



Universidad  
de Alcalá

# Desarrollo de la Asignatura

## Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados

(V. 3-09-2019)

Grado en Ingeniería en Electrónica de Comunicaciones

Grado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación

**Universidad de Alcalá**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 1. Introducción

En este documento se presenta la organización general de la asignatura Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados, la metodología utilizada y su planificación. La asignatura es la misma para el Grado de Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación (GITT) y para el Grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones (GIEC) que se imparten a partir del curso 2019/2020 en el mismo cuatrimestre.

El curso 2019/2020 pasa la asignatura en GIEC del segundo cuatrimestre de 3º al primer cuatrimestre de 4º por lo que este curso es un curso de adaptación.

## 2. Horario de clases

La asignatura tiene 32 horas previstas de teoría. Debido a que en años anteriores se han detectado carencias en contenidos de años anteriores se dedicará al principio varias horas de repaso de contenidos de programación en C para Sistemas Embebidos y de los estudiados en la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales de 2º curso que en años anteriores se daban por sabidos (esto ha sido valorado positivamente por los estudiantes de cursos anteriores). Estas horas se darán en las 2 primeras semanas de clase y no forman parte del contenido de la asignatura por lo que la asistencia es libre aunque muy recomendada.

Las horas de laboratorio de las primeras semanas se utilizarán para teoría con el fin de avanzar lo antes posible y de darán 3 horas de teoría semanales de media (2h semanas alternas) terminando cuando finalicen las 32 horas correspondientes.

Los horarios del curso 2019/2020 son los siguientes:

- **Horarios en GIEC**
  - o *Primeras dos semanas*
    - Teoría:
      - Lunes: 19:00 a 21:00 (Primera semana)
      - Miércoles: 15:00 a 19:00
    - Laboratorio
      - No hay
  - o *A partir de la tercera semana*
    - Teoría
      - Lunes 19:00 a 21:00 (Semanas impares)
      - Miércoles: 15:00 a 17:00
    - Laboratorio
      - Grupo C1: Miércoles: 17:00 a 19:00
- **Horarios en GITT**
  - o *Primera semana*
    - Teoría
      - Martes: 17:00 a 20:00
      - Jueves: 15:00 a 19:00
    - Laboratorio
      - No hay
  - o *A partir de la segunda semana*
    - Teoría
      - Martes: 19:00 a 21:00 (Semanas pares)
      - Jueves: 15:00 a 17:00

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

### 3. Contenidos

Los contenidos de la Guía Docente se impartirán con el orden que se indica a continuación. Los contenidos de las dos columnas de la tabla se desarrollan de forma simultánea por los profesores.

|   |   |
|---|---|
| Presentación e introducción de la asignatura (1 h)  |   |
| Repaso de contenidos de cursos anteriores (9 h)   |   |
| Conceptos de programación en C, entorno de programación, hardware de la tarjeta miniDK2, conexión de periféricos al LPC1768, sistema de interrupciones del LPC1768, puertos, interrupciones externas, SysTick   |   |
| Bloque I: Periféricos comunes de los sistemas empustrados I (14h)<br>1. Temporizadores: PWM, captura y generación de señales<br>2. Conversión A/D, D/A<br>3. Acceso directo a memoria (DMA)<br>4. Puertos de comunicación serie: UART<br>5. Puertos de comunicación serie: SPI, I2C<br>6. Dispositivos de representación (LCD, TFT) | Bloque III: Diseño software de Sistemas Empotrados (7h)<br>1. Generalidades de Diseño de SSEE<br>2. Máquinas de estado finitas y StateCharts<br>3. Planificación de tareas para SSEE.<br>4. Sistemas operativos en tiempo real para SSEE. |
| Bloque II: Memorias de Semicondutor (4h)<br>1. Memorias Dual Port y FIFO<br>2. Memorias serie y SDRAM.  | Bloque IV: Periféricos comunes de los sistemas empustrados II (3h)<br>1. Comunicación Ethernet y servicios TCP/IP   |
|   | Bloque V: Tendencias en el diseño de SSEE (3 h)<br>1. Procesadores Digitales de Señal<br>2. System On Chip  |

### 4. Metodología

La metodología que se va a utilizar en el desarrollo de la asignatura será una metodología de aprendizaje basado en proyectos donde las competencias teóricas y prácticas de la asignatura se desarrollan fundamentalmente con la elaboración de un proyecto de complejidad media. En las clases de grupo grande se desarrollarán los conceptos teórico – prácticos necesarios para enfrentarse al desarrollo del proyecto en el que se profundizará más en las clases de grupo pequeño.

