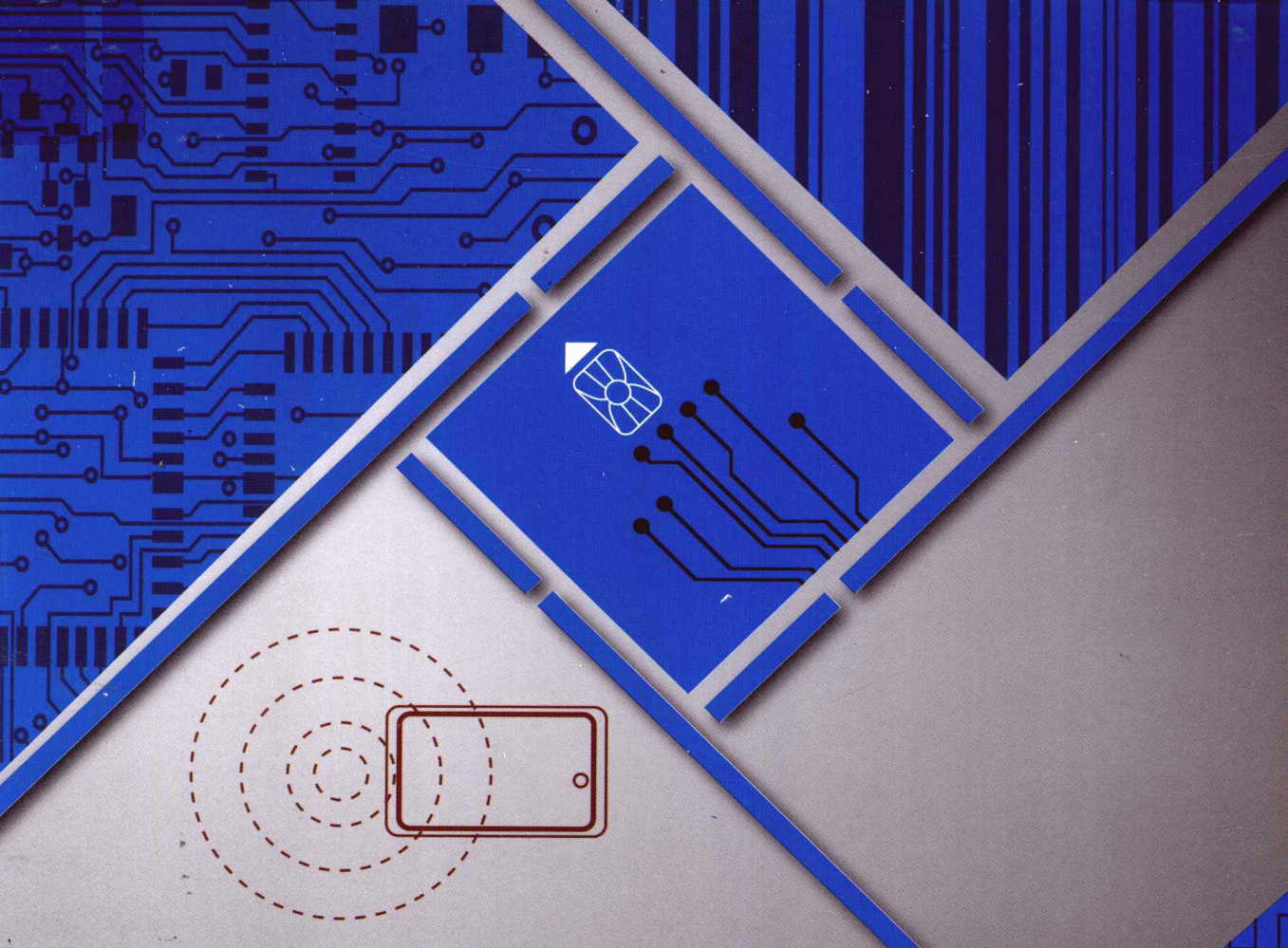




电子标签技术

饶运涛 邹继军 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

电子标签技术

饶运涛 邹继军 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了当前基于电子技术的几类主要电子标签的原理及其应用开发技术。其中包括历史久远的穿孔卡、射频识别(RFID)技术和非接触 IC 卡,以及条形码、磁卡和接触式 IC 卡等。各部分内容的重点是从底层剖析这些标签系统的电子和信息技术的原理及组成,每类标签系统都包括标签(卡)和阅读器(基站)两大部分。对于应用开发中的硬件和软件设计,尽可能地提供实例供参考。

本书适合于高等院校电子信息工程类的研究生、本科生和大专生参考,也可以供一般电子工程技术人员或业余爱好者选读。

图书在版编目(CIP)数据

电子标签技术 / 饶运涛,邹继军编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2011.5

ISBN 978-7-5124-0388-8

I. ①电… II. ①饶… ②邹… III. ①电子技术—应
用—标签—自动识别 IV. ①TP391.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 049536 号

版权所有,侵权必究。

电子标签技术

饶运涛 邹继军 编著

责任编辑 张冀青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21 字数:470 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0388-8 定价:39.00 元

