

# Εξισορρόπηση μπάλας με τη χρήση PID ελεγκτή

Γεώργιος Μαρκοστάμος 1059391

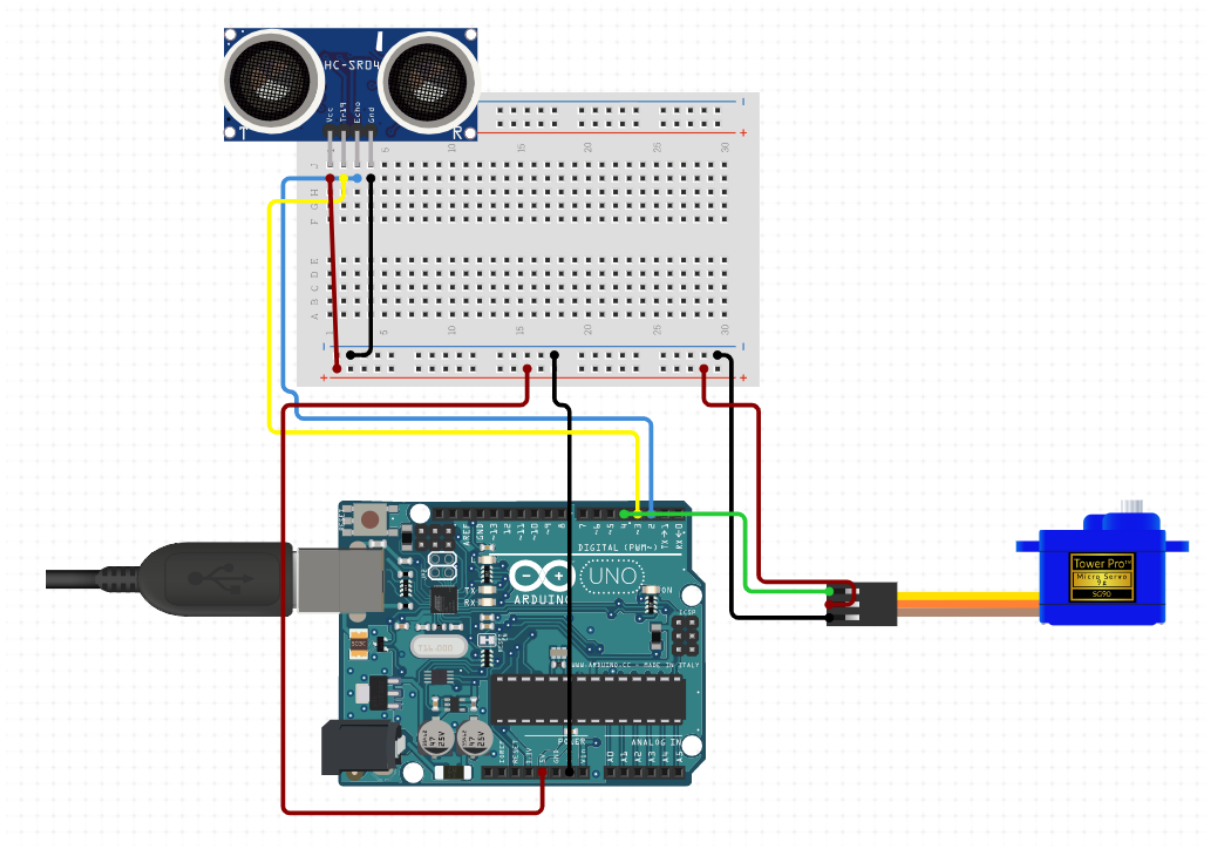
Εργαστήριο Ψηφιακού ελέγχου 2021

## Εισαγωγή

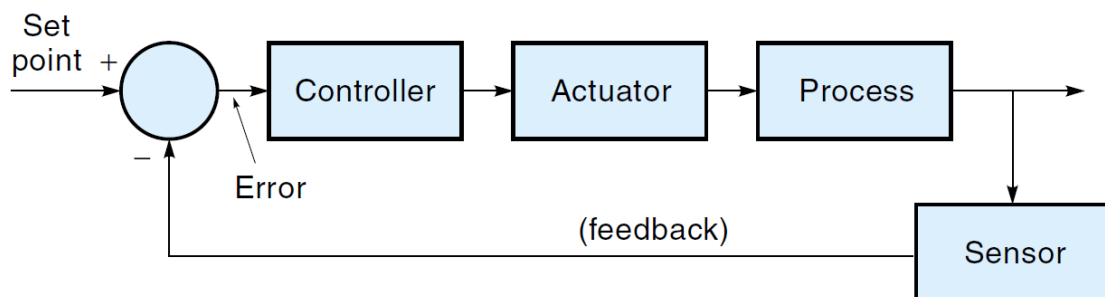
Η εργασία αυτή αφορά την χρήση ενός PID ελεγκτή για την εξισορρόπηση μιας μπάλας σε ένα σημείο της ράβδου το οποίο μπορεί να δοθεί σαν είσοδος από τον χρήστη. Η υλοποίηση έγινε στο περιβάλλον Labview

## Κατασκευή

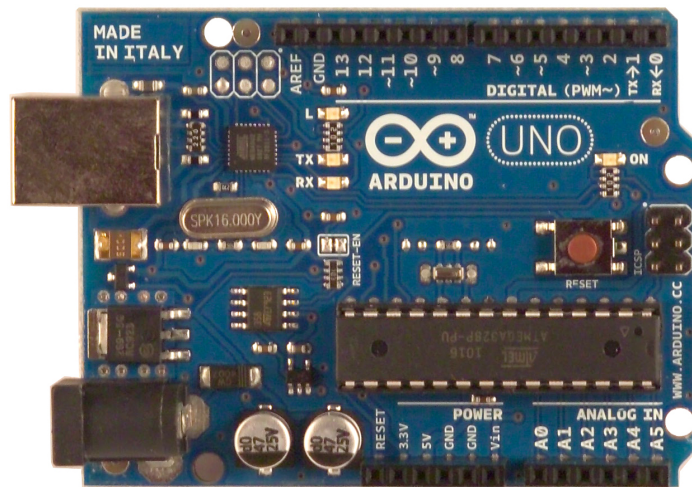




Η κατασκευή έγινε από το μηδέν με ξύλα, βίδες και αφρολέξ για την ράβδο. Για την “έξυπνη” λειτουργία του project και την αλληλεπίδρασή με το περιβάλλον δημιουργήθηκε ο κλειστός βρόχος που αποτελείται από τον ελεγκτή (arduino/labview) τον αισθητήρα ( Ultrasonic Sensor ) και τον actuator ( Micro servo).



## Arduino



Το Arduino είναι ένας προγραμματιζόμενος μικροελεγκτής ο οποίος μπορεί να δίνει σήματα στο περιβάλλον μέσω των pins που διαθέτει. Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε απευθείας έλεγχος των εξόδων του arduino με το labview χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη Linx

