

[英] 汤姆·福雷斯特

微电子技术革命

WEI DIANZI JISHU GEMING

科学技术文献出版社

73.75
706

微 电 子 技 术 革 命

〔英〕汤姆·福雷斯特

白怡然 苏中杰 译

喻汉湘 孙宝光

方 韧 校

科学技术文献出版社

1986

8610517

内 容 简 介

近年来微电子技术的飞跃发展,引起了科学、技术、生产和社会生活等各方面的深刻变化,成为当前新技术革命的核心,受到各国的重视和关注。

本书以大量的资料,详尽地介绍了人们急于想了解的一些关键问题,例如,美国在微电子技术领域遥遥领先的原因;当今世界最大的微电子工业基地——美国“硅谷”迅速发展的秘密所在;微电子技术的广泛应用对未来社会、经济、生活的巨大影响和作用。

本书内容丰富,材料新颖,适合从事微电子技术方面的专业人员、管理干部、大专院校师生、科技人员阅读。

Tom Forester

THE MICROELECTRONICS REVOLUTION

Basil Blackwell Publisher 1980

微 电 子 技 术 革 命

〔英〕汤姆·福雷斯特

白怡然等译

科学技术文献出版社出版

北京市农林科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 8.75 字数: 185 千字

1986年3月北京第一版第一次印刷

印数: 1—6480册

科技新书目: 115—45

统一书号: 15176·662 定价1.80元

编者前言

1978年，英国政府前任首席科学家马多克（Sir Ieuan Maddock）爵士，在伦敦召开的一次微电子技术讨论会上断言，这门技术是“有史以来，人类遇到的最了不起的技术。”正是由于马多克与其他主要人物的敦促，英国政府才在1978年注意微电子技术革命的重要性。随即授命，就下列问题提出调查报告：英国电子工业的现况、落后的英国工业界对这门新技术的了解程度以及这门新技术对英国社会的影响。

其他国家也在加紧研究微电子技术。1978年，澳大利亚、加拿大、丹麦、芬兰、法国、联邦德国、荷兰、意大利、日本以及瑞典都开始了大规模研究。在法国，诺拉（M. Simon Nora）所编写的“信息社会”，是一篇有特色、有见解的政府报告，引起全欧洲的关注。在联邦德国，西门子跨国公司进行了一项秘密研究，预测未来办公室的工作职位将减少40%，这项研究结果透露出来后，全国为之震动。在荷兰，反对党领袖甚至要求对自动化征收一种新税。

英国政府采用了一系列当时另一些国家盛行的办法：由国家企业局资助，建立INMOS（技术公司）、INSAC（计算机软件）以及NEXOS（办公室设备）机构，通过他们采取一系列步骤，促进国内微电子工业的发展，例如：开始执行一项应急计划以提高对微电子技术工业中应用的认识；提供补助金，鼓励对这门新技术投资；要求大学培养更多的电子工程师；通知学校在教室内采用微型计算机，在课程表

里安排关于新微电子时代的讨论。进一步鼓励工会在会员中普及微电子技术与发展形势的知识。

政府方面由于看到微电子技术的变化日新月异，因而进一步增强了这种非同寻常的紧迫感。微电子技术革命的步伐特别迅速，新器件一问世，随之而来的就是价格大幅度下降。例如，在1978年后期，销售额名列前茅的芯片制造厂商——得克萨斯仪器公司宣布，到1979年，该公司的新型64K动态随机存取存储器将从最初价格55美元降到38美元，1980年将降到18美元，1983年将降到8美元，1985年将降到4美元。

此外，微处理机及与有关的产品们的销售额一直在急速地增长。阿瑟D·利特尔公司等国际咨询公司预言，工业机器人和词汇处理机之类的产品市场会有巨大的发展。所有这些迹象说明芯片将普遍推广，事实说明它正渗透到我们社会生活的各个角落。

