

前沿电子信息专业教材系列

集成电路 制造技术

张亚非 段力 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

前沿电子信息专业教材系列



集成电路 制造技术

张亚非 段力 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书主要讲述集成电路与微纳制造工艺技术,既有基本原理和工艺技术的阐述,也有国内外近期发展状况的介绍。本书把集成电路的工艺技术分类为图形化(光刻)、加法(薄膜的技术)、减法(刻蚀技术)、乘除法(离子注入、silicide)及其集成电路工程学(良率、可靠性)和集成电路后勤工作(超净间、IC 衍生产业链)几大类,便于学生掌握、记忆和类推。

本书可作为高等院校微电子学和半导体专业本科生的教材,也可供有关专业本科生、研究生及工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

集成电路制造技术 / 张亚非,段力编著. —上海:
上海交通大学出版社,2018
ISBN 978-7-313-18651-5

I. ①集… II. ①张… ②段… III. ①集成电路工艺
IV. ①TN405

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 319671 号

集成电路制造技术

编 著:张亚非 段 力

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出 版 人:谈 毅

印 制:上海天地海设计印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:639 千字

版 次:2018 年 10 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-18651-5/TN

定 价:88.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:28

印 次:2018 年 10 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:021-64366274

前言

集成电路是现代信息产业和信息社会的基础,是改造和提升传统产业的核心技术,随着全球信息化、网络化和知识经济浪潮的到来,集成电路产业的战略地位越来越重要。半导体集成电路发展极快,不论是集成度、外封装类型还是新型电路,都在日新月异地变化,尤其是集成电路的工程与技术,是一门与时俱进性非常强的学科。本书的章节的排列次序与方式,不是按照集成电路各项工艺的年代和次序来分的,而是按照集成电路工艺环节的重要性进行编写的。此外,在本书的内容当中,加入了集成电路设计与集成电路制造的关系,以及集成电路产业链的整体情况,希望能够对读者对于集成电路整个工程有一个全面的了解。集成电路制造技术在集成电路专业体系知识中的相对位置,如下图所示。用树状结构来描述集成电路整体结构和集成电路制造技术的相对关系,有利于帮助学生有机地掌握集成电路专业知识,对未来的工程实践和职业发展很有裨益。



全书内容共分3篇9章,具体为:第1篇 集成电路及其设计与制造,第2篇 集成电路的基本工艺与方法,第3篇 集成电路工程学及其后勤工程。第1篇主要阐述集成电路器件的基本原理,以及集成电路设计与制造的关系,包括EDA(Electronic Design Automation)对设计、制造、测试等相关环节辅助的强大作用。这部分内容由张亚非、段力、陈达主写,并由段力与上海交通大学微纳电子学系2013届大一本科生:李嘉雯 沈宇蓝 黄昱婷 翁昊天 费思豪 李冠鋆 尹海韬 全东旭 庄乙成 黄扬华 李永博 陈鸿键 李岑 林炳辉 刘骏尘 沈冲 戴一凡 隋宇 杨荣宗等协助完成。第2篇阐述集成电路制造技术的主体部分,共分为四个主要部分,与以往集成电路工艺的教科书不同,不是按照集成电路各项工艺的年代和次序来分的,而是按照集成电路工艺环节的重要性进行编写。首先是光刻技术,这是集成电路工艺的首要关键技术;然后是薄膜技术、刻蚀技术和掺杂技术,也就是所谓的集成电路“加法”“减法”和“乘法”工艺技术。这一部分内容由段力、凌行、王家敏、陈秋龙、常程康撰写。第3篇首先讲叙集成电路工程学,主要阐述和集成电路制造公司密切相关联的工程学问题。例如良率、可靠性、电学性能测量(ET)、集成电路工程的中庸原理等等。这部分内容由段力撰写。其次是集成电路后勤工程,主要阐述集成电路制造的辅助工程及相关的第三产业,例如超净间、化学品、去离子水、及其集成电路测量的微分析技术。这部分内容主要由段力、常程康、惠春、韦红雨及上海交通大学微纳电子学系2014届学生协助完成,他们是陆叶王青,张灏,高舜涵,张毅佳,马昊泽,吴齐天,李海泉,涂家铭,刘荣荣,何涛,肖奇,范以平,张超,沈林耀,朱俊彦,王文铮,余菁,陈业睿,杨子健,范姜士杰,张博,蒋玮捷,武亦文。

本书三大篇既可独立成文,也可全书连成一体;既有基本原理的阐述,也有国、内外近期发展情况。本书可作为高等院校微电子学和半导体专业本科生的教材,也可供有关专业的本科生、研究生以及工程技术人员阅读参考。书中定有我们目前尚未认识的错误和不当之处,敬请读者们批评指正。

我们也要再次感谢上海交通大学出版社自始至终的鼓励、支持和鼎力相助,这本书才能完成并展现在广大读者的面前!希望这本书能够以实际资料来启发国内半导体产业的学者、专家、技术工作者和研究生们独有的创新和发明,让我们的半导体产业与日俱进,从制造到创造,再创华夏辉煌盛世!

由于国内对于半导体和集成电路领域的很多专业名词缺乏统一的中文翻译,这种情形在许多新兴领域都存在,因而很多文章在中文后加注英文,而这种做法会造成图表过长。因此作者在部分中文翻译很不统一的图表中采用了英文,而在相应正文解释中采用中文加注英文的形式,这会给行内的读者带来极大的便利。作者强调,尽管本书中尽量采用通用的译法,但书中采用的中文名词很可能有其他的译法,读者必须注意原始英文名称,以免产生错误理解。

第 1 篇 集成电路及其设计与制造

第 1 章 微电子改变了人们的生活	3
1.1 集成电路的简要历史	3
1.2 集成电路改变人们生活	5
1.3 集成电路对生活的改变——未来展望	12
第 2 章 集成电路近 30 年的发展	14
2.1 半导体与集成电路的产生及早期的发展	14
2.2 摩尔定律	16
2.3 集成电路发展史的几个重要节点	20
2.4 集成电路产业,集成电路职场	32
第 3 章 集成电路的设计与制造技术及其基本原理	41
3.1 集成电路的设计与制造之间的关系及桥梁	41
3.2 集成电路的设计、仿真、检验	43
3.3 半导体器件基本原理	49
3.4 集成电路基本原理	62

第 2 篇 集成电路的基本工艺方法

第 4 章 图形化：光刻工艺	67
4.1 光学系统	69
4.2 掩膜版技术	74
4.3 光刻胶	79
4.4 光刻技术	82
4.5 光刻缺陷	85
4.6 深紫外光刻工艺技术	86

第 5 章 集成电路工艺的“加法”：薄膜生长与淀积	88
5.1 薄膜生长技术	91
5.2 薄膜淀积技术	105
5.3 薄膜的表征	144
5.4 集成电路常用薄膜	153
第 6 章 集成电路工艺的“减法”：薄膜的刻蚀	208
6.1 薄膜刻蚀概述	208
6.2 湿法刻蚀	211
6.3 干法刻蚀	214
6.4 剥离技术(Lift-off)	231
6.5 CMP 技术	232
第 7 章 改性与掺杂工艺	241
7.1 扩散工艺技术	241
7.2 离子注入技术	248
7.3 退火与热处理工艺	265

第 3 篇 集成电路工程学及其后勤工程

第 8 章 集成电路工程学	285
8.1 集成电路质量控制的工程学方法： 6σ 原理, Cpk, 统计质量控制(SQC)	285
8.2 实验设计方法(DOE)	288
8.3 晶片的良率	290
8.4 可靠性	296
8.5 生产集成与自动化, 计算机集成制造	305
8.6 设备通信及装置自动化	314
8.7 半导体计算机集成公司(Fabless)与半导体制造厂商(Foundry)合作状况, 集成电路顾问公司(IC Consulting)的支援	321
第 9 章 集成电路的后勤工程	325
9.1 晶体、晶圆、SOI 及异质衬底	325
9.2 集成电路制造中的材料及化学品	343
9.3 硅片清洗工艺, 化学清洗与物理清洗、金属的去除与有机污染	362
9.4 清洗技术	382
9.5 微分析技术, 常用微分析仪器, 故障分析 FA	400
9.6 超净间	428
9.7 集成电路供应链, 集成电路产业链	432

第 1 篇

集成电路及其设计与制造



第 1 章 微电子改变了人们的生活

我们正处在有史以来最能改变人类生活的技术革命漩涡的中心。70 年在人类历史上只是一瞬间。在最近这 70 年中一个技术发现引发了百舸争流,随之产生了遍布全球的一系列变革,带给人类前所未有冲击。这些变革在全球范围内,持续加速改变着人类的生存方式;这一重大的发现就是我们所说的集成电路。虽然集成电路已成为大家耳熟能详的词汇,但它究竟指的是什么?为什么会有改变世界的力量,本书接下来的内容,将为读者一一讲解。

1.1 集成电路的简要历史

如果要举出 20 世纪最伟大的发明及其价值,很少有人会想到集成电路。因为我们往往会说出一些仰赖集成电路运作的装置(如计算机、手机、飞机等),却很少想到在 1958 年首度以晶体管组成的集成电路。其实从许多角度来说这是情有可原,毕竟现今的集成电路本身非常迷你——或用现代精准的术语来说,属于纳米规格,执行的又是看不到的功能,自然不太引人注目,然而所有现代电子产品都通过这些电路运转,从个人计算机、智能型手机到电视,无不仰赖它来执行各种关键程序。

第一块集成电路板如图 1-1 所示。

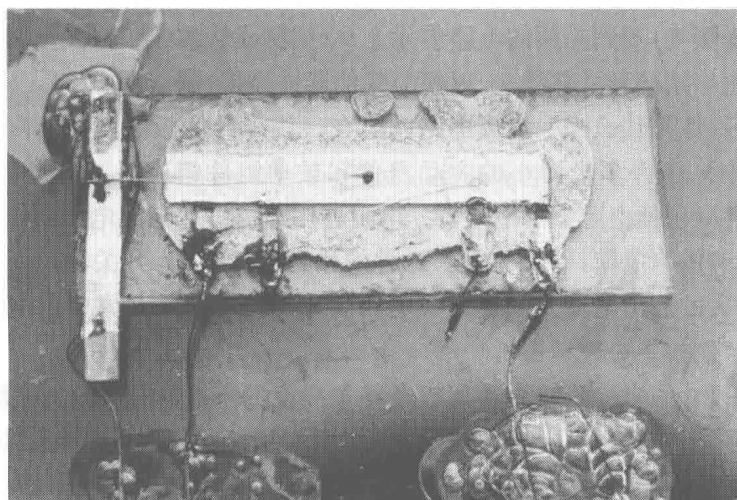


图 1-1 第一块集成电路

集成电路的发展进程如图 1-2 所示。

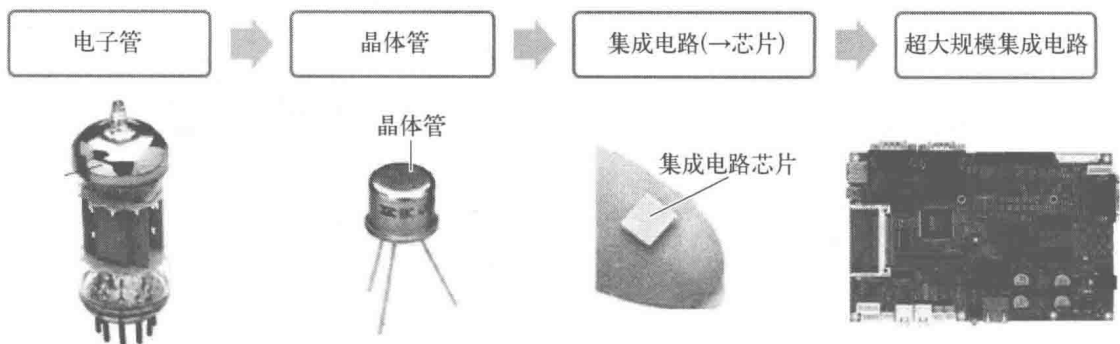


图 1-2 集成电路发展进程

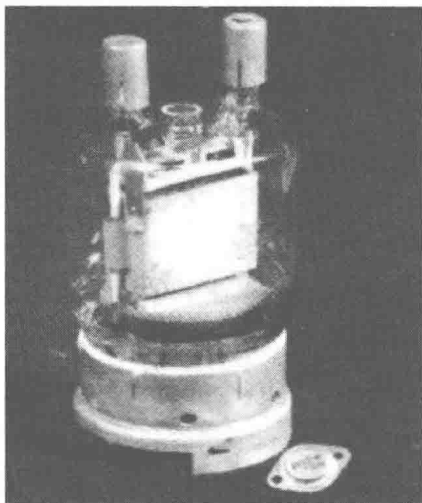


图 1-3 大功率真空晶体管

从第一只晶体管的发明就预示着晶体管在不远的将来会取代当时还处于鼎盛时期的电子器件——真空电子管，将两者放在一起，尺寸上产生强烈的差别（见图 1-3）。大功率真空电子管是一只硕大、由玻璃壳封装的，但与其电学参数十分接近的一只大功率晶体管却只在右下角。

在现代集成电路制造工艺原理课程中，半导体硅材料始终是主角。硅在地球上的蕴藏量是极为丰富的。由自然界采集来富含硅成分的化合物，经过提纯而得到高纯度的多晶硅。以高纯多晶硅为原料，经加工、掺杂得到符合集成电路制造要求的单晶硅棒。再将单晶硅棒按特定的晶体取向要求切割成薄片。这就是我们通常所说的硅片。

一个芯片的制造流程（见图 1-4）就是在此基底上，再经过光刻（俗称流片，即先设计好电路图，通过激光曝光，刻到晶圆的电路单元上）→切割成管芯（裸芯片）→封装（也就是把管芯的电路管脚，用导线接到外部接头，以便与其他器件连接）制造而成。

但集成电路具体是什么呢？集成电路就是在—块半导体板上，由数种金属和半导体组件组合而成，其中包含许多极微小的主动组件和被动组件组成。主动组件包括晶体管和二极管；被动组件则包括电容器和电阻器。电阻器用来提供适当的电阻值，电容器则表现像电池般可以存储和放出电荷，而晶体管有两种作用，一种是作为开关器，另一种是作为放大器为电路提供较大的输出电流。上述集成电路制成的处理器就是常见的芯片，大小通常从数毫米到数厘米（例如中央处理器）。

随着晶体管尺寸的进一步缩小和集成电路集成度的不断增加，势必使集成电路变得更加便宜，功能更强，模块化程度更高，同时电路的可靠性也不断提高，新的控制技术的采用使得生产成本降低，从而导致了产品的价格不断下降，使集成电路的应用领域也不断扩大。透过多种芯片结合在一起，就能制造出许许多多改变我们生活的各式电子产品。可以说现今

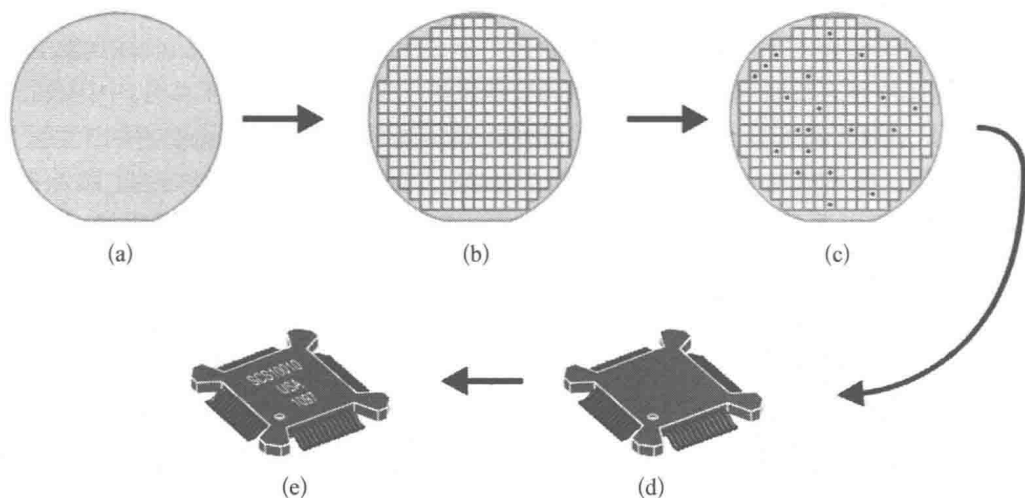


图 1-4 芯片制造流程

(a) 初始硅片 (b) 芯片制造 (c) 芯片测试 (d) 芯片封装 (e) 出厂前的最终测试和质量等级分类

我们的日常生活,与集成电路之间的关系密不可分。

1.2 集成电路改变人们生活

在了解集成电路的基本制作过程之后,相信大家对于什么是集成电路有了基本的了解。但是,对于它为什么有这么大的作用,它是从哪些方面对我们的生活产生影响的,大家或许还心存疑惑。接下来本文将从交通、通信、医疗保健、经济、教育、体育、娱乐等其他方面详细阐述集成电路对我们日常生活产生的影响。

1.2.1 交通

集成电路的发展大大地影响了我们生活中的方方面面。最直接的就是芯片,面积越来越小,功能却越来越强的芯片使得我们生活中的交通工具越来越多,给每一个人的生活都带来了极大的方便。陆地上的汽车,海洋里的轮船,天空中的飞机,大大缩短了人们交往的距离,为我们的生活提供方便;火箭和宇宙飞船的发明,使人类探索另一个星球的理想成为现实。也许在不远的将来,我们可以到太空中去旅行观光,我们的孩子可以到另一个星球去观察学习。以人力、畜力和风力作为动力的交通工具占据了人类历史的绝大部分时间。直至1769年詹姆斯·瓦特发明蒸汽机,人类交通工具的发展才进入飞速发展阶段,短短数百年,人类不仅能上天(飞机、航天飞机、火箭),而且能入海(潜艇),技术也日新月异。

从蒸汽阶段经历内燃阶段到电气阶段再到现在的自动化阶段,集成电路的发展起了决定性的作用。尤其是大型飞机制造属于高新技术,现在基本垄断在发达国家手中。问题的关键就在于制造飞机的芯片,可见集成电路决定了高新的交通工具,其先进的程度更直接代表了一个国家的国力。同样的,航天航空中的芯片更是核心技术,中国于1970年4月24日成功地发

射了第一颗人造地球卫星。这标志着中国已全面掌握运载火箭技术,卫星通信由试验阶段进入实用阶段。1988年9月7日,中国用“长征4号”运载火箭成功发射一颗试验性气象卫星“风云一号”。这是中国自行研制和发射的第一颗极地轨道气象卫星。1990年4月,中国自行研制的“长征三号”运载火箭把亚洲一号通信卫星送入预定轨道,首次成功为国外用户发射卫星。1999年11月20日6时30分,神舟一号飞船在酒泉卫星发射基地顺利升空,经过21小时的飞行后顺利返回地面。所有这些都是集成电路发展的成果。图1-5为神舟十号飞船。

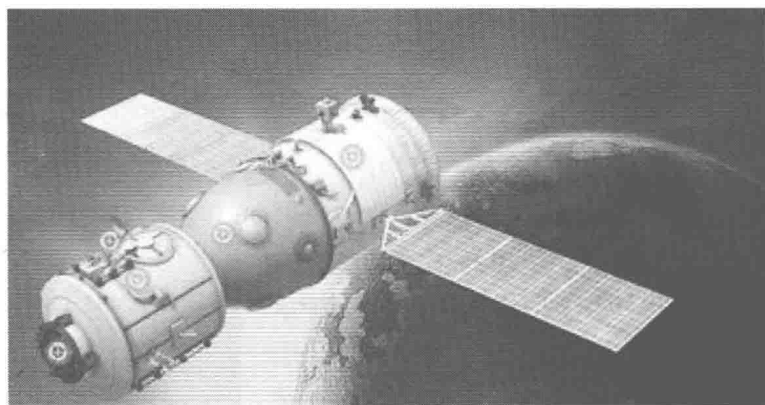


图1-5 神舟十号飞船^①

再来说说我们生活中的交通,每个十字路口都存在交通信号灯,红黄绿的变化就是由集成电路来控制的。我们现在的出行大多都是刷交通卡,这样方便而又快捷,而其要正常工作,里面那块小小的芯片必不可缺。有时候我们开车出行去到不熟悉的地方,就要依赖GPS导航,其工作原理是由地面主控站收集各监测站的观测资料和气象信息,计算各卫星的星历表及卫星钟改正数,按规定的格式编辑导航电文,通过地面上的注入站向GPS卫星注入这些信息。测量定位时,用户可以利用接收机的储存星历得到各个卫星的粗略位置。根据这些数据 and 自身位置,由计算机选择卫星与用户连线之间张角较大的四颗卫星作为观测对象。观测时,接收机利用码发生器生成的信息与卫星接收的信号进行相关处理,并根据导航电文的时间标和子帧计数测量用户和卫星之间的伪距。将修正后的伪距及输入的初始数据及四颗卫星的观测值列出3个观测方程式,即可解出接收机的位置,并转换所需要的坐标系,以达到定位目的。GPS定位系统又称GPRS(见图1-6),简单来说GPS定位系统是

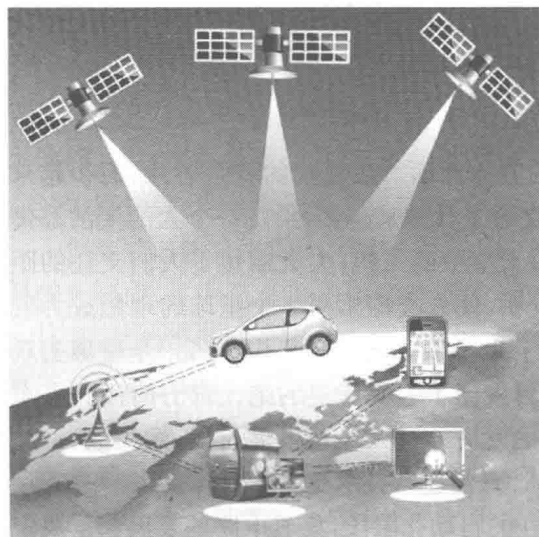


图1-6 车载GPS定位系统

表及卫星钟改正数,按规定的格式编辑导航电文,通过地面上的注入站向GPS卫星注入这些信息。测量定位时,用户可以利用接收机的储存星历得到各个卫星的粗略位置。根据这些数据 and 自身位置,由计算机选择卫星与用户连线之间张角较大的四颗卫星作为观测对象。观测时,接收机利用码发生器生成的信息与卫星接收的信号进行相关处理,并根据导航电文的时间标和子帧计数测量用户和卫星之间的伪距。将修正后的伪距及输入的初始数据及四颗卫星的观测值列出3个观测方程式,即可解出接收机的位置,并转换所需要的坐标系,以达到定位目的。GPS定位系统又称GPRS(见图1-6),简单来说GPS定位系统是

^① 神舟十号飞船全长约9米,最大直径2.8米,质量约8吨。

靠你的车载终端内置一张手机卡,通过手机信号传输到后台来实现定位,GPS终端就是这个后台,可以帮你实现一键导航、后台服务等各种人性服务。这自然也是集成电路带来的福音。

交通工具在不断发展创新,交通安全自然也不可忽视。在开车上高架之后,有一块电子版用红黄绿三种颜色来告诉我们哪里比较拥堵,哪里十分通畅。在很多路口都有电子警察代替交警,来监察是否有违规违章的车辆,并拍下照片。在发生交通事故以后,也有及时的信息交互网络使得警察可以第一时间来到事故现场处理。所有这些都离不开集成电路。

一个现代化的喷气式客机有大量的电子控制器件和成百上千台机载计算机,更不用说基于卫星的全球定位系统能指引飞机飞行95%的航程。在起飞和降落期间空姐为什么要坚持必须关闭所有的电子设备?她们担心,你的小工具(电子式漏电)传输的误导信号可能会无意中干扰飞机的航空仪器!总之,没有晶体管,也就没有全球性的交通网络。可见集成电路的发展大大改变了我们的交通,改变了我们的生活。

1.2.2 通信

人类进行通信的历史已很悠久。早在远古时期,人们就通过简单的语言、壁画等方式交换信息。千百年来,人们一直在用语言、图符、钟鼓、烟火、竹筒、纸书等传递信息。古代人的烽火狼烟、飞鸽传信、驿马邮递就是通信方式例子。现在还有一些国家的个别原始部落,仍然保留着诸如击鼓鸣号这样古老的通信方式。在现代社会中,交通警察的指挥手语、航海中的旗语等不过是古老通信方式进一步发展的结果。这些信息传递的基本方法都是依靠人的视觉与听觉。

19世纪中叶以后,随着电报、电话的发明,电磁波的发现,人类通信领域产生了根本性的巨大变革,实现了利用金属导线来传递信息,甚至通过电磁波来进行无线通信,使神话中的“顺风耳”“千里眼”变成了现实。从此,人类的信息传递可以脱离常规的视听觉方式,用电信号作为新的载体,因此带来了一系列技术革新,开始了人类通信的新时代。

1837年,美国人塞缪尔·莫尔斯(Samuel Morse)成功地研制出世界上第一台电磁式电报机(见图1-7)。他利用自己设计的电码,可将信息转换成一串或长或短的电脉冲传向目的地,再转换为原来的信息。1844年5月24日,莫尔斯在国会大厦联邦最高法院会议厅进行了“用莫尔斯电码”发出了人类历史上的第一份电报,从而实现了长途电报通信。

1864年,英国物理学家麦克斯韦(J.C.Maxwel)建立了一套电磁理论,预言了电磁波的存在,说明了电磁波与光具有相同的性质,两者都是以光速传播的。

1875年,苏格兰青年亚历山大·贝尔(A.G.Bell)发明了世界上第一台电话

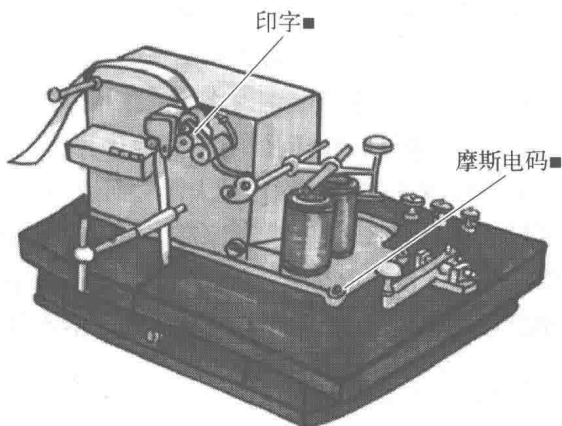


图1-7 莫尔斯电报机

机。并于 1876 年申请了发明专利。1878 年在相距 300 千米的波士顿和纽约之间进行了首次长途电话实验,并获得了成功,后来就成立了著名的贝尔电话公司。

1888 年,德国青年物理学家海因里斯·赫兹(H.R.Hertz)用电波环进行了一系列实验,发现了电磁波的存在,他用实验证明了麦克斯韦的电磁理论。这个实验轰动了整个科学界,成为近代科学技术史上的一个重要里程碑,导致了无线电的诞生和电子技术的发展。

说完通信的演变历史,就要来谈谈最贴近我们生活中的通信了。目前,电脑网络通信,人工智能(通俗地说,指的主要是机器人),大型数据库,多媒体技术一起,构成了信息科技的四大热门领域。

随着电脑网络通信和人工智能技术的发展,将来,我们的单位和家庭,只要有一台连接上了网络的电脑,将不必每天去挤公共汽车、地铁,或乘出租汽车去上班,就能获得各种信息,完成种种日常工作,签订合同,自动查阅我们所需要的资料。这样,可以减轻城市交通的压力,改善大气环境。在日常生活中,慢慢上学、购物、看病、进行各种娱乐活动,也能借助于电脑网络。看影碟不必一张张地买,直接就能从网络上观看。我们可以不必订阅报纸,打开电脑,就能随时随地获得最近的新闻。等到那个时候,电脑和电视机、电话机、传真机、影碟机、音响设备,已经集成在一台机器之中,并且已经高度智能化,成为家庭机器人,能自动为我们提供服务,起到保安、保姆、秘书的功能,自动判断客人的身份,为客人留下信息,并自动转移到主人身边。它能帮助照顾小孩、老人,自动向医院发出病情报告,能自动收拾房间,做饭,等等。它还能根据信息的有无自动开、关机,做到绿色节能,保护环境。

我们再来假设一下如果失去集成电路,你的手机立刻无法发送短消息。你得重新使用鼓和烟作为信号。提示:再也没有任何事物比电话更离不开晶体管了,晶体管就隐藏在电话外壳里,即使是使用阁楼上旧式的没有晶体管的转盘式电话,也要通过电流传输信号。收音机也与此类似——我们无法传输或接收 WREK 91.1 调频广播(佐治亚理工学院的学生电台)。你的收音机不出声了,成了架上的装饰品。全球的电台都沉默了。电视机也一样,全球的电视屏幕一片空白,只有嘈杂的雪花。美国有线电视新闻网(CNN)也不能实时播报世界大事。奥普拉(Oprah G. Winfrey)的节目中断了。因特网会是怎样的情形?没有晶体管,就没有计算机,更不会有网络,因特网就更无从谈起。调制解调器、DSL 专线或者 T1 光纤也无法工作。所以,忘记所有你所依赖的线上通信工具吧。电脑黑屏了:刚发送的即时信息,永远也等不来回复了。没有了卫星的上行和下行线路或者光纤主干网,也没有了越洋海底光缆进行全球信息的传送。一切都变得安静了起来。国家之间的联系也几乎没有了。世界会出现一些不可避免的政治冲突:没有通信系统,总统间的对话热线停止了,外交关系被切断了。世界重又回到闭塞状态。像以前一样,乘船跨越大西洋到大洋对面说一声“嗨”,需要两个月的时间……执掌生杀大权的将军肯定也会紧张,希望没有惊慌失措——别担忧,即使他们按下可怖的“红按钮”,核武器也启动不了。没有晶体管,全球通信架构也就不复存在。可以看到,集成电路在我们生活中扮演的重要角色,没有它,嘿嘿,我们的生活不知道要退回到什么年代呢。

1.2.3 医疗保健

在世界范围内,医疗电子市场连续 25 年增长,很有可能成为未来(半导体市场的)主要

驱动。全球医疗保健费用每年5万亿美元,而中国的医疗保健则消耗了GDP的5%,平均每年增加38%。特别是从全球医用半导体行业的收入来看,医用半导体行业的几个主要的部分预计在未来的5年内年均复合增长率(CAGR)在10%附近。(王志华,等.集成电路技术在医疗健康领域的应用[C].第七届中国国际集成电路博览会暨高峰论坛,2009.)

医疗电子产业的涵盖领域非常广,包括超声波成像、计算机断层扫描等应用电子设备,以及电子血压计、血糖仪等消费类终端产品都属于医疗电子领域。在我国的信息信息产业中,医疗电子产业是很重要的一环,是最贴近民生的信息产业细分行业之一。

集成电路技术在医疗电子领域内的应用非常广阔且多样化,大致可分为下述四种不同的应用类型:

(1) 医学影像——这一类型包括超声波、计算机化的X射线断层扫描(CT)、核磁共振成像(MRI)、X射线、正电子发射断层显像等;

(2) 医疗仪器——主要是实验室配套电子设备、透析机、分析仪器、外科手术设备、牙科设备等;

(3) 消费型医疗设备——偏重于患者(可家用,非临床)使用的终端设备,包括数字体温计、血糖计、血压计、胰岛素泵、心率计、辅助听力(数字助听)等;

(4) 诊断、患者监护与治疗设备——协助医生判断的(主要是临床使用)相应设备,包括心电图、脑电图、血氧计、血压计、温度计、呼吸计、除颤器、植入设备等;

这四种类型基本涵盖了医疗电子领域的各种应用。其中后两类,特别是消费型医疗设备尤其需要通过先进的集成电路技术来达到智能化、小型化、低功耗、高分辨率等目标。

目前不只是学术界在研究这个方向,工业界也一直关心并开始逐渐深入涉足这一领域。医疗电子产业有着广阔的发展前景,我们也需要在核心的集成电路设计领域加大投入,自主创新,更好的应对这个难得的发展机遇。

