



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡΟΣΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΕΤΡΑΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ(Α.Μ. 43176)

ΑΙΓΑΛΕΩ 2020

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Πετράτος Χρηστος, με αριθμό μητρώου 43176 φοιτητής του τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης Και Παραγωγής Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερωθήκα για τα παρακάτω: «Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο. Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης. Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.

Ο Δηλών

Πετράτος Χρηστος

Ημερομηνία

9/6/2020

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
Μέρος 1 ^ο Θεωρητικό μέρος.....	3
1) Ιστορική αναδρομή	3
2) Έλεγχος βάρους. Τι είναι .Που χρησιμεύει?	5
3) προστασία του καταναλωτή	7
4) Πλάνο ελέγχου βάρους	8
1ο βήμα (μηχανολογικά).....	8
2ο βήμα είδη ελέγχου και εκλεκτές βάρους.....	11
Στατικός έλεγχος.....	11
Δυναμικός έλεγχος	11
Δυναμοκυψέλες	12
α) Δυναμοκυψέλες strain gauge	12
β) Δυναμοκυψέλες τύπου EMFR (Electro Magnetic Force Restoration)	13
γ) Υδραυλικές δυναμοκυψέλες.....	15
δ) Πνευματικές δυναμοκυψέλες.....	15
ε) Διαφορές EMFR με strain gauge	16
ΒΛΑΒΕΣ	16
3 ^ο βήμα οθόνη χειρισμού και διάφορες λειτουργίες	18
υπερπλήρωση, υποπλήρωσης	18
καταμέτρηση προϊόντων.....	18
Μονάδες μέτρησης	19
4 ^ο βήμα απόρριψη.....	19
5) ανάλυση Fourier και δυναμικός έλεγχος.....	22
6) Στατιστικός έλεγχος και ακρίβεια μέτρησης	26
7) Στατιστική ακρίβεια και κόστος	28
Μέρος 2 ^ο Πρακτική άσκηση	29
Κεφάλαιο πρώτο (υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και σύντομη περιγραφή τους)	30
Ηλεκτρονικό σχέδιο.....	36
2 ^ο κομμάτι του κώδικα	38

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρακάτω πτυχιακή εργασία θα αναφερθούμε στο έλεγχο βάρους και την χρήση του στην βιομηχανία. Αρχικά θα κάνουμε μία ιστορική αναδρομή. Ύστερα θα εξηγηθεί τι είναι και που χρησιμεύει .Πως μας βοηθά η εκπόνηση ενός πλάνου ελέγχου βάρους , ποια είναι τα επιμέρους κομμάτια αυτού και ποια μηχανήματα – εργαλεία μας βοηθάνε στην εκτέλεση .Έπειτα με την βοήθεια της στατιστικής θα εξετάσουμε το κόστος του ελέγχου βάρους και το κέρδος που επιφέρει . Τέλος θα ακολουθήσει μια πρακτική εφαρμογή δυναμοκυψέλης.

Μέρος 1^ο θεωρητικό μέρος

1)Ιστορική αναδρομή

Τα ζυγιστικά είναι μια εφεύρεση που την συναντάμε συχνά στην καθημερινότητα μας από μια ζυγαριά στο μπάνιο έως μια ζυγαριά στο σουπερμαρκετ.Τα ζυγιστικά είναι μια εφεύρεση που μας βοηθά να μετρήσουμε την μάζα του εκάστοτε ζυγιζόμενου αντικειμένου .Παρόλα αυτά ,αυτό δεν γίνεται άμεσα. Το βάρος είναι μια δύναμη και όπως κάθε δύναμη και αυτή μετρείται σε Newton αντίθετα οι ζυγαριές είναι βαθμονομημένες σε χιλιόγραμμα. Παράδειγμα ένας άντρας που ζυγίζει 70 κιλά ασκεί στην ζυγαριά δύναμη 676,5 newton αν όμως αυτός ο άντρας μεταφερθεί στο διάστημα τότε το βάρος του θα είναι στην τάξη των γραμμάρων .Κάτι τέτοιο όμως δεν σημαίνει ότι ο άντρας έχασε την μάζα του καθώς αυτή είναι κάτι που δεν αλλάζει με τις ανάλογα με την βαρύτητα. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι αστροναύτες στην επιφάνεια της σελήνης οπού το βάρος τους είναι μηδαμινό. συνοπτικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι ναι μεν η ζυγαριά μετράει δυνάμεις

αλλά ταυτόχρονα και την εκάστοτε δύναμη και την μετατρέπει σε μέτρηση μάζας .Οι πρώτοι ζυγοί λοιπόν προέκυψαν από την ανάγκη του εμπορίου μεταξύ των ανθρώπων ώστε να υπάρχει ένας δίκαιος και κοινά αποδεκτός τρόπος μέτρησης του εμπορεύματος αν και κάτι τέτοιο παρέμεινε δύσκολο .Τα πρώτα ζυγιστικά χρονολογούνται το 2000 π.Χ. και η μορφή τους μπορεί να περιγράψει ως εξής 2 δίσκοι στηριγμένοι σε μια καθετή ακτίνα -βέργα.



Κατά τη διάρκεια της ζύγισης τοποθετούνταν στο ένα δίσκο το εμπόρευμα και στον άλλο βαρίδια γνωστού βάρους. Όπως γίνεται αντιληπτό ένας τέτοιος τρόπος ζύγισης είναι εύκολος να πειραχθεί. Ένα ιστορικό παράδειγμα είναι όταν το 390 π.Χ. ο

Γαλάτης Βρέννος κατέλαβε την ρώμη ζήτησε 1000 λίβρες χρυσού(450 kg). Όταν οι Ρωμαίοι του το παραχωρήσαν και αυτός το ζύγισε με δικά του βαρίδια μέτρησε τον χρυσό λιγότερο έτσι ,ζήτησε και άλλο. Όταν Ρωμαίοι αντέδρασαν σε αυτήν την αδικία αυτός πέταξε το σπαθί του στον δίσκο με τα βαρίδια και τους απάντησε «Αλίμονο στους ηττημένους».

2)Έλεγχος βάρους. Τι είναι .Που χρησιμεύει?

Έλεγχος βάρους πρόκειται για τον έλεγχο του βάρους προϊόντων ή πρώτων υλών για την παραγωγή προϊόντων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας χωρίς την παύση αυτής .Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται οι εξής στόχοι

- Αύξηση της κερδοφορίας της επιχείρησης μας .Με την βοήθεια συστημάτων ελέγχου βάρους μειώνεται η φύρα των προϊόντων μπορούμε να θεσπίσουμε αυστηρότερα όρια ανοχής και κατ' επέκταση την μείωση προβληματικών προϊόντων .
- Μέσω του ελέγχου βάρους είμαστε σίγουροι ότι τα προϊόντα μας τηρούν την εκάστοτε νομοθεσία αρά μειώνεται και ο κίνδυνος ανάκλησης τους.
- Αποφεύγουμε προβλήματα υποπλήρωσης - υπερπλήρωσής μέσω live επικοινωνίας μεταξύ της γεμίστηκες μηχανής και του συστήματος ελέγχου βάρους έτσι μπορούμε και εξοικονομούμε πόρους που μας βοηθάνε στην παραγωγή περισσότερων προϊόντων.
- Συχνά στις βιομηχανίες γίνεται έλεγχος βάρους μέσω μια στατικής ζυγαριάς και ενός χειριστή που κάνει τον έλεγχο με την χρήση ενός αυτομάτου

συστήματος ελεήσου ελαχιστοποιούμε τον ανθρώπινο παράγοντα και τα λάθη αυτού.

Η τοποθέτηση ενός ζυγιστικού μηχανήματος δεν σημαίνει ταυτόχρονα και σωστή ζύγιση. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο απαιτείται το ζυγιστικό να αποτελεί μέρος ενός ολοκληρωμένου "σχεδίου" ζύγισης που θα σχεδιάζεται για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων και θα περιμένουμε να μας δώσει προκαθορισμένα αποτελέσματα. Οι στόχοι καθορίζονται συνήθως από εξωτερικούς παράγοντες, τέτοιοι είναι η ικανοποίηση του πελάτη από το προϊόν, είναι τα διάφορα ISO (International Standardization Organization) που συνήθως καλύπτουν-πιστοποιούν τις ελάχιστες προδιαγραφές για την παραγωγή ενός προϊόντος, ή "κανόνες-νόμοι" από διάφορους οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι εξολοκλήρου για συγκεκριμένα προϊόντα π.χ. ΕΟΦ-φάρμακα.

Τυπικές χρήσεις ενός ζυγιστικού μηχανήματος

- Στην παραγωγή ενός φαρμάκου είναι πάρα πολύ σημαντική η σωστή δοσολογία πρώτων υλών ώστε το τελικό προϊόν να συμβαδίζει με τους κανονισμούς του ΕΟΦ. Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν αρκετά συχνά η γραμμές παραγωγής είναι αυτό της υπερπλήρωσης-υποπλήρωσης
- Έλεγχος για ελλείψεις στο τελικό προϊόν (π.χ. αν στην συσκευασία ενός φαρμάκου περιλαμβάνεται ένα κουτάλι ή μια σύριγγα ,τυχόν έλλειψή της μπορεί να γίνει αντιληπτή μέσω ελέγχου βάρους)
- Κατηγοριοποίηση προϊόντων μέσω του βάρους.

- Μέτρηση μόνο του καθ' αυτού προϊόντος μέσω θέσπισης απόβαρου
- Απόρριψη προϊόντων μέσω ελέγχου βάρους
- Έλεγχος βάρους στην αρχή της γραμμής παραγωγής και στο τέλος της, με αυτόν τον τρόπο μπορούμε και ελέγχουμε την αποδοτικότητα αυτής.

Γενικά οι ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται σε τέσσερα στάδια σε μια γραμμή παραγωγής .

1° Στάδιο προσυσκευαστικό .

2° Στάδιο πρωτεύων συσκευασία (π.χ. τοποθέτηση φαρμάκου σε μπουκαλάκι).

3° Στάδιο δευτερέων συσκευασία τοποθέτηση πολλαπλών προϊόντων σε κουτάκια (π.χ. σύριγγα-μπουκαλάκι)

4° Στάδιο τοποθέτησης σε κιβώτια(ζύγιση για επαλήθευση σωστού αριθμού από κουτάκια μέσα στην κούτα για αποφυγή λαθών κατά την αποστολή στις αγορές)

3)προστασία του καταναλωτή

Όλοι αυτοί οι έλεγχοι έχουν σαν στόχο την προστασία του καταναλωτή . Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται μέσα από την εφαρμογή της εκάστοτε νομοθεσίας . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα διαφορετικές νομοθεσίες διαφορετικά κριτήρια. Παράδειγμα η αμερικάνικη νομοθεσία(NIST) προβλέπει το πλήθος το λιποβαρών που μπορούν να υπάρχουν σε μια παραγγελία-κούτα δεν προβλέπει ποια είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη διακύμανση βάρους (MAV) σε αυτήν .Αντίθετα η νομοθεσία (OILM) που εφαρμόζεται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες καθορίζει τις ανεκτές αποκλίσεις του

