

# Microprocesorul RISC-V

**Candidat: Dan-Alexandru Bulzan**

**Coordonator științific: Ș.l.dr.ing Eugen-Horațiu Gurban**

Sesiune: Iunie 2024

# 1 INTRODUCERE

## 1.1 SCOPUL ȘI MOTIVAȚIA LUCRĂRII

Implementarea personală a setului de instrucțiuni RISC-V, s-a născut din dorința de a realiza ceea ce poate fi considerat nimic mai puțin decât un apogeu al metodelor științifice din ultimul secol, și anume, procesorul.

Aceste dispozitive electronice reprezintă fundamentul tuturor științelor informatice, grație capacității computaționale intrinsece. Procesoarele, indiferent de gradul lor de specializare, au fost și rămân nucleul unei revoluții tehnologice pe care nici din pură ignoranță nu o putem omite, aceasta fiind prezentă până și în cele mai mundane aspecte ale vieții cotidiene. Scopul acestei lucrări este de a traversa universul digital, începând din rădăcinile sale analogice, ajungând într-un final la organizarea ierarhică a numeroaselor entități digitale în a căror întregime se constituie un sistem de calcul complet funcțional.

Adesea este ușor să ne pierdem în complexitățile ascunse printre miile de porți logice, un veritabil microcosm digital, însă prin mijloacele abstractizării și modularizării, proiectarea unui procesor devine nimic mai mult decât o modelare regulată a unui sistem descriptibil de operațiile algebrei Booleane. Pe parcursul lucrării, se va prezenta de asemenea o simplă implementare didactică a modulului de memorie cache, un component digital de o importanță deosebită, precum și problematica care cere o astfel de soluție.

Implementarea va fi realizată în limbajul de descriere hardware VHDL, entitățile urmând să fie simulate prin intermediul Vivado, soluție de design și sinteză hardware oferită de Advanced Micro Devices.

## 2 STUDIU BIBLIOGRAFIC

### 2.1 ARHITECTURA RISC

Înainte de realizarea unei analize asupra stadiului de dezvoltare și implementare al setului de instrucțiuni RISC-V, înțelegerea locului pe care filozofia RISC o are în disciplina arhitecturii calculatoarelor, este de o importanță deosebită.

Acronimul RISC, face referință la *reduced instruction set computer* sau calculator cu set de instrucțiuni reduse. Un microprocesor care implementează o astfel de filozofie, utilizează un set de instrucțiuni compact și puternic optimizat, garantând execuția rapidă a fiecărei instrucțiuni. Prin urmare, o caracteristică a acestei abordări, este faptul că microprocesorul va fi nevoit să execute un număr mai ridicat de instrucțiuni pentru a realiza aceleași operații efectuate de un calculator cu set de instrucțiuni complex, cunoscut și sub acronimul de *CISC*, printr-un număr observabil mai redus de instrucțiuni.

De-a lungul timpului, începând cu întemeierea arhitecturii RISC, au fost conceput mai multe seturi de instrucțiuni relevante, printre acestea enumerându-se următoarele: MIPS, ARM cât și setul care va reprezenta arhitectura procesorului implementat pe decursul acestei lucrări, RISC-V.

### 2.2 FAMILIA SETURILOR DE INSTRUCȚIUNI ARM

Seturile de instrucțiuni care aparțin familiei ARM sunt fără echivoc cele mai de succes dintre toate seturile aferente arhitecturii RISC. Acest succes este în mare parte datorat costurilor reduse de producție cât și eficienței computaționale ridicate. Dispozitivele dezvoltate în jurul microprocesoarelor ARM au un grad de utilitate ridicat, prezența acestora făcându-se simțită într-o vastă gamă de domenii. Cele mai evidente utilizări sunt reprezentate de telefoanele mobile și computerele personale, însă arhitectura ARM a reușit să se etaleze până și în domeniul computerelor de înaltă performanță, prin intermediul supercomputerului Fugaku.

Arhitectura ARM s-a bucurat de decenii întregi de dezvoltare și prin urmare de vaste îmbunătățiri, ajungând la un grad înalt de maturitate, lucru care-i definește utilitate contemporană.

### 2.3 SETUL DE INSTRUCȚIUNI RISC-V

Setul de instrucțiuni RISC-V reprezintă una dintre cele mai noi adății aduse mulțimii familiilor arhitecturii RISC. Acest ISA nu funcționează pe baza unei licențe de utilizare, fiind un standard deschis, este permisă folosirea sa tuturor entităților legale sau persoanelor care doresc implementarea unui microprocesor sau a unui sistem integrat bazându-se pe acest set.

## 2.4 IMPLEMENTĂRI RISC-V

Datorită proliferării lipsite de licență cât și împărțirii setului în extensii, se poate observa un constant flux de implementări, variind de la simple exemple didactice la sisteme cu module multicip complexe. Numeroase programe de studii care au ca scop dezvoltarea cunoștințelor despre organizarea calculatoarelor, obișnuiesc să prezinte ca suport didactic implementări succinte ale unui nucleu RISC-V. Fiecare asemeni implementare prezintă ușoare diferențe arhitectural-organizatorice față de omologi săi. Aceste diferențe sunt produsul faptului că arhitectura RISC-V nu îngrădește utilizatorii săi într-o specifică topologie de organizare a modulelor care constituie în întregime lor un microprocesor. Fiecare utilizator are astfel liber arbitru în definirea propriei organizări, atât timp cât respectă setul de instrucțiuni.

Se disting astfel două mari tipuri de microprocesoare RISC-V, ale căror implementări sunt disponibile spre analiză. Prima și cea mai comună este reprezentată de microprocesorul RISC-V SCP sau *single cycle processor*, cea de a doua purtând numele de *multi-cycle processor* sau pe scurt, MCP.

## **3 FUNDAMENTARE TEORETICĂ**

### **3.1 GESTIONAREA COMPLEXITĂȚII**