

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1644



ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΚΙΝΗΣΗ ΓΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΒΛΑΧΑΝΤΩΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΣΑΒΒΑΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΥΦΑΝΤΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου Διεργασιών Ψηφιακής Επεξεργασίας Σημάτων & Συλλογής Δεδομένων του τμήματος Ηλεκτρολογών Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους ανθρώπους που μας βοήθησαν στην πορεία της πτυχιακής μας μελέτης. Πρωτίστως, να ευχαριστήσουμε τον Δρ. Απόστολο Υφαντή, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την ανάθεση ενός σημαντικού και αξιολογού θέματος, καθώς επίσης και τον κ. Ιωάννη Χατζή για την επίσης σημαντική παρουσία του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Θερμές ευχαριστίες στον κ. Παναγιώτη Ράππη ο οποίος βρισκόταν πάντα δίπλα μας, πράττοντας τα μέγιστα.

Ευχαριστούμε τις οικογένειές μας και τους ανθρώπους που μας στήριξαν σε όλο αυτό το εγχείρημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ ΚΑΙ ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	12
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	12
1.2 ΚΙΝΗΤΑ ΡΟΜΠΟΤ	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	24
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	24
2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΗΣ	24
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HARDWARE	28
2.2.1 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	28
2.2.2 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	30
2.2.3 ΤΡΟΧΟΙ	31
2.2.4 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	32
2.2.5 ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ	32
2.2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ	33
2.2.7 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ	33
2.2.8 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ	34
2.2.9 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ	35
2.2.10 ΟΠΤΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ	35
2.2.11 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	36
2.2.12 ΣΑΡΩΤΗΣ ΛΕΪΖΕΡ	38
2.2.13. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ	39
2.2.14 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ	39
2.2.15 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ	40
2.2.16 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ	42
2.2.17 ΟΘΟΝΗ ΚΑΙ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ	42
2.2.18 ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΚΑΡΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ	43
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ SOFTWARE	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	48
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ	48
3.1 ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΜΕΡΑ	48
3.1.1 ΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ	48

3.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	49
3.1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	50
3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΜΕΡΑ.....	50
3.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	50
3.2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ.....	51
3.2.3 ΔΟΜΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ.....	52
3.2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HARDWARE ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ.....	52
3.2.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ SOFTWARE ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	55
3.2.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	60
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	60
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	60
4.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	62
4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ.....	70
4.3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ.....	70
4.3.2 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ.....	70
4.3.3 ΥΠΕΡΥΘΡΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	72
4.3.4 ΟΠΤΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	73
4.3.5 ΣΑΡΩΤΗΣ ΛΕΪΖΕΡ.....	76
4.3.6 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ.....	77
4.3.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ.....	78
4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΥ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	79
4.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	83
4.5.1 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ.....	84
4.5.2 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	87
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ^[36]	87
5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ.....	87
5.1.1 ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ.....	88
5.1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ.....	90
5.1.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ.....	91
5.1.4 ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Νο1.....	92
5.1.5 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΠΡΟΣ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	93
5.1.6 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ.....	94
5.1.7 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΠΛΑΓΙΩΣ.....	95

5.1.8 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΥΚΛΙΚΑ	95
5.1.9 ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Νο2	95
5.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΕΜΠΟΔΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΙΑΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ.....	97
5.2.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ	97
5.2.2 ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	99
5.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΕΝΑΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	100
5.3.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΠΑΦΗ Ι/Ο	100
5.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	101
5.3.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	101
5.4 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΝΟΣ ΕΓΧΡΩΜΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	103
5.4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	104
5.4.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ.....	106
5.4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	111
ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο αυτής της πτυχιακής εργασίας αποτελεί η μελέτη της δομής και της λειτουργίας ενός ρομποτικού συστήματος, με εφαρμογές στην αυτόνομη κίνηση για την ανίχνευση αντικειμένων, που προσομοιάζουν πιθανά σενάρια, τα οποία δύνανται να συμβούν σε πραγματικό χώρο και χρόνο. Το ρομποτικό σύστημα της μελέτης είναι το Robotino, της έκδοσης Premium, της εταιρείας Festo Didactic.

Αρχικά, αναλύεται η δομή του συστήματος, δηλαδή γίνεται μελέτη των επιμέρους βασικών τμημάτων του (σασί, κινητήριο σύστημα, αισθητήρες, κάμερες, τροφοδοτικό σύστημα, μονάδα ελέγχου, σύστημα επικοινωνίας), περιγραφή των υλικών (hardware) του, όπως επίσης και περιγραφή του λογισμικού (software) που χρησιμοποιήθηκε στις εφαρμογές.

Με το Robotino παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικών επεκτάσεων και εφαρμογών σε οποιοδήποτε ύψος του κύριου κορμού. Κατ' επέκταση, το Robotino παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής σε ένα χρήσιμο εργαλείο για οποιαδήποτε εφαρμογή, είτε ως ανυψωτικό μηχάνημα, είτε ως εκτελεστής υπηρεσιών και εργασιών.

Στη συνέχεια, ακολουθεί μελέτη της δομής και λειτουργίας της οπτικής και θερμικής κάμερας, όντας εγκατεστημένες σαν αισθητήρες στον κύριο κορμό του ρομποτικού συστήματος. Στην παρούσα μελέτη η απευθείας αλληλεπίδραση της θερμικής κάμερας με το Robotino και οι πληροφορίες της μεταφέρθηκαν προς τον χρήστη μέσω του φορητού υπολογιστή (notebook), το οποίο παρέχεται με το βιβλίο εργασιών (workbook), στην έκδοση που διαθέτουμε. Εν τούτοις, μελετήθηκαν πληροφορίες που λαμβάνονται άμεσα από την οπτική διαδικτυακή κάμερα και των υπολοίπων αισθητηρίων, σε συνδυασμό με άλλες ενέργειες του.

Η προγραμματιζόμενη διεπαφή (API) του Robotino επιτρέπει τη χρήση διαφόρων γλωσσών προγραμματισμού με σκοπό τον έλεγχο και την ανάπτυξη εφαρμογών. Έπειτα, εφαρμόζονται κατάλληλα λογισμικά (software) και ενέργειες, ώστε η κίνηση του ρομπότ να διεξάγεται με ασύρματη καθοδήγηση μέσω ηλεκτρονικού φορητού υπολογιστή (notebook) στον χώρο, με την ταυτόχρονη μεταφορά πληροφοριών μέσω της κάμερας.

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το Robotino View. Το τελευταίο, αποτελεί ένα διαδραστικό γραφικό περιβάλλον που επικοινωνεί απευθείας με το ρομποτικό σύστημα μέσω ασύρματου δικτύου.

Τέλος, στην εν λόγω πτυχιακή γίνεται αναφορά περί πιθανών εφαρμογών και υπηρεσιών του ρομποτικού συστήματος σε μια πληθώρα τομέων όπως παραδείγματος χάρη την ανίχνευση μέσω διαφοράς θερμοκρασίας επιζώντων σε βιομηχανικό ή άλλο ατύχημα, στο οποίο είναι αδύνατη ή άμεσα πρόσβαση ανθρώπου, ανίχνευσης υψηλής-χαμηλής θερμοκρασίας σε υποσταθμούς μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφορά επικίνδυνων εκρηκτικών χημικών υλικών στο τομέα του στρατού, καθώς επίσης και εφαρμογές στην ιατρική και τη δημόσια ασφάλεια.

ABSTRACT

The subject of this thesis is the study of the structure and function of a robotic system with applications in the autonomous motion for the detection of objects, simulating possible scenarios that can occur in real space and time. The robotic system of the study is Robotino, the Premium edition of Festo Didactic.

Initially, it is analyzed the structure of the robotic system, that is, a study of its basic parts (chassis, drive system, sensors, cameras, power supply system, control unit, communication system) and description of its hardware, as well as its software used in applications.

With Robotino, it is possible to connect external extensions and applications to any height of its main body. By extension, Robotino provides the ability to convert to a useful tool for any application, either as a lifting machine or as a service and task executive.

Afterward follows the study of the structure and function of the optical and thermal camera, being installed as sensors in the main body of the robotic system. In the present study, the direct interaction of the thermal camera with Robotino and its information was transferred to the user via the notebook, which is provided with the workbook in the version we dispose. However, information obtained directly from the optical webcam and other sensors, along with other actions, will be studied.

Robotino's programmable interface (API) allows the use of various programming languages to control and deploy applications. Then, appropriate software and actions are implemented to ensure that the robot's movement is carried out by means of wireless guidance through an electronic notebook in space, with the simultaneous transfer of information through the camera.

The software used is Robotino View. The latter is an interactive graphic interface that communicates directly with the robotic system over a wireless network.

Finally, this thesis discusses possible applications and services of the robotic system in a number of fields such as finding survivors by measuring temperature difference in an industrial accident and more, where human's access is impossible. Also high-low temperature detection in power transmission substations, transportation of hazardous explosive chemical materials in the army, as well as medical applications and public security.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για πολλά χρόνια η ρομποτική είχε πραγματικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη ανάπτυξη και ως εκ τούτου αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της επιστημονικής, τεχνολογικής και κοινωνικής εξέλιξης της ανθρωπότητας [1]. Περιγράφει το πεδίο της μελέτης των ρομπότ και ως φράση πρωτοεμφανίστηκε το 1942 από τον συγγραφέα επιστημονικής φαντασίας Isaac Asimov [2], ο οποίος πιστώνεται με τη διάδοση της ρομποτικής και μένει γνωστός στην ιστορία για τους τρεις νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά του ρομπότ. Οι νόμοι είναι οι εξής:

1. Ένα ρομπότ δεν μπορεί να βλάψει ανθρώπινο ον ή μέσω της αδράνειας ο άνθρωπος να τραυματιστεί.
2. Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει στις εντολές που του δόθηκαν από τον άνθρωπο, εκτός εάν τέτοιες εντολές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο κανόνα.
3. Το ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξη του, συνδυάζοντας ταυτόχρονα τις ιδεολογικές έννοιες του πρώτου και δεύτερου κανόνα.

