



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με θέμα:

Κατασκευή και Προγραμματισμός συστήματος ένδειξης εξωτερικής  
θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας αισθητήρα θερμοκρασίας LM35D σε  
μικρο-υπολογιστικό σύστημα Arduino UNO R3

ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Α.Μ.: 1445

ΝΙΚΟΛΕΤΟΠΟΥΛΟΣ ΘΟΔΩΡΟΣ Α.Μ.: 1508

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:** ΧΡΗΣΤΟΣ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ

**ΠΑΤΡΑ 2019**

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον αρχικά επιβλέπων καθηγητή μας κο. Βασίλειο Τσακανίκα κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που επέδειξε κατά την διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθειά του και καθοδήγηση που οδήγησαν στην επίλυση διαφόρων θεμάτων, καθώς και τον κο. Χρήστο Αντωνόπουλο που με την βοήθεια του έφτασε εις πέρας η παρούσα πτυχιακή.

Θα θέλαμε επίσης ο καθένας ξεχωριστά να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι μας στήριζαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας με διάφορους τρόπους και φρόντισαν για την καλύτερη δυνατή μόρφωσή μας.

## Πρόλογος

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή ενός συστήματος ελέγχου της εξωτερικής θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική Arduino. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό κύκλωμα με μικροελεγκτή της Arduino, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας LM35 και μία οθόνη LCD 16X2. Για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Wiring.

Εμπνευστής και υπεύθυνος του θέματος ήταν ο **Δρ. Βασίλειος Τσακανίκας** ενώ η υλοποίηση ανατέθηκε εξ ημισείας στο φοιτητή Κωστόπουλο Παναγιώτη και στο φοιτητή Νικολετόπουλο Θεόδωρο.

## Περίληψη

Τελικό αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ψηφιακού συστήματος Arduino που θα μετράει για όση διάρκεια είναι σε λειτουργία την θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο είναι τοποθετημένο το σύστημα και θα εμφανίζει την μέτρηση στην LCD οθόνη του συστήματος. Πριν την τελική υλοποίηση του αντικειμένου θα προηγηθεί μια λεπτομερής ανάλυση των ψηφιακών κυκλωμάτων και της αρχιτεκτονικής Arduino που χρησιμοποιήθηκε. Αφού αναλυθούν τα παραπάνω θα προχωρήσουμε στην περιγραφή της σχεδίασης του τελικού ψηφιακού συστήματος, την πλήρη παρουσίαση των επιμέρους εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης και μια πλήρης περιγραφή του κώδικα με τον οποίο προγραμματίστηκε το σύστημά μας έτσι ώστε να είναι πλήρως λειτουργικό. Τελικός σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε ένα σύστημα το οποίο μετατρέπει με την βοήθεια του αισθητήριου θερμοκρασίας, μετρήσεις αναλογικής τάσης σε τιμές θερμοκρασίας (°C Κελσίου) έτσι ώστε να παρατηρούμε ανά πάσα στιγμή την θερμοκρασία του περιβάλλοντος που είναι τοποθετημένο το σύστημά μας.

## Στόχοι της εργασίας

Βασικοί στόχοι πριν, κατά την διάρκεια και μετά το πέρας της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι οι εξής παρακάτω:

1. Μελέτη και κατανόηση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων
2. Μελέτη και κατανόηση της αρχιτεκτονικής Arduino
3. Εκμάθηση της γλώσσας προγραμματισμού Wiring
4. Ανεύρεση των κατάλληλων υλικών
5. Σχεδιασμός του μικρό-υπολογιστικού συστήματος που θέλουμε να κατασκευάσουμε
6. Κατασκευή και προγραμματισμός του συστήματος ένδειξης θερμοκρασίας Arduino
7. Τελικός έλεγχος-διόρθωση λαθών

## **Λέξεις Κλειδιά**

Ολοκληρωμένα κυκλώματα, Arduino, Αισθητήρας θερμοκρασίας, Προγραμματισμός Arduino, Οθόνη, Wiring, ακροδέκτες(pin), Arduino IDE

## Περιεχόμενα....

<b>Κεφάλαιο 1ο – Ψηφιακά Κυκλώματα</b> .....	9
1.1 Εισαγωγή στα ψηφιακά κυκλώματα .....	9
1.2 Ιστορική αναδρομή των ψηφιακών κυκλωμάτων .....	10
1.3 Γενικές πληροφορίες.....	11
1.4 Τύποι Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων .....	12
1.5 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ...	12
1.6 Κατηγοριοποίηση των ψηφιακών κυκλωμάτων .....	13
1.7 Χαρακτηριστικά λογικών πυλών .....	14
1.8 Οικογένειες λογικών πυλών.....	14
1.9 Το μέλλον των ολοκληρωμένων .....	15
<b>Κεφάλαιο 2 Arduino</b> .....	<b>16</b>
2.1 Εισαγωγή στο Arduino .....	17
2.3 Εκδόσεις του Arduino .....	18
2.4 Η επιλογή του Arduino.....	23
<b>Κεφάλαιο 3 -Υλοποίηση</b> .....	<b>35</b>
3.1 Εφαρμογή .....	35
<b>Κεφάλαιο 4 - Προγραμματισμός/Δημιουργία sketch</b> .....	<b>37</b>
4.2 Περιγραφή του Κώδικα.....	41
<b>Κεφάλαιο 5 Σύνοψη</b> .....	<b>45</b>
Βιβλιογραφία.....	46

# Διάρθρωση κειμένου

Στο πρώτο κεφάλαιο, αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των ψηφιακών κυκλωμάτων από το οποίο αντλήθηκαν οι απαραίτητες γνώσεις και οι θεμελιώδεις αρχές της ηλεκτρονικής πάνω στις οποίες υλοποιήθηκε η εργασία. Γίνεται μια ιστορική αναδρομή στα ψηφιακά κυκλώματα, παρουσιάζονται κάποιες γενικές πληροφορίες, περιγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ψηφιακών κυκλωμάτων και τέλος παρουσιάζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους και οι μελλοντικές εξελίξεις στα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται λεπτομερώς η αρχιτεκτονική Arduino με σκοπό την πλήρη κατανόηση της. Μετά την περιγραφή της ιστορικής αναδρομής, κάποιων γενικών πληροφοριών, την περιγραφή των μοντέλων Arduino που κυκλοφορούν και την αναλυτική περιγραφή του συγκεκριμένου μοντέλου Arduino, όπως επίσης και των λοιπών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία, θα είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε πλήρως το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συστήματός μας.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η σχεδίαση του ηλεκτρονικού θερμομέτρου. Με λίγα λόγια αποτυπώνεται με λεπτομέρειες ο τρόπος συνδεσμολογίας των εξαρτημάτων με την πλακέτα του Arduino Uno μέσα από μια γραφική απεικόνιση του συστήματος.

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά τον προγραμματισμό του μικροεπεξεργαστή Arduino σε γλώσσα προγραμματισμού Wiring και πιο συγκεκριμένα αναλύουμε τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν, το περιβάλλον εργασίας και την δομή του κώδικα που αναπτύχθηκε έτσι ώστε να καταστεί λειτουργικό το σύστημά μας.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζεται το έργο της πτυχιακής εργασίας και μελετώνται πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να ενσωματωθούν στην παρούσα εργασία και να εξελίξουν το υπάρχον ψηφιακό σύστημα.



## Κεφάλαιο 1ο – Ψηφιακά Κυκλώματα

### 1.1 Εισαγωγή στα ψηφιακά κυκλώματα

Η κατανόηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας των ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων κρίνεται σαν κάτι παραπάνω από αναγκαίο αν αναλογιστούμε την ολοένα και αυξανόμενη περιοχή εφαρμογής τους. Από ηλεκτρονικές διατάξεις εμπορικής και βιομηχανικής χρήσης τους μέχρι τις σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές επικοινωνίας. Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα αποτελούν τον ακρογωνιαίό λίθο της σύγχρονης τεχνολογίας. Ως εκ τούτου η κατανόησή τους, αποτελεί επιτακτική ανάγκη για κάθε έναν που θα θελήσει να ασχοληθεί με την ανάπτυξη ενός απλού ψηφιακού συστήματος αλλά και για αυτόν που θέλει να μελετήσει ένα οποιοδήποτε σύγχρονο ψηφιακό σύστημα είτε αυτό ονομάζεται ηλεκτρονικός υπολογιστής είτε smartphone είτε οτιδήποτε άλλο.

Ας δούμε όμως τώρα που χρησιμοποιούνται τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Η πλειοψηφία των ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χρησιμοποιείται για την υλοποίηση λογικών συναρτήσεων και κατόπιν την αποθήκευση δεδομένων ψηφιακού χαρακτήρα. Τέτοια ψηφιακά κυκλώματα είναι οι λογικές πύλες, οι μικροελεγκτές (που αποτελεί και μέρος της παρούσας πτυχιακής) και οι ημιαγωγικές μνήμες. Ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται επίσης και για την μετάδοση της πληροφορίας όπως επίσης και για την αλληλεπίδραση με φυσικά μεγέθη του περιβάλλοντός μας.

Άρα αν θέλαμε να δώσουμε τον ορισμό του ψηφιακού ηλεκτρονικού κυκλώματος, θα ορίζαμε τα ηλεκτρονικά συστήματα που επεξεργάζονται ψηφιακά σήματα, δηλαδή σήματα με διακριτά σημεία τάσης συνήθως μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης που αντιστοιχίζονται με δυαδικά ψηφία 0/1 και έτσι επιτρέπεται η μελέτη τους με το δυαδικό αριθμητικό σύστημα. Κύρια δομικά στοιχεία αυτών είναι τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που ονομάζονται λογικές πύλες.

## 1.2 Ιστορική αναδρομή των ψηφιακών κυκλωμάτων

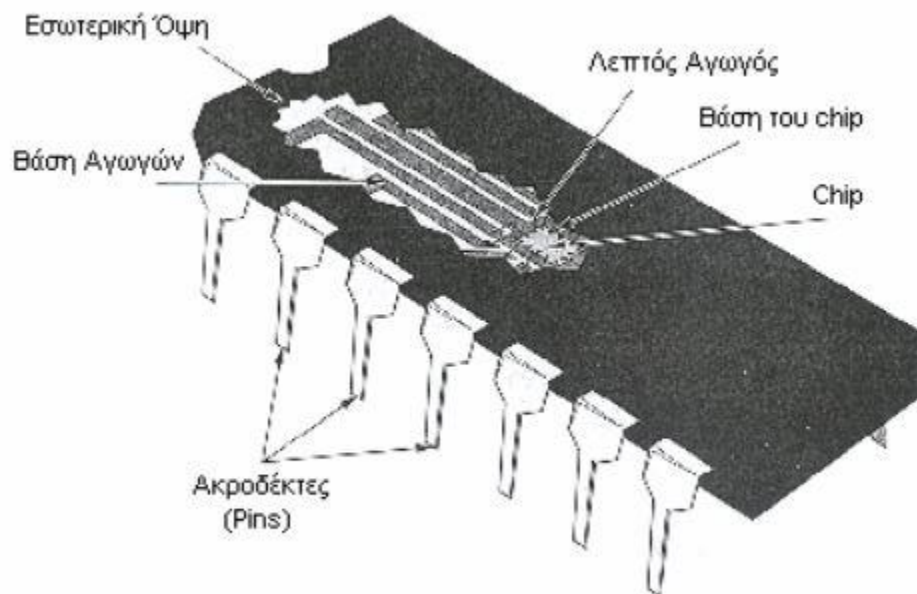
Για να αποφανθούμε στο τί οδήγησε στην τόσο μεγάλη ανάπτυξη των σύγχρονων ψηφιακών κυκλωμάτων και κατά συνέπεια των σύγχρονων ηλεκτρονικών συσκευών που αποτελούνται από ψηφιακά κυκλώματα κρίνεται απαραίτητο να αναλύσουμε την ιστορική εξέλιξη των ψηφιακών κυκλωμάτων.

