

Enseñando Fundamentos de Computadores con máquinas algorítmicas de interpretación de programas

Lluís Ribas-Xirgo

Dept. Microelectrónica y Sistemas Electrónicos
Universitat Autònoma de Barcelona
Escola d'Enginyeria, Campus UAB
08193 Bellaterra
Lluís.Ribas@uab.cat

David Bañeres-Besora

Estudios de Informàtica, Multimedia y Telecomunicaciones
Universitat Oberta de Catalunya
Rambla del Poblenou, 156
08018 Barcelona
baneres@uoc.edu

Resumen

Ver a los computadores como máquinas capaces de llevar a cabo tareas descritas en un lenguaje simple permite comprender mejor cómo funcionan y cómo se construyen. A partir de esta hipótesis, se ha desarrollado un material para la docencia virtual de un curso sobre Fundamentos de Computadores común para los estudiantes de grado en Ingeniería Informática y en Tecnologías de Telecomunicación. En este artículo se presenta tanto la organización de los nuevos materiales como su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados obtenidos en su primer semestre de prueba indican que, a pesar de su amplitud y de echar en falta más ejemplos, los estudiantes (en especial, aquellos de mayor rendimiento académico) valoran de forma positiva tanto los materiales como lo que han aprendido con ellos.

Summary

Looking at computers as machines able to carry on tasks that are described in a simple language enables learners to better understand how these machines work and how they are built. From this hypothesis, a new e-learning material on Computer Fundamentals has been built. This material has been used for corresponding courses within the Computer Engineering and Telecommunication Technologies degree programs. In this paper this material is presented as well as its impact on student learning. Despite of finding it somewhat long and, indeed, with not enough examples, the results from the first semester of its usage show that students (particularly, those with greater academic

performance) value the new materials and what have learned with them positively.

Palabras clave

Fundamentos de computadores, máquinas algorítmicas, procesadores, métodos docentes innovadores, enseñanza virtual

1. Motivación

En la mayoría de las Ingenierías, los cursos de Fundamentos de Computadores incluyen en su temario la arquitectura de los computadores, la representación de la información y los sistemas digitales. En función de la titulación en la que se imparten, dichos contenidos se abordan de manera muy distinta, pues los objetivos de aprendizaje y el contexto también lo son.

En particular, en los planes de estudio previos a la implantación de los grados en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), los estudios de Ingeniería de Telecomunicaciones incluían una asignatura de Fundamentos de Computadores de 6 créditos, que no cubría la parte de arquitectura. De hecho, esta parte era tratada en dos asignaturas posteriores, Estructura de Computadores y Electrónica Digital. En la primera se desarrollaban los contenidos relacionados con la arquitectura de computadores (repertorio de instrucciones, arquitectura básica de un computador, subsistemas de entrada/salida y memoria) y en la segunda se trataban los microcontroladores, en esencia, computadores simples en un chip.

Por otra parte, la asignatura homónima de Fundamentos de Computadores en las titulaciones de Ingeniería Técnica de Informática de Gestión y Sistemas era de 9 créditos y ya incluía un tema de introducción a la arquitectura de los computadores

que se cubría, en esencia, con el trabajo con una máquina rudimentaria [3] y la lectura de un material complementario sobre estructura de ordenadores. En los planes de estudio correspondientes también se hallaba, con posterioridad, una asignatura parecida a Estructura de Computadores de la titulación de Telecomunicaciones pero sin la parte de arquitectura básica de un computador, ya desarrollada con la máquina rudimentaria. Esta asignatura permitía a los estudiantes poder realizar la asignatura de Arquitectura de computadores.

Con la implantación de los estudios de grado correspondientes, la asignatura de Fundamentos de Computadores pasó a ser de 6 créditos y común para los grados de Ingeniería Informática y de Tecnologías de Telecomunicación.

Los nuevos planes de estudio implicaban que los estudiantes que siguiesen el itinerario de telecomunicaciones no encontrarán otra asignatura posterior que tratara la arquitectura de los computadores y que hicieran directamente Electrónica Digital. Y que los que siguiesen el de informática tuvieran que esperar a realizar otra asignatura específica para aprender el funcionamiento de los computadores.

Para introducir la arquitectura de los computadores en ambos itinerarios había dos posibilidades: trasladar dicho temario a las asignaturas de Estructura de Computadores (Informática) y de Electrónica Digital (Telecomunicaciones) o recomponer la asignatura de Fundamentos de Computadores para cubrirlo sin interferir en las asignaturas posteriores de cada itinerario.