Ο Asimov συνέλαβε τους νόμους της ρομποτικής για να επιβάλλει την τάξη της ελεύθερης βούλησης των πλασματικών ρομπότ. Από τότε τα ρομπότ έχουν απεικονισθεί ευρέως στο λογοτεχνικό και κινηματογραφικό χώρο, μερικές φορές ως φίλος του ανθρώπου (Star Wars), αλλά συχνά και ως εχθρός του (Terminator) [3].

Η ρομποτική είναι βασισμένη σε δύο ικανές τεχνολογίες: τον τηλεχειρισμό και την ικανότητα αριθμητικού ελέγχου των μηχανών. Τα τηλεχειριζόμενα αποτελούν μηχανές, οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν μεμακρυσμένα και αποτελούνται συνήθως από ένα βραχίονα και μια λαβή. Οι κινήσεις του βραχίονα και της λαβής ακολουθούν τις εντολές που δίδονται από την χειριστή μέσω της συσκευής ελέγχου. Τα πρώτα τηλεχειριζόμενα κατασκευάστηκαν για τη διαχείριση των ραδιενεργών υλικών. Ο αριθμητικός έλεγχος επιτρέπει τον έλεγχο των μηχανών με μεγάλη ακρίβεια όσον αφορά τις συντεταγμένες του συστήματος. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1952 στο MIT και οδήγησε στη δημιουργία της πρώτης γλώσσας προγραμματισμού (την επονομαζόμενη APT: Automatic Programmed Tools). Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνικών οδήγησε με τη σειρά του στο πρώτο προγραμματιζόμενο τηλεχειριζόμενο [4].

Η ετυμολογία της λέξης «ρομπότ» εμφανίστηκε πρόσφατα στο χρονοδιάγραμμα των αποκαλούμενων «ρομπότ». Η Τσέχικη λέξη «Robot», που δηλώνει την υποχρεωτική και καταναγκαστική εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως όρος για την περιγραφή τεχνητών ανθρώπων (roboti) σε Τσέχικη παράσταση το 1920 με τίτλο R.U.R (Rossum's Universal Robots), που γράφτηκε από τον Karel Capek [2].

Για να χαρακτηριστεί ως ρομπότ μια μηχανή θα πρέπει να είναι σε θέση να κάνει δύο πράγματα: αρχικά να παίρνει πληροφορίες από το περιβάλλον της και έπειτα να κάνει μια φυσική πράξη, όπως να κινείται ή να χειρίζεται αντικείμενα. Για τον λόγο αυτό, τα ρομπότ είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες για να δέχονται τα δεδομένα και με ενεργοποιητές για να εκτελούν τις διαδικασίες. Τα ρομπότ δύνανται να είναι ογκώδη και μεγάλου μήκους μηχανές ή να είναι μικροσκοπικά χειριστήρια. Ακόμη, μπορεί να χαρακτηριστούν είτε έξυπνα λειτουργώντας αυτόνομα και απρόβλεπτα στον χώρο εργασίας τους, είτε ανόητα επαναλαμβάνοντας την ίδια προβλέψιμη ακριβή διαδικασία χωρίς παύση [5]. Ανάλογα με την μορφή και τη λειτουργία τους κατατάσσονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: χειριστές, κινητά και ανθρωποειδή ρομπότ [6].

Δεν υπάρχει ακριβής ορισμός, ωστόσο, σύμφωνα με το Ινστιτούτου Ρομποτικής της Αμερικής το «Ρομπότ αποτελεί μια επαναγραμματιζόμενη πολυλειτουργική χειριστική διάταξη, σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων, εργαλείων και εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών, προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση μια σειράς εργασιών». Αν και αυτός ο ορισμός, προφανώς, προοριζόταν για τα βιομηχανικά ρομπότ, εν τούτοις, ταυτίζεται με τα βασικά χαρακτηριστικά του προγραμματισμού, της ευελιξίας και της κίνησης [7].

Η ρομποτική έχει πλέον απομακρυνθεί από αυτόν τον πρόωρο ορισμό καθώς, αρχικά τα ρομπότ χρησιμοποιούνταν ως χειριστήρια σε εργοστάσια, ενώ η εφαρμογή τους στις μέρες μας είναι πολύ ευρύτερη. Το 1987 το Τμήμα Εμπορίου και Βιομηχανίας στο Ηνωμένο Βασίλειο ανέπτυξε προχωρημένη πρωτοβουλία ρομποτικής, με σκοπό την ενθάρρυνση της εκτεταμένης χρήσης της και σε άλλες περιοχές πέρα των εργοστασίων. Χρησιμοποίησε κατ' επέκταση αυτόν το ορισμό ως Advanced Robotics και ανέφερε πως « Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών ευρείας εφαρμογής και τα χαρακτηριστικά που αγκαλιάζουν τους χειριστές, την κινητικότητα, τους αισθητήρες, την πληροφορική και τον ιεραρχικό έλεγχο μπορεί να οδηγήσει τελικά σε ένα ολοκληρωμένο αυτόνομο ρομπότ που συμπληρώνει τις προσπάθειες του ανθρώπου σε αδύνατα και εχθρικά περιβάλλοντα». Ο εν λόγω ορισμός παρουσιάζεται αρκετά ευρύς, αλλά ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι η ενσωμάτωση των τεχνολογιών, στόχος της οποίας είναι η παραγωγή συσκευών που έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν τόσο αυτόνομα, όσο και σε περιβάλλοντα αδύνατα ή εχθρικά προς τον άνθρωπο. Πιο πρόσφατα, ο όρος «Mechatronics» έχει χαρακτηριστεί ως «ο συνεργατικός συνδυασμός της μηχανολογικής μηχανικής, ηλεκτρονικού ελέγχου και συστήματος σκέψης για τον σχεδιασμό προϊόντων και διαδικασιών» (Festo Didactic GmbH Co 1998) [7].

