



THE NEW WAY THINGS WORK

万物运转的秘密

最后的猛犸 数字的奥秘

[英]大卫·麦考利 尼尔·阿德利 著 赵耀康 译 飞思少儿产品研发中心 监制



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



万物运转的秘密

THE NEW WAY THINGS WORK

最后的猛犸

——数字的奥秘

[英]大卫·麦考利 尼尔·阿德利 著 赵耀康 译 飞思少儿产品研发中心 监制



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



LONDON, NEW YORK,
MUNICH, MELBOURNE, and DELHI

A Dorling Kindersley Book

www.dk.com

Original title: The New Way Things Work

Compilation copyright © 1988, 1998, 2004 Dorling Kindersley, London

Illustration copyright © 1988, 1998, 2004 David Macaulay

Text copyright © 1988, 1998, 2004 David Macaulay, Neil Ardley

本书中文简体版专有出版权由Dorling Kindersley授予电子工业出版社。
未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字：01-2008-3647

图书在版编目 (CIP) 数据

最后的猛犸：数字的奥秘 / (英) 麦考利 (Macaulay, D.), (英) 阿德利 (Ardley, N.) 著；赵耀康译. —北京：电子工业出版社，2009.12
(万物运转的秘密)

书名原文：The New Way Things Work

ISBN 978-7-121-09708-9

I. 最… II. ①麦…②阿…③赵… III. 数字技术—普及读物 IV. TN-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 187769 号

责任编辑：郭晶 马灿

印 刷：北京画中画印刷有限公司

装 订：

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：889×1194 1/16 印张：4.25 字数：108.8千字

印 次：2009年12月第1次印刷

定 价：25.00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 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。
服务热线：(010) 88258888。

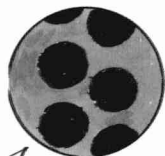
目录

最后的猛犸 / 1



比特的产生 / 5

猛犸被数字化了



比特的存储 / 17

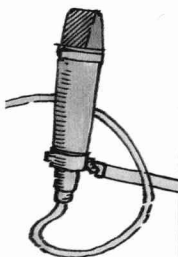
存在硬盘上的猛犸

比特的处理 / 28

猛犸被CPU处理了

比特的输送 / 36

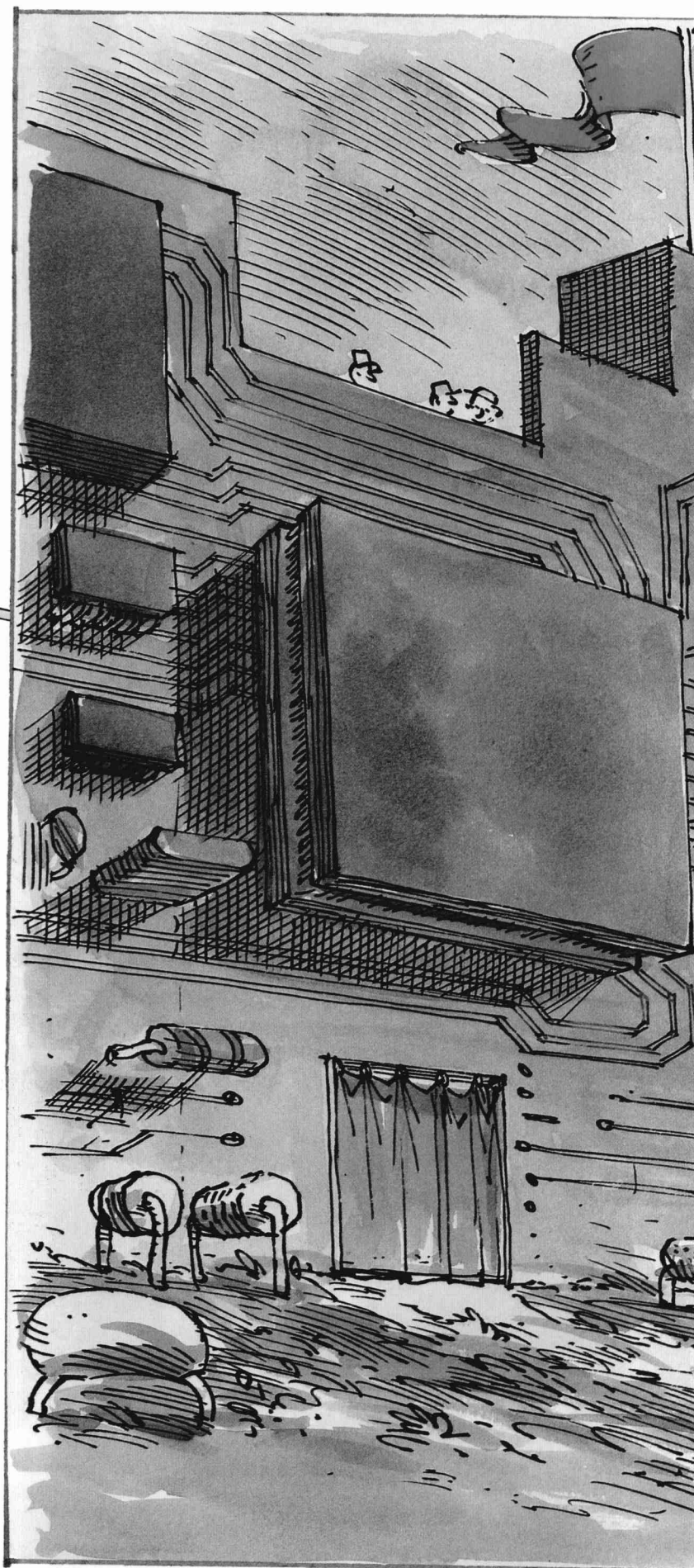
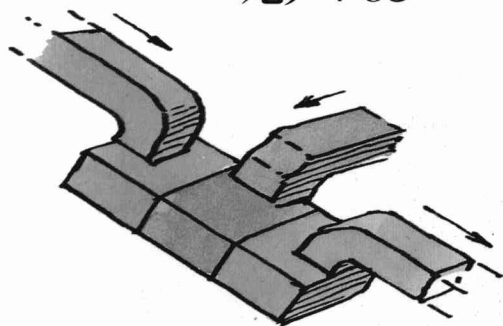
网络中的猛犸



