

Κεφάλαιο 3-Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικού τμήματος (hardware) των υπολογιστικών συστημάτων

1. Τι εννοούμε με τον όρο υπολογιστικό σύστημα και τι με τον όρο μικροϋπολογιστικό σύστημα;

- Υπολογιστικό σύστημα σημαίνει το σύστημα το οποίο περιέχει την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ), την μνήμη και τις συσκευές εισόδου και εξόδου. Ενώ σε ένα υπολογιστικό σύστημα στο οποίο ως ΚΜΕ χρησιμοποιείται ένας μικροεπεξεργαστής ονομάζεται μικρουπολογιστικό σύστημα.

Ένας μικροεπεξεργαστής είναι ένα ολοκληρωμένο το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί.

2. α) Από ποια μέρη αποτελείται η κύρια μνήμη ενός υπολογιστή;

β) Περιγράψτε τις λειτουργίες με τις οποίες ο μικροεπεξεργαστής επικοινωνεί με την μνήμη RAM και ROM.

- α) Η κύρια μνήμη αποτελείται από 2 μέρη τα οποία είναι η μνήμη RAM και η μνήμη ROM.
- β) Ο μικροεπεξεργαστής επικοινωνεί με την μνήμη ROM, διαβάζοντας μόνο ενώ με την μνήμη RAM επικοινωνεί είτε διαβάζοντας είτε γράφοντας.

3. Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της κύριας μνήμης; Εξηγήστε σύντομα το καθένα από αυτά.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της κύριας μνήμης είναι τα ακόλουθα:

- Μήκος λέξης: Το μήκος λέξης είναι το πλήθος των δυαδικών ψηφίων κάθε λέξης της μνήμης.
- Χωρητικότητα: Χωρητικότητα είναι το μέγιστο πλήθος των bits που μπορεί να αποθηκεύσει η μνήμη.
- Χρόνος προσπέλασης: Ο χρόνος προσπέλασης είναι ο χρόνος που περνάει από την στιγμή που ο μικροεπεξεργαστής ζητάει από την μνήμη το περιεχόμενο μιας θέσης, μέχρι τη στιγμή που η μνήμη δίνει το περιεχόμενο αυτό στο μικροεπεξεργαστή.

4. Που αναφερόμαστε με τον όρο Μονάδες Εισόδου-Εξόδου;

- Αναφερόμαστε στο σύνολο των συσκευών ή διατάξεων, που επιτρέπουν την μετατροπή πληροφοριών σε ψηφιακή αναπαράσταση, ώστε να εισαχθεί στον υπολογιστή μας. Με τον όρο μονάδες εξόδου αναφερόμαστε στις μονάδες εξόδου που μετατρέπουν την πληροφορία από ψηφιακή αναπαράσταση σε κείμενο, ήχο κ.λ.π

5. Σε πόσα και ποια μέρη χωρίζεται λειτουργικά ένας διάδρομος που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των μονάδων του υπολογιστή;

- Ένας διάδρομος χωρίζεται σε 3 λειτουργικά μέρη:
- 1) Διάδρομος δεδομένων (data bus)
- 2) Διάδρομος διευθύνσεων (address bus)
- 3) Διάδρομος ελέγχου (control bus)

6. β) Ποια σήματα συνήθως περιλαμβάνει ο διάδρομος ελέγχου τα οποία παράγονται από τον μικροεπεξεργαστή;

- Ο διάδρομος ελέγχου συνήθως περιλαμβάνει 2 σήματα:
- Το RD/WR' (Read/Write), IO/M' (Input Output/Memory)
-

γ) Γράψτε ένα πίνακα με τις τιμές αυτών των σημάτων καθώς και την ανάλογη λειτουργία που επιτυγχάνεται.

