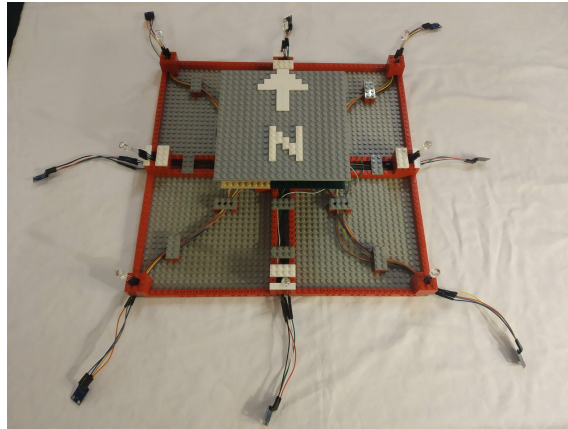


Ο Κινέζικος Σεισμογράφος



Οι Κινέζοι Σεισμολόγοι σας παρουσιάζουν την κατασκευή ενός κινέζικου σεισμογράφου, με τη χρήση ενός Arduino Mega και 8 αισθητήρων επιταχυνσιόμετρου. Το project είναι διαθέσιμο και στη σελίδα μας στο Github <https://github.com/ioakyriazis/chinese-seismograph>



Η Έμπνευσή μας

Πριν από αρκετό καιρό, στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού, διαβάζαμε στην ‘Πρώτη μου εγκυκλοπαίδεια’ για τα φυσικά φαινόμενα και για το πώς λειτουργούν κάποια πράγματα. Μας έκανε τότε ιδιαίτερη εντύπωση μια αρχαία κινέζικη συσκευή, που έμοιαζε με πιθάρι, η οποία μπορούσε να υπολογίσει την κατεύθυνση από την οποία προερχόταν ένας σεισμός, ακόμα κι αν αυτός είχε γίνει σε μεγάλη απόσταση.



Πιο πρόσφατα, την άνοιξη του 2018 επισκεφθήκαμε μια έκθεση αρχαίας κινεζικής τεχνολογίας στο Μουσείο Ηρακλειδών στο Θησείο (η ίδια έκθεση φιλοξενείται το 2019 στο Noesis, στο Κέντρο Διάδοσης Επιστημών & Μουσείο Τεχνολογίας στη Θεσσαλονίκη). Εκεί είδαμε από κοντά έναν πραγματικό κινέζικο σεισμογράφο, και προς έκπληξη του ξεναγού, τον αναγνωρίσαμε πριν ακόμα προλάβει να μας περιγράψει τη λειτουργία του.



Όταν λοιπόν παρακολουθήσαμε ένα εισαγωγικό σεμινάριο ρομποτικής με Arduino, σκεφτήκαμε ότι θα ήταν καλή ιδέα να υλοποιήσουμε έναν αυτοματισμό που θα λειτουργεί παρόμοια με τον κινέζικο σεισμογράφο.

Τί είναι όμως ο Κινέζικος Σεισμογράφος;

(γράφει ο Λάμπρος Κατσούλας στο ιστολόγιο του εκπαιδευτικού Βασίλη Φουρτούνη
πηγή: <http://fourtounis.gr/2017/09/28/λάμπρος-κατσούλας-κινέζικος-σεισμογ/>)

Η Κίνα ανέκαθεν υπέφερε από σεισμούς. Περισσότεροι από 800 χιλ. Άνθρωποι χάθηκαν σε τρεις επαρχίες το 1556. Στις Κινεζικές ιστορίες υπάρχουν πλήρεις καταγραφές όλων των μεγάλων σεισμών ανά τούς αιώνες. Αυτά τα γεγονότα συχνά αποτέλεσαν την έναρξη ταραχών ή προσπαθειών για ανταρσία. Η παντοκρατορική κυβέρνηση είχε κάθε λόγο να θέλει να γνωρίζει όσο το δυνατόν συντομότερα πότε είχε γίνει σεισμός σε κάποια μακρινή επαρχία. Πρώτα από όλα αυτό θα σήμαινε διακοπή των μεταφορών σιτηρών, μείωση των εσόδων από φόρους που αποδίδονταν με σιτηρά. Η πληγείσα περιοχή θα χρειαζόταν επειγόντως αποστολή τροφίμων και στρατευμάτων. Η έγκαιρη προειδοποίηση ήταν απαραίτητη.

