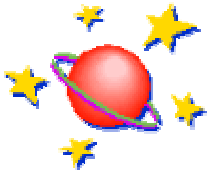


Κεφάλαιο 1ο

Η Σωλήνωση Υπολογιστών

Σκοπός **Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να παρουσιάσει την έννοια της σωλήνωσης των σύγχρονων υπολογιστών, τα στάδια της σωλήνωσης και τους κινδύνους που παρουσιάζονται από την εφαρμογή της. Θα γνωρίσουμε τις επιδόσεις των σχημάτων διακλάδωσης και θα δείξουμε πώς επιτυγχάνεται η στατική πρόβλεψη διακλάδωσης. Επίσης θα ασχοληθούμε με τους τύπους των διακοπών καθώς και τις απαιτήσεις τους. Τέλος θα επεκτείνουμε τη σωλήνωση του υπολογιστή DLX, ώστε να χειρίζεται λειτουργίες κινητής υποδιαστολής.**

Οι ενότητες του κεφαλαίου είναι οι ακόλουθες:

1. **Τι είναι η Σωλήνωση**
   - **Σωλήνωση Υπολογιστών**
   - **Η βασική σωλήνωση για τον DLX**
2. **Η βασική σωλήνωση για τον υπολογιστή DLX**
   - **Καλώς ήρθατε στον πραγματικό κόσμο**
     - **Καταχωρητές σωλήνωσης**
   - **Τι συμβαίνει σε κάθε στάδιο μιας DLX σωλήνωσης**
   - **Βασικά ζητήματα απόδοσης της σωλήνωσης**
3. **Η μεγαλύτερη δυσκολία της σωλήνωσης-Κίνδυνοι της σωλήνωσης**
   - **Κίνδυνος της σωλήνωσης**
   - **Απόδοση σωληνώσεων με καθυστερήσεις**
   - **Κατασκευαστικοί κίνδυνοι**
4. **Κίνδυνοι Δεδομένων**
   - **Πότε προκαλείται κίνδυνος δεδομένων**

- **Ελαχιστοποιώντας καθυστερήσεις λόγω κινδύνων δεδομένων μέσω προώθησης**

5. **Κίνδυνοι δεδομένων που απαιτούν καθυστερήσεις**

   - **Κλείδωμα της σωλήνωσης**
   - **Προγραμματισμός μεταγλωττιστή για κινδύνους δεδομένων**
   - **Υλοποίηση του ελέγχου για τη σωλήνωση τον DLX**

6. **Κίνδυνοι Ελέγχου**

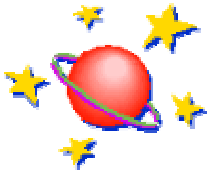
   - **Πως προκύπτουν οι κίνδυνοι έλεγχου**
   - **Πώς μπορούμε να μειώσουμε τις επιπτώσεις της διακλάδωσης**
   - **Μειώνοντας τις ποινές διακλάδωσης σωλήνωσης**
   - **Επιδόσεις σχημάτων διακλάδωσης**
   - **Στατική πρόβλεψη διακλάδωσης. Χρήση τεχνολογίας μεταγλωττιστή**

7. **Τι δυσκολεύει την υλοποίηση της σωλήνωσης**

   - **Πως αντιμετωπίζουμε τις διακοπές**
   - **Πως σταματάμε και ξαναρχίζουμε την εκτέλεση**
   - **Διακοπές στον υπολογιστή DLX**
   - **Επιπλοκές συνόλου εντολών**

8. **Επεκτείνοντας τη σωλήνωση του υπολογιστή DLX, ώστε να χειρίζεται λειτουργίες πολλαπλών κύκλων (λειτουργίες κινητής υποδιαστολής)**

   - **Επέκταση της σωλήνωσης του DLX για λειτουργίες κινητής υποδιαστολής**
   - **Κίνδυνοι και προώθηση σε σωληνώσεις μεγαλύτερης αδράνειας**



