

半导体信息存储赋能新质生产力

赵建忠

中国半导体行业协会 IC 设计分会

0 前言

近年来,我国包括“运力、算力和存力”在内的数据基础设施建设及其规模能级取得了举世瞩目成绩。据国家数据局 2024 年 6 月 30 发布的《数字中国发展报告(2023 年)》显示:①截至 2023 年底,我国运力基础设施的网络运载能力已进入加速向重点场所深度延伸的升级新阶段。5G 基站数达 337.7 万个,同比增长 46.1%。具备千兆网络服务能力的 10G PON 端口数达 2302 万个,增幅达 51.2%;②算力基础设施的信息计算能力实现跨越式发展,算力总规模达到 230EFLOPS,居全球第二位,年均增速 30%。其中,智能算力规模达到 70EFLOPS,占总算力比重达 30.4%。增速超过 70%;③存力基础设施的数据存储能力展现向先进存储发展趋势,存力总规模达到约 1200EB,同比增长 20%。其中,先进存储容量占比超过 25%。2023 年 2 月,中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》明确提出,到 2025 年,我国“数据基础设施高效联通,数据资源规模和质量加快提升,数据要素价值有效释放,数字经济发展质量效益大幅增强,……数字技术创新实现重大突破,应用创新全球领先,数字安全保障能力全面提升……。”

从中看出,“十四五”期间,我国数据资源规模和质量、数据要素价值及数字安全保障能力将呈现一

个跨越式发展格局,数据愈发成为促进各行各业新质生产力发展的关键生产要素,作为数据“居家”的半导体数据信息存储芯片、存力基础设施及其数据存储系统之底层基座作用愈益凸显。

1 我国半导体信息存储行业发展现状

1.1 我国半导体信息存储行业发展的阶段特征

(1) 半导体信息存储行业重要性日益凸显。半导体信息存储是指基于半导体技术,以固态硬盘(SSD)为代表、采用闪存(Flash)芯片作为写入和读取数据的特定介质,通过由闪存芯片、主控芯片、DRAM 缓存、电源和接口模块等制成数据存储设备的一种先进信息存储方式。它是将原始数据,无论是结构化数据或非结构化数据按一定数据格式经过采集、清洗、分析等顺序,转化为可利用、有价值的信息数据进行存储、以便当前和未来运营之用;这些信息数据,都必须具备保障包括原始数据、半产品数据和成品信息数据在内整个数据存储安全的功能,以防止数据篡改、信息泄露和网络勒索病毒攻击等。

综上所述,可以看出半导体信息存储行业是我国半导体产业核心组成部分,它不仅肩负着提升自

身行业数据存储能力和破解产业数据安全风险的责任,同时肩负着力提升我国数据基础设施相关核心芯片的产业链、供应链之韧性和安全水平之重任,更是肩负着助推我国数字中国建设发展中的“数据要素价值有效释放、数字安全保障能力提升”的使命。

(2) 半导体先进存力国产替代芯片不断拉近与国际先进水平距离。面对外部挑战,在国家政策持续支持下,半导体信息存储的国产芯片的产业化、规模化呈现加速趋势。表1显示了近年来行业龙头骨干企业的不菲业绩。从中看出,自主研发的Flash、DRAM存储器与国际同类芯片性能相比已达到了国际先进水平。

表1 Flash、DRAM存储器的创新产品示例

长江存储	① 2019年9月,其采用自研 Xtacking®架构的64层256Gb三层单元(TLC)3D NAND闪存芯片正式量产。②2021年发布 Xtacking®2.0架构、X2-9060 TLC(3bit单元)闪存芯片(128层),以及中国首款QLC(4bit单元)闪存芯片X2-6070(128层);2023年发布并量产基于 Xtacking®3.0架构的X3-9070(TLC)、X3-6070(QLC)闪存芯片,同代技术中量产上市时间、产品性能均领先全球;2024年,长江存储量产基于 Xtacking®4.0架构的X4-9060,在国内外NAND闪存芯片市场形成竞争新格局。其中,X3-6070 QLC闪存相较于上代产品I/O速度提升50%、存储密度提高70%、擦写寿命达4000次P/E,相比国际同类先进产品在性能、寿命上更高。目前,基于X3-9070芯片的PC411固态硬盘是性能、功耗、成本全面领先的旗舰型号。基于X3-6070芯片的PC41Q消费级固态硬盘,是成本进一步领先的主流型号。需指出的是,长江存储的QLC NAND单位密度达到20.62Gb/mm²,仅次于三星。
合肥长鑫	2022年3月,其自研的17nm工艺DDR5内存芯片已进入试投产,且17nm制程成品率初步达到40%;另外,2023年11月,长鑫存储正式推出了LPDDR5系列产品,包括12Gb的LPDDR5颗粒,12GB LPDDR5芯片及6GB LPDDR5芯片。其中,12GB LPDDR5芯片目前已在国内主流手机厂商小米、传音等品牌机型上完成验证。LPDDR5是长鑫存储面向中高端移动设备市场推出的产品,这意味着我国存储企业加入到国内外DDR5市场竞争格局中。
兆易创新	兆易创新的存储芯片产品包括NOR Flash、Nand Flash和利基型DRAM三类。2023年,兆易创新存储芯片实现销售量26.55亿颗,其中NOR Flash出货25.33亿颗,占总量比重高达95.4%。尤其是,车规级GD25/55 SPI NOR Flash和GD5F SPI NAND Flash系列产品,全球累计出货量已达1亿颗。在NAND Flash系列产品领域,兆易创新布局的是容量相对较小的SLC NAND,用于移动设备、机顶盒、数据卡、电视、汽车电子等设备的多媒体数据存储。
复旦微电子	2023年,该公司推出了SLC NAND Flash存储器(FM25/FM29系列)。该系列采用28nm NAND flash工艺,支持内置8 bit ECC,支持双接口(SPI/PP1)和双电源(1.8/3.3V),满足8-10万次擦写次数、10年数据保存和客户Error-Free需求,工作温度范围可扩展至-40℃~+105℃,覆盖512Mbit~8Gbit存储容量。

