

FPGA的国产替代现在是什么情况？未来是哪些方向？

——“FPGA五问五答”系列报告五

2023 年 12 月 25 日

看好/维持

电子

行业报告

分析师

李美贤 电话：13718969817 邮箱 limx_yjs@dxzq.net.cn

执业证书编号：S1480521080004

投资摘要：

通过前四篇系列报告，我们回答了这几个关键的问题：FPGA 的独一无二的价值是什么？FPGA 厂商自身的价值在哪里？为什么龙头能有这么宽的护城河？FPGA 在未来增长的驱动力是什么？在我们 FPGA 五问五答系列报告的最后一篇中，我们聚焦于中国 FPGA 市场，为大家解答目前 FPGA 国产化进展和未来的方向，并对国内优秀的公司进行系统梳理。

FPGA 市场几乎被美国公司垄断，国产替代必要性不言而喻。Xilinx、Altera/Intel、Lattice、Microchip 均为美国公司，2022 年，四家公司合计仍占据全球 FPGA 市场 90% 的市场份额，一旦被列入清单意味着无 FPGA 可用。以华为、海康为代表科技企业，对 FPGA 国产替代意愿强烈，积极扶持国产 FPGA 厂商。在此背景下，**国产 FPGA 厂商迎来史无前例的发展机遇。**

目前，本土 FPGA 厂商和海外龙头的差距客观存在，有充分的追赶空间。一方面，我们看到本土和全球龙头在容量、制程、收入规模、下游扩展进展、毛利率的差距依然较大，另一方面，这也恰恰说明了国产 FPGA 仍拥有非常充足的追赶空间，FPGA 国产替代远未到触及天花板的阶段。随着 FPGA 国产替代向高端市场深入，本土头部 FPGA 厂商有望迎来市场份额和盈利能力的双改善。我们认为，**目前 FPGA 国产化有两大有利条件：**一是近年国产 FPGA 厂商收到的政府补助金额较大，体现国家对 FPGA 国产化的强烈扶持态度。二是 28nm 生命周期比以往代际更长，给了国产厂商较为充分的追赶空间。

国产替代现状？大客户切入，28nm 加速替代。40-55nm 的低容量市场较为成熟，本土厂商正在快速替代，28nm 的中低容量市场替代加速进行。而 500K 以上的高容量 FPGA 是目前国产替代的难点，需要本土公司在硬件架构、EDA 软件、IP 性能等方面深入发展。其中，最重要的是解决 EDA 软件在大规模 FPGA 的布局布线问题。

Xilinx 如何用 5 年时间完成从 30% 到 50% 的份额跃迁？1998-2003 年，Xilinx 用了 5 年时间市占率增长了 20pct，我们认为，这主要是得益于：1) Xilinx 吃到了周期下行阶段行业出清的红利；2) Xilinx 对 FPGA 市场发生的转变做出了非常好的竞争策略应对，在最关键的时候做了正确的事情；3) 头号竞争对手 Altera 在 1998-2002 年 CPLD 主业面临困境，并出现了明显的战略失误，让出了部分市场。1998-2003 年，FPGA 市场发生了下面四大变化，Xilinx 均做到了正确的应对。变化一：ASIC 逐渐被 FPGA 替代，Xilinx 的竞争策略是成为技术领导者。变化二：低成本愈发重要，Xilinx 的竞争策略是推出定义准确的低成本 FPGA。变化三：推出的小容量低成本 Spartan 系列将 FPGA 应用拓展至消费领域，并开始替代 CPLD。变化四：2000 年科网泡沫后，行业份额进一步集中，Xilinx 在下行期激进地投研发，在复苏期推出新品，进一步扩大份额。

目前国产替代可以从 Xilinx 的历史份额跃迁学到什么？我们认为最重要的替代策略是通过技术领先快速抢占客户，以及更准确的产品定义。做到包括制程、产品性能、定义、EDA 软件能力、自研 IP 的能力这几个维度上“五边形”式的领先。

未来，国产 FPGA 替代主要朝两个方向发展：1) 以高容量和更先进制程为特征的高端 FPGA；2) SoC FPGA。高端 FPGA 市场的好处在于格局更加清晰，首先进入的厂商往往能获得大比例份额。在制程上，本土 FPGA 制程已推进到 ≤16nm，有望逐步开启上量阶段。此外，SoC FPGA 可以有效减少系统面积、提升性能，其代表的异构化路线是 FPGA 行业目前的竞争主线。目前，Xilinx 的 SoC FPGA 已经发展至大型的异构计算平台，近 5 年来愈发成为收入的重要来源，最新占比已接近三分之一。我们看到，多家本土 FPGA 厂商亦对 SoC FPGA 非常重视，在今年发布多款产品，有望加快 SoC FPGA 替代进程。

风险提示：下游需求不及预期，中美贸易摩擦加剧。

目 录

1. 目前国产替代的有利条件？	5
2. 现状：中低容量较为成熟，28nm 加速替代.....	6
3. Xilinx 是如何完成市占率 30%到 50%的跃迁的？我们从中能学到什么？	9
4. 未来：向≤16nm、SoC FPGA 及更高容量进军，生态培养是重点	12
5. 国内有哪些优秀的 FPGA 厂商？	15
5.1. 紫光同创（Pango）：国产 FPGA 龙头	15
5.2. 安路科技（688107.SH, Anlogic）	16
5.3. 高云（GoWin）：车规 FPGA 布局领先.....	17
5.4. 易灵思（Elitestek）：16nm FPGA 国内首发.....	18
5.5. 复旦微电（688385.SH, 1385.HK, Fudan Micro）	21
5.6. 紫光国微（002049.SZ, Guoxin Micro）	21
5.7. 智多晶（Intelligent Silicon）	21
5.8. 京微齐力（Hercules Micro）	22
6. 风险提示	23
相关报告汇总	24

插图目录

图 1： 28nm 生命周期比之前的长.....	5
图 2： 赛灵思将所有 7 系产品延长到 2035 年，说明 28nm FPGA 生命周期比以往代际更长	6
图 3： 随着 FPGA 容量不断提升，FPGA 公司必须努力提升资源利用率，布局布线算法是重中之重	8
图 4： 1998-2003，Xilinx 在竞争策略上完全符合当时市场的关键变化，使得市占率从 30%跃升到 50%	10
图 5： 1998-2003，FPGA 市场的四大变化.....	11
图 6： Xilinx 的 RFSoc 方案可以减少板上 50%的面积	13
图 7： SoC FPGA Zynq 系列推出后迅速增长，近年收入贡献接近三分之一	13
图 8： 易灵思的专利架构 Quantum，特点在于其逻辑单元可在布局布线阶段成为交换单元	19
图 9： 易灵思的 TinyML 平台支持多个 AI 模型	19
图 10： 易灵思车规 FPGA 已应用在激光雷达和毫米波雷达.....	20

表格目录

表 1： 目前国内龙头和全球龙头仍有较大差距，有足够的追赶空间	4
表 2： FPGA 相关企业近 4 年来收到的政府补助金额较大，体现国家强烈的扶持意愿	5
表 3： 在 45/55nm FPGA 已在国内推出 4-5 年，国产厂商基本具有覆盖 Xilinx Spartan6 能力	7
表 4： 28nm 性价比&中低容量 FPGA 替代加速进行	7
表 5： 20/22nm 产品可以替代 Xilinx 7 系列产品	8
表 6： 14/16nm 替代已经开始.....	12
表 7： Xilinx SoC FPGA 已经发展至大型的异构计算平台	14

表 8： 国产 SoC FPGA 进展	15
表 9： 紫光同创 FPGA 产品情况	16
表 10： 安路科技产品情况	16
表 11： 高云半导体 FPGA 产品情况	17
表 12： 高云半导体车规级 FPGA 的情况	18
表 13： 易灵思 FPGA 产品情况	18
表 14： 易灵思目前已量产 4 颗车规 FPGA，用于激光雷达、毫米波雷达等领域	20
表 15： 复旦微 FPGA 产品情况	21
表 16： 西安智多晶 FPGA 产品情况	22
表 17： 京微齐力 FPGA 产品情况	22

FPGA 市场几乎被美国公司垄断，国产替代必要性不言而明。Xilinx、Altera/Intel、Lattice、Microchip 均为美国公司，2022 年，四家公司合计仍占据全球 FPGA 市场 90% 的市场份额，一旦被列入清单意味着无 FPGA 可用，国产替代必要性极强。特别是以华为、海康为代表科技企业，对 FPGA 国产替代意愿强烈，积极扶持国产 FPGA 厂商。在此背景下，国产 FPGA 厂商迎来史无前例的发展机遇。

目前，本土 FPGA 厂商和海外龙头的差距客观存在，有充分的追赶空间。自从 2018 年中兴、华为等科技公司陆续被美国列入实体清单，本土 FPGA 厂商开始快速发展。龙头紫光同创 2018 年收入仅为 973 万元，2022 年飞速增长至 15 亿+元人民币。然而，FPGA 国产替代方兴未艾。对比全球龙头 Xilinx，本土 FPGA 厂商的追赶空间依然较大：1) 从 FPGA 的容量来看，目前国产民用 FPGA 最高水平能做到约 400k 逻辑单元，而目前全球容量最大的 FPGA 为 Xilinx 在 2023 年 6 月 27 日推出的 VP1902 (Versal Premium)，逻辑单元数高达 18,507k，是国内的 46 倍；2) 从制程上看，目前国产最先进制程在 14/16nm，而 Xilinx 在 2018 年便发布了 7nm 的异构 FPGA 产品 Versal；3) 从收入来看，2022 年国产龙头紫光同创的收入为人民币 15 亿元，全球份额从 0 爬升至 2.6%，我们估算 Xilinx 在 2022 年收入达到 42 亿美元（全球份额 50%+），是本土龙头的 20 倍；4) 从下游应用看，目前最高端的 FPGA 两大领域——原型验证、数据中心加速计算仍未有国产 FPGA 能够进入；5) 从毛利率看，目前国产 FPGA 集中于在消费电子领域进行中低容量的替代，相比大容量 FPGA 市场的进入壁垒相对较低，出现了一定程度的“内卷”，典型毛利率在 35%-40% 之间，而 Xilinx 在高端 FPGA 市场竞争优势突出，近 10 年毛利率基本维持在 65% 以上，近 3 年更是接近 70%。总的来说，一方面我们看到本土和全球龙头的差距依然较大，另一方面，这也恰恰说明了国产 FPGA 仍拥有非常充足的追赶空间，FPGA 国产替代远未到触及天花板的阶段。我们认为，随着 FPGA 国产替代向高端市场深入，本土头部 FPGA 厂商有望迎来市场份额和盈利能力的双改善。

表1：目前国内龙头和全球龙头仍有较大差距，有足够的追赶空间

	国产情况	全球龙头 Xilinx
最高 LC	~ 400k	18,507k (VP1902)
最高制程	14/16nm	7nm
龙头收入	¥ 15 亿	~ \$42 亿
龙头份额	2.6%	50%+
毛利率	35%-40%	65%+
下游		
消费电子	√	√
通信	√	√
A&D	√	√
汽车	√	√
工业	√	√
医疗	×	√
原型验证	×	√
数据中心加速	×	√

