

微
机
原
理
及
其
应
用

孙德文 叶 春 编

微 机 原 理 及 其 应 用

上海交通大学出版社

P36

DW/1

SDW/1

微机原理及其应用

孙 德 文 编
叶 春

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

内 容 简 介

本书为高等工科院校非电类专业的微机原理及其应用课程的教学用书,全书共分 10 章:微型机基础知识、Z80 指令系统、汇编语言程序设计、存储器及其接口、输入输出与中断、可编程序接口芯片、A/D 与 D/A 转换及其应用、Z80 单板机简介、微机应用系统设计简介。本书可用于 36~45 学时的教学,全书条理清楚、注意教学方法、深入浅出、便于自学,也可作为初学者自学及短训班的培训教材。

JS298/38
18

微机原理及其应用

出版:上海交通大学出版社

(淮海中路 1984 弄 19 号)

发行:新华书店上海发行所

印刷:立信常熟印刷联营厂

开本:787×1092(毫米) 1/16

印张:15.75

字数:390,000

版次:1991年12月 第1版

印次:1991年12月 第1次

印数:1—1,480

科目:269—295

ISBN 7-313-01020-6/TP·39

定价:4.40 元

前 言

近10年来,随着微型机在国民经济各个领域中的广泛应用,《微机原理及其应用》课已经成为高等工科院校的必修课程。根据我国高校工科不同专业课程配置的情况,该课程大致可分为三种类型,第一类是面向计算机各专业;第二类是面向自动控制、电子工程等专业;第三类是面向非电类各专业。现有的《微机原理及其应用》教材基本上是适合一、二两类专业的教学需要,教学时数一般在72~90学时。而对非电类各专业,由于课程设置、教学大纲的限定,该课程的学时一般只能安排36~45学时,而目前适合于这样学时的《微机原理及其应用》教材尚属空缺,给教学带来很大不便。

为此,我们编写了这本《微机原理及其应用》(非电类专业用)教材,以满足广大非电类专业学习该课程的需要。

本教材主要取材于编者近十年来对我校非电类专业学生进行教学的讲稿,适合于36~45学时的教学需要,也可作为相应学时的短训班使用。参加本书编写的有上海交通大学计算机系孙德文同志和能源系叶春同志,其中“Z80指令系统”和“微机应用系统设计简介”两章由叶春同志编写,其余章节由孙德文同志编写并统稿。全书经白英彩教授审阅、计算机系金正谊同志也审阅了大部分章节,并提出了宝贵的意见。另外,在本教材的编写过程中得到上海交通大学能源系系主任邬振耀副教授的大力支持,对此,编者致以衷心的感谢。

由于编者学术水平有限,书中定有不少疏漏与不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
1992年1月

目 录

第一章 微型计算机基础知识	1
1.1 电子计算机 概 述.....	1
1.2 微型计算机 概 述.....	4
1.3 数制与 编 码.....	8
1.4 二进制运算与逻辑 运 算.....	15
1.5 几种常用的逻辑 部 件.....	25
第二章 Z80 微处理器	30
2.1 Z80 微处理器的内部 结 构.....	30
2.2 Z80 微处理器的引脚及其 功 能.....	35
2.3 Z80 微处理器的时 序 简 述.....	38
第三章 Z80 指令系统	47
3.1 概 述	47
3.2 Z80 微处理器的寻 址 方 式.....	47
3.3 Z80 微处理器的状 态 标 志.....	52
3.4 Z80 微处理器的指 令 系 统.....	54
第四章 汇编语言程序设计	87
4.1 Z80 的汇 编 语 言.....	87
4.2 汇编语言程序设计 概 述.....	96
4.3 简单 程 序.....	97
4.4 分支 程 序.....	102
4.5 循环 程 序.....	107
4.6 子 程 序.....	114
4.7 综合 例 程.....	120
第五章 微型计算机的存储器及其接口	124
5.1 存储器 概 述.....	124
5.2 RAM 的结构及典型芯片.....	127
5.3 ROM 的结构及典型芯片.....	131
5.4 存储器的 连 接.....	133
第六章 输入/输出与中 断	140
6.1 微型计算机的输入/输出.....	140
6.2 微型计算机的中断 技 术.....	149
第七章 可编程序接口芯片	155
7.1 接口芯片的一般 概 念.....	155
7.2 Z80PIO 并行输入/输出控 制 器 (Z8420).....	157

