



FPGA开发基础公益培训(第1讲)

走进FPGA的数字世界

个人新浪微博：[lucky_mao](#)

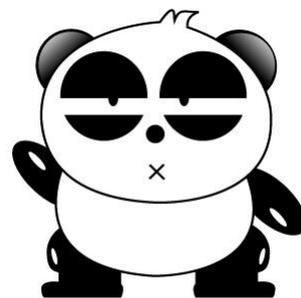


本文档所述内容仅代表个人观点，仅供学习交流使用，请勿用于商业用途

本文档所涉及参考资料均源于互联网和个人总结，如有侵权请及时与我联系，以做更正

主要内容

- FPGA的发展背景与基础知识
- FPGA的典型应用及解决方案
- FPGA的设计流程与开发方法



FPGA的发展背景——从历史发展观望未来趋势



机器计算的发展

- ➡ 算筹、算盘进行手动计算
- ➡ 1642年，帕斯卡加法机
- ➡ 1673年，莱布尼茨乘法机
- ➡ 1941年，贝瑞电子计算机
- ➡ 1946年，ENIAC（埃尼阿克）



我们总是期待机器能帮我们更快地完成更多、更复杂的计算！

机器计算的发展（2）

计算机

FPGA在多核互联软硬协同方面可以说当今武林的高手！

通用计算机

专用计算机

PC、大型计算机

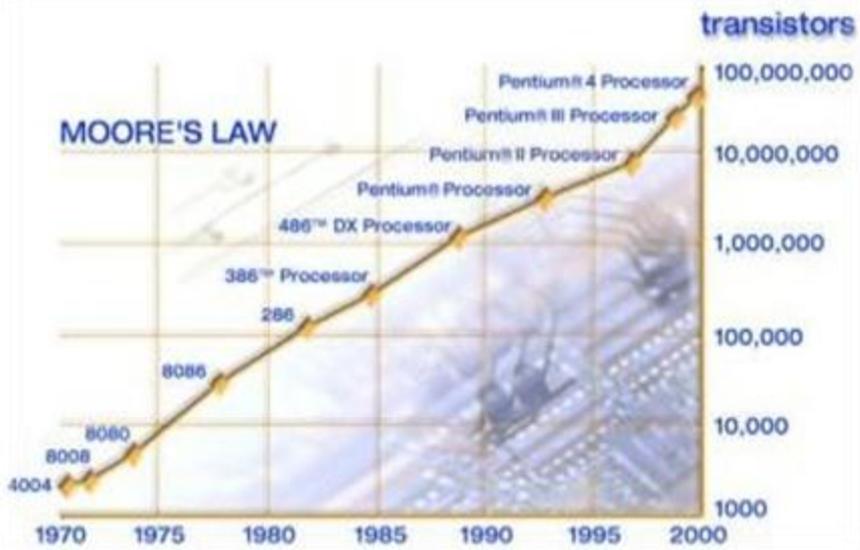
嵌入式系统

发展方向：
提高计算频率
增大存储容量

发展阶段：
MCU、DSP
SOC、SOPC

多核互联、软硬协同



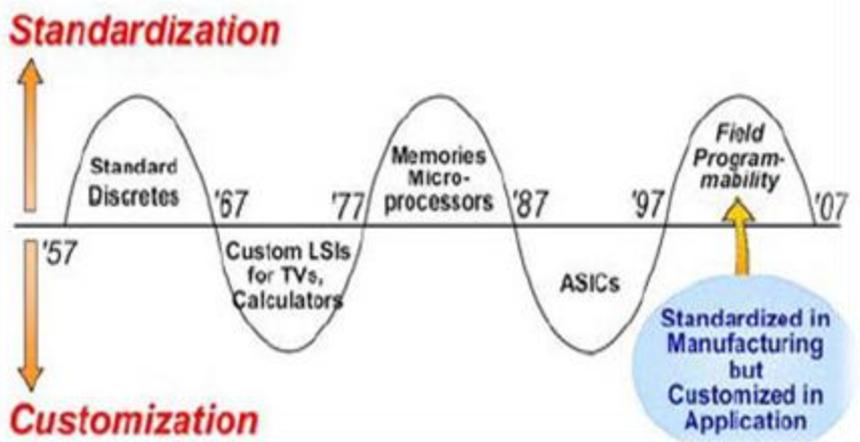
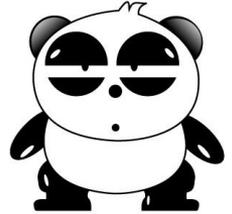


摩尔定律：集成电路的集成密度每18~24个月翻一番。

28nm的FPGA已经开始商用
开始布局14nm工艺的FPGA

然而，只有摩尔定律是不够的！

功耗
成本



牧村定律：半导体技术每10年完成一次定制化和通用化的回归。

半导体分立器件—专用ASSP—微处理器MPU—专用ASIC—可编程FPGA—多功能SOC—用户可重构SOPC.....

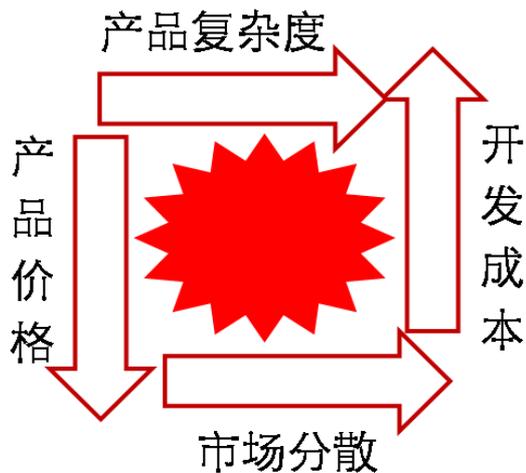
传统ASIC发展的困境？

集成电路的设计特点

- ◆资金密集、技术密集
- ◆运行成本高，风险高
- ◆采用通用性设计和批量生产控制成本

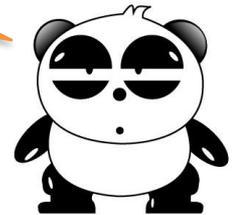
嵌入式对ASIC需求特点

- ◆成本低、功能专用——应用对象差异大
- ◆小批量的需求很多
- ◆开发周期短、可靠性要求高等



如何实现满足低成本，低风险、高性能、高可靠与差异化应用的数字系统？

FPGA

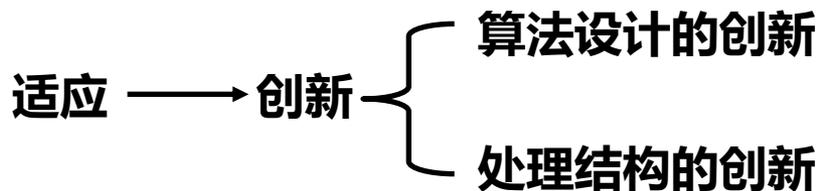


应对高性能的挑战

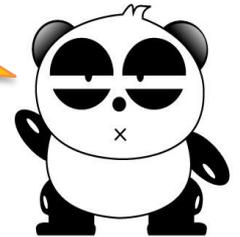
信息技术朝着技术交叉、功能集成、数据融合方向发展



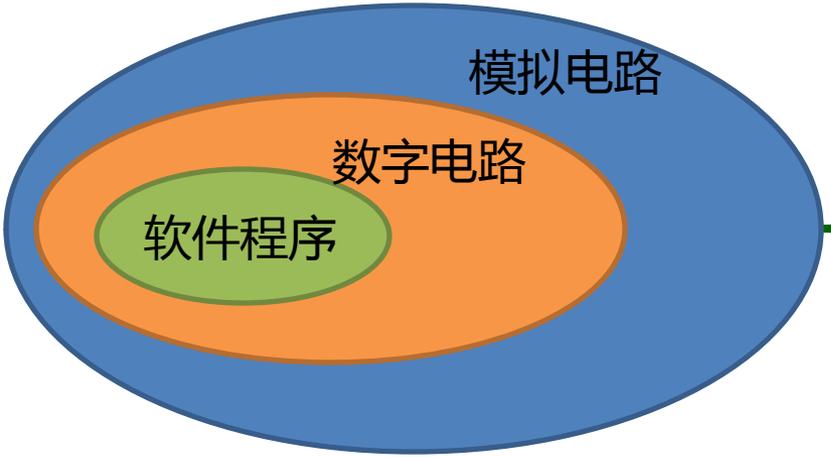
当前，电信、网络服务以及多媒体处理等高性能的应用正驱动着DSP技术快速发展，速度更高、成本更低、算法更复杂成为DSP必须适应的发展趋势。



FPGA的创新优势是什么？

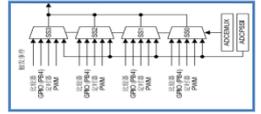
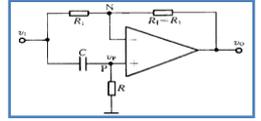


