

YING JIAN

中国计算机应用软件人员专业技术职务
任职资格(水平)考试培训系列教材

计算机硬件

(程序员级)

徐拾义 主编

清华大学出版社

CHENG XUYUAN

中国计算机应用软件人员专业技术职务
任职资格（水平）考试培训系列教材

计 算 机 硬 件

（程序员级）

徐拾义 主编

清 华 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书为计算机应用软件人员水平考试培训系列教材中的程序员级计算机硬件部分。它是在上海市计算机应用软件培训中心组织下,由有关专家依照我国1990年颁布的“中国计算机应用软件人员水平考试大纲”及有关专业资料编写而成的。内容主要包括计算机系统的基本结构、计算机中数及数的表示法、算术运算和逻辑运算、常用代码校验方法、运算控制部件、存储器、输入输出设备及计算机专业英语等几个方面。为配合水平考试,书中还备有大量的例题、习题及答案。

本书为中央电视台电视辅导讲座教材,可作为计算机应用软件人员的培训和自学教材,也可供大、中专有关专业师生和其他工程技术人员学习参考。

中国计算机应用软件人员专业技术职务
任职资格(水平)考试培训系列教材

计 算 机 硬 件

(程序员级)

徐拾义 主编

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

国防工业出版社照排中心照排

清华大学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 10 1/4 字数: 243 千字

1990年10月第1版 1990年10月第2次印刷

印数: 20001~50000

ISBN 7-302-00716-0/TP·243

定价: 5.00 元

前 言

为加速我国电子信息技术的广泛应用,促进软件事业的发展,科学地考核和合理地使用人才,促进计算机应用软件人才的国际交流与合作,从1990年起,实施《中国计算机应用软件人员专业技术职务任职资格(水平)考试暂行规定》,统一大纲(《中国计算机应用软件人员水平考试暂行规定与考试大纲》已由清华大学出版社出版),统一试题,统一考试时间,统一评分标准,统一合格录取标准,统一发证。资格考试级别分为程序员级(相当于技术员、助理工程师)、高级程序员级(相当于工程师)、系统分析员级(相当于高级工程师)。资格考试由中国计算机应用软件人员水平考试委员会统一领导,下设考试中心(设在上海)负责考试组织与实施。

中国计算机应用软件人员专业技术职务任职资格(水平)考试培训系列教材是由上海市计算机应用软件培训中心组织,由复旦大学、上海交通大学、上海科技大学、上海工业大学、上海第二工业大学等单位专家组成编委会,根据《中国计算机应用软件人员水平考试大纲》,同时参考国外有关资料编写而成的。这套教材先出版4本,其中程序员级软件与硬件教材各一本,高级程序员级软件与硬件教材各一本。它们既可用作计算机软件人员的培训和自学应试的教材,也可供计算机应用专业师生和其他工程技术人员参考。

本书是程序员级计算机硬件知识及专业英语部分。它是以《中国计算机应用软件人员水平考试大纲(程序员级)》为依据,同时参考国内外的相关资料,并在了解国内历届“水平考试”的实际情况的基础上编写而成的。主要内容包括:计算机的发展史,计算机系统的基本结构简介,计算机中数的表示法,计算机的算术运算与逻辑运算;常用的代码校验方法,运算部件、控制部件、存储器及输入输出设备的介绍。值得一提的是,专业英语是“水平考试”中必考的项目,这次专门编写了“专业英语”一章归入本书,对读者自学和复习是很有帮助的(这一章的内容同时也适合高级程序员阅读)。希望这一尝试能得到广大读者的支持。同时,为了紧密地配合“水平考试”,在每一章后面均配有例题选解和习题及一篇短小的有关该章内容的英语阅读练习。

本书由上海科技大学徐拾义主编,上海工业大学张吉锋主审。

本书共分九章。其中第二章及第六、七章中的部分内容 by 李焕润参加编写,第八章部分内容 by 王重阳参加编写,其它均由徐拾义编写。由徐拾义作全面修改后定稿。在本书编写过程中还得到了吕卫强、陈坚等同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于本书为综合性的培训教材,在内容及安排上均有一些新的尝试,同时编写时间较紧迫,作者水平有限,问题在所难免,望广大读者和有关专家提出宝贵意见。

上海市计算机应用软件培训中心

1990年3月

目 录

第一章 计算机的过去与未来	1
1.1 计算机的简要发展史	1
1.2 计算机的现状与未来	2
1.3 计算机的种类	2
1.4 例题与选解	3
1.5 本章英语阅读与练习	4
第二章 计算机系统的基本结构	6
2.1 计算机的特点	6
2.2 计算机的基本部件及功能	7
2.2.1 运算器	7
2.2.2 存储器	7
2.2.3 输入装置	7
2.2.4 输出装置	8
2.2.5 控制器	8
2.2.6 各部件的功能及配合	8
2.3 例题与选解	9
2.4 本章英语阅读与练习	10
第三章 计算机中数及数的表示法	11
3.1 二进制及二进制数	11
3.1.1 数的表示方法	11
3.1.2 二进制	12
3.1.3 八进制与十六进制	20
3.1.4 基数的变换	21
3.2 文字代码	22
3.2.1 代码	22
3.2.2 BCD 码、格雷码、余 3 码	23
3.2.3 字符代码标准化	23
3.3 字节和字	24
3.3.1 数的表示单位	24
3.3.2 非压缩型与压缩型十进制数	24
3.4 数的表示方法	25

3.4.1	数的处理	25
3.4.2	数的表示形式	25
3.5	例题与选解	28
3.6	本章英语阅读与练习	31
第四章	算术运算和逻辑运算	32
4.1	算术运算	32
4.1.1	定点数的加、减法运算	32
4.1.2	定点数乘法运算	34
4.1.3	定点数除法运算	35
4.1.4	浮点数加、减法运算	38
4.1.5	浮点数乘法运算	38
4.1.6	浮点数除法运算	38
4.2	逻辑代数	39
4.2.1	逻辑运算	39
4.2.2	逻辑代数定理	39
4.2.3	真值表与逻辑表达式	41
4.2.4	逻辑表达式的化简	42
4.3	逻辑电路	46
4.3.1	门电路	46
4.3.2	触发器与计数器	47
4.3.3	半加器、全加器、译码器及多路转换器	49
4.4	例题与选解	52
4.5	本章英语阅读与练习	57
第五章	常用的代码校验方法	59
5.1	代数编码	59
5.1.1	纠错编码的基本概念	59
5.1.2	线性分组码简介	60
5.2	奇偶校验码	61
5.3	海明码	62
5.4	其它编码简介	64
5.4.1	n 中取 m 码	64
5.4.2	循环码	64
5.5	例题与选解	65
5.6	本章英语阅读与练习	68
第六章	运算控制部件	69

6.1	计算机的指令系统及寻址方式	69
6.1.1	指令与程序	69
6.1.2	指令字的格式	70
6.1.3	地址的修饰	71
6.1.4	指令字的实例	72
6.2	中央处理部件的组成和功能	73
6.2.1	中央处理部件的结构	73
6.2.2	寄存器的种类与用途	75
6.3	程序执行流程	75
6.3.1	顺序控制	75
6.3.2	超前控制	77
6.3.3	流水线控制	77
6.4	例题与选解	78
6.5	本章英语阅读与练习	81
第七章	存储器	83
7.1	存储器的分类	83
7.1.1	主存储器和辅助存储器	83
7.1.2	存储器的主要技术指标	85
7.1.3	存储器的分类	86
7.1.4	存储器的分级结构	87
7.2	存储器的存储原理及组成	87
7.2.1	半导体存储器	87
7.2.2	磁表面存储器	89
7.2.3	其它存储元件	91
7.3	例题与选解	92
7.4	本章英语阅读与练习	96
第八章	输入输出设备	98
8.1	输入设备的种类和功能	98
8.1.1	卡片阅读机	98
8.1.2	纸带阅读机	101
8.1.3	键盘输入设备	102
8.1.4	光学阅读设备	102
8.1.5	图形输入机	103
8.1.6	其它输入设备	104
8.2	输出设备的种类及功能	104
8.2.1	纸带穿孔机, 卡片穿孔机	105