En alumnos de cuarto curso de grado se presupone madurez suficiente para organizarse y planificarse el trabajo a la hora de enfrentarse a un proyecto con autonomía, sin necesidad de una planificación detallada de su trabajo. A lo largo del cuatrimestre se plantearán diferentes hitos a alcanzar que servirán de elementos de evaluación de la evolución de los alumnos.

El objetivo principal de la asignatura es que los alumnos sean capaces de enfrentarse al diseño de cualquier sistema empustrado basado en microprocesador por lo que los conocimientos, procedimientos y habilidades desarrolladas en el diseño del proyecto deben ser aplicables a otros contextos.

Para el aprovechamiento de algunas clases de teoría, se solicitará a los alumnos realizar alguna actividad previa sobre la que se trabajará en la clase. En estos casos será imprescindible la realización de estas actividades para el aprovechamiento de las clases.

### 5. Conocimientos previos necesarios

La asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados se entiende como una continuidad de la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales utilizándose el mismo procesador (LPC1768 de NXP), el mismo entorno de



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

## 5. Descripción del Proyecto

Antes del inicio del laboratorio se publicará un documento con las especificaciones del proyecto, su seguimiento y evaluación.

## 6. Material básico<sup>12</sup>

Las prácticas de la asignatura están basadas en el microcontrolador LPC1768 de NXP utilizando el entorno Keil uVision 4 (v4.72) como herramienta de compilación, simulación y depuración.

En el laboratorio se dispondrá del entorno de desarrollo Mini-DK2<sup>3</sup> basado en el microcontrolador LPC1768 de NXP que incluye, además del procesador, un TFT táctil de 2,8", un controlador de Ethernet, un adaptador USB - Serie y otros elementos de comunicación. Para la carga y depuración del software en la tarjeta también se dispone del adaptador J-Link EDU de la empresa Segger<sup>4</sup>.

El objetivo de la práctica es que cada grupo se construya su propio sistema. Para ello se recomienda utilizar la tarjeta Mini-DK2 con TFT táctil. Se puede comprar de forma conjunta (Tarjeta + TFT)<sup>5</sup> o separada (Tarjeta<sup>6</sup> y TFT<sup>7</sup>).

Como herramienta de carga y depuración del programa se recomienda adquirir un adaptador JTAG<sup>8</sup>.

Las conexiones entre las tarjetas se pueden realizar fácilmente con Jumper Wires comprados<sup>9,10</sup> o hechos de forma "casera"<sup>11</sup>.

## 7. Organización de los grupos de trabajo

El proyecto debe realizarse en grupos de dos personas. La división interna del trabajo es responsabilidad de cada grupo y debe estar claramente especificada.

La carga de trabajo del laboratorio está pensada para dos personas. Es importante que las dos personas trabajen en equipo para realizar el proyecto evitando que uno absorba casi todo el trabajo sobrecargándose de trabajo.

## 8. Criterios de Evaluación

En la Guía Docente de la asignatura se especifican varios criterios de evaluación con un peso determinado. En cada una de las pruebas que se realicen durante el curso, se presentarán evidencias de la adquisición de las competencias relacionadas.

Al final del curso, en base a las diferentes evidencias, se pondrá una calificación a cada uno de los criterios siendo necesario la obtención de un mínimo en cada uno de los criterios para aprobar. Los criterios y los mínimos pueden verse en el anexo a este documento de Criterios de Evaluación.