理解嵌入式系统



硬件

【数字电路】完成对电信号的组合逻辑和时序逻辑变换

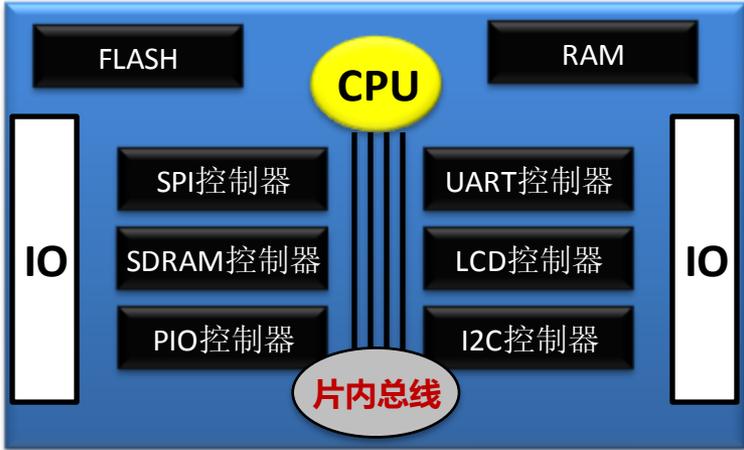


【模拟电路】完成对电信号的连续变换

软件

```
0100110101101
```

【可执行程序】01形式的指令和数据
CPU通过指令完成对数据的各类变换



一个简单的数字芯片示意图

在导入完设计需求后，系统工程师首先要考虑就是软硬件的划分！而FPGA的发展使得软件和硬件之间的设计界限变的越来越模糊。

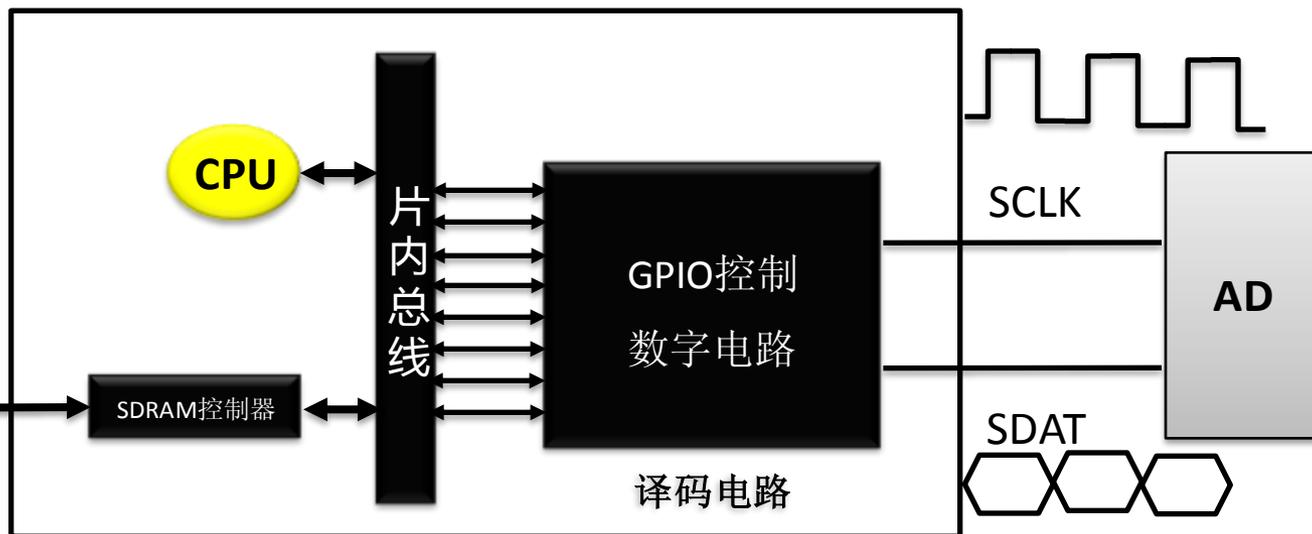


举一个简单的例子

软件模拟驱动AD

GPIO控制器

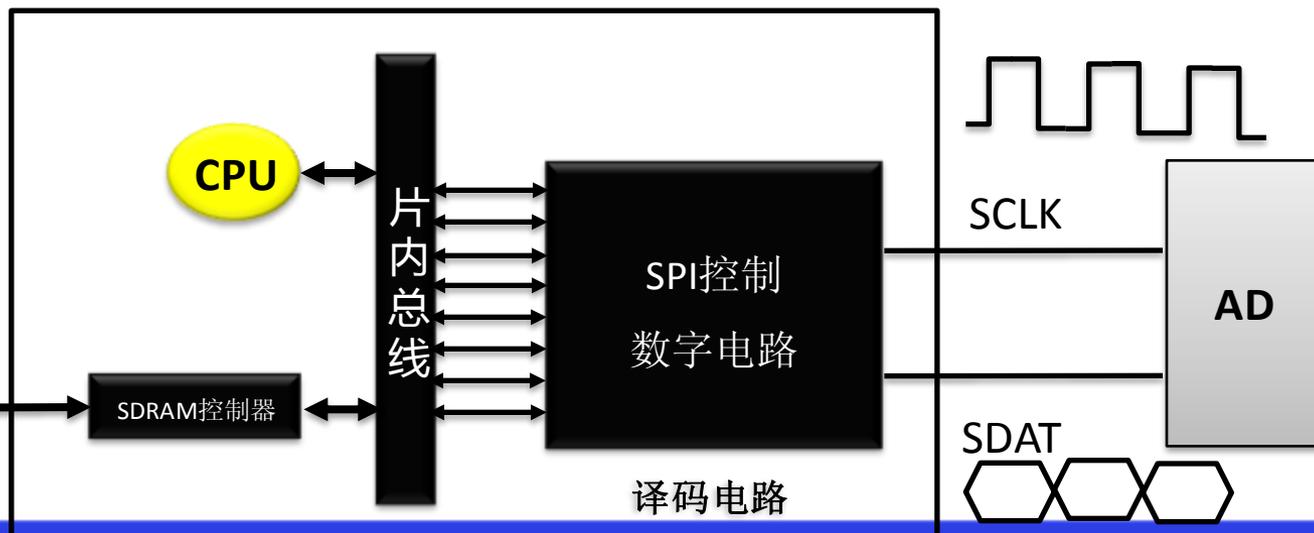
SDRAM



硬件电路驱动AD

SPI控制器

SDRAM



什么是FPGA？

FPGA (Field - Programmable Gate Array) ，即**现场可编程门阵列**，它是在PAL、GAL、CPLD等**可编程器件**的基础上进一步发展的产物。

可编程？

编程：实现电信号进行有序变换，以获得所需**逻辑功能**。

软件编程：工具将高级语言转化成二进制的指令和数据。

硬件编程：工具将高级语言转化成特定功能的电路逻辑。

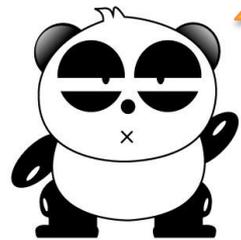
硬件编程和软件编程的本质是一样的，目的都是实现电信号的有序变换。

20世纪80年代以前：只有简单的PLD

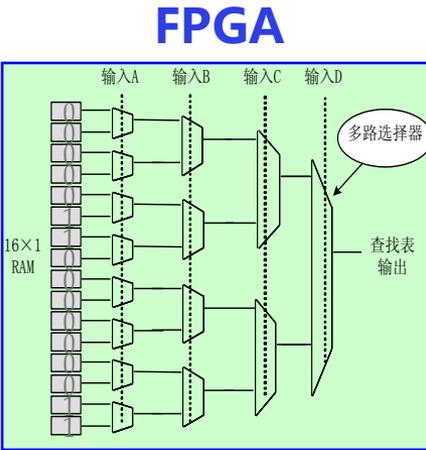
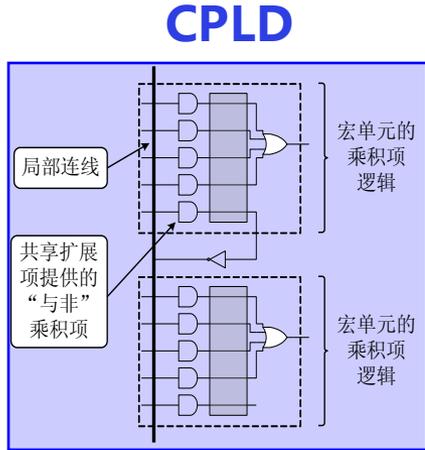
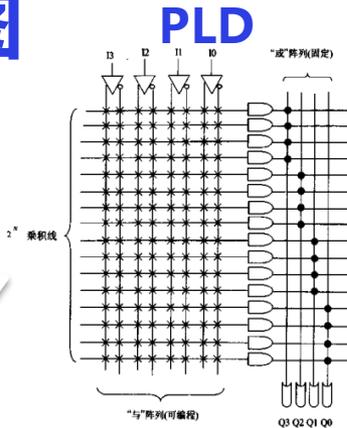
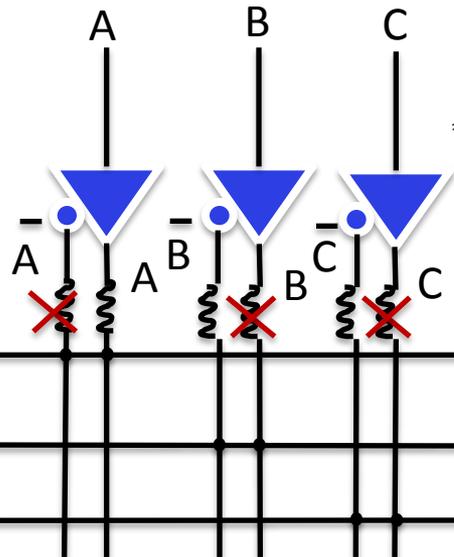
20世纪80~90年代：出现CPLD和