注：LC 为 Logic Cells（逻辑单元），系 FPGA 通用的容量衡量单位，详细请查看我们的 FPGA 系列报告一《FPGA 提供了什么价值？》；龙头收入及份额均为 2022 年数据；最高 LC 指目前民用国产 FPGA 中最高的逻辑单元数；毛利率使用 FPGA 上市公司安路科技披露的数据。

资料来源：紫光同创，安路科技，Xilinx，东兴证券研究所整理

1. 目前国产替代的有利条件？

有利条件一：近年国产 FPGA 厂商收到的政府补助金额较大，体现国家对 FPGA 国产化的强烈扶持态度。从已披露数据的来看，2018 年-2022 年 5 年间，国产 FPGA 厂商每年均收到了千万级甚至上亿的政府补助。2022 年，安路科技、复旦微、紫光国微计入当期损益的政府补助金额分别为人民币 3000 万+、6000 万+和 1.7 亿元。而主要产品为 CPU 的龙芯中科 2022 年政府补助金额为 1.9 亿元，主营产品为 CPU 和 DCU 的海光信息为 6000 万+，景嘉微为 3000 万+。根据 WSTS 数据，2022 年微处理器市场规模 508 亿美元，是 FPGA 市场规模的 6 倍。对比其它品类的数字芯片公司，FPGA 公司收到的政府补助金额依然较大，体现出国家对 FPGA 的强烈扶持意愿。

表2：FPGA 相关企业近 4 年来收到的政府补助金额较大，体现国家强烈的扶持意愿

万元	产品种类	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
安路科技	FPGA	3,871.45	9,809.84	6,802.13	2,411.91	3,011.43
复旦微	FPGA、安全、存储等	11,406.88	9,611.79	11,207.67	10,561.74	6,312.22
紫光国微	FPGA 及其他特种芯片	-	4,727.55	6,194.57	5,470.39	16,968.06
龙芯中科	CPU	-	-	2,884.63	8,139.10	19,624.16
海光信息	CPU、DCU	-	-	4,101.20	4,677.51	6,625.77
景嘉微	GPU	165.00	2,750.00	1,815.50	3,453.91	3,347.14

注：以上数据为计入当期损益的政府补助金额。

资料来源：安路科技、复旦微电、紫光国微、龙芯中科、海光信息、景嘉微，东兴证券研究所

有利条件二：28nm 生命周期比以往代际更长，给了国产厂商较为充分的追赶空间。正如我们在 FPGA 系列报告四中提到的，作为典型的数字芯片，FPGA 生命周期一般只有 10-15 年（而模拟芯片可以高达 20 年以

图1：28nm 生命周期比之前的长

与6系产品不同，7系的Virtex和Spartan截止至2021年依旧在Advanced Product分类中

家族	产品	推出日期	制程	生命周期	进入Core Product用时	Advanced Product	Core Product	Base Product	离开
Versal	Versal Premium	2020-03	7nm			2021			
	Versal	2019-09	7nm			2021			
	Versal Prime	2018-10	7nm			2021			
	Versal AI Core	2018-10	7nm			2021			
Virtex	Virtex Ultrascale+	2016-01	16nm			2016			
	Virtex Ultrascale	2014-05	20nm			2014			
	Virtex-7	2010-06	28nm			2012			
	Virtex-6	2009-02	40nm		6	2010	2016		
	Virtex-5	2006-05	65nm		7	2006	2013		
	Virtex-4	2004-06	90nm	12	5	2005	2010	2013	2017
	Virtex-II	2001-01	0.15μm	16	4	2001	2005	2010	2017
	Virtex-E	1999-09	0.18μm	17	4	2000	2004	2010	2017
	Virtex	1998-10	0.22μm	17	3	1999	2002	2007	2016
Spartan	Spartan-7	2016-09	28nm			2016			
	Spartan-6	2009-02	45nm		7	2010	2017		
	Spartan-3	2003-04	90nm		7	2003	2010		
	Spartan-II	2000-01	0.18μm	17	4	2000	2004	2013	2017

注：除了推出日期外，表格中其他年份为财年

资料来源：Xilinx，东兴证券研究所绘制

FPGA生命周期的一般规律

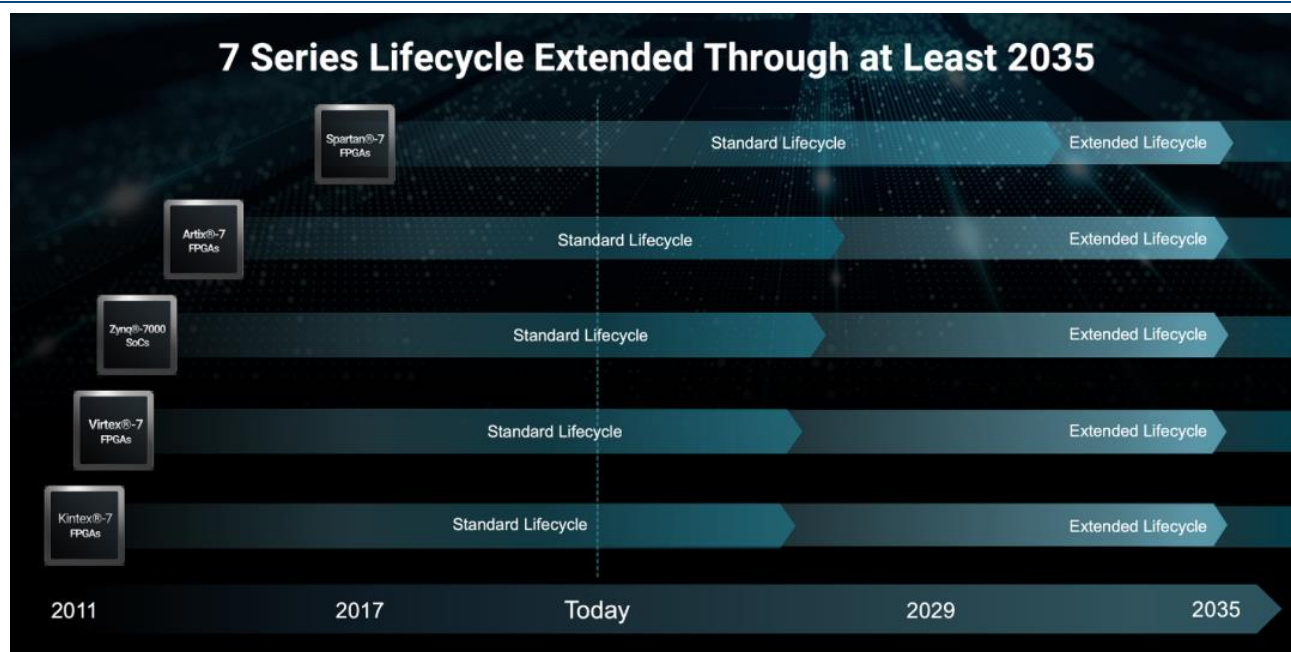


但28nm产品的生命周期比以往代际都要长



上)，快速迭代的特征使其收入的顶峰往往发在推出之后的第 4-5 年，60% 收入在前 6 年发生，随后是量价齐跌的市场。因此，市场玩家必须努力竞逐制程领先，因为制程落后厂商往往无法取得足够的收入以支撑下一代产品的开发。一般而言，Xilinx 的新品推出的 5 年后会进入 Core Product 分类，收入贡献开始逐年下降，在推出后的第 9-10 年进入 Base Product 阶段，此类产品的收入贡献维持在非常低的水平，直到完全停售。例如，Virtex 6 在 2009 年推出，在第二年进入 Advanced Product 分类，在 6 年后进入了 Core Product 分类。按照以往规律，Virtex 7 应该在 2018 年进入 Core Product，但截止至 2021 年最新披露的数据，Virtex 7 依然在 Advanced Product 分类中。2022 年 10 月，Xilinx 更是宣布将 28nm 的 7 系列产品延长到 2035 年，这都说明了 28nm FPGA 的生命周期比以往代际要长。考虑到目前本土 FPGA 厂商能力集中在 28nm，其生命周期的延长对本土 FPGA 厂商的追赶来说是非常有利的事情，因为国产厂商面对的不是量价齐跌的市场，而是有足够的市场空间来获得足够的收入用于下一代新品的推出。

图2：赛灵思将所有 7 系列产品延长到 2035 年，说明 28nm FPGA 生命周期比以往代际更长



资料来源：Xilinx，东兴证券研究所

2. 现状：中低容量较为成熟，28nm 加速替代

本土 FPGA 厂商在国产替代上主要遵循大客户切入的策略。目前，国产 FPGA 主要参与者有紫光同创、安路科技、高云半导体、易灵思、复旦微电、紫光国微、西安智多晶、京微齐力等。我们看到包括华为、海康等通信和工业客户对国产 FPGA 厂商展示出强烈的扶持意愿，包括对产品定义、验证、EDA 试错等工作的高度配合，数家 FPGA 厂商依靠大客户扶持迅速成长。

40-55nm 的低容量市场 (<100K) 较为成熟，本土厂商正在快速替代。低容量 FPGA 指逻辑单元在 100k 以下的 FPGA 产品。实际上，大部分低容量 FPGA 的逻辑单元在 10k 以内，主要用在消费电子领域，例如 LED

显示、桥接等，以及部分预留或者功能拓展的场景。目前，本土的低容量 FPGA 制程主要集中在 55nm、40nm 和 28nm 这三个节点，大部分在 2019 年及之前推出，往往是本土 FPGA 厂商的第一代产品。例如，紫光同创的 Logos 系列在 2017 年推出，为 40nm 的低功耗、低成本 FPGA，逻辑单元在 12-102k 之间；安路科技的 55nm 的 Eagle4 在 2016 年推出，逻辑单元 20k，主要用于伺服控制、高速图像接口转换的领域；高云半导体的 55nm 的 FPGA 小蜜蜂（LittleBee）在 2016 年推出，是公司第一代产品，逻辑单元数在 1-8k。总的来看，低容量 FPGA 技术较为成熟，本土 FPGA 厂商均有发展多年的低容量产品，主要对标 Xilinx 在 2009 年推出的 Spartan 6 (45nm)，Altera/Intel 在 2009 年推出的 Cyclone IV (60nm)，以及 Lattice 40nm 的 iCE40 和 ECP5。此外，部分国产 FPGA 厂商推出了 CPLD 产品，例如紫光同创的 Compact、容量在 10k 以内，主要对标 Altera 的 MAX 10。目前，我们看到低容量 FPGA 市场的过程替代在快速进行。

表3：在 45/55nm FPGA 已在国内推出 4-5 年，国产厂商基本具有覆盖 Xilinx Spartan6 能力

40/55nm 替代	紫光同创	安路科技		易灵思	高云		智多晶	京微齐力	Xilinx
系列	Logos	ELF3	Eagle4	Trion	晨曦	小蜜蜂	Sealion 2000	HME - HR02	Spartan 6
制程	40nm	55nm	55nm	40nm	55nm	55nm	55nm	40nm	45nm
LC	12-102k	1.5-11k	23.4k	4-112k	10-54k	1-8k	5-25k	1-3k	3-147k

注：LC 为 Logic Cells。

资料来源：紫光同创，安路科技，易灵思，高云半导体，智多晶，京微齐力，Xilinx，东兴证券研究所

28nm 的中低容量市场替代加速进行。中容量 FPGA 主要指逻辑单元在 100k-500k 的 FPGA，主要应用集中在无线通信的空口侧、工业、汽车、A&D 领域，中容量市场不追求最高的性能，性能和功耗同等重要，对成本亦有一定要求。而低容量 FPGA 市场如前文提到的，逻辑单元<100k，要求极致的低成本和低功耗。紫光同创、安路科技、智多晶均在 2020 年推出了 28nm 的 FPGA 产品，主要对标 Xilinx 的 7 系列产品，例如 2010 年推出的 Artix 7 和 Kintex 7，除了 Xilinx 外，Altera/Intel 在 2011-2013 年间推出的 Cyclone V 和 Arria V，以及 Lattice 的 CertusPro-NX 和 Certus-NX，亦是国产替代的目标。目前，大部分本土 FPGA 厂商在 28nm 的中低容量市场具有成熟的产品，替代有望加速进行。

表4：28nm 性价比&中低容量 FPGA 替代加速进行

性价比&中低容量替代	紫光同创	安路科技	智多晶	Xilinx			Lattice	
系列	Logos-2	Phonix	Seal 5000	Spartan 7	Artix 7	Kintex 7	CertusPro-NX	Certus-NX
制程	28nm	28nm	28nm	28nm	28nm	28nm	28nm	28nm
LC	26-239k	70-400k	32-366k	6-102k	12-215k	65-477k	52-96k	17-39k
Transceiver MAX Speed	6.6Gb/s	12.5Gb/s	13.1Gb/s	无	6Gb/s	12.5Gb/s	10Gb/s	-

注：LC 为 Logic Cells。

资料来源：紫光同创，安路科技，智多晶，Xilinx，Lattice，东兴证券研究所

我们看到，部分厂商推出了 22nm 的 FPGA，对 28nm 的中低容量 FPGA 替代优势明显。国内厂商如京微齐力的 22nm FPGA 产品 HME-P2，逻辑单元数在 50k。而高云在 2022 年 9 月推出的 Aurora V，是其 22nm 的 FPGA 产品，逻辑单元数为 138k。Xilinx 在 20/22nm 节点的产品代际为 UltraScale 系列，目前仅有 Kintex UltraScale 和 Virtex UltraScale 两个产品，均为中高密度 FPGA。因此，国内厂商推出的 20/22nm 产品主要考虑对赛灵思 28nm 的 Artix7、Kintex 7 和 Zynq 7000，Altera/Intel 28nm 的 Arria V 以及 Lattice 28nm 的 Crosslink-NX 进行替代。

表5：20/22nm 产品可以替代 Xilinx 7 系列产品

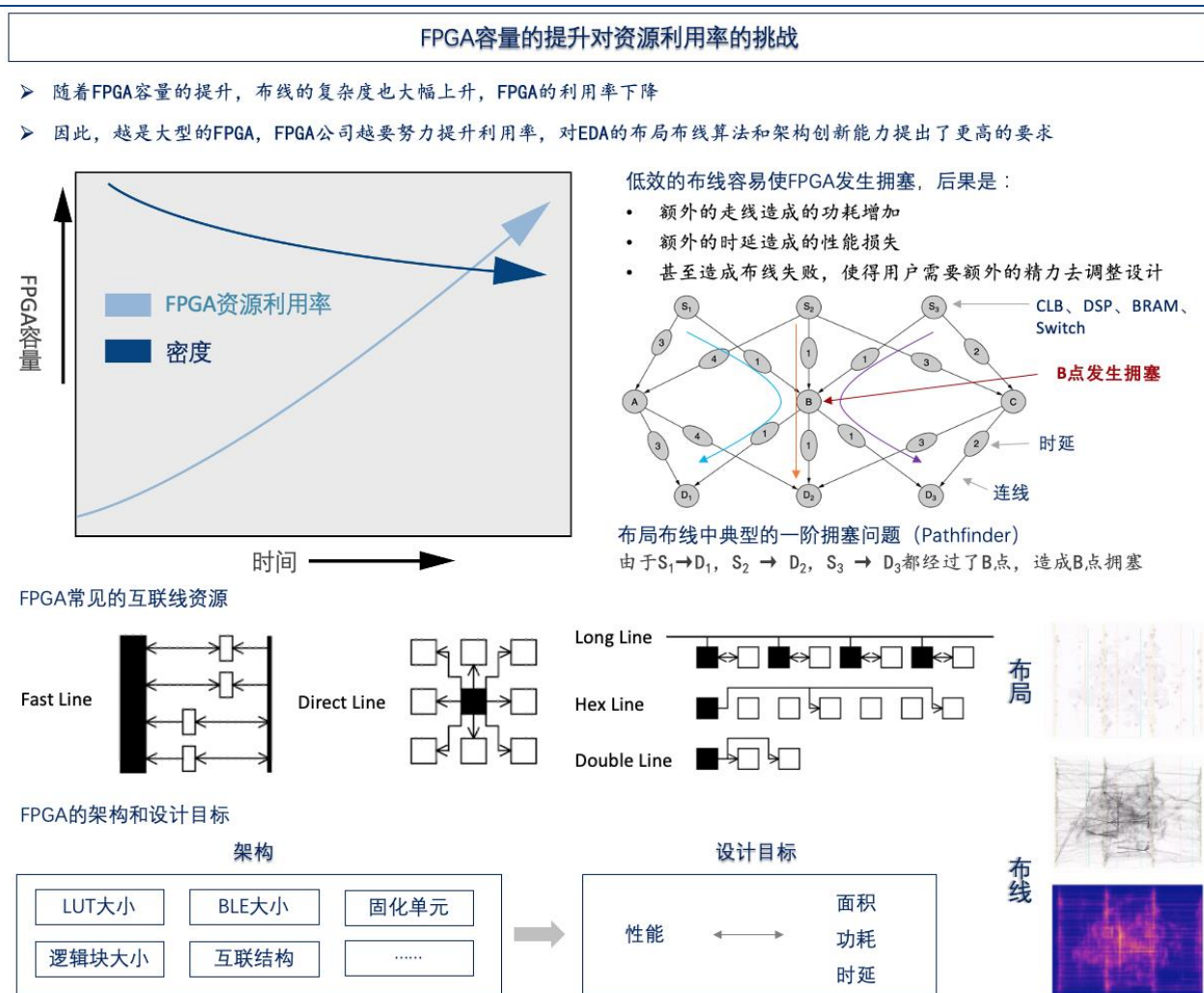
20/22nm 替代	高云	京微齐力	Xilinx	
系列	Aurora V	HME-P2	Kintex 7	Kintex UltraScale
制程	22nm	22nm	28nm	20nm
LC	15-138k	50k	65-477k	318-1,451 k
Transceiver MAX Speed	12.5Gbps	-	12.5Gb/s	16.3Gb/s

注：LC 为 Logic Cells。

资料来源：高云半导体，京微齐力，Xilinx，东兴证券研究所

500K 以上的高容量 FPGA 是目前国产替代的难点，在技术上，需要 FPGA 厂商在硬件架构、EDA 效率和 IP 能力三个维度上的能力发展。高容量 FPGA 一般指逻辑单元在 500K 以上的 FPGA，典型容量在 700K 甚至 1000K 以上，其难点不仅在于硬件上的架构优化，还在于和架构配套的 EDA 软件在大容量 FPGA 的布局布线效率，以及诸如高速收发器、DDR 接口、MIPI 等的 IP 硬核的性能。

图3：随着 FPGA 容量不断提升，FPGA 公司必须努力提升资源利用率，布局布线算法是重中之重



资料来源：Xilinx，University of California，McMurchie & Ebeling，VTR，东兴证券研究所绘制

其中，最重要的是解决 EDA 软件在大规模 FPGA 的布局布线问题，这是因为，随着 FPGA 容量的提升，布线的复杂度也大幅上升，FPGA 的利用率往往出现下降。布局布线算法的效率成为 FPGA 性能提升的瓶颈。目前，学界和业内都致力于解决这一问题。越是大型的 FPGA，FPGA 公司越要努力提升器件的利用率，需要在 EDA 和架构上有很高的创新能力。好的 FPGA 架构，除了合理安排 LUT 大小、BLE 大小、逻辑块大小外，互联网络的配合也非常重要。这是由于 FPGA 中 90% 的面积都是用于可编程布线，关键路径时延中 80% 都是布线时延，这使得互联网络对于功耗和性能都非常重要。低效的布线容易使 FPGA 发生拥塞，额外造成的走线会增加功耗、额外的时延会损失性能，甚至会造成布线失败，使得用户需要花费更多精力去调整设计。因此，在大容量 FPGA 的国产突破上，最重要的是解决 EDA 软件的布局布线问题。

除了技术难度高外，高容量 FPGA 市场的进入难度也比较大。由于高容量 FPGA 的应用场景通常对应大型的系统设计，例如安防视频、通信的基带侧、仪器仪表、多媒体广播、医疗影像、仿真验证等领域，客户的试错成本非常高，一般不会轻易更换现有方案。

3. Xilinx 是如何完成市占率 30%到 50%的跃迁的？我们从中能学到什么？

1998-2003 年 5 年时间，Xilinx 的市占率从 30%逐年攀升至 50%。1998 年开始，赛灵思的市场份额从 30%逐年攀升，在 2003 年达到了 50%，市场上其他厂商的份额连年下降，而最大的竞争对手 Altera 在这期间没有吃到任何科网泡沫后出清的红利，市占率更是从最高的 34%直接掉到 31%。

我们认为，Xilinx 能在 5 年的时间内获得近 20%的市场份额提升，主要原因是：1) Xilinx 吃到了周期下行行业出清的红利；2) Xilinx 对 FPGA 市场发生的转变做出了非常好的竞争策略应对，在最关键的时候做了正确的事情；3) 头号竞争对手 Altera 在 1998-2002 年 CPLD 主业面临困境，并出现了明显的战略失误，让出了部分市场。

Altera 在 1998-2002 年面临的困境和战略失误：1) 优势市场 CPLD 被低容量 FPGA 替代：2000 年后优势产品 CPLD 的市场遇阻，不断被小容量 FPGA 替代，CPLD 业务增长停滞，2002-2014 年，CPLD 收入从 2.2 亿美元下滑到 2014 年的 1.5 亿美元；2) 产品定义问题：2000 年推出的 Excalibur 在产品定义上偏离市场需求，使得 Altera 在 0.18/0.15 μm 节点份额陡降至 20%，此前一直维持的与赛灵思 6-4 分成的格局变为 8-2 分成；3) 战略失误：公司过于聚焦在高性能 FPGA 领域打败 Xilinx，没有意识到 2000 年后低成本 FPGA 正在发生的机会，直到 2002 年才推出了低成本的 Cyclone，差点错失了这一重要市场。

