

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΜΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη λειτουργίας της πλατφόρμας Arduino  
ως εκπαιδευτικό εργαλείο στα ενσωματωμένα  
συστήματα**

**Φραγκούλια Αικατερίνη**  
Επιβλεπων: Γκοτσίνας Αντώνιος

ΠΥΡΓΟΣ 2016

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Βεβαιώνω ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις οποίες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς, είτε παραφρασμένες. Ακόμα δηλώνω ότι αυτή η εργασία ετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ειδικά για την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία και θα αναλάβω πλήρως τις συνεπείες εάν η εργασία αποδειχθεί ότι δεν μου ανήκει.

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ**

**ΑΜ**

**ΥΠΟΓΡΑΦΗ**

**ΦΡΑΓΚΟΥΛΙΑ ΚΑΤΕΡΙΝΑ**

.....

.....



.....

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει σαν στόχο την μελέτη της πλατφορμας Arduino, τις λειτουργίες της, από τι αποτελείται, από πού προέρχεται και με ποιον τροπο μπορεί να γίνει εκπαιδευτικό εργαλειο κανοντας τα ενσωματωμενα συστηματα να γινουν πιο κατανοητα στο κοινο και ο προγραμματισμός να γίνει πιο φιλικός προς τους ενδιαφερόμενους να μάθουν και στην εκμάθησή τους.

## Πίνακας Περιεχομένων

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
Βιβλιογραφια-Πηγες: .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.2 Παραδειγματα ενσωματωμενων συστηματος:.....	9
Συγκεντρωτικος πινακας: .....	11
1.4 Μοντελοποίηση Ενσωματωμένων Συστημάτων .....	14
1.6 Βασικη δομη ενος υπολογιστικου συστηματος.....	15
Εικονα 1.1 Υπολογιστικο συστημα.....	15
Εικονα 1.4 μικροπολογιστες.....	16
1.8 Περιφερειακες μοναδες ενσωματωμενων συστηματος: .....	16
Εικονα 1.5 .....	17
2.1 Ανατομία ενός Μικροελεγκτή:.....	19
Εικονα 2.1 Ανατομια μικροελεγκτη .....	19
2.2 Κατηγορίες Μικροελεγκτών: .....	21
2.3 Κατασκευαστές μικροελεγκτών: .....	22
2.4 Η Ιστορία των μικροελεγκτών-μικροεπεξεργαστών:.....	23
2.5 Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών: .....	25
Εικόνα 2.2 : Intel 4004, 8080, 8086/8088, 80286, 80386, 80486, Pentium, II, III, IV.....	27
2.6 Η λειτουργία του Μικροελεγκτή.....	27
2.7 Χαρακτηριστικα: .....	27
2.8 Οι Μικροελεγκτές προτιμούνται περισσότερο απο οτι οι μικροεπεξεργαστές:.....	29
3.1 Ο τροπος προγραμματισμου των microcontrollers.....	30
Εικονα 3.1 Προγραμματισμος microcontroller .....	31
Εικονα 3.2 Compilers .....	31
3.2 Μεθοδοι προγραμματισμου.....	32
3.3 ISP (In system programming):.....	32

Εικόνα 3.2 ISP-PROGRAMER.....	32
<b>Μικροσίπ ICSP:</b> .....	33
<b>3.4 HVPP (High voltage parallel):</b> .....	34
Εικόνα 3.4 HPPV.....	34
Αντίστοιχα με την παραπάνω μέθοδο, ένας προγραμματιστής συνδέεται στον AVR και.....	34
<b>3.5 JTAG:</b> .....	35
Εικόνα 3.5 JTAG .....	36
<b>Η ιστορία του JTAG:</b> .....	36
<b>3.6 Bootloader:</b> .....	36
Εικόνα 3.6 Bootlander .....	37
Δεν είναι δυνατό να γίνει χρήση bootloader σε όλους τους AVR. Αυτοί που έχουν την.....	37
U8 i = 0; // General purpose loop var.....	39
U16 num ; // General purpose number var. ....	39
U8 row = 0; // Current display row.....	39
U16 blinkc = 0; // LED blinker counter. ....	39
U16 blink_onoff = 1; // LED state.....	39
ROW_RESET;.....	39
<b>4.1 Ιστορία του ARDUINO</b> .....	40
EIKONA 4.2 Arduino LilyPad.....	41
<b>4.2 Τι είναι το ARDUINO:</b> .....	41
<b>4.3 Η γλώσσα προγραμματισμού του Arduino:</b> .....	41
<b>4.4 Λογισμικό Arduino:</b> .....	42
<b>4.5 Πλεονεκτήματα Arduino:</b> .....	42
<b>4.6 Δυνατότητες του Arduino:</b> .....	42
<b>4.7 Εκδόσεις Arduino</b> .....	43
<b>Γενικά χαρακτηριστικά</b> .....	43
<b>4.8 Hardware</b> .....	44

<b>4.9 Επίσημες πλακέτες arduino hardware</b> .....	45
Εικονα 4.6 Arduino Lilly-pad .....	46
Εικονα 4.5 Arduino NANO.....	46
Εικονα 4.7 Arduino PRO MINI.....	46
Εικονα 4.8 Arduino LEONARDO .....	46
Εικονα 4.9 Arduino MEGA 2560 .....	46
Εικονα 4.10 Arduino/genuino.....	47
Εικονα 4.11 ARDUINO MKR 1000 .....	48
Εικονα 4.12 Arduino UNO.....	49
Εικονα 4.13 Arduino PRO MINI.....	53
<b>4.15 Arduino lilly pad:</b> .....	54
Εικονα 4.14 Arduino Lilly PAD.....	54
<b>4.16 Arduino LEONARDO:</b> .....	55
Εικονα 4.15 LEONARDO .....	55
<b>4.17 Arduino MEGA 2560</b> .....	56
ΕΙΚΟΝΑ 4.16 Arduino MEGA 2560.....	56
<b>4.18 Arduino NANO:</b> .....	57
Εικονα 4.17 Arduino NANO .....	57
<b>4.19 Arduino MEGA</b> .....	58
Εικονα 4.18 Arduino MEGA .....	58
<b>4.20 Arduino IDE και σύνδεση με τον υπολογιστή:</b> .....	60
Εικονα 4.19 Arduino IDE .....	60
<b>4.21 Προγραμματίζοντας ένα Arduino:</b> .....	61
<b>5.1 Το περιβαλλον αναπτυξης:</b> .....	61
Εικονα 4.20 Το περιβαλλον αναπτυξης του Arduino .....	62
<b>5.2 Βασικές λειτουργίες του IDE:</b> .....	63
Εικονα 5.2 Λειτουργίες IDE.....	63

<b>Λογικό ΚΑΙ &amp;&amp; - επιστρεφει “Αληθης” αν ολες οι εκφρασεις είναι “Αληθης”</b> .....	65
<b>5.3 Arduino Example:</b> .....	66
Εικόνα 5.3 Turn and LED on and off .....	66
<b>5.4 Κωδικας:</b> .....	67
<b>6.1 Arduino ως εκπαιδευτικο εργαλειο</b> .....	67
<b>6.2 Το πειραμα</b> .....	68
Εικόνα 6.1 Εφαρμογη Scrach για την μετατροπη κειμενου σε κωδικα Mors .....	68
<b>6.3 Παραδειγματα από γλωσσα c σε Arduino</b> .....	70
Η γλώσσα προγραμματισου που χρησιμοποιει η πλατφορμα Arduino είναι η wiring, στην ουσια όμως είναι η c++. Τα παρακάτω παραδείγματα που αναγράφονται είναι ο ίδιος κώδικας γραμμένος σε γλώσσα c και σε assembly και είναι εμφανης η πολυπλοκότητα της γλώσσας assembly σε σχεση με την c.....	70
Εικόνα 6.2 C σε Assembly .....	70
Σε αυτό το παραδειγμα βλεπουμε πως καλεις argument τις c από assembly. ....	70

## **Αναφορες**

[1] <http://makezine.com/2013/08/26/arduino-in-math-class/>

[2] <https://arduinobots.wordpress.com/>

## 1.1 Έννοια των ενσωματωμένων συστημάτων:

Ενσωματωμένα συστήματα είναι αυτά στα οποία κάποιος επεξεργαστής λειτουργεί σαν μέρος μίας ολότητας, εκτελώντας ένα συγκεκριμένο έργο και στο οποίο ο χρήστης δεν μπορεί να έχει πρόσβαση να αλλάξει το πρόγραμμα ή την λειτουργικότητα του συστήματος.

Με τον όρο ενσωματωμένα συστήματα εννοούμε την ενσωμάτωση κάποιου μικροεπεξεργαστή στην λειτουργία ενός ολόκληρου συστήματος με ηλεκτρονικά, μηχανολογικά, και άλλα μέρη, αλλά συγκεκριμένα μας αφορούν μόνο οι λειτουργίες που μικροεπεξεργαστή και η διεπαφή του με το εξωτερικό περιβάλλον.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενσωματωμένων συστημάτων είναι είναι το κινητό τηλέφωνο και τα φρένα ABS( Anti-lock Break System) των αυτοκινήτων.

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις έχουμε την χρήση επεξεργαστή να επιτελέσει προκαθορισμένες λειτουργίες.

Στις παραπάνω περιπτώσεις ο χρήστης δεν μπορεί να έχει πρόσβαση στον επεξεργαστή, αν και στα κινητά τηλέφωνα νέας τεχνολογίας με ορατό λειτουργικό σύστημα στον χρήστη έχουν υπάρξει παραδείγματα παρέμβασης χάρη σε έξυπνους και εφευρετικούς χρήστες.

Άλλα παραδείγματα ενσωματωμένων συστημάτων είναι οι εκτυπωτές και οι φούρνοι μικροκυμάτων.

Όλοι μας στην καθημερινή μας ζωή αλληλεπιδρούμε χωρίς να το γνωρίζουμε με ενσωματωμένα συστήματα, όπως ο φούρνος μικροκυμάτων, η κουζίνα, το ψυγείο, τα αυτοκίνητα, το κινητό τηλέφωνο και το σταθερό αν είναι καινούργις τεχνολογίας, τα συστήματα ελεγχόμενης στάθμευσης, τα φανάρια αυτοκινήτων, τα μουσικά όργανα με διεπαφή MIDI , οι εκτυπωτές υπολογιστών και το σύστημα αυτόματης ανάληψης ATM.

Σε χώρες οι οποίες είναι σημαντικά ανεπτυγμένες στην τεχνολογία υπάρχουν ακόμα πιο εξειδικευμένες εφαρμογές όπως τα συστήματα στα οποία καταχωρούνται τα στοιχεία για την παραοιούθηση μιας αποστολής από εταιρείες ταχυμεταφοράς, συστήματα παραοιούθησης κυκλοφορίας οχημάτων και έκδοσης κλήσεων σε παραβάτες και συστήματα παραοιούθησης των λεοφοριών ώστε οι επιβάτες περιμένοντας στην στάση να γνωρίζουν επκριβώς πότε θα έρθει το επόμενο λεοφορείο.

Οι μελλοντικές εφαρμογές ενσωματωμένων συστημάτων θα είναι κάτι πέρα από την φαντασία μας. Ήδη, η υπολογιστική ισχύς που μπορεί να έχει κάποιος σε προσιτό κόστος είναι τόσο ώστε να υπάρχουν συστήματα με αναγνώριση φωνής ως διεπαφή.



Σε εργαστηριακή μορφή υπάρχουν ήδη συστήματα που λειτουργούν με εγκεφαλικά κύμματα. Το πεδίο είναι ιδιαίτερα ανοιχτό για νέους επιστήμονες και μηχανικούς για να κάνουν την δική τους συμβολή με τις ιδέες τους και αυτή η συμβολή μπορεί να έχει κοινωνικές προεκτάσεις.

## 1.2 Παραδείγματα ενσωματωμένων συστημάτων:

Σε όλες τις παρακάτω κατηγορίες συστημάτων υπάρχει επεξεργαστής, στον οποίο ο χρήστης δεν έχει άμεση πρόσβαση. Για παράδειγμα, μπορεί σε ψηφιακά παιχνίδια τύπου Gameboy να μπορεί ο/η χρήστης να επιλέξει παιχνίδι με εισαγωγή κατάλληλης κασέτας, αλλά δεν έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει την κονσόλα. Επίσης, σε διάφορα συστήματα όπως δρομολογητές δικτύων η κατασκευάστρια εταιρία μπορεί να αλλάζει το πρόγραμμά τους, αλλά και πάλι ο χρήστης δεν έχει άμεση πρόσβαση σλογοισμικό.

Ενδεικτικές κατηγορίες είναι:

### 1. Υπολογιστές και Περιφερειακά

- Ασύρματα περιφερειακά (π.χ. Bluetooth ακουστικά/μικρόφωνα, IR ποντίκια και πληκτρολόγια, κλπ.)
- Ασύρματα δίκτυα (routers και κάρτες για WiFi, 802.11, Bluetooth, κλπ.)
- Κονσόλες παιχνιδιών (π.χ. Sony Playstation, Microsoft Xbox, κλπ.)

### 2. Είδη Προσωπικής Ευκολίας

- Φορητά Παιχνίδια (π.χ. Gameboy, Nintendo, κλπ.)
- Κινητά τηλέφωνα
- Προσωπικοί Ψηφιακοί Βοηθοί (PDA)
- Φορητά συστήματα παγκοσμίου εντοπισμού (GPS – Global

Positioning Systems)

### 3. Αυτοκίνητα

- Συστήματα ελέγχου απόδοσης μηχανής (καθορισμό μίγματος, χρονισμό, κλπ.)
- Συστήματα ελέγχου ρύπων
- Συστήματα ελέγχου άνεσης καμπίνας επιβατών (π.χ. κλιματισμός, ρυθμίσεις καθισμάτων, ρυθμίσεις καθρεφτών, κλπ.)

\_ Οικιακές Συσκευές

- Ψυγεία, κουζίνες, φούρνοι μικροκυμάτων
- Τηλεοράσεις, συσκευές εικόνας (Video Cassette recorder – VCR,

Digital Video Disc - DVD)

- Στερεοφωνικά νέας γενιάς και συστήματα αιθουσών προβολής σπιτιού

(Home Theater)

#### 4. Βιομηχανικά Συστήματα

- Βιομηχανικά Ρομπότ
- Αριθμητικά ελεγχόμενα μηχανουργικά μηχανήματα (π.χ. φρέζες με

αριθμητικό έλεγχο – Computer Numerical Control – CNC)

#### 5. Υγεία, και Υποστηρικτική Τεχνολογία για Άτομα με Ειδικές Ανάγκες (ΑΜΕΑ)

- Φορητοί καρδιογράφοι
- Συστήματα καθαρισμού αίματος
- Συστήματα παρακολούθησης ζωτικών λειτουργιών ασθενών

#### 6. Απηνιδοτές

- Αναπηρικά αμαξίδια
- Συσκευές εισόδου ελεγχόμενες από επιστόμιο
- Συστήματα δημιουργίας ήχου (σύνθεση φωνής)

#### 7. Τηλεπικοινωνίες

- Ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα
- Δικτυακός εξοπλισμός (δρομολογητές - routers, μεταγωγείς - switches, κλπ.)
- Δορυφορικά συστήματα

#### 8. Αγροτική Παραγωγή και Περιβάλλον

- Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου συνθηκών εδάφους
- Συστήματα ελέγχου περιβάλλοντος και αυτόματου ταΐσματος σε

#### 9. Κτηνοτροφικές μονάδες

- Συστήματα παρακολούθησης ρύπων
- Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης φυσικών καταστροφών

## 10. Ασφάλεια

- Συστήματα παρακολούθησης σπιτιών και συναγερμοί
- Συστήματα πυρόσβεσης

## 11. Μεταφορές

- Ηλεκτρονικά αεροσκαφών (avionics)
- Συστήματα εντοπισμού θέσης λεωφορείων, τραίνων, κλπ. και ενημέρωσης επιβατών για επικείμενες αφίξεις
- Φωτεινές ενδείξεις χρόνου αναμονής σε σηματοδότες οδικής κυκλοφορίας και κυκλοφορίας πεζών
- Συστήματα για αυτόματη παρακολούθηση θέσης γραμμάτων/δεμάτων σε ταχυμεταφορικές εταιρίες

## 12. Υπηρεσίες

- Συστήματα αυτόματων τραπεζικών συναλλαγών (ATM)
- Συστήματα διατήρησης προτεραιότητας ουρών (π.χ. σε τράπεζες)
- Φωτεινές ενδείξεις (π.χ. κυλιόμενες οθόνες)
- Φορητά συστήματα για παραγγελίες σε εστιατόρια, κλπ.

## 13. Δημόσια Διοίκηση

- Αυτόματα συστήματα στάθμευσης
- Συστήματα για κλήσεις σε παραβάτες κυκλοφορίας, στάθμευσης, κλπ.

*Συγκεντρωτικός πίνακας:*

<b>ΠΕΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ</b>	<b>Ενσωματωμένα συστήματα</b>
Ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας καταναλωσης	Παιχνίδια και κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών (Playstation, XBOX, PSP) Συσκευές διαχείρισης προσωπικών δεδομένων-ηλεκτρονικές ατζεντες(PDA) Ψηφιακές τηλεορασεις Κινητά τηλεφωνα Συσκευές GPS, Καμερες, φωτογραφικές μηχανες

Αυτοκίνητα	Έλεγχος κινητήρα Συστήματα πέδησης Έλεγχος συστήματος εκκίνησης του κινητήρα
Υγεία	Οθώνες παρακολούθησης καρδιακών παλμών Προσθετικές συσκευές Συστήματα αναλυσης αερίων Συστήματα αναλυσης υγρών
Γραφείο	Μηχανές fax Φωτοτυπικά Εκτυπωτές Scanners
Βιομηχανία	Ρομποτικές συσκευές

*Πίνακας 1.1 Πεδία ενσωματωμένων συστημάτων της αγοράς*

### **1.3 Παραμετροί που έχουν σημασία για την σχεδίαση των ενσωματωμένων συστημάτων:**

Παρότι θα μπορούσαμε να πούμε ότι όλοι οι παράγοντες έχουν σημασία σε όλα τα συστήματα, είναι προφανές ότι όσοι σχεδιάζουν ένα δορυφορικό σύστημα δεν έχουν ιδιαίτερους περιορισμούς στο κόστος του επεξεργαστή που θα χρησιμοποιήσουν, ενώ όσοι σχεδιάζουν φούρνους μικροκυμάτων ή αυτόματους τηλεφωνητές έχουν άμεσους τέτοιους περιορισμούς. Αντίστοιχα, όσον αφορά την αξιοπιστία ενός συστήματος είναι προφανές ότι τα ηλεκτρονικά ενός κλιματιστικού μηχανήματος πρέπει να έχουν μία αξιόπιστη διάρκεια ζωής, αλλά ακόμη και αν αστοχήσουν, π.χ. επειδή η ηλεκτρική εταιρία έδωσε σε κάποια περίπτωση κακής ποιότητας τάση, δεν κινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές εφόσον οι προδιαγραφές ασφαλείας τηρούνται και δεν δημιουργείται κίνδυνος πυρκαγιάς. Σε αντίθεση, τα ηλεκτρονικά συστήματα ενός αεροπλάνου είναι απαραίτητο να μην αστοχήσουν (και για αυτό όλα τα συστήματα είναι τριπλά) γιατί αλλιώς κινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές. Πέρα από γενικολογίες όμως, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες και διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό την σχεδίαση ενσωματωμένων συστημάτων. Με βάση τους περιορισμούς αυτούς έχουμε μία πληθώρα σχεδιαστικών επιλογών και λύσεων, αφού υπάρχουν μεν κατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά στοιχεία (π.χ. κόστος, κατανάλωση ενέργειας) αλλά υπάρχουν κατηγορίες με σημαντικά διαφορετικούς περιορισμούς, άρα και σχεδιαστικές επιλογές.

Όπως:

- *Κόστος κατασκευής:* Αφορά την μεγαλύτερη κατηγορία των ενσωματωμένων συστημάτων σε όγκο πωλήσεων. Με δεδομένο ότι υπάρχει επεξεργαστής κάποιας μορφής (ακόμη και ειδικής κατασκευής VLSI σε κάποιες περιπτώσεις) σε συσκευές από ρολόγια χειρός, αριθμομηχανές, κινητά τηλέφωνα, κλιματιστικά, φούρνους μικροκυμάτων, τηλεοράσεις, ψυγεία, και κάθε είδους μαζικά παραγόμενες συσκευές χαμηλού κόστους απόκτησης, το κόστος του ηλεκτρονικού μέρους αυτών είναι σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία ενός προϊόντος.
- *Κατανάλωση ενέργειας:* Όλες περίπου οι φορητές ενσωματωμένες μικροηλεκτρονικές συσκευές είναι ευαίσθητες στο ζήτημα της κατανάλωσης ενέργειας (π.χ. προσωπικός ψηφιακός βοηθός – PDA, Personal Digital Assistant).
- *Υπολογιστική Ισχύς:* Κατά περίπτωση απαιτείται και αντίστοιχη υπολογιστική ισχύς. Εντυπωσιακό παράδειγμα είναι το ότι ενσωματωμένα συστήματα παιχνιδιών όπως το Sony Playstation® και το Nintendo® έχουν ιδιαίτερα ισχυρούς επεξεργαστές με ειδικές δυνατότητες για γρήγορα γραφικά.
- *Αξιοπιστία:* Κάποιες εφαρμογές έχουν ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις αξιοπιστίας λόγω είτε της αδυναμίας πρόσβασης στην συσκευή κατά την λειτουργία (π.χ. κάψουλες διαστημικής εξερεύνησης) είτε λόγω κινδύνου απώλειας ανθρώπινης ζωής σε περίπτωση αστοχίας (π.χ. ηλεκτρονικά αεροπλάνων).
- *Ευελιξία κατά την Χρήση:* Όταν μία εταιρία κατασκευής μεταγωγέων παραδίδει ένα προϊόν (π.χ. ένα δρομολογητή – router), αυτός έχει κάποιες ενσωματωμένες δυνατότητες, π.χ. εξέταση πακέτων προερχομένων από προγραμματιζόμενες διευθύνσεις που καταδεικνύουν ανεπιθύμητα πακέτα όπως spam. Κατά την λειτουργία ενδέχεται να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά τέτοιων πακέτων, είναι επομένως απαραίτητη η αναβάθμιση στο πεδίο τόσο του λογισμικού του συστήματος, όσο και κάποιων χαρακτηριστικών του υλικού (hardware) αυτού και του ενδιάμεσου επιπέδου firmware. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σχεδιαστικές λύσεις με αναδιατασσίσιμη λογική που παρέχει έτοιμες δυνατότητες, και σίγουρα επηρεάζει την αρχιτεκτονική του συστήματος.
- *Λειτουργία σε Πραγματικό Χρόνο:* Θα αναλυθεί περισσότερο στο Κεφ. 4 αλλά είναι σαφές πως αν τα ηλεκτρονικά ενός αεροπλάνου δεν ελέγξουν τις επιφάνειες αυτού ορισμένες φορές το δευτερόλεπτο, αυτό θα πέσει, ενώ ένα κινητό τηλέφωνο από την στιγμή της εκκίνησής του μπορεί να χρειαστεί μερικά δευτερόλεπτα μέχρις ότου αρχικοποιηθεί, βρει το δίκτυο και είναι έτοιμο να δεχθεί και να στείλει τηλεφωνήματα, ή, μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή μπορεί να χρειαστεί αρκετά δευτερόλεπτα για να αποθηκεύσει μία φωτογραφία.
- *Συμβατότητα με Προγενέστερες Γενιές:* Παρότι ένα νέο φορητό παιχνίδι ενδεικτικής μάρκας Gameboy® μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιήσει ένα νέο επεξεργαστή με καλές δυνατότητες και κόστος ως προς απόδοση, ο τεράστιος όγκος των κασετών με παιχνίδια που υπάρχει ήδη στην αγορά βάζει συχνά περιορισμούς συμβατότητας γιατί διαφορετικοί υφιστάμενοι χρήστες μπορεί να στραφούν προς ανταγωνιστικά

προϊόντα. Το ίδιο ισχύει και με κινητά τηλέφωνα (πολλές από τις δυνατότητες και μενού των οποίων μπορούν να αναχθούν σε πολλές προγενέστερες γενιές της ίδιας εταιρίας), ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, κλπ.

Η λίστα αυτή δεν είναι πλήρης, συχνά δε υπάρχουν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά που εφαρμόζονται κατά περίπτωση, π.χ. συστήματα για δορυφόρους πρέπει να έχουν ειδικές προδιαγραφές αντοχής σε κοσμική ραδιενέργεια, κάτι που δεν ενδιαφέρει καν τους σχεδιαστές ενσωματωμένων εφαρμογών για πλυντήρια.

#### **1.4 Μοντελοποίηση Ενσωματωμένων Συστημάτων**

Η μοντελοποίηση είναι η πλέον σημαντική διαδικασία στην ανάπτυξη συστημάτων γενικά, ακόμη και συστημάτων λογισμικού. Με αυτό το σκεπτικό δεν είναι ειδικό θέμα της ανάπτυξης ενσωματωμένων συστημάτων. Σε ενσωματωμένα συστήματα η μοντελοποίηση ενέχει επί πλέον περιορισμούς επειδή τίθεται θέμα απεικόνισης της τελικής λύσης σε συστήματα με συγκεκριμένους πόρους. Για παράδειγμα, ένα σύστημα λογισμικού μπορεί να υλοποιήσει δυναμικές δομές δεδομένων, καθότι με υποστήριξη ιδεατής μνήμης η κατάληψη μεγαλύτερης μνήμης είναι διαδικασία διαφανής στον προγραμματιστή, και σε μεγάλο βαθμό υποστηριζόμενη από μεταφραστές, λειτουργικό σύστημα, κλπ. Εάν όμως επιθυμούμε να υλοποιήσουμε κάτι αντίστοιχο σε ένα ενσωματωμένο σύστημα με επεξεργαστή 8-bits με μικρό χώρο διευθύνσεων και μνήμη (τυπικά 64KBytes), οι αντίστοιχες δομές που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να είναι άμεσα ορισμένες (π.χ. πως θα ορίσουμε την στοίβα μας ώστε να μην έχουμε πρόβλημα ακόμη και στις χειρότερες συνθήκες).

Μοντελοποίηση είναι η διαδικασία δημιουργίας ενός προτύπου (μοντέλου) του συστήματος που θέλουμε να υλοποιήσουμε. Το πρότυπο αυτό μπορεί να είναι εκφρασμένο σε μεγαλύτερη ή μικρότερη λεπτομέρεια, αλλά σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι επαρκές για τα επόμενα βήματα της σχεδιαστικής διαδικασίας ούτως ώστε να οδηγηθούμε σε πλήρως λειτουργικά ολοκληρωμένα συστήματα.

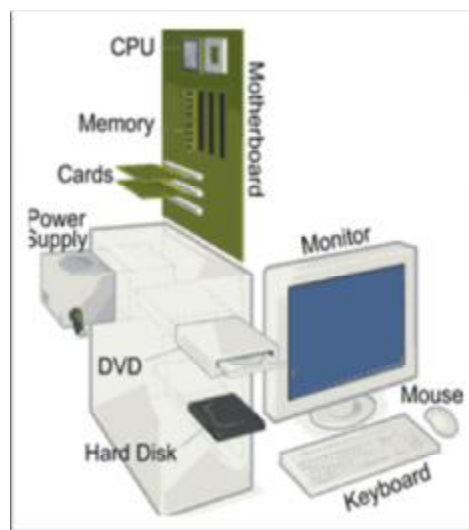
#### **1.5 Δομές Δεδομένων για Υλοποίηση Ενσωματωμένων Συστημάτων**

Οι δομές δεδομένων που χρησιμοποιούμε στον προγραμματισμό έχουν άμεση σχέση με την υλοποίηση ενσωματωμένων συστημάτων, ειδικά επειδή μεγάλη κατηγορία ενσωματωμένων συστημάτων δεν είναι τίποτα περισσότερο από την υλοποίηση ενός αλγορίθμου σε υλικό. Το κόστος σε χώρο (π.χ. πύλες) και σε χρόνο (π.χ. χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου) είναι σημαντικό για ένα τέτοιο σύστημα και σαν μηχανικοί έχουμε πληθώρα εναλλακτικών λύσεων και συμβιβασμών, από την επιλογή της τεχνολογίας υλοποίησης μέχρι την επιλογή αλγορίθμου. Παρότι ενσωματωμένα συστήματα είναι μία ευρύτατη γκάμα εφαρμογών και δεν έχει νόημα να γενικεύσουμε, εν τούτοις είναι συνηθισμένο για τέτοια συστήματα να έχουν περιορισμούς τόσο στον χώρο και στον χρόνο. Αυτό σημαίνει πως οι δομές που χρησιμοποιούμε στο υλικό, ακόμη και αν αυτές απεικονίζονται σε επεξεργαστή, έχουν περισσότερους περιορισμούς από ότι σε συνηθισμένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα, και αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να είναι η έλλειψη ιδεατής μνήμης με παράλληλα αυστηρά όρια στην φυσική μνήμη (ένας 8-bit μικροελεγκτής συχνά έχει διευθυνσιοδότηση μνήμης 64KBytes), καθώς και σε χρόνο απόκρισης.

## 1.6 Βασική δομή ενός υπολογιστικού συστήματος

Με τον όρο δομή ενός υπολογιστικού συστήματος εννοούμε τα λειτουργικά μέρη που συνθέτουν ένα σύστημα όπως ένας επιτραπέζιος ηλεκτρονικός υπολογιστής, ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) ή μια κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών. Κάθε υπολογιστικό σύστημα ανεξάρτητα από την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται αποτελείται από:

- Την μονάδα του επεξεργαστή
- Την μονάδα της μνήμης
- Την μονάδα εισόδου και εξόδου



Εικόνα 1.1 Υπολογιστικό σύστημα

## 1.7 Κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων

Τα υπολογιστικά συστήματα λόγω της ραγδαίας ανάπτυξής τους είναι δύσκολο να μπουν σε κατηγορίες. Αυτό συμβαίνει γιατί μερικές κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων που υπήρχαν στις διεθνείς βιβλιογραφίες πριν από κάποια χρόνια συγχωνεύτηκαν με κάποιες άλλες κατηγορίες λόγω της ανάπτυξής τους. Σήμερα βρίσκουμε τρεις βασικές κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων:

- ✚ Οι υπερ-υπολογιστές (super computer):
- ✚ Οι μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)
- ✚ Οι μικρουπολογιστές

Οι υπερ-υπολογιστές (super computer) είναι υπολογιστικά συστήματα με τεραστίες επιδόσεις επεξεργαστικής ισχύος τα οποία χρησιμοποιούνται για εφαρμογές ειδικού σκοπού όπως επιστημονικά πειράματα. Το κόστος τους είναι τεραστίο και η εγκατάστασή τους απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι μεγάλοι υπολογιστές (mainframes) είναι και αυτά πολύ ισχυρά υπολογιστικά συστήματα. Το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό και η εγκατάστασή τους απαιτεί μεγάλους χώρους και εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι μικρουπολογιστές εξυπηρετούν τεράστιο πλήθος εφαρμογών γενικού σκοπού. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι προσωπικοί υπολογιστές (PC) και τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems). Το κόστος είναι πολύ χαμηλό και η εγκατάστασή τους είναι απλή.



Εικόνα 1.2 mainframes computers



Εικόνα 1.3 supernatural computers



Εικόνα 1.4 μικρουπολογιστές

## 1.8 Περιφερειακές μονάδες ενσωματωμένων συστημάτων:

Περιφερειακή μονάδα ενός ενσωματωμένου συστήματος μπορεί να χαρακτηριστεί οποιαδήποτε λειτουργική μονάδα μπορεί να επικοινωνήσει με τον επεξεργαστή του συστήματος αυτού. Στο σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε ένα ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα που αποτελείται από έναν επεξεργαστή, μνήμη, μια μονάδα εισόδου/εξόδου τα οποία ενσωματώνονται μέσα σε ένα ολοκληρωμένο κυκλώμα με 18 ακροδέκτες.





Εικόνα 1.5

## 1.9 Κατηγορίες περιφερειακών μονάδων:

Οι περιφερειακές μονάδες χαρακτηρίζονται από την μορφή ηλεκτρικών σημάτων που χρησιμοποιούν. Υπάρχουν 2 κατηγορίες:

- ∅ Αναλογικές περιφερειακές μονάδες
- ∅ Ψηφιακές περιφερειακές μονάδες

## 2.0 Μικροελεγκτές:

Μικροελεγκτής είναι ένα προγραμματιζόμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο διαθέτει επεξεργαστή, μνήμη, διάφορα περιφερειακά κυκλώματα και θύρες εισόδου/εξόδου για να επικοινωνεί με εξωτερικές συσκευές.

Θα μπορούσαμε να τον παρομοιάσουμε σαν ένα μικρουπολογιστή.

Οι μικρουπολογιστές διαθέτουν επεξεργαστή, μνήμη, περιφερειακές συσκευές, περιφερειακά κυκλώματα, εκτελούν εντολές και προγράμματα, ακριβώς το ίδιο κάνουν και μικροελεγκτές ολοκληρωμένα σε ένα chip.

Οι Μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε ελεγχόμενες αυτόματα προϊόντων και συσκευών, όπως τα συστήματα ελέγχου του κινητήρα του αυτοκινήτου, εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές, τηλεχειριστήρια, μηχανές γραφείου, συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία, παιχνίδια και άλλα ενσωματωμένα συστήματα. Με τη μείωση του μεγέθους και του κόστους σε σύγκριση με ένα

σχέδιο που χρησιμοποιεί ένα ξεχωριστό μικροεπεξεργαστή, μνήμη και συσκευές εισόδου / εξόδου, μικροελεγκτές καθιστούν οικονομικότερη για τον έλεγχο ψηφιακά ακόμα περισσότερες συσκευές και διαδικασίες. Μικτή σήμα μικροελεγκτές είναι κοινά, με την ενσωμάτωση αναλογικών στοιχείων που απαιτούνται για τον έλεγχο της μη Ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα.

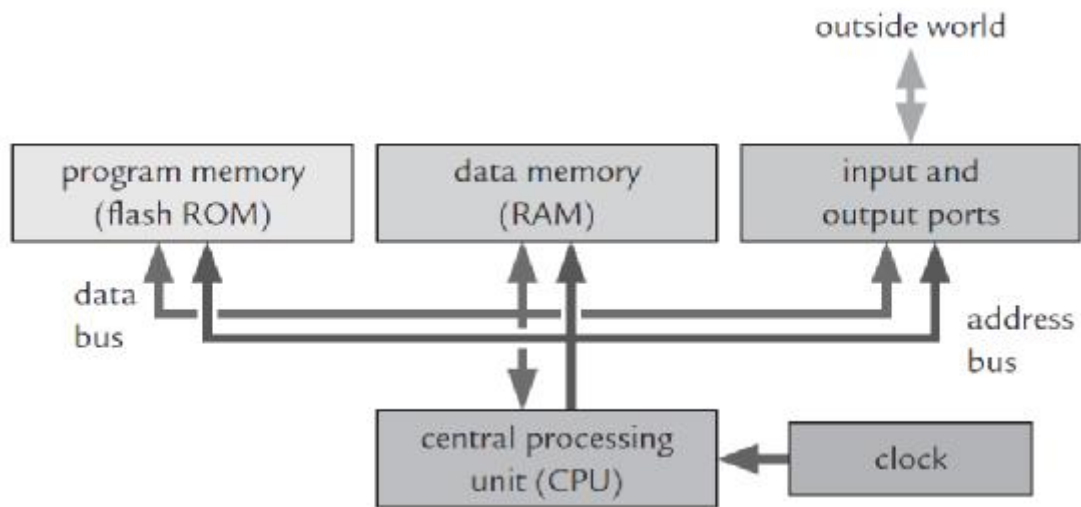
Μερικοί μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιούν τέσσερις-bit λέξεις και λειτουργούν σε ρολόι ρυθμό συχνότητας τόσο χαμηλές όσο 4 kHz, για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (μονοπήφια milliwatts ή microwatts). Θα έχουν γενικά την ικανότητα να διατηρεί τη λειτουργικότητα, ενώ περιμένουν για ένα γεγονός όπως το πάτημα ενός κουμπιού ή άλλων διακοπής? κατανάλωση ενέργειας, ενώ στον ύπνο (το ρολόι της CPU και τα περισσότερα περιφερειακά off) μπορεί να είναι μόνο nanowatts, κάνοντας πολλούς από αυτούς κατάλληλα για εφαρμογές μεγάλης διάρκειας μπαταρία. Άλλα μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμεύσουν στις επιδόσεις κρίσιμους ρόλους, όπου μπορεί να χρειαστεί να λειτουργούν περισσότερο σαν ένα ψηφιακό επεξεργαστή σήματος (DSP), με υψηλότερες ταχύτητες ρολογιού και την κατανάλωση ενέργειας.

Το πρόγραμμα που εκτελεί ο μικροελεγκτής αποθηκεύεται μόνιμα στην μνήμη του προγράματος.

Οι μικροελεγκτές εφαρμόζονται στα παρακάτω πεδία:

- Σε συστήματα τηλεπικοινωνιών.
- Στις ηλεκτρονικές συσκευές.
- Στις ηλεκτρικές συσκευές.
- Σε συστήματα συλλογής δεδομένων (data acquisition)
- Σε εφαρμογές ηλεκτρονικού ισχύος
- Σε συστήματα διασύνδεσης
- Σε εφαρμογές δικτύων

## 2.1 Ανατομία ενός Μικροελεγκτή:



Εικόνα 2.1 Ανατομία μικροελεγκτη

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός μικροελεγκτη είναι τα ακόλουθα [5]:

- Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Βασικά της στοιχεία είναι:

- Arithmetic Logic Unit (ALU), η οποία κάνει τους υπολογισμούς.
  - Καταχωρητές Χρειάζονται για την βασική λειτουργία της CPU, όπως είναι ο program counter (PC), ο stack pointer (SP), και ο status register (SR).
  - Επιπρόσθετους καταχωρητές, για την αποθήκευση των αποτελεσμάτων.
  - Instruction decoder και άλλες λογικές, για τον έλεγχο της CPU, των resets, των interrupts κτλ.
- *Μνήμη για το πρόγραμμα:* Non-volatile μνήμη (ROM), που σημαίνει ότι κρατά τα δεδομένα της όταν αποσυνδεθεί η τροφοδοσία.
  - *Μνήμη για τα δεδομένα:* Γνωστή και ως μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) και συνήθως είναι volatile.
  - *Ports εισόδου εξόδου (I/O Ports):* Για την παροχή ψηφιακής επικοινωνίας με τον «εξω κόσμο».
  - *Address και data buses:* Για την διασύνδεση αυτών των υποσυστημάτων ώστε να μεταφέρονται τα δεδομένα και οι εντολές.
  - *Ρολόι (Clock):* Για να κρατά χρονισμένο το όλο σύστημα. Μπορεί να παράγεται εσωτερικά ή να παρέχεται από ένα κρύσταλλο εξωτερικά.
  - *σειριακής εισόδου / εξόδου,* όπως σειριακές θύρες (UARTs)
  - *σειριακές επικοινωνίες* διεπαφές όπως I<sup>2</sup>C, Serial Peripheral Interface και το δίκτυο περιοχής ελεγκτών για τη διασύνδεση του συστήματος
  - *περιφερειακά,* όπως χρονόμετρα, μετρητές περίπτωσης, γεννήτριες PWM, και φύλακας
  - *γεννήτρια ρολόι* - συχνά ένας ταλαντωτής από χαλαζία για ένα χρονοδιάγραμμα κρύσταλλο, ή αντηχείο κύκλωμα RC

πολλοί περιλαμβάνουν αναλογικό-προς-ψηφιακούς μετατροπείς, μερικοί περιλαμβάνουν ψηφιακό σε αναλογικό μετατροπείς

στο κύκλωμα προγραμματισμός και η υποστήριξη debugging

Η ενσωμάτωση αυτή μειώνει δραστικά τον αριθμό των μαρκών και το ποσό της καλωδίωσης και της πλακέτας κυκλώματος διάστημα που θα απαιτηθεί για να παράγουν ισοδύναμα συστήματα που χρησιμοποιούν ξεχωριστό τσιπ. Επιπλέον, σε συσκευές χαμηλός αριθμός pin, ιδίως, κάθε pin μπορούν να διασυνδεθούν σε διάφορα εσωτερικά περιφερειακά, με τη λειτουργία pin επιλέγεται από το λογισμικό. Αυτό επιτρέπει σε ένα μέρος που θα χρησιμοποιηθεί σε μια ευρύτερη ποικιλία των εφαρμογών ό, τι αν είχε ακίδες αφιερωμένη λειτουργίες.

Μικρο-ελεγκτές έχουν αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά δημοφιλής σε ενσωματωμένα συστήματα από την εισαγωγή τους στη δεκαετία του 1970.

Μερικά μικροελεγκτές χρησιμοποιούν μια αρχιτεκτονική του Χάρβαρντ: ξεχωριστή λεωφορεία μνήμης για οδηγίες και δεδομένα, επιτρέποντας προσβάσεων να λάβει χώρα ταυτόχρονα. Όταν χρησιμοποιείται η αρχιτεκτονική του Χάρβαρντ, λέξεις εντολών για τον επεξεργαστή μπορεί να είναι ένα διαφορετικό μέγεθος λίγο από το μήκος της εσωτερικής μνήμης και τα μητρώα? για παράδειγμα: οδηγίες 12-bit χρησιμοποιείται με καταχωρητές δεδομένων 8-bit.

Η απόφαση της οποίας περιφερειακών για την ενσωμάτωση είναι συχνά δύσκολη. Οι πωλητές μικροελεγκτή συχνά εμπορεύονται συχνότητες λειτουργίας και ευελιξία στο σχεδιασμό του συστήματος κατά το χρόνο διάθεσης στην αγορά απαιτήσεων από τους πελάτες τους και μείωση του συνολικού κόστους του συστήματος. Οι κατασκευαστές πρέπει να εξισορροπήσουν την ανάγκη να ελαχιστοποιηθεί το μέγεθος των τσιπ κατά πρόσθετη λειτουργικότητα.

Αρχιτεκτονικές μικροελεγκτή ποικίλλουν ευρέως. Μερικά σχέδια περιλαμβάνουν πυρήνες μικροεπεξεργαστή γενικού σκοπού, με ένα ή περισσότερα ROM, RAM, ή I / O λειτουργίες ενσωματωθεί πάνω στο πακέτο. Άλλα σχέδια είναι ειδικά κατασκευασμένο για εφαρμογές ελέγχου. Μια οδηγία μικρο-ελεγκτή που συνήθως έχει πολλές οδηγίες που προορίζονται για δυαδικό επιχειρήσεις να κάνουν προγράμματα ελέγχου πιο συμπαγής. [15] Για παράδειγμα, ένας επεξεργαστής γενικής χρήσης μπορεί να απαιτήσει αρκετές οδηγίες για να δοκιμάσει ένα κομμάτι σε μητρώο και υποκαταστήματος, εάν το bit είναι σεντ, όπου ένας μικρο-ελεγκτής θα μπορούσε να έχει μια απλή εντολή να προβλέπουν ότι απαιτούνται συνήθως λειτουργία.

Μικροελεγκτές συνήθως δεν έχουν ένα μαθηματικό συνεπεξεργαστή, έτσι κινητής υποδιαστολής αριθμητική γίνεται από το λογισμικό.

Είναι μάλλον απίθανο κάποιος επεξεργαστής να μην διαθέτει αυτά τα χαρακτηριστικά, αν και η υλοποίηση τους μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Οι μεγάλες και ουσιαστικές διαφορές εμφανίζονται όταν πάμε στο πεδίο των περιφερειακών που εμπεριέχουν. Αρχικά αυτές οι λειτουργίες χρειάζονταν εντελώς ξεχωριστό εξοπλισμό αλλά με την βελτίωση της τεχνολογίας και τα όλο μικρότερα μεγέθη μπόρεσαν να ενσωματώσουν στα chips των επεξεργαστών. Πλέον τα περισσότερα περιφερειακά είναι στο ίδιο ολοκληρωμένο κυκλώμα με τον επεξεργαστή. Παρακάτω αναφέρονται τα πιο συνηθισμένα περιφερειακά.

*Timers:* Οι περισσότεροι μικροελεγκτες έχουν τουλάχιστον έναν timer λόγω της μεγάλης γκάμας λειτουργιών που παρέχουν.

Ενδεικτικά:

Ο χρόνος στον οποίο γίνονται οι μεταβάσεις σε μία είσοδο μπορούν να καταγραφούν. Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε την ταχύτητα ενός ποδηλάτου για παράδειγμα, αν η είσοδος οδηγείται από έναν αισθητήρα που παράγει ένα παλμό κάθε φορά που η ρόδα ολοκληρώσει μια περιστροφή.

Οι εξοδοι μπορούν να γίνονται on i off αυτόματα σε συγκεκριμενη συχνότητα. Αυτη η λειτουργία χρησιμοποιείται πολυ συχνά για ενα PWM σήμα, το οποίο για παράδειγμα ελεγχει την φωτεινότητα ενός LED.

Παρέχουν την δυνατότητα χρησης για προγραμματιζόμενες διαδικασίες, όπως είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας ενός δωματίου. Έτσι μπορούμε το χρόνο που δεν ελεγχεται η θερμοκρασία, στην προκειμενη περίπτωση, να βάζουμε το συστημα μας σε sleep mode και να εξοικονομούμε ενεργεια (σημαντικό όταν η τροφοδοσία μας είναι από μπαταρίες).

· *Watchdog timer*: Είναι ενας timer ασφαλείας, ο οποίος κάνει reset στον επεξεργαστή σαν το πρόγραμμα εμπλακεί σε ατερμονα βρόγχο.

· *Διεπαφες επικοινωνίας*: Υπάρχει διαθεσιμη μεγάλη γκάμα τετοιων διεπαφων για την ανταλλαγη πληροφοριών με κάποιο άλλο IC ή σύστημα.

Κάποια από αυτά είναι:

1. SPI(serial peripheral interface)
2. Anter-integrated circuit(IC2 i απλά IIC)
3. Ασύγχρονες διεπαφες, όπως RS-232, USB(universal serial bus), Ethernet, CAN (controller area network), κ.ά.

· *Analog-to-digital converter*: Χρησιμοποιείται ευρεως αφου οι ποσότητες που διαβάζουμε από το εξωτερικό περιβάλλον μεταβάλλονται συνεχως και μη-ψηφιακά.

· *Digital-to-analog converter*: Χρησιμοποιουνται λιγότερο αφου μπορούμε να προσομοιάσουμε τις περισσότερες αναλογικες εξόδους χρησιμοποιώντας ενα PWM σημα. Αν και μια σημαντικη εξαίρεση ηταν για χρόνια ο ηχος, πλέον με μια νεα γενιά ενισχυτών, τους class D amplifiers ,η χρηση του PWM για audio είναι πλέον εφικτη.

## 2.2 Κατηγορίες Μικροελεγκτών:

Λόγω της τάσης της ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, αλλα και του ισχυρού ανταγωνισμού έχουμε καταλήξει στην παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και στην παραγωγή μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές.

Το 2002, περίπου το 55% του συνόλου των CPUs που πωλούνται στον κόσμο ήταν 8-bit μικροελεγκτές και μικροεπεξεργαστές. Πάνω από δύο δισεκατομμύρια μικροελεγκτές 8-bit πωλήθηκαν το 1997, και σύμφωνα με Semico, πάνω από τέσσερα δισεκατομμύρια 8-bit μικροελεγκτές πωλήθηκαν το 2006. Πιο πρόσφατα, Semico έχει στοιχίσει η αγορά MCU αυξήθηκε 36,5% το 2010 και 12% το 2011.

Ένα τυπικό σπίτι σε μια αναπτυγμένη χώρα είναι πιθανό να έχει μόνο τέσσερις μικροεπεξεργαστές γενικού σκοπού, αλλά περίπου τρεις δεκάδες μικροελεγκτές. Ένα τυπικό mid-range αυτοκίνητο έχει όσο το 30 ή περισσότερα μικροελεγκτές. Μπορούν επίσης να βρεθεί σε πολλές ηλεκτρικές συσκευές όπως πλυντήρια, φούρνοι μικροκυμάτων, και τα τηλέφωνα.

Το 2012, μετά από μια παγκόσμια κρίση - μια χειρότερη ετήσια μείωση των πωλήσεων και την ανάκτηση και τη μέση τιμή πώλησης από έτος σε έτος βυθίζοντας 17% - τη μεγαλύτερη

μείωση από το 1980, η μέση τιμή για ένα μικροελεγκτή ήταν US \$ 0.88 (\$ 0.69 για το 4- / 8-bit, \$ 0,59 για 16-bit, \$ 1,76 για 32-bit).

Το 2012, οι παγκόσμιες πωλήσεις των 8-bit μικροελεγκτές ήταν περίπου \$ 4 δισεκατομμύρια, επειδή ήταν τόσο χρήσιμο το γεγονός ότι πολλές εταιρείες που χρειάζονται ώστε να μπορέσουν να προχωρήσουν σε καλύτερη τεχνολογία. Το 2012, 4-bit μικροελεγκτές βλέπε επίσης σημαντικές πωλήσεις.

Το 2015, μικροελεγκτές 8-bit μπορεί να αγοραστεί για \$ 0.311 (1.000 μονάδες), 16-bit για \$ 0.385 (1.000 μονάδες) και 32-bit για \$ 0.378 (1.000 μονάδων, αλλά σε \$ 0,35 για 5.000).

Έχουμε τριεξής κατηγορίες:

- i. Μικροελεγκτές (σπάνια 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών. Για να μην μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια. Δεν μπορεί να επεκταθεί η μνήμη τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως οι μικροελεγκτές της σειράς PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas).
- ii. Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit ή 16-bit ή 32-bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό.
- iii. Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλη ταχύτητα στην εκτέλεση εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM.
- iv. Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών οι οποίοι είναι ενσωματωμένους κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντα σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται στα μόντεμ.

Οι μικροελεγκτές με την μεγαλύτερη πώληση είναι οι 8-bit, διότι είναι η κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα.

Οι σύγχρονοι 8-bit μικροελεγκτές είναι πιο εξελιγμένοι σε σχέση με το παρελθόν.