8.2.2	打印机	105
8.2.3	显示器	106
8.2.4	绘图仪及其它输出设备	107
8.3	输入输出的控制	107
8.3.1	直接控制方式	108
8.3.2	间接控制方式	108
8.3.3	通道方式	109
8.3.4	通道的类型	111
8.3.5	通道与 I/O 设备的连接	111
8.4	例题与选解	111
8.5	本章英语阅读与练习	114
第九章	计算机专业英语	116
9.1	计算机专业英语及测试方法简介	116
9.2	计算机专业英语词汇及辨义	119
9.3	计算机专业英语的阅读理解及翻译技巧	125
9.4	例题与选解	131
附录	英、汉计算机专业词汇对照	137

第一章 计算机的过去与未来

1.1 计算机的简要发展史

自从 1946 年，使用 18000 个电子管的被认为是世界上第一台计算机的 ENIAC 在美国宾夕伐尼亚 (Pennsylvania) 州问世以来，计算机开始突飞猛进的发展。几乎平均每十年就有一次本质上的飞跃，而且近十年来的发展趋势越来越快。人们习惯于将计算机的发展历史归结为“代”。虽然这种划分的方法不甚科学，但还是被很多人所接受。因为它容易被人们理解和记忆。表 1.1 就是按代来划分计算机的各个主要发展阶段的。

表 1.1 电子计算机发展历史

	1945	1955	1965	1975	1985	1990
划分标准	第 1 代	第 2 代	第 3 代	第 4 代	第 5 代，新一代	
逻辑元件	电子管	晶体管	IC LSI	VLSI	新元件	
主存储器	磁 芯 磁 鼓	同 左	磁芯，磁鼓 半导体存储器	半导体存储器	同 左	
辅助存储器	磁 带 磁鼓	磁带，磁鼓 磁盘	同 左	同 左	同 左	
处理方式	机器语言 汇编语言	JOB 连续处理 编译语言	多道程序 实时处理	分布式处理 网络结构		
代表机种	1946 ENIAC	IBM 1400 X-2 (中)	IBM 360 NOVA 1200	IBM 370 IBM 4300	数据流机 高级语言机 等 非诺依曼机	

由表 1.1 可见，早期的计算机元器件比较简陋，处理方式、使用手段落后。因此当时的计算机的性能自然比较低下。除了某种特殊需要外，还体现不出计算机的优越性。随着时代的发展，电子器件，尤其是大规模、超大规模电路 (LSI/VLSI) 飞速发展，计算机系统的性能得到迅速的提高。主要反映在处理的速度上大大加快，性能迅速提高，用途也越来越广，几乎渗透到社会各个领域。表 1.2 列出了处理速度提高的过程，其中 MIPS 是指 Million Instructions Per Second (即百万条指令/秒)。第二章将讨论到计算机运算速度的计算方法。

由于处理速度的提高及其它各类功能的加强 (如软件日趋丰富)，计算机系统得以完成以往人们不敢想像的工作。事实上，计算机的性能已远远超过了原来仅仅作为数值计算的工

具，它的广泛使用已成为人类社会文明和现代化程度的一大标志。

表 1.2 计算机性能的提高过程

	大 型 机	中 (小) 型机
1965	0.4 MIPS	
1970	1.5 MIPS	0.2 MIPS
1975	2—3 MIPS	0.3 MIPS
1980	5—8 MIPS	0.8—1 MIPS

1.2 计算机的现状与未来

80 年代以来，计算机无论在所用的元器件，还是系统结构方面都有极大的发展。

在元件方面，大部分计算机（无论是大型、小型还是微型机）都在采用集成度越来越高，而功耗却越来越小的大规模、超大规模集成电路，主存储器采用了高速、高密度集成电路存储器，使微型机达到了以往小型机甚至中型机的功能，使大型机的速度提高至每秒亿次以上。表 1.3 列出了 80 年代大型机的一些主要器件性能。

表 1.3 80 年代大型机的性能

	80 年代前半期	80 年代后半期
逻辑元件	0.5—0.7ns 10 ³ —2×10 ³ 门 / 芯片	0.05ns 10 ³ —10 ⁴ 门 / 芯片
存储元件	64Kbit / 芯片	1M bit / 芯片
性 能	4—10 MIPS	10—20 MIPS

计算机在系统结构方面，当前已开始突破诺依曼（Neumann）机的基本思想，向智能化方向发展；在扩大功能和应用范围方面，都已获得极大的成就。计算机正深入到经济，军事，政治等各个领域。

一般认为，在今后的发展中，计算机将趋于微型化、巨型化、网络化和智能化。

1.3 计算机的种类

计算机可以分为模拟计算机和数字计算机两大类。

模拟计算机（Analogue computer）是以模拟变量，如电压、电流、温度等连续变量为操作对象。由于它直接以这些模拟量为操作元，因此运算速度很高，但精度很差。

数字计算机（Digital computer）则是以离散的数字和逻辑变量作为操作元。它具有精度高、运算速度快的特点。运算全过程是自动化的，并且具有很强的通用性。

平时所称的计算机（或电脑），就是上面说的数字计算机。

数字计算机的种类也不少。一般按其用途来划分,可以分为通用计算机和专用计算机。前者主要用在科学计算、数据管理、信息管理等方面。后者则用在工业控制、军事、国防事业等专用设备上。

按其规模来分,则可分为巨型机、大型机、中型机、超级小型机、超级微型机及微型机等。

当然,在划分种类的时候划分的标准将随着时代的发展而改变。因为十年前的中型机,现在可能已不及一台小型机甚至只能相当于一台超级微型机的功能。因此,在计算机突飞猛进的时代里,实际上是没有一个绝对的一成不变的标准来衡量或划分计算机的种类、规模乃至其它性能的。

1.4 例题与选解

[例 1]

从供选择的答案中选出适当字句,填入下列关于电子计算机技术发展动向的叙述中的_____内。

现在的电子计算机,随着以 a 为代表的 b 技术的进步,日益向高性能、低价格的方向发展。

IC 存储器已取代原来的 c 成为主流的主存储器。据报导,最近已广泛采用 d 的高密度存储元件。

中央处理机的处理速度也有很大提高,各公司已推出每秒平均能执行 e 条指令的通用大型计算机。

a, b 供选择的答案:

- ①输入输出设备 ②外部设备 ③半导体 ④仿真器 ⑤光传输 ⑥LSI ⑦文件
⑧冷却

c 供选择的答案:

- ①电子管 ②电阻 ③电容 ④磁芯 ⑤延迟线

d 供选择的答案:

- ①64 位/芯片 ②64K 位/芯片 ③64M 位/芯片

e 供选择的答案:

- ①2~4 万 ②20~40 万 ③200~400 万

[题解]

a, b 的选择应立足于器件,从答案中不难找出, a 是⑥, b 是③。

c 的选择根据前文所述的前存储器主流,应是④。

d 的选择基于当今存储器的类型,应为②。

在选择 e 时应了解目前大型机的技术指标, e 是③。

答案 a: ⑥ b: ③ c: ④ d: ② e: ③

[习题]

1. 计算机的发展经历了哪几个阶段?各以什么器件为其主要特征?

2. 计算机有哪两大类?其主要特点各是什么?

3. 在 1946 年研制成功的第一台电子数字计算机为

① MARK1 ② ENIAC ③ EDVAC ④ UNIVACI

4. 在下列所提供的四种机器中, a 是巨型机, b 是大型通用机, c 是小型机, d 是微型机。

① Z-80 ② IBM 360 ③ CRAY-1 ④ PDP-11

[习题答案]

3 ②

4 a: ③ b: ② c: ① d: ④

1.5 本章英语阅读与练习

In what now seem like the prehistoric times of computer history, this early postwar era, there was a quite widespread concern that computers would take over the world from man one day. Already today, less than forty years later, as computers are relieving us of more and more of the routine tasks in business and in our personal lives, we are faced with a less dramatic but also less foreseen problem. People tend to be over-trusting of computers and are reluctant to challenge their authority. Indeed, they behave as if they were hardly aware that wrong buttons may be pushed, or that a computer may simply malfunction.

