



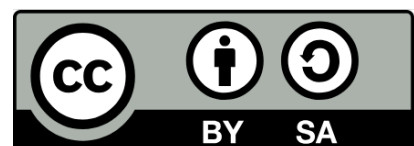
Universidad  
Rey Juan Carlos

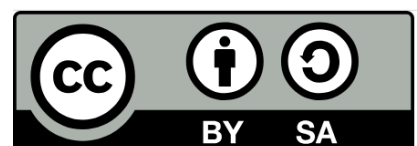
# Grado de Ingeniería en Robótica Software

## Sistema empotrados y de tiempo real

### Guía de estudio

Autor: Roberto Calvo-Palomino





©2024 - Roberto Calvo-Palomino  
Algunos derechos reservados.

Este documento se distribuye bajo  
la licencia "Attribution-ShareAlike 4.0"  
de Creative Commons, disponible en  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

# Sumario

- 1. Temario..... 3
- 2. Calendario..... 4

# 1. Temario

A continuación se describe el temario general de la asignatura distribuido en temas.

## Tema 1: Sistemas Empotrados y de Tiempo Real

Introducción a los sistemas empotrados y de tiempo real. Características más importantes, utilización, necesidad en la era actual de IoT

## Tema 2: Planificación de Tareas

Introducción a planificación en sistemas de tiempo real, restricciones temporales, planificadores, inversión de prioridades. Se realizan ejercicios de planificar con diferentes planificadores.

## Tema 3: RTOS y RTLinux

Introducción a sistemas en tiempo real basados en el kernel de Linux. Como es posible adquirir características RT en sistemas Linux.

## Tema 4: Microcontroladores

Introducción a los micro-controladores, arquitectura, características, funcionamiento. Diferencias con microprocesadores.

## Tema 5: Introducción y Desarrollo en Arduino

Introducción a Arduino, historia, necesidades, evolución y situación actual. Desarrollo con el ide de Arduino. Introducción a señales digitales y analógicas, uso de PWM, watchdog, ArduinoThread.

## Tema 6: Arduino Avanzado

Explicación de interrupciones software y hardware, características, y usos en arduino. Comunicación serie, spi, i2c, canbus.

## Tema 7: Arduino y FreeRTOS

Introducción a sistemas RT basados en Arduino. Características y usos de FreeRTOS, ejemplos donde un sistema RT en arduino puede ayudar a su bien funcionamiento.

## Tema 8: Compilación Cruzada

Introducción a la compilación cruzada, cuando usarla, características y técnicas

## 2. Calendario

Este calendario está realizado teniendo en cuenta que se imparten 2 sesiones de 2 horas cada una a la semana durante 13 semanas.

### Sesión 1: Clase Magistral

Presentación de la asignatura e introducción a sistemas empujados y planificadores.

Materiales: Tema 1 y Tema2

Ficheros:

- 01-presentacion.pdf
- 02-introduccion.pdf
- 03-planificacion.pdf

Objetivos:

- Motivación sobre porqué es necesario sistemas empujados y de tiempo real
- Entender la definición correcta de sistema de tiempo real y latencia.

### Sesión 2: Clase Magistral

Explicación de los planificadores cíclicos y rate monotonic

Materiales: Tema2

Ficheros:

- 03-planificacion.pdf

Objetivos:

- Entender las diferencias entre planificadores ciclicos y por prioridad
- Ser capaz de analizar y realizar una planificación basada en rate monotonic.

### Sesión 3: Clase Magistral

Explicación de la Inversión de prioridades en sistemas RT, situaciones donde ocurre, como solventarlo y como aplicarlo en planificadores RT.

Materiales: Tema2

Ficheros:

- 03-planificacion.pdf

Objetivos:

- Entender inversión de prioridades y su solución basado en herencia de prioridades.
- Ejercicios de planificadores RT.

### Sesión 4-6: Laboratorios

Explicación y comienzo de la Práctica 1.

Materiales: Practica 1

Ficheros:

- Practica1.pdf

Objetivos:

- Realizar una práctica basada en linux para demostrar que no es posible asegurar tiempos de ejecución deterministas en procesos.
- Afianzar conocimientos de threads en Linux.

## Sesión 7-8: Clase Magistral

Sistemas Operativos basados en tiempo real, RTLinux, prioridades.

