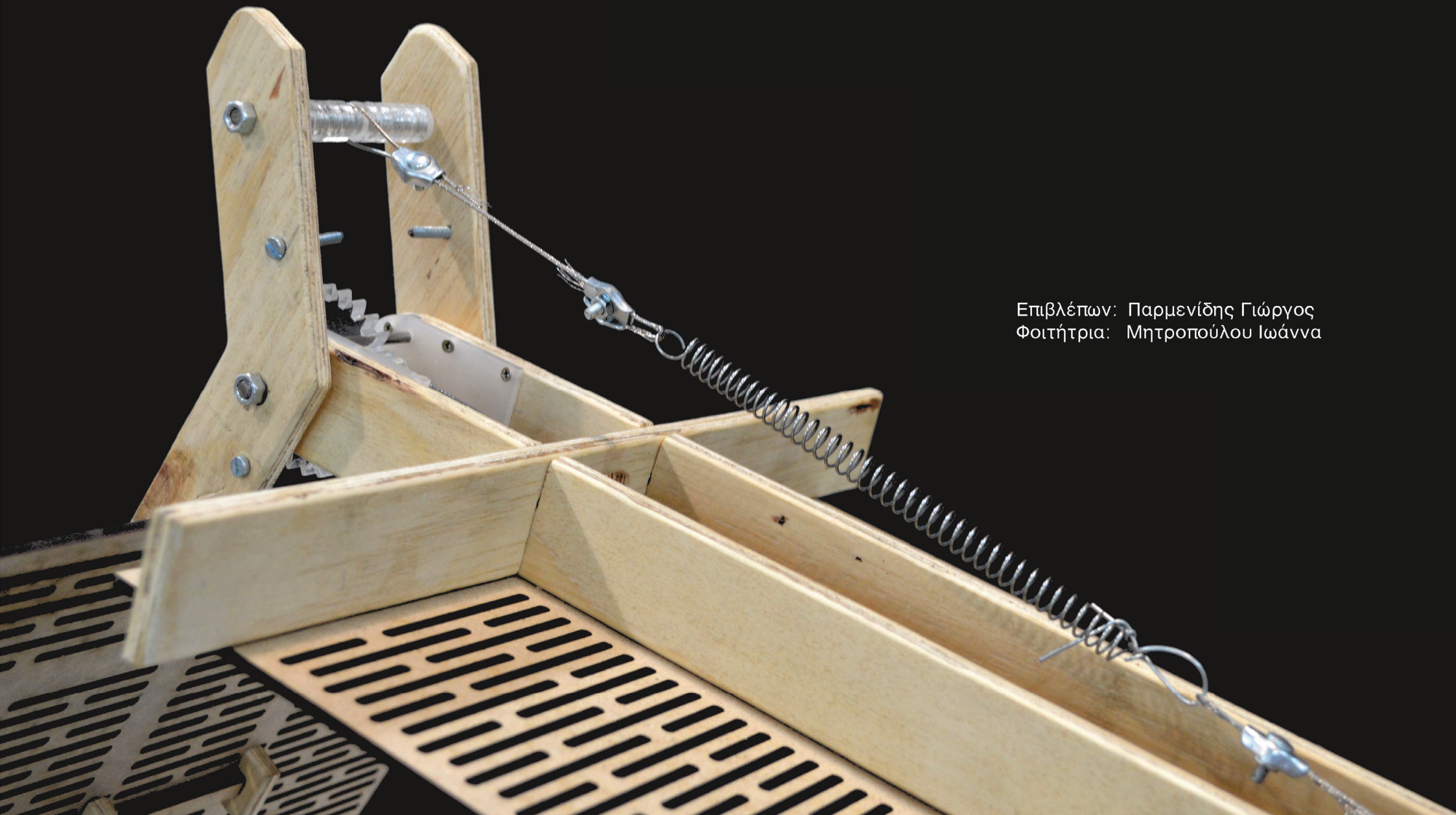


ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΠΑΝΕΛΑ, ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ FABLAB



Επιβλέπων: Παρμενίδης Γιώργος
Φοιτήτρια: Μητροπούλου Ιωάννα

ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΠΑΝΕΛΑ, ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ FAB LAB

Σπουδάστρια: Μητροπούλου Ιωάννα
Αριθμός μητρώου: ar11001

Υπεύθυνος καθηγητής: Παρμενίδης Γιώργος
Τομέας 3, Αρχιτεκτονικής Γλώσσας, Επικοινωνίας και Σχεδιασμού

Διπλωματική εργασία, Ιούλιος 2017

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Περιεχόμενα

- Abstract/ Διατύπωση προβληματισμού
- Διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής
- Σημείωμα

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

σελ.6

- Κινητικά στοιχεία με έξυπνη γεωμετρία
- Κατασκευή στο Fab Lab

2

STATE OF THE ART

σελ.8

- Αναφορές:
χρήση αντίβαρων
- Φυσική εξήγηση του φαινομένου των αντίβαρων,
επιστημονική παρουσίαση του μηχανισμού

3

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ

σελ.14

- 1η μακέτα, αντίβαρα
- 2η-3η μακέτα, ελατήρια
- 4η μακέτα, ελατήρια σε μεγάλη κλίμακα
- Τελικό πρωτότυπο

4

ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

σελ.22

- Πλακέτα PCB
- Ασύρματη επικοινωνία

5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

σελ.34

- Δυνατότητες μηχανισμού
- Παραμετρικός σχεδιασμός με grasshopper για την εφαρμογή του μηχανισμού σε πραγματικές συνθήκες

6

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

σελ.40

- Αμφιθέατρο πολυχώρος
- Χώρος γραφείου ελεύθερης κάτοψης

7

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

σελ.64

- Μελλοντικές βελτιώσεις πρωτοτύπου
- Επίλογος

Abstract/ Διατύπωση του προβληματισμού

Η εργασία αυτή εστιάζει στη χρήση έξυπνης γεωμετρίας για τη δημιουργία κινούμενων αρχιτεκτονικών στοιχείων τα οποία να είναι προσιτά στον άνθρωπο, δηλαδή η κίνησή τους να είναι φιλική προς το ανθρώπινο σώμα παρά το βάρος ή την κλίμακά τους. Ταυτόχρονα, μεγάλη έμφαση δίνεται στο να είναι αυτή η κατασκευή προσιτή και στην κατασκευή της εκτός από τη χρήση της, μέσα στα Fab Lab, ένα δίκτυο εργαστηρίων εξοπλισμένα με σύγχρονα μηχανήματα ανοικτό προς το ευρύ κοινό, και πολύ χρήσιμο στην αρχιτεκτονική έρευνα.

Προς αυτή την κατεύθυνση, στην εργασία μελετάται η χρήση αντίβαρων μέσω της δύναμης ελατηρίων σε εφελκυσμό, και σχεδιάζεται με αυτή τη λογική ένας μηχανισμός περιστρεφόμενων πανέλων. Αρχικά, μέσα από διάφορες μακέτες αναπτύσσεται το πρωτότυπο του μηχανισμού με χρήση των μηχανημάτων του FabLab, με έμφαση σε κατασκευαστικά και προγραμματιστικά

ζητήματα. Παράλληλα σχεδιάζονται τα ηλεκτρονικά για την αυτοματοποίηση της κατασκευής, και για την ασύρματη επικοινωνία της με τον χρήστη, ώστε να γεφυρώνεται το χάσμα κλίμακας που προκύπτει σε κάποιες εφαρμογές ανάμεσα στα αρχιτεκτονικά στοιχεία και το ανθρώπινο σώμα.

Στη συνέχεια προτείνονται δύο ενδεικτικές χρήσεις σε εσωτερικό χώρο, που αναδεικνύουν τις δυνατότητες του μηχανισμού και δείχνουν πώς μπορεί να παραχθεί εύκολα μεταβαλλόμενος χώρος με αυτόν. Η πρώτη πρόταση είναι ένα αμφιθέατρο με μία πλατφόρμα που ανασηκώνεται για να δημιουργήσει κλίση, και καθίσματα που ανασηκώνονται από το έδαφος. Η δεύτερη πρόταση είναι ένας χώρος γραφείου ανοικτής κάτοψης με πανέλα εγκιβωτισμένα στην οροφή που μπορούν να κατεβαίνουν και να αλλάζουν τις συνθήκες του χώρου.

Διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής

Το Σεπτέμβριο του 2017 βρέθηκα στη Βαρκελώνη στο FabLab του IAAC για τρίμηνη πρακτική εργασία με το πρόγραμμα Erasmus plus. Έτσι είχα την ευκαιρία να εξοικειωθώ με το χώρο, και να μάθω να χρησιμοποιώ τα μηχανήματα του FabLab. Μαγεύτηκα από τη δουλειά που γίνεται εκεί, και τα μέσα που παρέχονται για έρευνα, και έτσι αποφάσισα να μείνω κάποιους μήνες παραπάνω κάνοντας ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που λέγεται Fab Academy κατά τη διάρκεια του οποίου ξεκίνησα αυτή τη διπλωματική.

Εκεί προχώρησα όλα τα κατασκευαστικά θέματα της, ενώ ταυτόχρονα βρισκόμουν πάντα σε επικοινωνία με τον κ. Παρμενίδη. Όταν επέστρεψα στην Αθήνα, η διπλωματική οργανώθηκε και ολοκληρώθηκε εδώ με το μέρος που αφορά την εφαρμογή του μηχανισμού σε πραγματικές συνθήκες. Επομένως στη Βαρκελώνη εστίασα περισσότερο στα κατασκευαστικά και προγραμματιστικά μέρη της εργασίας, ενώ στην Αθήνα στην αρχιτεκτονική πρόταση.

Σημείωμα

Ένα μέρος των κειμένων αυτού του τεύχους είναι γραμμένο στα αγγλικά, πρόκειται για τα κείμενα που γράφτηκαν στη Βαρκελώνη. Δεν θέλησα να το μεταφράσω κυρίως επειδή περιέχει δύσκολη τεχνική ορολογία, αλλά και λόγω έλλειψης χρόνου.

Το σύνολο της δουλειάς που παρουσιάστηκε στη διπλωματική και αφορά τα κατασκευαστικά μέρη της βρίσκεται δημοσιευμένο στο database του δικτύου των fab-lab, και μπορεί να βρεθεί στο site:

<http://archive.fabacademy.org/archives/2017/fablabbcn/students/91/>

Εκεί βρίσκεται επίσης το βίντεο της κατασκευής και όλα τα αρχεία σε επεξεργάσιμη μορφή, συνοδευόμενα από λεπτομερείς εξηγήσεις.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κινητικά στοιχεία με έξυπνη γεωμετρία

Αυτή η μελέτη ξεκινά από το ενδιαφέρον για αρχιτεκτονικά στοιχεία που επιτρέπουν κίνηση, με άλλα λόγια στοιχεία που μπορούν να μεταβάλλουν την γεωμετρία ή την κατάσταση τους ώστε να υπηρετούν πολλαπλές ανάγκες. Παραδείγματα τέτοιων αντικειμένων υπάρχουν γύρω μας από πάντα, από τα πολύ απλά όπως πόρτες, παράθυρα, καρέκλες ή τραπέζια που διπλώνουν, ως τα πιο πολύπλοκα όπως ανελκυστήρες, διαδραστικές προσόψεις ή ανοιγόμενες στέγες.

Αυτό που απαιτείται για τη λειτουργία αυτών των αντικειμένων είναι συνήθως μια γεωμετρία που να επιτρέπει στο αντικείμενο να βρεθεί σε περισσότερες από μία καταστάσεις/θέσεις, και ένας μηχανισμός που να διευκολύνει τη μετάβαση ανάμεσα στις καταστάσεις αυτές. Η συνήθης προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων είναι ο συνδιασμός διαφόρων εξαρτημάτων υψηλής απόδοσης που βασίζονται σε επίσης υψηλής απόδοσης “ενεργοποιητές” (actuators), που μπορούν να είναι κινητήρες, μοτεράκια, ή και η ανθρώπινη δύναμη. Λειτουργούν μετατρέποντας την ενέργεια του ενεργοποιητή στην απαραίτητη ενέργεια ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της κατάστασης.

Όταν όμως ένας μηχανισμός βασίζεται στους ενεργοποιητές, τότε η απόδοση του μηχανισμού εξαρτάται από την απόδοση των ενεργοποιητών του. Με άλλα λόγια, η συνολική απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τις επιμέρους αποδόσεις των μερών του. Αυτό αυξάνει το κόστος του μηχανισμού, ακόμα κι αν ο στόχος του είναι να εκπληρώνει μια πολύ απλή και συγκεκριμένη κίνηση.

Μία άλλη προσέγγιση που οδηγεί σε μηχανισμούς υψηλότερης απόδοσης, χαμηλότερου κόστους και λιγότερης ενεργειακής απαίτησης, είναι να λαμβάνεται υπόψη ποια είναι η λειτουργία που καλείται να εκπληρώσει ο συγκεκριμένος μηχανισμός, και σχεδιάζεται με έξυπνη γεωμετρία ώστε να βελτιστοποιεί τη συγκεκριμένη κίνηση. Ένας τρόπος να γίνει αυτό, είναι σχεδιάζοντας το αντικείμενο ώστε να ισορροπεί στις θέσεις όπου θέλουμε να βρεθεί, έτσι ώστε να μπορεί να μεταβεί από την μία κατάσταση στην άλλη σχεδόν “αυθόρμητα”, χωρίς να βασίζεται στη δύναμη των ενεργοποιητών του. Με άλλα λόγια, προσδιορίζοντας επακριβώς τη λειτουργία του στοιχείου, και δίνοντάς του μια κατάλληλη γεωμετρία, μπορεί να επιτευχθεί η κίνηση πιο οικονομικά, εύκολα και ορθολογικά, που λειτουργεί με τρόπο ώστε να μην εξαρτάται από τα επιμέρους στοιχεία του.

Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι από τους μηχανισμούς που υπάρχουν γύρω μας σχετίζονται λιγότερο ή περισσότερο με τη δεύτερη προσέγγιση, δηλαδή χρησιμοποιούν έξυπνη γεωμετρία ώστε να βελτιστοποιούν την αποδοτικότητά τους. Το ποδήλατο είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Στο δίτροχο αυτό όχημα, ο ενεργοποιητής-αναβάτης κάνει μικρές κινήσεις με τα πόδια του, οι οποίες μεταφράζονται σε μεγάλες αποστάσεις μέσω γραναζιών, αλυσίδων και τροχών. Ο μηχανισμός αυτός, που έχει προκύψει από προσεκτική μελέτη του ρόλου που πρέπει να εκπληρώσει ένα ποδήλατο, επιτρέπει μία πολύ βελτιστοποιημένη και αποδοτική μετάφραση της μυϊκής δύναμης του χρήστη σε απόσταση. Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία όμως γύρω μας συχνά είναι

στατικά, ή με παθητική κίνηση. Οι συνήθεις πόρτες, παράθυρα, συρτάρια ή άλλα κινούμενα στοιχεία, συνήθως δεν εκμεταλλεύονται έξυπνες γεωμετρικές διατάξεις για να επιτύχουν την κίνησή τους, αλλά εστιάζουν σε δυνατά στοιχεία σύνδεσης των μερών και σε δυνατούς χρήστες. Η ανάγκη για έξυπνες γεωμετρικές είναι ακόμα πιο μεγάλη όταν σχεδιάζουμε μεγάλα αρχιτεκτονικά στοιχεία, όπως προσόψεις ή οροφές, που συνήθως απαιτούν πολύ μεγάλη ενέργεια για την κίνησή τους.

Στη εργασία μου θα επικεντρωθώ στη χρήση αντίβαρων (counterweights) που διευκολύνουν την κίνηση στοιχείων και τους επιτρέπουν να ισορροπούν σε διάφορες θέσεις. Η αφετηρία αυτής της λογικής έγκειται στην ιδέα είναι ότι όταν σε μία γεωμετρική διάταξη παρέχεται το αντίβαρο

Η δεύτερη αφετηρία αυτής της εργασίας αφορά το θεσμό του Fab Lab (digital fabrication laboratory).

Τι είναι τα FabLab;

Τα FabLab είναι εργαστήρια εξοπλισμένα με μηχανήματα που επιτρέπουν κατασκευή με σύγχρονα μηχανήματα (computer controlled digital fabrication), και παρέχουν πρόσβαση σε αυτά στο ευρύ κοινό. Ο θεσμός ξεκίνησε από το MIT με πρωτοβουλία του Neil Gershenfeld πριν από λιγότερο από δύο δεκαετίες, και πλέον τα Fab Lab βρίσκονται διεσπαρμένα σε όλο τον κόσμο δημιουργώντας ένα δίκτυο χώρων που αναπτύσσεται ταχύτατα καθώς διπλασιάζει το μέγεθός του ανά 14 περίπου μήνες. Υποστηρίζουν την εφευρετικότητα, τα ανοικτά ελεύθερα δεδομένα, τη φιλική προς το περιβάλλον με τοπικά υλικά δημιουργία, προβάλλουν την αρχή του mass customisation αντί του mass production και καταπιάνονται με μεγάλη

ενός αντικειμένου, τότε το αντικείμενο αυτό βρίσκεται να “επιπλέει” (floating), με αποτέλεσμα η κίνησή του να επιτυγχάνεται πολύ πιο εύκολα ανεξαρτήτως του βάρους του, καθώς σε κάθε θέση το βάρος εξουδετερώνεται από το αντίβαρο. Η λογική των αντίβαρων δεν είναι απαραίτητο να ακολουθείται κυριολεκτικά, δηλαδή διπλασιάζοντας το βάρος μιας διάταξης παρέχοντας ένα αντίβαρο σε κάθε βάρος. Μπορεί να λειτουργήσει και με οποιαδήποτε άλλη δύναμη μπορεί να προσομοιώσει τη δύναμη του αντίβαρου και να εξουδετερώνει διαρκώς το βάρος των αντικειμένων. Μία τέτοια δύναμη που λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά ως αντίβαρο είναι η δύναμη ελατηρίων.



Κατασκευή στο Fab Lab

ποικιλία έργων σε διάφορες κλίμακες. Αυτό το παγκόσμιο δίκτυο χώρων δημιουργίας που μοιράζεται ανοικτά δεδομένα, ανταλλάσσει τεχνογνωσία, καταπιάνεται με δημιουργία πρωτοτύπων (fast prototyping), αναλαμβάνει την εκπαίδευση νέων ανθρώπων και βρίσκεται στενά συνδεδεμένα τόσο με τη βιομηχανία και την παραγωγή, όσο και με πανεπιστημιακά ιδρύματα και την έρευνα.

Ένας από τους στόχους της εργασίας είναι να παράξω το “fabrication line” του πρωτοτύπου μου, δηλαδή ένα σύνολο λεπτομερών οδηγιών και αρχείων ελεύθερα διαθέσιμων στο database του δικτύου των Fab Lab, οι οποίες επιτρέπουν σε κάθε δημιουργό που έχει στη διάθεσή του τις εγκαταστάσεις ενός fab lab οπουδήποτε στον κόσμο, να το κατασκευάσει με τοπικά υλικά σε χαμηλό κόστος, αλλά και να δουλέψει πάνω στο σχέδιο και να το βελτιώσει.

2.STATE OF THE ART

Αναφορές

Counterweight/sash windows



A sash window, traditionally found in Georgian and Victorian houses, is made of one or more movable panels. To facilitate it opening and closing, the weight of the panel is balanced by a counterweight concealed within the window frame. In contemporary such windows counterweights have been replaced by spring forces. A well designed and balanced window requires little or no effort to operate and remains open or closed as desired.

There are four important components to a properly designed weight and pulley window balance system:

Weights

The combined weight of the counterweights must match the full weight of the moving panel to which it is attached.

Sash Pulleys

The diameter, weight capacity and friction of the pulleys affect the design

Chain (or Cord)

The cord must be strong, lightweight and elastic, yet non-deformable

Counterweight Access

Access to the mechanism is essential so that adjustments can easily be made when it is put out of balance



References

Sash/counterweight window, wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Sash_window

Weight and Pulley Balance Systems for Wood Windows
<http://www.phelpscompany.com/weight-pulley-systems.html>

How to Fix a Window Counterbalance
<http://homeguides.sfgate.com/fix-window-counterbalance-98781.html>

Double Hung Window
<http://www.house-design-coffee.com/double-hung-window.html>

Mystic River Bascule Bridge



The Mystic River Bascule Bridge was designed and built in 1920 in New York, and it is still working very well. It carries vehicle and foot traffic via a 10 meters wide road. It uses two massive counterweights that continuously balance its weight, and allow it to swing upwards to provide clearance for boat traffic.

References

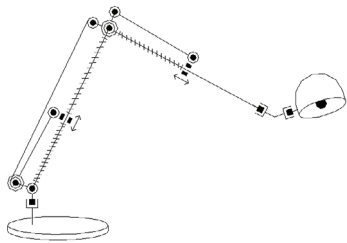
Mystic River Bascule Bridge, wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Mystic_River_Bascule_Bridge

Mystic River Bridge
<http://www.past-inc.org/historic-bridges/movable-mystic.html>

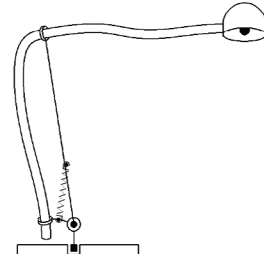
Lamp balanced arms

There are many different configurations of desk lamps with balanced arms, that have been extensively used since the

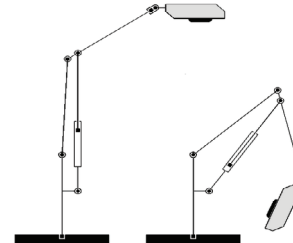
beginning of the 20th century. They use counterweights, parallelograms, springs, toothed disks and other components to achieve balance.



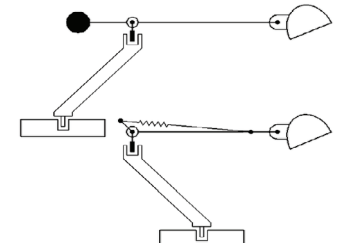
two springs in compression



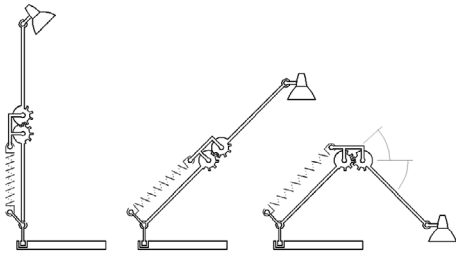
one flexible arm
 one spring in tension



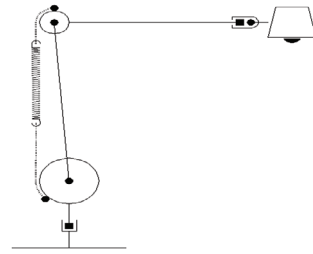
one parallelogram
 one pneumatic spring



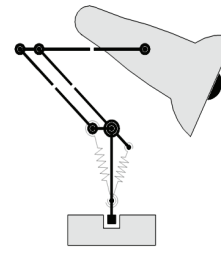
one counterweight
 one spring in tension



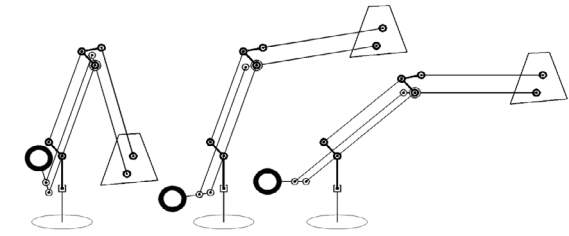
one spring in tension
two toothed disks



one spring in tension
two disks

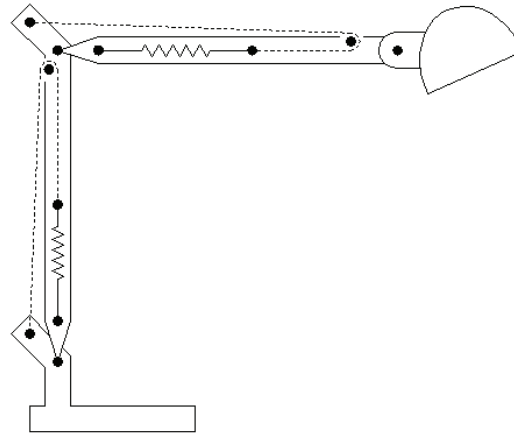


one parallelogram
two springs in tension



three parallelograms
one counterweight

The Anglepoise lamp



The Anglepoise lamp is a balanced-arm lamp designed in 1932 by British designer George Carwardine. It has adjustable folding arms which are balanced (also called floating arms), which are constructed so that the force due to gravity is always counteracted by springs, regardless of the position of the arms.

References

Anglepoise Lamps – Makers of the Original 1227
<https://www.anglepoise.com>

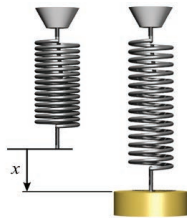
Balanced-arm lamp, wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Balanced-arm_lamp

Φυσική εξήγηση του φαινομένου των αντίβαρων, επιστημονική παρουσίαση του μηχανισμού

In this section the maths behind the mechanism of the balance with springs are explained.

Hook's law

Hooke's law, named after the 17th-century British physicist Robert Hooke, is a principle of physics that states that the force (F) needed to extend or compress a spring by some distance X is proportional to that distance. That is: $F = kX$, where k is a constant factor characterising the stiffness of the spring, and X is the deformation of the spring.

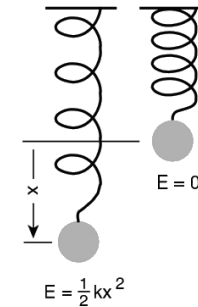


Potential energy is the stored energy of an object, by virtue of its position relative to other objects. Potential energy is associated with conservative forces such as spring forces or the force of gravity. The action of lifting the mass is performed by an external force that works against the gravity. This work is stored in the force field as potential energy. If the external force is removed the force field acts on the body to perform the work as it moves the body back to the initial position, causing a body to fall.

Suppose a ball which mass is m , and it is in h position in

height. If the acceleration of free fall is g , the weight of the ball is mg . So the total work or energy is force \times displacement = $mg \times h = mgh$

Elastic potential energy is Potential energy stored as a result of deformation of an elastic object such as a spring. It is equal to the work done to stretch the spring, which depends on the spring constant k as well as the distance stretched. According to Hooke's law, the force exerted has the form $F = kx$. Therefore the work done to stretch the spring a distance x is $W = \frac{1}{2}kx^2$

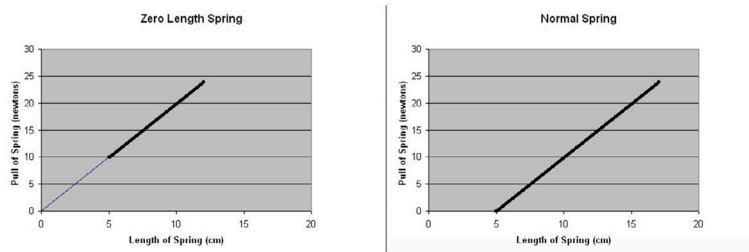


The balanced system

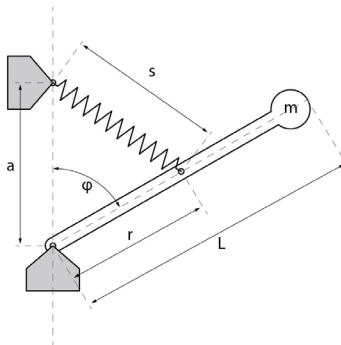
A balanced system is designed such that a constant potential energy is established throughout its range of motion, given that the mass remains stable. The constant potential energy removes any preferred position of the system and thus, the system can be moved easily regardless of its weight without depending on actuators.

For the following equations the springs are considered to

be zero-free-length springs. These are ideal springs are pre-tensioned to such a degree that their tension is proportional to their length, instead of their elongation. In other words, the zero free length spring would exert zero force if it had zero length. In a line graph of the spring's force versus its length, the line passes through the origin, while in normal springs it is displaced according to their minimum length.



Let's take the example of the basic gravity equilibrator shown the picture with a zero-free-length spring. The potential energy in the system U_p is equal to the sum of the potential energy of the masses U_m and the elastic energy stored in the springs U_s .



The energy of the system can be written as:

$$U_p = U_m + U_s = mgL \cos\phi + 1/2ks^2 \quad (1)$$

And according to the Law of cosines

$$s^2 = a^2 + r^2 - 2ar \cos\phi \quad (2)$$

For a mechanism to be in equilibrium, the potential energy must be stable, and therefore its rate of change is 0.

$$DU/Dt = -mgL \sin\phi + karsin\phi = 0 \quad (3)$$

Consequently the angle ϕ is crossed out of the equation, and the following condition for static balancing arises:

$$mgL = akr \quad (4)$$

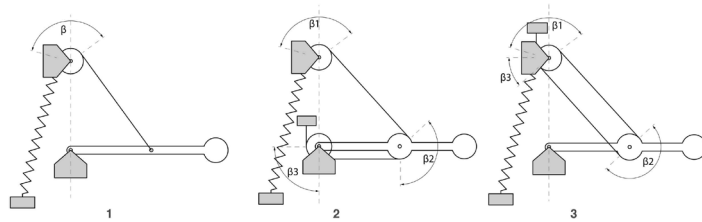
And basically that is all there is to be said. If this condition is met, the mechanism is in equilibrium for any configuration in its workspace.

This clearly shows the possibilities for adjusting the balancing properties: by varying a or r (the position of the attachment of the spring), k (constant factor that characterises the stiffness of the spring), L (the length of the arm), or m (the mass of the arm), different balanced configurations can be achieved.

When examining a balanced system with two degrees of freedom (in our case two arms), then the same equations apply to each arm separately, as long as the mass of the elements above the element examined is taken into consideration.

In reality it is very difficult to manufacture zero free length springs, so normal ones are used in my models with a wire-and-pulley construction as shown in Fig.1. However, an error is introduced by the pulley because the wrap angle of the wire (β) will depend on the position of the weight arm (ϕ). Consequently the wire length is not always exactly proportional to the spring elongation (and thus force)

required for exact balancing. Some optimisation is possible by reducing the size of the pulley and carefully positioning it horizontally to reduce the error, but the balancing still remains inexact. This problem can be solved by introducing (at least) two additional pulleys. The three pulley solution, shown in Fig 2 and 3, ensures that the same amount of wire is always wrapped around the pulleys regardless of the position of the arm, and therefore the elongation of the wire will be exactly proportional to the distance between the axes of the pulleys at all times.



So far the weights of the arms have been neglected but in my case these are far from insignificant. To calculate them, for we must replace the generic potential energy $U_m = mgL$ with the potential element of each element ($U_m = m_1 gL_1 + m_2 gL_2 + \dots$)

References

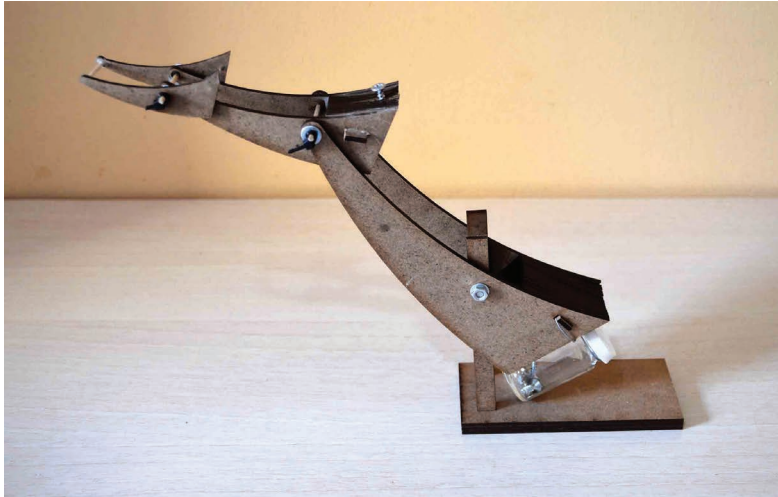
R Barents, M Schenk, W D van Dorsser, B M. Wisse, 2009, "Spring to spring balancing as energy-free adjustment method in gravity equilibrators", Proceedings of the ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences

J Herder, "Energy-free Systems", University of Delft, Netherlands

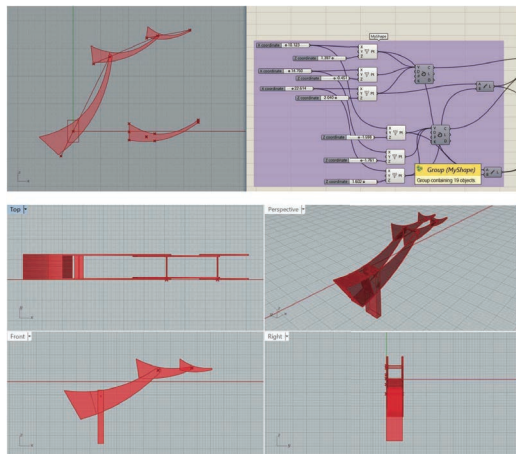
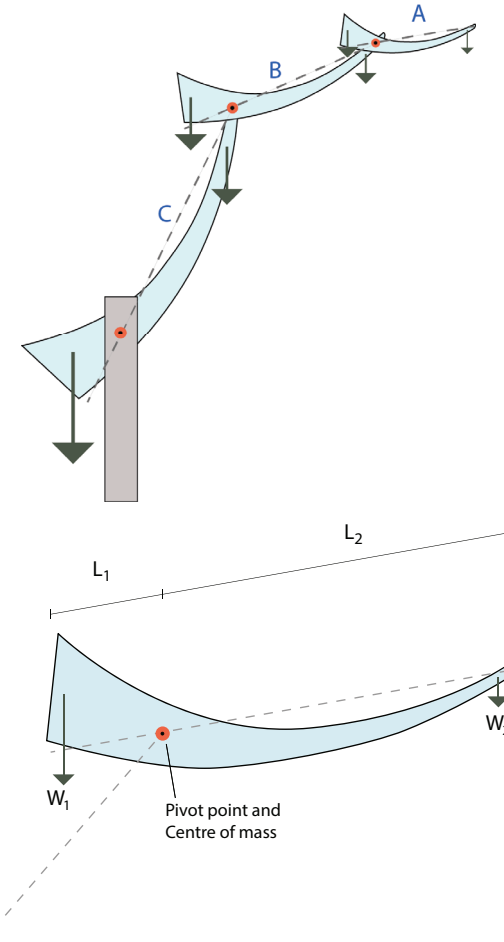
M J French, M B Widden, 2000, "The spring-and-lever balancing mechanism, George Carwardine and the Anglepoise lamp", Lancaster University, UK

3.ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ

1η μακέτα, αντίβαρα



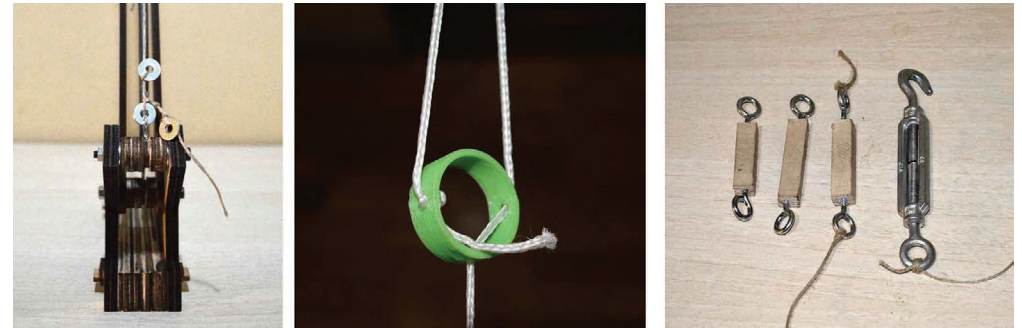
Κάθε βραχίονας φέρει αντίβαρο ίσο με το βάρος του συν το βάρος των σωμάτων που φέρει



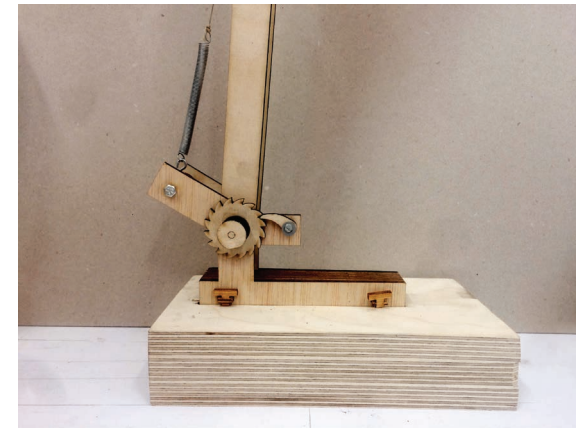
Υπολογισμός θέσης
στο grasshopper

Μειονεκτήματα:
-μικρή αξιοπιστία - ασταθές
-διπλασιασμός του βάρους της κατασκευής

2η-3η μακέτα, ελατήρια



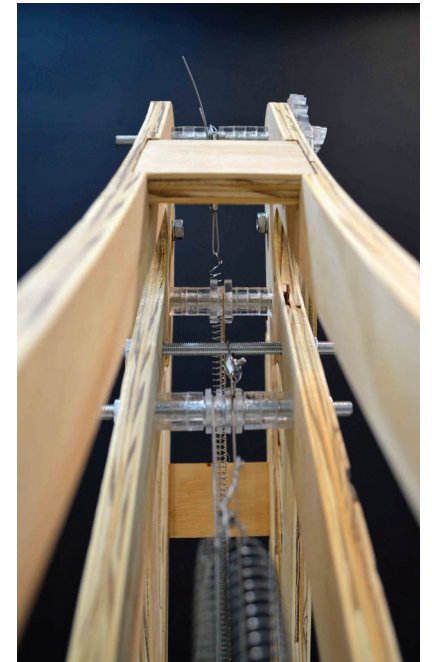
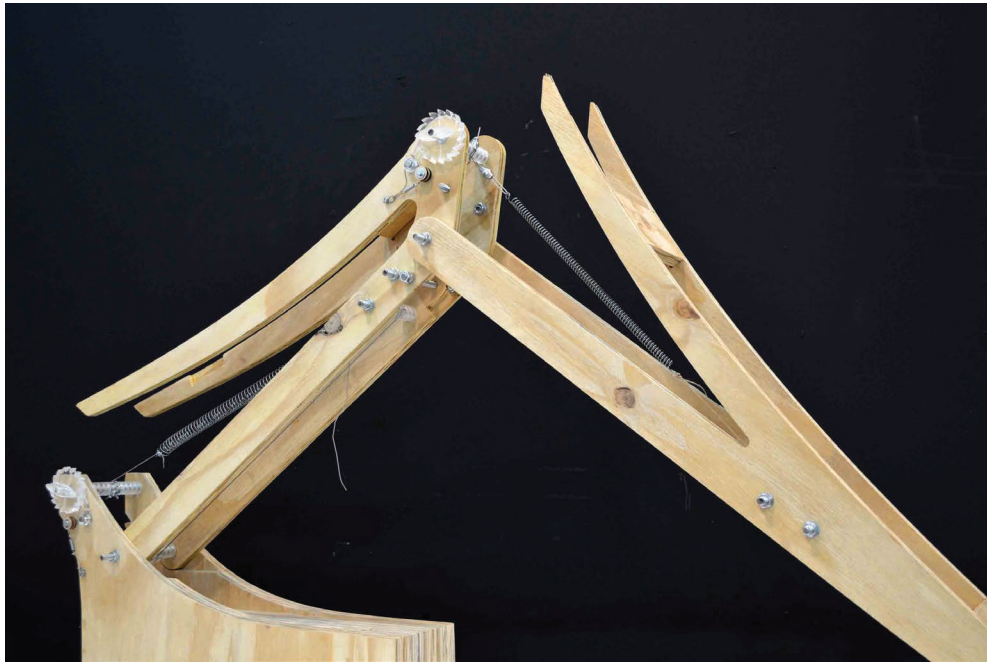
πειραματισμός σε τρόπους αυξομείωσης της τάσης στα σχοινιά