Obviously, there would be no point in investing in a computer if you had to check all its answers, but people should also rely on their own internal computers and check the machine when they have the feeling that something has gone awry. Questioning and routine double checks must continue to be as much a part of good business as they were in pre-computer days. Maybe each computer should come with the following warning: for all the help this computer may provide, it should not be seen as a substitute for fundamental thinking and reasoning skills.

根据阅读材料, 完成下列试题。每一题有供选择的四个答案, 从中挑选一个最适合题意的答案 (SELECTED ANSWERS)

1. What is the main purpose of this passage?

A. To look back to the early days of computers.

B. To explain what technical problems may occur with computers.

C. To discourage unnecessary investment in computers.

D. To warn against a mentally lazy attitude towards computers.

2. According to the passage, initial concerns about computers were that they might
- A. lead us into the post-war era.
 - B. be quite widespread.
 - C. take control.
 - D. take over routine tasks.
3. The passage recommends those dealing with computers to
- A. be reasonably skeptical about them.
 - B. check all their answers.
 - C. substitute them for basic thinking.
 - D. use them for business purposes only.
4. An "internal computer" is
- A. a computer used exclusively by one company for its own problems.
 - B. a person's store of knowledge and the ability to process it.
 - C. the most up-to-date in-house computer a company can buy.
 - D. a computer from the post-war era which is very reliable.
5. The passage suggests that the present-day problem with regard to computers is
- A. challenging.
 - B. dramatic.
 - C. psychological.
 - D. malfunctioning.
6. It can be inferred from the passage that the author would disapprove of
- A. computer science courses in high schools.
 - B. businessmen and women who use pocket calculators.
 - C. maintenance checks on computers.
 - D. companies which depend exclusively on computers for decision-making.

参考答案 (ANSWERS)

1. D 2. D 3. A 4. B 5. C 6. D

第二章 计算机系统的基本结构

2.1 计算机的特点

计算机是一种能自动进行高速运算的计算工具。它具有操作速度快、计算精度高、通用性强、有“记忆”和逻辑判断能力等特点，所以对各种科学技术的发展起了巨大的促进作用，目前计算机应用的范围几乎涉及到人类社会的所有领域。下面对计算机的主要特点作一些说明。

(一) 运算速度快

现代电子计算机对 6 到 7 位十进制数进行加减乘除运算，每秒可达数十万次，最高可达数亿次。目前巨型机操作速度每秒达数亿次，微型机也有几十万次到几百万次。

计算机的操作速度（或称运算速度）是指计算机执行指令的速度。因指令有简单与复杂之分，故常用平均操作速度来描述。根据经验的规范，计算机的平均操作速度 V_C 可表示为

$$V_C = \frac{1}{t_C} \text{次/秒}$$

$$t_C = t_A \times 25\% + t_M \times 15\% + t_D \times 5\% + t_O \times 55\%$$

式中 t_A 表示加法指令执行时间， t_M 表示乘法指令执行时间， t_D 表示除法指令执行时间， t_O 表示其他指令的执行时间。

也有以每秒能执行多少条指令的方式来说明计算机的操作速度，如表 2.1 所示。

表 2.1

机型	每秒执行的指令数
Intel 8080	50 万条短指令 / 11 万条长指令
Intel 8085	80 万条短指令 / 16 万条长指令
Zilog Z-80	100 万条短指令 / 17 万条长指令
Mos-650X	200 万条短指令 / 30 万条长指令

现代电子计算机多采用大规模集成电路器件，计算机高速处理信息的能力是在半导体电子技术高速发展的基础上实现的。

(二) 存储容量大

计算机内的存储器，可以存放大量的程序和数据，使计算机具有“记忆”能力。存储容量大是计算机的一个重要性能指标。一般，内存占主机硬件价格的 60% 左右。计算机的操作速度越高，要求存储器容量越大。存储器的位数决定了计算机的精度，程序控制的实现与存储器密切相关。

(三) 二进制计数方式

现代电子计算机几乎都采用二进制计数法和数字系统，因而使数据的表示，数据的保存，以及数据的运算都能以很高的精度进行。二进制计数法有两个特点，一是它的数值部分只需要两个符号“0”和“1”来表示，二是它的运算规则是“逢 2 进 1”。

采用二进制数字化信息编码技术不仅能保证计算机运算和控制的高精确度，而且也是计算机获得逻辑判断和逻辑运算能力的基础。通过二进制数字化信息编码技术，可使计算机处理的对象不仅有数值量，而且还有形式和内容十分丰富的语言、文字、图象、音乐等信息。

(四) 存储程序

存储程序的概念，最早是由匈牙利籍的数学家 J·冯诺依曼 (John Von Neumann) 于 1946 年提出的。存储程序法是把我们将准备进行的数值、语言、文字、图象等信息的处理过程表示为由许多条指令按一定规则组成的程序和数据，把这些程序和数据预先一起存入计算机的存储器，当计算机启动以后，程序就会控制计算机按规定的顺序逐条执行指令，自动完成预定的信息处理任务。这就使计算机具有极大的通用性、快速性和逻辑判断能力。

2.2 计算机的基本部件及功能

计算机的基本组成部件有运算器、存储器、输入装置、输出装置以及控制器等五大部分，如图 2.1 所示。

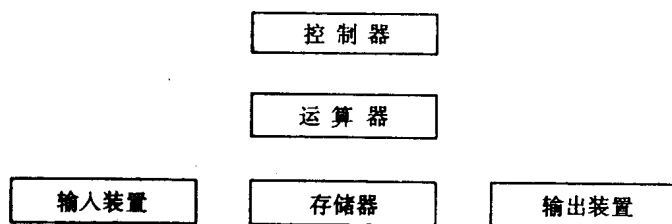


图 2.1 计算机的五大部件

2.2.1 运算器

运算器主要包括：一个能对数据进行算术运算和逻辑运算的部件，通常称为算逻部件 ALU (Arithmetic Logic Unit)；提供一个操作数和存放操作结果的累加器 A(Accumulator)；若干个存放中间结果的寄存器；计数用的计数器。

2.2.2 存储器

存储器的主要功能是保存大量的程序和数据信息，并能在计算机运行中高速自动地完成指令和数据的存取。

存储器分为主存储器（也叫内部存储器）和辅助存储器（或称为外存储器）。以前内存器多用磁芯存储器，现在多采用半导体大规模集成电路 LSI 和超大规模集成电路 VLSI 组成。辅助存储器多采用磁盘和磁带。

