



# 基于FPGA的嵌入式 信号处理系统设计

[www.farsight.com.cn](http://www.farsight.com.cn)



远见品质

## 联系方式

姚远

Email:

[yaoyuan@farsight.com.cn](mailto:yaoyuan@farsight.com.cn)

FAR SIGHT

- ✓ 1、FPGA的最新发展现状和设计流程；
- ✓ 2、基于FPGA的嵌入式系统技术
- ✓ 3、基于FPGA构建数字视频图像处理系统的优势；
- ✓ 4、设计实例：基于FPGA的MPEG4 AVC/H.264视频编码器核心算法；
- ✓ 5、设计基于FPGA高速数字信号处理系统的技巧

# 数字集成电路的发展

- ✓ 电子管
- ✓ 晶体管
- ✓ 中小规模集成电路
- ✓ 超大规模集成电路 (VLSIC)
- ✓ 专用集成电路 (ASIC)
  1. 降低了成本、提高了可靠性、缩小了物理尺寸
  2. 设计周期长、改版投资大、灵活性差
- ✓ 可编程逻辑器件 (FPGA/CPLD)

在实验室能够设计、更改、研制并马上投入使用

- 硬件集成性
- 设计个性化
- 可修改性
- 快速性
- 低开发成本

# FPGA技术概念

- ✓ **CPLD (Complex Programmable Logic Device)**
- ✓ **FPGA (Field Programmable Gate Array)**
- ✓ **EDA技术——高密度逻辑器件、EDA工具、HDL**  
利用计算机，在EDA工具软件平台上，对以HDL/原理图等为系统逻辑描述手段完成的设计文件，自动完成自然语言综合、行为综合、逻辑综合、结构综合（布局布线），以及优化、仿真测试、直至实现既定的数字电路或系统。
- ✓ **嵌入式系统：内嵌到对象体系中的微型专用计算机（RISC）核心是嵌入式处理器**
- ✓ **硬核：ARM、MIPS、POWERPC、INTELX86、MOTOROLA 68000，嵌入式操作系统Windows CE Embedded Linux**
- ✓ **软核：Nios/NiosII**
- ✓ **SOC：片上系统**
- ✓ **SOPC：可编程片上系统**
- ✓ **IP核：知识产权**



远见品质

## 可编程逻辑器件的优点

- ✓ 集成度高
- ✓ 缩短研制时间
- ✓ 体积小
- ✓ 性能高
- ✓ 可靠性高
- ✓ 保密性好
- ✓ 设计灵活(可编程、可再编程、系统内可再编程)
- ✓ 通用性好
- ✓ JTAG板级和芯片级的测试