现在市面上已能供应各类装有微处理机的产品。有供工业用的控制自动机床的芯片，有内部装有芯片的像复杂照相复制机那样的各种新型办公室设备。除人们较熟悉的以微处理机为基础的电子计算器、数字手表、电子玩具与电视游戏之类的消费性产品外，像电视机、洗衣机、音乐中心、磁带录像机以及微波炉这类较大的耐用消费品，全都装有许多提供控制与存储功能及恒定数字读出的芯片。还有以芯片为基础的温度计与称重机，芯片控制的仓库、多层停车场与教堂风琴，甚至有一种将你的指令直接拨到餐厅、厨房的“电子侍者”。

芯片已经以“销售点终端”和“通用产品代码”的形式

涌入超级市场。它们将随时大批渗入劳动密集的银行（电子转帐装置）、住宅（家用计算机）与家用小汽车（电子点火、计时与仪表控制仪器）。甚至还有将芯片装入妇女胸罩的研究计划。苏格兰一家公司最近宣布，有一种芯片，可通过它在胸罩内部所处的关键位置监测体温而预测一个妇女的“安全”与“不安全期”，然后由放在适当位置上的数字读出器或装在胸罩上的两盏灯（一盏灯显示红色，另一盏显示绿色）传送信息。

但是微处理机的最大影响将体现在我们的工作场所。特别是办公室，已经发展到成熟阶段。1974年美国调查表明，工资占办公室费用的84%。

今年初，另一项调查也证实了这一点。美国在1978年用在数据处理上的费用为270亿美元，用在其他办公设备上的费用为460亿美元，而用在办公人员工资上的费用达到了3,730亿美元。据统计，美国工业生产率在60年代已增加83%，而办公室效率仅以每年4%的速度蠕升。服务部门办公室效率低，被看成是先进的工业社会无法使经济持续增长的主要原因。因此，目前世界上一些最大的跨国公司都在致力于开拓办公设备市场，预计这个行业将成为八十年代发展特别快的新行业。削减劳动力的潜力是极大的，据贝尔实验室的一位行政负责人维索茨基最近指出，美国办公人员如每年减少2%，到2,000年将使2,500万工人失业。

当然，多年来办公室的劳动密集度一直在减少。例如，伦敦中心区在1966年和1971年之间减少了五万个文书职务，办公室可以利用的空间增加了1,600万平方英尺。但随着微电子技术产品的成本迅速降低和不断复杂化，看来不久劳动

力被取代的步伐将显著加快。1979年4月，英国政府公布的报告承认了这一点，预料英国公务员的就业增长很快就将中止。

在工业方面，总的来说对就业的冲击也可能不会如此严重，不过各个部门有所不同。采用微电子技术并不是创制新产品或完全取代旧产品，而是意味着生产现有产品所需要的时间将减少。部分原因是生产线可以自动化或高速化，但主要原因是装芯片后大大减少了产品的元件数量，从而减少了装配的时间。一台彩色电视机一度装有1,200个元件，而现在，由于采用芯片，只有450个元件。一种新型专线电报机的装配时间只需11小时，相比之下，老式机电专线电报机则需要75小时。曼彻斯特市于1978年8月开办了一家采用微电子技术的半自动纺织厂。这家工厂占地8,500平方米，雇用95人，取代了占地共4.5万平方米、共雇用435人的三家老厂。

有些人说，将为从事制造新型微电子器件的人创造新的就业机会。在电子元件工业方面，一度似乎有可能在短期内增加就业机会，尽管随着微电子技术的推广，在中期内其他工业会失去更多的就业机会。但从整个电子元件工业来看，目前的情况似乎是就业人数尚在下降。1979年2月英国国家经济发展理事会的一份报告表明：微电子工业方面提供的新工作职位，同过时的电子技术部门减少的工作职位相比将是微不足道的。即使按最乐观的贸易设想来估计，微电子器件制造效率之高也一定会使英国电子元件工业的工作职位从12.9万个减少到11.4万个——其中还包括由于目前公共与私人部门计划投资而将提供的1.5万—1.8万个工作职位。

微电子技术使迄今只属于科学幻想范畴的各种发明都有

可能实现,现金交易目前可以用电子转帐代替,电子邮政将能取代地面传送文件;装有声音处理机的高级教学机器即将问世;通过扩大利用卫星,将彻底改革远程通信,促进同第三世界的联系及技术转移。

这些新事物中,有一部分的发展程度已超出了许多人所知道的情况,许多公司唯恐激起工会的反感而不愿意宣扬它们的新型系统。英国“友好互助”保险公司,目前拥有一种“电子邮政”保险单发放系统,它从顾客提出申请到发放保险单的时间由三个星期减少到三分钟。利用微电子技术,可通过设在萨里郡多金的一台计算机,检查申请书和计算保险费,然后立即在当地分公司编制保险单,从而消灭了大量的文书档案工作与无数传递过程。英国邮政局早在1979年就设立了世界上第一个计算机化信息业务,开展用电视传送电文的业务。

类似的具体实例,也有助于证明微电子技术对社会确实具有重要影响。五十年代后期和六十年代初期把大型计算机能力所作的预测说得天花乱坠时,怀疑派针对“自动化”进行争论。但是这场争论为时过早,因为早期的计算机确实笨大,价格和运行费用特别高,而且需要大批数据处理机使它们运转。而芯片是极小的,制造成本极低,并且比五十年代任何大型计算机更可靠,更有效,用途更多。

因此,新的“自动化”争论在两个重要方面不同于五十年代的争论。第一,芯片是一种真正的革命性器件。第二,它出现在不能再把工业社会的经济增长视为当然的时代。目前,波及欧洲、北美与日本的非工业化与失业人数的不断增加,已使关于未来社会形象的争论又增添了一种紧迫感。

我希望以下的多篇论文，将使读者确信芯片已经牢牢立足了，我们必须认真考虑我们的微电子技术的未来。

目 录

编者前言	(I)
微电子技术革命	(1)
第一章 新技术	(1)
1. 第二次计算机革命.....	(1)
2. 电子技术革命.....	(13)
3. 微电子技术.....	(27)
第二章 微电子工业	(37)
1. 微电子工业发祥地——硅谷.....	(37)
2. 从晶体管到微处理机.....	(43)
3. 世界未来的微电子之战.....	(55)
第三章 新技术的应用	(78)
1. “灵巧”机器革命.....	(78)
2. 微处理机应用综述.....	(98)
3. 消费性产品中的微处理机.....	(103)
4. 微处理机的工业应用.....	(111)
5. 微型计算机在教室中的应用.....	(123)
经济和社会影响	(131)
第四章 对工业的影响	(131)
1. 自动化工厂.....	(131)
2. 机器人姗姗来临.....	(141)
3. 微电子技术在制造业中的推广速度.....	(156)

第五章 自动化办公室	(177)
微电子技术时代	(190)
第六章 计算机的社会影响	(190)
1. 智能机对社会的影响.....	(190)
2. 微电子技术对城市规划的影响.....	(205)
第七章 信息社会	(221)

微 电 子 技 术 革 命

第一章 新技术

1. 第二次计算机革命

〔美〕吉恩·拜林斯基

二十多年前，电气工程师小埃克特和物理学家莫克利在五十多个助手的协助下，制成了世界上第一台电子数字计算机。他们制成的电子数字积分计算机（ENIAC）是一个庞然大物，重达30吨，依靠一万八千只电子管运行。就是这台机器开始了计算机革命。

目前，电子技术正在扩大到我们日常生活之中，这是第二次计算机革命，它将改革一般的产品并创造出许多新的产品。改革的工具是一种放在ENIAC的一个真空管内肉眼都难以看见的电子数据处理机，这就是微型计算机，也称为单片式计算机。它的基本构造很简单，就是在一小块硅片上有许多电路，硅片的尺寸大约为ENIAC头三个印刷字母那么大。至今，即使一台中等微型计算机，每秒也可完成十万次运算，约为ENIAC的20倍。

这台最小的数据处理机是六年前发明的，但是刚刚开始大量应用，就引起了一系列反响，影响到工作与娱乐、公司的利润率与生产率以及计算机工业本身。微型计算机具有

惊人的计算能力，最简单的组件价格不到10美元，很容易装进一个火柴盒内。一些辅助装置固然使微型计算机的价格每台达到50美元至250美元，但这仍然比数千美元一台的小型计算机便宜很多。

