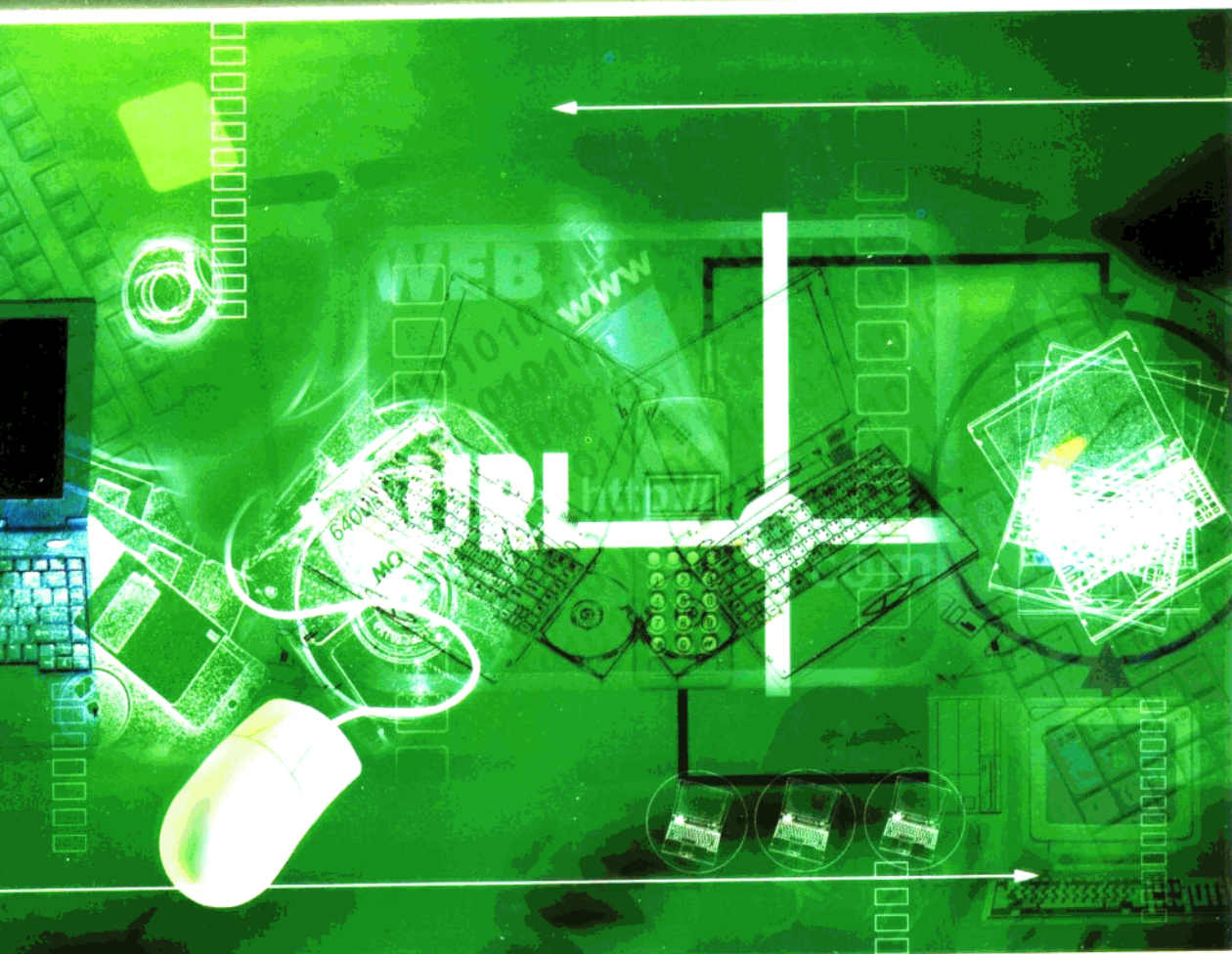


单片机原理及其应用技术



原子能出版社

前 言

单片微型计算机简称单片机，它在一块半导体芯片上集成了 CPU、存储器、I/O 接口等各种功能部件。单片机具有体积小、价格低、功能强、可靠性好和使用方便灵活的特点，通过使用单片机可以很方便地将计算机技术与测量控制技术相结合，制作各种智能化的仪器仪表和控制装置。因此，单片机在各个领域中得到了越来越广泛的应用，在工业控制、数据采集、智能化仪表、办公自动化以及家用电器方面都有广泛的应用。

由于单片机在如此广泛的领域里获得了应用，世界上许多集成电路生产厂家相继推出了各种类型的单片机，其中，MCS-51 系列单片机以其优越的性能、成熟的技术和高可靠性，占领了工业控制的主要市场。特别是在我国，MCS-51 系列单片机，成为单片机应用领域的主流。

随着集成电路和电子技术的迅速发展，单片机和电子器件的更新换代速度也加快，本教材编写的目的是想在叙述单片机原理和应用技术的同时，介绍一些新型的单片机和应用信息。

本教材以 MCS-51 系列 8 位单片机为教学对象，全面介绍了单片机的概况、原理和应用。全书共分十一章，第一章介绍了单片机的发展概况。第二章至第五章介绍了单片机的硬件结构和指令系统，介绍了单片机程序设计基础知识。第六章介绍了单片机在显示方面的应用技术。第七、第八章介绍了 A/D、D/A 转换接口的应用，第九章介绍了串行通信方面的应用。第十章介绍了单片机在各个方面的实用技术，介绍了单片机应用系统的设计方法和常用实例。第十一章介绍了最新的单片机概况。在附录中介绍了常用的电子元器件的基本性能，供读者在设计单片机应用系统时便于查阅。

本书由何学仪策划，由曹柏荣老师任主编并编写了第一章、第四章、第六章、第九、十、十一章及附录。苏家健老师任副主编并编写了第二、三章、第五章。韩玲芳老师编写了第七、八章。顾阳老师参与了本书的校对和绘图工作。全书由周政新老师主审。

本书编写时，用了较多的篇幅论述了单片机应用系统的设计方法和具体实例，力求理论与实践相结合。学习中应做一些实验，最好能结合实例进行课程设计，增强感性认识，提高学习效果。

编者

2003 年 5 月

目 录

第一章 单片机系统概论	1
1.1 单片机概况和分类	1
1.2 单片机应用介绍	5
第二章 MCS-51 系列单片机的结构	9
2.1 MCS-51 系列单片机的结构	9
2.2 8051 单片机存储器结构及其用途	12
2.3 并行 I/O 口	18
2.4 时钟电路	21
2.5 复位电路	22
第三章 MCS-51 单片机指令系统	24
3.1 指令格式和寻址方式	24
3.2 指令系统	27
第四章 程序设计基础	50
4.1 程序设计原理	50
4.2 简单程序设计	50
4.3 分支程序设计	51
4.4 循环程序设计	52
4.5 定时器/计数器应用程序设计	54
4.6 串行口应用程序设计	55
4.7 中断系统应用程序设计	57
第五章 单片机应用系统扩展设计基础	59
5.1 程序存储器扩展	59
5.2 数据存储器扩展设计	63
5.3 并行 I/O 扩展设计	68
5.4 外部中断扩展方法	79
第六章 单片机系统的接口技术	83
6.1 键盘接口	83
6.2 LED 显示接口	92
6.3 LCD 显示接口	100
第七章 A/D 转换技术	127
7.1 A/D 转换概念	127
7.2 常用 A/D 转换芯片	128
7.3 V/F 转换应用	143

第八章 D/A 转换技术·····	149
8.1 D/A 转换概念·····	149
8.2 常用 D/A 转换芯片·····	151
8.3 F/V 转换应用·····	162
第九章 串行口通信应用·····	166
9.1 串行通信原理·····	166
9.2 串行通信总线标准与接口电路·····	172
9.3 MCS-51 单片机串行接口·····	178
9.4 MCS-51 单片机串行口的应用·····	181
第十章 单片机应用系统的设计·····	197
10.1 系统设计基本要求·····	197
10.2 硬件系统设计·····	200
10.3 供电系统设计·····	206
10.4 软件系统设计·····	207
10.5 抗干扰设计·····	211
10.6 单片机低功耗系统设计·····	218
10.7 逻辑电平接口设计·····	222
10.8 电压、电流转换设计·····	223
10.9 开关量输出接口设计·····	230
10.10 单片机测速系统设计举例·····	235
10.11 单片机测温系统设计举例·····	235
10.12 单片机在步进电机控制中的应用·····	239
10.13 单片机与 PC 机的通信应用·····	245
第十一章 其他单片机介绍·····	248
11.1 AT89 系列单片机·····	248
11.2 AT90 系列单片机·····	251
11.3 EM78P447S 单片机·····	260
11.4 PIC 系列单片机·····	264
11.5 OLMS-6XX 系列单片机·····	267
附录·····	273

注：本书参考答案另配

第一章 单片机系统概论

本章提要

本章介绍了单片机的发展历史和当前最新的单片机，介绍单片机的一些基本知识和在各个领域中的应用情况。特别介绍 MCS-51 系列单片机和 AT89 系列单片机的情况，因为这类单片机在我国有着最广泛的应用。

1.1 单片机概况和分类

1. 单片机的概况

单片微型计算机简称单片机。在一块集成电路芯片上集中了控制器、存储器、运算器和输入输出端口，构成了一个完整的计算机。由于它的体积小，只有 1 到几个平方厘米，耗电省，几 mW 到几百 mW，具有计算机的基本功能，使用灵活，在各个领域获得了广泛的应用。

近 30 年来，单片机的应用得到了飞速的发展。在机电一体化设备、智能仪器、家用电器、工业控制设备中都有单片机的应用。

自从 1971 年 Intel 公司首次生产 4004 的 4 位单片机至今，单片机已从单一产品发展到现在的几十种产品。从 4 位机发展到今天的 16 位机，价格越来越便宜，而功能却不断增强。单片机以其高性价比和灵活性，在嵌入式系统中得到了广泛的应用，如彩色电视机、冰箱、空调、录像机、VCD、DVD、遥控器、游戏机、电饭煲等。在 PC 机以 286、386、Pentium、PIII 高速更新换代的同时，单片机依然保持着旺盛的生命力。到目前为止及今后很长一段时间内，8 位机仍将是主流机，另外，单片机的 I/O 功能也在不断增加，很多单片机内置了 A/D、D/A 功能。在 8 位机中，Intel 公司的 MCS-51 系列是应用较为广泛的单片机。ATMEL 公司生产的闪速存储器型 AT89 系列单片机的软件、硬件与 MCS-51 系列机兼容，使用更加方便、灵活。

2. 单片机的组成

单片机的系统结构主要有两种类型：一种是精简指令集（RISC）结构的单片机，将程序和数据存储器分开使用，即哈佛（Harvard）结构，当前的单片机大都是这种结构；另一种复杂指令集（CISC）结构的单片机，采用和 PC 机的冯·诺依曼（VonNeumann）类似的原理，对程序和数据存储器不作逻辑上的区分。

