

Adjuntía al Rector para la Convergencia Europea

Proyecto MEC - EEES

Implantación de Técnicas de Simulación por Ordenador en la Docencia Reglada

Nivel B (asignaturas o grupo de asignaturas)

Centro: E.U. de Ingeniería Técnica Industrial

Coordinador: Bonifacio Martín del Brío

Área de Tecnología Electrónica

Depto. Ingeniería Electrónica y Comunicaciones

EUITIZ

Fecha: Junio 2006

1. Descripción General y Cronología

Durante muchos años hemos venido utilizando programas de simulación en prácticas de laboratorio. La idea de partida de este proyecto consistía en evaluar diversos programas de simulación aplicables en las asignaturas del Área dentro de la titulación de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial, pero que fueran aplicables también en la propia aula de clase de teoría, con el fin de ilustrar los conceptos teóricos mediante simulaciones. En nuestra Área de conocimiento muchas ideas difíciles de asimilar por los estudiantes, podrían ser entendidas fácilmente mediante simulaciones generadas en tiempo real en el aula con un computador (portátil) y proyectadas mediante un cañón de video en el marco de la clase magistral.

En la práctica este plan se ha llevado a cabo como experiencia piloto en la asignatura de “Microprocesadores e Instrumentación Electrónica”, de tercer curso.

Descripción cronológica del trabajo desarrollado:

Fase 1: 4 meses. Búsqueda de simuladores de microcontroladores.

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva de entornos integrados (editor, compilador y simulador) disponibles para los microprocesadores de Freescale/Motorola empleados en la asignatura. Se ha valorado en ellos:

- Características técnicas
- Carácter profesional o educativo
- Disponibilidad comercial y precio
- Posibilidad de simular hardware periférico

Fase 2: 4 meses. Evaluación y selección de los simuladores seleccionados.

Tras la búsqueda y primer análisis se ha procedido a un estudio más profundo, que ha llevado a la selección de dos de ellos como los más interesantes desde un punto de vista educativo.

Por un lado, el simulador TexaS, incluido en el texto de Valvano (J.W. Valvano, *Embedded Microcomputer Systems: Real Time Interfacing*, Brooks Cole, 2000), es una herramienta sencilla para su empleo por los alumnos, es recomendable desde un punto de vista pedagógico (es sencillo y fácil de aprender), y resulta gratuita.

Por otro lado, el entorno integrado Codewarrior, desarrollado para Freescale por Metrowerks (<http://www.metrowerks.com/>), y que se distribuye de forma gratuita conservando sus características más importantes, es probablemente el entorno más potente disponible profesionalmente. Aunque al alumno le costará más su aprendizaje, pensamos que este esfuerzo merece la pena por su potencia y posibilidades: edita, compila y simula ensamblador y C (el compilador de lenguaje C es gratuito hasta un tamaño de programa de 16KB, más que suficiente para trabajos y proyectos de asignatura e, incluso, de fin de carrera); también tiene la posibilidad de simular hardware. Además, Codewarrior conecta con hardware real permitiendo grabar programas en la memoria flash de micro, así como su ejecución paso a paso y con puntos de ruptura en el propio hardware.

CodeWarrior será el software seleccionado definitivamente, aunque el programa actualmente utilizado, Shadow11, algo más limitado, seguirá siendo empleado hasta que se lleve a cabo la migración completa de la asignatura al nuevo microprocesador 08 de Freescale.

Fase 3: 4 meses. Implantación y primer test en aula.

Se han realizado las primeras pruebas en aula en el marco de la asignatura de microprocesadores. Es pronto aún para realizar una valoración definitiva (debería hacerse tras un curso académico de aplicación de esta metodología), pero los primeros resultados parciales son prometedores.

Este trabajo se va a presentar en el congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE2006 este próximo mes de julio en Madrid.

