

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής  
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών  
2017-18

# 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 E/E
  - 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 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: 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

# Ο υπολογιστής ως ιεραρχία επιπέδων

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

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



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

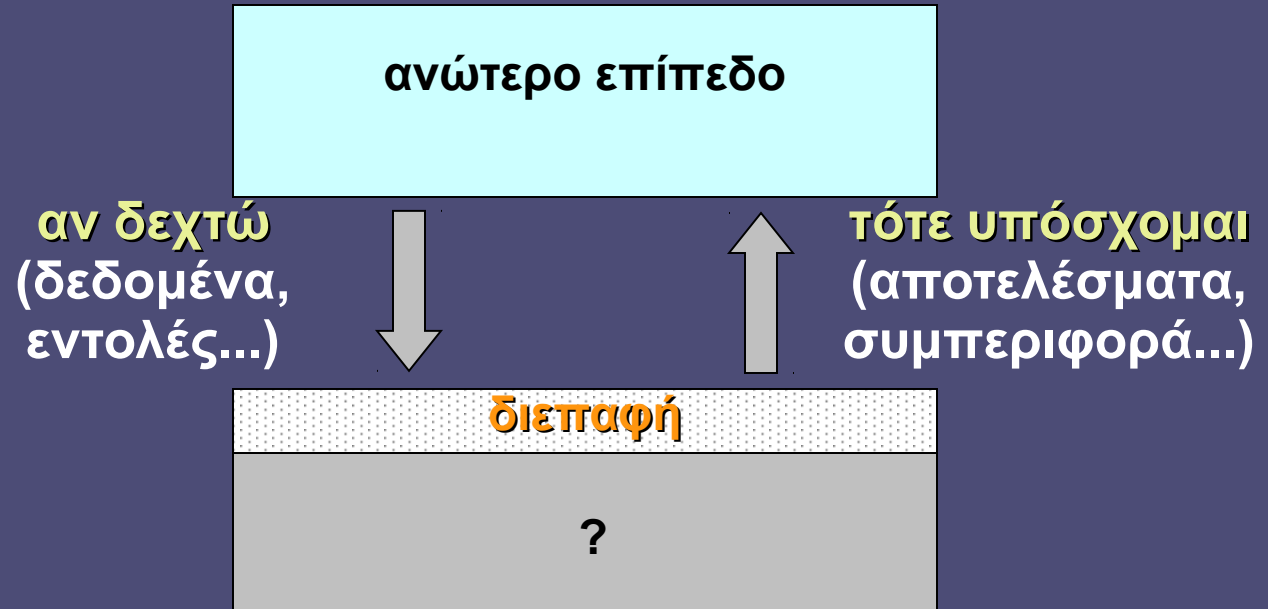


# Η σπουδαιότητα των διεπαφών

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ

;

Αντιστοιχία με  
γλώσσες  
προγραμματισμού;



- Αντιμετώπιση πολυπλοκότητας σχεδιασμού
- Επαναχρησιμοποίηση τμημάτων
- Αξιόπιστος σχεδιασμός

# Αρχιτεκτονική: ο τελικός στόχος

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ



Ποια η διαφορά  
μεταξύ γρήγορης  
εκτέλεσης και  
αξιόπιστης  
εκτέλεσης;

