

Asignatura de Nivelación de Electrónica en Master de Ingeniería Mecatrónica

Luis Gil Sánchez

Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Universitat Politècnica de València (UPV)
Valencia, España
lgil@eln.upv.es

Javier Ibáñez Civera

Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Universitat Politècnica de València (UPV)
Valencia, España
jibanyez@eln.upv.es

Roberto Capilla Lladró

Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Universitat Politècnica de València (UPV)
Valencia, España
rcapilla@eln.upv.es

Nicolás Laguarda Miró

Departamento de Ingeniería Química y Nuclear
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Universitat Politècnica de València (UPV)
Valencia, España
nilami@iqn.upv.es

Resumen—La ingeniería mecatrónica representa la fusión de tecnologías como el control, la mecánica, la electricidad, la electrónica o la informática que permiten abordar los retos en ingeniería que suponen las nuevas máquinas inteligentes. En la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño de la Universitat Politècnica de València se imparte el Master Universitario en Ingeniería Mecatrónica desde hace varios años, pero no existe una titulación de grado de ingeniería mecatrónica, por lo que los alumnos proceden de otras titulaciones tecnológicas especializadas, como son ingenierías en mecánica, electricidad, electrónica, automática, informática, etc. Para subsanar estas diferencias de origen, el Plan de Estudios del máster empieza con asignaturas de nivelación para lograr que todos los alumnos posean unos conocimientos similares y homogéneos. Entre estas asignaturas de nivelación se encuentra “Electrónica e Instrumentación” que pretende en un tiempo limitado impartir los conocimientos necesarios para continuar el resto de asignaturas de electrónica de la carrera para un ingeniero en mecatrónica. A lo largo de esta comunicación se describe la experiencia docente de esta asignatura, indicando cuales son sus planteamientos, los contenidos de la materia a impartir y los resultados de la evaluación de los alumnos.

Palabras Claves — Ingeniería mecatrónica, Asignatura de nivelación, Electrónica, Instrumentación

I. INTRODUCCIÓN

La mecatrónica se puede definir como la aplicación sinérgica de la mecánica, electrónica, electricidad, tecnología de control y computación en el desarrollo de productos y sistemas electromecánicos a través de una metodología de diseño integrado [1]. Este término fue acuñado por la industria japonesa en la década de los 70 -época de desarrollo de los primeros robots industriales- y tiene entre otros antecedentes inmediatos la investigación en el área de la cibernética, las

máquinas de control numérico, los manipuladores y los autómatas programables. En muchos aspectos, la mecatrónica es heredera de los denominados sistemas electromecánicos o de los sistemas de automatización y control. La mecatrónica abre enormes posibilidades tecnológicas que se han hecho evidentes en las últimas décadas con la aparición de sofisticados productos y sistemas industriales que requieren de su aplicación. Estos sistemas nunca habrían existido de la simple adopción de una única disciplina o mediante enfoques tradicionales combinados.

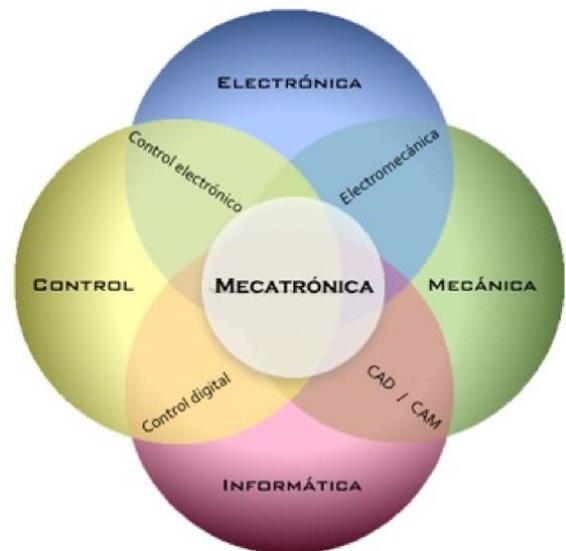


Fig. 1. Relación de las distintas disciplinas que conforman la ingeniería mecatrónica

La mecatrónica se puede considerar como la confluencia de cuatro disciplinas importantes en la industria de hoy en día: mecánica, electricidad, electrónica y control. Estas disciplinas también confluyen dos a dos, surgiendo de esta manera otras cuatro disciplinas mixtas (Fig. 1) como son: la electromecánica, el control electrónico, el control digital informático y los sistemas CAD/CAM participando todas ellas en el concepto de mecatrónica.

