# 第 4 章　数据的输入和输出

要让计算机运行程序，程序和运行程序所需的数据首先要输入计算机中；要让用户能看到程序运行的结果，就需要把运行结果输出。数据的输入是用户通过输入设备来完成的，程序运行的结果是通过输出设备完成的。汉字的输入和输出要考虑编码问题。

## 4.1　用户界面的发展过程

计算机系统中实现用户和计算机信息交互的硬件和软件称为用户界面，也称为用户接口、人机界面等。

用户界面的硬件部分包括用户向计算机输入数据或命令的输入设备，以及计算机输出给用户观察数据和保存数据的输出设备。目前，常用的输入设备有键盘、鼠标等，常用的输出设备有显示器、打印机等。

用户界面的软件部分包括用户与计算机交互时使用的协议、命令、处理程序等。

用户通过命令操作计算机完成自己的任务。这里需要首先解释命令的概念。计算机中已设计实现的完成特定功能的程序称为命令。命令由命令符和命令参数两部分组成。命令符是不同命令的标识。命令符不同，表示要执行的程序不同。许多命令都要求有命令参数，命令参数用来指出具体的操作细节。用户通过给出不同的命令参数来实现细节内容略有差别的操作。第 3 章讨论的机器指令程序的启动，就是由用户输入命令完成的。

用户界面的发展过程可分为 3 个主要阶段。

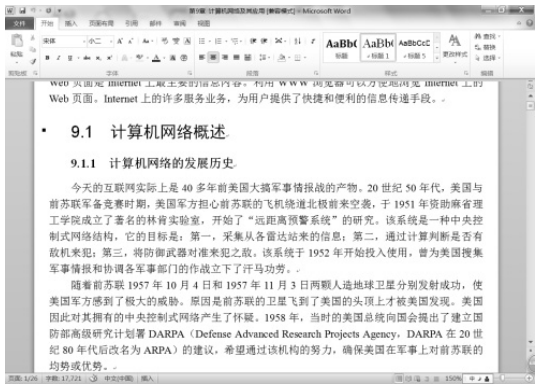
① 0、1 符号式用户界面。在计算机发明出来后的最初 10 多年中，用户通过开关、按钮或穿孔纸带向计算机输入程序、数据或命令。计算机通过指示灯、打印机等输出程序的运行结果。这时，输入/输出使用的开关、按钮、穿孔纸带、指示灯、打印机等都是 0、1 符号方式的，因此称为 0、1 符号式用户界面。这种方式的用户界面，用户使用起来非常困难。

② 字符显示式用户界面。从 20 世纪 50 年代中期到 20 世纪 70 年代后期，用户界面以字符显示为主要特征。这时，用户通过键盘输入字符型的程序、数据或命令，计算机把运行结果以字符方式显示在显示器上或打印到打印机上。这种方式用户界面的优点是，用户使用灵活、方便，缺点是输出显示不直观，用户仍需记住许多东西（如命令的拼写、格式等）。如图 4-1（a）所示是一个字符方式用户界面的示例。

③ 图形显示式用户界面。从 20 世纪 80 年代初期至今，用户界面的主流是图形方式的用户界面。图形方式用户界面的主要特征是，计算机显示采用窗口、图符、菜单等图形方式，用户输入设备除键盘外，增加了鼠标这种指点式输入设备。这种方式用户界面的优点是，显示直观、操作简便、学习掌握快。当然，图形方式用户界面对硬件资源和软件资源要求都很高。如图 4-1（b）所示是一个图形方式用户界面的示例。用户可通过鼠标指针选择

菜单中的某一项（如粘贴），来让计算机执行该菜单项对应的操作；用户也可以单击某个图标（如“打开”图标），来让计算机执行该图标对应的操作。在图形方式下，用户是通过选择菜单项或单击图标来输入命令的。虽然在图形方式下，用户使用命令的方法和字符显示方式不一样，但一条命令的计算机内部表示格式是相同的。

（a）字符方式用户界面




（b）图形方式用户界面

图 4-1　用户界面

用户界面是计算机发展最迅速的一个方面。目前，用户界面的发展，以语音输入/输出等多媒体形式，面部和肢体动作识别等多感知渠道，虚拟技术应用等为主要特点。

## 4.2　汉字的输入码

对于中国人使用计算机来说，汉字的输入问题需要特别考虑。如果用户直接用第 2 章讨论的汉字机内码输入汉字将非常困难。例如，在 GB2312—80 码中，汉字“啊”的二进制编码为 10110000 10100001。所以需要设计专门的汉字输入码。

汉字的输入码是对指定的汉字集合的、以用户使用方便为目标的一种编码。

要把汉字以用户使用方便的形式编码，就要利用汉字的拼音、笔形或其他相关特征信息来编码。可以从不同的角度对汉字输入码进行分类。例如，从编码特征看，有拼音码和笔形码，以及拼音和笔形相结合的音形码和形音码；从键盘的角度看，有使用国际通用键盘和专用键盘两大类；等等。下边简单介绍拼音码和笔形码的编码方法，以及几种目前使用较多的汉字输入软件的使用方法。

### 4.2.1　拼音码

按汉字拼音规则对汉字进行的编码称为拼音码。

因为凡识字且能正确发音的人基本上都知道汉字读音和拼音的对应关系，所以拼音码有相当的用户使用基础。用户使用基础好是拼音码的优点。

但是，中文不是拼音文字，使用拼音码输入汉字也有许多问题。这主要表现在：汉字的读音都是单音节的，汉语拼音中仅有 24 个声母和 34 个实用的韵母，仅能组成 413 个实用

