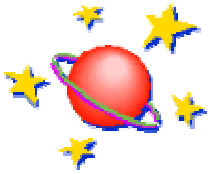


Ενότητα 2η: *Η βασική σωλήνωση του υπολογιστή DLX*

Σκοπός **Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να επισημάνει τα προβλήματα τα οποία εμφανίζονται κατά την υλοποίηση της σωλήνωσης. Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε τους καταχωρητές που χρησιμοποιούνται στη σωλήνωσης και το ρόλο τους στην υλοποίησή της. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τι συμβαίνει σε κάθε στάδιο της σωλήνωσης και θα εξετάσουμε τον έλεγχο για τη σωλήνωση. Τέλος, θα παρουσιάσουμε βασικά ζητήματα της απόδοσης της σωλήνωσης.**

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

<u>να προσδιορίζετε τις δυσκολίες που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση της σωλήνωσης,</u>

<u>να περιγράφετε τι συμβαίνει σε κάθε στάδιο της σωλήνωσης του υπολογιστή DLX</u>,

<u>να περιγράφετε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία των καταχωρητών σωλήνωσης,</u>

<u>να διατυπώνετε τα βασικά ζητήματα απόδοσης της σωλήνωσης του υπολογιστή DLX</u>.

καταχωρητής σωλήνωσης, πρόσβαση σε σειρά

Καλώς ήρθατε στον πραγματικό κόσμο!

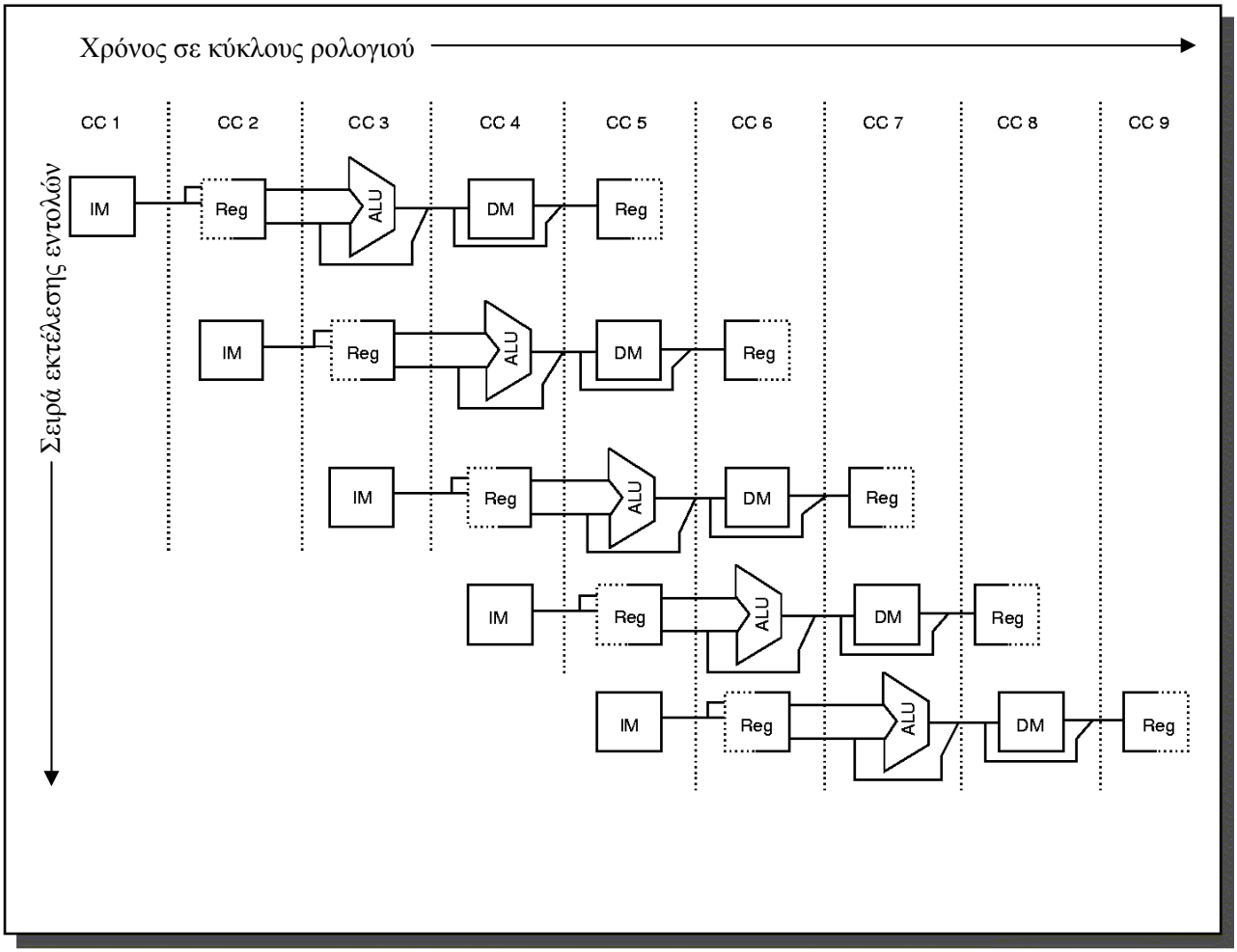
Η σωλήνωση δεν είναι μια απλή υπόθεση, όπως μέχρι τώρα την περιγράψαμε. Η πραγματικότητα είναι διαφορετική! Από εδώ και στο εξής, θα ασχοληθούμε με προβλήματα, τα οποία παρουσιάζονται κατά την υλοποίηση της σωλήνωσης. Για να προσδιορίσουμε τα προβλήματα αυτά, αρχικά πρέπει να καθορίσουμε τι συμβαίνει σε κάθε κύκλο ρολογιού του υπολογιστή. Σκοπός είναι να σιγουρευτούμε ότι δεν προσπαθούμε να εκτελέσουμε 2 διαφορετικές λειτουργίες χρησιμοποιώντας την ίδια λειτουργική μονάδα (πόρο), στον ίδιο κύκλο ρολογιού.

Παράδειγμα

Δεν είναι εφικτό μία λειτουργική μονάδα(πόρος) του υπολογιστή να εκτελεί δύο λειτουργίες στον ίδιο κύκλο ρολογιού. Για παράδειγμα η ALU δεν μπορεί να υπολογίζει μία ενεργό διεύθυνση και ταυτόχρονα να εκτελεί μία αφαίρεση, στον ίδιο κύκλο ρολογιού. Γι' αυτό φροντίζουμε οι κύριες λειτουργικές μονάδες του υπολογιστή να χρησιμοποιούνται από μία εντολή σε διαφορετικούς κύκλους ρολογιού.

Κάποια κυκλώματα, όπως το αρχείο καταχωρητών μπορούν να εκτελέσουν παραπάνω από μία λειτουργίες στον ίδιο κύκλο ρολογιού. Ένα παράδειγμα αυτού απεικονίζεται στο σχήμα 1.2.1 όπου στο πρώτο μισό του κύκλου ρολογιού γίνεται εγγραφή στο αρχείο καταχωρητών, ενώ στο άλλο μισό του κύκλου ρολογιού γίνεται ανάγνωση από το αρχείο καταχωρητών. Η διαδικασία χωρισμού του κύκλου ρολογιού σε δύο μισά, για γράψιμο στο πρώτο μισό και διάβασμα στο δεύτερο μισό του κύκλου, ονομάζεται πρόσβαση σε σειρά.

Το σχήμα 1.2.1 δείχνει μία απλοποιημένη μορφή της διόδου δεδομένων του DLX.



Σχήμα 1.2.1 - Η εκτέλεση πέντε διαφορετικών εντολών σε κύκλους ρολογιού με χρήση της τεχνικής της σωλήνωσης. Στο σχήμα βλέπουμε καθαρά πως το αρχείο καταχωρητών (Reg) κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μίας εντολής χρησιμοποιείται δύο φορές: σαν πηγή τελεστέων κατά το στάδιο EX και σαν προορισμός αποτελεσμάτων κατά το στάδιο WB. Παρατηρούμε ότι στον 5^{ο} κύκλο ρολογιού (CC5) η πρώτη εντολή θέλει να γράψει στο αρχείο καταχωρητών, ενώ η τέταρτη εντολή θέλει να διαβάσει από αυτό. Χρησιμοποιούμε μία μαύρη γραμμή στα αριστερά για να δείξουμε ότι η πρώτη εντολή γράφει στο αρχείο καταχωρητών στο πρώτο μισό του 5^{ου} κύκλου ρολογιού. Χρησιμοποιούμε μία μαύρη γραμμή στα δεξιά για να δείξουμε ότι η τέταρτη εντολή διαβάζει από το αρχείο καταχωρητών στο δεύτερο μισό του 5^{ου} κύκλου ρολογιού. Η διακεκομμένη γραμμή, όπου χρησιμοποιείται, δείχνει ότι στο αντίστοιχο μισό του κύκλου ρολογιού η εντολή δεν κάνει τίποτα. Η συντομογραφία IM δηλώνει τη μνήμη εντολών και η DM δηλώνει τη μνήμη δεδομένων.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Μπορείτε να εξηγήσετε τη χρήση διαφορετικών κρυφών μνημών, μία για τα δεδομένα (DM) και μία για τις εντολές (IM), όταν γίνεται χρήση της τεχνικής της σωλήνωσης;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 1

Η χρήση διαφορετικών κρυφών μνημών, μία για τα δεδομένα και μία για τις εντολές, απαλείφει τον κίνδυνο για συγκρούσεις, ο οποίος προκύπτει όταν στον ίδιο κύκλο ρολογιού απαιτείται πρόσβαση στη μνήμη για την ανάκληση μιας εντολής αλλά και για την ανάκτηση δεδομένων.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

Στο σχήμα 1.2.1 το αρχείο καταχωρητών εμφανίζεται δύο φορές στον 5^{ο} κύκλο ρολογιού. Να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το αρχείο καταχωρητών για την εκτέλεση των διαφορετικών εντολών.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 2

Στον 5^{ο} κύκλο ρολογιού το αρχείο καταχωρητών χρησιμοποιείται σε δύο στάδια δύο διαφορετικών εντολών:

- **Στο στάδιο WB της 1^{ης} εντολής πρέπει να γίνει εγγραφή στο αρχείο καταχωρητών.**
- **Στο στάδιο ID της 4^{ης} εντολής πρέπει να γίνει ανάγνωση από το αρχείο καταχωρητών.**

Έτσι στον ίδιο κύκλο ρολογιού η μία εντολή βρίσκεται στο στάδιο WB και η άλλη εντολή βρίσκεται στο στάδιο ID. Επομένως πρέπει να εκτελέσουμε μία εγγραφή στο πρώτο μισό του κύκλου και μία ανάγνωση στο δεύτερο μισό του ίδιου κύκλου ρολογιού. Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για να χωριστεί ο κύκλος ρολογιού σε δύο μέρη ονομάζεται πρόσβαση σε σειρά.

Σε κάθε κύκλο ρολογιού αρχίζει η εκτέλεση μιας νέας εντολής. Η εντολή αυτή βρίσκεται στο στάδιο IF, δηλαδή η εντολή αυτή ανακαλείται από τη διεύθυνση στην οποία βρίσκεται. Μετά από κάθε κύκλο ρολογιού, η τιμή του PC αυξάνεται έτσι ώστε να δείχνει την τιμή της επόμενης εντολής και η νέα αυτή τιμή του PC αποθηκεύεται στον NPC. Η αποθήκευση της νέας τιμής στον NPC γίνεται κατά τη διάρκεια του σταδίου IF, έτσι ώστε να προετοιμάζεται η επόμενη εντολή προς εκτέλεση.

Επιπλέον πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την ενημέρωση της τιμής του PC όταν η εντολή, η οποία ανακαλείται, είναι μία εντολή διακλάδωσης με συνθήκη. Μία εντολή διακλάδωσης με συνθήκη αλλάζει την τιμή του PC στο στάδιο MEM. Προς το παρόν, θα οργανώσουμε τη σωληνωμένη δίοδο δεδομένων ώστε η εγγραφή στον PC να γίνεται στο στάδιο IF. Με το πρόβλημα διαχείρισης των διακλαδώσεων με συνθήκη θα ασχοληθούμε αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

Σε κάθε κύκλο ρολογιού ενεργοποιείται ένα στάδιο της σωλήνωσης. Συνεπώς:

- **Όλες οι λειτουργίες ενός σταδίου πρέπει να ολοκληρώνονται μέσα σ' έναν κύκλο ρολογιού.**
- **Οι τιμές, οι οποίες μεταφέρονται από το ένα στάδιο της σωλήνωσης στο επόμενο, τοποθετούνται σε καταχωρητές. Οι καταχωρητές αυτοί ονομάζονται καταχωρητές σωλήνωσης .**

Καταχωρητές σωλήνωσης

Οι **καταχωρητές σωλήνωσης** είναι ομάδες καταχωρητών, οι οποίοι χρειάζονται για την προσωρινή αποθήκευση τιμών, οι οποίες μεταφέρονται μεταξύ δύο σταδίων της σωλήνωσης, κατά την εκτέλεση μίας εντολής. Συνεπώς, οι καταχωρητές σωλήνωσης μεταφέρουν δεδομένα και έλεγχο από το ένα στάδιο στο άλλο.

Για παράδειγμα ο καταχωρητής σωλήνωσης μεταξύ των σταδίων IF και ID γράφεται **IF/ID** και μεταφέρει τιμές από το στάδιο IF στο στάδιο ID. Οποιαδήποτε τιμή χρειάζεται σε επόμενα στάδια, πρέπει να τοποθετηθεί σε έναν τέτοιο καταχωρητή και να αντιγράφεται από έναν καταχωρητή σωλήνωσης ενός ζεύγους σταδίων στον καταχωρητή σωλήνωσης του επόμενου ζεύγους σταδίων. Για παράδειγμα, από τον καταχωρητή σωλήνωσης IF/ID στον καταχωρητή σωλήνωσης ID/EX. Όταν χρησιμοποιηθεί η τιμή, σταματάει κι η αντιγραφή της στους επόμενους καταχωρητές.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

Τι είναι οι καταχωρητές σωλήνωσης και για ποιο λόγο είναι απαραίτητοι στην τεχνική της σωλήνωσης; Να δώσετε ένα παράδειγμα ενός τέτοιου καταχωρητή. Να συγκρίνετε την απάντησή σας με την παράγραφο που αναφέρεται στους Καταχωρητές Σωλήνωσης.

Οι καταχωρητές σωλήνωσης αποτελούνται από πεδία. Ενδεικτικά αναφέρουμε το πεδίο ALUOutput, όπου φυλάσσεται η έξοδος της ALU. Επειδή η ALU δεν χρησιμοποιείται, προς το παρόν, νωρίτερα από το στάδιο EX, έπεται ότι το πεδίο ALUOutput πρωτοεμφανίζεται στον καταχωρητή σωλήνωσης EX/MEM.

Παράδειγμα

Σε μία αριθμητική /λογική εντολή ή σε μία εντολή φόρτωσης, στο τελευταίο στάδιο της σωλήνωσης πρέπει να γίνει εγγραφή στο αρχείο καταχωρητών. Επομένως πρέπει να είναι γνωστό το πεδίο τελεστέου καταχωρητή, δηλαδή το πεδίο εκείνο που προσδιορίζει τον καταχωρητή που πρόκειται να γίνει η εγγραφή του αποτελέσματος. Η τιμή αυτή υπάρχει στον καταχωρητή σωλήνωσης MEM/WB, από όπου και παίρνουμε αυτή την τιμή για να ολοκληρωθεί το στάδιο επανεγγραφής της εντολής.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Μπορείτε να εξηγήσετε το λόγο για τον οποίο το πεδίο του καταχωρητή στον οποίο πρόκειται να γίνει η εγγραφή του αποτελέσματος υπάρχει στον καταχωρητή σωλήνωσης MEM/WB και όχι στον καταχωρητή σωλήνωσης IF/ID;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 4

Στην περίπτωση που το πεδίο που προσδιορίζει τον καταχωρητή το παίρναμε από τον καταχωρητή σωλήνωσης IF/ID, θα παίρναμε το πεδίο που προσδιορίζει τον καταχωρητή μιας από τις επόμενες εντολές που βρίσκονται στη σωλήνωση. Συγκεκριμένα θα παίρναμε το πεδίο της εντολής που βρίσκεται στο στάδιο IF/ID εκείνη τη στιγμή και όχι της τρέχουσας εντολής που βρίσκεται στο στάδιο επανεγγραφής.