## 10. Seguimiento de la evaluación continua

Durante el curso habrá varias pruebas que servirán para recoger evidencias de cumplimiento de los diferentes criterios de evaluación. Los instrumentos que se utilizarán para recoger estas evidencias serán al menos los siguientes:

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

- Tres pruebas escritas con cuestiones teóricas, conceptuales y con problemas teórico-prácticos. La última prueba coincidirá con la fecha de la prueba de evaluación final en el caso de la Evaluación Final e incluirá los contenidos de las dos pruebas anteriores. La realización de estas pruebas es obligatoria.
  - *Primera Prueba de Evaluación Intermedia (PEI-1):* **lunes 4 de noviembre de 19:00 a 21:00**
    - Se trata de una prueba escrita donde se evaluará el nivel de competencia en los bloques de contenidos vistos hasta el momento, incluyendo preguntas de teoría, ejercicios o problemas, y preguntas sobre el proyecto desarrollado hasta la fecha.
  - *Segunda Prueba de Evaluación Intermedia (PEI-2):* **lunes 16 de diciembre de 19:00 a 21:00**
    - Se trata de una prueba escrita donde se evaluará el nivel de competencia de los bloques de contenido restantes incluyendo preguntas de teoría, ejercicios y preguntas sobre el proyecto desarrollado hasta la fecha. También podrían incluirse preguntas relacionadas con los bloques de contenidos evaluados en la primera prueba ya que los contenidos no son independientes.
  - *Prueba de Evaluación Final (PEF):* **20 de enero.**
    - Se trata de una prueba escrita donde se evaluará el nivel de competencia de forma global, incluyendo preguntas de teoría, ejercicios y preguntas sobre cómo se ha implementado el proyecto desde el punto de vista hardware y software.
- Entregas voluntarias de trabajos propuestos en clase.
  - Durante el curso se propondrán ejercicios para realizar fuera de clase. La entrega de estos ejercicios será **voluntaria** y no tendrán una valoración preestablecida, sino que serán evidencias del trabajo del alumno en relación con las diferentes competencias.
- Seguimiento del trabajo realizado en el laboratorio.
  - En la metodología de aprendizaje basado en proyectos es muy importante el seguimiento del proyecto y la definición de los hitos que se deben seguir a lo largo del curso. Por este motivo se realizará un seguimiento del proyecto por los profesores durante el curso.
- Resultados del funcionamiento y conocimiento del proyecto propuesto de la asignatura.
  - *Presentación y defensa del Proyecto:* **semana del 16 al 20 de diciembre o el día del examen final (20 de enero).**
    - *Se trata de una prueba oral a realizar en el laboratorio donde se llevarán a cabo una serie de preguntas sobre el diseño, funcionamiento del proyecto, implementación software, etc., y con carácter individual a cada miembro del grupo. Para esta prueba los profesores han de disponer en el momento del examen de la memoria impresa del trabajo realizado y de un vídeo demostrativo del funcionamiento del sistema.*
  - Se evaluará el funcionamiento del proyecto, el conocimiento del mismo y la documentación técnica realizada. Los miembros de un mismo grupo no tendrán por qué tener la misma calificación.
  - Para superar la asignatura, además de obtener una calificación conjunta entre todas las competencias evaluadas igual o superior al 50% del total, será imprescindible haber concluido el proyecto con la funcionalidad requerida.



Cartagena99

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

## 12. Planificación temporal de contenidos teóricos (orientativa)

### Planificación SEDA-GIEC Curso 19/20

| Semana    | Fecha         | Día      | Prof1 | Prof2 | Contenidos   |
|-----------|---------------|----------|-------|-------|--|
| 1         | 9-sept        | L        | 0,5   | 0,5   | Presentación de la asignatura.                       |
| 1         | 9-sept        | L        |       | 1     | Repaso del Hardware de la tarjeta MiniDK2            |
| 1         | 11-sept       | X        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
| 1         | 11-sept       | X        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
| 2         | 16-sept       | L        |       |       |  |
| 2         | 18-sept       | X        |       | 2     | Repaso de programación en C en sistemas empotrados   |
| 2         | 18-sept       | X        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
| 3         | 23-sept       | L        |       | 1     | Introducción SSEE. Máquinas de estados finitas       |
| 3         | 23-sept       | L        |       | 1     | Máquinas de estado finitas. State Chart              |
| 3         | 25-sept       | X        | 2     |       | Temporizadores: PWM, captura y generación de señales |
| 4         | 30-sept       | L        | 2     |       | Conversión A/D, D/A y Acceso Directo a Memoria       |
| 4         | 2-oct         | X        | 2     |       | Temporizadores: PWM, captura y generación de señales |
| 5         | 7-oct         | L        |       | 2     | StateChart   |
| 6         | 14-oct        | L        |       |       |  |
| 6         | 16-oct        | X        | 2     |       | Conversión A/D, D/A y Acceso Directo a Memoria       |
| 7         | 21-oct        | L        |       | 2     | Comunicación Ethernet y servicios TCP/IP             |
| 7         | 23-oct        | X        |       | 1     | Comunicación Ethernet y servicios TCP/IP             |
| 7         | 23-oct        | X        |       | 1     | Planificación de tareas para SSEE                    |
| 8         | 28-oct        | L        |       |       |  |
| 8         | 30-oct        | X        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: UART                  |
| <b>10</b> | <b>11-nov</b> | <b>L</b> |       |       | <b>PEI-1</b>   |
| 9         | 6-nov         | X        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: I2C                   |
| 10        | 11-nov        | L        |       |       |  |
| 10        | 13-nov        | X        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: SPI. GLCD             |
| 11        | 18-nov        | L        |       | 2     | Planificación de tareas para SSEE                    |
| 11        | 20-nov        | X        | 2     |       | Memorias serie. Memorias SDRAM.                      |
| 12        | 25-nov        | L        |       |       |  |
| 12        | 27-nov        | X        | 2     |       | Memorias Dual Port y FIFO                            |
| 13        | 2-dic         | L        |       | 1     | Sistemas operativos para SSEE                        |
| 13        | 4-dic         | X        |       | 2     | Procesadores Digitales de Señal y System On Chip     |
| 14        | 11-dic        | X        |       |       |  |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Planificación SEDA-GITT Curso 19/20

