

国家机械工业委员会统编

微机及应用

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



6-43

55/1

机械工业出版社

TP36-43

GJJ/1

机械工人技术理论培训教材

微 机 及 应 用

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

本书分六章，包括：电子计算机的发展和概况，二进制数及其运算和逻辑电路基础知识，微型计算机的硬件及各部分的工作原理，Z80指令系统及汇编语言程序设计，BASIC语言，微型计算机在工业控制和企业管理中的应用实例等内容。本书侧重介绍有关微机方面的基本概念和基本原理，以及程序设计的基本方法，内容深入浅出、通俗易懂。

本书由湘潭电机厂计算机中心陈云凯编写，并由湘潭牵引电气设备研究所刘健鸿主审，湘潭电机厂计算机中心叶信和协审。

JS502/02

微机及应用

国家机械工业委员会统编

责任编辑：朱 华 责任校对：申春香
封面设计：林胜利 方芬 版式设计：乔 玲
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $7^{1/4}$ · 字数 159 千字

1988年10月北京第一版 · 1988年10月北京第一次印刷

印数 00,001—23,800 · 定价：2.80元

ISBN 7-111-01045-0/TP·75

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以基

本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂，长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 电子计算机的发展与分类	1
第二节 微型计算机的特点及其应用	3
复习题	6
第二章 基础知识	7
第一节 二进制	7
第二节 原码、反码和补码	15
第三节 逻辑运算与逻辑电路	17
第四节 基本逻辑部件	25
复习题	34
第三章 微型计算机的硬件	37
第一节 微型计算机的硬件组成	37
第二节 微处理器	39
第三节 半导体存储器	42
第四节 外部设备	52
第五节 接口电路	58
第六节 Z80 单板机的硬件结构	65
复习题	76
第四章 Z80汇编语言	78
第一节 指令及其表示法	78
第二节 指令的寻址方式	80
第三节 Z80的指令系统	83
第四节 汇编语言程序设计	103

复习题	130
第五章 BASIC语言	135
第一节 BASIC语言的一般概念及规定	135
第二节 简单程序设计	144
第三节 分支程序设计	162
第四节 循环程序设计	170
第五节 下标变量	183
第六节 子程序	188
复习题	191
第六章 微机应用实例	201
第一节 Z80-Ⅰ单板机组成的一个小型通用 测试和控制系统	201
第二节 微型计算机在设备管理中的应用	214

第一章 概 述

第一节 电子计算机的发展与分类

电子计算机的出现是近代科学技术上的一个重大成就。电子计算机技术的迅速发展引起了一场新的技术革命，有力地推动了其他科学技术的发展。它在科学研究、工农业生产、国防建设以至社会、家庭各个方面都得到了广泛的应用。特别是近几年来，微型计算机的普及和应用发展更为迅速，使电子计算机渗透到各行各业、各个领域，引起了深刻的变革。如今，电子计算机的应用程度已成为衡量现代化水平的重要标志。

一、电子计算机的发展概况

1946年诞生了世界上第一台数字电子计算机。40年来，电子计算机技术的发展异常迅速。电子计算机的发展，集中体现在电子器件的更新上。从1946年到现在，电子计算机经历了四个发展阶段，通常称为“四代”。如今，第五代计算机正在研制之中。

从1946年到1958年为第一代。这一代电子计算机的主要特点是：以电子管作为基本元件；主存贮器采用延迟线或磁鼓；软件主要使用机器语言；一般应用于科学计算。

从1958年到1964年为第二代。这一代的主要特点是：以晶体管作为基本元件；以磁芯存贮器为主存贮器；软件已开始使用高级程序设计语言；应用扩大到数据处理，并开始用于过程控制。

从1964年到1970年为第三代。其特点是：以中、小规模集成电路为主要元件；机种多样化、系列化；外部设备不断增加，尤其是终端设备和远程终端设备迅速发展；软件功能也得到了进一步发展和完善。

从70年代初开始，电子计算机的发展进入了第四代。大规模集成电路和半导体存贮器的使用，使电子计算机的运算速度每秒可达几千万次到亿次以上，运算精度更高，体积更小；软件和硬件有了更多的结合；出现了由多台电子计算机组成的计算机网络。特别是微型计算机的出现和迅速发展，使得计算机的应用已深入到社会生活的各个方面。

现在已经开始了第五代电子计算机的研制。采用超大规模集成电路、激光元件、光存贮元件、生物芯片等新技术，具有人工智能将是第五代电子计算机的主要特点。

电子计算机目前发展的趋势是向巨型机、微型机、计算机网络和计算机智能模拟等方向发展。

二、电子计算机的分类

电子计算机按其工作原理可分为模拟计算机和数字计算机两大类型。

1. 模拟电子计算机 模拟电子计算机，是用连续变化的电压来表示量值的电子计算机。这类电子计算机运算精度有限，信息的存贮也较困难，但能模拟实际问题中的物理量，便于仿真研究。在工业、国防上用得较多。