Ο Τσάνγκ Χένγκ εξαιρετικός επιστήμονας, μαθηματικός, εφευρέτης και Βασιλικός Αστρονόμος στην ύστερη δυναστεία Χάν, έδωσε την λύση. Έγραψε πλήθος βιβλίων και από σωζόμενα αποσπάσματα γνωρίζουμε ότι φανταζόταν την Γη σαν μία σφαίρα με εννέα ηπείρους που αιωρείτο στο απέραντο διάστημα. Ήταν ο πρώτος στην Κίνα που εφάρμοσε το αλληλοκαλυπτόμενο δίκτυο γραμμών γεωγραφικού μήκους και πλάτους στην γεωγραφία. Αυτό όμως που εξέπληξε την Αυλή ήταν ο εντοπιστής σεισμών του Τσάνγκ Χένγκ (132 μ.χ).



Στην αρχή οι αξιωματούχοι της αυλής δεν μπορούσαν να πιστέψουν ότι η εφεύρεση του Τσάνγκ Χένγκ θα μπορούσε να λειτουργήσει. Το σήμα για ένα σεισμό ήταν η πτώση μίας μπρούτζινης σφαίρας από το στόμα ενός μπρούτζινου δράκου στο στόμα ενός βατράχου. Στις δοκιμές μία σφαίρα έπεσε από το στόμα ενός δράκου χωρίς να γίνει αντιληπτός κάποιος σεισμός. Μετά από αρκετές ημέρες όμως έφθασε ένας αγγελιοφόρος με την είδηση για έναν σεισμό στο Λούνγκ Χσί (600 χιλ. Βορειοδυτικά). Από τότε έγινε καθήκον του Γραφείου Αστρονομίας να καταγράφει τις κατευθύνσεις των σεισμών.

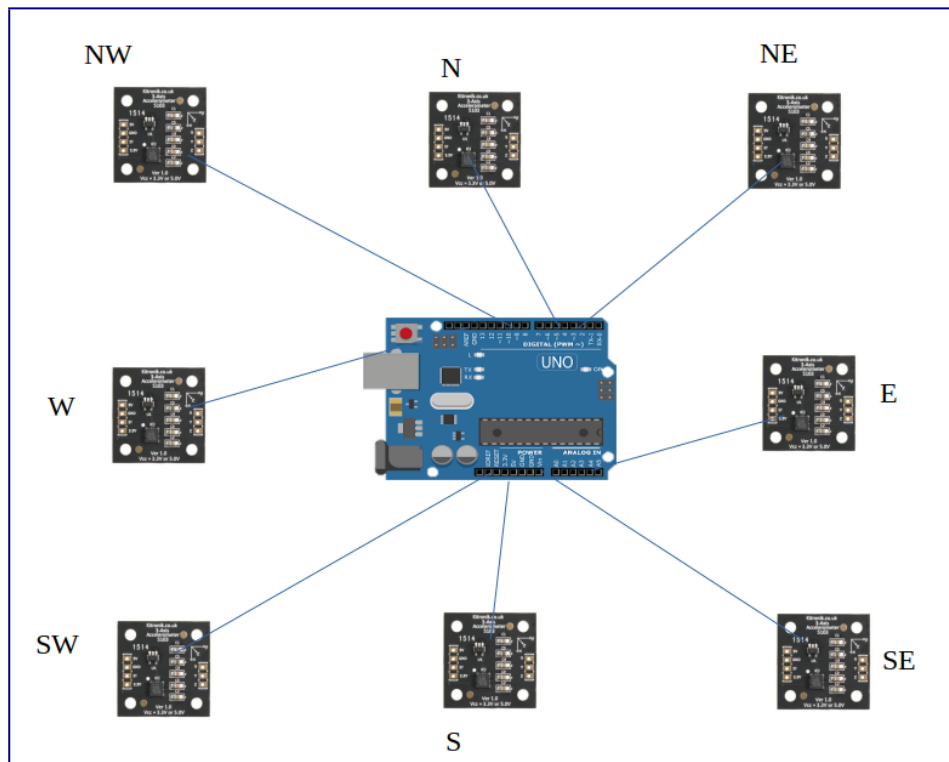
Μέσα στο δοχείο υπήρχε ένα είδος εκκρεμούς με μηχανισμό που εκινείτο σε οκτώ κατευθύνσεις. Όταν γινόταν σεισμός και έπεφτε μία σφαίρα ο μηχανισμός ακινητοποιείτο εμποδίζοντας την άφεση των υπόλοιπων σφαιρών. Αν κάποιος ακολουθούσε την αζιμούθια κατεύθυνση του δράκου που είχε τεθεί σε κίνηση θα μάθαινε την κατεύθυνση από την οποία προήλθε ο σεισμός.