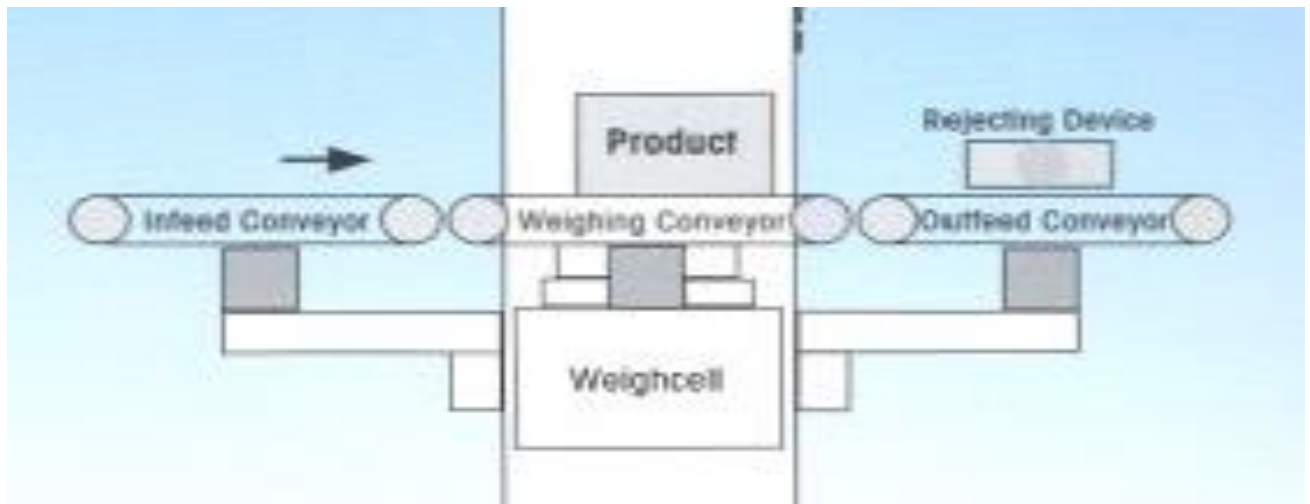
βάρους .Όπως γίνεται κατανοητό είναι απαραίτητη η συνεννόηση μεταξύ του τοπικού φορέα που είναι υπευθύνως για την για την επιβολή της εκάστης νομοθεσίας και εκείνου που θα καταστήσει το πλάνο για τον έλεγχο βάρους στην γραμμή παραγωγής . Από εκεί και πέρα υπάρχουν διαφορετικές αντιμετώπισεις στις διάφορες παραβιάσεις των νόμων .Απαγόρευση πωλήσεων των προϊόντων , επανάληψη της διαδικασίας ελέγχου βάρους και τυποποίηση του προϊόντος βάση αυτού, ακόμα και διώξεις όπου τα “λανθασμένα” προϊόντα κρατούνται ως αποδείξεις.

4) Πλάνο ελέγχου βάρους

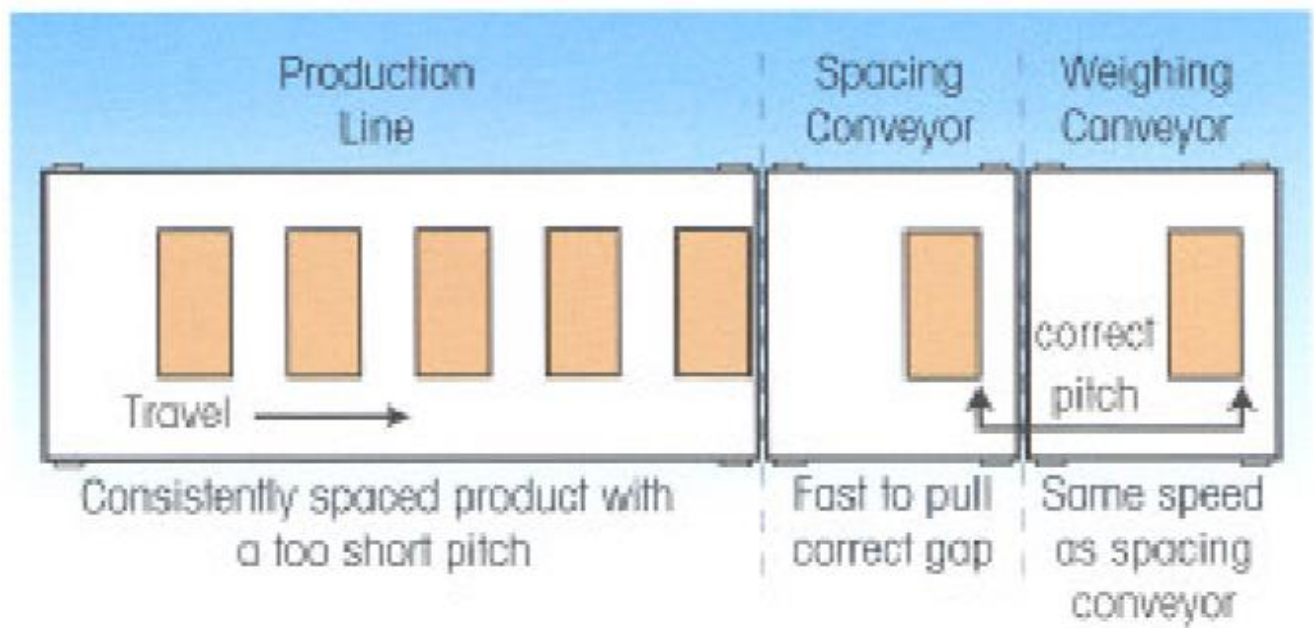
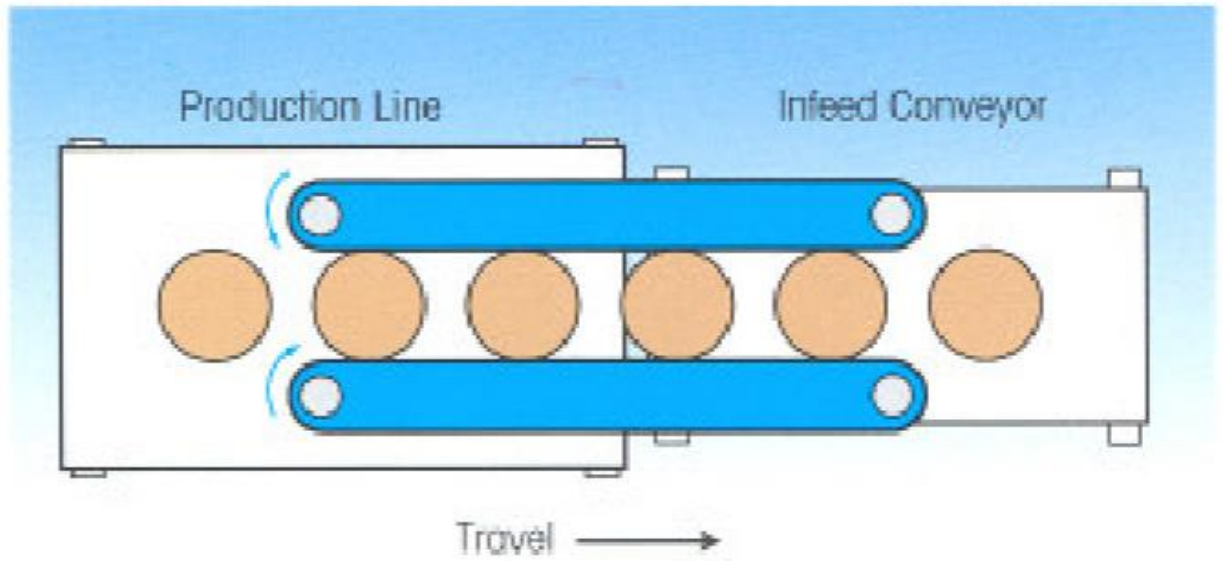
Ο έλεγχος βάρους είναι ένα σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας . Αν όμως παρουσιαστεί πρόβλημα σε αυτόν τότε πρέπει να σταματήσει η παραγωγική διαδικασία ; Αρχικά θα πρέπει να ξέρουμε τις απαιτήσεις της παραγωγής ώστε να γίνει το σωστό πλάνο .

1ο βήμα (μηχανολογικά)

Μια μηχανή ελέγχου βάρους αποτελείται οπωσδήποτε από τρεις μεταφορείς και μια απόρριψη .Μεταφορέας εισαγωγής προϊόντος, ζύγισης και εξαγωγής όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα .



Παρόλα αυτά όμως μπορεί η εκάστοτε παραγωγή να διαθέτει κομμάτια- μέρη από αυτά (ταινιόδρομους εισαγωγής εξαγωγής προϊόντων – απόρριψη)και να μας τα παρέχει για να ρίξει το κόστος .Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τα μηχανολογικά μέρη της κατασκευής μας είναι το εργασιακό περιβάλλον ,ανάλογα αυτού θα πρέπει να υπολογίσουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε. Π.Χ. αν το περιβάλλον που θα εγκατασταθεί η μονάδα μας είναι γεμάτο υγρασία τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ανοξείδωτα μέταλλα ,ενώ αν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες θα πρέπει να αποφευχθούν εύφλεκτα υλικά. Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε συχνά είναι ο διαχωρισμός προϊόντων ώστε αυτά να μην είναι κολλητά μεταξύ τους μερικοί τρόποι διαχωρισμού φαίνονται στις παρακάτω εικόνες



Όπως βλέπουμε από τις εικόνες χρειάζονται εξτρά ταινιόδρομους ή ,και που να κινούνται σε διαφορετική ταχύτητα ώστε να γίνεται σωστά ο διαχωρισμός των προϊόντων .Γενικά ο κανόνας που ισχύει είναι ότι η ταχύτητα του ταινιόδρομους μετρημένη σε μετρά ανά λεπτό είναι ίση με

επιθυμητά προϊόντα ανά λεπτό πολλαπλασιασμένα με την σωστή απόσταση μεταξύ 2 προϊόντων μετρημένη σε χιλιοστά

2ο βήμα είδη ελέγχου και εκλεκτές βάρους

Στατικός έλεγχος

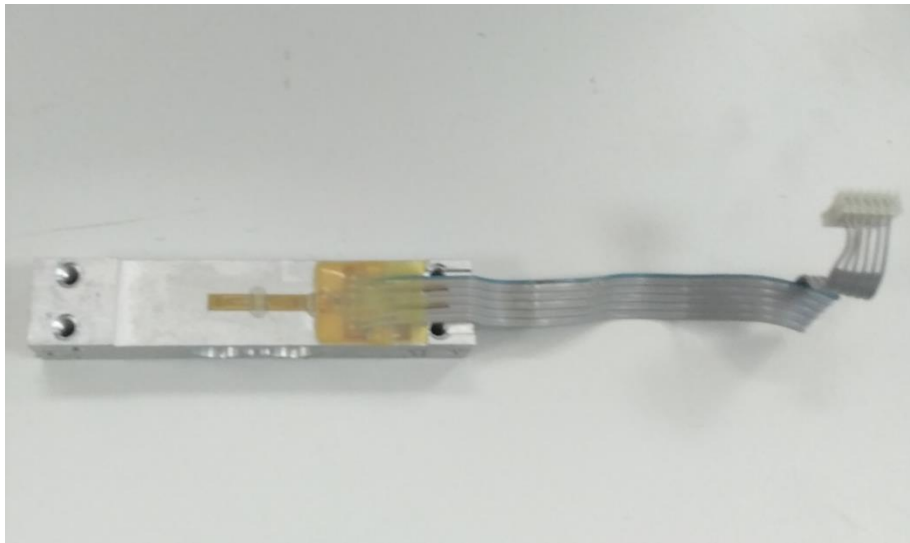
Τα 2 είδη του ελέγχου χωρίζονται σε στατικό και δυναμικό έλεγχο . Στατικός έλεγχος είναι ο έλεγχος όπου το προϊόν τοποθετείται σταθερό πάνω στον ζυγό , αυτό δίνει το πλεονέκτημα στον ζυγό να προλάβει να σταθεροποιηθεί έτσι γίνεται ποιο εύκολα μια σωστή μέτρηση. Αντίθετα σε περίπτωση όπου η μέτρηση πρέπει να γίνει γρήγορα ,πχ όταν το προϊόν βρίσκεται εν κινήσει πάνω στην γραμμή παραγωγής.

Δυναμικός έλεγχος

Ο δυναμικός έλεγχος γίνεται με το προϊόν εν κινήσει. Για αυτό ακριβώς τον λόγο είναι ποιο επιρρεπής σε θορύβους . Για να αποφευχθεί μια λάθος μέτρηση χρησιμοποιούνται μια σειρά από φίλτρα. Για να μπορέσουμε να διορθώσουμε-απομονώσουμε όμως αυτούς τους θορύβους πρέπει να γνωρίζουμε τις συχνότητες αυτών .Σε αυτό το κομμάτι μας βοηθάει η ανάλυση Fourier(θα εξηγηθεί παρακάτω).Με βάση λοιπόν την επιλογή του ελέγχου που επιθυμούμε επιλέγουμε και την αντίστοιχη δυναμοκυψέλη .