（1）程序存储器（ROM）

程序存储器用来存放用户程序。可分为 EPROM、OTP、ROM 和 Flash 等类型，各类存储器的主要特性见表 1.1。

（2）随机存储器（RAM）

随机存储器用来存放程序运行时的暂存数据。由于 RAM 的制作工艺复杂，价格比 ROM

要高,所以单片机的内部 RAM 通常仅有几十到几百个字节的容量。RAM 的内容是易失性(也有的称易挥发性)的,掉电后会丢失。而 E²PROM 或 Flash 型的数据存储器,能方便用户存放不经常改变的数据及其他重要的信息。单片机通常还有特殊寄存器和通用寄存器,它们是单片机中存取速度最快的存储器,但通常存储空间很小。

表 1.1 各种类型存储器的特性

类型	主要特性
EPROM	需紫外线擦除,可反复使用,价格高,擦写次数有限
OTP	一次性编程,价格便宜,中、小批量生产
ROM	由厂家掩膜,价格低,适合大批量生产
Flash	可在线反复编程,价格适中,开发研制、小批量生产阶段使用

(3) 中央处理器 (CPU)

中央处理器是单片机的核心部分,由算术逻辑运算部件 (ALU) 和控制部件构成。CPU 决定了单片机的运算能力和处理速度。

(4) 并行输入/输出端口 (I/O 端口)

并行输入输出端口通常为独立的双向口,通过软件编程可以使端口作为输入方式或输出方式工作。输入输出端口中有的内部具有上拉或下拉电阻,有的是漏极开路输出,有的能提供足够的电流可以直接驱动外部设备。I/O 口是单片机的重要资源,也是衡量单片机功能的重要指标之一。

(5) 串行输入/输出口

串行输入/输出口用于单片机和串行设备或其他单片机的通信。串行通信有同步和异步之分,可以用硬件或通用串行收发器来实现。不同的单片机提供不同标准的串行通信接口,如 USART、SPI、I²C、MicroWire 等。

(6) 定时器/计数器

定时器/计数器是单片机内部用于精确定时或对外部事件(输入信号如脉冲)进行计数,有的单片机内部有多个定时器/计数器。

(7) 系统时钟

系统时钟需要外接石英晶体或其他振荡来提供时钟信号,也有的使用内部 RC 振荡器。单片机的时钟频率一般在 2~100MHz,也有高达 200MHz 的产品。但频率越高,系统稳定性相对要差,对外围器件的要求也高。

随着单片机技术的发展,有许多新的功能部件集成进来,如模/数 (A/D) 转换器、数/模 (D/A) 转换器、温度传感器、液晶 (LCD) 驱动电路、电压监控、看门狗 (Watch Dog) 电路、低压检测 (LVD) 电路等等,系统资源更加丰富。使得单片机的功能更多、体积更小、功耗更低、可靠性更高、价格更便宜,使用更方便。

3 单片机主要技术指标

(1) 位数

位数是指单片机能够一次处理的数据的宽度,如 4 位机的 MSM64155A,8 位机的 8051 兼容系列,16 位机的 MSP430 系列等。单片机有 4 位、8 位、16 位机同时并存,都有自己的市场。8 位和 16 位机的应用领域最广,目前在国内仍是主流。

(2) 存储器容量

包括程序存储器和数据存储器, 有的单片机没有程序存储器。除了容量外还有类型之分, 如 ROM、EPROM、E²PROM、Flash 和 OTP 型数据存储器。程序存储器的编程方式有串行编程和并行编程。

(3) I/O 口数量

单片机的 I/O 数量的多少涉及到单片机对外的扩展能力, 一般有几个到几十个 I/O 口。

(4) 速度

速度是指 CPU 的处理速度, 以每秒执行多少条指令来衡量, 常用单位是 MI/S (每秒百万条指令), 目前最快的单片机可达到 100MI/S 以上。单片机的速度通常是和系统时钟相联系的。

(5) 工作电压和功耗

通常工作电压是 5V, 如 $5V \pm 5\%$ 或 $5V \pm 10\%$, 也有 3V/3.3V 电压的产品, 更低的可在 1.5V 工作。现在单片机又出现了宽电压范围型, 在 2.5~6.5V 内都可正常工作。低功耗是单片机所追求的一个指标, 目前低功耗单片机的静态电流可以低至 μA 或 nA 级。有的单片机还有等待、关断、睡眠等多种工作模式以降低功耗。单片机的低功耗在智能化仪表中有着重要的应用。

(6) 工作温度

单片机根据工作温度可分为民用级(商业级)、工业级和军用级三种: 民用级的温度范围是 0~70℃, 工业级是 -40~86℃, 军用级是 -55~125℃。

4. MCS-51 系列单片机分类 (见表 1.2)

MCS-51 系列单片机的分类见表 1.2。

表 1.2 MCS-51 系列单片机

型号	片内 RAM 容量	片内 ROM 容量	片内 EPROM 容量	寻址范围	I/O 口特征			
					定时器/计数器	并行口	串行口	中断源
8031	128B	/	/	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
80C31	128B	/	/	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
8051	128B	4KB	/	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
80C51	128B	4KB	/	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
8751	128B	/	4KB	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
87C51	128B	/	4KB	64KB	2×16 位	4×8 位	1	5
8032	256B	/	/	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6
80C32	256B	/	/	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6
8052	256B	8KB	/	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6
80C52	256B	8KB	/	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6
8752	256B	/	8KB	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6
87C52	256B	/	8KB	64KB	3×16 位	4×8 位	1	6

