

通信

## 5G 边缘计算将引发算力产业格局巨变 —边缘计算系列深度研究之三

评级：增持（维持）

分析师：吴友文

执业证书编号：S0740518050001

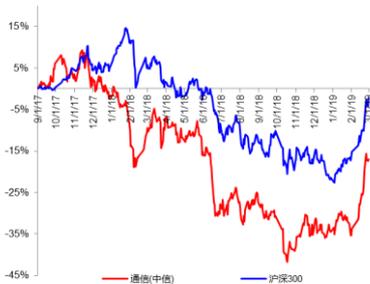
电话：021-20315728

Email: wuyw@r.qizq.com.cn

### 基本状况

上市公司数	128
行业总市值(百万元)	1680594.74
行业流通市值(百万元)	678310.33

### 行业-市场走势对比



### 相关报告

《边缘计算系列报告之一：5G 边缘计算时代的新入口——小基站》2019.2.27

《边缘计算系列报告之二：5G 边缘计算将助力物联网场景应用》2019.3.5

《2019 年度策略：5G，改革、机遇和改变》2018.12.25

《算力时代云计算的巨变——云计算科技生态变革深度研究之一》2018.9.7

《交换设备的云计算时代巨变——云计算科技生态变革深度研究之二》2018.9.13

《从云数据中心看服务器与处理器——云计算科技生态变革深度研究之三》2018.9.20

《云计算驱动下的 ICT 变革与投资机遇》2018-06-27

《通信行业 2018 中期策略：深挖自主可控与创新驱动的机遇》2018-06-02

《通信行业自主可控深度研究系列之一：无线上游的进击和 5G 的历史使命》2018-06-14

《通信自主可控深度研究系列之二：借势需求实现传输固网上游“芯”突破》2018-08-12

### 投资要点

边缘计算是 5G 网络的核心特征，也是结合 5G 智能物联时代的核心应用特征，针对智能物联场景的特性，边缘计算对算力需求将呈现定制化个性化的特征，驱动算力产业领域 FPGA 产业迎来历史性的机会，这也是我们继边缘计算小基站和边缘计算物联应用两篇系列报告之后的最新核心观点。

■ **5G 边缘计算将引发新的算力需求。**5G 算力需求受到信号处理和边缘计算两大驱动，一方面，通信信号处理需求的增多对算力提出了新要求，另一方面，5G 是物联网创新的起点，将带来多种物联场景，边缘计算是支撑物联技术低延时、高密度等条件的具体网络技术体现形式，具有场景定制化强等特点，多场景的算力需求驱动边缘端计算能力的提高。边缘计算作为 5G 新特性将成为重要增量部分，较之传统云计算，边缘计算安全性更高、低时延、带宽成本低，将成为 5G 时代不可或缺的一部分，同时，由边缘计算带来的算力需求也将成为 5G 时代重要增量部分。因此，我们认为，5G 边缘计算将引发技术和市场变革，从芯片的角度看，FPGA 将首先迎来爆发，从服务器的角度看，边缘计算也将为服务器市场带来新变化。

■ **5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代。**人联时代网络与物联时代网络存在大差异，边缘计算业务部署需求呈现多样化特征，只有对客户需求的把握准确的公司才能逐步做大做强。在人工智能学习推理和图像智能需求领域，GPU 大行其道推动英伟达等公司迎来高速增长，而 5G 边缘计算时代，FPGA 将成为新的产业新重心。相比其他异构处理器，FPGA 更适配边缘计算场景，其可针对每一种具体应用，根据其算法结构进行深度定制，达到较高的计算效率和能效；同时其与 GPU 相比，FPGA 架构能大幅优化带宽提升计算效率；并且在低时延与稳定性上具备天然的优势。我们认为，5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代。

■ **边缘计算有望带来算力产业高增长。**我们认为，边缘计算对算力产业格局带来的巨变由两个方面体现——一方面是基站，另一方面是服务器，据我们测算，预计至 2023 年，边缘计算领域的算力市场规模有望达到 127 亿美元，近 5 年 CAGR=43.5%。我们认为，过去 FPGA 多运用于军事领域，未来将广泛运用于民用领域，预计至 2023 年，全球 FPGA 市场规模约为 171.03 亿美元，5 年复合增速 21.5%。从产业格局的角度看，FPGA 有望在物联时代大放光彩，边缘服务器的重要性将逐步提升，超融合有望成为趋势。

■ **Xilinx: FPGA 全球龙头，推出首款多核异构计算平台。**Xilinx (赛灵思) 成立于 1984 年，于 1990 年在纳斯达克上市，FPGA、SoC 和 3D IC 为其主要业务，主要集中在亚太，其次为北美、欧洲和日本，在 FPGA 领域是全球龙头，全球市场份额常年超过 50%，公司 2017 财年实现营业收入 25.39 亿美元，同比增长 8.09%，实现净利润 5.12 亿美元，同比下降 17.7%，综合毛利率为 70.21%，同比增长 0.36%。公司于 2018 年推出 ACAP 多核异构计算平台，为所有的应用提供异构加速功能，降低客户使用 FPGA 的门槛，扩大客户范围。我们认为，FPGA 是技术密集型高门槛市场，其编程的灵活性对工程师提出了很高的要求，Xilinx 作为行业龙头，技术积淀深厚，客户资源广泛，未来伴随 FPGA 行业迎来大爆发，Xilinx 有望最先受益。

■ **投资建议：**FPGA 市场在多年平稳发展之后有望在 5G 时代迎来爆发式增长，重点关注全球龙头 Xilinx (XLNX.O)，以及 Lattice(LSCC.O)，国内厂商重点关注具备特种 FPGA 产品化能力的上海复旦 (1385.HK)、参股紫光同创的紫光国微 (002049.SZ)。

■ **风险提示：**市场竞争加剧，导致行业利润率下降的风险；关键技术的发展受阻风险；核心科技公司的人才流失；产品化与商业化不及预期；市场估值过高；市场系统性风险。

## 内容目录

<b>5G 边缘计算将引发新的算力需求</b> .....	- 4 -
5G 算力需求受信号处理和边缘计算两大驱动 .....	- 4 -
边缘计算作为 5G 新特性将成为重要增量部分 .....	- 5 -
5G 边缘计算将引发技术和市场变革 .....	- 6 -
<b>5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代</b> .....	- 7 -
边缘计算业务部署需求呈现多样化特征 .....	- 7 -
5G 边缘计算驱动 FPGA 将成为产业新重心 .....	- 8 -
边缘计算应用场景对算力需求明确 .....	- 10 -
<b>边缘计算有望带来算力产业高增长</b> .....	- 12 -
FPGA 市场将迎来数倍级别高增长 .....	- 12 -
科技需求驱动算力产业格局新变化 .....	- 14 -
边缘计算有望塑造未来十年产业价值重构 .....	- 15 -
<b>Xilinx: FPGA 全球龙头, 推出首款多核异构计算平台</b> .....	- 17 -
<b>投资建议</b> .....	- 20 -
<b>风险提示</b> .....	- 22 -