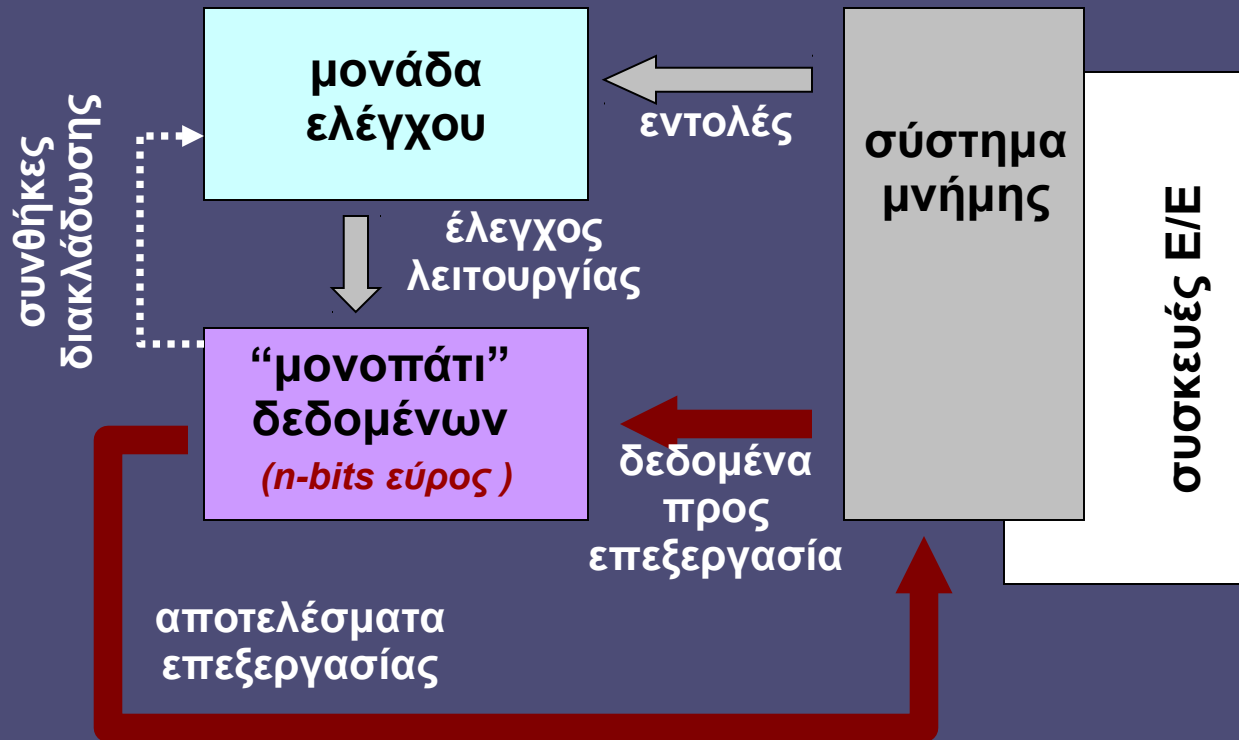
- Η αξιοποίηση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο του υλικού και λογισμικού για την ανάπτυξη
  - **Αποδοτικών συστημάτων**
    - Γρήγορη εκτέλεση προγραμμάτων γενικού σκοπού
    - Υπερυπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές
  - **Αξιόπιστων συστημάτων**
    - Ασφαλής εκτέλεση προγραμμάτων ειδικού σκοπού
    -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

# Οι βασικές μονάδες κάθε υπολογιστή

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



Η διπλανή εικόνα είναι απλοποιημένη!



