



## Grado en Ingeniería Electrónica y Automática 29818 - Electrónica analógica

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Vicente Pedro Fernández Escartín** vifedez@unizar.es
- **Francisco José Pérez Cebolla** fperez@unizar.es
- **Aránzazu Otín Acín** arannotin@unizar.es
- **Guillermo Palacios Navarro** palanava@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se requieren, ineludiblemente, los conocimientos de **Fundamentos de Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica y Señales y Sistemas**, asignaturas, todas ellas, impartidas con anterioridad.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son imprescindibles para alcanzar los objetivos de formación y, por tanto, superar la asignatura.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que la Universidad y el Centro hayan aprobado el calendario académico (el cual podrá ser consultado en la web del Centro).

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se harán públicas mediante una plataforma informática al uso (para acceder a este recurso, el estudiante debe estar matriculado).

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas 3 horas de clase en aula.
- Cada dos semanas, el estudiante realizará una práctica de laboratorio.
- Las actividades adicionales que se programen (trabajos, pruebas, etc.) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en la aplicación informática disponible.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la Dirección del Centro.

# Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Identificar las aplicaciones y funciones de la electrónica analógica en la Ingeniería.
- 2:** Conocer los fundamentos tecnológicos y modelos propios de los amplificadores operacionales integrados.
- 3:** Analizar y diseñar etapas electrónicas analógicas lineales y no lineales con amplificadores operacionales y transistores.
- 4:** Conocer los bloques y circuitos de las fuentes de alimentación lineales y diseñar sus elementos.
- 5:** Tener aptitud para diseñar sistemas electrónicos analógicos.
- 6:** Manejar con soltura los equipos e instrumentos propios de un laboratorio de electrónica analógica.
- 7:** Saber utilizar herramientas de simulación por computador aplicadas a circuitos electrónicos analógicos.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Electrónica Analógica es una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS, que equivalen a **150 horas totales de trabajo**, correspondientes a 60 horas presenciales (clases de teoría, problemas, laboratorio, etc.) y 90 no presenciales (resolución de ejercicios, preparación de prácticas, estudio, etc.).

Se estudiarán los fundamentos de las etapas amplificadoras realimentadas, los circuitos integrados analógicos que las forman y sus aplicaciones. Tomando como base esas etapas, y otras estudiadas previamente en la asignatura Fundamentos de Electrónica, se diseñarán sistemas electrónicos de mayor complejidad, posibilitando al estudiante adquirir contenidos, aptitudes y habilidades genéricas y específicas propias de la síntesis y resolución de problemas electrónicos de carácter analógico.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

El objetivo de la asignatura es formar al alumno en los fundamentos de la electrónica analógica y el diseño de los sistemas correspondientes.

---

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

En el mundo real, las magnitudes físicas (temperatura, fuerza, humedad, etc.) varían de forma continua en el tiempo, pudiendo tomar un número indefinido de valores. Tras su pertinente transducción, esas magnitudes se representan por una señal eléctrica, tensión o corriente, de carácter continuo. Del estudio de los sistemas que procesan ese tipo de señales se encarga la Electrónica Analógica, como rama de la más general disciplina de la Electrónica.

Electrónica Analógica **requiere de sólidos conocimientos de Fundamentos de Electrotecnia**, la cual se constituye como una herramienta absolutamente imprescindible para el análisis de los circuitos eléctricos sobre los que se sustentan los circuitos electrónicos analógicos. Asimismo, hace uso de conceptos de gran relevancia de la teoría de sistemas lineales, estudiados previamente en la asignatura **Señales y Sistemas**, y también de cuestiones esenciales relativas a la realimentación, que se imparten, con carácter simultáneo, en la asignatura **Sistemas Automáticos**. Y puesto que se basa en sistemas electrónicos desarrollados mediante dispositivos discretos, se puede entender como **una continuación natural de la asignatura Fundamentos de Electrónica**, cuyo conocimiento previo es indispensable.

Junto a la asignatura **Electrónica Digital**, sienta las bases de los sistemas electrónicos básicos sobre los que se cimentan asignaturas que se abordan en los siguientes cursos del plan de estudios, como **Electrónica de Potencia e Instrumentación Electrónica**.

## Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Entender los fundamentos y aplicaciones de la electrónica analógica.
- 2:** Diseñar sistemas electrónicos analógicos, digitales y de potencia.
- 3:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 4:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- 5:** Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 6:** Gestionar la información, manejar y aplicar las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería.
- 7:** Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

## Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

Los conocimientos, aptitudes y habilidades adquiridos a través de esta asignatura, junto con los de aquellas sobre las que se sustenta, deben permitir al estudiante desarrollar las competencias anteriormente expuestas, así como afrontar otras disciplinas de carácter electrónico con suficiente solidez conceptual.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** **En la EINA de Zaragoza:**

### **Prácticas de Laboratorio (35%)**

El aprovechamiento de las prácticas de laboratorio resulta absolutamente imprescindible para asimilar en toda su extensión la materia explicada previamente, adquirir las habilidades necesarias para trabajar con componentes, etapas e instrumental y percibir las potencialidades de una disciplina tan funcional como la Electrónica, permitiendo constatar el nexo directo teoría-práctica. Con este objetivo prioritario se han establecido las siguientes normas:

- El número total de prácticas será de 6, con un tiempo de 2.5 horas para cada una de las sesiones, y los correspondientes horarios serán consecuentes con la planificación que el Centro establezca al respecto. En cualquier caso, el profesorado asumirá el objetivo esencial de adecuar el desarrollo de las prácticas con el de la materia correspondiente explicada en las clases en aula.
- La práctica será trabajada durante la totalidad de la sesión, asistiendo con la debida puntualidad y desarrollándola al ritmo adecuado para alcanzar los objetivos de aprendizaje inherentes. Esto requiere, de forma ineludible y con carácter previo, el estudio y conocimiento de la materia que se desarrolle en la misma, así como la realización del trabajo que se señale.
- La calificación derivará de la evaluación de: a) El conocimiento, comprensión y asimilación que el estudiante demuestre, a través de una prueba oral o escrita, de los contenidos abordados en la práctica, tanto en la parte de simulación como de laboratorio. Una manifiesta insuficiencia en esta prueba será susceptible de una calificación de suspenso; b) El trabajo previo de carácter específico que se indique; c) El trabajo realizado en el laboratorio.
- Las calificaciones definitivas del programa de prácticas de la asignatura se emitirán tras la completa finalización de dicha actividad. No obstante, una calificación de suspenso en una práctica será comunicada al estudiante en el transcurso de la correspondiente sesión.
- Para la superación del programa de prácticas se requerirá haber superado, al menos, la mitad y que la media aritmética de las calificaciones obtenidas en cada una de ellas no resulte inferior a la mitad de la máxima. En este sentido, la inasistencia a una práctica conllevará una calificación de cero. Las personas que no superen el programa de prácticas tendrán que realizar el examen correspondiente a esos contenidos en la prueba global o, alternativamente, si el profesorado responsable lo considera oportuno, un examen específico en el laboratorio. Por el contrario, las personas que superen el programa de prácticas trasladarán esa nota a la prueba global con el peso del 30%, siendo eximidos en la misma de la parte correspondiente a los contenidos más específicos de prácticas. La calificación de prácticas se mantendrá para las dos convocatorias del curso.
- El orden en el trabajo de laboratorio resulta esencial para alcanzar los objetivos de aprendizaje. En este sentido, será considerada una falta grave la desidia o maltrato del material (osciloscopios, componentes, etc.), pudiendo conllevar esa práctica una calificación de suspenso.

### **Talleres y Actividades Evaluables (15%)**

Con el fin de incentivar el trabajo continuado del estudiante y la comprensión de temas específicos que no pueden abordarse de manera adecuada en el desarrollo convencional de las clases presenciales, se realizará alguna actividad evaluable a lo largo del semestre. Más concretamente, se planteará la realización de un taller (actividad de tipo T6). El trabajo a llevar a cabo y la metodología de evaluación aplicable se comunicarán en clase y en la plataforma informática al uso con la suficiente antelación. En cualquier caso, se evaluará tanto el trabajo previo que se especifique (actividad no presencial) como el que se desarrolle a lo largo de la sesión (actividad presencial).

