



**ΤΜΗΜΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΚΑΙ  
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ**

**ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΜ:123090**

**ΓΚΙΤΣΑΣ ΦΩΤΙΟΣ ΑΜ:123039**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΥΦΟΥΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2017**

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ

ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΓΚΙΤΣΑΣ ΦΩΤΙΟΣ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2017



Copyright © Αβραμίδης Θεόδωρος, Γκίτσας Φώτιος, 2017. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτική ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

#### ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία και τα συμπεράσματά της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης και του φοιτητή. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματικά ή συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αναφέρεται ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το τμήμα του ΑΤΕΙΘ. Η έγκριση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων των συγγραφέων εκ μέρους του Τμήματος.

Ο υπογεγραμμένος δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και συγγράφηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι κατά τη συγγραφή ακολούθησα την πρόπουσα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχω αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

*(Όνομα, Υπογραφή, Ημερομηνία)*

*(Όνομα, Υπογραφή, Ημερομηνία)*

# Περιεχόμενα

Copyright & Υπεύθυνη Δήλωση.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Εισαγωγικό Σημείωμα .....	5
Περίληψη .....	6
Εισαγωγή .....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Γενικές πληροφορίες και κατασκευή μεταφορικής ταινίας</b>	
1.1 - Ιστορική Αναδρομή .....	9
1.2 - Εφαρμογές μεταφορικών ταινιών σε καταστήματα .....	9
1.3 - Εφαρμογές μεταφορικών ταινιών στη βιομηχανία.....	14
1.4 - Φροντίδα και συντήρηση συστημάτων μεταφοράς.....	17
1.5 - Κατασκευή μεταφορικής ταινίας .....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Περιγραφή των υλικών της κατασκευής</b>	
2.1 – Arduino Mega 2560 .....	31
2.2- Ολοκληρωμένο L298N.....	34
2.3 - Οι κινητήρες .....	36
2.4- Τροφοδοτικά.....	38
2.5 – Αισθητήρες επαγωγικής εγγύτητας .....	39
2.6 - Σειρήνα .....	41
2.7 - .Μπουτόν .....	42
2.8 - .Πλακέτα (ράστερ) , καλώδια και αντιστάσεις.....	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΙ ελεγκτής</b>	
3.1 - Σχεδίαση ΠΙ ελεγκτή .....	45
3.2 –Προσομοίωση ΠΙ ελεγκτή .....	47
3.3 - Πειραματικά αποτελέσματα.....	48
3.4 – Σενάρια .....	56
3.5 – Συμπεράσματα .....	62
Παράρτημα – Κώδικες arduino .....	63
Βιβλιογραφία & Ιστοσελίδες.....	70

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε μέσα στα πλαίσια των μαθημάτων *ΣΑΕ I*, *ΣΑΕ II*, *Ψηφιακά ΣΑΕ* και *Έλεγχος Κίνησης*. Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον καθηγητή κ. Χρήστο Υφούλη, ο οποίος και έδωσε τις κατευθυντήριες γραμμές της συγκεκριμένης πτυχιακής.

Ευχαριστούμε όλους τους καθηγητές και τις καθηγήτριες του τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού για τις γνώσεις που μας μεταλαμπάδευσαν και ιδιαίτερα του επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μας εργασίας κ. Χρήστο Υφούλη για τον καλό συντονισμό, τη βοήθεια και τη συνεργασία την οποία είχαμε.

Ευχαριστούμε το Μηχανουργείο "Παναγιώτης Ν. Αραμπατζής" για την δωρεάν παροχή τόσο του εξοπλισμού, όσο και των υπηρεσιών του.

*Αβραμίδης Θεόδωρος*

*Γκίτσας Φώτιος*

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στη σύγχρονη βιομηχανία οι μεταφορικές ταινίες αποτελούν μία ευρέως διαδεδομένη διάταξη η οποία χρησιμοποιείται στην αυτοματοποιημένη διανομή και αποθήκευση. Θεωρείται ένα σύστημα εξοικονόμησης εργασίας το οποίο επιτρέπει σε μεγάλους όγκους να μετακινούνται γρήγορα μέσω μιας διαδικασίας, επιτρέποντας έτσι στις εταιρείες να μεταφέρουν και να παραλαμβάνουν μεγαλύτερους όγκους με μικρότερο αποθηκευτικό χώρο και μικρότερο κόστος εργασίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά του προϊόντος είτε σε ευθεία κίνηση είτε μέσω αλλαγών στην ανύψωση και την κατεύθυνση. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η κατασκευή μίας μεταφορικής ταινίας και ο έλεγχος της με μικροελεγκτή. Μέσα από το περιβάλλον προγραμματισμού του μικροελεγκτή σχεδιάσαμε έναν PI ελεγκτή με τον οποίο επιτυγχάνουμε τελικά τον έλεγχο κίνησης και θέσης αντικειμένων πάνω στην μεταφορική ταινία ελέγχοντας τους κινητήρες DC και με την χρήση αισθητήρων προσέγγισης την διαλογή και καταμέτρηση των αντικειμένων.

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Σύγχρονη βιομηχανία, Μεταφορική ταινία, Αυτοματοποιημένη διανομή, Μικρότερο κόστος εργασίας, Μικροελεγκτής, PIελεγκτής, Έλεγχος κίνησης, Έλεγχος θέσης, Κινητήρες DC, Αισθητήρες προσέγγισης, διαλογή, καταμέτρηση

## **ABSTRACT**

In modern industry, conveyors are widespread components that are used in automated distribution and storage. It is considered a work saving system that allows large volumes to move quickly through a process, thus allowing companies to transport and receive larger volumes with less storage space and lower labor expense. They can be used to transport the product either in a straight line or through a change in elevation and direction. The purpose of this work is to construct a conveyor and control it with a microcontroller. Through the programming environment of the microcontroller we designed a PI controller with which we finally achieve the speed and position control of objects on the conveyor by controlling the DC motors and with the use of proximity sensors, the sorting and counting of objects.

## **KEY WORDS**

Modern industry, Conveyor, Automated distribution, Work saving system, Microcontroller, PI controller, Speed control, Position control, DC motor, Proximity Sensor, Sorting, counting.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεταφορική ταινία είναι ένα κοινό τμήμα μηχανικού εξοπλισμού που μετακινεί υλικά από τη μία θέση στην άλλη. Οι μεταφορικές ταινίες στη σύγχρονη βιομηχανία είναι αρκετά ανθεκτικά και αξιόπιστα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στην αυτοματοποιημένη διανομή και αποθήκευση. Σε συνδυασμό με τον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό χειρισμού, επιτρέπει την δημιουργία ενός συστήματος εργασίας με μεγάλη εξοικονόμηση το οποίο μεταφέρει ή και λαμβάνει μεγαλύτερους όγκους υλικού με μικρότερο αποθηκευτικό χώρο και με μικρότερο κόστος εργασίας.

Βασικό κριτήριο για την σωστή επιλογή και κατασκευή της μεταφορικής ταινίας αποτελεί, εκτός από το διαθέσιμο εργασιακό χώρο, το μεταφερόμενο υλικό το οποίο καθορίζει τελικά το τύπο μιάντα που θα χρησιμοποιηθεί για τη βέλτιστη μεταφορά και αποθήκευση του.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ** **ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ**

## **1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Αρχικοί μεταφορικοί ιμάντες χρησιμοποιήθηκαν από τον 19ο αιώνα. Το 1892 ο Thomas Robins ξεκίνησε μια σειρά εφευρέσεων που οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας μεταφορικής ταινίας που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά άνθρακα, μεταλλευμάτων και άλλων προϊόντων. Το 1901, η Sandvik εφηύρε και ξεκίνησε την παραγωγή μεταφορικών ιμάντων από χάλυβα. Το 1905 ο Richard Sutcliffe εφηύρε τους πρώτους μεταφορικούς ιμάντες που χρησιμοποιήθηκαν στα ανθρακωρυχεία, γεγονός που έφερε την επανάσταση στην εξορυκτική βιομηχανία. Το 1913, ο Henry Ford εισήγαγε γραμμές συναρμολόγησης μεταφορικών ταινιών στο εργοστάσιο της High Motor Park της Ford Motor Company στο Μίσιγκαν. Το 1972, η γαλλική κοινωνία REI δημιούργησε στη Νέα Καληδονία την μεγαλύτερη μεταφορική ταινία με ευθεία ζώνη στον κόσμο, σε μήκος 13,8 χλμ. Η Hyacynthe Marcel Bocchetti ήταν ο σχεδιαστής ιδεών. Το 1957, η εταιρεία BF Goodrich κατέγραψε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μια μεταφορική ταινία που θα έβγαινε στη παραγωγή με Σύστημα Μεταφοράς μέσω Κυλίνδρων. Ενσωματώνοντας ένα μισό στρίψιμο, είχε το πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών ζωνών μεγαλύτερης διάρκειας ζωής επειδή θα μπορούσε να εκθέσει όλη την επιφάνειά προς χρήση. Το 1970, η Intralox, μια εταιρεία με έδρα τη Λουϊζιάνα, κατέγραψε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για όλους τους πλαστικούς, αρθρωτούς ιμάντες.

## **1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ**

Σήμερα περισσότερο από ποτέ, η επιστήμη και η τεχνολογία έχουν προχωρήσει στην ανάπτυξη των συστημάτων μεταφοράς προϊόντων και πρώτων υλών με αποτέλεσμα να δημιουργήσουν ένα σύνολο ποικίλων συστημάτων μεταφοράς που σε συνδυασμό με κάποιο αυτοματοποιημένο σύστημα καθίστανται ικανά να δώσουν λύσεις ακόμα και σε πολύ πολύπλοκες εφαρμογές μεταφοράς προϊόντων, πρώτων υλών αλλά και εκτέλεσης αυτοματοποιημένων κύκλων εργασιών. Οι μεταφορικοί ιμάντες είναι πολύ κοινοί πλέον και αρκετά διαδεδομένοι αφού καθημερινά τους συναντάμε μέσα από ποικίλες εφαρμογές και κατασκευές σε χώρους εστίασης, σε φούρνους και καταστήματα ξηρών καρπών καθώς επίσης σε πιτσαρίες κλπ. Παρακάτω ακολουθούν κάποια παραδείγματα με εικόνες, για τη καλύτερη κατανόηση της χρησιμότητας αλλά και της χρήσης των ποικίλων εφαρμογών με μεταφορικούς ιμάντες στη καθημερινότητα.

## Αυτόματο μηχάνημα για την παραγωγή προϊόντων ζύμης



(Εικόνα 1.2.1)



(Εικόνα 1.2.2)

Αυτόματο μηχάνημα για την παραγωγή προϊόντων ζύμης, με ανοξείδωτη επιφάνεια και βαριά κατασκευή σύμφωνα με τις ισχύουσες ευρωπαϊκές υγειονομικές διατάξεις. Είναι σε θέση να παράγει προϊόντα με κάθε είδους ζύμη και να διαμορφώνει ζύμες από 30-250 gr. Μπορεί να παράγει 1500-4500 αντικείμενα / ώρα.

Το μηχάνημα περιλαμβάνει:

- Εξωθητήρα ζύμης με ρυθμιζόμενο αυτοματοποιημένο σύστημα κοπής της ζύμης σύμφωνα με τις ανάγκες του πελάτη.
- Μεταφορικό ιμάντα για τη διαμόρφωση της ζύμης.
- Περιστρεφόμενο δίσκο για τοποθέτηση του προϊόντος.

## Επαγγελματικός φούρνος τούνελ αερίου 11/65V



(Εικόνα 1.2.3)



(Εικόνα 1.2.4)

Οι επαγγελματικοί φούρνοι ψησίματος προσφέρουν:

- Σωστό ψήσιμο
- Ταχύτητα εκτέλεσης
- Αξιοπιστία κατασκευής

Περιγραφή προϊόντος:

- Με κυλιόμενη ταινία, εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι
- Δυνατότητα ρύθμισης της φοράς κίνησης & της ταχύτητας της κυλιόμενης ταινίας
- Ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας
- Με ηλεκτρονικό πίνακα οργάνων και ψηφιακές ενδείξεις

Δυνατότητα ψησίματος: 110 πίτσες ανά ώρα διαμέτρου 30εκ (330γρ).

## Διαδικασία ξήρανσης μεταφορέα καβουρδισμένων καρπών σε κατάστημα στη Θεσσαλονίκη



(Εικόνα 1.2.5)

## Διαδικασία διαλογής φουντουκιών σε εργοστασιακή μεταφορά



(Εικόνα 1.2.6)

Στην περίπτωση αυτή το αυτοματοποιημένο σύστημα με μεταφορική ταινία εξυπηρετεί την επίδειξη και την διαφήμιση στο κατάστημα. Ο πελάτης παρατηρώντας το κύκλο εργασίας στον καρπό έρχεται σε επαφή και αποκτά γνώση πάνω στην επεξεργασία του καρπού και την διαδικασία παρασκευής του τελικού προϊόντος το οποίο αγοράζει. Επομένως η συγκεκριμένη εφαρμογή με μεταφορικές ταινίες εξυπηρετεί το marketing και τη διαφήμιση για το κατάστημα και ταυτόχρονα φέρνει σε επαφή τον πελάτη με τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος το οποίο στη συνέχεια καταναλώνει.

## Μεταφορικός Ιμάντας Sushi



(Εικόνα 1.2.7)



(Εικόνα 1.2.8)

### Περιγραφή προϊόντος:

Ο μεταφορικός ιμάντας sushi αποτελείται από ένα λεπτό, στενό μεταφορέα σχεδιασμένο για να ταιριάζει μέσα στα στενά όρια ενός εστιατορίου sushi. Ο πρότυπος μεταφορέας χρησιμοποιεί μια ειδικά σχεδιασμένη πλαστική αλυσίδα κορυφής ημισελήνου. Η αλυσίδα τρέχει πραγματικά στην πλευρά της (στις πλάκες σύνδεσης της), με την πλάκα ημισελήνου που είναι προσαρτημένη στην άλλη πλάγια πλάκα με τη βοήθεια ενός πείρου. Αυτό δίνει στην αλυσίδα πολύ μικρή ακτίνα κάμψης και επιτρέπει στον μεταφορέα να κάνει τις σφιχτές γωνίες που βρίσκονται στα περισσότερα εστιατόρια sushi μεταφορικών ταινιών.

### Οι μεταφορικοί ιμάντες sushi προσφέρουν:

- Ταχεία διανομή μεγάλης ποσότητας φαγητού
- Εξοικονόμηση εργατικού δυναμικού
- Διαφήμιση για το κατάστημα
- Εξοικονόμηση χρόνου
- Μικρότερο κόστος εργασίας

### Συνοψίζοντας, τα οφέλη είναι:

- Μικρότερο κόστος εργασίας
- Μεγαλύτερη παραγωγή
- Εξοικονόμηση χρόνου
- Μικρότερο κόστος εργατικού δυναμικού
- Ευελιξία ως προς τις επιλογές και ρυθμίσεις παραγωγής
- Σταθερή ποιότητα
- Διαφήμιση, Marketing
- Ταχεία διανομή μεγάλης ποσότητας

### 1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Τα συστήματα μεταφοράς χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες βιομηχανίες λόγω των πολυάριθμων οφελών που προσφέρουν.

- Οι μεταφορείς είναι σε θέση να μεταφέρουν με ασφάλεια τα υλικά από το ένα επίπεδο στο άλλο, το οποίο όταν γίνεται από την ανθρώπινη εργασία θα είναι επίπονη και δαπανηρή.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σχεδόν οπουδήποτε και είναι πολύ πιο ασφαλή από τη χρήση ενός περνοφόρου οχήματος ή άλλης μηχανής για τη μετακίνηση υλικών.
- Μπορούν να μεταφέρουν φορτία όλων των μορφών, μεγεθών και βαρών. Επίσης, πολλοί έχουν προηγμένες λειτουργίες ασφάλειας που βοηθούν στην πρόληψη ατυχημάτων.
- Υπάρχει μια ποικιλία επιλογών διαθέσιμων για τη λειτουργία συστημάτων μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων των υδραυλικών, μηχανικών και πλήρως αυτοματοποιημένων συστημάτων, τα οποία είναι εξοπλισμένα για να ταιριάζουν στις ατομικές ανάγκες.

Τα συστήματα μεταφορικών μέσων χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολλές βιομηχανίες, όπως η μεταλλουργία, η αυτοκινητοβιομηχανία, η γεωργία, η πληροφορική, η ηλεκτρονική επεξεργασία τροφίμων, η αεροδιαστημική, η φαρμακευτική, η χημική, η εμφιάλωση και η κονσερβοποίηση, η τελική εκτύπωση και η συσκευασία. Παρόλο που μπορεί να μεταφερθεί μια μεγάλη ποικιλία υλικών, μερικά από τα πιο κοινά είναι τα τρόφιμα όπως φασόλια και ξηροί καρποί, μπουκάλια και κονσέρβες, εξαρτήματα αυτοκινήτων, παλιοσίδερα, χάρτια και σκόνες, ξύλο και έπιπλα, σιτηρά και ζωοτροφές. Πολλοί παράγοντες είναι σημαντικοί για την ακριβή επιλογή ενός συστήματος μεταφοράς. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πώς θα χρησιμοποιηθεί εκ των προτέρων το σύστημα μεταφοράς. Ορισμένες μεμονωμένες περιοχές που είναι χρήσιμες να εξετάσουμε για τον σωστό σχεδιασμό, είναι οι απαιτούμενες μεταφορικές λειτουργίες, όπως η μεταφορά, η συσσώρευση και η διαλογή, τα μεγέθη υλικών, τα βάρη και τα σχήματα καθώς επίσης και η χωροταξία της βιομηχανίας.

## Τύποι μεταφορικών συστημάτων (Αγγλική ορολογία)

- Gravity conveyor
- Gravity skatewheel conveyor
- Belt conveyor
- Wire mesh conveyors
- Plastic belt conveyors
- Bucket conveyors
- Flexible conveyors
- Vertical conveyors
- Spiral conveyors
- Vibrating conveyors
- Pneumatic conveyors
- Electric track vehicle systems
- Belt driven live roller conveyors
- Lineshaft roller conveyor
- Chain conveyor
- Screw conveyor or auger conveyor
- Chain driven live roller conveyor
- Overhead I-beam conveyors
- Dust proof conveyors
- Pharmaceutical conveyors
- Automotive conveyors
- Overland Conveyor
- Drag Conveyor

## Παραδείγματα (εικόνες) μεταφορικών συστημάτων μέσα από τη σύγχρονη βιομηχανία

Μεταφορικά συστήματα γραμμικού άξονα



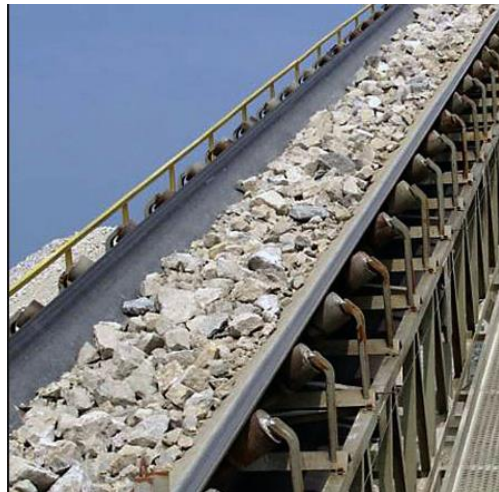
(Εικόνα 1.3.1)

Μεταφορικός αλυσοτροχός μεταφοράς οχημάτων



(Εικόνα 1.3.2)

Ελαστικές μεταφορικές ταινίες



(Εικόνα 1.3.3)

Μεταφορική ταινία με συρματόπλεγμα



(Εικόνα 1.3.4)



## 1.4 ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Ένα σύστημα μεταφοράς είναι συχνά η σωτηρία για την ικανότητα μιας εταιρείας να μετακινεί αποτελεσματικά το προϊόν της εγκαίρως. Τα βήματα που μπορεί να αναλάβει μια επιχείρηση για να εξασφαλίσει την απόδοση σε μέγιστη χωρητικότητα περιλαμβάνουν τακτικές επιθεωρήσεις και ελέγχους συστημάτων, στενή παρακολούθηση των κινητήρων και των μειωτήρων, διατήρηση των βασικών τεμαχίων στο απόθεμα και κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού. Η αύξηση της διάρκειας ζωής ενός συστήματος μεταφοράς περιλαμβάνει: την επιλογή του σωστού τύπου μεταφορικού μέσου, τον σωστό σχεδιασμό του συστήματος και την προσοχή στις τακτικές πρακτικές συντήρησης. Ένα σύστημα μεταφοράς που έχει σχεδιαστεί σωστά θα διαρκέσει πολύ καιρό με σωστή συντήρηση. Παρακάτω ακολουθούν κάποια βασικά σημεία που πρέπει να συντηρούνται και να ελέγχονται με επιμέλεια σε κάθε επιχείρηση:

- **Έλλειψη λίπανσης:** τα έδρανα αλυσίδας απαιτούν λίπανση για να μειωθεί η τριβή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτωση του συστήματος είτε με μηχανική είτε ηλεκτρική προστασία υπερφόρτωσης.
- **Η μόλυνση:** βαφή, σκόνη, όξινα ή αλκαλικά υγρά, λειαντικά, γυάλινες χάντρες, χαλύβδινα γυαλιά κ.λπ. μπορούν όλα να οδηγήσουν σε ταχεία αλλοίωση της γραμμής και της αλυσίδας.
- **Διαχείριση προϊόντων:** στα συστήματα μεταφορικών μέσων που μπορεί να είναι κατάλληλα για μια ευρεία ποικιλία προϊόντων, όπως αυτά που υπάρχουν στα κέντρα διανομής, είναι σημαντικό κάθε νέο προϊόν να θεωρείται αποδεκτό για μεταφορά πριν από την εκτέλεση του εξοπλισμού χειρισμού υλικών, διαφορετικά μπορεί να προκληθούν πολλά προβλήματα όπως εμπλοκές, υπερβολική φθορά στον εξοπλισμό μεταφοράς, υπερφόρτωση κινητήρα, θραύση του ιμάντα ή άλλες ζημιές.
- **Σύστημα μετάδοσης κίνησης:** τα τμήματα του μηχανισμού κίνησης πρέπει να διατηρούνται σε σωστή μορφή. Πρέπει επίσης να επιθεωρούνται σπασμένοι δακτύλιοι σε έναν άξονα μετάδοσης κίνησης, πεπιεσμένα τμήματα με πεπιεσμένο αέρα και μειωτήρες κινητήρα. Η απώλεια ισχύος σε ακόμη και έναν ή μερικούς μπορεί να οδηγήσει σε συνεχόμενες διακοπές λειτουργίας στην παραγωγή οι οποίες συνεπώς φέρουν ζημία στην επιχείρηση, θέτοντας εκτός λειτουργίας την ομαλή παραγωγή της.
- **Κακός χρονισμός και παρακολούθηση ιμάντα:** Σε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί επακριβώς ελεγχόμενους ιμάντες, όπως ένα σύστημα διαλογής, πρέπει να γίνονται τακτικές επιθεωρήσεις ώστε όλες οι ζώνες να κινούνται με τις κατάλληλες ταχύτητες ανά πάσα στιγμή. Η παρουσία λαθών στον έλεγχο, οδηγεί σε συγκρούσεις των προϊόντων που οδηγούν στην διακοπή της λειτουργίας του συστήματος. Ο συγχρονισμός είναι επίσης σημαντικός.

## **1.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ**

### **ΔΟΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ**

Η μεταφορική ταινία αποτελείται συνήθως από δύο ή περισσότερες τροχαλίες, συχνά αναφέρονται και ως τύμπανα, πάνω στις οποίες περιστρέφεται με ατέρμονα βρόχο ένας μεταφορικός ιμάντας. Μία η και δύο τροχαλίες τροφοδοτούνται, μετακινώντας έτσι τον ιμάντα και συνεπώς το υλικό το οποίο βρίσκεται πάνω σε αυτόν, με χρήση κινητήρα. Η τροφοδοτούμενη τροχαλία ονομάζεται τροχαλία μετάδοσης κίνησης ενώ η τροχαλία χωρίς κινητήρα ονομάζεται τροχαλία αδράνειας.

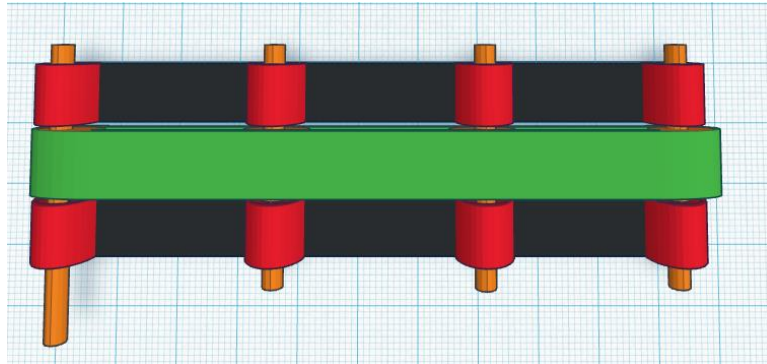
### **ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΙΜΑΝΤΑΣ**

Ο ιμάντας αποτελείται από ένα ή περισσότερα στρώματα υλικού. Είναι σύνηθες οι ζώνες να έχουν τρία στρώματα: ένα επάνω κάλυμμα, ένα σκελετό και ένα κάτω κάλυμμα. Ο σκοπός του σκελετού είναι να παρέχει γραμμική δύναμη και σχήμα. Το σφάγιο είναι συχνά υφαντό ή μεταλλικό ύφασμα που έχει ένα στημόνι και υφάδι. Το στημόνι αναφέρεται σε διαμήκη κορδόνια τα οποία χαρακτηρίζουν την αντίσταση και την ελαστικότητα, καθορίζουν τις ιδιότητες λειτουργίας του ιμάντα. Το υφάδι αντιπροσωπεύει το σύνολο των εγκάρσιων καλωδίων που επιτρέπουν στην ειδική αντίσταση της ζώνης ενάντια στις περικοπές, τα δάκρυα και τις κρούσεις και ταυτόχρονα υψηλή ευκαμψία. Τα πιο κοινά υλικά σφαγίων είναι χάλυβας, πολυεστέρας, νάιλον, βαμβάκι και αραμίδιο (kevlar). Τα καλύμματα είναι συνήθως διάφορες ελαστικές ή πλαστικές ενώσεις που καθορίζονται με τη χρήση του ιμάντα.

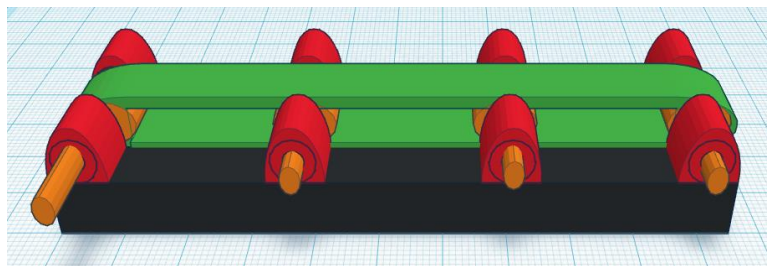
### **ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (Αρχική ιδέα)**

Για το ηλεκτρονικό σκαρίφημα χρησιμοποιήθηκε ένα online πρόγραμμα τύπου AutoCad με βαθμονομημένους άξονες διαστάσεων και 3D απεικόνιση. Ο αρχικός σχεδιασμός ήταν μία μεταφορικής ταινίας με μήκος κατασκευής 1 μέτρο και πλάτος ιμάντα 8 έως 10 εκατοστά.

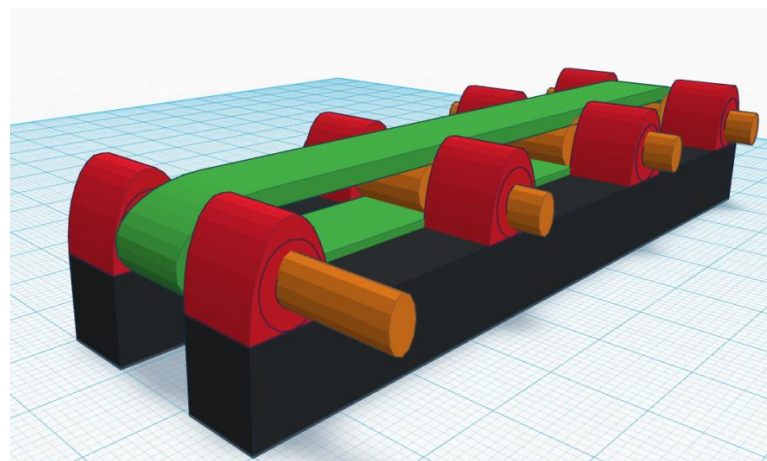
## ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΨΕΙΣ



(Εικόνα 1.5.1)



(Εικόνα 1.5.2)



(Εικόνα 1.5.3)

Σχεδιάστηκε λοιπόν σε ηλεκτρονική μορφή μία μεταφορική ταινία η οποία θα αποτελείται από 4 τύμπανα εκ των οποίων το πρώτο θα λειτουργεί ως τύμπανο κίνησης, τα δύο επόμενα ως στήριξης της ταινίας και διατήρησης ισχύος και το τελικό ως τύμπανο αδράνειας, τα οποία θα πλαισιώνονται σε ρουλεμάν τύπου ωμέγα. Ο μεταφορικός μάντας είναι σχεδιασμένος από PVC υλικό. Για την στερέωση της κατασκευής σχεδιάστηκαν δύο σιδερένιες σωλήνες.

## ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ – ΑΓΟΡΑ ΥΛΙΚΩΝ

Μετά από εκτεταμένη αναζήτηση για υλικά, τόσο στην αγορά όσο και στο internet για την κατασκευή της μεταφορικής ταινίας μας, αποφασίστηκε η αγορά των εξής υλικών:

**Για την κατασκευή της μεταφορικής ταινίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:**

- Ιμάντας PVC, διαστάσεων 2350mm x 90mm x 2mm



(Εικόνα 1.5.4)

- Λάμα σιδήρου, διαστάσεων 2500mm x 100mm x 8mm



(Εικόνα 1.5.5)

- Σιδηρογωνία, διαστάσεων 1000mm x 35mm x 35mm



(Εικόνα 1.5.6)

- Καλιμπρέ μασίφ στρόγγυλο μαύρο, διαστάσεων 570mm Φ20mm



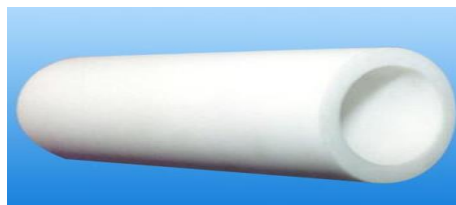
(Εικόνα 1.5.7)

- Βέργα τετράγωνη (καρέ), διαστάσεων 1000mm x 10mm x 10mm



(Εικόνα 1.5.8)

- Ράβδος πολυαμιδίου (λευκή), διαστάσεων 200mm Φ100mm εξωτερικό, Φ20mm εσωτερικό



(Εικόνα 1.5.9)

- 2 κουζινέτα τύπου UCF, εσωτερικής διατομής  $\Phi 20\text{mm}$



(Εικόνα 1.5.10)

- 2 κουζινέτα τύπου UCT, εσωτερικής διατομής  $\Phi 20\text{mm}$



(Εικόνα 1.5.11)

- Μπουλόνια διαφόρων μεγεθών με παξιμάδια και γκρόβερ



(Εικόνα 1.5.12)

**Για την στερέωση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε:**

- Συμπιεσμένο ανακυκλωμένο ξύλο, διαστάσεων 1050mm x 600mm x 15mm



(Εικόνα 1.5.13)

**Για την μετάδοση κίνησης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:**

- Λάμα σιδήρου, διαστάσεων 500mm x 50mm x 5mm



(Εικόνα 1.5.14)

- Σιδηρογωνία, διαστάσεων 1000mm x 35mm x 35mm



(Εικόνα 1.5.15)

- 2 γρανάζια τύπου 3M 30T για ιμάντα πλάτους 10mm



(Εικόνα 1.5.16)

- 2 γρανάζια τύπου 3M 60T για ιμάντα πλάτους 10mm



(Εικόνα 1.5.17)

- 2 οδοντωτοί ιμάντες χρονισμού τύπου 3M 165 δοντιών



(Εικόνα 1.5.18)



- 2 κινητήρες DC 24V 80rpm υψηλής ροπής με αποκωδικοποιητή



(Εικόνα 1.5.199)

- Βίδες με παξιμάδια διαφόρων διαστάσεων



(Εικόνα 1.5.20)

**Για τον έλεγχο κίνησης και θέσης αντικειμένων με αισθητήρες χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:**

6 αισθητήρες NPN-NO με ικανότητα ανίχνευσης αντικειμένου στα 6mm



(Εικόνα 1.5.21)

- 2 κομμάτια ξύλο, διαστάσεων 260mm x 80mm x 15mm



(Εικόνα 1.5.22)

**Για την κατασκευή της μεταφορικής ταινίας χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:**

- Πάγκκος εργασίας



(Εικόνα 1.5.23)

- Δίσκος κοπής



(Εικόνα 1.5.24)

- Δράπανο κολωνάτο



(Εικόνα 1.5.25)

- Οξυγονοκόλληση



(Εικόνα 1.5.26)

- Μηχανικός Τόρνος



(Εικόνα 1.5.27)

Για την κατασκευή των βάσεων χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Επιτραπέζιο δρέπανο



(Εικόνα 1.5.28)

- Επιτραπέζιος δίσκος κοπής



(Εικόνα 1.5.29)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

## 2.1 – Πλατφόρμα Ηλεκτρονικών Arduino

### Mega 2560

#### Γενικά για τον Arduino



(Εικόνα 2.1.1)

Ο Arduino είναι μια ανοιχτού κώδικα ηλεκτρονική πλατφόρμα. Οι πλατφόρμες Arduino είναι ικανές να διαβάζουν εισόδους όπως δακτυλικό αποτύπωμα, φωτεινή δέσμη, μήνυμα κινητού, και να το μετατρέπουν σε έξοδο όπως η ενεργοποίηση ενός κινητήρα, η ενεργοποίηση μιας φωτοδιόδου (LED) ή η δημοσιοποίηση ενός μηνύματος σε άλλα κινητά τηλέφωνα ή ακόμα και σε κοινωνικά μέσα όπως Twitter. Για να πετύχεις κάτι τέτοιο αρκεί και μόνο να στείλεις εντολές στον μικροελεγκτή που βρίσκεται στην πλατφόρμα Arduino. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Arduino (που βασίζεται στην καλωδίωση) και στο σχετικό λογισμικό του Arduino που βασίζεται στο Processing. Το Processing είναι ένα ευέλικτο λογισμικό sketchbook και μια γλώσσα για την εκμάθηση της συγγραφής κώδικα στα πλαίσια της εικαστικής τέχνης. Γενικότερα τα προγράμματα που γράφονται για τον Arduino λέγονται “sketches”. Κάθε “sketch” αποθηκεύεται σε συγκεκριμένο χώρο που λέγεται “sketchbook”. Με την πάροδο των χρόνων ο Arduino αποτέλεσε τον πυρήνα σε χιλιάδες project από καθημερινά αντικείμενα μέχρι σύνθετα επιστημονικά όργανα.