比特的应用 / 44

猛犸来到了现实

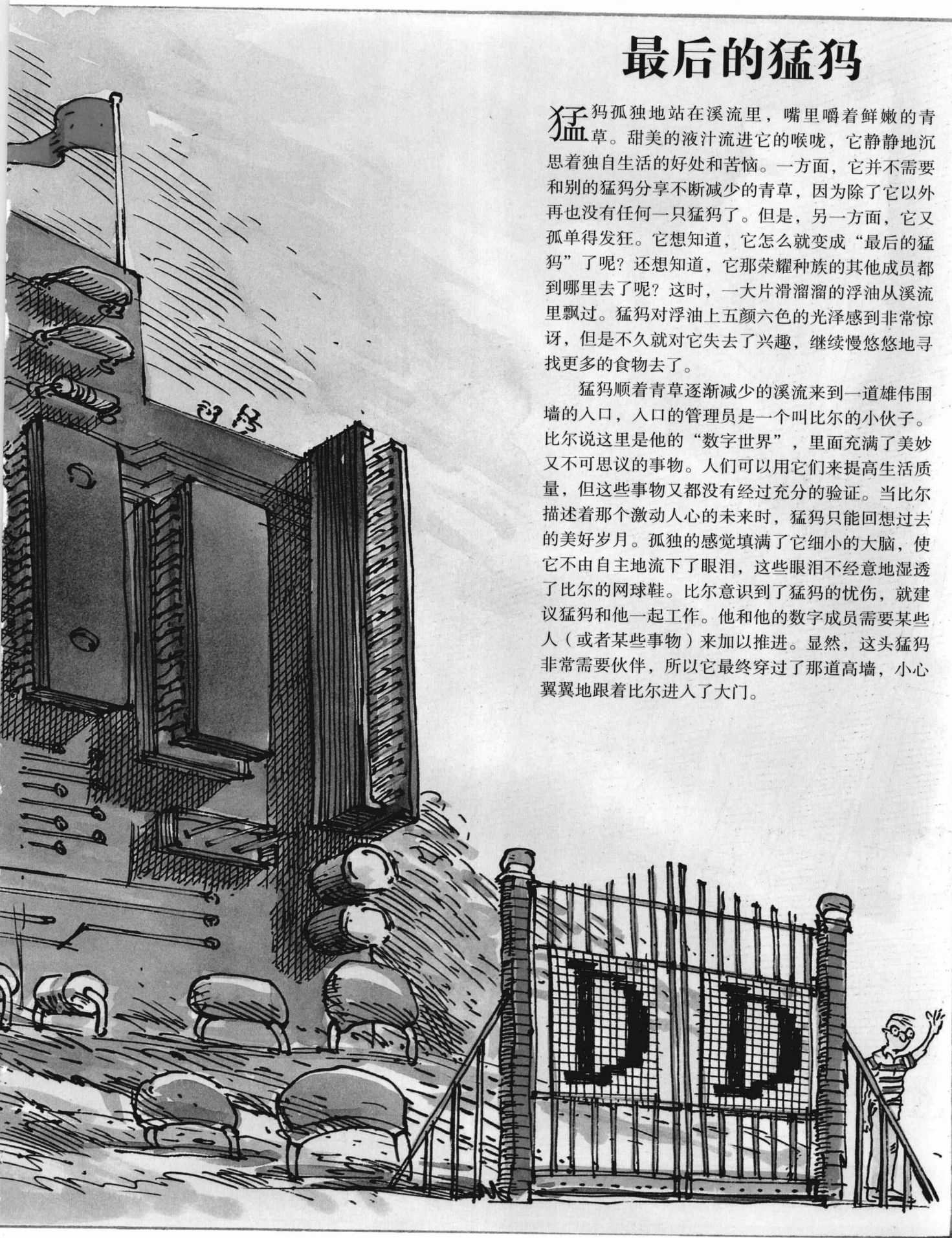
尾声 / 63

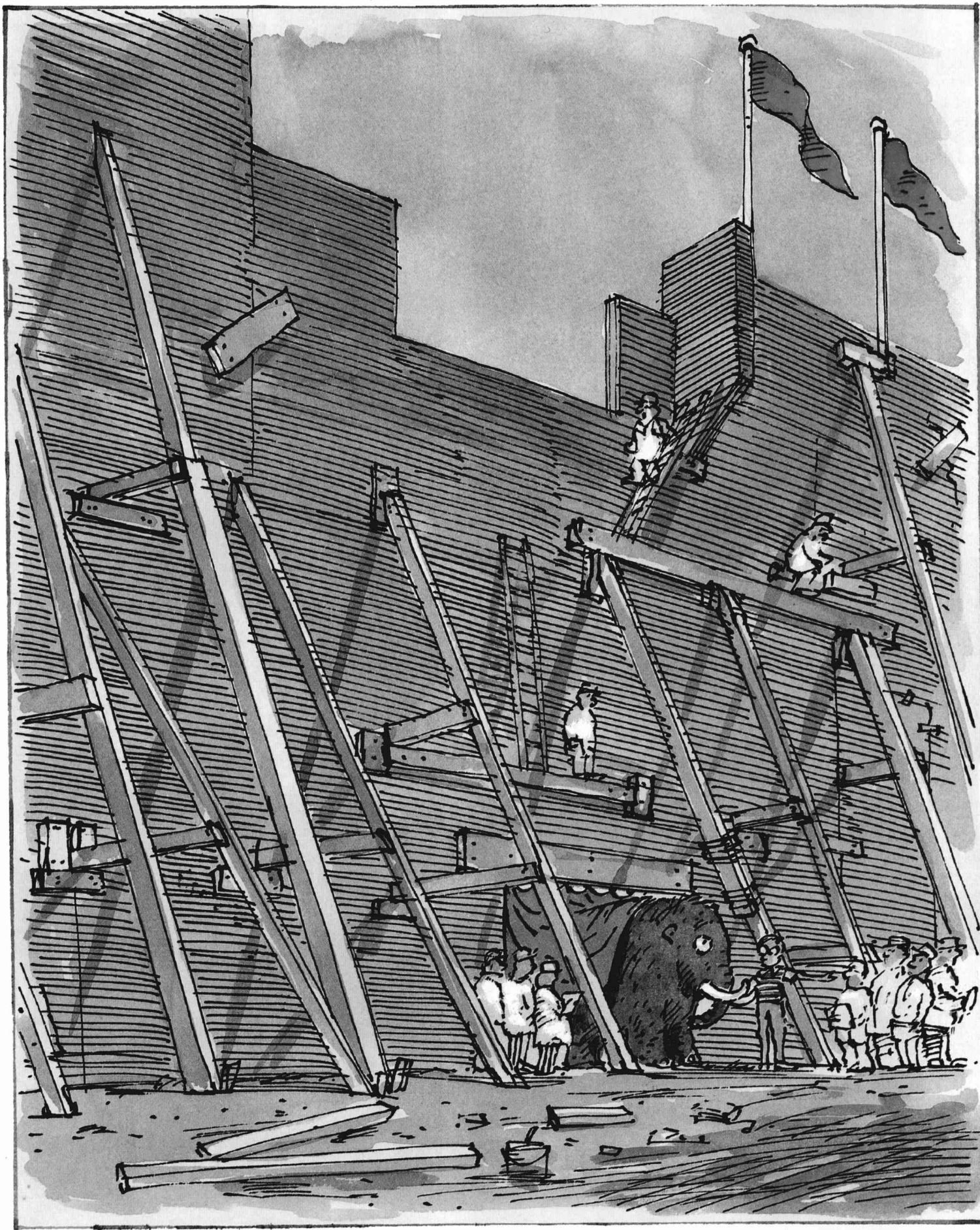


最后的猛犸

猛犸孤独地站在溪流里，嘴里嚼着鲜嫩的青草。甜美的液汁流进它的喉咙，它静静地沉思着独自生活的好处和苦恼。一方面，它并不需要和别的猛犸分享不断减少的青草，因为除了它以外再也没有任何一只猛犸了。但是，另一方面，它又孤单得发狂。它想知道，它怎么就变成“最后的猛犸”了呢？还想知道，它那荣耀种族的其他成员都到哪里去了呢？这时，一大片滑溜溜的浮油从溪流里飘过。猛犸对浮油上五颜六色的光泽感到非常惊讶，但是不久就对它失去了兴趣，继续慢悠悠地寻找更多的食物去了。

猛犸顺着青草逐渐减少的溪流来到一道雄伟围墙的入口，入口的管理员是一个叫比尔的小伙子。比尔说这里是他的“数字世界”，里面充满了美妙又不可思议的事物。人们可以用它们来提高生活质量，但这些事物又都没有经过充分的验证。当比尔描述着那个激动人心的未来时，猛犸只能回想过去的美好岁月。孤独的感觉填满了它细小的大脑，使它不由自主地流下了眼泪，这些眼泪不经意地湿透了比尔的网球鞋。比尔意识到了猛犸的忧伤，就建议猛犸和他一起工作。他和他的数字成员需要某些人（或者某些事物）来加以推进。显然，这头猛犸非常需要伙伴，所以它最终穿过了那道高墙，小心翼翼地跟着比尔进入了大门。





