

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΑΘΗΜΑ 1 : Αρχιτεκτονική Υπολογιστικών Συστημάτων**

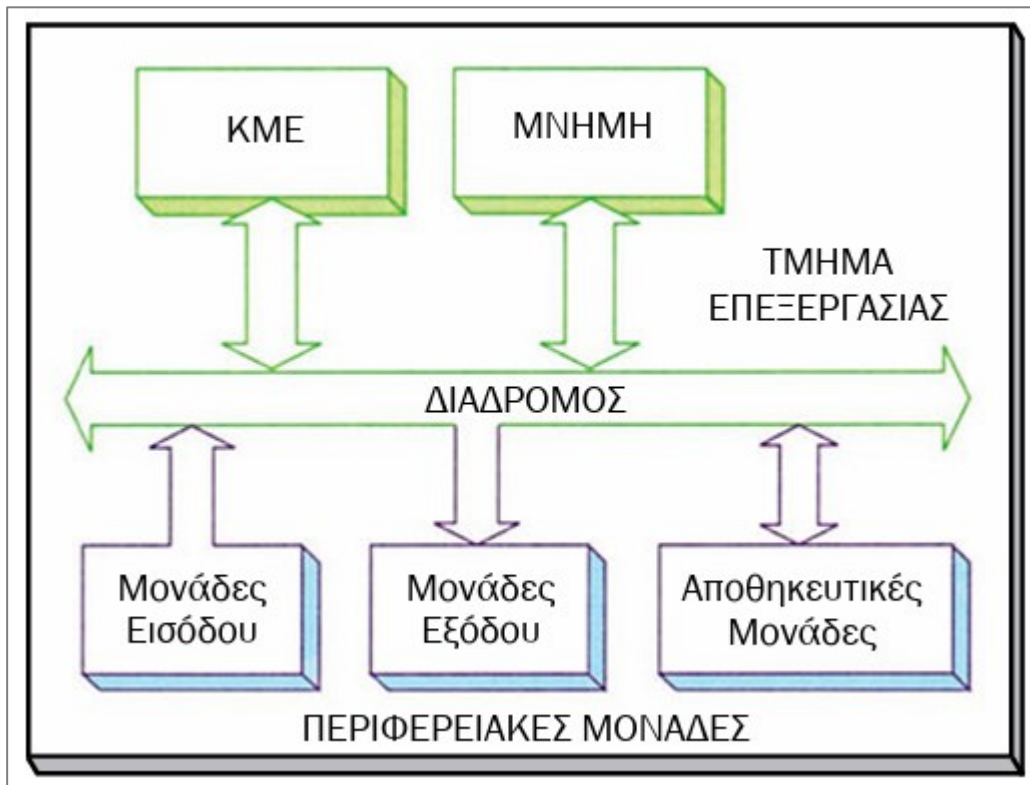
**3.1.2 Περιφερειακές μονάδες (peripheral units) και τμήμα επεξεργασίας**

Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικά μέρη στο υλικό ενός υπολογιστή:

- το τμήμα επεξεργασίας
- και τις περιφερειακές μονάδες

Το τμήμα επεξεργασίας είναι υπεύθυνο για την προσωρινή αποθήκευση, τη διακίνηση και την επεξεργασία των δεδομένων μέσα στον υπολογιστή. Οι περιφερειακές μονάδες χρησιμοποιούνται για την

1. εισαγωγή δεδομένων (πληκτρολόγιο, ψηφιακή κάμερα κ.τ.λ.)
2. απεικόνιση δεδομένων (οθόνη, εκτυπωτής κ.τ.λ.) και
3. μόνιμη αποθήκευση δεδομένων (σκληρός δίσκος, CD, DVD Rom κ.τ.λ.)



Σχήμα 3.1.4 Η δομή ενός υπολογιστή

**3.1.3 Η Αρχιτεκτονική ενός υπολογιστή**

Το τμήμα επεξεργασίας, όπως έχουμε πει, είναι το τμήμα του υπολογιστή που κάνει την προσωρινή αποθήκευση, τη διακίνηση και την επεξεργασία των δεδομένων. Συγκεκριμένα, το τμήμα αυτό αποτελείται:

- από τη μνήμη (memory), στην οποία αποθηκεύονται το πρόγραμμα που θέλουμε να εκτελέσουμε και τα δεδομένα που θα επεξεργαστεί το πρόγραμμα
- από την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ) (Central Processing Unit - CPU), που εκτελεί τις εντολές του προγράμματος

- και από το διάδρομο (Bus) που επιτρέπει τη διακίνηση των δεδομένων. Συγκεκριμένα χρησιμεύει για την επικοινωνία της ΚΜΕ και της μνήμης, καθώς και την επικοινωνία τους με τις περιφερειακές μονάδες.

