



中国无锡
Wuxi China



WUXI XISHAN



中国计算机互连技术联盟
CCTA



DeToolIC
-甬芯德图-

第二届中国互连技术与产业大会

先进封装及系统应用EDA技术展望

宁波德图科技有限公司

蒲波 博士 创始合伙人|技术副总经理

2022.12 无锡



中国无锡
Wuxi China



WUXI XISHAN



中国计算机互连技术联盟
CCTA

目录

Contents

第一章

先进封装技术的背景和趋势

第二章

电子设计自动化 (EDA) 的发展和现状

第三章

先进封装时代下的EDA挑战和创新



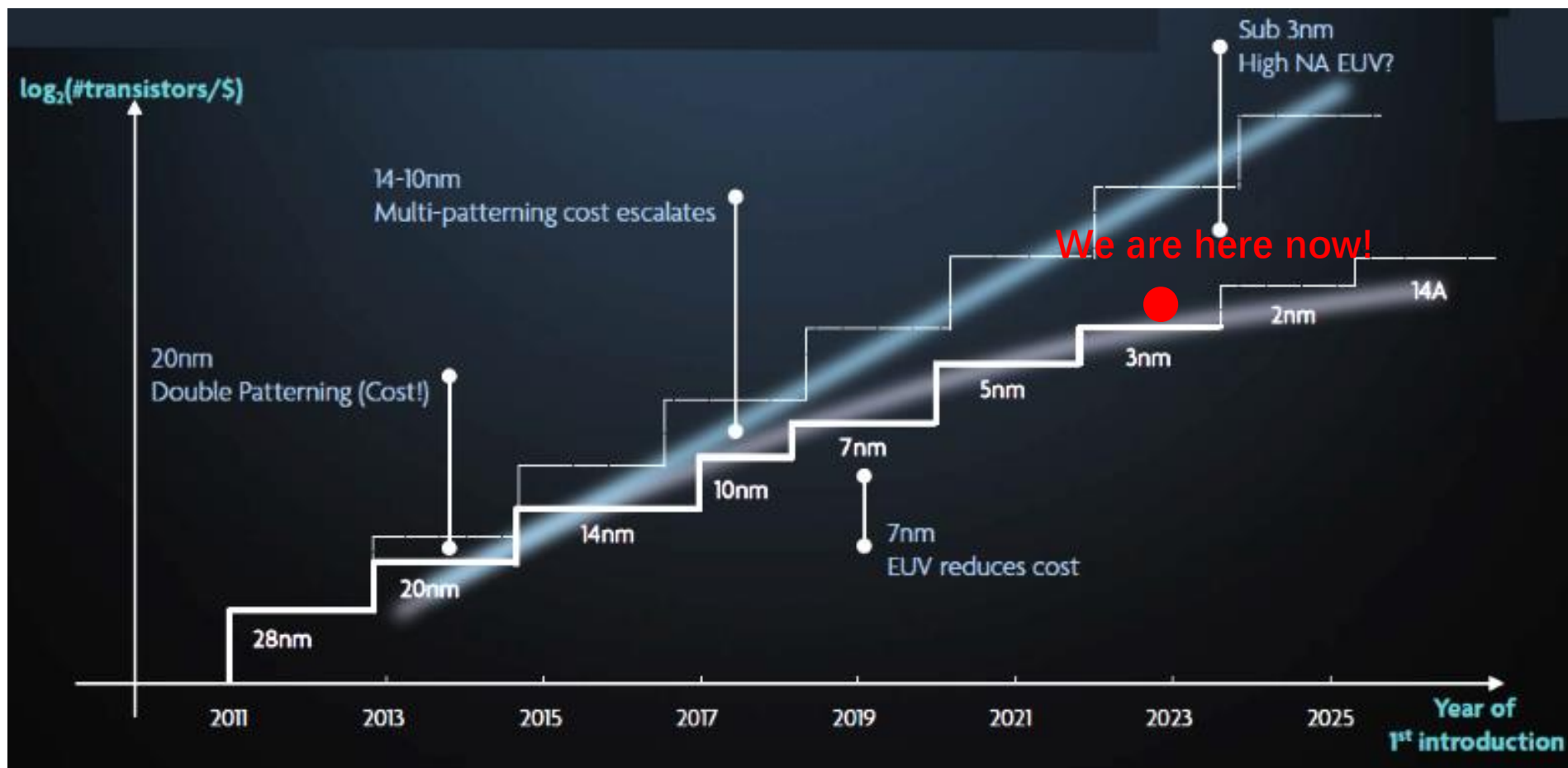
中国计算机互连技术联盟
CCITA

1

先进封装技术的背景和趋势

半导体制程挑战：即将面临摩尔定律极限

➤ 2022年迈入3纳米量产时代，距离1纳米的极限一步之遥，后摩尔时代如何走？



数据来源：IMEC



高速互连挑战：信号速率即将跨过200Gbps

➤ 超高速信号传输对于芯片、封装和单板工程设计和仿真都是巨大的挑战

Relentless Advancement – Switch Silicon Bandwidth

Represents a combination of multiple chip families and architectures to provide historical context and future projections