序

自古以来标签就存在于人类社会生活中。所谓标签,可理解为一种简单明了的信息载体,多用于人或物的“身份识别”。它的数量巨大,种类繁多,但是尺寸都尽可能小巧。标签以各种不同的形式出现,长期以来对它的识别基本都是凭人的视觉判断,如货物的标签,人们佩戴的证章等,应当都属于这个范畴。

标签和电子技术关联进入自动识别控制的领域,应当起源于18世纪编织机上“穿孔卡”的出现。从法国人杰卡德(J. Jacquard)“可编程的”编织图案的穿孔卡得到启示,德裔美国人霍列瑞斯(Herman Hollerith)博士发明了基于穿孔卡的自动制表机,并成功用于19世纪末的美国人口统计。自那以后,这一技术不断发展完善,在长达70多年的社会生活的许多方面担当自动识别的职能,以至在20世纪70年代可以看到计算机程序和数据的录入、输入还在使用穿孔卡和纸带。使用穿孔卡的就餐证在20世纪90年代的校园里还比较普遍。今天,各种类型的自动评阅答题卡和填表卡,仍以另一种形式延续并发扬着这门“原始”的技术魅力。

20世纪70年代,出现了单薄小小的条形码,可以说是身价最“低微”的标签;但是,全世界的商品和物流领域,它几乎无处不在,而且经久不衰,后来的二维条码又把这项技术推向更有竞争力的境地。现在难以想象有哪种标签能取代它们。

磁卡的威力主要体现在从一开始就占领银行的领域,迄今几十年,人们手中的信用卡大多还是磁卡。尽管人们一再指出它的缺点,提出用IC卡替代,但是谈何容易。因为这里有巨大的“惯性”和成本的考量。更何况长期以来不断完善的协议,坚强、严密的后台系统,能充分保证用户和业界的安全。因为价格低廉,在社会生活的其他许多场合也有磁卡的应用。磁卡的基础——磁记录技术,其生命力更是非凡,现代计算机的海量存储还要靠它。

近十几年来,人们把更多的注意力投入到IC卡,特别是RFIC卡(射频卡)。这是微电子技术迅速发展而衍生出的硕果之一。它们以体积小、存储量大、安全性能好、耐用、使用方便等著称,受到人们的青睐。IC卡在市场的份额会越来越大,这是必然的,但是预言它们能“一统天下”,就不敢认同。世界的多样性也同样适合这一领域,通过前面的概述和现实也证明了这点。这就是为什么本书要把那些似乎“落后”、“过时”的技术再展现出来的原因,即使作为历史的回顾,也是值得的。它们存在至今,不是人为的“维护”,而是自身技术价值的体现;更何况,也许还有“柳暗花明”的转机。

回头看看电子标签走过的一百多年的历程,在惊叹前人灵感和毅力的同时,也会得到许多有益的启迪。今天,眼前的这些技术成果都是“舶来品”。在收集资料和写作本书的过程中,作者常常在想,我们为什么落后?如何增强国人的创新意识,以使泱泱文明古国在当今能迸发出众多的智慧和能量?作为一个教育工作者,对此尤感深切。钱学森生前有关教育的世纪之问,是一个值得我们深思的话题。

当然电子标签技术不仅仅是这里呈现的几种,它还在不断发展,萌生出新的分支。现在人们已经知道的,有所谓“光卡”,有指纹识别、掌纹识别、虹膜识别等生物特征的识别技术和电子信息技术的结合(例如把指纹特征值存入 IC 卡,以防假冒)。DNA 无疑是身份识别精准技术中的“权威”,如何能让它运用便捷?也许电子技术能发挥重要作用。在 RFID 方面,超高频和微波段的技术也正在发展和推广中。普及中的移动电话正在和 RFID 结合,在不远的将来,也许人们凭着一部手机就能“路路通”,这已经不是幻想。

本书参考文献大多从网上收集而来,也尽可能进行了对比认证,有筛选。在此要感谢那些署名和更多未署名的中外作者,是他们的工作成果丰富了本书的内容。当然,最要感谢的是这些技术的原创者们,他们中的一些虽然离我们远去,然而给后人留下的不仅是智慧和财富,还有生生不息的创新精神。本书也有我们多年来学习与应用开发中的实验资料和成果,特别是 IC 卡部分。参与过有关电路和程序设计、调试的研究生和本科生有邹继军、张建文、李栓明、温世坚、舒鹏和欧阳良京等人。在此一并向他们表示感谢。邹继军承担了本书中 RFID 部分的重要工作,其余部分由饶运涛编写并负责全书的整编。

