



Οδηγός Εκπαιδευτικού

Ar  
duino  
ino

7

Αισθητήρες &  
Περιφερειακά

Ρομποτικό όχημα



## Εισαγωγή στην δραστηριότητα

Στη δραστηριότητα αυτή ενσωματώνουμε όλες τις καινούργιες γνώσεις και δεξιότητες που αποκτήθηκαν στην ενότητα Arduino Αισθητήρες και Περιφερειακά για να κατασκευάσουμε το δικό μας ρομποτικό όχημα! Το ρομποτάκι μας θα κινείται αυτόνομα και θα έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει εμπόδια! Μπορείτε να ενσωματώσετε και άλλα περιφερειακά εξαρτήματα ή αισθητήρες, ώστε το ρομποτάκι σας να αποκτήσει και άλλες λειτουργίες: Για παράδειγμα, ενσωματώνοντας ένα εξάρτημα servo και το κατάλληλο ρομποτικό χέρι, το ρομποτάκι μας μπορεί να βρίσκει και να μαζεύει τα σκουπίδια!

## Arduino Αισθητήρες και Περιφερειακά 7: Ρομποτικό όχημα

### Απευθύνεται σε:

εκπαιδευτικούς και μαθητές επιπέδου Β, Γ Γυμνασίου/Λυκείου ή χρήστες Arduino™ που έχουν εξοικειωθεί με τις βασικές αρχές λειτουργίας της πλατφόρμας και θέλουν να προχωρήσουν στη δημιουργία πιο σύνθετων κατασκευών και να ενσωματώσουν πολλαπλούς αισθητήρες.

### Στόχοι δραστηριότητας:

- Κατασκευή ενός ρομποτικού οχήματος Arduino™



## Εκτέλεση δραστηριότητας

### Υλικά

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζονται τα διάφορα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του οχήματος.

#### Σκελετός

Ο σκελετός του οχήματος περιλαμβάνει:

- μία βάση πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα
- στηρίγματα για την προσάρτηση 2 μοτέρ (ένα δεξιά και ένα αριστερά στη βάση)
- 2 ρόδες, που θα τοποθετηθούν πάνω στα μοτέρ και θα αποτελούν τους κινητήριους τροχούς του οχήματος
- μία ρόδα ελεύθερης περιστροφής, που θα αποτελεί την πίσω ρόδα του οχήματος
- μία μπαταριοθήκη για 4 μπαταρίες AA 1.5V, που θα παρέχει την απαιτούμενη τροφοδοσία
- έναν διακόπτη on/off για έλεγχο της τροφοδοσίας
- βίδες, παξιμάδια και αποστάτες για τη συναρμολόγηση

#### Μοτέρ dc

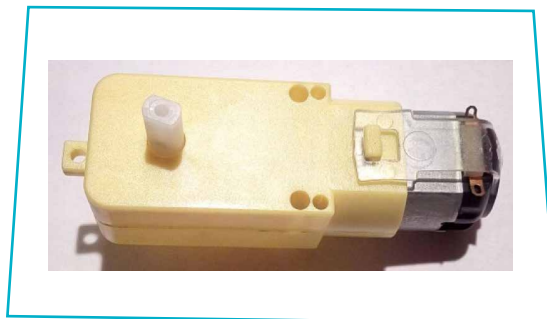
Ένα μοτέρ dc είναι ένα μοτέρ, το οποίο όταν τροφοδοτείται με συνεχή τάση, περιστρέφεται συνέχεια με μία συγκεκριμένη φορά. Για να αλλάξει η φορά περιστροφής του μοτέρ, πρέπει να αλλάξει η πολικότητα της τάσης με την οποία τροφοδοτείται.

## Εκτέλεση δραστηριότητας

Κάθε dc μοτέρ έχει ένα συγκεκριμένο εύρος τάσης λειτουργίας. Η ταχύτητα περιστροφής του μοτέρ μπορεί να μεταβάλλεται, αυξομειώνοντας την τάση τροφοδοσίας του (υψηλότερη τάση → μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής), πάντα μέσα στο αποδεκτό εύρος τιμών.

Τα μοτέρ dc έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ρεύμα, που δεν μπορούν να καλυφθούν από τους ακροδέκτες του Arduino. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη εξωτερικής τροφοδοσίας.

Για την κίνηση του οχήματος που θα κατασκευάσουμε, θα χρησιμοποιηθούν 2 μοτέρ dc (Εικόνα 1) με ρόδες, τα οποία θα τοποθετηθούν στις δύο πλευρές της βάσης. Μέσα στο πλαστικό περίβλημα των μοτέρ, υπάρχουν γρανάζια για τη μετάδοση της κίνησης στον πλαστικό άξονα στο πλάι.



Εικόνα 1

### Κύκλωμα οδήγησης μοτέρ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένα, για τη λειτουργία ενός dc μοτέρ απαιτείται η χρήση εξωτερικής τροφοδοσίας. Συνεπώς, για να ελέγξουμε τη λειτουργία του μοτέρ με το Arduino, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να ρυθμίζουμε την παροχή τάσης από την εξωτερική πηγή προς το μοτέρ. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών κυκλωμάτων που ονομάζονται κυκλώματα οδήγησης μοτέρ.

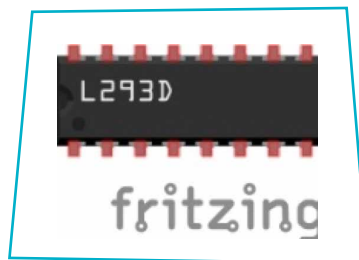
Το H-Bridge είναι ένας τύπος κυκλώματος οδήγησης, που μας επιτρέπει να ελέγχουμε με λογικά σήματα (π.χ. ακροδέκτες εξόδου του Arduino) τόσο την ταχύτητα, όσο και τη φορά περιστροφής ενός DC μοτέρ.

Εκτέλεση δραστηριότητας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο εναλλακτικές λύσεις, για την οδήγηση των μοτέρ του ρομποτικού μας οχήματος .

**L293D chip**

Το L293D (Εικόνα 2) είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που επιτρέπει τον ταυτόχρονο έλεγχο 2 μοτέρ DC.



Εικόνα 2

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται οι ακροδέκτες του L293D και στη συνέχεια εξηγείται η λειτουργία τους.



Εικόνα 3



Εκτέλεση δραστηριότητας

Στους ακροδέκτες Enable 1, In 1 και In 2 (1,2 και 7) συνδέονται τα λογικά σήματα για τον έλεγχο του πρώτου μοτέρ (έστω M1). Συγκεκριμένα, με το σήμα που συνδέεται στον ακροδέκτη Enable 1, μπορούμε να ενεργοποιούμε (κατάσταση HIGH) και να απενεργοποιούμε (κατάσταση LOW) το M1. Αν στον Enable 1 συνδέσουμε ένα σήμα PWM (βλέπε "8 Εφαρμογή 5: LED με μεταβαλλόμενη ένταση") τότε μπορούμε να ελέγχουμε την ταχύτητα περιστροφής του μοτέρ.

Τα σήματα στους ακροδέκτες In 1 και In 2 ελέγχουν την περιστροφή του M1, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

| In 1 | In 2 | M1   |
|------|------|--|
| HIGH | LOW  | Περисτροφή με τη φορά του ρολογιού           |
| LOW  | HIGH | Περисτροφή αντίθετα από τη φορά του ρολογιού |
| LOW  | LOW  | Σταμάτημα                                    |
| HIGH | HIGH | Σταμάτημα                                    |

Στους ακροδέκτες Out 1 και Out 2 (3 και 6) συνδέονται οι 2 επαφές του μοτέρ M1.

Παρόμοια, στους ακροδέκτες Enable 2, In 3 και In 4 (9, 10 και 15) συνδέονται τα σήματα για τον έλεγχο του δεύτερου μοτέρ (έστω M2), ενώ στους ακροδέκτες Out 3 και Out 4 (11 και 14) συνδέεται το μοτέρ (M2). Ο σχετικός πίνακας για τη λειτουργία του M2 είναι ο εξής:

| In 1 | In 4 | M1   |
|------|------|--|
| HIGH | LOW  | Περисτροφή με τη φορά του ρολογιού           |
| LOW  | HIGH | Περисτροφή αντίθετα από τη φορά του ρολογιού |
| LOW  | LOW  | Σταμάτημα                                    |
| HIGH | HIGH | Σταμάτημα                                    |



## Εκτέλεση δραστηριότητας

Στον ακροδέκτη +Vmotor (8), συνδέεται ο θετικός πόλος της εξωτερικής πηγής τροφοδοσίας για την τροφοδοσία των μοτέρ.

Στον ακροδέκτη +V (16) συνδέεται τάση 5V (pin 5V του Arduino) για τη μετάφραση των λογικών σημάτων.

