



ΤΕΙ Πελοποννήσου

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ
ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ**



ΤΣΕΤΟΥΡΑ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ-ΙΩΑΝΝΑ

2005059

ΧΑΤΖΟΓΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

2007233

ΤΕΙ Πελοποννήσου
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία:

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ
ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ**

Υπό:

Τσέτουρα Σταυρούλα-Ιωάννα

Χατζόγλου Μαρία

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος εξεταστής:

(επιβλέπων)

Δεύτερος εξεταστής:

Τρίτος εξεταστής:

Σπάρτη 2013

Πρόλογος

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση πρωτοτύπου αυτομάτου ελέγχου φωτεινών σηματοδοτών με μικροελεγκτή Arduino, στο χώρο γύρω από το ΤΕΙ ΣΠΑΡΤΗΣ. Στη διαδικασία δημιουργίας της πλακέτας Arduino είναι απαραίτητη η γνώση της προγραμματιστικής γλώσσας του Arduino η οποία βασίζεται στη C++, καθώς και η λειτουργία των μικροσυσκευών που χρησιμοποιήθηκαν σε επίπεδο "σχεδόν" υλικού. Θα αναλυθούν οι φωτεινοί σηματοδότες καθώς και η λειτουργία τους μαζί με τον μικροελεγκτή ο οποίος σε παγκόσμιο επίπεδο χρησιμοποιείται κυρίως για ασύρματο έλεγχο μικρής εμβέλειας ηλεκτρονικών συσκευών. Επιπλέον στην πτυχιακή αυτή θα αναλυθούν εκτενώς τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου και πως αυτά λειτουργούν.

Η συλλογή πληροφοριών για την παρούσα πτυχιακή ήταν αρκετά δύσκολη, λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος που είναι διαθέσιμη η συγκεκριμένη πλατφόρμα υλικού. Οι πηγές περιορίζονται ουσιαστικά σε ξενόγλωσση βιβλιογραφία και αρθρογραφία όσον αφορά τον μικροελεγκτή.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Λιαπέρδο Ιωάννη, καθηγητή Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Σπάρτης (ΤΕΙ Καλαμάτας - Παράρτημα Σπάρτης), κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθειά του.

| | |
|---|-----------|
| Κεφάλαιο 1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ..... | 6 |
| 1.1.Ιστορική αναδρομή..... | 6 |
| 1.2.Θεωρία Ελέγχου..... | 8 |
| 1.3.Βασικές μονάδες ενός ΣΑΕ..... | 8 |
| 1.4.Τα συστήματα ανοικτού βρόγχου..... | 10 |
| 1.5.Τα συστήματα κλειστού βρόγχου..... | 11 |
| 1.6.Διάκριση των κλειστών συστημάτων..... | 12 |
| 1.7.Πλεονεκτήματα από την χρήση των ΣΑΕ..... | 12 |
| Κεφάλαιο 2. ΦΩΤΕΙΝΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ..... | 14 |
| 2.1.Εισαγωγή..... | 14 |
| 2.2.Ορισμός φωτεινών σηματοδοτών..... | 14 |
| 2.3.Ιστορική αναφορά..... | 15 |
| 2.4.Πεδίο εφαρμογής – Τοποθέτηση σηματοδοτών..... | 16 |
| 2.5.Συστήματα σηματοδότησης..... | 17 |
| 2.6.Είδη φωτεινών ενδείξεων..... | 18 |
| 2.7.Μέρη φωτεινού σηματοδότη..... | 18 |
| 2.8.Πεδίο εφαρμογής – Τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών..... | 19 |
| 2.9.Συστήματα σηματοδότησης..... | 20 |
| Κεφάλαιο 3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO..... | 21 |
| 3.1.1.Παρουσίαση των μικροελεγκτών..... | 21 |
| 3.1.2.Πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών..... | 21 |
| 3.1.3.Κατηγορίες μικροελεγκτών..... | 22 |
| 3.1.4.Εργαλεία ανάπτυξης και κατασκευαστές μικροελεγκτών..... | 23 |
| 3.2.ARDUINO..... | 24 |
| 3.2.1.Ιστορία..... | 24 |
| 3.2.2.Η πλακέτα Arduino..... | 25 |
| 3.2.3.EEPROM memory..... | 25 |
| 3.2.4.FTDI..... | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.5. Pins πλακέτας arduino..... | 25 |
| 3.2.6. Arduino Duemilanove..... | 28 |
| 3.2.7. Τροφοδότηση..... | 29 |
| 3.2.8. Είσοδοι και Έξοδοι..... | 30 |
| 3.2.9. Άλλες εκδόσεις Arduino..... | 31 |
| 3.2.10. Το software για τον προγραμματισμό του Arduino..... | 35 |
| 3.2.11. Arduino Shields..... | 35 |
| Κεφάλαιο 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO..... | 39 |
| 4.1. Το περιβάλλον Arduino IDE..... | 39 |
| 4.2. Προγραμματισμός Arduino Duemilanove..... | 41 |
| Κεφάλαιο 5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ | |
| ΔΙΚΤΥΩΝ..... | 49 |
| 5.1. Εισαγωγή..... | 49 |
| 5.2. Κυκλοφοριακή συμφόρηση..... | 49 |
| 5.3. Η ανάγκη ελέγχου της κυκλοφορίας..... | 49 |
| 5.4. Ο βρόγχος ελέγχου..... | 49 |
| 5.5. Κυκλοφοριακός φόρτος και ρυθμός ροής..... | 50 |
| Κεφάλαιο 6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ | |
| ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ..... | 52 |
| 6.1. Λειτουργία προγράμματος..... | 52 |
| 6.2. Παρουσίαση μακέτας..... | 54 |
| Βιβλιογραφία..... | 58 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

1.1. Ιστορική Αναδρομή

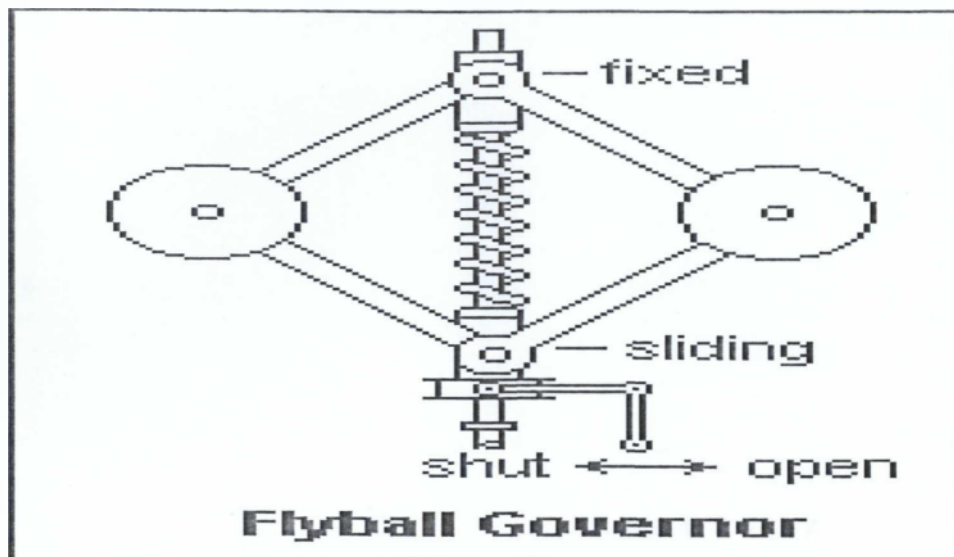
Γενικά η έννοια της σχεδίασης (engineering) αφορά στην κατανόηση και τον έλεγχο των διαφόρων συστατικών και δυνάμεων της φύσης με αντικειμενικό σκοπό την εξυπηρέτηση της ανθρωπότητας. Οι μηχανικοί σχεδίασης συστημάτων ελέγχου ασχολούνται με την κατανόηση και τον έλεγχο διαφόρων τμημάτων από το περιβάλλον τους, τα οποία συχνά καλούμε «συστήματα», με σκοπό να παρέχουν χρήσιμα και οικονομικά προϊόντα στην κοινωνία. Ίσως ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά της σύγχρονης σχεδιαστικής αντίληψης, αποτελεί η δυνατότητα ελέγχου των μηχανών με απώτερο σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση της σύγχρονης κοινωνίας.

Η σχεδίαση των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου βασίζεται κατά κύριο λόγο στις θεμελιώδεις αρχές της ανάδρασης και της ανάλυσης των γραμμικών συστημάτων, ενώ ταυτόχρονα ολοκληρώνει τις έννοιες που αναφέρονται στην θεωρία των δικτύων και τηλεπικοινωνιών.

Η χρήση της ανάδρασης στην διαδικασία ελέγχου ενός συστήματος έχει μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα ιστορία. Η πρώτη εφαρμογή ανάδρασης σημειώθηκε στην Αρχαία Ελλάδα με αφορμή την ανάπτυξη ενός μηχανισμού τύπου φλοτέρ (ρυθμιστής τάσης υγρών), κατά την περίοδο του 300 π.χ.

Το πρώτο σύστημα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόγχου που εφευρέθηκε στην Ευρώπη ήταν ο ρυθμιστής θερμοκρασίας του Cornelis Drebbel (1572-1633) από την Ολλανδία. Ο Dennis Papin (1647-1712) εφεύρε τον πρώτο ρυθμιστή πίεσης σε ατμολέβητες, το 1681. Ο ρυθμιστής πίεσης του Papin αποτελεί μια ασφαλιστική διάταξη παρόμοια με τη βαλβίδα εκτόνωσης που χρησιμοποιείται στις χύτερες ταχύτητας.

Το πρώτο, κατά γενική ομολογία, σύστημα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόγχου που εφαρμόστηκε σε βιομηχανικό περιβάλλον, ήταν η συσκευή ελέγχου κινούμενης σφαίρας (flyball governor), η οποία εφευρέθηκε το 1769 και αφορούσε σε ένα σύστημα ελέγχου της ταχύτητας, μιας ατμομηχανής. Η μηχανική αυτή διάταξη, που φαίνεται στο σχήμα 1.1, μετρούσε την ταχύτητα περιστροφής του άξονα κίνησης και χρησιμοποιούσε την κίνηση μιας μεταλλικής σφαίρας για τον έλεγχο μιας βαλβίδας και κατά συνέπεια το ποσό ατμού που τροφοδοτούνταν στην μηχανή. Όσο αυξάνονταν η ταχύτητα περιστροφής η σφαίρα εξαιτίας της φυγόκεντρης κίνησης ανασηκωνόταν και η κίνηση της απομακρυνόταν από τον άξονα συμμετρίας του κυλινδρικού άξονα κίνησης προκαλώντας με τον τρόπο αυτό το κλείσιμο της βαλβίδας. Για την κίνηση της σφαίρας απαιτείται ένα ποσό ενέργειας που προσφέρεται από την ίδια την μηχανή, οπότε η μέτρηση της περιστροφικής ταχύτητας διεξάγεται με σχετικά μικρή ακρίβεια.



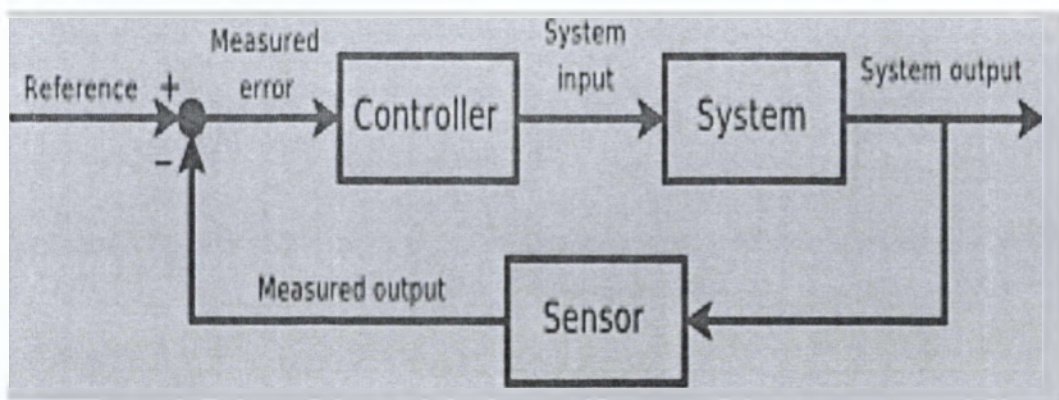
Σχήμα 1.1: Η συσκευή ελέγχου κινούμενης σφαίρας «flyballgovernor» του James Watt.

Παρακάτω δίνεται μια σύντομη ιστορική αναφορά στην εξέλιξη των διαφόρων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου.

- 1769-James Watt, παρουσιάζει μια συσκευή ελέγχου κινούμενης σφαίρας (flyballgovernor), για τον έλεγχο της περιστροφικής ταχύτητας μιας ατμομηχανής. Η ανακάλυψη της ατμομηχανής από τον Watt αναφέρεται συχνά στην Μεγάλη Βρετανία ως σημείο αφετηρίας της Βιομηχανικής Επανάστασης.
- 1800-Παρουσιάζεται η ιδέα της Eli Whitney για την κατασκευή ανταλλακτικών στην παραγωγή μουσκέτων. Η πρόταση της Whitney αναφέρεται συχνά και ως σημείο αφετηρίας της μαζικής παραγωγής.
- 1868-O James Maxwell διατυπώνει την σχετική θεωρία για το σύστημα ελέγχου (flyballgovernor) της ατμομηχανής.
- 1913-O Henry Ford κατασκευάζει μια μηχανή συναρμολόγησης για την παραγωγή αυτοκινήτων.
- 1927-O H. W. Bode παρουσιάζει την ανάλυση των ενισχυτών ανάδρασης.
- 1932-O H. Nyquist παρουσιάζει μια μέθοδο ανάλυσης της ευστάθειας των συστημάτων.
- 1952-Ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου (Numerical Control ή NC) στο πανεπιστήμιο του M.I.T για τον έλεγχο των εργαλειομηχανών.
- 1954-O G. Devol εξελίσσει το σύστημα «προγραμματιζόμενου άρθρου», που θεωρείται το πρώτο βήμα στην σχεδίαση των βιομηχανικών ρομπότ.
- 1960-Εμφάνιση του πρώτου αυτόνομου ρομπότ, βασισμένο στην σχεδίαση του Devol. Τέτοια συστήματα εγκαταστάθηκαν το 1961 για την εξυπηρέτηση μηχανών καλουπιώματος.
- 1970-Εξέλιξη της μεθόδου ανάδρασης καταστάσεων και της θεωρίας του βέλτιστου ελέγχου.
- 1980-Μελετάται ευρύτατα η σχεδίαση εύρωστων συστημάτων ελέγχου.
- 1990-Οι κατασκευάστριες εξαγωγικές εταιρίες δίνουν έμφαση στον αυτοματισμό.
- 1994-Ευρεία χρήση του αυτομάτου ελέγχου στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η παραγωγή απαιτείται αξιόπιστα και σθεναρά συστήματα.
- 1997-Το πρώτο αυτόνομο διαστημικό όχημα, γνωστό με την ονομασία «Sojourner» εξερευνά την επιφάνεια του πλανήτη Άρη.

1.2.Θεωρία Ελέγχου

Είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος της μηχανικής και των μαθηματικών που ασχολείται με την συμπεριφορά των δυναμικών συστημάτων. Η εξωτερική είσοδος ενός συστήματος ονομάζεται αναφορά. Όταν μία ή περισσότερες μεταβλητές εξόδου ενός συστήματος που πρέπει να ακολουθήσουν μια συγκεκριμένη αναφορά στην πάροδο του χρόνου, ένας ελεγκτής χειρίζεται τις εισόδους σε ένα σύστημα να αποκτήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στην έξοδο του συστήματος που πρέπει να ακολουθήσουν μια συγκεκριμένη αναφορά στην πάροδο του χρόνου, ένας ελεγκτής χειρίζεται τις εισόδους σε ένα σύστημα να αποκτήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στην έξοδο του συστήματος. Ο στόχος της θεωρίας ελέγχου έχει ως αποτέλεσμα τη σταθερότητα του συστήματος, δηλαδή, το σύστημα θα κρατήσει το σημείο που να μην ταλαντεύεται γύρω από αυτό. Η είσοδος και η έξοδος του συστήματος σχετίζονται μεταξύ τους με αυτό που είναι γνωστό ως συνάρτηση μεταφοράς.



Σχήμα 1.2: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου

1.3.Βασικές μονάδες ενός ΣΑΕ

Στους αυτοματισμούς γενικά διακρίνουμε τρία βασικά τμήματα, τους αισθητήρες, τους ελεγκτές και τους ενεργοποιητές.

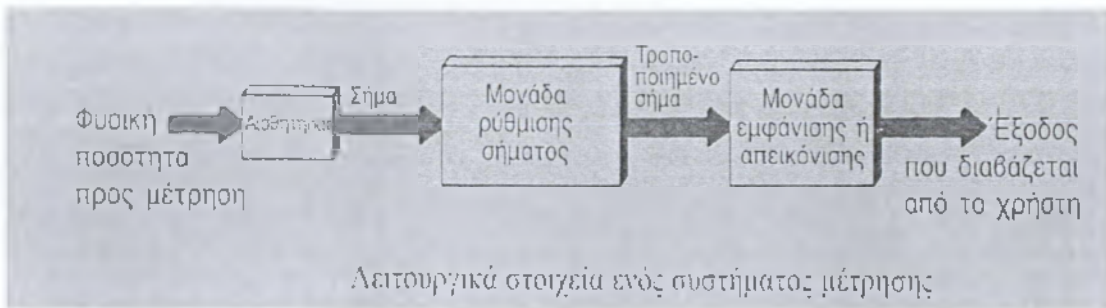
- Οι αισθητήρες είναι τα όργανα που μετρούν το υπό έλεγχο μέγεθος (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κλπ.)
- Ο ελεγκτής είναι η συσκευή που δέχεται από τους αισθητήρες τα σήματα, σχετικά τα μεγέθη των υπό έλεγχο παραμέτρων και ο οποίος, ύστερα από τη σύγκριση τους με τα επιθυμητά μεγέθη, δίνει την αντίστοιχη εντολή για τη διόρθωση τους.
- Οι ενεργοποιητές είναι οι συσκευές που δέχονται τα σήματα από τον ελεγκτή και ενεργοποιούν ανάλογα τη διαδικασία του συστήματος, δηλαδή εκτελούν τις εντολές ελέγχου.

Ένα σύστημα ΣΑΕ συγκροτείται κυρίως από τις επόμενες μονάδες, και όχι μόνο.

- ↓ Αισθητήρας (sensor) ο οποίος παράγει ασθενές σήμα ανάλογα με την τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής και το μεταβιβάζει στον μεταδότη.
- ↓ Μεταδότης (transmitter) όπου παίρνει το ασθενές σήμα από τον αισθητήρα, το ενισχύει, το μετατρέπει και το μεταβιβάζει στον ελεγκτή.

