

高职、高专计算机系列教材



MCS-51单片机原理及应用

● 杜华兵 主编

华中科技大学出版社

68.1-43
7b

高职、高专计算机系列教材

MCS-51 单片机原理及应用

主 编 杜华兵

副主编 李 琳 郭福州 肖来胜

盛集明 唐铸文

编 者 曹甜冬

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 单片机原理及应用/杜华兵 主编
武汉:华中科技大学出版社, 2002年3月
ISBN 7-5609-2656-8

I. M…

I. ①杜… ②李… ③郭… ④肖… ⑤盛… ⑥唐… ⑦曹…

Ⅲ. 单片微型计算机, MCS-51 系列-高等学校:技术学校-教材

IV. TP368.1

MCS-51 单片机原理及应用

杜华兵 主编

责任编辑:谢燕群 胡 艳
责任校对:封春英

封面设计:刘 卉
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学惠友科技文印中心
印 刷:华中科技大学出版社沔阳印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:13

字数:290 000

版次:2002年3月第1版

印次:2002年3月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5609-2656-8/TP·460

定价:16.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书系统详尽地介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、接口电路、中断系统及单片机各功能部件的组成和应用等内容。通过各功能部件的应用实例，阐述了单片机应用与开发的基本方法和技巧。各章后备有习题，以利于读者巩固所学知识。书后附录中给出了相关的实验指导，若能做完附录中所有实验，就能更好地掌握多方面的软、硬件知识，大大提高动手能力，为日后工作打下良好基础。

本书可供高等专科院校、高等职业技术学院及中等职业技术学校等院校的计算机专业学生使用，也可作为广大计算机爱好者的自学参考书。

面向 21 世纪计算机教材出版指导委员会

- 主任 陈火旺（中国科学院院士）
沈绪榜（中国科学院院士）
邹寿彬（华中科技大学博士生导师）
- 委员（以姓氏笔画为序）
王长胤 韦 敏 卢开澄 卢正鼎
张 峰 何炎祥 苏锦祥
- 秘书 沈旭日

高职、高专计算机系列教材编委会

- 顾问 胡金柱 瞿 坦
- 编委（以姓氏笔画为序）
王绍卜 毛芳烈 王前新 叶远谋 刘小芹 向显智
张学礼 张桂宁 张栾勤 李家瑞 邹依琴 唐铸文
黄元山 黄东峰 程时兴 覃晓康 黎秋萍
- 秘书 曾 光 谢燕群

前 言

近年来，随着计算机技术日新月异，单片机档次也不断提高，其应用领域也不断扩大，特别是在工业测量与控制、智能仪器仪表、日用家电等领域更为普遍。

为了尽快推广单片机应用技术，使科技人员在单片机软、硬件的应用与开发方面打下坚实的基础，我们特编写此教材，向读者介绍的是最有代表性的主流机型 MCS-51 系列单片机，因为它所拥有的用户最多、应用最广、功能最完善。在详细地介绍了 MCS-51 单片机硬件结构、工作原理、指令系统、接口电路、中断系统及单片机各功能部件的组成和应用等内容的基础上，以大量的应用实例进一步介绍了单片机应用与开发的基本方法和技巧。

本书第 1、2、3 章由黄石高专肖来胜编写，第 4、5、6 章由武汉职业技术学院李琳编写，第 7 章由黄冈职业技术学院郭福州编写，第 8、9 章及实验指导由荆门职业技术学院杜华兵编写，第 10 章由荆门职业技术学院盛集明、唐铸文编写。全书由杜华兵任主编，负责审定全书的内容。

在本书编写过程中，得到了华中科技大学出版社的领导及相关编辑们的大力支持及帮助；同时也得到荆门职业技术学院计算机系同仁们的关心，他们提出了极好的建议；还得到了我校各级领导的关心及支持。在此，一并致以真诚的谢意。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 1 月

目 录

第 1 章 单片机概述	(1)
1.1 单片机基础知识	(1)
1.1.1 计算机的基本结构	(1)
1.1.2 微型计算机结构	(2)
1.1.3 单片机及其结构特点	(2)
1.2 单片机的发展历史与发展方向	(3)
1.3 单片机的应用	(4)
1.4 MCS 系列单片机简介	(5)
1.4.1 MCS-51 系列单片机	(5)
1.4.2 MCS-96 系列单片机	(5)
习题一	(6)
第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构与工作原理	(7)
2.1 MCS-51 单片机的主要性能特点	(7)
2.2 MCS-51 单片机内部结构	(8)
2.2.1 总体结构	(8)
2.2.2 CPU 程序设计模型	(9)
2.3 MCS-51 的引脚功能	(11)
2.4 MCS-51 单片机的存储器配置	(12)
2.4.1 程序存储器	(13)
2.4.2 数据存储器	(14)
2.5 时钟电路、复位电路和 CPU 时序	(19)
2.5.1 时钟电路	(19)
2.5.2 复位电路	(19)
2.5.3 CPU 时序	(20)
2.6 并行 I/O 端口	(20)
习题二	(24)
第 3 章 指令系统	(25)
3.1 寻址方式	(25)
3.2 数据传送类指令	(26)
3.2.1 以累加器 A 为一方的传送指令	(27)
3.2.2 不以累加器 A 为一方的传送指令	(27)
3.2.3 用立即数置数的指令	(28)

3.2.4	访问片外 RAM 的传送指令	(28)
3.2.5	基址寄存器加变址寄存器间址指令	(29)
3.2.6	交换指令	(29)
3.2.7	进栈出栈指令	(29)
3.3	算术运算类指令	(31)
3.3.1	加法指令	(31)
3.3.2	减法指令	(31)
3.3.3	加 1 指令	(32)
3.3.4	减 1 指令	(32)
3.3.5	其他算术运算指令	(33)
3.4	逻辑运算类指令	(34)
3.4.1	与指令	(34)
3.4.2	或指令	(34)
3.4.3	异或指令	(35)
3.4.4	A 操作指令	(35)
3.5	控制程序转移类指令	(37)
3.5.1	无条件转移指令	(37)
3.5.2	条件转移指令	(38)
3.5.3	调子程序指令	(39)
3.5.4	空操作指令	(40)
3.6	位操作类指令	(41)
3.6.1	位传送指令	(41)
3.6.2	位逻辑操作指令	(41)
3.6.3	位条件转移指令	(42)
习题三	(43)
第 4 章	汇编语言程序设计方法	(45)
4.1	汇编语言的格式	(45)
4.1.1	汇编语言指令格式	(45)
4.1.2	伪指令	(46)
4.1.3	机器语言指令格式	(47)
4.2	汇编语言程序设计	(48)
4.2.1	顺序程序	(48)
4.2.2	查表程序	(49)
4.2.3	分支程序	(51)
4.2.4	循环程序	(56)
4.2.5	位操作程序	(57)
4.2.6	子程序	(59)
习题四	(60)

第 5 章 定时器/计数器.....	(61)
5.1 定时器/计数器的控制.....	(61)
5.1.1 定时器/计数器的结构.....	(61)
5.1.2 定时器/计数器的方式寄存器和控制寄存器.....	(62)
5.2 定时器/计数器的工作方式.....	(63)
5.2.1 工作方式 0.....	(63)
5.2.2 工作方式 1.....	(64)
5.2.3 工作方式 2.....	(65)
5.2.4 工作方式 3.....	(66)
5.3 定时器/计数器的应用.....	(66)
5.3.1 方式 0 的应用.....	(66)
5.3.2 方式 1 的应用.....	(67)
5.3.3 方式 2 的应用.....	(68)
5.3.4 方式 3 的应用.....	(69)
5.3.5 脉冲宽度测量.....	(70)
习题五.....	(71)
第 6 章 串行接口.....	(72)
6.1 串行接口的工作原理及控制.....	(72)
6.1.1 串行通信的基本方法.....	(72)
6.1.2 串行通信中的几个问题.....	(73)
6.1.3 MCS-51 串行口的控制.....	(74)
6.2 串行口通信的工作方式.....	(76)
6.2.1 方式 0.....	(76)
6.2.2 方式 1.....	(77)
6.2.3 方式 2 和方式 3.....	(78)
6.2.4 串行口波特率的设置.....	(79)
6.3 串行口应用.....	(81)
6.3.1 串行口在方式 0 下的应用.....	(81)
6.3.2 串行口在方式 1 下的应用.....	(82)
6.3.3 串行口在方式 2、3 下的应用.....	(84)
6.3.4 串行口在多机通信中的应用.....	(85)
习题六.....	(86)
第 7 章 中断系统.....	(87)
7.1 中断系统概述.....	(87)
7.1.1 中断的概念.....	(87)
7.1.2 中断源.....	(88)

