



# Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ενότητα 2: Οι υπομονάδες του υπολογιστή. Δομές Διασύνδεσης.  
Θεμελιώδεις μονάδες ψηφιακής σχεδίασης

Δρ. Μηνάς Δασυγένης  
[mdasyg@ieee.org](mailto:mdasyg@ieee.org)

Εργαστήριο Ρομποτικής, Ενσωματωμένων και Ολοκληρωμένων Συστημάτων  
<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>

*Τελευταία Επικαιροποίηση: 2023*



# Άδειες Χρήσης

---

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
εκπαίδευση στην κοινωνία της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Σκοπός ενότητας

---

- Η κατανόηση των βασικών λειτουργιών του επεξεργαστή.
- Η σύνδεση του επεξεργαστή με τα υπόλοιπα συστήματα υλικού και λογισμικού.
- Επανάληψη βασικών μονάδων ψηφιακής σχεδίασης.



# Οι Λειτουργικές Απαιτήσεις Αρχιτεκτονικής ποικίλουν

---

Διαφορετικές απαιτήσεις:

- Προσωπικός υπολογιστής.
- Διακομιστής.
- Κινητό τηλέφωνο.
- Παιχνιδομηχανή.

➔ Ομαδοποίηση των αναγκών και κατασκευή της αρχιτεκτονικής που να καλύπτει αυτές τις απαιτήσεις.



# Εναλλακτικός Ορισμός Αρχιτεκτονικής Υπολογισμός

---

Αρχιτεκτονική Η/Υ ονομάζεται η επιστήμη και η τέχνη της **επιλογής και της διασύνδεσης υλικών** με σκοπό τη δημιουργία υπολογιστών που ικανοποιούν τις λειτουργικές, οικονομικές, και τεχνικές (επιδόσεις, κατανάλωση ενέργειας) ανάγκες.



# Οργάνωση/Αρχιτεκτονική Η/Υ (1/7)

---

- Αρχιτεκτονική είναι **τα χαρακτηριστικά που γίνονται αντιληπτά** από τον προγραμματιστή.
  - Σύνολο εντολών, ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση δεδομένων, τεχνικές εισόδου εξόδου( E/E), τρόποι διευθυνσιοδότησης.
  - πχ. Υπάρχει κάποια εντολή πολλαπλασιασμού ;
- Οργάνωση είναι **το πως υλοποιούνται** αυτά τα χαρακτηριστικά.
  - Οι εργασιακές μονάδες και οι διασυνδέσεις όπου υλοποιούν τις αρχιτεκτονικές προδιαγραφές.
  - Σήματα ελέγχου, διασυνδέσεις, τεχνολογία μνήμης.
  - πχ. Υπάρχει κάποια συσκευή πολλαπλασιασμού ή πραγματοποιείται με επαναλαμβανόμενες προσθέσεις.



# Οργάνωση/Αρχιτεκτονική Η/Υ (2/7)

---

- Ολόκληρη η οικογένεια της Intel x86 έχει **την ίδια** βασική αρχιτεκτονική.
- Η οικογένεια της IBM System/370 έχει την ίδια βασική αρχιτεκτονική, αλλά με διαφορές στην οργάνωση.
- Αυτό επιτρέπει τη συμβατότητα στον κώδικα.
  - Τουλάχιστον προς τα πίσω.
- Η οργάνωση διαφέρει μεταξύ κάθε έκδοσης.





# Οργάνωση/Αρχιτεκτονική Η/Υ (3/7)

---

- Ο υπολογιστής είναι ένα πολύπλοκο σύστημα το οποίο, περιέχει **εκατομμύρια στοιχειώδη ηλεκτρονικά εξαρτήματα**.
- Είναι ένα ιεραρχικό σύστημα.
- Μας ενδιαφέρει η δομή και η λειτουργία, σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας.
- Δομή είναι ο τρόπος με τον οποίο τα εξαρτήματα σχετίζονται μεταξύ τους.
- Η λειτουργία είναι η σύμπραξη των επιμέρους εξαρτημάτων ως μέρος μιας δομής.



# Οργάνωση/Αρχιτεκτονική Η/Υ (4/7)

---

By William Stalling:

## **Αρχιτεκτονική (Όσα γίνονται αντιληπτά από τον χρήστη):**

- Η δομή των εντολών γλώσσας μηχανής.
- Το μήκος μιας θέσης μνήμης.
- Το μέγιστο μήκος της φυσικής μνήμης.
- Η μέθοδος παράστασης των δεδομένων.
- Οι τεχνικές υπολογισμού της τελικής διεύθυνσης.
- Οι τεχνικές εισόδου-εξόδου (I/O).

## **Οργάνωση (Όσα δεν γίνονται αντιληπτά από τον χρήστη):**

- Τα σήματα ελέγχου.
- Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται.
- Η υλοποίηση των μονάδων.



# Οργάνωση/Αρχιτεκτονική Η/Υ (5/7)

---

Άποψη William Stalling – Παραδείγματα:

**Αριθμοί κινητής υποδιαστολής:**

- Η παράσταση (πρόσημο, 8 bits exponent, 23 mantissa) είναι αρχιτεκτονικό χαρακτηριστικό (ορατό στο χρήστη).
- Η υλοποίηση μπορεί να γίνει είτε από την ALU είτε από την FPU και είναι θέμα οργάνωσης (αόρατο στο χρήστη).

**Υπολογιστές με:**

- Ίδιο λειτουργικό σύστημα (ορατό στο χρήστη).
  - Διαφορετικό hardware (αόρατο στο χρήστη).
- ✓ **ALU:** Αριθμητική Λογική Μονάδα.
- ✓ **FPU:** Μονάδα πράξεων κινητής υποδιαστολής.



# Λειτουργίες Η/Υ

---

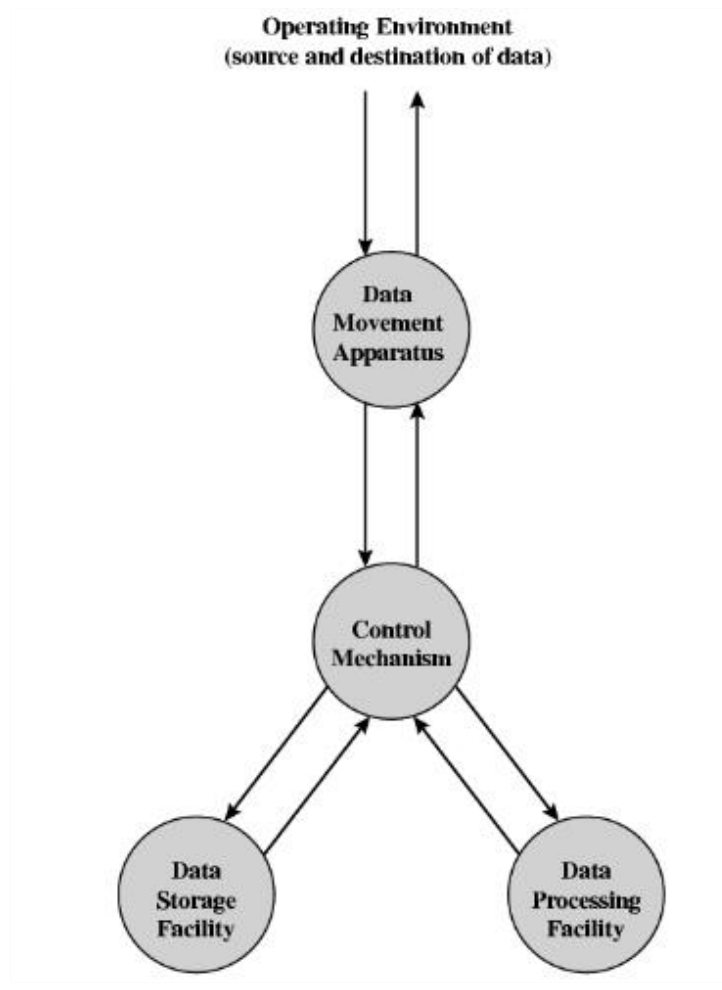
Οι λειτουργίες του υπολογιστή είναι:

- Επεξεργασία δεδομένων.
- Αποθήκευση δεδομένων.
- Μετακίνηση δεδομένων.
- Έλεγχος.

