

小型计算机

XIAOXING JISUANJI



李友堂 编著

人民邮电出版社出版

73.872
7

小型计算机

上册

李友堂 编著

~~人民邮电出版社~~

174325

一九七九年六月廿三日

内 容 提 要

本书比较全面地介绍小型计算机的工作原理、系统结构、软件与应用等问题。主要是结合我国 100 系列和 180 系列小型机来讲述，也适当介绍了国内外其他一些小型机的主要特点。

全书共十四章，分上下两册。上册九章：一、绪论；二、数与逻辑；三、数据通路；四、指令系统；五、寻址方式；六、组合逻辑控制器；七、微程序控制器；八、单总线控制原理；九、存储器。下册五章：十、同步控制接口通道；十一、单总线接口通道；十二、软件简介；十三、实时操作系统；十四、小型机的应用。最后有几个附录。

本书可供研制、应用小型机的科技人员和大学有关师生阅读。

小 型 计 算 机

上 册

李友堂 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街 27 号

北 京 印 刷 一 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 1979 年 3 月第一版

印张：14 8/32 页数：228 1979 年 3 月北京第一次印刷

字数：324 千字

印数：1—117,000 册

统一书号：15045·总2276-无661

定价：1.30 元

前 言

实现四个现代化，关键在于实现科学技术现代化，而电子计算机的广泛应用是科学技术现代化的重要组成部分。

小型计算机已发展成为计算机的一个分支，在结构方面，它吸取了中、大型机中的先进技术。它具有体积小、结构简单、价格便宜、使用灵活、易于操作与维护等特点，便于在国防、科学技术以及国民经济的各个部门广泛应用。目前，许多同志都在考虑应用小型计算机来解决本部门有关科学和工程计算、数据处理以及自动控制等问题，迫切要求学习和掌握小型计算机，希望能有一本全面介绍小型计算机原理的书，以供自学和工作中参考。

为了满足广大读者的这些要求，同时也为了小型计算机的推广应用，特编写了《小型计算机》一书，这本书介绍了小型计算机的工作原理、系统结构、软件与应用等方面的问题。主要是结合着我国 100 系列和 180 系列小型计算机来讲述的，也适当地介绍了国内外其他一些小型机的主要特点。

全书分上下两册。上册从计算机的基本概念谈起，重点介绍了 100 和 180 两系列机的一般结构、指令系统及灵活的寻址方式；较详细地讨论了组合逻辑控制器、微程序控制器及单一总线处理机控制器的结构、作用原理和特点；最后叙述了小型机中的三度三线存贮器。下册主要介绍小型计算机的同步和异步控制的标准接口、数据传送的方式和数据通道、小型机软件简况、实时操作系统 (RTOS) 以及小型机的应用。

在编写本书的过程中，曾得到我院各级领导、西北工业大

学 602 教研室、邮电部数据通信技术研究所以及其他有关科研单位的支持和帮助。张集祥、白中英同志参加了本书的修改定稿工作。于清汶同志为本书改写了第一章。朱保马、谢志良、何振邦、李永锡、韩兆轩、游鄂毓、王祖永、周师熊等同志曾审阅书稿，提出许多宝贵意见。黄桂生、庄明夫、王金檀等同志对本书的编写给予大力支持和指导。在此谨表示诚挚的谢意。

本书的部分内容虽经一定时间的教学实践，并在实践过程中根据多方面的意见进行修改，但由于作者水平的限制和时间仓促，书中难免有许多缺点和错误，恳切希望读者提出意见和批评。

西北电讯工程学院 李友堂

一九七八年六月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 数字计算机的基本原理	2
1.1 电子数字计算机的基本组成	2
1.2 电子数字计算机的基本运算过程	5
1.3 计算机的程序系统——软件	8
1.4 电子数字计算机的主要特点	13
第二节 小型计算机	14
2.1 小型计算机的诞生	14
2.2 小型机的特点	15
2.3 小型机的应用	16
2.4 小型机的典型结构	17
2.5 小型计算机的发展	18
第二章 数与逻辑	20
第一节 数和数制的概念	20
1.1 各种进位制数及其换算方法	20
1.2 二进制数的运算方法	29
第二节 计算机中常用的码制	30
2.1 数的定点和浮点表示	30
2.2 原码、补码和反码	32
2.3 常用的编码	38
第三节 逻辑函数	41
3.1 布尔函数定律和定理	41
3.2 布尔函数的简化	46
第四节 小型计算机常用逻辑电路	51
4.1 逻辑门电路	51