Τι συμβαίνει σε κάθε στάδιο μιας DLX σωλήνωσης.

Κάθε εντολή είναι ενεργοποιημένη σε ένα ακριβώς στάδιο κάθε χρονική στιγμή. Για το λόγο αυτό, ότι ενέργειες κάνει μία εντολή συμβαίνουν μεταξύ ενός ζευγαριού καταχωρητών σωλήνωσης. Κατά συνέπεια, η πληροφορία, που υπάρχει στους καταχωρητές σωλήνωσης μεταξύ των σταδίων, μας λέει για το τι πρόκειται να συμβεί παρακάτω στη σωλήνωση. Για παράδειγμα στο πεδίο cond, του καταχωρητή σωλήνωσης EX/MEM, το οποίο γράφεται EX/MEM.cond, υπάρχει η πληροφορία για το αν η συνθήκη διακλάδωσης αληθεύει ή όχι. Η τρέχουσα εντολή αποκωδικοποιείται στο τέλος του σταδίου ID. Συνεπώς, οι ενέργειες της εντολής στα δύο πρώτα στάδια είναι ανεξάρτητες από τον τύπο της εντολής.

Το στάδιο IF της επόμενης εντολής εξαρτάται από το αν η εντολή στον καταχωρητή EX/MEM είναι εντολή διακλάδωσης με συνθήκη και αν η συνθήκη της αληθεύει ή όχι. Πράγματι:

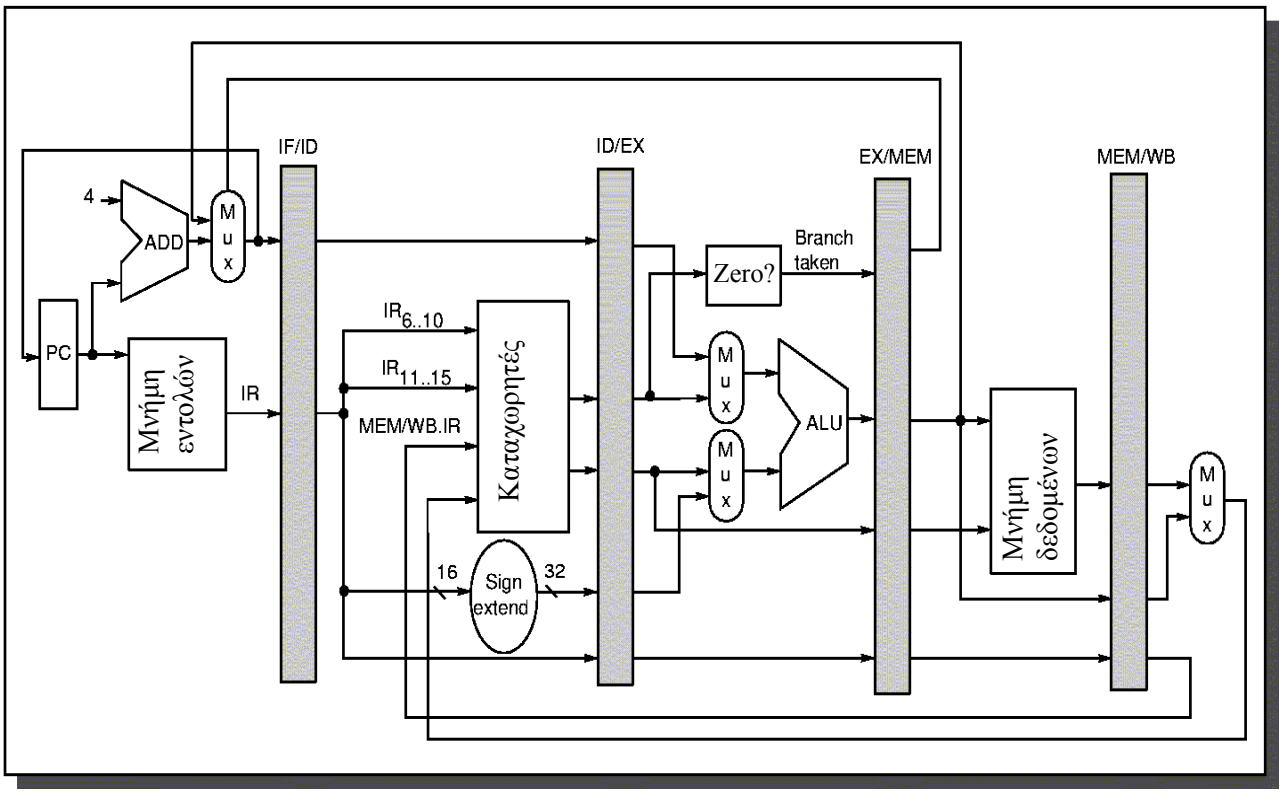
- Αν η συνθήκη της εντολής διακλάδωσης αληθεύει, τότε ο στόχος της διακλάδωσης χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η επόμενη τιμή του PC.
- Αν δεν αληθεύει, τότε η τρέχουσα τιμή του PC χρησιμοποιείται για την ανάκληση της εντολής, η οποία διαδέχεται τη διακλάδωση στη σωλήνωση.

Έλεγχος για την σωλήνωση

Για τον έλεγχο στη σωλήνωση αρκεί να καθορίσουμε, την ενεργοποίησή του για κάθε έναν από τους τέσσερις πολυπλέκτες στη δίοδο δεδομένων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2.2 οι πολυπλέκτες βρίσκονται στα εξής σημεία:

1. Στην πάνω είσοδο της ALU. Ο πολυπλέκτης ενεργοποιείται σύμφωνα με το αν η εντολή είναι εντολή διακλάδωσης με συνθήκη ή όχι.
2. Στην κάτω είσοδο της ALU. Ο πολυπλέκτης ενεργοποιείται σύμφωνα με το αν η εντολή είναι μία λειτουργία καταχωρητή-καταχωρητή της ALU ή όποιο άλλο είδος λειτουργίας.
3. Στο στάδιο IF. Ο πολυπλέκτης επιλέγει αν θα χρησιμοποιηθεί η τρέχουσα τιμή του PC ή η τιμή από τον καταχωρητή EX/MEM.NPC ως διεύθυνση της εντολής. Ελέγχεται από το πεδίο EX/MEM.cond.
4. Στο στάδιο WB. Ελέγχεται από το αν η εντολή στο στάδιο αυτό είναι μία εντολή φόρτωσης ή λειτουργία της ALU. Στον καταχωρητή MEM/WB καθορίζεται το πεδίο προορισμού, όπου θα γράψει η ALU.

5. Υπάρχει ένας ακόμα πολυπλέκτης, ο οποίος δε φαίνεται στο σχήμα 1.2.2 Χρησιμοποιείται για την επιλογή του σωστού τμήματος του καταχωρητή IR, το οποίο βρίσκεται στον καταχωρητή σωλήνωσης MEM/WB και το οποίο καθορίζει το πεδίο προορισμού του καταχωρητή.



Σχήμα 1.2.2 - Η δίοδος δεδομένων για τη σωλήνωση περιέχει ένα σύνολο καταχωρητών, που ο καθένας βρίσκεται μεταξύ δύο διαδοχικών σταδίων της σωλήνωσης. Οι καταχωρητές χρησιμεύουν στη φύλαξη τιμών και πληροφοριών για τον έλεγχο από το ένα στάδιο της σωλήνωσης στο επόμενο. Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τον PC σαν έναν καταχωρητή σωλήνωσης, ο οποίος βρίσκεται πριν από το στάδιο IF. Η θεώρηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αντιστοίχηση ενός καταχωρητή σωλήνωσης για κάθε στάδιο της σωλήνωσης. Ο πολυπλέκτης επιλογής του PC έχει μετακινηθεί έτσι ώστε η εγγραφή του PC να γίνεται στο στάδιο IF και μόνο σε αυτό. Οι περισσότεροι δίοδοι δεδομένων έχουν κατεύθυνση από αριστερά προς τα δεξιά. Οι δίοδοι με την αντίθετη κατεύθυνση εισάγουν κάποια πολυπλοκότητα στη σωλήνωση.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5