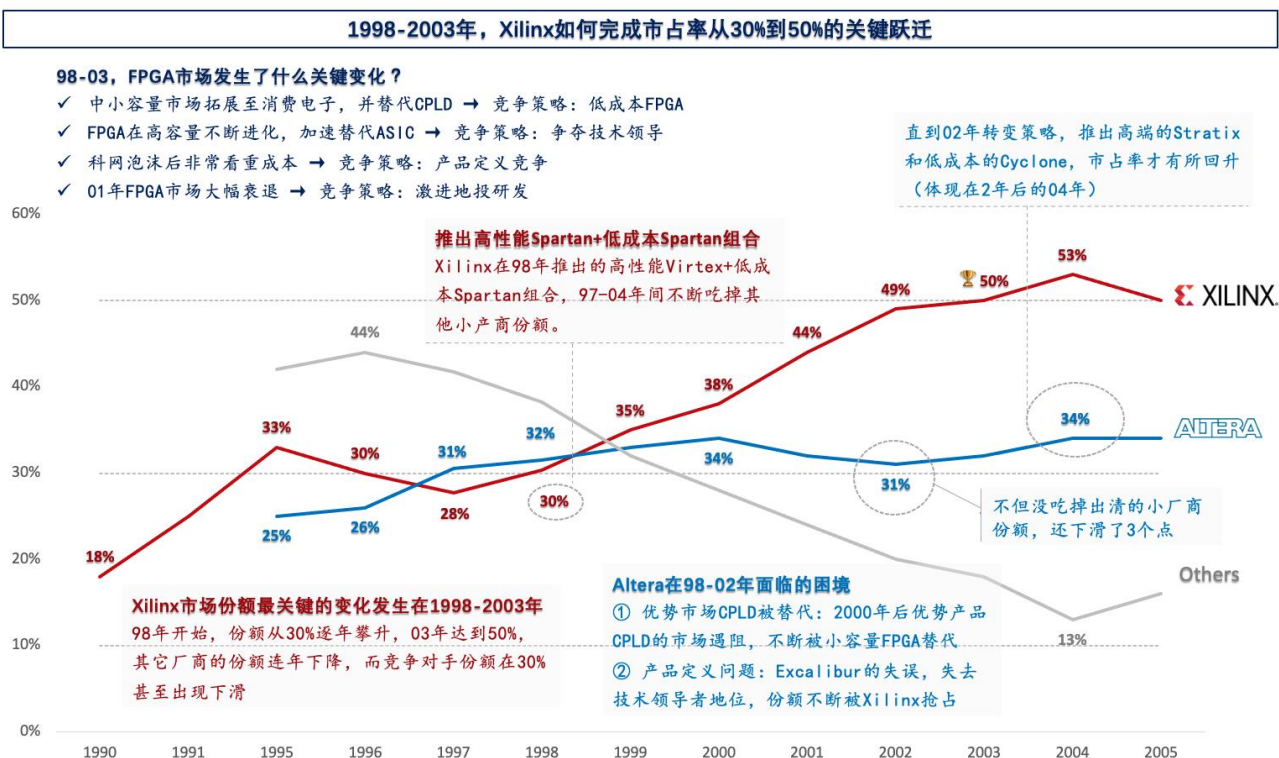
1998-2003 年，FPGA 市场发生了下面四大变化，Xilinx 均做到了正确的应对：

变化一：ASIC 逐渐被 FPGA 替代，竞争策略是成为技术领导者。正如我们在系列四提到的，对于从 ASIC 转移到 FPGA 进行量产的客户来说，选择技术领导者的 FPGA 是出于降低量产风险、提升竞争力的考虑。因此 FPGA 厂商的竞争策略就是努力使自己成为技术领导者，以获得更多的新客户。技术领先具体体现在：1) **在容量上。**90 年代初，复杂的电子系统要求百万门级的规模，大多使用标准单元和门阵列实现，而 FPGA 当时容量只有 20-50 万门，无法进入高端市场。鉴于此，FPGA 厂商纷纷在门级数上展开竞争，以拓展在高端市场的份额。通过 LUT 输入数量、簇结构、互联形式等的架构改善，辅之以摩尔定律的推动，FPGA 的密度和速度得以飞速提升。在激烈的门级数竞争中，Xilinx 和 Altera 先后在 90 年代末跨越 100 万门的限制，开始加速替代门阵列、标准单元和 ASIC。1997 年，采用 ASIC 设计的件数一度高达 1.1 万件，而在 Xilinx 于 1998 年推出了 50 万门的 XC4000XV 后，这一数字便开始逐年下降。Xilinx 在此阶段越来越领先于竞争对

手，门级数的相对优势愈发明显，1999 年 9 月，Xilinx 推出的 Virtex-E 门级数高达 320 万，是竞争对手 Altera 的两倍；2) 在制程上。1998-2003 年间，除了 0.13 μm 外，Xilinx 在 0.35 μm 、0.25 μm 、0.22 μm 、0.18 μm 、90nm 节点都是业内首发，巩固了技术领导者地位。2003 年推出的 90nm Spartan-3，通过提供业内最先进的制程、低功耗和比肩 ASIC 的低成本，在数字电视、低成本组网、车载通信、电脑外设这些低价但大批量的市场开始替代 ASIC。Xilinx 凭借 Virtex 对传统高端 ASIC 市场的替代，以及价格低至 \$2.5/片的 Spartan 对低价的大批量 ASIC 市场的替代，不断侵蚀 ASIC 市场，市场份额逐年攀升。2001 年，采用 ASIC 设计的件数在 2001 年下滑至 5000 件不到，而在 2002-2007 年 5 年期间，FPGA 市场的规模从 15 亿美元增长至 34 亿美元，翻倍增长。

变化二：低成本愈发重要，竞争策略是推出定义准确的低成本 FPGA。2000 年后，经历了科网泡沫的客户，将成本提到了和性能一样重要的位置，不愿意像之前一样为昂贵的 FPGA 买单。而在竞争激烈的消费电子市场，低成本特别重要，FPGA 在此前往往不是最佳选择。随着 90 年代中后期 Fabless 模式成熟，FPGA 成本下降，Xilinx 开始思考将 FPGA 下游应用从通信等高性能市场，扩展至消费等的低成本但量大的市场。Xilinx 通过两个方法降低成本：1) 通过采用先进制程减少芯片尺寸和功耗。例如，2003 年推出的 Spartan 3 是业内第一个 90nm FPGA，芯片尺寸比 130nm 的产品降低了 80%。同年，Xilinx 将 Virtex 家族转移到联电的 12 寸晶圆产线，是业内首个采用 12 寸线的公司，使得成本降低了 30%；2) 精简产品。Xilinx 在 Spartan 上去掉不必要的高速收发器、DSP 等单元，以进一步降低成本，并通过激进的降价抢占市场，结果就是 Spartan 系列获得了市场的广泛认可。1999 财年，Spartan 收入不到 1000 万美元，而在 2007 年，Spartan 收入接近 5 亿美元，相当于每年以 50%+ 的速度增长，并为公司贡献了四分之一收入，成为公司第二大收入来源（第一大收入来源是 Virtex，占比约 50%）。

图4：1998-2003，Xilinx 在竞争策略上完全符合当时市场的关键变化，使得市占率从 30%跃升到 50%

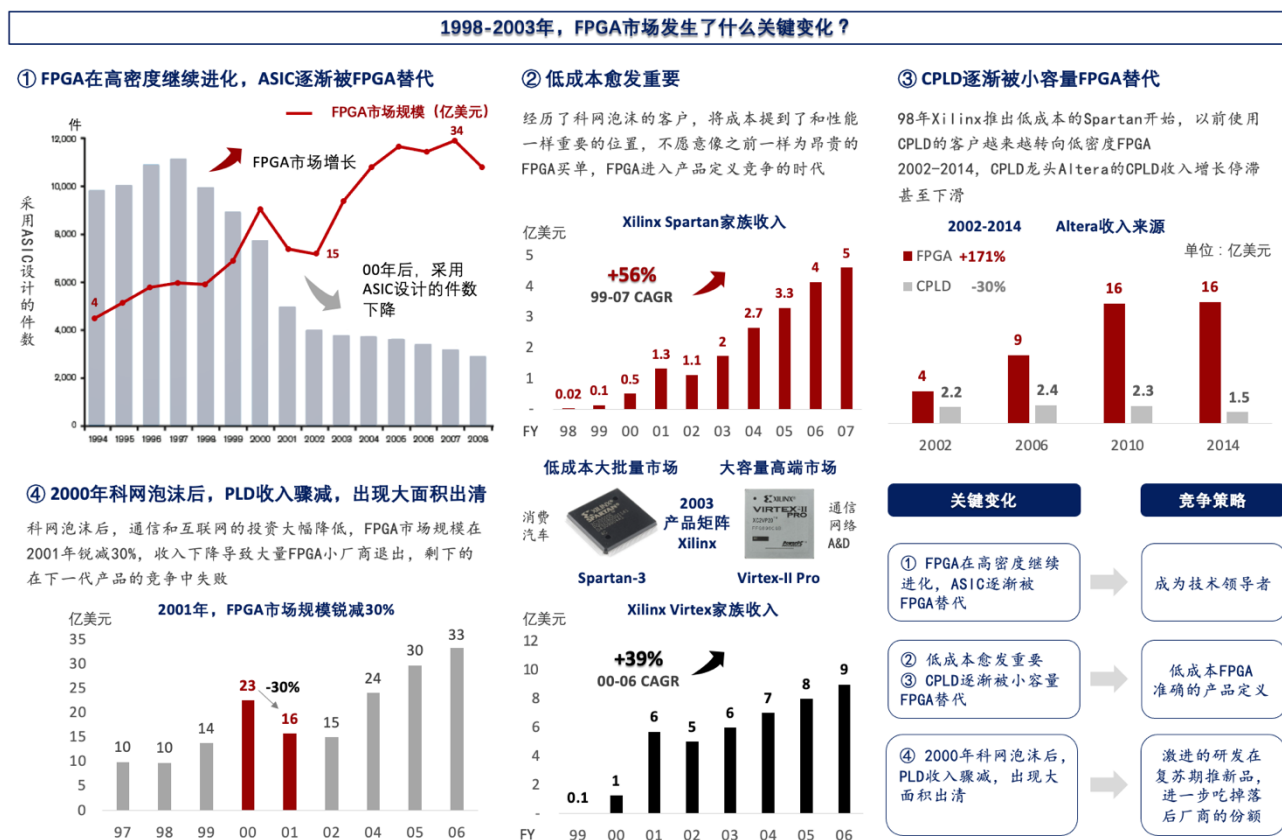


资料来源：Xilinx, Altera, Dataquest, iSuppli, EETimes, Pace Technologies, 东兴证券研究所绘制

变化三：小容量FPGA 拓展至消费领域，开始替代CPLD。90 年代，FPGA 一向针对高密度的可编程市场，而 CPLD 则针对低容量低功耗的应用，因此，Xilinx 和 Altera 当时均遵循“FPGA+CPLD”双轮驱动的发展策略。然而，在 1998 年，Xilinx 推出了低成本的 Spartan 系列，通过精简功能，并迁移到更先进制程、降低电压，FPGA 的价格和功耗进一步下探到可以和 CPLD 竞争的程度，FPGA 开始替代 CPLD。98 年到 01 年，FPGA 市场增长了 17%，而 CPLD 市场几乎 0 增长。特别在 2000 年科网泡沫后，CPLD 市场受到的冲击比 FPGA 还要大，之前使用 CPLD 的客户越来越转向低密度 FPGA，使得 CPLD 龙头 Altera 的 CPLD 业务增长停滞，2002-2014 年，Altera 的 CPLD 收入从 2.2 亿美元下滑到 2014 年的 1.5 亿美元。

变化四：2000 年科网泡沫后，行业份额进一步集中，Xilinx 在下行期激进地投研发，在复苏期推出新品，进一步扩大份额。2000 年，PLD 市场增长了 60%，达到 1990 年以来 10 年的巅峰。然而，2000 年 Q4 开始，北美电信运营商开始大幅削减资本开支，2001 年 Q1 开始，Xilinx 的分销商和客户都出现了过量的库存，通信下游开始了长达两年的库存修正。科网泡沫的破裂使得 FPGA 市场规模在 2001 年锐减 30%，Xilinx 和 Altera 在 2001 年收入都同比减少了 40%，并出现历史首次并且唯一一次的亏损，市场规模的下降亦导致大量 FPGA 小厂商退出。然而，Xilinx 在 2001 财年继续激进地投研发，维持和 2000 财年收入高峰期一样 2 亿美元的水平。在行业复苏时推出新品，包括在 2003 年 4 月推出的业内首个 90nm 的 FPGA Spartan-3，以及

图5：1998-2003，FPGA 市场的四大变化



注：Xilinx 的财年结束日在每年的 4 月初，例如 FY1998 通常指日历 1997 年 4 月初到 1998 年 3 月末的期间；Altera 的财年与自然年同步。全文年份及季度如无标注 FY 均为日历年。

资料来源：Xilinx, Altera, Gartner, IDC, Dataquest, In-sat, 东兴证券研究所绘制

将 Virtex 家族转移到 12 寸线，以降低 30% 的成本。而对于许多 FPGA 小厂商来说，2001 年收入的大幅下降导致无力投下一代研发，在复苏期面对 Xilinx 的新一代产品进一步落后，市场份额进一步被龙头侵蚀。

目前国产替代可以从 Xilinx 的历史份额跃迁学到什么？我们认为最重要的替代策略是通过技术领先快速抢占客户，以及更准确的产品定义。目前在 FPGA 领域的国产替代相当于重新分配客户，因为美国制裁的原因，正在或即将面临无 FPGA 可用的客户愿意花费巨大的转换成本使用国产厂商的产品，打破了 FPGA 以往“技术领先-客户锁定-规模经济-更多研发投入”这一正向循环链条中的客户锁定环节。在这其中，我们认为突破点在于技术领先，做到包括制程、产品性能、定义、EDA 软件能力、自研 IP 的能力这几个维度上“五边形”式的领先。领先业内其它玩家的程度越大，后期市场份额能拉开的差距就越大。正如 Xilinx 在每一代制程、容量、性能都做到了领先，才能不断吸引从 ASIC 转换到 FPGA 方案的客户。此外，和客户进行良好的沟通非常重要，可以避免产品定义失败对市场份额的拖累，研发和市场团队对客户需求把握的正确程度越高，产品失败的风险越低。一旦能推出大批量出货的产品，凭借 FPGA 的 EDA 对客户的强绑定特点，前期抢占的客户基本很难被转移。借此形成的稳定需求可以支撑下一代新品的推出，巩固自身的竞争优势。

4. 未来：向≤16nm、SoC FPGA 及更高容量进军，生态培养是重点

未来，国产 FPGA 替代主要朝两个方向发展：1) 以高容量和更先进制程为特征的高端 FPGA；2) SoC FPGA。为了实现这个目标，本土 FPGA 厂商不仅需要硬件架构的创新，还需要 EDA 软件和自研 IP 能力的提升，以及更完善的国产应用生态培养。

高端 FPGA 市场格局更加清晰，龙头往往能获得大比例份额。虽然低端 FPGA 市场规模最大，但是进入壁垒相对较低，在位企业难以产生垄断性的优势。此外，随着未来 10 年 FPGA 向 16nm 及更先进节点迁移，目前 FPGA 本土厂商需要考虑的是在更先进节点占据先发优势。正如我们在系列报告四中提到的，高端 FPGA 市场格局往往更加干净，长期被 Xilinx 和 Altera 两家 FPGA 厂商瓜分，在赛灵思制程领先的情形下，甚至可以保持 18 个月的 100% 份额垄断。因此，高端 FPGA 是本土厂商想要快速成长所必须要进入的市场。

目前，本土 FPGA 制程已推进到≤16nm。16nm FPGA 主要对标 Xilinx 的 UltraScale+ FPGA，例如 2015 年推出的 Kintex UltraScale+，2016 年推出的 Virtex UltraScale+，2021 年推出的 Artix UltraScale+，以及即将推出的 Spartan UltraScale+。易灵思于 2020 年 7 月推出了 16nm FPGA 产品钛金系列，最高逻辑单元数达到 176k，是国产 FPGA 在 16nm 的首发。此外，紫光同创也已在 2022 年推出了新一代 FPGA Titan-3。

表6：14/16nm 替代已经开始

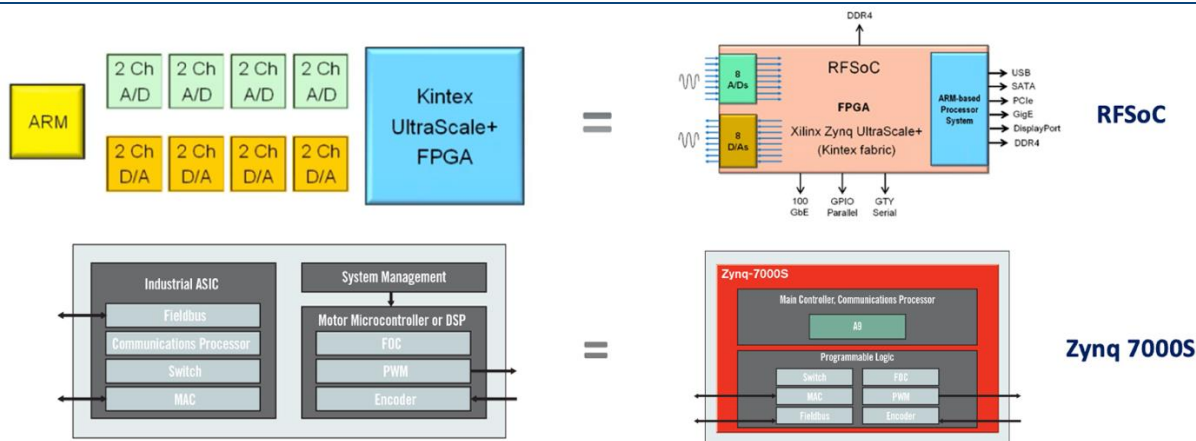
中低容量	易灵思	Xilinx				Lattice
系列	钛金	Spartan UltraScale+	Artix UltraScale+	Kintex UltraScale+	Virtex UltraScale+	Avant
制程	16nm	16nm	16nm	16nm	16nm	16nm
LC	36-176k	即将推出	82-308k	356-1,843k	862-8,938k	262-637k
Transceiver	16Gb/s	-	16.3Gb/s	32.75Gb/s	58Gbps	26.56 Gb/s

注：LC 为 Logic Cells，Transceiver 指收发器最高速率

资料来源：易灵思，Xilinx，Lattice，东兴证券研究所

SoC 可以有效减少系统面积，提升性能，集成度提升的背后是电子系统对性能的不断追求。例如，赛灵思 Zynq UltraScale+ RFSoc 替代了以往 1 片 ARM+4 对 AD/DA+1 片 Kintex UltraScale+ 的方案，面积减少 50%，功耗降低 30%-40%，成本降低 40%-60%，时延比 JESD204 降低 80%-90%。其 Zynq-7000S 系列，广泛用于工业的电机控制，相比传统的 ASIC+MCU/DSP 方案，性能提升 40 倍，而系统成本降低 20%，功耗降低 20%。

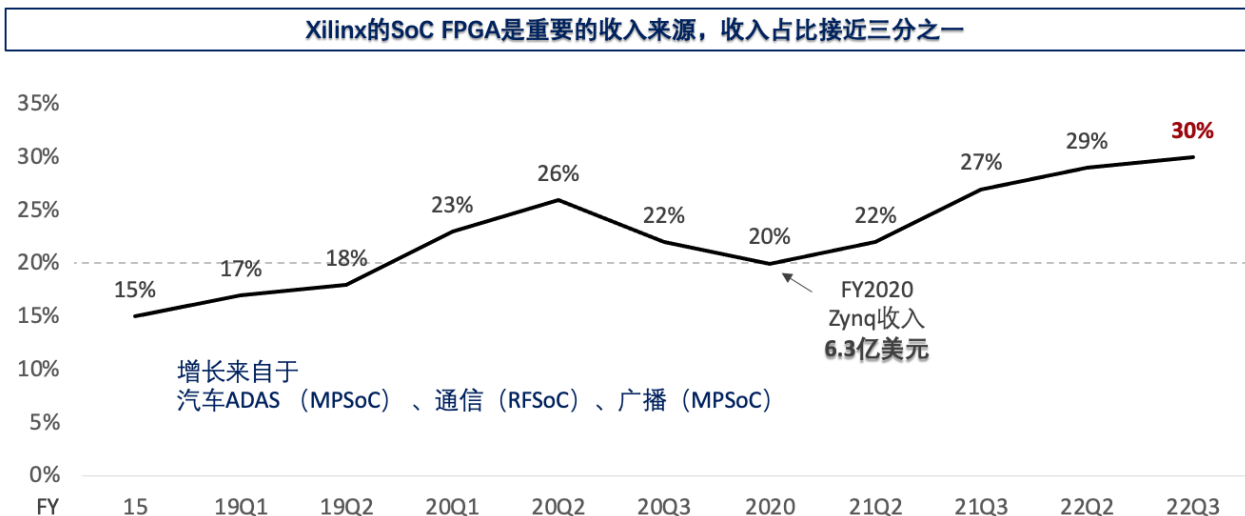
图6: Xilinx 的 RFSoc 方案可以减少板上 50%的面积



资料来源: Xilinx, Pentek, 东兴证券研究所

SoC FPGA 是龙头赛灵思收入的重要来源，收入占比接近三分之一。赛灵思在 2011 年 3 月首次推出了其 SoC FPGA Zynq 7000，高集成度的方案广受市场欢迎。在 2015 年 9 月，赛灵思又推出了第二代的 Zynq 产品 Zynq UltraScale+ MPSoc，针对汽车 ADAS、多媒体、医疗影像等的应用，当年 Zynq 系列占收入比例达到了 15%。随后，赛灵思在 2017 年 2 月推出了 Zynq UltraScale+ RFSoc，是业内唯一能够嵌入 AD/DA 的

图7: SoC FPGA Zynq 系列推出后迅速增长，近年收入贡献接近三分之一



注: 从 22Q2 开始, SoC 收入占比包括了 Zynq 和 ACAP Versal (之前仅有 Zynq); Xilinx 的财年结束日在每年的 4 月初, 例如 FY1998, 通常指日历 1997 年 4 月初到 1998 年 3 月末的期间, FY22Q3 对应 CY21Q4, FY22Q4 对应 CY22Q1。

