

Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ (θεμελιώδεις αρχές λειτουργίας των υπολογιστών)

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



Μ.Στεφανιδάκης

Το μάθημα συνοπτικά (1)

• Το μάθημα

- Θεωρητικό μέρος
 - Αρχιτεκτονική οργάνωση
 - Επεξεργαστή
 - Κύριας και κρυφής μνήμης
 - Διαύλων και συσκευών Ε/Ε
 - Θέματα απόδοσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα
 - Προηγμένες αρχιτεκτονικές Η/Υ (εισαγωγή)
 - Βαθμολόγηση: γραπτές εξετάσεις

Το μάθημα συνοπτικά (2)

• Το μάθημα

- Εργαστήριο
 - Σχεδίαση απλής κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και προσομοίωση
 - Βαθμολόγηση: με τη μορφή bonus
 - προϋπόθεση: παρουσία στο εργαστήριο!
- Προτεινόμενα Βιβλία
 - D.A. Patterson & J.L. Hennessy, “Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών (Τόμος Α’)”, Κλειδάριθμος, 2010.
 - W. Stallings, “Οργάνωση και αρχιτεκτονική υπολογιστών”, ΤΖΙΟΛΑ, 2011.

Τι είναι ένα “υπολογιστικό σύστημα”;

• Υπολογιστικά Συστήματα

- Οι κλασικοί υπολογιστές...
 - Τύπου Desktop, Laptop, Notebook
 - Υπερυπολογιστές
 - Supercomputers
- Αλλά επίσης και...
 - Tablets και Smartphones
 - E-book readers
- Ο κατάλογος δεν σταματά εδώ
 - Τι συμβαίνει με τις συσκευές που δεν είναι αλλά περιέχουν υπολογιστές (ενσωματωμένα συστήματα);

Ενσωματωμένα συστήματα

- Υπολογιστικά Συστήματα

- “Embedded Systems”
 - Μια πολύ μεγάλη αγορά
 - 95% των μικροεπεξεργαστών που πωλούνται ανά έτος καταλήγει σε ένα ενσωματωμένο σύστημα!
 - Υπολογιστικά συστήματα ελέγχου
 - Συστήματα ειδικών απαιτήσεων
 - Ιατρικά, συγκοινωνίες, εργοστάσια, συλλογή πληροφοριών, δικτυακές συσκευές...
 - Καταναλωτικά προϊόντα
 - Αυτοκίνητα
 - Το σύνολο σχεδόν των σύγχρονων οικιακών συσκευών

;

Ποια είναι η αρχιτεκτονική του μικροεπεξεργαστή που παράγεται σε μεγαλύτερο αριθμό ανά έτος;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

5

Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

Υπολογιστικό σύστημα



Αρχιτεκτονική Η/Υ

Διαθέσιμη τεχνολογία

- Η αρχιτεκτονική συγκροτεί υπολογιστικά συστήματα χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα τεχνολογία
 - και προδιαγράφει (ωθεί) τη μελλοντική τεχνολογία!

;

Ανήκει το λογισμικό στο διπλανό σχήμα;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

6

Αρχιτεκτονική: υλικό μόνο ή και λογισμικό;

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Το λογισμικό είναι σημαντικό μέρος ενός υπολογιστικού συστήματος
 - Ορίζει τον τρόπο χρήσης του υλικού
 - Συνεπώς (συν-)διαμορφώνει
 - την απόδοση
 - την κατανάλωση ενέργειας
 - την αξιοπιστία
- “Η αρχιτεκτονική ασχολείται με το υλικό”
 - Η παραδοσιακή αντίληψη
- “Πρέπει να λαμβάνεται υπ’ όψη και το λογισμικό”
 - Η σύγχρονη αντίληψη

;

Σε ποια συστήματα έχει ιδιαίτερη σημασία η αρχιτεκτονική του λογισμικού;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

7

Ο υπολογιστής ως ιεραρχία επιπέδων

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

Εφαρμογές

API

ΛΣ & βιβλιοθήκες

Αρχιτεκτονική Εντολών (ISA)

Υλικό εκτέλεσης (μικροεπεξεργαστής)

Μνήμη

Συσκευές Ε/Ε

- Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών
 - Instruction Set Architecture (ISA)
 - Η διεπαφή υλικού-λογισμικού

;

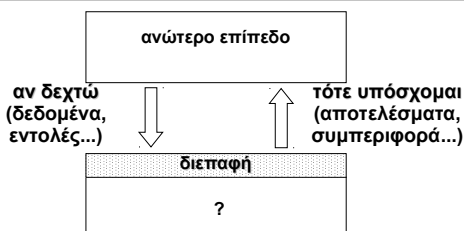
Τι ακριβώς είναι μια διεπαφή (interface); Γιατί είναι τόσο σημαντική έννοια;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

8

Η σπουδαιότητα των διεπαφών

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ



Αντιστοίχια με γλώσσες προγραμματισμού;

- Αντιμετώπιση πολυπλοκότητας σχεδιασμού
- Επαναχρησιμοποίηση τμημάτων
- Αξιόπιστος σχεδιασμός

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

9

Αρχιτεκτονική: ο τελικός στόχος

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Η αξιοποίηση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο του υλικού και λογισμικού για την ανάπτυξη