La segunda opción era más simple. Con reducir parte de los contenidos y dedicar la parte liberada a introducir la arquitectura de los computadores sería suficiente.

Aun así, se mantenía un problema latente en los programas docentes de Fundamentos de Computadores: el vínculo entre los sistemas digitales y los procesadores. Habitualmente, se supone que los estudiantes comprenden el funcionamiento de un procesador con una arquitectura de unidad de control y camino de datos (FSMD), pero el vínculo entre ambas partes les aparece como por arte de magia, pues, como mucho, han llegado a aprender a analizar y sintetizar máquinas de estado sencillas.

Para solucionar dicho problema se pensó en presentar los contenidos de manera más integrada

Mejoras pedagógicas en las asignaturas

y progresiva: la materialización de máquinas de estado en circuitos secuenciales puede ampliarse para máquinas de estado derivadas de diagramas de flujo [3] de pequeños algoritmos como los que interpretan las instrucciones de los procesadores.

De hecho, esta solución es algo similar a lo que se presenta en [1] y que se usa en cursos un poco más avanzados.

El trabajo que se presenta en este artículo se refiere tanto a la organización de los contenidos de la asignatura y de los materiales correspondientes como a los resultados que se han obtenido en el primer semestre en que se ha impartido de esta forma.

El resto del artículo se organiza como sigue. A continuación se expone cómo se presenta este vínculo entre circuitos secuenciales y procesadores en la materia. En las secciones siguientes se describe cómo se ha evaluado el impacto del nuevo material en la asignatura de Fundamentos de Computadores y se presentan los resultados de dicha evaluación. En las conclusiones se analizan estos resultados y se destacan aquellos aspectos de mayor interés del trabajo que se ha realizado.

2. De las máquinas algorítmicas a los computadores

En la asignatura de Fundamentos de Computadores, en pocos meses, los estudiantes deben de ser capaces de analizar y sintetizar pequeños circuitos secuenciales. A modo de resumen, es interesante que vean el proceso de síntesis de una forma mecánica, abstrayendo para ello gran parte de la problemática que dicho proceso encierra. Con ello, además, se les capacita para entender cómo implementar pequeñas máquinas de estados y cómo éstas pueden ser reflejo de pequeños algoritmos. De esta manera, los procesadores surgen de la implementación de máquinas algorítmicas que interpretan un determinado repertorio de instrucciones.

Para cumplir con estos objetivos de aprendizaje, el contenido de la asignatura se organiza en cinco módulos: 1. Introducción a los fundamentos de los computadores, 2. Representación de la información y codificación binaria de la misma; 3. Circuitos lógicos combinacionales y álgebra de Boole; 4. Circuitos lógicos secuenciales y modelo de Moore, y 5. Estructura básica de un computador.

Los materiales correspondientes [2] se organizan de la misma manera, siendo el último módulo el que ocupa el interés del trabajo, pues es el que trata de resolver el problema del vínculo entre circuitos secuenciales y computadores.

Habitualmente, se acerca al estudiante al tema de los computadores desde los procesadores vistos como circuitos secuenciales con una unidad de control y otra de procesamiento, que se conciben de forma separada, empleando para la de control lo tratado en el tema de los circuitos secuenciales.

La conexión entre las dos unidades del procesador es, de esta manera, algo que debe conocerse, que surge de la experiencia de quienes la crean y que, por lo tanto, sin la misma es difícil de entender.

No obstante, las máquinas de estado pueden ampliarse e incorporar elementos que faciliten su implementación siguiendo arquitecturas de FSM con camino de datos. De esta forma, el vínculo entre las unidades de control y de procesamiento surge de la aplicación de una metodología de diseño y no de conocimientos ajenos a los estudiantes.

Siguiendo este razonamiento, el módulo 5, que describe la estructura básica de los computadores, parte de las máquinas de estado para llegar a las algorítmicas, cuyas descripciones incluyen cálculos y asignaciones a registros que luego constituirán parte de la unidad de procesamiento gobernada por la de control correspondiente.

Las máquinas algorítmicas se pueden generalizar de forma que en vez de ejecutar únicamente un algoritmo, permitan efectuar diferentes operaciones según la aplicación a la que se destinen. Para llevarlo a cabo, los algoritmos tendrían que estar guardados en una memoria (véase la fig. 1). Esta aproximación, permite describir los computadores como una generalización de las máquinas algorítmicas.