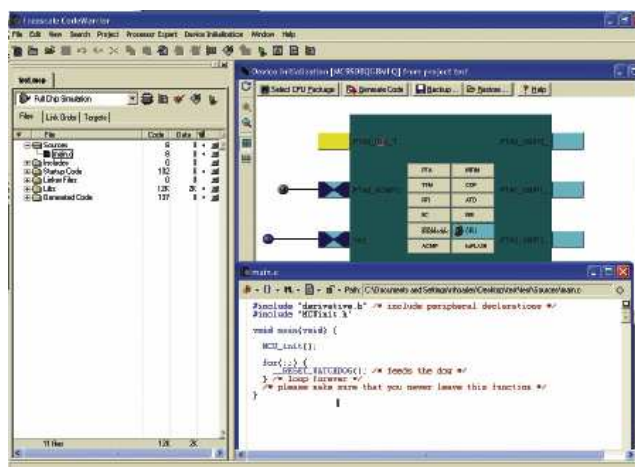


Figura 1. Entorno de desarrollo Codewarrior para los microcontroladores de Freescale/Motorola

2. Análisis de Competencias

Tal y como figura en el plan de estudios de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial en el BOE: *“El objetivo de estas enseñanzas es la formación de profesionales Ingenieros Técnicos aptos para desarrollar las actividades relacionadas con la construcción, montaje, puesta en marcha, utilización y mantenimiento de sistemas, equipos e instalaciones de tipo eléctrico-electrónico y de control, con particular atención a los subsistemas electrónicos, tanto de los dedicados al control en planta de fabricación como de los que se incorporan en los productos fabricados. Por tanto, estos estudios deben capacitarles para la elaboración de proyectos y realización de diseños de equipos; para la dirección de procesos de fabricación y el desarrollo de las actividades propias de un técnico de fabricación; para el montaje, mantenimiento y reparación de equipos e instalaciones; para efectuar valoraciones y peritaciones; para la docencia en los niveles legalmente previstos, etc., en el contexto de su especialización en Electrónica Industrial.”*

En base a ello, y teniendo en cuenta el nuevo marco del EEES, el cual supone un gran cambio en cuanto a objetivos y metodología, siendo una de sus máximas que el proceso educativo se debe centrar en el aprendizaje, no en la enseñanza (“de la Universidad de enseñar a la Universidad de aprender”), los profesores de la asignatura han descrito las siguientes competencias y objetivos.

1) Objetivos conceptuales (“Saber”: conceptos, hechos, principios)

El alumno será capaz de:

- Describir la estructura de bloques de los sistemas electrónicos industriales.
- Describir la estructura de bloques de los sistemas microprocesadores.
- Describir la estructura de bloques de los sistemas de instrumentación y medida.
- Explicar los conceptos básicos de los sistemas que funcionan bajo programa.
- Clasificar y reconocer los diferentes tipos de microprocesadores disponibles.
- Clasificar y reconocer los diferentes tipos de sensores disponibles.
- Identificar las diversas técnicas de acondicionamiento de señal.
- Dominar las técnicas de interfase entre los mundos digital y analógico (convertidores).
- Expresar conceptos relativos a la transmisión de señal y datos.
- Expresar conceptos relativos a la instrumentación basada en PC.

2) Objetivos procedimentales (“Saber hacer”: destrezas y habilidades)

El alumno será capaz de:

- Evaluar el funcionamiento de un sistema basado en microprocesadores.
- Evaluar el funcionamiento de un sistema de instrumentación y medida.
- Programar en lenguaje ensamblador.
- Programar un sistema de instrumentación virtual.
- Interpretar el funcionamiento de programas escritos en lenguaje ensamblador.
- Seleccionar y utilizar las técnicas básicas de entrada/salida.
- Manejar ensambladores y simuladores de microprocesadores.
- Manejar tarjetas basadas en microprocesadores.

- Utilizar sistemas de desarrollo de microprocesadores.
- Realizar montajes electrónicos de cierta complejidad.
- Preparar la programación de tarjetas de adquisición de datos.
- Habituar a una metodología de trabajo (desarrollo hardware, software e integración).
- Interpretar fluidamente hojas de datos y catálogos de los fabricantes.
- Comprobar y realizar el mantenimiento de sistemas microprocesadores.
- Comprobar y realizar el mantenimiento de sistemas de instrumentación y medida.
- Planificar y realizar el montaje y depurado de sistemas microprocesadores.
- Planificar y realizar el montaje y depurado de sistemas de instrumentación y medida.
- Diseñar sistemas basados en microprocesadores.
- Diseñar sistemas de instrumentación y medida.

