

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列



单片机应用技术

吴国经 主编

丁辉 杨文新 副主编



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列

单片机应用技术

吴国经 主编

丁辉 杨文新 副主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为高等学校培养应用型人才教材之一,由具有丰富教学经验的一线教师编写。本书是通用单片微型计算机应用技术的入门教材,全书共12章及5个附录。内容包括:计算机应用的基础知识、MCS-51系列单片机的内部结构原理和存储系统、MCS-51系列单片机指令系统、汇编语言程序设计、中断与定时/计数器、单片机输入/输出端口及常用接口技术、单片机应用系统的设计方法及3个具体的应用实例(包括硬件设计原理图和软件例程)、单片机仿真实验系统和DEBUG编程软件的使用方法、26个单片机软硬件实验指导。附录中还附有常用集成电路引脚图等参考资料以及学生实验参考程序。

本书内容丰富、通俗易懂、深入浅出,每章后均附有习题。书中程序都已经过上机调试,读者可以放心阅读和使用。

本书的适用范围广泛,不仅可以作为应用型高等院校讲授单片机课程的教材,也可供应用MCS-51系列单片机的广大专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 吴国经 主编. —北京: 中国电力出版社, 2003
高等学校培养应用型人才教材——计算机系列
ISBN 7-5083-1526-X

I. 单... II. 吴... III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 071933 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.infopower.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年1月第一版 2004年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 21.5印张 487千字

印数: 0001—5000册 定价 29.00元

版 权 所 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列

编 委 会

主任委员:

宗 健 常明华

副主任委员:

顾元刚 陈 雁 杨翠南 林全新 华容茂 曹泰斌

魏国英 邵晓根 庄燕滨 邓 凯 吴国经 常晋义

许秀林 谢志荣 张家超 陶 洪 龚兰芳 刘广峰

丁 雁 方 岩 王一曙

委 员: (以姓氏笔画为序)

丁志云 及秀琴 石振国 李 翊 吕 勇 朱宇光

任中林 刘红玲 刘 江 刘胤杰 许卫林 杨劲松

杨家树 杨伟国 郑成增 张春龙 闵 敏 易顺明

周维武 周 巍 胡顺增 袁太生 高佳琴 唐学忠

徐煜明 曹中心 曾 海 颜友钧

序 言

进入 21 世纪,世界高等教育已从精英教育走向了大众教育。我国也适应这一潮流,将高等教育逐步推向大众化。培养应用型人才已成为国家培养国际人才的重要组成部分,且得到了社会各界的广泛支持。于是一大批有规模、有实力、规范化、以培养应用型人才为己任的高等学校得到了长足发展。这类高校办学的一个显著的特点是按照新时代需求和当地的需要来培养学生,他们重视产学研相结合,并紧密地结合当地经济状况,把为当地培养应用型人才作为学校办学的主攻方向。

这类学校的教学特点是:在教授“理论与技术”时,更注重技术方法的教学。在教授“理论与实践”时,更注重理论指导下的可操作性,更注意实际问题的解决。因此,这些学生善于解决生产中的实际问题,受到地方企事业单位的普遍欢迎。

为满足这类高校的教学要求,达到培养应用型人才的目的,根据教育部有关重点建设项目的要求和相关教学大纲,我们组织了多年在这类高校中从教,并具有丰富工程经验的资深教授、高级工程师、教师来编写这套教材。

在这套教材的编写中,我们提倡“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格,以解决多年来在教材中存在的过深、过高且偏离实际的问题。

实用——本套教材重点讲述本行业中最广泛应用的知识、方法和技能。使学生学习后能胜任岗位工作,切实符合当地经济建设的需要和社会需要。

适用——本套教材是以工程技术为主的教材,所以它适用于培养应用型人才的所有高校(包括本科、专科、技术学院、高职等),既符合此类学生的培养目标,又便于教师因材施教。

先进——本套教材所选的内容是当今的新技术、新方法。使学生在掌握经典的技术和方法之后,可用教材中的新技术、新方法去解决工程中的技术难题,为学生毕业后直接进入生产第一线打下坚实的基础。

通俗——本套教材语言流畅、深入浅出、容易读懂。尽量避开艰深的理论和长篇的数学推导,尽量以实例来说明问题,在应用实例中掌握理论,使学生轻松掌握所学知识技能,达到事半功倍的效果。

精练——本套教材选材精练、详细而不冗长、简略得当,对泛泛而谈的内容将一带而过,对学生必须掌握的新技术、新方法详细讲,讲透、讲到位,为教师创造良好的教学空间和结合当地情况调整教学内容的余地。

