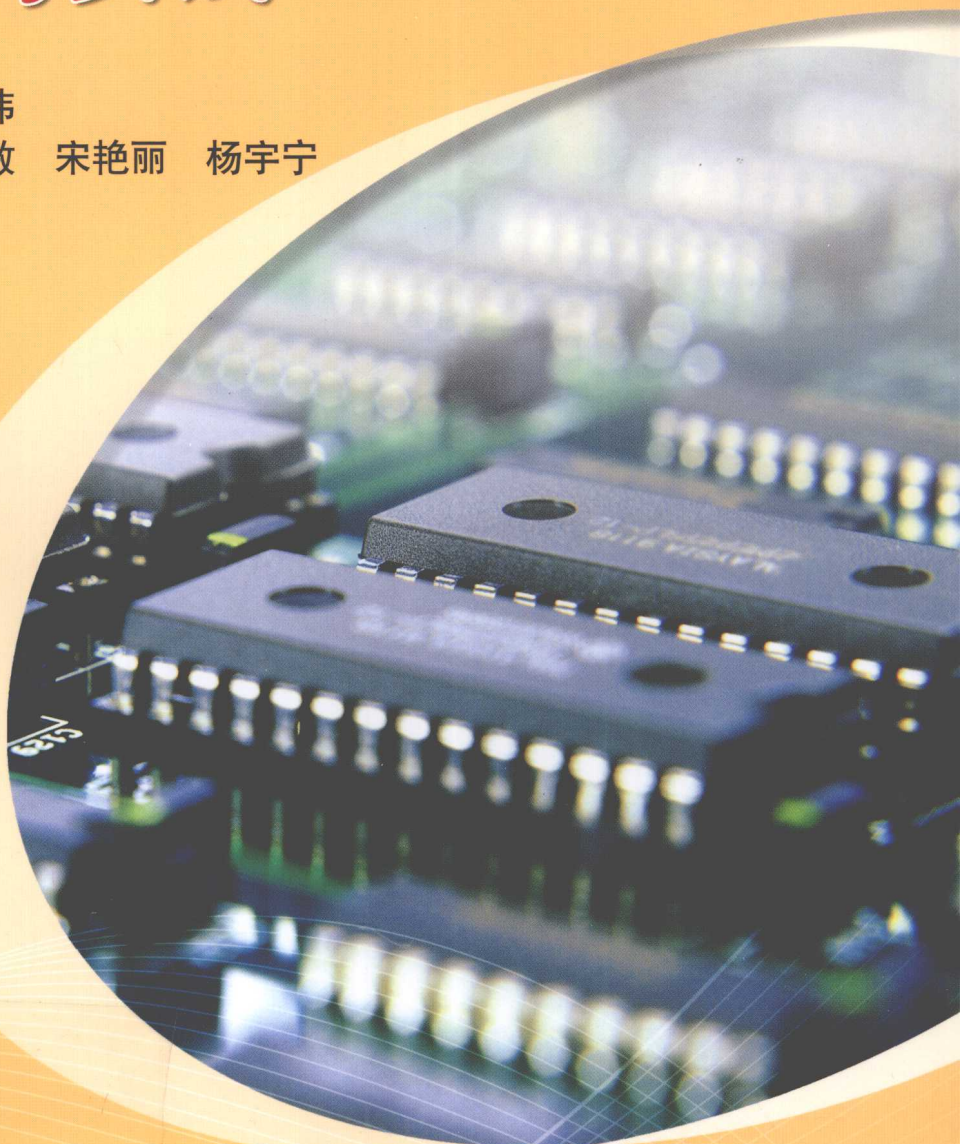


MCS-51DANPIANJI XITONG DE YINGYONG YU SHIJIAN

MCS-51单片机系统的应用与实践

主 编 方 玮
副主编 李 敏 宋艳丽 杨宇宁



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

MCS-51单片机系统的 应用与实践

主 编 方 玮

副主编 李 敏 宋艳丽 杨宇宁



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

《MCS-51 单片机系统的应用与实践》是工科电类专业一门很重要的专业课,把汇编语言知识、微机接口知识、通信技术知识等综合在一起,属于技术性、工程性、实践性很强的一门课程。本书根据职业技术教育的要求和学生特点,将“基于工作任务导向”、“突出技能应用”的理念贯穿其中,以机器人为载体,使学生在开发机器人的过程中学习和掌握单片机的基本原理和开发技能。

本书可作为高职高专应用电子技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材,也可作为从事单片机应用的工程技术人员的培训教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51单片机系统的应用与实践 / 方玮主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2010.9
ISBN 978-7-5084-7922-4

I. ①M… II. ①方… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第181406号

书 名	MCS-51 单片机系统的应用与实践
作 者	主编 方 玮 副主编 李 敏 宋艳丽 杨宇宁
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.25印张 290千字
版 次	2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	23.00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

《MCS-51 单片机系统的应用与实践》是工科电类专业一门很重要的专业课，把汇编语言知识、微机接口知识、通信技术知识等综合在一起，属于技术性、工程性、实践性很强的一门课程。本书根据职业技术教育的要求和学生特点，将“基于工作任务导向”、“突出技能应用”的理念贯穿其中，以机器人为载体，使学生在开发机器人的过程中学习和掌握单片机的基本原理和开发技能。

与同类单片机书籍比较，本书具有以下特点。

(1) 本书以培养学生的职业能力为主线，适应理论实践一体化教学的需要，符合高职高专课程建设与改革的要求。

(2) 本书以机器人为控制对象，寓教于乐，兴趣为先。改变传统的单片机学习先讲理论再做实验的教学模式，将知识融入到每一个项目中，教、学、做合一。

(3) 本书把硬件制作、软件设计贯穿始终，培养学生实际工程能力。

书中“学生实践”部分是要求学生动手组装，可以由教师根据课时要求选做。

本书由黄冈职业技术学院方玮副教授担任主编，黄冈职业技术学院李敏、宋艳丽和杨宇宁担任副主编。本书项目 1、项目 2、项目 8 由方玮编写，项目 3、项目 4 由李敏编写，项目 5、项目 6 由宋艳丽编写，项目 7、附录由杨宇宁编写，全书由方玮负责整理、统稿。在本书编写过程中，得到了许多专家和同行的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2010 年 7 月

目 录

前言

项目 1 机器人系统的构建与调试	1
任务 1 构建机器人工作环境、认识机器人的“大脑”	1
任务 2 机器人“大脑”主控电路的构建与调试	17
任务 3 机器人系统硬件拆装	21
任务 4 电机调试	35
任务 5 学生实践	41
项目习题	41
项目 2 机器人的基本运动控制	45
任务 1 机器人指示灯亮、灭控制	45
任务 2 机器人指示灯闪烁控制	52
任务 3 机器人伺服电机控制	57
任务 4 机器人基本巡航动作	66
任务 5 调用子程序简化运动程序	72
任务 6 机器人巡航动作的键选控制	79
任务 7 学生实践	84
项目习题	84
项目 3 机器人触觉系统的制作与调试	88
任务 1 机器人胡须安装与测试	88
任务 2 查询法胡须触觉避障	89
任务 3 中断法胡须触觉避障	92
任务 4 学生实践	99
项目习题	99
项目 4 机器人 LED 数码管显示系统的制作	102
任务 1 搭建并测试 IR 发射和探测器	102
任务 2 用 LED 数码管显示道路状况	106
任务 3 学生实践	112
项目习题	112

项目 5 机器人串行通信系统的制作	113
任务 1 利用串口调试软件向计算机串口发送、接收数据	113
任务 2 机器人通过串口发送、接收数据	118
任务 3 一机器人向另一机器人发送命令	125
任务 4 学生实践	129
项目习题	129
项目 6 机器人红外感测系统的制作与调试	130
任务 1 机器人通过软件模拟 I ² C 总线与 E ² PROM 传送数据	130
任务 2 串行 D/A 转换器的使用	138
任务 3 学生实践	141
项目习题	142
项目 7 机器人光感测系统的制作与调试	143
任务 1 搭建和测试光信号(电压)采集电路	144
任务 2 手电筒光束引导机器人运动	145
任务 3 学生实践	151
项目习题	151
项目 8 单片机应用系统设计实例	152
任务 1 交通信号灯模拟控制系统设计	152
任务 2 学生实践	157
项目习题	157
附录 A 单片机 C51 语言程序设计知识简介	158
附录 B MCS-51 汇编语言指令集	177
附录 C 微控制器原理归纳	183
附录 D 无焊锡面包板	187
附录 E LCD 模块电路	189
参考文献	190

项目 1 机器人系统的构建与调试

项目目标

知识目标：①了解什么是单片机；②熟悉单片机的应用；③熟悉单片机的内外部结构。

能力目标：①具备电路制作的能力；②具备机器人系统硬件拆装的能力；③初步具备整机调试的能力。

素质目标：①培养学生具有良好的职业道德和敬业精神；②培养学生的自学能力、团队协作精神；③培养学生的计划组织能力。

工作任务（载体）

任务 1 构建机器人工作环境、认识机器人的“大脑”

任务 2 机器人“大脑”主控电路的构建与调试

任务 3 机器人系统硬件拆装

任务 4 电机调试

任务 5 学生实践

任务 1 构建机器人工作环境、认识机器人的“大脑”

一、任务描述

(1) 本任务主要介绍以单片机为“大脑”的机器人系统的硬件和软件工作环境的构建。

(2) 本任务所需的元器件：计算机或者笔记本电脑 1 台，机器人车体及系统板 1 套，串口电缆 1 根，ISP 下载线 1 根。

(3) 计算机系统需求：

1) Win98 及以上操作系统，可运行 Keil uVision2 (V2.38a) 编辑器软件。

2) 一个并行口（用来下载程序）。

3) 一个串行口或 USB 转串口连接线（用来与用户交互）。

二、知识点归纳与讲解

(一) 单片机概述

单片机体积微小，成本极低，可广泛地嵌入到各种小型产品中，已成为现代电子系统

中最重要的智能化工具。目前世界各类单片机年产高达 100 亿片，我国年需求量约为 12 亿片。

1. 微型计算机的产生

从计算机的元器件集成程度来看，至今已经历了电子管、晶体管、大规模集成电路及超大规模集成电路等四代，人类正积极探索研制以人工智能为主要特征的第五代计算机。

微型计算机（Micro Computer）诞生于 20 世纪 70 年代初，是第四代计算机的重要分支，其核心部件 CPU 利用超大规模集成电路工艺将运算器与控制器集成在一片芯片上，而其他类型计算机的 CPU 则是由很多分立元器件电路或集成电路所组成。

