



Ημερομηνία Ανακοίνωσης Άσκησης: **05.03.2025**

Ημερομηνία Εξέτασης Άσκησης 3: **26.03.2025**

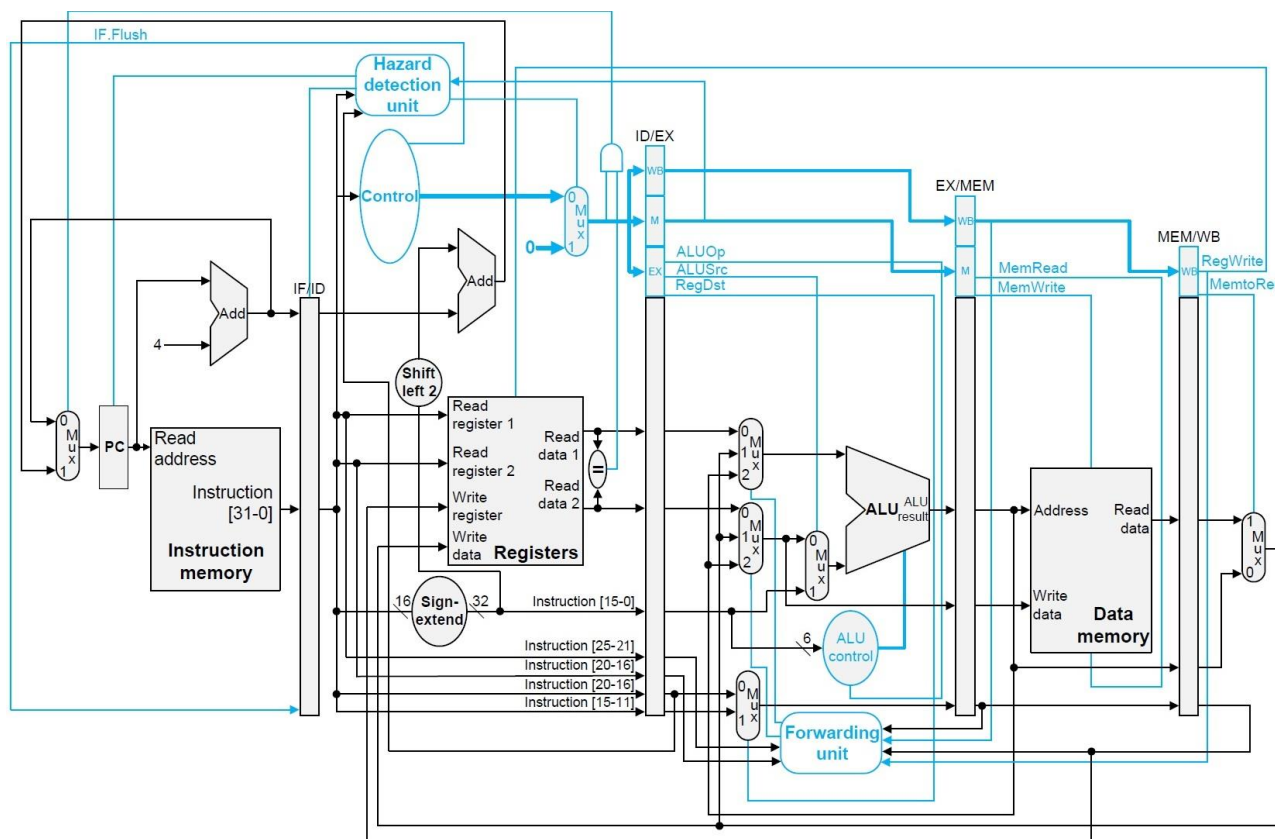
Ημερομηνία Εξέτασης Άσκησης 4: **09.04.2025**

Εργαστηριακές Ασκήσεις 3 και 4

Υλοποίηση επεξεργαστή MIPS32 με διασωλήνωση/διοχέτευση (Pipelined)

Περιγραφή Εργαστηριακών Ασκήσεων 3 και 4:

Σκοπός των ασκήσεων αυτών 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 με διασωλήνωση/διοχέτευση (pipelined), ακριβώς όπως φαίνεται στο πιο κάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 1. Επεξεργαστής MIPS32 με διασωλήνωση/διοχέτευση (pipelined)

Ο επεξεργαστής που πρέπει να υλοποιήσετε θα εκτελεί μόνο ένα υποσύνολο των εντολών της Αρχιτεκτονικής Συνόλου Εντολών (ISA) MIPS32. Οι υποστηριζόμενες εντολές δίνονται στην ακόλουθη λίστα.