## 图表目录

<b>图表 1: 5G 算力需求受到三大层面的影响</b> .....	- 4 -
<b>图表 2: 边缘计算联接物理世界与数字世界</b> .....	- 5 -
<b>图表 3: 边缘计算的基本特点与属性</b> .....	- 5 -
<b>图表 4: 人联网络与物联网络的差异</b> .....	- 7 -
<b>图表 5: 边缘计算分类及主要业务形态</b> .....	- 7 -
<b>图表 6: 处理器的灵活性与性能差异</b> .....	- 8 -
<b>图表 7: CPU/GPU/FPGA/ASIC 间的区别</b> .....	- 8 -
<b>图表 8: FPGA 的优点与限制因素</b> .....	- 9 -
<b>图表 9: FPGA 中的硬件加速逻辑</b> .....	- 9 -
<b>图表 10: 微软 FPGA 数据中心延迟和稳定性对比</b> .....	- 10 -
<b>图表 11: 边缘计算的典型场景</b> .....	- 11 -
<b>图表 12: 全球服务器收入 (亿美元)</b> .....	- 12 -
<b>图表 13: 关键假设</b> .....	- 12 -
<b>图表 14: 边缘计算领域的算力市场规模</b> .....	- 13 -
<b>图表 15: FPGA 市场格局</b> .....	- 14 -
<b>图表 16: GPU 市场格局</b> .....	- 14 -
<b>图表 17: ASIC 市场格局</b> .....	- 15 -

图表 18: 边缘计算的价值重构机遇.....	- 16 -
图表 19: 赛灵思(Xilinx)历史沿革.....	- 17 -
图表 20: 赛灵思 2017 财年收入分布 (按地区) .....	- 17 -
图表 21: 赛灵思 2017 财年收入分布 (按终端市场) .....	- 17 -
图表 22: 赛灵思历年营收与净利.....	- 18 -
图表 23: FPGA 行业市场份额 .....	- 18 -
图表 24: 赛灵思历年研发费用率.....	- 18 -

## 5G 边缘计算将引发新的算力需求

### 5G 算力需求受信号处理和边缘计算两大驱动

- 5G 时代的算力需求将受到云管端三大层面的影响。**从传输管道的角度看，5G 无线通信系统需要支持比 4G 系统更大的带宽，以及大型的天线阵列，以实现更高的载波频率，从而有可能构建小得多的天线元，未来 5G 的连接状态会更加复杂多变，一个基站可以覆盖百万级用户量，这一量级对硬件系统的要求会大幅提高；从用户端的角度看，5G 时代，终端将突破 4G 时代的手机端，全面拓展至物联端，包括消费类产品、基础类产品、通用类产品、特定场景产品，带来大量连接与计算需求；从平台的角度看，在 5G 时代，云计算平台将面临着海量设备接入、海量数据、带宽不够和功耗过高等高难度挑战，边缘计算将与云计算互相协同，云计算聚焦非实时、长周期数据的大数据分析，边缘计算则更靠近执行单元，能够快速响应，对于时延要求高的业务而言，边缘计算可为客户提供更好的服务。

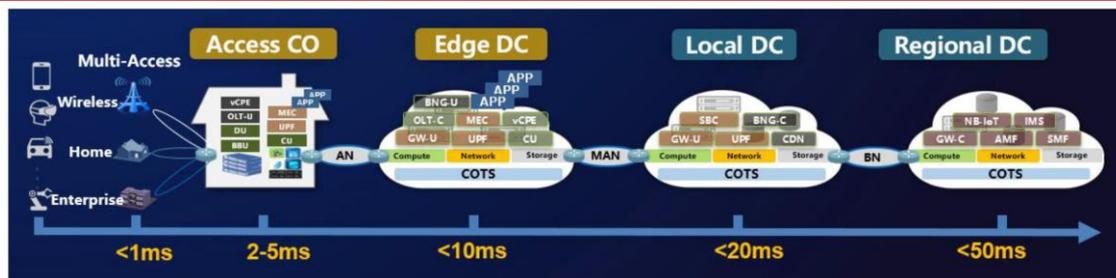
图表 1: 5G 算力需求受到三大层面的影响



来源：中泰证券研究所

- 边缘计算是 5G 时代的关键技术。**边缘计算是将云计算平台从核心网网元迁移到无线接入网靠近终端的边缘，被确立为 5G 关键技术，将配套移动接入网搭建贴近用户和终端的处理平台，提供 IT 或者云的能力，以减少业务的多级传递，降低核心网和传输的负担。边缘计算是作为 5G 网络区别于 3G、4G 标准很重要的差别，是支撑物联技术低延时、高密度等条件的具体网络技术体现形式。

图表 3: 边缘数据中心的引入将极大缩减时延并缓解整网的回传与计算压力



来源：中国联通，中泰证券研究所

- **5G 边缘计算的算力需求受两大驱动。**一方面，通信信号处理需求的增多对算力提出了新要求，另一方面，5G 是物联网创新的起点，将带来多种物联场景，边缘计算是支撑物联技术低延时、高密度等条件的具体网络技术体现形式，具有场景定制化强等特点，如智能驾驶要求低延时，而智慧城市则要求高带宽，多场景的算力需求驱动边缘端计算能力的提高。

图表 2: 边缘计算联接物理世界与数字世界



来源: ECC, AI1, 中泰证券研究所

### 边缘计算作为 5G 新特性将成为重要增量部分

- **边缘计算将推动 5G 技术更好的发展。**随着物联网时代的到来，边缘计算将与云计算共同推进物联网的发展，边缘计算的核心，是将计算任务从云计算中心，迁移到产生源数据的边缘设备上，较之传统云计算，有以下几大优势：

- 1、安全性更高。**边缘计算中的数据仅在源数据设备和边缘设备之间交换，不再全部上传至云计算平台，防范了数据泄露的风险。
- 2、低时延。**据运营商估算，若业务经由部署在接入点的 MEC 完成处理和转发，则时延有望控制在 1ms 之内；若业务在接入网的中心处理网元上完成处理和转发，则时延约在 2~5ms 之间；即使是经过边缘数据中心内的 MEC 处理，时延也能控制在 10ms 之内，对于时延要求高的场景，如自动驾驶，边缘计算更靠近数据源，可快速处理数据、实时做出判断，充分保障乘客安全。
- 3、减少带宽成本。**一些连接的传感器（例如相机或在引擎中工作的聚合传感器）会产生大量数据，在这些情况下，将所有这些信息发送到云计算中心将花费很长时间和过高的成本，如若采用边缘计算处理，将减少大量带宽成本。

我们认为，5G 推动社会从人联时代走向物联时代，连接数的大量增长，叠加边缘计算自身优势，将成为 5G 时代不可或缺的一部分。同时，由边缘计算带来的算力需求将成为 5G 时代重要增量部分。

图表 3: 边缘计算的基本特点与属性

### 联接性

联接性是边缘计算的基础。所联接物理对象的多样性及应用场景的多样性，需要边缘计算具备丰富的联接功能，如各种网络接口、网络协议、网络拓扑、网络部署与配置、网络管理与维护。联接性需要充分借鉴吸收网络领域先进研究成果，如TSN、SDN、NFV、Network as a Service、WLAN、NB-IoT、5G等，同时还要考虑与现有各种工业总线的互联、互通、互操作。

### 数据第一入口

边缘计算作为物理世界到数字世界的桥梁，是数据的第一入口，拥有大量、实时、完整的数据，可基于数据全生命周期进行管理 & 价值创造，将更好的支撑预测性维护、资产管理与效率提升等创新应用；同时，作为数据第一入口，边缘计算也面临数据实时性、确定性、完整性、准确性、多样性等挑战。

### 约束性

边缘计算产品需适配工业现场相对恶劣的工作条件与运行环境，如防电磁、防尘、防爆、抗振动、抗电流/电压波动等。在工业互联网场景下，对边缘计算设备的功耗、成本、空间也有较高的要求。边缘计算产品需要考虑通过软硬件集成与优化，以适配各种条件约束，支撑行业数字化多样性场景。

### 分布性

边缘计算实际部署天然具备分布式特征。这要求边缘计算支持分布式计算与存储、实现分布式资源的动态调度与统一管理、支撑分布式智能、具备分布式安全等能力。

### 融合性

OT与ICT的融合是行业数字化转型的重要基础。边缘计算作为“OICT”融合与协同的关键承载，需要支持在联接、数据、管理、控制、应用、安全等方面的协同。

来源：ECC, AI1, 中泰证券研究所

## 5G 边缘计算将引发技术和市场变革

- 边缘计算低时延、高密度连接的特点将引发技术和市场的变革。从芯片的角度看，边缘计算将带来大量的数据量，对芯片处理能力提出了新要求，多场景的定制化需求对芯片的灵活性有更高要求，过去，在人工智能图像学习领域，GPU 大展身手，擅长大规模并行计算的 GPU 在这一时期出现了爆发增长，而 ASIC，则在具有广阔下游市场的细分领域内有较强优势，如矿机市场。我们认为，面向未来万物互联的物联网时代，FPGA 有望引来爆发，FPGA 是可编程的加速芯片，开发时间短，占用带宽低，时延低，完美适配低时延、高密度、多场景的物联时代，也许未来某一细分场景市场规模大时，该子领域的加速芯片有望转变为 ASIC 芯片，但总体而言，我们的判断是：物联时代 FPGA 将首先迎来爆发。从服务器的角度看，边缘计算也将为服务器市场带来新变化，边缘服务器将逐步应用与推广，部分客户将选择超融合边缘服务器形态。

## 5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代

### 边缘计算业务部署需求呈现多样化特征

- **人联时代网络和物联时代网络存在大差异。**首先，物联网将以 B 端用户为主区别于互联网 C 端为主，并且无线的物联场景将必然以边缘网络的方式来呈现，当然这与互联网的企业局域网的应用深度有着本质差异，互联网时代的企业需求是信息化为主，而物联时代将主要是智能应用需求为主；针对不同行业和业务比如工业控制、智能驾驶、视频监控等，其对终端功能的定位、算力的需求、应用的方式将会截然不同；在互联网时代马太效应非常显著，赢家通吃，但在物联时代，仅对企业客户需求把控准确的公司才能逐步做大做强。

图表 4: 人联网络与物联网络的差异



来源：中泰证券研究所

- **边缘计算业务部署形态多样。**从细分价值市场的维度，边缘计算主要分为三类：电信运营商边缘计算、企业与物联网边缘计算、工业边缘计算。围绕上述三类边缘计算，业界主要的 ICT、OT、OTT、电信运营商等玩家纷纷基于自身的优势构建相关能力，布局边缘计算，形成了当前主要的六种边缘计算的形态：物联网边缘计算、工业边缘计算、智慧家庭边缘计算、广域接入网络边缘计算、边缘云以及多接入边缘计算(MEC)，在实际部署的商业用例中，上述的六种业务形态可以独立存在，也可以多种业务形态互补并存。

图表 5: 边缘计算分类及主要业务形态

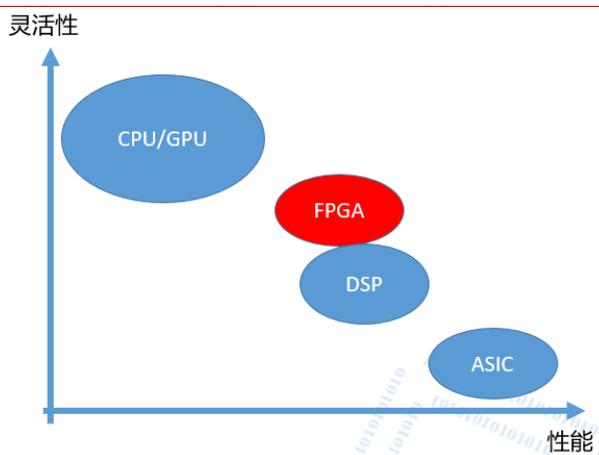
三类边缘计算	六种边缘计算主要业务形态	主要玩家	典型方案
	物联网边缘计算	ICT、OT、电信运营商	华为Ocean Connect & EC-IoT 思科Jasper & Fog Computing
	工业边缘计算	OT、ICT	西门子Industrial Edge 和利时HoliEdge
	智慧家庭边缘计算	电信运营商、OTT	智能家居
	广域接入网络边缘计算	电信运营商、OTT	SD-WAN
	边缘云	OTT、电信运营商、开源	AWS Greengrass Huawei Intelligent EdgeFabric
	多接入边缘计算(MEC)	电信运营商	中国移动MEC 中国联通Edge Cloud 中国电信ECOP

来源：ECC, AII, 中泰证券研究所

### 5G 边缘计算驱动 FPGA 将成为产业新重心

- 在相同的晶体管规模下，越是通用的处理器计算效率越低，能耗比也越差；定制性越高，应用的范围越窄，但越“精通”某一类型的计算。当某一类型的计算形成一定规模，高算力、低功耗为代表的专用 ASIC 便成为一种极致下的选择，如区块链的矿机，多使用 ASIC 芯片。

图表 6: 处理器的灵活性与性能差异



来源：中泰证券研究所

图表 7: CPU/GPU/FPGA/ASIC 间的区别

平台	架构区别
CPU	70% 晶体管涌来构建 Cache,还有一部分控制单元, 计算单元少, 适合运算复杂, 逻辑复杂
GPU	晶体管大部分构建计算单位, 运算复杂度低, 适合大规模并行计算
FPGA	可编译逻辑, 计算效率高, 更接近底层 IO, 通过冗余晶体管和连线实现逻辑可编程
ASIC	晶体管根据算法定制, 不会有冗余, 功耗低, 计算性能高, 计算效率高

来源：中泰证券研究所

**FPGA, 可深度定制, 并实现算力升级。**一方面, FPGA 可针对每一种具体应用, 根据其算法结构进行深度定制, 甚至为算法的每个步骤设计专门的执行逻辑, 避免了通用处理器的取指和译码过程, 从而达到较高的计算效率和能效;

另一方面, 其可编程特性可以加载不同的运算架构, 实现器件本身的通用性, 不但可以设计针对图像图像的计算结构, 也可实现 GPU 并不擅长的搜索、加密解密等计算结构。

图表 8: FPGA 的优点与限制因素

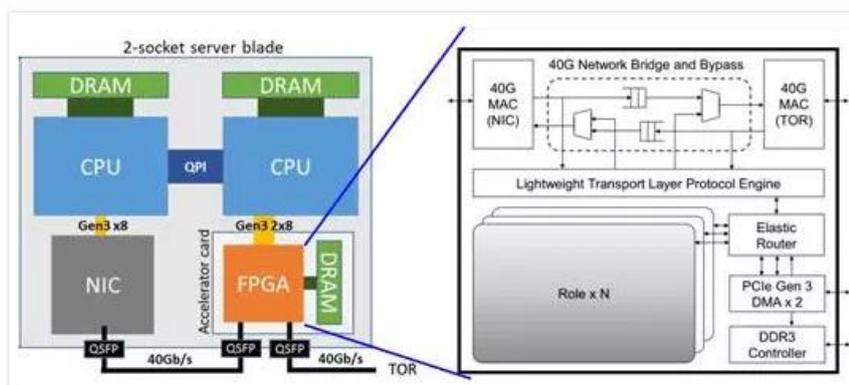
优点		限制因素	
<b>可编程灵活性高</b>	FPGA 属于半定制电路，编程可以反复，开发人员可重复编程使用软件升级包通过在片上运行程序来修改芯片，而不是替换和设计芯片	<b>成本高</b>	为了能够灵活地变更逻辑功能，FPGA 中需要设置了大量的多路开关、连线资源、寄存器等
<b>开发周期短</b>	FPGA 无需布线、掩模和定制流片等，芯片开发流程简化。传统的 ASIC 和 SoC 设计周期平均是 14 个月到 24 个月，用 FPGA 进行开发时间可以平均降低 55%。	<b>功耗大</b>	FPGA 中的芯片的面积比 ASIC 更大，因为 FPGA 厂商并不知道下游的具体需求应用，故在芯片中装入规模大的门电路（其实很多没有使用到）
<b>并行计算效率高</b>	FPGA 属于并行计算，一次可执行多个指令的算法，虽然普遍主频较低，但对部分特殊的任务，大量相对低速并行的单元比起少量高效单元而言效率更高	<b>编程设计复杂</b>	FPGA 的发展中，软件占据 60% 的重要程度，除了考虑芯片架构，编程设计时还要考虑应用场景多样性、复杂性和效率。FPGA 编程需要采用的专用工具进行 HDL 编译，再烧录至 FPGA 中，其技术门槛非常高。

