

Sistemas Empotrados y de Tiempo Real

Introducción

Grado en Ingeniería de Robótica Software

Teoría de la Señal y las Comunicaciones y
Sistemas Telemáticos y Computación

Roberto Calvo Palomino
roberto.calvo@urjc.es

¿Qué es sistema empotrado?

- Un sistema **empotrado** es un sistema de computación diseñado para realizar **una o algunas pocas** funciones de control.
 - El contexto y dominio del problema es específico
 - No tienen un propósito generalista
 - Recursos limitados
 - No disponen de interfaces de entrada/salida (no siempre se cumple)
 - Están en auge gracias a *Internet-of-Things* (IoT)

¿Qué es sistema empotrado?



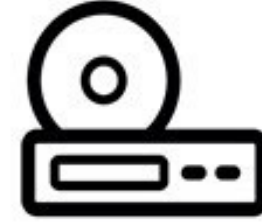
Industrial Robots



GPS Receivers



Digital Cameras



DVD Players

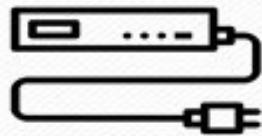


Wireless Routers

Embedded Systems



MP3 Players



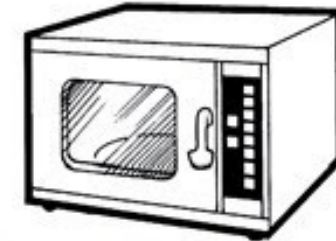
Set top Boxes



Gaming Consoles



Photocopiers



Microwave Ovens

¿Qué es un sistema empotrado?

- Ventajas
 - Reducción de costes
 - Diseño modular
 - Corto tiempo de respuesta
 - Facilidad en la integración
 - Accesibilidad

¿Qué es un sistema empotrado?

- Inconvenientes
 - Cifrado Débil
 - Diseños cerrados (puertas traseras)
 - Puertos de entrada y salida
 - Los fabricantes suelen descuidar bastante su seguridad.
 - Ataques DOS/DDoS

¿Qué es sistema empotrado?

- Gran Cyber-Ataque DDoS al proveedor de nombres de dominio (Dyn)
- Numerosos dispositivos IoT fueron hackeados (impresoras, webcams, routers, ..., etc)
- En algunos dispositivos la clave estaba “hardcodeada” en la ROM del dispositivo.

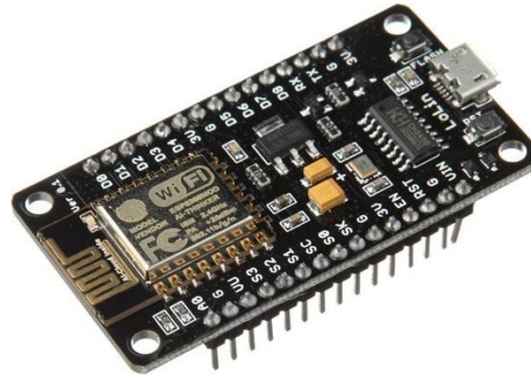
https://es.wikipedia.org/wiki/Ciberataque_a_Dyn_de_octubre_de_2016

¿Qué es sistema empotrado?

- Algunos ejemplos



Arduino



Esp8266



LoRa



Raspberry Pi?

Ejemplos



¿Qué es un sistema de tiempo real?

- Un sistema en **tiempo real** es un sistema informático en el que se asegura los tiempos de ejecución para cada tarea.
 - Usualmente es un sistema empujado
 - Interacciona repetidamente con su entorno físico
 - Cada tarea tiene asignada una prioridad diferente
 - No basta con que las acciones del sistema sean correctas, tienen que ejecutarse dentro de un intervalo de tiempo determinado
 - Restricción de tiempo no significa que las tareas se ejecuten rápidamente.

¿Qué es un sistema de tiempo real?

- Características de un sistema de tiempo real (STR)
 - **Determinismo:** Es importante asegurar con una alta probabilidad que la tarea (T) siempre va a durar el mismo tiempo (t)
 - **Responsividad:** Tiempo que tarda una tarea (T) en ejecutarse desde que el sistema operativo ha decidido ejecutar dicha tarea (T)
 - **Confiabilidad:** El sistema debe de seguir en funcionamiento a pesar de catástrofes, o fallas mecánicas. Usualmente una degradación en el servicio en un sistema de tiempo real lleva consecuencias catastróficas.
 - **Operación a prueba de fallos:** En caso de fallar, el sistema debe preservar los datos y ejecutar tareas de mayor prioridad.

