UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Embedded Systems

2324-3-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, 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 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. 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 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 interattive;
- attività di laboratorio, con sviluppo di progetti in piccoli gruppi.

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 orale sulla relazione sulla attività di laboratorio.

Orario di ricevimento

Inviare email per un appuntamento.

Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE