



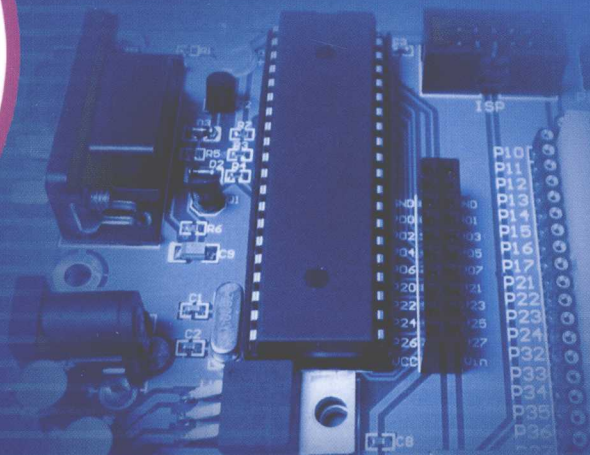
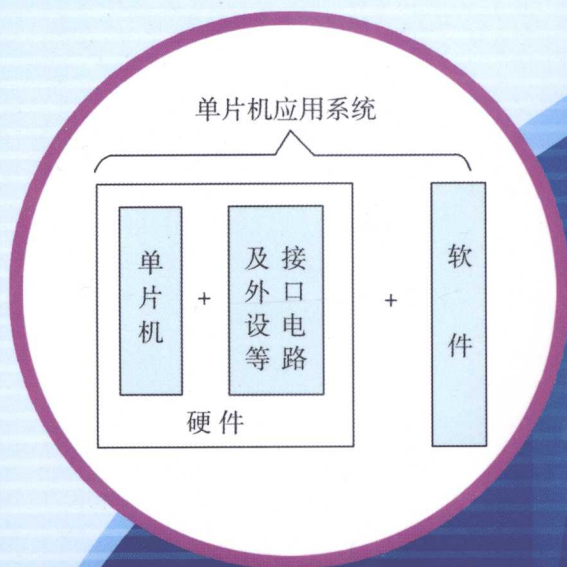
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

机电一体化技术专业

单片机原理与控制技术

◎主编 吴 赓

◎主审 姚立纲 [福州大学]



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Danpianji Yuanli Yu Kongzhi Jishu

单片机原理与控制技术

(机电一体化技术专业)

主编 吴 赓

主审 姚立纲 [福州大学]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材之一,主要内容围绕 C51 系列单片机实现两轮移动智能机器人的动作和功能展开。全书共分八章,包括 C51 单片机概述、C51 单片机编程环境与智能机器人、单片机输出接口与伺服电机控制、C 语言函数与机器人巡航控制、单片机输入接口与机器人触觉导航、C51 输入/输出接口与红外线导航、机器人的距离检测和 LCD 应用编程及与机器人的集成技术。

本书适用于高职高专院校机电一体化专业学生使用,亦可作为相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与控制技术/吴赓主编. —北京:人民交通出版社,2009.8

ISBN 978-7-114-07912-2

I. 单… II. 吴… III. ①单片微型计算机-基础理论
②单片微型计算机-计算机控制 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 125821 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名:单片机原理与控制技术

著 作 者:吴 赓

责任编辑:蔡 健

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.75

字 数:272 千

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07912-2

定 价:29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006 年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006 年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年 12 月,这所有着 140 多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。

难能可贵的是,三年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校 8 个重点建设专业(6 个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经 3 年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

单片机是机电一体化系统必不可少的重要的计算机控制元件,在现代机电一体化系统中得到了广泛的应用。因此机电一体化专业必须学习单片机原理及其控制技术这门重要的专业课程。本书作为一本关于单片机原理及控制技术的高职高专类教学课本,从讲授 MCS-51 单片机的硬件结构开始,以提高学生动手能力为主线,注重基本原理的掌握和实际应用的训练,充分体现了高等职业教育的特点,着眼于高职高专生产一线培养技术应用型人才的目标;在介绍单片机基础知识的同时,从学生学习的方便和使用软件的系统性考虑,选择 C51 语言作为单片机的编程语言,为学生深层次的继续学习提供技术手段。另外,本书还给出了实用性很强的附录,以帮助教学和学习。

本书共分为 8 章。第 1 章介绍了单片机的硬件结构,为后继的单片机编程提供基础。第 2 章介绍单片机的载体机器人的安装和软件的安装。第 3~8 章利用基于工作过程的项目教学法展开单片机编程和应用教学,通过由浅入深的教学使学生利用机器人这个载体逐步掌握单片机控制技术。

本书是和具体的实物载体——简单的行走机器人配合在一起教学的。大部分的教学过程都是在实验室进行的,学生动手的时间多于教师教学的时间。通过实际的动手组装和编程,在开发教学机器人的过程中学习单片机的原理和控制方法,并获得系统开发的技能。这样有利于提高高职高专学生的学习兴趣,符合高职高专学生的特点和素质。

本书的编排也从好教、易学和实用的原则出发,先介绍单片机的硬件结构和原理,C 语言的语法,再根据实例进行教学。在内容上按照 One-By-One 的编排方式,对操作过程和项目逐步地介绍,便于学生由浅入深的学习,同时也便于学生自学和预习,符合教学规律。本书也希望学生能够在学习过程中只要有一台电脑、一个机器人和相关的软件就可以使用本教材,在不提问或少提问的环境下,独自的掌握单片机控制技术,并能进行简单的实用性设计。

本书由福建交通职业技术学院吴赓讲师主编和统稿,由福州大学姚立纲教授对本书进行了审阅。在此对深圳鸥鹏科技有限公司秦志强博士给予的支持和帮助表示感谢。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校的电类、机电类专业的教材,还可供中等职业技术学校电专业使用,同时也适合有关工程技术人员自学和参考。

懂读书不易,写书更难,要想在短时间内写出一本令教学各方面都很满意的好教材可谓是难上加难。由于篇幅和作者水平的限制,书中难免有一些缺点和问题,与单片机相关的内容也不可能面面俱到,欢迎使用本教材的教师和读者给予批评指正。

另外,需要电子课件的读者可以在福建交通职业技术学院的网页上下载。

下载地址:<http://www.fjcpce.edu.cn/>。

编 者

2009 年 7 月

目 录

第1章 C51 单片机概述	1
1.1 单片机及单片机应用系统	1
1.2 MCS-51 单片机系列	3
1.3 MCS-51 单片机结构和原理	4
1.4 并行输入/输出口电路结构	12
1.5 时钟电路与复位电路	14
1.6 单片机的工作过程	17
1.7 51 系列单片机最小系统	18
本章小结	19
习题	19
第2章 C51 单片机编程环境与智能机器人	20
2.1 C51 系列单片机程序开发平台	20
2.2 机器人与 C51 单片机	21
2.3 任务一 获得软件	21
2.4 任务二 安装软件	22
2.5 任务三 硬件连接	22
2.6 任务四 你的第一个程序	23
2.7 printf 函数	28
2.8 C 语言数据类型	30
2.9 任务五 做完实验关断电源	31
本章小结	32
习题	32
第3章 单片机输出接口与伺服电机控制	33
3.1 C51 单片机的输入/输出接口	33
3.2 任务一 单灯闪烁控制	33
3.3 任务二 机器人伺服电机控制信号	37
3.4 任务三 计数并控制循环次数	39
3.5 任务四 用你的计算机来控制机器人的运动	43
本章小结	45
习题	46
第4章 C 语言函数与机器人巡航控制	47
4.1 任务一 基本巡航动作	47
4.2 任务二 匀加速/减速运动	52
4.3 任务三 用函数调用简化运动程序	55
4.4 任务四 高级主题——用数组建立复杂运动	60

本章小结	67
习题	67
第5章 单片机输入接口与机器人触觉导航	68
5.1 触觉导航与单片机输入接口	68
5.2 任务一 安装并测试机器人胡须	68
5.3 任务二 通过胡须导航	74
5.4 任务三 机器人进入死区后的人工智能决策	79
本章小结	83
习题	84
第6章 C51 输入/输出接口与红外线导航	85
6.1 使用红外线发射和接收器件探测道路	85
6.2 任务一 搭建并测试 IR 发射和探测器	85
6.3 任务二 探测和避开障碍物	90
6.4 任务三 高性能的 IR 导航	94
6.5 任务四 俯视的探测器	98
本章小结	102
习题	102
第7章 机器人的距离检测	103
7.1 用 IR LED/探测电路检测距离	103
7.2 任务一 定时/计数器的运用	103
7.3 任务二 测试扫描频率	107
7.4 任务三 尾随小车	111
本章小结	116
习题	117
第8章 LCD 应用编程及与机器人的集成技术	118
8.1 LCD 显示器的介绍	118
8.2 任务一 认识 LCD 显示器	118
8.3 任务二 编写 LCD 模块驱动程序	121
8.4 任务三 用 LCD 显示机器人运动状态	126
本章小结	133
习题	133
附录 A 计算机常用数制及数制的转换和编码	134
附录 B 80C51 单片机中断系统及定时器/计数器	141
附录 C C 语言概要归纳	147
附录 D 微控制器原理归纳	157
附录 E 无焊锡面包板	160
参考文献	162

第 1 章 C51 单片机概述

1.1 单片机及单片机应用系统

1.1.1 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、性能和应用范围等条件,将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等。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,而且还具有体积小、重量轻、功耗低、价格便宜等优点。个人计算机简称 PC(Personal Computer)机,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 机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、输入接口电路和输出设备、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做在一个集成芯片上,统称中央处理单元(Central Processing Unit),简称 CPU。CPU 是微机的核心部件,与存储器、输入/输出(Input/Output,简称 I/O)接口电路及外部设备一起构成微机的硬件系统。

软件系统是指微机系统所使用的各种程序的总称。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。

硬件系统与软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 1-1 所示。

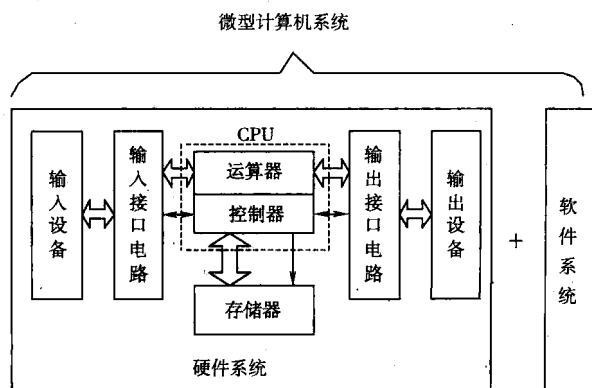


图 1-1 微型计算机系统组成示意图

下面把组成计算机的五个基本部件作简单说明。

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,作用是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,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。存储器又分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。RAM 用来保存计算的中间过程的数据,ROM 用来保存程序指令和常用的数表。

4) 输入设备

输入设备用于将程序和数据输入到计算机中,常用的如键盘。

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之为计算机的外部设备,简称“外设”。

1.1.2 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、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read-only Memory)、基本输入/输出(Input/Output)接口电路、定时器/计数器等部件制作在一块集成芯片上,通过数据总线和地址总线相联系而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。

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。

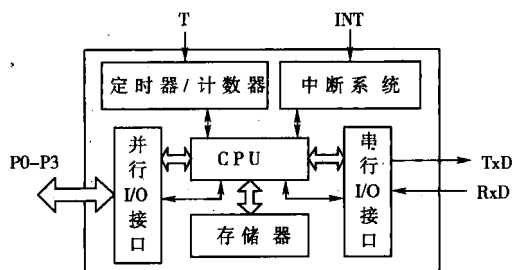


图 1-2 单片机内部结构示意图

1.1.3 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,能实现一种或多种功能的实用系统。本书的实训电路板也是一个单片机的应用系统。它除了有单片机芯片以外,还有许多的外围电路,再配以后续章节一系列的实训程序,可以完成很多功能。所以说,单片机应用系统是由硬件和软件组成。硬件是应用系统的基础,软件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,单片机应用系统的组成如图 1-3 所示。

由此可见,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机,并能够将二者有机结合起来,才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

自从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 之后,迄今为止,单片机经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机的发展过程。单片机制造商很多,主要有美国的 Intel、Motorola、ATMEL

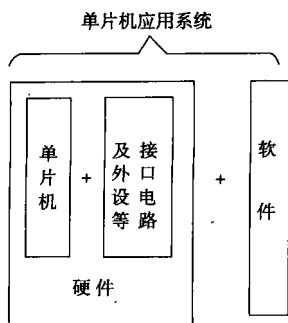


图 1-3 单片机应用系统的组成

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 位单片机从性能价格比上占有优势,而且 8 位增强型单片机在速度和功能上向 16 位单片机挑战,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。

1.2 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或是从国内范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机。基于这一事实,本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列八位单片机(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 所列。

MCS-51 系列单片机分类表 表 1-1

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	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	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。下面将在这个表的基础上对 MCS-51 系列单片机进一步加以说明。

1.2.1 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列又分为 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 子系列则属增强型。52 子系列功能增强的方面,从表 1-1 所列内容中可以看出:

- (1)片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB。
- (2)片内 RAM 从 128B 增加到 256B。
- (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 8KB 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,增加了一些控制语句,以满足单片机作为控制机的需要。

1.2.2 单片机芯片半导体工艺

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 芯片型号中带有字母“C”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。

1.2.3 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 适应于定型大批量应用产品的生产;片内带 EPROM 适合于研制产品样机;外接 EPROM 的方式适用于研制新产品。Intel 公司还推出片内带 EEPROM 型的单片机,可以在线写入程序。

1.2.4 C51 系列单片机

提到单片机,经常听到这样一些名词:MCS-51、8051、C51 等。它们之间究竟是什么关系呢?

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括了许多品种,如 8031、8051、8751 等,其中 8051 是最典型的产品。该系列单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减而改变来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。

Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多公司,所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机。当然功能或多或少有些改变,以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机 AT89C51(简称 C51)由美国 ATMEL 公司以 8051 为内核开发生产。本教材使用的 AT89S52 单片机是在此基础上改进而来。

AT89S52 是一种高性能、低功耗的 8 位单片机,内含 8KB,有 ISP(In-system Programmable,系统在线编程)可反复擦写 1000 次的 FLASH 只读程序存储器。器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造,兼容标准 MCS-51 指令系统及其引脚结构。在实际工程应用中,功能强大的 AT89S52 已成为许多高性价比嵌入式控制应用系统的解决方案。

1.3 MCS-51 单片机结构和原理

尽管单片机比较简单,但要按五个基本组成部件来讲单片机的硬件结构和原理,也将是一件十分复杂的事,也没有这种必要。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。

1.3.1 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、8751。8051 内部有 4KB 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。因此以 8051 为例,说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

1.3.1.1 8051 单片机的基本组成

8051 单片机的基本组成请参见图 1-4。各部分情况介绍如下:

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。但其中后 128 个单元被专用寄存器占用,能作为寄

存储器供用户使用的只有前 128 个单元,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 个单元,简称内部 RAM。

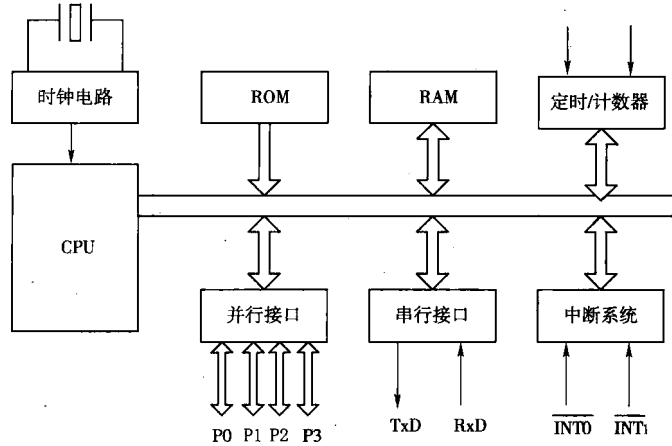


图 1-4 MCS-51 单片机结构框图

3)内部程序存储器(内部 ROM)

8051 共有 4KB 掩膜 ROM,用于存放程序、原始数据或表格,因此称为程序存储器,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 共有四个 8 位的 I/O 口(P0、P1、P2、P3),以实现数据的并行输入/输出。在实训中我们会使用 P1 口,通过 P1 口连接 8 个发光二极管。

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两个优先级别。

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。系统允许的晶振频率一般为 6MHz 和 12MHz。

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。

1.3.1.2 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 1-5。

1)信号引脚介绍

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 位地址锁存器锁存起来, 以实现低位地址和数据的隔离。此外由于 ALE 是以晶振 $\frac{1}{6}$ 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两个机器周期以上高电平即为有效, 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。

Vss: 地线。

Vcc: +5V 电源。

以上是 MCS-51 单片机芯片 40 条引脚的定义及简单功能说明。读者可以对照实训电路找到相应引脚, 在电路中查看每个引脚的连接与使用。

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。因此就出现了需求的信号数目与引脚数目的矛盾。如何解决这个矛盾? “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。下面介绍一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 1-2。

P3 口各引脚的第二功能表

表 1-2

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	TO	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	WR	外部 RAM 写选通
P3.7	RD	外部 RAM 读选通

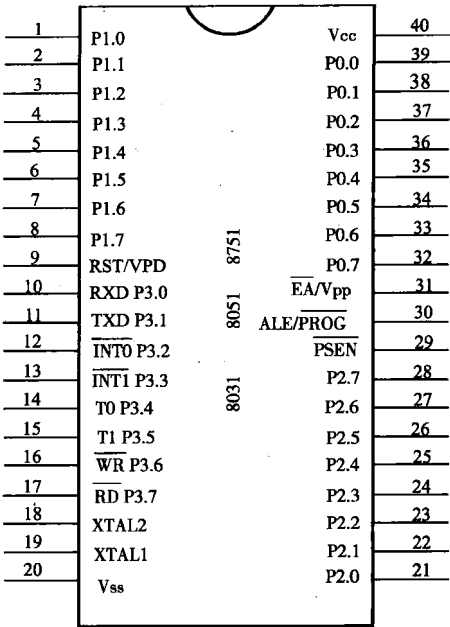


图 1-5 MCS-51 引脚图

(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(25V):31 脚($\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{pp}}$)

(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,剩下的才以第一功能的身份作数据位的输入/输出使用。

1.3.2 MCS-51 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。首先分析内部 RAM。

1.3.2.1 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)。如表 1-3 所示为低 128 单元的配置图。

片内 RAM 的配置

表 1-3

30H ~ 7FH	数据缓冲区	10H ~ 17H	工作寄存器 2 区(R7 ~ R0)
20H ~ 2FH	位寻址区(00H ~ 7FH)	08H ~ 0FH	工作寄存器 1 区(R7 ~ R0)
18H ~ 1FH	工作寄存器 3 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,因此称为通用寄存器,有时也叫工作寄存器。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,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。

片内 RAM 位寻址区的位地址 表 1-4

单元地址	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,通用寄存器占去 32 个单元,位寻址区占去 16 个单元,剩下 80 个单元,这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。但在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。

1.3.2.2 内部数据存储器高 128 单元

内部 RAM 的高 128 单元是供给特殊寄存器专用的,其单元地址为 80H~FFH。因这些寄存器的功能已作专门规定,故而称为专用寄存器(Special Function Register),也可称为特殊功能寄存器。

1) 特殊功能寄存器(SFR)简介

8051 共有 21 个专用寄存器,现把其中部分寄存器简单介绍如下:

(1) 程序计数器 PC(Program Counter)。

在实训中,我们已经知道 PC 是一个 16 位的计数器,它的作用是控制程序的执行顺序。其内容为将要执行指令的地址,寻址范围达 64KB。PC 有自动加 1 功能,从而实现程序的顺序执行。PC 没有地址,是不可寻址的。因此用户无法对它进行读写。但可以通过转移、调用、返回等指令改变其内容,以实现程序的转移。因地址不在 SFR 之内,一般不计作专用寄存器。

(2) 累加器 ACC(Accumulator)。

累加器为 8 位寄存器,是最常用的专用寄存器,功能较多,地位重要。它既可用于存放操作数,也可用来存放运算的中间结果。MCS-51 单片机中大部分单操作数指令的操作数就取自

累加器。许多双操作数指令中的一个操作数也取自累加器。

(3) B 寄存器。

B 寄存器是一个 8 位寄存器,主要用于乘除运算。乘法运算时,B 是乘数。乘法操作后,乘积的高 8 位存于 B 中。除法运算时,B 是除数。除法操作后,余数存于 B 中。此外,B 寄存器也可作为一般数据寄存器使用。

(4) 程序状态字 PSW(Program Status Word)。

程序状态字是一个 8 位寄存器,用于存程序运行中的各种状态信息。其中有些位状态是根据程序执行结果由硬件自动设置的,而有些位状态则使用软件方法设定。PSW 的位状态可以用专门指令进行测试,也可以用指令读出。一些条件转移指令将根据 PSW 有些位的状态,进行程序转移。PSW 的各位定义如表 1-5。

PSW 的各定义位 表 1-5

D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
CY	AC	FO	RS ₁	RS ₀	OV	F1	P

除 F1(PSW.1)位保留未用外,对其余各位的定义及使用介绍如下:

CY(PSW.7)——进位标志位。CY 是 PWS 中最常用的标志位,其功能有二:一是存放算术运算的进位标志,在进行加或减运算时,如果操作结果最高位有进位或借位时,CY 由硬件置“1”,否则清“0”;二是在位操作中,作累加位使用。位传送、位与位或等位操作,操作位之一固定是进位标志位。

AC(PSW.6)——辅助进位标志位。在进行加减运算中,当有低 4 位向高 4 位进位或借位时,AC 由硬件置“1”,否则 AC 位被清“0”。在 BCD 码调整中也要用到 AC 位状态。

FO(PSW.5)——用户标志位。这是一个供用户定义的标志位,需要利用软件方法置位或复位,用以控制程序的转向。

RS₁ 和 RS₀(PSW.4,PSW.3)——寄存器组选择位。用于选择 CPU 当前工作的通用寄存器组。通用寄存器共有四组,其对应关系如表 1-6。

通用寄存器组的选择 表 1-6

RS ₁	RS ₀	寄存器组	片内 RAM 地址	RS ₁	RS ₀	寄存器组	片内 RAM 地址
0	0	第 0 组	00H~07H	1	0	第 2 组	10H~17H
0	1	第 1 组	08H~0FH	1	1	第 3 组	18H~1FH

这两个选择位的状态是由软件设置的,被选中的寄存器组即为当前通用寄存器组。但当单片机上电或复位后,RS₁ RS₀ = 00。

OV(PSW.2)——溢出标志位。在带符号数加减运算中,OV = 1 表示加减运算超出了累加器 A 所能表示的符号数有效范围(-128 ~ +127),即产生了溢出,因此运算结果是错误;否则,OV = 0 表示运算正确,即无溢出产生。

