

Experiencias en la docencia de Computadores y Sistemas Empotrados en Ingeniería Aeronáutica

Enrique Hernández-Orallo, Joan Vila-Carbó

Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

1. Introducción

La titulación de Ingeniería Aeronáutica en la UPV es de reciente creación (curso 2005/06) y se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID). El número de alumnos de nuevo ingreso está limitado a 75 y debido al gran atractivo de esta titulación hace que esté entre las 5 carreras con mayor nota de acceso en la Comunidad Valenciana (8,2). Estamos hablando, por tanto, de una carrera con un alumnado académicamente excelente y vocacional.

La duración de la carrera es de cinco años y existen cuatro intensificaciones. La más interesante para Tiempo Real es: *“Aviónica y Sistemas Radioléctricos de ayuda a la navegación aérea”*. Esta intensificación todavía no se ha puesto en marcha completamente por el momento. Dentro de esta intensificación las asignaturas directamente relacionadas con Tiempo Real son: *“Arquitectura y tecnología de los Sistemas Embarcados”* y *“Sistemas de tiempo real tolerantes a fallos”*.

Definido el contexto, en este artículo vamos a describir nuestras experiencias en dos asignaturas: *“Computadores y Programación”* asignatura de introducción que se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso y *“Arquitectura y tecnología de los Sistemas Embarcados”* que se va a impartir en el quinto curso.

2. Computadores y Programación

La asignatura *“Computadores y Programación”* es una asignatura obligatoria de primer curso con una carga de 3 créditos de teoría y 3 de laboratorio. Esta asignatura tiene como objetivo principal lograr que el alumno aprenda a utilizar el computador como una herramienta de ingeniería, a través de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas.

Tal como refleja el título de la asignatura, hay dos grandes bloques. El objetivo del bloque de *Computadores* es conocer la estructura y funcionamiento básico del computador. El temario es básico: Organización de computadores, Codificación de la Información, Sistemas digitales, automatas, Estructura de computadores y Introducción a las redes de comunicaciones. La metodología de impartición es tradicional, impartiendo la teoría como clase magistral, realizando ejercicios y problemas para

clarificar conceptos. La evaluación de esta parte es un examen final.

En el bloque de *Programación* el objetivo es procurar unos conocimientos básicos de programación. Se introducen conceptos básicos de programación como Control de Flujo, Funciones, Estructuras de Datos y ficheros. En este bloque se han planteado varias innovaciones docentes en lo que respecta a la enseñanza de la programación en las Ingenierías (no informáticas). A la hora de diseñar la asignatura, estudiamos cómo se impartían los cursos de programación básica en las carreras de Ingenierías en general y en la de Aeronáuticos en particular. El enfoque tradicional es usar Fortran o C como lenguaje de programación realizando típicos ejercicios poco relacionados con la Ingeniería. Nuestra elección ha sido utilizar Matlab como lenguaje de programación. Dos motivos principales nos decidieron por usar Matlab: primero, Matlab como lenguaje de programación es bastante simple (parecido a C) con un entorno interpretado muy simple de usar lo que permite a los estudiantes desarrollar rápidamente pequeños programas, y segundo, Matlab es una herramienta básica en la Ingeniería, que los alumnos van a utilizar intensamente en cursos posteriores (por ejemplo, en *“Control de Procesos”* y *“Dinámica del vuelo”*).

Las sesiones de prácticas tienen un enfoque muy práctico. La parte más importante son las últimas sesiones en la que se realiza un proyecto. El objetivo es el desarrollo de un programa de control de tráfico aéreo usando MATLAB. Para ello se ha desarrollado el entorno de simulación SACTA (Simulador de Aprendizaje de Control de Tráfico Aéreo). Es un simulador muy básico, desarrollado en Java. Los datos (información de la aeronaves) se puede simular o bien se pueden obtener desde un radar instalado en la azotea de la ETSID (*SBS-1 Real-time Virtual Radar de Kinetics Avionic*) (ver figura 1). El alumno puede desarrollar, en distintas sesiones, programas para identificar los aviones, controlar si están en ruta, detectar colisiones, etc. La metodología de evaluación es continua valorándose la realización de los trabajos adicionales propuestos.

Nuestra experiencia es que enseñar computación a estudiantes de Ingeniería Aeronáutica tiene sus particularidades, muy diferentes al estudiante de Ingeniería Informática. Programar es más una habilidad y requiere práctica por parte del alumno. No es algo que puedan

