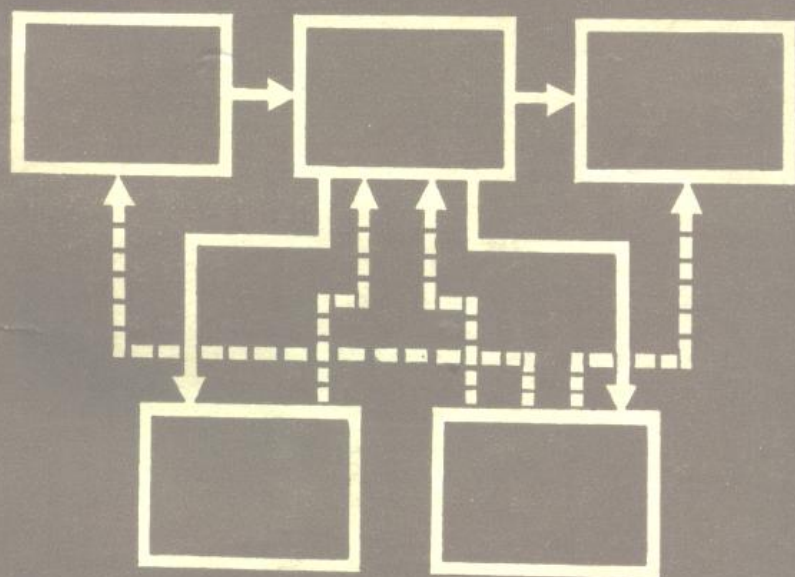


广播电视大学教材

数字电子计算机原理

上册

李大友 编



人民邮电出版社

TP330.1

LDY/1-1



广播电视大学教材

数字电子计算机原理

上册

李大友 编



~~018780~~

0026829

人民教育出版社

内 容 简 介

本书较全面地介绍了数字电子计算机硬件组成、工作原理及微型计算机系统组织;在软件方面,介绍了汇编语言及其程序设计的基本方法。

全书分上下两册出版。上册包括计算机的一般描述、运算基础、逻辑基础、计算机结构、指令系统、汇编语言及程序设计初步;下册包括运算方法、运算器、控制器、存储器、外部设备、接口、信息传送方式和微型计算机系统组织。

本书为中央广播电视大学电子类专业试用教材,也可供工科院校有关专业师生及工程技术人员参考。

本书责任编辑是姚玉洁。

JS520/11

广播电视大学教材 数字电子计算机原理

上 册

李大友 编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 9.25 字数 220,000

1981年1月第1版 1981年6月第1次印刷

印数 000,001—120,000

书号 15012·0302 定价 0.77 元

前 言

本教材是受中央广播电视大学委托,按电子类专业教学计划要求编写的,供这类专业数字电子计算机原理课程广播电视教学试用,讲授半年,共80学时。

在实现四个现代化的过程中,广泛地使用小型和微型计算机。本教材主要讨论小型和微型计算机的组成、工作原理、汇编语言及程序设计的基本方法。在学完本课程并掌握了上述内容之后,便为设计基本的逻辑网络、组装调试微型计算机、使用汇编语言编制应用程序打下较好的基础。

在广播电视教学中,由于教师与听(观)众无法交谈,所以在教材安排上力图使之便于自学,提供了适量习题,在书后还附有部分习题答案。因此,本教材也可供自学者使用。

清华大学薛华成副教授及杨缦琳、李志华等同志仔细审阅了全部手稿,提出了许多宝贵意见和建议。在本书编写过程中,姜秀芳同志协助做了不少工作。编者在此对他们表示衷心感谢。