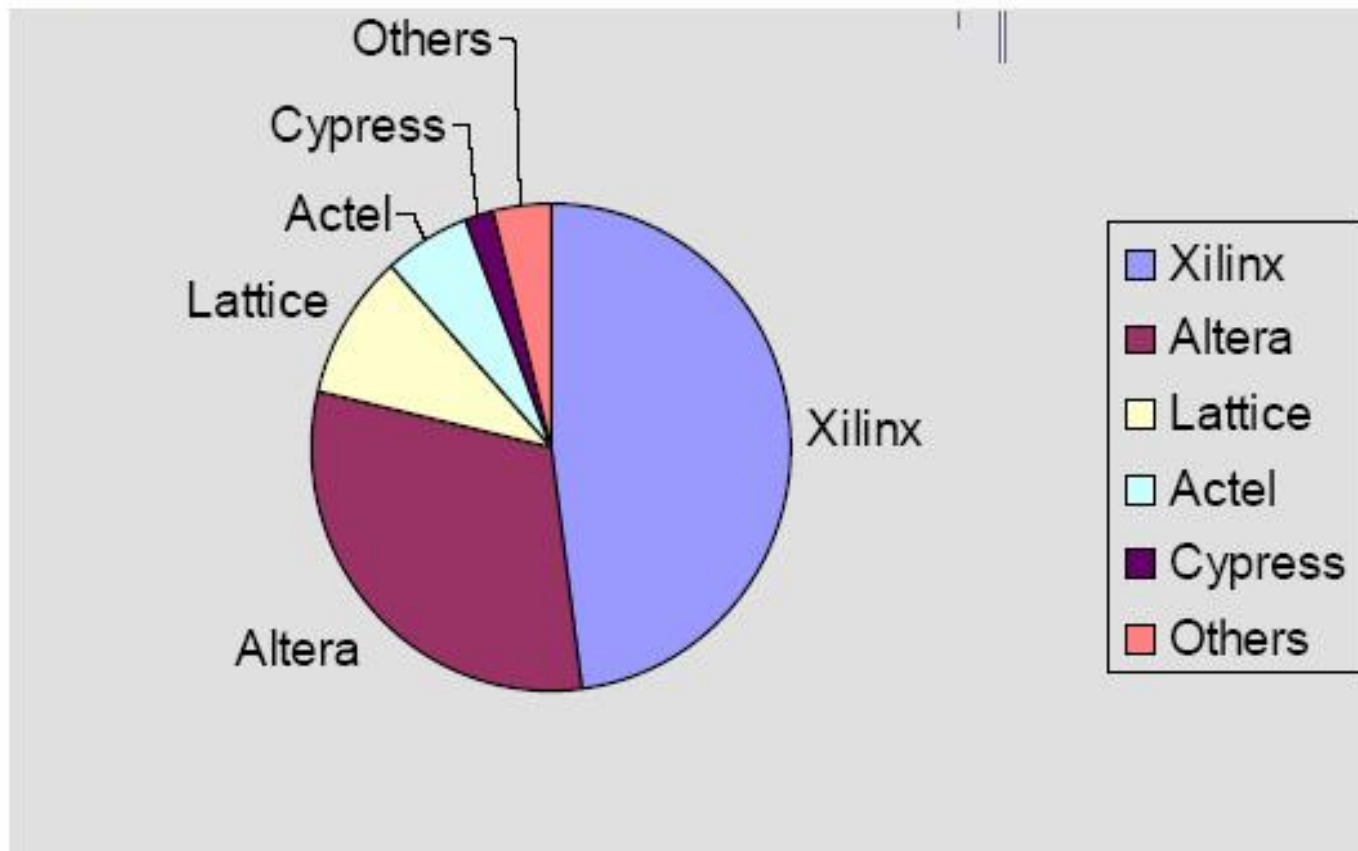
FAR SIGHT

## 可编程逻辑器件的种类

- ✓ **PROM (Programmable ROM)** 可编程只读存储器，单次写入，不能修改。
- ✓ **EPROM (Erasable Programmable ROM)** 可擦除可编程只读存储器，早期的CPLD，红外线擦除。
- ✓ **E2PROM (Electronic Erasable Programmable ROM)** 电擦除可编程只读存储器，普遍应用的CPLD产品。
- ✓ 基于SRAM的FPGA，如Altera，Xilinx等
- ✓ 反融丝结构FPGA，如Actel，Quicklogic等
- ✓ Flash结构FPGA，如Actel，Lattice等。

