

1 Arduino

Το Arduino είναι ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να φτιάξουμε υπολογιστές που να συνδέονται περισσότερο με το φυσικό περιβάλλον από ότι ένας προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής. Είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε μια απλή ηλεκτρονική πλακέτα μικροεπεξεργαστή. Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη αλληλεπιδραστικών αντικειμένων, λαμβάνοντας ποικίλες εισόδους από διακόπτες και αισθητήρες και ελέγχοντας διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα όπως φωτοδιόδους, σερβοκινητήρες, βηματικούς κινητήρες, και άλλες φυσικές εξόδους. Το Arduino έχει το δικό του περιβάλλον προγραμματισμού IDE, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να το προγραμματίσει. Επίσης εκτός από το περιβάλλον προγραμματισμού, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Scratch S4A που προαναφέραμε έτσι ώστε να απλοποιήσουμε τη διαδικασία προγραμματισμού του (Παπάζογλου & Λιώνης, 2015).

Το Arduino είναι επέκταση του Wiring project το οποίο το είχε αναπτύξει φοιτητής στην πόλη Ιβρέα της Ιταλίας. Το project αυτό ήταν μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, αποτελούμενη από μια γλώσσα προγραμματισμού, ένα περιβάλλον ανάπτυξης IDE και έναν μικροεπεξεργαστή. Στόχος του project ήταν να βοηθήσει τους φοιτητές στο ξεκίνημά τους στον προγραμματισμό μικροεπεξεργαστών.

Επιλέχτηκε για το σενάριο το Arduino, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματά του, όπως το χαμηλό κόστος, τη συμβατότητά του με περιβάλλον windows, linux και Mac, την απλότητά του, που σε συνδυασμό με το S4A η ευκολία στον προγραμματισμό γίνεται ακόμα μεγαλύτερη και το χαρακτηριστικό της επεκτασιμότητάς του. Αφού είναι ανοιχτού κώδικα, ο καθένας μπορεί να συνεισφέρει στην κοινότητα και να το τροποποιήσει σύμφωνα με τις ανάγκες του. Επίσης, υπάρχουν πολλές έτοιμες βιβλιοθήκες από έμπειρους προγραμματιστές σε όλο τον κόσμο, τις οποίες μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση της ιδέας μας.

Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές εκδόσεις του Arduino που έχουν αναπτυχθεί και αυτό για να καλυφθούν και οι απαιτητικοί χρήστες. Εμείς στην παρούσα εργασία προτείνουμε να χρησιμοποιηθεί το Arduino UNO (Εικόνα 1) το οποίο θεωρούμε ότι είναι ιδανικό για μικρά project. Περιλαμβάνει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους, 6 αναλογικές εισόδους, ταχύτητα