4. Ελεγκτής (controller) όπου συγκρίνει την μετρούμενη τιμή από τον μεταδότη με την επιθυμητή και παράγει ένα σήμα ελέγχου ανάλογα με την διαφορά τους. Ο ελεγκτής είναι η διάταξη η οποία, όταν επιδρά στο σύστημα που πρόκειται να ελεγχθεί, το οδηγεί σε μια προκαθορισμένη έξοδο για συγκεκριμένη (γνωστή) είσοδο. Η λειτουργία ενός ελεγκτή είναι στο να ελέγχει την διεργασία για να διατηρείται η επιθυμητή έξοδος.
- Ένας ελεγκτής κατασκευάζεται για συγκεκριμένα συστήματα και μπορεί να λειτουργήσει μέσα στα όρια που του έχουμε προσδιορίσει. Παίρνει την μετρούμενη τιμή από τον μεταδότη, την συγκρίνει με την επιθυμητή και παράγει ένα σήμα ελέγχου ανάλογα με την διαφορά τους.
 - Τοποθετητής (positioner) είναι το σύστημα όπου παίρνει το σήμα ελέγχου από τον ελεγκτή και ανάλογα με αυτό δίνει εντολή στο τελικό στοιχείο ελέγχου.
 - Επενεργητής (actuator) είναι το σύστημα όπου δίνει την απαραίτητη ισχύ για να κινηθεί το τελικό στοιχείο ελέγχου.
 - Ελεγχόμενη μεταβλητή (controlled value) είναι το σύστημα που θέλουμε να ελέγξουμε.
 - Μεταλλάκτες ή μετρητές (transducers or detectors) είναι αισθητήριοι μηχανισμοί που μετρούν το μέγεθος και την φορά μεταβολής των φυσικών ποσοτήτων που είτε ελέγχονται άμεσα είτε υποβοηθούν στον έλεγχο.
 - Συγκριτές ή μετρητές σφάλματος (comparator or error detectors) είναι οι μηχανισμοί σύγκρισης των σημάτων εισόδου-εξόδου.
 - Ενισχυτές (amplifiers) είναι οι μηχανισμοί που ενισχύουν την διαφορά των σημάτων που προαναφέρθηκαν και εξασφαλίζουν στο ενεργοποιόν σήμα την απαιτούμενη ισχύ.
 - Οι ανιχνευτές είναι αισθητήρια με έξοδο μορφής διακόπτη, που αλλάζει κατάσταση, όταν αντιλαμβάνεται κάποιο συγκεκριμένο γεγονός.
 - Βρόχος γείωσης ονομάζεται ένας βρόχος που δημιουργείται σε ένα κύκλωμα λόγω ύπαρξης περισσότερων του ενός σημείων γείωσης.
 - Το κύκλωμα ελέγχου (ή βοηθητικό κύκλωμα), είναι το τμήμα του αυτοματισμού που ελέγχει τη λειτουργία του κυκλώματος ισχύος, ώστε το σύστημα να έχει την επιθυμητή έξοδο.
 - Ο ενεργοποιητής είναι το στοιχείο εκείνο, στα οποία θα επιδράσει ο ελεγκτής και το οποίο ρυθμίζει τις λειτουργίες του ελεγχόμενου συστήματος που εξασφαλίζουν την επιθυμητή έξοδο.
 - Το κύκλωμα Ισχύος είναι το τμήμα του αυτοματισμού που ενεργοποιεί τις μονάδες που απαιτούν υψηλά ρεύματα για τη λειτουργία τους.

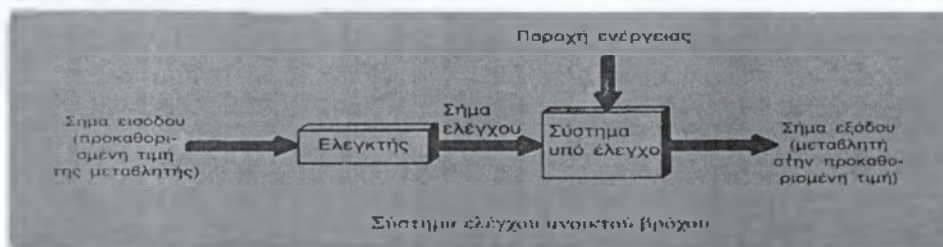
1.4. Τα συστήματα ανοικτού βρόχου



Σχήμα 1.4: Λειτουργικά στοιχεία ενός συστήματος μέτρησης

Τα συστήματα ανοικτού βρόχου είναι εκείνα στα οποία το σύστημα αυτοματισμού δίνει μία εντολή αφού δεχτεί το κατάλληλο σήμα από τους αισθητήρες. Τυπική περίπτωση είναι οι διατάξεις προστασίας μηχανημάτων από καταστροφή, π.χ. οι διατάξεις προστασίας των ηλεκτροκινητήρων, είναι όλες ανοικτού βρόχου. Μόλις το σύστημα ελέγχου διαπιστώσει ότι κάποια παράμετρος από αυτές που ελέγχει δεν τα πηγαίνει καλά, π.χ. έχει πέσει η τάση, έχουμε διακοπή με μία φάση, το απορροφημένο ρεύμα είναι υψηλό (άρα ο κινητήρας συναντάει μεγάλη αντίσταση), τότε το σύστημα δίνει αυτομάτως την εντολή και διακόπτεται η λειτουργία, για να μην καταστραφεί ο ηλεκτροκινητήρας.

Σχήμα 1.4.1: Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου



Τα συστήματα προστασίας δεν είναι τα μοναδικά συστήματα ανοικτού βρόχου. Μερικά ακόμη παραδείγματα ανοικτών συστημάτων είναι τα εξής:

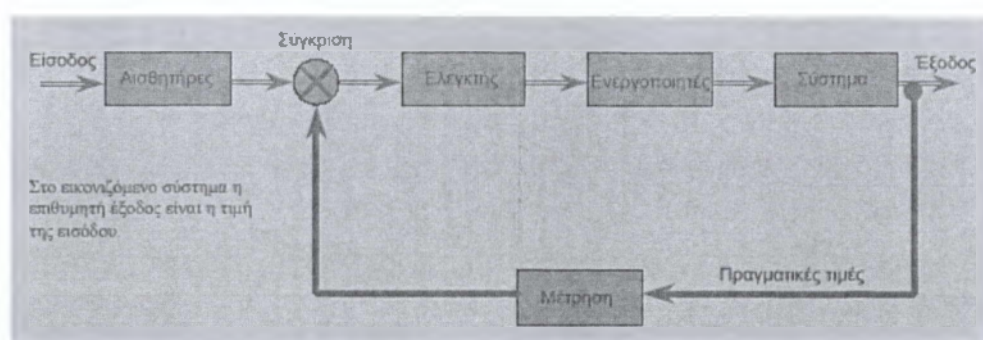
- Ένα σύστημα κλιματισμού που λειτουργεί ορισμένες μόνο ώρες την ημέρα, μέσω χρονοδιακόπτη.
- Σε μία αντλία θερμότητας, όπου αν αντιληφθεί ότι η θερμοκρασία που διαβάζει ο εξωτερικός θερμοστάτης περιβάλλοντος είναι κάτω των 4°C, αρχίζει να δίνει εντολές αποπαγοποίησης του εξωτερικού στοιχείου (αντιστροφή της λειτουργίας), κατά τακτά προκαθορισμένα διαστήματα, που το καθένα είναι συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας.

Τα συστήματα ανοικτού βρόχου είναι απλά ως προς τη σύλληψη τους και γι' αυτά είναι εύκολο να γίνει κατανοητή η αρχή λειτουργίας τους. Τα συστήματα αυτά, συνδυαζόμενα μεταξύ τους μπορεί να δημιουργήσουν περίπλοκες διατάξεις αυτοματισμού. Η μελέτη των σχεδίων αυτοματισμού, που στηρίζονται σε συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου μπορεί να

είναι πολύ πιο περίπλοκη και πολύ πιο δύσκολη στην κατανόηση της από ότι είναι στα συστήματα κλειστού βρόχου.

1.5. Τα συστήματα κλειστού βρόχου

Τα συστήματα κλειστού βρόχου παρουσιάζουν ιδιαίτερο τεχνικό ενδιαφέρον και αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των συστημάτων που ελέγχουν τις συνθήκες του χώρου. Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας αυτών των συστημάτων είναι προϋπόθεση για να γίνουν αντιληπτές οι διατάξεις αυτοματισμού. Το μέσο λειτουργίας, στην ανάπτυξη που θα κάνουμε, θα είναι είτε το ηλεκτρικό ρεύμα είτε το ίδιο το ρευστό που κυκλοφορεί στο δίκτυο. Παράδειγμα που το μέσο λειτουργίας είναι το ίδιο το διερχόμενο ρευστό, αποτελεί η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα.



Σχήμα 1.5: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου

Στα συστήματα κλειστού βρόχου, ο ελεγκτής αφού δώσει στον ενεργοποιητή μία εντολή ρύθμισης, παίρνει μετά το αποτέλεσμα της ρύθμισης, το συγκρίνει με την επιθυμητή τιμή και δίνει νέα εντολή στον ενεργοποιητή. Τυπικές περιπτώσεις είναι το σύστημα θερμοστάτη-δίοδος βάνας ενός διαμερίσματος και ο έλεγχος της στάθμης νερού σε μία δεξαμενή. Οι αρχές λειτουργίας αυτών των συστημάτων είναι κάπως περίπλοκες και θα απαιτηθεί μία κάποια προσπάθεια για την κατανόηση τους. Η δυσκολία αυτή όμως αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι, από τη στιγμή που θα γίνουν αντιληπτές οι αρχές λειτουργίας τους, η μελέτη και η κατανόηση του σχεδιασμού των συστημάτων αυτοματισμού που βασίζονται σε συστήματα κλειστού βρόχου, θα είναι πλέον σχετικά απλή. Δηλαδή συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο από ότι ισχύει στα ανοικτά συστήματα. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τις αρχές λειτουργίας των συστημάτων κλειστού βρόχου. Ο ελεγκτής, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι μια απαραίτητη μονάδα στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Στα συστήματα κλειστού βρόχου, τα οποία κυρίως μας ενδιαφέρουν, ο ελεγκτής ρυθμίζει το προς μέτρηση μέγεθος, έτσι ώστε να κυμαίνεται μέσα στα επιθυμητά όρια που έχουν ορισθεί για την καλή ψύξη, ή την απαιτούμενη θερμοκρασία ή υγρασία κλπ. Είναι συνήθως ένα ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο εκτελεί τα εξής:

- Δέχεται το ηλεκτρικό σήμα, προερχόμενο από το θερμοστάτη, ή τον πρεσοστάτη ή τον υγροστάτη κ.λπ. Το ηλεκτρικό αυτό σήμα προέρχεται από την μετατροπή του μετρούμενου μεγέθους στον αισθητήρα, σε ηλεκτρική τάση ανάλογου μεγέθους.
- Το παραπάνω ηλεκτρικό σήμα συγκρίνεται με ένα άλλο σήμα, προερχόμενο από μία άλλη συσκευή με την οποία ρυθμίζουμε την επιθυμητή στάθμη του μεγέθους.

- ο Το αποτέλεσμα από τη σύγκριση των δύο σημάτων, το διορθώνει, το ενισχύει, το επεξεργάζεται για να ελέγξει αν είναι συμβατό με τις προδιαγραφές του ενεργοποιητή και κατόπιν το μεταβιβάζει στον ενεργοποιητή για να ανοίξει ή να κλείσει μια βαλβίδα ή ένα τάμπερ, ώστε να ρυθμιστεί κατάλληλα η έξοδος (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, κλπ.).

Στο σχήμα φαίνεται ένα κλειστό σύστημα ελέγχου ψυκτικής μονάδας με τις επιμέρους μονάδες του και τις ρυθμιζόμενες μεταβλητές θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας. Στο εικονιζόμενο σύστημα η επιθυμητή έξοδος είναι η τιμή της εισόδου. Κατά συνέπεια, ο ελεγκτής, που φαίνεται στο σχήμα (3) αποτελείται από τρία κύρια τμήματα:

- ο Τμήμα σημάτων εισόδου (input interface)
- ο Τμήμα Επεξεργασίας (processing unit)
- ο Τμήμα σημάτων εξόδου (output interface)

1.6. Διάκριση των κλειστών συστημάτων

Τα συστήματα αυτοματισμού κλειστού βρόγχου διακρίνονται στις εξής κύριες κατηγορίες:

- ο Δύο θέσεων (ON-OFF).
- ο Πλωτού ελέγχου (floating action), που θα μπορούσε να θεωρηθεί και ως μία βελτίωση του συστήματος δύο θέσεων.

Διαμορφωτικού ελέγχου (modulating control), που διακρίνεται σε τρεις επί μέρους κατηγορίες:

- ο Αναλογικού ελέγχου που συμβολίζεται ως P.
- ο Αναλογικού και ολοκληρωτικού ελέγχου, που συμβολίζεται ως PI.
- ο Αναλογικού, ολοκληρωτικού και διαφορικού ελέγχου που συμβολίζεται ως PID.

Λογικού ελέγχου (fuzzy logic), με τον οποίο γίνεται μία προσέγγιση στον τρόπο που σκέπτεται το ανθρώπινο μυαλό.

1.7. Πλεονεκτήματα από την χρήση των ΣΑΕ

Αμέσως μετά θα αναφερθούν επιγραμματικά μια σειρά από πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση των ΣΑΕ.

- ❖ Καλύτερος βαθμός απόδοσης λόγω ακρίβειας και ταχύτητας στον έλεγχο διαφόρων μεταβλητών.
- ❖ Μεγαλύτερη ασφάλεια
- ❖ Αξιοπιστία εφόσον υπάρχει κατάλληλη και σωστή συντήρηση του συστήματος.
- ❖ Οικονομία λόγω της μείωσης του προσωπικού που χρειάζεται για την επίβλεψη και λειτουργία του συστήματος μας.
- ❖ Αποδοτικότερη λειτουργία, και λιγότερες βλάβες.
- ❖ Βελτίωση συνθηκών εργασίας λόγω εκτέλεσης των απλών επαναλαμβανόμενων και αναρρών κινήσεων από τους αυτοματισμούς.
- ❖ Εξοικονόμηση χρόνου συντήρησης λόγω προβλεψιμότητας της ζημιάς και αυτοελέγχου του συστήματος.

Παρακάτω δίνονται οι κυριότεροι παράγοντες – κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου.

- ❖ Τεχνικές και οικονομικές απαιτήσεις
- ❖ Κίνηση και ταχύτητα ανταπόκρισης
- ❖ Το μέγεθος, το βάρος, το κόστος
- ❖ Το περιβάλλον λειτουργίας
- ❖ Αξιοπιστία
- ❖ Διάρκεια ζωής

Τα βασικά κριτήρια και οι βασικοί στόχοι της λειτουργίας ενός ΣΑΕ είναι:

- ❖ Το σφάλμα πρέπει να είναι ελάχιστο
- ❖ Το σύστημα πρέπει να είναι ευσταθές.
- ❖ Η ακρίβεια και η ευστάθεια του συστήματος
- ❖ Ο χρόνος απόκρισης (χρόνος ανόδου, χρόνος εξισσορόπησης).
- ❖ Ο βαθμός απόσβεσης (υπερύψωση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΩΤΕΙΝΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ

2.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φωτεινή σηματοδότηση είναι η δραστηριότητα στα πλαίσια του ελέγχου της κυκλοφορίας, που δίνει οδηγίες για την κίνηση των χρηστών της οδού με τη βοήθεια φωτεινών ενδείξεων. Η σηματοδότηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια συσκευών που συνήθως λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, των φωτεινών σηματοδοτών. Βασικό χαρακτηριστικό της σηματοδότησης είναι ότι χρησιμοποιεί απλές χρωματικές ενδείξεις ή απλά κωδικοποιημένα σύμβολα, και συνήθως έχει σκοπό τη ρύθμιση της κυκλοφορίας απλώς σταματώντας ή επιτρέποντας τη διέλευση των χρηστών της οδού σε σημεία εμπλοκής.

Τα επιμέρους στοιχεία που αποτελούν ένα σύστημα σηματοδότησης είναι οι κεφαλές σηματοδότησης, που δίνουν τις φωτεινές ενδείξεις, οι διατάξεις στήριξής τους και οι κεντρικές μονάδες, που αναλαμβάνουν τη διαχείριση της σηματοδότησης. Σε περιπτώσεις επενεργούμενης σηματοδότησης απαραίτητοι είναι και οι κατάλληλοι ανιχνευτές, ενώ είναι δυνατόν η λειτουργία της σηματοδότησης μίας εκτεταμένης περιοχής να πραγματοποιείται από κάποιο κέντρο διαχείρισης σηματοδότησης.

Από τον τρόπο λειτουργίας της και από το σκοπό που επιτελεί, είναι φανερό ότι η σηματοδότηση σε πολλές περιπτώσεις είναι τελείως απαραίτητη για την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία ενός οδικού σημείου. Ωστόσο, στην περίπτωση των ισόπεδων κόμβων, που είναι και το πεδίο της ευρύτερης εφαρμογής της, απαιτείται σύνεση στην εγκατάσταση της. Εν γένει, σε έναν κόμβο μία κατάλληλα μελετημένη και εγκατεστημένη φωτεινή σηματοδότηση παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων, καθώς εξασφαλίζει την ισόρροπη εξυπηρέτηση όλων των κατευθύνσεων, αυξάνει την κυκλοφοριακή ικανότητα των κόμβων, μειώνει τον αριθμό συγκεκριμένων ειδών ατυχημάτων (πρόσθιες υπό γωνία), εξασφαλίζει συνεχή ροή μεταξύ διαδοχικών κόμβων και επιτρέπει την ασφαλή διασταύρωση δευτερευόντων ρευμάτων οχημάτων ή πεζών. Αντίθετα, η ανεξέλεγκτη και αδικαιολόγητη σηματοδότηση κόμβων μπορεί να προκαλέσει αύξηση των καθυστερήσεων, παραβιάσεις των ενδείξεων, εκτροπή της κυκλοφορίας σε τοπικές οδούς και αύξηση κάποιων άλλων τύπων ατυχημάτων (νυκτομετωπικές).

Η φωτεινή σηματοδότηση είναι δυνατόν να απευθύνεται σε οποιοδήποτε χρήστη μίας οδού, είτε οδηγό, είτε πεζό. Έτσι, η σημασία της προτυποποίησης και του σωστού σχεδιασμού ενός συστήματος σηματοδότησης γίνεται κατανοητή λαμβάνοντας υπόψη την επιρροή της στην οδική ασφάλεια, όπως και το ότι στους πεζούς συγκαταλέγονται άτομα μεγάλης ηλικίας, άτομα με κινητικές δυσκολίες και άτομα με προβλήματα στην όραση. Επίσης, σημασία έχει και το γεγονός ότι οι σηματοδότες απαιτείται να δουλεύουν με ορθότητα και σαφήνεια υπό οποιοσδήποτε συνθήκες καιρού και ορατότητας.

2.2.Ορισμός φωτεινών σηματοδοτών

Συσκευές σημάτων που είναι γνωστές ως φανάρια, λάμπες κυκλοφορίας, συστήματα σήμανσης κ.α. και είναι τοποθετημένες σε διασταυρώσεις δρόμων, διασταυρώσεις πεζών και άλλες θέσεις ώστε να ελέγχουν την ομαλή ροή κυκλοφορίας. Οι φωτεινοί σηματοδότες εναλλάσσουν το δικαίωμα του τρόπου χρήσης του οδικού δικτύου εμφανίζοντας τα φανάρια ενός τυποποιημένου χρώματος (κόκκινο, πορτοκαλί, πράσινο) χρησιμοποιώντας έναν παγκόσμιο κώδικα χρωμάτων ακόμα και για αυτούς που πάσχουν από αχρωματοψία.

2.3. Ιστορική Αναφορά

Οι φωτεινοί σηματοδότες τοποθετήθηκαν για πρώτη φορά το 1868 στο Λονδίνο. Συγκεκριμένα στις 10 Δεκεμβρίου του 1868 τοποθετήθηκε το 1ο φανάρι έξω από το βρετανικό κοινοβούλιο από έναν μηχανικό τρένων τον J.P. Knight. Η σύγχρονη μορφή των σημερινών φωτεινών σηματοδοτών είναι μια αμερικάνικη εφεύρεση. Στις αρχές του 1912 εφευρέθηκε ο πρώτος πράσινος-κόκκινος ηλεκτρικός φωτεινός σηματοδότης. Είχε δυο χρώματα κόκκινο και πράσινο και ένα buzzer ήχου που ενεργοποιούνταν με την αλλαγή χρώματος. Η εξέλιξη αυτού του φωτεινού σηματοδότη από δυο χρώματα σε τρία έγινε το 1920 στο Michigan.

Ο σύγχρονος ηλεκτρικός φωτεινός σηματοδότης είναι μια αμερικανική εφεύρεση από το 1912 στη Σωλι Λέικ Σίτυ, στην Γιούτα, ένας αστυνομικός εφεύρε τους πρώτους κόκκινους-πράσινους ηλεκτρικούς φωτεινούς σηματοδότες. Στις 5 Αυγούστου 1914, η αμερικανική επιχείρηση σημάτων κυκλοφορίας εγκατέστησε ένα σύστημα σημάτων κυκλοφορίας στη γωνία της ανατολικής 105th οδού και της λεωφόρου Euclid στο Κλήβελαντ στο Οχάιο. Δύο χρώματα, κόκκινος και πράσινος, και μια σειρήνα για να παρέχει μια προειδοποίηση για τις αλλαγές χρώματος. Το σχέδιο από τον James Hoge επέτρεψε στους σταθμούς αστυνομίας και πυροσβεστικής να ελέγξουν τα σήματα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Πρώτος φωτεινός σηματοδότης τριών χρωμάτων δημιουργήθηκε από τον αστυνομικό William Potts στο Ντιτρόιτ, Michigan το 1920. Το 1922 το κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Στο Οχάιο υποστηρίζεται ότι είναι η θέση του παλαιότερου φωτεινού σηματοδότη στις Ηνωμένες Πολιτείες, που χρησιμοποιήθηκε σε διασταύρωση δημόσιων δρόμων. Το πρώτο διασυνδεδεμένο σύστημα σημάτων κυκλοφορίας εγκαταστάθηκε στη Σωλι Λέικ Σίτυ το 1917, με έξι συνδεδεμένα καλώδια που ελεγχόντουσαν ταυτόχρονα από έναν χειρωνακτικό διακόπτη. Ο αυτόματος έλεγχος των διασυνδεδεμένων φωτεινών σηματοδοτών εισήχθη το Μαρτίου το 1922 στο Χιούστον, Τέξας. Οι πρώτοι αυτόματοι πειραματικοί φωτεινοί σηματοδότες στην Αγγλία τοποθετήθηκαν στο Wolverhampton το 1927. Το χρώμα της αντιπροσώπευσης των φωτεινών σηματοδοτών προέρχεται από τους θαλάσσιους κανόνες. Τα χρονόμετρα στους φωτεινούς σηματοδότες δημιουργήθηκαν στη Ταϊπέι, στην Ταϊβάν, και χρησιμοποιήθηκαν στις ΗΠΑ αφότου ανακάλυψε ένας μηχανικός τη χρήση τους.

Εν τούτοις είναι ασυνήθιστο στις περισσότερες αμερικανικές αστικές περιοχές. Τα χρονόμετρα είναι χρήσιμα για τους οδηγούς, να προγραμματίσουν εάν υπάρχει αρκετός χρόνος και για τους πεζούς να προσπαθήσουν να διασχίσουν τον δρόμο.



Εικόνα 2.3: Ο πρώτος σηματοδότης βραχίονας σχεδιασμένος από τον J.P. Knight το 1868 στο Λονδίνο.

2.4.Πεδίο εφαρμογής - Τοποθέτηση σηματοδοτών

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, φωτεινή σηματοδότηση εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η ρύθμιση της διέλευσης ή μη, κατά κύριο λόγο οχημάτων, σε συγκεκριμένα σημεία μίας οδού και για συγκεκριμένους λόγους.

Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι οι εξής:

- Ισόπεδοι κόμβοι με μεγάλους φόρτους κυκλοφορίας ή χωρίς ασφαλή διαμόρφωση, ή κόμβοι όπου επιθυμείται επενεργούμενη σηματοδότηση λόγω υψηλού φόρτου στη μία διεύθυνση και χαμηλού στην άλλη.

- Σε ισόπεδες διαβάσεις σιδηροδρόμων.
- Σε σταθμούς διοδίων, για έγκαιρη επιλογή της κατάλληλης λωρίδας.
- Σε εισόδους αυτοκινητοδρόμων, για έλεγχο της προσπέλασης.
- Στις προσβάσεις στενών τμημάτων με μία λωρίδα κυκλοφορίας, όπως στενές γέφυρες ή σήραγγες, ή περιοχές εκτέλεσης έργων, για την εναλλάξ κίνηση των δύο αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας.
- Μπροστά από κινητές γέφυρες, για ακινητοποίηση των οχημάτων.
- Σε περιπτώσεις εφαρμογής αντιστροφής κατεύθυνσης λωρίδων, για υπόδειξη των επιτρεπόμενων λωρίδων κίνησης.
- Σε συνδυασμό με αυτόματες κινητές πύλες.
- Μέσα σε περιοχές φορτοεκφορτώσεων, για την ασφαλή κίνηση των οχημάτων.
- Μπροστά και κοντά σε σταθμούς οχημάτων άμεσης ανάγκης, για παραχώρηση προτεραιότητας σε αυτά.
- Σε διαβάσεις με αυξημένο φόρτο πεζών.
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται απλή προειδοποίηση, με παλλόμενη κίτρινη ένδειξη.

Μία από τις συνηθέστερες εφαρμογές της σηματοδότησης γίνεται σε κόμβους αστικών περιοχών. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για την απόφαση σηματοδότησης, όπως και για τη λεπτομερή σηματορρύθμιση, απαιτούνται εκτεταμένες συγκοινωνιακές μελέτες, που περιλαμβάνουν μετρήσεις οχημάτων και πεζών, διερεύνηση ατυχημάτων, μελέτη της μορφής του κόμβου και του ευρύτερου δικτύου κ.λπ. Στη διαδικασία προσδιορίζονται στοιχεία όπως η περίοδος σηματοδότησης, η διαδοχή και οι χρόνοι των φάσεων, οι συνδυασμοί κινήσεων, οι χρόνοι καθυστερήσεων και τα μήκη ουράς, η ανάγκη επενέργειας και συντονισμού κλπ., στοιχεία που καθορίζουν, εκτός των άλλων, και την τοποθέτηση ή μη συγκεκριμένων κεφαλών, τη μορφή των σηματοδοτών και το είδος του λοιπού εξοπλισμού.

2.5. Συστήματα σηματοδότησης

Τα συστήματα σηματοδότησης διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, με βάση το είδος **επενέργειας** από την κυκλοφορία και το είδος του **συντονισμού** μεταξύ διαφορετικών κόμβων. Το είδος του εφαρμοζόμενου συστήματος επηρεάζει τον απαιτούμενο τεχνικό εξοπλισμό.

Ως προς το είδος **επενέργειας**, διακρίνονται οι παρακάτω τύποι:

- **Σηματοδότηση σταθερού χρόνου (*pretimed ή fixedtime*):** Ο χρόνος κάθε φάσης σηματορρύθμισης είναι σταθερός. Μπορεί να υπάρχουν απλώς διαφορετικά προγράμματα με βάση την περίοδο της ημέρας.

- **Σηματοδότηση ημιεπενεργούμενη από την κυκλοφορία (*semi-actuated*):**

Στην περίπτωση αυτή καταγράφεται η κυκλοφορία σε μία ή περισσότερες, αλλά όχι σε όλες, προσβάσεις. Με βάση τις καταγραφές αυτές είναι δυνατό να μεταβληθούν δυναμικά και επί τόπου οι χρόνοι σηματοδότησης. Συνήθως η καταγραφή γίνεται στις προσβάσεις των ασθενέστερων κινήσεων, ώστε να διακόπτονται οι κύριες κινήσεις μόνο όταν παρουσιάζονται οχήματα ή πεζοί στις προσβάσεις αυτές.

- **Σηματοδότηση πλήρως επενεργούμενη (*fullactuated*):** Η καταγραφή γίνεται

σε όλες τις προσβάσεις. Η ύπαρξη επενέργειας καθιστά υποχρεωτική τη χρήση των κατάλληλων ανιχνευτών, καθώς και των κατάλληλων κεντρικών μονάδων. Τυπικό παράδειγμα συσκευών επενέργειας είναι τα πλήκτρα των πεζών.

Ως προς το είδος του **συντονισμού**, διακρίνονται οι εξής τύποι:

- **Μη συντονισμένη σηματοδότηση:** Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο εκτελεί το δικό του ανεξάρτητο πρόγραμμα.

- **Σηματοδότηση συντονισμένη κατά μήκος αρτηρίας:** Η σηματοδότηση των διαδοχικών κόμβων μίας οδού γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται συνεχής ροή (πράσινο κύμα). Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται μία κύρια μονάδα ρύθμισης που συντονίζει τις τοπικές μονάδες κάθε κόμβου.

- **Συστήματα καθολικής ρύθμισης κυκλοφορίας:** Αποτελούν την πιο σύγχρονη εξέλιξη στο χώρο της σηματοδότησης ενός αστικού δικτύου. Ένα τέτοιο σύστημα καταγράφει ανά πάσα στιγμή τους φόρτους σε διάφορα σημεία του δικτύου, ενώ μία κεντρική μονάδα αναλαμβάνει τη σηματορρύθμιση όλης της περιοχής, με τρόπο ώστε να πληρούνται κάποια κριτήρια, όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους καθυστερήσεων και των στάσεων. Και σε αυτήν την περίπτωση απαραίτητη είναι η χρήση ανιχνευτών.

2.6.Είδη φωτεινών ενδείξεων

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, σκοπός της φωτεινής σηματοδότησης είναι να περάσει στον οδηγό, όπως εν γένει και σε οποιονδήποτε χρήστη της οδού, απλά και σαφή μηνύματα, με τη βοήθεια απλών και σαφών ενδείξεων. Έτσι, στα πλαίσια της φωτεινής σηματοδότησης εφαρμόζονται είτε *απλές χρωματικές ενδείξεις*, είτε *συμβολικές ενδείξεις*, είτε *συνδυασμός τους*.

Όσον αφορά στις χρωματικές ενδείξεις, στην Ελλάδα, όπως και παγκοσμίως, εφαρμόζονται τρία διαφορετικά χρώματα, *πράσινο, κίτρινο και κόκκινο, σε σταθερή και αναλάμπουσα μορφή*. Κατά τον ελληνικό Κ.Ο.Κ. [9], υπάρχουν οι παρακάτω ενδείξεις:

- *Πράσινη (green) σταθερή ένδειξη*: Επιτρέπει την κίνηση.
- *Κόκκινη (red) σταθερή ένδειξη*: Δηλώνει υποχρέωση στάσης.
- *Κίτρινη (yellow) σταθερή ένδειξη*: Επιτρέπει την κίνηση μόνο εάν προφταίνεται η κόκκινη ένδειξη.
- *Πράσινη αναλάμπουσα ένδειξη*: Συναντάται μόνο σε ενδείξεις για πεζούς και τους επιτρέπει την κίνηση, με ιδιαίτερη προσοχή.
- *Κόκκινη αναλάμπουσα ένδειξη*: Επιβάλλει ακινητοποίηση λόγω ιδιαίτερου κινδύνου.
- *Κίτρινη αναλάμπουσα ένδειξη*: Επιτρέπει την κίνηση, με ιδιαίτερη προσοχή και με παραχώρηση προτεραιότητας προς όλους τους χρήστες.

2.7.Μέρη φωτεινού σηματοδότη

Αποτελείται από:

- Ένα φανάρι με τρία ζεύγη λαμπτήρων (πράσινο, κόκκινο, πορτοκαλί),
- Έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο χρονισμού (χωρισμένο σε έξι δακτυλίους),
- Έξι επαφές ηλεκτροδότησης των λαμπτήρων (μία για κάθε λαμπτήρα),
- Το σύστημα τροφοδοσίας (4,5 V), ε) έναν διακόπτη ON-OFF
- Τις απαραίτητες καλωδιώσεις. Καθώς ο κύλινδρος περιστρέφεται από τον ηλεκτροκινητήρα, βρίσκεται συνεχώς με τάση ,λόγω της πλαινής επαφής. Κάθε δακτύλιός του μεταφέρει χρονισμένα το ρεύμα (ανάλογα με το αν είναι μονωμένος ή όχι στο σημείο εκείνο)στην αντίστοιχη επαφή και από εκεί στον αντίστοιχο λαμπτήρα.

2.8.Πεδίο Εφαρμογής –Τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών

Η φωτεινή σηματοδότηση εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η ρύθμιση της διέλευσης ή μη κατά κύριο λόγο οχημάτων σε συγκεκριμένα σημεία της οδού, και για συγκεκριμένους λόγους. Τέτοιες περιπτώσεις είναι οι ακόλουθες:

- Ισόπεδοι κόμβοι με μεγάλους φόρτους κυκλοφορίας ή χωρίς ασφαλή διαμόρφωση, ή κόμβοι όπου επιθυμείται επενεργούμενη σηματοδότηση λόγω υψηλού φόρτου στη μία διεύθυνση και χαμηλού στην άλλη.
- Σε ισόπεδες διαβάσεις σιδηροδρόμων
- Σε σταθμούς διοδίων για έγκαιρη επιλογή της κατάλληλης λωρίδας
- Σε εισόδους αυτοκινητοδρόμων , για έλεγχο της προσπέλασης
- Στις προσβάσεις στενών τμημάτων με μία λωρίδα κυκλοφορίας όπως στενές γέφυρες ή σήραγγες ή περιοχές εκτέλεσης έργων ,για την εναλλάξ κίνηση των δυο αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας.
- Μπροστά από κινητές γέφυρες , για ακινητοποίηση των οχημάτων κυκλοφορίας.
- Σε περιπτώσεις εφαρμογής αντίθετης κατεύθυνσης λωρίδων, για υπόδειξη των επιτρεπόμενων λωρίδων κίνησης.
- Σε συνδυασμό με αυτόματες κινητές πύλες.
- Μέσα σε περιοχές φορτοεκφορτώσεων , για την ασφαλή κίνηση των οχημάτων
- Μπροστά και κοντά σε σταθμούς έκτακτης ανάγκης , για παραχώρηση της προτεραιότητας.
- Σε διαβάσεις με αυξημένο φόρτο πεζών.
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται απλή προειδοποίηση με παλλόμενη κίτρινη ένδειξη
- Η καθημερινή εμπειρία δείχνει ότι η συνηθέστερη εφαρμογή της σηματοδότησης γίνεται σε κόμβους αστικών περιοχών
- Η καθημερινή εμπειρία δείχνει ότι η συνηθέστερη εφαρμογή της σηματοδότησης γίνεται σε κόμβους αστικών περιοχών.

2.9. Συστήματα σηματοδότησης

Τα συστήματα σηματοδότησης διαχωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες με βάση το είδος επενέργειας από την κυκλοφορία και το είδος συντονισμού μεταξύ διαφορετικών κόμβων. Το είδος του εφαρμοζόμενου συστήματος επηρεάζει τον απαιτούμενο τεχνικό εξοπλισμό.

Ως προς το είδος επενέργειας διακρίνονται οι παρακάτω τύποι :

- **Συστήματα σταθερού χρόνου (pretimed ή fixedtime)** : Ο χρόνος κάθε φάσης σηματορρύθμισης είναι σταθερός. Μπορεί να υπάρχουν απλώς διαφορετικά προγράμματα με βάση την περίοδο της ημέρας.

- **Σηματοδότηση ημιεπενεργούμενη από τη κυκλοφορία (semi-actuated)** : Στην περίπτωση αυτή καταγράφεται η κυκλοφορία σε μία ή περισσότερες, αλλά όχι σε όλες, προσβάσεις. Με βάση τις καταγραφές αυτές είναι δυνατό να μεταβληθούν δυναμικά και επί τόπου οι χρόνοι σηματοδότησης. Συνήθως η καταγραφή γίνεται στις προσβάσεις των ασθενέστερων κινήσεων, ώστε να διακόπτονται οι κύριες κινήσεις μόνο όταν παρουσιάζονται οχήματα ή πεζοί στις προσβάσεις αυτές.

- **Σηματοδότηση πλήρως επενεργούμενη(full-actuated)**: Η καταγραφή γίνεται σε όλες τις προσβάσεις. Η ύπαρξη επενέργειας καθιστά υποχρεωτική τη χρήση των κατάλληλων ανιχνευτών, καθώς και των κατάλληλων κεντρικών μονάδων. Τυπικό παράδειγμα συσκευών επενέργειας είναι τα πλήκτρα των πεζών. Ως προς το είδος συντονισμού διακρίνονται οι παρακάτω τύποι :

- **Μη συντονισμένη σηματοδότηση** : Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο εκτελεί το δικό του ανεξάρτητο πρόγραμμα.

- **Συντονισμένη σηματοδότηση κατά μήκος της αρτηρίας**: Η σηματοδότηση των διαδοχικών κόμβων μίας οδού γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται συνεχής ροή (πράσινο κύμα). Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται μία κύρια μονάδα ρύθμισης που συντονίζει τις τοπικές μονάδες κάθε κόμβου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO

3.1.1. Παρουσίαση των μικροελεγκτών

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα ενσωματωμένο τσιπ (ολοκληρωμένο κύκλωμα) που αποτελεί συχνά μέρος ενός συστήματος. Ο μικροελεγκτής περιλαμβάνει CPU, RAM, ROM, θύρες εισόδου/εξόδου και timers σαν έναν απλό τυπικό υπολογιστή, αλλά επειδή είναι σχεδιασμένα να εκτελούν μόνο μία συγκεκριμένη εργασία για τον έλεγχο ενός απλού συστήματος, είναι πολύ μικρότερα και απλούστερα σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Ο μικροελεγκτής διαφέρει από τον μικροεπεξεργαστή στον οποίο του δόθηκε έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Έτσι αν συνδυαστεί με τις κατάλληλες εξωτερικές περιφερειακές συσκευές μπορεί να πραγματοποιήσει μία πληθώρα γενικών εργασιών. Σε αντίθεση ο μικροελεγκτής είναι σχεδιασμένος για πιο εξειδικευμένες εργασίες, έχει πολύ μικρότερες δυνατότητες συνεργασίας με τα εξωτερικά περιφερειακά αφού υστερεί κατά πολύ σε υπολογιστική ισχύ. Στον σχεδιασμό των μικροελεγκτών δόθηκε περισσότερη έμφαση στο να απαιτούν πολύ μικρότερο αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για τη λειτουργία μίας συσκευής, το χαμηλό κόστος κατασκευής τους και τον εύκολο προγραμματισμό εξειδικευμένων εργασιών.

3.1.2. Πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- 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 χαμηλές ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσης τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών συσκευών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.
- Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους συναντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (π.χ. οι σειρές από την Microchip). Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου φον Νόιμαν.

3.1.3. Κατηγορίες μικροελεγκτών

Λόγω του ισχυρότατου ανταγωνισμού αλλά και της τάσης ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, η βιομηχανία μικροελεγκτών έχει καταλήξει στην παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές. Έτσι διακρίνονται οι εξής κυρίως κατηγορίες:

- Μικροελεγκτές (καμιά φορά 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά εξαρτήματα για να μην μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως για παράδειγμα οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas κ.α.).

- Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.

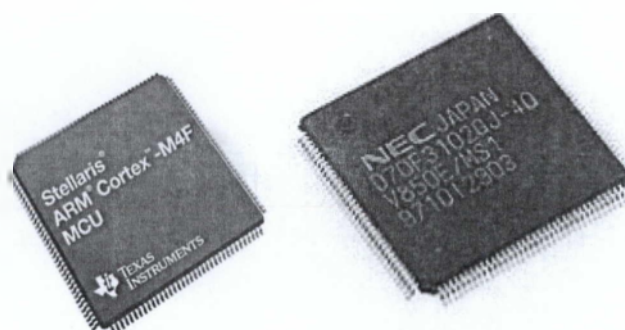
- Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή. Για παράδειγμα μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό όταν στο μέλλον ο πελάτης υιοθετήσει ένα μικροελεγκτή άλλου κατασκευαστή (αρκεί φυσικά να υποστηρίξει κι αυτός το σύνολο εντολών ARM ή MIPS, αντίστοιχα).

- Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

3.1.4. Εργαλεία ανάπτυξης και κατασκευαστές μικροελεγκτών

Η επιτυχία μίας οικογένειας μικροελεγκτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα και την ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (assembly), τη δυνατότητα προγραμματισμού της εσωτερικής μνήμης και εργαλεία εκσφαλμάτωσης (debuggers). Στους μικροελεγκτές τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται ποτέ μόνο από λογισμικό, καθώς δεν υπάρχει τυποποιημένος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ τους. Στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται όχι μόνο οι ίδιοι οι κατασκευαστές μικροελεγκτών αλλά και εξειδικευμένες εταιρείες.

Η πιο διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού των μικροελεγκτών είναι η C, η C++ και οι παραλλαγές τους. Σε τμήματα του λογισμικού όπου απαιτείται μεγαλύτερη ταχύτητα ή μικρότερο μέγεθος χρησιμοποιούμενης μνήμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Assembly. Όμως οι μεγαλύτερες δυνατότητες σε λειτουργικότητα και η ευκολία προγραμματισμού σε C έναντι της assembly, σε συνδυασμό με την επάρκεια μνήμης των σύγχρονων μικροελεγκτών, έχουν γενικά εκτοπίσει την assembly από τις περισσότερες εφαρμογές. Οι σημαντικότεροι κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι ARM η οποία δεν κατασκευάζει αλλά παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα, η Atmel όπου και θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στην συνέχεια, η Epson, η Freescale Semiconductor (πρώην Motorola), η Hitachi, η Maxim (μετά την εξαγορά της Dallas), η Microchip, η NEC, η Toshiba και η TexasInstrument.



Εικόνα 3.1.4: Μικροελεγκτές των εταιρειών NEC & Texas Instrument.

3.2. Arduino

3.2.1 Ιστορία

Το 2005 στην Ivrea της Ιταλίας κατασκευάζεται μία συσκευή η οποία θα είχε την δυνατότητα να ελέγχει και να αλληλεπιδρά σύμφωνα με το περιβάλλον. Σκοπός των κατασκευαστών ήταν αυτή η συσκευή να κοστίζει λιγότερο σε σχέση με άλλες παρόμοιων δυνατοτήτων. Η ομάδα αποτελούνταν από τους Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, David Mellis και Gianluca Martino. Το όνομα της συσκευής έχει τις ρίζες του από τον Arduino of Ivrea, έναν βασιλιά της Ιταλίας του ενάτου αιώνα όπου κατοικούσε στην ίδια πόλη.

Η συσκευή ονομάστηκε "Arduino" που αντιστοιχούσε σε ένα ιταλικό ανδρικό όνομα και σήμαινε "ισχυρός φίλος". Το arduino αναπτύχθηκε σύμφωνα με την πλατφόρμα Wiring, μία πτυχιακή εργασία του Hernando Barragan από το Interaction Design Institute Ivrea. Είχε ως στόχο να είναι μία ηλεκτρονική εκδοχή της Processing που θα χρησιμοποιούσε ένα περιβάλλον προγραμματισμού δικό της αλλά θα έμοιαζε σχεδιαστικά και συντακτικά με αυτό της Processing. Όχι πολύ καιρό πριν, αυτοί που εργάζονταν πάνω στον τομέα του hardware σήμαινε ότι κατασκεύαζαν κυκλώματα από το μηδέν, χρησιμοποιώντας εκατοντάδες διαφορετικές ηλεκτρονικές διατάξεις όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, πηνία, τρανζίστορ, και πολλά άλλα. Τα κύκλωμα αυτά ήταν ενσύρματα με σκοπό να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες εργασίες.

Όταν απαιτούνταν αλλαγές στις εργασίες τους, τότε έπρεπε να γίνουν και κάποιες χρονοβόρες αλλαγές στον σχεδιασμό των κυκλωμάτων, όπως αποσυνκολλήσεις και συγκολλήσεις των απαιτούμενων διατάξεων, αποσυνδέσεις και συνδέσεις καλωδίων κ.α.. Με την εμφάνιση της ψηφιακής τεχνολογίας και των μικροεπεξεργαστών, αυτές οι λειτουργίες οι οποίες πρώτα έπρεπε να γίνουν με καλώδια και διατάξεις τώρα αντικαταστάθηκαν από τα λογισμικά προγράμματα.

Το λογισμικό είναι πιο εύκολο να τροποποιηθεί από ότι το hardware. Με μερικά πατήματα πλήκτρων, μπορεί να αλλάξει ριζικά η λογική μίας συσκευής και να δημιουργηθούν επιπλέον ακόμη δύο ή τρεις δοκιμαστικές εκδόσεις. Η διαδικασία αυτή θα απαιτούσε το ίδιο χρονικό διάστημα όσο και ο χρόνος που απαιτείται για να κολληθεί ένα ζεύγος αντιστάσεων. Όπως είναι φυσικό μαζί με τον χρόνο μειώθηκε και το κόστος για τις τροποποιήσεις καθώς και για τις δοκιμαστικές εκδόσεις.

Όπως το περιγράφει ο δημιουργός του, το Arduino είναι μία open-source (ανοικτού κώδικα)πλατφόρμα «πρωτοτυποποίησης» ηλεκτρονικών κυκλωμάτων βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και software που προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα.

Το Arduino αποτελείται από δύο κύρια μέρη, την πλακέτα Arduino το οποίο είναι το κομμάτι του hardware πάνω στο οποίο εργάζεται ο κατασκευαστής όταν πραγματοποιεί μία κατασκευή ενώ το δεύτερο τμήμα είναι το Arduino IDE, το κομμάτι του λογισμικού που τρέχει στον υπολογιστή. Το IDE χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα sketch (ένα μικρό πρόγραμμα στον υπολογιστή) που φορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτα Arduino. Το sketch λέει στην πλακέτα arduino τι πρέπει να κάνει.

3.2.2. Η πλακέτα arduino

Η πλακέτα Arduino είναι ένα μικρό κύκλωμα (πλακέτα) που περιέχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα υπολογιστή χρησιμοποιώντας ένα μικρό chip (ολοκληρωμένο κύκλωμα) που είναι ο μικροελεγκτής. Αυτός ο υπολογιστής είναι τουλάχιστον χίλιες φορές λιγότερο ισχυρός από ένα MacBook, αλλά είναι πολύ φθηνότερος και πολύ χρήσιμος για την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών. Μάλιστα κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι λειτουργικά το Arduino μοιάζει πολύ με το NXT Brick των Lego Mindstorms NXT. Άλλωστε η ρομποτική είναι μία από τις πολλές κατηγορίες στις οποίες το Arduino διαπρέπει. Η ομάδα του Arduino έχει τοποθετήσει σε αυτήν την πλακέτα όλα τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται για τον μικροελεγκτή ώστε να μπορεί να λειτουργεί σωστά και να μπορεί να επικοινωνεί με τον υπολογιστή και άλλες σειριακές συσκευές.

3.2.3. EEPROM memory

Το τελευταίο μέρος της μνήμης είναι η EEPROM και καταλαμβάνει 1024 bytes, αρκετά μικρή για μνήμη που χρησιμοποιείται μόνο για ανάγνωση (read-only). Η EEPROM έχει όριο ζωής καθώς δε μπορεί να επαναπρογραμματιστεί για περισσότερες από 100.000 φορές. Είναι μία byteaddressable μνήμη, γεγονός που καθιστά λίγο δυσκολότερο να τεθεί σε χρήση αφού απαιτείται ειδική βιβλιοθήκη ώστε να μπορέσει κάποιος να έχει πρόσβαση σε αυτή.

3.2.4. FTDI

Εκτός όμως από το ATmega 328 το arduino χρησιμοποιεί και ένα FDTI ολοκληρωμένο. Οι μικροελεγκτές ATmega προγραμματίζονται χρησιμοποιώντας σειριακή επικοινωνία με τους υπολογιστές, έτσι το FDTI αναλαμβάνει την εργασία της μετατροπής της σειριακής θύρας σε USB.

3.2.5. Pins πλακέτας arduino

Η πλακέτα arduino διαθέτει :

- 14 ψηφιακές θύρες (εισόδου & εξόδου). Σύμφωνα με το πρόγραμμα που θα φορτωθεί στον μικροελεγκτή αυτές οι θύρες μπορούν να εργαστούν σαν εισοδοί ή εξοδοί ψηφιακών σημάτων.
- Οι ψηφιακές θύρες 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές θύρες εξόδου με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Το PWM παίρνει ένα εύρος τιμών από το 0 έως το 255. Δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα, έτσι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα παρέχει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα δίνει έναν παλμό που η τάση του θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσα χρονικά διαστήματα μεταξύ των τιμών 0V και 5V με σκοπό η μέση τιμή να ισούται με 2.5V.
- Οι θύρες 0 και 1 χρησιμοποιούνται επίσης και για να λαμβάνουν (RX) και να μεταδίδουν (TX) TTL σειριακά δεδομένα. Έτσι, όταν για παράδειγμα το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα σειριακά, τότε αυτά προωθούνται στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB όπως επίσης και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μία άλλη συσκευή (π.χ. ένα δεύτερο arduino στη δικιά του θύρα 1). Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμα ενεργοποιηθεί το σειριακό interface, καταλαμβάνονται δύο ψηφιακές θύρες εισόδου/εξόδου.

- Οι θύρες 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα) Με άλλα λόγια, μπορούν να ρυθμιστούν μέσα από το πρόγραμμα ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές τάσης, η κανονική ροή του προγράμματος να σταματάει άμεσα και να εκτελείται μία συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.

- 6 αναλογικές θύρες εισόδου αριθμημένες από το 0 έως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter). Για παράδειγμα, αν τροφοδοτηθεί ένα από αυτά τα pin με μία τάση η οποία μπορεί να κυμανθεί με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μία τάση αναφοράς Vref (η οποία αν δεν γίνει κάποια αλλαγή είναι προρυθμισμένη στα 5V), τότε μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να «διαβαστεί» η τιμή της θύρας ως ένας ακέραιος αριθμός χωρητικότητας 10-bit, από το 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι το 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V). Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μία εντολή όπως για παράδειγμα στα 1.1V. Ένας άλλος τρόπος όπου η τάση αναφοράς μπορεί να δηλωθεί από τον προγραμματιστή είναι τροφοδοτώντας με μία εξωτερική τάση αναφοράς τη θύρα με την σήμανση AREF που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, αν τροφοδοτηθεί η θύρα AREF με 3.3V και στην συνέχεια εκτελεσθεί η εντολή να διαβαστεί κάποιο pin αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζετε τάση 1.65V, το Arduino θα επιστρέψει την τιμή 512.

Δίπλα από της θύρες αναλογικής εισόδου, υπάρχει μία ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός pin έχει ως εξής:

- Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (με οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του arduino.

- Το δεύτερο με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει διατάξεις, συσκευές ή αισθητήρες με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.

- Η τρίτη θύρα με την ένδειξη 5V, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτή για την τροφοδότηση διαφόρων εξαρτημάτων, συσκευών ή αισθητήρων με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως παρέχει τάση 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «σταθεροποιήσει» στα 5V.

- Το τέταρτο και το πέμπτο pin με την ένδειξη GND είναι οι γειώσεις.

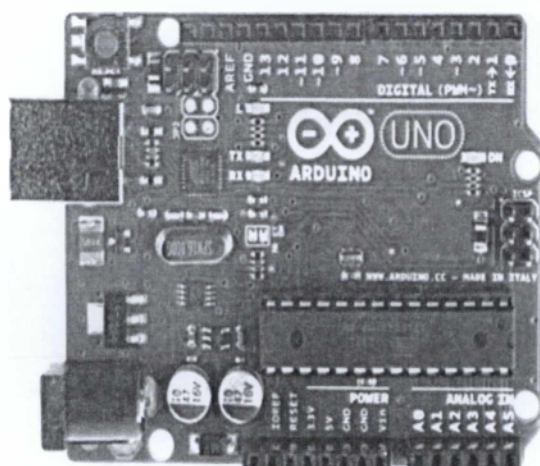
- Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino στην περίπτωση που δεν βολεύει να χρησιμοποιηθεί η υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό το pin για να τροφοδοτήσει εξαρτήματα και συσκευές με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

- Η φόρτωση του sketch πραγματοποιείται μέσω μίας USB θύρας που διαθέτει η πλακέτα arduino. Έτσι οι πληροφορίες που προέρχονται από την USB θύρα του υπολογιστή εισέρχονται στην USB θύρα του arduino και στην συνέχεια οδηγούνται στο FDTI ολοκληρωμένο για να διαμορφωθούν σε μία κατάλληλη μορφή ώστε ο μικροελεγκτής να μπορέσει να τις διαβάσει.

- Πάνω στην πλακέτα του arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 smd(μικροσκοπικά) LED επιφανειακής στήριξης. Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και του ενός LED με την σήμανση POWER είναι προφανής. Τα δύοLED με τις σημάσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα)δεδομένα μέσω της USB. 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 τη σήμανση L. Η βασική λειτουργία του LED στην πλακέτα Arduino είναι για να αναβοσβήνει συνήθως για δοκιμαστικό σκοπό. Οι κατασκευαστές σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα το οποίο το σύνδεσαν στη ψηφιακή θύρα 13. Έτσι ακόμα και αν δεν έχει συνδεθεί τίποτα πάνω στο φυσικό pin 13,αναθέτοντας του την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμα, θα ανάψει το ενσωματωμένο LED L.

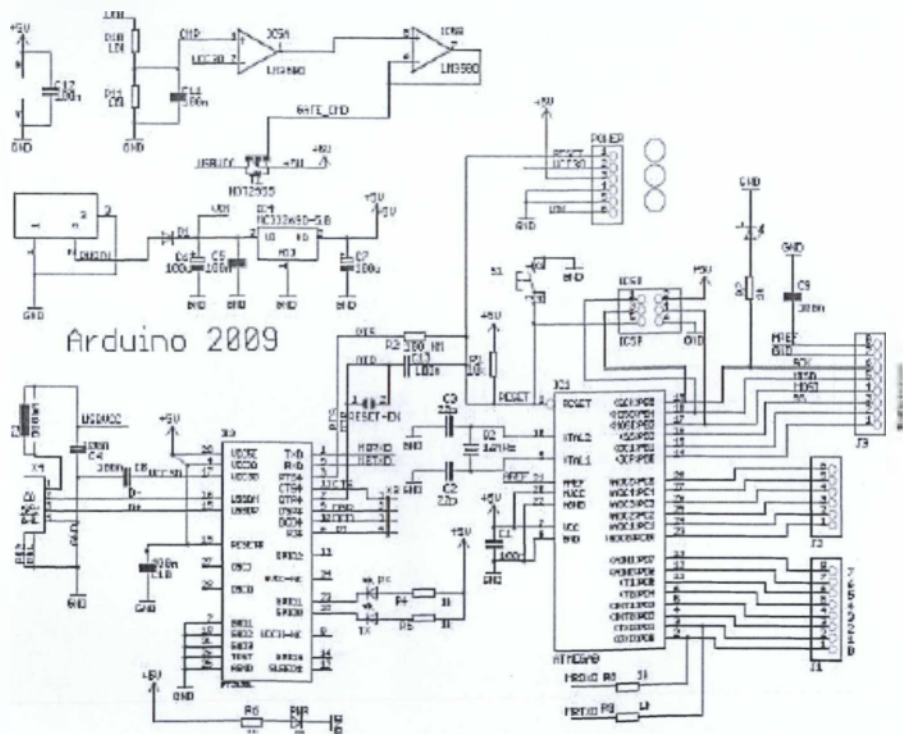
- Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί από μία USB θύρα ενός υπολογιστή ή από ένα 9 volt τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος με βύσμα 2.1mm barreltip. Ο θετικός πόλος θα πρέπει να βρίσκεται στη εσωτερική πλευρά και ο αρνητικός στην εξωτερική πλευρά του βύσματος.



Εικόνα 3.2.5: ARDUINO UNO

3.2.6. Arduino Duemilanove

Το Arduino Duemilanove (2009) είναι μια πλατφόρμα βασισμένη στον μικροεπεξεργαστή ATmega 168. Έχει 14 ψηφιακές εισόδους και εξόδους (εκ των οποίων οι έξι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτέλεσμα PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ένα ταλαντωτή κρυστάλλου 16 MHz, μια σύνδεση USB, μια είσοδο παροχής ενέργειας, ένα διασυνδεδετικό αγωγό ICSP, και ένα κουμπί αναστοίχησης. Μπορεί να συνδεθεί με έναν υπολογιστή δια μέσω ενός καλωδίου USB ή να τροφοδοτηθεί με έναν προσαρμογέα ρεύμα-συνεχής ή με μπαταρία.



Εικόνα 3.2.6: Συνδεσμολογία Arduino

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα ειδικά χαρακτηριστικά του Arduino:

| | |
|---------------------------------|--|
| Μικροεπεξεργαστής | ATmega168 |
| Λειτουργούσα τάση | 5V |
| Τάση εισαγωγής (πιν συνιστάται) | 7-12V |
| Τάση εισαγωγής (όρια) | 6-20V |
| Ψηφιακές I/O εισοδοι | 14 (α: των οποίων οι 6 παρεχουν την παραγωγή PWM) |
| Αναλογικές εισοδοι | 6 |
| ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα ανά I/O εισοδο | 40 μ A |
| ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα για 3.3V εισοδο | 50 μ A |
| Μνήμη | 16 KB (ATmega168) εκ των οποίων τα 2 KB χρησιμοποιείται από bootloader |
| SRAM | 1 KB (ATmega168) |
| EEPROM | 512 bytes (ATmega168) |
| Ταχύτητα ρολογιών | 16 MHz |

3.2.7. Τροφοδότηση

Το Arduino Duemilanove μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω της σύνδεσης usb ή με μια εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα. Η πλατφόρμα μπορεί να λειτουργήσει σε μια εξωτερική τροφοδότηση από έξι έως είκοσι βολτ. Εάν παρέχεται λιγότερο από επτά βολτ, εντούτοις, η είσοδος των πέντε βολτ μπορεί να παρέχει λιγότερο από πέντε βολτ και η πλατφόρμα να είναι ασταθής. Επιπλέον εάν παρέχονται περισσότερα από 12 βολτ η πλατφόρμα μπορεί να υπερθερμανθεί. Το προτεινόμενο φάσμα τροφοδότησης είναι 7-12 βολτ.

3.2.8. Είσοδοι και Έξοδοι

Ο Arduino έχει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου. Αυτοί μπορούν να τεθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι με τις εντολές-συναρτήσεις `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()`. Λειτουργούν στα 5 Volts και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να καταβυθίζουν ένταση της τάξεως των 40mA. Σε κάθε Pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 20-50KΩ. Επιπλέον έχει 5 Αναλογικούς ακροδέκτες Εισόδου. Αυτοί μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές όπως η τάση μιας μπαταρίας κτλ και να τις μετατρέψουν σε έναν αριθμό από 0-1023. Η μέτρηση της τάσης γίνεται από προκαθορισμένα από 0 έως 5 volts. Εκτός αυτού 6 εκ των 14 ψηφιακών ακροδεκτών οι P3, P5, P6, P9, P10 και P11 έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως Αναλογικές Έξοδοι.

Κάποιοι ακροδέκτες έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες.

- Σειριακή Λειτουργία: 0 (RX) and 1 (TX). Χρησιμοποιούνται για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων. Αυτοί οι ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τους αντίστοιχους του ολοκληρωμένου FTDI USB-to-TTL Serial.
- Εξωτερικές Διακοπές: 2 και 3. Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ενεργοποιούν διακοπές αν ανιχνευθεί παλμός χαμηλής τάσης. Με την συνάρτηση `attach Interrupt()`.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Παρέχουν Έξοδο 8-bit PWM με την συνάρτηση `analog Write()`.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Αυτοί οι ακροδέκτες επιτρέπουν επικοινωνία SPI, η οποία αν και παρέχεται από το hardware δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.
- LED: 13. Στον ακροδέκτη 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED. Όταν ο ακροδέκτης έχει τιμή HIGH, το LED φωτοβολεί..

Επιπλέον υπάρχουν ακροδέκτες για ειδικές λειτουργίες όπως:

- I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες τις γλώσσας προγραμματισμού *Wiring*.
- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση `analog Reference()`.
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επαννεκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.
- I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες της γλώσσας προγραμματισμού *Wiring*.

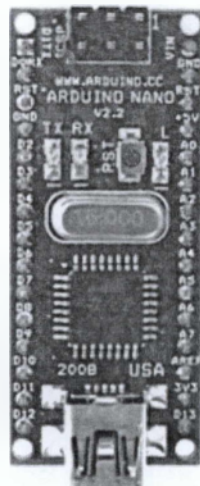
Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι ακροδέκτες:

- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analog Reference().
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επανενεκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.

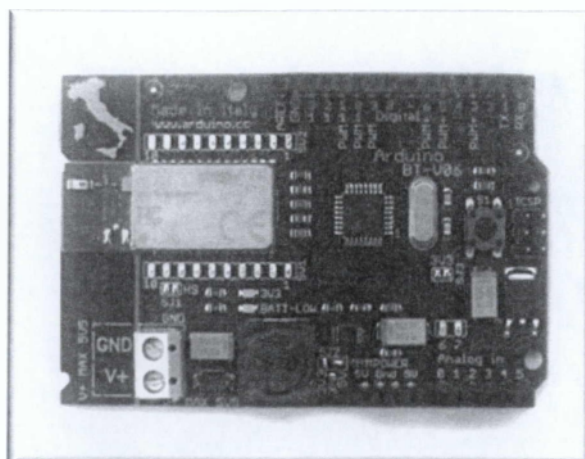
3.2.9. Άλλες εκδόσεις arduino

Σήμερα εκτός από την έκδοση arduino Duemilanove/UNO η οποία και αναλύθηκε παραπάνω, υπάρχουν άλλες οχτώ διαφορετικές πλακέτες arduino.

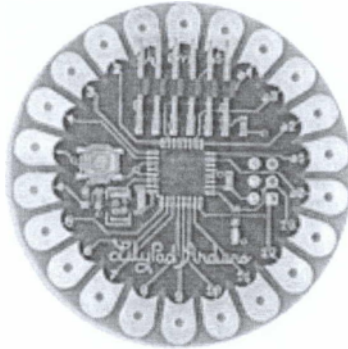
- **Nano**: Είναι μία μικρότερη έκδοση του arduino η οποία συνδέεται στον υπολογιστή μέσω καλωδίου mini USB B.



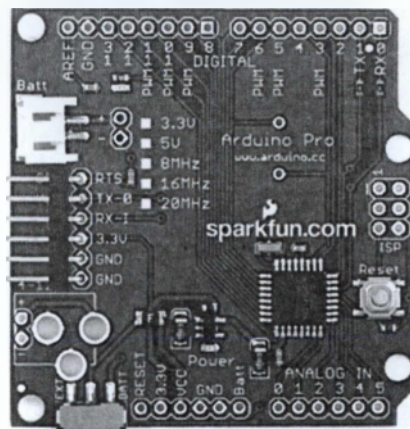
- **Bluetooth**: Ο ελεγκτής arduino BT περιέχει μία Bluetooth πλακέτα η οποία επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία και προγραμματισμό του μέσω του υπολογιστή.



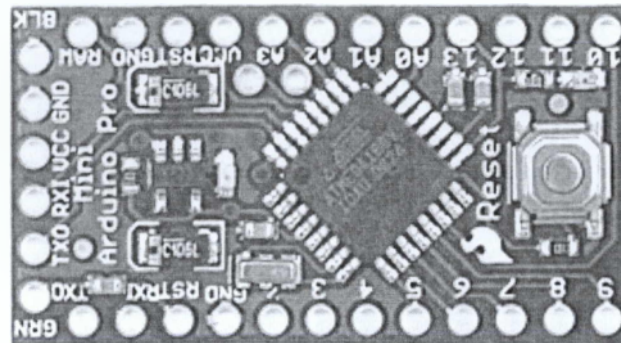
- **LilyPad:** Αυτή η έκδοση είναι σχεδιασμένη για να χρησιμοποιείται στα ρούχα. Έχει μωβ χρώμα και μπορεί να ραφτεί εύκολα πάνω σε ύφασμα.



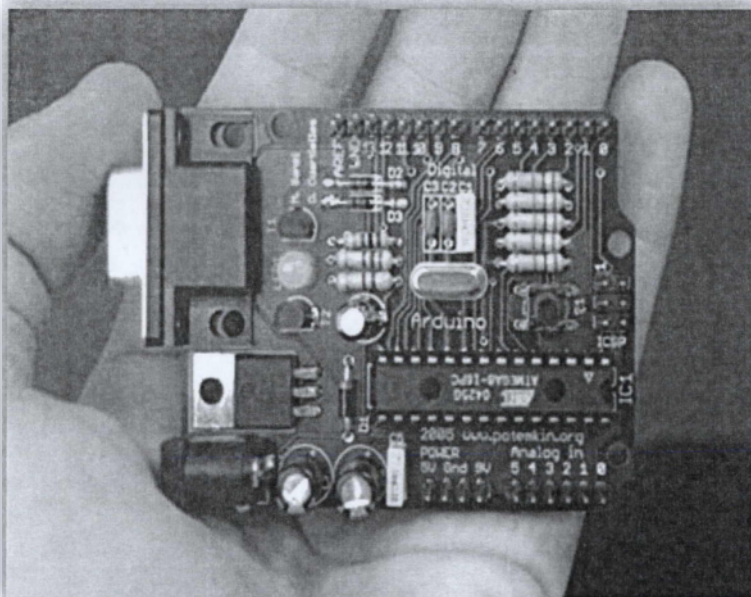
- **Pro:** Η συγκεκριμένη πλακέτα είναι σχεδιασμένη για προχωρημένους χρήστες που έχουν σκοπό να τη χρησιμοποιήσουν κάπου μόνιμα. Είναι φθηνότερη από την Duemilanove και συνδέεται εύκολα με μπαταρίες αλλά απαιτούνται επιπλέον ηλεκτρονικές διατάξεις για την χρήση της.



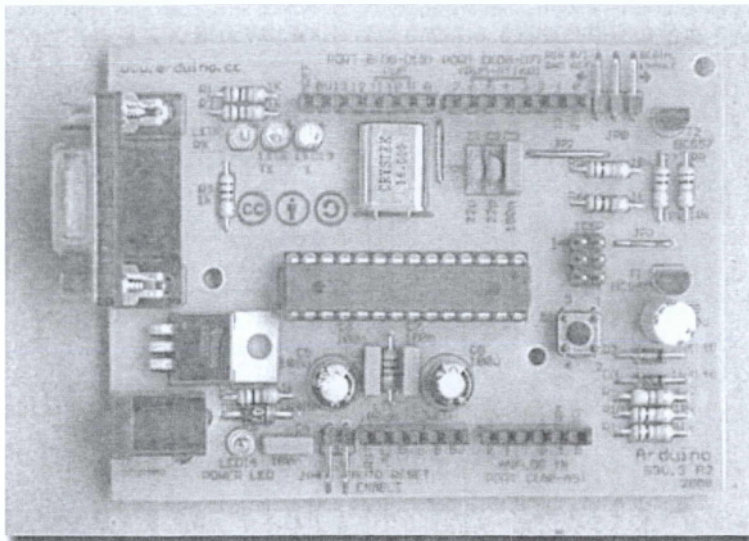
• **Pro-mini:** Όπως και στην Pro έκδοση έτσι και σε αυτήν σχεδιάστηκε για προχωρημένους χρήστες με την διαφορά ότι η πλακέτα καταλαμβάνει μικρότερο χώρο. Η Pro-mini είναι και αυτή φθηνότερη έκδοση αλλά χρειάζεται επίσης περαιτέρω εργασία για την χρησιμοποίησή της.



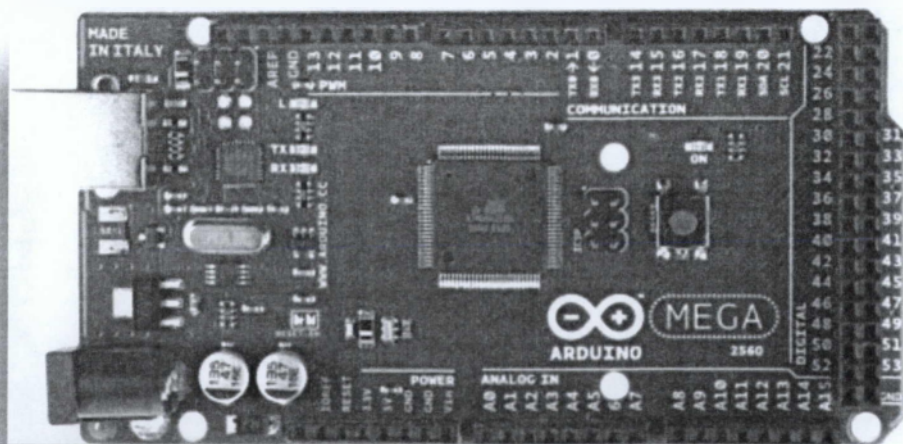
• **Serial:** Αυτή είναι η βασική έκδοση arduino που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RS232 για την επικοινωνία και τον προγραμματισμό του. Το πλεονέκτημα της είναι ότι μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από έναν χρήστη.



• **Serial SingleSided:** η έκδοση αυτή σχεδιάστηκε με σκοπό να κατασκευαστεί στο χέρι. Είναι λίγο μεγαλύτερο από τα προηγούμενα arduino, παρ' όλα αυτά παραμένει συμβατή με τις περισσότερες κατασκευές που σχεδιάστηκαν για να προεκτείνουν της δυνατότητες της Duemilano.



• **Mega:** Το Arduino mega όπως και το Duemilano, συνδέεται μέσω USB και έχει το ίδιο μέγεθος. Οι διαφορές τους είναι ότι ο μικροελεγκτής διαθέτει μεγαλύτερη μνήμη και έχει περισσότερες θύρες εισόδου/εξόδου. Εκτός όμως από τις εκδόσεις arduino υπάρχουν και πολλές άλλες κατασκευές που λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο όπως το Freeduino, το Sanguino, το BareBones Board, το LEDuino και το Miduino.



3.2.10. Το software για τον προγραμματισμό του arduino

Το arduino IDE (Integrated Development Environment –Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης) είναι ένα ειδικό πρόγραμμα βασισμένο σε java που εκτελείται στον υπολογιστή και επιτρέπει να γραφούν τα sketches για την πλακέτα arduino σε μία απλή γλώσσα που διαμορφώθηκε μέσα από την γλώσσα Processing. Πατώντας ένα κουμπί, το πρόγραμμα φορτώνει το sketch στον μικροελεγκτή του arduino.

Η γλώσσα του arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring, μία παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc. Λόγω της καταγωγής της από την γλώσσα προγραμματισμού C, στη γλώσσα του arduino μπορούν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά οι ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, οι ίδιοι τύποι δεδομένων και οι ίδιοι τελεστές με την C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του arduino.

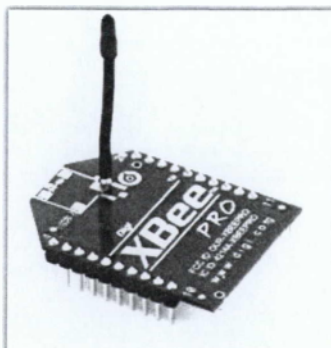
Τα βήματα με τα οποία μπορεί να προγραμματιστεί το arduino Duemilanove/UNO είναι:

1. Συνδέεται πρώτα η πλακέτα με τον υπολογιστή μέσω USB θύρας
2. Γράφεται ο κώδικας του sketch ο οποίος θα προγραμματίσει τον μικροελεγκτή ώστε να εκτελέσει τις επιθυμητές εργασίες
3. Φορτώνεται το sketch στον μικροελεγκτή του arduino μέσω της USB θύρας. Απαιτούνται μερικά δευτερόλεπτα έως ότου να τελειώσει η μεταφορά και ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή και στη συνέχεια το arduino κάνει μια επανεκκίνηση ώστε ο μικροελεγκτής να διαβάσει τον καινούριο κώδικα.
4. Η πλακέτα μετά την επανεκκίνηση μπορεί να εκτελέσει το καινούριο sketch το οποίο γράφτηκε και φορτώθηκε στον μικροελεγκτή.

3.2.11. Arduinoshields

Πέραν όμως της μεγάλης ποικιλίας των πλακετών arduino, υπάρχει και μία μεγάλη ποικιλία από πλακέτες οι οποίες μπορούν να "κουμπώσουν" και να συνδεθούν με την πλακέτα arduino, με σκοπό την προέκταση των δυνατοτήτων της. Κάποιες από αυτές είναι:

- **Xbeeshield:** Το Xbee είναι μία κατασκευή η οποία επιτρέπει σε ένα arduino να επικοινωνήσει ασύρματα με έναν υπολογιστή σε απόσταση έως και 100 μέτρων. Στην πραγματικότητα η ασύρματη αυτή επικοινωνία επιτυγχάνεται από δύο πομποδέκτες. Ο κάθε πομποδέκτης αποτελείται από μία πλακέτα XBee Explorer USB η οποία είναι ένας μετατροπέας της USB θύρας σε σειριακή και ένα Xbeeantenna. Το xbeeantenna είναι υπεύθυνο για να εκπέμπει και να λαμβάνει σειριακά ηλεκτρικά σήματα τα οποία έχουν διαμορφωθεί σε ηλεκτρομαγνητικά στην συχνότητα των 2.4GHz.



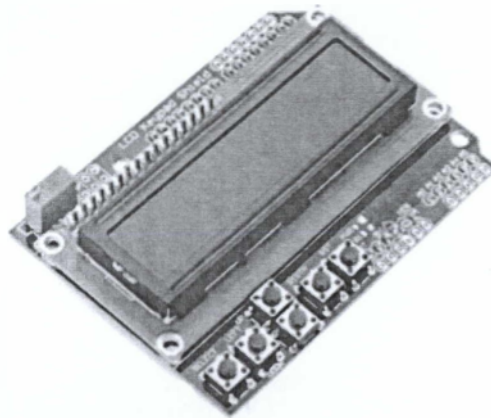
• **Motor Controller:** Η ελεγκτές κινητήρων είναι πλακέτες οι οποίες χρησιμοποιούνται με σκοπό τον έλεγχο των κινητήρων. Εξαιτίας του ότι η πλακέτα arduino δεν έχει την δυνατότητα να τροφοδοτήσει με την απαιτούμενη ισχύ τους κινητήρες, παρουσιάστηκε η ανάγκη κατασκευής κυκλώματος όπου θα «οδηγεί» τους κινητήρες αυτούς.



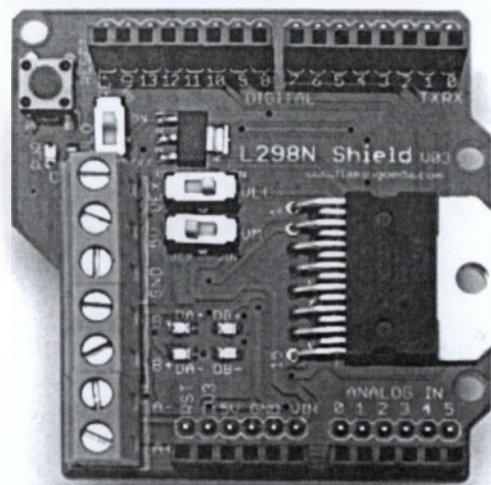
• **VoiceRecognitionShield:** Είναι μία shield η οποία μαζί με το κατάλληλο software έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει μία ποικιλία φωνητικών εντολών που δίνονται από κάποιον χρήστη και να τις προωθήσει για να πραγματοποιήσει το arduino συγκεκριμένες ενέργειες.



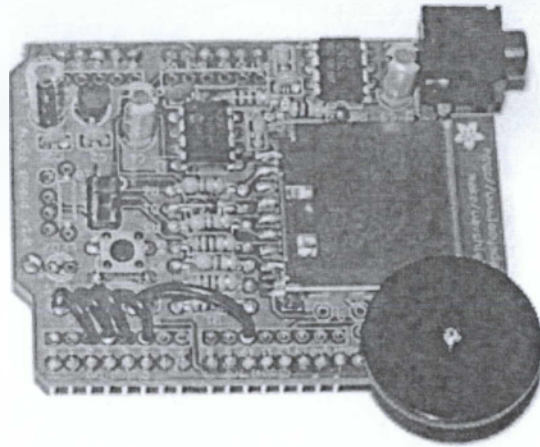
• **LCD shield:** Το arduino σε συνδυασμό με μία LCD shield έχει την δυνατότητα να εμφανίσει διάφορα μενού ή μηνύματα σε μία οθόνη. Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν μέσω της LCD να ενημερώνονται για τα αποτελέσματα που λαμβάνει ένα arduino από τους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι. Έτσι δε χρειάζεται να συνδεθεί το arduino με τον υπολογιστή για να διαβαστούν τα αποτελέσματα από το serial monitor.



• **GPS shield:** Η συγκεκριμένη πλακέτα επικοινωνεί με τουλάχιστον 3 δορυφόρους και επιστρέφει στο arduino έναν αριθμό μεταβλητών που αντιστοιχούν σε συντεταγμένες.



- **Waveshield:** Είναι και αυτή μία πολύ ενδιαφέρον κατασκευή που δίνει την δυνατότητα στο arduino να αναπαράγει μουσικά αρχεία μορφοποιημένα σε WAVE(.wav).



- **BlinkM:** Το BlinkM είναι ένα RGB led. Στην πραγματικότητα αποτελείται από τρεις διόδους led (red, green, blue) και εκμεταλλεύοντας την PWM δυνατότητα του arduino πραγματοποιεί μία μίξη των τριών βασικών χρωμάτων. Το αποτέλεσμα είναι να εκπέμπει μία πολύ μεγάλη ποικιλία φωτεινών χρωμάτων.

