

21
世纪

高职高专新概念教材

何 超 主 编

冉全 吴保荣 王明晶 副主编

微型计算机原理及应用

21 Shi Ji Gao Zhi Gao Zhuan Xin Gai Nian Jiao Cai



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专新概念教材

微型计算机原理及应用

何 超 主编

冉全 吴保荣 王明晶 副主编

js100/07

中国水利水电出版社

内 容 提 要

全书共 6 章, 主要内容包括: 概述、微处理器、总线和主板、存储器、中断系统、微型计算机接口技术等。

本书以应用为目的, 将传统题材删繁就简, 内容少而精, 加强基本概念和基本分析方法的介绍, 重点突出; 密切结合计算机专业实际, 努力追踪微机快速发展的历程; 叙述启发式, 逻辑线索简明、清晰、合理; 物理概念清楚, 深入浅出; 语言生动流畅, 通俗易懂。注重典型电路和芯片的介绍以及实践技能的培养; 图表精选, 说明性强。

本书适合高职高专计算机专业类、电子类和电气自动化类的学生使用, 也可供与信息类相关的非计算机专业的本科生选用, 还可供广大初、中等工程技术人员和对计算机硬件爱好的读者自学参考。

本书为任课教师配有电子教案, 此教案用 PowerPoint 制作, 可以任意修改。选用本教材的教师可与北京万水电子信息有限公司联系, 获取该电子教案。联系电话: 010-68359168-331。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理及应用/何超主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2002

(21 世纪高职高专新概念教材)

ISBN 7-5084-0840-3

I. 微… II. 何… III. 微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 094565 号

书 名	微型计算机原理及应用
主 编	何超
副 主 编	冉全 吴保荣 王明晶
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 68359286 (万水)、63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京北医印刷厂印刷
规 格	787×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 398 千字
版 次	2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	23.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

21 世纪高职高专新概念教材

编委会名单

主任委员 刘 晓 柳菊兴

副主任委员 胡国铭 张栻勤 王前新 黄元山 柴 野

张建钢 田 刚 宋 红 汤鑫华 王国仪

委 员 (按姓氏笔画排序)

马洪娟	马新荣	尹朝庆	方 宁	方 鹏
毛芳烈	王 祥	王乃钊	王希辰	王国思
王明晶	王泽生	王绍卜	王路群	东小峰
台 方	叶永华	宁书林	田 原	田绍槐
申 会	刘 猛	刘尔宁	刘慎熊	孙明魁
汤永茂	许学东	闫 菲	宋锦河	张 晞
张 慧	张弘强	张怀中	张晓辉	张海春
张曙光	李 琦	李存斌	李珍香	李家瑞
杨永生	杨庆德	杨均青	汪振国	肖晓丽
闵华清	陈 川	陈 炜	陈语林	陈道义
单永磊	周杨娣	周学毛	武铁敦	郑有想
侯怀昌	胡大鹏	胡国良	费名瑜	赵作斌
赵秀珍	赵海廷	唐伟奇	夏春华	徐凯声
殷均平	袁晓州	袁晓红	钱同惠	钱新恩
高寅生	曹季俊	梁建武	舒望皎	蒋厚亮
覃晓康	谢兆鸿	韩春光	雷运发	廖哲智
廖家平	管学理	蔡立军	黎能武	魏 雄

项目总策划 雨 轩

编委会办公室 主 任 周金辉
副主任 孙春亮 杨庆川

参编学校名单

(按第一个字笔划排序)

三门峡职业技术学院
山东大学
山东建工学院
山东省电子工业学校
山东农业大学
山东省农业管理干部学院
山东省教育学院
山西阳泉煤炭专科学校
山西经济管理干部学院
广州市职工大学
广州铁路职业技术学院
中国人民解放军第二炮兵学院
中国矿业大学
中南大学
天津市一轻局职工大学
天津职业技术师范学院
长沙大学
长沙民政职业技术学院
长沙交通学院
长沙航空职业技术学院
长春汽车工业高等专科学校
北京对外经济贸易大学
北京科技大学职业技术学院
北京科技大学成人教育学院
石油化工管理干部学院
石家庄师范专科学校
华中电业联合职工大学
华中科技大学
华东交通大学
华北电力大学工商管理学院
江汉大学
西安外事学院

西安欧亚学院
西安铁路运输职工大学
西安联合大学
孝感职业技术学院
杨陵职业技术学院
昆明冶金高等专科学校
武汉大学动力与机械学院
武汉大学信息工程学院
武汉工业学院
武汉工程职业技术学院
武汉广播电视大学
武汉化工学院
武汉电力学校
武汉交通管理干部学院
武汉科技大学工贸学院
武汉商业服务学院
武汉理工大学
河南济源职业技术学院
陕西师范大学
南昌水利水电高等专科学校
哈尔滨金融专科学校
济南大学
济南交通高等专科学校
荆门职业技术学院
贵州无线电工业学校
贵州电子信息职业技术学院
恩施职业技术学院
黄冈职业技术学院
黄石计算机学院
湖北工学院
湖北丹江口职工大学
湖北交通职业技术学院

湖北汽车工业学院
湖北经济管理大学
湖北药检高等专科学校
湖北商业高等专科学校
湖北教育学院
湖北鄂州大学
湖南大学

湖南工业职业技术学院
湖南计算机高等专科学校
湖南省轻工业高等专科学校
湖南涉外经济学院
湖南郴州师范专科学校
湖南商学院
湖南税务高等专科学校

序

根据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》)的精神,由中国水利水电出版社北京万水电子信息有限公司精心策划,聘请我国长期从事高职高专教学、有丰富教学经验的教师执笔,在充分汲取了高职高专和成人高等学校在探索培养技术应用性人才方面取得的成功经验和教学成果的基础上,撰写了这套《21 世纪高职高专新概念教材》。

为了编写本套教材,出版社进行了广泛的调研,走访了全国百余所具有代表性的高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育高等院校以及本科院校举办的二级职业技术学院在广泛了解情况、探讨课程设置、研究课程体系的基础上,经过学校申报、征求意见、专家评选等方式,确定了本套书的主编,并成立了编委会。每本书的编委会聘请了多所学校主要学术带头人或主要从事该课程教学的骨干,教学大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论。

本套《21 世纪高职高专新概念教材》有如下特点:

(1) 面向 21 世纪人才培养的需求,主要考虑高职高专学生的培养特点,具有鲜明的高职高专特色。本套教材的作者都是长期在第一线从事高职高专教育的骨干教师,对学生的基本情况、特点和认识规律等有深入的了解,在教学实践中积累了丰富的经验。因此可以说,每一本书都是教师们长期教学经验的总结。

(2) 以《基本要求》和《培养规格》为编写依据,内容全面,结构合理,文字简练,实用性强。在编写过程中,作者严格依据教育部提出的高职高专教育“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,加强了应用性和实际操作性强的内容。

(3) 采用“问题(任务)驱动”的编写方式,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。本套书的编写思路与传统教材的编写思路不同:先提出问题,然后介绍解决问题的方法,最后归纳总结出一般规律或概念。我们把这个新的编写原则比喻成“一棵大树、问题驱动”的原则。即:一方面遵守先见(构建)“树”(每本书就是一棵大树),再见(构建)“枝”(书的每一章就是大树的一个分枝),最后见(构建)“叶”(每章中的若干小节及知识点)的编写原则;另一方面采用问题驱动方式,每一章都尽量用实际中的典型实例开头(提出问题、明确目标),然后逐渐展开(分析解决问题),在讲述实例的过程中将本章的知识点融入。这种精选实例,并将知识点融于实例中的编写方式,可读性、可操作性强,非常适合高职高专的学生阅读和使用。本书读者通过学习构建本书中的“树”,由“树”找“枝”,

