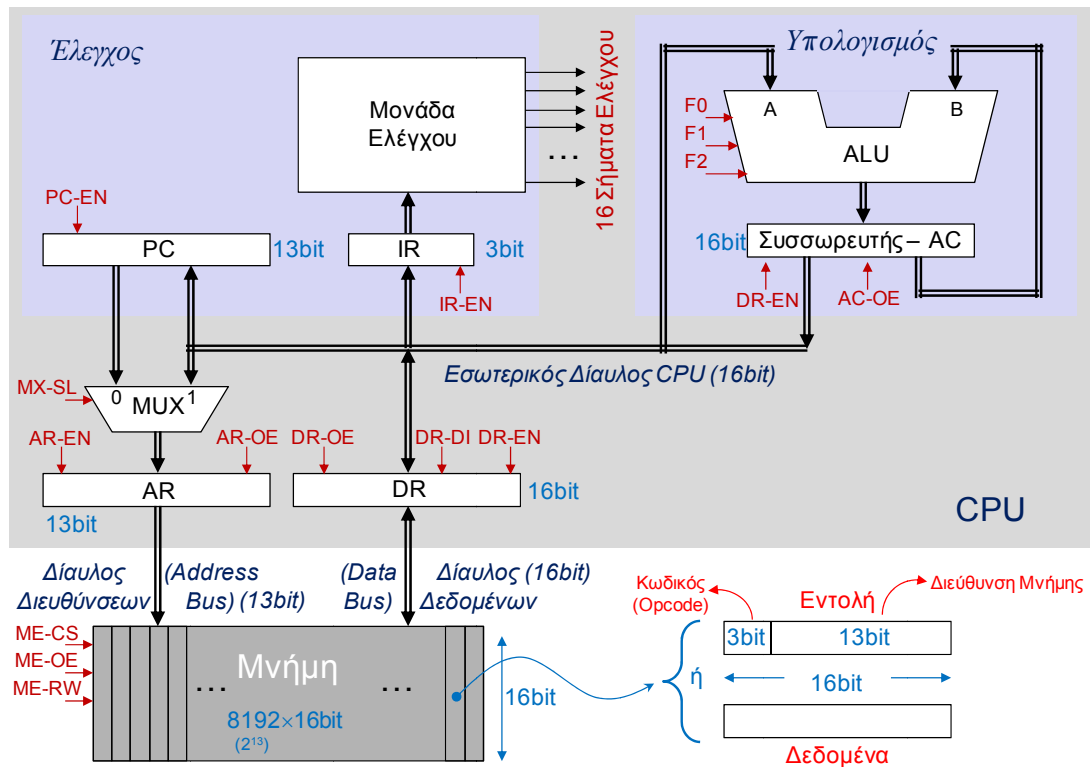


ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

1. Περιγραφή

Υλοποιείτε, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα Java ή C, εικονική μηχανή για τη μηχανή von Neumann του Σχήματος 1 που ακολουθεί. Βασικές δομικές μονάδες της μηχανής είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και η κύρια μνήμη.

