

交换芯片详解：交换机核心部件，承担转发功能

交换机：数字经济核心底座

交换机是一种用于电（光）信号转发的网络设备，通过为接入交换机的任意两个网络

节点提供独享的电信号通路，从而转发数据包。当交换机接收到一个数据包时，它会读取数据包的目标 MAC

地址，然后将数据包转发到目标设备的端口上。目前业内主流交换机为以太网交换机。

交换机的主要应用场景包括：数据中心网络、工业互联网等各类网络环境，是我国数

字经济网络的重要基建。随着我国“十四五”规划纲要从现代化、数字化、绿色化方面对

加快新型网络基建提出了方针指引，我们认为未来以交换机等网络设施为代表的数字基础设施将持续受益于我国数字经济发展。

交换芯片：交换机核心部件，承担数据转发功能

交换机内部硬件包含 PCB 板、主芯片、辅助芯片、存储器件、散热器、电源模块、接口/端口子系统等，其中主芯片包括交换芯片、PHY

芯片、CPU，辅助芯片则包括其他

数字芯片、电源芯片、信号链芯片等。交换机的信号转发主要通过主芯片完成：外部模拟信号通过线缆接入交换机端口，在内部 CPU 的指令调度下，由

PHY（物理层）芯片将模拟信号转化为数字信号并将传输给交换芯片，之后由交换芯片进行数字信号的安检、调度及转发，最后再次由 PHY

芯片将信号转化为模拟信号，通过端口输出。其余辅助芯片及

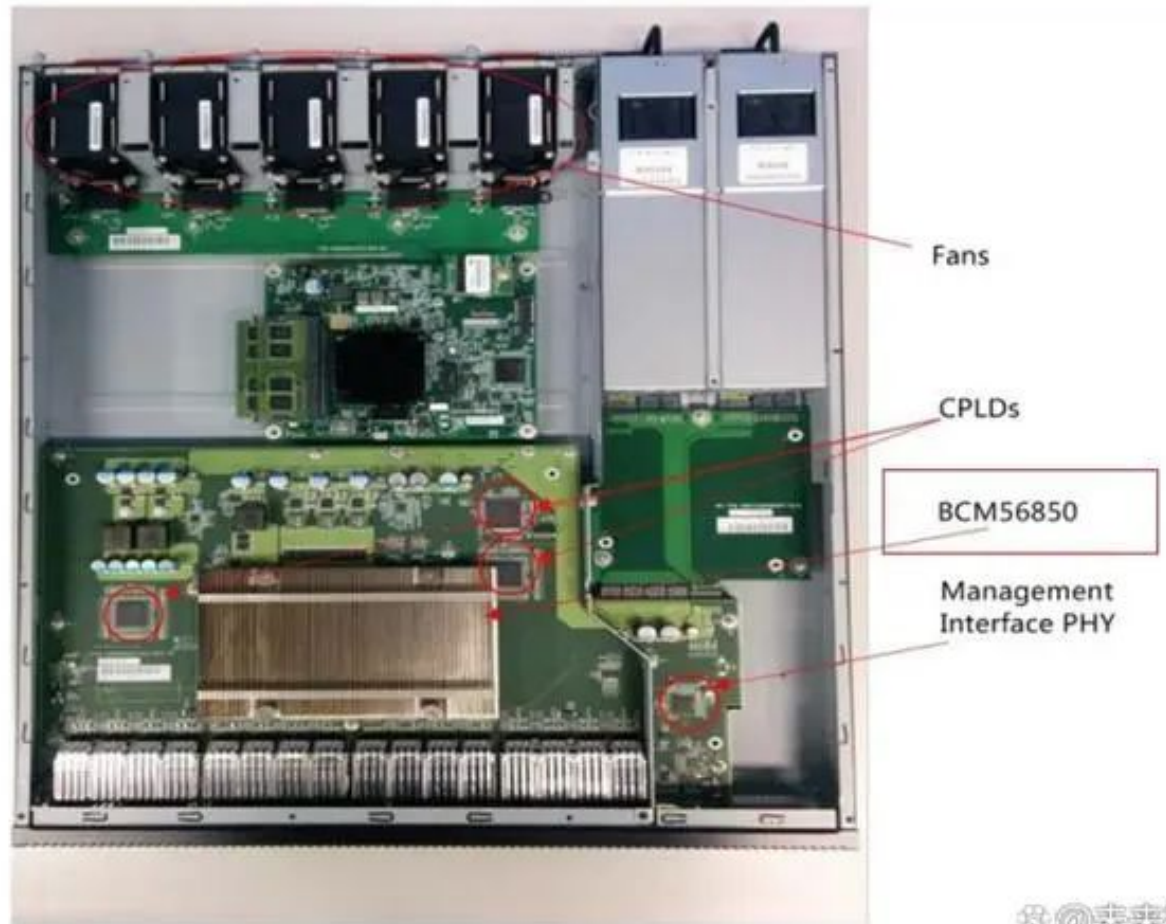
器件则主要支持零部件之间的连接、信号转发所需的电力能量、散热等。

以太网交换芯片承担交换机核心转发功能，决定核心性能指标。交换芯片专门用于数

据包的预处理以及转发，其通过专用的PCIE线与CPU相连，接收中央处理器的调用指令，

完成数据转发。交换机的主要功能是提供子网内的高性能交换、低延时交换，因此直接决定了整机的交换容量、端口速率等重要性能指标。

图 4：典型盒式交换机内部架构图解



技术演进：交换芯片当前最高转发速率达 51.2T

以太网技术演进

以太网交换芯片的起源最早可以追溯到上世纪 70 年代以太网的诞生。ALOHA 协议为

实现夏威夷群岛之间“一点到多点”的目的而设计的通信协议，其本质是“无线电信道冲突域协商机制”。1973 年 5 月 22 日，世界上第一个个人计算机局域网 ALTO ALOHA 网络运转，标志着以太网正式诞生。

1975 年 7 月，具划时代意义的 Ethernet I 协议发布，包括了将时钟脉冲作为与 Main Memory 进行数据交换的信号，现如今很多相关技术名词均出自该协议，如

Ethernet、Interface cable(接口表)等等。1980年9月，以太网通用标准 ETHER80 正式出台，同年第一代以太网技术 DIX 1.0 被研发问世，之后修改为 DIX 2.0，即 IEEE 802.3 标准基础规约。1995年发布的“802.3u 100Mbps 以太网标准”也称 Fast Ethernet，标志着业界进入 100M 快速以太网时代。21 世纪以太网的应用范围进一步拓展，2010年 IEEE 发布 40G 和 100G 的 802.3ba 标准，分别用于大规模数据中心/超级计算机和数据中心互联/骨干网络；2017年 IEEE 发布 200G 和 400G 802.3bs 标准；2022年12月发布 800G 标准 P802.3df 和 1.6T 标准 P802.3dj 从而进一步提高带宽，用于云数据中心场景，P802.3dj 为目前 IEEE 发布的最高传输速率以太网标准。目前以太网技术经过了前后 50 多年探索和发展，网络传输速率不断提升，通信范围 页从局域网拓展到城域网和广域网。

交换机演进历史

随着以太网相关技术的发展，交换机产品类型也同样发展经历四代的演变。从 1989 年第一台交换机问世以来，其在端口速率和交换容量上有了快速发展和极大提升。

交换机的前身是一种不能隔绝冲突扩散的物理层设备——

集线器，其将多个接口和传

输线集成于一体，但当时以太网标准尚未问世，因此其网络性能因为自身属性所限而难以提高。1989年，美国 Kalpana 公司发明了世界上第一台以太网交换机 EtherSwitch EPS-700，该型号对外提供 7

个固定端口。交换机作为一种能隔绝冲突的二层网络设备，

极大提高了网络性能。如今的交换机早已突破旧框架，不仅能完成二层转发，也能根据 IP

地址进行三层转发，甚至还出现了工作在四层及更高层的叠加型多业务交换机。

交换机的市场参与者不断增加。1994年，思科基于上一年并购的 Crescendo 的交换机技术，推出了思科第一款交换机 Catalyst 1200，这款交换机支持 8 个 10M 以太网接口，

另有两个模块插槽用于上行链路，从此正式开启了全球龙头厂商交换机的争鸣时代

。1997年12月，华为推出第一款国产以太网交换机 Quidway S2403；2002年10月，中兴通讯推出国内第一台符合 802.3ae 标准的 10G

以太网高端路由交换机；2006年3月，锐捷网络全球首发面向 10

万兆平台设计的 RG-S8600、RG-S9600 系列。此阶段业界依旧采用大体积硬件耦合的形式来构成交换机进行信息交换，尚无厂商推出标准清晰且可量产的交换芯片。

2010 年博通发布业界首款可量产交换芯片后，交换机迅速腾飞。2013 年 1 月，思科通过自研 UADP 芯片推出 Catalyst 3850 系列交换机，该机型支持 Cisco ONE 可编程网络模型。美国后起之秀 Arista 于 2014 年推出业界首款具有 100G 上行链路的叶交换机。国内厂商同样发展迅速，华为、锐捷网络等厂商不断推出高性能交换机产品。2019 年锐捷网络率先在业内推出 100G 数据中心核心交换机和 25G/100G 数据中心解决方案，打开数据中心市场。2022 年 4 月，新华三发布了业界首款 400G 园区核心交换机；2023 年 6 月，华为推出 800GE 数据中心核心交换机 Cloud Engine 16800-X 系列，主要针对大数据、云计算等应用场景；同月，新华三全球首发新一代数据中心交换机新品 S9827 系列，带宽达到 51.2T，进一步助力算力释放。

交换芯片演进历史

芯片量产时代：交换机问世的 20 余年后，博通推出首个可量产的交换芯片。21 世纪

初叶，半导体材料在电子通信行业的应用快速发展，使得厂商能够把大量数据转发功能集

于一块专用集成电路上，芯片的形式开始逐渐取代大量耦合硬件。与此同时，IEEE802.3ba 的通过为交换芯片铺平了道路。2010 年，Broadcom

推出业界第一个可量产的以太网交换芯片系列 BCM88600，交换容量达到 640G，并且开始以 2 年为周期不断推出更高性能产

品。之后美国巨头厂商美满、思科、英伟达等也相继推出以太网交换芯片产品，并优先抢

占绝大部分市场份额，成为行业绝对的领跑者；而中国厂商如华为、中兴通讯、盛科通信

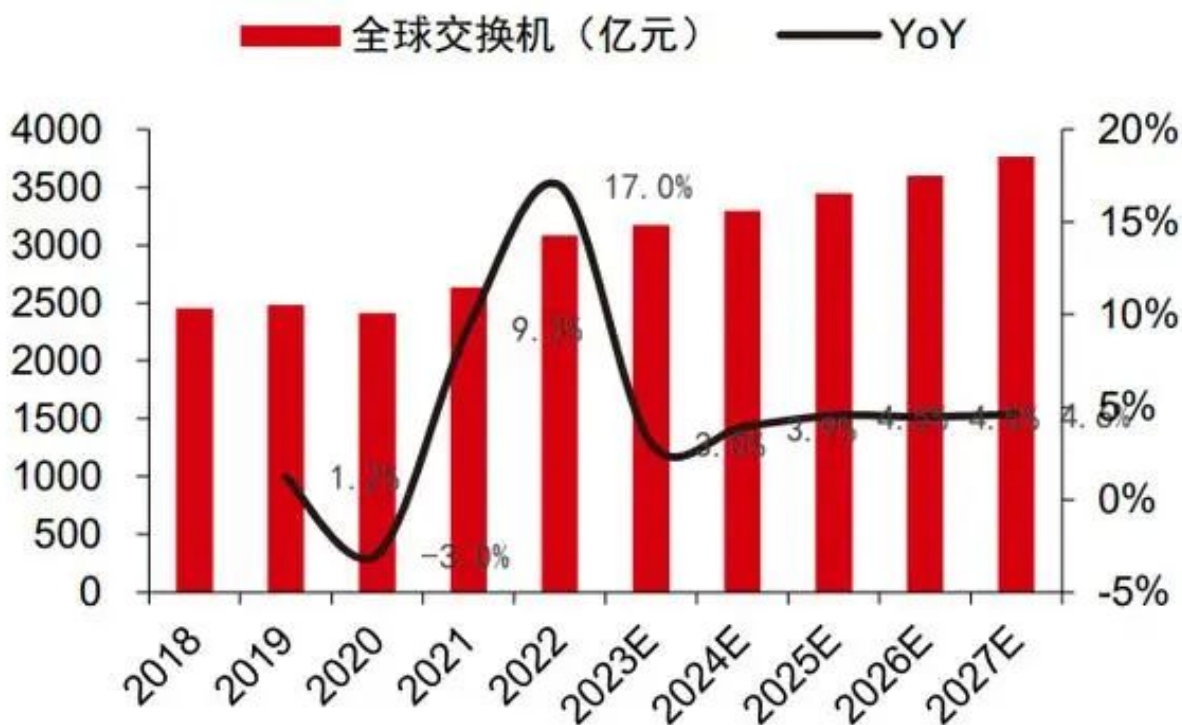
虽起步较晚，但也通过攻克技术难点陆续成功研发国产以太网交换芯片。至此交换芯片进入高速发展期，成为交换机性能迭代的第一动力及核心壁垒。

群雄逐鹿时代：2022 年 8 月，博通发布了目前业内最高端的交换芯片 Tomahawk 5，为市面上首个量产 51.2Tbps 交换带宽的芯片，单个端口最高速率达到 800G，主要针对

超大规模企业和云构建者商用交换机和路由器芯片市场。此前英伟达于 2022 春季发布会 推出 Spectrum-4 交换机，其搭载的 AI 芯片同样为“51.2T+800G”的配置，但该芯片并不通过量产对外出售。之后美国巨头厂商相继推出同级别性能指标的以太网交换芯片：Marvell 于 2023 年 3 月推出 Teralynx 10；思科推出 Silicon One G200/G202 系列网络芯片；以上交换芯片均为目前业内最高性能水准。国产厂商盛科通信计划 2024 年推出 Arctic 系列，交换容量达到 25.6T，有望对标行业一线龙头。

市场规模：400 亿全球市场，自研与商用齐头并进
数字化长期向好，交换机持续快速增长
2021 年起全球以太网交换机恢复快速增长。IDC 数据显示，全球以太网交换机市场规模 2022 年达到 3082 亿元，同比增长 17%，我们认为全球交换机行业已经逐渐走出疫情期间上游供应链短缺的困境，市场在经历 2020 年的短暂下滑后迎来加速复苏。国内交换机市场同样在 2021 年后开始快速增长，预计到 2025 年我国交换机市场达到 641 亿。

图 12：疫情后全球以太网交换机快速增长



资料来源：IDC（含预测），中信证券研究部

未来智库

产品价值：交换芯片为核心器件

成本方面，芯片采购成本包括主芯片（涵盖以太网交换芯片、PHY 芯片、MAC 芯片、CPU

芯片等）和辅助芯片（其他数字芯片、电源管理芯片、信号链芯片、功率芯片等）

,

主芯片承担核心功能，其采购单价远高于辅助芯片，为交换机硬件中的主要价值构成。

（1）单价角度：单颗以太网交换芯片售价较高。根据盛科通信招股书，公司目前最高端产品为 TsingMa.MX（2.4Tbps，400G）系列的芯片产品

CTC8186，其在试制阶段的平均销售单价为 2252.33 元/颗，定价水平较高。博通 Tomahawk 系列的 BCM56960（2014 年，3.2Tbps，400G）目前单价为 4100 美元左右（根据经销网站 Avnet、mouser electronic 的数据）。最高端的

Tomahawk 5 系列交换芯片暂无公开售价。

(2) 价值量占比角度：芯片为上游最主要原材料。根据锐捷网络招股书披露，2020 年锐捷网络芯片采购成本占原材料采购成本的 45%；根据三旺通信招股书披露，公司 20H1 所有芯片采购成本占原材料采购总额的比例为 36%。结合盛科通信招股书披露的部分交换芯片的售价及交换机整机成本，我们粗略估算交换机内部主芯片在原材料中占比 25%~30% 左右，其中交换芯片占比 10%~15%。

市场规模持续增长，商用与自研齐头并进

市场规模稳健增长：近年来 5G 全民化、AI

兴起等浪潮使得互联网数据流量大幅增加，

推动交换芯片市场规模稳步扩张。根据灼识咨询的预测数据，2020

年全球交换芯片市场 规模约 368 亿元，预计 2025 年将达到 434 亿元，CAGR

约为 11%，其中预计商用交换芯 片占比从 50%小幅提升至 55%；中国交换芯片市场

2020 年约为 125 亿元，预计 2025 年 将达到 225 亿元，CAGR 约

13%。中国交换芯片市场规模增长显著高于全球。

以太网交换芯片按照市场角度可分为自研、商用两类。自研芯片为厂商制造后直接供

给自家交换机从而构筑传输网络，作为公司数通业务的基石，基本不对外出售，主要厂商

包括思科、华为、中兴等；商用芯片由芯片厂商制造后通过市场出售给中下游客户，主要

厂商包括博通、Marvell、盛科通信等。自研、商用两大方向各有优劣：自研芯片往往与对

应交换机配套推进研发，针对性及品牌差异化较强，而通用性及灵活性则逊于商用交换芯

片；同时自研芯片虽在市场占比低于商用芯片，但由于其一般搭载于厂商尖端产品，性能

指标往往领先于大规模商用公开芯片，对应的整机产品在公开发布后，对市场在技术方案

上有一定指导意义。因此我们认为自研、商用两大方向未来将长期共存于整体市场，且互 为补充。

竞争格局：技术壁垒高筑，海外巨头垄断

“芯片设计+客户生态”双重壁垒高筑

以太网交换芯片为技术密集型行业，存在“芯片设计+客户认证”双重较高壁垒，一般企业较难切入行业，具体分析如下。 壁垒分析。

（1）技术壁垒：交换芯片的技术难点主要集中于设计环节，具体包括高性能交换芯片架构设计、高密度端口设计、针对不同应用场景的流水线设计，并研发配套的 SDK

软件接口。以高性能架构设计为例，难点在于如何设计合理的流量管理模块，从而在多个报文预处理模块同时传输数据包时，不发生互相冲突占用缓存的情况。因此自主量产交换芯片对厂商在 ASIC 方面的验证以及测试能力要求较高。

（2）客户壁垒与生态：交换芯片下游客户主要为网络设备商，且供货型号较为固定，

客户对于交换芯片性能的高要求使得厂商需投入多年的研发及测试；此外客户收到样品后

仍需要测试、立项、软硬件整合等一系列流程以保证对应整机产品的成功运行。因此，交换芯片厂商往往需要 5-7

年时间才能与下游形成稳定的供货关系，客户黏性较强。同理，

新的初创厂商由于供货经验及客源均不如老牌巨头，难以快速导入下游客户。

市场份额：寡头垄断，国产替代空间巨大

以太网交换芯片为技术密集型行业，壁垒较高，进入难度大，因此全球以太网交换芯片市场集中度较高，呈现寡头垄断的市场格局。商用和自研市场分析如下。

自研芯片市场：主要玩家思科、华为起步较早。中国自研交换芯片市场方面的主要玩家为华为和思科。思科于 1995

年正式进入中国市场，凭借早期的资金及技术优势最先开

启交换芯片的自研，目前已推出用于 AI 超级计算机的 SiliconOne G200/G202

系列网络芯片，交换容量 51.2Tbps，端口速率达到 800G；华为于 1990

年开启交换芯片自研之路，1999 年开始自研 Solar 系列交换芯片，目前已推出 5.0 系列，如 SD5121/SD5122。根据灼识咨询数据，2020

年中国自研以太网交换芯片市场上，华为和思科市占率分别为 88%和 11%。

商用芯片市场：博通领跑行业，替代空间大，盛科通信成为国内前五份额厂商中唯一的国产企业。全球范围内，博通、Marvell 为绝对龙头，根据 650 Group

的数据，20Q4 博通、Marvell 合计占据全球商用交换芯片 99%的份额。根据灼识咨询的数据，2020 年中国商用以太网交换芯片市场中盛科通信市占率为 1.6%，全球第四，国内第一，我们根据 盛科通信 2022 年营收结构，估算 2022 年其国内市占率上升至 5%；2020 年中国万兆以上商用以太网交换芯片市场中，盛科通信市占率 2.3%，全球第四，国内第一，国内市场 替代空间巨大。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/147166022044006056>