来源：中泰证券研究所

■ **FPGA 相比其他异构处理器更适配边缘计算场景。**

**与 GPU 相比，大幅优化带宽**，当采用 GPU 提升算力时，GPU 的计算数据需要分享服务器的网络带宽、PCIE 带宽、内存带宽等，影响计算效率的同时反而加剧了服务器的带宽瓶颈。只有在具备极高数据复用率的场景中，如 CNN 等，才有望跑满计算资源，然而，对于 FPGA，可以通过 IO 编程能力采用另一种智能网卡的方式实现加速：一方面，FPGA 计算所需的数据不需要进入服务器，将硬件加速过程与服务器的带宽瓶颈解耦，避免与 CPU 的带宽竞争，另一方面，可承担部分原属于 CPU 的计算任务，减少进入服务器的数据量和计算复杂度，从而缓解带宽压力。

图表 9: FPGA 中的硬件加速逻辑

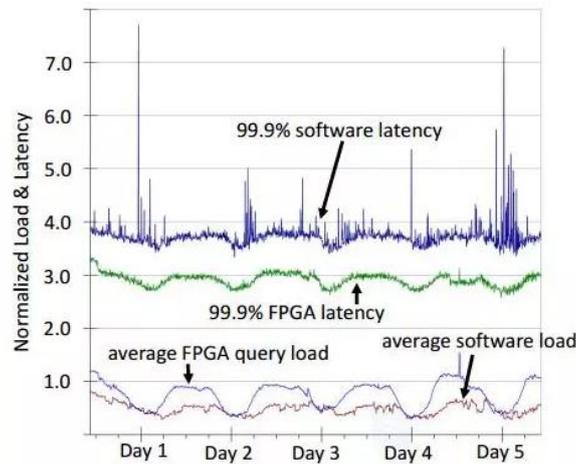


来源：TEG 云端，中泰证券研究所

■ **FPGA 在低延时和稳定性上具备天然的优势。**一方面，其片上集成了大量缓存和外部 DRAM 接口，降低计算过程中与 CPU 的交互，使硬件加

速过程避免了操作系统层面的资源调度和进程间干扰，从而保证了确定性的延迟。另一方面，FPGA 可实现基于定制流水线 MIMD（并行指令和并行数据）设计，实现流式处理。中间数据在流水线之间传递和交互，降低对缓存的依赖，进一步降低延迟。

**图表 10: 微软 FPGA 数据中心延迟和稳定性对比**



来源：TEG 云端，中泰证券研究所

**边缘计算应用场景对算力需求明确**

- 根据中国移动发布的《中国移动边缘计算白皮书》，目前智能制造、智慧城市、直播游戏和车联网 4 个垂直领域对边缘计算的需求最为明确。

在智能制造领域，工厂利用边缘计算智能网关进行本地数据采集，并进行数据过滤、清洗等实时处理。同时边缘计算还可以提供跨层协议转换的能力，实现碎片化工业网络的统一接入。一些工厂还在尝试利用虚拟化技术软件实现工业控制器，对产线机械臂进行集中协同控制，这是一种类似于通信领域软件定义网络中实现转控分离的机制，通过软件定义机械的方式实现了机控分离。

在智慧城市领域，应用主要集中在智慧楼宇、物流和视频监控几个场景。边缘计算可以实现对楼宇各项运行参数的现场采集分析，并提供预测性维护的能力；对冷链运输的车辆和货物进行监控和预警；利用本地部署的 GPU 服务器，实现毫秒级的人脸识别、物体识别等智能图像分析。

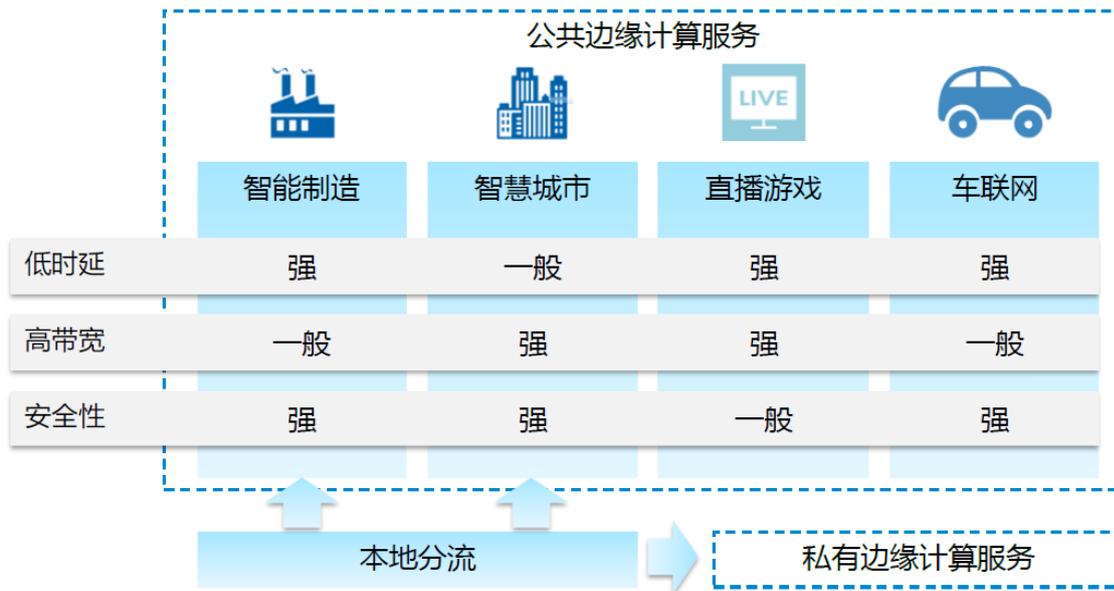
在直播游戏领域，边缘计算可以为 CDN 提供丰富的存储资源，并在更加靠近用户的位置提供音视频的渲染能力，让云桌面，云游戏等新型业务模式成为可能。特别在 AR/VR 场景中，边缘计算的引入可以大幅降低 AR/VR 终端设备的复杂度，从而降低成本，促进整体产业的高速发展。

在车联网领域，业务对时延的需求非常苛刻，边缘计算可以为防碰撞、编队等自动/辅助驾驶业务提供毫秒级的时延保证，同时可以在基站本地提供算力，支撑高精度地图的相关数据处理和分析，更好地支持视线盲

区的预警业务。

除了上述垂直行业的应用场景之外，边缘计算还存在一种较为特殊的需求-本地专网。很多企业用户都希望运营商在园区本地可以提供分流能力，将企业自营业务的流量直接分流至企业本地的数据中心进行相应的业务处理。比如在校园实现内网本地通信和课件共享，在企业园区分流至私有云实现本地 ERP 业务，在公共服务/政务园区提供医疗、图书馆等数据业务。在这一类应用场景中，运营商为客户的本地边缘计算业务提供了专线服务。

**图表 11: 边缘计算的典型场景**



来源：中国移动，中泰证券研究所

**FPGA 适配边缘计算的多种场景。**从边缘计算的几个典型场景看，FPGA 适配不同场景。不论是低时延的智能制造和车联网，还是高带宽的智慧城市和直播游戏，FPGA 的自身特性都灵活地适配于这些不同的场景。

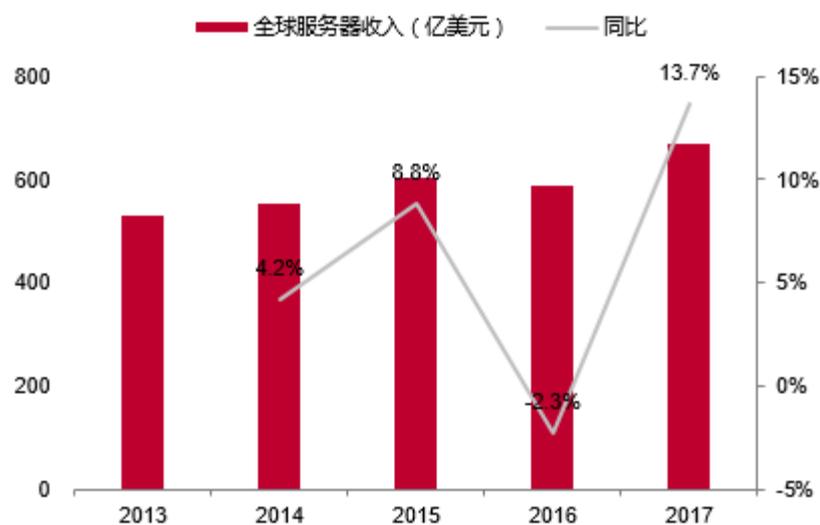
## 边缘计算有望带来算力产业高增长

### FPGA 市场将迎来数倍级别高增长

我们认为，边缘计算对算力产业格局带来的巨变由两个方面体现——一方面是基站，基站主要进行通信信号的换算，又可以分为宏基站和小基站，其中小基站作为 5G 最具特征的接入场景，有望成为边缘计算的新入口，另一方面是服务器，边缘计算有望带来服务器产业的变化，大量即时数据的处理，可以放置边缘端，边缘服务器的重要程度将提升。故，我们进行了如下测算：

- **市场分类：**我们将边缘计算带来的变革分为基站市场和服务器市场。
- **已知：**
  - 1、小基站市场规模预测（测算详情请见《5G 边缘计算时代的新入口——小基站》）
  - 2、宏基站市场规模预测（测算详情请见《5G 边缘计算时代的新入口——小基站》）
  - 3、2013-2017 年全球服务器收入

**图表 12：全球服务器收入（亿美元）**



来源：IDC，中泰证券研究所

- **关键假设：**
  - 1、小基站设备中 FPGA 的价值占比约为 40%。（天邑股份招股说明书）
  - 2、宏基站设备中 FPGA 的价值占比约为 30%。
  - 3、全球服务器销售收入增速。
  - 4、MEC 服务器占有所有服务器的比例。
  - 5、异构处理器占 MEC 服务器的价值比例。

**图表 13：关键假设**

2019E	2020E	2021E	2022E	2023E
-------	-------	-------	-------	-------

全球服务器销售收入增速	4%	6%	10%	8%	6%
MEC 服务器占有服务器的比例	1%	5%	10%	15%	20%
异构处理器占 MEC 服务器的价值比例	15%	20%	25%	26%	30%

来源：中泰证券研究所

■ **测算方法:**

全球 FPGA 在小基站领域的价值占比=全球小基站设备收入\*单个小基站中 FPGA 的价值比例

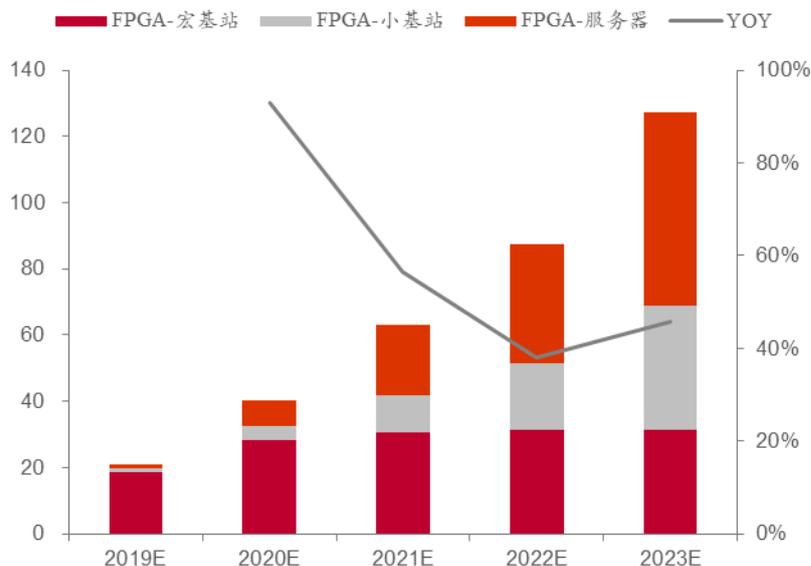
全球 FPGA 在宏基站领域的价值占比=全球宏基站设备收入\*单个宏基站中 FPGA 的价值比例

全球 FPGA 在服务器领域的价值占比=全球服务器销售收入\* MEC 服务器占有服务器的比例\*FPGA 占 MEC 服务器的价值比例

■ **测算结果:**

据测算，预计至 2023 年，边缘计算领域的算力市场规模有望达到 127 亿美元，近 5 年 CAGR=43.5%，其中至 2023 年，宏基站端的算力投资规模约 31.25 亿美元，小基站端算力投资规模约 37.5 亿美元，服务器端算力投资规模约 58.5 亿美元。

**图表 14: 边缘计算领域的算力市场规模**



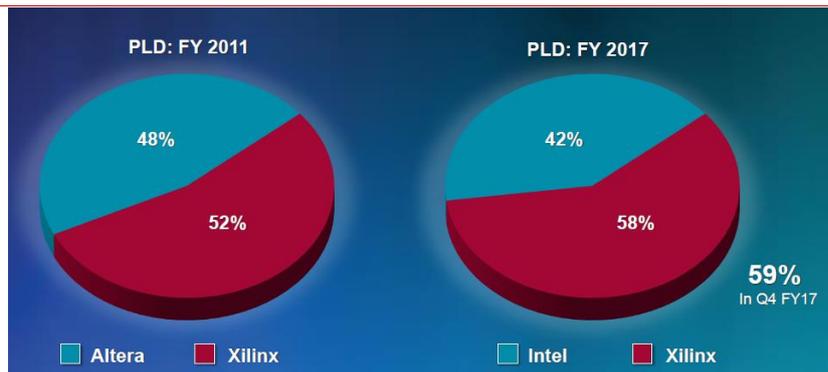
来源：中泰证券研究所

据 Gartner 统计，2017 年全球 FPGA 市场规模约为 40 亿美元，我们根据 Xilinx 的收入规模及市场份额进行测算，假设 2017 年全球 FPGA 市场规模为 43.7 亿美元（Xilinx 2017 财年实现营收 23.5 亿美元，市场份额约为 58%）。过去 FPGA 多运用于军事领域，如航天、航空、电子、通信、雷达、高端波束形成系统等，我们认为，未来 FPGA 在军事领域的增速有望保持稳定。我们预计，未来 FPGA 将广泛运用于民用领域，预计至 2023 年，全球 FPGA 的市场规模约为 171.03 亿美元，5 年复合增速为 21.5%，其中 FPGA 在民用通信领域的市场规模约 127 亿美元，市场迎来快速增长。

科技需求驱动算力产业格局新变化

- **FPGA 有望在物联时代大放光彩，Xilinx 为全球龙头。** FPGA 低时延、低带宽、灵活性高等特性适配物联时代场景定制化需求，有望在物联时代大放光彩。在 FPGA 领域，Xilinx 和 Altera（现被 Intel 收购）长期稳坐第一第二的位置，专利达 6000 多项，根据 2017 年财报数据显示，Xilinx 的市场份额约 58%。目前 FPGA 主要运用于军事领域，如航天、航空、电子、通信、雷达、高端波束形成系统等领域，民用领域空间正在逐步被打开。

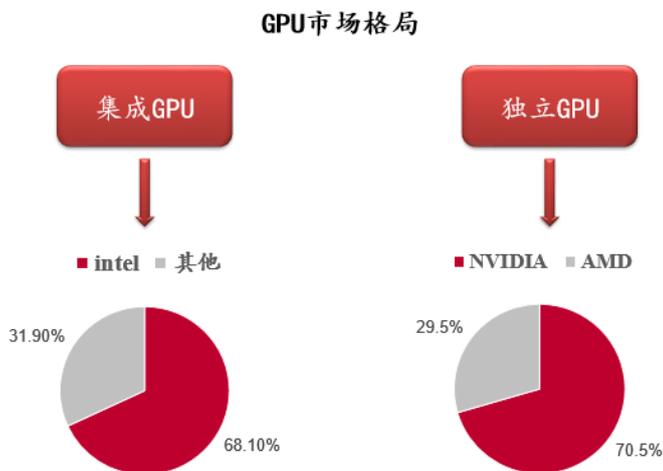
图表 15: FPGA 市场格局



来源: Xilinx 财报, 中泰证券研究所

- **GPU: 图像学习能力强，独立 GPU 英伟达为行业龙头。** GPU 分为集成 GPU 和独立 GPU，集成 GPU 市场的主要生产厂商有英特尔、英伟达、AMD 等，据 EEFOCUS 统计，2016 年英特尔集成 GPU 市场份额达到 68.1%；独立 GPU 是以独立板卡形式存在，可在具备显卡接口的主板上自由插拔的显卡，具备单独的显存，不占用系统内存，且在技术上领先于集成显卡，能够提供更好的显示效果和运行性能，主要生产厂商有英伟达和 AMD，英特尔宣布将于 2020 年进军独立 GPU 市场，据 EEFOCUS 统计，2016 年英伟达和 AMD 独立 GPU 市场份额分别为 70.5%、29.5%，呈现寡头垄断市场格局。

图表 16: GPU 市场格局



来源: EEFOCUS, 中泰证券研究所

- ASIC: 对下游市场空间要求高, 在区块链领域独占鳌头。**目前市场上主流 ASIC 有 TPU 芯片、NPU 芯片、VPU 芯片以及 BPU 芯片, 它们分别是由 Google、寒武纪、Intel 以及地平线设计生产。由于 ASIC 开发周期长, 仅有大厂有资金与实力进行研发。同时, ASIC 是全定制芯片, 在某些特定场景下运行效率最高, 故某些场景下游市场空间足够大时, 量产 ASIC 芯片可以实现丰厚的利润。

**图表 17: ASIC 市场格局**

名称	主要提供商	简介	
ASIC	TPU	google	TPU 是谷歌针对自身应用专门优化的人工智能芯片, 该芯片已经在 AlphaGo 中应用, 并支持 Tensor Flow 机器学习框架。
	NPU	寒武纪	NPU 是中科院计算所团队研发, 采用“数据驱动并行计算”的架构, 可应用于手机、安防、可穿戴设备等终端芯片中。
	VPU	Intel	Intel 收购的 Movidius 开发的 Myriad 系列 VPU 专门为计算机视觉进行优化, 可以用于 3D 扫描建模、室内导航、360 度全景视频等计算机视觉用途。
	BPU	地平线	BPU 芯片是地平线机器人研发, 该芯片未来会直接应用于自身的主要产品中, 包括: 智能驾驶、智能生活和智能城市。
	BM1680	比特大陆	2017 年其最新发布 BM1680 专用芯片适用于 CNN/RNN 等深度学习网络模型的预测和训练计算加速。

来源: 公开资料整理, 中泰证券研究所

- 服务器市场: 边缘服务器重要性将逐步提升, 超融合有望成为趋势。**5G 通信网络需要去中心化, 在网络边缘部署小规模或者便携式数据中心, 进行终端请求的本地化处理, 以满足 URLLC 和 mMTC 的超低延时需求。边缘服务器的重要性将逐步提升。同时, 超融合一体机有望在物联时代得到更广泛的应用。

### 边缘计算有望塑造未来十年产业价值重构

- 边缘计算有望塑造未来十年价值重构机遇。**

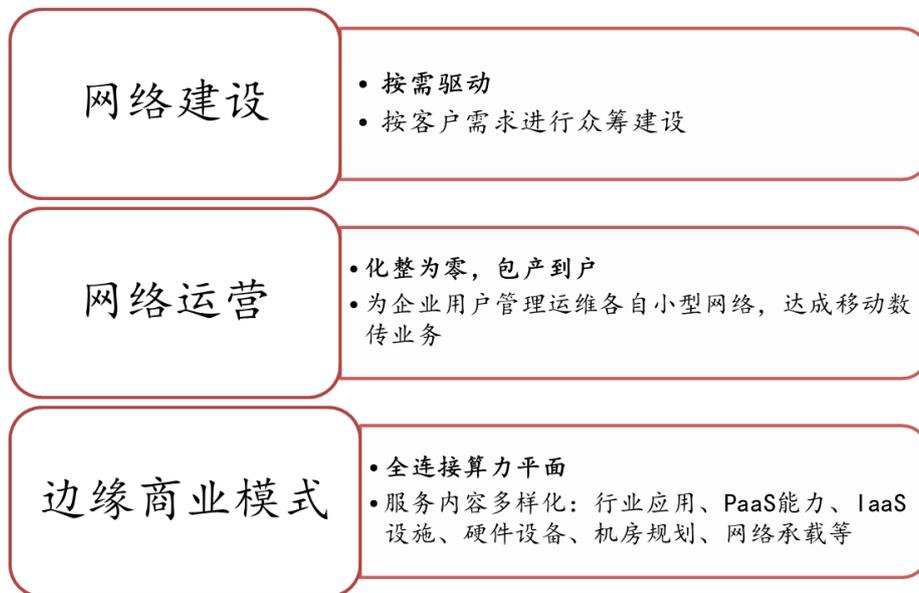
从网络建设的角度看, 网络建设有望转变成按需驱动, 由传统的运营商统一规划建设, 转变为按客户需求进行众筹建设。一方面, 运营商节省网络建设投资成本, 另一方面, 企业客户能够按需参与建设网络, 满足自身需求, 共生营运价值。

从网络运营的角度看, 网络运营有望化整为零, 包产到户, 由传统的运营商统一管理运维一张包含省干到接入点的庞大网络, 转变为企业用户管理运维各自小型网络, 达成移动数传业务。运营商关注核心网及以上的网元, 鉴权计费、安全隐私、增值服务管理等。这将大幅减轻运营商网络运维压力, 企业对自身网络也有更大的管理权限。

从边缘商业模式来看, 边缘计算促使运营商建设服务于虚拟化网元的电

信云设施。面向未来工业互联网，人工智能等新兴业务，运营商需要端到端的网络平面的基础上，借助边缘计算打造一张面向全连接的算力平面，形成算力的全网覆盖，为垂直行业就近提供智能连接基础设施；而边缘端的厂商的服务内容将多样化，具体可以分为行业应用、PaaS能力、IaaS设施、硬件设备、机房规划和网络承载几个重要领域。

**图表 18: 边缘计算的价值重构机遇**

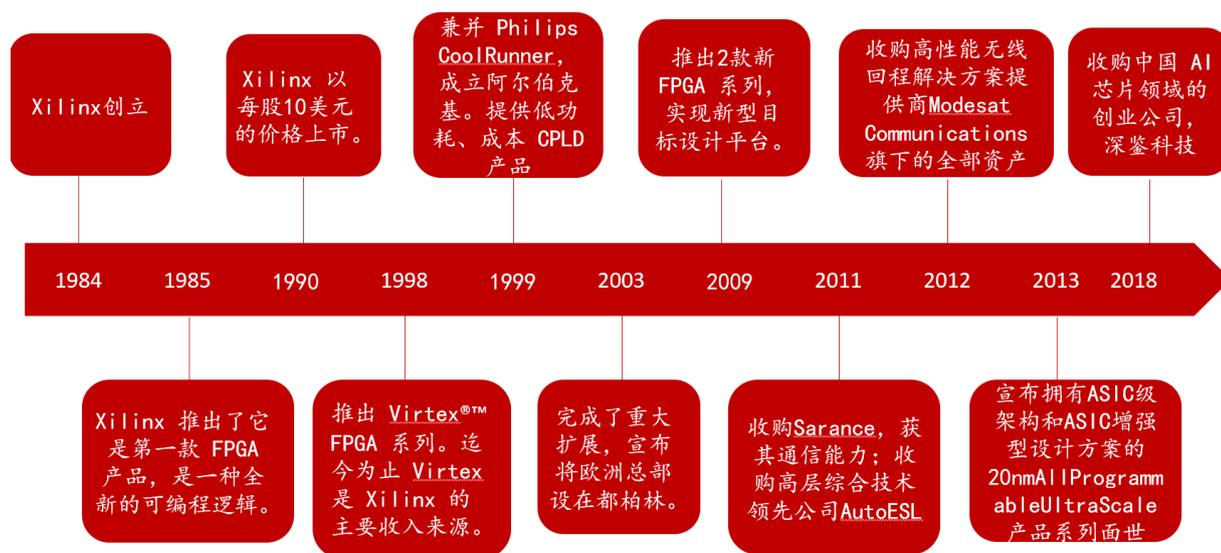


来源：中泰证券研究所

## Xilinx: FPGA 全球龙头，推出首款多核异构计算平台

- 第一个无晶圆厂半导体公司，FPGA、可编程 SoC 及 ACAP 的发明者。公司成立于 1984，于 1990 年于纳斯达克证券交易所上市，公司创立了无晶圆厂（Fabless）的半导体芯片模式，自身设计和销售半导体芯片，将制造业务外包给第三方芯片制造商。公司未来的业务将专注于 5G 无线通信、网络功能虚拟化（NFV）、机器视觉、汽车驾驶员辅助系统（ADAS）、物联网以及云计算等未来关键产业。

图表 19: 赛灵思(Xilinx)历史沿革



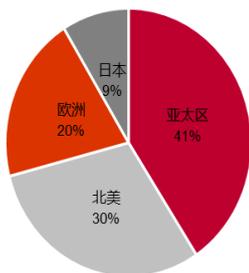
来源: Xilinx, 中泰证券研究所

- FPGA、SoC 和 3D IC 为其主要业务，主要集中在亚太，其次为北美、欧洲和日本。根据 2018 年业务数据，亚太占比 40.73%，北美占比 30.25%，欧洲占比 20.23%，日本占比 8.78%。公司业务为开发、设计、销售完整的可编程逻辑解决方案，所有营收归类于一个部门，无部门分类。但是按销售的终端市场可以分为 4 类：通信占比 32%；工业和 A&D 占比 31%；数据中心&TME 占比 21%；广播，客户，汽车占比 16%。公司 2017 财年全年实现营收 25.39 亿美元，同比增长 8.09%，实现净利润 5.12 亿美元，同比下降 17.7%，综合毛利率为 70.21%，同比增长 0.36%。净利率的下降主要原因是美国税务改革的影响。

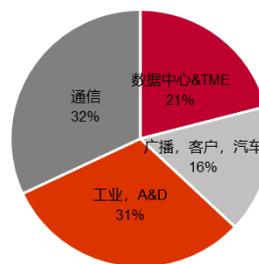
图表 20: 赛灵思 2017 财年收入分布 (按地区)

图表 21: 赛灵思 2017 财年收入分布 (按终端市场)

By Region



By end market



来源: Xilinx, 中泰证券研究所

来源: Xilinx, 中泰证券研究所

- 全球龙头，营收利润保持稳定，市场份额过半。**赛灵思的营收和净利润近年来基本维持稳定状态，营收保持的 20 亿美元左右，利润保持在 5 亿美元左右，财务波动情况较小。作为 FPGA 领域的创造者和领导者，赛灵思在 FPGA 的全球市场份额长久以来超过 50%。在 2017 财年，赛灵思销售额达到了 23.5 亿美元，拿下了 FPGA 全球 58% 的市场份额。

**图表 22: 赛灵思历年营收与净利**


来源: wind, 中泰证券研究所

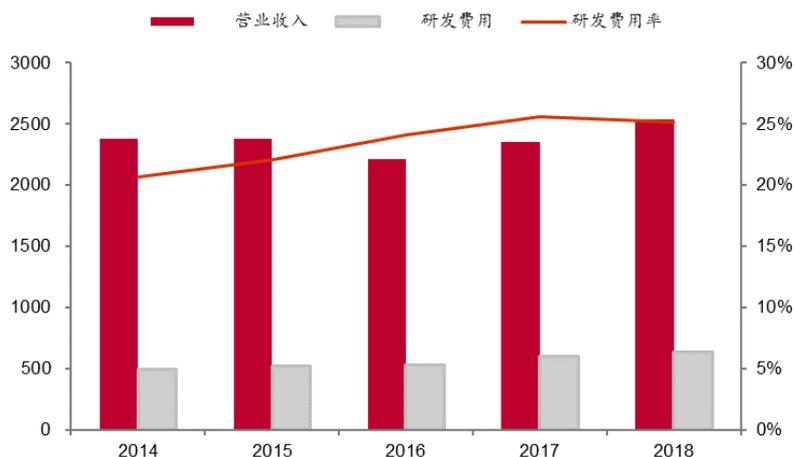
**图表 23: FPGA 行业市场份额**

Vendor	2015		2016		
	FPGA Total	Market share	FPGA Total	Market share	Growth CY15-CY16
Xilinx	\$2,044	53%	\$2,167	53%	6%
Intel (Altera)	\$1,389	36%	\$1,486	36%	7%
Microsemi	\$301	8%	\$297	7%	-1%
Lattice	\$124	3%	\$144	3%	16%
QuickLogic	\$19	0%	\$11	0%	-40%
Others	\$2	0%	\$2	0%	0%
<b>TOTAL</b>	<b>\$3,879</b>	<b>100%</b>	<b>\$4,112</b>	<b>100%</b>	<b>6%</b>

来源: Xilinx, 中泰证券研究所

- 研发投入大，并持续增长。**公司在 2018 财年的研发投入为 638.8 百万美元，较去年上升了 6.4%。公司的员工主体为研发工程师，公司在 2018 年的雇员人数为 4014 人，2017 年为 3831 人，上升了 183 人。在全球已拥有 4300 多项专利。持续增长的研发资金和人才的投入，为 Xilinx 未来的发展以及保持技术领先地位做出保障。

**图表 24: 赛灵思历年研发费用率**



来源: wind, 中泰证券研究所

- **受益于边缘计算的崛起, 相关市场潜力大。**由于物联网(IoT)和传感器技术的进步, 越来越需要在收集数据的位置处或附近处理该数据。对于边缘计算需求相应剧增, 如微软、亚马逊、戴尔 EMC 等各大厂商纷纷投入边缘计算领域的研发。边缘计算需要很高的计算性能, 而且有着很高的实时性, FPGA 能够同时并行处理很多的事情, 既能满足数据处理速度的要求, 还能满足实时性的需求。边缘计算可以实时收集和处理器各种传感器收集的信息和数据, 实时处理现场遇到的紧急事件, 及时反馈。实时的与周边的环境和物体进行 M2M 交互, 多个小型处理器提供分布式的异构处理能力, 实现数据采集、聚合、加密、处理和传输等功能。受益于此, FPGA 市场的未来发展潜力, 可能将对赛灵思的业绩起到大的带动作用。
- **发布首个 ACAP 多核异构计算平台, 市场前景远大。**2018 年 3 月赛灵思推出的 ACAP 是一款高度集成的多核异构计算平台, 能根据各种应用于工作负载的需求对硬件层进行灵活变化。ACAP 的核心是新一代的 FPGA 架构, 结合分布式存储器与硬件可编程的 DSP 模块, 可编程且同时又具备硬件灵活应变性的计算引擎, 并全部通过片上网络 (NoC) 实现互连。其搭载的系列芯片 Versal, 面向所有应用, 即整合了标量处理引擎、自适应硬件引擎和智能引擎以及存储器和接口技术, 能为所有的应用提供异构加速功能。并且面向所有开发者, 无论是软件开发者、数据科学家和硬件开发者, 都可以在硬件和软件层面对其进行编程和优化。**ACAP 的发布对于赛灵思致力打造的, 适合未来大多数场景所需的通用且灵活的平台起到决定性的意义, 对其未来的业绩起到高度的正面影响。**
- 我们认为, FPGA 是技术密集型高门槛市场, 其编程的灵活性对工程师提出了很高的要求, Xilinx 作为行业龙头, 技术积淀深厚, 客户资源广泛, 同时, 公司推出 ACAP 多核异构计算平台, 为所有的应用提供异构加速功能, 降低客户使用 FPGA 的门槛, 扩大客户范围。未来伴随 FPGA 行业迎来大爆发, Xilinx 有望最先受益。

## 投资建议

- **5G 边缘计算将引发新的算力需求。**5G 算力需求受到信号处理和边缘计算两大驱动，一方面，通信信号处理需求的增多对算力提出了新要求，另一方面，5G 是物联网创新的起点，将带来多种物联场景，边缘计算是支撑物联技术低延时、高密度等条件的具体网络技术体现形式，具有场景定制化强等特点，多场景的算力需求驱动边缘端计算能力的提高。边缘计算作为 5G 新特性将成为重要增量部分，较之传统云计算，边缘计算安全性更高、低时延、带宽成本低，将成为 5G 时代不可或缺的一部分，同时，由边缘计算带来的算力需求也将成为 5G 时代重要增量部分。因此，我们认为，5G 边缘计算将引发技术和市场变革，从芯片的角度看，FPGA 将首先迎来爆发，从服务器的角度看，边缘计算也将为服务器市场带来新变化。
- **5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代。**人联时代网络与物联时代网络存在大差异，边缘计算业务部署需求呈现多样化特征，只有对客户需求把握准确的公司才能逐步做大做强。在人工智能学习推理和图像智能需求领域，GPU 大行其道推动英伟达等公司迎来高速增长，而 5G 边缘计算时代，FPGA 将成为新的产业新重心。相比其他异构处理器，FPGA 更适配边缘计算场景，其可针对每一种具体应用，根据其算法结构进行深度定制，达到较高的计算效率和能效；同时其与 GPU 相比，FPGA 架构能大幅优化带宽提升计算效率；并且在低时延与稳定性上具备天然的优势。我们认为，5G 边缘场景的多样化驱动算力产业进入 FPGA 时代。
- **边缘计算有望带来算力产业高增长。**我们认为，边缘计算对算力产业格局带来的巨变由两个方面体现——一方面是基站，另一方面是服务器，据我们测算，预计至 2023 年，边缘计算领域的算力市场规模有望达到 127 亿美元，近 5 年 CAGR=43.5%。我们认为，过去 FPGA 多运用于军事领域，未来将广泛运用于民用领域，预计至 2023 年，全球 FPGA 市场规模约为 171.03 亿美元，5 年复合增速 21.5%。从产业格局的角度看，FPGA 有望在物联时代大放光彩，边缘服务器的重要性将逐步提升，超融合有望成为趋势。
- **Xilinx: FPGA 全球龙头，推出首款多核异构计算平台。**Xilinx(赛灵思)成立于 1984 年，于 1990 年在纳斯达克上市，FPGA、SoC 和 3D IC 为其主要业务，主要集中在亚太，其次为北美、欧洲和日本，在 FPGA 领域是全球龙头，全球市场份额常年超过 50%，公司 2017 财年实现营收 25.39 亿美元，同比增长 8.09%，实现净利润 5.12 亿美元，同比下降 17.7%，综合毛利率为 70.21%，同比增长 0.36%。公司于 2018 年推出 ACAP 多核异构计算平台，为所有的应用提供异构加速功能，降低客户使用 FPGA 的门槛，扩大客户范围。我们认为，FPGA 是技术密集型高门槛市场，其编程的灵活性对工程师提出了很高的要求，Xilinx 作为行业龙头，技术积淀深厚，客户资源广泛，未来伴随 FPGA 行业迎来大爆发，Xilinx 有望最先受益。

- **投资建议:** FPGA 市场在多年平稳发展之后有望在 5G 时代迎来爆发式增长，重点关注全球龙头 Xilinx (XLNX.O)，以及 Lattice(LSCC.O)，国内厂商重点关注具备特种 FPGA 产品化能力的上海复旦 (1385.HK)、参股紫光同创的紫光国微 (002049.SZ)。

## 风险提示

- **市场竞争加剧，导致行业利润率下降的风险：**目前行业仍处于发展初期，未来随着厂商增多，市场竞争加剧，行业利润率有可能出现下滑。
- **关键技术的发展受阻风险；**下游产业应用需要许多关键技术作为支撑，当关键技术发展受阻，产业规模化速度将受到影响，发展速度有可能放缓。
- **核心科技公司的人才流失：**人才是科技公司很重要的无形资产，当人才出现大量流失时，科技公司未来前景将受到很大影响。
- **产品化与商业化不及预期；**技术的研发与技术的商用化是有差别的，一个好的技术只有被合理的产品化，才有望快速走向市场，若产品化与商业化不及预期，则市场发展前景不达预期。
- **市场估值过高；**
- **市场系统性风险。**

**■ 投资评级说明:**

	评级	说明
股票评级	买入	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在 15%以上
	增持	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在 5%~15%之间
	持有	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数涨幅在-10%~+5%之间
	减持	预期未来 6~12 个月内相对同期基准指数跌幅在 10%以上
行业评级	增持	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数涨幅在 10%以上
	中性	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数涨幅在-10%~+10%之间
	减持	预期未来 6~12 个月内对同期基准指数跌幅在 10%以上
备注：评级标准为报告发布日后的 6~12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中 A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）。		

**重要声明:**

中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。但本公司及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，可能会随时调整。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。

市场有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。

本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“中泰证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。