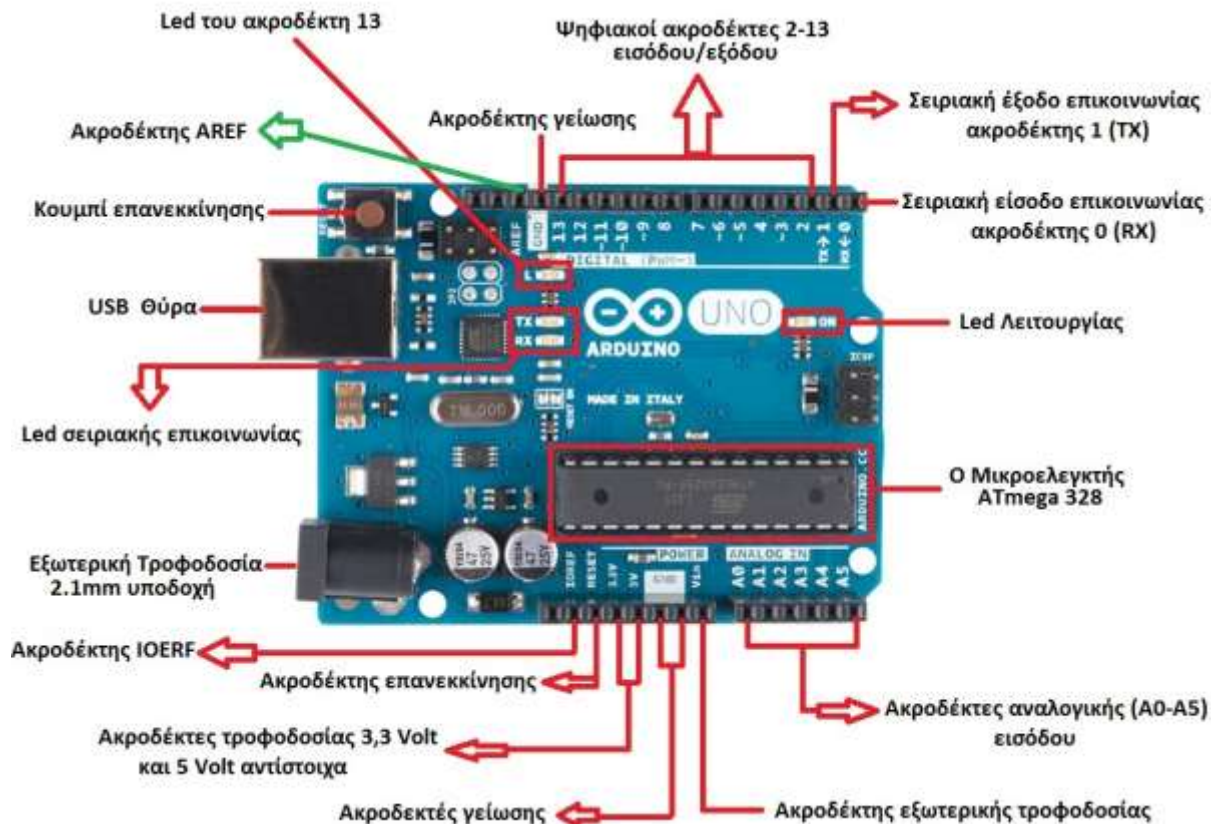
επεξεργαστή 16MHz και USB σύνδεση με τον υπολογιστή (Εικόνα 2). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino UNO αναφέρονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 1).



Εικόνα 1 Arduino UNO

Μικροελεγκτής	ATmega328
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εξωτερικής τροφοδοσίας	7-12V
Όρια τάσης εξωτερικής τροφοδοσίας	6-20V
Ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι	14 (6 υποστηρίζουν PWM)
Αναλογικές εισοδοι	6
Μέγιστο συνεχές ρεύμα ανά ακροδέκτη εισόδου/εξόδου	40mA
Μέγιστο ρεύμα για τον ακροδέκτη 3,3V	50mA
Flash Memory	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Ταχύτητα ρολογιού	16MHz

Πίνακας 1 Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Arduino UNO



Εικόνα 2 Ακροδέκτες Arduino

1.1 Τροφοδοσία

Η τροφοδοσία ρεύματος του Arduino γίνεται είτε μέσω USB από τον υπολογιστή είτε από εξωτερική τροφοδοσία η οποία συνδέεται στο αντίστοιχο φισ των 2.1mm. Η εξωτερική τροφοδοσία θα πρέπει να είναι από 7 έως 12 V. Στην εικόνα (Εικόνα 3) βλέπουμε το βύσμα της εξωτερικής τροφοδοσίας και τους ακροδέκτες, οι οποίοι είναι:

- Vin: Η τάση εισόδου της πλακέτας, όταν χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή ενέργειας.
- 5V: Η τάση που χρησιμοποιείται από τα διάφορα μέρη της πλακέτας και το μικροελεγκτή είναι 5V. Η τάση αυτή, την οποία δίνει αυτός ο ακροδέκτης, είναι είτε η τάση 5V που δίνει η σύνδεση με USB, είτε η ρυθμισμένη τάση που δίνεται μέσω του Vin.
- 3.3V: Η τάση αυτή παράγεται από το ολοκληρωμένο FTDI. Το όριο άντλησης ρεύματος είναι 50mA.
- GND: Είσοδοι γείωσης.



Εικόνα 3 Ακροδέκτες τροφοδοσίας

1.2 Μνήμη

Ο μικροεπεξεργαστής ATmega328, έχει τρεις διαφορετικές μνήμες, η flash memory, στην οποία αποθηκεύονται τα Arduino sketch, η SRAM (static random access memory), στην οποία δημιουργείται το sketch και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές όταν λειτουργεί και η EEPROM, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους προγραμματιστές για την αποθήκευση μακροχρόνιων πληροφοριών.

