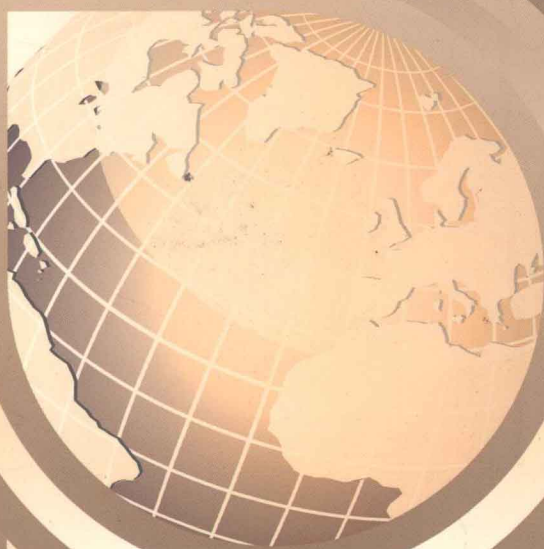


全国高等学校物联网技术应用系列教材

# 物联网条码技术与 射频识别技术



庞明 © 主编

中国物资出版社

全国高等学校物联网技术应用系列教材

# 物联网条码技术与 射频识别技术

庞 明 主编

中国物资出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

物联网条码技术与射频识别技术/庞明主编. —北京: 中国物资出版社, 2011. 5

(全国高等学校物联网技术应用系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3525 - 6

I. ①物… II. ①庞… III. ①条码技术—应用—物流—高等学校—教材②无线电信号—  
射频—信号识别—应用—物流—高等学校—教材 IV. ①F253.9②TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 156049 号

策划编辑 秦理曼

责任编辑 秦理曼

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香 梁 凡

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

三河市西华印务有限公司印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 24.75 字数: 634 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 3525 - 6/F · 1391

印数: 0001—3000 册

定价: 45.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

## 本系列教材编委会

- 何明珂 北京工商大学  
赵林度 东南大学  
施先亮 北京交通大学  
王旭坪 大连理工大学  
计国君 厦门大学  
李文峰 武汉理工大学  
张亚平 哈尔滨工业大学  
王立海 东北林业大学  
白世贞 哈尔滨商业大学  
李向文 大连海事大学

# 前 言

在生活中，各种各样的活动或者事件都会产生这样或者那样的数据，这些数据的采集与分析对于我们的生产或者生活决策来讲是十分重要的。在计算机信息处理系统中，数据的采集是信息系统的基础和前提，采集到的数据通过系统的分析和处理，最终成为影响我们决策的信息。

在信息系统早期，相当部分数据的处理都是通过手工录入，这样的做法不仅数据量十分庞大、劳动强度大，而且数据误码率较高，更达不到“实时”的目标。为了解决上述困难，人们研究和开发了各种各样的自动识别技术，从烦冗重复又不十分精确的手工劳动中解放出来，提高了系统信息的实时性和准确性，从而为生产的实时调整、财务的及时总结以及决策的正确制定提供正确的参考依据。

在当前比较流行的物联网技术研究中，条码技术和射频识别（RFID）技术分别代表了当前主流的识别技术和未来最有前途的识别技术。鉴于此，本书对这两种技术的相关知识做了简单而系统的介绍。条码技术和射频识别（RFID）技术所涉及的技术内容非常广泛，囊括了通信、计算机网络、嵌入式计算机技术、电工电子技术、软件工程、物理光学等学科，单从无线通信角度来说，不仅各种不同类型的无线通信系统不断出现，无线通信的基础技术也在不断地发展变化。故本书着眼于条码技术和射频识别（RFID）技术领域所涉及的基本理论和共性技术，内容上力求深入浅出、通俗易懂。

本书分为上下两篇、共九章（上篇五章、下篇四章），上篇介绍条码技术，下篇介绍RFID技术。上篇的第一章、第二章介绍了条码的基础知识，第三章介绍了当前几种主流的条码，第四章对条码应用技术与设备进行了简要的说明，第五章给出条码应用系统实例分析。下篇的第六章、第七章对RFID技术基础知识进行了介绍，主要是无线电技术基础知识和无线通信系统知识，第八章对RFID的具体实现技术做了详细介绍，第九章给出了物流、生产等领域应用RFID技术的成功解决方案案例。