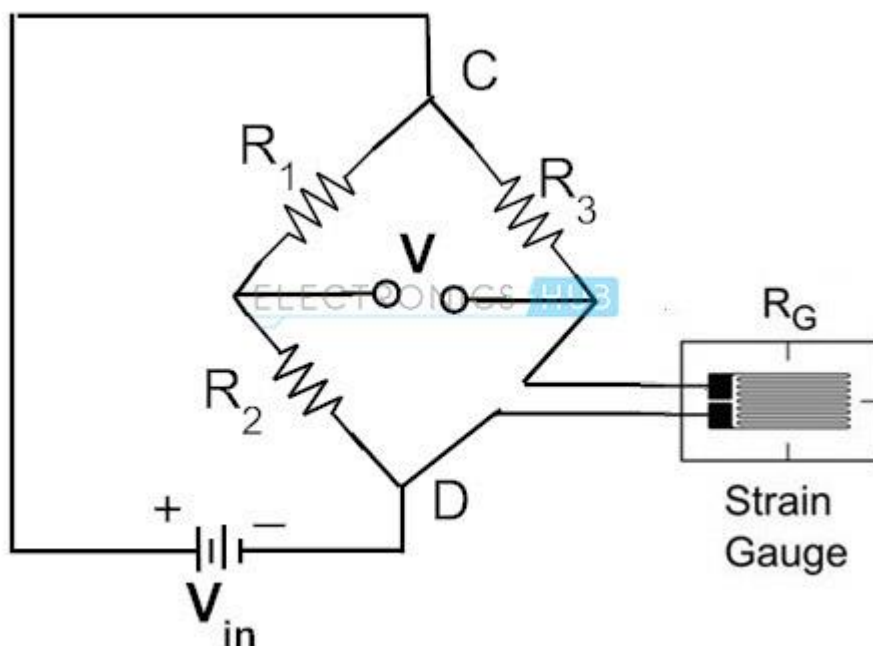
Δυναμοκυψέλες

α) Δυναμοκυψέλες strain gauge



ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι δυναμοκυψέλες αυτού του τύπου βασίζονται στην τεχνολογία της γέφυρας Wheatstone



μαθηματικός τύπος που εκφράζει την γέφυρα Wheatstone

$$V_{\text{αρχικο}} = \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_G} \right] \cdot V_{\text{in}} \quad (\text{κατάσταση ισορροπίας και βάρους} = 0).$$

Υποσημείωση $\Delta R = R_{Gteliko} - R_{Garxiko}$

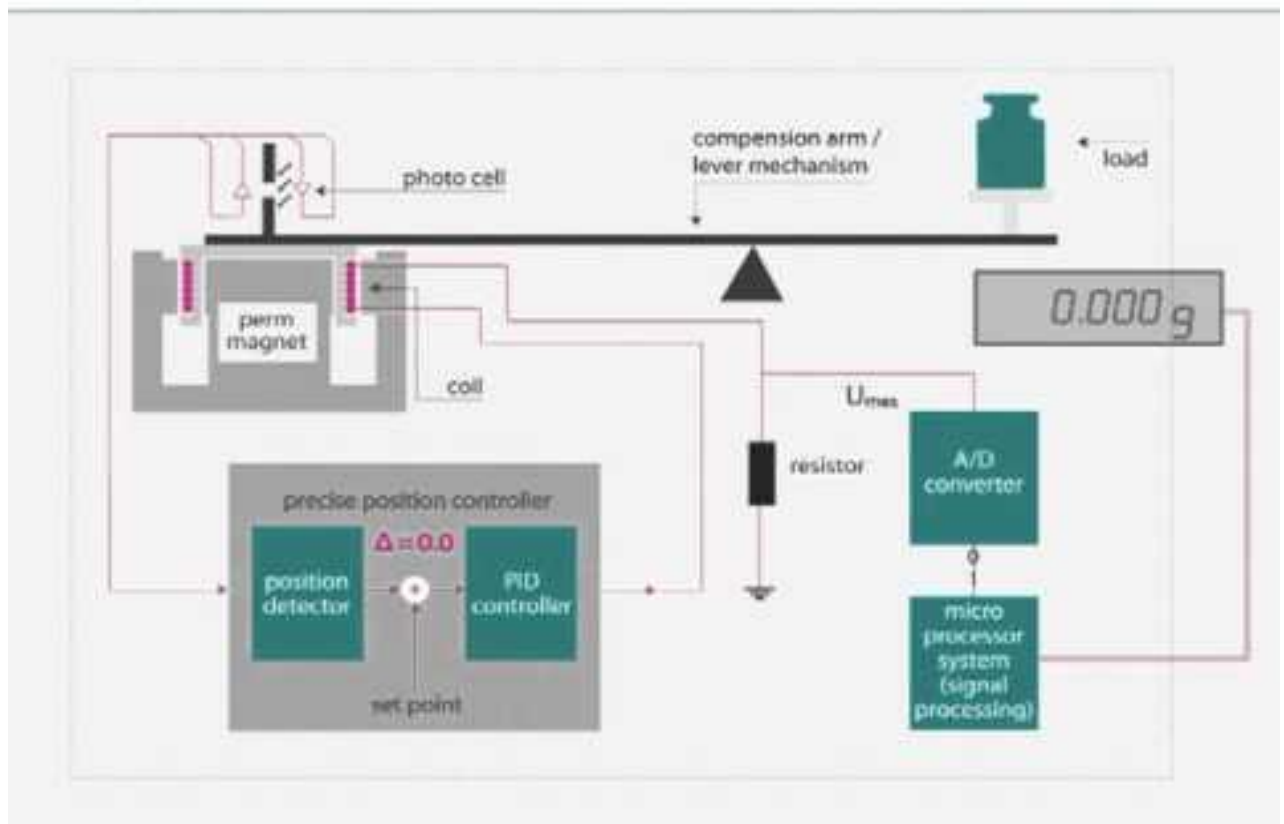
άρα $R_{Garxiko} = R_{Gteliko} - \Delta R$

RG αντίσταση τύπου strain gauss πρόκειται για “ελαστική” αντίσταση που μεταβάλλεται με βάση την επιμήκυνση της $\Delta R = k \cdot \epsilon \cdot R_0$ όπου k είναι η σταθερά της αντίστασης και επηρεάζεται από την ελαστικότητα αυτής, ϵ είναι το μετρημένο μήκος της επιμήκυνσης και R_0 η ονομαστική αντίσταση. Γενικά όταν η αντίσταση “συμπιέζεται” τότε η τιμή της πέφτει και αντίθετα όταν “τεντώνεται” η τιμή της αυξάνεται. Αν περάσουμε την μεταβολή ΔR μέσα στο τύπο του Wheatstone τότε έχουμε

$V_{teliko} = [R_1 / (R_1 + R_2) - R_3 / (R_3 + R_{Gteliko})] \cdot V_{in}$ μέσω αυτού του ΔV μπορούμε και υπολογίζουμε την αλλαγή στο βάρος

β) Δυναμοκυψέλες τύπου EMFR (Electro Magnetic Force Restoration)

Οι δυναμοκυψέλες τύπου EMFR χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές που είναι απαραίτητος ένας ποιο γρήγορος έλεγχος (δυναμικός).



ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η διάταξη της δυναμοκυψέλη αποτελείται από ένα βραχίονα, ένα ηλεκτρομαγνήτη, ένα καταγραφέα θέσης και ένα PID controller, ένα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και ενός μικροεπεξεργαστή. Παρατηρούμε ότι την άκρη του βραχίονα την “βλέπει” ένα φωτοκύτταρο, όταν για διάφορους λόγους ο βραχίονας αλλάξει θέση το φωτοκύτταρο στέλνει σήμα σε ένα καταγραφέα θέσης. Αυτός την συγκεκριμένη αλλαγή (Δ όπως αυτή παρουσιάζεται στην εικόνα) την “στέλνει” στον PID controller. Ο ελεγκτής αναλαμβάνει το έργο να “διορθώσει-μηδενίσει” το Δ αυξομειώνοντας την τάση στα άκρα του ηλεκτρομαγνήτη. Αυτή η τάση “πέρνα” σε έναν μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό όπου η έξοδος

του συνδέεται με ένα μικροεπεξεργαστή που μου δίνει απάντηση σε ένα τερματικό (οθόνη). Τα ζυγιστικά που χρησιμοποιούν αυτή την δυναμοκυψέλη είναι ιδανικά για εφαρμογές που απαιτείται άμεση απόρριψη λόγω της ταχύτητάς τους.

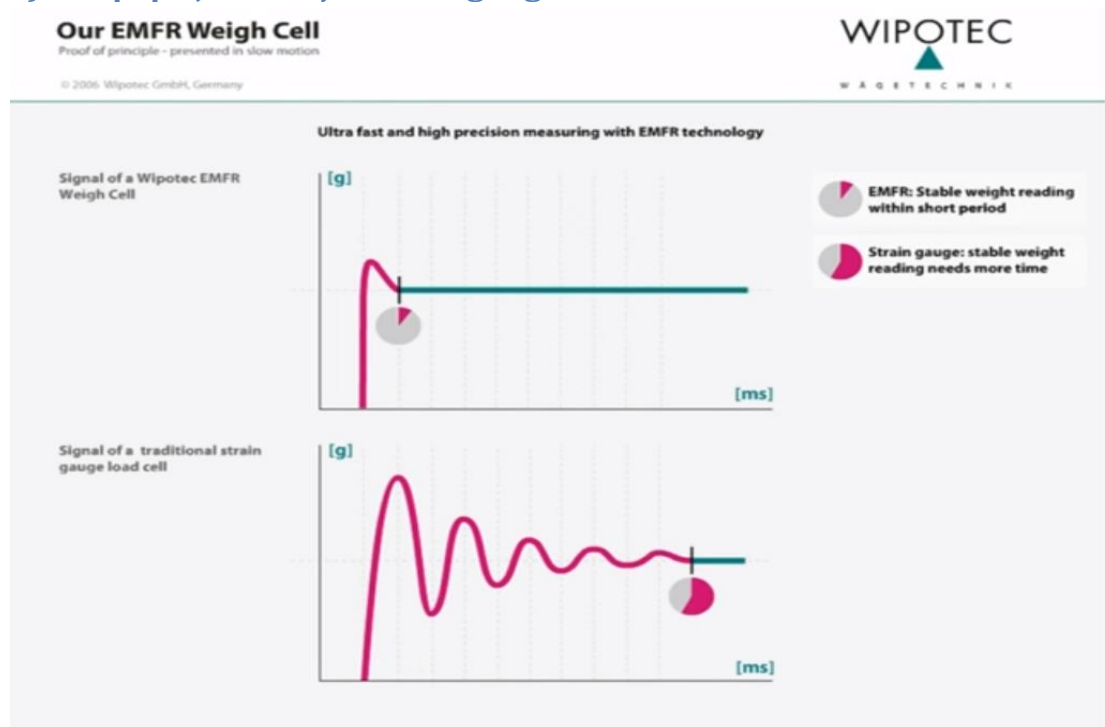
γ) Υδραυλικές δυναμοκυψέλες

Αυτού του είδους οι δυναμοκυψέλες χρησιμοποιούν την διάταξη πιστονιού – κυλίνδρου. Ο κύλινδρος είναι γεμάτος με λάδι. Όταν ασκείται δύναμη στο πιστόνι αυτό πιέζει το λάδι στην δυναμοκυψέλη. Μέσω της μέτρησης αυτής της αύξησης της πίεσης μετράμε τελικά το φορτίο προς ζύγιση. Αυτές οι δυναμοκυψέλες είναι κατάλληλες για ζύγιση επικίνδυνων φορτίων (καύσιμα) και για εξωτερικούς χώρους, όπου τα αιφνίδια ηλεκτρικά φορτία (για παράδειγμα ένας κεραυνός) είναι πιθανά

δ) Πνευματικές δυναμοκυψέλες

Οι πνευματικές δυναμοκυψέλες εξισορροπούν τις αντίθετες πιέσεις, ώστε μετρώντας τη διαφορά τους να μετρούν τελικά και το βάρος του φορτίου. Στην μία πλευρά της δυναμοκυψέλης ασκείται πίεση σε ένα διάφραγμα και η πίεση εκτονώνεται από μια βαλβίδα στον πυθμένα της. Ένας μετρητής πίεσης χρησιμοποιείται για να μετρήσει την πίεση στο εσωτερικό του διαφράγματος.