Para la superación de los talleres se requerirá la asistencia y realización adecuada de las actividades que se establezcan en cada caso. Las personas que no superen estas actividades evaluables tendrán que realizar el examen correspondiente a esos contenidos en la prueba global. Por el contrario, las personas que las superen trasladarán esa nota a la prueba global con el peso del 10%, siendo eximidos de la parte más específica correspondiente a esos contenidos. La calificación se mantendrá para las dos convocatorias del curso.

### **Examen Final (50%)**

Se trata de un único ejercicio teórico-práctico para cuya realización no se dispondrá de material docente alguno. En el enunciado se dará a conocer la valoración de cada uno de los apartados así como la posibilidad de utilizar o no la calculadora. En cualquier caso, quedará del todo excluido su uso para el almacenamiento de archivos, documentos o material de cualquier tipo relacionado con la asignatura, por lo que su utilización deberá restringirse a la mera realización de cálculos en general. Por otra parte, para la determinación de resultados numéricos, las correspondientes expresiones originarias, como integrales, deberán desarrollarse en su totalidad de forma analítica, no siendo posible la utilización de la calculadora hasta la expresión final.

El examen incluirá bloques correspondientes a componentes, etapas electrónicas y la resolución de algún ejercicio práctico. En cuanto a componentes, se plantearán cuestiones referentes a fundamentos de operación, parámetros característicos, limitaciones estáticas y dinámicas, protecciones, posible excitación, etc. Respecto a etapas, se plantearán cuestiones relativas a modos de operación, aplicaciones, etc. En la resolución de los ejercicios se valorarán los fundamentos conceptuales utilizados, el planteamiento metodológico desarrollado y, en su caso, la adecuación, eficiencia y optimización de las configuraciones electrónicas propuestas.

### **Prueba global (Convocatorias oficiales; 100%)**

En las dos convocatorias oficiales se llevará a cabo la evaluación global del estudiante. Así:

- La calificación final se corresponderá con la media ponderada entre la nota de la parte de prácticas (35%), los talleres (15%) y la nota del correspondiente examen final (50%). No obstante, **será necesario aprobar cada una de las partes por separado** para poder superar la asignatura.
- El estudiante que con anterioridad a la prueba global haya aprobado las prácticas de laboratorio y el taller, únicamente deberá realizar el examen final. Si no ha superado alguna o ambas de estas partes, tendrá la oportunidad de hacerlo respondiendo por escrito a un conjunto específico de cuestiones relacionadas. No obstante, y como se ha indicado con anterioridad, el profesorado responsable de la asignatura podrá establecer, de forma alternativa a la prueba escrita, un examen específico en el laboratorio para las personas que no hayan superado el programa de prácticas.

2:

### **En la EUP de Teruel:**

### **Prueba global (Convocatorias oficiales; 100%)**

Se trata de un examen con cuestiones teóricas y problemas que se realizará en la convocatoria oficial. En la resolución del mismo se valorarán los fundamentos conceptuales utilizados, el planteamiento metodológico desarrollado y, en su caso, la adecuación, eficiencia y optimización de las configuraciones electrónicas propuestas. Las prácticas de laboratorio son también materia de examen. Se podrá plantear un examen de prácticas de laboratorio para aquellos estudiantes que no las hayan realizado. La nota final deberá ser como mínimo un 5 para superar la asignatura.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

#### **El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El proceso de enseñanza se desarrollará en tres niveles principales: clases de teoría, ejercicios prácticos y laboratorio; y un cuarto nivel complementario: el taller.

- En las clases de teoría se expondrán las bases de los sistemas electrónicos analógicos de manera aplicada.
- En las clases de ejercicios prácticos se planteará y desarrollará el análisis y diseño de sistemas a partir de los componentes básicos.
- Se desarrollarán prácticas de laboratorio en grupos reducidos, donde el estudiante montará y comprobará el funcionamiento de circuitos electrónicos analógicos.
- En el taller se llevarán a cabo actividades complementarias al desarrollo del programa de la asignatura.