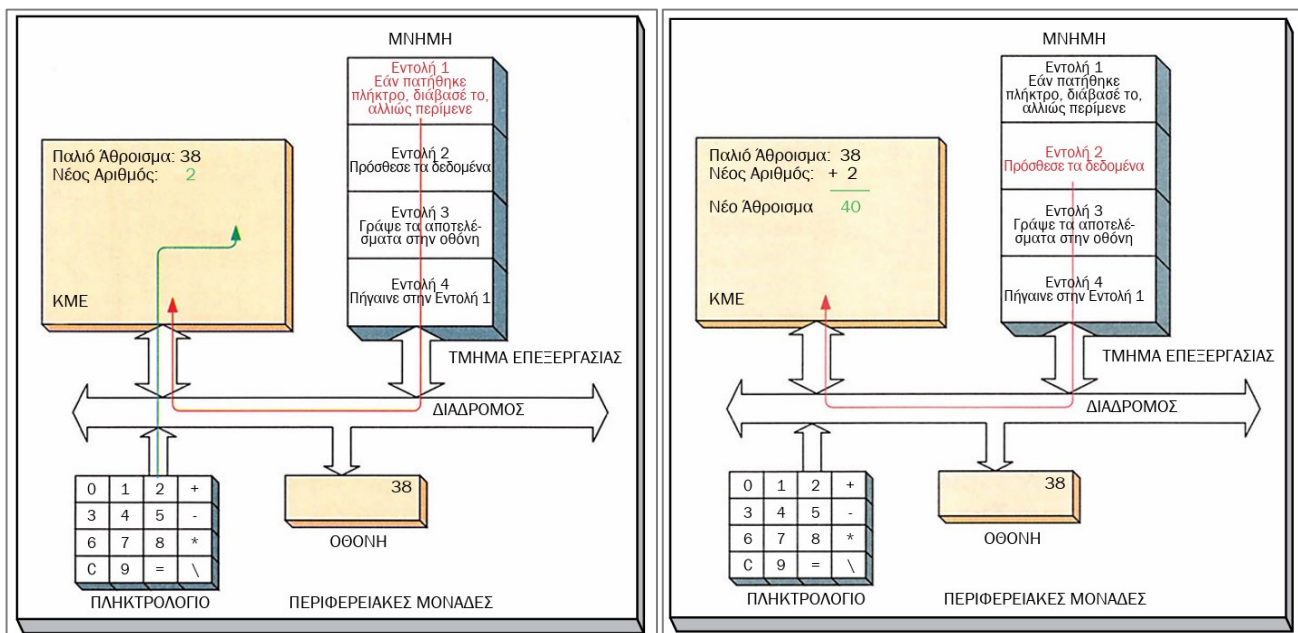
Οι περιφερειακές μονάδες διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με τη λειτουργία που επιτελούν. Οι περιφερειακές μονάδες που τροφοδοτούν με δεδομένα έναν υπολογιστή λέγονται μονάδες εισόδου και είναι για παράδειγμα το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Οι περιφερειακές μονάδες που παίρνουν δεδομένα από έναν υπολογιστή και τα απεικονίζουν με κάποια μορφή (γράμματα, εικόνα, ήχος) ονομάζονται μονάδες εξόδου. Τέτοιες είναι οι οθόνες, οι εκτυπωτές και τα ηχεία. Τέλος, οι περιφερειακές μονάδες στις οποίες υπάρχουν αποθηκευμένα προγράμματα ή δεδομένα αποτελούν τις αποθηκευτικές μονάδες του υπολογιστή. Τέτοιες είναι οι σκληροί δίσκοι, οι δισκέτες και οι οπτικοί δίσκοι CD.

Προσέξτε την κατεύθυνση που έχουν τα βέλη στο σχήμα 3.1.4:

- Στην περίπτωση των μονάδων εισόδων, η ΚΜΕ διαβάζει (παίρνει) δεδομένα από τις μονάδες εισόδου.
- Στην περίπτωση των μονάδων εξόδου, η ΚΜΕ γράφει (δίνει) δεδομένα στις μονάδες εξόδου.
- Ενώ τέλος, η ΚΜΕ μπορεί είτε να γράφει είτε να διαβάζει δεδομένα από τις αποθηκευτικές μονάδες.

### 3.1.4 Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η καρδιά του υπολογιστή είναι η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ). Η ΚΜΕ εκτελεί τις εντολές του προγράμματος. Όλες οι εντολές του προγράμματος είναι αποθηκευμένες στη μνήμη του υπολογιστή. Η ΚΜΕ ξεκινάει διαβάζοντας την πρώτη εντολή του προγράμματος. Η διαδικασία της ανάγνωσης μίας εντολής από τη μνήμη ονομάζεται **φάση ανάκλησης της εντολής**. Αφού διαβαστεί η εντολή ακολουθεί η **αποκωδικοποίηση της εντολής** και στη συνέχεια η **φάση εκτέλεσής της**.



Κάθε ΚΜΕ είναι σχεδιασμένη να αναγνωρίζει μόνο συγκεκριμένες εντολές. Το σύνολο των εντολών που μπορεί να εκτελέσει μια ΚΜΕ ονομάζεται και **ρεπερτόριο εντολών**. Οι περισσότερες ΚΜΕ μπορούν να εκτελέσουν αριθμητικές πράξεις πρόσθεσης (ADD), αφαίρεσης (SUB), πολλαπλασιασμού (MUL) ή και διαίρεσης (DIV) ακεραίων αριθμών. Διαθέτουν επίσης εντολές εκτέλεσης λογικών πράξεων (ή (OR), και (AND), όχι (NOT)) και συγκρίσεων των αποτελεσμάτων των πράξεων που εκτελούν (μεγαλύτερο του μηδενός, μικρότερο του μηδενός κ.τ.λ.). Τέλος οι ΚΜΕ

έχουν εντολές για τη μεταφορά δεδομένων από τη μνήμη και τις μονάδες εισόδου καθώς και προς τη μνήμη και τις μονάδες εξόδου

