



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



MINDSTORMS
EV3

**«ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
LEGOMINDSTORMSEV3»**

Διπλωματική Εργασία

υπό

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗ

ΚΑΙ

ΟΡΦΕΑ ΣΟΥΒΑΤΖΗ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Επιβλέπων: Δρ. Γιώργος Λυμπερόπουλος

Βόλος, 2021

© 2021 Καραγιώργης Δημήτριος, Ορφέας Σουβατζής

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων των συγγραφέων (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

“
Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής: Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος

(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής: Δρ. Γεώργιος Σαχαρίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: Δρ. Αμπουντώλας Κωνσταντίνος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μας, Καθηγητή κ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, καθώς και για την υπομονή και κατανόησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μας.

Επίσης, θερμά ευχαριστούμε και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. **Γεώργιο Σαχαρίδη και Αμπουντώλα Κωνσταντίνο** για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Ευχαριστούμε ακόμη συναδέλφους μας για την πολύτιμη βοήθειά τους στον προγραμματισμό, καθώς επίσης και τους φίλους μας για την ηθική υποστήριξή τους.

Τέλος, είμαστε πραγματικά ευγνώμονες στους γονείς μας, για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια και τους αφιερώνουμε αυτή την εργασία.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LEGOMINDSTORMSEV3

ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ - ΟΡΦΕΑΣ ΣΟΥΒΑΤΖΗΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2021

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής «Στοχαστικές Μέθοδοι στην Διοίκηση Παραγωγής»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αφού παραλάβαμε το πακέτο της *LEGOMINDSTORMSEV3*, που μας χορηγήθηκε από τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Λυμπερόπουλο, εκπονήσαμε μια προσομοίωση βιομηχανικής παραγωγής, που ασχολείται με τη συσκευασία όσο και τη διαλογή μήλων.

Συγκεκριμένα ο στόχος μας ήταν να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε μια γραμμή παραγωγής, η οποία θα διαχώριζε τα μήλα σε καλά και όχι καλά, με τα πρώτα να διοχετεύονται στην αγορά προς πώληση και τα δεύτερα να επιστρέφουν, ώστε να κομποστοποιηθούν ή να γίνουν χυμός.

Η γραμμή αυτή παραγωγής υλοποιήθηκε με την πολύ δημοφιλή και παγκόσμια διαδεδομένη πλατφόρμα Lego MindstormsEV3 μέσα από το αντίστοιχο λογισμικό της.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί πρώτα ένα θεωρητικό υπόβαθρο της όλης διαδικασίας, η πραγματική κατασκευή της, τα προβλήματα και οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε μέχρι την πρακτική υλοποίησή της, το στάδιο του προγραμματισμού της και τα προβλήματα αυτού, προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση των αποτελεσμάτων.

**SIMULATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION LINE USING
LEGO MINDSTORMSEV3**

KARAGIORGIS DIMITRIS - ORFEAS SOUVATZIS

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2021

**Supervisor: Dr George Lympelopoulos
Professor of Stochastic Methods in Production Management**

Abstract

In the present dissertation, after receiving the LEGOMINDSTORMSEV3 package, which was given to us by the supervising professor Mr. Lympelopoulos, we have developed a simulation of industrial production, which deals with the packaging and sorting of apple crates.

Specifically, our goal was to be able to implement a production line, which would separate the crates with apples into good and bad, with the former being channeled to the market for sale and the latter returning, to be composted or made into juice.

This product line was implemented with the very popular and globally widespread Lego MindstormsEV3 platform through its respective software.

Below will be presented first a theoretical background of the whole process, its actual construction, the problems and difficulties we faced until its practical implementation, its planning stage and its problems, suggestions for further improvement of the results, as well as suggestions for future use and implementation of this production line.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κίνητρο και Υπόβαθρο.....	9
Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας.....	10
Ιστορική Αναδρομή.....	11

Κεφάλαιο 2. ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ LEGOMINDSTORMS EV3

Εισαγωγή στο πακέτο LEGOMINDSTORMS EV3	18
Προγραμματιστικές δυνατότητες των legomindstorms ev3 - Είδη εντολών	20
Περιγραφή και ανάλυση των συγκεκριμένων προς χρήση κομματιών για την εκπόνηση της διπλωματικής.....	24

Κεφάλαιο 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LEGOMINDSTORMSEV3

Αρχικά στάδια της διπλωματικής.....	27
Περιγραφή της υπάρχουσας κατασκευής.....	31
Κατασκευαστικά προβλήματα	38

Κεφάλαιο 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ « ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LEGOMINDSTORMSEV3»

Περιγραφή του προγραμματισμού της υπάρχουσας κατασκευής.....	41
Προβλήματα προγραμματισμού.....	46

Κεφάλαιο 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....

Βιβλιογραφία.....	50
-------------------	----

Αρχείο Εικόνων

Εικόνα 1: Τομείς της βιομηχανίας που μπορούν να συνδεθούν με τον αυτοματισμό.....	14
Εικόνα 2: Η λογική ενός πλήρως αυτοματοποιημένου συστήματος-Έξυπνο εργοστάσιο	17
Εικόνα 3: Ένα ολοκληρωμένο πακέτο της LEGO MINDSTORMS EV3	18
Εικόνα 4: Το περιβάλλον προγραμματισμού της LEGO - Το λογισμικό	19
Εικόνα 5: Κίνηση Ρότορα	24
Εικόνα 6: Τυπική εντολή προγράμματος	24
Εικόνα 7: Κίνηση ρόδας του kit lego mindstormsEV3	24
Εικόνα 8: Μεγάλος Κινητήρας	25
Εικόνα 9: Κίνηση Ρότορα	25
Εικόνα 10: Οικινητήρες στην πάνω πλευρά του Brick - Και οι αισθητήρες στην κάτω πλευρά του Brick.....	26
Εικόνα 11: 1η προσπάθεια υλοποίησης μιας γραμμής παραγωγής.....	27
Εικόνα 12: Γερανός που συναρμολογήσαμε με οδηγίες της LEGO	28
Εικόνα 13: Ένα κομμάτι της γραμμής με 3 κάδους για συλλογή	29
Εικόνα 14: Μια γραμμή παραγωγής	30
Εικόνα 15: Ολοκληρωμένη κατασκευή	31
Εικόνα 16: Μηχανισμός στην είσοδο των προϊόντων	32
Εικόνα 17: Μηχανισμός του διαχωριστή (ανοιχτός-κλειστός).....	33
Εικόνα 18: Μηχανισμός σταμπαρίσματος.....	34
Εικόνα 19: Μηχανισμός που σπρώχνει προς τον κάδο για επιστροφή	35
Εικόνα 20: Κάδος προς επιστροφή για κομποστοποίηση	36
Εικόνα 21: Κατεύθυνση προς τον τελικό κάδο συλλογής.....	37
Εικόνα 22: Μηχανισμός με γρανάζια που δίνει κίνηση στον διπλό ιμάντα	37
Εικόνα 23: Φωτογραφία που δείχνει ότι το πρόγραμμα στο οποίο δουλέψαμε δεν θα υποστηρίζεται	37
Εικόνα 24: Κυκλική οικονομία	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται συνοπτικά τόσο η βασική ιδέα, η οποία αποτέλεσε το συστατικό στοιχείο διεκπεραίωσης της διπλωματικής εργασίας όσο και οι στόχοι υλοποίησης της κατασκευής μιας προσομοίωσης γραμμής παραγωγής, που κατασκευάστηκε από την αρχή από εμάς.

Κίνητρο και υπόβαθρο

Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να υλοποιήσουμε προσομοίωση μιας βιομηχανικής γραμμής παραγωγής, που ασχολείται με τη συσκευασία όσο και τη διαλογή μήλων. Η προσομοίωση είναι ένα εργαλείο πρόβλεψης της απόδοσης ενός συστήματος καθώς και της κατανόησης λειτουργίας του.

Συγκεκριμένα ο στόχος μας ήταν να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε μια γραμμή παραγωγής, η οποία θα διαχώριζε τα μήλα σε καλά και όχι καλά, με τα πρώτα να διοχετεύονται στην αγορά προς πώληση και τα δεύτερα να επιστρέφουν, ώστε να κομποστοποιηθούν ή να γίνουν χυμός.

Έρευνα για μας υπήρξε η ανάγκη προσέγγισης και απεικόνισης ενός μοντέλου μιας γραμμής παραγωγής και η μελέτη του τόσο στο κατασκευαστικό όσο και στο προγραμματιστικό της κομμάτι.

Για την επίτευξη του στόχου μας, θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε την πλατφόρμα του LegoMindstormsEV3. Καθώς η δεύτερη δεκαετία του 21ου αιώνα πλησιάζει στο τέλος της, βρισκόμαστε στο μεταίχμιο μιας νέας συναρπαστικής εποχής για την ανθρωπότητα. Μια νέα γενιά “έξυπνων” ρομπότ έχει ήδη αρχίσει να κάνει αισθητή την παρουσία της στον Βιομηχανικό κλάδο και προβλέπεται πολύ σύντομα τα ρομπότ να γίνουν ένα αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής μας ζωής. Εμείς αξιοποιήσαμε τις δυνατότητες αυτής της πολύ δημοφιλούς και παγκόσμια διαδεδομένης πλατφόρμας Lego MindstormsEV3 και του λογισμικού της, προκειμένου να κάνουμε την προαναφερθείσα προσομοίωση γραμμής παραγωγής για βιομηχανία τροφίμων.

Οργάνωση της διπλωματικής εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε πέντε ενότητες που καταλαμβάνουν τα κεφάλαια 2 - 5, αντίστοιχα. Ακολουθεί η επεξήγηση των εξαρτημάτων του πακέτου της Lego, οι δυνατότητες προγραμματισμού του, καθώς και η προσπάθειά μας για την επίτευξη μιας προσομοίωσης βιομηχανικής παραγωγής, σε συνδυασμό με τα προβλήματα που συναντήσαμε και τα συμπεράσματα που απορρέουν.

Συγκεκριμένα:

Στο Κεφάλαιο 2 μπαίνουμε στον κόσμο της Lego Mindstorms, διευκρινίζοντας ένα- ένα τα εξαρτήματά του και τις εντολές προγραμματισμού.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 3 παραθέτουμε την πορεία της κατασκευής της εργασίας μας, εξηγώντας κάθε τμήμα της χωριστά, καθώς και κάποιες προσπάθειες που κάναμε για την εξοικείωση με το πακέτο, όπως επίσης και τα προβλήματα που συναντήσαμε κατά την υλοποίηση.

Ακολούθως στο Κεφάλαιο 4 γίνεται η λεπτομερής παρουσίαση και ανάλυση του προγραμματισμού, όπως και των προβλημάτων της.

Τέλος στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα για μια ακόμη καλύτερη προσέγγιση και τρόποι συνέχισης και εξέλιξης της εργασίας.

Ιστορική αναδρομή

Βιομηχανικό σύστημα παραγωγής

Αν αναζητήσουμε τις ρίζες της βιομηχανίας, θα δούμε ότι η πρώτη μορφή της με την έννοια της παραγωγικής οργάνωσης υπήρξε η οικιακή παραγωγή, που παρήγαγε αγαθά για κατανάλωση μέσα στην ίδια την οικογένεια. Γρήγορα αυτή εξελίχθηκε στη βιοτεχνική παραγωγή με τη δημιουργία μικρών μονάδων και τη χρήση μηχανικών μέσων. Η δημιουργία των μεγαλουπόλεων με τεράστιους πληθυσμούς να απαιτούν συνεχή τροφοδοσία δημιούργησε την ανάγκη για μαζική παραγωγή, οργάνωση και εκβιομηχανισμό του μέχρι τότε βιοτεχνικού συστήματος. Τον 19^ο αιώνα διατυπώθηκαν πολλές προτάσεις για την οργάνωση της εργασίας σε επιστημονική βάση που συμπυκνώθηκαν στις αρχές που διατύπωσε το 1911 ο Αμερικανός Frederick Winslow Taylor το λεγόμενο αμερικάνικο σύστημα παραγωγής ή επιστημονική διαχείριση. Αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής του ήταν να προκύψει σταδιακά μια βελτιστοποίηση των διαδικασιών και των λειτουργιών στις παραγωγικές μονάδες. Σήμερα η λειτουργία και η οργάνωση μιας σύγχρονης βιομηχανίας καθορίζεται από οικονομοτεχνικές παραμέτρους αλλά και πλήθος άλλων ρυθμιστικών κανόνων για τη λειτουργία της. Κάθε βιομηχανική μονάδα οργανώνει τη γραμμή παραγωγής της ανάλογα με το είδος των προϊόντων που παράγει. Οι ειδικές συνθήκες και απαιτήσεις παραγωγής, καθώς και η υπάρχουσα τεχνολογία καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται τα επί μέρους τμήματα της παραγωγής από την υποδοχή και αποθήκευση των πρώτων υλών μέχρι και τη διανομή του τελικού προϊόντος.

Η βιομηχανία τροφίμων στην Ελλάδα είναι ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς της βιομηχανίας. Μια βιομηχανική μονάδα σήμερα πρέπει να διαθέτει ανιχνευτές μετάδοσης, να ελέγχει τα κρίσιμα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας και να είναι σε θέση να αποδεικνύει κάθε ημέρα και κάθε ώρα ότι κάνει τους απαραίτητους ελέγχους στα σημεία αυτά, πληρώνοντας από τη μια τις προϋποθέσεις υγιεινής και διασφαλίζοντας πως το προϊόν είναι κατάλληλο για την ανθρώπινη κατανάλωση. Στο ξεκίνημα της 4ης Βιομηχανικής επανάστασης η ευελιξία, η ασφάλεια, η παραγωγικότητα και η αποδοτικότητα είναι οι στόχοι κάθε Βιομηχανίας. Μια σύγχρονη και ευέλικτη παραγωγική μονάδα αναβαθμίζει τις παραγωγικές δυνατότητες μιας επιχείρησής, μικραίνει τους χρόνους παραγωγής, ελαττώνει το λειτουργικό κόστος, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, χημικών και νερού και διασφαλίζει την συνέπεια στην ποιότητα.

Ρομποτική και βιομηχανία

Οραματιζόμενοι το εργοστάσιο του μέλλοντος, η ρομποτική και η βιομηχανία είναι μια φυσική συνεργασία και σήμερα περισσότερο από ποτέ, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο βιομηχανικό τοπίο. Έτσι, οι αυτοματοποιημένες βιομηχανικές λύσεις παραγωγής πρέπει να αποτελούν βασικό συστατικό κάθε βιομηχανικής λειτουργίας, που επιδιώκει τη μέγιστη απόδοση και ασφάλεια, εξασφαλίζοντας σαφέστατα ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά. Η πραγματική ρομποτική επανάσταση είναι έτοιμη να ξεκινήσει. Πολλές βιομηχανίες φτάνουν σιγά σιγά σε ένα σημείο καμπής και για πρώτη φορά, μια ελκυστική αποδοτική επένδυση υπόσχεται τη μετάβαση σε μία νέα εποχή, αντικαθιστώντας τη χειροκίνητη εργασία με ρομποτικά συστήματα σε ευρεία κλίμακα.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις των ερευνών, η ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς στον τομέα της ρομποτικής θα επιταχυνθεί από περίπου 2% σε 3% ετησίως, ενώ κατά την επόμενη δεκαετία η αύξηση θα αγγίξει περίπου το 10%, καθώς οι εταιρείες θα αρχίσουν να βλέπουν και τα οικονομικά οφέλη της ρομποτικής. Αυτή η εξέλιξη θα ενισχύσει σημαντικά τα κέρδη στην παραγωγικότητα, σε πολλές βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο και θα

..

οδηγήσει με αυτόν τον τρόπο σε μεταβολές στην ανταγωνιστικότητα μεταξύ των οικονομιών σε διάφορους κλάδους, καθώς οι χρήστες που υιοθετούν πιο γρήγορα τέτοια συστήματα, αποκομίζουν γρηγορότερα σημαντικά κέρδη.

Τα ρομπότ έχουν δημιουργηθεί για να εκτελούν διάφορες εργασίες (ή να συνεργάζονται) και ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη της παραγωγικής διαδικασίας καθώς και των διαδικασιών εκείνων που διασφαλίζουν την ποιότητα και την αξιοπιστία. Όλες αυτές οι διεργασίες που εκτελούνται μέσα σε ένα «έξυπνο» εργοστάσιο, χαρακτηρίζονται «έξυπνες», καθώς οι μηχανές παραγωγής του συντονίζονται μεταξύ τους και αυτοελέγχονται διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την υψηλότερη απόδοση (έξυπνη παραγωγή)

Τα ρομποτικά συστήματα παραγωγής μπορεί να είναι μια σχετικά νέα ιδέα για ορισμένα μέρη του βιομηχανικού τομέα, ωστόσο οι συγκεκριμένες τεχνολογίες υπάρχουν εδώ και δεκαετίες. Συνδυάζοντας τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής με τις υψηλότερες μορφές τεχνολογίας, οι ιδιοκτήτες εργοστασίων, αλλά και επιχειρήσεων μπορούν να αυξήσουν εκθετικά τους ρυθμούς παραγωγής τους και να ενισχύσουν σημαντικά τη γραμμή της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα βιομηχανικά ρομπότ παρουσιάζουν ένα ξεχωριστό σύνολο δυνατοτήτων, που τους επιτρέπουν να αποδίδουν στα απαιτητικά βιομηχανικά περιβάλλοντα. Αυτές οι πολύπλοκες αυτοματοποιημένες μηχανές, ενεργοποιούνται από αισθητήρες ή από λογισμικό υπολογιστή, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο στα βιομηχανικά ρομπότ να εκτελούν ένα ευρύ φάσμα εργασιών: συγκόλληση, δραστηριότητες συλλογής, μηχανική κατεργασία και μεταφορά, αλλά και συναρμολόγηση ανταλλακτικών.

