

微电子技术：一场 新的工业革命？

科学技术文献出版社

一九八五年

责任编辑: 李泽清

93

微电子技术: 一场新的工业革命?

中国科学技术情报研究所编辑

科学技术文献出版社出版

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

科学技术文献出版社发行

开本: 850 × 1168 1/32 印张: 1,375 字数: 25千字

1985年4月北京第一版第一次印刷

全年出版40期 总定价: 12元

编 者 的 话

本文是罗马俱乐部在一九八四年发表的关于新工业革命的一项研究报告《微电子技术与社会》的一篇导言。本文作者为亚历克山大·金 (Alexander King)。

罗马俱乐部的观点是：通过自动化和微型化，微电子技术具有极大的潜在力量将社会推向一个新的阶段，并可能使我们生活各个方面所应用的信息来个彻底改革。但是，为要从这个技术突破取得最大的效益，微电子技术必须加以控制以使它适合社会的需要。

本文就家庭中的微电子技术，自动化工厂，自动化办公室，微电子技术发展现状及前景，技术发展的政治后果，发展的等级系列，即将到来的为期数十年的过渡时期，国家科学技术能力，远期机会和风险以及就业、工作机会和社会复兴等方面进行探索，认为微电子技术迎来了一场新的工业革命。

编 者

目 录

家庭中的微电子技术.....	(7)
自动化工厂.....	(9)
自动化办公室.....	(12)
当代的前景.....	(17)
技术发展的政治后果.....	(18)
发展的等级系列.....	(21)
即将来到的为期数十年的过渡时期.....	(23)
国家的科学和技术力量.....	(27)
微电子技术；远期机会和风险.....	(29)
就业、职业和社会复兴.....	(33)

微电子技术：一场新的工业革命？

〔美〕 Alexander King

我们所见到的报纸上对微电子技术大肆渲染究竟是怎么回事？为什么有些人，包括不少被认为是严肃可靠的人在內，认为微电子技术迎来了一场新的工业革命？一般人现在还只知道一些数量有限的直接表现这种微电子技术特征的小玩意儿——电子数字表，袖珍计算器，以及出现在商店里的为圣诞节准备的一大批电子游艺机。当然，他们已经看到文字处理机的广告，它好像是一种新的、很贵的打字机，但他们可能还没有使用它的机会。另外，人们当然意识到计算机的奥妙，当他看到奇特的、用电子方法书写的银行财务报表和电费帐单时，以及当他预订机票时，就意识到它开始冲击生活，但是看来这些事物难以使他们认为是一种会严重影响人们生活方式的极其重大的发明。

近二百年来不断涌现一批发明和发现，这些发明和发现相互补充，使新产品、新的生产方式和新的工业部门的出现成为可能，如果没有基础研究实验室的这些发现，不会有这些成果。实际上，当前工业生产率的相当高的水平和工业化国家的繁荣是以此为基础的。技术发明导致劳动生产率的提高、价格的降低和工资的增加，而这些本身又产生较大的市场和扩大劳动就业。结果，近年来世界市场

的规模不断扩大，以及经济不断增长，这样就使十八世纪后期卢德派和机器破坏者的忧虑，即机器代替人将会引起广泛的失业和穷困，是多余的。而且事实上情况完全相反。那么为什么微电子技术的发展会如此之不同呢？难道它不会不仅是创造新的财富，而且还创造新的工业、新的市场和新的工作吗？像华盛顿的全国科学院这样一个严肃的机构在一份最新的报告*中认为，“现代电子技术时代已经迎来了第二次工业革命……，它对社会的影响甚至比第一次工业革命还要大”。本书的目的是考察一下这一激动人心的发展，以及它对社会改善和危害的展望，并试图至少对一些得失攸关的问题进行某些说明。

事实上，微电子技术向经济和社会渗透早已不知不觉地在扩大，但对于公众来说并不总是看得见的——像车间里的机器人，在日本的大多数工厂中还不多；事务性职务的自动化，电子银行业务系统；军事、国防上的攻击和防御设备的巨大而精密的控制系统；新型家用消费品；当然，还有无处不有的计算机。如果确实存在一场新的经济和社会革命，那么在所有的社会经济部门都有它的代理人；到目前为止，它们仍然在悄悄地渗透到社会的整个组织。不难看到，一个新兴的信息工业已经诞生，它将给我们的生活方式以巨大的影响，但是过去的年代里已有其它令人瞩目的技术发展——航空运输，核弹和核电站；也许由于应用了生物学方面的发现——例如基因工程，还将有巨大的变