ε) Διαφορές EMFR με strain gauge



Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα οι δυναμοκυψέλες τύπου emfr μας δίνουν ποιο σταθερό αποτέλεσμα σε λιγότερο χρόνο, .Αυτή τους η ιδιότητα τις καθιστά ποιο κατάλληλες για εφαρμογές δυναμικού ελέγχου.

ΒΛΑΒΕΣ

Συχνές βλάβες που μπορούμε να εμφανιστούν σε ένα ζυγιστικό και μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος καταμέτρηση του βάρους

1. Συσκευασίες που είναι ασταθείς ,αυτά μπορεί να πρόκειται για προϊόντα όπου η επιφάνεια που πατάει πάνω στον ζυγό είναι μικρή ή προϊόντα που το κέντρο βάρους βρίσκεται ψηλά. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα κουτάκια τύπου αεροζόλ. Μία ενδεδειγμένη λύση για σταθεροποίηση του προϊόντος είναι μεταλλικοί οδηγό που κρατάνε το προϊόν σταθερό.
2. Ένα άλλο συχνό πρόβλημα το οποίο οδηγεί σε λάθος μετρήσεις είναι διάφορες εξωτερικές δονήσεις. Αυτό

μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το ζυγιστικό μηχάνημα βρίσκεται κοντά στην παραγωγή ή ότι το έδαφος στο οποίο βρίσκεται δεν είναι σταθερό. Όλα αυτά μπορούν να αποφευχθούν με την τοποθέτηση ενός ισχυρού εξωτερικού πλαισίου που θα κρατάει το ζυγιστικό σταθερό η διαφορετικά απομόνωση του ζυγιστικού σε ξεχωριστό χώρο. Σε περιπτώσεις που κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο προτιμώνται ζυγιστικά που έχουν δυναμοκυψέλη τύπου EMFR.

3. Επίσης πρόβλημα που συχνά παρατηρείται είναι ο ηλεκτρικός θόρυβος .Στατικός ηλεκτρισμός που σχηματίζεται πάνω στα φορτία-προϊόντα ,ελαττωματική τροφοδοσία , κοντινές πηγές ηλεκτρισμού ακόμα και walkie-talkie επηρεάζουν την λειτουργία της δυναμοκυψέλης είτε αυτή είναι τύπου strain-gauge(επηρεάζονται οι αντιστάσεις) είτε τύπου EMFR(ηλεκτρομαγνητικές) .Τρόποι για να αποφεύγονται τέτοιου είδους προβλήματα είναι τροφοδοτικά τύπου UPS ,σωστή γείωση της μηχανής και ΑΠ ιονισμού των προϊόντων πριν φτάσουν στη μηχανή.

4. Συχνά όταν δύο ή και περισσότερα προϊόντα έρχονται κολλητά τότε το ζυγιστικό τα μετράει μαζί σαν ένα προϊόν για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο τοποθετούνται πριν το ζυγιστικό 2 ταινιόδρομοι που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες ώστε να γίνεται διαχωρισμός των προϊόντων.

5. Φαινόμενο ringing. Το φαινόμενο αυτό πρακτικά αναφέρεται στην συμπεριφορά της δυναμοκυψέλης σαν ελατήριο .Μια τέτοια συμπεριφορά οφείλεται στην παραμόρφωση της δυναμοκυψέλης μετά το πέρασμα χρόνων και την άσκηση πολλών φορτίων. Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο η δυναμοκυψέλη πρέπει να είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να ταλαντώνεται στην φυσική της συχνότητα .

3ο βήμα οθόνη χειρισμού και διάφορες λειτουργίες

Όταν ένα σύστημα ελέγχου βάρους καλείται να εκτελέσει διάφορες πολύπλοκες διαδικασίες (έλεγχος διαφορετικών προϊόντων εμφάνιση μηνυμάτων κλπ.) .Μέσω μια οθόνης χειρισμού μπορούμε να εμφανίσουμε διαφορά μηνύματα για σφάλματα της μηχανής καθώς και να επιλέξουμε διάφορες λειτουργίες.

υπερπλήρωση, υποπλήρωσης

είναι η λειτουργία ελέγχου του βάρους μέσω της θέσπιση ενός ανώτατου, ενός κατώτατου ορίου και ενός βάρους που θα αποτελεί το βέλτιστο - επιθυμητό .Με αυτή την μέθοδο όταν ένα προϊόν ξεπερνάει τα συγκεκριμένα όρια βγαίνει το ανάλογο μήνυμα .Αν ξεπερνάει το κατώτατο όριο βγαίνει μήνυμα underload ,αν ξεπερνάει το ανώτατο όριο έχουμε μήνυμα overload

καταμέτρηση προϊόντων

Όταν θέλουμε να σιγουρέψουμε ότι σε μια κούτα υπάρχει ο επιθυμητός αριθμός προϊόντων κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί μέσω της καταμέτρησης των αυτών. Για να είναι δυνατόν μια τέτοια λειτουργία πρέπει η τυπική απόκλιση του συστήματος πολλαπλασιασμένη με το 3 να είναι μικρότερη

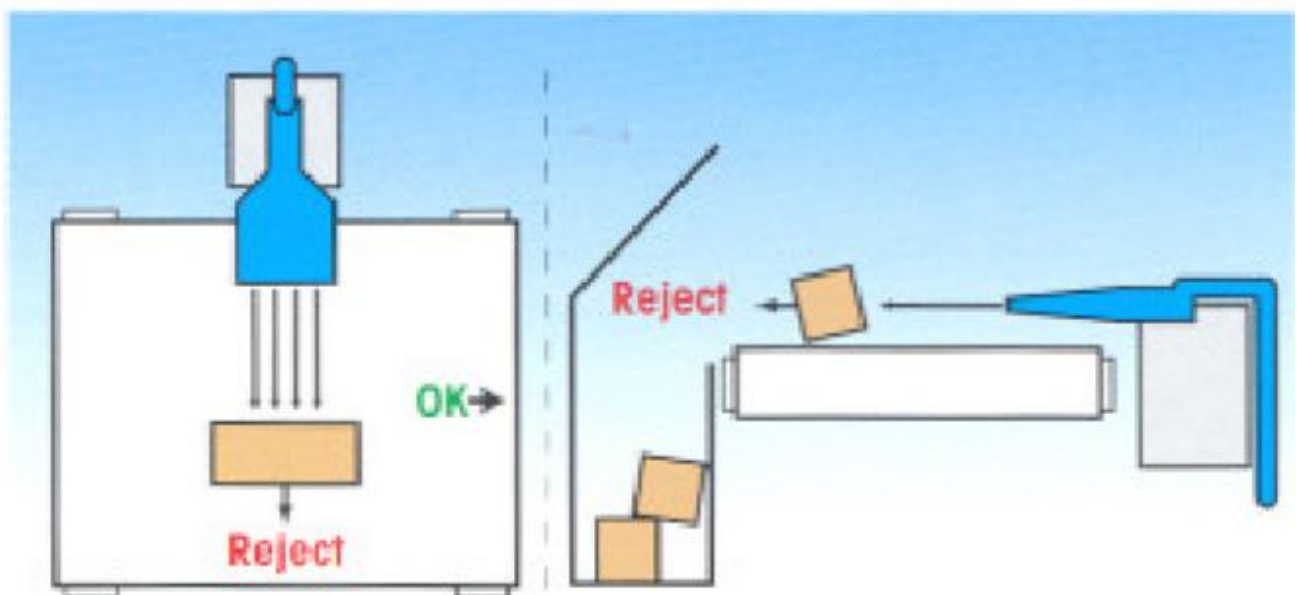
από το βάρος του μικρότερου μετρήσιμου προϊόντος .Υστέρα με την λογική του μέσο ορού του βάρους γίνεται κατά μέτρηση των προϊόντων.

Μονάδες μέτρησης

Σε διαφορετικές χώρες υπάρχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης (Kg,Lbs.). Μέσω της οθόνης χειρισμού υπάρχει η δυνατότητα για αλλαγή αυτών στις επιθυμητές .

4ο βήμα απόρριψη

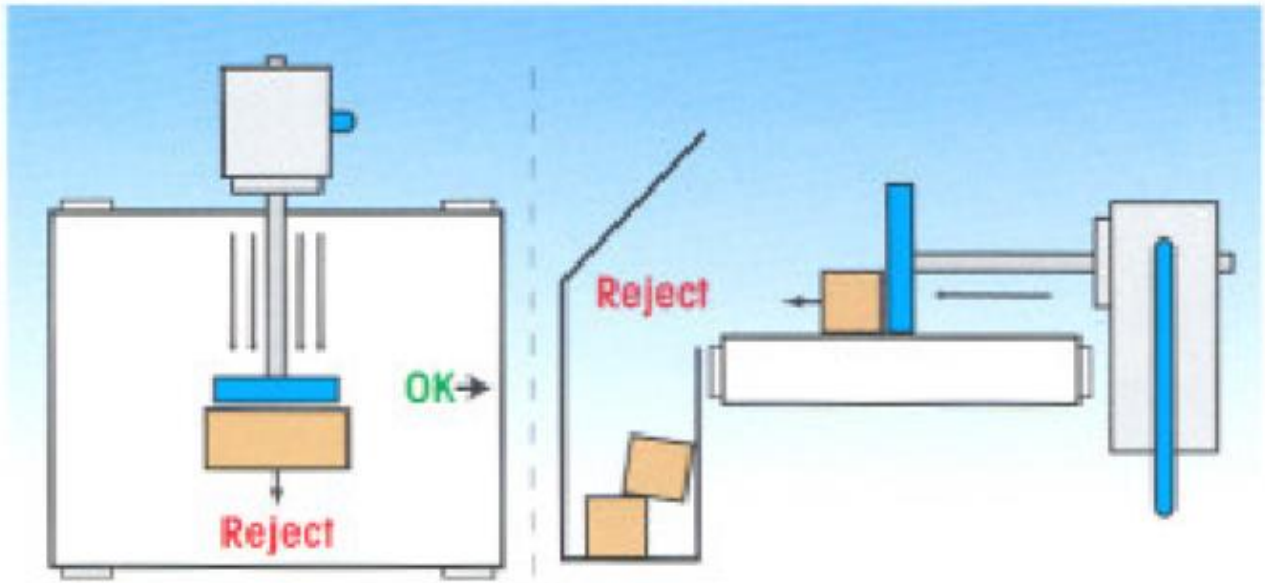
Το βήμα της απόρριψης είναι και το τελευταίο και συνήθως και το πιο εύκολο .Υπάρχουν διάφοροι τύποι απόρριψης. Είτε έμβολα που σπρώχνουν το προϊόν εκτός γραμμής .Πνευματική απόρριψη