Τύποι ρομποτικών συστημάτων

Καθώς τα τεχνολογικά συστήματα εξελίσσονται συνεχώς, τα ρομποτικά συστήματα από την άλλη πλευρά εξελίσσονται με ταχύτητα φωτός. Έτσι, με το πέρασμα των χρόνων έχουν προκύψει πολλά διαφορετικά βιομηχανικά ρομπότ, τα οποία εκτελούν διαφορετικές εργασίες. Μολονότι, διαθέτουν αρκετές διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, εντούτοις παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά σε επίπεδο υποσυστημάτων και κατασκευής. Τα ρομποτικά συστήματα που έχουν επικρατήσει στη βιομηχανία είναι τα εξής:

Το αρθρωτό ρομπότ είναι ένας από τους πιο γνωστούς τύπους βιομηχανικών ρομπότ και είναι ο τύπος του ρομπότ που έρχεται πρώτος στο μυαλό οποιουδήποτε, καθώς μοιάζει με ανθρώπινο βραχίονα. Τα αρθρωτά ρομπότ ταξινομούνται βάσει του αριθμού των σημείων περιστροφής ή των αξόνων που έχουν. Το πιο συνηθισμένο στη βιομηχανία είναι το αρθρωτό ρομπότ 6 αξόνων ή αλλιώς 6 βαθμών ελευθερίας, καθώς προσφέρει περισσότερη ευελιξία. Η ευελιξία, η επιδεξιότητα και η εμβέλεια τα καθιστούν ιδανικά για να εκτελούν πολύ ακριβείς κινήσεις. Έτσι είναι χρήσιμα σε γραμμές κατασκευής και συναρμολόγησης όπου πρέπει να στρέφονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις

Για να μπορούν να έχουν υψηλό δείκτη απόδοσης, απαιτούν υλικά κατασκευής με σταθερή και σχετικά ανώτερη ποιότητα, συνεπώς βελτιώνουν τη συνολική εικόνα των προϊόντων αλλά και τις εσωτερικές διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρουσιάζει υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με

..

άλλους τύπους ρομπότ με παρόμοιες δυνατότητες. Ωστόσο, τα βασικά τους πλεονεκτήματα συνοψίζονται στο γεγονός ότι μπορούν να μετακινούνται και να χειρίζονται μια ποικιλία αντικειμένων, ενώ εκτελούν μικρές εργασίες με μεγαλύτερη ταχύτητα και συνέπεια από τους εργαζόμενους.

Ρομπότ Scara

Το SCARA είναι το ακρωνύμιο που αντιπροσωπεύει το Selective Compliance Assembly Robot Arm και όπως υποδηλώνει και το όνομα του, είναι κατάλληλο για εργασίες συναρμολόγησης. Αυτά τα ρομπότ έχουν βραχίονες, που συμπεριφέρονται παρόμοια με τον ανθρώπινο βραχίονα, καθώς οι αρθρώσεις επιτρέπουν τόσο κάθετη όσο και οριζόντια κίνηση. Ωστόσο, ο «καρπός» έχει περιορισμένη κίνηση, χαρακτηριστικό που τους δίνει ένα πλεονέκτημα για πολλούς τύπους εργασιών συναρμολόγησης και συσκευασίας. Είναι, λοιπόν, μια καλή και οικονομικά αποδοτική λύση, ενώ το μικρό τους αποτύπωμα τα καθιστά ιδανικά για χρήση σε πολυσύχναστους χώρους

Συνεργατικό ρομπότ ή cobot

Τα cobots ή συνεργατικά ρομπότ αποτελούν νέες αναδυόμενες περιπτώσεις ρομπότ, με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης, μέρος μιας διευρυμένης σειράς καινοτόμων περιπτώσεων χρήσης των ρομποτικών συστημάτων στη βιομηχανία. Τα Cobots έχουν σχεδιαστεί με τη δυνατότητα να μοιράζονται έναν χώρο εργασίας με ανθρώπους, καθιστώντας έτσι τον αυτοματισμό ευκολότερο από ποτέ για επιχειρήσεις όλων των μεγεθών

Σύμφωνα με το Fortune Business Insights, τα ρομποτικά αυτά συστήματα που διαθέτουν ενσωματωμένη τεχνητή νοημοσύνη, αναμένεται να ωθήσουν την ανάπτυξη της αγοράς άνω του 15% τα επόμενα χρόνια, φθάνοντας τα 66,48 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2027. Καθώς τα εμπόδια μεταξύ ανθρώπινων δραστηριοτήτων και ρομποτικών δυνατοτήτων εξανεμίζονται -προχωρώντας πέρα από τις αναχρονιστικές δραστηριότητες των παραδοσιακών ρομπότ-, τα νέα μοντέλα συνεργασίας και ροής εργασίας φέρνουν κοντά τους ανθρώπους και τα ρομπότ στη βιομηχανία.

Καρτεσιανό Ρομπότ

Τα καρτεσιανά ρομπότ είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος ρομπότ για πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Τα ρομπότ αυτά διαθέτουν τρεις γραμμικούς άξονες που βρίσκονται σε γωνία 90 μοιρών, δηλαδή μετακινούνται σε ευθεία γραμμή και δεν περιστρέφονται. Η άκαμπτη δομή αυτών των ρομπότ επιτρέπει προηγμένη ακρίβεια και επαναληψιμότητα. Συχνά χρησιμοποιούνται σε γραμμές συναρμολόγησης για την εκτέλεση απλών κινήσεων, όπως η παραλαβή και η μετακίνηση φορτίων. Τα καρτεσιανά ρομπότ δεν μπορούν να φτάσουν εύκολα ή κοντά σε εμπόδια, ενώ οι εκτεθειμένοι μηχανισμοί ολίσθησης τους καθιστούν λιγότερο κατάλληλους για περιβάλλοντα με σκόνη. Τα καρτεσιανά ρομπότ είναι πιο δύσκολο να συναρμολογήσουν, να ευθυγραμμίσουν και να συντονίσουν τους διαφορετικούς άξονες, σε σχέση πάντα με άλλα ρομπότ.



Εικόνα 1: Τομείς της βιομηχανίας που μπορούν να συνδεθούν με τον αυτοματισμό

Τομείς της βιομηχανίας που εφαρμόζουν τέτοιες τάσεις

Η Διεθνής Ομοσπονδία Ρομποτικής (IFR) δημοσιεύει κάθε χρόνο την έκθεση της Παγκόσμιας Ρομποτικής. Η τελευταία έκθεση, που δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2019, έδειξε ότι οι ακόλουθες βιομηχανίες έχουν εγκαταστήσει τα περισσότερα βιομηχανικά ρομπότ τα τελευταία τρία χρόνια (με τα τελευταία στοιχεία πλήρους έτους από το 2018). Τα ρομποτικά συστήματα προσδίδουν μοναδικά χαρακτηριστικά σε οποιαδήποτε γραμμή παραγωγής, όπως ευελιξία, ασφάλεια, αδιάλειπτη λειτουργία, αύξηση παραγωγικότητας, ποιότητα και συνέπεια.

Παλετοποίηση

Η βιομηχανική παλετοποίηση αναφέρεται στη φόρτωση και εκφόρτωση χαρτοκιβωτίων, σακιών ή άλλων αντικειμένων από ή προς παλέτες. Η αυτόματη παλετοποίηση αναφέρεται στα βιομηχανικά ρομπότ παλετοποίησης, που εκτελούν τη συγκεκριμένη διαδικασία αυτόματα. Τα ρομποτικά συστήματα παλετοποίησης εμφανίζονται σε πολλές βιομηχανίες, όπως για παράδειγμα της επεξεργασίας τροφίμων και τοποθετούνται μετά από τη δευτερογενή συσκευασία καθώς χρησιμοποιούνται για το αυτόματο χτίσιμο της κάθε παλέτας με τις συνολικές συσκευασίες των προϊόντων (χαρτοκιβώτια, χαρτόδισκους, πακέτα, τελάρα, σακιά, κ.ά.), σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές της κάθε επιχείρησης.

Με τη βοήθεια αυτών των συστημάτων και συμπεριλαμβανομένων των φιλικών για το χρήστη software, η παλετοποίηση των κιβωτίων που άλλοτε ήταν μια κοπιαστική διαδικασία και πολλές φορές δημιουργούσε συνωστισμό αλλά και καθυστερήσεις (bottleneck) στην παραγωγική διαδικασία, πλέον περνάει στο παρασκήνιο». Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ρομποτικών συστημάτων παλετοποίησης με μεγάλη γκάμα ωφέλιμου φορτίου και εμβέλειας.

Εγκιβωτισμός

Ο εγκιβωτισμός προϊόντων αποτελεί μια ζωτικής σημασίας διαδικασία για όλες τις βιομηχανικές μονάδες, καθώς διασφαλίζει την προστασία των προϊόντων από τυχόν φθορές κατά τη μεταφορά τους από το

εργοστάσιο έως τον τελικό καταναλωτή. Κατά τον εγκιβωτισμό, προϊόντα διαφόρων διαστάσεων ομαδοποιούνται και τοποθετούνται σε χαρτοκιβώτια. Η χρήση των ρομποτικών συστημάτων στον τομέα συσκευασίας είναι μονόδρομος. Συνδέεται απόλυτα με τη γενικότερη λειτουργία των γραμμών συσκευασίας, οπότε η επίδρασή τους είναι καταλυτική και θα επεκτείνεται». Τα ρομποτικά συστήματα κατά τη διαδικασία αυτή, παρέχουν προστασία, καθώς και ευκολία χειρισμού με χειροκίνητα ή μηχανικά μέσα. Συνήθως, χρησιμοποιούνται συνεργατικά ρομπότ (cobots), τα οποία βοηθούν στην αυτοματοποίηση του εγκιβωτισμού και άρα και στην σημαντική αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής και της αποδοτικότητας.

Τρόφιμα και ποτά

Σε σύγκριση με τις άλλες βιομηχανίες αυτής της λίστας, η βιομηχανία τροφίμων έχει σχετικά μικρό αριθμό σε βιομηχανικά ρομπότ με λιγότερα από 20.000 ρομπότ εγκατεστημένα το 2018. Ωστόσο, είναι σίγουρα μια αναπτυσσόμενη βιομηχανία με εφαρμογές όπως η επιλογή και η θέση για μεταποιημένα τρόφιμα, η κοπή και ο τεμαχισμός, καθώς και η διανομή και η ταξινόμηση. Η Ένωση Ρομποτικών Βιομηχανιών σχολίασε πρόσφατα ότι η βιομηχανία τροφίμων είναι «Ο επόμενος ρομποτικός σταθμός». Η αυτοματοποίηση των εργασιών είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για τον συγκεκριμένο κλάδο, καθώς τα ρομποτικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλες εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών.

Η Ελλάδα δεν αποτελεί εξαίρεση στην τάση αυτή καθώς τα επόμενα χρόνια διαφαίνονται μεγάλες επενδύσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα τόσο των τροφίμων όσο και στο γενικότερο retail, όπου η ανάγκη αυτοματοποίησης αποτελεί ευκαιρία νέων ρομποτικών εφαρμογών, η οποία σε συνδυασμό με πλατφόρμες λογισμικού προσφέρουν βελτιστοποίηση και αύξηση της αποδοτικότητας τόσο στην παραγωγή όσο και στην αποθήκη, εξασφαλίζοντας έγκαιρες και ακριβείς αποστολές διασφαλίζοντας την αποφυγή ανθρώπινου λάθους. Στο συγκεκριμένο τομέα ο Όμιλος εταιρειών Accton προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις, συνδυάζοντας τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό με συστήματα όπως Manufacturing Execution Systems (M.E.S) και Warehouse management systems (W.M.S)».

Μέταλλα

Η ζήτηση ρομποτικών συστημάτων στη βιομηχανία μετάλλων (συμπεριλαμβανομένων βιομηχανικών μηχανημάτων, μεταλλικών προϊόντων και βιομηχανιών βασικών μετάλλων) αυξάνεται. Οι αναλυτές εκτιμούν μια συνολική αύξηση της ζήτησης για μέταλλα το επόμενο διάστημα, με αυξανόμενη ζήτηση κυρίως για το κοβάλτιο και το λίθιο, που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές μπαταρίες αυτοκινήτων. Μεγάλες εταιρείες μετάλλων και προϊόντων μετάλλων εφαρμόζουν στρατηγικές αυτοματισμού, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής, για να μπορούν να ανταποκρίνονται γρήγορα στις νέες αλλαγές που διαμορφώνει η ζήτηση.

Φάρμακα και καλλυντικά

Η φαρμακοβιομηχανία είναι ένας από τους κορυφαίους κλάδους που αναφέρονται στην έκθεση Industrial Robot της McKinsey του 2019 με τις επενδύσεις σε αυτόν τον κλάδο να αυξάνονται συνεχώς, καθώς επιτρέπουν στις εταιρείες με αυτόν τον τρόπο να μειώσουν το κόστος, να βελτιώσουν την ποιότητα και να αυξήσουν την παραγωγικότητα. Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, προσφέρει ακρίβεια και συνέπεια για την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Αδιαμφισβήτητα, η χρήση ρομπότ στην

..

βιομηχανία φαρμάκων και καλλυντικών βελτιώνει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητά, προσδίδοντας αξιοπιστία στην βιομηχανική παραγωγή.

Επίδραση των ρομπότ στη βιομηχανική παραγωγή

Τα ρομπότ επηρεάζουν θετικά τη βιομηχανική παραγωγή, αναλαμβάνοντας να επιτελέσουν επαναλαμβανόμενες εργασίες, ταυτόχρονα η συνεργασία τους με τους ανθρώπους για την παραγωγή προϊόντων έχει βοηθήσει στον εξορθολογισμό της συνολικής ροής εργασιών.

Ίσως το πιο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των ρομποτικών συστημάτων είναι ότι: «μπορούν να εισάγουν τη βιομηχανία σε μία νέα εποχή Ψηφιοποίησης – Συνεργατικότητας – Απλοποίησης». Κρίσιμες παράμετροι λειτουργίας μπορούν πλέον να εξάγονται στο cloud, επιτρέποντας το σχεδιασμό σεναρίων προληπτικής συντήρησης ή απομακρυσμένης αποσφαλμάτωσης». Επιπλέον, η ευκολία στον προγραμματισμό όπως και η χρήση νέων τεχνολογιών αναπαράστασης και απομακρυσμένου ελέγχου – Digital Twin – καθιστούν τα ρομπότ προσιτά σε ευρύτερο κοινό νέων χρηστών και επιχειρήσεων.

Επιπρόσθετα, η χρήση ρομποτικών συστημάτων στην παραγωγή, αδιαμφισβήτητα συνέβαλε στην απομάκρυνση των εργαζομένων από επικίνδυνα περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν υψηλό όγκο υλικών, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για την υγεία τους. Τα ρομπότ, αναντίρρητα, βοήθησαν στην αποφυγή λαθών, κυρίως λόγω της επιδεξιότητάς τους και των υψηλών επιπέδων, της μηχανικής μάθησης που διαθέτουν.

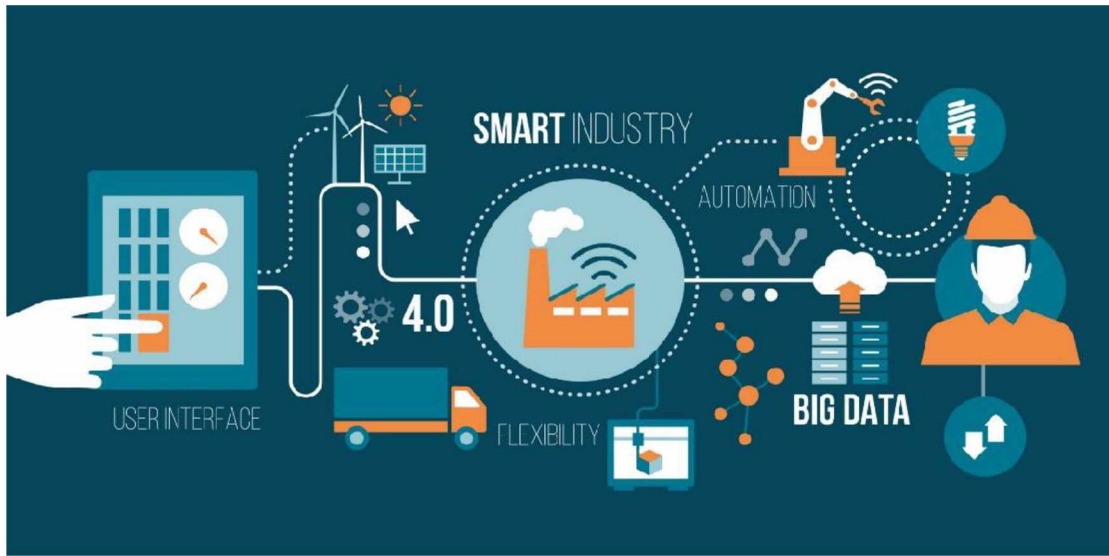
Αφουγκραζόμενες τις νέες τάσεις όπως έχουν διαμορφωθεί, οι βιομηχανίες πρέπει να είναι πιο τολμηρές στον τρόπο μεταμόρφωσής τους. Τα ρομποτικά συστήματα πρέπει να εγκολπώνονται στη βιομηχανική παραγωγή με μία αρκετά προσεκτική προσέγγιση. Αδιαμφισβήτητα μια συνολική στρατηγική είναι άκρως απαραίτητη, έτσι οι βιομηχανίες πρέπει, σε ένα πρώτο χρόνο να ενθαρρύνουν τους υπαλλήλους να αγκαλιάσουν περισσότερο τη ρομποτική και τις δυνατότητες που αυτή προσφέρει.

Στο μέλλον, η συνέργεια των δεξιοτήτων των ρομπότ και των ανθρώπων θα είναι ακόμη πιο σημαντική για την αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας, διατηρώντας παράλληλα βιώσιμες συνθήκες εργασίας και διασφαλίζοντας ένα περιβάλλον, υγείας και ασφάλειας για τον άνθρωπο-εργαζόμενο. Τα οφέλη των χρηστών εμφανίζονται σε ποικίλους τομείς ωστόσο ο τομέας της ασφάλειας και της ευκολίας υλοποίησης συγκεκριμένων διεργασιών χωρίς λάθη, να παραμένουν από τα πρώτα στην αντίστοιχη λίστα. Συμπληρωματικά οι εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες, το multitasking, η αξιοπιστία και η ακρίβεια εκτέλεσης οποιαδήποτε εργασίας καθιστούν τις ρομποτικές εφαρμογές αναγκαιότητα και όχι πολυτέλεια σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων και βιομηχανικών μονάδων. Τα παραπάνω οφέλη έρχονται να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητα της βιομηχανικής επιχείρησης στο σύνολό της, προσδίδοντας συν τοις άλλοις μια τεράστια ευελιξία στον τρόπο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής της. Κι ενώ παραδοσιακά η προσαρμογή της γραμμής παραγωγής στις απαιτήσεις και τάσεις της αγοράς ήταν μια ακριβή και χρονοβόρα διαδικασία, με τη χρήση ρομποτικών συστημάτων η επιχείρηση πραγματοποιεί αλλαγές γρήγορα και οικονομικά.