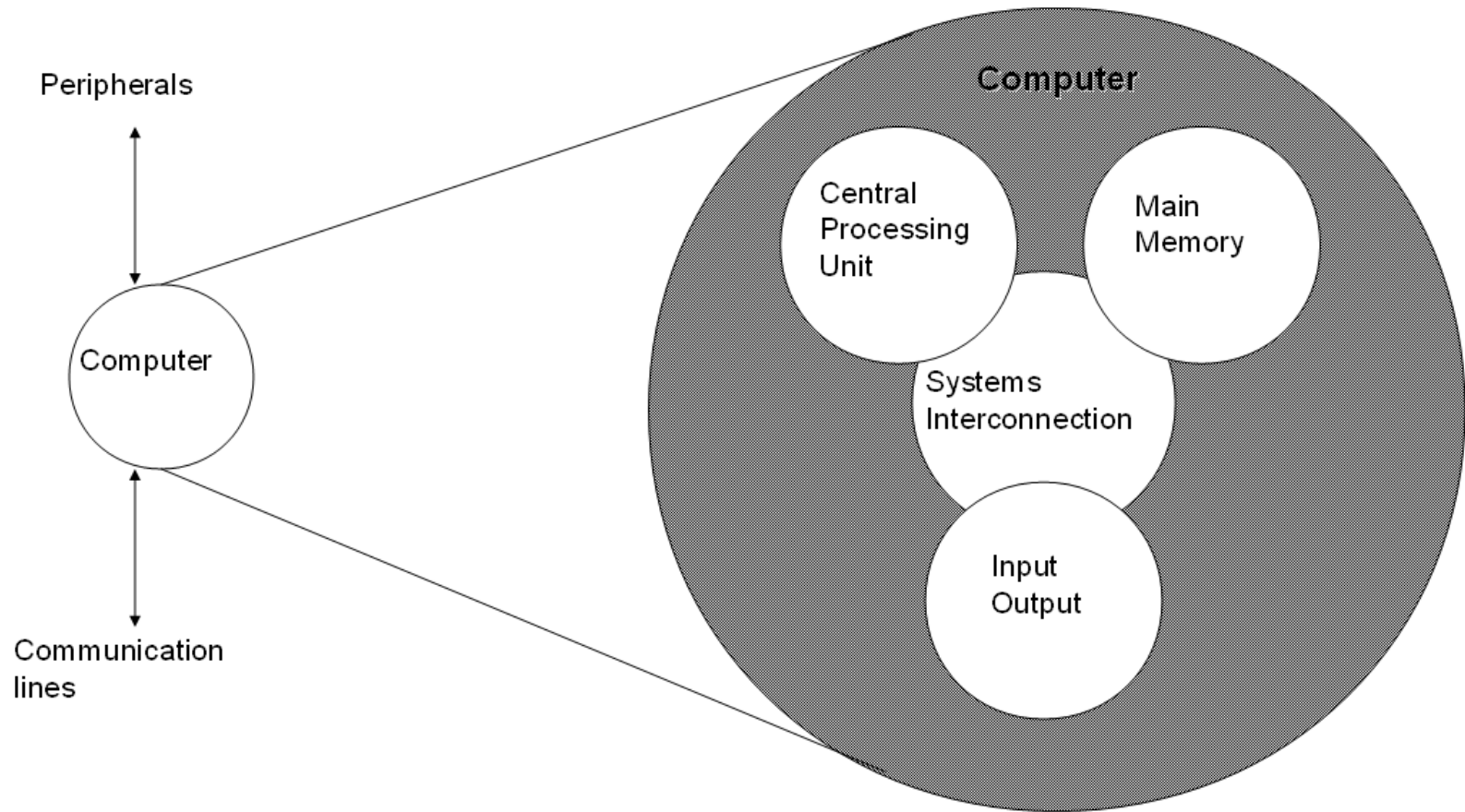


# Λειτουργικές Απεικονίσεις Η/Υ

---

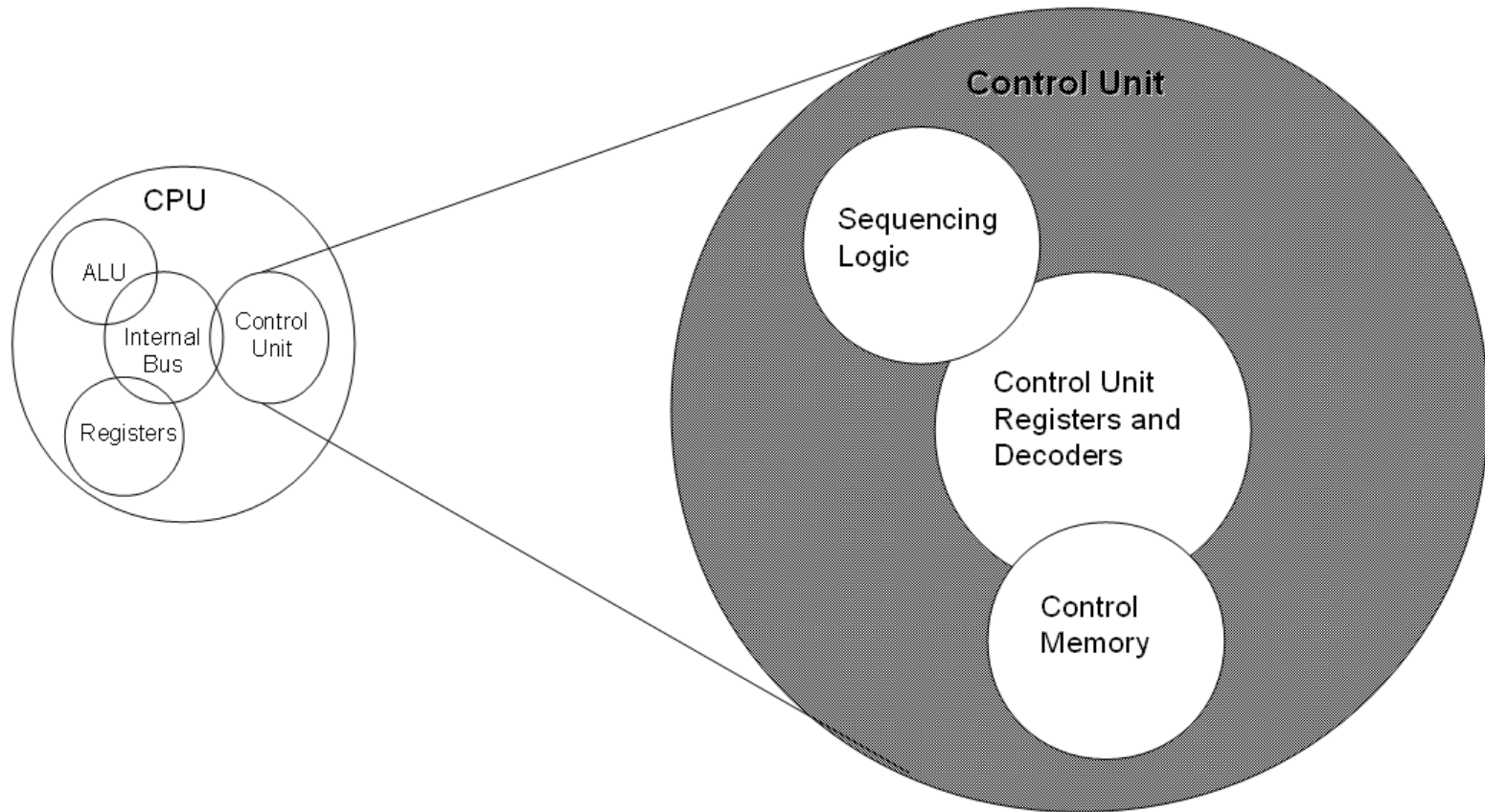


# Δομή Η/Υ υψηλού επιπέδου



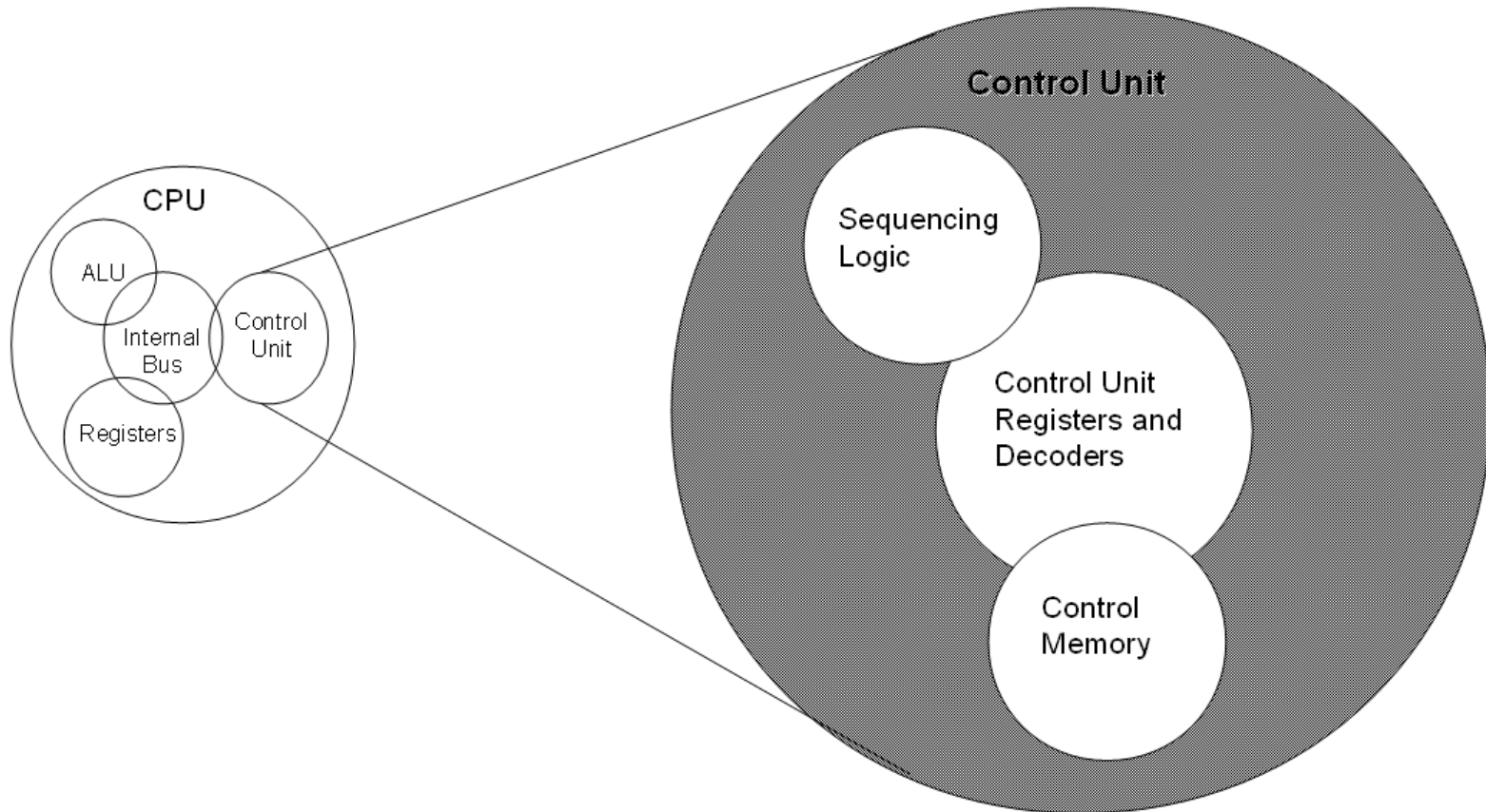
# Δομή CPU υψηλού επιπέδου

---



# Δομή Μονάδας Ελέγχου υψηλού επιπέδου

---





# Η αρχιτεκτονική που θα ασχοληθούμε κυρίως είναι η Von Neumann

---

- Ύπαρξη τριών βασικών συστημάτων:
  - Επεξεργασίας (ΚΜΕ).
  - Εισόδου εξόδου (I/O).
  - Κεντρικής Μνήμης (ΚΜ).

Πρόγραμμα και δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη.

Το σύστημα I/O μεταφέρει πληροφορίες από και προς τη ΚΜ και τη ΚΜΕ.

- Η ΚΜΕ αποτελείται από τα υποσυστήματα:
  - ✓ Μονάδα ελέγχου.
  - ✓ Μονάδα αριθμητικής και λογικής.
  - ✓ Απαριθμητή εντολών.
  - ✓ Σύνολο των καταχωρητών.



# Μονάδες και υπομονάδες

---

- Όλα ανήκουν σε μια ιεραρχική δομή.
- Οι λειτουργικές μονάδες αποτελούνται από απλούστερα κυκλώματα, όπως:
  - Καταχωρητές (registers).
  - Μετρητές (counters).
  - Αποκωδικοποιητές (decoders).
- που με τη σειρά τους αποτελούνται από βασικά ψηφιακά κυκλώματα, όπως:
  - Πύλες.
  - Δισταθείς πολυδομητές (flip-flops).
  - Απομονωτές (latches).
- Τα οποία υλοποιούνται από ένα μόνο συστατικό στοιχείο :
  - MOSFET τρανζίστορ.



# Κύρια και βοηθητική μνήμη

---

- Αποθήκευση προγραμμάτων (ακολουθίες εντολών).
- Αποθήκευση ορισμένων από τα δεδομένα.
- Επειδή η κύρια μνήμη έχει **πεπερασμένη χωρητικότητα** και είναι σχετικά ακριβή, χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει τις τρέχουσες πληροφορίες.
- Οι πληροφορίες που δεν χρειάζονται άμεσα αποθηκεύονται στην βοηθητική μνήμη (δίσκο), που έχει σχεδόν απεριόριστη χωρητικότητα..
- .....έχει όμως πολύ μεγαλύτερο χρόνο προσπέλασης.



# Κύρια Μνήμη (Main Memory)

---

- Η κύρια μνήμη αποτελείται από ένα συνεχόμενο αριθμό θέσεων, κάθε μία από τις οποίες περιέχει το ίδιο πλήθος δυαδικών ψηφίων (ψηφίων ή bits).
- Σε κάθε θέση αντιστοιχεί μία **διεύθυνση** (address) μέσω της οποίας πραγματοποιείται η αναφορά στο περιεχόμενο της θέσης.
- Η κάθε θέση είναι ικανή να αποθηκεύσει μία ψηφιοσυλλαβή, ή ένα byte (8 δυαδικά ψηφία).



# Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

---

- Ανακαλεί αυτόματα εντολές από τη μνήμη και τις εκτελεί ακολουθιακά.
- Η ΚΜΕ περιέχει έναν αριθμό καταχωρητών.
- Κάθε καταχωρητής αποθηκεύει μία ακολουθία ψηφιοσυλλαβών (bytes) ορισμένου μήκους που ονομάζεται λέξη (word).
- Ένα σύστημα με κύρια μνήμη και ΚΜΕ, είναι η απλούστερη μορφή υπολογιστικού συστήματος (εξαιρουμένου του λογισμικού).



# Συσκευές Εισόδου Εξόδου

---

- **Συσκευές Εισόδου:** Εισαγωγή πληροφοριών από το εξωτερικό περιβάλλον.
- **Συσκευές Εξόδου:** Μετάδοση πληροφοριών από τον υπολογιστή προς το εξωτερικό περιβάλλον.
- **Συσκευές Βοηθητικής Αποθήκευσης:** Δίσκοι.



# Λειτουργικό Σύστημα

---

- Είναι το πρόγραμμα που **λειτουργεί** τον υπολογιστή.
- Λειτουργικά συστήματα: **MSDOS ή PCDOS, Windows**, Linux, FreeBSD, Android, Ios....
- Είναι αποθηκευμένο σε ένα δίσκο που είτε τοποθετείται σε USB ή βρίσκεται σε έναν οδηγό σκληρού δίσκου ο οποίος είναι είτε ενσωματωμένος στον υπολογιστή ή είναι εγκαταστημένος σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN) ή σε μια ROM.
- Μπορεί και να βρίσκεται σε άλλη συνδεδεμένη συσκευή (diskless net booting).



# Ο επεξεργαστής (1/2)

---

- Είναι το στοιχείο ελέγχου στο σύστημα του υπολογιστή, CPU (central processing unit: κεντρική μονάδα επεξεργασίας).
- Ελέγχει τη μνήμη και την I/O διαμέσου μιας σειράς συνδέσεων που ονομάζονται αρτηρίες.
- Οι αρτηρίες που ελέγχουν την I/O ή την συσκευή μνήμης, μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ μιας I/O συσκευής ή μνήμης του μικροεπεξεργαστή, και ελέγχουν την I/O και το σύστημα μνήμης.
- Η μνήμη και η I/O ελέγχονται διαμέσου εντολών που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη και εκτελούνται από το μικροεπεξεργαστή.





# Ο επεξεργαστής (2/2)

---

- Ο μικροεπεξεργαστής εκτελεί 3 κύριες εντολές για το σύστημα του υπολογιστή:
  - **μεταφορά δεδομένων** μεταξύ αυτού και των συστημάτων μνήμης ή I/O,
  - **απλές αριθμητικές και λογικές λειτουργίες**, και,
  - ροή προγράμματος μέσω **απλών αποφάσεων**.



# Αριθμητικές/Λογικές λειτουργίες

**Αριθμητικές και λογικές λειτουργίες** που εκτελούνται από την οικογένεια μικροεπεξεργαστών της Intel.

Λειτουργία	Σχόλιο
Πρόσθεση	
Αφαίρεση	
Πολλαπλασιασμός	
Διαίρεση	
AND	Λογικός πολλαπλασιασμός
OR	Λογική πρόσθεση
NOT	Λογική αντιστροφή
NEG	Αριθμητική αντιστροφή
Αλλαγή	
Περιστροφή	



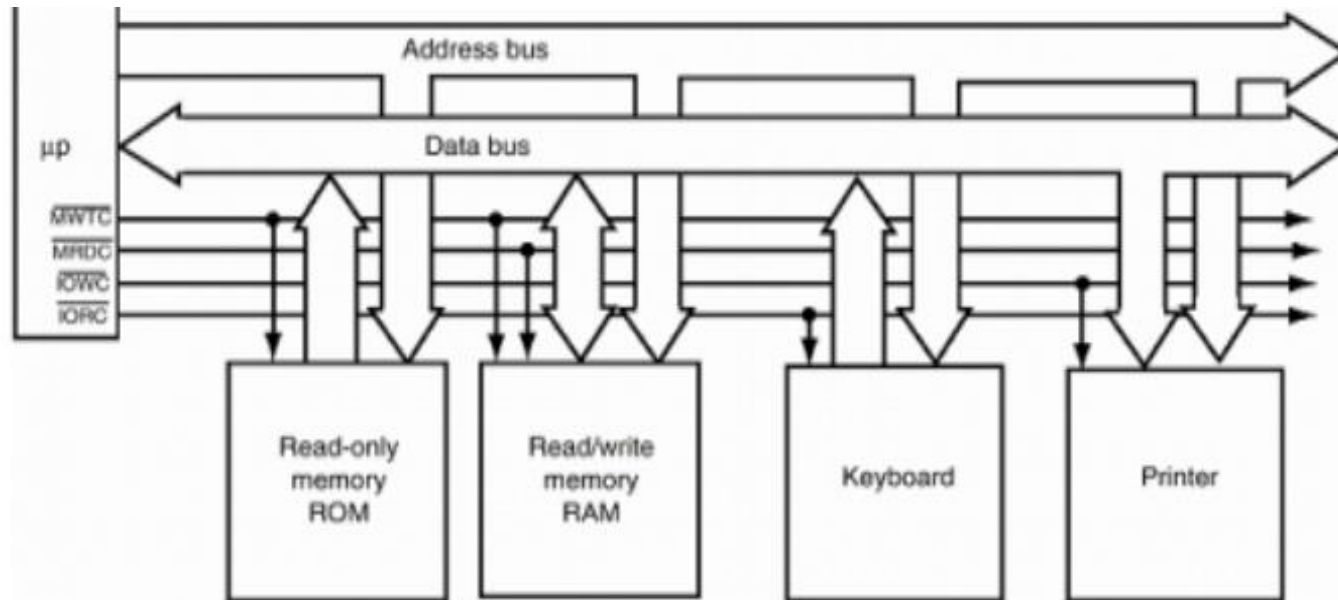
# Λήψη αποφάσεων από τον επεξεργαστή

- Ικανότητα του να παίρνει απλές αποφάσεις.
- Οι αποφάσεις βασίζονται πάνω σε αριθμητικά δεδομένα.