Η εγγραφή του PC γίνεται μόνο στο στάδιο IF σύμφωνα με τον τρόπο που έχει τοποθετηθεί ο πολυπλέκτης επιλογής του PC. Μπορείτε να εξηγήσετε τι θα συνέβαινε στην περίπτωση που δεν υπήρχε αυτός ο πολυπλέκτης στη δίοδο δεδομένων;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 5

Αν δεν υπήρχε ο πολυπλέκτης επιλογής του PC θα υπήρχε το εξής πρόβλημα στην περίπτωση της εντολής διακλάδωσης με συνθήκη: η εντολή διακλάδωσης θα προσπαθούσε να γράψει στον PC τη διεύθυνση στόχου στο στάδιο MEM, ενώ η νέα εντολή που θα εισερχόταν στη σωλήνωση θα ήθελε επίσης να γράψει στον PC στο στάδιο IF. Επομένως ο πολυπλέκτης αυτός επιτρέπει να γίνεται εγγραφή του PC μόνο στο στάδιο IF με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τέτοιες συγκρούσεις.

Βασικά ζητήματα απόδοσης της σωλήνωσης.

- Όταν αυξάνεται ο αριθμός των εντολών, των οποίων η εκτέλεση ολοκληρώνεται από τη σωλήνωση στη μονάδα του χρόνου, τότε αυξάνεται η ρυθμαπόδοση. Αυτό σημαίνει αύξηση της ταχύτητας εκτέλεσης ενός προγράμματος.

- Αντιθέτως, έχουμε μικρή αύξηση του χρόνου εκτέλεσης κάθε εντολής. Αυτό οφείλεται στην επιβάρυνση του ελέγχου της σωλήνωσης. Λόγω αυτής της επιβάρυνσης δεν μπορούμε να έχουμε πάρα πολύ μεγάλο αριθμό σταδίων της σωλήνωσης γιατί ο έλεγχος θα γίνει εξαιρετικά πολύπλοκος και κατά συνέπεια το κόστος υλοποίησης της σωλήνωσης πολύ μεγάλο.

Παράδειγμα

Θεωρήστε ένα μη σωληνωμένο υπολογιστή. Ο υπολογιστής αυτός έχει κύκλους ρολογιού των 10ns και χρησιμοποιεί τέσσερις κύκλους ρολογιού για λειτουργίες της ALU και εντολές διακλάδωσης με συνθήκη και πέντε κύκλους ρολογιού για λειτουργίες στη μνήμη. Οι σχετικές συχνότητες των λειτουργιών αυτών είναι 40%, 20% και 40% αντίστοιχα. Έστω ότι η σωλήνωση του υπολογιστή προσθέτει χρονική επιβάρυνση 1ns. Αγνοώντας κάθε επίδραση άλλης καθυστέρησης, ποια είναι η επιτάχυνση στον ρυθμό εκτέλεσης των εντολών, την οποία κερδίζουμε με την σωλήνωση;

Απάντηση:

Ο μέσος χρόνος εκτέλεσης εντολών στο μη σωληνωμένο υπολογιστή είναι:

Μέσος χρόνος εκτέλεσης εντολών = Κύκλος ρολογιού * Μέσο CPI

(Μ.Χ.Ε.Ε) = 10ns * ((40 % + 20 %)* 4 + 40 % * 5)
= 10ns * 4.4
= 44ns

Στην εφαρμογή με σωλήνωση, το ρολόι πρέπει να τρέχει με την ταχύτητα του πιο αργού σταδίου συν την χρονική επιβάρυνση, η οποία θα είναι 10+1 ns. Αυτός είναι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης εντολής. Έτσι η επιτάχυνση που κερδίζουμε από τη σωλήνωση είναι:

Επιτάχυνση από τη σωλήνωση = (Μ.Χ.Ε.Ε. χωρίς σωλ.)/(Μ.Χ.Ε.Ε. με

= 44ns/11ns= 4φορές

Παράδειγμα

Υποθέστε ότι ο χρόνος που απαιτείται από πέντε λειτουργικές μονάδες, οι οποίες λειτουργούν σε κάθε έναν από τους πέντε κύκλους ρολογιού, είναι οι εξής: 10ns,8ns,10ns,10ns,7ns. Υποθέστε επίσης ότι η σωλήνωση προσθέτει 1ns χρονική επιβάρυνση. Να βρεθεί η επιτάχυνση από τη σωλήνωση, έναντι του υπολογιστή χωρίς σωλήνωση.