FPGA

发展至今：FPGA得价格越来越便宜，而内部资源的种类和数量越来越多。FPGA方案提供商用这些资源组合出来的各色“菜品”，可谓是荤素搭配、营养丰富，自然受到了消费者的热烈欢迎！



FPGA可编程示意图

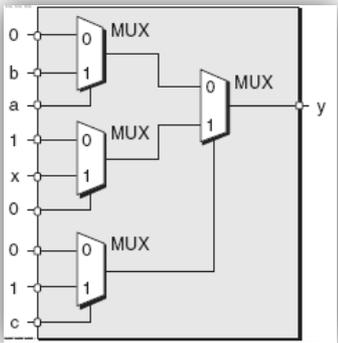


$$Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C}$$

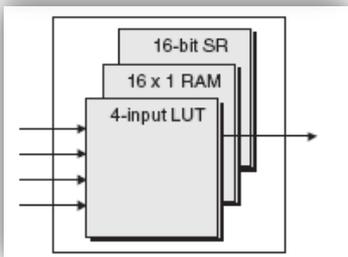
PLD: 是“与”阵列、“或”阵列的平面结构
 CPLD: 复杂的PLD, 有逻辑阵列模块和宏单元
 FPGA: 基于查找表, 而且资源更加丰富

【可编程技术】

熔丝、反熔丝、EEPROM、FLASH、SRAM等



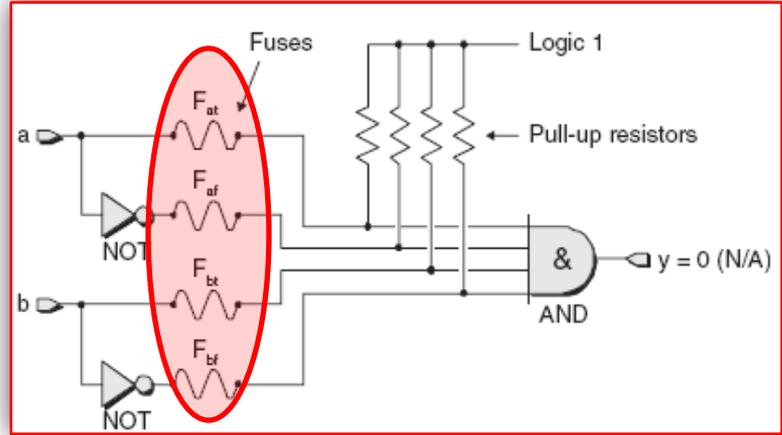
基于 MUX



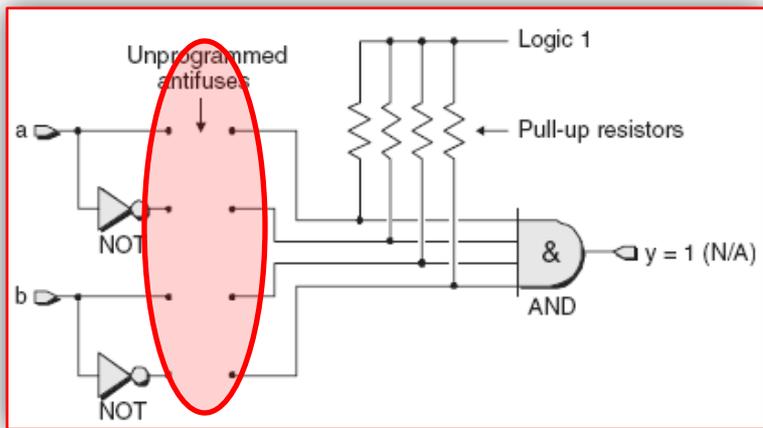
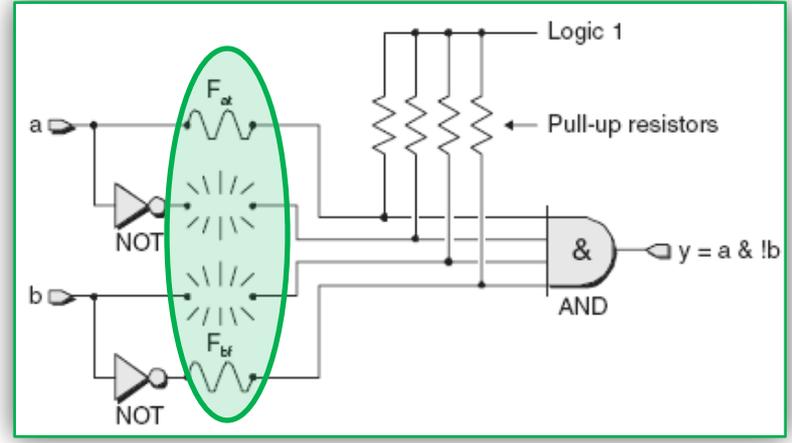
基于 LUT



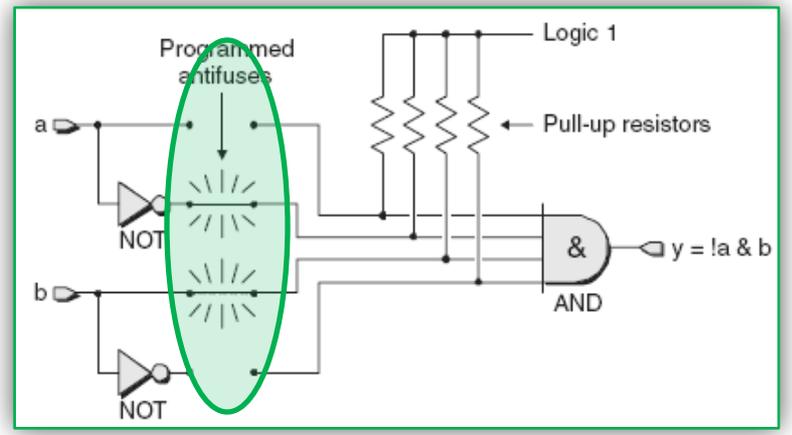
可编程示意图



熔丝

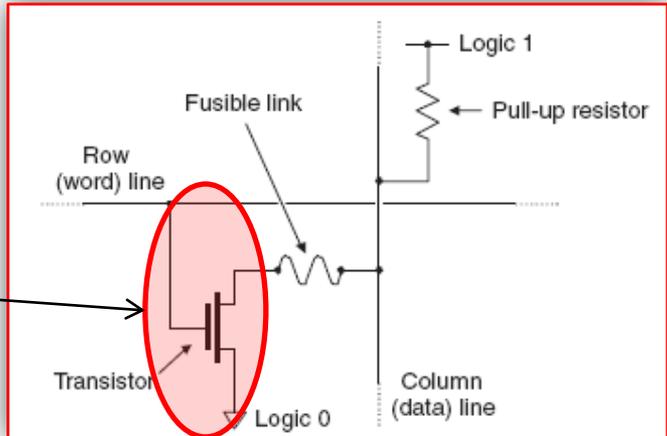


反熔丝

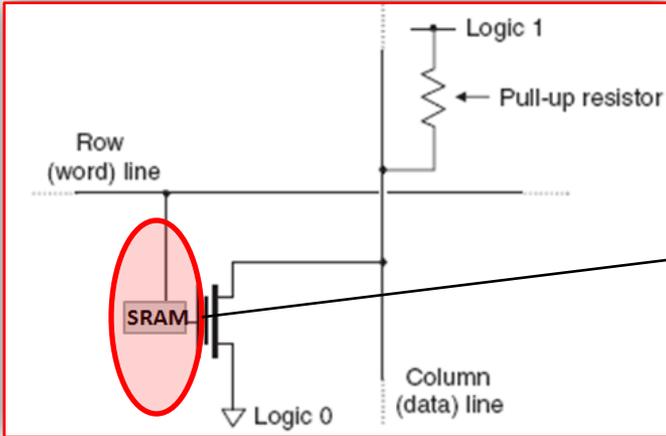
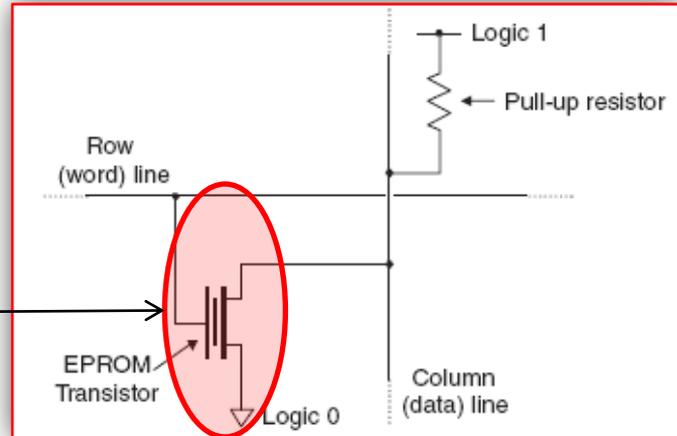