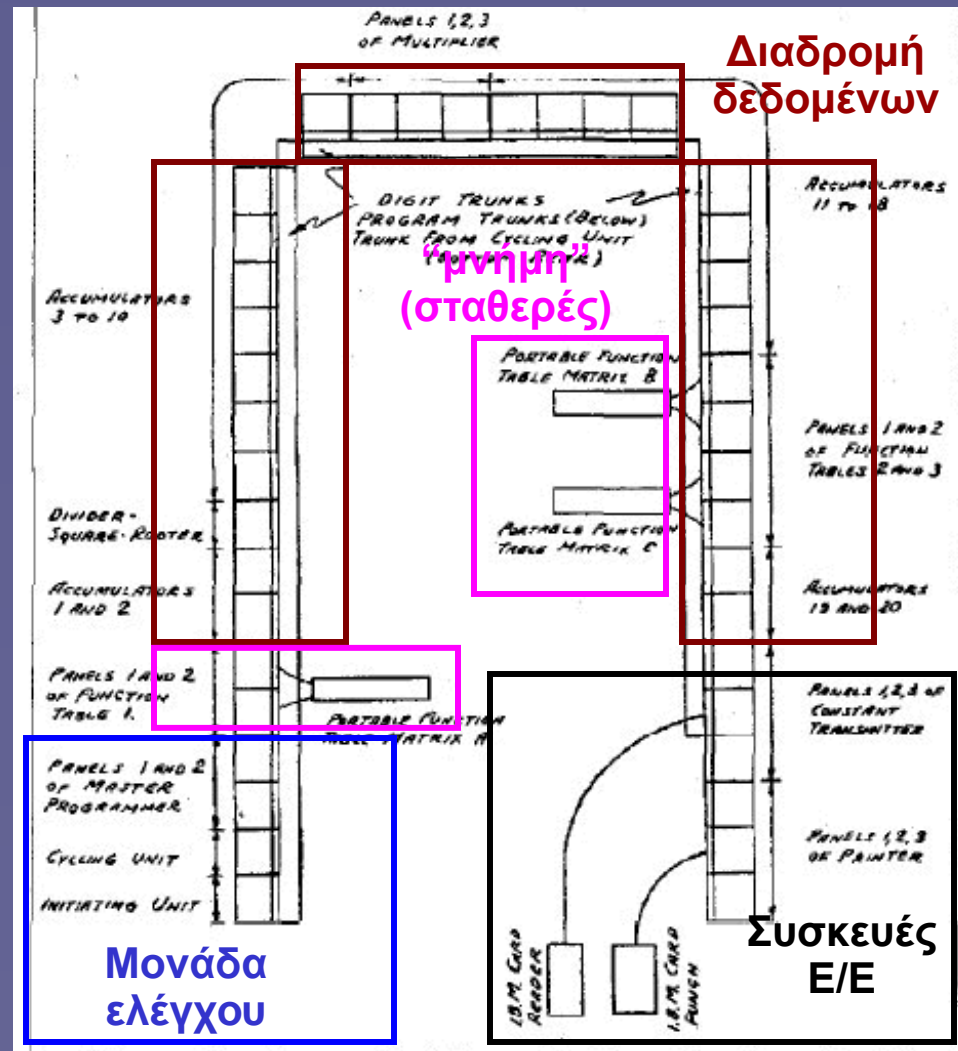
- Η μονάδα ελέγχου, η διαδρομή (μονοπάτι - datapath) δεδομένων και μέρος του συστήματος μνήμης βρίσκονται σήμερα μέσα στον μικροεπεξεργαστή (ΚΜΕ)