Πέραν του Ηνωμένου Βασιλείου, σε ολόκληρο τον κόσμο απαντώνται πολλά παραδείγματα «advanced robotics». Το κλειδί όλων αυτών δεν είναι μόνο το επίπεδο της τεχνολογίας, αλλά και το επίπεδο των bots που έχουν απομακρυνθεί από τα εργοστάσια και

απλώνονται σε περισσότερους τομείς. Τα παραδείγματα καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών και περιλαμβάνουν συσκευές, σύμφωνα με τις ανάγκες της ανθρώπινης κοινότητας [7].

Ένας βασικός τομέας στις μέρες μας, όπου το χρηματικό ποσό δεν αποτελεί το βασικό κριτήριο, είναι οι αποστολές στο διάστημα. Δεδομένου ότι η υποστήριξη της ανθρώπινης ζωής στο διάστημα είναι δαπανηρή και οι διαστημικές εφαρμογές επικίνδυνες, αναδεικνύεται η αναγκαιότητα συμπλήρωσης ή αντικατάστασης του ανθρώπου από ανθρωποειδή ρομπότ. Ως απόρροια αυτών, η εμφάνιση τους αναδεικνύεται δικαιολογημένη, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούν πιστοποιημένα εργαλεία, τα οποία προορίζονται για ανθρώπινη χρήση [8].

Ένας άλλος τομέας στον οποίον γίνεται χρήση της ρομποτικής είναι η εξερεύνηση των ωκεανών, και πιο συγκεκριμένα τα AUV (αυτόνομα υποβρύχια οχήματα), τα οποία έχουν δημιουργήσει μια πραγματική επανάσταση στον χώρο αυτό, καθώς χρησιμοποιούνται για ωκεανογραφική έρευνα και για επιθεώρηση των εργασιών σε ορυχεία μικρού βάθους στον ωκεανό [9].

Η «προσωπική ρομποτική» που εξελίσσεται τις τελευταίες δεκαετίες προορίζεται έτσι ώστε να εξυπηρετεί ή να συνοδεύει τους ανθρώπους στην ιδιωτική τους ζωή. Περιλαμβάνει δύο ειδών ρομπότ, εκείνα που προορίζονται για να εκτελούν χρήσιμες εργασίες μέσα και έξω από τα σπίτια των ανθρώπων και τα οποία εξελίσσονται τελικά σε τεχνίτες ή υπηρέτες και εκείνα τα ρομπότ, σκοπός των οποίων είναι η τέρψη των ανθρώπων [5].

Η εφαρμογή της ρομποτικής δεν θα μπορούσε παρά να διαδραματίζει ενεργό ρόλο στο στρατό. Τα ρομπότ στον χώρο αυτό χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Τα UAV (μη επανδρωμένα αεροσκάφη) είναι σχεδιασμένα για επιτήρηση και αποστολές αναγνώρισης, ενώ τα UGV (μικρά μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους) μπορούν να εισέλθουν σε επικίνδυνες περιοχές και να συγκεντρώσουν πληροφορίες χωρίς να διακινδυνεύουν οι ζωές των στρατιωτών. Τα MULE (πολυλειτουργικά κοινής ωφέλειας/μεταφοράς και εξοπλισμού) με τη σειρά τους έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν υποστήριξη στη μάχη και τέλος τα AVR (ένοπλα ρομποτικά οχήματα) μπορούν να μεταφέρουν ισχυρές πλατφόρμες όπλων ή εξοπλισμό παρακολούθησης [6].

Όσον αφορά την ιατρική, διάφορες μορφές ρομποτικών συσκευών με συγκεκριμένους στόχους έχουν χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα χειρουργικών ειδικοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της ορθοπεδικής, νευροχειρουργικής, ουρολογίας, καρδιοπάθειας, γενική χειρουργική και της γυναικολογίας [2].

Η ρομποτική τεχνολογία, σε ορισμένες περιπτώσεις έχει εφαρμοστεί και στην εκπαίδευση [7], ενώ παράλληλα διάφοροι διαγωνισμοί ρομποτικής διεξάγονται τις τελευταίες δεκαετίες. Στο Kobe της Ιαπωνίας το 2006 πραγματοποιήθηκε το πρώτο φεστιβάλ

υποβρύχιων ρομπότ παροτρύνοντας νεαρούς μηχανικούς να ασχοληθούν με την υποθαλάσσια εξερεύνηση χρησιμοποιώντας AUV [10]. Το RoboCup αποτελεί μια διεθνή πρωτοβουλία για την προώθηση της επιστήμης και της τεχνολογίας μέσω διοργανώσεων που αφορούν ρομποτικούς διαγωνισμούς. Κατά τη διάρκεια των διαγωνισμών ρομπότ διαφόρων ειδών παίζουν ποδόσφαιρο σύμφωνα με τους επίσημους κανονισμούς της FIFA [11].

Συνοψίζοντας, ο όρος «ρομποτική» περιλαμβάνει ένα καταιγισμό εφαρμογών και χρήσεων, αποκλείοντας τη μονοσήμαντη ερμηνεία του. Κατ' επέκταση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως όλα τα είδη ρομπότ μπορούν εν δυνάμει να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλους χώρους για διαφορετικούς σκοπούς [7].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ ΚΑΙ ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

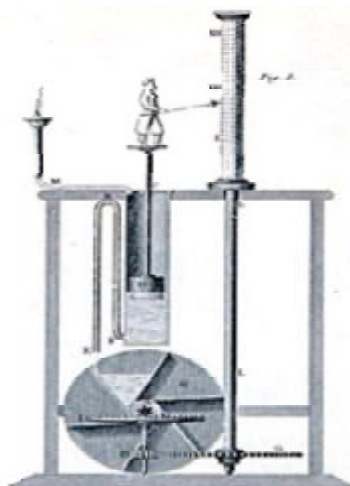
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Από την προϊστορική εποχή, ακόμη, ο άνθρωπος ονειρευόταν μηχανήματα ικανά να μιμούνται οργανισμούς ή ακόμα και να ξεπερνούν τους ανθρώπους στις ικανότητες. Με την πάροδο του χρόνου προέκυψαν έξυπνοι και ευρηματικοί τεχνίτες, οι μεταγενέστεροι μηχανικοί, οι οποίοι ξεκίνησαν τις προσπάθειες να δημιουργήσουν πραγματικά μηχανήματα [5]. Πιθανώς η παλαιότερη αναφορά των αυτόνομων κινητών ρομπότ να αναφέρεται στο «Ιλιάδα» του Homers (γραμμένο το 800 π.Χ). Σύμφωνα με αυτή την πηγή, ο Ήφαιστος, ο σιδεράς Ελληνικός θεός της μεταλλουργίας και της φωτιάς έχτισε 20 τρίποδα πλάσματα (τους τρίποδες) εξοπλισμένα με χρυσούς τροχούς ως βάση, τα οποία τον βοηθούσαν να εισέλθει στη συγκέντρωση των θεών και στη συνέχεια να επιστρέφει σπίτι του. Οι τρίποδες περιγράφονται ως ισχυρά και έξυπνα πλάσματα με αυτιά και φωνές, πρόθυμα να παρέχον την όποια βοήθεια στο χώρο του εργαστηρίου και να εργάζονται για τον ίδιο [5]. Επιπλέον, στην Ελληνική μυθολογία βρίσκουμε πλάσματα που χρησιμοποιούνται για ειδικά καθήκοντα. Ο Τάλως, επίσης δημιούργημα του Ήφαιστου, ήταν ένα γιγαντιαίο χάλκινο, αυτόματο ρομπότ, σκοπός του οποίου ήταν να προστατεύει την Ευρώπη στην Κρήτη από τους πειρατές και άλλους εισβολείς [12].

Τα ρομποτικά σχέδια δεν υπήρχαν μόνο στην μυθοπλασία [12], καθώς με το πέρασμα των αιώνων, ενδιαφέρουσες αναφορές λαμβάνουν χώρο σε διάφορους πολιτισμούς και ηπείρους [2], όπου πρώιμοι εφευρέτες προσπάθησαν να κατασκευάσουν μηχανικά αυτόματα [12]. Στην αρχαία Κίνα (1023–957 π.Χ) ένας μηχανολόγος μηχανικός της εποχής, ονομαζόμενος Yan Shi, παρουσίασε τον King Mu of Zhou, ένα μεγάλης διάρκειας μηχανικό πλάσμα ανθρώπινης μορφής [2]. Τον 4ο αιώνα π.Χ (428–347 π.Χ) ο Έλληνας μαθηματικός Αρχύτας της Ταρτάντου, σχεδίασε και κατασκεύασε την πρώτη τεχνητή αυτοπροωθούμενη ιπτάμενη συσκευή, «το περιστέρι», που προωθούταν από ατμό. Εξυπηρέτησε τις πρώτες μελέτες πτήσεων της ιστορίας και ίσως θεωρείται ως το πρώτο μοντέλου αεροπλάνου, αφού κατάφερε και πέταξε περίπου 200 μέτρα [2,12]. Η «κλεψύδρα» (εικόνα 1.1.1), ένα ρολόι νερού με κινητά μέρη, εξοπλισμένο με το πρώτο σύστημα ελέγχου με ανατροφοδότηση, φτιάχτηκε από τον μηχανικό και εφευρέτη Κτησίβιο της Αλεξάνδρειας (250 π.Χ). Ο Κτησίβιος έγραψε το πρώτο βιβλίο σχετικά με τα πνευματικά, καθώς οι

πολύαριθμες μηχανικές συσκευές του βασίζονταν στις πνευματικές ενέργειες [13]. Περισσότερα αυτόματα περιγράφηκαν στην Αλεξάνδρεια, μια Ρωμαϊκή επαρχία της Πτολεμαϊκής Αιγύπτου [2].

Ο Ήρων (περίπου 10-70 μ.Χ) ήταν ο τελευταίος λαμπρός Αλεξανδρινός πολυμαθής, που μεταξύ πολλών αυτόματων συσκευών κατασκεύασε θεατρικά αυτόματα, ικανά να κινούνται με την πίεση του ατμού ή του νερού. Μια από της μηχανές του, χρησιμοποιούσε τη θερμότητα της φωτιάς για να εκτοπίζει το νερό από πλεύμενα σκάφη, δημιουργώντας έτσι μια μηχανική δράση, ενώ πιστώθηκε με την μεγάλη του εφεύρεση τον αμοστρόβιλο, η οποία αποτέλεσε την πρώτη μηχανή βασισμένη στην πίεση του ατμού [13]. Στις αρχές του 8 αιώνα, Ισλαμιστές τεχνίτες κατασκεύασαν για τον Abbasid Caliphs της Βαγδάτης, αυτοκινούμενα, βασιζόμενα στην αιολική ενέργεια. Μεταξύ πολλών σχολαστικών μελετητών, ο πιο σημαντικός μηχανικός ήταν ο Al-Jazari. Ο εν λόγω μηχανικός έχτισε το πιο προγραμματιζόμενο ανθρωποειδές αυτόματο που περιγράφεται στο βιβλίο «Γνώση για Μεγαλοφυείς Μηχανικές Συσκευές» το 1206. Περιελάμβανε τέσσερις μουσικούς σε μια βάρκα που ήταν σε θέση να εκτελούν διάφορες κινήσεις του σώματος κατά τη διάρκεια της μουσικής παράστασης [13].



Εικόνα 1.1.1, Η «κλεψύδρα», το πρώτο αυτόματο με σύστημα ανάδρασης.

Το πρώτο ρομπότ που μιμήθηκε ανθρώπινες κινήσεις της γνάθου, των χεριών και του λαιμού σχεδιάστηκε από το Leonardo da Vinci το 1495. Τα σημειωματάρια του Ιταλού ζωγράφου, μηχανικού, μαθηματικού, αρχιτέκτονα, γλύπτη και ανατόμου αναρτήθηκαν στη δεκαετία του 1950 και περιείχαν λεπτομερή στοιχεία σκίτσα ενός μηχανικού ιππότη, του Metal Plated Warrior (εικόνα 1.1.2). Η εφεύρεση αυτή αποτέλεσε έμπνευση για τον Gianello Torriano, ωθώντας τον να δημιουργήσει μια ρομποτική παίχτρια μαντολίνου το 1540 [2,14].

Ιάπωνες τεχνίτες του 18^{ου} αιώνα, δημιούργησαν με μεγάλη ποικιλία αυτόματων μηχανικών κούκλων karakuri. Μία διάσημη κούκλα karakuri (εικόνα 1.1.3) ήταν ικανή να φέρει ένα φλιτζάνι τσαγιού στον επισκέπτη σε απόσταση δύο μέτρων, ενώ μόλις ο επισκέπτης αφαιρούσε το φλιτζάνι από το δίσκο, η κούκλα επέστρεφε στην αρχική της θέση. Ωστόσο, αυτό που έκανε τις karakuri ιδιαίτερα συναρπαστικές είναι ότι οι μηχανισμοί τους ήταν συνήθως κατασκευασμένοι εξ' ολοκλήρου από ξύλο [5]. Κατά τη διάρκεια εξερευνητικών ταξιδιών στις ανοιχτές θάλασσες και ωκεανούς κατά τον 17^ο και 18^ο αιώνα, δημιουργήθηκαν προβλήματα στην πλοήγηση, αφού δεν υπήρχαν μέσα μέτρησης του γεωγραφικού μήκους. Η λύση δόθηκε από τους τεχνικούς John Harrison και Pierre Le Roy (1766), οι οποίοι κατασκεύασαν προηγμένα ρολόγια και ναυτικά χρονόμετρα, βασισμένα στην αρχή μηχανικής ακρίβειας. Το διάστημα 1736 έως το 1761 ο Harrison κατασκεύασε τέσσερα μοντέλα [13].



Εικόνα 1.1.2 Το πρώτο ανθρωποειδές ρομπότ του Leonardo Da Vinci.