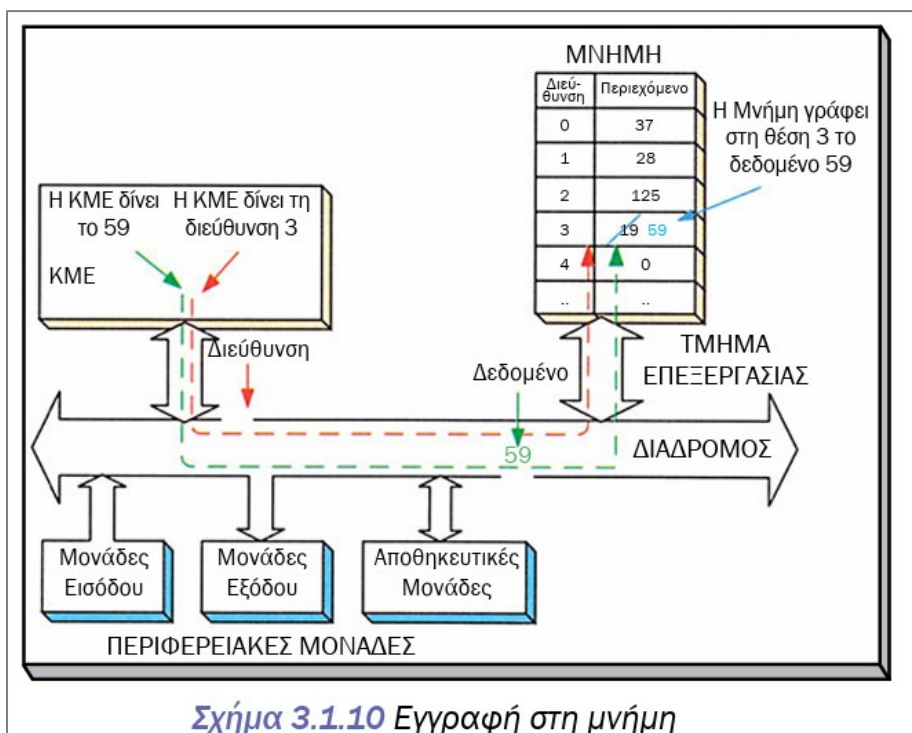
### 3.1.5 Η Μνήμη

Η μνήμη είναι ο χώρος που αποθηκεύονται το πρόγραμμα και τα δεδομένα. Τις περισσότερες φορές, η ΚΜΕ δεν μπορεί να περιέχει όλα τα δεδομένα του προγράμματος και υπάρχει ανάγκη αποθήκευσής τους. Η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται στη μνήμη, σε ξεχωριστή περιοχή από αυτή που έχουν αποθηκευτεί οι εντολές του προγράμματος. Τη μνήμη μπορούμε να τη φανταστούμε σαν μια τεράστια σειρά από «κουτιά», τα οποία ονομάζουμε **θέσεις μνήμης**. Κάθε θέση έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό που τη χαρακτηρίζει, και τον οποίο ονομάζουμε **διεύθυνση (address)**. Σε κάθε θέση αντιστοιχεί και μια διαφορετική διεύθυνση. Εάν θέλουμε να

| ΜΝΗΜΗ     |             | Περιεχόμενο της διεύθυνσης 0 |
|-----------|-------------|------------------------------|
| Διεύθυνση | Περιεχόμενο |                              |
| 0         | 37          | ←                            |
| 1         | 28          |                              |
| 2         | 125         |                              |
| 3         | 19          |                              |
| 4         | 0           |                              |
| ..        | ..          |                              |

γράψουμε ή να διαβάσουμε μια θέση μνήμης πρέπει να γνωρίζουμε τη διεύθυνσή της. Η ΚΜΕ μπορεί να **αποθηκεύσει δεδομένα σε μία θέση μνήμης**, οπότε και μιλάμε για **εγγραφή (write) στη μνήμη**. Η ΚΜΕ μπορεί επίσης να ενημερωθεί για το περιεχόμενο μιας θέσης μνήμης. Λέμε τότε ότι η ΚΜΕ **διαβάζει (read)** το περιεχόμενο της θέσης αυτής και έχουμε **ανάγνωση της μνήμης**. Η ανάγνωση μιας θέσης μνήμης δεν αλλοιώνει το περιεχόμενό της, δηλαδή το δεδομένο παραμένει στη θέση αυτή. Ο τρόπος με τον οποίο διαβάζει το περιεχόμενο κάποιας θέσης μνήμης η ΚΜΕ είναι παρόμοιος με τον τρόπο που γράφει σε αυτή. Η ΚΜΕ δίνει τη διεύθυνση της θέσης που θέλει να διαβάσει και η μνήμη επιστρέφει το περιεχόμενο της θέσης αυτής.

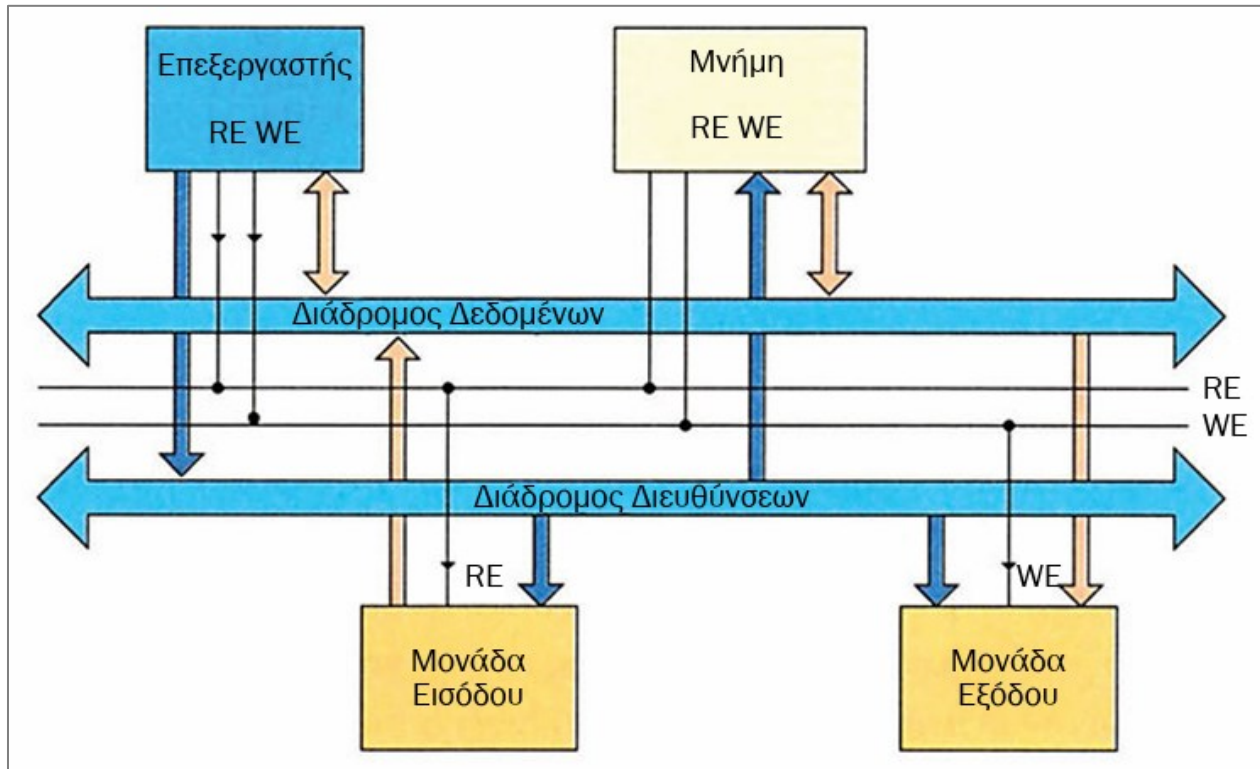
Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι, όπως διαβάζονται τα δεδομένα από τις θέσεις μνήμης, με την ίδια ακριβώς διαδικασία διαβάζονται και οι εντολές. Για το λόγο αυτό η ΚΜΕ κρατά εσωτερικά τη διεύθυνση της θέσης που περιέχει την επόμενη εντολή του προγράμματος. Η διαδικασία της ανάγνωσης εντολών από τη μνήμη αντιστοιχεί σε φάση ανάκλησης (fetch) της εντολής.



Σχήμα 3.1.10 Εγγραφή στη μνήμη

### 3.1.6 Διάδρομος

Όπως είδαμε, η διαδικασία της ανάγνωσης ενός δεδομένου ή και μιας εντολής από τη μνήμη απαιτεί την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ της μνήμης και της ΚΜΕ, ώστε η διαδικασία να ολοκληρωθεί με επιτυχία. Παρόμοιες πληροφορίες ανταλλάσσονται και κατά την επικοινωνία της ΚΜΕ με τις περιφερειακές μονάδες. Όλες αυτές οι πληροφορίες ανταλλάσσονται με τη μορφή ηλεκτρικών σημάτων πάνω στο διάδρομο. Ο διάδρομος είναι το σύνολο των γραμμών και κυκλωμάτων που παίρνουν μέρος στη διακίνηση των δεδομένων μεταξύ της ΚΜΕ και της μνήμης ή των περιφερειακών μονάδων.



Να σημειωθεί ότι κάθε φορά ένα μόνο δεδομένο μπορεί να διακινείται στο διάδρομο. Για παράδειγμα δεν μπορεί την ίδια στιγμή η ΚΜΕ να γράφει στη μνήμη και να εισάγει και ένα δεδομένο από μια μονάδα εισόδου. Επίσης από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο διάδρομο, δύο μόνο μπορούν να επικοινωνήσουν κάθε φορά, με τη μία να στέλνει δεδομένα και την άλλη να λαμβάνει.

### 3.1.7 Περιφερειακές μονάδες

Η ΚΜΕ, η μνήμη και οι διάδρομοι αποτελούν το τμήμα του υπολογιστή που εκτελεί το πρόγραμμα και επεξεργάζεται τα δεδομένα, δηλαδή το τμήμα επεξεργασίας. Όλες οι υπόλοιπες συσκευές που χρησιμοποιούνται σε έναν υπολογιστή αποτελούν τις περιφερειακές του μονάδες. Οι περιφερειακές μονάδες, όπως έχουμε ήδη πει, επιτελούν τρεις κυρίως λειτουργίες σε έναν υπολογιστή:

- Είσοδο δεδομένων (πληκτρολόγια, διακόπτες, κάμερες, αισθητήρες) • Έξοδο δεδομένων (οθόνες υπολογιστή, οθόνες υγρών κρυστάλλων - LCD, led) και

- Αποθήκευση δεδομένων (σκληροί δίσκοι, οπτικοί δίσκοι). Τα αποθηκευτικά μέσα χρειάζονται για την αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων.

Οι περιφερειακές συσκευές είναι αναπόσπαστο κομμάτι ενός υπολογιστή. Χωρίς αυτές ο υπολογιστής θα ήταν αδύνατο να δέχεται δεδομένα από το περιβάλλον του και να παρουσιάζει τα αποτελέσματα στην απαιτούμενη μορφή. Ο μεγάλος αριθμός περιφερειακών συσκευών συνετέλεσε σημαντικά στην εξάπλωση της χρήσης των υπολογιστών σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της καθημερινής ζωής.



### 3.2.1 Βασικά Μέρη της ΚΜΕ

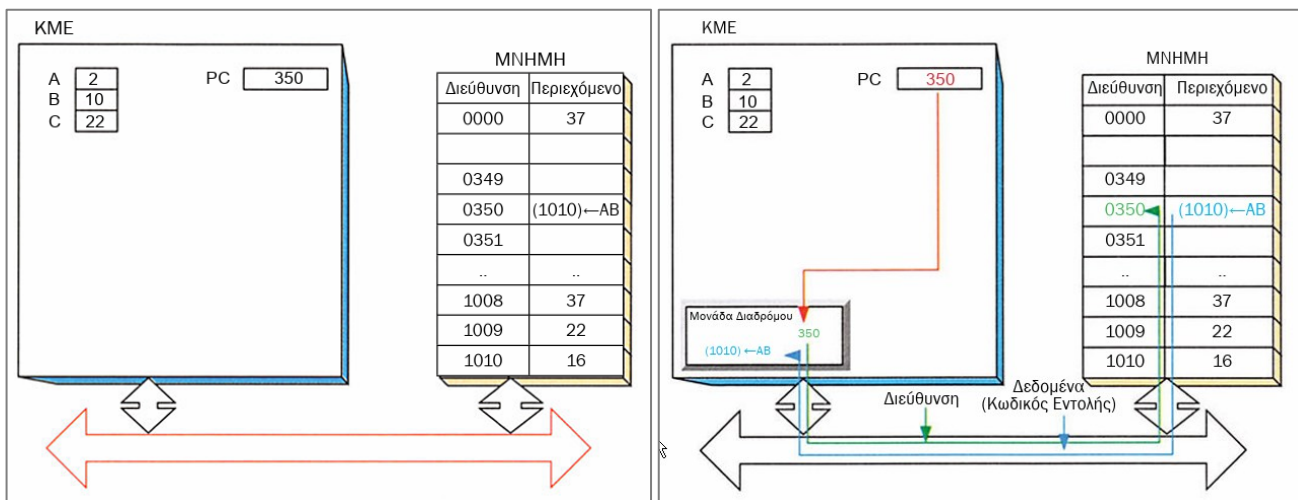
Ο υπολογιστής επεξεργάζεται δεδομένα ακολουθώντας βήμα - βήμα τις εντολές ενός προγράμματος. Το τμήμα του υπολογιστή που εκτελεί τις εντολές και συντονίζει όλες τις λειτουργίες είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (ΚΜΕ). Η ΚΜΕ είναι ένα πολύπλοκο λογικό κύκλωμα, σχεδιασμένο να διαβάζει εντολές από τη μνήμη και να τις εκτελεί. Σήμερα οι περισσότερες ΚΜΕ κατασκευάζονται στη μορφή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος. Στο ολοκληρωμένο κύκλωμα, που περιέχει την ΚΜΕ, ενσωματώνονται συχνά και άλλα βοηθητικά κυκλώματα, για τα οποία θα μιλήσουμε σε παρακάτω κεφάλαια. Το ολοκληρωμένο αυτό κύκλωμα έχει επικρατήσει να το ονομάζουμε επεξεργαστή (processor) ή και μικροεπεξεργαστή (microprocessor).

### 3.2.2 Καταχωρητές

Οι καταχωρητές είναι θέσεις μνήμης μέσα στην ΚΜΕ, που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση και την επεξεργασία των δεδομένων. Κάθε καταχωρητής έχει ένα συγκεκριμένο όνομα που τον χαρακτηρίζει. Οι καταχωρητές διακρίνονται σε **καταχωρητές γενικού σκοπού (general purpose registers - GPR)** και **καταχωρητές ειδικού σκοπού (special purpose registers - SPR)**. Οι καταχωρητές γενικού σκοπού χρησιμοποιούνται μόνο για την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων της ΚΜΕ. Οι καταχωρητές ειδικού σκοπού, εκτός από αποθηκευτικοί χώροι, είναι συνυφασμένοι με μια λειτουργία της ΚΜΕ. Για παράδειγμα, ένας καταχωρητής ειδικού σκοπού είναι ο μετρητής προγράμματος, PC. Ο μετρητής προγράμματος φυλάει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής του προγράμματος. Με βάση την τιμή του καταχωρητή γίνεται η ανάκληση μιας εντολής από τη μνήμη.

### 3.2.3 Αρχιτεκτονική της ΚΜΕ

Η ΚΜΕ χωρίζεται σε διαφορετικά τμήματα. Κάθε τμήμα είναι υπεύθυνο για μια σειρά λειτουργιών.



### 3.2.4 Μονάδα Διαδρόμου (Bus Unit)

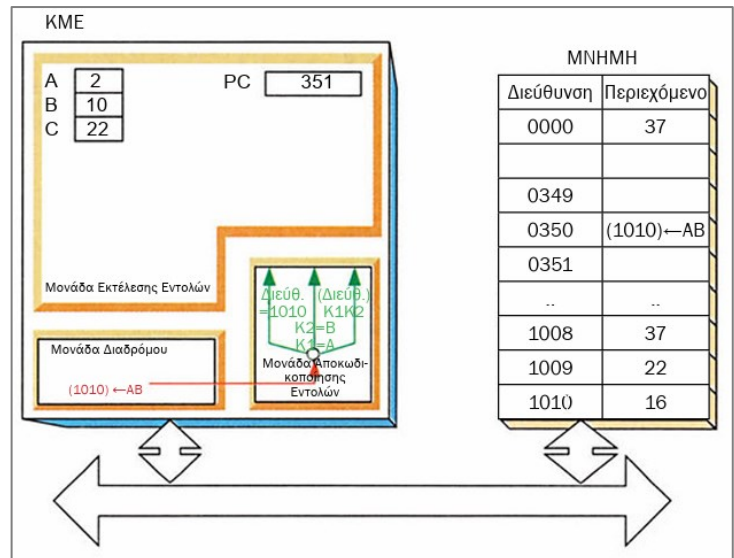
Η μονάδα διαδρόμου παράγει όλα τα απαραίτητα ηλεκτρικά σήματα ώστε η ΚΜΕ να επικοινωνεί μέσω του διαδρόμου με τη μνήμη ή τις περιφερειακές μονάδες.

### 3.2.5 Μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών (Instruction Unit)

Στη φάση της ανάκλησης εντολής, ο κώδικας της εντολής οδηγείται από τη μονάδα διαδρόμου στη μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών. Η μονάδα αυτή αναγνωρίζει ποια εντολή πρόκειται να εκτελεστεί. Η εντολή **(1010) ← A • B** περιέχει επιπλέον πληροφορίες για το ποιοι καταχωρητές θα πάρουν μέρος στον πολλαπλασιασμό καθώς και για το πού θα αποθηκευτεί το αποτέλεσμα. Οι επιπλέον αυτές πληροφορίες ονομάζονται **ορίσματα της εντολής**. Η μονάδα αποκωδικοποίησης

διαχωρίζει τις πληροφορίες που περιέχονται στην εντολή, δηλαδή το είδος της εντολής (πολλαπλασιασμός δυο καταχωρητών και αποθήκευση του αποτελέσματος στη μνήμη), και τα ορίσματα, δηλαδή τους καταχωρητές που παίρνουν μέρος στον πολλαπλασιασμό (A, B) αλλά και το πού θα αποθηκευτεί το αποτέλεσμα, και με κατάλληλα σήματα πληροφορεί τη μονάδα εκτέλεσης για την εντολή που πρέπει να εκτελεσθεί.

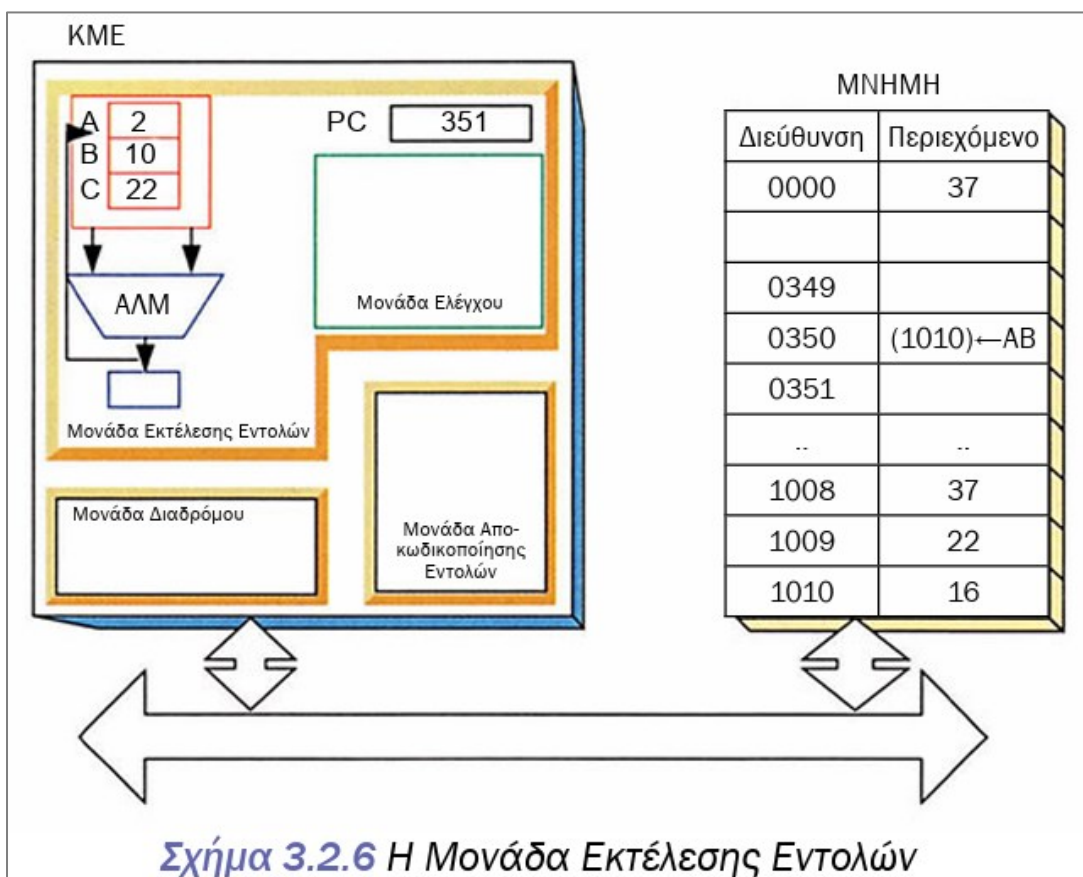
Στο σχήμα βλέπουμε ότι η μονάδα αποκωδικοποίησης των εντολών χωρίζει την εντολή στις επιμέρους πληροφορίες που περιέχει η εντολή που ανακλήθηκε από τη μνήμη. Οι πληροφορίες αυτές είναι:



1. Ποια πράξη θα εκτελεστεί. Εδώ έχουμε την αριθμητική πράξη του πολλαπλασιασμού μεταξύ δύο καταχωρητών και της αποθήκευσης του αποτελέσματος σε κάποια διεύθυνση της μνήμης. ((Διευθ.)← Κατ1•Κατ2)
2. Ποιοι καταχωρητές συμμετέχουν: Εδώ έχουμε τους καταχωρητές A, B (Κατ1=A, Κατ2=B). Και τέλος
3. Πού θα πάει το αποτέλεσμα: Εδώ δίνεται η διεύθυνση της θέσης μνήμης όπου θα αποθηκευτεί το αποτέλεσμα. Η διεύθυνση είναι η 101016 . (Διευθ. = 1010) Οι πληροφορίες αυτές περνούν, όπως θα δούμε στη συνέχεια στη μονάδα εκτέλεσης εντολών.

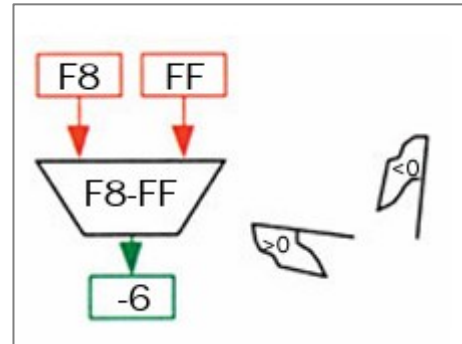
### 3.2.6 Μονάδα Εκτέλεσης (Execution Unit)

Η μονάδα εκτέλεσης εντολών αποτελείται από τρεις υπομονάδες: τους καταχωρητές, την αριθμητική και λογική μονάδα και τη μονάδα ελέγχου.



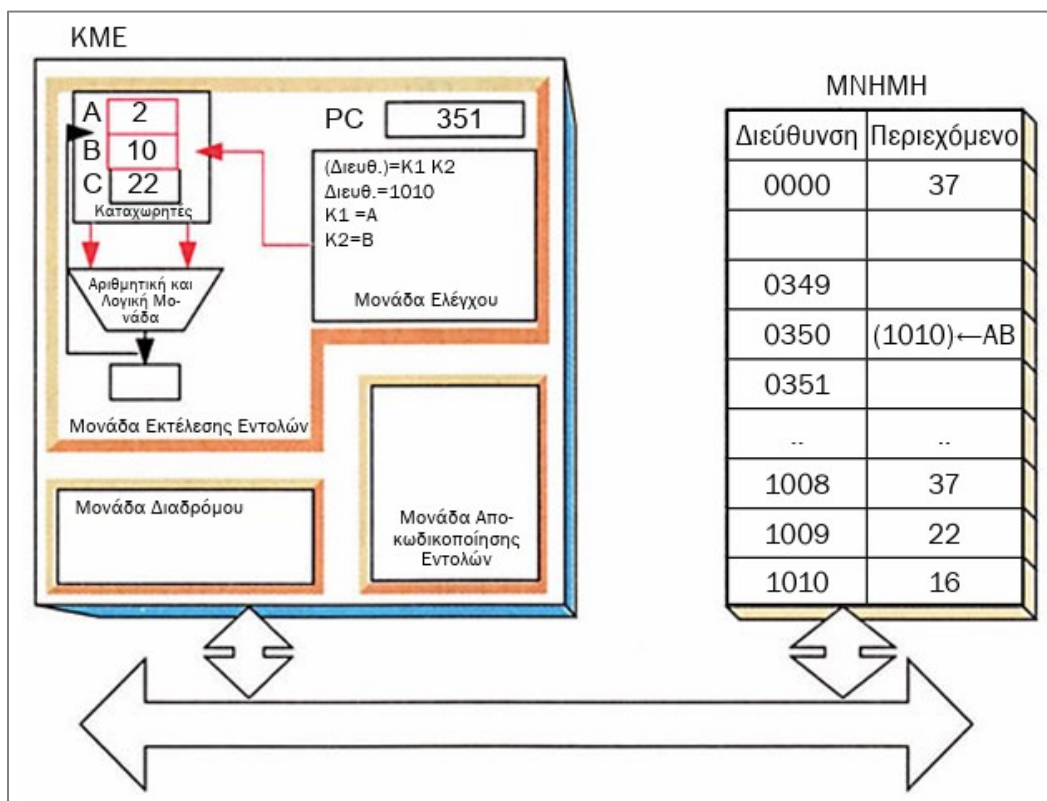
### 3.2.7 Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic and Logic Unit - ALU)

Η αριθμητική και λογική μονάδα είναι το σύνολο των κυκλωμάτων της ΚΜΕ που εκτελούν αριθμητικές και λογικές πράξεις μεταξύ των καταχωρητών της ΚΜΕ. Ανάλογα με τον τύπο της ΚΜΕ, η αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) μπορεί να εκτελεί **πράξεις πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης ακεραίων αριθμών** καθώς και τις **λογικές πράξεις Η (OR), ΚΑΙ (AND), ΟΧΙ (NOT)**. Η ALU περιέχει ειδικές θέσεις μνήμης, στις οποίες κρατά πληροφορίες για το αποτέλεσμα των πράξεων που εκτελεί, όπως για παράδειγμα εάν το αποτέλεσμα της πράξης είναι μεγαλύτερο (θετικό) ή μικρότερο (αρνητικό) από το μηδέν. Οι θέσεις αυτές ονομάζονται **σημαίες (flags)**. Κάθε φορά που εκτελείται μια αριθμητική ή λογική πράξη οι πληροφορίες για το αποτέλεσμα των πράξεων αποθηκεύονται στις αντίστοιχες σημαίες και τότε λέμε ότι οι σημαίες ενημερώθηκαν.



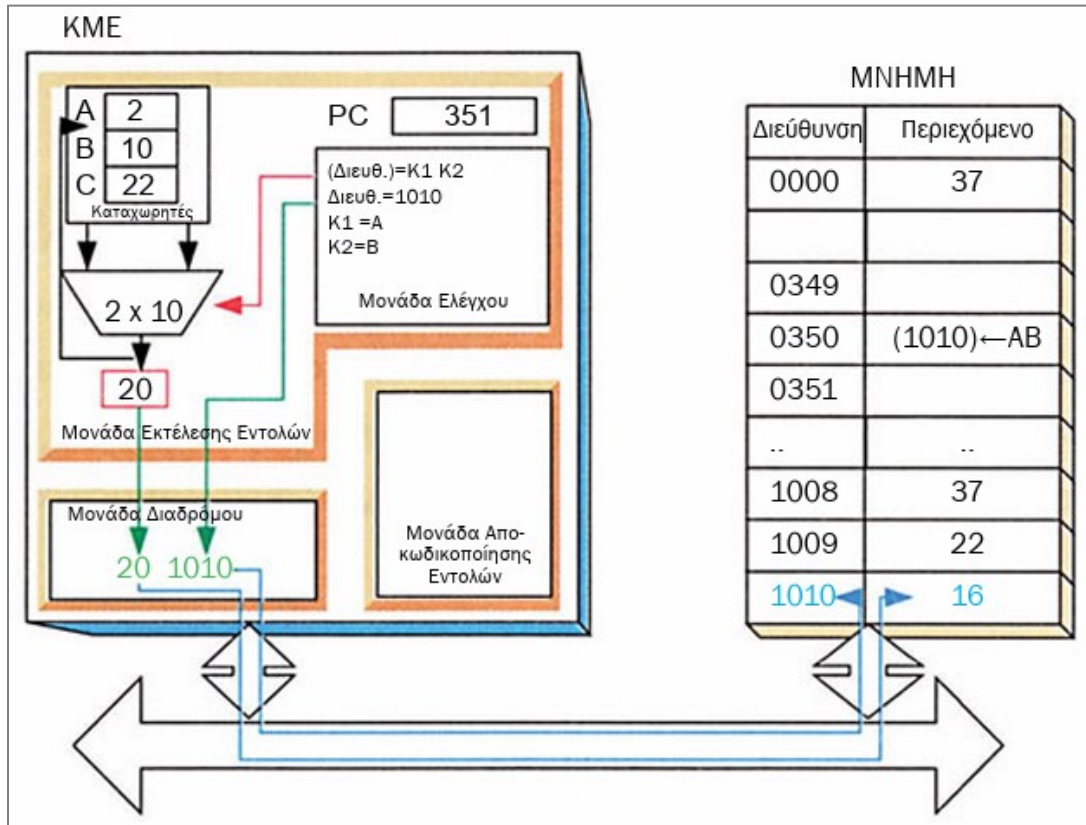
### 3.2.9 Μονάδα ελέγχου (Control Unit)

Ο έλεγχος της λειτουργίας της αριθμητικής και λογικής μονάδας γίνεται από τη μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου παραλαμβάνει τις επιμέρους πληροφορίες της εντολής από τη μονάδα αποκωδικοποίησης και ακολουθεί μια σειρά βημάτων για την εκτέλεσή της. Για παράδειγμα στην περίπτωση του πολλαπλασιασμού των καταχωρητών A και B η μονάδα ελέγχου θα κάνει τα ακόλουθα βήματα:



- Αρχικά η μονάδα ελέγχου θα επιλέξει τους δύο καταχωρητές, A και B, που σύμφωνα με την εντολή θα πρέπει να οδηγηθούν στην είσοδο της αριθμητικής και λογικής μονάδας.
- Θα ενεργοποιήσει την πράξη του πολλαπλασιασμού.
- Τέλος θα αποθηκεύσει το αποτέλεσμα σε κάποιο προσωρινό καταχωρητή. Στη συνέχεια θα το δώσει στη μονάδα διαδρόμου να το γράψει στη θέση μνήμης 1010.

Η μονάδα διαδρόμου γράφει το αποτέλεσμα στη μνήμη και έτσι ολοκληρώνεται η εκτέλεση της εντολής. Στη συνέχεια η ΚΜΕ προχωράει στην εκτέλεση της επόμενης εντολής με την ίδια πάλι διαδικασία (ανάκληση της εντολής από τη θέση 351 και εκτέλεσή της).



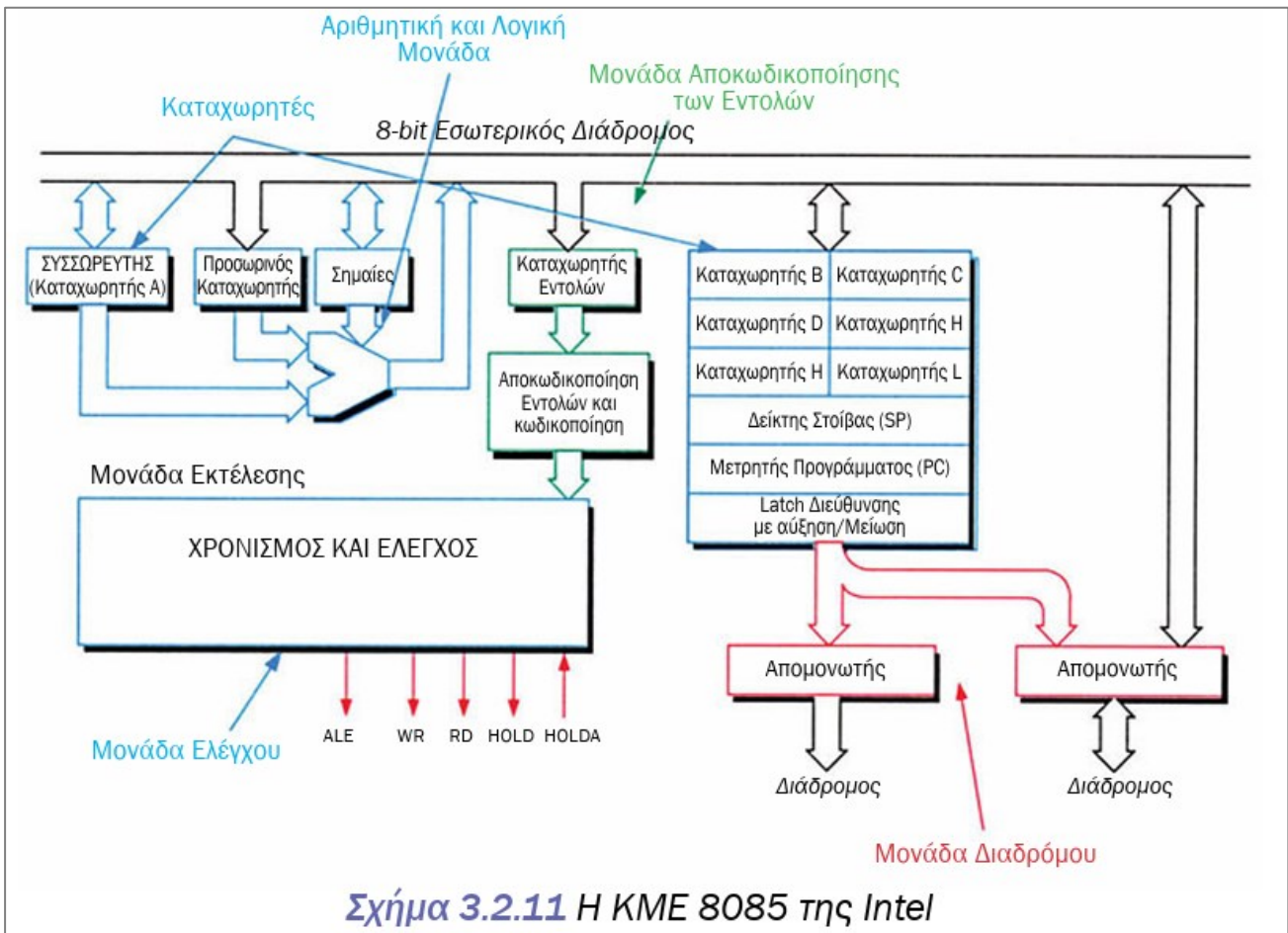
### 3.2.10 Η ΚΜΕ 8085

Μία από τις πρώτες ΚΜΕ που κυκλοφόρησε στην αγορά και παρουσίασε σημαντική επιτυχία ήταν η ΚΜΕ 8085 της Intel. Στο σχήμα 3.2.11, βλέπουμε την εσωτερική αρχιτεκτονική της ΚΜΕ 8085.

Η ΚΜΕ 8085 διαθέτει μια πολύ απλή μονάδα διαδρόμου, που αποτελείται από μερικά απλά ψηφιακά κυκλώματα (απομονωτές, latch). Ολόκληρο το κύκλωμα που είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του διαδρόμου είναι ενσωματωμένο στη μονάδα ελέγχου της ΚΜΕ. Ο διαχωρισμός της μονάδας του διαδρόμου από τη μονάδα ελέγχου καθιερώθηκε σε πιο σύγχρονους επεξεργαστές. Η μονάδα αποκωδικοποίησης των εντολών της ΚΜΕ 8085 αποτελείται από τον καταχωρητή εντολών και τη λογική αποκωδικοποίησης της εντολής.

Η ΚΜΕ 8085 διαθέτει 7 καταχωρητές γενικού σκοπού (A,B,C,D,E,H,L) και αρκετούς καταχωρητές ειδικού σκοπού (PC, SP, προσωρινός καταχωρητής, καταχωρητής εντολών κ.ο.κ.). Διαθέτει μια αριθμητική και λογική μονάδα και μια πολύπλοκη μονάδα ελέγχου. Τελειώνοντας θα θέλαμε να τονίσουμε ότι ο διαχωρισμός μιας ΚΜΕ σε επιμέρους μονάδες δεν είναι μοναδικός. Παλιότερες ΚΜΕ δεν περιέχουν όλες τις μονάδες στις οποίες αναφερθήκαμε σε αυτό το μάθημα, ενώ οι σύγχρονες ΚΜΕ περιέχουν περισσότερες και πιο πολύπλοκες μονάδες.





Σχήμα 3.2.11 Η ΚΜΕ 8085 της Intel