身处物联网正在兴起的时代,电子标签无疑在其中要担当重要的角色。在人们深入了解这类身份识别的传感器技术过程中,希望本书能有所帮助。大约是六年前,北京航空航天大学出版社就向我们约过本书,可是一拖再拖,主要原因还是感到当时手头资料 and 我们的认知程度所写出来的东西恐怕没有分量,但是,对于这件事一直没有放弃,而是在不断地积累和深化;可以说,推迟这许多年后,心里感到踏实多了,才敢面对读者。不管怎样,我们都是创始者们的学生和这些知识的传播者,充其量在开发应用方面做了点工作,有自己的一些理解。就是这样。由于自身学识和能力的限制,书中的不妥之处恳请同行和读者不吝赐教。

饶运涛

于 2011 年 3 月

目 录

第 1 章 穿孔卡的标识技术	1
1.1 电子计算机出现前的穿孔卡技术	1
1.1.1 编织机上的穿孔卡	1
1.1.2 数据处理中的穿孔卡	3
1.1.3 穿孔卡在不同领域中的应用和发展	9
1.2 穿孔标识技术在计算机中的应用	15
1.3 穿孔卡的衍生——光学标记卡(光标卡)	19
第 2 章 条形码技术	23
2.1 条形码的发展历史	23
2.2 条形码基本结构	25
2.3 常用的一维条码	27
2.3.1 Code39 码	27
2.3.2 EAN 码	30
2.3.3 UPC 码	36
2.3.4 库德巴码	36
2.3.5 Code128 码	36
2.4 二维条码	38
2.4.1 二维条码的特点	38
2.4.2 二维条码技术	40
2.4.3 几种常见的二维条码	41
2.4.3.1 PDF417 码	41
2.4.3.2 QR 码	49
2.4.3.3 Maxicode 二维条码	52
2.4.3.4 Data Matrix 码	57



2.4.3.5 田字码	59
2.5 国家标准与应用实例	60
2.5.1 应用实例一——中国标准书号的条码码制 ISBN	61
2.5.2 应用实例二——商品条码的编码结构	62
2.6 条码阅读与制作设备	63
2.6.1 条码阅读器基本原理	63
2.6.2 条码的设计制作	66
第3章 磁记录与磁卡	67
3.1 磁记录原理与磁记录方式	68
3.1.1 基本原理	68
3.1.2 磁记录方式	72
3.1.2.1 按磁化方向划分	72
3.1.2.2 按记录的电信号模式划分	73
3.2 磁卡	77
3.2.1 磁卡的 ISO 标准	77
3.2.2 磁卡的物理结构与数据结构	78
3.2.3 磁道的标准	79
3.2.4 磁卡信息编码	80
3.3 磁卡读写器	83
3.3.1 磁卡读写器的原理	84
3.3.2 磁卡机的读卡电路与程序设计	84
3.3.3 磁卡机的写卡电路与程序设计	91
第4章 接触式 IC 卡	95
4.1 概述	95
4.2 接触式 IC 卡的分类	96
4.2.1 非加密存储卡	96
4.2.2 逻辑加密存储卡	97
4.2.3 CPU 卡(智能卡)	97
4.3 实例——AT88SC1608 卡	98
4.3.1 AT88SC1608 主要技术指标与结构	98
4.3.2 AT88SC1608 设置区详解	101
4.3.3 AT88SC1608 用户数据区与安全技术	102

4.3.4 AT88SC1608 的操作命令和协议	104
4.4 读写器的设计	109
4.4.1 读写器的硬件电路设计	109
4.4.2 读写器的软件设计	110
4.5 实例——逻辑加密卡 SLE4442	118
4.5.1 SLE4442 基本结构与特征	118
4.5.2 SLE4442 存储器	119
4.5.3 SLE4442 传输协议	121
4.5.4 SLE4442 操作	124
4.5.5 SLE4442 读写器设计与应用	133
第 5 章 射频识别与非接触 IC 卡	135
5.1 射频识别的基本原理与分类	135
5.2 RFID 系统的耦合与工作频率	137
5.2.1 感应场的耦合	137
5.2.2 无源收发器的能量供应	146
5.2.3 检测区的最小场强 $H_{\min}$ 与收发器的能量范围	148
5.2.4 收发器-阅读器系统整体	150
5.3 RFID 系统的编码与调制	160
5.3.1 基带编码	161
5.3.2 数字调制方式	163
5.3.2.1 幅移键控(ASK)	164
5.3.2.2 二进制频移键控(2FSK)	166
5.3.2.3 二进制相移键控(2PSK)	167
5.3.3 副载波的调制方式	167
5.4 数据校验和多重访问过程及防冲突	170
5.4.1 空间划分多重访问(SDMA)	171
5.4.2 频率域多重访问(FDMA)	172
5.4.3 时间域多重访问(TDMA)	173
5.4.4 防冲突方法举例	174
5.4.4.1 ALOHA 过程	174
5.4.4.2 时隙 ALOHA 方式	176
5.4.4.3 二进制搜索算法	179
5.5 RFID 系统数据安全	186