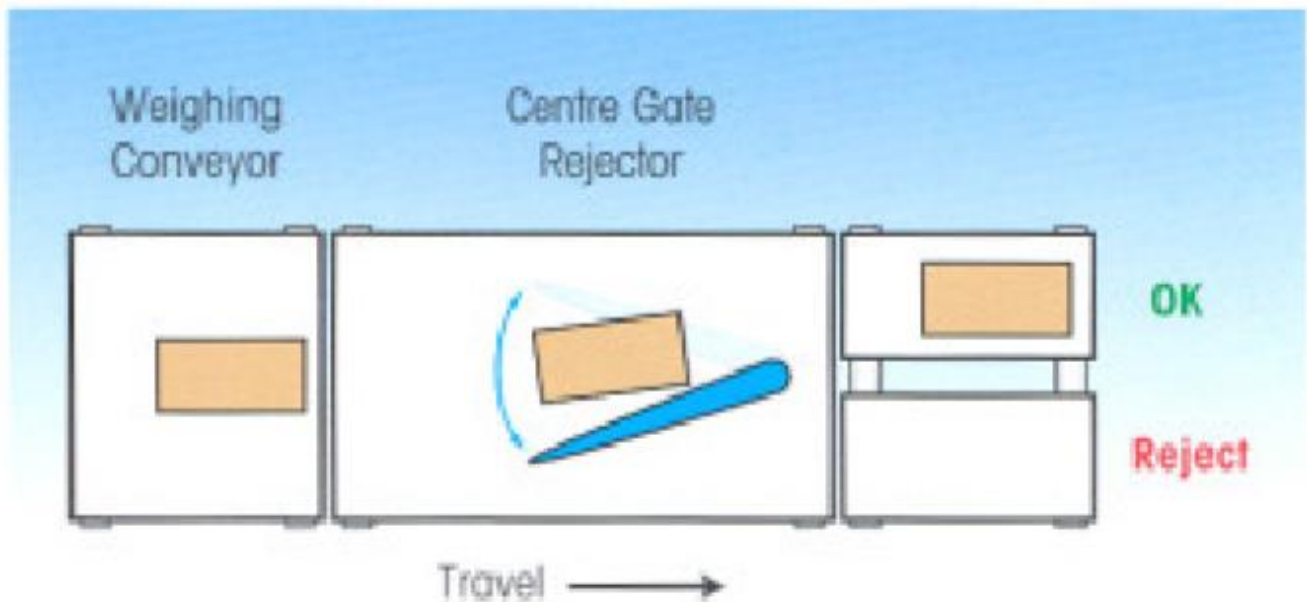
Απόρριψη

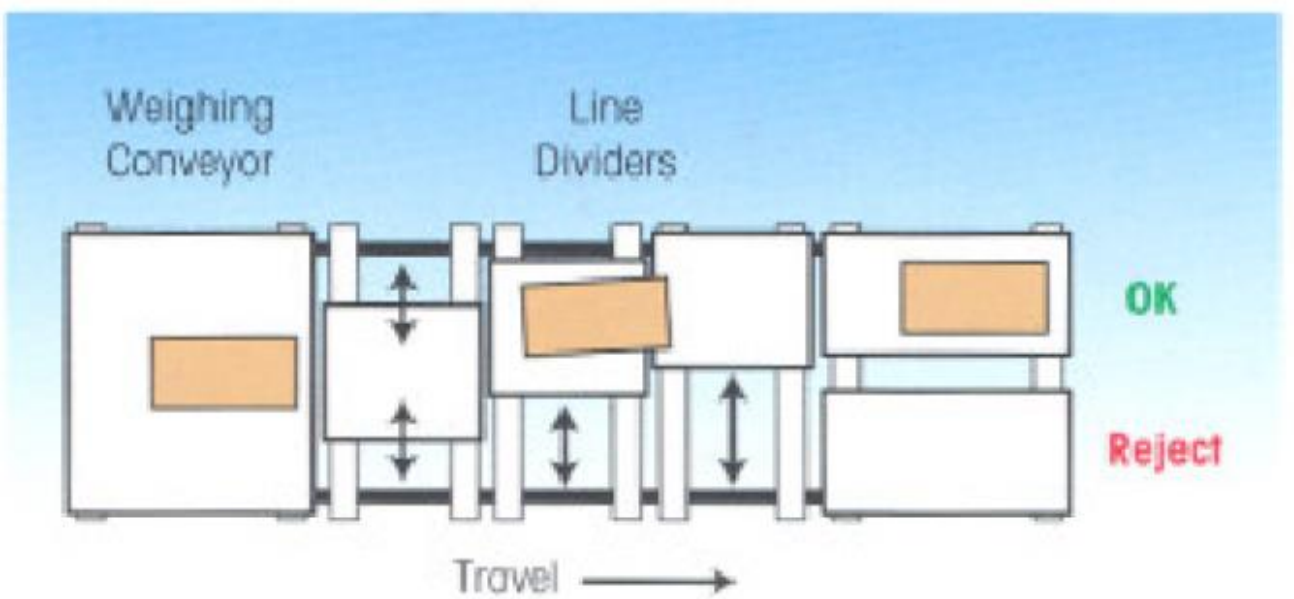
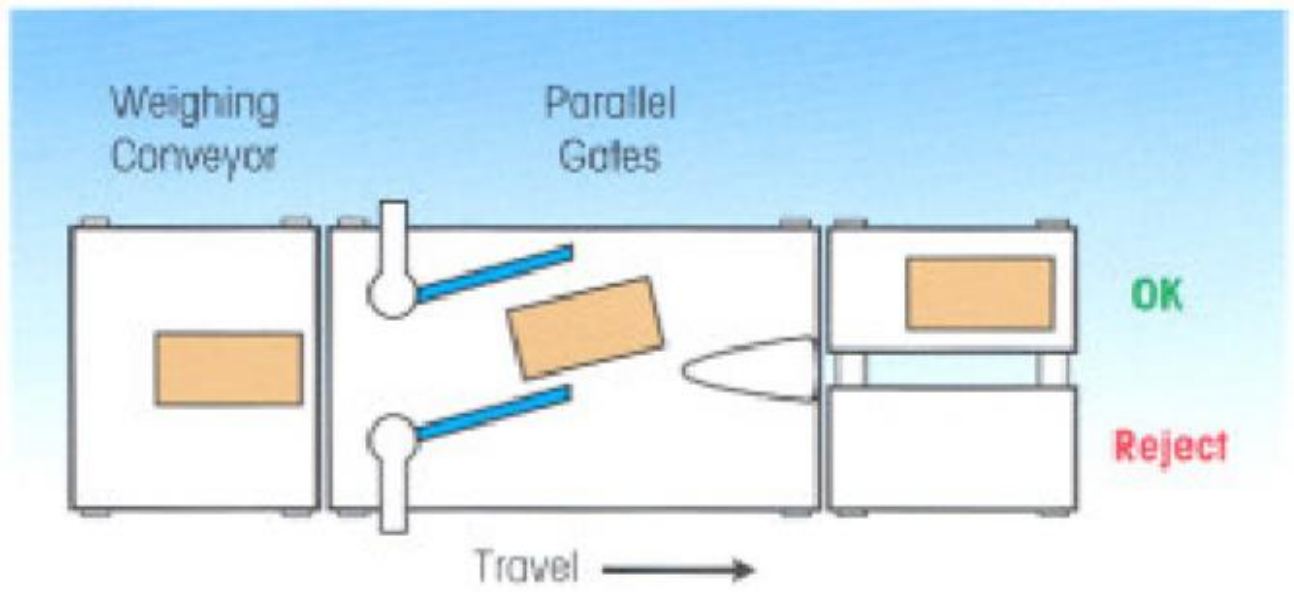
με

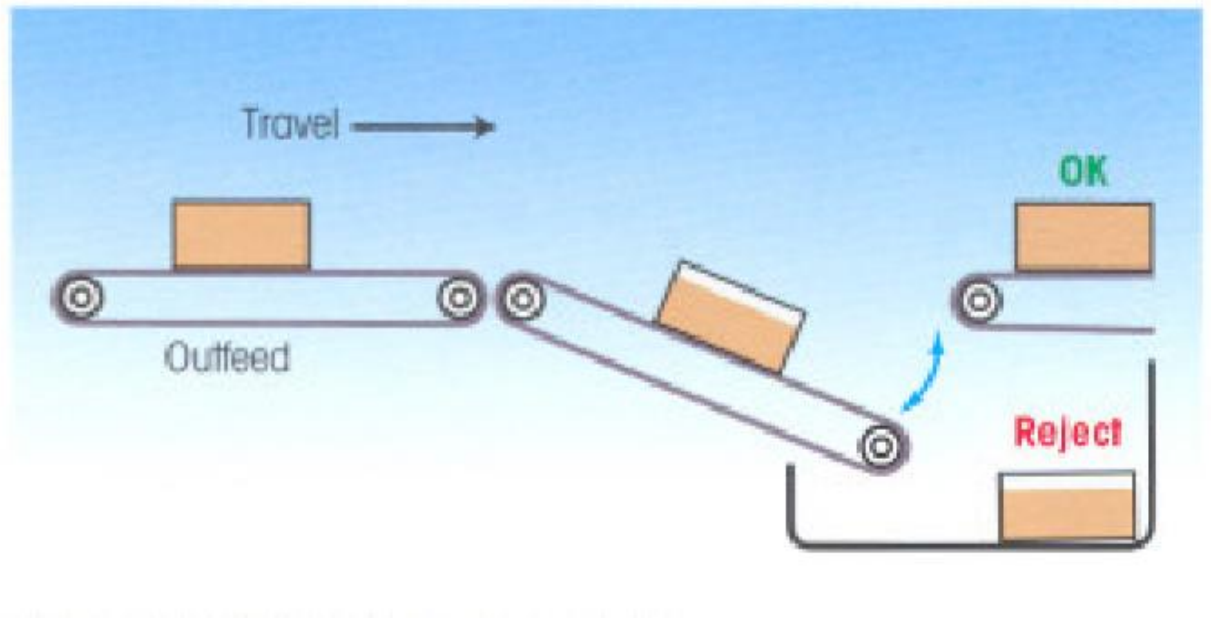
έμβολο



Ένα άλλο είδος απόρριψης είναι τρόπον τινά ένας "διαχωρισμός" που οδηγεί τα απορριπτέα προϊόντα σε μια διαφορετική γραμμή για περαιτέρω επεξεργασία μερικά παραδείγματα φαίνονται στις παρακάτω εικόνες



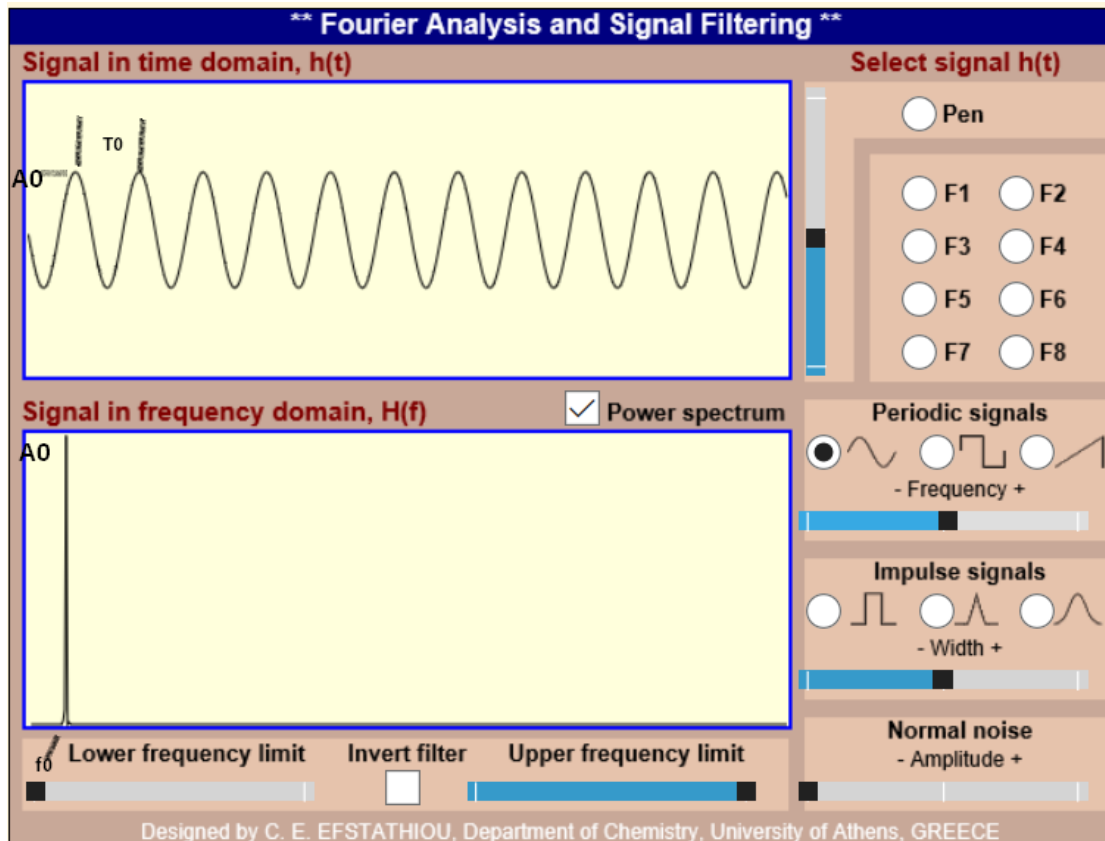




Ανεξάρτητα τον τύπο της απόρριψης όλες έχουν κοινό χαρακτηριστικό ότι για να ενεργοποιηθούν περιμένουν ένα σήμα από το εκλεκτή βάρους .