2. 微型计算机的组成

微型计算机系列很多，其内部结构不完全相同，但不论是何种档次、系列型号，均是由初级计算机发展而来的，其内部基本部件及工作过程仍然十分相似。

微型计算机硬件系统通常由微处理器、存储器及输入/输出（Input/Output，简称 I/O）接口电路及必要的外围设备等组成，通过系统总线有机地连接在一起，并通过 I/O 接口与外围设备及外围芯片相连。

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成，两者相辅相成、缺一不可，微型计算机系统组成示意图如图 1-1 所示。

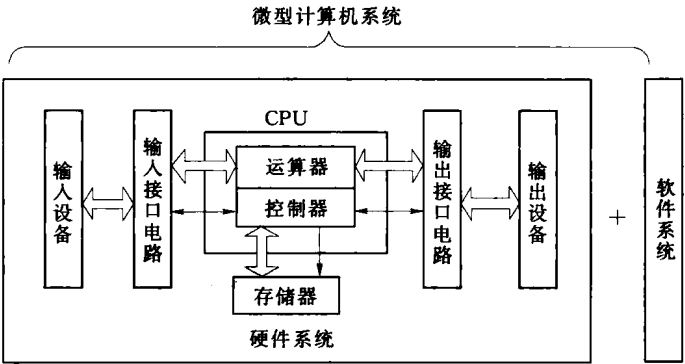


图 1-1 微型计算机系统组成示意图

3. 单片机的概念

在单片机诞生之前，为满足工业控制对象的嵌入式应用要求，只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系（如舰船、航天器等）中构成控制系统等。通用计算机体积巨大且成本高昂，无法嵌入到大多数对象体系（如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等）中，因此在通用微型计算机基础之上发展了单片机，如今单片机已成为现代微型计算机的一个独特而又重要的应用分支。

单片机是将 CPU、存储器、定时/计数器、I/O 接口电路和必要的外部设备（简称外设）集成在一块芯片上，构成的一个既小巧又完善的计算机硬件系统，可实现微型计算机的基本功能。因此早期称其为单片微型计算机（Single Chip Microcomputer，简称 SCM），简称单片机。单片机体积很小，其构成情况及典型外形如图 1-2 所示，图 1-2（b）为 Atmel 公司的 AT89 S51 实物图。

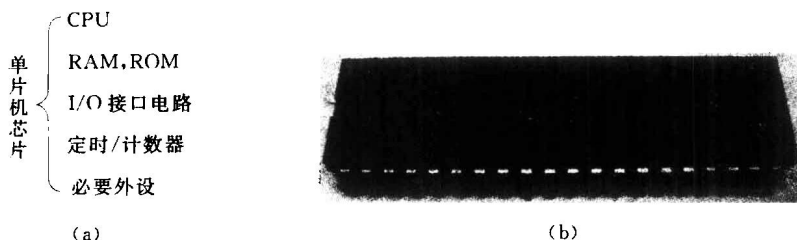


图 1-2 单片机构成情况及典型外形图
(a) 构成情况; (b) AT89S51 实物

随着科学技术的发展，单片机芯片内扩展了各种控制功能，现今的单片机集成了许多面向测控对象的接口电路，已经突破了微型计算机的传统内容，SCM 已不能准确表达其内涵，国际上逐渐采用微控制器（Micro Controller Unit，简称 MCU）来代替。因为在国内“单片机”一词已约定俗成，故可继续沿用。

4. 单片机与通用微型计算机 CPU 的区别

两者结构基本相同，但单片机的 CPU 增设了“面向控制”的处理功能，增强了实时控制性。主要区别如下。

(1) 通用的微型计算机 CPU 主要发展超强运算速度和强大的数据处理能力，如 Intel 公司目前的“酷睿 2”微处理器，已将四片时钟频率高达 2.53GHz 的可协同并行运行的 CPU 核心模块集成于一片芯片内。通用的微型计算机 CPU 价格较高，体积较大，功耗也很高。

(2) 单片机主要用于控制领域，也发展了 16 位、32 位等机型，但发展方向是高可靠性、抗干扰、低功耗、低电压、低噪声和低成本。单片机芯片在没有被使用者开发前，只是一片集成电路，如对其进行应用开发，便可成为一个小型的微机控制系统。