编者水平有限,时间又很仓促,书中错误和不妥之处一定不少,切望读者提出宝贵意见。

李大友于北京工业大学

一九八〇年十月

上册目录

第一章 绪 论	1
§ 1.1 计算机发展过程简述	1
§ 1.2 计算机目前发展趋势及对未来的展望	3
§ 1.3 计算机的应用	6
§ 1.4 数字电子计算机的硬件组成	7
§ 1.5 数字电子计算机系统的构成	10
§ 1.6 计算机的主要技术指标	11
第二章 运算基础	14
§ 2.1 进位计数制	14
§ 2.2 二进制的特点	16
§ 2.3 不同计数制之间的转换	19
§ 2.4 数的定点与浮点表示	25
§ 2.5 原码·补码·反码	30
§ 2.6 溢出判断和变形码	40
§ 2.7 二-十进制编码	44
习题	46
第三章 逻辑代数及组合逻辑设计	49
§ 3.1 逻辑代数·逻辑变量·逻辑运算	49
§ 3.2 真值表和逻辑函数	52
§ 3.3 基本逻辑电路	55
§ 3.4 逻辑集成电路	63
§ 3.5 逻辑代数的基本公式	72
§ 3.6 逻辑函数的代数化简法	77
§ 3.7 卡诺图化简法	84
§ 3.8 多个逻辑函数的卡诺图化简法及 多输出端逻辑电路设计举例	107
习题	120
第四章 触发器·逻辑部件·寄存器传送	123

§ 4.1 集成电路触发器	123
§ 4.2 单脉冲线路	134
§ 4.3 寄存器	136
§ 4.4 计数器	140
§ 4.5 译码器	152
§ 4.6 节拍分配器和脉冲分配器	156
§ 4.7 总线	161
§ 4.8 寄存器传送	168
习题	172
第五章 计算机结构	175
§ 5.1 计算机系统组织	175
§ 5.2 中央处理机结构	178
§ 5.3 内存贮器结构	181
§ 5.4 计算机结构框图及其工作过程	182
第六章 指令系统	188
§ 6.1 指令格式及寻址方式	188
§ 6.2 DJS-180 系列机寻址方式	199
§ 6.3 指令系统	208
第七章 程序设计初步	223
§ 7.1 概述	223
§ 7.2 汇编语言	224
§ 7.3 简单程序设计	235
§ 7.4 分支程序设计	237
§ 7.5 循环程序设计	244
§ 7.6 子程序及堆栈技术	254
习题	265
习题答案(部分)	266
附录 1 部标码字符表	277
附录 2 DJS-183(PDP-11/20)机指令表	278
附录 3 绝缘栅场效应管(MOS 场效应管)	286

第一章 绪 论

数字电子计算机的出现是近代重大科学成就之一。它的出现,有力地推动了其它科学技术的发展。它在科学研究、工农业生产、国防建设以及社会生活等方面,都获得了越来越广泛的应用。七十年代以后,它的发展更加迅速。计算机科学技术不断取得新的进展,其应用范围也在不断扩大。

§ 1.1 计算机发展过程简述

从1946年第一台电子计算机诞生以来,它的发展经历了四代。虽然各代的划分没有严格界限,但有个大致的范围。

一般说来,从1946年到1959年为第一代。第一代数字电子计算机的主要特点是:计算机所使用的逻辑元件为电子管;主存贮器采用延迟线或磁鼓,辅助存贮器已开始用磁带机;软件主要使用机器语言,符号语言已经出现并开始使用;应用以科学计算为主,应用方式主要是成批处理。

用现在的眼光来看,那时的计算机是很原始的,体积庞大,运算速度很慢,内存容量也很小。例如,1946年出现的第一台计算机,内存贮器容量为17 k位,字长12位,加法速度为5000次/秒,使用了18800个电子管,重30吨,耗电150千瓦,价值40万美元,占地面积达150平方米。尽管如此,它却确立了计算机发展的技术基础,如数字编码、自动运算方式和程序设计等。

从1959年到1964年为第二代。这一代的主要特点是:逻辑元件采用晶体管;以磁芯存贮器为主存贮器,辅助存贮器已开始使

用磁盘;软件已开始使用高级程序设计语言和操作系统;应用以数据处理为主,并开始用于过程控制。

第二代计算机在性能和可靠性方面都比第一代提高了一个数量级;在结构上向通用型方向发展。

从1964年美国IBM公司的IBM360系列机问世算起到六十年代末为止为第三代。其特点是:逻辑元件采用集成电路;主存贮器还是以磁芯存贮器为主;机种多样化、系列化;外部设备不断增加,品种繁多,尤其是终端设备和远程终端设备迅速发展,并与通信设备结合起来;高级程序设计语言发展很快,品种很多,操作系统进一步发展和普及。