3) Objetivos actitudinales (“Saber ser”, “saber convivir”: actitudes)

El alumno será capaz de:

- Valorar la importancia del microprocesador en los sistemas electrónicos actuales.
- Valorar la significación del ordenador como plataforma de una amplia clase de sistemas de adquisición de datos.
- Valorar la necesidad de actualizar los propios conocimientos.
- Asumir responsabilidades y compromisos en el trabajo personal y de equipo
- Valorar la relación entre prestaciones, precio y tiempo de desarrollo en la elección de una propuesta técnica.
- Colaborar en el mantenimiento y buen uso del material de laboratorio.
- Participar en las clases de manera activa contestando y formulando preguntas.
- Compartir información con otros alumnos en las prácticas de laboratorio.

La experiencia desarrollada en este proyecto incide sobretodo en el apartado 2), abarcando muchas de las competencias y objetivos en él descritos.

Directrices metodológicas de la asignatura

En nuestra asignatura se ha tratado siempre de mantener coordinadas las clases magistrales y las prácticas de laboratorio. Este hecho se ve perfectamente reflejado en las encuestas oficiales, año tras año.

En el marco del EEES, donde se trata de conseguir una enseñanza continua y activa, cobra sentido el trabajo realizado en el presente proyecto, ya que disponer de un simulador como el descrito permite no solo mejorar las clases magistrales, sino que el propio alumno pueda utilizarlo en casa, a su ritmo, resolviendo problemas y tareas de asignatura y, en el futuro, trabajos de asignatura más ambiciosos.

Este será un primer paso, pues a medio plazo se pretende que el alumno pueda incluso realizar en casa trabajos con hardware real, como pueda ser la placa de la Figura 2, hoy en día montada por algunos estudiantes de forma voluntaria.

Finalmente, merece la pena comentar que en paralelo al trabajo descrito, se ha llevado a cabo una experiencia que consideramos muy interesante orientada a evaluar nuestro actual método de enseñanza de cara a la futura convergencia. Los créditos ECTS suponen un cambio radical respecto de nuestro actual sistema porque el nuevo crédito no sólo incluye el número de horas asistenciales del alumno, sino también el esfuerzo personal necesario para superar la asignatura. De cara a obtener la información de dicho esfuerzo personal, durante el pasado curso realizamos una experiencia que consistió en la realización de miniencuestas semanales para la valoración del esfuerzo personal real del alumno en nuestra asignatura de una manera continua durante todo un año.

A la luz de estos datos hemos extraído algunas conclusiones interesantes. Una de ellas es la prueba con datos reales de que el alumno estudia mucho más cuando se acercan los exámenes, y muy poco al principio del cuatrimestre, tal y como todo profesor sospecha. Esta tendencia tan mala desde el punto de vista metodológico habría que romperla. Desde el punto de vista del trabajo en el EEES, habría que buscar alternativas a la evaluación con examen. Se debería utilizar una evaluación continua mediante ejercicios, trabajos, etc..., lo cual está en línea con el proyecto actual.

Además, haciendo un cálculo de las horas de trabajo del estudiante en nuestra asignatura hemos comprobado que en la actualidad no se aleja demasiado de la valoración ECTS vigente que figura en los documentos oficiales de la Universidad. Este estudio está publicado también en las actas del congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE2006 ya citado, a las que remitimos al lector interesado.

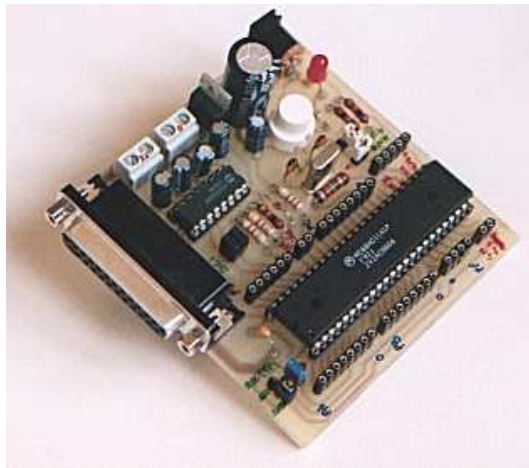


Figura 2. Kit del 68HC11 (montado por un estudiante de la asignatura)

3. Guía Docente

La elaboración de la Guía Docente aquí presentada se ha realizado siguiendo en parte las directrices del curso: “Las Guías Docentes” impartido en Zaragoza por Miguel A. Zabalza, a través del Instituto de Ciencias de la Educación.

1. Datos descriptivos del curso.

- 1.1. Nombre de la asignatura: Microprocesadores e Instrumentación Electrónica.
- 1.2. Prerrequisitos: Como prerrequisito esencial el alumno debe haber cursado y aprobado la asignatura Electrónica Digital. Como prerrequisito aconsejable el alumno debe haber cursado, con aprovechamiento, Electrónica Analógica.
- 1.3. Profesores que imparten la asignatura: Bonifacio Martín del Brío y Antonio Bono Nuez, de la Universidad de Zaragoza.

La asignatura se impartirá en castellano.
- 1.4. Horas de tutoría: Se indicarán en los tablones de anuncios del departamento. Algunas horas de tutorías se utilizarán para convocar a los alumnos en reducidos grupos y realizar un seguimiento, por tanto serán de obligatoria asistencia para los convocados.

2. Sentido de la asignatura en el Plan de Estudios.

El Plan de Estudios en el que está circunscrita esta asignatura se caracteriza por su objetivo eminentemente práctico y conectado con la práctica profesional. Esta asignatura es troncal y obligatoria con lo que da respuesta a esos objetivos.

- 2.1. Bloque formativo al que pertenece: Ésta asignatura se encuentra situada en el bloque de asignaturas relativas a la electrónica que, obviamente, son fundamentales. Está situada en el tercer curso de la carrera y está relacionado con el resto de asignaturas de 3º relativas a la electrónica (Electrónica de Potencia, Tecnología de Componentes, Microelectrónica), en cuanto a profundidad y completitud y como continuación de las asignaturas de 2º.
- 2.2. Papel que juega en este bloque: El papel de la asignatura es la culminación. Completa los conocimientos básicos de Electrónica Analógica y Digital adquiridos en 2º curso en dos áreas fundamentales para la electrónica industrial: microprocesadores y sistemas de instrumentación.
- 2.3. Interés de la asignatura: Las aplicaciones de los microcontroladores (microprocesadores industriales) son considerables. De forma general se puede decir que son la realización de tareas de control e instrumentación, sustituyendo lógica convencional. Se utilizan microcontroladores con numerosos dispositivos integrados en una única pastilla, como memoria, puertos de entrada/salida o diversos periféricos. Estos se emplean en el desarrollo de sistemas industriales (por ejemplo, robótica, autómatas programables, o tarjetas de control industrial), aplicaciones de consumo (como lavadoras, hornos microondas, audio y vídeo, o cámaras fotográficas), telecomunicaciones (como teléfonos móviles), automoción (frenos ABS, inyección electrónica, ordenador de a bordo, etc.). Por otro lado, los sistemas de instrumentación son sistemas para la adquisición de datos, que miden variables

físicas, y registran y/o visualizan sus valores. Los sistemas que se emplean en los laboratorios de medida y test, en laboratorios científicos, o en el control en planta, el sistema de instrumentación, que se basa en una tarjeta de adquisición de datos se construye sobre la plataforma de un computador, muy a menudo un PC.