..

Ταυτόχρονα, τα ρομποτικά συστήματα δίνουν τη δυνατότητα για συχνό ανασχεδιασμό του τελικού προϊόντος και της συσκευασίας του, μεγαλύτερη ποικιλία και δημιουργία customized προϊόντων.

Αυτή η νέα τάξη πραγμάτων θα παρακινήσει τους ανθρώπους και τους ρομποτικούς αυτοματισμούς, να λειτουργούν στον ίδιο χώρο εργασίας, αξιοποιώντας, αμοιβαία, τις δυνατότητες ο ένας του άλλου. Έτσι, τα ρομπότ όχι μόνο θα συνεργάζονται με τους ανθρώπους στον χώρο εργασίας, αλλά θα συμβάλλουν στην επανάσταση των ρόλων εργασίας, εισάγοντας ταυτόχρονα νέες δεξιότητες για τους εργαζόμενους.



Εικόνα 2: Η λογική ενός πλήρως αυτοματοποιημένου συστήματος-Έξυπνο εργοστάσιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Εισαγωγή στο Lego Mindstorms Education



Τα Lego Mindstorms αποτελεί μια γραμμή παραγωγής της εταιρείας Lego που

συνδυάζει προγραμματιζόμενα τούβλα με ηλεκτρικές μηχανές, αισθητήρες, τούβλα Lego, και τεχνικά κομμάτια Lego (όπως εργαλεία, άξονες, ακτίνες, και υδραυλικά μέρη) κατάλληλα για κατασκευή ρομπότ και άλλων αυτοματοποιημένων ή αλληλεπιδραστικών συστήματα.

Η πρώτη εμπορική έκδοση των Lego Mindstorms κυκλοφόρησε το 1998 και πωλήθηκε εμπορικά με την επωνυμία Robotics Invention System (RIS). Η τρέχουσα έκδοση κυκλοφόρησε το 2006 ως Lego Mindstorms NXT. Τα Lego Mindstorms χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί ένα μοντέλο ενσωματωμένου συστήματος με ηλεκτρομηχανικά μέρη ελεγχόμενα από υπολογιστή. Πολλά είδη πραγματικών ενσωματωμένων συστημάτων, από ελεγκτές ανελκυστήρων έως βιομηχανικά ρομπότ, είναι εφικτό να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας τα Mindstorms.

Τα Mindstorms kits βρίσκουν ακόμα χρήση ως εκπαιδευτικά εργαλεία, μέσω συνεργασίας μεταξύ της Lego και του Εργαστηρίου Πολυμέσων του MIT (MIT Media Laboratory).

Η εκπαιδευτική έκδοση των προϊόντων καλείται Lego Mindstorms for Schools, και συνοδεύεται από το γραφικό λογισμικό προγραμματισμού ROBO-LAB, που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Tufts University, χρησιμοποιώντας ως μηχανή το LabVIEW της National Instruments.

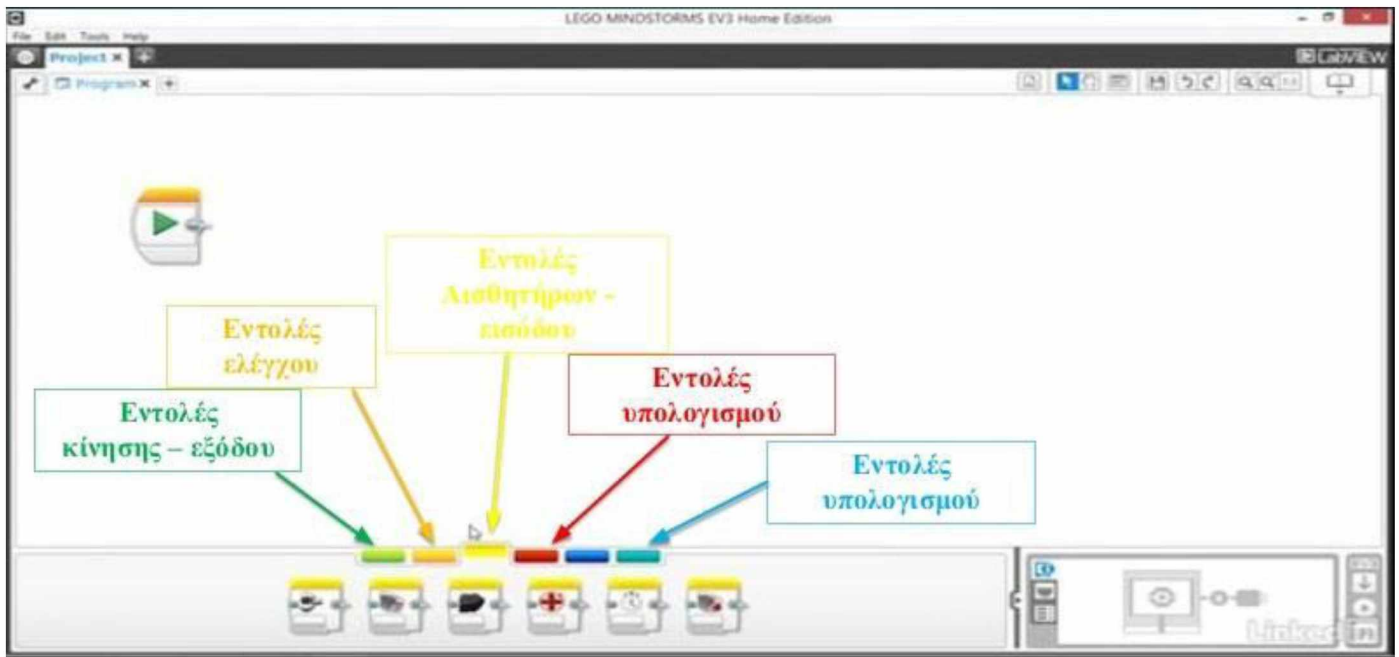


Εικόνα 3: Ένα ολοκληρωμένο πακέτο της LEGO MINDSTORMS EV3

..

Λογισμικό LABVIEW

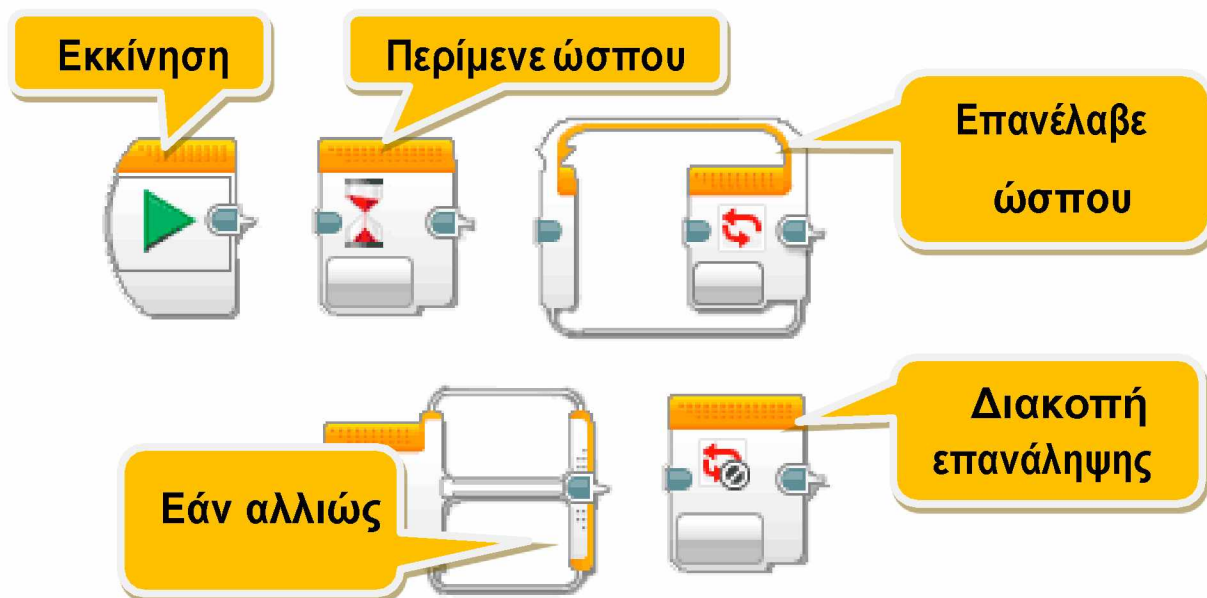
Το λογισμικό LEGO MINDSTORMS τροφοδοτείται από το LabVIEW, όπως φαίνεται στην εικόνα 4, ένα διαισθητικό γραφικό λογισμικό προγραμματισμού που χρησιμοποιείται μηχανικούς παγκοσμίως στα καταναλωτικά προϊόντα σχεδίου, ελέγχου και δοκιμής καθώς και σε συστήματα όπως MP3 και DVD, κινητά τηλέφωνα, και συστήματα ασφάλειας αερόσακων οχημάτων. Μεταξύ των εφαρμογών είναι και η αξιοποίηση σε ανιχνευτικές αποστολές της NASA στον πλανήτη Άρη.



Εικόνα 4: Το περιβάλλον προγραμματισμού της LEGO - Το λογισμικό

Προγραμματιστικές δυνατότητες και είδη εντολών

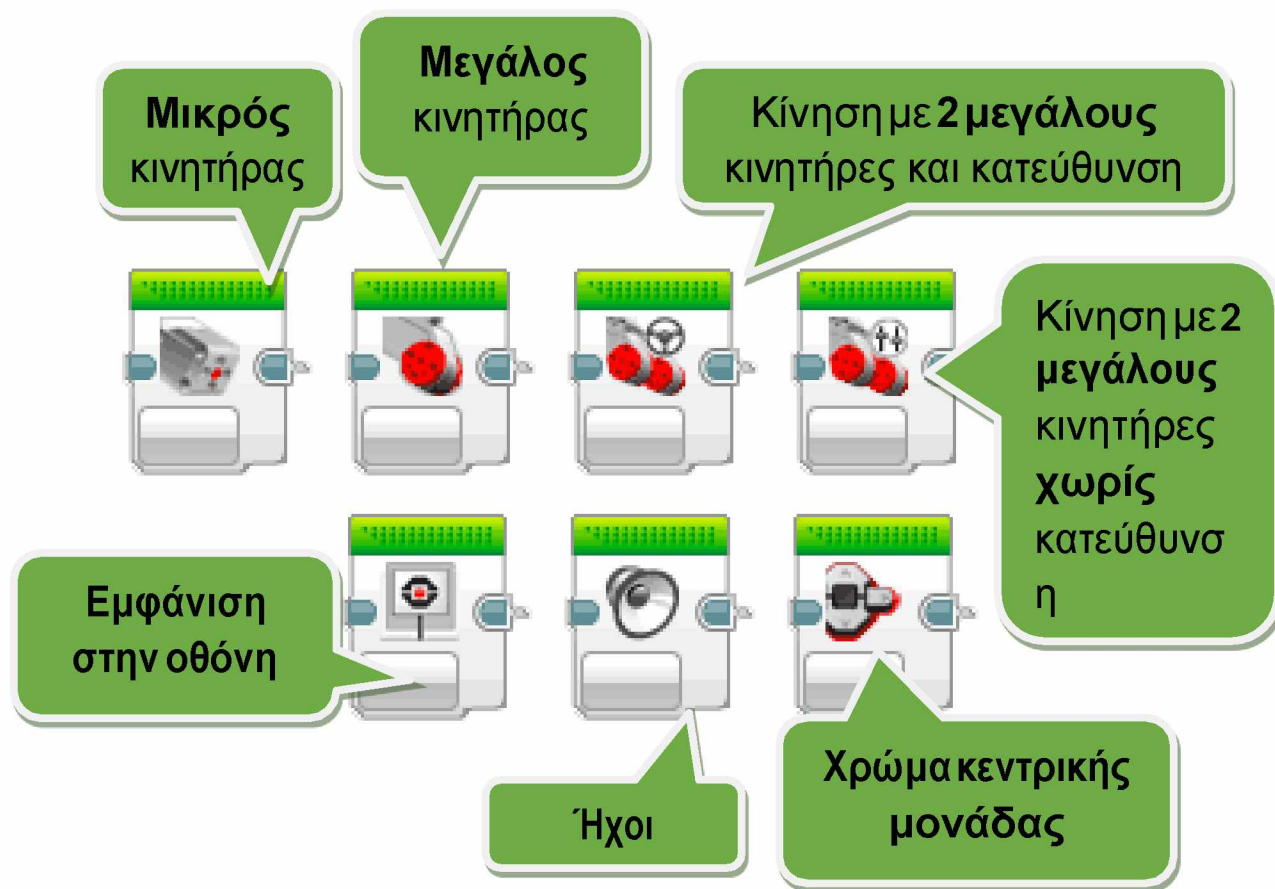
Εντολή εκκίνησης και επανάληψης



Στην ενότητα αυτή αναλύονται οι περισσότερες εντολές του προγράμματος της LEGO. Αρχικά, θα αναλύσουμε τις πορτοκαλί εντολές που απεικονίζουν τις εντολές εκκίνησης και επανάληψης και θεωρούνται οι πιο βασικές για τον προγραμματισμό οποιασδήποτε εφαρμογής.

- Εντολή εκκίνησης ενός προγράμματος: Είναι η πρώτη εντολή ενός προγράμματος για να ξεκινήσει
- Περίμενε ώσπου: Η συγκεκριμένη εντολή δίνει στο πρόγραμμα μια καθυστέρηση μέχρι η συνθήκη που ορίζουμε πάνω της να γίνει αληθής.
- Επανάλαβε ώσπου: Η δομή της εντολής μας επιτρέπει να επαναλαμβάνουμε τον περιεχόμενο κώδικά της μέχρι η συνθήκη που έχει να γίνει αληθής
- Εάν αλλιώς: Η δομή αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε μεταξύ δύο ή περισσότερων καταστάσεων.
- Διακοπή επανάληψης: Σ' ένα λουπ που δεν γνωρίζω πόσες επαναλήψεις πρέπει να πραγματοποιηθούν, χρησιμοποιώ την εντολή διακοπή επανάληψης για να βγω από το λουπ όταν η συνθήκη που θέλω, γίνει αληθής.

Εντολές κινητήρων



Οι πράσινες εντολές χαρακτηρίζονται ως εντολές κίνησης των κινητήρων. Τοποθετώντας αυτές τις εντολές και ρυθμίζοντας τις λειτουργίες του ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής δίνουμε κίνηση, ήχο και εικόνα

-Ο μικρός, ο μεγάλος και η κίνηση 2 μεγάλων κινητήρων με ή χωρίς κατεύθυνση μας δίνει την δυνατότητα να θέσουμε σε κίνηση το σύστημα σε μοίρες, περιστροφές, δευτερόλεπτα αλλά και απεριόριστα.

-Εμφάνιση στην οθόνη είναι μια ιδιότητα που μας επιτρέπει να βλέπουμε στην οθόνη μια εικόνα ή μια καταμέτρηση των στοιχείων που του ορίζουμε να μετράει.

-Επίσης με την εντολή ήχοι μπορούμε να εισάγουμε μία μουσική οποιαδήποτε στιγμή θέλουμε για να τονίσουμε την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας

Εντολές αισθητήρων



Οι εντολές αισθητήρων είναι επίσης πολύ σημαντικές διότι μέσω αυτών μπορείς να μεταβάλλεις το παρόν σύστημα, να καταμετρήσεις τα προϊόντα και να εκτελέσει πολλές ακόμα λειτουργίες.

-Κουμπιά Κεντρικής μονάδας: Ένας τρόπος να ορίσουμε την ενεργοποίηση του προγράμματος μέσα από τη χρήση των κουμπιών της ΚΜ.

-Ο αισθητήρας χρώματος: Εντοπίζει μέσω υπέρυθρης ακτινοβολίας και αντανάκλασης το χρώμα που εισέρχεται στο πεδίο του.