另外,在六十年代中期,在发展大型机的同时,小型机也飞速发展起来。小型机字长一般为12~32位,标准字长为16位,内存贮器容量一般为4k~32k字,外部设备比较齐全,价格低,可靠性高。由于小型机的飞速发展,大大促进了计算机应用的发展。

总的说来,第三代计算机在存贮器容量、运算速度和可靠性等方面都比第二代又提高了一个数量级,系统结构方面有了很大改进。使用面广布于工业控制、数据处理和科学计算等各个领域。

计算机的第四代是指全面采用大规模集成电路的时代。1970年研制成功并于1971年正式投产的IBM370系列机首先使用大规模集成电路做主存贮器,由于逻辑电路还是小规模集成电路,有人称它为三代半计算机。1975年研制成功的470V/6和M-190计算机,是主存贮器及逻辑元件均采用大规模集成电路的大型计算机,可以做为第四代计算机的代表。第四代计算机的另一个特点是软件和硬件有更多的结合。在应用方面,则已进入以计算机网络为特征的时代。

§ 1.2 计算机目前发展趋势及对未来的展望

计算机目前发展趋势是全面向第四代过渡,并向超大规模集成电路时代迈进。其主要特点是向巨型机、微型机、计算机网络和计算机智能模拟等方面发展。

巨型计算机是高速、大容量的计算机。例如,Star-100巨型计算机运算速度每秒五千万次,主存储器容量为0.5~1.0兆字(字长64位)。每秒运算一亿五千万次的巨型机也已投入运行。每秒运算十亿次甚至百亿次的巨型计算机正在研制中。

巨型计算机的发展集中地体现了计算机科学的研究水平,它可以推动计算机系统结构、硬件理论与技术、软件理论与技术、计算数学与计算机应用等多个科学分支的发展。

第二个方面,就是发展微处理机和微型计算机。

微型计算机是1971年出现的。它是大规模集成电路发展的产物。微型计算机在系统结构方面大部分沿用了传统的小型机方案,只是它的中央处理单元是由一片或几片大规模集成电路组成的。这样的中央处理单元称为微处理器或微处理机。微处理机加上其它部件如时钟脉冲发生器、存储器、接口电路等,便构成了微型计算机。所以,微型计算机系指由微处理机做为中央处理单元而构成的微型化计算机。

微型计算机自出现以后,发展极为迅速,差不多每两年就有一次重大发展,也称换代。大体上,1973年以前为第一代,以Intel 4004、8008及MCS-4、MCS-8为第一代典型产品。1973年以后,进入了第二代,以Intel 8080及相应的MCS-8和莫托洛拉公司的M6800为第二代的典型产品。1976年下半年,进入了第三代,Z-80被认为是这一代的典型产品(有人称为二代半)。

目前,国外微型机已有几百个品种,产品已系列化。结构上,

已从单片微处理机发展到单片微型计算机，即一片大规模集成电路就是一台微型计算机，整个微型计算机可做成袖珍式半导体收音机那样大，甚至只有一块方糖那样大；功能方面，高档微型机已接近甚至超过小型机水平；字长可达 16 位；运算速度已达到每秒几十万甚至上百万次；主存贮器容量在 4k 以上，不少机器可达 64k 甚至 128k 字节；而价格方面，便宜的微处理机只要几美元，便宜的微型计算机也不过几百美元。

微型机就其功能来说有低档、中档和高档之分。字长有 4、8、12、16 位之分。结构则有单片、多片、单板和多板等多种形式。软件方面，很多微型机已配置了多种高级语言。微型机在软件方面落后于小型机的不利状况将逐步改善。

由于微型机在使用时不要求严格的环境条件，而且价格低廉，因此就给普及应用提供了极为有利的条件。它已渗透到各行各业以及人们社会生活的各方面，将给人类生产和生活带来极为深远的影响。

微型机的发展向小型机提出了强有力的挑战。这就促使小型机向两极分化。一方面，小型机在以极快的速度微型化，例如国外的 NOVA 和 PDP 系列小型机的低档机均已微型化；另一方面，小型机本身在向高性能的方向发展，高档小型机的水平已接近中型机水平。因此，在短期内微型机不会完全取代小型机。

第三个方面是计算机向网络化的方向发展。所谓计算机网络，就是把若干台独立的计算机通过通信线路相互连接起来，形成彼此能够相互通信的一组相关的或独立的计算机系统；或者单台计算机与多个终端设备通过通信线路相互连接起来，形成彼此能够通信的计算机系统。它有数据传输等功能，并有共享数据、共享硬件、共享软件、均衡负荷（把一个给定的工作负荷分配给网络内的各计算机负担，以便均衡计算机网络内的资源）等优点。

计算机网络的发展使用户可在同一时间、不同地点使用同一个计算机网络系统,从而大大提高了计算机系统的效率和用户使用的方便性。目前世界上最大的和较完善的计算机网络是由美国国防部高级研究局建造的 ARPA 网。它是用高速传输线(50 千位/秒)把不同地点的计算机连接起来构成的。这个网遍及美国全国以及英国和挪威,通过卫星信道实现数据传输。该计算机网络目前已拥有 45 台主计算机和 35 台接口机,主要用于信息检索。

计算机网络可用于交通和企业管理、气象预报、航空系统、情报检索以及学术交流等多个方面。

计算机发展的第四个方面,是大力开展具有学习功能、自动进行逻辑判断的智能模拟计算机的研究。智能模拟是在对计算技术和控制论研究的基础上发展起来的。智能模拟是自动化发展的高级阶段。智能模拟是指用计算机进行识别图象和物体、证明定理、研究学习、探索、联想、启发等(包括理解人的语言)活动的过程和机理。

展望未来,在计算机的发展过程中,必将有很多新的突破。虽然要准确地预计未来是相当困难的。但从目前的发展来看,未来的计算机将是半导体技术、光学技术、超导技术、电子仿生技术互相结合的产物。八十年代,全面采用大规模集成电路的第四代计算机将迅速普及;采用超大规模集成电路的计算机将陆续出现;速度方面可能达到每秒运算 10~100 亿次,即比目前最快的计算速度提高 1~2 个数量级。九十年代以后,集成光路、超导器件以及电子仿生技术可能进入计算机,从而可能出现光学计算机、超导计算机和人工智能计算机等全新的计算机,计算技术将发展到一个更高的水平。

§ 1.3 计算机的应用

由于计算机具有很高的运算速度、很大的存贮容量,并且具有逻辑分析和逻辑判断能力,所以它得到了十分广泛的应用。据不完全统计,目前应用场合已达几千种。从导弹的弹道计算到导航;从工业生产的计划调度到生产过程控制;从铁路运输的计划统计到机车运行的自动调度;从自动售货到银行存取自动化;从医学自动生化分析到自动问诊、提出治疗方案等等,应用实例不胜枚举。但概括起来可以分为下面几类。

一、科学计算方面的应用

在近代科学技术工作中,有大量复杂的科学计算问题。如高层建筑结构力学分析、光路系统数学分析等各种数学物理问题的科学计算,都需要依靠计算机来解决。计算机强大的解题能力大大改变了工程设计和产品设计的面貌。很多设计,过去由于计算工作量庞大而无法进行或只能采用粗略近似的算法。采用计算机之后,由于它的运算速度很快,过去人工计算要以年或十年为单位计算的问题,现在用几天、几小时,甚至几分钟就可以得到计算结果。从而也就可以采用更精确的算法,甚至还可以对不同计算方案进行比较,以获得最佳设计方案。

二、数据处理方面的应用

所谓数据处理系指企业管理、会计、统计、生物化学分析、医学、资料管理和试验资料整理等的大量的数据加工、合并、分类等工作。

数据处理是计算机应用十分重要的一个方面。据统计,用于数据处理的计算机占的比重最大。

三、自动控制方面的应用

利用计算机实现生产过程的实时控制,不仅可以大大提高自

动化水平,提高控制准确性,提高产品质量及成品合格率,而且降低了成本,减轻了劳动强度。因此,近年来它在机械、冶金、石油化工、电力、建筑以及轻工业各部门都得到了广泛的应用,并收到了良好效果。