7.3 Z80CTC 计数器/定时器电路 (Z8430).....	165
第八章 模拟量转换接口	171
8.1 概述	171
8.2 数模转换器及其 应用.....	174
8.3 模数转换器及其 应用.....	179
第九章 Z80 单板微型计算机 TP 801A 简介	185
9.1 概述	185
9.2 TP801 A电路组 成简介.....	188
第十章 微机应用系统的设计	192
10.1 微机系统研制的方法与步骤.....	192
10.2 燃油锅炉微机最优燃烧控制器设计实例.....	195
附录	218
附录 1 ASCII (美国标准信息交换码) 表.....	218
附录 2 Z80 指令的标志位操作 小结.....	219
附录 3 Z80 指令机器 码表.....	220
附录 4 Z80 指令功 能表.....	230
附录 5 Z80 指令的机器周期 表.....	241
参考文献	246

第一章 微型计算机基础知识

1.1 电子计算机概述

1.1.1 电子计算机的发展简况

电子计算机是一种能自动地、高速地进行大量计算工作的电子设备,它通过对输入数据进行指定的数值运算和逻辑运算来求解各种问题,也能通过信息加工来解决各种数据处理问题,当它与一定的机电设备相结合时,还能实现对生产过程的实时控制。

1943年,美国为了满足军事上的需要,急切要求用新的计算工具来解决一种新武器的弹道计算问题,开始组织一批科技人员设计制造世界上第一台电子数字计算机。到1946年2月,美国宾夕法尼亚大学的ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator——电子数值积分机和计算机)开始运行,这就是世界上第一台电子数字计算机。在这台以“ENIAC”命名的计算机中用了18800个电子管,70000多个电阻,10000多个电容,6000多个开关,整机长30m、高3m、宽1m、重30T、占地150m²,运行时耗电140多kW,每秒可进行加法运算5000次,当时价值为40万美元。该机在美国陆军弹道研究所运行了近十年。

电子计算机的出现是计算技术的一个重大飞跃,它有力地推动着国民经济、文化教育、科学技术和国防事业的发展,成为逐步实现信息化的人类社会活动中必不可少的重要工具。电子计算机的发展至今已成为现代化水平的重要标志。1950年美国的全国人口统计,正是依靠ENIAC才得以顺利完成。这种以电子管为主要元件的电子计算机是第一代计算机,以后随着科学技术的不断发展,特别是电子技术、微电子技术、光电技术、通信技术、控制理论以及计算数学的迅速发展,有力地促进了电子计算机科学技术的发展。从1946年到现在的40余年间,电子计算机经历了4代的变迁。

第一代——电子管计算机,从1946年开始,以电子管为主要元件,运算速度为每秒几千次,精度低,存储容量小,体积庞大,稳定性差,现已被淘汰。

第二代——晶体管计算机,从1957年开始,以晶体管为主要元件,运算速度为每秒几万次,精度较高,稳定性较好,存储容量较大,体积较小,目前也已被淘汰。

第三代——集成电路计算机,从1964年美国IBM 360系列机发表开始,以集成电路为主要元件,运算速度可达每秒几十万次到几百万次,运算精度高,存储量大,可存储几万到几十万个数据和指令,体积进一步缩小,稳定性好。

第四代——大规模集成电路计算机,以1970年研制成功,1971年正式开始生产的IBM 370系列机作为开端。其运算速度可达每秒几千万次到亿次,精度更高,存储量更大,体积更小,稳定性更好。

目前国际上正在研制第五代计算机,据有关人士预测,这是一种采用超大规模集成电路

和新型元器件以及新颖体系结构的智能计算机。这种计算机的出现将使计算机的使用者从专家、技术人员、学校和企业扩大到整个社会和个人,使不具备计算机专门知识的人,也能很方便地使用电子计算机。

从第三代计算机开始,集成电路成为电子计算机的主要元件。所谓“集成电路”(Integrated Circuit——IC)是指用半导体工艺将电子电路的有源元件(半导体二极管、晶体管和场效应管等)、无源元件(电阻、电容等)以及它们相互之间的连线集成制作在一块半导体或绝缘基片上,使它们形成紧密联系的整体电路。电子电路中的数字电路和模拟电路都可制成集成电路。集成电路按其集成度的大小可分为:

(1) 小规模集成电路(Small Scale IC——SSI):集成度在 10 个门电路以内或 100 个元件之内。

(2) 中规模集成电路(Medium Scale IC——MSI):集成度在 10~100 个门电路之间或 100~1000 个元件之内。

(3) 大规模集成电路(Large Scale IC——LSI):集成度在 100 个门电路以上或 1000 个元件以上。

(4) 超大规模集成电路(Very Large Scale IC——VLSI):集成度在 1 万个门电路以上或 10 万个元件以上。

从计算机工业 40 多年来的发展进程可见,缩小化、网络化和标准化的趋势越来越明显。缩小化是指同样的应用过去必须在大型机上才能运行,随着技术的进步,它可以在小型机、微型机上工作,特别是 80 年代随着微型机的流行,缩小化的趋势得到加强,不仅大型机、就是小型机也失去往日的发展势头,微型机已成为计算机工业的主流。网络化的趋势是局域网发展的业务需求的结果,计算机应用的模式已经开始脱离了传统的主机带终端的方式,微机的普及促进了局域网的流行。多台连网的微机在能力上可以与小型机、大型机竞争。局域网的发展也加强了缩小化的趋势。世界经济向全球化发展,对网络的需求也越来越迫切。世界上没有一家主要的计算机公司不提供网络产品或对网络的支持。另一方面,局域网的技术日趋成熟,网络的拓扑结构、访问方式等问题都基本得到解决。而局域网的网络操作系统所提供的通信能力和其他许多功能,同大型机、小型机上运行的操作系统很相似。它们除提供对多用户应用的支持,共享资源外,还有良好的安全功能和网络管理功能,用户可以方便地在局域网上建立自己的应用系统,用微机局域网代替小型机或大型机。标准化不只是由标准化机构制定的正式标准,而是统指那些得到大家公认的事实上的标准。采用这些标准制造的产品是开放的,给予用户以很大的选择自由。微型机之所以能得到流行和普及,原因之一是因为它基于工业标准(如 Intel 公司的微处理器、Microsoft 公司的操作系统)。

从计算机技术的发展趋势看,未来计算机将是半导体技术、光学技术、超导技术和电子仿生技术互相结合的产物。90 年代以后,集成光路、超导器件以及电子仿生技术有可能进入计算机,从而将出现光学数字计算机、超导计算机以及人工智能计算机等全新的计算机。

1.1.2 电子计算机的主要组成部份

电子计算机由如下 5 部分组成,见图 1.1。

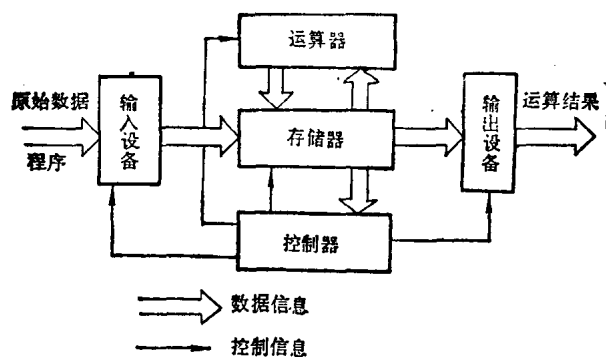


图 1.1 电子数字计算机的主要组成

1. 输入设备

向主机送入信息(数据、程序以及各种字符信息)的设备,是“人——机”联系的主要设备。输入设备对电子计算机来说是不可缺少的,否则,人的意图、原始数据等等都无法进入计算机。常用的输入设备有纸带输入机、卡片输入机、控制台打字机、电传打字机、光笔、鼠标器等。

2. 存储器

计算机之所以能够自动、高速地进行各种复杂的运算,是因为它能把算题所需的各种数据和程序事先存放在一个记忆装置中,这个记忆装置就是存储器。存储器的职能是存储程序和中间结果,而在算题过程中由存储器快速提供给运算器进行加工处理,这就是“程序存储”的工作方式。

在电子数字计算机中,不论是数据还是程序都是一些用二进制数字(0或1)表示的代码,称为信息代码。把信息代码存入存储器称为“写入”(简称“写”或“存”);把信息代码从存储器中取出称为“读出”(简称“读”或“取”)。

存储器通常分为内存储器(简称“内存”)和外存储器(简称“外存”)两类。内存设在主机内部,用来存放当前运行所需要的程序和数据,以便向中央处理器高速传送信息。内存一般容量较小,但存取速度较高,内存由半导体存储器组成。而外存设在主机外部,用来存放当前暂不参加运行的大量信息,在需要时可与内存成批交换信息。外存容量较大,但存取速度较低。外存通常有磁盘(包括硬盘和软盘)、磁带和磁鼓等。内存储器又称为主存储器(简称“主存”)、外存储器又称为辅助存储器(简称“辅存”)。

3. 运算器

运算器是直接完成各种算术、逻辑运算的装置。算术运算就是加、减、乘、除等运算;逻辑运算就是按照逻辑代数规律进行的运算,如逻辑与、逻辑或等。此外电子计算机还需实现数码的传送和移位等动作,上述这些运算和动作统称为“操作”。指挥机器进行操作的命令称为“指令”,一台机器所具有的指令的集合称为“指令系统”。

4. 控制器

控制器是整个机器的指挥系统,它对所要操作的程序中的每一条指令进行分析、判断,然后向机器各部件发出控制信号来指挥整个机器自动地、协调地进行工作,控制器的主要职能是: 1)在控制器的控制下,将解题程序和原始数据送入内存; 2)控制运算器和内存等部件

实现自动计算，并将结果送至输出设备输出；3)控制外存内存之间的信息交换；4)控制随机事件的处理。

5. 输出设备

接收主机输出信息(机器工作的中间结果或最后结果)，并把它显示出来的设备。

常用的输出设备有行式打印机、电传打字机、纸带穿孔输出机、自动绘图机、CRT 终端(视频数据终端)等。

在电子计算机内部可以看成有两股信息在流动：一个是被处理的数据，存放在内存储器中，流经运算器的各部件，得到逐步的加工，获得运算结果后再流回内存储器存放，这是“数据信息流”。另一个是被执行程序的指令序列，也事先存放在内存储器中，流经控制器的各部件，被分解剖析，从而发出各种控制信号，指挥数据信息的加工运算，这是“控制信息流”。电子计算机的内部工作过程就是这两股信息流的流动和相互作用的过程。

在电子计算机的五大组成部分中，通常把“运算器”、“存储器”和“控制器”合称为“主机”，而“输入设备”和“输出设备”称为“外部设备”。主机中的“运算器”和“控制器”是电子计算机的核心，两者合起来称为“中央处理机”(或称“中央处理单元”)，写为CPU(Central Processing Unit)。CPU 是用高速的电子电路——门电路以及触发器等构成。到应用大规模集成电路的第四代电子计算机时，由于集成电路的集成度大大提高，可以把整个“运控部分”——CPU 集成在几片甚至一片半导体芯片上时，这就是“微处理器”(Microprocessor, 简写 μp ，又称为“微处理机”)问世的标志。

1.2 微型计算机概述

在有关微型机的资料中经常遇到“微处理器”，“微型计算机”、“微型计算机系统”等名称，现将这些名称作一简单的区分，如图 1.2 所示。

在图 1.2 中，4 部分的关系如下：

①“中央处理单元”(CPU)= 运算器 + 控制器；

②“微处理器”或“微处理机”(μp , Microprocessor)= CPU + 时钟发生器 + 系统控制器；

③“微型计算机”(μc , Microcomputer)= μp + 内存储器 + 外设接口电路 + 总线；

④“微型计算机系统”(μcs , Microcomputer system)= μc + 相应的外部设备 + 系统软件 + 电源 + 面板和机壳等。

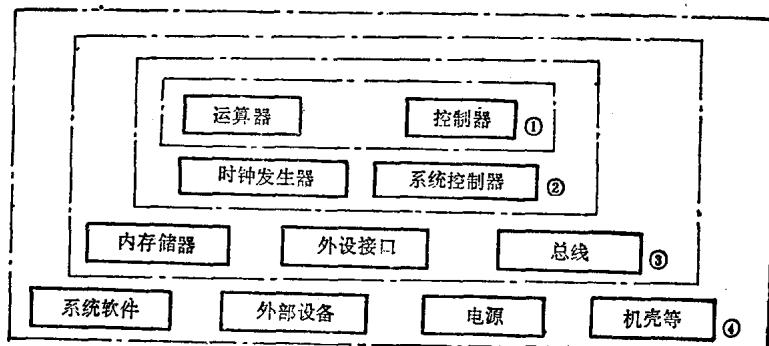


图 1.2 μp 、 μc 和 μcs 的划分

例如,在 MCS-80 系列的微型计算机中,中央处理单元是 8080A,时钟发生器是 8224,系统控制器是 8228,这三种芯片合在一起才构成一个微处理器 μP 。而在 MCS-85 系列的微型计算机中,一片 8085 就是一个微处理器 μP 。但在一般叙述中微处理器 μP 与 CPU 是混用的。

下面再介绍几个常用的术语:

(1) 位——bit,是计算机所能表示的最基本也是最小的数据单位,是 Binary Digit 的缩写。

(2) 字节——byte,一字节等于 8 位(bit)二进制代码。

(3) 字——word, CPU 与输入输出设备和内存存储器之间传送数据的基本单位。亦即数据总线的宽度。微型计算机(或“微处理器”)的字长有 1 位, 4 位, 8 位, 16 位和 32 位等。

1.2.1 微处理器的发展概况

微处理器出现于 70 年代初期,在以后的短短 10 年中,已经经历了 3 代产品,步入了第四代。

微处理器的分代是以其数据总线的宽度为标志的。

1. 第一代(约 1971 年~1973 年)

微处理器诞生于 1971 年 6 月,美国 Intel 公司试制成功第一片微处理器芯片 Intel 4004,这是一种 4 位 μP ,以后又推出了 Intel 4040 微处理器。1972 年又推出了 8 位 μP Intel 8008。这一代是 4 位微处理器和 8 位的低档微处理器,其中 4004 的集成度是 2000 个管子/片。

2. 第二代(约 1973 年~1978 年)

这一阶段是微处理器的发展阶段,由于制造工艺的改善和发展,使微处理器的性能日益改善,具有计算机的结构形式,且使用方便。美国,日本等国的许多公司纷纷试制、生产各种微处理器,其代表产品是:

1973 年 Intel 公司推出 8 位 μP 芯片 Intel 8080;1973 年 Motorola 公司推出 8 位 μP 芯片 MC 6800; 1975 年 Zilog 公司推出 8 位 μP 芯片 Z80; 1976 年 Intel 公司又推出了 8 位 μP 芯片 Intel 8085。

这一代是 8 位微处理器,其中 Intel 8080 的集成度是 5400 个管子/片。

3. 第三代(约 1978 年~1981 年)

这一阶段是以提高性能为主要特征。其代表产品是:

1978 年 Intel 公司推出 16 位 μP ——Intel 8086; 1979 年 Zilog 公司推出 16 位 μP ——Z 8000; 1979 年 Motorola 公司推出 16 位 μP ——MC 68000。

这一代是 16 位微处理器,它们能处理多种数据类型的数据,运算速度快,能采用高级语言,有支持多处理机系统及分布式处理系统的软、硬件结构,其中 Intel 8086 的集成度是 29000 个管子/片。

4. 第四代(1981 年以后)

80 年代开始,随着超大规模集成电路工艺的长足进展,集成电路芯片的集成度之高已经可以在单片硅片上集成十万、几十万甚至上百万个晶体管,这样制造 32 位微处理器的工艺条件已经成熟,80 年代以来,被称为超级微处理器的 32 位微处理器不断涌现,集成度越来越高,性能越来越好,目前应用较广的 32 位微处理器是:

Motorola 公司的 MC 68020(1984 年 7 月); Intel 公司的 Intel 80386 (1985 年 10 月); Zilog 公司的 Z 80000(1986 年); Motorola 公司的 MC 68030(1987 年底); AMD 公司的 AMD 29000(1988 年初)。

1989 年以后 Intel 公司和 Motorola 公司又分别推出了两种最新的 32 位微处理器——Intel 80486 和 MC 68040。单从其集成度而言, Intel 80486 为 1185000 个管子/片, MC 68040 为 1200000 个管子/片。据这两个公司透露,再高一档的芯片 80586 和 68050 也正在开发之中,集成度可达上千万个晶体管,时钟频率可在 100MHZ 以上。

32 位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代,而且使微型计算机的概念也发生了变化,由 32 位微处理器组成的 32 位微型机,无论从结构特点、功能及应用范围都已达到过去小型机的程度,有的 32 位微机系统甚至可同大型机媲美。因此 32 位微处理器的迅猛发展和进步使微型机成为计算机工业的主流。

1.2.2 微型计算机分类概述

1. 按数据总线位数划分

(1) 1 位微机

用来处理 1 位二进制数据,可广泛用于生产、生活中对一个开关动作的控制,如电梯的程序控制等。

(2) 4 位微机

每次处理 4 位二进制数,可以方便地组成 BCD 码(二-十进制码),在十进制计算方面有很大的优越性。它最初大量地应用于各种电子计算器中,随着 4 位微机指令,存储容量、输入/输出和工作速度的改善,其应用日益扩大,目前已深入到商用电子机器、家用电器的领域,能组成各种控制器,用于控制微波炉、烘箱、冷冻机、洗衣机、缝纫机、电视机、游戏机、录音机、录像机、各种仪表和办公设备。另一方面 4 位机在生产控制上也得到应用,如线切割机床等。

由于 4 位机基本上是以单片机形式出现的,因此价格低廉、使用方便是其特点。

(3) 8 位微机

8 位微机是以 8 位 μp 为核心组成的,用 8 位代码表示信息——数字、文字字母(英文)及符号等,运算速度较快,适合于一般的科研、管理和过程控制的场合,在个人计算机以及实时控制中应用甚广。

8 位微机在硬件上有强大的支持,在软件上也有多年的积累,可以灵活地构成各种系统,而且大多数系统已配有操作系统和高级语言,用户使用起来比较方便。但是在要求高速运算和大容量存储的事务处理中,8 位机就显得力不从心了。

(4) 16 位微机

16 位微机的特征是高速、存储容量较大,对于进行多个数据处理就显示出其优越性,可用于数据处理中心以及实时多处理任务的场合。能完成较高精度的计算、管理和数据处理。可构成较高档的个人计算机和低档的工程工作站。

(5) 32 位微机

以 32 位微处理器构成的 32 位微机系统,由于 32 位 μp 具有极高的运算速度,内部采用高速缓冲存储器和虚拟存储结构,其性能已超过某些小型机,被称为“超级微型机”。

超级微型机有两大类,一类是微型化的超级小型机,其代表是DEC公司的Micro VAX I,具有与同系列超级小型机兼容的32位体系结构,且软件也兼容。另一类是以MC 68020和Intel 80386等通用32位 μ p芯片为基础的32位微机系统。超级微机的特点是:1)具有32位的体系结构,只有实现了32位体系结构的微机才能称为超级微机;2)具有VLSI(超大规模集成电路)的32位微处理器芯片;3)具有相应的软件支持,第一类机可享用为超级小型机开发的软件;第二类机是16位微机芯片向上发展起来的,可以沿用16位微机的系统软件,同时也已开发能充分利用32位功能的操作系统和其他支持软件,如OS/2等;4)具有很高的性能价格比。

2. 按系统规模划分

(1) 单片机

把整个 μ c,包括 μ p,内存储器、外设接口、时钟电路等功能部件,有的甚至连A/D(模拟/数字)及D/A(数字/模拟)转换接口也集成在一块芯片中,一块VLSI芯片就是一个微机,故称为单片机。又称为“微控制器”。

单片机体积小、速度快、功耗低、可靠性高、使用灵活、价格低廉,鉴于上述优点,单片机已成功地运用在过程控制、数据处理、自动检测、智能仪器仪表、机电设备和家用电器等各个方面。

(2) 单板机

这是把 μ p和几片由大规模集成电路组成的存储器、输入输出接口电路和外设控制器等组成的计算机,安装在一块印刷电路板上,称为“单板微型机”,简称“单板机”。

单板机上一一般带有小键盘作为输入设备,并备有七段数码显示器以显示程序或数据,并可连接盒式磁带机,以及打印机等外部设备。例如TP-801单板机,其 μ p为Z80,内存储器采用2114RAM(随机存储器)和2716EPROM(可擦可编程存储器),并行接口采用Z80-PIO,计数器/定时器采用Z80-CTC,小键盘有28个键、6个数码显示器,并配有盒式磁带机接口。

另外还有一种“高级单板微型计算机”,它具有固化的高级语言(如BASIC、Pascal),配有标准的ASCII输入键盘和CRT字符显示器,机内RAM容量也足够大,一般在16KB以上。例如MIC-80单板机,其中CPU为Z80,机内有12KB的BASIC固件,65键的ASCII输入键盘,利用一般家用12英寸电视机作为显示设备,机内RAM容量有48KB,有盒式录音机接口和行式打印机接口,且可另外扩充接口电路。

(3) 个人计算机

个人计算机(Personal Computer)是由微处理器芯片,存储器芯片以及部分外部设备装配而成的,是不需要维护,便于搬动的微型计算机系统,通常可配有带ASCII键盘的小型显示终端、打印机,以盒式磁带机和磁盘机作为外存储器。其特点是价格低、体积小,使微机系统可广泛应用于办公室和家庭供个人使用。典型的产品有APPLE公司的APPLE II,IBM公司的IBM PC及其升级产品PC/AT,PS/2,Macintosh等。个人计算机的迅速发展和广泛应用,使微型计算机在计算机工业中占有越来越重要的地位。

(4) 工程工作站

工程工作站EWS(Engineering Work-Station)是一种适用于工程应用的微机系统,它由高性能的微处理器,大容量的内存、高分辨率显示器,输入设备及其他必要的仪器设备组合

而成置放在终端台上，并通过局网联接起来，它本身可作为一台计算机使用，能完成工程业务，技术业务及管理业务，并能作为一个工作站参加到网络里去。

工程工作站的特点是：1)图形功能很强。一般能进行二维或三维的图像处理，从工程应用来看，用它来进行设计、制造和管理都十分方便，有的工程工作站还能胜任实时应用。2)可以联网。工程工作站可以与其他许多设备联成“局域网”(局部网络，LAN)，形成分布式系统。也可接到“广域网”中，成为广域网中一个结点或一个工作站，在这种情况下，可共享网内全部资源。3)具有优良的接口功能。4)采用开放式体系结构，用户可以根据用途组织所需的系统。

工程工作站特别擅长于工程上的设计、计划、模拟、分析、OA(办公自动化)业务、常规或非常规的计算处理，文件形成、机器的检测、A/D转换、D/A转换、实验室工作、以及CAD(Computer Aided Design, 计算机辅助设计), CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造), 和CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)。