### **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

1:

**TRABAJO PRESENCIAL: 2.4 ECTS (60 horas)**

### **1) Clase presencial (tipo T1)** (30 horas presenciales).

Sesiones expositivas de contenidos teóricos y prácticos. Se presentarán los conceptos y fundamentos de los sistemas electrónicos analógicos, ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomentará la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

Los contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- Introducción a la electrónica analógica: aplicaciones y funciones.
- Etapas con transistores.
- Amplificadores operacionales.
- Etapas lineales con amplificadores operacionales.
- Etapas no lineales con amplificadores operacionales.
- Fuentes de alimentación.

### **2) Clases de problemas (tipo T2)** (15 horas presenciales).

Se desarrollarán ejercicios prácticos relacionados con los contenidos teóricos.

### **3) Prácticas de laboratorio (tipo T3)** (15 horas presenciales).

- Práctica 1.- Amplificación: Amplificador diferencial transistorizado.
- Práctica 2.- Amplificación: Amplificador operacional.
- Práctica 3.- Amplificador operacional: Etapas lineales (1).
- Práctica 4.- Amplificador operacional: Etapas lineales (2).
- Práctica 5.- Reguladores lineales de tensión: Fijos y variables
- Práctica 6.- Amplificador operacional: Etapas no lineales.

De acuerdo con la experiencia de cursos previos y el análisis consiguiente, este programa es susceptible de alguna modificación.

## **2: TRABAJO NO PRESENCIAL: 3.6 ECTS (90 horas)**

### **4) Estudio (tipo T7)** (82 horas no presenciales).

Estudio personal del estudiante de la parte teórica, realización de problemas, preparación de prácticas, etc. Se fomentará el trabajo continuado del estudiante mediante la distribución homogénea a lo largo del semestre de las diversas actividades de aprendizaje. Se incluyen aquí las tutorías, como atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación en la asignatura, atención a ejercicios y trabajos, etc.

### **5) Talleres y/o seminarios (tipo T6)** (4 horas).

Actividades que el estudiante realizará solo o en grupo y que el profesor irá proponiendo a lo largo del período docente.

### **6) Pruebas de evaluación (tipo T8)** (4 horas).

Además de la función calificadora, la evaluación también es una herramienta de aprendizaje con la que el alumno comprueba el grado de comprensión y asimilación alcanzado.

## **3: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA**

### **Tema 0. Introducción a la Electrónica Analógica.**

- 1) Definición.
- 2) Contexto.

- 3) Funciones y aplicaciones.

### **Tema 1. BJT y MOSFET: Circuitos Equivalentes Dinámicos**

- 1) Polarización. Punto de operación.
- 2) Acoplamiento de la excitación dinámica.
- 3) Trayectoria de las variaciones incrementales.
- 4) Linealidad: limitación de pequeña señal.
- 5) Dipolo equivalente de salida.
- 6) Dipolo equivalente de entrada.
- 7) Efectos capacitivos. Limitaciones de frecuencia.

### **Tema 2. Amplificación y Realimentación**

- 1) Respuesta en frecuencia.
- 2) Configuraciones amplificadoras básicas.
- 3) Acoplo entre etapas.
- 4) Amplificador diferencial.
- 5) Realimentación: caracterización y estabilidad.
- 6) Efectos de la realimentación negativa.

### **Tema 3. Amplificador Operacional (I)**

- 1) Estructura básica. Circuito equivalente.
- 2) Etapas básicas amplificadoras.
- 3) Limitaciones en cuanto a linealidad y potencia.
- 4) Regulación de tensión y de corriente.
- 5) Operaciones lineales básicas.
- 6) Efectos no ideales.
- 7) Amplificadores operacionales con alimentación simple.
- 8) Estabilidad y compensación de etapas amplificadoras.
- 9) Tipos básicos de amplificadores operacionales.

### **Tema 4. Reguladores Lineales de tensión**

- 1) Reguladores lineales de tensión.
- 2) Limitaciones y parámetros característicos.
- 3) Regulador lineal fijo.
- 4) Reguladores lineales variables.
- 5) Reguladores lineales específicos.

### **Tema 5. Amplificador Operacional (II)**

- 1) Operación no lineal del amplificador operacional.

- 2) Comparadores de tensión.
- 3) Astable y monoestable.
- 4) Generación de ondas. Conversión tensión-frecuencia.
- 5) Osciladores sinusoidales.
- 6) Operaciones con alimentación simple.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas de laboratorio se imparten según el horario establecido por el centro (disponibles en su página web).

Cada profesor informará de su horario de tutoría.

## Bibliografía y recursos

**1. Material escrito de la asignatura.** Disponible en la plataforma informática al uso (para acceder a este recurso, el estudiante debe estar matriculado).

**2. Problemas y Guiones de prácticas.** Disponible en la plataforma informática al uso (para acceder a este recurso, el estudiante debe estar matriculado).

### 3. Libros de referencia:

- Boylestad, Robert L. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos / Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky; traducción, Rodolfo Navarro Salas ; revisión técnica, Francisco Rodríguez Ramírez. 10ª ed. México [etc.]: Prentice Hall, 2009.
- Circuitos electrónicos: discretos e integrados / Donald L.Schilling...[et al.]. 3a.ed. Madrid [etc.]; McGraw-Hill, D.L.1994
- Franco, Sergio. Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos / Sergio Franco; traducción Javier Enríquez Brito; revisión técnica J. M. David Báez López, M. I. Luis Arturo Haro Ruiz. 1ª ed. en español México D. F.: McGraw-Hill Interamericana, cop. 2005
- Millman, Jacob. Microelectrónica / Jacob Millman, Arvin Grabel. 6a ed. totalmente actualizada, 1a reimp. Barcelona: Editorial Hispano-Europea, 1993
- Savant, Clement J., Jr. Diseño electrónico: circuitos y sistemas / C.J. Savant Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

### Escuela de Ingeniería y Arquitectura

- Boylestad, Robert L.. Electrónica : teoría de circuitos y dispositivos electrónicos / Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky ; traducción, Rodolfo Navarro Salas ; revisión técnica, Francisco Rodríguez Ramírez . 10ª ed. México [etc.] : Prentice Hall, 2009
- Circuitos electrónicos : discretos e integrados / Donald L.Schilling...[et al.] . 3a.ed. Madrid [etc.] : McGraw-Hill, D.L.1994
- Franco, Sergio. Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos / Sergio Franco ; traducción Javier Enríquez Brito ; revisión técnica J. M. David Báez López, M. I. Luis Arturo Haro Ruiz . 1ª ed. en español México D. F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2005
- Millman, Jacob. Microelectrónica / Jacob Millman, Arvin Grabel . 6a ed. totalmente actualizada, 1a reimp. Barcelona : Editorial Hispano-Europea, 1993
- Savant, Clement J., Jr.. Diseño electrónico : circuitos y sistemas / C.J. Savant Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter ; traducción, Gabriel Nagore Cázares ; revisión técnica, Jorge Luis Sánchez-Téllez . 3ª ed. México : Pearson Educación, 2000

### Escuela Universitaria Politécnica

- Boylestad, Robert L.. Electrónica : teoría de circuitos y dispositivos electrónicos / Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky ; traducción, Rodolfo Navarro Salas ; revisión técnica, Francisco Rodríguez Ramírez . - 10ª ed. México [etc.] : Prentice Hall, 2009
- Circuitos electrónicos : discretos e integrados / Donald L.Schilling...[et al.] . - 3a.ed. Madrid [etc.] : McGraw-Hill, D.L.1994



- Franco, Sergio. Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos / Sergio Franco ; traducción Javier Enríquez Brito ; revisión técnica J. M. David Báez López, M. I. Luis Arturo Haro Ruiz . - 1ª ed. en español México D. F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2005
- Millman, Jacob. Microelectrónica / Jacob Millman, Arvin Grabel . - 6a ed. totalmente actualizada, 1a reimp. Barcelona : Editorial Hispano-Europea, 1993
- Savant, Clement J., Jr.. Diseño electrónico : circuitos y sistemas / C.J. Savant Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter ; traducción, Gabriel Nagore Cázares ; revisión técnica, Jorge Luis Sánchez-Téllez . - 3ª ed. México : Pearson Educación, 2000