

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**Υλικό Υπολογιστών (Hardware)****Διδακτικές ενότητες**

- 1.1 Το Υπολογιστικό Σύστημα
- 1.2 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)
- 1.3 Μνήμη
- 1.4 Τεχνολογικές εξελίξεις στο Υλικό Υπολογιστών

Διδακτικοί στόχοι

Σκοπός του κεφαλαίου είναι οι μαθητές να αναγνωρίζουν τη δομή ενός γνώριμου υπολογιστικού συστήματος καθώς και την εξέλιξη των υπολογιστών ως σύνολο αλλά και των επιμέρους τμημάτων τους.

Οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

- ✓ να αναγνωρίζουν τα μέρη ενός προσωπικού υπολογιστή.
- ✓ να κατανοούν τη λειτουργία των κυριότερων συστατικών ενός υπολογιστικού συστήματος.
- ✓ να αναγνωρίζουν υπολογιστικά συστήματα στις διάφορες μορφές τους.
- ✓ να εντοπίζουν τα «κρυμμένα» υπολογιστικά συστήματα που είναι ενσωματωμένα σε αντικείμενα της καθημερινότητάς τους.

Ερωτήματα

- ✓ Γνωρίζετε τι είναι ένα υπολογιστικό σύστημα;
- ✓ Ποια είναι τα μέρη ενός προσωπικού υπολογιστή;
- ✓ Μπορείτε να συγκρίνετε δύο υπολογιστές και να επιλέξετε τον καλύτερο;
- ✓ Πόσα είδη υπολογιστικών συστημάτων γνωρίζετε και πόσα χρησιμοποιείτε;
- ✓ Μπορείτε να αναφέρετε τεχνολογικές εξελίξεις για συγκεκριμένα μέρη του υπολογιστή;

Βασική ορολογία

Υπολογιστικό Σύστημα, Υλικό Υπολογιστών (Hardware), Αρχιτεκτονική Υπολογιστή, Μητρική Κάρτα, Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, Μνήμη, Ιεραρχία Μνήμης, Κλίμακες Ολοκλήρωσης, Πυρήνες, Ταμπλέτα, Έξυπνα Τηλέφωνα, Εικονική Και Επαυξημένη Πραγματικότητα

Εισαγωγή

Ένας υπολογιστής είναι στην πραγματικότητα ένα σύστημα πολλών μερών που συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα φυσικά μέρη που μπορούμε να δούμε και να αγγίξουμε ονομάζονται συνολικά **υλικό** (hardware).

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο εστιάζουμε στο υλικό (hardware) του προσωπικού υπολογιστή, με τον οποίο είμαστε και πιο εξοικειωμένοι. Θα γνωρίσουμε τα κυριότερα δομικά μέρη του και τη λειτουργία τους. Θα εξετάσουμε την εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων στο σύνολο τους αλλά και των βασικών στοιχείων που τα απαρτίζουν.

1.1 Το Υπολογιστικό Σύστημα

Η εξέλιξη του ανθρώπου πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό χάρη στην ικανότητά του να χειρίζεται εργαλεία. Ιδιαίτερη θέση ανάμεσα σε αυτά τα εργαλεία κατέχουν οι υπολογιστικές συσκευές. Από τον εκπληκτικό **μηχανισμό των Αντικυθήρων** της αρχαιότητας μέχρι τα αυτοκίνητα που κινούνται αυτόνομα (χωρίς οδηγό), τα υπολογιστικά συστήματα σχεδιάζονται, για να καλύψουν συγκεκριμένες ανάγκες σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παράλληλα, βοηθούν και στη συνολική πρόοδο της τεχνολογίας. Να σκεφτούμε το γεγονός ότι οι υπολογιστές του «σήμερα» χρησιμοποιούνται για την προαγωγή της έρευνας, των επιστημών και της τεχνολογίας γενικότερα αλλά και στη σχεδίαση των υπολογιστών του «αύριο».

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα με βάση το μέγεθος, τις δυνατότητες και τη χρήση τους. Ενδεικτικά να αναφέρουμε εδώ:

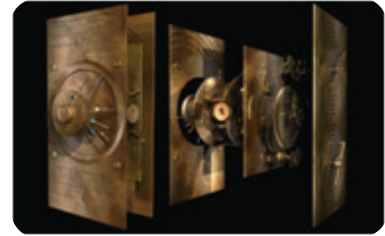
- ✓ τους **υπερυπολογιστές** (supercomputers) που χρησιμοποιούν ερευνητικά εργαστήρια
- ✓ τα **μεγάλα συστήματα** (mainframes) που χρησιμοποιούν μεγάλοι οργανισμοί, τράπεζες και εταιρείες
- ✓ τους **προσωπικούς υπολογιστές** (personal computers - PC) που συμπεριλαμβάνουν και τους **φορητούς υπολογιστές** (laptops, netbooks, ultrabooks)
- ✓ τα **έξυπνα τηλέφωνα** (smartphones) και τις **ταμπλέτες** (tablets)
- ✓ τις **έξυπνες συσκευές** (π.χ. SMART τηλεοράσεις και ρολόγια) αλλά και τις συσκευές που ενσωματώνουν «ευφυΐα» (προγραμματιζόμενες ηλεκτρικές συσκευές, αυτοκίνητα).

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ένας υπολογιστής είναι ένα σύνθετο «οικοδόμημα», το οποίο χρειάζεται προσεκτικό σχεδιασμό, για να πετύχει το μέγιστο της απόδοσής του μέσα σε συγκεκριμένα όρια κόστους, κατανάλωσης ενέργειας, και περιορισμών που θέτουν οι διαθέσιμες τεχνολογίες κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Η **αρχιτεκτονική υπολογιστών** είναι ένα σύνολο κανόνων που περιγράφει ένα υπολογιστικό σύστημα καθορίζοντας τα μέρη του και τις μεταξύ τους σχέσεις. Συνήθως δίνεται έμφαση στη δομή και λειτουργία του επεξεργαστή, και στους τρόπους προσέλασης στη μνήμη.

Οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές σχεδιάζονται με βάση τις αρχές που διατυπώθηκαν το 1945 από τον μαθηματικό-φυσικό Τζον φον Νόιμαν και την ομάδα του στο Ινστιτούτο Προηγμένων Επιστημών στο Πανεπιστήμιο του Πρίνστον. Οι θεμελιώδεις



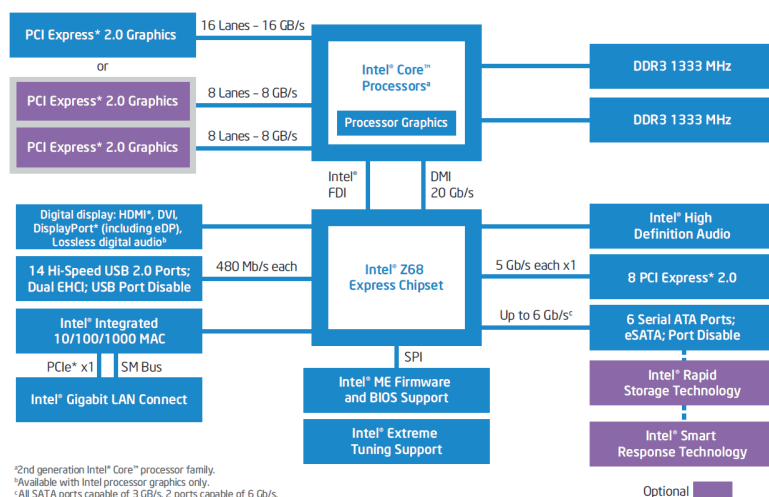
Εικόνα 1.1. Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων



Εικόνα 1.2. Ο υπερυπολογιστής Blue Gene/P στο Argonne National Lab αποτελείται από περισσότερους από 250.000 επεξεργαστές.



Εικόνα 1.3. Έξυπνο ρολόι



Σχήμα 1.1. Αρχιτεκτονική σύγχρονου προσωπικού υπολογιστή

αυτές αρχές ονομάζονται **αρχιτεκτονική φον Νόιμαν** (μοντέλο φον Νόιμαν) ή **αρχιτεκτονική Πρίνστον**.

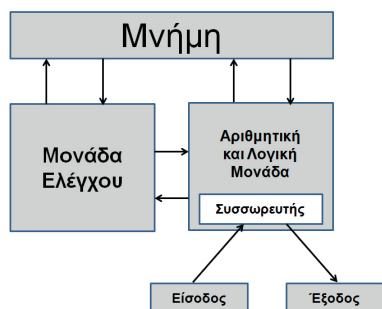
Ας δούμε τώρα τη δομή ενός σύγχρονου υπολογιστή. Πιο απλά, θα εξετάσουμε έναν επιτραπέζιο προσωπικό υπολογιστή, με τον οποίο είμαστε και πιο εξοικειωμένοι. Ο υπολογιστής μας αποτελείται από την **κεντρική μονάδα** και τις **περιφερειακές συσκευές** (που εξασφαλίζουν είσοδο και έξοδο). Η κεντρική μονάδα περιέχει σίγουρα τα παρακάτω μέρη:

- ✓ Μητρική Κάρτα
- ✓ Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)
- ✓ Κύρια Μνήμη
- ✓ Περιφερειακή Μνήμη (Μονάδες αποθήκευσης)
- ✓ Τροφοδοτικό
- και προαιρετικά Κάρτες επέκτασης.

Όσον αφορά στις περιφερειακές συσκευές, αυτές χωρίζονται σε συσκευές εισόδου, όπως για παράδειγμα:

- ✓ πληκτρολόγιο
- ✓ ποντίκι
- ✓ μικρόφωνο
- ✓ κάμερα (webcamera)
- ✓ σαρωτής (scanner)
- και συσκευές εξόδου:
- ✓ οθόνη
- ✓ εκτυπωτής
- ✓ ηχεία.

Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται συνεχώς η χρήση της οθόνης αφής με την υιοθέτησή της σε φορητούς υπολογιστές, έξυπνα τηλέφωνα και ταμπλέτες. Οι συγκεκριμένες οθόνες αποτελούν συσκευές εισόδου και εξόδου συγχρόνως.



Σχήμα 1.2. Αρχιτεκτονική φον Νόιμαν



Εικόνα 1.4. Οθόνη αφής

Μητρική Κάρτα (Motherboard)

Η μητρική κάρτα (motherboard) αποτελεί το κύριο τυπωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα ενός σημερινού υπολογιστή. Πάνω της συνδέονται σημαντικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα όπως η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας και η μνήμη, ενώ παρέχει και συνδέσεις για άλλα περιφερειακά. Τυπικά μια μητρική κάρτα περιλαμβάνει:

- ✓ υποδοχή επεξεργαστή (cpu socket)
- ✓ θύρες για αρθρώματα μνήμης. Τα αρθρώματα μνήμης είναι μικρές πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων πάνω στις οποίες βρίσκονται ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης (Εικόνα 1.9).
- ✓ ένα σύνολο ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (chipset) για τη διαχείριση της ροής δεδομένων μεταξύ του επεξεργαστή, της μνήμης και των περιφερειακών συσκευών
- ✓ μη πτητική μνήμη σε μορφή Flash ROM, στην οποία περιέχεται το BIOS (Βασικό Σύστημα Εισόδου/Εξόδου)
- ✓ μία γεννήτρια χρονισμού για τον συγχρονισμό των διαφόρων συστατικών της
- ✓ θύρες για κάρτες επέκτασης
- ✓ συνδέσεις για τροφοδοσία, οι οποίες παίρνουν ρεύμα από το τροφοδοτικό του υπολογιστή και το διανέμουν στον επεξεργαστή, στις μνήμες και στις κάρτες επέκτασης που είναι συνδεδεμένες πάνω της
- ✓ συνδέσεις για περιφερειακές συσκευές όπως:
 - (α) οι θύρες PS/2 για συμβατότητα με προηγούμενης γενιάς πληκτρολόγιο και ποντίκι
 - (β) οι θύρες USB

Οι σύγχρονες μητρικές κάρτες έχουν καταφέρει να ενσωματώσουν στοιχεία που παλιότερα υλοποιούνταν από ξεχωριστές κάρτες επέκτασης όπως για παράδειγμα κάρτα γραφικών και κάρτα ήχου.