7.1.3 中断系统的功能.....	(88)
7.2 MCS-51 中断系统.....	(89)
7.2.1 中断源.....	(89)
7.2.2 中断请求标志.....	(90)
7.2.3 中断控制.....	(91)
7.3 中断系统应用.....	(93)
7.3.1 定时器作外部中断源.....	(93)
7.3.2 中断和查询相结合的方法.....	(93)
7.3.3 用优先编码器扩展中断源.....	(94)
习题七.....	(96)
第 8 章 MCS-51 单片机系统扩展及接口技术.....	(98)
8.1 程序存储器的扩展.....	(98)
8.2 数据存储器的扩展.....	(99)
8.3 I/O 口的扩展.....	(100)
8.3.1 概述.....	(100)
8.3.2 地址译码法.....	(101)
8.3.3 用 TTL 芯片扩展 I/O 口.....	(102)
8.3.4 8255A 可编程并行 I/O 口扩展.....	(103)
8.3.5 8155 可编程 I/O 口的扩展.....	(108)
8.3.6 8243 并行 I/O 口的扩展.....	(112)
8.4 A/D 转换接口扩展.....	(115)
8.4.1 逐次逼近式 A/D 转换器.....	(115)
8.4.2 A/D 转换器的主要技术指标.....	(116)
8.4.3 MCS-51 单片机与 A/D 转换器接口应用.....	(117)
8.5 D/A 转换接口扩展.....	(120)
8.5.1 D/A 转换器原理及性能.....	(120)
8.5.2 MCS-51 单片机与 D/A 转换器接口应用.....	(121)
习题八.....	(124)
第 9 章 MCS-51 单片机应用系统.....	(125)
9.1 单片机应用系统设计的基本要求.....	(125)
9.1.1 可靠性设计.....	(125)
9.1.2 系统自诊断功能.....	(130)
9.1.3 操作维修方便.....	(130)
9.1.4 性能/价格比.....	(130)
9.2 单片机应用系统的研制方法.....	(130)
9.2.1 总体设计.....	(131)
9.2.2 硬件设计.....	(132)

9.2.3 软件设计	(133)
9.3 应用系统实例	(136)
9.3.1 单片微机防盗报警系统	(136)
9.3.2 单片机温度检测系统	(146)
习题九	(153)
第 10 章 单片机应用系统的开发及开发工具	(154)
10.1 单片机应用系统的软、硬件开发	(154)
10.1.1 软件与硬件设计	(154)
10.1.2 开发的方法	(155)
10.2 单片机开发系统	(157)
10.2.1 单片机开发系统的概念	(157)
10.2.2 单片机开发系统的功能	(157)
10.3 应用系统的安装调试	(160)
10.3.1 硬件调试方法	(160)
10.3.2 软件调试方法	(161)
10.4 DVCC-51S(SH)单片机实验 (开发) 仪	(161)
10.4.1 概述	(162)
10.4.2 键盘监控使用简介	(164)
10.4.3 DBUG 软件使用简介	(168)
习题十	(171)
附录一 实验指导	(172)
实验一 清零程序	(172)
实验二 数据区传送子程序	(172)
实验三 多分支程序	(173)
实验四 脉冲计数(定时/计数器)实验	(174)
实验五 电脑时钟 (定时器、中断综合实验)	(177)
实验六 P1 口转弯灯实验	(179)
实验七 用 8255 芯片控制交通灯	(181)
实验八 A/D 转换实验	(184)
实验九 D/A 转换	(185)
实验十 步进电机控制	(188)
附录二	(191)
参考文献	(196)

第 1 章

单片机概述

1.1 单片机基础知识

计算机是 20 世纪的重大科学技术成就之一，它的应用已经进入了社会生活的各个领域，有力地推动了社会的发展。计算机的全名是电子数字计算机，它是一种能存储程序，能自动连续地对各种数字化信息快速进行算术、逻辑运算的工具。信息数字化和存储程序工作方式是计算机的两个显著特点。

1.1.1 计算机的基本结构

计算机的结构框图如图 1.1 所示，它由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备 5 大部分组成。