可编程示意图 (2)

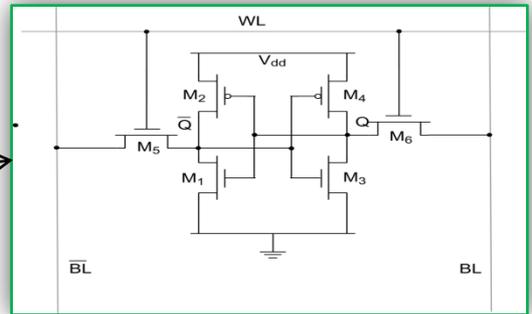
PROM



EEPOM



SRAM



FPGA的资源结构

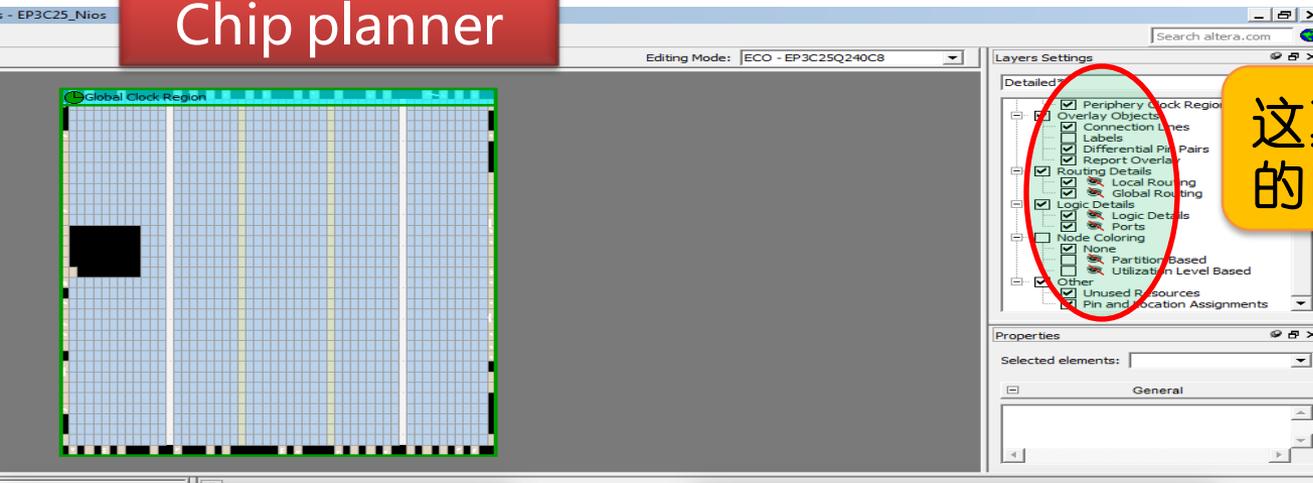
- 了解FPGA内嵌资源类型
- 了解FPGA器件结构特点

现在打开你的工具，让我们一起去看看FPGA里面究竟有什么吧

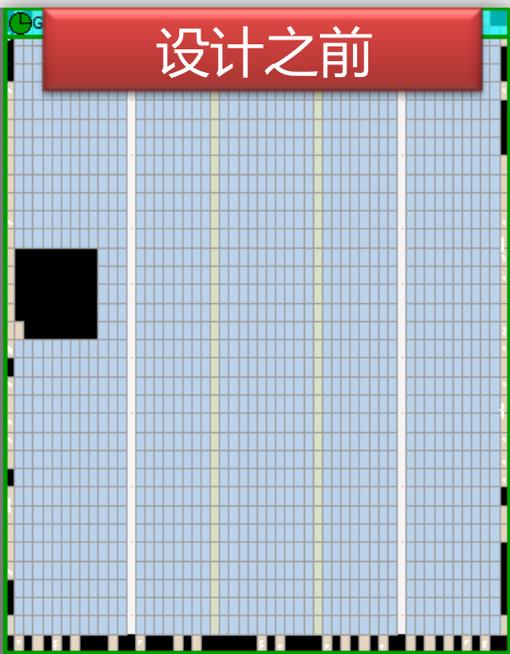
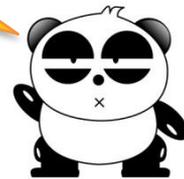


ALTERA的Chip planner工具

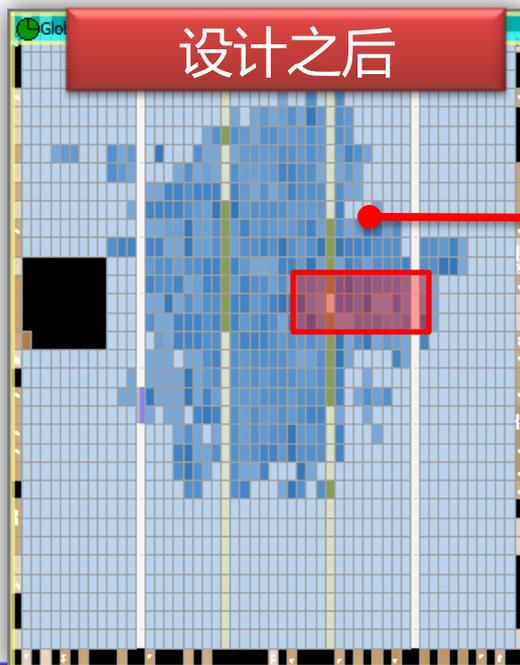
Chip planner



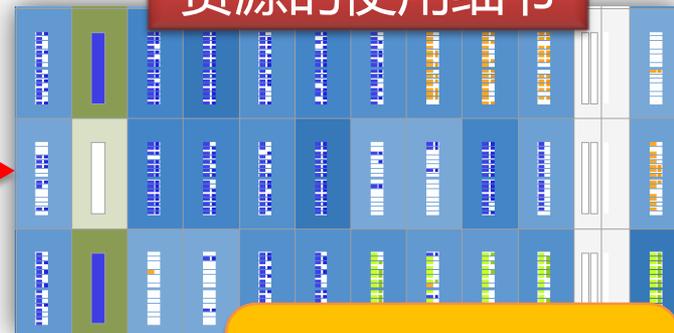
这真是一片希望的田野啊!



设计流程



资源的使用细节



请不要将你的设计塞得很满哦😊

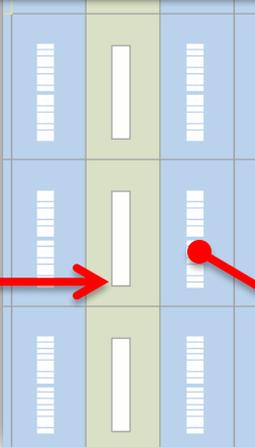


Altera的资源分布 采用纵横的结构

这种纵横交错的高速路，可以让你的设计跑得飞快！



嵌入式
RAM资源



嵌入式
DSP资源



LE



布线
资源

LAB

Coordinate: (36, 19) Editing Mode: ECO - EP3C25Q240C8

Selected elements: break_readreg[14]