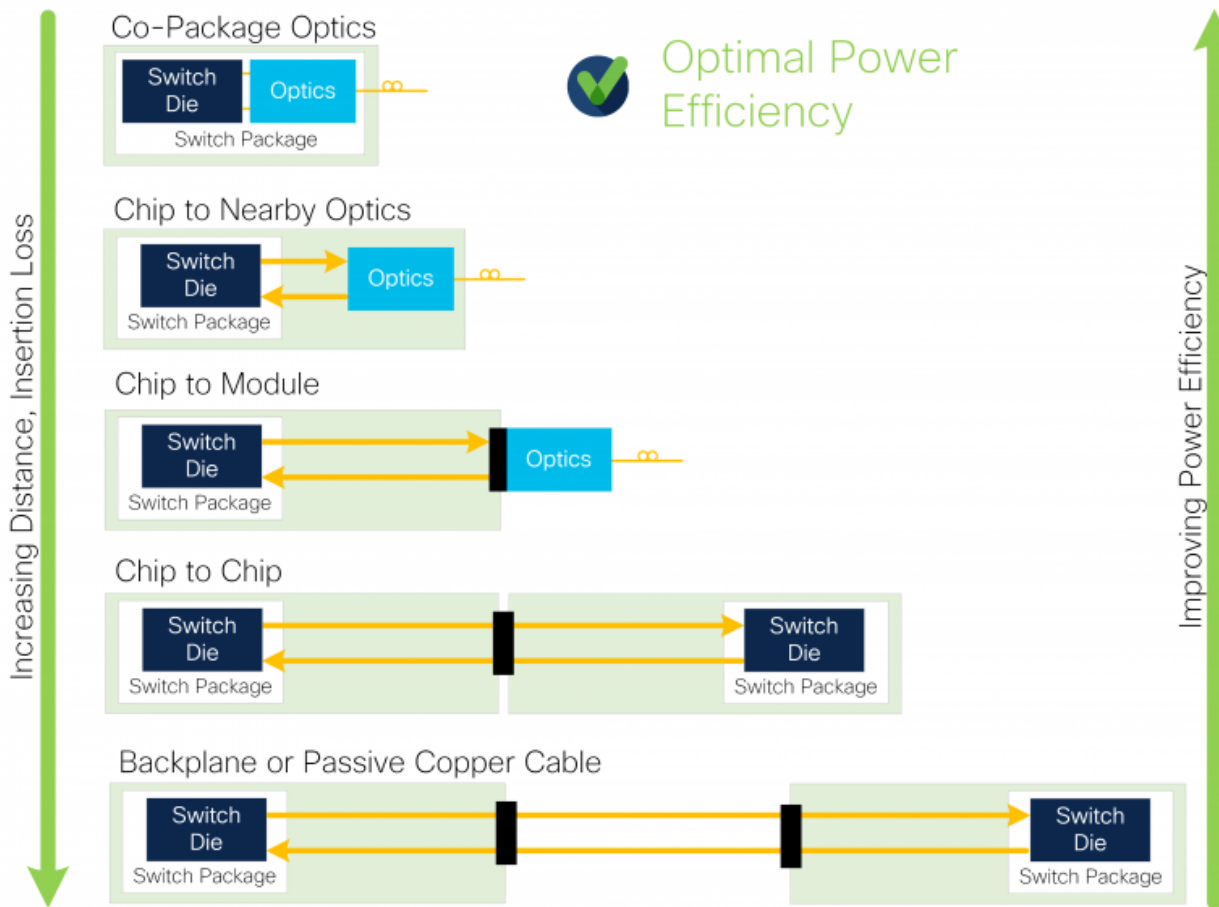


系统功耗挑战：功耗效率由更复杂的集成来提高

➤ 系统设计通过缩短传输距离来追求更低的功耗

数据传输距离增加

损耗增加



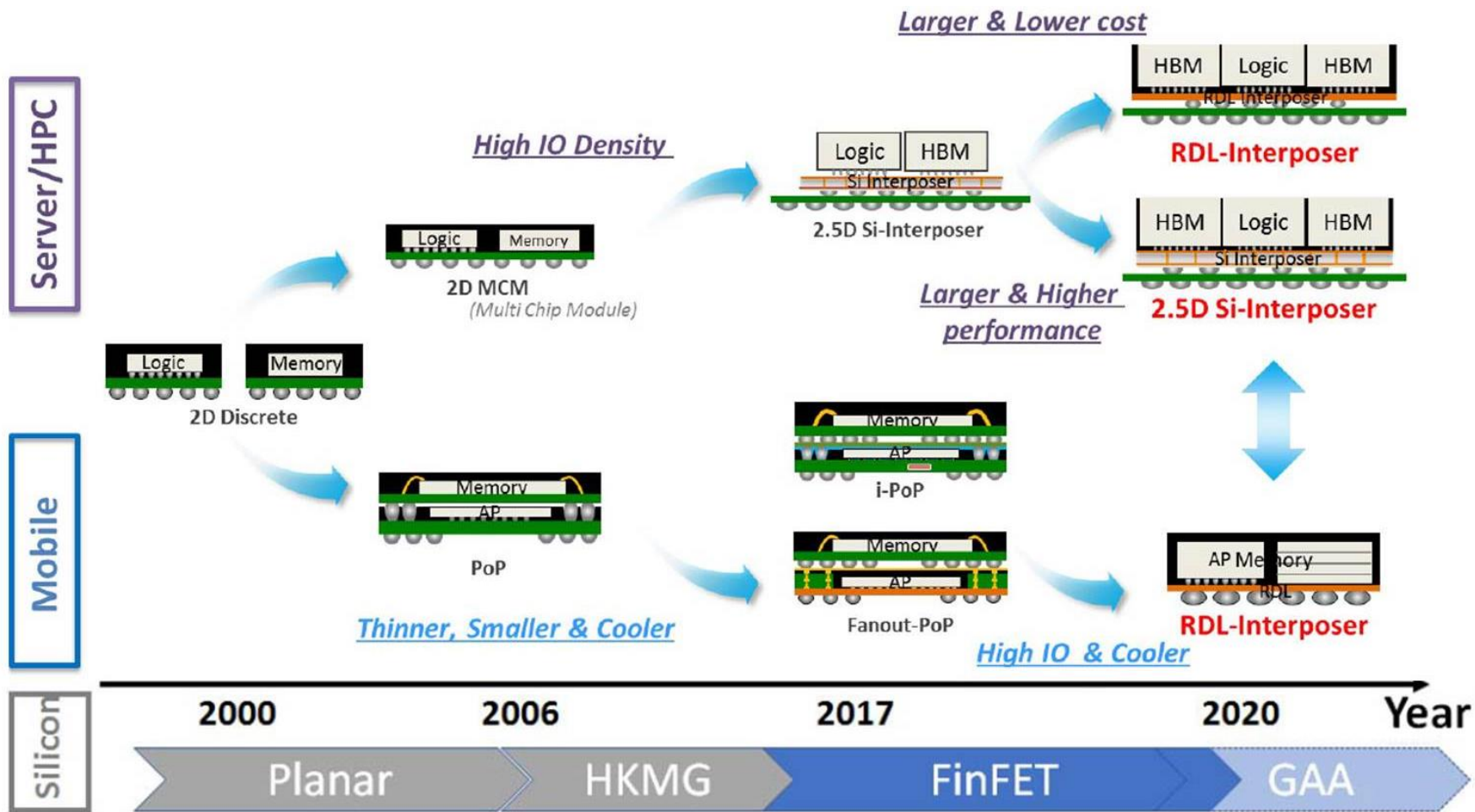
提高电源效率

更高更复杂的系统集成

数据来源：Cisco

先进封装挑战：传统2维到2.5维/3维复杂集成

➤ 异构集成，芯粒（Chiplet）等新架构层出不穷，超越摩尔定律



数据来源： Samsung

产业界先进封装技术的演进

Advanced Package	Year	2D/2.5D/3D	Function Density	Applications	Major Manufacturers
1 FOWLP	2009	2D	Low	Smartphones, 5G, AI	Infineon/NXP
2 INFO	2016	2D	Medium	iphones, 5G, AI	TSMC
3 FOPLP	2017	2D	Medium	Mobile devices, 5G, AI	SAMSUNG
4 EMIB	2018	2D	Medium	Graphics, HPC	Intel
5 CoWoS	2012	2.5D	Medium	Hign end Server, Hign end Enterprise, HPC	TSMC
6 HBM	2015	3D+2.5D	High	Graphics, HPC	AMD/ NVIDIA/Hynix/ intel/ SAMSUNG
7 HMC	2012	3D	High	Hign end Server, Hign end Enterprise, HPC	Micron/SAMSUNG/IBM/ARM/ MicroSoft
8 Wide-IO	2012	3D	Medium	Hign end Smartphone	SAMSUNG
9 Foveros	2018	3D	Medium	Hign end Server, Hign end Enterprise, HPC	Intel
10 Co-EMIB	2019	3D+2D	High	Hign end Server, Hign end Enterprise, HPC	Intel
11 TSMC-SoIC	2020	3D	Very High	5G, AI, Wearable or mobile devices	TSMC
12 X-Cube	2020	3D	High	5G, AI, Wearable or mobile devices	SAMSUNG

