

Ημερομηνία Ανακοίνωσης Άσκησης: **22.01.2025**

Ημερομηνία Παράδοσης/Εξέτασης Άσκησης:

- Μέρος Α: **05.02.2025**

- Μέρος Β: **12.02.2025**

Εργαστηριακή Άσκηση 1

Υλοποίηση επεξεργαστή MIPS32 ενός κύκλου (single-cycle)

Γενικά περί του Εργαστηρίου (ΗΜΥ 314):

Σκοπός του Εργαστηρίου Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών είναι να τροφοδοτήσει τους φοιτητές/τριες με πρακτικές γνώσεις που θα τους επιτρέψουν να αντιληφθούν τις βασικές αρχές που διέπουν την αρχιτεκτονική ενός υπολογιστικού συστήματος. Ξεκινώντας από την υλοποίηση ενός μονού κύκλου (single-cycle) επεξεργαστή τύπου RISC (MIPS32), σε γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (high-level programming language), το εργαστήριο αποσκοπεί στην εισαγωγή στις βασικές αρχές σχεδιασμού του συστήματος μνήμης του επεξεργαστή καθώς και της αριθμητικής λογικής μονάδας (ALU). Επιπλέον, το εργαστήριο δίνει την ευκαιρία στους φοιτητές/τριες να αντιληφθούν εξειδικευμένες πρακτικές σχεδίασης συγχρόνων μικρο-επεξεργαστών, όπως είναι οι τεχνικές pipelining, ιεραρχία μνήμης, και πρόβλεψη διακλάδωσης (branch prediction).

Για σκοπούς υλοποίησης των εργαστηριακών ασκήσεων, μπορείτε να επιλέξετε μεταξύ των γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου C/C++ και οποιοδήποτε ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (integrated development environment). Τα προγράμματα σας θα δέχονται συγκεκριμένες εισόδους inputs (π.χ., κώδικας σε μορφή MIPS32 assembly) και θα πρέπει να παράγουν ένα συγκεκριμένο αρχείο εξόδου output, το οποίο και θα χρησιμοποιείται στη βαθμολόγηση των εργαστηριακών ασκήσεων.

Περιγραφή Εργαστηριακής Άσκησης 1:

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι η υλοποίηση ενός επεξεργαστή τύπου RISC (MIPS32) σε γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Συγκεκριμένα, πρέπει να υλοποιήσετε έναν προσομοιωτή (simulator) του επεξεργαστή που θα μπορεί να εκτελεί ένα οποιοδήποτε πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα assembly με ακρίβεια κύκλου (cycle accurate). Ο επεξεργαστής πρέπει να υλοποιεί διάδρομο δεδομένων ενός κύκλου (single-cycle), ακριβώς όπως φαίνεται στο πιο κάτω διάγραμμα:

