

FPGA 技术培训结业报告

学员：李志刚

由于对 FPGA（可编程逻辑门阵列）技术设计非常感兴趣，我参加了国家信息产业部软件与集成电路促进中心主办、中电网承办的 FPGA 技术培训。

我以前没有接触过远程网络授课的方式学习，开始的时候有点怀疑这种方式的效果。经过这半年的学习，这种怀疑被打破了。其实这种方式在一定程度上具有更明显的优势：不仅可以随听随停进行消化吸收，并且可以反复播放，直到听懂为止，笔记也可记得很全，重点也能深入及时地进行分析思考。尤其孟老师铿锵有力的声音，加强了我对知识的记忆效果。在进行实验的时候，因为没有老师当面进行指导，反而锻炼了我们的独立思考能力和解决问题的能力。当我实在解决不了的时候，可以通过邮件和在线座谈的形式向老师请教。这样的形式比我以前想象的效果要好得多。

经过半年的学习，我对 FPGA 有了全面的认识，对 FPGA 的应用范围有了进一步的了解，对 FPGA 设计有了深入的学习。掌握了 FPGA 的设计流程，掌握了常用的 VHDL 语言用法以及一些常用数字模块的 VHDL 语言描述。掌握了用 FPGA 设计组合逻辑和时序逻辑的方法。学会了 SOPC 的设计方法，会使用 nois II 软核进行 SOPC 设计。学会使用了 FPGA 的 DSP 嵌入系统开发工具。对 IP 核，模块化设计、Altera HardCopy II 结构化 ASIC 等有了较深入的理解。

通过学习我对可编程逻辑器件 PLD（Programmable Logic Devices）有了一个总体的认识。可编程逻辑器件可以分为简单 PLD 和复杂的 PLD；简单的 PLD 分为：PROM、PLA、PAL、GAL；复杂的 PLD 分为：CPLD 和 FPGA。复杂可编程逻辑器件 CPLD 和现场可编程门阵列 FPGA 是我们这次培训学习的主要内容。CPLD 一般是基于乘积项结构的。FPGA 的内部结构主要有两类：一类是 SRAM 查找表结构，一类是反熔丝的多路开关结构。目前的 FPGA 市场上有代表性的 CPLD/FPGA 器件厂商有 Altera、Xilinx、Lattice、Actel 等。其中 Altera、Xilinx 占有大部分市场份额。Altera 公司的主流 PLD 器件主要有：高密度 FPGA，如 Stratix、Stratix II、Stratix III、Stratix GX、Stratix II GX 等；低成本 FPGA，如 Cyclone、Cyclone II、Cyclone III 等；CPLD 器件，如 MAX，MAX II 等。CPLD 和 FPGA 的应用范围非常广泛，在视频及图像处理、便携应用、汽车电子、个人医疗设备、游戏设备、通讯、工业、军事等诸多领域中，它们都发挥着不可替代的作用。从目前的市场分析来看，FPGA 的销售量正在逐年上升，占据的市场份额也越来越大。FPGA 将逐渐成为数字设计中必不可少的部分，它已经成为数字电子设计系统中的核心和基石。

CPLD/FPGA 设计流程主要包括电路设计与输入、功能仿真、综合、综合后仿真、实现、布线后仿真与验证、板级仿真验证与调试等主要步骤。电路设计与输入最常用的方法是硬件描述语言（HDL），其中影响最为广泛的 HDL 是 VHDL 和 Verilog HDL。通过这次培训的学习，我掌握了 VHDL 的基本概念、语句结构、语言现象、描述方法等。VHDL 主要部件分为两个层次，一个是硬件层次，一个是软件层次。在硬件层次里主要的单元是实体（entity），它用来定义硬件外部接口；软件层次由软件包和软件包体构成，软件包对应了硬件层次的实体，软件包体对应了硬件层次的结构体。在 VHDL 中，一个对象只能具有 1 个数据类型；VHDL 包含有 2 大类语句，即顺序描述语句和并行描述语句；有 3 类数据对象，即变量、常量和信号；有 4 种运算符，分别为逻辑运算符、算术运算符、关系运算符和并置运算符；有 5 种预定义属性，包括值类属性、函数类属性、信号类属性、数据类型类属性、数据范围类属性。并行描述语句可以分为进程语句、并行信号赋值语句、并行断言语句、参数传递语句、元件例化语句和生成语句等 6 类。通过学习，我理解和掌握了 VHDL 语言的元素、结构、子结构、描述语句、

预定义属性、配置、以及常用的程序模块等 7 部分。VHDL中定义的标准数据类型有位和位向量、布尔量、字符和字符串、整数、自然数和正整数、实数、时间、错误等级等 8 类。常用的数字电路模块有基本门电路、编码器、译码器、选择器、运算器、触发器、寄存器、计数器、有限状态机等 9 类。顺序描述语句包含有信号和变量赋值语句、WAIT语句、IF语句、CASE语句、LOOP语句、RETURN语句、NULL语句、REPORT语句、跳出循环语句、顺序断言语句等 10 类。

通过学习，我掌握了 FPGA 设计中的四大基本原则，即面积和速度的平衡和互换原则、硬件原则、系统原则、同步设计原则。掌握了一些常用的技巧，如乒乓操作、串并转换、流水线操作、异步时钟域数据同步。

学会了用 quartus II 软件进行仿真、布局布线、优化、综合等操作，学会了用 Modelsim 进行仿真，用 LeonardoSpectrum 进行综合的操作方法。学会了利用 IP 核进行系统设计，掌握了利用 DSP Builder 进行 DSP 嵌入系统开发的方法，领悟了利用 Nios II 及 SOPC Builder 进行嵌入处理器的系统开发的奥妙。理解了 FPGA 模块化设计、Altera 的 HardCopy II 结构化 ASIC 等。

在进行实验的调试时，发现了许多问题，如在实验一中，显示的结果中，十六进制数下面的横杆显示的有错误，经过检查，发现在显示的嵌套的程序中输入出现了错误。经过实验一的学习，我对显示器的工作原理有了更深的理解，并掌握了 FPGA 和 VGA 接口设计的方法。在 PS2 键盘实验中，发现只能输入十六进制的数，通过对键盘原理的学习和扫描码理解，自己把它改进了一下，可以输入更多的字母。在利用宏功能模块设计的实验中，体会到了它的方便和快捷。在串口的实验中，接收到的数据总是出现错误。在 SOPC 实验中，开始由于没有 is611v25616_sram 组件，没有做出结果。后来的结果还可以，但是这两个实验比前几个复杂多了。不过，这也让我真正体验了系统的概念，体验了片上可编程系统的妙处。在程序下载过程中，发现了下载到 FPGA 器件和配置器件中的区别。实验的过程中还有其他的很多问题，有的解决了，有的还在疑惑中。这些实验极大的激发了我对 FPGA 设计的兴趣，提高了我的 FPGA 设计能力。

总之，通过实验，我的 FPGA 设计的实践能力有了进一步的提高。掌握了 altera 的设计工具 quartus II，modelsim 仿真工具以及 LeonardoSpectrum 综合工具的使用方法。学会了仿真和综合的一般方法。通过实验，促进了我对 FPGA 设计的理解和学习。学会了使用 sopc builder 以及 nois II 核工具进行嵌入系统设计。培训中的这些实验，对我的软件和硬件能力的提高有很大的帮助。

通过这次培训，我对 FPGA 未来的发展前景有了一定的看法和认识。我认为随着半导体工艺的发展，FPGA 的应用领域还会有很大的拓展。我认为在以下几个方面还会有很大的发展空间：

1) 向传统的 ASIC 应用领域进军。

随着半导体工艺发展到深亚微米，使得 ASIC 设计成本难以承受。FPGA 可以抓住这样的好机会，设计出适合批量生产的 FPGA 全新逻辑器件，如 Altera 的 cyclone 系列器件。降低成本的另一个途径是 hardcopy 结构化的 ASIC。它可以从 FPGA 转化成低成本平台，在实现功能和性能的同时，硅片面积可减少 70%，成本可以减少 90%。

2) 融合数字模拟混合信号的 FPGA

数字可编程设计给电子设计行业带来了巨大的变化，同时也大大的促进了其他行业发展，提高了人们生活水平。模拟可编程也是必然的趋势，虽然面临的困难还很多。随着模拟可编程技术的成熟，将数字和模拟可编程融合在一起的技术也必将是大势所趋。这样使设计人员从概念设计转向完整设计，从而全面提高创新能力。

3) FPGA 和 MEMS（微电子机械系统）的整合

随着 MEMS（微电子机械系统）的快速发展，将有更多地微传感器和微执行器面世。若将 FPGA 和 MEMS 的产品整合在一起，那么将实现真正意义上的完整系统。将微传感器、微执行器和 FPGA 集成在一起，可以实现从数据的采集、存储、处理、输出执行等一系列过程。这将给电子行业以及其他行业带来崭新的变化。

经过这次培训，我收获颇丰。在 FPGA 设计思想和方法，VHDL 语言的学习掌握，各种软件的使用，实验板上硬件的调试，现代化的教育学习手段等诸多方面，都有了很大的进步，极大的提高了我 FPGA 设计的能力。通过网上的问答解惑，我和其他的老师，工程师以及同学分享各自的经验，互帮互助，共同提高。通过这次培训，我对 FPGA 的应用领域有了进一步的了解，对 FPGA 未来的发展有了更深的认识。这次培训更坚定了我对 FPGA 设计的信心。通过这次培训，发现自己不懂的知识还很多，发现自己需要提高的能力还很多。我还需要不断的学习，不断的锻炼，需要不断到中电网来取经，以提高自己的 FPGA 设计能力。我将以这次培训为起点，不断追逐和实现自己的 FPGA 设计事业。

最后，谢谢孟老师的精彩授课，谢谢吕老师辛勤细致的组织安排，谢谢所有给予我帮助各位工程师以及培训中心的老师们，谢谢你们的热情帮助，谢谢你们的辛勤劳动！