## FPGA的发展现状

- 在欧洲用Xilinx的人多
- 在日本和亚太地区用ALTERA的人多
- 在美国则是平分秋色





远见品质

## 两大FPGA厂商的代表产品



### Virtex-5 终极系统集成平台

- ▶ Virtex-5 LX 正在发售中 - 高性能逻辑



### Virtex-4 以最低的价格实现性能突破

- ▶ Virtex-4 LX 高性能逻辑
- ▶ Virtex-4 SX 超高性能信号处理
- ▶ Virtex-4 FX - 嵌入式处理和串行连接功能



### Spartan-3 全球成本最低的FPGA

- ▶ 以IO为核心Spartan-3
- ▶ 以门电路为核心Spartan-3E
- ▶ Spartan-3L 低功耗



### CoolRunner-II 全球成本最低、功耗最低的CPLD

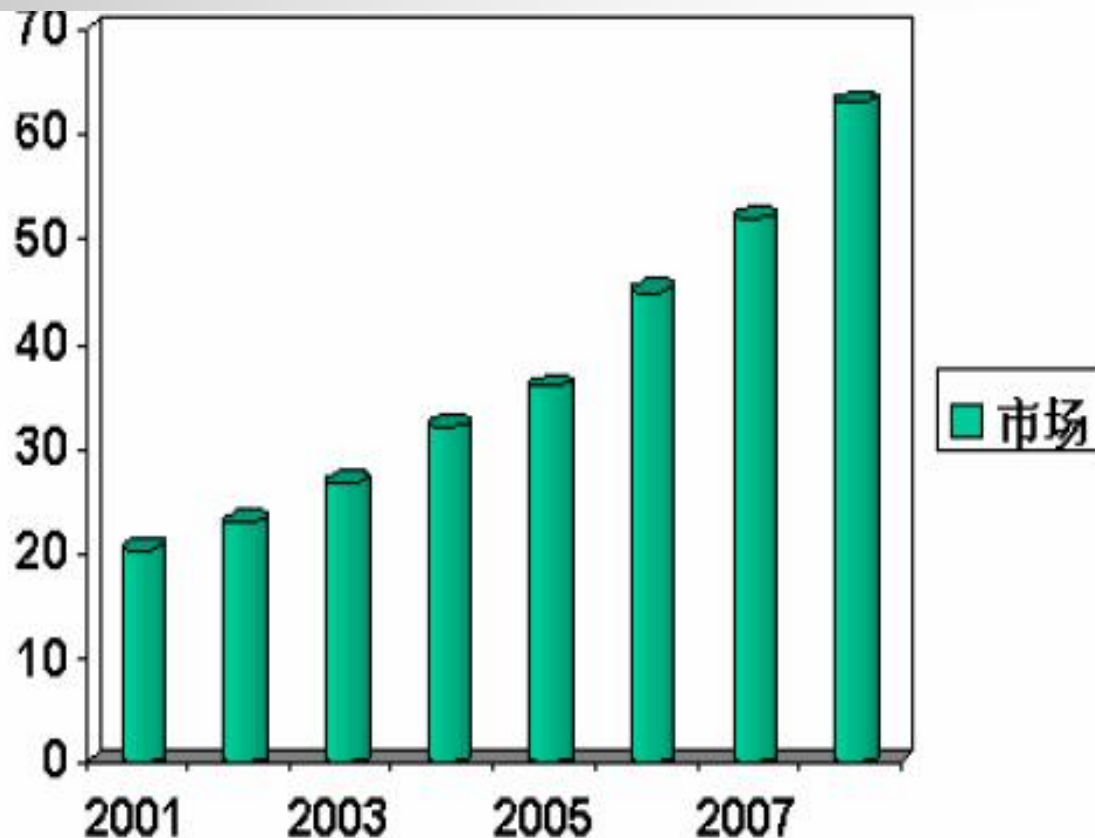
- ▶ CoolRunner-II具有多达512个宏单元
- ▶ CoolRunner-IIA具有附加的IO组和最小的封装

远见品质

## FPGA发展潜力巨大

Gartner Dataquest 统计  
(单位: 亿美元)

- 2003年26.73亿美元, 增长16.6%
- 2004年增长20%左右 达32.08亿美元。
- 预计2008年达到63 亿美元。



FAR SIGHT

## FPGA的典型应用(一)

### 接口逻辑控制器

#### --提供前所未有的灵活性

✓ ISA, PCI, PCI Express, PS/2, USB等接口控制器

✓ SDRAM, DDR SDRAM, QDR SRAM, NAND Flash, NOR Flash等接口控制器

✓ 电平转换, LVDS, TTL, COMS, SSTL等

## FPGA的典型应用(二)

### 高速数字信号处理(DSP)

#### --提供前所未有的计算能力

- ✓ 无线通信领域,如软件无线电(SDR)
- ✓ 视频图像处理领域,如高清数字电视(HDTV)
- ✓ 军事和航空航天领域,如雷达声纳

## FPGA的其他应用

### 其他应用领域

- ✓ 汽车, 如 网关控制器/车用PC, 远程信息处理系统
- ✓ 军事, 如 安全通信, 雷达和声纳, 电子战
- ✓ 测试和测量, 如 通信测试和监测, 半导体自动测试设备, 通用仪表
- ✓ 消费产品, 如 显示器/投影仪, 数字电视和机顶盒, 家庭网络
- ✓ 医疗, 如 软件无线电, 电疗, 生命科学
- ✓ 通信设备, 如 蜂窝基础设施, 宽带无线通信, 软件无线电(SDR)



远见品质

## 2. 基于FPGA的嵌入式系统技术

基于FPGA的嵌入式系统技术.