5) ανάλυση Fourier και δυναμικός έλεγχος

Στην παρακάτω εικόνα στην πάνω απεικόνιση βλέπουμε ένα ημιτονοειδές περιοδικό σήμα περιόδου T_0 και πλάτους A_0 στο πεδίο του χρόνου .Από κάτω στο βλέπουμε μια απεικόνιση του ίδιου σήματος στο πεδίο της συχνότητας . Το παρακάτω σχέδιο μας δείχνει μια απλή μετατροπή Fourier.Ένα σήμα γνωστού πλάτους A_0 και συχνότητά $F_0 = 1/T_0$ απεικονίζεται στο πεδίο των συχνοτήτων κατά αυτό τον τρόπο



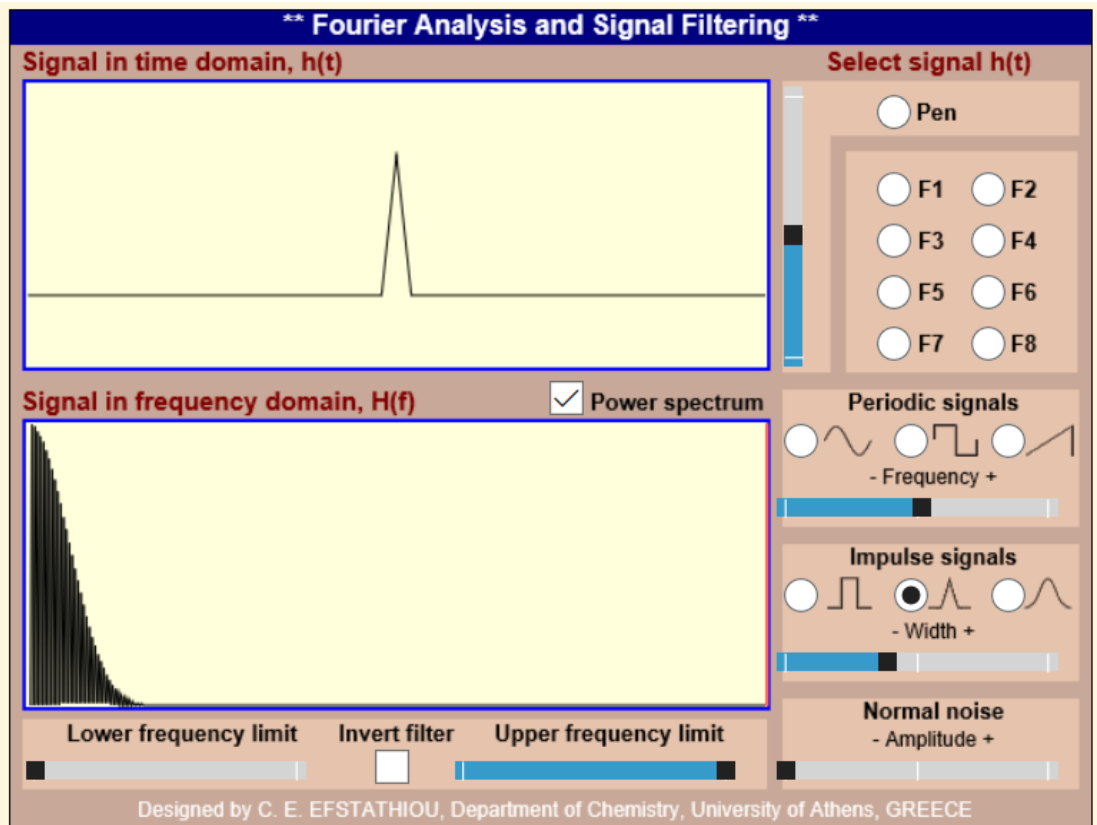
Συνάρτηση Fourier (περιοδικά σήματα)

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

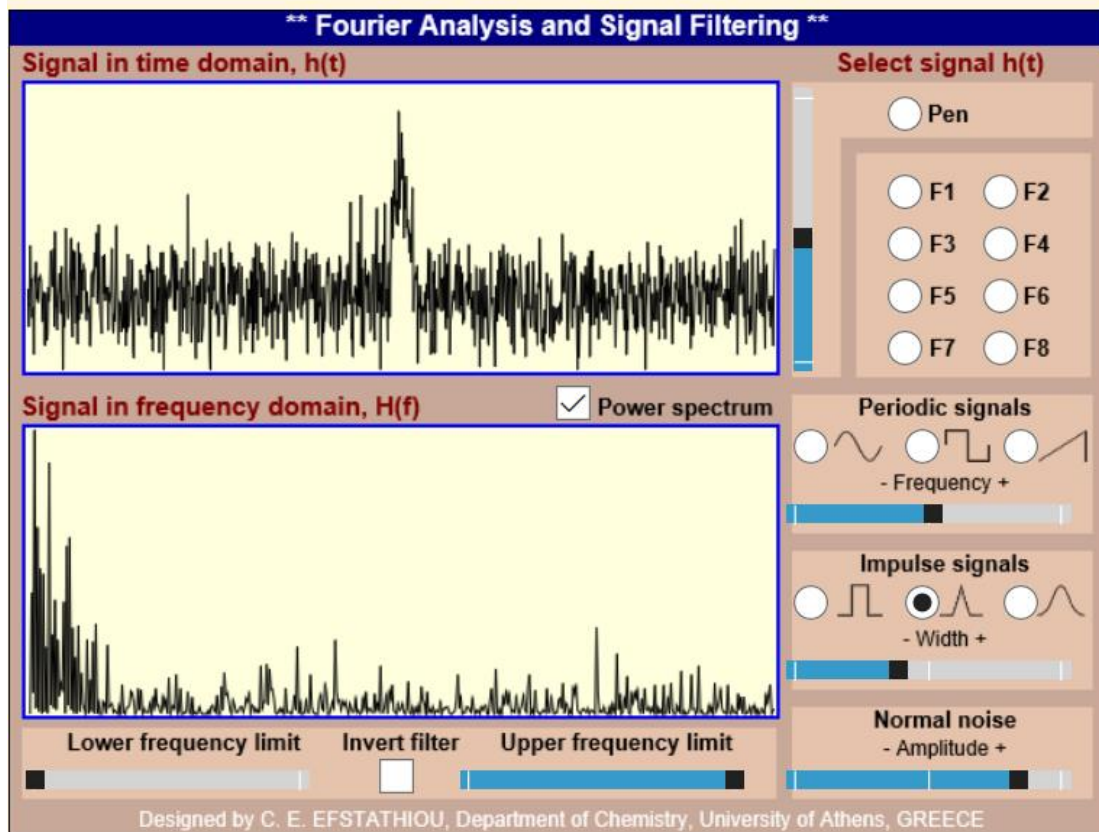
Συνάρτηση Fourier (μη περιοδικά σήματα)

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j2\pi ft} dt$$

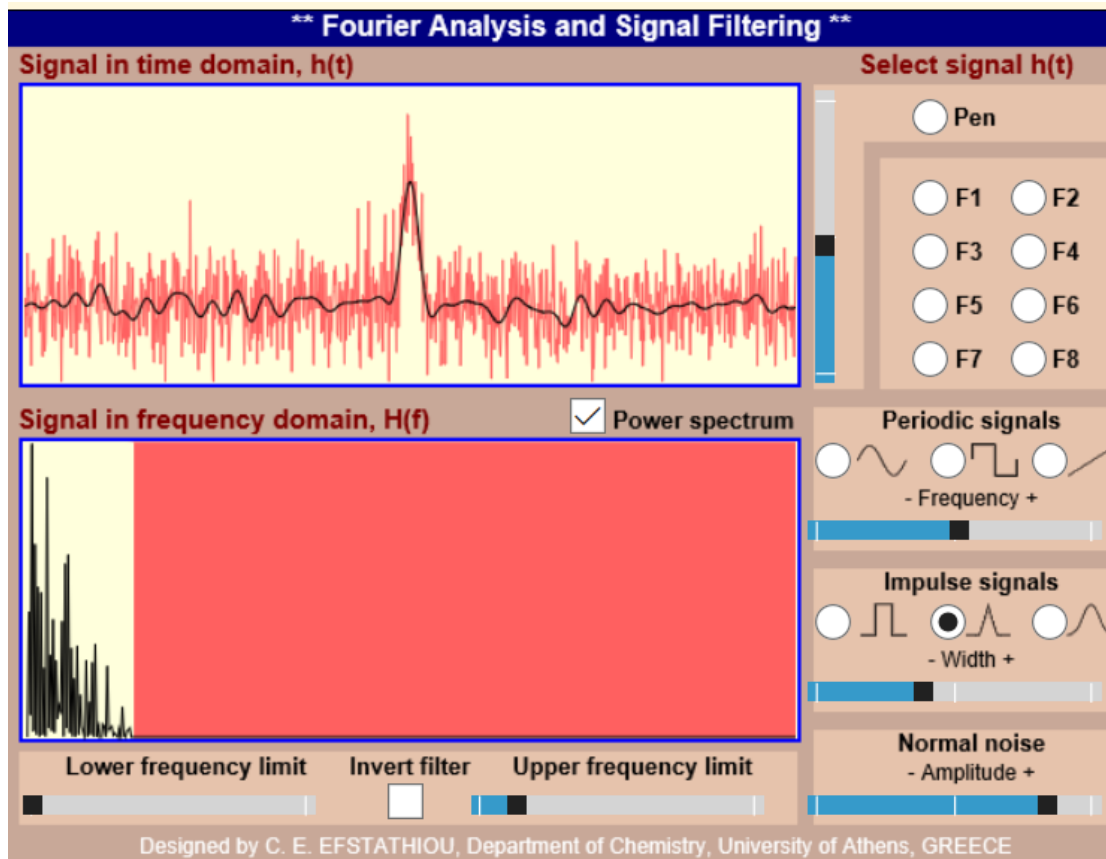
Έστω το παρακάτω σήμα είναι αυτό που βλέπουμε στη κατά την χρονική λειτουργία ενός ταινιόδρομοι -ζυγού όταν περνά προϊόν



Λόγο θορύβου μας είναι δύσκολο να καταλάβουμε ποιος είναι ο παλμός μας και έτσι μια ποιο πραγματική απεικόνιση θα έδειχνε κάπως έτσι



Όπως είναι κατανοητό είναι δύσκολο από αυτήν να εξάγουμε ένα τελικό συμπέρασμα .Για αυτό χρησιμοποιούμε τα φίλτρα για να "κόψουμε " τις περιττές συχνότητες .Υστέρα από την χρησιμοποίηση αυτών περνούμε την παρακάτω εικόνα που είναι ποιο κοντά στην επιθυμητή



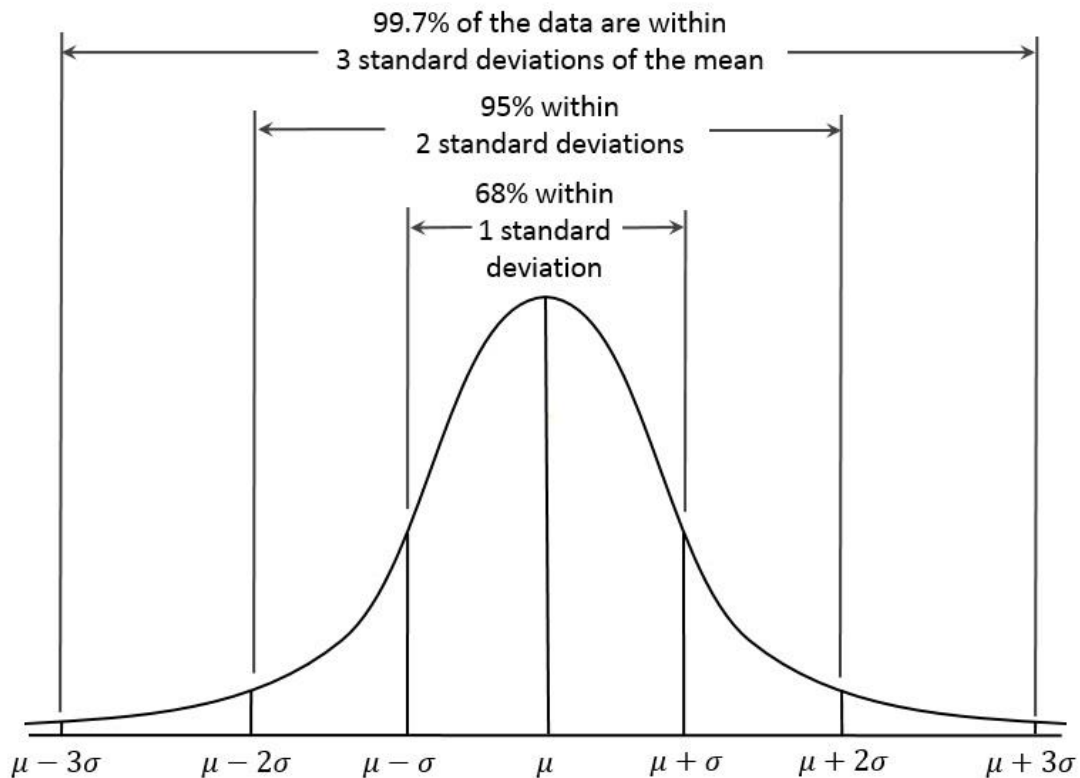
6) Στατιστικός έλεγχος και ακρίβεια μέτρησης .