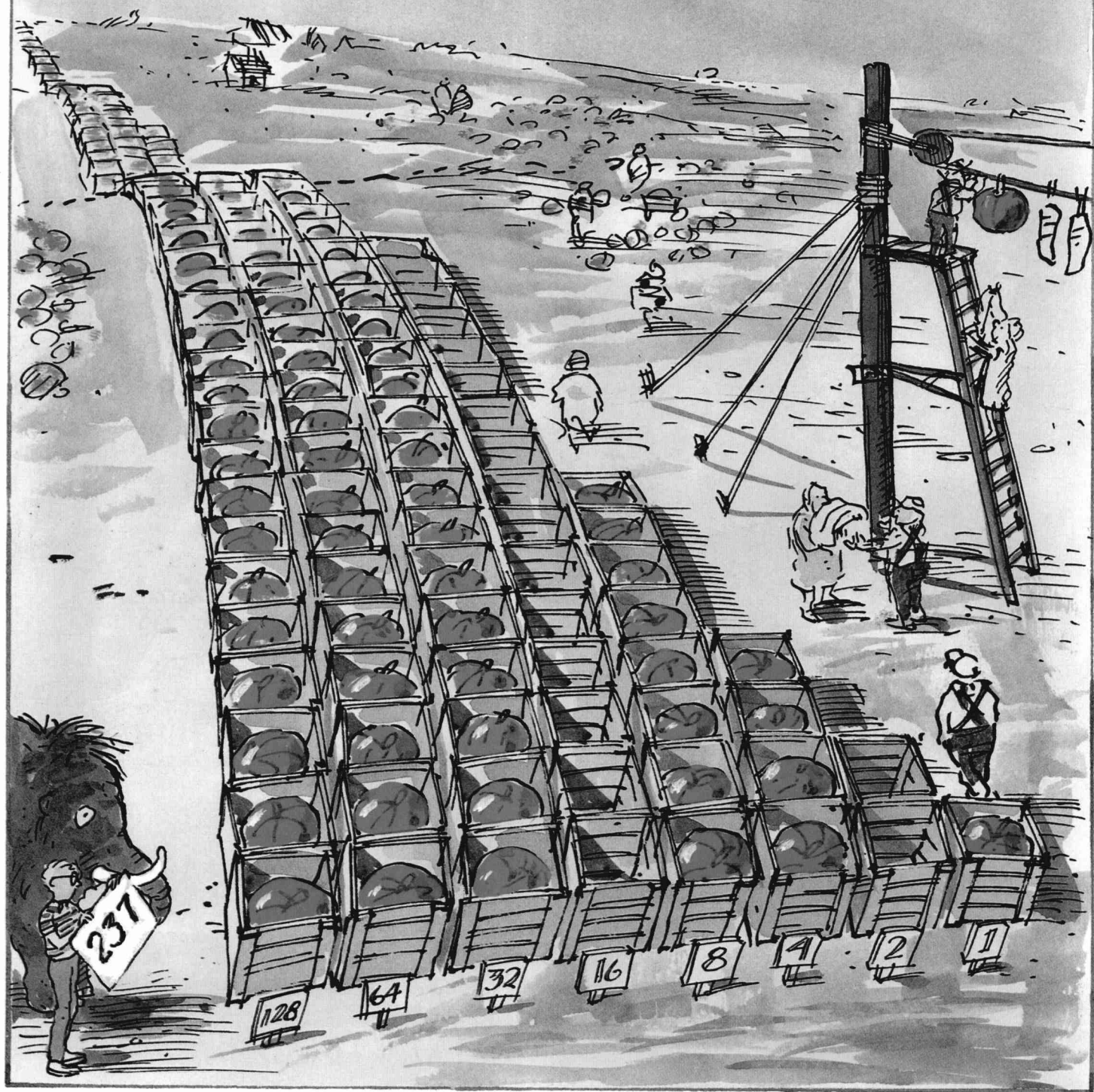


猛犸刚进入大门，立刻就有一群穿着白大褂的工作人员热情地围了过来，记录猛犸的每一个细节特征。他们显然和猛犸想象中的伙伴完全不同。一组工人从上到下地测量了猛犸的高度，而另外一组从头到尾地测量了它的长度，第三组工人则测量它了那不可思议的体重。那些不太容易测量出来的东西，如声音和气味，也被他们一丝不苟地测量并记录了下来。

几个小时过去了，所有关于这头最后的猛犸的细节都被简化成了数字。比尔把这些数据记录到了一张白色的大卡片上。他告诉猛犸，虽然这些数据确实都很不错，但它们并不是数字世界里所使用的正确的数字形式。如果要利用这些数据寻找真正的伙伴，则要先把它们转换成其他数据形式。

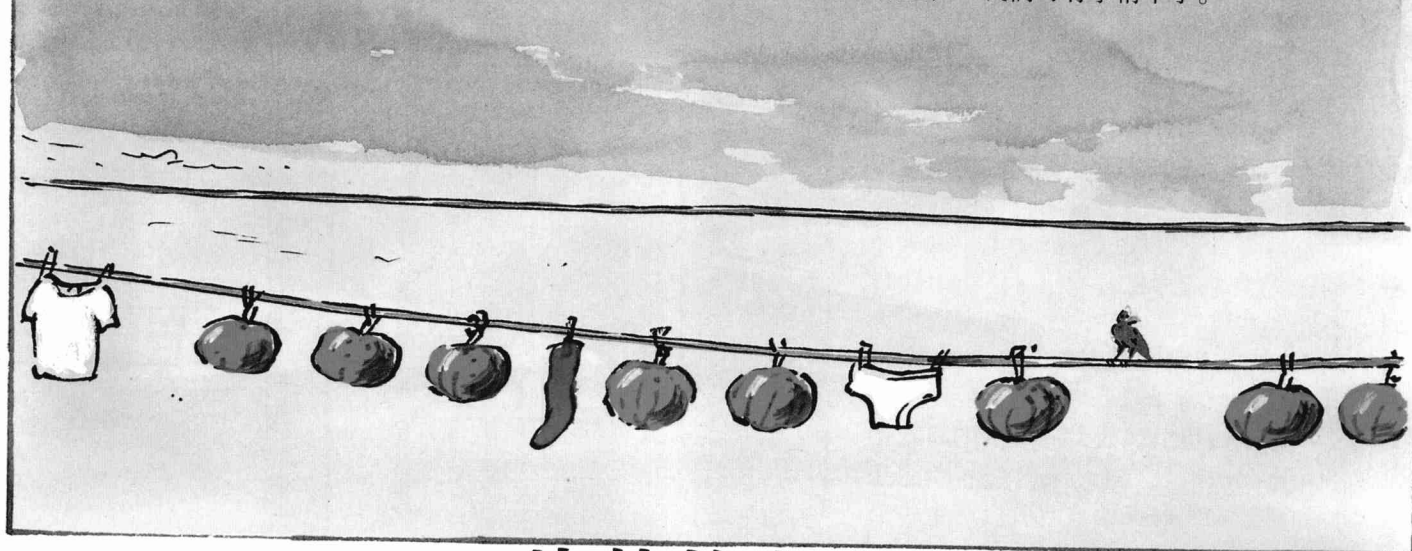
比尔和猛犸来到一大片开阔的南瓜地，在南瓜地的旁边放有8排箱子。后一排的长度都是它前面那一排长度的一半。第一排——也就是最长的那排——共有128个箱子，第二排只有64个，依次类推。当比尔举起写有数字237（猛犸身高为237厘米）的牌子时，一队工人就准确、快速地采摘了237个南瓜。

然后，他们从最长的那一排箱子依次走到最短的那一排，把采摘下的南瓜放到各排的箱子里，每个箱子放进一个南瓜。如果他们不能完整地填满一排箱子，就会直接跳过它，填在下面的一排箱子里。当所有的南瓜都被正确地放到箱子里后，比尔领着猛犸来到这8排箱子的旁边，观察那些南瓜形成的模式。



比尔说，在数字世界的代码里，数字237就变成了现在这8排箱子的“有南瓜、有南瓜、有南瓜、无南瓜、有南瓜、有南瓜、无南瓜、有南瓜”的模式。“这可是一个进步呀！”他骄傲地补充道。猛犸对这个概念有点摸不着头脑，只是对“有南瓜”和“无南瓜”都同样重要这句话感到非常震惊。对猛犸来说，这就好比有青草和没有青草都同样可以填饱肚皮一样不可思议。

比尔监督着工人们从第一排到最后一排依次把南瓜挂在长长的晾衣绳上，还特别要求保持它们原来的次序。当轮到“无南瓜”时，就空出一块地方。如果是在星期二进行这项工作，他们还会在空出来的地方挂上各种湿衣物。当悬挂着的“南瓜、南瓜，南瓜、袜子、南瓜、南瓜、裤子、南瓜”都牢牢地吊在绳子上时，所有东西将被缓慢地送到远方。“快点啦，猛犸。”比尔喊道，“我们可有事情干了。”



比特的产生

跟猛犸一样，当新千年到来的时候，我们也踏进了数字世界。为我们服务的数字计算机和系统拥有我们以前梦寐以求的能力。数字计算机之所以能够超越以前的各种设备，是因为它们以全新的方式来工作，那就是数字形式。在数字世界里，猛犸发现它的三维尺寸、图像还有声音等信息都变成了数字。与此相似的是，所有数字计算机在执行任务时都要把诸如此类的东西转化成数字形式。和10个阿拉伯数字构成的十进制不同，数字世界里的数字都是二进制的数字，它们仅仅用到两个阿拉伯数字，这对计算机来说就更加容易理解了。这两个数字被称为比特（bits），它是“二进制数字（binary digits）”的简称，每台数字计算机都是通过形成比特来开始工作的。

猛犸发现它的高度在十进制时测得的数据是237厘米，而在数字世界里面，却变成了“一组8排箱子里，有的填满南瓜，有的却空无一物”的模式。这些装满南瓜或空着的一排排箱子序列就形成了8个数字或者8个二进制数字：237就是“满—满—满—空—满—满—空—满”。在书写二进制数字时，我们用1和0这两个

数字来表现比特，1表示“满或是”，0则表示“空或否”，所以十进制的数字237就变成了11101101。在数字计算机领域，比特的形式就像南瓜一样实实在在。它们是以有电流或无电流的形式来表现自己的。在这里，237就变成了电流的“有一有一有一无—有一有一无—有一无”。所以当数字计算机或者系统产生比特时，它也产生和二进制数字的比特序列一样的电流“有一无”序列。这些比特随后就进入到计算机或者系统里面的数字世界，并被存储、处理，或传送到其他地方。最终它们会被转换成我们可以使用或者理解的形式，比如文字、声音，甚至银行票据。

由“有一无”电信号和“亮—灭”光信号代表的大量数字沿着计算机的通道高速地来回闪烁。因为总量巨大的数字可以用无数的方式来排列，数字计算机就可以迅速地执行各种复杂的任务。此外，比特是刚性的：它们在向数字世界的传送过程中不会轻易发生变化。作为天生的“生存高手”，比特让数字计算机能够以更高的品质和可靠性来工作。

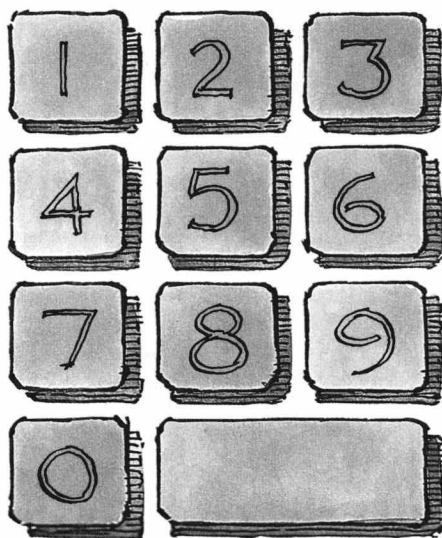
指尖输入

数字机系统上生成原始比特的装置叫做输入设备。通过这些设备我们可以登录数字世界，并使数字机系统为我们工作。我们用手指来操控这些输入设备，按下按键或者按钮来输入要传送到数字机里的数据。这些数据可以是地区代码，比如打开电子锁的密

钥或者使用自动转账机的个人密码。你也可以输入存款或取款的金额，或者构成单词的字母，甚至乐曲的音符。电子锁和自动转账机会比较输入的代码和正确的密钥或者识别码是否一致。要想知道它们是如何进行比较的，请看“比特的处理”一章。

自动转账机和电子锁

在自动转账机上提取现金是一件再容易不过的事情，只要在小键盘上输入你的个人密码和提取金额就可以了。你也可以在类似的键盘上输入代码来打开电子锁。和计算机键盘上的数字键相对应，自动转账机的按键的作用也是将数字转换成“有一无”电脉冲形式的比特，然后再将这些比特传送给转账机。自动转账机再把它们输送到银行的中央计算机。中央计算机将会核对你的个人密码，并记录下你的存款余额，然后发出支付指令。在电子锁里，输入密码形成的比特将输送到检验代码的芯片上。芯片将检验这些比特，如果数据正确无误，它就会产生一个释放门闩的电信号，把门打开。



小键盘

小键盘的取消键能帮你删除输入错误的信息，并使你重新输入。

电子键盘乐器

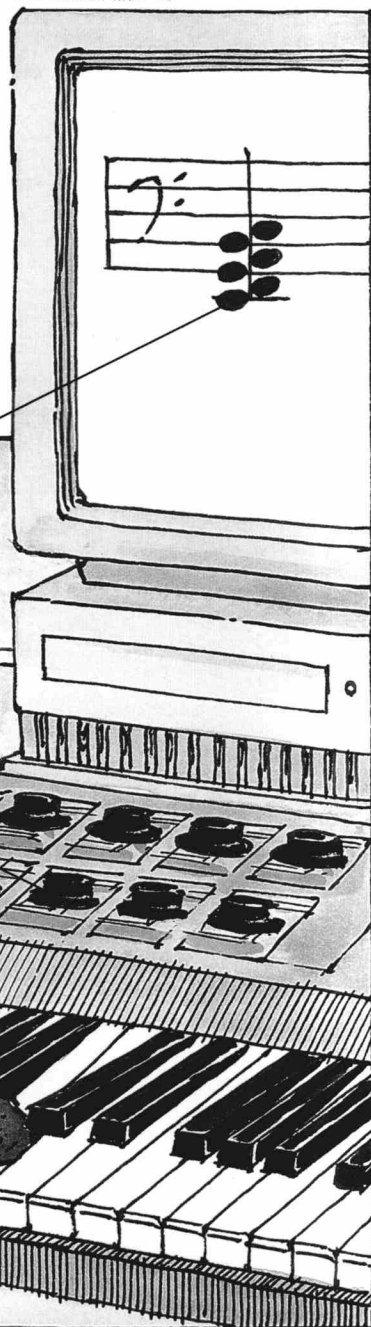
键盘乐器和电子合成器等电子乐器都遵从MIDI（乐器数字界面）标准。当你演奏MIDI键盘乐器时，它会像计算机键盘一样工作，发出代码来识别每个按键。每个代码都是由7个比特组成的，中央C音是0111100（十进制的60），C#是0111101（61），等等。另外7个比特组成的代码用来反应按下按键的力量大小。将这些代码输送到键盘乐器里或者独立的电子合成器上，你就将听到演奏出来的或洪亮或轻柔的声音。

即时音乐绘谱

MIDI比特可以输送到计算机里，当你进行演奏时，它就会以乐谱的形式显示在屏幕上。

操纵

需要演奏其他类型的音乐时，你可以用一只手来操纵音响控制器。



计算机键盘

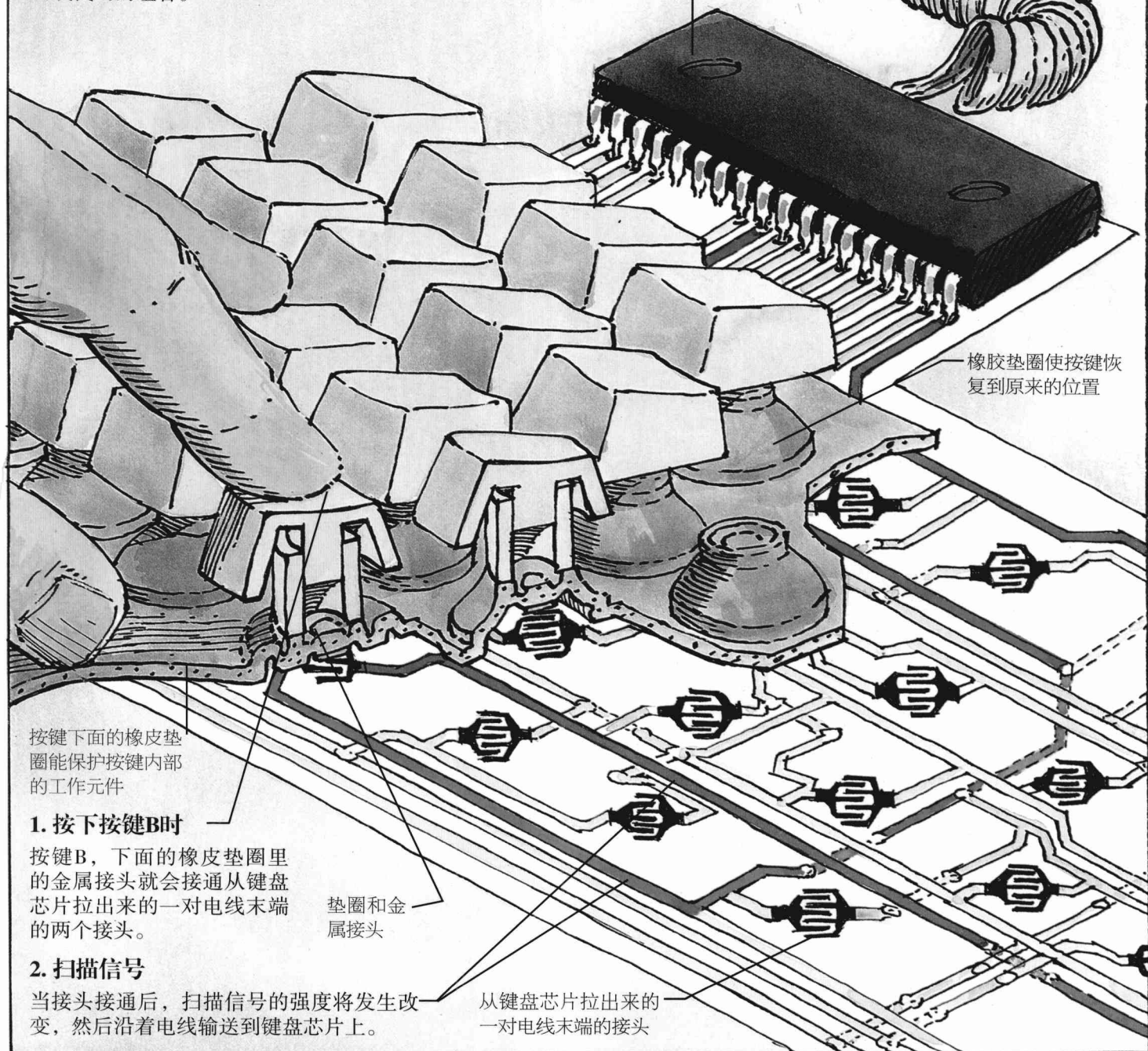
计算机的键盘上大约只有50个能产生字符的按键，其中包括字母、数字和符号。按下其他按键时，计算机就开始执行相应的任务。更多的功能可以通过同时按下两个甚至3个按键来实现。键盘的这种多功能性之所以能够实现，是因为按下一个按键时键盘就会产生一个能输送到计算机上的识别该按键代码的电信号。这种电信号就是以“有一无”电脉冲形式形成的比特，它们沿着连接键盘和主机的电线输送到计算机中。计算机会通过显示字符或做出反应来解释这些代码或代码的组合。

3. 键盘芯片

芯片沿着一对电线把扫描信号输送到各个按键接头。当电线里的信号发生改变时，芯片就会产生一个跟这对电线对应的按键代码。按键B产生的比特代码是00110000（十进制的48）。

4. 字母b的产生

第48个按键的比特沿着电线输送到计算机主机，主机的一个芯片会将这个比特转换成01100010（98），即代表小写字母b的代码。



按键下面的橡皮垫圈能保护按键内部的工作元件

1. 按下按键B时

按键B，下面的橡皮垫圈里的金属接头就会接通从键盘芯片拉出来的一对电线末端

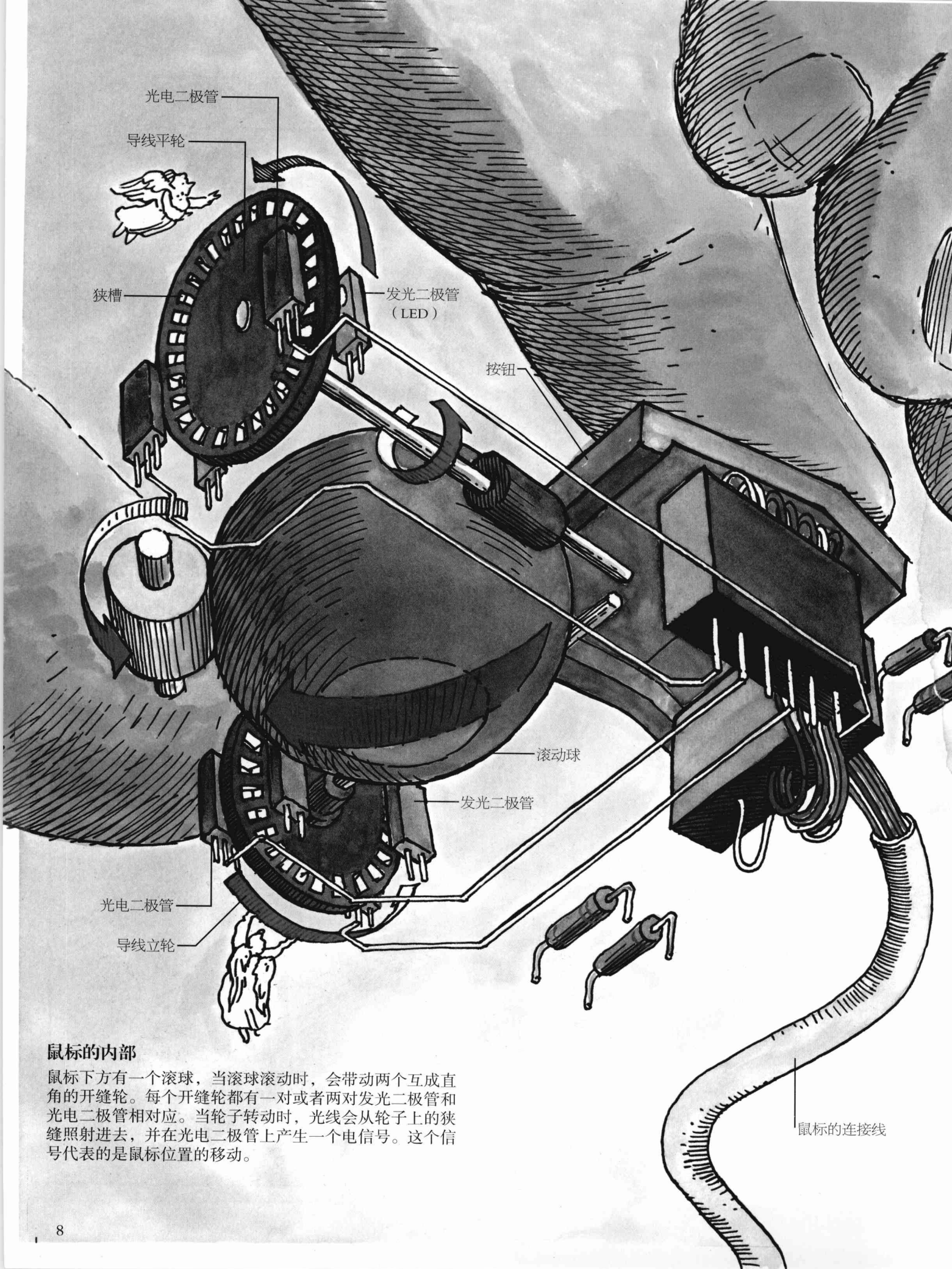
的两个接头。

2. 扫描信号

当接头接通后，扫描信号的强度将发生改变，然后沿着电线输送到键盘芯片上。

从键盘芯片拉出来的一对电线末端的接头

橡胶垫圈使按键恢复到原来的位置



鼠标的内部

鼠标下方有一个滚球，当滚球滚动时，会带动两个互成直角的开缝轮。每个开缝轮都有一对或者两对发光二极管和光电二极管相对应。当轮子转动时，光线会从轮子上的狭缝照射进去，并在光电二极管上产生一个电信号。这个信号代表的是鼠标位置的移动。

鼠标

通过鼠标来操纵计算机就更简单了，鼠标能控制屏幕的光标位置，光标常常是一个倾斜的箭头。当你在鼠标垫或桌面上移动鼠标时，屏幕上的

光标就能反映出它的运动。将光标移动到图标或者其他图像上，就代表完成了一次操作。再按下鼠标按钮，计算机就会马上执行指定的命令。

图标和高亮点

现在的计算机屏幕上往往会出现一些图标，它们是一些代表着某些程序或者操作的小图像。屏幕上的其他部分也可能是“高亮的”，这意味着它们也会对鼠标的点击做出反应。屏幕上的每一个点都有两个位置号码，分别代表了它们的水平位置（从左到右）和垂直位置（从上到下）。计算机设定光标的两个初始位置号码，光标就会出现在这个设定的位置上。移动鼠标就会给计算机输送改变位置号码的信号，光标就会移动位置。