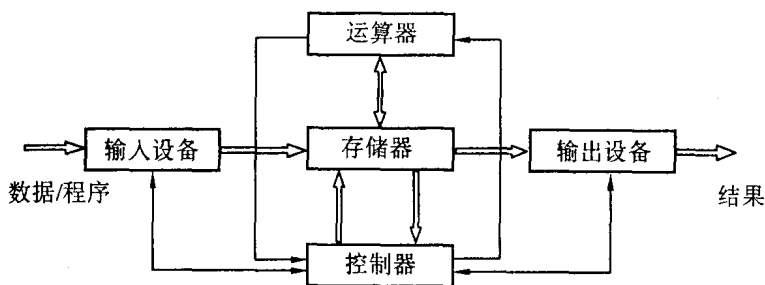


图 1.1 计算机的结构框图

控制器产生一系列控制命令，控制计算机各部件自动地、协调一致地工作，它是计算机的指挥中心。运算器的功能是实现数据的算术逻辑运算，进行变量处理和数据传送操作。由于运算器、控制器是计算机处理信息的关键部件，所以常将它们合称为中央处理单元 CPU，CPU 是整个计算机的核心。

存储器是计算机的重要组成部分，是存放数据与程序的部件。正因为存储器具有了存放数据和程序的能力，从而使计算机能脱离人的直接干预而自动地工作。

输入设备用来输入数据与程序，以及向 CPU 发出请求命令。常用的输入设备有键盘

和鼠标等。输出设备将计算机的有关数据或处理结果用数字、图形等形式表示出来。最常用的输出设备就是打印机。

1.1.2 微型计算机结构

随着大规模集成电路技术的发展，运算器、控制器已经能够被集成在一块硅片上，成为独立的芯片。该芯片称为微处理器或微处理机，即 CPU。存储器也已经集成为一块独立的芯片。

微处理器芯片、存储器芯片与输入/输出接口(亦称 I/O 接口) 电路芯片构成了微型计算机，各芯片之间用总线连接，如图 1.2 所示。

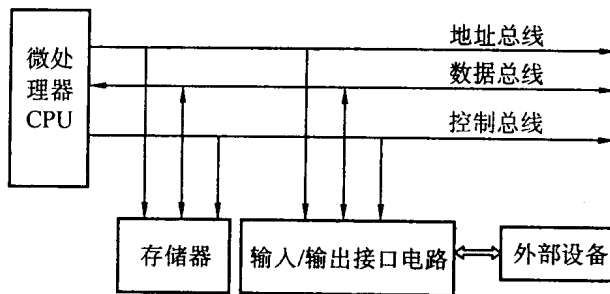


图 1.2 微型计算机结构

1.1.3 单片机及其结构特点

单片机是指在一块硅片上集成了中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、程序存储器 (ROM 或 EPROM)、定时/计数器以及各种 I/O 接口的计算机，也就是指各部件都集成在一块芯片上的计算机。单片机实质上是计算机的一个特例或者一个分支。由于单片机一般是针对与控制有关的数据处理而特别设计的，因而又直接称单片机为微处理器。

单片机在系统结构上具有以下几方面的特点：

(1) 在系统结构上采用哈佛型

一般的通用计算机在系统结构上采用冯·诺依曼型结构，如图 1.3(a)所示，其特点是

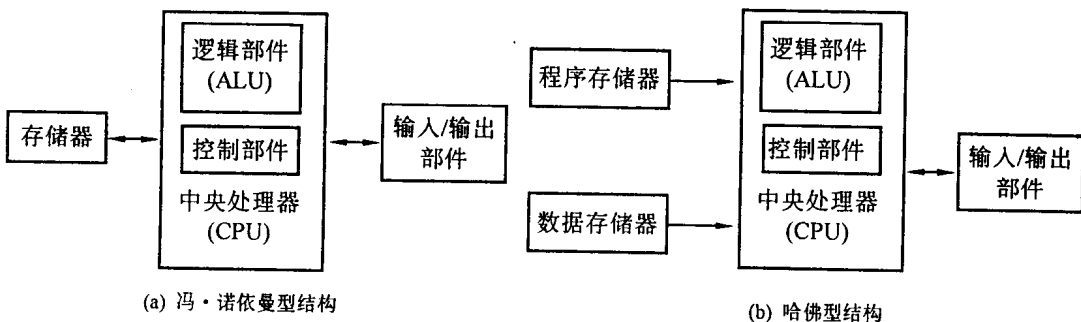


图 1.3 计算机系统结构

数据与程序共用一个存储器；而单片机在系统结构上采用哈佛型结构，如图 1.3(b)所示，其结构特点是将数据与程序分别存放在两个存储器中，一个称为数据存储器，另一个称为程序存储器。为什么要这样安排单片机的存储结构呢？这是由单片机的应用特点所决定的，因为单片机在应用时往往是为某个特定对象服务的，它的程序调试成功后，一般是固定不变的，因此将程序一次性永久地固化到单片机内，不仅省去了每次开机后的程序重新装入步骤，还可以有效地防止因掉电或其他干扰引起的程序丢失和错误。

(2) 有极强的布尔处理能力

由于控制应用中往往开关量多，因而要求系统对开关量的处理功能要强。具体表现在单片机上就是要求系统有位寻址功能及对位的各种算术及逻辑处理和逻辑控制功能，这些功能构成一个布尔处理机的环境。

(3) 有较齐全的输入/输出接口及实时中断功能

一般单片机上都配有并行口、串行口、计数/定时器，有的还配有 A/D 及 D/A 转换器，以适应不同的应用场合。

(4) 有实时控制的特殊电路

有掉电保护及复位电路、时间监视定时器电路等。

单片机有许多的优点，其主要的优点如下：

① 体积小、重量轻。

② 电源单一、功耗低。

③ 功能强、价格低。

④ 各部件全部集成在一块芯片上，布线短，布局合理。数据大都在单片机内传送，所以运行速度快，抗干扰能力强，可靠性高。

1.2 单片机的发展历史与发展方向

单片机的历史非常短暂，然而发展十分迅猛。自 1971 年美国 Intel 公司首先研制出 4 位单片机 4004 以来，它的发展可粗略的划分为 4 个阶段。

第一阶段：1971~1976 年，为萌芽阶段。开发出了各种 4 位单片机，多用于家用电器、计算器、高级玩具等。

第二阶段：1976~1983 年，为初级 8 位机阶段。开发出了各种中、低档 8 位单片机，典型的为 MCS-48 系列单片机。片内含多个 8 位并行 I/O 接口、一个 8 位定时/计数器，不带串行 I/O 接口，其功能可满足一般工业控制和智能化仪器仪表等的需要。

第三阶段：1980~1983 年，为高级 8 位机阶段。开发出了高性能的 8 位单片机，如 MCS-51 系列单片机，它带有串行接口和多个 16 位定时/计数器，具有多种中断功能。这一阶段进一步拓宽了单片机的应用范围，使之能用于智能终端、局部网络的接口，并能应用于个人计算机领域。

第四阶段：1983 年以后，为 16 位单片机阶段。开发出了 MCS-96 系列等 16 位单片机。16 位机功能很强，片内有 A/D 转换器，但价格却与原来的 4 位机相差不大，网络通信能力也大大提高，且可用于高速的控制系统。

在国际市场上，单片机产品的类型很多，其中 Intel 公司的产品比较领先，占有市场份额较大。在我国，Intel 公司的 MCS-48 系列、MCS-51 系列、MCS-96 系列单片机使用得最多，占有主流地位。

纵观各个系列的单片机产品特性可以看出，单片机正朝以下两个方向发展：

一、性能不断提高，功能越来越强，许多单片机可以满足各种复杂应用系统的要求，如 Intel 公司的 MCS-96 系列、Motorola 公司的 MC68HC11 系列等。

二、在中小型智能产品，尤其是电子产品的应用中，单片机则朝小型、超低功耗、低成本、多品种等方向发展。例如，美国 Microchip 公司开发 PIC 系列、Zilog 公司开发 CCP 系列时，他们不搞单片上功能的堆积，而是从实际出发，重视产品的性能价格比，开发各种型号来满足不同层次的应用需求。

从生产工业的角度来看，随着大规模集成电路技术的发展，单片机经历了 PMOS、NMOS、HMOS、CMOS 等各个阶段，现正朝着改进型 CMOS 工艺的方向发展。

1.3 单片机的应用

单片机的应用大致可分成以下几类：

① 因它具有小、轻、廉、省的特点，尤其是耗电少，又可使供电电源的体积小、重量轻，所以在家用电器、玩具、游戏机、声像设备、电子称、收银机、办公设备、厨房设备等许多产品上得到应用。

② 适用于仪器、仪表等测量设备：它的处理(运算、误差纠正、线性化、零漂处理)、监控等功能，易于实现数字化和智能化。

③ 多用于数控机床、缝纫机械、医疗设备、汽车等，有利于机电一体化技术的发展。

④ 广泛地用于打印机、绘图机等多种计算机处理设备，特别是用于智能终端，可大大减轻主机负担。

⑤ 应用于工业控制，如温度控制、液面控制、电镀生产线顺序控制等。

在使用单片机时，最好采用多机应用。例如，加工中心机床的各种功能可分散由各个单片机子系统分别完成，上级主机负责统管协调；又如，在要求较高的数据检测采集系统中，每一采集通道可以是一个单片机子系统，可以实现多点同时快速采集和预处理，然后再由主机进行集中处理和控制在，以构成大型的实时测控系统。

从以上可以看出，单片机几乎在人类生活的各个领域中都表现出了强大的生命力，随着单片机性能的进一步提高，单片机必将得到更加广泛的应用。

值得特别指出的是，单片机的出现对电子电路设计者产生了观念上的冲击。过去经常采用模拟电路、脉冲电路、组合逻辑实现电子电路系统，而现在相当一部分可以用各种单片机予以取代。传统的设计方法正在演变成软件和硬件相结合的设计方法，许多电子电路的设计问题将转化为程序设计问题。

1.4 MCS 系列单片机简介

1.4.1 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的新产品，是当前工业测量与控制系统中较为理想的机种。此系列单片机中又可分为如下几种类型。

(1) 基本型 8051/8751/8031 单片机

这 3 个机种的区别仅在于片内程序存储器：8051 单片机的程序存储器为 ROM，8751 单片机的程序存储器为 EPROM，8031 单片机内无程序存储器。其它功能结构则完全一致。

(2) 8052/8032 单片机

这是增加内存单元型两个改进型机种，片内 ROM 与 RAM 各增大了一倍，具有 8KBROM，256BRAM。另外还增加了一个定时/计数器与一个中断源。

(3) 低功耗型 80C51/87C51/80C31 单片机

这 3 个机种是 8051 的 CHMOS 型，功能与 8051 完全兼容，特点是功耗低，能用电池供电进行工作，有较宽的工作电压范围，抗干扰能力强。

1.4.2 MCS-96 系列单片机

MCS-96 系列单片机是 Intel 公司 1983 年以后陆续推出的产品，是高性能 16 位单片机系列，性能较 MCS-51 单片机有了较大的改进，特别适用于实时要求很高的控制场合。其主要性能特点为：

- ① 具有 16 位 CPU，其主频为 12MHz。
- ② 采用新颖的寄存器堆/运算逻辑部件(RALU)。
- ③ 片内 ROM 为 8KB，RAM 为 232B。
- ④ 具有 4 条高速触发输入线、6 条高速脉冲输出线和定时功能。它的 4 个 16 位的软件定时器件能同时工作。
- ⑤ 有的芯片具有 10 位 A/D 转换器。
- ⑥ 运算能力加强，在 12MHz 主频下可实现 16 位加法运算(1 μ s)，16 位 \times 16 位乘法运算和 32 位 \div 16 位的除法运算(6.5 μ s)。

表 1.1 列出了 MCS-96 系列各种产品的主要性能。

表 1.1 MCS-96 系列产品性能表

ROM 型	ROM 型	EPROM 型	ROM 容量	RAM 容量	I/O 引脚	A/D 通道
8395	8095	×	8KB		29	4
8396	8096	×	8KB	232	48	×
8397	8097	×	8KB	232	40	3

续表

ROM 型	ROM 型	EPROM 型	ROM 容量	RAM 容量	I/O 引脚	A/D 通道
8395BH	8095BH	8795BH	8KB	232	29	4
8396BH	8096BH	8796BH	8KB	232	48	×
8397BH	8097BH	8797BH	8KB	232	40	3

习 题 一

1. 画图说明计算机由哪几部分组成？
2. 单片机的结构特点是什么？
3. 举例说明单片机的应用及其工作过程。