| Semana   | Fecha        | Día      | Prof1 | Prof2 | Contenidos   |
|----------|--------------|----------|-------|-------|--|
| 1        | 10-sept      | M        | 0,5   | 0,5   | Presentación de la asignatura.                       |
| 1        | 10-sept      | M        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
| 1        | 12-sept      | J        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
|          |              | J        |       | 1     | Repaso del Hardware de la tarjeta MiniDK2            |
| 1        | 12-sept      | J        |       | 1     | Repaso de programación en C en sistemas empotrados   |
| 2        | 17-sept      | M        |       | 1     | Repaso de programación en C en sistemas empotrados   |
| 2        | 19-sept      | J        | 2     |       | Repaso de los principales recursos del LPC1768       |
| 3        | 24-sept      | M        |       |       |  |
| 3        | 26-sept      | J        | 2     |       | Temporizadores: PWM, captura y generación de señales |
| 4        | 1-oct        | M        |       | 1     | Introducción SSEE. Máquinas de estados finitas       |
| 4        | 1-oct        | M        |       | 1     | Máquinas de estado finitas. State Chart              |
| 4        | 3-oct        | J        | 2     |       | Temporizadores: PWM, captura y generación de señales |
| 5        | 8-oct        | M        |       |       |  |
| 5        | 10-oct       | J        | 2     |       | Conversión A/D, D/A y Acceso Directo a Memoria       |
| 6        | 15-oct       | M        |       | 2     | StateChart   |
| 6        | 17-oct       | J        | 2     |       | Conversión A/D, D/A y Acceso Directo a Memoria       |
| 7        | 22-oct       | M        |       |       |  |
| 7        | 24-oct       | J        |       | 2     | Comunicación Ethernet y servicios TCP/IP             |
| 8        | 29-oct       | M        |       | 1     | Comunicación Ethernet y servicios TCP/IP             |
| 8        | 31-oct       | J        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: UART                  |
| <b>9</b> | <b>4-nov</b> | <b>L</b> |       |       | <b>PEI-1</b>   |
| 9        | 7-nov        | J        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: I2C                   |
| 10       | 12-nov       | M        |       | 2     | Planificación de tareas para SSEE                    |
| 10       | 14-nov       | J        | 2     |       | Puertos de comunicación serie: SPI. GLCD             |
| 11       | 19-nov       | M        |       |       |  |
| 11       | 21-nov       | J        | 2     |       | Memorias serie. Memorias SDRAM.                      |
| 12       | 26-nov       | M        |       | 1     | Planificación de tareas para SSEE                    |
| 12       | 26-nov       | M        |       | 1     | Sistemas operativos para SSEE                        |
| 12       | 28-nov       | J        | 2     |       | Memorias Dual Port y FIFO                            |
| 13       | 3-dic        | M        |       |       |  |
| 13       | 5-dic        | J        |       | 2     | Procesadores Digitales de Señal y System On Chip     |
| 14       | 10-dic       | M        |       |       |  |