Απόφαση	Σχόλιο
Zero (μηδέν)	Δοκιμάστε έναν αριθμό για μηδέν ή όχι μηδέν
Sign (σημείο)	Δοκιμάστε έναν αριθμό για θετικό ή αρνητικό
Carry (μεταφορά)	Δοκιμάστε για μεταφορά μετά την πρόσθεση ή έναν δανεισμό μετά την αφαίρεση
Parity (ισοτιμία)	Δοκιμάστε για μια ακόμη ή έναν περιττό αριθμό απ' αυτούς
Overflow (υπερχείλιση)	Δοκιμή για την υπερχείλιση που υποδεικνύει ένα μη έγκυρο σημείο του αποτελέσματος μετά την πρόσθεση ή την αφαίρεση



# Αρτηρίες Διευθύνσεων/Ελέγχου/Δεδομένων



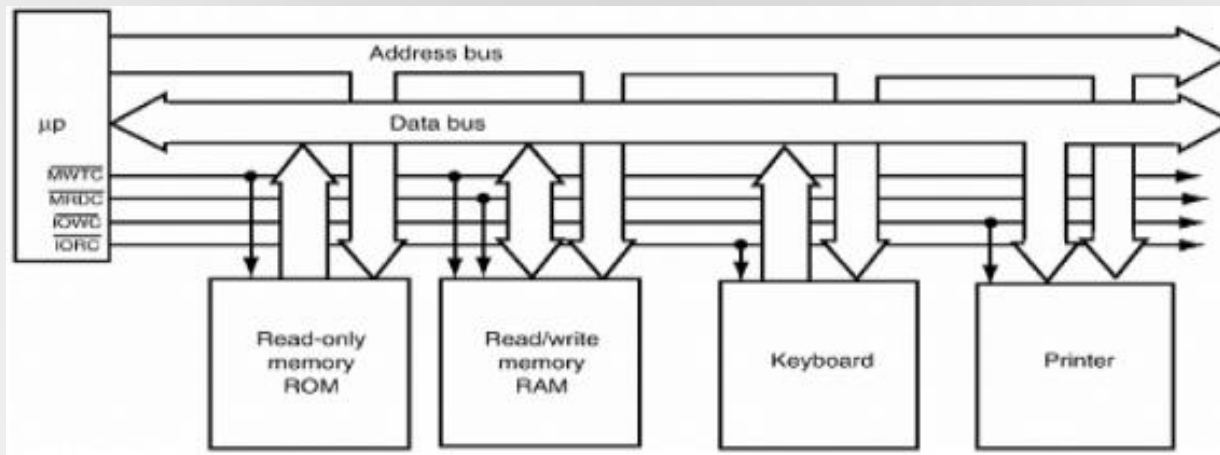
## Δομικό διάγραμμα

Οι αρτηρίες που διασυνδέουν τα τμήματα ενός συστήματος υπολογιστή μεταβιβάζουν **πληροφορίες διευθύνσεων, δεδομένων και ελέγχου** μεταξύ του μικροεπεξεργαστή και των συστημάτων μνήμης και I/O αυτού.



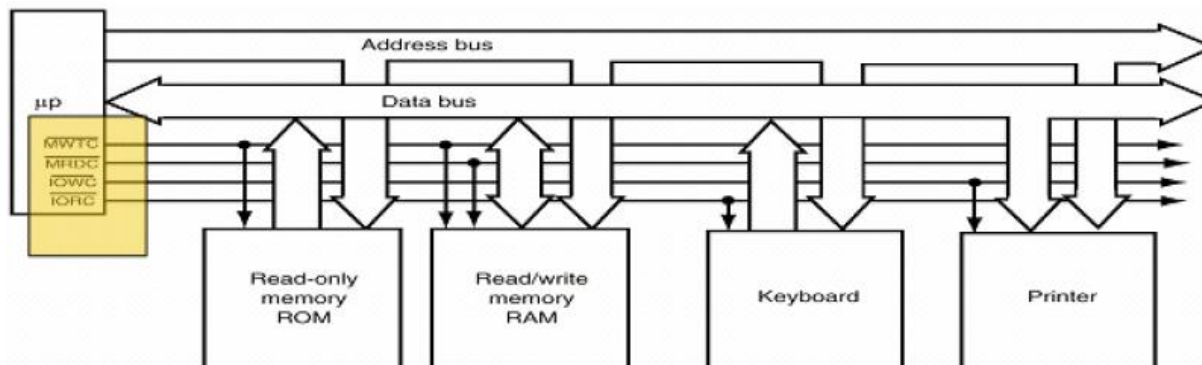
# Αρτηρία Διευθύνσεων

- Η **αρτηρία διευθύνσεων** εκπέμπει τη θέση μνήμης προς τη μνήμη ή τη θέση I/O προς τις I/O συσκευές.
- Η **αρτηρία δεδομένων** μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ του μικροεπεξεργαστή και της μνήμης του και του χώρου της I/O διεύθυνσης.



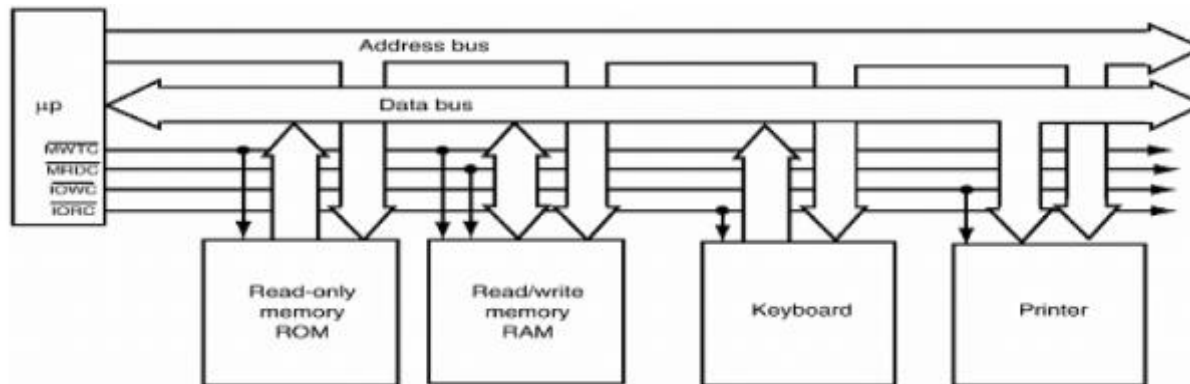
# Αρτηρία Ελέγχου

- Η **αρτηρία ελέγχου** περιέχει γραμμές που ελέγχουν τη μνήμη ή την I/O και τις αναγκάζουν να εκτελούν μια λειτουργία ανάγνωσης ή γραφής.
- Υπάρχουν 4 συνδέσεις αρτηριών:
  - (memory read control: έλεγχος ανάγνωσης μνήμης)-MRDC.
  - (memory write control: έλεγχος γραφής μνήμης)-MWTC.
  - (I/O read control: έλεγχος I/O ανάγνωσης)-IORC.
  - (I/O write control: έλεγχος I/O γραφής) -IOWC



# Χρήση των αρτηριών

- Ο μικροεπεξεργαστής διαβάζει τα περιεχόμενα μιας θέσης της μνήμης στέλνοντας στη μνήμη μια διεύθυνση διαμέσου της αρτηρίας διεύθυνσης.
- Έπειτα στέλνει στη μνήμη σήμα ελέγχου ανάγνωσης για να οδηγήσει τη μνήμη να παρουσιάσει τα δεδομένα.
- Τελικά, τα δεδομένα που διαβάζονται από τη μνήμη περνούν στο μικροεπεξεργαστή διαμέσου της αρτηρίας δεδομένων.



# Καταχωρητές (1/2)

- Τα διακριτά στοιχεία πληροφορίας αποθηκεύονται σε δυαδικά κύτταρα (binary cells).

- **Καταχωρητής:** είναι μια ομάδα από δυαδικά κύτταρα.

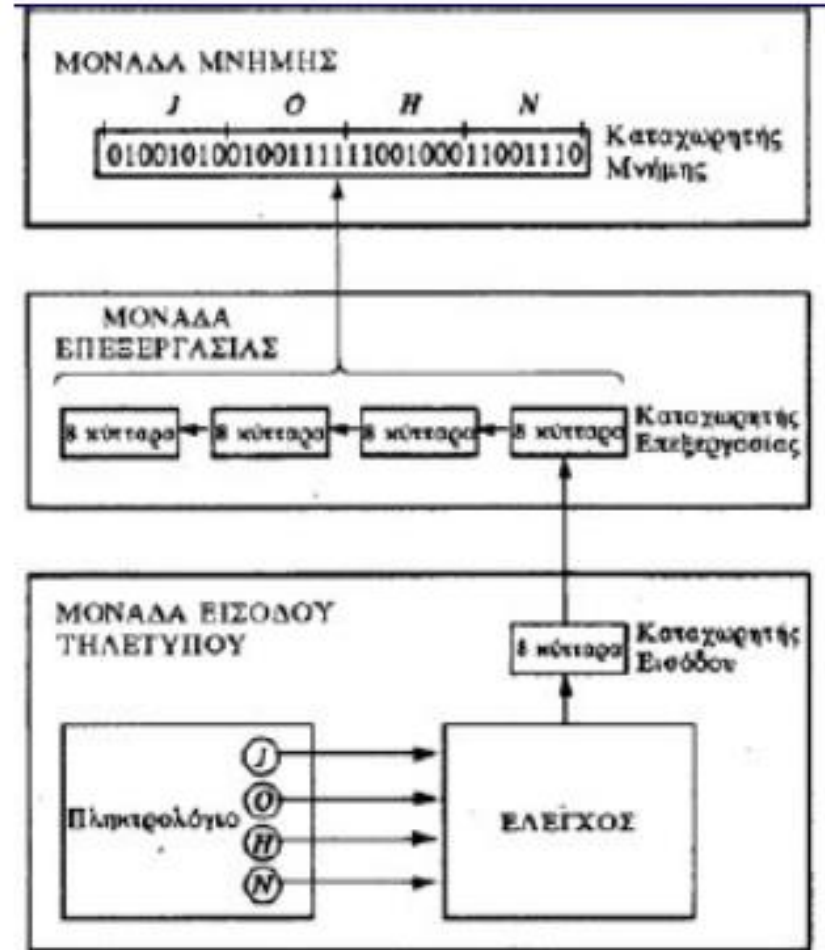
**0010011001100**

- Το περιεχόμενο του καταχωρητή μπορεί να ερμηνευτεί με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους:

- Ακέραιος: 9829,
- Αλφαριθμητικά: &e κλπ.

## ΣΧΗΜΑ 1-2

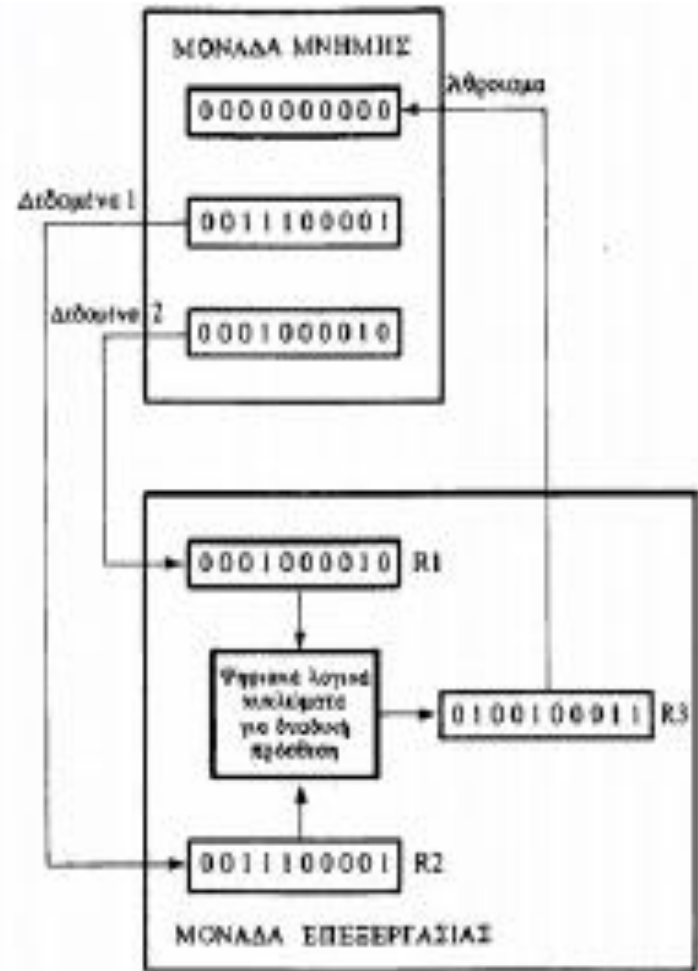
Μεταφορά πληροφορίας μέσω καταχωρητών.





# Καταχωρητές (2/2)

- Η επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί εκτός από τα κυκλώματα επεξεργασίας, **κυκλώματα αποθήκευσης** των πληροφοριών.
- Η επεξεργασία γίνεται με ψηφιακά λογικά κυκλώματα, ενώ η **συχνότερα χρησιμοποιούμενη δομή** αποθήκευσης πληροφοριών είναι ο καταχωρητής.
- Ο καταχωρητής είναι πολύ **πιο γρήγορος** από τη μνήμη γιατί είναι κοντά στις μονάδες επεξεργασίας και αποτελείται από ακριβά στατιστικά στοιχεία.
- Η ταχύτητα εκτέλεσης των προγραμμάτων εξαρτάται από τη σωστή εκμετάλλευση των καταχωρητών.



# Κατηγοριοποίηση καταχωρητών ως προς το χρήστη

- Καταχωρητές προσπελάσιμοι από το χρήστη (δηλαδή μπορεί να τοποθετήσει δεδομένα προς επεξεργασία ή συγκεκριμένες τιμές):
  - AX, BX, ...
  - PC, Segment Registers.
- Καταχωρητές μη προσπελάσιμοι από το χρήστη:
  - Memory Address Register (MAR).
  - Memory Data Register (MBR).
  - Instruction Register (IR).
  - I/O address Register.
  - I/O buffer Register.
  - Status register.
  - Stack register.

**Καταχωρητές επικοινωνίας  
με τη μνήμη.**



---

# Μονάδες Τυπικού Υπολογιστή



# Η μονάδα ελέγχου της ΚΜΕ

---

Συντονίζει τη λειτουργία όλων των υπομονάδων:

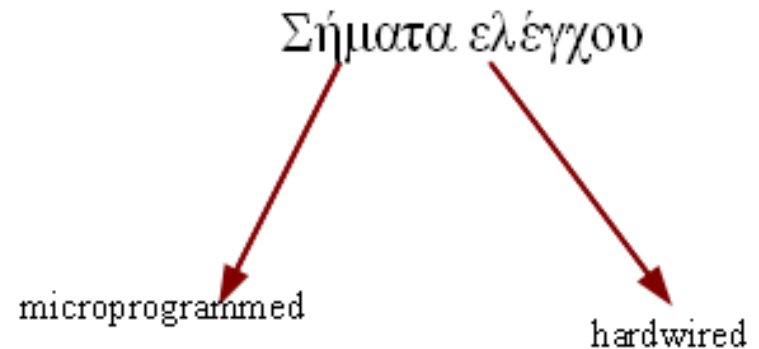
- Μνήμη.
- Αριθμητική Λογική Μονάδα.
- Μονάδα πράξεων κινητής υποδιαστολής.
- Είσοδο/Εξοδο.
- Μεταφορά δεδομένων προς/από καταχωρητές.
- Δημιουργία των κατάλληλων σημάτων χρονισμού (πότε μια συγκεκριμένη δράση πρόκειται να λάβει χώρα).