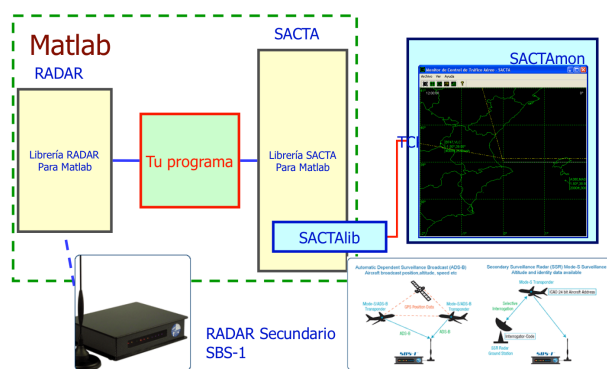


Figure 1: Entorno de prácticas SACTA

estudiar el día antes del examen. Podemos englobar los alumnos en tres categorías o actitudes: 1) *negativa*: prácticamente no han usado un ordenador, no les interesa y se atascan con el más mínimo problema. No suelen pasar de hacer un simple bucle y les cuesta mucho aprobar la asignatura; 2) *neutra*: son usuarios normales de ordenador y tienen claro que es necesaria la asignatura e intentan realizar los ejercicios. Con práctica estos alumnos suelen aprobar la asignatura; 3) *positiva*: son alumnos que les gusta la informática y tienen ordenador en casa. Algunos ya saben programar. No tienen ningún problema con la asignatura y que hacen los trabajos opcionales.

Durante este curso, la asignatura se ha publicado como Open Course Ware (OCW) y está disponible para la comunidad docente (en <http://ocw.upv.es>).

3. Arquitectura y Tecnología de los Sistemas Embarcados

Esta asignatura es una asignatura opcional que se imparte en quinto curso y que tiene una carga de 3 créditos de teoría y 3 de prácticas. El contenido de esta asignatura son los siguientes: Sistemas Embarcados, Desarrollo cruzado, Intercomunicación y Sistemas Distribuidos.

Lo primero que hay que tener en cuenta es que se trata de una asignatura de carácter bastante especializado en una titulación con escasos contenidos en Informática y Electrónica. Además, tras tres años sin ningún tipo de contacto con estas materias la base informática de los estudiantes que escojan estas asignaturas no va a ser adecuado, aunque el carácter optativo y la capacidad de los estudiantes de esta titulación hacen prever una alta motivación y capacidad de aprendizaje.

La asignatura introduce los conocimientos necesarios para el desarrollo de sistemas empuetrados cubriendo tanto las plataformas hardware, como el desarrollo de software cruzado. Se hace especial énfasis en sistemas interconectados por red y en la utilización de sistemas operativos de tiempo real. También se introducen algunos aspectos propios de la aviónica: sensorización específica, introducción a los sistemas fly by wire, certificación, estándares como ARINC, etc.

El programa de teoría va acompañado de un programa de prácticas donde se manejan sistemas empuetrados. Para

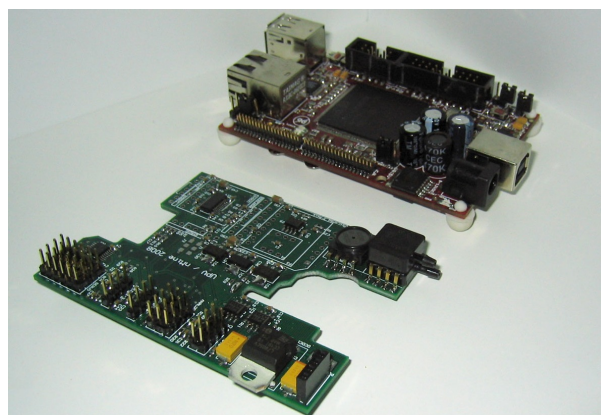


Figure 2: Microcontrolador y módulo de navegación.



Figure 3: Quadrotor.

poder desarrollar las prácticas, en el laboratorio se han dotado de una serie de equipos de desarrollo cruzado con placas microcontroladoras basadas en ARM7 (*Olimex LPC-E2468 uC*) y el entorno IDE C/C++ *Crossworks for ARM*. Para este microcontrolador se ha desarrollado también un módulo a medida con toda la sensorización INS y GPS propia de aviónica (ver figura 2). Este módulo contiene giroscopios, acelerómetros, brujulas y conexión a GPS lo que permite el desarrollo de sistemas de navegación autónoma (UAVs).

Como práctica final se plantea el control de un quadrotor (ver figura 3). Un quadrotor es como un helicóptero que se eleva y controla por medio de cuatro rotores. La ventaja de usar Quadrotores es que la parte mecánica es simple y son especialmente idóneos para probar sistemas empuetrados. Aunque el quadrotor está diseñado para vuelo libre, por motivos prácticos se ha anclado a un soporte. Este Quadrotor es un desarrollo OpenSource (<http://uavp.ch/moin>) que viene con un microcontrolador de bajas prestaciones. El objetivo es sustituirlo por el microcontrolador y módulo de navegación inercial descritos anteriormente, de tal forma que el alumno permita controlarlo y estabilizarlo adecuadamente.

Teniendo en cuenta que se trata de una asignatura optativa con un número reducido de alumnos, la metodología propuesta se centra mucho en preparar pequeños proyectos a desarrollar en el laboratorio. No obstante, las clases de teoría deben reservar una parte importante también a introducir conceptos básicos, pues se trata de estudiantes con una formación informática muy reducida (mucho mas reducida que en el resto de planes de estudio españoles).