顺“枝”摸“叶”，最后达到构建自己所需要的“树”的目的。

(4) 配有实验指导和实训教程，便于学生练习提高。

(5) 配有动感电子教案。为顺应教育部提出的教材多元化、多媒体化发展的要求，每本教材都配有电子教案，以满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。

(6) 提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套教材凝聚了数百名高职高专一线教师多年的教学经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。

本套教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校。

新世纪吹响了我国高职高专教育蓬勃发展的号角，新世纪对高职教育提出了新的要求，高职教育占据了全面素质教育中所不可缺少的地位，在我国高等教育事业中占有极其重要的位置，在我国社会主义现代化建设事业中发挥着日趋显著的作用，是培养新世纪人才所不可缺少的力量。相信本套《21 世纪高职高专新概念教材》的出版能为高职高专的教材建设和教学改革略尽绵薄之力，因为我们提供的不仅是一套教材，更是自始至终的教育支持，无论是学校、机构培训还是个人自学，都会从中得到极大的收获。

当然，本套教材肯定会有不足之处，恳请专家和读者批评指正。

21 世纪高职高专新概念教材编委会

2001 年 3 月

前 言

微型机是从小型机基础上发展起来的,它除了具有一般计算机的运算速度快、运算精度高、具有记忆和判断能力、内部操作自动进行等特点外还有它自己的特点:①体积小、重量轻、价格低廉;②简单灵活、可靠性高、使用环境要求不高;③功耗低。微型机的上述特点有力地推动了它们的迅速普及和发展,几乎每隔几年就有一个重大变化,最近十年更是处于加速发展阶段。目前微型机的性能已达到或超过以前的大中型机,广泛应用于科学计算、数据处理、办公自动化、过程控制、辅助系统、仿真等诸多领域。

因此,“微型计算机原理及应用”是高等学校工科电类各专业,特别是计算机应用专业大学生必修的一门专业基础课,目的在于让学生从理论与实际结合上理解与掌握微型计算机的基本组成、工作原理、以及各类接口部件的功能,如何与系统连接构建微机系统等方面的知识,使学生具有微机应用系统软硬件开发的初步能力。本书按照教学大纲的要求和高职高专的教学特点进行编写。在编写中注意到:以应用为目的,将传统题材删繁就简,突出重点、内容少而精,加强基本概念和基本分析方法的介绍;密切结合计算机专业实际,努力追踪微机快速发展的历程;叙述启发式,逻辑线索简明、清晰、合理;物理概念清楚,深入浅出;语言生动流畅,通俗易懂;注重典型电路和芯片的介绍,以及实践技能的培养;图表精选,说明性强。

“微型计算机原理及应用”是一门实践性很强的课程。为了加强对学习的辅导和实践能力的培养,本书配有《微机原理实验与实训》一书,安排有相应的实验和实训。

本书适合高职高专计算机专业类、电子类和电气自动化类的学生使用,也可供与信息类相关的非计算机专业的本科生选用,还可供广大工程技术人员自学参考。

本书为任课教师配有电子教案,此教案用 PowerPoint 制作,可以任意修改。

本书由何超主编,冉全、吴宝荣、王明晶任副主编。各章编写分工如下:第 1 章由王明晶编写,第 2 章、第 3 章由冉全编写,第 4 章由侯亚非和吴宝荣编写,第 5 章由吴宝荣编写,第 6 章由苏颖编写。参加本书大纲讨论的教师还有白钟钢、舒望皎、郭福州、陈昌豪等。

本书在编写过程中得到了武汉科技大学、武汉广播电视大学、武汉化工学院、湖北工学院、湖北商业高等专科学校、山东省农业管理干部学院、山西煤炭专科学校、长春汽车工业高等专科学校、贵州电子信息职业技术学院、黄冈职业技术学院、昆明冶金高等专科学校的支持与关心,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者和专家批评指正。

编者

2001 年 8 月

目 录

序

前言

第 1 章 概述	1
本章学习目标	1
1.1 计算机和微型计算机的发展概况	1
1.1.1 计算机的发展	1
1.1.2 微型计算机的发展	4
1.2 微型计算机的特点和应用范围	5
1.2.1 微型计算机的特点	5
1.2.2 微型机的应用范围	6
1.3 微型计算机的基本组成	8
1.3.1 计算机系统组成	8
1.3.2 微型计算机的硬件组成	8
1.4 微型计算机中的数的编码和字符的表示	10
1.4.1 二进制	10
1.4.2 二进制与十进制的互化	10
1.4.3 八进制和十六进制	11
1.4.4 有符号数的表示方法	12
1.4.5 定点数与浮点数	13
1.4.6 计算机中的编码	14
本章小结	16
习题	16
第 2 章 微处理器	17
本章学习目标	17
2.1 微处理器概述	17
2.1.1 CPU 的基本概念和组成	17
2.1.2 CPU 主要技术参数	18
2.1.3 CPU 主流技术术语浅析	19
2.2 8086/8088 微处理器	21
2.2.1 8086 的编程结构	21

2.2.2	8086 的工作模式和引脚功能	25
2.2.3	8086 的系统组成	30
2.2.4	8086 的总线时序	32
2.3	8086 指令系统和汇编语言	35
2.3.1	寻址方式	35
2.3.2	8086 的指令系统	40
2.3.3	汇编语言程序设计	44
2.4	飞速发展的 CPU	48
2.4.1	辉煌的历程	48
2.4.2	潮流和未来	52
	本章小结	59
	习题	60
第 3 章	总线和主板	61
	本章学习目标	61
3.1	总线基本概念	62
3.1.1	什么是总线	62
3.1.2	面向总线的体系结构	63
3.1.3	总线分类和性能指标	63
3.2	总线原理	66
3.2.1	总线的控制	66
3.2.2	数据传送	66
3.2.3	总线仲裁	68
3.2.4	总线驱动和其他控制	68
3.3	微机系统总线标准	69
3.3.1	系统总线标准	69
3.3.2	常见系统总线标准	70
3.3.3	其他总线	75
3.4	总线新技术	83
3.5	认识主板	85
3.6	主板结构	88
3.7	主板控制芯片组	89
3.7.1	概念及结构	89
3.7.2	流行芯片组	91
3.7.3	BIOS 与 CMOS	95
3.8	主板发展趋势	96

3.8.1 主板结构的新变化	96
3.8.2 主板总线速度的提升	97
3.8.3 主板超频稳定性能的成熟	97
3.8.4 主板安全稳定性能的增强	98
3.8.5 主板方便性能的提高	99
3.8.6 主板能源功能的改进	99
3.8.7 整合技术日新月异	100
本章小结	100
习题	101
第 4 章 存储器	102
本章学习目标	102
4.1 存储器的概念、分类和要素	102
4.1.1 简介	102
4.1.2 半导体存储器的分类	104
4.1.3 选择存储器件的考虑因素	106
4.2 随机读写存储器 (RAM)	107
4.2.1 静态 RAM	107
4.2.2 动态 RAM	111
4.2.3 几种新型的 RAM 技术及芯片类型	112
4.3 只读存储器 (ROM)	115
4.3.1 掩膜 ROM	115
4.3.2 可擦除可编程的 ROM (EPROM)	117
4.3.3 电可擦可编程 ROM (EEROM)	119
4.4 CPU 与存储器的连接	120
4.4.1 CPU 与存储器的连接时应注意的问题	120
4.4.2 存储器片选信号的产生方式和译码电路	121
4.4.3 CPU (8088 系列) 与存储器的连接	123
4.5 IBM-PC/XT 中的存储器, 扩展存储器及其管理	129
4.5.1 存储空间的分配	129
4.5.2 ROM 子系统	130
4.5.3 RAM 子系统	131
4.5.4 寻址范围	132
4.5.5 存储器的管理	133
4.5.6 高速缓存器 Cache	136
本章小结	137