Στην σύγχρονη εποχή έγινε ανακατασκευή με συνοδευτικά διαγράμματα από τον Ιάπωνα επιστήμονα στην δεκαετία του 1930. Ο πρώτος δυτικός εφευρέτης σεισμογράφου ήταν ο Γάλλος φυσικός και ιερέας Jean de Hautefeuille (Ζάν ντε Χωτεφείγ) το 1703, γεγονός που κάνει τον σεισμογράφο του Τσάνγκ Χένγκ να έχει προηγηθεί της Δύσης κατά 1571 χρόνια!

Η υλοποίησή μας

Η κατασκευή μας περιλαμβάνει ένα Arduino και 8 αισθητήρες επιτάχυνσης τοποθετημένους στις 8 κατευθύνσεις του οριζοντα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Το Arduino μετράει τις μεταβολές της επιτάχυνσης και συγκρίνει μεταξύ τους τις τιμές που δίνουν οι αισθητήρες.

Η κατεύθυνση από την οποία προέρχεται ένας σεισμός προκύπτει από τον αισθητήρα που ενεργοποιήθηκε πρώτος, και που έδωσε μεγαλύτερες τιμές στη μεταβολή της επιτάχυνσης. Έτσι ανάβουμε ένα λαμπάκι στην αντίστοιχη κατεύθυνση, με χρώμα ανάλογο της έντασης του σεισμού (μπλε για ασθενή σεισμό, πράσινο για μέτριο και κόκκινο για ισχυρό σεισμό).



Η συνδεσμολογία:

Οι αισθητήρες επιταχυνσιόμετρου είναι τοποθετημένοι στις 8 κατευθύνσεις του ορίζοντα, δηλαδή N, NE, E, SE, S, SW, W και NW. Για να συνδεθούν οι αισθητήρες στο Arduino, εφαρμόζουμε τα παρακάτω:

