

高等函授试用教材

微型计算机及其应用

杨廷善 江达人 编 张富 审

人民邮电出版社

YOU DIAN GAO DENG HAN SHOU SHI YONG JIAO CAI

TP36
137

高等函授试用教材

微型计算机及其应用

杨廷善 江达人 编
张 富 审

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书作为高等函授教材，主要讲述微型计算机的原理及其应用。具体内容是：微型计算机结构、外部设备接口、汇编语言的程序设计以及微型计算机在邮电技术中的典型应用。

为了使函授生便于理解，本书除了讲述的基本概念清楚、语言通顺外，在每章末还附有许多思考题和习题。

JS452/14
高等函授试用教材

微型计算机及其应用

杨廷善 江达人 编

张 富 审

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京隆昌印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1986年6月第一版

印张：19 8/32 页数：308 1986年6月北京第一次印刷

字数：445千字

印数：1—9,000册

统一书号：15045·总3251—教735

定价：2.80元

前 言

当前，人们正在议论“世界第四次产业革命”的问题。这一次的产业革命，就是以电子计算机广泛深入人类社会的各个领域(生产、流通、生活等方面)为其特色的。因此又有人称目前的产业革命为信息革命，即这次产业革命所要解决的问题，已不是将人类从繁重的体力劳动中解放出来，而是从繁琐的脑力劳动中解放出来。也就是将那些单调的、重复的、易使人疲乏的脑力劳动，让机器去干；而人去干那些具有创造性的脑力劳动，使人真正地成为自然界的主人。

因此，我们必须重视电子计算机的研究与应用。目前，国内各行各业，无论是技术部门，还是管理部门都在大力推广计算机的应用。为了提高经济效益，许多工业部门正在利用计算机技术改造旧有的设备和创建崭新的生产系统；许多管理部门也正在逐步地用计算机来参与管理事务。为此，许多科技工作者，正在通过各种途径，努力学习计算机技术，更新自己的知识，改变自己的知识结构。

显然，在邮电高等函授教育中，为各专业设置计算机课程并作为一门通用技术课，是合适的。近些年来，由于电子技术、特别是大规模集成电路技术的突破性进展，目前微型计算机，在许多领域，无论是在综合性能上，还是在经济方面，均占着颇大的优势。为此，我们将课程的内容定为：微型计算机及其应用。

微型计算机的基本用途有三个方而：科学计算，信息处理与自动控制(包括测量)。对于前两种用途，需要掌握的知识主

要是计算机程序设计的某些高级语言和算法；而对于后一种用途，则除了掌握汇编语言而外，还必须对微型计算机的原理有清楚的了解。另外，汇编语言也是软件研制与开发的基本工具。

因此，我们的教材主要是着眼于微型计算机在自动控制中的应用，来介绍微计算机原理。主要内容是：微型计算机的结构，外部设备接口，汇编语言程序的设计和应用实例。微型计算机在自动控制中的应用方面，除了一般原理外我们还介绍了一些在邮电技术中的典型应用。对于用于科学计算和信息处理的程序设计语言，由高级程序设计语言课程解决。

本教材仅为读者奠定微型计算机及其应用方面的一些基础，以便读者结合自身的工作实际，进一步地钻研下去，解决自己遇到的专业问题。具体地说，我们希望通过本教材的学习，以达到下列目的：

清楚地了解微型计算机的系统结构；

能灵活应用几个主要的集成电路芯片，为解决自身的应用问题而组成微机系统；

能用 Z 80 指令来编制简单的应用程序。

本教材曾由内部印刷并进行过两遍教学实践，目前的这个版本是在原教材的基础之上，根据广大函授生及教师的意见以及我们的教学实践，进行了大量的修改、增补写成的。

参加本教材编写工作的有：

北京邮电学院函授分院杨廷善（第一、二、三、四、五、六章）；

长春邮电学院江达人（第七、八章）

北京邮电学院函授分院张富副教授对本教材进行了详细的审校，并提出许多指导性意见，在此表示感谢。

北京邮电学院函授分院王晓军同志对本教材的全部文稿，进行了仔细的校订，也在此表示谢意。

由于本教材编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者和使用本教材的教师和函授生批评指正。

编者

一九八五年三月

目 录

第一章 概述	1
§ 1.1 计算机的发展概况	1
§ 1.2 计算机的用途	4
§ 1.3 计算机的硬件组成	6
§ 1.4 计算机的系统软件	10
第二章 计算机中的数制与码制	15
§ 2.1 进位计数制	15
§ 2.2 进位计数制之间的转换	21
§ 2.3 二进制数的运算	30
§ 2.4 数的定点与浮点表示	36
§ 2.5 数的原码、反码和补码	42
§ 2.6 信息的编码	51
小结	54
思考题与习题	56
第三章 微型计算机的组成原理	58
§ 3.1 微型计算机的结构	58
§ 3.2 总线	62
§ 3.3 存贮器	70
一、存贮器的分类	71
二、读写存贮器 RAM	73
三、只读存贮器 ROM	88
四、存贮器的连接	97
§ 3.4 微处理器	108

一、Z 80 CPU 的结构.....	109
二、Z 80 CPU 芯片引脚说明.....	120
三、Z 80 CPU 的时序.....	125
§ 3.5 指令的执行过程	134
小结.....	139
思考题与习题.....	141
第四章 Z 80 指令系统	144
§ 4.1 指令的格式	144
§ 4.2 Z 80 的寻址方式	146
§ 4.3 Z 80 指令系统	155
小结.....	210
思考题与习题.....	211
第五章 Z 80 汇编语言程序设计	218
§ 5.1 Z 80 汇编语言概述	219
§ 5.2 程序设计方法概述	233
§ 5.3 简单程序的设计	237
§ 5.4 分支程序的设计	246
§ 5.5 循环程序的设计	258
§ 5.6 子程序	273
§ 5.7 程序举例	281
一、查表程序.....	281
二、代码转换程序.....	286
三、清单处理程序.....	294
四、字符串处理程序.....	302
小结.....	310
思考题与习题.....	311
第六章 微型计算机的输入与输出	315

§ 6.1 Z 80 的输入输出指令及时序	316
§ 6.2 CPU 与外部设备之间的数据传送	324
§ 6.3 Z 80 中断方式	335
§ 6.4 Z 80 PIO 芯片	349
§ 6.5 Z 80 CTC 芯片	371
§ 6.6 输入与输出控制程序的设计	390
小结	415
思考题与习题	416
第七章 微型计算机在控制中的应用	420
§ 7.1 微型计算机控制系统的组成与设计	420
§ 7.2 时间顺序控制系统	422
§ 7.3 条件顺序控制系统	429
§ 7.4 微型计算机群控系统	434
§ 7.5 模拟量控制	466
小结	479
思考题与习题	480
第八章 微型计算机在邮电通信中的应用举例	482
§ 8.1 存取包机械手的控制	482
§ 8.2 包裹分拣机的控制	496
§ 8.3 信函分拣机的控制	511
§ 8.4 市内电话自动计费	522
§ 8.5 微波设备的遥测遥控	532
小结	543
复习思考题	544
附录 I Z 80 指令系统表	546
附录 II Z 80 指令分类表	586

第一章 概 述

微型计算机作为计算机家族中的一员,其工作原理与大型、中型与小型计算机,并无本质差别(它们都是按照“存贮程序”的方式而工作的)。因此,我们首先来介绍一下有关计算机的一些基本知识。

先谈谈计算机的由来及发展过程;接着大致介绍一下计算机有些什么用途;最后说明计算机的组成概况及基本工作原理。

§ 1.1 计算机的发展概况

1946年,世界上第一台计算机(如果不加说明,“计算机”一词就是指电子数字计算机)在美国制成。它主要是用来计算火炮的弹道,其名字是“ENIAC”(Electronic Numerical Integrator And Calculator,即电子数字求积和计算器)。接着,世界上第一台商用计算机在1951年制成(用于人口统计)。此后,由于计算机的巨大潜力逐步为人们所认识,因而计算机便迅速地发展起来。从计算机问世至今的三十多年中,它已经历了四个发展阶段(即“四代”),现简介如下:

第一代:电子管计算机时代(约从1946年到1958年)。这一代计算机中的逻辑器件是电子管,因而体积巨大、耗电多、运算速度慢、存贮容量小、可靠性差,而且使用起来很不方便(只有机器语言,非专家无法使用)。这一代计算机通常只用于

军事及科研方面，可以说，它还不为世人所知。

电子管计算机显然没有多大生命力。且不说它价格昂贵，单就其可靠性极差（ENIAC 的故障率是几个小时发生一次）而言，就无法使其“推广应用”。虽然如此，我们应看到，电子管计算机采用的基本技术：二进制与程序存贮，却一直沿用至今，而无根本性的变化。

第二代：晶体管计算机时代（约从 1958 年到 1964 年）。这一代计算机中的逻辑器件已由晶体管取代电子管，显然其体积、耗电、运算速度、可靠性等性能便大为提高。同时使用计算机也方便得多（已由机器语言发展到汇编语言和程序语言，因而非专家也可使用）。又由于这时计算机所配备的外部设备已由几种发展到十几种，因此，第二代计算机便较广泛地用于工程计算、数据处理和工业控制诸方面。可以说，晶体管计算机已开始渗透到军事、科技和工业等领域。

第三代：集成电路计算机时代（约从 1964 年到 1970 年）。这一代计算机中的逻辑器件已由中、小规模集成电路担任，这样，计算机的诸性能便更加提高。同时，程序语言更加完善和丰富，提高机器工作效率的“操作系统”也不断出现和完善，因而计算机使用起来更为方便和可靠。另外，由于集成电路计算机的价格较前两代计算机要低得多，这样应用计算机的范围便更进一步地扩大了。

第四代：大规模集成电路计算机时代（从七十年代开始至今）。大规模集成电路的出现使计算机的体积缩小、存贮容量加大，这样便可进行更复杂的运算及处理更大量的数据。也就是说，计算机的功能更全面、运算速度更快、规模也更加巨大。通常我们称这类计算机为大型机、巨型机。这类计算机常用于高精度、高速度的科学计算及担任计算机网络的中心机。

另一方面，由于大规模集成电路的进展而使得其价格不断下降，因而可用其组成功能中等的计算机，其体积远较由小规模集成电路组成的第三代计算机为小。目前，已有由几个大规模集成电路芯片或单只芯片构成的计算机，通常我们称之为“微型计算机”。微型计算机在工作原理方面没有什么新意，然而它却在应用范围方面有着巨大的突破。这是由于它在价格、体积等方面的优势，致使它深入到社会的各个领域：军事、工业、农业、商业、办公室、医务，甚至已进入家庭生活。

微型计算机的出现，冲击着人类社会的各个领域，对每个人进行挑战。

为了说明第四代微型计算机的优势，现将其与世界上第一台计算机 ENIAC，在几个主要性能指标上进行比较，如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1

性 能 \ 名 称	ENIAC(第一代)	Intel 8048(第四代)
大 小	约 150 平方米	几平方毫米(芯片)
重 量	30吨	几十克(芯片)
器 件	1 万 8 千个电子管	大规模集成电路
运算速度	5 千次/秒	10万次/秒
功 耗	150 千瓦	约 3 瓦
价 格	几千万美元	几十美元
可 靠 性	几小时修理一次	极 高

从表 1.1.1 中可知，微型计算机的一个明显的缺点是运算速度还不够高，这是由于目前微型计算机所采用的集成电路是单极性电路的缘故。正是由于这一特点，微型计算机通常用于较小的场合，或作为一种“部件计算机”而组装在其它应用设备