资料来源：Xilinx，东兴证券研究所绘制

SoC FPGA，在通信领域快速增长。Zynq 系列收入从 FY19Q1 的 17%，爬升至 FY20 的 20%，并成为主要的收入增长来源。2020 财年，Zynq 收入为 6.3 亿美元，在 FY21Q3，Zynq 收入占比高达 27%。FY22Q3，Zynq 和 2018 年推出的 Versal，合计为赛灵思贡献了 30% 的收入。

目前，Xilinx 的 SoC FPGA 已经发展至大型的异构计算平台。Xilinx 的 SoC FPGA 产品主要有 4 个系列，分别是 2011 年推出的 28nm Zynq 7000，2015 年推出的 16nm Zynq UltraScale+ MPSoC，2017 年推出的同代际 RFSoc，以及 2018 年开始陆续推出的 7nm Versal ACAP 系列。Xilinx 的 Zynq 7000 通常是低成本的工业控制和工业视觉应用方案，而 MPSoC 则广泛用于安防、音视频广播、医疗影像、AI 推理、激光雷达等领域，RFSoc 以 RF-AD/DA，以及支持 LDPC 和 Turbo 编码的 SD-FEC 硬核为特色，主要用于 5G 无线通信网络、雷达、卫星、无人机等领域。

其中，Xilinx 最新的 Versal ACAP 系列拥有目前 FPGA 的最高水平，主要有 5 个系列：1) Versal AI Edge 主要针对汽车、广播、A&D 中的低时延推理场景，低至 44k 的逻辑单元可完成边缘侧 AI 推理；2) Versal AI Core 主要针对数据中心和无线通信；3) Versal Prime 拥有 LPDDR5 和 DDR5 接口，主要针对测试测量及下一代无线通信场景；4) Versal Premium 搭载了最高速率的收发器（112Gb/s PAM4），可以提供高达 363 TOPS (INT8) 的算力。其中，2023 年 6 月 27 日推出的 VP1902，是目前世界上最大的 FPGA，逻辑单元数高达 18,507k，为上一代产品 VU19P (Virtex UltraScale+) 的两倍，主要应用在商业半导体仿真平台，为 Nvidia GPU 等超大型芯片完成原型设计和验证；5) Versal HBM 在 Versal Premium 的基础上搭载了 HBM2e，主要针对数据中心加速计算，在今年 9 月实现量产。

表7：Xilinx SoC FPGA 已经发展至大型的异构计算平台

	Zynq 7000	Zynq UltraScale+ MPSoC	Zynq UltraScale+ RFSoc	Versal ACAP
推出时间	2011.03	2015.09	2017.02	2018.10
制程	28nm	16nm	16nm	7nm
处理器	单核/双核 Arm Cortex A9 最高主频 1GHz	应用处理器：双核/四核 Arm Cortex A53，最高主频 1.3GHz； 实时处理器：双核 Arm Cortex R5F，最高主频 533MHz	四核 Arm Cortex A53，最高主频 1.3GHz； 双核 Arm Cortex R5F，最高主频 533MHz	双核 Arm Cortex A72 双核 Arm Cortex R5F AI 引擎
LC	23-444k	81-600k	328-930k	AI Edge: 44-1,139k AI Core: 540-1,968k Prime: 329-2,233k Premium: 833-18,507k HBM: 3,837-5,631k
其它硬核	LPDDR2/DDR3 接口等	LPDDR4/DDR3 接口、 H.264/H.265 编解码等	RF AD/DA、SD-FEC 等	112Gb/s Transceiver 等
应用领域	工业控制、工业视觉	音视频、医疗影像、AI 推理、激光雷达、ADAS 传感器融合	无线通信、雷达、卫星、无人机	数据中心加速计算、边缘 AI、半导体仿真

注：LC 为 Logic Cells；Xilinx RFSoc 的 SD-FEC 硬核支持 5G 的 LDPC 和 Turbo 编码；Xilinx 的 SoC 详细应用请查看我们的 FPGA 系列报告三

资料来源：Xilinx，东兴证券研究所

多家本土 FPGA 厂商在今年开始发布 SoC FPGA 产品，加快 SoC FPGA 替代进程。紫光同创在今年 6 月推出了其 SoC FPGA 最新系列 Kosmo 家族，将高性能的双核 ARM Cortex-A53 嵌入到了 FPGA 中，逻辑单元高至 349k，拥有 MIPI RX、TX，以及 DDR4/LPDDR4 等接口。安路科技在今年 11 月最新发布的 Dragon1 PSoC，集成了双核 ARM Cortex-A35 以及 AI NPU。高云半导体在今年 8 月亦发布了 22nm 的 GW5AST-138，嵌入了晶心科技的 A25 RISC-V 处理器硬核，此前亦有集成了 Arm Cortex-M1 硬核的小规模 SoC FPGA 量产。此外，智多晶、京微齐力亦有嵌入了 ARM 硬核的 SoC FPGA 产品。总体来说，本土 SoC FPGA 在集成度、性能等维度和海外龙头依然有巨大的差距，处于替代前期。然而，在客户需求把握上本土厂商更具优势，可以针对细分应用场景，推出更符合客户需求的 SoC FPGA。

表8：国产 SoC FPGA 进展

SoC 进展	紫光同创	安路科技	高云	智多晶	京微齐力
系列	KOSMO	DRAGON 1	Aurora V SoC	SA5Z-30	HME - H7P20
推出时间	2023.06	2023.11	2023.08	2021	-
制程	-	-	22nm	28nm	22nm
LC	86k, 349k	95k	138K	30k	20k
处理器	ARM 双核 Cortex-A53	双核 ARM Cortex-A35 单核 RISC-V AI NPU	晶心科技 A25 RISC-V	ARM Cortex-M3	ARM Cortex-M3 MCU

注：LC 为 Logic Cells。仅统计具有处理器硬核的 SoC FPGA。

资料来源：紫光同创，安路科技，高云半导体，智多晶，京微齐力，东兴证券研究所

5. 国内有哪些优秀的 FPGA 厂商？

目前，国产 FPGA 主要参与者有紫光同创、复旦微电、紫光国微、安路科技、高云半导体、易灵思、西安智多晶、京微齐力等。

5.1. 紫光同创（Pango）：国产 FPGA 龙头

紫光同创（Pango Micro，深圳市紫光同创电子有限公司）总部位于在深圳，拥有北京、上海、成都等研发中心，注册资本 5 亿元，总投资超过 40 亿元，是国家高新技术企业，拥有高中低端全系列产品，产品覆盖通信、工业控制、图像视频、消费电子等应用领域。目前，公司员工总人数超过 800 人，其中 80% 为研发人员，团队规模大、技术实力雄厚；知识产权申请超过 500 项、核心知识产权申请占比近 80%。2023 年，紫光同创被认定为国家级专精特新“小巨人”企业。

公司是国产 FPGA 龙头，软硬件能力均衡，正稳步走向高端 FPGA 替代。根据公司披露，2022 年收入超 15 亿元，较 2021 年同比增长近 90%，全年实现净利润超过 3 亿元，是国产 FPGA 的龙头。公司深度受益于 FPGA 国产替代，从 2018 年收入不到 1000 万元，仅用 4 年时间收入超 15 亿元。目前，公司拥有 28nm 高容量 FPGA 产品 Titan-2，逻辑单元最高达 365k，目前正在不断拓展容量。公司亦在 2022 年新推出了新一

代 FPGA Titan-3，在今年 6 月推出了其 SoC FPGA 产品 Kosmo 系列，正逐步走向高端 FPGA 的替代。紫光同创的 EDA 软件为 Pango Design Suite（PDS），经过多年发展迭代性能大为改善，用户使用体验较好。

表9：紫光同创 FPGA 产品情况

系列	Titan-3	Titan-2	Titan	Logos-2	Logos	Compa	Kosmo
类型	FPGA					CPLD	SoC FPGA
制程	-	28nm	40nm	28nm	40nm	55nm	-
推出时间	2022	2021	2016	2020	2017	2018	2023
LC	-	72-365k	174k	26-239k	12-102k	1-10k	86k, 349k
场景	通信、视频		通信、工控、视频、消费、测试测量		通信、工业控制、消费	板级管理控制、IO扩展	通信、工业控制、汽车
EDA	Pango Design Suite（PDS）						

资料来源：紫光同创，东兴证券研究所

5.2. 安路科技（688107.SH，Anlogic）

安路科技（688107.SH，Anlogic，上海安路信息科技股份有限公司）成立于 2011 年 11 月，总部位于上海张江高科技园区，2021 年在科创板上市。公司具备 FPGA 芯片硬件和 FPGA 编译软件的自主研发能力，专注于研发通用可编程逻辑芯片技术及系统解决方案。公司目前 EDA 软件为 Tang Dynasty，以及针对 SoC FPGA 开发的 Future Dynasty。2022 年，公司营业收入 10.4 亿元，同比增长 53.57%；实现归属于母公司所有者的净利润 5,982.80 万元，同比实现扭亏为盈。

公司正在逐步拓展产品矩阵，于今年底推出 SoC 新品。公司目前的产品有高性价比 Phoenix、低功耗的 Eagle、低成本的 ELF，SoC FPGA 拥有 Dragon 和 Swift 系列。其中，Dragon1 是在今年 11 月发布的 PSoc，集成了高性能的双核 ARM Cortex-A53 以及 AI NPU，相比上一代 SoC 在容量和集成度上都有大幅提升。主要应用下游包括工业控制、通信、消费电子领域。在车规 FPGA 方面，公司已完成研发，目前正在进行客户导入。

表10：安路科技产品情况

系列	Phoenix	ELF3	ELF2	Eagle	DRAGON 1	SWIFT1
类型	FPGA				SoC FPGA	
制程	28nm	55nm	55nm	55nm	-	-
推出时间	2020	2019	2018	2016	2023	2022
LC	70-400k	1.5-11k	1.5-4.5k	23.4k	95k	6k
处理器	/	/	/	/	双核 ARM Cortex-A35 单核 RISC-V AI NPU MIPI D-PHY	RISC-V DSC 硬解码模块、PSRAM 及 PSRAM 硬核控制器等
场景	工业控制、通信	板级 IO 扩展应用	工业控制、通信接入、显示驱动		工业视觉、电子后视镜 视频处理、消费电子低功耗等	SoC

EDA

Tang Dynasty, Future Dynasty

注：SWIFT（海燕），DRAGON（飞龙），Eagle（猎鹰），ELF（小精灵），Phoenix（凤凰）

资料来源：安路科技，东兴证券研究所

5.3. 高云（GoWin）：车规 FPGA 布局领先

高云半导体（GoWin，广东高云半导体科技股份有限公司）成立于 2014 年，总部位于广州，目前公司拥有员工 200 余人，在广州、上海、济南设有研发中心。公司核心骨干来自于 Lattice 等国际著名 FPGA 公司，拥有 15 年以上实战经验，亲历国内外数代 FPGA 芯片硬件、EDA 软件、IP 研发及市场、销售、技术支持等工作。公司目前拥有 55nm 的 Aurora（晨熙）及 22nm 的 Aurora V、55nm 的 LittleBee（小蜜蜂）以及 USB 总线转接 ASSP 芯片 GoBridge 三大产品线，已经在汽车、工业控制、电力、通信、医疗、数据中心等应用领域规模量产。

公司目前处于 B+轮融资。2022 年 5 月 18 日，高云完成总规模 8.8 亿元的 B+轮融资，由广州湾区半导体产业集团领投并成为第一大股东，广东粤澳半导体产业投资基金及上海半导体装备材料产业投资基金跟投。

目前，公司拥有 22nm 的 FPGA 产品线。公司于 2015Q1 规模量产出国内第一款产业化的 55nm 工艺 400 万门的中密度 FPGA 芯片，2016Q1 顺利推出国内首颗 55nm 嵌入式 Flash SRAM 的非易失性 FPGA 芯片，2017 年实现 FPGA 芯片的规模出货，2019 年，发布国内第一颗 FPGA 车规芯片，并实现规模量产。

表11：高云半导体 FPGA 产品情况

系列	Aurora V	Aurora	LittleBee	Aurora V Soc
类型	FPGA	FPGA	FPGA; SoC FPGA	SoC FPGA
制程	22nm	55nm	55nm	22nm
推出时间	2022	2016	2016	2023
LC	15-138k	20-54k	1-8k	138K
处理器	-	-	ARM Cortex-M3	RISC-V 晶心科技 A25 硬核
场景	通信，工业，安防监控，视频图像，医疗，汽车等		消费、工业控制、汽车等需要低功耗、低成本、瞬时启动的场景	通信、视频、工控等
EDA	云源			

注：Aurora（晨熙），LittleBee（小蜜蜂）

资料来源：高云半导体，东兴证券研究所

公司车规 FPGA 布局国内领先，目前有 7 款车规 FPGA。根据公司官网资料，小蜜蜂、晨熙和 Aurora V 家族均有推出车规的 FPGA 芯片，目前合计推出了 7 款车规 FPGA。小蜜蜂家族车规 FPGA 逻辑单元在 10k 以内，Aurora V 亦家族有 22nm 的车规级芯片，逻辑单元目前最高达 138k。高云的车规 FPGA 应用场景包括智能座舱、新能源车动力系统、可视后视镜（CMS）系统、360 环视、盲区监控、车联网、多分区背光仪表盘等，并实现在国内外车企数十款车型中批量出货。

表12：高云半导体车规级 FPGA 的情况

产品系列	LittleBee			Aurora		Aurora V	
器件	GW1N-2	GW1N-4	GW1N-9	GW2A-18	GW2A-55	GW5A-25	GW5AT-138
制程	55nm	55nm	55nm	55nm	55nm	22nm	22nm
LC	2k	4.6k	8.6k	20k	54k	23k	138k
IO	125	218	276	384	608	239	312
Transceiver	-	-	-	-	-	-	12.5Gb/s
其它硬核	-	-	-	-	-	MIPI DPHY、DDR3	MIPI DPHY CPHY、DDR3

注：“IO”指 MAX GPIO，“Transceiver”指收发器最高速率

资料来源：高云半导体，东兴证券研究所

5.4. 易灵思（Elitestek）：16nm FPGA 国内首发

易灵思（Elitestek）于 2020 年 03 月 30 日成立，总部位于深圳市前海深港合作区南山街道，核心团队来自于业内著名公司，平均行业经验 25 年。公司目前拥有 40nm 的 FPGA Trion 系列，以及 16nm 的 FPGA 钛金系列，主要应用在工业、汽车、消费等领域，EDA 软件为自主开发的 Efinity。

公司是国产 16nm FPGA 首发。2020 年 7 月，公司推出了 16nm 产品钛金系列（TJ-Series），是本土厂商中首先推出≤16nm 制程 FPGA 的公司。目前公司最高容量的 FPGA 为 Ti180，根据公司披露，在 2023 年底即将推出 Ti375 FPGA，支持 16G Serdes，容量进一步提升至 375K 逻辑资源。

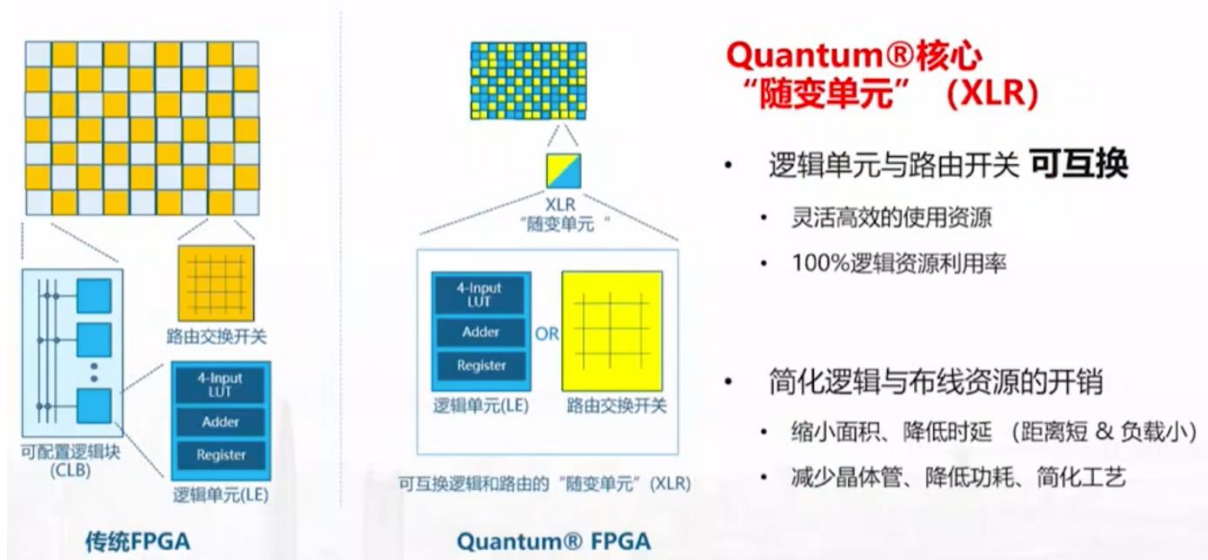
表13：易灵思 FPGA 产品情况

系列	钛金	Trion
类型	FPGA	FPGA
制程	16nm	40nm
推出时间	2020	2018
LC	36-176k, 375k 即将推出	4-112k
硬核	LPDDR4、DDR3、MIPI DPHY 等	MIPI-CSI 等
场景	激光雷达、传感器融合、安防、工业视觉等	工业相机、红外成像，工业伺服、LED 显示、毫米波雷达等
EDA	Efinity	

资料来源：易灵思，东兴证券研究所

公司提出了独特架构 Quantum，可以减少芯片尺寸和功耗。在易灵思的 Quantum 架构中，相当于传统 FPGA 中逻辑单元角色的 XLR 单元，可以在布局布线时考虑变为交换单元使用，因此可以节省多余的资源开销，使得 FPGA 能达到 100% 的逻辑资源利用率。此外，在同样的逻辑资源下，同种的半导体工艺制程有更小的芯片面积和功耗。

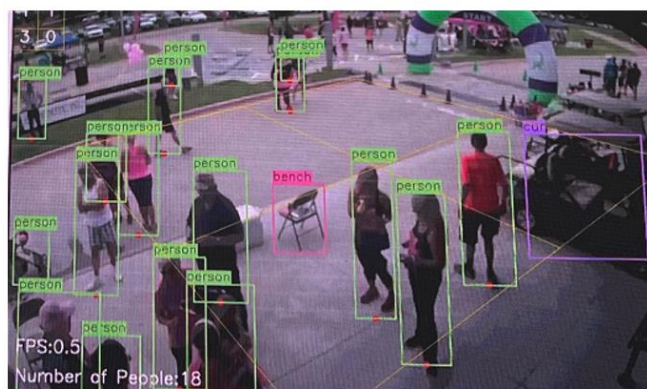
图8：易灵思的专利架构 Quantum，特点在于其逻辑单元可在布局布线阶段成为交换单元



资料来源：易灵思，东兴证券研究所

易灵思是国内少数能提供 AI 开发平台的 FPGA 公司。易灵思的 TinyML AI 加速平台，基于 16nm TJ180 FPGA, 实现视觉输入、ISP & AI 加速、显示输出端到端, 可进行活体检测。TJ180 FPGA 合封 2Gbit LPDDR4, 提供 MIPI 2.5G 硬核, LPDDR4x 3000Mbps 硬核, 在 400-500MHz 性能表现下, 功耗水平远低于同规模竞品。活体检测使用了 75% 逻辑资源, 250MHz 全局时钟, 功耗仅 1.2W。TinyML 平台简化了硬件加速过程并且不需要任何第三方工具, 支持开源的 RISC-V 内核, 并提供 TensorFlow 模型转换, 通过 C/Python 即可, 实现 FPGA 的 AI 加速部署。

图9：易灵思的 TinyML 平台支持多个 AI 模型



使用易灵思FPGA实现YOLO-v5目标检测模型

模型：YOLO-v5

FPGA：TJ180A484S (LPDDR4X) 或Ti60F100

功耗：300mW 以内超低功耗

AI框架：Elitestek TinyML, 免费提供

目前支持的模型

模型	框架	应用
Yolo	Darknet	行人检测
Mobilenetv1	Tensorflow	行人检测
ResNet	Tensorflow	图像分类
DS-CNN	Tensorflow	关键词检测
MediaPipe	Tensorflow	人脸关键点检测
Deep AutoEncoder	Tensorflow	异常检测

资料来源：易灵思，东兴证券研究所

车规 FPGA 方面，公司已有 4 款量产产品。目前，易灵思已量产 4 颗车规级 FPGA，分别是 16nm 的 Ti35 和 Ti60，40nm Trion 系列的 T13 和 T20，均已通过 AEC Q100 认证，针对激光雷达、毫米波雷达、传感器融合、电子泵 PWM 驱动等场景。

表14：易灵思目前已量产 4 颗车规 FPGA，用于激光雷达、毫米波雷达等领域

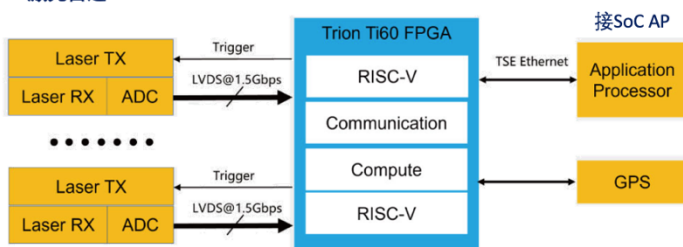
车规 FPGA	钛金		Trion	
器件	Ti35	Ti60	T13F169/T13F256	T20F169/T13F256
制程	16nm	16nm	40nm	40nm
LC	36k	62k	13k	20k
其它硬核	-	-	MIPI CSI-2	MIPI CSI-2
标准	AEC Q100			
应用场景	-	激光雷达	毫米波雷达	传感器融合、电子泵 PWM 驱动

资料来源：易灵思，东兴证券研究所

易灵思的车规 FPGA 在激光雷达和毫米波雷达已有应用。易灵思的 16nm 的 FPGA Ti60，可以用于单线/多线的激光雷达中，在 SoC 和激光阵列之间，负责向激光器发送驱动信号，以及处理反射回来的激光信号，完成测距和测速功能。40nm 的 FPGA T20 可以用于毫米波雷达接收模组，负责对毫米波雷达传感器的数据进行处理，再送入到 TI 的域控制器芯片 TDA2x。