单击鼠标

当光标移动到特定的图标上面时，它的号码和图标的号码相同。单击鼠标的按钮，计算机就会比较光标的位置号码和图标的位置号码。（在后文中可以找到计算机比较这些号码的方法。）如果验证这两个号码一致，它就会运行和光标有相同位置号码的图标所代表的操作。

按钮

鼠标有两个按钮，它们可以执行不同的操作。

鼠标

垂直移动

光标的初始位置

光标的终止位置

图标组

鼠标的实际移动轨迹

水平移动

鼠标垫

液晶屏上显示的时间

计数器是用石英晶体振荡器来计算时间的。

小时按钮 分钟按钮 开始按钮

数字计时器

按下数字计时器的按钮，输入所需时间的比特序列。然后芯片就会倒计时时间，并在它到达“0”时发出铃声。电子停车计数器的的工作原理也是一样的：投入硬币就会触发输入设备，使其输入一个所需时间信息的比特序列。

信号输入

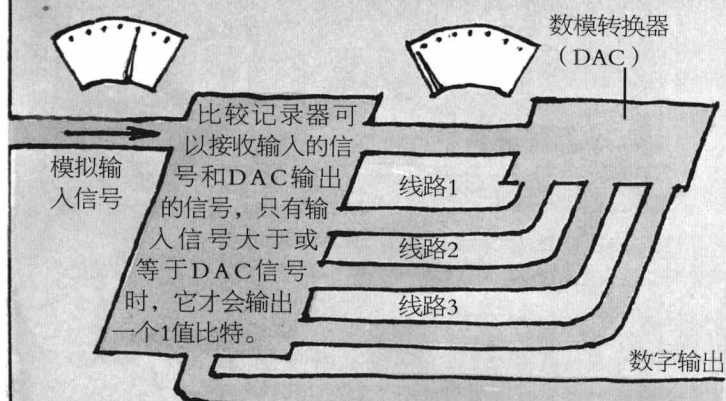
许多数字计算机和数字系统并不需要通过手指来输入信息。它只需很少的控制或根本不需要控制就能独立地形成比特。常用来测量温度和重量的数字式温度计和电子秤采用的就是这类系统。许多数字计算机会对输入的声波和光线信号做出反应，将它们转换成二进制数字序列，这样你就能听到讲话的声音和音乐，也可以拍摄图像了。当声音或者光线被转换成数字形式，计算机就可以对它们进行加工处理。

有一种非常特殊的设备可以将声音或者光线转换成数字形式，这种设备就是模数转换器（ADC）。它是从我们

的模拟世界通向数字世界的主要通道。我们的世界是运动和力的世界，也是光、热和声音的世界。所有这些都是模拟形式的，意思是说它们的量会持续地发生变化，程度或强度会升高或者降低。

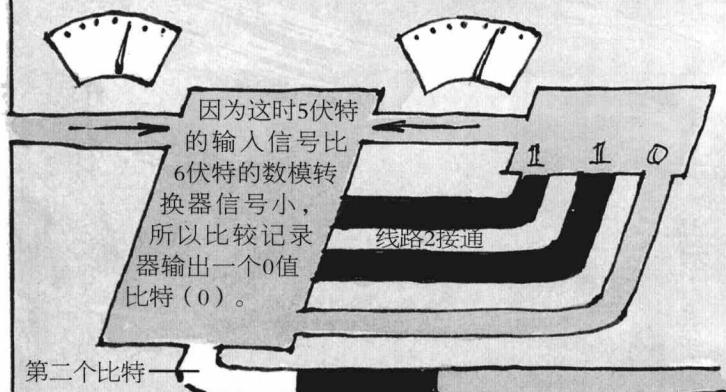
而在数字计算机或数字系统里，这些变化会被转换成数字序列或者比特序列。首先探测器或感应器会将热的程度、重量、声音或光强度转换成模拟信号或电子信号，模数转换器芯片然后会测量信号变化之间的电压，并将每个电压转换成“有一无”电脉冲形式的二进制数字。最后将这些比特输送到数字世界进行加工处理。

模数转换器（ADC）



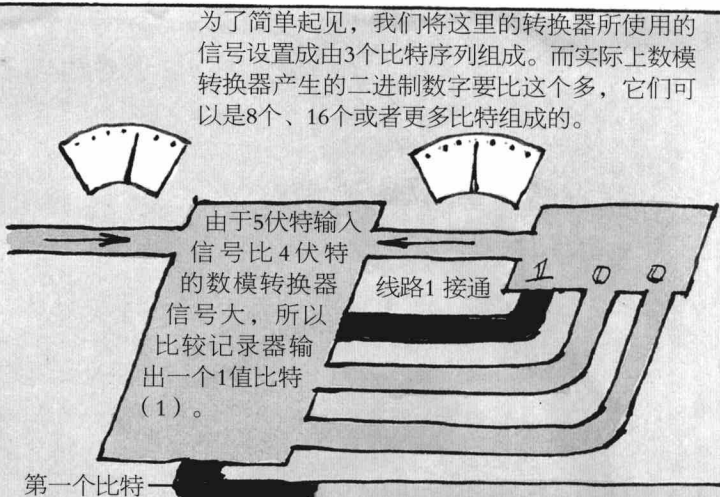
1. 模拟信号输入

将5伏特的模拟信号输入到模数转换器里，它就会将这一信号转换成3比特数码101（十进制的5）。模数转换器包括两个部分：比较记录器和数模转换器。信号会先输送到通过电线和数模转换器连接起来。



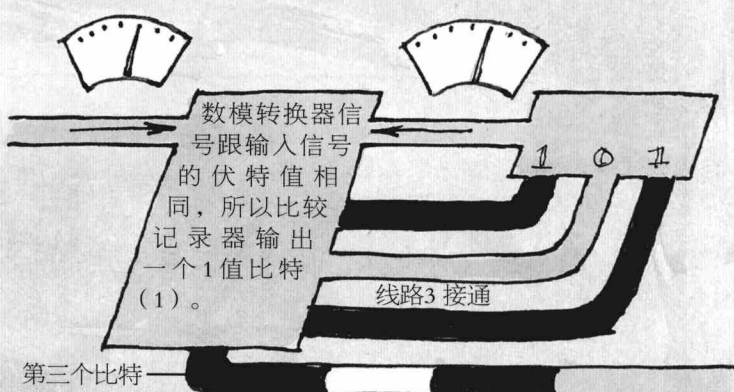
3. 第二个比特

现在，比较记录器打开线路2来连接数模转换器。这时数模转换器接收二进制数码110（十进制的6）并将它转换成6伏特电信号，再返回到比较记录器上，比较记录器会对这两个信号进行比较。



2. 第一个比特

比较记录器会将一个电信号沿着线路1输送到数模转换器，而数模转换器接收到二进制数码100（十进制的4），并产生4伏特信号。这个信号会返回到比较记录器上，并将数模转换器信号和输入信号进行比较，产生第一个比特值。



4. 第三个比特

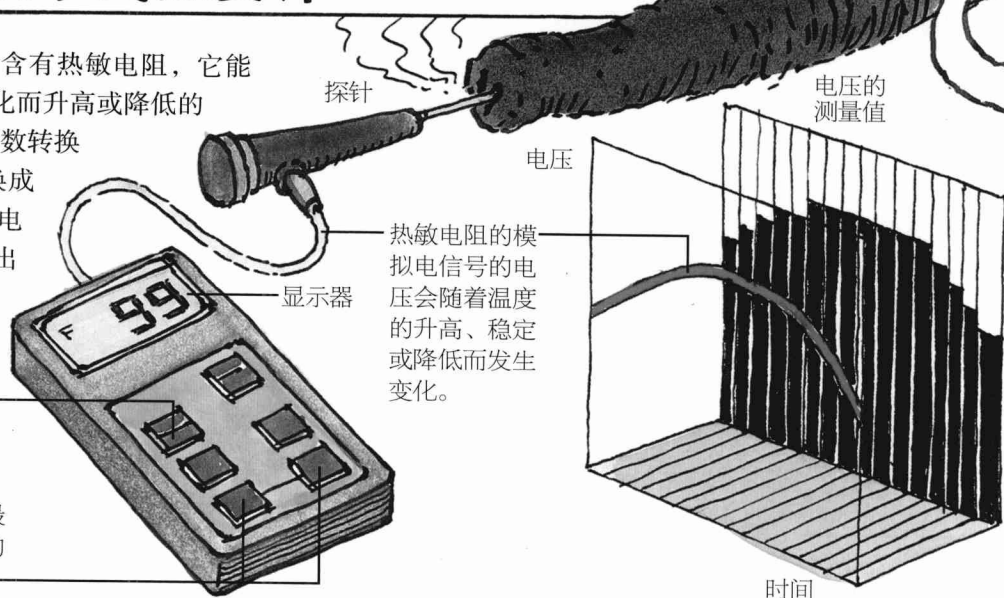
因为第二个比特是一个零值比特（0），比较记录器就会关闭线路2而打开线路3。这时数模转换器接收二进制数码101（十进制的5），并将它转换成5伏特的电信号。

数字式温度计

数字式温度计的热敏感探针含有热敏电阻，它能产生一个电压随着温度变化而升高或降低的信号。将这个电信号输送到模数转换器上，转换器就会将测量值转换成比特。只要在温度计里安装和电子秤相似的芯片，就可以显示出温度的数值。

C/F按钮显示的是摄氏温度或华氏温度。

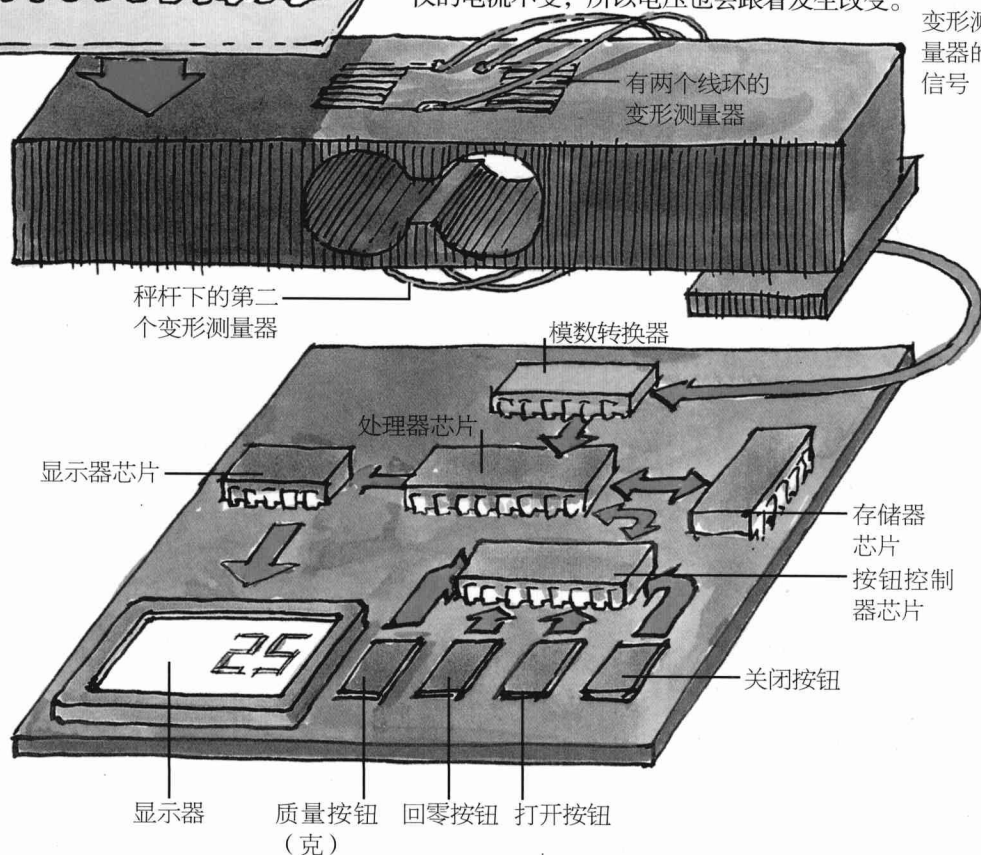
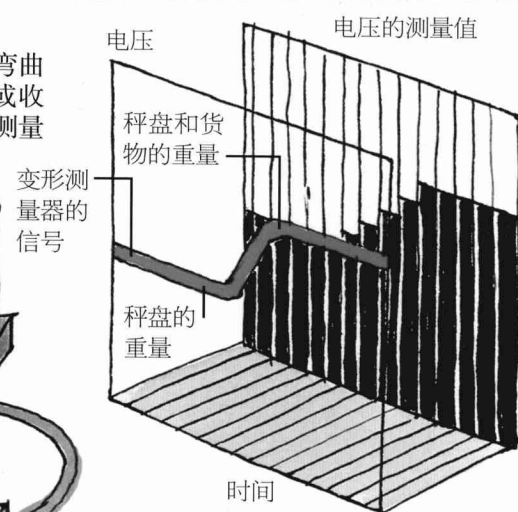
HI和LO按钮显示的是先前测量的最高温度和最低温度。它们以比特的形式存储在温度计的存储器上。



电子秤

测量重量

商品的重量会轻轻压弯电子秤的秤杆，弯曲的秤杆又会引起变形测量器的电线拉伸或收缩。这会引起电线的电阻发生改变，而流过测量仪的电流不变，所以电压也会跟着发生改变。



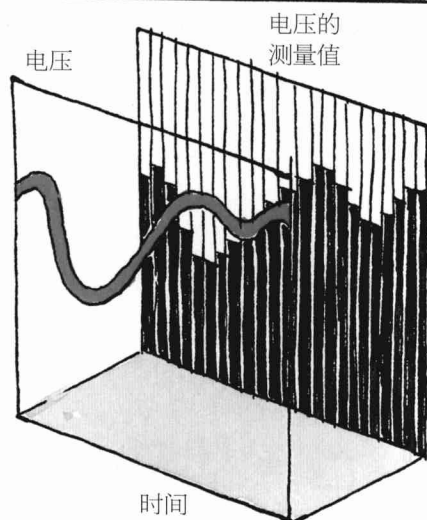
和这台邮包秤一样，商店所用的电子称量器也有测量商品重量的变形测量器。这个测量器会输出一个随着重量变化的电压模拟电信号，然后模数转换器会把它处理成为由“开—关”电脉冲组成的二进制数码，二进制数码信号接着会被输送到电子秤的处理器。处理器将计算出物体的重量，再减去秤盘的重量（存储在存储器上），就得到了货物的重量。它还可以计算货物的价格，得出的结果会输送到显示器上显示出来。

声音转换成比特

声音传送到传声器就开始了将声音或者音乐转换成比特的过程。当声音从空气传送到传声器时，声波会引起空气压力上升或下降，这就像水波的波纹一样。但声波的传播速度要比水波快得多。空气压力的变化会使传声器产生一个电压按相同频率变化的电子声音信号，信号然后会被输送到模数转换器。模数转换器会测量声音信号的电压，并将每个伏特代码转换成“有一无”电脉冲形式的二进制数码。测量CD音质的声音时，转换器每秒将会测量44000次。每次测量值都会转换成16比特的代码，这种代码能表示65536个电压级别。测量得到的数码信号能够非常准确地表示声波的信号，这就是为什么数码声音的再现都有很高音质的原因。

声音信号

从传声器输送过来的声音信号的电压变化得非常快。这个声音持续的时间约为1/2000秒。



声卡

利用声音的计算机和数字计算机都装有声卡。传声器或其他产生声音信号的声音装置，如激光唱机、磁带播放机和收音机，它们都是插到声卡的输入插孔里进行工作的。声卡上的芯片中有一个是模数转换器，它能将输入的声音信号转换成比特，再进行存储、处理或者输送到其他地方。

声音识别

现在人们可以与计算机对话来操作计算机。你可以通过讲话给计算机输入命令，计算机也可以执行口头的命令。计算机的存储器上存储了由比特序列组成的字库。计算机可以将口头命令产生的比特序列跟存储器上的比特序列进行比较，将它匹配成相同或相似的比特序列来识别口头命令。它也可以翻译口头语，并检测你说其他语言时的口音。