El interés profesional de la ingeniería propuesta viene dado por la creciente necesidad de las empresas de contratar ingenieros con un perfil multidisciplinar, capaz de encontrar solución en aspectos muy variados de los proyectos que se les encomienda. Se podría considerar que el tradicional ingeniero industrial puede ocupar este espacio porque se le supone unos conocimientos sólidos e integrados, pero realmente esta titulación está hoy en día más orientada a la gestión y organización industrial que a un perfil tecnológico multidisciplinario.

El ingeniero mecatrónico suele distinguirse por su capacidad inventiva y su originalidad, además de su habilidad para dirigir equipos interdisciplinarios de trabajo. Este ingeniero suele poseer una actitud emprendedora y de liderazgo, y tiende a adaptarse con creatividad a los cambios que tengan lugar en su entorno.

La característica multidisciplinar de la ingeniería mecatrónica ha favorecido estudios para determinar cuál es el mejor planteamiento docente. Por ello se han presentado múltiples comunicaciones en revistas y en congresos especializados sobre distintos aspectos de su docencia, desde los criterios para la introducción de la mecatrónica para estudiantes de grado medio y novel en Japón [2] hasta niveles más avanzados de ingeniería [3].

Otro tipo de comunicaciones se centran en el análisis del programa de estudios de titulaciones de distintas universidades, ya sea una carrera de cuatro años en la universidad de Western (Australia) [4], una carrera de dos años (Bachelor) en universidad de Denver (USA) [5] y un análisis del currículo de dos carreras de mecatrónica de España (Universidad Carlos III e Italia (Universidad de Génova) [6], así como el desarrollo y acreditación de un opción de sistemas mecatrónicos dentro de una titulación de ingeniero eléctrico [7].

Esta titulación se presta a la colaboración entre universidades de distintos países en la carrera y ha sido motivo de análisis, por ejemplo, la planificación de una carrera de mecatrónica especializada en sistemas de automoción entre universidades de Supméca Paris/Toulon (Francia) y de Esslingen University (Alemania) [8].

Un aspecto que más se analiza en las comunicaciones docentes sobre esta disciplina es el desarrollo de nuevos métodos para la realización de las prácticas de laboratorio de distintas especialidades [9-10], y por último destacar un estudio previo sobre esta asignatura de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica [11].

II. MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

El Master Universitario en Ingeniería Mecatrónica se implantó en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID) de la Universitat Politècnica de València (UPV) en el curso 2013-14. El objetivo fundamental del máster es formar profesionales con capacidad para integrar los conocimientos de diversas disciplinas tecnológicas industriales. El ingeniero mecatrónico debe ofrecer soluciones que van más allá de las que obtendría con cada uno de las ingenierías por separado. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.

El aspecto destacable de la presente comunicación es la descripción de la estrategia docente para el desarrollo de un master universitario de mecatrónica sin partir de un grado de mecatrónica homónimo, ya que en nuestra universidad no existe el grado de ingeniero mecatrónico por lo que la docencia de este master se ha configurado con esta característica.

A. Plan de estudios

El Master Universitario en Ingeniería Mecatrónica tiene asignado una carga lectiva de 90 créditos ECTS divididos en tres semestres, es decir curso y medio (Tabla 1). De estos 90 créditos, 55,5 corresponden a asignaturas obligatorias, 22,5 a asignaturas optativas y 12 al Trabajo Fin de Master.

Para impartir la docencia de este master están implicados cinco departamentos de la universidad relacionados directamente con los contenidos de la mecatrónica (Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica y de Materiales e Informática de Sistemas y Computadores), participando un total de más de 35 profesores, todos ellos doctores.