的拼音编码音节。如果把 GB2312—80 码中的 6763 个汉字按 413 个音节平均分配，那么重码率在 5 个以上。如果把全部 6 万多个汉字按 413 个音节平均分配，那么重码问题将严重到无法使用。重码率高是拼音码的缺点。

全拼码和双拼码是两种最有影响的拼音码编码方法。拼音码构造的汉字集都是 GB2312—80 中的 6763 个常用汉字。

**1．全拼码**

把给汉字编码的拼音、笔形等基本特征信息元素称为汉字编码的码元。

把汉语拼音的每个符号都取为码元的汉字编码称为全拼码。全拼码的码元共有 25 个，除码元符号“ü”外，其他码元符号和键盘符号是一一对应的。码元符号“ü”的键盘符号是“v”。例如，“率”字的全拼码为 lv。

全拼码的击键次数较多。例如，“想”字的全拼码为 xiang，用户需击键 5 次。另外，当出现重码时还需击键进一步做出选择。所以，使用全拼码时，用户输入每个汉字时击键的次数较多。因此，用全拼码输入汉字速度较慢。

拼音码的重码率较高。例如，“计”字的全拼码为 ji，“机”字的全拼码也为 ji。“计”字和“机”字的全拼码码元相同。

用户输入全拼码的码元 ji 后，可能看到如下 13 屏共 118 个重码：

ji：1 几；2 及；3 急；4 既；5 即；6 机；7 鸡；8 积；9 记；
1 级；2 极；3 计；4 挤；5 己；6 季；7 寄；8 纪；9 系；
1 基；2 激；3 吉；4 脊；5 际；6 击；7 圾；8 畸；9 箕；
1 肌；2 饥；3 迹；4 讥；5 姬；6 绩；7 棘；8 辑；9 籍；
1 集；2 疾；3 汲；4 嫉；5 蓟；6 技；7 冀；8 伎；9 剂；
1 悸；2 济；3 寂；4 忌；5 妓；6 继；7 丌；8 乩；9 刽；
1 佶；2 墼；3 芨；4 芰；5 蒺；6 蕺；7 掎；8 叽；9 咭；
1 哜；2 唧；3 岌；4 嵴；5 洎；6 屐；7 骥；8 畿；9 玑；
1 楫；2 殛；3 戟；4 戢；5 赍；6 觊；7 犄；8 齑；9 矶；
1 羁；2 嵇；3 稷；4 瘠；5 虮；6 笈；7 笄；8 暨；9 跻；
1 跽；2 霁；3 鲚；4 鲫；5 髻；6 麂；7 革；8 给；9 稽；
1 缉；2 祭；3 期；4 其；5 奇；6 齐；7 偈；8 诘；9 荠；
1 亟

分析全拼码可以发现以下 3 个特点：

① 拼音由声母和韵母组成，在组成拼音时，声母在前，韵母在后；

② 拼音符号到拼音音节的组合不是任意的，拼音符号只能组合出有限个拼音音节，例如，拼音符号 a, n, g 只能组成韵母音节 a, an 和 ang；

③ 音节是拼音的独立使用元素，例如，拼音 fang 由声母音节 f 和韵母音节 ang 组成。

**2．双拼码**

双拼码是把声母和韵母中的多个符号用一个键盘符号表示的编码。双拼码共有 57 个码元，使用了 27 个键位（除 26 个字母符号外，增加了一个符号“;”）。双拼码的 57 个码元分为声母和韵母两大类。键位和声母、韵母的对应关系见表 4-1。

表 4-1　双拼码键位和声母、韵母对应关系表

| 键　　位 | 声　　母 | 韵　　母 | 键　　位 | 声　　母 | 韵　　母 |
|---|---|---|---|---|---|
| a | | a | o | | o,uo |
| b | b | ou | p | p | un |
| c | c | iao | q | q | iu |
| d | d | uang, iang | r | r | uan, er |
| e | | e | s | s | ong, iong |
| f | f | en | t | t | ue |
| g | g | eng | u | sh | u |
| h | h | ang | v | zh | ui, ue |
| i | ch | i | w | w | ia, ua |
| j | j | an | x | x | ie |
| k | k | ao | y | y | uai, ü |
| l | l | ai | z | z | ei |
| m | m | ian | ; | | ing |
| n | n | in | | | |

这样，“想”字的双拼码为 xd，“算”字的双拼码为 sr。显然，双拼码和全拼码相比，用户的击键次数有了较显著的减少。当然，用户使用双拼码时，必须记住表 4-1 中的键位和声母、韵母的对应关系。

### 4.2.2　笔形码

汉字不是拼音文字，从汉字本身看不出它的读音。拼音码之所以重码多，就是因为拼音码是从汉字的非本质特点出发构造编码的，自然编码效率不会很高。

汉字是由若干笔画组成的方块字，笔形码就是从汉字的笔形出发构造汉字的编码。和拼音码相比，笔形码的优点是可编码的汉字集大，一般可在基本无重码的情况下编码出所有的 6 万多个汉字。但和拼音码相比，笔形码的缺点是用户需要记忆的东西较多。

目前已提出了几百种不同的笔形码。仓颉码和五笔字型码是两种编码方法较科学，且应用较多的笔形码。仓颉码是朱邦复于 1976 年发明的，是发明最早的笔形码之一。但仓颉码在中国台湾、中国香港等地区使用较多，在内地使用较少。五笔字型码是王永民于 1983 年发明的。五笔字型码在内地使用较普遍。下面简单介绍五笔字型码的编码方法。

五笔字型码的编码特点是：把汉字分成 3 个层次、5 种笔画、130 个字根，以字根为编码码元，以 3 种“字型”拆分汉字，每字最多 4 码。

下面概要介绍五笔字型码中的一些概念和编码方法。

（1）汉字的 3 个层次

汉字由笔画、字根、单字 3 个层次组成。在书写汉字时，不间断地一次连续写成的线条称为笔画。由若干笔画组合形成的相对不变的结构称为字根。由若干字根组成汉字的单字。

（2）5 种笔画

经过对汉字所有笔画的归类，五笔字型码确定了 5 种基本笔画：横、竖、撇、捺、

折。并按照使用频度的高低，分别用数字 1、2、3、4、5 代表这 5 种基本笔画。汉字的 5 种基本笔画见表 4-2。

**表 4-2　汉字的 5 种基本笔画**

| 笔画名称 | 笔画走向 | 数字代码 |
|---|---|---|
| 横 | 左→由 | 1 |
| 竖 | 上→下 | 2 |
| 撇 | 右上→左下 | 3 |
| 捺 | 左上→右下 | 4 |
| 折 | 带转折 | 5 |

（3）130 个字根

汉字的字根有很多个，在五笔字型码中，把那些组字能力很强、使用频度很高的字根选为五笔字型码的字根，这样的字根共有 130 个。

要使用标准键盘输入汉字，就需要把 130 个字根对应到键盘的 26 个英文字母键位上。为此，五笔字型码把 130 个字根分成 5 个区，每区 5 个位，每位包括若干个字根，对应标准键盘的一个英文字母键。这样，除英文字母 Z 键不对应任何字根外，其余 25 个英文字母键被分别划分成 5 个区 25 个位。

如图 4-2 所示为五笔字型码的字根和键盘对应关系图。图中英文字母旁边的数字表示该组字根所属的区和位。例如，英文字母 Q 旁边的数字 35 表示该组字根属第 3 区的第 5 位。

图 4-2　五笔字型码的字根和键盘对应关系图

（4）3 种“字型”

汉字可以由字根构成，但相同字根的不同排列方式将构成不同的汉字。例如，字根“口”和“八”上下排列为“只”字，左右排列则为“叭”字。五笔字型码把汉字分成 3 种“字型”：左右型、上下型和杂合型。凡不能归入左右型和上下型的汉字，均归入杂合型。在组字时，左右型的数字代号为 1，上下型的数字代号为 2，杂合型的数字代号为 3。

（5）编码规则

① 字根是编码的码元。在把汉字拆分成若干个字根时，要拆出尽可能大的字根。例如，“佃”字要拆分成字根“人”和“田”，而不能拆分成字根“人”、“口”、“十”。

② 字根的编码顺序和汉字从左到右、从上到下、从外到内的书写顺序一致。例如，

“明”字的书写顺序是先“日”后“月”，字根“日”对应键位 J，字根“月”对应键位 E，所以“明”字编码的前两个码元是 JE。

③ 最多只取 4 码，当字根多于 4 个时，取前 3 个字根和最后一个字根作为编码码元。

④ 末笔与字型交叉，克服重码。例如，在 S 键位上有“丁”、“西”、“木”3 个字根，在它们左边加上“氵”将分别构成汉字“汀”、“洒”、“沐”。“氵”的键位为 I，这样，“汀”、“洒”、“沐”3 个字的编码都是 IS，将出现重码。补充末笔与字型交叉识别的编码规则后，则“汀”字的末笔笔画对应的数值是 2，“洒”字的末笔笔画对应的数值是 1，“沐”字的末笔笔画对应的数值是 4。另外，这 3 个字的字型都是左右型，对应的数值是 1。因此，“汀”字的末笔笔画和字型对应的数值是 21，对应的键位是 H；“洒”字的末笔笔画和字型对应的数值是 11，对应的键位是 G；“沐”字的末笔笔画和字型对应的数值是 41，对应的键位是 Y。这样，“汀”、“洒”、“沐”三个字的编码将分别是 ISH、ISG、ISY，从而消除了重码。

五笔字型码的编码能力分析：因为五笔字型码把字根作为编码码元，把 130 个字根按使用频度基本均分在 25 个键位上，最长为 4 个码元的编码方法，所以五笔字型码最多可编码 $25^4$ 个汉字，即五笔字型码的最大编码能力超过 39 万。考虑到五笔字型码的码元个数通常不足 4 个的情况，以及字根使用频度不均匀的情况，五笔字型码的编码能力也可达到数十万个，因此，五笔字型码可做到无重码。编码能力强、无重码是五笔字型码的最大优点。

从上述讨论可知，用户使用五笔字型码输入汉字时，必须能正确地拆分汉字，必须要记住字根和键盘的对应关系等，因此，用户掌握困难是五笔字型码的最大缺点，这也是该编码推广受到一定阻碍的主要原因。

### 4.2.3 使用词组的快速汉字输入方法

汉语是以汉字为单词组词使用的，因此，近年来，许多研究快速汉字输入方法的科技人员设计出了各种形式的词库，可帮助用户实现汉字的快速输入。多年前，许多人曾羡慕英语计算机输入的高速和便利，叹息汉语计算机输入的低速和不便，似乎汉字天生不适于计算机输入。但目前的实验表明，在具有个性化的汉字词组库的基础上，计算机输入中文的速度较输入英文的速度高许多。

帮助用户快速输入汉字的词组主要有固定词组和随机词组两种。无论是固定词组还是随机词组，都是以前面讨论的拼音码和笔形码为基础来输入的。在拼音码和笔形码输入方法的基础上，使用固定词组或随机词组可以大大提高用户输入汉字的速度。

**1．固定词组**

固定词组是指设计人员在大量调查分析的基础上，归纳整理出的常用汉语词组库，并把这种词组库设计成软件提供给用户使用。用户使用固定词组的方法是：用户输入需输入词组的前面一个或若干个汉字，软件将自动显示出以用户输入的一个或若干个汉字为前缀的固定词组库中的所有词组；用户输入的词组前缀越长，软件自动显示出的词组个数越少（即重码率越低）；用户只需进行若干次键盘选择，就可完成一个词组的输入。

例如，使用包括固定词组功能的全拼码输入单词“计算中心”时，如果用户只输入“计”字的码元 ji，并在输入码元 ji 下选择了汉字“计”，则软件将分屏自动显示出词组库中所有以“计”字为第一个汉字的词组共 3 屏，分别如下：

1 计策；2 计分；3 计划；4 计划成本；5 计划分配；6 计划供应；7 计划经济；8 计划经济与市场调节；9 计划内；0 计划生育；

1 计划调节；2 计划外；3 计划委员会；4 计划成本；5 计划指标；6 计划供应；7 计经委；8 计量；9 计量单位；0 计量局；

1 计上心来；2 计时；3 计时工资；4 计算；5 计算方法；6 计算机；7 计算器；8 计算中心；9 计委

此时，用户需翻到第 3 屏，然后选择 8，才能完成词组“计算中心”的输入。

如果用户输入前缀“计算”的码元 jisuan，并在输入码元 jisuan 下选择了词组“计算”，则软件将自动显示出词组库中所有以“计算”为前缀的词组如下：

1 计算方法；2 计算机；3 计算器；4 计算中心

此时，用户只需选择 4 即可完成词组“计算中心”的输入。

**2．随机词组**

软件形式的固定词组可大大提高用户的输入速度，但是，不同的用户使用的词组是不相同的。如果软件包含所有可能的词组，则软件的规模太大，用户使用时要做的选屏太多，反而降低了输入速度。如果软件包含的词组太少，则某些用户在输入时无法找到所要的词组，需要自己输入码元，这样用户的输入速度难以提高。随机词组是指用户在输入的过程中，软件自动构造该用户的常用词组库。随机词组为用户提供了创建个性化的词组库的工具。

智能 ABC 就是一个以全拼码为基础、提供随机词组功能的软件。用智能 ABC 输入中文数据时，用户可利用软件提供的一些常用词组。如果用户需要频繁使用的某个词组没有在词组库中，用户可一次性输入该词组所有汉字的全拼码码元，这样，当用户输入过一次某个词组后，软件将自动构造该词组，并把该词组添加到用户的词组库中。当用户下一次需要输入该词组时，可以用该词组汉字读音的首字母作为输入码元。例如，若用户需要频繁地使用词组“首字母”，而词组“首字母”又没有在词组库中，就可以用如下方法创建和使用随机词组。

① 一次性输入词组“首字母”的全拼码码元 shouzimu，此时屏幕将显示出若干个重码，用户做出选择，完成词组“首字母”的第一次输入。

② 由于词组“首字母”的码元 shouzimu 是一次性输入的，表示用户希望创建该词组，因此软件将自动构造词组“首字母”，并把该词组添加到用户的词组库中。

③ 当用户以后输入词组“首字母”时，可以用该词组汉字读音的首字母作为输入码元，即用户输入 szm 即可输入词组“首字母”。

## 4.3 输入设备

从输入设备和主机的相对关系看，输入设备可分为三大类：存储式输入设备、近距离输入设备和远距离输入设备。

存储式输入设备主要是指磁盘、磁带、光盘、U 盘、外接磁盘等外存设备。把外存设备中存储的数据输入到计算机主机中的过程也是一种数据输入，因此，外存既是一种可长久保存数据的存储设备，也是一种输入设备。

近距离输入设备主要是指键盘、鼠标、触摸屏、扫描仪等配置在计算机主机旁边的输入设备。

远距离输入设备主要是指通过 Modem、网卡等连接的，远离计算机主机的输入设备。

输入设备的分类如图 4-3 所示。

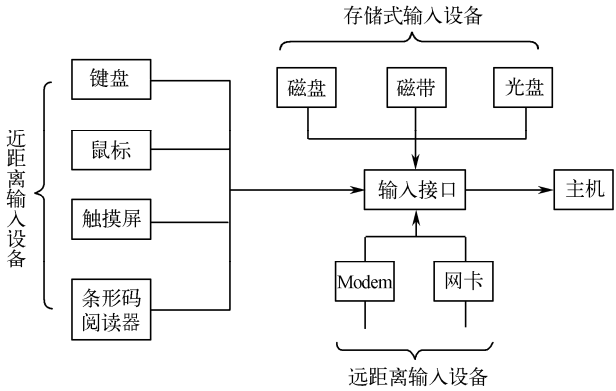



图 4-3　输入设备的分类

存储设备已在第 2 章中做过讨论。远距离输入设备通过网卡或 Modem 连接后，具体的输入设备与近距离输入设备相同。因此，我们这里说的输入设备主要指键盘、鼠标等配置在主机旁边的近距离输入设备。

输入设备是用户输入数据的必需设备。使用输入设备需要先进行安装。输入设备的安装通常包括两个步骤：

① 把输入设备通过计算机机箱外部的接口连接到计算机上，这也称为物理连接；

② 通过操作系统安装相应输入设备的驱动程序。

物理连接实现了输入设备和主机的物理连通。不同输入设备的数据传输格式和控制方式不同，驱动程序负责解读具体输入设备的数据传输格式和控制方式。另外，操作系统是所有计算机资源的管理者，驱动程序的安装过程也是向操作系统的注册登记过程。