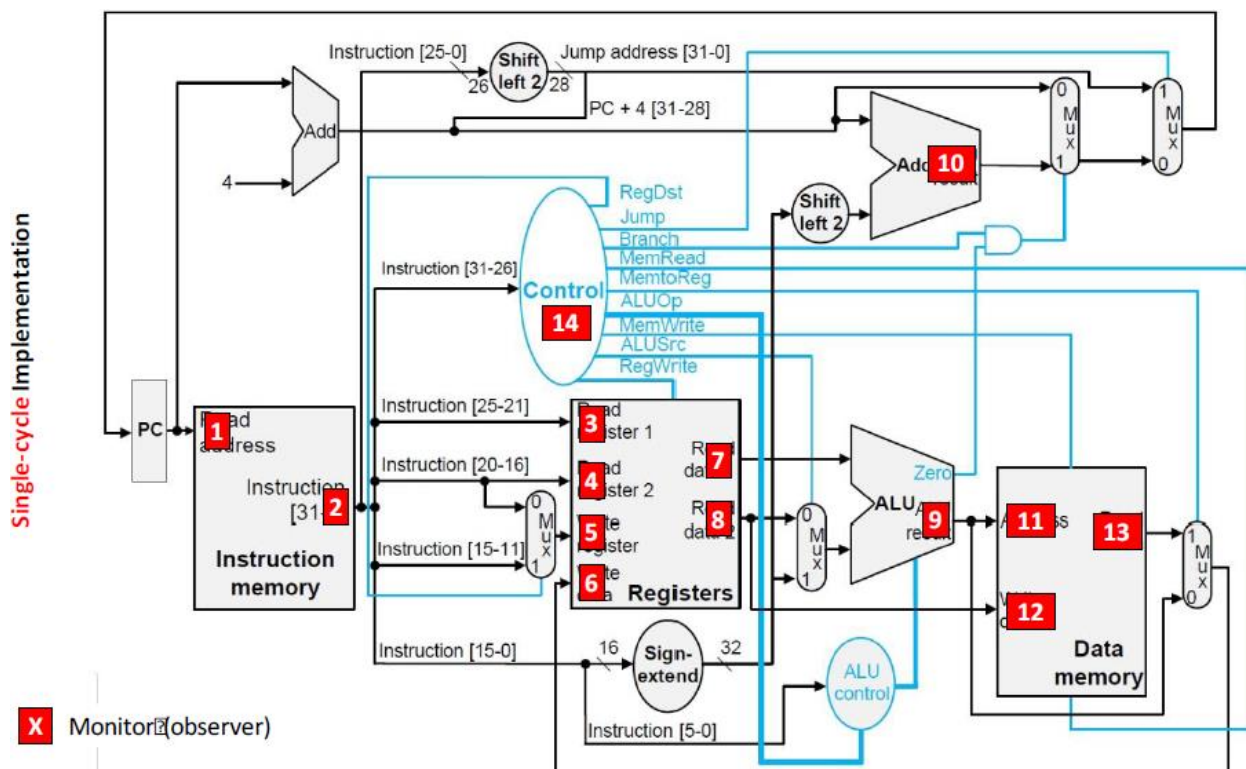
ΠΡΟΣΟΧΗ:

1. Για το **Μέρος Α** της άσκησης, θα χρειαστεί να υλοποιήσετε μόνο τις εντολές άθροισης ***add, addi, addiu, addu***.
2. Για το **Μέρος Β** της άσκησης, θα πρέπει να υλοποιήσετε **όλες** τις ποιο πάνω εντολές, **αγνοώντας** τις εντολές (1) **jal**, (2) **jr**, και (3) **lui**. Δηλαδή, ο επεξεργαστής ενός κύκλου πρέπει να μπορεί να εκτελεί τις υπόλοιπες **22 εντολές**.

Λειτουργία προσομοιωτή, είσοδοι (inputs), και έξοδοι (outputs):

Ο προσομοιωτής του επεξεργαστή πρέπει να έχει την εξής λειτουργικότητα:

- (1) Να δέχεται σαν είσοδο (input) ένα αρχείο που θα περιέχει κώδικα assembly, ακριβώς όπως τα αρχεία που χρησιμοποιούσατε σαν input στον εξομοιωτή QtSpim στο μάθημα ΗΜΥ 213.
- (2) Ο προσομοιωτής πρέπει να εκτελεί διαδοχικά όλες τις εντολές που εμπεριέχονται στο αρχείο εισόδου (βλέπε σημείο (1) πιο πάνω), τη μια μετά την άλλη, κύκλο προς κύκλο.
- (3) Στο τέλος του κάθε κύκλου, πρέπει να ενημερώνονται (α) το αρχείο καταχωρητών, και (β) η κυρίως μνήμη.
- (4) Σε κάθε κύκλο, ο προσομοιωτής πρέπει να είναι σε θέση να εκτυπώνει σε αρχείο εξόδου (output) τις τιμές των συγκεκριμένων σημάτων «**monitor (observer)**» (δηλαδή, σήματα παρατήρησης) που φαίνονται στο πιο κάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 2. Τα σήματα παρατήρησης (monitors/observers) που πρέπει να εκτυπώνονται ως έξοδοι (outputs) σε κάθε κύκλο εκτέλεσης ενός προγράμματος assembly.