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

- - -

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



## Anexo: Ponderación y mínimos de los criterios de evaluación

| Criterio | Descripción   | Ponderación |     |
|----------|---|-------------|-----|
| CE1      | Describir los principios fundamentales del diseño de sistemas empotrados, así como las características y ámbito de aplicación de los DSP (Digital Signal Processors) y de los SoCs (System On Chips)  | 2%          | 30% |
|          | <b>Mínimos:</b> Describir las principales características de los DSPs   |             |     |
| CE2      | Describir las memorias de semiconductores más utilizadas en sistemas empotrados de altas prestaciones (Dual-Port, FIFO, Memorias Dinámicas, Memorias Síncronas, etc.), su aplicación y ser capaz de interconectarlas con un procesador. Siempre sabiendo buscar, comprender y utilizar las especificaciones que proporcionan los fabricantes de los componentes electrónicos.   | 3%          |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Ser capaz de explicar el concepto y las aplicaciones de las memorias Dual-Port, y FIFO  |             |     |
| CE3      | Utilizar adecuadamente los temporizadores, conversores A/D y D/A y el DMA en el diseño de aplicaciones de adquisición, procesado de información y control (generación de señales temporizadas y de sincronismo, medida de tiempos de señales externas, generación de interrupciones periódicas, sabiendo buscar, analizar y utilizar las especificaciones que proporcionan los fabricantes de los componentes electrónicos. | 17%         |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Saber configurar los temporizadores para generar y medir señales periódicas y aperiódicas.  |             |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Saber explicar el funcionamiento de un programa dado que utilice ADCs y DACs.   |             |     |
| CE4      | Utilizar adecuadamente los diferentes subsistemas de comunicaciones proporcionados por un microcontrolador (UART, SPI, I2C, Ethernet, ...) en el diseño de aplicaciones de complejidad media, siendo capaces de diseñar aplicaciones que permitan interactuar remotamente con otros sistemas.   | 8%          |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Ser capaz de configurar la UART en una comunicación serie y entender el proceso de TX y RX asíncrono.   |             |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Saber enumerar las diferencias entre una comunicación serie síncrona y asíncrona y las diferencias entre I2C y SPI.<br><b>Mínimos:</b> Ser capaz de analizar un programa que genere una página HTML dinámicamente.  |             |     |
| CE5      | Ser capaz de modelar el comportamiento de un sistema utilizando máquinas de estados y "StateChart" y de codificarlo en un lenguaje de alto nivel para un sistema basado en microcontrolador.  | 4,5%        | 10% |
|          | <b>Mínimos:</b> Conocer la sintaxis de StateCharts y máquinas de estados y ser capaz de explicar el funcionamiento de un sistema modelado por un StateChart.  |             |     |
| CE6      | Analizar y planificar las tareas de una aplicación de un sistema empotrado identificando los parámetros que influyen en la ejecutabilidad del sistema y sus límites de funcionamiento.  | 4,5%        |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Ser capaz de explicar los parámetros de las diferentes tareas que se utilizan para analizar la ejecutabilidad de un sistema.  |             |     |
| CE7      | Describir las características de un sistema operativo de tiempo real y utilizar los recursos que éste proporciona para diseñar aplicaciones para sistemas empotrados.   | 1%          |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Saber explicar las características de un sistema operativo de tiempo real.  |             |     |
| CE8      | Exponer y defender de manera clara y razonada sus propuestas para la resolución de los problemas planteados, las prácticas y el proyecto desde el punto de vista formal y funcional.  | 10%         |     |
|          | <b>Mínimos:</b> Ser capaz de defender la autoría de los trabajos presentados mediante la explicación del funcionamiento y del proceso que se siguió en el diseño e implementación.  |             |     |
| CE9      | Generar documentación técnica (hardware y software) correctamente redactada, clara y precisa sobre el trabajo realizado en el laboratorio siguiendo unos estándares preestablecidos (código comentado, esquemas claros, referencias adecuadas,...) y sabiendo buscar, analizar y utilizar las especificaciones que proporcionan los fabricantes de los componentes electrónicos.  | 10%         | 60% |
|          | <b>Mínimos:</b> Entregar la documentación siguiendo las directrices propuestas.   |             |     |
|          | Implementar en la práctica circuitos físicos que, siguiendo unos requisitos y especificaciones, den   |             |     |

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**