

## SYLLABUS DEL CORSO

### Sistemi Embedded

2021-3-E3101Q124

---

#### Obiettivi

Comprensione delle principali aspetti dei sistemi embedded in tempo reale. Capacità di progettare semplici applicazioni embedded in tempo reale su micro-controllori in assembly e C.

#### Contenuti sintetici

Sistemi embedded: caratteristiche e requisiti. La struttura dei sistemi embedded: micro-controllori, DSP, FPGA, memorie e loro organizzazione, sistemi di comunicazione. Periferiche, sensori ed attuatori. Teoria dello scheduling real-time. Architetture software e librerie per la programmazione real-time, fail-safe e safety-critical. Sistemi operative real-time. Attività di laboratorio sulla programmazione di micro-controllori in assembly e C.

#### Programma esteso

1. Sistemi embedded: caratteristiche e requisiti
  1. Caratteristiche generali e domini applicativi; valore del mercato e diffusione.
  2. Requisiti temporali, di affidabilità, di efficienza.
  3. Dimensioni progettuali.
2. La struttura dei sistemi embedded
  1. Cenni di elettronica digitale e analogica.
  2. Livelli di scala: IC, PCB, network.
  3. Unità di elaborazione: CPU, micro-controllori, DSP, GPU, ASIC. Logiche programmabili: FPGA.
  4. Memorie: SRAM e DRAM, memorie non volatili; interazioni tra processore e memoria: architetture di Von Neumann e Harvard, gerarchie di memoria.
  5. Sistemi di comunicazione: GPIO, Pulse Width Modulation, RS-232, USB, I2C, SPI, CAN bus, JTAG.
  6. Sistemi ad elevata integrazione: SoC e NoC.
  7. Esempi di micro-controllori.
3. Periferiche, sensori e attuatori

1. Timer.
  2. DMA.
  3. Cenni di teoria del campionamento: Teorema di Nyquist, aliasing, rumore di quantizzazione; Comparatori e convertitori A/D e D/A.
  4. Modelli di sensori e attuatori: modelli affini, saturazione, distorsione armonica, range dinamico.
  5. Sensori: Accelerometri e giroscopi.
  6. Attuatori: Solenoidi lineari e motori DC.
4. Teoria dello scheduling real-time
1. Definizioni di base: task periodici, aperiodici e sporadici, utilizzazione, schedule validi e feasible, ottimalità.
  2. —
  3. Schedule a priorità statica: schedule rate-monotonic e deadline monotonic, analisi di schedulabilità.
  4. Schedule a priorità dinamica: schedule earliest-deadline-first e least-slack-time-first.
  5. Scheduling per job aperiodici e sporadici.
  6. Analisi blocking time.
  7. Sezioni critiche, anomalie di scheduling (inversione di priorità e deadlock), protocolli di priority inheritance e priority ceiling.
5. Architetture software e librerie
1. Architetture round-robin, round-robin con interrupts, function-queue-scheduling.
  2. (cenni) Librerie POSIX.4, Ada Real-Time e profilo Ravenscar, Real-Time e High-Integrity Java.
  3. (cenni) Sistemi operativi real-time.
6. Laboratorio di programmazione di micro-controllori.
1. Catena programmativa ed IDE.
  2. Programmazione assembly e sviluppo di semplici programmi.
  3. Programmazione C.
  4. Attività progettuale di gruppo.

## Prerequisiti

1. Conoscenze di architettura degli elaboratori e di cosa sia la programmazione assembly.
2. Conoscenze di base di programmazione in C.
3. Concetti base di sistemi operativi e programmazione concorrente.
4. Principi di progettazione software con uso di UML.

## Modalità didattica

- lezioni pre-registrate ed incontri interattivi sulle lezioni pre-registrate;
- attività di laboratorio, con sviluppo di progetti in piccoli gruppi.

## Materiale didattico

- importanti
  - J. W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, 2000.
  - G. C. Buttazzo. Hard Real-Time Computing Systems, Predictable Scheduling Algorithms and Applications, 3rd Edition. Springer, 2011
- meno importanti
  - E. A. Lee, S.A. Seshia. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Approach. Second Edition, MIT Press, 2017.
  - D. E. Simon. An Embedded Software Primer. Addison Wesley, 1999.
  - C. Brandolese, W. Fornaciari. Sistemi Embedded: Sviluppo Hardware e Software per Sistemi

Dedicati. Pearson, 2007.

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Secondo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

- Prova scritta con esercizi e/o domande aperte sugli argomenti non coperta dalla attività di laboratorio;
- relazione sulla attività di laboratorio;
- colloquio orale sulla relazione sulla attività di laboratorio.

## **Orario di ricevimento**

Inviare email per un appuntamento.

---