

EL LABORATORIO DE SENSORES COMO INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS

R. PALLÀS ARENY, R. BRAGÓS Y J. RAMOS

*Departament d'Enginyeria Electrònica, Universitat Politècnica de Catalunya,
08034-Barcelona, España*

Se describe una experiencia en el uso de las prácticas de sensores y sus interfaces como introducción al diseño de equipos electrónicos en Ingeniería Electrónica. Las primeras prácticas se basan en circuitos con estructura predefinida y complejidad creciente, para los que hay que calcular los valores de los componentes y verificar el funcionamiento adecuado en un entorno realista. La última práctica es un diseño con especificaciones y restricciones predeterminadas, pero con libertad para proponer, realizar y verificar una solución.

1. Introducción

La ingeniería se distingue de otras disciplinas por la relevancia del diseño como actividad profesional propia. Los planes de estudio no siempre reflejan esta realidad, y menos aún cuando corresponden a ciclos formativos cortos, como es el caso de la Ingeniería en Electrónica. La falta de asignaturas específicas dedicadas al diseño de equipos electrónicos se puede subsanar en parte con la resolución de problemas y con las prácticas de laboratorio.

La resolución de problemas, bien en clase bien como tarea fuera del aula, permite introducir aspectos no contemplados en el análisis de circuitos como son la toma de decisiones cuando hay más incógnitas que ecuaciones, la elección del orden de magnitud de los componentes y su tecnología, y el análisis de especificaciones [1]. Las prácticas de laboratorio añaden dos factores esenciales: la limitación de la validez de los modelos teóricos, o si se prefiere, la complejidad de los sistemas reales, y la necesidad de medir para verificar que un sistema funciona adecuadamente. Además, dado que la vida media de los conocimientos técnicos se estima en unos cinco años, conviene emplear métodos docentes que consoliden aquellos conceptos más básicos, y la experimentación es sin duda uno de dichos métodos.

Este trabajo describe una experiencia de más de veinte años en el uso de las prácticas de sensores y sus interfaces como introducción al diseño de equipos electrónicos en Ingeniería Electrónica. En ellas el estudiante se enfrenta inicialmente con circuitos de estructura definida y complejidad creciente, hasta llegar a un diseño para el que se dan las especificaciones y restricciones a cumplir y para el que se debe aportar una solución y verificar su bondad.

2. Objetivos

Los objetivos formativos planteados al definir las prácticas se refieren a conceptos o a actitudes que los estudiantes deben adoptar. Los conceptos básicos a aprender son: (1) clasificación de equipos según su seguridad eléctrica; (2) eliminación de interferencias mediante integración; (3) determinación experimental de constantes de tiempo; (4) calibración de sistemas lineales con dos puntos y linealización; (5) puentes y pseudopuentes de continua y (6) de alterna; (7) detección coherente y (8) no coherente para sensores de alterna; y (9) y

diagnóstico de fallos en circuitos. La Tabla I recoge la distribución de estos conceptos por prácticas.

Algunas de las actitudes que debieran convertirse en hábitos de los estudiantes son: conocimiento del entorno de trabajo, selección del instrumento adecuado para cada medición, identificación y resolución de problemas de interferencias, postura crítica frente a los resultados de las mediciones, identificación de bloques funcionales, selección de componentes activos de acuerdo con las necesidades de la aplicación, y documentación del trabajo de laboratorio (teórico y experimental), por ejemplo mediante el uso de un cuaderno de laboratorio.

Otros objetivos contemplados son meramente informativos, ya sea porque caen fuera del área de especialidad, ya sea porque no forman parte de la materia del curso. Algunos de ellos son: modos de prevenir el riesgo de electrocución, tipos de cables, tipos de amplificadores operacionales, análisis e interpretación de especificaciones de componentes activos y pasivos, y funciones, posibilidades y limitaciones de los sistemas de medida autónomos basado en un microcontrolador.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Introducción al laboratorio	X	X							
Estudio experimental del modelo de un sistema de medida			X						
Termómetro basado en termistor linealizado y pseudopuente		X		X	X				X
Sensor de presión piezoresistivo y alarma activada por tiristor		X		X	X				X
Célula de carga y amplificador de instrumentación		X		X	X				X
Sensor capacitivo angular y pseudopuente de alterna				X		X		X	X
Bolómetro resistivo con desmodulación coherente				X		X	X		X
Sensor inteligente para medidas ambientales				X					X

Tabla I: Conceptos básicos (1 a 9, ver texto) introducidos en cada práctica.

3. Método

Para conseguir los objetivos propuestos se ha aplicado un método a mitad de camino entre un sistema totalmente cerrado (tipo "entrenador") y un planteamiento abierto, como podría ser la medición de una determinada variable física con un margen, resolución y exactitud determinadas. El uso de un entrenador que prescindiera de los instrumentos habituales en el laboratorio y la industria, falseando así las condiciones actuales del ejercicio profesional, sería totalmente impropio de este nivel formativo. El planteamiento de un problema dejando la solución totalmente abierta, estimularía la creatividad pero daría pocas garantías de cubrir objetivos de formación básicos y sería un camino seguro hacia la frustración de los estudiantes menos adelantados.