中。例如，测量仪器中装有微型计算机便成为所谓“智能仪器”。

至于计算机今后的发展趋势，主要是研究新型计算机（其中包括超大规模集成电路计算机）、智能模拟计算机和光计算机等。

§ 1.2 计算机的用途

计算机不同于一般的“计算工具”。首先是，它的工作过程不需要人的直接干预，一当人将其意图告诉计算机并为它所接受后，以后的工作过程便是自动地完成的；其次，计算机除了能够进行一般的算术运算外，还能够进行逻辑运算，特别是具有逻辑判断的能力。计算机能执行人给出的许多功能较小的命令（即指令），这样，对于各式各样的问题，只要用这些命令的不同集合表示出来，计算机总是能将该问题解决的。这就是说，计算机是一种通用性很强的工具，因而，它的用途必然是很广泛的。通常我们将计算机的用途归纳为三个大的方面：

1. 数值计算

在近代科学技术工作中，存在着大量的数值计算的问题。当问题的复杂程度太高或者是其计算量太大而又有时限时，用人力几乎是或根本就是无法胜任的话，那么使用计算机就会迎刃而解。一般来说，对于那些稍为复杂一点或计算量稍大一些的计算问题，都可以由计算机来完成，以便节省人的宝贵时间与精力。

另外，工程设计中的方案选择，亦可利用计算机来得到最佳方案，而不致于花费过多的人力和时间。显然，最佳方案不

仅是经济效果，而且还意味着工程质量，这是十分重要的。

微型计算机由于其字长、存贮容量和运算速度等方面，还有待于进一步提高，因而在数值计算方面还不够理想。不过，在规模不大的场合，它仍然是科技工作者的有力助手。

2. 数据处理

所谓数据处理，是指按不同的使用要求，将收集来的大量数据进行转换、分类、组织、存贮、提取等“加工”。有时还可根据需要，绘制数据分布曲线或印出各式各样的统计表格。显然，数据处理一般不涉及复杂的数学问题而只作简单运算即可，不过数据量却很大而时间性强。

显然，随着工农业生产和经济活动的不断扩大，计算机的数据处理应用会越来越广泛。从国民经济计划的制定到小商店的财务管理，都可以使用计算机来处理。

微型计算机由于其存贮容量有限，在作数据处理应用时，通常用于较小规模的场合，或者作为数据处理终端机来使用。

3. 自动控制

在工业生产中，无论是蒸气机的发明，还是电力机械的出现，生产过程中的操作总是离不开人。若由计算机来担任指挥生产过程的“控制机”，就可以使生产过程实现自动化。自动化的目的不仅是为了节省人力，而且还有助于产品质量的提高。高度自动化的“工业机器人”可以代替人，可到那些不适宜于人类活动的场所去工作。例如，深水打捞作业，辐射场所的工作，深井采掘等等。

自动控制可以分成两个大类别，一类是过程控制，另一类是顺序控制。前者主要是控制生产过程中的“参量”，使其处于

最佳状况，此类控制常用于冶金、化工等场合。后者主要是控制生产过程中的“动作”，使其按预先规定的顺序进行。

对于控制参量的“过程控制”，由于其控制规模较复杂且时间响应要求较高，因而常使用中型或大型计算机来作控制机。

对于控制动作的“顺序控制”，通常因其控制规律不复杂，且速度较慢，因此这种控制方式最宜采用微型计算机来作控制机。再者，我们应看到，在工业生产中，应用顺序控制方式的场合极其广泛。也就是说，用微型计算机的生产场合是极多的，从食品生产流水线到电梯，都可以用微型计算机来加以控制。