5.5.1	相互对等的认证	186
5.5.2	用派生密钥的认证	187
5.5.3	加密的数据传输	188
5.5.4	连续加密	189
5.6	电磁反向散射耦合与超高频的 RFID 系统	191
5.6.1	几个专业术语	191
5.6.2	微波收发器的实际工作	201
5.6.3	调制反向散射	203
5.6.4	几项参数指标	205
5.6.5	声表面波收发器	208
5.7	1 比特的 RFID	213
5.7.1	无线电频率类型	214
5.7.2	微波类型	216
5.7.3	分频器类型	218
5.7.4	电磁类型	218
5.7.5	声磁系统	220
5.8	低频 RFID 系统	222
5.8.1	只读型标签芯片 EM4100	222
5.8.2	基站(阅读器)芯片 EM4095(P4095)	226
5.8.3	基站与标签组合的 RFID 系统	231
5.8.4	EM4095 组建的 RFID 基站设计	232
5.8.4.1	硬件电路	232
5.8.4.2	软件设计	238
5.8.5	可读写的低频 RFID e5550 型标签卡	249
5.8.5.1	e5550 特征与结构	249
5.8.5.2	对 e5550 读操作编程	255
5.8.5.3	对 e5550 写操作编程	256
5.8.6	基站芯片 U2270B 与基站的设计	261
5.8.6.1	U2270B 简介	262
5.8.6.2	U2270B 的内部结构	263
5.8.6.3	基于 U2270B 的基站设计	265
5.8.7	非专用元件设计的低频 RFID 基站	271
5.8.8	维庚接口	272
5.9	高频 RFID 技术	278

5.9.1 Mifare 卡的 IC	279
5.9.1.1 Mifare 1 射频卡的特点	279
5.9.1.2 Mifare 1 射频卡结构	280
5.9.1.3 Mifare 1 射频卡的物理组成及卡片上的天线	282
5.9.1.4 Mifare 1 卡片的存储结构	284
5.9.1.5 Mifare 1 卡片存储区的操作	285
5.9.1.6 Mifare 1 卡片存储区的控制块与数据安全	285
5.9.1.7 对 Mifare 1 卡片的访问操作流程	289
5.9.2 Mifare 卡的读写器模块和芯片	289
5.9.2.1 MCM200 读写模块	290
5.9.2.2 Mifare 的专用读写芯片 MF RC500	299
5.9.3 程序设计举例	321
参考文献	324

第 1 章

穿孔卡的标识技术

在人类社会自动化和信息化的进程中,穿孔卡可以称得上是元老级的成员,而且该项技术的生命力还在以不同的形式演变并兴旺地延续着。从穿孔卡出现在最初的信息技术到现在已经跨越三个世纪,在电子计算机出现前的一百多年中,它对大规模的信息处理发挥了无可替代的作用;在计算机的诞生和发展史中,它是数据处理编程的先驱和重要的输入设备的数据载体。正是它的直观和简单赢得了广泛的应用天地,以至于今天人们习以为常地看到它的存在;所以,把穿孔卡作为信息卡系列的第一位来回顾和介绍,不仅可以得到历史的启迪,也有现实的意义。

1.1 电子计算机出现前的穿孔卡技术

1.1.1 编织机上的穿孔卡

说到穿孔卡的起源,不得不追溯到两个多世纪前的一种编织机的发展。提花编织机具有一种升降纱线的装置,能编织图案花纹绸布。提花机最早出现在中国,在战国时期的墓葬物品中,就有许多用彩色丝线编织的漂亮花布。据史书记载,西汉年间的纺织工匠已能熟练掌握提花机技术,这种机器配置了 120 根经线,平均 60 天即可织成一匹花布。明朝刻印的《天工开物》一书里,也印着一幅提花编织机的示意图。当西方人对“丝绸之路”运来的花布赞叹不已时,提花机也沿着这条路传入欧洲。不过,用当时的编织机编织图案还是相当费事。所有的花布都是用经线(纵向线)和纬线(横向线)编织,若要织出花样,织工必须按照预先设计的图案,用手在适当位置反复提起一部分经线,以便让滑梭牵引着不同颜色的纬线通过。因为机器不可能自己“想”到该在何处提线,所以只能靠人手提起一根又一根的经线,并且不厌其烦地重复这种操作,编织效率很低。