和常见的老式箱装计算机不同，微型计算机是安装在一个小片上，可以轻而易举地插在电传打字机磅秤、出纳机、微波炉、气体泵、交通管制灯、气体色谱仪之类的复杂仪器上，或其他任何已经采用计算机的装置内。微型计算机不久将开始在各种控制用途中取代车轮、齿轮以及机械继电器，因为使电子运动要比使机械零件运动有效得多。

列出这些应用和功能以及进入家庭、工厂、汽车的许多其他用途，对这项了不起的发明只不过是作了轻描淡写的评价。计算机区别于所有其他机器的地方是它存储的可变程序，这种程序使它能按照简单的程序变化执行许多不同的任务。现在，微型计算机可以小巧的外型和低廉的价格，把这种能力赋予许多其他机器与装置。

而且，在最常见的微型计算机里，用户只须抽出一块小小的存储器片，插入一块新的芯片就可以改变程序。为了证明这种多功能性，加利福尼亚州蒙特里的普罗—洛格公司制造了一台示范装置，原型是一台数字钟，当抽出使钟运转的程序片而装进另一块芯片时，这个装置会突然引吭高歌。如果再装入另一存储芯片，它就变成了一台初级的钢琴。

除了向用户提供多功能性以外，微型计算机还能大量节约制造费用。制造厂商，可以购买一种用于多种产品的标准微型计算机，对每种产品使用不同的程序片。由于一个微型计算机可以取代二百多块逻辑芯片（每片约3美元），因而

制造厂商可以节省很多钱。

此外，使用微型计算机可以大大减少维修与保养费用，因为电子部分的可靠性提高了十倍。估计一台能取代50块集成电路的微型计算机，可减少大约1,800个互连——在电子器件上大部分故障发生的地方。换句话说，这种微型计算机是减少成本、提高产品性能与价值的罕见发明。所以微型计算机在相当一段时间可能是通货膨胀最好的技术解救办法。

甚至制造和使用微型计算机的人也说，他们还没有了解这种装置的全部意义，但他们知道其意义是巨大而深远的。微型计算机发明人盖尔巴赫说：“微型计算机几乎好到令人难以置信。”

微型计算机是电子工业急速朝小型化方向发展的必然产物。这门工业在三代人的时间里就飞速完成了三代部件的更新。在五十年代后期，晶体管取代了真空管。几年之内，晶体管本身又让位于“大规模集成”。该技术目前已能做到将数千个微小型晶体管（一种集成电路）安装在仅几分之一英寸厚的薄硅片上。大规模集成电路使小提箱式微型计算机得以问世。

从在芯片上装有逻辑元件（晶体管）以后，半导体逻辑电路自然就孕育了微型计算机的种子。但是每块芯片完成的任务都是有限的。因而大型计算机的中央处理部件，是由数百或数千块集成电路构成的。

在专门应用场合中，逻辑芯片也用于控制或运算功能。在“硬连线逻辑”系统中，在一个所谓印刷电路板上将芯片与其他各个部件焊接到固定的线路图上。固定的互连起程序的作用。奇怪的是，它的灵活性还不及ENIAC内可以四周移动以改变程序的原插入线矩阵。

电子计算器，除最新型号外，全部使用硬连线逻辑。运算功能或操作程序指令嵌入芯片内，应用程序则在用户头脑里——根据他的指令，可得到所需的计算。

英特尔公司的一位年青工程师小霍夫设想了另一种应用新的电子能力的方法。他在斯坦福大学获得了哲学博士，已经习惯于用通用数据处理机解决问题。1969年他负责英特尔公司为一家日本计算器公司承担的一个项目。日方要求英特尔公司生产日本设计的计算机芯片。逻辑电路分散在约11块芯片上，设计的复杂程度对当时英特尔的力量来说，是一个很重的负担。

霍夫看到须在技术上作出大胆的跃进来改进日本的设计。此时，英特尔已经首先研制成功大型计算机中使用的半导体存储器片。霍夫了解，在一个存储器片的复杂内部结构中，有可能存储控制一个极小计算电路的程序。霍夫在他的初步设计中，将电路图缩小到三块硅片。他把计算机的“头脑”，即中央处理机装在一块硅片上。这一点之所以能做到，是因为半导体工业已研究成功将极复杂的电路刻在微小表面上的方法。用照相方法可将通常相当于芯片500倍的样图缩小成微型尺寸，然后用类似照相制版的技术，把照相图象转移到芯片上。

霍夫的装在芯片上的中央处理机（CPU），已被通称为微处理机。他将两块存储器片附到这种微处理机上，一块芯片用来向CPU输入和输出数据，另一块芯片则提供驱动CPU的程序。这样，霍夫手头就掌握了一台雏形的通用计算机，它不仅能操作一台复杂的计算器，而且还能控制升降机或者一组交通管制灯，以及根据不同的程序完成许多其他

任务。微型计算机比小型计算机慢，但它可以作为元件，在英特尔公司制造存储器片的同一高生产线上批量生产，这在当时是一个惊人的进展，使半导体公司突然进入了计算机行业。

英特尔公司总裁穆尔与董事会主席诺伊斯——集成电路的共同发明者，与其他专家不同，在早期就意识到微型计算机的潜力，他们对霍夫的研究项目给予热情的支持。大多数其他专家把单片计算机想像成特别昂贵和遥远未来的东西。六十年代末期，诺伊斯在一个讨论会上提出，在以后十年内单片式计算机将会发展，他的专门小组的一个成员严肃地说出具有代表性的意见：“啊！我才不愿意把我的整台计算机掉进地板缝里”。诺伊斯对他说：“你完全错了，因为你的桌上满可以再摆100台计算机，所以掉了一台算不了什么”。

在英特尔公司的其他工程师接替完成细节设计之后，霍夫的发明，就是上面装有2250个微型化晶体管的一块不到 $\frac{1}{4}$ 英寸长和 $\frac{1}{8}$ 英寸宽的芯片，每只微型晶体管大约相当于ENIAC的一只真空管。英特尔公司将它命名为MCS-4（微型计算机系统4号），而且将这种微处理机芯片命名为4004。4004的尺寸虽小，但其计算能力与ENIAC不相上下。也与六十年代早期售价3万美元的IBM计算机（它的中央处理装置占一个办公桌的空间）的计算能力相仿。

对于逻辑和系统设计师来说，微型计算机的出现，使他们大大改变了使用电子装置的方式。目前他们可以用微型计算机替换所有硬连线逻辑系统，因为他们可以把程序顺序存储在存储器片的迷宫般的电路中，而不是使用单块逻辑芯片和分立元件来执行程序。这样，工程师就可以用程序代码代

替硬部件。

对于半导体工业来说，微处理机芯片的到来，结束了以巨大代价探索推广应用复杂技术的各项尝试。穆尔说：“问题是由于技术变得更为复杂，你无法使电路功能具有任何通用性。用户要求利用这个电路的这种功能、那个电路的那种功能来建成一个系统。”这样一些要求，妨碍了工业部门通过大量生产来降低成本的计划。

为了解决这个问题，工业界继续不断地进行探索。例如，得克萨斯仪器公司制订了一项计划，目的是利用计算机指导设计，使集成逻辑元件的生产具有更大的灵活性。费尔柴尔德半导体公司讨论了一周，制出多达500个不同逻辑元件以适应不同用户要求的问题。在这些尝试中，工程师们正在设法使这种技术具有更大的灵活性。霍夫的方法是使内部设计本身具有更大的灵活性，这种方法比较巧妙和有效的多。穆尔说：“目前我们可以制造单片微处理机，销售出去可以有几千种用途。”

为了加速微型计算机的使用，英特尔公司着手改变工业设计师的设计思想，七十年代初训练了大约5,000名工程师使用微型计算机，随后又训练了大约5,000名。

费尔柴尔德公司立即着手“仿制”微型计算机。仿制在半导体工业中是常有的作法，通常不征求原制造厂的同意与协作。通过仿制，建立生产这种元件的竞争性来源以及作为原制造厂家的后援力量，对用户有利。事实上，用户通常要求仿制。

然而，仿制微型计算机是一项很复杂的工作。何况英特尔公司继续在前进。继4004型号之后，它在1972年又生产了