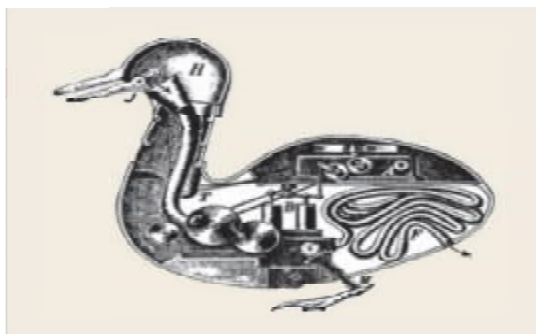
Η μόδα της εποχής στην Ευρώπη επέτασσε τα αυτόματα, με τη δυνατότητα ψυχαγωγίας του κοινού. Ο Jacques de Vaucanson, ο κύριος διακεκριμένος αυτής της τέχνης, προέβει στην κατασκευή τριών αυτόματων, εκ των οποίων το πρώτο ήταν ένας παίχτης φλάουτο (1737), ικανός να παίξει έως και 12 διαφορετικά τραγούδια, ενώ το δεύτερο βρισκόταν πολύ κοντά στο πρώτο συμπληρώνοντας με ντέφι ή τύμπανο. Το μεγάλο του αριστούργημα (1739), όμως, ήταν η κατασκευή μιας πάπιας (εικόνα 1.1.4), με παραπάνω από 400 κινούμενα μέρη, η οποία μπορούσε να κινεί τα φτερά της, να πιεί νερό, να φάει κόκκους και να τους χωνέψει [13].

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι αργαλειοί που κατασκευάστηκαν από τους Basile Bouchon το 1725, Jean-Baptiste Falcon το 1728 και Vaucanson το 1745 κέρδισαν μεγάλη δημοτικότητα. Η διάτρητη κάρτα του μοντέλου του Joseph-Marie Jacquard το 1804, αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για τον Charles Babbage το 1822 και 1834, έτσι ώστε να δημιουργήσει μηχανές με συσκευή δεδομένων εισόδου [13]. Ο «συγγραφέας» (εικόνα 1.1.5), αναπτύχθηκε το 1772 από τον Jaquet-Droz και ήταν το πρώτο ρομπότ με προγραμματιζόμενο τροχό. Χρησιμοποιούταν για τη γραφή, όπου ο χρήστης το επιθυμούσε με τον ακόλουθε τρόπο: τοποθετώντας αυτό τον τροχό σε ένα φτερωτό στυλό, ο «συγγραφέας» ήταν σε θέση να γράφει πλήρεις προτάσεις, μια διεργασία, η οποία εκτελούταν προηγουμένως μόνο από κάποιον άνθρωπο [14].



Εικόνα 1.1.3 Κούκλα *karakuri* σερβίρει τσάι.

Ο μηχανικός αυτοέλεγχος εισήχθη στην ατμομηχανή από τον φυγόκεντρο κυβερνήτη James Watt το 1788, αν και παρόμοιες συσκευές χρησιμοποιούνταν ήδη στους Ολλανδικούς ανεμόμυλους. Στην πραγματικότητα, το πρώτο μοντέλο με σύστημα ανάδρασης ήταν ένας θερμικός ρυθμιστής υδραργύρου για εκκολαπτόμενα αυγά από κοτόπουλα που επινοήθηκε από τον Cornelis Drebbel περίπου το 1620. Συστηματική θεωρητική μελέτη στο σύστημα ελέγχου ανάδρασης ξεκίνησε πολύ αργότερα το 1840 από τον George Biddell Airy και το 1867 από τον James Clerk Maxwell [13]. Επιπροσθέτως ώθηση στον ερευνητικό τομέα έδωσε η βιομηχανική επανάσταση στα τέλη του 18^{ου} αιώνα, η οποία αποτέλεσε βασική συνιστώσα της ρομποτικής προόδου. Η βιομηχανική επανάσταση οδήγησε στην ανάπτυξη βασικών παραγόντων και πιο συγκεκριμένα στη σύνθεση της μηχανικής και της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης, και σε μελλοντικές εφαρμογές της ρομποτικής στο πεδίο των χειρουργικών επεμβάσεων [2].



Εικόνα 1.1.4 Η εύπεπτη πάπια του Jacques de Vaucanson.

Σε ηλεκτρική έκθεση στο Madison Square Garden της Νέας Υόρκης το 1898, ο Nikola Tesla παρουσίασε μια ραδιοελεγχόμενη μη επανδρωμένη βάρκα (εικόνα 1.1.6). Για την εφεύρεση αυτή του δόθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας [12].

Λίγα χρόνια αργότερα, οι εφευρέσεις της Kenotron (θερμική βαλβίδα διόδου, 1904) από τον John A. Fleming και της Audion (θερμική βαλβίδα τριόδου, 1906) από τον Lee De Forest, ξεκίνησαν την επανάσταση των ηλεκτρονικών, που συγχωνεύτηκαν με τις μηχανές αυτοματισμού και την επιστήμη των υπολογιστών περίπου στα μέσα του 1950, δημιουργώντας τα σημερινά βιομηχανικά ρομπότ [13].

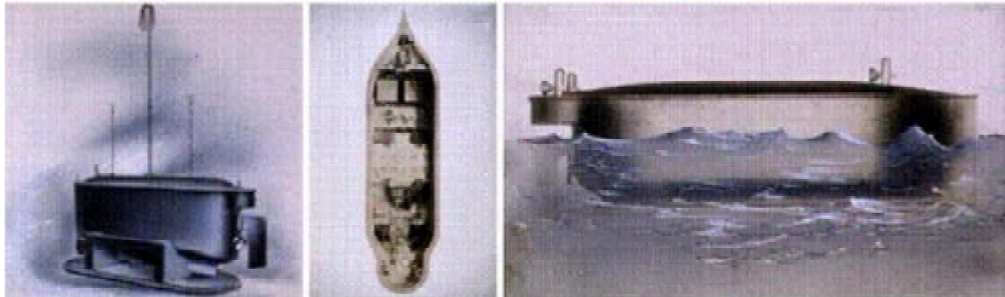


Εικόνα 1.1.5 "The writer" του Jaquet-Droz.