1725 年,法国纺织机械师布乔(B. Bouchon)想出了一个“穿孔纸带”的绝妙主意。布乔首先设法用一排编织针控制所有的经线运动,然后取来一卷纸带,根据图案打出一排排小孔,并把它压在编织针上。启动机器后,正对着小孔的编织针能穿过去钩起经线,其他则被纸带挡住不动。于是,编织针自动按照预先设计的图案去挑选经线,布乔的“思想”“传递”给了编织机,编织图案的“程序”也就“储存”在穿孔纸带的小孔之中。真正成功的改进是 80 年后,另一位法



国机械师杰卡德(J. Jacquard, 1752—1834), 大约在 1801 年完成了“自动提花编织机”的设计制作。他出生于里昂, 其父是位织工。虽然杰卡德在 1790 年就基本形成了自动提花机的设计构想, 但为了参加法国大革命, 他无暇顾及发明创造, 投身到里昂保卫战的行列里。直到 19 世纪到来之后, 杰卡德的机器才得以组装完成。

杰卡德为他的提花编织机增加了一种装置, 能够同时操纵 1 200 个编织针, 控制图案的穿孔纸带后来换成了穿孔卡片。1805 年, 法国皇帝拿破仑在里昂工业展览会上观看提花编织机表演后大加赞赏, 授予杰卡德古罗马军团荣誉勋章。据说, 杰卡德编织机面世后 25 年, 连考文垂附近的乡村里也有了 600 台, 在老式蒸汽机的牵引下, 按照穿孔卡片上的图案编织出一匹匹漂亮的花绸布。虽然有皇帝支持, 但是杰卡德的机器却遭到织工们的强烈反对, 因为他们害怕机器会砸掉他们的饭碗, 使他们失去工作, 发明家因此生活在恐惧之中。尽管如此, 最后这种性能优越的自动编织机还是被人们接受, 而且还派生出一种新的职业——打孔工人, 可以视为最早的“程序录入员”。今天, 许多杰卡德提花编织机仍在使用, 而且你还可以偶然发现一系列的杰卡德卡片在出售。在伦敦出版的《不列颠百科全书》和中国出版的《英汉科技词汇大全》两部书中, “JACQUARD”(杰卡德)一词的英语和汉语的解释都是“提花机”, 由此可见, 杰卡德的名字已经与提花机融为了一体。杰卡德提花机的原理, 即使到了电脑时代的今天, 依然没有更大的改动, 街头巷尾小作坊里使用的手工绒线编织机, 其基本结构仍与杰卡德编织机大体相似。杰卡德为程序控制机器开辟了广阔前景的先河。或许, 我们现在把“程序设计”俗称为“编程序”就引申自“编织花布”的词义。

图 1.1.1 展示的是杰卡德提花编织机的卡系列, 来自美国爱荷华州阿玛拉的一个毛纺厂里的小型地毯编织机。在这个系列中, 每一张卡是 9 英寸长, 1.25 英寸宽, 1/16 英寸厚, 而其他的提花织机使用的是不同尺寸的卡。所有提花织机的卡都被串在灯芯绒的布上, 而且要求有一个很重的卡托盘, 因为提花编织机的“读卡”装置完全是机械的。

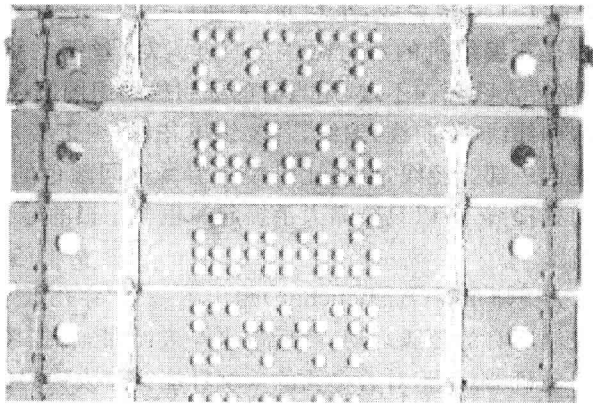


图 1.1.1 杰卡德提花编织机的卡系列

此外,杰卡德编织机“千疮百孔”的穿孔卡片,不仅可让机器编织出绚丽多彩的图案,而且意味着程序控制思想的萌芽,穿孔纸带和穿孔卡片也广泛用于早期电脑,用于存储程序和数
据。可以说,工业社会首次大规模应用程序控制的机器不是计算机,而是纺织行业中的提花编
织机(见图 1.1.2 和图 1.1.3),因为它对计算机程序设计的思想产生过巨大的影响力。