El método seguido es plantear el problema y ofrecer un circuito capaz de solucionarlo y que permita conseguir los objetivos formativos de cada práctica [2]. El funcionamiento del circuito se describe con detalle suficiente para justificar la solución y viene precedido de una breve introducción teórica para situar la práctica en el contexto de los sensores y acondicionadores de señal. Los estudiantes, en grupos de dos, deben calcular el valor adecuado de los componentes siguiendo unos pasos predeterminados, lo que obliga a analizar

las especificaciones del sensor y de los circuitos integrados empleados, y deben criticar los límites de validez de la solución propuesta. El siguiente paso es montar los componentes en el circuito impreso y realizar una serie de experiencias y mediciones. Para asegurar el reconocimiento de los conceptos importantes, el manual incluye preguntas de repaso al final de cada práctica. En cada práctica hay mediciones y cuestiones complementarias, que permiten ampliar los conocimientos obtenidos, y bibliografía para profundizar en las bases teóricas. Los circuitos están realizados en placas de circuito impreso con peanas para los componentes, de modo que es fácil cambiar componentes para ir perfeccionando el diseño en el laboratorio, Figura I. Para la última práctica se deja la opción de diseñar circuitos distintos a los del manual, y aun éstos sólo se describen brevemente.

El entorno de trabajo es realista, con mesas de laboratorio protegidas con interruptor diferencial, no con transformador de aislamiento que alteraría el nivel de interferencias que cabe esperar en la industria. Se incluye adrede una práctica que implique la conexión de circuitos propios a la red de 230 V, para evitar así la falsa percepción de que los equipos electrónicos empiezan a la salida de una fuente de alimentación de baja tensión.

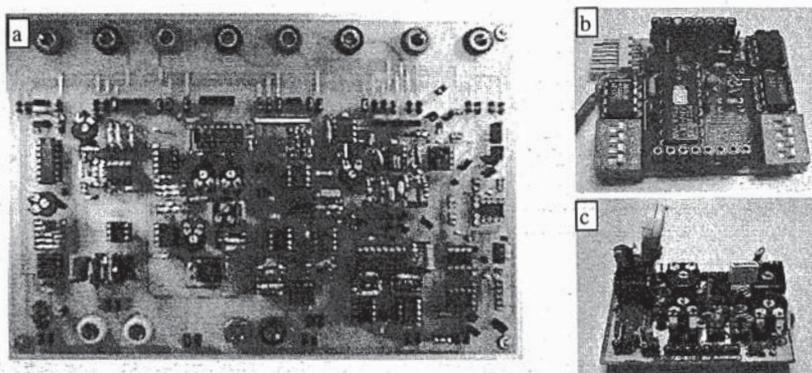


Figura I: (a) Circuito impreso con el conexionado predefinido y los componentes insertados para 5 prácticas. (b) Circuito con el microcontrolador y la memoria para el sensor inteligente para medidas ambientales. (c) Circuito impreso con el conexionado para el acondicionamiento de señal de los sensores de parámetros ambientales (temperatura, presión y humedad relativa) y que va montado sobre el anterior.

4. Resultados

La UPC evalúa la enseñanza mediante una encuesta a los estudiantes, relativa a las clases en aula y en el laboratorio para cada asignatura. Las prácticas referidas forman parte de una asignatura con 3 créditos de teoría y otros 3 de prácticas, que siempre ha quedado entre las mejor valoradas del centro (percentil 25 %). Las preguntas relativas a las prácticas obtienen muy buena valoración. Además, el profesor puede pasar una encuesta adicional (normalizada) que permite a los estudiantes formular opiniones más extensas. Dos constantes en estas

encuestas adicionales son la petición de clases de problemas para cubrir el espacio entre la teoría y las prácticas, y la excelente valoración de las prácticas.

Los profesores que imparten las clases de laboratorio aprecian una clara maduración de los estudiantes a lo largo del curso, donde éstos pasan de una cierta desorientación en las prácticas iniciales por el exceso de grados de libertad, a la confianza en la toma de decisiones en la última práctica, que es más abierta. De hecho, una cuarta parte de los estudiantes eligen la opción de diseño libre en la última práctica. Por otra parte, la metodología empleada permite realizar ocho prácticas en trece semanas (la última práctica ocupa cinco sesiones), de manera que se puede cubrir la variedad de objetivos propuestos.

5. Discusión

Los numerosos grados de libertad disponibles en el diseño, la necesidad de identificar las especificaciones relevantes para cada componente y su interpretación, la necesidad de identificar las funciones sobre el circuito impreso, la disposición adecuada de los instrumentos de medida y la reducción de interferencias, entre otras, hacen que las prácticas disten mucho de ser una mera aplicación del análisis de circuitos. La exigencia de resultados fidedignos para los distintos valores que toma la variable medida obliga a adoptar un punto de vista de sistema centrado en la función más que en el funcionamiento interno de cada elemento.

La dotación relativamente modesta de cada puesto de trabajo no condiciona apenas los resultados de aprendizaje. La especificación detallada del problema a resolver, el planteamiento de alternativas, su valoración, y la ejecución y verificación de una de ellas se pueden hacer para problemas de complejidad muy diversa, y por ello al alcance de los recursos disponibles. La medición de magnitudes físicas obliga a ser precavidos a la hora de interpretar los resultados obtenidos.

La variedad de procedencia del alumnado al tratarse de una asignatura de segundo ciclo es una fuente de enriquecimiento cuando se forman grupos mixtos. No obstante, dado que hay plena libertad para su formación, en algunos grupos cada estudiante prepara una práctica, en otros cada uno la prepara por separado y después hay una puesta en común, y también en otros casos hay un alumno activo y otro pasivo. Esta situación se puede resolver planteándose el objetivo de formar a los estudiantes en el trabajo en grupo y, en cualquier caso, hay que tenerla en cuenta en la evaluación.

Referencias

- [1] R. Pallàs Areny, R. Bragós y O. Casas. *Sensores e interfaces. Problemas resueltos.* Edicions UPC (1999).
- [2] R. Pallàs Areny, R. Bragós, J. Ramos y F. Silva. *Sensores y acondicionadores de señal. Prácticas.* Edicions UPC (1995).