

Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ

(Θεμελιώδεις αρχές λειτουργίας των υπολογιστών)

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



Μ.Στεφανιδάκης

Το μάθημα συνοπτικά

• Το μάθημα

• Εργαστήριο

- Σχεδίαση απλής κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και προσομοίωση
- Σταδιακά, κάθε εβδομάδα
- Βαθμολόγηση: με τη μορφή bonus
 - προϋπόθεση: έγκαιρη παράδοση ασκήσεων

• Προτεινόμενα Βιβλία

- D.A.Patterson & J.L.Hennessy, “Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών (Τόμος Α’)”, Κλειδάριθμος, 2010.
- W. Stallings, “Οργάνωση και αρχιτεκτονική υπολογιστών”, ΤΖΙΟΛΑ, 2020.

Το μάθημα συνοπτικά

• 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

Τι είναι ένα «υπολογιστικό σύστημα»;

• Υπολογιστικά Συστήματα

• Οι κλασικοί υπολογιστές...

- Τύπου Desktop, Laptop, Notebook
- Υπερυπολογιστές

• Ο «απομακρυσμένος υπολογιστής»

- Data Centers (Cloud Computing)

• 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”

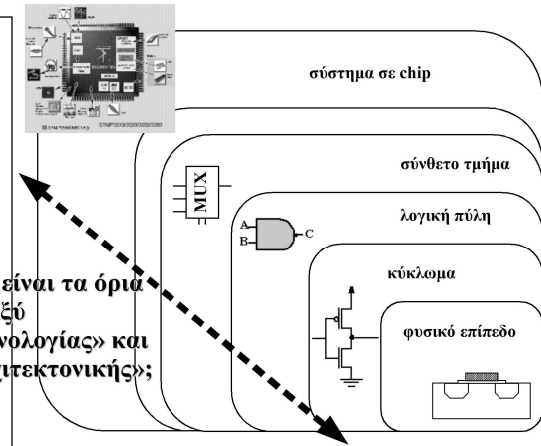
- Μια πολύ μεγάλη αγορά
 - 95% των μικροεπεξεργαστών που πωλούνται ανά έτος καταλήγει σε ένα ενσωματωμένο σύστημα
- Συστήματα ειδικών απαιτήσεων
 - Ιατρικά, συγκοινωνίες, εργοστάσια, συλλογή πληροφοριών, δικτυακές συσκευές...
- Καταναλωτικά προϊόντα
 - Smartphones
 - Αυτοκίνητα
 - Το σύνολο σχεδόν των σύγχρονων οικιακών συσκευών
- Internet of Things (IoT)
 - Ενσωματωμένα συστήματα με σύνδεση στο διαδίκτυο

;

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

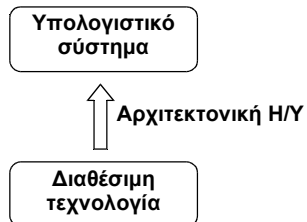
Τεχνολογία ή Αρχιτεκτονική Η/Υ;

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ



Τι είναι η «Αρχιτεκτονική Η/Υ»;

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ



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

Αρχιτεκτονική Η/Υ: ο στόχος

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Η αξιοποίηση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο του υλικού και λογισμικού για τη σχεδίαση και ανάπτυξη
 - Αποδοτικών συστημάτων
 - Γρήγορη εκτέλεση προγραμμάτων γενικού σκοπού
 - Υπερυπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές
 - Αξιόπιστων συστημάτων
 - Ασφαλής εκτέλεση προγραμμάτων ειδικού σκοπού
 - Συστήματα πραγματικού χρόνου
 - Data centers
 - Προσιτών συστημάτων
 - Ικανοποιητική εκτέλεση με μικρό κόστος-ενέργεια
 - Καταναλωτικές συσκευές

;

Ποια η διαφορά μεταξύ γρήγορης εκτέλεσης και αξιόπιστης εκτέλεσης;

Αρχιτεκτονική: υλικό μόνο ή και λογισμικό;