其中芯片型号带有字母 C 的芯片为 CHMOS 芯片, 其余的为 HMOS 芯片。CHMOS 芯片是 CMOS 和 HMOS 工艺的结合。CHMOS 芯片的特点是功耗低, 为 100~120mW 左右; 而 HMOS 的功耗在 600mW 左右。

MCS-51 系列的片内程序存储器分掩膜 ROM、EPROM 和无 ROM 存储器三种。一般情况下,片内有掩膜 ROM 的芯片用于程序已经固定的大批量生产场合。片内带 EPROM 的适合于做样机,便于修改程序,做试验。而外接 EPROM 的适用于做小批量产品或用于 ROM 大于 8K 的场合。

除了 Intel 公司的 MCS-51 产品外,还有飞利浦公司的 80C51 系列单片,其性能与 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机完全兼容。

5. 单片机的选购

如何选择性价比最优,开发容易、开发周期最短的单片机,是一个十分重要的问题。目前我国主流 MCU 产品有 8051、PIC、MSP430、AVR 等系列单片机。选购单片机应从两方面考虑:一个是应用系统的需要;另一个是根据成本的控制选择价格最低的产品。即所谓“性价比最高”原则。应用系统着重考虑的指标有速度、位数、电压、功耗、存储器容量、系统扩展与驱动能力、抗干扰能力,是否有 ADC、DAC 等。另外关于软件开发也是要考虑的重要因素,例如 MCS-51 系列作为传统的 8 位单片机,现在仍在广泛地应用,就是因为它具有非常方便的开发工具、集成环境和软件资源。下面简单介绍几款常用的单片机系列。

(1) MCS-51 系列

自 1983 年 Intel 公司推出 8051 至今已近 20 年。ATMEL 公司把 51 内核与其擅长的 Flash 制造技术相结合,推出可重复擦写 1000 次以上、低功耗的 89C51/52/55/1051/2051/4051 等产品,取代其他 8751 系列,近年来台湾华邦电子推出的 W78E5 $\times$ 系列,也是 Flash 工艺,同样兼容 51 系列,但它的工作频率可达到 40MHz,而且价格较便宜。另外 PHILIP 的 C51 产品品种齐全(如 P87C $\times\times$ 系列、LPC 系列 OTP 型, P89C $\times\times$ 系列 Flash 型)、Dallas 的高速单片机(DS80C $\times\times\times$ 系列、DS87C $\times\times\times$)、SST 的 SST89 $\times\times$ 系列、韩国现代(HYNIX)的 GMS97C $\times\times$ 系列、OKI 公司的掩膜产品等都有 C51 系列产品供应。

MCS-51 的用户最广,这和国内的教育环境及市场环境是分不开的。学的人多、软硬件配套齐全,又有很好的 C 编译器厂商,像 TASKING、KEIL、Franklin 等。我们知道现在开发产品,软件编程所占的比重越来越大,因此好的开发环境可以大大提高编程的效率,使产品尽早上市,这也是 MCS-51 仍然长盛不衰的原因之一。

(2) PIC 系列

美国 MicroChip 公司推出的简易且价廉的 RISC 结构 OTP 型单片机 PIC16C5 $\times/6\times/7\times/8\times$ 及 PIC17C4 $\times$ 系列,具有低功耗、高速度、大电流等优点,被大量应用于智能家电、玩具、便携式控制器等中小规模的低端领域,极大地推动了单片机的广泛应用。台湾仪隆的 EM78 $\times\times$ 系列与 PIC 完全兼容,成本更低。

(3) MSP430 系列

TI 公司的 MCU 产品的 MSP430 Flash 系列 16 位机是目前内部集成快速擦写存储器产品中功耗最低的,仅为其他快闪微控制器(Flash MCUs)的五分之一。低电压工作,特别适合电池供电产品的应用。产品系列功能齐全,价格比高,支持开发系统也较好。

(4) AVR 系列

RISC 单片机,又称 AVR。AVR 单片机吸取 PIC 系列及 8051 单片机的优点,并作了较大的改进,提供性价比更高的 Flash 技术产品 AT90 系列。

1.2 单片机应用介绍

1.2.1 单片机在数据处理中的应用

单片机在应用中的数据处理是大量的，必不可少的。它既可以进行简单的四则运算，也可以进行复杂的函数运算。

1. 数制转换的处理

在人们的日常生活中，使用的是十进制数，而计算机使用的是二进制数。因此，存在着一种数制的转换，通过单片机的程序把十进制变换成二进制，或者把二进制变换成十进制数，还要考虑数的位数和小数位。

2. 查表技术

在工业生产中，有大量的数据是以表格方式存放的，为了在单片机中应用这些表格数据，要设计一种程序，专门用于处理各种表格，要把这些数据按一定的顺序存放在单片机的内存中，然而按照某种算法进行查找。可以根据具体的情况设计顺序查找、计算机查找、二分查找等多种查找算法。这种数据处理技术非常适合于无法建立数学模型的情况。

3. 函数计算法

对于二个量，知道了它们之间的函数关系，就可以利用单片机进行函数计算来处理数据。例如铂电阻和温度值之间有明确的函数关系， $R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3]$ 。可以根据这个函数关系计算测量的温度值。还可以进行微积分的运算。