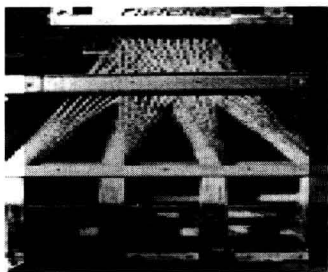


图 1.1.2 编织机局部

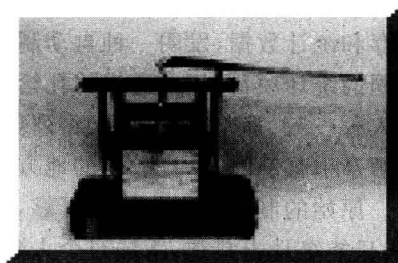


图 1.1.3 打孔机

1.1.2 数据处理中的穿孔卡

首次使用穿孔卡技术的数据处理机器,是美国统计专家霍列瑞斯(Herman Hollerith)博
士的伟大发明。

美国人口普查始于 1790 年,当时至少花了 9 个月的时间才完成了数据的统计。1880 年,
美国举行了一次全国性人口普查,为当时 5000 余万的美国人口登记造册。当时美国经济正处
于迅速发展的阶段,人口流动十分频繁;再加上普查的项目繁多,统计手段落后,从当年元月开
始的这次普查,花了 7 年半的时间才把数据处理完毕。也就是说,直到快进行第二次人口普查
时,美国政府才得知第一次人口普查期间全国人口的状况。这一事实表明,以落后的技术方法
来编制统计表格完全不能适应统计需要。为了应付 1890
年第 12 次人口普查,美国人口普查局向社会招标,希望有
人发明一种能自动编制表格的机器。

霍列瑞斯(见图 1.1.4)博士是德国侨民,早年毕业于美国哥伦比亚大学矿业学院,学的是采矿专业。大学毕业后
来到人口调查局,从事的第一项工作就是人口普查。人口
调查局的业务异常繁忙,一个行政机构也不可能提供时间
和经费让公务员搞什么科学研究。两年后,霍列瑞斯博士
离开了人口局,到专利事务所工作过一段时间,也曾任教于
麻省理工学院。他一边工作,一边致力于自动制表机的研
制。在人口局,他曾与同事们一起深入到许多家庭,填表征
集资料,深知每个数据都来之不易;他也曾终日埋在数据堆



图 1.1.4 霍列瑞斯
(Herman Hollerith, 1890—1927)



里,用手摇计算机“摇”得满头大汗,一天下来,也统计不出几张表格的数据。

人口普查需要大量处理的是数据,如年龄、性别等用调查表采集的项目,并且还要统计出每个社区有多少儿童和老人,有多少男性公民和女性公民,等等。这些数据是否也可由机器自动进行统计?采矿工程师霍列瑞斯想到了纺织工程师杰卡德 80 年前发明的穿孔纸带。杰卡德提花机是用穿孔纸带上的小孔来控制提花操作的步骤,即编写程序,而霍列瑞斯则设想要用它来储存和统计数据,发明一种自动制表的机器。1884 年,霍列瑞斯在专利申请中写道:“每个人不同的统计项目,将由适当的孔给予记录,小孔分布于一条纸带上,由机器的引导盘控制纸带输入……”。基于这种设想,霍列瑞斯制作了第一台制表机。机器上装备着一个计算器,当纸带被牵引移动时,一旦有孔的地方通过鼓形转轮表面,计数器电路就被接通,完成一次累加统计。原始的制表机工作不太可靠,迫使霍列瑞斯继续寻求改进。问题之一在于用“穿孔纸带”输入只能统计出总数,无法对个人数据进行分类和修改,也无法重新登记。

一次,当他外出乘坐火车时,列车员在车票上打孔的规程启发了他的灵感。他说:“我到

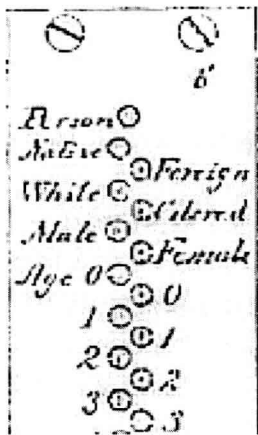


图 1.1.5 人口普查数据采集穿孔卡

西部旅行,买了一张火车票。列车员在车票上打了一个孔,我脑海中火花一闪:一个人一张票,我正是需要为每个人制造一张代表身份的穿孔卡片。”于是,霍列瑞斯把穿孔纸带改造成穿孔卡片,以适应人口数据采集的需要。由于每个人的调查数据有若干不同的项目,如性别、籍贯、年龄,等等。霍列瑞斯把每个人所有的调查项目依次排列于一张卡片上,然后根据调查结果在相应项目的位置上打孔。例如,穿孔卡片“性别”栏目下,有“男”和“女”两个选项;“年龄”栏目下有从“0 岁”到“70 岁以上”等系列选项,如此等等。统计员可以根据每个调查对象的具体情况,分别在穿孔卡片各栏目相应位置打出小孔。每张卡片都代表着一位公民的个人档案(见图 1.1.5)。

霍列瑞斯将巧妙的设计用于自动统计。他在机器上安装了一组盛满水银的小杯,穿好孔的卡片就放置在这些水银杯上。卡片上方有几排精心调好的探针,探针连接在电路的一端,水银杯则连接于电路的另一端。与杰卡德提花机穿孔纸带的原理类似:只要某根探针撞到卡片上有孔的位置,便会自动跌落下去,与水银接触接通电流,启动计数装置前进一个刻度。由此可见,霍列瑞斯穿孔卡表达的也是二进制信息,即有孔处能接通电路计数,代表该调查项目为“有”(1);无孔处不能接通电路计数,表示该调查项目为“无”(0),如图 1.1.6 和图 1.1.7 所示。

统计分类问题解决之后,打孔的困难接踵而至。过去给穿孔纸带打孔,他用的是一种小型手持式装置,常常因用力过猛把纸带打破,而改换较厚的卡片后,打孔却变得非常费力。不久,霍列瑞斯设计出一个被他称为“缩放仪”的东西,即一种半自动打孔机(见图 1.1.8),大大提高

了工作效率。因为有了新的打孔设备,他雇佣了一些女职员来从事过去繁重的体力劳动,平均每个人一天能轻松地处理 700 张卡片。以我们今天的眼光看,这些女职员应该是世界上第一批“数据录入员”。

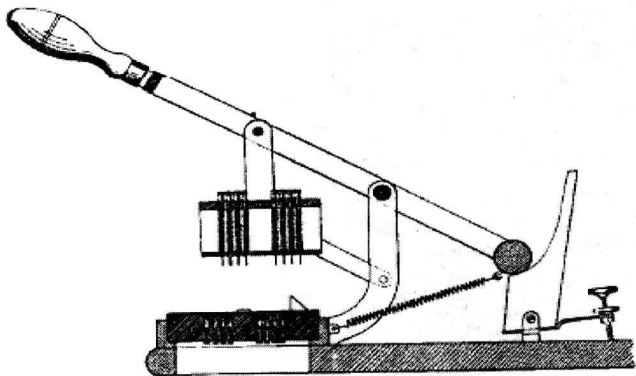


图 1.1.6 霍列瑞斯发明的带探针和水银杯的穿孔卡阅读器

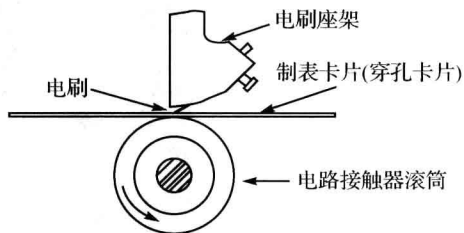


图 1.1.7 霍列瑞斯发明的电刷式穿孔卡阅读器机械原理图

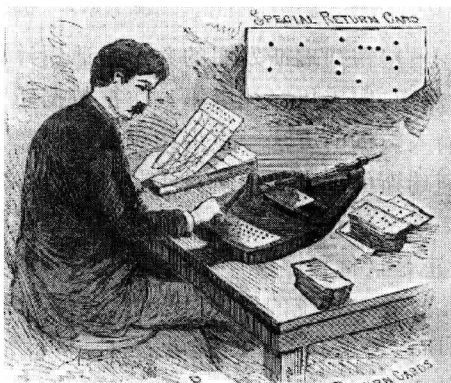
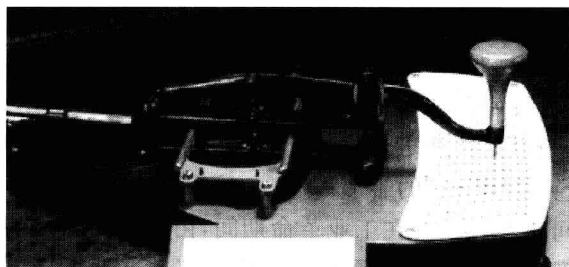


图 1.1.8 操作中的缩放式穿孔机

直到 1888 年,霍列瑞斯博士才实际完成自动制表机(见图 1.1.9)设计并申报了专利。他发明的这种机电式计数装置,比传统纯机械装置更加灵敏,1890 年后历次美国人口普查都被选用,所以获得了巨大的成功。例如,1900 年进行的人口普查全部采用霍列瑞斯制表机,平均每台机器可代替 500 人工作,全国的数据统计仅用了 1 年多时间。霍列瑞斯机器的速度和可靠性令人惊讶,每台制表机连接着 40 台计数器,处理高峰期,一天能统计 2 000~3 000 个家庭数据,总共被处理的人数达到 600 万人。在霍列瑞斯制表机的支持下,第 12 次人口普查的统计工作仅用了 6 个星期时间,其中一部分时间还被用来处理上次普查的遗留问题。这种制表