如,在机械工业方面,用计算机控制机床,不仅可以实现精度要求高、形状复杂的零件加工自动化,而且可以用一台计算机控制多台机床(简称群控)。

又如,在石油工业方面,可对液面高度、温度、压力、流量和对液体化学成分等工艺参数进行过程控制。

总之,电子计算机和其它机械相比,其最大的不同之处在于它能代替一部分特定的脑力劳动,从而大大提高了自动化水平。电子计算机的出现所带来的影响,远远超过了蒸汽机和电出现时所带来的影响。如果说,第一次工业革命是以蒸汽机为代表的动力革命的话,那么,第二次工业革命就是以电子计算机为代表的信息革命。人类将把更多的机械思维活动交给电子计算机去做,而集中更多的精力去从事更高级的创造性劳动。电子计算机在实现“四化”的过程中,将发挥其巨大的作用。

§ 1.4 数字电子计算机的硬件组成

数字电子计算机是实现信息处理的自动机。在前几节中已经说明了计算机的应用领域是十分广泛的。那么,计算机为什么有那么大的本领呢?关键在于,计算机是一种高度自动化的、能进行快速运算和逻辑判断的、先进的电子设备。它不但能进行加、减、乘、除等算术运算,而且能对参加运算的数据和计算结果进行逻辑判断,并且具有记忆能力。因此,它能自动、快速地解决各种数学问题和逻辑问题。

为了说明计算机的组成,让我们先来研究一下人利用算盘算

题的过程。

假定,用纸、笔和算盘来计算 $y=a \times b+c \times d$ 这样一个简单的题目。

这个题目的计算步骤为:

第一步 根据给定题目确定计算步骤和方法,并且把计算公式、解题步骤和原始数据写在纸上。

公式: $y=a \times b+c \times d$

解题步骤: 先做 $a \times b$, 其次做 $c \times d$, 最后做 $y=a \times b+c \times d$ 。

原始数据为: a, b, c, d

计算结果为: y

第二步 按先乘后加的原则在算盘上进行计算。

做 $a \times b$, 将得到的中间结果写在纸上;

做 $c \times d$, 将得到的中间结果放在算盘上;

求 $y=a \times b+c \times d$;

结束。

第三步 把结果在纸上记录下来,全部计算最后完成。纸上为 $y=a \times b+c \times d$ 的最终结果。

从上述过程可知,为完成计算必须具备:

记忆部分 用来存放原始数据、计算步骤、中间结果和最终结果。这里是纸和人的记忆中枢。

运算部分 用来完成运算。这里是算盘。

控制部分 用来控制整个计算过程。这里是人的意志中枢。

输入输出部分 将信息送给意志中枢,将数据写在纸上。这里是眼、手和笔。

数字电子计算机是模拟上述解题过程的自动机。因此,它也应具有与上述功能相应的几个组成部分,在计算机中分别称为**存储器、运算器、控制器和输入输出设备**。其组成框图如图 1.4.1 所示。

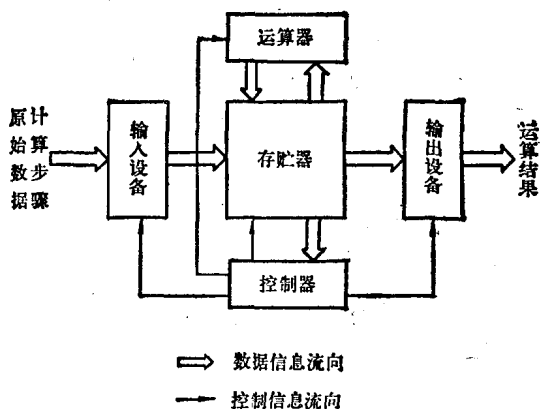


图 1.4.1 数字计算机组成框图

存储器 具有记忆功能,用来存贮计算步骤、原始数据、中间结果和最终结果。简言之,就是用来存贮程序和数据。

运算器 用来进行加、减、乘、除等算术运算及逻辑运算。

输入设备 解题程序及原始数据通过输入设备转换成计算机能够识别的代码送到存储器中保存起来。

输出设备 计算结果或人们所需要的其它信息通过输出设备传送出来,如打印在纸上。

控制器 控制计算机各部分按人们预先规定的计算步骤(即事先编好的程序)自动地进行操作。如控制运算器进行运算,控制运算器和存储器之间的信息交换,控制输入输出设备的工作等。