TABLA 1. PLAN ESTUDIOS DEL MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

1er Semestre	2er Semestre
Módulo 1. Mat. Optativas (22,5 ECTS) Módulo 1. Mat. Obligatorias (6 ECTS) Total: 28,5 ECTS	Módulo 3. Mat. Obligatorias (31,5 ECTS) Total: 31,5 ECTS
3er Semestre	
Módulo 4. Mat. Obligatorias (18 ECTS) Módulo 5. Trabajo Fin de Master (12 ECTS) Total: 30 ECTS	

Como en nuestra universidad no existe un grado precedente de dicho Master, todos los alumnos proceden de grados de ingenierías análogas, fundamentalmente de los grados de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica que se estudian en la misma escuela que el máster, aunque también se admite alumnos procedentes de otras titulaciones como Ingeniería Informática,

Ingeniería de Telecomunicaciones e incluso licenciados en Física. Por último, es de reseñar los alumnos extranjeros, la mayoría procedentes de universidades sudamericanas, con diversas titulaciones, algunos de ingeniería mecatrónica. Es de destacar que la mayoría de los alumnos proceden de ingeniería mecánica, seguido de ingeniería eléctrica y en menor medida de ingeniería electrónica. El número total de plazas que se ofertan son de unos 40 quedando normalmente alumnos en lista de espera.

B. Asignaturas de nivelación

Debido a la diversidad de procedencia de los alumnos de este máster son necesarias algunas asignaturas de nivelación para que los alumnos procedentes de un determinado grado logren los conocimientos mínimos de materias relativas a otros grados y de esta manera se puedan impartir posteriormente otras asignaturas comunes a todas las especialidades. Todas las materias de nivelación se imparten en el primer semestre, En la Tabla 2 se indica la relación de dichas asignaturas para cada una de las procedencias.

TABLA 2. ASIGNATURAS DE NIVELACIÓN DEL MASTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA DE LA UPV

OPTATIVAS GRUPO 1 Procedencia Electrónica y Automática (22,5)	
Máquinas Eléctricas (4,5) Instalaciones Eléctricas (4,5) Diseño de Máquinas (4,5) Mecánica de Máquinas (4,5) Comportamiento de materiales en servicio (4,5)	Para Eléctrico y Mecánico
OPTATIVAS GRUPO 2 Procedencia Mecánica (22,5)	
<i>Electrónica e Instrumentación (4,5)</i> Control Automático (4,5) Máquinas Eléctricas (4,5) Instalaciones Eléctricas (4,5) Automatización (4,5)	Para Eléctrico y Electrónico
OPTATIVAS GRUPO 3 Procedencia Electricidad (22,5)	
<i>Electrónica e Instrumentación (4,5)</i> Control Automático (4,5) Diseño de Máquinas (4,5) Mecánica de Máquinas (4,5) Comportamiento de materiales en servicio (4,5)	Para Mecánico y Electrónico

Para los alumnos de procedencia no electrónica (mecánicos y eléctricos) existe una materia de Fundamentos Tecnológicos Electrónicos y de Control de 9 créditos. Esta materia está compuesta por dos asignaturas: Control Automático y Electrónica e Instrumentación de 4,5 créditos cada una. Esta última asignatura (escrita en rojo y cursiva) es la que es objeto en la presente comunicación.

III. ASIGNATURA DE ELECTRONICA E INSTRUMENTACION

La asignatura Electrónica e Instrumentación posee 4,5 créditos, de los cuales 2 créditos son de teoría y 2,5 créditos de prácticas (aula y laboratorio) y se imparten en una sesión continua de tres horas, con pequeño descanso, en un día a la semana. En esta asignatura es necesario realizar una síntesis de los principales conceptos de la electrónica industrial. El enfoque tiene que ser eminentemente práctico y con ejemplos relacionados con el objetivo y el entorno de la titulación. De esta forma, se pretende lograr una adecuada nivelación de todos los alumnos del master para así poder impartir de una forma más eficaz el resto de asignaturas en los dos siguientes semestres.

Para lograr los objetivos de la asignatura se ha preparado un programa docente formado por trece temas, dividido en dos grandes bloques: electrónica analógica y electrónica digital, el primero corresponde aproximadamente con el 55% del tiempo, de los créditos y del peso en la evaluación y un segundo bloque de electrónica digital que le corresponde el 45% tiempo restante.

Las clases se organizan de una manera eminentemente práctica porque cada día se desarrolla un tema, empezando por las nociones teóricas hasta alcanzar una práctica de laboratorio. Para ello las clases se imparten en una aula-laboratorio donde los alumnos cuentan con ordenador personal con conexión a internet y el instrumental necesario de un laboratorio de electrónica (fuente de alimentación, polímetro, generador de señal, osciloscopio digital y elementos auxiliares de montaje de circuitos electrónicos). El reparto del tiempo en cada sesión es aproximadamente de dos horas de teoría/problemas y una hora de prácticas de laboratorio.

A. Electrónica Analógica

En el primer contacto de los alumnos con la electrónica se pretende que se familiaricen rápidamente con los conceptos fundamentales y en los aspectos prácticos. Por lo tanto, es necesario evitar exposiciones teóricas largas y de diseños complejos de circuitos electrónicos ya que la mayoría de los alumnos no van a realizar estas tareas en su futura carrera profesional. En cambio, se procura que tenga un contacto habitual con los componentes electrónicos y con el instrumental electrónico.

Para lograr estos objetivos, las clases de electrónica analógica se organizan en siete temas que empiezan con una introducción a la electrónica industrial: circuitos eléctricos, señales y medidas, para seguir con introducción a los principales dispositivos semiconductores discretos (diodo, transistores bipolares y transistores de efecto de campo), amplificadores operacionales y amplificadores de

instrumentación. En la Tabla 3 se indica el temario de dicha parte indicando la práctica correspondiente a cada tema.

En los primeros temas se pone énfasis en el buen uso de los instrumentos de medida del laboratorio (medida de resistencia y tensiones eléctricas con polímetro), uso del generador de señal y sobre todo del osciloscopio, para así obtener una buena caracterización de las señales que estén observando y trabajando.

En el resto de temas se buscan prácticas y aplicaciones útiles para su entorno habitual de trabajo. Concretamente, en el tema del diodo se construye una fuente de alimentación lineal y se analizan cada una de sus etapas, desde la tensión alterna de la red eléctrica de 50Hz hasta obtener una señal de corriente continua con regulador de tensión 7805 alimentando a una resistencia de potencia.

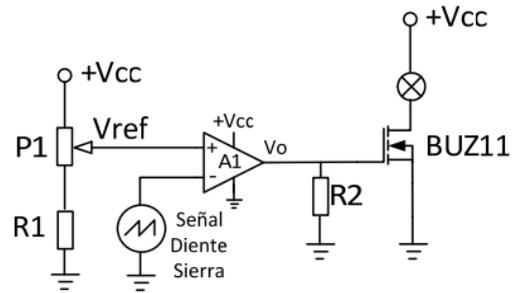


Fig. 2. Practica de PWM con AO y MOS

En el tema del amplificador operacional se estudia en sus dos formas de trabajo principales, en lazo abierto para aplicarlo como comparador analógico y obtener la señal PWM, y en lazo cerrado con realimentación negativa para usarlo como amplificador (Fig. 2). En este caso, se hace referencia al acondicionamiento de la señal eléctrica procedente de sensores, que normalmente son de baja amplitud para aplicarlo a sistemas de medida, normalmente microcontroladores que necesitan señales de entrada más elevadas.

En el último tema de este parcial se pone énfasis en la última palabra del nombre de la asignatura: instrumentación, desarrollando una práctica que obtiene una báscula a partir de una celda de carga y el circuito amplificador correspondiente formado por un dispositivo amplificador de instrumentación AD620 y dispositivos anexos necesarios para ajustar el cero y la ganancia (Fig. 3). En la práctica se procede a la calibración de la balanza obtenida con pesas de varios kilos.

Tabla 3. Temario de primer parcial: electrónica analógica

Nº	Tema	Practica
1	Conceptos Previos	Medida de resistencias y tensiones. Polímetro y Fuente de Alimentación
2	Instrumentación Electrónica	Señales alternas. Generador de Señal y Osciloscopio
3	Semiconductores y Diodos	Rectificador de media onda y Fuente de Alimentación Lineal
4	Transistor Bipolar	Control de iluminación con BJT en conmutación
5	Transistor MOS	Control PWM con AO y MOS
6	Amplificador Operacional	A.O. en realimentación negativa. Amplificación
7	Amplificador Instrumentación	Amplif. Instrumentación Aplicación al calibrado de una Báscula

Las prácticas con transistor se limitan a trabajar en modo conmutación (corte y saturación) que es la forma habitual en la electrónica industrial, mientras que se evita el modo amplificación. Concretamente, se profundiza en el uso de señales moduladas en ancho de pulso (PWM) y su aplicación para modular la potencia sobre una carga, normalmente una carga de lámpara de iluminación. En este tema se les indica a los alumnos que en una asignatura posterior (Electrónica de Potencia) se estudiará con más detalle estos dispositivos y sobre todo aplicando mayor potencia.

