



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Sistemi Embedded

2526-3-E3101Q124

Obiettivi

Comprensione dei principali aspetti dei sistemi embedded in tempo reale. Capacità di progettare semplici applicazioni embedded in tempo reale su micro-controllori e SBC (Single Board Computer) in linguaggi vicini all'hardware, ad esempio C, con e senza OS.

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 operativi real-time. Attività di laboratorio sulla programmazione di micro-controllori in C. Attività di laboratorio su macchine PC-like in C in Linux con classi di scheduling RT and deadline.

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. Schedule ciclico.
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 programmatica 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.
2. Conoscenze di base di programmazione in C.

3. Concetti base di sistemi operativi e programmazione concorrente.

Modalità didattica

- lezioni erogative;
- attività interattiva di laboratorio, con sviluppo di progetti in piccoli gruppi; queste attività saranno basate su HW STM della famiglia Nucleo ed annessi shields e sul piccolo robot Coderbot (Raspberry Pi).

Materiale didattico

importanti

- G. C. Buttazzo. Hard Real-Time Computing Systems, Predictable Scheduling Algorithms and Applications, 3rd Edition. Springer, 2011

meno importanti

- J. W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, 2000.
- 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 coperti dalla attività di laboratorio;
- relazione sulla attività di laboratorio;
- eventuale colloquio sulla relazione sulla attività di laboratorio.

Orario di ricevimento

Inviare email per un appuntamento.

Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE
