

21世纪高职、高专计算机类教材系列

单片机应用 新技术教程

朱宇光 主编

陆锦军 黄忠良 高玉芹 副主编

陆锦军 主审



1-43



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

21 世纪高职、高专计算机类教材系列

单片机应用新技术教程

朱宇光 主编

陆锦军 黄忠良 高玉芹 副主编

陆锦军 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列和 TLCS-47 系列单片机为例论述了单片机的组成原理、程序设计、系统扩展、I/O 接口及通信等问题;并讨论了单片机的选型和抗干扰问题,列举了一些应用实例。本书在内容安排和叙述上力求由浅入深、通俗易懂,注重原理介绍和应用实例并重,具有比较强的实用性。

本书可作为大专院校的单片机教材和科技人员的单片机应用技术参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用新技术教程/朱宇光主编. - 北京:电子工业出版社,2000.4

21 世纪高职、高专计算机类教材系列

ISBN 7-5053-5549-X

I. 单… II. 朱… III. 单片式计算机 - 高等学校 - 教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 77102 号

丛 书 名: 21 世纪高职、高专计算机类教材系列

书 名: 单片机应用新技术教程

主 编: 朱宇光

副 主 编: 陆锦军 黄忠良 高玉芹

主 审: 陆锦军

责任编辑: 詹善琼

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京科技印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.25 字数: 621 千字

版 次: 2000 年 4 月第 1 版 2000 年 8 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5549-X
TN·1319

印 数: 5000 册 定价: 32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

单片机更确切地应称为微控制器,是70年代中期发展起来的一种功能强、体积小、可靠性高、面向控制和价格低廉的大规模集成电路器件。单片机的开发应用已成为高科技和工程领域的一项重要内容。在发达国家,单片机已经渗透到了每个人的工作和生活环境中。在我国,单片机技术的研究和应用也方兴未艾。单片机技术的开发应用发展很快,取得了许多科研成果,其中一些已转化为生产力,收到了明显的经济和社会效益。各高等院校也非常重视这门技术的应用和推广,纷纷开设有关课程。但遗憾的是,国内目前单片机方面的教材品种少、内容陈旧,已跟不上单片机技术发展的需要。

本教材介绍了当今世界上单片机技术应用的现状及发展的趋势,并且从实用的角度介绍了以往相关教材中未涉及的单片机应用的新技术方面的内容。另外,我们通过精心地组织和编排教材试图向学生较好地解答“什么是单片机?如何选择单片机?如何应用单片机?”这三个问题;使学生学习本教材后,既能掌握单片机的一般原理,又能掌握单片机的选型技巧,还能结合本书中的大量实例掌握单片机应用系统的一般设计方法,更能了解单片机应用的最新技术;也使学生将来走上工作岗位后能很快地进入开发单片机应用系统的角色。

根据以上思路,我们组织了多年从事单片机应用系统技术教学和科研的教师编写了这本教材。为了便于组织教学,在本教材的编排顺序上采用了循序渐进的策略。第1章讲述了单片机的基础知识;第2章讲述了单片机的组成与工作原理;第3章讲述了单片机的指令系统;第4、5章讲述了单片机的定时器/计数器、中断及其应用;第6章讲述了单片机的接口;第7章讲述了单片机的系统扩展技术;第8章讲述了单片机的选型技术;第9章讲述了单片机的程序设计方法;第10章讲述了单片机应用系统的设计实例;第11、12章讲述了典型的4位单片机系统及其应用实例;第13章讲述了单片机系统的串行通信及应用;第14章讲述了单片机应用系统的抗干扰技术。在实际使用本教材时,任课教师可根据课时安排将第11、12、13章列为选讲或自学内容。另外,在编写本教材时,原计划还有一本实验指导书与之相配套,此实验指导书将在稍后一段时间出版。

本教材由朱宇光主编。第1、2章由赵徐成编写;第3、4章由陆锦军编写;第5、9章由黄忠良编写;第6章由高玉芹编写;第10章由吴晓渊、谢志荣编写;第7、13章由韩雁编写;第8、11、12、14章由朱宇光编写。全书由朱宇光统稿,由陆锦军主审,最后由朱宇光定稿。另外,陈彬女士为这本书的出版作了大量文字工作,在此一并感谢。

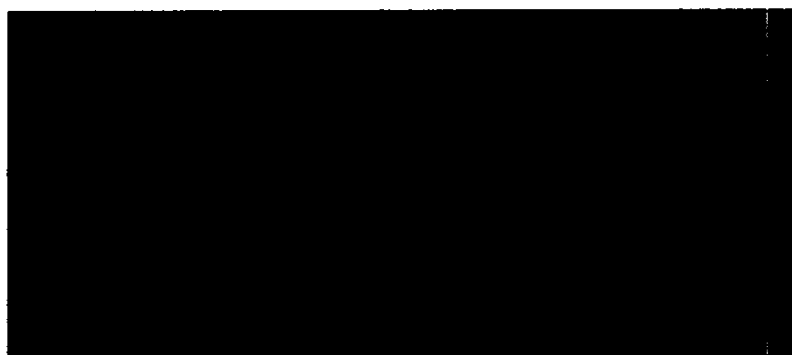
本教材内容丰富、深入浅出,每章均有大量例题供配套学习。稍后将出版的实验指导书可提供配套实验以加快学生掌握本教材内容。因而,本教材十分适合应用型计算机专业的学生使用。

编 者

1999年10月

第 1 章 绪论

本章要点



第 1 节 单片机基础知识

1. 什么是单片机

单片微型计算机简称单片机。由于它的结构及功能均按工业控制要求设计, 所以, 其确切的名称应是单片微控制器 (Single Chip Microcontroller)。单片机是把微型计算机的各个功能部件: 中央处理器 CPU、随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM、I/O 接口、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片上, 构成一个完整的微型计算机, 故它又称为单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)。

2. 单片机主流系列

单片机出现的历史并不长, 如果将 8 位单片机的推出作为起点, 那么, 单片机的发展大致可分为三个阶段。

第一阶段 (1976 年~1978 年): 初级单片机阶段。以 Intel 公司 MCS-48 为代表。这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、I/O 接口、8 位定时器/计数器, 寻址范围不大于 4K 字节, 且无串行口。

第二阶段 (1978 年~1982 年): 高性能单片机阶段。在这一阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口, 有多级中断处理系统、16 位定时器/计数器。片内 RAM、ROM 容量加大, 且寻址范围可达 64K 字节, 有的片内还带有 A/D 转换器接口。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这类单片机应用领域极其广泛, 各公司正在大力改进其结构与性能。

第三阶段 (1982 年~): 8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是: 一方面发展 16 位单片机及专用单片机; 另一方面不断完善高档 8 位单片机, 改善其结构, 以满足不同用户的需求。

目前国际市场上有不少类型的 4 位、8 位及 16 位单片机, 由于各种原因, 许多单片机在国内都未形成主流系列。目前国内仍然以 Intel 的 MCS-51、MCS-96 为主流系列。随着这些系列的深入开发, 其主流系列的地位将会不断巩固下去。

MCS-51 系列属中、高档 8 位单片机。近年来, Intel 在提高该系列产品性能方面做了不少工作, 相继推出了不少新产品。

1) 8052/8752/8032 将原来 8051/8751/8031 进行了扩展, 数据存储器容量增至 256 字节, 程序存储器容量增至 8K 字节, 定时器/计数器增至三个 16 位计数器, 有 6 个中断源。

2) 低功耗的 HCMOS 工艺芯片 80C51/87C51/80C31 这种芯片允许电源电压波动范围较大, 为 $5V \pm 0.2V$, 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 MCSBASIC52 解释程序, 软件开发比较方便。此外, 还能实现 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 8×C252 系列 在 8052 的基础上, 采用 HCMOS 工艺, 并将 MCS-96 系列中的一些高速输出、脉冲宽度调制、上/下定时器/计数器移植进来构成新一代 MCS-51 产

品, 80C252/87C252 是目前 MCS-51 系列中的较新产品。

3. 单片机芯片技术的发展概况

3.1 CPU 的改进

1) 采用双 CPU 结构以提高处理能力 如 Rockwell 公司的单片机 R6500/21 和 R65C29 采用的双 CPU 结构, 其中每一个 CPU 都是增强型的 6502。

2) 增加数据总线宽度 例如, NEC 公司的 μ PD-7800 系列单片机将 ALU 做成一个 16 位运算部件, 内部采用 16 位数据总线, 因此, 它的处理能力明显优于一般 8 位单片机。

3) 采用流水线结构 指令以队列形式出现在 CPU 中, 从而有很高的运算速度。如 Sharp 公司的单片机 SM-812。有的单片机甚至采用了多流水线结构, 因而具有极高的运算速度。这类单片机的使用速度要比标准的单片机高出 10 倍以上, 适合于作数字信号处理用。这类单片机有德州仪器公司 (Texas Instrument) 的 TMS320 系列信号处理单片机, NEC 公司的 μ PD7720 系列单片机等。

4) 串行总线结构 飞利浦公司开发了一种新型总线, 该总线有两种形式: I²C 总线 (Inter-ICBUS) 和 DDB 总线 (Digital Data BUS)。它们都是用三条数据总线代替现行的 8 位数据总线, 从而大量地减少了单片机引线, 降低了单片机的成本。飞利浦公司已在本公司的 MAB8420、MAB84C40、SCC84C20、SCC84C4、SCC83C351 等单片机中使用了这种总线。由于这种总线具有减少引线、降低成本的明显优点, 故 Intel、Mastek、Motorola、Signetics、RCA 和国家半导体公司 (National Semiconductor) 都在积极地开发此类产品。

3.2 存贮器的发展

单片机存贮器的发展方向主要是解决容量, ROM 的易写、不丢以及软件保密等问题。

1) 加大存贮容量 新型单片机内 ROM 容量一般可达 4K 字节至 8K 字节, RAM 为 256 个字节左右。有的单片机内 ROM 容量可达 12K 字节, 如 TI 公司的 70120 系列单片机。

2) 片内 EPROM 开始 EEPROM 化 片内 EPROM 状态的程序存贮器, 由于需要高压编程写入, 紫外线擦抹, 给用户带来不便。采用电改写的 EEPROM 后, 不需紫外线擦抹, 只须重新写入。特别是能在常压 (如 5V 电压) 下读写的 EEPROM, 既有静态 RAM 的读写操作简便又有数据不会失去的优点。片内 EEPROM 的使用不仅会对单片机结构产生影响, 而且会大大简化应用系统结构。可以设想, 允许在扩展电路中用 EEPROM 将 RAM 和 EPROM 统一起来的单片机一定会出现。目前已开始采用 EEPROM 技术的单片机有 TI 公司和 See 公司的 72710 (1K 字节 EEPROM)、72720 (2K 字节 EEPROM)、Motorola 公司的 68HC805C₄ (4K 字节 EEPROM)、68HC11 (512 字节 EEPROM)、68HC11A₂ (2K 字节 EEPROM)、NCR 公司的 65X02 (2K 字节 EEPROM) 等。

鉴于 EEPROM 中数据写入后能永久保存, 因此, 有的单片机将其也作为片内 RAM 使用, 甚至有的单片机将 EEPROM 用作片内通用寄存器。

3) 编程保密化 一般 EEPROM 编程写入的程序很容易被复制。为了防止复制, Intel 公司开始采用 KEPROM (Keyedaccess EPROM) 编程写入, 有的则对片内 EPROM 或 EEPROM 采用加锁方式。加锁后, 片外无法读取其中的程序, 若要去锁, 必须抹去 EEPROM 中信息, 这就达到了程序保密的目的。

3.3 片内 I/O 口的状况

一般单片机都有较多的并行口,以满足外围设备、芯片扩展电路的需要。中、高档单片机还配有串行口,以满足多机通信功能要求。

1) 增加并行口的通信能力 为了减少外部驱动芯片,有的单片机能直接输出高电压和大电流,以便直接驱动荧光显示器(VFD)及七段显示器(LED)。

2) 加快 I/O 口传输速度 有些单片机设置了高速 I/O 口。能以最快的速度触发外部设备,也能以最快的速度读取外部事件。

3) 增加 I/O 口逻辑控制功能 大部分单片机的 I/O 口都能进行逻辑操作。

4) 中、高档单片机内的布尔系统能对 I/O 口进行位寻址及位操作,大大地加强了 I/O 口线控制的灵活性。

5) 串行接口形式多样 一般中、高档单片机串行接口都具有 USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) 功能。有些高档单片机设置一些特殊串行接口功能,如 SPI (Serial Peripheral-Interface)、SDLC (Synchronous Data Link Control) 等,以及 Token-Passing 网络接口、Telecomm 通信接口等,为单片机构成网络系统提供了方便条件。

3.4 片内集成更多的外围芯片

随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外,随着单片机档次的提高以及测、控功能要求,片内集成的部件分别还有模/数转换器、数/模转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、波特率发生器、声音发生器、监视定时器、正弦波发生器、译码驱动器、CRT 控制器、预定标器、比较器等。

单片机内集成部件的增加,使单片机在几乎所有领域都能畅通无阻,成为在工业控制领域中最广泛使用的计算机。

3.5 半导体工艺技术的发展

早期的单片机采用 PMOS 工艺,接着由 PMOS 工艺发展到 NMOS 工艺。目前,高档单片机已基本上采用具有高性能的 HMOS 和 CMOS 工艺。半导体工艺技术的发展,对提高单片机的综合性能有极大好处。

1) 集成度提高 一般单片机采用 $5\mu\text{m}$ 工艺,目前采用 $4\mu\text{m}$ 或 $3\mu\text{m}$ 标准使单片机片内电路的复杂性提高 2 至 4 倍。 $2\mu\text{m}$ 的标准将会进一步提高集成度,使片内集成更多的特殊部件。目前集成度水平:典型的低档 8 位单片机 8048 为 2.7 万晶体管/片;高档 8 位单片机 8051 为 6 万晶体管/片;16 位单片机 8096 的集成度则为 12 万晶体管/片。

2) 低功耗化 8 位单片机中有二分之一的产品已 CMOS 化。CMOS 芯片的单片机本身具有功耗小的优点,而且为了发挥低功耗的特点,这类单片机普遍配制有 Wait 和 Stop 两种工作方式。例如采用 CMOS 工艺的 MCS-51 系列单片机 80C51BH/80C31BH/87C51 在正常运行(5V, 12MHz)时,工作电流为 16mA,同样条件下 Wait 方式工作时,工作电流则为 3.7mA,而在 Stop (2V) 时,工作电流仅为 50nA。

3) 工作电源电压范围加宽 采用 NMOS 工艺的单片机的工作电源电压,一般为 5V~5.5V,采用 CMOS 工艺的单片机,其工作电源电压的范围可展宽为 3V~6V。