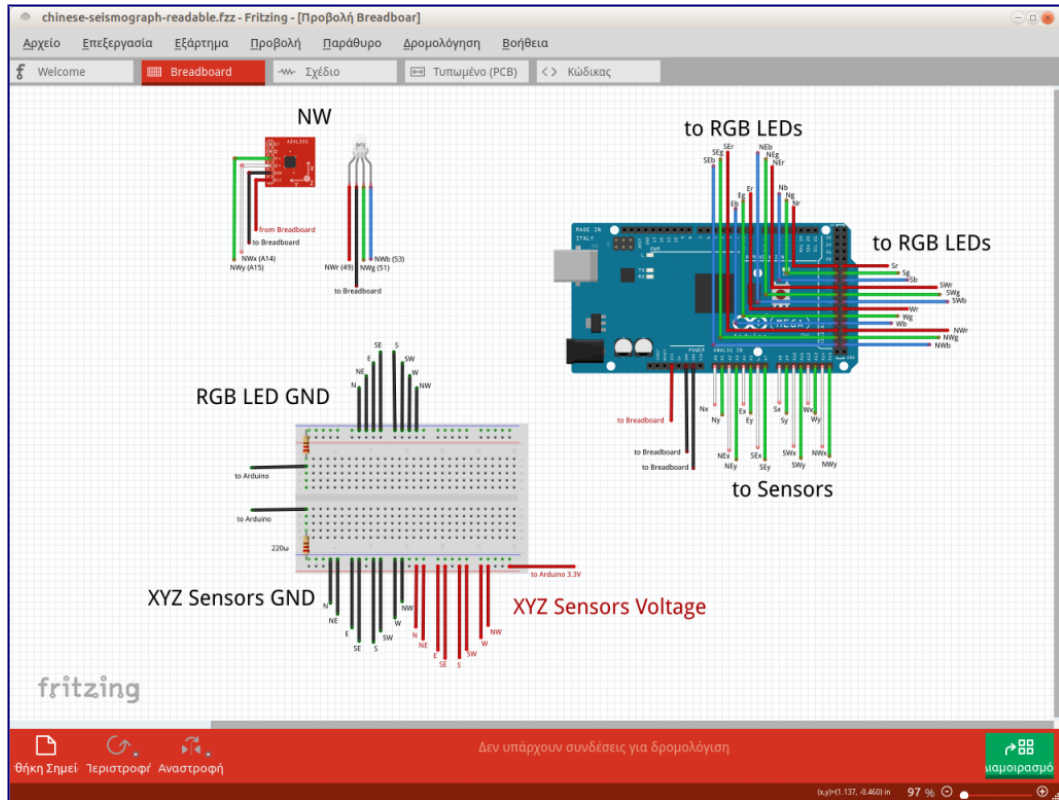
- VCC (η παροχή ρεύματος). Από κάθε αισθητήρα ξεκινάει ένα κόκκινο καλώδιο και όλα μαζί καταλήγουν στο [+] του breadboard. Από το [+] του breadboard φεύγει ένα κόκκινο καλώδιο που συνδέεται στην παροχή 3.3V του Arduino. Επιλέγουμε την τάση 3.3V αντί για 5V επειδή χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα ADXL335 που λειτουργεί με τάση 3.3V.
- GND (η γείωση / επιστροφή του κυκλώματος). Από κάθε αισθητήρα ξεκινάει ένα μαύρο καλώδιο και όλα μαζί καταλήγουν στο [-] του breadboard. Από το [-] του breadboard φεύγει μια αντίσταση 220Ω που εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχει θόρυβος στο κύκλωμα. Το κύκλωμα συνδέεται στη συνέχεια με μια GND του Arduino.
- X-OUT (ο αισθητήρας στην κατεύθυνση x). Από κάθε αισθητήρα ξεκινάει ένα λευκό καλώδιο που καταλήγει στην αντίστοιχη αναλογική είσοδο του Arduino.
- Y-OUT (ο αισθητήρας στην κατεύθυνση y). Από κάθε αισθητήρα ξεκινάει ένα πράσινο καλώδιο που καταλήγει στην αντίστοιχη αναλογική είσοδο του Arduino.
- Z-OUT (ο αισθητήρας στην κατεύθυνση z). Δεν είναι συνδεδεμένο, καθώς το Arduino Mega διαθέτει 16 αναλογικές εισόδους, οπότε συνδέσαμε τους 8 αισθητήρες (x 2 κατευθύνσεις) και δεν έχουμε άλλες εισόδους διαθέσιμες.
- Το X-OUT του αισθητήρα N, το ονομάζουμε Nx, και ανάλογα θεωρούμε και για τους υπόλοιπους αισθητήρες. Σύμφωνα με αυτά, συνδέουμε το Nx στο pin A0, το Ny στο A1, το NEx στο A2, κλπ.

Τα λαμπάκια RGB LED είναι τοποθετημένα κι αυτά στις 8 κατευθύνσεις του ορίζοντα. Επειδή για κάθε κατεύθυνση θέλουμε να ανάβουμε κόκκινο, πράσινο ή μπλε λαμπάκι, θα χρειαστούμε και πάλι αρκετά καλώδια. Για το λαμπάκι N, θα συνδέσουμε το κόκκινο Nr στην ψηφιακή έξοδο 30 του Arduino, το πράσινο Ng στο 32, το μπλε Nb στο 34, το κόκκινο NEr στο 36, το NEg στο 38, κλπ.

