

Οργάνωση Υπολογιστών (I)

(η «κεντρική» μονάδα επεξεργασίας)

<http://mixstef.github.io/courses/csintra/>



Μ.Στεφανιδάκης

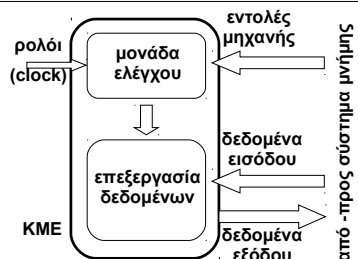
Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- **Central Processing Unit (CPU)**
 - Το υπολογιστικό τμήμα ενός «πυρήνα» (“core”)
- **Εκτέλεση πράξεων στα δεδομένα**
- **Κύριες κατηγορίες πράξεων**
 - Αριθμητικές-λογικές πράξεις
 - Μεταφορές δεδομένων από-προς μνήμη/καταχωρητές
 - Συγκρίσεις και διακλάδωση υπό συνθήκη
- **Επιλογή επιθυμητής πράξης**
 - Εντολές μηχανής (σειρές από bits)
 - Πρόγραμμα: ακολουθία εντολών μηχανής

Τα μέρη της ΚΜΕ (CPU)

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ



- **Επεξεργασία δεδομένων**
 - Καθοδήγηση από τη μονάδα ελέγχου
 - Βάσει του προγράμματος εκτέλεσης (εντολών)

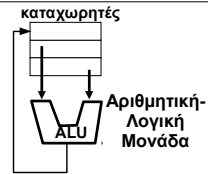
Επεξεργασία δεδομένων

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- **Ποιος εκτελεί τις πράξεις μεταξύ δεδομένων;**
 - Αριθμητικές-λογικές μονάδες (ΑΛΜ)
 - Διαφορετικές μονάδες για πράξεις ακεραίων και αριθμών κινητής υποδιαστολής
- **Από πού προέρχονται τα δεδομένα εισόδου στις ΑΛΜ και πού αποθηκεύεται το αποτέλεσμα της πράξης;**
 - Καταχωρητές
 - Μνήμη

Καταχωρητές (registers)

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ



- Καταχωρητές
 - Αυτόνομες θέσεις αποθήκευσης μέσα στην ΚΜΕ
 - Μία “λέξη” δεδομένων
 - Γρήγορη προσπέλαση
 - Προσωρινή αποθήκευση δεδομένων
 - Δεδομένα εισόδου και εξόδου ΑΛΜ (ALU)
 - Καταχωρητές γενικού σκοπού (general purpose)

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (Ι)”

5

Έλεγχος εκτέλεσης εντολών

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Μονάδα ελέγχου (control unit)
 - Εκτέλεση εντολών μηχανής
- Ποια είναι η επόμενη προς εκτέλεση εντολή;
 - Μετρητής προγράμματος (Program Counter – PC ή Instruction Pointer – IP): καταχωρητής ειδικού σκοπού, περιέχει τη διεύθυνση στη μνήμη της επόμενης εντολής
 - Κατά την εκτέλεση της τρέχουσας εντολής αυξάνεται αυτόματα για να «δείχνει» στην επόμενη εντολή

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (Ι)”

6

Επιλογή λειτουργιών εντολής μηχανής

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Πώς επιλέγεται για κάθε εντολή η λειτουργία της (π.χ. η πράξη) και τα δεδομένα εισόδου/εξόδου της;
- Αποκωδικοποίηση εντολών μηχανής
 - Στη μονάδα ελέγχου της ΚΜΕ
 - Με βάση τα bits κάθε εντολής δημιουργούνται τα σήματα ελέγχου (δηλ. επιλογής) της λειτουργίας όλης της ΚΜΕ

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (Ι)”

7

Program Counter (PC)

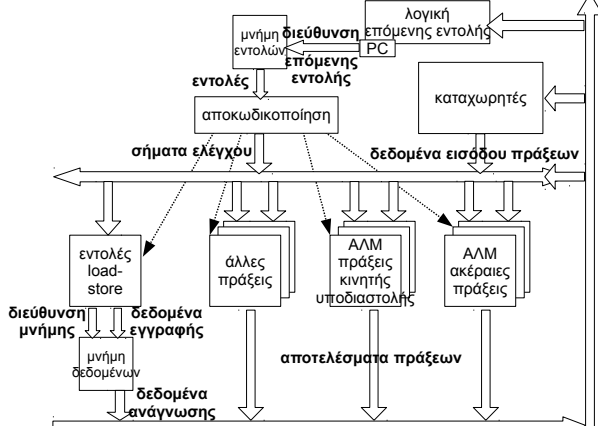
- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Καταχωρητής διεύθυνσης
 - Ονομάζεται επίσης Instruction Pointer (IP)
 - Διεύθυνση της επόμενης εντολής στη μνήμη
 - Ανάκληση εντολής από μνήμη
- Αυτόματη αύξηση
 - Δείχνει στην επόμενη θέση μνήμης (επόμενη εντολή) μετά την ανάκληση της τρέχουσας εντολής
- Ειδική περίπτωση: διακλάδωση
 - Μετά από σύγκριση
 - Φόρτωση του PC με διαφορετική τιμή
 - Μεταφορά της ροής εκτέλεσης σε άλλο σημείο
 - Υλοποίηση δομών if ... then ... else