以上介绍了计算机在三个方面的用途概况。当然，计算机尚可用于文字识别，机器证明，教学等方面，这里就不一一列举了。

§ 1.3 计算机的硬件组成

计算机是人发明的，实际上，机器算题的过程就是对人算题过程的“模仿”。人算题的过程大致可归纳成以下几步（假设用算盘计算 $2+3\times 4=?$ ）：

第一步，根据题目安排好计算的顺序：先做 $3\times 4=12$ ，然后再做 $2+12=14$ （这种安排应该记录在纸上，以免遗忘或弄错）。

第二步，按照上面安排好的计算顺序，在算盘上进行计算：先做乘法运算得到 12，再做加法运算得到最后结果 14。

第三步，将算盘上得到的最后结果“14”写在纸上，整个算题过程便完成了。

从上述解题的过程中可以看出，如果要用机器来代替人进行算题，则机器的结构应该具有以下的几种部件：

1. 运算器：用来完成对数据的运算，相当于手算过程中的“算盘”。

2. 存贮器：用来将算题的步骤、原始数据、中间结果以及最后结果加以记录的部件，相当于手算过程中的“纸”。

3. 控制器：用来指挥整个算题过程正确进行的装置，相当于手算过程中的“人”。

4. 输入和输出设备：用来将原始数据和算题步骤送入机器以及将最后的算题结果从机器取出来供人阅读，相当于手算过程中的书写工具。

按照以上的考虑，我们便可以将计算机的组成框图画成如图 1.3.1 所示。构成计算机的这些物理的部件，称为计算机的硬件 (Hardware)。

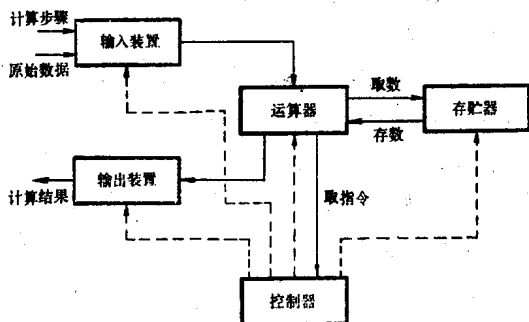


图 1.3.1 计算机的组成

对应于手算 $2+3 \times 4=?$ 的算题过程，我们来看看由图 1.3.1 组成的计算机，其算题过程又是怎样的呢？

首先，应将算题的步骤安排好，例如，我们可将该算题的过程安排成表 1.3.1。

表中的每一步规定了计算机在这一步应该执行的操作，当

表 1.3.1

算 题 步 骤	操 作 内 容
1	从存储器取出乘数 4 送到运算器中
2	从存储器取出被乘数 3 送到运算器并在其中进行 3×4 的乘法运算
3	从存储器取出加数 2 送到运算器并在其中进行 $2 + 12$ 的加法运算
4	将运算器中的结果 14 存入存储器
5	输出打印计算结果 14

由第一步执行到第五步后，便会得到计算的结果。就是说，计算机总共要做五个操作才能完成任务，而这每一种操作都是人给计算机下达的“命令”。通常，我们将人给机器的命令称为“指令”。显然，只要有了表 1.3.1 中的五条指令，就可以完成 $2 + 3 \times 4 = ?$ 的计算工作。一般来说，要完成某一个特定的任务(计算、处理数据或控制机械装置等)，也必须应该把“任务”变成或者说分解成一条条的指令，否则，计算机是没有办法代替人工作的。这种解决问题的一条条指令的集合，称为“程序”，显然，程序的编制(或称为设计)是至关重要的，不能有丝毫的差错。解决各种问题的程序系统称为计算机的软件。我们看到，光有硬件，计算机什么事也不能干，还必须有软件。

当然，表 1.3.1 中的指令是以文字的形式出现的，计算机不能接受，因而也无法工作。但是，只要我们用一些能为计算机识别的符号来代替文字指令，问题就能解决，而这一点却是不难办到的。

在编制好算题的程序以后，就可以在计算机上进行计算了，与手算过程相仿，也可分为以下几步(参见图 1.3.1)：