1.2.2 单片机在测量中的应用

用单片机实现智能化测量是单片机的典型应用。用单片机测量可以解决传统仪表不能或不易处理的问题。

1. 单片机测量的组成与特点

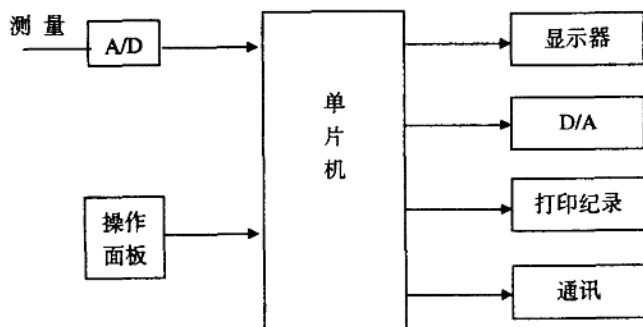


图 1-2-1 单片机测量系统组成

单片机测量系统的组成如图 1-2-1 所示。在传统测量仪表中，测量信号的正确性取决于组成仪表的各个电路和器件的性能。在单片机测量中，可以通过数据处理实现自动补偿、自

动校正、数据滤波、线性化数据处理等方法。使测量值更直观、正确、线性，测量范围宽、精度高、抗干扰能力强。

2. 单片机测量应用

(1) 过程参数的测量

温度、压力、流量、液位、气体成分一类参数变化过程相对缓慢，这一类简称为过程参数，这一类传感器的输出信号与测量值之间存在非线性关系，用单片机来测量可以发挥计算机的数值处理的优势，获得比较好的测量效果，目前有大量的此类智能化测量装置。

(2) 速度、光强、转速、位移等参数的测量

这一类量变化快，而单片机的工作速度在 12~24MHz 之间，完全适合于快速变化量的测量。由于在测量过程中，没有传统仪表的机械传感装置，所以反应灵敏，测量精度高、而且有很强的存储功能，便于对测量值的存储，以便进行分析。

(3) 生物化学量参数的测量

单片机智能化的功能，在生物、化学量方面的测量得到了极大的发挥。目前在医学生物工程和化学工业中获得了大量的应用，大大地改观了当前医学检测检查手段，使医学诊断达到快速、正确和图形化。如心电图、血压计、监护仪等。

1.2.3 单片机在控制中的应用

单片机的应用使工业控制进入了更高一级的应用领域，并进一步提高了自动化程度，减少了人工干预，使控制设备体积变小、耗电降低、成本减少、可靠性提高、功能更强。

1. 单片机控制系统的组成

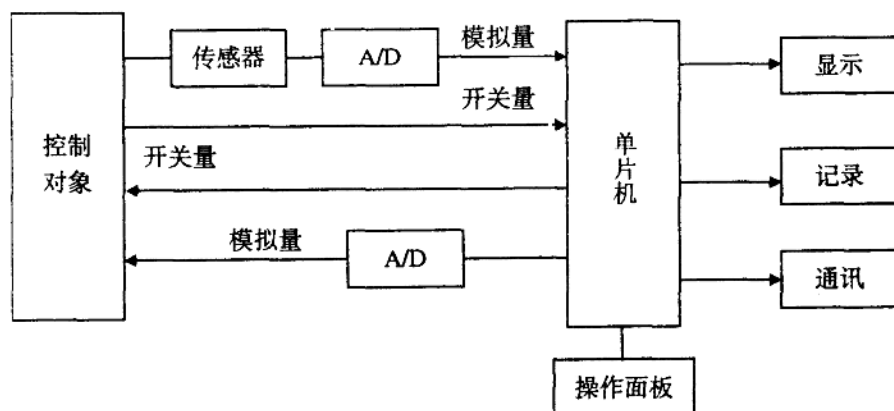


图 1-2-2 单片机控制系统

一般单片机控制系统由硬件和软件两部分组成：硬件由单片机本身及外围设备组成；软件是由单片机程序组成。如图 1-2-2 所示，被控制的对象的参数通过传感器及相关电路和 A/D 转换器变成单片机能接收的二进制数字量进入单片机 CPU。通过单片机内部程序对测量值进行处理、输出控制信号，再通过 D/A 转换器变成模拟信号去调节执行机构，改变被控制对象的状态。同时，单片机通过显示器和打印机，显示相关的测量值，控制信号和其他参数，并

设置有串行的通讯器,便于单片机进行数据的传送。所有的操作都通过操作面板来进行,是人-机对话的设备。

一般硬件应包括单片机本身,还应包括单片机外围设备,如 A/D、D/A 变换器件、光电隔离器件、多路开关、电源和显示、记录装置,传感器及其处理电路,还包括调节设备。

软件是指能完成各种计算的程序总和。在单片机中有管理程序、数据处理程序、控制程序、自诊断、自校正程序等,用于完成控制系统中的各种工作。

在单片机中,用单片机的汇编语言编写程序后,通过单片机开发装置,转换成二进制程序存放到单片机的 ROM 中使用。

2. 单片机在控制中的应用例子简介

(1) 步进电机控制

步进电机控制是工业过程控制和仪表的主要执行器件,可以实现精细的位移、角度控制。应用单片机的开关量控制方式,控制步进电机的走步来完成各种控制目的。

(2) 程序控制器

应用单片机制成可编程程序控制器,用于工业控制。可编程程序控制器的核心是单片机,通过对可编程程序控制器输入梯形图程序,在内部生成相应的单片机程序,就可以实现各种模式的控制和测量工作,广泛应用于各种流水线生产控制。

(3) 数字 PID 调节器

在常规 PID 调节器中,使用单片机可以制成数字式智能化 PID 的调节器,可以在充分应用常规 PID 控制知识的基础上,加上计算机的计算功能,使 PID 控制得到进一步发展,实现非线性 PID 控制算法,选择 PID 控制算法和自适应 PID 控制算法等。这种调节器具有数字或图形的操作、显示功能,已广泛应用于工业现场控制。