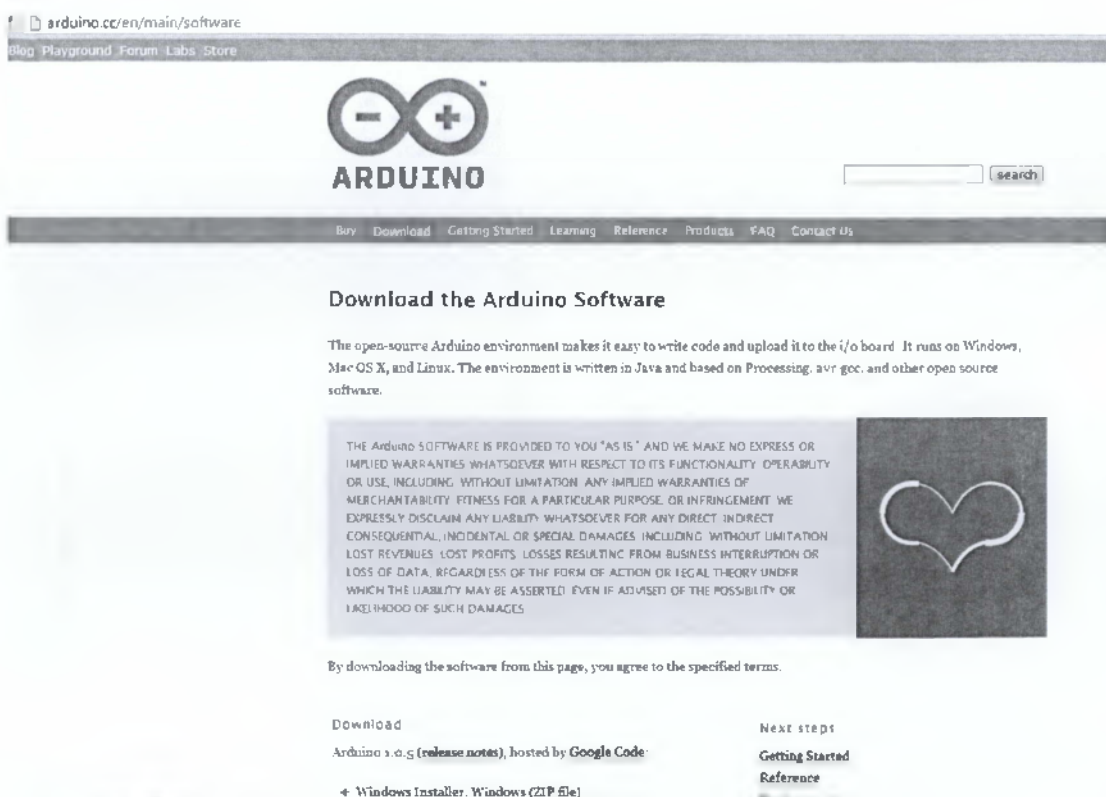
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προγραμματισμός του ελεγκτή Arduino

4.1. Το περιβάλλον Arduino IDE (integrated development environment)

Το Arduino IDE είναι αρκετά απλούστερο σε αντίθεση με άλλα περιβάλλοντα ανάπτυξης λογισμικού όπως το Eclipse, το Xcode και το Visual Studio. Κυρίως αποτελείται από έναν editor (κειμενογράφο), έναν compiler, ένα loader και ένα serial monitor. Δεν περιέχει προχωρημένες λειτουργίες όπως debugging ή code completion, δίνει μόνο τη δυνατότητα για μερικές ρυθμίσεις στα «preferences». Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία πολυπλατφορμική εφαρμογή γραμμένη σε Java.

Το περιβάλλον του Arduino το κατεβάζουμε από την παρακάτω ιστοσελίδα:

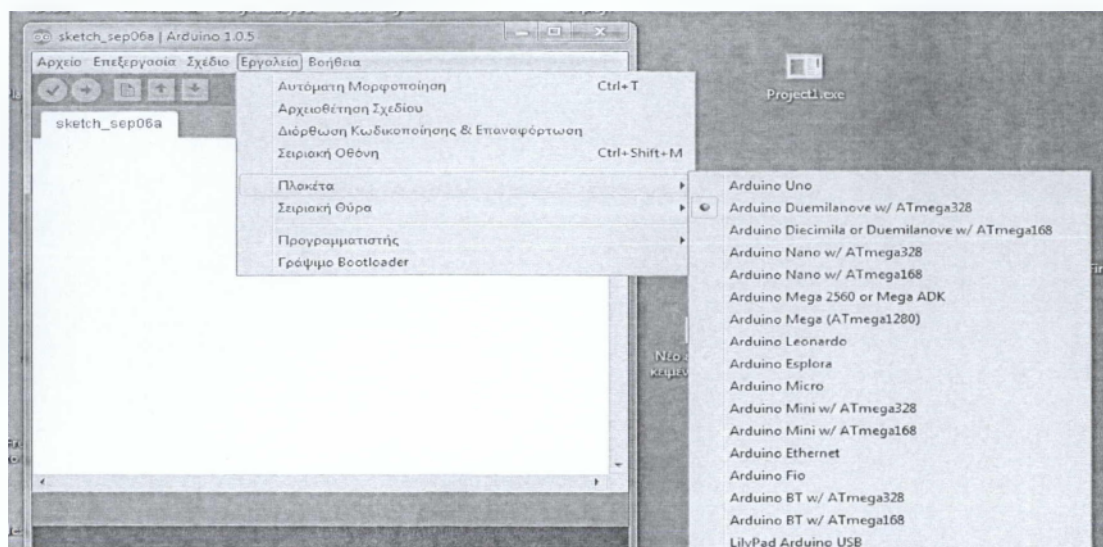
<http://arduino.cc/en/main/software>



The screenshot shows the Arduino website's software download page. At the top, there is a navigation bar with links for 'Blog', 'Playground', 'Forum', 'Labs', and 'Store'. Below this is the Arduino logo, which consists of two interlocking infinity symbols, one with a minus sign and one with a plus sign, and the word 'ARDUINO' underneath. To the right of the logo is a search bar. Below the logo is a horizontal menu with links for 'Buy', 'Download', 'Getting Started', 'Learning', 'Reference', 'Products', 'FAQ', and 'Contact Us'. The main heading is 'Download the Arduino Software'. Below this is a paragraph of text: 'The open-source Arduino environment makes it easy to write code and upload it to the i/o board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing, avr-gcc, and other open source software.' To the right of this text is a small image of a heart shape. Below the text is a disclaimer: 'THE ARDUINO SOFTWARE IS PROVIDED TO YOU "AS IS" AND WE MAKE NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES WHATSOEVER WITH RESPECT TO ITS FUNCTIONALITY, OPERABILITY OR USE, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR INFRINGEMENT. WE EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY WHATSOEVER FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, INCIDENTAL OR SPECIAL DAMAGES INCLUDING WITHOUT LIMITATION LOST REVENUES, LOST PROFITS, LOSSES RESULTING FROM BUSINESS INTERRUPTION OR LOSS OF DATA, REGARDLESS OF THE FORM OF ACTION OR LEGAL THEORY UNDER WHICH THE LIABILITY MAY BE ASSERTED, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OR LIKELIHOOD OF SUCH DAMAGES.' Below the disclaimer is a note: 'By downloading the software from this page, you agree to the specified terms.' At the bottom, there are two columns of links. The left column has 'Download' and 'Arduino 1.0.5 (release notes), hosted by Google Code'. The right column has 'Next steps', 'Getting Started', and 'Reference'. Below these links are two small icons: a Windows installer icon and a ZIP file icon.

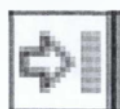
Εικόνα 4.1.1: Ιστοσελίδα Arduino

Κάνουμε την εγκατάσταση του software η οποία δεν απαιτεί κάποια συγκεκριμένη ρύθμιση, αφού ολοκληρωθεί τρέχουμε το πρόγραμμα και επιλέγουμε από το μενού που έχει την επιλογή εργαλεία και στην συνέχεια πλακέτα, έπειτα επιλέγουμε το μοντέλο της πλακέτας που θέλουμε να προγραμματίσουμε.




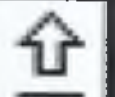
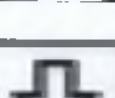
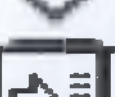



Σχήμα 4.1.2: Περιβάλλον προγραμματισμού πλατφόρμας

Εμείς έχουμε τον Arduino Duemilano που επιλέγουμε και έπειτα γράφουμε τον κώδικα μας. Μόλις τελειώσουμε πατάμε το κουμπί που έχει το περιβάλλον του Arduino πάνω δεξιά για να κάνει την μεταγλώττιση του κώδικα και να βρει τυχόν λάθαι αν υπάρχουν.



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 ανέβασμα του στο Arduino |
|  | Εμφάνιση της σειριακής κονσόλας. Αποστολή και λήψη δεδομένων που στάλθηκαν μέσω της σειριακής θύρας. |

Ρυθμίσεις του περιβάλλοντος ανάπτυξης

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

1. Επιλογή πλακέτας. Από το μενού Tools -> Board επιλέγουμε την πλακέτα που έχουμε.
2. Στο συγκεκριμένο οδηγό θα χρησιμοποιήσουμε το Arduino οπότε επιλέγουμε το "Arduino Duemilanove w/A Tmega 328".
3. Επιλογή σειριακής θύρας. Από το μενού Tools -> Serial Port επιλέγουμε την σειριακή θύρα ή θύρα USB που έχουμε συνδεδεμένο το Arduino (πχ. /dev/ttyUSB0 σε ΛΣ Linux).

Ρυθμίσεις που αφορούν το μέγεθος του κειμένου, τον φάκελο αποθήκευσης, χρήση εξωτερικού κειμενογράφου βρίσκονται στη καρτέλα Preferences (File -> Preferences). Για περισσότερες ρυθμίσεις μπορούμε να κάνουμε αλλαγές το αρχείο preferences.txt (βρίσκεται στον φάκελο του χρήστη ~/.arduino/preferences.txt στο ΛΣ Linux).

4.2. Προγραμματισμός Arduino Duemilanove

Δομή προγράμματος

Ένα τυπικό πρόγραμμα του Arduino έχει την εξής δομή:

```
// δηλώσεις μεταβλητών

void setup() {

// αρχικοποιήσεις
}
void loop() {
// ...
}
```

Όπως βλέπουμε υπάρχουν δυο βασικές συναρτήσεις σε ένα τυπικό πρόγραμμα.

Η συνάρτηση setup() εκτελείται στην αρχή του προγράμματος και για μία μόνο φορά. Χρησιμοποιείται για τις αρχικοποιήσεις των μεταβλητών, τις δηλώσεις των pin (αν θα είναι είσοδος ή έξοδος) και τις αρχικοποιήσεις των η βιβλιοθηκών.

Η συνάρτηση loop() κάνει αυτό που λέει και το όνομά της. Ο κώδικας που γράφεται μέσα στη συνάρτηση αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς δίνοντας την δυνατότητα στο πρόγραμμα μας να αλλάζει τιμές και το Arduino να ανταποκρίνεται ανάλογα.

Ο ΠΗΓΑΙΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ

```
// καθορίζουμε τα χρώματα του κάθε ενός φαναριού με ένα pin Εισόδου του Arduino. //  
int red = 3;  
intyellow = 2;  
intgreen = 1;  
intred2 = 7;  
intyellow2 = 8;  
intgreen2 = 9;  
intred3 = 10;  
intyellow3=11;  
intgreen3 = 12;  
// θέτουμε τα pins(5,6,7,11,12,13)ως εξόδους //  
void setup(){  
pinMode(red, OUTPUT);  
pinMode(yellow, OUTPUT);  
pinMode(green, OUTPUT);  
pinMode(red2, OUTPUT);  
pinMode(yellow2, OUTPUT);  
pinMode(green2, OUTPUT);  
pinMode(red3, OUTPUT);  
pinMode(yellow3, OUTPUT);  
pinMode(green3, OUTPUT);  
}  
// Με την παρακάτω συνάρτηση (loop) εκτελούμε επαναληπτικά την συνάρτηση changeLights  
συνέχεια non-stop! //  
voidloop(){  
changeLights();  
delay(3000);  
}
```

// Οι παρακάτω εντολές καθορίζουν πότε θα ανάψουν τα φωτάκια των φαναριών και με πια συγκεκριμένη σειρά. Κάθως και την διάρκεια που θα μείνουν αναμένα! //

```
voidchangeLights(){
```

```
    //κλείνει το green και ανάβει το yellow
```

```
digitalWrite(green, LOW);
```

```
digitalWrite(yellow, HIGH);
```

```
digitalWrite(yellow2, LOW);
```

```
digitalWrite(red2, HIGH);delay(2000);
```

```
// κλείνει το yellow, και ανάβει το red για 5 δευτερόλεπτα και το green2 του δεύτερου φαναριού.
```

```
digitalWrite(yellow, LOW);
```

```
digitalWrite(red, HIGH);
```

```
digitalWrite(yellow2, LOW);
```

```
digitalWrite(red2, LOW);
```

```
digitalWrite(green2, HIGH);
```

```
digitalWrite(yellow3, LOW);
```

```
digitalWrite(red3, LOW);
```

```
digitalWrite(green3, HIGH);
```

```
delay(4000); // 4 δευτερόλεπτα θα μείνουν ανοιχτά τα φωτάκια που ορίζω να είναι high το stage τους...
```

```
digitalWrite(red, HIGH);
```

```
digitalWrite(yellow2, HIGH);
```

```
digitalWrite(green2, LOW);
```

```
digitalWrite(yellow3, HIGH);
```

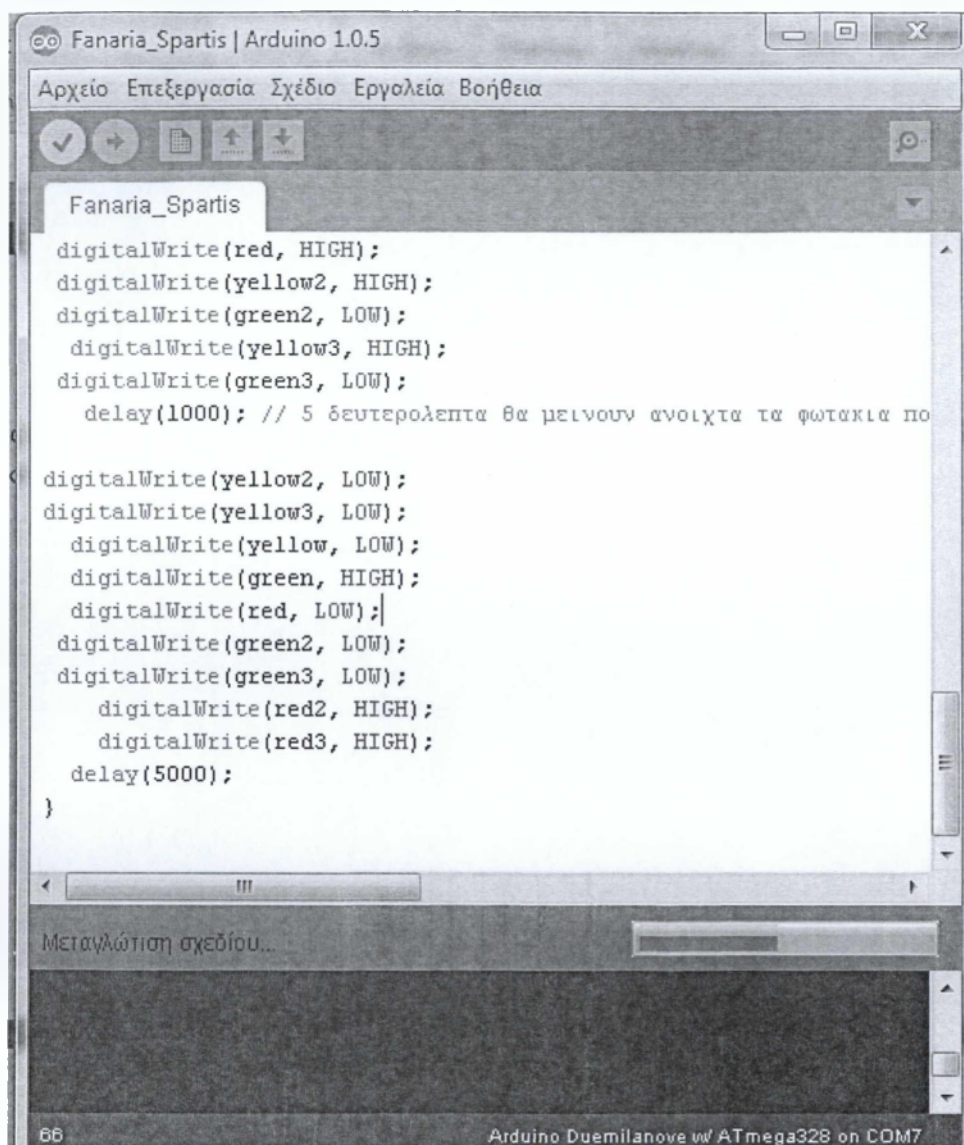
```
digitalWrite(green3, LOW);
```

```
delay(1000);
```

```
digitalWrite(yellow2, LOW);
```

```
digitalWrite(yellow3, LOW);  
digitalWrite(yellow, LOW);  
digitalWrite(green, HIGH);  
digitalWrite(red, LOW);  
digitalWrite(green2, LOW);  
digitalWrite(green3, LOW);  
digitalWrite(red2, HIGH);  
digitalWrite(red3, HIGH);  
delay(5000);
```