RD/WR'	IO/M'	Λειτουργία
0	0	Εγγραφή σε μνήμη (RAM)
0	1	Εγγραφή σε συσκευή εξόδου
1	0	Ανάγνωση από μνήμη (RAM ή ROM)
1	1	Ανάγνωση από συσκευή εισόδου

7. Από ποια τμήματα αποτελείται ένας μικροεπεξεργαστής;

- Αριθμητική και λογική μονάδα (Arithmetic Logical Unit ή ALU)
- Μονάδα ελέγχου (Control Unit ή CU)
- Καταχωρητές (Registers)

8. Τι γνωρίζετε για την αριθμητική και λογική μονάδα (A.L.M ή ALU);

- Η αριθμητική και λογική μονάδα εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις. Τα δεδομένα στα οποία εκτελούνται οι πράξεις βρίσκονται σε δύο καταχωρητές ο ένας εκ των οποίων ονομάζεται συσσωρευτής. Το αποτέλεσμα της εκτέλεσης της πράξης φυλάσσεται στον συσσωρευτή. Επίσης οι ALU εκτελεί τις ακόλουθες πράξεις:
 - Δυναδική πρόσθεση και αφαίρεση
 - Λογικό (AND, OR, XOR)
 - Συμπλήρωμα ως προς 1 και ως προς 2
 - Ολίσθηση και περιστροφή (είτε δεξιά είτε αριστερά)
 - Πολλαπλασιασμός και διαίρεση (εφόσον το περιλαμβάνει ο μικροεπεξεργαστής)

9. Τι γνωρίζετε για την μονάδα ελέγχου;

- Η μονάδα ελέγχου ελέγχει και συγχρονίζει την μεταφορά και επεξεργασία των δεδομένων και είναι η καρδιά του μικροεπεξεργαστή. Όλες οι ενέργειες του μικροεπεξεργαστή πραγματοποιούνται με την επίβλεψη της μονάδας ελέγχου. Επίσης η μονάδα ελέγχου περιέχει ως είσοδο ένα clock και παράγει τα σήματα χρονισμού και ελέγχου για την εκτέλεση κάθε εντολής.

10. Αναφέρατε ονομαστικά τους καταχωρητές που συναντάμε στην πλειοψηφία των μικροεπεξεργαστών.

- 1) Απαριθμητής προγράμματος (Program Counter ή PC)
- 2) Καταχωρητής εντολών (Instruction Register ή IR)
- 3) Δείκτης στοίβας (Stack Pointer ή SP)
- 4) Καταχωρητής κατάστασης (Status Register ή SR)

11. Τι γνωρίζετε για τον απαριθμητή προγράμματος (PC);

- Ο απαριθμητής προγράμματος είναι ένας καταχωρητής διευθύνσεων ο οποίος αποθηκεύει την διεύθυνση της μνήμης από την οποία θα ανακληθεί η επόμενη προς εκτέλεση εντολή. Ο απαριθμητής προγράμματος μπορεί να πάρει μια εντολή από όποια θέση μνήμης θέλει.

12. Τι γνωρίζετε για τον καταχωρητή εντολών (IR);

- Ο καταχωρητής εντολών είναι ένας καταχωρητής στον οποίο μεταφέρεται η εντολή που διαβάστηκε από την μνήμη. Έπειτα η εντολή αποκωδικοποιείται μέσω του αποκωδικοποιητή εντολών προκειμένου να εκτελεστεί. Οι εντολές ενός μικροεπεξεργαστή μπορούν να έχουν μία ή περισσότερες λέξεις μνήμης. Η πρώτη λέξη περιέχει τον κωδικό λειτουργίας της λέξης μνήμης (operation code ή opcode). Με την ανάγνωση του κωδικού εντολής ο μικροεπεξεργαστής μπορεί και γνωρίζει τι είδους εντολή είναι, πόσες θέσεις μνήμης καταλαμβάνει και ποιες καθώς και ποιες λειτουργίες θα εκτελέσει στην συνέχεια, ποια σήματα θα πρέπει να ενεργοποιήσει. Κατά την διάρκεια ανάκλησης εντολής, η πρώτη λέξη μνήμης μεταφέρεται από την μνήμη μέσω του εξωτερικού διαδρόμου δεδομένων στον καταχωρητή δεδομένων. Ο απαριθμητής προγράμματος αυξάνεται αυτόματα κατά 1, οπότε περιέχει την διεύθυνση της επόμενης εντολής. Αν η εντολή περιέχει πολλές θέσεις μνήμης τότε η μονάδα ελέγχου κάνει ανάγνωση στην επόμενες θέσεις μνήμης. Μόνο όταν φορτωθούν όλες οι λέξεις στον μικροεπεξεργαστή εκτελείται η εντολή.