### 4.3.1　键盘

键盘是最基本和使用最多的输入设备。键盘主要由开关矩阵电路和键盘接口电路组成。开关矩阵电路对键盘上的每个键按 ASCII 码编码。键盘接口电路中通常包含一个单片微处理器，负责控制整个键盘的工作过程。当键盘上的某个键被按下时，该键对应的 0、1 编码就在键盘接口电路的控制下被送到了计算机主机中。

目前常用的键盘是 106 键的标准键盘，如图 4-4 所示。

图 4-4　键盘

键盘上的键位可划分成字符键、控制键、编辑键、功能键和小键盘 5 大类。

（1）字符键。包括英文字母键（A～Z）、数字键（0～9）、空格键，以及各种符号键（如加号、减号、逗号、句号等）。

（2）控制键。包括大/小写英文字母转换键、换挡键、跳格键、控制键、更换键等。下面逐一介绍这些键的用途。

大/小写英文字母转换键<Caps Lock>：键盘上只有一组英文字母键，对应的是小写英文字母（a～z）；当要输入大写英文字母时，按下<Caps Lock>键，此时敲击英文字母键输入的是大写英文字母（A～Z）。

换挡键<Shift>：在键盘的很多键上，上下标注了两个符号，用户敲击这些键时输入的是下边标注的符号；当用户希望输入上边标注的符号时，可在按下<Shift>键的同时，按下相应的键。<Shift>键也可用作输入大写英文字母，但必须同时按下<Shift>键和相应的英文字母键。

跳格键<Tab>：按此键可将光标右移到下一个跳格位置。一个跳格位置对应若干个空格位置。跳格和空格位置的对应关系通过用户设置确定，用户未设置时按照系统的默认设置确定。通常，系统默认设置一个跳格对应 4 个字节的空格。

控制键<Ctrl>：用户有时希望对程序的工作方式或执行过程进行干预。<Ctrl>键和其他键的组合，可组合出各种控制命令。用户可通过输入这些控制命令来达到对程序工作方式或执行过程的某种干预。例如，用户在使用 Microsoft Word 软件时，可通过同时按下<Ctrl>键和空格键实现英文输入状态和中文输入状态的转换。不同的软件用<Ctrl>键组合出的控制命令功能不同，用户需要查看相应软件的使用说明书，来了解具体的使用方法。

更换键<Alt>：<Alt>键和<Ctrl>键的作用类似。例如，用户同时按下<Ctrl>键、<Alt>键和<Delete>键可中断当前正在运行的程序。

退格键<←>：删除当前光标左边的字符。

回车换行键<Enter>：表示本行输入内容结束。在操作命令输入时或文档输入时经常使用。

退出键<Esc>：用于软件设置专门的控制命令的键。通常，软件把该键设置为返回到前一个用户界面。

（3）编辑键。指用户对所输入的文档进行某种编辑操作时经常使用的一些键，主要有插入/替换键、删除键和光标移动键等。

插入/替换键<Insert>：输入字符有插入和替换两种方式，按此键可以在这两种方式间转换。插入方式指用户输入的字符插入到当前光标的位置，替换方式指用户输入的字符将替换从当前光标位置开始的字符。小键盘上的<Ins>键和<Insert>键功能相同。

删除键<Delete>：删除当前光标右边的字符。小键盘上的<Del>键和<Delete>键功能相同。

光标移动键<↑>、<↓>、<←>、<→>：控制光标按箭头方向移动 1 个字节的空格。

换页键<PgUp>、<PgDn>：控制光标前移 1 页或后移 1 页。

开始键<Home>和结束键<End>：开始键通常控制光标移动到当前行的第一列。结束键通常控制光标移动到当前行的最后一列。

（4）功能键。功能键包括 12 个标注为 F1～F12 的键。功能键主要用来为软件设置一些

操作命令，以方便用户的操作使用。

（5）小键盘。图 4-4 所示最右边的一组键称为小键盘。小键盘上的所有键都是重复设置的。设置小键盘的目的，主要是方便一些专门输入数据的用户（如会计）能快速地完成数据输入。因为小键盘上的很多键位上标注了上下两排符号，所以又增加了一个<Num Lock>键，用来进行上下排符号转换。

键盘上的 3 个指示灯分别表示 3 个相应键位的当前状态。

### 4.3.2 鼠标

鼠标是一种普遍使用的输入设备。鼠标主要用来实现光标定位和操作命令的选择。常用的鼠标有机械式和光电式两类。机械式鼠标的底座上有一个可以滚动的金属球，当鼠标在一个支撑物上移动时，金属球与支撑物发生摩擦，使金属球转动。金属球的 4 个方向上安装有 4 个电位器。电位器可以测量出金属球在 4 个方向上的相对位移量。控制电路使光标在屏幕上的位移方向和金属球的位移方向一致，光标在屏幕上的位移量和金属球的位移量成比例。光电式鼠标和机械式鼠标的工作原理类似，其差别主要是，光电式鼠标是利用光学原理测量鼠标的位移方向和位移量的，且光电式鼠标的精度更高。

图 4-5　两键式鼠标

鼠标操作命令是由按键完成的。鼠标的按键类型主要分为两键式和三键式两种。两键式鼠标和三键式鼠标的左、右按键功能完全相同。一般很少用到三键鼠标的中间按键，但在某些特殊软件（如绘图软件）中，这个键也会起一些作用。目前常用的是如图 4-5 所示的中间有滚轮的两键式鼠标，使用鼠标中间的滚轮可以方便地在文档或网页中前、后翻页。

