

## 第 一 部分

# 计算机基础理论知识

- 第1章 计算机专业知识体系
- 第2章 计算机发展史
- 第3章 计算机体系结构
- 第4章 计算机网络
- 第5章 操作系统
- 第6章 软件与程序设计
- 第7章 数据库与大数据
- 第8章 软件工程
- 第9章 计算机图形学
- 第10章 人工智能
- 第11章 信息安全
- \*第12章 计算机新技术和应用



# 第1章

## 计算机专业知识体系

### 1.1 计算机学科概述

#### 1.1.1 学科概述

计算机科学与技术是研究信息过程,并用于表达此过程的信息结构和规则及其在信息处理系统中实现的学科。计算机科学与技术研究的对象是现代计算机及其相关的现象。该学科是将计算机系统的结构和操作、计算机系统的设计和程序设计的基本原则集于一体,并将其运用于各种信息加工任务的有效方法。该学科包括计算机科学与工程技术两方面,二者相互作用、相互影响。

半个多世纪以来,计算机科学技术迅猛发展,成为当代非常重要的学科。随着电子技术的发展,计算机的逻辑器件不断更新换代,目前已经进入了超大规模纳微集成电路时代。微电子技术的变化发展,直接带动了计算机系统结构的发展,许多行之有效的理论和方法得以应用。计算机已经从早期的单一计算装置发展成多计算机系统、并行分布式计算机系统、计算机网络等多种形式的高性能系统。微型计算机的产生与发展,改变了人类社会的生产和生活方式。软件理论和技术的发展及软件工程方法导致了软件设计和开发方法的根本变革。理论研究已经从单纯的对计算模型的研究发展到计算机系统理论、软件理论、计算理论和应用技术理论等多个研究分支,并拓展到人工智能等方面。

计算机科学与技术学科涉及计算机软件理论、计算机系统结构、计算机应用技术等领域以及与其他学科交叉的研究领域。

计算机软件理论主要研究软件设计、开发、维护和使用过程中所涉及的软件理论、方法和技术,并探讨计算机科学与技术发展的理论基础。

计算机系统结构研究计算机硬件与软件的功能分配、软硬件界面的划分、计算机硬件结构、组成与实现方法和技术。计算机应用技术研究计算机在各个领域中应用的原理、方法和技术,所涉及的研究内容非常广泛。

计算机应用技术专业是一门应用十分广泛的专业,它以计算机基本理论为基础,突出了计算机和网络在实际生产和生活中的应用。

该专业的学生将系统地学习计算机的软硬件及其应用的基本理论、基本技能与方法,初步具有运用专业基础理论及工程技术方法进行系统开发、应用、管理和维护的能力。

## 1.1.2 计算机专业定位

从计算机专业的视角看我国的信息学科,可将信息学科划分为三大类:计算机类专业、相近专业、交叉专业。

### 1. 计算机类专业

计算机类专业下设计算机科学与技术、软件工程、网络工程、信息安全、物联网工程、智能科学与技术、电子与计算机工程、空间信息与数字技术、数字媒体技术、数据科学与大数据技术、网络空间安全、新媒体技术、电影制作、保密技术、服务科学与工程、虚拟现实技术、区块链工程,共 17 个本科专业。

在专业要求与就业方向上,这些专业不但要求学生掌握计算机基本理论和应用开发技术,具有一定的理论基础,同时还要求学生具有较强的实际动手能力。学生毕业后能在政府机关、企事业单位从事计算机应用以及计算机网络系统的开发、维护等工作。

### 2. 相近专业

与计算机相近的专业有很多,如电气工程及其自动化、智能电网信息工程、人工智能、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息与计算科学、信息工程和自动化等。

### 3. 交叉专业

与信息科学交叉的专业有很多,如网络与虚拟媒体、地理信息系统、地球信息科学与技术、生物信息学、地理空间信息工程、信息对抗技术、信息管理与信息系统、电子商务、信息资源管理和动画等。

## 1.2 课程体系

### 1.2.1 课程体系概述

#### 1. 培养目标

本专业旨在培养和造就适应社会主义现代化建设需要、德智体全面发展、基础扎实、知识面宽、能力强、素质高、具有创新精神,系统掌握计算机硬件、软件的基本理论与应用的基本技能,具有较强的实践能力,能在政府机关、行政管理部门及企事业单位从事计算机技术研究和应用、软硬件和网络技术的开发、计算机管理和维护的工程应用型专业技术人才。修业年限 4 年,授予工学或理学学士学位。

#### 2. 专业培养要求

本专业学生主要学习计算机科学与技术方面的基本理论和基本知识,进行计算机研究与应用的基本训练,使其具有研究和开发计算机系统的基本能力。本科毕业生应具备以下

几方面的知识和能力。

- (1) 掌握计算机科学与技术的基本理论、基本知识。
- (2) 掌握计算机系统的分析和设计的基本方法。
- (3) 具有研究开发计算机软硬件的基本能力。
- (4) 了解与计算机有关的法规。
- (5) 了解计算机科学与技术的发展动态。
- (6) 掌握文献检索、资料查询的基本方法,具有获取信息的能力。

### 3. 主要课程

本专业的主干学科和实践性教学环节简介如下。

(1) 主干学科: 电路原理、模拟电子技术、数字逻辑、数值分析、计算机原理、微型计算机技术、计算机系统结构、计算机网络、高级语言、汇编语言、数据结构、操作系统、数据库原理、编译原理、图形学、人工智能、计算方法、离散数学、概率统计、线性代数、算法设计与分析、人机交互、面向对象方法、计算机英语等。

(2) 实践性教学环节: 电子工艺实习、硬件部件设计及调试、计算机基础训练、课程设计、计算机工程实践、生产实习、毕业设计(论文)等。

### 4. 个人发展方向与定位

计算机科学与技术类专业毕业生的职业发展路线基本上有如下两类。

(1) 第一类路线: 纯科学路线,也称科学研究型。信息产业是朝阳产业,对人才提出了更高的要求。这类人员在本科毕业后,一般想继续深造,攻读硕士或博士学位,甚至进入博士后进行研究工作。其未来的职业定位于计算机科学研究工作。

(2) 第二类路线: 纯技术路线,也称工程应用型。这类人员本科毕业后,开始一般从事编写程序的工作,但这是一项强度非常大的脑力劳动工作,随着年龄的增长,很多从事这个行业的专业人才往往会感到力不从心,因而由技术类人才转型到管理类人才不失为一个很好的选择。

## 1.2.2 知识点要求

计算机科学的课程大致分为计算机理论、计算机硬件、计算机软件和计算机网络 4 部分。

### 1. 计算机理论

(1) 离散数学。由于计算机所处理的对象是离散型的,所以离散数学是计算机科学的基础,主要研究数理逻辑、集合论、近世代数和图论等。

(2) 算法分析理论。主要研究算法设计与分析中的数学方法与理论,如组合数学、概率论、数理统计等,用于分析算法的时间复杂性和空间复杂性。

(3) 形式语言与自动机理论。研究程序设计及自然语言的形式化定义、分类、结构等有关理论以及识别各类语言的形式化模型(自动机模型)及其相互关系。

(4) 程序设计语言理论。运用数学和计算机科学的理论研究程序设计语言的基本规律,

包括形式语言文法理论、形式语义学(如代数语义、公理语义、指称语义等)和计算机语言学等。

(5) 程序设计方法学。研究如何从好结构的程序定义出发,通过对构成程序的基本结构的分析,给出能保证程序高质量的各种程序设计规范化方法,并研究程序正确性证明理论、形式化规格技术、形式化验证技术等。

## 2. 计算机硬件

(1) 元器件与存储介质。研究构成计算机硬件的各类电子的、磁性的、机械的、超导的、光学的元器件和存储介质。

(2) 微电子技术。研究构成计算机硬件的各类集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路芯片的结构和制造技术等。

(3) 计算机组成原理。研究通用计算机的硬件组成以及运算器、控制器、存储器、输入和输出设备等各部件的构成和工作原理。

(4) 微型计算机技术。研究目前使用最为广泛的微型计算机的组成原理、结构、芯片、接口及其应用技术。

(5) 计算机体系结构。研究计算机软硬件的总体结构、计算机的各种新型体系结构(如并行处理机系统、精简指令系统计算机、共享存储结构计算机、阵列计算机、集群计算机、网络计算机、容错计算机等),以及进一步提高计算机性能的各种新技术。

## 3. 计算机软件

(1) 程序设计语言的设计。根据实际需求设计新颖的程序设计语言,即程序设计语言的语法规则和语义规则。

(2) 数据结构与算法。研究数据的逻辑结构和物理结构以及它们之间的关系,并对这些结构做相应的运算,设计出实现这些运算的算法,而且确保经过这些运算后所得到的新结构仍然是原来的结构类型。常用的数据结构包括线性表、栈、队列、串、树、图等。相关的常用算法包括查找、内部排序、外部排序和文件管理等。

(3) 程序设计语言翻译系统。研究程序设计语言翻译系统(如编译语言)的基本理论、原理和实现技术,包括语法规律和语法规律的形式化定义、程序设计语言翻译系统的体系结构及其各模块(如词法分析、语法分析、中间代码生成、优化和目标代码生成)的实现技术。

(4) 操作系统。研究如何自动地对计算机系统的软硬件资源进行有效的管理,并最大限度地方便用户的使用。研究的内容包括进程管理、处理机管理、存储器管理、设备管理、文件管理,以及现代操作系统中的一些新技术(如多任务、多线程、多处理机环境、网络操作系统、图形用户界面等)。

(5) 数据库系统。主要研究数据模型以及数据库系统的实现技术,包括层次数据模型、网络数据模型、关系数据模型、E-R 数据模型、面向对象数据模型、给予逻辑的数据模型、数据库语言、数据库管理系统、数据库的存储结构、查询处理、查询优化、事务管理、数据库安全性和完整性约束、数据库设计、数据库管理、数据库应用、分布式数据库系统、多媒体数据库以及数据仓库等。

(6) 算法设计与分析。研究计算机及其相关领域中常用算法的设计方法,并分析这些算法的实践复杂性和空间复杂性,以评价算法的优劣。其主要内容包括算法设计的常用方

法、排序算法、集合算法、图和网络的算法、几何问题算法、代数问题算法、串匹配算法、概率算法和并行算法等以及对这些算法的时间复杂性和空间复杂性的分析。

(7) 软件工程学。软件工程学是指导计算机软件开发和维护的工程学科,研究如何采用工程的概念、原理、技术和方法来开发和维护软件。其主要研究内容包括软件生存周期方法学、结构化分析设计方法、快速原型法、面向对象方法、计算机辅助软件工程(CASE)等,并且详细论述了在软件生存周期中各阶段所使用的技术。

(8) 可视化技术。可视化技术是研究如何用图形来直观地表征数据,即用计算机来生成、处理、显示能在屏幕上逼真运动的三维形体,并能与人进行交互式对话。该技术不仅要求计算结果的可视化,而且要求过程的可视化。可视化技术的广泛应用,使人们可以更加直观、全面地观察和分析数据。