以Altera公司的NIOSII处理器为例

FAR SIGHT



远见品质

## 基于FPGA的嵌入式系统

### √ 主要的嵌入式解决方案

Altera公司 NIOSII / ARM9方案

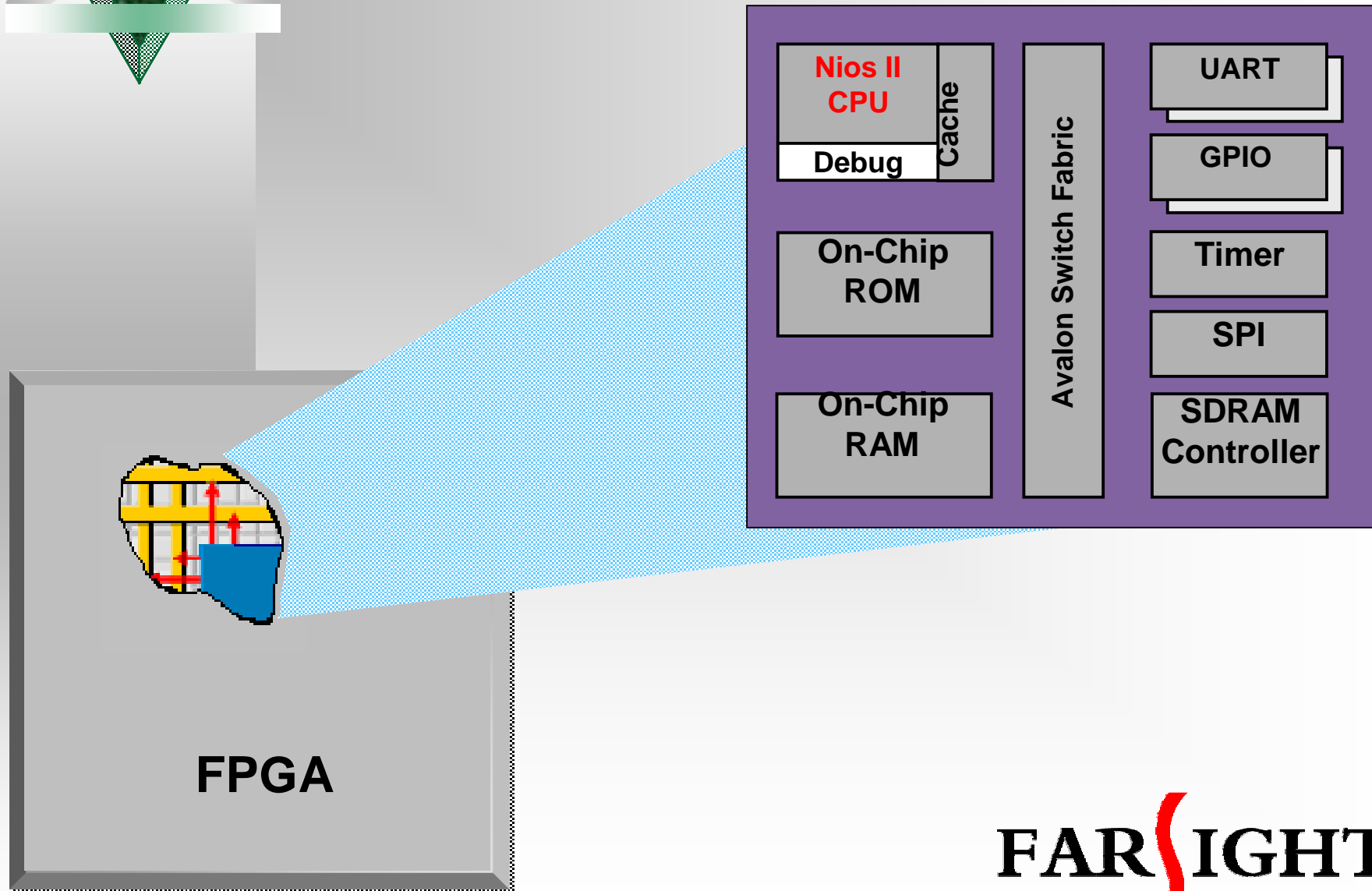
Xilinx公司 MicroBlaze/Power PC方案

Actel公司 ARM7方案

FAR SIGHT

远见品质

# Altera 公司的NIOSII解决方案

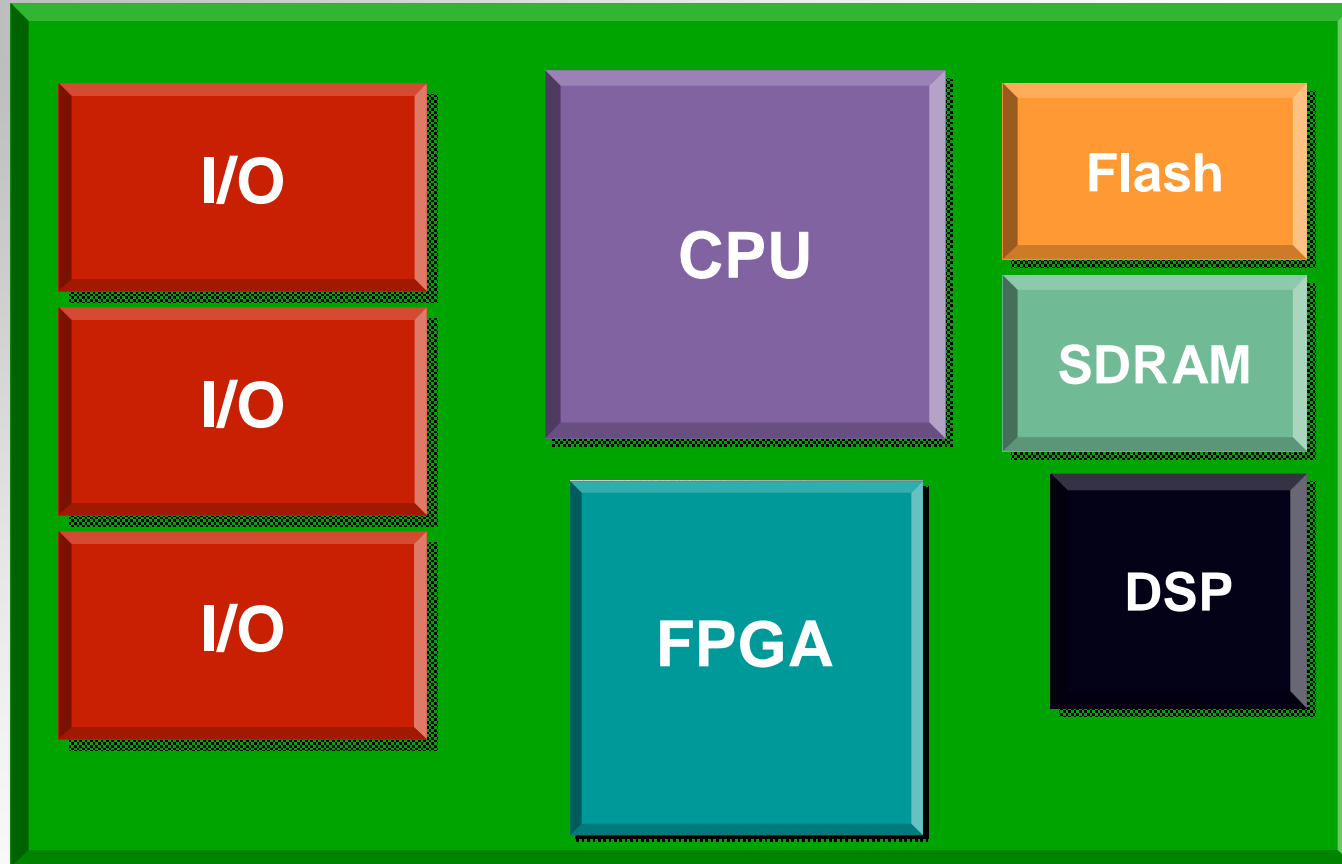


FAR SIGHT



远见品质

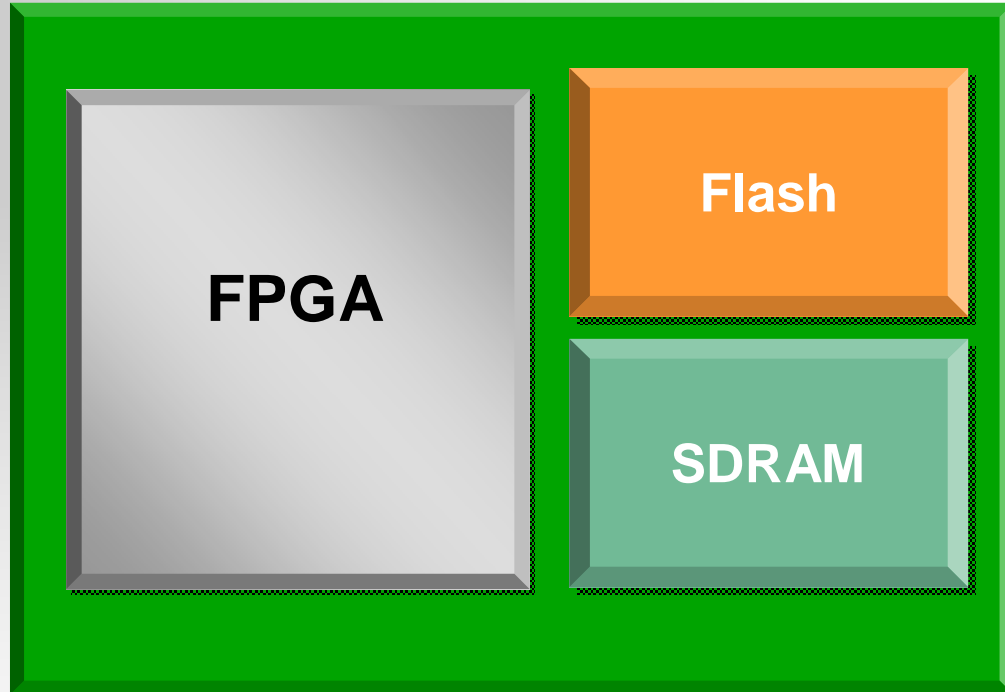
## 一个典型的复杂应用系统



FAR SIGHT

远见品质

## 采用了嵌入式解决方案的系统



**FAR**  **SIGHT**

## 可配置的软核嵌入式处理器的优势

- ✓ 能轻松创建“完美的”处理器：外设、存储器接口、性能特点和成本