工程工作站的典型产品有Sun公司的Sun-3, Sun-4, HP公司的HP9000, Apollo 10000等。

1.2.3 微型计算机的特点

同其他计算机相比，微型计算机具有如下特点。

(1)体积小、重量轻、功能强。以1975年美国仙童公司推出的8位微机而言，它同第一台电子计算机ENIAC相比，其体积是ENIAC的20万分之一；重量是ENIAC的6千分之一；功能是ENIAC的6万倍；运算速度是ENIAC的几十倍；可靠性是ENIAC的1万倍。

(2)品种极多，各种应用领域都可找到适合该领域的产品。

(3)通用性强。

(4)易学、易用、易维修。

(5)对环境要求较低。

(6)可靠性高，MTBF(平均无故障连续工作时间，Mean-time-between Failures)可达几万小时以上。

(7)广泛使用汉字系统，特别是个人计算机和工程工作站。

(8)价格低，是最便宜的电子计算机。

1.3 数制与编码

电子计算机的基本功能是进行数字的计算与处理，所以必须首先对计数的方法——“数制”进行讨论；在计算机中，不仅要处理数字，还要处理字母、符号等信息，这些信息也要以计算机能接受的代码形式来表示，这就是在这一节中要讨论的另一个问题——“编码”。

1.3.1 十进制数制

在日常生活中，最常用的数制是十进制数制，这是一种进位计数制，它采用少量的阿拉伯数字符号——称为“数码”，并把这些数码按先后位置排列成数位，按由低到高的进位方法进行计数。任何一种进位计数制都包含两个基本因素：①基数——指进位计数制中所用到的

数码的个数；②位权——在进位计数制中，每个数码处在某个数位上它所代表的数值是数码本身的数值乘上与所处数位有关的一个固定常数，这个固定常数称为“位权值”，简称“位权”或“权”。“位权”是一个指数，指数的“底”是进位计数制的“基数”；指数的“幂”是数位的“序数”减1。

在十进制数制中，用0，1，2，3，4，5，6，7，8，9十个数码表示数的大小，其“基数”是10，在计数中“逢十进一”。

例如，5678可表示为：

$$\begin{aligned} & 5678 \\ &= 5000 + 600 + 70 + 8 \\ &= (5 \times 10^3) + (6 \times 10^2) + (7 \times 10^1) + (8 \times 10^0)。 \end{aligned}$$

上式中， 10^0 ， 10^1 ， 10^2 ， 10^3 分别对应于十进制数制中个位，十位，百位，千位的“位权”，“位权”的值是“基数”10的 $(n-1)$ 次幂， n 是自右至左的“位数”。

而十进制数制中小数的各位“位权”是10的负次幂。

例如， $0.1=10^{-1}$ ； $0.01=10^{-2}$ ； $0.001=10^{-3}$ ，…，小数点把一个带小数的十进制数分为两部份，小数点左边表示整数部分，其位权是 10^0 ， 10^1 ， 10^2 ，…， 10^{n-2} ， 10^{n-1} （自右至左）， n 是小数点左边的位数；小数点右边表示小数部分，其位权是 10^{-1} ， 10^{-2} ，……， $10^{-(m-1)}$ ， 10^{-m} （自左至右）， m 是小数点右边的位数。

例如，56.78可表示为：

$$\begin{aligned} & 56.78 \\ &= 56 + 0.78 \\ &= 50 + 6 + 0.7 + 0.08 \\ &= (5 \times 10^1) + (6 \times 10^0) + (7 \times 10^{-1}) + (8 \times 10^{-2})。 \end{aligned}$$

从上述分析可见：在十进制数制中，相邻两个数位之间总是相差10倍，即上一位（左边）数位总是下一位（右边）数位的10倍，而下一位（右边）数位总是上一位（左边）数位的 $1/10$ 。整数自由向左是“个”（位），“十”（位），“百”（位），“千”（位）等等，小数自小数点以后自左向右为“ $1/10$ ”（位），“ $1/100$ ”（位），“ $1/1000$ ”（位）等等。也就是说数位是按10的升幂自右到左顺序排列的。

任意一个十进制数可以写成：

$$S = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i,$$

式中 n ， m 为正整数， n 是整数部分最高有效位的位数， m 是小数部分最低有效位的位数；

K_i 为十进制数制中10个“数码”0，1，2，3，4，5，6，7，8，9中的一个；

“10”为十进制数制的“基数”。

1.3.2 二进制数制

在电子计算机中，一般并不采用十进制数制，而是采用二进制数制，即用“0”与“1”两个数码来表示数的大小，其基数是2，逢二进一。

例如，十进制数0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，10，11，12，13，14，……，171用二进制