倘若没有集成电路的贡献,你必须健康才行。然而生活很难这么如意。去年,美国大约有150万人心脏病发作,约1800万人患糖尿病,约17.3万人被诊断为肺癌。不可思议的是我们常常认为现代医学是理所当然的。是的,它贵得吓人;是的,医疗费用暴涨失控;是的,只有少数人获得足额的医疗保险——当你病得很重,要考虑一下如果去接受治疗会怎样,不是今天,而是200年前,或100年前(抗生素之前);不是在亚特兰大的圣若瑟医院,只能找村里的理发师,他可能会(用一把生锈的刀)迅速给你放血,以改善你的健康。我想你会承认,我们确实幸运地享有现代医学的便利。晶体管在卫生保健方面起着重要的作用,这似乎不太明显,但千真万确。你的诊疗记录存储在一个巨大的电子计算机数据库中。哇,它们现在没有了!供医生使用的药物仍待开发、测试,以及大规模生产,没有电脑是无法想象的。药店的药用完就没了。没有电脑,即使是医学院的培训都将是非常艰难的。诊断测试不可避免地包括基于计算机的分析技术:血液化验、尿液分析、心电图、脑电图、计算机X射线断层成像(CT)等,随你列举。医生现在不得不盲目地给你治疗。(提醒:只凭直觉和经验给人治病的老乡村游医就是这样做的,他们现在将再次大行其道。)医院的外科现在都要关闭了。心肺分流术、脑肿瘤切除、剖腹产、阑尾手术?都不行。为手术器械消毒灭菌的高压灭菌器是计算机控制的:更不要提麻醉药剂分配器,以及无数实时健康监控器发出令人欣慰的声

音,它们的“嘟嘟”声表示一切都很好。你的保险处理和记录也很可能都是电子存储的,也都没了。重要的是,今天可供选择的所有令人惊叹的治疗方案也都戛然而止。没有 CT 扫描、正电子发射断层成像(PET)扫描、伽马刀手术和化疗。所有那些非凡的与绘制人类基因组图谱相关的基因新发现,以及它们很可能会体现出的医疗保健的巨大潜力,这张清单可以继续列下去。当晶体管的灯熄灭,可以这么说,如果你没有健康问题,你也许能坚持久一些,但不可能很久。毕竟,我们都会老的。一切都发生在一瞬间。没有晶体管,也就没有全球性的医疗保健基础。

1.2.4 经济

现代科学技术已经广泛地渗透在社会生产的各个环节、各种经济活动中,集成电路技术作为科技这一第一生产力成为推动我国经济发展的主要推手。集成电路的每次进步,都会带来巨大的社会变革。尤其是近年来,各种新技术的出现促进了社会生产力的提升,推动了经济的发展。实践证明,高科技已经成为拉动经济的龙头产业。高新技术及其产业稳定而持续的发展对国民经济的稳定、市场经济体制的完善、区域经济的整体竞争力乃至社会的安定均具有广泛而深远的意义。随着我国经济体制改革的深入,高新集成电路技术及其产业的经济权重将持续增加。目前,高新的半导体技术企业已成为我国经济的主力军,拉动内需的主源地,社会就业的主渠道,农民增收的主板块,结构调整的主载体,科技创新的主动力量。随着科技创新的概念被正式提出以后,许多学者致力于研究影响科技创新的关键因素,而金融在科技创新实践中的作用和积极影响获得了充分肯定。

金融业是信息密集的行业,不仅其经营对象可实现信息化,而且金融活动对集成电路相关产业,尤其是信息通信技术(ICT)也有很强的依赖性。金融业的发展与信息通信技术紧密相连,信息通信技术不仅能够引起金融创新,产生新的金融工具和交易方式,而且能够颠覆现有的金融模式。随着信息通信技术和金融业的发展,信息通信技术与金融逐渐融为一体,可以说,没有信息通信技术,就没有现代金融业。纵观最近几十年的金融创新,无不与信息通信技术有关。集成电路技术对于金融业的作用举足轻重,手机银行的诞生就是很好的例证。



图 1-8 ATM 机

集成电路对经济的影响往往让人难以想象,你不应该感到惊讶,电脑已经完全重塑全球经济。在最富有的国家中,只有 5%左右的金融交易使用纸币(即“硬”通货),另外 95%,至少在一定程度上,是使用电子方法处理的——也就是使用晶体管。例如,对于消费者来说,电子银行[也称为电子资金转账(EFT)]提供近乎瞬时的、世界范围内的 24 小时访问,通过自动取款机(ATM)取款(见图 1-8),薪水直接存入自己的账户供自己支取现金。若没有集成电路,这些都不再有了。自动取款机停止工作。人们将