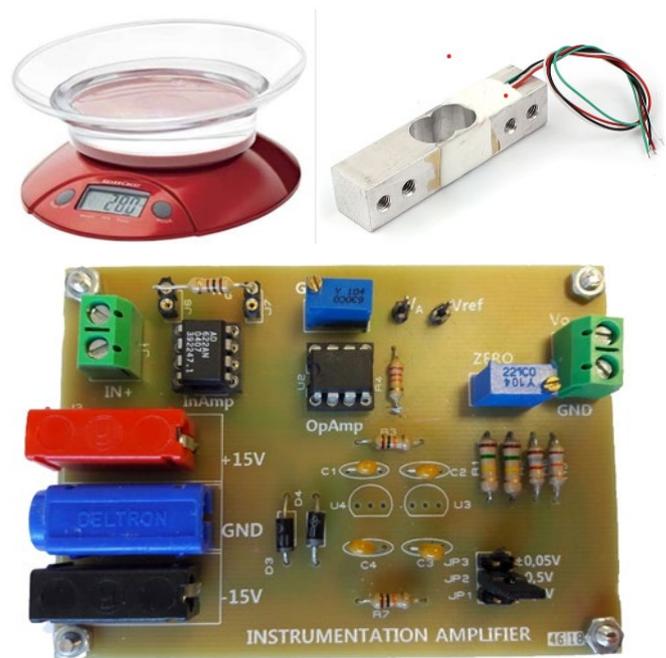


Fig. 3. Práctica de Amplificador de Instrumentación. Celda de carga. Circuito electrónico para balanza

B. Electrónica Digital

A la hora de desarrollar un temario de electrónica digital se planteó un programa que recogiese los fundamentos de la materia sin poner excesivo énfasis en análisis de circuitos complejos con circuitos integrados estándar porque normalmente lleva mucho tiempo de montaje con el consiguiente riesgo de error, y hoy en día su uso es muy limitado. Finalmente se prepararon seis temas con sus correspondientes prácticas, donde se empieza con los sistemas de numeración y funciones lógicas hasta alcanzar los sistemas con microcontroladores.

Para aprovechar el tiempo disponible se aplica un programa de simulación de circuitos electrónicos, concretamente el paquete informático Proteus y su programa de simulación ISIS de la empresa Labcenter Electronic. Mediante este programa se dibuja el circuito a nivel de puertas o dispositivos digitales y se realiza una simulación de su funcionamiento de una forma muy ágil e intuitiva. Este programa tiene la característica de poder realizar simulaciones tanto analógicas como digitales. De esta forma se evita, dentro de lo posible, los montajes con un cableado complejo en donde suele ocurrir con facilidad errores y que muchas veces es difícil y laborioso identificar y corregir.

En la Tabla 4 se muestra el temario de la parte de electrónica digital indicando la práctica que corresponde a cada tema.

Tabla 4. Temario de electrónica digital

Nº	Tema	Practica
1	Funciones Lógicas	Simulación circuitos de puertas lógicas
2	Circuitos Integrados Digitales	Control digital de iluminación de una lámpara mediante una LDR y circuito lógico
3	Circuitos Combinacionales	Selección de una entrada de datos de varios bits mediante multiplexor
4	Astables, Monoestables y Biestables	Generador de señal de reloj y divisor de frecuencia
5	Contadores	Frecuencímetro
6	Convertidor A/D. Microcontrolador	Medida de la temperatura con Arduino UNO

En la figura 4 se muestra un ejemplo de práctica de electrónica digital, concretamente corresponde a una aplicación de los circuitos contadores para obtener un frecuencímetro, donde se pone especial énfasis en la necesidad de las tareas necesarias puesta a cero, cuenta de pulsos durante un segundo, y actualización de la cuenta en el visualizador). Inicialmente se plantea la aplicación mediante un esquema de bloques (Fig. 4a) y el alumno dibuja y simula el circuito digital (Fig. 4b) para comprobar su funcionamiento y realizar fácilmente las modificaciones que surgen y que permiten realizar sistemas electrónicos más complejos.