两键式鼠标有两个键，其中左键称为拾取键，右键称为菜单键。可以对拾取键进行三种操作：单击、双击和拖动。

单击操作是指用一个手指在拾取键上按一下后松开。单击操作通常用于实现光标定位、菜单命令选择等。

双击操作是指用一个手指在拾取键上连续按两下后松开。双击操作通常用于实现所选择程序的执行。

拖动操作是指用一个手指在拾取键上按下后不松开，同时移动鼠标到目标位置后松开。拖动操作通常用于实现选择，并把选择的内容移动位置等。

单击菜单键可弹出一个适用于当前状态的菜单。对弹出的菜单进行选择的方法是，使用鼠标把光标移动到相应菜单项的位置上，然后单击拾取键。

三键式鼠标是在两键式鼠标的基础上，增加了一个消除键，增加的消除键排放在拾取键和菜单键的中间。当拾取键选择的位置发生错误时，马上按下消除键可消除已做出的选择。

### 4.3.3 其他输入设备

随着硬件技术的发展，以及人们对数据输入的效率和方便用户使用两个方面问题的重视，各种各样新的输入设备正在不断推出。目前，已经普遍使用的输入设备还有以下 3 种。

**1．触摸屏**

触摸屏是在普通显示器的基础上，附加了坐标定位装置的一种输入设备。

触摸屏上划分出若干个区域，分别对应菜单的若干个选项，用户可直接用手触摸选择所需的选项。触摸屏的特点是用户使用方便，安全性好，一般使用在公共场所中。

由于人手直接触摸屏幕的精度比较低，所以在触摸屏上，每个区域不能划分得过细。为了克服这个问题，可以用光笔配合触摸屏使用。光笔的外形和钢笔类似，其中一端装有光敏感元件，另一端连接到计算机上。因为光笔的精度远高于人手的精度，所以在这样的输入系统中，触摸屏可划分成非常细小的区域。但配有光笔触摸屏系统的光笔容易丢失，因此这样的输入设备一般不用在公共场所中。

**2．扫描仪**

扫描仪是一种直接把图像数据扫描进计算机的输入设备。

扫描仪主要由照射部分和接收部分组成。扫描仪的工作原理是，照射部分用低频光源的光线照射图像，图像上的黑色部分吸收光线，白色部分反射光线，介于黑色和白色的中间色（称为灰色）按其灰色程度吸收或反射光线。接收部分用光敏元件矩阵接收经过照射的图像信号，并把接收到的光信号转换成相应的二进制符号串。由于光敏元件是一种对光的强弱非常敏感的元件，这样就把图像按每个像素点的灰色程度转换为相应的二进制符号串。

扫描仪的性能主要由它的分辨率参数和灰度层次参数确定。分辨率是指每英寸多少个像素点，分辨率的单位是 dpi（即 dot per inch），分辨率数值越大表示其性能越好。灰度层次是指每个像素点的灰度变化范围，灰度层次数值越大表示其性能越好。

**3．条形码阅读器**

条形码阅读器是一种商店、图书馆等单位广泛使用的输入设备。

条形码阅读器的构造及工作原理与扫描仪的非常类似，其差别主要是：

① 条形码阅读器只扫描专门的条形码图像；

② 条形码阅读器把条形码编码转换为相应的字符编码存储；

③ 条形码阅读器对像素点参数和灰度层次参数要求很低。

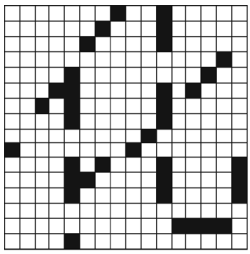
条形码阅读器必须和条形码配合使用。条形码是由一组规则排列的条、空及其对应字符组成的标记。条和空采用对比度很高的颜色来表示，通常，条用黑色表示，空用白色表示。条形码有许多种编码规则，常见的有 UPC 条码、EAN 条码、二五条码、三九条码、中国标准书号（ISBN 部分）条码等。本书封底页就有一个 ISBN 条形码编码。条形码通常作为商品或图书的编码，印刷或粘贴在商品或图书上。由于条形码阅读器对像素点参数和灰度层次参数的要求很低，所以条形码阅读器的正确识别率非常高。

## 4.4 汉字的输出码

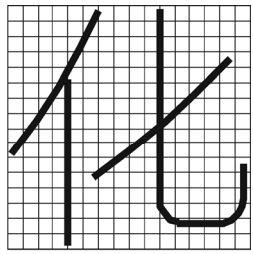
汉字是一种类似图像的笔画集合，汉字输出时需要考虑其笔画在输出设备上的实现问题，所以汉字在输出时要重新考虑其编码方法。汉字在输出时的编码称为汉字的输出码。

由于汉字在显示和打印时可以看作一个简单的黑白图像，因此汉字输出时可用汉字的输出字形方法输出。所谓输出字形，就是把一个汉字按其笔画进行图形表示形式的构造。这样，汉字输出字形的构造方法就和第 2 章讨论的黑白图像的表示方法类似。

有两种汉字输出字形的构造方法，一种称为汉字点阵，另一种称为矢量汉字。汉字点阵用若干行乘若干列的点的矩阵来表示一个汉字的输出字形，常用的汉字点阵有 16×16（简易型）、24×24（普通型）、32×32（提高型）等几种。16×16 点阵就是用 16 行乘 16 列的点阵来表示一个汉字的笔画。而矢量汉字则用直线或弧线来表示汉字的笔画。汉字“化”的 16×16 点阵如图 4-6（a）所示，矢量汉字“化”如图 4-6（b）所示。