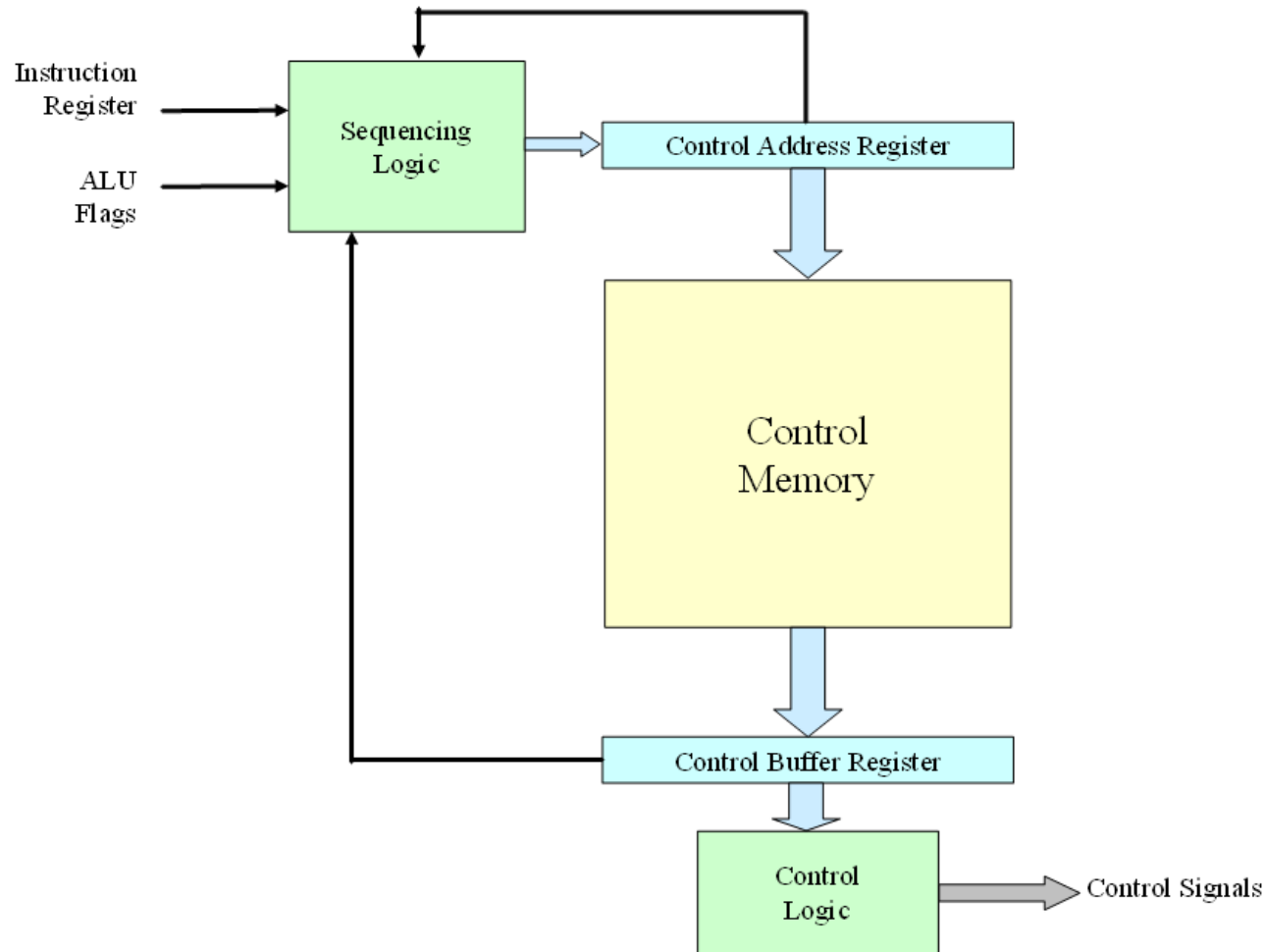
# Η μονάδα ελέγχου λειτουργεί ως η καρδιά της ΚΜΕ

Η μονάδα ελέγχου αποτελεί την καρδιά της ΚΜΕ και:

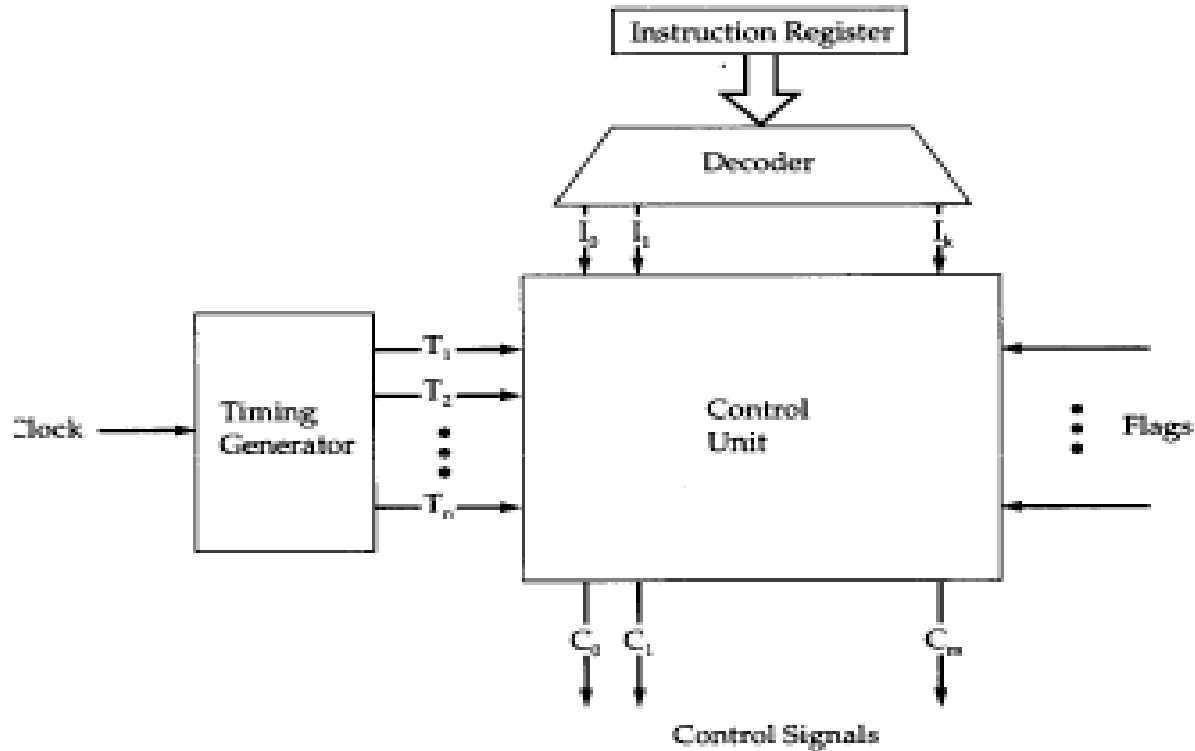
- Εκτελεί τον κύκλο απόκτησης-εκτέλεσης.
- Αποκωδικοποιεί την εντολή.
- Την αναλύει σε **σήματα ελέγχου**, τα οποία απευθύνονται σε κάθε μονάδα ή σύστημα διασύνδεσης των μονάδων, τα οποία συμμετέχουν στην πραγματοποίηση της εντολής.



# Παραγωγή σημάτων: (1/2) Microprogrammed



# Παραγωγή σημάτων: (2/2) Hardwired



# Το ρολόι του επεξεργαστή

---

- Όλες οι μονάδες είναι συγχρονισμένες με ένα σήμα χρονισμού που ονομάζεται ρολόι.
- Το ρολόι καθορίζει κανονικά χρονικά διαστήματα τα οποία καλούνται κύκλοι ρολογιού.
- Ο ρυθμός δημιουργίας σημάτων ρολογιού ονομάζεται συχνότητα ρολογιού και μετράτε σε Hz.
- Οι κατασκευάστες CPU κατηγοριοποιούν την ίδια οικογένεια επεξεργαστών ως προς μέγιστη τη συχνότητα λειτουργίας χωρίς προβλήματα.
- Δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σύγκριση ανάμεσα σε CPU (αν και χρησιμοποιείται για marketing).





# Ρολόι Επεξεργαστή (megahertz myth)

---

- Αναφέρεται στη λανθασμένη εντύπωση ότι μπορεί να συγκριθεί η επίδοση επεξεργαστών μόνο με τη σύγκριση των συχνοτήτων λειτουργίας.
- Στη δεκαετία του '90 χρησιμοποιήθηκε από κατασκευαστές CPU για να προωθήσουν τους δικούς τους επεξεργαστές.
- Η επίδοση εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες (διασωλήνωση, αρ. Μονάδων, σετ εντολών...).



# Τα μετροπρογράμματα SPEC

---

- Για την αντικειμενική μέτρηση της απόδοσης χρησιμοποιούνται **ειδικά μετροπρογράμματα** για διάφορους τομείς ενδιαφέροντος.
- Μεταγλωττίζεται για τον υπολογιστή και εκτελείται και χρονομετρείται η εκτέλεση.
- Συγκρίνεται ως προς έναν υπολογιστή αναφοράς (για το SPEC95 χρησιμοποιήθηκε SUN SPARCStation 10/40, για SPEC2000, UltraSparcIII 300Mhz).
- Αποτελεί ένα μέτρο της συνδυασμένης επίδρασης όλων των παραγόντων.



# Συνοπτική περιγραφή λειτουργίας υπολογιστή

---

- Δέχεται πληροφορία με τη μορφή προγραμμάτων και δεδομένων, διαμέσου μιας μονάδας E/E, την οποία και αποθηκεύει στη μνήμη.
- Η αποθηκευμένη πληροφορία ανακτάται, υπό την καθοδήγηση ενός προγράμματος από την ALU, και υφίσταται επεξεργασία.
- Το αποτέλεσμα εξέρχεται από τον υπολογιστή διαμέσου της μονάδας E/E.
- Όλα γίνονται υπό τον έλεγχο της μονάδας ελέγχου.



# Παράδειγμα: Βασικές Εντολές Λειτουργίας

- Ο προγραμματιστής γράφει ένα πρόγραμμα που αποτελείται από εντολές γλώσσας μηχανής.
- Για παράδειγμα: **ADD AX, LOCATION**.
  - Είναι εντολή πρόσθεσης του καταχωρητή AX με το περιεχόμενο της θέσης μνήμης LOCATION.
  - Απαιτεί:
    - ✓ 1 πρόσβαση στη θέση μνήμης LOCATION για να μεταφερθεί το περιεχόμενο στην είσοδο της ALU.
    - ✓ 1 μεταφορά από τον καταχωρητή AX προς την άλλη είσοδο της ALU.
    - ✓ 1 λειτουργία πρόσθεσης στην ALU.
    - ✓ 1 μεταφορά του αποτελέσματος της ALU στον καταχωρητή AX (αντικαθιστώντας την προηγούμενη τιμή).