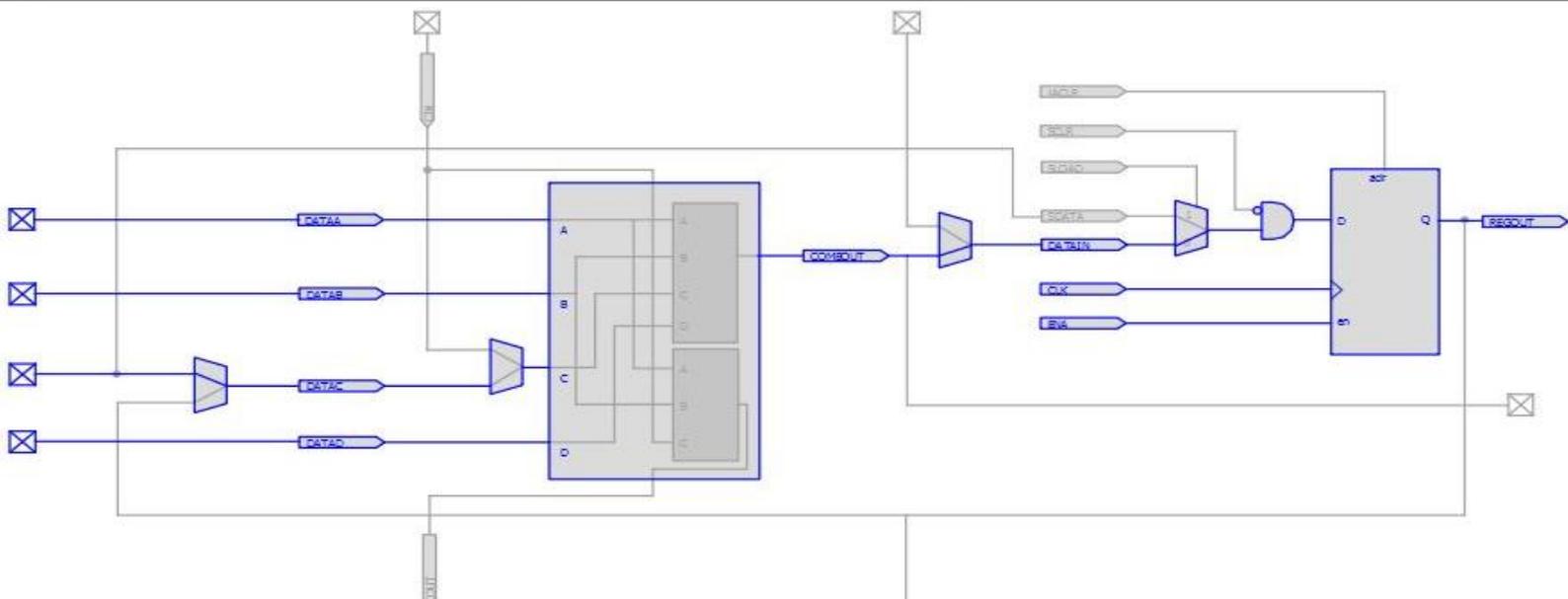
Properties/Modes	Values
Full Name	EP3C25_Nios Nios:inst cpu:the_cpu cpu_nios2_oci:the_cpu_nios2_oci cpu_nio
Coordinate	(37, 19)
Resource Type	Register cell
Location	FF_X37_Y19_N21
Location Assignment	No

Register Combinational

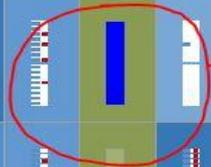
Properties Fan-in Fan-out

Node Properties Layers Settings Color Legend

基本逻辑单元LE



片内Block RAM资源

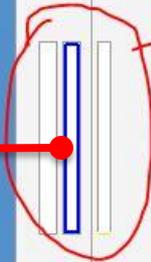


Selected elements: ram_block1a0

Properties/Modes	Values
Full Name	EP3C25_Nios Nios:inst cpu:the_cpu cpu_dc_data_module:cpu_dc_data alt
Coordinate	(33, 18)
Resource Type	M9K
Location	M9K_X33_Y18_N0
Location Assignment	No
Logical Name	Nios:inst cpu:the_cpu cpu_dc_data_module:cpu_dc_data altsyncram:the_a
Block Type	<Encrypted>
Target Block Type	<Encrypted>
Content View	<Encrypted>
...	...

片内DSP资源

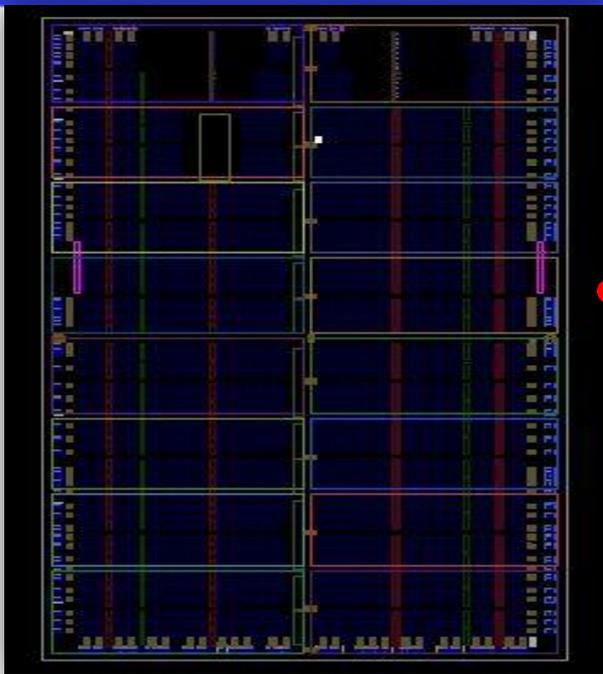
可以被用作乘法器、乘加器，以及乘法累加器。



这种分布式、并行的DSP计算方式让你不再为算法的实现纠结。

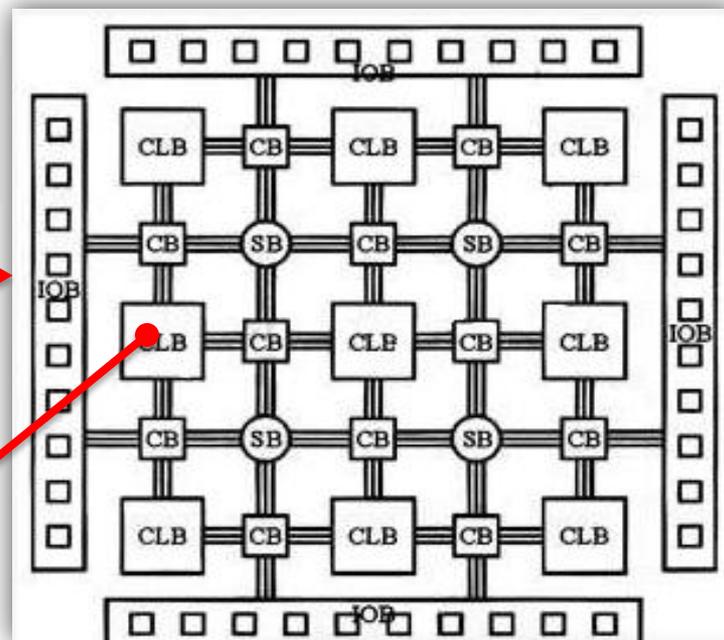


Xilinx的PlanAhead工具

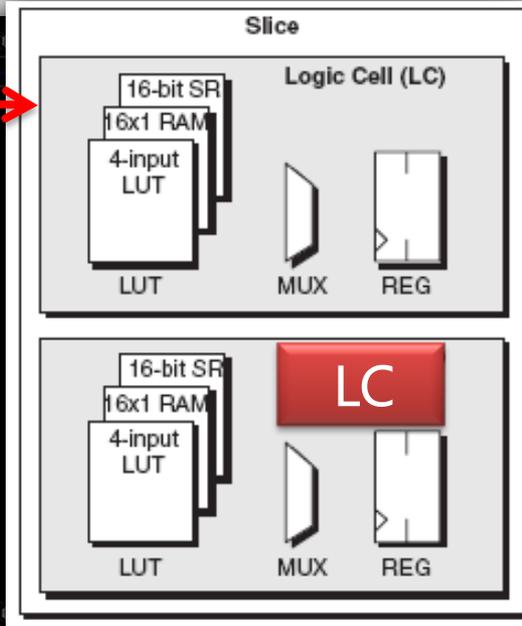
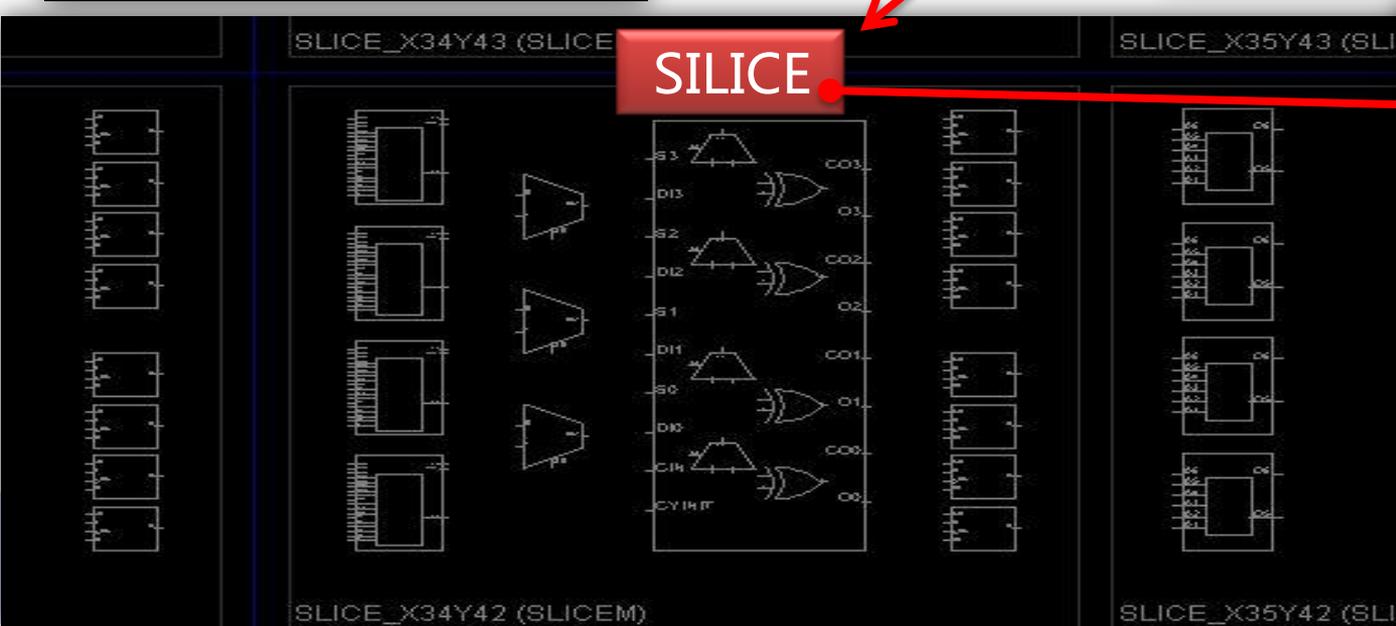


Xilinx的资源分布
采用海岛的结构

海岛结构无疑会让你的
设计可以更加灵活!