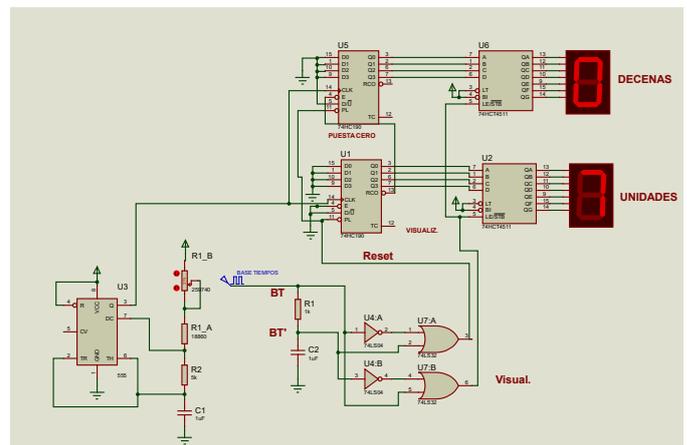
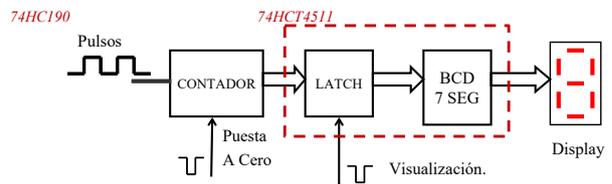


Fig. 4. Practica de electrónica digital. Esquema de Bloques y Circuito simulación en Proteus

En el último tema del curso se lograr un encuentro de las dos partes de la asignatura mediante el convertidor analógico-digital. Para ello se aprovecha el convertidor A/D de las entradas analógicas del microcontrolador ATmega328 que forma parte de la plataforma Arduino UNO, que es bien conocida y que suele atraer a los alumnos. Con ella se realiza una práctica de medida de la temperatura a través del sensor LM35 donde el resultado de la medida se muestra en un panel LCD 16x2 (Fig. 5). Para ello se construyó una placa de circuito impreso que permite realizar fácilmente diversas prácticas con esta plataforma sin necesidad de realizar conexiones (Fig. 6).

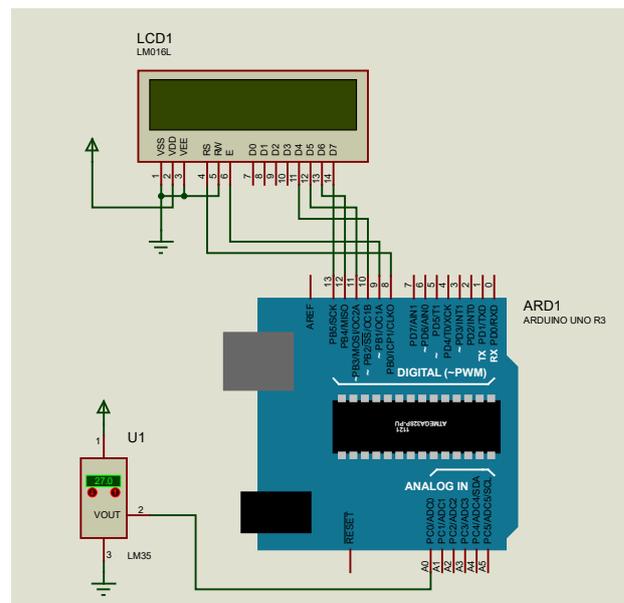


Fig. 5. Practica de electrónica digital. Practica de conversión analógica-digital con sensor de temperatura, microcontrolador y panel LCD