* “微结构科学：工程和技术”，全国科学院，华盛顿，1979。

化。问题是究竟这些技术和微电子技术之间的差别,只是性质上的呢还是具有不同的数量级。

我们在叙述微电子技术的几个直接的重大应用之前,就它的发展历史说几句话也许是有益的。还在三十年前,电子器件,包括早期的计算机,还依靠使用真空管或电子管,这是一种体积相当庞大的耗费功率的元件。接着出现了晶体管,它是一种利用半导体材料特性的器件,是固体物理的产物。通常,这些器件是由硅组成,硅是一种非金属元素,它在地球上以惰性氧化硅或石英形式大量存在,将微量杂质如硼或磷加到这些物质的离散区域以改变物质的电学特性。半导体起了微小的电子开关作用。阻挡或允许电子流通过。晶体管比真空管小,很快在所有的电子设备方面取代了真空管,结果,新一代的电子设备如计算机、电视机和无线电收音机变得越来越紧凑,的确,它引起了对晶体管收音机的赞许。然而,晶体管和其它元件仍然必须用导线相互连接,由于单件设备可能有几千个相互连接的这种元件,所以电子设备的生产仍要保持复杂而昂贵的生产工序,产品仍然是相当庞大的。这种线路的进一步微型化来自美国国防技术的需要,因为重量的减轻和体积的缩小对于它们的发展计划是必需的。工业研究实验室所接受的国防研究合同,导致1959年集成电路概念发展的重要突破。在此之前,晶体管是成批生产的,它们是一些半导体硅薄片,然后将它们切割成单个元件,再与其它元件用引线相互连接。在集成电路里,晶体管之间仍有引线相互

连接，然而都在硅片内，最初照旧使用导线，但很快发展到把微细的铝导体淀积在硅片的适当位置上的 一种 新工艺。这就是首批集成电路，开始还是相当简单的，但是随着技术的发展，它们迅速变得越来越小和越复杂。当今最密集的集成电路，不仅包含有晶体管，而且还有如电阻和二极管等其它元件，在一块 5 毫米见方的片子上可以包含近 10 万个元件，铝引线为人的头发的三十分之一那么细。

“世界钟表报”* 对微电子技术的论述是“在三十年内，整间屋子的真空管和其它元件已经缩小到玉米粒大小。”微型化的过程绝没有完结，确信在八十年代末期，至少含有百万个元件的硅片将实用化。

这些引人注目的发展的进一步结果是，通过大量生产的方法，使价格暴跌到这样程度：在 1960 年一个单个晶体管价格约 10 美元，而今天，一个嵌入集成电路内的晶体管的价格还不到 1 美分。

再进一步的发展实现了生产特殊形式的集成电路，其中计算机的中央处理机装在一个硅片上，能编制程序而完成一系列复杂的功能。这就是微处理机，它基本上是一块微型硅片装置，可处理馈入其中的信息。

这样，微电子技术革命（如果说它是革命的话）的主要特征是微型硅片微处理机。事实上，它是指可以供人们所设计的任何一台设备提供一个尺寸小得难以置信的计算

* 微电子学在工作：世界经济中的生产率和工作，世界钟表报，39，华盛顿，1980，10 月

装置和存储器，而且价格适中。

计算机的发展能生动地展示出以上这一惊人的发展的当前成果。二次大战结束时推出的第一代电子数字计算机是一个庞大的装置，它含有多达7500个继电器和开关，18000个真空管，700万个电阻。晶体管一代的计算机体积已大大减小，而今天的硅片这一代计算机的体积则缩小到三十万分之一，速度快了1万倍，功率利用更为有效，同时也更为可靠。这一趋势将继续发展到家用计算机成为几乎是每人必备的工具为止。

微处理机的发展在两个意义上说是极其重要的。第一，在经济衰退时期，它产生了一个新的、重要的、极其快速增长的工业。第二，它的产品几乎能用于社会和经济的所有部门，对于工业生产率的提高、减少单调和恶劣环境的工作、创造新的财富具有巨大潜力。这第二点将是本书主要论及的内容。

在早已发展的硅片技术的应用中，下面列出的是表明它们甚至在此早期阶段已出现的广泛的可能应用范围。

电子表和计算器；

个人用的微型计算机；

改善内燃机功能；

提高燃料效率；

各类家用器具，如程控洗衣机和洗碟机，缝纫机，最后，家用机器人；

信息的选择和检索；

自动翻译和解释；
新型交通控制系统；
新型公共交通运输系统；
计算机辅助设计；
多功能计算机控制机床；
大型工业系统中央控制室(炼油厂,化学厂和钢铁厂)；
自动化工厂；
自动化办公室；
银行业务、货币转帐、保险等新系统；
环境检测；
计算机分析影响生长的因素而使农业生产最优化；
电子邮件；
新型信息和通讯系统；
声音识别和合成；
电视会议；
医学诊断和修复；
计算机辅助教育系统。

