



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

Οργάνωση Υπολογιστών

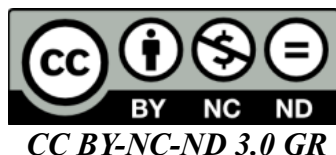
**Εργαστήριο 9:
Εισαγωγή στην Ομοχειρία (Pipelining - Διοχέτευση)**

Μανόλης Γ.Η. Κατεβαίνης

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης **Creative Commons** και ειδικότερα **Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο 3.0 Ελλάδα** (*Attribution – Non Commercial – Non-derivatives 3.0 Greece*)



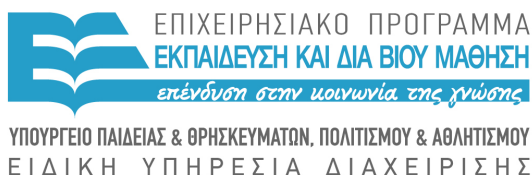
- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άσκηση 9:

Εισαγωγή στην Ομοχειρία (Pipelining - Διοχέτευση)

Βιβλίο (4η έκδοση): Διαβάστε τις ενότητες 4.5 έως και 4.8, σελίδες 389 - 448.

9.1 Εισαγωγικά, Παροχή, Καθυστέρηση, το Παράδειγμα της Μπουγάδας:

Διαβάστε τις σελίδες 389 - 392, και δείτε το video της διάλεξης **9.1: Εισαγωγή, Παροχή, Καθυστέρηση, Παράδειγμα Μπουγάδας**.

9.2 Η Βασική Ιδέα του Pipelined Datapath:

Δείτε το video της διάλεξης **9.2: Βασική ιδέα του Pipelined Datapath**, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 405 - 409.

9.3 Παροχή και Καθυστέρηση, ξανά:

Διαβάστε τις σελίδες 393 - 394, και δείτε το video της διάλεξης **9.3: Παροχή και καθυστέρηση... ξανά!**

9.4 Λεπτομερής Λειτουργία του Pipelined Datapath χωρίς Αλληλεξαρτήσεις ή Διακλαδώσεις:

Δείτε το video της διάλεξης στο **9.4: Λεπτομερής Λειτουργία του Pipelined Datapath χωρίς Αλληλεξαρτήσεις ή Διακλαδώσεις**, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 409 - 417.

9.5 Γραφική Αναπαράσταση της Ομοχειρίας:

Δείτε το video της διάλεξης **9.5: Γραφική Αναπαράσταση Ομοχειρίας**, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 417 - 420.

9.6 Μονάδα Ελέγχου για την Ομοχειρία:

Δείτε το video της διάλεξης **9.6: Μονάδα Ελέγχου για την Ομοχειρία**, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 420 - 425.

9.7 Εντολές ALU: 4 ή 5 Βαθμίδες;

Δείτε το video της διάλεξης **9.7: Εντολές ALU: 4 ή 5 Βαθμίδες;**

9.8 Αλληλεξαρτήσεις μεταξύ Εντολών ALU: Προσπέρασμα

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 395 - 397, καθώς και τις 425 - 434 οι οποίες καλύπτουν επίσης και τα παρακάτω θέματα 9.9 και 9.10. Στις σελίδες 430-434, λάβετε υπ' όψη σας ότι εμείς στις διαλέξεις βάλαμε το κύκλωμα ελέγχου / ανίχνευσης για την ύπαρξη αλληλεξαρτήσεων και την απόφαση προσπεράσματος στη *δεύτερη* βαθμίδα της pipeline, όπως κάνουν οι κανονικοί επεξεργαστές, και όχι στην τρίτη όπως κάνει το βιβλίο για λόγους απλότητας. Ο λόγος να βάλει κανείς το κύκλωμα αυτό στη δεύτερη βαθμίδα είναι ότι εκεί υπάρχει "ελεύθερος" χρόνος να γίνει αυτή η δουλειά εν παραλλήλω με την ανάγνωση καταχωρητών (δηλαδή χωρίς να χάνεται επιπλέον χρόνος ειδικά για αυτή τη δουλειά), ενώ εάν αυτό τοποθετηθεί στην τρίτη βαθμίδα, τότε στην αρχή του κύκλου

ρολογιού, στην τρίτη βαθμίδα, το datapath δεν κάνει τίποτα χρήσιμο περιμένοντας να αποφασίσει το κύκλωμα αυτό εάν πρέπει ή δεν πρέπει να γίνει προσπέρασμα, και από πού.

9.9 Datapath για Προσπεράσματα:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε αυτά που έγραφε το θέμα 9.8 παραπάνω.

9.10 Έλεγχος για Προσπεράσματα:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε αυτά που έγραφε το θέμα 9.8 παραπάνω.

9.11 Εξάρτηση από προηγούμενη Εντολή Load: Αναμονή

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 397 - 398, καθώς και τις 434 - 438 οι οποίες καλύπτουν επίσης και το παρακάτω θέμα 9.12.

9.12 Κύκλωμα Ελέγχου για Αναμονή:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε αυτά που έγραφε το θέμα 9.11 παραπάνω.

9.13 Στατική Αναδιάταξη Εντολών για την Αποφυγή Αναμονών:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 398 - 399.

9.14 Αλληλεξαρτήσεις RAW, WAW, WAR:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος.

9.15 Οι Αλληλεξαρτήσεις στη δική μας Pipeline, Συνολικά:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος.

9.16 Διακλαδώσεις και Άλματα, Υπόθεση Αποτυχίας της Διακλάδωσης και Ακύρωση Εντολών εάν αυτή Επιτύχει:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 399 - 405 και 438 - 442.

9.17 Πρόβλεψη Διακλαδώσεων:

Δείτε το video της διάλεξης από τον ιστότοπο βιντεοσκοπήσεων του μαθήματος, και διαβάστε από το βιβλίο τις σελίδες 442 - 448.

Άσκηση 9: Οπτικοποίηση του Pipelining:

Στην άσκηση αυτή θα χρησιμοποιήσετε έναν προσομοιωτή για την οπτικοποίηση της λειτουργίας της απλής pipeline του MIPS που είδαμε στο μάθημα. Πρόκειται για το εργαλείο "Hase" που έχει αναπτυχθεί στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλήθος

σκοπών, μεταξύ των οποίων και για την οπτικοποίηση της δικής μας pipeline, και που είναι διαθέσιμο δωρεάν από το Διαδίκτυο: www.icsa.inf.ed.ac.uk/research/groups/hase/ (αλλά που σας προτείνουμε να το εγκαταστήσετε από την περιοχή του μαθήματός μας, σύμφωνα με τις εξής οδηγίες).

(1) Απαριθμήστε τις βαθμίδες (στάδια) της pipeline του επεξεργαστή και για την κάθε μία περιγράψτε περιληπτικά (2-3 προτάσεις) την λειτουργία της.

(2) Ποιές βαθμίδες είναι απαραίτητες για όλες τις εντολές; Δηλαδή, ποιά στάδια της pipeline εκτελούν κάποια χρήσιμη λειτουργία για όλες τις εντολές, ανεξαρτήτως τύπου;

(3) Στην Pipeline υπάρχουν κάποια στάδια τα οποία δεν εκτελούν κάποια χρήσιμη λειτουργία για κάποιους τύπους εντολών. Ποιά στάδια είναι αυτά; Ποιο στάδιο δεν κάνει κάποια χρήσιμη λειτουργία για τις εντολές αριθμητικής; Ποιό στάδιο δεν κάνει κάποια χρήσιμη λειτουργία για τις εντολές store;

(4) Ακολουθήστε τις παραπάνω οδηγίες ώστε να εγκαταστήσετε στην περιοχή σας τον προσομοιωτή Hase. Παρατηρήστε την εκτέλεση των εντολών και πώς αυτές μεταβαίνουν από το ένα στάδιο της pipeline στο επόμενο μέχρι την ολοκλήρωσή τους. Γράψτε μερικές δικές σας αλληλουχίες εντολών και παρατηρήστε την εκτέλεσή τους. Συγκεκριμένα, γράψτε μερικές εντολές αριθμητικών πράξεων μεταξύ καταχωρητών, μερικές μεταξύ καταχωρητών και σταθερών, καθώς και μερικές εντολές load και store. Για κάθε μία από αυτές τις (τρεις) περιπτώσεις γράψτε στην αναφορά σας τις εντολές που εκτελέσατε (τα περιεχόμενα του αρχείου "MEMORY.instr_mem.mem") συνοδευόμενα από ένα screenshot από την προσομοίωση.

(5) τρέξτε τις εξής δυο ακολουθίες εντολών:

ADD R1 R2 R3	ADD R1 R2 R3
ADD R1 R1 R2	ADD R4 R4 R6
BREAK	BREAK

Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στον χρόνο εκτέλεσης των δυο ακολουθιών; Πόση είναι και που οφείλεται; Στο σχηματικό Pipeline (κατω αριστερά στο σχήμα του datapath) μπορείτε να δείτε ποιά εντολή βρίσκεται σε κάθε στάδιο του Pipeline, τι διαφορετικό παρατηρείτε στην εκτέλεση των δυο ακολουθιών; Ποιά εντολή περιμένει στην δεύτερη ακολουθία; Σε ποιο στάδιο και γιατί;

(6) Βασισμένοι στις διαπιστώσεις τις προηγούμενης ερώτησης μπορείτε να πείτε αν υπάρχει Forwarding στο datapath που προσομοιώσατε; Τι θα άλλαζε αν ήταν διαφορετικά από ότι είναι; Θα προχωρούσε στην εκτέλεση η εντολή που περιμένει για το αποτέλεσμα της προηγούμενης νωρίτερα/αργότερα αν ήταν διαφορετικά;