Πιο συγκεκριμένα, η μνήμη του ATmega328 αποτελείται από:

- 2KB μνήμης SRAM: Η μνήμη, που χρησιμοποιήσουν τα προγράμματα για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. Η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή πατηθεί το κουμπί επανεκκίνησης.
- 1KB μνήμης EEPROM: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή ή ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα. Σε αντίθεση με την SRAM, δε χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή επανεκκίνησης.
- 32KB μνήμης Flash: Από τα 32, τα 2 KB χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino (bootloader), που έχει εγκαταστήσει ο κατασκευαστής. Χωρίς το firmware, δεν μπορεί ο προγραμματιστής να εγκαταστήσει το πρόγραμμά του στον μικροεπεξεργαστή. Τα υπόλοιπα 30KB της μνήμης Flash, χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash, δε χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή επανεκκίνησης.

1.3 Ακροδέκτες

Κάθε μικροεπεξεργαστής για να συνδέεται με άλλα εξαρτήματα και με το περιβάλλον χρησιμοποιεί τους ακροδέκτες εισόδου/εξόδου. Το Arduino διαθέτει 20 ακροδέκτες, από τους οποίους οι 14 είναι ψηφιακοί και οι 6 είναι αναλογικοί (Εικόνα 4). Ποιο αναλυτικά:

- Ακροδέκτες 0 και 1: Λειτουργούν ως ακροδέκτες RX (receive) και TX(transmit) 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. Συνήθως αυτούς τους δύο ακροδέκτες δεν τους χρησιμοποιούμε σε απλές ψηφιακές εισόδους/εξόδους.
- Ακροδέκτες 2 και 3: Λειτουργούν και ως εξωτερικοί διακόπτες (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Ρυθμίζονται και ελέγχονται μέσα από το πρόγραμμα, ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοι. Όταν υπάρξει κάποια αλλαγή στην κατάσταση της εισόδου εκτελείτε 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).
- Στην άλλη μεριά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN όπως φαίνεται στην εικόνα (Εικόνα 5), υπάρχει μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Όταν γίνεται ανάγνωση της τάσης από αναλογικό ακροδέκτη, ο μικροεπεξεργαστής τη συγκρίνει με την τάση αναφοράς (VREF). 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 βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, 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.



Εικόνα 4 Ψηφιακοί ακροδέκτες



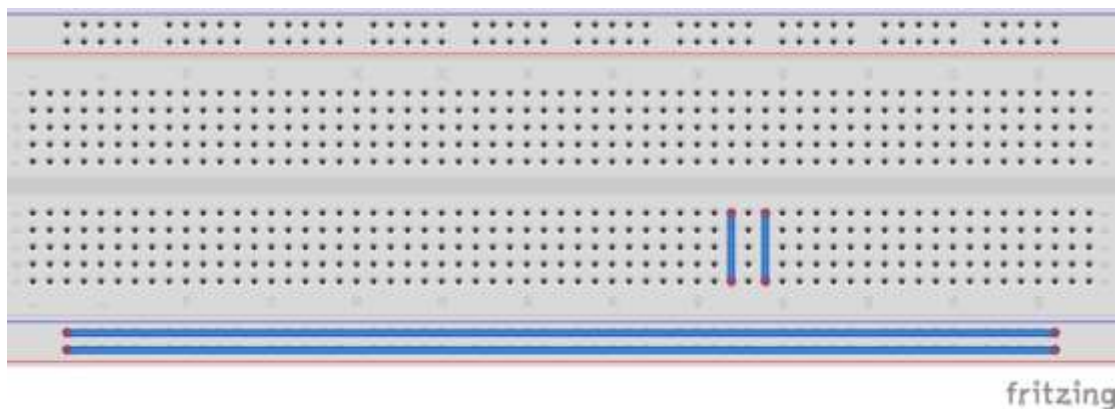
Εικόνα 5 Αναλογικές εισοδοι

1.4 Επιπλέον Ηλεκτρονικά εξαρτήματα

Για να πραγματοποιηθούν όλες οι δραστηριότητες εκτός από τον μικροεπεξεργαστή και το λογισμικό scratch S4A στον υπολογιστή, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, αισθητήρες, φωτοδιόδους αντιστάσεις.