习题	138
第 5 章 中断系统	139
本章学习目标	139
5.1 中断系统基本概念	139
5.1.1 中断系统的作用	140
5.1.2 中断源	141
5.2 中断的处理过程	142
5.2.1 中断请求与中断屏蔽	142
5.2.2 中断优先级排队	143
5.2.3 中断响应	147
5.2.4 中断处理	148
5.3 IBM-PC 机中断系统结构	150
5.3.1 8086/8088CPU 的中断结构体系	150
5.3.2 8086/8088 中断优先级别对中断源的管理	156
5.3.3 IBM-PC/XT 的中断控制逻辑	157
5.3.4 IBM-PC/AT 的中断控制逻辑	160
5.4 Intel 8259A 可编程中断控制器	162
5.4.1 8259A 的框图和引脚	162
5.4.2 中断触发方式和中断响应过程	166
5.4.3 工作方式	168
5.4.4 屏蔽中断源的方式	170
5.4.5 结束中断处理的方式	171
5.4.6 中断级联方式	172
5.4.7 8259A 初始化命令字和操作方式命令字	173
5.5 中断程序举例	182
5.5.1 IBM-PC/XT 机对 8259A 的初始化	182
5.5.2 IBM-PC/AT 机对 8259A 的初始化	184
本章小结	184
习题	185
第 6 章 微型计算机接口技术	187
本章学习目标	187
6.1 微型计算机接口技术概述	187
6.2 输入与输出	188
6.2.1 概述	188
6.2.2 CPU 与外设数据传送的方式	194

6.3 并行数据接口	196
6.3.1 简单并行口	197
6.3.2 8255A 可编程输入/输出接口	197
6.4 串行数据接口	212
6.4.1 概述	212
6.4.2 可编程串行接口芯片 8250	219
6.5 DMA 接口	234
6.5.1 概述	234
6.5.2 可编程 DMA 控制器 Intel 8237	235
6.6 8253 可编程定时计数器	245
6.6.1 概述	245
6.6.2 8253 定时计数器	246
6.7 数/模、模/数转换器及其与 CPU 的接口	256
6.7.1 概述	256
6.7.2 数模转换器及其与 CPU 的接口	256
6.7.3 模/数转换器及其与 CPU 的接口	261
本章小结	265
习题	267
附录一 ASCII 码表	269
附录二 8086/8088 指令系统一览表	270
参考文献	278

第 1 章 概 述

本章学习目标

本章简要介绍微型计算机的发展概况、微机的分类和组成，以及计算机中数的编码和字符表示。通过本章学习，读者应该对微型计算机的基本状况有一定了解。对数的编码和字符表示等基础内容应能掌握。

1.1 计算机和微型计算机的发展概况

1.1.1 计算机的发展

计算机（Computer）又称电脑，是 20 世纪最重要的科技成果。它的出现，在人类社会的各个领域已经引起了一场新的技术革命，其深远意义不亚于当年蒸汽机的诞生所迎来的第一次工业革命。如果说以蒸汽机为标志的第一次技术革命是用机器来代替人类繁重的体力劳动的动力革命，那么以计算机为标志的技术革命，则是用电脑来代替人类部分脑力劳动的一场信息革命。

计算机是一种能够自动地、高速地、精确地进行信息处理的现代化电子设备，是一种帮助人类从事脑力劳动（包括记忆、计算、分析、判断、设计、咨询、诊断、决策、学习与创作等思维活动）的工具。

对于计算机的如上描述，似乎掩盖了计算机的原始身份。事实上，计算机诞生时确实就是一台帮助人们完成某些计算的机器，别无他用，故以“计算机”而名之。只是到了后来，其应用才大大超出了计算的范围而成为一种功能复杂的信息处理工具。它是从计算工具的延伸、发展中脱颖而出的。

1944 年哈佛大学和 IBM 公司合作，在美国首次制造出了现代计算机的雏形——马克 I。马克 I 是采用继电器组装的，能够自动进行四则运算，10 位数的乘法运算仅需 3 秒。投资 50 万美元。后来美国海军为了计算弹道问题，对马克 I 进行了改进，研制成功了马克 II，其性能大大超过了马克 I。

几乎与此同时，一台具有真正意义上的现代计算机也正在紧锣密鼓的研制之中。1942 年美国物理学家毛希利（John · Mauchely）提出了一个名曰“高速电子管计算装置”的现代计算机制造方案。后来，在美国陆军的支持下，毛希利同电气工程师埃克特在宾夕法尼亚大

学开始了艰难的研制工作，该机于 1946 年正式交付使用，取名 ENIAC——电子数字积分机和计算机。在此之前，所有的计算机都是用齿轮或电开关装配而成的，一概称为机械式计算机。而 ENIAC 则是采用了电子管做为主要元件，开创了电子数字计算机的新纪元。此后，人们就将 ENIAC 视为电子数字计算机的始祖。

ENIAC 机以其快速准确的运算在其诞生的年代轰动了全世界，其运算速度达到 5000 次 / 秒加法或 400 次 / 秒乘法，比手摇计算机快 1000 倍，比人工计算快 200000 倍。

然而，ENIAC 并非完美无瑕，1944 年匈牙利出身的美国数学家冯·诺依曼 (John·Von·Neumann) 参观 ENIAC 研究小组之后，分析 ENIAC 的缺点是没有存储器，程序必须由一条条的配线告诉机器。冯·诺依曼指出：计算机要能够真正的快速、通用，必须有一个具有记忆功能的部件——存储器，在让计算机真正计算之前预先把用指令表示的计算步骤即程序存入其中，计算一旦开始后，计算机应能自动到存储器中逐条取出指令，并完成规定操作，直至结束，而只要存入不同程序就可完成不同运算。这就是著名的“程序存储原理”。1951 年，第一台基于程序存储原理并首次采用二进制代码表示数据和指令的计算机终于在冯·诺依曼的亲自指挥下研制成功，此即 EDVAC 机。

此后，在冯·诺依曼理论指导下，电子计算机便雨后春笋般地出现了。

对计算机的产生作出杰出贡献的另一位科学家是剑桥大学的图灵 (Alan Turing, 1912—1954)。早在 1936 年图灵为解决纯数学的一个基础理论问题，发表了著名的“理想计算机”论文，提出了现代通用数字计算机的数学模型，后人称之为“图灵机”。冯·诺依曼在世时曾不只一次的说过：“现代计算机的思想来源于图灵”，且从未说过程序存储思想是他本人提出的。图灵在 1945 年曾研制过 ACE 计算机，1947 年提出了自动程序设计思想，1950 年发表了著名的“计算机能思考吗”论文，对人工智能的研究作出了贡献。为纪念这位伟大的计算机科学家，“图灵奖”就是以其名字命名的，它已成为当今 IT 界的诺贝尔奖。

应当指出的是，“计算机”是一个广义的概念，它应该包括机械式的、电子式的所有计算机。电子计算机仅是其中的一个类别，而且电子计算机又可分为电子数字计算机和电子模拟计算机。前者是用离散的数字量表示数值的大小；后者则是利用连续的物理量表示数值的大小。由于机械式计算机早已退出历史舞台，而电子模拟计算机目前也极少应用，所以，今天人们所称的计算机在无特别指出的情况下就是指电子数字计算机。另外，虽然在电子数字计算机发展史上 ENIAC 被称为“始祖”，但由于 EDVAC 机在设计中采用了被后人广泛采纳的程序存储和二进制等先进思想，所以，今天的电子数字计算机几乎全部属于冯·诺依曼式计算机。