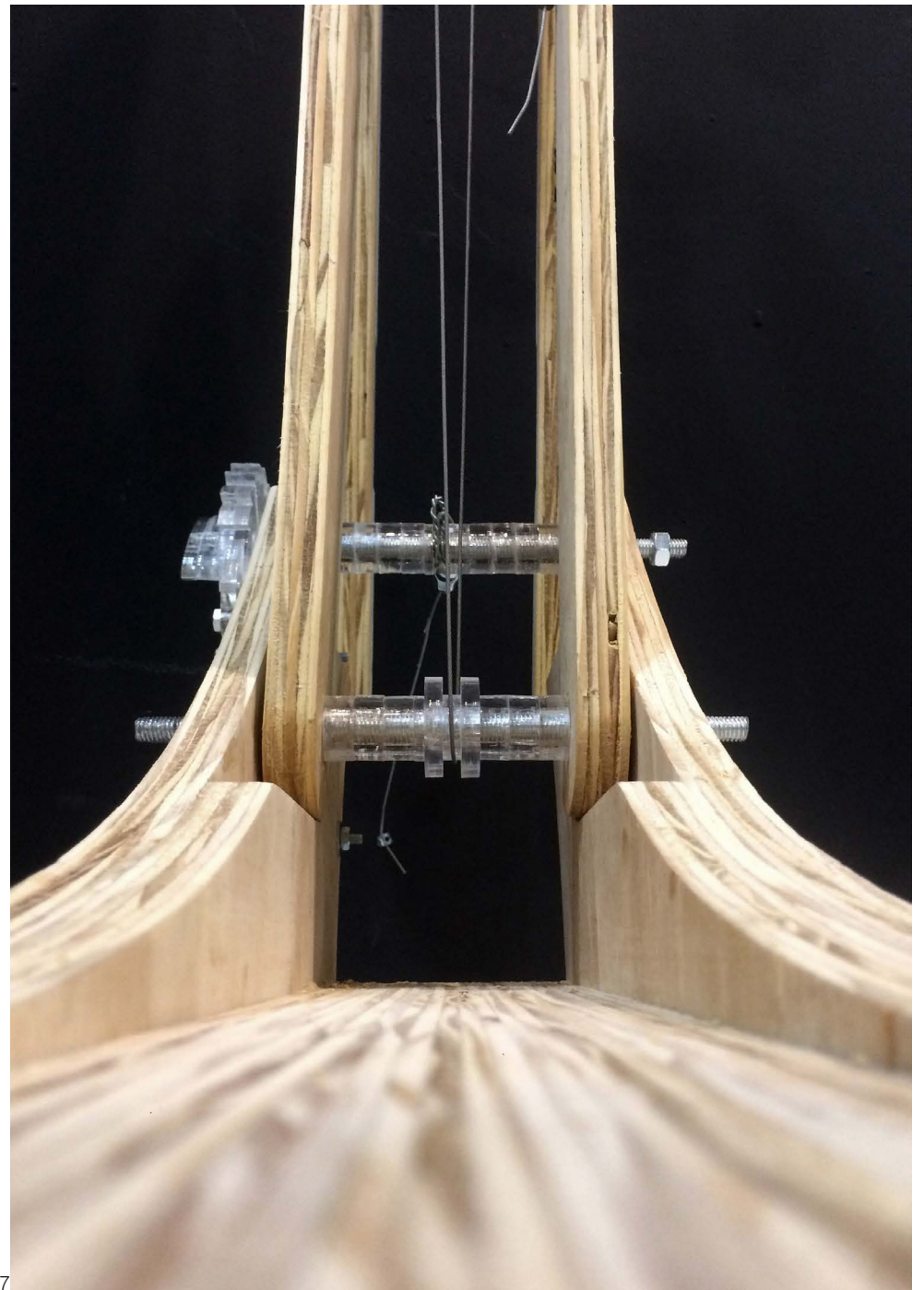
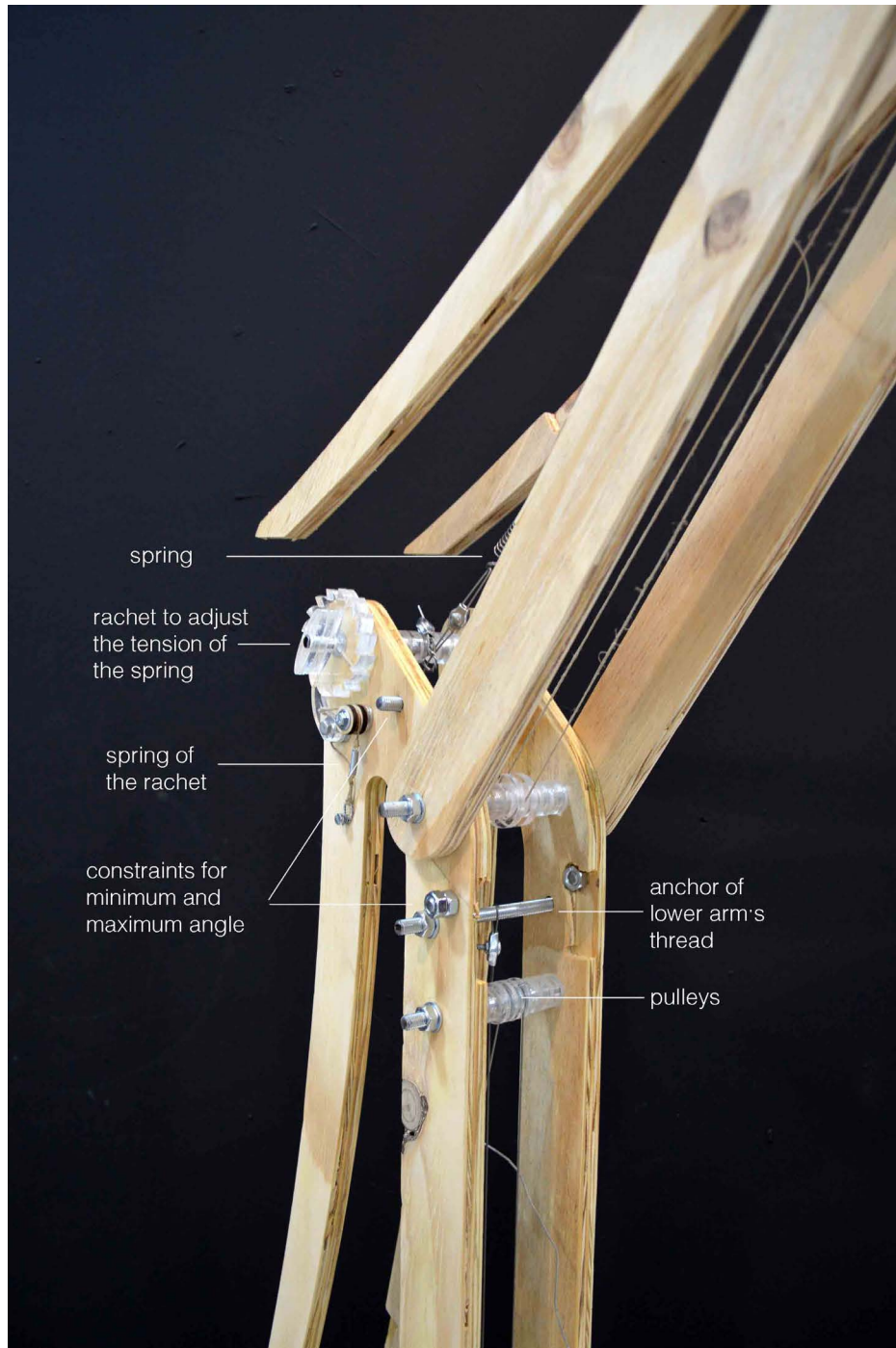


ζητούμενα:

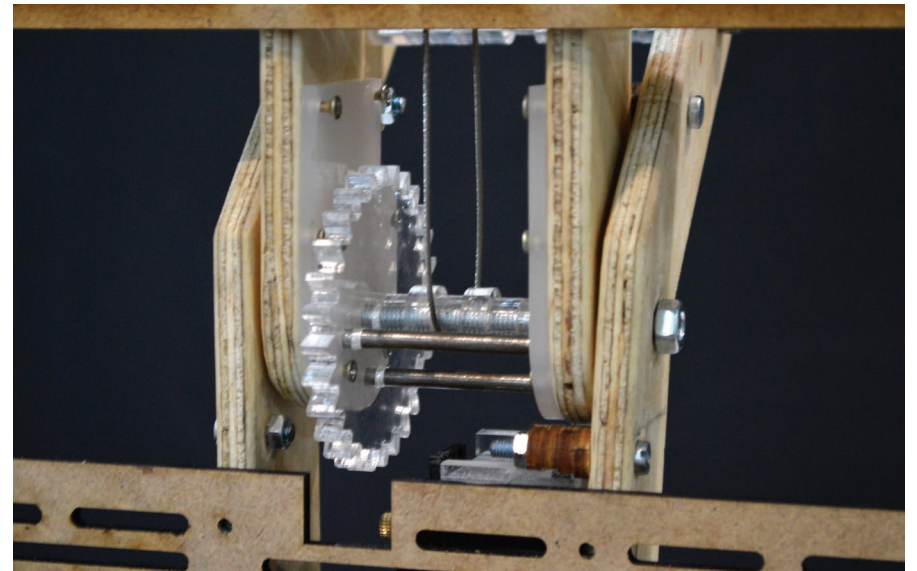
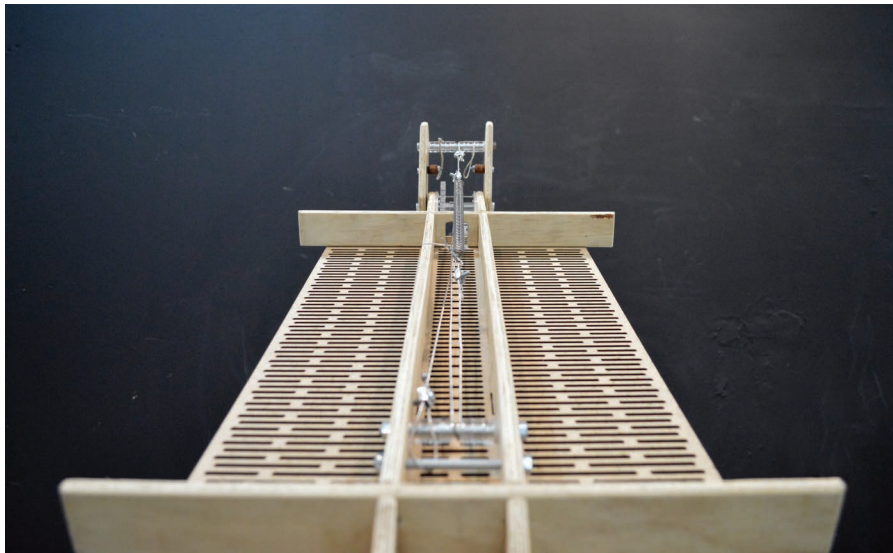
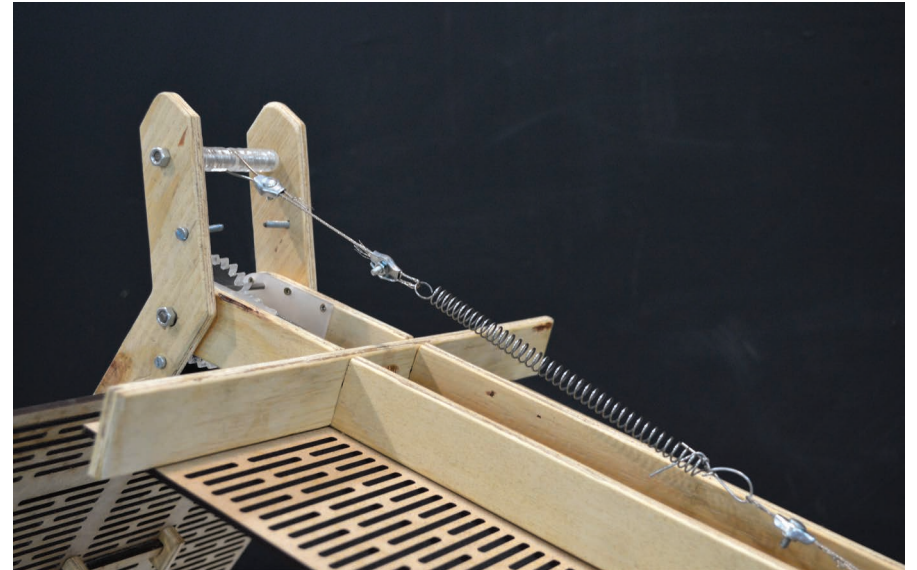
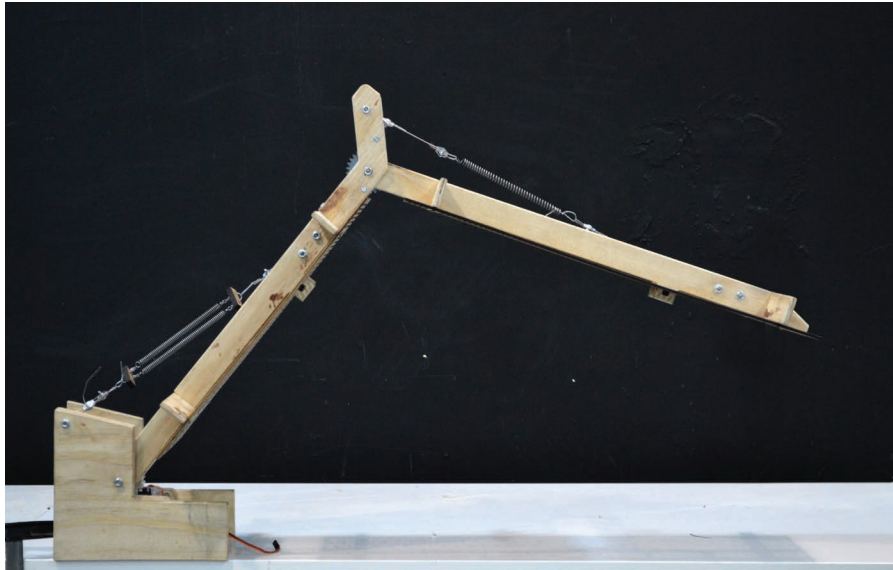
- εύκολη αλλαγή ελατηρίων
- εύκολη αυξομείωση βαρους
- εύκολη αυξομείωση τάσης στα σχοινιά -ισορροπία σε όλες τις διευθύνσεις
- πειραματισμός με τη γωνία στήριξης

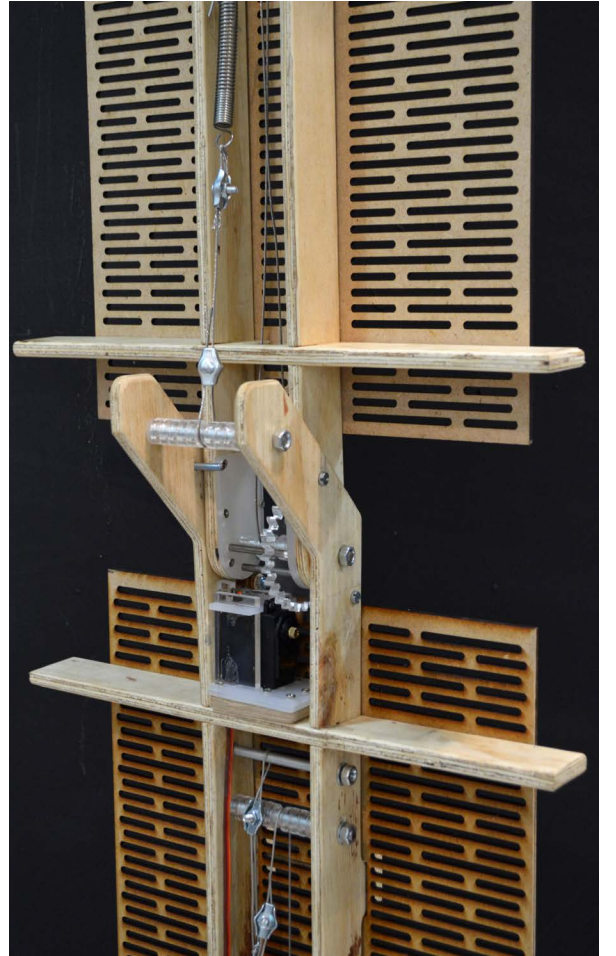
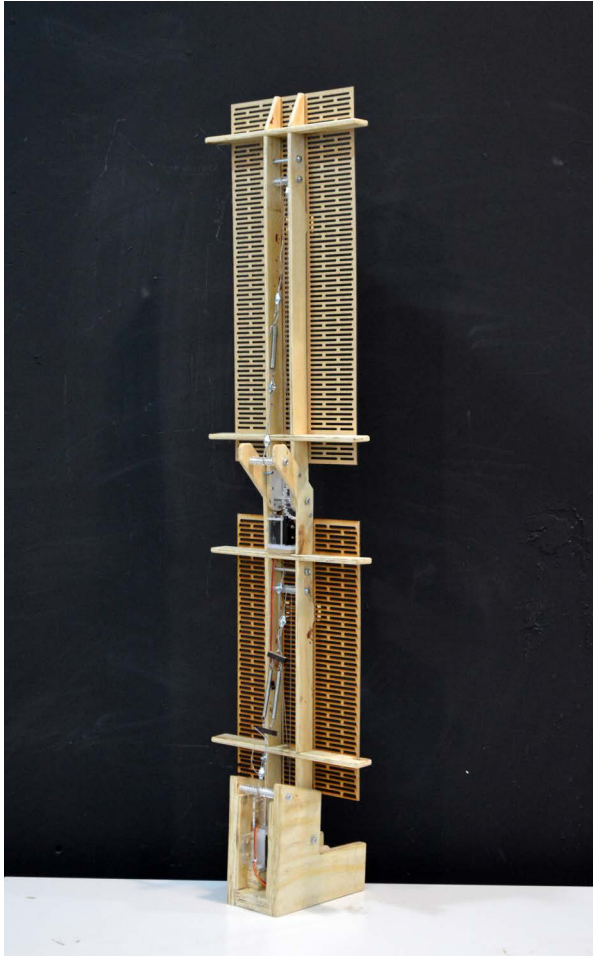
4η μακέτα, ελατήρια σε μεγάλη κλίμακα





Τελικό πρωτότυπο





Τα υλικά



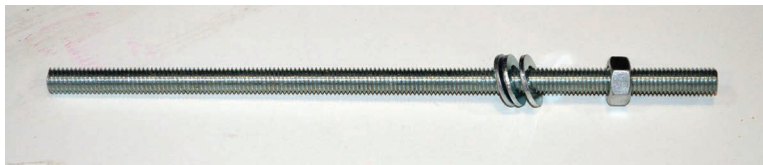
Ξύλο κόντρα πλακέ, πάχος 9mm



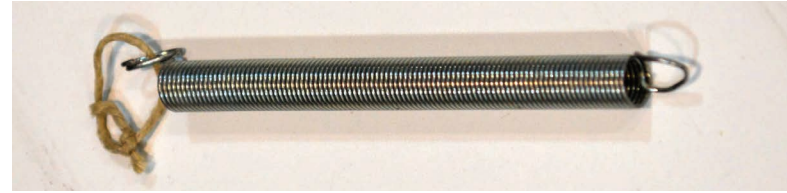
Ξύλο mdf, πάχος 4mm



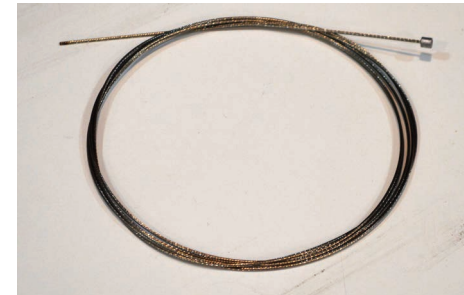
Πλαστικό (ακρυλικό) πάχος 3-8 mm



Μεταλλικές μπάρες με ραβδώσεις, διάμετρος 6mm



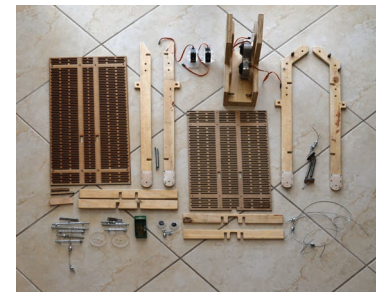
Ελατήρια



Μεταλλικό σχοινί (φρένα ποδηλάτου)



Βίδες και άλλα μεταλλικά μέρη



Κόστος

Plywood-----6 €
two motors-----30€
HC-05 bluetooth module-----9€
metallic parts-----4€
metallic thread-----7€
springs-----4€
acrylic-----10€
ioarduino-----περίπου 2€

Σύνολο 70€

4.ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

Όπως ανέφερα ήδη με ενδιαφέρει πρώτα απ' όλα η σχέση της κατασκευής με το ανθρώπινο σώμα. Δηλαδή το πώς το ανθρώπινο σώμα μπορεί εύκολα να επηρεάσει την κατασκευή. Στην αρχιτεκτονική κλίμακα όμως συχνά τα μεγέθη ή η θέση των στοιχείων, δεν επιτρέπουν την άμεση αλληλεπίδραση του ανθρώπου με αυτά, για παράδειγμα αν τα στοιχεία βρίσκονται στην οροφή.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, η “σωματική” σχέση του ανθρώπου με την κατασκευή μπορεί να μην είναι κυριολεκτική. Υπάρχει η πρόθεση ο άνθρωπος να μπορεί να αλληλεπιδράσει με το σώμα του, με τα χέρια του με την κατασκευή, αλλά κάποιες φορές αυτό είναι αδύνατον λόγω πρακτικών ζητημάτων. Έτσι αποφάσισα πως θα είχε νόημα να μελετήσω ένα

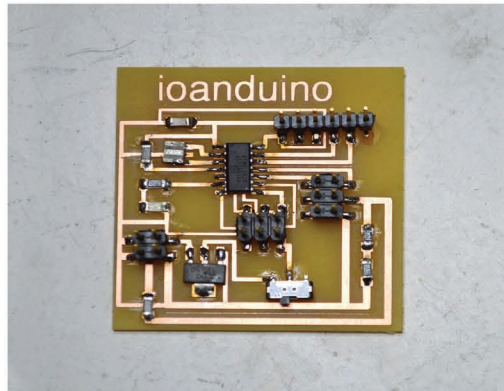
σύστημα αυτοματοποίησης, έχει ως στόχο γεφυρώσει κανείς το χάσμα ανάμεσα στην κλίμακα του κτηρίου και την κλίμακα του ανθρώπου.

Αυτή η σκέψη, μαζί με ένα μεγάλο ενδιαφέρον που έχω για τα ηλεκτρονικά, και προγραμματιστικά ζητήματα με οδήγησε στο να μελετήσω σε πολύ βάθος πώς αυτή η κατασκευή θα μπορούσε να είναι αυτοματοποιημένη και διαδραστική, όταν ο χρήστης βρίσκεται σε απόσταση που να μην του επιτρέπει την άμεση σωματική επαφή.

Έτσι σχεδιάστηκε μία πλακέτα για τις ανάγκες του πρωτοτύπου, η οποία μέσω bluetooth συνδέεται με το κινητό (android). Επίσης σχεδιάστηκε η εφαρμογή του κινητού που επιτρέπει αυτή την επικοινωνία.

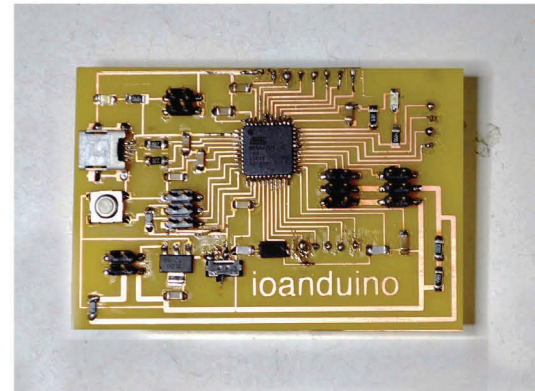
Πλακέτα PCB

1η γενιά



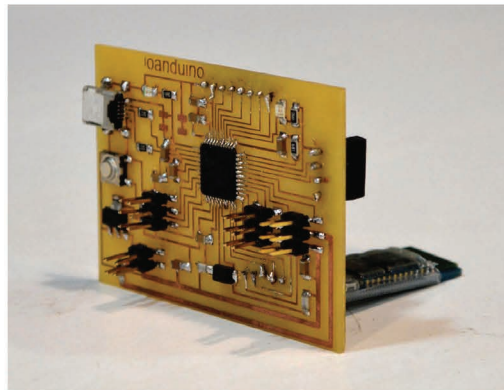
Μικροεπεξεργαστής	AtTiny 44A
Μνήμη	4KB Flash
Μνήμη RAM	256 Bytes
Ρολόι	Crystal 20MHz
Πηγή ενέργειας	FTDI/μπαταρία
Υποδοχές για μοτεράκια	4
Ελεύθερες υποδοχές	0

2η γενιά



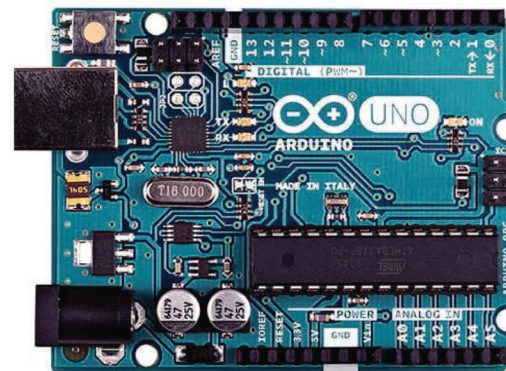
Μικροεπεξεργαστής	AtMega32U4
Μνήμη	32KB Flash
Μνήμη RAM	2.5 Kb
Ρολόι	Crystal 16MHz
Πηγή ενέργειας	Mini USB/μπαταρία
Υποδοχές για μοτεράκια	4
Ελεύθερες υποδοχές	4 digital 6 analog

3η γενιά



Μικροεπεξεργαστής	AtMega32U4
Μνήμη	32KB Flash
Μνήμη RAM	2.5 Kb
Ρολόι	Crystal 16MHz
Πηγή ενέργειας	Mini USB/ μπαταρία
Υποδοχές για μοτεράκια	4
Ελεύθερες υποδοχές	4 digital 6 analog

Arduino UNO



Μικροεπεξεργαστής	AtMega168
Μνήμη	16KB Flash
Μνήμη RAM	512 Bytes
Ρολόι	Crystal 16MHz
Πηγή ενέργειας	USB jack/ power jack
Υποδοχές για μοτεράκια	0
Ελεύθερες υποδοχές	13 digital 5 analog

Στη συνέχεια δίνονται λεπτομέρειες για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τον προγραμματισμό της 3ης γενιάς

What is the ioarduino?