（a）点阵汉字



（b）矢量汉字

图 4-6　汉字输出码

点阵汉字和矢量汉字的优缺点与第 2 章讨论的位图表示图像方法和矢量图表示图像方法的优缺点类似，即点阵汉字的表示方法简单，容易实现，但点阵汉字在放大时会失真；矢量汉字能不失真地随意放大，但需要有相应的算法来实现，其实现方法较复杂。

## 4.5　输出设备

输出设备是把程序的运行结果输出显示给用户的必需设备。和输入设备需要安装一样，输出设备使用前也需要安装。输出设备的安装通常也包括两个步骤：

① 把输出设备通过计算机机箱外部的接口连接到计算机上；

② 通过操作系统安装相应输出设备的驱动程序。

常用的输出设备主要有显示器、打印机等。

### 4.5.1　显示器

显示器是最基本和最常用的输出设备。早期的显示器只能显示字符，称为字符显示器。目前使用的显示器除可以显示字符外，还可以显示图形，称为图形显示器。

显示器主要由监视器和显示卡（简称显卡）两大部分组成。

监视器的核心部分是一个显示屏幕，监视器的功能是实现数据在监视器屏幕上的显示。显卡的基本功能是实现 CPU 与监视器的接口连接和数据缓存。除此之外，对于图形显示器来说，显卡还具有处理图形数据、加速图形显示等功能。

**1．监视器**

早期常用的监视器主要为阴极射线管（CRT）类型和液晶（LCD）类型。CRT 类型监视器的构造原理和电视机类似，其差别主要是其中的控制电路不同；LCD 类型监视器的体积较小。目前，监视器主要使用等离子显示板（PDP），其具有体积小、重量轻等优点。

分辨率和灰度是监视器的两个主要技术指标。

屏幕上组成图像的最小单元称为像素点。一个像素点由一个发光材料组成。分辨率是指整个屏幕可显示的像素点的多少。分辨率的数值越大，性能越好。屏幕由像素点的阵列组成。分辨率通常表示为每行的像素点个数×每列的像素点个数。例如，分辨率 1024×768，就表示每行的像素点个数为 1024，每列的像素点个数为 768。一般来说，一个监视器可以支持多种分辨率，所以监视器的分辨率指的是该监视器能达到的最高分辨率。

灰度是指每个像素点的颜色变化范围。最早的监视器灰度只有黑白两色，只需 1 个符号位就可表示。随后，逐渐有 4 色（用 2 位表示）、16 色（用 4 位表示）、256 色（用 1 字节表示）、真彩色（用 3 字节表示）的监视器问世。显然，监视器的灰度范围越大，性能越好。

**2．显卡**

监视器需要显卡的配合才能工作。显卡主要由存储器和控制电路组成。

显卡的存储器存储当前要显示的一屏数据，这组存储器通常称为显示内存。控制电路按显示内存中存放的数据的顺序，将其依次显示在监视器上。

一般有两种方法实现数据显示：一种方法是主机把显卡作为一个输入/输出设备看待，主机通过向显卡发送各种命令来完成数据的输出显示；另一种方法是主机在内存中开辟一片内存（通常称为显示器缓冲区），主机把要输出显示的数据发送到这片内存中，显卡则首先控制从这片内存中取出数据并存放到显示内存中，然后再控制把这些数据显示在监视器的屏幕上。由于第二种方法 CPU 对输出过程干预得更少，因此实现效率更高。大多数显示器都是按第二种方法设计的。对于采用第二种方法工作的显示器来说，数据显示的完整过程如图 4-7 所示。

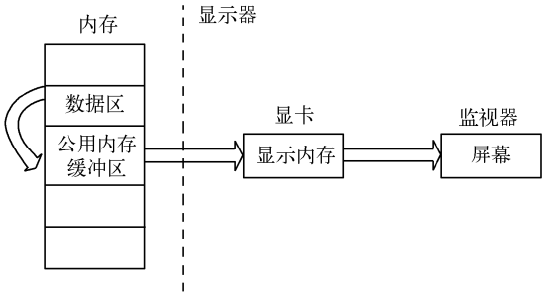



图 4-7　数据显示的完整过程

从显示器显示数据的方法可知，显卡上必须具有与监视器的分辨率和灰度参数一致的一组显示内存。例如，设监视器的分辨率为 1024×768，颜色为 256 色，因为 256 色时，一个像素点需要 1B（即 8bit）来表示颜色，所以整个屏幕的数据总量就是：1024×768×1B=786 432B≈786KB。显示内存的容量通常设计成 2 的整数幂次，并和内存一样，按字节编地址，这样，显示内存的容量就需要有 1MB。如果监视器的分辨率为 1024×768，颜色为真彩色，则一个像素点需要 3B（即 24bit）来表示颜色，所以整个屏幕的数据总量就是：1024×768×3B=2 359 296B。这样，显示内存的容量就需要 4MB。

为了显示字符，显卡上还有一个字符发生器，字符发生器由硬件实现，直接把一个编码表示的字符转换为一个点阵表示的字符，从而实现字符的显示。

由于汉字的集合较字符的集合大许多，因此汉字的显示不能采用和字符显示类似的硬

件实现方法，而是采用构造汉字字库的方法实现。字库中的每个汉字如图 4-6（a）所示，显卡上有一个存储汉字字库的RAM。汉字的编码将转换为该汉字在汉字字库中的存储地址，从而实现汉字的显示。