# 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!

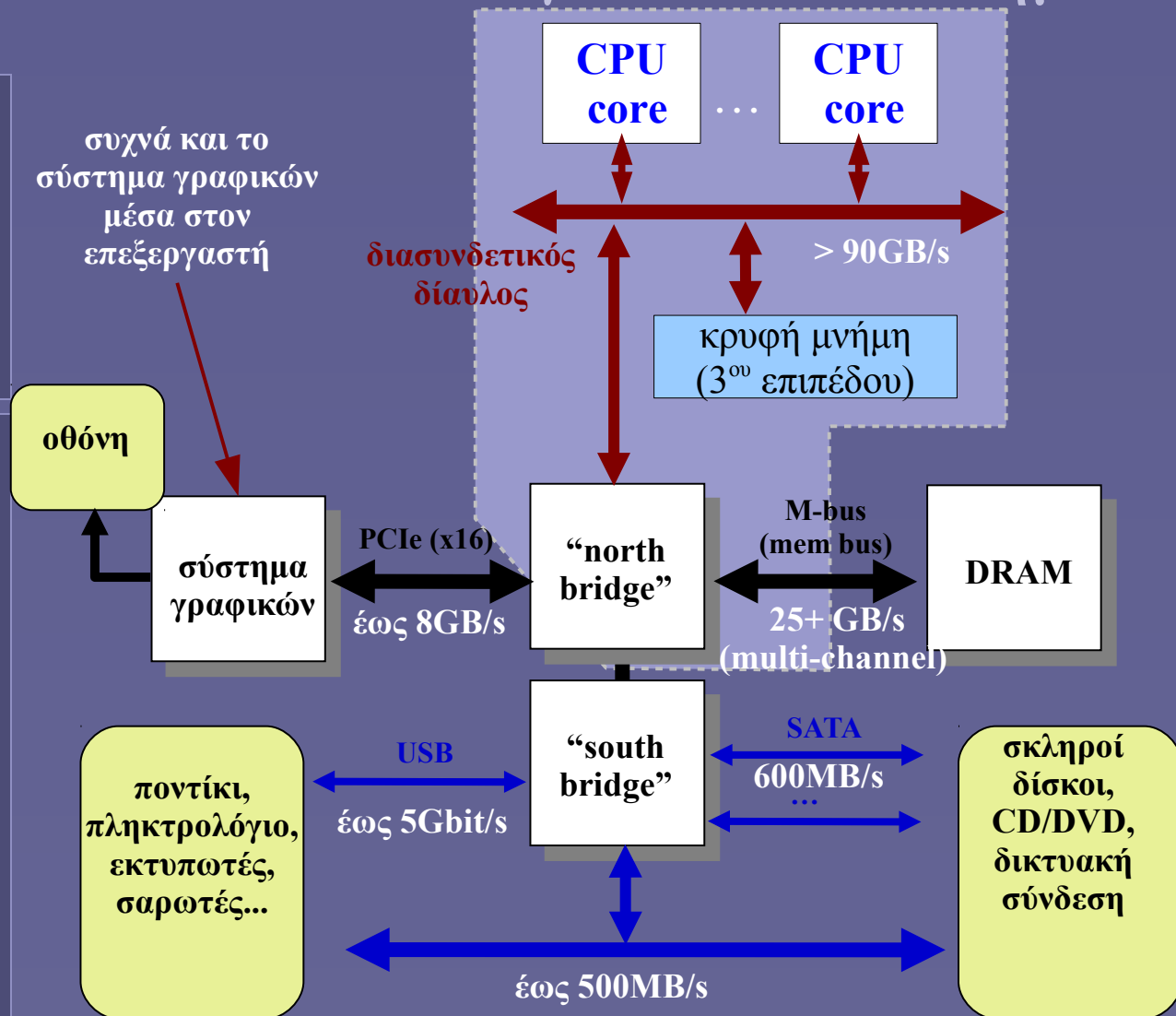


# Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα

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



Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων ανάμεσα στα διάφορα μέρη του υπολογιστή επηρεάζει καθοριστικά τη συνολική απόδοση του συστήματος!



**οι ρυθμοί μεταφοράς που δίνονται είναι οι θεωρητικά μέγιστοι!**

# Ηλεκτρονικά κυκλώματα

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

- Σε κάθε υπολογιστή απαιτούνται
  - **Λογικά κυκλώματα**
    - Για την εκτέλεση πράξεων
    - Για τη σύγκριση και λήψη αποφάσεων
  - **Κυκλώματα μνήμης**
    - Για την αποθήκευση δεδομένων
    - 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)

