

APLICACIÓN DEL PROTOCOLO LTI A LA RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS EN UNA PLATAFORMA MOODLE

Jordi Cosp-Vilella^a, Roc Meseguer-Pallares^b y Herminio Martínez-García^a

^aEscola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB); Consorci de l'Escola Industrial de Barcelona (CEIB); Departament d'Enginyeria Electrònica; Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). BarcelonaTech; c/ Comte d'Urgell, 187. 08036. Barcelona (Espanya); {jordi.cosp/herminio.martinez}@upc.edu; ^bEscola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC); Departament d'Arquitectura de Computadors; Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). BarcelonaTech; c/ Esteve Terradas, 7 - 08860 Castelldefels (Barcelona - Espanya); roc.meseguer@upc.edu

Abstract

This paper presents the development of an application to propose complex exercises to students on a Moodle platform by connecting to an external server through LTI (Learning Tools Interoperability) protocol. The system has been applied to automatic grading of hardware descriptions made by students using the high level hardware description language VHDL. In this application the student has to upload his or her description in a Moodle platform and this description is simulated in another server with the appropriate simulation software. Thus, an immediate evaluation of the exercise is obtained with the need of additional software in the platform that hosts the Moodle platform and the student database, being another computer managed by teachers that performs simulations. The system is easily scalable to other fields different from digital electronics as Pspice.

Keywords: IMS LTI, LMS, TSUGI, Moodle, e-learning, elearning, interoperability, VHDL, automatic assessment

Resumen

En el presente artículo se muestra el desarrollo de una aplicación que permite proponer a los estudiantes ejercicios complejos sobre una plataforma Moodle mediante la conexión a un servidor externo a través del protocolo LTI (Learning Tools Interoperability). El sistema se ha aplicado concretamente a la corrección automática de descripciones hardware realizadas por los alumnos mediante el lenguaje de descripción hardware de alto nivel

Aplicación del protocolo LTI a la resolución de ejercicios en una plataforma Moodle

VHDL. En él, el estudiante debe cargar su descripción en una plataforma Moodle que será simulada en otro servidor con el software de simulación adecuado. De esta manera, se consigue una evaluación inmediata y automática del ejercicio propuesto sin la necesidad de instalar software adicional en el servidor que aloja la plataforma Moodle y la base de datos de estudiantes, siendo otro ordenador gestionado por el profesorado el que realiza las simulaciones. El sistema es fácilmente escalable a simuladores de otras disciplinas diferentes a la electrónica digital como Pspice.

Palabras clave: IMS LTI, LMS, TSUGI, Moodle, e-learning, elearning, interoperabilidad, VHDL, corrección automática

Introducción

Desde el curso 2009-2010, en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC-BarcelonaTech) se vienen impartiendo los nuevos grados dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Concretamente, los planes que se ofrecen son los grados en Ingeniería Biomédica, Ingeniería de la Energía, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química e Ingeniería Electrónica Industrial y Automática [1].

El cambio, además de eliminar las tradicionales ingenierías técnicas y superiores y establecer un nuevo currículum distribuido en grado y máster, ha comportado cambios en la forma de impartir los estudios donde la parte práctica y realización de trabajos por parte de los estudiantes ha cobrado mucho más importancia respecto a los planes anteriores y reduciendo el peso de las pruebas teóricas presenciales. Este modelo, más allá de las ventajas que pueda tener en la formación de los estudiantes, implica un considerable aumento del esfuerzo por parte del personal docente en las asignaturas impartidas.

Por este motivo, es necesario desarrollar nuevas técnicas y herramientas que permitan a los profesores hacer un seguimiento del trabajo del estudiante sin que ello implique un aumento apreciable en su carga de trabajo. Los gestores de contenidos para el aprendizaje o LCMS (Learning Content Manager Systems) como Moodle son unas buenas herramientas que incorporan múltiples funcionalidades y permiten llegar a todos los estudiantes de forma masiva. Habitualmente las altas de los estudiantes en el sistema es totalmente transparente al personal docente que dispone de una plataforma virtual con todos los datos de los estudiantes ya introducidos a principios de cada curso. El inconveniente que pueden tener es que, al no ser administradas por el profesor, existan limitaciones importantes en su uso. Para ello, existe la posibilidad de crear conectores entre el servidor del LCMS y otro externo que

Jordi Cosp-Vilella, Roc Mesguer-Pallares y Herminio Martínez-García

sí puede estar administrado por el profesor y, por lo tanto, instalar en él todo el software que considere necesario.

En este trabajo se presenta un sistema instalado en un servidor remoto que mediante el protocolo LTI (Learning Tools Interoperability) desarrollado por IMS Global [2] que permite aprovechar las bases de datos de alumnos de los cursos de un servidor Moodle y luego evaluar automáticamente los ejercicios propuestos a los estudiantes en otro ordenador administrado por el profesor. Concretamente, se trata de descripciones de sistemas digitales en el lenguaje VHDL para una asignatura de electrónica digital del grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

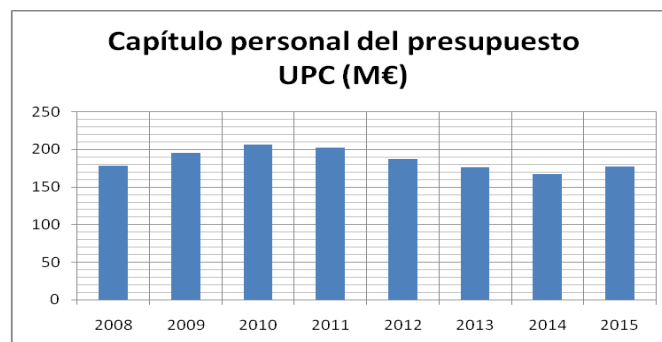
Limitaciones presupuestarias coincidentes con el despliegamiento del EEES

La implantación del EEES en la EUETIB de la UPC se empezó a llevar a cabo en el curso 2009-2010 y progresivamente ha sustituido a los planes de estudio implantados en los cambios del 1995 y la reforma del 2002.

En un principio, a pesar del aumento de la carga docente del nuevo sistema, el cambio de modelo debía llevarse a cabo con coste cero, es decir, con la misma capacidad docente que se disponía para el modelo antiguo. Ello implicaba unas serias limitaciones ya que los nuevos planes requerían un mayor esfuerzo por parte del personal docente y debían ponerse en marcha con los mismos recursos que los planes antiguos. Sin embargo, la realidad ha sido más dura ya que debido a la situación de crisis económica vivida durante estos últimos años que ha sido más acentuada en los países del sur de Europa, los presupuestos no solamente han sido congelados sino que se han visto disminuidos considerablemente. Concretamente, en la Universidad Politécnica de Catalunya [3], y sin tener en cuenta correcciones debidas a la inflación o al envejecimiento de la plantilla con su correspondiente aumento de la relación coste/horas de dedicación docente, el presupuesto en el capítulo de personal ha pasado entre el año 2010 y el 2015 de 206 a 177 millones de euros aproximadamente, lo que representa que el presupuesto al inicio del despliegamiento del EEES en 2010 era un 16% mayor que al finalizar el proceso en 2015. Estas cifras, extraídas del documento del presupuesto de la universidad publicados en su web y mostrados en la figura 1, contemplan tanto el personal docente e investigador como el de administración y servicios pero la proporción entre ambos no ha variado excesivamente en estos cinco últimos años y puede servir para hacerse una idea de la evolución de los recursos disponibles.

Aplicación del protocolo LTI a la resolución de ejercicios en una plataforma Moodle

Figura 1 Evolución del capítulo de personal del presupuesto de la UPC en millones de € durante los últimos años



La asignatura en la que se ha aplicado la herramienta de corrección automática

Entorno de la asignatura dentro del plan de estudios

A pesar del entorno económico desfavorable, los planes de estudios adaptados al EEES han sido cambiados con esfuerzo pero con éxito. Es dentro del plan de estudios del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática que se encuentra la asignatura “Electrónica Digital y Microprocesadores (EDM)” [4]. Esta asignatura está ubicada en el 5º cuadrimestre (primer cuadrimestre del tercer año) juntamente con otra asignatura de la especialidad, Tecnología Electrónica, y un cuadrimestre después de la asignatura de Sistemas Electrónicos (STI) en la que se ve una introducción a la disciplina.

En la asignatura EDM los estudiantes deben haber adquirido la competencia específica “Conocimientos básicos de electrónica digital” y deben desarrollar las competencias también específicas “Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores” y parte de “Capacidad para diseñar sistemas electrónicos analógicos, digitales y de potencia”. Además, los estudiantes la competencia genérica “Comunicación eficaz oral y escrita” aunque esta competencia no se va a tratar en este trabajo.

Los estudiantes llegan a la asignatura EDM una vez han cursado la asignatura STI, que es transversal a todos los grados de ingeniería impartidos en la EUETIB, en la que ven los aspectos básicos de la electrónica y entre ellos, los de la electrónica digital. De esta manera, en la asignatura EDM a parte de profundizar en el diseño de los sistemas digitales a nivel de puertas lógicas y bloques más complejos, también existe una parte importante de aplicación en la que los estudiantes desarrollan la capacidad de describir circuitos digitales mediante el lenguaje de descripción hardware de alto nivel VHDL [5]. El lenguaje VHDL es un lenguaje parecido al lenguaje de programación ADA pero su aplicación no es la definición de algoritmos para que los lleve a cabo un autómata digital (microprocesador) sino que es la

Jordi Cosp-Vilella, Roc Meseguer-Pallares y Herminio Martínez-García

descripción de sistemas digitales para su modelado, simulación y/o síntesis. Con él, el ingeniero puede describir su sistema para, luego, ser implementado sobre un dispositivo lógico programable (PLD) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). De esta manera se reduce enormemente el tiempo de diseño e implementación de los circuitos comparado con la implementación tradicional sobre circuitos integrados TTL. A parte, en el proceso hay una importante reducción de costes y la posibilidad de implementar circuitos medianamente complejos, hecho que no es práctico si se usan técnicas manuales tradicionales. En la figura 2 se muestra la descripción de una simple puerta NOT.

Figura 2 Ejemplo de descripción VHDL elemental. Puerta NOT

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;

entity inverter is
  port(
    A: in std_logic;
    X: out std_logic);
end inverter;

architecture LOGIC of inverter is
begin
  X<=not A;
end LOGIC;

```

Desarrollo y planificación de la asignatura

La formación en este curso está dividida en sesiones teóricas en las que se presentan los conceptos básicos, sesiones prácticas en que los estudiantes prueban sus diseños sobre una placa de desarrollo comercial [6] basada en una FPGA (Field-Programmable Gate-Array) y trabajo en casa en el que escriben y simulan las descripciones que luego serán probadas en el laboratorio. Esta parte de la formación es muy importante ya que no se dispone de suficiente tiempo en el laboratorio para la realización completa de las descripciones y el estudiante debe tener suficientemente avanzado el diseño para poder terminar el ejercicio en la sesión de laboratorio.

Las descripciones de los estudiantes son revisadas manualmente por el profesor tanto en el laboratorio, donde se puede dar un feed-back al estudiante, como una vez finalizado el ejercicio para su corrección y evaluación. Este proceso es imprescindible pero también enormemente tedioso. En la revisión de la descripción, el profesor debe tener en cuenta una diversidad de características. Algunas de ellas deben ser realizadas por el profesor como son la valoración global de la descripción, el uso de las técnicas concretas pedidas como es si la descripción debe ser estructural o por comportamiento y la más importante de todas, el feedback hacia el estudiante y la comunicación personal. En cambio, hay otras características que pueden ser valoradas de forma automática como son la correcta sintaxis de la des-

Aplicación del protocolo LTI a la resolución de ejercicios en una plataforma Moodle

cripción y su correcta funcionalidad. Una herramienta capaz de realizar estas valoraciones es una gran ayuda en el proceso de corrección de los ejercicios permitiendo así al profesor focalizar su atención en los primeros aspectos que debe imprescindiblemente realizar él y no pueden dejarse a la máquina.

Herramientas para la corrección automática

El desarrollo de las herramientas automáticas de corrección de ejercicios es un campo de investigación importante dada la gran interés que tienen en las enseñanzas técnicas por la complejidad de algunos ejercicios, y la programación y la descripción de hardware no son una excepción. Numerosos ejemplos existen de estas aplicaciones. Algunos ejemplos son [7] en le que se aplica una herramienta de corrección automática para programas Java en el que los estudiantes reciben una corrección previa a sus trabajos previa a la entrega final al profesor. Y también [8] en el que se ha desarrollado un módulo para Moodle capaz de verificar de forma automática las descripciones cargadas por parte de los estudiantes liberando a los profesores de la supervisión continua de los trabajos de los alumnos.

En el análisis de estas herramientas es necesario tener en cuenta las siguientes características [9]: El abanico de lenguajes de programación y/o descripción de hardware soportados; el lenguaje de programación usado para su desarrollo en vistas al despliegue y mantenimiento de la herramienta, la arquitectura lógica que marcará su modularidad, escalabilidad y flexibilidad; el hardware necesario; si puede trabajar sola o requiere de otros módulos; las tecnologías usadas por la herramienta (estándares, protocolos, librerías, etc.) y las métricas que es capaz de evaluar así como calcula la nota de los trabajos.

Se puede encontrar una buena revisión de las aplicaciones existentes en [9] y en [10].

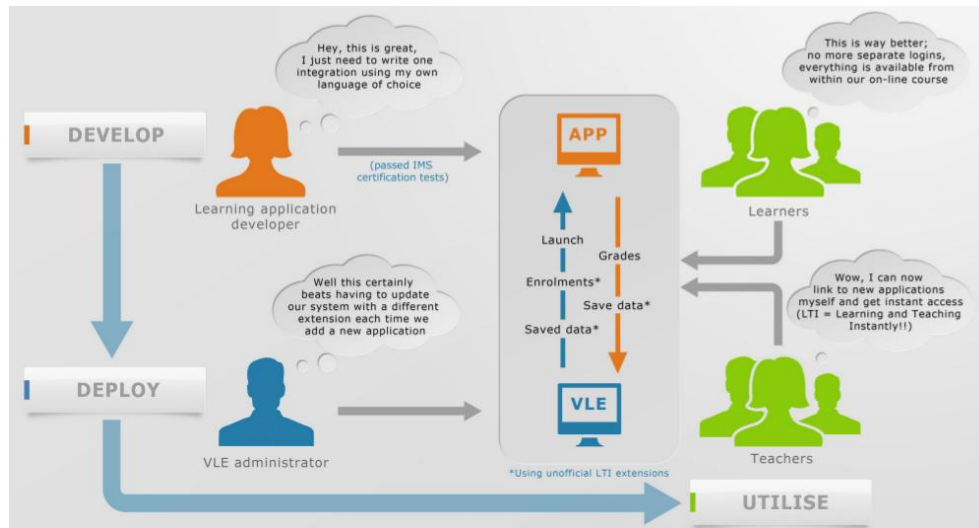
Moodle y el protocolo LTI

Para la aplicación de la corrección automática de los ejercicios en la asignatura tratada en este artículo, en la Universidad Politécnica de Catalunya se dispone de una plataforma docente virtual, Atenea [11], basada en la herramienta Moodle. Esta plataforma permite, entre otras opciones, proponer tests con respuestas cerradas o solucionar ejercicios matemáticos a través de herramientas como WIRIS quizzies [12] pero, evidentemente, no existen módulos específicos para todas las disciplinas como pueden ser compiladores y simuladores informáticos. Ello impide proponer ejercicios a los estudiantes sobre el desarrollo de descripciones de hardware de alto nivel como VHDL. Sin embargo, existe un módulo que permite conectar la plataforma Atenea con un servidor externo usando el protocolo LTI [2]. Ello (figura 3) permite generar una tarea en el servidor Atenea que se conecta con el servidor externo pasándole la información sobre el estudiante y abriendo una ventana en la plataforma virtual con los contenidos generados por la aplicación externa. A partir de este

Jordi Cosp-Vilella, Roc Meseguer-Pallares y Herminio Martínez-García

punto, el estudiante interactúa en el entorno del LCMS pero con los contenidos generados por la aplicación externa.

Figura 3 Esquema de un sistema LCMS+LTI.



Fuente: www.celtic-project.org

Por otro lado, para facilitar el despliegue del protocolo y el desarrollo de aplicaciones que usen LTI existen librerías que encapsulan las tareas más habituales para la comunicación entre dos servidores con el protocolo LTI.

Descripción de la herramienta

Para la corrección automática de los ejercicios consistentes en descripciones VHDL para la asignatura “Electrónica digital y microprocesadores” se ha desarrollado una aplicación en PHP que funciona sobre un servidor administrado por los profesores de la asignatura y que se comunica mediante el protocolo LTI a un servidor Moodle (versión Atenea propia de la Universitat Politècnica de Catalunya) usando las librerías TSUGI [13].

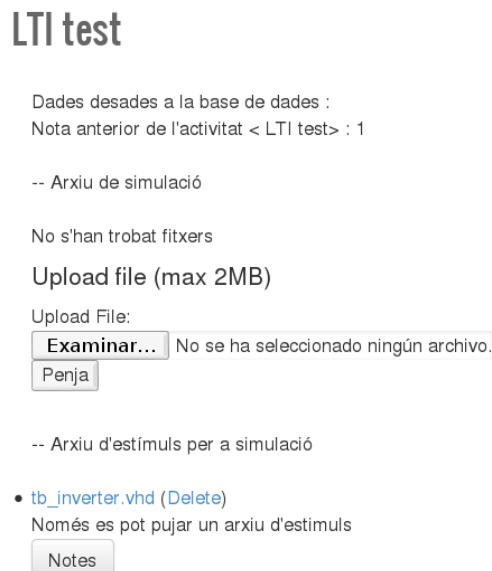
La herramienta permite crear en Moodle una tarea externa mediante la cual se comunica con nuestro servidor y donde el estudiante puede cargar la descripción que se le ha encargado. Luego, una vez cargado el fichero, nuestro servidor procede a la simulación de la descripción mediante el simulador VHDL de libre distribución ghdl [14]. Previamente, el profesor ha cargado en la tarea correspondiente un testbench también en VHDL, para la prueba del diseño pedido. El resultado de la compilación (si no hay errores) y la simulación (si el comportamiento del diseño del estudiante cumple con el comportamiento esperado

Aplicación del protocolo LTI a la resolución de ejercicios en una plataforma Moodle

por el testbench desarrollado por parte del profesor para la tarea en concreto) es guardado en una hoja de cálculo en el servidor gestionado por los profesores. Dado que la implementación de Moodle disponible solamente permite el uso del protocolo LTI v.1.1 y no la versión más reciente, v.2.0, no es posible devolver al servidor Moodle los resultados de los ejercicios, de manera que deben ser gestionados por el servidor externo.

En la figura 4 se muestra la ventana de carga de los ficheros VHDL para ser simulados (nótese que se trata de la versión visible al profesor ya que permite la carga del fichero de estímulos o testbench)

Figura 4 Ventana incrustada en el LCMS para la carga de ficheros a testear. Versión visible para el profesor que incluye el fichero de estímulos (testbench)



Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el desarrollo de una aplicación para la evaluación automática de descripciones hardware de alto nivel, concretamente VHDL, realizadas por alumnos de la asignatura Electrónica Digital y Microprocesadores del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Escuela Universitaria de Ingeniería Industrial de Barcelona en la Universitat Politècnica de Catalunya.

La aplicación está basada en lenguaje PHP y está corriendo en un servidor que puede conectarse a la plataforma docente virtual de la UPC (Atenea, basada en Moodle) mediante el protocolo LTI. En ella, los estudiantes después de acceder a la asignatura desde la plataforma Moodle, son redirigidos al servidor externo donde sus descripciones VHDL son

Jordi Cosp-Vilella, Roc Meseguer-Pallares y Herminio Martínez-García

compiladas, simuladas y verificado su comportamiento mediante un testbench o banco de pruebas creado por el profesor. Una vez terminado el ejercicio, los resultados de cada uno de los estudiantes son exportados a una hoja de cálculo para poder ser usada en la evaluación de la asignatura.

Actualmente, el trabajo está en fase de desarrollo y para el próximo cuatrimestre de otoño del curso 2015-2016 se va a aplicar en la impartición del curso de Electrónica Digital y Microprocesadores.

Referencias

- [1] Universitat Politècnica de Catalunya, *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB)*, <http://www.upc.edu/aprender/centros-docentes/euetib> (acceso 7 de junio de 2015)
- [2] Severance C., Hanss T., Hardin J. (2010). *IMS Learning Tools Interoperability: Enabling a Mash-up Approach to Teaching and Learning Tools*. Technology, Instruction, Cognition & Learning. 7 (3/4). pp. 245-262
- [3] Servicio de Economía de la Universitat Politècnica de Catalunya, *Pressupost UPC*, <https://www.upc.edu/economia/informes/pressupost-upc> (acceso 7 de junio de 2015)
- [4] Cosp J., Gutiérrez F. Programa asignatura Electrónica Digital y Microprocesadores, <http://www.euetib.upc.edu/els-estudis/estudis-de-grau/grau-en-enginyeria-electronica-industrial-i-automatica/guiadocent-obtenir-pdf?codi=820224&idioma=es&grup=1> (acceso 7 de junio de 2015)
- [5] Institute of Electric and Electronic Engineers. (2009). *IEEE Standard VHDL Language Reference Manual IEEE Std 1076-2008 (Revision of IEEE Std 1076-2002)*. Institute of Electric and Electronic Engineers.
- [6] Digilent Inc. *Basys™2 Spartan-3E FPGA Board*. Digilent Inc. <http://www.digilentinc.com/basys2/> (acceso 7 de junio de 2015)
- [7] Baruque B. Herrero Á. (2015). *Self-Assessment Web Tool for Java Programming*. International Joint Conference, Advances in Intelligent Systems and Computing. Á. Herrero et al. (eds.), 369, pp.583-592.
- [8] Gutiérrez E., Trenas M. A., Ramos J., Corbera F., Romero S. (2010). *A New "Moodle" Module Supporting Automatic Verification of VHDL-Based Assignments*. Computers & Education. Ed. Elsevier. 54 (2). pp. 562-577
- [9] Caiza J. C., del Álamo Ramiro J. M. (2013). Programming assignments automatic grading: review of tools and implementations. Informe interno E.T.S.I. Telecomunicación (UPM). <http://oa.upm.es/25765/1/INVE\MEM\2013\160449.pdf> (acceso 7 de junio de 2015)
- [10] Ihantol P., Ahoniemi T., Karavirta V., Seppälä O. (2010). *Review of recent systems for automatic assessment of programming assignments*. Proceedings of the 10th Koli Calling International Conference on Computing Education Research - Koli Calling '10. ACM Press. pp. 86-93

Aplicación del protocolo LTI a la resolución de ejercicios en una plataforma Moodle

- [11] Instituto de Ciencias de la Educación. ICE-UPC. *Servicio Atenea. Introducción.* <http://www.upc.edu/atenea/servicio-atenea> (acceso 7 de junio de 2015)
- [12] Instituto de Ciencias de la Educación. ICE-UPC. *Servicio Atenea. WIRIS quizzes.* <http://www.upc.edu/atenea/servicio-atenea/aplicaciones-y-recursos-en-atenea/wiris-quizzes> (acceso 7 de junio de 2015)
- [13] Galanis N., Alier M. Casany M. J., Mayol E., Severance C. (2014). TSUGI. Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM '14. ACM Press. pp. 409-413
- [14] Gingold T. (2005) *GHDL Home Page.* <http://home.gna.org/ghdl/> (acceso 7 de junio de 2015)