

高等职业技术教育电子电工类专业
“十二五”规划教材



单片机应用技术 项目教程

主编 冯泽虎 樊晓克 李秋霞



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等职业技术教育电子电工类专业“十二五”规划教材

单片机应用技术项目教程

主 编 冯泽虎 樊晓克 李秋霞

副主编 闫其前 朱相磊 王正方

张世生 王光亮

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书采用情境教学模式,通过项目引入、不断拓宽思路的方法,使读者掌握单片机应用技术所需的基本技能和基础知识。本书共8个项目,分别是信号灯控制系统、音调发声器、抢答器、交通灯控制系统、秒表、温度控制器、智能小车和机器人的设计与制作,理论内容包括单片机硬件系统、单片机开发系统、MCS-51指令系统、汇编语言程序设计、定时与中断系统、单片机显示和键盘接口、A/D与D/A转换接口、串行口通信技术、单片机系统扩展及单片机应用设计。

本书选材合理,文字叙述清楚,可作为高职高专、成人教育机电类相关专业单片机技术课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术项目教程/冯泽虎,樊晓克,李秋霞主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.4
高等职业技术教育电子电工类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3283-4

I. ①单… II. ①冯… ②樊… ③李… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 007903 号

策 划 刘 杰

责任编辑 阎 彬 刘 贝

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 21.75

字 数 516千字

印 数 1~3000册

定 价 33.00元

ISBN 978-7-5606-3283-4/TP

XDUP 3575001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前言

在高等职业教育深度改革和国家高等职业院校示范院校建设的大背景下，作者总结多年来单片机技术课程的教学经验，并结合国外(尤其是德国)的先进教学理念编写了本书，编写过程中，作者力求在内容、结构、理论与技能教学的衔接方面充分体现高职教育的特点。

单片机应用技术具有很强的应用性，其理论与技能是机电类专业技术人员不可缺少的。理论与技能的密切结合，是本课程的重要特点。近年来，作者在该课程的教学过程中，一直采用教、学、做相结合的教学模式，效果令人满意。在此基础上，采用情境教学方法，将技能和理论以崭新的方式编排，充分体现了技能和理论相结合的教学理念。本书选取了来源于生产和工程实际中的 8 个典型案例，构成了 8 个项目，从实际问题入手，由项目引出相关概念、硬件设计和编程技巧。读者通过 8 个项目的设计和制作，可锻炼技能、学习知识。在工作中学习、在学习中工作，是本书的最大特点。

淄博职业技术学院的冯泽虎、樊晓克对本书的编写思路进行了总体策划，指导全书的编写，并对全书进行了统稿。其中，项目 1 由闫其前编写，项目 2 由冯泽虎编写，项目 3、4 由樊晓克、朱相磊编写，项目 5、6 由张世生和王正方编写，项目 7、8 由王光亮和甘肃林业职业技术学院的李秋霞编写，山东科明光电科技有限公司与淄博美林电子有限公司的部分技术人员参与了实践内容的编写工作。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者对本书提出批评与建议。

编者

2013 年 12 月

目 录

项目 1 信号灯控制系统的设计与制作	1
1.1 资讯——知识准备	2
1.1.1 信号灯控制系统	2
1.1.2 单片机硬件系统	2
1.2 实施——制作过程	20
1.2.1 连接电路	20
1.2.2 输入源程序	20
1.2.3 对源程序进行汇编和装载	20
1.2.4 运行及调试程序	20
1.2.5 脱机运行程序	21
1.2.6 结果与检查	21
1.2.7 结果与分析	23
1.3 评估——总结和提高	23
1.3.1 项目总结	23
1.3.2 知识与技能提高	24
习题	26
项目 2 音调发声器的设计与制作	29
2.1 资讯——知识准备	30
2.1.1 音调发声系统介绍	30
2.1.2 单片机的开发系统	31
2.2 实施——制作过程	35
2.2.1 连接电路	35
2.2.2 输入源程序	35
2.2.3 启动单片机开发系统调试软件	41
2.2.4 运行及调试程序	41
2.2.5 修改、运行程序	41
2.2.6 结果与检查	41
2.2.7 结果与分析	41
2.3 评估——总结和提高	42
2.3.1 项目总结	42
2.3.2 知识与技能提高—Keil 软件的使用	43
习题	48
项目 3 抢答器的设计与制作	50

目 录

3.1 资讯——知识准备	52
3.1.1 抢答器的介绍	52
3.1.2 指令系统	52
3.1.3 常用伪指令	60
3.2 实施——制作过程	61
3.2.1 硬件的制作	61
3.2.2 软件的编制	63
3.2.3 硬件的调试	69
3.2.4 软件的调试	70
3.2.5 程序的烧录	71
3.2.6 整机的组装	71
3.3 总结和提高	71
3.3.1 项目总结	71
3.3.2 知识与技能提高	72
习题	73
项目 4 交通灯控制系统的设计与制作	76
4.1 资讯——知识准备	78
4.1.1 交通灯控制系统的介绍	78
4.1.2 程序结构	79
4.2 实施——制作过程	96
4.2.1 硬件的制作	96
4.2.2 软件的编制	97
4.2.3 硬件的调试	99
4.2.4 软件的调试	100
4.2.5 统调	100
4.2.6 程序的烧录	100
4.2.7 整机的组装	102
4.3 评估——总结和提高	102
4.3.1 项目总结	102
4.3.2 知识与技能提高	103
习题	111
项目 5 秒表的设计与制作	118
5.1 资讯——知识准备	119
5.1.1 单片机定时/计数器的结构	119
5.1.2 定时/计数器的工作方式	121
5.1.3 MCS-51 的中断系统	123
5.1.4 中断源和中断标志	124

5.1.5 中断处理过程	127
5.2 实施——制作过程	131
5.2.1 硬件的设计	131
5.2.2 软件设计	131
5.2.3 系统调试	135
5.2.4 程序的烧录	136
5.3 评估——总结和提高	136
5.3.1 项目总结	136
5.3.2 知识与技能提高	137
习题	139

项目6 温度控制器的设计与制作

6.1 资讯——知识准备	140
6.1.1 单片机程序存储器	141
6.1.2 数据存储器扩展	144
6.1.3 并行 I/O 口扩展	146
6.2 实施——制作过程	156
6.2.1 硬件设计	156
6.2.2 软件设计	157
6.2.3 系统调试	162
6.3 评估——总结和提高	163
6.3.1 项目总结	163
6.3.2 知识与技能提高	164
习题	168

项目7 智能小车的设计与制作

7.1 资讯——知识准备	169
7.1.1 智能小车的介绍	169
7.1.2 键盘及接口	169
7.1.3 单片机与显示器接口	175
7.1.4 D/A 转换器接口	206
7.1.5 A/D 转换器接口	213
7.2 实施——制作过程	217
7.2.1 小车的组成	217
7.2.2 小车控制板功能分区	218
7.2.3 组装步骤	219
7.2.4 小车的训练	224
7.3 评估——总结和提高	252
习题	253

项目 8 机器人的设计与制作	254
8.1 资讯——知识准备	254
8.1.1 智能机器人的介绍	254
8.1.2 MCS-51 单片机的串行接口及串行通信	254
8.1.3 串行通信总线标准及其接口	257
8.1.4 MCS-51 单片机的串行接口	261
8.1.5 MCS-51 单片机之间的通信	266
8.1.6 PC 和单片机之间的通信	272
8.2 实施——制作过程	276
8.2.1 步行机器人介绍	276
8.2.2 部分源程序	276
8.3 评估——总结和提高	289
习题	289
附录 A MCS-51 指令表	290
附录 B 本书相关术语英文注释	296
附录 C 学生工作页	299
项目 1 信号灯控制系统的设计与制作	299
项目 2 音调发声器的设计与制作	304
项目 3 抢答器的设计与制作	310
项目 4 交通灯控制系统的设计与制作	315
项目 5 秒表的设计与制作	320
项目 6 温度控制器的设计与制作	325
项目 7 智能小车的设计与制作	330
项目 8 机器人的设计与制作	334
参考文献	339

项目 1 信号灯控制系统的设计与制作

【知识目标】

- (1) 单片机与单片机应用系统。
- (2) MCS-51 单片机的结构与引脚功能。
- (3) MCS-51 单片机的原理。
- (4) 单片机的工作过程。

【能力目标】

- (1) 能够根据要求选择合适的单片机。
- (2) 能够掌握单片机的使用。
- (3) 能应用单片机完成简单功能电路的设计。

【项目技术要求】

- (1) 8 个发光二极管按照全亮、全灭的规律不停地循环变化。
- (2) 用仿真器调试程序。
- (3) 将程序(机器码)正确地固化到一个单片机芯片(如 AT89C51)中。
- (4) 填写项目设计任务书。