## UltraSonic Sensor



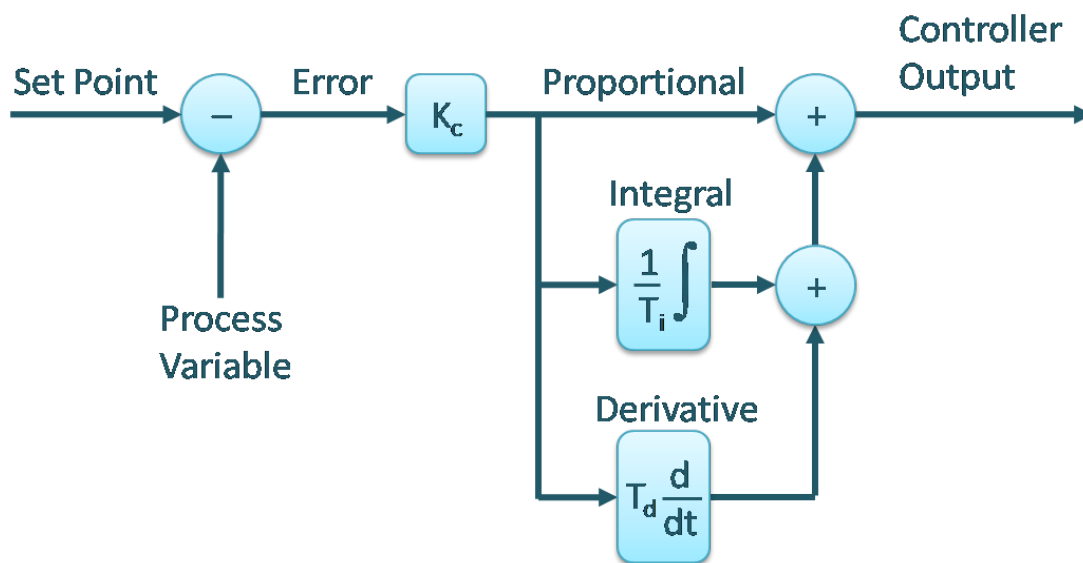
Ο αισθητήρας είναι αυτός που επιτρέπει την δημιουργία ενός κλειστού βρόχου με ανάδραση. Ο Ultrasonic sensor που χρησιμοποιήθηκε λειτουργεί στέλνοντας έναν ηχητικό παλμό και καταγράφοντας τον χρόνο που κάνει να επιστρέψει. Έτσι προσδιορίζει την απόσταση ενός αντικειμένου που απέχει από τον αισθητήρα απόσταση 2cm-4m. Δεδομένης της μορφής του αισθητήρα παρουσιάζονται προβλήματα όταν το αντικείμενο του οποίου η θέση πρέπει να προσδιοριστεί δεν είναι επίπεδο.

## Micro servo



Το micro servo είναι ο actuator του κλειστού βρόχου δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο το arduino επιδρά στο περιβάλλον.

## PID ελεγκτής



Ο PID ελεγκτής δημιουργεί τα κατάλληλα σήματα PWM που θα επιτρέψουν στον actuator της κατασκευής (micro servo) να επιδράσει με την ράβδο και να εξισορροπήσει το μπαλάκι. Ο ελεγκτής δέχεται ως είσοδο κάποιες παραμέτρους που ρυθμίζουν και την λειτουργία του.

Η πρώτη παράμετρος είναι το Set Point που καθορίζει στην περίπτωση μας την απόσταση από τον αισθητήρα που θέλουμε να ισορροπήσει το μπαλάκι.

Στη συνέχεια πρέπει να προσδιοριστούν οι συντελεστές P , D και I που ρυθμίζουν το proportional derivative και Integral κέρδος αντίστοιχα.

Η ρύθμιση των συντελεστών έγινε με δοκιμές καθώς η μη χρήση κάποιου έτοιμου πακέτου συγκεκριμένων διαστάσεων έκανε δύσκολη την ανάλυση της κατασκευής. \

Πρώτα ρυθμίστηκε η παράμετρος  $K_p$  η οποία ρυθμίζει το αναλογικό κέρδος δηλαδή το πόσο ευαίσθητος είναι ο ελεγκτής στην απόσταση που έχει το μπαλάκι απο το set Point.