(5) Στα πλαίσια της εργαστηριακής αυτής άσκησης, θα σας δοθεί ένα πρόγραμμα assembly σαν αρχείο εισόδου (input). Ο προσομοιωτής σας θα πρέπει να εκτελέσει ολόκληρο το πρόγραμμα, και στο τέλος της εκτέλεσης του προγράμματος, ο προσομοιωτής θα δημιουργήσει ένα αρχείο εξόδου (output) που θα περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Τα περιεχόμενα (τιμές) του αρχείου καταχωρητών, της κύριας μνήμης, και των σημάτων παρατήρησης (βλέπε το σημείο (4) πιο πάνω) σε συγκεκριμένους κύκλους ρολογιού (π.χ., στους κύκλους εκτέλεσης 10, 50, 100, κλπ.). Οι συγκεκριμένοι κύκλοι θα σας ανακοινωθούν την ημέρα της εξέτασης του εργαστήριου.
- Τα τελικά περιεχόμενα του αρχείου καταχωρητών και της κύριας μνήμης μετά το τέλος ολόκληρης της εκτέλεσης του προγράμματος assembly.

(6) Το **αρχείο εξόδου** που θα παραχθεί από τον προσομοιωτή σας (βλέπε το σημείο (5) πιο πάνω) θα παραδοθεί στον **βοηθό του εργαστηρίου** στο τέλος της εξέτασης του εργαστηρίου για να χρησιμοποιηθεί στη βαθμολόγηση της εργαστηριακής άσκησης. Όλα τα σχετικά αρχεία θα πρέπει επίσης να παραδοθούν ηλεκτρονικά στο **BlackBoard**.

Η βαθμολογία θα βασιστεί στο περιεχόμενο του αρχείου εξόδου του προσομοιωτή (simulator) σας και στα source files. Βεβαιωθείτε ότι το αρχείο εξόδου σας τηρεί τις προδιαγραφές μορφοποίησης όπως αυτές που θα σας υποδειχθούν. Θα σας δοθούν παραδείγματα στα οποία μπορείτε να ανατρέξετε.

Επιπρόσθετες Σημειώσεις:

(α) Ο παρατηρητής (monitor/observer) 14 στο Διάγραμμα 2 πιο πάνω παρατηρεί όλα τα σήματα εξόδου της μονάδας ελέγχου (control unit) του επεξεργαστή. Δηλαδή, **για τον παρατηρητή 14, ο προσομοιωτής σας πρέπει να καταγράφει τις τιμές όλων των εξόδων της μονάδας ελέγχου** (δηλ., τις τιμές όλων των σημάτων ελέγχου) σε κάθε κύκλο εκτέλεσης ενός προγράμματος. Όλοι οι έξοδοι της μονάδας ελέγχου απεικονίζονται με χρώμα γαλάζιο στο Διάγραμμα 2.

(β) Ο καταχωρητής \$gp (R28) πρέπει να αρχικοποιηθεί στην τιμή 0x10008000 και ο καταχωρητής \$sp (R29) στην τιμή 0x7ffffffc.

(γ) Όλες οι λεπτομέρειες της λειτουργίας του διαδρόμου δεδομένων και της μονάδας ελέγχου του επεξεργαστή MIPS32 ενός κύκλου (single-cycle) περιγράφονται στις σημειώσεις (διαφάνειες) του μαθήματος HMY 212 και στο βιβλίο

- D. A. Patterson and J. L. Hennessy, *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface*, Morgan Kaufmann, 5th Edition, 2013, ISBN-13: 978-0124077263.

Συνιστάται να ανατρέξετε στα προαναφερθέντα και να φρεσκάρετε τις γνώσεις σας γύρω από τη λειτουργία ενός MIPS επεξεργαστή. Η διδάσκουσα θα επαναλάβει τις λεπτομέρειες λειτουργίας ενός επεξεργαστή σε διάλεξη που θα πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του εργαστηρίου του HMY 314.