(4) 智能不间断电源

不间断电源是计算机的重要供电设备。利用单片机技术后,可以频繁快速(一次/1ms)采样 220V 市电的幅值来判别欠压和断电信号。可以快速有效地检测逆变电路中电源的超载情况并及时处理、保护设备正常工作。由于采用了单片机技术,在测量控制、保护方面更全面、更快速、更正确,提高了不间断电源的性能和可靠性。

(5) 打印机的控制

计算机外围设备打印机的打印头和走纸系统,都应用单片机进行控制,实现纸张的精确移动和打印出完美的文字和图形。

(6) 温度控制器

在工业、农业及其他行业,有大量的温度控制。应用单片机测量出温度值,通过单片机程序的运算,对温度进行精确控制、智能化控制。

(7) 家电中的应用

当前,在洗衣机、冰箱、空调、电视机、VCD 等大量的家电产品中,都有单片机的应用,使家电产品性能得到提高,使用方便,深受用户喜爱,更有网络家电产品问世,也是应用单片机的结果。

可以说,在今天,在各个行业,各个领域,都有单片机的存在。在新产品的设计中,应该尽可能应用单片机技术,以提高产品的技术含量,增强产品的竞争力,适应技术的进步。

在传统的机械产品中也正在经历着一场机 - 电一体化的革命。机 - 电一体化的根本就是应用单片机技术、电子技术进行改革,使原有的机械产品性能提高,体积缩小,材料、能耗降低,更便于操作、使用。单片机正在迅速渗透到各个方面。改变了原有产品的现状,随着技术的发展,一块小小的 8 位单片机,将会发挥更大更重要的作用。

思考与练习题

1. 单片机与微型计算机有何区别?它的特点是什么?
2. MCS-51 系列单片机与 AT89 系列单片机有什么相同和差异?
3. 单片机的主要技术指标有哪些?这些指标的作用如何?
4. 对于一个具体的单片机应用系统,选择单片机的原则是什么?
5. 举一个单片机的应用例子,并画出原理框图,说明工作过程。
6. 单片机 I/O 端口数目的多少反映了什么?

第二章 MCS-51 系列单片机的结构

本章提要

本章较详细地叙述了 8051 单片机的引脚、功能及其存储器的结构。重点是片内 RAM 的分区以及各分区和特殊功能寄存器的作用，这些是单片机应用的基础。

2.1 MCS-51 系列单片机的结构

MCS-51 是 Intel 公司生产的一个单片机系列的名称。继 1976 年推出 MCS-48 系列 8 位单片机之后，又于 1980 年推出了 MCS-51 系列高档 8 位单片机，属于这一系列的单片机芯片主要有 8051/8751/8031、8052/8032、8044/8744、80C51BH/87C51/80C31BH、83C252/87C252/80C252 等品种。它们的引脚及指令系统相互兼容，主要在内部结构和应用上有所区别。

2.1.1 MCS-51 系列单片机的内部结构

以 8051 为例介绍 MCS-51 系列单片机的内部结构，其内部结构如图 2-1-1 所示。

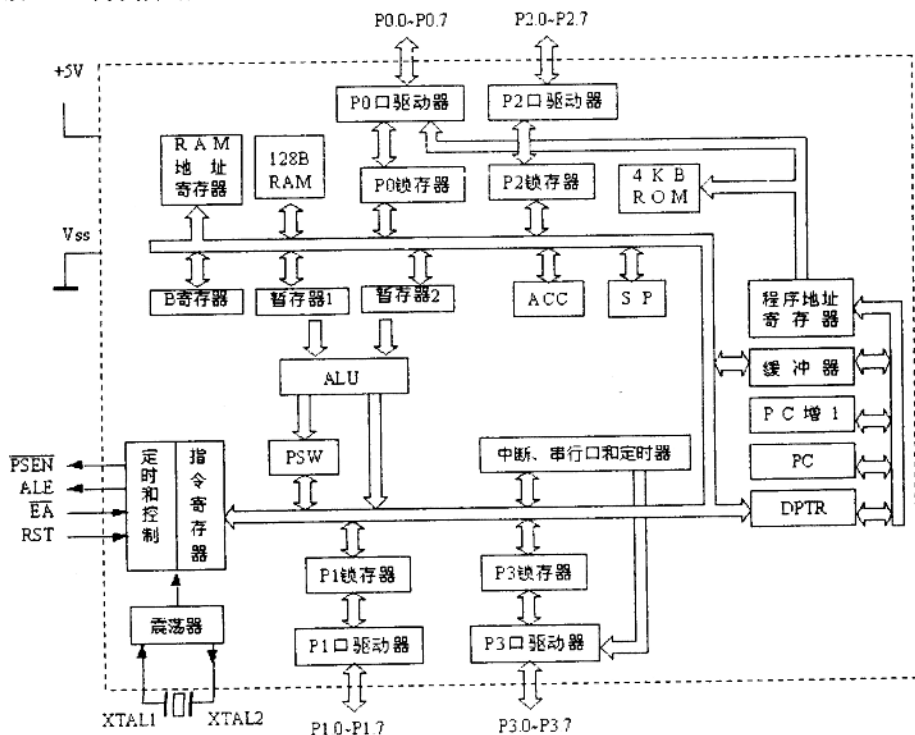


图 2-1-1 8051 单片机内部结构

每个单片机包括:

- (1) 8 位 CPU;
- (2) 片内程序存储器 ROM/EPROM (4KB/8KB), 用以存放程序、原始数据和表格。8031 片内无 ROM。
- (3) 片内数据存储器 RAM (128B/256B), 用以存放可以读/写的数据, 如中间结果以及欲显示的数据等。
- (4) 四个 8 位并行 I/O 接口 P0~P3, 每个口既可以用作输入, 也可以用作输出。
- (5) 两个定时器, 既可以设置成计数方式, 用以对外部事件进行计数, 也可以设置成定时方式, 并根据计数或定时结果实现计算机控制。
- (6) 5 个中断源。
- (7) 一个全双工 UART (异步接收发送器) 的串行 I/O 口, 用于实现单片机间或与微机的通信。
- (8) 片内时钟振荡器, 具有最高时钟频率为 12MHz。

2.1.2 引脚定义及功能

8051 单片机芯片采用 40 引脚, 双列直插封装 (DIP) 方式, 引脚和逻辑符号如图 2-1-2 所示, 其中某些引脚具有双重功能简要说明如下:

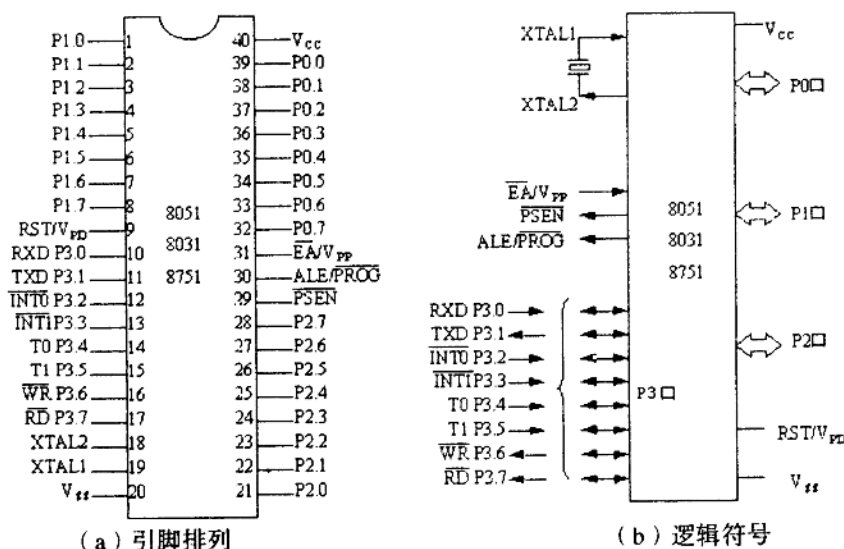


图 2-1-2 8051 引脚及内部功能结构

1. 电源引脚

V_{CC} (40 脚): 供电电源+5V。

V_{SS} (20 脚): 接地线。

2. 时钟电路引脚

XTAL2 (18 脚) 和 XTAL1 (19 脚)。

利用内部时钟电路时, XTAL1 与 XTAL2 之间接一晶体振荡器, XTAL1 为内部放大电路输入端, XTAL2 为输出端。

采用外部时钟时, 对于 HMOS 型单片机, XTAL1 接地, XTAL2 接外部输入时钟脉冲而对于 CHMOS 型单片机 XTAL1 为驱动端, XTAL2 悬空。

3. 控制信号引脚

RST/ $\overline{V_{PD}}$ (9 脚) 是复位信号输入端, 高电平有效, 此端保持两个机器周期 (24 个时钟周期) 以上的高电平时, 就可以完成复位操作。RST 引脚的第二功能是 $\overline{V_{PD}}$, 即备用电源的输入端。当主电源 V_{CC} 发生故障降低到低电平规定值时, 将 +5V 电源自动接入 RST 端为 RAM 提供备用电源, 以保证存储在 RAM 中的信息不丢失, 从而使复位后能继续正常运行。

ALE/ $\overline{PROG}$ (30 脚) 是地址锁存允许信号端。在访问外部存储时, ALE 用来锁存 P0 扩展地址低 8 位的地址信号。在不访问外部存储器时, ALE 也以时钟振荡频率 1/6 的固定速率输出, 因而它又可用作外部定时或其他需要。

如果想确定 8051/8031 芯片好坏, 可用示波器查看 ALE 端是否有脉冲信号输出, 如有, 则 8051/8031 基本上是好的。

ALE 端的负载驱动能力为 8 个 LS 型 TTL 负载。

ALE 脚的第二功能 $\overline{PROG}$ 在对片内带有 4KB EPROM 的 8751 编程写入 (固化程序) 时作为编程脉冲输入端。

$\overline{PSEN}$ (29 脚) 是程序存储允许输出信号端。当访问片外程序存储器时, 此脚输出负脉冲作为读选通信号。

$\overline{EA}/V_{PP}$ 是访问外部程序存储器控制信号。对于 8051 和 8751 单片机, 它们片内有 4KB 的程序存储器, 当 $\overline{EA}$ 为高电平时, 分两种情况。若访问的地址空间在 0~4K 范围内, CPU 访问片内程序存储器; 访问的地址超出 4K 时, CPU 将自动执行外部程序存储器, 即访问外部 ROM。当 $\overline{EA}$ 接低电平时, CPU 只访问外部 EPROM/ROM, 而不管是否有片内程序存储器。对于 8031 单片机, $\overline{EA}$ 必须接地。

第二功能 V_{PP} 为对 8751 的 EPROM 的 21V 编程电源输入。

4. 输入/输出端口 P0, P1, P2 和 P3

P0 口 (P0.0 ~ P0.7, 32 ~ 39 脚) 是一个 8 位漏极开路型的双向 I/O 口。第二功能是在访问外部存储器时, 分时提供低 8 位地址线和 8 位双向数据总线。在对 8751 片内 EPROM 进行编程和校验时, P0 口用于数据的输入和输出。