### **2.3 Κατασκευαστές μικροελεγκτών:**

Οι γνωστότεροι κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι:

- ARM (παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα)
- Atmel

- Epson
- Freescale Semiconductor( πρώην Motorola)
- Hitachi
- Maxim
- Microchip
- NEC
- Toshiba
- Texas Instruments
- Intel
- Analog Devices

Οι περισσότερες από τις παραπάνω εταιρείες παράγουν μεγάλο εύρος από μικροελεγκτές, από πολύ μικρούς και φθηνούς για απλές εφαρμογές έως πολύ ακριβούς και πολύπλοκους για πολύ απαιτητικές εφαρμογές.

#### **2.4 Η Ιστορία των μικροελεγκτών-μικροεπεξεργαστών:**

Οι κατασκευαστικές εταιρείες ήθελαν να δημιουργήσουν συστήματα με μεγαλύτερες δυνατότητες και μικρότερο μέγεθος γι'αυτό τον λόγο ενσωμάτωσαν όλες τις λειτουργίες ενός υπολογιστή σε ένα ή μερικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκε η ανάπτυξη του μικροεπεξεργαστή.

Οι μικροεπεξεργαστές είναι υπεύθυνοι για την μεγαλύτερη καινοτομία των υπολογιστών. Οι καινοτομίες αυτές περιλαμβάνουν τους embedded μικροελεγκτές, τους προσωπικούς υπολογιστές, τους σύγχρονους σταθμούς εργασίας, τις συσκευές χειρός και κινητές συσκευές, servers εφαρμογών αρχείων, web servers για το internet, υπερυπολογιστές χαμηλού κόστους και ευρείας κλίμακας δίκτυα υπολογιστών.

Οι μικροεπεξεργαστές είναι επεξεργαστές συνόλου εντολών. Ένας ISP εκτελεί εντολές ενός προκαθορισμένου συνόλου εντολών. Η λειτουργικότητά του εξαρτάται από το σύνολο εντολών που είναι ικανός να εκτελέσει ο μικροεπεξεργαστής. Σε αυτό σύνολο εντολών κωδικοποιούνται όλα τα προγράμματα που τρέχουν ένα μικροεπεξεργαστή. Αυτό το προκαθορισμένο σύστημα εντολών ονομάζεται και αρχιτεκτονική συνόλου εντολών. Το ISA χρησιμεύει ως μια διασύνδεση ανάμεσα στο λογισμικό (software) και το υλικό (hardware), δηλαδή ανάμεσα στα προγράμματα και επεξεργαστές. Με τον όρο μικροελεγκτή εννοούμε δηλαδή έναν τύπο επεξεργαστή ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με λίγα εξωτερικά εξαρτήματα λόγω των πολλών ενσωματωμένων συστημάτων που έχουν. Γι'αυτόν τον λόγο και θεωρείτε παραλλαγή ενός μικροεπεξεργαστή.

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα ενσωματωμένο τσίπ που αποτελεί μέρος ενός συστήματος. Όπως ένας τυπικός υπολογιστής έτσι και ένας μικροελεγκτής περιλαμβάνει CPU, RAM, ROM

για την αποθήκευση δεδομένων και λογισμικού αντίστοιχα, μνήμη flash για μόνιμη αποθήκευση, θύρες εισόδου/εξόδου, μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και τέλος timers.

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής ήταν ο 4-bit Intel 4004 που κυκλοφόρησε το 1971, με την Intel 8008 και άλλον πιο ικανό μικροεπεξεργαστές που θα καταστεί διαθέσιμη για τα επόμενα αρκετά χρόνια. Ωστόσο, και οι δύο επεξεργαστές απαιτείται εξωτερική μάρκες για να εφαρμόσει ένα σύστημα εργασίας, αυξάνοντας συνολικό κόστος του συστήματος, και καθιστώντας αδύνατη την οικονομική μηχανοργάνωση των συσκευών.

Το Smithsonian Institution πιστώνει TI μηχανικοί Gary Boone και ο Michael Cochran με την επιτυχή δημιουργία του πρώτου μικροελεγκτή το 1971. Το αποτέλεσμα της δουλειάς τους ήταν ο TMS 1000, το οποίο έγινε εμπορικά διαθέσιμο το 1974. συνδυάζε μνήμη μόνο για ανάγνωση, διαβάστε μνήμη / εγγραφής , επεξεργαστή και το ρολόι σε ένα chip, ενώ στόχευε σε ενσωματωμένα συστήματα.

Εν μέρει ως απάντηση στην ύπαρξη του TMS single-chip 1000, η Intel ανέπτυξε ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα τσιπ βελτιστοποιηθεί για εφαρμογές ελέγχου, η Intel 8048, με την εμπορική ναυτιλία μέρη πρώτη το 1977. [2] Η συνδυασμένη RAM και ROM στο ίδιο τσιπ. Αυτό το τσιπ θα βρει το δρόμο του σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο πληκτρολόγια PC, και άλλες πολλές εφαρμογές. Εκείνη την εποχή ο Πρόεδρος της Intel, Λουκάς I Valenter, δήλωσε ότι ο μικροελεγκτής ήταν μία από τις πιο επιτυχημένες στην ιστορία της εταιρείας, και επέκτεινε τον προϋπολογισμό του τμήματος πάνω από 25%.

Οι περισσότεροι μικροελεγκτές αυτή τη στιγμή είχε δύο παραλλαγές. Ένας είχε μια διαγράψιμη EPROM μνήμη προγράμματος, με ένα διαφανές παράθυρο από χαλαζία στο καπάκι της συσκευασίας, ώστε να μπορέσει να διαγραφούν από την έκθεση στο υπεριώδες φως. Το άλλο ήταν ένα PROM παραλλαγή η οποία ήταν μόνο προγραμματιζόμενη φορά? μερικές φορές αυτό σημαίνόμενο με την ονομασία OTP, που στέκεται για "μία φορά προγραμματιζόμενη". Η PROM ήταν στην πραγματικότητα ακριβώς το ίδιο είδος της μνήμης ως EPROM, αλλά επειδή δεν υπήρχε τρόπος να εκτεθεί σε υπεριώδες φως, δεν μπορεί να σβηστεί. Οι διαγράψιμων εκδόσεις που απαιτούνται κεραμικές συσκευασίες με τα παράθυρα χαλαζία, που τους καθιστά πολύ πιο ακριβά από ό, τι τις εκδόσεις OTP, η οποία θα μπορούσε να γίνει σε χαμηλότερο κόστος αδιαφανές πλαστικό πακέτο. Για τους διαγράψιμων παραλλαγές, χαλαζία όφειλε, αντί λιγότερο ακριβά από γυαλί, για λόγους διαφάνειας του σε υπεριώδη γυαλί είναι σε μεγάλο βαθμό αδιαφανές στην ακτινοβολία UV-αλλά ο κύριος παράγοντας διαφοροποίησης του κόστους ήταν η ίδια η κεραμική πακέτο.

Το 1993, η εισαγωγή της EEPROM μνήμης επιτρέπεται μικροελεγκτές (αρχίζοντας με την Microchip PIC16x84) [παραπομπή που απαιτείται] να είναι ηλεκτρικά διαγραφούν γρήγορα χωρίς ένα ακριβό πακέτο, όπως απαιτείται για EPROM, επιτρέποντας τόσο την ταχεία προτυποποίηση, και Στο Σύστημα Προγραμματισμού. (Τεχνολογία EEPROM ήταν διαθέσιμες πριν από αυτή τη φορά, αλλά όσο νωρίτερα EEPROM ήταν πιο ακριβά και λιγότερο ανθεκτικό, καθιστώντας το ακατάλληλο για χαμηλού κόστους μαζικής παραγωγής μικροελεγκτές.) Την ίδια χρονιά, Atmel εισήγαγε το πρώτο μικροελεγκτή χρησιμοποιώντας τη μνήμη Flash, μια ειδική είδος της EEPROM. Άλλες εταιρείες ακολούθησαν το παράδειγμά τους με ταχείς ρυθμούς, με τους δύο τύπους μνήμης.



Το κόστος έχει μειωθεί δραματικά την πάροδο του χρόνου, με τα φθηνότερα 8-bit μικροελεγκτές είναι διαθέσιμα για κάτω από 0,25 δολάρια σε ποσότητα (σε χιλιάδες) το 2009, και μερικοί 32-bit μικροελεγκτές περίπου US \$ 1 για παρόμοιες ποσότητες.

Σήμερα μικροελεγκτές είναι φθηνά και εύκολα διαθέσιμες για χομπίστες, με μεγάλες διαδικτυακές κοινότητες γύρω από ορισμένα επεξεργαστές.

Στο μέλλον, MRAM θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν σε μικροελεγκτές, δεδομένου ότι έχει άπειρη αντοχή και το κόστος της διαδικασίας wafer ημιαγωγού στοιχειωδών είναι σχετικά χαμηλή.

Ο μικροελεγκτής είναι σχεδιασμένος να εκτελεί μια μόνο συγκεκριμένη εργασία για τον έλεγχο ενός απλού συστήματος, είναι πολύ μικρότερος ώστε να μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους. Στις μέρες μας η χρήση των μικροελεγκτών είναι καθολική διότι αλληλεπιδρά με τον χρήστη.

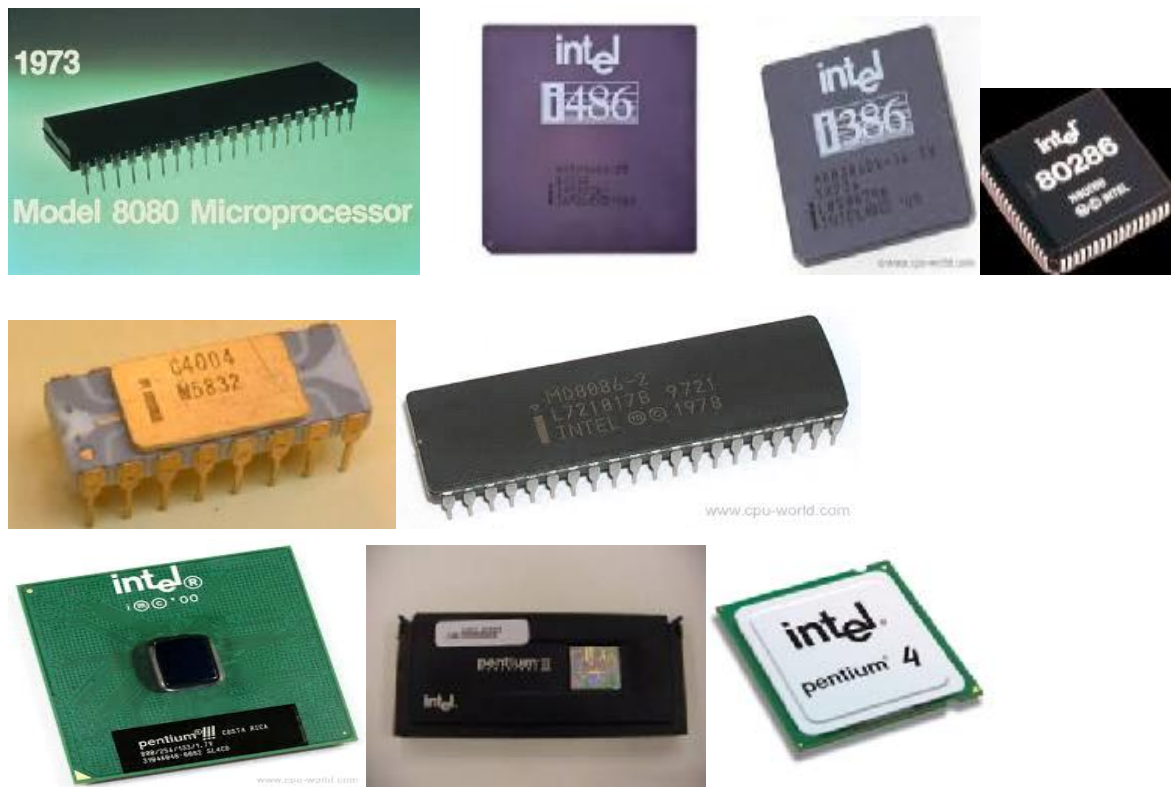
## 2.5 Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών:

Στις αρχές τις δεκαετίας του 70 ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονταν οι κεντρικές μονάδες επεξεργασίας άλλαξε σημαντικά από την κατασκευή του πρώτου επεξεργαστή από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγάλης ολοκλήρωσης. Οι επεξεργαστές αποτελούνταν από δεκάδες πύλες και περίπλοκα κυκλώματα τα οποία με την παρατεταμένη χρήση τους εξέπεμπν θερμότητα και έπιαναν πολύ χώρο. Καθώς το μέγεθος μειώθηκε οι νέοι επεξεργαστές ονομάστηκαν μικροεπεξεργαστές.

- Το 1971 παρουσιάστηκε για πρώτη φορά ο μικροεπεξεργαστής Intel 4004 από τον Ted Hoff και τον συνεργάτη του Stan Mazor. Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής ο οποίος αποτελούνταν από 2.300 τρανζίστορ με συχνότητα ρολογιού 108KHZ, εκτελούσε 60.000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να έχει 640 bytes μνήμης. Στην αρχή εφαρόστηκε για να δημιουργήσουν αριθμομηχανές, ενώ τον Νοέμβριο του 1971 η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικρουπολογιστή. Την επόμενη ακριβώς χρονιά δημιουργήθηκε ο μικρουπολογιστής 8008.
- Το 1974 έχουμε την εμφάνιση του 8bit μικροεπεξεργαστή Intel 8080 που ήταν η εξέλιξη του 8008. Αποτελούνταν από 6.000 τρανζίστορ με συχνότητα λειτουργίας 2MHZ. Εκείνη την εποχή η Motorola παρουσίασε τον 6.800 επεξεργαστή που χρησιμοποιήθηκε σε υπολογιστές, παιχνίδια και σε βιομηχανικές συσκευές ελέγχου. Είχε 4.000 τρανζίστορ, 78 εντολές, σήμα χρονισμού στα 1 ή 2 MHZ και 16bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων.
- Το 1975 η εταιρεία Zilog φτιάχνει τον Z80 δηλαδή έναν 8bit μικροεπεξεργαστή βασισμένο στον 8080 του οποίου η γλώσσα μηχανής είναι υπερσύνολο της Intel. Το σήμα του ήταν στα 3.5 MHZ με 16 bit πλάτος.

- Στην δεκαετία του 80 είχε μεγάλη δημοτικότητα επειδή επικεντρώθηκε στο χαμηλό κόστος σε συνδιασμό με το μικρό μέγεθος της συσκευασίας και τις χαμηλές απαιτήσεις.
- Το 1978 εμφανίζονται οι πρώτοι 16 bit μικροεπεξεργαστές. Η Intel παρουσιάζει τον 8086/8088 του οποίου η συχνότητα λειτουργίας έχει ανέβει στα 10 MHz και απαιτεί 29.000 τρανζίστορ. Αντίστοιχα η Motorola εμφανίζει τον 6.800 με συχνότητα λειτουργίας 8 MHz και περιέχει 68.000 τρανζίστορ. Η υψηλή ταχύτητα, ο μεγάλος χώρος αποθήκευσης και το αρκετό χαμηλό κόστος τον έκανε δημοφιλέστερο μικροεπεξεργαστή με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί στους υπολογιστές Apple Lisa και Macintosh.
- Το 1982 η Intel δημιούργησε τον 80286 με συχνότητα λειτουργίας στην αρχή 6 και μετά 12.5MHz και 134.000 τρανζίστορ. Περιελάμβανε δίαυλο δεδομένων 26 Bit και δίαυλο διευθύνσεων 24 Bit και μπορούσε να έχει 16 M Bytes μνήμης. Έχει δυνατότητα να λειτουργήσει στην protected κατάσταση.
- Το 1985 κάνουν την εμφάνισή τους οι 32 Bit μικροεπεξεργαστές. Από την ια πλευρά η Intel 80386 όπου περιέχει 275.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας 33 MHz. Η μνήμη του χωρούσε έως 4 GBytes. Γνώρισε πολύ δημοσιότητα στην minicomputer Unix αγορά, ενώ σε μικρές επιχειρήσεις παρήγαγε τα συστήματα dekstop.
- Το 1989 εμφανίζονται 32 Bit μικροεπεξεργαστές Intel 80486 με 1.200.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας 50 MHz.
- Το 1993 εμφανίζεται ο Intel Pentium της οικογένειας P5 ο οποίος περιέχει 3.100.000 τρανζίστορ και λειτούργησε στα 60 και 66 MHz. Την ίδια περίοδο η εταιρεία Digital παρουσίαζε τον πρώτο 64 Bit μικροεπεξεργαστή Alpha.
- Το 1997 η Intel εισήγαγε τον μικροεπεξεργαστή Pentium 2 με τεχνολογία MMX για την υποστήριξη πολυμέσων. Είχε 7.500.000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του ήταν στα 300 MHz.
- Το 1999 η Intel εισήγαγε τον μικροεπεξεργαστή Pentium 3 με 9.500.000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του ήταν στα 450 MHz.
- Το 2000 εμφανίστηκε ο Pentium 4. Η συχνότητα λειτουργίας έφτασε στο 1GHz αλλά χωρίς αυτό να έχει σημαντική αύξηση στην ταχύτητα επεξεργασίας σε σχέση με τον Pentium 3.

Μετά το 2000 εμφανίστηκαν οι μικροεπεξεργαστές πολλαπλών πυρήνων.



Εικόνα 2.2 : Intel 4004, 8080, 8086/8088, 80286, 80386, 80486, Pentium, II, III, IV

## 2.6 Η λειτουργία του Μικροελεγκτή

Οι μικροελεγκτές είναι μια γρήγορη συσκευή έτσι ώστε μια εντολή ή ο οποία εκτελείται σε αυτόν να γίνεται με πολύ γρήγορη ταχύτητα. Η λειτουργία του γίνεται ως εξής: Όταν ενεργοποιείται η τροφοδοσία, το μητρώο λογικού ελέγχου ενεργοποιεί τον ταλαντωτή χαλαζία. Στα πρώτα λίγα χιλιοστά του δευτερόλεπτος καθώς οι πρώτες προετοιμασίες βρίσκονται σε εξέλιξη, οι πυκνωτές παράσιτα φορτίζονται. Η στάθμη της τάσης φτάνει στην μεγαλύτερη τιμή που μπορεί και η συχνότητα του ταλαντωτή χαλαζία γίνεται σταθερή, η διαδικασία της εγγραφής bytes σε ειδικά λειτουργικά μητρώα (SFRS) ξεκινάει. Τα πάντα λαμβάνουν χώρα σύμφωνα με το ρολόι του ταλαντωτή και πάνω από τα ηλεκτρονικά αρχίζουν να δουλεύουν. όλα αυτά γίνονται σε πολύ λίγα νάνο δευτερόλεπτα. Ο υπολογιστής ή ο μετρητής προγράμματος μηδενίζει την διεύθυνση της μνήμης προγράμματος. Η διεύθυνση αποστέλλει τις οδηγίες στον αποκωδικοποιητή, ο οποίος αποκωδικοποιεί τις εντολές και έτσι τις εκτελεί. Μετά την εκτέλεση μιας εντολής, η διεύθυνση του απεριθμητή προγράμματος αυξάνεται κατά 1 και ως εκ τούτου στέλνει την διεύθυνση της επόμενης εντολής στον αποκωδικοποιητή εντολών και εκτελεί τις επόμενες οδηγίες.

## 2.7 Χαρακτηριστικά:

Οι Μικροελεγκτές συνήθως περιέχουν από αρκετές δεκάδες εισόδους γενικής χρήσης / ακίδες εξόδου (GPIO). Καρφίτσες GPIO είναι λογισμικό διαμόρφωσης είτε μια είσοδος ή έξοδος ενός κράτους. Όταν οι καρφίτσες GPIO ρυθμιστεί σε κατάσταση εισόδου, που χρησιμοποιείται συχνά για να διαβάσετε αισθητήρες ή εξωτερικά σήματα. Ρυθμιστεί στην κατάσταση εξόδου,

καρφίτσες GPIO να οδηγήσετε εξωτερικές συσκευές, όπως τα LED ή κινητήρες, συχνά έμμεσα, μέσω της εξωτερικής ηλεκτρονικά ισχύος.

Πολλά τα ενσωματωμένα συστήματα πρέπει να διαβάσετε αισθητήρες που παράγουν αναλογικά σήματα. Αυτός είναι ο σκοπός του μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό (ADC). Δεδομένου ότι οι επεξεργαστές κατασκευαστεί για να ερμηνεύσει και να επεξεργάζονται ψηφιακά δεδομένα, δηλαδή 1s και 0s, δεν είναι σε θέση να κάνει τίποτα με τα αναλογικά σήματα που μπορούν να αποσταλούν σε αυτήν από μια συσκευή. Έτσι, το αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των εισερχόμενων δεδομένων σε μια μορφή ώστε ο επεξεργαστής μπορεί να αναγνωρίσει. Μια λιγότερο κοινό χαρακτηριστικό σε ορισμένες μικροελεγκτές είναι ένας μετατροπέας ψηφιακό σε αναλογικό (DAC) που επιτρέπει στον επεξεργαστή σε αναλογικά σήματα εξόδου ή τα επίπεδα τάσης.

Εκτός από τους μετατροπείς, πολλά ενσωματωμένα μικροεπεξεργαστές περιλαμβάνουν μια ποικιλία χρονόμετρα, καθώς και. Ένας από τους πιο κοινούς τύπους των χρονομέτρων είναι το διάστημα χρονιστή προγραμματιζόμενο (PIT). Ένα λάκκο μπορεί είτε να μετράει αντίστροφα από κάποια τιμή σε μηδέν, ή για την ικανότητα του μητρώου καταμέτρηση, ξεχειλίζει στο μηδέν. Μόλις φτάσει στο μηδέν, στέλνει μια διακοπή στον επεξεργαστή υποδεικνύοντας ότι έχει τελειώσει καταμέτρηση. Αυτό είναι χρήσιμο για συσκευές όπως θερμοστάτες, η οποία περιοδικά ελέγξε τη θερμοκρασία γύρω τους για να δουν αν πρέπει να ενεργοποιήσετε το κλιματιστικό, τη θερμάστρα, κ.λπ.

Ένα ειδικό Pulse Width Modulation (PWM) μπλοκ καθιστά δυνατή για την CPU για τον έλεγχο μετατροπέων ισχύος, αντίσταση φορτίων, κινητήρων, κλπ, χωρίς τη χρήση παρτίδων των πόρων της CPU σε στενούς χρονόμετρο βρόχους.

Οικουμενική Ασύγχρονης δέκτης / πομπός (UART) μπλοκ καθιστά δυνατό να λαμβάνει και να μεταδίδει δεδομένα μέσω της σειριακής γραμμής με πολύ μικρό φορτίο στον επεξεργαστή. Αφιερωμένο on-chip υλικό περιλαμβάνει επίσης συχνά τις δυνατότητες να επικοινωνεί με άλλες συσκευές σε ψηφιακή μορφή, όπως η Inter-Integrated Circuit, Serial Peripheral Interface (SPI), Universal Serial Bus (USB), και Ethernet.

Συνήθως τα προγράμματα μικροελεγκτή πρέπει να ταιριάζει στο διαθέσιμο on-chip μνήμης προγράμματος, δεδομένου ότι θα ήταν δαπανηρή η παροχή ενός συστήματος με εξωτερικές, επεκτάσιμη, μνήμη. Μεταφραστές και συναρμολογητές χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή γλώσσα υψηλού επιπέδου και γλώσσα μηχανής κώδικες σε μια συμπαγή κώδικα μηχανής για αποθήκευση στη μνήμη του μικροελεγκτή του. Ανάλογα με τη συσκευή, η μνήμη του προγράμματος μπορεί να είναι μόνιμη, μόνο για ανάγνωση μνήμης που μπορεί να προγραμματιστεί μόνο στο εργοστάσιο, ή μνήμη πρόγραμμα που μπορεί να είναι το πεδίο, μεταβάλλεται flash ή διαγράψιμη μνήμη μόνο για ανάγνωση.

Οι κατασκευαστές συχνά έχουν ειδικές εκδόσεις του μικροελεγκτές τους, προκειμένου να βοηθήσει το υλικό και το λογισμικό της ανάπτυξης του συστήματος TARGET. Αρχικά αυτά περιλαμβάνονται EPROM εκδόσεις που έχουν ένα "παράθυρο" στο επάνω μέρος της συσκευής μέσω της οποίας μνήμη προγράμματος μπορούν να διαγραφούν με υπεριώδες φως, είναι έτοιμη για τον επαναπρογραμματισμό μετά προγραμματισμού και τον κύκλο δοκιμής. Από το 1998, οι εκδόσεις EPROM είναι σπάνια και έχουν αντικατασταθεί από EEPROM και flash, η οποία είναι πιο εύκολο στη χρήση (μπορεί να διαγραφούν με ηλεκτρονικό τρόπο) και φθηνότερη κατασκευή.

Άλλες εκδόσεις μπορεί να είναι διαθέσιμες όπου η ROM είναι διαθέσιμο ως μια εξωτερική συσκευή και όχι ως εσωτερική μνήμη, όμως αυτά γίνονται όλο και πιο σπάνια, λόγω της ευρείας διαθεσιμότητας φθηνών προγραμματιστές μικροελεγκτή.

Η χρήση του πεδίου προγραμματιζόμενες συσκευές σε ένα μικροελεγκτή μπορεί να επιτρέψει την ενημέρωση στον τομέα του λογισμικού ή να επιτρέψει αναθεωρήσεις αργά εργοστάσιο για τα προϊόντα που έχουν συγκεντρωθεί, αλλά δεν έχει αποσταλεί ακόμα.

Προγραμματιζόμενη μνήμη μειώνει επίσης το προβάδισμα χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος.

Όπου εκατοντάδες χιλιάδες πανομοιότυπα συσκευές, χρησιμοποιώντας εξαρτήματα προγραμματισμένους κατά τη στιγμή της κατασκευής μπορεί να είναι μια οικονομική επιλογή. Αυτές οι «μάσκα προγραμματιστεί" μέρη έχουν το πρόγραμμα που καθορίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως και η λογική του τσιπ, την ίδια στιγμή.

Μια προσαρμόσιμη μικροελεγκτής ενσωματώνει ένα μπλοκ της ψηφιακής λογικής που μπορούν να προσωποποιηθούν με σκοπό την παροχή επιπλέον δυνατότητα επεξεργασίας, περιφερειακά και διεπαφές που είναι προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις της εφαρμογής. Για παράδειγμα, η AT91CAP από Atmel έχει ένα μπλοκ λογικής που μπορεί να προσαρμοστεί κατά την κατασκευή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη.

## **2.8 Οι Μικροελεγκτές προτιμούνται περισσότερο απο ότι οι μικροεπεξεργαστές:**

- i. Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- ii. Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- iii. Χαμηλό κόστος.
- iv. Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- v. Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- vi. Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- vii. Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.
- viii. Επίτευξη ελέγχου ή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει να τρέχουν λειτουργικά συστήματα, ενώ οι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον λογισμικό.

Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους είναι συχνά η αρχιτεκτονική τύπου Harvard η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων.

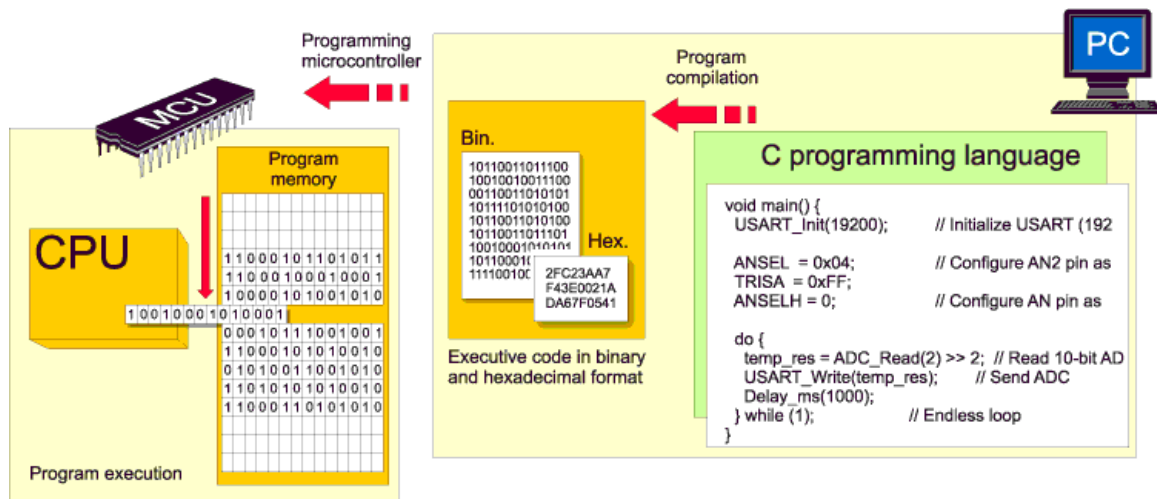
*Κάποια απο τα μειονεκτήματα του μικροελεγκτή είναι:*

- Η μη αλλαγή του προγράμματος για τον λόγο οτι είναι γραμμένο στην ROM.
- Η δυσκολία του προγραμματισμού του.
- Έχει μεγάλο χρόνο ανάπτυξης. Για να ολοκληρωθεί ένα προϊόν μπορεί να απαιτηθεί απο 1 εβδομάδα μέχρι 1 χρόνο.

### **3.1 Ο τροπος προγραμματισμου των microcontrollers**

Ο μικροελεγκτής εκτελεί το πρόγραμμα πριν φορτωθεί στη μνήμη του Flash. Αυτή είναι η λεγόμενη εκτελέσιμο κώδικα που αποτελείται από ακολουθία από μηδενικά και μονάδες. Είναι οργανωμένη σε 12, 14 ή 16-bit ευρύ λόγια, ανάλογα με την αρχιτεκτονική του κάθε μικροελεγκτή. Κάθε λέξη θεωρείται από την CPU ως μια εντολή που εκτελείται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μικροελεγκτή. Για πρακτικούς λόγους, καθώς είναι πολύ πιο εύκολο για μας να ασχοληθεί με το δεκαεξαδικό αριθμητικό σύστημα, ο εκτελέσιμος κώδικας συχνά αναπαρίσταται ως μία ακολουθία δεκαεξαδικών αριθμών και ονομάζεται κωδικός Hex. Θα χρησιμοποιηθεί για να γραφτεί από τον προγραμματιστή. Όλες οι οδηγίες που ο μικροελεγκτής μπορεί να αναγνωρίσει μαζί ονομάζεται σύνολο εντολών. Όσο για μικροελεγκτές PIC οι λέξεις προγραμματισμού της οποίας αποτελείται από 14 κομμάτια, το σύνολο εντολών έχει 35 διαφορετικές οδηγίες στο σύνολο.

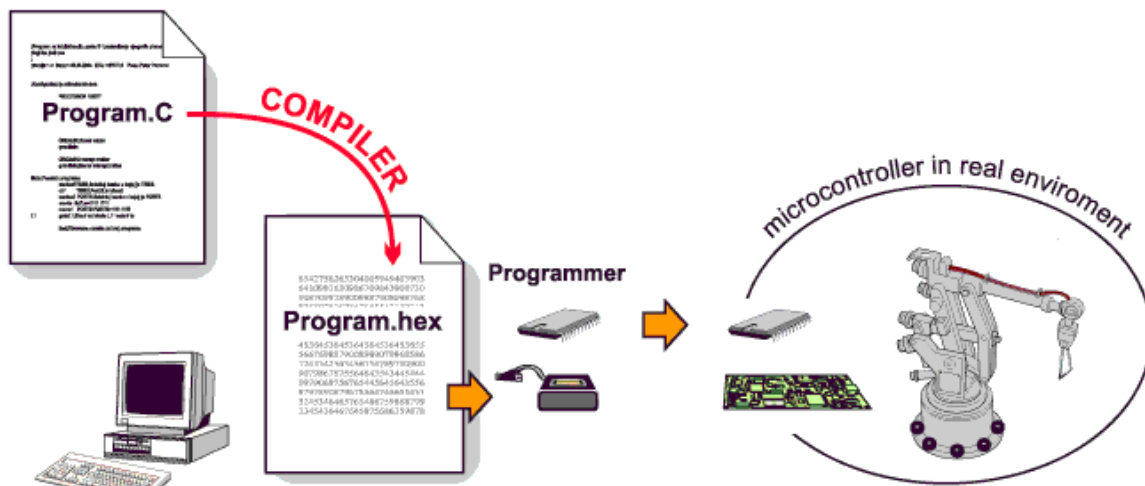
Καθώς η διαδικασία της γραφής εκτελέσιμου κώδικα ήταν πολυ κουραστικη, δημιουργήθηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται assembly . Η αλήθεια είναι ότι κάνει τη διαδικασία προγραμματισμού πιο περίπλοκη, αλλά από την άλλη πλευρά, η διαδικασία του προγράμματος γραφής έπαψε να είναι ένας εφιάλτης. Οδηγίες σε συμβολική γλώσσα παρουσιάζεται με τη μορφή της ουσιαστικής συντομογραφίες, και η διαδικασία συλλογής τους σε εκτελέσιμο κώδικα έχει απομείνει σε ένα ειδικό πρόγραμμα σε έναν υπολογιστή που ονομάζεται compiler. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της γλώσσας προγραμματισμού είναι η απλότητά του, δηλαδή κάθε εντολή του προγράμματος αντιστοιχεί σε μία θέση μνήμης στην μικροελεγκτή. Επιτρέπει πλήρη έλεγχο του τι συμβαίνει στο εσωτερικό του τσιπ, καθιστώντας έτσι αυτήν τη γλώσσα που χρησιμοποιείται συνήθως σήμερα.



Εικονα 3.1 Προγραμματισμος microcontroller

Ο compiler είναι υπεύθυνος για την κατάρτιση του προγράμματος σε γλώσσα μηχανής. Σε αντίθεση με μεταγλωττιστές συναρμολόγηση, αυτά δημιουργούν ένα εκτελέσιμο κώδικα που δεν είναι πάντα η συντομότερη δυνατή.

Στην παρακατω εικονα βλεπουμε τι συμβαινει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατάρτισης του προγράμματος από την υψηλότερη στην χαμηλότερη γλώσσα προγραμματισμού.



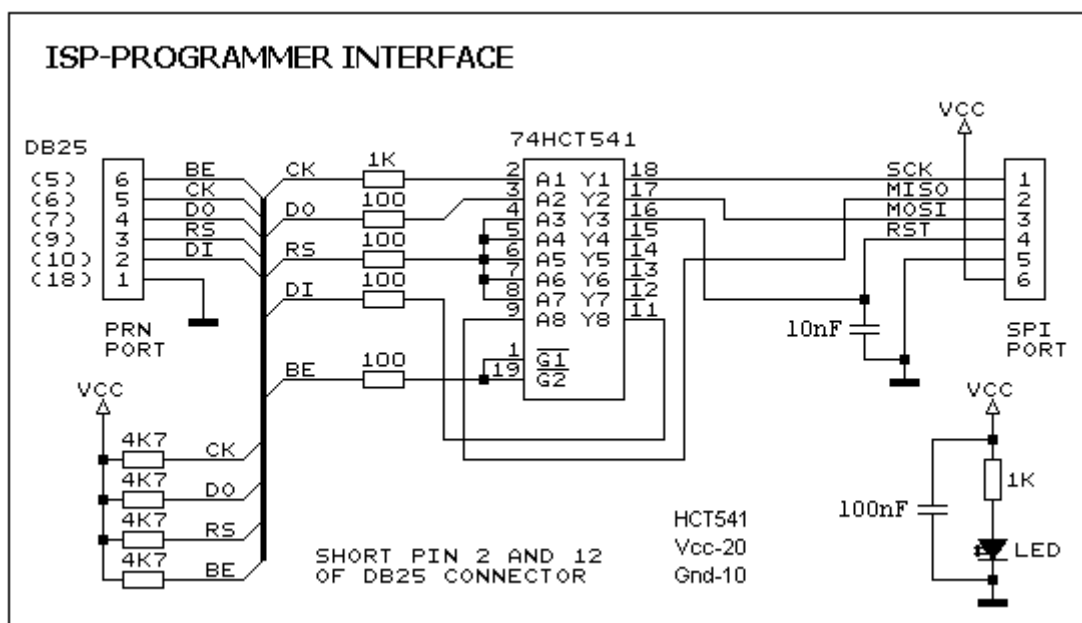
Εικονα 3.2 Compilers

### 3.2 Μεθοδοι προγραμματισμου

1. ISP (In system programming)
2. HVPP (High voltage parallel)
3. JTAG

### 3.3 ISP (In system programming):

Είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος προγραμματισμού. Βασίζεται στο πρωτόκολλο SPI για την επικοινωνία με τον μικροελεγκτή. Την επικοινωνία και συνεπώς τον προγραμματισμό αναλαμβάνει συσκευή που συνδέεται στον μικροελεγκτή και υλοποιεί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο, ονομαζόμενη προγραμματιστής. Ο προγραμματιστής συνδέεται ταυτόχρονα με PC μέσω του οποίου ο χρήστης διεκπεραιώνει τον προγραμματισμό. Η σύνδεση του προγραμματιστή με τον μικροελεγκτή γίνεται μέσω 6 ακροδεκτών του ολοκληρωμένου και μπορεί να γίνει και με τον μικροελεγκτή κολλημένο σε τυπωμένο κύκλωμα με την προϋπόθεση να έχει προβλεφθεί χώρος για τον αντίστοιχο κονέκτορα. Με την συγκεκριμένη μέθοδο μπορεί να προγραμματιστεί πλήρως ένας AVR μικροελεγκτής.



Εικονα 3.2 ISP-PROGRAMMER

Στο σύστημα προγραμματισμού (ISP), που ονομάζεται επίσης In-Circuit Serial Programming (ICSP), είναι η ικανότητα ορισμένων προγραμματιζόμενων λογικών συσκευών, μικροελεγκτών, και άλλες φορητές συσκευές που πρόκειται να προγραμματιστούν, ενώ είναι τοποθετημένο σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα, αντί να απαιτεί το chip να να προγραμματιστεί πριν από την εγκατάστασή του στο σύστημα.



Υπάρχουν αρκετά ασυμβίβαστα πρωτόκολλα προγραμματισμού στο σύστημα για τον προγραμματισμό μικροελεγκτών συσκευές όπως μικροελεγκτές PIC, AVR, και την Parallax Propeller. ICSP έχει υλοποιηθεί κυρίως από την Microchip Technology για τον προγραμματισμό PIC και dsPIC συσκευές.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του χαρακτηριστικού είναι ότι επιτρέπει στους κατασκευαστές ηλεκτρονικών συσκευών να ενσωματώσουν τον προγραμματισμό και τον έλεγχο σε μια ενιαία φάση της παραγωγής, και να εξοικονομήσετε χρήματα, αντί να απαιτείται ξεχωριστό στάδιο προγραμματισμού πριν από τη συναρμολόγηση του συστήματος. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στους κατασκευαστές να προγραμματίσετε τις μάρκες σε γραμμή παραγωγής το δικό τους σύστημα, αντί να αγοράζουν προγραμματισμένες τσιπ από τον κατασκευαστή ή τον διανομέα, που θα καταστήσουν εφικτή την εφαρμογή κώδικα ή του σχεδιασμού αλλαγές στη μέση ενός κύκλου παραγωγής.

Οι μικροελεγκτές συνήθως συγκολλημένες απευθείας σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος και συνήθως δεν έχουν το κύκλωμα ή χώρο για ένα μεγάλο εξωτερικό καλώδιο προγραμματισμού σε άλλον υπολογιστή.

Συνήθως, τα τσιπ που υποστηρίζουν την υπηρεσία παροχής Internet έχουν εσωτερικά κυκλώματα για την παραγωγή κάθε αναγκαία τάση προγραμματισμού από την κανονική τάση τροφοδοσίας του συστήματος, και να επικοινωνούν με τον προγραμματιστή μέσω ενός σειριακού πρωτοκόλλου. Οι περισσότερες προγραμματιζόμενες λογικές διατάξεις χρησιμοποιούν μια παραλλαγή της JTAG πρωτοκόλλου για ISP, προκειμένου να διευκολυνθεί η ευκολότερη ενσωμάτωση με αυτοματοποιημένες διαδικασίες δοκιμών. Άλλες συσκευές χρησιμοποιούν συνήθως ιδιόκτητα πρωτόκολλα ή πρωτόκολλα που ορίζονται από παλαιότερα πρότυπα. Στα πολύπλοκα συστήματα αρκεί να απαιτούν αρκετά μεγάλη λογική κόλλα, οι σχεδιαστές μπορούν να εφαρμόσουν μια JTAG-ελεγχόμενη υποσύστημα προγραμματισμού για μη-JTAG συσκευές όπως μνήμη flash και μικροελεγκτές, επιτρέποντας το σύνολο του προγραμματισμού και τη διαδικασία εξέτασης που θα πραγματοποιηθεί υπό τον έλεγχο ενός μοναδικού πρωτοκόλλου.

Ένα παράδειγμα των συσκευών που χρησιμοποιούν ISP είναι η AVR γραμμή της μικροελεγκτές από Atmel, όπως η ATmega σειρά.

### **Μικροτσιπ ICSP:**

Για τα περισσότερα μικροελεγκτές Microchip, ICSP προγραμματισμός εκτελείται χρησιμοποιώντας δύο πείρους, ρολόι (PGC) και δεδομένα (PGD), ενώ μια υψηλή τάση (12 V) είναι παρούσα στην περόνη Vpp / MCLR. Προγραμματισμός χαμηλής τάσης (5 V ή 3,3 V) απαλλάσσει από την υψηλή τάση, αλλά διατηρεί την αποκλειστική χρήση ενός πείρου I / O.

Η λειτουργία εισαγωγής Πρόγραμμα ICSP απαιτεί τα εξής τρία βήματα:

- i. Τάση συντομία εφαρμόζεται στον πείρο MCLR (master διαυγές).
- ii. Μια βασική ακολουθία 32-bit παρουσιάζονται στην PGD.
- iii. Η τάση να επαναλαμβάνεται MCLR.

Ένα ξεχωριστό κομμάτι του υλικού, που ονομάζεται ένας προγραμματιστής απαιτείται να συνδεθεί με μια θύρα I / O του υπολογιστή από τη μία πλευρά και το PIC από την άλλη πλευρά. Μια λίστα με τα χαρακτηριστικά για κάθε σημαντικό τύπο του προγραμματισμού είναι:

- Παράλληλη θύρα - ογκώδες καλώδιο, οι περισσότεροι υπολογιστές έχουν μόνο μία θύρα και μπορεί να άβολο να ανταλλάξουν το καλώδιο προγραμματισμού με ένα συνημμένο εκτυπωτή. Οι περισσότεροι φορητοί υπολογιστές νεότερα από το 2010 δεν υποστηρίζουν αυτήν τη θύρα. Παράλληλη θύρα προγραμματισμού είναι πολύ γρήγορη.

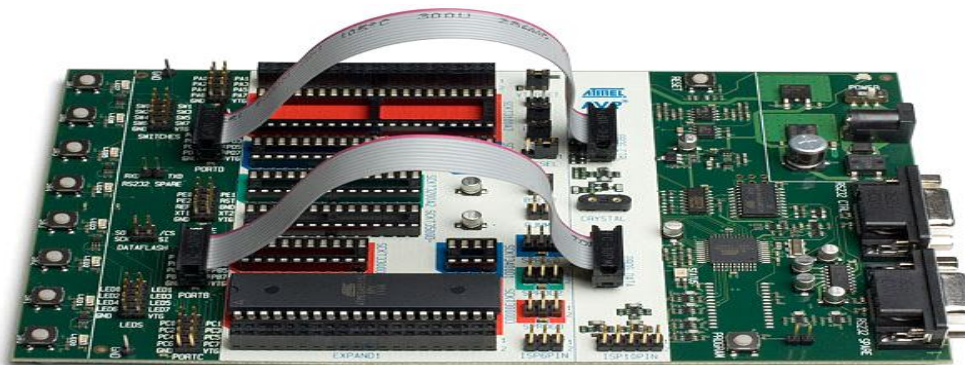
Σειριακή θύρα (θύρα COM) - Σε ένα χρόνο η πιο δημοφιλής μέθοδος. Σειριακές θύρες συνήθως στερούνται επαρκούς τάσης προγραμματισμού κυκλώματος. Οι περισσότεροι υπολογιστές και φορητούς υπολογιστές νεότερα από το 2010 στήριξη έλλειψη για αυτήν την θύρα.

- Υποδοχή (εντός ή εκτός του κυκλώματος) - η CPU πρέπει να αφαιρείται από το κύκλωμα του σκάφους, ή ένας σφιγκτήρας πρέπει να συνδεθεί με το τσιπ καθιστώντας την πρόσβαση ζήτημα.
- Καλώδιο USB - Μικρό και ελαφρύ, έχει την υποστήριξη για την πηγή τάσης και περισσότεροι υπολογιστές έχουν επιπλέον θύρες διαθέσιμες. Η απόσταση ανάμεσα στο κύκλωμα για να προγραμματιστούν και ο υπολογιστής περιορίζεται από το μήκος του καλωδίου USB - πρέπει να είναι συνήθως μικρότερο από 180 εκατοστά. Αυτό μπορεί να κάνει τον προγραμματισμό συσκευών βαθιά σε μηχανήματα ή ντουλάπια ένα πρόβλημα.

Οι ICSP προγραμματιστές έχουν πολλά πλεονεκτήματα, με το μέγεθος, τη διαθεσιμότητα θύρα του υπολογιστή και την πηγή τροφοδοσίας που είναι σημαντικές λειτουργίες. Λόγω των διακυμάνσεων στο σύστημα διασύνδεσης και το κύκλωμα στόχο που περιβάλλει ένα μικρο-ελεγκτή, δεν υπάρχει κανένας προγραμματιστής που λειτουργεί με όλες τις πιθανές διασυνδέσεις κυκλωμάτων ή στόχου. Microchip παρέχει μια λεπτομερή οδηγό προγραμματισμό ICSP Πολλές περιοχές παρέχουν προγραμματισμού και του κυκλώματος παραδείγματα.

Οι υπεύθυνοι προγραμματιστές χρησιμοποιώντας πέντε σήματα (ένα έκτο pin «aux» παρέχονται, αλλά δεν χρησιμοποιείται). Τα δεδομένα μεταφέρονται χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο δύο σύγχρονα σειριακά καθεστώς, τρία περισσότερα καλώδια παρέχουν προγραμματισμού και τσιπ δύναμης. Το σήμα ρολογιού είναι πάντα ελέγχεται από τον προγραμματιστή.

### 3.4 HVPP (High voltage parallel):



Εικόνα 3.4 HPPV

Αντίστοιχα με την παραπάνω μέθοδο, ένας προγραμματιστής συνδέεται στον AVR και αναλαμβάνει την επικοινωνία μαζί του με συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Μπορεί να προγραμματιστεί πλήρως ένας AVR με αυτή την μέθοδο και είναι η μέθοδος στην οποία καταφεύγουμε αν για λόγους λανθασμένης ρύθμισης των fuse bits, όλες οι άλλες αποτυγχάνουν.

Τα περισσότερα μοντέλα AVR μπορεί να διατηρήσει ένα bootloader περιοχή, 256 B σε 4 KB, όπου κωδικό επαναπρογραμματισμός μπορεί να βρίσκεται. Στην επαναφορά, ο bootloader

τρέχει πρώτος και κάνει κάποια αποφασιστικότητα προγραμματιζόμενες από το χρήστη είτε να επαναπρογραμματίσει ή να μεταβεί στην κύρια εφαρμογή. Ο κωδικός μπορεί εκ νέου το πρόγραμμα μέσω οποιασδήποτε διεπαφής διαθέσιμο, ή θα μπορούσε να διαβάσετε ένα κρυπτογραφημένο δυαδική μέσω ενός προσαρμογέα Ethernet όπως PXE. Atmel έχει σημειώσεις εφαρμογής και κωδικών που αφορούν τις πολλές διασυνδέσεις λεωφορείο.

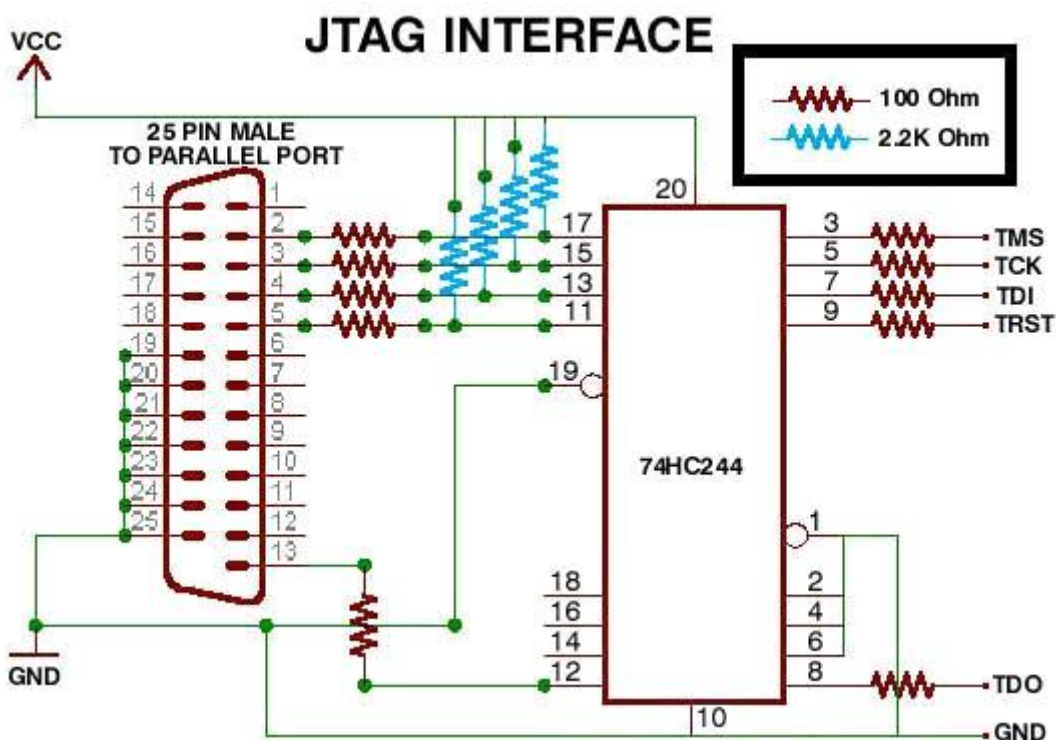
### 3.5 JTAG:

Το JTAG είναι ένα ευρέως διαδεδομένο πρότυπο που χρησιμοποιείται για debugging μικροϋπολογιστικών συστημάτων. Στους AVR μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για προγραμματισμό. Όπως και με τις παραπάνω μεθόδους χρειάζεται ειδική συσκευή που αναλαμβάνει την επικοινωνία.

Η κοινή δοκιμή της Ομάδας Δράσης (JTAG) είναι μια ένωση της βιομηχανίας ηλεκτρονικών δημιουργήθηκε το 1985 για την ανάπτυξη μιας μεθόδου για τον έλεγχο και τη δοκιμή σχεδίων τυπωμένων κυκλωμάτων, μετά την κατασκευή. Το 1990 το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών κωδικοποίησε τα αποτελέσματα της προσπάθειας του προτύπου IEEE 1149,1 έως 1990, με τίτλο Πρότυπο Τεστ Port Access και Όρια-Scan Αρχιτεκτονική.

Η JTAG εφαρμόζει τα πρότυπα για on-chip όργανα στην ηλεκτρονική αυτοματισμός του σχεδιασμού (EDA), ως συμπληρωματικό εργαλείο για την ψηφιακή προσομοίωση. Καθορίζει τη χρήση ενός ειδικού debug θύρα εφαρμογή μιας σειριακής επικοινωνίας διεπαφή για χαμηλής εναέρια πρόσβαση χωρίς να απαιτείται άμεση εξωτερική πρόσβαση στη διεύθυνση του συστήματος και των δεδομένων λεωφορεία. Η διεπαφή συνδέεται σε μια θύρα on-chip δοκιμαστική πρόσβαση (TAP), που υλοποιεί ένα stateful πρωτόκολλο για να αποκτήσετε πρόσβαση σε μια σειρά από τεστ καταγράφει ότι τα σημερινά επίπεδα τσιπ λογική και τις δυνατότητες της συσκευής των διαφόρων τμημάτων.

Τα πρότυπα JTAG έχουν επεκταθεί από πολλούς κατασκευαστές τσιπ ημιαγωγών με εξειδικευμένες παραλλαγές για την παροχή πωλητή ειδικά χαρακτηριστικά.



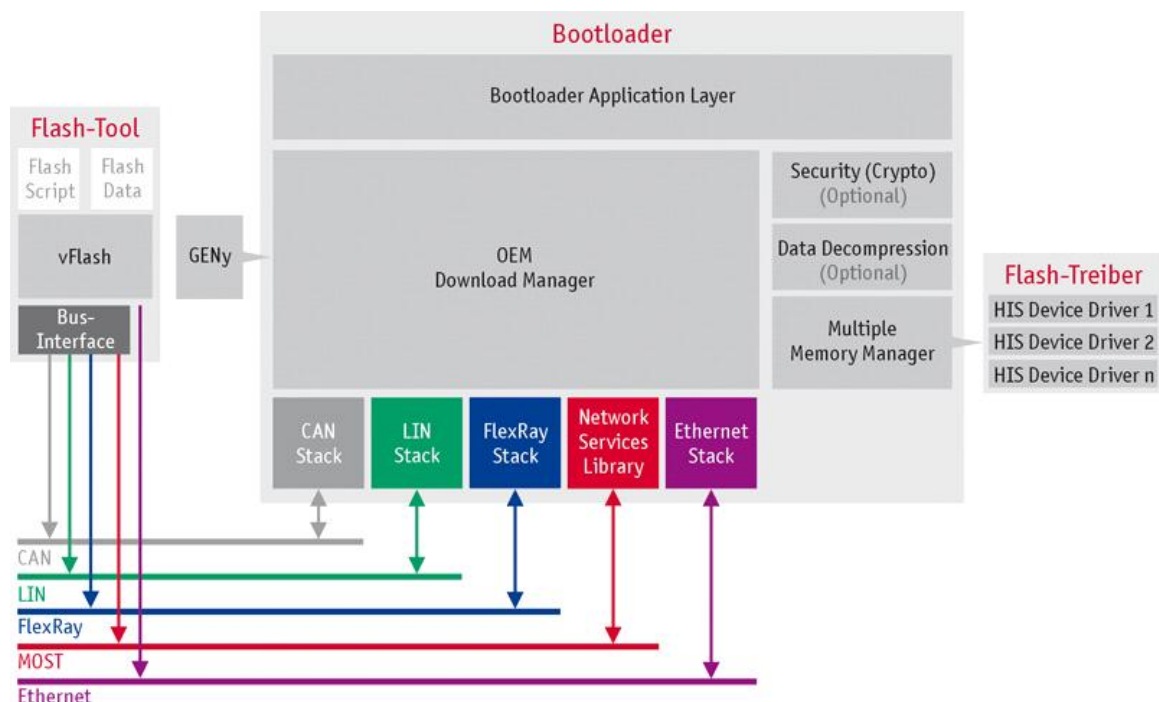
Εικόνα 3.5 JTAG

### Η ιστορία του JTAG:

Στη δεκαετία του 1980, οι πίνακες κυκλωμάτων πολλαπλών στρώσεων και μη-μολύβδου-πλαισίου ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) έχουν γίνει πρότυπο και συνδέσεις γίνονταν μεταξύ ΣΔ που δεν ήταν διαθέσιμες σε ανιχνευτές. Η πλειοψηφία της παραγωγής και στον τομέα σφάλματα στις πλακέτες των κυκλωμάτων ήταν λόγω της κακής συγκόλλησης αρθρώσεις στα διοικητικά συμβούλια, οι ατέλειες στις συνδέσεις του σκάφους, ή τις ομολογίες και τα σύρματα ομολόγων από IC τακάκια να γίνουν αντιληπτά τα πλαίσια μολύβδου. Η κοινή δοκιμή της Ομάδας Δράσης (JTAG) ιδρύθηκε το 1985 για να παρέχει μια άποψη καρφίτσες-out από το ένα IC μαξιλάρι στην άλλη, έτσι θα μπορούσε να ανακαλύψει αυτά τα σφάλματα.

Το βιομηχανικό πρότυπο έγινε IEEE πρότυπο το 1990 ως IEEE Std. 1149,1 έως 1990 [3], μετά από πολλά χρόνια από την αρχική χρήση. Την ίδια χρονιά η Intel κυκλοφόρησε την πρώτη του επεξεργαστή, το 80486, με JTAG η οποία οδήγησε στην ταχύτερη έγκριση της βιομηχανίας από όλους τους κατασκευαστές. Το 1994, ένα συμπλήρωμα που περιέχει μια περιγραφή της σάρωσης ορίων περιγραφή γλώσσα (BSDL) προστέθηκε. Περαιτέρω βελτιώσεις σχετικά με τη χρήση του all-μηδενικά για EXTEST, διαχωρίζοντας τη χρήση του δείγματος από προφόρτισης και η καλύτερη εφαρμογή για OBSERVE\_ONLY κύτταρα έγιναν και κυκλοφόρησε το 2001. [4] Από το 1990, το πρότυπο αυτό έχει υιοθετηθεί από τα ηλεκτρονικά εταιρείες σε όλο τον κόσμο. Οριακά σάρωσης είναι πλέον ως επί το πλείστον συνώνυμη με JTAG, αλλά JTAG έχει βασικές χρήσεις πέρα από αυτές τις βιομηχανικές εφαρμογές.

### 3.6 Bootloader:



Σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους προγραμματισμού ο ίδιος ο μικροελεγκτής αναλαμβάνει την επικοινωνία με κάποια πηγή από την οποία θα *κατεβάσει* το πρόγραμμα με το οποίο θα *αυτό προγραμματίσει* τις μνήμες του. Για να γίνει κάτι τέτοιο δυνατό πρέπει να εκτελείται στον μικροελεγκτή πρόγραμμα που υλοποιεί τα παραπάνω, δηλαδή επικοινωνία με κάποια πηγή λογισμικού και προγραμματισμό. Το μειονέκτημα που προκύπτει είναι ότι σε έναν καινούριο AVR πρέπει να καταφύγουμε σε κάποια από τις υπόλοιπες μεθόδους για να προγραμματίσουμε το πρόγραμμα του ίδιου του bootloader την πρώτη φορά πριν αυτός είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί. Το πλεονέκτημα είναι ότι από την στιγμή που προγραμματιστεί ο bootloader, δεν χρειαζόμαστε καμία επιπλέον συσκευή αφού μπορούμε να κάνουμε χρήση οποιουδήποτε από τα ενσωματωμένα περιφερειακά επικοινωνίας του μικροελεγκτή για *κατέβασμα* του προγράμματος.

Δεν είναι δυνατό να γίνει χρήση bootloader σε όλους τους AVR. Αυτοί που έχουν την δυνατότητα χωρίζουν την FLASH μνήμη τους σε δύο τμήματα. Ένα τμήμα που θα φιλοξενήσει το πρόγραμμα χρήστη και ένα μικρότερο για τον bootloader. Κάθε φορά που εκκινεί ο μικροελεγκτής ελέγχει μια συνθήκη η οποία καθορίζει αν θα εκτελεστεί αυτός ή το πρόγραμμα του χρήστη. Αυτή η συνθήκη μπορεί να είναι η τιμή κάποιου διακόπτη που ο χρήστης θα πιέζει για να σηματοδοτήσει την εκκίνηση διαδικασίας προγραμματισμού ή δεν θα πιέζει ώστε να εκτελεστεί το πρόγραμμα χρήστη.

Ένας φορτωτής εκκίνησης είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή που φορτώνει ένα λειτουργικό σύστημα ή κάποιο άλλο λογισμικό συστήματος του υπολογιστή μετά την ολοκλήρωση των αυτοελέγχων ενεργοποίησης? είναι ο φορτωτής για το ίδιο το λειτουργικό σύστημα, το οποίο έχει τη δική του φορτωτή για τη φόρτωση συνήθη προγράμματα χρήστη και βιβλιοθήκες. Στο πλαίσιο της διαδικασίας σκληρό επανεκκίνηση, τρέχει μετά την ολοκλήρωση των αυτοελέγχων, τότε τα φορτία και τρέχει το λογισμικό. Ένας φορτωτής εκκίνησης φορτώνεται στη κύρια μνήμη από επίμονη μνήμη, όπως ένα σκληρό δίσκο ή σε μερικές παλαιότερους υπολογιστές, από ένα μέσο, όπως διάτρητες κάρτες, διάτρητη ταινία, ή μαγνητική ταινία. Ο φορτωτής εκκίνησης, στη συνέχεια, φορτώνει και εκτελεί τις διαδικασίες που οριστικοποιεί την εκκίνηση. Όπως και διαδικασίες POST, ο κώδικας του φορτωτή εκκίνησης προέρχεται από μια "καλωδιωμένη" και επίμονη θέση? αν η τοποθεσία είναι πολύ περιορισμένη για κάποιο λόγο, ότι ο πρωταρχικός φορτωτή εκκίνησης αποκαλεί φορτωτή εκκίνησης δεύτερο στάδιο ή ένα δευτερεύον πρόγραμμα φορτωτή.

Σε σύγχρονους υπολογιστές γενικού σκοπού, η διαδικασία εκκίνησης μπορεί να διαρκέσει δεκάδες δευτερόλεπτα, και τυπικά περιλαμβάνει την εκτέλεση μιας power-on self-test, τον εντοπισμό και την προετοιμασία περιφερειακών συσκευών, και στη συνέχεια την εύρεση, τη φόρτωση και την έναρξη ενός λειτουργικού συστήματος. Η διαδικασία της χειμερία νάρκη ή ύπνου δεν περιλαμβάνει την εκκίνηση. Ελάχιστα, ορισμένοι ενσωματωμένα συστήματα δεν απαιτούν μια αξιοσημείωτη ακολουθία εκκίνησης για να ξεκινήσει η λειτουργία και όταν είναι ενεργοποιημένο μπορεί απλά να τρέξει τα επιχειρησιακά προγράμματα που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη ROM. Όλα τα συστήματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι κρατικές μηχανές, και μια επανεκκίνηση μπορεί να είναι η μόνη μέθοδος για να επιστρέψει σε ένα καθορισμένο μηδενικής κατάστασης από ακούσια, κλειδωμένη κατάσταση.

Boot είναι μικρή για bootstrap ή εκκίνησης του φορτίου και προέρχεται από τη φράση για να τον εαυτό του να σηκώσει από δολώματά ενός ατόμου. Η χρήση εφιστά την προσοχή στην απαίτηση ότι, αν οι περισσότεροι λογισμικό φορτώνεται σε έναν υπολογιστή με άλλο λογισμικό εκτελείται ήδη στον υπολογιστή, κάποιος μηχανισμός πρέπει να υπάρχουν για να φορτώσει την αρχική του λογισμικού στον υπολογιστή. Πρόωρη υπολογιστές που χρησιμοποιούνται μια ποικιλία από ad-hoc μεθόδους για να πάρει ένα μικρό πρόγραμμα στη

μνήμη για να λύσει αυτό το πρόβλημα. Η εφεύρεση του μνήμη μόνο για ανάγνωση (ROM) των διαφόρων τύπων λυθεί αυτό το παράδοξο, επιτρέποντας υπολογιστές να αποσταλεί με την έναρξη του προγράμματος μέχρι που δεν μπορούσαν να διαγραφούν. Η ανάπτυξη της ικανότητας των ROM επέτρεψε όλο και πιο πολύπλοκα ξεκινήσει τις διαδικασίες που πρέπει να εφαρμοστούν.

Η διαδικασία εκκίνησης ήταν επανάσταση με την εισαγωγή του ολοκληρωμένου κυκλώματος μνήμης μόνο για ανάγνωση (ROM), με πολλές παραλλαγές της, συμπεριλαμβανομένων μάσκα προγραμματισμένο ROMs, προγραμματιζόμενη ROMs (PROM), διαγραφόμενες προγραμματιζόμενες ROMs (EPROM), και μνήμη flash. Αυτές επέτρεψαν firmware προγράμματα εκκίνησης να αποσταλεί εγκατεστημένο στον υπολογιστή. Η εισαγωγή ενός (εξωτερική) ROM ήταν σε ένα ιταλικό elaborator μεταγωγής τηλεφωνικών κλήσεων, που ονομάζεται "Gruppi Speciali", χάρη σε ένα CSELT ερευνητή.

Ορισμένα λειτουργικά συστήματα, κυρίως πριν από το 1995 Macintosh συστήματα από την Apple, είναι τόσο στενά συνυφασμένα με το υλικό τους, που είναι αδύνατο να εκκινήσετε εγγενώς ένα λειτουργικό σύστημα διαφορετικό από το συνηθισμένο. Αυτό είναι το αντίθετο άκρο του σεναρίου, χρησιμοποιώντας τους διακόπτες που αναφέρονται παραπάνω? είναι εξαιρετικά άκαμπτο αλλά σχετικά λάθους-απόδειξη και αλάνθαστη όσο όλος ο υλικός εξοπλισμός λειτουργεί κανονικά. Μια κοινή λύση σε τέτοιες περιπτώσεις είναι να σχεδιάσει έναν φορτωτή εκκίνησης που λειτουργεί ως ένα πρόγραμμα που ανήκουν στο πρότυπο λειτουργικό σύστημα που hijacks του συστήματος και φορτώνει το λειτουργικό σύστημα εναλλακτικής. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε από την Apple για τους A / UX εφαρμογή Unix και αντιγράφηκε από διάφορα δωρεάν λειτουργικά συστήματα και BeOS Personal Edition 5.

Ορισμένες μηχανές, όπως το Atari ST μικροϋπολογιστή, ήταν "instant-on", με το λειτουργικό σύστημα που εκτελεί ένα από ROM. Ανάκτηση του λειτουργικού συστήματος από δευτερογενή ή τριτογενή κατάσταση εξαλείφονται ως μία από τις χαρακτηριστικές λειτουργίες για bootstrapping. Για να επιτρέψει προσαρμογές του συστήματος, αξεσουάρ, και άλλο λογισμικό υποστήριξης για να φορτωθεί αυτόματα, μονάδα δισκέτας του Atari είχε διαβάσει για πρόσθετα συστατικά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκκίνησης. Υπήρξε μια καθυστέρηση χρονικού ορίου που προβλέπεται χρόνος για να εισάγετε χειροκίνητα μια δισκέτα, όπως το σύστημα έψαξε για τα επιπλέον στοιχεία. Αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί με την εισαγωγή ενός κενό δίσκο. Το υλικό Atari ST επίσης σχεδιαστεί έτσι την υποδοχή του δοχείου θα μπορούσε να προσφέρει η μητρική εκτέλεση του προγράμματος για σκοπούς gaming ως συνεχιστής από την κληρονομιά της Atari πραγματοποίηση ηλεκτρονικών παιχνιδιών? εισάγοντας το Spectre Γ.Ε.ΜΗ. κασέτα με το σύστημα ROM Macintosh στην υποδοχή παιχνιδι και στρέφοντας το Atari και στο εξής, θα μπορούσε να «εγγενώς εκκίνηση» το λειτουργικό σύστημα Macintosh και όχι τη δική της Atari TOS σύστημα.

Η IBM Personal Computer που περιλαμβάνονται ROM με βάση το firmware που ονομάζεται BIOS? μία από τις λειτουργίες του λογισμικού ήταν να εκτελέσει μια δοκιμή power-on self όταν η μηχανή τέθηκε σε λειτουργία, και στη συνέχεια να διαβάσει λογισμικού από συσκευή εκκίνησης και να το εκτελέσει. Firmware συμβατό με το BIOS για τον προσωπικό υπολογιστή IBM χρησιμοποιείται σε IBM PC συμβατούς υπολογιστές. Η Extensible Firmware Interface αναπτύχθηκε από την Intel, αρχικά για Itanium που βασίζονται μηχανήματα, και αργότερα χρησιμοποιήθηκε επίσης ως εναλλακτική λύση για το BIOS σε x86 με έδρα μηχανές, συμπεριλαμβανομένων της Apple Macs χρησιμοποιούν επεξεργαστές Intel.

Unix σταθμούς εργασίας είχε αρχικά πωλητή-ειδικά-ROM με βάση το firmware. Sun Microsystems θα αναπτυχθούν αργότερα OpenBoot, αργότερα γνωστό ως Open Firmware, η οποία ενσωματώνει την Forth διερμηνέα, με ένα μεγάλο μέρος του λογισμικού που γράφεται στο Forth. Ήταν τυποποιηθεί από το IEEE ως πρότυπο IEEE 1275-1994? το firmware που υλοποιεί το πρότυπο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε PowerPC -με βάση Macs και κάποια άλλα

μηχανήματα PowerPC που βασίζεται, καθώς και τη δική της Sun SPARC -με βάση υπολογιστών. Η Advanced RISC Computing προδιαγραφές που ορίζονται άλλο πρότυπο του firmware, η οποία τέθηκε σε εφαρμογή σε κάποια MIPS -με βάση και την Alpha -με βάση τις μηχανές και τις ΥΚΩ Visual Workstation βασίζονται σε τεχνολογία x86 σταθμούς εργασίας.

Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα assembly αποτελείται από διάφορα στοιχεία που ερμηνεύονται διαφορετικά κατά την κατάρτιση του προγράμματος σε ένα εκτελεστικό αρχείο δεδομένων. Η χρήση αυτών των αρχείων απαιτεί αυστηρούς κανόνες και είναι απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε αυτά κατά την διάρκεια συγγραφής του προγράμματος ώστε να μην γίνουν λάθη. Είναι απαραίτητο να τηρούνται ειδικούς κανόνες προεπιμένου ή διαδικασίας κατάρτισης σε εκτελεστικό κώδικα HEX να τρέξει χωρίς σφάλματα. Οι υποχρεωτικοί κανόνες εξηγούν πώς οι ακολουθίες εκφράσεων τοποθετούνται μαζί για να σχηματίσουν τις δηλώσεις που συνθέτουν ένα πρόγραμμα σε γλώσσα assembly που ονομάζεται συνταξη.

Είναι τα παρακάτω:

Κάθε γραμμή του προγράμματος μπορεί να αποτελείται το πολύ από 255 χαρακτήρες.

Κάθε γραμμή του προγράμματος που προοιείται να καταρτίσουν πρέπει να ξεκινήσει με ένα σύμβολο, ετικέτα, οδηγία.

Κείμενο μετά το σήμα ";" σε μια γραμμή προγράμματος αποτελεί ένα σχόλιο που αγνείται από τον assembler.

Και όλα τα στοιχεία του προγράμματος μιας γραμμής (ετικέτες, οδηγίες, κτλ) πρέπει να διαχωρίζονται τουλάχιστον από έναν χαρακτήρα "χώρου". Για να είναι περισσότερο κατανοητό, χρησιμοποιείται συνήθως ένα κουμπί TAB, έτσι ώστε είναι εύκολο να οριοθετηθεί στηλέος με τις οδηγίες, ετικέτες, κτλ σε ένα πρόγραμμα.

### Κωδικός γραμμένος σε c:

```
void main()
{
    U8 i = 0; // General purpose loop var.
    U16 num ; // General purpose number var.
    U8 row = 0; // Current display row.
    U16 blinkc = 0; // LED blinker counter.
    U16 blink_onoff = 1; // LED state.
    U8 bcd_h,bcd_m,bcd_s; // BCD numbers.
    init_ports();
    init();
    enable_interrupts();
    ROW_RESET;
    for (;;)
    { // infinite loop
```

```
// FLASH LED @ RA3  
  
if (++blinkc>500)  
{ // time to change state ?  
  
blinkc=0;
```

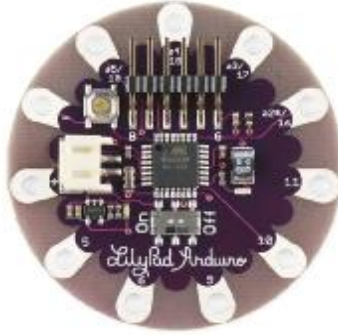
## 4.1 Ιστορία του ARDUINO

Το 2005 εμφανίζεται το Arduino, όταν ο καθηγητής Massimo Banzi στο ινστιτούτο σχεδιασμού αλληλεπίδρασης στην πόλη της Ivrea στην Ιταλία, θέλησε να κάνει ευκολότερη την μάθηση των ηλεκτρονικών προς τους μαθητές. Ήθελε να κάνει τους μαθητές να ανακαλύψουν μόνοι τους τον κόσμο της ηλεκτρολογίας χωρίς να τους διδάσκει απλα θεωρητικά. Έτσι αποφάσισε να ζητήσει βοήθεια απο τον καθηγητή David Cuatrielles, έναν μηχανικό απο το πανεπιστήμιο Malmo και μαζί αποφάσισαν να δημιουργήσουν τον Μικροελεγκτή Arduino.

Το όνομα Arduino δόθηκε απο ένα ιστορικό χαρακτήρα τον Arduin της Ivrea. Το πρώτο Arduino που φτιάχτηκε ονομάστηκε <<Serial Arduino>> και περιλάμβανε μια Atmega8 με άμμηση σύνδεση RS-232 με τον μικροελεγκτή. Στην συνέχεια σχεδιάστηκε η έκδοση 2.0.

Οι εκδόσεις που ακολούθησαν ήταν όλες FTDI USB μετατροπέα. Μετα το USB V1.0 and v2.0, εισήλθε στην αγορά το Arduino Extreme το οποίο αύξησε την ποσότητα των επιφανειακών εξαρτημάτων. Το Arduino Nuova Generazione έχει έναν απλό μετατροπέα USB και μετατρέπεται απο το Atmega8 σε Atmega168. Η τελευταία έκδοχή του Arduino Leonardo είναι μια εναλλακτική υποδοχή μικροελεγκτή και εξαλείφει τον μετατροπέα πλήρως αναβαθμίζοντάς το σε ένα ATmega32U4 το οποίο έχει ελεγκτή USB. Έχουν φτιαχτεί εξειδικευμένες εκδόσεις. Οι μικρότερες εκδόσεις, δηλαδή τα Mini και τα Nano επιτρέπουν μικρότερες εγκαταστάσεις. Υπάρχουν και μεγαλύτερες εκδόσεις όπως το ATmega 1260 και το ATmega2560 για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Μερικές εκδόσεις επίσης σε μορφή Arduino BT για σύνδεση bluetooth και σε μορφή Arduino Ethernet για σύνδεση με LAN. Το Arduino Lilypad έχει σχεδιαστεί για ευελιξία. Μπορούν να συνδεθούν 6 προστασίες στις πινέζες που είναι διαθέσιμες στο Arduino και περιλαμβάνει προστασία WI-FI, Ethernet, Wireless, Motor και Proto. Η Wireless ασπίδα έρχεται με υποδοχή SD για την σύνδεση των μονάδων που χρησιμοποιούν το XBee αποτύπωμα. Το Motor επιτρέπει τον έλεγχο των 2 κινητήρων συνεχούς ρεύματος.





EIKONA 4.2 Arduino LilyPad

#### 4.2 Τι είναι το ARDUINO:

Το Arduino είναι ένας single-board μικροελεγκτής, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με την γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για την γλώσσα προγραμματισμού C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες· το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους. Βασίζεται στο hardware και software.

Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στην μικροελεγκτή Atmega της Atmel του οποίου όλα τα σχέδια διανέμονται ελεύθερα ώστε να μπορούν να σχεδιαστούν από τον καθένα. Αφού κατασκευαστεί μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να τα στέλνει πίσω στις μονάδες εξόδου.

#### 4.3 Η γλώσσα προγραμματισμού του Arduino:

Η γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται είναι η Wiring, η οποία είναι πολύ εύκολη στην σύνταξη της και χρησιμοποιείται σε πλατφόρμες όπως είναι η Linux, Mac και Windows με άδεια χρήσης της GPL. Αυτό που κάνει το Arduino ξεχωριστό είναι ότι όλο το κύκλωμα της πλακέτας διατίθεται με άδεια χρήσης της Creative Commons, δηλαδή αυτό σημαίνει πως ο καθένας μπορεί να κατασκευάσει την δική του πλακέτα όπως αυτός επιθυμεί.

#### 4.4 Λογισμικό Arduino:

Το Arduino είναι μια εφαρμογή γραμμένη σε Java και προέρχεται από την γλώσσα προγραμματισμού Wiring. Διαθέτει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα που δίνει έμφαση στην σύνταξη κ στον σχεδιασμό αγκυλών. Μπορεί να φορτώσει προγράμματα στην πλακέτα με το πάτημα μόνο ενός κλικ. Ο κώδικας που γράφτηκε για το Arduino ονομάζεται σκίτσο.

Για να κάνουν οι χρήστες του Arduino ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης πρέπει να ορίσουν δυο λειτουργίες:

1. Την συνάρτηση Setup, η οποία τρέχει μια φορά στην αρχή του προγράμματος και αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις.
2. Την συνάρτηση Loop, η οποία καλείται συνέχεια μέχρι η συνάρτηση να απενεργοποιηθεί.

Η διαδικασία του ανεβάσματος ενός sketch στο board, χρησιμοποιώντας το Arduino IDE, περιέχει τα εξής βήματα: Ο κώδικας μετατρέπεται σε C χαμηλού επιπέδου και μετά μεταγλωττίζεται μέσω του avr-gcc (ενός ελεύθερου και ανοιχτού λογισμικού compiler, βασισμένου στον Gnu C Compiler – gcc, ειδικά σχεδιασμένο για AVR μικροελεγκτής). Ο παραγόμενος δυαδικός κώδικας αποθηκεύεται στην μνήμη του επεξεργαστή από όπου και εκτελείται, μέσω της USB σύνδεσης. Η σύνδεση αυτή γίνεται μέσω του avrdude, ένα πρόγραμμα που υλοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας για την μεταφορά και αποθήκευση του κώδικα στην μνήμη του Arduino.

#### 4.5 Πλεονεκτήματα Arduino:

Το Arduino κατά κύριο λόγο απευθύνεται σε αρχάριους των ηλεκτρονικών, ενώ έχει αναλυτικότερες οδηγίες για την δημιουργία πλακέτας, δεν έχουν όλοι τις γνώσεις να τις κατασκευάσουν. Γι'αυτό ακριβώς τον λόγο, κυκλοφορούν έτοιμες πλακέτες Arduino στο διαδίκτυο σε πολύ προσιτές τιμές. Επίσης, οι περισσότεροι προμηθευτές με παραπάνω χρήματα μπορούν να διαθέσουν το Arduino Starter Kit το οποίο περιέχει διάφορα εξαρτήματα και εφαρμογές. Ακόμα διαπιστώνουμε ότι τρέχει σε αρκετά λειτουργικά συστήματα. Οι μηχανικοί λογισμικού ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh, OSX και Linux. Τα περισσότερα όμως συστήματα ανάπτυξης μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.

#### 4.6 Δυνατότητες του Arduino:

Αν και αρκετά μικρό (7\*5 cm) οι δυνατότητες που έχει είναι πάρα πολλές. Μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε σε εφαρμογές ρομποτικής και γενικότερα σε αυτοματισμούς καταφέροντας έτσι την κίνηση servo, stepper και DC κινητήρων, την λήψη πληροφοριών από διάφορους αισθητήρες όπως η υγρασία, οι υπέρυθρες κ.α. Επίσης, συνδέει σειριακά την επικοινωνία μεταξύ Arduino και pc χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού όπως η Java και η Python. Η πλακέτα Arduino αυτήν την στιγμή υπάρχει σε 12 βασικές παραλλαγές.

## 4.7 Εκδόσεις Arduino

Τον Σεπτέμβριο του 2006 ανακοινώθηκε το Arduino Mini.

Τον Οκτώβρη του 2008 ανακοινώθηκε το Arduino Duemilanove. Αρχικά βασίστηκε στο Atmel Atmega168, αλλά μετά στάλθηκε με το ATmega328.

Τον Μάρτιο του 2009 ανακοινώθηκε το Arduino Mega. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega1280.

Από τον Μάιο του 2011 πάνω από 300,000 Arduino ήταν σε χρήση σε όλο τον κόσμο[4]

Τον Ιούλιο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Leonardo. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4.

Τον Οκτώβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Due. Είναι βασισμένο στο Atmel SAM3X8E, που είχε πυρήνα ARM Cortex-M3.

Τον Νοέμβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Micro. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4.

Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Robot. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4 και ήταν το πρώτο επίσημο Arduino με ρόδες.

Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Yun. Είναι Βασισμένο στο ATmega32u4 και στο Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν wifi που συνδύαζε το Arduino με το Linux.

### Γενικά χαρακτηριστικά

Το Arduino βασίζεται στο μικροεπεξεργαστή ATmega328P της Atmel, έναν 8-bit AVR RISC-based 8MHz μικροεπεξεργαστή ο οποίος διαθέτει 32KB ISP Flash μνήμη με δυνατότητες ανάγνωσης-εγγραφής, 1KB EEPROM, 2KB SRAM, 23 E/E γενικού σκοπού, 32 καταχωρητές γενικού σκοπού, έναν 16-bit και δύο 8-bit ευελκτους timers/counters, εσωτερικά και εξωτερικά interrupts, σειριακή προγραμματιζόμενη USART SPI σειριακή θύρα, 10-bit A/D converter 6 καναλιών με δυνατότητες μέχρι 200KHz, προγραμματιζόμενο watchdog timer με εσωτερικό κρύσταλλο και 5 power saving λειτουργίες. Έχει επίσης εξωτερικό 16 MHz κρύσταλλο, με δυνατότητες επέκτασης στα 20 MHz. Ο κρύσταλλος αυτός συγχρονίζει την λειτουργία του Arduino, αφού ενεργεί ως πηγή ρολογιού, στέλνοντας σημάτα ON-OFF τα οποία αλλάζουν τη κατάσταση του συστήματος. Reset button, όταν κλείνει το κυκλώμα του γίνεται reset στο σύστημα. Διαθέτει τέσσερα Status LEDs. Το πρώτο είναι συνδεδεμένο στο pin 13, σε συνδυασμό με μία on-board αντίσταση του 1KΩ και χρησιμοποιείται για έλεγχο της σωστής λειτουργίας του συστήματος. Serial TX και Rx LEDs τα οποία υποδεικνύουν τη σωστή επικοινωνία με το PC ή κάποια άλλη σειριακή συσκευή (μέσα από τα digital pins 0 και 1). Power LED, το οποίο γίνεται ON όταν υπάρχει τροφοδοσία στο Arduino. Είτε on-board (Arduino Uno) είτε εξωτερικά (Arduino Pro Mini), για την επικοινωνία με τον υπολογιστή μέσω της θύρας USB χρησιμοποιείται κάποιο USB-to-serial chip (FT232RL, ATmega16U2 κτλ). Ο μικροεπεξεργαστής έχει δυνατότητα μόνο σειριακές επικοινωνίας. Το FTDI chip μετατρέπει τα USB σήματα σε σειριακά και αντίστροφα. Επιπλέον έχει έναν on-chip regulator στα 3.3V, δίνοντας την δυνατότητα διασύνδεσης με συσκευές που λειτουργούν στα 3.3V όπως το Xbee για ασύρματη επικοινωνία. Τέλος η πλατφόρμα διαθέτει διάφορα στοιχεία όπως πυκνωτής, διόδους και προσαρμοστής τάσης, για τη σταθεροποίηση και υποβιβασμό της τάσης τροφοδοσίας και προστασίας από βραχυκυκλώματα.

Συνοπτικά:

- Μικροεπεξεργαστής : ATmega328
- Τάση Λειτουργίας: 5V
- Προτεινόμενη τάση εισόδου: 7-12V
- Όρια τάσης εισόδου: 6-20V
- Ψηφιακά I/O pins: 14 (of which 6 provide PWM output)
- Αναλογικά pins εισόδου: 6
- DC ρεύμα για κάθε I/O Pin: 40 mA
- DC ρεύμα για 3.3V Pin: 50 mA
- Μνήμη Flash: 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Clock Speed: 16MHz

## 4.8 Hardware

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz. Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Στην χρήση του Arduino software stack, όλα τα boards προγραμματίζονται με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα για να μετατρέπει μεταξύ σήματος επιπέδου RS-232 και TTL. Τα τωρινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB, αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμοστικών chip USB-to-Serial όπως το FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αφαιρούμενο USB-to-Serial καλώδιο ή board, Bluetooth ή άλλες μεθόδους. (Όταν χρησιμοποιείτε με παραδοσιακά εργαλεία microcontroller αντί για το Arduino IDE, πρότυπος προγραμματισμός AVR ISP χρησιμοποιείτε).

Ο πίνακας Arduino εκθέτει τα περισσότερα microcontroller I/O pins για χρήση από άλλα κυκλώματα. Τα Diecimila, Duemilanove και το τρέχον Uno παρέχουν 14 ψηφιακά I/O pins, έξι από τα οποία μπορούν να παράγουν pulse-width διαμορφωμένα σήματα, και έξι αναλογικά δεδομένα. Αυτά τα pins βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα μέσω female headers 0.1 ιντσών (2,2mm). Διάφορες εφαρμογές ασπίδων plug-in είναι εμπορικώς διαθέσιμα.

Το Arduino nano, και το Arduino-Compatible Bare Bones Board και Boarduino Board ενδέχεται να παρέχει male header pins στο κάτω μέρος του board προκειμένου να συνδέονται σε Breadboards. Υπάρχουν πολλά boards συμβατά με και προερχόμενα από Arduino boards. Κάποια είναι λειτουργικά ισάξια με ένα Arduino και μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Πολλοί είναι το βασικό Arduino με την προσθήκη καινοτόμων output drivers, συχνά για την χρήση σχολικής μόρφωσης για να απλοποιήσουν την κατασκευή buggies και μικρών robot. Άλλες είναι ηλεκτρικά ισάξιες αλλά αλλάζουν τον παράγοντα μορφής, επιτρέποντας κάποιες φορές την συνεχόμενη χρήση των Shields ενώ κάποιες όχι. Κάποιες παραλλαγές είναι τελείως διαφορετικοί επεξεργαστές, με ποικίλα επίπεδα συμβατότητας.

## 4.9 Επίσημες πλακέτες arduino hardware

1. Το Serial Arduino, προγραμματισμένο με μία σειριακή DE-9 σύνδεση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
2. Το Arduino Extreme, με ένα USB interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
3. Το Arduino Mini, μία έκδοση μινιατούρας του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168
4. Το Arduino Nano, ένα ακόμα πιο μικρό, USB τροφοδοτούμενη έκδοχή του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168 (ATmega328 για την νεότερη έκδοση)
5. Το LilyPad Arduino, ένα μινιμαλιστικό σχέδιο για εφαρμογές ένδυσης και E-textiles χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega328
6. Το Arduino NG, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
7. Το Arduino NG plus, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία atmega168
8. Το Arduino Bluetooth, με Bluetooth interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168
9. Το Arduino Diecimila, με ένα USB interface και χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 σε ένα DIP28 πακέτο
10. Το Arduino Duemilanove (“2009”), χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 (ATmega328 για την καινούργια έκδοση) και τροφοδοτείτε μέσω ενέργειας USB/DC, αυτόματα εναλλασσόμενης
11. Το Arduino Mega, χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega1280 για περαιτέρω I/O και μνήμη[11]
12. Το Arduino Uno, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία ATmega328 όπως το τελευταίο μοντέλο Duemilanove, αλλά ενώ το Duemilanove χρησιμοποιεί ένα FTDI chipset για το USB, το Uno χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega8U2 προγραμματισμένο ως σειριακός μετατροπέας
13. Το Arduino Mega2560, χρησιμοποιεί τεχνολογία surface-mounted ATmega2560 φέρνοντας την ολική μνήμη στα 256kB. Επίσης ενσωματώνει την νέα τεχνολογία ATmega8U2 (ATmega16U2 σε αναθεώρηση τύπου 3) USB chipset.
14. Το Arduino Leonardo, με ένα ATmega32U4 chip που εξαλείφει την ανάγκη για συνδεσιμότητα μέσω USB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακό πληκτρολόγιο ή ποντίκι. Κυκλοφόρησε στο Maker Faire Bay Area το 2012
15. Το Arduino Esplora, με εμφάνιση που παραπέμπει σε χειριστήριο κονσόλας βιντεοπαιχνιδιών με joystick και ενσωματωμένους αισθητήρες για ήχο, φως, θερμοκρασία και επιτάχυνση
16. Το Arduino Due είναι ένα μικροχειριστήριο board βασισμένο στην τεχνολογία Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Είναι το πρώτο board της Arduino βασισμένη σε επεξεργαστή 32-bit ARM microcontroller.

#### 4.10 Μοντέλα Arduino που έχουν κυκλοφορήσει:



Εικόνα 4.3 Arduino UNO



Εικόνα 4.4 Arduino MEGA



Εικόνα 4.5 Arduino NANO



Εικόνα 4.6 Arduino Lily-pad



Εικόνα 4.7 Arduino PRO MINI



Εικόνα 4.8 Arduino LEONARDO



Εικόνα 4.9 Arduino MEGA 2560

#### 4.11: Μοντελα που θα κυκλοφορήσουν μέσα στο έτος 2016

Τουλάχιστον δύο επιπλέον μοντέλα Arduino θα κυκλοφορήσουν εντός του 2016. Αυτό δεν αποτελεί μυστικό. Η κυκλοφορία των 101 και MKR1000 έχει ανακοινωθεί, ήδη από τον Οκτώβριο το πρώτο και στις αρχές Δεκεμβρίου το άλλο.

Και τα δύο παρουσιάζουν ενισχυμένη συνδεσιμότητα καθιστώντας τα κατάλληλα για IoT εφαρμογές. Κανένα τους δεν βασίζεται στην κλασική σειρά ολοκληρωμένων Atmel megaAVR. Όσο για το όνομα τους, θα προωθούνται ταυτόχρονα με βάση δύο brand names, Arduino και Genuino, ενώ για πρώτη φορά μοντέλο Arduino δεν είναι λέξη αλλά αριθμός και κωδικός.

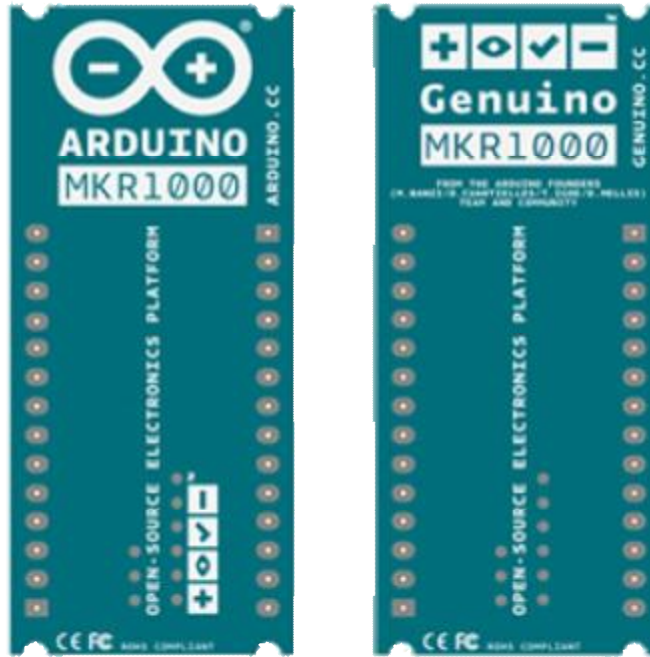
- *Arduino/genuino 101*



Εικόνα 4.10 Arduino/genuino

Το Arduino 101 είναι βασισμένο στο ολοκληρωμένο κύκλωμα Intel Curie. Έχει ενσωματωμένες δυνατότητες επικοινωνίας μέσω Bluetooth. Διαθέτει γυροσκόπιο/επιταχυνσιόμετρο 6-αξόνων. Η τάση λειτουργίας του κυρίως κυκλώματος του είναι τα 3.3Volts. Ο ρυθμιστής τάσης που περιλαμβάνει του επιτρέπει να τροφοδοτηθεί από εξωτερική πηγή τάσης έως και το πολύ 20Volts, ενώ οι λογικές εισόδους προστατεύονται μέχρι τα 5Volts. Το σχήμα του και οι υποδοχές του φαίνεται να είναι τέτοιες που να μπορούν να φιλοξενήσουν ένα κλασικό shield.

- *Arduino/genuino MKR 1000*



Εικόνα 4.11 ARDUINO MKR 1000

Το Arduino MKR1000 χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο ATSAMW25 της Atmel το οποίο παρέχει εκτός από υπολογιστική ισχύ και την δυνατότητα ασφαλούς επικοινωνίας μέσω WiFi. Και εδώ, η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος είναι τα 3.3Volts. Όπως αναφέρεται, μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω USB(5Volts) όμως τάσεις μεγαλύτερες των 3.3Volts στις εισόδους του είναι ικανές να του προκαλέσουν βλάβη. Ένα χαρακτηριστικό του που το ξεχωρίζει είναι το κύκλωμα ελέγχου φόρτισης μπαταρίας του. Το MKR1000 αναλαμβάνει να φορτίζει σωστά την μπαταρία Li-Po(Λιθίου-Πολυμερών) που προαιρετικά μπορεί να το συνοδεύει.

#### 4.12: Arduino shields

Shield ονομάζονται τα εξαρτήματα που συνδέονται απευθείας με όλα τα pin του Arduino.

Το Arduino Wi-Fi Shield συνδέει ασύρματα το Arduino στο διαδίκτυο.

Το Arduino Ethernet Shield συνδέει το Arduino στο διαδίκτυο με καλώδιο RJ45.

Το Wireless SD Shield δημιουργεί ασύρματη επικοινωνία με ασύρματη μονάδα με πλακέτα Arduino. Η μονάδα μπορεί να επικοινωνήσει έως και 100 πόδια σε εσωτερικούς χώρους και έως 300 πόδια σε εξωτερικούς χώρους. Η μονάδα περιλαμβάνει μια θύρα υποδοχής SD.

Το Arduino Motor Shield επιτρέπει την οδήγηση δυο DC κινητήρων απο την ίδια συσκευή ελέγχοντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση του καθενός ξεχωριστά.



## 4.13 Arduino UNO



Εικονα 4.12 Arduino UNO

Το Arduino / genuino Uno είναι ένα ενσωματωμένος μικροελεγκτή με βάση την ATmega328P. Έχει 14 ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξόδοι PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ένα 16 MHz κρύσταλλο χαλαζία, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή τροφοδοσίας, μια κεφαλίδα ICSP και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή απλά πρέπει να συνδεθεί σε έναν υπολογιστή με ένα καλώδιο USB ή τροφοδοσίας με προσαρμογέα AC-to-DC ή μπαταρία.

"Uno" σημαίνει ένα στα ιταλικά και επιλέχτηκε για να σηματοδοτήσει την απελευθέρωση του Arduino λογισμικού (IDE) 1.0. Το διοικητικό συμβούλιο και η έκδοση 1.0 του Arduino λογισμικού (IDE) Uno ήταν οι εκδόσεις αναφοράς του Arduino, πλέον έχει εξελιχθεί σε νεότερες εκδόσεις. Το διοικητικό συμβούλιο Uno είναι η πρώτη σε μια σειρά από πίνακες Arduino USB, και το μοντέλο αναφοράς για την πλατφόρμα Arduino.

· *Τεχνικές προδιαγραφές:*

Μικροελεγκτή ATmega328P

Τάση λειτουργίας 5V

Τάση εισόδου (συνιστάται) 7-12V

Τάση εισόδου (όριο) 6-20V

Digital I / O Καρφίτσες 14 (εκ των οποίων 6 παρέχουν PWM εξόδου)

PWM Digital I / O Καρφίτσες 6

Αναλογική Είσοδος Pins 6

DC ρεύματος ανά I / O Pin 20 mA

DC ρεύμα για 3.3V Pin 50 mA

Μνήμη Flash 32 KB (ATmega328P)

εκ των οποίων 0,5 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader

SRAM 2 KB (ATmega328P)

EEPROM 1 KB (ATmega328P)

Ταχύτητα ρολογιού 16 MHz

Μήκος 68,6 χιλιοστά

Πλάτος 53,4 χιλιοστά

Βάρος 25 g

- *Οι ακροδέκτες του Arduino:*

Το Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATMEGA υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία την οποία το Arduino προωθεί μέσα απο έναν ελεγκτή Serial-Over-USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται απο τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και το αντίθετο μέσα απο το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.

Στην επάνω πλευρά του Arduino υπάρχουν 14 θηκικά pin και ξεκινούν απο το 0-13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές είσοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και καθε ένα απο αυτά μπορεί να δεχτεί 40 mA.

Σαν έξοδος ένα απο αυτά τα pin μπορεί να τεθεί απο το πρόγραμμά μας σε κατάσταση High ή Low, έτσι το arduino θα ξέρι τότε θα πρέπει να δώσει ή να μην δώσει ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ανάψουμε κ να σβήσουμε ένα LED που έχουμε να συνδέσουμε στο συγκεκριμένο pin.

Μερκά απο αυτά τα 14 pin εκτός απο αυτές τις ψηφιακές είσοδοι κ έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία όπως:

1. Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμά μας ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Όταν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στην σειριακή αυτά προωθούνται και στην θύρα USB έσω του ελεγκτή serial-Over-USB αλλά και στο pin 0, για να τα διαβάσει μια άλλη συσκευή. Δηλαδή αν στο πρόγραμμά μας ενεργοποιήσουμε το σειριακό interface, χάνουμε 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους.
2. Τα pin 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt. Μπορούμε με το πρόγραμμά μας να τα ρυθίσουμε έτσι ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές είσοδοι στις οποίες όταν κάνουμε κάποια αλλαγή, η ροή του προγράμματος σταματάει άμεσα και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt λειτουργούν σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
3. Τα pin 3, 5, 6, 9, 10, 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation) είναι το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε για παράδειγμα να συνδέσουμε ένα LED σε κάποιο απο αυτά τα pin και να ελέγξουμε την φωτεινότητα του με ανάλυση 8 bit.
4. *SPI: Ακίδες 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).* Οι ακίδες αυτές υποστηρίζουν SPI επικοινωνία μεταξύ του Arduino και εξωτερικών σειριακών περιφερειακών μονάδων, όπως εξωτερικές μνημες και Shift Registers.
5. *Αναλογικές Είσοδοι:* Ακίδες A0, A1, A2, A3, A4, A5. Καθεμία από τις οποίες παρέχει 10-bit ανάλυσης Analog to Digital μετατροπή με εξ ορισμού τάση

αναφοράς τα 5V. Η τάση αναφοράς μπορεί να αλλάξει, χρησιμοποιώντας την ακίδα *AREF*.

6. *I2C*: Ακίδες A4(SDA) και A5(SCL). Υποστηρίζει I2C (TWI) επικοινωνία, χρησιμοποιώντας την *Wire library*.
7. *Reset*: Όταν τίθεται σε LOW τιμή, κάνει reset τον μικροεπεξεργαστή.
8. *ICSP*: In-circuit Serial Programmer. Δίνει την δυνατότητα άμεσου ανεβάσματος ενός sketch στο Arduino με χρήση εξωτερικού προγράμματος και του κατάλληλου λογισμικού (AVR Dude), χωρίς την ύπαρξη bootloader, κερδίζοντας έτσι χώρο μνήμης και χρόνο ανεβάσματος ενός sketch στην πλατφόρμα. Επιπλέον παρέχει την δυνατότητα «καψίματος» ενός νέου bootloader στον μικροεπεξεργαστή.

Στην κάτω πλευρά του Arduino με την σήμανση ANALOG IN, θα βρούμε μια σειρά από 6 pin, από το 0-5. Το κάθε ένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή.

#### · Τροφοδοσία:

Το Arduino Duemilano τροφοδοτείται είτε από εξωτερική τροφοδοσία είτε απευθείας από την θύρα USB. Ως εξωτερική τροφοδοσία ορίζεται μια μπαταρία ή ένας μετασχηματιστής 9 Volt από 220V. Η μπαταρία μπορεί να συνδεθεί στις μπαταρίες του Arduino Vin και GND, όπου τοποθετούνται ο θετικός πόλος και ο αρνητικός. Όμως, αν ο τροφοδοτήσουμε με μετασχηματιστή απλά τοποθετούμε με βύσμα στην υποδοχή που υπάρχει με τον θετικό πόλο στο κέντρο.

Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική πηγή από 6 έως 30 Volts. Αν τροφοδοτηθεί με λιγότερα από 7 Volt τα pin εξόδου 5 volt δεν θα καταφέρουν να εξάγουν τάση 5 Volts. Αν όμως δώσουμε πάνω από 12 volts θα υπερμανθεί ο σταθεροποιητής τάσης στην πλακέτα και ενδεμένως θα καταστραφεί. Επομένως, μια ιδανική τάση είναι τα 9 Volts.

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι οι παρακάτω:

- *Vin*: ακροδέκτης για μη σταθεροποιημένη τάση. Συνήθως εδώ συνδέεται μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.
- *5V*: ακροδέκτης σταθεροποιημένης τάσης 5 volt. Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή ή άλλων μικροελεγκτικών στοιχείων.
- *3.3V*: Το ολοκληρωμένο FDTI που βρίσκεται στην πλακέτα του arduino παράγει τάση των 3.3V με μέγιστο ρεύμα 50mA.
- *GND*: ακροδέκτες γείωσης.

#### Μνήμη:

Το Arduino βασίζεται στον ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz. Ο ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:

2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματά σας για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. κατά το runtime. Όπως και

σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.

1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων ανά byte από τα προγράμματά σας κατά το runtime. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.

32Kb μνήμης Flash, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των δικών σας προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή σας. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματά σας, λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματός σας σε μεταγλωττισμένη μορφή).

### *Ενσωματωμένα κουμπιά και LED:*

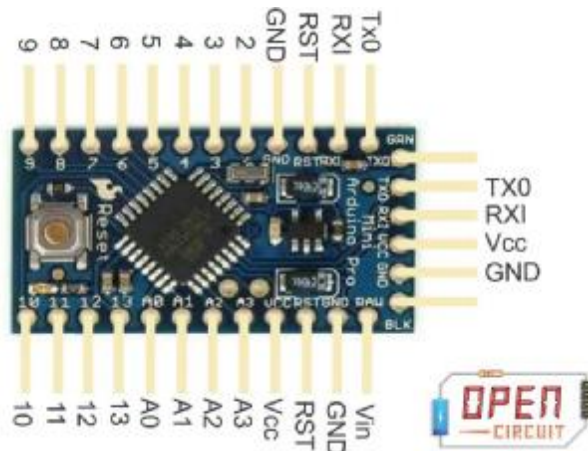
Πάνω στην πλακέτα του Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης.

Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και του ενός LED με την σήμανση POWER είναι μάλλον προφανής.

Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB. Σημειώστε ότι τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1.

Τέλος, υπάρχει το LED με την σήμανση L. Η βασική δοκιμή λειτουργίας του Arduino είναι να του αναθέσετε να αναβοσβήνει ένα LED (θα το δείτε αυτό στην συνέχεια όταν θα φτιάξετε την πρώτη εφαρμογή σας). Για να μπορείτε να το κάνετε αυτό από την πρώτη στιγμή, χωρίς να συνδέσετε τίποτα πάνω στο Arduino, οι κατασκευαστές του σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα, το οποίο σύνδεσαν στο ψηφιακό pin 13. Έτσι, ακόμα και αν δεν έχετε συνδέσει τίποτα πάνω στο φυσικό pin 13, αναθέτοντάς του την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμά σας, θα ανάψει αυτό το ενσωματωμένο LED.

#### 4.14: Arduino PRO MINI



Εικόνα 4.13 Arduino PRO MINI

Το Arduino Pro Mini είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή με βάση την ATmega328P. Έχει 14 ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξοδοί PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ένα αντηχείο επί του σκάφους, ένα κουμπί επαναφοράς, και οπές για την τοποθέτηση κεφαλίδες καρφίτσα. Μια κεφαλίδα έξι καρφίτσα μπορεί να συνδεθεί με ένα καλώδιο FTDI ή Sparkfun συμβούλιο ξεμπλοκάρισμα για την παροχή ενέργειας και επικοινωνίας USB στην πλακέτα.

Το Arduino Pro Mini προορίζεται για ημι-μόνιμη εγκατάσταση σε αντικείμενα ή εκθέσεις. Το διοικητικό συμβούλιο έρχεται χωρίς προ-mounted κεφαλίδες, επιτρέποντας τη χρήση των διαφόρων τύπων συνδετήρων ή άμεση συγκόλληση των καλωδίων. Η διάταξη pin είναι συμβατό με το Arduino Mini.

Υπάρχουν δύο εκδόσεις του Pro Mini. Ένα τρέχει σε 3.3V και 8 MHz, από την άλλη σε 5V και 16 MHz.

Το Arduino Pro Mini έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί από την SparkFun Electronics.

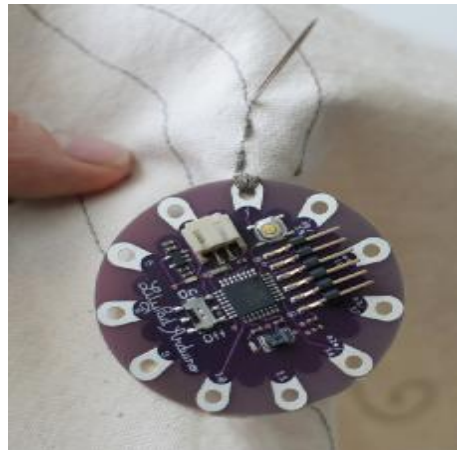
Το Arduino Pro Mini μπορεί να τροφοδοτείται με ένα καλώδιο FTDI ή ξεμπλοκάρισμα πλακέτα συνδεθεί με έξι pin header της, είτε με ρυθμιζόμενη 3.3V ή 5V εφοδιασμού (ανάλογα με το μοντέλο) στον πείρο Vcc. Υπάρχει ένα ρυθμιστή τάσης επί του σκάφους έτσι ώστε να μπορεί να δεχθεί τάσης μέχρι 12VDC. Αν είστε παροχή ανεξέλεγκτη εξουσία του διοικητικού συμβουλίου, να είστε βέβαιος να συνδεθεί με το pin "RAW" για να μην VCC.

Οι ακίδες ισχύος είναι ως εξής:

- RAW. Για την παροχή πρώτων τάσης στο διοικητικό συμβούλιο.

μικροελεγκτή	ATmega328
Τάση λειτουργίας	3.3V ή 5V (ανάλογα με το μοντέλο)
Τάση εισόδου	3,35 -12 V (μοντέλο 3.3V) ή 5-12 V (μοντέλο 5V)
Digital I / O Pins	14 (εκ των οποίων 6 παρέχουν έξοδο PWM)
Αναλογική Pins Εισόδου	6
DC ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
μνήμης flash	32 kB (εκ των οποίων 0,5 kB χρησιμοποιούνται από bootloader)
SRAM	2 kB
EEPROM	1 kB
ρολόι Ταχύτητα	8 MHz (μοντέλο 3.3V) ή 16 MHz (5V μοντέλο)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>VCC</i>. Η ρυθμιζόμενη παροχή 3,3 ή 5 volt.</li> <li>· <i>GND</i>. Καρφίτσες εδάφους.</li> </ul>

#### 4.15 Arduino lilly pad:



Εικόνα 4.14 Arduino Lilly PAD

Το LilyPad είναι ένα σύνολο sewable ηλεκτρονικών κομμάτια έχουν σχεδιαστεί για να σας βοηθήσει να οικοδομήσουμε μαλακό διαδραστικά υφάσματα. Ένα σύνολο sewable ηλεκτρονικές μονάδες, συμπεριλαμβανομένης της ένα μικρό προγραμματιζόμενο υπολογιστή που ονομάζεται LilyPad Arduino-μπορούν να ενωθούν με αγωγίμο νήμα για τη δημιουργία διαδραστικών ενδύματα και αξεσουάρ. LilyPad μπορεί να αισθανθεί πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον, χρησιμοποιώντας εισόδους όπως αισθητήρες φωτός και θερμοκρασίας και μπορεί να ενεργήσει για το περιβάλλον με εξόδους όπως LED φώτα, κινητήρες δονητή, και τα ηχεία.

LilyPad σχεδιάστηκε από Lrach Buechley. Η εμπορική έκδοση του kit σε συνεργασία σχεδιάστηκε από Leah και Spark Fun Electronics.

#### Χαρακτηριστικά:

μικροελεγκτή	AT MEGA 28
--------------	------------

Τάση λειτουργίας	02.07 - 05.05 V
Τάση εισόδου	02.07 - 05.05 V
Digital I / O Pins	14
PWM Κανάλια	6
Αναλογικά εισόδου	κανάλια 6
DC ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
μνήμης flash	16 KB (εκ των οποίων 2 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
ρολόι Ταχύτητα	8 MHz

#### 4.16 Arduino LEONARDO:



Εικόνα 4.15 LEONARDO

Το Arduino Leonardo είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή με βάση την ATmega32U4. Έχει 20 ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 7 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έξοδοι PWM και 12 ως αναλογικές εισόδους), ένα 16 MHz κρύσταλλο ταλαντωτής, ένα μικρο σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, μια κεφαλίδα ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή.

Ο Leonardo διαφέρει από όλες τις προηγούμενες πλάκες από το γεγονός ότι η ATmega32U4 έχει ενσωματωμένο επικοινωνίας USB, εξαλείφοντας την ανάγκη για μια δευτερεύουσα επεξεργαστή. Αυτό επιτρέπει στον Leonardo να εμφανιστεί σε έναν συνδεδεμένο υπολογιστή ως ποντίκι και το πληκτρολόγιο, εκτός από ένα εικονικό (CDC) σειριακή / θύρα COM.

Το Arduino Leonardo μπορεί να τροφοδοτείται μέσω του micro USB σύνδεση ή με εξωτερικό τροφοδοτικό. Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα.

Εξωτερικά (μη-USB) δύναμη μπορεί να προέλθει είτε από ένα AC-σε-DC προσαρμογέα (τοίχος-κονδυλωμάτων) ή μπαταρία. Ο προσαρμογέας μπορεί να συνδεθεί με τη σύνδεση ενός 2,1 χιλιοστά κέντρο θετικό βύσμα στην υποδοχή δύναμη του διοικητικού συμβουλίου.

Οδηγεί από μια μπαταρία μπορεί να εισαχθεί στα Gnd και Vin pin headers της σύνδεσης POWER.

μικροελεγκτή	ATmega32u4
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12V
Τάση εισόδου (όρια)	6-20V
Digital I / O Pins	20
PWM Κανάλια	7
Αναλογικά εισόδου κανάλια	12
DC ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
DC ρεύμα για 3.3V Pin	50 mA
μνήμης flash	32 KB (ATmega32u4) εκ των οποίων 4 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
ρολόι Ταχύτητα	16 MHz
Μήκος	68,6 χιλιοστά
Πλάτος	53,3 χιλιοστά
Βάρος	20g

#### 4.17 Arduino MEGA 2560



ΕΙΚΟΝΑ 4.16 Arduino MEGA 2560



Το Mega 2560 είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή με βάση την ATmega2560. Έχει 54 ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 15 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (hardware σειριακές θύρες), ένα 16 MHz ταλαντωτή κρυστάλλου, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, μια κεφαλίδα ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή. απλά συνδέστε το σε έναν υπολογιστή με ένα καλώδιο USB ή εξουσία με ένα προσαρμογέα AC-σε-DC ή μπαταρία για να ξεκινήσετε. Το Mega 2560 πίνακας είναι συμβατό με τις περισσότερες ασπίδες έχουν σχεδιαστεί για το Uno και τα πρώην διοικητικά συμβούλια Duemilanove ή Diecimila.

#### Χαρακτηριστικά:

μικροελεγκτή	AT MEGA 2560
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12V
Τάση εισόδου (όριο)	6-20V
Digital I / O Pins	54 (εκ των οποίων 15 παρέχουν έξοδο PWM)
Αναλογική Pins Εισόδου	16
DC ρεύμα ανά I / O Pin	20 mA
DC ρεύμα για 3.3V Pin	50 mA
μνήμης flash	256 KB εκ των οποίων 8 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
ρολόι Ταχύτητα	16 MHz
Μήκος	101,52 χιλιοστά
Πλάτος	53,3 χιλιοστά
Βάρος	37 g

#### 4.18 Arduino NANO:



Εικόνα 4.17 Arduino NANO

Το Arduino Nano είναι ένα μικρό, πλήρη, και breadboard φιλικό προς το διοικητικό συμβούλιο με βάση την ATmega328. Έχει περισσότερο ή λιγότερο το ίδιο λειτουργικότητα του Arduino Duemilanove, αλλά σε διαφορετική συσκευασία. Στερείται μόνο μια υποδοχή ρεύματος DC, και λειτουργεί με ένα καλώδιο USB Mini-B αντί για ένα συνηθισμένο. Το Nano σχεδιάστηκε και παράγεται από Gravitech. Το Arduino Nano μπορεί να τροφοδοτείται μέσω της σύνδεσης USB Mini-B, 6-20V ανεξέλεγκτη εξωτερική τροφοδοσία (pin 30), ή 5V ρυθμιζόμενη εξωτερικό τροφοδοτικό (pin 27). Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα με την υψηλότερη πηγή τάσης.

#### Χαρακτηριστικά:

μικροελεγκτή	Atmel ATmega168 ή ATmega328
Τάση λειτουργίας (λογικό επίπεδο)	5 V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12 V
Τάση εισόδου (όρια)	6-20 V
Digital I / O Pins	14 (εκ των οποίων 6 παρέχουν έξοδο PWM)
Αναλογική Pins Εισόδου	8
DC ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
μνήμης flash	16 KB (ATmega168) ή 32 KB (ATmega328) εκ των οποίων 2 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) ή 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) ή 1 KB (ATmega328)
ρολόι Ταχύτητα	16 MHz
Διαστάσεις	0.73 "x 1.70"
Μήκος	45 χιλιοστά
Πλάτος	18 mm
Βάρος	5 g

#### 4.19 Arduino MEGA



Εικόνα 4.18 Arduino MEGA

Το Mega Arduino είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή με βάση την ATmega1280 . Έχει 54 ψηφιακές καρφίτσες εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (hardware σειριακές θύρες), ένα 16 MHz ταλαντωτή κρυστάλλου, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, μια κεφαλίδα ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή? απλά συνδέστε το σε έναν υπολογιστή με ένα καλώδιο USB ή εξουσία με ένα προσαρμογέα AC-σε-DC ή μπαταρία για να ξεκινήσετε. Το Mega είναι συμβατό με τις περισσότερες ασπίδες έχουν σχεδιαστεί για το Arduino Duemilanove ή Diecimila.

#### Χαρακτηριστικά:

μικροελεγκτή	ATmega1280
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12V
Τάση εισόδου (όρια)	6-20V
Digital I / O Pins	54 (εκ των οποίων 15 παρέχουν έξοδο PWM)
Αναλογική Pins Εισόδου	16
DC ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
DC ρεύμα για 3.3V Pin	50 mA
μνήμης flash	128 KB εκ των οποίων 4 KB που χρησιμοποιούνται από bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
ρολόι Ταχύτητα	16 MHz

## 4.20 Arduino IDE και σύνδεση με τον υπολογιστή:



Εικόνα 4.19 Arduino IDE

Το Arduino IDE είναι ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων (τα οποία ονομάζονται sketch στην ορολογία του Arduino) με συντακτική χρωματική σήμανση, αρκετά έτοιμα παραδείγματα, μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της γλώσσας και για να χειρίζεστε εύκολα μέσα από τον κώδικά σας τα εξαρτήματα που συνδέετε στο Arduino, τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch σας, ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά της επιλογής σας στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το debugging των sketch σας και την επιλογή να ανεβάσετε το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.

- Ψηφιακή έξοδος:

Ο Arduino Diecimila έχει ουσιαστικά δύο βασικές διαφορές με το Duemilanove:

Βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega168, ο οποίος διαθέτει ακριβώς την μισή μνήμη από τον ATmega328, δηλαδή 1Kb SRAM, 512bytes EEPROM και 16Kb Flash (14 ελεύθερα λόγω του bootloader). Δεν επιλέγει αυτόματα μεταξύ της εξωτερικής τροφοδοσίας και της τροφοδοσίας μέσω της θύρας USB. Το Diecimila διαθέτει ειδικό jumper με το οποίο μπορείτε να επιλέξετε χειροκίνητα την πηγή τροφοδοσίας.

## 4.21 Προγραμματίζοντας ένα Arduino:

Ένα τυπικό πρόγραμμα για έναν μικροελεγκτή είναι απλά όταν αναβοσβήνει ένα LED. Στο περιβάλλον Arduino ο χρήστης μπορεί να γράψει ένα πρόγραμμα σαν κ αυτο:

```
#define LED_PIN 13

void setup ()

{

pinMode (LED_PIN, OUTPUT); // enable pin 13 for digital output

}

void loop ()

{

digitalWrite (LED_PIN, HIGH); // turn on the LED

delay (1000); // wait one second (1000 milliseconds)

digitalWrite (LED_PIN, LOW); // turn off the LED

delay (1000); // wait one second

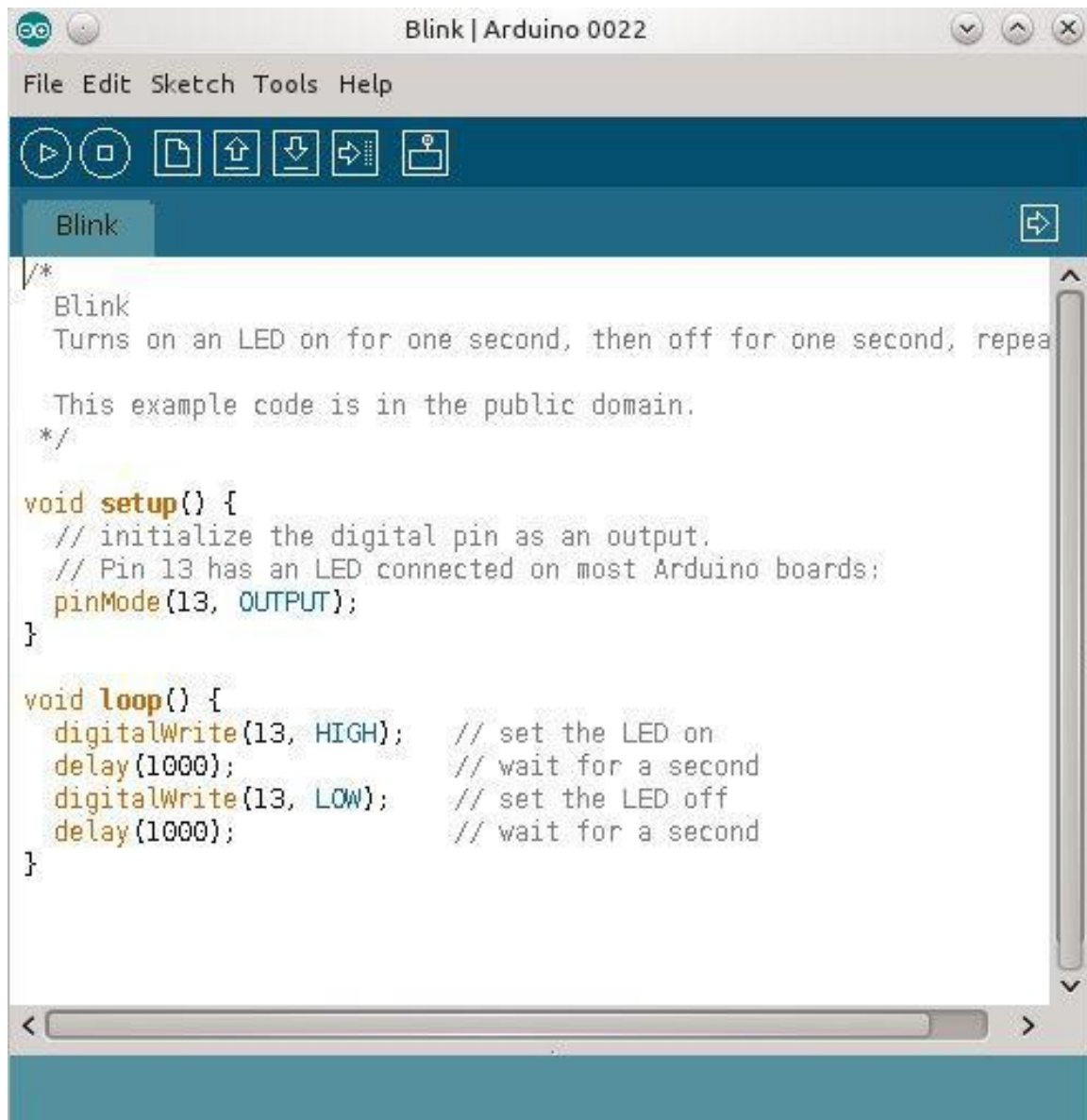
}

}
```

Είναι ένα χαρακτηριστικό των περισσότερων πλακετών Arduino ότι έχουν ένα LED και μια αντιστάση φορτίου που συνδέονται μεταξύ των pin 13 και των εδάφους. Ο προηγούμενος κωδικός δεν θα μπορούσε να αναγνωριστεί από έναν μεταγλωτιστή C++ ως έγκυρο πρόγραμμα, έτσι ώστε όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί "Upload to I/O board" στο IDE, ένα αντίγραφο του κώδικα θα γραφτεί σε ένα προσωπικό αρχείο με ένα επιπλέον include στην κορυφή και μια απλή συνάρτηση main() στο κάτω μέρος, για να φτιαχίσει ένα έγκυρο C++ πρόγραμμα. Το IDE του Arduino χρησιμοποιεί το GNU toolchain και AVR libC για την μεταγλώττιση των προγραμμάτων και το avrdude, για την φόρτωση προγραμμάτων στην πλακέτα. Δεδομένου ότι η πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιεί Atmel μικροελεγκτές το περιβάλλον ανάπτυξης της Atmel, AVR Studio ή η νεότερη έκδοση του Atmel Studio, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη λογισμικού για το Arduino.








## 5.1 Το περιβάλλον ανάπτυξης:

Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μια πολυπλατφορμική εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασίζεται στο περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Processing:



Εικονα 4.20 Το περιβαλλον αναπτυξης του Arduino

## 5.2 Βασικές λειτουργίες του IDE:

	Έλεγχος του κώδικα για λάθη.
	Τερματισμός της σειριακής κονσόλας.
	Δημιουργία νέου έργου (sketch)
	Παρουσίαση μενού με όλα τα αποθηκευμένα έργα. Πατώντας σε ένα από αυτά ανοίγει για επεξεργασία.
	Αποθήκευση του έργου.
	Μεταγλώττιση του κώδικα και ανέβασμά του στο Arduino.
	Εμφάνιση της σειριακής κονσόλας. Αποστολή και λήψη δεδομένων που στάλθηκαν μέσω της σειριακής θύρας.

Εικόνα 5.2 Λειτουργίες IDE

### · Ρυθμίσεις του περιβάλλοντος ανάπτυξης:

Οι βασικές ρυθμίσεις που πρέπει να κάνουμε από την στιγμή που ενωσουμε το Arduino στο σύστημά μας είναι:

1. Από το μενού Tools -> Board επιλεγούμε την πλακέτα που έχουμε
2. Από το μενού Tools -> Serial Port επιλεγούμε την σειριακή θύρα ή την θύρα USB που έχουμε συνδεδεμένο το Arduino.

Οι ρυθμίσεις που αφορούν το μέγεθος του κειμένου, τον φακέλο αποθήκευσης, και την χρήση εξωτερικού κειμενογράφου βρίσκονται στην καρτέλα Preferences ( File -> Preferences). Αν θέλουμε να πραγματοποιήσουμε περισσότερες ρυθμίσεις μπορούμε να κάνουμε αλλαγές το αρχείο preferences.txt (πχ στο λειτουργικό σύστημα του Linux βρίσκεται στον φάκελο του χρήστη ~/.Arduino/preferences.txt).

### · Δομή προγράμματος:

Η δομή ενός τυπικού προγράμματος του Arduino είναι η εξής:

```
// Δηλώσεις μεταβλητών
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
// αρχιοποιήσεις
```

```
}
```

```
void loop ( )
```

```
{  
//...  
}
```

Υπάρχουν δυο βασικές συναρτήσεις σε ένα τυπικό πρόγραμμα Arduino:

Η συνάρτηση **setup()** που εκτελείτε στην αρχή του προγράμματος και για μια μόνο φορά. Χρησιμοποιείτε για τις αρχικοποιήσεις των μεταβλητών, τις δηλώσεις των pin (αν θα είναι είσοδος ή έξοδος) και τις αρχικοποιήσεις των βιβλιοθηκών.

Η συνάρτηση **loop()** χρησιμοποιείτε όταν ο κωδικός που γραφεται μέσα στην συνάρτηση αυτήν επαναλαμβάνεται συνεχώς δίνοντας την δυνατότητα στο πρόγραμμα μας να αλλάζει τιμές και το Arduino να ανταποκρίνεται ανάλογα.

- *Μεταβλητές*

Μεταβλητή στην γλώσσα του προγραμματισμού ονομάζουμε ένα γλωσσικό αντικείμενο που μπορεί να λαβεί διάφορες τιμές μια κάθε φορά. Οι τιμές μιας μεταβλητής περιορίζονται συνήθως σε ένα τυπο δεδομένων.

