

采用 FPGA 集成 DSP 功能，提高成像应用的性能

引言

Intevac 是商用和军用市场光学产品的前沿开发商。本白皮书介绍该公司 NightVista 嵌入式电子系统产品的开发，它是一款高性能超低亮度紧凑型摄像机，最初采用了流行的数字信号处理器、几片 ASSP 和外部存储器件。系统对性能的需求越来越高，工程师团队决定试验一种替代方案——在可编程逻辑中实现可配置软核处理器。这一决定带来了以下好处：

- 达到了目标性能
- 在单片 FPGA 中集成了分立元件和数字信号处理 (DSP) 功能
- 功耗降低了近 80%
- 将五块元件板缩减到一块，显著降低了成本。
- 缩短了开发时间

基于 DSP 处理器的方法

NightVista 电子系统的部分功能包括：

- 摄像机上电测试和初始化
- 视频传感器校准和特征参数测试
- 图像增强管理的自动增益控制
- 图形、文本和水印随屏显示
- 实时自适应对比度调整
- Gamma 校正，视频帧捕获，并存储至闪存。
- 实时时钟
- 用户定义的可编程预置配置
- 通过 RS-232 与主机 PC 进行通信
- 摄像机功能和参数远程更新，摄像机至主机 PC 视频数据传送。

Intevac 开发 NightVista 电子产品最初的方法是采用数字信号处理器。除了处理器之外，还需要其他几个主要部件，包括 NTSC 视频编码器、一个 RS-232 接口、多个锁相环 (PLL)、实现各种逻辑功能的 CPLD，以及几个存储器 (FIFO、SDRAM 和闪存)。此外，这些部件需要四个不同的工作电压 (需要四个电源稳压器和 PCB 板层)，四个独立的时钟系统，以及各自的振荡器和电源去耦电路。这些部件一共占用了五块 PCB，每一块电路板大约两平方英寸，堆叠在该摄像机两英寸见方的外壳中。

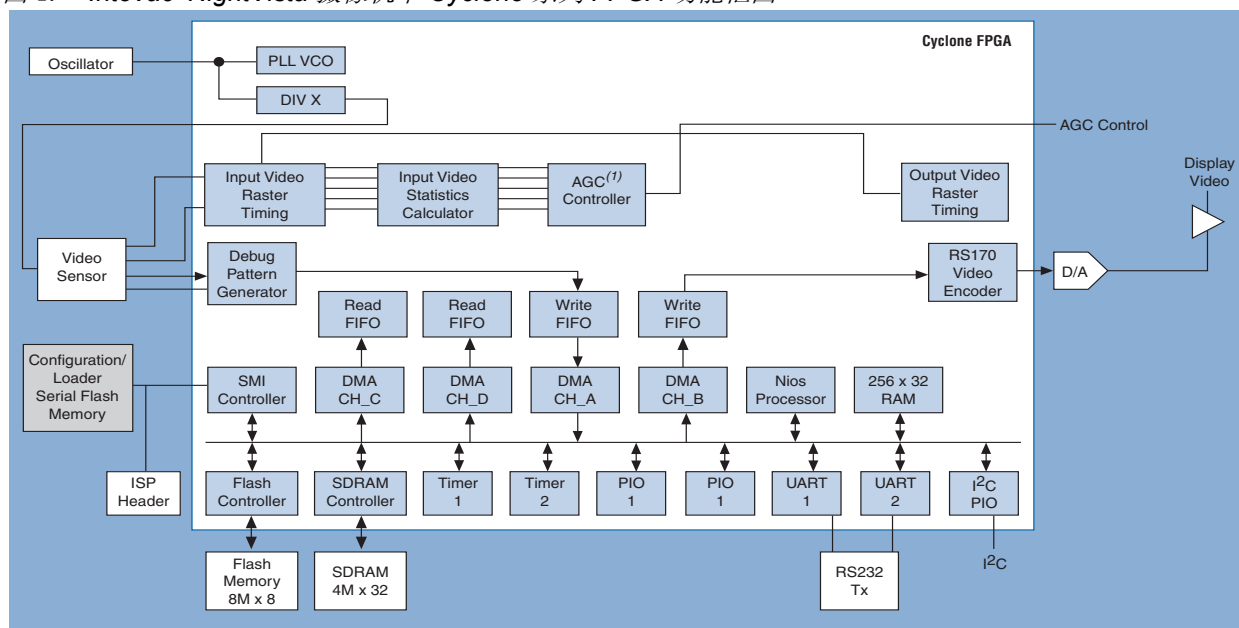
硬件开发了几个月之后，大家清楚的认识到了该解决方案难以达到 Intevac 为 NightVista 设定的性能目标，重量和功耗令人难以接受。而且，由于高密度堆叠的 PCB 功耗很大，带来了明显的热管理问题。Intevac 决定中断基于数字信号处理器的设计，转而采用基于 FPGA 的混合逻辑和软核微处理器方案。Intevac 并没有使用集成微处理器可编程逻辑的经验，但是一个使用 Altera 演示板的评估方案很有吸引力，其最新的低成本 FPGA 能够将一个完整的 32 位 RISC 处理器和存储器模块、PLL 以及大量的逻辑资源集成到一起，实现专用视频信号处理功能。在 FPGA 中集成 PLL 可以解决与电路板级多时钟系统相关的大量问题。

工程团队考虑了多种因素，包括：

- 多种 FPGA 系列的性能和特性
- 提供知识产权 (IP) 内核
- 多个供应商的器件集成技术和业务建议
- 提供成熟的硬件和软件开发工具
- 供应商提供可靠的资源支持

分析了以上因素后，公司决定购买在 Altera Cyclone® FPGA 中实现 Altera® Nios® 处理器的解决方案。FPGA 的功能如图 1 所示。

图 1. Intevac NightVista 摄像机中 Cyclone 系列 FPGA 功能框图



设计转换

决定使用 Altera 的解决方案后，Intevac 必须确定现有的 DSP 软件在多大程度上能够导入到 Nios 处理器中。公司已经投入了 18 个人工月进行前面的数字信号处理器软件开发，团队现在面临的任务是将图像数据通过处理器传送至输出，并且没有视频处理。FPGA 摄像机设计中的 Nios 处理器扮演了完全不同的角色，只能通过 RS-232 串行通信协议与主机 PC 进行通信，可以重新使用视频传感器配置协议。幸运的是，Nios 处理器的软件开发直观明了，通过使用 Nios 开发板，Intevac 在几个小时之内便建立了处理器和主机 PC 之间的通信。

新的 FPGA 设计在一个月之内完成，在这段时期内，Intevac 继续采用 Nios 处理器开发板编写、调试软件代码。Intevac 最初计划采用数字信号处理器的实时操作系统 (RTOS) 来管理复杂的视频处理算法时序。由于 Nios 处理器并不包括现成的 RTOS，软件小组无法确定是否能够达到所有的时序要求。与硬件小组讨论后，软件小组很快发现 Nios 处理器的可配置特性可以很好的控制信号时序，一般只需要对 FPGA 设计稍做改动便能够达到时序目标要求。同一 FPGA 环境下硬件和固件处理的集成度非常高，能够迅速简单的实现最佳控制和视频处理任务。

基于 FPGA 的方案实现了定制化，提升了性能

进一步的深入研究后，Intevac 开始开发定制功能和外设，以贴近自己的需求。一旦在软件中碰到瓶颈，硬件小组便开始开发一个协处理器来提高性能，一般在一个小时内就可以做到这一点。硬件小组设计了一个定制视频编码器、用于缓冲视频数据的 FIFO 模块，以及专用 DMA 控制器为编码器提供稳定的视频数据流，避

免了使用外部编码器和 FIFO 缓冲。此外，构建了一个定制 SDRAM 控制器，使所有的视频、属性、Nios 处理器命令读取和数据存储都可以共享同一存储器，从而提高了性能。某些功能需要自己的时钟，因此，采用了 FPGA 的板上 PLL，从一个主时钟中产生三个不同的时钟：第一个用于视频编码器，第二个用于 SDRAM 时序，第三个用于外部像素传感器。

通过集成提高性能

在实现了以前所用外部器件的功能以后，Intevac 还增加了最初 DSP 处理器无法实现的功能。加入了视频测试模式生成器来仿真摄像机的工作，帮助软件小组完成各种视频处理算法，使系统能够协调工作。加入的另一功能是统计生成器，用于分析视频数据的特性，以便进行图像增强和亮度处理。图像统计生成器需要的数学运算如果在软件中实现，那么速度很慢。Intevac 使用了 FPGA 中的逻辑资源来实现该功能，设置完成后，将结果传送给处理器。

电路板制好后，在几个小时内便能完成开发板软件代码传送、代码设置，并在新板上运行。后面的几个月中，Intevac 在进行硬件和软件开发的同时，进一步调试、优化了设计。虽然对处理器和 FPGA 设计的其他部分进行了多次修改，但是，并没有影响电路板布板。最后，使用 Cyclone 器件和 Nios 软核处理器，将五块电路板缩减为一块。这种集成方式减轻了摄像机重量，所需支持电压由四个减少到两个，功耗降低了近 80%。使用相同的 PCB 设置，Intevac 还能够高效的生产其他多种产品。

采用 Altera 产品轻松过渡到 RoHS

Altera 在业界提供的 RoHS 兼容产品范围最广，1200 多个产品具有无铅封装。Altera 作为环保可编程逻辑解决方案的优秀供应商，2002 年以来已经发售了 2 千 5 百万片 RoHS 兼容产品。Altera 的器件符合 EU Directive 在有害物质使用限制 (“RoHS Directive”) No.2002/95 中所规定的最大浓度值，包括铅 (Pb)、汞、镉、六价铬、多溴化联苯 (PBB) 以及多溴化联二苯 (PBDE) 等。采用 Altera 的 PLD 集成不兼容的 ASSP，可以轻松完成您的 RoHS 过渡。

结论

对设计进行简化后，Intevac 达到了自己的性能目标，极大的降低了元件和生产成本，提高了 NightVista 的质量和可靠性。在最初的产品规范基础上，该解决方案还增加了更多的功能。Intevac 在 FPGA 中留出了逻辑资源，这样，现场应用时，能够进一步对摄像机进行更新。这一解决方案帮助 Intevac 研究并完善了速度更快、效率更高的设计开发流程，为今后的产品开发节省了大量的时间和资源。

资源

了解更详细的信息，请参考 Altera 网站上的以下资源。

- Altera 客户展示中的 Intevac NightVista 摄像机：
www.altera.com/corporate/cust_successes/customer_showcase/csh-intevac_lp.html
- 更多的系统集成解决方案：
www.altera.com/technology/integration/int-index.html
- 可编程逻辑的客户应用案例：
www.altera.com/corporate/cust_successes/customer_showcase/csh-index.html
- Altera DSP 解决方案：
www.altera.com/technology/dsp/dsp-index.jsp
- Nios 嵌入式处理器的信息：
www.altera.com/products/ip/processors/nios2/ni2-index.html

致谢

Altera 感谢 Intevac 公司工程组经理 David Main 和软件工程师 Vladimir Adam 对该项目的贡献。



101 Innovation Drive
San Jose, CA 95134
www.altera.com

版权 © 2008 Altera 公司。保留所有版权。Altera，可编程解决方案公司、程式化 Altera 标识、专用器件名称和其他所有其他专有商标或者服务标记，除非特别声明，均为 Altera 公司在美国和其他国家的商标和服务标记。所有其他产品或者服务名称的所有权属于其各自持有人。Altera 产品受美国和其他国家多种专利、未决应用、掩模著作权和版权的保护。Altera 保证当前规范下的半导体产品性能与 Altera 标准质保一致，但是保留对产品和服务在没有事先通知时的变更权利。除非与 Altera 公司的书面条款完全一致，否则 Altera 不承担由使用或者应用此处所述信息、产品或者服务导致的责任。Altera 建议客户在决定购买产品或者服务，以及确信任何公开信息之前，阅读 Altera 最新版的器件规范说明。