

“计算思维”教学实践成果

C++

程序设计基础 学习指导书 (C++)

黄庆凤 徐永兵 江 敏 编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

程序设计基础学习指导书 (C++)

黄庆凤 徐永兵 江 敏 编

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是《程序设计基础(C++)》(ISBN 978-7-121-26714-7)的配套学习指导书,将知识点从另一个角度进行了梳理和归纳,其章节与《程序设计基础(C++)》对应。本书按照知识点结构图、知识点详解、常见问题讨论与常见错误分析(或二者之一)、综合案例分析、补充习题、本章实验组织内容。

考虑到初学者的认知特点及培养程序设计能力的教学要求,本书力求概念清晰、内容取舍恰当。全书共8章,包括:计算机基础知识、C++程序设计概述、分支结构、循环控制结构、数组与指针、函数、类与对象、继承与多态。本书特点体现在各章均按照主要知识点组织成结构图并编写序号,按照序号进行知识点详解,以方便学生查阅;每章的重难点多以问题讨论的方式呈现;对学生常见的编译错误和逻辑错误,从出错现象及原因等多个方面进行了分析,并给出改正方案。综合案例分析则是本章的知识难点和算法重点的综合应用。

本书可作为高等院校计算机与程序设计基础课程的实验教材,也可供社会各类计算机应用人员自学使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

程序设计基础学习指导书: C++ / 黄庆凤, 徐永庆, 江敏编. —北京: 电子工业出版社, 2015.9

ISBN 978-7-121-26967-7

I. ①程… II. ①黄… ②徐… ③江… III. ①C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 196895 号



策划编辑: 章海涛 戴晨辰

责任编辑: 章海涛

文字编辑: 戴晨辰

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 358.4 千字

版 次: 2015 年 9 月第 1 版

印 次: 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

计算思维是新时期大学生应该拥有和掌握的思维方式，而程序设计则是学生计算思维能力培养的好途径。因此，近年来，不少高等院校将程序设计课程作为大学生的必修课。然而，C++语言由于其本身的难度，导致许多学生在学习中只掌握了相关语法知识，却感到无法应用这些知识，特别是独立编写程序比较困难。究其原因是学生对程序设计的精髓还没有完全掌握，只学了一点语法，缺少程序设计思想的训练。为了进一步提高学生的计算思维能力，更好地掌握程序设计思想，编写了这本学习指导书。

本书是为《程序设计基础（C++）》（ISBN 978-7-121-26714-7）编写的配套图书，除了实验部分外，本书中还增加了知识点结构图和知识点详解部分。本书的章节编排与《程序设计基础（C++）》保持一致，书中提及的“教材”指代此书。

本书是作者总结多年教学实践经验编写而成的，按程序设计的思路组织全书内容，真正讲授程序设计的方法，而不仅仅是语言本身。全书对学生会遇到的各种问题从现象到本质进行了全面分析，并把重点放在讲述程序设计方法上，注重对学生进行程序设计方法、算法和计算思维的训练，将C++语言只作为讲授程序设计的载体工具。学生通过这本书，既可以对C++的知识点掌握得更清晰、更透彻，也可以更好地应用C++这门程序设计语言、掌握程序设计思想的内涵。

本书针对程序设计的知识模块基本采用“知识点结构图”→“知识点详解”→“常见问题讨论与常见错误分析（或二者之一）”→“综合案例分析”→“补充习题”→“本章实验”的模式组织教学内容，目的是教会学生如何利用程序设计思想编写程序，而不仅仅是背语法。

本书的全部资源可从华信教育资源网 <http://www.hxedu.com.cn> 注册免费下载；书中的部分资源可通过扫描书中的二维码直接获取。

本书的第1章由李战春编写，第2章由黄晓涛编写，第3章由徐永兵编写，第4章由黄庆凤编写，第5章由江敏编写，第6章由胡兵编写，第7章和第8章由李赤松编写。全书由黄庆凤统稿。对广大读者和师生对本书诚恳的建议和意见表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳请读者批评指正。如有意见或建议，请联系：qfhuang@hust.edu.cn。

作 者

目 录

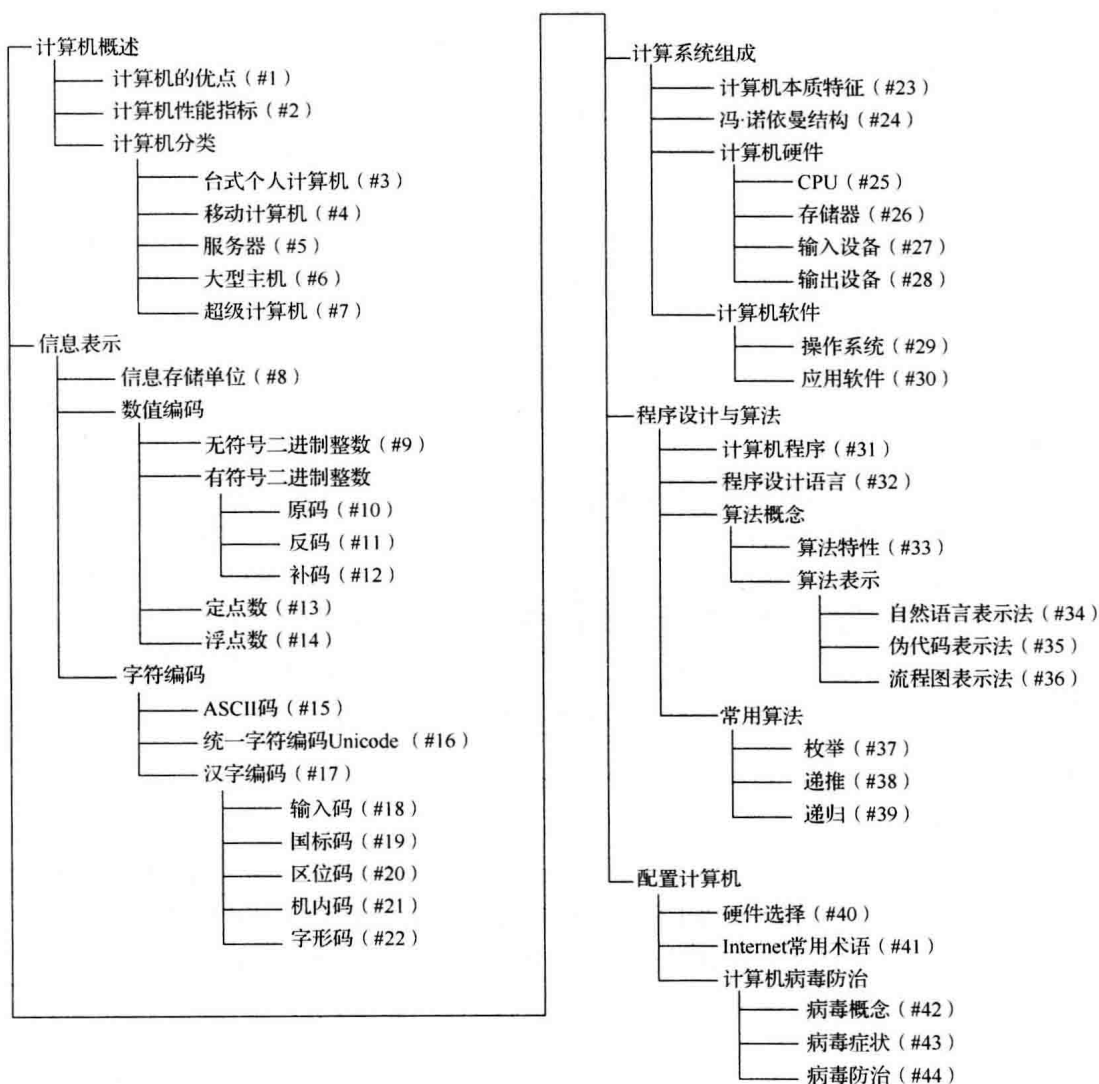
第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 知识点结构图	1
1.2 知识点详解	2
1.3 常见问题讨论	19
1.4 补充习题	21
1.5 本章实验	24
第 2 章 C++程序设计概述	34
2.1 知识点结构图	34
2.2 知识点详解	34
2.3 常见问题讨论与常见错误分析	45
2.4 补充习题	51
2.5 本章实验	54
第 3 章 分支结构	58
3.1 知识点结构图	58
3.2 知识点详解	58
3.3 常见错误分析	62
3.4 综合案例分析	65
3.5 补充习题	67
3.6 本章实验	69
第 4 章 循环控制结构	71
4.1 知识点结构图	71
4.2 知识点详解	71
4.3 常见错误分析	78
4.4 补充习题	83
4.5 本章实验	86
第 5 章 数组与指针	88
5.1 知识点结构图	88
5.2 知识点详解	88
5.3 常见问题讨论与常见错误分析	95
5.4 综合案例分析	101
5.5 补充习题	105
5.6 本章实验	110