Materiales: Tema3

Ficheros:

- 04-RTOS.pdf

Objetivos:

- Diferenciar correctamente las diferentes partes de un sistema RT.
- Entender como la expulsión de procesos por parte de la CPU es la esencia para conseguir un sistema de RT con baja latencia.
- Entender como las latencias pueden verse afectadas dependiendo del escenario de ejecución.

## Sesión 9-11: Laboratorios

Explicación y comienzo de la Práctica 2.

Materiales: Practica 2

Ficheros:

- Practica2.pdf

Objetivos:

- Aprender a analizar un sistema en base a sus latencias de planificación.
- Desarrollar una aplicación en C similar a cyclicttest, y probarla en sistemas RT y no RT.

## Sesión 12: Clase Magistral

Introducción a los micro-controladores, características y diferencias con los micro-procesadores. Uso en la actualidad y significado dentro de la era de IoT.

Materiales: Tema4

Ficheros:

- 05-Microcontroladores.pdf

Objetivos:

- Aprender las diferencias básicas entre micro-controladores y microprocesadores.
- Arquitecturas típicas en micro-controladores
- Usos y características.

## Sesión 13: Clase Magistral

Introducción al proyecto y plataforma Arduino, entorno de desarrollo y primeras

Materiales: Tema5

Ficheros:

- 06-Arduino.pdf

Objetivos:

- Conocer la historia del proyecto, significado y evolución
- Entender las implicaciones de hardware libre.
- Instalar el entorno de desarrollo y realizar un primer sketch.

## Sesión 14: Clase Magistral

Desarrollo en Arduino

Materiales: Tema5

Ficheros:

- 06-Arduino.pdf
- 06.1-Arduino.pdf

Objetivos:

- Uso de primitivas de programación
- Gestión del tiempo millis() y micros()
- Sensores I

## Sesión 15: Clase Magistral

Desarrollo en Arduino avanzado

Materiales: Tema5

Ficheros:

- 06-Arduino.pdf
- 06.2-Arduino.pdf

Objetivos:

- Señales analógicas y digitales
- Sensores II
- Watchdog

## Sesión 16: Clase Magistral

Desarrollo en Arduino avanzado, ADC, Arduino Threads

Materiales: Tema5 / Tema6

Ficheros:

- 06.2-Arduino.pdf
- 07-MultiTasking.pdf

Objetivos:

- Conocimientos de ADC
- Arduino Threads,

## Sesión 17: Clase Magistral

Desarrollo en Arduino avanzado: Interrupciones

Materiales: Tema6

Ficheros:

- 09-Interrupciones.opdf

Objetivos:

- Conocimiento de interrupciones.
- Interrupciones software y hardware
- Timers y Contadores

## Sesión 18-21: Laboratorios

Explicación y comienzo de la Práctica 3. Controlador de una máquina expendedora.

Materiales: Practica 3

Ficheros:

- Practica3.pdf

Objetivos:

- Aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones de teoría.
- Prototipado y llevar a la práctica los esquemas
- Gestion completa de un proyecto avanzado en Arduino.

## Sesión 22: Clase Magistral

Desarrollo en Arduino avanzado: Comunicaciones seria, i2c, spi, mqtt

Materiales: Tema6

Ficheros:

- 10-Comunicaciones.pdf

Objetivos:

- Aprender los diferentes protocolos de comunicación en Arduino
- Diferencias entre comunicación serie y spi/i2c
- Conocimientos de MQTT

## Sesión 22: Clase Magistral

Introducción al proceso de compilación cruzada y uso de FreeRTOS en Arduino

Materiales: Tema7, Tema8

Ficheros:

- 11-CompilacionCruzada.pdf
- 12-FreeRTOS.pdf

Objetivos:

- Aprender y entender el concepto de compilación cruzada en Arduino
- Introducción y uso de FreeRTOS en Arduino
- Aplicaciones y limitaciones de FreeRTOS en Arduino



## Sesión 23-28: Laboratorios

Explicación y comienzo de la Práctica 4. Sigue línea basado en arduino, esp32, free-rtos y mqtt.  
Práctica organizada en modo de competición, donde gana el coche más rápido sin perder la línea.

Materiales: Practica 4

Ficheros:

- Practica4.pdf

Objetivos:

- Aplicaciones conocimientos avanzados de Arduino y ESP para un sigue línea avanzado.
- Posibilidad de usar FreeRTOS para aplicar conceptos de tiempo real en arduino.