- Αποδοτικών συστημάτων
 - Γρήγορη εκτέλεση προγραμμάτων γενικού σκοπού
 - Υπερυπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές
- Αξιόπιστων συστημάτων
 - Ασφαλής εκτέλεση προγραμμάτων ειδικού σκοπού
 - Συστήματα πραγματικού χρόνου
- Προσιτών συστημάτων
 - Ικανοποιητική εκτέλεση με μικρό κόστος-ενέργεια
 - Καταναλωτικές συσκευές

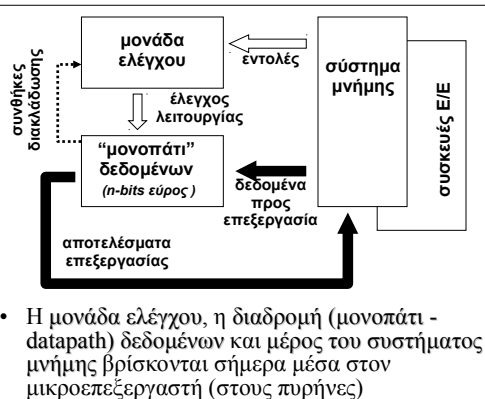
Ποια η διαφορά μεταξύ γρήγορης εκτέλεσης και αξιόπιστης εκτέλεσης;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

10

Οι βασικές μονάδες κάθε υπολογιστή

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες



Η διπλή εικόνα είναι απλοποιημένη!

- Η μονάδα ελέγχου, η διαδρομή (μονοπάτι - datapath) δεδομένων και μέρος του συστήματος μνήμης βρίσκονται σήμερα μέσα στον μικροεπεξεργαστή (στους πυρήνες)

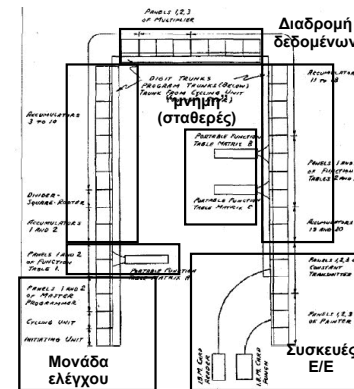
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

11

The Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) 1946

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες

Ο ENIAC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής, διέθετε 18.000 λυχνίες για τα λογικά του κυκλώματα. Δεν υπήρχε μνήμη προγράμματος!



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

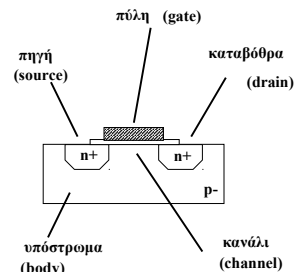
12

Το τρανζίστορ MOS(FET)

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

i

Το τρανζίστορ αυτό είναι τύπου NMOS. Υπάρχει και το συμπληρωματικό PMOS.



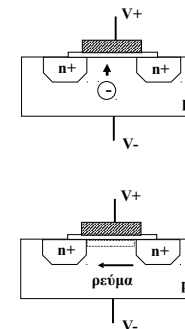
«κλασσικό» σχήμα.. σήμερα τα τρανζίστορ διαθέτουν πτερύγια (fins) ως κανάλι, με την πύλη στις τρεις πλευρές τους

Λειτουργία του τρανζίστορ MOS(FET)

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

;

Τι συμβαίνει στο τρανζίστορ PMOS;



Ψηφιακά Ηλεκτρονικά και Δυαδική λογική

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα



C.E.Shannon

- Η δυαδική λογική ταιριάζει με την τεχνολογία του τρανζίστορ
 - 2 καταστάσεις: ON-OFF, 1-0
 - Ψηφιακά ηλεκτρονικά (2 στάθμες)
- Δυαδική άλγεβρα Boole
 - Λογική άλγεβρα
 - Συσχέτιση με διακοπτικά κυκλώματα
 - Shannon (1938)

Κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

i

Λόγω της απαιτούμενης ακρίβειας, μια γραμμή παραγωγής κοστίζει δισ. \$

- Γραμμές παραγωγής
 - Φωτολιθογραφία με μάσκες
 - Διεργασίες στα εκτεθειμένα μέρη
 - Οξείδωση, απόξεση, απόθεση μετάλλου, εμφύτευση ιόντων...(βλ. και μάθημα “Εισαγωγή στους Η/Υ”)
 - Επανάληψη βημάτων
- Ένα σύγχρονο ολοκληρωμένο κύκλωμα μικροεπεξεργαστή
 - Έχει επιφάνεια περίπου 280mm²
 - Και περιέχει από 100 εκ. έως >1 δισ. τρανζίστορ!

Η συρρίκνωση του τρανζίστορ

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

i

Νόμος του Moore: ο αριθμός των τρανζίστορ ανά ολοκληρωμένο διπλασιάζεται κάθε 1,5-2 χρόνια

- Πλεονεκτήματα
 - Ταχύτερη λειτουργία
 - Πιο γρήγοροι χρόνοι ON-OFF
 - Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
 - Για τον ίδιο αριθμό τρανζίστορ!
 - Μεγαλύτερη ολοκλήρωση
 - Μείωση κόστους παραγωγής και αύξηση λειτουργικότητας
- Τρέχουσα εμπορική τεχνολογία:
 - “10-7nm” (όρος marketing, παλαιότερα αντιστοιχούσε στο εύρος της πύλης του τρανζίστορ)

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά: Ιεραρχία σχεδίασης

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