在乘法运算中,OV = 1 表示乘积超过 255,即乘积分别在 B 与 A 中;否则,OV = 0,表示乘积只在 A 中。

在除法运算中,OV = 1 表示除数为 0,除法不能进行;否则,OV = 0,除数不为 0,除法可正常进行。

P(PSW.0)——奇偶标志位。表明累加器 A 内容的奇偶性。如果 A 中有奇数个“1”,则 P 置“1”,否则置“0”。凡是改变累加器 A 中内容的指令均会影响 P 标志位。

此标志位对串行通信中的数据传输有重要的意义。在串行通信中常采用奇偶校验的办法来校验数据传输的可靠性。

(5) 数据指针(DPTR)。

数据指针为16位寄存器,它是MCS-51中一个16位寄存器。编程时,DPTR既可以按16位寄存器使用,也可以按两个8位寄存器分开使用,即:

DPH DPTR 高位字节

DPL DPTR 低位字节

DPTR通常在访问外部数据存储器时作地址指针使用,由于外部数据存储器的寻址范围为64KB,故把DPTR设计为16位。

(6) 堆栈指针 SP(Stack Pointer)。

堆栈是一个特殊的存储区,用来暂存数据和地址。它是按“先进后出”的原则存取数据的。堆栈共有两种操作:进栈和出栈。

MCS-51单片机由于堆栈设在内部RAM中,因此SP是一个8位寄存器。系统复位后,SP的内容为07H,使得堆栈实际上从08H单元开始。但08H~1FH单元分别属于工作寄存器1~3区,如程序中要用到这些区,则最好把SP值改为1FH或更大的值。一般的说,堆栈最好在内部RAM的30H~7FH单元中开辟。SP的内容一经确定,堆栈的位置也就跟着确定下来,由于SP可初始化为不同值,因此堆栈位置是浮动的。

此处只集中讲述了六个专用寄存器,其余的专用寄存器(如TCON、TMOD、IE、IP、SCON、PCON、SBUF等)将在以后章节中陆续介绍。

2) 特殊寄存器中的字节寻址和位地址

MCS-51系列单片机有21个可寻址的专用寄存器,其中有11个专用寄存器是可以位寻址的。下面把各寄存器的字节地址及位地址一并列于表1-7。

对专用寄存器的字节寻址问题作如下几点说明:

(1) 21个可字节寻址的专用寄存器是不连续地分散在内部RAM高128单元之中,尽管还有许多空闲地址,但用户并不能使用。

(2) 程序计数器PC不占据RAM单元,它在物理上是独立的,因此是不可寻址的寄存器。

(3) 对专用寄存器只能使用直接寻址方式,书写时既可使用寄存器符号,也可使用寄存器单元地址。

表1-7中凡字节地址不带括号的寄存器都是可进行位寻址的寄存器,而带括号的是不可位寻址的寄存器。全部专用寄存器可寻址的位共83位,这些位都具有专门的定义和用途。这样加上位寻址区的128位,在MCS-51的内部RAM中共有 $128 + 83 = 211$ 个可寻址位。

1.3.3 MCS-51 内部程序存储器

MCS-51的程序存储器用于存放编好的程序和表格常数。8051片内有4KB的ROM,8751片内有4KB的EPROM,8031片内无程序存储器。MCS-51的片外最多能扩展64KB程序存储器,片内外的ROM是统一编址的。如EA端保持高电平,8051的程序计数器PC在0000H~0FFFH地址范围内(前4KB地址)是执行片内ROM中的程序;当PC在1000H~FFFFH地址范围时,自动执行片外程序存储器中的程序。当EA保持低电平时,只能寻址外部程序存储器。片外存储器可以从0000H开始编址。

MCS-51的程序存储器中有些单元具有特殊功能,使用时应予以注意。