

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN



PROYECTO FIN DE CARRERA

Integración y verificación de un sistema de
dinámica de fluidos computacional (CFD)
para su implementación en dispositivos FPGA

Óscar Robles Martínez

2012



POLITÉCNICA



**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION**

ACTA DE EXAMEN

Asignatura: PROYECTO FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL PROYECTO: INTEGRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD) PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN DISPOSITIVOS FPGA.

APELLIDOS Y NOMBRE: ROBLES MARTÍNEZ, ÓSCAR	CALIFICACIÓN M. H. 10pt
---	--------------------------------

Tutor: D. JUAN ANTONIO LÓPEZ MARTÍN

Madrid, a 20 de julio de 2012

EL VOCAL PRIMERO

EL PRESIDENTE

EL VOCAL SECRETARIO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente: D. CARLOS CARRERAS VAQUER

Vocal: D. JUAN ANTONIO LÓPEZ MARTÍN

Secretario: D. ÁNGEL FERNÁNDEZ HERRERO

TÍTULO:

Integración y verificación de un sistema de dinámica de fluidos
computacional (CFD) para su implementación en dispositivos
FPGA

AUTOR: Óscar Robles Martínez

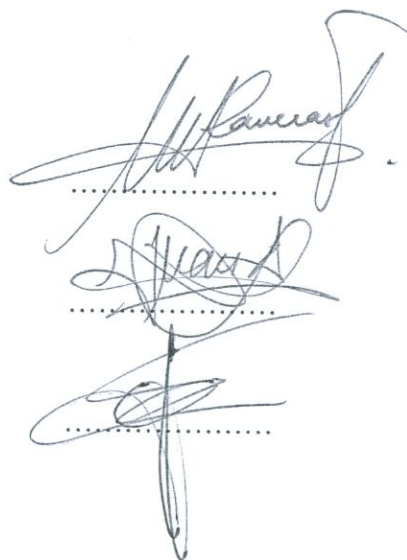
TUTOR: Dr. Juan Antonio López Martín

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente: Dr. Carlos Carreras Vaquer

Vocal: Dr. Juan Antonio López Martín

Secretario: Ángel Fernández Herrero



FECHA DE LECTURA: 20 de Julio de 2012

CALIFICACIÓN: Matrícula de Honor, 10 pt

Agradecimientos

Cuando una etapa de tu vida se acaba, miras hacia atrás y piensas en todos los sacrificios y esfuerzos que has tenido que realizar para llegar hasta ahí. Por otra parte no puedes olvidarte de que no has realizado el viaje sólo, has recibido el apoyo de muchas personas y sin ellas, no habrías sido capaz de llegar hasta ese punto. A todos ellos, les tengo que dar las gracias.

En la vida es muy complicado encontrar un campo que te guste y te desarrolle como persona. Por ello, me gustaría agradecer a las personas del Laboratorio de Sistemas Integrados de la E.T.S.I. Telecomunicación por la oportunidad de realizar este proyecto, que me ha abierto las puertas de un mundo fascinante.

Este proyecto ha sido parcialmente subvencionado por los siguientes proyectos: "Fast-CFD: Desarrollo de técnicas avanzadas para aceleración de las simulaciones de CFD para aplicaciones aeronáuticas" y "Amura: Sistemas UWB multielemento y reconfigurables para aplicaciones avanzadas de señal - Diseño microelectrónico (TEC2009-14219-C03-02)".

Más personalmente, quiero dar las gracias a Carlos Carreras por tener siempre la puerta abierta a las preguntas que le planteaba y por hacerme sentir como una más en el grupo desde el primer momento.

También me gustaría dar las gracias a Ángel, Enrique, Pablo y Roberto por todo el tiempo y toda la ayuda que me han prestado, aportando su experiencia y su trabajo para facilitarme la tarea en todo lo posible.

Como no podía ser de otro modo, tengo que hacer mención especial a Juan Antonio, mi tutor, por aportar el optimismo que a mí me faltaba confiando en mi potencial en todo momento, por todos sus consejos y por todo lo que he aprendido. Pero sobre todo, por haber convertido un estudiante en un ingeniero.

No puedo dejar de dar las gracias a mi familia por creer en mí y darme fuerzas para llegar hasta el final. Con un recuerdo especial de aquellos que ya no están, porque también han contribuido a crear la persona que hoy escribe estas palabras.

Especialmente, tengo que agradecer a mis padres, Carmelo y M^a Felisa, todos los sacrificios que han hecho por mí para que pueda conseguir mi sueño. Sin su apoyo y confianza no hubiera sido posible.

Por último, también tengo que dar las gracias a Ester por todos sus consejos, por no dejar que me rinda en los momentos difíciles y por creer en mí en todo momento, a pesar de que yo no lo hiciera.

Resumen

Este proyecto aborda la integración y posterior verificación de un sistema de dinámica de fluidos computacional (CFD) cuyo propósito es la reducción de los tiempos de cálculo requeridos para aplicaciones aeronáuticas.

El diseño del sistema se realiza utilizando lenguaje VHDL, lenguaje de descripción hardware empleado habitualmente en la industria.

La plataforma de desarrollo disponible para realizar el proyecto se basa en una placa de comunicaciones PROCStar III de la compañía Gidel, con dos dispositivos FPGA modelo Stratix III de Altera y dos memorias tipo SODIMM de 2 GB de capacidad. El acceso a este dispositivo se realiza mediante un bus PCI Express y un controlador implementado en lenguaje C++.

Además, se lleva a cabo la optimización e implementación de varios módulos de modo que cumplan con las especificaciones de frecuencia establecidas. La descripción de estos componentes se ha detallado en la documentación desarrollada posteriormente.

También se ha realizado un estudio de la interfaz de los distintos componentes del sistema, el cual ha servido como soporte para su integración posterior.

La etapa de verificación del sistema se lleva a cabo utilizando Modelsim, una herramienta de simulación y análisis, que permite simular el comportamiento del sistema. Además, se ha recurrido al uso de ficheros para facilitar la tarea. De este modo es posible comprobar que el comportamiento del sistema implementado equivale al que presenta la herramienta de simulación software, la cual ha sido desarrollada con anterioridad a este proyecto.

Palabras clave

Dinámica de fluidos computacional (CFD), Computación de Altas Prestaciones (HPC), FPGA, Altera, VHDL, Diseño, Implementación, Euler, Integración, Verificación

Abstract

This project deals with the integration and the test of a computational fluid dynamics system (CFD) whose purpose is the reduction of the calculation time required for the aeronautical applications.

The system design is made using VHDL language, a very used hardware description language in the industry.

The available development platform is composed by a PROCStar III communication board made by Gidel, with two FPGA devices Stratix III and two SODIMM memories with 2 GB of capacity. The access to this device is made by a PCI Express bus and a controller implemented using C++ language.

In addition, it has been carried out the optimization and implementation of several modules to achieve the frequency specifications. The description of these components have been described in the developed documentation later.

Moreover, it's made a study of the interfaces presented by all the system components, so it serves like a support to the integration task.

The system is tested by Modelsim, a simulation and analysis tool, which let to simulate the running of the system. In addition, it's reported to the use of files to make easier the task. In this way, it's possible to check the system behavior is equivalent to the software simulator one, which has been developed prior to this project.

Key words

Computational fluid dynamics (CFD), High Performance Computing (HPC), FPGA, Altera, VHDL, Design, Implementation, Euler, Integration, Test