1.4.1 Breadboard

Για να αποφύγουμε συνδέσεις καλωδίων με κολλητήρια τα οποία απαιτούν χρόνο, θα χρησιμοποιήσουμε το breadboard που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6 Breadboard

Εσωτερικά το breadboard περιλαμβάνει ένα κύκλωμα και στην επιφάνεια του έχει τις υποδοχές που μπορούμε να συνδέουμε καλώδια και ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Στις εξωτερικές λουρίδες οι συνδέσεις πραγματοποιούνται κατά μήκος, και τις οποίες τις χρησιμοποιούμε συνήθως για σύνδεση τροφοδοσίας. Ενδιάμεσα οι συνδέσεις πραγματοποιούνται κατά πλάτος, όπου συνδέουμε τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

1.4.2 Φωτοδίοδος



Εικόνα 7 Φωτοδίοδος / LED

Η φωτοδίοδος ή αλλιώς LED είναι μια δίοδος η οποία αν πολωθεί σωστά «ανάβει» φωτοβολεί. Όπως βλέπετε στην εικόνα περιλαμβάνει δύο ακροδέκτες, έναν θετικό και έναν αρνητικό. Ο αρνητικός ακροδέκτης, ο οποίος συνδέεται με την γείωση GND, είναι πιο μεγάλος. Για να ανάψει το LED το συνδέουμε με μια τροφοδοσία, όμως ποτέ μόνο του παρά μόνο με μια αντίσταση για να περιοριστεί το ρεύμα που θα διαρρεύσει το LED.

1.4.3 Αντίσταση

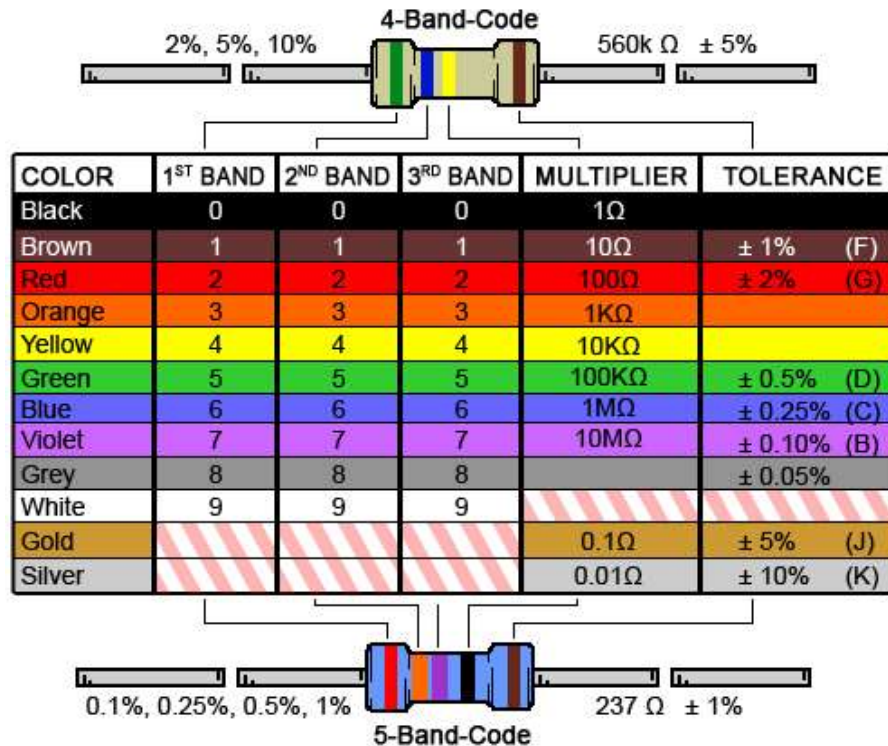


Εικόνα 8 Αντίσταση / αντιστάτης

Όπως το όνομα προΐδεάζει, οι αντιστάσεις (ή αλλιώς αντιστάτης, ή ωμική αντίσταση) αντιστέκονται στην ροή του ρεύματος. Όσο περισσότερη μεγαλύτερη είναι η τιμή της αντίστασης, τόσο περισσότερο αντιστέκεται και τόσο λιγότερο ρεύμα ρέει μέσα από αυτή. Θα χρησιμοποιήσουμε αυτό το ηλεκτρονικό εξάρτημα για να ελέγξουμε την ποσότητα του ρεύματος που θα περνάει μέσα από μια φωτοδίοδο, ελέγχοντας έτσι και την φωτεινότητα της φωτοδιόδου.

Η μονάδα μέτρησης της αντίστασης ονομάζεται Ohm ($\omega\mu$), η οποία συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα Ω . Λόγω του ότι η μονάδα Ohm είναι μικρή τιμή αντίστασης, χρησιμοποιούμε τιμές σε k Ω (1000 Ω) και M Ω (1000k Ω). Ονομάζονται κίλοOhm και ΜέγαOhm.

