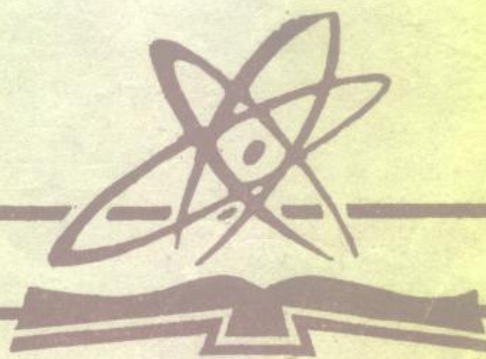


电子数字计算机组成原理

重 庆 大 学

吴中福 主编

国防工业出版社



电子数字计算机组成原理

重 庆 大 学

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

解放军第七二二六工厂印刷 内部发行

*

787×1092¹/₁₆ 印张 21⁶/₈ 513 千字

1980年12月第一版 1980年12月第一次印刷 印数1-8,000册

统一书号: N15034 (四教49) 定价 2.25 元

内 容 简 介

本书系高等学校工科电子类计算机专业统编（试用）教材之一。

该教材力求把硬件和软件结合起来介绍计算机这个信息处理系统的基本原理。全书内容按信息的表达、加工处理、加工处理的过程控制、存储、变换与传送等五个主要方面进行组织安排。各章节以阐述计算机的一般组成原理为主，适当引入一些具体机器，如国产 DJS-180 系列的 183 机、DJS-100 系列的 130 机和 140 机、及其他某些小型和微型机的有关材料来加深对一般原理的理解。

全书除绪论外共分十二章，绪论和前六章为上册，后六章为下册。这本上册主要包括信息的表达、加工处理和加工处理过程控制等方面的内容。上册由吴中福同志主编，其中第五章由陈大智同志执笔。

这是一本计算机专业试用教材，也可供从事电子计算机方面的工作人员参考。

前 言

本书是根据四机部主持召开的高等工科院校电子类专业教材会议精神和计算机专业组所讨论确定的编写大纲进行编写的，系高等工科院校电子类计算机专业的统编试用教材之一。

使用本书进行教学的参考时数为160，上下册各占80。从学习计算机这样一个信号处理系统的组成原理上看，上册主要讨论信息的表达、加工处理和加工处理的过程控制，下册主要研究信息的存储、变换与传送。

如果把一个软硬结合的计算机系统分为：电路级、逻辑级（包括组合逻辑、时序逻辑、寄存器传送三个子级）、程序系统级、系统级等层次结构时，本教材则主要讨论逻辑级中的寄存器传送子级和系统级中的部分内容。而电路级的内容是在“电子技术”、“脉冲数字电路”课程中介绍，逻辑级的组合逻辑和时序逻辑两个子级的内容是在“数字逻辑”课程中介绍，程序设计级的内容在“程序设计”课程中介绍，系统级的大部分内容是在“计算机系统结构”课程中深入讨论。所以，“电子技术”、“脉冲数字电路”、“数字逻辑”、“程序设计”等是本课程必需的前设课程，而“计算机系统结构”和“操作系统”等则是它的重要后续课程。

如果从使用计算机的人——机介面上看，一个计算机系统又可分为：微程序设计级、一般机器级、操作系统级、汇编语言级、面向过程或问题的高级语言级等多级结构。其中的操作系统级和高级语言级由“操作系统原理”、“算法语言”和“编译原理”等作深入讨论。本教材则是从如何实现微程序级、一般机器级与汇编语言级的角度来研究计算机的组成原理，所以必然牵涉到微程序设计、一般机器语言和汇编语言程序设计的基本知识与技能。至于程序设计的基本原理、方法和技巧等内容，则由“程序设计”这门课程负责作深入地讲授。

教材内容与前设、后续课程可能略有重叠，在使用时可根据具体情况酌情删减。所写内容着重于叙述各部分的基本工作原理，结合具体机器的内容任课教师可根据各院校情况做适当补充，灵活掌握。

每章后附有适量的思考及练习题，可供选用。其中有少数题目是课程内容深化的练习，难度稍大一些，请选用时注意。

在编写本书的过程中，得到了我校、系、专业各级领导和同志们的帮助和支持。特别是计算机专业教研室的同志们反复认真地讨论了编写大纲，提出了许多具体的宝贵意见。袁开榜、程代杰、龙大成等同志还帮助全部或部分地审阅了初稿，指出了初稿中存在的一些问题，提出了一些好的建议。李朴同志帮助编写了第五章中的软件乘、除法程序，袁开榜、龙大成同志帮助草拟了部分习题和汉语拼音符号缩写表，唐定华、王康同志帮助作了部分初稿印刷的校核工作。在此一并表示衷心的感谢！

本统编试用教材由华南工学院倪永仁等老师负责主审，并先后在广州和重庆召开了两次有清华大学、西北电讯工程学院、上海交通大学、南京工学院、西安交通大学、天津大学、成都电讯工程学院、中国科技大学、上海科技大学、北方交通大学、上海工业大学、中国矿

VII

业学院、华南工学院、重庆大学等十多个兄弟院校代表参加的审稿会，与会代表本着对教材认真负责的态度，提出了许多宝贵的建设性的意见，在此表示真诚的谢意！

本书部分内容虽有一定教学实践的基础，但以现在这样的体系来编写还是初次的尝试，加之编著者学术水平的限制和编写时间的仓促，书中定有某些缺点和错误，恳切希望使用该书的师生及其他读者提出宝贵的意见和批评。

编 者

一九八〇年八月

目 录

绪 论	(1)
1. 电子数字计算机发展简况	(1)
1.1 电子数字计算机的硬件发展	(1)
1.2 电子数字计算机的软件发展	(2)
1.3 电子数字计算机的发展趋向	(4)
2. 电子计算机在我国的发展概况及其在实现“四个现代化”中的作用	(5)
第一章 电子数字计算机组成概述	(10)
1-1 信息及用电子数字计算机进行信息处理的一般过程	(10)
1-2 电子数字计算机进行信息处理的基本原理和组成	(11)
1-2.1 电子数字计算机进行数值计算的基本原理	(11)
1-2.2 指令、程序、存储程序和程序控制的概念	(13)
1-2.3 计算机各组成部分及简单的计算机组成	(16)
1-3 现代计算机的硬件组成简框图	(20)
1-4 语言、级、虚拟机和多级计算机系统	(21)
1-5 现代多级计算机系统	(23)
1-6 硬件与软件的逻辑等价	(24)
复习思考题	(25)
第二章 电子数字计算机中数据信息的表达	(26)
2-1 信息的数字化和离散信息的基本特性	(26)
2-2 进位计数制的数据表示及相互转换	(28)
2-2.1 进位计数制与十进制数的表示	(28)
2-2.2 二进制数的表示及与十进制数的相互转换	(30)
2-2.2.1 二进制数的表示	(30)
2-2.2.2 二进制数表示的优缺点	(31)
2-2.2.3 二进制数与十进制数的相互转换	(34)
2-2.3 八进制、十六进制数的表示及它们与二进制数的关系和与十进制数的相互转换	(37)
2-2.3.1 八进制、十六进制数的表示及它们与二进制数的关系	(37)
2-2.3.2 八进制、十六进制数和十进制数的相互转换	(39)
2-3 数的小数点表示法——定点与浮点表示	(41)
2-3.1 定点表示法	(41)
2-3.2 浮点表示法	(42)
2-3.2.1 规格化和浮点表示的数据范围	(43)
2-3.2.2 对阶与阶运算	(45)

2-3.2.3 浮点与定点的比较	(46)
2-4 数的符号表示——原码、补码、反码及移码表示	(46)
2-4.1 机器数与真值	(47)
2-4.2 原码表示法	(47)
2-4.3 补码表示法	(48)
2-4.3.1 补码的导出及其基本性质	(48)
2-4.3.2 补码的演变	(53)
2-4.4 反码表示法	(55)
2-4.5 移码表示法	(55)
2-5 数据信息的其他几种编码表示	(59)
2-5.1 二进制编码的十进制数表示	(59)
2-5.2 数据信息的字符表示	(61)
2-5.3 字符与字符串的基—(50) ₈ 编码表示	(61)
2-5.4 简单的数据校验码	(65)
2-5.4.1 奇偶校验码	(65)
2-5.4.2 汉明校验码	(65)
2-5.4.3 倍数正误码	(67)
2-6 数据信息表示的长度和单位	(70)
思考及练习题	(70)
第三章 计算机中控制信息——机器语言的表达	(73)
3-1 控制信息与机器语言	(73)
3-2 指令的结构格式分析	(74)
3-2.1 操作数地址数目的选择	(74)
3-2.1.1 四地址机器指令	(74)
3-2.1.2 三地址机器指令	(75)
3-2.1.3 二地址机器指令	(75)
3-2.1.4 一地址机器指令	(76)
3-2.1.5 通用寄存器机器指令	(77)
3-2.1.6 零地址机器指令	(77)
3-2.2 操作数有效地址的形成方式——编址方式	(80)
3-2.2.1 一般直接编址方式	(80)
3-2.2.2 变址的直接编址方式	(80)
3-2.2.3 立即编址方式	(82)
3-2.2.4 间接编址方式	(82)
3-2.2.5 变址的间接编址方式	(83)
3-2.2.6 相对编址方式	(84)
3-2.2.7 通用寄存器指令的编址方式	(85)
3-3 指令的类型及指令格式举例	(89)

3-4	字节指令与字节编址	(94)
3-5	指令与程序的编码表示与符号表示	(95)
3-6	机器指令功能及编址过程实例	(98)
	思考及练习题	(104)
第四章	控制信息的组织——程序设计初步	(106)
4-1	程序设计步骤	(106)
4-2	编制程序的流程图技术	(107)
4-3	手编程序	(108)
4-4	汇编语言和汇编语言程序	(109)
4-4.1	DJS-183 机绝对汇编语言	(110)
4-4.1.1	基本概念	(110)
4-4.1.2	语句	(112)
4-4.2	DJS-183 机绝对汇编语言源程序	(117)
4-5	程序设计的基本方法	(119)
4-5.1	直接(或直线)程序设计	(119)
4-5.2	循环程序设计	(121)
4-5.3	分支程序设计	(123)
4-5.4	主程序与子程序的程序设计	(124)
4-6	使用指令的技巧与程序设计实例	(128)
4-6.1	使用指令的若干技巧	(128)
4-6.2	使用输入输出设备的程序设计举例	(131)
	实例 1 引导装入程序	(132)
	实例 2 绝对装入程序	(135)
	实例 3 绝对内存卸出程序	(140)
4-6.3	与位置无关的程序设计	(144)
4-6.3.1	与位置无关的编址方式	(144)
4-6.3.2	编写与位置无关码程序	(145)
4-7	汇编程序的基本概念	(148)
	思考及练习题	(152)
第五章	信息的加工处理——运算方法和运算器	(155)
5-1	定点加减法运算	(155)
5-1.1	原码加减法运算	(155)
5-1.2	补码加法运算	(156)
5-1.3	补码减法运算	(159)
5-1.4	反码加法运算	(159)
5-2	定点乘法运算	(161)
5-2.1	原码乘法	(161)
5-2.2	补码乘法	(165)

5-2.2.1 校正法	(165)
5-2.2.2 比较法——Booth法	(169)
5-2.3 两位乘法	(173)
5-2.4 软件乘法	(175)
5-3 定点除法运算	(183)
5-3.1 原码除法	(183)
5-3.1.1 原码恢复余数法	(184)
5-3.1.2 原码加减交替法	(185)
5-3.2 补码除法	(191)
5-3.3 软件除法	(198)
5-4 逻辑运算	(207)
5-4.1 逻辑非	(207)
5-4.2 逻辑加	(207)
5-4.3 逻辑乘	(208)
5-4.4 逻辑异	(209)
5-5 并行加法器	(209)
5-5.1 加法器的结构	(210)
5-5.2 串行进位链	(211)
5-5.3 单重分组跳跃进位	(212)
5-5.4 多重分组跳跃进位	(214)
5-6 定点运算器举例	(217)
5-6.1 DJS-183 机的数据通路	(217)
5-6.2 DJS-140 机的运算器	(221)
5-7 浮点四则运算	(225)
5-7.1 浮点加法和减法	(225)
5-7.1.1 对阶	(225)
5-7.1.2 求和	(226)
5-7.1.3 规格化	(226)
5-7.1.4 舍入	(228)
5-7.2 浮点乘法运算	(228)
5-7.3 浮点除法运算	(228)
思考及练习题	(229)
第六章 信息处理的控制技术与结构——控制器	(231)
6-1 控制器的组成概述	(231)
6-1.1 实现信息处理过程控制的功能分析	(231)
6-1.2 控制器的基本组成部分	(232)
6-1.3 指令运行的大致过程	(233)
6-2 信息的传送方式	(234)

6-2.1	信息传送总线的概念	(234)
6-2.2	单总线	(236)
6-2.2.1	单总线的特点及对控制器逻辑结构的影响	(236)
6-2.2.2	单总线的信息传送线与数据传送操作	(237)
6-3	控制器的控制方式	(240)
6-3.1	同步控制方式及其时序信号	(240)
6-3.2	异步控制方式	(242)
6-3.3	联合控制方式	(242)
6-4	控制器的组成方式	(243)
6-5	中断	(245)
6-5.1	中断的基本概念	(245)
6-5.1.1	中断的提出	(245)
6-5.1.2	中断的过程与分类	(246)
6-5.2	设计中断系统应解决的问题	(248)
6-5.2.1	设置中断源、确定它们提出中断请求的方式	(248)
6-5.2.2	中断请求的排队和判优	(248)
6-5.2.3	中断的响应与屏蔽	(252)
6-5.2.4	中断的处理	(253)
6-5.2.5	中断返回	(255)
6-5.3	一般中断系统的组成框图与多重中断	(255)
6-6	控制台	(257)
6-6.1	控制台的基本组成部分	(257)
6-6.2	控制台操作与控制台指令	(258)
6-7	组合逻辑控制器的组成原理	(259)
6-7.1	组成概述	(259)
6-7.2	组成(设计)举例	(260)
6-8	微程序控制器的组成原理	(267)
6-8.1	基本原理与结构模型	(268)
6-8.2	简单的微程序控制器举例	(272)
6-9	微程序与组合逻辑相结合的控制器组成	(276)
6-9.1	DJS-183 机微程序控制器组成	(276)
6-9.1.1	指令的运行过程	(276)
6-9.1.2	微程序控制器的组成方案与微程序控制的时序信号	(282)
6-9.1.3	微指令字的编码和微例程序的编制	(285)
6-9.1.4	微指令存储器	(292)
6-9.1.5	微指令地址的形成和转移控制部件	(294)
6-9.2	DJS-183 机的异步控制逻辑	(296)
6-9.2.1	异步数传和数传结束时总线控制权的转移	(297)

VI

6-9.2.2 指令结束和异步服务状态进入的工作过程.....	(307)
6-9.2.3 异步服务状态的操作过程.....	(309)
思考及练习题	(313)
附录 A DJS-183机指令系统	(315)
A-1 与指令系统相关的 DJS-183 机系统组成的结构特点.....	(315)
A-2 DJS-183 机的数据和指令格式.....	(317)
A-3 DJS-183 机的编址方式.....	(320)
A-4 DJS-183 机指令功能表	(321)
A-5 DJS-183 机指令系统小结	(327)
汉语拼音缩写符号表	(328)
参考书和资料	(337)

绪 论

1. 电子数字计算机发展简况

电子数字计算机是一种能自动、高速、精确地完成各式各样的信息存储、数值计算、过程控制和数据处理功能的电子机器。因为组成它的物质基础主要是电子逻辑器件，而且它早期的基本功能是数值计算，所以称它为电子数字计算机，由于这种计算机发展迅速、使用广泛，人们把它简称电子计算机，以至更省略地叫作计算机。

1.1 电子数字计算机的硬件发展

计算机的硬件是组成计算机的物质基础，它包含硬设备和硬件结构两大部分。所谓硬设备是指那些组成计算机的人们可以感知的物件，如集成电路、印刷电路板、电缆、电源、存储器、卡片阅读器、光电输入机、行式打印机和终端设备等等。而硬件结构则是把这些硬设备按一定方式组织起来形成一个有机的整体，使之具有确定功能的方式、方法、或结构方案。硬设备和硬件结构两者是相辅相成、互相促进的，但两者之中更为基础的、对计算机的发展更具决定意义的是计算机的硬设备，尤其是组成计算机的逻辑器件。从计算机过去的发展过程中可以看到：每当电子逻辑器件向前发展一步时，计算机设计者就以现有器件为基础，综合考虑当时的工艺技术条件和经济限制范围，采用相应的系统结构方案，尽可能地把计算机的性能向前推进一步，产生当时高性能的计算机。以后电子逻辑器件再进步时，又重复上述过程。所以，电子逻辑器件的发展直接推动着电子计算机的发展，而按电子逻辑器件的发展阶段来划分计算机技术的发展时代就成为很自然的事了。

1943—1946年美国宾夕伐尼亚大学的穆尔学院以当时电真空器件为基础研制成功世界上第一台实际运行的电子计算机“埃尼阿克”(ENIAC)。它总共用了一万八千多支电子管，机房占地面积约140平方米，机器重达30吨，进行一次加(减)法的平均时间为200微秒(即5,000次/秒)，进行一次乘法的时间是2,600微秒(约380次/秒)。

不久，于1948年人们发明了用半导体材料制成的电子器件——晶体管，很快就用这种小巧的晶体管研制成功第二代电子计算机——晶体管计算机。它具有体积小、重量轻、寿命长、耗电省等优点。

之后，人们在六十年代初又开始制造成功更为小巧的集成电路(IC)。所谓集成电路就是在一小块仅有几平方毫米大的半导体材料——硅单晶片上，集中做成含有几个、几十个、几百个、甚至更多的二极管、三极管、电阻、电容等电子元器件的电路。这样一来，就又诞生了第三代电子计算机——集成电路电子计算机，把计算机的性能又提高了一步。

七十年代开始以来，人们不断提高集成电路的集成度，在几平方毫米大小的硅单片上集

中做成的电子元器件越来越多。先后做成了其中包含百个以上电子元器件的中规模集成电路(MSI)、包含千个以上电子元器件的大规模集成电路(LSI)和包含多达十万个左右电子元器件的超大规模集成电路(GSI)。使计算机进入了以大规模集成电路为特征的第四代。

以上所述电子计算机技术随电子器件的发展而发展的时间图示于图 0.1。

和硬设备结伴发展的硬件结构，三十多年来，更是层出不穷、举不胜举。它们大致主要表现在这样几个方面：

为提高运算速度、最大限度地减少每条指令的平均执行时间，发展了指令在执行时间上的重叠技术、先行控制技术、流水线技术和平行处理技术；

为增强处理功能、充分发挥机器效率、提高性能/价格比，发展了多功能部件和向量运算结构，采用了多处理机及多计算机系统，出现了阵列计算系统、分布式处理系统和计算机网络；

为提高可靠性，发展了查错（发现错误）、容错（允许有错而不表现出来）和诊断排错（找出错误所在并自动排除）等各种技术；

为解决存储器存取速度和容量跟不上主机的矛盾，发展了通用寄存器结构、硬件堆栈和高速缓存结构，采用了多级存储器系统和虚拟存储器技术；

为提高机器的灵活性和使用维护的方便性，大力发展了微程序技术、软件硬化技术及高级语言计算机结构；

……如此等等，使计算机的硬件系统结构日趋完善，而进入愈来愈高级的程度。

1.2 电子数字计算机的软件发展

一台仅有硬件的计算机只能称为“裸机”。没有软件的裸机就犹如没有乐谱的乐器一样，乐器再好没有乐谱不可能奏出各种动听的音乐来，硬件裸机性能无论多好没有软件配合也是不可能用于各种场合的。就是说如果把硬件裸机比作乐器，软件就好比是乐谱。那么究竟什么是计算机的软件呢？所谓软件是使计算机服务于某些目的、实现计算机本身的自动管理、提高计算机的功能和使用效率的各式各样的程序。这些程序一般是记录在穿孔纸带、穿孔卡片、磁带、磁鼓、磁盘等硬设备上的，所以要注意软件是一些程序而不是记录它们的物理介质。

组成计算机软件的程序大体上可分为两类：一类是一定的计算机系统不可缺少的组成部分，不论在机器上求解什么问题都要使用它们，这类程序称为系统程序或系统软件，如通用

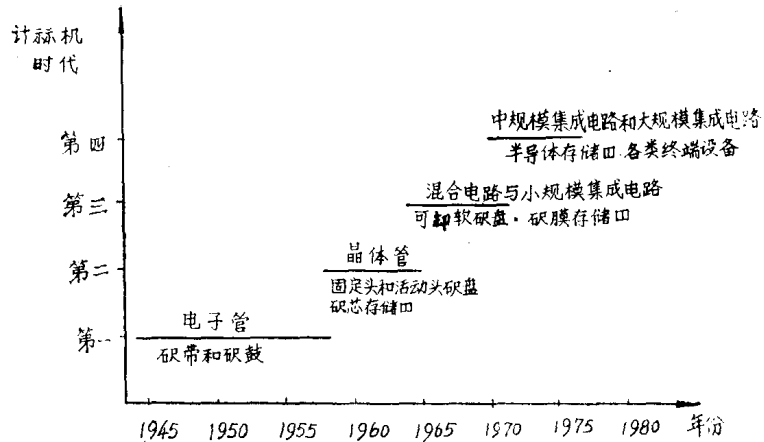


图 0.1 计算机技术发展时间图

操作系统、通用语言的编译程序等皆是。另一类程序则是当在机器上求解某一类特定问题时才使用的，这类程序称为应用程序或应用软件，如情报检索用的程序、计算机辅助设计用的程序等是应用软件。

