DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

TESIS DOCTORAL

COSÍNTESIS DE SISTEMAS HETEROGÉNEOS COMPLEJOS

Autor:

José Manuel Moya Fernández
Ingeniero de Telecomunicación

Director:

Juan Carlos López López
Dr. Ingeniero de Telecomunicación
Universidad de Castilla-La Mancha

Tutor:

María Luisa López Vallejo
Dr. Ingeniero de Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid

2003

TESIS DOCTORAL: Cosíntesis de Sistemas Heterogéneos Complejos

AUTOR: José Manuel Moya Fernández
DIRECTOR: Juan Carlos López López
TUTOR: María Luisa López Vallejo

El tribunal nombrado para juzgar la Tesis arriba indicada, compuesto por los siguientes doctores:

PRESIDENTE: Dr. Carlos A. López Barrio

VOCALES: Dr. Javier Ucedo Antolín

Dr. Antonio Núñez Ordoñez

Dr. Román Hermida Correa

SECRETARIO: Dr. Teresa Riesgo Alcalde

acuerda otorgarle la calificación de: Sobresaliente cum laude (5 votos)

Madrid, 11 de Abril de 2003

El Secretario del Tribunal

Resumen

Los rápidos cambios tecnológicos y la fuerte demanda de aparatos electrónicos de consumo, cada vez más complejos, están haciendo que el coste de diseño sea dominante para un amplio rango de sistemas empotrados. Esta complejidad inherente de los sistemas se ve agravada por la heterogeneidad de los recursos y de las herramientas de síntesis de bajo nivel. Por tanto, cada vez es más patente la necesidad de nuevas metodologías y herramientas de diseño que permitan aumentar drásticamente la productividad de los diseñadores.

El enfoque más común consiste en especificar el sistema completo, con un nivel de abstracción elevado, y después realizar un particionado y completar el diseño de hardware y software de forma independiente. Esta aproximación no escala bien con el aumento de complejidad, y además añade numerosos problemas de difícil solución.

Esta tesis propone un enfoque radicalmente diferente para el diseño de sistemas heterogéneos de elevada complejidad: homogeneizar los recursos y ofrecer abstracciones de muy bajo nivel, que eviten la separación del diseño de hardware y software hasta el final del proceso de diseño. Nuestro enfoque puede resumirse con la frase

> *Construyamos sistemas complejos homogéneamente sobre un conjunto heterogéneo de recursos, en lugar de construir sistemas complejos heterogéneamente sobre varios conjuntos homogéneos de recursos.*

La metodología propuesta extiende los conceptos utilizados en el desarrollo de software

empotrado, utilizando un compilador hardware-software como herramienta principal, y un pequeño substrato de sistema operativo hardware-software, que ofrece los servicios básicos de comunicación y sincronización entre los diferentes componentes del sistema. A diferencia de otras aproximaciones, la interfaz de todos los componentes del sistema es idéntica.

Se ha implementado un prototipo de entorno de desarrollo para soportar la metodología propuesta, basado en las herramientas de GNU de desarrollo cruzado de software. Al mismo tiempo se han desarrollado una serie de ejemplos que demuestran la validez del enfoque.

Palabras clave: Codiseño hardware-software, síntesis de sistemas heterogéneos, diseño de sistemas complejos, sistemas operativos distribuidos.

Abstract

The fast technology developments, and the growing demand of consumer appliances, more and more complex every time, are making the design cost to be of highest concern for a spread range of embedded systems. This inherent complexity is getting worse because of the heterogeneity of the resources and the low-level synthesis tools. Therefore, it is becoming clear that we need new methodologies and design tools, capable of dramatically increasing the productivity of the designers.

The most common approach consists in specifying the whole system at a high abstraction level, then making a partition, and then completing the design of hardware and software separately. This approach does not scale well as complexity grows, and it also adds many other problems, with no easy solution.

This PhD thesis proposes a new, completely different approach to the design of highly complex heterogeneous systems: making the resources homogeneous and offering low-level abstractions, to avoid the separation of hardware and software design, until the last steps in the design flow. Our approach can be summarized as follows

> *Let's build complex systems homogeneously on top of an heterogeneous set of resources, instead of building complex systems heterogeneously on top of several sets of homogeneous resources.*

The proposed methodology extends the concepts used in the development of embed-

ded software, using a hardware-software compiler as the main tool, and a small hardware-software operating system substrate, to provide the basic communication and synchronization services between the different system components. Unlike previous approaches, all the components (hardware and software) share a common interface.

We have built a prototype of a codesign environment supporting the proposed methodology, based on the GNU tools for cross-development of embedded software. At the same time, we have developed some examples that prove the suitability of our approach.

Keywords: Hardware-software codesign, heterogeneous system synthesis, complex system design, distributed operating systems.

Índice general