

【国信通信·行业专题】

Marvell：通信网络互联芯片领先厂商

行业研究 · 行业专题

通信 · 通信设备

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：马成龙

021-60933150

machenglong@guosen.com.cn

S0980518100002

证券分析师：朱锟旭

021-60375456

zhukunxu@guosen.com.cn

S0980523060003

Marvell是全球领先的半导体公司，并在以太网通信互联等领域取得较多进展，本文希望通过对Marvell发展历史和业务进行解析，在更深入了解Marvell的同时，可以更好的了解行业后续发展趋势。

Marvell（美满科技）：全球领先的半导体解决方案厂商。Marvell成立于1995年，2000年公司在纳斯达克上市。公司业务围绕网络互联展开，下游主要涉及数据中心、企业通信、基站基础设施、和汽车通信、消费五个领域。公司的优势产品包括存储SSD、交换机交换芯片和PHY芯片、互联DSP芯片等，通过产品组合，公司在不同下游领域（消费领域除外）提供从计算、存储、交换、互联等完整解决方案。

行业：计算+互联+存储需求持续提升。公司在行业部分主要靠整体解决方案推进，拥有多个核心产品。1）**DPU芯片**：作为数据中心的第三颗芯片，行业需求处于快速增长阶段，2025年可达到245亿美金；2）**存储固态硬盘（SSD）市场**：2022-2028年SSD市场总规模将从290亿美金增至670亿美金，CAGR为15%。3）**PHY芯片**：作为以太网交换机的底层之一，预计2025年全球市场规模突破300亿元；4）**交换机芯片**：算力需求增长，推动需求提升，交换芯片作为交换机核心环节，预计2025年全球交换芯片市场规模达434亿元

公司定位：多产品全球份额领先。DPU芯片由于行业竞争格局未定，目前Marvell是行业领先厂商之一；在固态硬盘SSD市场，公司重点定位企业级SSD的主控芯片，目前已经是该领域第三方主控芯片行业的领先厂商；在交换芯片市场，Marvell是博通之外的第二大厂商；在PHY芯片市场，公司在汽车领域市占率第一。在产品实力的基础上，公司进行方案组合和拓展，有望不断实现市场份额提升。

投资建议：

随着数据中心、AI、汽车等领域的快速发展和变化，对网络互联的要求不断提升，相关芯片市场有望持续增大，关注数据中心DPU、车载以太网等新赛道投资机会。

数据中心和汽车通信是后续发展最为快速的领域，数据中心DPU、高速率交换芯片、互联DSP芯片均是持续受益的方向；汽车以太网有望成为未来智能化的演进方向，其中物理层PHY芯片、交换芯片、完整的车内互联方案是关注重点。**Marvell作为上游芯片供应商，其预测数据对于国内下游产业有指导意义，关注国内光模块赛道（中际旭创、新易盛等）的投资机会。**

风险提示：新品进展不及预期；政策风险；部分业务客户集中度高的风险；收购整合风险，国内公司进展不及预期。

【 01 】 Marvell 基本情况概述

【 02 】 行业： 计算+互联+存储需求提升

【 03 】 公司地位： 多领域市场份额领先

【 04 】 投资建议

一、Marvell 基本情况概述

Marvell：围绕网络互联布局的半导体领军企业

Marvell（美满科技）：全球领先的半导体解决方案厂商。Marvell成立于1995年，总部位于美国加利福尼亚州圣克拉拉市。公司主要从事半导体芯片的设计、开发和销售，是全球领先的半导体解决方案提供商之一，2000年公司在纳斯达克上市。截止当前（2023年8月）Marvell在全球拥有超过7000名员工，在全球拥有超过1万个专利。2023财年公司营收规模达到59.20亿美元。

公司业务围绕网络互联展开，下游主要涉及数据中心、企业通信、基站基础设施、和汽车通信、消费五个领域。公司的优势产品包括存储SSD、交换机交换芯片和PHY芯片、互联DSP芯片等，通过产品组合，公司在不同下游领域（消费领域除外）提供从计算、存储、交换、互联等完整解决方案。

图1：Marvell产品下游主要应用领域



资料来源：Marvell 官网，国信证券经济研究所整理

图2：Marvell 可提供的具体产品



资料来源：Marvell 官方材料，国信证券经济研究所整理

Marvell：起于存储业务，多次并购丰富业务布局

Marvell靠存储业务起家，取得早期胜利。Marvell是由印尼华侨周秀文、周秀武以及周秀文的夫人戴伟三人共同创立。三位创始人结合自身的能力和技术，决定了Marvell起家业务是存储设备。

➤ 当时存储设备市场，已有TI（德州仪器）、IBM等多个强势厂商。Marvell首先定位硬盘驱动器领域，当时该行业虽然需求较好，但是并未存在统一的技术标准。Marvell的目标是研发出一款性能、功耗、体积更优的产品，成为行业标准。最终Marvell做到了比希捷公司原供应商德州仪器产品速率更快20%的产品，拿到了希捷客户的订单，依靠这款产品公司在硬盘驱动器领域迅速取得了较高份额，并进入网络存储设备领域。

外部多次并购，扩充产品矩阵。回顾历史，在存储领域取得绝对优势后，Marvell通过并购的方式不断扩充产品矩阵，将产品领域扩充到交换机、处理器、无线通信等多个领域。

表1：Marvell外部收购情况整理

时间	收购公司及基本情况
2000年10月	以27亿美金等价股票收购Galileo Technology（定位以太网交换机、系统控制器）
2002年6月	收购SysKonnect（定位PC networking）
2003年2月	以4970万美金收购Radlan（定位嵌入式网络软件）
2005年8月	以1.8亿美金现金+4500万等价股票收购Qlogic公司的硬盘控制器部门（定位硬盘+带驱控制器）
2005年12月	以2400万美金现金收购UTStarcom的SOC部门（定位3G无线通信技术）
2006年2月	以2.4亿美金现金收购Avago的打印机ASIC事业部（定位打印机ASIC）
2006年7月	以6以美金现金收购Intel的Xscale 产品线（定位通信处理器+SOC）
2008年1月	收购PicoMobile Networks（定位IWLAN和IMS的通信软件）
2012年1月	收购Xelerated（定位网络处理器）
2018年7月	以股票+现金共60亿美金收购Cavium（定位ARM 处理器）
2019年5月	以6.5亿美金现金收购Avera Semi（定位ASIC）
2019年9月	以4.5亿美金现金收购Aquantia（Multi-Gig（2.5G/5G/10G）以太网控制器）
2021年4月	以100亿美金（现金+股票）收购Inphi（混合信号集成电路）
2021年10月	以11以美金收购Innovium（数据中心交换机）

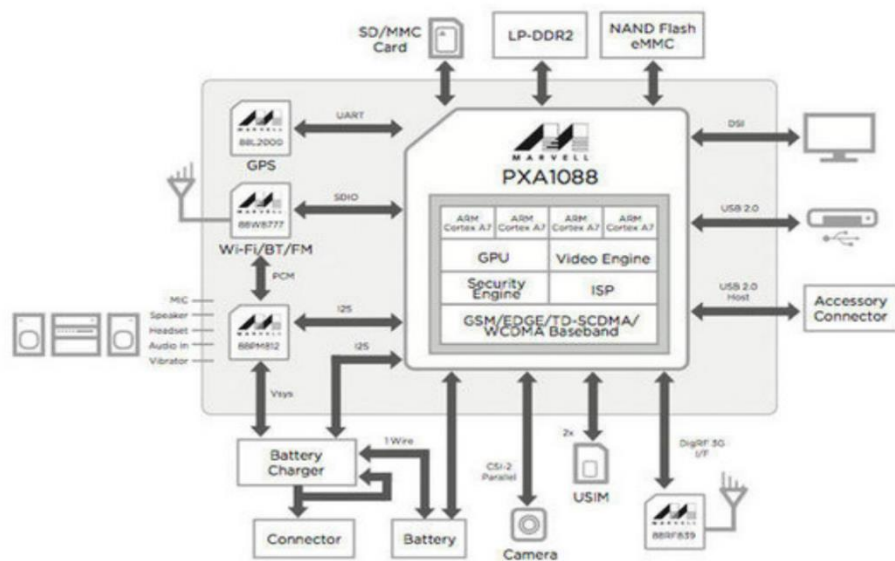
资料来源：Marvell公告，国信证券经济研究所整理

Marvell：剥离消费业务，聚焦企业市场

Marvell：从消费领域转向基础设施+高性能计算（HPC）。Marvell早期靠存储产品起家，后进入消费电子领域，实现了快速增长，但后续竞争力下行，公司在2016年更换管理层后，进行了业务转型，将业务重心聚焦在企业市场，包括通信基础设施和HPC市场，通过老旧业务剥离，和Cavium、Inphi等在内的一系列外部并购实现了公司的转型升级。

- 2002年公司进入WiFi领域并于2015年推出WiFi技术的低功耗芯片，进入索尼PSP供应链；2006年公司收购intel的Xscale通信及应用处理器部门，步入手机处理领域，在3G和4G时期一直保持领先地位，但是到2014年面对高通、联发科等竞争，市占率和营收不断下滑。
- 2016年公司更换原有管理层，进行业务改革，出售了多个部门，如MBU（移动通信部门）、宽带业务、WiFi、蓝牙等无线连接业务，只保留了部分2C的业务，同时陆续收购Cavium（Arm服务器芯片）、Aquantia（以太网连接）、Inphi（模拟芯片）等公司，将公司业务聚焦在高计算和企业基础设施服务市场。

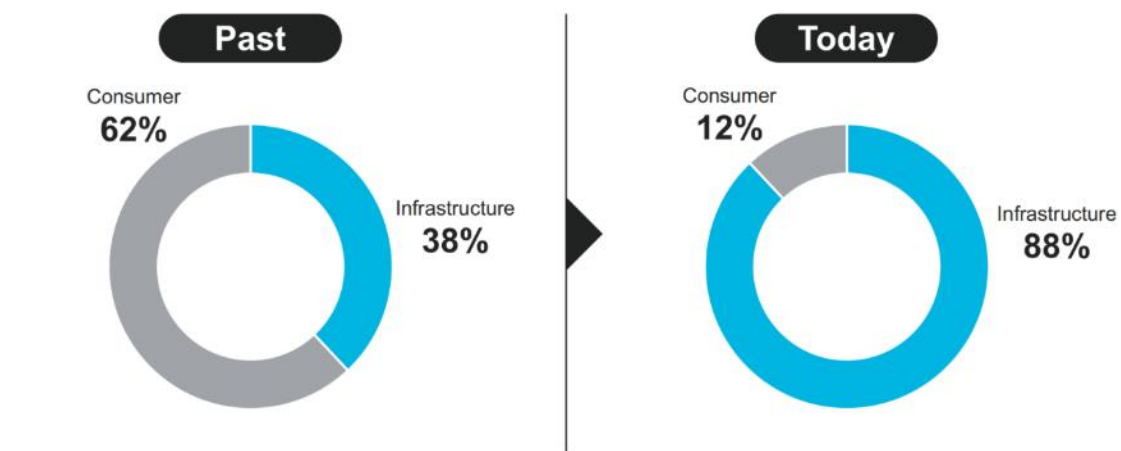
图3：Marvell早期手机处理器芯片结构图



资料来源：Marvell官网，国信证券经济研究所整理

图4：Marvell实现业务重心转移

Revenue transformation to data infrastructure



*Past: FY2017 | Today: Q3 FY23

Marvell在基础设施部分营收占比持续提升

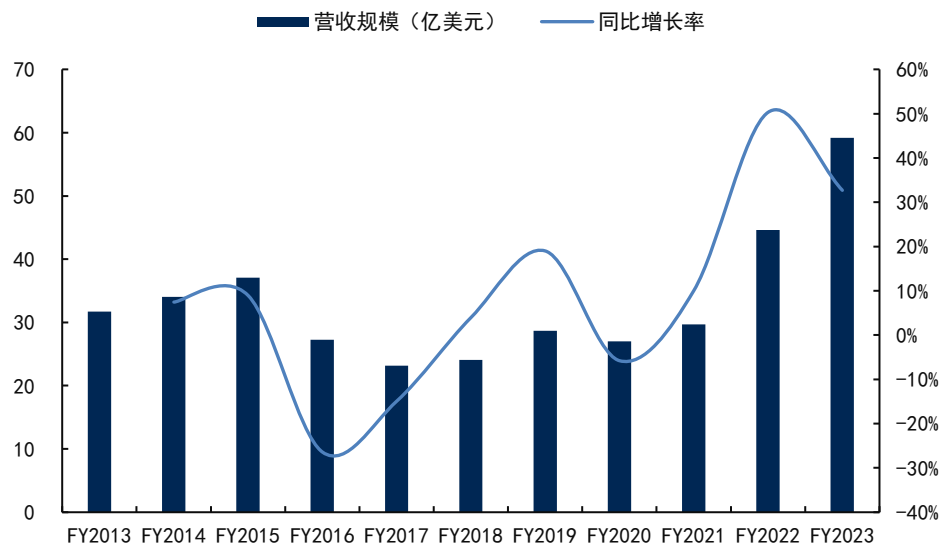
资料来源：Marvell官网材料，国信证券经济研究所整理

营收规模稳步增加，数据中心业务当前占比最高

FY2013–FY2023营收规模不断增加，最新财年总营收超过50亿美金。Marvell早期FY2013–FY2023，近十年的时间Marvell的营收呈现波动式增长，可以看出在2016年改革前，公司营收不断下滑（对应FY2017及之前）；通过改革和外部一系列收购，公司收入规模进入上升阶段。公司FY2023（截止2023年1月28日）财年总营收为59.20亿美元，同比增长32.66%。

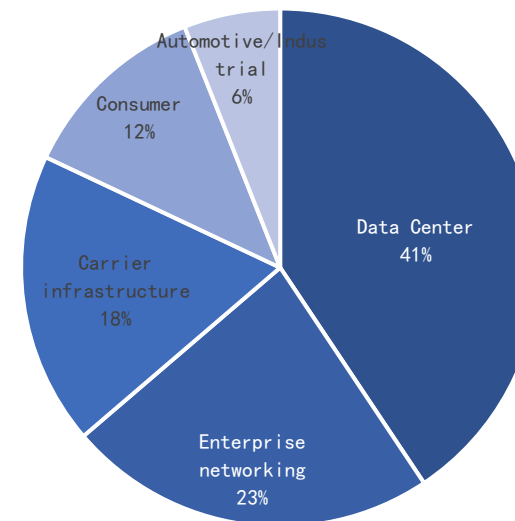
数据中心业务营收占比最高。根据下游应用领域的不同，公司当前营收拆分主要分为五个部分，分别为数据中心（Data Center）、企业通信（Enterprise networking）、运营商基础设施（Carrier Infrastructure）、消费者（Consumer）和汽车/行业（Automotive/Industrial）五部分。以FY2023年营收数据，数据中心营收占比最高，达到41%；企业通信占比第二高，营收占比为23%。

图5：Marvell近十年（财年）营收规模及增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图6：Marvell FY2023财年营收拆分



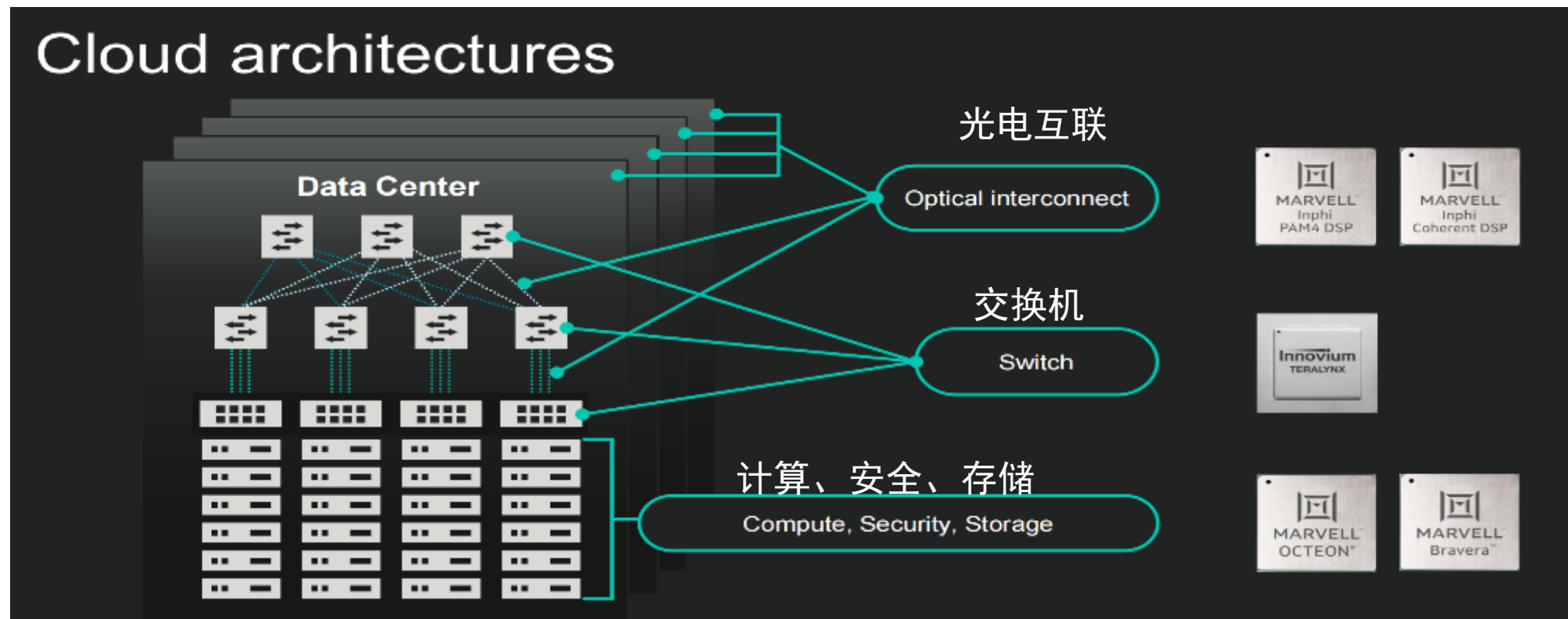
资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

数据中心市场：存储+计算+连接等环节全覆盖

数据中心市场，针对网络架构，Marvell已经拥有全套的覆盖体系，并在较多环节取得领先优势。

- 服务器环节：可提供计算、安全、存储等服务，具体产品包括DPU、存储控制器等。
- 交换机环节：可提供核心交换PHY、ASIC芯片
- 光互联环节：光模块所需核心DSP芯片，包括PAM4 DSP和相干DSP

图7：Marvell在数据中心可提供服务内容



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

企业互联市场：互联+交换+安全产品覆盖

在企业互联上，Marvell可提供与互联、交换、安全相关的全套产品。

- 交换机和PHY芯片：2020年新推出了四款Prestera以太网交换机以及相应的Alaska PHY解决方案，组成了行业完整的产品组合，支持GE、2.5GE、5GE、10GE、25GE、100GE全套连接能力。
- 每款Prestera交换机都具备可扩展属性，包括可编程处理流水线、流量感知数据处理与流量管理，集成MACsec等多功能。每款PHY产品部分是铜缆方案（具备抗电磁干扰、低功耗属性），部分是光缆方案（具备更好的SerDes性能等优点）。

图8：Marvell在企业网络领域具备广泛的产品组合

Borderless enterprise networking portfolio



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

图9：Marvell在2020年的推出的交换机和PHY系列

Access to Core borderless enterprise portfolio

		Switch	PHY
Core Aggregation Access	4 to 12.8Tbps capacity 24, 32, 48, 96 and 192 port 25GE to 400GE	MARVELL 98EX56xx MARVELL 98CX85xx	MARVELL 88X5243P
	1 to 8Tbps capacity 24 and 48 port 10GE to 400GE	MARVELL 98EX56xx	MARVELL 88X5243P
	28Gbps to 1.2Tbps capacity 24 and 48 port 10GE to 100GE uplinks 10M to 10GE downlinks	MARVELL 98DX45xx MARVELL 98DX35xx MARVELL 98DX25xx	MARVELL 88X35xx MARVELL 88E25xx MARVELL 88E1780

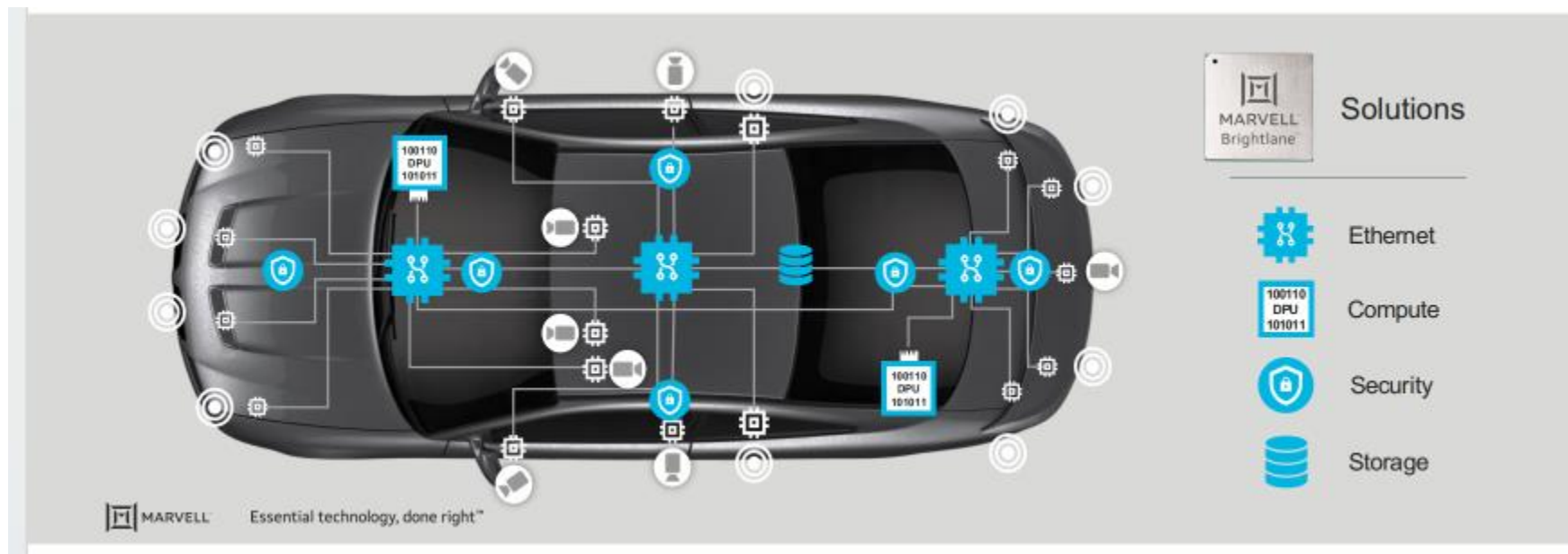
资料来源：Marvell官网，国信证券经济研究所整理

车载市场：以太网为核心的全套解决方案

车载以太网：Marvell互联新方向。企业市场之外，车载领域是Marvell选择的新方向。

- 车载以太网：当前随着汽车智能化水平提升，车载互联的速率要求也需要升级，对互联提出了新的要求。通过前期收购Aquantia和整合，Marvell在企业市场（数据中心等）之外，选择了车载市场作为新领域，并在PHY芯片获得了绝对领先优势。
- 车载解决方案：交换+计算+安全+存储。在车载领域，除了车载以太网网络连接部分，车内同样需要类似数据中心一样全套解决方案，其中包括了计算（DPU）、安全、存储部分。

图10：Marvell可提供的车载解决方案



- 车载解决方案：
1. 交换机芯片
 2. 计算DPU芯片
 3. 数据安全
 4. 存储产品

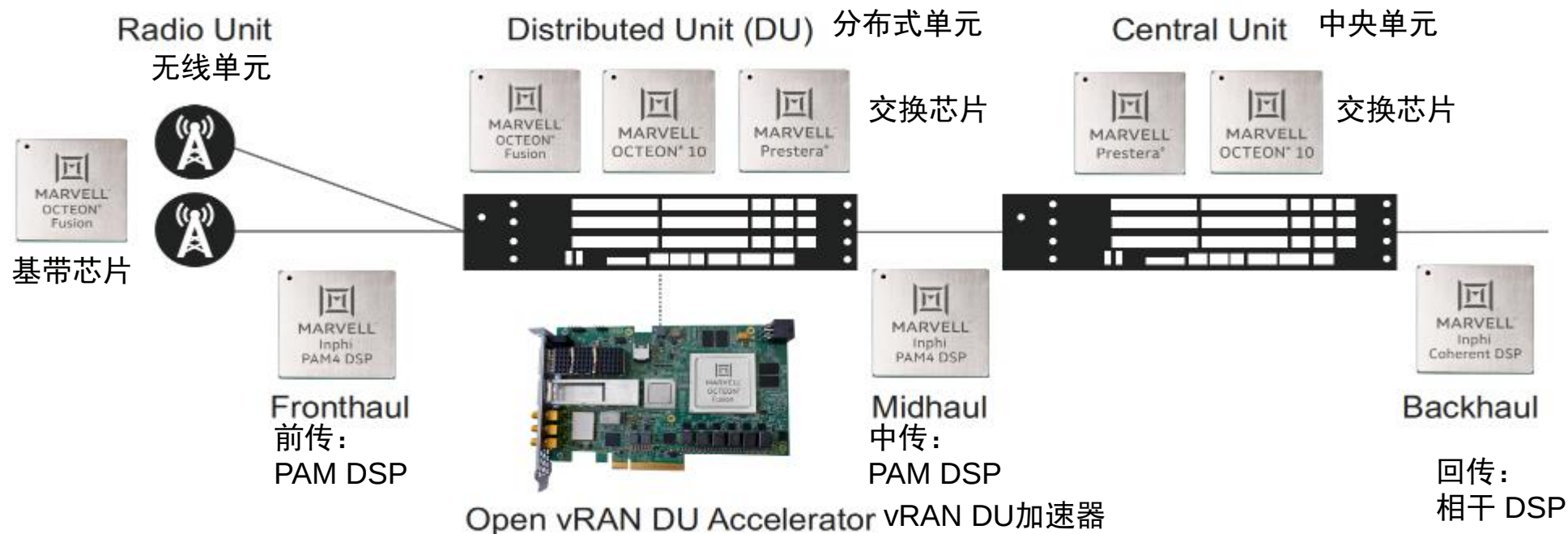
运营商市场：无线传输全套产品解决方案

Marvell在5G运营商市场拥有涉及DU、RU，前传中传后传等完整产品组合。

- 在5G网络前传、中传、后传领域，需要光模块进行连接，其中需要用到DSP芯片，Marvell可提供对应产品方案（PAM4和相干）。
- 在RU、DU等方面Marvell可提供定制化芯片或者交换机解决方案。

图11：Marvell在5G运营商市场拥有行业领先的产品解决方案

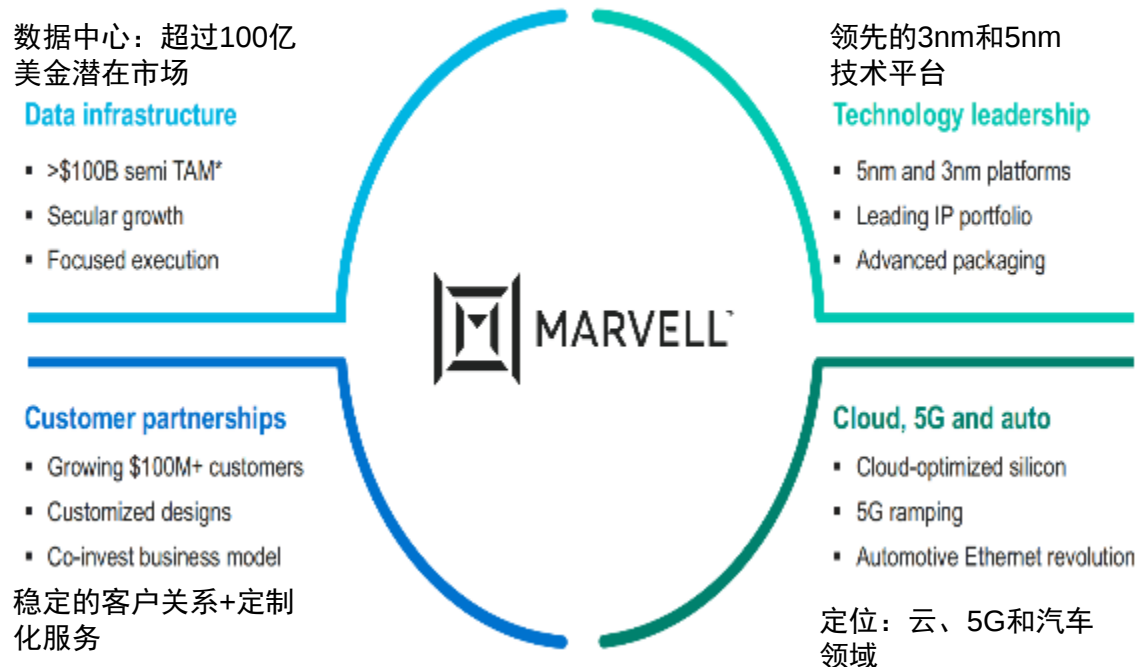
Industry-leading 5G carrier infrastructure portfolio



成长空间：Marvell业务潜在市场空间接近300亿美金

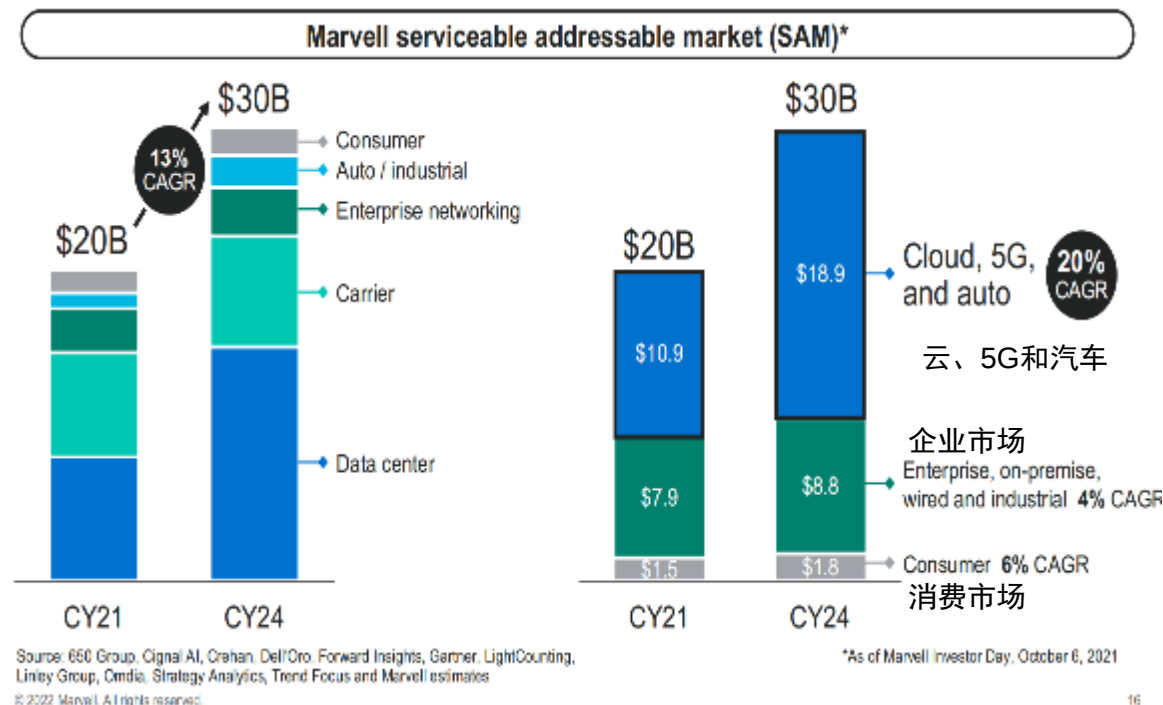
公司业务布局下2024年可触达的潜在市场规模基金300亿美金。结合650 Group, Giganl AI、Crehan、Dell和Marvell等预测数据来看，预计2024年公司在云+5G+汽车领域可触达的行业规模为189亿美金，在企业+行业等可触达规模为88亿美金。而公司2023财年收入60亿美金左右，成长空间明显。

图12: Marvell发展策略（2021年）



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

图13: Marvell业务潜在的可触达市场（SAM）（截止2021年10月）



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

FY2024财年前两个季度营收小幅波动

FY2022财年完成收购Inphi后，公司营收实现环比稳步提升。公司在2021年完成Inphi的收购，Inphi在光电领域拥有较好的竞争实力，完成收购后，经过业务再次整合和以后业务的领域延伸，从FY2022Q1到FY2022Q3连续7个季度，公司单季度营收一直保持着环比向上趋势。

FY2024财年前两个季度，营收规模小幅下降。根据公司最新FY2024Q2财报，该季度公司实现营收13.41亿美元，同比下降11.60%，分业务角度来看，和FY2023Q2营收相比，下降最为明显的业务来自数据中心（Data Center），其营收规模从6.42亿美金下降到4.60亿美金，下滑主要原因是海外云厂商放慢传统数据中心建设。汽车业务（Automotive）实现同比稳步增长，从0.84亿美金增长到1.10亿美金。

图14: Marvell季度营收（单位：百万美元）

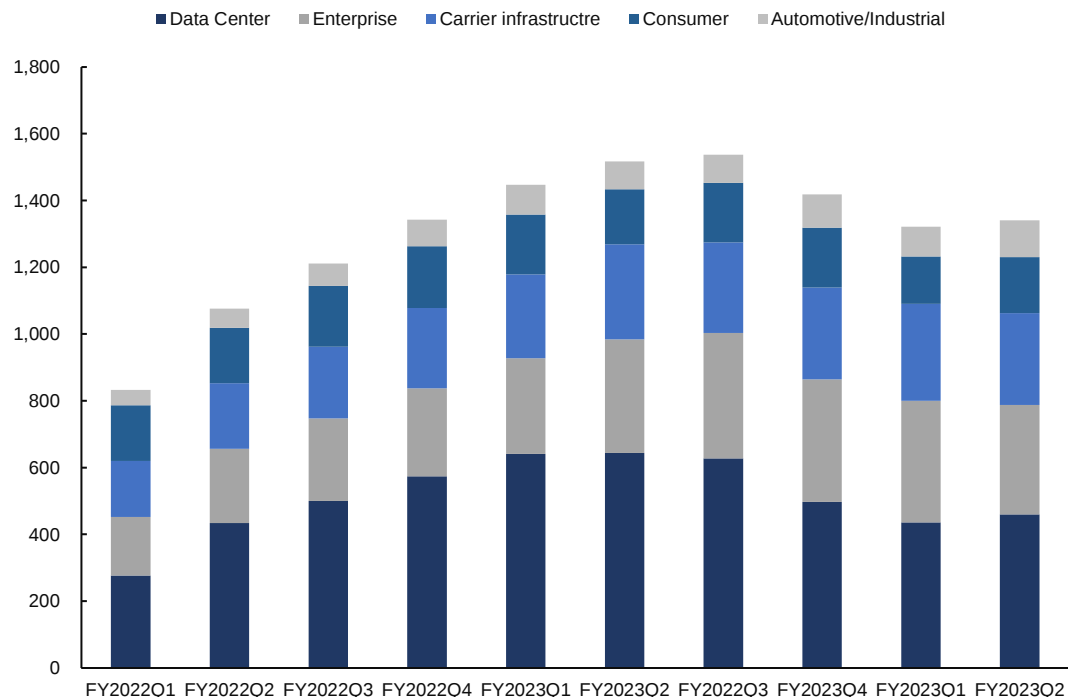
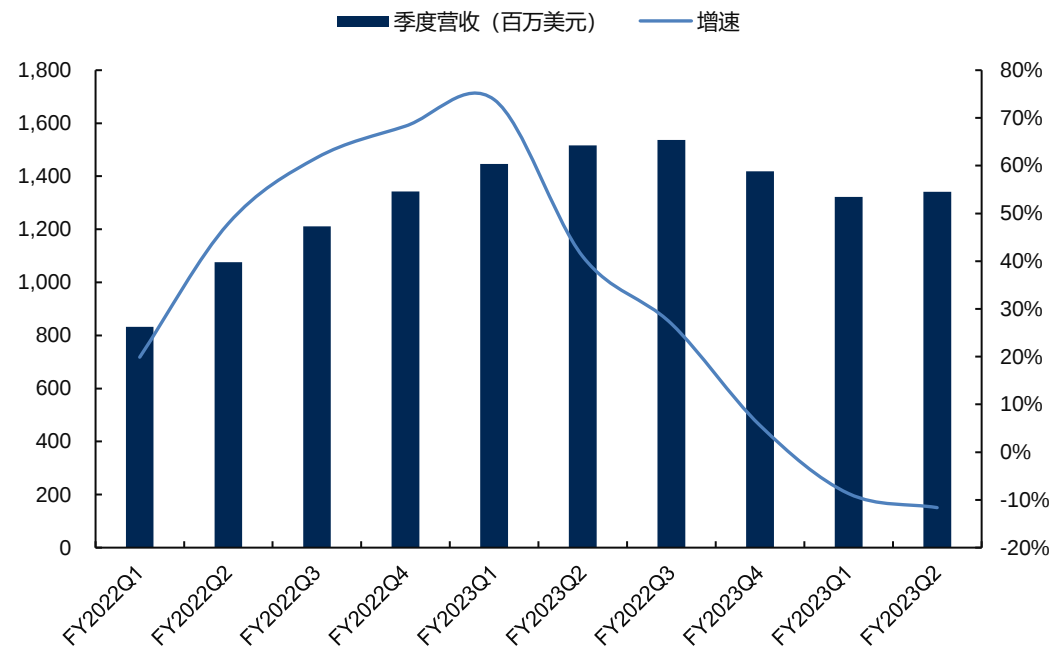


图15: Marvell季度营收及同比增速



控制管理和销售费用

对销售管理等方面控费，趋势上销售、行政和一般费用率呈现下降趋势。回归过往10个季度经营来看，公司一直在进行控费，减少在销售、行政和一般费用支出，从支出规模和营收占比均有一定程度降低。FY2024年财年第二季度，公司销售、行政和一般费用规模为2.10亿美金，营收占比为16%。

图16：Marvel单季度研发费用和销售、行政和一般费用情况

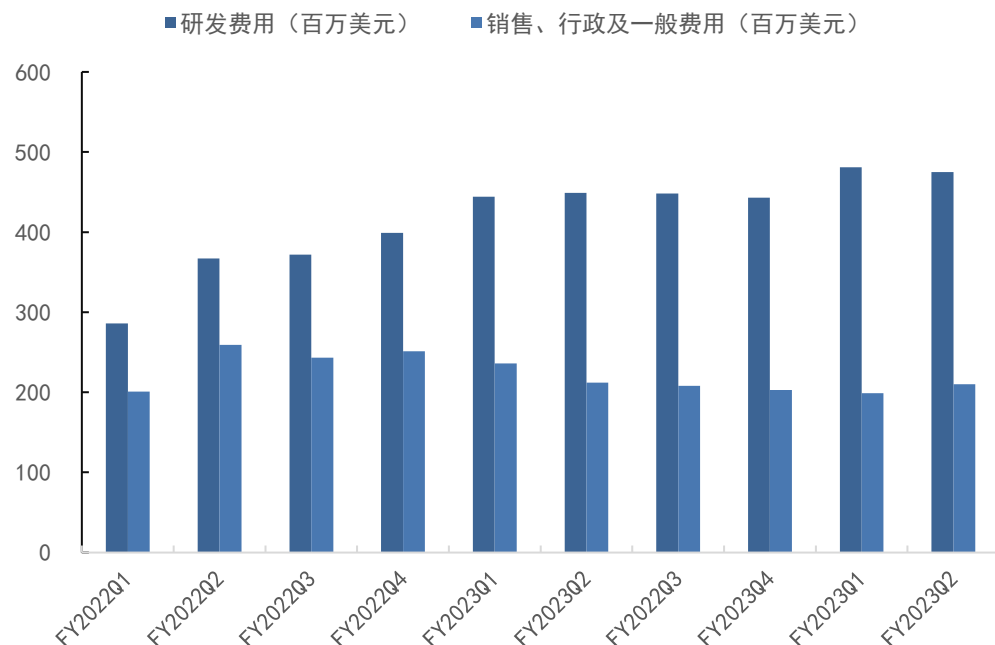
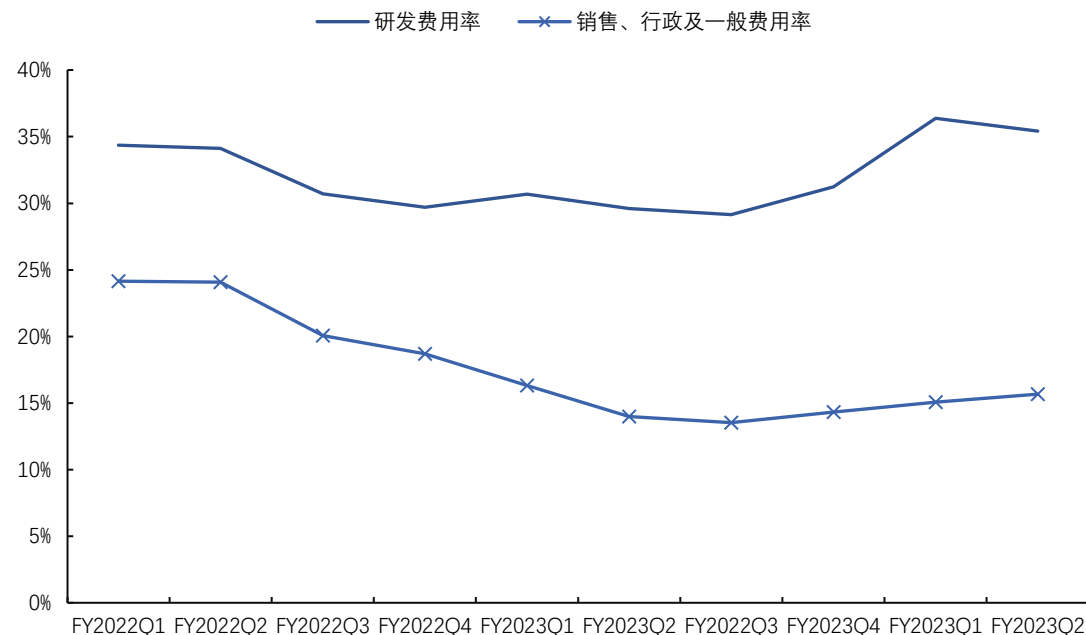


图17：Marvel单季度研发费用率和销售、行政和一般费用率情况

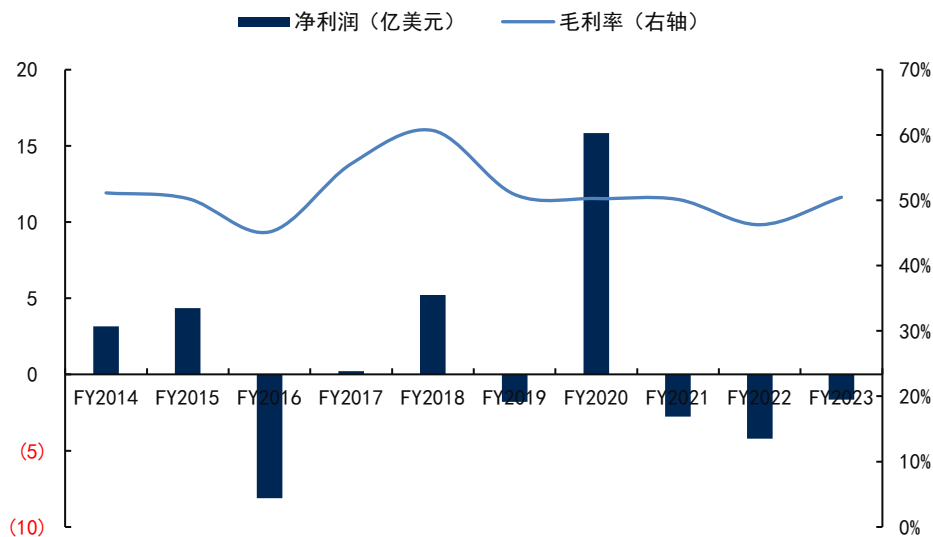


毛利率50%，研发投入保持30%以上

公司毛利率水平稳定在50%上下。由于公司定位半导体芯片行业，产品壁垒相对较高，通过技术领先的优势，可以实现相对较高的毛利率水平。FY2014–FY2023，公司毛利率水平基本都在50%上下浮动。

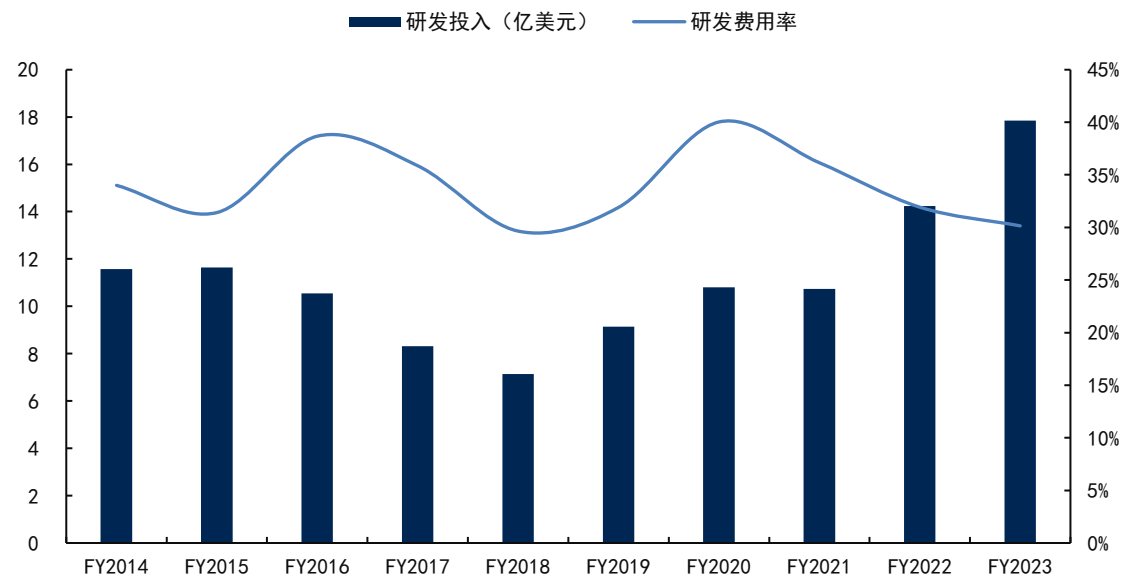
保持对于研发的高投入，研发占比基本都在30%以上。从财务数据来看，FY2014–FY2023公司的研发投入绝对值因为营收规模的变化有所波动，从FY2018后基本保持稳步向上趋势。FY2023公司研发投入为17.84亿美金。从营收占比角度来看，FY2014–FY2013 公司研发费用率基本都在30%以上。

图18: Marvell近十年（财年）净利润规模及增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图19: Marvell研发投入和研发费用率情况



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

盈利能力尚不稳定

FY2024Q2最新季度财报，公司单季度净利润为-2.08亿元，单季度毛利率为38.86%。由于公司在数据中心业务收入下滑，在消费者业务（毛利率低）部分环比有增长，导致公司产品结构发生变化，带动毛利率下降，未来随着数据中心市场需求回暖，公司毛利率水平有望实现回升。

回顾过往10个季度经营来看，公司并未形成稳定的盈利能力，还是回出现亏损情况。一方面，公司发生过多收购行为，会产生相应费用，同时公司始终保持对于研发等环节的高度投入，费用端没有明显减少，使得公司出现亏损情况。2024财年第二季度环比第一季度，亏损幅度明显减少。

图20：Marvell单季度利润情况

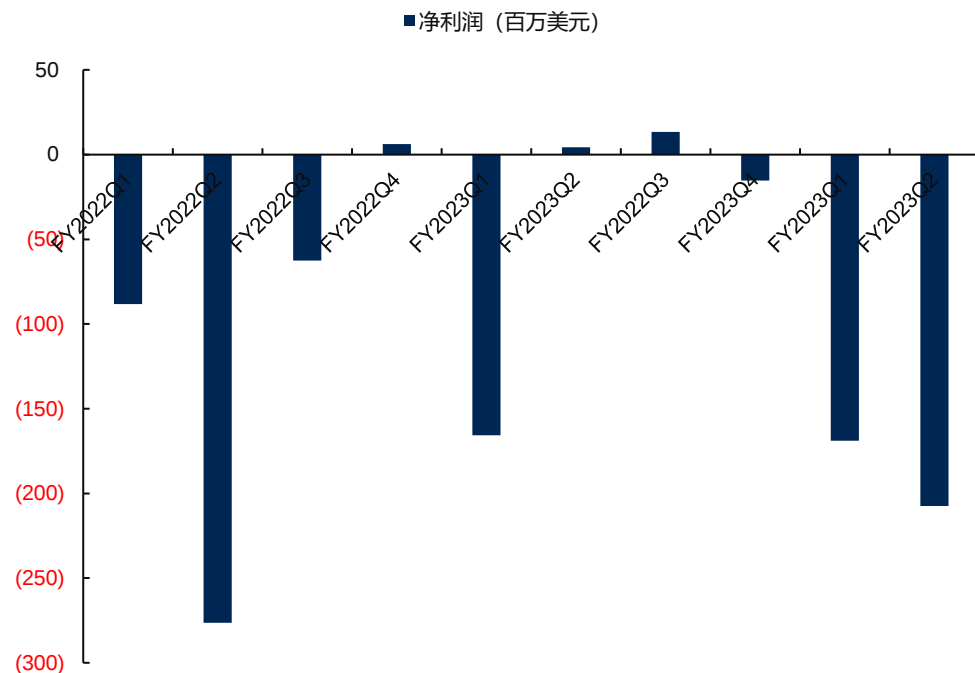
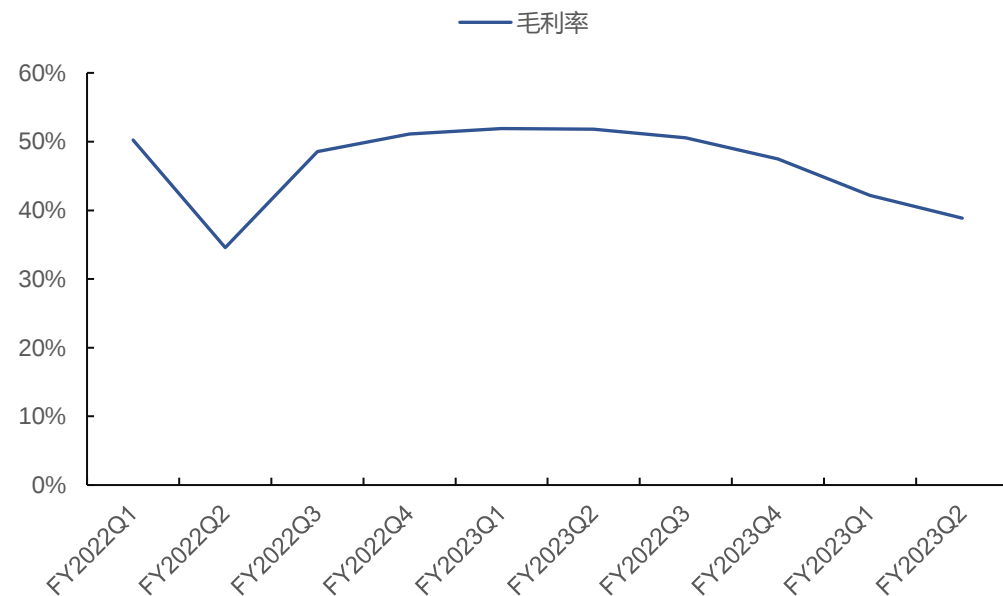


图21：Marvell单季度毛利率情况



二、行业：数据网络计算+互联+存储需求全面提升

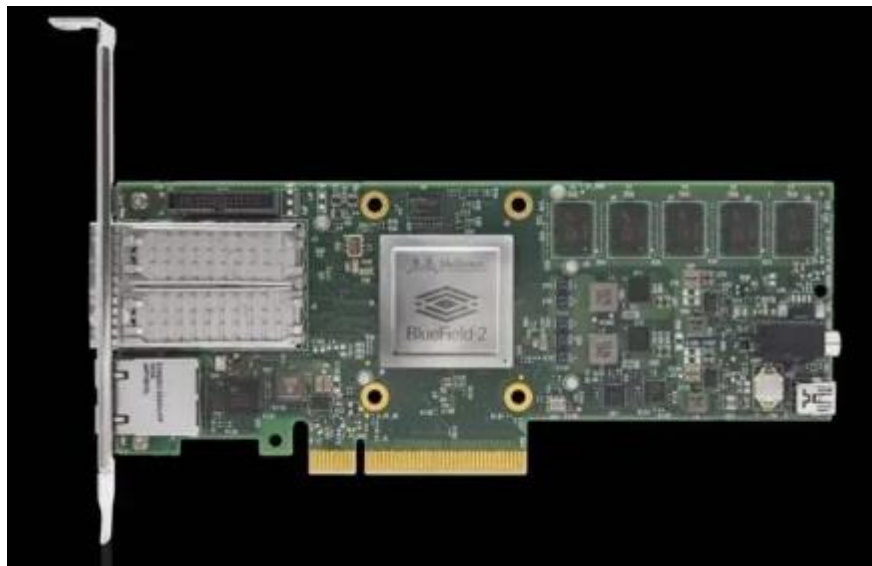
1) 计算：数据处理芯片（DPU）广泛应用

DPU的全称是Data Processing Unit，即数据中处理单元。因为算力需求持续增长，将存储和网络传输等非计算环节从CPU卸载到DPU等专用芯片上进行，构建以“联接+计算”为中心的新型数据中心架构，提高数据中心计算能力和运行效率。

架构上：DPU是一种SOC。DPU本质上是一种SOC（System on Chip），它结合了三种功能：1）可编程的多核CPU（基于Arm架构）；2）高性能网络接口（解析、处理数据并将数据传输至GPU和CPU）；3）各种灵活和可编程的加速引擎。

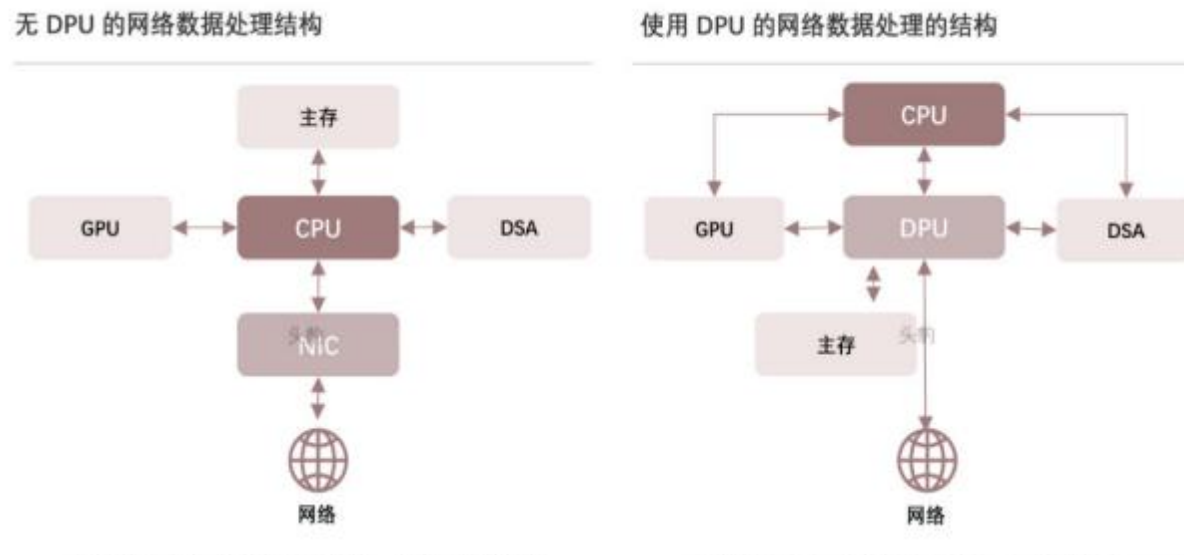
CPU、GPU、DPU对比：CPU是中央处理单元，主要负责计算机系统的整体运行；GPU是图像处理单元，擅长按顺序逐个执行任务，能够实现大量的并行计算，擅长同时处理大量任务；DPU是数据处理单元，负责处理以数据为中心的大规模任务（数据中心的工作负载）。

图22：英伟达DPU产品图



资料来源：英伟达官网，国信证券经济研究所整理

图23：有无DPU的网络数据处理结构对比



资料来源：电子发烧友，国信证券经济研究所整理

DPU：数据中心提升效率的第三颗芯片

DPU源于网卡演进，目的在于提升数据中心运营效率。由于CPU算力需求快速增长，而数据中心网路带宽提升较慢，因此网络数据处理占用CPU资源的比例不断提升，DPU出现的目的就在于提高CPU的处理效率，成为CPU和GPU之后的第三颗芯片，并为CPU和GPU提供基础服务。

DPU的演进主要分为以下三个阶段：

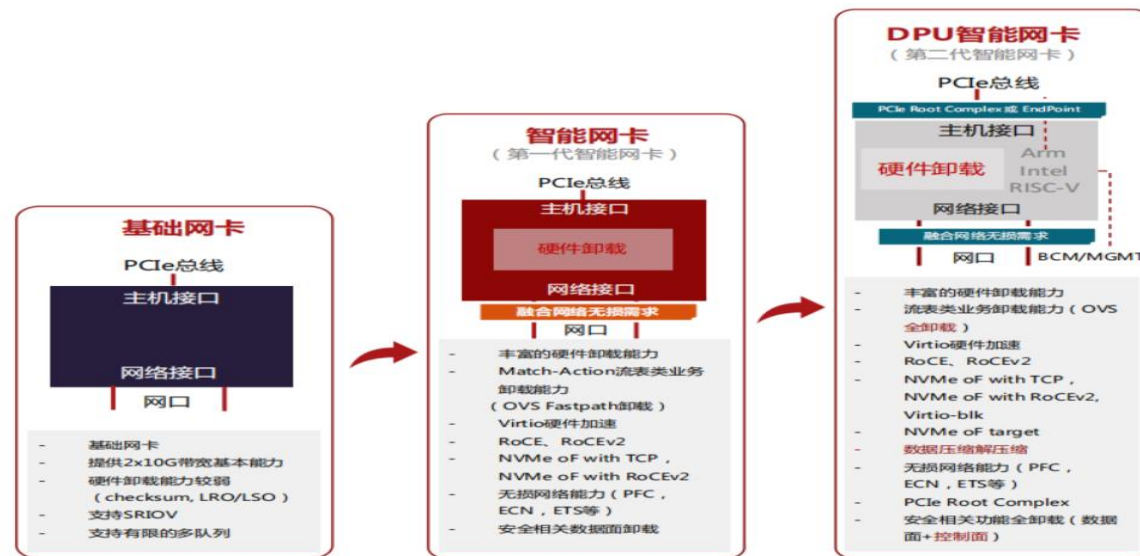
- 1) 传统基础网卡NIC：负责用户的数据交互设备，具有较少的硬件卸载能力
- 2) 智能网卡SmartNIC：具备丰富的数据平台硬件卸载能力；
- 3) 数据处理器DPU：兼具智能网卡功能的同事，又可以卸载控制平面业务，实现了控制平面与数据平面的通用可编程加速。

图24：DPU成为数据中心的第三颗芯片



资料来源：英伟达官网，国信证券经济研究所整理

图25：基础网卡到DPU的演进趋势



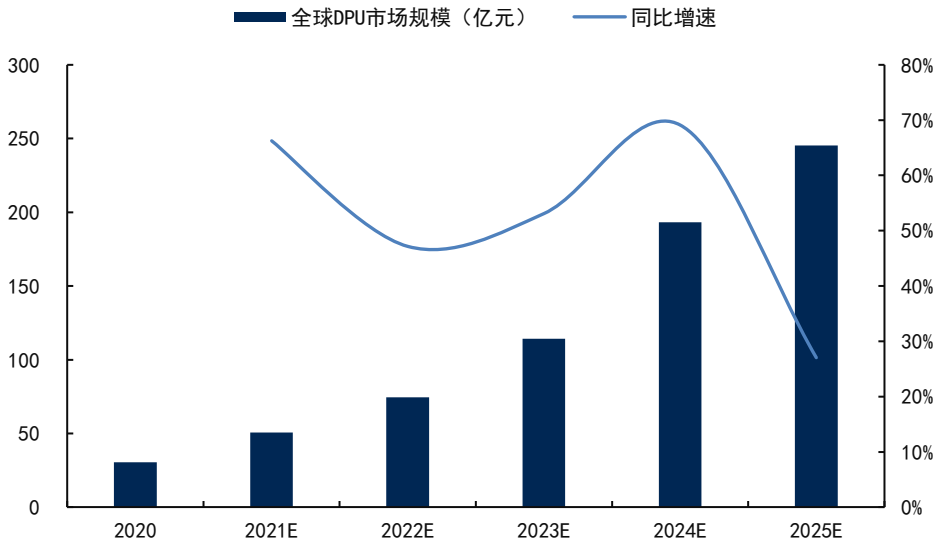
资料来源：电子发烧友，国信证券经济研究所整理

DPU：2025年市场规模约245亿美金，多技术路线并行

算力需求驱动DPU市场快速增长。当前智能网卡的方案逐步成熟，AI驱动下，算力需求得到快速增长，随着数据中心运营效率提升诉求日益强烈，DPU需求有望实现快速增长。根据赛迪顾问数据，全球DPU产业市场规模呈现逐年增长的趋势，并随着Intel、NVIDIA等厂商的DPU大规模量产，预计DPU市场将在2023-2024年迎来爆发式增长。2020年全球DPU产业市场规模达30.5亿美元，预计到2025年全球DPU产业市场规模将达到245.3亿美元。

DPU当前有三种技术路线，各有利弊。目前在DPU的实践上，有ASIC、FPGA和SoC三种技术方案。ASIC的优点是高性能、低功耗、低成本，但是灵活性一般（可编程性较低）；FPGA的优点是灵活度高，可支持较多功能，但是成本高，芯片集成度低；对于更复杂、广泛的现实用例，是基于SoC（如英伟达 Blue Field DPU），SOC具备可编程、灵活度、成本居中等优点。

图26：DPU成为数据中心的第三颗芯片



资料来源：赛迪顾问，国信证券经济研究所整理

表2：DPU不同技术路线参数对比

技术路线	ASIC	FPGA	SoC
性价比	高	低	中
易编程度	中	高	高
灵活性	低	高	高
功耗	低	高	中

资料来源：华经产业研究院，国信证券经济研究所整理

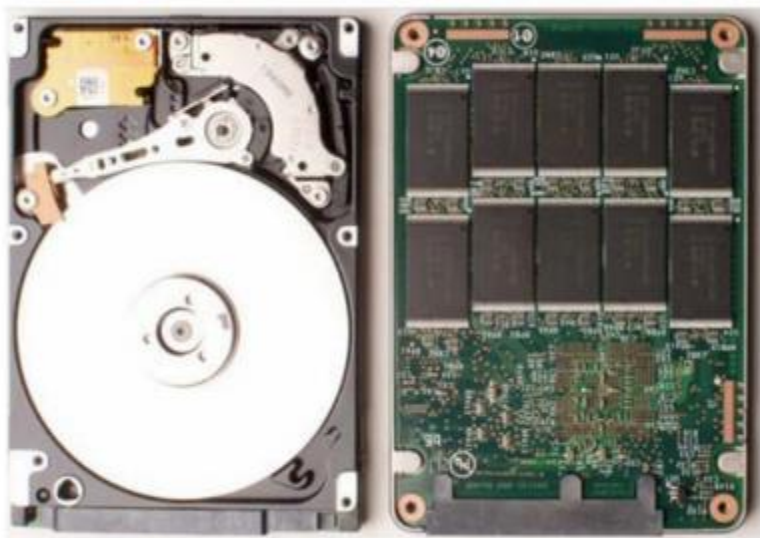
2) 存储：固态硬盘（SSD）市占率不断提高

存储一般指的是硬盘，硬盘分为三种类型，分别是机械硬盘（HDD），固态硬盘（SSD），混合硬盘（HHD）。

- HDD机械硬盘：最早出现的硬盘类型，所有数据都存储在磁碟内，优点是价格低，内存体积大，寿命久；缺点是功耗好，易损坏，重量重等。
- SSD固态硬盘：和机械式架构不同，采用固态存储芯片阵列制作，启动时间快，没有电机旋转时间。和HDD比，SSD的优点包括：1）读取速度快，可以达到普通机械硬盘3-5倍；2）抗震能力强；3）功耗低；缺点是：容量低，写入次数相对有限。
- HHD混合硬盘：即包含传统硬盘又有闪存模块的大容量存储设备。

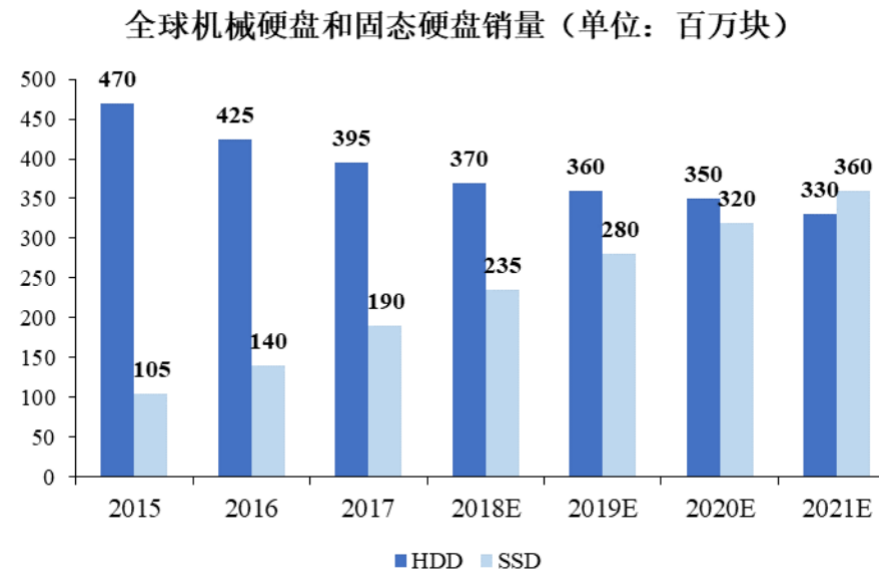
存储市场里，SSD份额不断提高。Statista 统计数据显示，预计到2021年，SSD的销量将从2017年的1.9亿块上升至3.6亿块，首次超过 HDD 的销量。

图27：机械硬盘（左）与固态硬盘（右）的内部构造对比



资料来源：协创数据招股说明书，国信证券经济研究所整理

图28：2015-2021E 全球机械硬盘和固态硬盘销量（单位：百万块）



资料来源：Statista，协创数据招股说明书，国信证券经济研究所整理

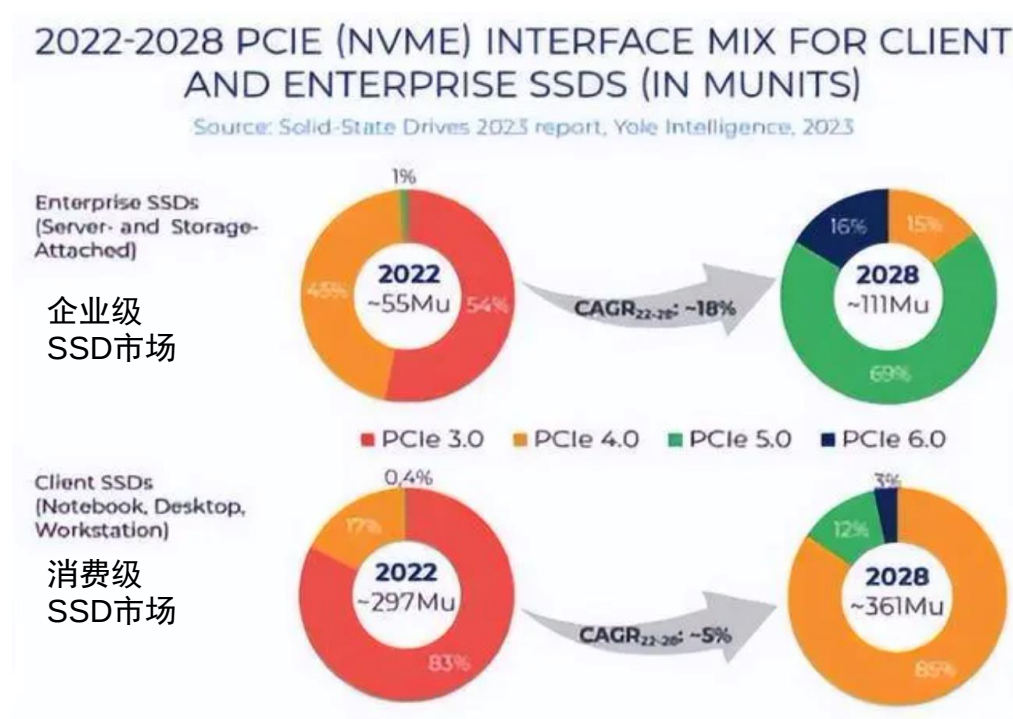
2022年SSD市场规模达到290亿美金，企业级SSD复合增速更高

企业级SSD市场2022-2028年复合增速为18%，高于行业整体增速。根据 Yole 预测，2022-2028年SSD市场总规模将从290亿美金增至670亿美金，CAGR为15%，其中，三星、铠侠、西部数据、SK海力士、美光、Solidigm(Intel)等巨头占据了82%的份额，金士顿、希捷、威刚等只有18%。

企业级SSD出货量5500万块，占比约15.6%，预计到2028年增至1.11亿块，年复合增长率18%。

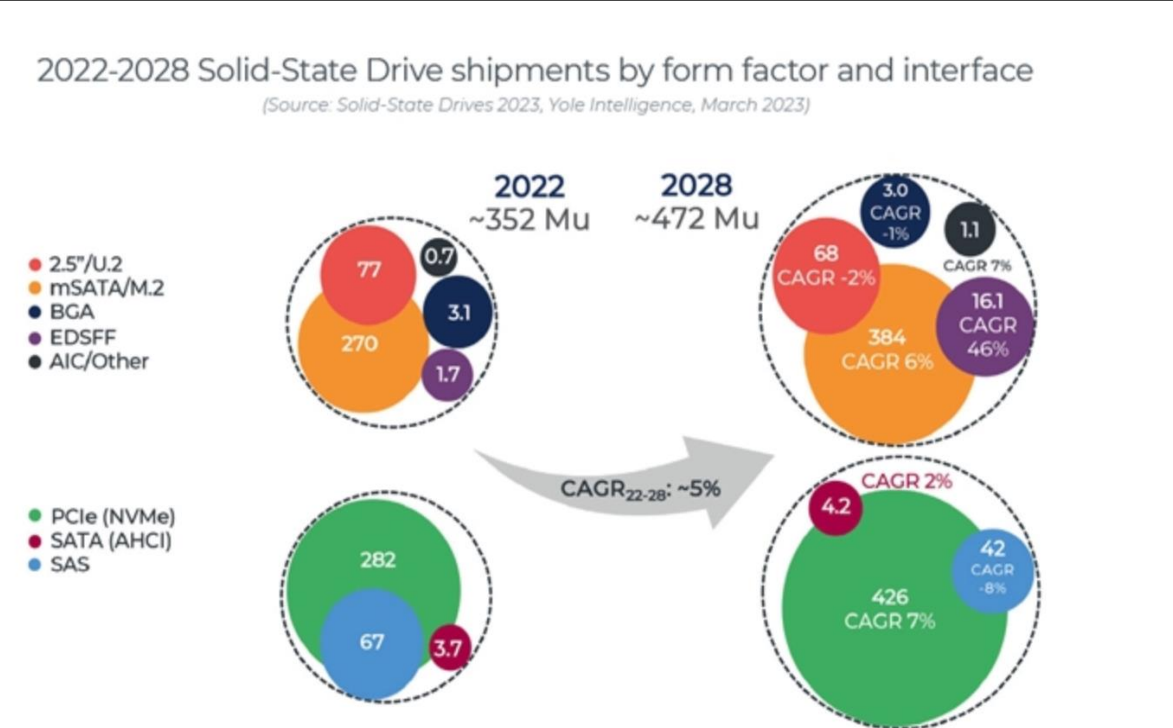
在对于新技术接受度上，企业级SSD对新技术的采纳速度更快，预计到2028年会有69%的用上PCIe 5.0，远超消费级的12%。PCIe 6.0 SSD预计2026年诞生，2028年可在企业级市场上达到16%的份额，消费级市场只有3%。

图29：2022-2028年SSD市场分类型出货量及预测（单位：百万块）



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

图30：2022-2028年SSD市场按照规格和总线类型出货量分布及预测



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

3) 互联：交换芯片+PHY是数据中心交换机核心环节

数据中心交换机内部包含以太网交换芯片、CPU、PHY芯片、存储器件、外围硬件（散热器、电源模块等）、接口/端口子系统等：

- 以太网交换芯片：用于交换处理大量数据及报文转发的专用芯片，是针对网络应用优化的专用集成电路。
- CPU（中央处理器）：负责管理登录和协议交互的控制，通过专门的PCI-E总线与交换芯片互连，从而实现对交换芯片的快速调用。
- PHY芯片：负责将链路层设备（例如ASIC）连接到物理介质（例如光纤），并将链路上的模拟信号转换为数字化的以太网帧。
- 端口子系统：负责读取端口配置，检测已安装端口的类型，初始化端口以及为端口提供与PHY交互的接口。
- 光模块：由光电子器件（光发射器、光接收器）、功能电路和光接口等部分组成，实现光纤通信中的光电转换和电光转换功能

以锐捷网络和三旺通信为例，根据各自招股书披露，22H1锐捷网络芯片采购成本（包括主芯片如交换芯片、PHY、CPU，以及辅助芯片如其他数字芯片、电源管理芯片、信号链芯片、功率芯片等）占原材料采购成本的69%；三旺通信20H1芯片采购成本占比则达36%，均为最主要原材料。

图31：交换机图解

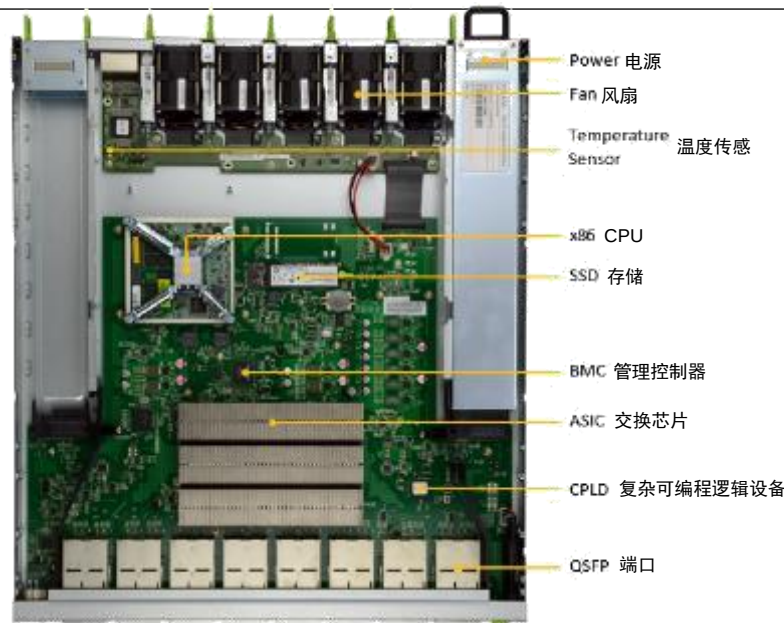


图32：锐捷网络原材料采购成本拆分（22H1）

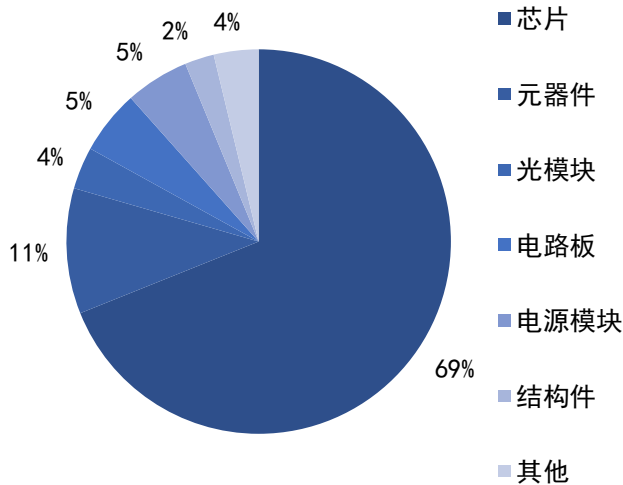
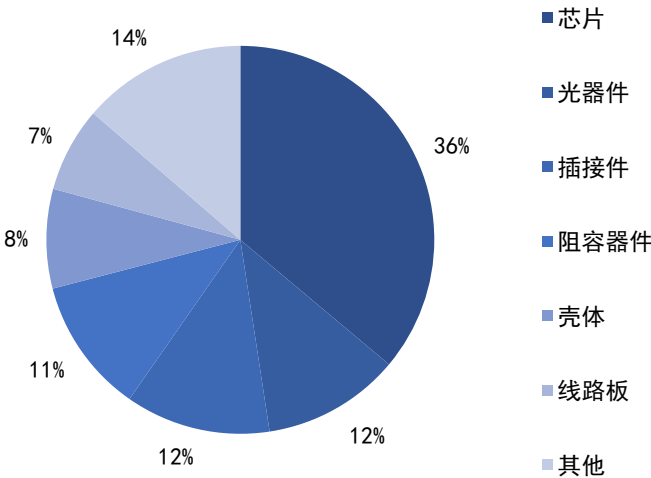


图33：三旺通信原材料采购成本拆分（20H1）

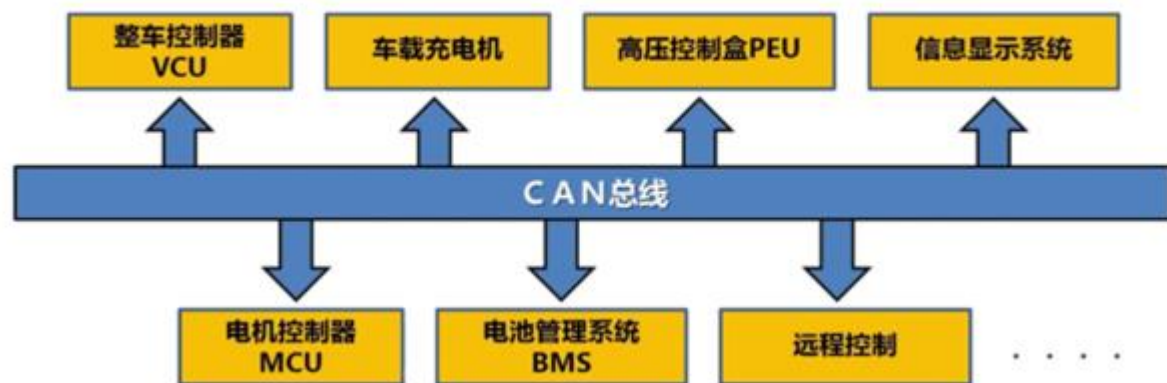


以太网从数据中心延伸至汽车

车载通信：智能化趋势推动行业技术升级，从CAN转向以太网。汽车内部通信架构随着汽车技术技术和应用变化，可以分为以下三个阶段：

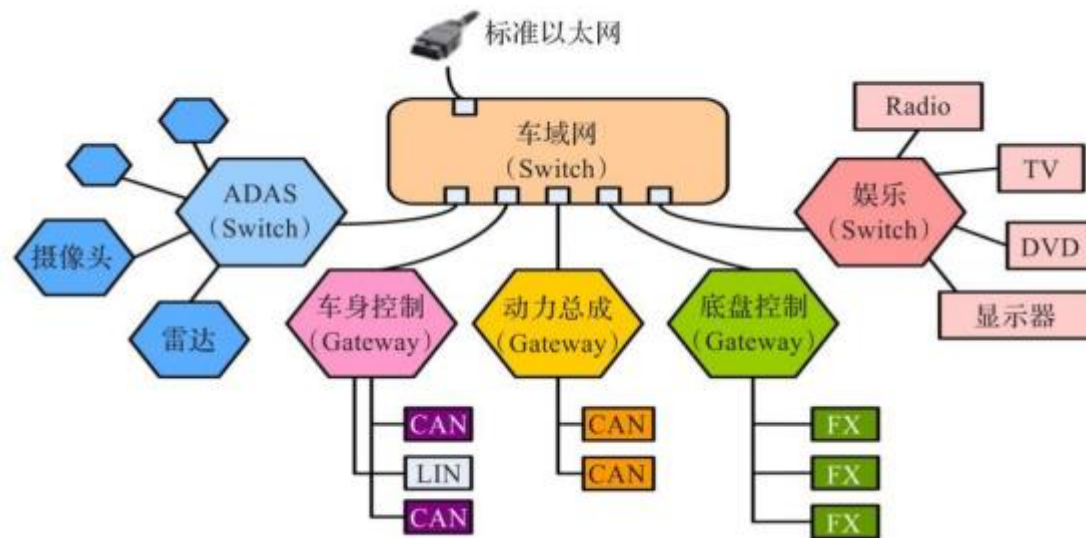
- **早期：单总线结构。**在汽车网联早期，采用的是单总线结构，所有的车载电子通信模块都是通过一个总线进行数据交换，这种结构的优点是设计简单，成本低，但是随着车内电子模块的快速增加，对于总线的速率要求提升，但是总线达不到要求，会出现通信冲突等问题。
- **CAN总和LIN总线：从单总线到多总线。**由于单总线不够，延伸出多总线架构，其中LIN总线和CAN总线是主流选择，其中CAN总线适用于高速通信，可多节点通信，LIN总线适用于低速通信，可单节点通信。多总线可以满足总线速率提升的要求，但是无法处理非结构化数据。
- **以太网：智联网联驱动落地。**以太网具有高带宽、高速率、低延时等优点，能够较好满足当下汽车智能化通信需求，也可以做到处理多个数据流，多任务并行，相较于CAN和LIN再次升级。

图34：CAN总线结构图



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

图35：车载以太网域级别架构示意图



资料来源：搜狐，信证券经济研究所整理

以太网从数据中心延伸至汽车

车载以太网一般5/7层OSI模型，物理层PHY和交换机是核心关注芯片。汽车以太网架构一般为五/七层OSI模型，其中：

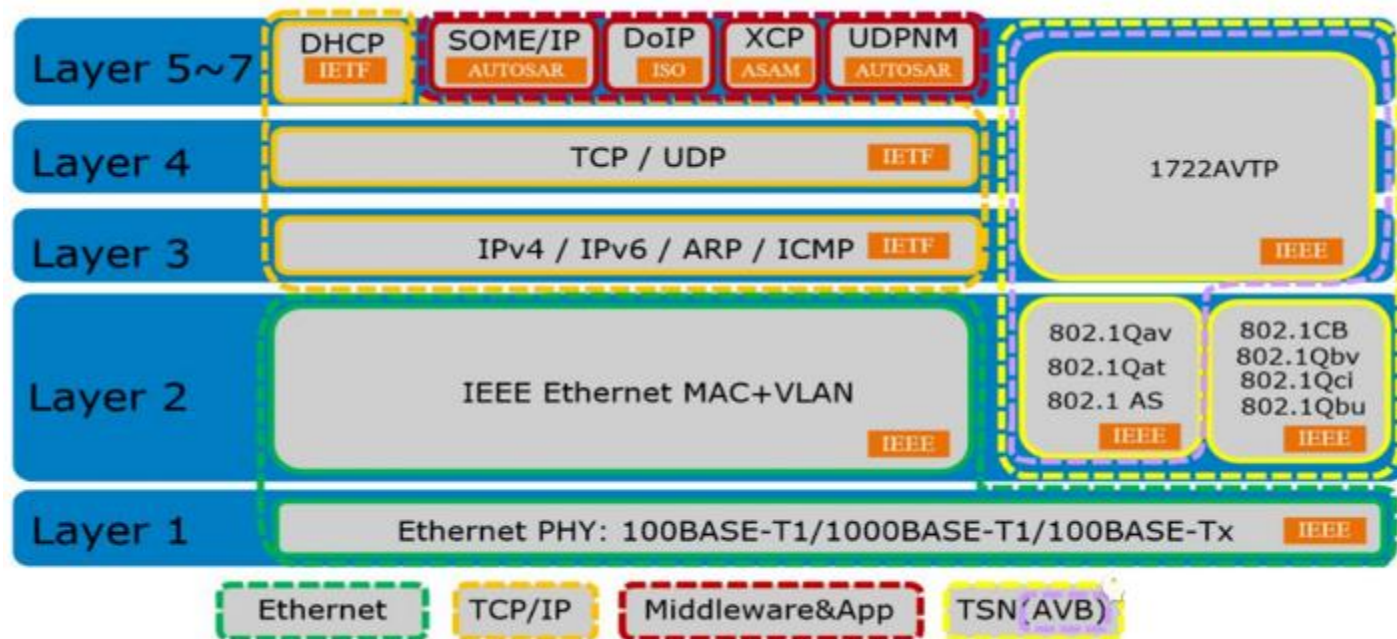
Layer1物理层：就是PHY，主要负责将数字信号和模拟信号的转换，提供点对点的链接。

Layer2数据链路层 (MAC+VLAN)：物理层接收到的数字信号由数据链路层提供，并将来自更上层的数据进行格式转换。

Layer3网络层；Layer4传输层；Layer5-7应用层：提供面向服务的通信接口，SOME/IP向上层应用程序提供API接口

车载以太网芯片主要包括PHY芯片和以太网交换芯片，PHY进行数模信号转换，交换芯片是基于数据链路层对数据传输做处理，包括数据包的快速转发和交换、过滤、分类。

图36：车载以太网协议架构



资料来源：佐思汽研，国信证券经济研究所整理

PHY芯片：交换机最底层数据传输出口

以太网物理层芯片系以太网通信中不可或缺的组成部分。以太网物理层芯片（PHY）工作于OSI网络模型的最底层，连接数据链路层的设备（MAC）到物理媒介，并为设备之间的数据通信提供传输媒体，处理信号的正确发送与接收。因此，PHY芯片承担了将线缆上的模拟信号和设备上层数字信号相互转换的职能，以此实现以太网网络中各个设备通信的目的。以太网PHY广泛应用于信息通讯、汽车电子、消费电子、监控设备、工业控制等众多市场领域。

以太网物理层芯片是一个复杂的数模混合芯片系统，芯片中包含高性能SerDes、高性能ADC/DAC、高精度PLL等AFE设计，同时也包括滤波算法和信号恢复等DSP设计，芯片研发需要深厚的数字、模拟、算法全方位的技术经验以及完整产品设计团队互相高效配合。

图37：裕太微PHY芯片



资料来源：裕太微招股书，国信证券经济研究所整理

表3：以太网PHY主要模块和功能

分类	主要模块	实现功能
模拟电路	双工器模块	将发送信号在接收端抵消，以实现在一根线上同时发送和接收的全双工通信。
	数模转换器	将离散的数字信号转换为连续变量的模拟信号。
	模数转换器	将连续变量的模拟信号转换为离散的数字信号。
	相位选择器	对时钟的相位进行精确调整，选择出最优的信号采样点。
	时钟锁相环	在芯片中生成可变、稳定、高质量的时钟信号，用于芯片内各个功能模块时序逻辑的时脉。
数字电路	SerDes	SerDes 是一种主流的时分多路复用、点对点的串行通信技术。即在发送端多路低速并行信号被转换成高速串行信号，经过传输媒体（铜线或光纤），最后在接收端高速串行信号重新转换成低速并行信号。作为一种重要技术，SerDes 通常作为以太网的物理层，广泛应用于服务器、汽车电子、通信等领域的高速互连。
	均衡器	补偿经过信道后带来的信号畸变，恢复出原始的发送信号。
	回声/串扰消除器	全双工通信时发送端对接收端存在回声干扰，周围的线缆存在串音干扰（crosstalk），通过自适应算法可以将这些干扰消除。
	物理编码子层	协议中定义了物理层编码，以增加数据流随机性，纠正传输中出现的错误数据。在发送和接收时需要有相应的编码和解码模块。
接口	MII/RGMII/SGMII	物理层芯片与网络上层芯片之间的接口。

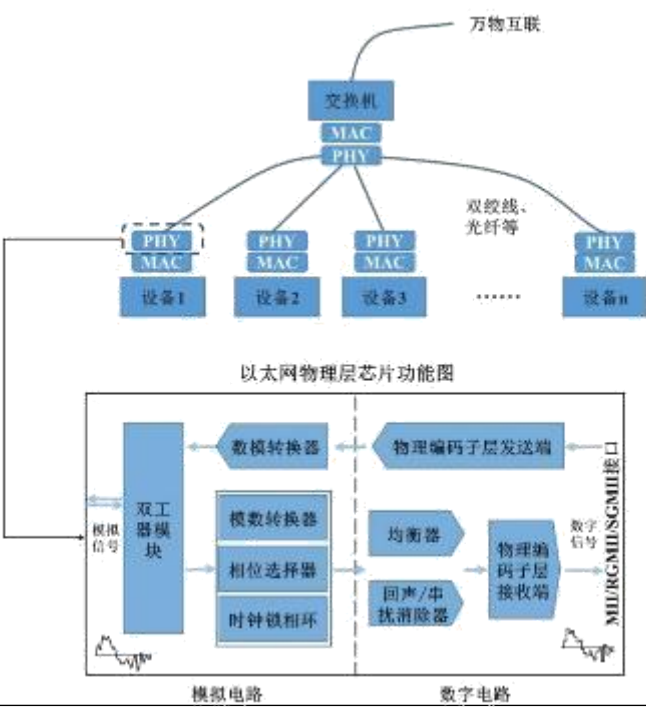
资料来源：裕太微招股说明书，国信证券经济研究所整理

PHY芯片：交换机最底层数据传输出口

以太网物理层芯片系以太网网络传输的物理接口收发器，定义了数据传送与接收所需要的电与光信号、线路状态、时钟基准、数据编码和电路等，通过接口与MAC进行数据交换：（1）当设备向外部发送数据时：MAC 通过MII/RGMII/SGMII接口向以太网物理层芯片传送数据，以太网物理层芯片在收到MAC传输过来的数据后，把并行数据转化为串行流数据、按照物理层的编码规则进行数据编码，再变为模拟信号把数据传输出去；（2）当从外部设备接收数据时：物理层芯片将模拟信号转换为数字信号，并经过解码得到数据，经过接口传输到 MAC。

PHY可分为单口和多口PHY，对应不同数量的设备接口。单口PHY通常用于通信控制的应用场景，例如安防摄像头、机顶盒以及车规场景等；而在通信设备领域，PHY芯片一般为多口。通常对应接口速率在10M到10G，使用铜口PHY；光口PHY则用于光纤传输的场景，速率较高，通常在10G以上。

图38：以太网PHY芯片功能图



资料来源：裕太微招股说明书，国信证券经济研究所整理

表4：以博通PHY芯片为例，不同接口PHY芯片情况

产品型号	接口类型	接口数量	最大接口速率	应用场景
BCM54194	Combo	4口	1000M	千兆以太网交换机/路由器、工业以太网
BCM54182	铜口	8口	1000M	千兆以太网交换机/路由器、工业以太网
BCM84884E	铜口	4口	5G	以太网交换机、以太网服务器、无线接入网的前传和回传、工业以太网
BCM89811	铜口	单口	100M	车载以太网
BCM85812	光口	单口（8:8）	800G	数据中心
BCM87416	光口	2口（8:4）	400G	数据中心
BCM87541	光口	4口	200G	数据中心

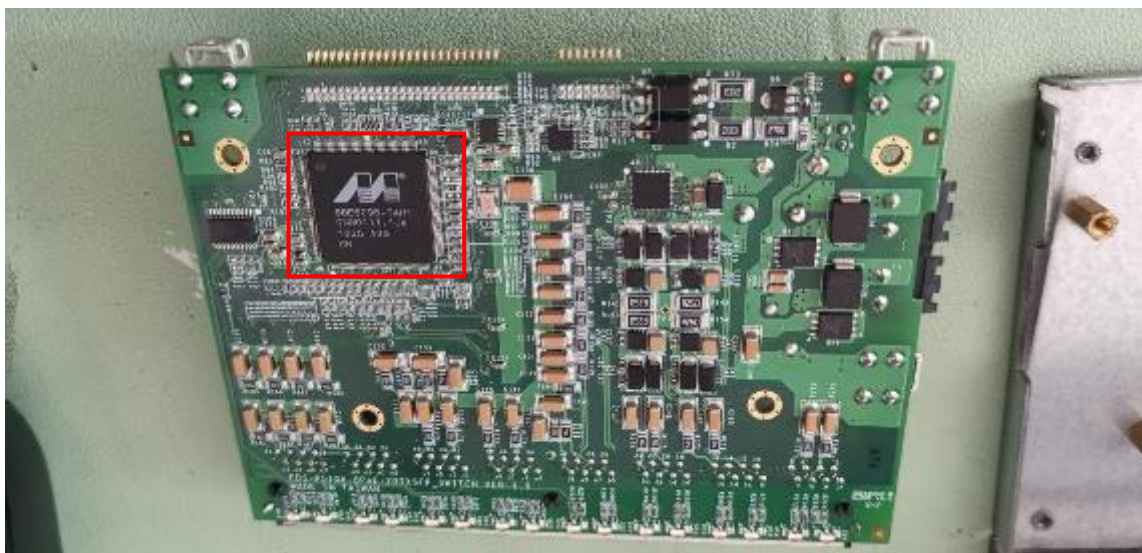
资料来源：各公司官网，盛科通信招股说明书，国信证券经济研究所整理

PHY芯片技术：较低速率场景已普遍集成化

一般情况下，交换芯片与PHY芯片是两个独立的芯片。网络交换功能对应OSI模型的第二层（MAC层），一般情况下交换芯片集成MAC芯片。同时MAC芯片是数字芯片，而PHY芯片包含大量模拟电路，集成难度较大。因此在传统应用中，交换芯片通过MAC接口（例如MII等）连接PHY芯片。

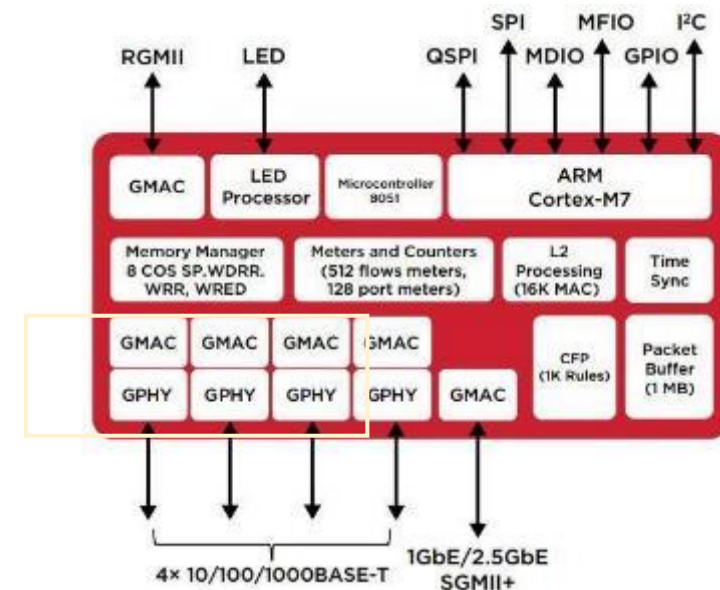
交换芯片集成PHY在较低速率场景已普遍应用。随着集成电路制造水平的发展以及用户对系统结构简化需求的提升，交换芯片集成PHY在部分场景铺开，尤其是较低速率（通常是千兆及以下）领域——例如千兆路由器、千兆交换机等。

图39：MOXA千兆交换机EDS-P510采用Marvell 88E6095芯片，集成MAC+PHY



资料来源：数码之家，国信证券经济研究所整理

图40：博通Roboswitch系列BCM53154集成4口千兆PHY芯片



资料来源：博通官网，国信证券经济研究所整理

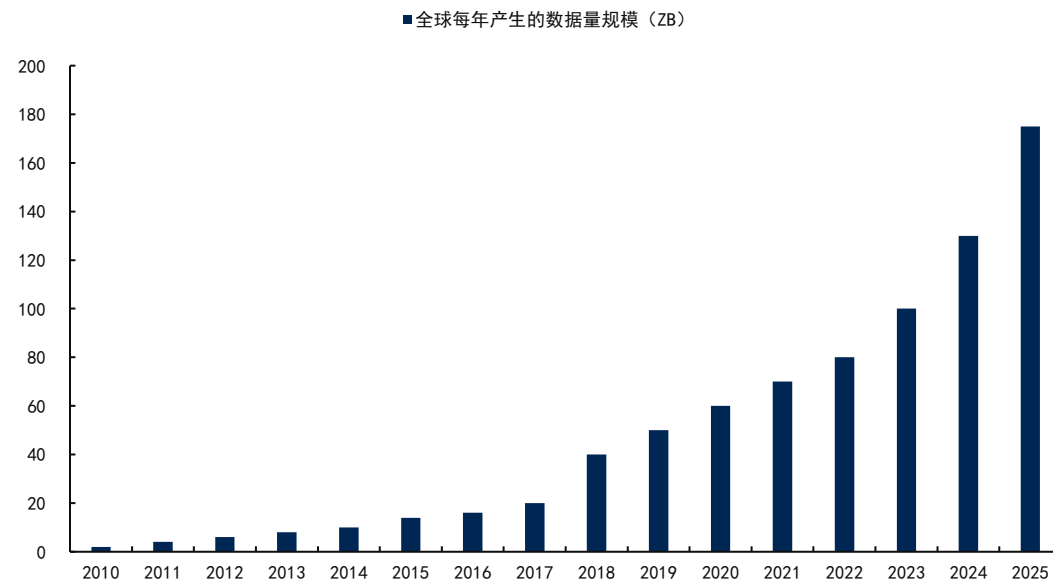
PHY芯片市场：预计2025年全球市场规模突破300亿元

以太网物理层芯片作为以太网传输的基础芯片之一，随着数据量的爆发式增长，市场规模拥有持续上涨的动能。

根据IDC发布的《Data Age 2025》报告预测，全球每年产生的数据将从 2018年的33ZB增长到2025年的175ZB，相当于每天产生491EB的数据。随着社会信息化进程持续加快，承载信息的载体呈现出“文字-图片-音频-视频”的发展路径，其中视频作为信息承载的一种形式正变得越来越普遍，且随着视频分辨率的不断提高，单个视频所占用的数据流量也越来越大。网络日益成为承载人类生活、生产活动核心平台，全球每年产生的数据呈现爆发式增长，在传输和交换方面带动了更大的市场需求。

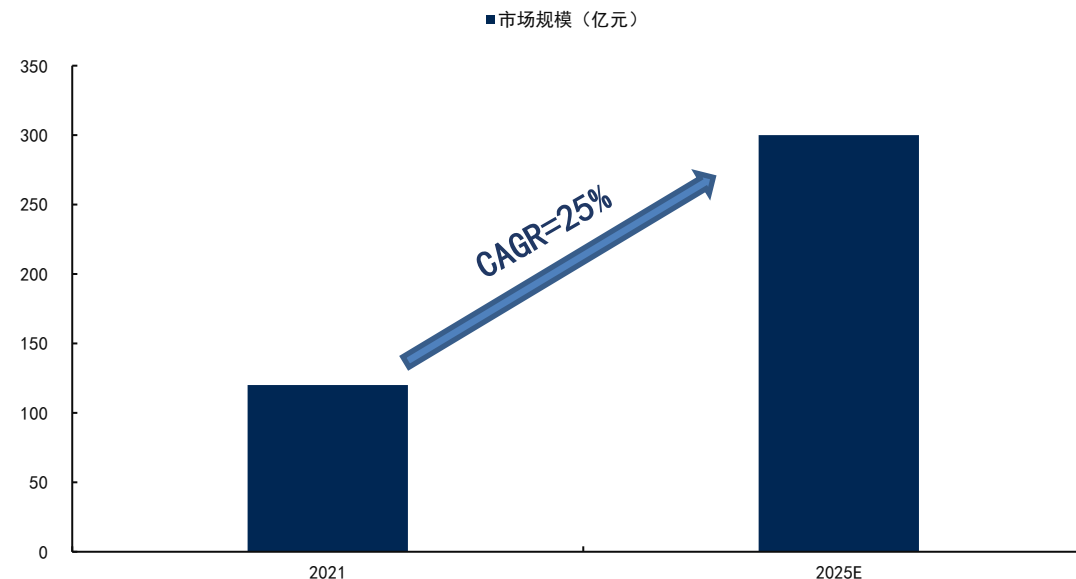
2025年全球以太网物理层芯片市场规模有望突破300亿元。根据中国汽车技术研究中心有限公司的预测数据，2021年全球以太网物理层芯片市场规模为120亿元，2022年-2025年全球以太网物理层芯片市场规模预计保持25%以上的年复合增长率。

图41：全球每年产生的数据量规模（ZB）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图42：2021-2025年全球以太网物理层芯片市场规模（单位：亿元）



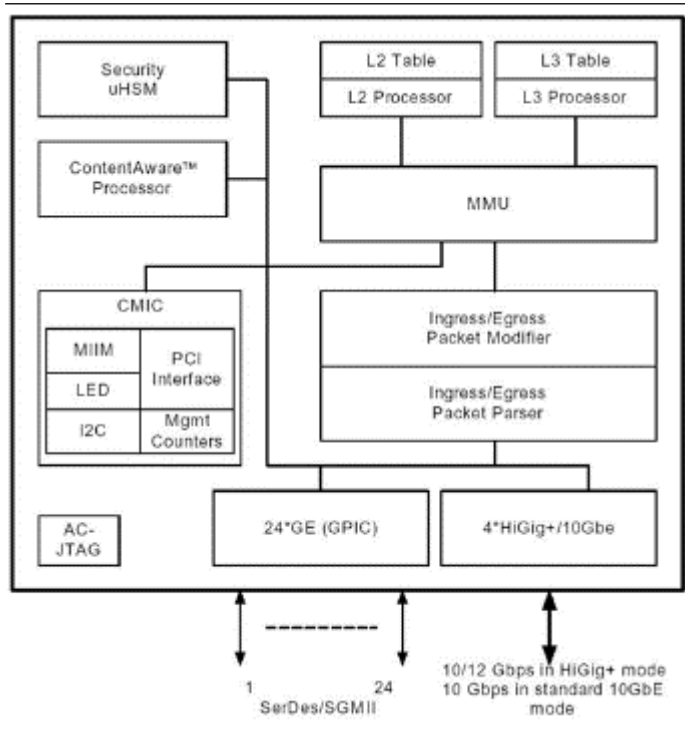
资料来源：中国汽车技术研究中心数据，国信证券经济研究所整理

交换芯片：交换机性能核心指标

以太网交换芯片是以太网交换机的核心部件，决定交换机性能。以太网交换芯片是用于交换处理大量数据及报文转发的专用芯片（ASIC）。以太网交换芯片内部的逻辑通路由数百个特性集合组成，在协同工作的同时保持极高的数据处理能力，因此其架构实现具有复杂性。作为以太网交换机的核心元器件，交换芯片很大程度上决定了以太网交换机的功能、性能和综合应用处理能力。

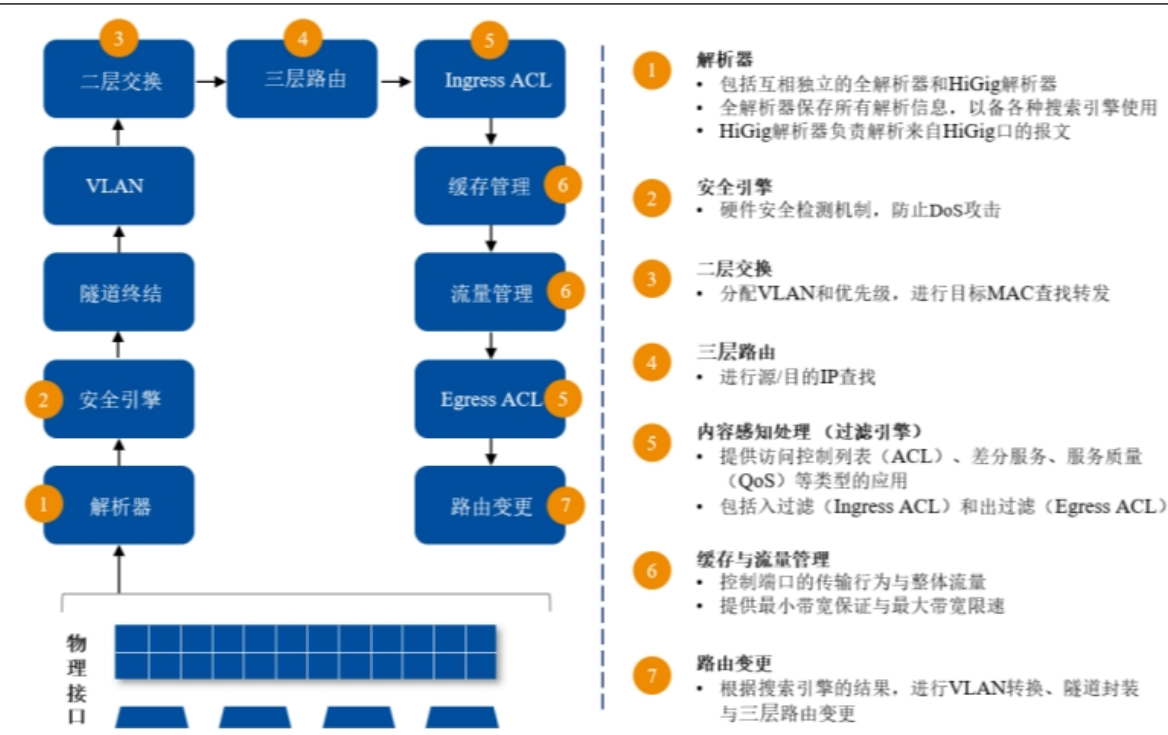
交换芯片的架构：以博通交换芯片为例，其是由GE/XE接口（MAC/PHY）模块、CPU接口模块、输入输出匹配/修改模块、MMU模块、L2转发模块、L3转发模块、安全模块、流分类模块等模块组成。交换芯片在逻辑层次上遵从OSI模型（开放式通信系统互联参考模型），主要工作在物理层、数据链路层、网络层和传输层，提供面向数据链路层的高性能桥接技术（二层转发）、面向网络层的高性能路由技术（三层路由）、面向传输层及以下的安全策略技术（ACL）以及流量调度、管理等数据处理能力。

图43：broadcom交换芯片架构



资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

图44：交换芯片工作原理



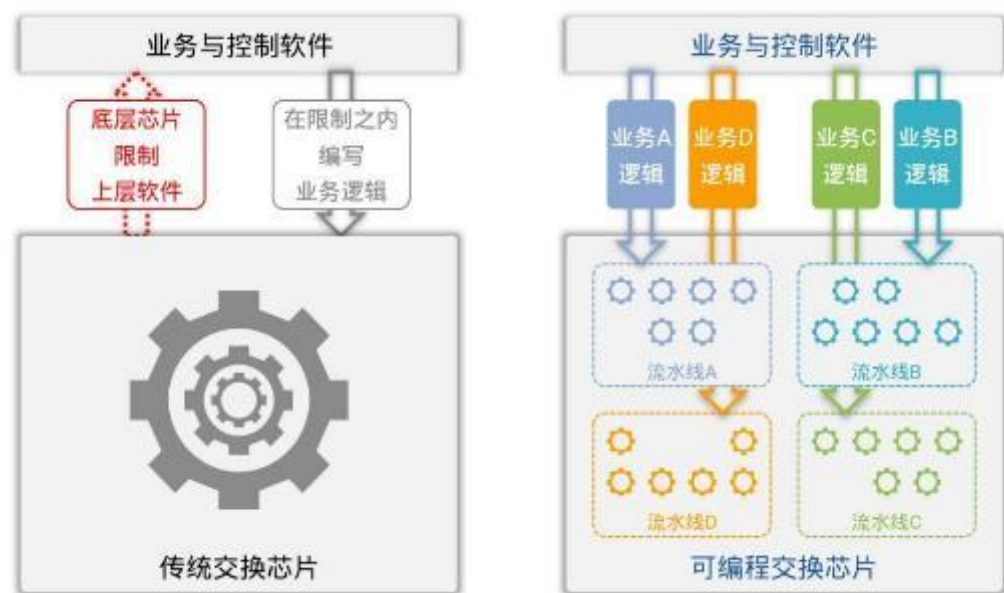
资料来源：盛科通信招股书，灼识咨询，国信证券经济研究所整理

交换芯片技术：逐步向可编程发展

可编程交换芯片最重要的特点在于可编程，可以灵活在网络芯片上添加新的网络协议或者新的网络功能，而不需要重新设计一款新的芯片。对比传统交换芯片，可编程交换芯片的报文处理和转发逻辑能够通过软件来按需调整。

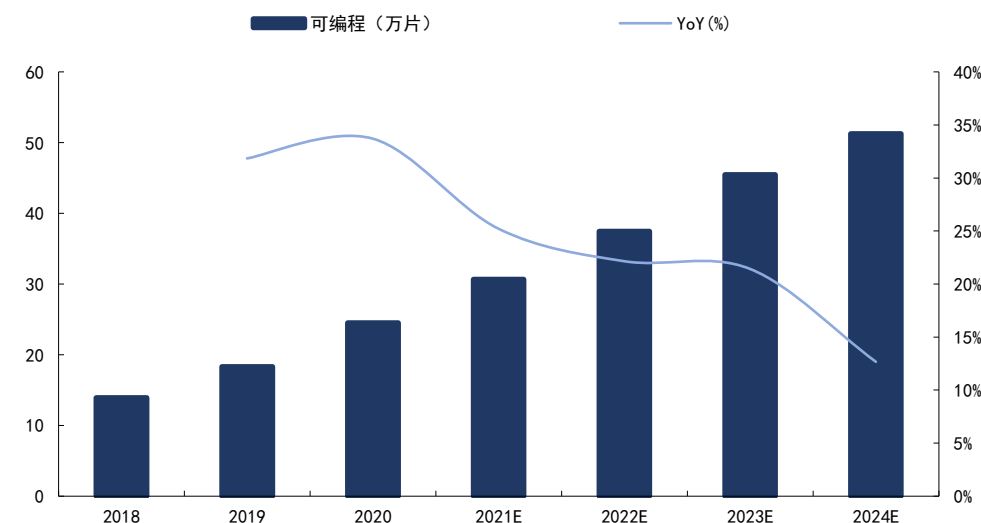
随着传统网络向开放网络演进，交换芯片可编程能力的重要性凸显。在ASIC芯片时代，网络的报文处理和转发逻辑全部被蚀刻在硬件芯片中，由完全线速的芯片逻辑完成，软件不再参与这些过程，从而让网络的性能得到突发猛进的提升。但是，随着IT业务的不断发展，上层业务与控制软件对底层网络的特殊需求也逐渐涌现出来，例如将部分常用的功能下移到底层交换芯片中实现，就能够将整个业务在网络上的处理性能大幅提升，并且大幅降低业务自身的部署复杂度，从而使得系统的整体效率得到提升。

图45：传统交换芯片与可编程交换芯片



资料来源：星融元，国信证券经济研究所整理

图46：数据中心领域可编程交换芯片出货量（万片）



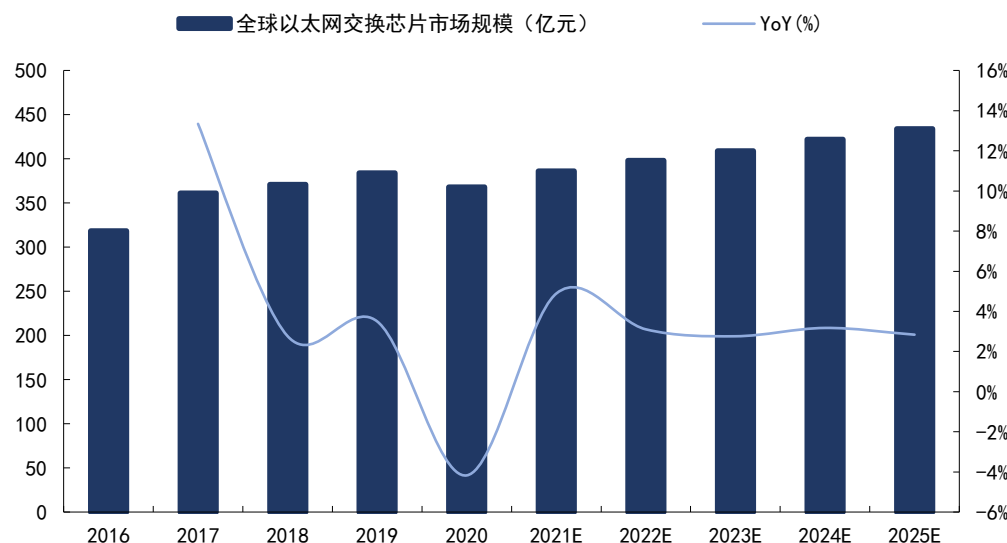
资料来源：Omdia，国信证券经济研究所整理

交换芯片市场：预计2025年全球交换芯片市场规模达434亿元

商用市场发展潜力大。从整体市场规模来看，预计至2025年全球以太网交换芯片市场规模将达到434.0亿元，CAGR5为3.4%。从增长率来看，商用以太网交换芯片市场增长率为5.3%，显著高于自用以太网交换芯片市场增长率的1.2%，未来以太网交换芯片市场规模的主要增量将来自商用厂商。

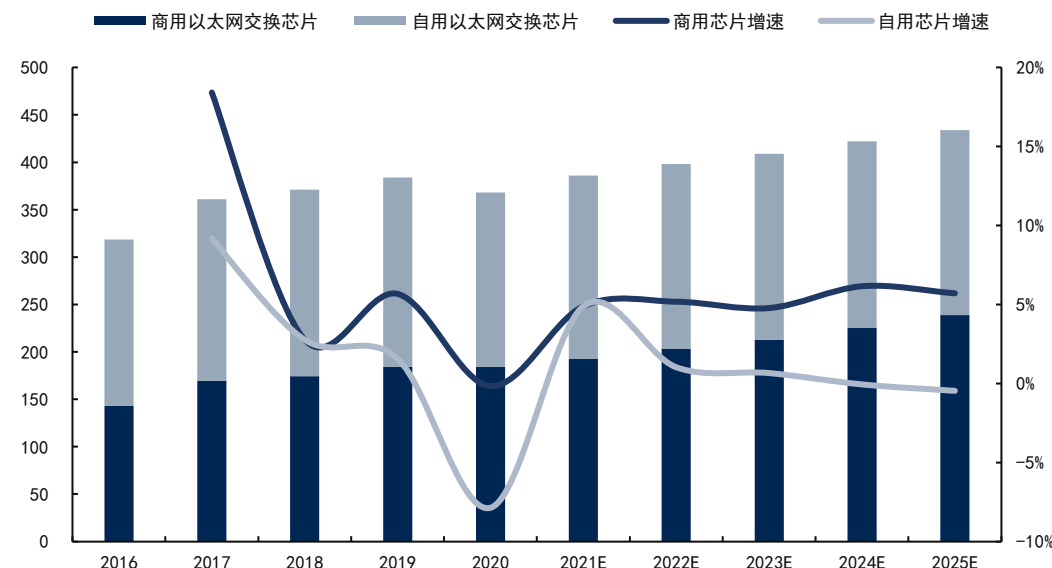
交换机芯片主要有商用和自研两种。以太网交换芯片自用厂商以思科、华为等为主，在思科的发展初期并没有成规模的商用以太网交换芯片供应商，因此思科通过自研以太网交换芯片的方式配合自研交换机的技术演进。随着全球以太网交换芯片市场的扩大，自用厂商已无法满足下游日益增长的需求，因此全球范围内涌现出博通、美满、瑞昱、英伟达、英特尔、盛科通信等以太网交换芯片商用厂商，部分自用厂商亦通过外购商用芯片丰富自身交换机产品线。

图47：全球以太网交换芯片市场规模（亿元）及增速



资料来源：灼识咨询，盛科通信招股说明书，国信证券经济研究所整理

图48：全球以太网交换芯片市场规模及增长率情况（单位：亿元，%）



资料来源：盛科通信招股书，灼识咨询，国信证券经济研究所整理

4) 互联：光模块核心数字芯片（DSP）

DSP是指的Digital Signal Processing，即数字信号处理技术，因此DSP芯片指的是能够实现数字信号处理技术的芯片。

在光通信领域DSP芯片主要起到的作用是：

- 1) 对接收到的光信号进行数字处理，降低误码率，提高光信号传输距离和灵敏度。
- 2) 可以对光信号进行均衡、时钟恢复等信号处理，有效减少光信号传输中的失真和噪声干扰。
- 3) 利用DSP技术，可以将光信号转化为数字信号进行处理、编码和解码，实现高速数据传输。

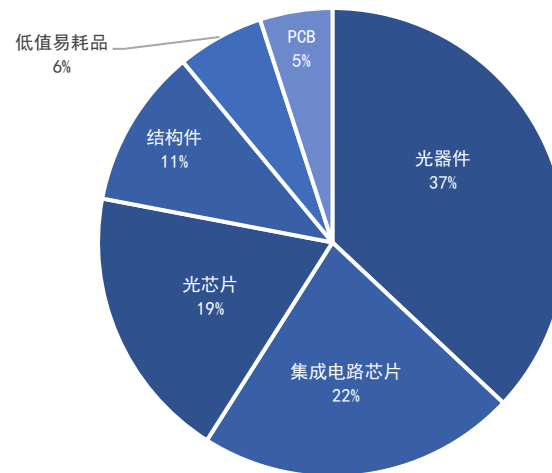
DSP芯片在内集成电路部分在光模块的成本占比约22%。根据联特科技和中商情报网数据，在光模块的成本结构中，集成电路芯片成本占比22%，光芯片成本占比19%，结构件成本占比11%。

图49：DSP示意图（以Credo方案为例）



资料来源：Credo官方材料，国信证券经济研究所整理

图50：光模块成本结构拆分



资料来源：联特科技，中商情报网，信证券经济研究所整理

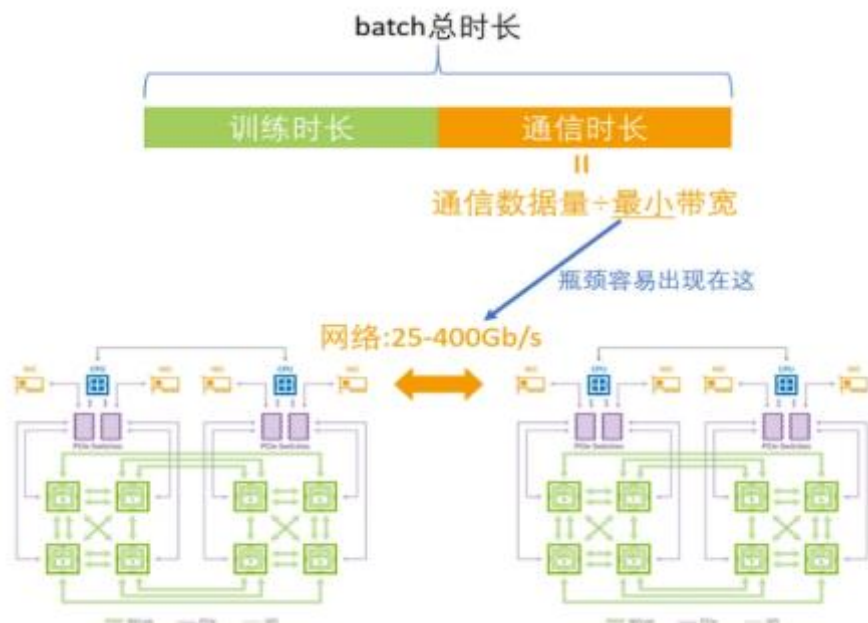
AI大模型驱动高速率光模块DSP需求释放

◆ AI模型高并行计算+低时延，驱动网络部署速率门槛快速提升。

- AI大语言模型下，存储和计算部分发生了较多变化，存储介质从机械硬盘（HDD）演进到闪存盘（SSD），来满足存储介质时延降低了不止100倍数；高效计算部分，已经普遍采用GPU或者专用ASIC芯片，处理数据能力提升百倍。
- 一个高效的模型在硬件依赖三个环节性能的改进，**存储、计算和网络通信能力**，存储和计算已经通过芯片迭代快速提升，因此通信时延的优化决定了性能进一步提升的可能性，因此加快推进大带宽高速网络部署。

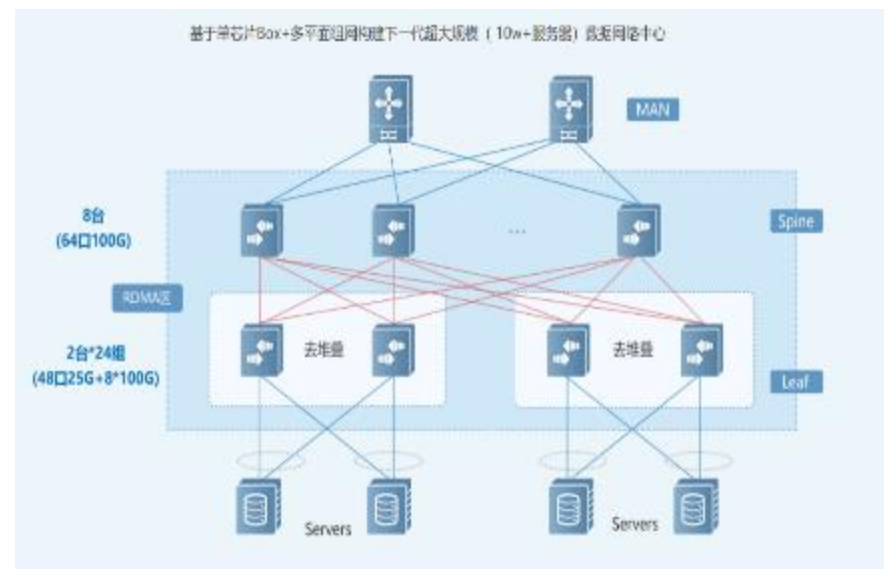
◆ 英伟达方案下，网络带宽从传统方案的25G/100G快速提升至端到端200G和400G，加快高速率光模块需求释放。

图51：AI大模型下不断提升通信带宽降低时延



资料来源：纳多德，国信证券经济研究所整理

图52：传统数据中心25G/100G部署方案



资料来源：锐捷网络官网，国信证券经济研究所整理

H100网络结构：使用800G光模块，其中DSP是当下主流配置

每个DGX H100 SuperPOD基本部署结构信息为：

32台服务器（每台服务器8张GPU）+12台交换机

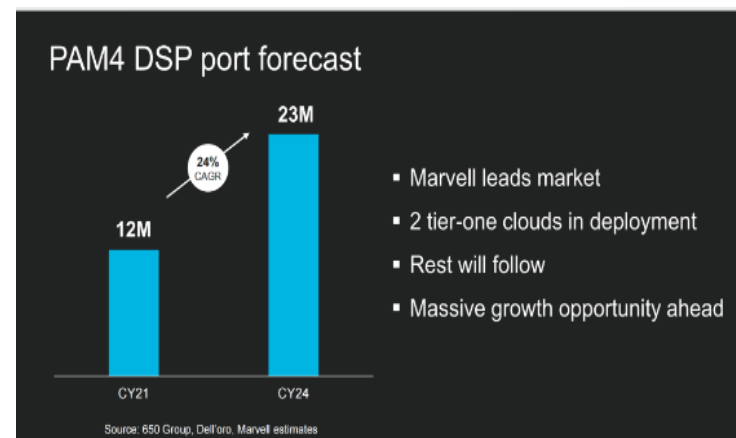
网络拓扑结构为IB fat-tree（胖树），交换机单端口400G速率，可合并形成800G端口

关于光模块情况，当前主流技术方案均采用配置DSP的800G光模块：

- 配置英伟达H100方案的800G光模块，由于DSP可以达到更好的光信号处理效果，因此当前主流的800G光模块在设计上均配置了一颗DSP芯片。H100的放量有望推动DSP行业需求快速增长。

根据360 Group, Dell和Marvell预测数据，预计PAM4 DSP出货量有望从2021年的1200万提升到2024年的2300万只，复合增速为24%。按照50美金/只估算，2024年市场规模约为11.5亿美金。

图53：PAM4 DSP 出货端口数预测及Marvell行业地位



资料来源：650Group, Dell, Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

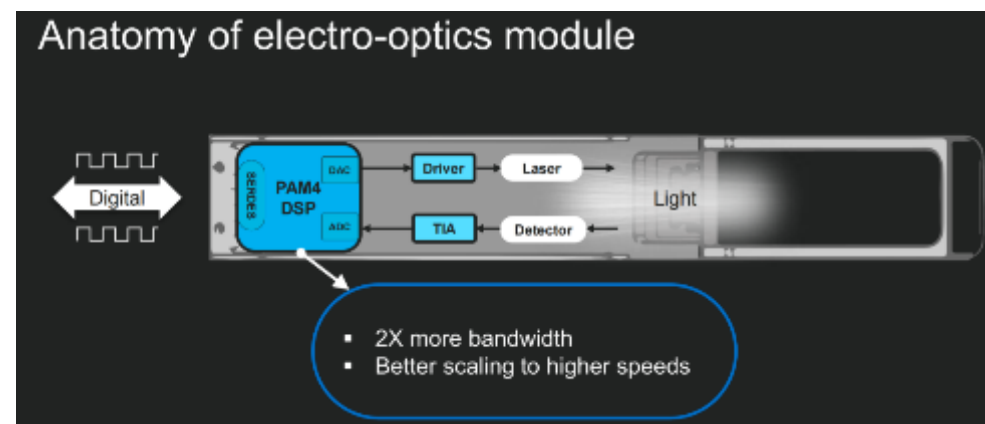
图54：英伟达交换机方案

NVIDIA Quantum-2 Switches

Orderable Part Number (OPN)	Description
MQM9790-NS2F	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 QSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, unmanaged, power-to-connector (P2C) airflow, rail kit
MQM9790-NS2R	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 QSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, unmanaged, connector-to-power (C2P) airflow, rail kit
MQM9700-NS2F	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 QSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, managed, P2C airflow, rail kit
MQM9700-NS2R	NVIDIA Quantum-2-based 400Gb/s InfiniBand switch, 64 400Gb/s ports, 32 QSFP ports, non-blocking switching capacity of 51.2Tb/s, two power supplies (AC), standard depth, managed, C2P airflow, rail kit

资料来源：英伟达官网，国信证券经济研究所整理

图55：800G光模块当前主流技术方案（带DSP）



资料来源：Marvell官方资料，国信证券经济研究所整理

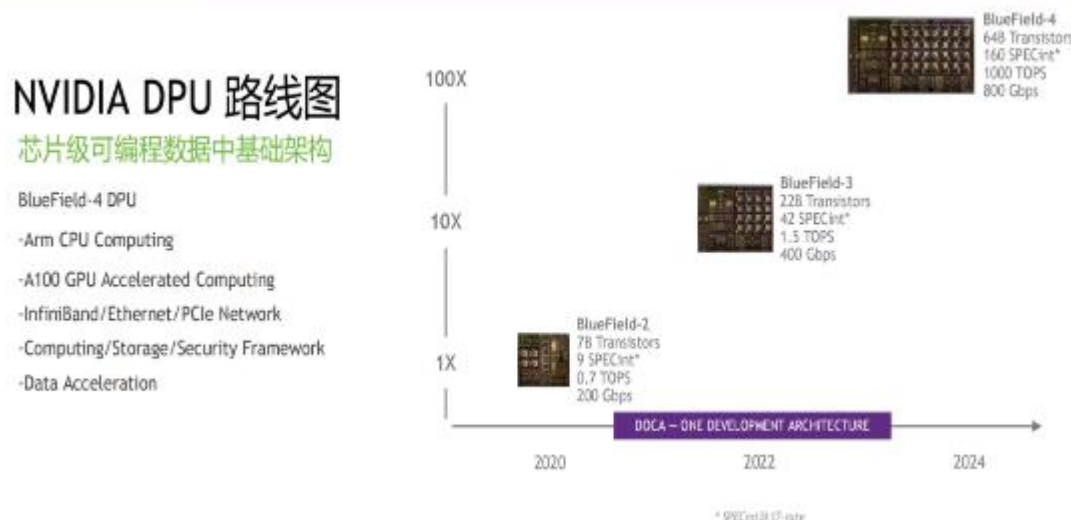
三、公司地位：多领域市场份额领先

1) DPU: 英伟达、Intel、Marvell行业领先厂商

DPU行业发展仍处在早期，英伟达、Intel、Marvell是当前领先厂商，行业格局未定。结合当前情况来看，英伟达、Intel、Marvell等是行业布局较为领先的厂商。三家在产品搭建上选择不同的技术路线，英伟达是ASIC，Intel是FPGA，Marvell是基于ARM的SOC芯片。

- 英伟达：BlueField 系列，采用处理器配合ASIC，外加加速引擎的方式。英伟达是基于收购的Mellanox网络方案和ARM架构实现，主要应用方向在数据安全、网络、存储卸载等。
- Intel：IPU系列，是采用处理器配合FPGA，外加加速引擎的技术路线。2021年发布，可以做到安全加速和管理数据中心的基础设施与可编程硬件，使得云和通信服务厂商减少在中央处理器方面开支。
- Marvell：OCTEON系列，2021年发布OCTEON 10系列DPU采用ARM Neoverse N2 CPU内核，外加加速引擎的技术路线，是一款多功能芯片，旨在帮助移动和处理通过传输的数据，可实现集成机器学习推理的引擎等虚拟化。

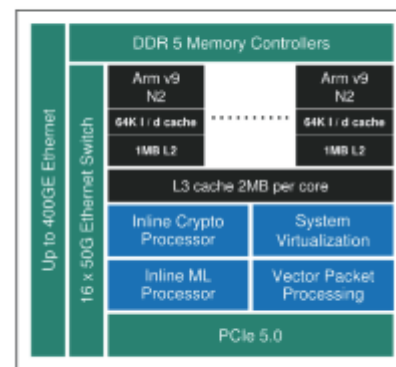
图56：英伟达DPU路线



资料来源：英伟达官网，国信证券经济研究所整理

图57：OCTEON 10系列DPU架构

OCTEON 10 innovations



- 5nm TSMC process 5nm制程
- Enables fanless designs
- First inline DPU ML Engine DPU引擎
- Hardware VPP acceleration VPP加速
- Inline crypto processor Crypto引擎
- Arm Neoverse N2 cores Arm内核
- Highest SPECint in industry
- PCIe 5.0, DDR5 support PCIe 5.0
- Integrated with 16x 50GE switch
- 56G SerDes

资料来源：Marvell官网，国信证券经济研究所整理

2) 存储：Marvell重点定位企业级SSD市场

SSD存储主要分为消费级和企业级，企业市场更关注数据完整稳定。固态硬盘简称SSD，是一种以闪存作为永久性存储器的计算机存储设备，由控制单元和存储单元组成，被广泛用于工控、视频监控、消费电子等领域。根据下游应用领域不同，主要分为消费级、企业级和军工级三类，其中消费级SSD关注成本，企业级别SSD主要用在企业数据中心，更多关注数据完整性，稳定性。

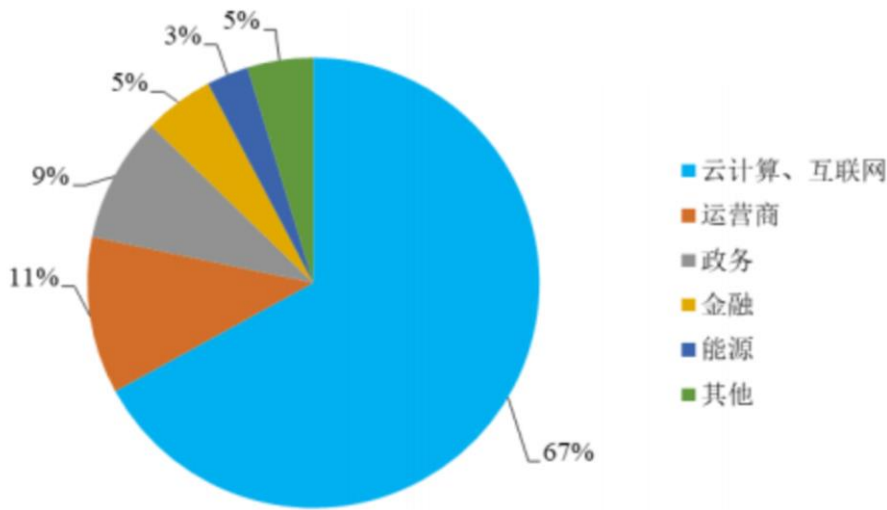
云计算行业是企业级SSD市场的主要客户群体，PCIe接口+NVMe协议是主流技术路线。根据中金企信国际咨询数据，国内市场，企业级SSD的下游客户主要来自云计算及互联网行业，占总市场规模份额达到67%，运营商是第二大应用客户群。在通信侧技术路线选择上，PCIe总线以及转为SSD设计的NVMe通信协议可达到的最大传输速度快于SATA等其他技术路线，且二者还在不断迭代推动固态硬盘产品性能持续提升。

表5：DPU不同技术路线参数对比

技术路线	消费级SSD	企业级SSD	军工级SSD
应用领域	电脑涉笔、移动终端、商业电子、智能穿戴	服务器、计算机和云存储、工控、视频监控、人工智能	工业控制、全自动系统、数据中心、航空航天
性能	一般	良好	优
容量	64GB-2TB	128GB-32TB	64GB-2TB
UBER（不可修复的错误比特率）	10*E-15	10*E-16	10*E-16
连续工作周期	工作周期8h	工作周期24/7	工作周期24/7
工作温度范围	0-70°	0-70°	-40° -85°
是否是低延时	是	是	是
使用寿命	3-5年	5-8年	8年以上
闪存类型	MLC/TLC/QLC	SLC/MLC/TLC	SLC/MLC

资料来源：芯达人SINKEMP，国信证券经济研究所整理

图58：2022年国内企业级SSD市场下游客户分布



资料来源：中金企信国际咨询，国信证券经济研究所整理

Marvell：企业级SSD主控芯片行业领先厂商之一

单一SSD主要由主控DPU、闪存颗粒NAND、微码、接口等重要部分组成，其中NAND Flash是数据存储的核心介质，完成数据存储。主控芯片主要负责固态硬盘和服务器主机通信，控制闪存的数据传输并运行固件算法等。从成本角度，NAND占到BOM成本的70%，主控芯片、微码、缓存、接口等占据30%。

2021年企业级SSD主控芯片出货连占比为12.41%。存储芯片市场规模的持续增长推动了对SSD主控芯片的需求，根据中国闪存市场发布的《2021年全球SSD市场分析报告》，2021年全球SSD主控芯片出货量为4.08亿颗，较2020年增长16.57%。其中消费类SSD主控芯片出货量占比为83.86%，企业级SSD主控芯片出货量占比为12.41%，工业级SSD主控芯片出货量占比为3.73%。。

图59：SSD结构拆解

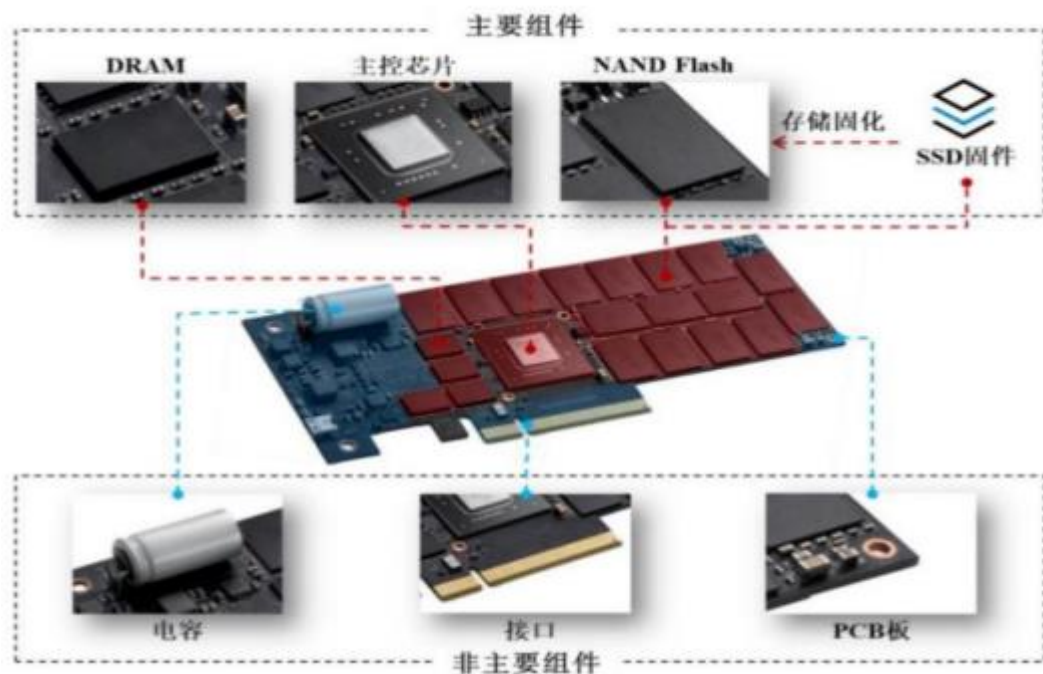


图60：2020-2025年全齐SSD主控芯片出货量及预测



Marvell：企业级SSD主控芯片行业领先厂商之一

全球固态硬盘主控芯片厂商，主要可以分为两大类：第一类是自研自用固态硬盘主控芯片厂商，这类厂商主要采用自己开发的固态硬盘主控芯片，为下游客户销售固态硬盘模组，该类厂商主要包括三星等 NAND Flash 原厂；第二类是独立固态硬盘主控芯片厂商，这类厂商主要通过向下游客户销售固态硬盘主控芯片和解决方案，该类厂商主要包括慧荣科技、联芸科技、Marvell、瑞昱、英韧科技、得一微等厂商。

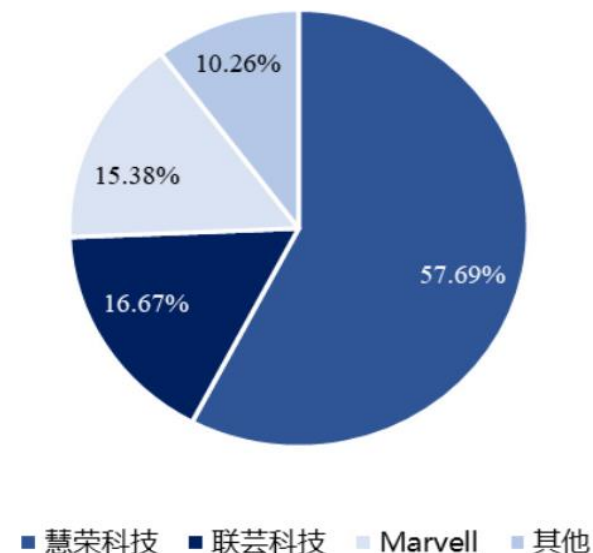
Marvell是第三方企业级SSD主控芯片领先厂商。在独立SSD主控芯片厂商中，主要有Marvell，慧荣科技，群联电子等。Marvell是企业级SSD主控芯片行业的领先厂商。慧荣科技、联芸科技主要是消费市场。2021年全球独立SSD主控芯片市场Marvell份额大约15.38%。

图61：SSD产业链插接



图62：2021年全球独立SSD主控芯片厂商竞争格局

2021 年全球独立 SSD 主控芯片厂商竞争格局



Marvell：发布全球首款PCIe 5.0主控芯片

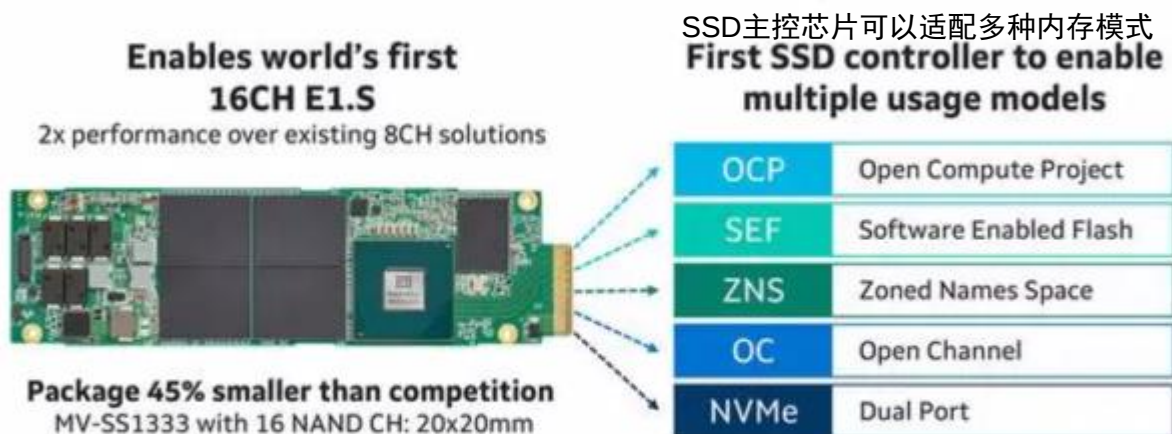
Marvell发布全球首款PCIe 5.0主控芯片，重点针对数据中心市场。2021年Marvell推出了全球首款PCI-E 5.0 SSD控制器Bravera SC5，面向云服务与数据中心，随着服务器的核心数量增加，对于数据的存储带宽要求在提升，而PCI-E 5.0x4的Bravera SC5可以满足云端服务器需求。

Bravera SC5系列是业界首款PCI-E 5.0x4加NVMe 1.4b的SSD主控，相较于PCI-E 4.0 SSD主控，可提供2倍的性能，连续读取速度为14GB/s，专门针对云环境而优化的，也是第一款支持Elastic SLA Enforcer的主控，可以大幅度减少CPU的利用率并改善用户体验。

在落地方面，2023年DapuStor（大普微）正式宣布PCIe 5.0 SSD产品系列——DapuStor Haishen5成功量产，成为全球最早实现搭载Marvell Bravera™ SC5主控SSD产品量产的企业之一。

图63: Bravera SC5 基本参数

Bravera SC5 - Cloud Data Center Optimized

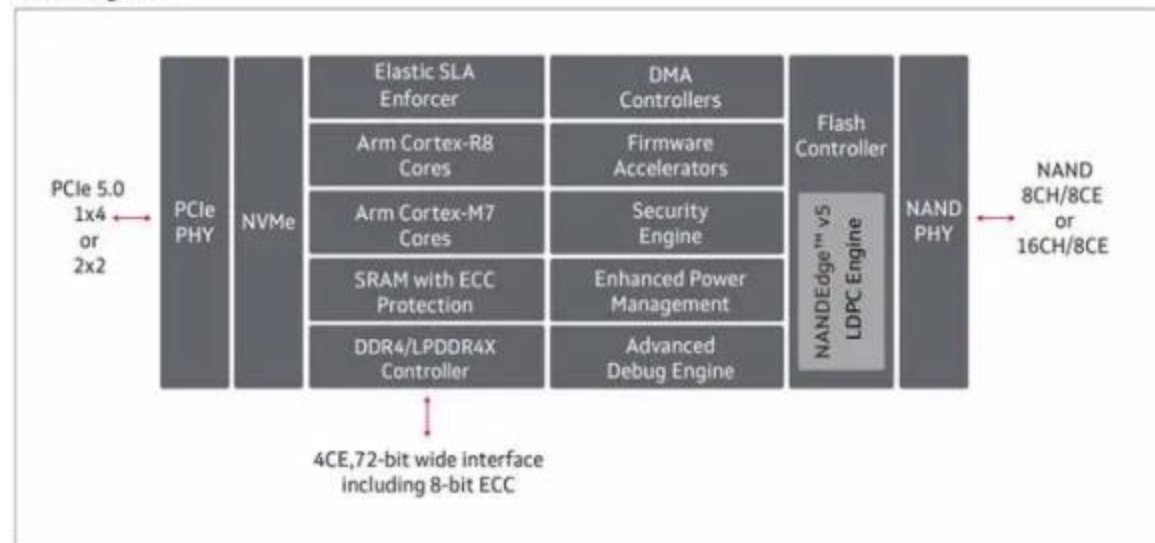


Re-purpose same HW | Streamline data center operations

© 2021 Marvell. All rights reserved.

图64: Bravera SC5 结构图

Block Diagram



3) 交换芯片：Marvell成为博通外第二大厂商

全球商用交换芯片市场中，Marvell是博通外领先厂商。在自用市场中，思科、华为等领先厂商凭借在交换机的领导地位位居前列，如2020年国内自用芯片市场华为份额达88%；商用市场方面，博通竞争优势突出，全球市场份额约70%，国内市场份额约62%；Marvell、瑞昱等位居第二梯队，Marvell全球份额约29%，国内份额约20%，是除了博通外第二大厂商。

国内厂商以华为、盛科通信等为代表厂商。华为从1999年开始自研Solar系列交换芯片，2004年正式商用，目前已演进到NP 5.0架构，如SD5121/SD5122。中兴通讯在2018年推出交换容量9Tbps的第四代自研交换网芯片，2020年启动第五代自研交换网芯片的研发。华为、中兴通信相关芯片主要自产使用。根据灼识咨询数据，盛科通信2020年国内销售额排名第四，占据1.6%的市场份额。

图65：全球商用以太网交换芯片竞争格局（2020，按出货量）

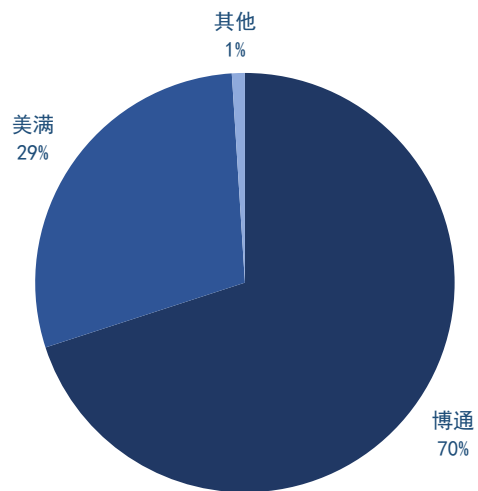


图66：中国商用以太网交换芯片竞争格局（2020，按销售额）

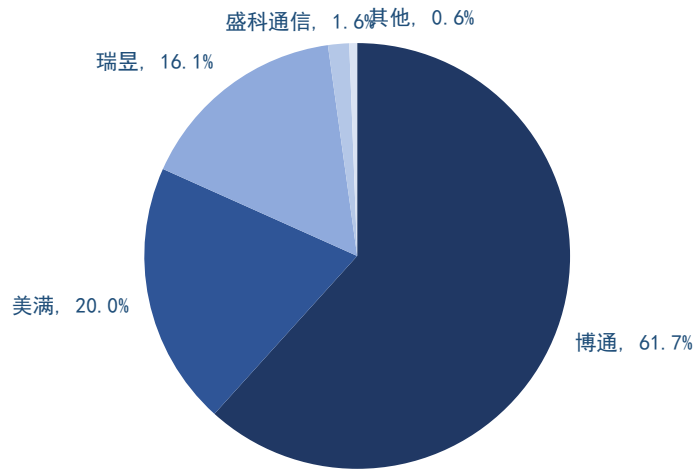
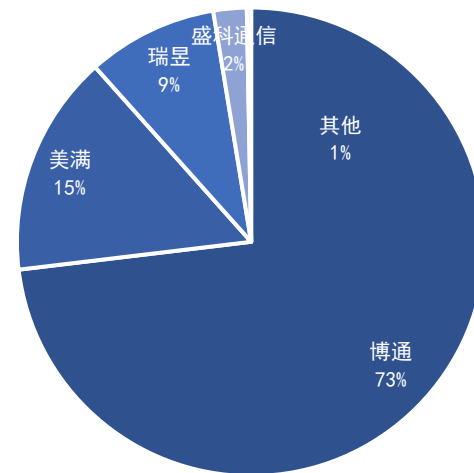


图67：中国商用万兆及以上以太网交换芯片 市场竞争格局（2020，按销售额）



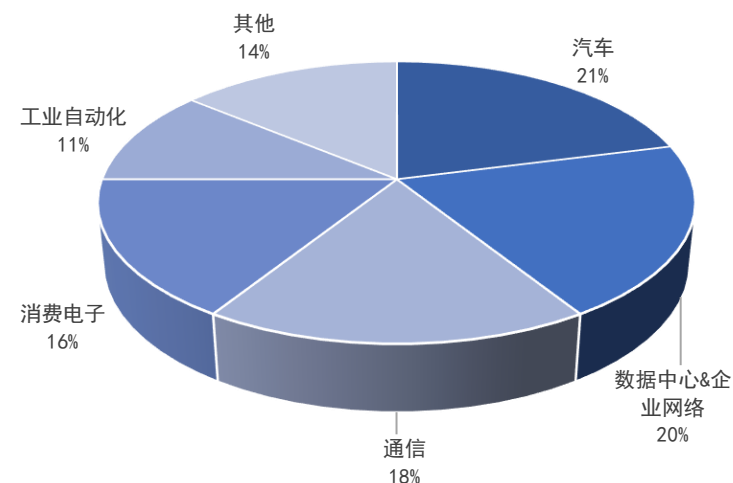
PHY芯片：汽车是下游最大应用市场，Marvell保持份额领先

汽车是PHY芯片下游最大应用市场。根据华经产业研究院数据，2021年全球以太网物理层芯片在汽车领域的应用占比最高，为21%。数据中心&企业网络、通信是除了汽车以外应用较为广泛的领域。

以太网物理层芯片领域集中度较高。根据中国汽车技术研究中心有限公司的数据统计，在全球以太网物理芯片市场竞争中，2020年博通、美满电子、瑞昱、德州仪器、高通和微芯稳居前列，前五大以太网物理层芯片供应商市场份额占比超过90%。在中国市场，以太网物理层芯片市场基本被境外国际巨头所主导。

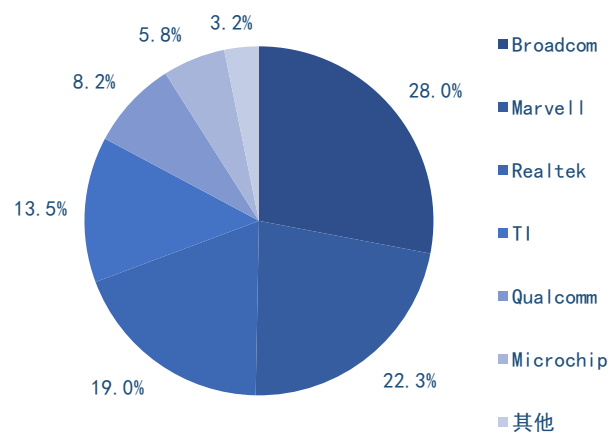
Marvell在车载以太网PHY芯片市场份额保持绝对领先。根据中国汽车技术研究中心有限公司的数据统计，2020年Marvell（美满电子）在全球车载以太网PHY芯片市场市占率达到39%，明显高于第二大厂商博通（份额18%）。

图68：2021年全球以太网物理层芯片下游应用领域占比情况



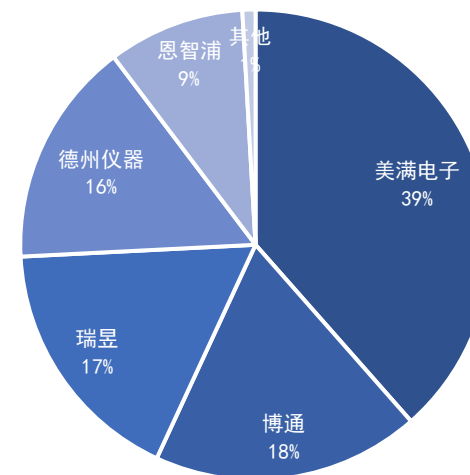
资料来源：MMR，华经产业研究院，国信证券经济研究所整理

图69：2020年全球以太网PHY芯片竞争格局



资料来源：中国汽车技术研究中心有限公司，裕太微招股说明书，国信证券经济研究所整理

图70：2020年全球车载以太网PHY芯片竞争格局



资料来源：中国汽车技术研究中心有限公司，国信证券经济研究所整理

车载以太网市场：发布行业领先速率产品，获得车企合作

车载以太网市场，Marvell拥有多项产业首发产品或者方案，一共和28家汽车OEM厂商达成合作，包括全球前十大厂商中的七家。

- Marvell是第一个拿到安全认证的车载交换机厂商。
- Marvell是第一个发布1G速率的以太网PHY芯片厂商。
- Marvell是第一个发布10G速率的以太网PHY芯片厂商。

图71：Marvell 在车载以太网领域保持领先优势



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

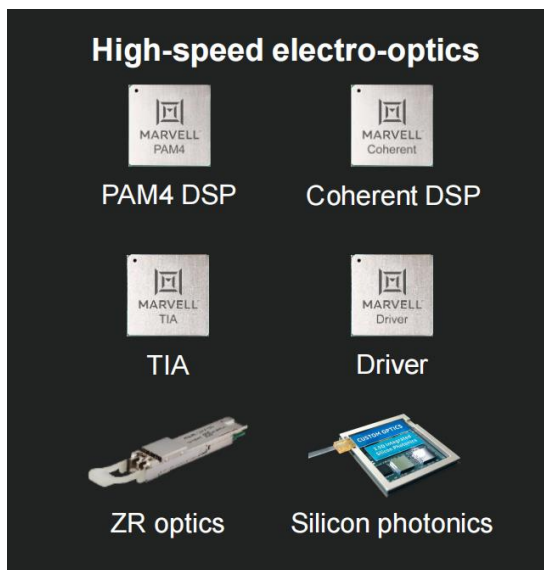
4) 芯片DSP：Marvell是全球领先厂商

互联针对在数据中心互联方案，包括铜和光互联方案，Marvell可提供完整产品组合方案。光互连方案主要是针对光模块，其中Marvell可以提供的产品包括了PAM4 DSP、TIA、Driver等，以及相干市场的相干DSP、相光模块ZR方案。

Marvell是PAM4 DSP领域全球领先厂商，2022年推出5nm电光平台。2022年12月Marvell宣布正在出样Spica Gen2 800Gbps PAM4电光平台，提高数据中心带宽和性能。该平台将工艺技术从7nm提升到5nm，平配有TIA和驱动Driver，推动数据中心/AI向800Gbps过渡。Marvell在2020年推出的7nm Spica DSP平台是全球收购800Gbps PAM4平台。新平台相较于上一台可以节省25%以上功耗。

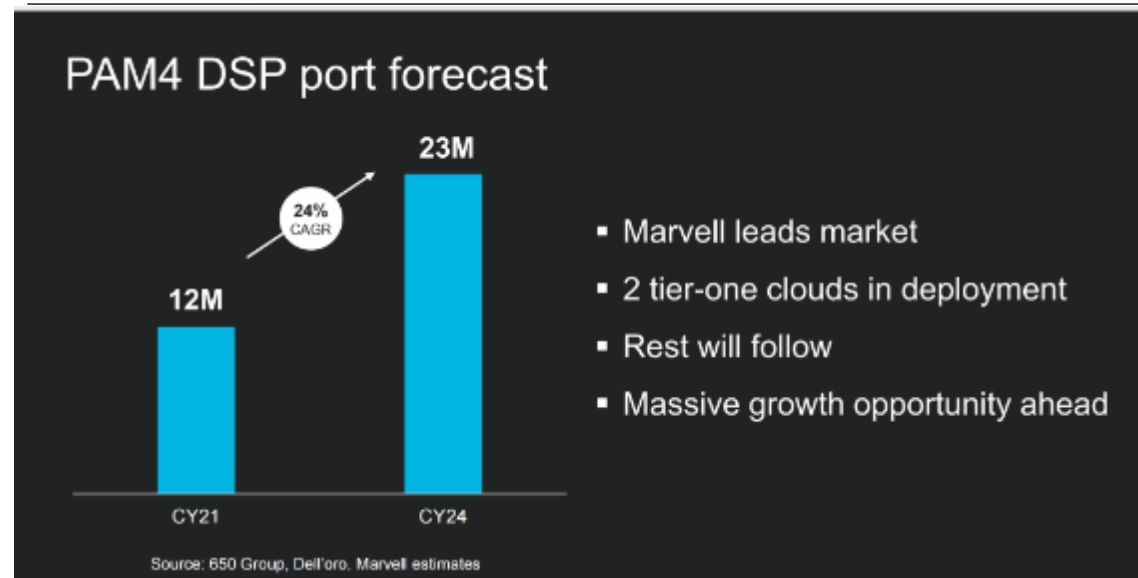
在PAM4 DSP领域，Marvell份额领先。根据360 Group, Dell和Marvell预测数据，预计PAM4 DSP出货量有望从2021年的1200万提升到2024年的2300万只，复合增速为24%。假设按照50美金/只估算，结合公司在FY2024Q2财报电话给出的对于2024年相关收入8亿美金指引，粗略可假设2024年出货1600万只DSP，对应2300万只预测行业规模对应的市占率约为70%。

图72：Marvell在互联业务可提供具体产品（示意图）



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

图73：PAM4 DSP 出货端口数预测及Marvell行业地位



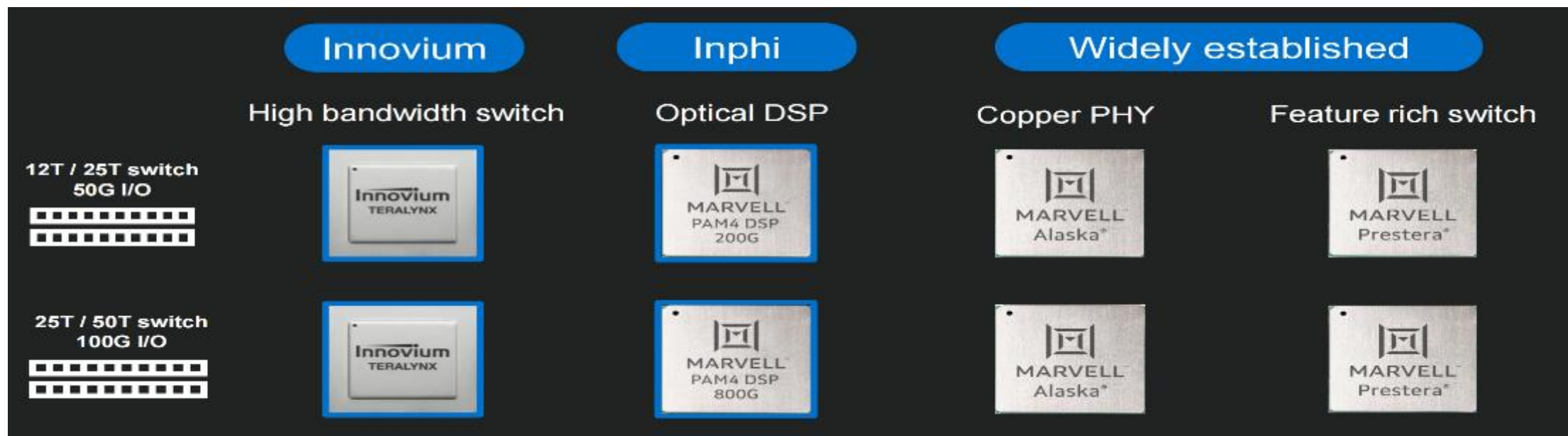
资料来源：650Group, Dell, Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

数据中心市场：完备产品组合推动公司份额提升

在数据中心领域，Marvell产品覆盖了从计算、存储到互联、交换机等众多环节。完整的产品组合意味着公司可以满足客户多样化的数据中心部署方案需求。

产品组合完备+产品实力领先推动公司份额提升。目前在数据中心领域，在计算环节，公司DPU产品是行业领先方案之一，在存储环节，公司是企业SSD主控芯片的领先厂商；在交换机领域，公司是博通之外少有的能够覆盖交换芯片和PHY芯片的厂商。在较为优秀的产品实力的基础之上，叠加公司较为灵活的产品解决方案，有望推动公司在数据中心市场潜在份额提升。

图74：Marvell 在数据中领域可提供完整的产品组合



运营商市场：发布5GvRAN方案，导入头部设备商

ORAN、vRAN是5G网络RAN架构的长期演进趋势。RAN是指无线接入网络，具有基带单元（BBU）、无线电和天线三个组成部分。C-RAN是指集中式RAN架构，BBU不再位于蜂窝基站，而是位于单个位置，方便访问且便于管理。C-RAN的问题在于RAN单元运行在供应商专有软件上，限制了多个企业写作，因此提出虚拟运行方案，即vRAN。ORAN是因为即使硬件供应商不影响，仍需要从同一个供应商获得RU、CU和DU的虚拟化技术（每家都有专有软件），ORAN是希望引入开源软件和指定标准来解决这个问题。

Marvell发布vRAN解决方案，并与头部设备商达成合作。目前Marvell OCTEON Fusion处理器已经具备vRAN解决方案，并在2023年发布下一代迭代方案OCTEON 10 Fusion基带处理器系列。在5G RAN市场，Marvell和爱立信、诺基亚、三星等设备商均建立了合作。

图75：不同RAN形式对比分析

D-RAN	C-RAN	vRAN	ORAN
每个站点上的BBU和RU	适用于多个站点的集中式BBU或CU/DU	BBU、CU和DU使用网络功能虚拟化在服务器上运行	服务器运行开源软件
仅从BBU到核心网络的回程连接	从RU前传到BBU，然后回传到核心网络，或前传到DU，然后中传到CU，然后回传到核心网络	前传至DU，中传至CU，然后回传至核心网络	前传至DU，中传至CU，然后回传至核心网络
资源优化困难依赖专有硬件和软件	加强资源优化	消除了对特定硬件的依赖	消除供应商锁定

资料来源：千家网，国信证券经济研究所整理

图76：Marvell vRAN解决方案



OCTEON Fusion vRAN

- Proven baseband
- Superior performance
- Production software
- Full turnkey

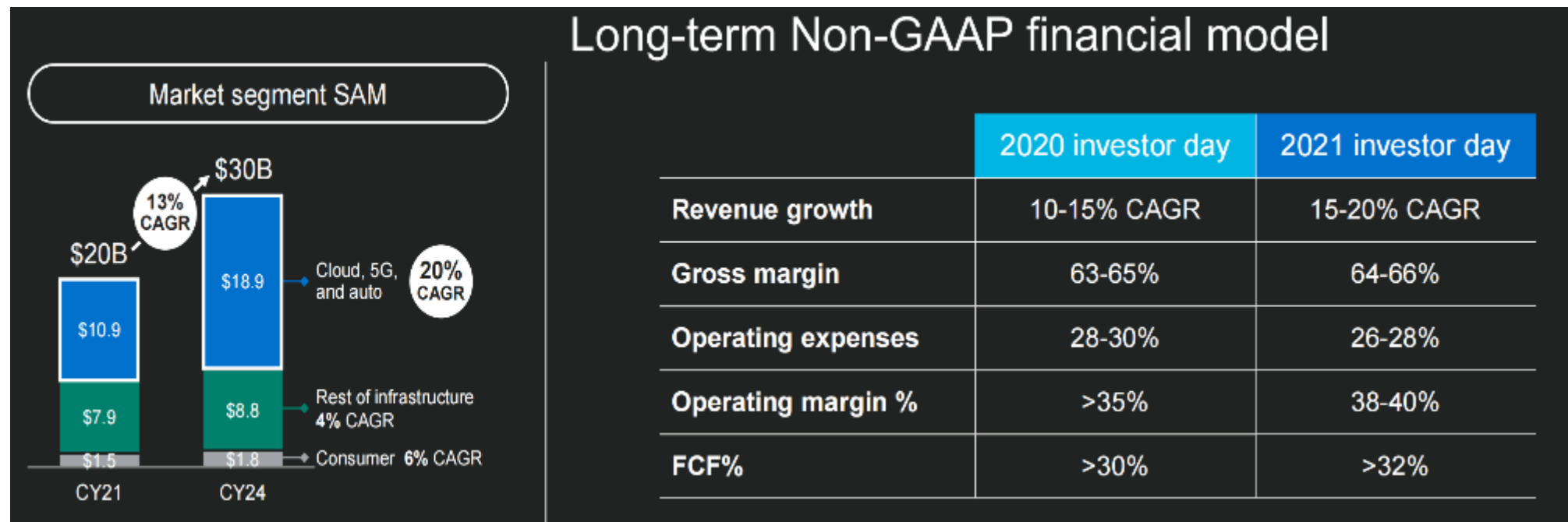
资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

增长规划：长期增速区间15-20%

Marvell业务组合2024年可触达潜在市场规模达到300亿美金。根据测算，Marvell业务领域可触达的市场总规模在2024年有望达到300亿美金，2021-2024年复合增速为13%。结构拆解，云，5G和汽车相关领域预计2024年市场规模为189亿美金，2021-2024年复合增速为20%，是公司后续增长的业务领域。

长期财务指标指引（Non-GAAP）：1）营收增速目标15-20%增长；2）毛利率长期指引：64-66%（当前毛利率低于60%是因为毛利率较高的数据中心业务在FY2024年下滑较多，展望未来，数据中心业务占比提升和规模优势，推动毛利率提升）。

图77：Marvell业务潜在市场规模及长期Non-GAAP财务模型指引



资料来源：650 Group, Cignal AI, Crehan, Dell 'Oro, Forward Insights, Gartner, LightCounting, Linley Group, Omdia, Strategy Analytics, Trend Focus and Marvell, 国信证券经济研究所整理

四、投资建议

Marvell 营收拆分及预测



Marvell 营收拆分及盈利预测上，参考彭博一致预期：

- 预计FY2024–FY2025年营收规模分别为55.3/65.9亿美元，同比增长–6.55%/19.09%（FY2024财年数据中心非AI业务、企业市场、消费者业务行业需求下行，影响公司对应业务营收表现）
- 预计FY2024–FY2025年净利润分别–4.15亿/3.57亿美元，同比–163.87%/182.68%.

表6：Marvell 营收拆分及预测(单位：百万美元)

	FY2023	FY2024E	FY2025E
总营收	5919.6	5531.8	6587.6
YOY	32.66%	–6.55%	19.09%
毛利率	50.47%	45.19%	52.92%
净利润	–163.5	–431.42	356.68
YOY	61.17%	–163.87%	182.68%
Data Center	2408.8	2060.7	3009.5
YOY	34.97%	–14.45%	46.04%
Enterprise	1369.2	1274.9	1251.5
YOY	50.84%	–6.89%	–1.83%
Carrier infrastructure	1084	1096.7	1088.8
YOY	32.13%	1.17%	–0.72%
Consumer	701.1	668.1	677.5
YOY	0.16%	–4.71%	1.41%
Automotive/Industrial	356.5	431.4	560.3
YOY	42.8%	21.02%	29.86%

资料来源：彭博，国信证券经济研究所整理

Marvell 营收指引：AI 相关收入持续翻倍



Marvell 在最新FY2024财年的第二季度电话会上，对于AI业务部分营收做出了最新指引：

- AI 相关收入主要在公司互联光电部分，涉及的产品包括PAM4 DPS芯片，以及公司的相干光模块等。
- 预计FY2024财年，从后面两个季度开始产生明显收入贡献，对应AI相关收入超过4亿美金（每个季度2亿美金以上），FY2025财年AI相关收入有望翻倍至8亿美金以上水平

表7：Marvell FY2024Q2财报电话会关于AI相关业务及收入指引原文

方向	详细内容
AI方向产品	Marvell is enabling AI with a broad range of solutions, which include PAM4-based optical DSPs and AECs for connecting accelerator clusters inside AI data centers.
AI方向收入指引	Based on our latest demand outlook for our Electro-Optics products, we now expect revenue from AI to exit this year at over a \$200 million quarterly revenue run rate or \$800 million annualized. This is well above what we had outlined last quarter.

资料来源：彭博，国信证券经济研究所整理

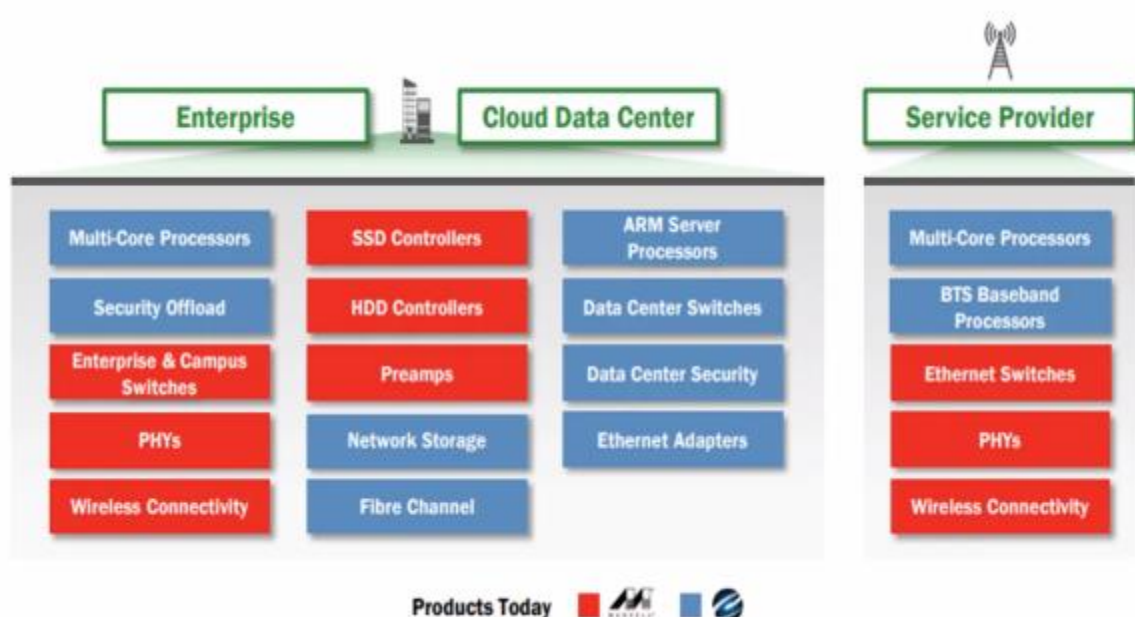
- ◆ 随着数据中心、AI、汽车等领域的快速发展和变化，对网络互联的要求不断提升，相关芯片市场有望持续增大，关注数据中心DPU、车载以太网等新赛道投资机会。
- ◆ 结合Marvell各项业务分析可以看出，**数据中心和汽车通信是后续发展最为快速的领域**，其中数据中心除了服务器GPU以外，由网卡演进的DPU、高速率交换芯片、互联DSP芯片均是持续受益的方向；汽车领域，汽车以太网有望成为未来智能化的演进方向，其中物理层PHY芯片、交换芯片以及如何搭建完整的车内互联方案是关注重点。Marvell在以上多个领域已经取得明确进展，并拥有了完整的产品，后续其产品的迭代方向也将是行业技术变化的重点关注领域，对中国相关公司的业务布局有一定参考意义。
- ◆ Marvell的成长方式在于产品突破后形成完整解决方案扩大可触达行业规模，对于国内厂商来说，可首先考虑实现产品突破。从行业选择上看，数据中心和汽车通信是较好选择。数据中心部分可考虑布局交换机核心领域交换芯片、PHY芯片等环节。汽车通信领域可考虑布局车载以太网部分如PHY芯片、交换芯片等。
- ◆ Marvell作为上游芯片供应商，其预测数据对于国内下游产业有指导意义，关注国内光模块赛道（中际旭创、新易盛等）的投资机会。

附录：Marvell收购之Cavium

Marvell 2018年收购Cavium，强化网络设备业务布局。 Cavium成立于2000年11月，总部在美国，主要提供MIPS多内核处理器，其产品广泛应用于网络、无线、存储和控制应用等领域。Cavium的客户包含了Cisco、Juniper、GE等。通过收购，当时Marvell的硬盘存储控制器、网络解决方案等可以和Cavium的多核处理、网络、存储互联等整合在一起，从而使得Marvell可以拥有涉及网络、存储、无线、安全、网卡、存储控制器的全套产品解决方案，可谓云厂商、企业用户提供全面的端到端解决方案。

Cavium2016年收购QLogic，完善数据中心解决方案。 QLogic是一家提供服务器于存储网络连接产品的厂商，Cavium收购Qlogic后可以将Qlogic的光纤通道与以太网控制器、板卡产品线集成在Cavium的通信、安全与通用处理器解决方案中。当时二者产品主要市场都在数据中心，客户重叠度超过60%。QLogic当时有接近60%的业务来自HP、DELL与IBM三大服务器厂商。

图78：Marvell和Cavium产品互补情况（红色Marvell，蓝色Cavium）

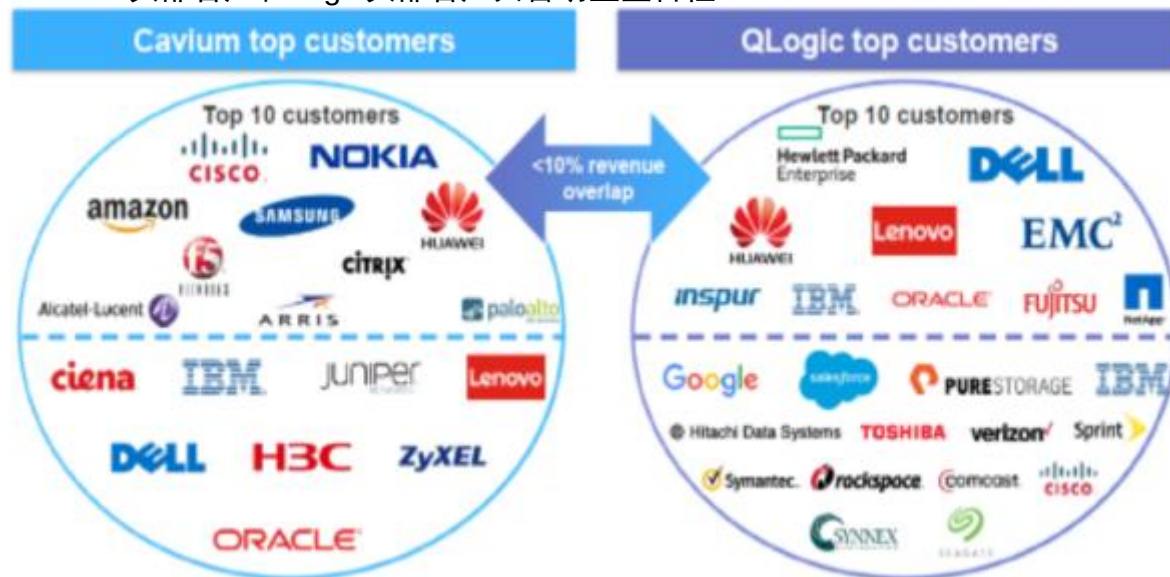


红色代表Marvell已有业务，蓝色代表收购公司业务

资料来源：Marvell官方文件，国信证券经济研究所整理

图79：Cavium和Qlogic客户情况（2016年）

Cavium头部客户和Logic头部客户具备明显重合性



资料来源：Cavium官方材料，国信证券经济研究所整理

附录： Marvell收购之Aquantia

Marvell 2019年收购Aquantia，强化汽车业务布局。 Aquantia成立于2004年1月，总部在美国加州，是一家领先的高速通信集成电路设计、开发和营销厂商吗，产品可应用于数据中心、汽车、企业基础设施等以太网连接。

- 2012年Aquantia开发了世界上第一款用于服务器及城市的10G BASE-T MAC/PHY；2014年Aquantia在企业市场推出了新的千兆以太网技术，并与斯克等公司共同创立率NBASE-T联盟。
- Aquantia的Multi-Gig技术作为IEEE在2016年9月批准的802.3bz标准的基准，是现在企业和SoHo环境中Car 5e和Cat 6布线实施的基础。

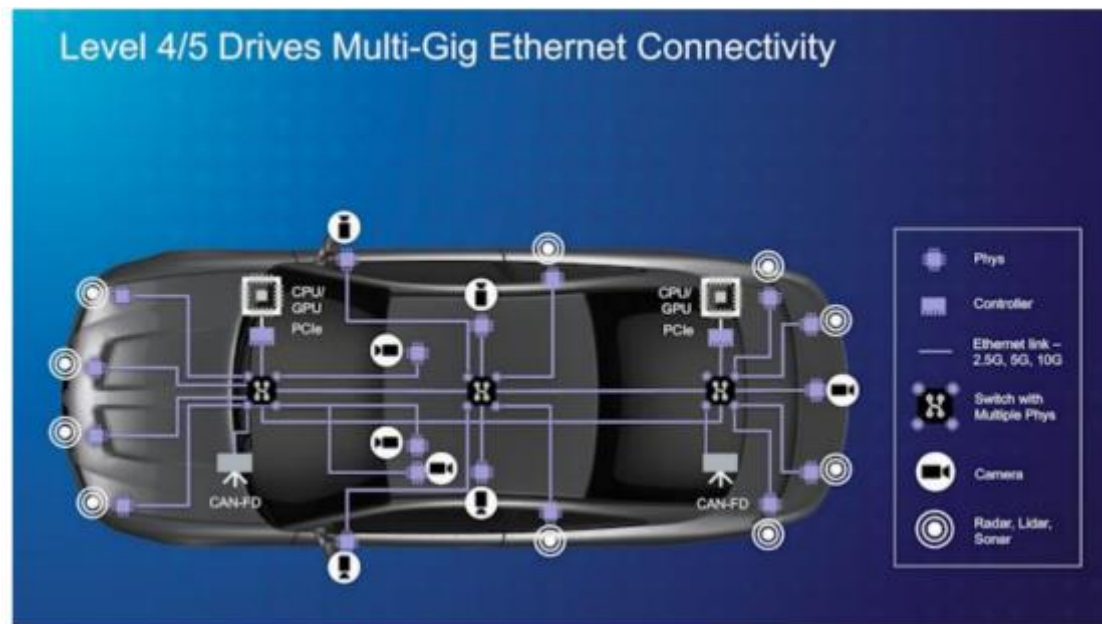
通过合并，Marvell可以拥有Aquantia的优势产品Multi-Gig（2.5G/5G/10G）以太网控制器，并扩大期高速车载网络网络产品，为L4和L5自动驾驶系统提供足够的带宽，此外Marvell也将获得Aquantia的业务关系，包括了Aquantia与英伟达合作开放的Xavier和Pegasus Drive AGX系统。

图80：Aquantia消费级高速网卡



资料来源：Aquantia，国信证券经济研究所整理

图81：Aquantia Multi-Gig 以太网技术在车载应用



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

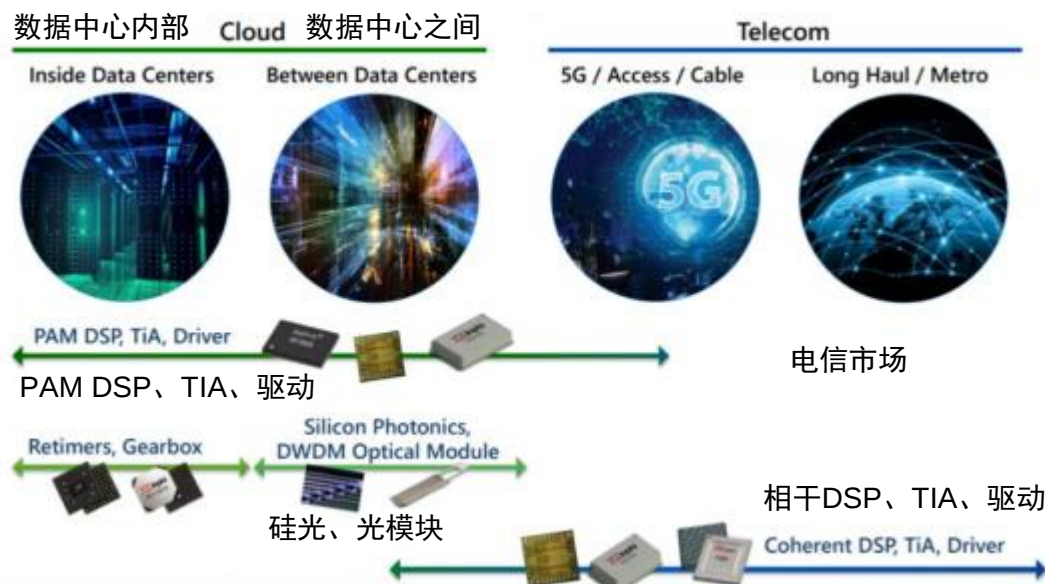
附录： Marvell收购之Inphi

Marvell 2021年收购Inphi，补齐数据中心业务短板。Inphi成立于200年，总部在美国加州，是一家为通信、数据中心和计算市场提供模拟和混合信号半导体公司。

- Inphi主要两部分业务，分别为云相关业务，2021年营收占比55%（主要提供PAM连接和DCI，如DSP芯片、linear driver、TIA等）；电信业务，主要包括相干DSP、TIA、驱动器等，营收占比45%。2012-2019年Inphi 营收的符合增长率达到30%，主要客户包括谷歌、微软、亚马逊等。

此前Marvell在光通信领域的产品主要集中在PON领域，通过合并，Marvell可以拥有Inphi成熟的光电高速互联平台技术，并将该技术和Marvell已有的计算和存储等技术结合起来，给5G、数据中心用户提供更全面的方案（此前Marvell互联方案还是铜线为主，缺少光互连的方案）。通过合并，Marvell在数据中心市场的产品实力得到明显加强。

图82：Inphi可提供产品情况



资料来源：Inphi 官方材料，国信证券经济研究所整理

图83：Marvell+Inphi能力协同情况

Accelerates Marvell's strategic growth drivers



- Marvell leads with base station compute
 - Compute sets the bandwidth bar and cadence
- Inphi adds
 - Fronthaul and backhaul interconnect

5G领域，Marvell在基站部分和Inphi协同



- Inphi leads with electro-optics interconnect
 - Inside and between cloud data centers
 - Optical fabric sets the bandwidth bar and cadence
- Marvell adds
 - DPU – data centric compute in the network
 - Storage – optimized solutions for hot & cold storage

Compute and high-speed data interconnect leadership for 5G and cloud

云计算领域，Inphi光电平头塞+Marvell DPU等产品

资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

附录： Marvell收购之Innovium

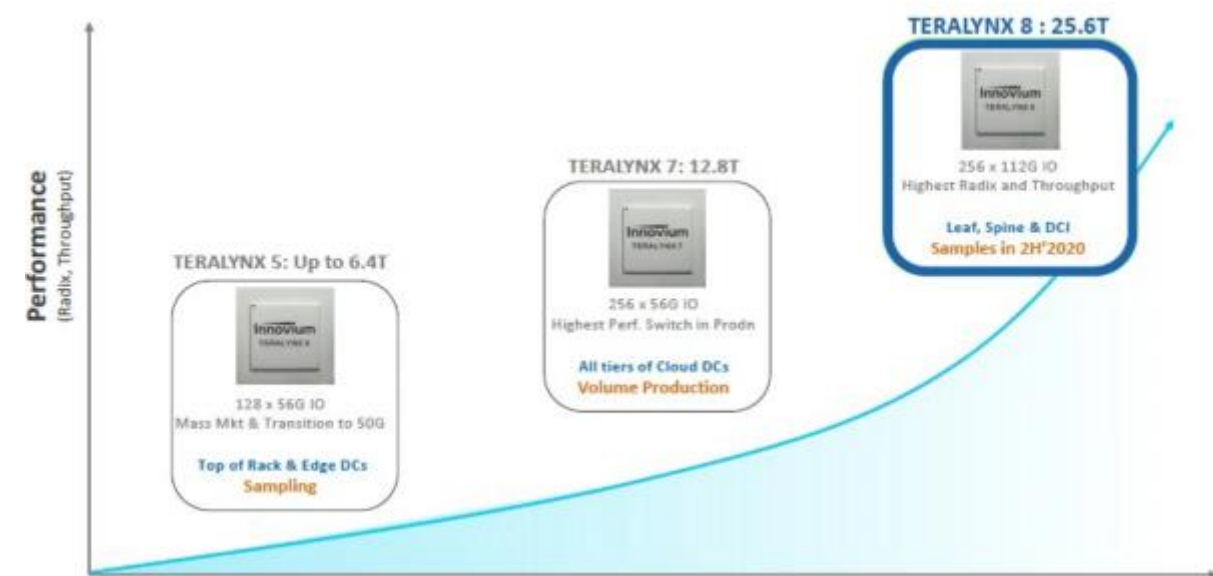
Marvell 2021年收购Innovium，布局数据中心交换机芯片业务。Innovium成立于2015年，由三位前博通公司的高管共同成立，主要提供高端以太网交换机ASIC，可应用在超大规模等数据中心，并逐步扩展到边缘使用。在被收购前，在该市场，Innovium成为少数能够和博通竞争厂商。

- 回顾历史，Marvell在2017年收购Cavium，Cavium拥有可编程交换机ASIC（Xplicant系列），Marvell拥有自己的Prestera系列以太网交换机，合并完成后，Marvell将中心放在Prestera系列，而该系列重点针对运营商和校园网络，Xplicant逐步竞争力削弱。因此Cavium的收购并没有明显增强Marvell在数据中心交换机市场竞争力，因此才有了对于Innovium的收购。

Innovium核心产品为Teralynx系列，目前已经迭代到Teralynx 10。2017年推出Teralynx 7 ASIC，主要针对机架、叶和核心交换机；2020年发布Teralynx8芯片，具有25.6TB/s总带宽，最高可支持32个800Gb/s端口。Teralynx 10可以驱动128个400 Gb/sec端口、64个800 Gb/sec端口或32个1.6 Tb/sec端口。通过合并，Marvell继续在数据中心市场强化自身竞争力。

图84：Innovium产品历史迭代情况

图85：Teralynx 10产品



资料来源：Innovium官网材料，国信证券经济研究所整理



资料来源：Marvell官方材料，国信证券经济研究所整理

- 1、新品进展不及预期的风险。由于公司所处的行业技术壁垒相对较高，为了保持在不同行业产品的领先地位，公司需要持续进行产品和技术迭代，并准确把握好下游需求，如果出现公司新发布的产品进展不及预期的情况，考虑到行业仍存在其他竞争对手，可能会因为新品的进展不顺利，影响公司在市场的竞争地位和份额。
- 2、政策风险。各个国家对外贸易政策、经济政策的变化可能会导致公司产品在全球的正常销售受到影响，从而影响公司的营收。
- 3、部分业务客户集中度高的风险。由于在5G等市场公司的下游客户本身集中度高，如果出现其中一名客户订单明显减少，则有可能会影响公司的在该部分的营收规模。
- 4、收购整合风险。在进行业务扩展和补充的过程中，公司不断进行了多次的外部收购。如果后续收购整合效果不及预期，可能会影响公司业务正常进行，甚至会因为财务问题影响公司的正常的资金流动性。
- 5、国内公司产品突破不及预期。

免责声明

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	买入	股价表现优于市场代表性指数20%以上
		增持	股价表现优于市场代表性指数10%-20%之间
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		卖出	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
	行业投资评级	超配	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		低配	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券
GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032