三十多年来，作为计算机系统重要组成部分的软件有了迅速的发展。至今已经历了三个不同的发展阶段：

1946年至1955年是软件发展的第一阶段。在这个阶段开初，人们使用计算机是先用机器语言（即一般机器的指令系统）编写程序，然后直接操纵机器解题，在分配的解题时间内，机器为解题人“独占”。这种使用方式存在两方面的问题：第一是由于机器语言和数学语言差距较大，使编制程序的工作十分烦琐、工作量大、易于出错；第二是由于机器为解题人独占，在机器上所解算的题目必然是逐个程序进行，输入/输出与运算处理不能平行，使机器的不少组成部分经常处于“空闲”状态，所以整个计算机系统的实际使用效率很低。于是人们针对第一个问题，先是在对计算机有了初步使用经验的基础上，发展了标准程序库方法。即针对一些常用的算法（如解线性代数方程组的高斯主元素法）由熟练的程序员按照较高的要求、统一的规格编出所谓标准程序，当要求解这类问题时，只需做好一定的准备便可套用。这个方法虽然节省了一些重复编制程序的工作量，但程序库中的标准程序还是由程序员使用机器语言编写的。到1951年瑞士的H. Rutishauser首先提出了设计一个和数学语言充分接近的语言，使用者就用这个语言来编写程序，于是易学、易用。但是，机器对用这种语言写的程序不认识，就需要一个“翻译”，即要一个专用程序把任何一个用上述语言编写的程序（源程序）转换成相应的机器语言表示的程序（目的程序）。这个想法是软件发展中的重大创新，但在1956年以前仅处试验阶段，未正式投用。人们针对第二个问题是发展了一些简单的输入/输出管理程序，使输入/输出与运算处理平行进行。概括这一阶段软件发展的特点使用机器语言或接近机器语言的汇编语言编写程序，发展了标准程序库方法及简单的输入/输出管理程序、机器的检查程序等。

1956年至1965年是软件发展的第二阶段。由于第一阶段的酝酿和试验，于1956年在IBM704机器上首先实现了FORTRAN编译程序，标志着软件的发展进入了新阶段。使用FORTRAN这类高级语言编写程序比之用机器语言编写程序具有显著的优越性，可以大大节省计算机使用者的人工劳动。1960年产生的ALGOL60语言更是程序设计语言的进一步发展，开始使程序设计语言由计算机技术上升为计算机科学的一个分支。与此同时，还发展了各种各样单道与多道的管理程序及各种调机程序，大大提高了计算机的实际使用效率、缩短了机器的“排故”周期。所以高级语言和管理程序是这个阶段软件发展的特点。

1966年至今是软件发展的第三阶段。在这个阶段出现了各种系统程序设计语言，为软件的生产提供了强有力的工具，促进了软件的发展。同时管理程序发展为操作系统，进一步提高了计算机的实际使用效率，有人认为中等水平的操作系统可使机器效率提高五至七倍。由于管理程序和操作系统的发展，促使在程序设计语言中引进了并行成分（如用以描写多进程间的同步与互斥的成分及考虑到多处理机的并行成分等）。另外，还出现了各种旨在诊断机器出错的“诊断程序”，缩短了机器的排故周期。于是系统程序设计语言、操作系统、诊断程序是这个阶段软件发展的特点。同时这个阶段还开展了对数据库系统、网络软件、软件理论等方面的研究。

上述软件发展过程也可以用图 0.2 的时间图来表示。

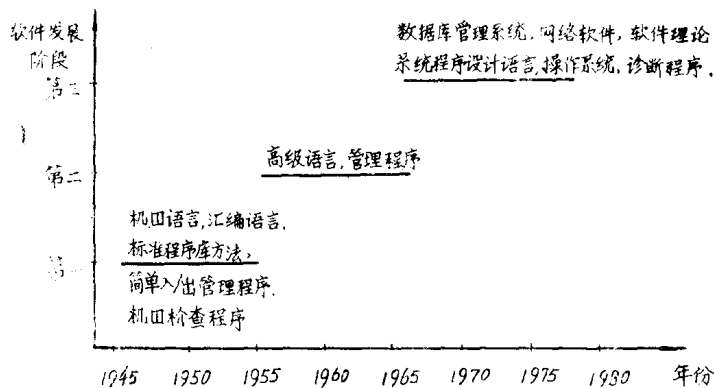


图 0.2 计算机软件技术发展时间图

1.3 电子数字计算机的发展趋向

从 1946 年第一台电子数字计算机问世至今的三十多年来，发展十分迅速。大约每五年到八年运算速度提高十倍，可靠性提高十倍，成本降低十倍，体积缩小十倍。而七十年代以来，电子计算机的生产数量每年以百分之二十五的速度上升。

