



Εισαγωγή στην Πληροφορική και τον Προγραμματισμό Η/Υ

10^ο Μάθημα

Οργάνωση Υπολογιστών - Ι

Λεωνίδας Αλεξόπουλος

Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

E-mail: leo@mail.ntua.gr

Τηλ: 210 772-1666

Σύνοψη Μέχρι Σήμερα:

Σήμερα: Κεφ 5°
FOROUZAN

Διαδικό Σύστημα

- Κωδικοποίηση – Επεξεργασία – Αποκωδικοποίηση
- Bit/Byte/Word
- Κωδικοποίηση αριθμών & άλλων δεδομένων
- Μετατροπή Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό (ADC/DAC), Μέθοδοι Επαλήθευσης Δεδομένων

Hardware:

- Transistors, Υλοποίηση Boolean logic με Transistor
- Κατασκευή Transistors (εκτός ύλης)
- Λογικές μεταβλητές / πύλες / συναρτήσεις. Σύνθεση/ Ανάλυση
- Συνδυαστικά / Ακολουθιακά Κυκλώματα, RS Flip-Flop

ΣΗΜΕΡΑ

- Οργάνωση και λειτουργία Η/Υ.

Προγραμματισμός σε Η/Υ

Εφαρμογές



Γλώσσες Προγραμματισμού

```

1 function rowTotals = rowsum
2 % Add the values in each row and
3 % store them in a new array.
4
5 x = ones(2,10);
6 [n, m] = size(x);
7 rowTotals = zeros(1,n);
8 for j = 1:n
9     % Press Shift+Enter to rename 5 instances of 'j' to 'j'
10    end
11
12 function colsum = addToSum
13 colsum = 0;
14 thisrow = x(i,:);
15 for i = 1:m
16     colsum = colsum + thisrow(i);
17 end
18 end
19
20 end
    
```

Λειτουργικό Σύστημα

Γλώσσα Μηχανής

Assembly Language	Machine Code
add \$t1, \$t2, \$t3	04CB: 0000 0100 1100 1011
addi \$t2, \$t3, 60	16BC: 0001 0110 1011 1100
and \$t3, \$t1, \$t2	0299: 0000 0010 1001 1001
andi \$t3, \$t1, 5	22C5: 0010 0010 1100 0101
beq \$t1, \$t2, 4	3444: 0011 0100 0100 0100
bne \$t1, \$t2, 4	4444: 0100 0100 0100 0100
j 0x50	F032: 1111 0000 0011 0010
lw \$t1, 16(\$s1)	5A50: 0101 1010 0101 0000
nop	0005: 0000 0000 0000 0101
nor \$t3, \$t1, \$t2	029E: 0000 0010 1001 1110
or \$t3, \$t1, \$t2	029A: 0000 0010 1001 1010
ori \$t3, \$t1, 10	62CA: 0110 0010 1100 1010
ssl \$t2, \$t1, 2	0455: 0000 0100 0101 0101
srl \$t2, \$t1, 1	0457: 0000 0100 0101 0111
sw \$t1, 16(\$t0)	7050: 0111 0000 0101 0000
sub \$t2, \$t1, \$t0	0214: 0000 0010 0001 0100

Μικρολειτουργίες & Μικροπρογραμματισμός

Ψηφιακή Λογική



x	y	x ∨ y	x ∧ y	x ⊕ y	x ⊙ y
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1

Figure 1. Truth tables

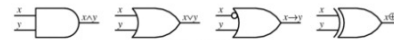


Figure 2. Logic gates

Οργάνωση Υπολογιστών

- ❑ Τα 3 υποσυστήματα ενός υπολογιστή:

1. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (ΚΜΕ / CPU)

ALU, Registers (καταχωρητές), CU (control unit / μονάδα ελέγχου)

2. Κύρια μνήμη

RAM, ROM, etc | Addresses

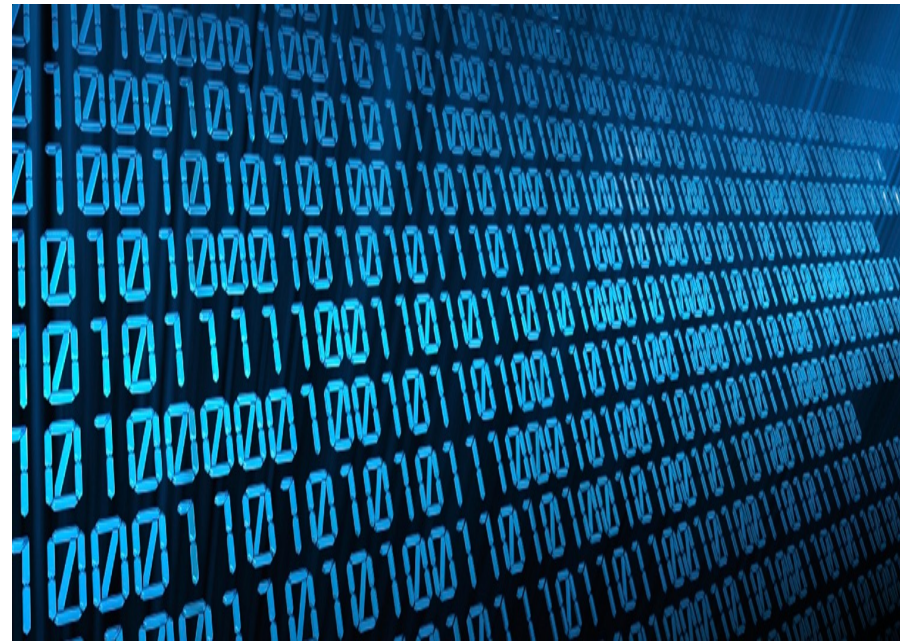
3. Υποσυστήματα εισόδου/εξόδου

Keyboards, hard drives, etc

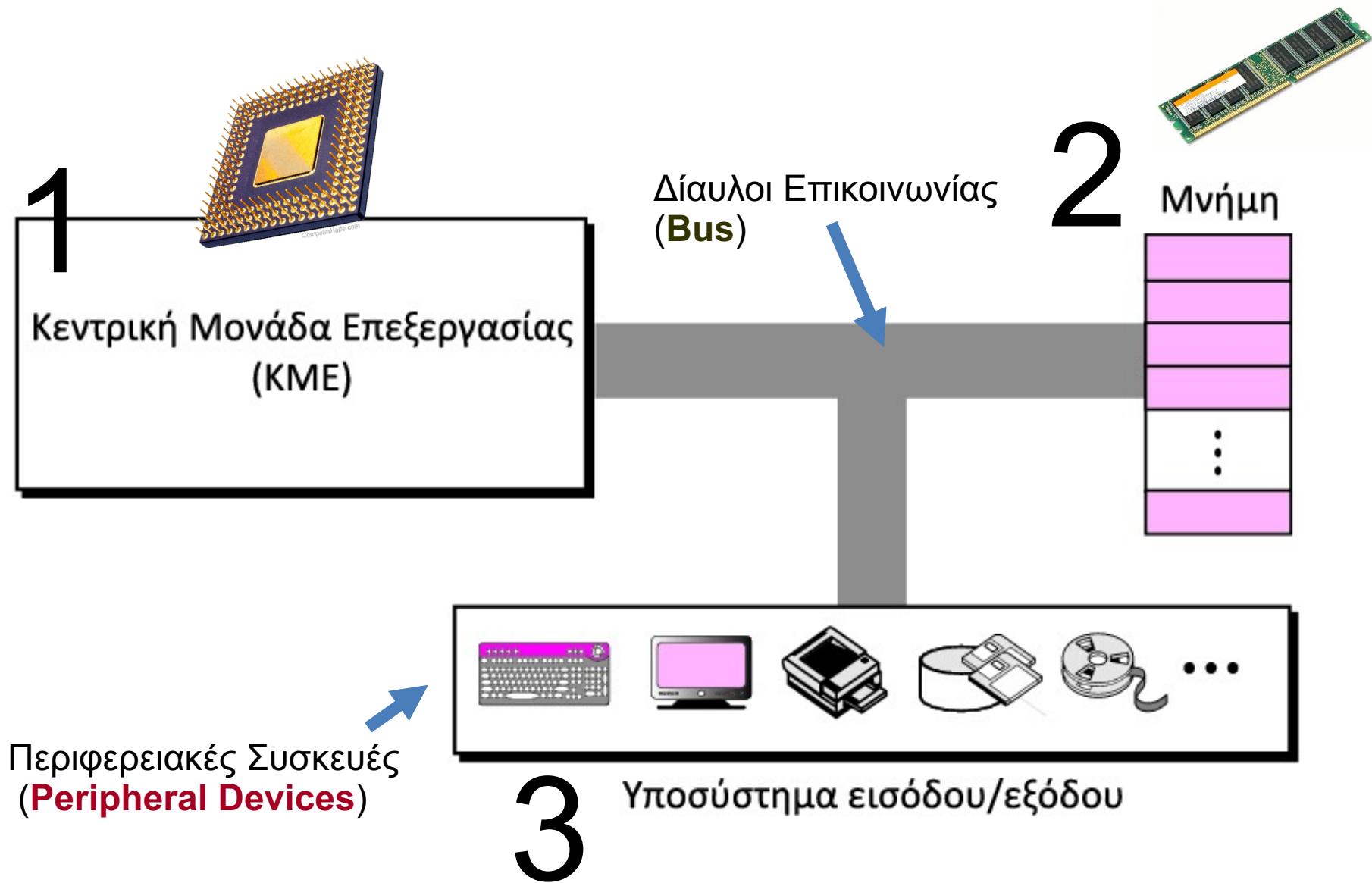
- ❑ Διασύνδεση υποσυστημάτων

- ❑ CPU-Μνήμη

- ❑ Εκτέλεση Προγραμμάτων σε απλό υπολογιστή με γλώσσα μηχανής

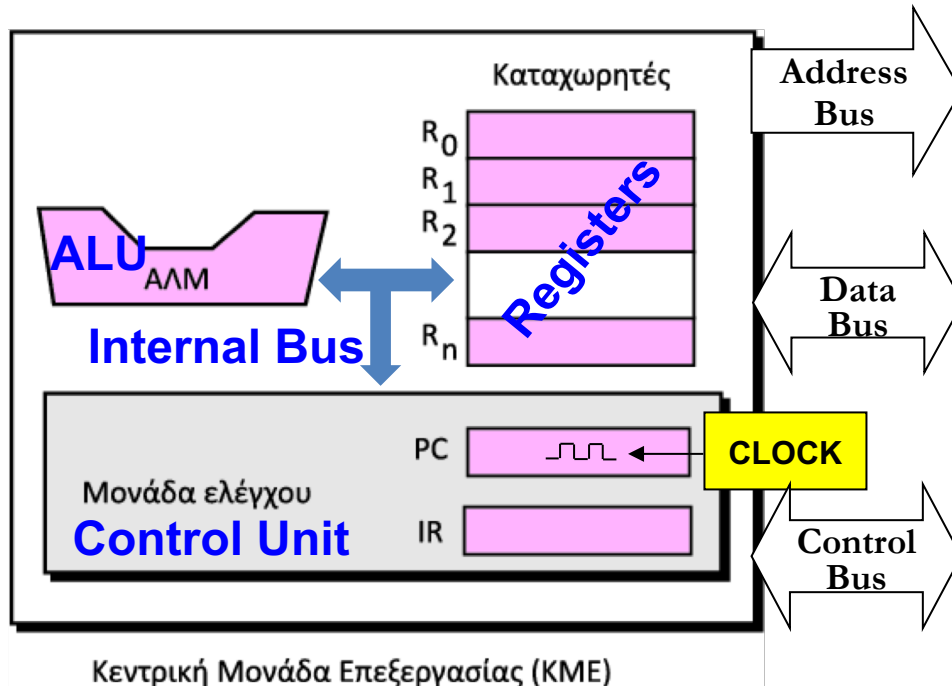


Τα 3 υποσυστήματα ενός Η/Υ



1. ΚΜΕ: Κεντρική Μονάδα Επεξ.

CPU: Central Processing Unit



Αριθμητική & λογική μονάδα : εκτελεί τις αριθμητικές & λογικές πράξεις.

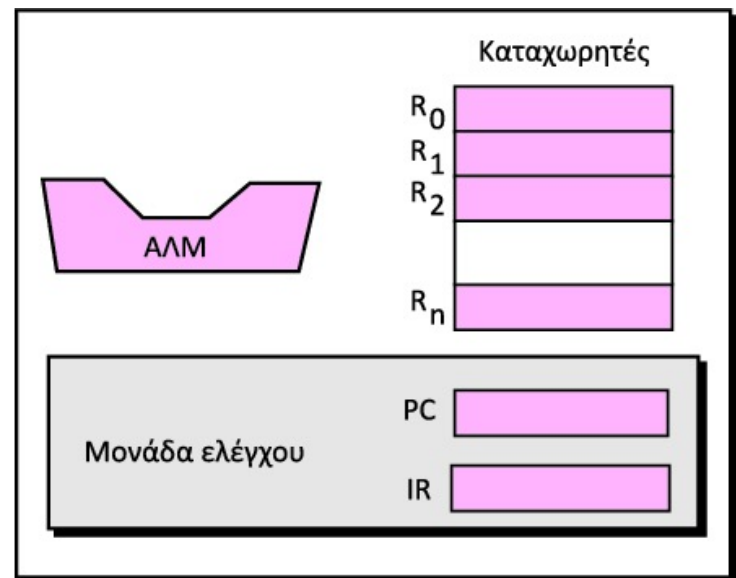
Καταχωρητές: αυτόνομες θέσεις γρήγορης αποθήκευσης στις οποίες διατηρούνται δεδομένα (και εντολές κώδικα*) προσωρινά.

Μονάδα ελέγχου : έχει σκοπό τον συντονισμό και έλεγχο όλων των ενεργειών της CPU και, σε προέκταση, του Η/Υ. Παίρνει από την μνήμη μία προς μία όλες τις εντολές του προγράμματος, τις αναλύει σε στοιχειώδεις εργασίες και στέλνει σε διάφορες μονάδες λεπτομερείς οδηγίες για το ποια λειτουργία πρέπει να εκτελέσουν και τότε.

* Αυτό το μοντέλο λειτουργίας ονομάζεται «μηχανή Von Neumann» προς τιμή του γνωστού θεμελιωτή της επιστήμης και τεχνολογίας Η/Υ, που το πρότεινε το 1947.

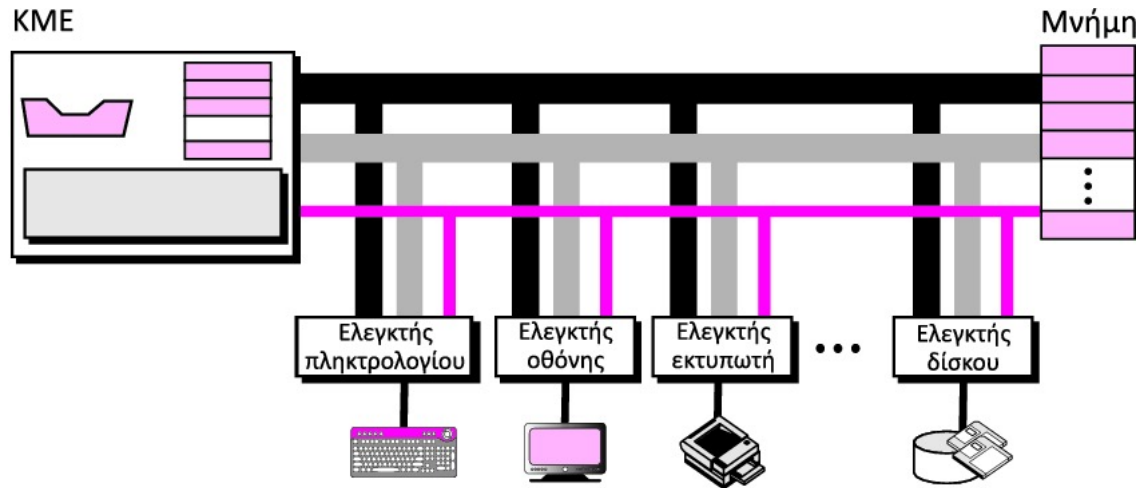
1. Καταχωρητές (Registers)

- **Τι είναι ?** Είναι προσωρινές και ταχύτατες θέσεις αποθήκευσης. Είναι, δηλαδή, ομάδες FLIP-FLOP τα οποία ευρίσκονται εντός της CPU, «δίπλα» είτε στην ALU είτε στην CU.
- **Εύρος :** περίπου όσο το μήκος λέξης (wordlength) όμως μερικά από αυτά έχουν μικρότερο (π.χ. τα status registers). Ένας 64-bit computer έχει συνήθως registers 64 bits in length.
- **Χρησιμότητα :** έγκειται στο πολύ μικρό access-time που έχουν σε σύγκριση με την Κεντρική Μνήμη και έτσι, χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν πληροφορίες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν άμεσα (**1 CPU cycle**), ώστε να χρειαζόμαστε μικρότερο χρόνο επεξεργασίας, δηλαδή:
 - δεδομένα προς άμεση επεξεργασία
 - δεδομένα από επεξεργασία
 - εντολές προγράμματος
 - Διευθύνσεις
- **Αριθμός/Μέγεθος :** Λίγες. Πχ 100s και με χωρητικότητα 1000s bytes



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

Δίαυλοι Επικοινωνίας - Bus

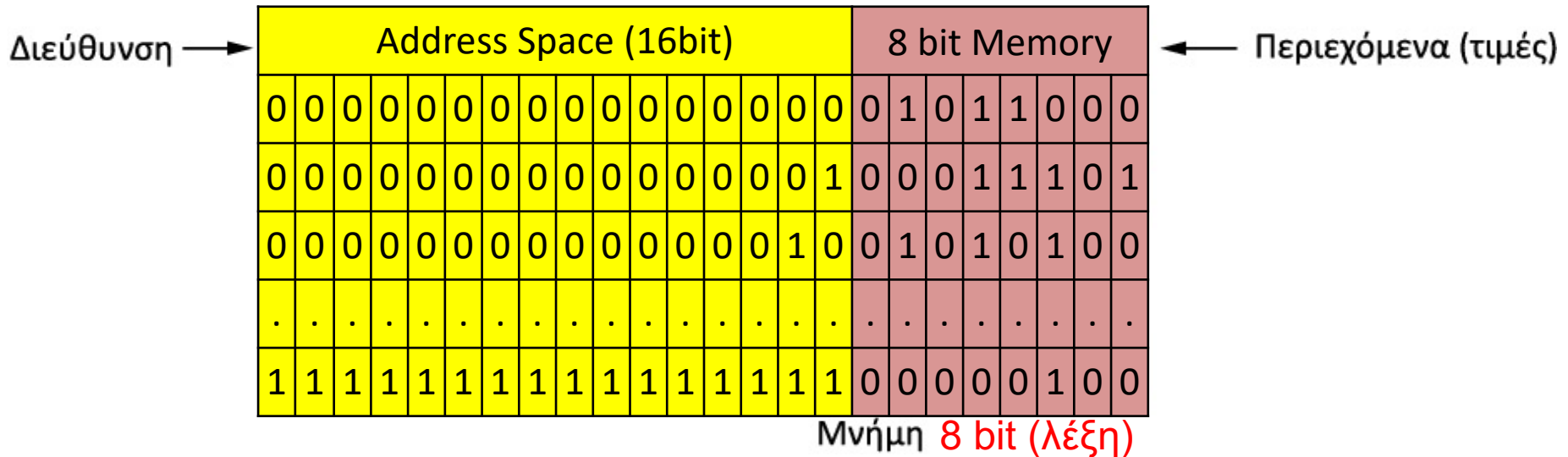


- 3 είδους πληροφοριών πρέπει να «ταξιδέψουν» από και προς τη CPU, τη μνήμη και τα περιφερειακά
- Κάθε δίαυλος είναι μία «Δέσμη Αγωγών», κάθε ένας από του οποίους μεταφέρει παλμούς.
 - DATA BUS - Δίαυλος δεδομένων: χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων (π.χ. προγράμματα και δεδομένα) από και προς τη CPU, τη μνήμη και τα περιφερειακά.
 - ADDRESS BUS - Δίαυλος διευθύνσεων: καθορίζει ανά πάσα στιγμή σε ποια διεύθυνση της μνήμης ή σε ποιο από τα περιφερειακά θα γίνει η απαγωγή ή η προσαγωγή δεδομένων.
 - CONTROL BUS - Δίαυλος ελέγχου: χρησιμοποιείται για να στέλνει η CPU σήματα ελέγχου (εντολές) προς τα άλλα τμήματα με σκοπό την εκτέλεση άλλων ενεργειών (καθορίζει το τι θα γίνει, π.χ. ανάγνωση, εγγραφή κλπ.).
- Τα bus μπορεί να είναι είτε τρία (3) ξεχωριστά είτε ένας μοναδικός δίαυλος₈ που υλοποιεί και τις τρεις λειτουργίες με «κατάτμηση» χρόνου (time sharing).

Χαρακτηριστικά της ΚΜΕ και «επεξεργαστική ισχύς»

- **Συχνότητα (frequency):** πλήθος “βασικών” πράξεων που μπορεί να εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. ανά μονάδα χρόνου (sec). Μετράται σε MHz (1 MHz = 1 κύκλος / sec). Τυπικές συχνότητες συνήθων μικροϋπολογιστών από 1MHz ~ 4 GHz
- **Wordlength (ψηφιολέξη):** μέγεθος της πληροφορίας που επεξεργάζεται η ΚΜΕ. ανά βήμα «εκτέλεσης». Αν είναι η ψηφιολέξη σχετικά μικρή και δεν επαρκεί για να “χωρέσει” τα δεδομένα για την ζητούμενη ακρίβεια (δηλ. χρειαζόμαστε πολλά bytes), τότε η ΚΜΕ χρειάζεται ενδιάμεσα βήματα για αποθηκεύσει τα δεδομένα.
- **Data Bus Width:** Καθορίζει, για δεδομένο wordlength, σε πόσες φάσεις το word θα μεταφερθεί από και προς την ΚΜΕ.
- **Address bus width:** Καθορίζει τον μέγιστο (addressable) χώρο διευθυνσιοδότησης της ΚΜΕ. Σε περίπτωση που αυτός γεμίσει, χρησιμοποιείται η περιφερειακή μνήμη.

2. Κύρια Μνήμη - I



Χρησιμεύει για την, όσο είναι ο υπολογιστής σε λειτουργία, αποθήκευση των **δεδομένων εισόδου & εξόδου ΚΑΙ των εντολών** του προγράμματος.

Κάθε μία θέση αποθήκευσης διαθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό που ονομάζεται **διεύθυνση**. Τα δεδομένα μεταφέρονται από και προς τη μνήμη σε ομάδες bit που ονομάζονται λέξεις. Μια λέξη μπορεί να είναι μια ομάδα από 8 bit, 16 bit, 32 bit, ή 64 bit (και αυξάνονται συνεχώς).

Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η προσπέλαση οιασδήποτε διεύθυνσης στην μνήμη. Από αυτήν ακριβώς την ικανότητα προκύπτει η ονομασία **RAM (Random Access Memory)**.

2. Κύρια Μνήμη - I

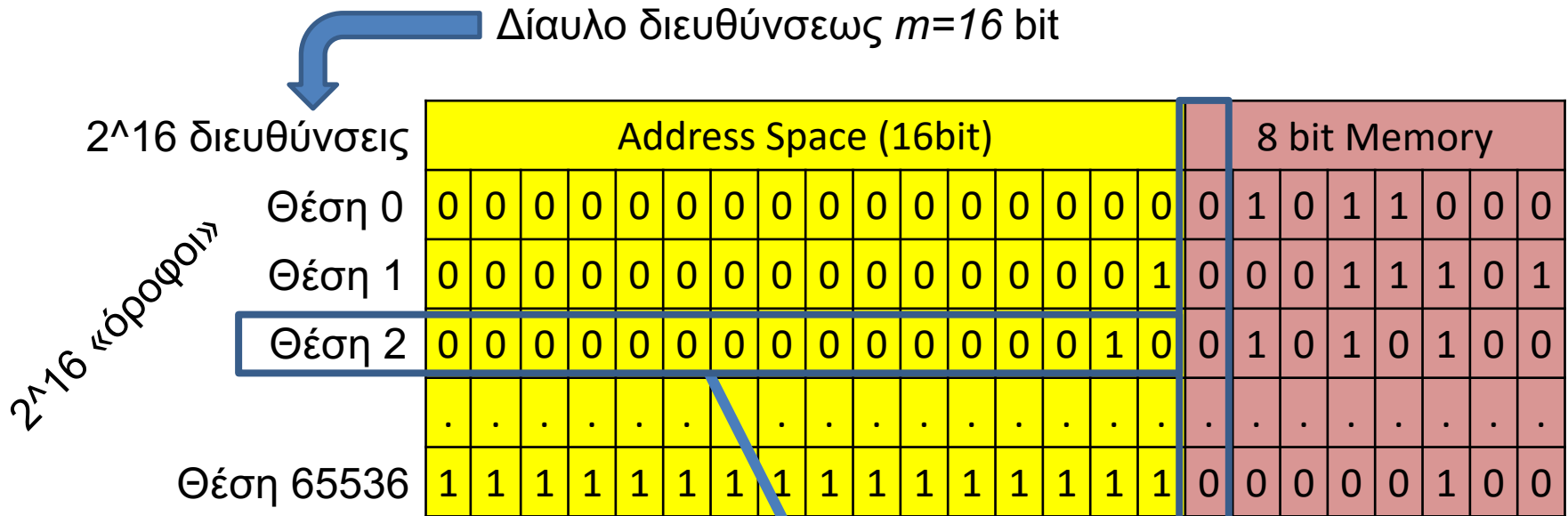
Στην μνήμη αποθηκεύονται (i) δεδομένα εισόδου όπως αριθμοί και χαρακτήρες, (ii) εντολές σε γλώσσα μηχανής, και (iii) δεδομένα εξόδου. Έστω η πράξη: 3+10. **Εντολή προγραμματισμού** είναι η πρόσθεση (“+”) ενώ **δεδομένα εισόδου** είναι οι αριθμοί (3,10). Τόσο η εντολή όσο και τα δεδομένα εισόδου κωδικοποιούνται ως αλληλουχίες bit, αποθηκευμένες στην κεντρική μνήμη. Όταν η CPU εκτελέσει την πράξη και βγάλει το αποτέλεσμα (13) θα το αποθηκεύσει και αυτό σε κωδικοποιημένη μορφή στην κεντρική μνήμη ως **δεδομένο εξόδου**.

Παράδειγμα: **δεδομένα εισόδου** **δεδομένα εξόδου** **Εντολή προγραμματισμού**

Θέση	Address Space (16bit)	8 bit Memory	
0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 1 0 1 ? 0 0 0	Στείλε στο CPU την θέση 4 της KM
1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 1 1 ? 0 1	Στείλε στο CPU την θέση 5 της KM
2	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	0 ? 0 ? 0 ? 0 0	Πρόσθεσε θέσεις 3&4 → θέση 8
3	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0	0 0 0 0 1 0 1 0	Ο Αριθμός «10»
4	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1 1	Ο Αριθμός «3»
5	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0	
	
8	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 1 1 0 1	Ο Αριθμός 13 (στην θέση 8)

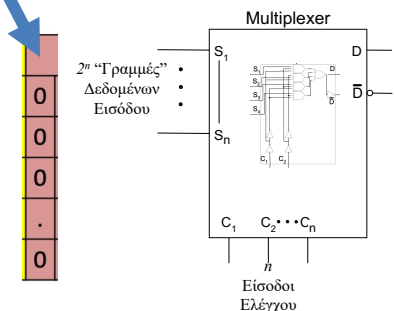
2. Μέγεθος Μνήμης & Χώρος Διευθύνσεων

Ο αριθμός των bit που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η διεύθυνση του κάθε byte μνήμης εξαρτάται από το chip της CPU και είναι ίσος με το εύρος του διαύλου διευθύνσεως. Για ένα δίαυλο διευθύνσεως m bit, ο μέγιστος αριθμός byte της κυρίας μνήμης που μπορεί να προσπελάσει η CPU είναι 2^m με διευθύνσεις που εκτείνονται από 0 έως 2^m-1



Με ποιο κύκλωμα μπορώ να επιλέξω το MSD της θέσης 2?

Πόσο μεγάλη είναι η παραπάνω μνήμη?



2. Μέγεθος Μνήμης & Χώρος Διευθύνσεων

Μνήμη 2^{16} σειρές όπου κάθε σειρά είναι 1 byte (μέγεθος λέξης) έχει χωρητικότητα 2^{16} bytes

Για την διεύθυνση χρειαζόμαστε αριθμούς από το 0 μέχρι το 65536 δηλαδή 2^{16} διευθύνσεις, δηλαδή ένα Δίαυλος διευθύνσεων (ADDRESS BUS) με 16bits

Ακριβές πλήθος byte	Προσέγγιση
2^{10} (1024) byte Kibibyte - KiB	10^3 byte (KB) Kilobyte
2^{20} (1.048.576) byte Mebibyte - MiB	10^6 byte (MB) Megabyte
2^{30} (1.073.741.824) byte GibiByte - GiB	10^9 byte (GB) Gigabyte
2^{40} byte Tebibyte - TiB	10^{12} byte (TB) Terabyte

Παράδειγμα Μνήμης 64 kilobyte

2^{16} lines

64 kbytes
 $2^6 \cdot 2^{10}$ bytes
 2^{16} bytes
 65536 bytes

Address Space (16bit)														8 bit Memory									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0

2. Μέγεθος Μνήμης & Χώρος Διευθύνσεων

Παράδειγμα

Ένας υπολογιστής έχει 128 MB μνήμης. Κάθε λέξη σε αυτόν τον υπολογιστή είναι οκτώ byte. Πόσα bit χρειάζονται για τη διευθυνσιοδότηση κάθε λέξης της μνήμης;

Λύση

Η μνήμη είναι 128 MB, δηλαδή $2^7 \cdot 2^{20}$ bytes = 2^{27} bytes.

Όμως κάθε λέξη είναι οκτώ 2^3 bytes.

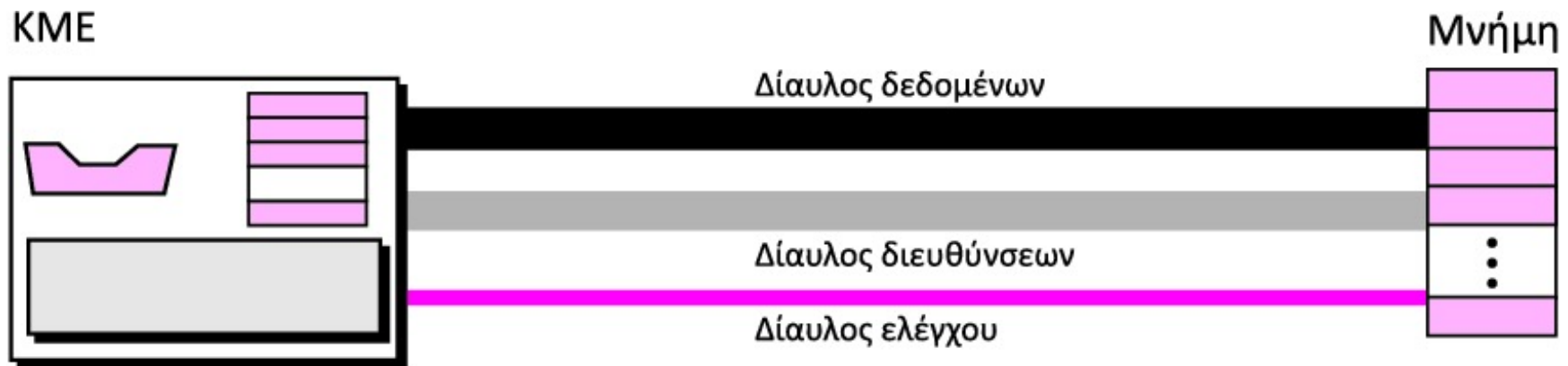
Αυτό σημαίνει ότι θέλουμε $2^{27} / 2^3 = 2^{24}$ διευθύνσεις.

Επομένως, για τη διευθυνσιοδότηση κάθε λέξης απαιτούνται $\log_2 2^{24}$, ή 24 bit.

2. Κύκλος Μνήμης

Κύκλος μνήμης είναι η διαδικασία που απαιτείται για την ανάγνωση ή εγγραφή στην μνήμη. Αυτός υλοποιείται ως εξής:

- η CPU καθορίζει την διεύθυνση (την «βάζει» στο address bus)
- το address bus ενεργοποιεί το κελί που αντιστοιχεί στην διεύθυνση αυτή
- το control bus καθορίζει το **τι** θα γίνει (εγγραφή ή ανάγνωση) και το **πότε** θα γίνει.
- Τα δεδομένα, μέσω του data bus, θα **μπουν** (αν έχουμε **εγγραφή**) ή θα **βγουν** (αν έχουμε **ανάγνωση**) από το κελί της μνήμης



Αμα το data bus έχει εύρος μικρότερο από την ψηφιολέξη (π.χ. το μήκος της ψηφιολέξης είναι 32 bit και το data bus έχει εύρος 16 bit) τότε χρειάζονται περισσότεροι του ενός κύκλου ανάκλησης ή εγγραφής.

2. Τύποι Μνήμης – RAM / ROM

Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM)

- Στατική RAM (SRAM) (flip-flop)
- Δυναμική RAM (DRAM) (με πυκνωτές)

Μνήμη μόνο για ανάγνωση (ROM)

- Προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (PROM)
- Διαγράψιμη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (EPROM)
- Ηλεκτρικά διαγράψιμη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (EEPROM)

2. Χαρακτηριστικά Μνήμης

- **Ταχύτητα προσπέλασης (T_a)** : Ο χρόνος (σε 10 nsec) που χρειάζεται για R/W (read or write) σε οποιαδήποτε διεύθυνση της μνήμης.
- **Μέγεθος**: Η χωρητικότητα σε bytes της μνήμης. Στα PC είναι περίπου της τάξης του 1GB → >10 GB ενώ υπάρχουν και (super) computer με μνήμη πολλών GB
- **Μονιμότητα αποθήκευσης**: Ανάλογα με την μονιμότητα αποθήκευσης διακρίνονται δύο είδη κεντρικής μνήμης: η RAM και η ROM.
 - **RAM**: R/W κατά βούληση και ταχέως. Τα δεδομένα όμως χάνονται με την απώλεια της τροφοδοσίας και για αυτόν τον λόγο η RAM χρησιμοποιείται κυρίως για αποθήκευση προσωρινών δεδομένων και εντολών. Υπάρχουν 2 τύποι RAM :
 - **Δυναμική (DRAM)**: (capacitor) πρέπει να αναζωογονείται ηλεκτρικά $\sim 10^3$ φορές/sec αλλιώς χάνονται δεδομένα. Μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα και $T_a = 60 \div 70$ nsec. DRAM είναι η κλασική μνήμη RAM του Η/Υ
 - **Στατική (SRAM)**: απλή κατασκευαστικά (flip/flop). Δεν παρουσιάζει διαρροή δεδομένων αν υπάρχει μικρή ισχύς. $T_a \approx 10$ nsec. SRAM είναι η μνήμη cache.
 - **ROM (Read Only Memory)**: αποθηκεύει, αναγνώσιμα αλλά μη επανεγγράψιμα, στοιχεία δηλαδή εντολές και δεδομένα τα οποία είναι μόνιμα δηλαδή ανεξάρτητα από την τροφοδοσία σε ρεύμα. Επομένως είναι κατάλληλη για αποθήκευση βασικών πληροφοριών (π.χ. BIOS: το πρόγραμμα που κάνει τον υπολογιστή να ξεκινάει). Υπάρχουν τρία είδη ROM:
 - **PROM (Programmable ROM)**: προγραμματίζεται με ειδικές συσκευές (με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας) και δεν μπορούμε να την επαναπρογραμματίσουμε.
 - **EPROM (Electrically PROM)**: απλοποίηση της PROM για την οποία υπάρχουν ειδικές συσκευές με τις οποίες μπορούμε να τις προγραμματίσουμε ηλεκτρικά αλλά δεν μπορούμε να σβήσουμε τα δεδομένα ούτε να κάνουμε επαναπρογραμματισμό.
 - **EEPROM (Electrically Erasable PROM)**: δίνει την δυνατότητα να σβήνουμε τα δεδομένα της και να την επαναπρογραμματίσουμε

2. Ιεραρχία Μνήμης

- **Καταχωρητές (Registers):**

- βρίσκονται στο εσωτερικό της Κ.Μ.Ε.
- είναι πολύ “ταχύ” είδος μνήμης (~1 CPU cycle)
- έχουν μικρές αποθηκευτικές δυνατότητες (1000s bytes)

- **Λανθάνουσα ή Κρυφή Μνήμη (Cache memory):**

- βρίσκεται στην Κ.Μ.Ε.
- αποτελείται από επίπεδα L1, L2, κτλ και χωρίζεται σε instruction cache and data cache
- κατασκευάζεται από SRAM (static RAM) ή DRAM
- μικρές αποθηκευτικές δυνατότητες (KiB to MiB)
- είναι ταχεία

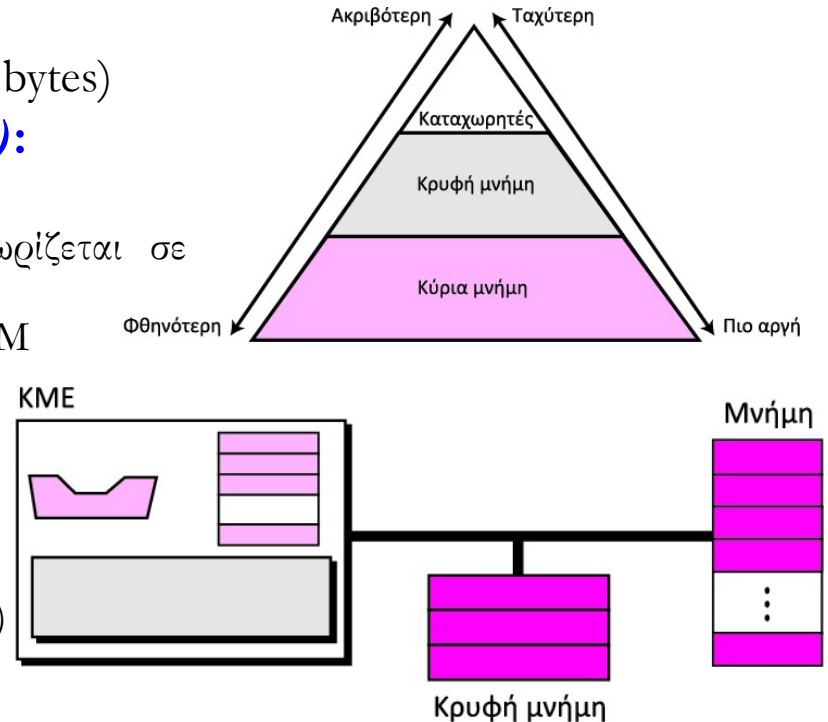
- **Κυρία Μνήμη (Main memory):**

- κατασκευάζεται από DRAM (dynamic RAM)
- ικανοποιητικές αποθηκευτικές δυνατότητες (GiB)
- αρκετά ταχεία (πχ 50 ns)

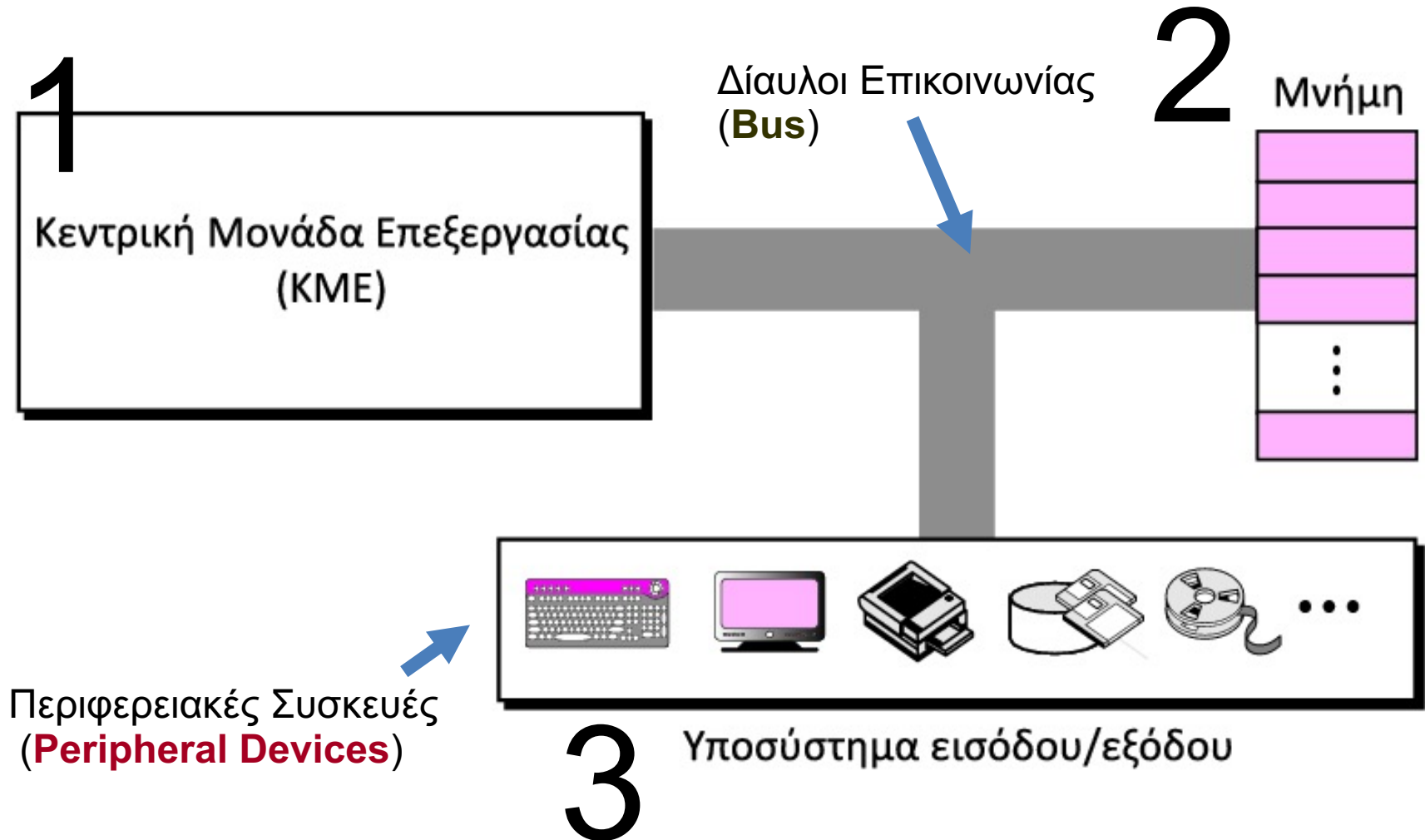
- **Περιφερειακή ή Δευτερεύουσα Μνήμη (Peripheral or Secondary memory):**

- μεγάλες αποθηκευτικές δυνατότητες
- σχετικά αργή (ένας σκληρός δίσκος, έχει access time της τάξεως των 5-10 ms)

[EXTPA:https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_hierarchy](https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_hierarchy)



3. Υποσυστήματα Ε/Ε



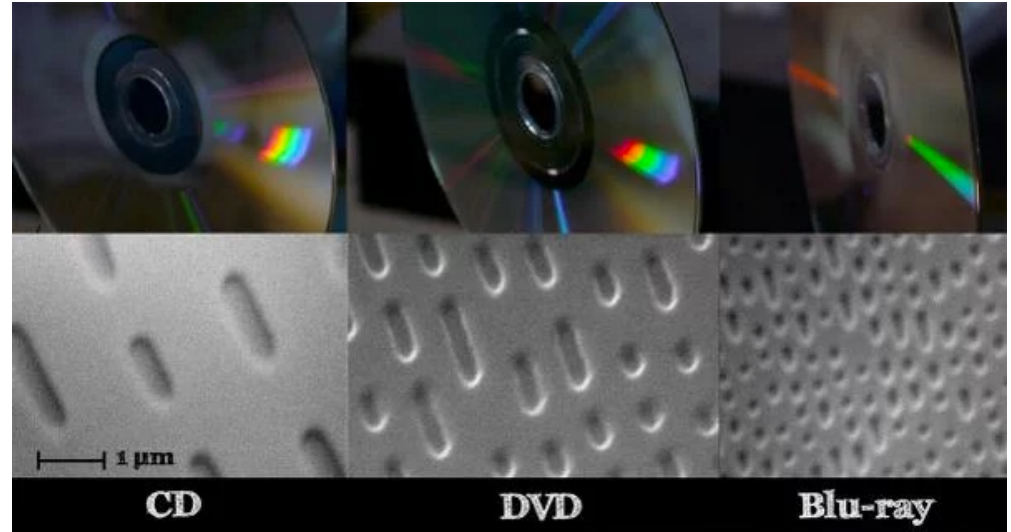
Δύο μεγάλες κατηγορίες Περιφερειακών Συσκευών:
Μη αποθηκευτικές και αποθηκευτικές

3. Αποθηκευτικά συστήματα

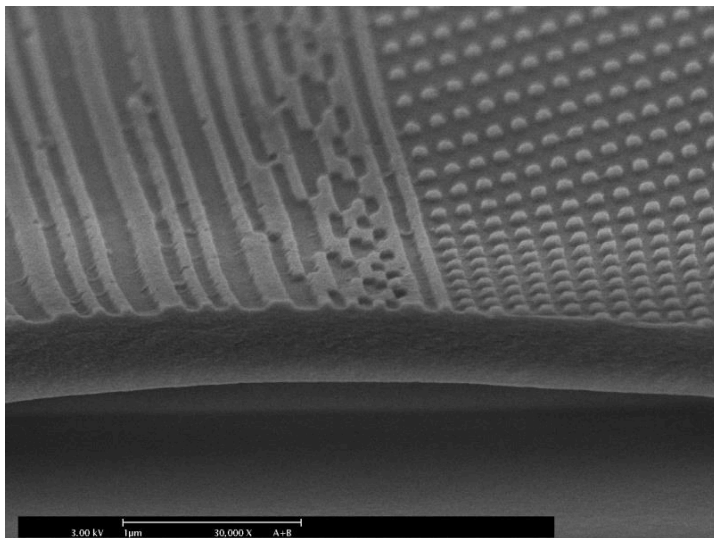
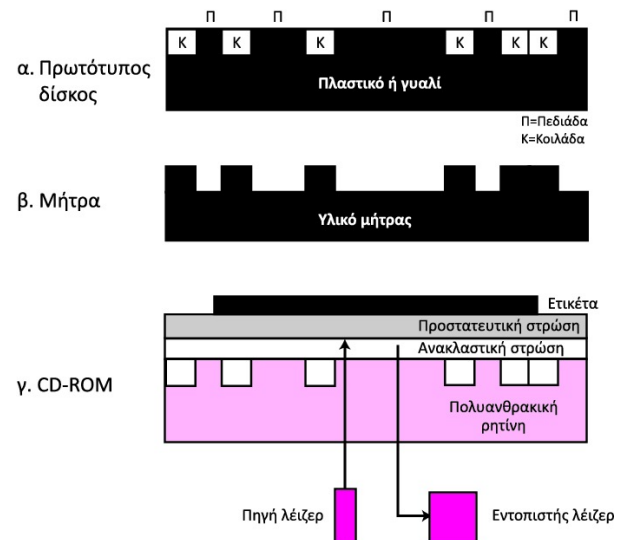
ΗΛΕΚΤΡΟ-ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ



ΟΠΤΙΚΑ (Read, Writable, ReWritable)



Κοιλιάδες & Πεδιάδες (pits & lands)



3. Οπτικά Αποθηκευτικά συστήματα

Κοιλάδα
 $0.8\mu\text{m}$



Κοιλάδα
 $0.4\mu\text{m}$



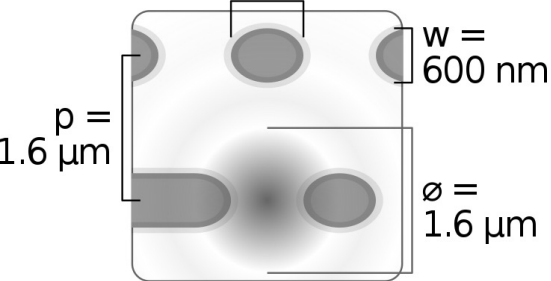
Κοιλάδα
 $0.2\mu\text{m}$



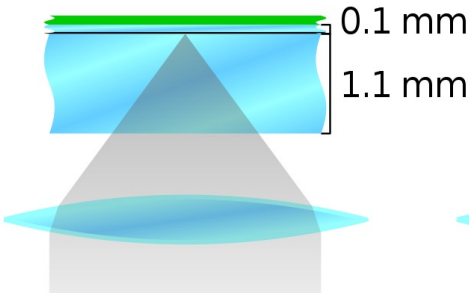
Κοιλάδα
 $0.15\mu\text{m}$

CD

$l = 800\text{ nm}$

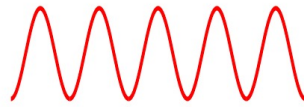
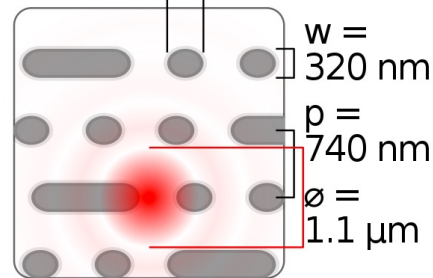


$\lambda = 780\text{ nm}$

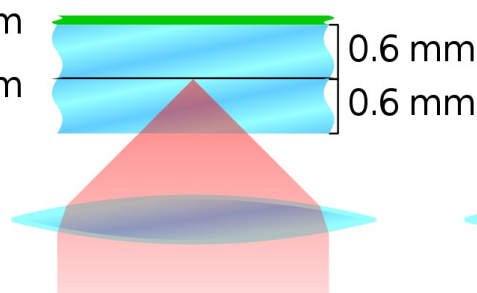


DVD

$l = 400\text{ nm}$

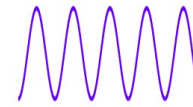
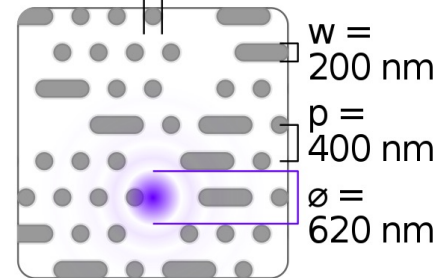


$\lambda = 650\text{ nm}$

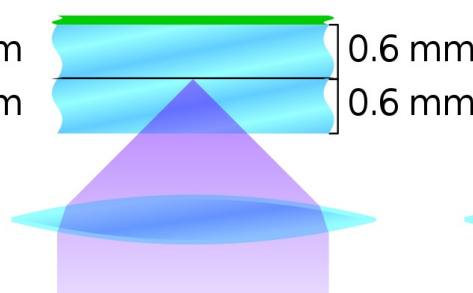


HD DVD

$l = 200\text{ nm}$

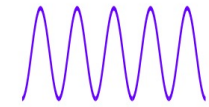
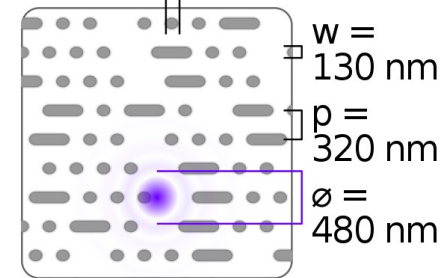


$\lambda = 405\text{ nm}$

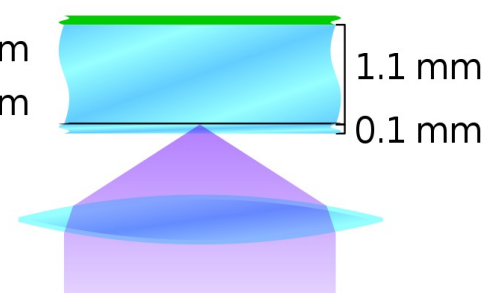


Blu-ray

$l = 150\text{ nm}$



$\lambda = 405\text{ nm}$



END