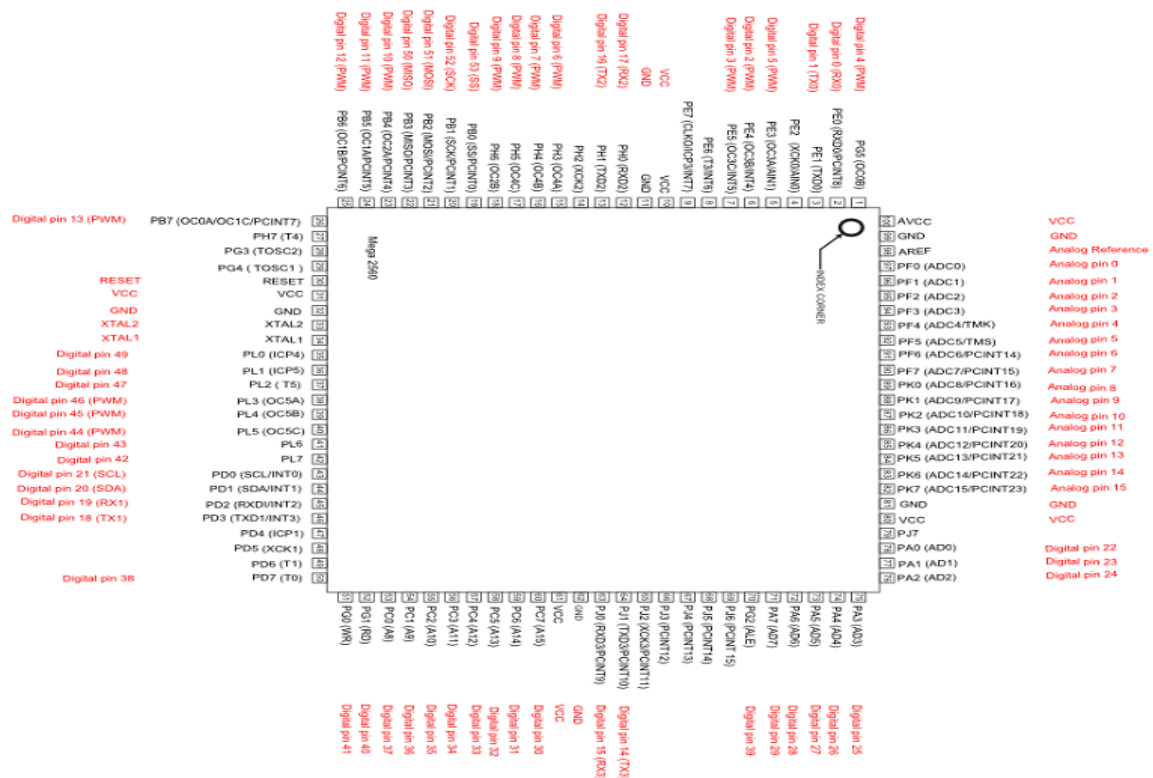
Μια παγκόσμια κοινότητα δημιουργών, μαθητών, καλλιτεχνών, προγραμματιστών και επαγγελματιών έχει συγκεντρωθεί γύρω από αυτήν την ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, και η συνδρομή των παραπάνω έχει προσθέσει μια απίστευτα μεγάλη ποσότητα προσβάσιμης γνώσης, που μπορεί να αποτελέσει μεγάλη βοήθεια τόσο για τους αρχάριους, όσο και για τους έμπειρους χρήστες της πλατφόρμας αυτής. Η συγκεκριμένη εργασία γίνεται χρήση της πλατφόρμας Arduino MEGA 2560 που είναι βασισμένη πάνω στον μικροελεγκτή ATmega2560. Η πλατφόρμα αυτή έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά επιγραμματικά:

- Ονομαστική τάση λειτουργίας 5V
- Ονομαστική τάση εισόδου : 7-12V
- Ψηφιακές εισοδοί/έξοδοι : 54 pins από τα οποία τα 15 είναι PWM έξοδοι
- Αναλογικές εισοδοι : 16 pins
- Σειριακές θύρες : 4 UARTs
- DC ρεύμα ανά γραμμή εισόδου/εξόδου : 20mA
- Μνήμη : 256 KB για αποθήκευση κώδικα (από τα οποία τα 8 KB χρησιμοποιούνται για τις εντολές εκκίνησης)
- SRAM : 8 KB
- EEPROM : 4KB η οποία μπορεί να διαβαστεί και να γραφτεί με την EEPROM βιβλιοθήκη
- Συχνότητα ρολογιού : 16MHz
- Θύρα σύνδεσης USB
- Θύρα σύνδεσης τροφοδοτικού
- Κουμπί reset.

## Τροφοδοσία του Arduino

Ο Mega 2560 μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω μιας θύρας USB ή με εξωτερική τροφοδοσία. Η πηγή τροφοδοσίας επιλέγεται αυτόματα. Μια εξωτερική (όχι USB) τροφοδοσία μπορεί να προέλθει είτε από μια μπαταρία, είτε από έναν AC/DC προσαρμογέα. Ο προσαρμογέας αυτός μπορεί να συνδεθεί τοποθετώντας ένα 2.1mm θετικό βύσμα ήχου στην υποδοχή τροφοδοσίας της πλακέτας. Οι ακροδέκτες της μπαταρίας μπορούν να οδηγηθούν στις υποδοχές GND και Vin αντίστοιχα της σύνδεσης τροφοδοσίας. Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει και με εξωτερική πηγή από 6 μέχρι 20 Volts. Εάν τροφοδοτήσεις την πλακέτα με λιγότερο από 7V, η γραμμή των 5V μπορεί να παρέχει λιγότερο από 5 Volt και η πλακέτα μπορεί να γίνει ασταθής. Εάν χρησιμοποιήσεις παραπάνω από 12 V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να καταστρέψει την πλακέτα. Στο προτεινόμενο εύρος τροφοδοσίας τάσης είναι 7 – 12 Volt

## Arduino Mega 2560 pinout



(Εικόνα 2.1.2)

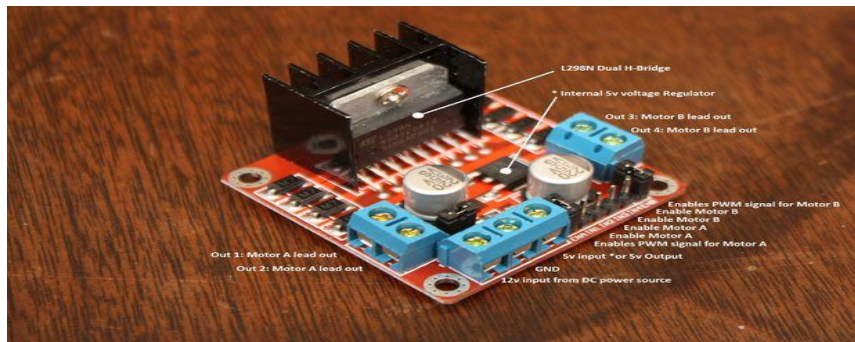


## 2.2 - Ολοκληρωμένο L298N

### Γενικά για το ολοκληρωμένο L298N

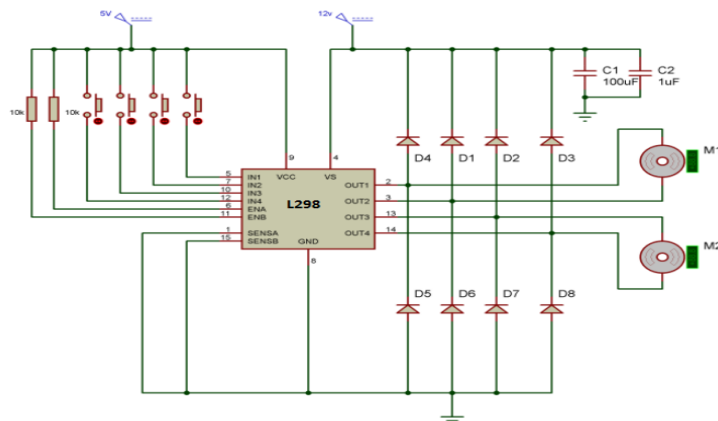
Το L298N είναι ένα μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα υψηλής τάσης με 15 pins. Είναι σχεδιασμένο να οδηγεί επαγωγικά φορτία , όπως ηλεκτρονόμοι , ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες , DC και βηματικούς κινητήρες. Δέχεται τάσεις από 7 έως 35V και παρέχει ρεύμα 1Ampere ανά κανάλι.

### Ολοκληρωμένο L298N Dual H-bridge



(Εικόνα 2.2.1)

### Ολοκληρωμένο L298N Dual H-bridge Block diagram

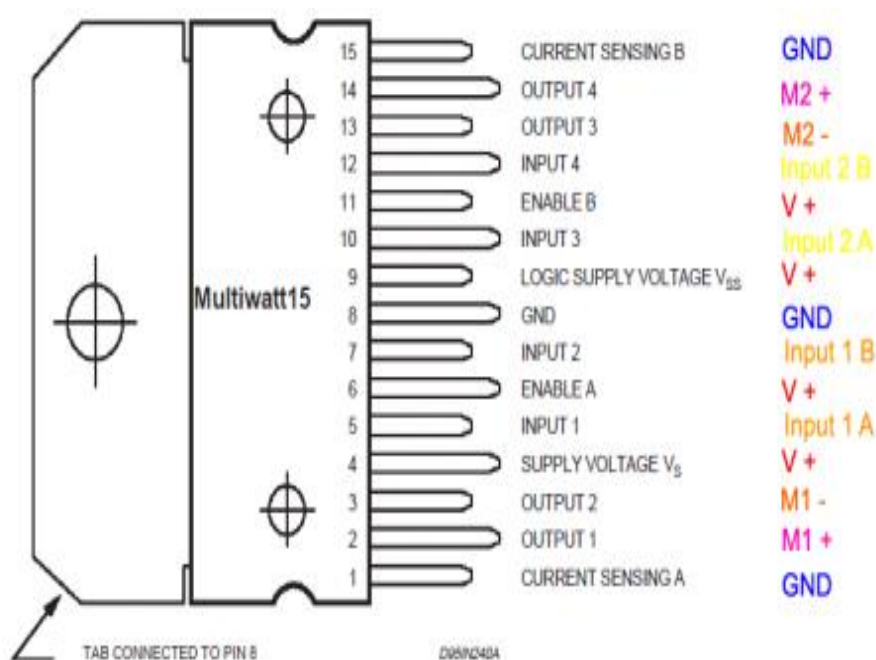


(Εικόνα 2.2.2)

## Περιγραφή λειτουργίας του ολοκληρωμένου L298N

Για την σωστή λειτουργία του ολοκληρωμένου, πρέπει να ρυθμίσουμε σε κατάλληλα επίπεδα τους ακροδέκτες inputs από τον μικροελεγκτή για τη φορά περιστροφής του κινητήρα που εμείς θέλουμε και τα outputs σε κάθε ακροδέκτη του κινητήρα. Από την αριστερή μεριά του ολοκληρωμένου έχουμε τα Input 1, 2 και Output 1, 2 για τον κινητήρα 1 (M1). Από την δεξιά μεριά του ολοκληρωμένου έχουμε τα Input 3, 4 και Output 3, 4 για τον κινητήρα 2 (M2). Δηλαδή από την αριστερή μεριά συνδέουμε το Input 1 στο “+” και το Input 2 στο “-” για να περιστρέφεται ο κινητήρας σε μια κατεύθυνση, ή τα συνδέουμε αντίθετα, δηλαδή το Input 1 “-” και το Input 2 στο “+” για να περιστρέφεται ο κινητήρας στην αντίθετη κατεύθυνση. Το ίδιο ισχύει και για τα Inputs 3, 4. Επίσης οι ακίδες 6 και 11, είναι τα enable pins για ενεργοποίηση στο ολοκληρωμένο, όπου αντιστοιχούν στον κινητήρα 1 και 2 αντίστοιχα και θα πρέπει να είναι σε κατάσταση HIGH για να λειτουργήσουν. Όταν μια είσοδος enable είναι σε κατάσταση HIGH, τότε το σχετικό PIN ενεργοποιείται, με συνέπεια οι έξοδοι να ενεργοποιηθούν. Αντίθετα όταν μια είσοδος enable είναι σε κατάσταση LOW, τότε το σχετικό PIN απενεργοποιείται, με συνέπεια οι έξοδοι να απενεργοποιηθούν.

## Ολοκληρωμένο L298N Dual H-bridge pinout



(Εικόνα 2.2.3)

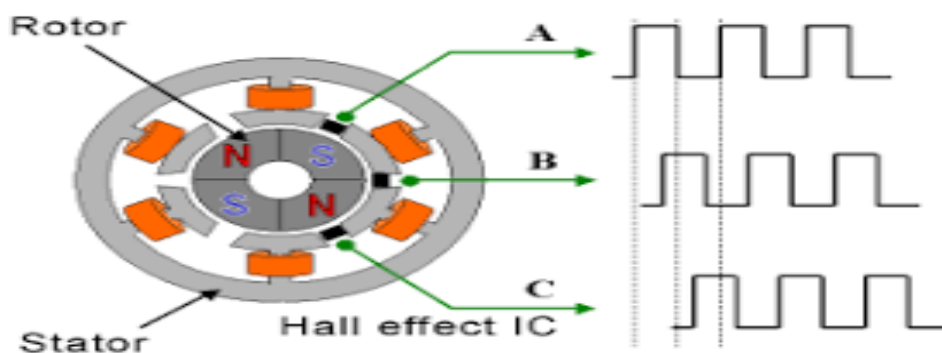
## 2.3 - Κινητήρες

Οι κινητήρες με αποκωδικοποιητές, σε συνδυασμό με οδηγούς κινητήρα χρησιμοποιούνται σε εκατομμύρια εφαρμογές όπως ανελκυστήρες, μεταφορικές ταινίες και κυλιόμενες σκάλες. Παρακολουθούν τις στροφές των αξόνων του κινητήρα και παράγουν μία ψηφιακή παλμοσειρά η οποία περιέχει τις πληροφορίες για την θέση και την κίνηση του κινητήρα.



Εικόνα 2.3.1:Κινητήρας συνεχούς ρεύματος με hall effect sensor

Οι κινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τοποθετημένους μέσα τους hall effect αισθητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν την θέση και να την διαβιβάσουν στον controller ώστε να περιστραφεί την σωστή στιγμή και με τη σωστή φορά. Οι Hall effect αισθητήρες λειτουργούν με μαγνητικά πεδία από έναν μόνιμο μαγνήτη ή έναν ηλεκτρομαγνήτη, που ανταποκρίνονται στους νότιους (λειτουργούντες) και βόρειους πόλους (απελευθέρωσης). Αυτοί οι μαγνητικοί αισθητήρες καθορίζουν πότε το ρεύμα θα εφαρμοστεί στα πηνία του κινητήρα για να περιστρέψουν τους μαγνήτες με τον σωστό προσανατολισμό.



Εικόνα 2.3.2: Λειτουργία Hall effect

**Τα βασικά χαρακτηριστικά των κινητήρων που χρησιμοποιήθηκαν (DC 24V 80RPM High Torque Turbo Encoder Motor) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:**

Input voltage(V)	24
Retarder Reduction Ratio	1:150
No Load Speed(RPM)	80
No Load Current (mA)	≤80
Rated torque(kg.cm)	15.0 Kg.cm
Rated Speed(RPM)	55
Rated Current(A)	≤0.7
Stall Torque	≥ 48 Kg.cm
Stall Current(A)	≤2.0
Hall Resolution	1650

**Έχουν έξι ακροδέκτες , όπως απεικονίζεται και στην φωτογραφία**

**2.3.3**

- Οι ακροδέκτες M1 και M2 είναι ο κινητήρας
- Οι ακροδέκτες C1 και C2 είναι οι αποκωδικοποιητές
- Οι ακροδέκτες 3.3V και GND είναι οι τροφοδοσία των αποκωδικοποιητών



Εικόνα 2.3.3 :DC 24V 80RPM High Torque Turbo Encoder Motor Worm Geared Motor Reducer Motor(pinout)

## 2.4 - Τροφοδοτικά

Τα τροφοδοτικά που χρησιμοποιήθηκαν δίνουν τάση 24V στα pins 4(supply voltage) των L298N ολοκληρωμένων όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.5. Οι προδιαγραφές των τροφοδοτικών είναι οι εξής:

- Τάση εισόδου: 100-240VAC 50-60Hz
- Ρεύμα εισόδου : 1.0A
- Τάση εξόδου: 24Vdc
- Ρεύμα εξόδου: 2.0A



Εικόνα 2.4.1: Τροφοδοτικό

## 2.5 - Αισθητήρες επαγωγικής εγγύτητας

### Γενικά για τους αισθητήρες επαγωγικής εγγύτητας

Οι αισθητήρες επαγωγικής εγγύτητας είναι συσκευές μη εγγύς επαφής που εγκαθιστούν ένα πεδίο ραδιοσυχνότητας με έναν ταλαντωτή και ένα πηνίο. Η παρουσία ενός αντικειμένου μπορεί να μεταβάλλει αυτό το πεδίο και ο αισθητήρας μπορεί να ανιχνεύσει αυτή την αλλαγή.