Ενότητα 1η: *Τι είναι η Σωλήνωση*

Σκοπός **Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να παρουσιάσει την έννοια της σωλήνωσης υπολογιστών, τα πλεονεκτήματα της χρήσης της, καθώς επίσης και την υλοποίησής της στον υπολογιστή DLX.**

Προσδοκώμενα Αποτελέσματα **Όταν θα έχετε μελετήσει την ενότητα, θα είστε σε θέση:**

<u>να ορίζετε την έννοια της σωλήνωσης,</u>

<u>να περιγράφετε την υλοποίηση της βασικής σωλήνωσης του υπολογιστή DLX,</u>

<u>να περιγράφετε τα πέντε στάδια εκτέλεσης μιας εντολής από τον υπολογιστή DLX.</u>

σωλήνωση, ρυθμαπόδοση, κύκλος μηχανής

Σωλήνωση Υπολογιστών

Σωλήνωση ονομάζουμε την τεχνική, σύμφωνα με την οποία διαφορετικά τμήματα από διαφορετικές εντολές μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα. Με άλλα λόγια, δε χρειάζεται να τελειώσει η εκτέλεση μιας εντολής για να ξεκινήσει η εκτέλεση της επόμενης. Μπορεί να ξεκινήσει η εκτέλεση της επόμενης εντολής, ενώ η προηγούμενη εντολή ακόμα εκτελείται.

Για να κατανοήσετε τη λειτουργία της σωλήνωσης, φανταστείτε μια γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων. Στη γραμμή αυτή πρέπει να εκτελεστούν πολλά βήματα μέχρι να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή στην κατασκευή ενός αυτοκινήτου. Κάθε βήμα για την κατασκευή ενός αυτοκινήτου, εκτελείται παράλληλα με άλλα βήματα για την κατασκευή διαφορετικών αυτοκινήτων. Έτσι, την ίδια στιγμή που ένα αυτοκίνητο βρίσκεται στο αρχικό στάδιο κατασκευής του, ένα άλλο βρίσκεται στο τελικό.

Η αντιστοιχία της γραμμής παραγωγής αυτοκινήτων με τη σωλήνωση είναι η εξής:

- **Κάθε βήμα στη γραμμή παραγωγής αντιστοιχεί σε ένα στάδιο της σωλήνωσης.**

- **Σε κάθε βήμα της γραμμής παραγωγής ολοκληρώνεται διαφορετικό κομμάτι του αυτοκινήτου. Αντίστοιχα σε κάθε στάδιο της σωλήνωσης ολοκληρώνεται διαφορετικό τμήμα της εντολής.**

Τα στάδια συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μια σωλήνωση. Μια σωλήνωση έχει δύο άκρα, μία είσοδο και μία έξοδο. Οι εντολές μπαίνουν από το ένα άκρο της σωλήνωσης, προχωρούν, περνώντας μέσα απ' όλα τα στάδια και τέλος βγαίνουν από το άλλο άκρο. Όλα τα στάδια πρέπει να είναι έτοιμα να ξεκινήσουν την εκτέλεση των διαφόρων τμημάτων των εντολών παράλληλα.

- **Ρυθμαπόδοση** της σωλήνωσης ονομάζουμε τον αριθμό των εντολών, των οποίων η εκτέλεση ολοκληρώνεται από τη σωλήνωση, στη μονάδα του χρόνου.

- **Κύκλος μηχανής** ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για να μετακινηθεί η εντολή κατά ένα στάδιο μέσα στη σωλήνωση. Το μήκος του κύκλου μηχανής καθορίζεται από το χρόνο που χρειάζεται για να εκτελεστεί το πιο αργό στάδιο της σωλήνωσης.

Φανταστείτε μια γραμμή συναρμολόγησης αυτοκινήτων. Έστω ότι δύο διαδοχικά βήματα είναι τα Α και Β. Υποθέστε ότι ο χρόνος για το βήμα Α είναι μικρότερος από εκείνον του Β. Ένα αυτοκίνητο βρίσκεται στο βήμα Α κι άλλο ένα

στο βήμα Β. Σκεφτείτε ότι το πρώτο αυτοκίνητο είναι αδύνατον να προχωρήσει στο βήμα Β, αν πρώτα δεν έχει τελειώσει απ' αυτό το βήμα το δεύτερο αυτοκίνητο. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τη σωλήνωση. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να συγχρονιστούν όλα τα στάδια της σωλήνωσης με το πιο αργό στάδιο.