本书由庞明担任主编、刘莉担任副主编，第一章由刘莉编写，第二章由任宗伟、付玮琼、吴绒、陈化飞、牟唯哲编写，第三章~第九章由庞明编写。

本书在编写过程中，得到了白世贞教授、霍红教授关怀和鼎力相助，在此向他们表示深深的感谢。特别地，本书的最终完成，得益于在物联网领域先行一步的专家学者的探索工作，也得益于在无线通信领域辛勤工作的前辈专家的卓越教学成果，感谢他们为本书提供的丰富素材。本书编者还要感谢设计之家网站（<http://www.sj33.cn>）、RFID中国网论坛（<http://bbs.rfidchina.org>）提供的相关资料。

由于时间有限以及编者本人水平的限制，本书可能会存在错误和不当之处，恳请广大读者和各位专家学者批评指正，意见和建议可发电子邮件至 [wuzi-press@vip.sina.com.cn](mailto:wuzi-press@vip.sina.com.cn)。

编 者  
2010年12月



# 目 录

## 上篇 条码技术

第一章 条码概述 .....	(3)
第一节 条码的发展历史 .....	(3)
第二节 条码技术的应用现状 .....	(6)
第三节 条码的定义与分类 .....	(9)
一、条码定义 .....	(9)
二、条码分类 .....	(9)
第二章 条码技术基础 .....	(13)
第一节 条码相关概念 .....	(13)
一、条码基本术语 .....	(13)
二、一维条码符号的结构 .....	(15)
三、二维条码的发展 .....	(16)
四、二维条码与一维条码的比较 .....	(16)
第二节 条码设计与制作 .....	(18)
一、条码设计与制作软件简介 .....	(18)
二、条码设计与制作的流程 .....	(18)
第三章 主流条码简介 .....	(24)
第一节 商品条码 (EAN/UPC) .....	(24)
一、EAN-13 商品条码 .....	(24)
二、EAN-8 商品条码 .....	(28)
三、UPC-A 商品条码 .....	(30)
四、UPC-E 商品条码 .....	(30)
第二节 库德巴条码 .....	(32)
第三节 128 条码 .....	(33)
一、128 条码简介 .....	(33)
二、技术标准 .....	(33)
三、应用标识符 .....	(41)
第四节 ISBN 与 ISSN 码 .....	(43)
一、ISBN 码 .....	(43)
二、ISSN 码 .....	(44)
第五节 39 码 .....	(45)
一、39 码简介 .....	(45)



二、39 码编码方式 .....	(47)
三、39 码的校验 .....	(48)
第六节 PDF417 码 .....	(49)
一、术语及定义 .....	(50)
二、基本特性 .....	(50)
三、符号结构 .....	(51)
四、符号表示 .....	(51)
五、PDF417 条码的压缩模式结构 .....	(53)
六、PDF417 条码的数据编码 .....	(57)
七、全球标记标识符 (GLI) .....	(57)
八、错误检测与纠正 .....	(59)
九、PDF417 二维条码生成算法 .....	(61)
第七节 快速响应矩阵码 QR Code .....	(63)
一、QR Code 条码特点 .....	(63)
二、相关术语 .....	(65)
三、编码字符集 .....	(66)
四、基本特性 .....	(66)
五、符号结构 .....	(67)
六、码字符号的表示 .....	(69)
七、符号的设计 .....	(75)
第八节 Datamatrix 码 .....	(77)
一、Datamatrix 码简介 .....	(77)
二、Datamatrix 的结构 .....	(78)
三、资料表示方法 .....	(79)
第九节 Maxicode 码 .....	(79)
一、Maxicode 简介 .....	(79)
二、Maxicode 基本特征 .....	(80)
三、Maxicode 的组成 .....	(81)
四、Maxicode 的模式 .....	(83)
五、Maxicode 的解码步骤 .....	(84)
第四章 条码应用技术与设备 .....	(85)
第一节 条码采集识别原理 .....	(85)
一、条码识读相关术语 .....	(85)
二、条码符号的光学特性 .....	(87)
三、光电转换、信号放大及整形 .....	(87)
四、条码识别系统的组成原理 .....	(87)
第二节 条码采集识别设备 .....	(93)



一、条码识读器的分类 .....	(93)
二、常用条码扫描设备 .....	(96)
三、条码扫描器的选购 .....	(101)
第三节 条码打印机 .....	(103)
一、条码打印机的概念 .....	(103)
二、条码打印机的技术参数和性能 .....	(104)
三、条码打印机的特点 .....	(104)
四、条码打印机的选购 .....	(104)
第四节 条码数据库技术 .....	(105)
一、数据库基本概念 .....	(105)
二、数据规范化 .....	(107)
三、数据库设计的内容 .....	(108)
四、数据处理技术 .....	(109)
五、数据仓库和数据挖掘 .....	(110)
六、条码应用系统中数据库设计的要求 .....	(112)
七、识读设备与数据库接口设计 .....	(112)
<b>第五章 条码应用系统实例分析 .....</b>	<b>(113)</b>
第一节 条码应用系统概述 .....	(113)
一、引言 .....	(113)
二、条码应用系统的组成 .....	(114)
三、条码应用系统设计的原则 .....	(115)
四、条码应用系统的运作流程 .....	(116)
五、条码应用系统的开发过程 .....	(117)
六、条码应用系统的开发方法 .....	(119)
第二节 物流领域中条码应用系统实例分析 .....	(119)
一、仓储管理中的条码应用系统实例分析 .....	(119)
二、配送中心的条码应用系统实例分析 .....	(125)
三、库存管理中条码应用系统实例分析 .....	(129)
四、生产物流中条码应用系统实例分析 .....	(131)
第三节 医药行业中条码应用系统实例分析 .....	(134)
一、条码在医药行业中的应用现状 .....	(134)
二、医药行业条码应用系统的作用 .....	(135)
三、医药行业中的条码技术 .....	(135)
四、医药行业条码应用系统的一般流程 .....	(136)
第四节 服装企业条码应用系统实例分析 .....	(139)
一、服装企业条码管理系统的作用 .....	(139)
二、服装企业使用的条码类型 .....	(139)





三、条码在服装企业管理流程中的应用 .....	(140)
四、服装企业条码应用系统的软硬件组成 .....	(141)
第五节 超市管理条码应用系统实例分析 .....	(142)
一、应用背景 .....	(142)
二、超市商品流通管理中的条码应用系统流程 .....	(142)
三、超市客户管理中的条码应用系统流程 .....	(144)
四、超市供应商管理中的条码应用系统流程 .....	(144)
五、超市员工管理中的条码应用系统流程 .....	(144)
第六节 二维条码应用系统实例分析 .....	(144)
一、二维条码技术在车辆管理中的应用 .....	(144)
二、二维条码技术在防伪管理中的应用 .....	(146)
三、二维条码技术在票务管理中的应用 .....	(147)

## 下篇 RFID 技术

第六章 RFID 概述 .....	(153)
第一节 RFID 的定义、特点和分类 .....	(153)
一、RFID 的定义 .....	(153)
二、RFID 的特点 .....	(153)
三、RFID 的分类 .....	(154)
第二节 RFID 的标准化 .....	(154)
一、RFID 标准概述 .....	(154)
二、RFID 标准化组织 .....	(155)
三、RFID 标准体系结构 .....	(156)
第三节 RFID 技术的发展现状及趋势 .....	(158)
一、RFID 技术的应用现状 .....	(158)
二、RFID 技术的应用领域 .....	(161)
三、RFID 技术的市场展望 .....	(162)
第四节 RFID 与其他技术的融合 .....	(163)
一、RFID 与智能传感技术 .....	(163)
二、RFID 与近距离无线通信技术 .....	(164)
三、RFID 技术与 3G .....	(165)
第七章 RFID 基础理论 .....	(167)
第一节 无线电技术基础 .....	(167)
一、无线射频无源器件 .....	(167)
二、无线射频有源器件 .....	(198)
第二节 无线通信系统 .....	(217)
一、GSM 移动通信系统 .....	(217)



二、CDMA 蜂窝移动通信系统	(241)
三、第三代移动通信系统	(252)
四、卫星通信	(279)
五、无线局域网	(282)
六、其他无线通信系统	(289)
第三节 系统安全理论基础	(302)
一、RFID 面临的安全问题	(302)
二、密码学基础	(304)
三、RFID 安全与隐私的解决	(319)
<b>第八章 RFID 系统工作原理及软硬件实现</b>	<b>(326)</b>
第一节 射频识别系统介绍	(326)
一、RFID 读写器	(326)
二、RFID 读写器的功能特征	(326)
三、RFID 读写器的分类	(327)
四、RFID 读写器的结构形式	(328)
五、RFID 读写器的选择	(330)
六、RFID 读写器的工作原理	(330)
七、RFID 读写器的组成结构	(331)
第二节 RFID 系统的软硬件实现	(333)
一、RFID 读写器的总体设计	(333)
二、射频天线设计	(335)
三、基于 51 系列单片机的 RFID 读写器	(347)
第三节 几种常见的 RFID 系统	(354)
一、电感耦合 RFID 系统	(354)
二、电磁反向散射 RFID 系统	(355)
三、声表面波标签的识别原理	(357)
<b>第九章 RFID 解决方案及应用实例分析</b>	<b>(360)</b>
第一节 曼谷新机场 RFID 航空货运跟踪系统	(360)
一、背景	(360)
二、系统目标	(361)
三、RFID 应用解决方案	(361)
四、系统效果	(362)
第二节 RFID 煤矿紧急营救系统	(362)
一、系统工作原理	(363)
二、辅助救援	(363)
三、煤矿紧急营救系统具体应用方案	(363)
四、软件功能介绍	(366)



五、煤矿紧急营救系统参数说明 .....	(374)
第三节 石油石化行业解决方案 .....	(376)
一、物流业务具体分析 .....	(376)
二、方案概述 .....	(378)
三、石油石化综合信息平台功能 .....	(379)
参考文献 .....	(382)



上 篇

条码技术





# 第一章 条码概述

本章对条码的历史、现状和定义、分类等知识进行了介绍。

## 第一节 条码的发展历史

条码技术最早产生在风声鹤唳的 20 世纪 20 年代，诞生于威斯汀豪斯（Westinghouse）的实验室里。一位名叫约翰·科芒德（John Kermode）的性格古怪的发明家“异想天开”地想对邮政单据实现自动分检，那时候对电子技术应用方面的每一个设想都使人感到非常新奇。

他的想法是在信封上做条码标记，条码中的信息是收信人的地址，就像今天的邮政编码。为此科芒德发明了最早的条码标识，设计方案非常的简单（这种方法称为模块比较法），即一个“条”表示数字“1”，两个“条”表示数字“2”，以次类推。然后，他又发明了由基本的元件组成的条码识读设备：一个扫描器（能够发射光并接收反射光）；一个测定反射信号条和空的方法，即边缘定位线圈；和使用测定结果的方法，即译码器。

科芒德的扫描器利用当时新发明的光电池来收集反射光。“空”反射回来的是强信号，“条”反射回来的是弱信号。与当今高速度的电子元器件应用不同的是，科芒德利用磁性线圈来测定“条”和“空”。就像一个小孩将电线与电池连接再绕在一颗钉子上来夹纸。科芒德用一个带铁芯的线圈在接收到“空”的信号的时候吸引一个开关，在接收到“条”的信号的时候，释放开关并接通电路。因此，最早的条码阅读器噪声很大。开关由一系列的继电器控制，“开”和“关”由打印在信封上“条”的数量决定。通过这种方法，条码符号直接对信件进行分检。

此后不久，科芒德的合作者道格拉斯·杨（Douglas Young），在科芒德码的基础上作了些改进。

科芒德码所包含的信息量相当的低，并且很难编出十个以上的不同代码。而杨码使用更少的条，但是利用条之间空的尺寸变化，就像今天的 UPC 条码符号使用四个不同的条空尺寸。新的条码符号可在同样大小的空间对一百个不同的地区进行编码，而科芒德码只能对十个不同的地区进行编码。

直到 1949 年的专利文献中才第一次有了诺姆·伍德兰（Norm Woodland）和伯纳德·西尔沃（Bernard Silver）发明的全方位条码符号的记载，在这之前的专利文献中始终没有条码技术的记录，也没有投入实际应用的先例。诺姆·伍德兰和伯纳德·西尔沃的想法是利用科芒德和杨的垂直的“条”和“空”，并使之弯曲成环状，非常像射箭的靶子。这样扫描器通过扫描图形的中心，能够对条码符号解码，不管条码符号的方向如何，如图 1-1 所示。

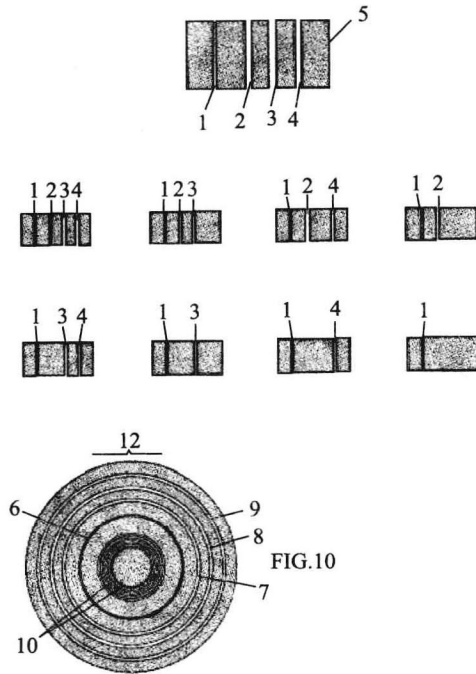


图 1-1 诺姆·伍德兰的全方位条码

在利用这项专利技术对其进行不断改进的过程中，一位科幻小说作家艾萨克·阿西莫夫 (Isaac Azimov) 在他的《赤裸的太阳》(The Naked Sun) 一书中讲述了使用信息编码的新方法来实现自动识别的事例。那时人们觉得此书中的条码符号看上去像是一个方格子的棋盘，但是今天的条码专业人士马上会意识到这是一个二维矩阵条码符号。虽然此条码符号没有方向、定位和定时，但很显然它表示的是高信息密度的数字编码。

以古拉德·费伊塞尔 (Girard Fessel) 为代表的几名发明家于 1959 年申请了一项专利，描述了 0~9 中每个数字可由七段平行的“条”组成。这种条码在当时机器难以识读，人读起来也不方便。不过这一构想促进了后来条码的产生与发展。不久，E. F. 布宁克 (E. F. Brinker) 申请了另一项专利，该专利是将条码标识在有轨电车上。20 世纪 60 年代后期，西尔沃尼亚 (Sylvania) 发明的一个条码系统被北美铁路系统采纳。这两项可以说是条码技术最早期的应用。

1970 年美国成立美国统一编码协会 (UCC)，美国邮政局采用长短形条码表示信函的邮政编码。同年，美国超级市场 AdHoc 委员会制定了通用商品代码——UPC 代码 (Universal Product Code)，如图 1-2 所示，此后许多团体也提出了各种条码符号方案。UPC 商品条码首先在杂货零售业中试用，这为以后该码制的统一和广泛采用奠定了基础。1971 年，布莱西公司研制出“布莱西码”及相应的自动识别系统，用于库存验算。这是条码技术第一次在仓库管理系统中应用。1971 年欧洲的一些图书馆采用 Plessey 码。1972 年，莫那奇·马金 (Monarch Marking) 等人研制出库德巴码 (Coda Bar)，主要应用于血库，是第一个利用计算机校验准确性的码制。同年，交插 25 码被 Intemec 公司的戴维·阿利尔 (David Allair)



博士开发出来，提供给 Computer-Identics 公司，此条码可在较小的空间内容纳更多的信息。

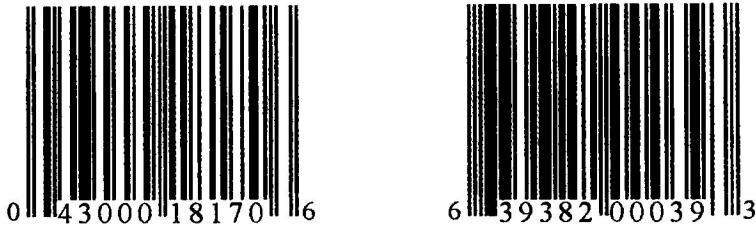


图 1-2 UPC 条码

1973 年美国统一编码协会 (UCC) 在 IBM 公司的条码系统基础上建立了 UPC 码系统，并且实现了该码制标准化，为条码技术在商业流通销售领域里的广泛应用，起到了积极的推动作用。

1974 年，Intermec 公司的戴维·阿利尔 (David Allair) 博士研制出 39 码，很快被美国国防部采纳，作为军用条码码制。39 码是第一个字母、数字式的条码，后来被广泛应用于工业领域。

1976 年美国和加拿大在超级市场上成功地使用了 UPC 系统，这给人很大的鼓舞，尤其是欧洲人对此产生了很大的兴趣。1977 年欧洲共同体在 UPC-A 码的基础上制定出欧洲物品编码 EAN-13 码和 EAN-8 码，签署了“欧洲物品编码”协议备忘录，并成立了欧洲物品编码协会 (EAN)。到 1981 年，由于 EAN 组织已发展成为一个国际性组织，被称为“国际物品编码协会”，一般简称 IAN，但由于习惯和历史原因，该组织至今仍沿用 EAN 作为其组织的简称。

1978 年日本在 EAN 的基础上开发出 JAN 码。1980 年美国国防部采纳 39 码作为军事编码。美国军用标准 Military 标准 1189 被采纳，93 码开始使用。1983 年美国制定了 ANSI 标准 MH10.8M，包括交叉 25 码、39 码和库德巴码。1987 年美国人 David Allair 博士提出 49 码。特德·威廉斯 (Ted Williams) 于 1988 年推出了一种二维条码码制——16K 条码，该码的结构类似于 49 码，是一种比较新型的码制。美国国际资料公司 (International Data Matrix, ID Matrix) 于 1989 年发明 Data Matrix 二维条码。1990 年 Symbol 公司推出二维条码 PDF417。1994 年 9 月日本 Denso 公司研制成 QR code。2003 年中国龙贝公司研制成龙贝码 (如图 1-3 所示)，矽感公司研制成二维半条码码制——Compact Matrix。从此，中国在二维条码方面有了自主知识产权。



图 1-3 龙贝码





自动识别设备和印制技术伴随着条码码制的不断开拓创新，也得到了长足的发展。1951年 David Shppard 博士研制出第一台实用光学字符（OCR）阅读器。此后 20 年间，50 多家公司和 100 多种 OCR 阅读器进入这个市场。1964 年识读设备公司（Recognition Equipment Inc.）在美国印第安那州的 Fort Benjamin Harison 安装了第一台带字库的 OCR 阅读器，可用来识读普通打印字符。1967 年美国辛辛那提的一家超市首先使用条码扫描器。1968 年第一家全部生产条码相关设备的公司 Computer—Identics 由 David Collins 创建。1969 年第一台固定式氦-氛激光扫描器由 Computer—Identics 公司研制成功。到 1970 年 Iterface Mechanisms 公司开发出“二维条码”之后，才有了价格适于销售的二维矩阵条码的打印和识读设备。那时二维矩阵条码用于报社排版过程的自动化。二维矩阵条码印在纸带上，由今天的一维 CCD 扫描器扫描识读。CCD 发出的光照在纸带上，每个光电池对准纸带的不同区域。每个光电池根据纸带上印刷条码与否输出不同的图案，组合产生一个高密度信息图案。用这种方法可在相同大小的空间上打印一个单一的字符，作为早期科芒德码之中的一个单一的条。定时信息也包括在内，所以整个过程是合理的。当第一个系统进入市场后，包括打印和识读设备在内的全套设备大约要 5000 美元。此后不久，随着 LED（发光二极管）、微处理器和激光二极管的不断发展，迎来了新的标识符号（象征学）和其应用的大爆炸，人们称之为“条码工业”。1971 年 Control Module 公司的 Jim Bianco 研制出 PCP 便携式条码阅读器，这是首次在便携机上使用微处理器（Intel 4004）和数字盒式存储器，此存储器提供 500K 存储空间，为当时之最。阅读器重 27 磅。同年，第一台便携笔式扫描装置 Norand 101 在 Norand 公司问世，预示着便携零售扫描应用的大发展和自动识别技术进入到一个崭新领域。它为实现“从货架上直接写出订单”提供了便利，大大减少了制订订货计划的时间。识别设备公司开发出手持式 OCR 阅读器，用于 Sears、Roebuck。这是仓储业使用的第一台手持 OCR 阅读器。1974 年 Intermec 公司推出 Plessey 条码打印机，这是行业中第一台“Demand”接触式打印机。第一台 UPC 条码识读扫描器在俄克拉何马州的 Marsh 超级市场安装，那时只有 27 种产品采用 UPC 条码，商场设法自己建立价格数据库，扫描的第一种商品是十片装的 Wrigley 口香糖，标价 69 美分，由扫描器正确读出。许多来自各地的人们，包括日本和丹麦，纷纷前来观看机器的操作运行。1982 年手持式激光条码扫描器实用化，十几年后，美国大多数的超级市场采用了扫描器。1988 年可见激光二极管研制成功，美国的 Ted Willians 相应地提出适合激光系统识读的 16K 码。到 1989 年，17180 家食品店装上了扫描系统，占全美食品店的 62%。

今天，很少能找到没有直接接触过条码技术的公司或个人。由于条码技术的进步与发展非常迅速，并且每天都有越来越多的应用领域被开发，条码将使生产、生活的每一个步骤都变得越来越轻松和方便。

## 第二节 条码技术的应用现状

条码作为一种及时、准确、可靠、经济的数据输入手段，已被物流信息系统所采用。在工业发达的国家已经普遍应用，成为商品独有的世界通用的“身份证”。条码技术在欧美地区和日本等国家已经普遍使用，而且正在世界各地迅速推广和普及，其应用领域还在不断扩