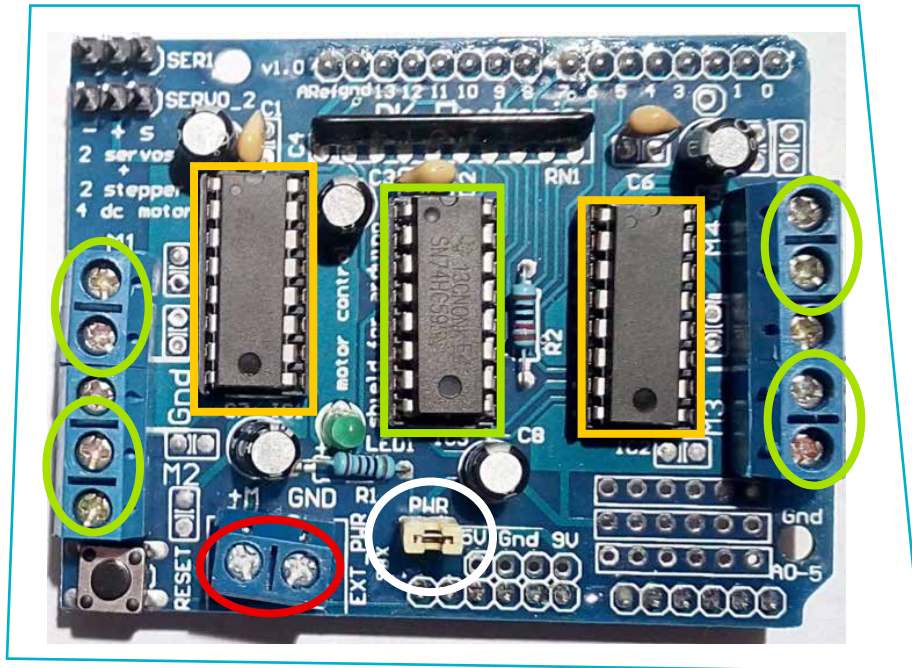
Οι 4 ακροδέκτες 0V (4, 5, 12 και 13) είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους και σε έναν από όλους συνδέεται η γείωση της πηγής τροφοδοσίας. Επειδή η γείωση της τροφοδοσίας των μοτέρ και η γείωση των λογικών σημάτων ελέγχου πρέπει να είναι κοινή, αν το Arduino τροφοδοτείται από διαφορετική πηγή, τότε πρέπει να συνδέσουμε και το pin GND του Arduino σε έναν από αυτούς τους ακροδέκτες.

### L293D motor shield

Το L293D motor shield (Εικόνα 4) είναι μία πλακέτα επέκτασης, που κουμπώνει πάνω στο Arduino και επιτρέπει μεταξύ άλλων τον ταυτόχρονο έλεγχο 4 μοτέρ dc. Όπως φαίνεται και στην εικόνα, διαθέτει ενσωματωμένα 2 chip L293D (κίτρινο πλαίσιο) και ένα SN74HC595N (πράσινο πλαίσιο).

Οι ακροδέκτες του Arduino που δεσμεύονται με τη χρήση του motor shield είναι οι 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 και 12. Με δεδομένο ότι οι ακροδέκτες 0 και 1 χρησιμοποιούνται για τη σειριακή επικοινωνία, ουσιαστικά οι ακροδέκτες που μένουν διαθέσιμοι είναι ο 2, ο 13 και οι A0 έως A5.

## Εκτέλεση δραστηριότητας



Εικόνα 4

Τα καλώδια των τεσσάρων μοτέρ συνδέονται στα ζευγάρια επαφών M1, M2, M3 και M4 (πράσινα πλαίσια στην Εικόνα 4), ενώ η εξωτερική πηγή τροφοδοσίας συνδέεται στις επαφές με τη σήμανση EXT\_PWR (κόκκινο πλαίσιο). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην πολικότητα της τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα, ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται στην επαφή +M (αριστερή στην εικόνα) και ο αρνητικός πόλος της πηγής στην επαφή GND (δεξιά στην εικόνα). Όταν το jumper PWR (λευκό πλαίσιο) είναι τοποθετημένο, η σύνδεση εξωτερικής τροφοδοσίας στις επαφές EXT\_PWR, τροφοδοτεί και το Arduino.