PoP, PiP 技术时代

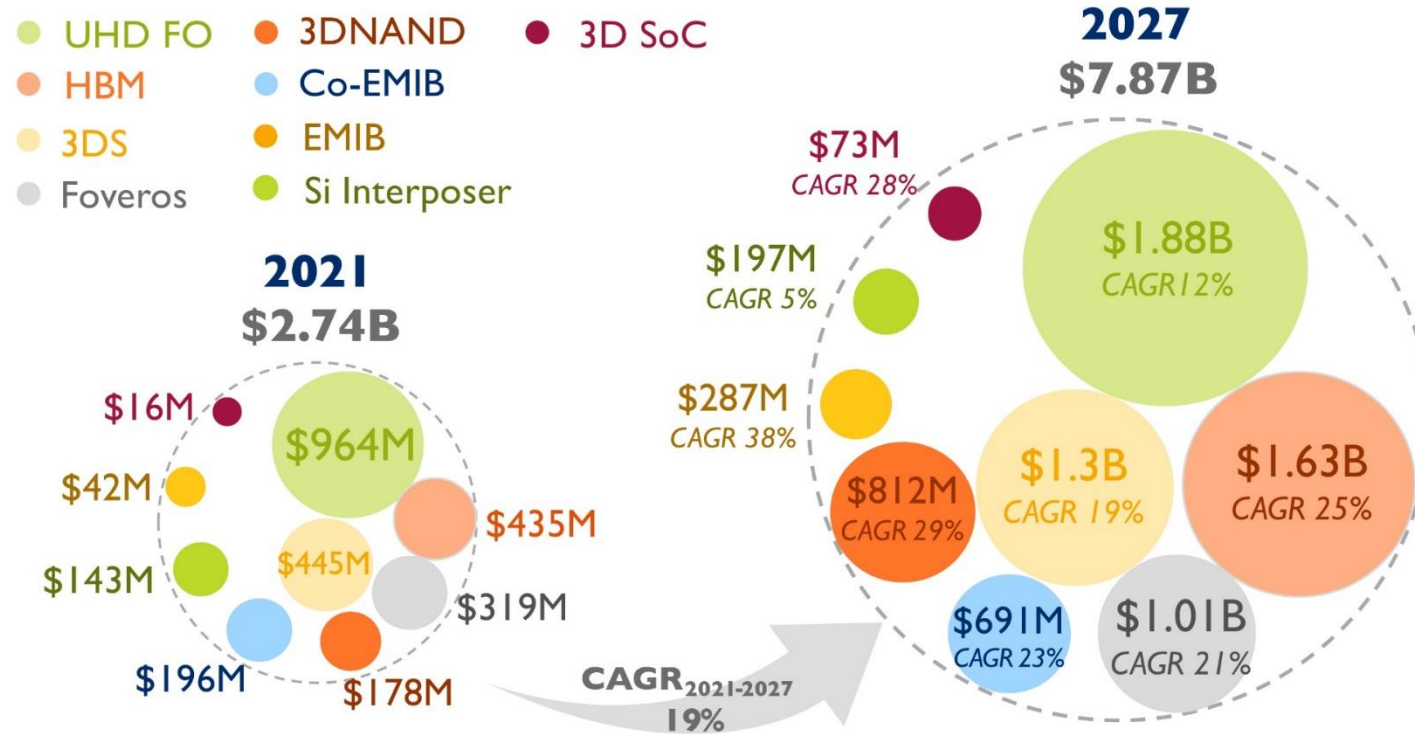
2.5D/3D崭露头角

2.5D/3D全面兴起

数据来源: Samsung

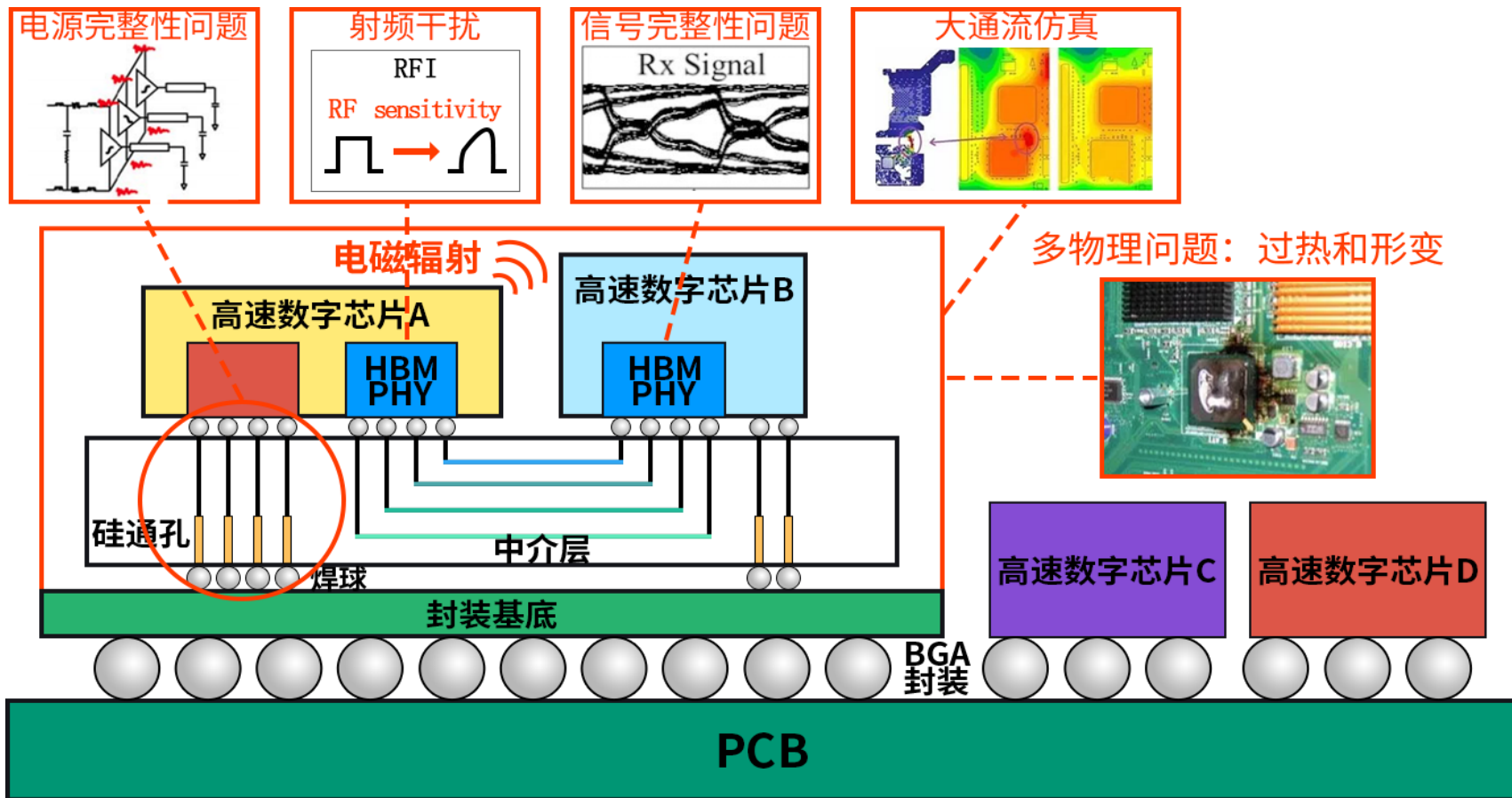
2021 - 2027 high-end performance packaging market size by technology