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

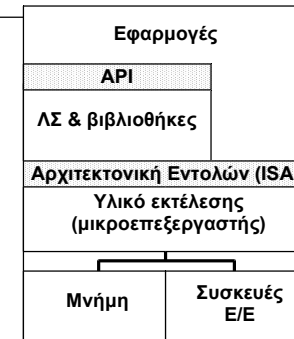
- Το λογισμικό είναι σημαντικό μέρος ενός υπολογιστικού συστήματος
 - Ορίζει τον τρόπο χρήσης του υλικού
 - Συνεπώς (συν-)διαμορφώνει
 - την απόδοση
 - την κατανάλωση ενέργειας
 - την αξιοπιστία
- «Η αρχιτεκτονική ασχολείται με το υλικό»
 - Η παραδοσιακή αντίληψη
- «Πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και το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

;

Σε ποια συστήματα έχει ιδιαίτερη σημασία η αρχιτεκτονική του λογισμικού;

Ο υπολογιστής ως ιεραρχία επιπέδων

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ



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

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

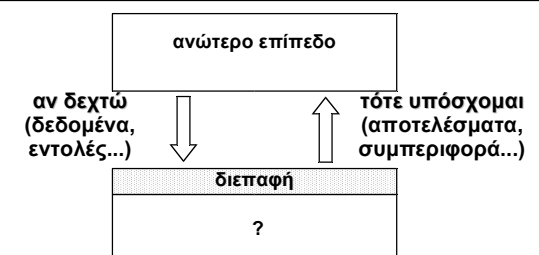
Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

- Παραδοσιακά η Αρχιτεκτονική Η/Υ ασχολείται με τη σχεδίαση του συνόλου εντολών ενός επεξεργαστή
 - Instruction Set Architecture (ISA)
- Η σύγχρονη ματιά στην Αρχιτεκτονική Η/Υ περιλαμβάνει επίσης
 - Την οργάνωση και διασύνδεση των υποσυστημάτων ενός υπολογιστή
 - Την οργάνωση των τμημάτων ενός επεξεργαστή
 - Τη λογική σχεδίαση των τμημάτων ενός υπολογιστή ή επεξεργαστή
 - Στα όρια αρχιτεκτονικής και τεχνολογίας

Η σπουδαιότητα των διεπαφών

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

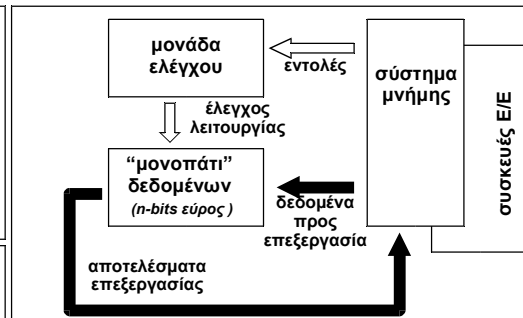


- Αντιμετώπιση πολυπλοκότητας σχεδιασμού
- Επαναχρησιμοποίηση τμημάτων
- Αξιοπистος σχεδιασμός

Αντιστοιχία με γλώσσες προγραμματισμού;

Οι βασικές μονάδες κάθε υπολογιστή

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



- Η μονάδα ελέγχου, το μονοπάτι δεδομένων (datapath) και μέρος του συστήματος μνήμης βρίσκονται μέσα στον επεξεργαστή (στους πυρήνες)

!

Η διπλανή εικόνα
είναι
απλοποιημένη!

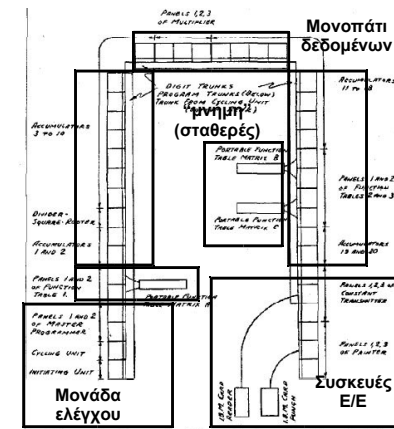
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

13

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!