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



```
Fanaria_Spartis | Arduino 1.0.5
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργολεία Βοήθεια

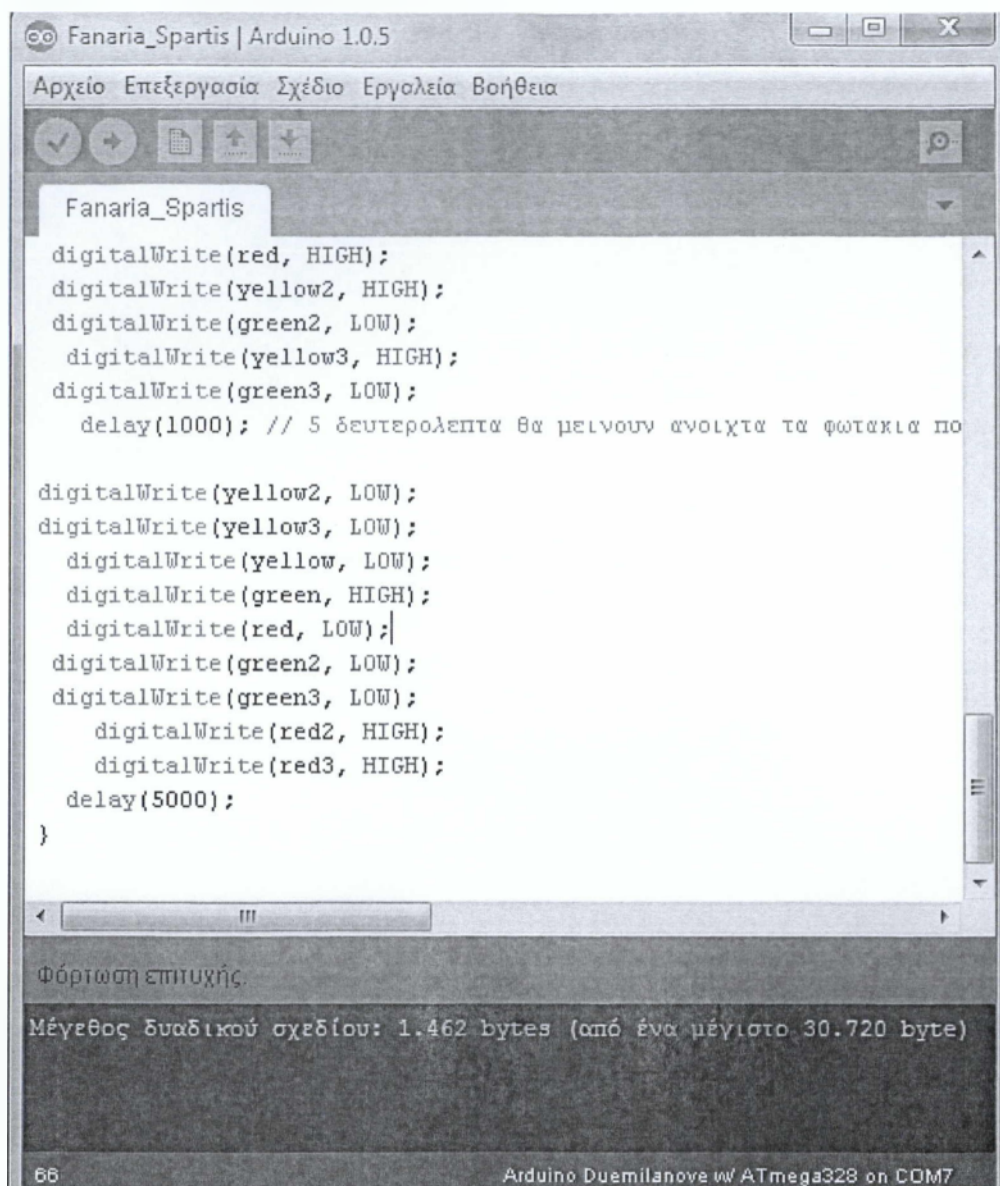
Fanaria_Spartis
digitalWrite(red, HIGH);
digitalWrite(yellow2, HIGH);
digitalWrite(green2, LOW);
  digitalWrite(yellow3, HIGH);
digitalWrite(green3, LOW);
  delay(1000); // 5 δευτερολεπτα θα μεινουν ανοιχτα τα φωτακια πο

digitalWrite(yellow2, LOW);
digitalWrite(yellow3, LOW);
  digitalWrite(yellow, LOW);
  digitalWrite(green, HIGH);
  digitalWrite(red, LOW);|
digitalWrite(green2, LOW);
digitalWrite(green3, LOW);
  digitalWrite(red2, HIGH);
  digitalWrite(red3, HIGH);
  delay(5000);
}

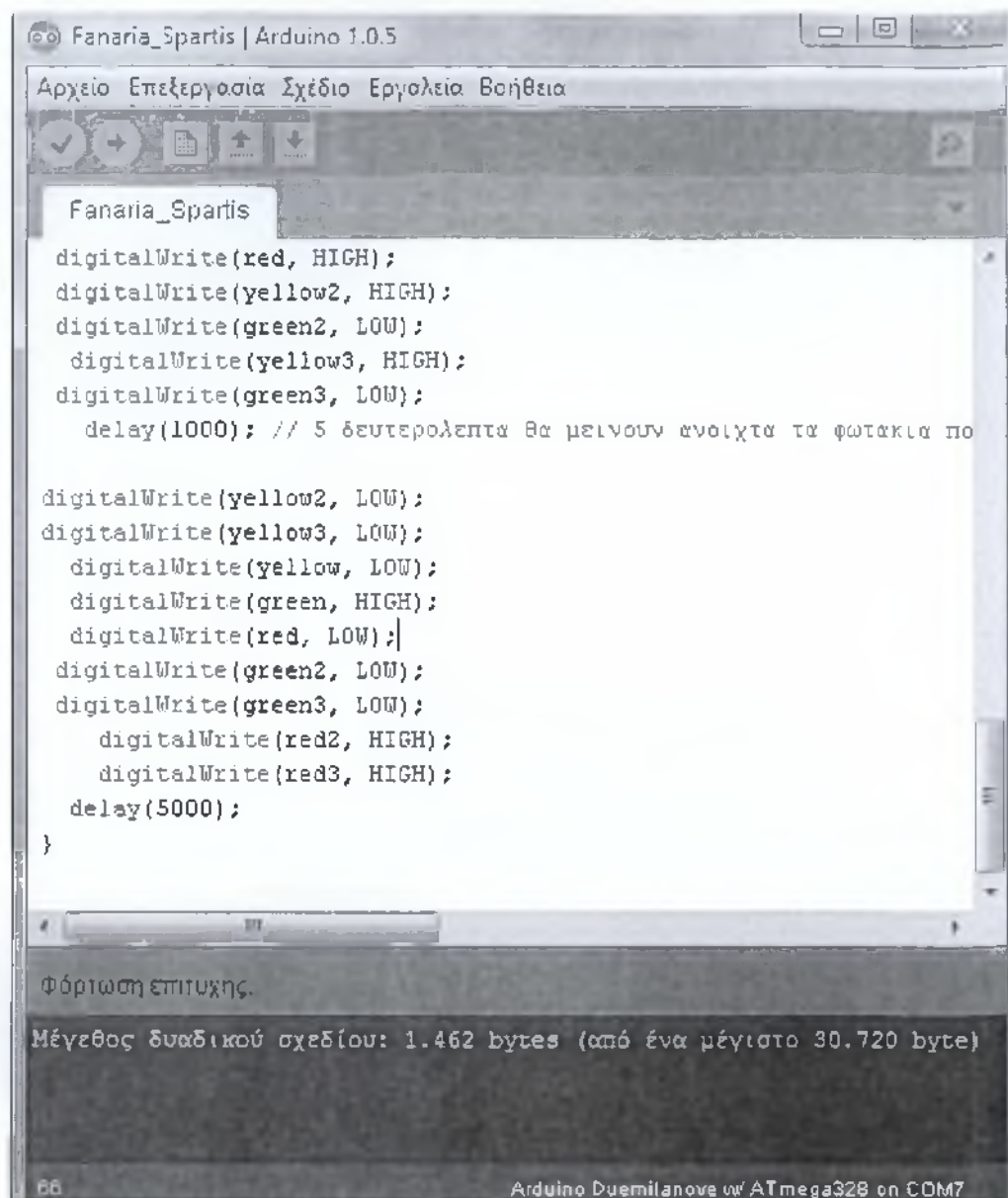
Μεταγλώττιση σχεδίου...

66 Arduino Duemilanove w/ ATmega328 on COM7
```

Εικόνα 4.1.3: Διαδικασία μεταγλώττισης

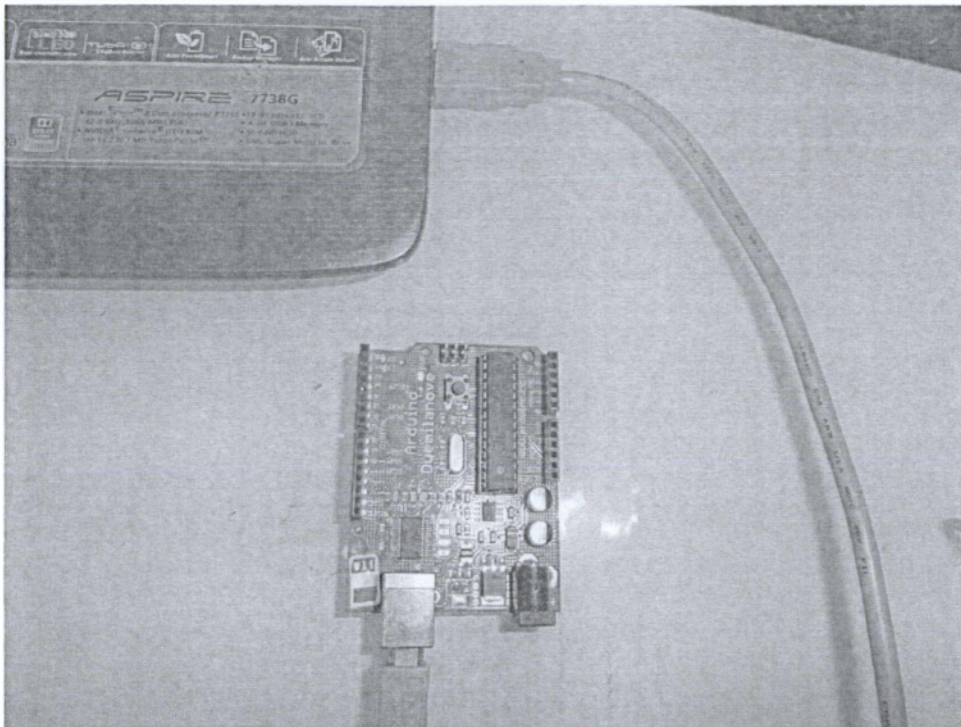


Εικόνα 4.1.4: Τέλος της μεταγλώττισης ,χωρίς λάθη και το συνολικό μέγεθος του δυαδικού αρχείου που δημιουργήσαμε. Στην συνέχεια πατάμε το κουμπί με το βελάκι που είναι ακριβώς δίπλα από αυτό της μεταγλώττισης και το project μας φορτώνεται στον Arduino.

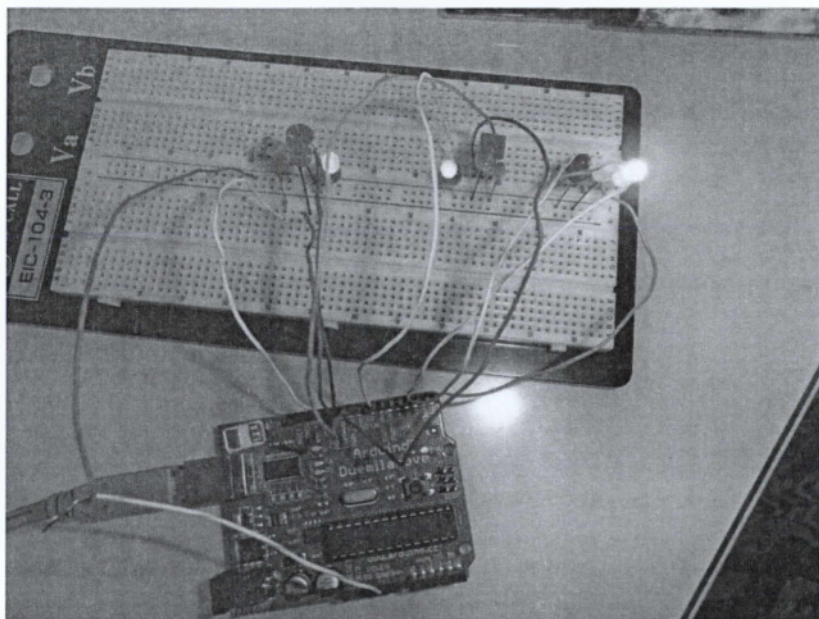


Εικόνα 4.1.3:Επιτυχής προγραμματισμός

Την πλακέτα Duemilanove την συνδέουμε με τον υπολογιστή μέσω usb καλωδίου με το οποίο και τροφοδοτείται από ρεύμα.



Η φωτογραφία που ακολουθεί είναι από τα αρχικά στάδια επικοινωνίας Arduino με το board που έχει πάνω τα φανάρια(leds). Όταν ανάβει το πράσινο του αριστερού φαναριού τα άλλα δυο φανάρια είναι κόκκινα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι ο ορισμός των βασικών εννοιών που αφορούν στον έλεγχο κυκλοφοριακών δικτύων μέσω σηματοδοτών καθώς και η ανασκόπηση των κυριότερων προηγμένων συστημάτων ελέγχου αστικής κυκλοφορίας. Το κεφάλαιο αυτό εστιάζεται κυρίως γύρω από τα συντονισμένα συστήματα ελέγχου ενώ παρουσιάζονται τα κύρια μειονεκτήματα των πιο διαδεδομένων συστημάτων τα οποία είναι σήμερα σε εφαρμογή παγκοσμίως. Επιπλέον, γίνεται η εισαγωγή στην προτεινόμενη μεθοδολογία προσδιορίζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που αυτή προσφέρει σε σχέση με τα υπάρχοντα συστήματα.

5.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ

Κυκλοφοριακή συμφόρηση παρουσιάζεται όταν μεγάλος αριθμός οχημάτων ("πελάτης") προσπαθεί να χρησιμοποιήσει μια κοινή υποδομή μετακίνησης ("εξυπηρετητής") με περιορισμένη χωρητικότητα. Στην καλύτερη περίπτωση, η συμφόρηση οδηγεί σε φαινόμενα σχηματισμού ουρών (και αντίστοιχων καθυστερήσεων) ενώ η χωρητικότητα της υποδομής χρησιμοποιείται πλήρως. Στην χειρότερη (και πολύ πιο συχνή) περίπτωση, η συμφόρηση οδηγεί στη μειωμένη χρήση της διαθέσιμης υποδομής (μείωση εξυπηρέτησης η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μπλοκάρισμα μέρους του δικτύου) σε επακόλουθες καθυστερήσεις, μειωμένη οδική ασφάλεια, αυξημένη κατανάλωση καυσίμων και σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση.

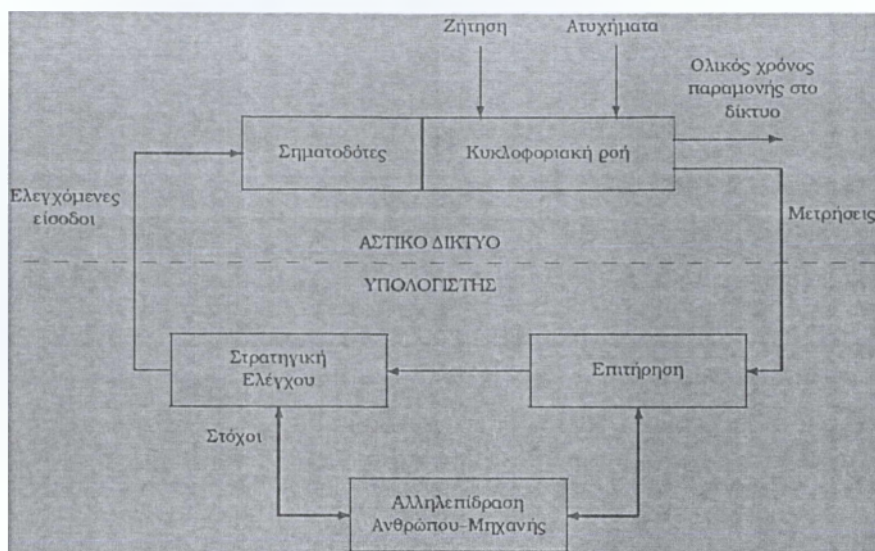
5.3 Η ΑΝΑΓΚΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η εμφάνιση κυκλοφορίας (δηλαδή, πολλά οχήματα τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μια κοινή υποδομή) και συνακόλουθα η κυκλοφοριακή συμφόρηση (όπου η ζήτηση ξεπερνά τη χωρητικότητα της υποδομής) έδωσε ισχυρή ώθηση στην ανάπτυξη καινοτόμων ιδεών στον τομέα των οδικών μεταφορών. Η ενεργειακή κρίση την δεκαετία του 1970, το έντονο ενδιαφέρον για το περιβάλλον και τα όρια των φυσικών και οικονομικών πόρων είναι μεταξύ των πιο σημαντικών λόγων που οδήγησαν στην αλλαγή του τρόπου αντιμετώπισης των προβλημάτων συμφόρησης με άμεσους τρόπους (δηλαδή, τη συνεχή επέκταση της υπάρχουσας υποδομής). Ο μυωπικός αυτός τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος της αύξησης των αναγκών μεταφοράς και κινητικότητας των σύγχρονων κοινωνιών δεν μπορούσε πλέον να είναι η μόνη λύση. Μια εναλλακτική και εφικτή προσέγγιση προς την επίλυση των κυκλοφοριακών προβλημάτων, η οποία δέχθηκε ισχυρή ώθηση από τις αλματώδεις εξελίξεις στην τεχνολογία των επικοινωνιών και των ηλεκτρονικών υπολογιστών (τηλεματική), είναι η ορθολογική και πλήρης αξιοποίηση και χρήση της υπάρχουσας υποδομής μέσω της ανάπτυξης και υλοποίησης σύγχρονων μορφών ελέγχου και διαχείρισης.

5.4 Ο ΒΡΟΓΧΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το Σχήμα 4.1 παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία του βρόγχου ελέγχου. Η συμπεριφορά της κυκλοφοριακής ροής στο δίκτυο (αστικό, αυτοκινητόδρομος ή μεικτό) εξαρτάται από κάποιες εξωτερικές ποσότητες οι οποίες ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Ελεγχόμενες εισοδοί οι οποίες άμεσα αφορούν κάποια αντίστοιχη διάταξη ελέγχου όπως φωτεινοί σηματοδότες, πίνακες μεταβλητών μηνυμάτων, κ.λπ.



Εικόνα 4.1:βρόγχος ελέγχου

Οι ελεγχόμενες εισοδοί μπορεί να επιλέγονται από μια επιτρεπτή περιοχή ελέγχου που καθορίζεται από τεχνικούς, φυσικούς και λειτουργικούς περιορισμούς όπως διαταραχές των οποίων οι τιμές δεν μπορούν να είναι άμεσες προς διαχείριση. Εν τούτοις μπορεί να είναι μετρήσιμες (π.χ. ζήτηση) ή ανιχνεύσιμες (π.χ. ατύχημα) ή προβλέψιμες για ένα μελλοντικό χρονικό ορίζοντα. Η αποτελεσματικότητα ή η απόδοση ενός δικτύου είναι μετρήσιμη μέσω κατάλληλων δεικτών, όπως ο ολικός χρόνος παραμονής όλων των οχημάτων μέσα στο δίκτυο για δεδομένο χρονικό ορίζοντα. Ο στόχος της Επιτήρησης είναι η διαχείριση της πληροφορίας που προέρχεται από τις συσκευές μετρήσεων (π.χ. φωρατές) πριν αυτή διαχετευθεί στην στρατηγική ελέγχου και τον άνθρωπο ο οποίος αλληλεπιδρά με το σύστημα. Ο πυρήνας του βρόχου ελέγχου είναι η Στρατηγική Ελέγχου η οποία έχει ως στόχο: "Τον προσδιορισμό των ελεγχόμενων εισόδων βάσει διαθέσιμων μετρήσεων, εκτιμήσεων και προβλέψεων έτσι ώστε να επιτευχθεί ο προκαθορισμένος στόχος (π.χ. ελαχιστοποίηση του ολικού χρόνου παραμονής στο δίκτυο) υπό οποιεσδήποτε συνθήκες διαταραχών". Αν τη διαδικασία αυτή την αναλάμβανε ένας άνθρωπος τότε θα είχαμε ένα χειροκίνητο σύστημα. Στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου τη δουλειά αυτή αναλαμβάνει ένας αλγόριθμος (στρατηγική ελέγχου). Η αποτελεσματικότητα της στρατηγικής ελέγχου κατά μεγάλο ποσοστό καθορίζει την αποτελεσματικότητα όλου του συστήματος ελέγχου. Ως εκ τούτου, όταν είναι δυνατό, οι στρατηγικές ελέγχου πρέπει να σχεδιάζονται με προσοχή, μέσω της εφαρμογής ισχυρών και συστηματικών μεθόδων βελτιστοποίησης και αυτομάτου ελέγχου παρά μέσω εφευρετικών μεθόδων με αμφισβητήσιμη αποτελεσματικότητα.

5.5 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ

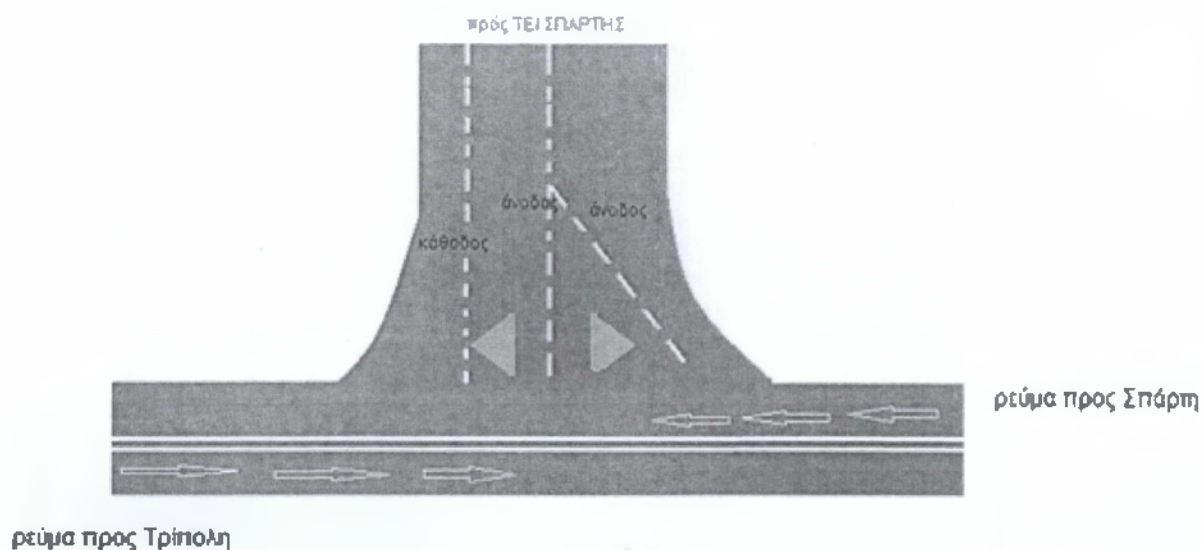
Ο κυκλοφοριακός φόρτος (traffic volume) είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από ένα σημείο ή μια διατομή οδού στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε «οχήματα ανά μονάδα χρόνου», για παράδειγμα, οχήματα ανά ώρα, ημέρα, κ.α. Ο ρυθμός ροής (flow rate) είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από ένα σημείο ή μια διατομή οδού κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου μικρότερη της ώρας, αν ηγημένος στην ώρα (ισοδύναμος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος). Προφανώς εκφράζεται πάντοτε σε οχήματα ανά ώρα. Η περίοδος μέτρησης στην οποία αναφέρεται συνήθως ο ρυθμός ροής έχει διάρκεια 15 λεπτά. Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, ανάλογα με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μελετώνται, καθώς και τον τύπο οδού και την περιοχή μελέτης, παρουσιάζουν διακύμανση στον τρόπο που κατανέμονται στο χρόνο και στο χώρο. Η διακύμανση αυτή επηρεάζει σημαντικά τη μελέτη και το σχεδιασμό των συγκοινωνιακών υποδομών. Ιδιαίτερη σημασία στο σχεδιασμό και τη μελέτη οδικών τμημάτων έχει η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία-ΕΜΗΚ (Average Annual Daily Traffic – AADT) που ισούται με το συνολικό αριθμό των οχημάτων που περνούν από

δεδομένο σημείο ή διατομή οδού σε ένα έτος διαιρεμένο με το συνολικό αριθμό των ημερών του έτους. Αντίστοιχα, ως Μέση Ημερησία Κυκλοφορία – ΜΗΚ (Annual DailyTraffic – ADT) ορίζεται το πηλίκο του αριθμού των οχημάτων που περνούν από ένα δεδομένο σημείο ή διατομή οδού σε μια χρονική περίοδο ορισμένων ημερών διαιρεμένο με τον αριθμό των ημερών της χρονικής περιόδου που εξετάζεται. Συνήθως ως χρονική περίοδος χρησιμοποιείται ο μήνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ

6.1.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα είναι μία εφαρμογή, η οποία προσομοιώνει τη λειτουργία των εξυπνων φωτεινών σηματοδοτών (φανάρια) στον κόμβο στο Τει Σπάρτης από την εθνική οδό στο ρεύμα προς Τρίπολη και στο ρεύμα προς Σπάρτη όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικά παρακάτω η εναλλαγή των φαναριών ακολουθεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή διεξαγωγή της κίνησης των αυτοκινήτων. Για την καλύτερη κατανόηση υλοποίησης του προγράμματος παρακάτω δίνεται σχηματικά ο κόμβος στο Τει Σπάρτης.