3.6 单片机的供应状态

为了满足不同的需要，单片机有不同的供应状态。在开始设计应用系统时，必须认真考虑。

1) 芯片的可靠性及温度等级供应状态 可靠性等级与温度档次有相关性。有些单片机系列不单独给出温度档次，这类单片机在芯片上注有表示可靠性等级及温度档次的字母标记。例如在 Intel 器件标号中从左到右第一个字母就是表示的等级标记。用不同的字母表示军用级、工业级、商用级、温度档次。

2) 片内 ROM 供应状态 一般单片机都有三种供应状态：片内 ROM、片内 EPROM 和片内无 ROM 状态。不同供应状态的单片机不仅其构成的应用系统硬件结构大不相同，而且系统的研制过程也不相同。这种供应状态用单片机的型号标出。例如 MCS-51 系列单片机的 8051/8751/8031 分别为片内有 ROM、片内有 EPROM 和片内无 ROM 供应状态。

3) 半导体工艺类型 在芯片型号中常用英文字母表示单片机采用的半导体工艺类型。例如 8051 为 HMOS 工艺产品，80C51 则为 CMOS 工艺产品，而 8048 为 NMOS 工艺产品。采用不同的半导体工艺芯片直接影响到应用系统的功耗、运行温度、工作电压范围选择等。特别值得注意的是，设计低功耗应用系统时，必须采用 CMOS 芯片，而且在软、硬件设计时要充分利用 Wait 和 Stop 工作方式。

第2节 单片机应用

1. 单机应用

单机应用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以下几方面。

1) 智能产品 单片机与传统的机械产品相结合，使传统机械产品结构简化，控制智能化，构成新一代的机、电一体化产品。例如，在电传打字机的设计中由于采用了单片机，取代了近千个机械部件；用单片机控制缝纫机，实现了多功能自动操作、自动调速、控制缝绣花样选择。

智能产品不只局限于家用电器、办公设备。目前已发展到纺织、机械、工业设备等。例如，螺杆制冷压缩机采用单片机控制后，使制冷量无级调节的优点得到了充分的发挥，并增加了多种报警与控制功能。

2) 智能仪表 用单片机改造原有的测量、控制仪表，能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展。长期以来未能解决的测量仪器中的误差修正、线性化处理等难题也可迎刃而解。由单片机构成的智能仪表集测量、处理、控制功能于一体，赋予测量仪表以崭新的面貌。单片机智能仪表的这些特点不仅使传统的仪器、仪表发生根本的变革，也给传统的仪器、仪表行业进行技术改造带来曙光。

3) 测控系统 用单片机可以构成各种工业控制系统、适应控制系统、数据采集系统等。在这个领域中，有不少是采用通用 CPU 单板机或通用计算机系统。随着单片机技术的发展，大部分都可以用单片机系统或单片机加通用机系统来代替。例如，温室人工气候控制、水闸自动控制、电镀生产线自动控制、汽轮机电液调节系统等。

4) 数控控制机 在目前机床数控系统的建议控制机中, 采用单片机可提高其可靠性及增强功能, 降低控制成本。例如, 在两坐标的连续控制系统中, 用 8031 单片机组成的系统代替 Z-80 单板机系统, 在完成同样功能条件下, 其程序长度可减少 50%, 从而提高了运行速度。数控控制机采用单片机后有可能改变数控控制机的结构模式。例如, 使控制机与伺服控制分开。用单片机构成的步进电机控制器可以减轻数控控制机的负担。

5) 智能接口 计算机系统, 特别是较大型的工业测、控系统中, 除通用外部设备(如打印机、键盘、磁盘、CRT)外, 还有许多外部通信、采集、多路分配管理、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, 单片机与主机可并行工作, 大大提高了系统的运行速度。同时, 由于单片机可对接口信息进行加工处理, 可以大量减少接口界面的通信密度, 极大地提高接口控制管理水平。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提高采集速度, 还可对数据进行预处理, 如数字滤波、线性化处理、误差修正等。在通信接口中采用单片机可对数据进行编码解码、分配管理、接收/发送控制等。

在一些通用计算机外部设备上已实现了单片机的键盘管理, 打印机、绘图机控制, 硬盘驱动控制等。

2. 多机应用

多机应用是单片机在高科技领域中应用的主要模式。单片机的高可靠性、高控制功能及高运行速度的“三高”技术必然使得未来的高科技工程系统将采用单片机多机系统作为主要的发展方向。

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。

(1) 功能弥散系统

功能弥散系统是为了满足工程系统各种外围功能要求而设置的多机系统。例如一个加工中心的计算机系统除完成机床加工运行控制外, 还要控制对刀系统、坐标指示、刀库管理、状态监视、伺服驱动等机构。只有一个控制主机时, 主机要分时去完成这些任务, 必然使各个功能处于低级智能水平。如果每个功能都由一个独立的单片机来完成, 主机负责协调、调度, 则每个功能都可表现出高智能水平。所谓功能弥散是指工程系统中可以在任意环节上设置单片机功能子系统, 它体现了多机系统的功能分布。

机器人的计算机多机控制系统是一个典型的功能弥散型系统。机器人的感觉系统、姿态控制系统、遥控系统、行走控制系统都可以分别由一个单片机应用系统承担, 它们之间的协调管理也采用一个单片机应用系统来完成。这样, 用五个单片机构成了一个机器人的计算机简易控制系统。

(2) 并行多机控制系统

并行多机控制系统主要解决工程系统的快速性要求, 以便构成大型实时工程系统。典型的有快速并行数据采集、处理系统, 实时图像处理系统等。

例如, 大型工程结构的动态应力分布测量。当测量点过多时, 即使采用高速巡回检测系统也不可避免地出现较大的非同一性状态误差。如果使每一个采集通道或每一组采集通道用一个单片机构成一个独立的采集、处理单元, 在主机管理下, 不仅可实现多点的快速采集,

而且还可以分别对所采集的数据进行预处理。并行多机数据采集系统的快速性除了单片机本身的运行速度高外，主要是依靠多机的并行工作取得。

(3) 局部网络系统

单片机网络系统的出现，使单片机应用进入了一个新的水平。目前单片机构成的网络系统主要是分布式测、控系统。单片机主要用于系统中的通信控制，以及构成各种测、控子站系统。

典型的分布式测控系统有两种类型：树状网络系统与位总线（BIT BUS）网络系统。

通信控制总站设有标准总线和串行总线与主机相连。主机可使用一般通用计算机系统，它享用分布式测、控系统中所有的信息资源，并对其调度、指挥。通信控制总站是一个单片机应用系统，除了完成主机对各功能子站的通信控制外，还协助主机对各功能子站的协调、调度，大大减轻了主机的通信工作量，从而可以实现主机的间歇工作方式。通信控制总站通过串行总线与各个安放在现场的具有特定测、控功能的子站系统相连，形成主-从式控制模式。通信总站到功能子站的通信介质形式可以多样，从无线到有线。有线的介质可以是双绞线、同轴电缆、光导纤维，也可以借助于电话线路、电力线路进行通信。

测、控功能子站分布在现场，按照功能要求设置，可以是模拟量数据采集系统、数字（脉冲频率）量采集系统或开关量监测系统，也可以是开关量输出控制或伺服控制系统等。

位总线（BIT BUS）分布式测、控系统是 Intel 公司于 1984 年推出的一个典型的通用分布式微型计算机控制系统。构成该系统的核心芯片是 Intel 公司 RUPI-44 系列单片机 8044/8744/8344。它是一个双单片机结构，其中一个为 8051/8751，另一个用以构成 SDLC/HDLC 串行接口部件（SIU）。片内程序存储器中装有加电诊断、任务管理、数据传送和对用户透明的并行、串行通信服务程序。

目前 Intel 公司为 BIT BUS 分布式测、控系统提供了用 8044 构成的三个模块：iSBX344 网络接口板、iRCB44/10 和 iRCB44/20 网络工作站板。用这些模块很容易构成 BIT BUS 分布式测、控系统，而且也很容易接入 Intel 的各种微机系统。

iSBX344 网络接口板为 BIT BUS 系统的各工作站提供高性能的串行总站接口，通过并行总线 iSBX 可以插接在各种智能化主板（包括系统机）上。

iRCB44/10 和 iRCB44/20 为 BIT BUS 系统的工作站，也可以作重复器使用，可单独连入网内，也可以在 iSBX344 之后连入网中。

作为工作站板，iRCB44/10 具有 24 根可编程 I/O 接口线，其中 16 根可作为输入/输出线，3 根只能作输入用；iRCB44/20 具有 A/D、D/A 接口，可提供 16 路单端、8 路差分 A/D 输入和 2 路 D/A 输出，精度是 12 位，放大器增益可编程控制。

BIT BUS 系统总站对整个分布式测、控系统调度、管理，每个工作站也有各自的独立控制功能，可并行处理多个外部事件，还可与 Intel 各种操作系统通信。在 iSBX344 板、iRCB44/10 和 iRCB44/20 板上的并行数据通信是经过 SiBX 接口完成的。

3. 单片机应用系统的分类

按照单片机系统扩展与系统配置状况，单片机应用系统可分为最小系统、最小功耗系统、典型系统等。

(1) 最小应用系统

最小应用系统是指能维持单片机运行的最简单配置的系统。这种系统成本低廉、结构简单，常构成一些简单的控制系统，如开关状态的输入/输出控制等。

片内有 ROM/EPROM 的单片机，其最小应用系统即为配有晶振、复位电路、电源的单个单片机。

片内无 ROM/EPROM 的单片机，其最小应用系统除了外部配置晶振、复位电路、电源外，还应外接 EPROM 或 EEPROM 作为程序存储器用。

(2) 最小功耗应用系统

最小功耗应用系统是指为了保证正常运行，系统的功率消耗最小。这是单片机应用系统中的一个引人注目的构成方式。在单片机芯片结构设计时，一般都为构成最小功耗应用系统提供了必要的条件。例如，各种系列的单片机都有 CMOS 工艺的供应状态，而且在这类单片机中都设置了低功耗运行的 Wait 和 Stop 方式。

设计最小功耗应用系统时，必须使系统内的所有器件、外设都有最小的功耗，而且能充分运用 Wait 和 Stop 方式。

最小功耗应用系统常用在一些袖珍式智能仪表、野外工作仪表以及无源网络、接口中的单片机工作子站。

(3) 典型应用系统

典型应用系统是指单片机要完成工业测、控功能所必须具备的硬件结构系统。由于单片机主要用于工业测、控，因此，其典型应用系统应具备有用于测、控目的的前向传感器通道、后向通道以及基本的人机对话手段。它包括了系统扩展与系统配置两部分内容。

系统扩展是指在单片机中 ROM、RAM 及 I/O 口等片内部件不能满足系统要求时，在片外扩展相应的部分。扩展多少，视需要选择。

系统配置是指单片机为满足应用要求时，应配置的基本外部设备，如键盘、显示器等。

基本部分主要是计算机外围芯片的扩展及功能键盘、显示器的配置，通过内总线连接而成。

测、控增强部分主要是传感器接口与伺服驱动控制接口。它们直接与工业现场相连，是重要的干扰进入渠道，一般都要采取隔离措施。

外设增强部分主要是外设接口，通常采用标准外部总线，如 RS-232C 通用串行接口、IEEE-488 仪器接口和圣特尼克（Centronic）打印机接口等。

外部设备配置的接口可以通过 I/O 口或扩展的 I/O 口构成，通常可接打印机、绘图机、磁带机、甚至 CRT 等。测、控接口一般为输入采集与输出控制。

对于数字量（频率、周期、相位、计数）的采集，其输入较简单。数字脉冲可直接作为计数输入、测试输入、I/O 口输入或中断源输入进行事件计数、定时计数，实现脉冲的频率、周期、相位及计数测量。对于模拟量的采集，则应通过 A/D 变换后送入总线口、I/O 口或扩展 I/O 口，并配以相应的 A/D 转换控制信号及地址线。对于开关量的采集则一般通过 I/O 口线或扩展 I/O 口线。

应用系统可根据任何一种输入条件或内部运行结果进行输出控制。开关量输出控制有时序开关、逻辑开关、信号开关阵列等。通常，这些开关量也是通过 I/O 或扩展 I/O 口输出。模拟量的输出控制常为伺服驱动控制。控制输出通过 D/A 变换后送入伺服驱动电路。

4. 单片机应用系统的构成方式

单片机在构成应用系统时，目前有三种方式可供选择。

1) 专用系统 系统的扩展与配置完全按照应用系统的功能要求设计的。硬件系统的性能/配置比近于 1。系统中只配备应用软件，故系统有最佳配置，系统的软、硬件资源能获得充分利用，但这种系统无自开发能力。采用这种方式要求有较强的硬件开发基础。

2) 模块化系统 鉴于单片机应用系统的系统扩展与配置电路具有典型性，因此有些厂家常将这些典型配置做成用户系列板，供用户选择使用。用户可根据应用系统的需要选择适当的模块板组合成各种测、控系统。有些用户系列板在结构上做成 STD 总线式型。模块化结构是中、大型应用系统发展方向，它可以大大减少用户在硬件开发上投入的力量。目前我国单片机应用系统模块化产品水平尚不高，软、硬件配套工作还不完善，有待进一步发展。

3) 单片单板机系统 受通用 CPU 单板机的影响，国内有用单片机来构成单片单板机的情形，其硬件按照典型应用系统配置，并配有监控程序，具有自开发能力。但是，单板机的固定结构形式常使应用系统不能获得最佳配置。产品批量大时，软、硬件资源浪费较大，但可大大减少系统研制的硬件工作量，并且具有二次开发能力。

习 题

1. 什么是单片机？
2. 单片机有何特点？
3. 单片机主要应用于哪些领域？
4. 单片机有哪些典型应用系统？
5. 单片机构成应用系统时，有哪几种方式可供选择？

第2章 单片机的组成与工作原理

本章要点



第 1 节 MCS-51 单片机的内部结构

1. MCS-51 系列的 8051 单片机结构

MCS-51 系列的 8051 单片机的内部总体结构框图如图 2-1 所示。其基本特征如下:

8 位 CPU, 片内振荡器:

4K 字节 ROM, 128 字节 RAM:

21 个特殊功能寄存器:

32 根 I/O 总线;

可寻址各 64K 的外部数据、程序存贮器空间:

两个 16 位的定时器/计数器:

中断结构具有两个优先级，5 个中断源：

一个全双工串行口:

有位寻址功能，适于布尔处理的位处理器。

由图 2-1 可知,除 128×8 的片内 RAM、 $4K \times 8$ 的 ROM 和中断、串行口及定时器模块以及分布在框图中的 4 个 I/O 口 P0~P3,其余部分则是中央处理器 CPU 的全部组成。而 CPU、RAM、ROM (存储器)、I/O 口 (输入/输出接口) 这部分则由内部三总线紧密地联系在一起。