13. Τι γνωρίζετε για τον δείκτη στοίβας (SP);

- Ο δείκτης στοίβας (stack pointer ή SP) είναι ένας δείκτης διευθύνσεων της κορυφής της στοίβας η οποία βρίσκεται η κύρια μνήμη. Η στοίβα είναι η περιοχή της μνήμης η οποία χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση κλήσεων διακοπών και κλήσεων υπορουτίνων.

14. Τι γνωρίζεται για τον καταχωρητή κατάστασης (SR) και τις σημαντικότερες σημαίες του;

- Ο καταχωρητής αυτός δίνει πληροφορίες σχετικά με τα αποτελέσματα της τελευταίας εντολής που εκτελέστηκε και έχει σχέση με την ALU. Οι σημαντικότερες σημαίες του είναι οι εξής:
 - Σημαία μηδενισμού (zero ή Z): Αν το αποτέλεσμα μιας εντολής είναι 0 τότε Z=1, αλλιώς Z=0
 - Σημαία προσήμου (sign ή S): Αν το MSB του αποτελέσματος μιας πράξης είναι 1 (ο αριθμός είναι αρνητικός) τότε S=1 αλλιώς S=0
 - Σημαία ισοτιμίας (parity ή P): Αν το αποτέλεσμα μιας πράξης έχει άρτια αριθμό (ζυγή ισοτιμία) τότε P=1 αλλιώς P=0
 - Σημαία κρατούμενου (carry ή C): Αν η εντολή είχε ως αποτέλεσμα κρατούμενο (πρόσθεση) ή δανεικό (αφαίρεση) τότε C=1 αλλιώς C=0

15. Περιγράψτε την διαδικασία εκτέλεσης μιας εντολής. (φάσεις)

- Οι φάσεις που πραγματοποιούνται κατά της εκτέλεσης μιας εντολής είναι οι εξής:
 - Κλήση εντολής : Στην φάση κλήσης εντολής μεταφέρεται ο κωδικός της επόμενης εντολής από την μνήμη. (από την θέση που δείχνει ο PC)
 - Αποκωδικοποίηση εντολής : Στην αποκωδικοποίηση εντολής αν η εντολή περιέχει και άλλα byte δεδομένων, τότε μεταφέρεται από την μνήμη η υπόλοιπη εντολή.
 - Εκτέλεση εντολής : Κατά την εκτέλεση εντολής εκτελείται η εντολή.

16. Σε πόσα και ποια τμήματα χωρίζεται μια εντολή, τι ορίζει το κάθε ένα από αυτά και τι ονομάζουμε μήκος εντολής;

- Μια εντολή χωρίζεται σε 2 τμήματα τα οποία είναι τα εξής:
 - Κώδικας εντολής (opcode) που έχει μήκος (κ) δυαδικά ψηφία
 - Τμήμα διευθύνσεων που έχει μήκος (τ) δυαδικά ψηφία
- Το άθροισμα του κώδικα εντολής και του τμήματος διευθύνσεων (δηλαδή κ+τ) είναι εκείνο που δίνει το μήκος της εντολής.
- Ο κώδικας εντολής είναι εκείνος που ορίζει την λειτουργία που πρέπει να εκτελέσει ο μικροεπεξεργαστής και το τμήμα διευθύνσεων περιέχει τα δεδομένα της.

17. α) Τι εννοούμε με τον όρο ρεπερτόριο εντολών ενός μικροεπεξεργαστή και

β) Αν ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων του κώδικα (opcode) των εντολών σε έναν μικροεπεξεργαστή είναι 5, πόσες διαφορετικές γλώσσες μπορεί να αναγνωρίσει αυτός ο μικροεπεξεργαστής;

- α) Ρεπερτόριο εντολών ονομάζουμε τον σύνολο των εντολών που μπορεί να εκτελέσει ένας μικροεπεξεργαστής.
- β) $2^5=32$ διαφορετικές εντολές μπορεί να αναγνωρίσει ένας μικροεπεξεργαστής.

18. Τι ονομάζουμε γλώσσα μηχανής (machine language), τι συμβολική γλώσσα (assembly language) και τι συμβολομεταφραστής (assembler);

- Οι εντολές ενός μικροεπεξεργαστή είναι γραμμένες στο δυαδικό σύστημα. Ένα πρόγραμμα στην γλώσσα αυτή ονομάζεται πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής (machine language). Θα ήταν πιο απλό αν μπορούσε κανείς να γράψει τις εντολές με τρόπο συμβολικό έτσι ώστε να θυμίζει την λειτουργία τους. Αυτές οι δυαδικές εντολές που γράφονται με σύμβολα ονομάζονται συμβολική γλώσσα (assembly language). Η συμβολική γλώσσα όμως για να εκτελεστεί από τον μικροεπεξεργαστή πρέπει πρώτα να μεταφραστεί σε γλώσσα μηχανής. Το πρόγραμμα το οποίο κάνει αυτή την μετάφραση ονομάζεται συμβολομεταφραστής.