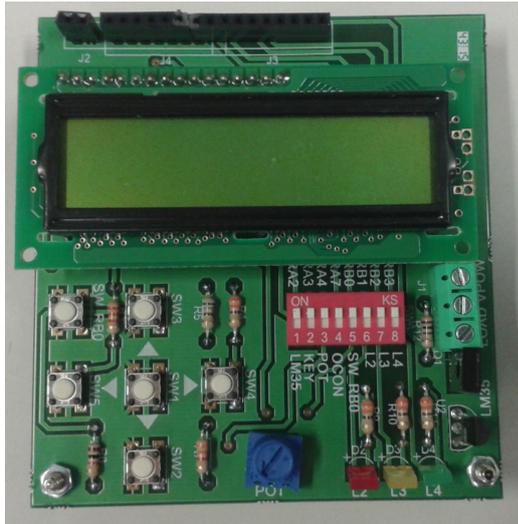


Fig. 6. Placa de circuito impreso con componentes para realizar prácticas con Arduino UNO

C. Evaluación

La evaluación de la asignatura consiste en la realización de dos exámenes teóricos uno al final de cada parcial. Cada examen consta de dos partes, uno de tipo preguntas con respuesta alternativa (test) y otro de problemas o ejercicios, también se realiza una puntuación de las prácticas de laboratorio de cada una de las dos partes de la asignatura por separado (analógica y digital) que corresponde a un total del 20% de la asignatura. Se pone especial énfasis a los alumnos que las prácticas son también parte del examen porque saldrán preguntas referentes a ellas. Como el tiempo de docencia de esta asignatura es tan limitado no permite realizar el desarrollo de proyectos de cierta complejidad y que necesiten mucho tiempo y así suponga un trabajo final de curso. Se supone que, en asignaturas posteriores más específicas, sí que lo realizarán. Pero para cursar con éxito una asignatura de más nivel es necesario tener una buena base de conocimientos de electrónica. Lograr este objetivo es la principal razón de ser de esta asignatura.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

La titulación ya lleva varios años implantada y por lo tanto contamos con datos suficientes para analizar los resultados en la docencia de esta asignatura. El análisis de la calidad de una determinada docencia suele ser un tema conflictivo porque no hay un índice o valor concreto que determine esa calidad, pero hay diversos parámetros que nos pueden orientar, ya sean objetivos o subjetivos. En este caso se va a utilizar los parámetros objetivos.

El parámetro más inmediato a tener en cuenta es el resultado de la evaluación, para ello se ha recopilado las puntuaciones de las actas de todos los años que lleva la titulación implantada y se ha representado en la Tabla 5. En dicha tabla también se indica el número de alumnos matriculados, porque como ya se ha indicado, esta asignatura no la cursan los alumnos procedentes del grado de Ingeniería

en Electrónica Industrial y Automática. Los resultados son claramente satisfactorios porque prácticamente todos los alumnos superan la asignatura y el número de notables e incluso de sobresalientes es bastante elevado y mantenidos índices de calificación semejantes a lo largo de los años.

Es cierto que no siempre unas buenas calificaciones es el resultado de una buena docencia, pero es difícil encontrar otro parámetro objetivo de valorar la calidad docente. En nuestra universidad existen las encuestas que los alumnos contestan sobre la labor del profesor, pero se valora la calidad docente del profesor no del método docente.

En general, existe una clara diferencia de los alumnos de este master con respecto a los alumnos de los grados de procedencia porque se produce una evidente selección, entrando aquellos alumnos que poseen más interés en continuar los estudios.

TABLA 5. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS

Curso	Matr.	Aprob.	Notable	Sobresal
2013/14	14	1 (7,1%)	7 (50%)	6 (42,8%)
2014/15	22	2 (9,1%)	13 (56,5%)	3 (13,6%)
2015/16	23	6 (26,1%)	11 (47,8%)	3 (13%)
2016/17	32	10 (31,3%)	17 (53,1%)	4 (12,5%)
2017/18	28	5 (17,8%)	17 (60,7%)	5 (17,9%)
2018/19	31	8 (25,8%)	14 (45,2%)	9 (29%)
2019/20	26	8 (30,7%)	15 (57,7%)	5 (19,2%)
2020/21	22	5 (22,7%)	7 (31,8%)	8 (36,4%)
2021/22	26	6 (23,1%)	9 (34,6%)	10 (38,5%)
Total	224	51 (22,8%)	110 (49,1%)	53 (23,6%)

También conviene destacar el alto impacto que tienen las prácticas de empresa porque su número y aprovechamiento es considerable [12]. Aunque esta tarea no está directamente relacionada con la asignatura sí indican que la buena base de conocimientos y la motivación de los alumnos. De hecho, uno de los problemas de la titulación es que bastantes alumnos empiezan a trabajar antes de terminar los estudios lo que les dificulta su conclusión, sobre todo el Trabajo Final de Máster.