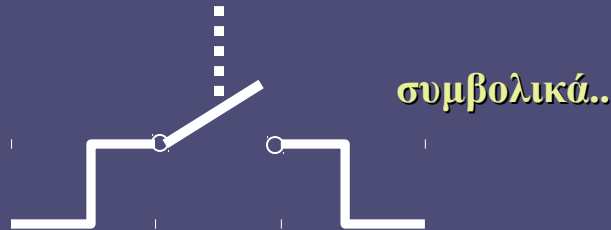
# Πριν τα σύγχρονα ηλεκτρονικά

- 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



- 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

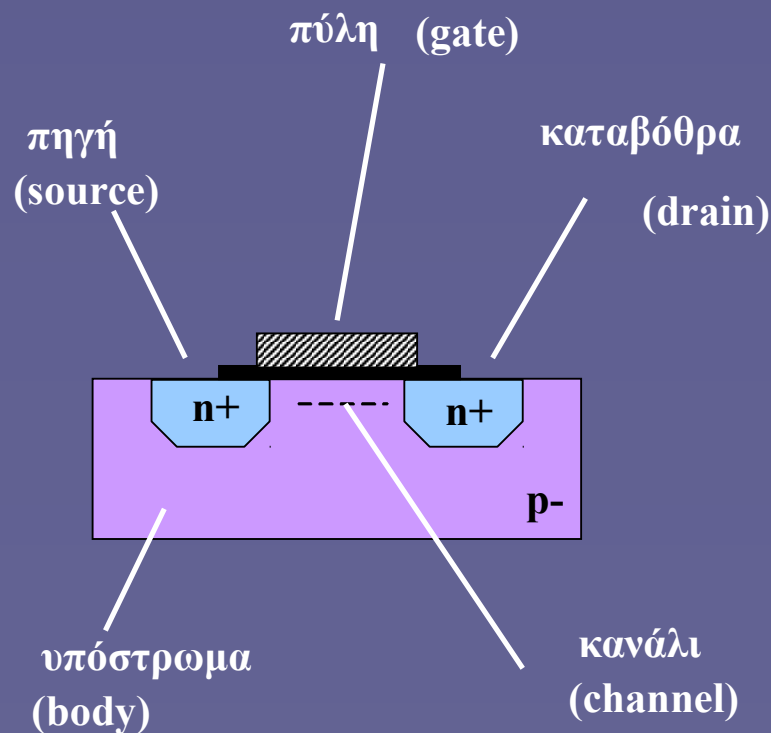


# Το τρανζίστορ MOS(FET)

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

## i

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



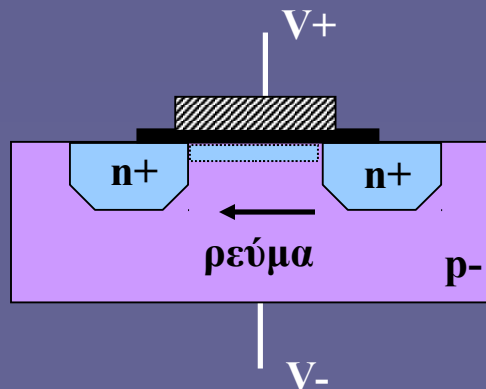
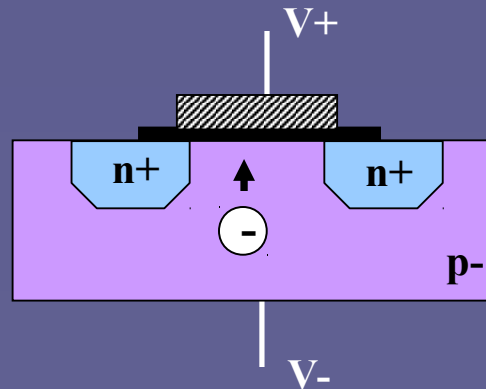
ιδανικό σχήμα..

# Λειτουργία του τρανζίστορ MOS(FET)

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

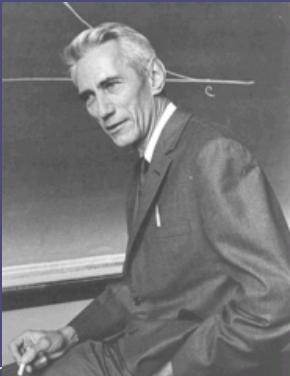
;

Τι συμβαίνει στο τρανζίστορ PMOS;



# Ψηφιακά Ηλεκτρονικά και Δυαδική λογική

- Υπολογιστικά Συστήματα
- Αρχιτεκτονική Η/Υ
- Οι βασικές μονάδες
- Ήλεκτρονικά 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
    - Η εργασία του Shannon (1938)

# Κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

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



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  $280\text{mm}^2$
  - Και περιέχει από 100 εκ. έως  $>1$  δισ. τρανζίστορ!

# Η συρρίκνωση του τρανζίστορ

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

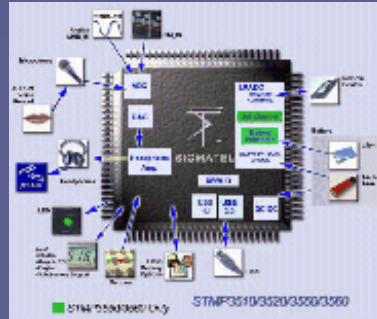
## i

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:
  - 14nm (μήκος πύλης ~20nm)
- Το άμεσο μέλλον: 10 nm
  - μετά: έρευνα για νέα υλικά για “διακόπτες”;

# Ψηφιακά Ηλεκτρονικά: Ιεραρχία σχεδίασης

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



σύστημα σε chip

σύνθετο τμήμα

λογική πύλη

κύκλωμα

φυσικό επίπεδο