### Αισθητήρας HC-SR04

Ο HC-SR04 είναι ένας αισθητήρας υπερήχων, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της απόστασης από ένα αντικείμενο. Στο όχημά μας, θα χρησιμοποιήσουμε τον αισθητήρα για να ανιχνεύουμε πιθανά εμπόδια στην πορεία. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον αισθητήρα HC-SR04 και τη λειτουργία του, ανατρέξτε στην "Δραστηριότητα 3 (Συναγερμός προσέγγισης)" της ενότητας "Arduino Αισθητήρες και Περιφερειακά".





## Εκτέλεση δραστηριότητας

### Arduino UNO™

Το Arduino UNO, με το πρόγραμμα που θα εκτελείται σε αυτό, θα αποτελέσει τον εγκέφαλο του ρομποτικού μας οχήματος. Παίρνοντας μετρήσεις από τον αισθητήρα υπερήχων και υπολογίζοντας την απόσταση από πιθανά εμπόδια, θα στέλνει τα κατάλληλα σήματα ελέγχου στο κύκλωμα οδήγησης των 2 μοτέρ, καθορίζοντας την πορεία του οχήματος.

### Breadboard

Το breadboard θα στερεωθεί στην μπροστά πλευρά του οχήματος και πάνω του θα τοποθετηθεί ο αισθητήρας απόστασης HC-SR04, ο οποίος θα συνδεθεί με το Arduino. Αν ως κύκλωμα για την οδήγηση των μοτέρ επιλεγεί το chip L293D, τότε θα τοποθετηθεί και αυτό πάνω στο breadboard, προκειμένου να γίνουν οι απαιτούμενες συνδέσεις του με τα μοτέρ, την πηγή και το Arduino.

## Οδηγίες

### Τρόπος κίνησης του οχήματος

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για την κίνηση του οχήματος θα χρησιμοποιηθούν 2 ανεξάρτητα μοτέρ dc, ένα στη δεξιά πλευρά και ένα στην αριστερή. Είναι προφανές ότι, για να κινηθεί το όχημα προς τα εμπρός ή προς τα πίσω, θα πρέπει οι 2 κινητήριοι τροχοί (τα αντίστοιχα μοτέρ) να κινηθούν ταυτόχρονα προς τα εμπρός ή προς τα πίσω.

Ωστόσο, από τη στιγμή που οι τροχοί είναι πάντα παράλληλοι στο σώμα του οχήματος, το θέμα που προκύπτει είναι το πώς θα μπορεί το όχημα να αλλάζει κατεύθυνση, δηλαδή να στρίβει δεξιά και αριστερά. Ο μοναδικός τρόπος για να γίνει αυτό, είναι να περιστρέφονται οι δύο τροχοί με διαφορετική ταχύτητα μεταξύ τους. Αν για παράδειγμα ο δεξιός τροχός κινηθεί γρηγορότερα από τον αριστερό, το αποτέλεσμα θα είναι το όχημα να στρίψει προς τα αριστερά.



## Εκτέλεση δραστηριότητας

Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά στις ταχύτητες περιστροφής των δύο τροχών, τόσο πιο κλειστή θα είναι η στροφή. Η πιο απότομη στροφή που μπορεί να πραγματοποιηθεί με αυτόν τον τρόπο, είναι η επιτόπια περιστροφή και επιτυγχάνεται όταν ο ένας τροχός κινείται προς τα εμπρός και ο άλλος προς τα πίσω.

Επειδή η επιτόπια περιστροφή δίνει τη βέλτιστη δυνατότητα ελιγμού σε περιορισμένο χώρο, είναι η καταλληλότερη για το ρομποτικό μας όχημα. Συνεπώς, η αλλαγή κατεύθυνσης θα υλοποιηθεί ως εξής

- στροφή αριστερά: περιστροφή δεξιού τροχού προς τα εμπρός και αριστερού προς τα πίσω
- στροφή δεξιά: περιστροφή αριστερού τροχού προς τα εμπρός και δεξιού προς τα πίσω

### Συναρμολόγηση οχήματος

Στο συνοδευτικό αρχείο 1 θα βρείτε τη λεπτομερή περιγραφή της διαδικασίας συναρμολόγησης του ρομποτικού οχήματος.

### Σύνδεση εξαρτημάτων

Στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος σύνδεσης των εξαρτημάτων, που περιλαμβάνονται στο ρομποτικό όχημα. Ουσιαστικά παρουσιάζονται δύο διαφορετικές συνδεσμολογίες, ανάλογα με το κύκλωμα οδήγησης που θα επιλεγεί.

### Συνδεσμολογία με χρήση motor-shield

**Στο συνοδευτικό αρχείο 2 θα βρείτε τη λεπτομερή περιγραφή της συνδεσμολογίας με τη χρήση motor-shield.** Η χρήση του motor shield απλοποιεί σημαντικά την υλοποίηση του κυκλώματος λειτουργίας και ελέγχου του ρομποτικού οχήματος.



## Εκτέλεση δραστηριότητας

### Συνδεσμολογία με χρήση του chip L293D

Στο συνοδευτικό αρχείο 3 θα βρείτε τη λεπτομερή περιγραφή της συνδεσμολογίας με τη χρήση του chip L293.

Όπως είδαμε στην ενότητα της συναρμολόγησης, το L293D τοποθετείται πάνω στο breadboard, μαζί με τον αισθητήρα απόστασης. Σαν αποτέλεσμα, όλες οι συνδέσεις υλοποιούνται μέσω του breadboard. Στις συνδέσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια, θεωρούμε ότι το chip έχει τοποθετηθεί με την ημικυκλική εγκοπή του, προς τα αριστερά.

### Προγραμματισμός ρομποτικού οχήματος

#### Αρχική περιγραφή λειτουργίας προγράμματος

Όπως γίνεται αντιληπτό, η λειτουργία του ρομποτικού οχήματος θα καθορίζεται πλήρως από τις εντολές που θα εκτελούνται στο Arduino. Το πρώτο λοιπόν βήμα για την ανάπτυξη του αντίστοιχου προγράμματος, είναι να περιγράψουμε με απλά λόγια την επιθυμητή συμπεριφορά του οχήματος:

Το όχημα θα ελέγχει αν υπάρχει εμπόδιο μπροστά του. Αν η απόσταση από το κοντινότερο εμπόδιο είναι μεγαλύτερη από 25 εκατοστά, θα κινείται προς τα εμπρός. Σε διαφορετική περίπτωση θα εκτελεί έναν ελιγμό για να αποφύγει το εμπόδιο. Η διαδικασία αυτή θα επαναλαμβάνεται όσο υπάρχει τροφοδοσία.

Στη συνέχεια, επιχειρούμε να διατυπώσουμε αυτή την περιγραφή με τη μορφή ενός αλγορίθμου σε υψηλό επίπεδο, χωρίς να αναλύουμε τις επιμέρους λειτουργίες:



## Εκτέλεση δραστηριότητας

### Για πάντα

**Αν** απόσταση\_από\_εμπόδιο > 25 **τότε**

κινήσου\_μπροστά

### Αλλιώς

εκτέλεσε\_ελιγμό\_αποφυγής

### Τέλος\_αν

### Τέλος\_επανάληψης

## Σύνδεση Arduino με τον υπολογιστή

Συνδέουμε το Arduino UNO σε μία από τις USB θύρες του υπολογιστή. Στη συνέχεια, εκτελούμε το Arduino IDE. Στο παράθυρο που θα ανοίξει πηγαίνουμε στο μενού “Εργαλεία”, στην εγγραφή “Πλακέτα” και επιλέγουμε “Arduino/Genuino UNO”. Ακολούθως, πάλι από το μενού “Εργαλεία”, πηγαίνουμε στο “Θύρα” και επιλέγουμε τη θύρα COM στην οποία έχει συνδεθεί το Arduino.

## Προγραμματισμός για την κίνηση του οχήματος

Η ανάπτυξη του προγράμματος λειτουργίας του ρομποτικού οχήματος, θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, θα αναπτύξουμε μία σειρά από εντολές, για τις κινήσεις που θα μπορεί να εκτελεί το όχημα (μπροστά, πίσω, αριστερά, δεξιά και σταμάτημα). Στη συνέχεια επεκτείνουμε το πρόγραμμα με προσθήκη των εντολών για τον ελιγμό αποφυγής (μέσω εντοπισμού εμποδίων με τον αισθητήρα υπερήχων).

Ακολουθούν οι δύο εναλλακτικές υλοποιήσεις του προγράμματος σε Arduino IDE.



## Εκτέλεση δραστηριότητας

### Πρόγραμμα για υλοποίηση με motor shield

Στο συνοδευτικό αρχείο 4 θα βρείτε το πρόγραμμα κίνησης με motor-shield σε Arduino IDE.

### Πρόγραμμα για υλοποίηση με L293D chip

Στο συνοδευτικό αρχείο 5 θα βρείτε το πρόγραμμα κίνησης με L293 chip σε Arduino IDE.