可操作——本套教材所有的实例均是容易操作的,且是有实际意义的案例。把这些案例连接起来,就是一个应用工程的实例。通过举一反三的应用,使学生能够在更高层次上创造性地应用教材中的新思想、新技术、新方法去解决问题。

本套教材面向培养应用型人才的高等学校,同时也可作为社会培训高级技术人才的教材和需要加深某些方面知识技能的人员的自学教材。

编委会

前 言

当今, 单片微型计算机技术迅猛发展, 由单片机技术开发的智能化测控设备和产品广泛应用到各个领域, 单片机技术产品和设备促进了生产水平的提高。企业迫切需要大量熟练掌握单片机技术, 并能开发、应用和维护管理这些智能化产品的高级工程技术人材。为了适应这一人才培养目标, 配合计算机类、机电技术类、自动控制类等相关专业的专业建设和教材改革的需要, 编写了这本通用的单片微型计算机应用技术的入门教材。

单片机以体积小、功能强、可靠性好、性能价格比高等特点, 已成为实现工业生产技术进步和开发机电一体化和智能化测控产品的重要手段。鉴于当前国内单片机的实际应用情况及发展势态, 确定本书以 MCS-51 系列单片机为主要分析对象。编写中本着讲清概念、深入浅出、着眼应用、理论联系实际的原则, 各章安排了较多的例题、习题及思考题, 第 9 章还提供了单片机原理及应用方面的几个典型实例, 为实施讲练结合教学提供了方便。

全书共分 12 章及 5 个附录。分别介绍了计算机应用的基础知识、MCS-51 系列单片机的内部结构原理和存储系统、MCS-51 系列单片机指令系统、汇编语言程序设计、中断与定时/计数器、单片机输入/输出端口和自动控制中常用的接口技术、单片机应用系统设计方法及单片机仿真实验系统和 DBUG 编程软件的使用方法; 并在实验指导书中编入了 26 个软件和硬件实验课题, 在附录中有各个实验的参考程序和相关资料。

本书适用于高职高专和普通高等学校学生使用, 亦可供有关工程技术人员自学和参考。

本书由常州轻工职业技术学院吴国经副教授任主编, 并编写了第 9、10、11、12 章和附录, 常州轻工职业技术学院丁辉、杨文新任副主编, 分别编写了第 5、6、7、8 章和 1、2、3、4 章, 沙州工学院黄忠良、连云港职业技术学院郭志喜参编了 6、7 两章。全书统稿工作由吴国经完成。

江苏工业大学姚广平教授、袁斌老师对本书提出了许多宝贵意见和建议, 编者表示诚挚谢意。同时对所选用参考文献的编著者及对出版本书提供帮助的诸多同志一并致谢。

由于编者水平有限, 书中难免存在错误和疏漏, 恳请读者指正。

编 者

2003 年 10 月

目 录

序 言	
前 言	
第 1 章 基础知识	1
1.1 微型计算机的组成及工作原理	1
1.2 典型单片机产品简介	5
1.3 计算机中的数制与编码	9
1.4 二进制数的运算	13
1.5 习题	19
第 2 章 MCS-51 系列单片机的内部结构原理	20
2.1 MCS-51 系列单片机的硬件结构和引脚	20
2.2 中央处理单元 CPU	23
2.3 复位与时钟电路	25
2.4 习题	29
第 3 章 MCS-51 系列单片机的存储器	30
3.1 MCS-51 系列单片机的存储器结构	30
3.2 外部三总线	34
3.3 存储器的扩展	37
3.4 习题	51
第 4 章 MCS-51 系列单片机指令系统	52
4.1 指令系统概述	52
4.2 寻址方式	55
4.3 MCS-51 系列单片机指令	60
4.4 习题	85
第 5 章 汇编语言程序设计	88
5.1 汇编语言基本概念	88
5.2 顺序结构程序设计	95
5.3 分支结构程序设计	99
5.4 循环结构程序设计	101
5.5 子程序	106
5.6 习题	110
第 6 章 中断系统与定时/计数器	112
6.1 中断系统	112
6.2 定时/计数器	122
6.3 习题	131
第 7 章 输入/输出端口	133
7.1 并行 I/O 口	133
7.2 串行口	138
7.3 I/O 口的扩展	144
7.4 习题	156

第 8 章 接口技术	157
8.1 单片机应用系统 I/O 接口技术概述	157
8.2 显示器及键盘接口技术	159
8.3 D/A 转换电路与单片机的接口	174
8.4 A/D 转换电路与单片机的接口	178
8.5 串行通信接口技术	181
8.6 ISD1420 语音接口芯片及其应用	187
8.7 习题	191
第 9 章 单片机应用系统设计与实例	193
9.1 引言	193
9.2 单片机应用系统的设计	193
9.3 单片机报时控制系统	196
9.4 单片机控制注塑机	216
9.5 单片机温度模糊控制系统	224
9.6 习题	234
第 10 章 单片机开发系统及其使用方法	235
10.1 DVCC 系列单片机开发系统简介	235
10.2 DVCC-51-ED 型开发机的工作状态	241
10.3 键盘监控 LED 显示系统操作说明	242
10.4 与 PC 机联机通信	250
10.5 MCS-51 应用系统的调试	252
第 11 章 MCS-51 系列单片机 DBUG 软件使用方法	258
11.1 DBUG 软件启动	258
11.2 DBUG 的状态显示	258
11.3 DBUG 的常用功能	262
11.4 DBUG 主菜单命令简介	263
11.5 调试运行	267
11.6 DBUG-51 交叉汇编	271
第 12 章 单片机实验	280
12.1 概述及实验准备	280
12.2 软件实验	284
12.3 硬件实验	290
附录一 常用集成电路引脚图	305
附录二 ASCII 码 (美国标准信息交换码) 表	308
附录三 MCS-51 系列单片机指令系统表	309
附录四 MCS-51 系列单片机指令系统速查卡	314
附录五 学生实验参考程序	315
参考文献	336

第1章 基础知识

1.1 微型计算机的组成及工作原理

超大规模集成电路制造技术的不断发展把计算机的运算器和控制器集成在一块半导体芯片上（称微处理器），导致了一代新型电子计算机——微型计算机的诞生。

微型计算机自20世纪70年代以来得到了极其迅速的发展，先后经历了由第1代（4位微处理器），第2代（8位微处理器），第3代（16位微处理器）到第4代（32位微处理器）的发展过程。

1.1.1 微型计算机基本概念

1. 微处理器（CPU）

微处理器又称中央处理单元（Central Processing Unit, CPU），它是微型计算机的核心部件，目前都做成单一芯片的形式。

2. 微型计算机

微型计算机主要由微处理器、内部存储器及输入/输出I/O接口等部件组成，具有数据处理、程序存储和与外部设备进行信息交换的功能。如果将具有这3种功能的电路组装在1台机箱内，再配上电源及其相关部件，就构成了微型计算机；组装在1块印刷电路板上，就构成单板微型计算机；集成在1块芯片上，就构成了单片微型计算机。

3. 单片微型计算机

单片微型计算机简称单片机，它将微处理器、一定容量的存储器（RAM和ROM）及输入/输出接口电路等集成在一块芯片上，是目前销售量最大、应用面最广、价格最便宜的微型计算机。单片机具有体积小、功耗低、功能强、性能价格比高等优点，由单片机构成的各种类型的应用系统已深入到各个领域，在自动化装置、智能化仪器、过程控制和家用电器等方面得到日益广泛的应用。单片机的发展十分迅猛，从20世纪70年代至今经历了4个发展阶段，各阶段的代表产品就字长而言，分为4位、8位、16位和32位，单片机的性能不断地发展、完善，满足了各种不同程度的需要。

1.1.2 微型计算机系统的组成

微型计算机的硬件组成包括微处理器、存储器、系统总线和输入/输出接口等4个部分，而完整的微型计算机硬件系统还包括外部设备（简称外设），如图1-1所示。

1. 微处理器

微处理器CPU通常由以下两部分组成：

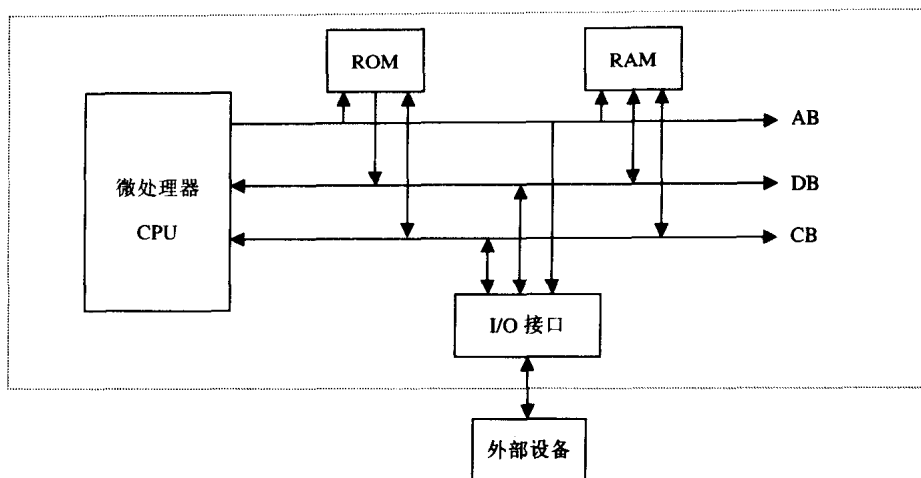


图 1-1 微型计算机系统的硬件组成

(1) 运算器。运算器是完成各种算术运算和逻辑运算的部件。

(2) 控制器。控制器是计算机的“神经中枢”，它指挥计算机的各个功能部件在程序的控制之下以一定的节拍有条不紊地进行工作。

2. 存储器

存储器是存放程序和数据的功能部件，在微型计算机系统中；存储器分内部存储器和外部存储器两种。内部存储器设置在计算机的内部，简称内存，能与CPU直接进行数据交换，存取速度快但容量较小，一般采用半导体存储器。外部存储器设置在计算机的外部，简称外存，作为内部存储器容量的补充，主要采用各种磁盘、光盘存储器等，这类存储器的存储容量大，但存取速度较慢，且必须通过内存才能与CPU交换数据。

(1) 半导体存储器的分类。按读写功能分，半导体存储器有只读存储器（ROM）和随机读写存储器（RAM）两类，如图1-2所示。

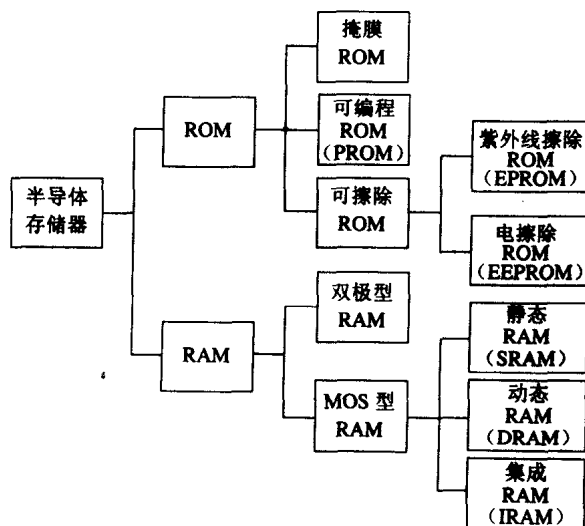


图 1-2 半导体存储器的分类

1) 只读存储器 (ROM)。ROM在使用过程中, 存储的信息只能被读出, 而不能用通常的方法写入, 在系统断电时, ROM中的信息并不会丢失。因此, 这类存储器适用于存放各种固定的系统程序、应用程序和常数等。ROM按制造工艺的不同可分为以下几种:

- 掩膜ROM。存储在ROM中的信息是在生产过程中用“掩膜”工艺固化在ROM芯片中的, 一旦做好, 不能更改。这种ROM只适用于存储成熟的固定程序和数据, 在大批量生产时, 可降低成本。
- 可编程ROM (PROM)。PROM中的信息由用户写入, 但只能写一次, 写入后的信息以后不能更改。
- 可擦除ROM。允许用户对已写入的信息进行多次修改, 但修改之前要先将原来的内容擦除掉, 按擦除方法不同, 又分为两种:

a) 紫外线擦除ROM (EPROM)。在芯片上有一窗口, 用紫外线擦抹器照射该窗口约20min后就可擦除, 然后加规定的编程电压可重新写入程序。

b) 电擦除ROM (EEPROM)。它允许用户利用+5V的电压擦除已存入的信息, 并可进行重新写入, 擦除和写入过程可在线完成, 不需将芯片从用户系统中取出。

2) 随机读写存储器 (RAM)。随机读写存储器中的内容可随时读出和写入, 但在系统断电后, 其中的内容将会丢失, 因此常用于存放程序运行所需要的各种数据, 而这些数据往往是经常变化的。RAM分为双极型RAM和MOS型RAM两种, 前者读写速度快, 但功耗大、集成度低, 因此在微型机中几乎都用后者。MOS型RAM又可分为3类:

- 静态RAM (SRAM)。其存储电路以双稳态触发器为基础, 状态稳定, 只要不断电, 信息可一直保存, 其优点是不需刷新, 缺点是集成度低, 适用于不需要大存储容量的微型机如单片机。
- 动态RAM (DRAM)。其存储单元以电容为基础, 电路简单、集成度高, 但会因为电容的电荷泄漏而造成信息的丢失, 因此, 需要每隔一定的时间利用刷新电路进行一次重写 (刷新), 这会增加系统硬件的投入, 适用于需要大存储容量的计算机。
- 集成RAM (IRAM)。它是一种能自动完成对存储在其中的信息进行周期性刷新的动态随机读写存储器。

(2) 存储器中常用的术语。

1) 位 (bit)。位是计算机中所能表示的最小的数据单位, 由于计算机中使用的是二进制, 因此, 位就是指1个二进制数码。

2) 字节 (Byte)。8位二进制数码称为1个字节, 用字母B表示。

3) 字 (Word)。字通常由16位二进制数码组成, 相当于2个字节。

4) 字长。字长是指计算机能一次处理二进制数码的位数, 它与该计算机的数据总线的位数相等。不同类型的计算机有不同的字长, 如MCS-51系列单片机字长为8位, 又称8位机。

(3) 存储器的主要参数。

1) 存储容量。存储容量用来反映存储器可存储的信息量的大小。存储器由许许多多的存储单元构成, 每个单元中可存储若干位数据, 1块存储器芯片的存储容量通常用存储单元个数与每个存储单元的位数的乘积来表示, 即

芯片容量=存储单元个数×存储单元的位数

例如：Intel的2114芯片容量为 1024×4 位；6116芯片的容量为 2048×8 位。

容量的单位除了用位表示之外，还可以用字节（B）、千字节（KB）、兆字节（MB）等单位表示，其换算关系是

$$1\text{KB} = 2^{10} \text{B} = 1024 \text{B}$$

$$1\text{MB} = 2^{10} \text{KB} = 1024 \text{KB}$$

例如：6116芯片的容量也可表示为2KB，即有2K（ 2×1024 ）个存储单元，每个单元由8个位组成。

2) 读写周期。读写周期是指内部存储器从接收到由CPU送来的存储单元地址开始，到读出或写入1个字节数据所需要的时间，它是表示存储器工作速度的重要指标。MOS型存储器的读写周期约为100~300ns。

3. 输入/输出（I/O）接口

I/O接口是微型计算机与外设连接和数据交换的通道，它的作用主要包括实现微型计算机与外设的速度匹配、电平匹配、数据的暂存及数据格式的转换等。

4. 系统总线

系统总线简称总线，是微型计算机系统中连接微处理器、存储器及I/O接口等功能部件并进行信息交换的公共通道。根据传送的信息类别不同，分为数据总线（Data Bus, DB）、地址总线（Address Bus, AB）和控制总线（Control Bus, CB）3种。

（1）数据总线。用来传送指令代码和数据信息，可以双向传输。数据总线的宽度一般与微型计算机的字长相同，如8位机的数据总线有8条。

（2）地址总线。用来传送地址信息，由CPU发出，只能单向传输。地址总线的宽度决定了微处理器所能寻址的存储器的容量。例如，微型计算机的地址总线有16条，则可寻址的存储器的容量为 2^{16} 字节，即64KB。

（3）控制总线。用来传送各种控制信号，控制信号分为两类，一类由CPU发出，另一类由外设发出，因此控制总线是双向的，数量因机型而异。

5. 外部设备

外部设备简称外设，它分为输入设备和输出设备两种。输入设备用于将程序及原始数据以计算机所能识别的形式送入计算机，例如键盘、鼠标、扫描仪等。输出设备用于将计算机的处理结果以人所能识别的形式表示出来，例如打印机、显示器、绘图仪等。加上必需的外设之后，微型计算机系统就可以进行各种运算和控制的工作了。

1.1.3 微型计算机的工作原理

每种型号的CPU都有自己的指令系统，每条指令一般由指令操作码（规定指令的操作类型）和操作数（规定指令的操作对象）两部分组成。用户根据要完成的任务先编好程序，再通过输入设备（如键盘）将程序送入存储器中，微型计算机开始工作后，只要将该程序在存储器中的起始存入地址送入微处理器中的程序计数器（PC），微处理器就能根据PC中的地址值找到对应的存储单元，并取出存放在其中的指令操作码送入微处理器中的指令寄存器（IR），由指令译码器（ID）对操作码进行译码，并由微操作控制电路发出相应的微

操作控制脉冲序列，去取出指令的剩余部分（如果指令不止1个字节的长度）并完成指令赋予的操作功能。在取指令的过程中，每取出1个单元的指令，PC自动加1，形成下一个存储单元的地址。以上为一条指令的执行过程，如此不断重复上述过程，直至执行完最后一条指令为止。

综上所述，微型计算机的基本工作过程是执行程序的过程，也就是CPU自动从程序存放的第1个存储单元起，逐步取出指令、分析指令，并根据指令规定的操作类型和操作对象，执行指令规定的相关操作。如此重复，周而复始，直至执行完程序的所有指令，从而实现程序的基本功能，这就是微型计算机的基本工作原理。

1.2 典型单片机产品简介

1.2.1 Intel 公司单片机

国外有很多著名的公司生产单片机产品，如美国Intel、Motorola、日本NEC公司等。Intel公司在单片机产品市场上占有领先地位，在我国国内，Intel产品得到了广泛的使用，下面我们介绍其中两种较为流行的产品。

1. MCS-51 系列单片机

MCS-51系列单片机是Intel公司在1980年推出的高档8位单片机，在目前单片机市场中，8位机仍占主导地位，而MCS-51系列单片机具有良好的性能价格比，是目前单片机开发和应用的主流机型。

MCS-51系列单片机的主要性能如表1-1所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机主要性能

特性 类别		ROM形式			片内 RAM (B)	程序和 数据存 储器寻 址能力	16位 定时器 计数器	I/O 接口 数目	串行 通信 方式	中断 源(2 个优 先级)	其 他
		片内 掩膜 ROM	片内 EPROM	片内无 ROM 需外接 ROM							
基本型	8×51族	8051 4KB	8751 4KB	8031	128	2×64K	2	4×8	同步/异步, 8/10位可编程	5	8031价格最 低, 系统扩展 灵活
	8×C51族	80C51 4KB	87C51 4KB	80C31	128	2×64K	2	4×8	同步/异步, 8/10位可编程	5	87C51有两 级程序保密 系统
强化型 8×52族		8052 8KB	8752 8KB	8032	256	2×64K	3	4×8	同步/异步, 8/10位可编程	6	
超级型 8×C252族		80C252 8KB	87C252 8KB	80C232	256	2×64K	3	4×8	同步/异步, 8/10位可编程	7	两级程序保 密系统; 脉冲 宽度调制输 出; 可编程计 数器阵列
改进型 8×44族		8744 4KB	8744 4KB	8344	192	2×64K	2	4×8	HDLC/ SDLC	5	I/O处理机

2. MCS-96 系列单片机

MCS-96系列单片机是Intel公司在1983年推出的16位单片机，它与8位机相比，具有集成度高、运算速度快等特点。它的内部除了有常规的I/O接口、定时器/计数器、全双工串行口外，还有高速I/O部件、多路A/D转换、脉宽调制输出等电路，其指令系统也更加丰富。

MCS-96系列单片机的主要性能如表1-2所示。

表 1-2 MCS-96 系列单片机主要性能

特性 型号	片内ROM 的型号	HISO 通道数	A/D 通道数	串行 I/O端口	PWM 输出口数	16位定时/计 数器数	8位定时/计 数器数	备 注
8094BH	8394BH	HSIO		有	1		4	
	8794BH	HSIO		有	1	2	4	
8095BH	8395BH	HSIO	8	有	1	2	4	
	8795BH	HSIO	8	有	1	2	4	
8096BH	8396BH	HSIO		有	1	2	5	
	8796BH	HSIO		有	1	2	5	
8097BH	8397BH	HSIO	8	有	1	2	5	
	8797BH	HSIO	8	有	1	2	5	
8097JF	8397JF	HSIO	8	有	1	2	5	
	8797JF	HSIO	8	有	1	2	5	
80C198	83C198	HSIO	4	有	1	2	5	
	87C198	HSIO	4	有	1	2	5	
80C196KB	83C196KB	HSIO	4	有	1	2	5	
	87C196KB	HSIO	4	有	1	2	5	
80C196KC	87C196KC	HSIO	8	有	3	2	5	PTS通道
80C196KR	87C196KR	EPA	8	有		2	7	PTS通道
80C196MC	87C196MC	EPA	13	有		2	5	三相波形发 生器

1.2.2 ATMEL 公司单片机

ATMEL公司于1992年推出全球第一个3V超低压Flash存储器，并于1994年以EEPROM技术与Intel公司的80C31核进行技术交换，从此拥有了80C31核的使用权，并将ATMEL特有的Flash技术与80C31核结合在一起，生产出AT89C51系列单片机。

ATMEL公司的AT89C51系列单片机均以MCS-51系列单片机作为内核，同时，该系列的各种型号的产品又具有十分突出的个体特色，已经成为广大MCS-51系列单片机用户进行电子设计与开发的优选单片机品种，表1-3列出了AT89C51系列单片机的主要性能。

表 1-3 AT89C51 系列单片机主要性能

型号 特性	AT89 C1051	AT89 C2051	AT89 C51	AT89 C52	AT89 LV51	AT89 LV52	AT89 C55	AT89 S8252
Flash程序存储器	1KB	2KB	4KB	8KB	4KB	8KB	20KB	8KB
片内RAM	64B	128B	128B	256B	128B	256B	256B	256B
片内EEPROM	0	0	0	0	0	0	0	2KB
SPI接口	无	无	无	无	无	无	无	有
系统可编程性	—	—	可以	可以	可以	可以	可以	可以
16位定时/计数器	1	2	2	3	2	3	3	3
串行卸载	—	—	—	—	—	—	—	可以
数据指针	1	1	1	1	1	1	1	2
加密位	2	2	3	3	3	3	3	3
临控定时器	无	无	无	无	无	无	无	有
全双工串行口	无	有	有	有	有	有	有	有
片上模拟比较器	有	有	无	无	无	无	无	无
I/O端子	15	15	32	32	32	32	32	32
中断矢量	3	5	5	6	5	6	6	6
外部地址数据总线	无	无	有	有	有	有	有	有
待机与掉电方式	有	有	有	有	有	有	有	有
通过中断退出 掉电状态	—	—	—	—	—	—	—	可以
电源电压	2.7~6.0	2.7~6.0	4.0~6.0	4.0~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0	2.7~6.0
晶振频率 (MHz)	0~24	0~24	0~24	0~24	0~12	0~33	0~33	0~33
引脚数	20	20	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44
每个I/O引脚输出电流 (mA)	20	20	10	10	10	10	10	10
最大驱动 总电流 (mA)	80	80	71	71	71	71	71	71

AT89C51系列单片机是一种低功耗高性能CMOS型8位单片机，它除了具有与MCS-51系列单片机完全兼容的若干特性外，最为突出的优点就是其片内集成了4KB的Flash PEROM (Programmable Erasable Read Only Memory)，可用来存放应用程序，这个Flash程序存储器允许用一般的编程器离线编程外，还允许在应用系统中实现在线编程，并且还提供对程序进行三级加密保护的功能。AT89C51系列单片机的另一个特点是工作速度更高，晶振频率可高达24MHz，1个机器周期仅500ns，比MCS-51系列单片机快了1倍。AT89C51系列单片机除了40脚双列直插式塑料封装品种外，还提供多种封装形式的产品。图1-3为AT89C51系列单片机的引脚图。

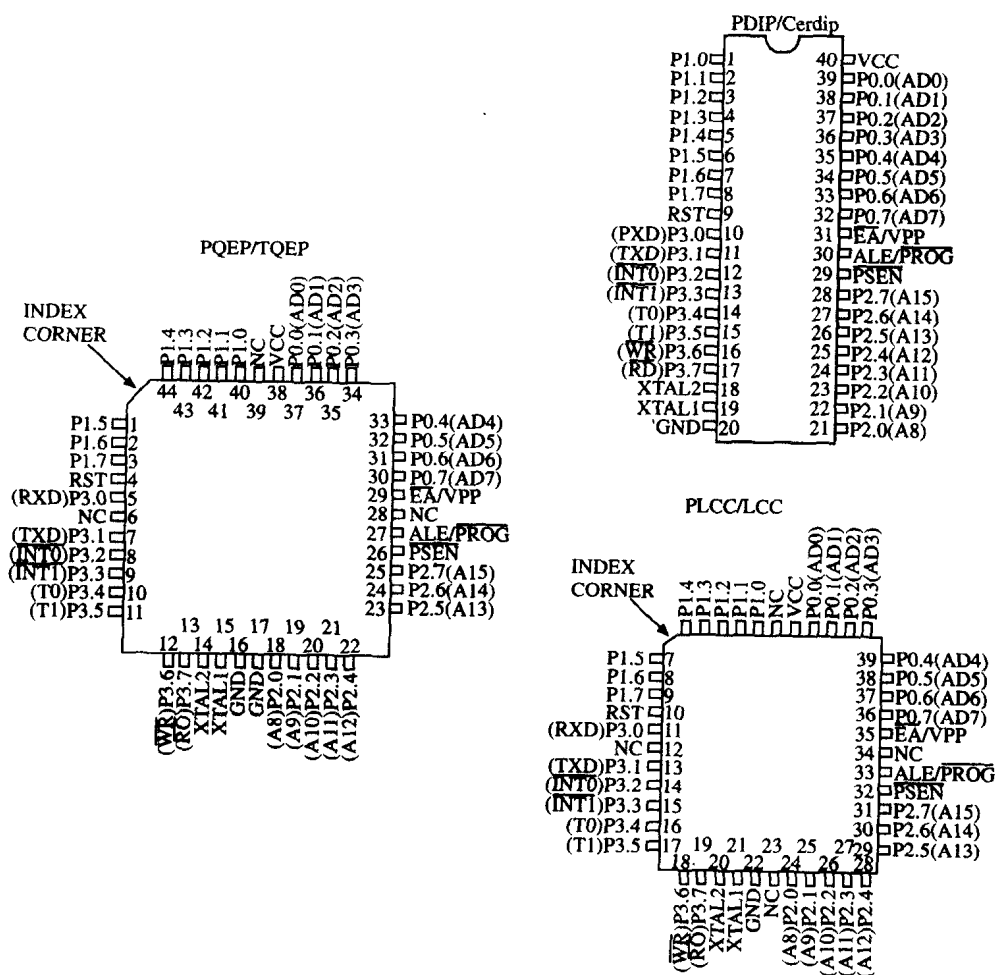


图 1-3 AT89C51 系列单片机的引脚图

1.2.3 单片机的应用

单片机因具有体积小、成本低、控制灵活、易于产品化等特点，特别是强大的面向控制的能力，使它在工业自动化控制、智能仪表、自动测控系统、家用电器、机器人、军事装置等方面得到广泛的应用，以下列出单片机的几个主要应用领域。

1. 工业自动化控制

在工业自动化控制领域中，单片机与传统的机械产品相结合，使机械产品的结构简单化、控制智能化，构成了各种新型的机电一体化产品，主要的应用有数控机床、可编程控制器、电机控制、工业机器人等。

2. 智能仪表

在传统的仪器、仪表中加入单片机，可以很好地解决测量过程中出现的误差修正、线性化处理等技术难题，满足了仪表的数字化、智能化、综合化、柔性化等发展要求，使改进后的仪表成本低、质量轻、性能好。

3. 自动测控系统

在工业控制领域,经常用到各种测量控制系统,该类系统主要完成数据采集、数据处理、实时控制等功能,利用单片机构成的各种实时控制系统和数据采集系统得到了广泛的应用。将测量技术、自控技术和单片机技术相结合,充分发挥数据处理和实时控制功能,使系统工作处于最佳状态、提高系统的生产效率和产品的质量,不仅可实现一般的运动控制和过程控制,还可组成复杂的多机集散控制系统。

4. 家用电器

将单片机使用到家用电器中,可以构成各种各样的智能化产品,使单片机的应用更加贴近人们的日常生活,如微波炉、电视机、自动洗衣机、VCD、照相机、空调等,还有高级电子玩具以及各种办公设备,如打印机、传真机、复印机等。

5. 其他领域

单片机还广泛应用于各种其他领域,如通信方面的调制解调器、移动电话、程控交换技术等;军事方面的航天飞机导航系统、导弹制导系统、鱼雷制导系统、智能武器装置等,以及交通运输方面的汽车的点火装置、变速器控制、排气控制、交通信号灯控制系统等。

1.3 计算机中的数制与编码

1.3.1 数制及数制间的转换

1. 常用数制

数制也就是进位制,计算机中常用的进位制有二进制、八进制、十进制、十六进制等。其中二进制是计算机内部使用的,而八进制、十进制、十六进制通常是人们书写程序或描述计算机工作过程时使用的。

(1) 十进制。十进制在人们日常生活中被习惯地使用,它由0~9十个数字组成,且逢十进位。例如

$$1356.78 = 1 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

其中 10^3 , 10^2 , 10^1 , 10^0 , ...为十进制数各位的位权,10称为十进制的基。十进制数用字母D结尾,字母可省略。

(2) 二进制。二进制由0和1两个数字组成,且逢二进位。由于计算机内部的电子线路可以很方便地用两种稳态来表示0和1两种代码,如线路中的高电平和低电平、元件的导通和截止等,这就使数据在计算机中的存储、传输和处理成为可能,因此,二进制是计算机内部惟一使用的进制。二进制数用字母B结尾,例如

$$\begin{aligned} 10101100.11\text{B} &= 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 172.75 \end{aligned}$$

其中 2^3 , 2^2 , 2^1 , 2^0 , ...为二进制数各位的位权,2称为二进制的基。

(3) 十六进制。二进制虽然是计算机中惟一使用的,但它有一个缺点,就是在表示一个数的时候,位数较长,书写和阅读都不太方便,所以我们在书写时通常使用十六进制数。

十六进制由数字0~9及字母A、B、C、D、E、F共十六个数码组成,遵循逢十六进位的原则。十六进制数用字母H结尾,例如