

芯片是现代世界赖以生存的稀缺资源,就像石油一样。如今,军事、经济和地缘政治力量都建立在芯片的基础上。从制导导弹到微波炉,从智能手机到股票市场,一切都离不开芯片。谁在芯片设计和制造领域保持领先地位,谁就能在科技和经济等领域产生巨大的优势。长期以来,美国、日本、韩国以及欧洲各国,都在芯片设计和制造领域进行激烈的竞争,以图赢得这场立足于科技之上的战争。经济历史学家克里斯·米勒在《芯片战争:世界最关键技术的争夺战》一书中分析了芯片崛起的历史,以及以控制芯片行业的未来为目的日益复杂的地缘政治权力斗争,对理解当今的政治、经济和科技至关重要。

# 摩尔定律是否失效并不重要, 越来越多的资金正在流入芯片行业

□克里斯·米勒

当世界上大多数人从未听说过硅芯片,更没有人了解硅芯片工作原理的时候,美国的半导体生产中心正在把世界上最杰出的人才吸引到得克萨斯州、马萨诸塞州,尤其是加利福尼亚州。这些工程师和物理学家被这样一种信念驱使——微型晶体管可以真正改变未来。事实证明,一切远远超出了他们最疯狂的梦想。戈登·摩尔和加州理工学院教授卡弗·米德等有远见的人,预见了未来几十年,但摩尔在1965年对“家庭电脑”和“个人便携式通信设备”的预测,几乎没有涉及描述芯片在当今生活中的中心地位。硅谷的创始人发现,半导体行业每天生产的晶体管将超过人体内的细胞数量,这是不可思议的。

随着产业规模的扩大和晶体管尺寸的缩小,全球广阔市场的需求比以往任何时候都更加大。如今,即使是五角大楼7000亿美元的预算也不足以在美国领土上制造用于国防目的的尖端芯片。美国国防部专门为价值10亿美元的潜艇和价值100亿美元的航空母舰建立了造船厂,但其中的许多芯片都是从商业供应商那里购买的。即使是设计一款尖端芯片(可能超过1亿美元),对于五角大楼来说,其成本也变得过于昂贵。制造最先进逻辑芯片的工艺设备成本是航空母舰的两倍,而且还需要数年时间才能达到尖端水平。

产生计算能力的惊人复杂性表明,硅谷的故事不仅仅是一个关于科学或工程的故事。技术只有在找到市场时才会进步。半导体的历史也是一个关于销售、营销、供应链管理和成本降低的故事。没有创业者,硅谷就不会存在。罗伯特·诺伊斯是麻省理工学院培养的物理学家,但他作为一名商人取得了成功,他当年意识到一种尚未存在的产品有着巨大的市场。正如戈登·摩尔在1965年发表的一篇著名文章中所说,仙童(即美国仙童半导体公司)“将更多部件塞进集成电路”的能力不仅取决于该公司的物理学家和化学家,还取决于像查理·斯波克这样的精力充沛的制造业老板,他追求没有工会的晶圆厂,并向大多数员工提供股票期权,使生产效率持续提高。如今,晶体管的价格远低于1958年价格的百万分之一,这要归功于如今已被遗忘的仙童员工在离职调查中所表达的精神:“我……要……发……财。”

我们要反省一下,说芯片造就了现代世界太简单了,因为我们的社会和政治已经决定了芯片的研究、设计、制造、封装和使用方式。例如,五角大楼的研发部门DARPA,通过资助现在最先进

的逻辑芯片中使用的被称为FinFET的3D晶体管结构的关键研究,真正塑造了半导体。

当然,我们不能保证芯片会像过去一样重要。我们对计算能力的需求不太可能减少,但我们可能会耗尽芯片的供应。戈登·摩尔著名的定律只是一个预测,不是物理事实。从英伟达首席执行官黄仁勋到斯坦福大学前校长兼字母表公司董事长约翰·亨尼西,业内知名人士都曾宣布摩尔定律(即当价格不变时,集成电路上可容纳的晶体管数目每隔18—24个月增加一倍,性能也将提升一倍)已经死亡。在某种程度上,物理极限将使晶体管无法进一步缩小。即使在那之前,制造晶体管的成本也可能太高。如今,成本下降的速度已经明显放缓。制造使用更小晶体管的芯片所需的工具极其昂贵,没有比EUV光刻机更昂贵的了,每台光刻机的成本超过1亿美元。

摩尔定律的终结对半导体行业和整个世界都是毁灭性的。我们之所以每年生产越来越多的晶体管,只是因为这样做在经济上可行。但这并不是摩尔定律第一次被宣布濒临死亡。1988年,IBM备受尊敬的专家且后来担任美国国家科学基金会主席的埃里希·布洛赫曾宣布,当晶体管缩小到四分之一微米时,摩尔定律将停止,但这是该行业在那十年后就已克服的障碍。摩尔在2003年的一次演讲中也担心,“在未来十年左右,半导体行业会遇到障碍”,但所有这些潜在障碍都已经被克服了。当时,摩尔认为3D晶体管结构是一个“激进的想法”,但不到20年,我们已经生产了数万亿的3DFinFET晶体管。加州理工学院教授卡弗·米德发明了“摩尔定律”一词,半个世纪前,他预测芯片最终可能每平方厘米包含1亿个晶体管,当年这一预测震惊了世界半导体科学家。如今,最先进的晶圆厂可以在芯片上集成比当年米德预计的还要多得多的晶体管。