(Source: High-End Performance Packaging 2022 – Focus on 2.5D/3D Integration report, Yole Développement, 2022)



如何解决先进封装的设计难点？

- **仿真的重要性凸显**：先进封装的设计周期↑和制造难度↑，导致验证成本↑。
- **电子设计自动化 (EDA)**：在设计前期 (Early Design Stage) 提供分析和优化方案。





中国无锡
Wuxi China



WUXI 锡山
XISHAN

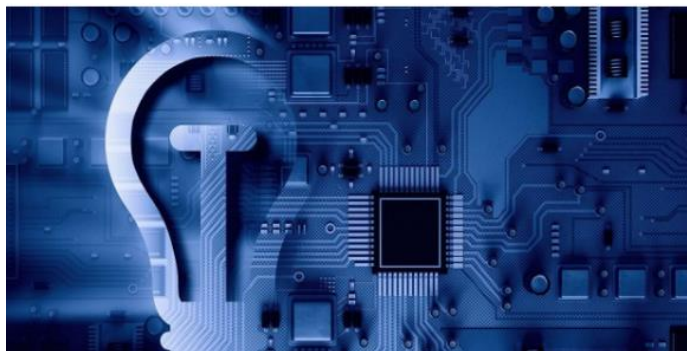


中国计算机互连技术联盟
CCITA

2

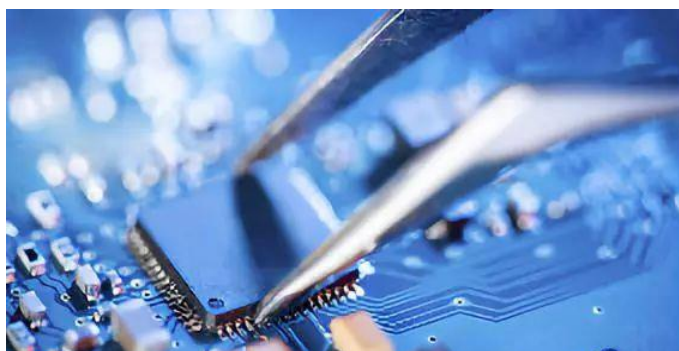
EDA的发展和现状

EDA在产业链的位置



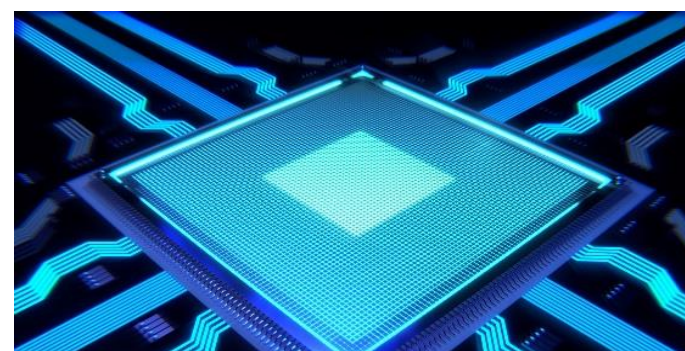
上游技术支撑

- **各类技术服务：**电路分析、布图分析、IP授权等
- **软件工具：**EDA等
- **设备：**光刻机、涂胶显影机、CVD、PVD、测试机、探针台、划刻机等
- **材料：**硅片、光刻胶、掩模板、抛光材料、特种电子气体、化学试剂等



中游设计制造

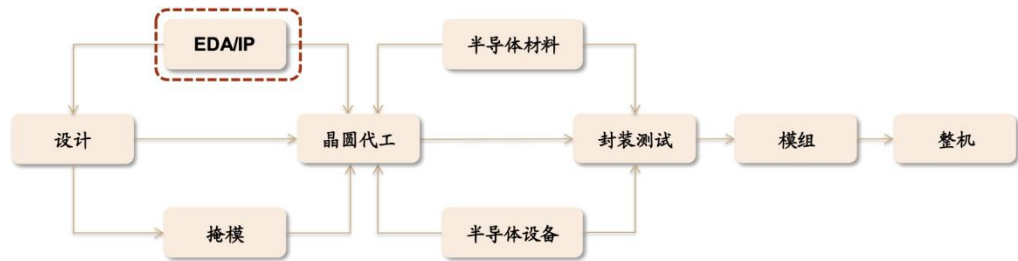
- **设计：**包括规格定制、电路布局与环绕等
- **生产：**利用一系列标准加工工艺将版图结构转移到晶圆上，形成立体化电路
- **封装：**后端工艺，对IC进行封装保护，形成芯片产品
- **测试：**贯穿IC制造全流程，主要包括设计验证等



下游应用

- **工业产品：**机器人、工控设备、汽车电子、生物医疗、航空航天等
- **消费电子产品：**可穿戴设备、无人机、人工智能、智能家居、电源等
- **计算机相关产品：**CPU、GPU存储、显示、网络设备等
- **通信周边产品：**卫星、基站、手机、线缆等