这里应该注意，这些应用中的许多项目也涉及除微电子技术以外的其它新技术；如全息摄影术，卫星的利用，玻璃纤维光学，它们与微电子技术密切结合。

在本文中我们将限于考察集成电路对一些个别情况的影响。

家庭中的微电子技术

在家用器具中用微电子技术对器件进行控制的用途不断增加。在美国出售的大多数微波烤炉已经装有微电子定时装置，洗衣机里也开始装有类似的线路，以取代某些易损坏的机械的和电动的控制装置。缝纫机也呈现出良好的机会，因为与传统的机械方法相比，微处理机具有多功能性，而减少大量的运动部件，可为工厂提供可观的经济效果。在一台缝纫机内，利用一块单片集成电路控制针脚花样，可代替老式缝纫机内约350个机械部件。因此将微处理机装到传统的家用设备里可使之具有很大的灵活性和可靠性，也可能具有多种用途和功能。

然而，这类革新几乎没有什么革命性，而且由此而使性能、经济效果或减少维修等方面得到改进并不总是被人们认识到是由于微电子技术所造成的。然而，许多更为惊人的革新必将发生，它们将在今后几十年中逐渐推广普及。家庭计算机就是一例。不久前，对一台最便宜的计算机，人们还必须付出几十万美元；而今天，用1000美元就能买到一台紧凑的家用计算机，这一逐步降低的价格决不是最终价格。此外，用集成电路装备的微型化计算机可使它成为安然放在写字桌上的一种精致的器件。目前，这种家用仪器放在少数热心者的写字桌上，他们用它作计算，就地解决问题以及与同事通讯。然而，如果它们的价格很快下

跌，制造了与其它系统连接的新型连接件，以及外部约束减少了传统的通讯和信息服务的价值，则用途会大大扩大。这样，人们能够想像连到电视屏幕的家庭计算机的台式控制台将来会成为工业化国家中大多数家庭的一种基本和主要的实用品。用此设备在银行结算差额表已显示在屏幕上之后，家庭帐单就能支付；早餐时可读到前一天晚上不同时间投递的电子邮件，能浏览和阅读家庭订购的各种电子新闻报纸和杂志。此设备能利用数据库和几乎全部人类信息。它将打开通向广泛教育的可能性，以及手工艺工作和艺术活动的培训课程的道路；儿童们做家庭作业时也将使用这种装置。如果任何一个家庭成员从事研究工作，可用计算机与其同事进行联系，并能对答问题。如果作为一种文娱活动设备，那么它不仅显示普通电视节目，提供选择音乐节目的目录表，而且还提供各类计算机游戏和与远近朋友进行棋类对奕。家庭主妇如果需要的话，可用它购物，浏览超级市场货架，以便选择所需商品，并可直接地和亲眼目睹从家庭的银行帐户中扣除所需费用。然而，家庭主妇是否会选择这种日常服务而不去“实地”采购，可能还有些问题。把一切活动集中于计算机，会使家庭缺乏流动，正像今天的电视机在许多方面所造成的一样——并且有过之而无不及——这将促使家庭主妇通过传统方式购物以寻求外界的人际接触。这些是“有线连接的社会”、“不用现款的社会”的景象，但我们希望不是“疏远的社会”的景象，在这种社会中从家庭沙发椅上可能实现投票选择和共同作出决策

一只是不予利用而已。

自 动 化 工 厂

自工业革命开始以来，已经逐步进行工业生产的机械化；在五十年代，随着价格很贵的计算机的出现，部分或全部自动化的可能性引起了人们的兴趣。尽管数控机床有某些发展，其后的十年仅看到自动化趋势稍有加快，直至可随便购得便宜而小巧的集成电路之后，才取得了真正的进展。首次工业革命基本上是由蒸汽机以及其后的电动机代替了体力劳动；第二次工业革命是将信息和计算机化的智能用到机器和生产系统中去。

自动化途径同时遵循几条路线：（1）在连续生产过程的工厂中，如炼油厂、化工厂、纸浆和造纸工厂及发电厂，采用微电子技术对大型、综合工厂设备进行控制的生产过程控制；（2）通过微处理机将计算机智能用到各别生产过程、传送和组装机械中；（3）把后者综合在一起向全自动化工厂发展。

在连续生产过程的工厂，大量原材料或化学中间体要经过一系列连续流动的转变，在此过程中保持诸如温度、压力、流速的条件是极其重要的。这一点长期来至少在某种程度上已经采用机械装置或大型电子装置实现了。但是，由于微处理机的出现，可为更全面和整体化控制创造条件。测量仪器使用微处理机，并把它们的变量转换成电信号，

再将此信号送入中央计算机，后者能评价信号，调整阀门、加热器、冷却器等，从而控制已经为之而编制好计算机程序的生产过程中的每一个部件。此外，这种控制系统的高度灵活性能改变设备的操作，以便生产不同产品或组合产品。这种生产过程原来早已具有相当高的自动化程度，雇用劳动力少，因此目前设想的这种改进对就业影响不大。

自动化的第二个途径是将微处理机装在期望获得最紧凑程度的单个机器内，五十年代的计算机控制的切削机床、磨床和钻床等，按照计算机的编码指令而运转，並主要在重复操作中获得成功。微处理机的采用大大地扩大了这类机床的多功能范围，通过改革计算机的指令，相当容易地重新安排新任务。它使生产周期缩短，甚至单个产品在经济上也是可行的，这样就有利于扩大自动机床的潜力。

更突出的也许是工业机器人的出现。这些机器的出现与恰皮克的剧本RUR中的拟人化自动装置差不多没有相似地方，RUR为我们的词汇产生了“机械手”一字，或者是“星球大战”里的“机器人”一字。机器人主要是由计算机控制有关节的臂组成，此臂能抓住诸如钻头，扳手，喷漆枪和焊机等工具。因此这些机器人能够把计算机操纵的自动化扩大到生产的组装阶段。迄今，这些机器人只有一种有限的灵敏度，限于在生产线的重复工作中使用。它们在车身焊接、喷漆、涂刷及其它人们厌恶的或危险的工作中是极其有用的。

目前这一代简单的机器人的价格大约为35,000美元，

能被编制程序进行各类工作。这一价格显然是非常经济的，主要是节省了它们所代替的工人的工资。据估计，一般机器人每天工作16个小时，每小时费用为4.8美元，还不到装配线上工人工资的一半。目前已有多少机器人在工作还不详细。据说机器人大部分在日本，预计它们的产量将有显著增加。

然而，我们只看到第一代机器人，它们是“瞎子”，而且灵敏度相当低。许多发展工作的方向是生产能有“视觉”和“感觉”的机器人。已经有了样机，它看东西的能力足以组装诸如电动机和计算器等小设备。一件有意义的事件是某些电子业巨头，如IBM公司和得克萨斯仪器公司已加入机器人的设计。随着增加了“视觉”和“触觉”的功能，以及由于集成电路的发展使智能功能的日益增加成为可能，因此，目前这一代机器人很快即将被看成是极其原始的；它们能完成的许多工作以及它们能担任的错综复杂任务可能会非常迅速地扩大它们的用途。当然，“视觉”和“触觉”的功能，会大大增加其成本，但是由于增加了产量，最终也会出现成本下降的趋势，并且，如果能克服一些社会障碍，先进机器人在工业界的应用会迅速增加。在目前尚不可能预测有感觉、视觉和有智能的机器人对就业的最后影响，但我们可以预料机器人将逐渐地在许多工业部门承担组装任务，因此对就业会有相当大的影响。

除了控制连续流动操作之外，朝自动化方向的这些发展正以零敲碎打的方式进行着，即把全部生产过程的那些

最明显适合于应用微处理机的部分实现自动化，而其余部分仍用传统的方法。合乎逻辑的发展方向是把各别的任务汇集在高度自动化的工厂中。摆在前面的道路可能是漫长的，但对于我们来说，一些组成部分已经具备。在这种工厂里，最终产品及其部件的计算机辅助设计将先于计算机化的整体化工厂。在这种厂里中央计算机将控制用于制作和组装最终产品的个别微型计算机和微处理机的操作，然后再对最终产品进行计算机质量控制。可以采用这种整体化自动化的工厂可能就是生产集成电路的工厂。

自动化办公室

我们目前的经济基本上是建立在不断提高生产过程生产率的基础上的，不管是农业或工业都是如此，首先是机械化，然后是电子控制，这在生产过程中、在扩大市场方面都获得惊人的成功。然而到目前为止，工业革命对第三产业或服务部门的影响只是皮毛的。在大多数情况下，没有计算和测量这一部门的生产率；而在教育部门和其它政府部门，生产率基本上是不可能计算的。但是这一部门的某一部分的自动化以及由此而提高生产率日益被认为趋于成熟，这就是商业、银行、保险和政府部门的办公室工作，近十年内在这方面的活动已经大量增加。

办公室工作基本上是处理信息及其储存，检索和通讯。以纸、笔、墨水为基础，通过邮递员和邮件进行通讯联系