#### 4. 计算机网络

(1) 网络结构。研究局域网、远程网、Internet、Intranet 等各种类型网络的拓扑结构、构成方法及接入方式。

(2) 数据通信与网络协议。研究实现网络上计算机之间进行数据通信的连接、原理技术以及通信双方必须共同遵守的各种规约。

(3) 网络服务。研究如何为计算机网络的用户提供方便的远程登录、文件传输、电子邮件、信息浏览、文档查询、网络新闻以及全球范围内的超媒体信息浏览服务。

(4) 网络安全。研究计算机网络的设备安全、软件安全、信息安全以及病毒防治等技术,以提高计算机网络的可靠性和安全性。

### 1.2.3 学习方法

计算机专业科目很多、很杂,是一门以实践为主的学科,与其他学科的学习方法有很大差异。所以,该专业的学习方法有其自身的特点。

#### 1. 确立学习目标

计算机科学的发展虽然只有短短的 70 年,但其领域之广、内容之多、发展速度之快,是其他众多学科所不能相比的,因此学习和掌握它的难度比较大。要学好计算机,必须先为自己定下一个切实可行的目标。计算机科学与技术类专业毕业生的职业发展路线基本上有两条——科学研究型和工程应用型。计算机科学与技术专业的本科生进校的第一天就应该明确自己的职业发展定位,是成为科学研究型人才,还是工程应用型人才,需要较早地确定下来。

#### 2. 了解教学体系和课程要求

计算机专业教学计划中的课程分为必修课和选修课。必修课是指为保证人才培养的基本规格,学生必须学习的课程。必修课包括公共必修课、专业必修课和实习实践环节。选修课是指学生根据学院(系)提供的课程目录可以有选择修读的课程,分为专业选修课和公共选修课。具有普通全日制本科学籍的学生,在学校规定的修读年限内,修满专业教学计划规定的内容,达到毕业要求,准予毕业,发给毕业证书并予以毕业注册。符合国家和学校有关

学士学位授予规定者,授予学士学位。

学校采用学分绩点和平均学分绩点的方法来综合评价学生的学习质量。学分绩点的计算方法,即考核成绩与绩点的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 考核成绩与绩点的关系

成绩/分	绩点	成绩/分	绩点	成绩/分	绩点	成绩/分	绩点
90~100	4.0	80~82	3.0	70~72	2.0	60~62	1.0
86~89	3.7	76~79	2.7	66~69	1.7	<60	0
83~85	3.3	73~75	2.3	63~65	1.3		

在此强调学分绩点的重要性是因为学分绩点与学士学位紧密联系在一起。有些学生,大学 4 年,毕业时只能拿到毕业证,不能拿到学士学位证,一个关键的问题是学分绩点不够(也可能是毕业论文的问题)。每个学校都对学士学位学分绩点有一个最低要求,请同学们特别注意。

### 3. 预习和复习课程内容

“预习”是学习中一个很重要的环节。但和其他学科中的“预习”不同的是,计算机学科中的预习不是把教材从头到尾地看上一遍,这里的“预习”,是指在学习之前,应该粗略地了解一下诸如课程内容是用来做什么的、用什么方式来实现等基本问题。

在复习时绝不能死记硬背条条框框,而应该能在理解的基础上灵活运用。所以在复习时,首先要把握基本概念、基本理论弄清,其次要把它们串起来,多角度、多层次地进行思考和理解。由于本专业的各门功课之间有着内在的相关性,如果能够做到融会贯通,无论是对于理解还是记忆,都有事半功倍的效果。贯穿整个过程的具体方法是看课件、看书和做练习,以便能够更好地加深理解和触类旁通。

### 4. 正确把握课程的性质

除数学、英语、政治、体育和公共选修课外,纯计算机专业本科的课程大致可以分为 3 类,一是理论性质的课程,二是动手实践性质的课程,三是理论和实践性都有的课程。因此,学习不同类型的课程时采用的方法有很大的不同。

理论性很强的课程包括离散数学、概率统计、线性代数以及算法设计与分析、计算机原理、人工智能、数字逻辑、操作系统等。这类课程的学习,以理解、证明和分析方法为主。

实践性很强的课程包括电子工艺实习、硬件部件设计及调试、计算机基础训练、课程设计、计算机工程实践、高级语言、汇编语言、面向对象方法等。这类课程的学习,以理解和动手实践为主,力求做到可以应用其知识解决实际问题。

理论和实践性都有的课程包括电路原理、模拟电子技术、数值分析、微型计算机技术、计算机系统结构、计算机网络、数据结构、数据库原理、编译原理、图形学、计算方法、人机交互等。这类课程的学习,既要理解和分析其中的原理和方法,也要动手实践以加深理解。

总之,在任何学科上学有所成,都必须遵循一定的方法。尤其是计算机这样的学科,有些课程理论性很强,而另外一些课程对动手实践要求很高,这就要求计算机专业的本科生必须方法得当,否则会事倍功半。

## 1.3 能力要求

### 1.3.1 基本能力要求

我国的高等教育从 20 世纪末开始步入规模发展阶段,计算机专业成为中国目前最大的理工科专业,多年来在校学生一直都保持在 40 余万人次。在其专业教育过程中,以“趋同性”和“知识型”为主的教育模式不仅降低了教育教学的效率,更成为制约人才培养的重要因素。因此,如何科学施教、有效发挥优势、提高办学质量、培养有特色的计算机人才,成为每个有责任感的计算机专业教师必须面对的问题。近年来,有些学校已开始了这方面的探索性工作。

计算机专业人才的“专业基本能力”归纳为如下 4 种:

- (1) 计算思维能力;
- (2) 算法设计与分析能力;
- (3) 程序设计与实现能力;
- (4) 计算系统的认知、开发及应用能力。

其中,科学研究型人才以第一、第二种能力为主,以第三、第四种能力为辅;工程应用型人才则以第三、第四种能力为主,以第一、第二种能力为辅。

### 1.3.2 创新能力要求

#### 1. 定义

创新能力是运用知识和理论,在科学、艺术、技术和各种实践活动领域中,不断提供具有经济价值、社会价值、生态价值的新思想、新理论、新方法和新发明的能力。创新能力是民族进步的灵魂、经济竞争的核心。当今社会的竞争,与其说是人才的竞争,不如说是人的创造力的竞争。

创新能力,按更习惯的说法,也称为创新力。创新能力按主体分,最常提及的有国家创新能力、区域创新能力、企业创新能力等,并且存在多个衡量创新能力的创新指数的排名。

#### 2. “科学研究型”人才计算机专业的要求

科学研究型人才是指具有坚实的基础知识、系统的研究方法、高水平的研究能力和创新能力,在社会各个领域从事研究工作和创新工作的人才。

科学研究型人才要面向计算机科学技术的发展前沿,满足人类不断认识和进入新的未知领域的要求;要能够预测计算机科学技术发展的趋势并在基础性、战略性、前瞻性的科学技术问题的发现和创新上有所突破。

科学研究型人才要有良好的智力因素,具备敏锐的观察力、较好的记忆力、高度的注意力、丰富的想象力和严谨的思维能力,以及在这些能力之上形成的个人创造力,具有主动发现并解决问题的能力。

科学研究型人才同样要具备必要的非智力因素,包括强烈的求知欲和创造欲、好奇和敢

于怀疑的精神,必须勤奋好学,有恒心和坚强的毅力,不畏艰险,追求真理。

科学研究型人才必须具备深厚和宽泛的计算机基础知识,掌握科学的研究方法,具有不断创新的能力,具备宽广的科学视野,具有高尚的情操和较高的科学精神、人文精神。

科学研究型人才要勤于探索,不断创新,坚持真理,勇于承担时代和社会赋予的责任,积极推动社会重大进步与变革。

### 1.3.3 工程素质要求

#### 1. 定义

工程素质是指从事工程实践的工程专业技术人员的一种能力,是面对工程实践活动时所具有的潜能和适应性。工程素质的特征是:

- (1) 敏捷的思维、正确的判断和善于发现问题;
- (2) 理论知识和实践的融会贯通;
- (3) 把构思变为现实的技术能力;
- (4) 具有综合运用资源、优化资源配置、保护生态环境、实现工程建设活动的可持续发展的能力并能达到预期目标。

工程素质实质上是一种以正确的思维为导向的实际操作,具有很强的灵活性和创造性。工程素质主要包含以下内容:

- (1) 广博的工程知识素质;
- (2) 良好的思维素质;
- (3) 工程实践操作能力;
- (4) 灵活运用人文知识的素质;
- (5) 扎实的方法论素质;
- (6) 工程创新素质。

#### 2. “工程应用型”人才计算机专业的要求

工程素质的形成并非是知识的简单综合,而是一个复杂的渐进过程,将不同学科的知识 and 素质要素融合在工程实践活动中,使素质要素在工程实践活动中综合化、整体化和目标化。学生工程素质的培养,体现在教育的全过程中,渗透到教学的每一个环节。不同工程专业的工程素质,具有不同的要求和不同的工程环境,要因地制宜、因人制宜、因环境和条件差异进行综合培养。

计算机专业的工程应用型人才是指能将专业知识和技能应用于所从事的计算机实践的一种专门的人才类型,是熟练掌握社会生产或社会活动的基础知识和基本技能,主要从事计算机一线生产的技术或专业人才,其具体内涵是随着高等教育历史的发展而不断发展的。工程应用型人才就是把成熟的技术和理论应用到实际的生产生活中的技能型人才。计算机专业工程应用型人才素质应该是:有敏捷的反应能力、有学识和修养、身体状况良好、有团队精神、有领导才能、高度敬业、创新观念强、求知欲望高、对人和蔼可亲、有良好的职业操守、有良好的生活习惯、能适应环境和改善环境。

## 思考题

1. 什么是计算机学科？
2. 信息学科有几大类？
3. 获得学士学位有什么要求？
4. 简述计算机专业的学习方法。
5. 简述计算机专业本科的能力要求。
6. 你如何定位自己的发展方向？对科学研究型和工程应用型人才分别有什么要求？
7. 计算机专业的创新能力有什么要求？
8. 计算机专业的工程素质有什么要求？



习题 1

### 2.1 早期计算机

#### 2.1.1 早期计算工具

##### 1. 算筹与算盘

在世界计算工具的早期发展史上,东方的炎黄子孙所做出的贡献尤为突出。早在商代,中国就开始使用十进制记数法了,领先世界长达 1000 余年。周朝,算筹问世了。算筹是中国特有的一种计算工具。算筹是一种竹制、木制或骨制的小棍,在棍上刻有数字。把算筹放在地面或盘中,就可以一边摆弄小棍,一边进行运算。“运筹帷幄”中的“运筹”就是指移动筹棍,当然运筹还含有筹划的意思。

珠算盘是一种古老的计算装置。珠算是由算筹演变而来的。在筹算时,上面每一根筹当五,下面每一根筹当一,这与珠算盘上挡每一珠当五、下挡每一珠当一完全一致。由于在打算盘时,会遇到某位数字等于或超过十的情况,所以珠算盘采用上二珠下五珠的形式。珠算利用进位制记数,通过拨动算珠进行运算,而且珠算盘本身能存储数字,因此可以边算边记录结果。打算盘的人,只要熟记运算口诀,就能迅速算出结果。有时使用珠算盘进行加减运算比用电子计算器还快。由于珠算盘结构简单、操作方便且迅速、价格低廉又便于携带,在我国的经济生活中长期发挥着重大作用,并盛行不衰,是电子计算器出现以前,在我国最受欢迎、使用最普遍的一种计算工具。