现今的电子数字计算机是一个既包含硬件又包含软件的系统。经过三十多年的发展，它的自动化程度已随着模式识别和智能模拟研究的进展，有可能接受人们用自然语言书写或口述的信息加工处理任务，并在自动完成之后把结果用人们需要的各种形式给出；它的数字运算速度可以高达每秒一亿五千万次；它的计算精度可以超过十进制有效数字二十位；它的存储记忆能力据报导可以达到把一个拥有百万册书，每册书含有二十万字符的图书馆的全部信息记录在只有火柴盒大小的“数据库”介质上；它可以完成那些过去人们难以完成或根本无法完成的数字计算任务，如大范围数值气象预报中大量繁复的数值计算；它能够实现精确的最佳自动控制 and 自适应控制，如整个自动生产线的控制、火箭等发射过程的控制；它可以帮助人们处理那些大得惊人的数据信息，如情报资料的检索和管理；它还可以逐渐地帮助人们做一些原来做不到的逻辑推断或定理证明等方面的工作，如曾经是世界上著名的数学三大难题之一的四色问题，即画地图要求相邻两个区域不用同一颜色，一幅地图最多只需要四种颜色的问题证明，过去数学家经过上百年的努力都证明不了，在 1976 年美国两位数学家借助 IBM370 的高档计算机，运算了一千多小时，终于把它证明了。

虽然如此，由于科学技术的飞跃发展，人们对自然认识的不断深化，比如在图象处理、智能模拟、仿真技术及密码侦破等方面对计算机提出了越来越高的要求，以至现有的计算机还远远不能满足这种日益增长的需要。例如，在流体力学和气象预报中，要解三维 Navier—stokes 方程，倘若不加简化，约需 $10^{18} (\approx 2^{60})$ 次运算，如果用每秒一百万次的大型计算机计算，就需要算三百三十几个世纪，即使用每秒一亿次的巨型计算机计算也要算三百三十几年。就是说对于这样的问题，计算机还是无能为力的。所以计算机这个科学技术还要大大的发展，目前发展的趋向大致可归纳为如下几个主要方面：

第一，研究每秒十亿次、百亿次到万亿次的更高性能的巨大计算机系统。因为巨型计算机系统集中地体现了计算机科学的研究水平，它可以推动计算机的体系结构、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学科分支研究的发展。目前世界上已有的巨型计算机系统如由美国伊利诺斯 (Illinois) 大学设计、而由布劳斯(Burroughs)公司制造的阵列式处理机系统“伊利阿克-N”(ILLIAC-N)，是一个单指令流多数据流(SIMD)的阵列式处理机系统，平均运算速度可达每秒1.5亿次；机器周期50毫微秒(ns)，基本线路延迟1~3毫微秒；主存用半导体双极型存储器，其存取周期小于300毫微秒、每台容量2,048字，字长64位，总容量13万字。

第二，发展微型计算机及微处理机系统。到1976年已在小于2.5平方厘米的单晶硅片上作出了微型计算机的处理器，这就为发展微型计算机奠定了物质基础。微型机及微型机系统、如分布式微型机系统可提高机器的性能/价格比。同时微型机给推广使用带来了极大的方便。目前世界上有代表性的微型计算机是美国英特尔公司(INTEL)的INTEL8080和摩托罗拉公司(Motorola)的M6800。它们采用的是NMOS电路，字长8位，用MOS作存储器、容量64K(1K=1,024)字，指令分别为74条和72条，运算时间分别是3.5微秒(μs)和2微秒。特别是近年来，在微型机基础上发展起来的“个人计算机”(Personal Computer)，使小型机微型化，为计算机进入办公室及人们的家庭生活大开方便之门。

第三，开展计算机网系统工程(包括网络软件)的研究。计算机网是把计算技术与数据通讯技术相结合，使处于不同地理位置的计算机系统通过通讯系统(有线、无线、卫星等)联系起来，达到资源共享，即用户可被分配使用设在不同地点的计算机系统，以提高现有计算机系统的使用效率和用户使用的方便性。如由美国国防部高级研究计划局建造的ARPA网，是一组用高速传输线(50千位/秒)把放在不同地点的计算机连接起来而组成的计算机网，它遍及美国全国以及英国、挪威。到挪威是用卫星信道、数据传输率为7,200位/秒，挪威到伦敦是4,800位/秒。该网目前已拥有45台主计算机，35台接口机。主要用于信息的检索。