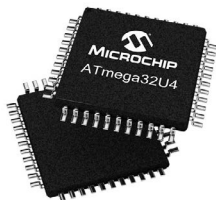
The ioarduino is a board designed for the needs of my final prototype. It is inspired from the Xavduino, which was in its turn inspired by the arduino Leonardo, a different version of arduino documented in the fabAcademy archives. The ioarduino therefore is a simpler edition of an arduino.

The requirements are the following:

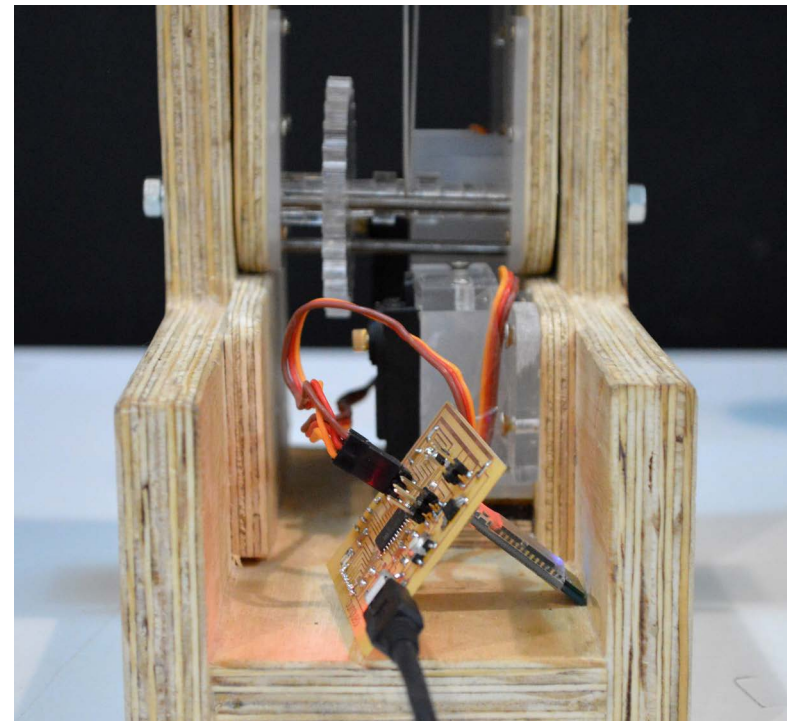
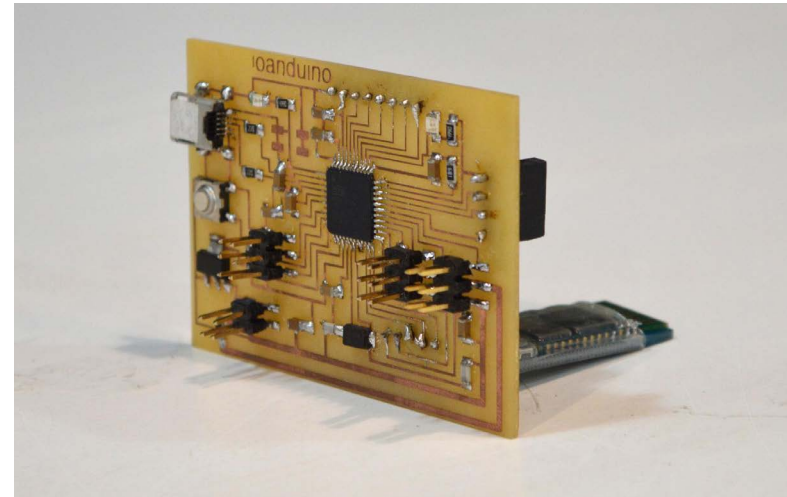
- two servos that run at 8.4V and 1.5A to open and close the roof
- a bluetooth module (5V on VCC, 3.3V on RX and TX) to communicate with the ioarduino via a phone

As a result, on the board there are specific pins for those components so that they could be easily connected and have the necessary voltage and amperage. In order to make the board a little more generic there are for more pins for servos than necessary, and some digital I/O and analog I/O.

The core of the PCB is the aTmega32U4-AU.

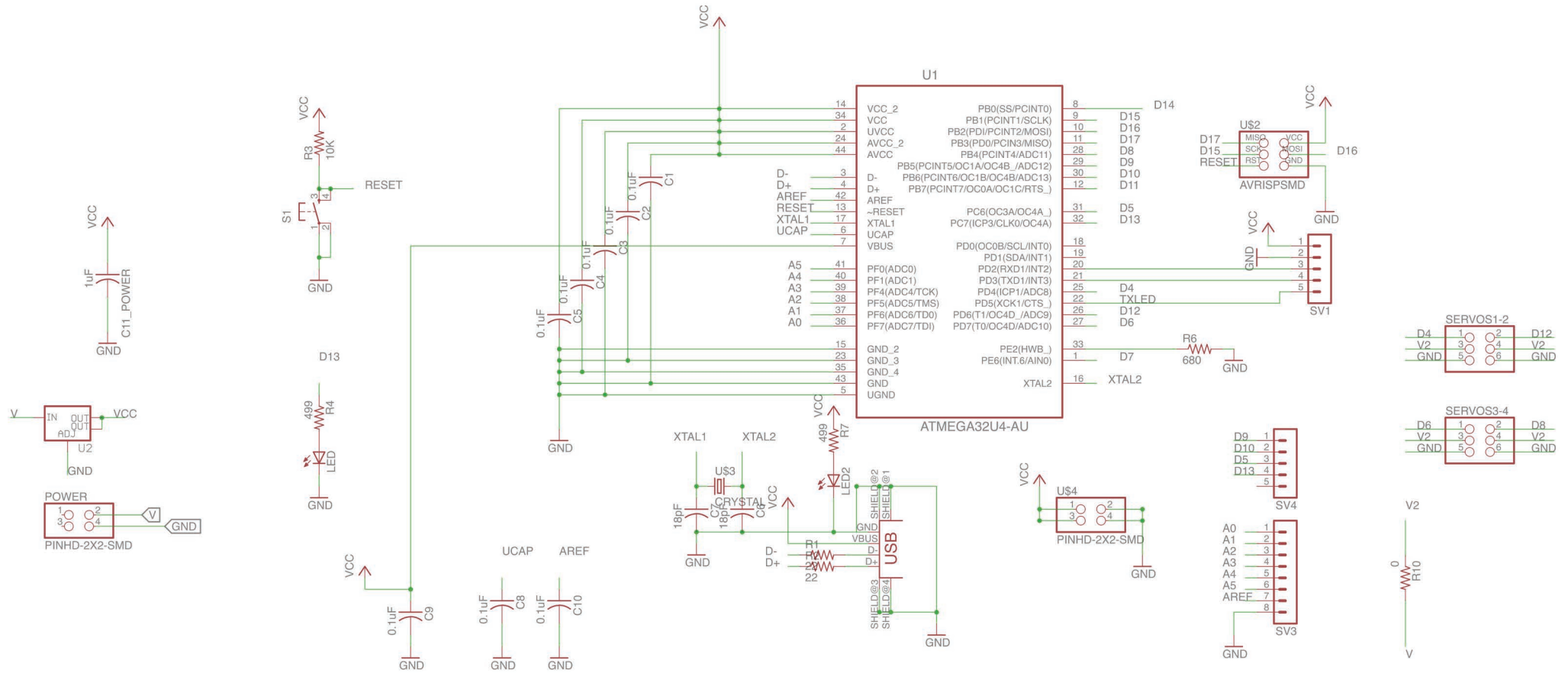


One of the advantages of this microchip, apart from its 44 pins (which allows for a lot of inputs and outputs) and its memory, is that it does not require an FTDI for communication with USB because it is already incorporated inside, so it can be connected (almost) directly to a USB tiny port. This makes its programming easier.

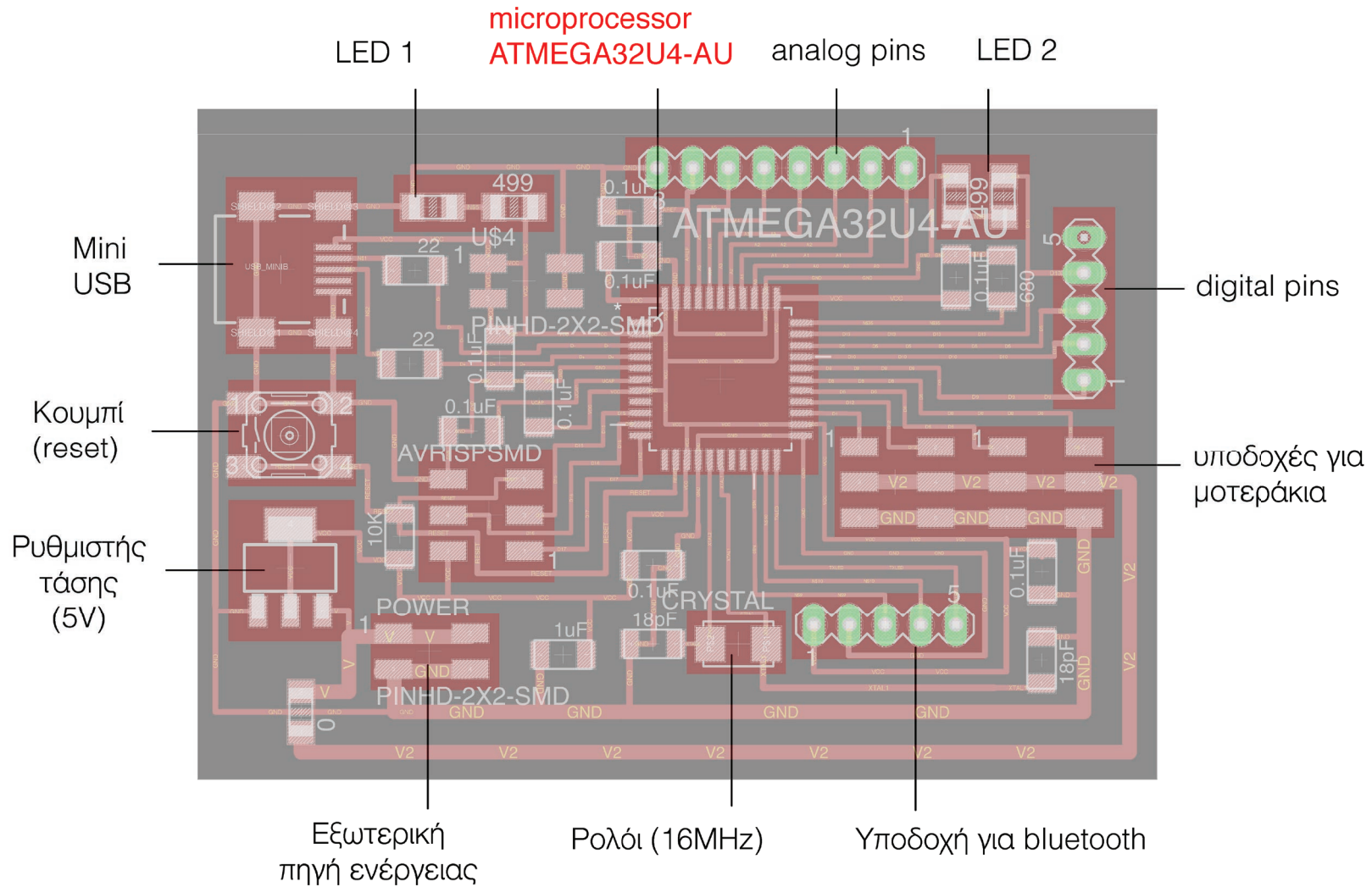


ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Schematic

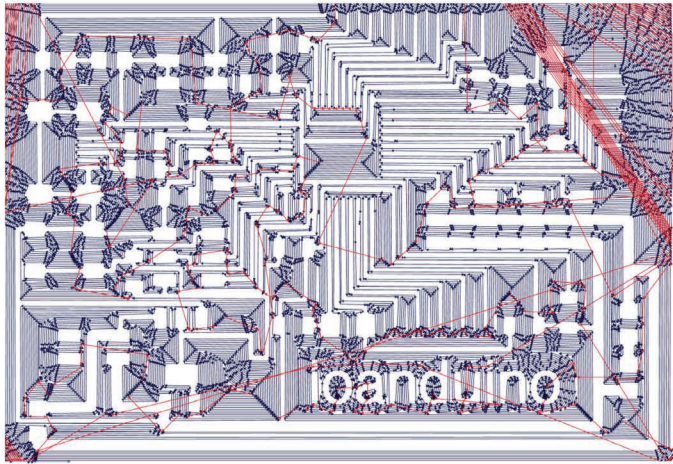


Board

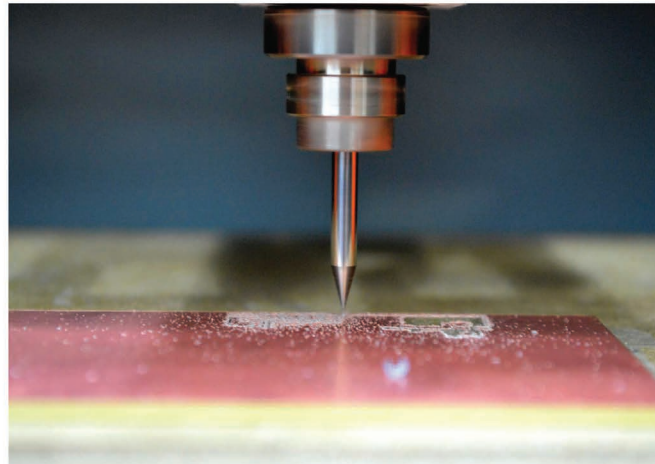


ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

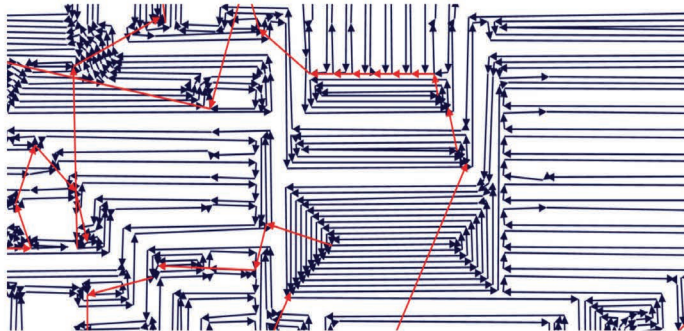
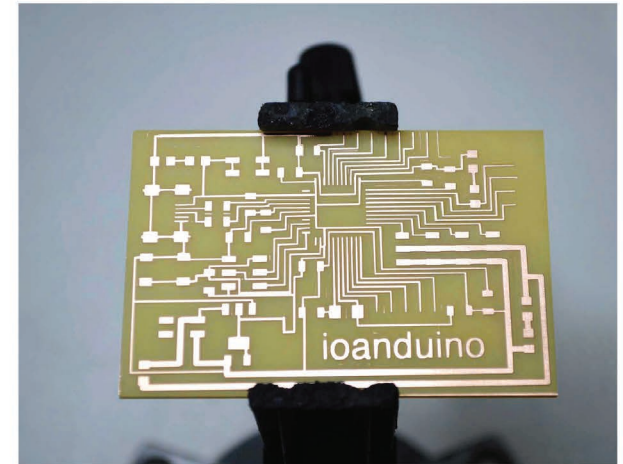
Υπολογισμός toolpath Fabmodules.org



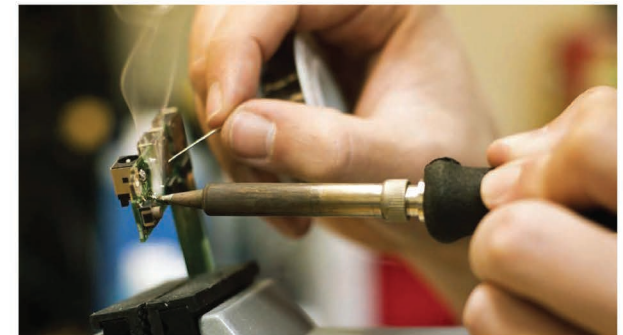
Μηχάνημα MonoFab SRM-20 milling



Κόλληση με καλάι (soldering)



Κεφαλές: 1/32, 1/64, 0.01



Περιορισμοί

- ελάχιστο πλάτος ίχνους
προβλεπόμενο ρεύμα
- ελάχιστη απόσταση μεταξύ γραμμών

Εστίαση - πάχος υλικού

- Στερέωση με ταινία διπλής όψης
- Ταχύτητα, spindle, βήματα, δόνηση
- Χρόνος ζωής εργαλείου

Καλάι

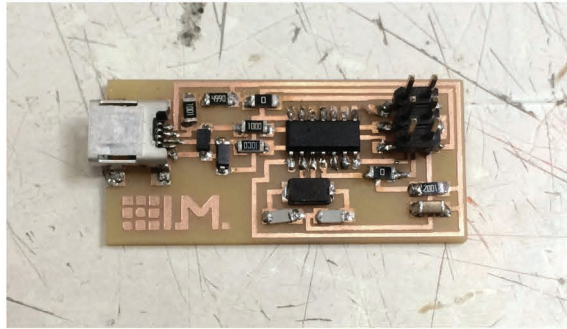


Flux

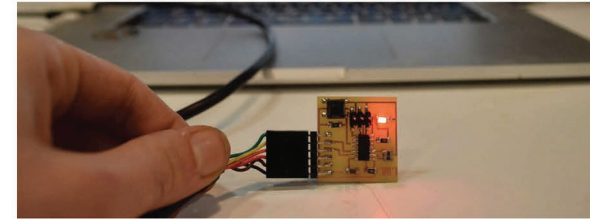
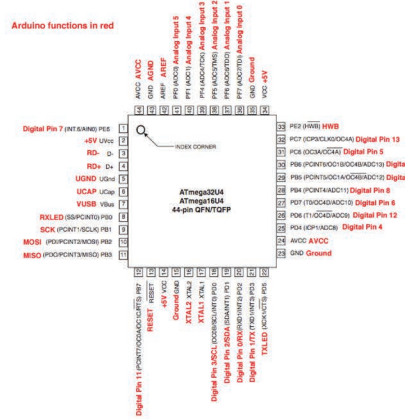


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

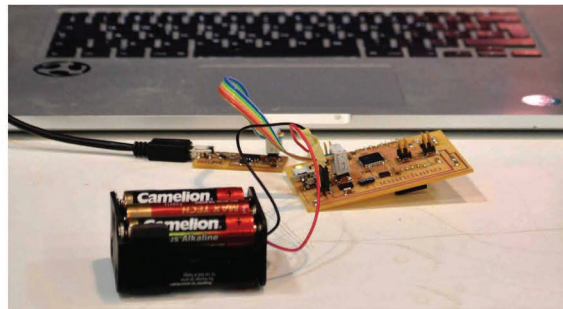
Προγραμματιστής FabISP



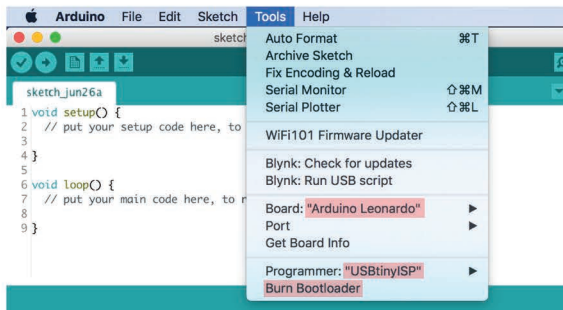
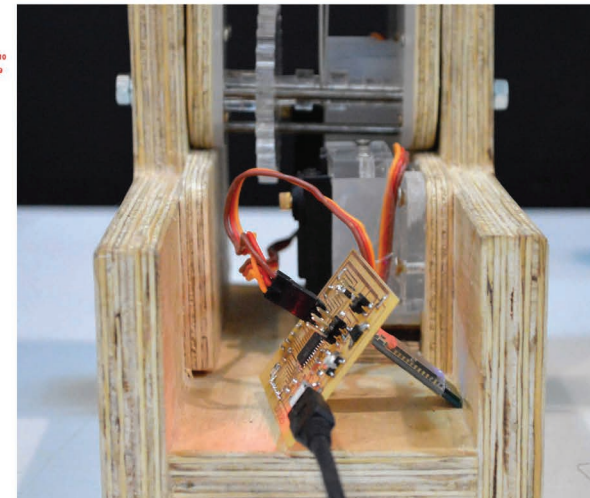
AtMega Pinout



Burning Bootloader



εξωτερική πηγή ενέργειας + ioarduino + fabISP

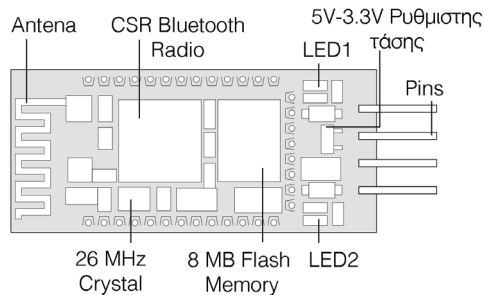
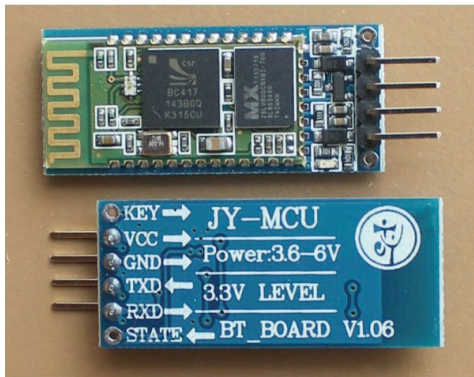


- ✗ Πλακέτα Arduino UNO
- ✓ Λογισμικό Arduino IDE
- ✓ Γλώσσα προγραμματισμού Arduino
- ✓ Βιβλιοθήκες Arduino (bluetooth, servo)



Ασύρματη επικοινωνία

Λίγα λόγια για το Bluetooth HC-05



The bluetooth uses serial communication to send and receive data. **Serial communication** is the process of sending data one bit at a time, sequentially, over a communication channel. This is in contrast to parallel communication, where several bits are sent as a whole, on a link with several parallel channels.