第6章 函数	112
6.1 知识点结构图	112
6.2 知识点详解	113
6.3 常见问题讨论与常见错误分析	118
6.4 综合案例分析	123
6.5 补充习题	128
6.6 本章实验	132
第7章 类与对象	134
7.1 知识点结构图	134
7.2 知识点详解	134
7.3 常见错误分析	139
7.4 综合案例分析	141
7.5 补充习题	158
7.6 本章实验	159
第8章 继承与多态	163
8.1 知识点结构图	163
8.2 知识点详解	163
8.3 常见问题讨论	167
8.4 补充习题	169
8.5 本章实验	171
附录A 教材习题解答及分析	176
第1章 计算机基础知识	176
第2章 C++程序设计概述	179
第3章 分支结构	182
第4章 循环控制结构	186
第5章 数组与指针	190
第6章 函数	193
第7章 类与对象	196
第8章 继承与多态	202
附录B 补充习题解答及分析	207
第1章 计算机基础知识	207
第2章 C++程序设计概述	207
第3章 分支结构	211
第4章 循环控制结构	213
第5章 数组与指针	214
第6章 函数	216
第7章 类与对象	217
第8章 继承与多态	217

第1章

计算机基础知识

1.1 知识点结构图



1.2 知识点详解

1. 计算机的优点

计算机之所以在信息处理中起了至关重要的作用，与其处理问题的特点是分不开的。计算机主要有如下特点。

- (1) 运算速度快。
- (2) 计算精度高。
- (3) 具有记忆和逻辑判断能力。
- (4) 具有强大的存储能力。
- (5) 具有网络和通信功能。

2. 计算机性能指标

计算机性能的优劣可以用多种指标衡量，主要有如下指标。

- (1) 字长：指计算机的运算部件一次能直接处理的二进制数据的位数。
- (2) 内存容量：指内存储器能够存储信息的数量，以字节为单位。
- (3) 主频：指中央处理器（CPU）的时钟频率。计算机的运算速度主要由 CPU 的主频决定。
- (4) 存取周期：指存储器连续两次读（或写）所需的最短时间。存取周期是反映内存储器性能的一项重要技术指标，直接影响计算机的速度。
- (5) 外设配置：指计算机的输入/输出设备及外存储器等设备的配置情况。

3. 台式个人计算机

目前流行的台式个人计算机有两种：一种是兼容机，一般安装 Windows 操作系统；另一种是苹果机，一般安装 Macintosh 操作系统。

台式个人计算机是目前最流行的计算机之一，标准输入设备是键盘和鼠标，标准输出设备是显示器，硬盘作为外部存储设备用于存储各种文件、应用软件和系统软件。无论是硬件还是软件，个人计算机的发展都是最快速的。短短三十多年的时间，个人计算机的功能和性能都得到了飞速发展。个人计算机的应用领域日益扩大，并已经成为人们生活中不可或缺的一种电子设备。

4. 移动计算机

移动计算机的特点：一是体积小，便于携带；二是能够连接无线通信网络。目前常见的无线通信网络有无线局域网（如 Wi-Fi）和移动通信网络（如 3G 和 4G 网络）。

笔记本计算机是常见的移动计算机，支持 Wi-Fi 无线通信网络，键盘和鼠标作为标准输入设备，显示器作为标准输出设备。

5. 服务器

服务器是网络时代的产物，目前 Internet 是基于服务器的，并由服务器统一为网络用户

提供服务，网站都是通过服务器上运行的软件为网络用户提供服务的。由于服务器中需要存储大量的用户访问资源，因此需要大容量的存储设备。

6. 大型主机

大型主机，也称为大型计算机，一般用于处理大型商业事务，如需要同时处理成千上万客户存贷款业务的银行中心计算机。大型主机的存储能力、计算能力都非常强，能够同时支持大量客户的服务请求，但是大型主机的价格非常昂贵。因此，一般只有大型企业用于处理内部事务，或者大型服务单位用于提供客户服务时使用大型主机。

7. 超级计算机

超级计算机通常由成千上万个处理器（机）组成，能计算普通个人计算机和服务器不能完成的大型复杂课题。超级计算机的性能非常高，我国的“天河二号”超级计算机系统最高运算速度达到每秒 5.49 亿亿次运算。超级计算机主要用于石油勘探、高端装备研制、生物医药、动漫设计、新能源、新材料、工程设计与仿真、气象预报、遥感数据出口、金融风险分析等领域。超级计算机的研发水平往往体现了一个国家的科技综合实力。

8. 信息存储单位

在信息的存储单位中，位（bit）是度量数据的最小单位，简记为 b，一个 b 只能表示为 0 或 1。通常，字节（Byte）是最常用的基本单位，简记为 B， $1B=8b$ 。

信息存储单位换算公式如下。

KB: $1KB=1024B$ 。

MB: $1MB=1024KB$ 。

GB: $1GB=1024MB$ 。

TB: $1TB=1024GB$ 。

9. 无符号二进制整数

无符号二进制整数是大于等于零的整数，二进制数的每一位都代表具体的数值。其中，当运算结果超出数据表示范围时称为“溢出”。以 8 位无符号二进制数为例，当运算结果大于 255 时，就会产生“溢出”。例如：

$11001000+01000001=100001001$ （最高位 1 溢出）

可见，当编码字节越长，数值表示范围越大，越不容易导致“溢出”问题。不同存储长度，无符号十进制数 84 的编码形式如下：

1 字节存储 01010100

2 字节存储 00000000 01010100

4 字节存储 00000000 00000000 00000000 01010100

拓展：“空间换时间”的计算思维方式：如果小数值用 1 字节存储，大数值用多字节存储，则需要增加定义数据长度位，故这种变长存储会使计算复杂化，计算时需要对每个数据进行长度判断。因此，程序设计时先要定义数据类型，同一类型数据采用统一存储长度。这样虽然会浪费一些存储空间，但提高了运算速度。

10. 原码

在处理有符号的二进制整数时，原码遵循下列原则。

- (1) 计算机用最高位作为符号位，0 表示正数，1 表示负数，其余位表示数值大小。
- (2) 符号化的二进制数称为机器数或原码。
- (3) 没有符号化的数称为真值。
- (4) 机器数长度固定（如 8、16、32、64 位）。
- (5) 当二进制数位数不够时，在最高位前用 0 补足。

例如，二进制数+1010 和-1010 的真值与原码机器数区别如表 1.1 所示。

表 1.1 真值与原码机器数区别

真 值	8 位机器数（原码）	16 位机器数（原码）
+10110	00010110	00000000 00010110
-10110	10010110	10000000 00010110

11. 反码

反码符号位与原码约定相同，正数的反码与原码相同，负数的反码是在原码的基础上按位取反。例如，二进制数+1010 和-1010 的真值与反码机器数区别如表 1.2 所示。

表 1.2 真值与反码机器数区别

真 值	8 位机器数（反码）	16 位机器数（反码）
+10110	00010110	00000000 00010110
-10110	11101001	11111111 11101001

12. 补码

补码符号位与原码约定相同，正数的反码与原码相同，负数的反码是在原码的基础上按位取反。例如，二进制数+1010 和-1010 的真值与补码机器数区别如表 1.3 所示。

表 1.3 真值与补码机器数区别

真 值	8 位机器数（补码）	16 位机器数（补码）
+10110	00010110	00000000 00010110
-10110	11101010	11111111 11101010

13. 定点数

由于小数点固定位置的不同，定点表示法可以分为定点整数和定点小数表示法。前者小数点固定在数的最低位，后者小数点固定在数的最高位之前，如图 1.1 所示。



图 1.1 定点数的小数点位置

因此，计算机采用定点数表示时，只能表示整数或者小于 1 的纯小数。例如，将二进制数 0.1001001001 分别用 1 个和 2 个字节存储为定点小数的结果如下。

1 个字节表示:

0 1 0 0 1 0 0 1

2 个字节表示:

0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0

从上面的例子可见, 增加存储长度可以提高小数的精度。

14. 浮点数

任何一个实数可以表示成一个纯小数和一个乘幂之积的形式。例如:

$$N = 2^{\pm E} \times (\pm S)$$

式中, E 为阶码, 是一个二进制整数; E 前的“ $\pm$ ”号为阶码的正负号, 称其为阶符; S 为尾数, 是一个二进制正小数; S 前的“ $\pm$ ”号为尾数的正负号, 称其为尾符。“2”为阶码 E 的底数。例如, 二进制数 $+101.1$ 和 -10.11 的记阶表示形式为:

$$\begin{aligned} +101.1 &= 2^{+11} \times (+0.1011) \begin{cases} E=11, \text{ 阶符为“+”} \\ S=0.1011, \text{ 尾符为“+”} \end{cases} \\ -10.11 &= 2^{+10} \times (-0.1011) \begin{cases} E=10, \text{ 阶符为“+”} \\ S=0.1011, \text{ 尾符为“-”} \end{cases} \end{aligned}$$

采用记阶表示法后, 则计算机只需要表示出它的阶码、尾数及其符号, 阶码的底数“2”可以不表示出来。若用 8 位字长中的 2 位表示阶码, 4 位表示尾数, 另外 2 位分别表示阶符和尾符, 则上述两个二进制数在计算机内的浮点表示形式如图 1.2 所示。