Οι βασικοί τυποί δεδομένων στο Arduino είναι:

1. *byte*: αποθηκεύει μια αριθμητική τιμή 8-bit χωρίς δεκαδικά ψηφία, παίρνουν τιμές από 0 μέχρι 255.
2. *int*: παίρνουν τιμές από -32,768 μέχρι 32767.
3. *long*: μεγάλου μεγέθους, παίρνουν τιμές από -2,147,483,648 μέχρι 2,147,483,647
4. *float*: πραγματικοί αριθμοί, παίρνουν τιμές από  $3.4 \times 10^{-38}$  μέχρι  $3.4 \times 10^{38}$   
Τις μεταβλητές μπορούμε να τις δηλώσουμε στην αρχή του προγράμματος μας:

**Int myvariable;**

Μπορούμε επίσης να δώσουμε αρχική τιμή στην μεταβλητή ταυτόχρονα με την δήλωσή της:

**Int myvariable = 47;**

- *Σταθερές:*

Οι σταθερές είναι αντικείμενα τα οποία παίρνουν μόνο μια τιμή, και δηλώνονται μαζί με τις μεταβλητές:

**#define ledPin 13**

- *Πίνακες:*

Πίνακα ονομάζουμε την διαταξη δεδομένων μιας ή περισσότερων διαστάσεων η οποία είναι συγκεκριμένου τυπού δεδομένων. Για παράδειγμα αν έχουμε έναν πίνακα ακραίων 5 θέσεων τον οποίο ονομάζουμε **myarray** τον δηλώνουμε όπως βλέπουμε παρακάτω:



**int myarray [5];**

Για να δώσουμε τιμή στο τέταρτο στοιχείο του πίνακα myarray γράφουμε:

**myarray [3] = 12;**

επίσης μπορούμε να γεμίσουμε τον πίνακα ταυτόχρονα με την δήλωση του:

**int myarray[] = {12, 45, 32, 61, 55};**

- *Αριθμητικοί τελεστές*

Οι αριθμητικοί τελεστές καλύπτουν τις βασικές πράξεις: πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση (+, -, \*, /).

Όπως:

**sum = 458 + 954;**

- *Τελεστές σύγκρισης*

Με τους τελεστές σύγκρισης μπορούμε να ελεγχουμε αν μια συγκεκριμένη συνθήκη μεταξύ μεταβλητών ή σταθερών είναι "Αληθής". Ποιοι συγκεκριμένα υπάρχουν οι παρακάτω τελεστές σύγκρισης:

- x == y το x είναι ίσο με το y
- x != y το x είναι άνισο με το y
- x < y το x είναι μικρότερο με το y
- x > y το x είναι μεγαλύτερο με το y
- x <= y το x είναι μικρότερο ή ίσο με το y
- x >= y το x είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το y

- *Λογικοί τελεστές:*

Με τους λογικούς τελεστές μπορούμε να συγκρίνουμε δύο ή περισσότερες εκφράσεις, δίνοντας αποτέλεσμα "Αληθής" ή "Ψευδής".

Υπάρχουν τρεις λογικοί τελεστές:

- Λογικό **ΚΑΙ &&** - επιστρέφει "Αληθής" αν όλες οι εκφράσεις είναι "Αληθής"
- Λογικό **Ή ||** - επιστρέφει "Αληθής" αν μια από τις εκφράσεις είναι "Αληθής"
- Λογικό **ΟΧΙ !** - επιστρέφει "Αληθής" αν η εκφράση είναι "Ψευδής"

*Παράδειγμα:*

```
if(x > 0 && x < 5)
{
//κώδικας
}
```

Στο παρακατω κομματι κωδικα γίνεται έλεγχος αν το x ειναι μεγαλυτερο απο το 0 ΚΑΙ μικροτερο απο το 5 τοτε εκτελειτε ο κωδικας που βρισκεται μέσα στις αγκυλες. Με λίγα λογια η συναρτηση **If()** ελεγχει αν η συνθηκη μεσα στις παρενθεσεις ειναι "Αληθης".

*Ένα αλλο παράδειγμα:*

```
if(!x > 0)
{
//κωδικας
}
```

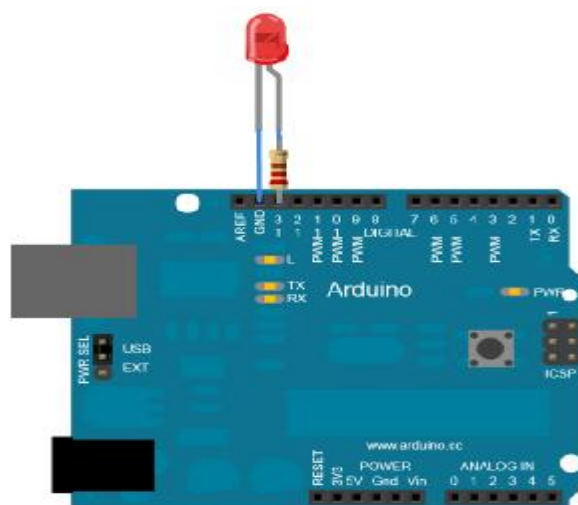
Εδω γινεται ελεγχος αν το x ειναι μεγαλυτερο απο το 0, αν αυτη η συνθηκη δεν ισχυει τοτε εχουμε το αποτελεσμα "Αληθης", και εκτελειτε ο κωδικας μεσα στις αγκυλες.

### 5.3 Arduino Example:

Στις περισσοτερες γλωσσες προγραμματισμου, το πρωτο προγραμμα που τυπωνεται στην οθωνη ειναι το "hello world". Απο μια πλακετα Arduino που δεν εχει οθωνη θα αναβοσβησει ενα κουμπι LED.

Οι πινακες εχουν σχεδιασει ωστε να ειναι ευκολο να αναβοσβηνει ένα LED που χρησιμοποιει την ψηφιακη pin 13. Μερικoi (οπως ο Diecimila και ο LilyPad) εχουν το LED ενσωματωμενο στην πλακετα ενω σε αλλες (οπως το Mini και BT), υπαρχει 1 ΚΒ αντισταση στον πειρο, που μας επιτρεπει να συνδεουμε ενα LED άμεσα. Για να συνδεσουμε ενα LED σε ενα αλλο ψηφιακο pin, θα πρεπει να χρησιμοποιουμε μια εξωτερικη αντισταση.

Τα LED εχουν πολικότητα, πραγμα που σημαινει οτι θα αναψει μονα αν προσανατολιστουν σωστα τα ποδια. Το μακρυ ποδι ειναι θετικη λαμπα και πρπει να συνδεθει με τον ακροδεκτη 13. Το κοντο ποδι συνδεεται με GND (η λαμπα του LED θα εχει ια θετικη ακμη σε αυτην την πλευρα).



Εικονα 5.3 Turn and LED on and off

## 5.4 Κωδικας:

```
int ledPin = 13; // LED συνδεεται στο ψηφιακο pin 13

void setup()

{

pinMode(ledPin, OUTPUT); // ορισμος ψηφιακου pin ως εξοδος

}

void loop()

{

digitalWrite(ledPin, HIGH); // ορισε το LED ανοιχτο
delay(1000); // περιμενε για ενα λεπτο
digitalWrite(ledPin, LOW); // ορισε το LED κλειστο
delay(1000); // περιμενε ενα λεπτο

}
```

## 6.1 Arduino ως εκπαιδευτικο εργαλειο

Τα ενσωματωμενα συστηματα εκτος από ένα προγραμμα αποτελουν και εκπαιδευτικο εργαλειο για την αναπτυξη νοητικων δεξιοτητων. Σε αυτό το κεφαλαιο θα δειξουμε μια διαφορετικη εκμαθηση των ενσωματωμενων συστηματων με την βοηθεια της πλατφορμας Arduino. Η παρατηρηση και η αυτοξιολογηση των μαθητων του σχολειου που εγινε το πειραμα εδειξε πως η συγκεκριμενη εκπαιδευτικη δραστηριοτητα τους βοηθησε να κατανοησουν τη λειτουργια των ενσωματωμενων συστηματων αλλα και τεχνολογικων εννοιων σε ένα ευχαριστο και περιβαλλον οικοδομησης της τεχνης.

Έρευνες εχουν δειξει πως οι μαθητες ενώ ενδιαφερονται πολύ για το διαδικτυο και τα λογισμικα γενικης χρησης ο τροπος με τον οποιο γινεται η διδασκαλια τους κουραζει και δεν ελκυει το ενδιαφερον.

Αντιθετα, επισημαινεται ότι απαιτουνται αλλου τυπου διδακτικες προσεγγισεις οι οποιες δινουν εμφαση στην χρησημοποιηση εναλλακτικων μορφων αναπαραστασης της λυσης, στον πειραματισμο και στην διερευνηση στην συνεργατικη μαθηση και στην αξιοποιηση εκπαιδευτικων εργαλειων.

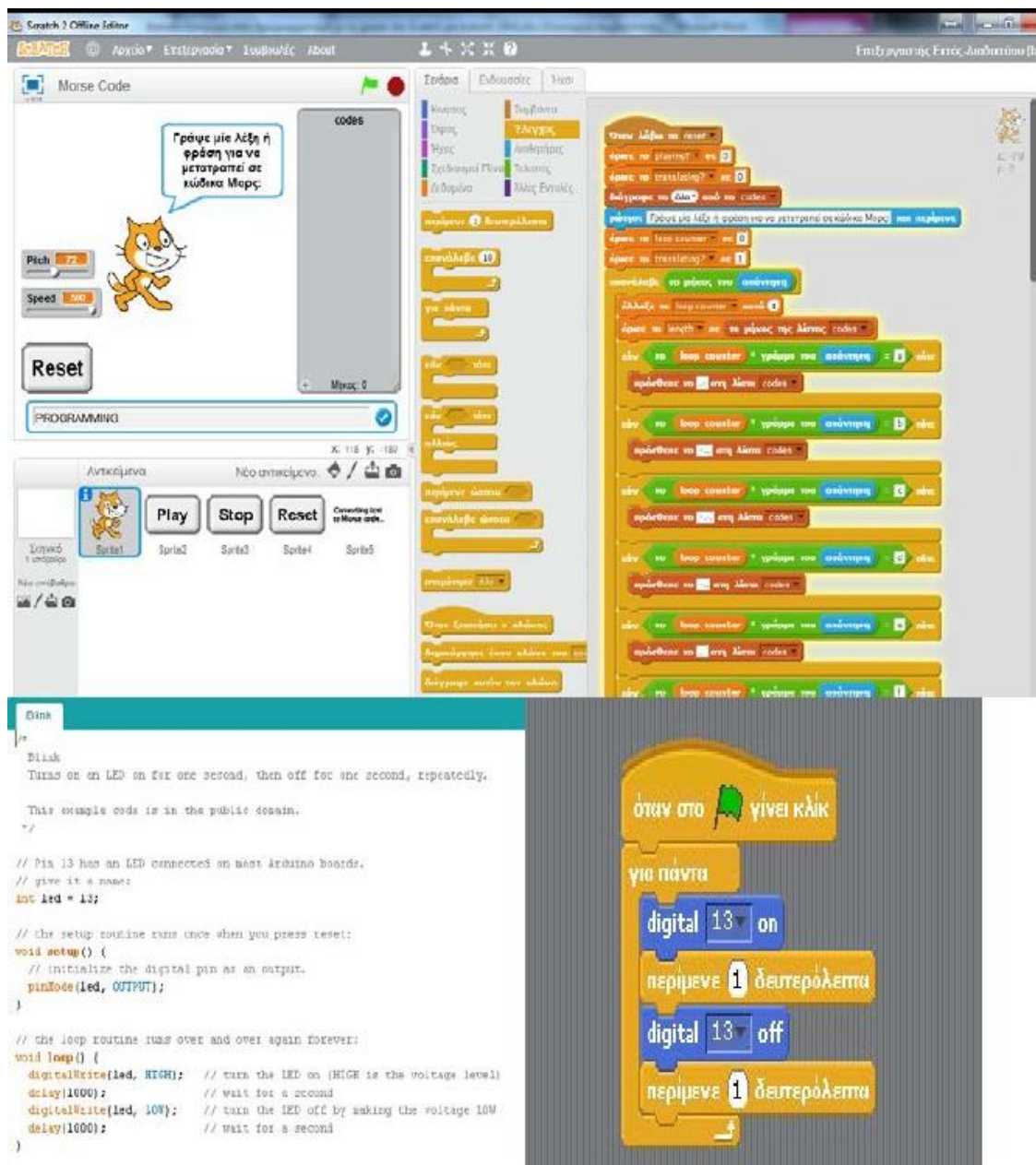
Η λογικη της πλατφορμας είναι η ληψη σηματον εσω αισθητηρων, διακοππων, κτλ και η επεμβαση στο περιβαλλον, μεσω σηματον εξοδου , μετα την επεξεργασια σηματον εισοδου.

## 6.2 Παραδείγματα ως προς την εκπαίδευση

### 1<sup>ο</sup> παράδειγμα

Οι μαθητές β λυκείου ενός επαρχιακού σχολείου στο Ηρακλείο δημιούργησαν μια συσκευή για την παραγωγή του κώδικα Morse. Οι μαθητές υλοποίησαν την συσκευή για την αναπαραγωγή των ηχητικών μηνυμάτων. Αρχικά, δημιούργησαν εισαγωγικές εφαρμογές που υλοποιούσαν απλές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα LED BLINKING κ.λ.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συγκεκριμένη υλοποίηση σε S4A και στο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης IDE του Arduino.



Εικόνα 6.1 Εφαρμογή Scratch για την μετατροπή κειμένου σε κώδικα Morse

Οι μαθητές κατά την διάρκεια της υλοποίησης έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον και ήρθαν σε επαφή με βασικές εννοιές ενσωματωμένων συστημάτων και προγραμματισμού.

Το συμπέρασμα είναι πως ο συνδιασμος του Scratch για Arduino και οι εφαρμογες που μπορούν να δημιουργησουν οι μαθητες χρησιμοποιωντας την πλατφορμα Arduino τους παρεχει την δυνατοτητα να αναπτυξουν πρακτικες εφαρμογες που είναι κοντα στα ενδιαφεροντα τους.

## 2<sup>ο</sup> παράδειγμα

Ένα άλλο παραδειγμα που εχει πολύ ενδιαφέρον είναι του καθηγητή Jim Polu ο οποίος ξεκίνησε την ενσωμάτωση της πλατφόρμας Arduino σε αιθουσες διδασκαλίας για να καταφέρει να αγαπήσουν οι μαθητές τα μαθηματικά.

Η πρόκληση που τους έβαλε είναι να φτιάξουν ένα δυαδικό μετρητή χρησιμοποιώντας είτε έναν διακόπτη dip είτε έναν στιγμιαίο διακόπτη. Ένας διακόπτης dip είναι μια σειρά από on / off διακόπτες. είναι σαν ένα συνολο από λίγους μικροσκοπικούς διακόπτες των φώτων. Για αυτούς τους μαθητές, όταν ο διακόπτης επισημανθεί 6 ενεργοποιημένη, που χρειάζεται για να εμφανιστεί ένα 6, σε δυαδική σε σχέση με τα τρία του LED που τους δόθηκαν (on-on-off). Ένας στιγμιαίος διακόπτης είναι ένα μόνο κουμπί που είναι "on" όταν ωθείται και είναι "off" όταν δεν πιέζεται. Αυτό οι μαθητές έπρεπε να το παρακολουθούν πόσες φορές ωθήθηκε το κουμπί και να εμφανίσει αυτόν τον αριθμό στο δυαδικό στο LED του. Δηλαδή, αν το κουμπί που ωθήθηκε 4 φορές, οι τρεις του LED θα δείξει on-off-off.

Όταν το καταφεραν οι μαθητες, ήταν πολύ ικανοποιημενοι με τον εαυτο τους και δήλωσαν πως η επιστημη των υπολογιστων είναι ένας κλάδος των μαθηματικων.[1]

## 3<sup>ο</sup> παράδειγμα

Ένα ακόμα παραδειγμα της χρησιμοτητας του arduino στην εκπαίδευση είναι η κατασκευή ρομπότ με την πλατφόρμα arduino.

Οι μαθητές Γ' τάξης γυνασίου αποφάσισαν να κατασκευάσουν ένα απλο αυτοκινητάκι σε ρομποτικο οχημα χρησιμοποιωντας υλικο ανοιχτου κωδικα arduino uno R3 και μια εφαρμογη με το MIT που θα τρέχει σε φορητές συσκευές Android, προκειμένου να τηλεκατευθύνουν μέσω Bluetooth το ρομποτικό όχημα. Η αποστολή τους θα είναι να προσθέσουν τους κατάλληλους αισθητήρες στο παιχνίδι-ρομπότ και να το προγραμματίσουν, ώστε να μπορεί να αποφεύγει τα εμπόδια καθώς πλοηγείται στον χώρο. Επίσης θα φτιάξουν μια εφαρμογή με το MIT App Inventor 2, προκειμένου να τηλεκατευθύνουν και να καθοδηγούν φωνητικά το ρομποτικό όχημα.[2]

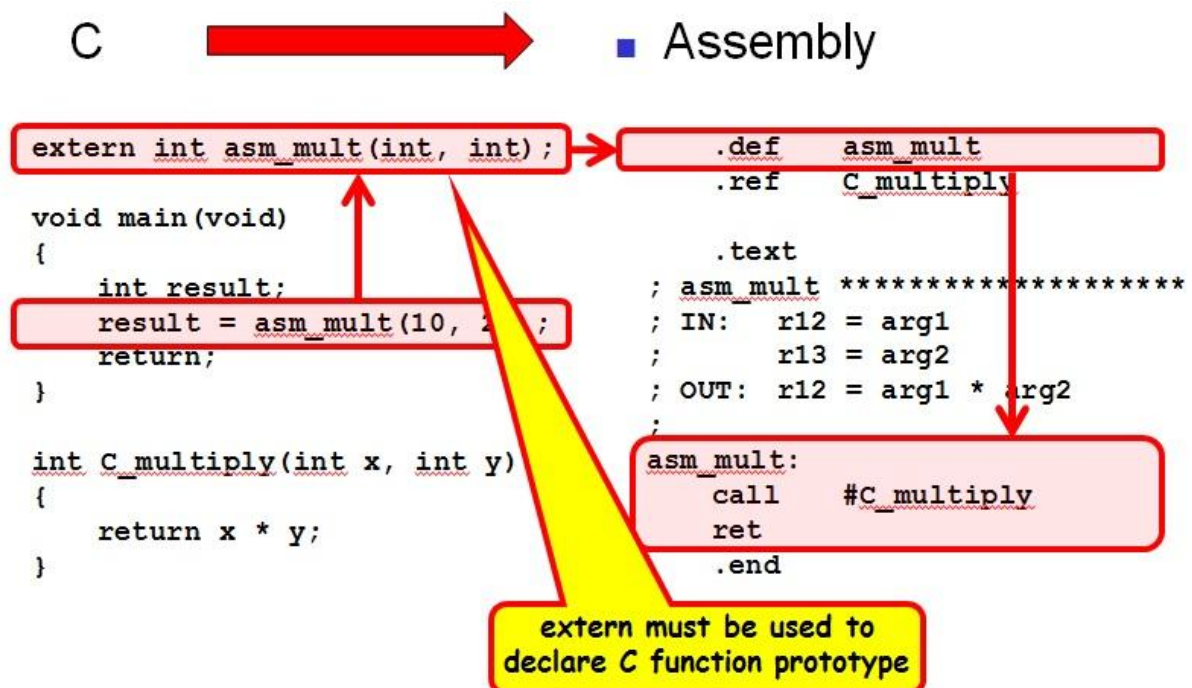
## 4<sup>ο</sup> παράδειγμα

Ένα αρκετά ενδιαφέρον project που έχει δημιουργηθεί είναι το arduino home security system. Έχουν προγραμματίσει στο λογισμικό του Arduino έναν κώδικα με συναγερμό ο οποίος αναγνωρίζει δύο κωδικούς, ένας ενεργοποίησης και ένας απενεργοποίησης του συναγερμού. Όταν παραβιάζεται κάποιος χώρος του σπιτιού αυτόματα ανοίγει ο λαμπτήρας και ενεργοποιείται ο συναγερμός.

Όταν βάζω το συναγερμό σε λειτουργία, εισάγω τον κωδικό ενεργοποίησης και αυτόματα ενεργοποιείται η λυχνία η οποία ήταν απενεργοποιημένη και όταν παραβιστεί ο χώρος οι αισθητήρες ενεργοποιούνται, ο συναγερμός αρχίζει να χτυπάει και για να σταματήσει πρέπει να εισάγω τον κωδικό απενεργοποίησης τον οποίο έχω προγραμματίσει με το arduino για να κλείνει η λυχνία.

## 6.3 Παραδείγματα από γλώσσα c σε Arduino

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα Arduino είναι η wiring, στην ουσία όμως είναι η c++. Το παρακάτω παραδείγματα που αναγράφονται είναι ο ίδιος κώδικας γραμμένος σε γλώσσα c και σε assembly και είναι εμφανής η πολυπλοκότητα της γλώσσας assembly σε σχέση με την c.



Εικόνα 6.2 C σε Assembly

Σε αυτό το παράδειγμα βλέπουμε πως καλείς argument τις c από assembly.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ**

- [1] Arduino cookbook 2<sup>nd</sup> edition, Michael Margolis
- [2] 30 Arduino projects for the evil genius, Simon Monk
- [3] Getting started with Arduino, Massimo Banzì
- [4] Βασικές δομές ενσωματωμένων συστημάτων, Κωνσταντίνος Καλοβγερτής
- [5] Arduino Official. [Online]. [www.arduino.cc/en/](http://www.arduino.cc/en/)
- [6] Michael McRoberts, *Beginning Arduino*, 1st
- [7] Arduino Hardware. [Online]. <http://arduino.cc/en/Main/Hardware>
- [8] Atmel ATmega328. [Online]. <http://www.atmel.com/devices/atmega328.aspx>
- [9] <http://www.newagepublishers.com/samplechapter/001599.pdf>
- [10] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CF%84%CE%AE%CF%82>
- [11] Διαφορές μικροελεγκτών-μικροεπεξεργαστών. [Online]. <http://www.engineersgarage.com/tutorials/difference-between-microprocessor-and-microcontroller>
- [12] Μικροελεγκτές. [online]. <http://www.engineersgarage.com/microcontroller>
- [13] Αρχιτεκτονική μικροελεγκτών. [online]. <http://www.mikroe.com/chapters/view/65/chapter-2-8051-microcontroller-architecture>
- [15] Ιστορία των Μικροεπεξεργαστών. [online]. <http://cgi.di.uoa.gr/~std04013>
- [16] Από τι αποτελείται ένα arduino. [online]. <http://www.howtogeek.com/99041/the-making-of-arduino-geek-history>
- [17] Εισαγωγή στο arduino. [online]. <http://www.akouseto.gr/eisagogi-sto-arduino>
- [18] Ορισμός Arduino. [online]. <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [19] Arduino-HOME. [online]. <http://www.arduino.cc/>
- [20] official arduino. [online]. <http://www.kenleung.ca/portfolio/arduino-a-brief-history-3/>
- [21] Microcontroller tutorial. [online]. <http://www.microplanet.gr/tutorials/microcontrollers/arduino>
- [22] Wikipedia-arduino. [online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [23] Ιστολόγιο arduino.[online]. <http://www.arduino.gr/>
- [24] ISP-Wikipedia. [online]. [https://en.wikipedia.org/wiki/In-system\\_programming](https://en.wikipedia.org/wiki/In-system_programming)
- [25] Wikipedia-JTAG. [online]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Test\\_Action\\_Group](https://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Test_Action_Group)

[26] Bootlander. [online]. <http://osarena.net/android/aguides/android-basics-ti-ine-o-bootloader-ke-giati-na-ton-xeklidoso.html>

[27] Bootlander. [online]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Booting>

[28] Official Arduino uno. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>

[29] Official Arduino Pro mini. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardProMini>

[30] Official Arduino lilly pad. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardLilyPad>

[31] Official Arduino Leonardo. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo>

[32] Official Arduino Mega 2560. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>

[33] Official Arduino Nano. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>

[34] Official Arduino Mega. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>

[35] Official Arduino/genuine. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/GenuinoBrand>

[36] Official Arduino MKR 1000. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMKR1000>

[37]. Διδασκαλία προγραμματισμού με την χρήση του scratch για arduino. [Online]. [http://www.academia.edu//8743297/Μια\\_δραστηριότητα\\_διδασκαλίας\\_προγραμματισμού\\_με\\_τη\\_χρήση\\_του\\_Scratch\\_για\\_Arduino\\_S4A](http://www.academia.edu//8743297/Μια_δραστηριότητα_διδασκαλίας_προγραμματισμού_με_τη_χρήση_του_Scratch_για_Arduino_S4A)

[38]. Assembly to c. [online]. [https://www.google.gr/search?q=assembly+se+c&espv=2&biw=1280&bih=699&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj97OrU-ujMAhWmJ8AKHae6BCUQ\\_AUIBigB#tbm=isch&q=assembly+to+c&imgsrc=DMDXwhnZFyvU8M%3A](https://www.google.gr/search?q=assembly+se+c&espv=2&biw=1280&bih=699&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj97OrU-ujMAhWmJ8AKHae6BCUQ_AUIBigB#tbm=isch&q=assembly+to+c&imgsrc=DMDXwhnZFyvU8M%3A)



