能和性能大大提高,并实现了智能化、最优化控制。

(4) 通信方面。在调制解调器、程控交换技术以及各种通信设备中,单片机得到了广泛的应用。

(5) 武器装备。在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统等,都有单片机嵌入其中。

(6) 终端及外部设备控制。计算机网络终端设备,如银行终端,以及计算机外部设备,如打印机、硬盘驱动器、绘图机、传真机、复印机等,其中都使用了单片机。

(7) 多机分布式系统。可用多片单片机构成分布式测控系统,它使单片机的应用提高到一个新的水平。

实际上,单片机应用的意义绝不仅限于它的广阔范围以及所带来的经济效益上,更重要的意义还在于,单片机的应用正从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在已能使用单片机通过软件方法实现了。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,是对传统控制技术的一次革命。随着单片机应用的推广普及,微控制技术必将不断发展,日益完善,更加充实。

1.2 单片机的软硬件系统

实际上单片机是微型机的一个分类。单片机的工作原理和体系结构,与普通微型机相比没有多少差别,而且早期微型机的许多技术与特点都被单片机继承下来。正因为如此,有必要从微型机的总体角度出发,简单介绍单片机的硬件系统和软件系统。

1.2.1 单片机硬件系统

尽管微型计算机得到了最充分的发展,但微型机在原理和结构上仍和前三代计算机一样,还是属于经典的计算机结构。即一台计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备以及

输出设备共 5 个部分组成的,如图 1-1 所示。

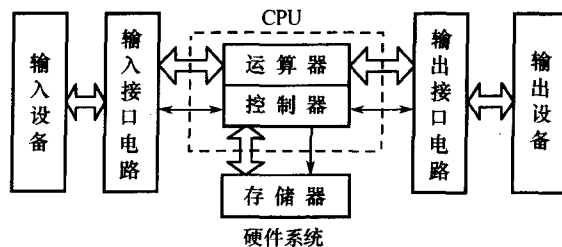


图 1-1 微型计算机硬件系统组成示意图

这种计算机结构是由计算机的开拓者、数字家约翰·冯·诺依曼最先提出来的,所以就称之为冯·诺依曼计算机体系结构。时至今日,尽管计算机的发展已经历了 4 代,但仍然没能突破诺依曼体系的框架。大肆宣扬的第五代非诺依曼体系计算机的研制工作,虽已进行了多年,但在无数挫折面前,尚无法预料其前景。

下面把计算机的 5 个基本组成部分作一简单说明。

(1) 运算器。运算器是计算机的运算部件,用于实现算术和逻辑运算。计算机的数据运算和处理都在这里进行。

(2) 控制器。控制器是计算机的指挥控制部件,使计算机各部分能自动协调地工作。运算器和控制器是计算机的核心部分,常把它们合在一起称之为中央处理器 (Central Processing Unit),简称 CPU。

(3) 存储器。存储器是计算机的记忆部件,用于存放程序和数据。存储器又分为内存存储器和外存储器。

(4) 输入设备。输入设备用于将程序和数据输入到计算机中。

(5) 输出设备。输出设备用于把计算机数据计算或加工的结果,以用户需要的形式显示或保存。通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称之为计算机的外部设备。

以上这些组成计算机实体的部分称之为计算机的硬件,也叫计算机硬件系统。

单片微型计算机是指集成在一个芯片上的微型计算机,也就是把组成微型计算机的各种功能部件,包括 CPU、随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM、基本输入/输出接口电路、定时器/计数器等部件都制作在一块集成芯片上,构成一个完整的微型计算机,从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图 1-2 所示。

