

·RS 推介·

超越摩尔定律

1965年4月19日,英特尔公司创始人之一戈登·摩尔(Gordon Moore)在 *Electronics Magazine* 发表“让集成电路填满更多的组件”一文,预言半导体芯片上集成的晶体管和电阻数量将每年增加一倍。这被后人称为摩尔定律。

然而这种指数型增长可能已经走到了尽头。“超越摩尔定律”研讨会专题文集由 David R. S. Cumming, Stephen B. Furber 和 Douglas J. Paul 整理编辑,发表在 *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences* 杂志 2014 年第 372 卷第 2012 期(图 1)。该专题刊载了 1 篇前言文章、9 篇论文、1 篇讨论性文章。本期“英国皇家学会推介”栏目选取该专题的前言文章及 2 篇论文,介绍“超越摩尔定律”讨论会的情况。

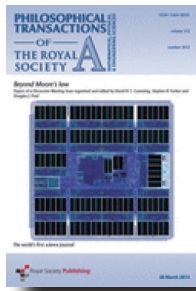


图 1 超越摩尔定律专题

超越摩尔定律

格拉斯哥大学工程学院的 David、Douglas 及曼彻斯特大学计算机学院的 Stephen 撰写前言文章。其中强调:

计算机与通信技术已经渗透到了商业、教育、政府、科学和娱乐等现代生活的各个领域。这些领域的发展都离不开微电子学的支撑,而半个世纪以来微电子学都遵循摩尔定律(Moore's law)。集成电路的复杂性逐年呈指数式增长,这种快速发展带来了强大的硬件功能和高效益,正如繁荣的数码消费电子产品市场所体现的。然而,这种指数式增长一去不复返了,越来越多的证据表明,随着晶体管尺寸向原子级别微缩,有可能在下一个 10 年或 20 年后,摩尔定律将不再适用。随着人们越来越接近物理极

限,其他因素,诸如设计成本、制造业经济和器件可靠性等,都已经使得原来那种单纯依靠缩小器件尺度,而提高集成度的做法变得更加具有挑战性,人们现在在必须要探索其他的实现方式。

微电子学要寻求其他方向的发展,不仅是要在传统市场中继续发挥更高的性能,也要通过设计发明新的非电子的功能化集成电路,从而开拓新的市场。微电子学依赖于互补金属氧化物半导体(CMOS)技术,这项技术是电子工业的支撑。除了摩尔定律外,可以预见到将来的微电子学将以一个支撑光纤、化学和生物技术的综合平台来替代单纯的电子器件集成平台,从而实现微电子学的跨越式发展。

目前的研究主要集中在非电子器件的集成和以 CMOS 为廉价平台的系统集成。在电子工业的基础上,通过一系列技术构造高度异构系统的可行性将越来越大。像“post-light”基因测序这样崭新的革命性技术,如今正在兴起并主导着市场。更明确的是,异构集成将在生物学、传感器和医疗等相对缺乏集成的技术领域产生重大影响。

当人们不断发现 CMOS 的新应用,持续更多地发展计算机和通信技术成为迫切需求。集成光学特别是硅光子学代表了人们正在积极探索的重要途径。最终的目标是用低成本的技术大幅增加信息带宽,以实现高带宽通信。

为实现这个目标,跨学科的方法至关重要:传统的物理学和工程学研究必须与生物学、化学和医学密切合作,以发展新的应用并获取新的功能。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2012/20130376.full.pdf.html>

模拟合成生物学

麻省理工学院的 Sarpeshkar 等撰写了模拟合成生物学的文章,他们分析了活体细胞中模拟计算与数字计算的优劣。

此项分析基于噪音在基因和蛋白表达中的基本规律,即对能量、时间、空间、分子数以及部分需要在给定精度下进行

估算的原料进行限制。

在相对较高的精度范围内,相对于确定的数值计算,模拟计算具有更高的资源利用率。可以得出结论,合成生物学必须使用模拟、集体模拟、概率论以及模拟-数值的混合计算等方法,否则即使是增加细胞中相对简单的合成计算,也会超出能量和分子的计算量。文中展示了高效实现细胞中 DNA-蛋白质模拟计算的电路图。闕下晶体管中的模拟物电流和化学反应中的模拟物分子流遵守 Boltzmann 热力学指数定律,并且令人惊奇地可以描述为类似对数式的电化学势。因此,形态化的电路可以帮助电子学和生物学领域之间的电路的图形化设计。对使用正反馈线性相关电路来构造大肠杆菌(*Escherichia coli*)中范围宽度可动态变化的对数模拟计算工作进行总结,这些工作使用 3 个转录因子,比之前的数字电路实现方式性能提升了将近两个数量级。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2012/20130110.full.pdf.html>

纳米线系统:技术与设计

洛桑联邦理工学院的 Gaillardon 等发表了设计合成纳米线系统的文章。纳米系统是开发纳米电子器件的大型集成系统。该研究考虑双独立栅极,将它们垂直堆放在栅极聚集结构和典型直径 20 nm 的纳米线场效应晶体管(FETs)中。目前已经成功制造和评估的这些器件,可以通过选择性地开启一类载体来控制纳米结构的双极性现象。这些晶体管充当了具有可编程电极性的开关,实现异操作。与标准的互补金属氧化物半导体技术相比,这些 FETs 本身具有更高的表达能力,能实现更有效率的逻辑门电路,从而把这些逻辑门电路通过有规律的排列实现纳米线系统。作者研究了双独立栅极 FETs 技术,以及用这种制造技术实现数字系统的物理和逻辑设计工具。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2012/20130102.full.pdf.html>

(编译 田恬)