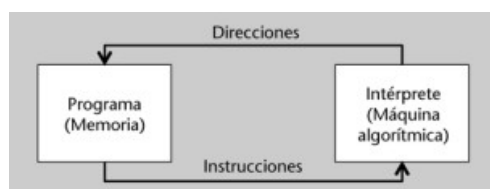


Figura 1. Esquema de la relación entre la memoria de programa y la máquina algorítmica de interpretación.

A modo de ilustración del proceso, el módulo contiene una descripción de una máquina de interpretación de 4 instrucciones (ADD, AND, NOT, JZ) a la que, por sus reducidas dimensiones y capacidades, se llama Femtoproc. A partir de las máquinas algorítmicas de interpretación de programas se realiza una descripción de diferentes arquitecturas de los procesadores y, finalmente, de los computadores que los incluyen.

La transición entre circuitos secuenciales y ordenadores se organiza en tres partes. La primera se ocupa de extender las máquinas de estado para incluir variables y señales con datos representados como vectores de bits, y de relacionar los elementos de estas EFSM con los componentes de una arquitectura de máquina de estados más camino de datos (FSMD) para, así, poder obtener una implementación del circuito secuencial correspondiente. La segunda trata de cómo transformar algoritmos en EFSM para su posterior materialización en forma de circuitos secuenciales. En este contexto, los algoritmos se representan en diagramas de flujo que se asimilan a grafos de estados. Con ello, la tercera parte empieza con un algoritmo básico de interpretación de instrucciones cuya implementación como FSMD es óbice para discutir diversas alternativas, especialmente las asociadas con la arquitectura de Von Neumann y Harvard. Esta última parte es básicamente descriptiva y concluye con detalles de las arquitecturas más comunes de los ordenadores actuales.

El módulo que se ha descrito es, pues, el que se ocupa de que los estudiantes aprendan cómo funciona un ordenador a partir de nociones básicas de diseño de sistemas digitales.

En el siguiente apartado se tratará de la evaluación de dicho material y del proceso de aprendizaje que con él se realiza.

3. Evaluación del material y del proceso de aprendizaje

Como se ha dicho anteriormente, la asignatura de Fundamentos de Computadores en la que se ha aplicado la solución comentada es de 6 créditos ECTS o de una media de 150 horas de trabajo para los estudiantes. De éstas, 38 se corresponden con el último módulo, incluyendo una práctica relacionada con el diseño y la síntesis de EFSM.

Así pues, en la guía de estudio correspondiente al módulo 5 se propone a los

estudiantes que reserven unas 30 horas para el trabajo de aprendizaje con el material y el resto para resolver el problema propuesto en la práctica.

Como se ha indicado, el material de este módulo se organiza en tres partes: 1. Máquinas de estado; 2. Máquinas algorítmicas, y 3. Arquitectura básica de un computador. La primera parte debe estudiarse antes de realizar la práctica, ya que trata del diseño y la síntesis de controladores sencillos (en el semestre analizado, se trató del diseño y la síntesis de un temporizador y de un detector de paso de litros de un contador de agua). Las otras dos partes pueden estudiarse con posterioridad y son evaluadas con preguntas en el examen presencial. De hecho, el examen es el único acto presencial en esta asignatura.

Tanto la práctica como el examen son obligatorios y deben de aprobarse para aprobar la asignatura. Es posible compensar una calificación cercana al aprobado con otra que la supere ampliamente. El peso de la práctica (Pr) es igual al del examen (Ex), y puede repartirse con el de la evaluación continuada (EC), en caso de que se haya seguido. La nota final de la asignatura (N) se obtiene de la siguiente forma:

$$N = \max \{ (Pr + Ex)/2, 35\%EC + 32,5\%(Pr + Ex) \} \quad (1)$$

Así pues, este último módulo puede suponer entre un tercio (la nota de la evaluación continuada se obtiene por pruebas de los módulos 2, 3 y 4) y un 55% de la nota final (un 50% de la práctica y un 5% de una cuestión específica en relación a las partes 2 y 3 del módulo 5 en el examen presencial).