第四，是大力开展具有学习功能、进行逻辑判断的智能模拟计算机的研究，它有可能成为计算技术发展史上的一次重大的变革，对计算机的发展和应用产生深远的影响。智能模拟是探索和模拟人的感觉和思维过程规律的科学。它是一门在控制论、计算机科学、仿生学、心理学等基础上发展起来的边缘学科。其主要内容包括：感觉和思维模型的建立，用机器进行图象、声音和物体识别，用计算机求解问题，证明定理，研究学习、探索、联想、启发等活动的过程和机制，理解人的语言等等。

2. 电子计算机在我国的发展概况及其在实现“四个现代化”中的作用

我国的电子计算机事业是根据毛主席的指示、由周总理主持制订的“十二年科学技术发展规划”而于1956年开始发展的。在党的正确路线指引下，很快于1959年仿制成功每秒一万次的大型电子管通用计算机(104机)。经过继续努力，又于1965年自行设计制造成每秒

七万次的大型晶体管通用计算机(320机)。同一时期,在北京、上海、天津等地还陆续研制成功如108、121、X-2、441B等一大批晶体管计算机,并紧接着开始了每秒百万次的集成电路计算机(655机、150机)的研制。在这期间,计算机的研究机构和生产厂已纷纷建立起来,不少高校设置了计算机专业并开始有了毕业生,科研、生产、教学等方面的技术队伍都在迅速地壮大成长。这些情况说明我国和世界先进水平的差距在不断缩短,可望迎头赶上。可惜在这样的大好形势下,不幸遭到林彪、“四人帮”的干扰破坏,持续达十余年之久,使计算机事业和其他科技战线一样受到了严重的摧残。由于“四人帮”横行的时代正是世界上电子计算机飞速发展的时代,所以把本来已经缩小的差距拉得更大了,同时造成了计算机事业的畸形发展,致使计算机系统内部的主机、外设、软件之间的严重比例失调。虽然如此,从事计算机工作的同志们在革命事业心的驱使下,仍克服重重困难而尽心尽力的工作,也取得了一定的成绩,这些成绩是我们今天进行“四化”建设、继续赶超世界先进水平的宝贵基础。

现在,我国已初步建立起DJS-100、DJS-180、DJS-200三种中小型系列机,它们具有生产上的继承性和软件资料的兼容性,为成批生产和推广应用创造了良好的条件。其次是能小批量生产每秒百万次的大型机,每秒三百万次左右的大型机已投入运行,每秒千万次的大型机正在加紧安装调试,每秒一亿次的巨型机也在精心设计。全国已经形成一支拥有数万人的专业技术队伍,数十所高等学校设置了计算机专业,近百个研究所和主机与外围设备的生产试制厂点遍布各地。用于科学计算的算法语言如ALGOL、FORTRAN等得到了普遍应用,计算数学方面的研究工作以有限元法为代表,已有某些项目达到或接近世界先进水平。全国安装的计算机总数已达一万六千多台,这些机器已应用于原子能、人造卫星、导弹、航空、冶金、化工、机械、石油、电力、交通、水利、气象、轻纺、卫生等几十个部门和行业,为国防建设和国民经济建设做出了一定的贡献。

党中央在粉碎了“四人帮”之后,提出了要在本世纪内实现我国的“四个现代化”,召开了全国科学大会,制订了科学发展规划,给科学技术的发展带来了光辉灿烂的前景。特别是把计算机科学列为全国科学技术发展规划中八个重点发展的带头学科之一,表明了计算机在实现四个现代化的宏伟目标中将具有十分重要的作用。

敬爱的周总理曾经指出:“由于电子学和其他科学的进步而产生的电子自动控制机器,已经可以开始有条件地代替一部分特定的脑力劳动,就象其他机器代替体力劳动一样,从而大大提高了自动化技术的水平。”周总理在这里所说的代替一部分特定的脑力劳动的电子自动控制机器就是电子计算机。电子数字计算机是廿世纪科学技术的卓越成就之一,它的出现和推广应用可以认为是与蒸汽机的发明具有同等意义的重大技术革命。于是可以说:第一次工业革命是以蒸汽机为代表的动力革命,它相当于把人的体力放大了,把人的手、足、眼、耳大大延伸了;而第二次工业革命是以电子计算机为代表的信息革命,它相当于把人的智力放大了,人类能将许多机械的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。由于有了体力和智力的放大,人们就增强了改造世界的能力。我们实现四个现代化的实质也是增强改造世界的能力,于是电子计算机和四个现代化就有着必然的联系,而计算机的科学技术水平、生产规模和应用程度也就成为衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。具体地讲电子计算机对四个现代化有如下的作用: