

SYLLABUS DEL CORSO

Informatica Industriale

2627-1-F1802Q126

Obiettivi

L'insegnamento ha l'obiettivo di fornire le conoscenze e le competenze fondamentali per l'analisi, la progettazione e la verifica di sistemi logici digitali mediante linguaggi di descrizione hardware (HDL) e dispositivi logici programmabili (FPGA). Particolare attenzione è dedicata all'utilizzo di strumenti professionali di Computer-Aided Design (CAD) per la simulazione, la sintesi e la verifica di circuiti digitali, con un'introduzione ai flussi di progettazione di circuiti integrati digitali (ASIC).

Al termine dell'insegnamento lo studente sarà in grado di progettare semplici sistemi digitali, descriverli in VHDL, verificarne il funzionamento mediante simulazione, implementarli su FPGA e utilizzare strumenti CAD orientati alla progettazione di circuiti integrati su silicio.

Risultati di apprendimento attesi

- **Conoscenza e capacità di comprensione**
Gli studenti acquisiranno le conoscenze fondamentali della progettazione di sistemi logici digitali, dei dispositivi logici programmabili (FPGA), dei linguaggi di descrizione hardware (VHDL) e dei principi di funzionamento degli strumenti di Computer-Aided Design (CAD) per la progettazione, simulazione e verifica di circuiti digitali e circuiti integrati.
- **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**
Gli studenti saranno in grado di analizzare, progettare e simulare circuiti logici combinatori e sequenziali, descriverli mediante VHDL, implementarli su FPGA e utilizzare strumenti CAD per la progettazione e la verifica di sistemi digitali e circuiti integrati di base.
- **Autonomia di giudizio**
Gli studenti svilupperanno la capacità di valutare differenti soluzioni progettuali per semplici sistemi digitali, interpretare criticamente i risultati delle simulazioni e del debugging e selezionare le soluzioni più appropriate in funzione delle specifiche progettuali.
- **Abilità comunicative**

Gli studenti saranno in grado di descrivere il funzionamento dei sistemi digitali, motivare le scelte progettuali e presentare i risultati delle attività di progettazione e simulazione utilizzando una terminologia scientifica e tecnica appropriata.

- Capacità di apprendimento

Gli studenti acquisiranno le competenze metodologiche necessarie per approfondire autonomamente la progettazione di sistemi digitali, l'utilizzo di strumenti CAD e dei linguaggi di descrizione hardware, nonché per affrontare corsi più avanzati dedicati alla progettazione di sistemi digitali, FPGA e circuiti integrati.

Contenuti sintetici

1. Sistemi di numerazione e codici binari.
2. Algebra di Boole e sintesi di circuiti logici.
3. Circuiti logici combinatori.
4. Circuiti logici sequenziali.
5. Macchine a stati finiti (FSM).
6. Linguaggio di descrizione hardware VHDL.
7. Progettazione, simulazione e verifica di sistemi digitali in VHDL.
8. Dispositivi logici programmabili (FPGA) e interfacce digitali (SPI e I²C).
9. Acquisizione ed elaborazione digitale dei segnali su FPGA in presenza di rumore.
10. Introduzione alla progettazione di circuiti integrati digitali (ASIC) mediante strumenti CAD.

Programma esteso

1. Sistemi di numerazione e codici binari

- Introduzione ai sistemi di numerazione
- Rappresentazione binaria dei numeri
- Codici ottale ed esadecimale
- Codice Gray
- Hamming distance
- Aritmetica binaria

2. Algebra di Boole

- Operatori logici fondamentali
- Teoremi di De Morgan
- Teorema del consenso
- Sintesi tramite Sum-of-Products (SOP)
- Sintesi tramite Product-of-Sums (POS)
- Minimizzazione mediante mappe di Karnaugh
- Hazard statici e dinamici

3. Circuiti logici combinatori

- Porte logiche
- Encoder, Decoder, Multiplexer, Demultiplexer
- Comparatori

- Generatori e verificatori di parità
- Half-Adder, Full-Adder

4. Circuiti logici sequenziali

Latch SR, D
Flip-Flop D, JK, T
Registri Contatori

5. Macchine a stati finiti (Finite State Machines)

- Modello di Mealy
- Modello di Moore
- Tecniche di progettazione
- Esempi progettuali

6. Linguaggi di descrizione hardware

- Dispositivi logici programmabili
- FPGA e ASIC
- Introduzione al VHDL
- Entity
- Architecture
- Tipi di dato
- Segnali e variabili
- Assegnamenti concorrenti
- Process

7. Progettazione digitale in VHDL

- Modellazione combinatoria, Modellazione sequenziale, Modellazione strutturale
- Componenti riutilizzabili
- Bus e vettori, Operatori logici, Circuiti Combinatori
- Registri e Contatori
- Progettazione di macchine a stati finiti

8. Interfacce digitali

- SPI
- I²C

9. Elaborazione digitale dei segnali su FPGA

- Acquisizione di segnali digitali
- Rumore nel dominio digitale
- Tecniche di filtraggio digitale
- Condizionamento del segnale
- Implementazione su FPGA Xilinx Spartan-7

10. Introduzione alla progettazione di Circuiti Integrati Digitali su silicio

Flusso CAD per la progettazione ASIC
Simulazione funzionale
Sintesi logica
Timing analysis
Introduzione al layout digitale

Prerequisiti

Programmazione C, programmazione a livello macchina (gestione I/O e interruzioni).

Modalità didattica

L'insegnamento prevede:

27 ore di lezioni frontali, dedicate agli aspetti teorici della progettazione dei sistemi digitali.

6 ore di esercitazioni, dedicate allo svolgimento di esempi progettuali e simulazioni mediante linguaggio VHDL e strumenti CAD.

15 ore di attività progettuale di gruppo, svolte con modalità interattiva, finalizzate a:

sviluppo e simulazione di componenti digitali mediante VHDL;

implementazione di semplici applicazioni su FPGA;

introduzione al flusso di progettazione di circuiti integrati digitali mediante strumenti CAD.

La frequenza è fortemente raccomandata, in particolare per le attività progettuali.

L'insegnamento sarà erogato in lingua italiana; su richiesta di uno o più studenti potrà essere erogato in lingua inglese.

Materiale didattico

- Appunti e Slide fornite dal docente

- "Introduzione al Progetto di Sistemi Digitali." Donzellini, Giuliano, Luca Oneto, Domenico Ponta, and Davide Anguita. (2017): 1-474.

- "Circuit Design with VHDL" Volnei A. Pedroni MIT Press

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo Semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale.

Prova scritta

La prova scritta comprende tre esercizi di progettazione logica.

- Il primo esercizio riguarda l'analisi e la sintesi di reti logiche combinatorie.

- Il secondo esercizio riguarda l'analisi e la progettazione di reti logiche sequenziali.
 - Il terzo esercizio riguarda la progettazione di semplici sistemi digitali comprendenti logica combinatoria, logica sequenziale e macchine a stati finiti.
- La valutazione tiene conto della correttezza tecnica delle soluzioni, della capacità di sintesi progettuale e della chiarezza espositiva.

Prova orale

La prova orale comprende:

- discussione critica della prova scritta;
- presentazione e discussione del progetto di gruppo sviluppato durante il corso.

La valutazione considera:

- padronanza degli argomenti teorici;
- capacità di motivare le scelte progettuali;
- utilizzo corretto della terminologia tecnica;
- capacità di interpretare criticamente i risultati ottenuti mediante simulazione e implementazione.

Orario di ricevimento

Lunedì 10-12

Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE
