

电 子 计 算 机 讲 义

王玉龙 薛华成 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书以国内广泛应用的 DJS-130 型电子计算机为例，以软（件）硬（件）结合方式讲述电子计算机原理。目的是帮助读者建立整机概念，并为使用计算机打下基础。

书中主要介绍计算机的基本知识及计算机所采用的基本逻辑电路和逻辑部件；用汇编语言和 BASIC 语言编制程序的基本方法及汇编原理等。在内容编写上力求做到少而精，在讲法上力求做到深入浅出，力争使初学者在“入门”的同时，能较快地应用于实际工作中。为方便读者复习所学内容，每一讲还附有若干练习题。

本书可作为中专和大专院校非计算机专业的计算机课程的教学材料，适用于小型计算机的操作维护人员以及其他具有高中文化程度的读者自学阅读。

电 子 计 算 机 讲 义

王玉龙 薛华成 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 1982年 7 月第一版

印张：13 20/32 页数：218 1982年 7 月北京第一次印刷

字数：312千字 插页：1 印数：1—25,000 册

统一书号：15045·总 2595-有 5251

定价：1.40元

前 言

近年来，国内出版的电子计算机原理书多为科普性的入门书或专业性的教科书，前者浅显易懂，但只能使读者对电子计算机有些常识性的了解；后者理论性强、内容详尽，但一般读者难以学习。基于这种情况，我们采取深入浅出的写法，通过解剖“麻雀”，来讲解实际使用的电子计算机。其目的是使具有高中文化程度的读者（包括中专和大专院校非计算机专业的学生），能从“零”开始较快地掌握电子计算机的基本原理及程序设计的基本方法，并能较快地应用于实际工作中。

本书内容包括三部分，共十五讲。第一部分为“基础”部分（见第一至四讲）。第一讲先对电子计算机作了全面而概要的介绍，使读者在学完这一讲后，能初步知道电子计算机是怎样进行工作的，以及有关计算机软件的基本知识，以便有助于读者学习其它各讲的内容。第二讲我们围绕着数制的选择、小数点位置和正负号的表示法，简要介绍了电子计算机中数的表示方法。第三、四讲介绍了电子计算机所采用的基本逻辑电路及逻辑部件，着重讲述它们的逻辑功能。此外，我们在第三讲的开始，还介绍了分析和设计逻辑部件所常用的数学工具——逻辑代数。在第四讲的最后，又简要介绍了两类逻辑部件——组合线路和时序线路的设计方法，由于这些内容不影响对后面整机工作原理的理解，故读者可根据情况跳过这些内容而阅读第五讲。

本书的第二部分为“整机”部分（见第五至十讲）。这部分以DJS-130型电子计算机为例，介绍了电子计算机的运算器、存

贮器、外部设备及其接口、中断系统、数据通道和控制器。在内容的编写上我们着眼于帮助读者建立整机概念，理解执行指令的“物质基础”，力求在“少而精”的基础上使读者掌握电子计算机的整机工作原理。为此，我们在分别介绍电子计算机的各组成部分之前，先介绍 DJS-130 机的整机框图，并从信息传输的观点说明计算机实现自动计算的基本原理(见第五讲)；在以后各讲介绍各部分的组成及其工作原理时，又采用了“软硬结合”的讲法，例如，在讲述运算器的组成及其工作原理后，就紧接着介绍与运算器直接有关的算术逻辑指令，并通过举例进一步把两者联系起来(见第六讲)。因此，本书没有将指令系统集中在一讲讲述，而是分散在相应各讲中。在讲述控制器(见第十讲)时，我们着重讲清控制器实现控制的基本原理，因而只列举了少数几条指令的流程图和操作时间表，并只给出产生一条指令的微操作信号的控制电路，预期读者在理解这些内容的基础上是不难“举一反三”的。本部分的第九讲《中断系统与数据通道》比较难懂，读者初次学习时如果有困难，可以在学完第十一讲后再返回来学习本讲。

本书的第三部分为“软件”部分(见第十一至十五讲)。我们编写这一部分内容的目的是为了使读者对电子计算机的工作原理有一个全面的了解，并为使用电子计算机打下初步基础。我们知道，要在电子计算机上算题，必须编制出相应的程序。那么，怎样来编制程序呢？我们在第十一讲介绍了用汇编语言编制程序的基本方法，在第十五讲介绍了用 BASIC 程序语言编制程序的基本方法，并在这两讲中分别介绍了汇编语言和 BASIC 语言的基本组成，读者在掌握了这两种语言后就不难学习其它计算机语言。第十二讲我们介绍了 DJS-130 机所采用的几个服务程序，乃使读者建立起用程序管理计算机的初步

概念，从而进一步明确计算机的硬件与软件是组成计算机的两个相辅相成的方面。当然，第十二讲的内容也可看作是第十一讲所述程序设计方法的举例补充。在编制程序时，要经常涉及如何存放数据和如何查找数据，才能使所占存贮容量最少、查找速度最快，这就需要研究“数据结构”的问题。为此，我们在第十三讲对数据结构的基本概念及查表方法作了简单介绍。当用汇编语言编制出源程序后，计算机必须将它翻译为机器指令代码表示的目的程序才能在计算机中执行，那么这个翻译过程是怎样完成的呢？为此，我们在第十四讲介绍了基本汇编原理，简单地回答了这个问题，从而使读者对计算机的软件（汇编程序）功能有一具体了解。读者可根据情况自行跳过第十三、十四讲内容，而直接阅读第十五讲的内容。

综上所述，读者在初次阅读本书时，不妨先跳过目录中标有 * 号的章节，以便抓住本书主要内容。当采用本书作为教学参考书时，同样可根据学时数的多少，选用或删掉带 * 号的章节。本书的每一讲后附有练习题，可供读者复习所学内容时参考。

本书主要部分内容曾以“电子计算机讲座”形式在《电信技术》杂志上刊登过，也曾以此“讲座”为基础增补某些内容后改编为《电子计算机原理》讲义，用作清华大学自动化系的教材。本书就是在上述基础上，根据部分读者的意见和教学实践的结果重新改编的，增加了某些新的内容。在《电信技术》杂志上刊登的“讲座”稿件全部经北京邮电学院文瑜教授审阅过，他提出了不少宝贵的修改意见；《电信技术》的编辑李志德同志也为修改此稿件做了不少工作，在此向这两位同志表示衷心的感谢。但限于我们的水平，本书难免还存在缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

作者 1981.7.

目 录

第一讲 电子计算机概述

§ 1.1 电子计算机的基本组成	1
§ 1.2 电子计算机的计算过程	3
§ 1.3 数的表示方法	5
§ 1.4 指令的表示方法	8
§ 1.5 实现对“1”、“0”寄存与运算的基本电路	12
§ 1.6 电子计算机的整机工作原理	15
§ 1.7 计算方法的基本概念	22
§ 1.8 程序设计及软件的基本概念	23
练习 1	28

第二讲 数的表示方法

§ 2.1 数的二进制表示法	29
§ 2.2 二进制数的定点及浮点表示法	37
§ 2.3 二进制数的原码、反码、补码表示法	42
练习 2	50

第三讲 逻辑代数及逻辑电路

§ 3.1 逻辑代数基础	52
§ 3.2 门电路	67
§ 3.3 触发器	74
练习 3	80

第四讲 基本逻辑部件

§ 4.1 寄存器	84
-----------	----

§ 4.2 全加器·····	87
§ 4.3 译码器·····	91
§ 4.4 计数器·····	93
§ 4.5 节拍发生器·····	96
* § 4.6 组合线路设计概述·····	99
* § 4.7 时序线路设计概述·····	105
练习 4 ·····	118

第五讲 电子计算机的整机结构

§ 5.1 DJS-130 机的整机组成框图·····	121
§ 5.2 DJS-130 机实现自动计算的基本原理·····	130
练习 5 ·····	136

第六讲 运算器与算术逻辑指令

§ 6.1 运算方法及其实现·····	138
§ 6.2 算术逻辑指令的结构·····	148
§ 6.3 算术逻辑指令的应用举例·····	156
练习 6 ·····	159

第七讲 存贮器与访内指令

§ 7.1 磁芯存贮二进制代码的原理·····	162
§ 7.2 三度三线存贮器的工作原理·····	167
§ 7.3 访内指令的结构·····	172
§ 7.4 访内指令的应用举例·····	184
练习 7 ·····	190

第八讲 外部设备接口与输入输出指令

§ 8.1 外部设备及其接口概述·····	192
§ 8.2 光电输入机及其接口的工作原理·····	196

§ 8.3 输入输出指令的结构·····	200
§ 8.4 输入输出指令的应用举例·····	207
练习 8 ·····	210

* 第九讲 中断系统与数据通道

§ 9.1 中断的基本概念·····	211
§ 9.2 实现中断的硬件·····	214
§ 9.3 中断管理指令的结构·····	220
§ 9.4 中断处理程序举例·····	224
§ 9.5 数据通道·····	228
练习 9 ·····	239

第十讲 控 制 器

§ 10.1 控制器的任务及组成 ·····	241
§ 10.2 指令流程图 ·····	247
§ 10.3 周期状态发生器及节拍发生器 ·····	252
§ 10.4 操作控制部件 ·····	258
练习 10·····	266

第十一讲 汇编语言及程序设计初步

§ 11.1 汇编语言简介 ·····	270
§ 11.2 程序设计的基本方法 ·····	273
§ 11.3 汇编语言的补充 ·····	298
练习 11·····	305

第十二讲 服 务 程 序

§ 12.1 输入引导程序 ·····	307
§ 12.2 纸带复制程序 ·····	327
§ 12.3 诊断程序 ·····	330

练习 12.....	333
------------	-----

*** 第十三讲 数据结构**

§ 13.1 数据结构概述	334
§ 13.2 数据结构类型	339
§ 13.3 查表法	350
练习 13.....	364

*** 第十四讲 基本汇编原理**

§ 14.1 汇编原理概述	365
§ 14.2 汇编原理的举例说明	373
§ 14.3 汇编的操作步骤	387
练习 14.....	389

第十五讲 BASIC 语言及其程序设计

§ 15.1 什么是程序设计语言	390
§ 15.2 BASIC 语言的基本词法	392
§ 15.3 BASIC 语言的基本语法	395
§ 15.4 用 BASIC 语言编制程序举例.....	403
§ 15.5 键盘操作及键盘命令	411
练习 15.....	413

附录 1. DJS-130 机的指令汇总表	418
-----------------------------	-----

附录 2. ASCII 码及五单位码	422
--------------------------	-----

附录 3. 32 条自动引导程序和响导程序	423
-----------------------------	-----

电子计算机概述

在未深入讨论电子计算机的各组成部分之前，我们先来概要地介绍一下电子计算机是怎样组成的，又是怎样实现自动计算的。尽管这些介绍是粗浅的，但对于以后各讲内容的理解会带来方便。

§ 1.1 电子计算机的基本组成

为了便于理解电子计算机的组成，我们先从人是怎样进行计算的谈起。假如用纸、笔和算盘来计算一道非常简单的算题： $5+4-2=?$ ，对于初学者来说，其计算过程大致如下。

第一步，根据给定的算题，想好计算步骤，并把题目写在纸上（必要时写上计算步骤及原始数据）。

第二步，在算盘上进行计算。先做加法 $5+4$ ，求得中间结果 9；再做减法 $9-2$ ，求得最后结果 7。

第三步，将最后结果 7 写在纸上，完成了这道题的计算。

由上述计算过程可以看出，要让机器来完成这一计算，它必须具有下列装置：代替算盘对数进行运算的装置，即运算器；代替纸张存贮计算步骤、原始数据、中间结果和最后结果的装置，即存贮器；代替人脑和手控制整个运算过程的装置，

即控制器。这就是说，电子计算机至少要有运算器、存贮器和控制器等组成部分，如图 1.1 所示。

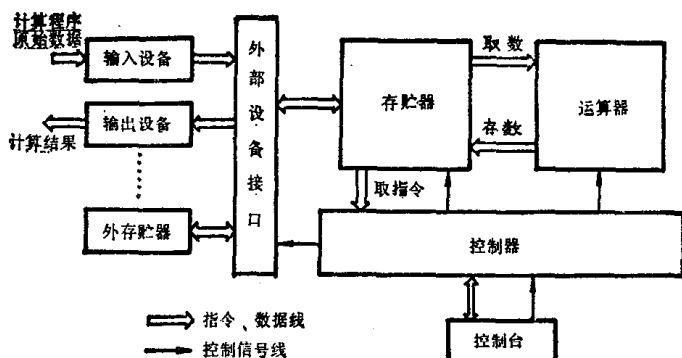


图 1.1 电子计算机的组成框图

除上述三部分外，计算机还必须具有输入设备和输出设备，以将计算步骤、原始数据输入计算机中，并将计算结果从计算机输出。此外，有的电子计算机还具有外存贮器和控制台。通常，把输入设备、输出设备和外存贮器统称为外围设备，把运算器、控制器统称为中央处理器或中央处理机，而把运算器、控制器和存贮器统称为主机。外部设备和主机之间的信息交换是通过“外部设备接口”这一部件实现的，见图 1.1。

图 1.2 为 DJS-130 型电子计算机的外形图，它的输入设备是光电输入机和电传机（键盘输入）；它的输出设备是电传机（打印输出或凿孔输出）和凿孔输出机；它的运算器和控制器是由集成门电路及逻辑部件所组成；它的存贮器是由磁芯组成，称为磁芯存贮器。此外，图中还表示了外部设备接口及电源的所在位置。DJS-130 型电子计算机还可以配置外存贮器，如磁带机、磁鼓或磁盘，这在图中没有画出来。

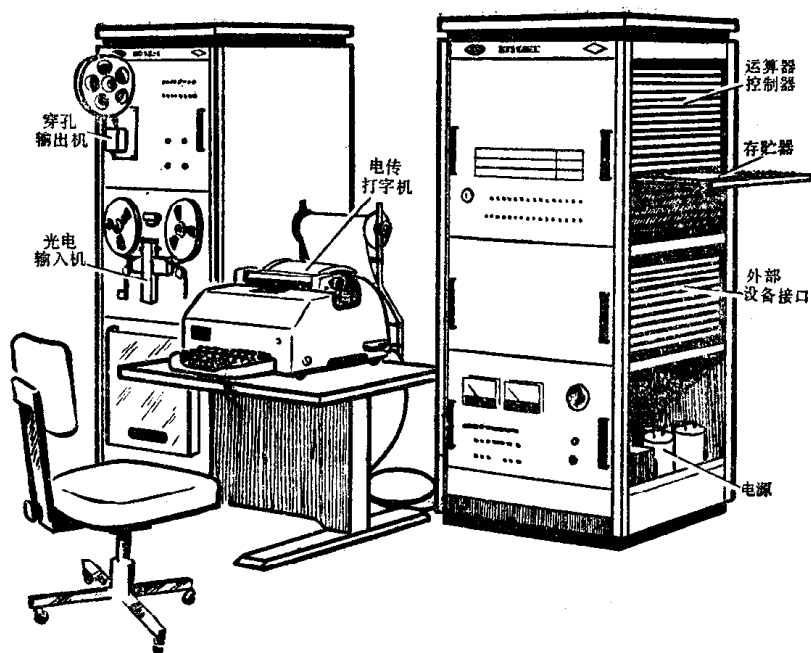


图 1.2 DJS-130 机外形

§ 1.2 电子计算机的计算过程

从上节我们知道了计算机的组成，现结合图 1.1 来说明计算机计算 $5+4-2=?$ 的大致过程。它与上述人的计算过程相仿，也可概括为三步：

第一步，根据给定题目编制出计算机计算该题的“计算步骤”，如表 1.1 所示。表中的每一步都规定了计算机在该步所要执行的操作，计算机只有按规定的操作去做，才能算出正确的结果。因此，计算步骤中的每一步相当于对计算机下达一条“命令”，在计算机的术语中，称为“指令”。由若干条指令组成

的“计算步骤”，称为“计算程序”，表 1.1 就是用文字描述的计算 $5+4-2$ 的计算程序。

表 1.1

顺 序	操 作 内 容
1	从存贮器取出被加数 5 送到运算器。
2	从存贮器取出加数 4 送到运算器，在运算器中进行 $5+4$ 的加法运算，得 9。
3	从存贮器取出减数 2 送到运算器，在运算器中进行 $9-2$ 的减法运算，得 7。
4	将运算器中算得的结果 7，存入存贮器。
5	将计算结果 7 由输出设备输出。

编制好计算程序后，便可通过输入设备将计算程序（表 1.1）及原始数据（5、4、2）输入到计算机的存贮器中存放起来。

第二步，当计算程序及原始数据送入存贮器后，计算机便可自动进行计算，具体过程如下：

在控制器的控制下，从存贮器取出第一条指令（见表 1.1 中的顺序 1），放在控制器中。控制器收到第一条指令后，便“翻译”出这条指令的具体要求，发出相应控制信号，从存贮器中取出被加数 5 送到运算器中。

当执行完第一条指令所规定的操作后，控制器又从存贮器中取出第二条指令（见表 1.1 中的顺序 2）。同样，对该条指令进行“翻译”后，发出相应的控制信号，将存贮器中的加数 4 送到运算器中，并与运算器中的原有数 5 相加，求得中间结果 9。

当执行完第二条指令所规定的操作后，控制器又从存贮器中取出第三条指令，……重复上述过程，直到执行完第四条指

令，将计算结果 7 存入存储器。

第三步，计算机执行第五条指令时，便启动输出设备，将计算结果 7 打印在纸上。至此，计算机完成了这道题的全部计算工作，可以停机。

从以上所述不难看出，要使计算机能够按照表 1.1 的计算程序自动进行计算，首先要设法使计算机记住这一条条的指令。那么，在计算机中这一条条指令是怎样表示的呢？数 0、1、2、 $\cdots$ 9 又是怎样表示的呢？下面分别说明这两个问题。

§ 1.3 数的表示方法

通常，数是用十进制表示的。在十进制数中，任意一个数都可以由 0、1、2 $\cdots$ 9 十个基本数字按照“逢十进一”的规则来组成。那么，在计算机中，能不能直接运用十进制数呢？我们知道，人对 0、1、2 $\cdots$ 9 这些基本数字的识别是通过对它们形象的观察来实现的；而计算机是由电子线路和一些物理元件组成的，因此，在计算机中，数只能用物理元件的各种稳定状态来表示。这就是说，要表示一位十进制数可能出现的十个基本数字，要求一个物理元件具有十种不同的稳定状态，这样的物理元件一般是很难找到的。为此，目前在计算机中采用了一种基本数字尽可能少的进位制来表示数，这就是二进制。

与十进制相类似，在二进制中，任意一个数都可以用 0、1 两个基本数字按照“逢二进一”的规则来组成。根据十进制与二进制的特点可以写出十进制数与二进制数的对应关系，见表 1.2。

由于在计算机中，数采用二进制表示，因而组成计算机的物理元件只要求具有两种不同的稳定状态。这样的物理元件是

表 1.2

数 值	十 进 制	二 进 制
零	0	0
一	1	1
二	2	10
三	3	11
四	4	100
五	5	101
六	6	110
七	7	111
八	8	1000
九	9	1001
十	10	1010
十一	11	1011
十二	12	1100
十三	13	1101
十四	14	1110
十五	15	1111

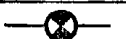
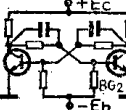
元 件	状 态	代 码	“ 1 ”	“ 0 ”
开关			接通	断开
指示灯			亮	暗
纸带			有孔	无孔
磁芯			正向磁化	反向磁化
触发器			BG ₁ 导通 BG ₂ 截止	BG ₁ 截止 BG ₂ 导通

图 1.3 两状态物理元件

较容易找到的，如开关的“接通”与“断开”就是开关这一物理元件的两种稳定状态。若用开关的“接通”表示“1”，则开关的“断开”可表示“0”。计算机中常用的两状态物理元件的状态与代码“1”、“0”的对应关系如图 1.3 所示。

计算机中“1”与“0”，还可以用上述物理元件所产生的电位的“高”和“低”以及电脉冲的“有”和“无”来表示。例如二进制数 1001 用电位与电脉冲的表示方法如图 1.4 所示。

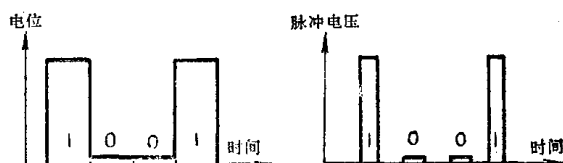


图 1.4 用电位和电脉冲表示的二进制数

计算机中的数采用二进制表示，除具有上述易于实现的优点外，还具有使运算简单的优点，这从下面所举的例子中可以明显看出。

二进制加法：

规则： $0+0=0$ $1+0=1$
 $0+1=1$ $1+1=10$

举例：

9	1001
+ 5	+ 101
14	1110

二进制乘法：

规则： $0 \times 0=0$ $1 \times 0=0$
 $0 \times 1=0$ $1 \times 1=1$

举例：

4	100
$\times 5$	$\times 101$
20	100
<u> </u>	100
000	000
100	100
<u> </u>	10100
	<u> </u>

↑

可见，二进制数的加法和乘法规则是极其简单的。特别是乘法运算，除 $1 \times 1 = 1$ 外，其它情况都等于 0，根本不需要十进制数乘法中所用的九九口诀表。从上例中可以看出，乘法是这样完成的：当乘数为 0 时，部分乘积为 000；当乘数为 1 时，部分乘积等于被乘数（100），只是它的最后一位应与相应的乘数位对齐，即相当于把被乘数逐次左移；当乘数的各位都乘过后，把各次部分乘积加起来便可得到最后乘积。所以，二进制数的乘法实际上可以通过移位和加法来实现。

二进制数的减法和除法分别是加法和乘法的逆运算，其运算规则读者可自行列出。所要指出的是，当我们在第二讲引入“补码”的概念后，在第六讲将可看到减法可以通过加“减数的补码”来实现，从而使二进制数的四则运算归结为加法和移位两种操作。

§ 1.4 指令的表示方法

在介绍了数的表示方法之后，我们进一步介绍指令在计算机中是怎样表示的。

分析一下表 1.1 中的各条指令，无非是“告诉”计算机每一步应执行什么操作，以及参与这一操作的数是什么。例如，表