P1 口 (P1.0 ~ P1.7, 1 ~ 8 脚) 是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口, 一般可作为 I/O 口。

当 P1 口作为输入口使用时, 应先向 P1 口锁存器写入全 1, 此时 P1 口引脚由内部上拉电阻拉成高电平。

P2 口 (P2.0 ~ P2.7, 21 ~ 28 脚) 是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口。在访问片外 EPROM/RAM 时, 它输出高 8 位地址。

P3 口 (P3.0 ~ P3.7, 10 ~ 17 脚) 是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口, 此外 P3 口的每个脚还具有第二功能, 见表 2.1。

表 2.1 P3 口第二功能

口线	第二功能
P3.0	RXD (串行接收)
P3.1	TXD (串行发送)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0 输入)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入)
P3.4	T0 (定时器 0 外部输入)
P3.5	T1 (定时器 1 外部输入)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写信号)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读信号)

2.2 8051 单片机存储器结构及其用途

8051 单片机的存储器在物理结构上分为四个空间：片内程序存储器和数据存储器及片外扩展的程序和数据存储器。从用户使用的角度看，8051 存储器地址空间分为三类：

- (1) 片内片外统一编址 0000H~FFFFH 的 64KB，即程序存储器地址空间。
- (2) 64K 片外数据存储器地址空间地址也是 0000H~FFFFH。
- (3) 256B 数据存储器地址空间，其结构如图 2-2-1 所示。

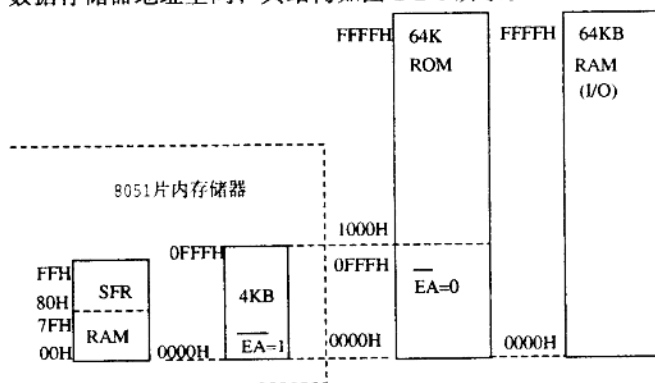


图 2-2-1 8051 存储器组织结构

上述三个空间地址是重叠的，那么如何来区分这三个不同的逻辑空间呢？8051 的指令系统设计了不同的数据传送指令，CPU 访问片内，片外 ROM 指令用 MOV_C，访问片外 RAM 指令用 MOV_X，访问片内 RAM 指令用 MOV。

2.2.1 程序存储器

程序存储器用于存放程序及表格数据。在 8051 (8751) 片内有 4KB 的 ROM (EPROM)，且通过 16 位地址线可扩展 64KB 的 EPROM。从前面所述而知，片内 ROM 和扩展 ROM 是统一编址的。当 $\overline{\text{EA}}=1$ 时，使用的是片内 0000H~0FFFH 和片外 1000H~FFFFH 的存储器地址；当 $\overline{\text{EA}}=0$ 时，则所有取指令操作均在外部程序存储器中进行。这时外部扩展的 ROM 可以从 0000H 开始编址。对 8031 单片机来说，由于片内无 ROM，所以只能外部扩展程序存储器，

并且从 0000H 开始编。

在程序存储器的使用中,某些特定的单元是给系统使用的。比如,复位后 CPU 总是从 0000H 单元开始执行程序,通常在 0000H~0002H 单元安排一条无条件转移指令。如 LJMP MAIN,使之转向主程序入口地址。0003H~002A 单元均匀地分为五段,被保留用于五个中断服务程序或中断入口,具体地址分配见表 2.2。

表 2.2 系统复位和中断入口地址

中断源	入口地址
系统复位	0000H
外部中断 (INT0)	0003H
定时器 0 溢出中断	000BH
外部中断 1 (INT1)	0013H
定时器 1 溢出中断	001BH
串行口中断	0023H

2.2.2 数据存储器

7FH	用户 RAM 区 (堆栈、数据缓冲)	FFH	特殊功能寄存器
		F0H	B
		E0H	ACC
		D0H	PSW
		B8H	IP
		B0H	P3
		A8H	IE
		A0H	P2
		99H	SBUF
		98H	SCON
		90H	P1
		8DH	TH1
		8CH	TH0
		8BH	TL1
		8AH	TL0
		89H	TMOD
		88H	TCON
		87H	PCON
		83H	DPH
		82H	DPL
		81H	SP
		80H	P0
30H			
2FH	位寻址区 (位地址 00H~7FH)		
20H			
1FH	R7 第 3 组		
18H	R0 工作寄存器区		
17H	R7 第 2 组		
10H	R0 工作寄存器区		
0FH	R7 第 1 组		
08H	R0 工作寄存器区		
07H	R7 第 0 组		
00H	R0 工作寄存器区		

图 2-2-2 片内 RAM 地址空间

数据存储器空间分成片内 RAM 和片外 RAM 两大部分。

8051 片外数据存储器空间为 64KB,地址为 0000H~FFFFH;片内存储器空间为 256B,地址为 00H~FFH。通过指令来区别内外 RAM 寻址;用 MOV 类指令寻址片内 RAM,用 MOVX 类指令寻址片外 RAM。

片内 256B 的数据存储器分为两个部分,低 128B (00H~7FH) 是真正的 RAM 区;高 128B (80H~FFH),作为特殊功能寄存器 (SFR) 区,如图 2-2-2 所示。