通常,我们把组成计算机的这五个部分,称为**硬件**。

那么,是否只有硬件,计算机就能工作了呢?不能。这是因为,计算机完全不懂人的语言,所以,人们无法直接命令计算机做什么或怎么做。因此,为了让计算机能按人的要求去工作,就必须事先把计算方法和步骤翻译成机器能懂的语言,即**机器语言**。这种语言的翻译工作就是使用机器语言编制解题程序。接着,把编好的

程序连同原始数据一起制成穿孔纸带，并通过输入设备送到存储器中存起来。然后，启动计算机，计算机按人的要求自动地进行全部计算工作。计算机计算完毕后，通过输出设备送出计算结果。

相对于硬件而言，我们把各种各样的程序，称做软件。

只有硬件和软件同时具备，计算机才能自动地、快速地、连续地工作，完成各种各样的工作任务。

现在，我们仍以 $y=a \times b + c \times d$ 为例，说明计算机是如何工作的。

第一步 将编好的解题步骤(以后称为程序)、原始数据通过输入设备送到存储器存起来。

第二步 进行计算。

1. 从存储器取出 a ，送到运算器中；
2. 从存储器取出 b ，送到运算器，与运算器中的 a 相乘，中间结果 $a \times b$ 放在运算器中；
3. 将运算器中的中间结果 $a \times b$ 送到存储器中暂存；
4. 从存储器取出 c ，送到运算器中；
5. 从存储器取出 d ，送到运算器，与运算器中的 c 相乘，中间结果 $c \times d$ 放在运算器中；
6. 从存储器中取回中间结果 $a \times b$ 与暂存在运算器中的 $c \times d$ 相加，这时，运算器里暂存着最终结果 $y = a \times b + c \times d$ ；
7. 将最终结果 y 送到存储器。

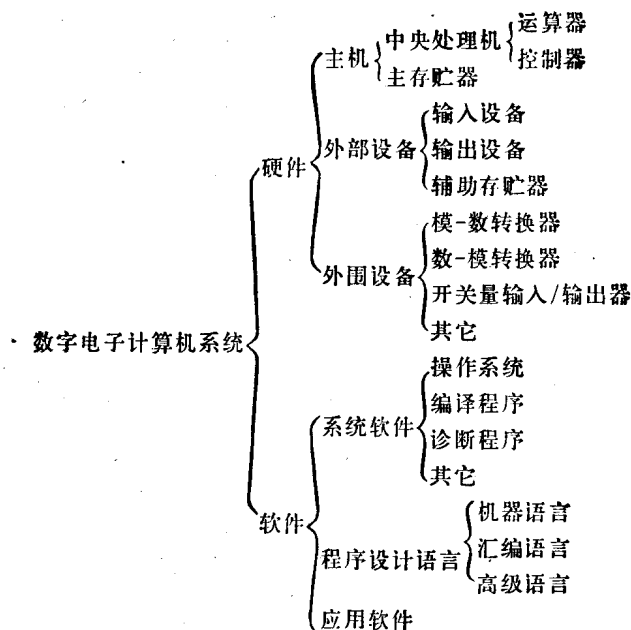
第三步 由输出设备将最终结果 $y = a \times b + c \times d$ 打印在纸上。

第四步 停机。

§ 1.5 数字电子计算机系统的构成

一个完整的数字电子计算机系统包括硬件和软件两大部分。

其具体组成如下:



一个具体的计算机系统, 它所包括的硬件和软件数量是各不相同的。究竟应包括多少, 应根据计算机的规模、应用场合及对计算机性能的综合要求来确定。

§ 1.6 计算机的主要技术指标

一台数字电子计算机技术性能的好坏, 是由它的系统结构、指令系统、硬件组成、外部设备的配备情况以及软件是否丰富等多方面因素决定的, 不是根据一两项技术指标就能得出结论的。例如, 用每秒运算 50 万次和 100 万次的计算机解同一个题目, 所需的时间不一定是 2:1。如果后者的综合性能不如前者的话, 则解题时间完全有可能比前者还长。所以, 只有综合各项指标, 才能正确评