

## Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων

Ακαδημαϊκό έτος 2024-2025  
Εξαμηνιαία Εργασία Μαθήματος

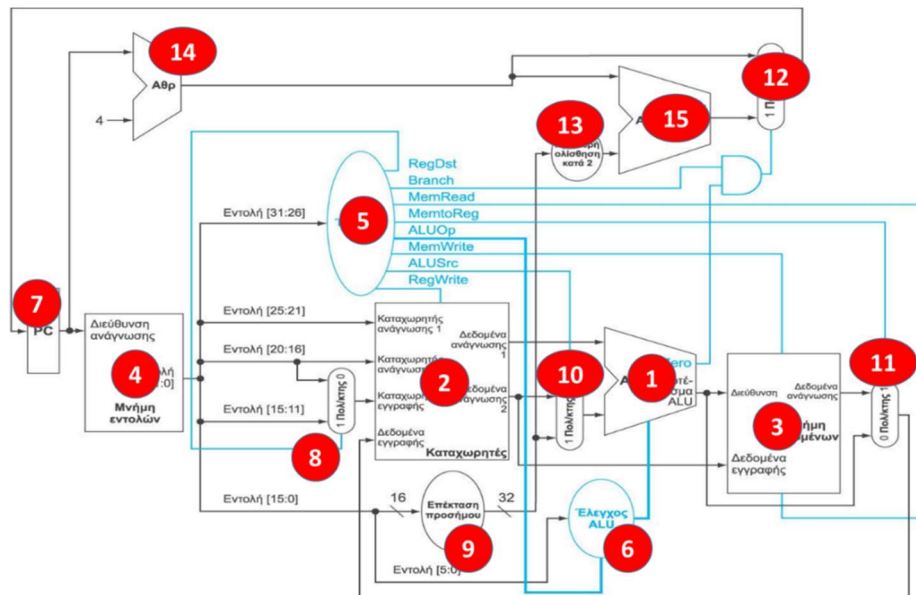
Ημερομηνία παράδοσης: 27/6/2025

### Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η σχεδίαση και υλοποίηση του επεξεργαστή MIPS απλού κύκλου. Ο επεξεργαστής έχει ως είσοδο τα σήματα reset και clock, ενώ δεν έχει έξοδο. Το σήμα reset οδηγεί τη μονάδα PC στην τιμή 0. Επίσης οδηγεί το Register file και μηδενίζει όλους τους καταχωρητές.

Ο επεξεργαστής περιλαμβάνει τις ακόλουθες μονάδες (αρίθμηση Εικόνα 1)

1	ALU	7	PC
2	Register file	8	5-πλό πολυπλέκτη 2-σε-1
3	Μνήμη δεδομένων	9	Μονάδα επέκτασης προσήμου 16-σε-32
4	Μνήμη εντολών (ROM)	10, 11, 12	32-πλό πολυπλέκτη 2-σε-1
5	Μονάδα ελέγχου	13	Μονάδα ολίσθησης αριστερά κατά 2 (32-bit)
6	Μονάδα ελέγχου ALU	14, 15	Αθροιστή 32 bits



Εικόνα 1: Υλοποίηση Επεξεργαστή

Ο επεξεργαστής θα εκτελεί τις εντολές: add, sub, addi, lw, sw, bne (προσοχή, μπορεί να χρειαστεί να τροποποιηθεί ελαφρά η δομή του επεξεργαστή της Εικόνας 1)

Για ευκολία στην υλοποίηση θεωρήστε ότι:

- Η μνήμη εντολών έχει 16 θέσεις των 32 bits
- Η μνήμη δεδομένων έχει 16 θέσεις των 32 bits

- Το αρχείο καταχωρητών έχει 16 θέσεις των 32 bits
- Μετά την εκτέλεση κάθε εντολής το περιεχόμενο του PC αυξάνει κατά 1

## 1. Υλοποίηση και έλεγχος μονάδων

1.1 Υλοποιήστε τις μονάδες και δοκιμάστε τη λειτουργία τους (ερωτήματα 1.1.1-1.1.12).