资料来源:根据企业公布的数据整理(2024/9)

(3) 我国SSD主控芯片呈现跨越式发展势头。主控芯片在SSD中起着“大脑”作用,实现对SSD数据管理、NAND坏块管理、NAND数据纠错、NAND寿命均衡、垃圾回收等功能,直接关系到SSD的性能、可靠性、稳定性和数据安全性。表1显示了近年来SSD主控芯片国产化发展状况。从中看出,如忆芯科技针对国内的高速度、高性能PCIe5.0市场需求,坚持自主研发,首次在全球推出了STAR1500和

STAR1516两套PCIe Gen5芯片解决方案;另外,又如平头哥发布旗下首颗SSD主控芯片镇岳510,不仅显示该芯片性能技术参数指标达到了国内领先、国际先进水平,同时意味着平头哥的芯片产品家族从算力扩展到了存力领域,进一步为云计算行业提供高性价比的技术底座。

表2 SSD主控芯片的创新产品示例

忆芯科技	2022年5月,其采用12nm工艺制程,内置Arm® Cortex-A55 CPU核心,集成高达8 TOPS的神经网络加速单元,支持PCIe Gen4接口和NVMe2.0协议,含50亿晶体管的高性能企业级PCIe Gen4 SSD主控芯片(STAR2000)。目前该芯片已被应用于该公司的自己生产的企业级固态硬盘STAR2000E中,并已在多家企业数据中心项目启动了验证流程,主要面向信创及边缘计算市场,提供算力+存储一体化支持。另外,2023年8月,在全球最大闪存峰会FMS2023上,首次推出了STAR1500和STAR1516两套PCIe Gen5芯片解决方案:①STAR1500为8路闪存通道,支持PCIe Gen5接口和NVMe2.0协议,目标为企业级和高端消费级市场应用的PCIe5.0 SSD主控芯片。②STAR1516自研企业级SSD架构,为16路闪存通道,支持第五代StarNVMe®架构,提供极致延迟性能;支持第五代StarSecurity安全算法,支持硬件实时数据加解密,支持侧信道攻击防护,支持第五代StarLDPC®架构,提供更强纠错能力。目标为企业级市场应用的PCIe5.0 SSD主控芯片。
阿里巴巴平头哥	2023年11月1日,在2023云栖大会上,阿里巴巴平头哥发布旗下首颗SSD主控芯片镇岳510。该芯片基于平头哥自研紧耦合芯片架构,内置玄铁910 RISC-V多核CPU,内置创新的I/O自动化处理机制和自研的高性能LDPC纠错算法、闪存电压预测算法,支持先进的PCIe 5.0接口,支持DDR5.0技术,可实现被收入NVMe规范2.0版本的ZNS协议。实现4μs超低时延,比业界主流降低30%以上,误码率低至10 ⁻¹⁸ ,比业内标杆领先一个数量级。镇岳510的问世,意味着平头哥的芯片产品家族从算力扩展到了存力领域,进一步为云计算行业提供高性价比的技术底座。镇岳510将率先在阿里云数据中心部署,可应用于AI、在线分析、在线交易、大数据分析、高性能数据库等业务场景。
华存电子	其在2019南通新一代信息技术博览会上发布了国内首颗企业级PCIe 5.0 SSD主控芯片(HC9001)。该芯片采用12nm CMOS工艺,基于独创硬固件融合XSDirectA架构,融合自研的第二代4K-LDPC闪存纠错算法架构以及加入国密算法与AI调适功能,在接口速度、读写效能、闪存纠错等规格上都处于行业先进,该芯片于2022年4月底成功流片。
英韧科技	2023年9月26日,在以“中国芯,存未来”为主题的2023存储产业趋势峰会上,其宣布自主开发、可配置16或者18通道的PCIe 5.0 SSD控制器芯片(YR S900)实现量产。该芯片采用开源RISC-V多核CPU架构,内置自研的第三代ECC纠错引擎,协同优化4K LDPC编解码及数字信号处理单元,支持NVMe 2.0协议,支持FDP(Flexible Data Placement)、SR-IOV硬件虚拟化技术。支持多种数据加密、用户认证等算法,以及采用先进密钥管理设计,适配由分布式管理任务组(DMTF)发布的安全协议和数据模块(SPD)中要求的认证和密钥管理标准,为最新的TLC和QLC NAND提供更强的纠错能力和更短的数据处理延迟,高度适配长江存储颗粒。该芯片在超快并行计算能力、加密安全存储、超低延迟、超低功耗等各项性能指标上均已达到国际先进水平。
联芸科技	2021年12月,联芸科技正式发布4通道无外置缓存PC整机专用SSD主控芯片(型号:MAP1602),并成功实现量产。该产品采用12nm工艺,内置ARM R5高性能CPU内核,内嵌自研的第三代Agile ECC(4K LDPC)纠错技术、Agile Zip数据压缩技术、硬件RAID5/6及E2E数据保护技术,并搭载自有的超低功耗SoC芯片架构设计与NAND接口高性能自适应技术(无需超频即可达到2400MT/s),支持PCIe Gen4x4 NVMe 2.0接口技术标准的PCIe(NVMe)主控芯片。

资料来源:根据企业公布的数据整理(2024/9)

(4)“主控芯片+闪存芯片+数据存储整机/系统”生态环境臻趋优化。在数字中国的战略指引下,尤其在国家相关政策持续支持下,大大增强了半导体信息存储企业的自主研发创新能力,提高了国内半导体信息存储行业的整体竞争力及其国内市场占有率。

表3、表4显示了近年来从闪存芯片到应用的整个行业生态发展状况。应该看到,今天我国半导体

信息存储行业不仅是要完善自身产业链，更重要的是要构建起共生共赢的创新生态环境，这是提升我国半导体信息存储技术国际竞争力的核心所在。其中,表 3 显示了 SSD 的相关龙头骨干企业的具体表现。从中可看到，长江存储推出的自有 SSD 品牌 – 致态 TiPlus5000 及 TiPlus7100 两款分别采用“联芸 MAP1202 主控芯片 + 长江存储 X2-9060 闪存芯片”和“联芸 MAP1602 主控芯片 + 长江存储 TLC (X3-9060、X4-9060)闪存芯片”的方案,北京忆恒创源科技的 SSD 是基于长江存储晶栈 Xtacking® 3D QLC 闪存，这展现了我国已初步形成“主控芯片 + 闪存芯片”的自主可控供应链。

表 3 固态硬盘(SSD)创新产品示例

长江存储旗下的“致态”	致态自 2020 年成立以来，先后推出了多款广受欢迎、销量领先的消费级存储产品。①2020 年 9 月，致态发布 SC001 Active，采用“联芸 MAS0902+长江存储 X1-9060”方案，支持 SATA 3.0 接口，速度达 520MB/s 为接口上限；②2022 年 4 月，致态发布 TiPlus5000，采用“联芸 MAP1202+长江存储 X2-9060”方案，PCIe3.0 接口，速度可达 3500MB/s，达到接口上限，同代产品中性能领先；③2022 年 10 月，致态发布 TiPlus7100，采用“联芸 MAP1602+长江存储 X3-9060”方案，2024 年 9 月升级闪存芯片为“长江存储 X4-9060”，采用 PCIe Gen4 接口，速度可达 7100MB/s，性能同样达到接口上限，领先同代国际品牌；④2023 年 9 月，致态发布 Ti600，采用“联芸 MAP1602+长江存储 X3-6070 (QLC)”方案，拥有超大容量，在同类 QLC 固态硬盘中性能、寿命、性价比均领先。
北京忆恒创源科技	2024 年 3 月在中国闪存市场峰会 2024 上，忆恒创源展示了面向读取密集型业务和冷数据存储领域，基于长江存储晶栈 Xtacking 3D QLC 闪存和自研的 MUFF 自主统一架构平台，实现最大容量 15.36TB，顺序读取性能达 13GB/s，4K 随机读取性能为 2500K IOPS 的 PCIe 5.0 固态硬盘（PBlaze7 7340 系列）。此前，该公司还推出过多款基于长江存储闪存的企业级固态硬盘方案，包括 PCIe 5.0 规格的 PBlaze7 7940 系列和 PCIe 4.0 规格的 PBlaze6 6531/6541/6641 系列等。
深圳大普微电子	2021 年 9 月，采用自研采用 12nm 工艺的主控芯片（DPU600）和固件，搭载日本 KIOXIA 112 层 3D Enterprise TLC NAND，支持国际 AES/RSA /SHA 和国密安全算法、支持 Flash Raid 2.0 技术，SSD 内可运行 Linux 系统扩展定制算法、兼容各种 NAND FLASH、异构接口可灵活扩展 TPU/GPU/FPGA 等设备的新一代 NVMe PCIe4.0 企业级 SSD 系列产品（崂神 5 R5100、R5300、R5101 及 R5301）。该芯片相比于其在 2019 年发布的海神系列 Gen3 产品，在带宽和 IOPS 等方面有高达 100%的提升。在带宽和 IOPS 等方面有高达 100%的提升。目前，该系列产品与阿里云 PolarDB 开源数据库社区展开产品集成认证。测试结果表明，大普微旗下 DapuStor PCIe 4.0 崂神系列企业级 SSD 与阿里云以下产品：阿里云 PolarDB 数据库管理软件、阿里云 PolarDB-X 云原生分布式数据库管理软件，完全满足产品兼容认证要求，兼容性良好，系统运行稳定。