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (Ι)”

8

Η σύγχρονη Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (I)"

9

Αρχιτεκτονική συνόλου εντολών

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Τι πρέπει να ξέρουμε για να προγραμματίσουμε έναν επεξεργαστή (instruction set architecture – ISA)
 - Ποιες είναι οι διαθέσιμες εντολές μηχανής
 - Τύποι και προέλευση δεδομένων
 - Ποιους καταχωρητές χρησιμοποιούμε
 - Ποιο το μοντέλο της διαθέσιμης μνήμης
 - Σήμερα: επίπεδο μοντέλο, ενιαίος χώρος μνήμης ανά πρόγραμμα, από τη διεύθυνση 0 έως τη μέγιστη δυνατή
 - Πώς σχηματίζεται μια διεύθυνση μνήμης
 - Πώς αντιδρά ο επεξεργαστής σε εξωτερικές διακοπές και καταστάσεις σφάλματος

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (I)"

10

Αρχιτεκτονικές συνόλου εντολών

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Υπολογιστές σύνθετου συνόλου εντολών
 - Complex Instruction Set Computer (CISC)
 - Μεγάλο σετ εντολών (σύνθετες λειτουργίες)
 - Εύκολη συγγραφή προγραμμάτων
 - Πολύπλοκη ΚΜΕ
- Υπολογιστές περιορισμένου σετ εντολών
 - Reduced Instruction Set Computer (RISC)
 - Μικρό σύνολο απλών εντολών (απλές λειτουργίες)
 - Μεγαλύτερα προγράμματα
 - Απλούστερη ΚΜΕ
 - Μεγαλύτερη χρησιμοποίηση (παράλληλια)

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (I)"

11

Η γλώσσα assembly

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

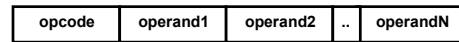
- Μνημονική αναπαράσταση των εντολών μηχανής
 - Αντί να γράφουμε σειρές από 0 και 1...
 - Κάθε εντολή assembly αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη εντολή μηχανής
- Συγγραφή προγραμμάτων σε χαμηλό επίπεδο
 - Π.χ. κώδικας αρχικοποίησης του υπολογιστή
- Ο κώδικας assembly είναι διαφορετικός ανά επεξεργαστή
 - Άλλο σετ εντολών, άλλα ονόματα καταχωρητών...
 - Δεν μεταφέρεται το ίδιο πρόγραμμα assembly σε διαφορετικό επεξεργαστή (non-portable)
- Στα παραδείγματά μας: assembly x86 (στα PCs)

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (I)"

12

Τι περιγράφουν τα bits μιας εντολής μηχανής;

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ



Περιγράφει το είδος της πράξης που θα εκτελεστεί

Περιγράφουν την προέλευση των δεδομένων εισόδου (αριθμό καταχωρητή, διεύθυνση μνήμης κλπ) και τον προορισμό των δεδομένων εξόδου (αποτελέσματος πράξης)

- Το είδος της πράξης προσδιορίζει
 - τον τύπο, των δεδομένων (π.χ. ακέραιοι ή δεκαδικοί)
 - την προέλευση των δεδομένων (π.χ. από καταχωρητή ή από τη μνήμη)
 - και τον αριθμό των δεδομένων που συμμετέχουν στην πράξη