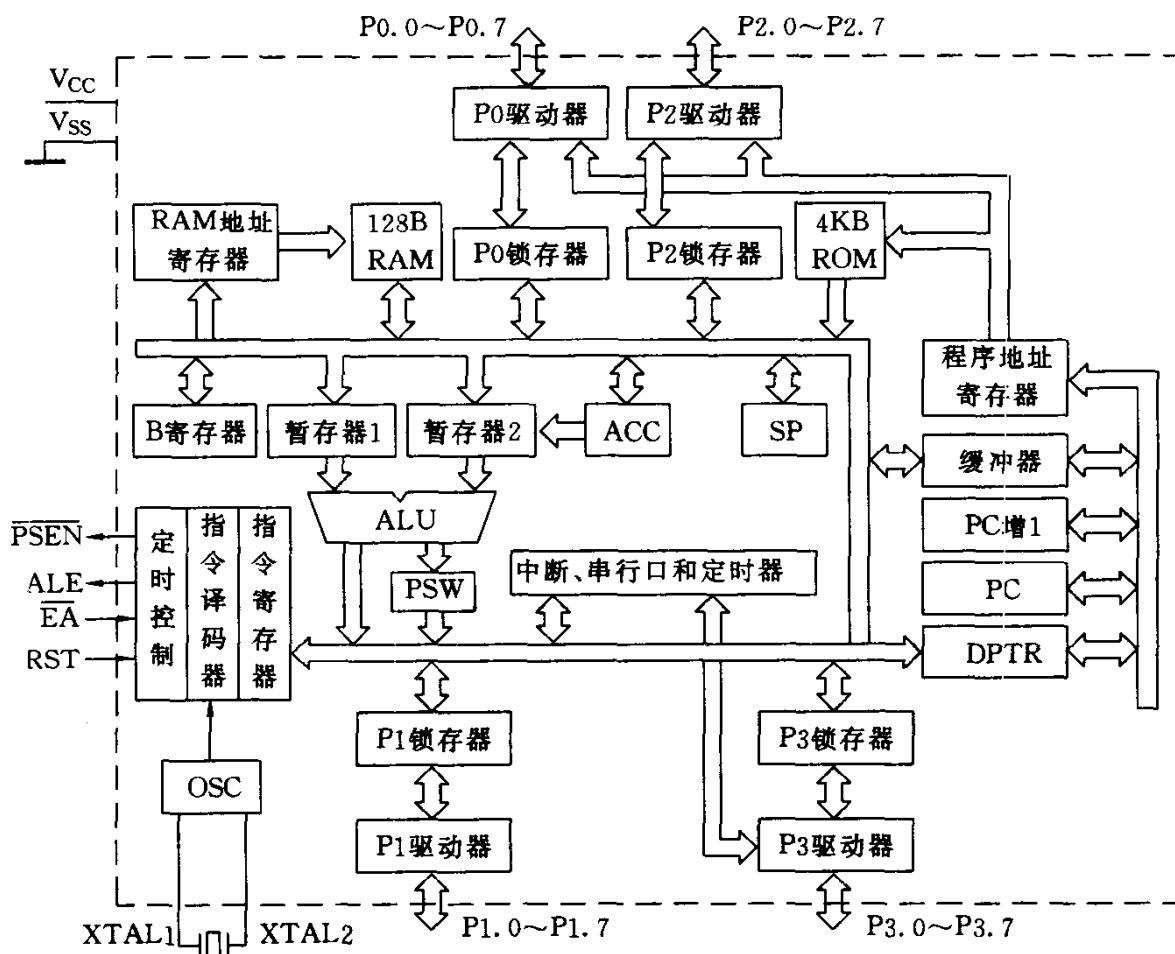


图 2-1 8051 单片机的结构框图

把框图中 4KB ROM 换为 EPROM, 就是 8751 的结构框图, 如去掉 ROM/EPROM 部分

即为 8031 的框图。

2. CPU 结构

单片机的中央处理器（CPU）由运算器和控制器组成。与一般多片微机中的 CPU 不同，该 CPU 的运算器内包含一个专门进行位数据操作的布尔处理器。

2.1 运算器

图 2-1 中以 8 位的算术/逻辑运算部件 ALU 为核心，加上通过内部总线而挂在其周围的暂存器 TMP1、TMP2、累加器 ACC、寄存器 B、程序状态标志寄存器 PSW，以及布尔处理器就组成了整个运算器的逻辑电路。

算术逻辑单元 ALU 用来完成二进制数的四则运算和布尔代数的逻辑运算。累加器 A 是一个 8 位的寄存器，它是 CPU 中工作最频繁的寄存器，在进行算术逻辑类操作时，累加器 A 往往在运算前暂存一个操作数，而运算后又保存其结果。B 寄存器用于乘法和除法操作，对于其他指令，它只能作暂存器用。标志寄存器 PSW 也是一个 8 位的寄存器，用来存放运算结果的一些特征。其每位的具体含义如下图所示。