### Προγραμματισμός για την αποφυγή εμποδίων

Για την αποφυγή εμποδίων είναι υπεύθυνος ο αισθητήρας υπερήχων HC-SR04! Για την υλοποίηση του προγράμματος με τον ελιγμό αποφυγής δείτε τα συνοδευτικά αρχεία.

**Συνοδευτικό αρχείο 6 : Πρόγραμμα για αποφυγή εμποδίων (υλοποίηση με L293 motorshield)**

**Συνοδευτικό αρχείο 7: Πρόγραμμα για αποφυγή εμποδίων (υλοποίηση με L293 chip)**

## Συνοδευτικό υλικό

- Συνοδευτικό αρχείο 1: Οδηγίες συναρμολόγησης του οχήματος
- Συνοδευτικό αρχείο 2: Συνδεσμολογία με χρήση L293 motor-shield
- Συνοδευτικό αρχείο 3: Συνδεσμολογία με χρήση του chip L293D
- Συνοδευτικό αρχείο 4: Πρόγραμμα για υλοποίηση με L293 motor-shield σε Arduino IDE
- Συνοδευτικό αρχείο 5: Πρόγραμμα για υλοποίηση με L293D chip σε Arduino IDE



## Συνοδευτικό υλικό

- Συνοδευτικό αρχείο 6: Πρόγραμμα για την αποφυγή εμποδίων με L293 motorshield σε Arduino IDE.
- Συνοδευτικό αρχείο 7: Πρόγραμμα για την αποφυγή εμποδίων με L293 chip σε Arduino IDE.
- Δείτε ή κατεβάστε τη συνοδευτική παρουσίαση

## Σημαντικές πληροφορίες

Για τον προγραμματισμό του Arduino χρησιμοποιείται το λογισμικό Arduino IDE (<http://arduino.cc/en/Main/Software>) και το εργαλείο ArduBlock που εκτελείται μέσα από αυτό.

Τα προγράμματα που αναπτύσσονται γράφονται σε γλώσσα C στο περιβάλλον Processing (<https://processing.org/>).

Οι εικόνες των εξαρτημάτων και των κυκλωμάτων που παρουσιάζονται στο έγγραφο αυτό, έχουν δημιουργηθεί με το λογισμικό Fritzing (<http://fritzing.org/download/>).

## Πηγές

Οδηγός Arduino για το μάθημα της Πληροφορικής (STEMpoweringYouth, σύνταξη Σ.Π. Λιωνής, επιμέλεια Μ. Ανδρικοπούλου ©SciCo). Το κείμενο του παρόντος οδηγού έχει προσαρμοστεί από το έργο αυτό με επιμέλεια από την Ν.Μπόννη-Καζαντζίδου.

Κεντρικό Site Arduino (<https://www.arduino.cc/>)

Κεντρικό Site Fritzing (<http://fritzing.org/home/>)

Κεντρικό Site Processing (<https://processing.org/>)



## Πηγές εικόνων

**Εικόνες 1 έως 4:** Οι εικόνες έχουν παραχθεί από τον Σ.Π. Λιωνή (2017)/Δικαιούχος ©SciCo, διανέμεται με άδεια Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές

**Εικόνα 2 και 3:** Επεξεργασμένη εικόνα που έχει παραχθεί με το λογισμικό Fritzing, και χρησιμοποιείται με άδεια Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License/Δικαιούχος ©Friends-of-Fritzing e.V. Η εικόνα ως παράγωγο έργο παρήχθη από τον Σ.Π. Λιωνή/Δικαιούχος παράγωγου κειμένου©SciCo. Διανέμεται με άδεια Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License.

## Σημείωση

Οι λέξεις Arduino, Arduino UNO καθώς και λογότυπα ή άλλα διακριτικά γνωρίσματα που αναφέρονται στον παρόντα οδηγό ή απεικονίζονται στις εικόνες που αυτός εμπεριέχει είναι κατοχυρωμένα εμπορικά σήματα και διακριτικά γνωρίσματα που συνιστούν εμπορική ιδιοκτησία της Arduino S.r.l./Arduino AG. Το Ίδρυμα Vodafone, η Vodafone Παναφον Α.Ε.Ε.Τ ή η SciCo δεν σχετίζονται με την εν λόγω εταιρεία. Το υλικό πνευματικής ιδιοκτησίας τρίτων σημειώνεται ρητά και διανέμεται με την αντίστοιχη άδεια που ορίζεται από τους όρους χρήσης αυτού.