【项目引入】

图 1.1 所示电路是本项目的参考电路，读者也可以根据所掌握的知识，应用单片机自己设计信号灯控制电路。

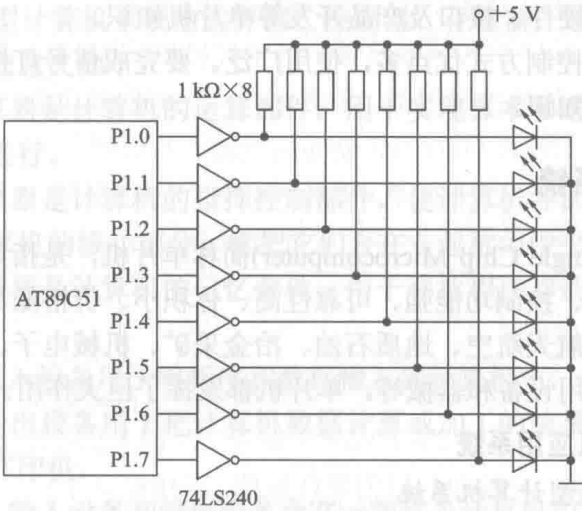


图 1.1 项目参考电路

本项目设计需达到以下要求:

- (1) 使用所给的实验器材设备完成电路设计,使信号灯按照全亮、全灭的规律不停地循环变化。
- (2) 独立完成电路的制作与检查。
- (3) 完成源程序的输入、调试与运行。

1.1 资讯——知识准备

1.1.1 信号灯控制系统

信号灯在工厂企业、交通运输、商业、学校等各个行业中应用非常广泛,它有各种各样的类型,用途也各不相同。由于信号灯不同的颜色、形状、亮暗规律等可表示不同的含义,因此,对信号灯的控制就显得尤为重要。

信号灯的控制有多种方式,如机械开关控制方式、电气开关控制方式、数字逻辑电路控制方式、可编程逻辑器件 PLD 控制方式、单片机控制方式等;有强电控制的信号灯,也有弱电控制的信号灯;有硬件控制的信号灯,也有软件控制的信号灯。其中,单片机控制方式具有控制电路简单、控制灵活、操作方便等一系列优点,因此应用非常广泛。

从原理上讲,信号灯控制系统有四种类型,它们采用了不同的控制方式。

第一类由机械电气开关控制方式构成,这种控制方式使用机械电气开关,控制复杂、连接困难、体积庞大、灵活性差,目前应用较少。

第二类由中小规模数字电路构成,其中包括组合逻辑电路和时序电路。设计此类信号灯控制系统时,要用到真值表、状态图等知识,电路结构复杂、灵活性差、调试困难。

第三类由可编程逻辑器件 PLD 构成,可以由 FPGA 或 CPLD 组成。设计此类信号灯控制系统时,要用到 VHDL 语言和 PLD 专用开发软件,有相当的难度。

第四类由单片机构成,单片机具有物美价廉、功能强、使用方便灵活、可靠性高等特点,可以由各个厂家、各种类型的单片机及相应的外围电路组成。设计此类信号灯控制系统时,要用到单片机软硬件、接口及产品开发等单片机知识。

因此,应用单片机控制方式优点多,使用广泛。要完成信号灯控制的设计制作,首先需要了解单片机的硬件知识。

1.1.2 单片机硬件系统

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,是指集成在一块芯片上的计算机,它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点,在许多行业都得到了广泛的应用。从航天航空、地质石油、冶金采矿、机械电子、轻工纺织到机电一体化设备、邮电通信、日用设备和器械等,单片机都发挥了巨大作用。

1. 单片机及单片机应用系统

1) 微型计算机及微型计算机系统

微型计算机(Microcomputer)简称微机,是计算机的一个重要分支。人们通常按照计算

机的体积、性能、应用范围等条件,将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机等。微型计算机不但具有其他计算机快速、精确、程序控制等特点,还具有体积小、重量轻、功耗低、价格便宜等优点。个人计算机(Personal Computer)简称PC,是微型计算机中应用最为广泛的一种,也是近年来计算机领域中发展最快的一个分支。由于PC在性能和价格方面适合个人用户购买和使用,目前,它已经像普通家电一样深入到了家庭和社会生活的各个方面。