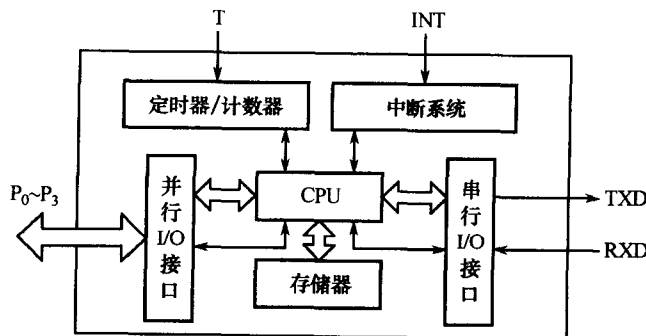


图 1-2 单片机内部结构示意图

单片机应用系统是以单片机为核心,配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件,能实现一种或多种功能的实用系统。所以说,单片机应用系统是由硬件和软件组成的,硬件是应用系统的基础,软件则是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用,从而完成应用系统所要求的任务,二者相互依赖,缺一不可。

1.2.2 单片机软件系统

硬件系统作为实体,为计算机工作提供了基础和条件,但要想使计算机有效地工作,还必须要有软件的配合。

概括地说,计算机的软件系统包括系统软件、应用软件和程序设计语言 3 个部分。但单片机由于硬件支持和需要所限,其软件系统比较简单。首先单片机的系统管理不需要像微型机那样复杂的操作系统,而只使用简单的操作系统程序,通常称之为监控程序。因此监控程序就成为单片机中最重要的系统软件。

大多数单片机不使用高级语言,因此也就没有程序设计语言这种软件内容。单片机中通常使用的是汇编语言,但单片机并没有自己专用的汇编程序,用户的应用程序是在其他微型计算机上通过交叉汇编方法得到二进制的目标码。因此在单片机系统中只有监控程序和目标码的应用程序。这样,指令系统及汇编语言程序设计就成为单片机学习的重要内容。

1.3 MCS-51 系列单片机

目前各类单片机产品很多,但无论是从世界范围还是从国内范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 系列单片机。基于这一事实,本教材将主要讲述 MCS-51 系列单片机,包括它的硬件、软件及其应用。

MCS-51 系列单片机共有十几种芯片,如表 1-1 所列。

表中列出 MCS-51 系列单片机的芯片型号以及它们的技术性能指标,便于概括性的了解其基本情况,下面就在这个表的基础上对 MCS-51 系列单片机做进一步说明。

1.3.1 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列又分成 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位数字作为标志。其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列则属增强型。52 子系列功能增强的具体方面,从表 1-1 所列内容中可以看出。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4 KB	128B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4 KB	128B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8 KB	256B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8 KB	256B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6

- 片内 ROM 从 4 KB 增加到 8 KB。

- 片内 RAM 从 128 B 增加到 256 B。
- 定时器/计数器从 2 个增加到 3 个。
- 中断源从 5 个增加到 6 个。

在 52 子系列的内部 ROM 中,以掩膜方式集成有 8K BASIC 解释程序,这就是通常所说的 8052-BASIC。这意味着单片机已可以使用高级语言。该 BASIC 与基本 BASIC 相比,只是增加了一些控制语句,以满足单片机作为控制机的需要。

1.3.2 单片机芯片的半导体工艺

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产。一种是 HMOS 工艺,即高速度、高密度、短沟道 MOS 工艺。另外一种为 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1-1 中芯片型号中凡带有字母“C”的,为 CHMOS 芯片,其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合,除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点之外,还具有 CMOS 低功耗的特点。例如,8051 的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上,低功耗是非常有意义的,因此,在这些产品中必须使用 CHMOS 的单片机芯片。

1.3.3 片内 ROM 存储器配置形式

MCS-51 单片机片内程序存储器有 3 种配置形式,即掩膜 ROM、EPROM 和无 ROM。这 3 种配置形式对应着 3 种不同的单片机芯片,它们各有特点,也各有其适用场合,在使用时应根据需要进行选择。一般情况下,片内带掩膜型 ROM 适用于定型大批量应用产品的生产;片内带 EPROM 适用于研制产品样机;外接 EPROM 的方式适用于研制新产品。最近,Intel 公司又推出片内带 EEPROM 型的单片机,可以在线写入程序或修改程序。

此外再顺便说明一下单片机应用中的环境适应问题,其中主要是指抗干扰特性和温度特性,由于单片机的应用是面向现场的,因此它具有很强的抗干扰能力,这是任何其他计算机所不及的。至于单片机的温度特性,与其他集成电路芯片一样按所能适应的环境温度范围划分为 3 个等级,即

- (1) 民用级 $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 工业级 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 军用级 $-65 \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。

因此在使用中应注意根据现场温度选择芯片。

本章小结

本章介绍了单片机的发展历史及其主要应用领域,介绍了单片机应用系统的软硬件组成及其作用,并重点介绍了当前在我国应用广泛的、由 Intel 研制的 MCS-51 系列单片机的性能、内部结构、组成及配置。本章的重点是 MCS-51 系列单片机的性能、内部结构、组成及配置。

习 题 一

- 1-1 微计算机由哪几部分组成?
- 1-2 除了单片机这一名称之外,单片机还可称为_____和_____。
- 1-3 单片机与普通计算机的不同之处在于其将_____、_____和_____3部分集成于一块芯片上。
- 1-4 单片机根据其基本操作处理的位数可分为哪几种类型?
- 1-5 MCS-51 系列单片机的基本型芯片分别为哪几种? 它们的差别是什么?
- 1-6 8051 与 8751 的区别是()。
- | | |
|------------------|-----------------|
| A. 内部数据存储单元数目的不同 | 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 |
- 1-7 在家用电器中使用单片机应属于微计算机的()。
- | | |
|-----------|------------|
| A. 辅助设计应用 | B. 测量、控制应用 |
| C. 数值计算应用 | D. 数据处理应用 |
- 1-8 单片机主要应用在哪些领域?

第2章 MCS-51 系列单片机结构

本章主要介绍 MCS-51 系列单片机的硬件结构及其组成。学完本章以后,读者应了解 MCS-51 系列单片机的硬件资源和硬件组成以及 MCS-51 系列单片机的工作原理,为以后的学习打下基础。在后续的学习中,要经常复习本章,尤其是在学习汇编语言程序设计时,一定要联系本章。软件和硬件结合,才能达到理想的效果。

2.1 MCS-51 单片机的内部组成及信号引脚

MCS-51 系列单片机的典型芯片是 8051,因此以 8051 为例,说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

2.1.1 8051 单片机的基本组成

8051 单片机的基本组成请参见图 2-1。

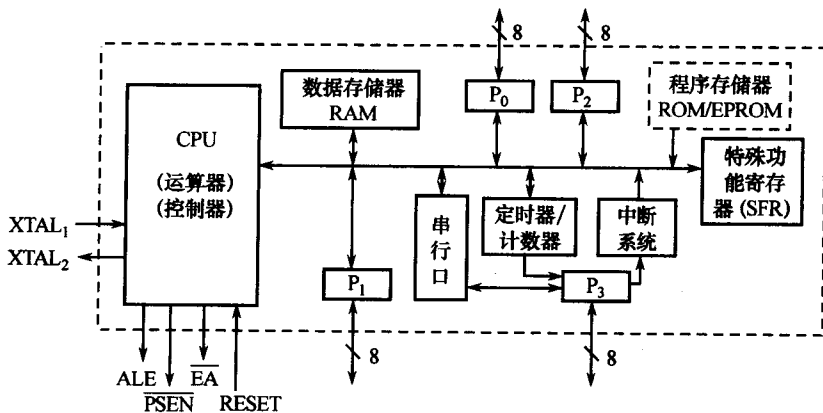


图 2-1 MCS-51 单片机结构框图

1. 中央处理器 (CPU)

中央处理器是单片机的核心,完成运算和控制功能。MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

2. 内部数据存储器 (内部 RAM)

8051 芯片中共有 256 个 RAM 单元,但其中高 128 单元被专用寄存器占用,能作为寄存器,供用户使用的只是低 128 单元,用于存放可读写的数。因此通常所说的内部数据存储器就是指低 128 单元,简称内部 RAM。

3. 内部程序存储器 (内部 ROM)

8051 共有 4 KB 掩膜 ROM,用于存放程序、原始数据或表格。因此称之为程序存储器,

简称内部 ROM。

4. 定时器/计数器

8051 共有 2 个 16 位的定时器/计数器,以实现定时或计数功能,并以其定时或计数结果对计算机进行控制。

5. 并行 I/O 口

MCS-51 共有 4 个 8 位的 I/O 口(P_0, P_1, P_2, P_3),以实现数据的并行输入/输出。

6. 串行口

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口,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,既可作为全双工异步通信收发器使用,也可作为同步移位器使用。

7. 中断控制系统

MCS-51 单片机的中断功能较强,以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源,即外中断 2 个,定时/计数中断 2 个,串行中断 1 个。全部中断分为高级和低级共 2 个优先级别。

8. 时钟电路

MCS-51 芯片的内部有时钟电路,但石英晶体和微调电容需外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。系统允许的最高晶振频率为 12 MHz。

从上述内容可以看出,MCS-51 虽然是一个单片机芯片,但作为计算机应该具有的基本部件它都包括,因此,实际上它已是一个简单的微型计算机系统了。

2.1.2 MCS-51 的信号引脚

MCS-51 是标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片,引脚排列请参见图 2-2。

1. 信号引脚介绍

- $P_{0.0} \sim P_{0.7}$: P_0 口 8 位双向口线。
- $P_{1.0} \sim P_{1.7}$: P_1 口 8 位双向口线。
- $P_{2.0} \sim P_{2.7}$: P_2 口 8 位双向口线。
- $P_{3.0} \sim P_{3.7}$: P_3 口 8 位双向口线。
- ALE: 地址锁存允许控制信号。

在系统扩展时,ALE 用于控制把 P_0 口输出的低 8 位地址送锁存器锁存起来,以实现低位地址和数据的隔离。此外由于 ALE 是以晶振 1/6 的固定频率输出的正脉冲,因此,可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

- $\overline{\text{PSEN}}$: 外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时, $\overline{\text{PSEN}}$ 有效(低电平),以实现外部 ROM 单元的读操作。

- $\overline{\text{EA}}$: 访问程序存储器控制信号。当 $\overline{\text{EA}}$ 信号为低电平时,对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器;而当 $\overline{\text{EA}}$ 信号为高电平时,则对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始,并可延至外部程序存储器。

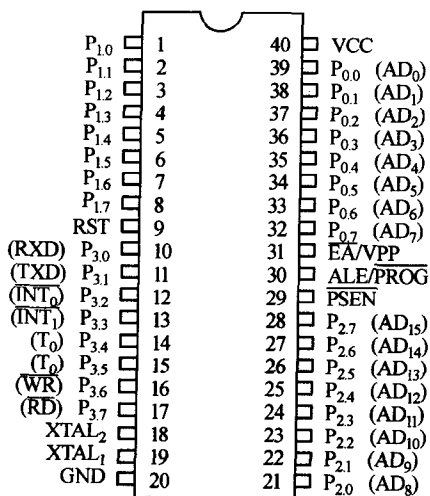


图 2-2 MCS-51 引脚图

• RST:复位信号。当输入的复位信号延续2个机器周期以上的高电平时即为有效,用以完成单片机的复位初始化操作。

• XTAL₁ 和 XTAL₂:外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时,此两引线端用于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。

• V_{SS}:地线。

• V_{CC}: +5 V 电源。

以上就是 MCS-51 单片机芯片 40 条引脚的定义及简单功能说明。

2. 信号引脚的第二功能

由于工艺及标准化等原因,芯片的引脚数目是有限制的。例如 MCS-51 系列把引脚数目限定为 40 条,但单片机为实现其功能所需要的信号数目却远远超过此数,因此就出现了需要与可能的矛盾。如何解决这个矛盾?“兼职”是惟一可行的办法,即给一些信号引脚赋以双重功能。如果把前述的信号定义为引脚第一功能的话,则根据需要再定义的信号就是它的第二功能。下面介绍某些信号引脚的第二功能。

(1) P₃ 口线的第二功能。P₃ 的 8 条口线都定义有第二功能,详见表 2-1。

表 2-1 P₃ 口各引脚与第二功能

引脚	第二功能	信号名称
P _{3.0}	RXD	串行数据接收
P _{3.1}	TXD	串行数据发送
P _{3.2}	INT ₀	外部中断 0 申请
P _{3.3}	INT ₁	外部中断 1 申请
P _{3.4}	T ₀	定时/计数器 0 的外部输入
P _{3.5}	T ₁	定时/计数器 1 的外部输入
P _{3.6}	WR	外部 RAM 写选通
P _{3.7}	RD	外部 RAM 读选通

(2) EPROM 存储器程序固化所需要的信号。有内部 EPROM 的单片机芯片(例如 8751),为写入程序需提供专门的编程脉冲和编程电源,这些信号也是由信号引脚以第二功能的形式提供的,即

• 编程脉冲:30 脚(ALE/PROG)。

• 编程电压(25 V):31 脚(EA/VPP)。

(3) 备用电源引入。MCS-51 单片机的备用电源也是以第二功能的方式由 9 脚(RST/VPD)引入的。当电源发生故障,电压降低到下限值时,备用电源经此端向内部 RAM 提供电压,以保护内部 RAM 中的信息不丢失。

以上把 MCS-51 单片机的全部信号,分别以第一功能和第二功能的形式列出。对于各种型号的芯片,其引脚的第一功能信号是相同的,所不同的只在引脚的第二功能信号。

对于 9、30 和 31 三个引脚,由于第一功能信号与第二功能信号是单片机在不同工作方式下的信号,因此不会发生使用上的矛盾。但是 P₃ 口的情况却有所不同,它的第二功能信号都是单片机的重要控制信号。因此,在实际使用时,都是先按需要选用第二功能信号,剩下的口线才以第一功能的身份作数据位的输入/输出使用。

2.2 8051 的内部存储器

8051 单片机的芯片内部有 RAM 和 ROM 两类存储器,即所谓的内部 RAM 和内部 ROM,首先分析内部 RAM。

2.2.1 内部数据存储器低 128 单元

8051 的内部 RAM 共有 256 个单元,通常把这 256 个单元按其功能划分为两部分:低 128 单元(单元地址 00H ~ 7FH)和高 128 单元(单元地址 80H ~ FFH)。如图 2-3 所示。



图 2-3 片内 RAM 的配置

其中,低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器,按其用途划分为 3 个区域。

1. 寄存器区

共有 4 组寄存器,每组 8 个寄存单元(8 位),各组都以 $R_0 \sim R_7$ 作寄存单元编号。寄存器常用于存放操作数及中间结果等,由于它们的功能及使用不作预先规定,因此称之为通用寄存器,有时也叫工作寄存器。4 组通用寄存器占据内部 RAM 的 00H ~ 1FH 单元地址。

在任一时刻,CPU 只能使用其中的一组寄存器,并且把正在使用的那组寄存器称之为当前寄存器组。到底是哪一组,由程序状态字寄存器 PSW 中 RS_1 、 RS_0 位的状态组合来决定。

通用寄存器为 CPU 提供了就近数据存储的便利,有利于提高单片机的运算速度。此外,使用通用寄存器还能提高程序编制的灵活性,因此在单片机的应用编程中应充分利用这些寄存器,以简化程序设计,提高程序运行速度。

2. 位寻址区

内部 RAM 的 20H ~ 2FH 单元,既可作为一般 RAM 单元使用,进行字节操作,也可以对单元中的每一位进行位操作,因此把该区称之为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元,