数字声音记录

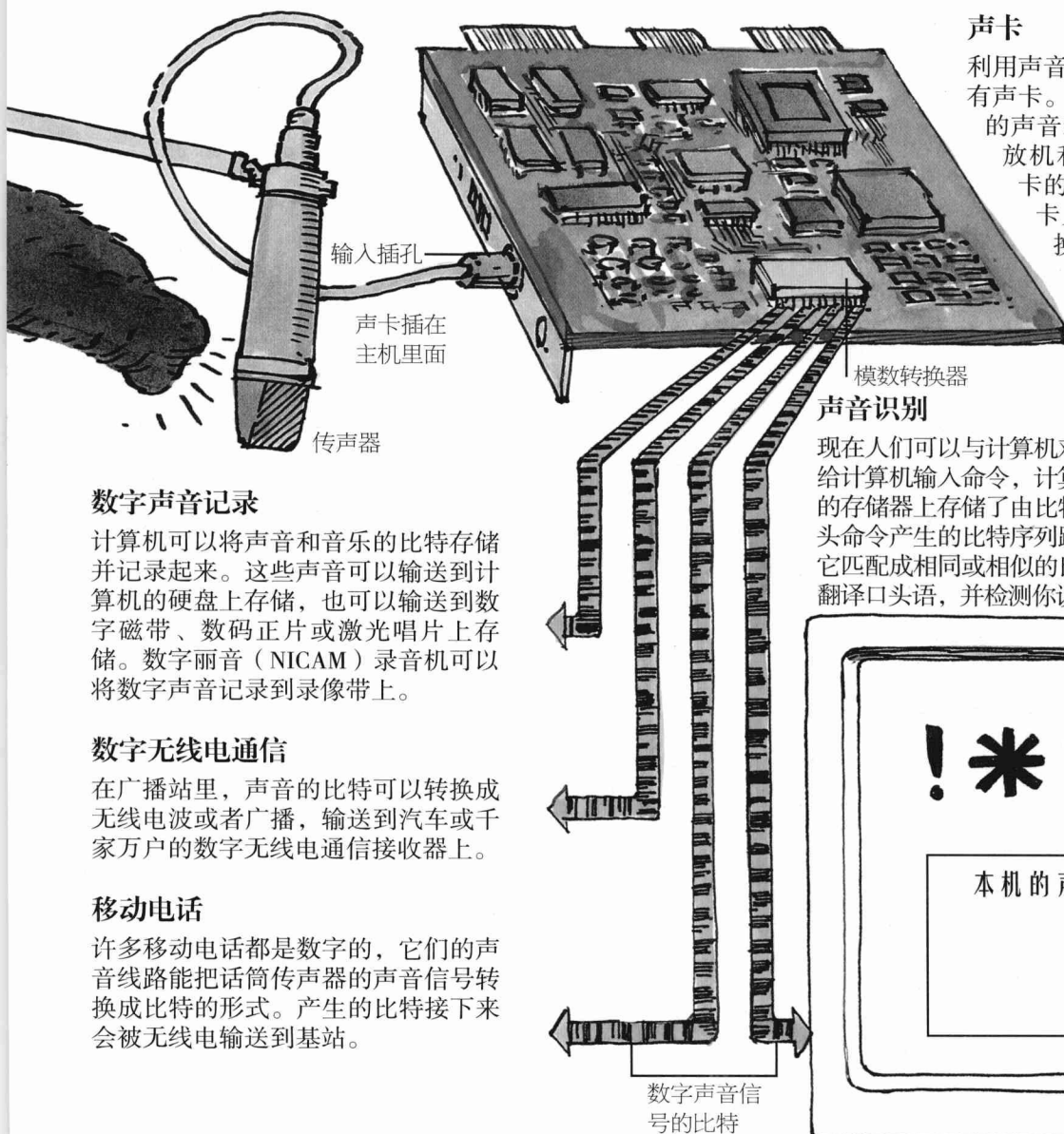
计算机可以将声音和音乐的比特存储并记录起来。这些声音可以输送到计算机的硬盘上存储，也可以输送到数字磁带、数码正片或激光唱片上存储。数字丽音（NICAM）录音机可以将数字声音记录到录像带上。

数字无线电通信

在广播站里，声音的比特可以转换成无线电波或者广播，输送到汽车或千家万户的数字无线电通信接收器上。

移动电话

许多移动电话都是数字的，它们的语音线路能把话筒传声器的声音信号转换成比特的形式。产生的比特接下来会被无线电输送到基站。

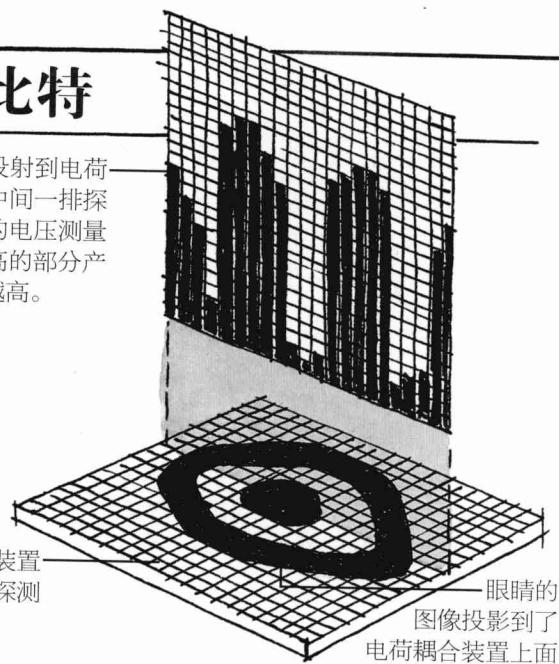


将光转换成比特

计算机和其他数字计算器能够捕获图像里面的光，并把它转换成比特的形式。这种计算机必须先对图像进行扫描，把图像投影到布满细小的光敏探测器阵列的电荷耦合装置（CCD）上面。每个探测器会分别处理一小部分图像，并根据这部分图像的亮度产生相应的电压强度；一排排的探测器随后就会一个接一个地读出它们的电压序列；这幅图像也可以通过单排探测器的电荷耦合装置，把图像的连续条带投影到探测器上，其产生的电压序列就会按次序从探测器上向外输出。这样，整幅图像的亮度信号就被转换成了电信号，这些电信号的电压变化会反映出图像各个条带的亮度变化。而电压的变化经过测量后会再通过模数转换器转换成比特。

图像的条带投射到电荷耦合装置的中间一排探测器上产生的电压测量值。亮度越高的部分产生的电压也越高。

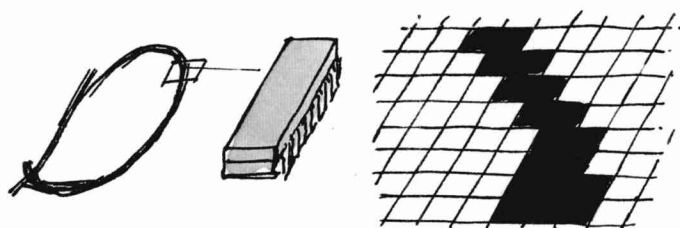
电荷耦合装置
含有光敏探测器阵列。



光学字符识别（OCR）

我们可以让计算机用光学字符识别软件来阅读。扫描仪首先会对写有文字的文件进行扫描，并将文字行的图像转换成比特。然后计算机里的软件会识别单词里的每个字母或其他字符，如数字和标点符号，就像我们使用键盘来键入它们一样。通过扫描，我们不需要在键盘上打字就可

以在计算机里直接获得所需的文件。然后可以通过电子邮箱把它们发送出去。更先进的是，计算机还可以为盲人朗读书籍。它能够扫描书籍里每一页的文字，并把这些文字的比特序列转换成口语的比特序列，再输送到数模转换器和喇叭上来朗读这些文字。



1. 扫描书写的D

书写的字母D被转换成一个比特序列。

2. 对D进行比较

计算机把这个比特序列里面的比特和所有相似的字符进行比较。

3. 和字母D匹配

字母D比特序列里的比特和书写的字母D的比特相似性最大。

4. 显示字母D

把字母D的比特输送到屏幕上，计算机就会显示D这个字母。

识别字符

计算机将扫描书写的每个字符，并把它们的形状转换成1值比特和0值比特的比特序列。而计算机的存储器包含了所有字符的比特序列，它将把扫描出来的比特序列和存储器里的字符比特序列进行同一性和相似性的匹配。



手持式翻译器

把翻译器沿着一行外文移动——就像在菜单里沿着选项移动一样——每个外文单词和它的英语译文就会在显示屏上显示出来。翻译器能够对外文进行扫描，并通过光学字符识别软件来识别每个外文单词。它的存储器包含了这两种语言的所有比特序列的单词，从而能够把外文的比特序列转换成汉语的比特序列，也就能够把外语翻译成汉语了。