V. CONCLUSIONES

La puesta en marcha de la titulación de Master Universitario en Ingeniería Mecatrónica en nuestra universidad ha supuesto un esfuerzo de profesores y técnicos de distintos Departamentos que estaban acostumbrados a impartir clase en otras titulaciones afines, sobre todo en los grados de ingeniería. Los retos a que se enfrentaban era no convertir el Plan de Estudios en un mero acopio y yuxtaposición de información que ya estaban impartiendo en sus titulaciones de origen, y exponerlas sin relación entre ellas, sino que los contenidos deben tener una seña de identidad propia que identifique con el

concepto de ingeniería mecatrónica. En nuestro caso se ha presentado una asignatura de nivelación de electrónica para alumnos procedentes de grados diferentes a esta especialidad, fundamentalmente mecánicos y eléctricos. En ella se ha intentado incluir los contenidos necesarios para que el alumno termine con unos conocimientos mínimos y adecuados de electrónica y que pueda aplicarlos a otras asignaturas posteriores del master y a lo largo de su carrera profesional. Toda la tarea a realizar en la asignatura había que hacerlo en un tiempo muy limitado lo que conlleva la adopción de método docente adecuado para los alumnos puedan absorber y asimilar los conocimientos impartidos.

REFERENCIAS

- [1] D A Bradley; D Dawson, N C Burd y A J Loader "Mechatronics, Electronics in products and processes" Chapman and Hall, London 1991.
- [2] A. Nagchaudhuri. "Introduction of mechatronics in pre-college programs and freshman design course in an active and cooperative learning framework". 31 St ASEE/IEEE Frontien in Education Conference. October 10 - 13, 2001. Reno, NV.
- [3] M. Saleh. "Mechatronics at Third Level Education: Practical Design Considerations". IEEE International Conference on Mechatronics 2006. Budapest, Hungary.
- [4] G.G. Rogers y L. Morgan "A 4 year mechatronic engineering degree program" Fourth Annual Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, Toowoomba, QLD, Australia, 1997.
- [5] R. R. DeLyser y K. P. Valavanis. "Development and Accreditation of a Mechatronic Systems Engineering Option within Electrical Engineering Programs". 2011 IEEE International Conference on Control Applications (CCA) Part of 2011 IEEE Multi-Conference on Systems and Control Denver, CO, USA. September 28-30, 2011.
- [6] F. Bonsignorio, L. Bruzzone y P. Fanghella. "Toward a curriculum in mechatronics: Two experiences in Italy and Spain". 1st International Symposium on the education in mechanism and machine science, ISEMMS 2013. Bilbao, Spain.
- [7] J. Mariappan, T. Cameron y J. Berry. "Multidisciplinary Undergraduate Mechatronic Experiments". 26th Annual Conference of Frontiers in Education FIE'96. Salt Lake City, Utah.
- [8] G. Peláez, C. Quintáns, E. Mandado y P. Fernández-Sánchez. "Laboratorio de Mecatrónica para el Análisis Dinámico de Sistemas Mecánicos". X Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. TAEE-2012. Vigo.
- [9] J. García-Zubía, I. Angulo, O. Dziabenko y P. Orduña. "Lecciones del Proyecto ePragmatic de la UE". X Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. TAEE-2012. Vigo.
- [10] L. Gil y E. Garcia-Breijo. "Asignaturas de Nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica". XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa En las Enseñanzas Técnicas. CUIEET- 2018. Gijón.
- [12] S. Cabrera-García, E. Grimalt, A. Cabrera y S. Cabrera-Ulloa. "La Gestión de Prácticas en Empresas en la Escuela Superior Técnica de Ingeniería del Diseño". XXVII Congreso Universitario de Innovación Educativa En las Enseñanzas Técnicas. CUIEET- 2019. Alcoy (Alicante).