资料来源:根据企业公布的数据整理(2024/9)

表 4 显示了我国数据存储设备 / 系统的创新表现。从中看出,以华为、浪潮、新华三集团等为代表的国内存储龙头骨干企业正在通过新型数据范式、先进介质应用、数据安全可靠、绿色节能等措施推进产业的创新。尤其是,它们形成的引领效应,极大地助推我国在高性能存储、数据湖、混合存储等领域,构建起“存力芯片 +SSD+ 数据存储整机 / 系统”的产业生态,形成产业闭环,致力于打造技术领先的存储控制器、固态硬盘(SSD)、数据存储设备 / 系统等产品，

共同推动企业级数据中心存储技术的进步，不断创新产品和服务，为千行百业数字化转型提供更加高效、智能化、高安全可靠性的解决方案。

表 4 我国数据存储设备 / 系统的创新产品示例

华为	下面列出华为发布的 OceanStor Dorado 存储系统，以及全新一代 OceanStor 存储 Pacific 系列产品。 ① OceanStor Dorado 系列全闪存存储为企业关键业务打造高达 4000 万 IOPS，0.05ms 超低时延，全系列采用端到端 NVMe 架构，结合专为闪存设计的 FLASHLINK® 技术，充分发挥了闪存的潜力，业务性能提升 5 倍。华为 OceanStor Dorado 全闪存存储采用 SmartMatrix3.0 全互联 AA 架构，保障控制器 8 坏 7、引擎 2 坏 1 故障的情况下业务依然稳定运行。HyperMetro 免网关 SAN 及 NAS Active-Active 双活，实现两站点间负载均衡，RPO=0，RTO≈0。华为 OceanStor Dorado 全闪存存储凭借先进的加速模块和算法，与云上智能协同，使能资源规划、业务发放、系统调优、风险预测、故障定位等全生命周期智能运维。 ② OceanStor Pacific 系列产品提供基于分布式存储架构，融合分布式文件、对象、大数据和块多个服务形态，支持文件、对象、大数据服务部署在一个集群，并统一管理。其多协议无损互通能力可以在不需要增加任何额外网络设备情况下，实现对象、文件、大数据应用数据互通互访，面向非结构化场景提供海量数据存储空间，通过构建先进的融合数据存储平台，更好地应对未来新兴应用带来的不确定性需求与挑战，简化日益复杂的企业数据管理，提升数据韧性，释放海量数据无尽潜能，驱动企业全业务智能化演进。 同时华为还发布了《AI-Ready 的数据基础设施参考架构白皮书》，为企业提供中心 AI、边缘 AI、AI 数据保护和 AI 数据湖 4 大解决方案，帮助企业客户实现全场景 AI 化，解决 AI 数据中心建设过程中面临的数据孤岛、算力资源浪费严重、数据一致性不足、数据安全性差的挑战，为百行百业开启 AI 时代新篇章，加速数据觉醒。 华为是目前存储厂商中唯一发布 AI 基础设施参考架构以及最佳实践的厂商。
浪潮	2023 年 5 月其发布新一代分布式融合存储产品（AS13000G7）。该产品首创支持四合一架构，搭载自研 PCIe 5.0 NVMe SSD，采用第四代英特尔至强 CPU、实现同一套存储满足四种非结构化数据、多元场景的“All In One”高效融合、无损访问，支持文件、对象、大数据、视频四种协议，实现数据融合；同时，支持闪存、磁盘、磁带、光盘四类存储介质，支持基础设施云化、结构化、非结构化等全部应用场景。
新华三集团	2023 年 8 月 22 日，发布了全新发布 H3C/HPE Alletra MP 全局解耦 NVMe 智能全闪存、H3C UniStor X10000 G6 系列分布式智能融合存储产品。该产品是基于全新技术架构，适配最新 4 代 Intel CPU、PCIe5.0 接口、DDR5 内存、远程直接内存访问（RDMA）等硬件，支持高速缓存聚合、纠删码多条带写、智能存储预读、全局重删压缩以及智能分层存储等多项管理。

资料来源:根据企业公布的数据整理(2024/9)