计算机自从诞生以后一直在迅猛的发展着，按照传统的划分方法，计算机的发展大体经历了四代：

第一代电子计算机称为电子管计算机。顾名思义，这种计算机的主要逻辑元件采用电子管。由于电子管体积大（一般十几个立方厘米）、功耗高（每个达几百个毫瓦）、反应速度慢、寿命短，所以，第一代计算机体积庞大，重量和耗电量大，运行速度慢，工作的可靠性差。

另外，造价也高得惊人。ENIAC 的制造总投资近百万美元，用了 18000 多个电子管，占地 150 多平方米，重 30 吨，总耗电量 150 千瓦，运算速度只有 5000 次/秒，大约每过 15 分钟就会有一个电子管失效，所以，工作人员必须日夜守在机器旁以随时更换那些失效的电子管。

尽管如此，第一代计算机毕竟为计算机技术的发展奠定了坚实的基础。

第一代计算机的内存储器采用延迟线或磁鼓；外存储器开始使用磁带机；一切操作都由中央处理器集中控制。在计算机语言上，使用的是机器语言和符号语言。

第二代计算机称为晶体管计算机，其主要逻辑元件采用的是晶体管。这种新型的电子器件，有效地取代了大部分电子管的功能，而体积却只有电子管的几十分之一，能量消耗也只有电子管的几十分之一，晶体管寿命长、反应速度快、机械强度高，所以用晶体管制造出来的第二代计算机很快取代了电子管计算机，并进行了批量生产。显然第二代计算机的速度、工作可靠性较之第一代都有了明显的改善，而体积、重量、功耗、造价都大幅度下降。

第二代计算机的内存储器以磁芯存储器为主，外存储器开始使用磁盘。用磁芯取代磁鼓组成的存储器具有存取速度快、成本低、非易失性能好等优点。

与此同时，软件也有了较大的发展，开始使用高级语言，如 Fortran、COBOL、BASIC 等，并有了操作系统的雏形——系统管理程序。

第二代计算机改革了以中央处理器为中心的集中控制，代之以通道方式管理输入/输出设备。通道和主机的控制器独立并行工作，分别与内存交换信息，从而使高速的处理器和慢速的输入/输出设备分开，提高了计算机的工作效率。

第二代计算机从结构上向通用型方向发展。

随着半导体技术的发展，到了 1964 年，一种新的、性能更好的电子器件——集成电路出现了，它把许多个晶体管采用特殊的制作工艺集成到一块面积只有几平方毫米的半导体芯片上，最初是十几个到几十个，叫小规模集成电路。用这种小规模集成电路制造的计算机就是第三代计算机。与第二代相比，第三代计算机的速度和稳定性有了更大程度的提高，而体积、重量、功耗则大幅度下降。

第三代计算机的内存储器采用了半导体存储器，可靠性和存取速度有了明显的改善。同时，终端设备和远程终端迅速发展起来，并与通信设备、通讯技术结合起来，为日后计算机网络的出现打下了基础。

第四代计算机以采用大规模和超大规模集成电路为标志。如 1971 年生产的标号为 4004 的集成电路已经集成了 2300 多个晶体管，成为第一个实用的微处理器芯片。时至今日，集成电路的集成度还在不断提高，一个芯片上的晶体管数目达到了几十万、几百万甚至几千万，最新推出的 Pentium 4 和 Athlon 都集成了数千万的晶体管。毫无疑问，集成电路技术的发展必将有力地推动计算机技术的高速发展，使计算机向更高速化、体积更小化发展。

关于第五代计算机人们正在进行着多方面的探索。探索之一是寻找新材料取代当前的集成电路。例如生物计算机（DNA 计算机）和光计算机的设计思想，但目前这方面的研究尚未取得突破性的进展。探索之二是通过各种手段努力提高机器的智能化程度，一种“人工神