##### 2. 铺地锦与纳皮尔算筹

1617年,英国数学家纳皮尔在他所著的一本书中介绍过一种计算工具,后来人们把它称为纳皮尔算筹。它是根据一种称为“格子乘法”的原理制成的。“格子乘法”是用笔算进行乘法时所使用的一种方法,它又称为“写算”。据说纳皮尔算筹最早起源于印度,后来传到中亚细亚,到15世纪传入我国。由于格子及斜线组成的图像犹如织锦,在中文书中也称为“铺地锦”。后人对纳皮尔算筹进行了全面的改进。纳皮尔发明(纳皮尔)算筹的目的,是使乘法、开平方、开立方甚至一些三角计算实现机械化。在很长一段时间里,一些国家把它作为一种计算工具,由许多学者多次加以改进。后来奥特雷德研究出更加方便、实用的计算工具——计算尺,纳皮尔算筹就逐渐被人冷落了。

### 3. 对数与计算尺

1614年,纳皮尔的著作《奇妙对数表的说明书》出版了,书上发表了对数的概念,公布了他编制的正弦函数的对数表。对数表对当时科学的冲击,就如同电子计算机对现代科技的冲击一样。对数与电子计算机有类似的作用,能大大简化例行的计算,从而使人们在进行计算时所花费的大量烦琐、重复的劳动量大大减少。

冈特是一位数学家兼天文学教授。1621年,他在一根长约60cm的木尺上标上对数刻度(对数坐标纸上所用的就是这种刻度),制造出第一把对数刻度尺。冈特是这种刻度尺的首创者,因此后人把它称为冈特尺。利用两脚规,就可以在冈特尺上实现对数的加减,从而实现数的乘除了。使用冈特尺,给数的乘除带来了方便。这样既可免去查对数表的过程,又不用花时间口算来做加减。

## 2.1.2 机械式计算机

### 1. 机械式加法机

法国人帕斯卡于17世纪制造出一种机械式加法机,它是世界上第一台机械式计算机,如图2-1所示。

这台加法机是利用齿轮传动原理,通过手工操作来实现加减运算的。机器中有一组轮子,每个轮子上刻着0~9的10个数字。右边第一个轮子上的数字表示十位数字,以此类推。在两数相加时,先在加法机的轮子上拨出一个数,再按照第二个数在相应的轮子上转动对应的数字,最后就会得到这两个数的和。如果某一位的两个数字之和超过了10,加法机就会自动地通过齿轮进位。因为某一位的小轮转动了10个数字后,才迫使下一个小轮正好转动一个数字。计算所得的结果在加法机面板上的读数窗上显示,计算完毕要把轮子挨个恢复到零位。

帕斯卡的加法机在法国引起了轰动。在这台机器展出时,前往参观的人川流不息。帕斯卡的加法机给人们的启示是:用一种纯粹机械的装置去代替人们的思考和记忆,是完全可以做到的。

### 2. 机械式乘法机

德国人莱布尼茨发明了乘法计算机,最早提出二进制运算法则。莱布尼茨的这台乘法机长约1m,宽30cm,高25cm。它由不动的计数器和可动的定位机构两部分组成。整台机器由一套齿轮系统来传动,它的重要部件是阶梯形轴,便于实现简单的乘除运算。图2-2所示是莱布尼茨发明的乘法计算机。



图 2-1 世界上第一台机械式计算机



图 2-2 乘法计算机

### 3. 差分机和分析机

英国人查尔斯·巴贝奇研制出的差分机和分析机,为现代计算机设计思想的发展奠定了基础。在计算机发展史上,差分机和分析机占有重要的地位。

1834年,巴贝奇又完成了一项新计算装置的构想。他考虑到,计算装置应该具有通用性,能解决数学上的各种问题。它不仅要可以进行算术运算,而且还要能进行逻辑运算。巴贝奇把这种装置命名为“分析机”。它是现代通用数字计算机的前身。按巴贝奇的方案,分析机以蒸汽为动力,通过大量齿轮来传动。它的内存储器的容量比后来20世纪40年代出现的电子计算机ENIAC还要大一些。因为它太庞大了,所以没有被制造出来。

巴贝奇的分析机由三部分构成。第一部分是保存数据的齿轮式寄存器,巴贝奇把它称为“堆栈”,它与差分机中的相类似,但运算不在寄存器内进行,而是由新的机构来实现。第二部分是对数据进行各种运算的装置,巴贝奇把它命名为“工场”。第三部分是对操作顺序进行控制,并对所要处理的数据及输出结果加以选择的装置。它相当于现代计算机的控制器。图2-3是巴贝奇于19世纪20年代制造的差分机。

为了加快运算的速度,巴贝奇设计了先进的进位机构。他估计,使用分析机完成一次50位数的加减只要1s,相乘则要1min。计算时间约为第一台电子计算机的100倍。

巴贝奇在分析机的计算设备上采用穿孔卡,这是人类计算技术史上的一次重大飞跃。巴贝奇曾在巴黎博览会上见过雅卡尔穿孔卡编织机。雅卡尔穿孔卡编织机要在织物上编织出各种图案,预先将经纱提升的程序在纸卡上穿孔记录下来,利用不同的穿孔卡程序织出许多复杂花纹的图案。巴贝奇受到启发,把这种新技术用到分析机上,从而能对计算机下命令,让它按任何复杂的公式去计算。现代计算机的设计思想,与一百多年前巴贝奇的分析机几乎完全相同。巴贝奇的分析机同现代计算机一样可以编程,而且分析机所涉及的有关程序方面的概念也与现代计算机一致。图2-4是巴贝奇于19世纪30年代制造的分析机。

### 4. 手摇式机械计算机

瑞典发明家奥涅尔在俄国制造了第一台手摇式机械计算机。德国的布龙斯维加公司从1892年起投产手摇式机械计算机,到1912年,年产量已高达2万台。图2-5是1936年荷兰飞利浦公司制造的一种二进制手摇式机械计算机。



图 2-3 差分机

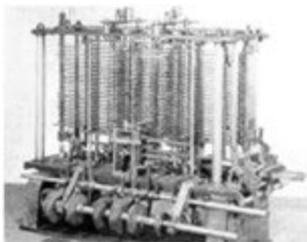


图 2-4 分析机

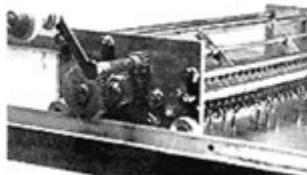


图 2-5 二进制手摇式机械计算机

### 5. 畅销的机械计算机

1893年,德国人施泰格尔研制出一种叫作“大富豪”的计算机。最初,施泰格尔在瑞士的苏黎世制造了“大富豪”计算机,由于它的运算速度快及性能可靠,整个欧洲和美国的科学机构都竞相购买。直到1914年第一次世界大战爆发之前,这种“大富豪”计算机一直畅销不衰。图2-6是一台畅销的机械计算机,配有计数器、打孔器、接触压力机和分类箱。

### 6. 制表机与IBM公司

1884年,美国人赫勒里特获得了制表机的第一项专利权。1888年,他制造出一台制表机,并送往巴黎国际博览会去展览。这台制表机采用机电式的自动计数装置取代了纯机械的计数装置,加快了数据处理的速度,避免了手工操作引起的差错。于是,美国1890年人口普查的统计制表工作,就全部采用了赫勒里特制表机来完成。赫勒里特的制表机除了用于美国的人口普查,还曾在奥地利、加拿大、挪威、俄国等许多国家的人口普查中被使用。1896年,赫勒里特在他的发明的基础上创办了当时著名的制表机公司。1911年,赫勒里特又创办了一家计算制表记录公司,该公司于1924年改名为“国际商用机器公司”,这就是举世闻名的美国IBM公司。图2-7是竖式穿孔卡电分类制表机。



图 2-6 一台畅销的机械计算机



图 2-7 制表机

### 7. 微分分析仪

1930年,美国麻省理工学院和哈佛大学的博士布什,在一些工程技术人员的协助下,试制出一台微分分析仪的样机。这台用于计算的装置与现代的计算机很不一样,它没有键盘,占地几十平方米,看起来有点儿像台球桌,又有点儿像印刷机。分析仪由几百根平行的钢轴安放在一个桌子一样的金属柜架上,一个个电动机通过齿轮使这些钢轴转动,通过钢轴的转动进行数的模拟运算。在试制出第一台样机后,布什又采用电子元件来取代某些机械零件。但总的来说它仍然是一台机械式的计算装置,它就是“洛克菲勒微分分析仪2号”。在第二次世界大战中,美军曾广泛用它来计算弹道射击表。电子模拟计算机和后来数字电子计算机的出现,使机械模拟计算装置完全无用了。布什研制的分析仪后来被麻省理工学院及伦敦科学博物馆收藏起来。图2-8是布什发明的微分分析仪,它是一台用电动机带动的计算机,运算装置由机械构成。

## 8. Z 系列计算机

1934年,德国人朱斯开始研制一种利用机械键盘的计算机。这与巴贝奇分析机原理类似。巴贝奇曾经设想过采用在纸带上“穿孔”和“存储”的方式来记录和保存数据从而进行数字计算的方法。1938年,朱斯制成第一台二进制计算机——Z-1型计算机。Z-1型计算机是一种纯机械式的计算装置,它有可存储64位数的机械存储器,朱斯设法把这个存储器与一个机械运算单元连接起来。他用钢锯把圆钢锯成数千片薄片,然后用螺栓把它们拧在一起,Z-1型计算机就被安装起来了。1939年,朱斯的第二台计算机研制完成,命名为Z-2型计算机。1941年,朱斯的Z-3型计算机开始运行。这台计算机是世界上第一台采用电磁继电器进行程序控制的通用自动计算机,它用了2600个继电器,采用浮点二进制数进行运算,采用带数字存储地址形式的指令,能进行数的四则运算和求平方根,进行一次加法运算用时0.3s。Z-3型计算机的体积只有衣柜那么大,它有一块精巧的控制面板,只要按一下面板上的按钮就能完成操作。它是世界上第一台能自动完成一连串运算的计算机。Z-3型计算机工作了3年,在1944年美军对柏林的空袭中毁于一旦。1945年,朱斯又完成了Z-4型计算机的研制,它曾在德国V-2火箭的研制中发挥作用。第二次世界大战后,朱斯创办了计算机公司。Z-4型计算机一直工作到1958年,并曾为法国国防部效劳。朱斯的公司后来研制出Z-22型计算机和电子管通用计算机Z-22R型。1966年,朱斯把他的公司出售给西门子公司。Z-3型计算机如图2-9所示。

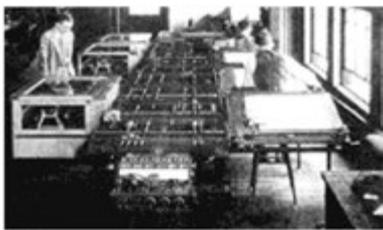


图 2-8 微分分析仪

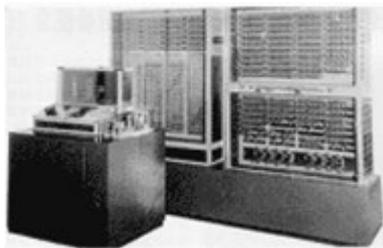


图 2-9 Z-3 型计算机

## 9. K 型计算机

1937年11月,美国人斯蒂比兹取了几个从实验室废料堆里回收来的继电器,在厨房里工作了起来。他设想了几种电路,输入部件是从咖啡罐上剪下的两条铁片,输出部件是手电筒里的两个电珠,利用电珠亮与不亮来表明二进制计算的结果。所有元件都装在一块8开纸大的三合板上。把继电器与电池接通后,这台机器确实能进行二进制的加法。由于这台机器是在厨房的餐桌上装配起来的,英语“厨房”的第一个字母为K,因此斯蒂比兹的妻子把它称为K型计算机,见图2-10。



图 2-10 K 型计算机

## 10. M 型系列计算机

1939年9月,美国贝尔实验室研制出M-1型计算机。这台计算

机开始只能作复数的乘除,进行一次复数乘法大约需要 45s。M-1 型计算机使用了 440 个二进制继电器,另外还采用了 10 个多位继电器作为数的存储器。1943 年,贝尔实验室把 U 型继电器装入计算机设备中,制成了 M-2 型计算机,这是最早的编程计算机之一。它还能进行误差检测,误差检测是现代微型计算机所具有的一项标准功能。1944 年和 1945 年,贝尔实验室又先后研制出 M-3 与 M-4 型计算机,它们与 M-2 型计算机类似,但存储器容量更大,能把描述目标飞机和一些防空火炮炮弹轨迹的弹道方程计算出来,在编程能力上具有一定程度的通用性,还具有搜索信息的功能。此后又推出了 M-5 型计算机,其中一台是为美国航空局设计的,另一台是为阿伯丁弹道研究实验室设计的。M-5 型计算机是占地 200m<sup>2</sup> 的庞然大物,包含 9000 多个继电器,可靠性好,能够每天稳定、无故障地工作 23h。它的存储器能保存 30 个数,但没有存储程序带和数据带两种纸带,运算步骤和数据通过纸带阅读器输入。1949 年,贝尔实验室又制造出了 M-6 型计算机,它是 M 系列中的最后一台计算机。贝尔实验室于 20 世纪 40 年代所研制的 M 系列继电器计算机,是从机械计算机过渡到电子计算机的重要桥梁。

### 11. 英国的“巨人”计算机

1943 年 12 月,第一台“巨人”计算机在英国投入运行。它破译密码的速度快,性能可靠,内部有 1500 个电子管,配备有 5 个以并行方式工作的处理器,每个处理器以每秒 5000 个字符的速度处理一条带子上的数据。“巨人”计算机上还使用了附加的移位寄存器,在运行时能同时读 5 条带子上的数据,纸带以 50km/h 以上的速度通过纸带阅读器。“巨人”计算机没有键盘,它用一大排开关和话筒插座来处理程序,数据则通过纸带输入。1944 年 6 月,第二台“巨人”计算机开始运转,它的速度比第一台“巨人”计算机快 4 倍,到 1945 年 5 月 8 日,第二次世界大战在欧洲结束时为止,英国共有 10 台“巨人”计算机运行。英国的“巨人”计算机如图 2-11 所示。

### 12. 美国的全机电式计算机

1944 年,“马克”1 号计算机在哈佛大学问世,它是一种完全机电式的计算机,长 15m、高 2.4m,有 15 万个元件,还有 800km 导线。“马克”1 号是世界上最早的通用型自动机电式计算机之一,一共使用了 3000 多个电话继电器代替齿轮传动的机械结构,机器采用十进制对 23 位的数进行加减运算,一次需要 0.3s,乘法则需要 6s。指令通过穿孔纸带传送。“马克”1 号计算机如图 2-12 所示。1947 年,“马克”2 号计算机问世。

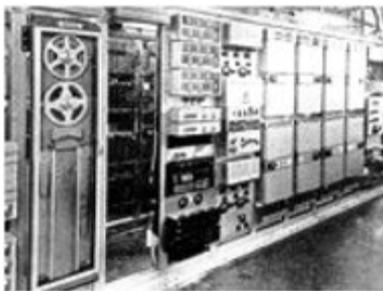


图 2-11 英国的“巨人”计算机

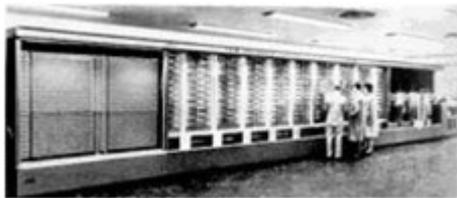


图 2-12 “马克”1 号计算机

1949年9月,“马克”3号计算机问世。它除了使用了5000个电子管外,还使用了机械部件——2000个继电器。图2-13是艾肯于1949年9月研制成功的“马克”3号计算机。“马克”3号计算机是第一台内存程序的大型计算机,在这台计算机上首次使用了磁鼓作为数与指令的存储器。

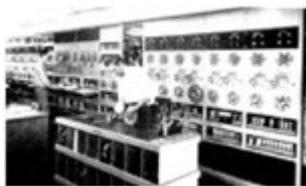


图 2-13 “马克”3号计算机

### 2.1.3 电子计算机准备

#### 1. 图灵提出的重要概念

1936年,年仅24岁的英国人图灵(见图2-14)发表了著名的《论应用于决定问题的可计算数字》一文,提出思考实验原理计算机概念。

图灵把人在计算时所做的工作分解成简单的动作,与人的计算类似,机器需要如下部分完成计算:①存储器,用于存储计算结果;②一种语言,表示运算和数字;③扫描;④计算意向,即在计算过程中下一步打算做什么;⑤执行下一步计算。

具体到一步计算,则分成:①改变数字为符号;②扫描区改变,如往左进位和往右添位等;③改变计算意向等。图灵还采用了二进位制。

这样,他就把人的工作机械化了。这种理想中的机器被称为“图灵机”。图灵机是一种抽象计算模型,用来精确定义可计算函数。图灵机由一个控制器、一条可以无限延伸的带子和一个在带子上左右移动的读写头组成。半个多世纪以来,数学家们提出的各种各样的计算模型都被证明是和图灵机等价的。

#### 2. 阿塔纳索夫提出的计算机的三原则

1939年10月,美国理论物理学家阿塔纳索夫(见图2-15)与贝利合作,设计并试制成功了一台世界上最早电子数字计算机的样机,称为“ABC机”。阿塔纳索夫提出了计算机的三条原则,具体如下。

- (1) 以二进制的逻辑基础来实现数字运算,以保证精度。
- (2) 利用电子技术来实现控制、逻辑运算和算术运算,以保证计算速度。
- (3) 采用把计算功能和二进制数更新存储的功能相分离的结构。



图 2-14 图灵

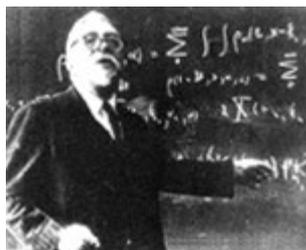


图 2-15 阿塔纳索夫

这也是现代电子计算机所依据的三条基本原则。倡导用电子管作开关元件,这为实现高速运算创造了条件。他主张把数字存储和数字运算分开进行,这一思想一直贯穿到今天

的计算机结构设计之中。如果 ABC 机能制造出来,将是世界上第一台电子数字计算机。因此,他的主张预示了一个计算机的新时代即将到来。

### 3. 维纳的计算机五原则

维纳(见图 2-16)在 1940 年写给布什的一封信中,对现代计算机的设计曾提出了以下几条原则。

- (1) 不是模拟式,而是数字式。
- (2) 由电子元件构成,尽量减少机械部件。
- (3) 采用二进制,而不是十进制。
- (4) 内部存放计算表。
- (5) 在计算机内部存储数据。



图 2-16 维纳

## 2.2 电子计算机发展史

### 2.2.1 电子计算机发展史概述

#### 1. 第一台电子计算机

1946 年 2 月 15 日,世界上第一台通用电子数字计算机“埃尼阿克”(ENIAC)宣告研制成功。ENIAC 计算机的最初设计方案是由 36 岁的美国工程师莫奇利于 1943 年提出的,计算机的主要任务是分析炮弹轨道。美国军械部拨款支持研制工作,并建立了一个专门研究小组,由莫奇利负责。总工程师由年仅 24 岁的埃克特担任,组员格尔斯是位数学家,另外还有逻辑学家伯克斯。ENIAC 共使用了 18 000 个电子管,另加 1500 个继电器以及其他器件,其总体积约  $90\text{m}^3$ ,重达 30t,占地  $170\text{m}^2$ ,需要用一间 30 多米长的大房间才能存放,是个地道的庞然大物。这台耗电量为 140kW 的计算机,运算速度为每秒 5000 次加法,或者 400 次乘法,比机械式的继电器计算机快 1000 倍。1946 年启动了 ENIAC。它在通用性、简单性和可编程方面取得的成功,使现代计算机成为现实。ENIAC 如图 2-17 所示。

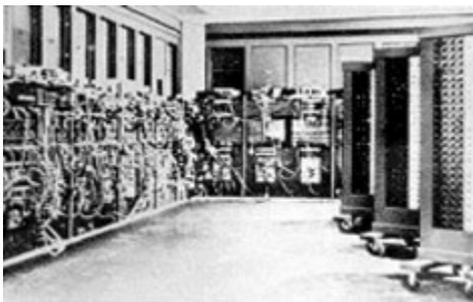


图 2-17 第一台电子计算机 ENIAC

#### 2. 第一代电子计算机的发展

“埃迪瓦克”(EDVAC)是典型的第一代电子计算机。第一代电子计算机的主要特点是使用电子管作为逻辑元件。它的 5 个基本部分为运算器、控制器、存储器、输入设备和输出

设备。运算器和控制器采用电子管,存储器采用电子管和延迟线,这一代计算机的一切操作,包括输入输出在内,都由中央处理机集中控制。这种计算机主要用于科学技术方面的计算。“埃迪瓦克”电子计算机方案实际上在 1945 年就完成了,但直到 1952 年 1 月才被制成,如图 2-18 所示。



图 2-18 英国“埃迪瓦克”电子计算机

### 3. 第二代电子计算机(晶体管)

1954 年,美国贝尔实验室研制成功第一台使用晶体管线路的计算机,取名为 TRADIC。它装有 800 个晶体管。1955 年,美国在阿塔拉斯洲际导弹上装备了以晶体管为主要元件的小型计算机。10 年以后,在美国生产的同一型号的导弹中,由于改用集成电路元件,重量只有原来的 1/100,体积与功耗减少到原来的 1/300。如图 2-19 所示的是 IBM 7090 第二代晶体管电子计算机。



图 2-19 IBM 7090 第二代晶体管电子计算机

### 4. 第三代电子计算机(集成电路)

1964 年 4 月 7 日,美国 IBM 公司同时在 14 个国家、全美 63 个城市宣告,世界上第一个采用集成电路的通用计算机系列 IBM 360 系统研制成功,该系列有大、中、小型计算机,共 6 个型号,它兼顾了科学计算和事务处理两方面的应用,各种机器全都相互兼容,适用于各方面的用户,具有全方位的特点,正如罗盘有 360°刻度一样,所以取名为 360。它的研制开发经费高达 50 亿美元,是研制第一颗原子弹的“曼哈顿计划”的 2.5 倍,如图 2-20 所示。



(a) 中央控制部分

(b) 中央存储器和外围存储器

(c) 终端设备

图 2-20 第三代电子计算机