Στόχος του σχεδιαστή της σωλήνωσης, είναι να ισορροπήσει το μήκος κάθε σταδίου της.
Αν ισχύουν τα ακόλουθα:

1. Ιδανικές συνθήκες

2. Τέλεια ισορροπημένα στάδια

τότε,

$$\text{χρόνος / εντολή (υπολογιστής με σωλήνωση)} = \frac{\text{χρόνος / εντολή (υπολογιστής χωρίς σωλήνωση)}}{\text{αριθμός σταδίων}}$$

(Τύπος 1)

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Μπορείτε να εξηγήσετε τι πετυχαίνουμε χρησιμοποιώντας την τεχνική της σωλήνωσης;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 1

Σύμφωνα με τον ορισμό της σωλήνωσης διαφορετικά τμήματα από διαφορετικές εντολές μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός με τον οποίο ολοκληρώνεται η εκτέλεση των εντολών και να μειώνεται ο ολικός χρόνος εκτέλεσης των εντολών αυτών. Ωστόσο αν εκτελείται κάποιο στάδιο μίας εντολής, η επόμενη εντολή πρέπει να περιμένει την προηγούμενη εντολή να ολοκληρώσει για να προχωρήσει την εκτέλεσή της σε αυτό το συγκεκριμένο στάδιο. Συνεπώς, ο χρόνος εκτέλεσης μιας μεμονωμένης εντολής από τη σωλήνωση αυξάνεται. Η αύξηση του ρυθμού εκτέλεσης των εντολών είναι ανάλογη του αριθμού των σταδίων της σωλήνωσης. Κατά συνέπεια, ένας υπολογιστής που έχει υλοποιηθεί με σωλήνωση 5 σταδίων, μπορεί να ολοκληρώσει την εκτέλεση των εντολών 5 φορές πιο γρήγορα από έναν υπολογιστή χωρίς σωλήνωση.

Το πλεονέκτημα της σωλήνωσης έγκειται στο ότι δεν είναι ορατή από τον προγραμματιστή. Η σωλήνωση είναι μία <u>τεχνική σχεδιασμού</u> του υλικού μέρους του υπολογιστή.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

Έστω πέντε στάδια σωλήνωσης με χρόνους 10ns, 8ns, 20ns, 15ns, 10ns αντίστοιχα. Πόσο είναι το μήκος του κύκλου μηχανής.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 2

Το μήκος του κύκλου μηχανής είναι 20ns όσο δηλαδή το μήκος του πιο αργού σταδίου της σωλήνωσης.

Η βασική σωλήνωση για τον DLX

Για να υλοποιήσουμε την τεχνική της σωλήνωσης στον υπολογιστή DLX πρέπει να τροποποιηθεί η εκτέλεση των εντολών του.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

Θυμάστε ποια είναι τα πέντε στάδια εκτέλεσης μιας εντολής από τον υπολογιστή DLX; Να αναφέρετε επιγραμματικά τα πέντε βήματα εκτέλεσης μιας εντολής από τον υπολογιστή DLX. Για περισσότερες λεπτομέρειες, θα ήταν καλό να ανατρέξετε στις σημειώσεις της «Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών Ι» και συγκεκριμένα στο τρίτο κεφάλαιο: «Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας».

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 3

Τα πέντε βήματα εκτέλεσης μιας εντολής από τον υπολογιστή DLX είναι:

1. **Ανάκληση εντολής**
2. **Αποκωδικοποίηση εντολής / Ανάκληση των καταχωρητών**
3. **Εκτέλεση**
4. **Πρόσβαση στη μνήμη / Βήμα ολοκλήρωσης διακλάδωσης**
5. **Επανεγγραφή**

Τα πέντε βασικά βήματα εκτέλεσης μιας εντολής από τον υπολογιστή DLX, έτσι ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί η τεχνική της σωλήνωσης, πρέπει να τροποποιηθούν ως εξής:

1. Ανάκληση εντολής (IF)

Στο πρώτο βήμα εκτέλεσης της εντολή γίνεται αποστολή του περιεχομένου του απαριθμητή προγράμματος (**PC**) στη μνήμη εντολών. Στη συνέχεια γίνεται ανάγνωση στο περιεχόμενο του PC, το οποίο είναι μία διεύθυνση. Η εντολή που αντιστοιχεί στη διεύθυνση αυτή ανακαλείται και τοποθετείται στον καταχωρητή εντολών (**IR**). Ο PC αυξάνεται κατά 4 και δείχνει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής. Στον καταχωρητή **NPC** φυλάσσεται η νέα τιμή του PC, δηλαδή αυτή η οποία προέκυψε μετά από την αύξηση.

IR ← Mem[PC]
NPC ← PC + 4

2. Αποκωδικοποίηση εντολής / Ανάκληση των καταχωρητών (ID)

Στο δεύτερο βήμα γίνεται αποκωδικοποίηση της εντολής. Στη συνέχεια γίνεται πρόσβαση στο **αρχείο καταχωρητών** για διάβασμα του περιεχομένου των καταχωρητών (δηλαδή οι πηγαίοι τελεστέοι), το οποίο τοποθετείται στους μανταλωτές A και B. Συνεπώς, στο σημείο αυτό, ο μανταλωτής A περιέχει τον ένα πηγαίο τελεστέο κι ο μανταλωτής B περιέχει τον άλλο πηγαίο τελεστέο. Το περιεχόμενο των μανταλωτών A και B θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενους κύκλους ρολογιού. Στον καταχωρητή προσωρινής αποθήκευσης **Imm** φυλάσσονται τα 16 λιγότερο σημαντικά ψηφία του IR για χρήση στον επόμενο κύκλο μετά από την επέκταση προσήμου.

$$\mathbf{A} \leftarrow \mathbf{Regs[IR_{6..10}];}$$
$$\mathbf{B} \leftarrow \mathbf{Regs[IR_{11..15}];}$$
$$\mathbf{Imm} \leftarrow \mathbf{((IR_{16})^{16}\#\#IR_{16..31})}$$

3. Εκτέλεση (EX)

Στο τρίτο βήμα η ALU ενεργεί πάνω στους τελεστέους A και B, ανάλογα με το είδος της εντολής που αποκωδικοποιήθηκε στον προηγούμενο κύκλο. Έτσι διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις ανάλογα με το είδος της εντολής:

- **Επικοινωνία με τη μνήμη** (εντολές φόρτωσης ή εντολές αποθήκευσης)

Η ALU προσθέτει το περιεχόμενο του μανταλωτή A με το περιεχόμενο του καταχωρητή προσωρινής αποθήκευσης Imm για να σχηματίσει την ενεργό διεύθυνση. Το αποτέλεσμα αυτής της πράξης τοποθετείται στον καταχωρητή ALUOutput.

$$\mathbf{ALUOutput} \leftarrow \mathbf{A + Imm;}$$

- **Αριθμητική ή λογική εντολή μεταξύ καταχωρητή – καταχωρητή**

Η ALU εκτελεί τη λειτουργία, η οποία προσδιορίζεται από τον κωδικό λειτουργίας, πάνω στην τιμή του μανταλωτή A και σε εκείνη του μανταλωτή B. Το αποτέλεσμα τοποθετείται στον καταχωρητή ALUOutput.

$$\mathbf{ALUOutput} \leftarrow \mathbf{A\ func\ B;}$$

- **Εντολή μεταξύ καταχωρητή- Imm**

Η ALU εκτελεί τη λειτουργία, η οποία προσδιορίζεται από τον κωδικό λειτουργίας, πάνω στην τιμή του μανταλωτή A και σε εκείνη του καταχωρητή προσωρινής αποθήκευσης Imm. Το αποτέλεσμα τοποθετείται στον καταχωρητή ALUOutput.