**Πίνακας 1:** Μονάδες και έλεγχοι που θα πραγματοποιηθούν

ΑΑ	Μονάδα	Έλεγχος
1.1.1	ALU	Υλοποίηση των ακόλουθων πράξεων: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>7 + (-3)</math></li> <li>• <math>6 + (-6)</math></li> <li>• <math>5 - 8</math></li> </ul>
1.1.2	Register file	Υλοποίηση των ακόλουθων ενεργειών (με τη συγκεκριμένη σειρά): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εγγραφή του 6 στον καταχωρητή \$4</li> <li>• Εγγραφή του 9 στον καταχωρητή \$5</li> <li>• Εγγραφή του 3 στον καταχωρητή \$6</li> <li>• Ανάγνωση των καταχωρητών \$4 και \$5</li> </ul>
1.1.3	Μνήμη δεδομένων	Για ευκολία υλοποιήστε τη μνήμη ως πίνακα θέσεων των 32 bits Υλοποίηση των ακόλουθων ενεργειών (με τη συγκεκριμένη σειρά): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εγγραφή του 9 στη θέση μνήμης 2</li> <li>• Εγγραφή του 4 στη θέση μνήμης 3</li> <li>• Ανάγνωση της θέσης μνήμης 2</li> </ul>
1.1.4	Μνήμη εντολών	Για ευκολία υλοποιήστε τη μνήμη ως πίνακα θέσεων των 32 bits Εγγραφή του Κώδικα 1 στη μνήμη εντολών (ξεκινώντας από τη θέση 0) Ανάγνωση της θέσης μνήμης 4.
1.1.5	Μονάδα ελέγχου	Είσοδος των ακόλουθων εντολών και έλεγχος των εξόδων addi \$1, \$0, 4 sw \$6, 0(\$4) bne \$5, \$0, L1
1.1.6	Μονάδα ελέγχου ALU	Είσοδος των ακόλουθων συνδυασμών και έλεγχος των εξόδων Funct – ALUop 100000 – 10 100010 – 10 111111 – 00 111111 – 01
1.1.7	PC	Εγγραφή και ανάγνωση των ακόλουθων δεδομένων: 0xAAAA CCCC 0xFFFF BBBB
1.1.8	5-πλό Mux 2->1	ΕΙΣΟΔΟΣ0 – ΕΙΣΟΔΟΣ1 – ΕΠΙΛΟΓΗ 0x1C – 0x0A – 1 0x1C – 0x0B – 0
1.1.9	Μονάδα επέκτασης πρόσημου 16->32	Είσοδος των ακόλουθων συνδυασμών και έλεγχος εξόδων 0xFAAA 0xAFFF 0x5444
1.1.10	32-πλό Mux 2->1	Είσοδος των ακόλουθων συνδυασμών και έλεγχος εξόδων ΕΙΣΟΔΟΣ0 – ΕΙΣΟΔΟΣ1 – ΕΠΙΛΟΓΗ 0xCCCCCCCC – 0xBBBVBVVV – 1 0xCCCCCCCC – 0xBBBVBVVV – 0

1.1.11	Μονάδα ολίσθησης αριστερά κατά 2 (32-bit)	Είσοδος των ακόλουθων συνδυασμών και έλεγχος εξόδων 0x0FFF FFFF
1.1.12	Αθροιστής 32 bits	Είσοδος των ακόλουθων συνδυασμών και έλεγχος εξόδων 0xCCCCCCCC - 0xBBBBBBBB 0xBBBBBBBB - 0x55555555

## 2. Υλοποίηση και έλεγχος του επεξεργαστή

### 2.1 Entity MIPS

Δημιουργήστε ένα entity MIPS.

### 2.2 Τοποθετήστε στη μνήμη εντολών τις ακόλουθες εντολές, ξεκινώντας από τη θέση 0.

```
addi $0, $0, 0 # δε χρειάζεται-οι καταχωρητές έχουν μηδενιστεί
addi $4, $0, 0 # δε χρειάζεται-οι καταχωρητές έχουν μηδενιστεί
addi $3, $0, 1
addi $5, $0, 3
L1:
    sw $3, 0($4)
    addi $3, $3, 1
    addi $4, $4, 1
    addi $5, $5, -1
bne $5, $0, L1
```

#### Κώδικας 1

**Προσοχή:** Η τοποθέτηση των εντολών πρέπει να γίνει πριν οι μονάδες γίνουν Compile και Load.

### 2.3 Ανάπτυξη architecture του MIPS

Δημιουργήστε αρχιτεκτονική, η οποία θα περιλαμβάνει ως components τις μονάδες, κατάλληλα συνδεδεμένες.

**Σημείωση:** για ευκολία, μπορείτε να υλοποιήσετε τη μνήμη εντολών και δεδομένων ως πίνακα θέσεων 32-bits. Στην περίπτωση αυτή:

- Ο αθροιστής (14) θα προσθέτει στα περιεχόμενα του PC τον αριθμό 1 και όχι τον αριθμό 4.
- Η μονάδα αριστερής ολίσθησης κατά 2 (13) μπορεί να παραληφθεί.

### 2.4 Προσομοίωση - Έλεγχος λειτουργιών

**2.4.1** Θεωρήστε κύκλωμα συχνότητας 200MHz και ρυθμίστε κατάλληλα το ρολόι του συστήματος

**2.4.2** Ενεργοποιήστε το σήμα reset για (κάτι λιγότερο από) ένα κύκλο.

**2.4.3** Εκτελέστε το πρόγραμμα. Στην προσομοίωση πρέπει να φαίνονται οι τιμές των καταχωρητών και των θέσεων της μνήμης.

### 3. Οδηγίες Υποβολής

#### 3.1 Τρόπος παράδοσης

Υποβολή zip αρχείου στο φάκελο Εργασίες / Εξαμηνιαία Εργασία 2024-2025

3.2 Στο zip θα περιλαμβάνονται τα αρχεία του Πίνακα 2.

**Πίνακας 2: Περιεχόμενα**

ΑΑ	Περιγραφή	Ονομασία αρχείου	
3.2.1	Οι κώδικες των μονάδων και των αντίστοιχων testbench	3.2.1.1 ALU.vhd 3.2.1.2 Registerfile.vhd 3.2.1.3 Datamem.vhd 3.2.1.4 Imem.vhd 3.2.1.5 Control.vhd 3.2.1.6 ALUcontrol.vhd 3.2.1.7 PC.vhd 3.2.1.8 5Mux2to1.vhd 3.2.1.9 Signextension.vhd 3.2.1.10 32mux2to1.vhd 3.2.1.11 Leftshift.vhd 3.2.1.12 Adder32.vhd	3.2.1.1 ALU_tb.vhd 3.2.1.2 Registerfile_tb.vhd 3.2.1.3 Datamem_tb.vhd 3.2.1.4 Imem_tb.vhd 3.2.1.5 Control_tb.vhd 3.2.1.6 ALUcontrol_tb.vhd 3.2.1.7 PC_tb.vhd 3.2.1.8 5Mux2to1_tb.vhd 3.2.1.9 Signextension_tb.vhd 3.2.1.10 32mux2to1_tb.vhd 3.2.1.11 Leftshift_tb.vhd 3.2.1.12 Adder32_tb.vhd
3.2.2	Ο κώδικας του κυκλώματος σε ξεχωριστό αρχείο	AM_EΠΙΘΕΤΟ_02_MIPS.vhd	
3.2.3	Ο κώδικας του testbench σε ξεχωριστό αρχείο	AM_EΠΙΘΕΤΟ_03_testbench.vhd	
3.2.4	Έγγραφο τεκμηρίωσης	AM_EΠΙΘΕΤΟ_01_DESCRIPTION.docx	

Τα αρχεία θα βρίσκονται συμπιεσμένα σε ένα αρχείο με ονομασία AM\_EPITHETO.zip (Το EPITHETO θα είναι γραμμένο με λατινικούς χαρακτήρες).

#### 3.3 Περιεχόμενα εγγράφου τεκμηρίωσης

3.3.1 Το έγγραφο τεκμηρίωσης πρέπει να περιέχει τουλάχιστον τις ακόλουθες πληροφορίες:

- εισαγωγική σελίδα (στοιχεία μαθήματος & φοιτητή).
- κώδικες κυκλωμάτων και testbench, καθώς και screenshots για τα κυκλώματα (1) ανωτέρω.
- περιγραφή του κυκλώματος και της προσομοίωσης
- screenshot από την εκτέλεση όπου θα φαίνονται οι τιμές των καταχωρητών και τα περιεχόμενα των θέσεων μνήμης που αλλάζουν τιμή.

3.3.2 Στην περιγραφή του κυκλώματος πρέπει να αναφέρονται, μεταξύ άλλων:

- Συχνότητα λειτουργίας του κυκλώματος (και πώς υπολογίστηκε)
- Πλήθος κύκλων που έτρεξε η προσομοίωση και αιτιολόγηση του πλήθους αυτού

#### 3.4 Παρατηρήσεις

Δεν θα βαθμολογηθούν και θα μηδενιστούν εργασίες που:

- Περιέχουν κώδικα που δεν περνάει τη φάση του compile.
- Δεν συνοδεύονται από την απαραίτητη τεκμηρίωση
- Δεν περιλαμβάνουν τα testbenches.

Καλή επιτυχία!