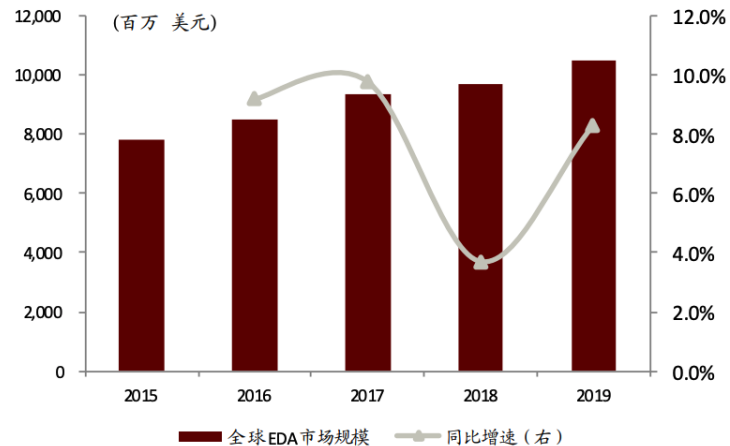
EDA位于产业链顶端，附加价值极高。行业高壁垒体现在对复合背景的顶尖人才的需求以及和Fables、晶圆厂等产业链环节的协同。先发优势明显



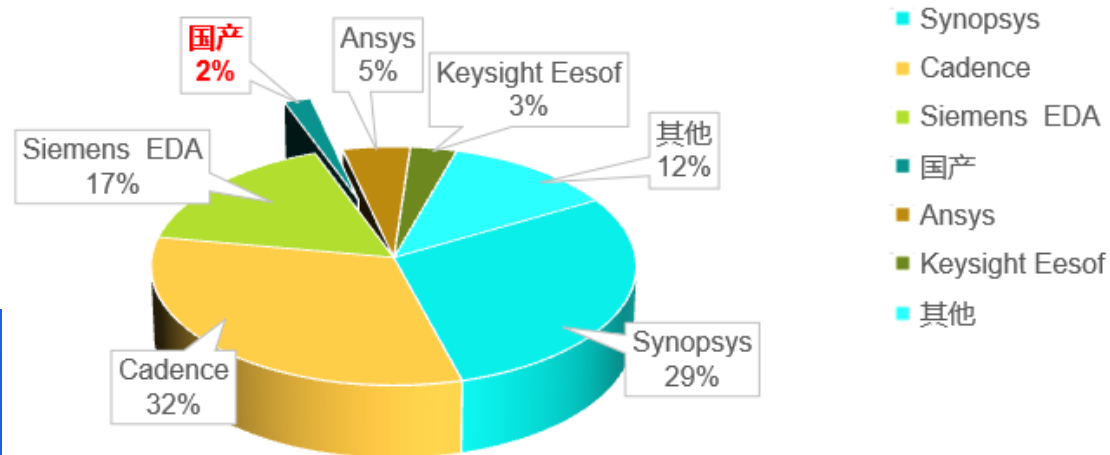
EDA软件的主要功能



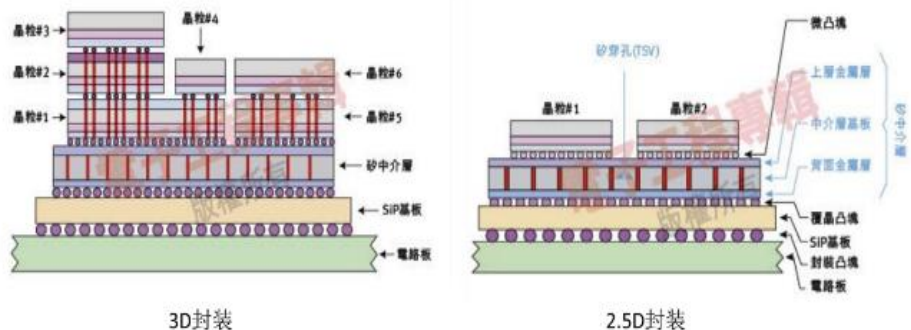
2015-2019年间全球EDA市场规模稳健增长



EDA市场份额图



后摩尔时代对EDA行业的挑战和机遇

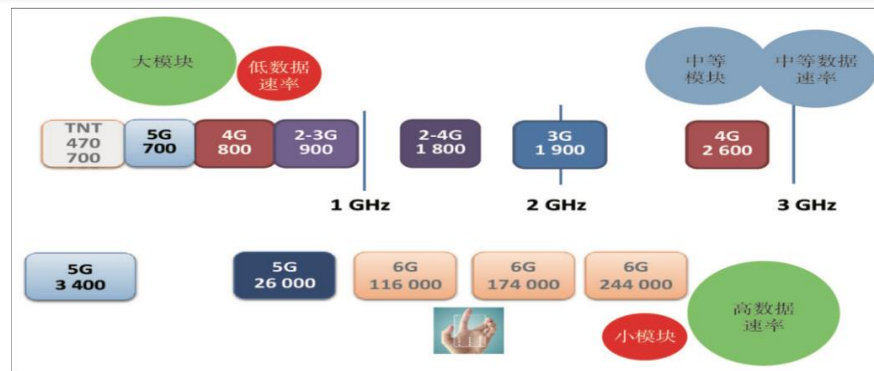


国内外3D、2.5D的颠覆性封装技术瓶颈进一步暴露了高频高速的问题，加大了确认芯片可靠性的难度。**后端EDA软件如及时雨。**

3D封装是指在不改变封装体尺寸的前提下，在同一个封装体内于垂直方向叠放两个以上芯片的封装技术。3D封装可采用凸块或硅通孔技术。2.5D封装是在基板和芯片之间放一个硅中间层，这个中间层通过TSV连接上下部分。

5G和6G频率的拓宽暴露了集成电路兼容性的新问题。急需利用后端EDA软件的支持，对现有测量方法进行实质性扩展、重新设计

目前，IC级EMC的典型频率高达6GHz。但是，由于毫米波5G工作在27GHz，而6G工作在100~200GHz。



长江存储3D NAND



AMD Chiplet



eXtended-Cube



燧原科技 2.5D



FOVEROS TECHNOLOGY



新制程、三代半导体、和硅基芯片中使用的金属层、绝缘层新材料都会影响系统的整体性能，**而制程与材料的革新带来的新型物理问题需要新型的EDA模型与工具解决。**

新材料、制程降低，芯片迭代，封装方式的改变，速率的提升，给电磁发射、电磁敏感度、信号完整性和电源完整性带来挑战。主要体现在信号线路、电源线路的错综复杂带来的干扰与供电问题。业界十分希望能有一款相关的仿真工具指导这块的布局布线。