19. α) Τι ονομάζεται κύκλος εντολής και τι κύκλος μηχανής και

β) Αναφέρατε τους πιο συνηθισμένους κύκλους μηχανής που συναντάμε σε έναν μικροεπεξεργαστή καθώς και τις τιμές των σημάτων ελέγχου IO/M', RD/WR' που τους ενεργοποιούν.

- Ένας μικροεπεξεργαστής ανακαλεί και εκτελεί τις εντολές την μια μετά την άλλη. Η διαδικασία αυτή αποτελεί ένα κύκλος εντολής. Ένας κύκλος εντολής αποτελείται από μια ή περισσότερες λειτουργίες ανάγνωσης ή εγγραφής στην μνήμη ή στην μονάδα εισόδου-εξόδου. Κάθε αναφορά σε μονάδα εισόδου-εξόδου ή στην μνήμη απαιτεί έναν κύκλο μηχανής.
- β) Οι πιο συνηθισμένοι κύκλοι μηχανής που συναντάμε σε έναν μικροεπεξεργαστή είναι οι εξής:
 - Ανάκληση κώδικα (opcode fetch)
 - Ανάγνωση από την μνήμη (memory read)
 - Εγγραφή στη μνήμη (memory write)
 - Ανάγνωση I/O (I/O read): είσοδος
 - Εγγραφή I/O (I/O write): έξοδος
 - Αναγνώριση διακοπής (interrupt acknowledge)
 - 'Άεργος' κύκλος (bus idle)

20. Αναφέρατε τα είδη-κατηγορίες εντολών που συναντούμε γενικά στους μικροεπεξεργαστές, σχολιάστε με συντομία την κάθε μια απ' αυτές.

- Εντολές μεταφοράς δεδομένων
 - Οι εντολές αυτές μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ καταχωρητών και μνήμης και δεν επηρεάζουν τις σημαίες.
- Εντολές αριθμητικών πράξεων
 - Οι εντολές αυτές κάνουν αριθμητικές πράξεις σε δεδομένα που βρίσκονται στους καταχωρητές και στη μνήμη και συνήθως επηρεάζουν τις σημαίες.
- Εντολές λογικών πράξεων
 - Οι εντολές αυτές πραγματοποιούν λογικές πράξεις σε δεδομένα που βρίσκονται στους καταχωρητές και στη μνήμη και συνήθως επηρεάζουν τις σημαίες.
- Εντολές άλματος
 - Οι εντολές άλματος αλλάζουν την ροή εκτέλεσης γι' αυτό και ονομάζονται και εντολές διακλάδωσης. Έτσι όταν εκτελεστεί μια εντολή άλματος, αντί να εκτελεστεί η επόμενη εντολή, ο έλεγχος μεταφέρεται σε άλλο σημείο του προγράμματος. Το σημείο αυτό μπορεί να είναι οπουδήποτε στο πρόγραμμα. Επίσης υπάρχουν εντολές άλματος υπό συνθήκη και χωρίς συνθήκη. Οι εντολές άλματος χωρίς συνθήκη απλά μεταφέρουν την καθορισμένη διεύθυνση στον μετρητή προγράμματος. Οι εντολές άλματος υπό συνθήκη εξετάζουν την κατάσταση κάποιας από τις σημαίες για να καθοριστεί αν πρέπει να μεταφερθεί ή όχι ο έλεγχος.

21. α) Τι εννοούμε με τον όρο ενεργή διεύθυνση (effective address);

β) Αναφέρατε ονομαστικά τους κυριότερους τρόπους αναφοράς στην μνήμη.

- α) Η ενεργή διεύθυνση είναι η θέση από την οποία θα διαβαστεί το δεδομένο της εντολής.

- β) Οι κυριότεροι τρόποι αναφοράς στην μνήμη είναι οι εξής:
 - Άμεση αναφορά στη μνήμη (immediate addressing)
 - Απευθείας αναφορά στη μνήμη (direct addressing)
 - Αναφορά στη μνήμη καταχωρητών (register addressing)
 - Έμμεση αναφορά μέσω καταχωρητή (register direct addressing)

22. α) Περιγράψτε την άμεση αναφορά στη μνήμη και την απευθείας αναφορά στη μνήμη.

β) Η άμεση αναφορά στη μνήμη είναι στην πραγματικότητα αναφορά στη μνήμη και γιατί.

γ) Ποιο το πλεονέκτημα και ποιο το μειονέκτημα της απευθείας αναφοράς στη μνήμη;

- α) Στην άμεση αναφορά στη μνήμη η τιμή του δεδομένου είναι αποθηκευμένη σε κάποιο τμήμα της εντολής. Επίσης ο κώδικας αλλά και το δεδομένο της εντολής καλούνται από τη μνήμη χρησιμοποιώντας τον μετρητή προγράμματος. Ενώ στην απευθείας αναφορά στη μνήμη η διεύθυνση της μνήμης στην οποία θα βρεθεί το δεδομένο περιέχεται μέσα στην εντολή αμέσως μετά τον κωδικό της εντολής.
- β) Όχι δεν είναι στην πραγματικότητα αναφορά στην μνήμη γιατί δεν απαιτείται επιπλέον προσπέλαση στη μνήμη για να βρεθεί το δεδομένο.
- γ) Το πλεονέκτημα είναι ότι έχει γρήγορο τρόπο αναφοράς και το μειονέκτημα είναι ότι ο αριθμός των λέξεων που μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν περιορίζεται από τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων του πεδίου διεύθυνσης της εντολής.

23. α) Περιγράψτε την αναφορά στη μνήμη των καταχωρητών.

β) Περιγράψτε την έμμεση αναφορά μέσω καταχωρητών.

- α) Στην αναφορά στη μνήμη των καταχωρητών το δεδομένο της εντολής βρίσκεται σε έναν εσωτερικό καταχωρητή του επεξεργαστή. Για παράδειγμα, η εντολή “ADD A” θα μπορούσε να σημαίνει “πρόσθεσε στη τρέχουσα τιμή του συσσωρευτή την τιμή του καταχωρητή A”.
- β) Στην έμμεση αναφορά μέσω καταχωρητή, ο κώδικας της εντολής προσδιορίζει έναν καταχωρητή του μικροεπεξεργαστή που περιέχει τη διεύθυνση που θα χρησιμοποιήσει για την προσπέλαση του ορίσματος της μνήμης. Για παράδειγμα, η εντολή “ADD [A]” θα μπορούσε να σημαίνει “πρόσθεσε στη τρέχουσα τιμή του συσσωρευτή την τιμή που βρίσκεται στην θέση μνήμης της οποίας η διεύθυνση βρίσκεται στον καταχωρητή A”.

24. α) Αναφέρατε ονομαστικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μικροεπεξεργαστών.

β) Τι είναι η συχνότητα, περίοδος και κύκλος ρολογιού;

γ) Τι σχέση έχουν η συχνότητα, η περίοδος και ο κύκλος ρολογιού με τον κύκλο μηχανής;

- α) Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μικροεπεξεργαστών είναι τα εξής:
 - Συχνότητα λειτουργίας (operating frequency)
 - Μήκος λέξης (word length)
 - Ρεπερτόριο εντολών (instruction set)

β) Συχνότητα ονομάζουμε το πλήθος των κύκλων του ρολογιού στην διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Το χρονικό διάστημα μεταξύ 2 διαδοχικών εναλλαγών του σήματος είναι ίσο με μια ημιπερίοδο του ρολογιού. Δύο διαδοχικές ημιπερίοδοι αποτελούν μια περίοδο ή έναν κύκλο ρολογιού.

γ) Η συχνότητα δείχνει το πλήθος των κύκλων μηχανής που εκτελούνται σε ένα δευτερόλεπτο και η περίοδος μας δείχνει το χρόνο που θα χρειαστεί ο μικροεπεξεργαστής για να πραγματοποιήσει έναν κύκλο μηχανής.

25. Μια εντολή πρόσθεσης χρειάζεται 5 κύκλους μηχανής για να ανακληθεί και να εκτελεστεί. Η συχνότητα λειτουργίας του μικροεπεξεργαστή είναι 100 MHz. Πόσες προσθέσεις το δευτερόλεπτο είναι δυνατό να εκτελέσει ο μικροεπεξεργαστής;

- $T = 1/F = 1/100\text{MHz} = 1/10^2 \cdot 10^6 = 1/10^{2+6} = 1/10^8 = 10^{-8}\text{sec} = 0,00000001\text{sec}$ ή 10nsec
- $5(\text{κύκλους μηχανής}) \cdot 10\text{nsec} = 50\text{nsec}$
- Άρα $1\text{sec}/50\text{nsec} = 20.000.000$ (προσθέσεις)

26.α) Τι ονομάζουμε μήκος λέξης (word length) μικροεπεξεργαστή;

β) Το μήκος των καταχωρητών του επεξεργαστή επηρεάζει την ταχύτητα με την οποία εκτελούνται οι πράξεις στον μικροεπεξεργαστή; Δικαιολογήστε την απάντησή σας με ένα σύντομο παράδειγμα.

- α) Μήκος λέξης ονομάζουμε τους καταχωρητές που έχουν το ίδιο μήκος με το μήκος σε bits των υπόλοιπων εσωτερικών μονάδων του μικροεπεξεργαστή.
- Ναι, επηρεάζει την ταχύτητα και συγκεκριμένα όσο πιο μεγάλοι είναι οι καταχωρητές τόσο πιο γρήγορα εκτελούνται οι πράξεις.

27. Αναφέρατε τις κατηγορίες που χωρίζονται οι μικροεπεξεργαστές σύμφωνα με το μήκος της λέξης:

- Οι κατηγορίες των μικροεπεξεργαστών είναι οι εξής:
 - Μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 8 δυαδικά ψηφία (8bit)
 - Μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 16 δυαδικά ψηφία (16bit)
 - Μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 32 δυαδικά ψηφία (32bit)

28. α) Αναφέρατε τις κατηγορίες που χωρίζονται οι μικροεπεξεργαστές με βάση το κριτήριο μεγέθους του ρεπερτορίου εντολών.

β) Περιγράψτε κάθε μία κατηγορία από τις προηγούμενες (ερώτημα α)

γ) Ποια είναι η νέα αντίληψη που επικρατεί στη σχεδίαση των μικροεπεξεργαστών με κριτήριο το πλήθος του ρεπερτορίου των εντολών;

δ) Σε ποια κατηγορία από τις παραπάνω ανήκει ο μικροελεγκτής PIC της εταιρείας Microchip;

- α) Χωρίζονται σε 2 κατηγορίες οι μικροεπεξεργαστές τους: μικροεπεξεργαστές διευρυσμένου ρεπερτορίου εντολών (CISC) και τους μικροεπεξεργαστές μειωμένου ρεπερτορίου εντολών. (RISC)

- β) Οι μικροεπεξεργαστές με διευρυμένο ρεπερτόριο εντολών περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκες εντολές, επομένως μπορούν με λιγότερες εντολές να εκτελέσουν πιο πολύπλοκες διαδικασίες. Ενώ οι μικροεπεξεργαστές με μειωμένο ρεπερτόριο εντολών έχουν μικρότερο σύνολο εντολών με αποτέλεσμα να εκτελούνται πιο γρήγορα.
- γ) Η νέα αντίληψη είναι να σχεδιάζονται επεξεργαστές οι οποίοι θα έχουν μειωμένο ρεπερτόριο εντολών .
- δ) Ο μικροελεγκτής PIC ανήκει στην κατηγορία των μειωμένων ρεπερτορίων εντολών.

29. α) Τι εννοούμε με τον όρο συμβατότητα επεξεργαστών;

β) Αναφέρατε τις πιο γνωστές οικογένειες μικροεπεξεργαστών καθώς και τα μέλη κάθε μιας απ' αυτές.

- α) Συμβατότητα εννοούμε ότι ένα νεότερο μέλος της οικογένειας μπορεί να εκτελέσει εντολές ενός προηγούμενου μέλους.
- β)

bit	Οικογένεια Intel	Οικογένεια Motorola
8 bit	8088	6808
16 bit	8086	68000
16 bit	80286	68020
32 bit	80386	68030
32 bit	80486	68040
32 bit	Pentium	PowerPC