

## B2.2 Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

### Τι θα μάθουμε σήμερα:

- ◈ Να αναφέρουμε τα μέρη της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας και να εξηγήσουμε σε γενικές γραμμές τον ρόλο τους:
  - Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic and Logic Unit)
  - Καταχωρητές (Registers)
  - Μονάδα Ελέγχου (Control unit)
- ◈ Να αναφέρουμε τον ρόλο του Χρονιστή (Clock)
- ◈ Να αναγνωρίζουμε να και αναφέρουμε τα κύρια χαρακτηριστικά μιας ΚΜΕ (ταχύτητα, αρχιτεκτονική, κατανάλωση ρεύματος)
- ◈ Να συγκρίνουμε δύο ΚΜΕ με βάση την ταχύτητα και την κατανάλωση ρεύματος.

### 1. Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, ΚΜΕ (Central Processing Unit, CPU)

Είναι το εξάρτημα που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των δεδομένων, εκτελώντας τις εντολές από ένα πρόγραμμα. Η ΚΜΕ αποτελείται από ηλεκτρονικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και συχνά αναφέρεται και ως **μικροεπεξεργαστής (microprocessor)**.

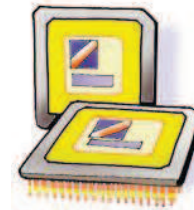
Η ΚΜΕ βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με την Κύρια Μνήμη (RAM και ROM) του υπολογιστή, από την οποία παίρνει τις εντολές και τα δεδομένα για επεξεργασία και στην οποία αποθηκεύει τις πληροφορίες που προκύπτουν από την επεξεργασία. Επικοινωνεί, επίσης, με τις άλλες μονάδες του υπολογιστή μέσα από τις διάφορες υποδοχές της Μητρικής Πλακέτας για είσοδο δεδομένων και έξοδο πληροφοριών (Εικόνα 16).

Ο ρόλος της ΚΜΕ είναι τόσο σημαντικός, που καθορίζει πώς πρέπει να είναι οργανωμένο όλο το άλλο υλικό που συνδέεται μαζί της και επομένως καθορίζει την **αρχιτεκτονική** του υπολογιστή.

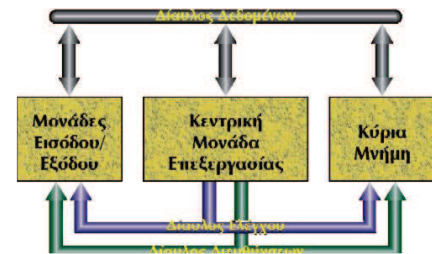
### 2. Τα Μέρη της ΚΜΕ

Παρόλο που τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που αποτελούν την κάθε ΚΜΕ διαφέρουν μεταξύ τους, γενικά όλες οι ΚΜΕ περιέχουν τρία βασικά μέρη (Σχήμα 3):

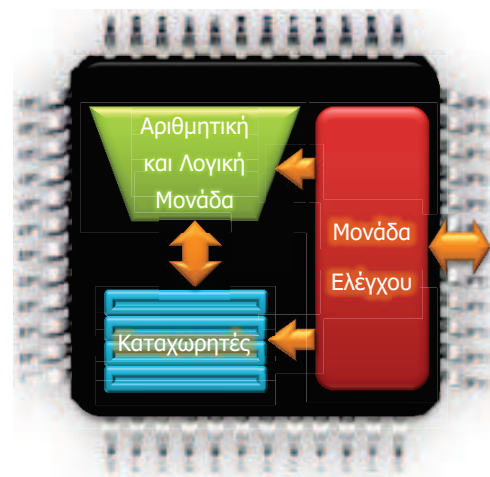
- Την Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic and Logic Unit, ALU)
- Τη Μονάδα Ελέγχου (Control Unit)
- Τους Καταχωρητές (Registers).



Εικόνα 15 Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Εικόνα 16 Η Κ.Μ.Ε. επικοινωνεί με την Κύρια Μνήμη και τις Μονάδες Εισόδου και Εξόδου



Εικόνα 17 Τα μέρη της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας

### 2.1 Η Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic and Logic Unit -ALU)

Είναι μια συλλογή από ηλεκτρονικά κυκλώματα φτιαγμένα για να εκτελούν αριθμητικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό, διαίρεση, κ.λπ.), συγκρίσεις (π.χ. να πάρει δύο δεδομένα και να αποφασίσει εάν το πρώτο είναι ίσο, μεγαλύτερο ή μικρότερο από το δεύτερο) και λογικούς συλλογισμούς, δηλαδή συλλογισμούς που απαντούνται με Ορθό ή Λάθος (π.χ. «Περισσότερος αριθμός και μικρότερος του 10», «πολλαπλάσιο του 5 ή μικρότερος του 10»).

Η Αριθμητική και Λογική Μονάδα από μόνη της δεν μπορεί να κάνει κάτι χρήσιμο, διότι χρειάζεται να της δοθούν τα δεδομένα που θα επεξεργαστεί και να της καθοριστεί ποια από τις αριθμητικές πράξεις ή λογικούς συλλογισμούς θα εκτελέσει. Από τη στιγμή που καθορίζεται ποια πράξη ή συλλογισμό θα εκτελέσει, η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με φοβερά μεγάλη ταχύτητα (σε ένα δευτερόλεπτο μπορούν να εκτελεστούν περίπου ένα δισεκατομμύριο πράξεις και συλλογισμοί).

### 2.2 Η Μονάδα Ελέγχου (Control Unit)

Είναι μια συλλογή από ηλεκτρονικά κυκλώματα που σκοπό έχουν να ελέγχουν και να συντονίζουν τη λειτουργία της ΚΜΕ και των άλλων μερών του υπολογιστή, ώστε να λειτουργούν αρμονικά και αξιόπιστα. Η μονάδα ελέγχου φροντίζει να μεταφέρονται από την κύρια μνήμη του υπολογιστή μία μία με τη σειρά οι εντολές του προγράμματος που εκτελείται. Μελετά την κάθε εντολή και ανάλογα με το τι χρειάζεται να γίνει συντονίζει τις μονάδες εισόδου και αποθήκευσης για να αποστείλουν τα δεδομένα που χρειάζονται, τα οποία διοχετεύει στην Αριθμητική και Λογική Μονάδα, στην οποία καθορίζει και το είδος της επεξεργασίας που χρειάζεται να γίνει. Όταν τελειώσει η επεξεργασία, συντονίζει τις απαραίτητες μονάδες εξόδου ή αποθήκευσης για να πάρουν τις πληροφορίες που παράγονται.

### 2.3 Οι Καταχωρητές (Registers)

Πρόκειται για ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους που βρίσκονται μέσα στην ΚΜΕ και συνεργάζονται με την Αριθμητική και Λογική Μονάδα, η οποία μπορεί να παίρνει από αυτούς δεδομένα ή να αποθηκεύει σε αυτούς πληροφορίες πολύ πιο εύκολα και γρήγορα από οπουδήποτε αλλού. Το μέγεθός τους (δηλαδή από πόσα bit αποτελούνται) καθορίζεται από την αρχιτεκτονική της ΚΜΕ (π.χ. 16 bit, 32 bit, 64 bit, κ.λπ.).

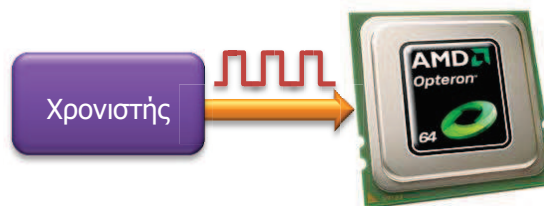
Δεν είναι εύκολο να περιγράψουμε ακριβώς πώς χρησιμοποιούνται οι καταχωρητές, διότι στους περισσότερους τύπους ΚΜΕ ο κάθε καταχωρητής έχει εξειδικευμένο ρόλο και χρήση. Ακολουθεί ένα παράδειγμα για να πάρουμε μια γενική ιδέα για τη χρήση τους.

*Παράδειγμα:*

Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε το αποτέλεσμα  $(a+b) * (a-b)$ . Το  $a$  και το  $b$  είναι δεδομένα που θα πάρουμε από το χρήστη (π.χ.  $a=5$  και  $b=2$ ). Για να γίνει αυτός ο υπολογισμός σε ένα πρόγραμμα, οι εντολές που θα πρέπει να εκτελεστούν είναι η πρόσθεση του  $a$  και του  $b$  (π.χ.  $5+2=7$ ), η αφαίρεση του  $b$  από το  $a$  (π.χ.  $5-2=3$ ) και μετά ο πολλαπλασιασμός των δύο ενδιάμεσων αποτελεσμάτων (π.χ.  $7*3=21$ ). Επειδή η Αριθμητική και Λογική Μονάδα μπορεί να εκτελεί μία πράξη κάθε φορά, *αποθηκεύονται σε δύο καταχωρητές τα δύο ενδιάμεσα αποτελέσματα* (π.χ. το  $a+b=7$  και το  $a-b=3$ ), ώστε αμέσως μετά να προχωρήσει με τον πολλαπλασιασμό τους. Το τελικό αποτέλεσμα συνήθως αποθηκεύεται στη μνήμη RAM ή αποστέλλεται σε κάποια μονάδα εξόδου.

### 3. Ο Χρονοστής (Clock)

Για να μπορούν τα μέρη της ΚΜΕ να συντονίζονται τη λειτουργία τους, χρειάζονται κάτι που να τους καθορίζει τον ρυθμό με τον οποίο η Μονάδα Ελέγχου μπορεί να στέλνει δεδομένα για επεξεργασία στην Αριθμητική και Λογική Μονάδα. Ο ρυθμός λειτουργίας της ΚΜΕ καθορίζεται από ένα εξωτερικό κύκλωμα που ονομάζεται **χρονοστής** (ή ρολόι) και το οποίο στέλνει αδιάκοπα στα μέρη της μια σειρά από ηλεκτρικούς παλμούς για να συντονίζονται και καθορίζει την ταχύτητα με την οποία η ΚΜΕ εκτελεί εντολές από ένα πρόγραμμα. Όσο πιο συχνοί είναι οι παλμοί, τόσο πιο πολλές εντολές εκτελούνται ανά δευτερόλεπτο. Η συχνότητα των παλμών του χρονοστή μετρείται σε Hz (Hertz). Οι σημερινές ΚΜΕ έχουν συχνότητα χρονοστή αρκετών εκατοντάδων MHz (μεγαχέρτζ) ή μερικών GHz (γίγαχέρτζ). Ένα MHz αντιστοιχεί σε 1 εκατομμύριο παλμούς ανά δευτερόλεπτο ενώ 1 GHz αντιστοιχεί σε 1 δισεκατομμύριο παλμούς ανά δευτερόλεπτο.



Εικόνα 18 Ο χρονοστής (Clock) παρέχει συνεχώς ηλεκτρικούς παλμούς με συγκεκριμένο ρυθμό για να συντονίζονται τα μέρη της Κ.Μ.Ε.

### 4. Κύρια χαρακτηριστικά μιας ΚΜΕ

Αδιαμφισβήτητα, το κυριότερο χαρακτηριστικό μιας ΚΜΕ είναι η **αρχιτεκτονική** της, δηλαδή πώς σχεδιάστηκε από τον κατασκευαστή της. Επειδή η αρχιτεκτονική καθορίζει τον τρόπο που λειτουργεί εσωτερικά μια ΚΜΕ, πόσους καταχωρητές έχει και πώς επικοινωνεί με τα υπόλοιπα εξαρτήματα του υπολογιστή, στην ουσία προσδιορίζει πώς η ΚΜΕ «αντιλαμβάνεται» και εκτελεί τις διάφορες εντολές. Συνήθως δημιουργούνται σειρές (οικογένειες) από ΚΜΕ με παρόμοια αρχιτεκτονική, που όλες «αντιλαμβάνονται» και εκτελούν εντολές με τον ίδιο τρόπο. Γενικά, δεν μπορούμε εύκολα να συγκρίνουμε δύο ΚΜΕ που έχουν διαφορετική αρχιτεκτονική, όπως δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τη μηχανή ενός αυτοκινήτου και μιας μοτοσυκλέτας.

Η μέγιστη **ταχύτητα του χρονοστή** που μπορεί να συνδυαστεί με κάποια ΚΜΕ αναγράφεται από τον κατασκευαστή της. Όσο πιο μεγάλη είναι, τόσο πιο πολλές εντολές μπορεί να εκτελεί η ΚΜΕ ανά δευτερόλεπτο. Επειδή όμως για την εκτέλεση μιας εντολής καταναλώνεται από τα κυκλώματά της συγκεκριμένη **ηλεκτρική ενέργεια**, αυτό σημαίνει ότι μια γρήγορη ΚΜΕ καταναλώνει περισσότερη ενέργεια για κάθε δευτερόλεπτο λειτουργίας της από μίαν αργή της ίδιας αρχιτεκτονικής. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται ισχύς και μετρείται σε **Wat (Watt, W)**. Η ΚΜΕ σε έναν σύγχρονο προσωπικό υπολογιστή καταναλώνει περίπου 25–150 W.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν χρησιμοποιηθεί από τους κατασκευαστές Κ.Μ.Ε διάφοροι τρόποι για εξοικονόμηση ενέργειας, που είναι ένας σημαντικός παράγοντας, ιδιαίτερα για φορητά συστήματα, όπου η ενέργεια παρέχεται από μπαταρία. Ένας τρόπος είναι να απενεργοποιούνται αυτόματα όσα κυκλώματα δεν χρησιμοποιούνται, ενώ άλλος τρόπος είναι να μειώνει εσωτερικά η ΚΜΕ τη συχνότητα του χρονοστή όταν δεν χρειάζεται να επεξεργάζεται δεδομένα με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.

Κάποιοι κατασκευαστές έχουν στραφεί προς μίαν εντελώς διαφορετική κατεύθυνση. Αντί να σχεδιάζουν ΚΜΕ που να περιέχουν ολοένα και πιο πολύπλοκα ηλεκτρονικά κυκλώματα, προχώρησαν στην υιοθέτηση αρχιτεκτονικής, που να βασίζεται σε απλούστερα κυκλώματα,

ώστε να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, έστω κι εάν έχουν λιγότερες δυνατότητες από άλλες ΚΜΕ. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθεί μια μεγάλη ποικιλία από ΚΜΕ που καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια, αλλά είναι αρκετά αποδοτικές για να αποτελέσουν τη βάση διάφορων συσκευών όπως κινητών τηλεφώνων και υπολογιστών τύπου tablet.

Δύο παραδείγματα, ΚΜΕ για να αντιληφθούμε αυτές τις έννοιες δίνονται στον πιο κάτω πίνακα:

Όνομασία Αρχιτεκτονικής	<b>x86</b>	<b>ARM</b>
Δημιουργός/ Κατασκευαστής	Εταιρεία Intel (και άλλες, π.χ. AMD)	Εταιρεία ARM Holdings (και άλλοι κατασκευαστές)
Παράδειγμα ΚΜΕ	Core i7-2600	Cortex-A9
Ταχύτητα χρονιστή	3.4 GHz	1 GHz
Κατανάλωση ενέργειας	95 W	1 W
Χαρακτηριστικά	ΚΜΕ με σύνθετη αρχιτεκτονική, γρήγορη και αποδοτική.	ΚΜΕ με απλουστευμένη αρχιτεκτονική, και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
Πού χρησιμοποιείται συνήθως	Σε επιτραπέζιους προσωπικούς υπολογιστές	Σε κινητά τηλέφωνα και υπολογιστές τύπου tablet.

Οι δύο αυτές ΚΜΕ δεν μπορούν εύκολα να συγκριθούν, διότι έχουν διαφορετική αρχιτεκτονική και εφαρμογές. Γενικά όμως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η Core i7-2600 εκτελεί περισσότερες εντολές ανά δευτερόλεπτο από την Cortex-A9 (λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας του χρονιστή), αλλά έχει πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

Μπορούμε όμως να συγκρίνουμε την Core i7-2600 με μια άλλη ΚΜΕ της ίδιας αρχιτεκτονικής, π.χ. την ΚΜΕ Core i7-620LM (2.00 GHz, 25 W). Η i7-620LM έχει χρονιστή σε αρκετά χαμηλότερη συχνότητα (περίπου τη μισή), αλλά καταναλώνει περίπου το ¼ της ενέργειας σε σύγκριση με την i7-2600 και χρησιμοποιείται συνήθως σε φορητούς υπολογιστές (laptops, notebooks). Η σύγκριση ΚΜΕ έχει γίνει μια αρκετά δύσκολη διαδικασία, διότι ακόμη και ανάμεσα σε όσες ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, δεν είναι εύκολο να αποφασίσουμε με τη μελέτη λίγων στοιχείων (π.χ. ταχύτητα χρονιστή, κατανάλωση ενέργειας) πόσο καλύτερη είναι μια από κάποιαν άλλη. Υπάρχουν οργανισμοί που δοκιμάζουν πρακτικά διάφορες ΚΜΕ και υπολογίζουν και παρουσιάζουν στο Διαδίκτυο συγκριτικά στοιχεία (benchmarks), όπου μπορούμε να καταφύγουμε για πιο λεπτομερείς πληροφορίες.

Οι περισσότεροι σύγχρονοι υπολογιστές διαθέτουν συνήθως περισσότερες από μία ΚΜΕ, είτε ως ξεχωριστά ολοκληρωμένα κυκλώματα, είτε (πιο συχνά) ως πολλαπλούς πυρήνες στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Για παράδειγμα η Core i7-2600 που αναφέρθηκε πιο πάνω περιέχει στην πραγματικότητα 4 ΚΜΕ (πυρήνες-cores).

### Βασικές Έννοιες

#### **Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, ΚΜΕ (Central Processing Unit, CPU)::**

Το εξάρτημα (ηλεκτρονικό ολοκληρωμένο κύκλωμα) που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των δεδομένων, εκτελώντας τις εντολές από ένα πρόγραμμα. Συχνά αναφέρεται και ως μικροεπεξεργαστής (microprocessor). Αποτελείται από την *Αριθμητική και Λογική Μονάδα*, την *Μονάδα Ελέγχου* και τους *Καταχωρητές*.

#### **Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic and Logic Unit -ALU):**

Μια συλλογή από ηλεκτρονικά κυκλώματα φτιαγμένα για να εκτελούν αριθμητικές πράξεις, συγκρίσεις και λογικούς συλλογισμούς. Αποτελεί μέρος της ΚΜΕ

#### **Μονάδα Ελέγχου (Control Unit):**

Μια συλλογή από ηλεκτρονικά κυκλώματα που ελέγχουν και συντονίζουν τη λειτουργία της ΚΜΕ και των άλλων μερών του υπολογιστή, ώστε να λειτουργούν αρμονικά και αξιόπιστα. Αποτελεί μέρος της ΚΜΕ

#### **Καταχωρητές (Registers)**

Ειδικοί αποθηκευτικοί χώροι που βρίσκονται μέσα στην ΚΜΕ και συνεργάζονται με την Αριθμητική και Λογική Μονάδα για εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε δεδομένα και πληροφορίες. Το μέγεθός τους (δηλαδή από πόσα bit αποτελούνται).

#### **Χρονοστής ή Ρολόι (Clock):**

Ηλεκτρονικό εξάρτημα το οποίο στέλνει αδιάκοπα στα μέρη της ΚΜΕ μια σειρά από ηλεκτρικούς παλμούς για να συντονίζονται. Καθορίζει την ταχύτητα με την οποία η ΚΜΕ εκτελεί εντολές από ένα πρόγραμμα. Η συχνότητα των παλμών μετριέται σε Hz (Hertz), π.χ. 1 GHz.

#### **Κύρια χαρακτηριστικά μιας ΚΜΕ:**

Το πιο κύριο χαρακτηριστικό μιας ΚΜΕ είναι η **αρχιτεκτονική** της, δηλαδή πώς σχεδιάστηκε από τον κατασκευαστή της. Το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό είναι η **συχνότητα του χρονοστή** της και το τρίτο είναι η **ενέργεια που καταναλώνει** ανά δευτερόλεπτο (ονομάζεται ισχύς) και μετριέται σε Βατ (**Watt**, W).

Για ΚΜΕ κάποιας συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής, όσο αυξάνεται η συχνότητα του χρονοστή, τόσο αυξάνεται και η κατανάλωση ενέργειας.

### Πηγές

1. Αράπογλου Α., Μαβόγλου Χ., Οικονομάκος Η., Φύτρος Κ., (2006) *Πληροφορική Α', Β', Γ' Γυμνασίου*, σελ. 109—112, ΟΕΔΒ.
2. Βουτηράς Γ., Κονιδάρη Ε., Κούτρας Μ., Σφώρος Ν., (2003) *Πληροφορική Γυμνασίου*, σελ. 38—39, ΟΕΔΒ
3. Γιαλλουρίδης Κ., Γκιπέρτης Ε., Κόμης Β., Σιδερίδης Α., Σταθόπουλος Κ. (1999) *Εφαρμογές Πληροφορικής Υπολογιστών Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου*, σελ. 39—42, ΟΕΔΒ
4. Μωυσέως Ν., Διονυσίου Μ., (2006) *Βασικές Έννοιες Α' Λυκείου*, σελ. 37—42, ΥΑΠ.