机为人口普查局节省了约 500 万美元费用。



图 1.1.9 初步统计居民人数的专用制表机

虽然霍列瑞斯发明的并不是通用计算机,除了能统计数据表格外,它几乎没有别的什么用途,然而,制表机穿孔卡第一次把数据转变成二进制信息。在以后的计算机系统里,用穿孔卡片输入数据的方法一直沿用到 20 世纪 70 年代,数据处理也发展成为计算机的主要功能之一。霍列瑞斯的成就使他跻身于“信息处理之父”的行列。

杰卡德和霍列瑞斯分别开创了程序设计和数据处理之先河。以历史的目光审视他们的发明,正是这种程序设计和数据处理,构成了计算机“软件”的雏形。

穿孔卡系统的用户、设计者和生产者之间相互影响。在工业革命期间,由于美国市场的扩张,所以要求有大型的公司,但是,增长和大型常常未能产生预期的规模经济。这种扩展要求能够在公司内部沟通。一个重要的问题是纵观巨大数量的信息调查,它们产自政策的发布、额外费用(如保险费)的支付、保险公司的补偿金和铁路公司货运的发送和接收等。为了监控这些标准的商务,设计了最早的制表统计系统。

霍列瑞斯发展了他的穿孔卡机器。1890 年的制表机仅仅可以计数,而且是手工操作。尔后,霍列瑞斯的设计有了新的进展,包括了基于列的卡片、键盘穿孔机、自动读卡器、插线板编程和分类器。到了 1907 年前,组成了霍列瑞斯第二个连贯的系统,它涵盖了穿孔、分类和制表。他把这些特点统一在基于 45 列的穿孔卡上和新的读卡系统中。这种 45 列的卡片尺寸与用在纽约中央和哈得逊河铁路公司的一样,但是包含更多的列。这些新增加的列虽然是挤在同一张卡上,但是孔位误差小,这样就可以用新的动态带刷的读卡机。进行读卡时,卡片是在

移动的。在老式的探针盒中读卡时,卡片被停下来然后等待要压下来的读针。不管是新系统还是旧系统,卡片都是电绝缘体;卡片在钢刷和一排黄铜环之间通过,一组对应卡片上的一列孔位。卡片上的孔允许电流在刷子和铜环之间通过,这样使电路闭合。机器的所有部分都与卡片的移动同步,同时记录了孔位在卡片上的行所对应的数字值。动态读卡是一个比较复杂的执行过程,但是,由于它不再需要在读卡过程中停下来,所以可以快速处理卡片。

新的制表机不同于原先的机器。首先是自动进卡,原先是放在一个单独的地方,现在合并为机器的一部分;其次是新的机器更紧凑,设计的加法单元也合并到机器的主体部分;第三是通过插线板编程,而不是像原先用螺丝钉接线。新的制表机支持 5 个加法装置,运行速度是每分钟 150 张卡片。为了节省横向空间,分类机(见图 1.1.10)是竖直的。卡片从 1.5 m 高的顶部单元进入 13 个斜道,一个道对应卡片一个纵列上 12 个位置中的一个,还有一道是为了去除空白列的卡。由于有了连续读卡机械,而不是原先间歇式的动作,这种机器提高了速度。每分钟它可以对 250 张卡分类。

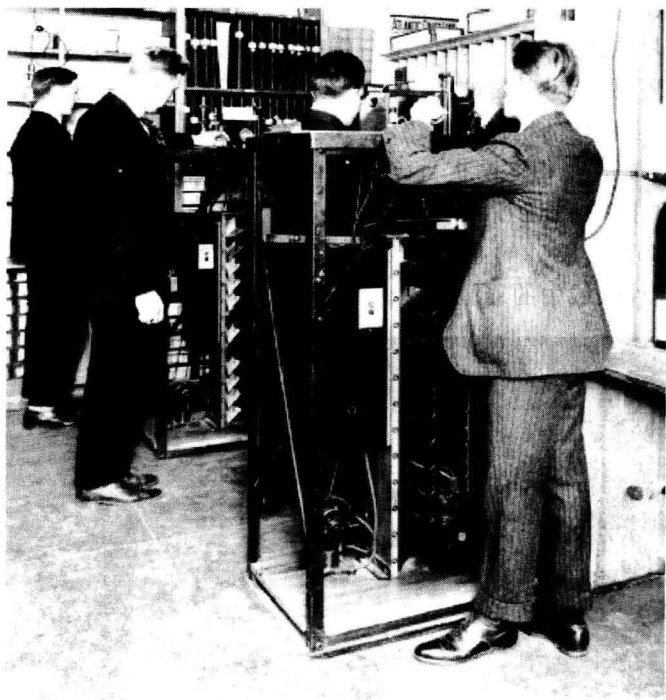


图 1.1.10 霍列瑞斯的垂直分类机

霍列瑞斯 1907 年的穿孔卡系统有两个新的主要特点:标准化的穿孔卡和电刷读卡。标准化的穿孔卡标志着霍列瑞斯系统概念上的一个改变。早期的系统是为顾客的特定应用而建