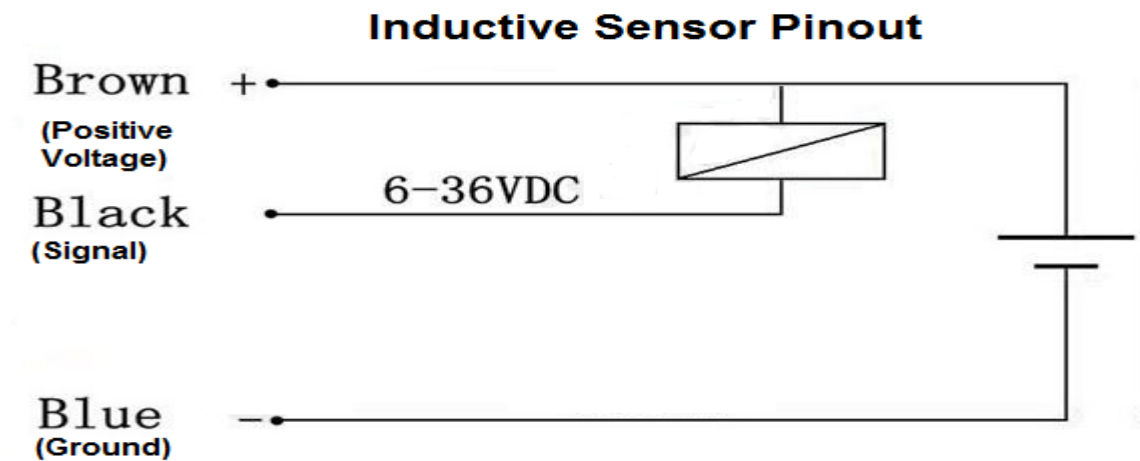


*Εικόνα 2.5.1: Inductive Proximity Sensor (NPN & NO)*

## Αισθητήρες NPN

Ο τύπος των αισθητήρων που χρησιμοποιήσαμε ονομάζεται NPN (negative-positive-negative). Έχει τρία καλώδια τα οποία συνδέονται ως εξής:

- Καφέ καλώδιο στην τάση τροφοδοσίας
- Μπλε καλώδιο στο κοινό
- Μαύρο καλώδιο στον Arduino (σήμα)



Εικόνα 2.5.2 Κύκλωμα σύνδεσης αισθητήρα

### Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά επιγραμματικά:

- Όνομα: Inductive Proximity Switch
- Μοντέλο: LJ18A3-8-Z/EX
- Τύπος καλωδίου: Τύπος 2 καλωδίων (Καφέ , Μπλε)
- Τύπος εξόδου: NO (Κανονικά ανοιχτό)
- Απόσταση ανίχνευσης: 8mm +/- 10%
- Τάση : 6-36V DC
- Ρεύμα εξόδου (max): 200mA
- Υλικό εντοπισμού αντικειμένων: Σίδηρο
- Απόκριση συχνότητας: DC 0.5kHz , AC 25Hz
- Διάμετρος στήλης αισθητήρα: 18mm
- Διάμετρος νήματος: 18mm
- Εξωτερικές διαστάσεις: M18x68
- Μήκος καλωδίων: 1.1m
- Εξωτερικό υλικό: Πλαστικό, κράμα μετάλλου

## 2.6 - Σειρήνα

Η σειρήνα είναι μία απλή μηχανή ή όργανο παραγωγής οξύ και έντονου ήχου. Ενεργοποιείται αν προκύψει κάποιο σφάλμα με σκοπό την προστασία και την ενημέρωση της μη κανονικής λειτουργίας στους χειριστές και μη.



Εικόνα 2.6.1: Σειρήνα(buzzer)

**Η σειρήνα που χρησιμοποιήθηκε έχει δύο ακροδέκτες και οι συνδέσεις τους είναι οι εξής:**

- Ο μεγάλος ακροδέκτης συνδέεται με τον Arduino (σήμα)
- Ο μικρός ακροδέκτης συνδέεται στο κοινό



## 2.7 - Μπουτόν

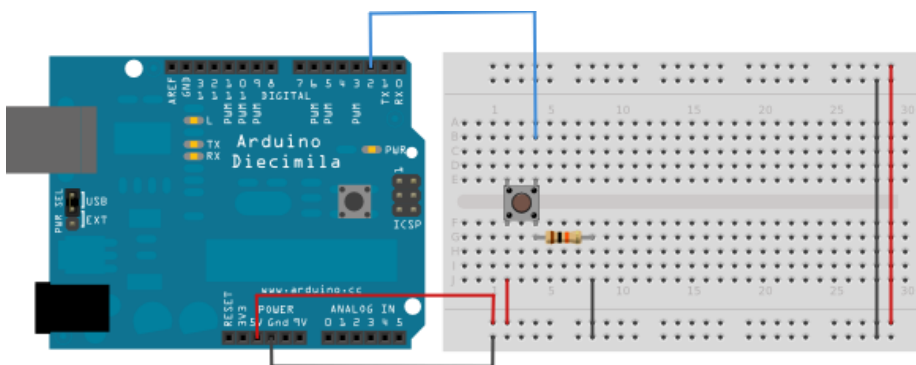
Το μπουτόν είναι ένας απλός μηχανισμός αλλαγής κατάστασης για τον έλεγχο κάποιου μηχανισμού ή διαδικασίας. Συχνά χρησιμοποιείται για να ξεκινήσει ή σταματήσει μια διαδικασία ή μηχανισμό.



Εικόνα 2.7.1: Πλήκτρο ή μπουτόν

**Τα πλήκτρα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τέσσερις ακροδέκτες και οι συνδέσεις έχουν ως εξής:**

- Το ένα ποδαράκι συνδέεται στο κοινό μέσω μιας αντίστασης(1K)
- Το δίπλα ποδαράκι συνδέεται με την τροφοδοσία(5V)
- Το απέναντι διαγώνια πηγαίνει στον Arduino (σήμα)

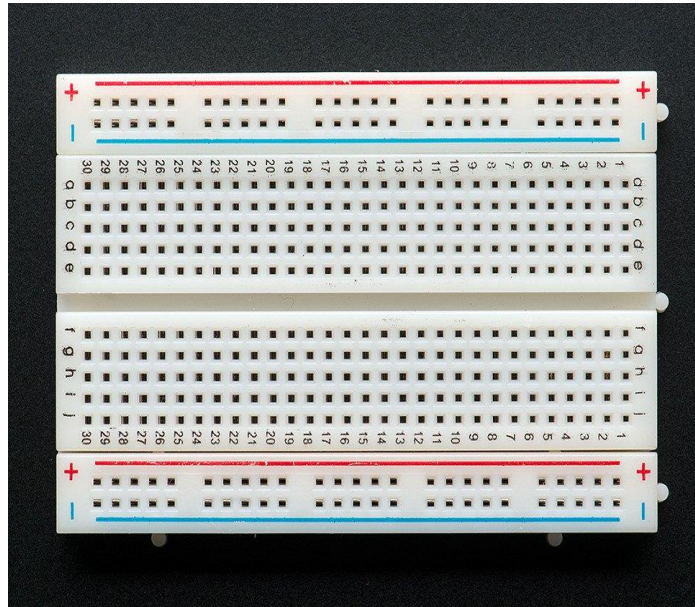


Εικόνα 2.7.1: Συνδεσμολογία πλήκτρου (μπουτόν)

## 2.8 - Πλακέτα (ράστερ) , καλώδια και αντιστάσεις

### Πλακέτα (ράστερ)

Το ράστερ (Breadboard) είναι μια βάση κατασκευής ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Επειδή δεν απαιτεί συγκόλληση αλλά οι συνδέσεις γίνονται μέσω καλωδίων ή απευθείας στα σημεία σύνδεσης είναι επαναχρησιμοποιήσιμο. Αυτό το καθιστά εύκολο στην χρήση για την δημιουργία προσωρινών πρωτοτύπων και την πειραματική σχεδίαση κυκλωμάτων.



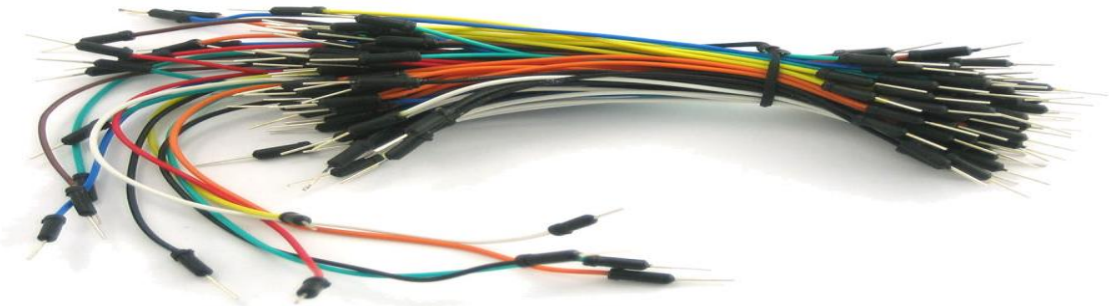
Εικόνα 2.8.1: Ράστερ (Breadboard)

Όλες οι οριζόντιες γραμμές είναι βραχυκυκλωμένες για να είναι εφικτές οι συνδέσεις δύο ηλεκτρονικών μέσω του ράστερ. Δηλαδή στην γραμμή 1 (εικόνα 2.15) τα a , b, c, d, e είναι βραχυκυκλωμένα μεταξύ τους όπως και τα f, g, h, i, j . Επίσης η κόκκινη γραμμή(+) είναι βραχυκυκλωμένη (κάθετα) και συνήθως εκεί συνδέεται η τάση τροφοδοσίας. Αντίστοιχα, στην μπλε γραμμή(-) συνδέεται το κοινό.

## Καλώδια και αντιστάσεις

Τα καλώδια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τύπου αρσενικό-αρσενικό και αρσενικό-θηλυκό. Περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στον παρακάτω πίνακα:

Πάχος	2.54mm
Μήκος	5-10cm
Όριο ρεύματος	2A



Εικόνα 2.8.2: Καλώδια για ράστερ(breadboard)

Οι αντιστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 1kΩ και χρειάστηκαν μόνο για την σύνδεση των μπουτόν.

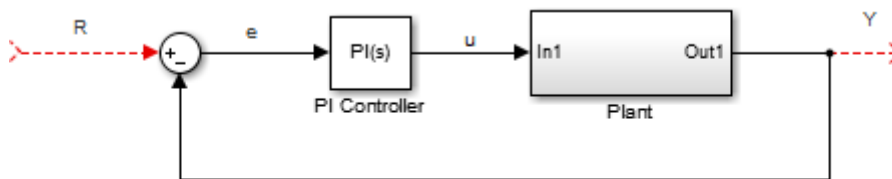


Εικόνα 2.8.3:1kΩ αντίσταση

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ – ΡΙ ΕΛΕΓΚΤΗΣ

### 3.1 - Σχεδίαση ΡΙ ελεγκτή

Θα ληφθεί ως βάση το ακόλουθο σύστημα μοναδιαίας ανατροφοδότησης:



Εικόνα 3.1.1: Σύστημα μοναδιαίας ανατροφοδότησης

- Plant: Το σύστημα που θα ελεγχθεί
- Controller (Ελεγκτής): Παρέχει τη διέγερση στο σύστημα προς έλεγχο. Είναι σχεδιασμένος για να ελέγχει την συνολική συμπεριφορά του συστήματος.
- Η συνάρτηση μεταφοράς του ΡΙ ελεγκτή είναι η ακόλουθη:

$$K_p + k_i/s = \frac{K_p s + K_i}{s}$$

Οι όροι  $k_p$  και  $k_i$  είναι αντίστοιχα:

- $k_p$  = Αναλογικό κέρδος
- $k_i$  = Ολοκληρωτικό κέρδος

Η μεταβλητή ( $e$ ) αντιπροσωπεύει το σφάλμα παρακολούθησης, δηλαδή την διαφορά ανάμεσα στην τιμή της επιθυμητής εισόδου ( $R$ ) και σε εκείνη της πραγματικής εξόδου ( $Y$ ). Αυτό το σήμα σφάλματος ( $e$ ) θα σταλεί στον ΡΙ controller και ο ελεγκτής θα υπολογίσει το ολοκλήρωμα αυτού του σήματος. Το σήμα ( $u$ ) αμέσως μετά τον ελεγκτή είναι πλέον ίσο με το αναλογικό κέρδος ( $K_p$ ) επί την τιμή του σφάλματος, συν το ολοκληρωτικό κέρδος ( $K_i$ ) επί το ολοκλήρωμα του σφάλματος.

$$U = k_p e + k_i \int e dt$$

Το σήμα αυτό θα σταλεί στο σύστημα προς έλεγχο και στη συνέχεια θα λάβουμε ένα νέο σήμα εξόδου (Y). Η νέα έξοδος (Y) θα σταλεί ξανά πίσω στο αισθητήριο για να ανιχνεύσει και αυτό με τη σειρά του το νέο σήμα σφάλματος (e). Ο ελεγκτής θα πάρει αυτό το νέο σήμα σφάλματος και θα υπολογίσει ξανά το ολοκλήρωμα και η ίδια διαδικασία θα επαναλαμβάνεται συνέχεια.

Η χρησιμοποίηση ενός αναλογικού ελεγκτή (Kp), θα έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του χρόνου ανύψωσης και την μείωση, αλλά ποτέ την εξάλειψη, του μόνιμου σφάλματος. Ο ολοκληρωτικός έλεγχος (Ki) θα εξαλείψει το μόνιμο σφάλμα, αλλά θα χειροτερέψει την μεταβατική Απόκριση (αριθμός των ταλαντώσεων μέχρι την τελική ισορροπία του συστήματος).

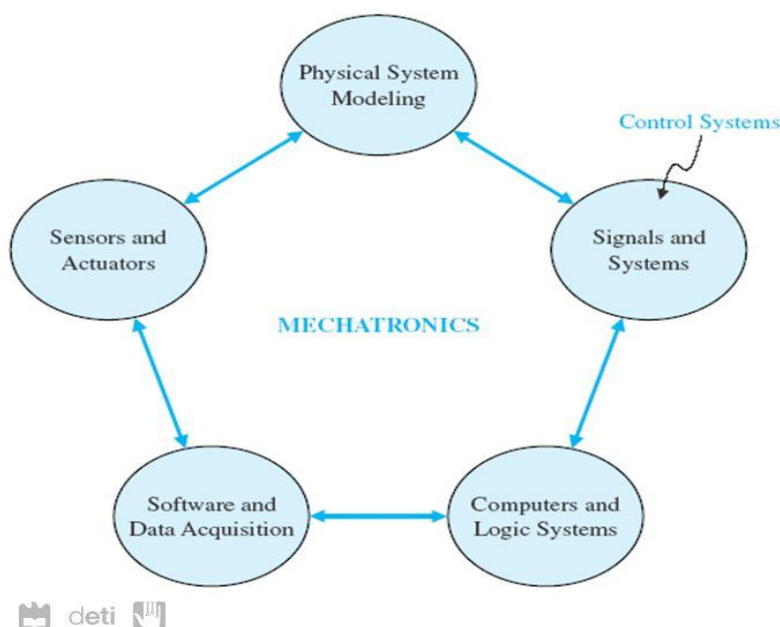
Τα αποτελέσματα της επίδρασης καθενός από τους ελεγκτές Kp, Ki σε ένα σύστημα κλειστού βρόγχου, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Αντίδραση Ελεγκτή	Χρόνος Ανύψωσης	Υπερύψωση	Χρόνος Αποκατάστασης	Μόνιμο Σφάλμα
Kp	Μείωση	Αύξηση	Μικρή Αλλαγή	Μείωση
Ki	Μείωση	Αύξηση	Αύξηση	Εξάλειψη

Ας σημειωθεί ότι αυτοί οι συσχετισμοί μπορεί να μην είναι πολύ ακριβείς, επειδή οι ελεγκτές Kp, Kd και Ki αλληλεξαρτώνται. Στην πραγματικότητα, η αλλαγή μίας από αυτές τις μεταβλητές, μπορεί να αλλάξει την επίδραση και των άλλων δύο μεταβλητών. Για τον λόγο αυτό, ο παραπάνω πίνακας θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνον ως σημείο αναφοράς όταν προσδιορίζουμε τις τιμές για τους ελεγκτές Kp, Kd, και Ki.