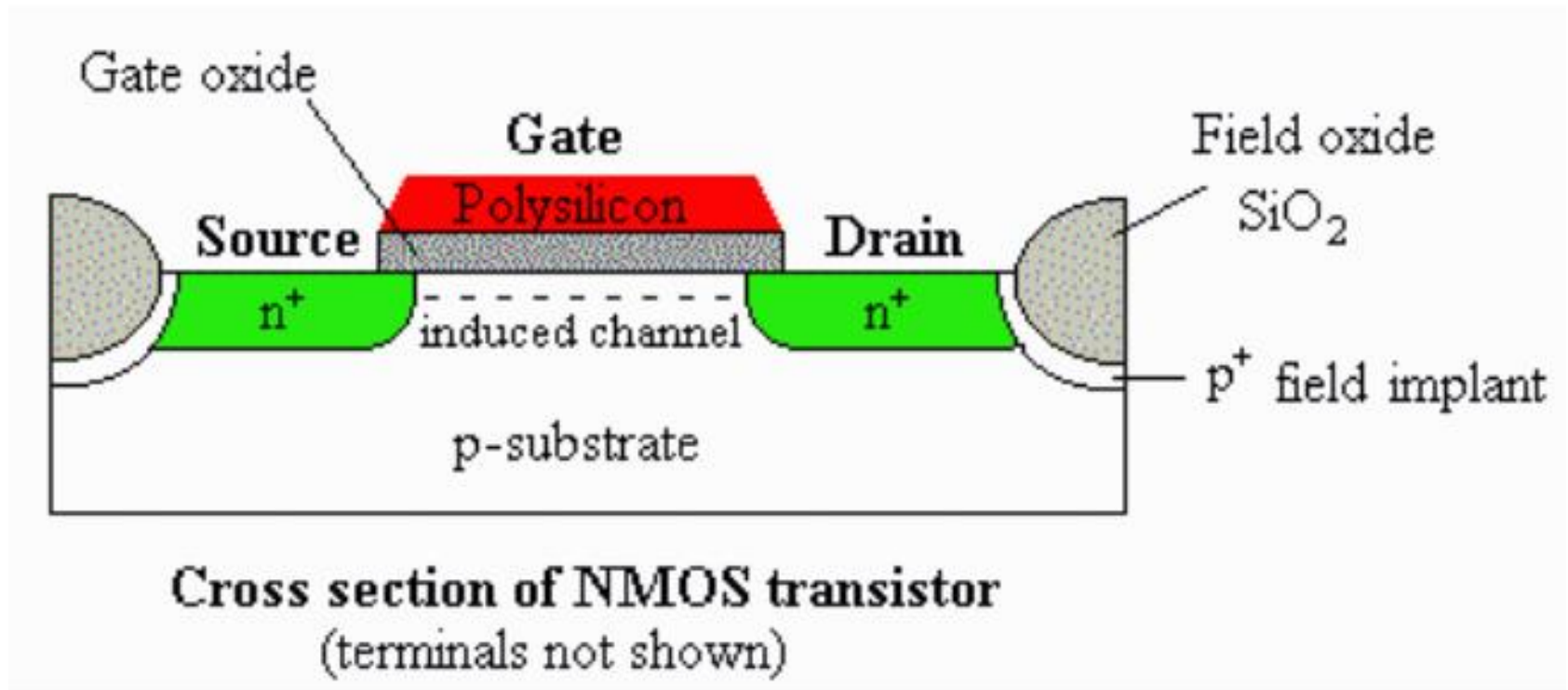


---

# Κατασκευή transistor



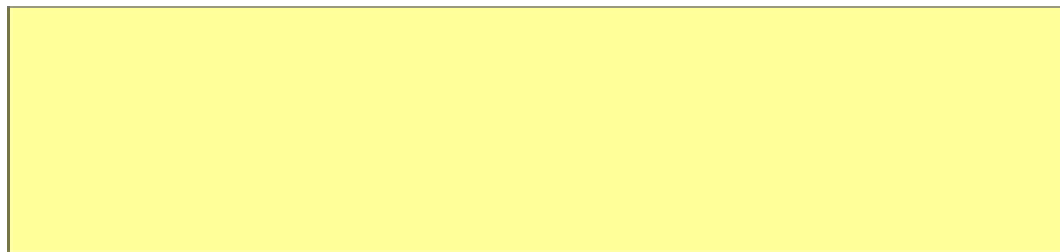
# Κατασκευή του τρανζίστορ



# Κατασκευή Transistor Βήμα 1

---

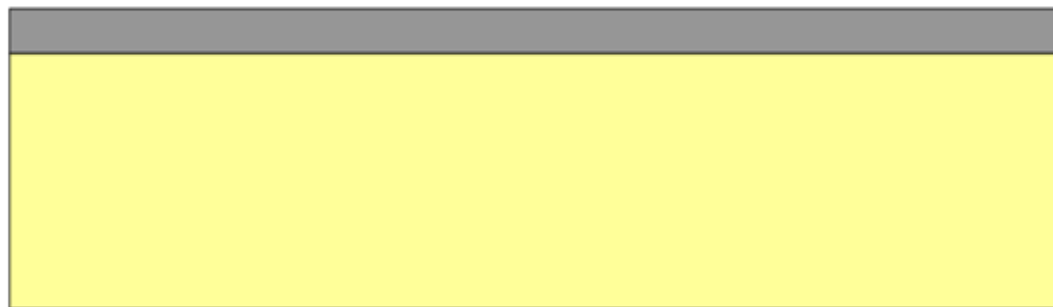
Silicon Wafer



# Κατασκευή Transistor Βήμα 2

---

Oxidation





# Κατασκευή Transistor Βήμα 3

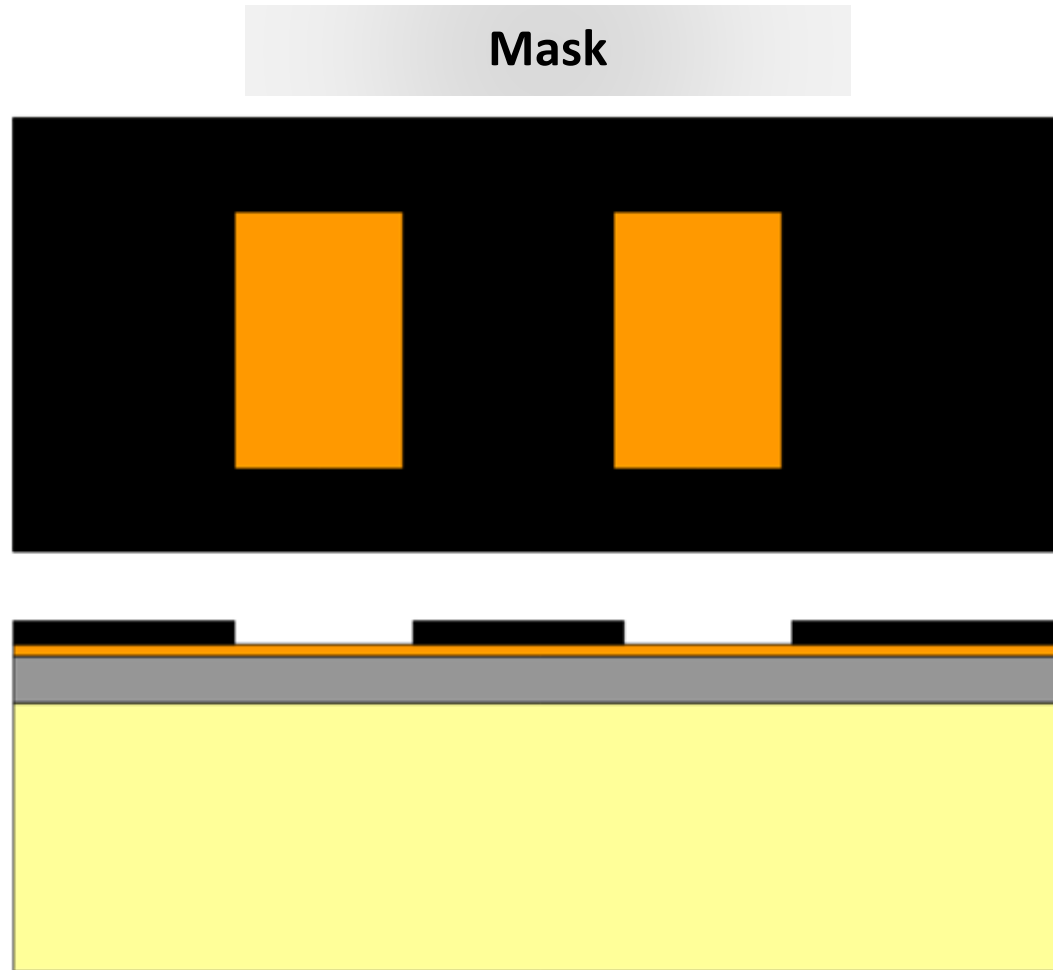
---

Photosensitive film



# Κατασκευή Transistor Βήμα 4

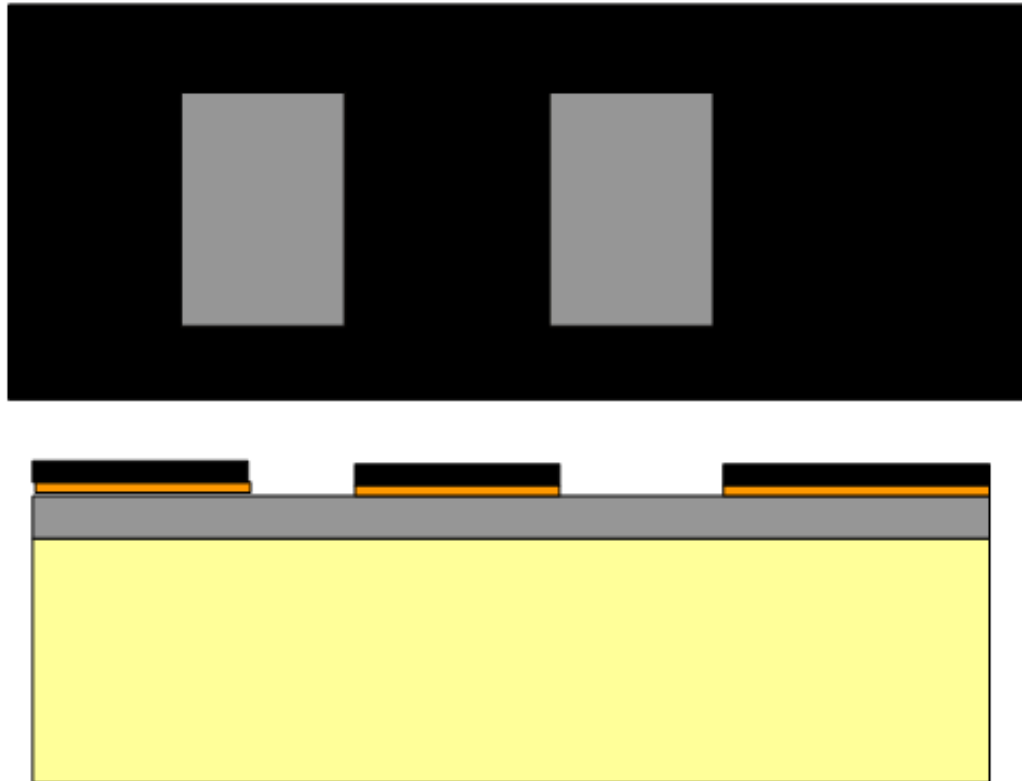
---



# Κατασκευή Transistor Βήμα 5

---

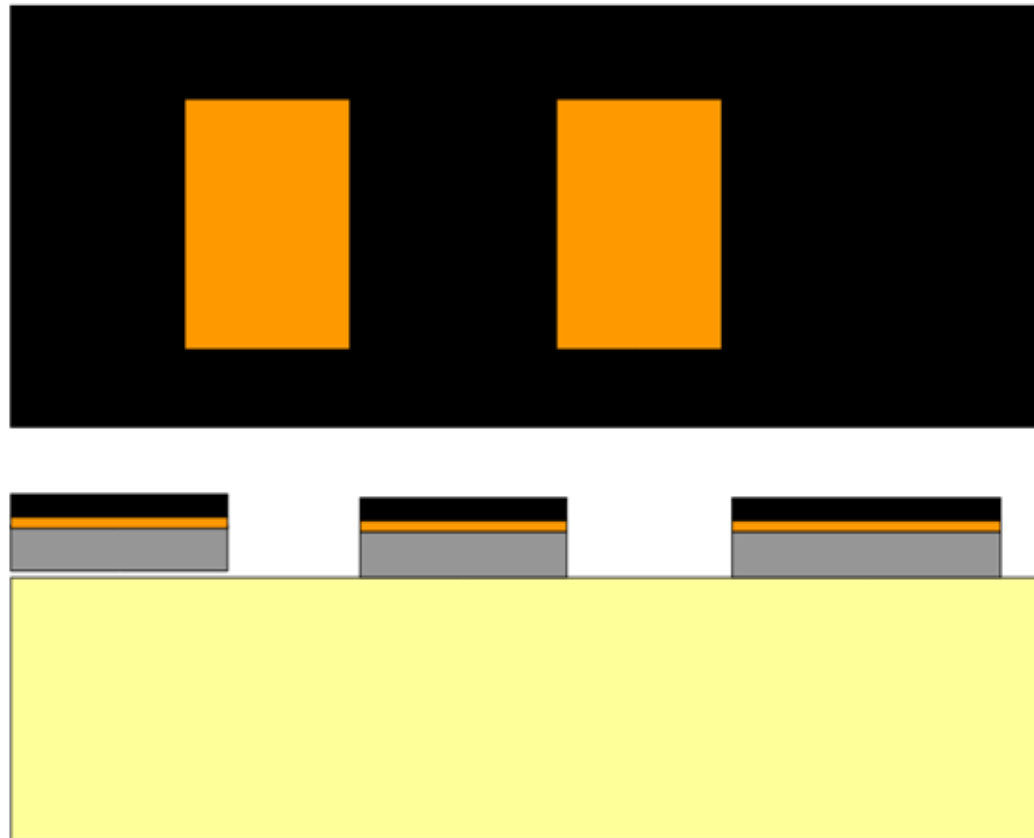
Ultraviolet light



# Κατασκευή Transistor Βήμα 6

---

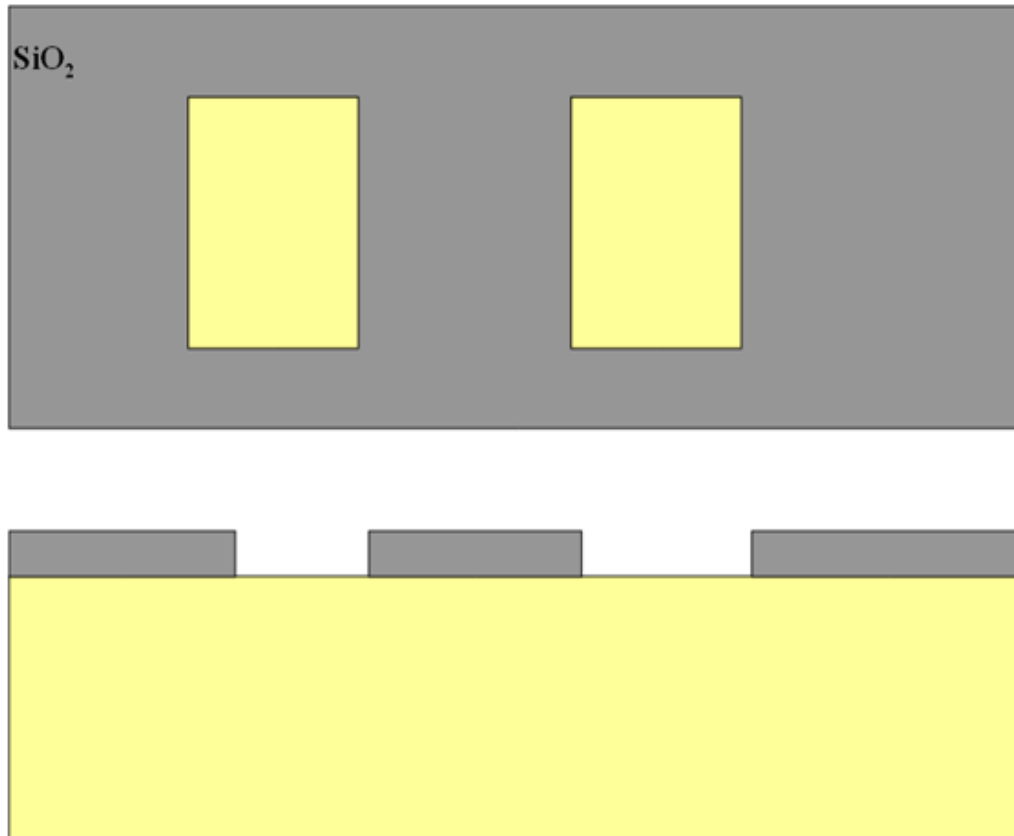
## Chemical Etching



# Κατασκευή Transistor Βήμα 7

---

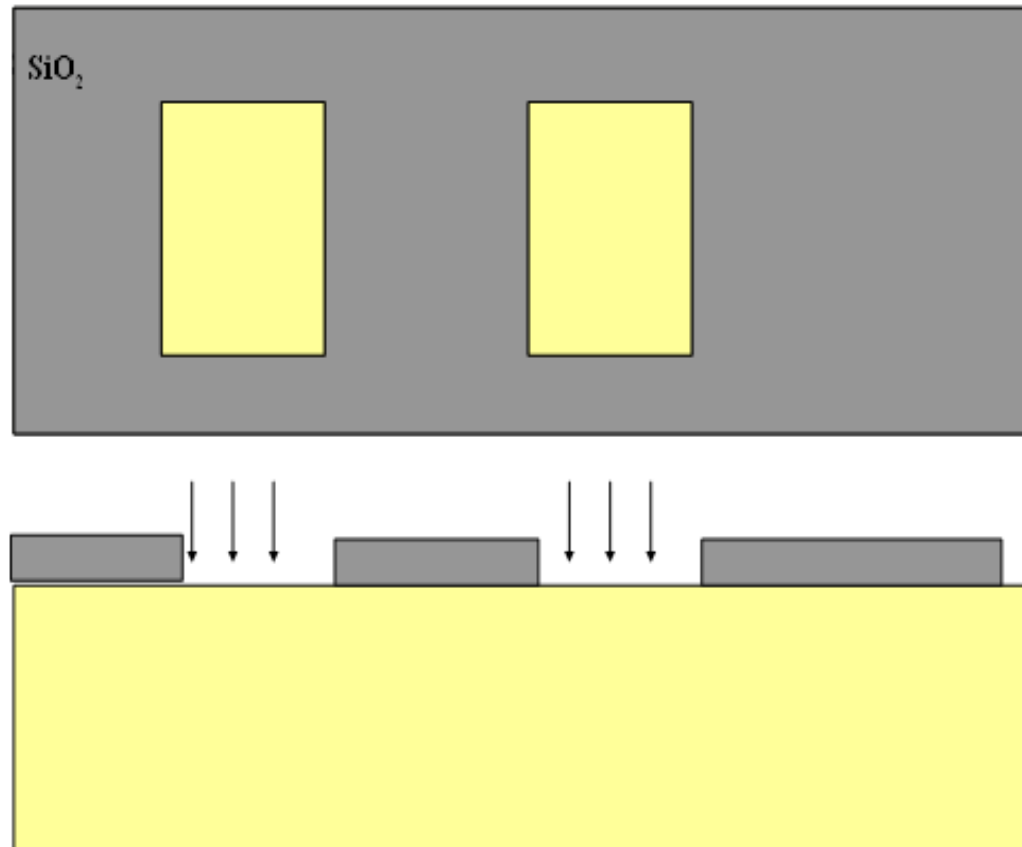
Removal



# Κατασκευή Transistor Βήμα 8

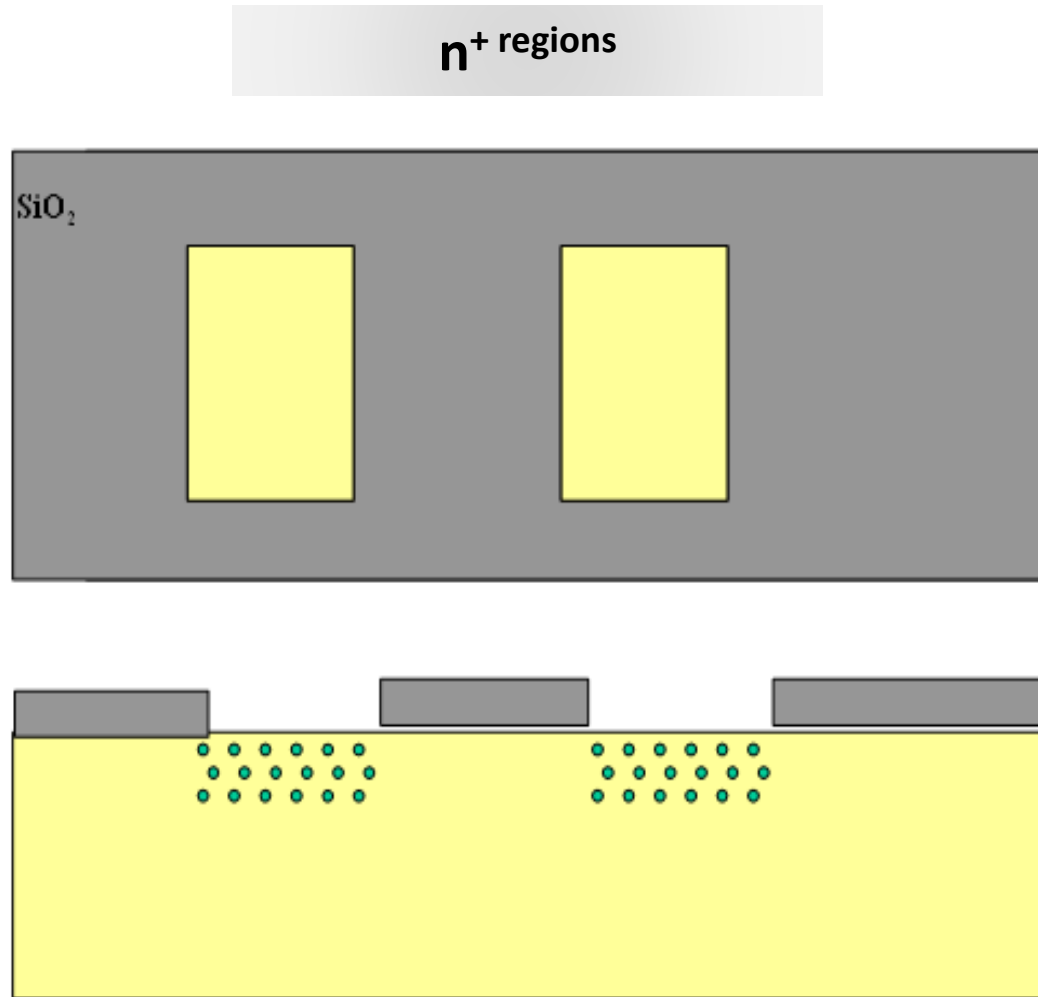
---

## Ion Implantation

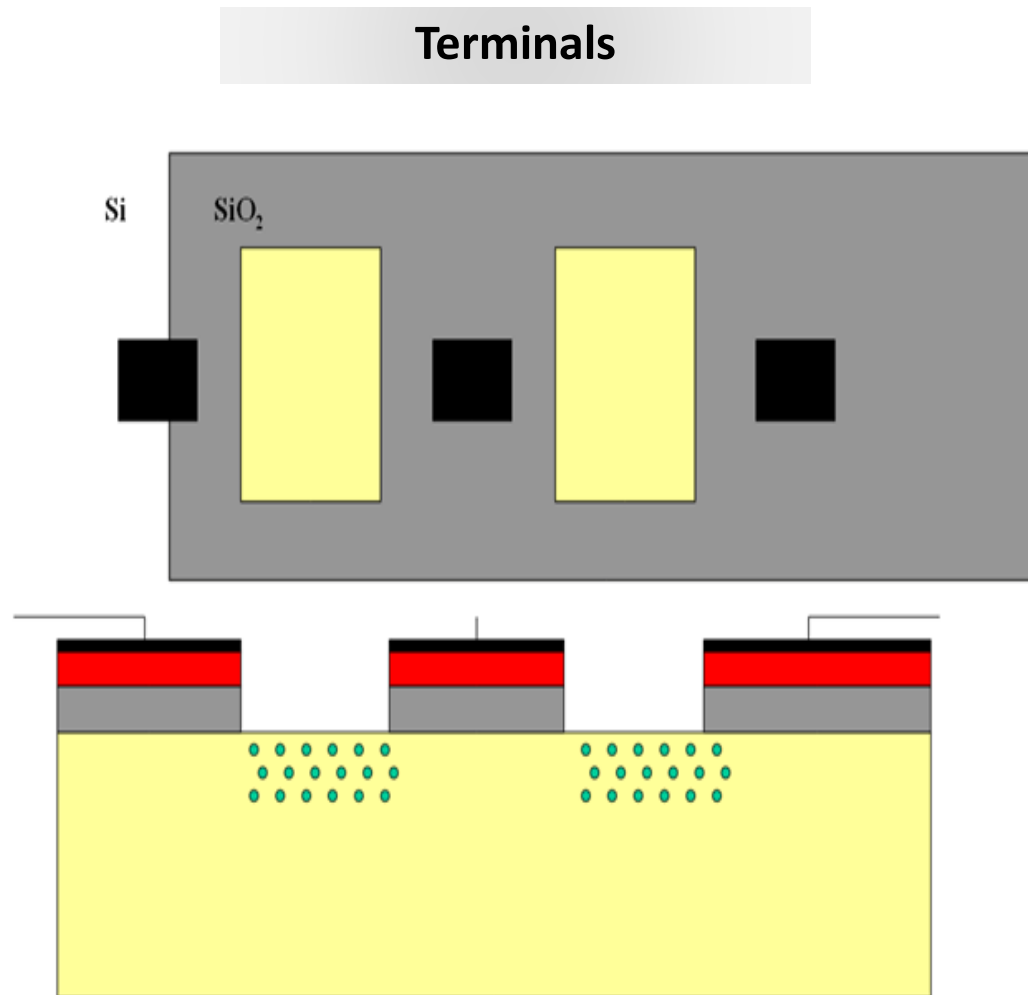


# Κατασκευή Transistor Βήμα 9

---



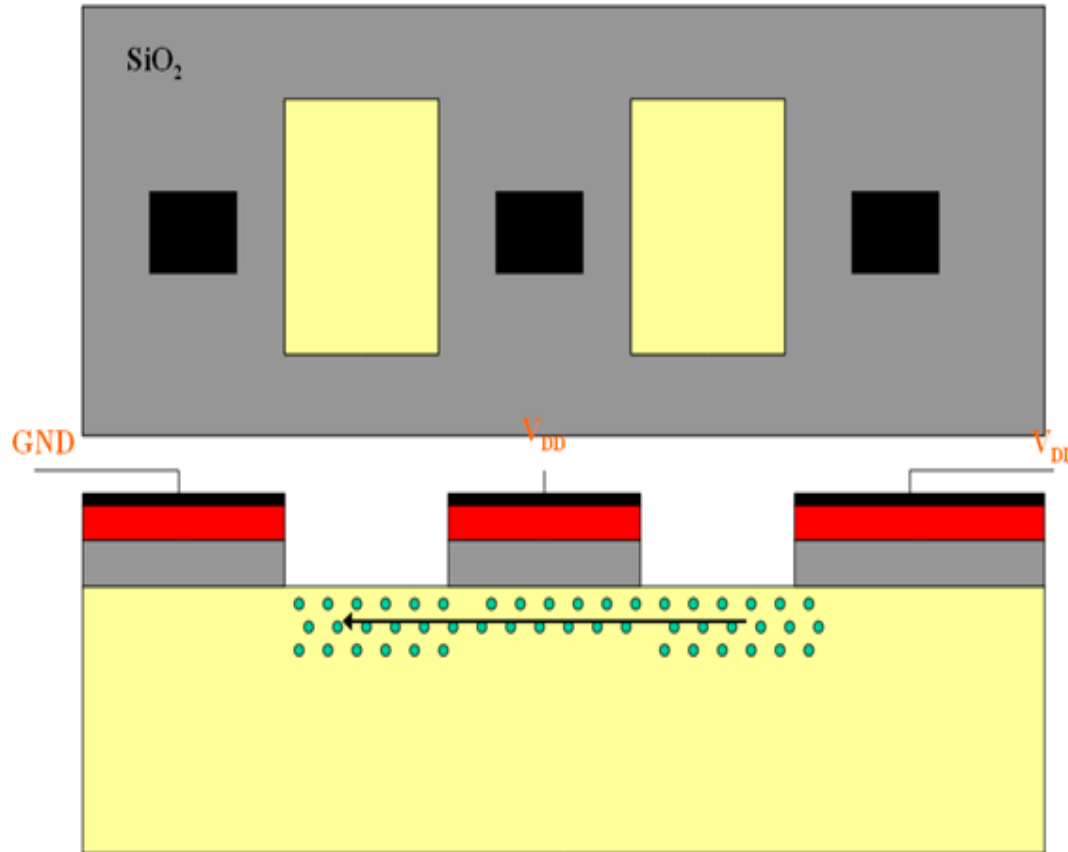
# Κατασκευή Transistor Βήμα 10





# Κατασκευή Transistor Βήμα 11

## Operation



# Συμβιβασμοί κόστους επιδόσεων

---

- **High-performance design:** το κόστος δε λαμβάνεται υπόψη στην επίτευξη του στόχου.
- **Low-cost design:** η απόδοση θυσιάζεται για να επιτευχθεί χαμηλό κόστος.
- **Cost-performance design:** ο σχεδιαστής εξισορροπεί το κόστος σε αντιστοιχία με την απόδοση (περισσότεροι σχεδιαστές κινούνται προς αυτή την κατεύθυνση).



---

# Επανάληψη Εννοιών από Ψηφιακή Σχεδίαση



# Η θεμελιώδης δομική μονάδα είναι το τρανζίστορ

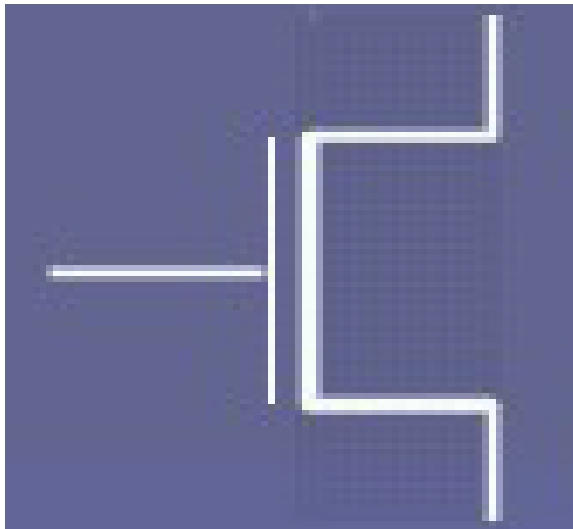
---

**Ο Gordon Moore** το 2003 εκτίμησε ότι ο αριθμός των τρανζίστορ που αποστέλλονται σε ένα χρόνο είχε φτάσει περίπου 10,000,000,000,000,000,000 (10<sup>18</sup>). Αυτό είναι περίπου 100 φορές ο αριθμός των μυρμηγκιών που εκτιμάται ότι είναι στον κόσμο.

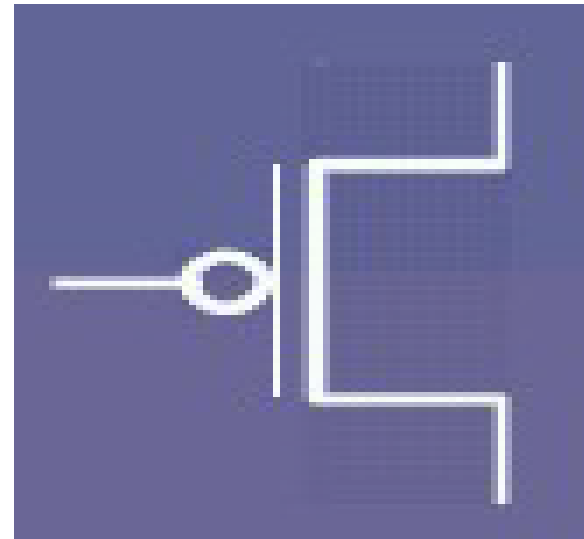


# Τρανζίστορ nMos pMos (σύμβολα)

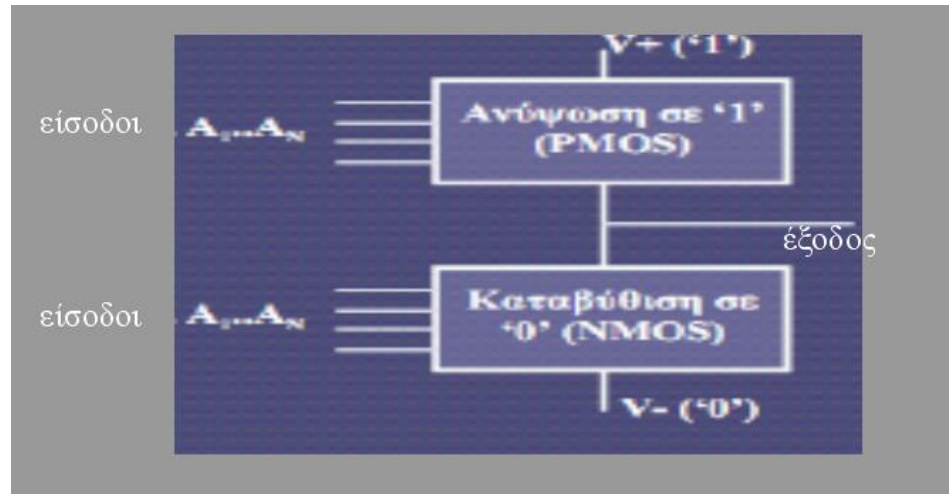
**NMOS:** άγει όταν στην πύλη εφαρμόζεται '1'  
Περνά ισχυρό '0'



**PMOS:** άγει όταν στην πύλη εφαρμόζεται '0'  
Περνά ισχυρό '1'



# Οι πύλες κατασκευάζονται από τρανζίστορ nMos & pMos

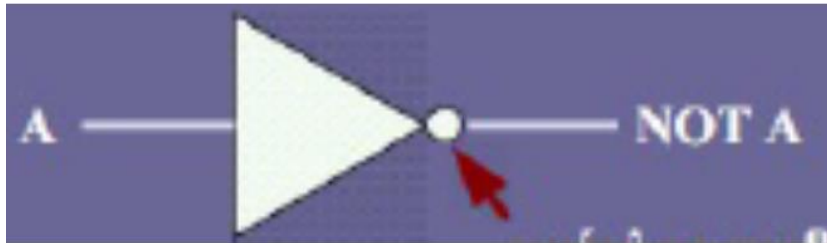


- **Στατιστική τεχνολογία CMOS.**

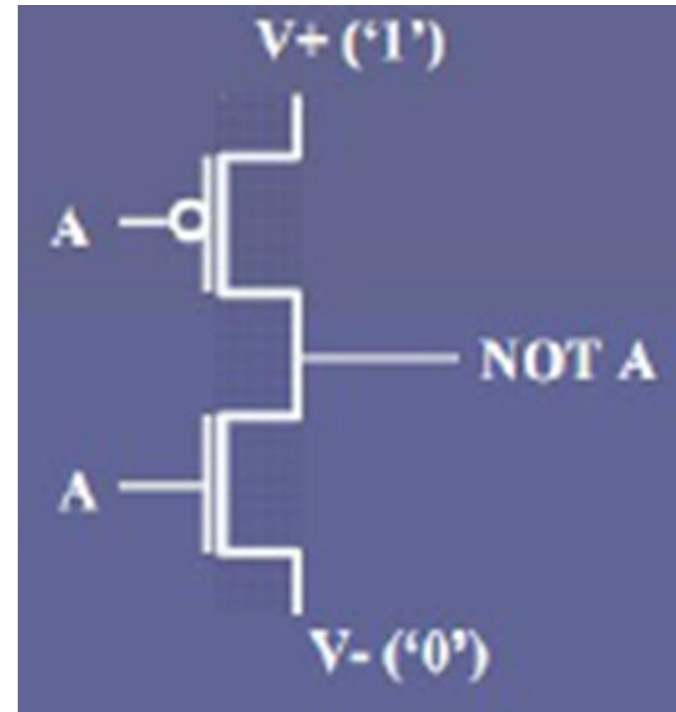
- Αναστρέφουσες συναρτήσεις.
- NOT, NAND, NOR ...
- Αξιόπιστη λειτουργία, εύκολη σχεδίαση.
- Όχι πάντα η αποδοτικότερη λύση.

# Η πύλη NOT

A	Y
0	1
1	0

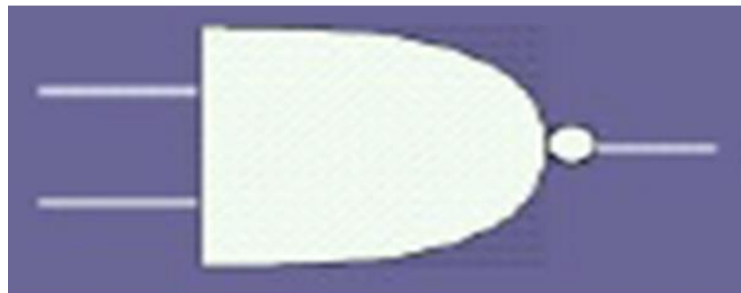


Ο κύκλος συμβολίζει την αντιστροφή  
σύμβολο πύλης NOT.

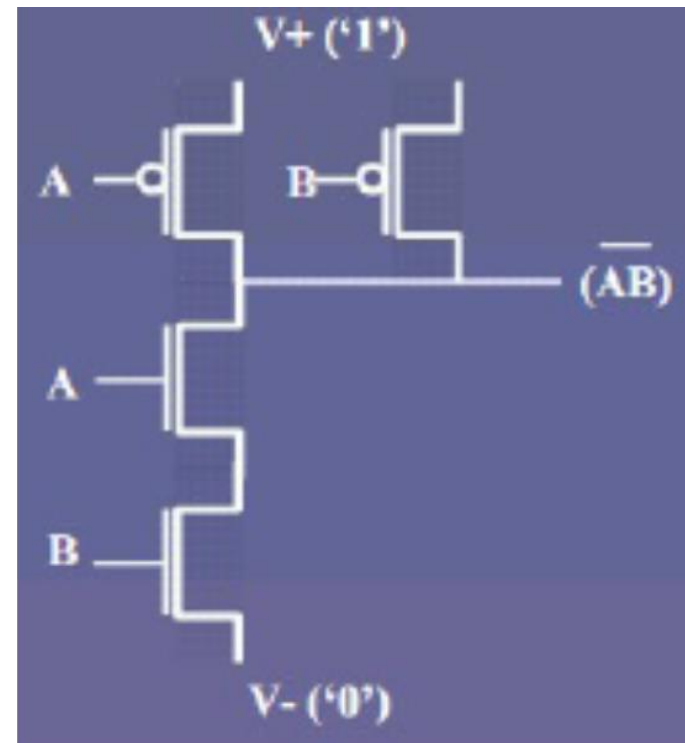


# Η πύλη NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Σύμβολο πύλης NAND



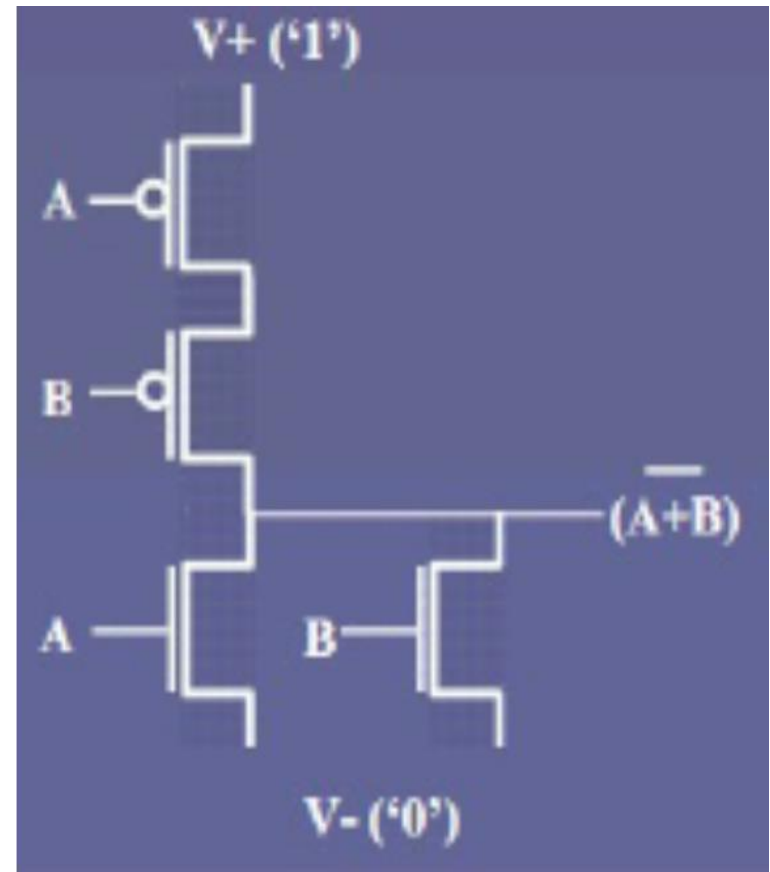


# Η πύλη NOR

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

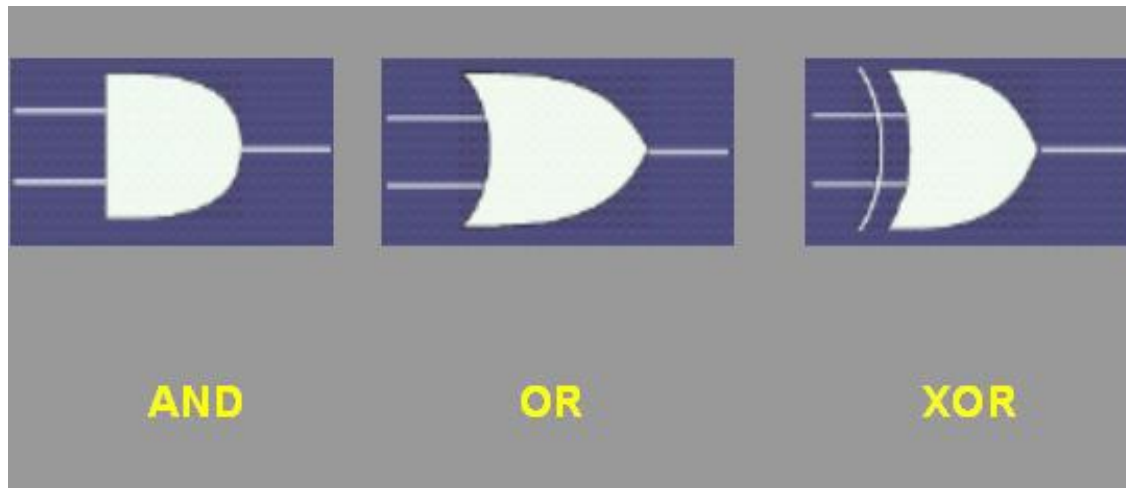


Σύμβολο πύλης NOR



# Άλλες λογικές πύλες

---



- Ως συνδυασμός των βασικών πυλών.
- **NOT, NAND, NOR.**
- Υπάρχουν και εναλλακτικές μέθοδοι σχεδίασης!

# Συνδυαστική Λογική



Μπλοκ λογικών συναρτήσεων:

- Οι έξοδοι εξαρτώνται **αποκλειστικά** από την τρέχουσα τιμή των εισόδων.
- Δεν υπάρχει **μνήμη** προηγούμενων καταστάσεων. Αλλαγή των εισόδων θα επηρεάσει τις εξόδους μετά από χρονικό διάστημα (**καθυστέρησης διάδοσης**).
- Η συνάρτηση που υλοποιεί το μπλοκ μπορεί να εκφραστεί με έναν **πίνακα αλήθειας**.



# Υλοποίηση συναρτήσεων

A	B	C	Y	Ελαχιστόροι	Μεγιστόροι
0	0	0	1	$a'b'c'$	$a+b+c$
0	0	1	0	$a'b'c$	$a+b+c'$
0	1	0	0	$a'bc'$	$a+b'+c$
0	1	1	1	$a'bc$	$a+b'+c'$
1	0	0	0	$ab'c'$	$a'+b+c$
1	0	1	0	$ab'c$	$a'+b+c'$
1	1	0	1	$abc'$	$a'+b'+c$
1	1	1	1	$abc$	$a'+b'+c'$

- $Y = a'b'c' + a'bc + abc' + abc$
- $Y = (a+b+c')(a+b'+c)(a'+b+c)(a'+b+c')$



# Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα

---

- Αποκωδικοποιητής (decoder).
  - $N$  είσοδοι ενεργοποιούν 1 από  $2^N$  εξόδους.
- Πολυπλέκτης (multiplexer).
  - $N$  είσοδοι επιλέγουν 1 από  $2^N$  εισόδους.
- Αθροιστής (adder).
  - Πρόσθεση δυαδικών ψηφίων.
  - Διάφοροι τρόποι παραγωγής-διάδοσης κρατουμένου.



# Αποκωδικοποιητής (decoder)



A	B	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

- Αποκωδικοποιητής N-σε- $2^N$ .
  - ✓ N είσοδοι ενεργοποιούν μία από  $2^N$  εξόδους.



# Πολυπλέκτης (multiplexer)

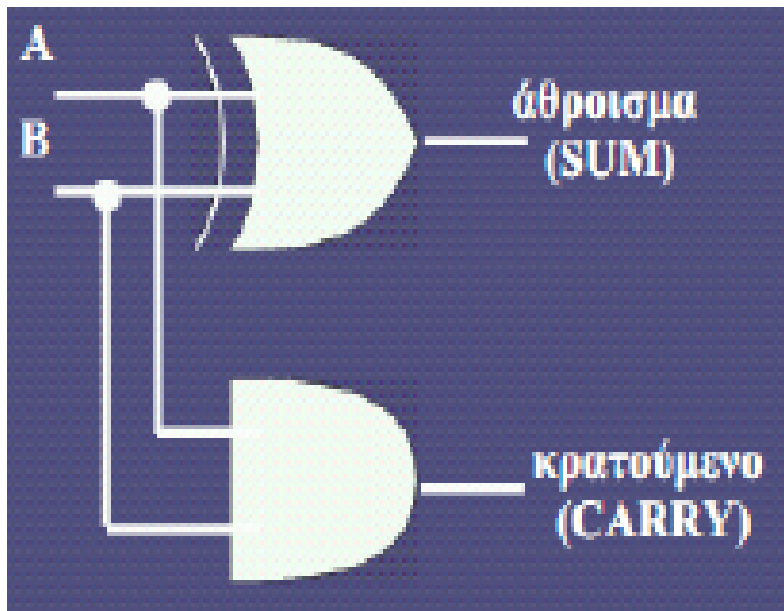


S1	S0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

- Πολυπλέκτης  $2^N$  γραμμών σε 1.
  - Επιλογή μίας από  $2^N$  εισόδους με τη βοήθεια  $N$  σημάτων ελέγχου.



# Ημιαθροιστής (half-adder)

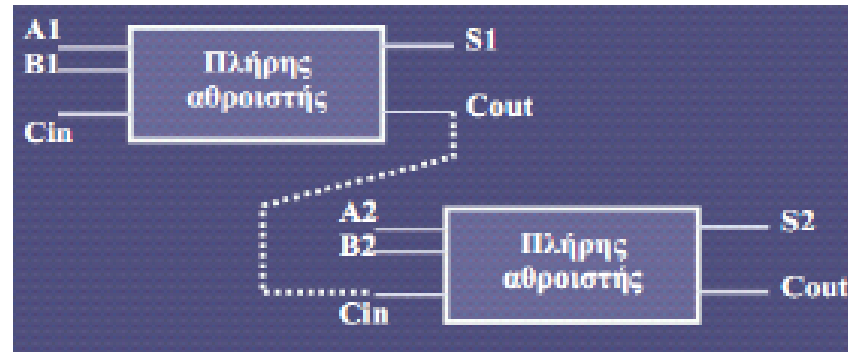


A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



# Πλήρης αθροιστής (full adder)

---



- Πολλαπλά τμήματα πλήρη αθροιστή:
  - Όμως πόσο **γρήγορα** διαδίδεται το Κρατούμενο; (ripple carry).
  - Τεχνικές πρόβλεψης κρατουμένου (carry look-ahead).

# Ο συνδυασμός των βασικών πυλών δημιουργεί πιο σύνθετες δομές

---

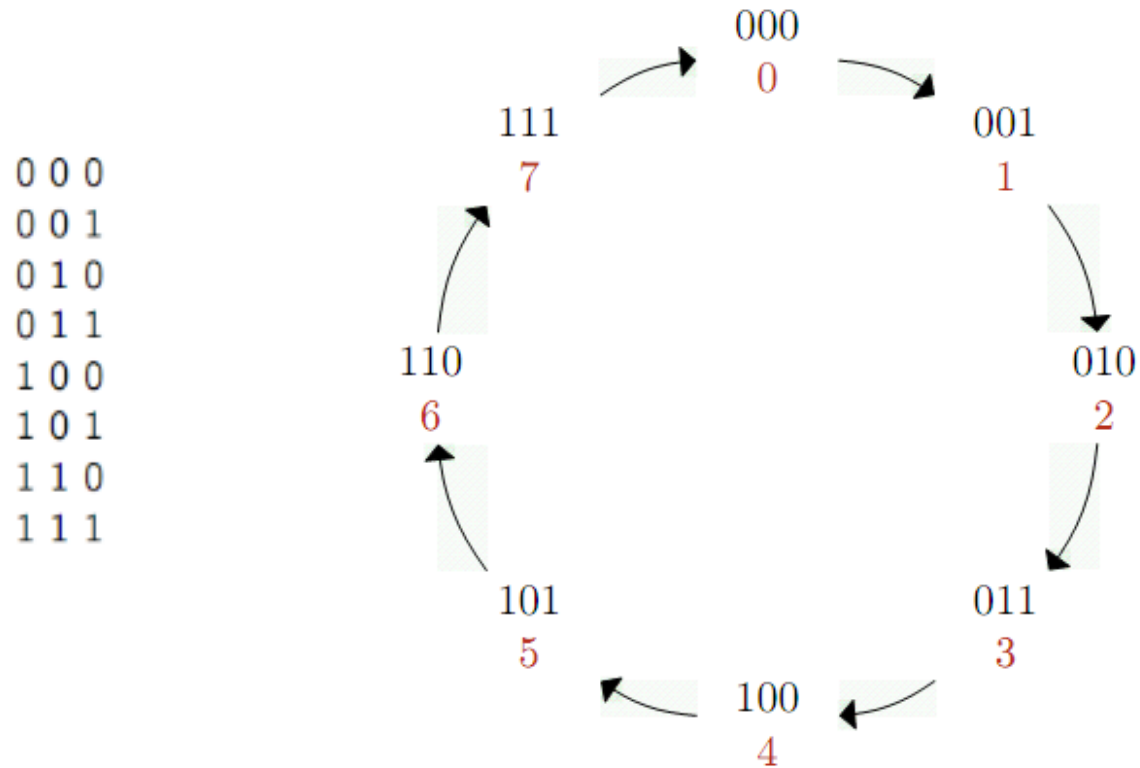
Παράδειγμα ALU (Αριθμητική Λογική Μονάδα).

- Κάθε υπολογιστής έχει τουλάχιστον μια ALU.
- Για γίνει οποιαδήποτε αριθμητική ή λογική πράξη:
  - Ο επεξεργαστής τοποθετεί τα ορίσματα στις εισόδους της ALU.
  - Ο επεξεργαστής ενεργοποιεί την ALU για τη συγκεκριμένη πράξη.
  - Η έξοδος (αποτέλεσμα) της ALU τοποθετείται σε συγκεκριμένη περιοχή μνήμης μέσα στον επεξεργαστή.



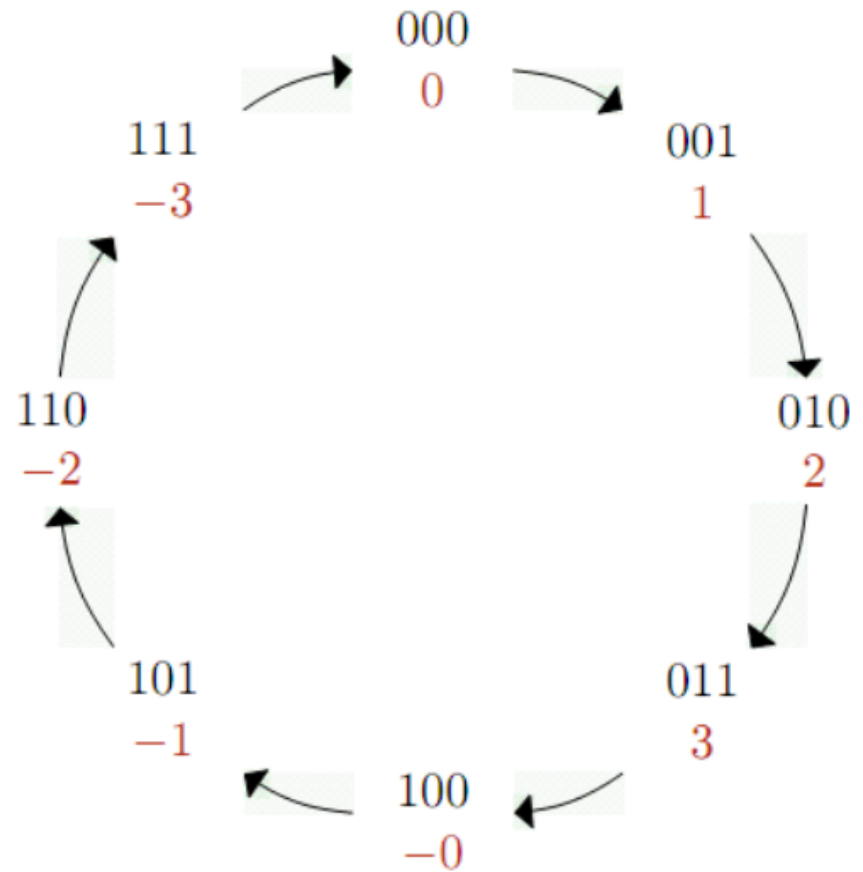
# Μη προσημασμένοι αριθμοί

---



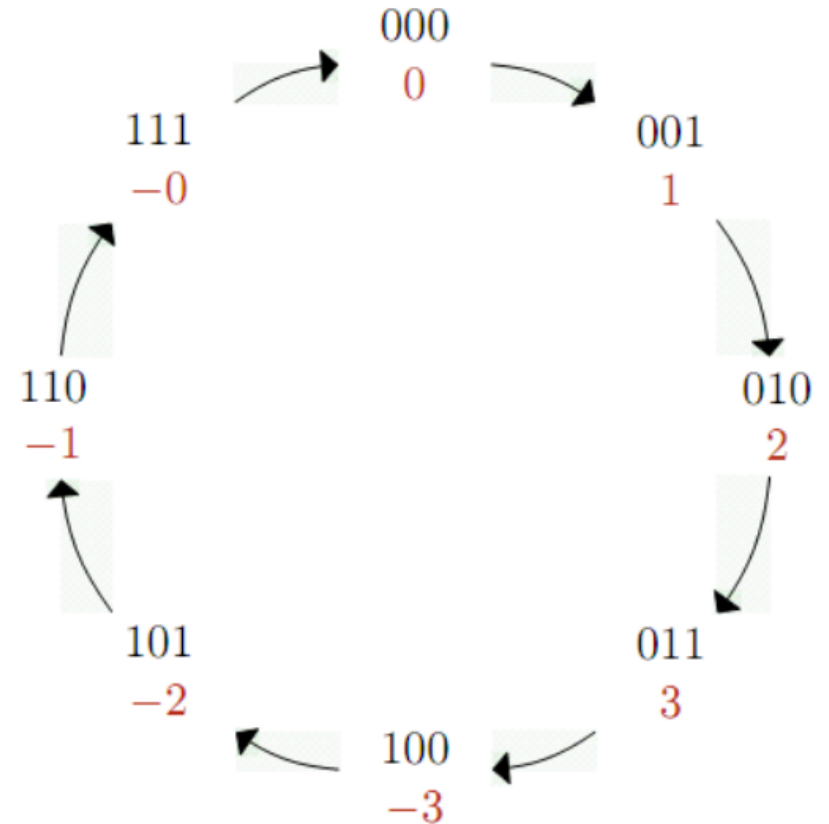
# Αριθμοί προσημασμένου μεγέθους

- Καθοδηγούμενο bit : σήμα.
- +0 και -0.
- Συμμετρική σειρά [-3, +3].



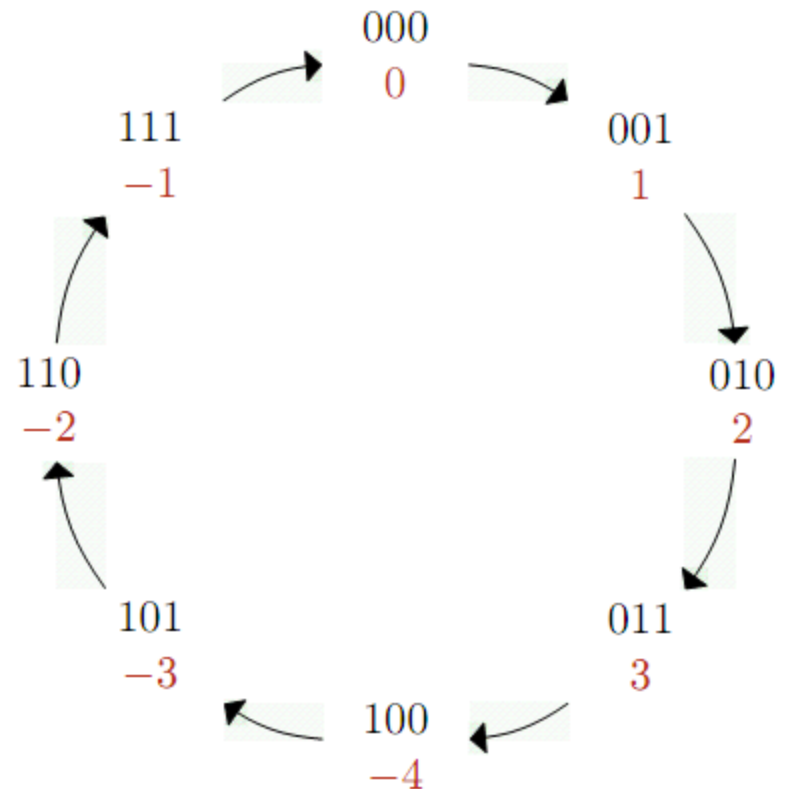
# Συμπλήρωμα ως προς 1

- +0 και -0
- Συμμετρική σειρά.
- [-3, +3].



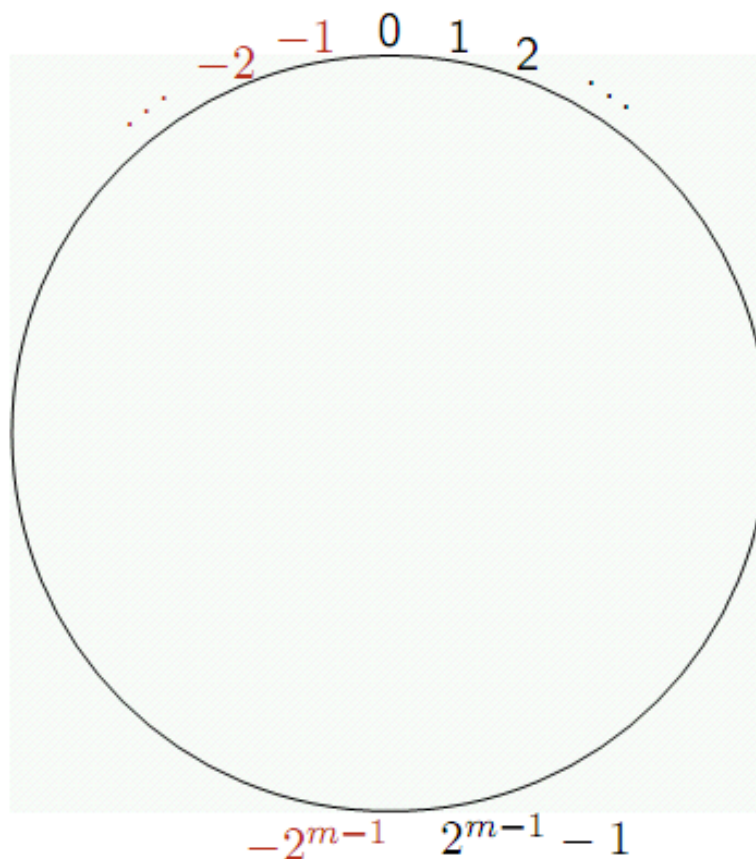
# Συμπλήρωμα ως προς 2 (1/2)

- Ασύμμετρη σειρά.  
[-4,+3].
- Με λίγα λόγια:  
αφαίρεση μέσω πρόσθεσης.
- Εξηγεί την αρίθμηση το σκίτσο με τα πρόβατα.

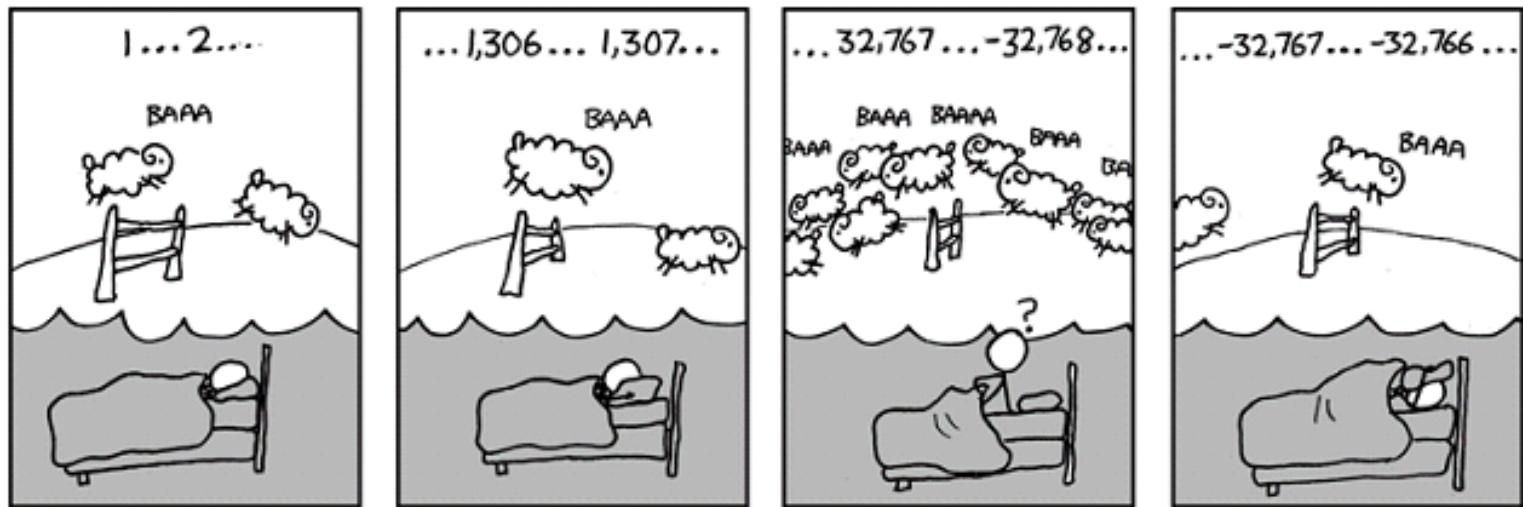


# Συμπλήρωμα ως προς 2 (2/2)

0	000...000
1	000...001
2	000...010
...	...
$2^{m-1} - 1$	011...111
$-2^{m-1}$	100...000
...	...
-2	111...110
-1	111...111



# «geek humor»



Source: <http://xkcd.com/571/>





---

# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