目前，显卡发展的一个重要趋势是，不断提高图表、图像显示时的速度和实现三维图像显示。对于图形方式的用户界面来说，需要显示大量的图表和图像窗口，使得图形显示的速度亟待提高。显卡中提供了专门的图形处理函数，可以大大加快图表、图像窗口的显示速度。20 世纪 90 年代以前的显卡只能做到二维（2D）图像显示，因此也称为 2D 显卡或 2D 加速卡。20 世纪 90 年代后，三维（3D）图像显示技术成熟起来，3D 显卡（或称为 3D 加速卡）开始问世。实现三维图像显示需要有许多复杂的函数，3D 显卡中包含了许多这样的函数，在程序设计时只需直接调用，就可实现三维图像的显示。

### 4.5.2 打印机

打印机是一种把计算机中存储的数据或程序的运行结果打印在纸上，以便于修改或长期保存的输出设备。

按打印机的工作原理分，打印机主要有点阵式打印机、喷墨式打印机、激光式打印机、热敏打印机、电子照相打印机等几种类型。

按打印机打印的颜色分，打印机主要有黑白打印机和彩色打印机两种类型。

按打印机是否采用机械方式分，打印机主要有击打式打印机和非击打式打印机两种类型。击打式打印机主要利用机械运动实现打印，点阵式打印机属于击打式打印机。非击打式打印机主要利用物理的（光、电、磁、热）或化学的方法实现印刷，除点阵式打印机外的其他类型的打印机都属于非击打式打印机。实际上，非击打式打印机已经不能称为打印机，因为它根本就没有击或打的机械动作。对于非击打式打印机来说，更科学的名称应当是印刷机或印刷设备。所以喷墨式打印机更科学的名称应当是喷墨式印刷机，激光式打印机更科学的名称应当是激光式印刷机。但是，由于人们的使用习惯，一般仍称为喷墨式打印机或激光式打印机。

无论点阵式打印机，还是其他各种非击打式打印机，数据输出方式主要有两种：一种是字符（包括汉字）方式，另一种是图像方式。

对于图像输出，打印机只需像监视器那样，把每个位置的图像元素打印出来即可。对于字符输出，打印机必须包含每个字符（包括汉字）的输出字形，这称为字库。对于要输出的字符数据，打印机通过从字库中查找出其相应的显示字符（或显示汉字）来实现输出。

计算机主机的速度很快，而打印机的速度相对来说很慢，为了提高主机和打印机的数据交换速度，打印机中通常都包含一个寄存器部件，主机把每次要输出的数据通过接口发送到寄存器中，打印机的控制电路实现按照寄存器中保存的数据输出。

常用的打印机主要有点阵式打印机、喷墨式打印机和激光式打印机，下边分别简单介绍它们的性能和优缺点。

**1．点阵式打印机**

点阵式打印机的核心部件是打印头，打印头有 16 针、24 针等几种。打印头在横向走过纸张表面时，在需要有墨（黑白打印机）或有颜色（彩色打印机）的地方，由打印头对应的针留下墨或颜色。

点阵式打印机使用的打印纸有两种：窄行纸和宽行纸。窄行纸宽 28 厘米，每行最多可打印 80 个字符。宽行纸宽 36 厘米，每行最多可打印 132 个字符。

点阵式打印机的优点是坚固耐用、价格便宜，还可利用复写纸一次打印多份，便于商业（如银行、商店等）使用。其缺点是精度低、速度慢、噪声大。

**2．喷墨式打印机**

喷墨式打印机的工作原理是通过喷射头向纸上喷射墨水或颜色，由于所喷射的墨水或颜色可达到非常细小的程度，因此喷墨式打印机可达到相当好的输出效果。

喷墨式打印机的优点是精度较高、速度较快，噪声小、价格适中。其缺点是需要经常换墨水，这不仅增加了用户使用的不方便性，也增加了用户的使用成本。另外，若稍长一段时间不使用，印刷头会出现堵塞现象。

**3．激光式打印机**

激光式打印机的工作原理是激光发生器产生光源，光源通过一个旋转镜产生可控制的激光束，打印时，纸张绕一个称为硒鼓的圆桶转一圈。当激光束在硒鼓上轴向扫描时，激光束按照要打印的内容有选择地使硒鼓的鼓面感光，从而使鼓面形成负电荷阴影。当鼓面经过带正电的墨粉时，鼓面上感光的部分将吸附上墨粉并把墨粉压印到纸上。压印到纸上的墨粉再经加热熔化渗入到纸中，从而在纸上实现了印刷。

激光式打印机的优点是精度高、速度快、噪声小，其缺点是价格较高。

# 习题 4

4-1　用户界面经历了哪些发展过程？各个过程的主要特点是什么？

4-2　什么是命令？命令由几部分组成？

4-3　命令和机器指令有什么区别？计算机怎样执行不同的程序？

4-4　什么是汉字输入码？什么是汉字机内码？为什么要有汉字输入码？

4-5　汉字输入码有几种类型？每种类型汉字输入码的特点是什么？

4-6　比较拼音码和笔形码的优缺点。

4-7　简述双拼码的编码方法。

4-8　简述五笔字型码的编码方法。

4-9　你自己使用什么方法输入汉字？谈谈你自己快速输入汉字的方法。

4-10　输入设备分为几类？每种类型输入设备的作用是什么？

4-11　从构造原理上说，扫描仪和条形码阅读器有何异同？

4-12　汉字为什么要有输出码？

4-13　说明如何实现汉字的输出显示？字符是用什么方法实现输出显示的？图形是用什么方法实现输出显示的？