## 3.2 - Προσομοίωση ΠΙ ελεγκτή

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται ο κύκλος των διάφορων σταδίων που ακολουθούνται προκειμένου να αναπτυχθεί ένα οποιοδήποτε σύστημα που να επιτελεί μία χρήσιμη για τον άνθρωπο διαδικασία. Στην αρχή γίνεται η μοντελοποίηση (Physical System Modeling) του συστήματος περιγράφοντας σε αδρές γραμμές τις βασικές λειτουργίες. Εν συνεχεία, η ανάλυση ποσοτικοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τεχνικές της σηματοκτικής θεωρίας (Signals and Systems). Στη συνέχεια υπεισέρχεται η επιστήμη της Πληροφορικής με τα λογικά κυκλώματα υλικού (Computers and Logic Systems), για να ακολουθήσει το λογισμικό και η απόκτηση των δεδομένων (Software and Data Acquisition). Τα δεδομένα προέρχονται από αισθητήρες (Sensors and Actuators).



Εικόνα 3.2.2: Μηχατρονικό σύστημα

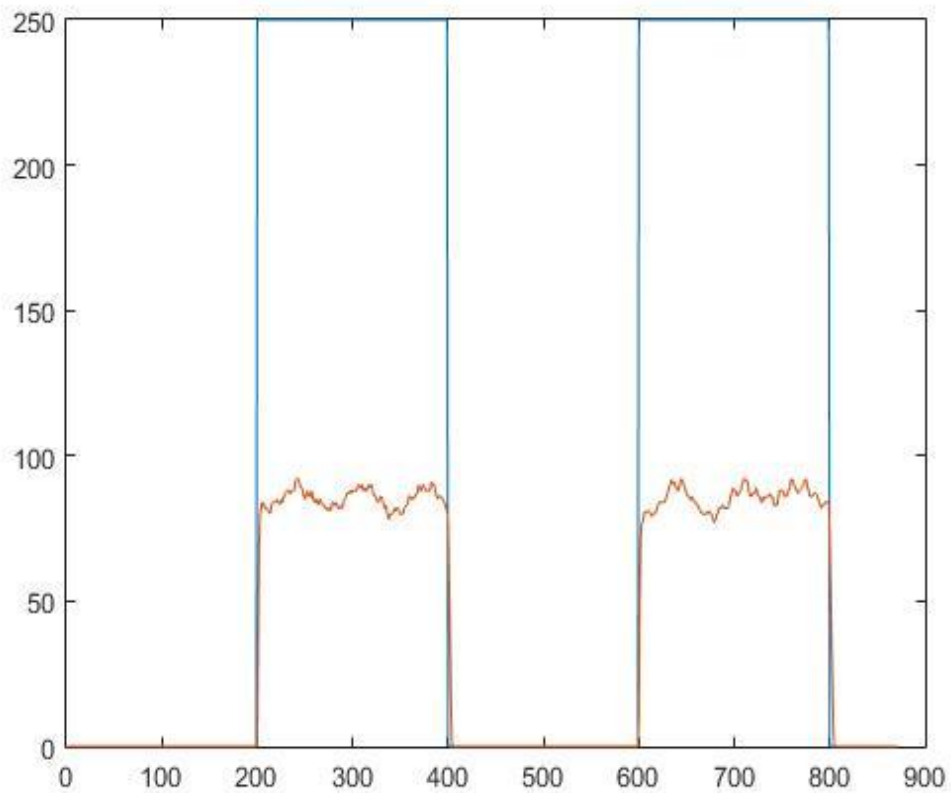
Όπως παρατηρείται στο σχετικό σχήμα, ο έλεγχος των συστημάτων εμφανίζεται ως ανάγκη μετά το σχεδιασμό και πριν την υλοποίηση της διάταξης. Υπό μία έννοια ο αυτόματος έλεγχος γεφυρώνει τη Θεωρία με την Πράξη και γι' αυτό η χρησιμότητά του είναι αυταπόδεικτη. Καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου διαδραματίζεται από τη διαδικασία της προσομοίωσης.

Με την έννοια της προσομοίωσης εννοείται η υλοποίηση των συστημάτων στον υπολογιστή πριν την πραγματική κατασκευή τους. Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτός ο έλεγχος της συμπεριφοράς της εκάστοτε επίδοξης συσκευής χωρίς να την χρονοβόρα διεργασία της φυσικής υλοποίησης

### 3.3 - Πειραματικά αποτελέσματα

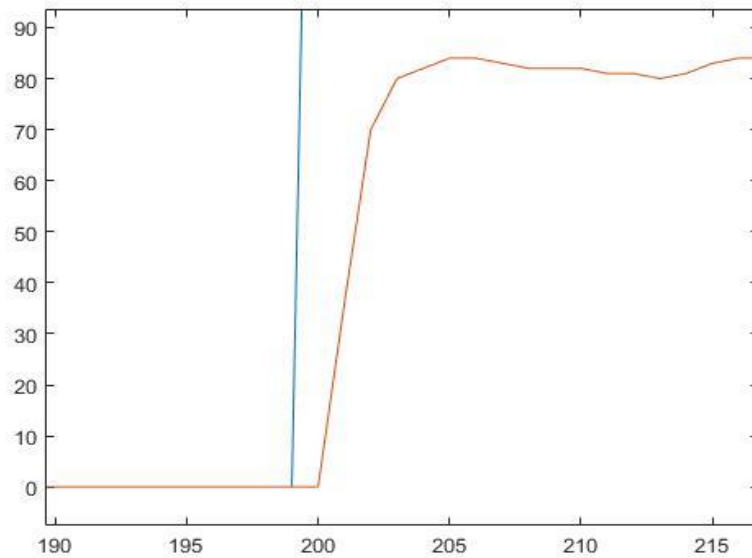
#### Συνάρτηση Μεταφοράς σε ανοιχτό βρόχο

Αρχικά το σύστημα παρατηρείται σε ανοιχτό βρόχο ώστε να βρεθεί η συνάρτηση μεταφοράς ανοιχτού βρόχου. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η έξοδος του συστήματος για εισόδους 0 και 250 rpm. (ελάχιστη και μέγιστη ταχύτητα).



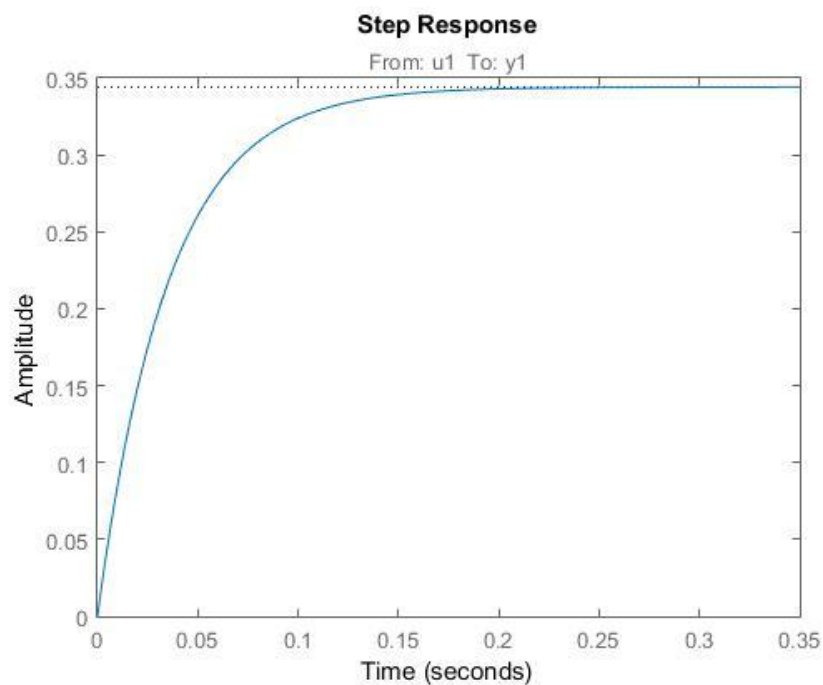
Εικόνα 3.3.1 Απόκριση συστήματος σε ανοιχτό βρόχο (ελάχιστη και μέγιστη ταχύτητα)

**Αν γίνει μεγέθυνση του παραπάνω σχήματος στο σημείο αλλαγής παρατηρείται το μεταβατικό φαινόμενο όπως και ο χρόνος απόκρισης του συστήματος.**



Εικόνα 3.3.2: Μεταβατικό φαινόμενο και χρόνος απόκρισης

**Η χρονική απόκριση απεικονίζεται με περισσότερη ακρίβεια στο παρακάτω σχήμα:**



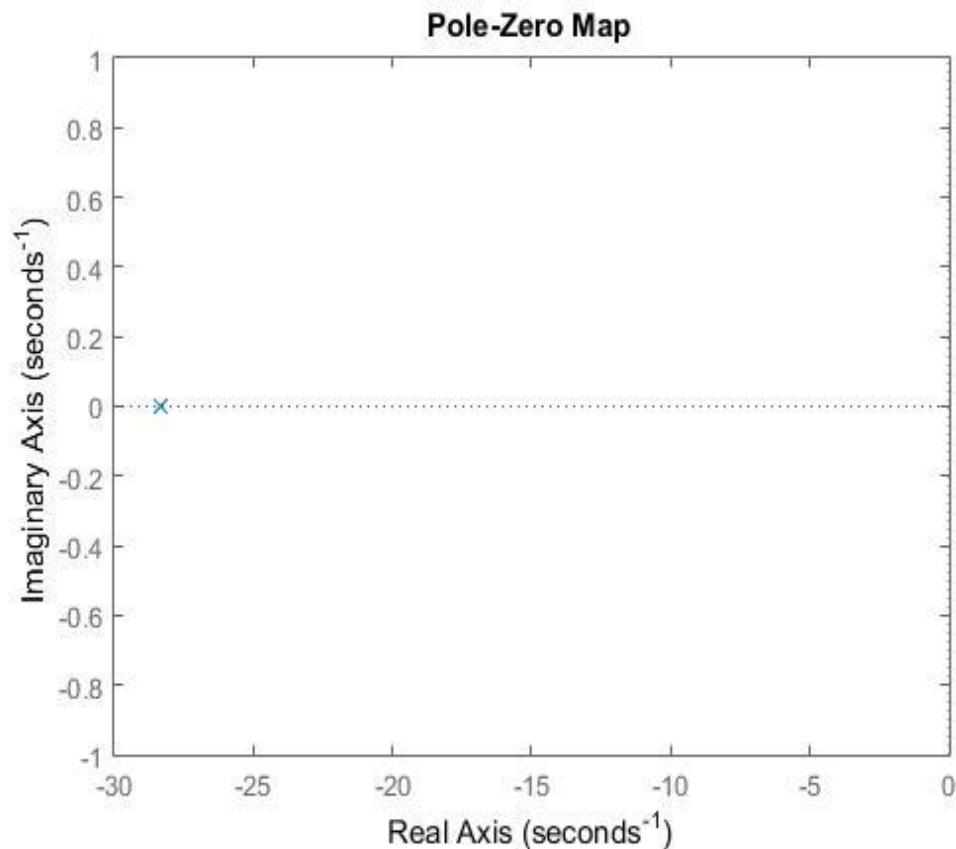
Εικόνα 3.3.3: Χρονική απόκριση



Έχοντας αυτά τα δεδομένα είναι εφικτή η εύρεση της συνάρτησης μεταφοράς μέσω του Matlab. Η συνάρτηση μεταφοράς ανοιχτού βρόχου είναι η εξής:

$$\frac{9.743}{s + 28.31}$$

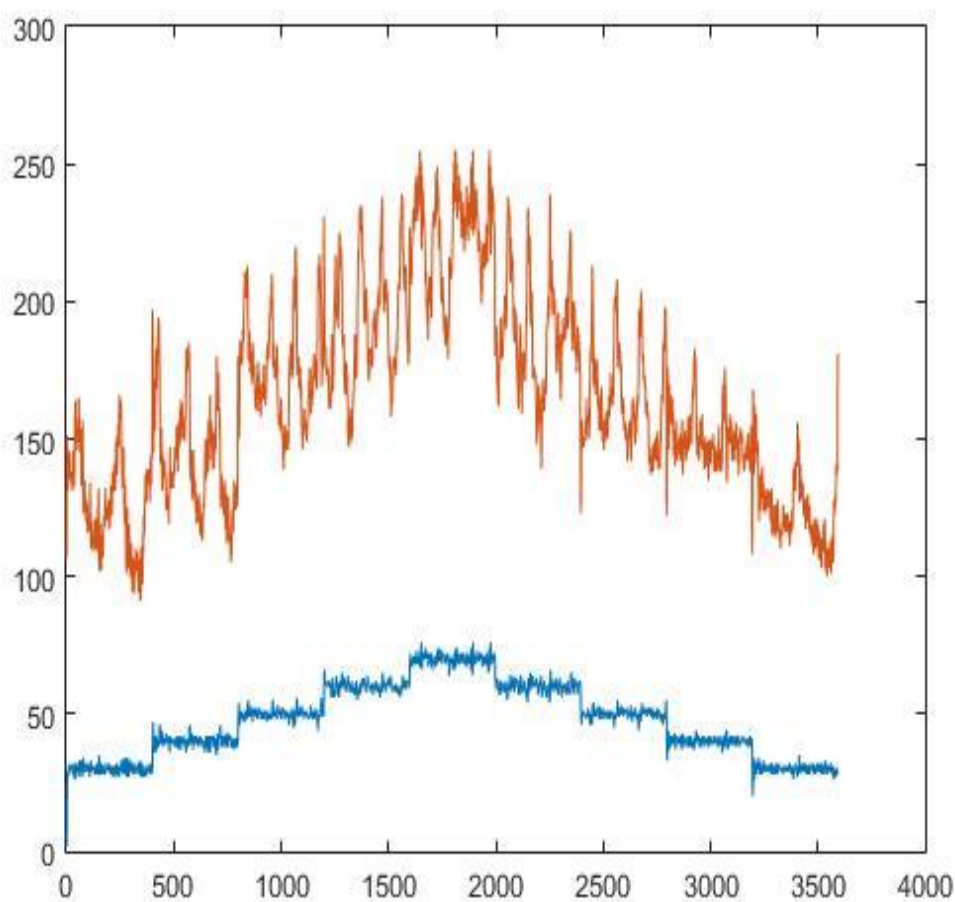
Τέλος, στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ο χάρτης των πόλων και των μηδενικών, δηλαδή ένας πόλος στο σημείο -28.31.



Εικόνα 3.3.4: Χάρτης πόλων και μηδενικών

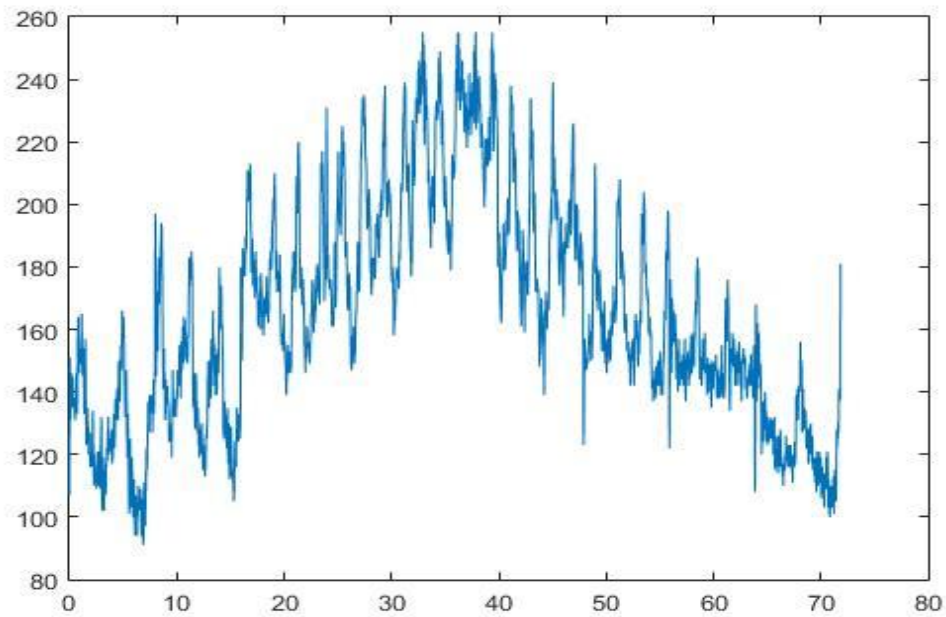
### Συνάρτηση Μεταφοράς σε κλειστό βρόχο

Έπειτα, γνωρίζοντας τα όρια του συστήματος και την συνάρτηση μεταφοράς ανοιχτού βρόχου το σύστημα πρέπει να παρατηρηθεί σε κλειστό βρόχο. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η απόκριση του συστήματος για είσοδο από 30 έως 70 (ppr) με βήμα 10 ( η είσοδος είναι με χρώμα μπλε και η έξοδος με κόκκινο).