3. Objetivos – Competencias (“el alumno será capaz de...”)

3.1. Ganancias relacionadas con los contenidos:

- Describir la estructura de bloques de los de los sistemas microprocesadores y de los sistemas de instrumentación y medida.
- Explicar los conceptos básicos de los sistemas que funcionan bajo programa.
- Clasificar y reconocer los diferentes tipos de microprocesadores y sensores disponibles.
- Identificar las diversas técnicas de acondicionamiento de señal y dominar las técnicas de interfase entre los mundos digital y analógico (convertidores).
- Expresar conceptos relativos a la transmisión de señal y datos e instrumentación basada en PC.
- Programar en lenguaje ensamblador.
- Evaluar el funcionamiento de un sistema basado en microprocesadores y de un sistema de instrumentación.
- Seleccionar y utilizar las técnicas básicas de entrada/salida.
- Programar un sistema de instrumentación virtual.
- Realizar montajes electrónicos de cierta complejidad.
- Planificar, diseñar y realizar el montaje y depurado de sistemas microprocesadores y de instrumentación y medida.

3.2. Ganancias relacionadas con las competencias generales:

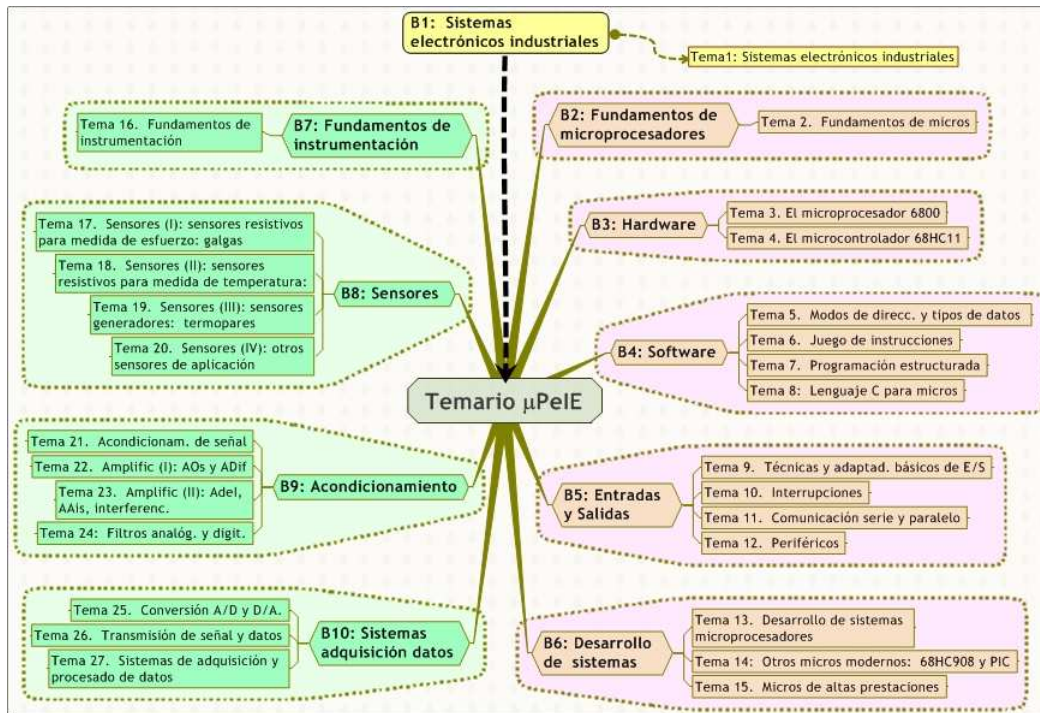
- Participar en las clases de manera activa contestando y formulando preguntas.
- Tomar decisiones, asumir responsabilidades y compromisos en el trabajo personal y de equipo, de forma creativa, autónoma y colaborativa.
- Compartir información con otros alumnos en las prácticas de laboratorio.
- Valorar la necesidad de actualizar los propios conocimientos.

4. Contenidos:

4.1. Descriptores oficiales:

Microprocesadores.
Transductores para las diversas magnitudes físicas.
Sistemas para la adquisición y proceso de datos.
Sistemas electrónicos industriales.

4.2. Gráfico del contenido:



4.3. Temas del curso:

BLOQUE 1. SISTEMAS ELECTRÓNICOS INDUSTRIALES

1. Sistemas electrónicos industriales.

BLOQUE 2. FUNDAMENTOS DE MICROPROCESADORES

2. Fundamentos de microprocesadores.

BLOQUE 3. HARDWARE DEL SISTEMA MICROPROCESADOR

3. El microprocesador 6800.
4. El microcontrolador 68HC11.

BLOQUE 4. SOFTWARE DEL SISTEMA MICROPROCESADOR

5. Modos de direccionamiento y tipos de datos.
6. Juego de instrucciones.
7. Programación estructurada.
8. Lenguaje C para microcontroladores.