Όπως προαναφερθήκαμε ποιο πάνω υπάρχουν νόμοι και οδηγίες που μια γραμμή παραγωγής πρέπει να ακολουθήσει . πως όμως είναι δυνατόν να γίνει κάτι τέτοιο όταν από αυτή περνάνε καθημερινά ένα μεγάλο πλήθος προϊόντων . Εδώ έρχεται και μας βοηθάει η στατιστική ανάλυση .Καθημερινά προϊόντα ταξιδεύουν πάνω στην γραμμή της παραγωγής μας που όμως είναι ευάλωτα σε διάφορες μεταπτώσεις (αέρα υγρασία κλπ.) .Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα που βγαίνουν από την γεμιστική μηχανή να μην επών συνέχεια το προκαθορισμένο βάρος. Προκειμένου να διορθωθούν αυτά τα "μη ελεγχόμενα λάθη" μας βοηθάει η στατιστική ανάλυση .Για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε πως αυτή μας βοηθά θα πρέπει να εξηγήσουμε 2 βασικούς ορούς αυτής τον "μέσο ορό" και την

“τυπική απόκλιση” .ο μέσος όρος υπολογίζεται του βάρους των προϊόντων υπολογίζεται από την διαίρεση του αθροίσματος αυτών ως προς το πλήθος αυτών($\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$) όπου n =πλήθος και όπου x_i =διακριτή τιμή. Για να αποφευχθούν να βγουν στη αγορά προϊόντα που είναι ελλειποβαρή οι εταιρίες θέτουν ο μέσος ορός βάρους των παραγομένων προϊόντων να είναι μεγαλύτερος από το επιθυμητό αποτέλεσμα .Έτσι σε περίπτωση που πέσουν κάτω από αυτό οι πιθανότητες το βάρος να είναι πάνω από το επιτρεπτό είναι υπερ. μας .Η άλλη μέτρηση που μας βοηθάει είναι η τυπική απόκλιση και ορίζεται ως εξής

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

.Τυπική απόκλιση είναι ένας αριθμός που αναφέρεται πως η διάφορες τιμές ενός δείγματος διασκορπίζονται γύρω από την μέση τιμή .Ποιο συγκεκριμένα σένα παράδειγμα έστω ότι έχουμε μια γεμίστηκα μηχανή που έχουν οριστεί οι παραμέτρους της ώστε να γεμίζει τσουβαλιά με 10kg προϊόν .αυτός περιμένουμε να είναι ο μέσος ορός του βάρους των παραγόμενων προϊόντων, όμως ένα προϊόν 11kg και ένα 9kg μου δίνουν των ίδιο μέσο όρο με 2 προϊόντα που έχουν βάρος 5 και 15 . Εδώ έρχεται και μας βοηθά η τυπική απόκλιση που είναι ένα νούμερο που μας βοηθά τι πιθανότητες έχει μια μέτρηση να πέσει μακριά από την επιθυμητή τιμή (μέσος ορός) και πόσο μακριά από αυτήν ,όσο πιο μεγάλη είναι αυτήν ,το s δηλαδή τόσο απομακρύνεται από αυτήν.



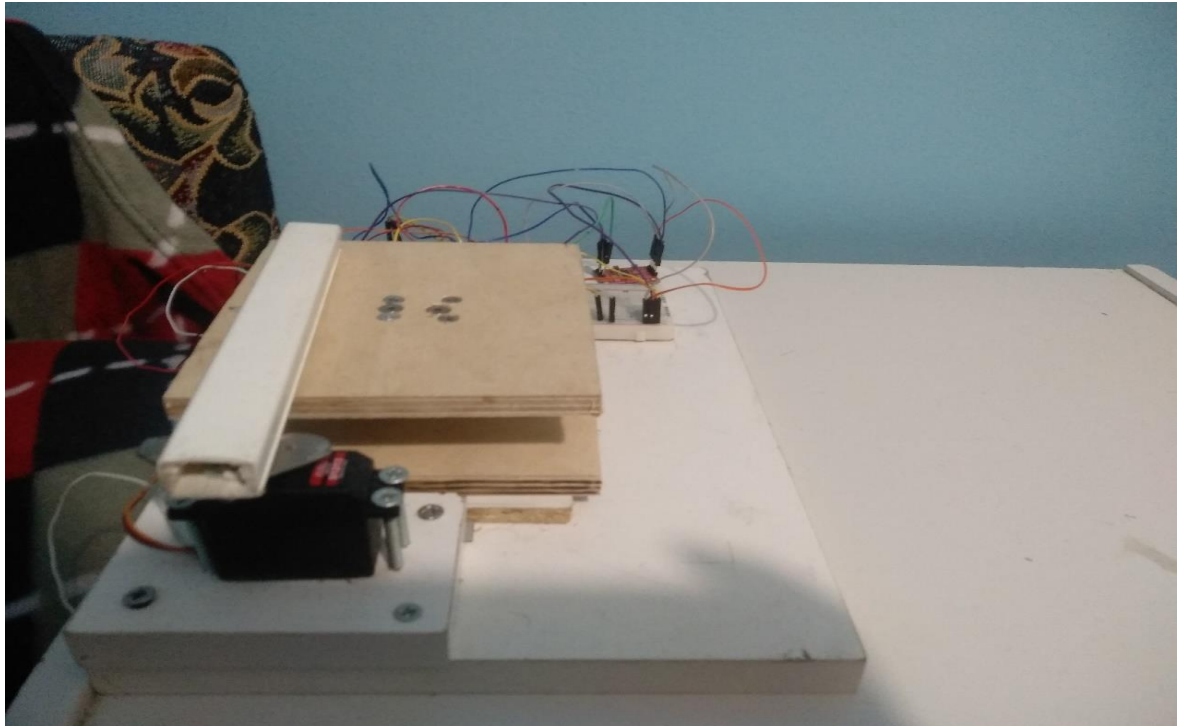
Στην παρανω κάμπυλη gauss βλέπουμε πως θα πρέπει να είναι κατανεμημένες οι δια φορές μετρήσεις .Με βάση το πάρα δείγμα μας το μ της γραφικής παράστασης είναι μέσος ορός μας 10kg . Αν έχουμε μεγάλη τυπική απόκλιση (σ) πχ 1 απο9kg αυτό σημαία ότι μια διακριτή τιμή x_i έχει πιθανότητες 68% να παίρνει τιμή 9kg εως11kg , 95% πιθανότητες να παίρνει τιμή 8kg εως12kg,και 99,7 πιθανότητες να παίρνει τιμη7kg έως 13kg .Όπως γίνεται κατανοητό αν το σ είναι μικρό έχομε μεγαλύτερη ακρίβεια πχ $\sigma=1$ gr τότε το x_i έχει 99,7% πιθανότητες να βρίσκετε στη ζώνη 9.7kg με 10,3kg

7)Στατιστική ακρίβεια και κόστος

Έστω στο παραπάνω παράδειγμα περνούμε μια διακριτή τιμή x_i 10,2kg πως μπορούμε να γνωρίσομε ότι αυτά τα 0,2kg είναι σφάλμα της γεμίστηκες μηχανής ή της ζυγιστικής που προκρίθηκε από έναν εξωγενή παράγοντα ; Ένας τρόπος να καθορίσομε την ακρίβεια της ζυγιστικής είναι ον εξής

περνούμε ένα προϊόν και το ζυγίζουμε σε με στατικό τρόπο σε ζυγαριά που έχει γίνει βαθμονόμηση και έλεγχος . Έστω ότι το προϊόν μας είναι 10kg “τρέχουμε” το συγκεκριμένο προϊόν στη ταχύτητα της γραμμής παραγωγής 100 φορές (100 επαναλήψεις) .Με τις μετρήσεις που έχουμε πάρει μπορούμε να βγάλουμε ένα μέσο ορό και τον δείκτη s (κανονική κατανομή) αν ο s είναι 1gr τότε έχουμε ακρίβεια στο 99.7 % τον περιπτώσεων $\pm 3gr$. Από εκεί και πέρα η ακρίβεια εξαρτάται από άλλους παράγοντες αν η μετρήσιμη ποσότητα είναι η δραστική ουσία ενός φαρμάκου τότε απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με το αν αυτή το αλεύρι που μπαίνει σε ένα τσουβάλι. Θα πρέπει όμως αναληφθεί και υπόψη ότι όσο πιο μεγάλη ακρίβεια είναι επιθυμητή, τόσο πιο κοστολόγο θα είναι και το πλάνο ζύγισης.

Μέρος 2^ο Πρακτική άσκηση



Στο παρακάτω κομμάτι θα γίνει παρουσίαση της παραπάνω κατασκευής ελέγχου βάρους και πως αυτή λειτουργεί.