5. 单片机的性能特点

(1) 体积小。单片机集成度很高，体积非常小，可非常方便地嵌入到各种应用场合。例如 PIC12C508 型单片机只有一粒纽扣大小，仅有 8 根引脚。

(2) 可靠性。高 (2) 芯片本身是按工业测控环境要求设计的，内部布线很短，其抗工业干扰功能明显优于通用 CPU。程序指令、常数及表格数据等可固化在 ROM 中，不易被破坏。

(3) 控制功能强。单片机的指令系统有极丰富的条件及分支转移能力、I/O 接口的逻辑操作及位处理能力，适用于专门的控制功能。

(4) 易于扩展。芯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三总线及并行、串行 I/O 口，很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 低电压、低功耗。单片机广泛应用于便携式产品和家电消费类产品，对于此类产品，低电压、低功耗尤为重要。许多单片机可在 2.2V 电压以下工作，目前 0.8V 供电的单片机已问世，一粒纽扣电池就可使单片机长期运行。

(6) 性能价格比优异。由于单片机的广泛使用，销量极大，各大公司的商业竞争激

烈，使其价格相对较低，性能价格比优异。

（二）单片机的发展历史

1971 年美国 Intel 公司生产出了 4 位单片机 4004，其特点是结构简单，但功能单一、控制能力较弱；1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台 8 位单片机 F8；1976 年 9 月 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机，成为单片机发展进程中的一个重要阶段。这就是第一代单片机，之后各公司竞相推出自己的单片机。单片机发展大体可分为如下几个阶段。

（1）低性能 8 位单片机阶段。约为 1976~1978 年，以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为代表，一片芯片内包含了一个 8 位的 CPU、定时/计数器、并行 I/O 接口、ROM 和 RAM 等，主要用于工业控制领域。

（2）高性能 8 位单片机阶段。约为 1978~1982 年，1978 年 Motorola 公司推出 M6800 系列单片机，Zilog 公司推出 Z8 系列单片机。1980 年 Intel 公司推出了高性能的 MCS-51 系列单片机，并成为此时期的代表机型，属于高性能的 8 位单片机，迅速得到了推广应用。这个阶段的单片机配置了完美的外部并行总线和串行通信接口，规范了特殊功能寄存器的控制模式，增强了指令系统，为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

（3）8 位单片机提高及 16 位单片机推出阶段。约为 1982~1990 年，8 位机以 MCS-51 系列单片机为代表，同时 16 位单片机也有很大发展，如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机。

（4）单片机全面发展阶段。约为 1990 年至现在，目前单片机正朝着多品种、高速、强运算能力、大寻址范围以及小型廉价方向发展。当今产品众多，一定时期内将不存在某个单片机一统天下的垄断局面，走的是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。此外，32 位单片机在复杂控制领域也已进入实用阶段。

这期间世界各大半导体公司相继开发了功能更为强大的单片机，例如美国 Microchip 公司研制出了一种完全不兼容传统 MCS-51 系列的新一代 PIC 系列单片机，该单片机只有 33 条精简指令集（RISC），使人们从 Intel 的 111 条复杂指令集中走出来。

（三）单片机的发展趋势

（1）低功耗，CMOS 化。单片机基本都采用了 CMOS 互补金属氧化物半导体工艺，其特点是功耗低。而 CHMOS 工艺是 CMOS 和 HMOS（高密度、高速度 MOS）工艺的结合，同时具备了高速和低功耗的特点。

（2）低噪声与高可靠性。为提高单片机的抗电磁干扰能力，使产品能适应恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片机厂家在单片机内部电路中都采取了新的技术措施。

（3）存储器大容量化。运用新的工艺可使内部存储器大容量化，得以存储较大型的应用程序，这样可适应一些复杂控制的要求。当今单片机的寻址能力早已突破早期的 64KB 限制，内部 ROM 容量可达 62MB，RAM 容量可达 2MB，今后还将继续扩大。

（4）高性能化。高性能化主要是指进一步改进 CPU 的性能，加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集结构和流水线技术，可以大幅度提高运行速度，

并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出10倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度，就可以用软件模拟硬件输入、输出功能，由此引入了虚拟外设的新概念。

(5) 外围电路内装化。为适应更高要求的检测、控制，现今增强型的单片机集成了模/数转换器、数/模转换器、PWM（脉宽调制电路）、WTD（看门狗）以及 LCD（液晶）驱动电路等。生产厂家还可根据用户要求量身定做单片机芯片。此外许多单片机都具有多种微型化的封装形式。

(6) 增强 I/O 及扩展功能。大多数单片机 I/O 引脚输出的都是微弱电信号，驱动能力较弱，需增加外部驱动电路以驱动外围设备，现在有些单片机可以直接输出大电流和高电压，不需额外驱动模块即可驱动外围设备。另外还出现了很多高速 I/O 接口的单片机，能更快地触发外围设备，也能更快地读取外部数据。扩展方式从并行总线发展到各种串行总线，从而减少了单片机引线，降低了成本。

(四) 单片机的应用

与个人计算机、笔记本电脑相比，单片机的功能是很小的。但实际生活中并不是任何需要计算机的场合都要求计算机有很高的性能，比如空调温度的控制、冰箱温度的控制等都不必要使用很复杂、很高级的计算机。应用的关键是看是否够用，是否有很好的性价比。