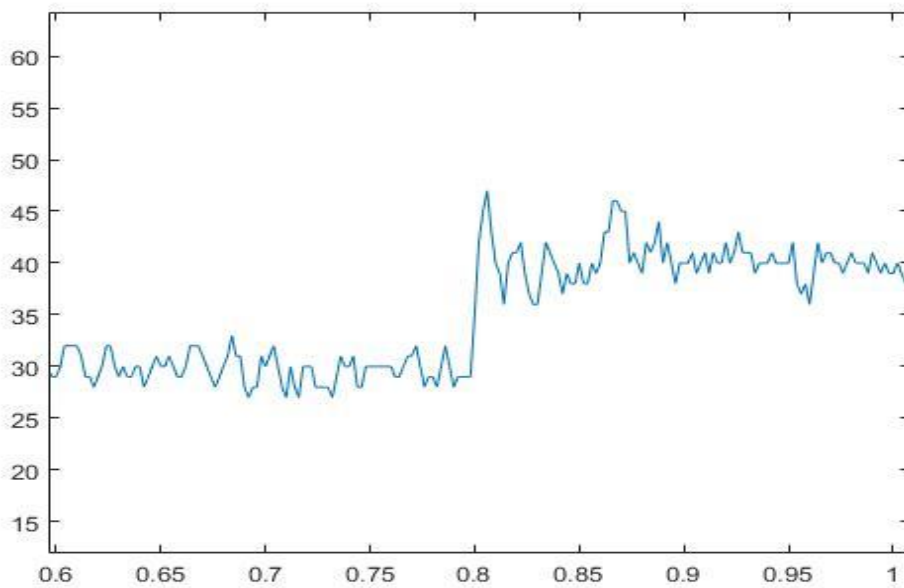
Εικόνα 3.3.5: Απόκριση κλειστού βρόχου σε ταχύτητες (ppr) από 30-70 με βήμα 10

**Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια η απόκριση του συστήματος σε κλειστό βρόχο.**



Εικόνα 3.3.6: Μεγέθυνση απόκρισης κλειστού βρόχου σε ταχύτητες (rpm) από 30-70 με βήμα 10

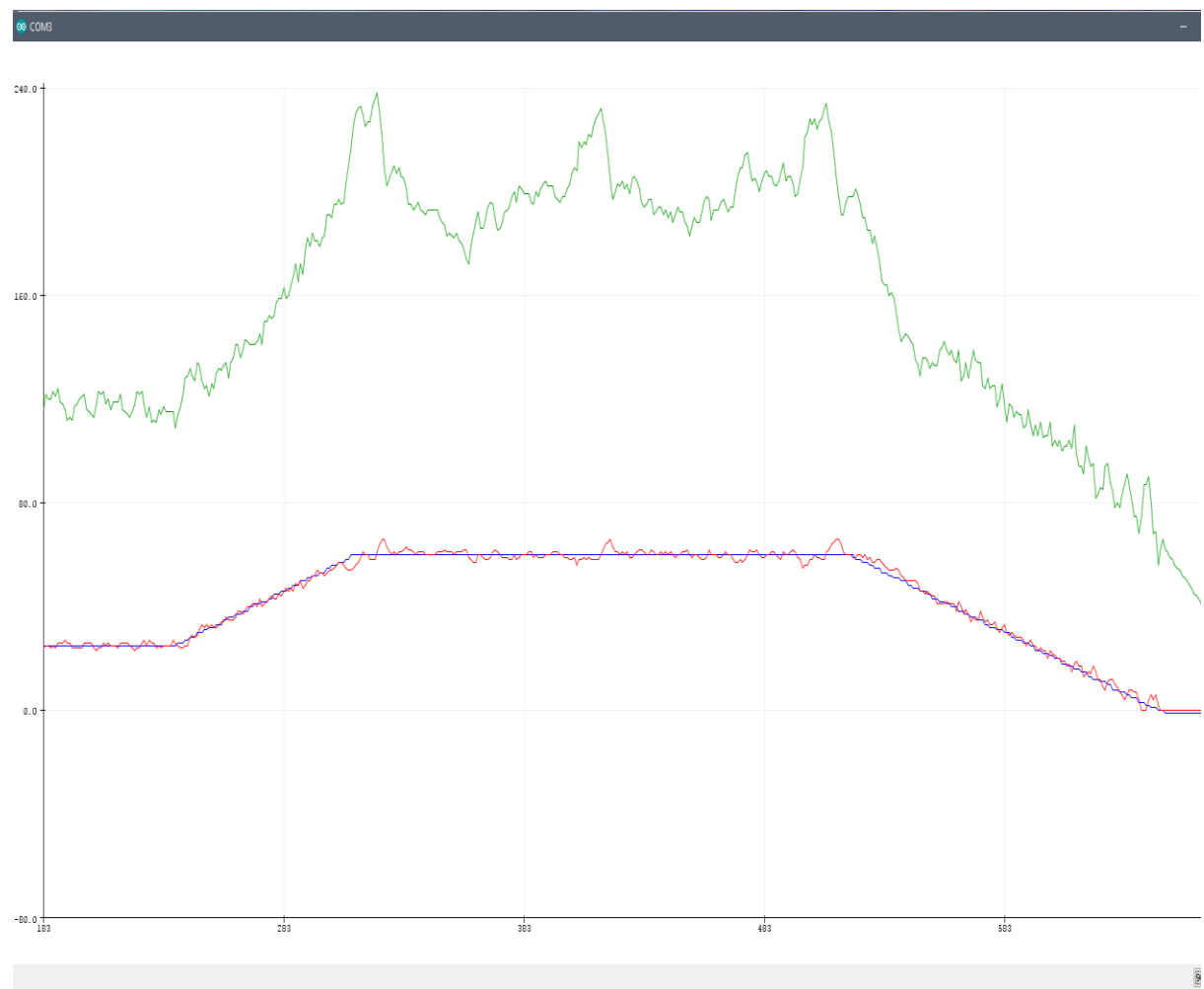
**Αν γίνει μεγέθυνση της βηματικής απόκρισης, παρατηρούνται τα χαρακτηριστικά της απόκρισης (Εικόνα 3.3.7)**



Εικόνα 3.3.7: Χαρακτηριστικά βηματικής απόκρισης

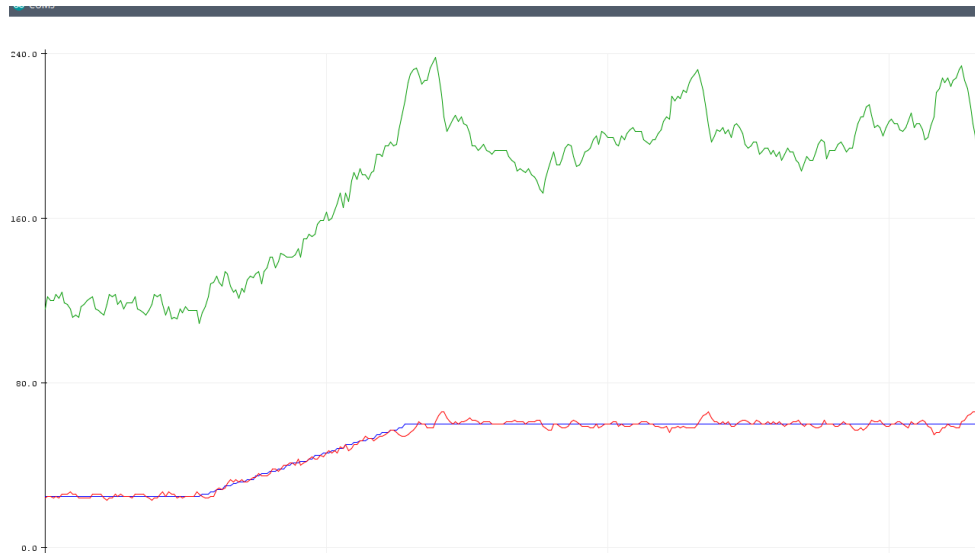
## Ράμπα ανόδου και καθόδου

Ένα από τα πιο βασικά ζητούμενα του συστήματος ήταν η ασφάλεια και η σιγουριά της μεταφοράς του αντικειμένου πάνω στην μεταφορική ταινία, το οποίο προϋποθέτει την ομαλή αλλαγή της ταχύτητας της ταινίας. Το ζητούμενο αυτό επιτεύχθηκε μέσω κώδικα, αυξάνοντας ή μειώνοντας την είσοδο σταδιακά με μικρό βήμα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επιτάχυνση και η επιβράδυνση της ταινίας.



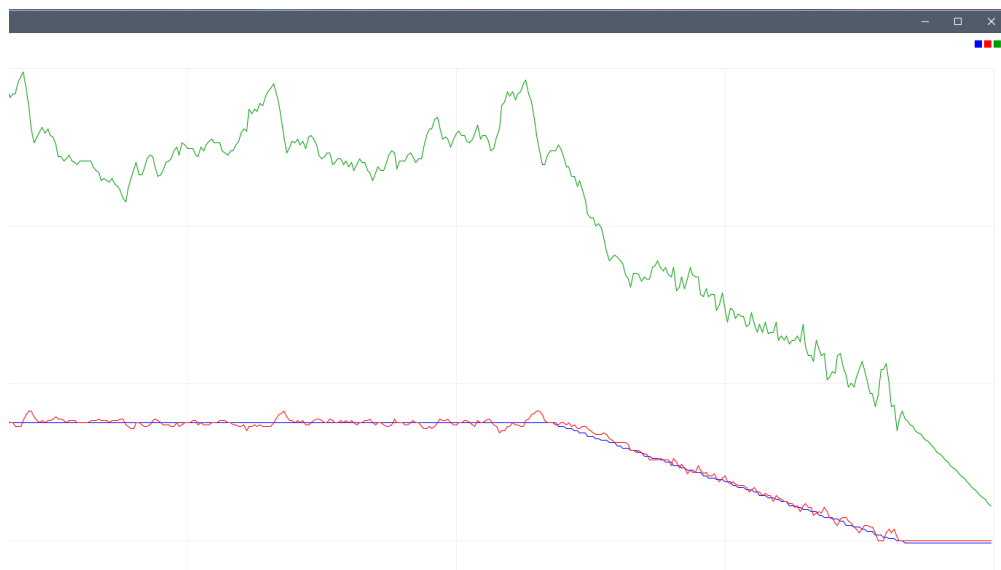
Εικόνα 3.3.8: Ράμπα ανόδου και καθόδου

Όταν δηλαδή το πρώτο ζευγάρι αισθητήρων ανιχνεύσει το αντικείμενο σηματοδοτείται η έναρξη της μεταφοράς και αυξάνεται σταδιακά η ταχύτητα. Η επιτάχυνση της ταινίας απεικονίζεται πιο αναλυτικά στο παρακάτω σχήμα:



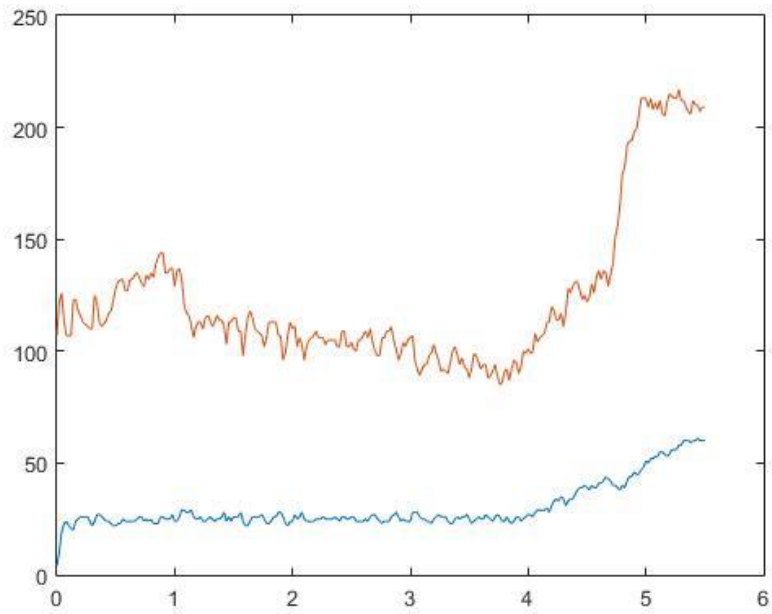
Εικόνα 3.3.9: Επιτάχυνση και σταθεροποίηση ταινίας

Όταν ολοκληρωθεί η μεταφορά του αντικειμένου, το τρίτο ζευγάρι αισθητήρων θα ανιχνεύσει το αντικείμενο και θα το σταματήσει επιβραδύνοντας σταδιακά. Η επιβράδυνση της ταινίας φαίνεται πιο αναλυτικά στο παρακάτω σχήμα:



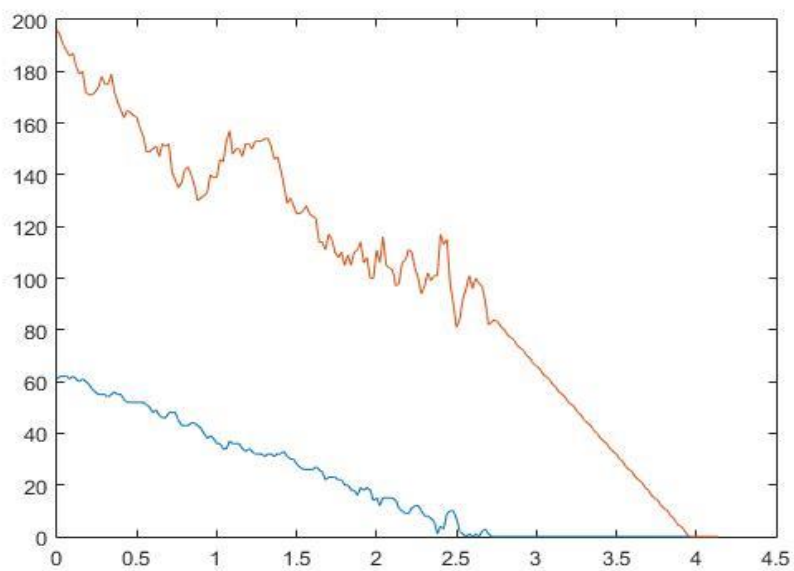
Εικόνα 3.3.10: Επιβράδυνση και σταμάτημα ταινίας

Οι τιμές εισόδου και εξόδου εμφανίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια, με την βοήθεια του Matlab, στα παρακάτω σχήματα. Αρχικά, η επιτάχυνση της ταινίας:



Εικόνα 3.3.11: Επιτάχυνση ταινίας στο Matlab

Και η επιβράδυνση:



Εικόνα 3.3.12: Επιβράδυνση ταινίας στο Matlab

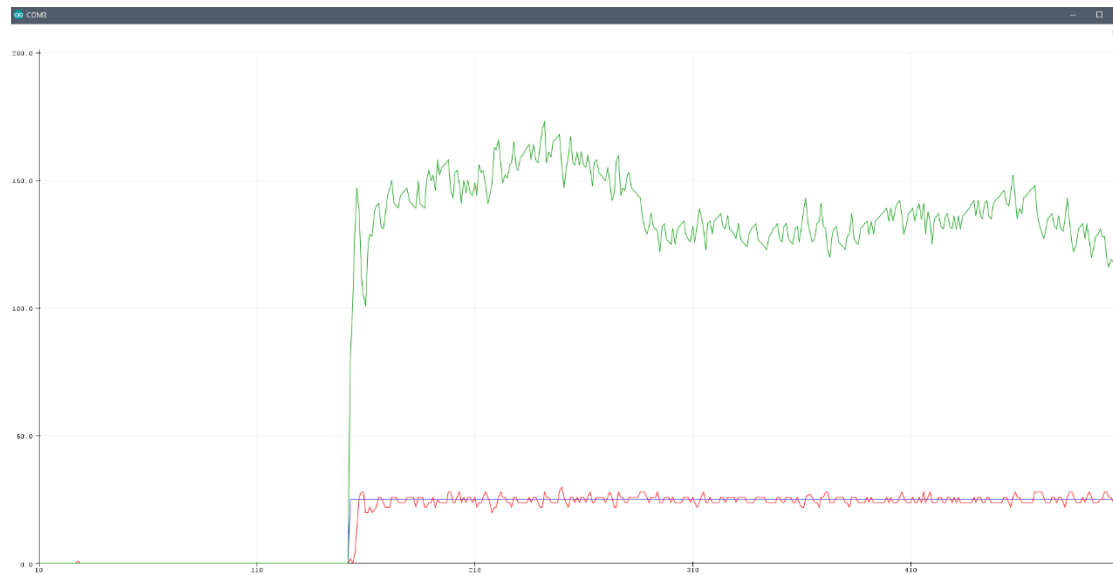
### 3.4 – Σενάρια

Εκτός από την ασφάλεια και την σιγουριά της μεταφοράς του αντικειμένου υπήρχαν και άλλα ζητούμενα, όπως η ταχύτητα και η διόρθωση πιθανών σφαλμάτων. Οπότε προστέθηκαν και υπολογίστηκαν κάποια πιθανά σενάρια της λειτουργίας του συστήματος. Ο αριθμός των σεναρίων που προστέθηκαν είναι αρκετός για την παρούσα εργασία, αλλά φυσικά και θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλα με στόχο την περαιτέρω βελτιστοποίηση του συστήματος. Τα τέσσερα σενάρια που προστέθηκαν θα αναλυθούν και θα απεικονιστούν παρακάτω. Από αυτά τα τέσσερα σενάρια θα μπορούσαν να προκύψουν (με συνδυασμό αυτών) πολύ περισσότερα αλλά θα αναλυθούν μόνο τα τέσσερα βασικά. Ο κώδικας των σεναρίων βρίσκεται στις τελευταίες σελίδες.

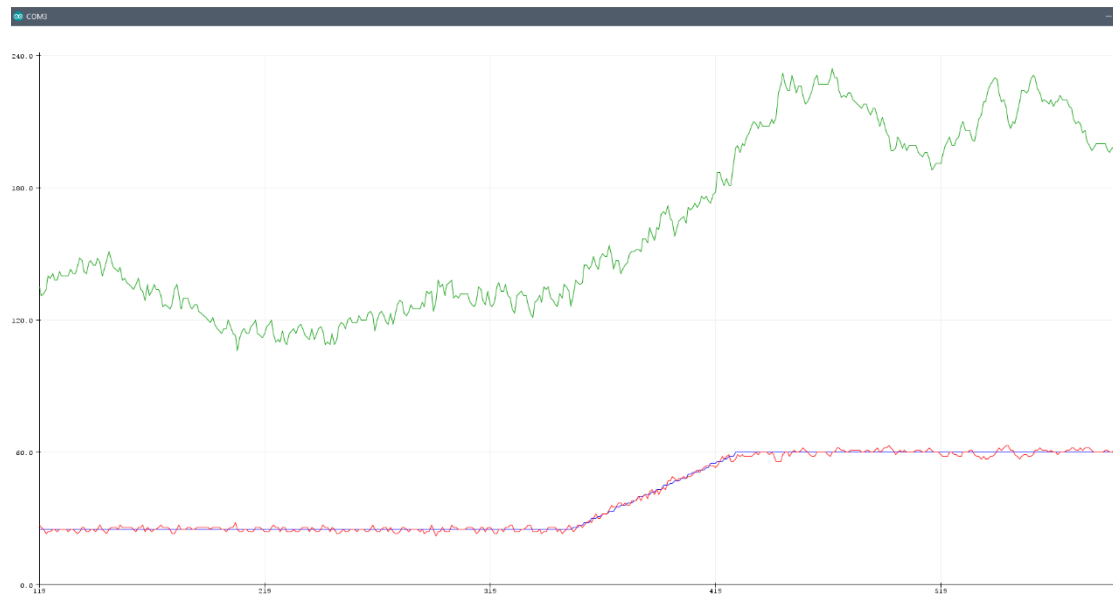
1. Μεταφορά μικρού αντικειμένου
2. Μεταφορά μεγάλου αντικειμένου
3. Σενάριο κινδύνου
4. Πτώση του μεγάλου αντικειμένου κατά την μεταφορά

- Σενάριο 1<sup>ο</sup>

Η ταινία δεν κινείται και πιέζεται το μπουτόν εκκίνησης (εικόνα 3.4.1). Αφού πατηθεί, η ταινία κινείται με μικρή ταχύτητα (30 pulses per rotation). Τοποθετείται το μικρό αντικείμενο στην αρχή της μεταφορικής ταινίας. Όταν το ανιχνεύσει το πρώτο ζευγάρι αισθητήρων (το κάτω μόνο επειδή είναι μικρό), θα ξεκινήσει η επιτάχυνση της μεταφορικής ταινίας και θα φτάσει την μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα (επειδή είναι μικρό το αντικείμενο και δεν υπάρχει κίνδυνος πτώσης) δηλαδή τα 60 rpm, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.4.2. Όταν περάσει από την μέση της μεταφορικής ταινίας θα το ανιχνεύσει το δεύτερο ζευγάρι αισθητήρων που ελέγχει αν έχει γίνει κάποια αλλαγή στο αντικείμενο. Όταν προσεγγίσει το τέλος της μεταφορικής ταινίας, θα το ανιχνεύσει το τρίτο και τελευταίο ζευγάρι αισθητήρων το οποίο θα σηματοδοτήσει την επιβράδυνση και το τελικά το σταμάτημα της μεταφορικής ταινίας (εικόνα 3.4.3).

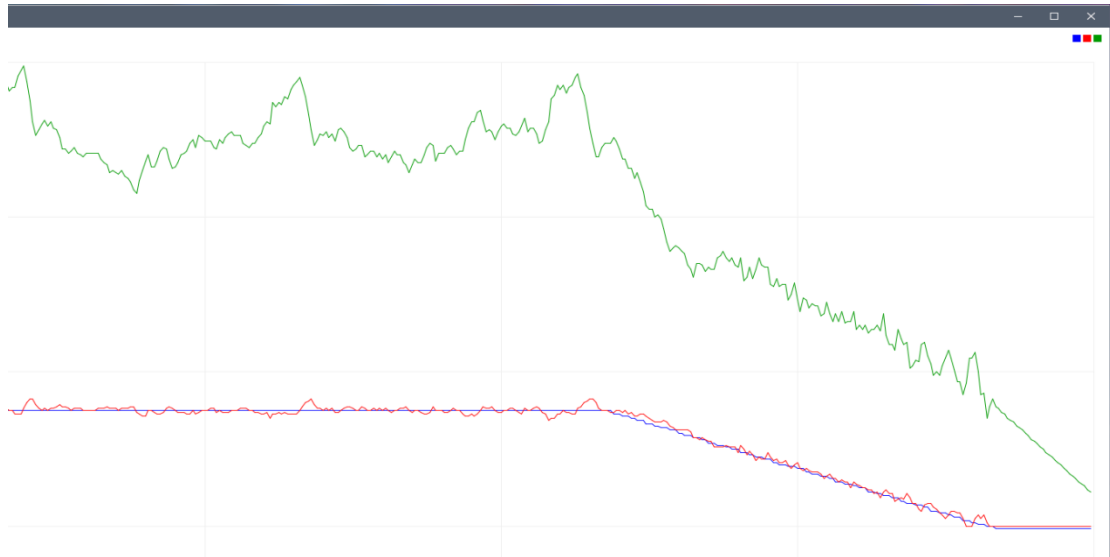


Εικόνα 3.4.1: Ακίνητη ταινία μέχρι να πατηθεί το μπουτόν εκκίνησης και να φτάσει ακαριαία(σχεδόν) τα 30rpm



Εικόνα 3.4.2: Ανίχνευση του μικρού αντικειμένου και επιτάχυνση μέχρι την μέγιστη ταχύτητα (60rpm)

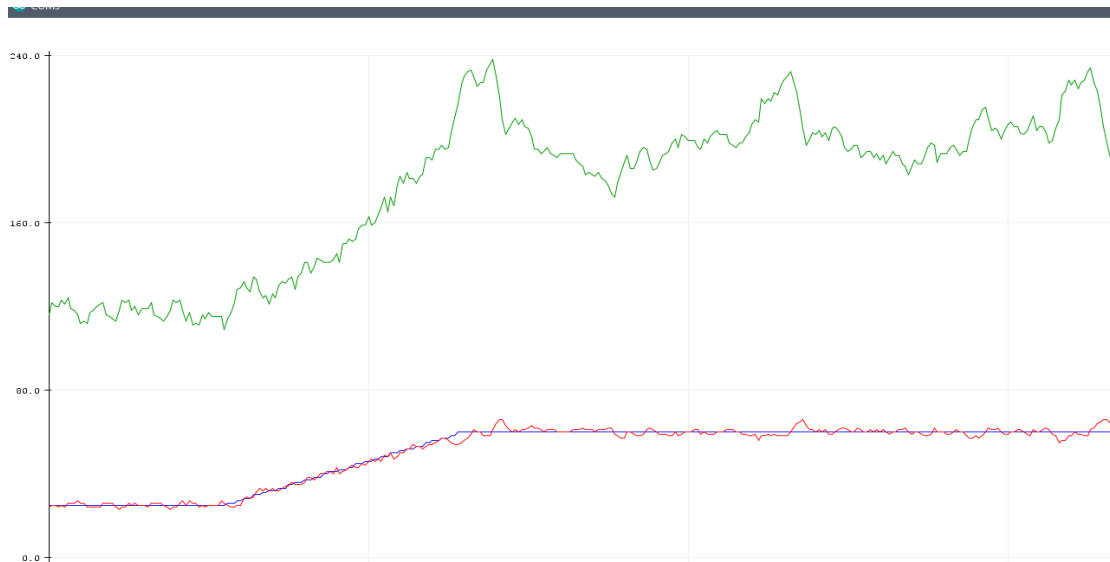




Εικόνα 3.4.3: Επιβράδυνση και σταμάτημα μεταφορικής ταινίας

- Σενάριο 2<sup>ο</sup>

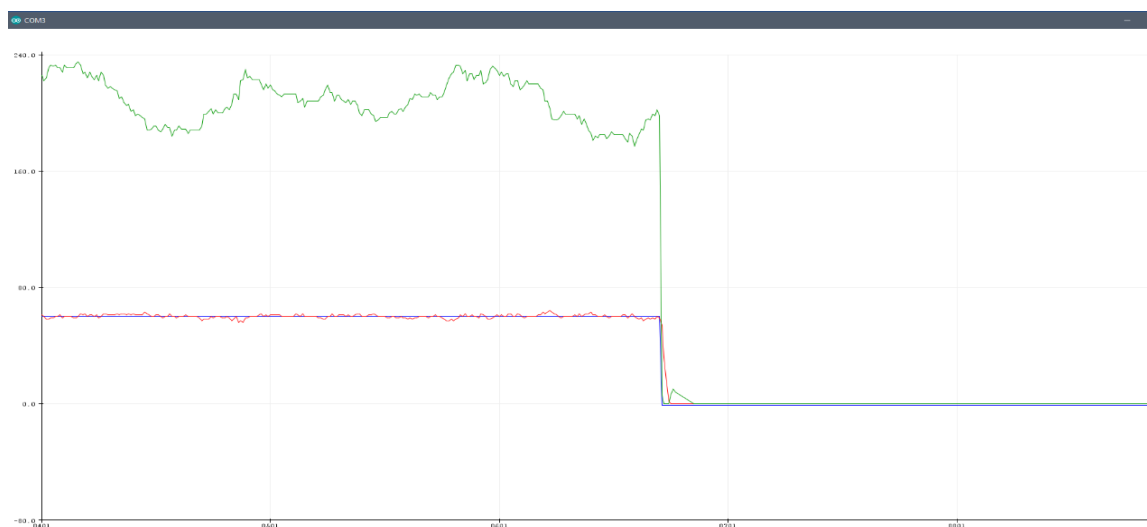
Η ταινία δεν κινείται και πιέζεται το μπουτόν εκκίνησης. Η ταινία πλέον κινείται με μικρή ταχύτητα. Τοποθετείται το μεγάλο αντικείμενο στην αρχή της μεταφορικής ταινίας. Όταν το ανιχνεύσει το πρώτο ζευγάρι αισθητήρων (και τα δύο επειδή είναι μεγάλο) θα ξεκινήσει η επιτάχυνση της μεταφορικής ταινίας και θα φτάσει την αργή ταχύτητα της τάξης των 50rpm (επειδή είναι μεγάλο το αντικείμενο και υπάρχει κίνδυνος πτώσης), όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.4.4. Όταν περάσει από την μέση της μεταφορικής ταινίας θα το ανιχνεύσει το δεύτερο ζευγάρι αισθητήρων που ελέγχει αν έχει γίνει κάποια αλλαγή στο αντικείμενο. Όταν προσεγγίσει το τέλος της μεταφορικής ταινίας, θα το ανιχνεύσει το τρίτο και τελευταίο ζευγάρι αισθητήρων το οποίο θα σηματοδοτήσει την επιβράδυνση και το τελικά το σταμάτημα της μεταφορικής ταινίας. Η μόνη διαφορά με το 1<sup>ο</sup> σενάριο είναι η μικρότερη ταχύτητα της ταινίας αφού σε αυτή την περίπτωση το αντικείμενο είναι μεγάλο.



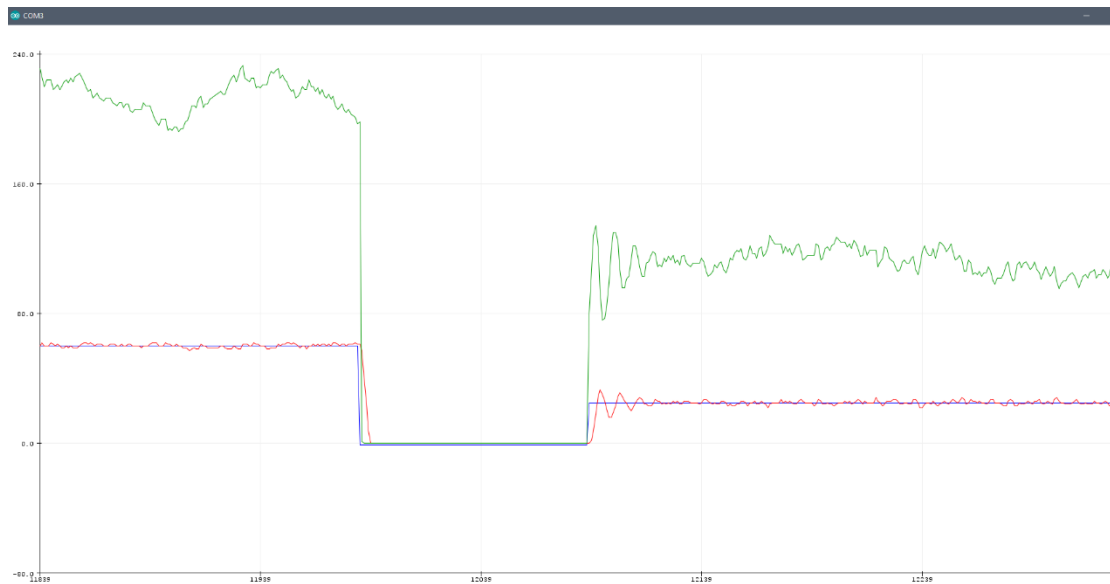
Εικόνα 3.4.4: Επιτάχυνση και σταθεροποίηση (αργής) ταχύτητας στα 50rpm

- Σενάριο 3<sup>ο</sup>

Η ταινία δεν κινείται και πιέζεται το μπουτόν εκκίνησης. Η ταινία πλέον κινείται με μικρή ταχύτητα. Τοποθετείται ένα αντικείμενο στην αρχή της μεταφορικής ταινίας. Όταν το ανιχνεύσει το πρώτο ζευγάρι αισθητήρων θα ξεκινήσει η επιτάχυνση της μεταφορικής ταινίας και θα φτάσει σε μια σταθερή ταχύτητα. Αν συμβεί οτιδήποτε ή για οποιονδήποτε λόγο, ο χειριστής ή επιβλέπων του συστήματος μπορεί να πατήσει το μπουτόν διακοπής και η ταινία θα σταματήσει ακαριαία (εικόνα 3.4.5). Μόλις διορθώσει το πρόβλημα έχει την επιλογή να ξεκινήσει το σύστημα από την αρχή σαν μην έχει γίνει τίποτα (εικόνα 3.4.6).



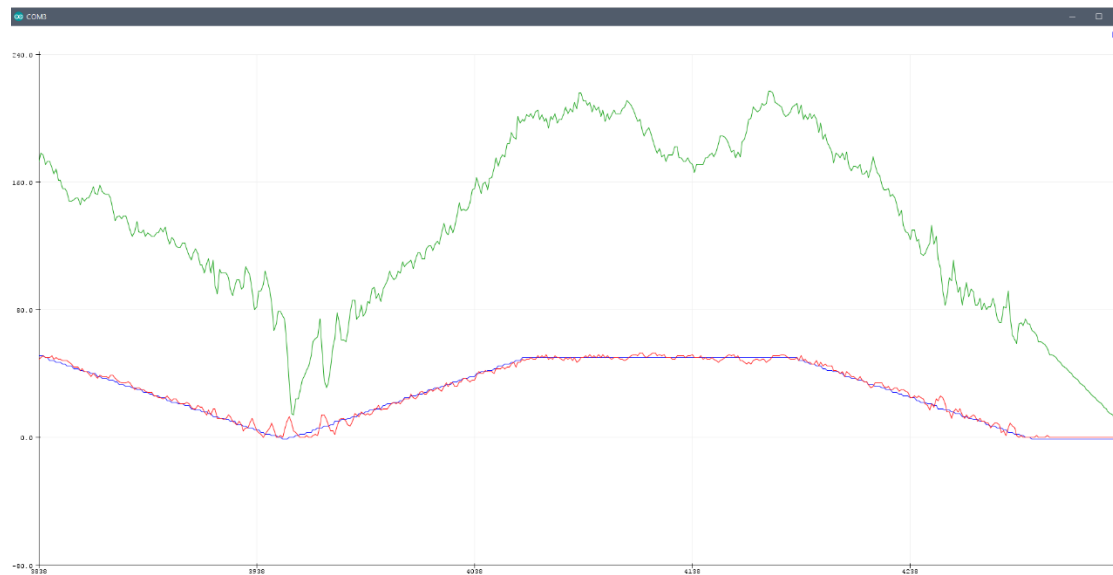
Εικόνα 3.4.5: Πίεση πλήκτρου Stop και ακαριαίο σταμάτημα της ταινίας



