UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Embedded Systems Architectures and Design

2425-1-F9102Q012

Obiettivi

L’obiettivo di questo corso è fornire agli studenti una comprensione avanzata dei principali aspetti dei Sistemi Embedded e Cyber-Fisici (ECPS) con funzionalità AI. Alla fine del corso gli studenti conosceranno i principali concetti relativi agli ECPS, i loro più rilevanti campi applicativi, i principali requisiti per gli ECPS nei diversi campi applicativi, le tecnologie attualmente disponibili per costruire ECPS con funzionalità AI. Gli studenti saranno in grado di progettare applicazioni embedded con funzionalità AI che soddisfino le più importanti categorie di requisiti. Le conoscenze acquisite saranno applicate realizzando nel corso delle sessioni di laboratorio alcuni semplici ECPS di esempio.

Contenuti sintetici

I sistemi embedded e cyber-fisici (ECPS) nel loro contesto. La struttura degli ECPS: unità di elaborazione, memorie, sistemi di comunicazione, sensori, attuatori.Introduzione allo scheduling real-time. Progettare ECPS.

Programma esteso

I sistemi embedded e cyber-fisici (ECPS) nel loro contesto:

- Definizione di ECPS; categorie di ECPS; domini applicativi, valore di mercato e diffusione.
- Principali requisiti: temporali, di affidabilità, di efficienza.
- ECPS ed AI: cloud, edge ed endpoint AI.

La struttura degli ECPS:

- Unità di elaborazione: CPU e microcontrollori, DSP e GPU, ASIC, logiche programmabili. Acceleratori AI.
- Memorie. Sistemi di comunicazione: GPIO, bus seriali sincroni e asincroni.
- Modelli di sensori e attuatori: modelli affini, saturazione, distorsione armonica, range dinamico. Convertitori analogico-digitale e digitale-analogico.
- Sensori: accelerometri, giroscopi, sensori barometrici, magnetometri; IMU; sensori di temperatura ed altri sensori. Attuatori: solenoidi, motori DC.

Introduzione allo scheduling real-time:

- Definizione di sistema real-time e concetti fondamentali dello scheduling real-time: task e job, task periodici, aperiodici e sporadici, metriche, ottimalità.
- Scheduling per task periodici. Condizioni di schedulabilità. Nonidealità e blocking time.
- Scheduling per insiemi di task eterogenei con task sporadici: servers.
- Risorse condivise: sezioni critiche e locking; inversione di priorità; protocolli di accesso alle risorse; blocking time per conflitto di risorse.

Progettare ECPS:

- Tipici requisiti nei diversi domini applicativi degli ECPS.
- Modelli dei sistemi real-time e cyber-fisici; macchine a stati.
- System engineering.

Prerequisiti

Conoscenze di base di programmazione con i linguaggi C e Python; conoscenza di base dei principi dei sistemi operativi (processi, thread, scheduling) e dell'architettura degli elaboratori; conoscenza di base dei principi di analisi dei requisiti software e della progettazione del software con UML; conoscenza di base dei principi del machine learning, come insegnati nel corso Advanced Foundations of Artificial Intelligence.

Modalità didattica

Lezioni in aula e attività pratica di laboratorio consistente nello sviluppo di una serie di project works in piccoli gruppi. La presenza alle lezioni e ai laboratori è altamente raccomandata.

Materiale didattico

Gli argomenti che vengono insegnati nel corso non vengono discussi in maniera comprensiva in alcun libro: corrispondentemente, il corso non ha un libro di testo di riferimento. Il materiale didattico verrà fornito durante il corso, e consisterà in una serie di dispense, slides, articoli di ricerca, e una selezione di capitoli tratti da libri tra i quali:

E. A. Lee, S.A. Seshia. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Approach. Seconda edizione, MIT Press, 2017.
G. C. Buttazzo. Hard Real-Time Computing Systems, Predictable Scheduling Algorithms and Applications. Terza edizione. Springer, 2011.
P. Warden, D. Situnayake. TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power

Microcontrollers. O’Reilly, 2019.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Prova scritta con domande aperte, problemi ed esercizi; relazione scritta sull’attività di laboratorio.

Orario di ricevimento

Su appuntamento (inviare un email al docente per concordare una data e un orario per l’incontro).

Sustainable Development Goals