换句话说,摩尔定律的生命力甚至让它的命名者和创造者都感到惊讶。这也可能让当下的悲观主义者大吃一惊。著名半导体设计师吉姆·凯勒曾在苹果、特斯拉、AMD和英特尔的芯片上做出了革命性的工作,他表示,他看到了一条清晰的道路,可以将芯片上晶体管的密度提高50倍。首先,他认为,现在的鳍式晶体管可以做得更薄,可以提高三倍,这样可堆叠鳍数也提高到三倍。下一步,鳍式晶体管将被新的称为GAA(Gate-All-Around的简写,即“全环绕栅极晶体管”)的管式晶体管取代。这种线状晶体管可以从顶部、侧面和底部施加电场,从而更好地控制“开关”,以应对晶体管缩小带来的挑战。凯勒认为,这些微小的线状晶体管的密度可

增加一倍。他预测将这些线状晶体管叠在一起可以使密度进一步增加八倍。这些技术突破,合起来将推动芯片上的晶体管数量增加大约50倍。凯勒说:“我们没有耗尽原子,我们知道如何打印单层原子。”

尽管所有关于摩尔定律的讨论都结束了,但流入芯片行业的资金比以往任何时候都多。在过去的几年里,为人工智能算法设计优化芯片的初创公司筹集了数十亿美元,每个公司都希望自己能成为下一个英伟达。大型科技公司谷歌、亚马逊、微软、苹果、脸书、阿里巴巴和其他公司现在都在投入大量资金设计自己的芯片。显然,创新没有缺位。

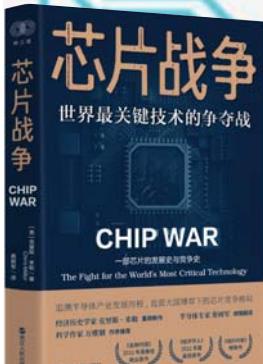
支持摩尔定律即将结束这一论断的最佳论据是,所有这些针对特定用途,甚至是针对单个公司的活动,正在取代英特尔过去半个世纪不断推出的强大微处理器所带来的“通用”计算。尼尔·汤普森和斯文·斯潘努斯甚至认为,我们正在看到“计算机作为通用技术的衰落”。他们认为,未来的计算将分为“使用强大的定制芯片的‘快车道’应用和使用通用芯片的‘慢车道’应用,而通用芯片的进步会趋缓”。

不可否认的是,微处理器作为现代计算的主力,正在被为特定目的而制造的专用芯片部分取代。不太清楚的是,这不是一个问题。英伟达的GPU不像英特尔微处理器那样通用,从某种意义上说,它们是专为处理图形设计的,而且越来越多的是为人工智能设计的。但英伟达和其他提供针对人工智能优化芯片的公司,使得人工智能的实现成本更低,因此更容易被使用。如今,人工智能已经变得比十年前人们想象的更加“通用”,这主要归功于更新的、更强大的芯片。

亚马逊和谷歌等大型科技公司设计芯片的最新趋势,标志着与近几十年相比的另一个变化。亚马逊和谷歌都进入了芯片设计业务,以提高运行其公共云的服务器的效率。任何人都可以付费访问谷歌云上的谷歌TPU芯片。悲观者可能认为这是计算在分为“慢车道”和“快车道”。然而,令人惊讶的是,任何人都可以通过购买英伟达芯片或租用人工智能优化云很容易地接入快车道。

此外,把不同类型的芯片集成在一起比以往任何时候都容易。以前的设备通常只有一个处理器芯片。但是,现在的设备可能有多个处理器,其中一些专注于一般操作,而另一些经过优化以管理相机等特定功能,这是可能的,因为新的封装技术使芯片更容易高效地连接,使人们能够在处理要求或成本考虑发生变化时轻松地将某些芯片替换到设备中。大型芯片制造商现在比以往任何时候都更加重视芯片运行的系统。因此,重要的问题不是我们是否最终达到了戈登·摩尔最初定义的摩尔定律的极限,而是我们是否已经达到一个芯片所能产生的计算能力的峰值。现在,数以万计的工程师和巨额资金都在打赌没有达到峰值。

(本文摘选自《芯片战争:世界最关键技术的争夺战》,内容有删节,标题为编者所加)



芯片战争  
世界最关键技术的争夺战  
克里斯·米勒著  
蔡树军译  
浙江人民出版社

编辑:曲鹏 美编:陈明丽

“讲文明 树新风”公益广告

低碳生活



绿建未来

齐鲁晚报