Dada la importancia de este módulo en la asignatura y dado que presenta los contenidos de una forma distinta a la mayoría de materiales que tratan el mismo tema, resulta necesario pulsar la opinión de los estudiantes en cuanto a la idoneidad de la propuesta y su impacto en el aprendizaje. El resto de la sección presenta cómo se planteó el estudio que los autores realizaron al respecto en el primer semestre en que fue utilizado dicho módulo.

En el semestre analizado, se han matriculado 358 estudiantes, 71 de los cuales son repetidores y, por lo tanto, con capacidad de opinar sobre las ventajas e inconvenientes del cambio de planificación y contenidos.

Mejoras pedagógicas en las asignaturas

Para evaluar tanto el material como la programación docente se ha realizado un cuestionario que se describe a continuación.

Primero se sitúan los entrevistados en el segmento del universo que les corresponde: su titulación de procedencia y si han hecho la asignatura por primera vez o no. También se pregunta por la nota de la práctica que ya conocían los alumnos en el momento de la encuesta. El objetivo de estas preguntas iniciales es la selección de las preguntas posteriores y la correlación con el rendimiento académico de los encuestados.

El resto de cuestiones se valora del 1 al 5, siendo la valoración mayor la correspondiente a estar totalmente de acuerdo con el enunciado.

Los subapartados siguientes se ocupan de cada uno de los distintos bloques de preguntas que tenía la encuesta.

1.1. Competencias de la asignatura

En el primer bloque se les plantearon cuestiones generales de conocimiento y aprendizaje para evaluar el grado subjetivo de consecución de las competencias de la asignatura relacionadas con el nuevo módulo:

- Sé distinguir entre el estado y las variables de una máquina de estados extendida.
- Me siento capaz de diseñar un pequeño procesador a partir del diagrama de flujo del intérprete de instrucciones.
- Entiendo cómo funcionan los ordenadores y sé identificar los componentes que los forman.

El resultado de este bloque permitirá determinar la adecuación del nuevo módulo a los objetivos de aprendizaje de la asignatura.

1.2. Contenidos del nuevo módulo

El módulo 5, que, como se ha dicho, concentra el interés de este trabajo y es importante recabar la opinión de los estudiantes respecto de su utilidad. Para ello, las siguientes preguntas inciden en distintos aspectos que relacionan los objetivos de la asignatura con los contenidos del módulo:

- La primera parte me ha ayudado a realizar la práctica y a entender mejor los conceptos de los módulos anteriores.
- Me ha sido fácil entender la relación entre máquinas de estado y máquinas algorítmicas tal como se cuenta en la segunda parte.
- A partir del estudio de la tercera parte tengo claro cómo funciona un computador.

Con estas preguntas se pretende descubrir qué valoración merece cada parte del módulo según el grado de utilidad que tenga para los estudiantes.

1.3. Programación del nuevo módulo

Este bloque de preguntas está relacionado con la valoración de la programación docente del nuevo módulo, tal como se les presenta en la actualidad:

- El módulo 5 es demasiado extenso.
- He tenido tiempo de realizar las actividades propuestas en el material.
- Faltan ejemplos en el módulo 5.

Las respuestas de los estudiantes en estas cuestiones permitirán detectar si las expectativas iniciales sobre el nuevo módulo y su programación realmente son las esperadas.

1.4. Comparación con los antiguos materiales

El siguiente bloque de preguntas se dirige a los alumnos que siguieron ediciones anteriores de la misma asignatura, sin la parte de arquitectura de computadores. Las preguntas son las siguientes:

- Prefiero la parte de introducción a la arquitectura de los computadores que los elementos suprimidos de los módulos 2 (números en coma flotante, por ejemplo) y 3 (más bloques combinacionales).
- La práctica me ha resultado más asequible habiendo trabajado el módulo 5.
- Los nuevos contenidos me han ayudado a entender mejor la relación entre los sistemas digitales y los procesadores y, al final, de los sistemas digitales con los computadores.

El objetivo de estas cuestiones es realizar una comparación de los materiales en estudiantes que han realizado la docencia con los dos.

1.5. Opinión de los estudiantes

Finalmente, hay una pregunta de respuesta abierta para que aporten cualquier comentario crítico en relación al formato actual de la asignatura de Fundamentos de Computadores. Estas opiniones nos permitirán recoger las inquietudes de los estudiantes no reflejadas en las preguntas anteriores.

4. Discusión de los resultados

En esta sección se presentan los resultados de la encuesta a los alumnos, que la respondieron de forma voluntaria y anónima. De un total de 358, se obtuvieron 90 respuestas, es decir, un poco más de un 25% de los alumnos.

La distribución de la nota de la práctica de los encuestados se muestra en la fig. 2. Se puede observar que se distribuyen en todo el espectro, des de los que obtuvieron una buena calificación hasta los que no llegaron a presentarla, indicado en el gráfico con un 0. Por ello, puede contarse con respuestas cuya media no está influenciada por el rendimiento académico de los estudiantes.

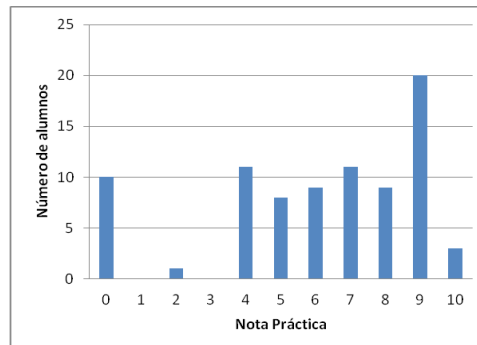


Figura 2. Distribución de la nota de la práctica.

1.6. Competencias de la asignatura

Para la evaluación de las cuestiones se ha realizado la media aritmética de los resultados. Las primeras preguntas de la encuesta hacían referencia a las competencias que cubría el nuevo módulo.

Respecto la comprensión del concepto de variable en las EFSM, la valoración media es de un 3,85. Al trasladar este valor a un rango del 0 al 100%, se obtiene cerca de un 75% de acuerdo con que se entiende dicho concepto o, en otras

palabras, indican comprenderlo bien. Hay que tener presente que, en la práctica de la asignatura, los alumnos debían diseñar una EFSM de un problema dado, por lo que deducimos que el desarrollo de la práctica ayudó a adquirir este concepto.

Es levemente mayor la comprensión que manifiestan los alumnos respecto del funcionamiento de los ordenadores y sus componentes, llegando a una valoración media de 3,95 o a un porcentaje de acuerdo del 75% con esta aseveración. En este sentido, se cumple otro de los objetivos de aprendizaje relacionados con el nuevo módulo.

Los alumnos valoran con un 2,86 (es decir están casi al 50% de acuerdo) el hecho de sentirse capaces de diseñar un pequeño procesador a partir de su diagrama de flujo. De forma muy grata para los autores, se descubre con esto que más de la mitad de los estudiantes se sienten bastante capaces de diseñar un sistema complejo como un procesador a pesar de que ello no es una competencia que se exija en la asignatura.

1.7. Contenidos del nuevo módulo

Con respecto a la valoración de la utilidad del nuevo módulo, los resultados por pregunta han sido los siguientes.

- La mayoría concibe la primera parte (EFSM) como suficientemente útil para la práctica, con una valoración media de 3,15. Hay que tener presente que dicha práctica se fundamenta en esta parte del módulo, por lo que, hasta cierto punto, el resultado es consecuencia de la programación docente. En cualquier caso, parece que los contenidos de esta parte del módulo son útiles para su resolución.
- La cuestión en cuanto a la comprensión de los vínculos entre máquinas de estado extendidas (EFSM) y diagramas de flujo (máquinas algorítmicas) recibe una valoración muy baja 1,68. Este dato indica que, aunque consiguen entender el proceso de concepción, diseño e implementación de las EFSM como FSMD, la traslación de EFSM a diagramas de flujo no les parece sencilla. Por desgracia, esto incide negativamente en aquello que se pretendía originalmente en cuanto a allanar el camino que hay que recorrer para pasar de los circuitos secuenciales específicos a los

Mejoras pedagógicas en las asignaturas

procesadores que ejecutan algoritmos de interpretación de instrucciones.

- A pesar de todo, los alumnos aseguran (valoración media 3,07) que han comprendido suficientemente bien (un poco más del 50%) cómo funcionan los computadores a partir de la segunda parte. Es decir, no les ha costado tanto aprender cómo se construyen los procesadores a partir de los diagramas de flujo de los algoritmos de interpretación de instrucciones como entender el vínculo entre estos algoritmos y su implementación. Por ello, es de suponer que los alumnos también han adquirido un conocimiento de los conceptos de más alto nivel relacionados con la estructura básica de un computador.

Estos datos se han correlacionado con las notas obtenidas en la práctica para comprobar la dependencia entre el rendimiento académico y la valoración de los contenidos. Como era de esperar, los alumnos con una mayor nota afirman comprender más las diferentes partes del módulo, a excepción de la segunda cuestión. Por ello, parece claro que habrá que adaptar la programación docente para que la segunda parte de este material resulte más asequible para los estudiantes y puedan comprender con mayor facilidad el vínculo entre EFSM y máquinas algorítmicas, en definitiva, entre los circuitos digitales y los computadores.

1.8. Programación del nuevo módulo

La planificación docente relacionada con este módulo supone 38 horas de dedicación y las respuestas de este bloque de preguntas iban dirigidas a determinar si el material se ajustaba bien a dicha programación.

La extensión del material correspondiente al nuevo módulo es excesiva para los alumnos, pues recibe una valoración del 3,76. Por ello, será necesario revisar las guías de estudio de la asignatura para ajustar la carga de trabajo que se les exige a los alumnos en cada módulo sin superar la de los créditos de la asignatura.

En relación con la pregunta anterior, los alumnos manifiestan que no han tenido suficiente tiempo de realizar los ejercicios propuestos, puesto que están en cierto desacuerdo (valoración de 2,47) con el hecho de haber podido resolverlos. Este resultado es un indicador negativo de la

planificación docente en relación con la adquisición de las competencias prácticas del módulo.

Finalmente, y a pesar de la extensión del material correspondiente, la mayoría de los alumnos manifiesta estar muy de acuerdo (3,85 o un 70%) en disponer de más ejemplos resueltos. En cualquier caso, esta carencia será solventada en futuros semestres ofreciendo acceso a ejercicios ya resueltos de prácticas de semestres anteriores y también a otros que se incorporen a modo de complemento.

1.9. Comparación con los materiales previos

Es importante también conocer la opinión de los alumnos que han repetido la asignatura. Este colectivo nos permite comparar los nuevos materiales con los antiguos. Un 22% de los encuestados (18 alumnos) han repetido alguna vez la asignatura.

Los alumnos no tienen una opinión clara (valoración 3 o de indiferencia, al 50% entre acuerdo y desacuerdo) de si en los nuevos materiales hay conceptos importantes para ellos que no se han incluido. De ello se deduce que no se echa en falta ningún concepto importante y que se hizo una reducción adecuada de esos materiales.

En cuanto a la facilidad de acometer la práctica, que consiste en el diseño de un circuito secuencial completo con arquitectura FSM, recibe una valoración relativamente neutra de 2,61. Este resultado no permite dirimir si el nuevo módulo consigue resolver un problema habitual en las ediciones anteriores de esta asignatura con los materiales antiguos: el diseño separado de unidades de control y de procesamiento implicaba contar con el riesgo de que los estudiantes no acertaran a coordinarlos bien. Con el nuevo módulo, se les muestra un procedimiento sistemático para el diseño conjunto de ambas unidades, cosa que evita el problema de “idea feliz” pero incrementa el tiempo de aprendizaje.

Como se ha comentado, los nuevos materiales relacionan los sistemas digitales secuenciales con los procesadores y ofrecen una introducción a la arquitectura de los computadores, a diferencia de los materiales previos, en los que no había ningún módulo parecido. El hecho que se haya valorado con un 2,7 que el nuevo módulo les haya ayudado a ver la relación entre sistemas digitales y

procesadores y a entender mejor su funcionamiento sugiere que no han encontrado mayor dificultad que si se les hubiera presentado de una manera más convencional, a partir de esquemas dados de unidades de control y procesamiento, sin más justificación de su procedencia.

1.10. Opinión de los estudiantes

Los alumnos también han dado su opinión con respecto a los materiales y la programación de la asignatura.

Hay comentarios recurrentes entre las opiniones de los estudiantes ya reflejados en las anteriores secciones. El nuevo módulo es complejo y denso. El hecho que haya pocos ejemplos dificulta su comprensión. Algunos alegan que incrementar el número de ejemplos resueltos puede ayudarlos en la adquisición de las competencias que son objetivo del módulo.

Algunos alumnos piden una mejor programación de la asignatura, reduciendo el tiempo en los anteriores módulos y/o contenidos.

La parte positiva de los comentarios es que los alumnos no se han quejado de los nuevos contenidos. Al contrario, algunos alumnos afirman haberlos encontrado muy interesantes e incluso haber disfrutado aprendiendo de ellos.

5. Propuestas de mejora

Después de analizar estos resultados, el equipo de profesores ya ha propuesto algunas mejoras para el siguiente curso:

- Aumentar el número de ejercicios resueltos: Muchos alumnos utilizan un aprendizaje dirigido por resolución de problemas. Por lo tanto, un número mayor de problemas resueltos debería mejorar el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje del nuevo módulo.
- Autocuestionario: La última parte del módulo 5 solo se puede evaluar en el examen final, ya que se estudia en las semanas previas al mismo. Esto junto con el hecho de que el peso de la evaluación de esta parte en la nota final es pequeño afecta al esfuerzo que dedican los alumnos a estudiarla, cosa que se corrobora con la valoración de muchas preguntas sobre esta parte del módulo. Para reducir el tiempo dedicado a su aprendizaje

sin mermar en su calidad, se ha propuesto poner a disposición de los alumnos un autocuestionario. Así, tendrían la oportunidad de saber qué conceptos deben aprender de esta parte para superar la evaluación. El diseño de este cuestionario será una tarea difícil si se pretende conseguir una reducción del tiempo de aprendizaje de los estudiantes significativa, pero, aun si no se consigue, puede ser una herramienta docente muy útil para los alumnos.

- Programación de la asignatura: Resulta obvio hacer un ajuste de la programación docente que aumente el número de horas de dedicación del alumno al nuevo módulo y a la realización de la práctica. Este aumento puede ayudar al alumno a adquirir las competencias y habilidades prácticas que se pretenden con este módulo.

6. Conclusiones

La organización convencional de las asignaturas de Fundamentos de Computadores contiene una parte de sistemas digitales y otra de introducción a la arquitectura de los computadores.

Siguiendo este mismo esquema, se ha aprovechado la reorganización de la asignatura de Fundamentos de Computadores para elaborar un nuevo material que facilite la transición entre una parte y otra. La idea original fue la de integrar, en un único procedimiento simplificado, la síntesis de las unidades de control y de procesamiento de los circuitos secuenciales a partir de las máquinas de estado correspondientes. Esto habría de facilitar, a los estudiantes, el desarrollo de su habilidad en diseñar sistemas digitales y, además, el aumento de la comprensión del funcionamiento y la organización interna de los computadores.

Así pues, los materiales de la renovada asignatura de Fundamentos de Computadores contienen un último módulo que explica cómo sintetizar máquinas de estado extendidas con circuitos con arquitectura FSM y cómo estas máquinas de estado pueden representar algoritmos y, en particular, algoritmos que interpreten instrucciones de programas y cuya implementación constituye un procesador. Estos materiales han sido empleados por primera vez en el primer semestre del curso 2011/12.

Mejoras pedagógicas en las asignaturas

En este artículo, se ha presentado el resultado de un estudio realizado para determinar la adecuación de dicho material a los objetivos de aprendizaje de la asignatura. Los resultados iniciales demuestran que la originalidad de los materiales no ha afectado negativamente el aprendizaje de los estudiantes pero tampoco ha sido tan positivo como se esperaba.

Del análisis de la encuesta se ha visto que es necesario corregir algunas deficiencias en la planificación de la asignatura y ajustar la guía de estudio del nuevo módulo para que los alumnos dispongan de material complementario con más ejercicios y tests que contribuyan a hacer más efectivo su aprendizaje. Para los futuros semestres, el objetivo será subsanar estos problemas y hacer un nuevo estudio con las mejoras introducidas.

Referencias

- [1] Baranov, S. *Logic and System Design of Digital Systems*. Tallinn: TUT Press, 2008.
- [2] Costa Castelló, R.; Peiron Guàrdia, M.; Ribas i Xirgo, Ll.; Sánchez Carracedo, F.; Velasco González, A.J. *Fundamentos de Computadores*, Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya (FUOC). Barcelona. 2011. [<http://ocw.uoc.edu/informatica-tecnologia-y-multimedia/fundamentos-de-computadores/materiales-1/>]
- [3] Pastor, E.; Sánchez, F. "La Máquina Rudimentaria: Un procesador pedagógico." *III Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENU'97, Junio 1997, pp. 395-402.
- [4] Pollán, T.; Martín, B.; Ponce de León, J. "Máquinas algorítmicas como opción didáctica de sistemas digitales complejos." *VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, TAEE, Julio 2006.