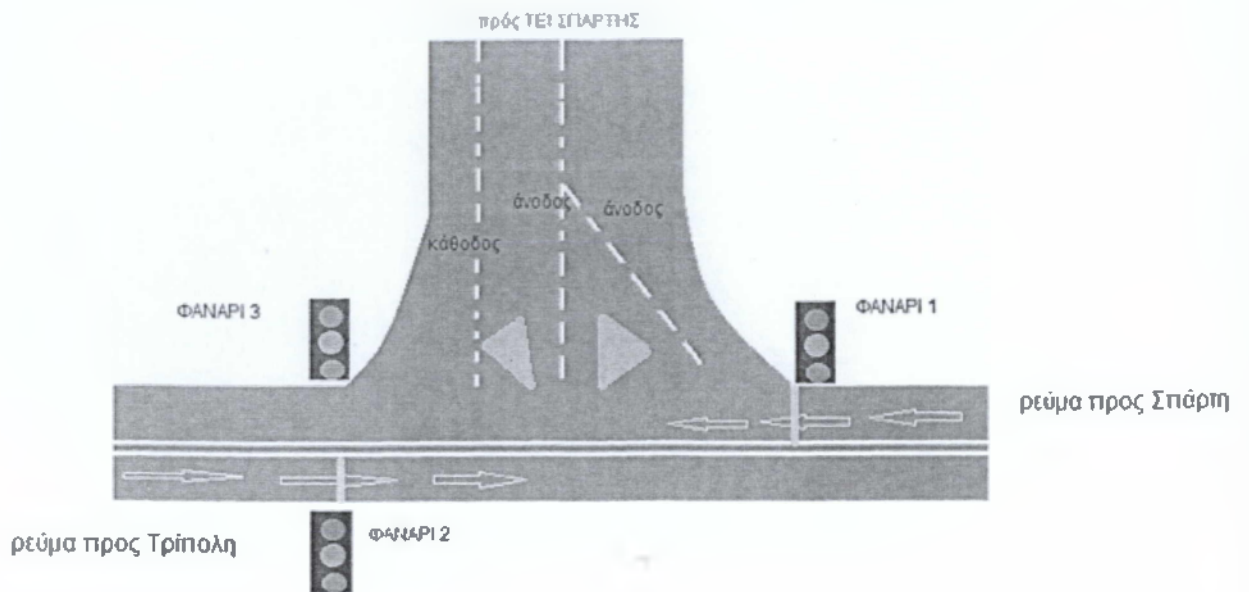
Εικόνα 6.1: Σχηματική αναπαράσταση κόμβου

Παραπάνω παρουσιάζεται η κυκλοφοριακή ροή στον κόμβο(εικόνα 6.1).Οι φωτεινοί σηματοδότες που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τρεις:

ΦΑΝΑΡΙ 1: Θα βρίσκεται πριν τον κόμβο στο ρεύμα προς Σπάρτη και θα εξυπηρετεί την άνοδο προς το Τει καθώς και την ακινητοποίηση των οχημάτων

ΦΑΝΑΡΙ 2: Θα βρίσκεται πριν τον κόμβο στο ρεύμα προς Τρίπολη θα ακινητοποιεί τα οχήματα και θα εξυπηρετεί την άνοδο προς το Τει

ΦΑΝΑΡΙ 3: Θα βρίσκεται στην κάθοδο του κόμβου και θα εξυπηρετεί τα οχήματα που θέλουν να κατευθυνθούν προς Τρίπολη ή προς Σπάρτη.



Εικόνα 6.2: Κόμβος με φανάρια

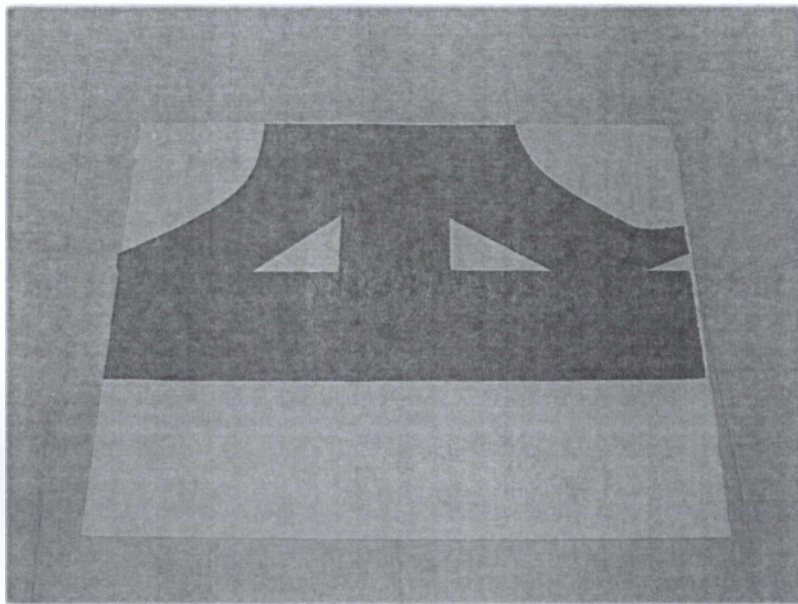
Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα θα ισχύουν τα εξής:

- Όταν το φανάρι 1 θα είναι πράσινο τα οχήματα θα κινούνται δεξιά στην άνοδο του Τει και ευθεία προς Σπάρτη, τα φανάρια 2&3 θα είναι κόκκινα.
- Όταν το φανάρι 2 θα είναι πράσινο τα οχήματα θα κινούνται αριστερά στην άνοδο του Τει και ευθεία προς Τρίπολη, τα φανάρια 3&1 θα είναι κόκκινα .
- Όταν το φανάρι 3 θα είναι πράσινο τα οχήματα θα κινούνται αριστερά προς Τρίπολη και δεξιά προς Σπάρτη, τα φανάρια 1&2 θα είναι κόκκινα.

6.2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΑΚΕΤΑΣ

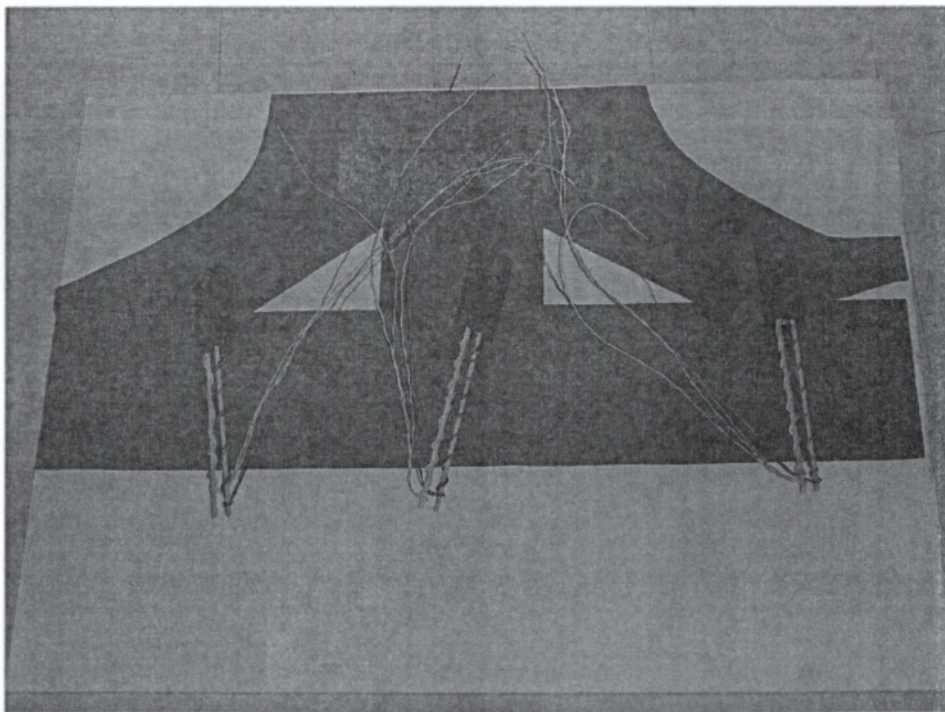
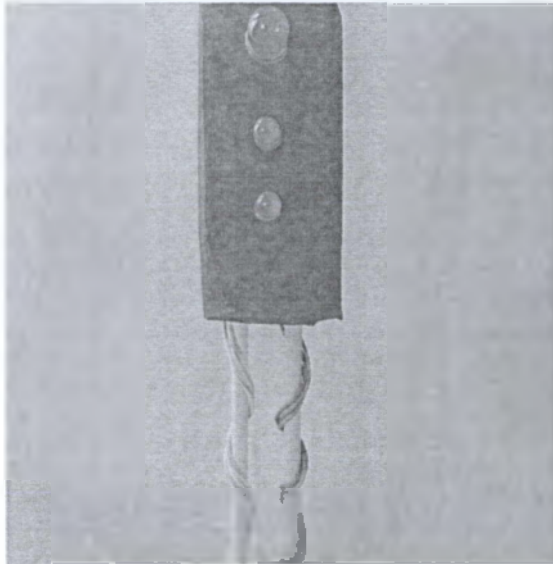
Στη μακέτα που κατασκευάσαμε παρουσιάζεται ο κόμβος στο Τει Σπάρτης με τη λειτουργία των φαναριών τα οποία προγραμματίσαμε με Arduino Duemilanove.

Η μακέτα στα πρώτα στάδια

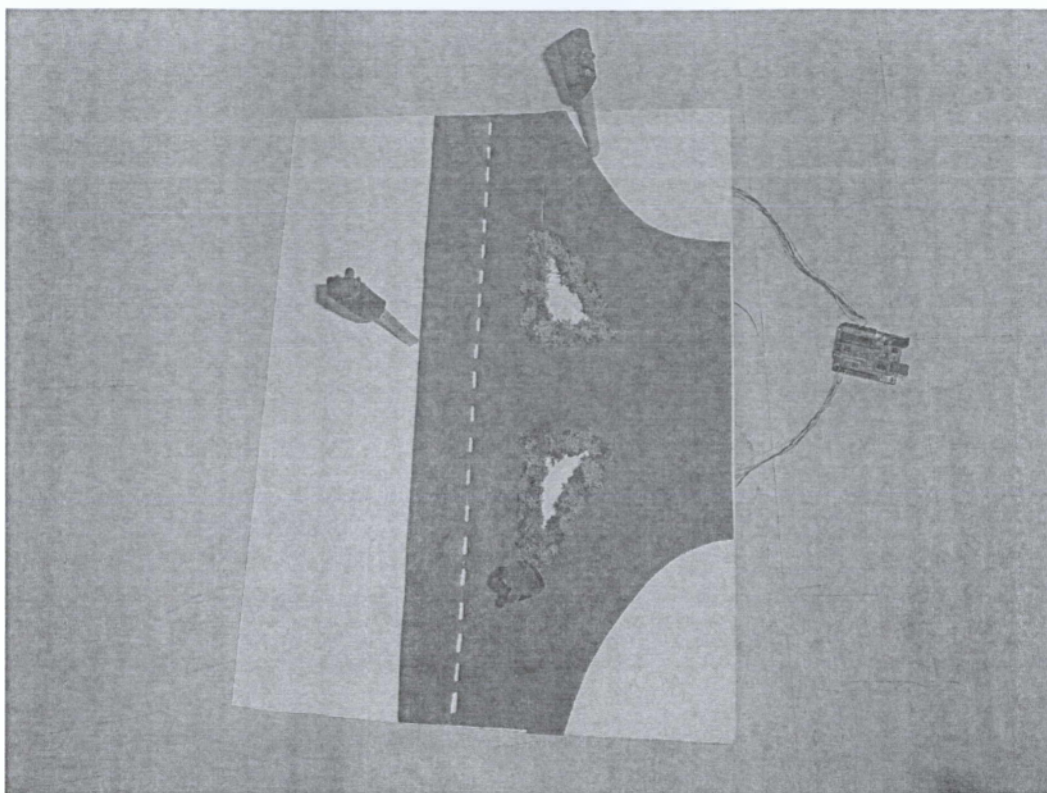


Εικόνα 6.2.1

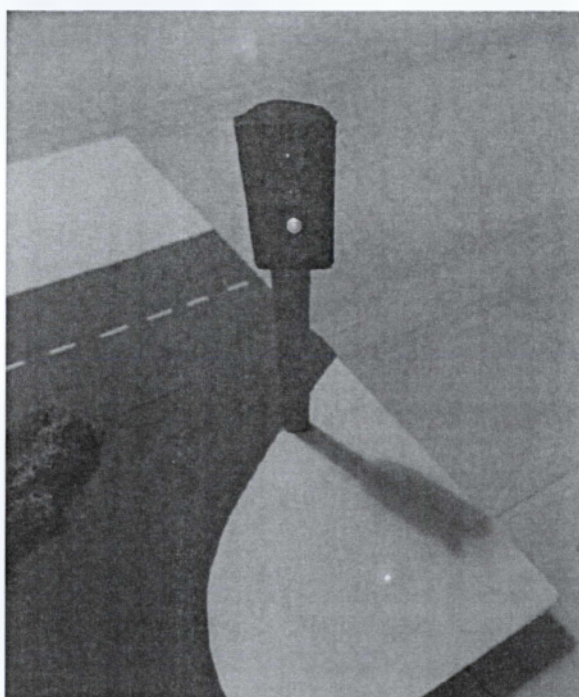
➤ Κατασκευή φαναριών

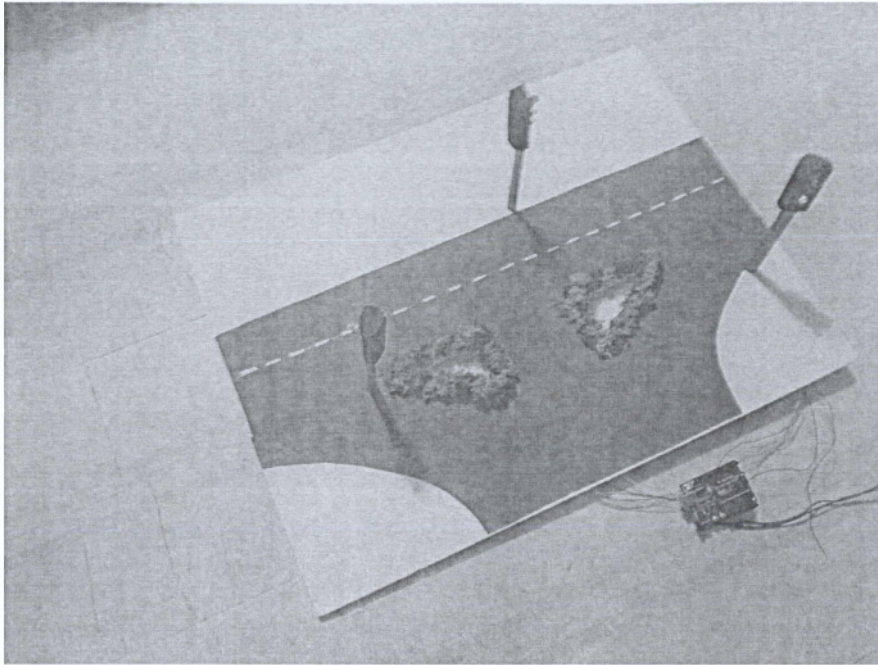


- Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η μακέτα με την τοποθέτηση των φαναριών και την παραμετροποίηση με τον Arduino Duemilanove



Το φανάρι που βρίσκεται πάνω στον κόμβο στην κάθοδο από το Τει είναι πράσινο επομένως τα άλλα δυο φανάρια είναι κόκκινα.





Η κυκλοφορία επιτρέπεται μόνο για τα οχήματα που κατεβαίνουν από το Τει και έχουν κατεύθυνση είτε προς Σπάρτη είτε προς Τρίπολη.

Για την κατασκευή μακέτας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Arduino Duemilanove για τον προγραμματισμό των φαναριών
- Μακετόχαρτο 653cm x 50cm πάχους 0.5cm
- Διάφορα έγχρωμα χαρτόνια για την κατασκευή του δρόμου και των φαναριών
- Ξυλάκια για τη στήριξη των φαναριών
- Καλώδιο UTP5E για τη σύνδεση των leds
- Led κόκκινου χρώματος 8mm, led πράσινου χρώματος 5mm, led πορτοκαλί 5mm
- Σιλικόνη
- Κολλητήρι
- Διάφορα διακοσμητικά υλικά

Βιβλιογραφία

Richard C. Dorf – Robert H. Bishop, «Σύγχρονα συστήματα Αυτόματου Ελέγχου», 9^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα.

Αναστασία Ν. Βελώνη, «Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου - Λυμένες Ασκήσεις», εκδόσεις Παπασωτηρίου.

K. Ogata, «Modern Control Engineering», 3rd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 1997.

Wright P., «Highway Engineering», John Willey, New York 1996

Tom Igoe, «Making Things Talk 2nd Edition», September 2011

Πεκμετζή Κιάμαλ, «Συστήματα μικροϋπολογιστών - Μικροελεγκτές AVR και PIC»

Brian Kernighan and Dennis Ritchie, «C Programming Language» second edition.

Leach & Malvino, «Ψηφιακά Ηλεκτρονικά», 5^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα.

Κ.Α. Καρυμπάκα, «Γενική Ηλεκτρονική», Τόμος Α.

Κ.Α. Καρυμπάκα, «Γενική Ηλεκτρονική», Τόμος Β.

Malvino, «Ηλεκτρονική», 6^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα.

Ιστοσελίδες

<http://www.arduino.cc>

<http://todbot.com/blog/bionocarduino>

<http://microcontroller.com>

<http://www.ladyada.net/learn/arduino/index.html>