Έτσι όλα άρχισαν κάπου στο 1910 με την εφεύρεση του πρώτου ηλεκτρονικού ενεργού στοιχείου που δεν είναι άλλο από την ηλεκτρονική λυχνία κενού. Μια ηλεκτρονική λυχνία μπορούσε να λειτουργήσει σαν ηλεκτρονικός διακόπτης δηλαδή να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει τον ηλεκτρισμό ή ακόμα και να λειτουργήσει σαν ενισχυτής ρεύματος. Με βασικά μειονεκτήματα τα εξής παρακάτω: παράγει αρκετή θερμότητα, καίγεται εύκολα, είναι αργή και ογκώδης και με την ανάπτυξη της βασικής θεωρίας κυκλωμάτων που επετεύχθη κατά τις δεκαετίες 1920 έως 1940 ουσιαστικά οδεύουμε ως προς το τέλος της ηλεκτρονικής λυχνίας. Έτσι κάπου στο 1946 έχουμε την κατασκευή του πρώτου ηλεκτρονικού στοιχείου στερεάς κατάστασης (δίοδος) και αμέσως μετά από έναν χρόνο το έτος 1947 κατασκευάζετε το πρώτο transistor επαφής από τον Schokley Το 1951 κατασκευάζετε το πρώτο transistor ένωσης . Φτάνοντας στο 1958 ο Kilby-Noyce κατασκευάζει το πρώτο ολοκληρωμένο κύκλωμα και γράφεται στην ιστορία ως ο εφευρέτης από το Texas που κατασκεύασε το πρώτο ολοκληρωμένο υπολογιστικής. Αξίζει να αναφερθεί για την ιστορία ότι ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιούσε σαν βασικό υπολογιστικό στοιχείο την λυχνία, με το ρολόι να γράφει 1946. Από το 1965 και χρησιμοποιώντας τον νόμο του Moore ότι ο αριθμός των τρανζίστορ ανά τετραγωνική ίντσα διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες φτάνουμε στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του σήμερα με βασικό υπολογιστικό στοιχείο το τρανζίστορ CMOS, που με την βοήθειά τους στην σχεδίαση των τρανζίστορ οδηγούμαστε στην μαζική παραγωγή χαμηλού κόστους. Πλέον τα τρανζίστορ υπάρχουν παντού στην καθημερινότητά μας από τις πιο απλές μέχρι και τις πιο πολύπλοκες ηλεκτρονικές συσκευές. Τέλος για το μέλλον των ψηφιακών κυκλωμάτων παίρνει την σκυτάλη της εξέλιξης, ο κβαντικός υπολογιστής. Μένει να δούμε κατά πόσο θα ισχύσει και πόσο πολύ θα επηρεάσει την σύγχρονη τεχνολογία.

### 1.3 Γενικές πληροφορίες

Αρχικά είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι τα ψηφιακά κυκλώματα κατασκευάζονται με ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Σαν ολοκληρωμένο κύκλωμα ορίζεται το εξάρτημα που αποτελείται από ένα μικρό υπόστρωμα πυριτίου, το γνωστό σε όλους μας "chip", πάνω στο οποίο έχει σχεδιαστεί το κύκλωμα που θέλουμε να υλοποιήσουμε χρησιμοποιώντας διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία όπως τρανζίστορ, διόδους και αντιστάσεις από κάποιο ημιαγωγό. Το chip τοποθετείται σε ένα κεραμικό ή πλαστικό περίβλημα, ενώνονται και συγκολλούνται οι επαφές του chip μας με εξωτερικούς ακροδέκτες, τα λεγόμενα «pins» για να σχηματιστεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα. Ο αριθμός των pins μπορεί να διαφέρει από 14 σ' ένα μικρό ολοκληρωμένο, σε 64 ή περισσότερους σε ένα μεγαλύτερο ολοκληρωμένο. Κάθε ολοκληρωμένο κύκλωμα έχει μια αριθμητική ένδειξη τυπωμένη στην επιφάνεια του περιβλήματος, για να αναγνωρίζεται και να επιλέγεται το αντίστοιχο κάθε φορά που σχεδιάζουμε το τι θα κάνουμε. Στην εικόνα που ακολουθεί για καλύτερη κατανόηση, παρουσιάζεται η εσωτερική όψη ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος



## **1.4 Τύποι Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων**

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να ταξινομήσουμε τα ολοκληρωμένα κυκλώματα σε σχέση με τη χρήση και τη μέθοδο κατασκευής τους.

Οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες είναι τα γραμμικά και ψηφιακά όσον αφορά στην εφαρμογή τους, και τα μονολιθικά και υβριδικά όσον αφορά στην κατασκευή.

Τα γραμμικά ολοκληρωμένα είναι αυτά που πραγματοποιούν ενίσχυση ή κάποια άλλη γραμμική λειτουργία στα σήματα τους. Παραδείγματα των γραμμικών κυκλωμάτων αποτελούν οι απλοί ενισχυτές, οι τελεστικοί ενισχυτές και τα αναλογικά κυκλώματα επικοινωνιών.

Τα ψηφιακά κυκλώματα τα οποία και θα αναλύσουμε περαιτέρω καθώς χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία περιλαμβάνουν λογική και μνήμη, για εφαρμογές σε υπολογιστές, αριθμομηχανές, μικροεπεξεργαστές και άλλες παρόμοιες διατάξεις. Ο κύριος όγκος των ολοκληρωμένων ανήκει σ' αυτήν την κατηγορία, αφού απαιτείται μεγάλος αριθμός τέτοιων κυκλωμάτων. Δεδομένου ότι τα ψηφιακά κυκλώματα απαιτούν γενικά μόνο τη λειτουργία "on-off" των τρανζίστορ, οι απαιτήσεις στο σχεδιασμό των ολοκληρωμένων ψηφιακών κυκλωμάτων είναι συνήθως λιγότερο αυστηρές απ' ό,τι στα γραμμικά κυκλώματα. Αν και τα τρανζίστορ μπορούν να κατασκευαστούν εξίσου εύκολα σε ολοκληρωμένη και σε διακριτή μορφή, τα παθητικά στοιχεία (αντιστάτες και πυκνωτές) είναι συνήθως πιο δύσκολο να κατασκευαστούν στην περίπτωση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

## **1.5 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Ολοκληρωμένων κυκλωμάτων**

Περιγράφοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μπορούμε και κατανοούμε καλύτερα την ύπαρξή τους, τις περιοχές χρήσης τους καθώς επίσης και την δομή και λειτουργία τους.

Έτσι στα πλεονεκτήματα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων περιλαμβάνονται αυτά του χαμηλού κόστους κατασκευής που αποτελεί και βασικό παράγοντα που είναι τόσο διαδεδομένα, της εύκολης κατασκευής που επίσης βοηθά στην διάδοσή τους για τον λόγο ότι μπορούν να παραχθούν με λιγότερο know-how, μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που τα κάνει συμβατά για καθημερινές χρήσεις, την μεγάλη αξιοπιστία στην λειτουργία τους και τέλος το

μικρό βάρος και μέγεθός τους. Όλα τα παραπάνω αποτελούν εκτός από τα πλεονεκτήματα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και την απάντηση στο ερώτημα γιατί τα ολοκληρωμένα κυκλώματα κατέχουν τόσο σημαντική θέση στην σύγχρονη τεχνολογία και γιατί παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο στη ζωή μας.

Εκτός όμως από πλεονεκτήματα, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έχουν και κάποια μειονεκτήματα όπως αυτό του ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλης ισχύος κυκλώματα γεγονός που τα περιορίζει σε πιο απλές υλοποιήσεις και ίσως το βασικό μειονέκτημά τους, που είναι το ότι εάν χαλάσει έστω και ένα από τα επιμέρους εξαρτήματα που αποτελούν το ολοκληρωμένο, θα πρέπει να αντικατασταθεί ολόκληρο το κύκλωμα καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα επισκευής.

## **1.6 Κατηγοριοποίηση των ψηφιακών κυκλωμάτων**

Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα που μας ενδιαφέρουν περισσότερο λόγω του θέματος της εργασίας, χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την κυκλωματική τους πολυπλοκότητα, όπως αυτή μετριέται με τον αριθμό των λογικών πυλών σε ένα περίβλημα. Έτσι διακρίνονται οι τέσσερις ακόλουθες κλίμακες:

- a) Μικρής κλίμακας ολοκλήρωσης κυκλώματα (Small Scale Integration SSI) με έως 10 πύλες
- b) Μεσαίας κλίμακας ολοκλήρωσης (Medium – Scale Integration MSI) κυκλώματα με πολυπλοκότητα περίπου 10 με 100 πυλών
- c) Μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (Large – Scale Integration LSI) κυκλώματα με πολυπλοκότητα περίπου 100 με μερικές χιλιάδες πύλες
- d) Πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (Very Large – Scale Integration VLSI) κυκλώματα που έχουν έως εκατό χιλιάδες πύλες
- e) Πάρα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (Ultra Large Scale Integration) που περιλαμβάνει περισσότερες από 100000 πύλες

## 1.7 Χαρακτηριστικά λογικών πυλών

Τα χαρακτηριστικά των λογικών πυλών που αναφέρθηκαν σαν κριτήριο κατηγοριοποίησης των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων παραπάνω είναι τα ακόλουθα:

- **Ικανότητα οδήγησης εξόδου** (Fan Out) είναι το πλήθος των εισόδων του ολοκληρωμένου κυκλώματος που μπορούν να οδηγηθούν από μία έξοδό του χωρίς να κινδυνεύσει η ομαλή λειτουργία.
- **Απώλεια ισχύος** (Power Dissipation) είναι η ισχύς η οποία καταναλώνεται από τις πύλες κατά την λειτουργία τους με αποτέλεσμα την παραγωγή θερμότητας που διαχέεται στο περιβάλλον.
- **Καθυστέρηση διάδοσης** (Propagation Delay) είναι ο χρόνος για να διαδοθεί η αλλαγή ενός σήματος από την είσοδο στην έξοδο.
- **Περιθώριο θορύβου** (Noise Margin) είναι η ελάχιστη τάση εξωτερικού θορύβου που προκαλεί ανεπιθύμητη αλλαγή στην έξοδο.

## 1.8 Οικογένειες λογικών πυλών

Η ταξινόμηση των λογικών πυλών γίνεται με την εκάστοτε “οικογένεια” λογικού κυκλώματος στην οποία ανήκουν κάθε φορά, η οποία οικογένεια έχει το δικό της βασικό δομικό ηλεκτρονικό κύκλωμα από το οποίο αναπτύσσονται οι διάφορες πύλες. Τώρα ο τρόπος κατασκευής του βασικού κυκλώματος καθορίζει την οικογένεια με πιο διαδεδομένες τις TTL και CMOS.

Η οικογένεια TTL (Transistor – Transistor Logic) υπάρχει εδώ και πάρα πολύ καιρό και τα ολοκληρωμένα κυκλώματά της κατασκευάζονται πάνω σε ένα chip ημιαγωγού με δομικό στοιχείο το διπολικό τρανζίστορ σε συνδιασμό με αντιστάσεις από επίσης ημιαγωγό. Τα αναγνωρίζουμε από την ονομασία τους καθώς αποτελείται από τις αριθμητικές σειρές 5400 και 7400, ενώ για την ορθή λειτουργία τους χρειάζεται να δοθεί σε αυτά τάση τροφοδοσίας 5 βολτ. Και αυτή όμως η οικογένεια χωρίζεται σε επιμέρους υποοικογένειες με τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες την Standard TTL και η Χαμηλής ισχύος Schottky. Η πρώτη διακρίνεται από το ότι αρχίζει με το αριθμητικό πρόθεμα 74 ενώ η δεύτερη με το 74LS. Οι διαφορές μεταξύ των δύο οικογενειών είναι στα

ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά, όπως η κατανάλωση ισχύος, η καθυστέρηση διάδοσης και η ταχύτητα εναλλαγής. Δεν διαφέρουν στις συνδέσεις των εξωτερικών ακροδεκτών ή στη λογική λειτουργία που επιτελείται από τα εσωτερικά κυκλώματα.

Η οικογένεια CMOS ή αλλιώς συμπληρωματικού MOS αποτελείται από ένα PMOS και ένα NMOS τρανζίστορ συνδεδεμένα με ένα συμπληρωματικό τρόπο σε όλα τα κυκλώματα. Τα PMOS και NMOS είναι MOSFET μονοπολικά τρανζίστορ P και N καναλιού αντίστοιχα. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα MOS έναντι αυτών της οικογένειας TTL είναι η υψηλή πυκνότητα κατασκευής των κυκλωμάτων, απλούστερη τεχνική επεξεργασίας κατά τη διάρκεια της κατασκευής, και η χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της οικογένειας CMOS λειτουργούν ορθά όταν τους δοθούν τάσεις τροφοδοσίας από +3V έως +15V. Η οικογένεια των CMOS διακρίνονται από το αριθμητικό πρόθεμα 4000 καθώς επίσης και 74HC και 74HCT.

Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα και των δύο οικογενειών (TTL και CMOS ) χαρακτηρίζονται επίσης από μία προδιαγραφή που λέγεται fan-out. Το fan-out ενός ψηφιακού ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι ο αριθμός των «τυπικών» εισόδων που μπορούν να οδηγηθούν από την έξοδο της πύλης. Εάν το fan-out μιας τυπικής TTL πύλης είναι 10, αυτό σημαίνει ότι η έξοδος μιας πύλης μπορεί να οδηγήσει έως και 10 εισόδους πυλών της ίδιας υπο-οικογένειας. Μια τυπική τιμή για το fan-out συνηθισμένων ολοκληρωμένων TTL είναι 10. Το fan-out για χαμηλής ισχύος Schottky TTL είναι 20 και για τη σειρά 4000 CMOS είναι περίπου 50. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι τάσεις για την είσοδο και έξοδο των ψηφιακών κυκλωμάτων όπως αναφέραμε και προηγουμένως είναι διαφορετική για την οικογένεια των TTL και των CMOS. Γι' αυτό το λόγο όπως καταλαβαίνουμε δεν μπορούμε να συνδέσουμε, εκτός από προϋποθέσεις, μαζί TTL και CMOS. Διαφορές υπάρχουν όμως και στις απαιτήσεις ρεύματος μεταξύ TTL και CMOS. Ένας τρόπος να συνδεθούν μαζί TTL και CMOS είναι να παρεμβάλλεται μια pull-up αντίσταση για να διατηρεί τη HIGH TTL έξοδο κοντά στα 5V ώστε να είναι συμβατή με τα χαρακτηριστικά τάσης εισόδου των CMOS κυκλωμάτων.

## 1.9 Το μέλλον των ολοκληρωμένων

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο βαθμός ολοκλήρωσης και η πολυπλοκότητα σχεδίασης των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων αυξάνουν συνεχώς. Η σχεδίαση ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έχει σήμερα αυτοματοποιηθεί σχεδόν πλήρως. Κατά συνέπεια η μικροηλεκτρονική και πιο συγκεκριμένα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έχουν μια σημαντική επίδραση πάνω στον κόσμο. Αυτή η επίδραση οφείλεται, εν μέρει, στη μείωση του όγκου και του βάρους που επιτεύχθηκε με τη συρρίκνωση των συσκευών που χρειάζονται για να εκτελεστούν οι ηλεκτρονικές λειτουργίες. Ίσως όμως μεγαλύτερη σημασία από τις μεταβολές του όγκου και του βάρους έχει η μείωση της κατανάλωσης ισχύος και η αύξηση της αξιοπιστίας που έκαναν τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ικανά να εκτοπίσουν μεγάλο αριθμό μηχανικών διατάξεων.

Όσο για το μέλλον των ολοκληρωμένων, δείχνει να συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη της νανοηλεκτρονικής η οποία θα κάνει εφικτή την κατασκευή μικρότερων και γρηγορότερων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, οδηγεί στην δημιουργία νέων διατάξεων, (π.χ. τα Νάνο-τρανζίστορ) καθώς και στα Νανο-κυκλώματα. Επίσης, θα συμβάλει αποφασιστικά στην δημιουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων υψηλής απόδοσης και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Όλα αυτά έχουν πολλαπλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή με αποτελέσματα όπως γρηγορότερες επικοινωνίες, νέα πολύ ισχυρά συστήματα αποθήκευσης πληροφορίας, μικρότερα μεγέθη υπολογιστικών συστημάτων, νέες συσκευές πολλαπλών λειτουργιών, συστήματα έξυπνων αισθητήρων, κ.α.

## **Κεφάλαιο 2 Arduino**



## 2.1 Εισαγωγή στο Arduino

Το Arduino αποτελεί μια ολοκληρωμένη υπολογιστική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα η οποία βασίζεται στο υλικό που είναι μια μητρική πλακέτα στην οποία είναι συνδεδεμένος ο μικροελεγκτής μαζί με κάποιες εισόδους/εξόδους. Η παραπάνω υπολογιστική πλατφόρμα προγραμματίζετε κάθε φορά για την εκάστοτε λειτουργία που θέλουμε να κάνει μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Wiring, η οποία τρέχει σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και κατόπιν φορτώνεται στην πλακέτα Arduino. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να υλοποιήσει λειτουργίες που επιθυμούμε είτε συνδεδεμένο σε κάποιο ηλεκτρονικό υπολογιστή, είτε για την υλοποίηση ανεξάρτητων διαδραστικών εργασιών όπως συνέβη και στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Στις παρακάτω ενότητες θα γίνει μία λεπτομερής περιγραφή του μικροελεγκτή Arduino καθώς και των λοιπών εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εργασίας, θα αναλυθεί πλήρως η αρχιτεκτονική του Arduino. Τέλος θα ακολουθήσει μια λεπτομερής περιγραφή της υλοποίησης που έγινε με αναλυτικά στοιχεία, σχέδια και φωτογραφίες έτσι ώστε να γίνει πιο κατανοητό στον αναγνώστη ο τρόπος σχεδίασης, υλοποίησης και λειτουργίας του συστήματος ένδειξης εξωτερικής θερμοκρασίας που αναλάβαμε να υλοποιήσουμε.

## 2.2 Ιστορική αναδρομή στο Arduino

Αναζητώντας την ιστορική εξέλιξη του Arduino και πηγαίνοντας πίσω στο χρόνο και συγκεκριμένα στο 2005 εντοπίζουμε την ανάγκη να εφευρεθεί μια συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, η οποία έπρεπε να είναι πιο φθηνή από τα πρωτότυπα συστήματα εκείνης της εποχής. Έτσι το 2005 ήταν η χρονιά που μπήκε στη ζωή μας το Arduino. Υπεύθυνοι για την πρώτη σχεδίαση και ιδρυτές του Arduino ήταν ο Massimo Banzi και ο David Cueartielles που αρχικά το ονόμασαν από το Arduin της Ivrea και ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ιβρέα, κωμόπολη της επαρχίας Τορίνο στην περιοχή Πεδεμόντιο της βορειοδυτικής Ιταλίας-την ίδια περιοχή στην

οποία στεγαζόταν η εταιρία υπολογιστών Olivetti. Κατόπιν το Σεπτέμβριο του επόμενου χρόνου (2006) ανακοινώθηκε η επόμενη γενιά Arduino το Arduino MINI. Μετά από δύο περίπου χρόνια και συγκεκριμένα τον Οκτώβρη του 2008 ανακοινώθηκε το Arduino Duemilavone το οποίο αρχικά βασίστηκε στον μικροεπεξεργαστή Atmel Atmega 168 αλλά στην συνέχεια στάλθηκε στα σημεία πώλησης με τον Atmel Atmega 328. Τον Μάρτιο του επόμενου χρόνου ανακοινώνεται από τους ιδρυτές του Arduino το Arduino Mega το οποίο είναι εξοπλισμένο με τον μικροελεγκτή Atmel Atmega 1280. Έτσι μετά από μια σειρά επιτυχημένων ετών για το Arduino φτάνουμε στο 2011 όπου σύμφωνα με στατιστικές έρευνες το Arduino χρησιμοποιείται από περισσότερους από 30000 χρήστες σε όλο τον κόσμο. Το 2012 ανακοινώθηκαν τρεις διαφορετικές εκδόσεις του Arduino τον Ιούλιο, τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο με τις ονομασίες Arduino Leonardo, Arduino Due και Arduino Micro αντίστοιχα. Οι διαφορές εστιάζονται στον διαφορετικό μικροελεγκτή κάθε φορά και πιο συγκεκριμένα το Arduino Leonardo χρησιμοποιούσε τον Atmel ATmega32u4, το Arduino Due τον Atmel SAM3X8E και το Arduino Micro με τον μικροελεγκτή Atmel ATmega32u4. Και μετά από όλα αυτά ερχόμαστε στο 2013 και συγκεκριμένα στον Μάιο όπου ανακοινώνονται δύο εκδόσεις, η Arduino Robot με τον Atmel ATmega32u4 που ήταν και επίσημα το πρώτο Arduino με ρόδες και το Arduino Yun με ATmega32u4 και το Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν WIFI που συνδυάζε το Arduino με το Linux. Έκτοτε έχει παρουσιαστεί μια πληθώρα από εκδόσεις του Arduino διαφορετικούς μικροελεγκτές οι οποίες και θα παρουσιάσουν στην επόμενη ενότητα.