2.2.3 输入装置

输入装置的作用是将人们需要处理的信息送到计算机内部进行处理。

常用的输入装置有键盘、卡片阅读机、磁带阅读机。近代又出现一些输入装置，可将文

字、数字、图象等信息直接送入计算机内进行处理。如光标阅读机，光字符阅读机，光笔，图形输入板，数字阅读机，视频摄像机，A-D 变换器等。

2.2.4 输出装置

输出装置的作用是把计算机处理的结果，变换为人或其他机器设备所能接收和识别的信息形式如文字、数字、图形、声音、电压等。

常用的输出装置有打印机，字符显示器，纸带穿孔机，卡片穿孔机。近来又出现绘图仪，图形显示器，D-A 转换器等。

2.2.5 控制器

控制器的作用是实现对指令的控制，解释指令的操作码和地址码，并根据译码结果将适当的控制信号送到运算器、控制器和机器的其他部分，统一指挥整个计算机的工作。

运算器和控制器合称为中央处理部件 CPU (Central Processing Unit)。输入、输出装置和外存储器又统称为外围设备。

2.2.6 各部件的功能及配合

以下通过计算机的工作过程，我们来说明计算机各部件的功能及其间的配合关系。

输入装置将人们所熟悉的信息形式变换为计算机内部所能接收和识别的二进制信息。主存储器用来存储记忆这些信息以及运算的结果。因半导体主存储器容量有限，故需要辅助存储器来存储大量信息。运算器的主要功能是对被处理的信息进行算术逻辑运算，控制器将对每条机器指令的操作和步骤进行综合，产生实现整个指令系统所需要的全部控制信号，指挥计算机各个部件有条不紊地工作。输出装置则将计算机处理的结果变换为人或其他机器设备所能接收和识别的信息形式。计算机系统中各部件之间的数据流和控制信号如图 2.2 所示。

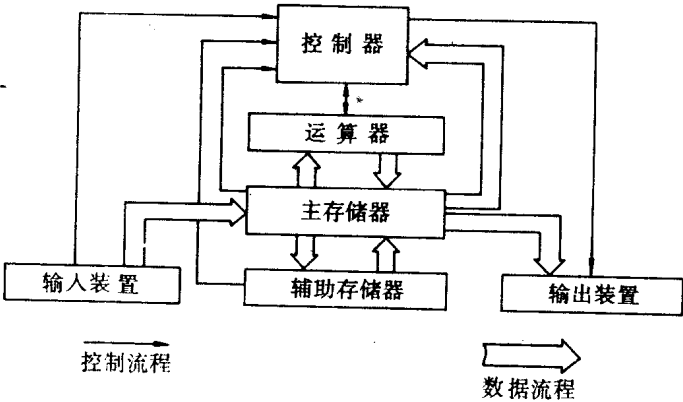


图 2.2 计算机系统的数据流和控制信号

计算机的输入、输出装置种类繁多，速度各异，它们不能直接与高速工作的主机相连接，而是通过“接口”或“通道”与主机相连。接口和通道可以保证外部设备用计算机特性所要求的形式发送或接收信息。具有通道的计算机系统结构如图 2.3 所示。

计算机的各个部件通过总线 (bus) 连成系统，总线是多个系统部件之间进行数据传送

的公共通路。借助于总线的连接，计算机在各部件之间实现传送地址、数据和控制信号的操作。计算机系统的结构如图 2.4 所示。

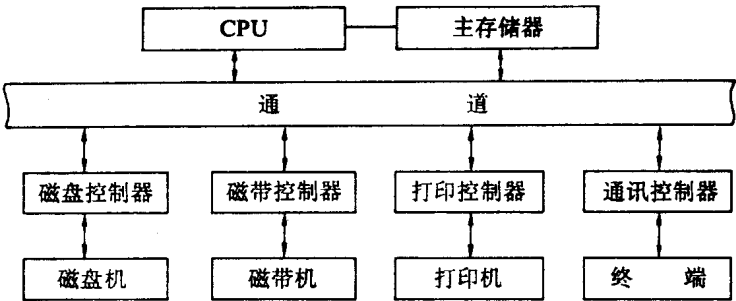


图 2.3 具有通道的计算机系统

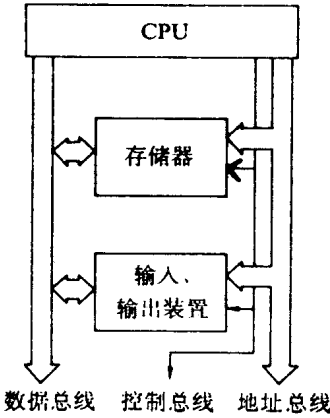


图 2.4 计算机系统结构图

2.3 例题与选解

[例]

冯·诺依曼为现代计算机的结构奠定了基础，他的主要贡献是推出了_____的思想。

- a. 程序存储
- b. 虚拟存储
- c. 数据存储
- d. 采用电子元件

[题解]

冯·诺依曼型计算机的特点就是程序和数据存储，指令串行执行。因而 a 是正确答案。

[习题]

1. 计算机有哪些主要特点？
2. 计算机系统有哪儿个部分？它们的功能及配合是怎样的？