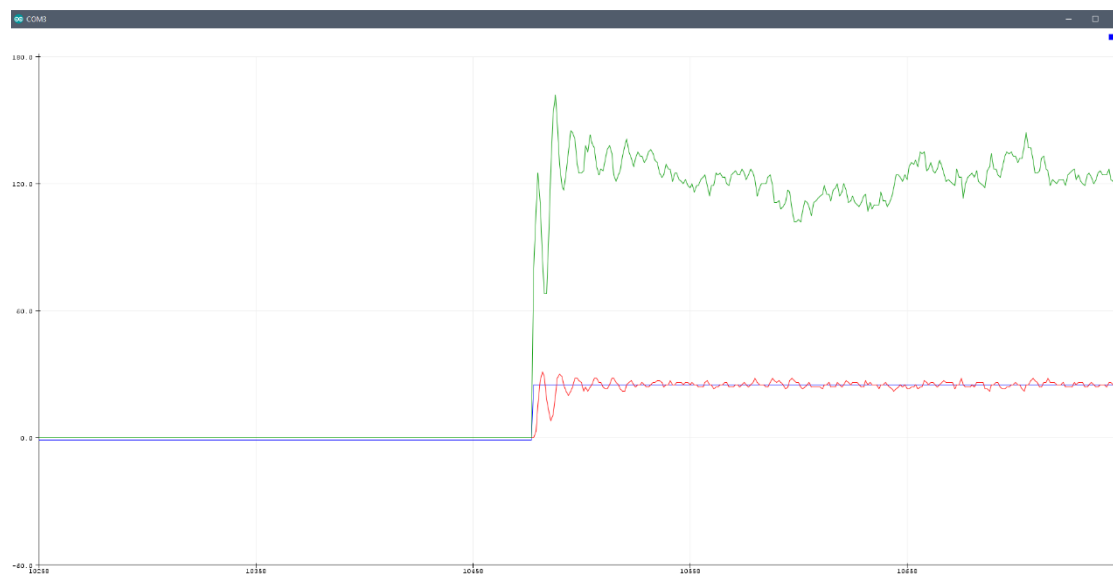
Εικόνα 3.4.6: Μετά το σταμάτημα , πίεση του πλήκτρου εκκίνησης και εκ νέου ξεκίνημα της ταινίας

- Σενάριο 4<sup>ο</sup>

Η ταινία δεν κινείται και πιέζεται το μπουτόν εκκίνησης. Η ταινία πλέον κινείται με μικρή ταχύτητα. Τοποθετείται το μεγάλο αντικείμενο στην αρχή της μεταφορικής ταινίας. Όταν το ανιχνεύσει το πρώτο ζευγάρι αισθητήρων (και τα δύο επειδή είναι μεγάλο) θα ξεκινήσει η επιτάχυνση της μεταφορικής ταινίας και θα φτάσει την αργή ταχύτητα (επειδή είναι μεγάλο το αντικείμενο και υπάρχει κίνδυνος πτώσης). Όταν περάσει από την μέση της μεταφορικής ταινίας θα το ανιχνεύσει το δεύτερο ζευγάρι αισθητήρων που ελέγχει αν έχει γίνει κάποια αλλαγή στο αντικείμενο. Αν όντως έχει γίνει κάποια αλλαγή, δηλαδή αν έχει πέσει το αντικείμενο, τότε μόνο το κάτω αισθητήριο του δεύτερου ζευγαριού θα το εντοπίσει και θα δώσει σήμα σφάλματος. Αυτό σημαίνει ότι θα ηχεί μια σειρήνα, η ταινία θα επιβραδύνει και θα σταματήσει. Αμέσως μόλις σταματήσει, θα αλλάξει φορά και θα επιταχύνει (μέχρις ότου να φτάσει μια σταθερή ταχύτητα) έτσι ώστε να γυρίσει το αντικείμενο πίσω στην αρχή της ταινίας και να σταματήσει (εικόνα 3.4.7). Όταν φτάσει στην αρχή της ταινίας, η σειρήνα θα σταματήσει να ηχεί και το σύστημα θα είναι έτοιμο για να λειτουργήσει και πάλι όταν ο χειριστής το θελήσει (εικόνα 3.4.8).



Εικόνα 3.4.7: Ανίχνευση πτώσης, επιβράδυνση, αλλαγή κατεύθυνσης και επιτάχυνση, σταμάτημα όταν φτάσει στην αρχή



Εικόνα 3.4.8: Εκ νέου εκκίνηση όταν πατηθεί το πλήκτρο εκκίνησης

### **3.5 – Συμπεράσματα**

Αρχικά, όταν εμφανίστηκε η ιδέα της συγκεκριμένης πτυχιακής υπήρχαν κάποιες προσδοκίες ως προς την λειτουργία του συστήματος, που αφορούσαν την ακρίβεια κίνησης της μεταφορικής ταινίας μα βάση το επιθυμητό προφίλ (σταθερή ταχύτητα ανεξαρτήτως φορτίου, δυνατότητα άμεσης αντίδρασης σε διαταραχές, παρακολούθηση σε ράμπες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης). Οι στόχοι αυτοί εκπληρώθηκαν στην πράξη με χρήση κατάλληλου ελεγκτή και προσεκτική ρύθμιση των παραμέτρων του βάσει μοντέλου αλλά κάποιες αποκλίσεις σε σχέση με την θεωρητική μελέτη δεν κατέστη δυνατόν να ξεπεραστούν. Ο λόγος είναι ότι υπήρχαν κάποιες δυσκολίες που μπορούν να παρατηρηθούν μόνο στην πράξη. Το βασικότερο πρόβλημα ήταν η αδυναμία διατήρησης σταθερής ταχύτητας ακόμη και με σταθερό φορτίο και τάση εισόδου. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν σημαντικές διακυμάνσεις κατά την λειτουργία της μεταφορικής ταινίας υπό φορτίο ενώ δεν υπήρχε πρόβλημα στην λειτουργία χωρίς φορτίο. Αφού έγινε ανάλυση των πιθανών προβλημάτων, δηλαδή μηχανικά προβλήματα, λάθη στον κώδικα ή ανεπαρκής τροφοδοσία, βγήκε το συμπέρασμα ότι το πρόβλημα δεν οφειλόταν σε κάτι από τα παραπάνω. Παρατηρήθηκε ότι το πρόβλημα ήταν το φορτίο (ταινία και αντικείμενα για μεταφορά) που κινούσαν οι κινητήρες. Οι ίδιοι κινητήρες, χωρίς φορτίο, αποκρινόντουσαν με σταθερή ταχύτητα αλλά μετά την τοποθέτηση του φορτίου προέκυπταν διακυμάνσεις σε σημαντικό βαθμό. Μια πιθανή λύση του προβλήματος θα ήταν η αγορά καλύτερων κινητήρων και γενικότερα ακριβότερων εξαρτημάτων. Μετά από τις αρχικές προσπάθειες να λυθεί το πρόβλημα και με την έλλειψη δυνατότητας αγοράς των εξαρτημάτων αποφασίστηκε να αφηθεί η κατασκευή με τις ατέλειες της ως έχει και να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό με πιο αποτελεσματικό έλεγχο. Αυτό κατέστη εφικτό, και ακόμη και αν τα αποτελέσματα και οι αποκρίσεις έχουν αποκλίσεις σε σχέση με τις θεωρητικές προσδοκίες και την προσομοίωση, το σύστημα είναι απολύτως λειτουργικό και θα μπορούσε να ανταπεξέλθει σε πραγματικές συνθήκες εργασίας.

Πέραν των κατασκευαστικών βελτιώσεων, βασικές προτάσεις για μελλοντική επέκταση και εργασία με την κατασκευή αποτελεί η βελτίωση του μηχανισμού ελέγχου. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε περαιτέρω να μελετηθεί και, αφού κατανοηθεί η πηγή του προβλήματος, να γίνει προσπάθεια αντιμετώπισης του με σχεδίαση πιο προηγμένων ελεγκτών. Μια πιθανή κατεύθυνση θα ήταν π.χ. η μοντελοποίηση τριβών και η σχεδίαση ελεγκτή για την αντιστάθμιση τους, η ανίχνευση περιοδικών διαταραχών λόγω ατελειών στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης μέσω γραναζιών κλπ.

## Παράρτημα – Κώδικες Arduino

### Αρχικοποίηση-Δήλωση μεταβλητών

```
Final | Arduino 1.8.3
File Edit Sketch Tools Help

Final$

#include <PID_v1.h>
const int in1Pin = 10;      // Αποκωδικοποιητής
const int in2Pin = 9;       // πρώτου
const int in3Pin = 7;       // και δεύτερου
const int in4Pin = 6;       // μοτέρ
const int motor = 11;       // έξοδος πρώτου
const int motor2 = 8;       // και δεύτερου μοτέρ

boolean dirmotor;           // motor
boolean dirmotor2;         // direction
double stepchange, stepchange1, stepchange2,r;      // Μεταβλητές αλλαγής ταχύτητας

unsigned long sampletime=0, steptime = 0;          // Μεταβλητές
unsigned long now2=0, lastMessage2=0;             // χρονικού
unsigned long timep,time,etime;                   // προσδιορισμού

unsigned long count=0;                             // Μεταβλητές
unsigned long countPos=0;                          // μέτρησης παλμών
double Setpoint, Input, Output;
int sensorValue1down;                               // Αισθητήρες
int sensorValue1up;
int sensorValue2down;                               // επαγωγικής
int sensorValue2up;
int sensorValue3up;                                 //εγγύτητας
int sensorValue3down;

int EstopButton;                                   // Μποτόν διακοπής
int StartButton;                                  // και έναρξης

boolean startC=false;                              // Σημείες
boolean stopT1=false;
boolean stopT2=false;
boolean stopT3=false;                              // εξακρίβωσης
boolean stopT4=false;
boolean stopT5=false;
boolean changeDir=false;
boolean error=false;                               // σεναρίων
boolean EstopFlag=false;
boolean big=false;
const int buzzer=42;                               // σειρήνα

Done Saving.
```

## Ρύθμιση παραμέτρων PI ελεγκτή

```
// Tuning parameters PI controller
float Kp=2.1;           // Κέρδος Αναλογικού όρου (P=proportional)
float Ki=21 *Kp;       // Κέρδος Ολοκληρωτικού όρου (I = Integral)

PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
const int sampleRate = 25;           // Περίοδος δειγματοληψίας
```

## Συνάρτηση κινητήρων

```
void setMotor(int speed, boolean reverse) // ρουτίνα ελέγχου στροφών
{
    analogWrite(motor, speed);           // κινητήρα με PWM και ελέγχου
    digitalWrite(in1Pin, ! reverse);     // φοράς περιστροφής
    digitalWrite(in2Pin, reverse);
}
void setMotor2(int speed, boolean reverse) // ρουτίνα ελέγχου στροφών
{
    analogWrite(motor2, speed);          // κινητήρα με PWM και ελέγχου
    digitalWrite(in3Pin, ! reverse);     // φοράς περιστροφής
    digitalWrite(in4Pin, reverse);
}
```

## Setup

```
Final | Arduino 1.8.3
File Edit Sketch Tools Help

Final §

void setup() {

    r=0;                                // αρχική τιμή setpoint
    stepchange1 = 25.0;                  // αύξηση από 25 ppr
    stepchange2 = 60.0;                  // ως τα 60
    stepchange = 1.25;                   // με βήμα 1.25
    steptime = 67000;                    // χρονική διάρκεια βηματικής αλλαγής σε millis

    count=0.0;                           // μηδενισμός μετρητή παλμών
    dirmotor=HIGH;                         // φορά περιστροφής
    dirmotor2=HIGH;                        // κινητήρα
    Setpoint=r;
    Input =count;
    myPID.SetMode(AUTOMATIC);             //Turn on the PID loop
    myPID.SetSampleTime(sampleRate);      //Sets the sample rate
    myPID.SetOutputLimits(0,255);        // όρια τιμών PWM

    Serial.begin(9600);

    pinMode(2,INPUT);                      // Σύνδεση Channel B στο pin 2
    pinMode(3,INPUT);                      // Σύνδεση Channel A στο pin 3

    attachInterrupt(0,transition,CHANGE); // Εισαγωγή
    attachInterrupt(1,transition,CHANGE); // διακοπών

    timep=micros();                        // set the initial time
    pinMode(36,INPUT_PULLUP);              // Ενεργοποίηση pull-up ανιστάσεων
    pinMode(37,INPUT_PULLUP);

    pinMode(38,INPUT_PULLUP);              // των έξι
    pinMode(39,INPUT_PULLUP);

    pinMode(40,INPUT_PULLUP);              // αισθητήρων
    pinMode(41,INPUT_PULLUP);

    pinMode(43,INPUT);                     // και
    pinMode(44,INPUT);                     // μπουτιόν
    pinMode(45,INPUT);

    pinMode(buzzer,OUTPUT);                // δήλωση εξόδου σειρήνας
}

Done Saving.
```



## Ρουτίνα διακοπής

```
void transition()          // ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής
{
    count++;
}
```

## Επαναλαμβανόμενος Βρόχος



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the following code in the main editor window:

```
Final | Arduino 1.8.3
File Edit Sketch Tools Help

Final$

void loop() {
  if (StartButton==HIGH && EstopButton==LOW && EstopFlag==false)
  {
    stopT1=false;
    stopT2=false;
    stopT3=false;
    stopT4=false;
    big=false;
    error=false;
    changeDir=false;
    dirmotor=HIGH;
    dirmotor2=HIGH;
    r=25;
  }
  Setpoint=r;                                // ενημέρωση του Setpoint
  myPID.Compute();                          // εκτέλεση βρόχου PID
  setMotor(Output, dirmotor);               // αποστολή της εξόδου (σήμα δράσης) του PID
  setMotor2(Output,dirmotor2);              // ελεγκτή σε μορφή PWM στον κινητήρα
  time=micros();                            // polling για την ενημέρωση τιμών μετρητή και
  etime=time-timep;                          // εμφάνιση στην σειριακή θύρα
  if (etime > sampleRate*1000.0)           // ανάγνωση νέας τιμής μετρητή
  {
    Input=count;
    Serial.print((int)Setpoint);            // Εμφάνιση setpoint,
    Serial.print('\t');
    Serial.print((int)Input);               // Input
    Serial.print('\t');
    Serial.println((int)Output);           // και Output
    count=0;                                // reset counter
    timep=time;                             // reset timer
  }
  sensorValue1down=digitalRead(36);         // Ενημέρωση
  sensorValue1up=digitalRead(37);
  sensorValue2down=digitalRead(38);
  sensorValue2up=digitalRead(39);          // κατάσταση
  sensorValue3down=digitalRead(40);        // αισθητήρων
  sensorValue3up=digitalRead(41);
  StartButton=digitalRead(44);             // και
  EstopButton=digitalRead(45);             // μπουτόν
}
```

Done Saving.

## Σενάριο 1<sup>ο</sup> (μικρό αντικείμενο)

```
{  
  
if ( ( sensorValuedown == LOW && sensorValuelup == HIGH && error==false ) || stopT1==true )  
{  
  stopT1=true;  
  startC=true;  
  now2=micros();  
  if (now2 - lastMessage2 > steptime )  
  {  
    r = r + stepchange;  
    lastMessage2 = now2;  
    if (r >= stepchange2)  
    {  
      stopT1=false;  
    }  
  }  
}  
}  
}
```

## Σενάριο 2<sup>ο</sup> (μεγάλο αντικείμενο + περίπτωση πτώσης του)

```
if ( (sensorValuedown == LOW && sensorValuelup == LOW ) || stopT3==true )  
{  
  if (changeDir==true)  
  {  
    dirmotor=LOW;  
    dirmotor2=LOW;  
  }  
  big=true;  
  stepchange2=50;  
  stopT3=true;  
  startC=true;  
  now2=micros();  
  if (now2 - lastMessage2 > steptime )  
  {  
    r = r + stepchange;  
    lastMessage2 = now2;  
    if (r >= stepchange2)  
    {  
      stopT3=false;  
    }  
  }  
}  
}
```

## Σταμάτημα αντικειμένου στο τέλος της ταινίας

```
if ( sensorValue3down == LOW || stopI2==true )
{
  stopI2=true;
  now2=micros();
  if (now2 - lastMessage2 > steptime )
  {
    r = r - stepchange;
    lastMessage2 = now2;
    if (r <= -1)
    {
      stopI2=false;
      if (error==true )
      {
        changeDir=true;
        stopI3=true;
      }
    }
  }
}
```

## Αλλαγή μεταβλητών σε περίπτωση πτώσης

```
if ( big==true && (sensorValue2down==LOW && sensorValue2up==HIGH) )
{
  error=true;
  tone (buzzer,1000);
  stopI2=true;
  big=false;
}
```

## Σταμάτημα αντικειμένου στην αρχή της ταινίας μετά την πτώση του

```
if ((error==true && sensorValueI4==LOW ) || stopI4==true)
{

    now2=micros();
    stopI4=true;
    if (now2 - lastMessage2 > steptime )
    {
        r = r - stepchange;
        lastMessage2 = now2;
        if (r <= -1)
        {
            stopI4=false;
            noTone(buzzer);
        }
    }
}
```

## Αλλαγή μεταβλητών κατά το πάτημα του πλήκτρου Stop

```
if (EstopButton==HIGH)
{
    EstopFlag=true;
    r=-1;
}

EstopFlag=false;
}
```

## Βιβλιογραφία

*Παναγιώτης Παπάζογλου M.Sc., Ph.D. – Σπόρος Πολυχρόνης Λιωνής  
M.Sc – Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino*

*RichardC. Dorf – RobertH. Bishop – Σύγχρονα Συστήματα Αυτόματου  
Ελέγχου*

*Γεώργιος Π. Σύρκος Phd – Ψηφιακός έλεγχος – Κλασικός –  
Σύγχρονος – Εξελικτικός με Matlab*

*Ροβέρτος Ερρίκος Κινγκ – Βιομηχανικός Έλεγχος*

## Ιστοσελίδες

[www.Arduino.cc](http://www.Arduino.cc)

[www.sparkfun.com](http://www.sparkfun.com)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

[www.chihaimotor.cn](http://www.chihaimotor.cn)

[www.youtube.com](http://www.youtube.com)

[www.proccessing.org](http://www.proccessing.org)

<http://digilib.teiimt.gr>

<http://www.openarchives.gr>