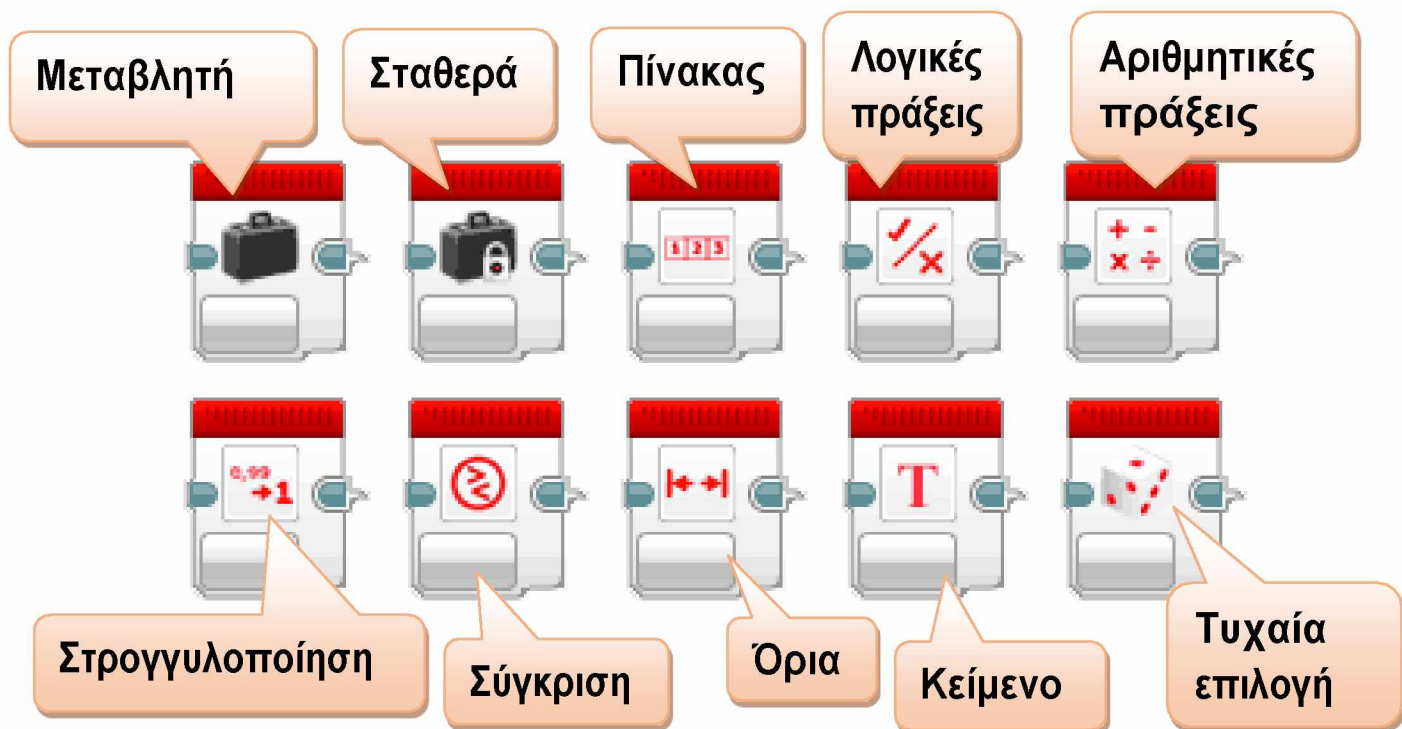
-Ο αισθητήρας απόστασης: Εντοπίζει σ' ένα συγκεκριμένο εύρος οποιοδήποτε αντικείμενο εμφανιστεί μπροστά του έτσι ώστε να προσδώσουμε στο σύστημα μια άλλη εντολή όταν περάσει το όριο απόστασης που του δώσαμε

-Αισθητήρας περιστροφής κινητήρα: Ο μηχανοκίνητος κινητήρας έχει από μόνος του έναν αισθητήρα πάνω του που μας επιστρέφει τις μοίρες τις οποίες έχει περιστραφεί ο κινητήρας (+ δεξιόστροφα, - αριστερόστροφα)

-Γυροσκοπικός αισθητήρας ή αισθητήρας κλίσης: Επιστρέφει στο ρομπότ την κατεύθυνση στην οποία έχει στραφεί είτε αριστερά-δεξιά είτε πάνω-κάτω.

-Ο αισθητήρας αφής: Καταμετράει πόση δύναμη σπρώχνει το κουμπί του. Η ευαισθησία του ρυθμίζετε όπως και όλων των υπόλοιπων αισθητήρων.

Εντολές μεταβλητών



Οι εντολές μεταβλητών είναι με λίγα λόγια οι μαθηματικοί όροι που μπορείς να θέσεις σ' ένα σύστημα. Δεν είναι υποχρεωτικές για την εκτέλεση ενός προγράμματος, αλλά παρ' όλα αυτά δίνουν στο σύστημα παραπάνω ακρίβεια στην ολοκλήρωση των εντολών και μία γκάμα επιπλέον λειτουργιών.

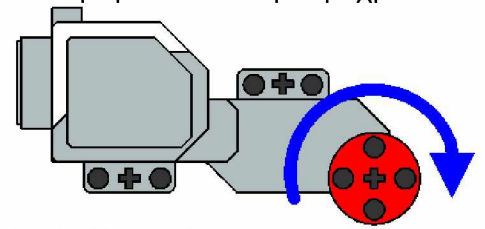
- Μεταβλητή: Αποθηκεύει σε μία θέση μνήμης την τιμή που της ορίζουμε και μπορεί να μεταβληθεί
- Σταθερά: Αποθηκεύει σε μία θέση μνήμης την τιμή που της ορίζουμε και δεν μπορεί να μεταβληθεί
- Πίνακας: Αποθηκεύει σε μία θέση μνήμης παραπάνω από μία τιμή
- Λογική πράξη: Οι πράξεις οι οποίες μας επιστρέφουν μόνο δύο αποτελέσματα αληθές ή ψευδές (πράξεις: $<$, $>$, $=$, \neq)

Περιγραφή και ανάλυση των συγκεκριμένων προς χρήση κομματιών για την εκπόνηση της διπλωματικής

Κίνηση ρομπότ με την χρήση κινητήρων

Κίνηση με την χρήση χρόνου (time)

Ο πιο απλός τρόπος να προγραμματίσω το ρομπότ μου να κινηθεί είναι να του ορίσω τον χρόνο που θέλω να κουνηθεί. Με τον ορισμό του χρόνου ουσιαστικά λέμε στον κινητήρα για πόση ώρα να κουνηθεί μέχρι να σταματήσει.



Εικόνα 5 : Κίνηση ρότορα

Κίνηση με την χρήση μοιρών (degrees)

Ένας ακόμα από τους τρόπους που μπορούμε να προσαρμόσουμε την κίνησή μας ανάλογα με την απόσταση που θέλουμε να διανύσουμε είναι με την χρήση μοιρών (degrees).



Εικόνα 6 : Τυπική εντολή προγραμματος

Για να καταλάβουμε τον τρόπο που θα λειτουργήσει το ρομπότ μας χρησιμοποιώντας τις μοίρες θα πρέπει να πούμε ότι οι μοίρες αφορούν την κίνηση της ρόδας και κατ' επέκταση του κινητήρα και όχι του ρομπότ συνολικά.



Εικόνες 7 : Κίνηση ρόδας του kit lego mindstorms EV3

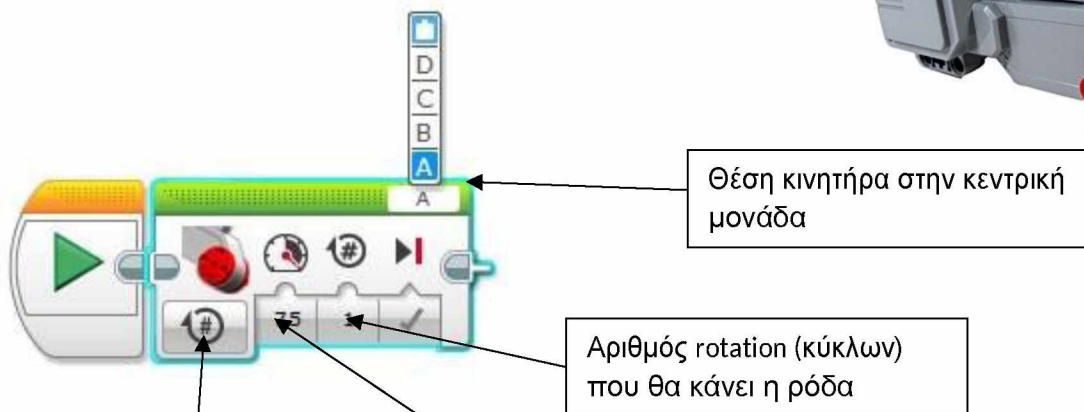
Στο παρακάτω παράδειγμα αρκεί να παρατηρήσουμε την κίνηση της ρόδας (πάρτε σαν σημάδι το άσπρο εξάρτημα). Όταν ορίζουμε την ρόδα να περιστραφεί 90° η ρόδα θα ακολουθήσει τις κινήσεις που φαίνονται στις εικόνες Α-Ε σταδιακά.



Κίνηση με την χρήση μέτρησης περιστροφής



Εικόνα 8 :
Μεγάλος
Κινητήρας



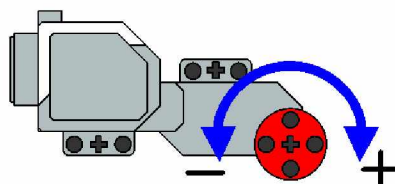
Θέση κινητήρα στην κεντρική μονάδα

Αριθμός rotation (κύκλων) που θα κάνει η ρόδα

Εικόνα 9 : : Τυπική εντολή

Ιαχύτητα κινητήρα (0 έως 100 μπροστά / -1 έως -100 πίσω)

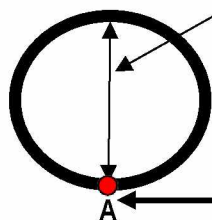
Τύπος μέτρησης της κίνησης



Εικόνα 9 : Κίνηση ρότορα

Επειδή πολλές φορές μας ζητείτε να κινηθούμε σε συγκεκριμένη απόσταση πχ 10 εκατοστά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την διάμετρο της ρόδας για να ανακαλύψουμε την απόσταση που θα διανύσει το ρομπότ μας αν η ρόδα μας κάνει μια περιστροφή. Αντίστοιχα μπορούμε να βρούμε την ζητούμενη απόσταση

Διάμετρος ρόδας (η τιμή αυτή υπάρχει πάνω στο λάστιχο της ρόδας)



Με ποιον τύπο βρίσκω την απόσταση που διανύει το ρομπότ αν η ρόδα κάνει μια περιστροφή?

Μαθηματικός τύπος

$$1R = \Delta * \pi$$

1R = Μια περιστροφή της ρόδας

Δ = Διάμετρος της ρόδας

π = μαθηματική σταθερά οριζόμενη ως ο λόγος της περιφέρειας προς τη διάμετρο ενός κύκλου (3,14)

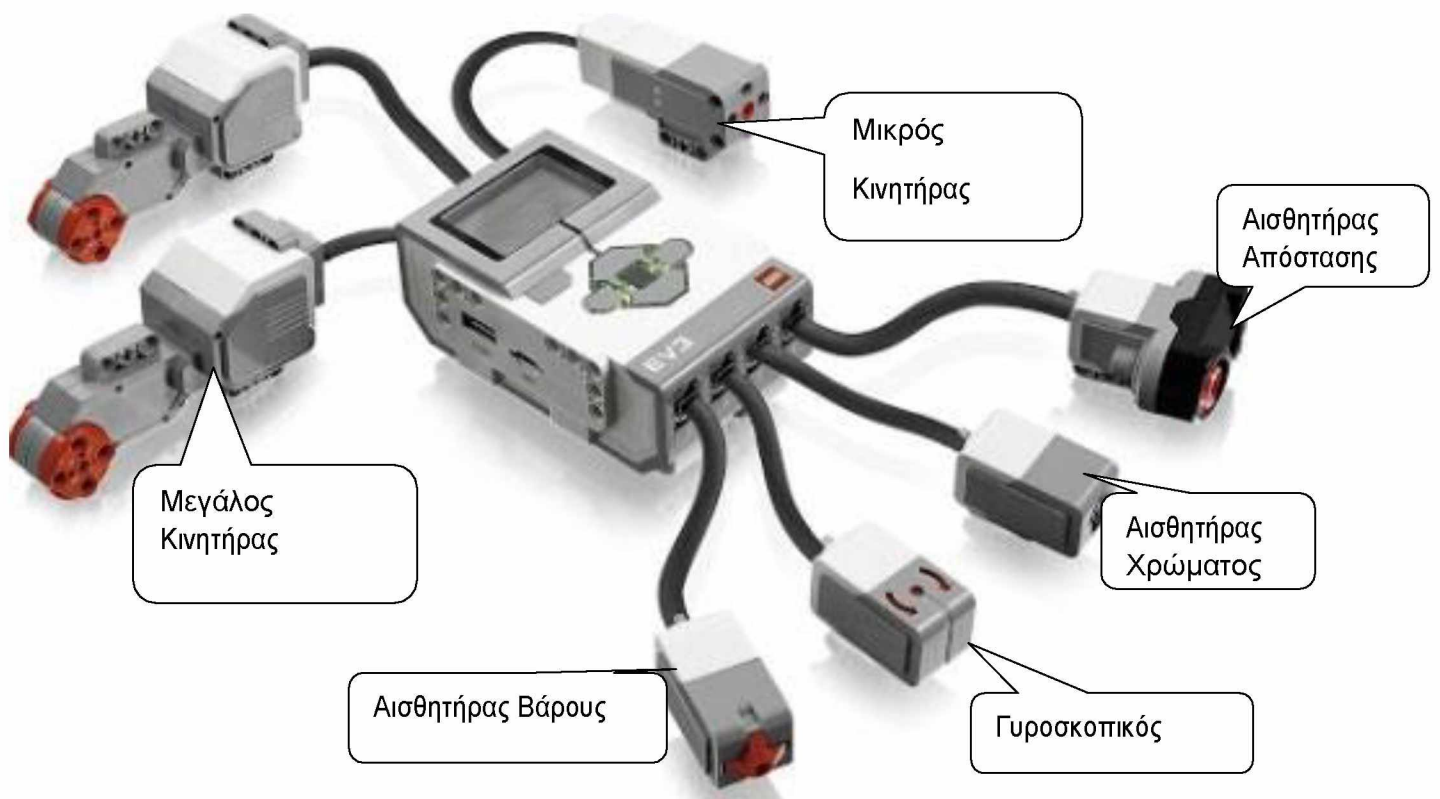
..

Οι θέσεις που εισέρχονται στο brick οι κινητήρες και οι αισθητήρες είναι διαφορετικές
Στην εικόνα 5 βλέπουμε όλα τα εξαρτήματα συνδεδεμένα στο κεντρικό κομμάτι που είναι το brick.
Οι κινητήρες συνδέονται στις θέσεις

A – B – C – D

Οι αισθητήρες συνδέονται στις θέσεις

1 – 2 – 3 – 4



Εικόνα 10: Οι κινητήρες στην πάνω πλευρά του Brick - Και οι αισθητήρες στην κάτω πλευρά του Brick

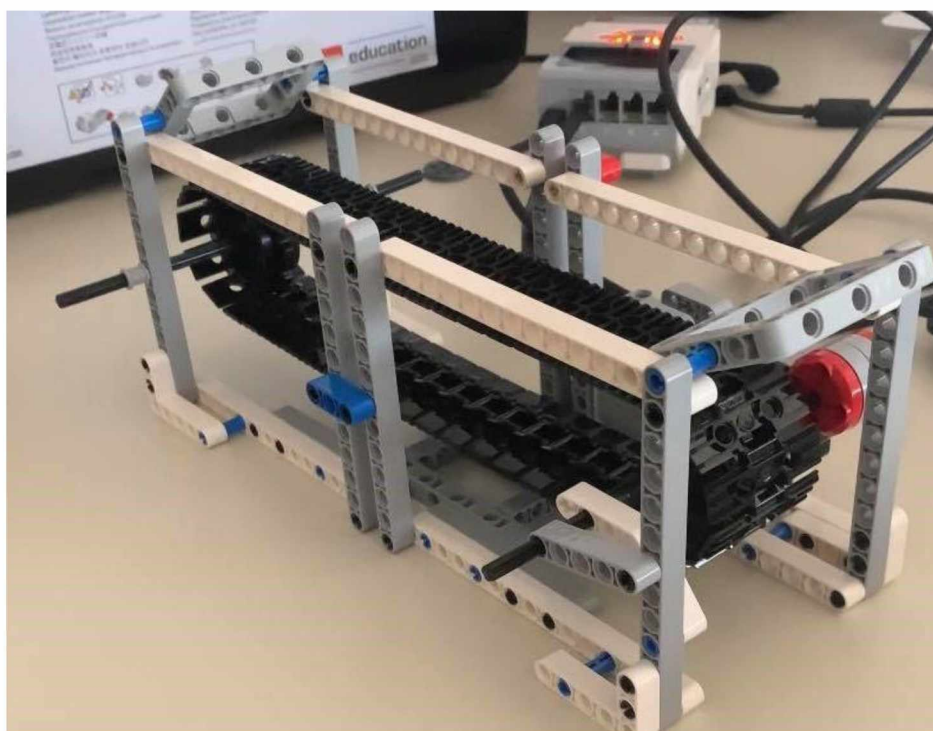
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αρχικά στάδια της διπλωματικής

Στην προσπάθειά μας να πειραματιστούμε με το εν λόγω πακέτο, κάναμε κάποια αρχικά μοντέλα - πολύ πιο απλά από την τελική μας δουλειά-, τα οποία όμως θα μπορούσαν να θεωρηθούν και ως έναυσμα για τη μετέπειτα εργασία μας. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα παραθέσουμε τα κυριότερα κατά την άποψη μας.

-Απλή γραμμή παραγωγής

Κατά τον πειραματισμό μας με το πακέτο LEGOMINDSTORM EV3 ως πρώτο και "πιλοτικό" Μοντέλο κατασκευάσαμε μια πάρα πολύ απλή γραμμή παραγωγής χωρίς διαλογή ή διαχωρισμό, όπου απλώς μέσω της αλυσίδας πηγαίναμε ένα κομμάτι από την μια μεριά της γραμμής στην άλλη. Όσο απλή και αν φαίνεται η συγκεκριμένη κατασκευή σίγουρα μας βοήθησε στην εξοικείωση τόσο με τη διαδικασία κατασκευής όσο και με τον προγραμματισμό του πακέτου, αλλά και με τα ίδια τα κομμάτια της Lego, με τα οποία για πρώτη φορά ήρθαμε σε επαφή.



Εικόνα 11: 1η προσπάθεια υλοποίησης μιας γραμμής παραγωγής

..

Ρομπότ - Γερανός

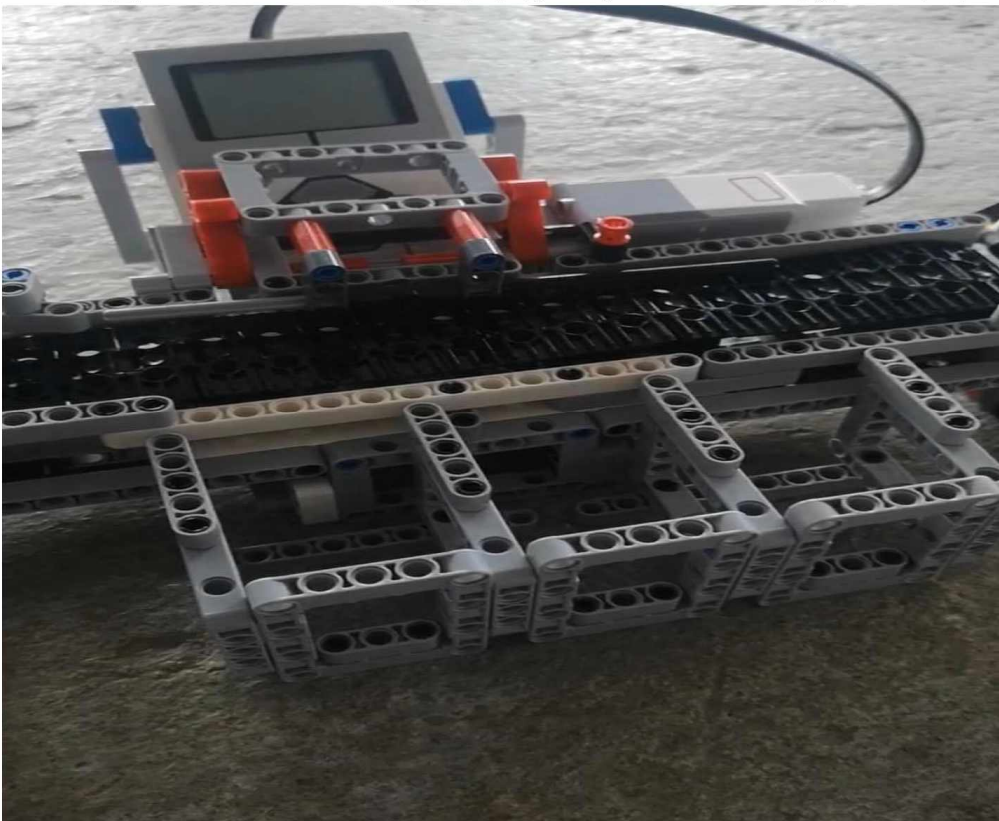
Σε μια ακόμα προσπάθεια για περαιτέρω εξοικείωση και με τη βοήθεια των έτοιμων κατασκευών της Lego κατασκευάσαμε ένα ρομπότ - γερανό, το οποίο θα είχε τη δυνατότητα να μεταφέρει κάποιο αντικείμενο της επιλογής μας. Όσο και αν αυτό είναι εντελώς εκτός του πλαισίου στο οποίο κυμαίνεται η παρούσα διπλωματική, σίγουρα βοήθησε στη γενικότερη αλληλεπίδραση με το πακέτο, αλλά και μας έδωσε έμπρακτα έναν οδηγό για το πώς τα κομμάτια "συνδυάζονται" μεταξύ τους, όπως και τη λογική που κρύβεται στον προγραμματισμό, σημαντικά εφόδια για την δημιουργία του τελικού πρότζεκτ.



Εικόνα 12: Γερανός που συναρμολογήσαμε με οδηγίες της LEGO

-Επέκταση πρώτης γραμμής παραγωγής

Καθώς ήδη είχαμε αποκτήσει κάποια εφόδια από τις προαναφερθείσες κατασκευές , προσπαθήσαμε να επεκτείνουμε την πρώτη γραμμής παραγωγής, για την οποία γίνεται λόγος παραπάνω. Αρχικά, προσθέσαμε διαχωριστή με μορφή "μπάρας" , όπου με μια παλίνδρομη κίνηση κάθετη ως προς την φορά της γραμμής παραγωγής έκανε μιας μορφής διαλογή των προϊόντων. Το εν λόγω κομμάτι όμως "χτυπούσε" με την αλυσίδα προκαλώντας μικρή επιβράδυνση σε αυτή. Η ρίψη των προϊόντων στον κατάλληλο κάδο γινόταν αρχικά με βάση το χρώμα τους και κατόπιν με βάση την διάρκεια της διαδρομής τους μέχρι την ρίψη τους στον αντίστοιχο κάδο. Επειδή στην πράξη η κίνηση του ιμάντα εξαρτιόταν και από άλλες παραμέτρους (γρανάζια) με αποτέλεσμα να μην γίνεται σωστή διαλογή απορρίψαμε αυτόν τον σχεδιασμό. Τελικά χρησιμοποιήσαμε μόνο έναν ενδιάμεσο κάδο περισυλλογής για τα μη υγιή προϊόντα τοποθετώντας έναν αισθητήρα χρώματος που ενεργοποιούσε τον κινητήρα ρίψης τους όταν αυτά διέρχονταν μπροστά από τον κάδο

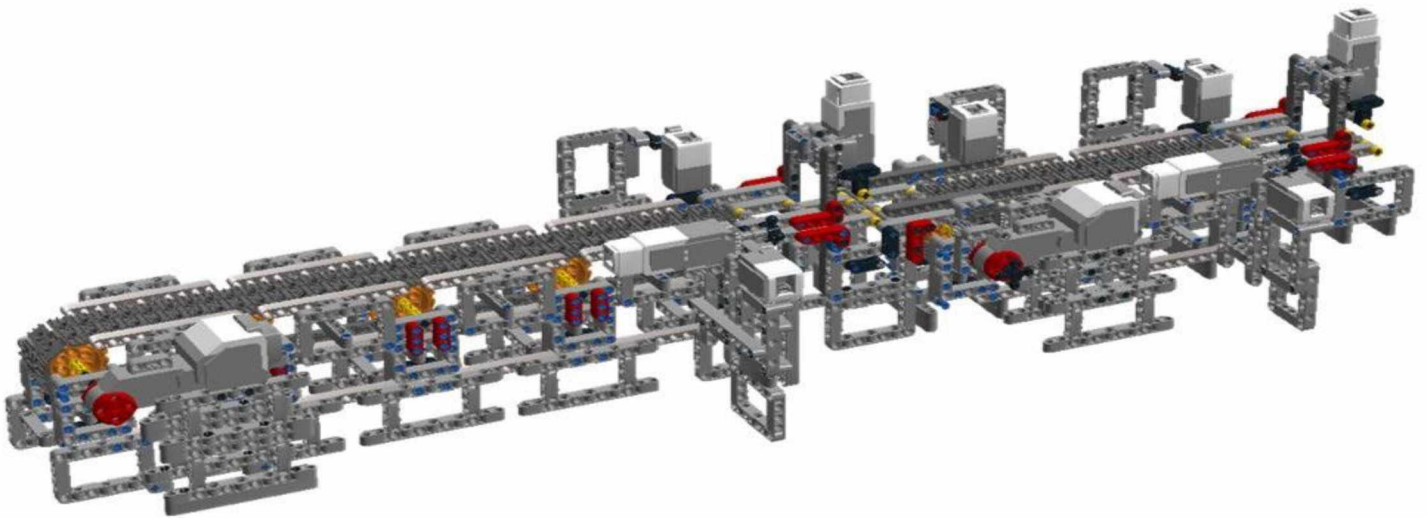


Εικόνα 13: Ένα κομμάτι της γραμμής με 3 κάδους για συλλογή

..

-Ιταλική - Kaist γραμμή παραγωγής

Καθώς συναντούσαμε και ανακαλύπταμε τα προβλήματα στατικότητας , προσπαθήσαμε να δούμε αντίστοιχες κατασκευές με αυτή που σκοπεύαμε να κατασκευάσουμε, ώστε να πάρουμε έμπνευση αλλά και να παρατηρήσουμε ενδελεχώς πού διέφερε η δική μας πρώιμη κατασκευή σε σχέση με ολοκληρωμένες δουλειές άλλων σε μία προσπάθεια βελτίωσης του προβληματικού σε πολλά επίπεδα μοντέλου μας. Αρχική μας έμπνευση και έρεισμα ήταν η δουλειά του συναδέλφου από το Πανεπιστήμιο του Kaist, την οποία μας έδωσε ο επιβλέπων καθηγητής μας κ. Λυμπερόπουλος. Εκτός αυτού στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα στην πλατφόρμα του "YouTube" είδαμε αρκετές παραπάνω κατασκευές, ωστόσο κυρία έμπνευση για εμάς ήταν η γραμμή παραγωγής από το Ιταλικό Πανεπιστήμιο . Παρακολουθώντας και αναλύοντας λεπτομερώς το βίντεο που είχαμε στην διάθεση μας, κατασκευάσαμε μια κατασκευή αρκετά κοντά σε αυτή ,κυρίως στο κατασκευαστικό κομμάτι, αλλά και στη μετάδοση και αξιοποίηση της κίνησης μέσω γραναζιών, τρόπο τον οποίο θεωρήσαμε αρκετά ευρηματικό. Με τη σύζευξη των δυο αυτών εργασιών φτάσαμε στο αρχικό μας πρώτο ολοκληρωμένο μοντέλο, το οποίο σαφώς τροποποιήσαμε (σχεδόν σε όλα του τα σημεία) για να φθάσουμε στο τελικό μας πρότζεκτ .



Εικόνα 14: Μια γραμμή παραγωγής

Περιγραφή της υπάρχουσας κατασκευής



Εικόνα 15: Ολοκληρωμένη κατασκευή

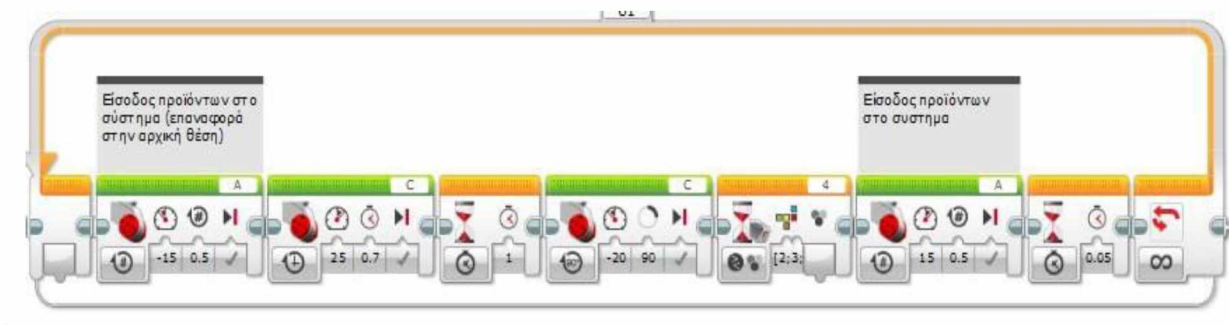
Στην εικόνα 10 παρουσιάζεται στο σύνολό της η γραμμή παραγωγής που κατασκευάσαμε. Στη συνέχεια παρουσιάζεται λεπτομερώς κάθε κομμάτι ξεχωριστά, όπως επίσης περιγράφεται και ο προγραμματισμός, ο οποίος θα αναλυθεί όμως και παρακάτω στο κεφάλαιο 4 της διπλωματικής μας εργασίας.

Είσοδος προϊόντων

Στο συγκεκριμένο κομμάτι με την είσοδο των προϊόντων στην «τσουλήθρα» ο κινητήρας (A) με επαναληπτικές κινήσεις εισάγει ένα - ένα τα προϊόντα στον ιμάντα. Όπως παρατηρούμε η κλίση της τσουλήθρας είναι αρκετά μεγάλη και αυτό συμβαίνει για αποφυγή ανάπτυξης τριβών μεταξύ καπακιών και τσουλήθρας. Επίσης, όπως παρατηρούμε στην εικόνα 11, ο μηχανισμός ο οποίος εισάγει τα καπάκια είναι κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να εισάγει ένα καπάκι τη φορά με δεδομένη ταχύτητα, την οποία εμείς επιλέγουμε. Περισσότερη ανάλυση για τον προγραμματισμό τόσο αυτού του μηχανισμού όσο και των υπολοίπων της γραμμής παραγωγής μας θα υπάρξει στο κεφάλαιο 4



Εικόνες 16: Μηχανισμός στην είσοδο των προϊόντων

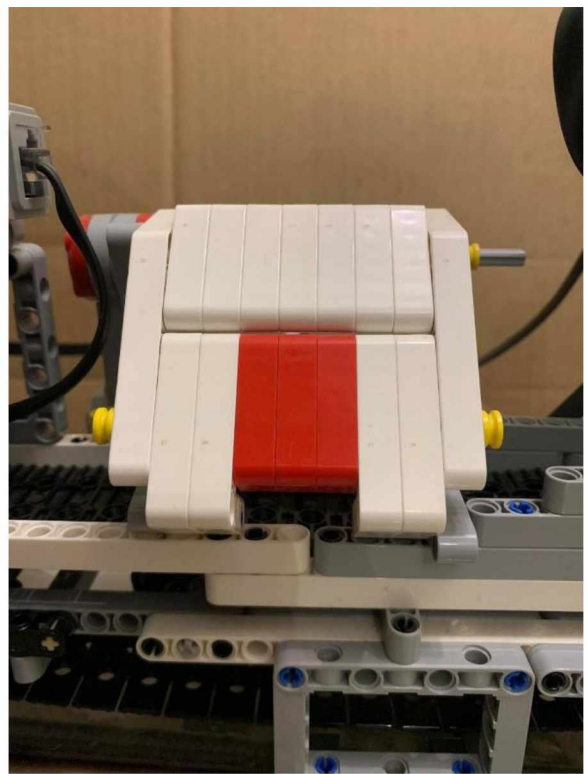
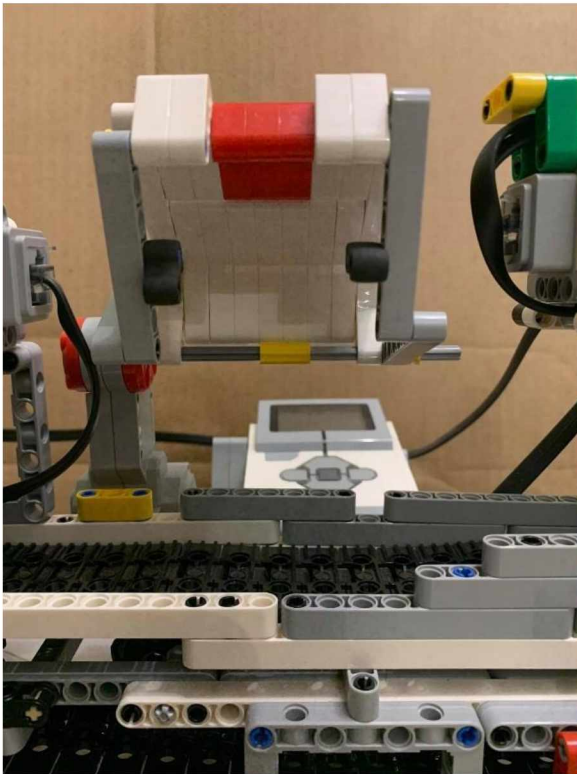


..

Διαχωρισμός

Μετά την είσοδο των προϊόντων στο σύστημα, ο διαχωριστής (κινητήρας C) ανεβοκατεβαίνει, για να διαχωρίσει τα προϊόντα, ώστε να αποτρέψει το ενδεχόμενο αυτά να κολλήσουν μεταξύ τους πάνω στον ιμάντα.

Ο διαχωριστής είναι χρονικά προγραμματισμένος με εντολή επανάληψης και με εντολή χρονοκαθυστέρησης που ενεργοποιείται μέσω της διέλευσης του προϊόντος κάτω από τον αισθητήρα χρώματος.

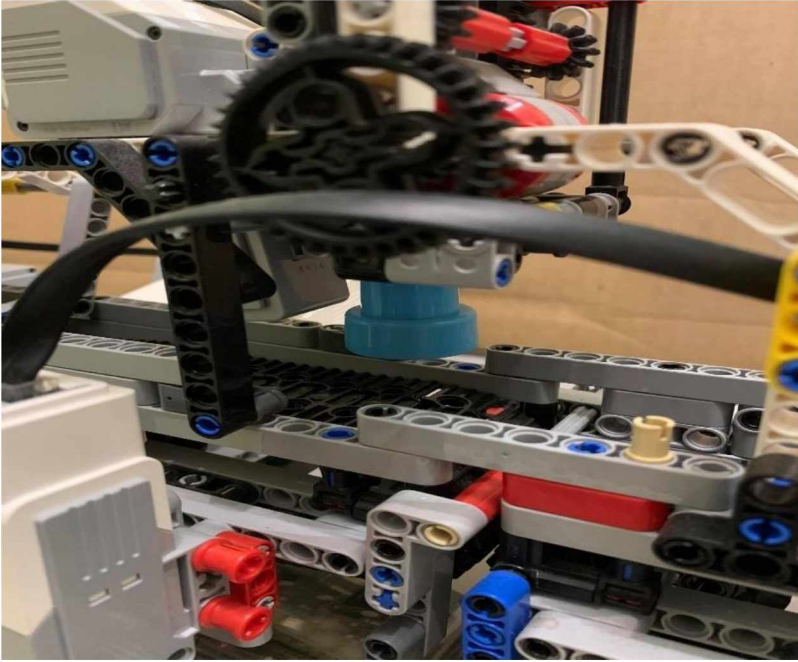


Εικόνες 17: Μηχανισμός του διαχωριστή (ανοιχτός-κλειστός)