I am using the bluetooth module HC-05, which is a wireless Bluetooth Serial Transceiver Module, designed for transparent wireless serial connection setup. It can be set to be

either Master or Slave, and it uses 3.3V signal levels, but its Voltage can operate with 5V. The module has two modes of operation, Command Mode where we can send AT commands to it and change its settings, and Data Mode where it transmits and receives data to another bluetooth module.

MIT App Inventor

The platform used for the development of the application was the MIT application inventor. It is a very well designed platform for visual programming application for android devices. In a way, it is like grasshopper, but instead of geometry, it is for applications. It was the first time I ever used this tool, and I am really happy with it, as it is very powerful and user-friendly, and you can find a lot of tutorials, projects and documentation online.

When creating an application that interacts with an arduino, one has to be writing two codes at the same time: the application and the arduino code. Those two have to match and cooperate well to get the project working.

The communication between the application and the arduino in the code is based on a simple logic. This application defines a very simple protocol for communicating with the Arduino. This protocol is merely a 2-byte sequence.

The application always sends the first byte (=number) , which contains a value that we interpret as a “command”. This number points out what this particular communication is for.

Πρωτόκολλο επικοινωνίας: 2 Byte Sequence

1ο Byte
2ο Byte

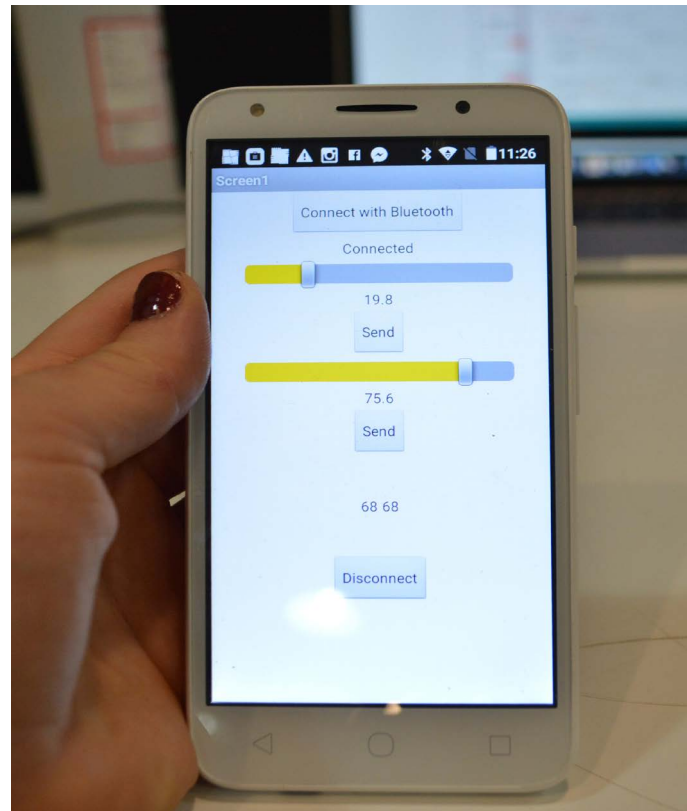
εντολή
απάντηση / 2η εντολή

αποστολέας: εφαρμογή
αποστολέας: εφαρμογή / arduino

Παράδειγμα

Εφαρμογή --> "1"
Arduino --> "85"

(= Θέλω να μάθω τη θέση του servo A)
(= Το servo A βρίσκεται στη θέση 85 μοίρες)



MIT App Inventor code blocks

Arduino code

Αρχική σύνδεση (Initialization)

```

when Screen1.Initialize
do
  if not BluetoothClient1.Enabled
  then
    call Notifier1.ShowAlert
    notice "Please turn on your bluetooth to connect"

when ListPicker1.BeforePicking
do
  set ListPicker1.Elements to BluetoothClient1.AddressesAndNames

when ListPicker1.AfterPicking
do
  set ListPicker1.Selection to call BluetoothClient1.Connect
  address ListPicker1.Selection
  if BluetoothClient1.IsConnected
  then
    set statusLabel.Text to "Connected"
    set statusLabel.Visible to true
  
```

Αποσύνδεση

```

when Disconnect.Click
do
  call BluetoothClient1.Disconnect
  set statusLabel.Text to "Disconnected"
  
```

Sliders (μπάρρες ελέγχου θέσης)

```

when Slider1.PositionChanged
thumbPosition
do
  set slider1Pos.Text to get thumbPosition

when Slider2.PositionChanged
thumbPosition
do
  set slider2Pos.Text to get thumbPosition
  
```

```

when Button1.Click
do
  if BluetoothClient1.IsConnected
  then
    call BluetoothClient1.Send1ByteNumber
    number 0
    initialize local newpos to Slider1.ThumbPosition
    in call BluetoothClient1.Send1ByteNumber
    number ceiling get newpos
  
```

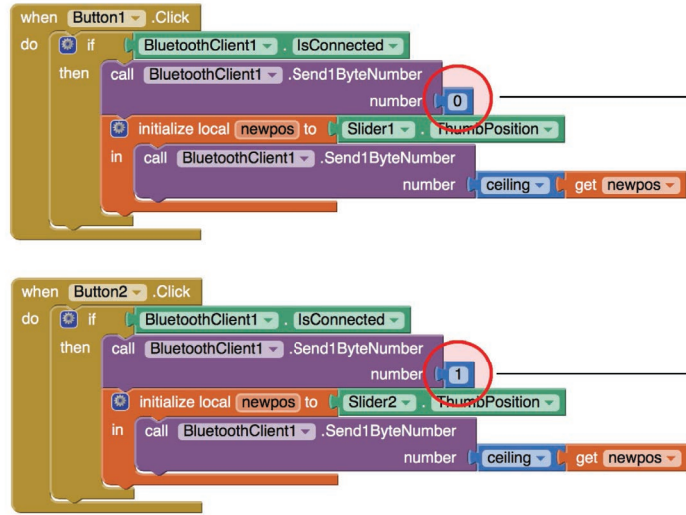
```

1 #include <Servo.h>
2 #define ledPin 8
3
4 byte state = 0;
5
6 Servo myservo1;
7 Servo myservo2;
8
9 int servoPin1 = 9;
10 int servoPin2 = 10;
11
12 int pos1;
13 int pos2;
14
15 int destination1;
16 int destination2;
17
18
19 void setup() {
20   Serial.begin(9600);
21
22   pinMode(ledPin, OUTPUT);
23   digitalWrite(ledPin, LOW);
24
25   myservo1.attach(servoPin1);
26   myservo2.attach(servoPin2);
27
28   while(!Serial);
29 }
30
31 void loop() {
32
  
```

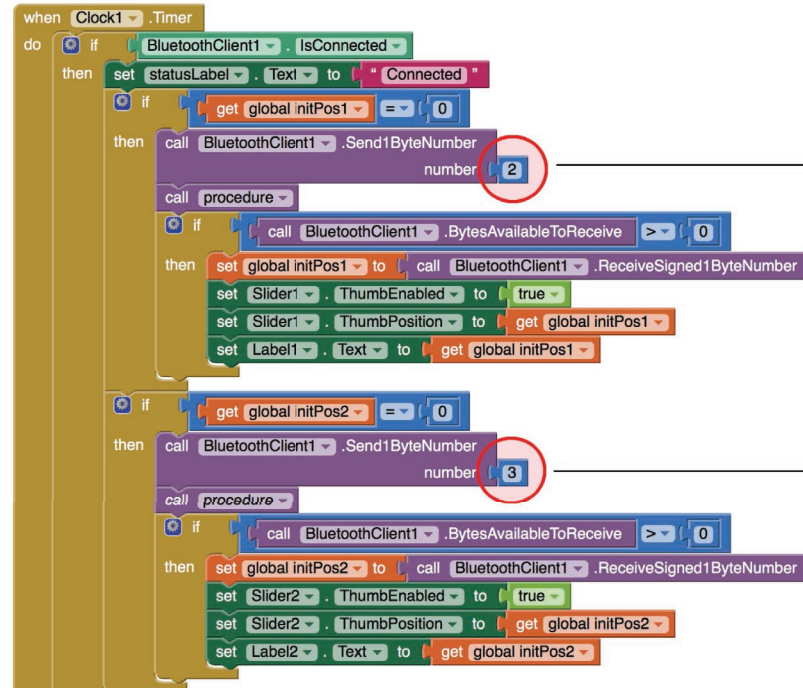
Declare

Initialize

Αλλαγή θέσης των servo



Ρολόι (συγχρονισμός) λήψη τρέχουσας θέσης των servo



```

21 pinMode(ledPin, OUTPUT);
22 digitalWrite(ledPin, LOW);
23
24 myservo1.attach(servoPin1);
25 myservo2.attach(servoPin2);
26
27 while(!Serial);
28 }
29
30 void loop() {
31
32   if (Serial.available()) {
33     state = Serial.read(); //read the Command
34
35     if (state == 0) { // Command = 0
36       destination1 = Serial.read(); // send servo 1 to desired position
37       pos1 = myservo1.read();
38       servoGo(myservo1, 2*destination1, pos1);
39       flash(2000);
40     }
41
42     else if (state == 1) { // Command = 1
43       destination2 = Serial.read(); // send servo 2 to desired position
44       pos2 = myservo2.read();
45       servoGo(myservo2, 2*destination2, pos2);
46       flash(2000);
47     }
48
49     else if (state == 2) { // Command = 2
50       pos1 = myservo1.read(); // get servo 1 position
51       Serial.write(byte(pos1/2));
52       flash(200);
53     }
54
55     else if (state == 3) { // Command = 3
56       pos2 = myservo2.read(); // get servo 2 position
57       Serial.write(byte(pos2/2));
58       flash(200);
59     }
60
61   }
62   delay(500);
63 }
64
65 //Additional functions
66
67 void servoGo(Servo servo, int destination, int initialPosition) {
68
69   if (destination >= initialPosition) {
70     for (int i = initialPosition; i <= destination; i += 1) {
71       servo.write(i);
72       delay(30);
73     }
74   }
75 }
  
```

Initialize

Ανταλλαγή Bytes μέσω σειρακής επικοινωνίας

The image shows a sequence of Scratch code blocks:

- An **if** block with the condition `not BluetoothClient1 . IsConnected`.
- Inside the **then** branch, there are four **set** blocks:
 - `statusLabel . Text` to `" Disconnected "`
 - `global initPos1` to `0`
 - `global initPos2` to `0`
 - `Slider1 . ThumbEnabled` to `false`
 - `Slider2 . ThumbEnabled` to `false`
- Below this is an **initialize global delay** block.
- Finally, a **to procedure** block containing:
 - A **do** loop:
 - `set global delay` to `call Clock1 . SystemTime`
 - `set global delay` to `get global delay + 1000`
 - A **while test** loop:
 - Test: `call Clock1 . SystemTime < get global delay`
 - do** block (empty)

```

79
80 }
81 }
82 else if (destination < initialPosition) {
83   for (int i = initialPosition; i >= destination; i -= 1) {
84     servo.write(i);
85     delay(30);
86   }
87 }
88 }
89 }
90
91 void flash(int wait) {
92   digitalWrite(LedPin, HIGH);
93   delay(wait);
94   digitalWrite(LedPin, LOW);
95 }
96

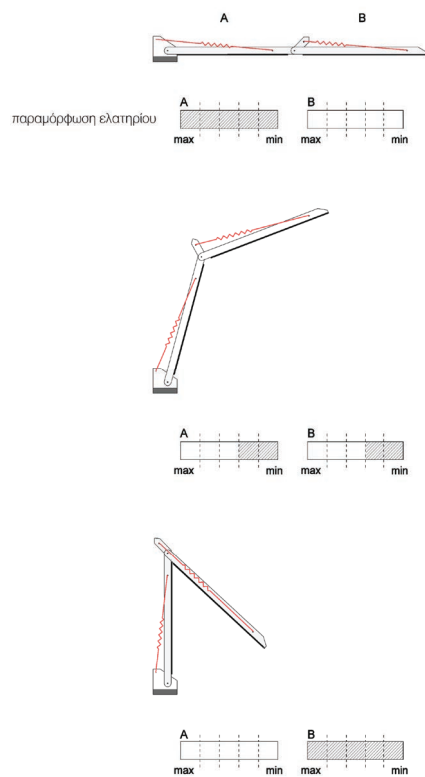
```


5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η λογική των κινούμενων επιφανειών μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις. Ανάλογα με την εφαρμογή, αλλάζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά

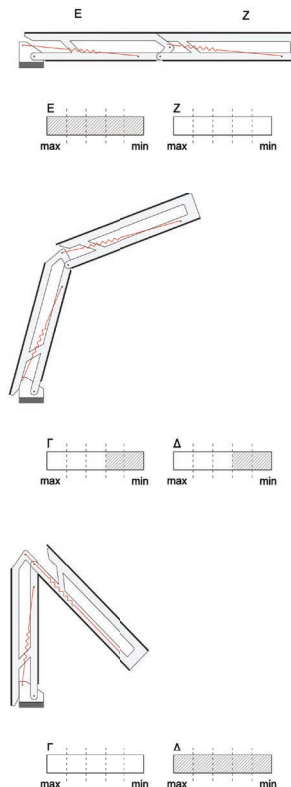
ΘΕΣΗ ΧΡΗΣΙΜΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Χρήσιμη επιφάνεια κάτω από τους βραχίονες



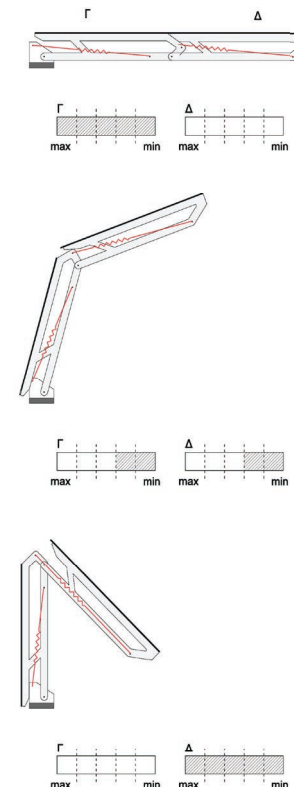
οροφή
χωρισμα
τοιχος
κέλυφος

Χρήσιμη επιφάνεια πάνω και κάτω από τους βραχίονες



34

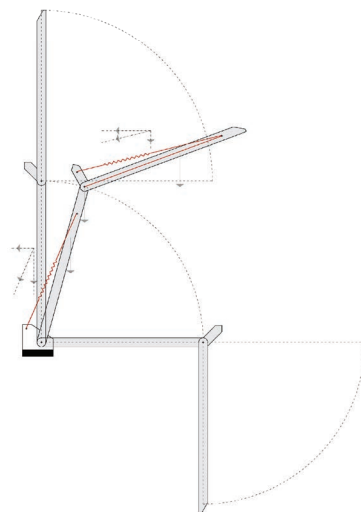
Χρήσιμη επιφάνεια πάνω από τους βραχίονες



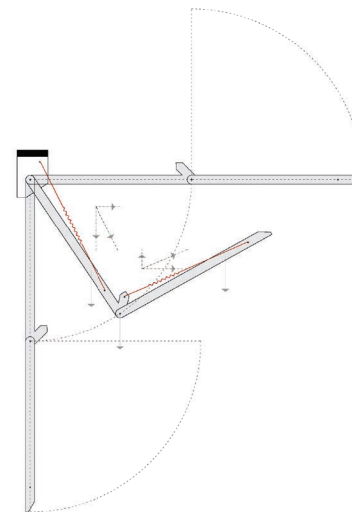
έδαφος
ανάγλυφο
τοιχος
έπιπλο

ΓΩΝΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ

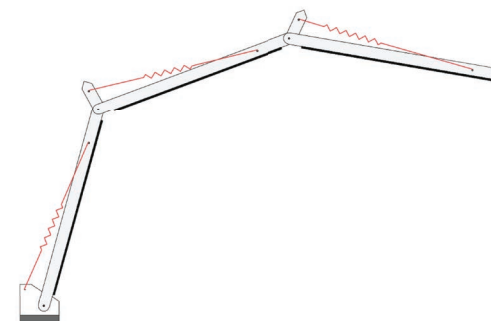
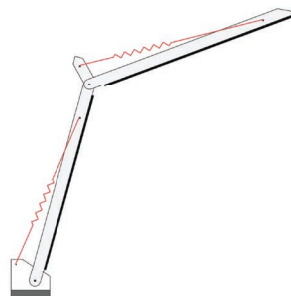
θετική γωνία στροφής



αρνητική γωνία στροφής



ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ



Παραμετρικός σχεδιασμός με grasshopper για την εφαρμογή του μηχανισμού σε πραγματικές συνθήκες

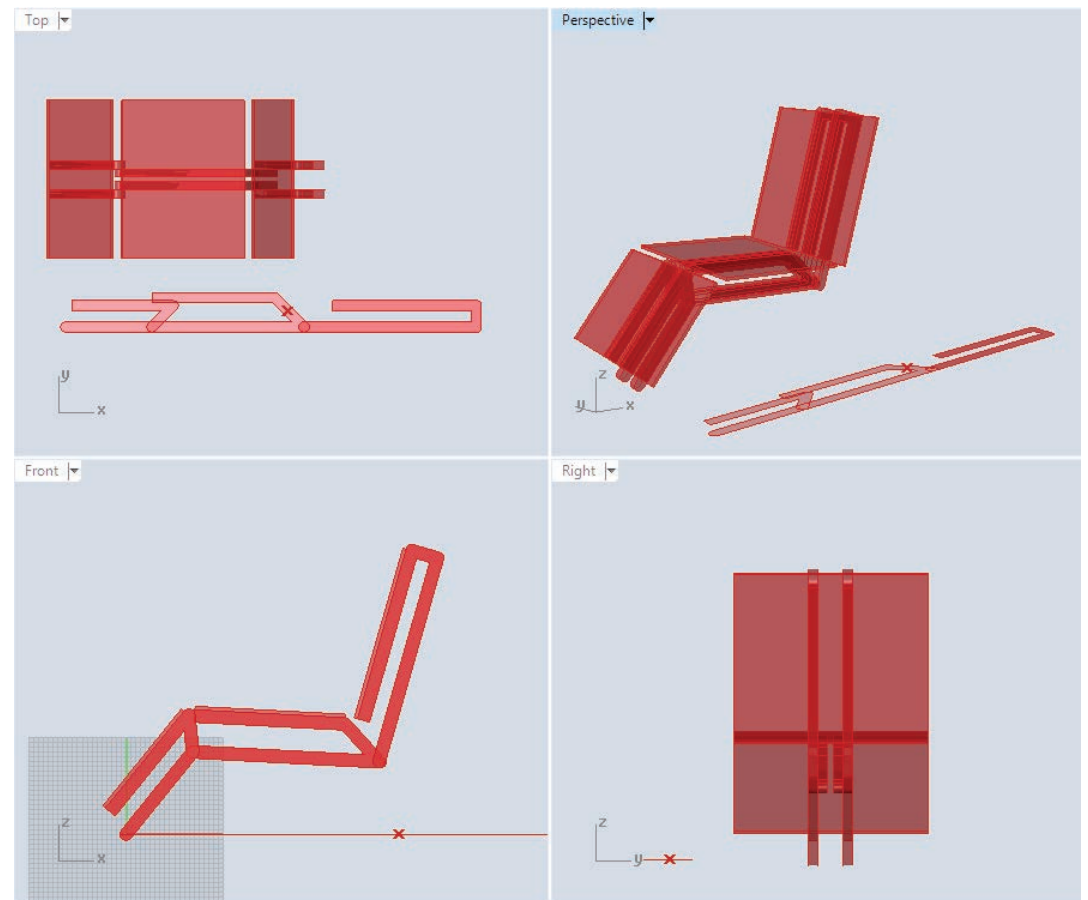
Αιτίες για την ανάγκη παραμετρικού σχεδιασμού:

-μεγάλος αριθμός παραγόντων επηρεάζουν τις απαιτούμενες ιδιότητες των ελατηρίων, δύσκολος υπολογισμός

-όχι γραμμικός σχεδιασμός: η γεωμετρία κάθε βραχίονα εξαρτάται τόσο από τις δικές του ιδιότητες όσο και αυτές των γειτονικών του