Εικόνα 1.5. Μητρική κάρτα



Με τον όρο μη-πτητική μνήμη εννοούμε τη μνήμη η οποία διατηρεί την πληροφορία που περιέχει και μετά τη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος.



Η θεμελιώδης λειτουργία του **BIOS** είναι να αρχικοποιήσει και να ελέγξει τα δομικά στοιχεία του υλικού του υπολογιστή μας και στη συνέχεια να φορτώσει το Λειτουργικό Σύστημα από μια μονάδα αποθήκευσης.



Να ανοίξετε την κεντρική μονάδα ενός προσωπικού υπολογιστή στο εργαστήριο με την καθοδήγηση του καθηγητή σας και να αναγνωρίσετε τα δομικά στοιχεία της.

Ερωτήσεις - Δραστηριότητες

1. Πού χρησιμοποιούνται οι υπερυπολογιστές σήμερα; Υπάρχει εναλλακτική προσέγγιση στην επεξεργασία τεράστιων ποσοτήτων πληροφορίας; Οι παρακάτω σύνδεσμοι μπορούν να σας βοηθήσουν στην έρευνά σας:
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer>
 - <http://folding.stanford.edu/home/>
2. Το UEFI είναι μια πρότυπη διασύνδεση υλικολογισμικού για υπολογιστές, που έχει σχεδιαστεί για αντικατάσταση του BIOS. Ποια είναι τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με το BIOS; Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τους παρακάτω συνδέσμους:
 - <http://windows.microsoft.com/el-gr/windows-8/what-uefi>
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Extensible_Firmware_Interface

1.2 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (Central Processing Unit – CPU) ή απλούστερα επεξεργαστής αποτελεί το μέρος του υλικού που εκτελεί τις εντολές ενός προγράμματος υπολογιστή χρησιμοποιώντας βασικές αριθμητικές και λογικές πράξεις καθώς και λειτουργίες εισόδου-εξόδου.

Ο επεξεργαστής αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική φον Νόιμαν:

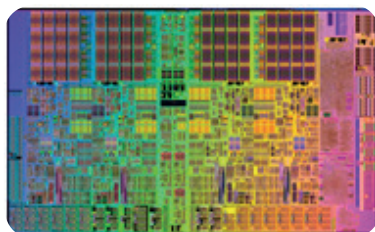
- ✓ Την **Αριθμητική και Λογική Μονάδα** (Arithmetic and Logic Unit – ALU), όπου εκτελούνται οι βασικές μαθηματικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση) και πράξεις λογικής (σύζευξη, διάζευξη, άρνηση, συγκρίσεις).
- ✓ Τη **Μονάδα Ελέγχου**, η οποία κατευθύνει τη λειτουργία του επεξεργαστή. Η μονάδα αυτή διαβάζει, ερμηνεύει τις εντολές του προγράμματος και καθορίζει τη σειρά επεξεργασίας των δεδομένων. Επίσης, ελέγχει την επικοινωνία και τον συντονισμό μεταξύ των συσκευών εισόδου/εξόδου.
- ✓ Τους **Καταχωρητές** (Registers), μικρά κύτταρα μνήμης στο εσωτερικό του επεξεργαστή, που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων κατά την επεξεργασία τους. Μερικοί καταχωρητές έχουν ειδική λειτουργία όπως:
 - ο **Μετρητής Προγράμματος** (Program Counter), στον οποίο είναι αποθηκευμένη η διεύθυνση της επόμενης εντολής που θα ανακτηθεί από τη μνήμη, για να εκτελεστεί.
 - ο **Καταχωρητής Εντολής** (Instruction Register). Σε έναν απλό επεξεργαστή κάθε εντολή που ετοιμάζεται να εκτελεστεί φορτώνεται στον καταχωρητή εντολής. Ο συγκεκριμένος καταχωρητής «κρατάει» την εντολή για όσο χρόνο χρειάζεται ο επεξεργαστής για την αποκωδικοποίηση, προετοιμασία και τελικά εκτέλεσή της, μια διαδικασία που μπορεί να χρειαστεί αρκετά βήματα.
 - ο **Συσσωρευτής** (Accumulator), που συνήθως χρησιμοποιείται για τις αριθμητικές και λογικές πράξεις.

Τα χαρακτηριστικά που μας βοηθούν να καταλάβουμε τις δυνατότητες της ΚΜΕ είναι τα παρακάτω:

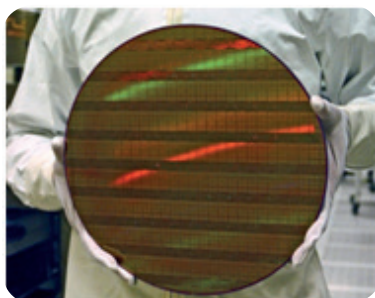
- ✓ η **συχνότητα του ρολογιού**.
- ✓ η **Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών** (Instruction Set Architecture - ISA),
- ✓ το **μέγεθος λέξης** (word size).



Εικόνα 1.6. Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Εικόνα 1.7. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα μιας ΚΜΕ



Εικόνα 1.8. «Φέτα» ημιαγωγών (wafer) από τη διαδικασία παραγωγής ΚΜΕ

Συχνότητα ρολογιού

Κάθε επεξεργαστής περιέχει ένα εσωτερικό **ρολόι** που παράγει παλμούς σε τακτές χρονικές στιγμές, ώστε να ρυθμίζει την εκτέλεση των εντολών αλλά και τον συγχρονισμό με τα υπόλοιπα μέρη του υπολογιστή. Το πλήθος των παλμών μέσα σε ένα δευτερόλεπτο αποτελεί τη συχνότητά του. Ένας τυπικός επεξεργαστής σήμερα διαθέτει συχνότητα ρολογιού μεταξύ 2 και 4 GHz.

Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών

Η Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών είναι το μέρος της αρχιτεκτονικής υπολογιστών που σχετίζεται με τον προγραμματισμό. Περιλαμβάνει τις εντολές και τους τύπους δεδομένων που υποστηρίζονται από τον επεξεργαστή όπως επίσης τους καταχωρητές, την αρχιτεκτονική μνήμης και τρόπους διευθυνσιοδότησης.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις, η αρχιτεκτονική **CISC** και η αρχιτεκτονική **RISC**. Η αρχιτεκτονική CISC διαθέτει ένα πολύπλοκο σύνολο εντολών, πολλές από τις οποίες είναι εξειδικευμένες. Από την άλλη, η αρχιτεκτονική **RISC** διαθέτει ένα περιορισμένο σύνολο εντολών, το οποίο περιέχει εκείνες τις εντολές που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε προγράμματα. Οι ασυνήθιστες εργασίες υλοποιούνται ως υπορουτίνες, όπου ο επιπλέον χρόνος εκτέλεσης στον επεξεργαστή αντισταθμίζεται από τη σπάνια χρήση τους.

Μέγεθος λέξης

Λέξη ονομάζουμε τη φυσική μονάδα δεδομένων που χρησιμοποιείται από μία συγκεκριμένη σχεδίαση επεξεργαστή. Μια λέξη αποτελείται από ένα συγκεκριμένο πλήθος ψηφίων 0 και 1 (bit) το οποίο δηλώνει το **μέγεθός της**. Το μέγεθος αυτό επηρεάζει τη γενικότερη λειτουργία του υπολογιστή. Για παράδειγμα, το μέγεθος των περισσότερων καταχωρητών ενός επεξεργαστή είναι ίδιο με το μέγεθος της λέξης. Επίσης, η μέγιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να μεταφερθεί από και προς τη μνήμη σε μία λειτουργία είναι ίση με το μέγεθος της λέξης. Οι σύγχρονοι προσωπικοί υπολογιστές χρησιμοποιούν μέγεθος λέξης 32 bit ή 64 bit.

Λειτουργία επεξεργαστή

Υπάρχουν τέσσερα βήματα που εκτελούνται σχεδόν σε όλους τους επεξεργαστές.

Στο πρώτο βήμα γίνεται η μεταφορά (fetch) της εντολής από το σημείο της μνήμης στο οποίο δείχνει ο Μετρητής Προγράμματος. Η εντολή πρέπει να ανακληθεί από τη σχετικά αργή κύρια μνήμη και αναγκάζει τον επεξεργαστή να περιμένει. Οι σύγχρονοι ΚΜΕ χρησιμοποιούν κρυφές μνήμες (cache) και αρχιτεκτονικές **διοχέτευσης** (pipeline), για να ξεπεράσουν αυτή την καθυστέρηση.

Στο δεύτερο βήμα γίνεται η αποκωδικοποίηση (decode). Η εντολή χωρίζεται σε τμήματα που έχουν σημασία για συγκεκριμένα τμήματα του επεξεργαστή. Ένα τμήμα της εντολής, που ονο-



Συχνότητα ονομάζουμε τον αριθμό των επαναλήψεων ενός γεγονότος στη μονάδα του χρόνου.

Η συχνότητα χαρακτηρίζει οποιοδήποτε φυσικό μέγεθος μεταβάλλεται περιοδικά, δηλαδή επαναλαμβάνει τις ίδιες τιμές σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων η συχνότητα μετρείται σε Hertz (Χερτζ), από το όνομα του Γερμανού φυσικού Χάινριχ Χερτζ (Heinrich Rudolf Hertz). Η συχνότητα ενός (1) Hz (Hertz) ισοδυναμεί με μία ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο. Πολλαπλάσιες μονάδες αυτού είναι το kHz (1000 Hz) και το MHz (1.000.000 Hz).



Η διοχέτευση (pipeline) είναι μια τεχνική με την οποία πολλαπλές εντολές αλληλεπικαλύπτονται στην εκτέλεσή τους. Βασίζεται στο γεγονός ότι τα βήματα που απαιτούνται για την εκτέλεση μιας εντολής επιτρέπουν κάποια παράλληλη επεξεργασία.



Σχήμα 1.3. Λειτουργία επεξεργαστή



Να βρείτε, με τη βοήθεια του καθηγητή σας, το μοντέλο του επεξεργαστή που διαθέτει ένας από τους υπολογιστές του εργαστηρίου σας. Πόσο γρήγορος είναι σε σχέση με έναν σύγχρονο επεξεργαστή; Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον παρακάτω ιστότοπο για τις συγκρίσεις σας:

<http://www.cpubenchmark.net/>

μάζεται **κωδικός λειτουργίας** (opcode), δείχνει ποια εργασία θα εκτελεστεί, ενώ τα υπόλοιπα μέρη της παρέχουν τα δεδομένα που απαιτούνται, όπως οι τελεστές για τις αριθμητικές πράξεις.

Στο τρίτο βήμα η ΚΜΕ χρησιμοποιεί τα επιμέρους τμήματά της με τις κατάλληλες συνδέσεις έτσι ώστε να μπορέσει να εκτελεστεί (execute) η επιθυμητή λειτουργία. Για παράδειγμα, σε μία λειτουργία πρόσθεσης η Αριθμητική και Λογική Μονάδα θα πρέπει να συνδεθεί με ένα σύνολο εισόδων και μια έξοδο αποτελεσμάτων.

Στο τέταρτο και τελευταίο βήμα τα αποτελέσματα της εκτέλεσης μεταφέρονται σε κάποιον εσωτερικό καταχωρητή του επεξεργαστή για γρήγορη πρόσβαση από τις επόμενες εντολές ή αποθηκεύονται στην πιο αργή αλλά μεγαλύτερη κύρια μνήμη (store ή writeback).

Τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονται μέχρι τον τερματισμό του προγράμματος.

Επιδόσεις

Καθώς εξελίσσεται η αρχιτεκτονική υπολογιστών, γίνεται όλο και πιο δύσκολη η σύγκριση διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων με βάση τις προδιαγραφές τους. Ο ρυθμός εκτέλεσης εντολών σε μία ΚΜΕ είναι διαφορετικός από τη συχνότητα του ρολογιού και εξαρτάται από την εντολή που εκτελείται. Μια εντολή μπορεί να απαιτήσει αρκετούς κύκλους ρολογιού, για να ολοκληρωθεί. Επίσης, ένας σύγχρονος επεξεργαστής μπορεί να εκτελεί πολλαπλές ανεξάρτητες εντολές ταυτόχρονα. Επομένως, ένας «αργός» επεξεργαστής, όσον αφορά στον χρονισμό του ρολογιού του, μπορεί να αποδίδει εξίσου καλά με έναν επεξεργαστή που διαθέτει υψηλότερη συχνότητα ρολογιού.

Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν διάφοροι έλεγχοι επιδόσεων (benchmarks), οι οποίοι εκτελούν ένα ή περισσότερα προγράμματα στο υπό εξέταση υπολογιστικό σύστημα και μας επιτρέπουν να σχηματίσουμε μια συγκριτική εικόνα για τις δυνατότητες της ΚΜΕ που διαθέτουμε.

Ερωτήσεις - Δραστηριότητες

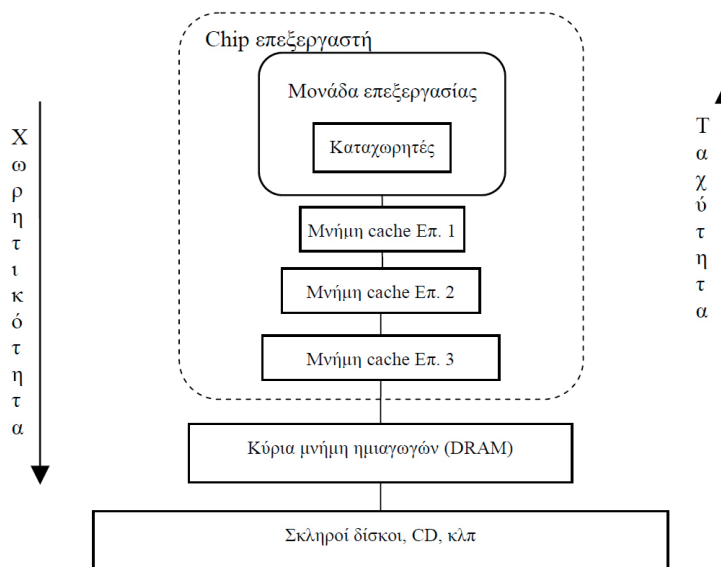
1. Ο υπερχρονισμός (overclocking) είναι η διαδικασία με την οποία αυξάνουμε τη συχνότητα του ρολογιού ενός επεξεργαστή σε σχέση με αυτή που έχει ορίσει ο κατασκευαστής, με σκοπό την αύξηση των επιδόσεων του. Τι πρέπει να προσέξουμε και τι συνέπειες υπάρχουν; Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον εξής σύνδεσμο: <http://en.wikipedia.org/wiki/Overclocking>
2. Με τη βοήθεια του καθηγητή Πληροφορικής και σε συνεργασία με τον καθηγητή Αγγλικών, μπορείτε να παρακολουθήσετε τη διαδικασία παραγωγής μιας ΚΜΕ στους συνδέσμους των κυριότερων εταιριών παραγωγής επεξεργαστών:

- <https://www.youtube.com/watch?v=UvluuAlIA50>
- <https://www.youtube.com/watch?v=d9SWNLZvA8g>

1.3 Μνήμη

Με τον όρο **μνήμη** αναφερόμαστε στα μέσα που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων σε έναν υπολογιστή ή άλλη ψηφιακή ηλεκτρονική συσκευή, σε προσωρινή ή μόνιμη βάση.

Τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα χρειάζονται μνήμη ταχείας προσπέλασης αλλά και ταυτόχρονα μεγάλης χωρητικότητας. Μια οικονομική λύση που ικανοποιεί και τις δύο αυτές απαιτήσεις αποτελεί η **ιεραρχία μνήμης**, η οποία είναι οργανωμένη σε αρκετά επίπεδα. Καθένα από τα επίπεδα αυτά είναι μικρότερο, γρηγορότερο και ακριβότερο ανά byte από το επόμενο χαμηλότερό του επίπεδο. Ο στόχος είναι να παρέχεται ένα σύστημα μνήμης με κόστος ανά byte σχεδόν τόσο χαμηλό όσο το φθηνότερο επίπεδο της μνήμης και με ταχύτητα παραπλήσια του γρηγορότερου επιπέδου.



Σχήμα 1.4. Ιεραρχία μνήμης

Κύρια Μνήμη

Η κύρια ή κεντρική μνήμη αποτελεί το ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ των γρήγορων «κρυφών» μνημών του επεξεργαστή και των αργών περιφερειακών μονάδων αποθήκευσης. Αποτελείται από ένα μεγάλο πλήθος **κελιών** (cells), καθένα από τα οποία έχει τη δική του διεύθυνση και περιεχόμενο.

Το κελί μπορεί να έχει μέγεθος ενός **byte** (δηλαδή 8 bit) ή το μέγεθος της λέξης του επεξεργαστή δηλαδή 16, 32 ή 64 bit. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε **διευθυνσιοδότηση byte**, ενώ στη δεύτερη **διευθυνσιοδότηση λέξης**.



«Ιδανικά κάποιος θα επιθυμούσε μια αφάνταστα μεγάλη χωρητικότητα μνήμης, έτσι ώστε οποιαδήποτε... λέξη να είναι άμεσα διαθέσιμη... Είμαστε αναγκασμένοι να αναγνωρίσουμε την πιθανότητα κατασκευής μιας ιεραρχίας μνημών, καθεμιά από τις οποίες να έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από την προηγούμενη της αλλά και μεγαλύτερο χρόνο προσπέλασης».

A. W. Burks, H. H. Goldstine, και J. von Neumann

Προκαταρκτική συζήτηση της Λογικής Σχεδίασης ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστικού Μέσου (1946)



Οι υπολογιστές με σχεδίαση 32 bit μπορούν να διευθυνσιοδοτήσουν $2^{32} = 4294967296$ ξεχωριστές θέσεις μνήμης.

Οι σύγχρονοι υπολογιστές με σχεδίαση 64 bit πόσες ξεχωριστές θέσεις μνήμης μπορούν να διευθυνσιοδοτήσουν;

Πίνακας 1.1. Η εξέλιξη των DRAM μνημών

Έτος παραγωγής	Μέγεθος chip	Τύπος μνήμης	Βραδύτερη μνήμη (ns)	Ταχύτερη μνήμη (ns)	Χρόνος κύκλου (ns)
1980	64Kbit	DRAM	180	150	250
1983	256Kbit	DRAM	150	120	220
1986	1Mbit	DRAM	120	100	190
1989	4Mbit	DRAM	100	80	165
1992	16Mbit	DRAM	80	60	120
1996	64Mbit	SDRAM	70	50	110
1998	128Mbit	SDRAM	70	50	100
2000	256Mbit	DDR1	65	45	90
2002	512Mbit	DDR1	60	40	80
2004	1Gbit	DDR2	55	35	70
2006	2Gbit	DDR2	50	30	60
2010	4Gbit	DDR3	36	28	37
2012	8Gbit	DDR3	30	24	31



Εικόνα 1.9. Αρθρώματα μνήμης τεχνολογίας DDR



Το bit είναι η στοιχειώδης μονάδα πληροφορίας και μπορεί να έχει τιμή 0 ή 1.

1 byte = 8 bit

1 KB = 2^{10} byte = 1024 byte

1 MB = 2^{20} byte = 1024 KB

1 GB = 2^{30} byte = 1024 MB

1 TB = 2^{40} byte = 1024 GB

Η **χωρητικότητα** της μνήμης αναφέρεται στο πλήθος των δυαδικών ψηφίων που μπορούν να αποθηκευτούν σε αυτή. Ένας τυπικός υπολογιστής χρειάζεται σήμερα 2 με 4 GB για μια απρόσκοπτη λειτουργία.

Η κεντρική μνήμη χρησιμοποιεί **Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης** (Random Access Memory – RAM) και, πιο συγκεκριμένα, **Δυναμική Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης** (Dynamic Random-Access Memory – DRAM), που εξασφαλίζει τον ίδιο χρόνο προσπέλασης σε οποιοδήποτε από τα κελιά της. Η μνήμη αυτή χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω:

- ✓ τον **χρόνο προσπέλασης** (access time), τον χρόνο δηλαδή που μεσολαβεί από την αίτηση ανάγνωσης ενός κελιού μέχρι την παραλαβή του περιεχομένου του.
- ✓ τον **χρόνο κύκλου** (cycle time), που αποτελεί το ελάχιστο χρονικό διάστημα που απαιτείται μεταξύ δύο διαδοχικών κλήσεων της μνήμης. Ο χρόνος κύκλου είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο προσπέλασης, επειδή χρειάζεται να σταθεροποιηθούν ηλεκτρικά οι γραμμές διευθυνσιοδότησης προτού γίνει η επόμενη κλήση. Επίσης, απαιτείται κάποιος νεκρός χρόνος, στον οποίο δεν μπορεί να γίνει καμία κλήση στη μνήμη, για την αναζωογόνησή της (**refresh time**) μετά από κάθε ανάγνωση ή εγγραφή.
- ✓ το **εύρος ζώνης** (bandwidth), το οποίο είναι η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων από ή προς τη μνήμη. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από τον χρονισμό της μνήμης και τη μετράμε σε MB/s.

Οι επιδόσεις ενός υπολογιστικού συστήματος εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τις επιδόσεις των μνημών που χρησιμοποιούνται. Επομένως, πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή αυτών με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Ερωτήσεις - Δραστηριότητες

1. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των DRAM και SRAM; Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον παρακάτω σύνδεσμο: http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_random-access_memory
2. Συγκεντρώστε για κάθε επίπεδο μνήμης ενδεικτικά στοιχεία για τη χωρητικότητα και την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Για την έρευνά σας μπορείτε να αξιοποιήσετε πληροφορίες από τον σύνδεσμο http://en.wikipedia.org/wiki/Memory_hierarchy

1.4 Τεχνολογικές εξελίξεις στο Υλικό Υπολογιστών

Μεταξύ του 2700 π.Χ. και 2300 π.Χ. εμφανίστηκε για πρώτη φορά ο Σουμεριακός Άβακας, ένας πίνακας με διαδοχικές στήλες που οριοθετούσαν τις διαδοχικές τάξεις μεγέθους του εξηνταδικού συστήματος αρίθμησης. Μέχρι την εμφάνιση του πρώτου ηλεκτρονικού υπολογιστή υπήρξαν σημαντικές μηχανικές εφευρέσεις. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τη **μηχανή του Pascal** (1642), την **Αναλυτική Μηχανή του Μπάμπατζ** (1837) και τον ηλεκτρομηχανικό **Ταξινομέα Απογραφής του Χόλεριθ** (1890).

Γενιές υπολογιστών

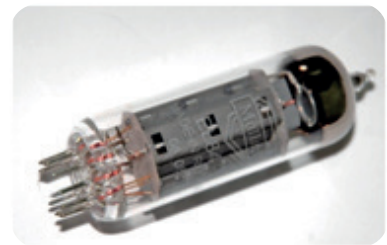
Το ερέθισμα για την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτέλεσε ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος. Η αποκρυπτογράφηση από τους Συμμάχους των μηνυμάτων που αντάλλασσαν οι Γερμανικές δυνάμεις απαιτούσε τεράστιο πλήθος υπολογισμών σε συγκεκριμένο χρόνο. Γι' αυτό τον λόγο δημιουργήθηκε ο **Κολοσσός** (Colossus), ο πρώτος προγραμματιζόμενος ηλεκτρονικός υπολογιστής που χρησιμοποιούσε **λυχνίες κενού** (vacuum tubes), για να εκτελέσει λογικές και μαθηματικές πράξεις. Την ίδια τεχνολογία χρησιμοποιούσε και ο πιο γνωστός ENIAC, που θεωρείται ο πρώτος ηλεκτρονικός ψηφιακός υπολογιστής γενικής χρήσης στον κόσμο.

Η αντικατάσταση της λυχνίας κενού από την **κρυσταλλοτρίοδο** (transistor) επέτρεψε τη δημιουργία μικρότερων και ταχύτερων υπολογιστών. Όμως η επανάσταση ήρθε με την ανακάλυψη του **ολοκληρωμένου κυκλώματος** (integrated circuit) ή απλά **chip**. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα αποτελείται από πλήθος κρυσταλλοτρίδων καθώς και άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων πάνω σε ένα φύλλο ημιαγωγού, συνήθως πυριτίου. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας οδήγησε σε ακόμα μικρότερους, ταχύτερους και πιο οικονομικούς υπολογιστές. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα εξελίσσονται κι αυτά και αυξάνεται συνεχώς το πλήθος των κρυσταλλοτρίδων που περιέχουν. Έτσι, ξεκινήσαμε από τη **Μικρής Κλίμακας Ολοκλήρωση** (Small-Scale Integration - SSI), περάσαμε στη **Μεσαία Κλίμακα** (MSI) και φτάσαμε στα μέσα της δεκαετίας του '70 στη **Μεγάλη Κλίμακα** (LSI).

Η χρήση καθεμιάς από τις παραπάνω τεχνολογίες οριοθετεί και μια γενιά υπολογιστών. Έτσι, η λυχνία κενού αποτελεί την πρώτη γενιά (1945-1955), η κρυσταλλοτρίδος τη δεύτερη (1955-1965) και το ολοκληρωμένο κύκλωμα την τρίτη (1965-1980). Το 1980 ξεκινά η τέταρτη γενιά, στην οποία βρισκόμαστε ακόμα και η οποία χρησιμοποιεί ολοκληρωμένα κυκλώματα **Πολύ Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωση** (VLSI). Πλέον είναι



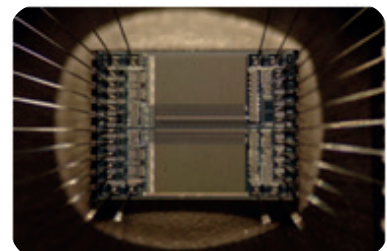
Εικόνα 1.10. Η μηχανή του Pascal



Εικόνα 1.11. Λυχνία κενού



Εικόνα 1.12. Κρυσταλλοτρίδος (transistor)



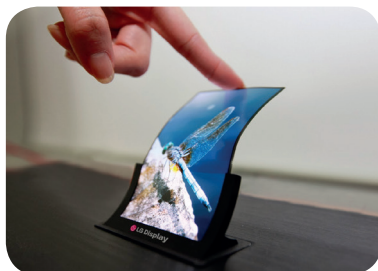
Εικόνα 1.13. Ολοκληρωμένο κύκλωμα μνήμης



Ένας πολυπύρηνος επεξεργαστής αποτελείται από δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες πραγματικές ΚΜΕ (που ονομάζονται πυρήνες). Οι πολλαπλοί πυρήνες μπορούν να «τρέξουν» πολλαπλές εντολές ταυτόχρονα, αυξάνοντας τη συνολική ταχύτητα για τα προγράμματα που επιδέχονται παράλληλη επεξεργασία.



Εικόνα 1.14. Οθόνη CRT



Εικόνα 1.15. Οθόνη OLED



Η Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς υπολογιστές, για να προσομοιώσει υπαρκτά ή μη περιβάλλοντα. Ο χρήστης έχει την ψευδαίσθηση ότι περιβάλλεται και μπορεί να αλληλεπιδράσει με τα αντικείμενα του χώρου.



Εικόνα 1.16. «Κράνος» εικονικής πραγματικότητας για οικιακή χρήση

εφικτό να συγκεντρωθούν οι περισσότερες, αν όχι όλες οι λειτουργίες μιας ΚΜΕ, σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα, τον **μικροεπεξεργαστή** (microprocessor). Αυτό έχει ως συνέπεια να μειωθεί το μέγεθος και η τιμή ενός υπολογιστή τόσο ώστε ο κάθενας μπορεί να αποκτήσει τον δικό του υπολογιστή. Ξεκινά η εποχή των προσωπικών υπολογιστών.

Νέα υπολογιστικά συστήματα

Η συνεχής μείωση του μεγέθους των υπολογιστών οδήγησε στους φορητούς υπολογιστές, στους **Προσωπικούς Ψηφιακούς Βοηθούς** (PDA) και πιο πρόσφατα στις **ταμπλέτες**. Τροποποίησε τη λειτουργία και φιλοσοφία άλλων συσκευών όπως για παράδειγμα το **κινητό τηλέφωνο** που σχεδιάστηκε αρχικά για τη λεκτική επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων. Σήμερα όλο και περισσότεροι χρησιμοποιούν τα **έξυπνα τηλέφωνα** τους (smartphones), για να διαβάσουν την ηλεκτρονική τους αλληλογραφία, να περιηγηθούν στο διαδίκτυο και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης.

Σύμφωνα με τον **Νόμο του Μουρ** (Moore), «ο αριθμός των τρανζίστορ σε έναν μικροεπεξεργαστή θα διπλασιάζεται κάθε περίπου δύο χρόνια». Μέχρι στιγμής ο νόμος αυτός ισχύει, και ήδη οι επεξεργαστές που χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα υπολογιστικά συστήματα διαθέτουν περισσότερους από έναν **πυρήνες**.

Παράλληλες εξελίξεις

Ο υπολογιστής μέχρι πρόσφατα χρειαζόταν μια κάρτα γραφικών, για να δημιουργεί μια συνεχή ροή εικόνων προς την οθόνη του. Αρκετοί από τους σύγχρονους επεξεργαστές έχουν αφομοιώσει έναν ελεγκτή γραφικών, ώστε να μη χρειάζεται ξεχωριστή κάρτα. Για πιο απαιτητική χρήση όμως, όπως είναι τα 3D παιχνίδια ή η επεξεργασία βίντεο, θα πρέπει να καταφύγουμε πάλι σε ξεχωριστή κάρτα γραφικών (μπορεί και παραπάνω από μία), η οποία διαθέτει μια **Μονάδα Επεξεργασίας Γραφικών** (GPU). Η σχεδίαση μιας τέτοιας μονάδας είναι εφάμιλλη της σχεδίασης ενός επεξεργαστή.

Οι οθόνες καθοδικού σωλήνα (CRT) έχουν αντικατασταθεί από τις επίπεδες οθόνες τεχνολογίας υγρών κρυστάλλων ή ακόμα και **OLED** (organic light-emitting diode). Οι νέες οθόνες λόγω του μικρού βάρους και της μεγάλης ανάλυσης που διαθέτουν εκτός από τους υπολογιστές χρησιμοποιούνται σε μεγάλο φάσμα εφαρμογών από τα έξυπνα τηλέφωνα μέχρι και εξειδικευμένα φορητά και φορετά (wearable) συστήματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε το «κράνος» ενός οικιακού συστήματος **εικονικής πραγματικότητας** (virtual reality - VR) ή ένα ζευγάρι γυαλιών που παρέχει

επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality - AR).

Ο **σκληρός δίσκος** (Hard Disk Drive – HDD), που αποτελεί το πιο διαδεδομένο αποθηκευτικό μέσο και παρέχει χωρητικότητες που φτάνουν στα 8TB, σταδιακά παραχωρεί τη θέση του στους **Δίσκους Στερεάς Κατάστασης** (Solid State Drives - SSD). Η τεχνολογία αυτή παρουσιάζει κορυφαίες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων καθώς και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Νέες προσεγγίσεις

Η παραγωγή των σημερινών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων βασίζεται σε μια πολλαπλών βημάτων ακολουθία φωτολιθογραφικής και χημικής επεξεργασίας καθαρού πυριτίου. Ενδεχομένως κάποια στιγμή η συγκεκριμένη διαδικασία να φτάσει στο όριό της. Ένα υλικό που μπορεί να ανοίξει νέους δρόμους, σε αντικατάσταση του πυριτίου, είναι το **γραφένιο**. Ταυτόχρονα γίνεται έρευνα και σε ένα διαφορετικό επίπεδο, για τη δημιουργία ενός **Κβαντικού Υπολογιστή**, μιας υπολογιστικής συσκευής που εκμεταλλεύεται χαρακτηριστικές ιδιότητες της κβαντομηχανικής για την επεξεργασία δεδομένων και την εκτέλεση υπολογισμών. Η συγκεκριμένη τεχνολογία υπόσχεται ασύγκριτες ταχύτητες σε σχέση με τους κλασικούς υπολογιστές.

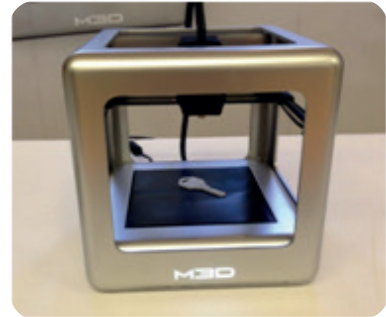
Η τεχνολογία αρχίζει να γεφυρώνει την επιστημονική φαντασία με την πραγματικότητα. Ο χρήστης ενός υπολογιστή μπορεί, για παράδειγμα, να εκτυπώσει μια φωτογραφία στον έγχρωμο laser εκτυπωτή του αλλά και ένα λειτουργικό αντίγραφο του κλειδιού του σπιτιού του στον 3D εκτυπωτή του. Επίσης, τα αντικείμενα που χρησιμοποιούμε καθημερινά «ενσωματώνουν» όλο και περισσότερη υπολογιστική ισχύ και «εξυπνάδα». Λόγου χάρη, ένα σύγχρονο αυτοκίνητο «αισθάνεται» διάφορες παραμέτρους του δρόμου και ανταποκρίνεται σε αυτές. Όμως είμαστε έτοιμοι για το επόμενο βήμα, ένα αυτοκίνητο χωρίς οδηγό και χωρίς ατυχήματα;



Η **Επαυξημένη Πραγματικότητα** παρέχει πληροφορίες με διαδραστικό και ψηφιακά διαχειρίσιμο τρόπο σχετικά με τον πραγματικό κόσμο που περιβάλλει τον χρήστη.



Εικόνα 1.17. Γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας



Εικόνα 1.18. 3D εκτυπωτής



Εικόνα 1.19. Αυτόνομο όχημα

Ερωτήσεις - Δραστηριότητες

1. Καταγράψτε πόσες από τις συσκευές που χρησιμοποιείτε «κρύβουν» υπολογιστική ισχύ μέσα τους.
2. Πώς δουλεύει η 3D εκτύπωση; Τι δυνατότητες υπάρχουν από τη χρήση της; Οι παρακάτω σύνδεσμοι μπορούν να σας βοηθήσουν στην έρευνα σας:

- http://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
- <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>