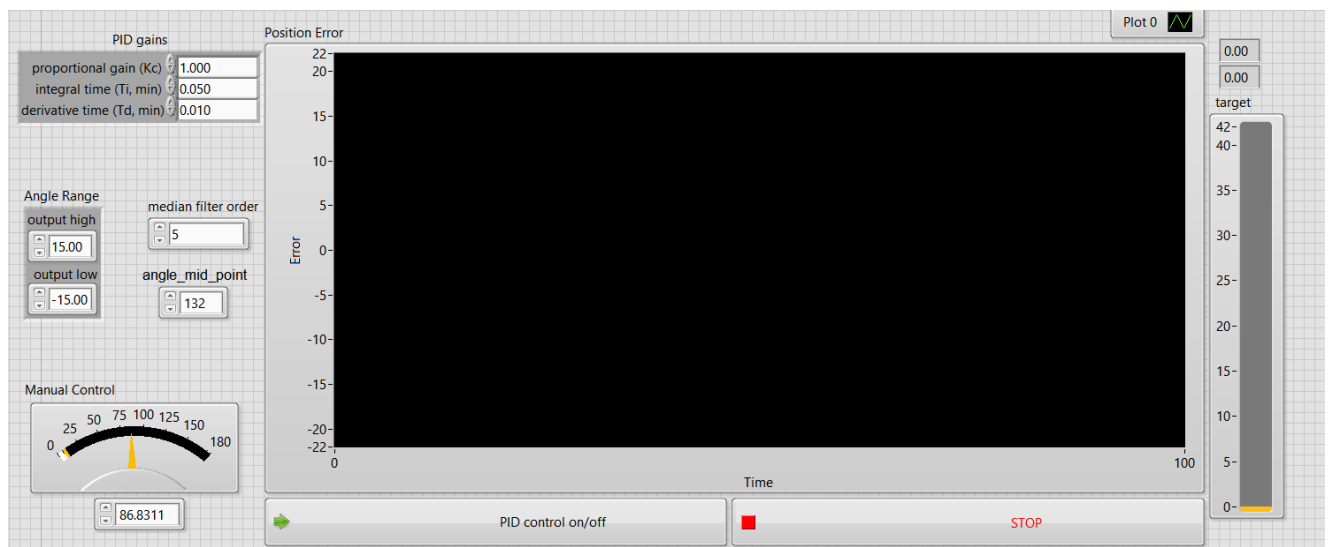
Στη συνέχεια για ελάττωση των ταλαντώσεων γύρω από το set point ρυθμίστηκε και το  $K_d$ . Το  $K_d$  αντιδρά στην ταχύτητα που έχει το μπαλάκι χρησιμοποιώντας την αριθμητική παράγωγο της μέτρησης του αισθητήρα. Αυτή η διαδικασία αν και σταθεροποιεί το σύστημα αυξάνει κατά πολύ την επίδραση του θορύβου στο σύστημα επομένως για την χρήση της δημιουργήθηκαν επίσης δύο φίλτρα, ένα median που κόβει τις ακραίες κρουστικές τιμές από σφάλματα του αισθητήρα και ένα χαμηλοπερατό φίλτρο που εξομαλύνει τις τιμές του.

Τέλος ρυθμίστηκε η παράμετρος  $K_I$  που ορίζει το αθροιστικό σφάλμα, η παράμετρος αυτή είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που το μπαλάκι σταθεροποιείται κοντά στο set point με κάποιο μικρό σφάλμα μόνιμης κατάστασης.

## Labview

Ο PID ελεγκτής καθώς και ο έλεγχος του arduino υλοποιήθηκαν με το λογισμικό Labview. Η σύνδεση Labview-Arduino επιτεύχθηκε με την βιβλιοθήκη Linx.