数表示为 0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, …… , 10101011。
 其中 $10101011 = (1 \times 2^7) + (0 \times 2^6) + (1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$
 $= 128 + 0 + 32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 1$
 $= 171。$

二进制数制中的位权是 2^{n-1} , n 是自右至左的位数。

同十进制数制中的小数表示法相仿, 二进制小数可以表示为 2 的负 m 次幂, m 为小数点自左到右的位数。

例如, 0.1101,
 $= (1 \times 2^{-1}) + (1 \times 2^{-2}) + (0 \times 2^{-3}) + (1 \times 2^{-4})$
 $= 0.5 + 0.25 + 0 + 0.0625$
 $= 0.8125_{10}。$

从上述例子可见: 在二进制数制中, 相邻两个数位之间总是相差 2 倍, 即上一位(左边)数位总是下一位(右边)数位的 2 倍, 而下一位(右边)数位总是上一位(左边)数位的 1/2。数位是按 2 的升幂自右到左顺序排列的。

任意一个二进制数可以写成:

$$S = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i,$$

式中 n, m 为正整数, 且 n 是整数部分最高有效位的位数, m 是小数部分最低有效位的位数;
 K_i 为二进制数中两个“数码”0、1 中的一个;
 “2”为二进制数制的“基数”。

为了区分不同数制所表示的数, 可在数的右下角标上该数的“基数”, 例如, 171_{10} , 10101011_2 。也可以在数的右下角标上该数制的英文第一个字母, 例如 171_D , 10101011_B 。这里, D 表示十进制数制 Decimal(有时十进制数可省略 D)。B 表示二进制数制 Binary。

另两种常用的计数制是“十六进制数制”和“八进制数制”分别用 H(Hexadecimal)和 O(Octal)表示。

1.3.3 二进制数与十进制数之间的转换

在微型计算机的应用中, 经常需要进行二进制数与十进制数之间的相互转换, 下面简述其转换方法。

1. 二进制数转换为十进制数

根据二进制数的定义, 把一个二进制数按位权展开相加, 二进制数各位整数与小数的“位权”如表 1.1 所示。

表 1.1 2 的正、负 n 次幂简表

2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8	2^9	2^{10}	2^{11}	2^{12}
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096
2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}	2^{-7}	2^{-8}					
0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.0078125	0.00390625					

例如: $1010_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$
 $= 8 + 0 + 2 + 0$
 $= 10_{10}$

例如: 101101.111_2

其转换如下:

二进制数	1	0	1	1	0	1	.	1	1	1
位 权	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
十进制数	32	0	8	4	0	1		0.5	0.25	0.125

$101101.111_2 = 32 + 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.25 + 0.125$
 $= 45.875_{10}$

2. 十进制数转换为二进制数

(1) 十进制整数的转换。为了把十进制整数转换为相应的二进制数, 只需将十进制数依次除以 2, 记下余数, 所得之商再除以 2, 再记下余数, 直到商为零结束, 然后依次收集余数, 把最后一次所得的余数作为最高有效位(MSB——Most Significant Bit), 而把第一次相除所得的余数作为最低有效位(LSB——Least Significant Bit)。这种方法称为“除 2 取余”。

例如: $179_{10} \rightarrow ?_2$

解: $179 \div 2 = 89$

$$89 \div 2 = 44$$

$$44 \div 2 = 22$$

$$22 \div 2 = 11$$

$$11 \div 2 = 5$$

$$5 \div 2 = 2$$

$$2 \div 2 = 1$$

$$1 \div 2 = 0$$

余数 1 —— LSB

1

0

0

1

1

0

1 —— MSB



则得 $179_{10} = 10110011_2$

(2) 十进制小数的转换。对于十进制小数, 要转换成相应的二进制小数, 则是将 2 重复乘该十进制小数, 记录相乘后所得的“整数”部分(称为“溢出数”), 把乘积值的小数部分再乘 2, 又得“溢出数”, …… , 直到乘积的小数部分为零结束, 然后收集溢出数, 把起始溢出数写在小数点后的第一位(MSB), 再顺次记录各溢出数, 即得相应的二进制数。这种方法称为“乘 2 取整”。

例如: $0.90625_{10} \rightarrow ?_2$

解: $0.90625 \times 2 = 1.8125 = 0.8125 + 1$ —— MSB

$$0.8125 \times 2 = 1.6250 = 0.6250 + 1$$

$$0.6250 \times 2 = 1.2500 = 0.2500 + 1$$

$$0.2500 \times 2 = 0.5000 = 0.5000 + 0$$

$$0.5000 \times 2 = 1.0000 = 0.0000 + 1$$
 —— LSB



则得 $0.90625_{10} = 0.11101_2$

例如: $0.91625_{10} \rightarrow ?_2$