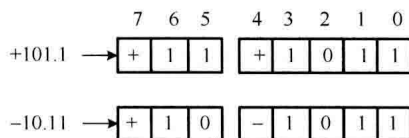


图 1.2 浮点表示形式

比较 $+101.1$ 和 -10.11 两数可知, 它们的有效数字 (1011) 是完全相同的, 只是正、负号和小数点的位置不同, 小数点的位置是随阶码的大小变化而“浮动”的。

可见, 二进制浮点数的特征如下。

(1) 尾数的位数决定数的精度。

(2) 阶码的位数决定数的范围。

【例 1.1】 写出 $[-0.00011011]_2$ 的 32 位编码。

解: $[-0.00011011]_2 = [-0.11011]_2 \times 2^{-11}$

阶符	阶码	尾符	尾数
1	0000011	1	11011000 00000000 00000000

以上数据在计算机中的 32 位存储格式如下:

10000011 11101100 00000000 00000000

拓展: 实际使用的 IEEE 754 标准规定的浮点数格式如下:

符号位 S 阶码 E 尾数 M

其中阶码用移码表示, 符号位用于表示尾数的符号位。

IEEE 754 标准有 32 位二进制数表示的浮点数和 64 位二进制数表示的浮点数，它们的具体规格如表 1.4 所示。

表 1.4 单精度与双精度浮点数规格

浮点数规格	总长 (位)	符号位 <i>S</i> (位)	阶码 <i>E</i> (位)	尾数 <i>M</i> (位)
单精度浮点数规格	32	1	8	23
双精度浮点数规格	64	1	11	52

其中 8 位移码的规则为：移码=真值+127。11 位移码的规则为：移码=真值+1023。

【例 1.2】 写出十进制数 26.0 的 32 位 IEEE 754 编码。

解：(26.0)₁₀=(11010.0)₂=+1.10100×2⁴

阶码：4+127=131=(10000011)₂

符号位：+为 0

尾数：11010000 00000000 00000000

故数据在计算机中的 IEEE 754 编码 32 位存储格式如下：

01000001	11101000	00000000	00000000
<i>S</i>	<i>E</i>	<i>M</i>	

15. ASCII 码

ASCII 码占 1 个字节，有 7 位的 ASCII 码和 8 位的 ASCII 码两种。7 位的 ASCII 码称为标准 ASCII 码，8 位的 ASCII 码称为扩充 ASCII 码。7 位二进制数有 128 种组合，表示 128 个不同的字符，其中 95 个字符可以显示，包括大小写英文字母、数字、运算符号、标点符号等；另外的 33 个字符是不可显示的，它们是控制码，编码值为 0~31 和 127，如回车符 (CR) 编码为 13。

16. 统一字符编码 Unicode

使用扩展的 ASCII 码所提供的 256 个字符来表示世界各国的文字编码还显得不够，还需要表示更多的字符和意义，因此又出现了 Unicode 编码。

Unicode 是一种 16 位的编码，能够表示 65000 多个字符或符号。目前世界上的各种语言一般所使用的字母或符号在 3400 个左右，所以 Unicode 编码可以用于任何一种语言。

Unicode 编码与现在流行的 ASCII 码完全兼容，二者的前 256 个符号是一样的。目前，Unicode 编码已经在 Windows NT、OS/2、Office 2010 等软件中使用。

17. 汉字编码

计算机在处理汉字时也要将其转换为二进制码，这就需要对汉字进行编码。由于汉字是象形文字，数目很多，常用汉字就有 3000~5000 个，加上汉字的形状和笔画的多少差异极大，因此，不可能用少数几个确定的符号将汉字完全表示出来，或像英文那样将汉字拼写出来。每个汉字必须有它自己独特的编码。计算机对汉字的处理过程如图 1.3 所示。

在这个过程中用到了汉字输入码、国标码、机内码和字形码等。

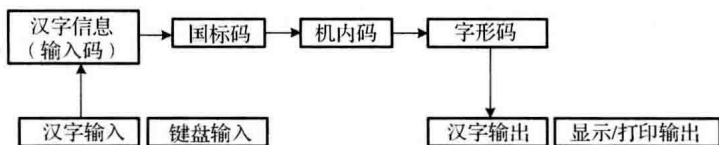


图 1.3 汉字的处理过程

18. 输入码

为将汉字输入计算机而编制的代码称为输入码，也叫外码。输入码都是由键盘上的字符或数字组合而成，它是根据汉字的发音或字形结构等多种属性及有关规则编制的，目前流行的输入码的编码方案有很多种，如全拼输入法、双拼输入法、自然码输入法、五笔输入法等。