2. 数字电子计算机 数字电子计算机，是一种以离散的数字量在机器内部进行运算的电子计算机。这类计算机运算精度高、灵活性大、信息存贮方便、使用广泛。我们通常说的电子计算机，一般都是指数字电子计算机。

数字电子计算机通常又分为巨型机、大型机、中型机、

小型机和微型机。

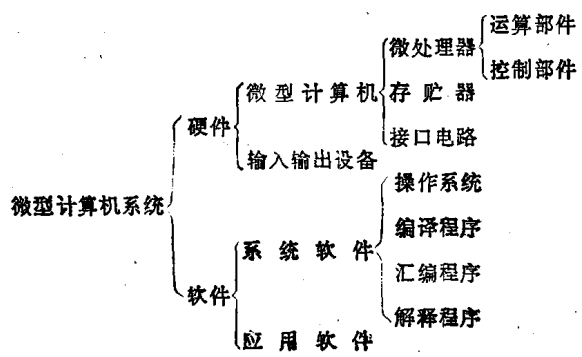
第二节 微型计算机的特点及其应用

随着大规模集成电路技术的飞速发展，70年代初出现了一种新型的计算机——微型计算机，它有独特的优点，因而得到了极为广泛的应用。

一、微型计算机系统的组成

计算机是由中央处理器、内存贮器和输入输出设备等部分组成的。由一片或数片大规模集成电路组成的中央处理器，称为微处理器或称中央处理器（简称CPU）。而微型计算机就是把CPU、存贮器以及输入输出接口等电路，集成到一片或数片大规模集成电路芯片上的一种计算机。

一个完整的微型计算机系统包括硬件和软件两大部分。其具体组成如下：



二、微型计算机的特点及分类

1. 特点 微型计算机的主要特点是：体积小、价格便宜、功能强、应用广泛。

由于一片或几片大规模集成电路就可以构成一台微型计

算机，所以体积可以大大缩小。装在导弹上的微型计算机只有钮扣那么大。

由于微型计算机的设计和生注重普及应用的实际需要，而不是追求运算的高精度，加上生产量大，成本低，因此，微型计算机价格便宜。中、低档的微型计算机只有几十美元到几百美元，16位的微型计算机价格一般也不过几千美元，功能上却超过了60年代的小型计算机。

由于微型计算机采用总线系统结构，各种部件或设备可方便地通过总线连接，因此功能易于扩充。而且微型计算机不需要严格的运行环境和机房设施，使用极为方便。可以说，各行各业，各个部门，几乎只要有信息的地方，都可以使用微型计算机。

2. 微型计算机的分类 世界上目前生产的各种微型计算机至少有上千个品种，几百个系列。人们通常是按照微型计算机的核心部分——微处理器内数据通道宽度（字长）来分类的。这就是人们常说的4位机、8位机、16位机等。不同字长微型计算机的性能、价格都不相同，适用范围也不相同。1位、4位机属于低档机，价格便宜，广泛用于简单的过程控制，家用电器和文娱产品。8位机属于中档机，用于生产过程的自动检测和控制，中小企业的管理，商业和银行的事务处理，通信、教育和家庭。16位机不但在芯片集成度和处理速度上，要比4位机、8位机高得多，而且在结构和功能方面也有明显的改进。它主要用于科学计算，实时数据处理，大中型企业的管理，计算机辅助设计以及网络和多机处理系统。32位机是微型计算机中的高档机，可作为局部网络系统的中心机。而位片机则用来构成各种不同字长的微型计算机，其特点是处理速度快，可以灵活地组成8位

机和16位机等。

三、微型计算机的应用

微型计算机的应用领域非常广泛，概括起来主要有以下几点：

1. 组成多机和网络系统 以微型计算机为主体的多机或网络系统，不仅可以使造价低，而且在系统结构方面也具有更为灵活的优点。这一方面的应用是微型计算机技术向更高方向发展的主要目标。

2. 过程控制 微型计算机用于过程控制，不仅可以使制造工业、计算机工业、仪器仪表工业的生产过程完全实现自动化，而且能使各类仪器和仪表成为具有自动测试、自动记录和报告结果功能的智能化仪器。微型计算机用于机床设备控制可大大提高加工精度和产品质量，提高生产效率。微型计算机的使用为传统产品的更新换代开辟了广阔的前景。

3. 信息处理 微型计算机用于各种信息的处理，不但能将获得的大量信息在很短的时间内完成记录、分类、检索、统计、存贮以及综合转换和输出等工作，而且在科学研究、医疗诊断、新产品的设计和制造、企业的生产经营管理等方面，都可发挥重要作用。