Για να αναγνωρίσουμε την τιμή μιας αντίστασης θα πρέπει να γνωρίζουμε τον χρωματικό κώδικα ο οποίος φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 9 Χρωματικός κώδικας αντιστάσεων

Οπότε η αντίσταση που θα χρησιμοποιήσουμε των 2,2 kΩ πρέπει να έχει τα χρώματα κόκκινο, κόκκινο και κόκκινο.

Σε αντίθεση με τις φωτοδιόδους, οι αντιστάσεις δεν έχουν θετικό και αρνητικό ακροδέκτη και μπορούν να συνδεθούν και με τους δύο τρόπους. Στην περίπτωση της εργασίας χρησιμοποιούμε την αντίσταση για να περιορίσουμε το ρεύμα που θα περάσει από τη φωτοδίοδο. Εάν δε χρησιμοποιήσουμε την αντίσταση τότε το ρεύμα που θα περάσει από τον μικροεπεξεραστή μπορεί να είναι μεγαλύτερο από αυτό που αντέχει. Για να βρούμε την τιμή της αντίστασης που χρειάζεται πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον νόμο του Ohm, ο οποίος συνδέει την Τάση (V) με την αντίσταση (R) και το ρεύμα (I). Ποιο συγκεκριμένα :

$$V = I \cdot R \Rightarrow R = V / I$$

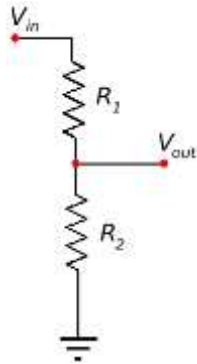
Ο μικροεπεξεραστής Arduino δουλεύει στα 5V. Όμως δεν θα εφαρμοστεί όλη η τάση στην αντίσταση αλλά και στη φωτοδίοδο η οποία χρειάζεται περίπου 2V. Οπότε τα 3V εφαρμόζονται στην αντίσταση. Μια τυπική φωτοδίοδος μπορεί να έχει ένα κανονικό ρεύμα των 20mA, οπότε :

$$R = (5V - 2V) / 20mA = 150\Omega$$

Το Arduino χρησιμοποιεί τον μικροεπεξεργαστή ATmega328 του οποίου ο κατασκευαστής λέει ότι δεν πρέπει το ρεύμα που θα τον διαρρεύσει να είναι πάνω από 40mA, που σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να κάψει τον μικροεπεξεργαστή.

1.4.4 Φωτοευαίσθητη αντίσταση

Είναι μια αντίσταση της οποίας μεταβάλλεται το μέτρο ανάλογα με την ένταση του φωτός. Όταν πέφτει πάνω της φως η ωμική αντίσταση μειώνεται οπότε περνάει περισσότερο ρεύμα.



Για να φτιάξουμε έναν αισθητήρα φωτός θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε έναν διαιρέτη τάσης. Ο διαιρέτης τάσης ή διαιρέτης δυναμικού είναι μία απλή κυκλωματική διάταξη η οποία αποτελείται από δύο αντιστάτες συνδεδεμένους εν σειρά, στα άκρα των οποίων εφαρμόζεται η τάση εισόδου. Ως τάση εξόδου λαμβάνεται η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της μίας εκ των δύο αντιστάσεων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η τάση εξόδου κυμαίνονται από το 0 έως την τάση εισόδου¹. Η τάση εξόδου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο. Όπου R1 και R2 η τιμή των δύο αντιστάσεων. V_{in} η τάση εισόδου και V_{out} η τάση εξόδου.

$$\text{Τάση εξόδου: } V_{out} = I \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