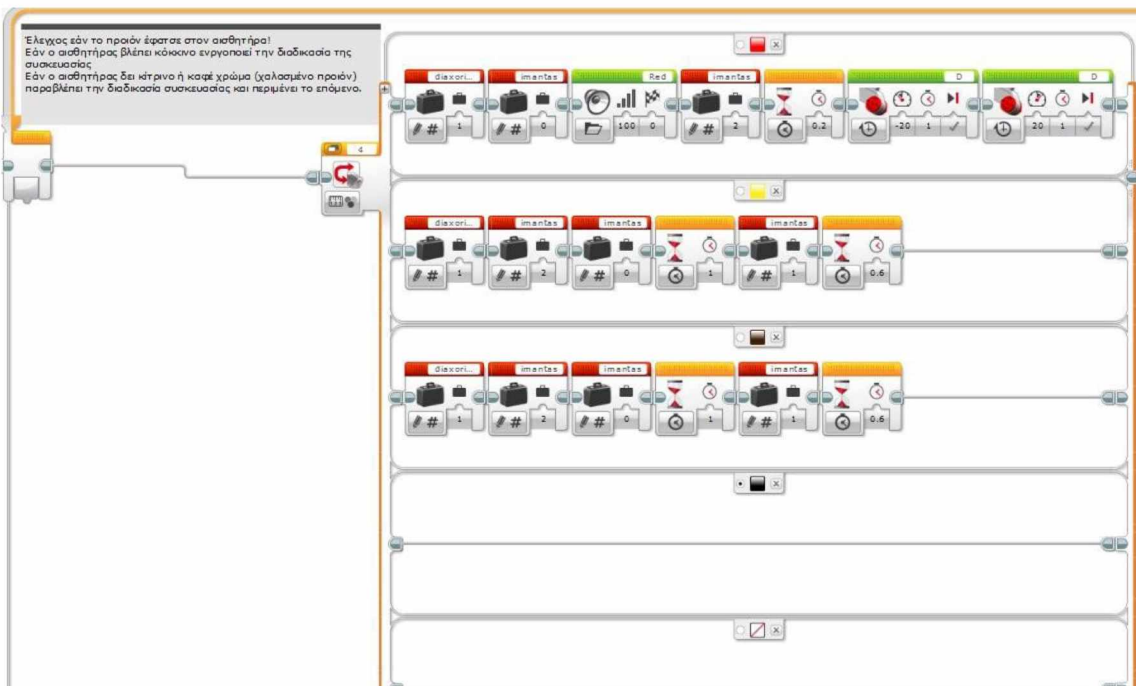


Τοποθέτηση ετικέτας

Στη συνέχεια, ακολουθεί διαδικασία της τοποθέτησης ετικέτας μόνο στα υγιή προϊόντα, η οποία χωρίζεται σε δύο στάδια. Αρχικά γίνεται ο έλεγχος του προϊόντος από τον αισθητήρα χρώματος. Εάν ο αισθητήρας «δει» κόκκινο χρώμα ενεργοποιεί αυτή τη διαδικασία και το προϊόν πηγαίνει στην πρέσα, για να σφραγιστεί. Στην περίπτωση που «δει» κίτρινο ή καφέ (χαλασμένο προϊόν), παραβλέπει την διαδικασία σφραγίσματος και περιμένει το επόμενο προϊόν (καπάκι). Στη διαδικασία σφραγίσματος η τιμή της μεταβλητής *imantas* γίνεται 0 για να σταματήσει η αυτόματη κίνηση του ιμάντα 0 και έπειτα παίρνει την τιμή 2 για να μπει στη διαδικασία σφραγίσματος (βλ. κίνηση ιμάντα). Μετά την ολοκλήρωση του σφραγίσματος ο ιμάντας επιστρέφει στην τιμή 1, για να συνεχίσει την κίνησή του

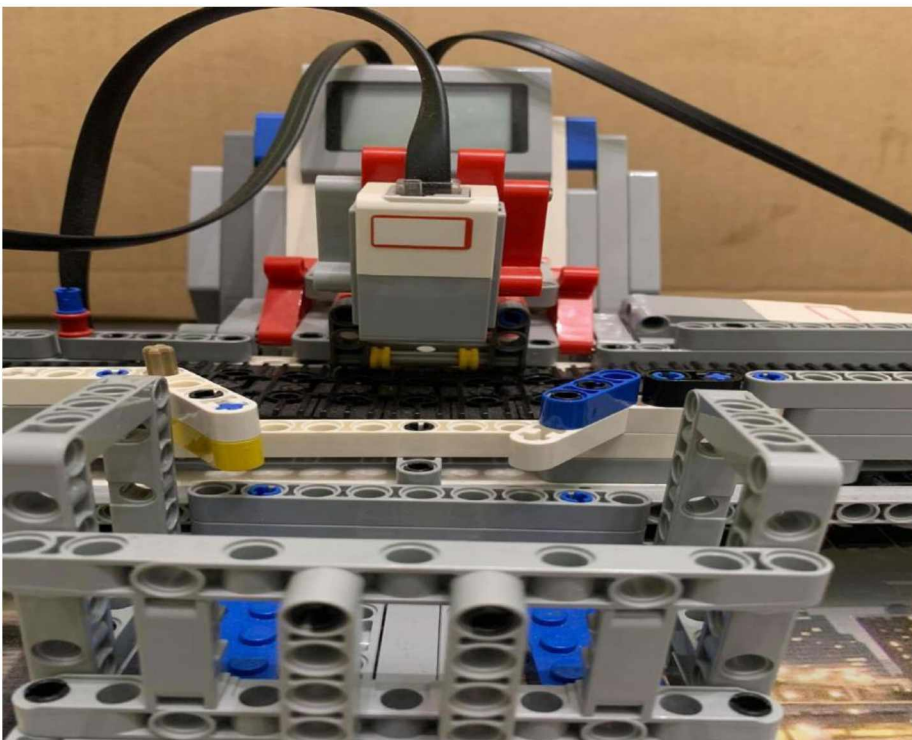


Εικόνα 18: Μηχανισμός τοποθέτησης ετικέτας

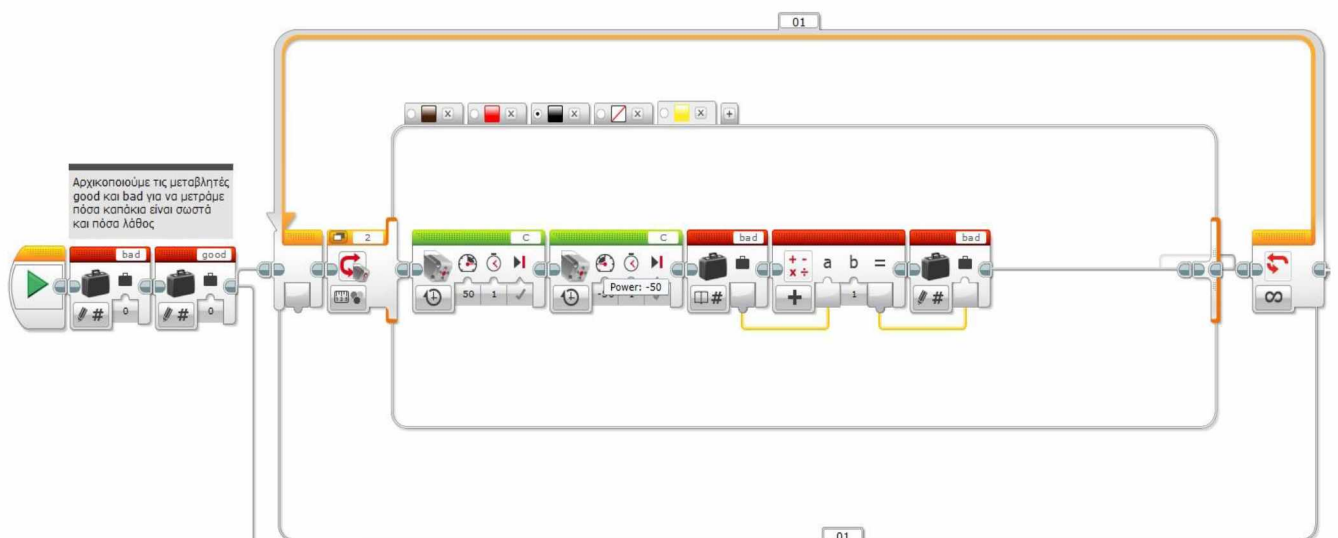


Ποιοτικός έλεγχος

Ο ποιοτικός έλεγχος διαχωρίζει τα προϊόντα σε καλά (έτοιμα για πώληση) και κακά (επιστροφή στην αρχή για κομποστοποίηση - χυμό). Αρχικά, τα προϊόντα «ελέγχονται» από έναν αισθητήρα χρώματος και ανάλογα με το χρώμα τους μεταφέρονται στον τελικό προορισμό τους (προς πώληση ή προς επιστροφή). Επειδή η περισυλλογή των μη υγιών προϊόντων γίνεται σε ένα κάδο καθορισμένης χωρητικότητας (ώστε να διευκολύνεται και η επόμενη φάση της χειροκίνητης διαλογής), έχουμε εισάγει στο πρόγραμμά μας μια μεταβλητή (bad), η οποία μετράει τα προς επιστροφή προϊόντα και τα επιστρέφει αυτόματα όταν αυτά φτάσουν στον αριθμό 3. Τα προϊόντα προς επιστροφή βγαίνουν από την γραμμή παραγωγής και μεταφέρονται στον ενδιάμεσο κάδο επιστροφής με την βοήθεια του κινητήρα D, ο οποίος τα σπρώχνει προς τον κάδο και έξω από τον ιμάντα. Τέλος, μία πρόσθετη λειτουργία είναι ότι πραγματοποιείται καταμέτρηση και στα υγιή προϊόντα χωρίς βέβαια κάποιον αριθμητικό περιορισμό.



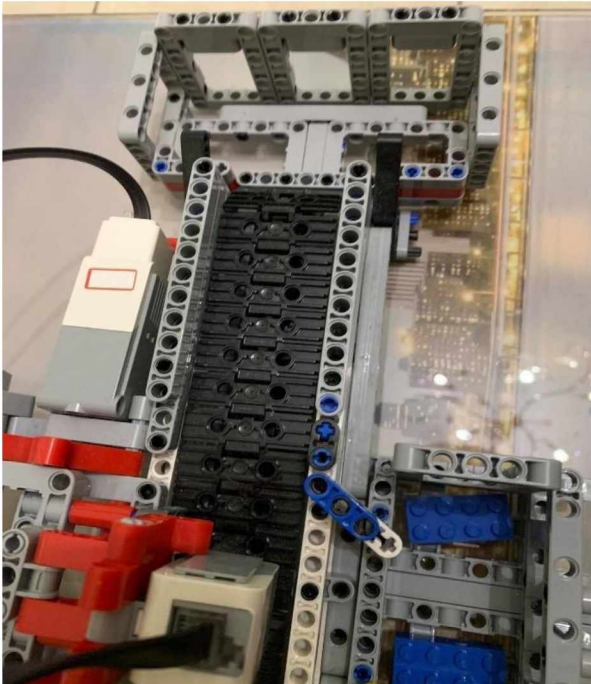
Εικόνα 19: Μηχανισμός που σπρώχνει προς τον κάδο για επιστροφή



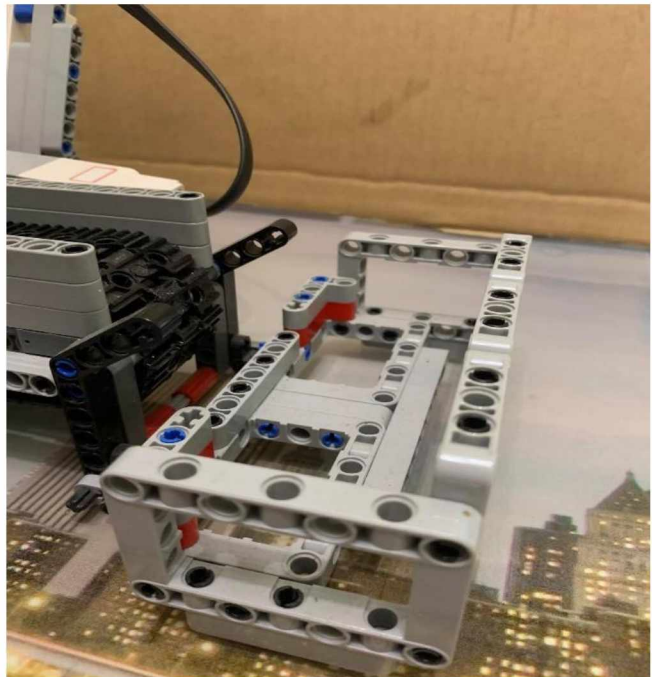
..

Κάδος προς πώληση προϊόντων

Τα υγιή προϊόντα τα οποία περνούν τον αισθητήρα χρώματος μέσω του ιμάντα της γραμμής παραγωγής μας καταλήγουν στον κάδο των προς πώληση προϊόντων.



Εικόνα 21: Κατεύθυνση προς τον τελικό κάδο συλλογής



Μεταφορά κίνησης των δυο ιμάντων

Για την περιστροφή του δεύτερου κατά σειρά ιμάντα δεν έχουμε προσθέσει κάποιο ρότορα, αλλά η κίνηση μεταφέρεται από τον πρώτο κατά σειρά ιμάντα μέσω του μηχανισμού με τα γρανάζια, όπως διακρίνεται στην εικόνα 17. Πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι ότι μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας εφόσον δεν υπάρχει άλλος ρότορας για να κινήσει τον δεύτερο ιμάντα. Μειονέκτημα είναι ότι λόγω της απλής δομής των LEGO, δεν έχουμε την απόλυτη μεταφορά κίνησης μέσω των γραναζιών στο δεύτερο ιμάντα.



Εικόνα 22: Μηχανισμός με γρανάζια που δίνει κίνηση στον διπλό ιμάντα

Κατασκευαστικά Προβλήματα

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής, συναντήσαμε προβλήματα κατασκευαστικά, τα οποία προσπαθήσαμε και να τα επιλύσουμε.

Διαχείριση καλωδίων

Στο πακέτο της LEGO υπήρχαν καλώδια διαφόρων μηκών, μικρών διακυμάνσεων όμως. Από την αρχή είχαμε προβλέψει πως θα υπήρχαν προβλήματα με τη διαχείριση των καλωδίων. Το πρόβλημα φυσικά και προέκυψε, όταν ήδη είχε υλοποιηθεί η κατασκευή. Στη διάρκεια του προγραμματισμού διαπιστώσαμε πως κάποια καλώδια εμπλέκονταν με τα κομμάτια που βρίσκονται στους κινητήριους τροχούς. Η λύση ήταν όμως τελικά απλή, με την προσθήκη ενός οδηγού/εξαρτήματος που κατεύθυνε το καλώδιο μακριά από το κομμάτι του κινητήριου τροχού.

Ιμάντας

Επιλέξαμε να κάνουμε μια γραμμή παραγωγής χωρίς ενιαίο ιμάντα. Η επιλογή δύο ιμάντων σαφώς έχει πλεονεκτήματα και ορισμένα μειονεκτήματα. Το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι λόγω της μικρότερης ταχύτητας του δεύτερου ιμάντα, μας δίνεται ο χρόνος να μπορούμε να προγραμματίσουμε με μεγαλύτερη ευκολία αλλά και ακρίβεια όλη την κατασκευή. Το μειονέκτημα των δύο ιμάντων είναι ότι η μικρότερη ταχύτητα του δεύτερου ιμάντα λόγω αύξησης ισχύος, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ταχύτητα του πρώτου ιμάντα προξενεί προβλήματα συσσώρευσης στο δεύτερο μέρος της κατασκευής. Η συσσώρευση αυτή μας προκάλεσε δυσχέρειες κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού και της ομαλής εκτέλεσης της εφαρμογής. Η επίλυση τελικά του προβλήματος θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον εξής απλό τρόπο: με μια καθυστέρηση δηλαδή παραδείγματος χάριν 10' στην είσοδο των προϊόντων θα είχαμε τον απαραίτητο χρόνο να ολοκληρωθεί το κάθε καπάκι ξεχωριστά. Επειδή όμως θέλαμε να υπάρχει συνεχής ροή και να μην περιμένουμε να τελειώσει η πορεία του ενός καπακιού, για να εισέλθει το επόμενο, προγραμματίζουμε με πολύ μικρότερη καθυστέρηση και ταυτόχρονα τοποθετούμε έναν διαχωριστή, ώστε να επιταχύνει τη διαδικασία. Τελικά, το πλεονέκτημα αυτής της επιλογής των δύο ιμάντων είναι η οικονομία. Εφόσον πρόκειται για προσομοίωση μιας βιομηχανικής παραγωγής, στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους.

Διαλογή

Για την διαλογή των "μήλων" είχαμε τοποθετήσει έναν δεύτερο αισθητήρα χρώματος λίγο μετά το σημείο στο οποίο γίνονταν η τοποθέτηση ετικέτας (σταμπάρισμα των καπακιών) και είχαμε βάλει χρονοκαθυστέρηση ανάλογη με την απόσταση που θα έπρεπε να διανύσει το μήλο (Καπάκι) για να διαχωρίσει τα κίτρινα καπάκια. Αυτό, όμως, είχε δυο βασικά προβλήματα, τα οποία και έπρεπε να επιλυθούν. Πρώτο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε λόγω του ότι η κίνηση στον δεύτερο ιμάντα μεταδίδεται μέσω γραναζιών ήταν ότι υπήρχαν απώλειες ταχύτητας, με άμεση συνέπεια λάθη στους χρόνους με βάση τους οποίους εκτελούνταν η κίνηση και έτσι η κατασκευή να αποτυγχάνει να εκτελέσει σωστά την δουλειά της. Δεύτερο πρόβλημα ήταν το γεγονός ότι κάποιες φορές έστελνε δυο καπάκια μαζί στον κάδο, κάτι το οποίο επίσης αποτελεί αστοχία της δουλειάς μας. Για να παρακάμψουμε τα δύο αυτά προβλήματα τοποθετήσαμε τον αισθητήρα χρώματος ακριβώς πάνω στο εξάρτημα της διαλογής και τον προγραμματίσαμε, κάθε φορά που βλέπει κίτρινο, να εκτελεί ακαριαία την παλινδρομική του κίνηση. Έτσι αφαιρέσαμε τον παράγοντα του χρόνου, στον οποίο οφείλονταν τα παραπάνω προβλήματα.