BLOQUE 5. ENTRADAS Y SALIDAS

9. Técnicas y adaptadores básicos de E/S.
10. Interrupciones.
11. Comunicaciones serie y paralelo.
12. Periféricos.

BLOQUE 6. DESARROLLO DE SISTEMAS MICROPROCESADORES

13. Desarrollo de sistemas microprocesadores
14. Otros microcontroladores modernos: 68HC908 y PIC
15. Microprocesadores de altas prestaciones

BLOQUE 7. FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN

16. Fundamentos de instrumentación electrónica.

BLOQUE 8. SENSORES

17. Sensores (I). Sensores resistivos para la medida de esfuerzo: galgas extensiométricas.
18. Sensores (II). Sensores resistivos para la medida de temperatura: RTD y termistores.
19. Sensores (III). Sensores generadores: termopares.
20. Sensores (IV). Otros sensores de aplicación industrial.

BLOQUE 9. ACONDICIONAMIENTO

21. Acondicionamiento de señal.
22. Amplificación (I): Amplificador operacional y amplificador diferencial.
23. Amplificación (II): Amplificador de instrumentación. Interferencias. Amplificador de aislamiento.
24. Filtrado analógico y digital.

BLOQUE 10. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

25. Conversión A/D y D/A.
26. Transmisión de señal y datos.
27. Sistemas para adquisición y procesado de datos.

4.4. Programa de prácticas del curso:

- Práctica 1: Programación básica en ensamblador (I)
- Práctica 2: Programación básica en ensamblador (II)
- Práctica 3: Control de periféricos (I): LEDs, microinterruptores y 7 segmentos
- Práctica 4: Control de periféricos (II): Pulsadores, temporizadores y consumo
- Práctica 5: Control de periféricos (III): LCD y teclado
- Práctica 6: Aspectos avanzados de programación
- Práctica 7: Sensores y acondicionamiento: RTD, diodo, y amplificador diferencial
- Práctica 8: Conversión A/D y D/A
- Práctica 9: Instrumentación basada en PC (I): Introducción a LabVIEW y LM35
- Práctica 10: Instrumentación basada en PC (II): Aliasing y pulsioxímetro con AI
- Práctica 11: Adquisición de datos con el 68HC11: Termómetro digital

5. Evaluación.

Los criterios de evaluación serán hechos públicos al comienzo del curso académico, en el tablón de anuncios del Departamento y en la página web de la asignatura. La evaluación constará de dos partes:

a) Examen escrito. Constará de dos partes: Una primera se compone de cuestiones cortas (algunas teóricas, otras de razonamiento, y también se incluye alguna de aplicación). La segunda parte del examen se compone de dos o tres problemas, con los que se trata de medir la capacidad del alumno de aplicación, análisis y síntesis.

b) Las prácticas. La nota de prácticas repercute de forma directa con un 10% de la nota de la asignatura, aunque para aprobar es obligatorio que el alumno supere el examen. El peso que poseen las prácticas en la nota final es importante porque, además del citado 10%, en los exámenes siempre hay preguntas relativas a prácticas, de una manera a otra.

6. Bibliografía.

Bibliografía básica:

- Martín del Brío, B. Sistemas Electrónicos Basados en Microprocesadores y Microcontroladores. Editorial Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 1999. 421 páginas.
- Pallás Areny, R. Sensores y Acondicionadores de Señal. 4ª ed, Editorial Marcombo, 2003. 480 páginas.
- Pollán Santamaría, T. Electrónica Digital. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004. 314 páginas.
- Martín del Brío, B., Bono Nuez, A. Libro de Trabajo de Microprocesadores e Instrumentación Electrónica. Depto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Zaragoza, 2005. 134 páginas.
-

Bibliografía complementaria:

- Han-Way Huang. MC68HC11. An Introduction (Software and Hardware Interfacing). 2ª ed, West Publishing Company, 2000. 640 páginas.
- Jonathan W. Valvano. Embedded Microcomputer Systems. Brooks/Cole Thomson Learning, 2000. 839 páginas.
- Pérez García M. A., Álvarez J.C., Campo J.C., y otros. Instrumentación Electrónica. Thomson, 2004. 861 páginas.