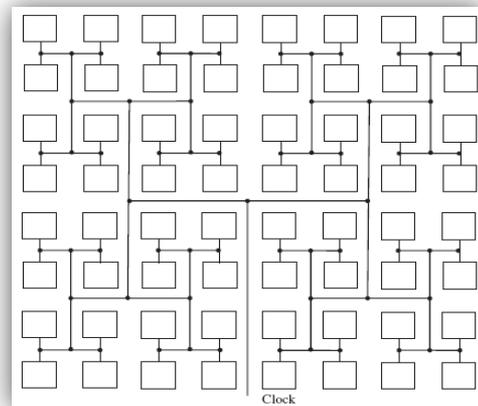
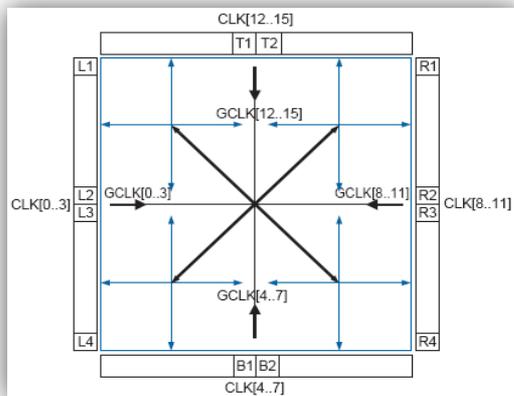
SILICE



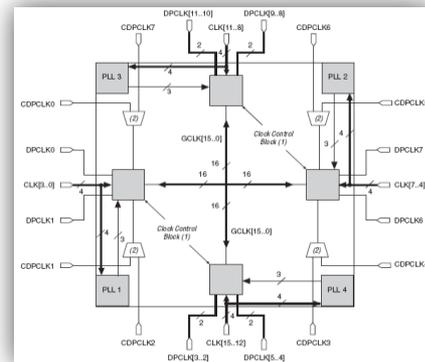
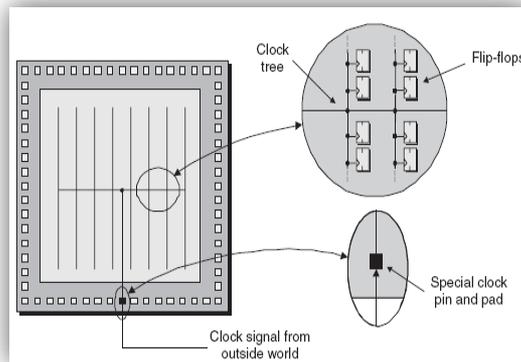


要想让这么多优质的资源充分利用起来，还有一些资源是必不可少的！

- 1、互联单元
- 2、时钟网络及管理单元
- 3、输入输出单元
- 4、处理器单元



全局和局部互联布线资源

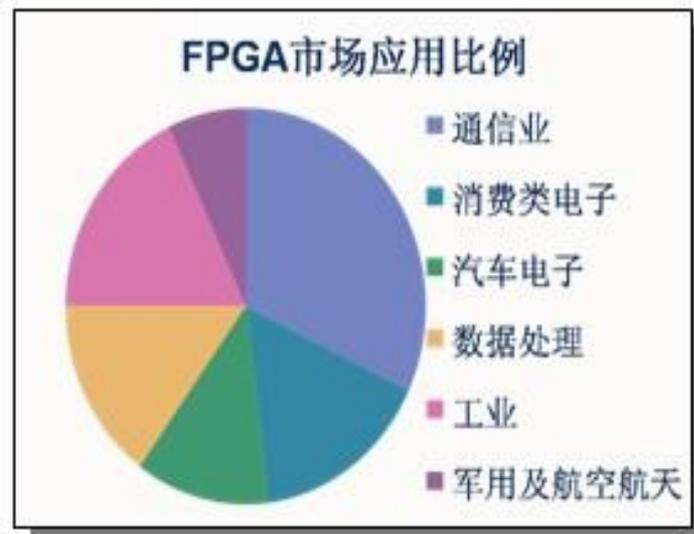


时钟网络及时钟管理单元PLL/DCM

FPGA相对于传统ASIC的创新优势

【节约、灵活、短周期、高性能、低风险】

- ◆ 硬件可编程，按需定制专用芯片
- ◆ 适应小批量生产，节约投片成本
- ◆ 丰富的片上资源，减小单板面积
- ◆ 丰富的知识产权IP核，缩短周期
- ◆ 支持SPOC系统，实现软硬件协同
- ◆ 高效的数据处理，多核并行计算



伴随着工艺的进步和成本的降低，从IC设计工具，到通信行业的定制芯片，再到SOPC系统发展，FPGA正在蚕食传统的ASIC市场，并形成了新的就业市场——IP行业。

FPGA的典型应用

FPGA的典型应用领域与最终市场

六大应用领域 十大服务市场



FPGA的典型应用领域

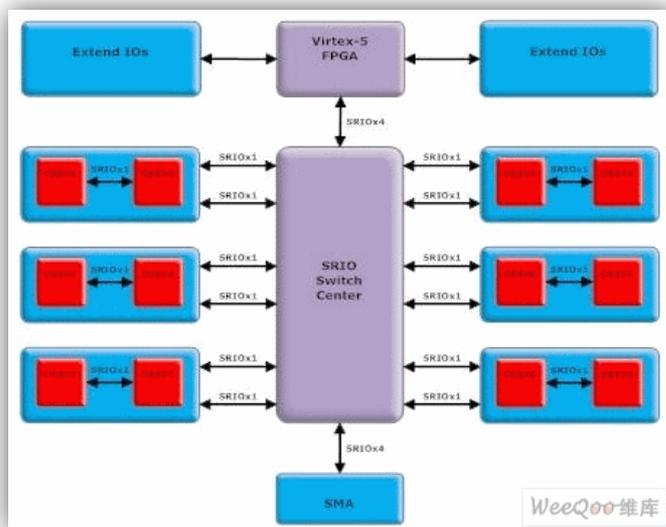
- 1、简单的逻辑粘贴到大规模控制
- 2、基于FPGA原型验证与结构化ASIC
- 3、基于FPGA数字信号处理
- 4、基于FPGA的嵌入式处理器
- 5、基于FPGA的物理层通信
- 6、基于FPGA的可重构计算技术