- ✓ 三种处理器内核
- ✓ 大量的SOPC Builder配备的内核
- ✓ 无限的DMA通道组合
- ✓ 多CPU内核
- ✓ 多处理器系统
- ✓ 定制指令
- ✓ 硬件加速
- ✓ 降低系统成本
- ✓ 上市快、竞争力强、延长生存时间、减少成本



远见品质

### 3、基于FPGA构建数字视频图像处理系统的优势；

- ✓ 外部接口更灵活
- ✓ 数据带宽更高
- ✓ 处理能力更强

FAR SIGHT



远见品质

## 4. 基于FPGA的MPEG4 AVC/H.264视频编 码器

- √ 设计实例：基于FPGA的MPEG4 AVC/H.264视频编码器
- √ FPGA选用Altera的 EP2S180
- √ 核心算法

FAR SIGHT

$$x'_0 = x_0 + x_1 + x_2 + x_3$$

$$x'_1 = 2x_0 + x_1 - x_2 - 2x_3$$

$$x'_2 = x_0 - x_1 - x_2 + x_3$$

$$x'_3 = x_0 - 2x_1 + 2x_2 - x_3$$

远见品质

## 典型算法：DCT变换

- ✓ H.264的整数DCT变换可以分做两步完成：先对需要做变换的矩阵的每一列做一维变换，再对其结果的每一行做一维变换，这个次序也可以反过来，先行后列。这样二维变换就可以用一维变换来实现。

$$x'_0 = x_0 + x_1 + x_2 + x_3$$

$$x'_1 = 2x_0 + x_1 - x_2 - 2x_3$$

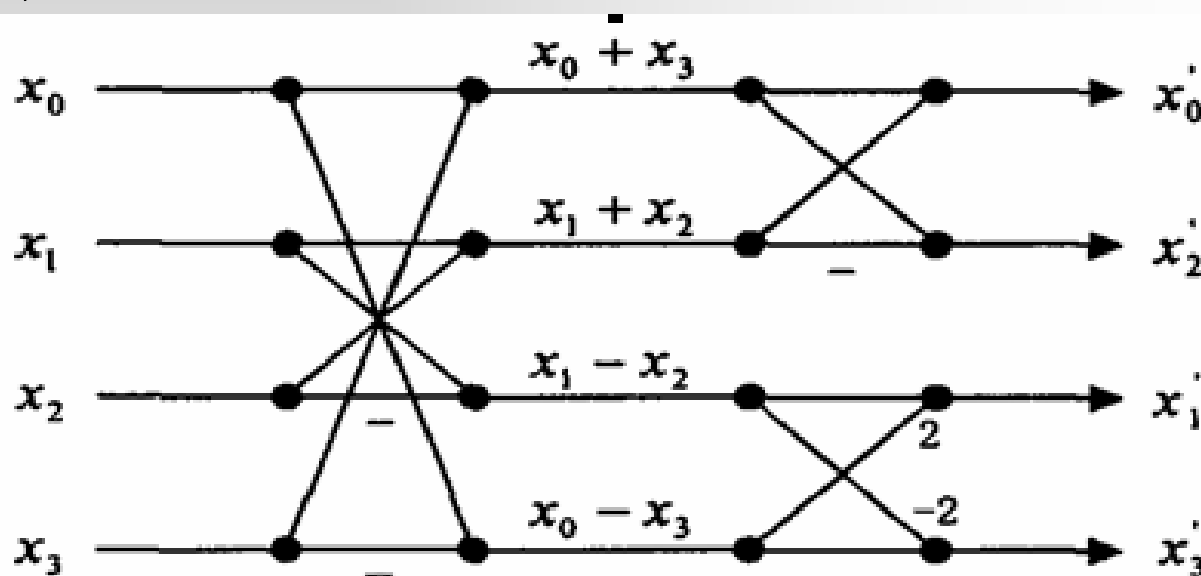
$$x'_2 = x_0 - x_1 - x_2 + x_3$$

$$x'_3 = x_0 - 2x_1 + 2x_2 - x_3$$

FAR  IGH T

✓ 其中  $x_n, n = 0, \dots, 3$  为第一列的元素,  $x'_n, n = 0, \dots, 3$  为滤波结果。由此可见计算有很多重复, 如  $x_0 + x_3$  就同时被计算  $x'_0$  和  $x'_2$  的公式所使用