Άσπρα καπάκια

Από την αρχή ιδέα μας ήταν όλα τα καπάκια να είναι λευκά και ο διαχωρισμός να γίνεται σε σταμπαρασμένα και μη. Αυτό όμως δεν ήταν εφικτό, αφού πολλές φορές ο αισθητήρας χρώματος δεν ανίχνευε την ύπαρξη στάμπας και δεν εκτελούσε σωστά την εργασία (έριχνε κάποια σταμπαρασμένα καπάκια στον ενδιάμεσο κάδο, όπου κανονικά έπρεπε να έχει μόνο όσα δεν είχαν ετικέτα (δεν σταμπαρασίστηκαν). Μια αρχική επίσης σκέψη που είχαμε ήταν να αγοράσουμε μελάνι για στάμπες και να ποτίσουμε την στάμπα μας σε αυτό, για να είναι πιο εύκολο για τον αισθητήρα να αναγνωρίσει τα μήλα που διέθεταν ετικέτα (σταμπαρασμένα καπάκια). Όμως, ούτε αυτό ήταν επαρκές, καθώς είχαμε τα ίδια ακριβώς προβλήματα, ίσως όμως με λιγότερη συχνότητα. Τα συγκεκριμένα προβλήματα μας οδήγησαν στην απόφαση να διεξαγάγουμε μια έρευνα πάνω στον τρόπο λειτουργίας του εν λόγω αισθητήρα. Μετά από σχετική έρευνα μάθαμε πως ανάλογα με τις αντανάκλασεις βγάζει ένα ποσοστό σε RGB (redgreenblue), το οποίο το ταιριάζει με ό,τι πιο κοντά έχει στην παλέτα χρωμάτων του. Τότε έγινε αντιληπτό πως αυτό που είχαμε σαν σχέδιο δεν ήταν επιτεύξιμο χωρίς να υπάρχουν αρκετά λάθη στην εκτίμηση του χρώματος. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, καταλήξαμε στο να αλλάξουμε τα λευκά καπάκια με κόκκινα (καλά μήλα) και κίτρινα (κακά μήλα), τα οποία διακρίνονται εύκολα από τον αισθητήρα. Τελικά, επιλέξαμε να βάλουμε και το χρώμα «καφέ» στις επιλογές του αισθητήρα χρώματος, καθώς παρατηρήσαμε πως πολλές φορές λόγω του εκάστοτε φωτισμού δεν αντιλαμβανόταν ο αισθητήρας το κίτρινο χρώμα. Η προσθήκη και του καφέ χρώματος σχεδόν εξάλειψε το παραπάνω πρόβλημα σε πλήθος δοκιμών με διαφορετικούς φωτισμούς.

Εισαγωγή των καπακιών

Αρχικά, η πρώτη μας σκέψη ήταν να τοποθετούμε τα καπάκια με τα χέρι. Ωστόσο, αυτό έκανε το μηχάνημα μας μη αυτόματο, κάτι που φυσικά επιδιώξαμε να το διορθώσουμε. Ως πρώτη ιδέα λοιπόν είχαμε να τοποθετηθούν τα καπάκια πάνω σε μια ράμπα με μέτρια κλίση η οποία στο κάτω άκρο της διέθετε ένα μικρό εμπόδιο ικανό να σταματά τη διολίσθηση των καπακιών στον ιμάντα. Σ' αυτή τη θέση είχε τοποθετηθεί ένας άξονας ο οποίος έκανε μία πλήρη κατακόρυφη περιστροφή ανά κάποια δευτερόλεπτα και "έπιανε" το κάθε καπάκι ξεχωριστά στο εσωτερικό του και το ωθούσε να ξεπεράσει το μικρό εμπόδιο και να εισέλθει στη γραμμή παραγωγής. Ο συγκεκριμένος όμως μηχανισμός παρουσίαζε το εξής μειονέκτημα. Πολλές φορές εκσφενδόνιζε τα καπάκια αρκετά πιο μπροστά, με αποτέλεσμα να μην προλαβαίνει ο διαχωριστής να το

εγκλωβίσει, πρόβλημα που προσπαθήσαμε να εξομαλύνουμε μετροποποιήσεις στους χρόνους κάτι που δεν κατέστη δυνατό. Έτσι αποφασίσαμε να αντικαταστήσουμε αυτόν τον μηχανισμό με αυτόν που έχουμε πλέον στο τελικό πρότζεκτ, ο οποίος με την κίνηση του σπρώχνει το πρώτο καπάκι, ενώ παράλληλα κρατά το επόμενο κατά σειρά, γεγονός που κάνει και την εισαγωγή καπακιών στο σύστημα αρκετά πιο ομαλή. Επίσης αφαιρέσαμε το μικρό εμπόδιο που υπήρχε στο τέλος της ράμπας, της οποίας αυξήσαμε την κλίση, για να υπερνικήσουμε τις τριβές που εμπόδισαν τα καπάκια να είναι στην κατάλληλη θέση, ώστε να εισέλθουν ομάλα στη γραμμή παραγωγής μας.

Φορηγάκι

Αρχικά, η ιδέα ήταν τα ελαττωματικά κομμάτια αντί να πέφτουν στον ενδιάμεσο κάδο, να έπεφταν σε ένα φορηγάκι το οποίο είχαμε κατασκευάσει και αυτό να τα πήγαινε στο σημείο επεξεργασίας τους (χυμός - κομποστοποίηση). Αν και η συγκεκριμένη κατασκευή είχε αρκετό ενδιαφέρον τόσο ως προς τη χρησιμότητά της όσο και ως προς την εμφάνιση, είχε ένα πολύ βασικό μειονέκτημα, που την έκανε ασύμφορη για το πρότζεκτ μας. Για την σύνδεση του συγκεκριμένου φορηγού με ένα brick που χρησιμοποιείται ήδη, ώστε αυτό να μπορεί να κινηθεί χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή ροή των προϊόντων πάνω στην γραμμή παραγωγής μας, απαιτούνταν ένα καλώδιο πολύ μεγαλύτερου μήκους το οποίο θα “έτρεχε” περιμετρικά της γραμμής κάτι που δεν συμπεριλαμβανόταν στο πακέτο της LEGO. Μία δεύτερη εκδοχή ήταν η χρήση τρίτου brick (αφού τα δύο brick που διαθέταμε χρησιμοποιούσαν ήδη στη γραμμή παραγωγής), το οποίο θα καθιστούσε ανεξάρτητη την κίνηση του φορηγού. Μετά από δοκιμές αποφασίσαμε να αφαιρέσουμε το φορηγάκι και στην θέση του να βάλουμε τον μηχανισμό του ενδιάμεσου κάδου που έχουμε ήδη αναλύσει την λειτουργία του.

Κόκκινες ερπύστριες

Σε μια προσπάθεια μας να επιλυθεί το πρόβλημα του να προσκολλώνται τα κομμάτια μεταξύ τους και έτσι να προκαλείται πρόβλημα αφενός στην ομαλή ροή τους μέσα στο σύστημα αλλά και μετέπειτα στον τομέα της τοποθέτησης ετικέτας και της διαλογής, είχαμε την ιδέα πάνω στον ιμάντα να βάλουμε ανά τακτά διαστήματα τα κομμάτια (κόκκινες ερπύστριες), τα οποία έκαναν χωρίσματα ανάμεσα στα καπάκια. Η χρήση των ερπυστριών όμως είχε το πρόβλημα ότι εμπόδιζε την συνέχιση της κίνησης του ιμάντα όταν μία από τις ερπύστριες έφτανε στο σημείο όπου η γραμμή παραγωγής τελείωνε (επειδή στο σημείο αυτό υπήρχε ένας άξονας που λειτουργούσε σαν εμπόδιο). Επειδή δεν μπορούσαμε να ρυθμίσουμε την απόσταση του ιμάντα από το εμπόδιο δεν είχαμε το επιθυμητό αποτέλεσμα και εγκαταλείψαμε την παραπάνω ιδέα, εφόσον το προαναφερθέν πρόβλημα μπορούσε να λυθεί και με μια μικρή καθυστέρηση στους χρόνους εισαγωγής στο σύστημα αλλά και με τη βοήθεια του διαχωριστή, του οποίου η λειτουργία έχει αναλυθεί παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LEGOMINDSTORMSEV3

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει λεπτομερής ανάλυση όλου του προγράμματος που χρησιμοποιήσαμε στην εργασία μας, όπως επίσης θα υπάρχουν και φωτογραφίες από το πρόγραμμα, πάνω στις οποίες θα κάνουμε την ανάλυσή μας.

Έναρξη προγράμματος



-Εδώ αρχικοποιούμε τις μεταβλητές μας imantas και diachoristis στις τιμές 1 και 0 αντίστοιχα. Θα εξηγηθεί ο λόγος και η χρήση των μεταβλητών στην συνέχεια του κεφαλαίου. Έπειτα πραγματοποιείται η ρίψη του πρώτου καπακιού στο σύστημα από τον κινητήρα A ο οποίος προγραμματίστηκε να εκτελέσει μισή στροφή με δύναμη 15.

..

Είσοδος των προϊόντων

Ακόμα μπορούμε να δούμε ένα μέρος του προγράμματος της ρίψης καπακιών, όπου ουσιαστικά ο κινητήρας ωθεί το εκάστοτε καπάκι πάνω στον ιμάντα. Όπως βλέπουμε, έχουμε ορίσει για τον κινητήρα A τις παραμέτρους power και rotation στις οποίες δώσαμε τιμές 15 και 0,5 αντίστοιχα, όπου power η δύναμη με την οποία θα κάνει την περιστροφή και rotation οι μοίρες που θα στρίψει. Αρχικά, αφού το πρώτο καπάκι έχει πέσει γίνεται η αντίστροφη κίνηση με -15 και μισή στροφή ώστε το επόμενο καπάκι να βρίσκεται σε θέση να εισέλθει στο σύστημα. Όταν ο αισθητήρας χρώματος που βρίσκεται μετά τον διαχωριστή ανιχνεύσει οποιοδήποτε χρώματος καπάκι τότε εισάγεται το επόμενο στη σειρά καπάκι. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται αφού βρίσκεται σε μια ατέρμονη λούπτα.



Διαχωριστής

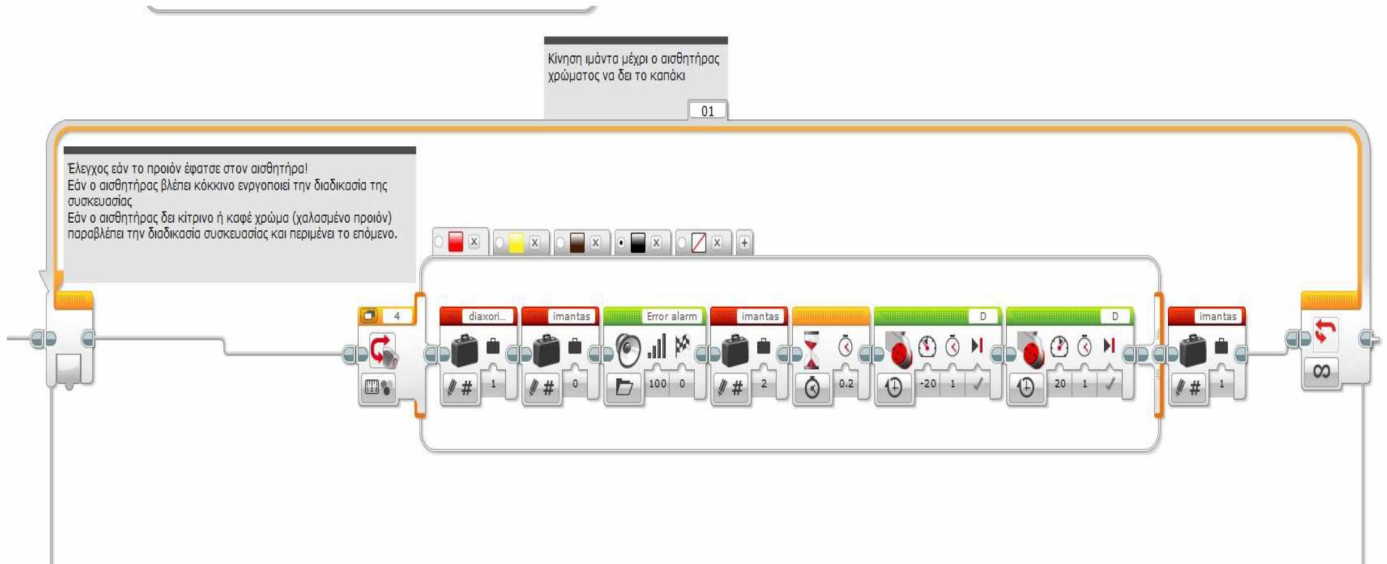
Στη συνέχεια φαίνεται το μέρος του προγράμματος που αφορά τον διαχωριστή. Ο διαχωριστής κλείνει με κατάλληλη χρονοκαθυστέρηση, έτσι ώστε το πρώτο καπάκι που έχει ενταχθεί στο σύστημα, να έχει προλάβει να βρίσκεται στην κατάλληλη θέση. Μετά από 1 sec, ο διαχωριστής ξανανοίγει, ελευθερώνοντας το καπάκι. Όταν ο αισθητήρας χρώματος, που βρίσκεται μετά τον διαχωριστή, ανιχνεύσει οποιοδήποτε καπάκι, η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι η είσοδος των καπακιών είναι συγχρονισμένη με τον διαχωριστή.



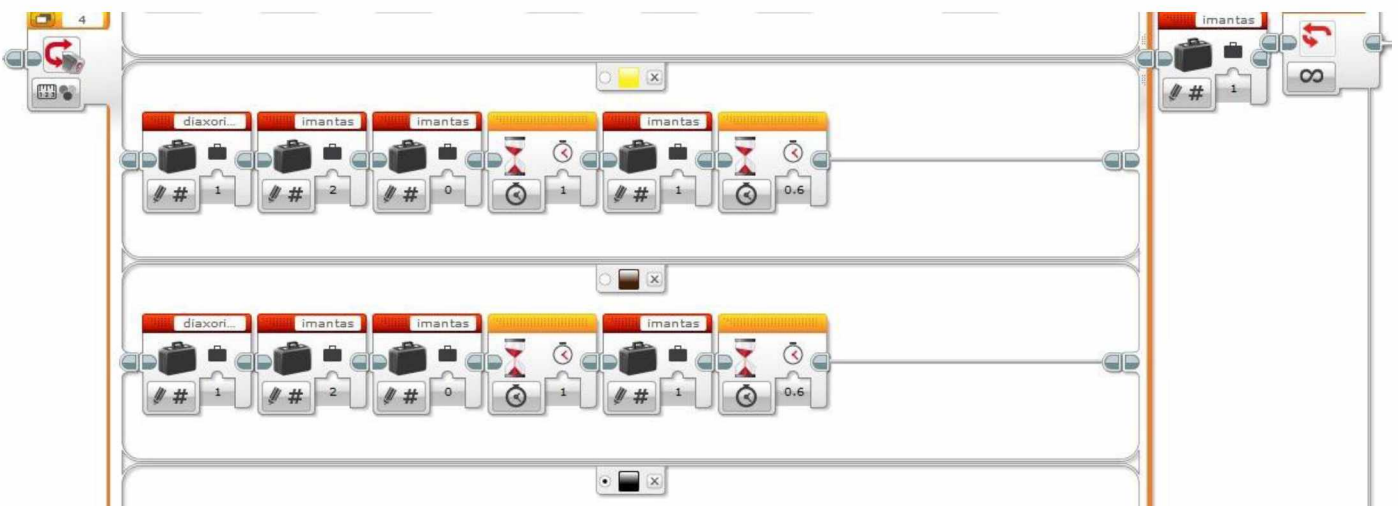
..

Τοποθέτηση ετικέτας

-Στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε την κίνηση του ιμάντα μέχρι ο αισθητήρας χρώματος να δει κάποιο καπάκι και συγκεκριμένα για την περίπτωση του όταν δει καλά μήλα (κόκκινο καπάκι). Όταν λοιπόν δει κόκκινο καπάκι, τότε ξεκινάει τη διαδικασία τοποθέτησης ετικέτας. Αρχικά, η μεταβλητή imantas γίνεται 0 και ακούγεται ο ήχος (red). Κατόπιν η μεταβλητή imantas γίνεται 2 (Περισσότερη ανάλυση για τη μεταβλητή imantas και τη λειτουργία της θα κάνουμε στη συνέχεια του κεφαλαίου). Στη συνέχεια βλέπουμε μια μικρή καθυστέρηση 0,2 sec και την επαναληπτική κίνηση του "σταμπαρίσματος". Μετά, η μεταβλητή imantas ξαναγίνεται 1 και τέλος όλο αυτό είναι σε μια ατέρμονη λούπα.



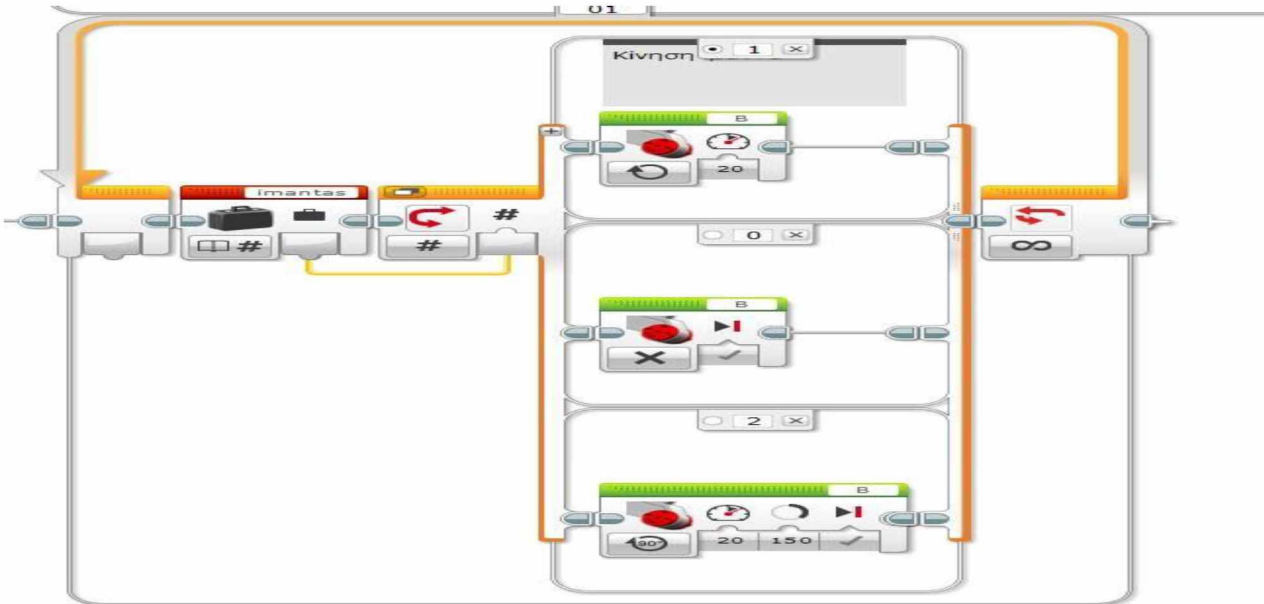
-Σε περίπτωση που ο αισθητήρας χρώματος δει κίτρινο, καφέ, τότε δεν συμβαίνει η τοποθέτηση ετικέτας. Ωστόσο, για τη χρονική ρύθμιση του διαχωριστή, έχουμε προσθέσει μία κίνηση αντίστοιχη με αυτή της τοποθέτησης ετικετών για αποφυγή λάθους.