19. 国标码

国标码，也叫汉字信息交换码。用于汉字信息处理系统之间或汉字信息处理系统与通信系统之间的信息交换。它是为使系统、设备之间信息交换时能够采用统一的形式而制定的。我国国家标准 GB2312-80《信息交换用汉字编码字符集》中规定：

- (1) 1 个汉字用 2 个字节表示；
- (2) 每个字节只使用低 7 位，最高位为 0；
- (3) 共收录 6763 个简体汉字、682 个符号；
- (4) 一级汉字 3755 个，以拼音排序；
- (5) 二级汉字 3008 个，以偏旁排序。

为了中英文兼容，国标 GB2312-80 规定，国标码中所有字符的每个字节的编码范围与 ASCII 码表中的 94 个字符编码相一致。所以，其编码范围是 2121H~7E7EH（共可表示 94×94 个字符）。

20. 区位码

类似于 ASCII 码表，国标码也有一张国标码表。简单地说，把 7445 个国标码放置在一个 94 行×94 列的阵列中，阵列的每一行称为一个汉字的“区”，用区号表示；每一列称为一个汉字的“位”，用位号表示。区号范围是 1~94，位号范围也是 1~94。这样，一个汉字在表中的位置可用它所在的区号与位号来确定。一个汉字的区号与位号的组合就是该汉字的“区位码”。实际上，区位码也是一种输入法，其最大优点是一字一码的无重码输入法，最大的缺点是难以记忆。

21. 机内码

机内码是为计算机内部对汉字进行存储、处理而设置的汉字编码。当一个汉字输入计算机后就转换为机内码，然后才能在机器内传输、处理。对应于国标码，汉字的机内码也用 2 个字节存储，并把每个字节的最高位置“1”作为汉字机内码的标识。也就是说，国标码的 2 个字节每个字节最高位置“1”，即转换为机内码。

拓展：机内码、国标码和区位码对照如图 1.4 所示。

机内码			A1	A2	A3	...	AA	AB	...	AF	B0	B1	...	F9	FA	FB	FC	FD	FE	编码
国标码			21	22	23	...	2A	2B	...	2F	30	31	...	79	7A	7B	7C	7D	7E	
区位码			01	02	03	...	10	11	...	15	16	17	...	89	90	91	92	93	94	
A1	21	01		,	*	...	—	~	...	‘	“	”	...	※	→	←	↑	↓	≡	符号区
A2	22	02	i	ii	iii	...	×		...			l	...	IX	X	XI	XII			
A3	23	03	!	"	#	...	*	+	...	/	0	1	...	y	z	{		}	—	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
A8	28	08	ā	á	â		ï	í		ô	ö	ü								
A9	29	09				...	∴	∴	...	∴	┐	┐	...							
...	...	...	空区																	
B0	30	16	啊	阿	埃	...	蔼	矮	...	隘	鞍	氯	...	谤	苞	胞	包	褒	剥	一级字库
B1	31	17	薄	雹	保	...	豹	鲍	...	悲	卑	北	...	冰	柄	丙	秉	饼	炳	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
D6	56	54	帧	症	郑	...	知	肢	...	织	职	直	...	柱	助	蛀	贮	铸	筑	
D7	57	55	住	注	祝	...	转	撰	...	庄	装	妆	...	座						
D8	58	56	亍	丌	兀	...	鬲	彝	...	丿	乚	乇	...	伫	佞	作	攸	佚	佻	
D9	59	57	佟	佗	侏	...	侏	侑	...	依	侑	侑	...	羸	羸	𠂇	𠂇	冽	洗	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
F6	76	86	魑	魍	魍	...	霆	霁	...	霭	霭	霭	...	鳄	鳅	鳊	鳊	鳊	鳊	
F7	77	87	鳌	鳍	鲷	...	鳌	鳊	...	鳊	鞞	鞞	...	鼯	鼯	鼯	鼯	鼯	鼯	
...	...	...	空区																	
FE	7E	94	空区																	

图 1.4 机内码、国标码和区位码对照

22. 字形码

ASCII 和 GB2312-80 解决了信息的存储、传输、计算和处理等问题。字符的显示和打印输出时，需要另外对字形编码。通常，将所有字形码的集合称为字库。计算机中有几十种中英文字库。

字形码有点阵字形和矢量字形两种类型。

(1) 点阵字形码

点阵字形码将每个字符分成 16×16（或其他分辨率）的点阵图像，然后用图像点的有无（一般为黑白）表示字形的轮廓。缺点是不能放大，放大后字符边缘会出现锯齿现象。

(2) 矢量字形码

矢量字形码保存每个字符的数学描述信息，如笔画的起始、终止坐标，半径、弧度等。显示和打印矢量字形时，要经过一系列的运算才能输出结果。矢量字形码可以无限放大，笔画轮廓仍然保持圆滑。