-κάθε εφαρμογή απαιτεί διαφορετική γεωμετρία

-δύσκολος υπολογισμός της σταθεράς ελατηρίου k



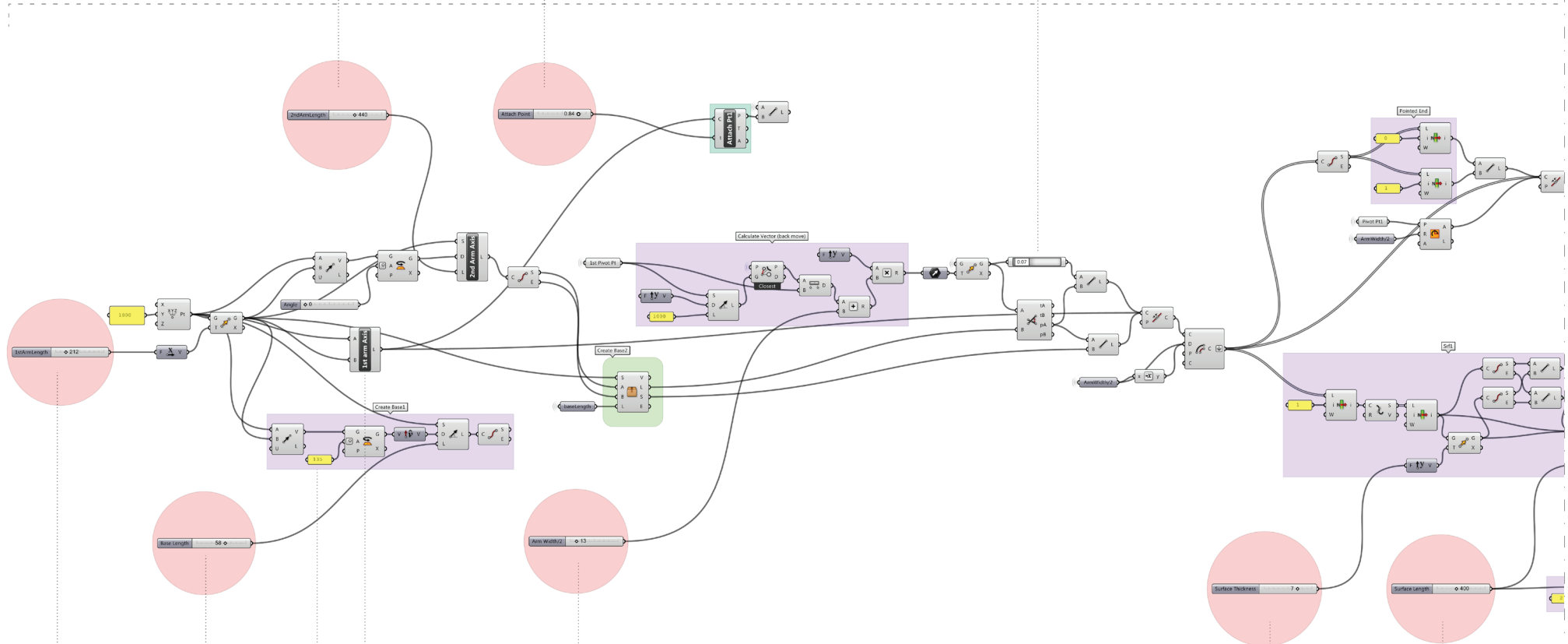
Παράδειγμα καθίσματος
(τρεις βραχίονες με τη χρήσιμη επιφάνεια πίσω από το μηχανισμό)

μήκος δεύτερου βραχίονα

σημείο σύνδεσης ομοιόμορφο στο βραχίονα
σχετίζεται με:
-κ
-ελεύθερος χώρος για βοηθητικά στοιχεία σύνδεσης βραχιόνων

ποσοστό σμίκρυνσης σκελετού πλάτης
σχετίζεται με:
-κατανομή βάρους
-δυνατή γωνία στροφής

ΠΡΩΤΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ



μήκος πρώτου βραχίονα

απόσταση σημείου στήριξης ελατηρίου από το σημείο περιστροφής του πρώτου βραχίονα
σχετίζεται με:
-κ
-δυνατή γωνία στροφής

άξονας πρώτου βραχίονα

γωνία μεταξύ άξονα σημείου στήριξης και άξονα βραχίονα στη θέση 0
σχετίζεται με:
-δυνατή γωνία στροφής

πλάτος βραχιόνων
σχετίζεται με:
-βάρους και κατανομή βάρους
-κ

πάχος φερόμενων επιφανειών

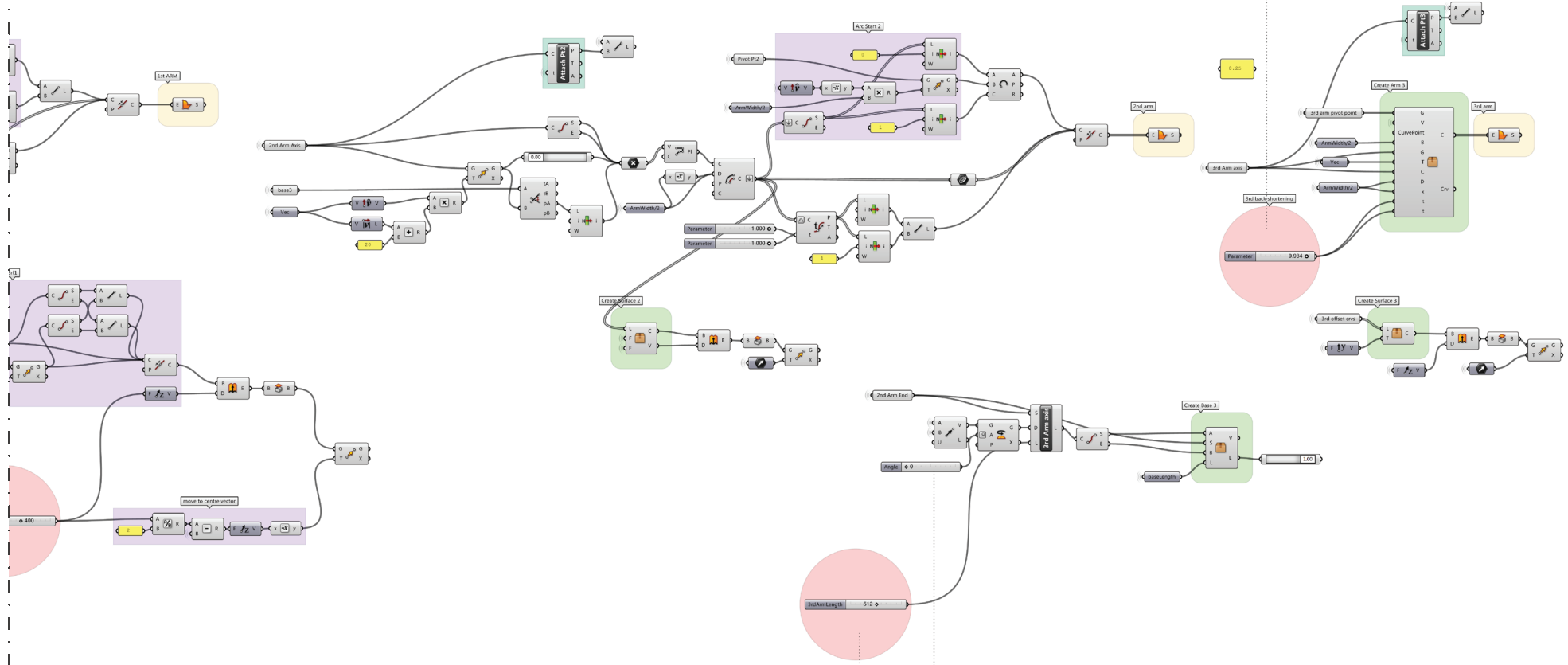
πλάτος φερόμενων επιφανειών

σχετίζονται με:
-βάρους και κατανομή βάρους
-κ
-δυνατή γωνία στροφής

ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

ΤΡΙΤΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

ποσοτό σμίκρυνσης
σκελετού πλάτης



μήκος τρίτου
βραχίονα

γωνία μεταξύ
άξονα σημείου
στήριξης και
άξονα βραχίονα
στη θέση 0

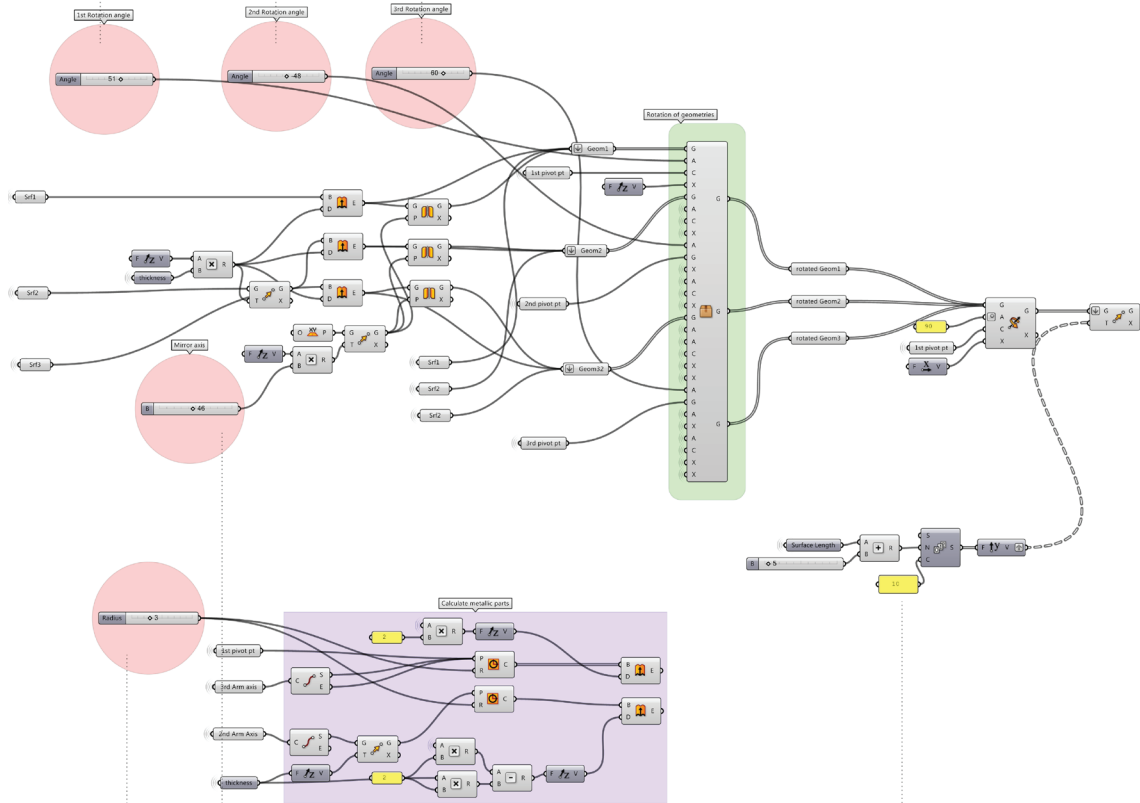
σχετίζεται με:
-δυνατή γωνία στροφής

γωνία στροφής πρώτου σκέλους

γωνία στροφής δεύτερου σκέλους

γωνία στροφής τρίτου σκέλους

δυνατές τιμές όπως ορίστηκαν από τις προηγούμενες παραμέτρους



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ

διάμετρος μεταλλικών στοιχείων

απόσταση μεταξύ διδμων βραχίωνων

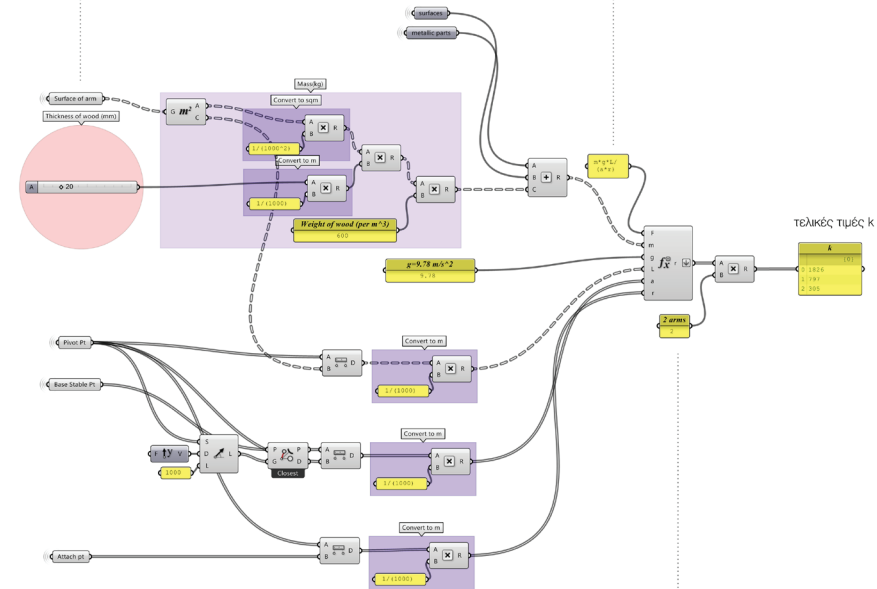
σχετίζεται με: φάρος και κατανομή βάρους + τριβή σταθεροποίησης

αριθμός τελικών καθίσματων

πάχος βραχίωνων

μαθηματικός τύπος

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΓΕΡΑΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ (k)



τελικές τιμές k

μετατροπή μονάδων

6.ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αμφιθέατρο-Πολυχώρος

στοιχεία

περιστρεφόμενη πλατφόρμα που δημιουργεί κλίση αμφιθεάτρου

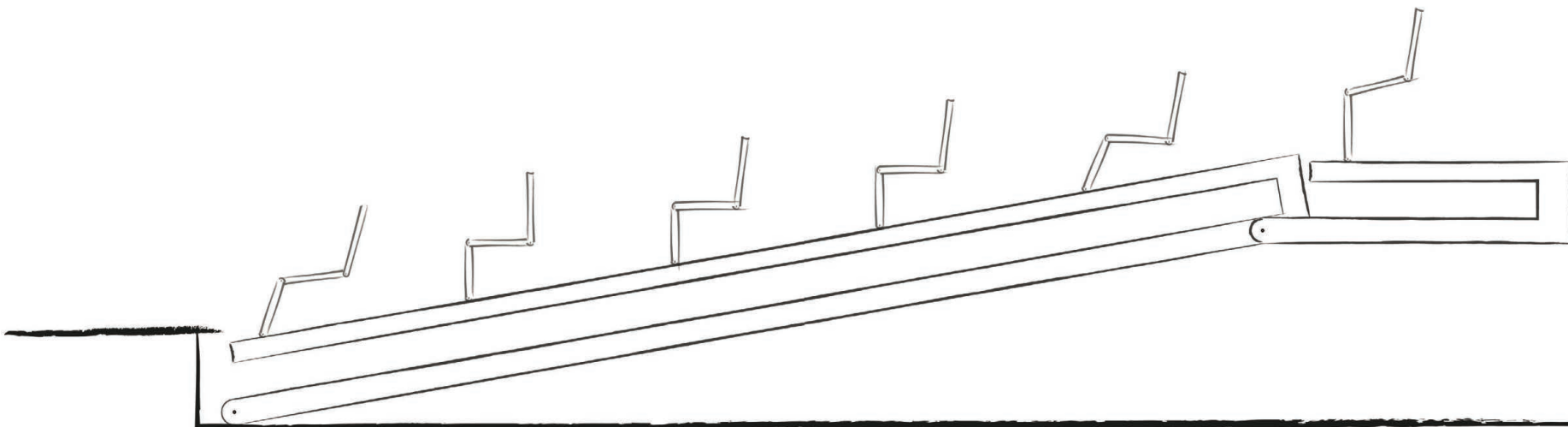
πανέλα εγκιβωτισμένα στην πλατφόρμα που δημιουργούν καθίσματα

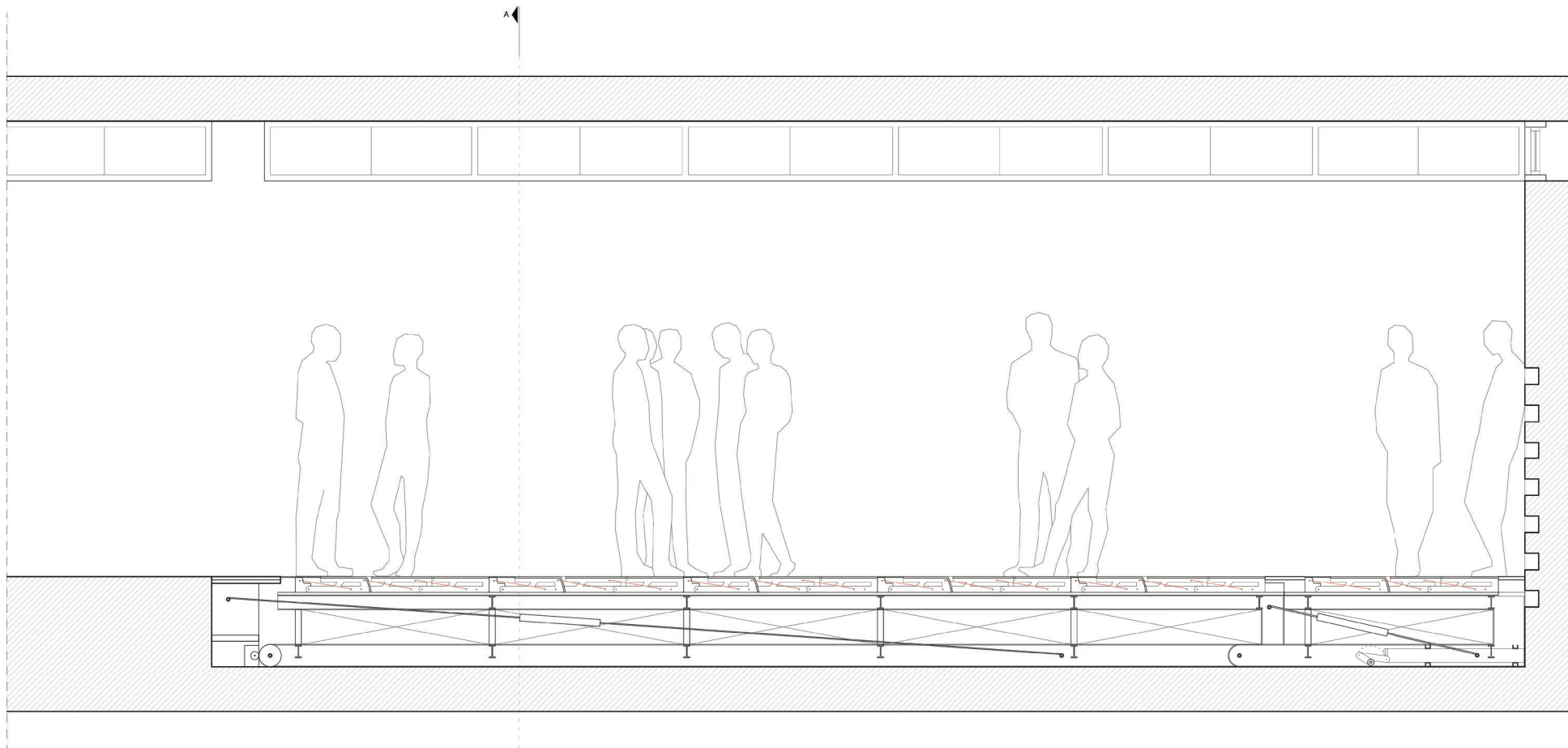
στόχος

Δυνατότητα για πολλαπλές χρήσεις του χώρου

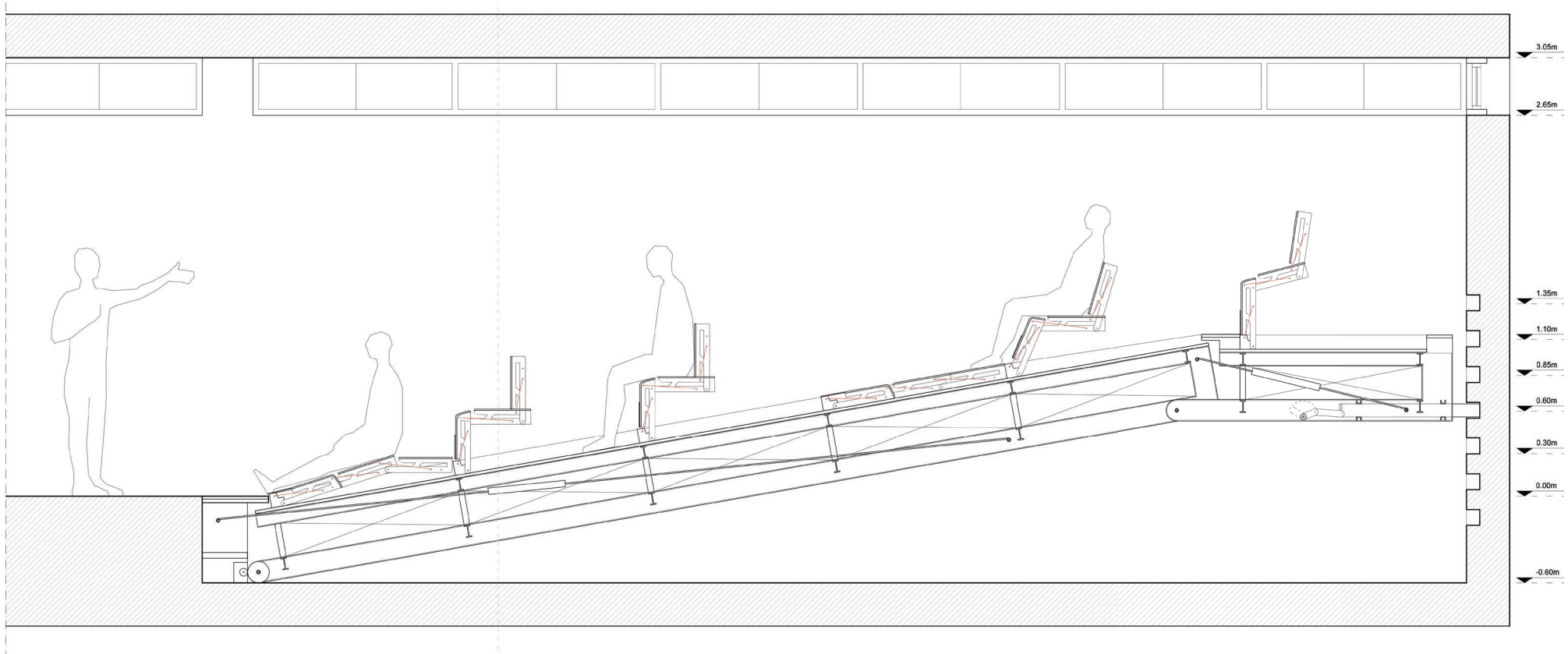
επιπλέον απαιτήσεις

Μηχανισμός κλειδώματος σε διάφορες θέσεις

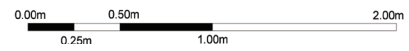
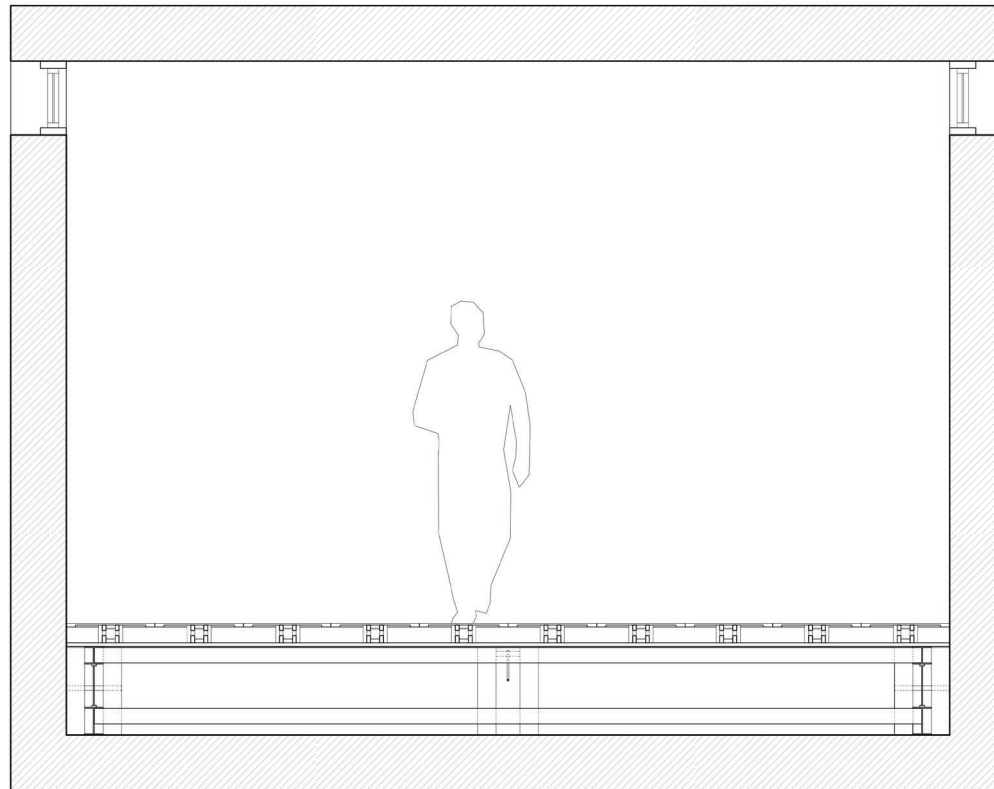




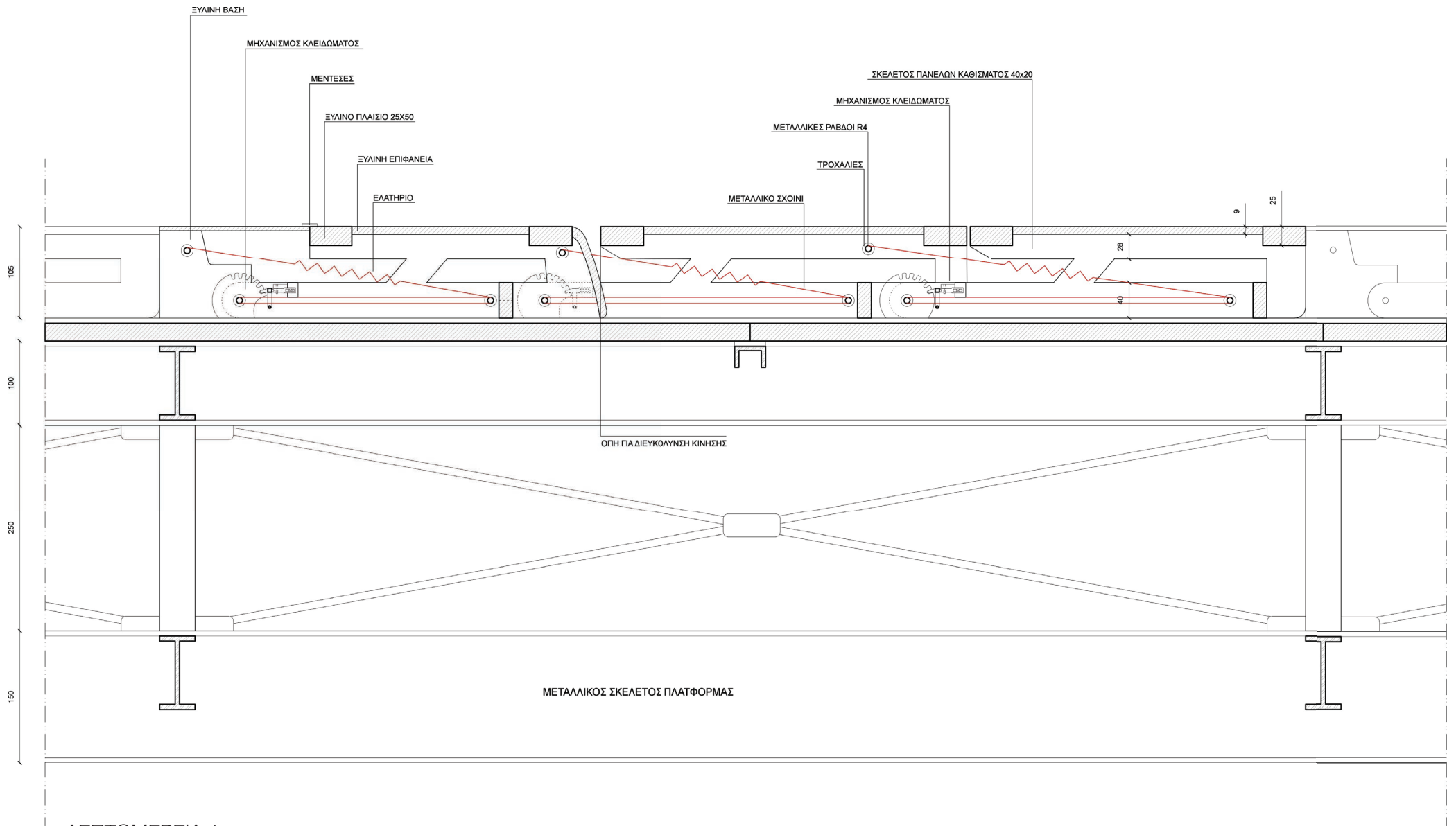
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΣΤΗΝ ΚΛΕΙΣΤΗ ΘΕΣΗ



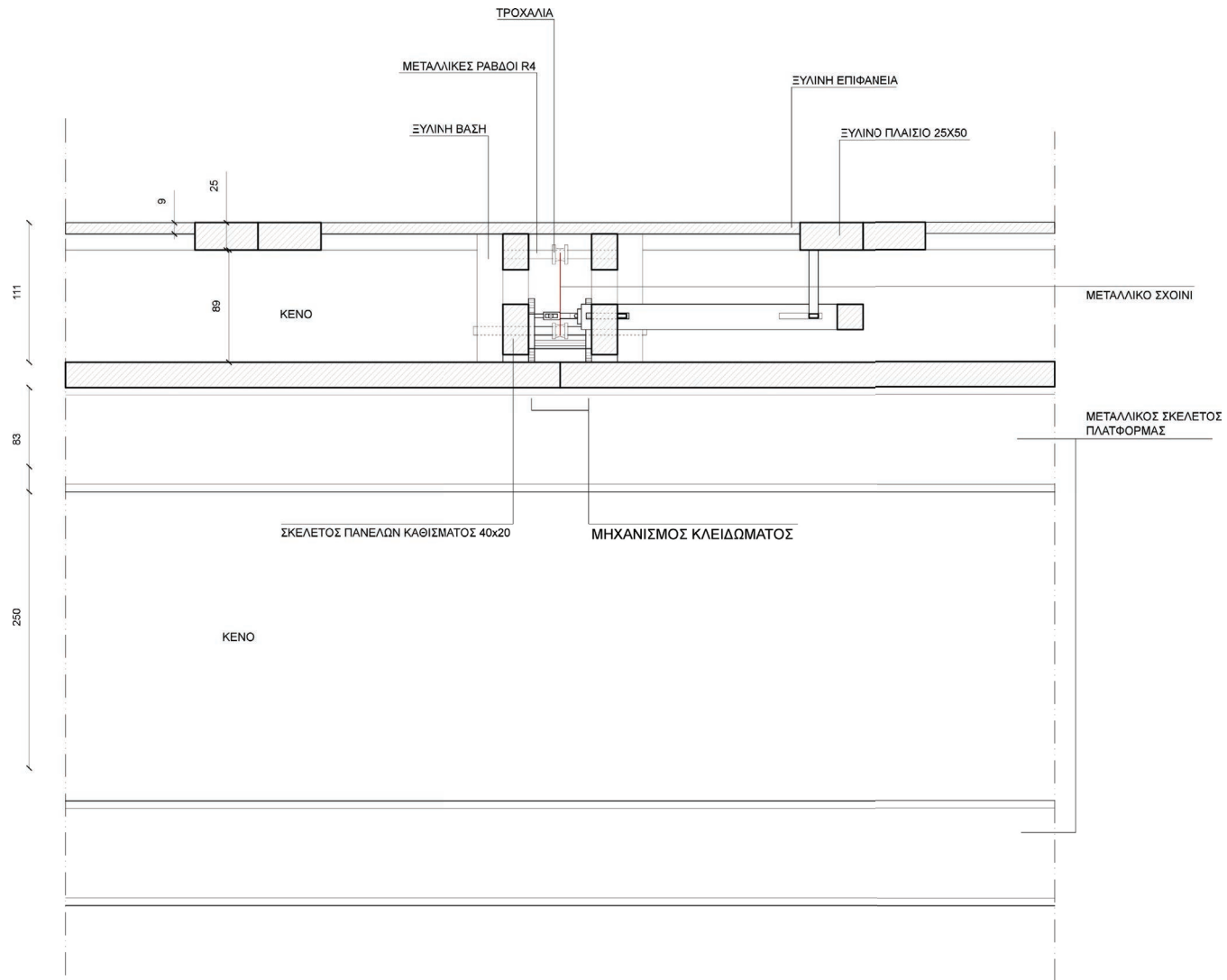
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΣΤΗΝ ΑΝΟΙΚΤΗ ΘΕΣΗ



ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ ΣΤΗΝ
ΑΝΟΙΚΤΗ ΘΕΣΗ

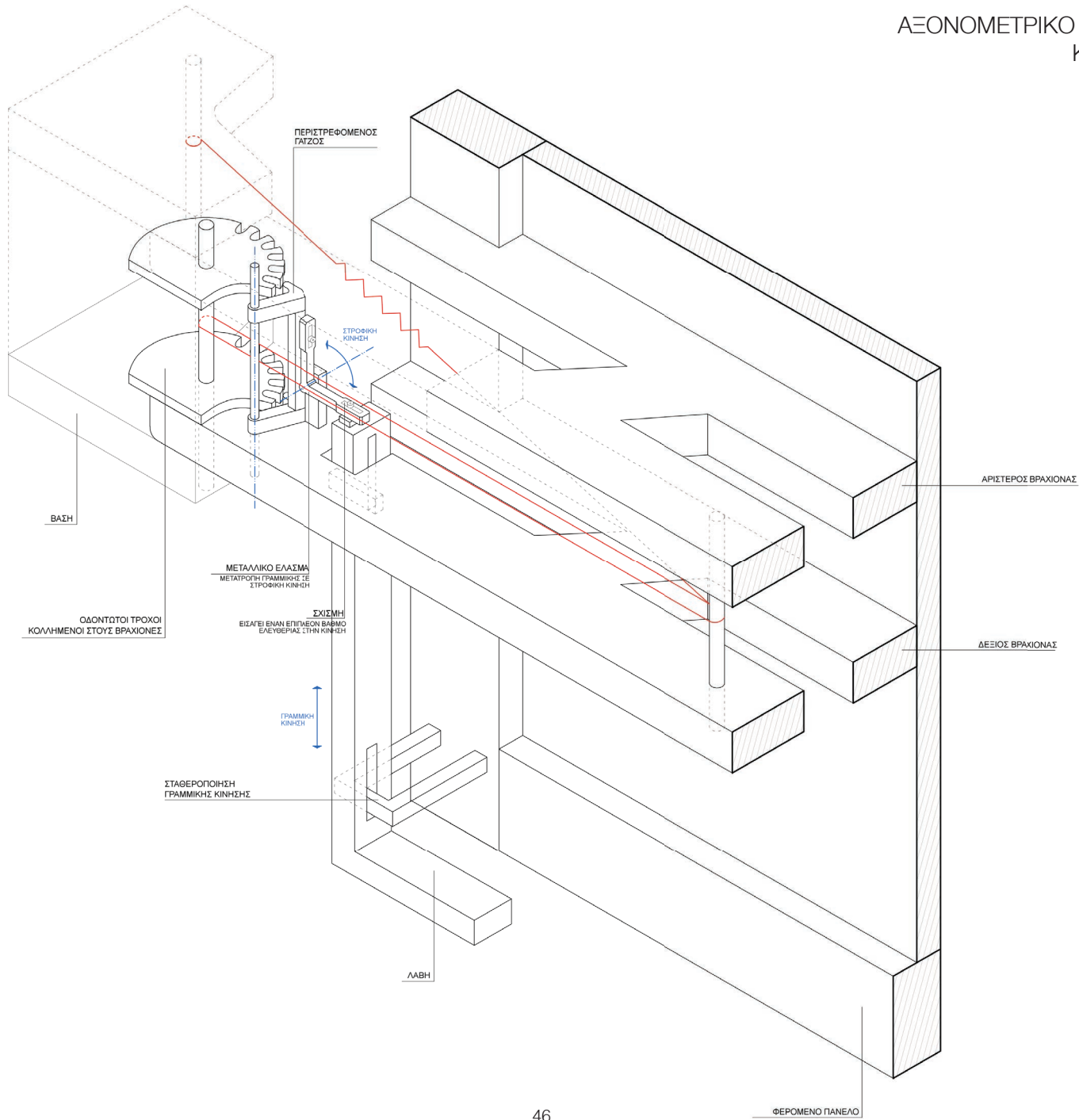


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ 1

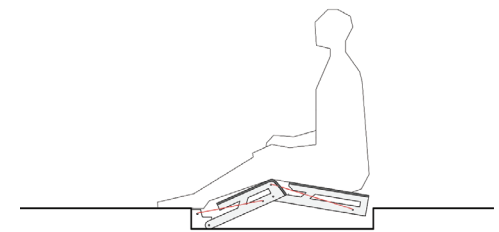
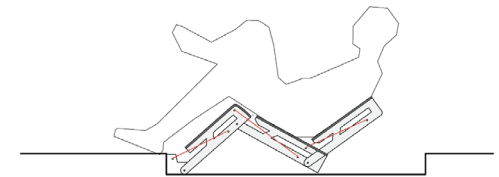
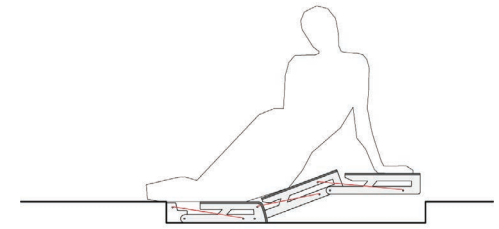
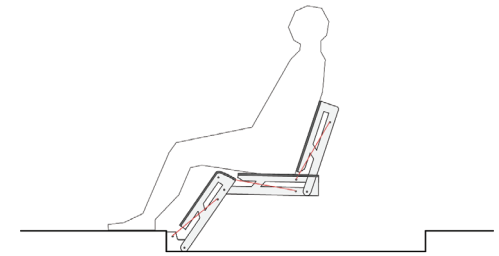
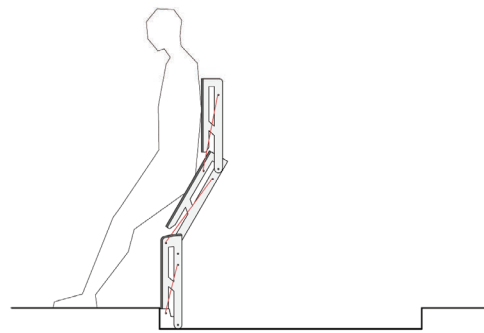
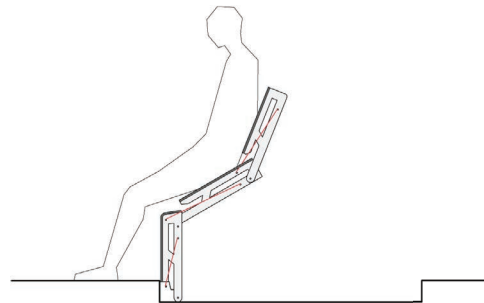
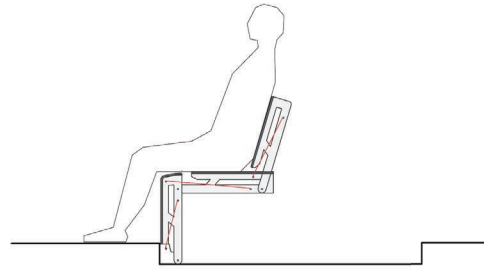
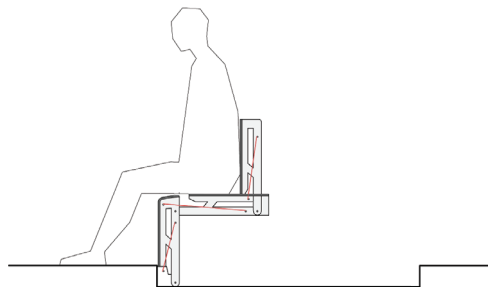
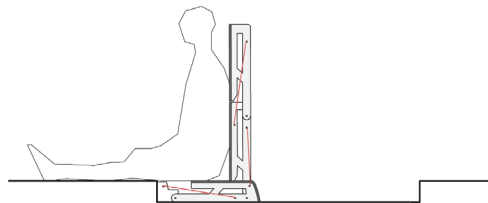
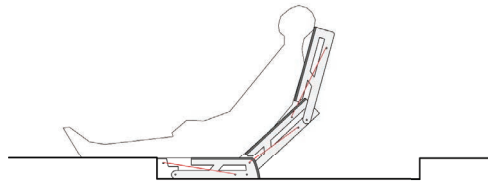
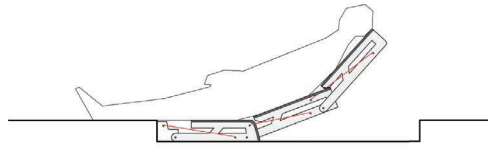


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ 2

ΑΕΟΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΚΛΕΙΔΩΜΑΤΟΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΘΙΣΜΑΤΟΣ











Γραφείο ανοικτής κάτοψης

στοιχεία

πανέλα εγκιβωτισμένα στην οροφή

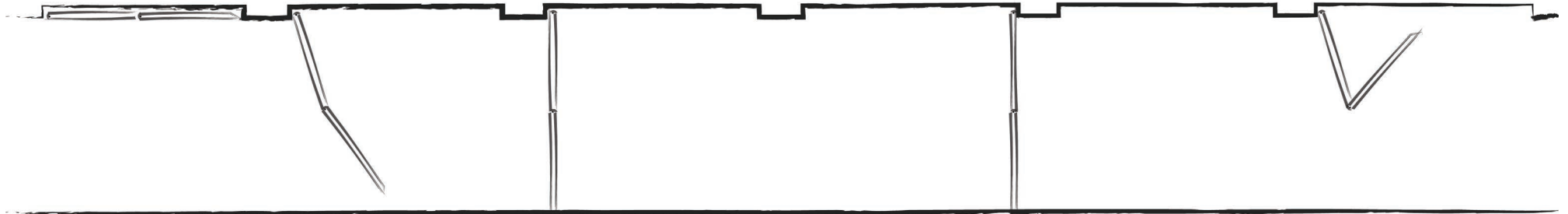
στόχος

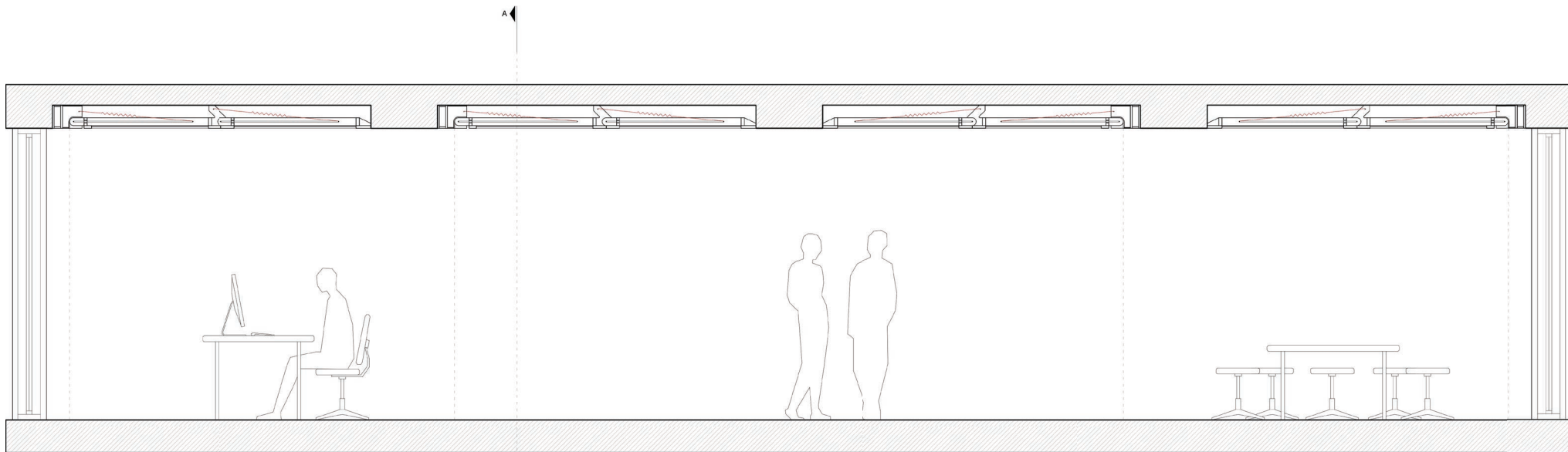
δυνατότητα
-συνθήκες φωτισμού
-ακουστική του χώρου
-ιδιωτικότητα
-ορατότητα

επιπλέον απαιτήσεις

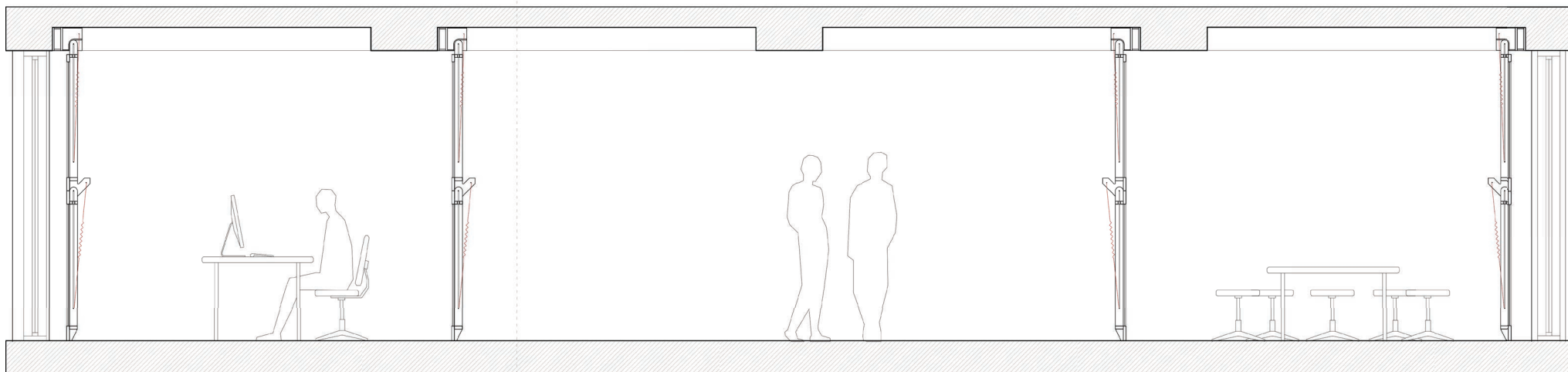
Χρήση ηλεκτρονικών για το κατέβασμα των πανέλων στην κλειστή θέση

Με ένα σπρώξιμο ανεβαίνουν στην ανοικτή θέση

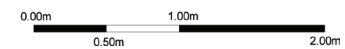


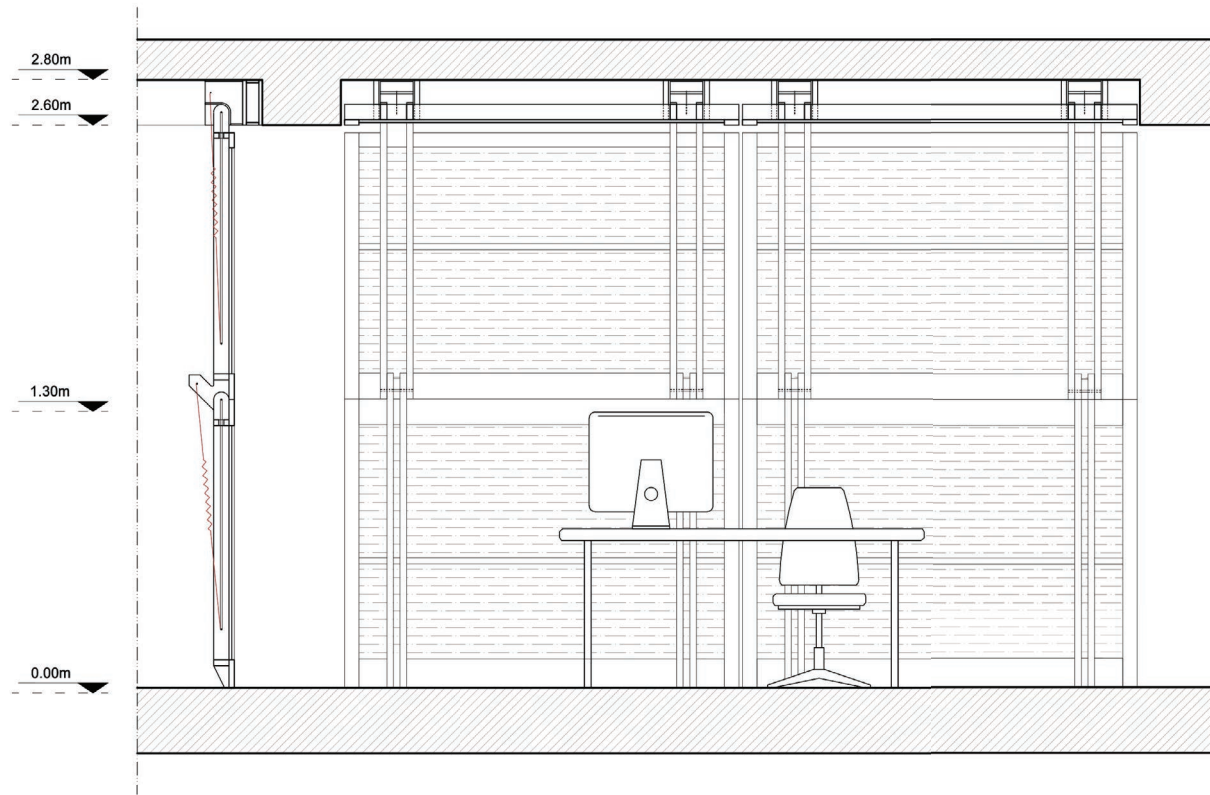


ΤΟΜΗ ΣΤΗΝ ΑΝΟΙΚΤΗ ΘΕΣΗ



ΤΟΜΗ ΣΤΗΝ ΚΛΕΙΣΤΗ ΘΕΣΗ



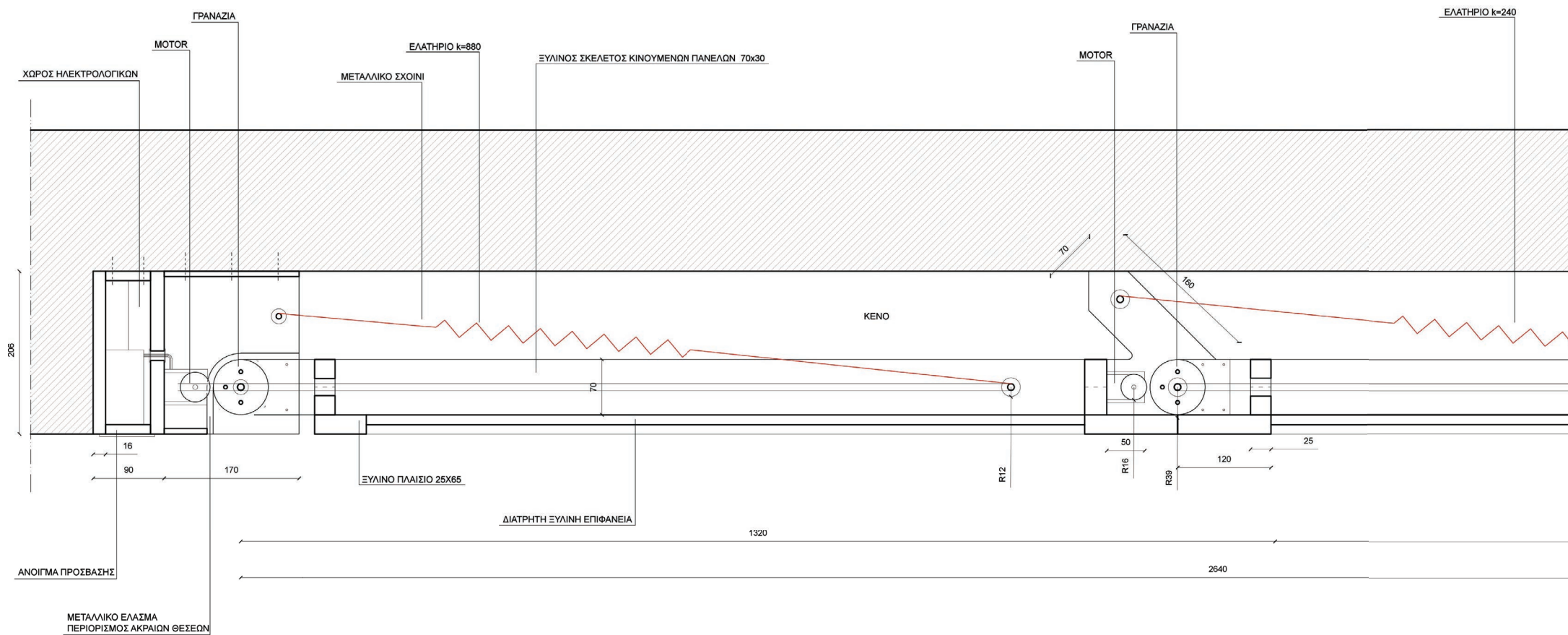


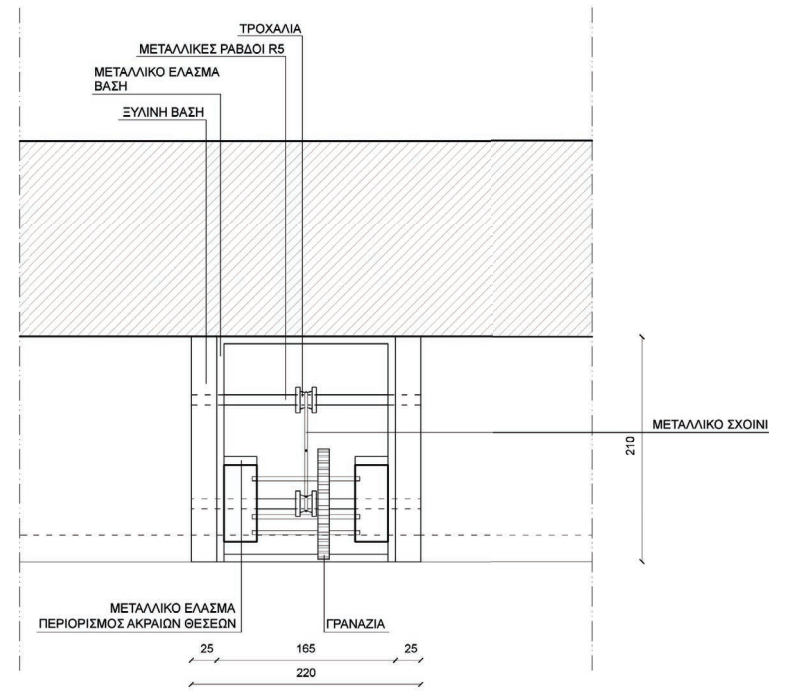
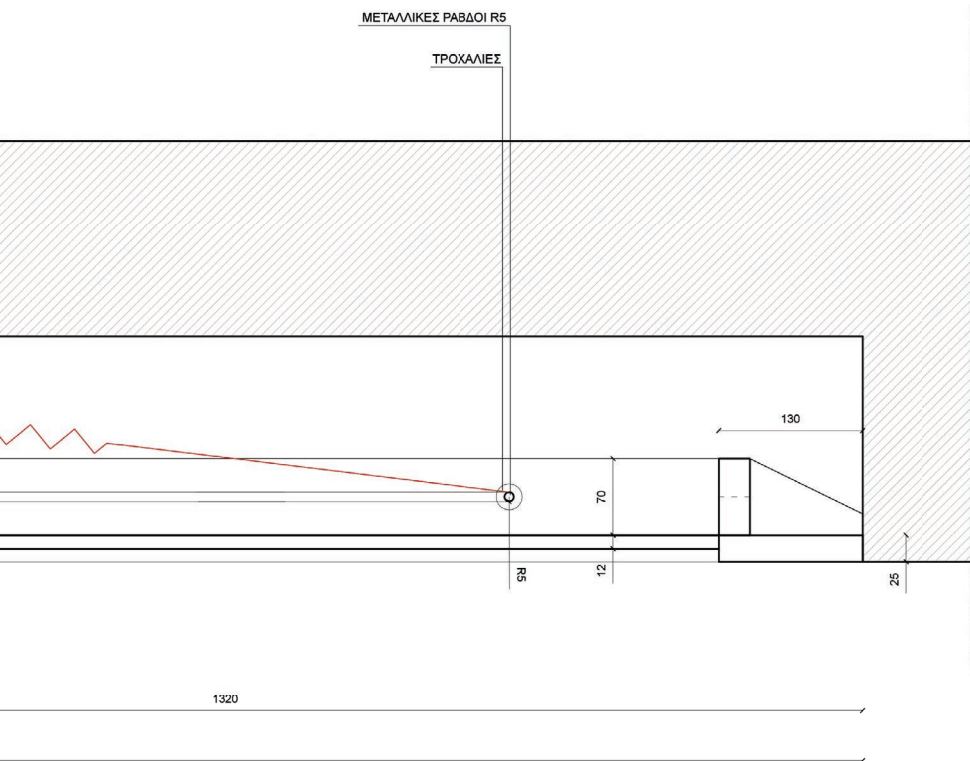
TOMH A-A



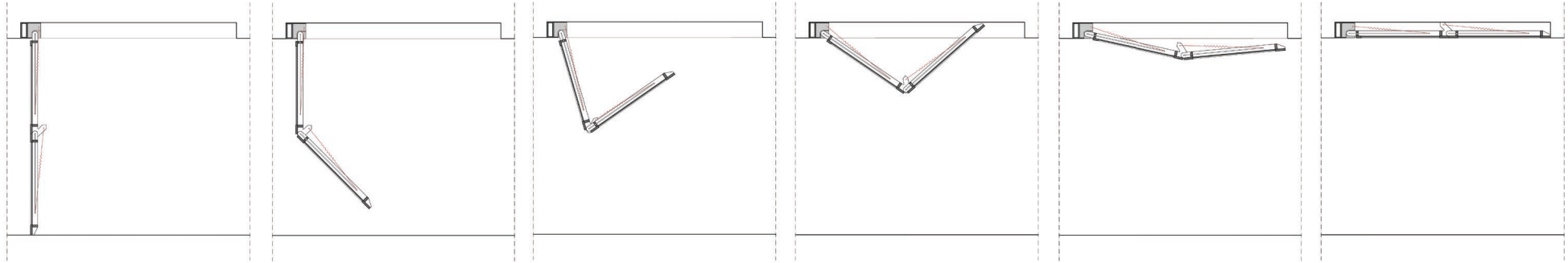


ΚΑΤΟΨΗ-ΑΝΟΨΗ

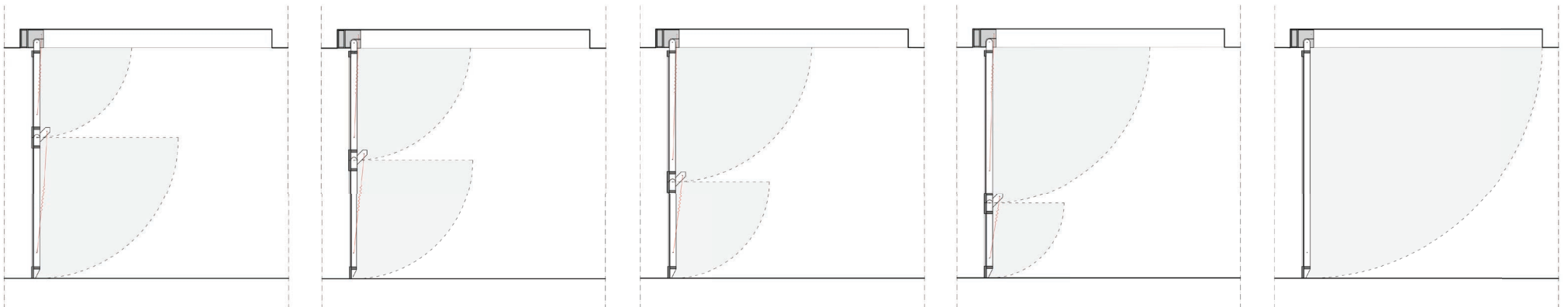




ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ



ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ

Ενδιάμεση θέση



Ανοικτή θέση





Κλειστή θέση





7.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Μελλοντικές βελτιώσεις πρωτοτύπου

I consider this prototype to be successful because the goals I had set were achieved:

- Low energy and smooth movement of heavy objects
- Working prototype
- PCB designed according to the needs of the project
- Application that allows interaction with bluetooth
- Fabrication of all the parts inside the fablab

Nevertheless there are a few unsolved issues which should be addressed in future research. Those concern both the hardware and the software.

MODEL

One problem observed is that the arms can not be set and be stable in the intermediary positions. Apart from the constraints of the minimum and maximum angle, there are no other constraints in the rotation of the arms. Thus it is possible that rotating the upper arm will result in undesirable movement of the lower arm, or that with a little bit of wind the whole prototype moves. At the moment the only thing holding it in place is friction (which I went into great pain to minimise) and the motor. These are not enough. There should be a mechanism that allows it to lock in intermediate positions, in order to become more stable and reliable.

Another problem is that there is a little bit of play in the joints of the arms, as a result apart from moving up and down, they also slightly tilt left and right. If you see the vid-

eo carefully, you will see it. This should be addressed by rethinking those joints, and basically the whole design. In order to fix it there should be more area of parallel surfaces touching or/and tighter joints. But it is not as simple as that, because this would increase friction, and thus the required energy for the movement.

What is more, if the weight on the arms changes, the prototype is out of balance. This means that the springs do not help as much as they could the rotation, and that in certain positions (usually the ones close to the maximum positions), instead of helping the motors, they actually act in a negative way, adding up to the gravity force. Another improvement therefore would be to add a mechanism that allows for automatic tension adjustment on the springs. (I tried to do that in my first big model with the ratchet mechanism, you can find more about it here, but the idea didn't make it to the final prototype). This would allow the prototype to carry weights that variate without falling out of balance.

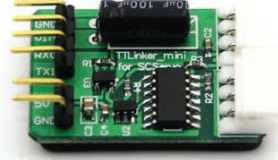
After the problems are solved, it would be very interesting to add more arms in order to create a more agile structure.

MOTORS

The servos I used are not strong enough to move the arms without problems. Sometimes they got stuck. I believe that I should pass on to another family of servos. What I am considering is the family that is called SCS servos, which



SCS servos



TTLInker

are stronger, more reliable (and more expensive). The problem is that those motors require a TTLInker, which has to be connected with the TX and RX pins of the atMega (pins currently used for the bluetooth communication). As a result, to use those motors the ioanduinio has to be redesigned.

PCB

The PCB works very well. Still, many things could be improved. One of them is the pins that the motors connect with. At the moment there is one voltage which connects to all the motors, so if one of them has different voltage requirements, it cannot connect with the others. This is not a problem now, but if the extra mechanisms I mention above are added, then more and different motors will be needed.

Επίλογος

Η εργασία αυτή δεν έχει ως τελικό αποτέλεσμα το σχεδιασμό ενός μεμονωμένου αντικειμένου ή πρότασης, αλλά μίας διαδικασίας που μπορεί να οδηγήσει στο σχεδιασμό μιας σειράς προτάσεων ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Επιχειρεί να παράξει το υποστηρικτικό υλικό που θα μπορούσε να οδηγήσει σε διάφορες εφαρμογές.

Έγινε μια μεγάλη προσπάθεια ώστε αυτό το υποστηρικτικό υλικό να είναι φιλικό προς το χρήστη. Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε στο grasshopper επιτρέπει την εύκολη αλλαγή παραμέτρων ώστε η γεωμετρία να μπορεί να προσαρμοστεί στην εφαρμογή χωρίς να απαιτείται κάποιος εξειδικευμένος χρήστης του προγράμματος. Προς την ίδια κατεύθυνση, η ιστοσελίδα περιλαμβάνει λεπτομερείς εξηγήσεις και οδηγίες, καθώς και όλα τα αρχεία σε επεξεργάσιμη μορφή ώστε καθένας να μπορεί όχι μόνο να τα βρει, αλλά και να τα κατανοήσει ώστε να είναι σε θέση να τα χρησιμοποιήσει.

Όλη αυτή η υποστηρικτική πλατφόρμα χρειάζεται σίγουρα πολλές βελτιώσεις πριν να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί, αλλά δείχνει μια μεθοδολογία ως προς το πώς θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια φιλική προς τον άνθρωπο διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