..

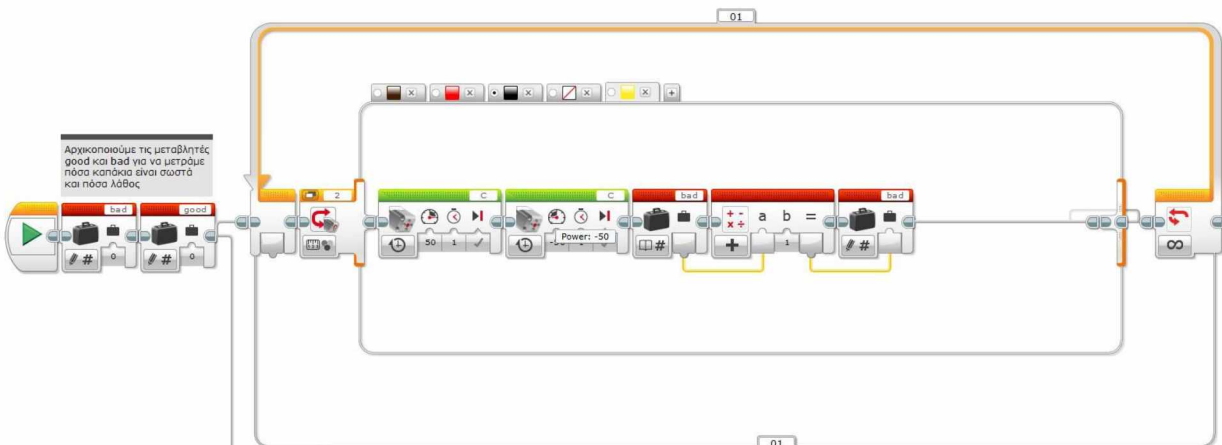
Κίνηση του ιμάντα

-Νωρίτερα είχαμε δει πως η τιμή της μεταβλητής imantas μεταβάλλεται από 1 σε 0 μετά σε 2 και ξανά σε 1. Όταν η μεταβλητή imantas έχει την τιμή 1, τότε ο κινητήρας που κινεί τον ιμάντα έχει δύναμη (power=20) και ο ιμάντας κινείται με μια σταθερή ταχύτητα. Τη στιγμή που περνά, όπως λέγαμε και παραπάνω, ένα κόκκινο καπάκι από τον αισθητήρα χρώματος, η μεταβλητή imantas γίνεται 0 και τότε ο κινητήρας σταματά την κίνηση του. Μετά, όταν γίνει 2 κάνει μια μικρή κίνηση, έτσι ώστε να φτάσει στο σωστό σημείο το μήλο για να σφραγιστεί (το κόκκινο καπάκι να σταμπαριστεί). Οι τιμές των μεταβλητών power και degrees έχουν οριστεί πειραματικά, μέσω πολλαπλών δοκιμών.



Ποιοτικός έλεγχος

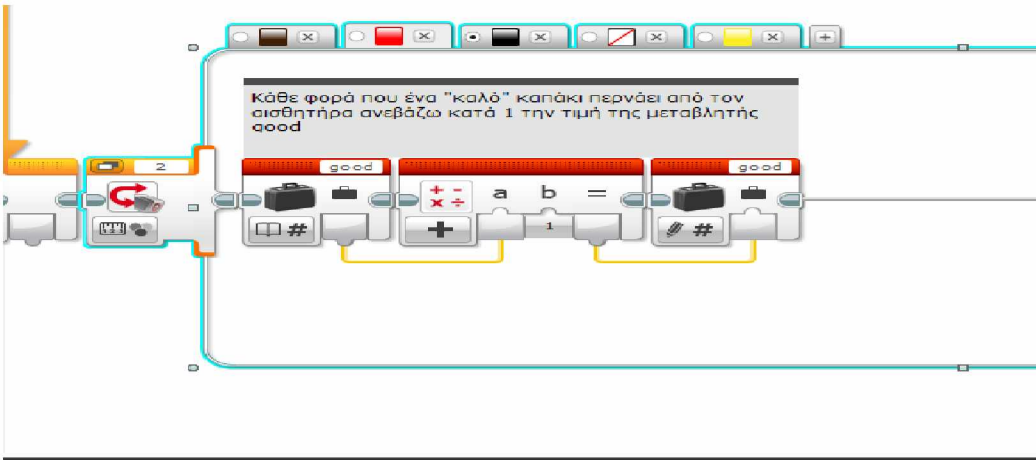
Ο ποιοτικός έλεγχος απορρίπτει τα κίτρινα καπάκια τα οποία καταλήγουν στον ενδιάμεσο κάδο της γραμμής παραγωγής. Στην πρώτη φάση, αρχικοποιούμε τις μεταβλητές good, bad για να έχουμε τη δυνατότητα να μετράμε το πλήθος των καπακιών τόσο αυτών που πληρούν τις προϋποθέσεις, όσο και αυτών που απορρίπτονται. Σε επόμενη φάση, αν ο αισθητήρας χρώματος εντοπίσει κίτρινο καπάκι, ενεργοποιείται ο κινητήρας C και το σπρώχνει στον ενδιάμεσο κάδο με Power 50 για ένα δευτερόλεπτο και επιστρέφει στην αρχική του θέση αμέσως μετά με τον αντίστροφο τρόπο. Στη συνέχεια καταμετρώνται τα κίτρινα καπάκια, μέσω της πράξης της πρόσθεσης στην αρχική μεταβλητή bad.



..

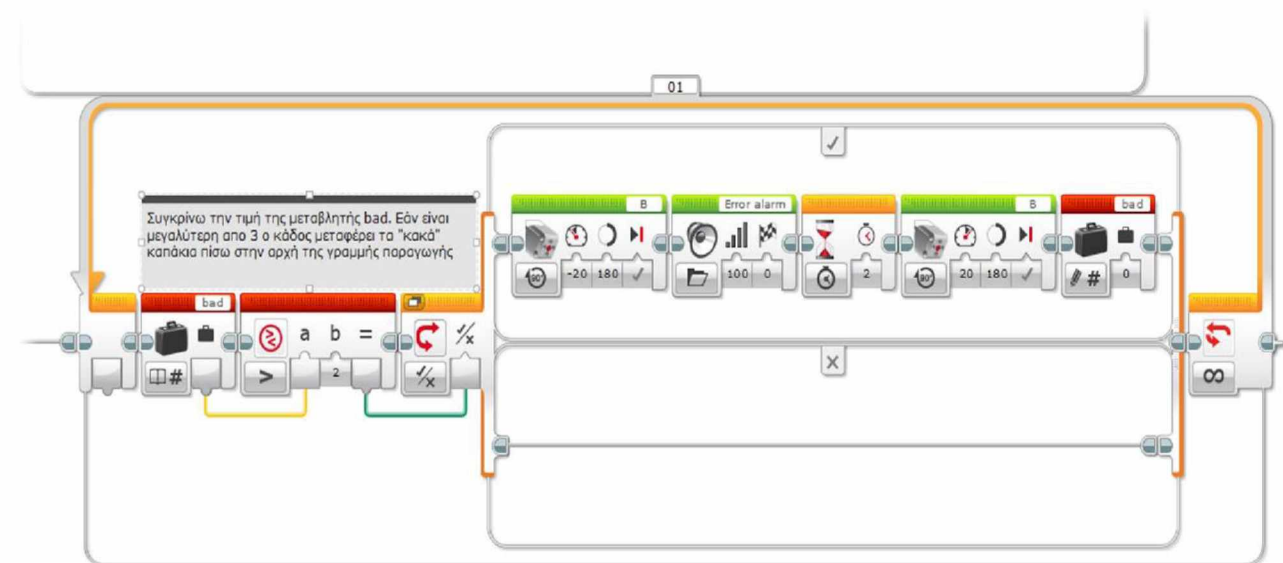
Καταμέτρηση καλών μήλων

Υπάρχει επίσης καταμετρητής των κόκκινων καττακιών



Κάδος προς επιστροφή προϊόντων

Σε αυτή τη φάση, συγκρίνουμε την μεταβλητή bad με τον αριθμό δύο (2). Συγκεκριμένα, όταν τα κίτρινα καπάκια υπερβούν την τιμή 2, τότε εκτελείται η ακόλουθη διαδικασία. Ο ενδιάμεσος κάδος εκτελεί περιστροφή 180 μοιρών με Power -20 για να τα μεταφέρει τα κίτρινα καττάκια (κακά μήλα) για κομποστοποίηση ή παραγωγή χυμού. Ο κάδος παραμένει στη θέση αυτή για 2 sec, έτσι ώστε να υπάρξει επαρκής χρόνος για τη χειροκίνητη συλλογή των μήλων από αυτόν. Στη συνέχεια επιστρέφει στη αρχική του θέση και η μεταβλητή bad μηδενίζεται.



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού της κατασκευής συναντήσαμε ορισμένες δυσκολίες που έπρεπε να αντιμετωπιστούν, προκειμένου να ολοκληρωθεί η ιδέα της προσομοίωσης της γραμμής παραγωγής. Στη συνέχεια ακολουθούν μερικές από τις παραπάνω δυσκολίες.

Ολοκλήρωση εντολών

Σημαντικό πρόβλημα, σε ένα πιο γενικό πλαίσιο όμως, είναι αυτό που σχετίζεται με την ολοκλήρωση εντολών. Σε οποιοδήποτε πρόγραμμα της Lego, αν για παράδειγμα οριστεί σε ένα ρότορα να κάνει έναν κύκλο και αυτός μπλοκάρεται και εκτελεί τον μισό, τότε σταματά να τρέχει όλη η σειρά των εντολών που βρίσκεται μετά από αυτόν. Επομένως πρέπει να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια στη ρύθμιση των εντολών.

Χρονικότητα

Από τις πρώτες κιόλας προσπάθειες προγραμματίσαμε τις κατασκευές μας με μόνη μεταβλητή τον χρόνο. Ένα τέτοιο σύστημα όμως δεν θεωρείται αυτοματοποιημένο. Σημαντικό πρόβλημα της LEGO είναι ότι τα bricks δεν αποθηκεύουν στη μνήμη τις αρχικές θέσεις του κάθε κομματιού που τίθεται σε κίνηση. Έτσι, σε καθεμιά χρονικά προγραμματισμένη κατασκευή είναι αδύνατον να επαναφέρουμε το εκάστοτε τμήμα στην απόλυτα ακριβή αρχική κατάσταση.

Διάκριση χρώματος και σταμπάρισμα

Ένα επιπλέον πρόβλημα αντιμετωπίστηκε στο σταμπάρισμα του προϊόντος. Η αρχική ιδέα ήταν να μην υπάρχει κίτρινο και κόκκινο, αλλά μόνο άσπρο, το οποίο θα σφραγιζόταν με μπλε χρώμα. Όμως ο αισθητήρας χρώματος περιμένει να διαβάσει πάνω από το 51% του χρώματος για να το εξακριβώσει. Γι' αυτό δεν δημιουργείται πρόβλημα και άλλες φορές είναι σε θέση να το αναγνωρίσει, άλλες όμως όχι. Επίσης, για να έμπαινε καλά η στάμπα, έπρεπε να βάλουμε αρκετή δύναμη με τη βοήθεια του κινητήρα στο καπάκι και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εμποδίζει τον ιμάντα να κινηθεί με προκαθορισμένη ταχύτητα ή να τον μπλοκάρει εντελώς.

..

Αλλαγή προγράμματος της Lego

Αξίζει να αναφερθεί πως, όταν εμείς ξεκινήσαμε την εκπόνηση αυτής, το πρόγραμμα της lego με το οποίο και δουλέψαμε ήταν διαφορετικό από αυτό που πλέον υποστηρίζει η ίδια η εταιρεία. Παρ' όλα αυτά η δική μας επιλογή ήταν να συνεχίσουμε να δουλεύουμε με το παλιό πρόγραμμα, μιας και σε αυτό εργαστήκαμε όλο αυτό τον καιρό και η διαδικασία εκμάθησης αλλά και εξοικείωσης με ένα εντελώς καινούργιο λογισμικό, ειδικά αφού το νέο πρόγραμμα εκδόθηκε, όταν εμείς είχαμε ήδη ολοκληρώσει το έργο μας, φάνταζε ασύμφορη. Παρακάτω υπάρχει φωτογραφία από το επίσημο site της lego, όπου στα αγγλικά αναφέρουν αυτό το πρόβλημα

Important service info regarding LEGO® MINDSTORMS® EV3 software and apps!

We are happy to announce that users of LEGO MINDSTORMS EV3 will now get a new experience when building and coding their creations.

The new **LEGO MINDSTORMS EV3 Home** app featuring a coding language based on Scratch, will replace the current Windows 10 and macOS software LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition (Labview), as well as the tablet iOS/Android app LEGO MINDSTORMS EV3 Programmer.

The LEGO MINDSTORMS EV3 Programmer app will be removed from current app stores at the end of June 2021.

The retired LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition software for Mac and PC (Labview) can be found further down. Please notice this software is no longer supported by the LEGO Group.

Εικόνα 23: Φωτογραφία που δείχνει ότι το πρόγραμμα στο οποίο δουλεύουμε δεν θα υποστηρίζεται

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως η συγκεκριμένη Γραμμή Παραγωγής δεν αφήνει τίποτε να χαθεί και επιτυγχάνει τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του υλικού, εφόσον και τα όχι «καλά» μήλα κατευθύνονται προς την κομποστοποίηση. Έτσι, περιορίζονται τα απόβλητα, επιτυγχάνεται η κυκλική οικονομία, που εστιάζει στη μείωση της σπατάλης των πόρων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία.



Εικόνα 24: Κυκλική οικονομία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η προσομοίωση βιομηχανικής γραμμής παραγωγής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση LEGOMINDSTORMSEV3 . Μπορεί κανείς να αντιληφθεί ότι η LEGO έχει ως στόχο την επαφή και εξοικείωση με τη ρομποτική και αποτελεί το πρώτο βασικό βήμα για κάποιον που προσπαθεί να εντρυφήσει σε αυτή. Με λίγα λόγια δεν μπορεί να βασιστεί κάποιος στην ακρίβεια που μπορεί να παρέχει το πακέτο αυτό, εφόσον έχει περιορισμένες δυνατότητες. Από ένα Kit της Lego είναι δύσκολο να απαιτήσει κανείς μία 100% ρεαλιστική απεικόνιση, που η χρηστικότητα και η χρησιμότητά της να είναι αποδοτική και παραγωγική. Σίγουρα υπάρχουν και πιο σύνθετες κατασκευές με πολύ καλά οργανωμένο προγραμματισμό και με ικανοποιητική ακρίβεια. Για μια τέτοια εργασία ρεαλιστικού ενδιαφέροντος και με καλύτερη προσέγγιση θεωρείται καταλληλότερο να γίνει μέσω ARDUINO.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Τώρα που η εργασία μας έχει ολοκληρωθεί και που είδαμε στην πράξη την πορεία αλλά και τα προβλήματα της συγκεκριμένης κατασκευής, είμαστε σε θέση να προτείνουμε κάποιες ιδέες για την περαιτέρω εξέλιξή της.

- Θα μπορούσαμε να εισάγουμε παραπάνω αισθητήρες, διαφορετικούς, που θα πρόσφεραν περισσότερη ακρίβεια και ίσως επιπλέον ευκολία τόσο στον προγραμματισμό όσο και στην κατασκευή γενικότερα.
- Ο κάδος που περιέχει τα μη υγιή προϊόντα, όταν φτάσει στην τελική του θέση, θα μπορούσε να ανοίγει αυτόματα με τη βοήθεια ενός αισθητήρα και να προωθεί τα προϊόντα σε έναν ιμάντα συνεχούς ροής, ώστε να διευκολύνει τη χειροκίνητη διαλογή τους για χυμό ή κομποστοποίηση. Κατόπιν ο κάδος με την προσθήκη ενός αισθητήρα βάρους να κλείνει αυτόματα, όταν αδειάσει πλήρως και να επιστρέφει στην αρχική του θέση. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση του κόστους.
- Τα υγιή προϊόντα με τη χρήση ενός καταμετρητή, που θα λειτουργεί και ως διαχωριστής, θα μπορούσαν να ομαδοποιούνται και κατόπιν να τοποθετούνται με τη βοήθεια μικρού γερανού αυτόματα σε κατάλληλα τελάρα.
- Τέλος, θα μπορούσαμε να απαλείψουμε τον μηχανισμό με τα γρανάζια και να τοποθετούσαμε δύο κινητήριους τροχούς για τον κάθε ιμάντα ξεχωριστά, κάτι το οποίο βέβαια θα ήταν πιο δαπανηρό, όπως προαναφέραμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ LINK

- https://www.youtube.com/watch?v=Qy-OZhWzDKc&ab_channel=EducationalTVGreece
Γραμμές Παραγωγής στην Ελλάδα. Ακολουθώντας τη γραμμή παραγωγής στη βιομηχανία τροφίμων YOUTUBE-EducationalTVGreece. 10/3/2016
- <https://industry-news.gr/i-anadysi-ton-rompot-sti-viomichaniki-paragogi/>
Η ανάδυση των ρομπότ στη βιομηχανική παραγωγή industry-news.gr 16/01/2021
- <https://education.lego.com> MindstormsEV3 Lego R education
- <https://www.neo.gr> Βιομηχανία-Neo.gr
- <https://www.ashellas.com> Γραμμές Παραγωγής – Plant engineering and automation
- <https://www.youtube.com/watch?v=95SVqFCm1n8> Γραμμές Παραγωγής Kaist
- https://www.youtube.com/watch?v=U_3v6u_VMGQ Lego Car factory
- <https://www.youtube.com/watch?v=DFO6SLIbofg> Lego coulour sorter
- <https://ev3lessons.com/el/> Χρήσιμη σελίδα μαθημάτων Lego Mindstorms EV3
- <http://www.drgraeme.org/> Χρήσιμη σελίδα tutorial Lego Mindstorms EV3
- https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_EV3 Wikipedia για τα Lego Mindstorms
- https://el.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms Wikipedia για τα Lego Mindstorms