Απάντηση:

Αφού ο υπολογιστής χωρίς σωλήνωση εκτελεί όλες τις εντολές σε έναν κύκλο ρολογιού, ο μέσος χρόνος εκτέλεσης ανά εντολή είναι η διάρκεια του κύκλου ρολογιού. Η διάρκεια του κύκλου ρολογιού είναι ίση με το άθροισμα των χρόνων διάρκειας του κάθε σταδίου.

Μέσος χρόνος εκτέλεσης εντολής = 10 + 8 + 10 + 10 + 7
= 45 ns

Η διάρκεια του κύκλου ρολογιού σε έναν υπολογιστή με σωλήνωση είναι ίση με τη διάρκεια του πιο αργού σταδίου (10ns) συν την χρονική επιβάρυνση (1ns), δηλαδή 11ns. Αφού το CPI είναι 1, αυτό αποφέρει έναν μέσο χρόνο εκτέλεσης εντολής ίσο με 11ns. Έτσι

Επιτάχυνση από τη σωλήνωση = (Μ.Χ.Ε.Ε. χωρίς σωλ.)/(Μ.Χ.Ε.Ε. με

= 45ns/11ns=4.1φορές

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 6

Θεωρήστε έναν μη σωληνωμένο υπολογιστή με πέντε στάδια εκτέλεσης, με διάρκεια 50ns, 50ns, 60ns, 50ns, 50ns αντίστοιχα. Υποθέστε ότι η σωλήνωση αυτού του υπολογιστή προσθέτει μία χρονική επιβάρυνση ίση με 5ns. Αγνοώντας οποιαδήποτε καθυστέρηση, βρείτε την επιτάχυνση από τη σωλήνωση.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 6

Η επιτάχυνση από τη σωλήνωση υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$\textbf{Επιτάχυνση από τη σωλήνωση} = \frac{\textbf{Μ.Χ.Ε.Ε. χωρίς σωλήνωση}}{\textbf{Μ.Χ.Ε.Ε. με σωλήνωση,}}$$

όπου Μ.Χ.Ε.Ε. είναι ο Μέσος Χρόνος Εκτέλεσης Εντολών.

Ο Μ.Χ.Ε.Ε. για το μη σωληνωμένο υπολογιστή είναι:
(Μ.Χ.Ε.Ε χωρίς σωλήνωση) = (50+50+60+50+50)ns = 260ns

Ο Μ.Χ.Ε.Ε. για το σωληνωμένο υπολογιστή υπολογίζεται ως εξής: το ρολόι πρέπει να τρέχει με την ταχύτητα του πιο αργού σταδίου συν τη χρονική επιβάρυνση λόγω ελέγχου της σωλήνωσης η οποία είναι 5ns.

Έτσι, τελικά η επιτάχυνση από τη σωλήνωση είναι:

$$\textbf{Επιτάχυνση από τη σωλήνωση} = \frac{\textbf{Μ.Χ.Ε.Ε. χωρίς σωλήνωση}}{\textbf{Μ.Χ.Ε.Ε. με σωλήνωση,}}$$

= 260ns/65ns = 4 φορές

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν …

Σε κάθε κύκλο ρολογιού του υπολογιστή πρέπει να εξασφαλίζουμε ότι κάθε λειτουργική μονάδα μπορεί να εκτελεί μόνο μία λειτουργία.

Οι καταχωρητές σωλήνωσης χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των τιμών, οι οποίες μεταφέρονται από το ένα στάδιο της σωλήνωσης στο επόμενο. Οι πληροφορίες για το τι πρόκειται να συμβεί στα επόμενα στάδια της σωλήνωσης βρίσκονται στους καταχωρητές σωλήνωσης.

Ο έλεγχος για τη σωλήνωση υλοποιείται με τη χρήση τεσσάρων πολυπλεκτών. Με τη σωλήνωση αυξάνεται η ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος, αλλά αντίθετα έχουμε μία μικρή αύξηση του χρόνου εκτέλεσης μιας εντολής, εξαιτίας του ελέγχου.