

# 单片微型计算机 原理及应用

陈建铎 兰 琤 编

北京师范大学出版社

# 单片微型计算机 原理及应用

陈建铎 兰 琤 编

北京师范大学出版社

## 内容简介

本书是根据全国计算机基础教育研究会教材评审组1986年4月北京会议讨论通过的大纲要求编写的。全书共分七章，第一、二章介绍微型计算机、半导体存储器的一般工作原理，第三章主要介绍MCS—51单片机的基本组成原理，同时也对MCS—48、MCS—96及Z8单片机的组成与特性作了简单的介绍，第四~六章着重介绍MCS—51单片机的指令系统、汇编语言程序设计、开发使用方法及应用系统的设计，第七章简单介绍MCS—51开发型单片单极机的硬件、软件组成与应用。

本书可作为各类理工院校学生的单片微型计算机原理及应用教材，也可作为其他工程技术人员的参考书。

### 单片微型计算机原理及应用

陈建铎 兰 瑛 编

\*

北京师范大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京师范大学印刷厂印刷

---

开本：850×1168 1/22 印张：13.625 字数：334千

1988年8月第1版 1991年4月第2次印刷

印数：9 001—15 000

---

ISBN7-303-00370-3/O·83

定价：4.20 元

# 前 言

随着微电子技术的发展，特别是大规模集成电路的发展，微处理器与微型计算机得到迅速的发展。于是，在近年来出现了许多类型的单片微型计算机。单片微型计算机功能强，结构紧凑，体积小，功耗低，抗干扰能力强，稍加一定的外围设备，就可方便地构成一个应用系统，可用于自动控制、数据采集与处理系统、工业机器人、通讯、导航、医疗卫生、智能仪器仪表、家用电器以及旧设备改造等方面。由于单片机成本低、价格便宜，因此可以获得较高的经济效益。

为了适应当前计算机发展的需要，我们认为，目前在理工科院校中有必要普及单片微型计算机原理及应用技术。使各类理工科（包括电专业和非电专业）学生尽快地掌握单片微型计算机的组成原理及开发使用的方法。为了满足教学需要，我们根据全国计算机基础教育研究会教材评审组1986年4月北京会议讨论通过的大纲要求，编写了“单片微型计算机原理及应用”一书。在编写过程中，我们力求理论联系实际，由浅入深，语言简练，通俗易懂。在章节安排上，尽量把基本理论、概念与具体应用实例结合起来，以便使学生学习完一种芯片电路后，就能掌握开发使用的方法。

全书共分七章。第一章概述，比较系统地介绍了微型计算机的发展过程，计算机中的数字系统以及计算机的基本组成原理。第二章半导体存储器，介绍了半导体基本贮存单元电路的工作原理，地址译码方式，常用随机存取存储器Intel2114、6116、6264，只读存储器2716、2732、2764、27128的组成原理、特性及

使用方法。第三章单片微型计算机的组成原理,介绍了MCS—48、MCS—51、Z8以及16位MCS—96单片微型计算机的组成原理与特性,其中重点是MCS—51。第四章MCS—51单片机的指令系统与汇编语言程序设计,介绍了MCS—51单片机的寻址方式、指令系统及汇编语言程序设计。第五章MCS—51单片机的开发使用,首先介绍了与单片机联接的常用接口电路,然后介绍了单片机与外部存储器、键盘、数码显示器以及RS—232标准接口的联接。第六章单片机应用系统的设计,首先简单介绍了传感器的工作原理、D/A、A/D转换原理,然后介绍了数据采集系统、单片机控制系统的设计思想和方法。最后分析介绍了五个应用实例,作为读者在开发使用单片机时的参考。第七章单片机开发系统简介,介绍了目前国内两种新型单片机开发装置DVCC—51开发型单片单板机与DSG—51仿真器的组成原理与使用方法。

全书的指导思想是以应用为出发点、突出MCS—51单片机的开发使用。因此,在教材内容中,除半导体存储器之外,没有过多地涉及具体的电路,而是着重介绍各种芯片的组成原理、外部特性及使用方法。在第四~七章专门介绍了MCS—51单片机的指令系统、汇编语言程序设计以及开发使用的方法。因此,该书除适合于计算机专业应用以外,还适合于非计算机专业的应用。也可作为其他工程技术人员的自学参考书。该书第三~六章由陈建铎编写,第一、二、七章由兰璋编写。在编写过程中,得到西安交通大学计算机系胡正家教授和刘甘娜同志的指导和帮助。编写完后,全国计算机基础教育研究会教材评审组对全稿进行了详细审阅,并提出许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。由于我们水平有限,加之时间仓促,因此难免存在许多缺点和错误,诚请广大读者批评指正。

编者

1987年7月

# 目 录

<b>第一章 概 述</b> .....	(1)
第一节 微处理器与微型计算机的产生和发展 .....	(1)
第二节 计算机中的数制、码制和运算方法 .....	(4)
一、进位计数制 .....	(4)
二、二进制数 .....	(6)
三、数制转换 .....	(8)
四、十进制数与字符的二进制数表示法 .....	(13)
五、原码、补码、反码及运算法则 .....	(14)
六、定点数和浮点数 .....	(20)
第三节 微型计算机的组成与工作过程 .....	(21)
一、电子计算机的基本组成原理 .....	(21)
二、程序执行过程 .....	(30)
三、中断概念与中断处理过程 .....	(34)
四、微型计算机的组成与特点 .....	(38)
五、单片微型计算机的组成与特点 .....	(39)
<b>第二章 半导体存储器</b> .....	(42)
第一节 半导体存储器的分类与性能指标 .....	(42)
一、半导体存储器的分类 .....	(42)
二、半导体存储器的性能指标 .....	(43)
第二节 随机存取存储器 .....	(45)
一、基本存储单元电路 .....	(45)
二、地址译码方式 .....	(49)
三、随机存取存储器应用举例 .....	(51)
第三节 只读存储器 .....	(5)

一、固定只读存储器ROM	(56)
二、可编程序的只读存储器PROM	(58)
三、可改写的只读存储器EPROM	(60)
四、只读存储器应用举例	(61)
<b>第三章 单片微型计算机的组成原理</b>	<b>(67)</b>
<b>第一节 MCS—48单片微型计算机的组成原理</b>	<b>(67)</b>
一、运算器	(67)
二、控制器	(70)
三、存储器	(71)
四、输入/输出接口与引脚功能	(75)
五、中断控制	(79)
六、定时器/计数器	(81)
七、时钟与定时	(82)
<b>第二节 MCS—51单片微型计算机的结构与特点</b>	<b>(84)</b>
一、概述	(84)
二、MCS—51单片机的结构与特点	(85)
三、存储器	(88)
四、输入/输出接口与引脚功能	(91)
五、定时器/计数器	(95)
六、串行I/O接口	(99)
七、中断控制	(102)
<b>第三节 Z8单片机简介</b>	<b>(106)</b>
一、Z8单片机的结构与特点	(106)
二、输入/输出接口与引脚功能	(107)
三、存储器	(109)
四、定时器/计数器	(111)
五、串行接收/发送器UART	(113)
六、中断控制	(115)

七、指令系统简介 .....	(116)
<b>第四节 16位单片微型计算机MCS—96简介</b>	
.....	(118)
一、概述 .....	(118)
二、中央处理器CPU .....	(120)
三、存储器 .....	(122)
四、中断控制 .....	(123)
五、定时器/计数器 .....	(124)
六、并行输入/输出接口 .....	(125)
七、串行I/O接口 .....	(125)
八、其它部件 .....	(127)
<b>第四章 MCS—51单片机的指令系统与汇编语言程序设计</b>	
.....	(129)
<b>第一节 MCS—51单片机的指令系统</b> .....	(129)
一、寻址方式 .....	(129)
二、指令系统 .....	(134)
<b>第二节 汇编语言与汇编语言程序设计</b> .....	(165)
一、机器语言、汇编语言与高级语言 .....	(165)
二、汇编语言语句格式 .....	(167)
三、汇编语言伪指令 .....	(169)
四、汇编语言程序设计 .....	(171)
五、中断控制与中断服务程序 .....	(200)
六、程序设计举例 .....	(204)
<b>第五章 MCS—51单片机的开发使用</b> .....	(219)
<b>第一节 单片机常用外围接口电路</b> .....	(219)
一、数据输入/输出锁存器8282 .....	(219)
二、并行输入/输出接口8255 .....	(221)
三、带有RAM和定时器/计数器的并行输入/输出接口8155	
.....	(234)
四、并行输入/输出接口8243 .....	(240)



五、串行接口电路8251 .....	(244)
<b>第二节 存储器扩展 .....</b>	<b>(252)</b>
一、外部程序存储器的扩展 .....	(252)
二、外部数据存储器扩展 .....	(256)
<b>第三节 键盘输入与数码显示器接口电路 .....</b>	<b>(260)</b>
一、键盘输入接口电路 .....	(261)
二、数码显示器接口电路 .....	(268)
<b>第四节 与RS—232标准接口的联接 .....</b>	<b>(274)</b>
一、标准转换接口电路 .....	(274)
二、非标准转换接口电路 .....	(276)
<b>第六章 单片机应用系统的设计 .....</b>	<b>(278)</b>
<b>第一节 数据采集与处理 .....</b>	<b>(278)</b>
一、传感器 .....	(279)
二、D/A转换及应用 .....	(285)
三、A/D转换及应用 .....	(295)
四、数据采集系统的设计 .....	(301)
<b>第二节 单片机控制系统的设计 .....</b>	<b>(308)</b>
一、计算机控制系统概述 .....	(309)
二、单片机控制系统的设计规程 .....	(311)
三、单片机控制系统应用举例 .....	(313)
<b>第三节 应用举例 .....</b>	<b>(320)</b>
一、步进电机单片机控制器 .....	(320)
二、单片机频率测量 .....	(322)
三、单片机在高精度稳流电源监控仪中的应用 .....	(325)
四、单片机程控电话终端 .....	(328)
五、可编程八路自动控温仪SC—48A简介 .....	(331)
<b>第七章 单片机开发系统简介 .....</b>	<b>(336)</b>
<b>第一节 DVCC—51开发型单片单板机 .....</b>	<b>(336)</b>
一、基本组成原理 .....	(336)
二、监控程序的功能 .....	(340)

三、MCS—51条汇编与条编辑程序的使用	(350)
四、DVCC—51—Ⅱ型开发机与IBM PC机的汇编通讯	(354)
五、DVCC—51—Ⅱ型开发机反汇编打印程序的使用	(374)
第二节 DSG—51单片机仿真器	(375)
一、基本组成原理	(375)
二、控监程序的功能	(377)
三、仿真器的功能	(379)
习题与思考题	(381)
附录	(396)
附录1 几种单片机的结构指标	(396)
附录2 MCS—51单片机特殊功能寄存器地址表	(397)
附录3 MCS—51单片机RAM中20H~2FH的位地址表	(399)
附录4 MCS—51单片机指令表	(400)
附录5 MCS—48单片机指令表	(414)
附录6 Z8单片机指令系统简表	(421)
附录7 RS—232C的接口信号	(426)

# 第一章 概述

## 第一节 微处理器与微型计算机 的产生和发展

电子计算机是能高速、自动、精确地完成各种数值计算、数据处理、信息存贮和过程控制的电子机器，它的发明和应用把人类文明引入了一个新的历史阶段。自从1946年第一台电子计算机诞生以来，许多过去因为计算复杂而被长期搁置的难题得以解决，许多纷纭杂乱的琐事被料理井然。从而有力地推动了科学技术的发展。特别是近十多年来微处理器和微型计算机迅速发展、势不可挡地深入到科研、国防、工业、农业、医疗卫生、企业管理以及人类社会生活的各个领域，其前景无法估量。

电子计算机的发展推动了微电子技术和半导体工业的发展，使得半导体集成电路的集成度几乎以每两年增加一倍的速度向前发展，从而产生了大规模集成电路。随着大规模集成电路的发展，又产生了微处理器。因此有人把微处理器与大规模集成电路比喻为孪生兄弟，这一比喻不是没有道理的。

十多年来，微处理器与微型计算机不断地更新换代，新产品层出不穷。70年代初，大规模集成电路的制造工艺日趋完善，在面积仅有几~几十平方毫米的芯片上制成了上千个晶体管电路。于是，在1971年11月美国Intel公司设计成集成度高达2000个晶体管/片的4位微处理器Intel4004，并且配以随机存取存贮器RAM，只读存贮器ROM及移位寄存器芯片，构成了第一台

## MCS—4 微型计算机。

第一台微型计算机的出现引起社会上极大的兴趣，于是Intel公司乘兴前进，于1972年4月研制成功功能较强的8位微处理器Intel8008——这就是所谓的第一代微处理器。此后，在美国生产微处理器的厂家日益剧增，到1973年就有十多个厂家的产品投入市场，而且性能指标不断提高。这样以来，在1973~1974年产生了第二代微处理器，其代表产品有Intel8080、Motorola 6300、Signectics2650和Rockwel pps8等。在这一时期，微处理器的设计和生产技术已经相当成熟，并且配成微型计算机的其它部件也愈来愈多，功能愈来愈强。这样各生产厂家就在进一步提高集成度、提高功能和速度上下功夫，进一步减少组成微型计算机系统的电路芯片数，增加外围配套电路的种类，把中央处理器和输入/输出电路制作在一块芯片上等等。于是在1975~1976年出现了集成度更高，功能更强的第三代微处理器Z80、Intel 8085等。与此同时单片微型计算机也相继问世。到了1977年前后，超大规模集成电路的生产工艺已经成熟，在一块芯片上可以制作成上万个晶体管电路，于是到1978年以后便生产出16位的微处理器Intel8086、Z8000、M68000等，——这些可称为第四代微处理器。到了80年代初又相继生产出32位的微处理器iAPX432、HP 32、IBM4381、MAC—32及DEC公司的Micro—VAX1等，这些微处理器可称为第一代超大规模集成电路微处理器或超级微处理器。在这一时期也出现了相应的16位单片微型计算机。

单片微型计算机简称为单片机，它是把组成微型计算机的各功能部件：中央处理器、存贮器、输入/输出接口电路、定时器/计数器等，制作在一块集成电路芯片中，构成一个完整的微型计算机。由于它超小型化，因此结构紧凑，可靠性高，价格低廉。目前广泛用于智能仪器仪表、智能终端、工业实时控制、通讯设备、导航系统、交通运输工具、家用电器等方面。近

年来单片机发展迅速，品种繁多。按其数据处理的位数可分为1位（位片机）、4位、8位和16位单片机。仅以8位单片机为例，自1976年美国Intel公司推出MCS—48系列后，相继涌现出不少的系列产品，例如：

Intel公司的MCS—48、MCS—51和MCS—96等系列

Motorola公司的MC6801、MC6805等系列

Zilog公司的Z8系列

Rockwell公司的6500/1系列

General Instrument公司的PIC1650系列

NEC公司的 $\mu$ COM—87系列

National公司的8073系列等

目前单片机的种类已达上百种，而且还有许多具有专门功能的专用单片机。例如Intel 8022是具有8位A/D转换、电压比较和零点交叉检测的8位单片微型计算机，可直接用于数据采集与实时控制系统中。P80A48、P80A49是Intel公司专门为汽车使用而设计的8位单片微型计算机，这种单片机的显著特点是扩大了工作温度范围，采用了低成本的塑料封装。一般在 $-40^{\circ}\text{C}$ 到 $+110^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，这些汽车级产品具有最佳的性能价格比。Intel 80C48、80C49是一种低功耗的8位单片微型计算机。它的电压范围宽，可用电池供电，广泛用于便携式袖珍仪器仪表，远程无线电通讯，自动化设备，家用电器以及一些高档日用消费品中。Zilog公司的Z8761中驻留有2K的tiny—BASIC解释程序，为用户的开发使用提供了很大的方便。

近几年来，我国科技工作者在单片机的引进、开发和使用方面作了许多工作，把它用于数据采集、巡回检测、过程控制、智能仪器仪表等方面，为我国的四个现代化建设作出了积极的贡献。例如，研制成单片机电话调度系统、WDK—1单片微电脑控制器，PC8031工业控制器，RC51车床控制专用单片机等。生

产出许多单片机开发系统和仿真器。例如：TP801MCS单片机开发系统，DSG—51仿真器，DVCC—51开发型单片单板机，DPT—35开发装置，SCB—35、SCB—51、MC—35、MC—51单片单板机等。目前，我国单片机的发展方兴未艾，它以超小型化、抗干扰能力强，易于开发，工作可靠，对环境要求不高，价格低廉等优点，正在逐步占领广大的微机应用领域。可以预计，不久，各单片机种开发应用系统、控制装置、智能仪器仪表、标准化系列产品将会大量涌现出来，成为计算机应用的一个重要方面。

## 第二节 计算机中的数制、 码制和运算方法

### 一、进位计数制

早在远古时期，人们就已经有了数的概念，并且随着生产的发展创造出许多计数的方法。其中应用最广泛、最科学的方法就是“进位计数制”。

所谓进位计数制，就是按进位的原则进行计数。它是取有序数符中的任意个，按位置排列，其相邻两位之比是一个固定的常数，这个常数通常称为基数。取不同的基数，则可得到不同的进位计数制。若以 $R$ 表示基数，则为 $R$ 进制的数，在进位时，逢 $R$ 进一。

在进位计数制中，一个数符所表示数的大小不仅与基数有关，而且还与它所在的位置有关。数符相同，若所处的位置不同，则表示数的大小也就不同。例如人们所熟悉的十进制数的1988就是取有序数符0，1，2，……，9中的1，9，8，8按位置排列，构成一个完整的数1988。其末两位都是8，但由于所处的位置不同，两个8所表示数的大小也就不同，一个表示

3. 另一个表示80，这是因为末位是人们常说的个位，右起第2位是十位。再往左，其第3、第4位分别是百位和千位。这个“个、十、百、千、”在数学上称为“权”。当数符所处的位置不同时，其权不同，因此所表示数的大小也就不同。这样的数通常称为“加权数”或“权码。”

显然，基数不同，各位的权也就不同。对于R进制的数，其各位的权分别为：

$$\dots R^3, R^2, R^1, R^0, R^{-1}, R^{-2} \dots$$

在计算机中，常用的进位计数制有二进制、八进制、十进制和十六进制。也就是说，R分别为2，8，10，和16。

其中十进制数是人们最习惯、最熟悉的一种计数方法，它使用0，1，2，3，……，9十个有序数符和一个小数点“.”来表示一个数，其基数为十，即“逢十进一”。若干个这样的数符排列起来，就可得到一个完整的十进制数，其各位的权分别为：

$$\dots 10^3, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2} \dots$$

例如：256.7

各位的权分别为 $10^2$ ， $10^1$ ， $10^0$ 和 $10^{-1}$ 。写成另一种形式：

$$256.7 = 2 \times (10)^2 + 5 \times (10)^1 + 6 \times (10)^0 + 7 \times (10)^{-1}$$

等号左边称为十进制数的位置表示法或并列表示法，右边称为多项式表示法或按权展开式。

一般来说，一个任意的十进制数可以表示为：

$$\begin{aligned} (N)_{10} &= (D_{n-1} D_{n-2} \dots D_1 D_0 \cdot D_{-1} D_{-2} \dots D_{-m})_{10} \\ &= D_{n-1} (10)^{n-1} + D_{n-2} (10)^{n-2} + \dots + D_1 (10)^1 \\ &\quad + D_0 (10)^0 + D_{-1} (10)^{-1} + D_{-2} (10)^{-2} + \\ &\quad \dots + D_{-m} (10)^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} D_i (10)^i \end{aligned}$$

其中n为整数位数，m为小数位数， $D_i$ 为十个数符中的任意一个， $0 \leq D_i \leq 9$ 。

## 二、二进制数

### 1. 二进制数的表示方法

二进制数是基数为2的进位计数制，它所使用的数符为0、1和小数点“.”，各位的权如表1-1所示。

表1-1 二进制 ( $R=2$ ) 各位的权 ( $R^i$ )

i	$R^i$	i	$R^i$	i	$R^i$
-1	0.5	0	1	7	128
-2	0.25	1	2	8	256
-3	0.125	2	4	9	512
-4	0.0625	3	8	10	1024
-5	0.03125	4	16	11	2048
-6	0.015625	5	32	12	4096
-7	0.0078125	6	64	13	8192

例如二进制数1111.11各位的权分别为

$$2^3, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}$$

和十进制一样，它也可表示为：

$$\begin{aligned}
 (N)_2 &= (B_{n-1}B_{n-2}\cdots B_1B_0.B_{-1}B_{-2}\cdots B_{-m})_2 \\
 &= B_{n-1}(10)^{n-1} + B_{n-2}(10)^{n-2} + \cdots + B_1(10)^1 \\
 &\quad + B_0(10)^0 + B_{-1}(10)^{-1} + B_{-2}(10)^{-2} \\
 &\quad + \cdots + B_{-m}(10)^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} B_i(10)^i
 \end{aligned}$$

这里10对于任何R进制数来说，形式上一样，但表示数值的大小



随着R的不同而不同。对于二进制数，10表示2，读作“么”，“零”。

## 2. 运算

由于二进制数只有两个数符，因此运算规则非常简单

加法：

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

乘法：

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

例1  $1101 + 1001 = 10110$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 1001 \\ \hline 10110 \end{array}$$

例2  $1101 - 0111 = 0110$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ - 0111 \\ \hline 0110 \end{array}$$

例3  $1101 \times 110 = 1001110$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 110 \\ \hline 0000 \\ 1101 \\ + 1101 \\ \hline 1001110 \end{array}$$

例4  $11011 \div 101 = 101 \text{ 余 } 10$

$$\begin{array}{r} 101 \\ 101 \overline{) 11011} \\ \underline{- 101} \phantom{1} \\ 111 \\ \underline{- 101} \\ 10 \end{array}$$

对于八进制和十六进制数，其区别仅在于基数R分别为8和16，所用的数符