Windows 中绝大部分为矢量字形码，只有很小的字符采用点阵字形码。

23. 计算机本质特征

计算机的本质特征是抽象和自动化。

抽象具体表现在数据抽象和过程抽象两方面。数据抽象就是将所有信息转换成二进制数的过程。所有的信息，包括数值、文本、图形、图像、声音和视频等均以二进制数的形式存储和处理。过程抽象是将解决问题的过程用一系列计算机指令描述的过程。

自动化是用计算机能够理解、执行的一系列指令描述运算过程的步骤和涉及的数据，并且计算机能自动执行这一系列指令，实现运算过程的自动化。

24. 冯·诺依曼结构

冯·诺依曼结构用二进制数表示所有信息，实现了数据抽象。冯·诺依曼结构存储程序思想的应用：一是可以定义通用指令系统，且用二进制数表示指令，因此可以用存储器统一存储数据和指令；二是可以用一系列指令描述完成运算过程的步骤和运算过程涉及的原始数据，且通过计算机自动执行这一系列指令，实现运算过程的自动化；三是用一系列指令描述的运算过程步骤适用于所有运算对象。传统的冯·诺依曼结构如图 1.5 所示。

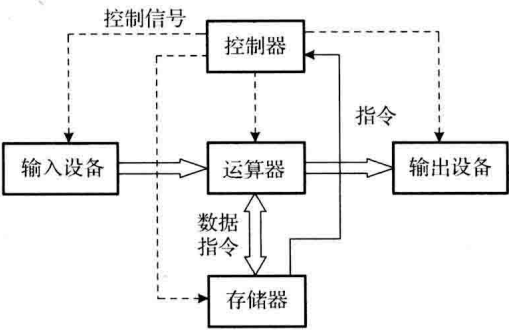


图 1.5 传统的冯·诺依曼结构

随着时代的发展，计算机主要部件的集成化大大加强，应用范围也从单一的数值计算扩大到多种应用。在操作系统出现以后，计算机的控制核心由控制器变成了操作系统。

因此，目前的计算机结构基本遵循冯·诺依曼的设计思想，但是结构上有一些变化，主要表现为如下。

- (1) 连接线路变成了总线。
- (2) 运算器与控制器集成在一起变成了 CPU。
- (3) 原来控制器的功能被操作系统取代。
- (4) 目前计算机系统由程序进行控制。例如，进程管理（处理器管理）、存储管理、设备管理和文件管理等，都由相应的程序实现。

目前，冯·诺依曼计算机结构如图 1.6 所示。

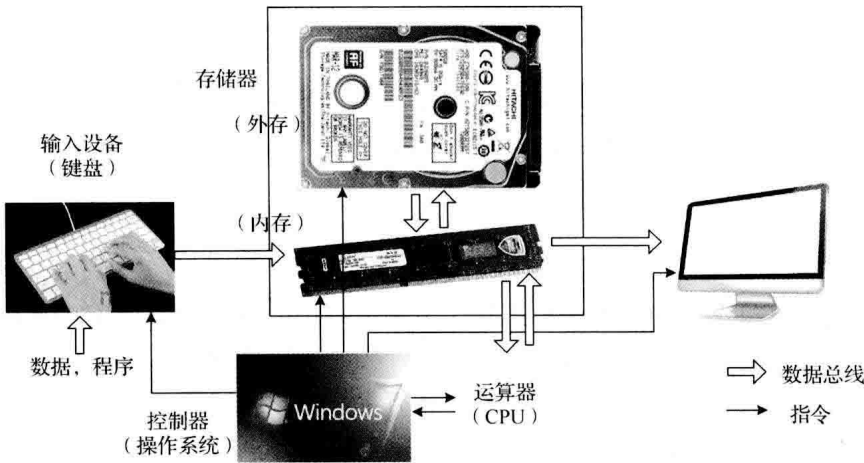


图 1.6 冯·诺依曼计算机结构

25. CPU

CPU 包括运算器和控制器两大部件，是一块超大规模的集成电路，是计算机的运算核心和控制核心。CPU 的功能主要是解释计算机指令及处理计算机软件中的数据。

(1) 运算器 (ALU, Arithmetic and Logic Unit) 的功能是完成各种算术运算和逻辑运算。

(2) 控制器 (CU, Control Unit) 用于控制计算机的各个部件协调工作。

26. 存储器

存储器的类型分为内部存储器 (内存) 和外部存储器 (外存)。内存通过总线与 CPU 相连，用来存放正在执行的程序和数据；外存需要通过接口电路与主机相连，用来存放暂时不执行的程序和数据。

