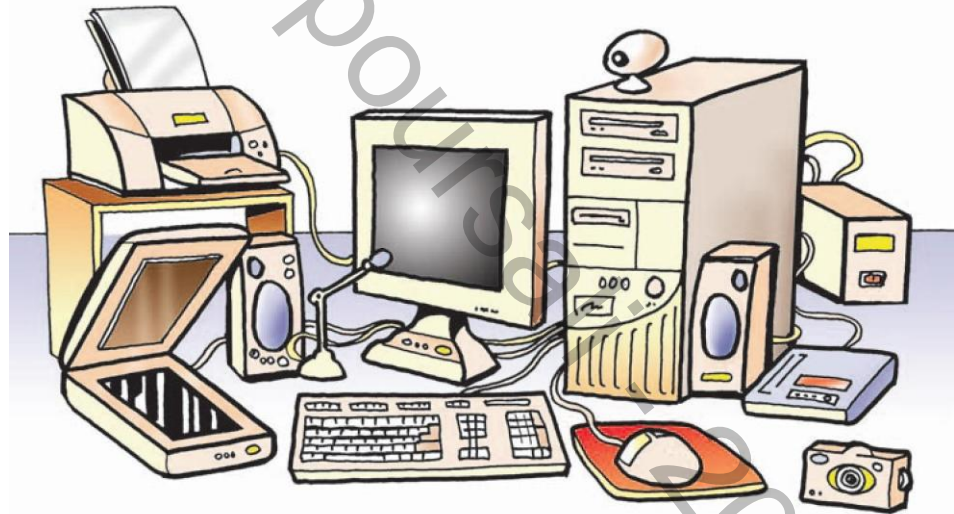


Το Υλικό του Υπολογιστή

(Ο Επεξεργαστής)

1. Το Υλικό του Υπολογιστή

Ο υπολογιστής περιλαμβάνει διάφορα ξεχωριστά τμήματα που συνδέονται και συνεργάζονται μεταξύ τους, ώστε να λειτουργούν ως σύνολο. Τα τμήματα αυτά μπορεί να είναι μηχανικά ή ηλεκτρονικά εξαρτήματα ή ακόμη και ολόκληρες συσκευές. Κάθε τμήμα συνεργάζεται με τα άλλα, ή ακόμη με κάποια από αυτά, ώστε να εκτελούνται όλες οι απαραίτητες λειτουργίες με ακρίβεια και ταχύτητα. Όλα τα τμήματα μαζί αποτελούν το Υλικό Μέρος ενός υπολογιστή ή, για την ακρίβεια, αποτελούν το υλικό ενός **υπολογιστικού συστήματος**. Γενικά, **Υλικό Μέρος** (Hardware) του υπολογιστή είναι τα μηχανικά και τα ηλεκτρονικά του μέρη, ό,τι δηλαδή μπορούμε να δούμε και να αγγίξουμε. Μεταξύ των συσκευών του υπολογιστικού συστήματος διακρίνουμε ένα κουτί, που συχνά χαρακτηρίζεται ως **Κεντρική Μονάδα** του υπολογιστικού συστήματος. Μέσα σ' αυτό βρίσκονται διάφορα εξαρτήματα με πιο σημαντικά την **Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας** (Κ.Μ.Ε., C.P.U.) και την **Κύρια Μνήμη** του υπολογιστή. Στην Κ.Μ.Ε. γίνεται, σύμφωνα με τις οδηγίες μας, η επεξεργασία των δεδομένων που εισάγονται στη μνήμη του υπολογιστή.



Για την εισαγωγή των δεδομένων χρησιμοποιούμε διάφορες συσκευές, που ονομάζονται **συσκευές εισόδου**. Παραδείγματα συσκευών εισόδου είναι το πληκτρολόγιο, το ποντίκι και το μικρόφωνο. Για να έχει νόημα η επεξεργασία των δεδομένων, πρέπει να μπορούμε να πάρουμε τα αποτελέσματά της από τον υπολογιστή. Οι συσκευές στις οποίες αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας ονομάζονται συσκευές εξόδου. Η οθόνη και ο εκτυπωτής είναι οι κυριότερες **συσκευές εξόδου**.

Οι συσκευές εισόδου και εξόδου μας δίνουν τη δυνατότητα να επικοινωνούμε με τον υπολογιστή. Συνδέονται με την Κεντρική Μονάδα του υπολογιστή, είτε με καλώδιο (ενσύρματα) είτε χωρίς καλώδιο (ασύρματα).

Τα δεδομένα που δίνουμε και οι πληροφορίες που παίρνουμε από τον υπολογιστή, μπορούν να έχουν διάφορες μορφές (π.χ. κείμενο, εικόνα ή ήχο). Ανάλογα με τη μορφή τους χρησιμοποιούμε και την κατάλληλη συσκευή.

Οι σημαντικότερες **συσκευές εισόδου** είναι:

- Πληκτρολόγιο.
- Ποντίκι.
- Σαρωτής.

Οι σημαντικότερες **συσκευές εξόδου** είναι:

- Οθόνη.
- Ηχεία
- Εκτυπωτής. Υπάρχουν εκτυπωτές διαφόρων τύπων, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές, όπως:
 - κρουστικός ή ακίδων (dot-matrix),
 - λέιζερ (laser) και
 - ψεκασμού μελάνης (inkjet).

2. Ο Επεξεργαστής (CPU – Central Processing Unit)

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, ή απλά επεξεργαστής (κανονικά μικροεπεξεργαστής, αλλά για λόγους συντομίας το "μίκρο" παραλείπεται) είναι το "μυαλό" ενός υπολογιστικού συστήματος, το βασικότερο μέρος του. Εξετάζοντας σύντομα το όνομά της μπορούμε να δούμε γιατί έχει ακριβώς αυτό το όνομα.

- **Επεξεργαστής:** γιατί επεξεργάζεται δεδομένα.
- **Κεντρικός:** γιατί βρίσκεται στο κέντρο επεξεργασίας δεδομένων του υπολογιστικού συστήματος.
- **Μονάδα:** γιατί είναι ένα chip, το οποίο αποτελείται από εκατομμύρια transistors.

Η λειτουργία του επεξεργαστή συνίσταται στην εκτέλεση των προγραμμάτων που βρίσκονται αποθηκευμένα στην κύρια μνήμη. Τα μέρη, εν συντομία, από τα οποία αποτελείται ένας επεξεργαστής είναι τα εξής:

- **Η Μονάδα Ελέγχου (Control Unit)**, η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάκτηση των εντολών από την κύρια μνήμη και για τον προσδιορισμό του τύπου τους.
- **Η Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic Logic Unit)**, η οποία εκτελεί αποκλειστικά πράξεις, που χρειάζονται για την εκτέλεση των εντολών.
- **Καταχωρητές (Registers)**, οι οποίοι είναι μια μικρή μνήμη υψηλής ταχύτητας, που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προσωρινών αποτελεσμάτων και ορισμένων πληροφοριών ελέγχου. Καθένας από αυτούς τους καταχωρητές, επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Ο πιο σημαντικός καταχωρητής είναι ο *μετρητής προγράμματος (program counter - PC)*, ο οποίος δείχνει

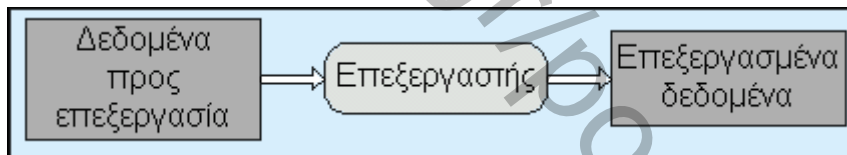
την επόμενη εντολή που πρόκειται να εκτελεστεί, ενώ πολύ σημαντικός επίσης είναι ο *καταχωρητής εντολών (instruction register - IR)*, που περιέχει την εντολή που εκτελείται εκείνη τη στιγμή.



Τα μέρη του επεξεργαστή

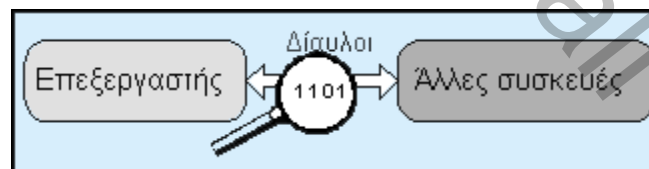
2.1. Τι είναι ο επεξεργαστής

Ο επεξεργαστής βρίσκεται τοποθετημένος πάνω στη *μητρική πλακέτα (motherboard)*. Εκτελεί ένα μεγάλο μέρος από τη δουλειά του υπολογιστή και δεδομένα φτάνουν και φεύγουν από τον επεξεργαστή συνεχώς. Δέχεται εντολές επεξεργασίας δεδομένων, που πρέπει να εκτελέσει. Συνεπώς, μπορούμε να πούμε ότι η δουλειά του είναι να κάνει πράξεις και να μεταφέρει δεδομένα.



Η δουλειά του επεξεργαστή

Η μεταφορά των δεδομένων από και προς τον επεξεργαστή γίνεται μέσω "δρόμων ταχείας κυκλοφορίας" δεδομένων που ονομάζονται *διάλυλοι*.



Η μεταφορά δεδομένων

Ο επεξεργαστής τροφοδοτείται συνεχώς με δεδομένα μέσω των διαύλων. Τα δεδομένα που δέχεται μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- **Εντολές (instructions)** για το πως θα διαχειριστεί τα υπόλοιπα δεδομένα.
- **Δεδομένα**, τα οποία πρέπει να διαχειριστεί σύμφωνα με τις εντολές.

2.2. Μέγεθος Κυκλώματος

Το μέγεθος κυκλώματος ή μέγεθος χαρακτηρισικών, αναφέρεται στο επίπεδο σμίκρυνσης του

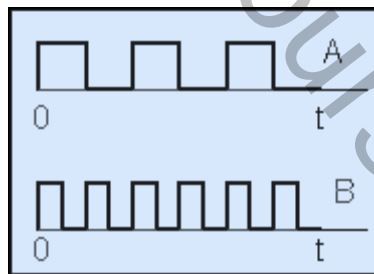
επεξεργαστή. Για να δημιουργηθούν πιο ισχυροί επεξεργαστές, χρειάζονται περισσότερα transistors. Για να τοποθετηθούν περισσότερα transistors στον ίδιο χώρο, πρέπει συνεχώς να γίνονται όλο και μικρότερα. Καθώς ο επεξεργαστής γίνεται γρηγορότερος και πιο πυκνός, η κατανάλωση ενέργειας και η παραγωγή θερμότητας γίνονται βασικά θέματα. Το μέγεθος του κυκλώματος είναι ένας περιοριστικός παράγοντας στην ταχύτητα του επεξεργαστή, κυρίως λόγω της παραγωγής θερμότητας. Επίσης έχει καθοριστική σημασία και για το μέγεθος του "καλουπιού" (η μικρή περιοχή πάνω στο chip, πάνω στην οποία τοποθετούνται όλα τα transistors).

Η τεχνολογική πρόοδος συνεχίζει να επιτρέπει τη συρρίκνωση των κυκλωμάτων. Κάποτε θεωρούνταν αδύνατο να συρρικνωθεί το μέγεθος ενός καλουπιού σε λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του μέτρου (micron). Οι περισσότεροι επεξεργαστές σήμερα χρησιμοποιούν τεχνολογία της τάξεως του 0.25 εκατομμυριοστού.

2.3. Ταχύτητα Επεξεργαστή - Χρονισμός

Καθώς η απόδοση ενός επεξεργαστή βασίζεται (στις περισσότερες περιπτώσεις) στο πόσες εντολές μπορεί να εκτελέσει σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, έχει γίνει πλέον πολύ συνηθισμένο να χρησιμοποιούμε τις λέξεις "απόδοση" και "ταχύτητα" εναλλακτικά. Δυστυχώς η λέξη "ταχύτητα" έχει πολλές ερμηνείες όταν αναφέρεται στον επεξεργαστή και συνεπώς μπορεί να προκληθεί κάποια σύγχυση.

Η απόδοση του επεξεργαστή εξαρτάται κυρίως από την **ταχύτητα του ρολογιού**: Η ταχύτητα ρολογιού του επεξεργαστή είναι ένα μέτρο για το πόσο γρήγορα τρέχει, δηλαδή πόσους κύκλους ρολογιού έχει για να δουλέψει σε μια συγκεκριμένη περίοδο. Χρησιμοποιώντας την αναλογία του ποδηλάτου, αυτό είναι παρόμοιο με το πόσο γρήγορα κάνουμε πετάλι.



Ο επεξεργαστής B λειτουργεί με τη διπλάσια ταχύτητα ρολογιού σε σχέση με τον A

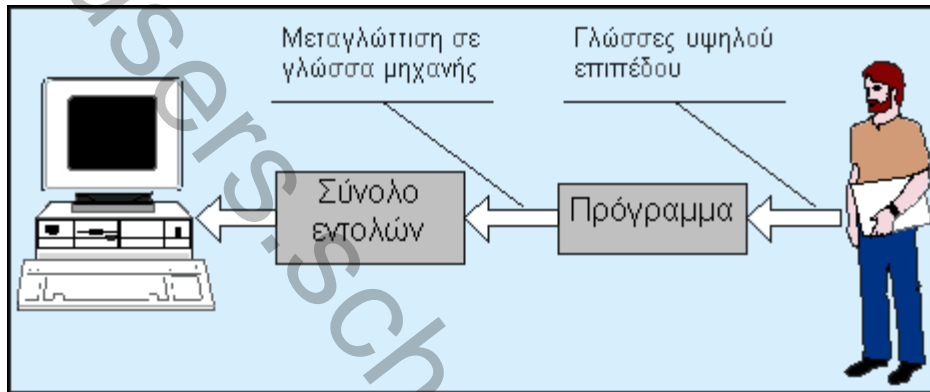
Η συχνότητα του ρολογιού είναι εύκολη στην κατανόηση, είναι μόνο ένα νούμερο. Συνηθισμένες συχνότητες ρολογιών πλέον είναι τα 3 GHz που πρακτικά σημαίνει 3 δισεκατομμύρια χτύποι σε ένα μόλις δευτερόλεπτο.

2.4. Το σύνολο των εντολών ενός επεξεργαστή

Η δουλειά όλων των επεξεργαστών είναι να εκτελούν εντολές, οι οποίες είναι γραμμένες σε γλώσσα μηχανής (machine language) που καταλαβαίνει ο επεξεργαστής. Τα περισσότερα προγράμματα είναι

γραμμένα σε υψηλότερου επιπέδου γλώσσες, αλλά θα πρέπει να μεταφραστούν σε γλώσσα μηχανής για να μπορεί ο υπολογιστής να τα εκτελέσει. Αυτό ονομάζεται μεταγλώττιση (compiling) του προγράμματος σε γλώσσα μηχανής.

Όλες οι διάφορες εντολές που ο επεξεργαστής μπορεί να εκτελέσει ονομάζονται σύνολο εντολών. Το σύνολο εντολών καθορίζει τι είδος λογισμικού μπορεί να τρέξει στον επεξεργαστή. Για να είναι δύο επεξεργαστές συμβατοί πρέπει (εκτός και από άλλα πράγματα) να είναι ικανοί να εκτελούν τις ίδιες εντολές. Ο αριθμός και ο τύπος των εντολών που υποστηρίζονται από τον επεξεργαστή υπαγορεύει τις απαιτήσεις για όλο το λογισμικό που θα χρησιμοποιεί και έχει σημαντική σημασία στην απόδοση.



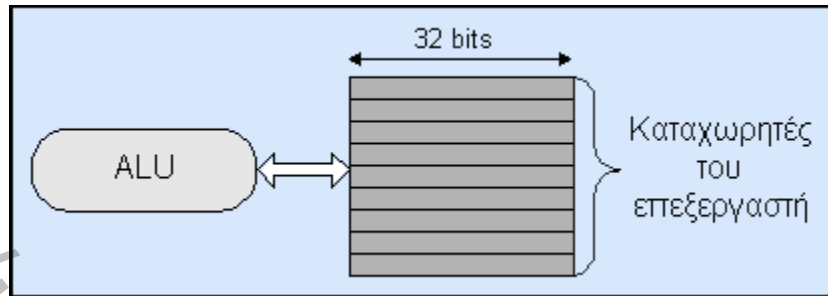
Η μεταγλώττιση ενός προγράμματος

2.5. Καταχωρητές

Οι καταχωρητές είναι τοπικές περιοχές μνήμης μέσα στον επεξεργαστή, που χρησιμοποιούνται για να κρατούν δεδομένα, τα οποία επεξεργάζονται εκείνη τη στιγμή. Κάθε επεξεργαστής έχει μερικούς καταχωρητές, κάποιους αφοσιωμένους σε μια συγκεκριμένη λειτουργία και άλλους διαθέσιμους για γενική χρήση από τους προγραμματιστές. Οι καταχωρητές είναι η ταχύτερη μνήμη, διαθέσιμη για χρήση στους υπολογιστές.

Οι περισσότερες λειτουργίες γίνονται στους καταχωρητές. Ο επεξεργαστής δεν μπορεί για παράδειγμα να εκτελεί πράξεις στη μνήμη. Αν θέλουμε να προσθέσουμε τον αριθμό 1 σε μια περιοχή της μνήμης, ο επεξεργαστής κανονικά θα το κάνει αυτό, φορτώνοντας την αρχική τιμή από τη μνήμη στον καταχωρητή, προσθέτοντας τον αριθμό 1 στον καταχωρητή και σώζοντας μετά την τιμή πίσω στη μνήμη. Αυτό φυσικά γίνεται πάρα πολύ γρήγορα και χωρίς να το καταλαβαίνει ο χρήστης.

Το πλάτος (σε bits) των καταχωρητών του επεξεργαστή καθορίζει πόσα δεδομένα μπορεί να επεξεργαστεί σε μια χρονική στιγμή. Αυτό ορισμένες φορές χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το "μέγεθος" του επεξεργαστή. Για παράδειγμα, μπορεί να ακούσετε να μιλούν για "16 bit επεξεργαστή" ή "32 bit επεξεργαστή" ή "64 bit επεξεργαστή". Αυτός ο όρος συνήθως αναφέρεται στο μέγεθος του καταχωρητή μέσα στον επεξεργαστή. Ωστόσο, αυτός ο όρος κάποιες φορές χρησιμοποιείται λανθασμένα και κάποιοι αναφέροντας το μέγεθος του επεξεργαστή, εννοούν για παράδειγμα το εύρος του διαύλου του.



Οι καταχωρητές του επεξεργαστή

Όσους περισσότερους καταχωρητές έχει ο επεξεργαστής, τόσο μεγαλύτερη ευκινησία έχουν οι προγραμματιστές να γράψουν καλύτερο κώδικα. Ωστόσο, κάτι τέτοιο αυξάνει την πολυπλοκότητα του επεξεργαστή.

2.6.Κύκλος Εντολής

Κύκλος εντολής είναι το διάστημα που απαιτείται για την αποπεράτωση μιας εντολής και την έναρξη της επόμενης. Υπάρχουν τέσσερα στάδια για την ολοκλήρωση ενός κύκλου: η **ανάκληση (fetch)**, η **αποκωδικοποίηση (decode)**, η **εκτέλεση (execute)** και αποθήκευση του αποτελέσματος (store/writeback).

Κατά την **ανάκληση**, ανακτάται η εντολή από την θέση μνήμης που είναι αποθηκευμένη. Η θέση της εντολής στην μνήμη περιέχεται στον απεριθμητή προγράμματος. Όταν η εντολή μεταφερθεί από την μνήμη στον επεξεργαστή αποθηκεύεται στον καταχωρητή εντολών. Έπειτα αυξάνεται η τιμή του απεριθμητή προγράμματος, όσο είναι και το μήκος της εντολής σε μονάδες μνήμης, ώστε να υποδεικνύει την θέση της επόμενης εντολής ή την διεύθυνση των τελεστών σε περίπτωση που η τρέχουσα εντολή έχει τελεστές. Συχνά η εντολή προς ανάκληση καθυστερεί να μεταφερθεί από την μνήμη στον επεξεργαστή, λόγω ασύγχρονης λειτουργίας των δύο συσκευών, προκαλώντας παύση στην λειτουργία της ΚΜΕ. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, στους σύγχρονους επεξεργαστές γίνεται χρήση ενδιάμεσης μνήμης προσωρινής αποθήκευσης (cache) αλλά και τεχνικές σωλήνωσης (pipelining).

Στο στάδιο της **αποκωδικοποίησης**, η εντολή διασπάται και ερμηνεύεται από τον επεξεργαστή.

Ανάλογα με τον κωδικό εντολής, κατά την αποκωδικοποίηση, ανακαλούνται και τυχόν τελεστές. Η τιμή των τελεστών ανακαλείται είτε άμεσα ως σταθερά, είτε έμμεσα ως μια διεύθυνση στην οποία βρίσκεται αποθηκευμένη η τιμή, σε κάποιο καταχωρητή ή μνήμη, όπως ορίζει το εκάστοτε πρότυπο διευθυνσιοδότησης. Σε παλιότερα σχέδια επεξεργαστών, η αποκωδικοποίηση της εντολής ήταν μια αμετάβλητη διαδικασία που πραγματοποιούσε το υλικό. Ωστόσο, σε πιο περίπλοκες αρχιτεκτονικές επεξεργαστών, για την ερμηνεία των εντολών χρησιμοποιείται ένα μικροπρόγραμμα. Το μικροπρόγραμμα συνήθως είναι επαναπρογραμματιζόμενο ώστε να μπορεί να μεταβληθεί, ακόμη και μετά την κατασκευή της ΚΜΕ, ο τρόπος που αποκωδικοποίησης των εντολών.

Μετά την ανάκληση και την αποκωδικοποίηση, ακολουθεί η **εκτέλεση** της εντολής. Σε αυτό το στάδιο, διάφορες μονάδες του επεξεργαστή συνδέονται ώστε να γίνει εφικτή η εκτέλεση της επιθυμητής λειτουργίας. Αν, για παράδειγμα, ζητήθηκε μια λειτουργία πρόσθεσης, η αριθμητική μονάδα (ALU) θα συνδεθεί με ένα σύνολο εισόδων και εξόδων. Οι εισοδοί θα παρέχουν τους αριθμούς που πρέπει να προστεθούν και οι εξοδοί θα περιέχουν το άθροισμα. Εάν η πρόσθεση έχει ως αποτέλεσμα έναν

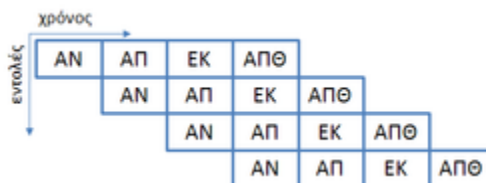
υπερβολικά μεγάλο αριθμό για να χειριστεί η ΚΜΕ τότε θα ενεργοποιηθεί ο δείκτης αριθμητικής υπερχειλίσης. Η αριθμητική λογική μονάδα (ALU) στο σύνολό της περιέχει κυκλώματα για την εκτέλεση απλών αριθμητικών και λογικών πράξεων, όπως η πρόσθεση και η σύγκριση αριθμών. Στο τελικό στάδιο, την αποθήκευση, η ΚΜΕ στέλνει τα δεδομένα προς αποθήκευση στην μνήμη. Τα αποτελέσματα αρχικά αποθηκεύονται προσωρινά σε κάποιο καταχωρητή για ταχύτερη προσπέλαση από επόμενες εντολές και έπειτα αποθηκεύονται στην κύρια μνήμη του συστήματος. Εντολές που κάνουν άλματα αλλά και εντολές που μεταβάλλουν τον καταχωρητή ενδείξεων στην ουσία δεν παράγουν κάποιο αποτέλεσμα προς αποθήκευση. Μετά την αποθήκευση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, ο κύκλος εντολής ολοκληρώνεται και επαναλαμβάνεται με την επόμενη εντολή, αφού αυξήθηκε ο απαριθμητής προγράμματος. Σε επεξεργαστές με πιο περίπλοκη αρχιτεκτονική, περισσότερες εντολές μπορεί να ανακαλούνται, να αποκωδικοποιούνται και να εκτελούνται ταυτόχρονα.