## Οδηγίες Χρήσης

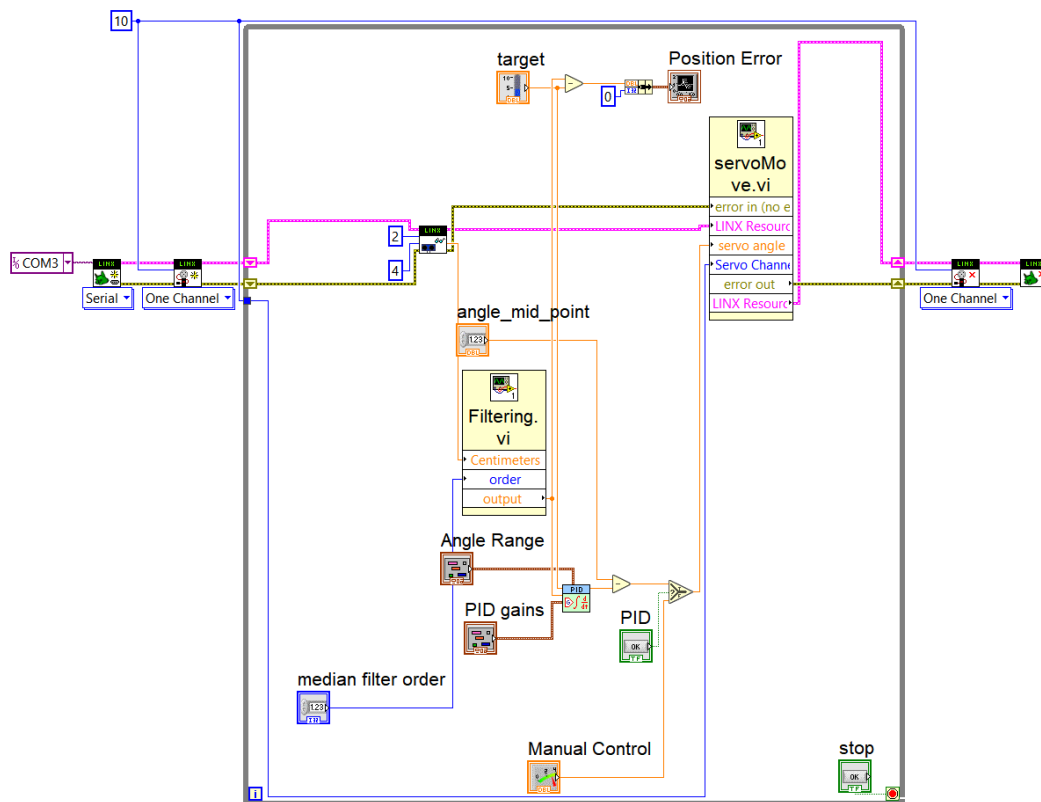


Στο γράφημα εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο το σφάλμα θέσης που έχει το μπαλάκι σε σχέση με το επιθυμητό σημείο ισορροπίας. Στον χρήστη δίνεται η δυνατότητα μέσω των παραπάνω ελέγχων να προσδιορίζει την θέση ισορροπίας αλλά και να χρησιμοποιήσει το παραπάνω VI για τον έλεγχο μιας δικής του παρόμοιας κατασκευής.

Πιο συγκεκριμένα:

- target: Η απόσταση από τον αισθητήρα που θέλουμε να ισορροπήσει το μπαλάκι.
- PID gains : Τα κέρδη του PID ελεγκτή.
- Angle\_mid\_point : Η γωνία εισόδου στο servo ώστε η ράβδος να είναι παράλληλη με το έδαφος.
- Angle Range: Το εύρος γωνιών (σε σχέση με το angle\_mid\_point) που δίνει ως έξοδο ο PID ελεγκτής.
- Median filter order: Η τάξη του median φίλτρου που εξομαλύνει τις τιμές του αισθητήρα.
- PID control on/off: Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον PID ελεγκτή.
- Manual Control : Σε περίπτωση που είναι απενεργοποιημένος ο PID ελεγκτής ορίζεται απευθείας η γωνία στο servo από τον χρήστη