六大应用领域

1、简单的逻辑粘贴到大规模控制

最初实现简单的状态控制和组合逻辑



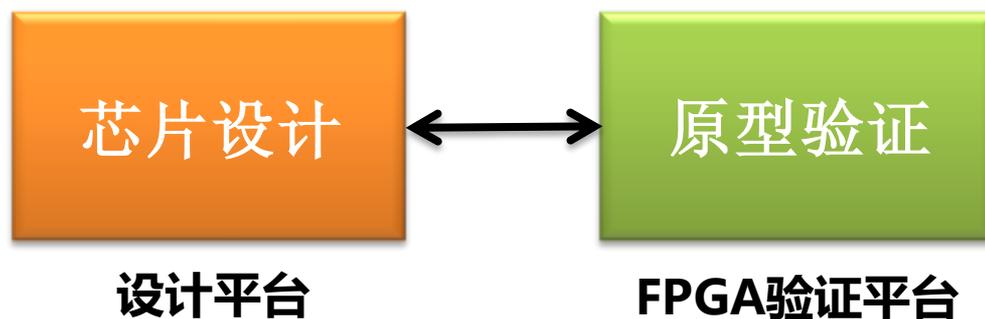
多个高性能处理器的互连



北京世贸天阶的电子屏

2、基于FPGA的原型验证与结构化ASIC

足够大的逻辑资源、足够高的互联速度



结构化ASIC

FPGA中嵌入定制模块
ASIC中增加可编程的技术

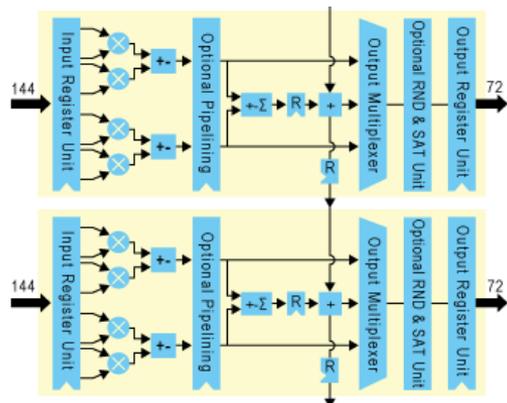


增加灵活性

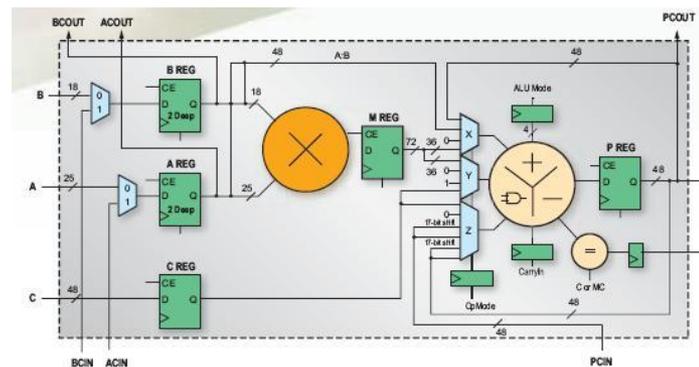
六大应用领域

3、基于FPGA的数字信号处理

FPGA的片上RAM、嵌入式乘法器资源能够将算法硬件实现



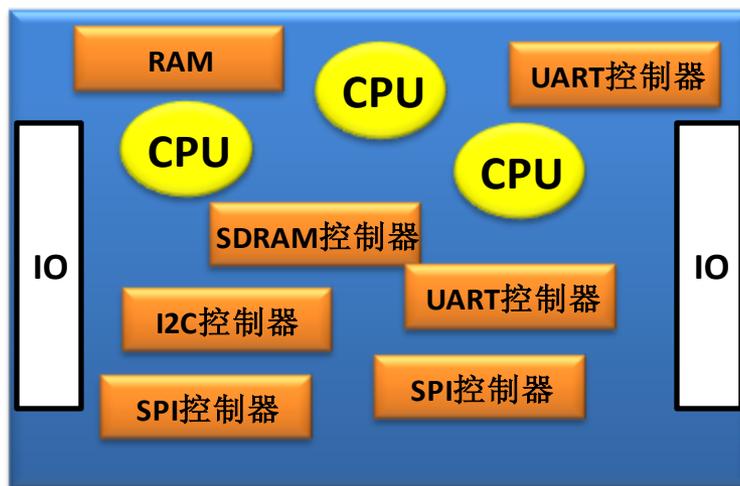
MAC



FPGA的分布式的并行处理比基于软件的串行处理速度要大大提升。在电信、网络、多媒体等方面的应用有明显的优势

4、基于FPGA的嵌入式处理器

- ◆ 能够定制应用所需的SOPC系统。
- ◆ 集成CPU（可多软核），支持嵌入式软件编程。
- ◆ 系统高度集成，方案灵活、成本低，开发周期短。
- ◆ 定制自己总线结构、支持移植操作系统。



根据需求定制自己所需的片上系统

5、基于FPGA的物理层通信

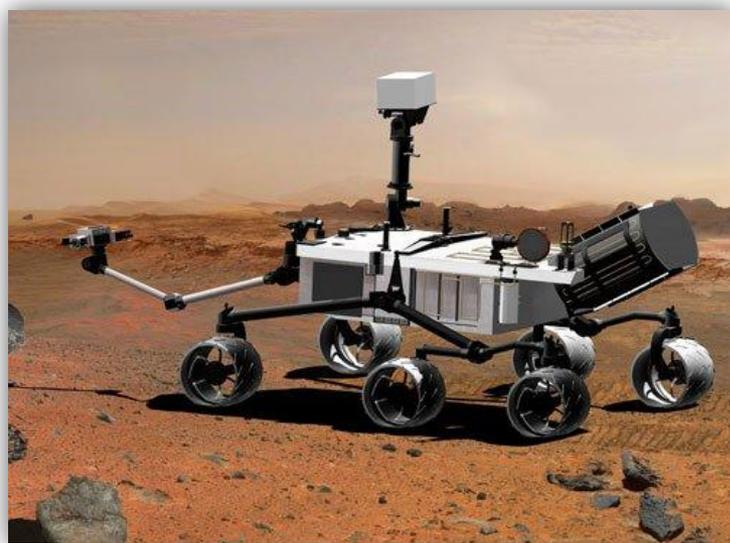
实现高速通信：在FPGA上实现数据的编码、解码、压缩、串并转换、时钟修正和通道绑定，能够支持多种协议的通信传输。