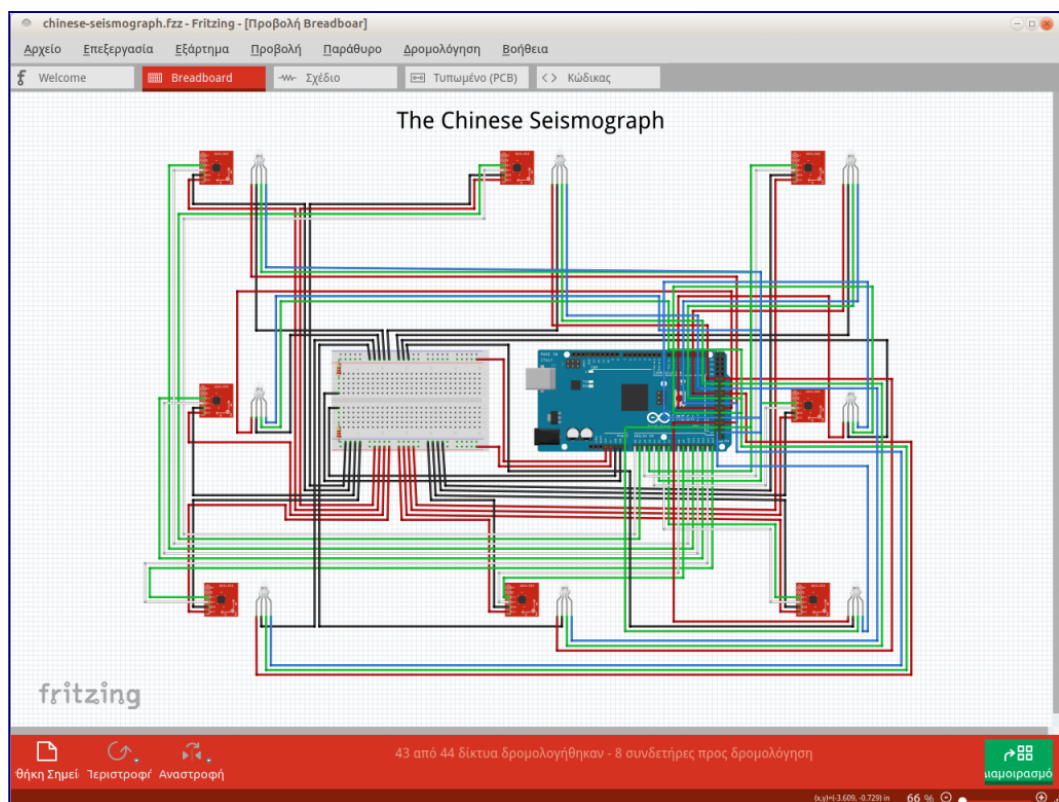
Στον ακόλουθο πίνακα περιγράφονται συνοπτικά όλες οι συνδέσεις.

NWx → A14 NWy → A15 NW _r ← 49 NW _g ← 51 NW _b ← 53	Nx → A0 Ny → A1 Nr ← 30 Ng ← 32 Nb ← 34	Nex → A2 Ney → A3 Ner ← 36 Neg ← 38 Neb ← 40
Wx → A12 Wy → A13 Wr ← 43 Wg ← 45 Wb ← 47	Συνδεσμολογία αισθητήρων και λαμπτήρων με το Arduino	Ex → A4 Ey → A5 Er ← 42 Eg ← 44 Eb ← 46
SWx → A10 SWy → A11 SW _r ← 37 SW _g ← 39 SW _b ← 41	Sx → A8 Sy → A9 Sr ← 31 Sg ← 33 Sb ← 35	SEx → A6 SEy → A7 SEr ← 48 SEg ← 50 SEb ← 52

Ένα ευανάγνωστο σχεδιάγραμμα της συνδεσμολογίας:



και το πλήρες σχεδιάγραμμα των συνδέσεων:



Τα αρχεία στο Fritzing είναι διαθέσιμα εδώ:

<http://fritzing.org/projects/chinese-seismograph>

Οι εντολές:

Ο προγραμματισμός του Arduino έγινε με το mBlock, που μοιάζει με το Scratch και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και από μαθητές Δημοτικού. Το αρχείο που υπάρχει στον σύνδεσμο του Google Drive έχει μορφή .sb2 όμως δεν αφορά το Scratch, αλλά το mblock. Το mblock είναι διαθέσιμο στο <https://www.mblock.cc>.

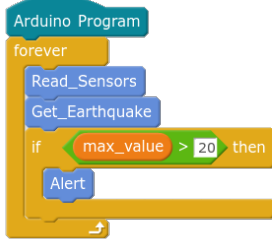
<https://drive.google.com/file/d/1YVNvEq7OBP8cijNk5o-A8zh2UzqgF9JU/view?usp=sharing>

Οι εντολές που ελέγχουν τον Κινέζικο Σεισμογράφο περιγράφονται παρακάτω.