## Τρόπος Υλοποίησης

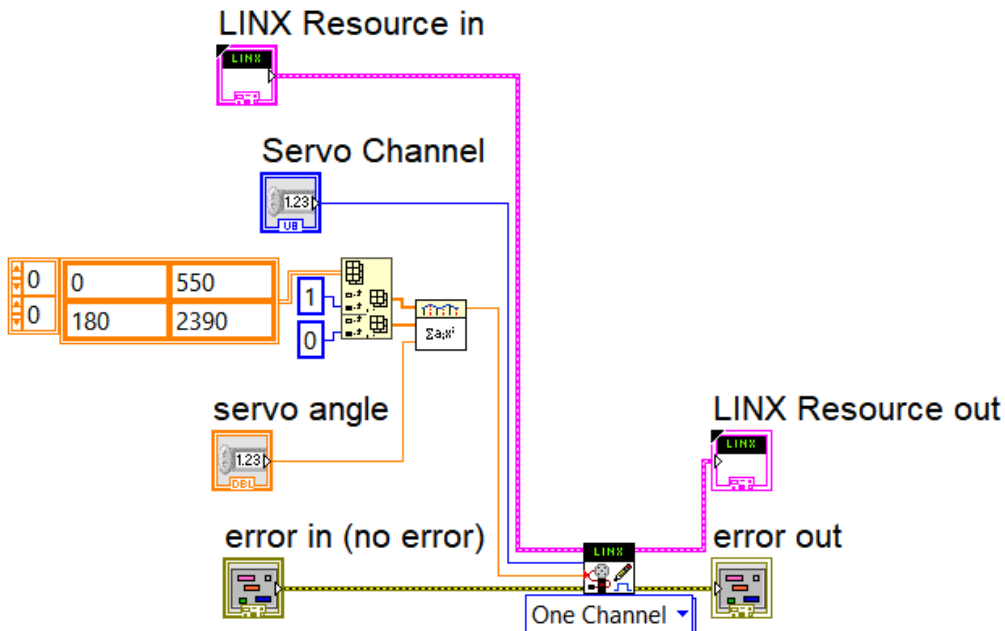


Με χρήση της βιβλιοθήκης LINX άνοιξε ένας διάυλος επικοινωνίας με το arduino ενώ μέσα σε ένα While loop εκτελείται όλη η λογική η οποία χωρίζεται στα παρακάτω στάδια.

- Ανάγνωση της απόστασης που έχει το μπαλάκι από τον αισθητήρα.
- Φιλτράρισμα της παραπάνω τιμής για εξομάλυνση του σήματος.
- Εισαγωγή της μέτρησης στο VI του PID ελεγκτή για προσδιορισμό της κατάλληλης εξόδου.
- Μεταφορά της εξόδου στο servo για εκτέλεση.

## Τα Sub-Vi

Τα Sub-Vi Που χρησιμοποιήθηκαν είναι δύο. Το Filtering Vi περιέχει ένα χαμηλοπερατό φίλτρο για εξομάλυνση των τιμών του αισθητήρα καθώς και ένα median φίλτρο για την αποφυγή του κρουστικού θορύβου που εμφανίζεται. Το servoMove-Vi δέχεται ως είσοδο την επιθυμητή γωνία που πρέπει να έχει ο servo κινητήρας και την μετατρέπει σε PWM σήμα το οποίο στέλνει στο arduino.



## Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν ικανοποιητικά όπως φαίνεται και στο βίντεο, τα φίλτρα βοήθησαν ώστε ο ελεγκτής να μην επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα σφάλματα του αισθητήρα και τελικά το μπαλάκι να ισορροπεί στο ζητούμενο σημείο. Ωστόσο παρουσιάστηκε ένα πρόβλημα που έχει να κάνει με την μορφή του αντικειμένου του οποίου η θέση πρέπει να προσδιοριστεί. Ο αισθητήρας λειτουργεί πολύ ικανοποιητικά με επίπεδες επιφάνειες επομένως η σφαιρική μορφή της μπάλας οδήγησε στο να υπάρχει μια “νεκρή ζώνη” κοντά στα 12-14 cm από τον αισθητήρα όπου οι τιμές που δίνει δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική απόσταση. Το πρόβλημα αυτό περιορίστηκε με αλγοριθμικό τρόπο ωστόσο για την εξάλειψή του απαιτείται η αγορά ενός καλύτερου αισθητήρα ή η χρήση ενός διαφορετικού αντικειμένου.