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

表 2-1 则给出了 PSW 寄存器每位的功能、标志符号和位地址。

表 2-1 PSW 寄存器每位的功能、标志符号和位地址

功 能	标 志	位 地 址
进位标志（也是 C 寄存器）	CY	PSW.7
辅助进位标志	AC	PSW.6
溢出标志	OV	PSW.2
奇偶标志	P	PSW.0
用户标志	F0	PSW.5
保留		PSW.1
寄存器区选择 MSB	RS1	PSW.4
寄存器区选择 LSB	RS0	PSW.3

对用户来讲，最关心的是以下 4 位。

- 1) 进位标志 CY 它表示了运算是否有进位（或借位），如果操作结果在最高位有进位（在加法时）或有借位（在减法时），则该位为“1”状态，否则为 0。
- 2) 辅助进位标志 AC 即所谓半进位标志。它反映了两个 8 位数运算低 4 位有否半进位，即低 4 位相加（或减）有否进位（或借位）。如有，则 AC 为“1”状态，否则为 0。
- 3) 溢出标志位 OV 反映运算结果是否溢出，溢出时 OV 为“1”状态，否则为 0。溢出和进位标志 CY 是两种性质不同的标志。溢出是指在有符号的两个数运算时，结果数超过了+127~-128D。而进位位是指两个数最前一位（第七位）相加（或相减）有否进位（或借位）。用这两个标志位时应注意场合。

4) 奇偶标志 P 反映 A 累加器的奇偶性。如果累加器的 8 位的模 2 和是 1 (奇) 则 P 为“1”状态, 否则 P 为“0”(偶)。它完全由 A 累加器中运算结果 1 的个数为偶数还是奇数来决定。

除位操作由专门的位处理器完成外, 运算器主要完成下列功能:

算术运算——加(带进位加)、减(带借位减)、乘、除、加 1、减 1 及 BCD 加法的十进制调整。

逻辑运算——与、或、异或、求反、清 0。

移位功能——对某一数进行逐位的左移、右移、循环移位。

微处理器的指令系统优劣决定了运算器功能的强弱, MCS-51 系列单片机较之 MCS-48 系列单片机功能更为优越, 其原因在于它的运算器功能更全面, 更丰富。

2.2 布尔处理器

布尔处理器是单片机 CPU 中运算器的一个重要组成部分, 它有相应的指令系统, 可提供 17 条位操作指令, 硬件有自己的“累加器”(进位位 C) 和自己的位寻址 RAM 和 I/O 空间, 所以是一个独立的处理器。

与 8 位操作指令相同, 大部分位操作均围绕着其累加器——进位位 C 完成。位操作指令允许直接寻址内部数据 RAM 里的 128 个位和特殊功能寄存器里的位地址空间。对任何直接寻址的位, 布尔处理器可执行置位、取反、等于 1 转移、等于 0 转移、等于 1 转移并清 0 和送入/取自进位位的位操作。在任何可寻址的位(或该位内容取反)和进位位标志之间, 可执行逻辑与、逻辑或操作, 其结果送回到进位位 C。

由于布尔处理器给用户提供了丰富的位操作功能, 用户在编程时可以利用指令完成原来单凭复杂的硬件逻辑所完成的功能以及可方便地设置标志等。

2.3 控制器

MCS-51 系列单片机的控制器包括定时控制逻辑、指令寄存器、译码器、地址指针 DPTR 及程序计数器 PC、堆栈指针 SP、RAM 地址寄存器以及 16 位地址缓冲器等。

CPU 从程序存储器取出的指令字节放在寄存器中寄存, 使在整个分析执行过程中, 程序一直在该指令控制下。然后指令寄存器中的指令代码被分析译码成一种或几种电平信号, 这些电平信号与外部时钟脉冲(系统时钟)在 CPU 定时与控制电路中组合, 形成各种按一定时间节拍变化的电平和脉冲, 即控制信息。此控制信息在 CPU 内部协调寄存器之间数据传送、数据运算等操作, 对外部发出地址锁存 ALE、外部程序存储器选通 PSEN 以及读写等控制信号。

该电路的定时功能是由时钟和定时电路完成, 它产生 CPU 的操作时序。MCS-51 的时钟可以由两种方式产生, 一种是内部方式, 另一种是外部方式, 如图 2-2 (a)、(b) 所示。图中 XTAL1 为芯片内部振荡电路(单级反相放大器)输入端, XTAL2 为芯片内部振荡电路(单级反相放大器)输出端。若采用内部方式, 则利用芯片内反相器和电阻组成的振荡电路, 在 XTAL1、XTAL2 引脚上外接定时元件, 如晶振和电容组成的并联谐振回路, 则在内部可产生与外加晶体同频率的振荡时钟。一般晶体可以在 1.2MHz~12MHz 之间任选, 电容 C1、C2 在 5pF~30pF 之间选择, 对时钟频率有微调作用。若采用外部时钟方式, 此时把 XTAL2