4. Valoración del Proyecto

A la hora de poner en marcha nuestro proyecto nos hemos encontrado con dos obstáculos fundamentales:

- Tiempo. Poner en marcha nuevas metodologías docentes requiere una enorme inversión de tiempo por los profesores implicados. El caso se agrava teniendo en cuenta que los profesores de las Escuelas Técnicas tenemos una dedicación docente mayor, y que no por ello debemos desatender el resto de tareas de gestión e investigación.
- Dinero. Para poder poner en marcha esta metodología en las 7 asignaturas del Área en la titulación se requiere un ordenador portátil por profesor o, por lo menos por asignatura. Los ordenadores portátiles resultan imprescindibles para poder proyectar en clase las simulaciones, puesto que los ordenadores fijos disponibles en cada aula son arcaicos y sin suficiente potencia. Necesitaríamos por lo menos 7 portátiles, y ahora mismo disponemos de tan solo 2.

Por otro lado, y en relación a las estrategias para el desarrollo del proyecto, contemplamos dos vías en la actualidad. En primer lugar su posible extensión al resto de las asignaturas del Área dentro de la titulación de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial. Algunos profesores de otras asignaturas están ya dando los primeros pasos en este sentido. En segundo lugar, como segunda fase en nuestra asignatura de “Microprocesadores e Instrumentación Electrónica”, aplicar durante todo un curso académico la metodología expuesta y evaluar su eficacia con encuestas.

Consideramos que es un poco pronto para valorar las primeras pruebas realizadas en aula en nuestra asignatura. Consideramos que para ello debemos contemplar al menos un curso académico de aplicación de esta metodología. No obstante, los primeros resultados (parciales) son prometedores.

Finalmente, y en relación a las posibilidades de generalización e implantación, lo consideramos factible en muchas de las asignaturas, pero recordemos que ello representa una importante carga adicional del profesor (especialmente importante en el caso de muchos de los profesores de Escuelas Universitarias). En función de ello, se está planificaremos ya su implantación en otras asignaturas.

5. Descripción de las Metodologías Docentes

Como se ha comentado, el núcleo fundamental de este proyecto era el empleo de la simulación en el marco de la clase magistral como forma de ilustrar conceptos. Pero de cara al EEES una idea más ambiciosa sería lograr que el estudiante, por medio del simulador y gracias a la amplia disponibilidad de computadores, pudiera trabajar en su casa, a su ritmo, intentando lograr un aprendizaje continuo, y no a golpe de examen como sucede en la actualidad. De esta manera podría alcanzarse un trabajo más continuo que permitiría también la evaluación continua del estudiante.

Para ello en este proyecto hemos seleccionado simuladores gratuitos que el alumno pueda copiar y usar por su cuenta. De esta manera podrá ir desarrollando en su casa ejercicios y trabajos de asignatura. Por ello es importante que el programa simule también hardware, pues es este un aspecto fundamental de la asignatura.

En una segunda fase el alumno podría montar y utilizar en su casa tarjetas como la mostrada en la Fig. 2. En los últimos años lo han hecho ya algunos alumnos de manera voluntaria y los resultados son buenos. No obstante ello implica un desembolso económico por parte del alumno, por lo que aunque se trata de una idea valiosa, hay que estudiarla con detenimiento,

En busca de un trabajo más activo aún inciden metodologías como la enseñanza basada en proyectos, que sería muy idónea para nuestra asignatura. Pero para ello resulta imprescindible que el ratio alumnos/profesor disminuya significativamente. En nuestra asignatura es ahora de aproximadamente 80 alumnos por profesor, por lo que resulta inviable la puesta en marcha de esta metodología en la actualidad,