¿Qué es un sistema de tiempo real?

- Clasificación (según restricciones temporales):
 - **Tiempo real estricto** (hard real time): Cuando es absolutamente necesario que la respuesta se produzca dentro del límite especificado. Ej.: control de vuelo.
 - **Tiempo real no estricto** (soft real time): Cuando se permite la pérdida ocasional de especificaciones temporales, aunque debe cumplirse normalmente. Ej.: sistema de adquisición de datos
 - **Tiempo real firme** (firm real time): Cuando se permite la pérdida ocasional de especificaciones temporales, pero dicha pérdida no implica beneficios ya que la respuesta retrasada es descartada. Ej.: sistema multimedia.

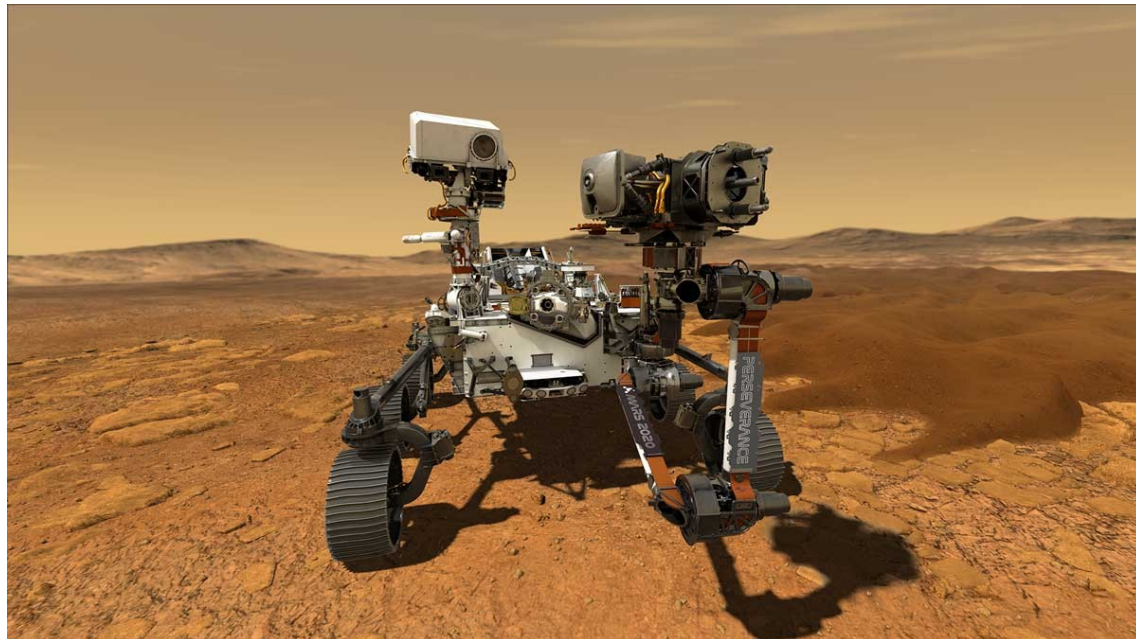
Ejemplos

- Computador de Navegación del Apolo 11
 - Controlar la navegación del modulo de mando y del modulo lunar
 - Diseñado en el MIT
 - Luminary (SO) permitía máximo 8 tareas.
 - Tareas priorizadas
 - 2Kb de memoria para el área de datos.
 - El Apolo 11 generó errores durante el alunizaje, pero consiguió recuperarse gracias a la gestión de prioridades.



Ejemplos

- Rover Perseverance – Mars 2020
- Dispone de 2 GB memoria flash, 256 MB RAM y opera a 200 MHz
- Open Souce real-time operating system RTEMS 4.5.0
 - <https://www.rtems.org/>



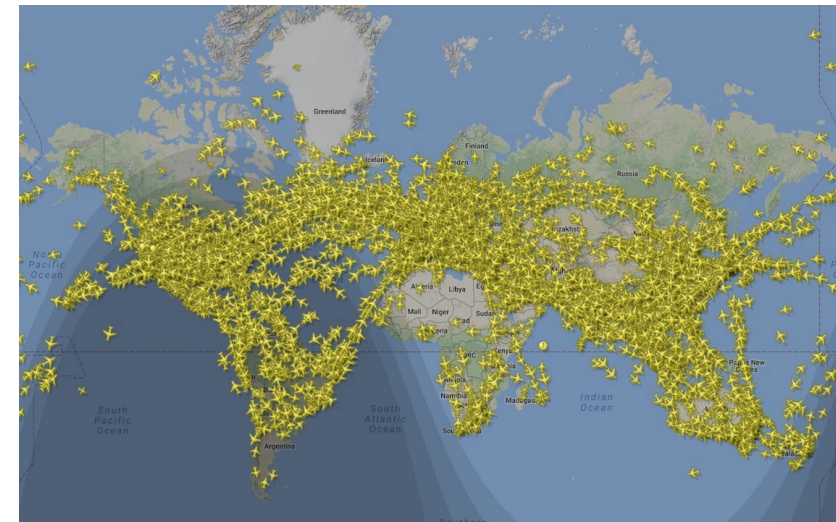
Ejemplos

- Automoción tradicional
 - ESP o ABS
 - Airbags
 - Sistemas de alerta de ángulo muerto.
- Automoción moderna
 - Análisis del entorno con visión o radar
 - Detección de peatones y frenada de emergencia.



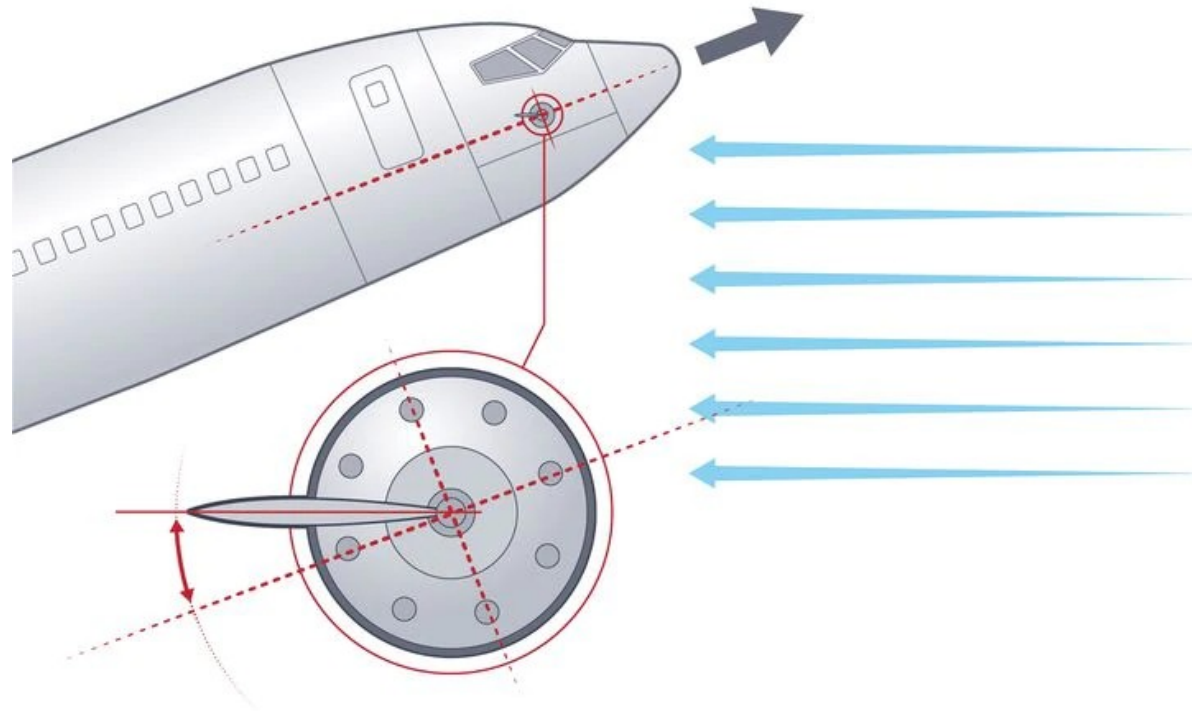
Ejemplos

- Aviación: Se espera que todas las tareas terminen en un tiempo determinado
 - Control de Flaps
 - Sistemas de vuelo
 - Sistemas de colisión
- Es una industria donde los sistemas empotrados y de tiempo real, tienen una importancia máxima. Salvan vidas!



Ejemplos

- Boeing 737 MAX-8
 - 2 accidentes en menos de 5 meses (Indonesia y Etiopía).
 - MCAS sistema empotrado/tiempo real para estabilizar el avión.



Ejemplos

- Entonces ... ¿Qué son los smartphones?



