

## 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
  - Ψηφιακή Τεχνολογία
  - Αρχιτεκτονική οργάνωση
    - Επεξεργαστή
    - κύριας και κρυφής μνήμης
    - Διαύλων και συσκευών Ε/Ε
  - Θέματα απόδοσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα
  - Εισαγωγή στις προηγμένες αρχιτεκτονικές Η/Υ
  - 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: κάτι διαφορετικό(;)

- Υπολογιστικά Συστήματα

;

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

- “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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

5

## Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

Ανήκει το λογισμικό στο διπλανό σχήμα;

Υπολογιστικό σύστημα



Αρχιτεκτονική Η/Υ

Διαθέσιμη τεχνολογία

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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

6

## Αρχιτεκτονική: υλικό μόνο ή και λογισμικό;

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

Σε ποια συστήματα έχει ιδιαίτερη σημασία η αρχιτεκτονική του λογισμικού;

- 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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

7

## Ο υπολογιστής ως ιεραρχία επιπέδων

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

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

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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

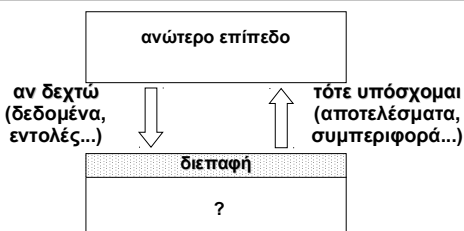
8

## Η σπουδαιότητα των διεπαφών

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

Αντιστοιχία 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

;

Ποια η διαφορά μεταξύ γρήγορης εκτέλεσης και αξιόπιστης εκτέλεσης;

- 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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

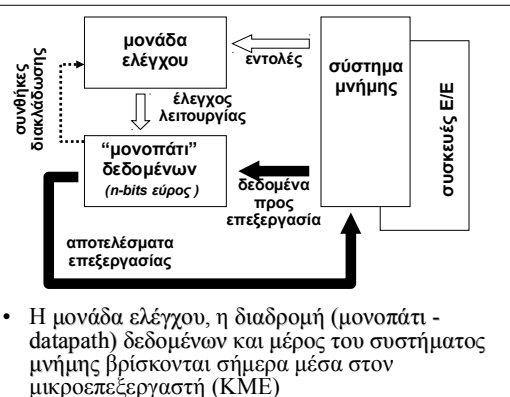
10

## Οι βασικές μονάδες κάθε υπολογιστή

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

!

Η διπλανή εικόνα είναι απλοποιημένη!



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

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

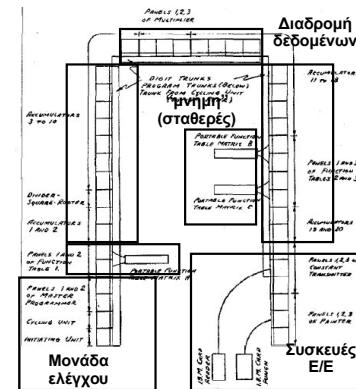
11

## The Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) 1946

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

i

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

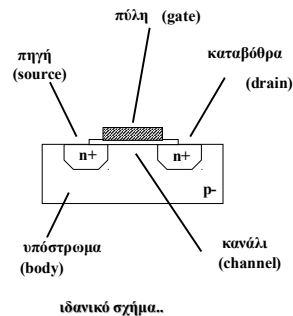


## Το τρανζίστορ MOS(FET)

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

**i**

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



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

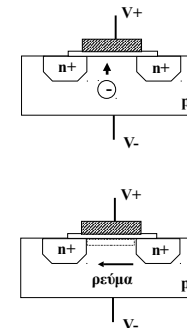
17

## Λειτουργία του τρανζίστορ MOS(FET)

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

**;**

Τι συμβαίνει στο τρανζίστορ PMOS;



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

18

## 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 280mm<sup>2</sup>
  - Και περιέχει από 100 εκ. έως >1 δισ. τρανζίστορ!

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

19

## 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

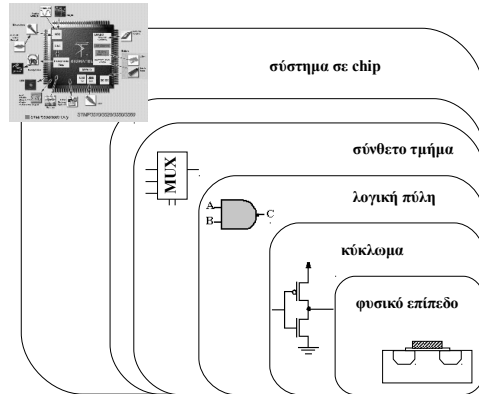
- Πλεονεκτήματα
  - Ταχύτερη λειτουργία
    - Πιο γρήγοροι χρόνοι ON-OFF
  - Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
    - Για τον ίδιο αριθμό τρανζίστορ!
  - Μεγαλύτερη ολοκλήρωση
    - Μείωση κόστους παραγωγής και αύξηση λειτουργικότητας
- Τρέχουσα εμπορική τεχνολογία:
  - Μέγεθος (καναλιού) τρανζίστορ = 14-22nm
- Το άμεσο μέλλον: 10 nm
  - μετά: έρευνα για νέα υλικά για “διακόπτες”;

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

20

## Ψηφιακά Ηλεκτρονικά: Ιεραρχία σχεδίασης

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



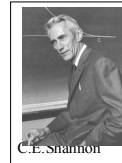
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

21

## Ψηφιακά Ηλεκτρονικά και Δυαδική λογική

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

- 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
    - Η εργασία του Shannon (1938)



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

22

## Άλγεβρα Boole: επανάληψη

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

- $A + B$  (A OR B)
- $A \cdot B$  (ή απλά AB, A AND B)
- $\overline{A}$  (NOT A)
  - $A + 0 = A$  και  $A \cdot 1 = A$
  - $A + 1 = 1$  και  $A \cdot 0 = 0$
  - $A + \overline{A} = 1$  και  $A \cdot \overline{A} = 0$
  - $A + B = B + A$  και  $A \cdot B = B \cdot A$
  - $A + (B + C) = (A + B) + C$  και
  - $A(BC) = (AB)C$

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

23

## Άλγεβρα Boole: επανάληψη

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

- $A(B+C) = (AB)+(AC)$  και
- $A+(BC) = (A+B)(A+C)$
- $\overline{(A+B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$  και
- $\overline{(A \cdot B)} = \overline{A} + \overline{B}$  (DeMorgan)

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

24