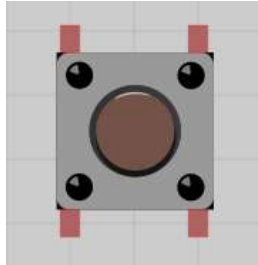
1.4.5 Αισθητήρας LM35

Ο αισθητήρας LM35 χρησιμοποιείται για να εισάγουμε την θερμοκρασία του περιβάλλοντος στον μικροεπεξεργαστή. Η μπροστινή του πλευρά είναι επίπεδη και έχει τρεις ακροδέκτες. Η τάση εισόδου μπορεί να είναι από 4 έως 30 Volt και η τάση εξόδου ανάλογη με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίας από -55 έως 150° C με ακρίβεια ±0,5° C στους 25° C. Η έξοδος του αισθητήρα είναι μια συνεχής τάση ανάλογη της θερμοκρασίας. Η αναλογία είναι 10mV ανά 1° C και για την θερμοκρασία 0° C είναι 0mV. Για να μετατρέψουμε την τιμή του αισθητήρα σε θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο : Temp = x/1024*500. Ο τύπος ισχύει για τάση αναφοράς AREF 5V. Εάν αλλάξουμε την τάση στον μικροεπεξεργαστή θα πρέπει να αλλάξουμε και τον τύπο. Εάν θέλουμε οι μετρήσεις μας να είναι ακριβείας θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τάση αναφοράς 1,1 V όμως τότε το κύκλωμά μας γίνεται πιο πολύπλοκο.

¹ http://el.wikipedia.org/wiki/Διαιρέτης_τάσης

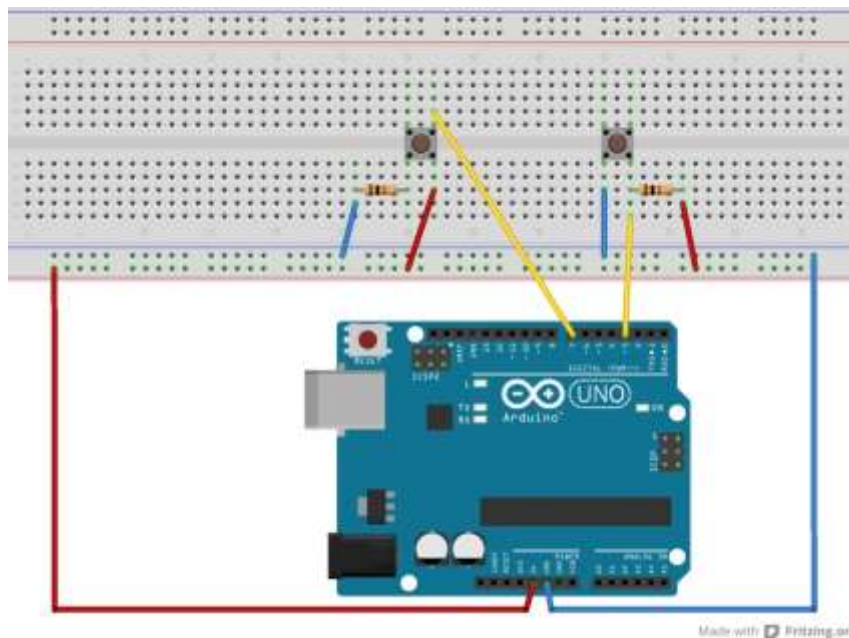
1.4.6 Κουμπί

Το κουμπί ή αλλιώς Pushbutton είναι ένας διακόπτης ο οποίος όταν είναι κλειστός περνάει ρεύμα. Το κουμπί που χρησιμοποιούμε συνήθως με το Arduino έχει τέσσερις ακροδέκτες (Εικόνα 10). Οι κατακόρυφα αντικριστοί ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι, ενώ οριζόντια δεν υπάρχει σύνδεση παρά μόνο αν πατηθεί το κουμπί.



Εικόνα 10 κουμπί – διακόπτης pushbutton

Για να συνδέσουμε το κουμπί χρησιμοποιούμε και μια αντίσταση η οποία περιορίζει το ρεύμα που διαρρέει τον ακροδέκτη του μικροεπεξεργαστή για να μην υπερβεί το όριο των 40mA και καεί. Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται ως είσοδος στον μικροεπεξεργαστή, που πραγματοποιείται αντίχενυση εάν είναι πατημένο ή όχι. Υπάρχουν δύο διαφορετικές συνδεσμολογίες. Η μια ονομάζεται pull-down και η άλλη push-up. Στην push-down ο ακροδέκτης παίρνει τη τιμή HIGH όταν πατηθεί, ενώ ισχύει το αντίθετο για την push-up.



Εικόνα 11 Συνδεσμολογίες κουμπιού. Αριστερά συνδεσμολογία push-down και δεξιά συνδεσμολογία push-up.

Συνήθως το κουμπί προγραμματίζεται με τη χρήση της δομής επιλογής (if). Δηλαδή όταν πατηθεί και είναι ο ακροδέκτης HIGH να λειτουργήσει μια εντολή.