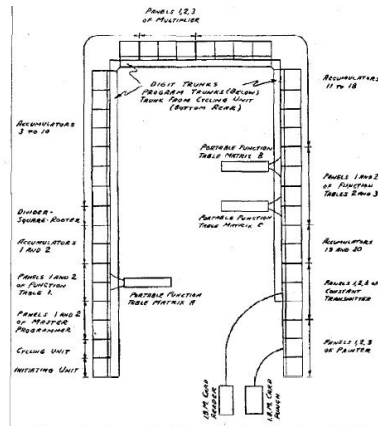
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

15

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
πτήρχε μνήμη
προγράμματος!

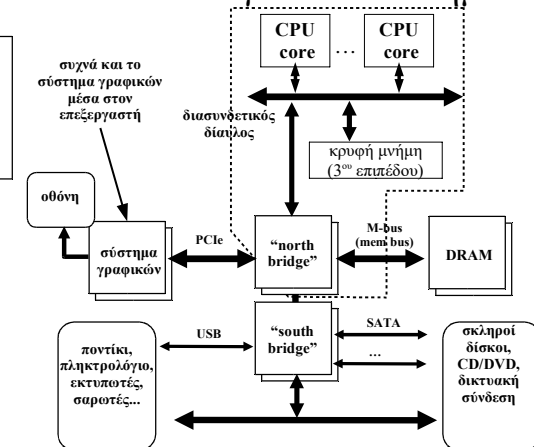


Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

14

Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα

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



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών – “Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική Η/Υ”

16

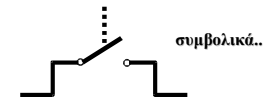
Ηλεκτρονικά κυκλώματα – επανάληψη

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

- Σε κάθε υπολογιστή απαιτούνται
 - Λογικά κυκλώματα
 - Για την εκτέλεση πράξεων
 - Και για τη σύγκριση και λήψη αποφάσεων
 - Κυκλώματα μνήμης
 - Για την αποθήκευση δεδομένων
 - Και για την αποθήκευση εντολών
 - Κυκλώματα διασύνδεσης
 - Για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των μονάδων του υπολογιστή
 - Για τη μεταφορά μεταξύ των τμημάτων ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (chip)

Το τρανζίστορ MOS(FET)

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



- Ο μικροσκοπικός διακόπτης των σύγχρονων κυκλωμάτων
 - Η θεωρία λειτουργίας του είναι γνωστή από το 1925...
 - ...αλλά τα πρώτα λειτουργικά τρανζίστορ MOS κατασκευάστηκαν στη δεκαετία του 60

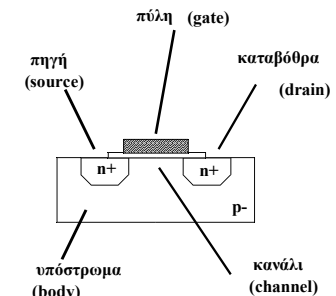
Πριν τα σύγχρονα ηλεκτρονικά

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

- Παλαιότερα χρησιμοποιήθηκαν...
 - Λογικά κυκλώματα
 - Μηχανικά συστήματα (γρανάζια)
 - Ηλεκτρομηχανικά (ρελέ)
 - Λυχνίες κενού
 - Κυκλώματα μνήμης
 - Τα ίδια, αλλά και...
 - Γραμμές υδραργύρου (!) – καθοδική οθόνη (!)
 - Κυκλώματα διασύνδεσης
 - Καλώδια!

Το τρανζίστορ MOS(FET)

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



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

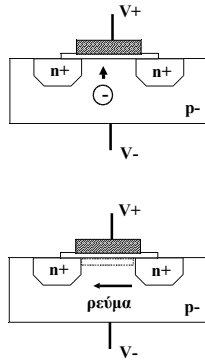
i
Το τρανζίστορ αυτό είναι τύπου NMOS. Υπάρχει και το συμπληρωματικό PMOS.

Λειτουργία του τρανζίστορ MOS(FET)

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

;

Τι συμβαίνει στο τρανζίστορ PMOS;



Κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

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

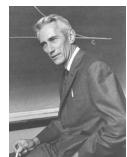
i

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 280-400 mm²
 - Και περιέχει από 100 εκ. έως 30+ δισ. τρανζίστορ (συχνά σε πολλαπλά επίπεδα)

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)

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)
 - Περίπου 100εκ. τρανζίστορ/mm²