**板级设备或者远程设备
之间的高速通信**

6、基于FPGA的可重构计算技术

分块更新硬件，应对未知环境，远程升级硬件



通过硬件结构的变化实时地适应计算任务要求的变化

十大服务市场



1、汽车：

图形处理：导航系统，后座娱乐

汽车联网：网关控制，远程信息服务

辅助驾驶：巡航系统、夜视系统、防撞系统等

音频处理：软件无线电

十大服务市场

2、工业：

IO集线器：支持Intel高性能嵌入式处理器PCI Express互连

工业网络：以太网协议、现场总线协议

机器视觉：模式识别，产品检测

电机控制：集成控制

视频监控：数字高清、网络IP监视摄像机

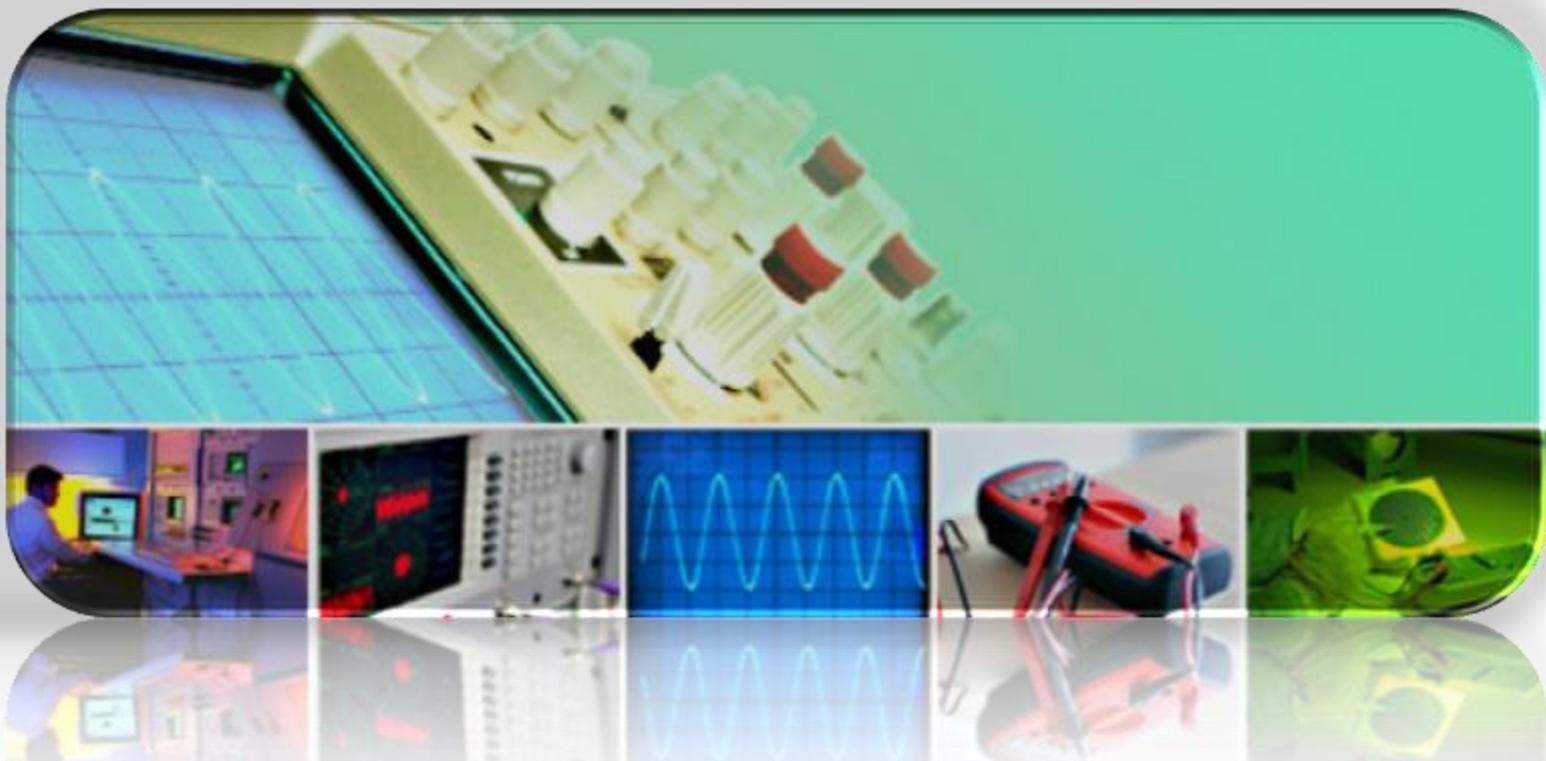


3、测试和测量：

通信测试

半导体/ATE测试

通用测试





4、军事和航空航天：

安全通信
雷达和声纳
电子战
导航和控制

5、广播：

互联网协议电视（IPTV）

格式转换设计

3G SDI（高清图像传输：2.970 Gbps）





6、消费娱乐：

数字电视

显示器、投影仪

家庭网络、家用电器

便携式娱乐

十大服务市场



7、医疗：

诊断成像
心率处理
生命科学

十大服务市场



8、计算机和存储：

高速存储，存储安全

服务器

高性能计算：金融、军事、生物、气象

十大服务市场

9、有线通信：

以太网网关
协议转换器
交换接口
流量管理



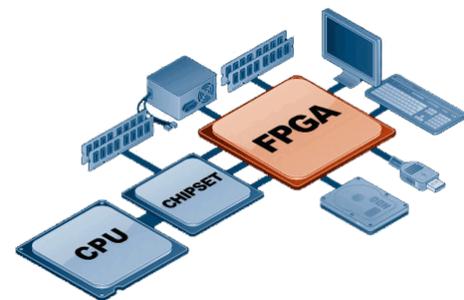
10、无线通信：

3G基础设施
WiMax宽带微波接入
无线蜂窝系统的高级DSP技术

FPGA的解决方案

FPGA解决方案 的提供者

- ◆Xilinx : 1984 , 发明 FPGA (XC2064 , 1985)
- ◆Altera : 1983 , 发明CPLD (EP300系列 , 1984)
- ◆Lattice : 1983 , ISP发明者 , 中小PLD , 混合信号
- ◆Actel : 1985 , 反熔丝、耐辐射、混合信号
- ◆Atmel : 1984 , 中小PLD , 兼容配置芯片
- ◆意法ST(WSI PSD) : 可编程单片机外围、解密
-
- ◆京微雅格 : 2005 , 内嵌51处理器硬核



FPGA的解决方案

	典型器件	开发工具	处理器方案
	<ul style="list-style-type: none">•Virtex-7•Kintex-7•Artix-7•Spartan6	<ul style="list-style-type: none">•ISE•EDK(XPS,SD K)•ChipScope•PlanAhead•SystemGen•Vivado	<ul style="list-style-type: none">•PicBlaze•MicroBlaze•PowerPC•ARM A9
	<ul style="list-style-type: none">•Stratix V•Arria V•Cyclone V	<ul style="list-style-type: none">•Quartus II<ul style="list-style-type: none">•SignalTap II•DSP Builder•NiosII EDS	<ul style="list-style-type: none">•NIOS II•ARM Cortex-M1•ARM A9

FPGA的ESL设计语言

优	优	不能	不能	嵌入式软件
优	好	不能	不能	系统设计
好	可	优	可	验证
可	不能	优	优	寄存器级传输
System C	C/C++	System Verilog	VHDL Verilog	

随着工具的发展，会有更多的软件设计人员在FPGA上开展设计，减少算法的二次设计所带来的交互瓶颈！



常见语言的描述能力比较

典型的EDA设计流程

【关键步骤】

功能仿真：对设计进行RTL级的仿真

综合：根据约束和设计生成电路RTL网表

前仿真：对反标了门延时的电路进行仿真

翻译：转换成底层结构和原语

映射：将设计映射搭配具体的器件上

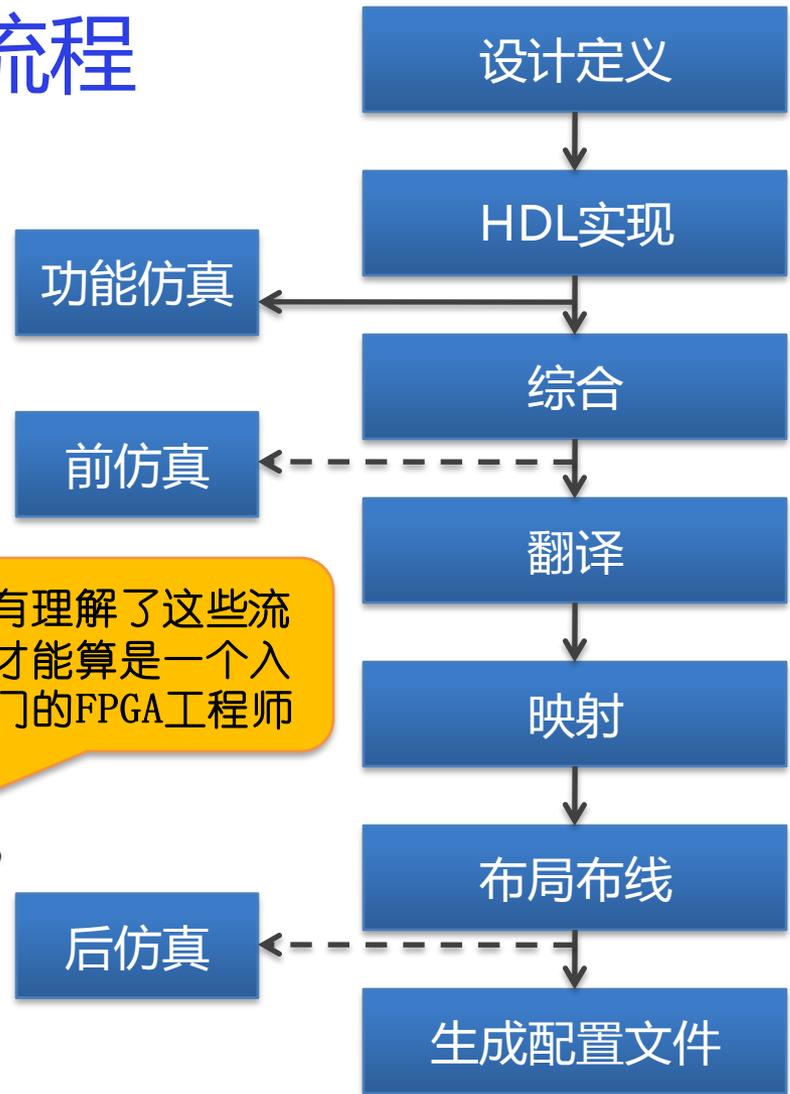
布局布线：放置和连接映射后的元件

其它的EDA设计流程

- 基于SOPC的开发流程
- 基于Simulink的开发流程

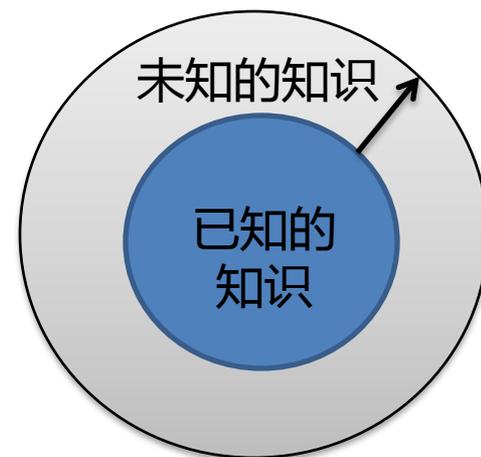


只有理解了这些流程才能算是一个入了门的FPGA工程师

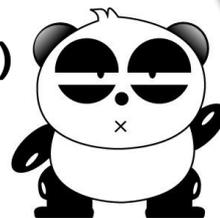


给FPGA入门者的一点建议

- 1、实践出真知——不要只学不做
(要抓住机会“折腾”自己，比如主动参加电子竞赛、实验室课题等)
- 2、多尝试->多思考->多搜索->多提问
(知识是没有边界，所以掌握解决问题的方法比掌握一点知识更重要)
- 2、掌握一定的计算机接口知识
(UART、I2C、SPI、USB、VGA，不要畏惧，很多东西是一通百通)
- 3、选择一个好的开发板
(从简单的开始做起，建立信心)
- 5、慢慢地建立电路的概念
(FPGA是时间与空间的艺术，这可能要用很多年去不断体会)



如果你脑中的问题越来越多，那么你将进步得越来越快！



后续交流课程的一些说明

【第二讲】

- ◆ Verilog基本语法与设计方法
- ◆ Verilog系统设计原则与技巧
- ◆ Verilog进行典型电路的设计

实验使用的软件工具

- ◆ Quartus II 12
- ◆ ISE 13.4
- ◆ ModelSim 6.5/Questa Sim 10.a



Alys Spartan-6 FPGA
(Spartan®-6 LX45)



Cyclone II FPGA核心板
(EP2C35F6727)