中国无锡
Wuxi China



WUXI XISHAN



中国计算机与互联技术联盟
CCTA

3

先进封装时代下 EDA的挑战和创新



中国计算机与连接技术联盟
CCTA

先进封装的EDA挑战

1

大规模：2.5D/3D封装的高密度集成复杂度导致未知量的极大增涨

2

多尺度：芯片金属层、硅通孔（TSV）、RDL、IC封装等的巨大尺度差异

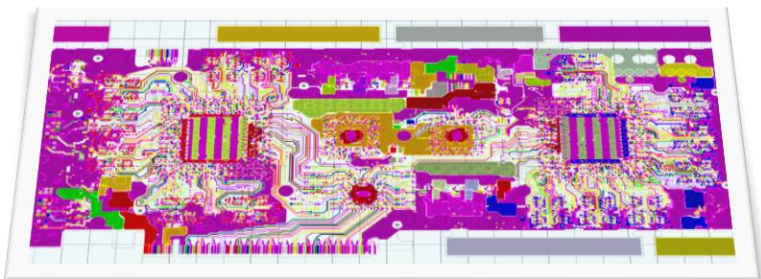
3

多物理：芯片堆叠下电、磁、热、力等多物理因素相互耦合

4

成熟度与专业性：适用于多种仿真应用与复杂结构的鲁棒性、用户设置的易操作性

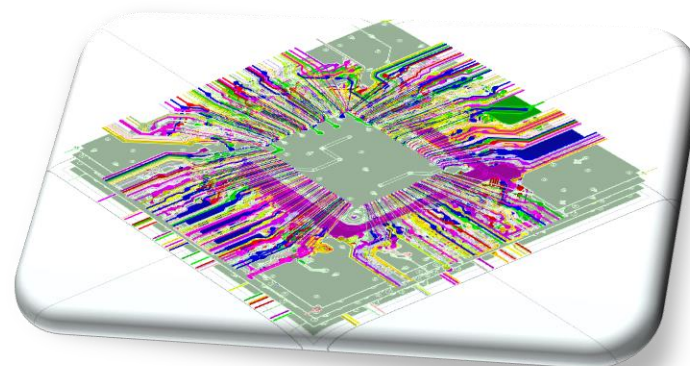
基于ECAD的2.5维流程



主要针对传统芯片、封装、电路板等版图层级结构；

- 优势1：数据读取速度快；
- 优势2：图形渲染速度快；
- 优势3：编辑操作简单；
- 不足：缺乏对真三维结构的支持；

基于MCAD的3维流程



主要针对2.5D/3D先进封装和三维结构器件如散热片，电缆连接器、磁性元器件等；

- 优势1：可以支持真三维结构的编辑；
- 优势2：三维视图可视化强；
- 不足：渲染和读取效率相对较低



图示PCB和PKG导入：基于德图科技EDA

- 2.5D ECAD和3D MCAD优势互补融合
- 以2.5D ECAD为主，结合3D MCAD处理芯片-封装-电路板系统级的智能化仿真设计。

电场仿真

- 电场改变焦耳热;
- 电场耦合磁场;

磁场仿真

- 磁性元器件受电场和温度影响;
- 形变造成磁性元件破损;

➤ 融合多个算法引擎用于无缝交互与协同分析



热仿真

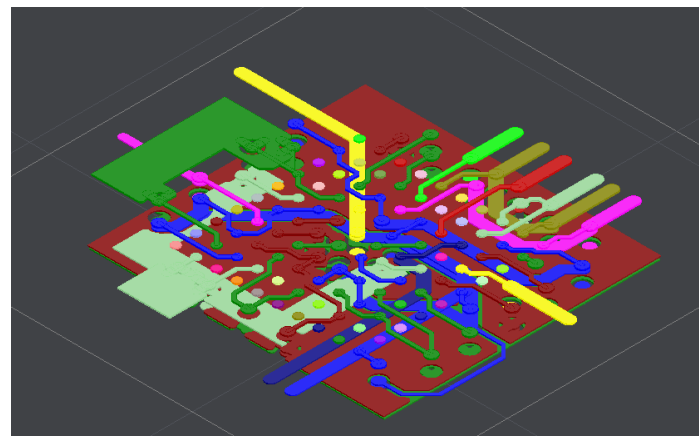
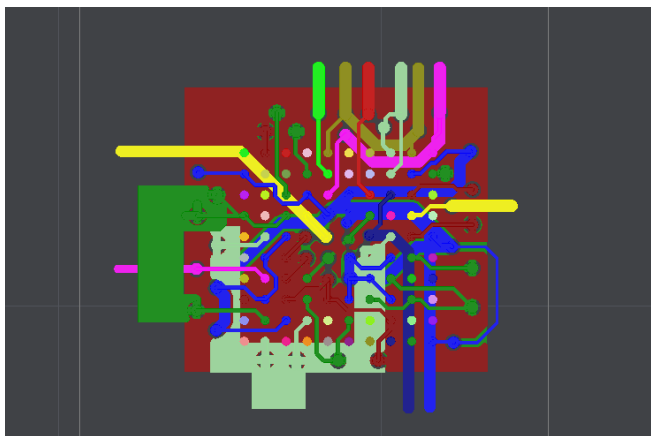
- 温度影响材料特性;
- 热学带来应力膨胀;

力学/流体仿真

- 热应力改变材料参数;
- 位移改变网格;
- 流体形态 (风冷/液冷) 改变温度;

多物理仿真示例

结构示意图:

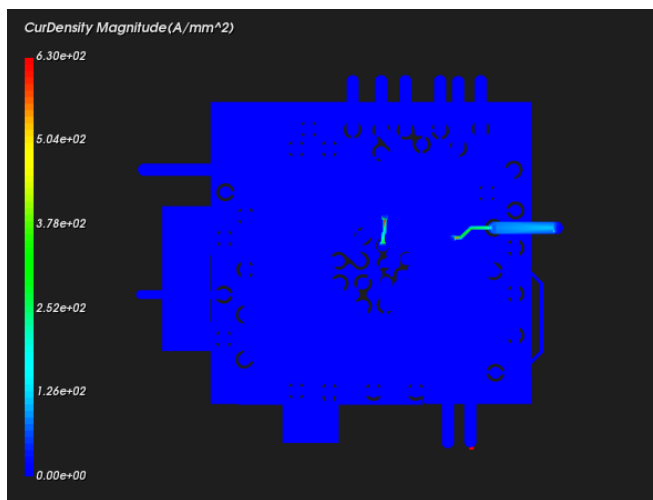


✓ 多物理仿真: 基于德图科技
SonicMP 多物理EDA软件

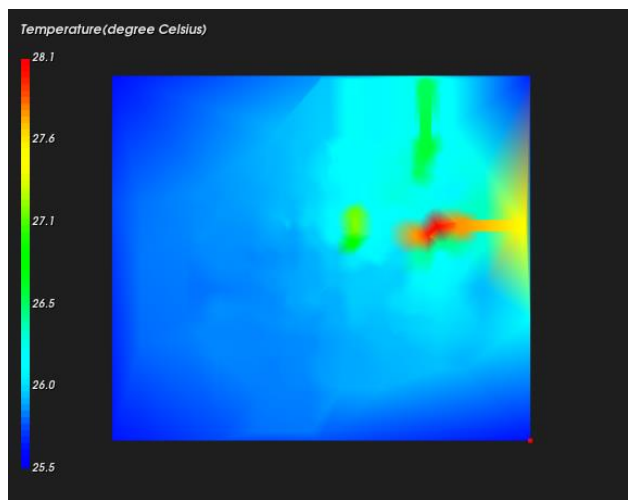
电热力多物理仿真结果:

(2D)

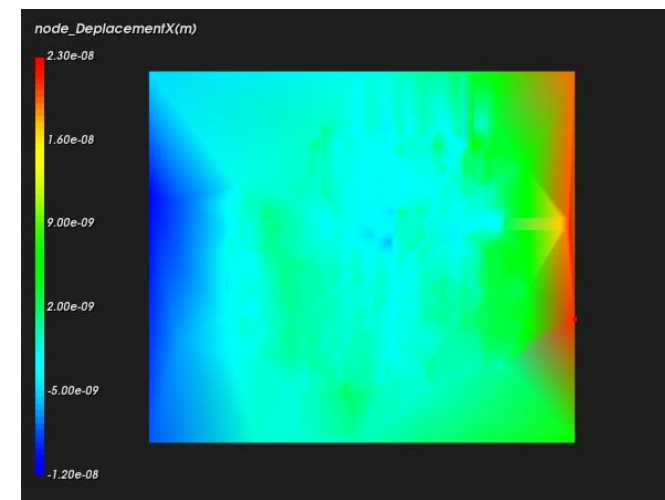
(3D)



(电学结果: Current Density)



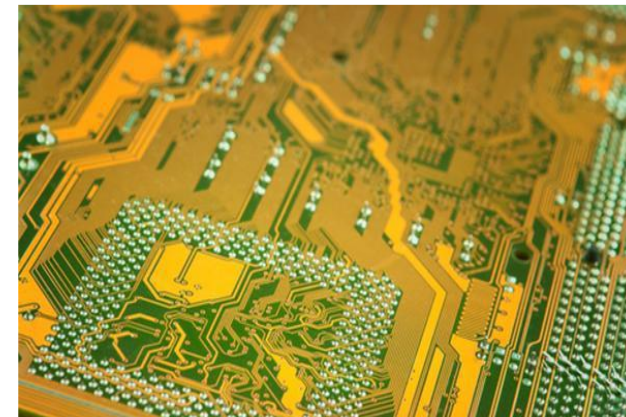
(热学结果: Temperature)



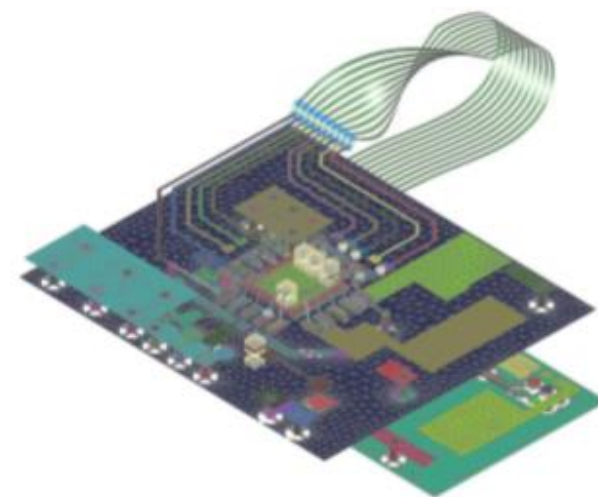
(力学结果: Displacement_X 方向)

先进封装互连与高速设计的其它特点

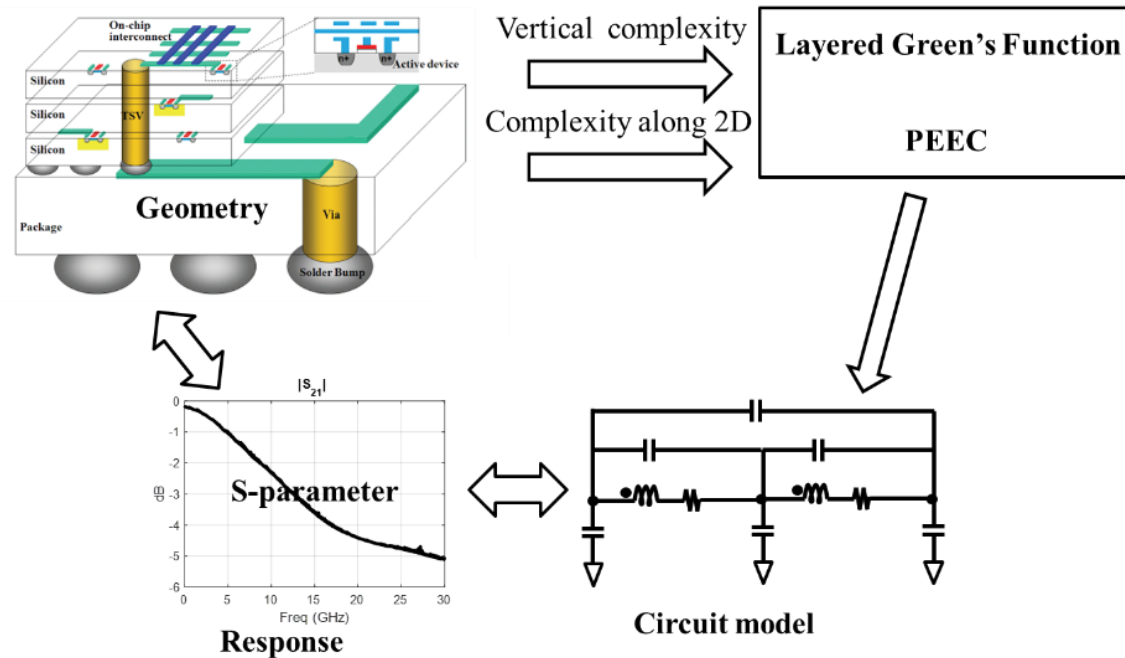
- ◆ 高速度、高频率、宽带宽
- ◆ 有源器件、无源器件、封装、信号线、过孔、PDN、接插件等混杂
- ◆ 电路特性、时域信号仿真



常用的S参数级联法，缺乏物理结构与系统性能的联系；需要频域到时域转换，误差因素多；忽略不同模块之间的相互影响，可影响结果精度

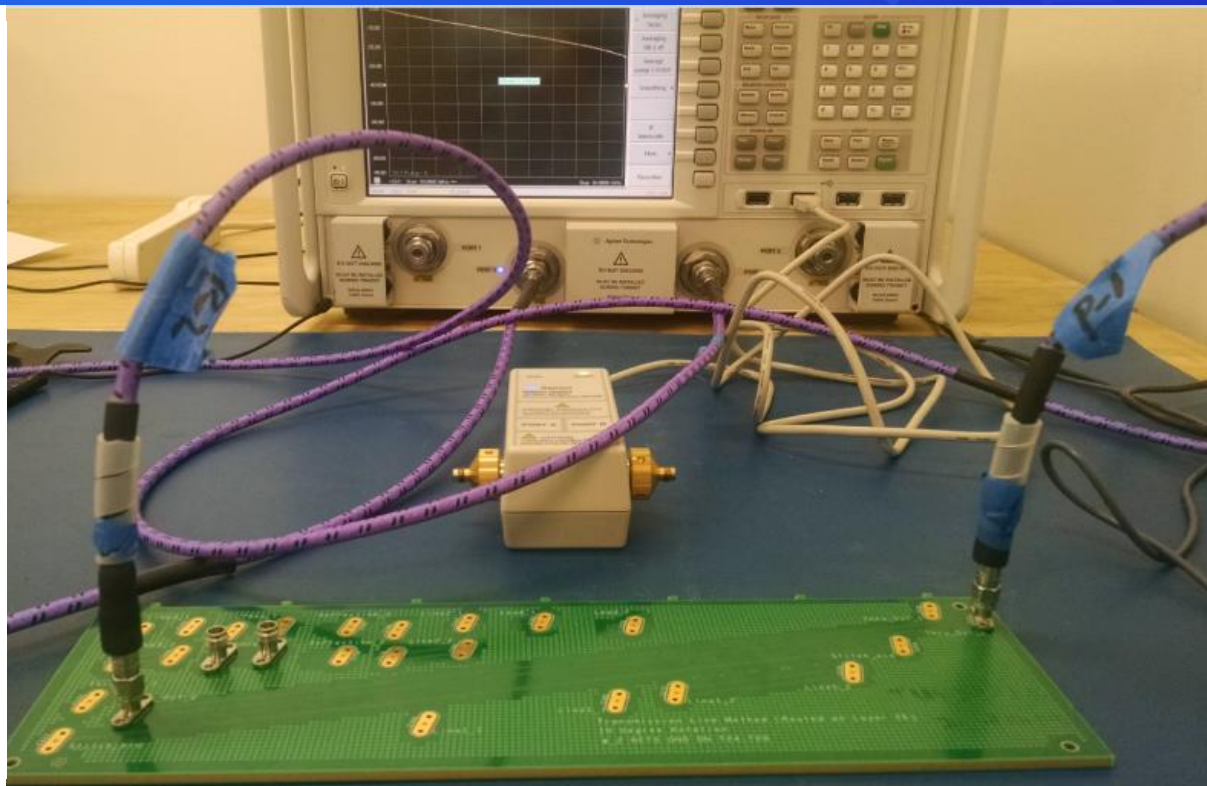


- ◆ 等效电路提取法是解决S参数级联法诸多缺陷的一种非常有潜力的方案
- ◆ 等效电路提取法通过对结构进行全波仿真，来提取集总参数，得到结构集总参数电路模型
- ◆ 提取的等效电路可以与有源器件连接，从而对整个系统进行电路仿真
- ◆ 等效电路是联系电磁场仿真与电路特性的有效桥梁
- ◆ PEEC是积分方程矩量法基础上发展出来的一种等效电路提取法



仿真结果通常需要测试来验证：

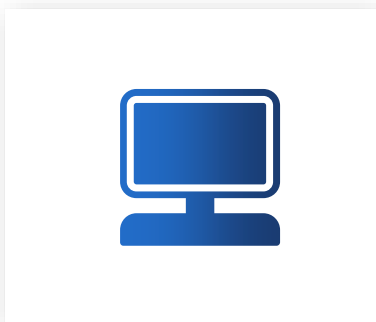
仿真结果正确与否往往受到很多因素的影响，包括导入、几何近似、材料选取、端口和边界设置、算法精度等等，没有一定验证的仿真模型通常不可信。测试是验证的一种重要方法。



仿真中材料参数的设置通常需要测试来提取

- 材料提取的精准度直接影响仿真的精准度
- 多物理仿真对材料参数的需求大大提高

EDA不仅仅是算法和仿真平台，更重要的是要帮助工程师解决在系统工程设计中仿什么、怎么仿、如何用等问题。



仿真架构?

- ◆ 仿什么：如何建立模型，哪些结构与材料需要包括在模型中，更重要的是要获取哪些结果来做分析？
- ◆ 怎么仿：该使用什么算法，怎么设置端口、激励和边界，怎么设置网格剖分和求解参数？怎么验证？
- ◆ 如何用：怎么分析结果，如果对设计进行整改与优化？

仿真架构与应用息息相关，需要对系统工程中问题的物理本质有清晰的认识



中国计算机与连接技术联盟
CCTA

宁波德图科技简介

宁波德图科技有限公司成立于2021年3月，公司专注于后端国产EDA/CAE软件的开发，致力于解决高频高速电路系统工作频率上升、密度提高和功耗增加带来的电磁兼容性、信号完整性（SI）、功率完整性（PI）、热稳定性和机械可靠性等问题。

德图科技拥有一支全面、强大且经验丰富的核心团队，成员包括IEEE Fellow、海内外著名大学前终身教授、世界半导体和系统公司前技术领头人，以及具有多年从业经验的世界著名EDA/CAE公司前产品开发负责人和国际顶级EDA/CAE专家，具备EDA/CAE领域行业领先的技术开发经验。

在未来三年，德图科技计划分阶段推出三维电磁场仿真工具、系统级封装（SiP）多物理仿真平台、先进封装系统提取工具和全链路SI/PI设计平台等产品。目前公司已完成电磁仿真软件建设规划，核心技术已覆盖SiP多物理仿真平台与全链路信号/功率设计平台，可以有效帮助客户缩短产品研发周期，提升产品的稳定性和可靠性，致力于实现国产EDA/CAE工具的崛起和突破。

2021年，德图科技参加了第十届中国创新创业大赛，获得宁波赛区总决赛一等奖的好成绩。在12月的全国总决赛上，德图科技代表宁波赛区成功斩获初创组新一代信息技术行业全国第一名，全行业第二名的佳绩，荣获全国二等奖。



中国计算机与连接技术联盟
CCTA

谢谢聆听

蒲波

pubo@detooltech.com

宁波德图科技有限公司