### **2.3 Εκδόσεις του Arduino**

Σε αυτή την ενότητα τις πολλές και διαφορετικές εκδόσεις πλακετών του Arduino που έχουν κατακλίσει την παγκόσμια αγορά. Κάθε μία από αυτές χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς και ως εκ τούτου διαφοροποιούνται και στα χαρακτηριστικά τους. Για την εξοικονόμηση χώρου και χρόνου, οι διαφορετικές εκδόσεις του Arduino παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και κατόπιν παρουσιάζονται επιλεκτικά κάποιες εικόνες μερικών από αυτές.

Name	Process or	Operatin g Voltage/ Input	CP U Spe ed	Anal og IN/O UT	Digit al IO/P WM	EEPR OM [KB]	SR AM [KB ]	Fla sh [K B]	US B	UA RT
<a href="#">Uno</a>	ATmega	5 V/7-12	16	6/0	14/6	1	2	32	Reg ular	1
<a href="#">Due</a>	AT91SA M3X8E	3.3 V/7-	84	12/2	54/12	-	96	51	2 Micr	4
<a href="#">Leonar</a>	ATmega	5 V/7-12	16	12/0	20/7	1	2.5	32	Micr o	1
<a href="#">Mega</a>	ATmega	5 V/7-12	16	16/0	54/15	4	8	25	Reg ular	4
<a href="#">Mega</a>	ATmega	5 V/7-12	16	16/0	54/15	4	8	25	Reg ular	4
<a href="#">Micro</a>	ATmega	5 V/7-12	16	12/0	20/7	1	2.5	32	Micr o	1
<a href="#">Mini</a>	ATmega	5 V/7-9 V	16	8/0	14/6	1	2	32	-	-
<a href="#">Nano</a>	ATmega 168	5 V/7-9 V	16	8/0	14/6	0.512	1	16	Mini- B	1
<a href="#">Ethern</a>	ATmega	5 V/7-12	16	6/0	14/4	1	2	32	Reg ular	-
<a href="#">Esplor</a>	ATmega	5 V/7-12	16	-	-	1	2.5	32	Micr o	-
<a href="#">Arduin oBT</a>	ATmega	5 V/2.5-	16	6/0	14/6	1	2	32	-	1
<a href="#">Fio</a>	ATmega	3.3	8	8/0	14/6	1	2	32	Mini	1
<a href="#">Pro</a>	ATmega	3.3 V/3.35-	8	6/0	14/6	0.512	1	16	-	1
<a href="#">Pro</a>	ATmega	5 V/5-12	16	6/0	14/6	1	2	32	-	1

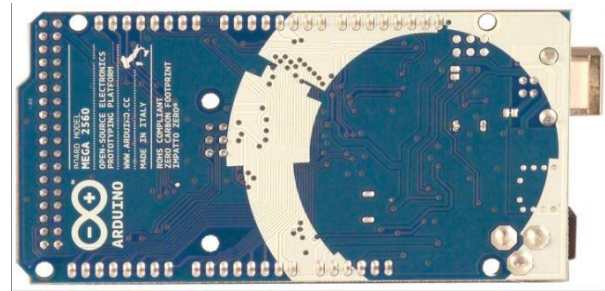
<a href="#">Pro</a>	ATmega	3.3 V/3.35-	8 Mhz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	1
---------------------	--------	----------------	----------	-----	------	-------	---	----	---	---

<a href="#">LilyPad</a>	ATmega 168V ATmega	2.7-5.5 V/2.7-5.5	8	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
<a href="#">LilyPad</a>	ATmega	3.3	8	4/0	9/4	1	2.5	32	Micr o	-
<a href="#">LilyPad</a>	ATmega	2.7-5.5 V/2.7-5.5	8	4/0	9/4	1	2	32	-	-
<a href="#">LilyPad</a> <a href="#">Simple</a>	ATmega	2.7-5.5 V/2.7-5.5	8	4/0	9/4	1	2	32	-	-

Arduino Uno μπροστά και πίσω όψη



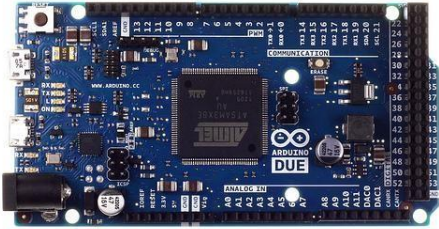
## Arduino Mega μπροστά και πίσω όψη



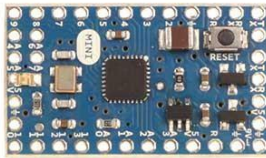
## Arduino Micro μπροστά και πίσω όψη



## Arduino Due μπροστά και πίσω όψη



## Arduino Mini μπροστά και πίσω όψη



## 2.4 Η επιλογή του Arduino

Το Arduino όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή της ενότητας αποτελεί έναν συνδυασμό υλικού και λογισμικού που με την βοήθειά του μπορούμε να υλοποιήσουμε διάφορες κατασκευές του πραγματικού μας κόσμου. Στην κατηγορία του υλικού περιλαμβάνεται η πλακέτα, ο μικροελεγκτής, οι αντιστάσεις και διάφορα άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Στην κατηγορία του λογισμικού περιλαμβάνεται η γλώσσα προγραμματισμού Wiring που αποτελεί μια εξέλιξη θα λέγαμε της γνωστής μας C++ , που μαζί με το πρόγραμμα Arduino Integrated Development Environment μπορούμε να προγραμματίσουμε το υλικό μας να πραγματοποιήσει διάφορες εργασίες, όπως την προσομοίωση φαναριών κυκλοφορίας, συστήματα που ελέγχουν κινήσεις, θερμοκρασίες(που είναι και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας), υγρασία και αμέτρητες ακόμα εργασίες που περιορίζονται μόνο από την φαντασία του εκάστοτε δημιουργού. Αναλύοντας την δομή του Arduino και αφού γίνεται κατανοητή από τον μέσο αναγνώστη, του γεννάται τα εξής ερωτήματα. Γιατί το Arduino και όχι κάποιο άλλο αναπτυξιακό εργαλείο; Γιατί από μία πληθώρα μικροελεγκτών να διαλέξω το Arduino για την υλοποίηση της ιδέας μου; Και δικαίως τα ερωτήματα αυτά απασχολούν κάθε μαθητή που θέλει να πειραματιστεί στον κόσμο των μικροελεγκτών, κάθε δάσκαλο που θέλει να κάνει το μάθημά του πιο ενδιαφέρον μέσα από διαδραστικά μέσα και γενικότερα κάθε ερασιτέχνη και μη που θέλει να μετατρέψει μια ιδέα του σε ένα χειροπιαστό αντικείμενο. Όλα τα παραπάνω ερωτήματα και απορίες απαντώνται μέσα από την παρουσίαση των πλεονεκτημάτων του Arduino σε σχέση με άλλα υπολογιστικά συστήματα του ίδιου είδους.

Έτσι παρακάτω παρουσιάζουμε τα πλεονεκτήματα του Arduino έναντι στους ανταγωνιστές του.

- **Κόστος:** Τα συστήματα Arduino είναι εξαιρετικά φτηνά σε σχέση τις υπόλοιπες πλατφόρμες και ειδικότερα τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου μπορεί οποιοσδήποτε να προμηθευτεί τα υλικά που του χρειάζονται με κόστη που δεν ξεπερνούν τα 50 ευρώ.
- **Ποικιλία λειτουργικών συστημάτων:** Το ότι το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino πλέον είναι συμβατό με τα λειτουργικά συστήματα Windows, Linux και Macintosh OSX που αποτελούν και την πλειοψηφία

των λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιεί ο κάθε άνθρωπος πάνω στη Γη, αποτελεί έναν σημαντικό λόγο να επιλέξει κανείς το Arduino.

- Εύκολο προγραμματιστικό περιβάλλον: Η δυνατότητα εύκολου προγραμματισμού για αρχάριους που δίνει το Arduino IDE καθώς επίσης και η ευελιξία που δίνει σε πιο προχωρημένους χρήστες του προσθέτουν ένα ακόμα πλεονέκτημα.
- Ανοιχτό λογισμικό: Σε συνέχεια του προηγούμενου πλεονεκτήματος, έχουμε το ότι το λογισμικό προγραμματισμού είναι ανοιχτού κώδικα δηλαδή διανέμεται δωρεάν, μπορεί να επεκταθεί και να παραμετροποιηθεί εύκολα από έμπειρους προγραμματιστές που θέλουν είτε να διορθώσουν τυχόν λάθη και παραλείψεις, είτε να εξελίξουν το λογισμικό προσθέτοντάς του επιπλέον δυνατότητες.

## 2.5 Arduino UNO

### 2.5.1 Γενικές πληροφορίες

Παρόλο που η γκάμα των μοντέλων Arduino που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στην αγορά είναι μεγάλη και πολλά από αυτά τα παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, εμείς επιλέξαμε την δημοφιλέστερη εκδοχή του Arduino που κυκλοφορεί αυτή τη στιγμή στην αγορά και είναι αυτή του Arduino Uno καθώς καλύπτει όλες τις ανάγκες της εργασίας μας σε pins(εισόδου/εξόδου) και σε μνήμη του μικροελεγκτή που είναι αρκετή να αποθηκεύσει των κώδικα που γράφτηκε.

Το Arduino Uno αποτελεί μια πλακέτα που βασίζεται στον διάσημο Μικροελεγκτή Atmel ATmega 328, ενώ έχει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους (από τις οποίες οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως Pulse width Modulation έξοδοι), 6 αναλογικές εισόδους, έναν 16MHz κεραμικό ταλαντωτή, USB, θύρα υποδοχής ρεύματος, ICSP και κουμπί επανεκκίνησης. Περιέχει όσα χρειάζονται για να υποστηριχτεί ο μικροελεγκτής, το ενώνουμε μέσω USB με τον υπολογιστή μας ή μέσω του ρεύματος μέσω ενός AC-to-DC αντάπτορα ή σε μία μπαταρία για να ξεκινήσουμε. Το Arduino Uno διαφέρει από όλες τις προηγούμενες πλακέτες στο γεγονός ότι δεν χρησιμοποιεί FTDI USB-to-serial driver τσιπ, αντ'αυτού χρησιμοποιεί το ATmega16U2 που είναι προγραμματισμένο ως USB-to-serial μετατροπέας.

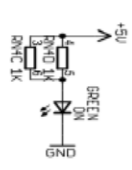
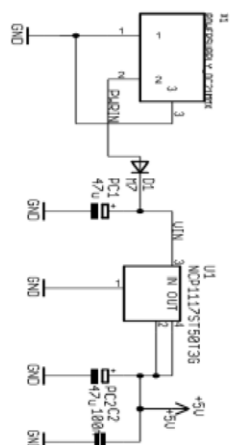
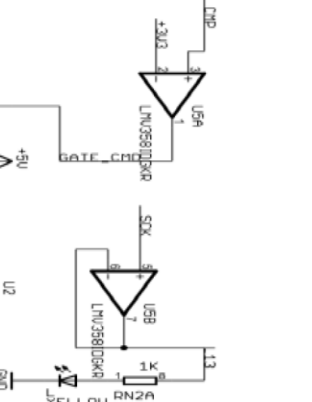
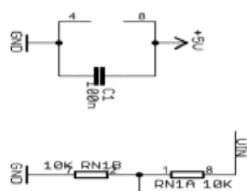
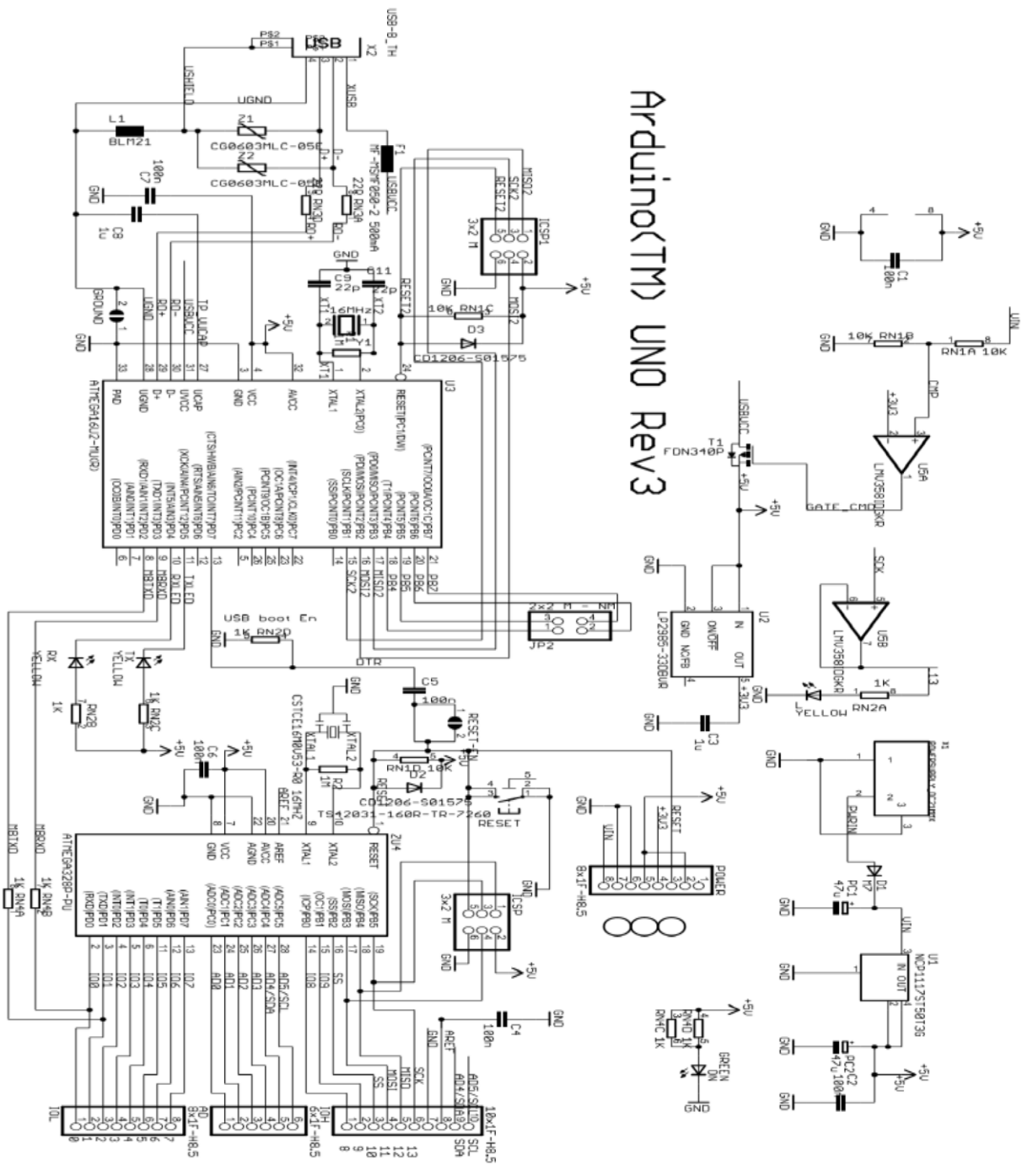


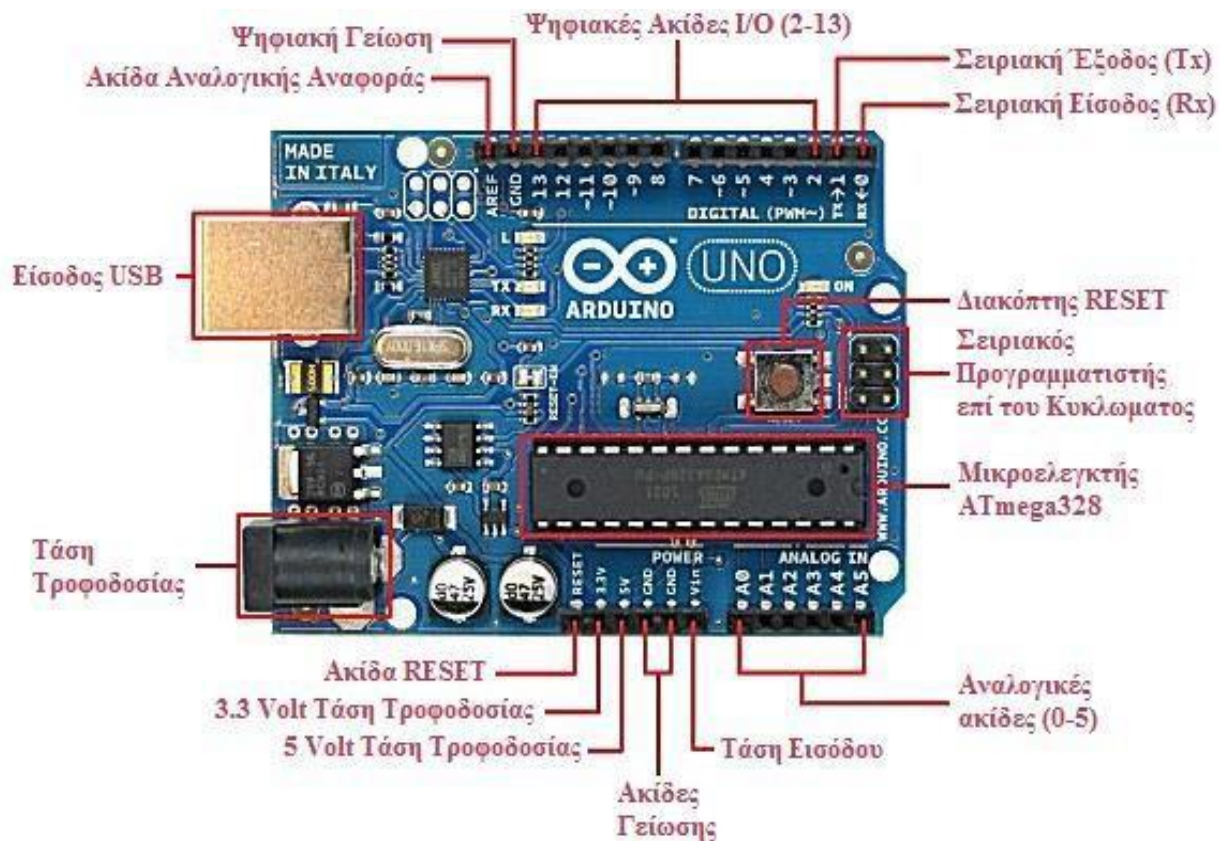
Τρία ακόμα πλεονεκτήματα της τρίτης νέας έκδοσης του Arduino Uno που χρησιμοποιήσαμε στην υλοποίησή μας είναι τα ακόλουθα:

- Προστέθηκαν τα SDA και SCL ακροδέκτες που είναι κοντά στο AREF ακροδέκτες, και δύο καινούρια ακροδέκτες που βρίσκονται δίπλα στο RESET ακροδέκτες, το IOREF που επιτρέπει στις πλακέτες που μπαίνουν πάνω από το Uno (shields) να χρησιμοποιούν την ίδια τάση που προέρχεται από το Uno.
- Καλύτερο RESET κύκλωμα
- Ο ATmega16U2 αντικατέστησε τον 8U2

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται λεπτομερώς η αρχιτεκτονική και τα εξαρτήματα που απαρτίζουν το Arduino Uno της εργασίας μας:

# Arduino™ UNO Rev3





## 2.5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά

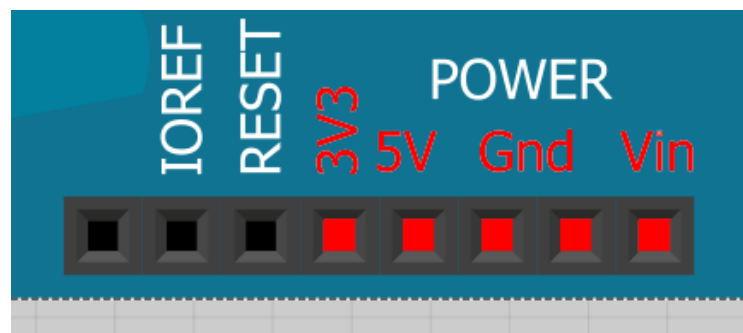
Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino Uno

Μικροελεγκτής	ATMEGA 328
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου	7-12V
Όρια τάσης εισόδου	6-20V
Ψηφιακοί ακροδέκτες I/O	14, (6 PWM έξοδοι)
Αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου	6
Ισχύς συνεχόμενου ρεύματος ανά ακροδέκτη	40mA

Ισχύς συνεχόμενου ρεύματος για ακροδέκτη τάσης 3.3V	50mA
Μνήμη flash	32KB (ATMEGA328)
Μνήμη SRAM	2KB (ATMEGA328)
Μνήμη EEPROM	1KB (ATMEGA328)
Ταχύτητα ρολογιού	16MHz

### 2.5.3 Τροφοδοσία

Το Arduino Uno που χρησιμοποιήσαμε τροφοδοτείται με ρεύμα με δύο διαφορετικούς τρόπους, Ο ένας είναι μέσω της θύρας USB και ο δεύτερος μέσω της υποδοχής φικς 2.1 mm που βρίσκεται κάτω αριστερά (σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα) .Η εξωτερική τροφοδοσία χωρίς USB μπορεί να προέλθει είτε από έναν AC-to-DC αντάπτορα είτε από μπαταρία. Οι οδηγοί από την μπαταρία μπορούν να τοποθετηθούν στο Gnd και Vin ακροδέκτες της πλακέτας. Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει από εξωτερική πηγή των 6 έως 20 volts. Παρ όλα αυτά αν τροφοδοτηθεί με λιγότερο από 7V, ο 5V ακροδέκτης ίσως τροφοδοτήσει με λιγότερο από πέντε volt και η πλακέτα θα είναι ασταθής. Αν χρησιμοποιηθούν περισσότερα από 12V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να ζημιώσει την πλακέτα. Το προβλεπόμενο εύρος τιμών είναι 7 με 12 volts.Οι προαναφερθέντες ακροδέκτες παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα σχετικά με την τροφοδοσία έχουμε τους εξής ακροδέκτες: Vin, GND, 5V, 3.3V

Ο ακροδέκτης Vin που περιγράφεται ως τάση εισόδου αποτελεί το μέσο τροφοδότησης της πλακέτας μέσα από αυτόν τον ακροδέκτη, όταν χρησιμοποιούμε εξωτερική πηγή ενέργειας.

Ο ακροδέκτης GND αποτελεί την είσοδο γείωσης της πλακέτας.

Ο ακροδέκτης 5V, όπως φανερώνει και το όνομά του, μας δίνει είτε την τάση του USB είτε την τάση του ακροδέκτη Vin ρυθμισμένη βέβαια στα 5 volt. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτή η τάση είναι και η τάση που χρησιμοποιεί ο μικροελεγκτής καθώς και διάφορα μέρη της πλακέτας.

Ο ακροδέκτης 3.3 V παράγει την ονομαστική του τάση από το ολοκληρωμένο FTDI. Το όριο άντλησης ρεύματος είναι 50mA.

#### **2.5.4 Μνήμη Arduino Uno**

Η μνήμη του Arduino Uno που χρησιμοποιήσαμε εξαρτάται από τον μικροελεγκτή ATmega 328 που είναι συνδεδεμένος στην πλακέτα. Έτσι η μνήμη του μικροελεγκτή χωρίζεται σε τρεις ομάδες, την flash memory, την SRAM (static random access memory) και την EEPROM. Στην πρώτη, δηλαδή στην flash memory αποθηκεύονται τα Arduino sketch. Στην SRAM, η οποία αποτελεί και τον χώρο δημιουργίας του sketch και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές όταν τρέχει το sketch. Και στην EEPROM, η οποία χρησιμοποιούν οι προγραμματιστές για να αποθηκεύουν πληροφορίες που χρειάζονται στο μέλλον.

Αναλυτικότερα οι παραπάνω τρεις ομάδες μνήμης έχουν τα εξής χαρακτηριστικά.

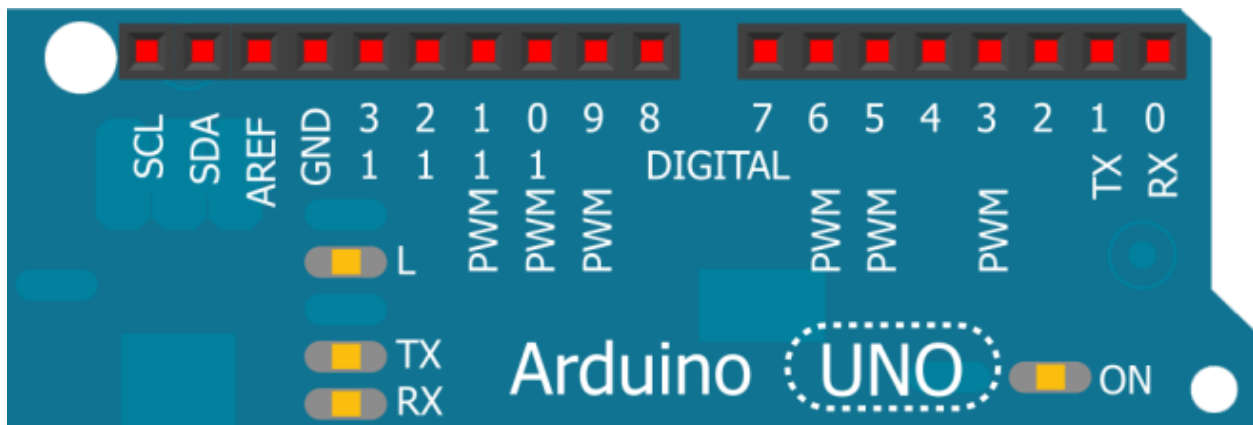
**FLASH:** Είναι χωρητικότητας 32 KB. Από αυτά τα 32 τα 2 χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino, δηλαδή το λογισμικό που είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση προγραμμάτων στο μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB και που έρχεται εγκατεστημένο από τον κατασκευαστή της πλακέτας. Τα υπόλοιπα 30 KB χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash διατηρεί τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτήν και μετά την διακοπή τροφοδοσίας στην πλακέτα και κατά την επανεκκίνησή της.

SRAM: Είναι χωρητικότητας 2 KB και αποτελεί την ωφέλιμη μνήμη που χρησιμοποιούν τα προγράμματα για την αποθήκευση πινάκων, μεταβλητών κ.α. Αξίζει να τονιστεί εδώ ότι τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτή χάνονται είτε όταν η πλακέτα τεθεί εκτός ρεύματος, είτε όταν πατηθεί το κουμπί επανεκκίνησης(reset).

EEPROM:Είναι χωρητικότητας 1KB και χρησιμοποιείται για την εγγραφή και ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα.

### 2.5.5 Arduino Uno Ακροδέκτες

Όπως όλοι οι μικροελεγκτές Arduino διαθέτουν εισόδους και εξόδους για την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον τους και τα εξαρτήματα που είναι συνδεδεμένα πάνω τους, έτσι και το Arduino Uno διαθέτει ακροδέκτες(pin) που προορίζονται τόσο για εισόδους όσο και για εξόδους. Συνολικά το Arduino Uno διαθέτει 20 pins από τα οποία τα 14 είναι ψηφιακά και τα 6 αναλογικά. Η τοποθεσία του κάθε ακροδέκτη καθώς και οι ιδιότητές τους φαίνονται στην παρακάτω εικόνα και περιγράφονται στις παρακάτω παραγράφους.



Ακροδέκτες 0 και 1: Λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής θύρας, όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί τη σειριακή θύρα. Έτσι, όταν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στη σειριακή θύρα, αυτά προωθούνται και στη θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB, αλλά και στον ακροδέκτη 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή. Αυτό φυσικά σημαίνει, ότι αν στο πρόγραμμα ενεργοποιήσει το σειριακό interface, χάνει 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους η πλατφόρμα.

Ακροδέκτες 2 και 3: Λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupts (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Ρυθμίζονται μέσα από το πρόγραμμα, ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισόδοι, στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει άμεσα και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupts είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.

Ακροδέκτες 3, 5, 6, 9, 10 και 11: Μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδό-αναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation).

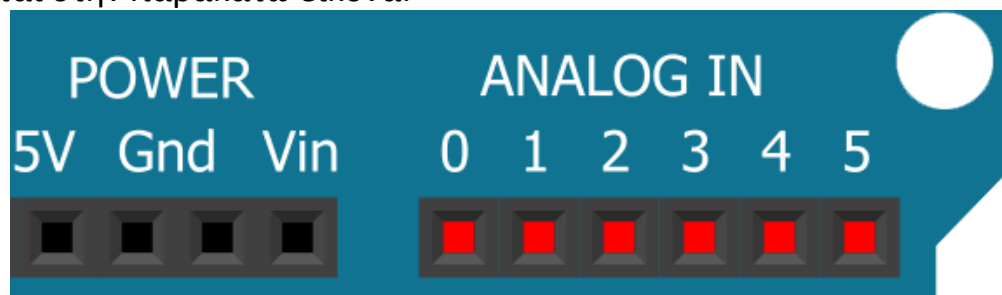
SDA και SCL ακροδέκτες: Υποστηρίζουν TWI επικοινωνία χρησιμοποιώντας την Wire βιβλιοθήκη.

Reset-Ακροδέκτης L: Κατεβάζουμε αυτή την γραμμή LOW για να κάνουμε επανεκκίνηση του μικροελεγκτή. Τυπικά χρησιμοποιείται για να δημιουργούμε ένα κουμπί επανεκκίνησης όταν έχουμε κάποιο εξάρτημα τοποθετημένο και δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε με γυμνό χέρι αυτό του UNO.

RX-TX: Ακροδέκτες επικοινωνίας

AREF: Τάση αναφοράς για τις αναλογικές εισόδους. Χρησιμοποιείτε με την analogReference().

Χρησιμοποιώντας τον ακροδέκτη AREF και γυρνώντας την πλακέτα στην ανάποδη μεριά της βλέπουμε ακόμα έξι ακροδέκτες που δεν έχουμε περιγράψει και φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Στους ακροδέκτες με την σήμανση ANALOG IN 0-5 η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μια εντολή στο 1.1V (μεταξύ 2 και 5V) τροφοδοτώντας εξωτερικά με αυτή την τάση το pin με τη σήμανση AREF που είδαμε λίγο πιο πάνω και που βρίσκεται στην πίσω πλευρά της πλακέτας. Για παράδειγμα αν τροφοδοτηθεί ο ακροδέκτης AREF με 3.3V και στη συνέχεια διαβάσει κάποιον ακροδέκτη αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζεται τάση 1.65V, το Arduino θα επιστρέψει την τιμή 512.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι ακροδέκτες που σχετίζονται με την τροφοδοσία της πλακέτας:



Από αριστερά προς τα δεξιά έχουμε του εξής ακροδέκτες:

Ο IOREF που στην ουσία πρόκειται για μια λογική τάση αναφοράς που προορίζεται να τροφοδοτήσει τα διάφορα εξαρτήματα (Arduino shields) που προσθέτουμε στην πλακέτα

Ο RESET που επανεκκινεί ένα Arduino shield

Οι ακροδέκτες 3.3 και 5 V αντίστοιχα που τροφοδοτούν με τάση 3.3 και 5 volt αντίστοιχα το εκάστοτε εξάρτημα

Δύο ακροδέκτες GND που αποτελούν την γείωση των εξαρτημάτων

Και τέλος ο ακροδέκτης Vin που αποτελεί την τάση που τροφοδοτεί το εκάστοτε εξάρτημα όταν η πλακέτα τροφοδοτείται από το βύσμα τροφοδοσίας και όχι από την θύρα USB.

### 2.5.6 Τρόποι επικοινωνίας

Το Arduino Uno μπορεί να επικοινωνήσει με έναν υπολογιστή, με ένα άλλο Arduino ή έναν άλλο μικροελεγκτή. Ο ATmega328 παρέχει UART TTL (5V) σειριακή επικοινωνία, η οποία είναι διαθέσιμη στους ψηφιακούς ακροδέκτες 0 (RX) και 1 (TX) που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ένας ATmega16U2 μεταφέρει αυτή τη σειριακή επικοινωνία μέσω USB ενώ παρουσιάζετε σαν εικονική com πόρτα στο λογισμικό του υπολογιστή. Το 16U2 firmware χρησιμοποιεί τους κλασικούς USB COM οδηγούς και έτσι δεν χρειάζονται εξωτερικοί. Παρόλα αυτά στα Windows ένα .inf αρχείο χρειάζεται. Το λογισμικό του Arduino περιέχει μία εικονική οθόνη η οποία απλά με εμφανίζει τα δεδομένα που στέλνονται από και προς την πλακέτα. Τα RX και TX leds αναβοσβήνουν όταν δεδομένα μεταφέρονται μέσω USB-to-serial chip και USB ένωσης στον υπολογιστή. Η βιβλιοθήκη SoftwareSerial επιτρέπει την σειριακή επικοινωνία για κάθε ένα από τους ακροδέκτες της πλακέτας.

### 2.5.7 Προστασία υπερέντασης USB



Το Arduino Uno έχει μία επανεκκινήσιμη αντίσταση η οποία προστατεύει τις USB θύρες του υπολογιστή μας από υπερένταση. Παρόλο που κάθε υπολογιστής παρέχει την δική του εσωτερική προστασία, η αντίσταση παρέχει μία επιπλέον προστασία. Αν περισσότερα από 500mA εφαρμοστούν στην USB θύρα, η αντίσταση αυτόματα θα σπάσει την σύνδεση μέχρι να απομακρυνθεί η υπερφόρτωση.

### **2.5.8 Φυσικά Χαρακτηριστικά του Arduino Uno**

Το μέγιστο μήκος και πλάτος της πλακέτας του Uno είναι 6.858 και 5.334 εκατοστά αντίστοιχα, με την USB πόρτα και την υποδοχή ρεύματος να εκτείνονται πέρα των αρχικών διαστάσεων. Τέσσερις τρύπες για βίδες επιτρέπουν στην πλακέτα να μπορεί να τοποθετηθεί σε μία ξεχωριστή επιφάνεια ή ένα κουτί έτσι ώστε να μπορεί να μεταφερθεί εύκολα ή ακόμα και να στηριχθεί για λόγους εμφάνισης αλλά και πρακτικούς.

## **2.6 Λοιπά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν**

### **2.6.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας LM35**

Ίσως το βασικότερο εξάρτημα που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συστήματος που θα μετράει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος με την βοήθεια του Arduino Uno είναι το αισθητήριο θερμοκρασίας LM35D. Είναι υπεύθυνος για την μέτρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου. Στην ουσία πρόκειται για μία δίοδο η τάση στα άκρα της οποίας είναι ανάλογη της θερμοκρασίας. Έτσι για να



## 2.6.2 Οθόνη LCD 16x2

Η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση της μέτρησης από τον αισθητήρα θερμοκρασίας είναι μια τεχνολογίας LCD 16 χαρακτήρων και 2 γραμμών, με τους χαρακτήρες να εμφανίζονται με λευκό χρώμα σε μπλε φόντο. Επιθυμητή τάση τροφοδοσίας είναι 5 Volt και οι διαστάσεις της είναι 82x35x18 mm .Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε κατά την υλοποίηση της εργασίας μας.

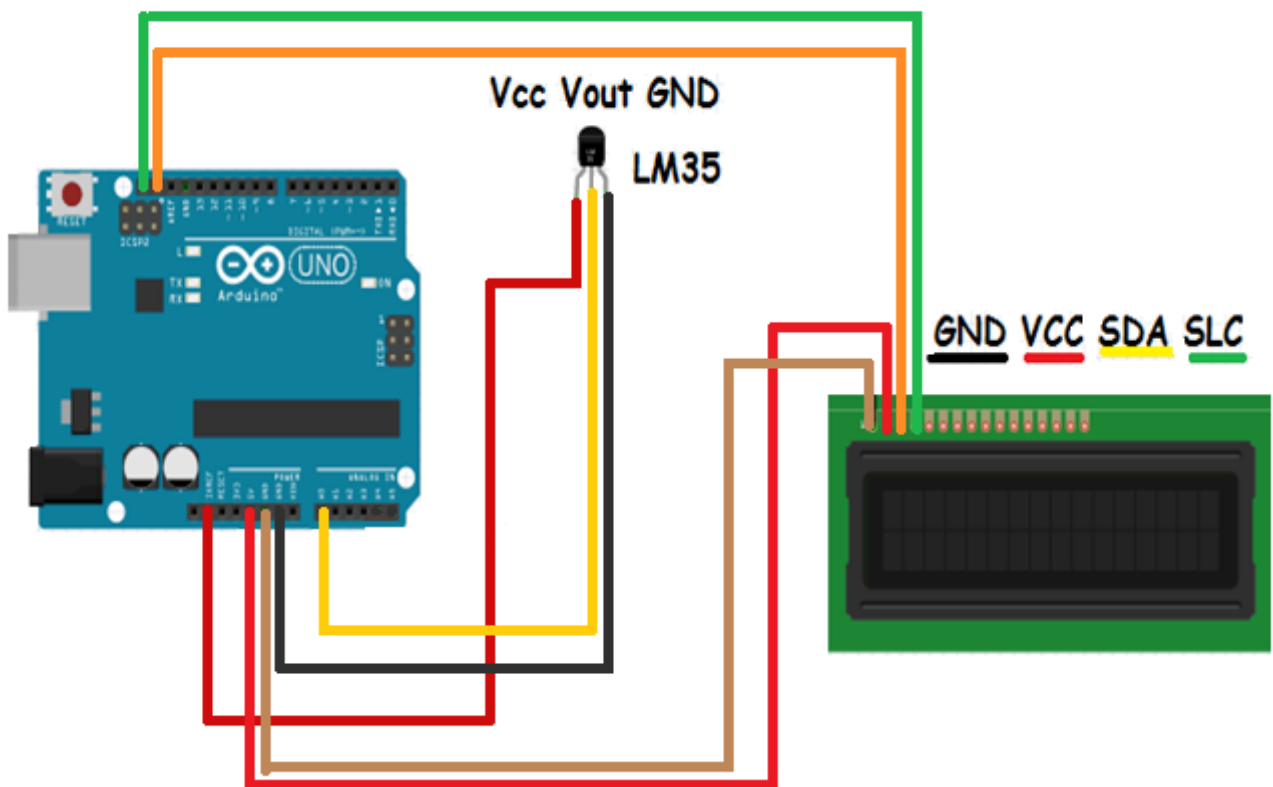


## Κεφάλαιο 3 -Υλοποίηση

### 3.1 Εφαρμογή

Και αφού κατανοήσαμε την έννοια του ολοκληρωμένου κυκλώματος, αναλύσαμε σχεδόν τα πάντα σχετικά με τις πλατφόρμες Arduino και περιγράψαμε τα βασικά εξαρτήματα που θα χρειαστούμε στην υλοποίηση του συστήματός μας, ήρθε η ώρα να προχωρήσουμε στην περιγραφή αυτού καθαυτού του συστήματος που φτιάξαμε και είναι πλήρως λειτουργικό και στην ευχέρεια του καθενός να το χρησιμοποιήσει.

Με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος θα γίνει και η περιγραφή της συνδεσμολογίας που χρησιμοποιήθηκε για το σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας και απεικόνισής της στην οθόνη του συστήματός μας.



Αρχικά συνδέσαμε το αισθητήριο θερμοκρασίας LM35D. Ο μεσαίος ακροδέκτης Vout του LM35D συνδέθηκε στον ακροδέκτη εισόδου A0 του Arduino Uno για να στέλνει την ανάλογη τάση που είναι και αυτή που καθορίζει την θερμοκρασία που θα δούμε. Κατόπιν με ένα κόκκινο καλώδιο συνδέσαμε το pin Vcc του αισθητήρα με το pin IOREF της πλακέτας μας έτσι ώστε να τροφοδοτηθεί με 5volt τάση από τον αντίστοιχο ακροδέκτη που είναι ένας ακροδέκτης λογικής τάσης αναφοράς και χρησιμοποιείται για τα Arduino shields με τάση αναφοράς τα 5Volt. Αντίστοιχα ο

ακροδέκτης GND του αισθητήρα συνδέθηκε με τον ομώνυμο ακροδέκτη GND της πλακέτας και αποτελεί την γείωση.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε πρακτικά να μετράμε την θερμοκρασία που "αισθάνεται" ο αισθητήρας μας αλλά δεν μπορούμε να δούμε ποια είναι αυτή. Έτσι όπως φαίνεται και στο σχήμα μας προσθέσαμε και την οθόνη μας έτσι ώστε να βλέπουμε τις μετρήσεις μας. Ο πρώτος ακροδέκτης από αριστερά της οθόνης αφορά την γείωση και γι' αυτό συνδέθηκε με τον pin GND της πλακέτας. Ο δεύτερος κατά σειρά ακροδέκτης αφορά την τάση που χρειάζεται η οθόνη για να λειτουργήσει και συνδέθηκε στο δεύτερο pin εξόδου 5V που διαθέτει η πλακέτα Arduino Uno.

Τα τελευταία δύο pin SDA,SLC συνδέονται στην πλακέτα στις αντίστοιχες θέσεις SLC και SDA και με τον προγραμματισμό του συστήματος θα μας δείξουν τις μετρήσεις στην οθόνη. Πρόκειται δηλαδή για το μέσο επικοινωνίας της πλακέτας με την οθόνη.

## **Κεφάλαιο 4 - Προγραμματισμός/Δημιουργία sketch**

## 4.1 Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού

Στην ενότητα αυτή θα περιγραφεί λεπτομερώς τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό του Arduino συστήματός μας.







### Notepad++

Αρχικά χρησιμοποιήσαμε το Notepad++ για την πρόχειρη συγγραφή του κώδικά μας στην γλώσσα προγραμματισμού Wiring . Το Notepad++ αποτελεί ένα ανοιχτού λογισμικού πρόγραμμα που λειτουργεί ως σημειωματάριο , με την διαφορά όμως πως λόγω του περιβάλλοντος λειτουργίας του ενδείκνυται για την συγγραφή κώδικα με συνέπεια να μας διευκολύνει στην δημιουργία των scripts της υλοποίησής μας .

### Arduino IDE

Το περιβάλλον που προτείνεται για την ανάπτυξη κώδικα για όλα σχεδόν τα Arduino διανέμεται ελεύθερα καθώς πρόκειται για ανοιχτού λογισμικού πρόγραμμα και ακούει στο όνομα Arduino Integrated Development Environment.


Πέρα όμως από την ανάπτυξη του κώδικα το Arduino IDE είναι αυτό που συνδέεται με το hardware και κάνει το Upload του κώδικα που φτιάξαμε στην πλακέτα του Arduino έτσι ώστε να λειτουργήσει το σύστημά μας.Ο κώδικας που γράφτηκε για την λειτουργία του συστήματος μας ονομάζεται Sketch.Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα εργαλεία του Arduino IDE σε μορφή κουμπιών.

Εργαλεία ανάπτυξης Arduino IDE	
Εργαλείο:	Περιγραφή:
 <b>Εικόνα 21: Verify</b>	Ελέγχει για συντακτικά λάθη στον κώδικα.
 <b>Εικόνα 22: Upload</b>	Μεταγλωττίζει τον κώδικα και το φορτώνει στο Arduino. Αν δεν είναι συντακτικά σωστός δε μπορεί να γίνει η φόρτωση.
 <b>Εικόνα 23: New</b>	Δημιουργεί ένα νέο sketch.
 <b>Εικόνα 24: Open</b>	Παραθέτει ένα μενού με όλα τα sketch. Ενεργοποιώντας ένα από αυτά, θα ανοίξει αυτόματα στο τρέχον παράθυρο.
 <b>Εικόνα 25: Save</b>	Αποθηκεύει ένα sketch.
 <b>Εικόνα 26: Serial Monitor</b>	Ανοίγει τη σειριακή οθόνη. Μέσω αυτής παρακολουθείται η ανταλλαγή δεδομένων που γίνεται στη σειριακή θύρα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το Arduino IDE είναι βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού JAVA και περιέχει τα εξής παρακάτω:

- Πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων με συντακτική χρωματική σήμανση
- Βιβλιοθήκες για την προέκτασή της εύκολες στην πρόσβαση μέσω Internet
- Έναν compiler για την μεταγλώττιση των sketch που φτιάξαμε
- Μια σειριακή οθόνη(serial monitor) που παρακολουθεί τις επικοινωνίες του USB,στέλνει αλφαριθμητικά στο Arduino μέσω του USB και διευκολύνει στον εντοπισμό των λαθών των sketch
- Μια επιλογή για την μεταφορά του sketch που φτιάξαμε από το Arduino IDE στην πλακέτα Arduino

Τώρα όσον αφορά την γλώσσα συγγραφής του κώδικα του Arduino, ονομάζεται Wiring και όπως έχουμε αναφέρει ξανά αποτελεί μια παραλλαγή της C/C++ για μικροελεγκτές AVR όπως ο δικός μας AtMega 328. Υποστηρίζει ακόμα όλες τις βασικές δομές της C αλλά και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για την μεταγλώττιση των sketch χρησιμοποιείται ο compiler AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη η AVR libc. Όπως προαναφέραμε, λόγω της ομοιότητάς της με την C, χρησιμοποιούνται οι ίδιες βασικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που εξυπηρετούν στην διαχείριση του Hardware του Arduino. Τα προγράμματα (sketch) του Arduino χωρίζονται σε τρία διαφορετικά μέρη. Πρώτον την Δομή, δεύτερον τις Τιμές και τρίτον στις Συναρτήσεις. Η βασική δομή της αρχιτεκτονικής του κώδικα κάθε Arduino συσκευής είναι όμοια με αυτής στην παρακάτω εικόνα και επεξηγείται πιο κάτω:



```
BareMinimum §  
  
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  Κώδικας που εκτελείται μία φορά κατά την εκκίνηση της συσκευής  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  Κώδικας που εκτελείται συνεχώς  
}
```

Εδώ δηλώνουμε τυχόν  
Βιβλιοθήκες  
void setup()  
{  
// put your setup code here, to run once

//Τμήμα 1

Ένα πρόγραμμα αποτελείται πάντα από  
δυο βασικά τμήματα (συναρτήσεις):

Τμήμα 1 με ονομασία setup()  
Κάθε φορά που εκτελείται το  
πρόγραμμα το τμήμα αυτό  
εκτελείται μόνο μια φορά.



```
}  
void loop()
```

```
{  
// put your main code here, to run repeatedly:  
//Τμήμα 2  
}
```

Τμήμα 2 με ονομασία loop()

Κάθε φορά που εκτελείται το πρόγραμμα το τμήμα αυτό εκτελείται συνέχεια.

Στο τμήμα 1 γράφουμε τα ονόματα των μεταβλητών καθώς και αρχικοποίηση αυτών.

Στο τμήμα 2 βρίσκονται οι εντολές οι οποίες λένε στην κατασκευή μας πώς να λειτουργήσει.

## 4.2 Περιγραφή του Κώδικα

Και αφού υλοποιήσαμε σε επίπεδο hardware το σύστημά μας και αφού συνδέσαμε την θύρα USB του Arduino Uno μας με τον υπολογιστή μας που έχουμε εγκαταστήσει το Arduino IDE ήρθε η ώρα να γράψουμε τον κώδικα που θα κάνει το σύστημά μας να λειτουργήσει .

Παρακάτω παραθέτετε ο κώδικα του συστήματός μας με όλες τις απαραίτητες επεξηγήσεις, έτσι ώστε σε κάθε γραμμή του να είναι πλήρως κατανοητό τί συμβαίνει.

```
#include <Wire.h> // ορίζουμε την αρχική βιβλιοθήκη για τις εντολές του κώδικα στην γλώσσα
Wiring του Arduino

//Libraries for I2C and LCD

#include <LCD.h> // ορίζουμε την βιβλιοθήκη για τις εντολές που θα δέχεται η οθόνη

#include <LiquidCrystal_I2C.h> // ορίζουμε την βιβλιοθήκη για τις εντολές επικοινωνίας της
οθόνης με τον μικροελεγκτή

float temp; // ορίζουμε την μεταβλητή που θα αποθηκεύουμε την τιμή του αισθητήρα σε
μορφή float

int tempPin = 0; //ορίζουμε το Pin που θα χρησιμοποιήσουμε για να παίρνουμε την τιμή του
αισθητήρα. Τώρα χρησιμοποιούμε το A0

#define I2C_ADDR 0x27 //ορίζουμε την διεύθυνση την οθόνης

#define BACKLIGHT_PIN 3 // ορίζουμε τις λειτουργίες της οθόνης σε Pins.

#define En_pin 2

#define Rw_pin 1

#define Rs_pin 0

#define D4_pin 4

#define D5_pin 5

#define D6_pin 6

#define D7_pin 7

LiquidCrystal_I2C

Lcd(I2C_ADDR,En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin);// χρησιμοποιούμε την
εντολή της οθόνης και τις δίνουμε ορίσματα
```

```
void setup() {  
  
    Serial.begin(9600); //ξεκινάμε την επικοινωνία με τον υπολογιστή  
  
    lcd.begin (16,2); //ξεκινάμε την οθόνη δηλώνοντας τις στήλες και τις γραμμές που είναι  
    διαθέσιμα  
  
    lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN,POSITIVE); // ορίζουμε το Pin του backlight να είναι  
    θετικό.  
  
    lcd.setBacklight(HIGH); //ανάβουμε το backlight  
  
    lcd.home ();  
}  
void loop() // ξεκινάμε το επαναληπτικό πρόγραμμα  
  
{  
    temp = analogRead(tempPin); // αποθηκεύουμε την αναλογική τιμή που παίρνουμε από τον  
    αισθητήρα στην μεταβλητή  
  
    temp = temp * 0.48828125; // καλυμπράρουμε τον αισθητήρα με την μεταβλητή που μας έχει  
    οριστεί από τον κατασκευαστή  
  
    lcd.clear(); // σβήνουμε ότι υπάρχει στην οθόνη  
    lcd.setCursor (0,0); // ξεκινάμε να γράφουμε στην οθόνη στο κελί 0,0  
    lcd.print("Nikoletopoulos"); // εκτυπώνουμε στην οθόνη  
    lcd.setCursor(0,1); // ξεκινάμε να γράφουμε στην οθόνη στο κελί 0,1  
    lcd.print("Kostopoulos"); // εκτυπώνουμε στην οθόνη  
    delay(2000); // καθυστέρηση 2s  
    lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Temperature");  
lcd.setCursor (0,1);  
lcd.print(temp); // εκτυπώνουμε την τιμή της μεταβλητής temp  
lcd.print(" C"); //Celsius of course :D  
delay(2000); // καθυστέρηση 2s  
}
```

# Κεφάλαιο 5 Σύνοψη

## 5.1 Εφαρμογές του Arduino - Μελλοντικές επεκτάσεις

Κλείνοντας την παρούσα πτυχιακή εργασία και συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι η συνολική υλοποίηση του συστήματος μας βοήθησε να κατανοήσουμε περισσότερο τις αμέτρητες εφαρμογές που μπορεί να έχει η διάσημη πλατφόρμα του Arduino στην εποχή μας. Μέσα από την μελέτη του Arduino και την σχεδίαση του συστήματος που με την βοήθεια του αισθητήριου LM35D και της LCD οθόνης μπορούμε και παρακολουθούμε την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου, διαπιστώσαμε πως και το ήδη κατασκευασμένο θερμόμετρο Arduino, αλλά και οποιαδήποτε άλλη κατασκευή Arduino μπορεί να υλοποιηθεί από τον πιο αρχάριο έως και τον πιο επαγγελματία με μόνο περιορισμό την φαντασία του σχεδιαστή. Γιατί γενικότερα οι εφαρμογές του Arduino στην καθημερινή μας ζωή αγγίζουν το βαθμό του απείρου. Από συστήματα για το σπίτι όπως συναγερμός Arduino, στην μουσική με Arduino soundmachine, στην εκπαίδευση με ρομποτικά που βοηθούν στην βιωματική εκπαίδευση των μαθητών, στην ψυχαγωγία με παιχνίδια Arduino, στις τέχνες με ρομποτικά Arduino που ζωγραφίζουν μέχρι ακόμα και στον μοντελισμό με τηλεκατευθυνόμενα οχήματα Arduino και στην διακόσμηση με το Arduino led cube. Και φυσικά δεν σταματάνε εκεί οι εφαρμογές του καθώς όπως αναφέραμε νωρίτερα, είναι τόσα πολλά τα εξαρτήματα που υπάρχουν πλέον στην αγορά και μπορούν να συνδεθούν στην πλακέτα του εκάστοτε μοντέλου Arduino ,που οποιαδήποτε εργασία θέλουμε να την υλοποιήσουμε στην πλατφόρμα Arduino γίνεται με εύκολο τρόπο.

Τώρα όσον αφορά το δικό μας υλοποιημένο σύστημα, και πάλι οι μελλοντικές εξελίξεις που μπορούν να γίνουν ποικίλουν. Έτσι από ένα απλό ψηφιακό θερμόμετρο μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε έναν θερμοστάτη που με βάση ένα όριο θερμοκρασίας που θα του θέσουμε εμείς, και με την προσθήκη των κατάλληλων εξαρτημάτων(Arduino shields) , θα μπορούμε για παράδειγμα να κλείσουμε μια ηλεκτρική συσκευή του σπιτιού μας, ή να την ενεργοποιήσουμε αντίστοιχα. Μια άλλη μελλοντική επέκταση, προς την υπάρχουσα υλοποίηση, θα μπορούσε να είναι η μετατροπή του σε έναν πλήρη μετεωρολογικό σταθμό, που με την προσθήκη ενός αισθητήρα υγρασίας και μιας μεγαλύτερης οθόνης και βέβαια με τον κατάλληλο προγραμματισμό, να μπορούμε να έχουμε ανά πάσα στιγμή να ελέγχουμε θερμοκρασία, υγρασία, ώρα και ημερομηνία καθώς επίσης

και με την κατάλληλη προσαρμογή του συστήματός μας θα μπορούσε να λειτουργήσει και σαν ένα εποπτικό εργαλείο σε ένα θερμοκήπιο.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία:

ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΙ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ AVR ΚΑΙ ARDUINO ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΙΣΙΓΜΑ

Arduino Projects for Dummies ΕΚΔΟΣΕΙΣ John Wiley & Sons Inc

Arduino Sketches ΕΚΔΟΣΕΙΣ John Wiley & Sons Inc

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕ ΤΟ ARDUINO ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑΣ

### Ιστότοποι(Websites):

<https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>

<https://www.makeuseof.com/tag/getting-started-with-arduino-a-beginners-guide>

<https://www.makerspaces.com/arduino-uno-tutorial-beginners/>

<https://www.ponoko.com/blog/how-to-make/arduino-guide/>

<https://programmingelectronics.com/tutorial-3-arduino-ide-and-sketch-overview/>

<https://www.circuito.io/blog/arduino-code/>

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

<https://www.youtube.com/?hl=el&gl=GR>