工程规范提示：性价比 从工程设计方面来讲，生产厂家更关注产品在性能良好前提下的成本。产品性能非常好，但成本太高，对销售来说很有难度。所以厂家对产品的性能—价格比例希望越高越好。

单片机凭借体积小、质量轻、价格便宜等优势，已经渗透到人们生活的各个领域，如导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用轿车的安全保障系统、摄像机、全自动洗衣机、程控玩具、电子宠物等。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。单片机的应用见图 1-3。

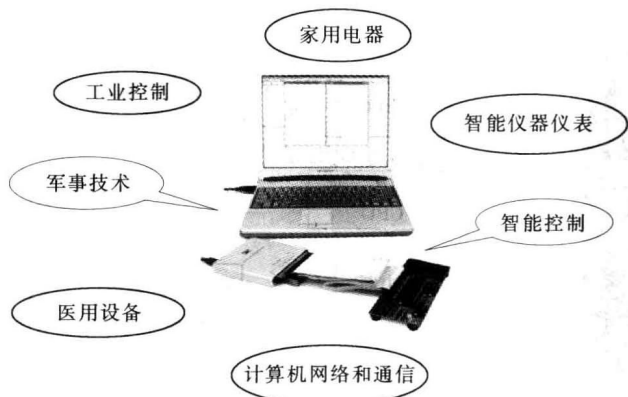


图 1-3 单片机的应用

(1) 日常生活及家电领域。目前各种家用电器已普遍采用单片机控制取代传统的控制电路，如洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲及其他视频音像设备的控制器、视听大屏幕显示、各类信号指示、各类充放电设备、手机通信、电子玩具、信用卡、智能楼宇及防盗系统等。

(2) 办公自动化领域。现代办公室中所使用的大量通信信息产品多数都采用了单片机，如通用计算机系统键盘译码、磁盘驱动、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机及考勤机等。

(3) 商业营销领域。如广泛使用的电子秤、收款机二条形码阅读器、仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统及冷冻保鲜系统等。

(4) 工业自动化。在通用工业控制中，单片机可用于各种机床控制、电机控制，还可用于工业机器人、各种生产线、各种过程控制及各种检测系统等；在军事工业中，单片机可用于导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装置及航天导航系统等。

(5) 智能仪器仪表。采用单片机控制使仪器仪表数字化、智能化、微型化，结合不同类型的传感器可实现如电压、频率、湿度和温度等诸多物理量的测量。

(6) 集成智能传感器的测控系统。单片机与传感器相结合可以构成新一代的智能传感器，可将传感器初级变换后的电量作进一步的变换、处理，输出能满足远距离传送、能与微机接口的数字信号。如压力传感器与单片机集成在一起的微小型压力传感器可随钻机送至井下，以报告井底的压力状况。

(7) 汽车电子与航空航天电子系统。在汽车工业中，可用于点火控制、变速器控制、防滑刹车控制、排气控制及自动驾驶系统等；在航空航天中，可用于集中显示系统、动力监测控制系统、通信系统以及运行监视器（黑匣子）等。

(五) 单片机的结构组成

计算机组成结构见图 1-1，其中每部分被分成若干块芯片或者插卡，安装在一个称为主板的印刷线路板上。而在单片机中，这些部分全部高度集成到一块集成电路芯片中，因此称为单片机。其外形如图 1-4 所示，图 1-5 为单片机的典型结构框图。而单片机也不能孤立地工作，必须与外围设备以及编程软件组成一个完整的应用系统，如图 1-6 所示。

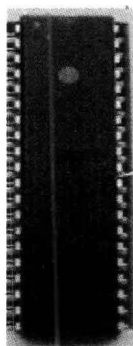


图 1-4 单片机实物图

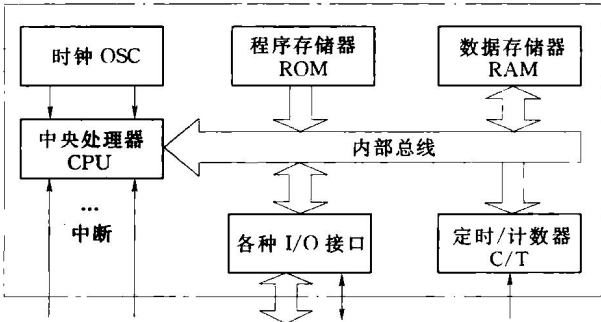


图 1-5 单片机典型结构框图

1. 中央处理器

(1) 控制器。控制器负责从程序存储器中取出指令，并逐条地分析指令和执行指令。控制器包括程序计数器、指令寄存器、指令译码器、微操作控制部件和时序控制电路。

程序计数器 (Program Counter, 简称 PC) 中有自动加载下一条将要执行的指令所在存储器单元地址编号的功能。当读取一条指令执行后, PC 能自动指向下一条指令, 为读取执行下一条指令作准备, 因此单片机工作时, 程序可以自动连续执行。