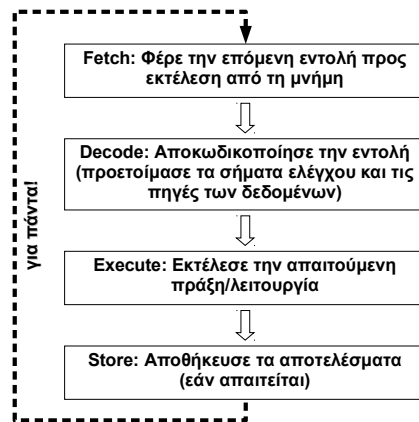
Πηγές και προορισμός δεδομένων εντολών

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

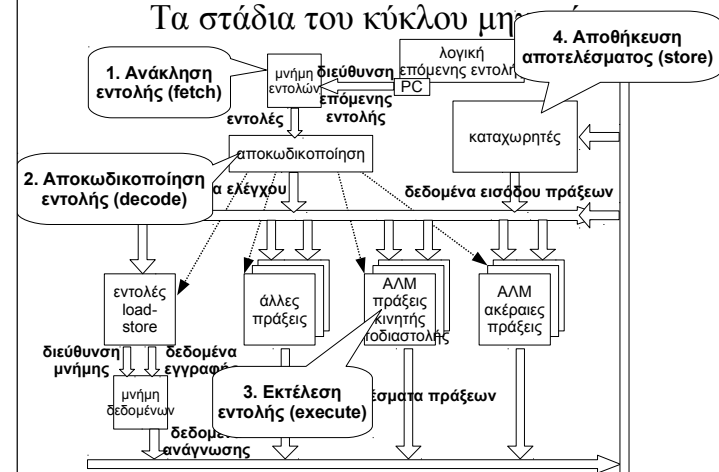
- Από-προς καταχωρητές
`mov eax,ebx` ; μετακίνησε το περιεχόμενο του
 ; καταχωρητή ebx στον eax
- Από-προς θέσεις μνήμης
`cmp eax,[intlist+edi*4]` ; σύγκρινε το περιεχόμενο
 ; του eax με θέση μνήμης
 - διεύθυνση = σταθερά + τιμή καταχωρητή*σταθερά
 - εκτός από το προηγούμενο παράδειγμα, η διεύθυνση μνήμης μπορεί να προκύψει και με άλλους συνδυασμούς!
- Από σταθερές μέσα στην εντολή
`add edi,33` ; αύξησε το περιεχόμενο του
 ; καταχωρητή edi κατά 33
 - ο αριθμός 33 βρίσκεται μέσα στα bits της εντολής

Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ



Τα στάδια του κύκλου μηχανής



Διακοπές και Σφάλματα

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Ο κύκλος μηχανής επαναλαμβάνεται ντετερμινιστικά και συνεχώς
 - Είτε με την επόμενη εντολή είτε με την εντολή μετά από διακλάδωση
- Εκτός αν συμβεί μια διακοπή ή ένα σφάλμα
 - Διακοπή (interrupt): προκαλείται από εξωτερική συσκευή, οδηγώντας έναν ακροδέκτη εισόδου του επεξεργαστή από 0 σε 1 (ή ανάποδα).
 - Σφάλμα (exceprtion): κατά την εκτέλεση, λόγω π.χ. διαίρεσης δια 0, προσπέλασης άκυρης διεύθυνσης μνήμης κ.ά.

Αντίδραση σε διακοπές

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Διακόπτεται το εκτελούμενο πρόγραμμα
 - Αφού ολοκληρωθεί η τρέχουσα εντολή
- Αποθηκεύονται στη στοίβα οι τιμές των καταχωρητών και ο Program Counter
 - Δηλαδή, η κατάσταση του προγράμματος
- Η εκτέλεση μεταβαίνει σε προκαθορισμένη για κάθε είδους διακοπή θέση μνήμης
 - Όπου το λειτουργικό σύστημα έχει τοποθετήσει μια διακλάδωση στη ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής (interrupt service routine – ISR)
- Με την ολοκλήρωση της ρουτίνας εξυπηρέτησης, η εκτέλεση επιστρέφει στο πρόγραμμα που διακόπηκε
 - Αφού αποκατασταθούν οι καταχωρητές

Σημαίες κατάστασης (flags)

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Μια ομάδα bits που αναφέρουν την κατάσταση της ΚΜΕ μετά την εκτέλεση μιας εντολής
 - Κάθε εντολή επηρεάζει ορισμένα μόνο flags
- Τα πιο κοινά flags:
 - (Z)ero flag = μηδενικό αποτέλεσμα (της προηγούμενης πράξης)
 - (S)ign flag = αρνητικό αποτέλεσμα
 - (C)arry flag = υπαρξη τελικού κρατουμένου
 - ο(V)erflow flag = ένδειξη υπερχείλισης
- Άλλα flags τίθενται από το πρόγραμμα για να ειδοποιήσουν την ΚΜΕ για μια επιλογή
 - Π.χ. το (I)nterrupt flag δηλώνει αν επιτρέπουμε διακοπές ή όχι

Διακλάδωση υπό συνθήκη και flags

- Εισαγωγή
- ΚΜΕ

- Κάθε εντολή διακλάδωσης υπό συνθήκη εξετάζει ορισμένα flags για να αποφασίσει αν θα εκτελεστεί η διακλάδωση ή όχι
- Τα flags έχουν τεθεί από την αμέσως προηγούμενη εντολή
- Παράδειγμα:
`cmp edi,10` ; σύγκριση του περιεχομένου του
; καταχωρητή edi με το 10
; η εντολή `cmp` θέτει ανάλογα τα Z, C, S και V flags
`jne again` ; διακλάδωση εάν Z flag = 0