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。

硬件系统是指构成微机系统的实体和装置,通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。其中,运算器和控制器一般制作在一块集成芯片上,统称中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),是微机的核心部件,配上存放程序和数据的存储器、输入/输出(Input/Output, I/O)接口电路及外部设备即构成微机的硬件系统。

软件系统是微机系统所使用的各种程序的总体。软件的主体驻留在存储器中,人们通过它对整机进行控制并与微机系统进行信息交换,使微机按照人的意图完成预定的任务。

软件系统与硬件系统共同构成实用的微机系统,两者是相辅相成、缺一不可的。微型计算机系统组成示意图如图1.2所示。

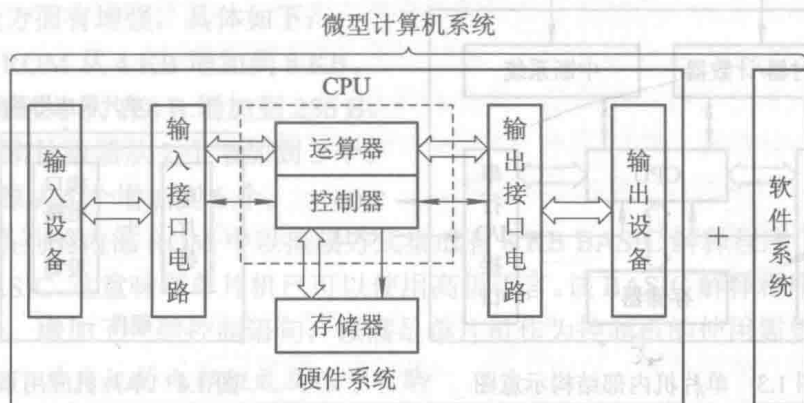


图 1.2 微型计算机系统组成示意图

由图1.2可知微型计算机系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成,其各部分的意义如下:

(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为中央处理器,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。存储器可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,如键盘。

(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,如显示器、打印机。

通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备,简称“外设”。

2) 单片微型计算机

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(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read-only Memory)、基本输入/输出(I/O)接口电路、定时器/计数器等部件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 1.3 所示。

单片机实质上是一个硬件的芯片，在实际应用中，通常很难直接和被控对象进行电气连接，必须外加各种扩展接口电路、外部设备、被控对象等硬件和软件，才能构成一个单片机应用系统。

3) 单片机应用系统及组成

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，实现一种或多种功能的实用系统。可见，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。单片机应用系统的组成如图 1.4 所示。

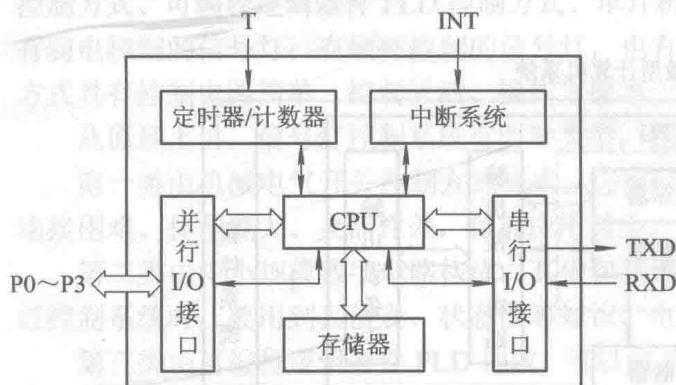


图 1.3 单片机内部结构示意图



图 1.4 单片机应用系统的组成

单片机应用系统的设计人员只有从硬件和软件两个角度深入了解单片机，并将二者有机结合起来，才能设计制作具有特定功能的应用系统或整机产品。

从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 到现在，单片机已经经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机的发展历程。世界上单片机制造商很多，主要有美国的 Intel、Motorola、Zilog 等公司。目前，单片机正朝着高性能、多品种方向发展。近年来 32 位单片机已进入了实用阶段，但是由于 8 位单片机在性价比上占有优势，而且 8 位增强型单片机在速度和功能上也可以与现在的 16 位单片机抗衡，因此在未来相当长的时期内 8 位单片机仍是单片机的主流机型。