$$\mathbf{ALUOutput} \leftarrow \mathbf{A}\ \boldsymbol{op}\ \mathbf{Imm;}$$

- **Εντολή διακλάδωσης με συνθήκη / Μεταπήδηση**

Η ALU προσθέτει το περιεχόμενο του καταχωρητή NPC με το περιεχόμενο του καταχωρητή προσωρινής αποθήκευσης Imm για να υπολογίσει τη διεύθυνση του στόχου διακλάδωσης.
Ο μανταλωτής A, ελέγχεται για να καθοριστεί αν η συνθήκη της διακλάδωσης αληθεύει. Ο τελεστής σύγκρισης *op* καθορίζεται από τον κωδικό λειτουργίας της εντολής διακλάδωσης.
Αν η εντολή διακλάδωσης με συνθήκη είναι BEQZ, τότε η λειτουργία σύγκρισης είναι ο έλεγχος για ισότητα. Συνεπώς ο τελεστής *op* είναι ο ''= =''.

ALUOutput ← NPC + Imm;
Cond ← (A *op* 0)

4. Πρόσβαση στην μνήμη / Βήμα ολοκλήρωσης διακλάδωσης (MEM)

Οι μόνες εντολές του DLX που είναι ενεργές σε αυτόν τον κύκλο είναι οι εντολές φόρτωσης, οι εντολές αποθήκευσης και οι εντολές διακλάδωσης με συνθήκη. Επομένως ανάλογα με το είδος της εντολής που εκτελείται διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

♦ **Επικοινωνία με τη μνήμη** (εντολές φόρτωσης ή εντολές αποθήκευσης):
Αν έχουμε εντολή φόρτωσης, τα δεδομένα επιστρέφουν από τη μνήμη και τοποθετούνται στον καταχωρητή LMD.

LMD ← Mem[ALUOutput]

Αν έχουμε εντολή αποθήκευσης, τότε τα δεδομένα από τον μανταλωτή B γράφονται στη μνήμη.

Mem[ALUOutput] ← B

Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η διεύθυνση μνήμης, από την οποία φορτώνονται τα δεδομένα ή στην οποία αποθηκεύονται τα δεδομένα, είναι εκείνη που υπολογίστηκε κατά τη διάρκεια του προηγούμενου κύκλου κι αποθηκεύτηκε στον καταχωρητή ALUOutput.

♦ **Εντολή διακλάδωσης με συνθήκη:**
Αν η συνθήκη διακλάδωσης ισχύει, τότε ο PC φορτώνεται με τη διεύθυνση του στόχου διακλάδωσης, η οποία βρίσκεται στον καταχωρητή ALUOutput.

Αν η συνθήκη διακλάδωσης δεν ισχύει τότε ο PC φορτώνεται με την τιμή η οποία βρίσκεται στον NPC.

If (cond) PC ← ALUOutput else PC ← NPC

5. Επανεγγραφή (WB)

Στο βήμα αυτό γίνεται εγγραφή του αποτελέσματος στο αρχείο καταχωρητών, είτε αυτό προέρχεται από τη μονάδα μνήμης, δηλαδή τον καταχωρητή LMD,

$$\mathbf{Regs[IR_{11..15}] \leftarrow LMD}$$

είτε από την ALU, δηλαδή από τον καταχωρητή ALUOutput. Σε αυτή την περίπτωση διακρίνουμε δύο περιπτώσεις. Αν η εντολή είναι:

- Εντολή μεταξύ καταχωρητή – καταχωρητή, τότε

$$\mathbf{Regs[IR_{16..20}] \leftarrow ALUOutput}$$

- Εντολή μεταξύ καταχωρητή- Imm, τότε

$$\mathbf{Regs[IR_{11..15}] \leftarrow ALUOutput}$$

Υλοποίηση της βασικής σωλήνωσης στον DLX

Στην τεχνική της σωλήνωσης ανακαλείται μία καινούρια εντολή σε κάθε κύκλο ρολογιού. Αρχίζει έτσι η εκτέλεση της εντολής, η οποία διαρκεί 5 κύκλους ρολογιού, ένας κύκλος για κάθε στάδιο. Τα στάδια της σωλήνωσης είναι τα εξής:

1. **IF**
2. **ID**
3. **EX**
4. **MEM**
5. **WB**

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Αν χρησιμοποιηθεί η τεχνική της σωλήνωσης, αυξάνεται η απόδοση του υπολογιστή; Αν ναι, κατά πόσο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

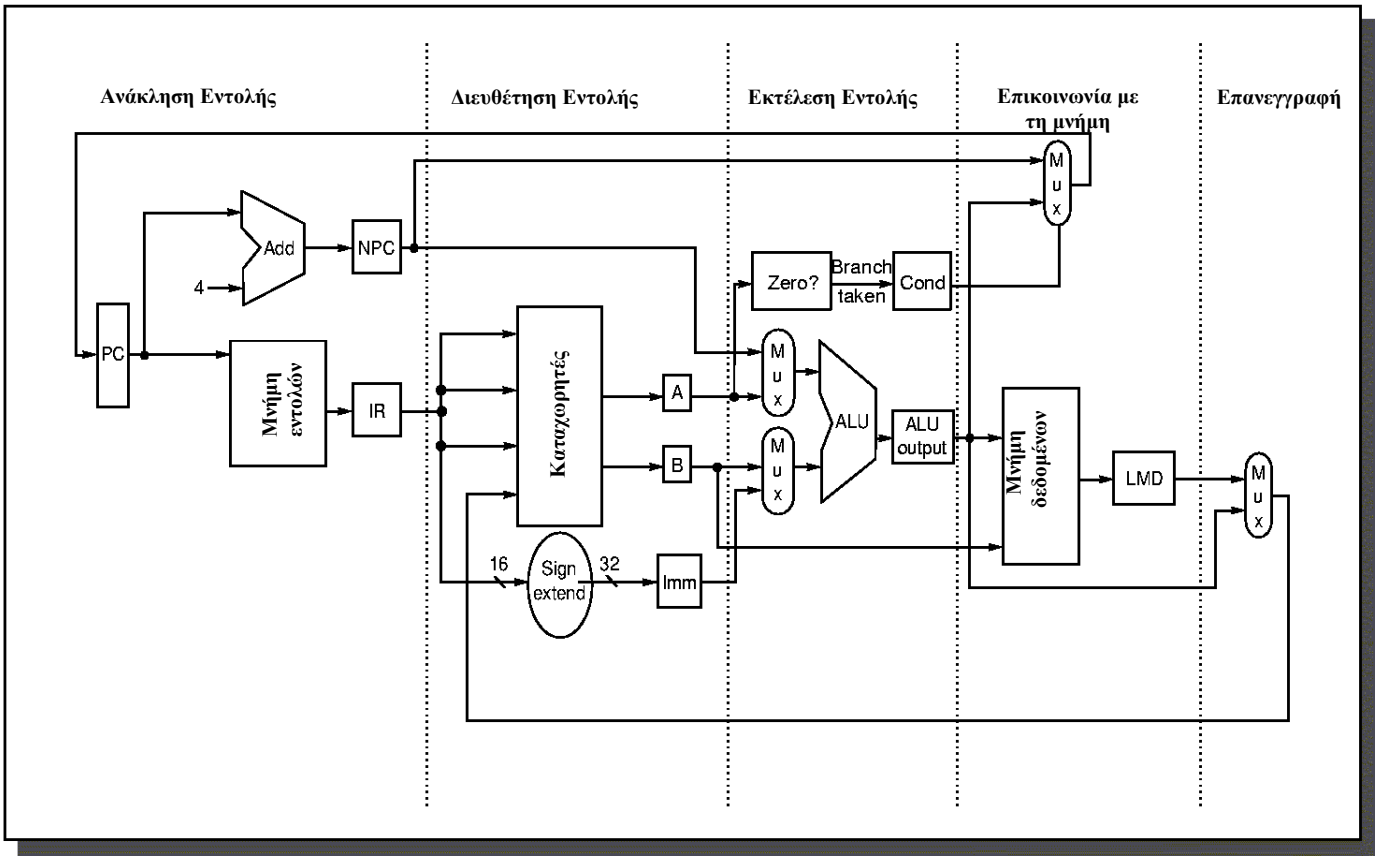
ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 4