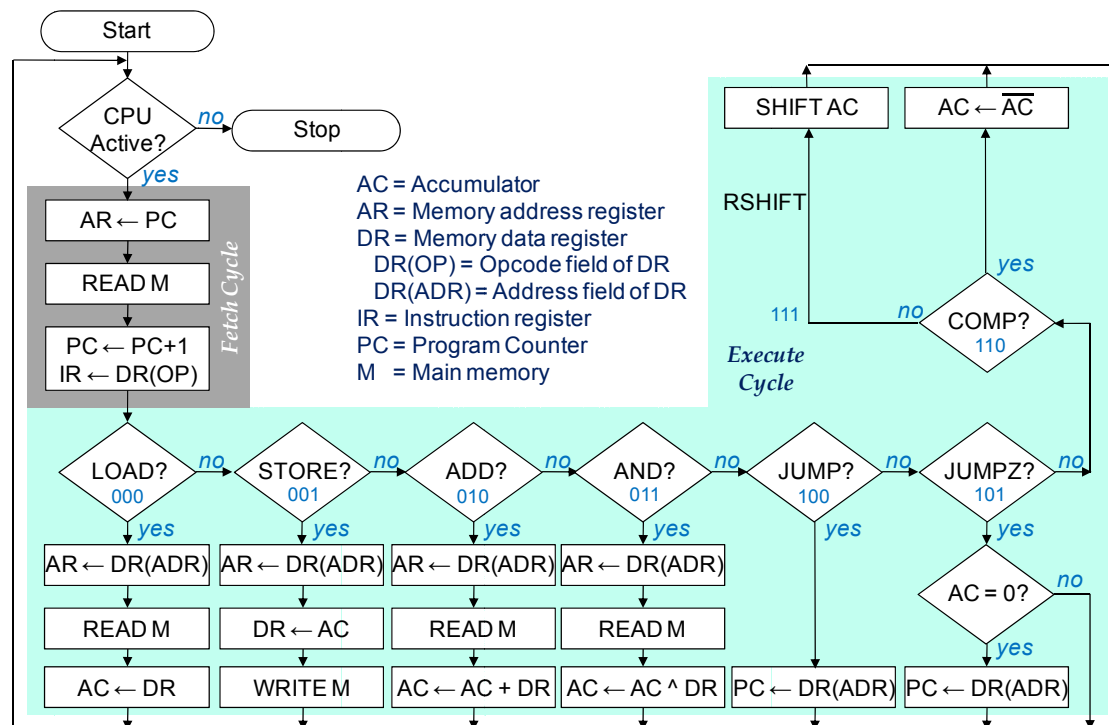


Σχήμα 1: Τοπολογία μηχανής von Neumann

Η CPU αποτελείται από τη μονάδα ελέγχου στην οποία ενσωματώνονται ο μετρητής προγράμματος (program counter – PC) και ο καταχωρητής εντολών (instruction register – IR) και την μονάδα υπολογισμού η οποία απαρτίζεται από την αριθμητική και λογική μονάδα (arithmetic and logic unit – ALU) και τον συσσωρευτή καταχωρητή (accumulator – AC). Επίσης, η CPU υποστηρίζεται στη λειτουργία της από δύο ακόμη καταχωρητές, τον καταχωρητή διευθύνσεων (address register – AR) και τον καταχωρητή δεδομένων (data register – DR) για την επικοινωνία με την κύρια μνήμη. Το μέγεθος του κάθε καταχωρητή προσδιορίζεται στο σχήμα. Εσωτερικά στη CPU υπάρχει δίαυλος με εύρος 16bit.

Η κύρια μνήμη έχει θέσεις μνήμης των 16bit (2 byte) και μέγεθος 8192 θέσεις, δηλ. 16KB. Επικοινωνεί με την CPU μέσω δύο διαύλων, του διαύλου διευθύνσεων (address bus) με εύρος 13bit και του διαύλου δεδομένων (data bus) με εύρος 16bit. Ο δίαυλος διευθύνσεων χρησιμοποιείται για την διευθυνσιοδότηση της μνήμης και ο δίαυλος δεδομένων για τη μεταφορά δεδομένων από και προς την κύρια μνήμη. Στις θέσεις μνήμης αποθηκεύονται είτε εντολές, είτε τελούμενα επάνω στα οποία δρουν οι εντολές.

Οι εντολές που υποστηρίζει η CPU είναι οκτώ, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 2 μαζί με το διάγραμμα ροής για την εκτέλεσή τους. Κάθε εντολή έχει μήκος 16bit από τα οποία τα 3 περισσότερο σημαντικά bit (αριστερότερα στη λέξη) είναι ο κωδικός πράξης (opcode) για τον προσδιορισμό της εντολής και τα υπόλοιπα 13 bit η διεύθυνση στην κύρια μνήμη των τελούμενων πάνω στα οποία δρα η εντολή. Οι κωδικοί πράξεις κάθε εντολής δίδονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Διάγραμμα ροής για την εκτέλεση των εντολών της μηχανής

Η μηχανή χρονίζεται από ένα σήμα ρολογιού με περίοδο (κύκλο ρολογιού) T, η τιμή της οποίας εξαρτάται από την τεχνολογία στην οποία ενδεχόμενα θα υλοποιηθεί η πραγματική μηχανή και δεν μας επηρεάζει στην υλοποίηση της εικονικής μηχανής. Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψιν ότι μέσα σε ένα κύκλο ρολογιού πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων αποκλειστικά ανάμεσα σε δύο καταχωρητές. Για απλοποίηση του προβλήματος, θα θεωρήσουμε ότι η ανάγνωση ή η εγγραφή δεδομένων στην κύρια μνήμη είναι ισοδύναμη με τη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε δύο καταχωρητές (θέση μνήμης ο ένας και καταχωρητής δεδομένων ο άλλος) και συνεπώς απαιτεί για την ολοκλήρωσή της έναν κύκλο ρολογιού.



Η μονάδα ελέγχου της CPU παράγει κατάλληλα σήματα ελέγχου με την αποκωδικοποίηση του κωδικού πράξης της τρέχουσας εντολής, ο οποίος κατακρατείται στον καταχωρητή εντολών IR. Τα σήματα ελέγχου καθορίζουν σε κάθε χρονική στιγμή την λειτουργία των διαφόρων υπομονάδων της μηχανής. Τα σήματα αυτά έχουν ως ακολούθως:

- Ένα ξεχωριστό σήμα επίτρεψης (enable) για κάθε καταχωρητή, το οποίο καθορίζει αν στον τρέχοντα κύκλο αυτός θα συλλάβει τα δεδομένα στις εισόδους του ή όχι. Ονομασία των σημάτων: DR-EN, AR-EN, PC-EN, IR-EN και AC-EN. Τα σήματα είναι ενεργά στο λογικό ένα.
- Για τους καταχωρητές DR, AR και AC, από ένα σήμα επίτρεψης εμφάνισης των τιμών στις εξόδους τους πάνω στους σχετικούς διαύλους (output enable signal). Ονομασία σημάτων DR-OE, AR-OE και AC-OE αντίστοιχα. Τα σήματα είναι ενεργά στο λογικό ένα.
- Για τον καταχωρητή DR, ένα σήμα επιλογής της κατεύθυνσης κίνησης (direction) των δεδομένων (από το δίαυλο δεδομένων προς τον εσωτερικό δίαυλο της CPU ή από τον εσωτερικό δίαυλο της CPU προς το δίαυλο δεδομένων). Παρατηρήστε ότι ο καταχωρητής δεδομένων DR είναι “διπλής κατεύθυνσης” καταχωρητής. Ονομασία σήματος DR-DI. Όταν το σήμα είναι στο λογικό μηδέν η κατεύθυνση είναι από το δίαυλο δεδομένων προς τον εσωτερικό δίαυλο της CPU ενώ όταν είναι στο λογικό ένα η κατεύθυνση είναι η αντίθετη.
- Ένα σήμα επιλογής (select) για τον πολυπλέκτη MUX. Ονομασία σήματος MX-SL. Όταν το σήμα είναι στο λογικό μηδέν τα περιεχόμενα του μετρητή προγράμματος PC μεταφέρονται στον καταχωρητή διευθύνσεων AR. Όταν το σήμα είναι στο λογικό ένα τα περιεχόμενα του εσωτερικού διαύλου της CPU μεταφέρονται στον καταχωρητή διευθύνσεων AR.
- Για την κύρια μνήμη:
 - ο Ένα σήμα επιλογής της μνήμης. Ονομασία σήματος ME-CS. Το σήμα είναι ενεργό στο λογικό ένα.
 - ο Ένα σήμα επίτρεψης εμφάνισης των τιμών της επιλεγμένης θέσης μνήμης στις εξόδους της πάνω στο δίαυλο δεδομένων (output enable signal). Ονομασία σήματος ME-OE. Το σήμα είναι ενεργό στο λογικό ένα.
 - ο Ένα σήμα επιλογής (select) μεταξύ της ανάγνωσης ή της εγγραφής της μνήμης. Ονομασία σήματος ME-RW. Όταν το σήμα είναι στο λογικό μηδέν επιτελείται η διαδικασία ανάγνωσης της μνήμης. Όταν το σήμα είναι στο λογικό ένα επιτελείται η διαδικασία εγγραφής στη μνήμη.
- Τρία σήματα καθορισμού της λειτουργίας (function) της αριθμητικής και λογικής μονάδας ALU. Ονομασία σημάτων F2, F1, F0. Η κωδικοποίηση των λειτουργιών στα σήματα F2, F1, F0 παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.



Πίνακας 1: Λειτουργίες ALU

F2 F1 F0	Λειτουργία	Περιγραφή
000	Διέλευση	Απλή διέλευση των δεδομένων από την είσοδο A στον AC
001	Πρόσθεση (ADD)	Αριθμητική πρόσθεση των τιμών στις εισόδους (A + B)
010	Λογικό AND	Λογικό AND των τιμών στις εισόδους (A AND B)
011	Συμπλήρωμα	Συμπλήρωμα των περιεχομένων του AC ($AC = \overline{AC}$)
100	Δεξιά ολίσθηση	Δεξιά ολίσθηση κατά μία θέση των περιεχομένων του AC και προσθήκη στην αριστερότερη θέση του 0 ($AC = \text{ }_0$).

2. Απαιτήσεις

Η εικονική μηχανή θα πρέπει να συνοδεύεται από κατάλληλο περιβάλλον διεπαφής με το χρήστη για την εισαγωγή των προγραμμάτων και των τελούμενων στην κύρια μνήμη καθώς και της αρχικής τιμής του μετρητή προγράμματος PC. Τα προγράμματα μπορούν να εισάγονται είτε στη συμβολική γλώσσα είτε στη γλώσσα μηχανής του συστήματος (ελεύθερη επιλογή).

Επίσης θα πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλο περιβάλλον για την παρουσίαση σε κάθε κύκλο ρολογιού κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος α) των περιεχομένων όλων των καταχωρητών, β) των περιεχομένων της χρησιμοποιούμενης μνήμης (όπου αποθηκεύονται τα τελούμενα ενός προγράμματος) γ) των τιμών στους τρεις διαύλους της μηχανής και δ) των τιμών των 16 σημάτων ελέγχου της μονάδας ελέγχου.

Η εικονική μηχανή θα χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση προγραμμάτων γραμμένων σε συμβολική γλώσσα ή γλώσσα μηχανής, τα οποία θα προσδιοριστούν σε μεταγενέστερη φάση.

Λεπτομέρειες σχετικά με τη συγκεκριμένη μηχανή von Neumann δίδονται στις διαφάνειες που συνοδεύουν την εκφώνηση της άσκησης.