图10：易灵思车规 FPGA 已应用在激光雷达和毫米波雷达

► 激光雷达

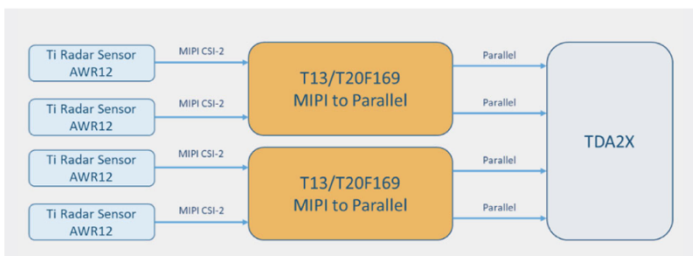


易灵思Ti60 FPGA

用于单线/多线激光雷达，负责测距、测速，生成点云数据以及主机通信

- ✓ 60K逻辑容量，多达163个可用IO
- ✓ 支持MIPI 1.5G CSI-2/DSI、RISC-V软核
- ✓ 内置存储器BRAM，2.62Mb容量
- ✓ 超低功耗，超高性能（Fmax可达到400MHz以上）

► 毫米波雷达接收模组



易灵思T20F169Q4 FPGA

雷达信号通过MIPI CSI-2接入，易灵思的T13/T20进行并行的数据处理，再送入TI的域控制器SoC TDA2X做下一步处理

- ✓ 车规芯片，为Grade 2级别
- ✓ 20K逻辑容量，多达73个可用IO
- ✓ 支持MIPI 1.5G CSI-2/DSI、RISC-V软核
- ✓ 内置存储器BRAM，2.62Mb容量
- ✓ 支持超低功耗，超高性能（Fmax可达到400MHz以上）

资料来源：易灵思，东兴证券研究所

5.5. 复旦微电（688385.SH, 1385.HK, Fudan Micro）

复旦微电（688385.SH, 1385.HK）于 1998 年 7 月在上海复旦大学成立，2000 年于香港上市，2021 年于 A 股科创板上市，股东包括上海国资委、复旦大学等。公司以安全芯片起家，将产品依次拓展到电表 MCU、存储和 FPGA 等业务。

公司业务分为 5 大板块：1) 安全与识别芯片，主要包括 RFID 及智能卡芯片，2022 年收入占比 28%；2) 非挥发存储器，主要包括 EEPROM、NOR Flash、SLC NAND Flash，占比 27%；3) FPGA 及其他芯片，占比 22%；4) 智能电表芯片，主要为电表 MCU 芯片，占比 17%；5) 集成电路测试服务，由子公司华岭负责集成电路测试服务，占比 6%。

表15：复旦微 FPGA 产品情况

公司	典型 28nm 制程产品	等效逻辑单元	收发器速率	收发器数量
赛灵思	7 系列（Virtex-7 XC7VX1140T）	1,139 K	13.1 Gbps	96
复旦微	“骐”系列	700 K	13.1 Gbps	80

资料来源：复旦微电招股说明书，东兴证券研究所

5.6. 紫光国微（002049.SZ, Guoxin Micro）

紫光国微（002049.SZ）隶属紫光集团旗下，是中证 100 指数成份股企业。2022 年，公司营业收入 71.20 亿元，同比增长 33.28%；归属于上市公司股东的净利润 26.32 亿元，同比增长 34.71%。

公司主要收入来自于：1) 特种集成电路，包括 FPGA、模拟、存储等特种芯片，2022 年收入占比 66%，主要由子公司深圳国微负责；2) 智能安全芯片，占比 30%，主要由紫光同芯微负责；3) 晶体元器件，占比 4%，由唐山国芯晶源负责，2023 年 9 月已剥离；4) 新推出的半导体功率器件业务。

紫光同创为公司参股公司，最新持股比例 29.2%，不并表。2018 年 7 月 26 日，紫光新才和聚仁投资以现金向紫光同创增资 2.51 亿元，紫光同创注册资本由 1.5 亿元增加至 3.0 亿元，并于 2018 年 8 月 6 日完成工商变更登记。至此，鉴于紫光新才在紫光同创董事会中拥有多数表决权，紫光同创自 2018 年 8 月起不再纳入公司的合并报表范围。目前，公司对紫光同创最新持股比例为 29.2%

5.7. 智多晶（Intelligent Silicon）

智多晶（Intelligent Silicon，西安智多晶微电子有限公司）成立于 2012 年，总部位于西安，在北京设立有 EDA 软件研究中心，目前员工数共 90 人。创始团队拥有三十多年丰富的 FPGA 设计制造经验，曾就职于海外该领域领先企业，并担任多个专业方向技术带头人。目前，公司在 LED 显示领域取得了诺瓦星云等客户的认可。公司的 EDA 为海麒麟 HqFPGA，系 2017 年收购北京飘石科技后获得。

公司在今年 9 月完成 E 轮融资。2023 年 9 月，智多晶微电子完成了数亿人民币的 E 轮融资，由上汽集团旗下的尚颀资本、上汽创永基金联合领投，上海联创、唐兴科创等共同投资，募集的资金智多晶微电子将主要用于先进制程 14nm/7nm 高端 FPGA 产品的生产、研发以及引进人才、市场开拓等。

公司目前拥有海豹、海狮、海鸥三大产品线。目前，Seal 5000（海豹）为公司的 28nm FPGA，于 2020 年推出，最高容量为 366k 逻辑单元，嵌入了 12 位 ADC 和 DDR3 接口等硬核，主要应用场景为 LED 显示，工业控制等领域。Sealion 2000（海狮）为公司 55nm FPGA 系列，主要面向工业和消费的低成本场景。公司还拥有 CPLD Seagull 1000（海鸥）系列。此外，Seal 5000 中的 SA5Z-30 系公司的 SoC FPGA，在 2021 年推出，嵌入了 ARM Cortex-M3 硬核，逻辑单元 30k，面向通信和工业等的低功耗场景。

表16：西安智多晶 FPGA 产品情况

智多晶	Seal 5000	Sealion2000	Seagull 1000	Seal 5000 (SA5Z-30)
类型	FPGA	FPGA	CPLD	SoC FPGA
制程	28nm	55nm	0.162μm	28nm
推出时间	2020	2018	2012	2021
LC	32-366k	5-25k	/	30k
硬核	DDR3、12 位 ADC 等	-	/	ARM Cortex-M3
场景	LED 显示	工业、消费	电机驱动控制、针式打印机等	通信、工业等低功耗场景
EDA	海麒麟 HQFPGA			

注：Seal（海豹），Sealion（海狮），Seagull（海鸥）

资料来源：西安智多晶，东兴证券研究所

5.8. 京微齐力（Hercules Micro）

京微齐力（Hercules Micro，京微齐力科技股份有限公司）于 2017 年 06 月 12 日成立，总部设于北京，目前员工人数 82 人，前身是 2005 年成立的京微雅格，是国内较早进入自主研发、规模生产、批量销售通用 FPGA 芯片及新一代异构可编程计算芯片的企业之一。目前京微齐力已被认定为北京“专精特新”企业和北京市“小巨人”企业。公司 EDA 软件为福晞。公司在去年 6 月完成战略融资。2022 年 6 月，京微齐力完成数千万元战略融资，该轮融资由上海科创/海望资本、上海岫亭企业管理合伙企业、中关村发展启航资金共同参投。2021 年，公司亦获得 Pre-A 轮融资，由海康基金领投。

公司目前拥有 H、P、R、M 四个 FPGA 系列。H 系列定位为高性价比 FPGA，拥有高速 MIPI，主要应用于 LED 显示、工业控制的场景；P 系列拥有更大容量 FPGA，应用在工业相机、伺服驱动、安防等场景；R 系列主打低功耗、低成本、小封装，主要应用在板级功能扩展；M 系列主要为低成本的 SoC FPGA 应用。

公司 H1 系列于今年 10 月通过车规认证。2023 年 10 月 31 日，公司的 H1 系列的 H1D03L128 通过 AEC Q100 Grade 2 的测试，为公司首颗通过车规认证的 FPGA，主要针对视频 MIPI 桥接场景。

表17：京微齐力 FPGA 产品情况

京微齐力	H7	H1 (H1D03)	P2	R3	M7
类型	FPGA; SOC FPGA	FPGA（车规）	FPGA; SOC FPGA	FPGA	SoC FPGA
制程	22nm	40nm	22nm	40nm	65nm
推出时间	2023	2019	2022	2014	2014
LC	12k	3k	50k	1-3k	12k
硬核	Cortex-M3 MCU	8051	Cortex-M3 MCU	-	Cortex-M3 CPU

场景	LED 显示、TCON、工业控 视频 MIPI 桥接 制	工业相机、伺服驱动、安防等	功能拓展	PLC、无人机飞控
EDA	福晞			

注：H（大力神），P（飞马），河（R），M（华山）。

资料来源：京微齐力，东兴证券研究所

6. 风险提示

下游需求不及预期，中美贸易摩擦加剧。

相关报告汇总

报告类型	标题	日期
行业深度	如何理解 FPGA 商业模式？龙头竞争优势的来源？——“FPGA 五问五答”系列报告四	2023-12-25
行业深度	FPGA 在各行业究竟用在哪里？未来哪个下游最有机会？——“FPGA 五问五答”系列报告三	2023-12-25
行业深度	FPGA 和 CPU、GPU 有什么区别？为什么越来越重要？——“FPGA 五问五答”系列报告二	2023-4-17
行业深度	FPGA 提供了什么价值？——“FPGA 五问五答”系列报告一	2023-4-17

资料来源：东兴证券研究所

分析师简介

分析师：李美贤

中国人民大学硕士，2019 年 7 月加入东兴证券研究所，从事通信及电子研究，关注新兴科技领域，重点覆盖 AI、云计算、工业互联网等产业链。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写,东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料,我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司及报告作者在自身所知情的范围内,与本报告所评价或推荐的证券或投资标的的存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下,我公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易,也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本报告版权仅为我公司所有,未经书面许可,任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发,需注明出处为东兴证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用,未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导,本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和责任。

行业评级体系

公司投资评级 (A 股市场基准为沪深 300 指数, 香港市场基准为恒生指数, 美国市场基准为标普 500 指数):
以报告日后的 6 个月内, 公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义:

强烈推荐: 相对强于市场基准指数收益率 15% 以上;

推荐: 相对强于市场基准指数收益率 5%~15% 之间;

中性: 相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间;

回避: 相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

行业投资评级 (A 股市场基准为沪深 300 指数, 香港市场基准为恒生指数, 美国市场基准为标普 500 指数):
以报告日后的 6 个月内, 行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义:

看好: 相对强于市场基准指数收益率 5% 以上;

中性: 相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间;

看淡: 相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

东兴证券研究所

北京

西城区金融大街 5 号新盛大厦 B 座 16 层

邮编: 100033

电话: 010-66554070

传真: 010-66554008

上海

虹口区杨树浦路 248 号瑞丰国际大厦 5 层

邮编: 200082

电话: 021-25102800

传真: 021-25102881

深圳

福田区益田路 6009 号新世界中心 46F

邮编: 518038

电话: 0755-83239601

传真: 0755-23824526