所以可以将其暂时保存起来以避免重复计算, 对应的蝶型算法如下图所示。



## 一维到两维的结构设计

✓ 顺序结构：

先行变换，再列变换；

✓ 流水线结构

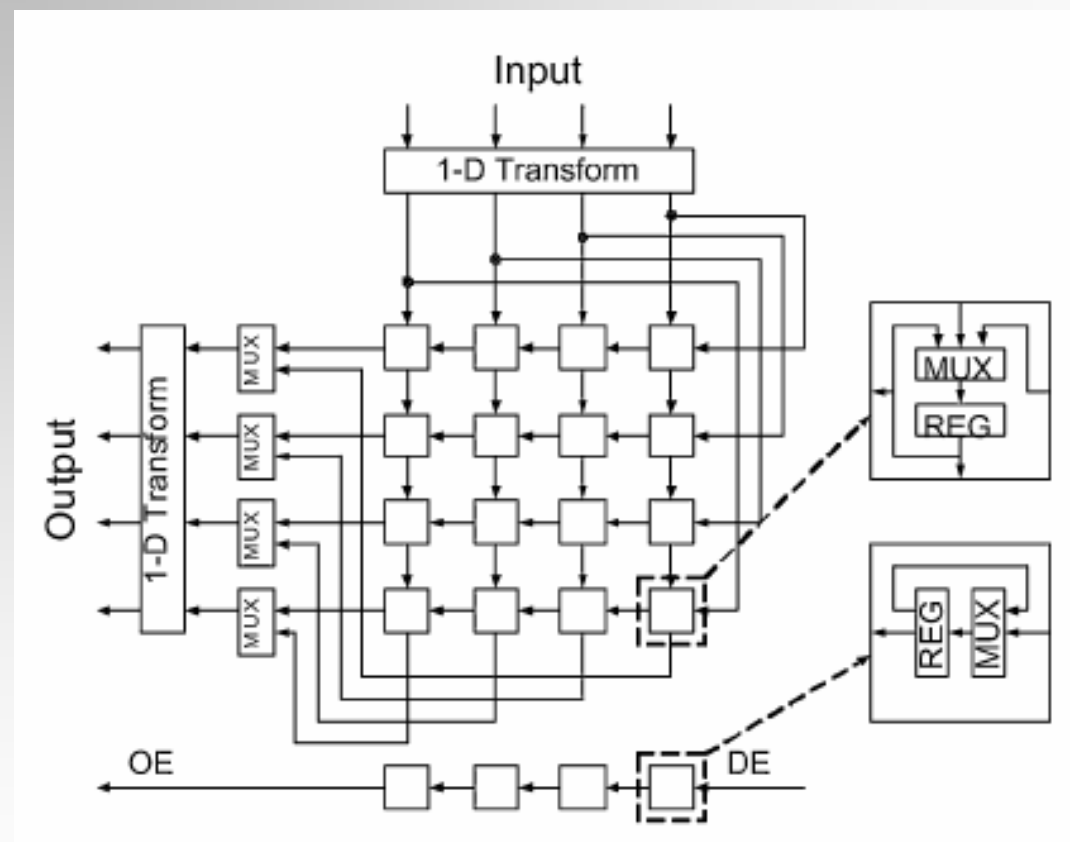
概念：并行和流水的区别？



远见品质

## 硬件实现结构

### 流水线结构



FAR  IGH T



远见品质

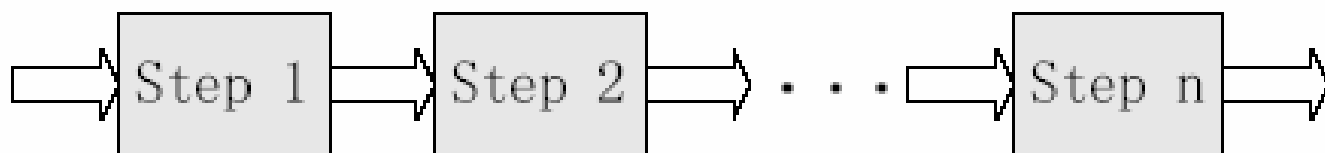
## 5、设计基于FPGA高速数字信号处理 (DSP) 系统的几点技巧

### √ 流水线设计

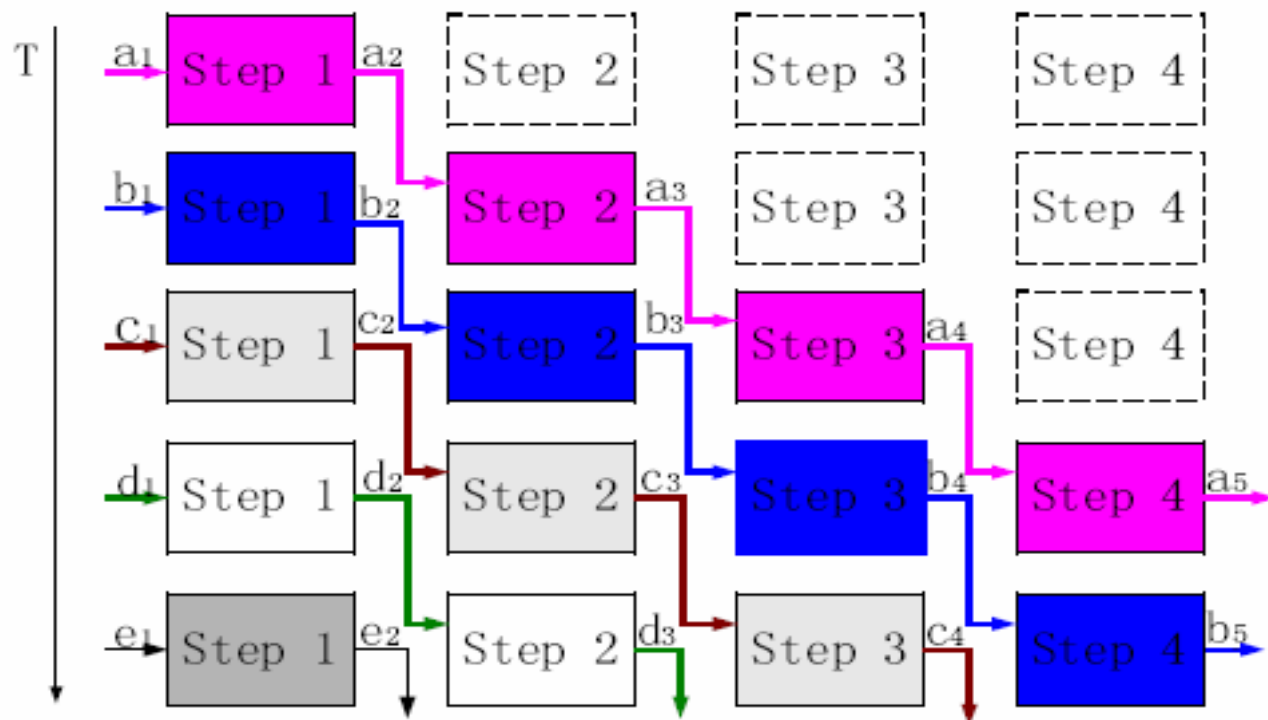
FAR SIGHT

## 技巧之一：流水线操作

流水线处理是高速设计中的一个常用设计手段。如果某个设计的处理流程分为若干步骤，而且整个数据处理是“单流向”的，即没有反馈或者迭代运算，前一个步骤的输出是下一个步骤的输入则可以考虑采用流水线设计方法提高系统的工作频率。



## 流水线设计的时序和关键



流水线设计的一个关键在于：整个设计时序的合理安排、前后级接口间数据流速的匹配。这就要求每个操作步骤的划分必须合理，要统筹考虑各个操作步骤间的数据流量。如果前级操作时间恰好等于后级的操作时间，设计最为简单，前级的输出直接汇入后级的输入即可。如果前级操作时间小于后级的操作时间，则需要对前级的输出数据适当缓存，才能汇入后级，还必须注意数据速率的匹配，防止后级数据的溢出。如果前级操作时间大于后级的操作时间，则必须通过逻辑复制、串并转换等手段将数据流分流，或者在前级对数据采用存储、后处理方式，否则会造成与后级的除了节拍不匹配。

## 初级班培训内容

- ✓ EDA技术简介以及CPLD/FPGA 基础知识
- ✓ Verilog HDL硬件描述语言基本语法和实践
- ✓ FPGA设计进阶及工程设计中应该注意的问题
- ✓ 基于NIOSII 嵌入式处理器的SOPC（可编程片上系统）系统的开发基础



远见品质

## 高级班培训内容

- ✓ 数字系统设计流程与策略及FPGA设计指导性原则与技巧
- ✓ 基于FPGA的数字信号处理(DSP)系统设计流程与策略及设计指导性原则与技巧
- ✓ FPGA和其他DSP芯片协同处理平台的软硬件设计方法

FAR  IGH T



[www.farsight.com.cn](http://www.farsight.com.cn)

谢谢！