2. MCS-51 单片机系列

尽管各类单片机很多，但无论是从世界范围还是从国内范围来看，使用最为广泛的当属 MCS-51 单片机。基于这一事实，本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机(8031、8051、8751 等)为研究对象，介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。MCS-51 单片机系列共有十几种芯片，如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 单片机系列

子 系 列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量/KB	片内 RAM 容量/B	寻址 范围/KB	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	128	2×64	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
52 子 系列	8032	8052	8752	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6

表 1.1 中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号以及它们的技术性能指标，可对它们的基本情况有一个概括的了解。下面将在表 1.1 的基础上对 MCS-51 系列单片机作进一步说明。

1) 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列分为 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 子系列属增强型。从表 1.1 所列内容可以看出，52 子系列较 51 子系列在功能方面有增强，具体如下：

- (1) 片内 ROM 从 4 KB 增加到 8 KB。
- (2) 片内 RAM 从 128 B 增加到 256 B。
- (3) 定时器/计数器从 2 个增加到 3 个。
- (4) 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 8 KB 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 解释程序与基本 BASIC 解释程序相比，增加了一些控制语句，以满足单片机作为控制机的使用需要。

2) MCS-51 单片机的内部组成及信号引脚

MCS-51 单片机的典型芯片是 8031、8051 和 8751。8051 内部有 4 KB ROM，8751 内部有 4KB EPROM，8031 片内无 ROM；除此之外，三者的内部结构及引脚完全相同。因此，下面在说明本系列单片机的内部组成及信号引脚时，均以 8051 为例。

3) 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。另外一种是 CHMOS 工艺，即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1.1 中芯片型号带有字母“C”的，均为 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 630 mW，而 80C51 的功耗只有 120 mW。由于在便携式、手提式或野外作业仪器设备上低功耗是非常有意义的，因此在这类产品中必须使用 CHMOS 工艺的单片机芯片。

4) 片内 ROM 存储器配置形式

MCS-51 单片机片内程序存储器有三种配置形式，即掩膜 ROM、EPROM 和无 ROM。

这三种配置形式对应三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 的单片机适应于定型大批量应用产品的生产;片内带 EPROM 的单片机适合于研制产品样机;外接 EPROM 的形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,这类单片机可以在线写入程序。

3. MCS-51 单片机的结构和原理

尽管单片机比较简单,但要按五个基本组成部件描述讲单片机的硬件结构和原理,则是一件十分复杂的事而且也没有这个必要。因此,通常讲述单片机结构原理时,总是从实际需要出发,只介绍与程序设计和系统扩展应用有关的内容。

1) 8051 单片机的基本组成

8051 单片机的基本组成如图 1.5 所示。各部分的作用如下:

(1) 中央处理器(CPU)。中央处理器是单片机的核心,具有运算和控制功能。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,但其中后 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前 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前 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 接口。MCS-51 共有 4 个 8 位的并行 I/O 接口(P0、P1、P2 和 P3),以实现数据的并行输入/输出。

(6) 串行 I/O 接口。MCS-51 单片机有一个全双工的串行 I/O 接口,以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行接口功能较强,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,即两个外中断、2 个定时/计数中断及 1 个串行中断。全部中断分为高级和低级两个优先级别。

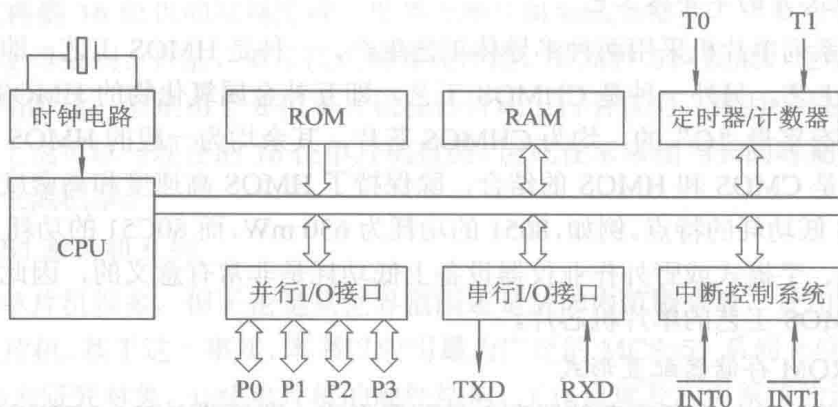


图 1.5 MCS-51 单片机结构框图

(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。系统允许的晶振频率一般为 6 MHz 和 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, 因此实际上它已经是一个简单的微型计算机系统了。