(1) 内存

内存是用 CMOS (互补金属氧化物半导体) 工艺制作的半导体存储芯片，内存断电后，程序和数据都会丢失。内存类型分为随机存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM)，由于只读存储器使用不方便，性能极低，目前已被淘汰，现在的随机存储器分为 DRAM 和 SRAM。其中 DRAM 是利用电容保存数据，结构简单，成本较低，但是由于电容漏电，数据容易丢失，必须定时充电 (内存动态刷新)。SRAM 是利用晶体管保存数据，速度快，不需要刷新，但是结构复杂，用在 CPU 内部作为高速缓存 (Cache)。

(2) 外存

外存的要求是：能够保存大量数据，价格便宜，断电后数据不丢失。其中电子硬盘、U 盘、存储卡等使用半导体材料，而硬盘使用磁介质材料，CD-ROM、DVD-ROM、BD-ROM 等使用光介质材料。

27. 输入设备

输入设备是向计算机输入数据和信息的设备，是用户和计算机系统之间进行信息交换的主要装置之一。键盘、鼠标、摄像头、扫描仪、光笔、手写输入板、游戏杆、语音输入装置等都属于输入设备。

28. 输出设备

输出设备用于数据的输出，是人与计算机交互的一种部件。它把各种计算结果数据或信息以数字、字符、图像、声音等形式表示出来。常见的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、影像输出系统、语音输出系统、磁记录设备等。

29. 操作系统

操作系统是计算机系统中的一个系统软件，操作系统能有效地组织和管理计算机系统硬件及软件资源，合理组织计算机的工作流程，控制程序的执行，并向用户提供各种服务功能，使得用户能够灵活、方便和有效地使用计算机，使整个计算机系统高效地运行。

操作系统的主要任务是管理计算机系统的软硬件资源。从资源管理的角度而言，操作系统主要有如下功能。

(1) 处理器管理

处理器管理的主要任务是对处理器进行分配, 并且对其运行进行有效地控制和管理。处理器管理的内容包括进程控制、进程同步、进程通信、进程调度等。

(2) 存储管理

存储管理的主要任务是为多道程序的运行提供良好的主存环境, 方便用户使用主存储器, 提高主存储器的利用率, 并且能从逻辑上扩充主存储器。

(3) 设备管理

设备管理的主要任务是完成用户提出的输入/输出请求, 为用户分配输入/输出设备, 提高 CPU 与输入/输出设备的利用率, 提高输入/输出设备的运行速度, 方便用户使用输入/输出设备。

(4) 软件资源管理

软件资源管理(也就是文件系统)的主要任务是对用户文件和系统文件进行管理, 方便用户使用, 并且保证文件的安全性。

扩展: 操作系统的发展

1949 年, 莫里斯·威尔克斯(Maurice Vincent Wilkes)领导设计了 EDSAC(第一台冯·诺依曼结构计算机), 并提出程序代码库(操作系统的起源), 微程序设计, 宏指令, 高速缓存等技术。

1955 年, 鲍勃·帕特里克(Bob Patrick)设计出 GM OS & GM-NAA I/O(最早的操作系统)。

1957 年, 贝尔实验室设计出 BYSYS(分时操作系统)。

1958 年, 密歇根大学设计出 UMES(批处理操作系统)。

1964 年, IBM 设计出 OS/360(实现虚拟存储)。

1967 年, IBM 设计出 OS/360 MVT(实现多任务)。

1969 年, 贝尔实验室设计出 UNIX(多用户、多任务)。

1981 年, 微软设计出 MS-DOS 1.0(字符界面)。

1990 年, 微软设计出 Windows 3.0(图形界面)。

1991 年, 林纳斯·托瓦兹(Linus Torvalds)设计出 Linux(开源)。

2007 年, 谷歌设计出 Android(嵌入式)。

30. 应用软件

应用软件是指为了解决各种计算机应用中的实际问题而编制的程序。应用软件可分为办公软件、互联网软件、多媒体软件、辅助设计软件和商务软件等。

31. 计算机程序

计算机程序, 简称程序, 是指一组指示计算机或其他具有信息处理能力装置的动作指令, 通常用某种程序设计语言编写, 运行于某种目标体系结构上。

32. 程序设计语言

程序设计语言是一组用来书写计算机程序的语法规则。程序设计语言提供了一种数据表达方法与处理数据的功能, 编程人员必须按照语言所要求的规范(即语法要求)进行编程。