Add	add
Add Immediate	addi
Add Imm. Unsigned	addiu
Add Unsigned	addu
And	and
And Immediate	andi
Branch On Equal	beq
Branch On Not Equal	bne
Jump	j
Jump And Link	jal
Jump Register	jr
Load Upper Imm.	lui
Load Word	lw
Nor	nor
Or	or
Or Immediate	ori
Set Less Than	slt
Set Less Than Imm.	slti
Set Less Than Imm. Unsigned	sltiu
Set Less Than Unsig.	sltu
Shift Left Logical	sll
Shift Right Logical	srl
Store Word	sw
Subtract	sub
Subtract Unsigned	subu

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για τις δύο αυτές ασκήσεις, αγνοείτε τις εντολές (1) *j*, (2) *jal*, (3) *jr*, και (4) *lui*. Δηλαδή, ο επεξεργαστής με διασωλήνωση/διοχέτευση πρέπει να μπορεί να εκτελεί **21 εντολές**.

Ζητούμενα της Άσκησης 3:

Σε αυτήν την άσκηση, το ζητούμενο είναι η υλοποίηση ολόκληρου του διαδρόμου δεδομένων και της μονάδας ελέγχου του επεξεργαστή με διασωλήνωση/διοχέτευση, **εκτός** από (1) την Μονάδα Ανίχνευσης Κινδύνων (Hazard Detection Unit), και (2) την Μονάδα Προώθησης (Forwarding Unit). Δηλαδή, ο επεξεργαστής θα παρέχει τη λειτουργικότητα της διασωλήνωσης/διοχέτευσης, αλλά **δεν θα παρέχει καμία λειτουργικότητα σε ό,τι αφορά ανίχνευση κινδύνων (hazard detection) και προωθήσεις (forwarding)**.

Ζητούμενα της Άσκησης 4:

Αυτή η άσκηση αποτελεί ουσιαστικά το δεύτερο μέρος της Άσκησης 3 και στοχεύει στην **ολοκλήρωση** της υλοποίησης επεξεργαστή με διασωλήνωση/διοχέτευση που να παρέχει πλήρη λειτουργικότητα. Συνεπώς, στην άσκηση αυτή, πρέπει να υλοποιηθούν (1) η **Μονάδα Ανίχνευσης Κινδύνων (Hazard Detection Unit)**, και (2) η **Μονάδα Προώθησης (Forwarding Unit)**, και να ενσωματωθούν πλήρως (να προστεθούν) στην υλοποίηση της Άσκησης 3. Δηλαδή, με την

ολοκλήρωση της Άσκησης 4, θα έχει υλοποιηθεί πλήρως η λειτουργικότητα επεξεργαστή με διασωλήνωση/διοχέτευση.

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

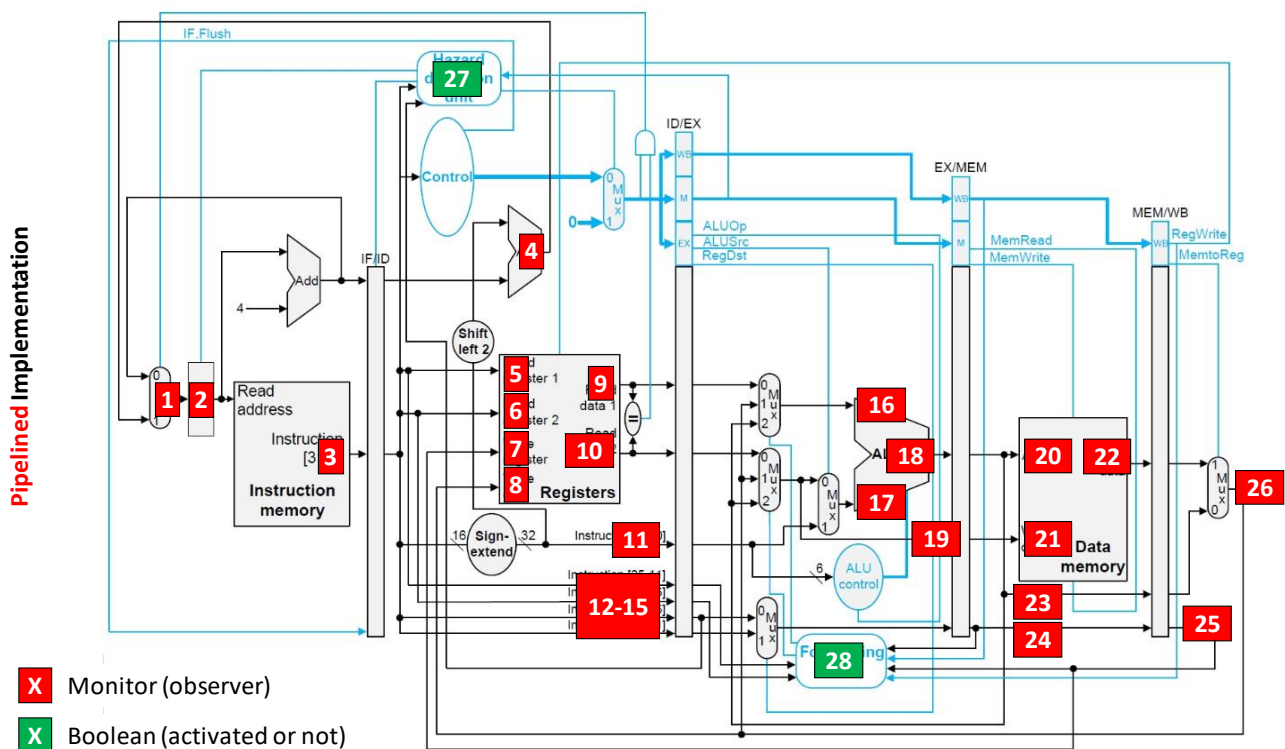
Ο προσομοιωτής του επεξεργαστή πρέπει να έχει την εξής λειτουργικότητα:

(1) Να δέχεται σαν είσοδο (input) ένα αρχείο που θα περιέχει κώδικα assembly, ακριβώς όπως τα αρχεία που χρησιμοποιούσατε σαν input στον προσομοιωτή 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 κύρια 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 σαν εξοδος (output) σε κάθε κύκλο εκτέλεσης ενός προγράμματος assembly.

(5) Στα πλαίσια των εργαστηριακών αυτών ασκήσεων, 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:

- I. 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 των εργαστηρίων.
- II. Επιπρόσθετα, για τους προαναφερθέντες συγκεκριμένους κύκλους ρολογιού (βλέπε το προηγούμενο σημείο, (5).I.), πρέπει επίσης να εκτυπώσετε και **την εντολή που βρίσκεται στο κάθε ένα από τα πέντε στάδια διασωλήνωσης (IF, ID, EX, MEM, WB)**. Δηλαδή, πρέπει να εκτυπώνετε ποια εντολή βρίσκεται στο στάδιο IF, ποια στο στάδιο ID, κλπ. Αν σε ένα στάδιο υπάρχει φυσαλίδα (bubble), πρέπει να το αναφέρετε ρητά (π.χ., IF=Bubble).
- III. 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 στη διδάσκουσα ή στον βοηθό του εργαστηρίου στο τέλος της εξέτασης των εργαστηρίων για να χρησιμοποιηθεί στη βαθμολόγηση των εργαστηριακών ασκήσεων. Σημειώνεται ότι **η βαθμολογία θα βασιστεί στο περιεχόμενο του αρχείου εξόδου του προσομοιωτή και του πηγαίου κώδικα σας.**

Σημειώσεις:

(α) Οι παρατηρητές (monitors/observers) **27 και 28** στο Διάγραμμα 2 **αφορούν μόνο την Άσκηση 4**. Για την Άσκηση 3, θα πρέπει να υλοποιηθούν όλοι οι παρατηρητές που φαίνονται στο Διάγραμμα 2, **εκτός από τους παρατηρητές 27 και 28**. Για την Άσκηση 4, **πρέπει να υλοποιηθούν όλοι ανεξαιρέτως οι παρατηρητές** που φαίνονται στο Διάγραμμα 2, δηλ., 1 έως 28.

(β) Οι παρατηρητές **27 και 28** είναι **Boolean**, δηλαδή μπορούν να πάρουν μόνο μία εκ των δύο τιμών {0,1}, ή, αντίστοιχα μία εκ των δύο επιλογών {«Απενεργοποιημένη», «Ενεργοποιημένη»}, (αναφερόμενοι στην λειτουργικότητα των μονάδων που παρατηρούν). Για παράδειγμα, αν σε κάποιο συγκεκριμένο κύκλο, η Μονάδα Ανίχνευσης Κινδύνων δεν ανιχνεύσει κάποιον κίνδυνο (hazard) στον διάδρομο δεδομένων, τότε ο παρατηρητής 27 θα πρέπει να δείξει την επιλογή «Απενεργοποιημένη».

(γ) **Ο καταχωρητής \$gp (R28) πρέπει να αρχικοποιηθεί στην τιμή 0x10008000 και ο καταχωρητής \$sp (R29) στην τιμή 0x7fffffc**

(δ) Όλες οι λεπτομέρειες της λειτουργίας του διαδρόμου δεδομένων και της μονάδας ελέγχου του επεξεργαστή MIPS32 με διασωλήνωση/διοχέτευση (pipelined) 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 οι φοιτητές να ανατρέξουν στα προαναφερθέντα για να φρεσκάρουν τις γνώσεις τους γύρω από τη λειτουργία ενός MIPS επεξεργαστή. Για υπενθύμιση των φοιτητών, η διδάσκουσα θα επαναλάβει εν συντομία τις λεπτομέρειες λειτουργίας ενός επεξεργαστή σε διάλεξη που θα πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του εργαστηρίου του HMY 314.