4.2	D 触发器	57
4.3	加法器	60
4.4	锁定器	62
第三章 数据通路		65
第一节 寄存器		65
1.1	计算机运算操作所需的寄存器	66
1.2	100 系列机中的寄存器	69
1.3	180 系列机中的寄存器	70
第二节 总线结构		71
2.1	总线	71
2.2	100 系列机的总线	72
第三节 数据通路		77
3.1	传送后继指令地址的数据通路	79
3.2	加法器数据通路	79
3.3	数据通路对运算操作的影响	83
第四节 单总线处理机的总线结构与数据通路		86
第五节 运算部件		90
5.1	基本的算术逻辑操作	91
5.2	运算处理部件的要求	91
第六节 加法器		95
6.1	单元加法器	96
6.2	小组进位的概念	98
6.3	小组内进位	100
6.4	小组内全加和	109
6.5	进位处理及进位位 C_J 逻辑	110
第七节 全加器和各寄存器间的关系		116
7.1	全加器和各寄存器的连接	116
7.2	加法器的输出通路	122

7.3 处理部件中的其他逻辑电路	123
第四章 指令系统	126
第一节 指令格式	127
1.1 字结构	127
1.2 字长	127
1.3 指令格式	128
1.4 常用的几类指令	131
第二节 100 系列机指令系统	133
2.1 访内指令	133
2.2 输入输出指令	140
2.3 算术逻辑指令	145
第三节 180 系列机指令系统	165
3.1 单操作数指令	166
3.2 双操作数指令	170
3.3 转移指令	172
3.4 转子和子程序返回指令	175
3.5 设置程序状态字的指令	177
3.6 其他指令	179
第四节 带标志的转移指令	181
4.1 带标志转移指令的功能	181
4.2 带标志转移指令的格式	182
第五章 寻址方式	184
第一节 寻址概念	184
第二节 寻址过程	186
2.1 直接寻址	186
2.2 相对寻址	187
2.3 变址寻址	188
2.4 间接寻址	190
2.5 扩展型变址寻址	194

2.6	自动变址寻址	196
2.7	立即地址寻址	196
2.8	页面寻址	197
第三节	100 系列机的寻址操作	200
3.1	寻址方式	200
3.2	寻址实例	203
3.3	寻址运算的数据通路	206
第四节	180 系列机的寻址操作	207
4.1	寻址方式	207
4.2	各种寻址方式的意义	208
第五节	扩充存贮容量的措施	216
5.1	变换法	216
5.2	虚拟存贮器	217
5.3	32 位字长结构	218
5.4	分界寄存器	219
第六章	组合逻辑控制器	221
第一节	节拍分配	223
1.1	节拍分配	228
1.2	节拍脉冲	231
1.3	节拍产生电路	232
第二节	周期状态和流程图	236
2.1	取指令周期状态 QZZT	237
2.2	间接地址周期状态 JZZT	241
2.3	执行指令周期状态 ZXZT	242
2.4	中断周期状态 ZDZT	247
2.5	数据通道周期状态 STDZT	248
2.6	控制台周期状态 KTZT	251
2.7	控制台存贮周期状态 KTCZZT	256
第三节	周期状态建立的条件及实现的逻辑电路	256

3.1 取指令状态	257
3.2 间接状态	259
3.3 执行状态	259
3.4 数据通道状态	261
3.5 中断状态	261
3.6 控制存贮状态	262
3.7 控制台状态	262
第四节 指令执行过程与周期状态的关系	263
4.1 典型指令的执行过程	264
4.2 微操作组合及操作时间表	270
4.3 重迭处理的执行过程	281
第五节 程序传送的控制功能	285
5.1 程序传送过程	286
5.2 外部设备的工作状态	287
5.3 主机对状态的测试	288
5.4 跳步触发器 C_{PT}	288
5.5 $1 \rightarrow C_{PT}$ 逻辑电路	290
5.6 程序通道传送的数据流程	291
第六节 程序中断传送的控制功能	292
6.1 为什么要设中断触发器 C_{ZD}	293
6.2 开中断的控制过程	294
6.3 关中断的控制过程	295
第七节 数据通道传送的控制功能	296
7.1 数据通道操作的过程	298
7.2 数据通道操作	300
第八节 启停控制	305
8.1 启停逻辑电路	305
8.2 启停条件	310
第九节 控制台的控制功能	313

9.1	控制台的结构	314
9.2	控制台指令及功能	317
第七章	微程序控制器	321
第一节	引言	322
1.1	微程序设计和微程序计算机	322
1.2	微程序设计的基本原理	323
1.3	622 小型计算机微程序控制器	326
第二节	微程序流程图	330
2.1	算术逻辑指令的微程序流程图	330
2.2	间接访内微程序流程图	332
2.3	非间接寻址微程序流程图	334
2.4	非 77 码输入输出指令微程序流程图	337
2.5	77 码输入输出指令的微程序流程图	338
2.6	公操作微程序流程图	339
2.7	控制台指令微程序流程图	341
第三节	微指令的控制功能	343
3.1	操作控制部分的主要功能	343
3.2	字段编码控制	344
第四节	微地址的顺序和转移方法	350
4.1	概述	350
4.2	转移逻辑	352
第五节	微程序控制的某些特点	363
第八章	单总线控制原理	367
第一节	概述	368
1.1	单总线	368
1.2	中央处理机	369
第二节	系统结构及总线控制权	373
2.1	优先级	374
2.2	直传请求响应过程	376

2.3 外中断请求的响应过程·····	380
第三节 同步控制过程 ·····	386
3.1 时钟与微程序时序·····	387
3.2 微程序控制器的结构·····	389
3.3 同步控制器与异步控制器之间的通信·····	393
第四节 指令执行过程 ·····	394
4.1 取指令的过程·····	395
4.2 编址运算和取操作数·····	397
4.3 执行指令·····	399
4.4 中断指令的执行过程·····	404
4.5 指令执行结束·····	404
第九章 小型计算机存贮器 ·····	408
第一节 概述 ·····	408
1.1 磁芯存贮器的存贮原理·····	409
1.2 磁芯存贮器的结构·····	410
第二节 三度三线存贮器 ·····	417
2.1 地址系统·····	417
2.2 数码部件·····	422
2.3 禁止电流源·····	425
2.4 读出放大器·····	427
第三节 命令处理器 ·····	430
3.1 运控的读写命令·····	430
3.2 读写命令处理器·····	430
3.3 模块控制·····	434
第四节 存贮器总框图 ·····	434
4.1 读操作过程·····	434
4.2 写入操作过程·····	436
第五节 半导体存贮器 ·····	436
5.1 半导体存贮器单元·····	437
5.2 半导体存贮器举例·····	439

第一章 绪 论

人类在生产劳动中发明了各种计算工具。其中最早的一种就是我国古代劳动人民创造的算盘。算盘用算盘珠子表示“数字”，通过拨动珠子进行数值运算。因而它是一种数字式计算工具。大家所熟悉的计算尺是以线段长短表示数值大小，即以线段模拟数值的，因此它是一种模拟式计算工具。

电子数字计算机和算盘有点相似，它通过电子电路直接对“数字”自动进行高速运算。此外还有一种电子模拟计算机，它和计算尺有点相似，是以电压的大小模拟数值大小，通过电子电路进行运算的。

由于电子数字计算机的功能、作用、精度、速度以及广泛应用的程度都远远超过电子模拟计算机，因此，目前一般都把电子数字计算机简称为电子计算机。

世界上第一台电子数字计算机诞生于 1946 年，这是以电子管作为运算器件的，叫做第一代电子计算机。随着晶体管的发明，于 1958 年制成晶体管式的计算机，叫做第二代电子计算机。由于半导体技术的发展，1964 年制成了集成电路计算机，叫做第三代电子计算机。1971 年出现大规模集成电路计算机，叫做第四代电子计算机。

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国电子数字计算机事业发展很快。在大跃进的 1958 年，试制成功第一台电子管数字计算机，1964 年，第二代的晶体管数字计算机问世。1971 年发表了第三代的集成电路数字计算机。1974 年研制成功 DJS-130 型多用途集成电路小型计算机。从此我国小型计算机遍地

开花，并有 DJS-180 系列等多种小型机研制成功。目前，我国自行设计的大型机已投入使用，微型处理机模型也于 1977 年问世。在华主席和党中央的抓纲治国的战略决策鼓舞下，我国电子计算机技术及工业正在蓬勃发展，将对我国的四个现代化作出应有的贡献。

第一节 数字计算机的基本原理

1.1 电子数字计算机的基本组成

现在让我们来设想用算盘计算这样一道题目： $(25 \div 5) + (510 \times 25 - 89) = ?$

首先用笔和纸把题目和参加运算的数值 25、5、510、89、等记录下来，想好运算法则和步骤，然后用算盘按运算步骤和口诀进行运算，最后把算盘上的运算结果抄在纸上。运算到此结束。

现在来分析在此运算中都用了什么东西，是怎样进行运算的。

第一是使用算盘作运算工具。第二是用纸张保存题目和数据。第三是用手和笔拨动算珠和写字。第四是用眼睛看计算结果用手写到纸上。第五是用大脑来支配手、笔，眼睛进行各种动作。第六按算术运算法则和步骤用珠算口诀进行运算。

与此相应，电子数字计算机要进行上述题目的运算，也必需具有下面几个基本组成部分。

1. 运算器

电子计算机中有一个相当于算盘的运算工具，叫做运算

器。运算器比算盘功能多，速度快，不但能进行加减乘除四则算术运算，而且还能进行是、非、逻辑加、逻辑乘、移位、大小比较等各种逻辑判断和运算。此外，在运算器中还含有能暂时存放数据或计算结果的寄存器。