Κεφάλαιο πρώτο (υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και σύντομη περιγραφή τους)

A) Arduino

B) SparkFun Ενισχυτής Αισθητήρα Φορτίου - HX711

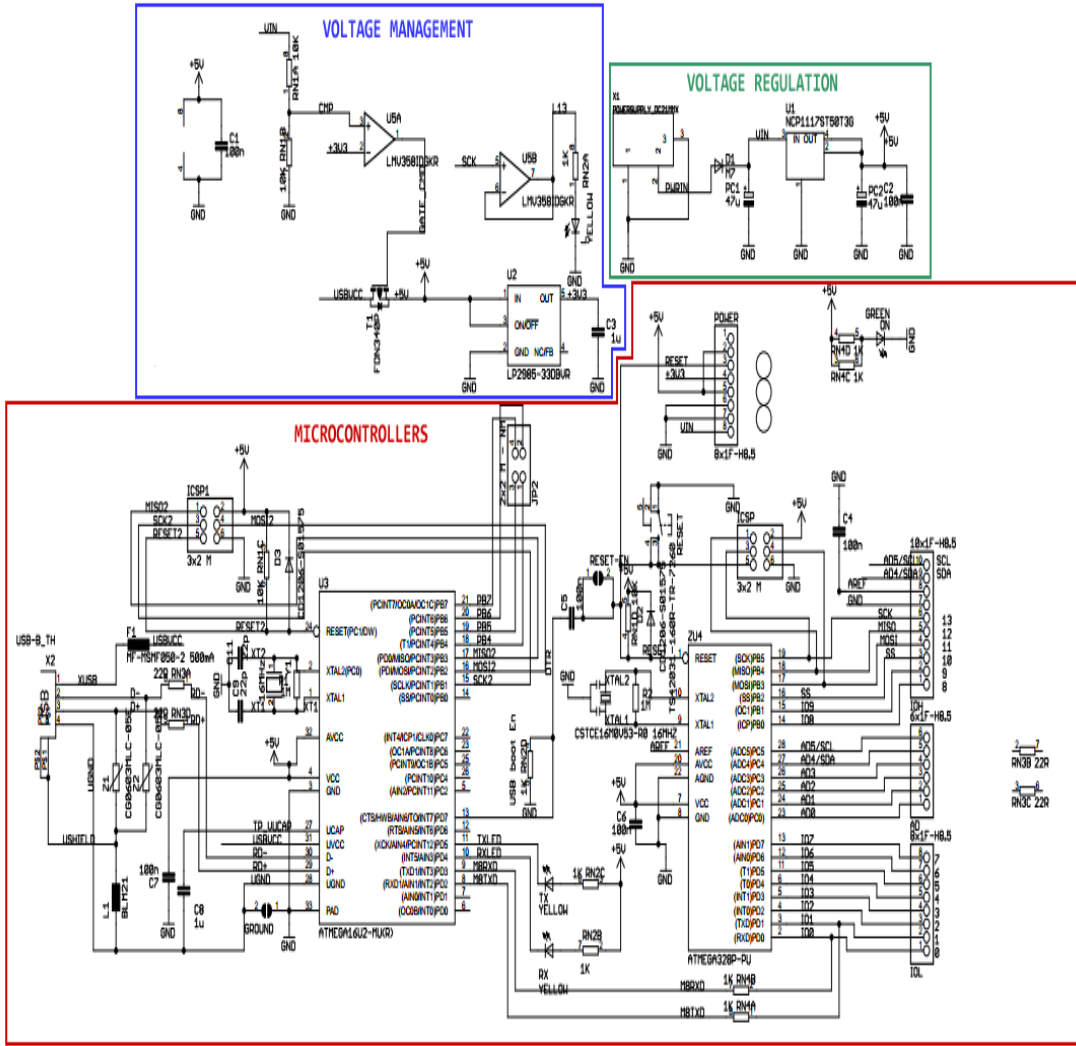
Γ) Αισθητήρας Φορτίου - 10kg

Δ) Servo

A) ARDUINO

κύκλωμα μικροελεγκτή

(genuino uno)



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Χαρτογράφηση ακίδων

Atmega168 Pin Mapping

Arduino function					Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	analog input 5
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	analog input 4
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)	analog input 3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)	analog input 2
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)	analog input 1
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)	analog input 0
VCC	VCC	7	22	GND	GND
GND	GND	8	21	AREF	analog reference
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC	VCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)	digital pin 13
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)	digital pin 12
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	digital pin 11 (PWM)
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	digital pin 10 (PWM)
digital pin 8	(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)	digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MOSI, MISO, SCK connections (Atmega168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

Λίγα λόγια για το Arduino Uno

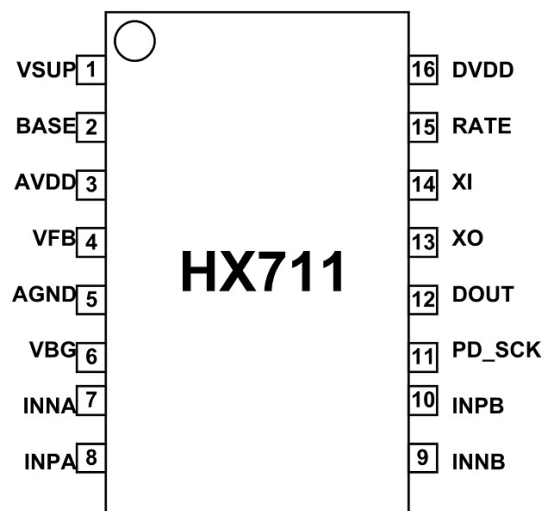
Το Arduino / Genuino Uno είναι ένας πίνακας μικροελεγκτών που βασίζεται στο ATmega328P . Διαθέτει 14 ψηφιακές ακίδες εισόδου / εξόδου (από τις οποίες 6 μπορούν να

χρησιμοποιηθούν ως έξοδος PWM), 6 αναλογικές εισόδους, κρυστάλλων quartz 16 MHz, σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, κεφαλίδα ICSP και κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για να υποστηρίξουν τον μικροελεγκτή. Απλά συνδέεται με έναν υπολογιστή με καλώδιο USB ή τροφοδοτικό με έναν προσαρμογέα εναλλασσόμενου ρεύματος ή μπαταρία.

B) SparkFun Ενισχυτής Αισθητήρα Φορτίου - HX711

Ο ενισχυτής SparkFun Load είναι ένας ενισχυτής για το HX711 IC (μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό 24bits) που μας επιτρέπει να διαβάζουμε εύκολα δυναμοκυψέλες και μέσω προγράμματος να τις μεταφράζουμε σε βάρος

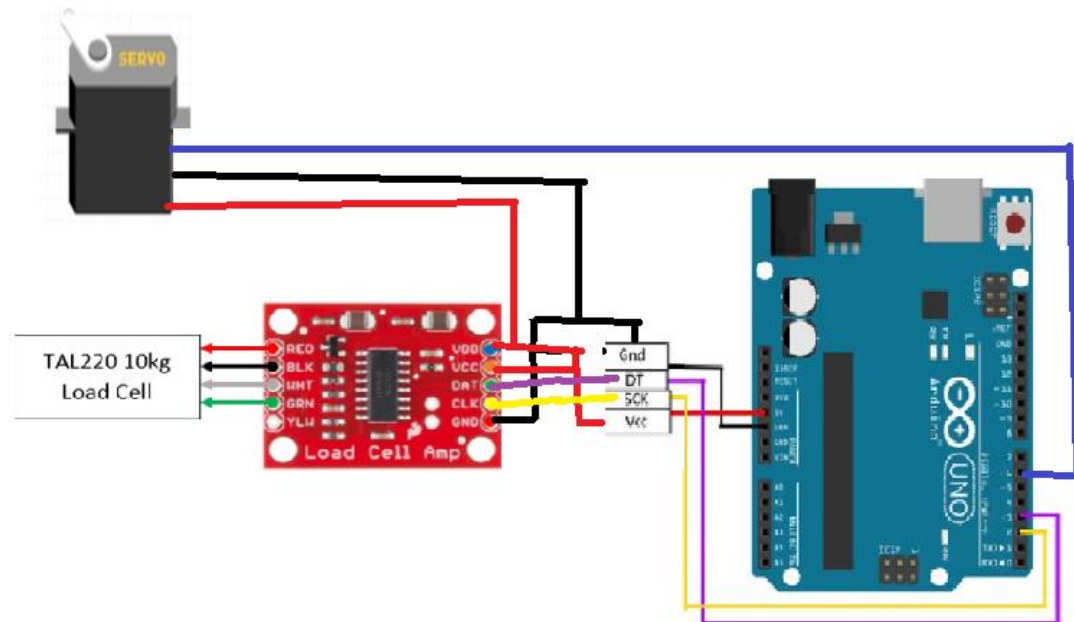
κύκλωμα μικροελεγκτή (HX711) χαρτογράφηση pinout



Γ) Αισθητήρας Φορτίου - 10kg

Πρόκειται για μια δυναμοκυψέλη strain gauge αντοχής 10 kg και ο τρόπος λειτουργίας αυτών περιγράφεται στην συγκεκριμένη ενότητα στο θεωρικό κομμάτι

Ηλεκτρονικό σχέδιο



προγραμματιστικό επίπεδο

Για να δουλέψει η συγκεκριμένη εφαρμογή χρειάζεται 2κομματα κώδικα

1^ο κομμάτι

```
#include "HX711.h"
```

```
#define DOUT 3
```

```
#define CLK 2
```

```
HX711 scale;
```

```
float calibration factor = -7050;
```

```

void setup () {
  Serial. Begin (9600);
  Serial.println("HX711 calibration sketch");
  Serial.println("Remove all weight from scale");
  Serial.println("After readings begin, place known weight on
scale");
  Serial.println("Press + or a to increase calibration factor");
  Serial.println("Press - or z to decrease calibration factor");

  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale();
  scale.tare(); //Reset the scale to 0

  long zero_factor = scale.read_average();
  Serial.print("Zero factor: ");
  Serial.println(zero_factor);
}

void loop() {

  scale.set_scale(calibration_factor);
  Serial.print("Reading: ");
  Serial.print(scale.get_units(), 1);
  Serial.print(" lbs");
  Serial.print(" calibration_factor: ");
  Serial.print(calibration_factor);
  Serial.println();

  if(Serial.available())
  {
    char temp = Serial.read();
    if(temp == '+' || temp == 'a')
      calibration_factor += 10;
    else if(temp == '-' || temp == 'z')

```

```
    calibration_factor -= 10;
  }
}
```

Κατά την διάρκεια της διεργασίας αυτό που διαβάζουμε στην σειριακή του Arduino είναι τις μετρήσεις που περνούμε από την δυναμοκυψέλη. Όμως η δυναμοκυψέλη μετρά τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτή όπως παράδειγμα από την πλατφόρμα που έχουμε στηρίξει πάνω για να τοποθετούμε διαφορά αντικείμενα αλλά εμείς δεν θέλουμε αυτή να προσμετράτε. Έτσι το πρώτο βήμα είναι κάθε φορά που μπαίνει σε λειτουργία να “μηδενίζει” αυτές τις τιμές μέσω της εντολής `scale.tare()` και εις ουσιαστικά μηδενίζουμε το απόβαρο .

Αν υστέρα τοποθετήσουμε ένα γνωστό σταθερό βάρος θα αρχίσουμε να παρατηρούμε στην σειριακή μια τυχαία αλλά σταθερή τιμή .Αυτό σημαίνει ότι αυτή η τιμή θέλει “μετάφραση” σε μορφή αναγνωρίσιμη για εμάς .Αυτό γίνεται μέσω του `calibration factor` ενός που χρησιμοποιείται στο 2^ο κομμάτι του κώδικα μας και το υπολογίζουμε πειραματικά στο 1^ο κομμάτι

2^ο κομμάτι του κώδικα

```
#include <HX711.h>
```

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo myservo;
```

```
#define calibration_factor -70500*3 //This value is obtained  
using the SparkFun_HX711_Calibration sketch
```

```
#define DOUT 3
```

```
#define CLK 2
```

```
float x;

HX711 scale;

void setup() {
  myservo.attach(6);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("HX711 scale demo");

  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale(calibration_factor);

  scale.tare();
  Serial.println("Readings:");
}

void loop() {
  (
  x=scale.get_units(), 1);
  Serial.print("Reading: ");
  Serial.print(scale.get_units(), 1);
  Serial.print(" kg");
  Serial.print(x);
```

```
Serial.println();
```

```
if (abs(x)>0.5) {  
    myservo.write(140);  
}  
else { myservo.write(20);  
}  
}
```

Στο δεύτερο κομμάτι είναι η εφαρμογή μας και ουσιαστικά ο μόνιμος κώδικας. Εδώ ουσιαστικά περνούμε τις τιμές του ζυγού μας και τις τοποθετούμε σε μια συνθήκη if και θέτοντας σε αυτήν τα όρια μετακινούμε μέσω ενός servo τον βραχίονα της απόρριψης. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή απορρίπτει οτιδήποτε πάνω από 0.5kg.

Πηγες εργασίας

<http://metrotech-hellas.gr/από-την-ανάγκη-στην-τεχνολογική-εξέλι/>

<http://industrialcontroller.com/wipotec/operation.htm>

<https://www.nefton.gr/qualiplant-01.html>

<https://www.theodorou.gr/el/gnosi/arthra-kai-white-papers/262-016-article.html?showall=1>

http://195.134.76.37/applets/AppletFourAnal/Appl_FourAnal1.html

<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

<https://components101.com/index.php/ics/hx711-24-bit-analog-digital-converter-adc>

<https://grobotronics.com/sparkfun-load-cell-amplifier-hx711-el.html>

<https://grobotronics.com/load-cell-10kg-straight-bar-tal220.html>