4. 社会和家庭生活 微型计算机使家庭生活进入了新的电子化时代。带微电脑的全自动洗衣机、电视机、收录机、电话机、手表等，已经进入了越来越多的家庭。装有微处理器的各类电子游戏产品也大批涌进市场。交通运输方面，装有微型计算机的汽车已经成批生产，可实现无人驾驶、自动选择路线和停车。作为辅助教学设备，微型计算机将使现在的教学方式发生根本的改变……。可以相信，随着科学技

术的进步，微型计算机的应用会更加广泛。

复 习 题

1. 计算机的发展过程大致可分为哪几代？各代的主要特点是什么？
2. 微型计算机有何特点？主要应用在哪几个方面？

第二章 基础知识

第一节 二进制

一、数的进位制

在日常生活中，人们最熟悉的是十进制数，它有0~9十个数码。这些数码在数中，处于不同的位置时所表示的大小是不同的，这在数学上叫做“权”。例如数2312.42可以写成：

$$2312.42 = 2 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 2 \times 10^0 \\ + 4 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$$

其中 10^3 (千)、 10^2 (百)、 10^1 (个)……就是“权”，这种式子就称为按权展开式。

电子计算机中的数，是用二进制来表示的。只有0和1两个数码，其进位原则是“逢二进一”。显然，在二进制中，“10”不是十进制的10而等于十进制的2了。二进制数也可写成按权展开式。例如，二进制数1011.01可表示为

$$1011.01 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} \\ + 1 \times 2^{-2}$$

采用二进制来表示数，书写麻烦。例如：十进制数179写成二进制形式为10110011，数越大书写越长。为了弥补这一缺点，人们在编写程序时往往采用十六进制或八进制来表示数。十六进制共有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F十六个数码。其中A~F相当

于十进制中的10、11、12、13、14、15。十六进制数进位原则是“逢十六进一”。由于 $2^4=16$ ，所以一位十六进制数相当于四位二进制数。二进制数与十六进制数之间的转换十分方便。

例1 $(3A2C)_{16} = (?)_2$

解：因为

3	A	2	C
↓	↓	↓	↓
0011	1010	0010	1100

所以 $(3A2C)_{16} = (11101000101100)_2$

例2 $(10110111001)_2 = (?)_{16}$

解：因为

0101	1011	1001
↓	↓	↓
5	B	9

所以 $(10110111001)_2 = (5B9)_{16}$

应用中，为了区分各种不同的进位制，通常在数的后面加上不同的字母来表示。例如D表示十进制数（常省略不写），B表示二进制数，H表示十六进制数等。如：

23D	= 10111B	= 17H
↑	↑	↑
十进制	二进制	十六进制
(可省略)		

几种常用的进位制表示方法列于表2-1中。

表2-1 常用进位制的表示法

十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4

(续)

十 进 制	二 进 制	十六 进 制
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F
16	10000	10

计算机运算时，是采用二进制运算，而人们又习惯于十进制的表示方法。为了符合人们的习惯，通常在送入计算机之前仍采用十进制表示，运算结果也以十进制输出。这就要求在输入计算机时，将十进制转换成二进制。计算机输出时，将二进制转换成十进制。这项转换工作通常都是由机器自己去完成的。为了便于实现计算机自动转换，出现了一种称为二-十进制的编码，即BCD码。它是用四位二进制数固定地表示一位十进制数的代码。在十进制与二进制编码之间选择不同的对应规律，就可以得到不同形式的编码。其中最常用的一种编码方法是8421编码。它们的对应关系见表2-2所示。

表2-2中左边四位数码的每一位都有二进制数的“权”，从左至右各位的权依次为 $2^3=8$ ， $2^2=4$ ， $2^1=2$ ， $2^0=1$ ，这也就是“8421码”这个名称的由来。

表2-2 8421编码表 (BCD码)

8421码	所表示的十进制数	8421码	所表示的十进制数
0000	0	0101	5
0001	1	0110	6
0010	2	0111	7
0011	3	1000	8
0100	4	1001	9

必须指出, 用二进制表示的十进制数, 与用二进制表示的十进制数是两回事。例如: 十进制数35写成8421码, 是00110101; 写成二进制数, 是100011。显然它们是不相等的。

二、二进制数的运算

由于二进制只有0和1两个数码, 而且是“逢二进一”, 因此相应的运算规则很简单。

1. 二进制数的加法 二进制数的加法运算规则是

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

例3 $1101 + 1011 = ?$

解:

$$\begin{array}{r} 1101 \\ +) 1011 \\ \hline 11000 \end{array}$$

所以 $1101 + 1011 = 11000$

例4 $1000.11 + 1010.01 = ?$

解:

$$\begin{array}{r} 1000.11 \\ +) 1010.01 \\ \hline 10011.00 \end{array}$$