Το κυρίως πρόγραμμα:

Συνεχώς

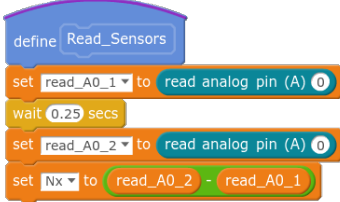
- Διάβασε τους αισθητήρες
- Έλεγε αν έχουμε σεισμό
- Αν έχουμε σεισμό (τιμή >20)
 - Σήμανε συναγερμό



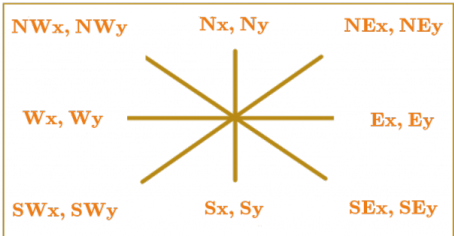
Το block εντολών Read_Sensors:


Διάβασε τους αισθητήρες (έναν)

- Διάβασε το pin του αισθητήρα
- Περίμενε 1/4 sec
- Ξαναδιάβασε το ίδιο pin
- Μας ενδιαφέρει η μεταβολή



Διάβασε τους αισθητήρες (όλους)

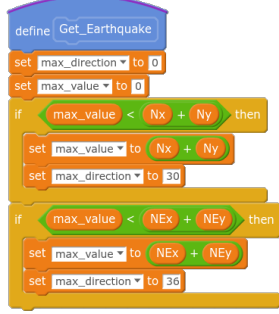




To block εντολών Get_Earthquake:

Έλεγχε για σεισμό (μια κατεύθυνση)


- θεωρούμε τη μέγιστη τιμή και κατεύθυνση
- αν η μέγιστη τιμή είναι μικρότερη από αυτή που ελέγχουμε (N), τότε ανανεώνουμε τη μέγιστη τιμή και την κατεύθυνση
- προχωράμε στην επόμενη κατεύθυνση (NE)



```
define Get_Earthquake
  set max_direction to 0
  set max_value to 0
  if max_value < Nx + Ny then
    set max_value to Nx + Ny
    set max_direction to 30
  if max_value < NEx + NEy then
    set max_value to NEx + NEy
    set max_direction to 36
```

Έλεγχε για σεισμό
(όλες οι κατευθύνσεις)

Στο τέλος θα έχουμε κρατημένη τη μέγιστη τιμή και την κατεύθυνση από την οποία προήρθε ο σεισμός



```
define Get_Earthquake
  set max_direction to 0
  set max_value to 0
  if max_value < Nx + Ny then
    set max_value to Nx + Ny
    set max_direction to 30
  if max_value < NEx + NEy then
    set max_value to NEx + NEy
    set max_direction to 36
  if max_value < EEx + EEy then
    set max_value to EEx + EEy
    set max_direction to 45
  if max_value < SEx + SEy then
    set max_value to SEx + SEy
    set max_direction to 60
  if max_value < SEx + SEy then
    set max_value to SEx + SEy
    set max_direction to 75
  if max_value < SWx + SWy then
    set max_value to SWx + SWy
    set max_direction to 90
  if max_value < Wx + Wy then
    set max_value to Wx + Wy
    set max_direction to 105
  if max_value < NWx + NWy then
    set max_value to NWx + NWy
    set max_direction to 120
```

To block εντολών Alert:

Σήμανε συναγερμό

Αφού ο συναγερμός χτυπάει όταν έχω σεισμό > 20 εξετάζω την έντασή του:

- Αν η ένταση είναι < 40 ανάβω μπλε φωτάκι
- Αλλιώς, αν η ένταση είναι < 60 ανάβω πράσινο
- Αλλιώς η ένταση είναι > 60 και ανάβω κόκκινο

Ανάβω το φωτάκι στην κατάλληλη κατεύθυνση και μετά από 2sec το ξαναβρήνω



```
define Alert
  if max_value < 40 then
    set intensity_color to 4
  else
    if max_value < 60 then
      set intensity_color to 2
    else
      set intensity_color to 0
  set digital pin (max_direction + intensity_color) output as HIGH
  wait 2 secs
  set digital pin (max_direction + intensity_color) output as LOW
```

Το βίντεο που δείχνει τις λεπτομέρειες της κατασκευής και τη λειτουργία του σειсмоγράφου:

<https://www.youtube.com/watch?v=VO3q-R5aFW4>