2. 存贮器

电子计算机中有一个相当于纸张等能保存题目和数据的存贮工具，叫做存贮器。它不但能存贮题目和数据，还能存贮运算法则、步骤和“口诀”。运算器进行运算时，从存贮器中取出数据和运算步骤，一步一步地进行运算，运算的中间和最后结果也存到存贮器中。存贮器中存放着数据、运算步骤等大量信息。能存放一个信息的地方叫一个单元，每个单元编有一个字码叫做地址，犹如一家一户有一个门牌号码一样。

3. 输入设备

电子计算机中还有一种相当于在纸上写题目或数据，和往算盘拨数的笔或手的工具，叫做输入设备。利用输入设备，可以向运算器和存贮器送入信息。大家熟悉的电传打字机就是一种输入设备，和用电传打字机向电报电路发送电文相似，在计算机中可以用电传打字机将要计算的题目、步骤和原始数据等输入到存贮器或运算器中，以备进行运算。

4. 输出设备

计算机运算完毕以后，需要将运算结果输送出来，这一步工作是由输出设备来完成的。电传打字机也是可以用来作为输出设备，和用电传打字机把远方送来的电报信号印成电文一样，计算机运算完毕以后，可以用电传打字机将运算结果自动

打印出来供人们查看。

5. 控制器

在前面讲的用算盘运算题目的过程中，往纸上写题目、数据及运算结果，拨动算盘珠子等动作，都是在人的大脑的控制下进行的。在计算机中，也有一个相当于人脑的装置来控制各个部分进行操作。例如把输入设备输入的信息存入存贮器或运算器；运算器从存贮器取出数据和运算步骤一步一步进行运算，并把运算结果存入存贮器；由输出设备输出运算结果，等等。这种装置称为控制器，它起着计算机的控制中心和总调度的作用。

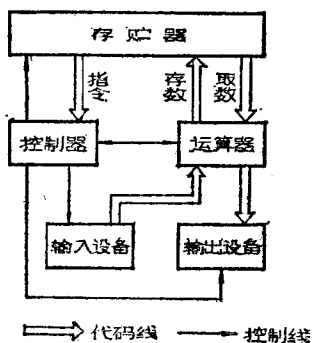


图 1.1 电子计算机的基本结构

整个电子计算机系统就是由上述的运算器、存贮器、输入设备、输出设备和控制器组成，它们之间的相互关系如图1.1所示，其中运算器和控制器合在一起，称为中央处理器或处理机，也可以简称为运控，它和存贮器一起组成计算机主机。主机再和上述输入输出设备，总称为电子计算机系统，简称电子计算机。运算器、控制器、存贮器和输入输出

设备等部件或设备都是由元器件构成的有形物体，因而称为硬件或硬设备。

前面说过，使用算盘进行计算时，要按算术运算法则和步骤，利用珠算口诀来进行。如果只有算盘，但不会运算法则和口诀，就不能用算盘来计算。电子计算机系统更是如此，只有

上述硬件，计算机并不能进行运算。人们必须把运算题目的法则和类似口诀等的规定以及原始数据通过输入设备输入到存储器中，然后由控制器控制运算器从存储器取出这些规定和数据，按着一定的次序自动地进行运算。由这些运算法则和规定编出的运算步骤，在计算机中称为程序。因为它是无形的东西，所以称为软件或软设备。打个比方，用算盘进行运算，算盘本身就是硬件，而口诀及运算法则等就是软件。

电子计算机有了软件，才能自动地快速地和高效率地进行运算。

1.2 电子数字计算机的基本运算过程

上面介绍了电子计算机系统的组成部分，下面进一步谈谈计算机是如何自动进行运算的。

还是用计算 $(25 \div 5) + (510 \times 25 - 89)$ 这个题目作为例子。要计算这个题目，需要按照先乘除、后加减，先作括号内的运算、后作括号外的运算等法则编出计算步骤，即计算程序，连同原始数据一块输入到计算机的存储器中。然后启动计算机工作，在控制器的控制下，计算机按照“计算程序”自动操作，最后把结果打印出来。

下面具体看一看计算这个题目的过程。

设原始数据 25、5、510、89 分别存入存储器中地址为 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 的各个单元。地址为 X_5 的单元用来存放中间结果和最后结果，如表 1.1 所示。编出的计算步骤如下：

1. 从 X_1 单元取出 25 放在运算器中的寄存器中。
2. 从 X_2 取出 5 去除寄存器中的数 25，把中间结果 5 放在寄存器中。
3. 把寄存器中的中间结果 5 暂时存入 X_5 单元中，空出