1.2 我国半导体信息存储行业存在的短板问题

(1)“供应侧”存在的短板问题。表 5 显示了我国集成电路、处理器及控制器、存储器的进口及其进出口贸易差状况。从中看出:2023 年我国集成电路的进口金额都呈现负增长，这反映了由于国产替代的加速推进,提升了国内存储芯片的自给率;但是,从进出口贸易逆差来看，处理器及控制器贸易逆差 1263 亿美元,存储器贸易逆差 231 亿美元,又进一步揭示了我国处理器、存储器等高端芯片对外依赖度仍非常高。其中,根据美国半导体行业协会(SIA)报告显示,2023 年全球存储器销售额为 923 亿美元，则我国 789 亿美元的存储器进口额就占到全球

表 5 2023 年我国集成电路、处理器及控制器、存储器的进口等状况

类别	进口额 (亿美元)	占比	增长率	进出口 贸易差 (亿元)
处理器及控制器	1763	50.3%	-14.1%	1263
存储器	789	22.1%	-22.1%	231
集成电路进口总计	3502	100%	-15.7%	2138

资料来源:根据我国海关总署公布的数据整理(2024/9)

存储器销售额的 85.5%。

(2) 创新能力、市场竞争力的问题。这从全球闪存(NAND Flash)技术及其市场分析即见一斑。其中,在闪存堆叠技术方面,2023 年三星、铠侠/西数、美光、SK 海力士等均推出 200 层以上的产品,2024 年很多已经朝 300 层更高堆叠的产品推进。另外,在闪存市场占有率方面,三星、铠侠、西部数据、美光、海力士五家要占据全球 90%的市场份额。

2 我国半导体信息 存储行业存在的安全隐患

2.1 我国整个半导体产业自身数据面临的安全隐患

近年来,我国包括 IC 设计、芯片制造、封装测试和设备材料在内的半导体产业的数字化、智能化进程进入了加速发展期,分布式“云-边-端”协同工作模式已成为主流模式,涉及产业技术研发、生产工艺、人才管理、市场营销等敏感数据的安全问题日益凸显;尤其是,面对外部挑战,数据安全风险的防范与治理刻不容缓。这从技术密集度高、数据流通环节多、过程控制复杂的 IC 设计业和芯片制造业所面临状况即见一斑。

(1) IC 设计业。应该看到,芯片设计文件是 IC 设计企业最核心的资产,鉴于各个流转环节有大量数据被高度共享使用,故必然存在数据安全风险问题。因此,IC 设计企业对数字文件交换的安全性、可控性、便捷性存在天然的诉求。主要表现:

一是设计企业内部(包括企业在国内外分支机构)跨网文件交换场景的风险。因为从芯片设计到版

图格式(GDSII)生成的整个环节,涉及诸如设计方案及其芯片验证、优化、调整等价值高、易复制、非排他等特征的极其重要文档,一旦发生重要数据泄露、资产受损等严重后果,将给企业造成所不能承受的经济和声誉受损。

二是企业外部(包括芯片制造、封装测试和客户等企业)跨网文件交换场景的风险。因为 IC 设计企业需要将 GDSII 文件发送至境内外晶圆代工厂进行流片及生产,尤其是境外文件交换,将面临不同国家和地区的法律和监管问题,以及跨境数据传输可能面临被截获、篡改或非法访问,乃至被黑客攻击的风险。所以,境外文件跨网交换必须保障数据的100%的准确性及授权管控。

三是中小微设计企业面临着更大的数据风险问题。据 IC 设计分会数据显示,2023 年中国大陆 IC 设计企业总数为 3451 家,其中营收大于等于 1 亿元的企业数仅为 625 家,而小于 1 亿元及以下企业数则高达 2825 家,占总数的 81.9%。相对而言,在数据资产的使用、传输、保管、销毁的过程中,这 2825 家大部分是经营步履艰难的中小微企业,存在着管理不严、乃至无防护措施的数据安全风险,增加了行业数据安全管理工作难度。

(2) 芯片制造业。应该看到,在半导体行业中,芯片制造业是业界自动化、智能化程度最高的业态。大量数据在云端、边缘端和终端之间产生、存储、传输,甚至流通于国外半导体产业链供应链之间,确保数据流转的全程安全可控已经成为提升行业数据保护能力、实现自身产业安全的当务之急。主要风险表现:

一是云端存在的风险。随着工艺技术进步,芯片复杂度增加,导致芯片制造中大量数据需高效、高速存储传输;鉴此,远程的具有存储、计算、处理和组网等云功能的大数据中心更是成为数据应用中不可或缺的一环。鉴于国内云端服务数据中心,绝大部分是基于国外开源分布式存储软件 Ceph 构建的存储系统,其可靠性和性能均不如企业自研的分布式存储软件;所以,如何加快排除关键基础软件引发的安全

隐患和风险,构建高效、安全、可靠的关键基础设施是保障我国芯片制造业数据安全的大问题。

二是边缘端存在的风险。目前,芯片制造业在实时或半实时的情况下,为了及时更快速、更高效处理相关数据信息的存储传输应用,需要将数据的存储、计算、处理功能的位置转移到更接近生成或使用数据的设备,即网络的“边缘”。应该看到,如果边缘端的数据存储系统软件及其数据基础设施存在着安全漏洞,此漏洞将被攻击者利用而导致数据泄露;另外,如果边缘设备的安全措施不力等问题,更增加了数据泄露的风险。

三是终端存在的风险。其是指芯片生产线涉及的工艺设备、工业机器人和高端测试仪器,包括企业资源计划(ERP)系统等。它们直接涉及到芯片制造企业的核心工艺参数、检测、质量和运营等重要数据,以及物资、人力资源、财务资源等核心数据。由于目前我国半导体设备涉及种类繁多的国内外品牌,存在着数据通信接口各不相同、数据通信协议多样等问题,从而带来数据存储传输的失败风险;另外,由于迄今为止关键半导体设备和ERP等管理软件仍依赖海外品牌,这些设备和软件在使用维护过程中,由于通过网络与供应商等以图像、文件等形式进行洽谈,从而形成数据被攻击和窃取的薄弱环节,包括产生数据流动和使用的合规性等风险。

2.2 芯片设计制造过程中面临的数据安全隐

应该看到,随着数据价值提升,同时由于人工智能密码分析和量子计算等技术的发展,相比过去的攻击手段,攻击门槛已大大降低。从芯片角度来看,越来越多芯片设计采用异构集成结构,导致芯片制造工艺流程复杂性增加,可靠性措施没有跟上所引发的缺陷而造成数据泄露开口,让攻击者在不接触芯片的情况下就能提取数据。主要表现:

(1) 芯片制造的缺陷及其电路老化引发的安全隐患。由于芯片架构设计导致制造工艺流程复杂性,一旦工艺可靠性没有跟上,必然将增加诸如电迁移、

介电击穿和热相关损伤等缺陷,包括芯片老化测试出现弱连接等,从而造成数据泄露开口,让攻击者在不接触芯片的情况下就能提取数据。

(2) Chiplet(小芯片)异构集成引发的安全隐患。将多个 Chiplet 集成到一个异构封装中,而这些小芯片是通过全球供应链获取。各种工艺元件、存储器和其他零部件是使用不同的制造工艺开发,有时是由不同代工厂制造。这使得将这些零部件融合在一起时可能会产生弱点而导致安全漏洞,包括在设计、组装或测试期间对单个 Chiplet 的恶意修改或攻击造成的潜在风险。

(3) 数据存储芯片及其模块架构缺乏一体化安全体系考虑。如 MCM 封装或 2.3D/3D 堆叠封装中,多种不同芯片封装集成在一起,即使内有经过认证,并性能良好的安全芯片,但是其中控制安全芯片运行的微控制器等受到攻击、密钥被获取,则安全芯片就无法保护整个系统的数据安全性。尤其是,目前行业中小微设计企业,仍存在着安全体系和芯片架构是脱节现象,包括芯片内置的通信接口 IP 模块,缺乏数据完整性和加密保护等保障机制,致使芯片与系统之间互联互通中,造成数据窃取、篡改,甚至是伪造等风险。

(4) 数据存储的安全风险。当前半导体行业数据面临着更加多样化的安全威胁,威胁的方式包括网络攻击,数据泄露,未经授权的访问,数据盗窃和数据丢失等,与数据相关的安全事件呈扩大趋势;威胁的来源包括如黑客,恶意内部人员或意外系统故障,人为因素比例呈逐年上升趋势;威胁的损失包括业务停机带来的直接经济损失、商业声誉受损带来的业务影响、法规遵从带来的罚金等,对政府和企业业务的影响呈加深趋势。存储产业作为企业数据的基础承载底座,必须采取全面和积极的安全方法,从设计阶段到部署和维护存储解决方案,优先考虑安全,以确保客户数据免受不断发展的安全威胁影响,通过采用先进的技术和实施严格的安全协议,帮助客户消减安全风险,维护业务连续性并保护其声誉。

(5) 数据中心存力基础设施, 数据价值难以释放。今天 AI 大模型迅猛发展, 带来数据中心的巨大变革。当前 AI 集群中 GPU 资源非常昂贵, 但是 GPU 大多数时候处于等待状态, 即 AI 集群的 GPU 的可利用度不高, 这根本原因在于缺少匹配的 AI 存力基础设施; 为此, 为了更好的助力半导体行业加速数据价值的释放, 需要构建先进的存力基础设施。另外, 面对的挑战是数据中心韧性不足, 如果遭遇勒索攻击, 训练数据或者大模型参数数据被挟持, 企业将面临巨大的损失。最后是数据资产化管理的不足, 当前企业的所有数据资产无法做到可视、可管、可用, 数据资产难以有效的管理。

3 我国半导体信息 存储行业面临的机遇

3.1 我国超大规模市场优势带来的独特机遇

(1) 国家“数字中国”、“东数西算”等一系列的重大战略和重大工程的部署落实, 创造并展现了我国独特的超大规模 IC 应用市场。根据相关数据显示, 未来 7-12 年, 数字经济、低碳经济将是全球经济增长主引擎, 到 2025 年全球包括智能硬件 / 软件及其系统和内容服务在内整个市场规模将达 11.22 万亿美元, 届时占全球经济的 11%。尤其是, 随云 - 边 - 端计算广泛应用于各行各业, 将不仅产生大量不同类型数据, 且数据安全和网络安全要求越来越高, 致使具有安全体系架构的半导体信息存储设备市场将持续健康增长。

(2) “元宇宙”将是数字经济时代的科技战略高地。元宇宙是指在现实宇宙外, 营造起一个由增强现实(AR)、虚拟现实(VR)、混合现实(MR)、沉浸式视觉、区块链、云计算、数字孪生、人工智能、大数据、3D 等技术支持、超越现实宇宙运行的虚拟现实之崭新空间互联网, 从而极大地推动数据呈现爆发性增长、半导体信息存储空间将持续呈现指数式扩大趋

势。据华为 2023 年 4 月发布的《数据存储 2030》白皮书显示, 预测到 2030 年, 全球每年产生的数据总量将达 1YB, 相比 2020 年增长 23 倍, 人类将迎来 YB 数据时代。未来数据存储将在先进介质应用、以数据为中心的体系架构、数据存储原生安全、智能数据编织、数据即应用及绿色低碳存储六大关键技术方面进行创新, 以应对日益增长的数据存力需求。

3.2 全球半导体技术处于前所未有的大变革时期带来的机遇

新一轮科技革命和产业变革热潮涌起, 全球以半导体集成电路为核心的世界电子信息产品将进入“5G/6G+AI”创新迭代的爆发时期。未来 5-10 年或更长时间, 全球 IC 技术将沿着延续摩尔定律、后摩尔定律和超越 CMOS 时代发展, 展现了一个充分创新活力的时代, 营造起重大科技发明及其重大工程科技创新的前所未有的机遇。

(1) 后摩尔定律。主要特征是专注于产品多功能化, 通过“先进封装技术 + 成熟工艺(或先进工艺)制程芯片”的 Chiplet(2.5/3D IC)技术、硅基 CMOS 和第三代半导体技术融合技术等, 以提供具有更高附加价值的系统及其解决方案。应该看到, 随 AI、大数据对半导体功能、性能大幅度提高, 半导体设计的复杂度越来越高, 所需存储容量呈指数的增加, 加上先进制程贴近极限, 给摩尔定律引领向纵向扩展的基础架构带来了巨大压力, 于是 Chiplet 集成方式迎来黄金发展期。应该看到, Chiplet 模块化的集成方式, 需要从各种大小和各种类型的文件中进行数据分析, 致使数据大量增长, 包括非结构化数据在内的数据类型越来越复杂, 从而要求数据存储系统具有更丰富存储接口、更强的扩展性和安全性。为此, 面对外部挑战, 结合行业发展的现状, 极大地励志我国半导体信息存储行业要构建起具有自主可控的“横向扩展架构 + Chiplet 集成 + 数据基础系统”一体化数据存储技术路线和具有中国特色的发展路径, 促使我国的数据存储系统更好地安全保障数据分析应

用的新质生产力发展。

(2) 超越 CMOS 时代。主要特征是新材料、新器件结构及新技术发生革命性突破,包括电子自旋、磁自旋、铁电、碳纳米管、石墨烯、金刚石和氧化镓等新技术新材料,以及光子芯片、量子芯片、神经网络芯片、脱氧核糖核酸(DNA)存储等等。《国家十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确指出:“十四五”期间,聚焦高端芯片、操作系统、人工智能关键算法、传感器等关键领域,加快布局量子计算、量子通信、神经芯片、DNA 存储等前沿技术。到 2025 年人工智能基础理论实现重大突破,部分技术与应用达到世界领先水平,展望 2035 年,我国经济实力、科技实力、综合国力将大幅跃升,关键核心技术实现重大突破,进入创新型国家前列。”其中,脱氧核糖核酸(DNA)具有极高的存储密度和稳健性、可编码性和高效复制能力和信息处理和计算能力,有可能成为长新一代数据存储介质,突破海量数据存储的瓶颈。

4 推进我国半导体信息存储行业高质量发展的对策建议

4.1 锻铸原始创新策源能力

应该看到,“国产替代”是一条引进消化吸收、跟踪国外产品的技术路线,是永远跳不出也跟不上国外先进技术产品的演进步伐,更摆脱不了核心技术受限于人的局面;为此,我们必须基于“数字中国”的巨大的市场优势,凭藉我国电子信息产业、包括半导体信息存储行业在内的半导体产业已构建起的“芯片~软件~整机~系统~信息服务~应用”供应链、价值链和生态链的基础和相对优势,提出定义具有中国超大规模市场特征、符合 IT 和 IC 两大产业变革方向的“存力芯片+SSD+数据存储整机/系统”的三合一融合产品,制定中国标准,通过原始创新为半导体信息存储技术创新提供动力源泉,催生和崛起一个雄踞世界的“巨无霸”产品品牌,跨越式地做大做强两大产业。加速各行各业新

质生产力发展。

4.2 组建任务型、系统化、生态型的创新联合体

传统的产学研结合或松散型产业联盟等已不适应面对外部挑战,引进世界级人才,攻克基础性核心技术等“卡脖子”瓶颈问题的产业战略发展目标要求。为此,我们必须同样以“数字中国”超大规模目标市场为导向,以“存力芯片+SSD+数据存储整机/系统”三合一融合产品为中心,充分发挥和完善新型举国体制优势,以龙头数据存储设备/系统企业牵头组建任务型、系统化、生态型的创新联合体。

(1) 创新联合体着力于规划、部署、制定“存力芯片+SSD+数据存储整机/系统”三合一融合产品宏伟蓝图。即从自主标准、产品架构到产品性能指标提出不同于国际市场主流产品的新要求,实施“卡脖子”关键核心技术的攻关,实现“巨无霸”产品品牌的商品化、产业化、规模化,做大做强做优产业。

(2) 国家和各级政府应全力支持基于国家级“头部存储企业+行业骨干优势企业+各大学研究所”新型创新联合体的体制机制突破。即通过加大产业基金支持力度,设立具有数字安全体系架构的全闪存“存算一体化”等国家专项,扩大研发投入规模,推进以数据为中心,面向新型应用的数据高效使用与治理、数据韧性及主动防护等技术的存储体系结构创新,突破“卡脖子”技术瓶颈,到 2025 年实现数字安全保障能力全面的提升。

4.3 励志未来数据信息存储技术研究开发

政府应引导、支持行业以未来产业发展和新兴市场为导向,开展包括半导体信息存储在内的新架构、新材料、新技术、新器件的前沿技术研究开发;同时,集聚力量进行原创性引领性科技攻关,坚决打赢关键核心技术攻坚战,加快实施一批具有战略性全局性前瞻性的国家重大科技项目,增强自主创新能力。

4.4 优化和完善重要数据基础设施的政府采购政策

政府通过政策引导,在国家和各级政府项目招标中,应优先支持全国产化、高安全性,性能参数指标与同类国际先进水平一致的“存力芯片+SSD+数据存储整机/系统”的数字存储产品,促进国产半导体信息存储行业的发展。

4.5 建立和完善我国数字存储产品安全审查制度及其行业高质量发展的政策环境

制定国家“数字存储产品的供应链安全、信息安全、数据安全等指标检测认证体系”,建立和完善产品的安全审查制度;同时,基于国家集成电路已有的一系列政策,形成“存力芯片+SSD+数据存储整机/系统”产业链、供应链、价值链和生态链的一体化政策联动机制,包括国家级评测中心检测认证费用予以优惠政策,营造良好半导体信息存储行业政策发展环境。

4.6 建立先进的数据存力标准

随着大数据时代来临和演进,数据价值释放过程不仅驱动着新型数据基础设施的存力中心建设,同时促使制定半导体行业内的先进存力标准成为当务之急。这驱动力来源于:一是数据在资源化、资产化、资本化的三化过程中,需要一个存得下、存得好、存得安全的存力中心;二是安全可信存力中心成为半导体新型数据基础设施核心组成部分,也是半导体行业数据中心发展的趋势,通过高性能存力平台的载体,可进一步加速如仿数据价值的释放;三是制定数据存储整机的安全标准,通过构建数据安全管理体系和先进的数据安全防护能力,基于存储整机的数据加密存储、数据防勒索、数据容灾备份及归档等安全体系实现半导体行业全面的数据防护。CC

作者简介

赵建忠,中国半导体行业协会 IC 设计分会副秘书长。

业界要闻

新存科技推出国产最大容量新型存储器芯片

近日,由新存科技(武汉)有限责任公司(以下简称“新存科技”)自主研发的国产最大容量新型三维存储器芯片“NM101”面世,有望打破国际巨头在该领域的长期垄断。这一产品是新存科技与华中科技大学长期开展深度产学研合作结出的硕果,显著降低了我国对国外存储技术的依赖,加速了国产新型存储器产业化进程,可助力中国数字基建升级,为产业界合力打造数字产业集群添砖加瓦。

新存科技总经理刘峻介绍,目前国内市场上同类产品容量仅为 Mb 级,“NM101”芯片容量直接提升到 Gb 级,目前已达 64Gb,支持随机读写,且存储时读、写均比目前国内同类产品提速 10 倍以上,寿命还增加了 5 倍。使用“NM101”芯片制造的硬盘,存入一部 10GB 的高清电影仅需 1 秒。

据了解,该芯片采用创新的三维堆叠技术,基于新型材料电阻变化的原理,利用先进工艺,在单颗芯片上集成了百亿数量的非易失性存储器件,实现了存储架构上的重大突破。这一芯片做成的固态硬盘,可为数据中心、云计算厂商等提供大容量、高密度、高带宽、低时延的新型存储解决方案。(源自湖北日报)