Αν χρησιμοποιηθεί η τεχνική της σωλήνωσης, αυξάνεται η απόδοση του υπολογιστή. Στην ιδανική περίπτωση η απόδοση στον σωληνωμένο υπολογιστή αυξάνεται κατά 5 φορές, σε σχέση με το μη σωληνωμένο υπολογιστή. Αυτό συμβαίνει επειδή:

- **Στο μη σωληνωμένο υπολογιστή 5 κύκλοι ρολογιού αντιστοιχούν σε 1 εντολή.**
- **Στο σωληνωμένο υπολογιστή 5 κύκλοι ρολογιού αντιστοιχούν σε 5 εντολές.**

Επομένως με την τεχνική της σωλήνωσης εκτελούνται περισσότερες εντολές σε έναν κύκλο ρολογιού, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση του υπολογιστή.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η δίοδος δεδομένων του υπολογιστή DLX.



Σχήμα 1.1.1 - Η υλοποίηση της διόδου δεδομένων του DLX επιτρέπει σε κάθε εντολή να εκτελείται σε τέσσερις ή πέντε κύκλους ρολογιού. Ο PC χρησιμοποιείται στο στάδιο ανάκλησης της εντολής και οι καταχωρητές στο στάδιο αποκωδικοποίησης της εντολής. Στις δύο αυτές λειτουργικές μονάδες μπορεί να γίνει ανάγνωση και εγγραφή από μία εντολή. Αν και στο σχήμα τις παρουσιάζουμε στον κύκλο στον οποίο διαβάζονται, γίνεται εγγραφή του PC κατά τη διάρκεια του σταδίου επικοινωνίας με τη μνήμη, καθώς επίσης και στο στάδιο ανάκλησης της εντολής και η εγγραφή στους καταχωρητές γίνεται κατά τη διάρκεια του σταδίου επανεγγραφής. Και στις δύο περιπτώσεις, οι εγγραφές σε μεταγενέστερα στάδια της σωλήνωσης υποδεικνύονται από την έξοδο του πολυπλέκτη (στο στάδιο επικοινωνίας με τη μνήμη ή στο στάδιο επανεγγραφής) η οποία μεταφέρει μία τιμή πίσω στον PC ή στους καταχωρητές.

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν …

Η τεχνική της σωλήνωσης επιτρέπει την παράλληλη εκτέλεση διαφορετικών τμημάτων από διαφορετικές εντολές.

Ρυθμαπόδοση της σωλήνωσης ονομάζουμε τον αριθμό των εντολών, των οποίων η εκτέλεση ολοκληρώνεται από τη σωλήνωση στη μονάδα του χρόνου.

Ο κύκλος μηχανής είναι ο χρόνος που χρειάζεται μία εντολή για να προχωρήσει από ένα στάδιο της σωλήνωσης στο επόμενο. Ο σχεδιαστής της σωλήνωσης έχει ως σκοπό του να ισορροπήσει τα μήκη των σταδίων της σωλήνωσης.

Αυτό το οποίο επιτυγχάνουμε με τη σωλήνωση είναι η αύξηση του ρυθμού με τον οποίο ολοκληρώνεται η εκτέλεση των εντολών.

Στον υπολογιστή DLX η σωλήνωση αποτελείται από 5 στάδια. Για να υλοποιήσουμε την τεχνική της σωλήνωσης στον υπολογιστή DLX πρέπει να τροποποιηθεί η εκτέλεση των εντολών του.