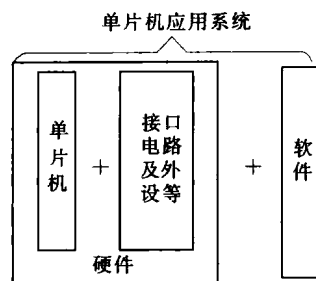


图 1-6 单片机应用系统图

指令寄存器 (Instruction Register, 简称 IR), 存放从存储器中取来的指令。

指令译码器 (Instruction Decoder, 简称 ID), 负责翻译指令, 从 IR 送来的指令经 ID 译码后, 单片机即可知道该进行何种操作。

不同的指令在指令译码器中翻译后, 由微操作控制部件产生相应的控制命令和控制信号, 用以控制单片机按指令的要求进行相应的操作。

时序控制电路产生单片机各操作部件所需的定时脉冲信号, 严格保证各操作动作的时间先后顺序。

(2) 运算器。运算器完成指令要求的计算工作。在计算机中数的计算有两种: 一种是算术运算, 即加、减、乘、除四则运算; 另一种是逻辑运算, 如与、或、非、异或等。参加运算的数据在运算器中存放的地方是寄存器, 不同类型的单片机寄存器的数量和具体功能不同。

2. 系统总线

系统总线将 CPU、存储器及 I/O 接口等相对独立的部件连接起来, 作为多个功能部件共享的公共信息传输通道, 是一组信号传输线的集合。共享总线的各个功能部件必须分时使用总线传输信息, 以保证总线上的信息任何时候都是唯一的。系统总线包括数据总线 (DataBus, 简称 DB)、地址总线 (Address Bus, 简称 AB) 和控制总线 (Control Bus, 简称 CB)。

数据总线作为一种双向的通信总线, 用于实现 CPU、存储器和 I/O 接口之间的数据交换, 数据可以是数值数据, 也可以是指挥计算机工作的程序和相关数据。数据总线的根数很规范, 一般有 8 根、16 根、32 根和 64 根等。

地址总线作为一种传输 CPU 发出的地址信号的单向通信总线, 用于向存储器或 I/O 接口提供地址码, 以选择相应的存储器或 I/O 接口。地址总线的根数称为地址总线宽度, 其决定了 CPU 的寻址范围, 即 CPU 所能寻找的存储单元或 I/O 接口的数目。如某微型计算机有 16 根地址线, 那么其可以寻找到 2^{16} 个存储单元或 I/O 接口。地址总线宽度也很规范, 一般有 8 根、16 根、20 根、24 根、32 根和 36 根等。

控制总线其传输的是保证微型计算机各部件同步和协调工作的控制信号, 其为单向通信总线, 其中有的传输从 CPU 发出的信息, 如读、写等信号, 有的是其他部件发给 CPU 的信息, 如复位、中断请求等信号。控制总线的根数因机型的不同而不同, 不像数据总线和地址总线那样规范。

3. 存储器

单片机的存储器按用途分为程序存储器和数据存储器，多数单片机还可以外部扩充存储器。

(1) 程序存储器。程序存储器用来存放单片机的应用程序及运行中的常数数据，单片机应用系统一经开发完毕，其软件也就定型，运行中程序存储器的信息不再更改。半导体只读存储器 (Read only Memory, 简称 ROM) 所存储的信息正常情况下只能读取而不能改写，断电后信息不丢失，所以常用做单片机程序存储器。ROM 根据写入或擦除方式的不同可分为以下几种类型。

1) 掩膜 ROM。由厂家在芯片生产封装时，将用户程序通过掩膜工艺写入，写入后不能修改。所以适合于程序已定型、并大批量使用的场合，具有可靠和成本低等优点。

2) 可编程只读存储器 (Programmable ROM, 简称 PROM)。用户可通过专用的写入器将应用程序写入其中，但只能写入一次，且写入的信息不能修改。

3) 紫外线擦除可编程只读存储器 (Erasable Programmable ROM, 简称 EPROM)。用户可根据需要对 EPROM 进行多次写入和擦除。当需要更改时，先将芯片放在专用的擦除器中，在紫外线照射下使其 MOS 电路复位，原存信息被擦除，然后重新写入。过去各种微型计算机系统应用 EPROM 的较多。

4) 电擦除可编程存储器 (Electrically EPROM, 简称 E²PROM)。与 EPROM 不同，E²PROM 采用电的方法擦除信息，不必用紫外线照射，除了能整片擦除以外，还能实现字节擦除，并且擦除和写入操作可以在单片机内进行，不需要附加设备，数据保存可达 10 年以上，每块芯片可擦写 1 万次以上。因而，E²PROM 比 EPROM 性能更优越，但价格较高，当今的单片机主要应用此种存储器。

5) 快闪存储器 (Flash Memory)。简称闪存，是一种新型的可擦除、非易失性存储器，编程与擦除完全用电实现，数据不易挥发，可保存 10 年。其擦除和写入的速度比 EPROM 快得多，目前商品化的 Flash Memory 已做到允许擦写次数达 10 万次，存储容量可达数千兆字节。这是目前大力发展的一种 ROM，大有取代 E²PROM 之势。

(2) 数据存储器。数据存储器用于暂存运行期间的数据、现场采集的原始数据、中间结果、运算结果、缓冲和标志位等临时数据。因为需要经常进行读写操作，所以单片机通常采用随机存取存储器 (Random Access Memory, 简称 RAM) 作为外部数据存储器。

RAM 正常使用时，不仅能读取存放在存储单元中的数据，还能随时写入新的数据，断电后 RAM 中的信息全部丢失，属易失性存储器。CPU 读取其数据后，存储器内原数据不变；而新数据写入后，原数据被新数据代替。

RAM 按器件制造工艺不同分为两类：双极型 RAM 和 MOS 型 RAM。

双极型 RAM 采用晶体管触发器作为基本存储电路，其优点是存取速度快，但结构复杂、集成度较低，比较适合用于小容量的高速暂存器。

MOS 型 RAM 采用 MOS 管作为基本存储电路，具有集成度高、功耗低、价格便宜等优点，在半导体存储器中占有主要地位。MOS 随机存储器按信息存储的方式又分为静态 RAM 和动态 RAM 两种。静态 RAM (Static RAM, 简称 SRAM) 存储的信息采用触发器的两个稳定状态来表示，因此在非掉电情况下不会自动丢失；动态 RAM (Dynamic

RAM，简称 DRAM）存储的信息经过一定时间会自动丢失，工作中需要进行定时刷新。目前最新类型的单片机也有用 E²PROM 和 Flash Memory 作数据存储器的。

存储器读写原理：在存储器中有很多存储单元，为使存入和取出时不发生混淆，必须给每个存储单元一个唯一的固定编号，这个编号就称为存储单元的地址，地址码由十六进制数表示。可以通过地址码访问某一存储单元。一般一个存储单元为 1B，对应一个地址。

存储器芯片有数据总线、地址总线及必要的控制信号线。数据总线一般与存储单元的 二进制数据位数相同，如果存储单元为 8 位空间，则数据总线为 8 根。典型的存储器结构如图 1-7 所示。

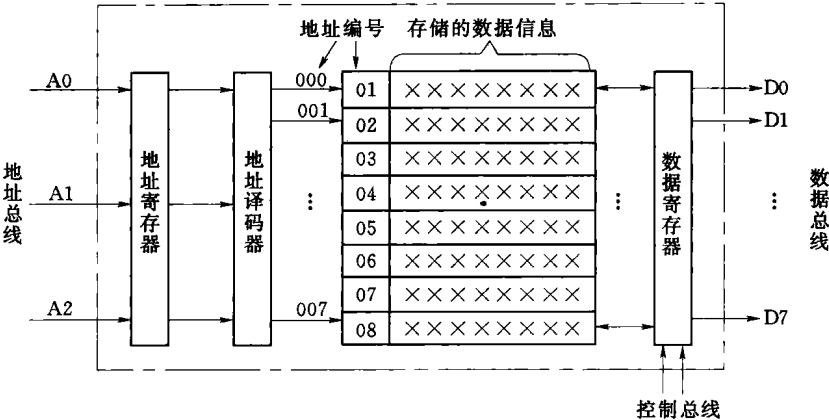


图 1-7 典型存储器结构

因为存储单元数量很大，为了减少存储器向外引出的地址线，在存储器内部都带有译码器。根据二进制编码译码的原理， n 根地址线可以区别 2^n 个地址编号。

例如，对于 16 位地址线的微型计算机系统来说，所能访问的最大地址空间为 2^{16} 个存储单元，而该系统每个单元可存储 1 个字节数据，所以能访问 64KB 数据。64KB 存储空间 的地址范围是 0000H~FFFFH，第 0 个字节的地址为 0000H，第 1 个字节的地址为 0001H，…第 65535 个字节的地址为 FFFFH。

对存储器的访问操作主要有两个，分别为读（取）和写（存）。对存储器某存储单元访问的工作过程为：

- 1) CPU 向存储器地址总线发送某存储单元的地址码。
- 2) 某存储单元被选中，处于待命状态。
- 3) CPU 向存储器发送读或写的控制信号，确定读写性质。
- 4) 如果计划向存储单元写数据，则 CPU 将要写入的信息发送到数据总线上，被选中的存储单元从数据总线接收信息；如果 CPU 计划读取信息，则存储单元自动将其内部信息传输到数据总线等待 CPU 读取。

位（bit）是计算机所能表示的最小的数据单元，可以表达一个二进制数据 1 或 0。位信息是由存储器中具有记忆功能的电路（如触发器）实现的。

一个字节（Byte，简称为 B）由 8 个二进制位组成，字节是一个数据单位。对一个 8 位二进制代码的最低位称为第 0 位（位 0），最高位称为第 7 位（位 7）。通常存储器中的

一个存储单元的容量为一个字节，在微型计算机中信息大多是以字节形式存放的。信息以单、双字节形式在存储器中的存储如图 1-8 所示。

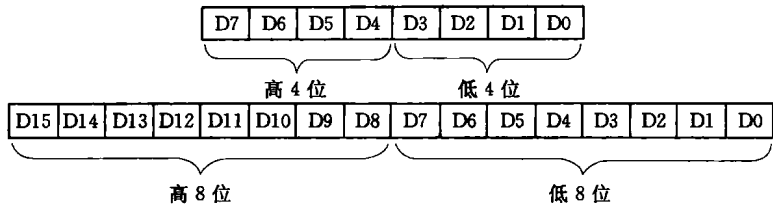


图 1-8 单、双字节形式在存储器中的存储

存储单元存储器是由大量寄存器组成的，其中每一个寄存器称为一个存储单元，而存储单元由若干位组成。一个存储单元一般为 4 位或 8 位，每一个位可以存储 1 位二进制数据。存储器容量指在一块芯片中所能存储的二进制信息位数，容量单位有 bit 以及较大的单位 KB、MB 和 GB。换算关系如下

1B=8 bit

1KB=1024B

1MB=1024 KB

1GB=1024 MB

例如，8K×8 位的芯片，能存储 $8 \times 1024 \times 8 = 65536$ 位信息，存储容量为 8KB。

4. I/O 口

I/O 口是 CPU 与外界交换信息的数据通道，根据信号传输的形式可分为并行和串行口两类。

并行 I/O 口单片机通过并行 I/O 口，允许 CPU 与外部交换信息时一次传递多位二进制数据，一般 8 根 I/O 线为一组，同时传输 8 个二进制位（0 或 1）。

串行 I/O 口串行 I/O 口一次只传递一位二进制信息，速度较慢，但其最大优点是通信线路少，只需 1~2 根传输线即可。单片机往往用串行 I/O 口和某些远程设备进行通信（大于 30m 时），或者和一些特殊功能的器件相连接。

5. 定时/计数器

定时/计数器在实际中应用非常广泛，单片机往往需要精确地定时或对外部事件进行计数，因而在其内部设置了定时/计数器电路。如测试电动机转速，首先定时 t_i ，然后记录这 t_i 内电动机的转数，前者靠的是定时器，后者是计数器。定时/计数器一旦被 CPU 启动，即可实现定时/计数器的自动处理，实现与 CPU 并行工作，两者互不干预。

6. 中断系统

在计算机与外部设备交换信息时，存在着高速的 CPU 和慢速的外设之间的矛盾。若采用软件查询的方式，则不但占用了 CPU 操作空间，而且响应速度慢。此外，对 CPU 外部随机或定时出现的紧急事件，也常常需要 CPU 能马上响应，为此引入了“中断”技术。

（六）单片机的类型

1. 单片机的主要品种系列

现在全世界单片机品种总量已超过 1000 种，流行系列结构有 30 多种，MCS-51 系

列占多半,生产此种系列单片机的厂家有 20 多家,共计 350 多种衍生产品。

2. 单片机的分类

按应用范围分类可分成专用型和通用型。专用型是针对某种特定产品而设计的,根据需要对单片机内部的硬件资源有所取舍,其外形也有所不同,例如用于体温计的单片机、用于洗衣机的单片机等;通用型是将所有资源提供给用户,适应性强,用户可根据需要对其进行开发。

按字长分类在通用型的单片机中,又可按字长分为 4 位、8 位、16 位及 32 位单片机。虽然现在计算机的 CPU 几乎全是 64 位的,但单片机只在航天、汽车和机器人等高新技术以及复杂控制领域,需要高速处理大量数据时才选用 16 位或 32 位,而在一般工业领域,8 位单片机的性能即可满足大部分控制场合需要,其应用仍然是最多的。

3. MCS-51 系列单片机

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 8031、8051、8751 等品种,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、改变而来的,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其他公司,所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机,功能有些改变,以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机 AT89C51 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 8 位单片机,内含 8KB 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。

工程规范提示:单片机的位数

微软新推出的 VISTA 系统是 64 位操作系统;常用的系统,如 Windows XP、Windows 2003 等,是 32 位操作系统;单片机 AT89S52 是 8 位的,而有些厂家生产的单片机则是 16 位的。简单地说,这些位数指的是 CPU 能一次处理的数据的最大长度。当然,这里的位是指二进制的位,AT89S52 是 8 位的单片机,意味着它如果要处理 16 位数据的话就应该分两次处理。

8031 (片内无程序存储器)、8051 和 8751 三种芯片只是在程序存储器的形式上不同,在结构和功能上都一样,特点如下。

(1) 8051 单片机片内含有 4KB 的 ROM,ROM 中的程序是由单片机芯片生产厂家固化的,适于大批量生产的产品。

(2) 8751 单片机片内含有 4KB 的 EPROM,开发人员将编好的程序用开发机或编程器写入其中。

(3) 8031 片内没有程序存储器,当在片外扩展 EPROM 后,就相当于一片 8751,应用较灵活。

4. 51 子系列和 52 子系列

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机共有十几种芯片,分 51 子系列和 52 子系列,其中