2.7. Παράλληλη Επεξεργασία

Ο τρόπος εκτέλεσης των εντολών στους πρώτους επεξεργαστές ήταν σειριακός, δηλαδή εκτελούνταν η επόμενη εντολή αφού πρώτα είχε τελειώσει η προηγούμενη. Όπως αποδείχθηκε ο τρόπος αυτός δεν είναι ο πλέον αποδοτικός για την εκτέλεση μεγάλων προγραμμάτων επειδή καθυστερεί υπερβολικά. Αναπτύχθηκε για αυτό τον λόγο η έννοια της παράλληλης επεξεργασίας, που επιτρέπει παράλληλη, δηλαδή ταυτόχρονη, επεξεργασία. Πολλές εναλλακτικές έχουν προκύψει για αυτό το σκοπό αλλά οι κυριότερες είναι η σωλήνωση και η επεξεργασία νημάτων (threads) για τα πολυεπεξεργαστικά συστήματα.

Σωλήνωση τεσσάρων επιπέδων.

Όλοι οι σύγχρονοι επεξεργαστές χρησιμοποιούν την τεχνική της σωλήνωσης για την εκτέλεση των εντολών. Η σωλήνωση εκμεταλλεύεται τα στάδια κάθε εντολής, και επιτρέπει έτσι στον επεξεργαστή να εκτελεί πολλές εντολές παράλληλα. Αν η κάθε εντολή διασπάται σε τέσσερα επίπεδα, όπως αναφέρεται πιο πάνω, τότε ο επεξεργαστής μπορεί κάθε χρονική στιγμή να εκτελεί επίπεδα από τέσσερις εντολές, μειώνοντας έτσι σημαντικά τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος. Σε μια σωλήνωση τεσσάρων επιπέδων η εξοικονόμηση χρόνου μπορεί να φτάσει μέχρι και 56% της αντίστοιχης σειριακής επεξεργασίας. (δείτε αναλυτικά το παρακάτω διάγραμμα).



Όμως ένα σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει από την σωλήνωση είναι αυτό της εξάρτησης των εντολών. Πολλές εντολές προϋποθέτουν για την εκτέλεσή τους να έχει ολοκληρωθεί η προηγούμενη εντολή ώστε να τους επιστρέψει ένα αποτέλεσμα. Αυτό δεν συμβαίνει στην σωλήνωση αφού όλες οι εντολές εκτελούνται σχεδόν παράλληλα. Το πρόβλημα ξεπεράστηκε εν μέρη από τις γλώσσες προγραμματισμού που εξελίχθηκαν ώστε να ανταποκρίνονται σε επεξεργασία σωλήνωσης και εν μέρη

από τις ίδιες τις ΚΜΕ που ενσωμάτωσαν διαδικασίες ελέγχου. Έτσι όταν απαιτείται από μια εντολή ο τερματισμός της προηγούμενης, η ΚΜΕ θέτει σε αναμονή την εντολή μέχρι να ολοκληρωθεί η προηγούμενη.

Επεξεργασία νημάτων

Αυτός η μέθοδος παράλληλης εξεργασίας προϋποθέτει την ύπαρξη τουλάχιστον δύο επεξεργαστών στο ίδιο υπολογιστικό σύστημα, αν και συνήθως εφαρμόζεται σε πολύ μεγαλύτερα συστήματα. Επειδή υπάρχουν περισσότεροι του ενός επεξεργαστές είναι εφικτή η παράλληλη επεξεργασία διαφορετικών εργασιών. Έτσι κάθε εργασία διασπάται σε μικρότερες ισομεγέθεις εργασίες που ονομάζονται νήματα (threads). Κάθε ΚΜΕ του συστήματος αναλαμβάνει να ολοκληρώσει ένα νήμα σε ένα χρόνο (κβάντο) που θα έχει οριστεί. Εάν το νήμα δεν ολοκληρωθεί μέσα στα όρια του χρόνου, τότε η επεξεργασία του νήματος συνεχίζεται και στο επόμενο διάστημα χρόνου. Μπορούν επίσης να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές χρονοπρογραμματισμού, ώστε να υπάρχει εναλλαγή των νημάτων από διαφορετικές εργασίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.it.uom.gr/project/mycomputer/cpu/>
2. http://el.wikipedia.org/wiki/Κεντρική_Μονάδα_Επεξεργασίας