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, 引脚排列如图 1.6 所示。

(1) 信号引脚介绍。

MCS-51 单片机芯片 40 条引脚的定义及简单功能说明如下所示。

- P0.0~P0.7: P0 口 8 位双向口线。
- P1.0~P1.7: P1 口 8 位双向口线。
- P2.0~P2.7: P2 口 8 位双向口线。
- P3.0~P3.7: P3 口 8 位双向口线。
- ALE: 地址锁存控制信号。在系统扩展时, ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址锁存器锁存来, 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。

• RST: 复位信号。当输入的复位信号延续 2 个机器周期以上时, 高电平即为有效, 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, 此二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。

• VSS: 电压(25V): 31 脚($\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$)。

• VCC: +5 V 电源。

(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 系列把芯片引脚数目限定为 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。要解决这个矛盾, “兼职”是唯一可行的办法, 即给一些信号引脚赋予双重功能。如果把前述的信号定义为引脚第一功能, 则根据需要再定义的信号就是它的第二功能。下面介绍部分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 1.2。

1	P1.0		VCC	40
2	P1.1		P0.0	39
3	P1.2		P0.1	38
4	P1.3		P0.2	37
5	P1.4		P0.3	36
6	P1.5		P0.4	35
7	P1.6		P0.5	34
8	P1.7		P0.6	33
9	RST/VPD		P0.7	32
10	RXD P3.0	8031	$\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$	31
11	TXD P3.1	8051	ALE/PROG	30
12	INT0 P3.2	8751	PSEN	29
13	INT1 P3.3		P2.7	28
14	T0 P3.4		P2.6	27
15	T1 P3.5		P2.5	26
16	WR P3.6		P2.4	25
17	RD P3.7		P2.3	24
18	XTAL2		P2.2	23
19	XTAL1		P2.1	22
20	VSS		P2.0	21

图 1.6 MCS-51 引脚图

表 1.2 P3 口各引脚的第二功能

引脚	第二功能	信号名称
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 申请
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时器/计数器 0 的外部输入
P3.5	T1	定时器/计数器 1 的外部输入
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	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(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, 具体如下:

- 编程脉冲: 30 脚(ALE/ $\overline{\text{PROG}}$)。
- 编程/电压(25 V): 31 脚(EA/ $\overline{\text{VPP}}$)。

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/ $\overline{\text{VPD}}$) 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。

以上分别以第一功能和第二功能的形式列出了 MCS-51 单片机的全部信号。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, 剩下的才以第一功能的身份作数据位的输入/输出使用。

4. MCS-51 的内部数据存储器

MCS-51 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, 下面首先分析内部 RAM。

1) 内部数据存储器的低 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)。低 128 单元的配置见表 1.3。

表 1.3 片内 RAM 低 128 单元的配置

单元地址	单元的配置
30H~7FH	数据缓冲区
20H~2FH	位寻址区(00H~7FH)
18H~1FH	工作寄存器 3 区(R7~R0)
10H~17H	工作寄存器 2 区(R7~R0)
08H~0FH	工作寄存器 1 区(R7~R0)
00H~07H	工作寄存器 0 区(R7~R0)

低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器，按其用途划分为三个区域：

(1) 寄存器区。共有四组寄存器，每组 8 个寄存单元(各为 8 位)，各组都以 R0~R7 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，也叫工作寄存器。四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为当前寄存器组。到底使用的是哪一组，由程序状态字寄存器 PSW 中 RS1、RS0 位的状态组合来决定。

通用寄存器为 CPU 提供了就近存储数据的便利，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，也可以对单元中每一位进行位操作，因此把该区称为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元，计 128 位，位地址为 00H~7FH。MCS-51 具有布尔处理机功能，这个位寻址区可以构成布尔处理机的存储空间。这种位寻址能力是 MCS-51 的一个重要特点。表 1.4 为位寻址区的位地址表。

表 1.4 片内 RAM 位寻址区的位地址

单元地址	MSB		位地址					LSB
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00

(3) 用户 RAM 区。在内部 RAM 低 128 单元中，通用寄存器占用 32 个单元，位寻址区占用 16 个单元，剩下的 80 个单元就是供用户使用的一般 RAM 区，其单元地址为 30H~7FH。

对用户 RAM 区的使用没有任何规定或限制，在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。