Το 1926, στην επιστημονικής φαντασίας ταινία Metropolis, που γράφτηκε από τον Fritz Lang, εμφανίστηκε το πρώτο ανθρωπομορφικό ρομπότ, ενώ λίγα χρόνια αργότερα η εταιρία Westinghouse Electric Corporation παρουσίασε στις μεγάλες εκθέσεις του 1939 και του 1940, τον Electro. Το ψηλό κινητήριο ρομπότ με μορφή ανθρώπου οδηγούταν από τροχούς που βρίσκονταν στα πόδια, ενώ συγχρόνως μπορούσε να παίζει ηχογραφημένη ομιλία, να καπνίζει τσιγάρα, να σπάει μπαλόνια και να κουνάει το κεφάλι και τα χέρια του. Ο Electro ελεγχόταν από 48 ηλεκτρικά ρελέ και μπορούσε να ανταποκριθεί σε φωνητικές εντολές [8].

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου (1939-1945), αναπτύχθηκαν στην Γερμανία οι οδηγούμενοι πύραυλοι V-1 και V-2. Την ίδια περίοδο, ο Αμερικάνος Norbet

Wiener εργαζόταν στην αυτόματη στόχευση αντιαεροπορικών όπλων [12]. Το 1949 ο W. Grey Walter κατάφερε να κατασκευάσει δύο αυτόνομα ρομπότ. Τα δύο αυτά ρομπότ, ο Elmer και η Elsie είχαν μορφή χελώνας (εικόνα 1.2.2) και ήταν σε θέση να ακολουθούν μια πηγή φωτός, να ανιχνεύουν εμπόδια και να αποφεύγουν τη σύγκρουση [12].



Εικόνα 1.1.6 Τηλεχειριζόμενο ρομποτικό πλοίο του Nikola Tesla [15].

Το 1952 ο Ozamu Tezuka δημιούργησε το Astroboy, το πρώτο και πιο διάσημο παγκοσμίως Ιαπωνικό sci-robot [8]. Η πρώτη συσκευή, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως AUV, αναπτύχθηκε το 1957 στις ΗΠΑ (Applied Physics Laboratory, University of Washington), ονομάστηκε SPURV (Υποβρύχιο ερευνητικό όχημα ειδικού σκοπού) και σχεδιάστηκε για να ερευνήσει τα ύδατα της Αρκτικής [9]. Η μετάβαση από την επιστημονική φαντασία στην πραγματικότητα συνέβη στα μέσα του 1958, όταν η εταιρία General Motors προώθησε το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ, το Unimate για να ενισχύσει τη γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων. Από την πρώτη του κιάλας χρήση το Unimate στη γραμμή συναρμολόγησης το 1961, εκτόξευσε τις εφαρμογές της ρομποτικής στη βιομηχανία [3].

Το 1970 η Σοβιετική Ένωση προσγείωσε με επιτυχία το πρώτο σεληνιακό περιπλανητή το Lunokhod στην επιφάνεια της Σελήνης, ο οποίος τηλεμεταχειριζόταν από τη Γη και διέθετε αρκετές κάμερες και αισθητήρες. Σε 301 ημέρες λειτουργίας του ο δρομέας ταξίδευε περίπου 10 χιλιόμετρα περισυλλέγοντας 25.000 εικόνες, κάνοντας αρκετές αναλύσεις εδάφους [12]. Το 1973, ξεκίνησε η κατασκευή ρομπότ με μορφή ανθρώπου στο Πανεπιστήμιο Waseda στο Tokyo. Το Wabot-1 ήταν το πρώτο, πλήρους κλίμακας, ανθρωπομορφικό ρομπότ ικανό να περπατήσει με δύο πόδια. Ακόμη, μπορούσε να επικοινωνεί με ένα μόνο άτομο στα Ιαπωνικά, καθώς να πιάνει και να μετακινεί αντικείμενα, με τα ευαίσθητα στην αφή, χέρια του [8].

Το 1974, δημιουργήθηκε το «Scat» από μια ομάδα επιστημόνων του Ινστιτούτου Αυτόματου Ελέγχου της Ακαδημίας Επιστημών, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για ωκεανογραφική έρευνα [9].

Το πρώτο χειρουργικό ρομπότ στον κόσμο ήταν το «Arthrobot», σχεδιασμένο να βοηθήσει σε ορθοπεδικές διαδικασίες, η χρήση του οποίου έγινε στο Βανκούβερ του Καναδά

το 1983 [2]. Η εταιρία ISE Ltd με τη βοήθεια της Καναδικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας και του Υπογείου Άμυνας ανέπτυξαν το ARCS το 1983. Η πρώτη του κατάδυση πραγματοποιήθηκε το 1987 και χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία ως δοκιμαστική πλατφόρμα εφαρμογής συστήματος πλοήγησης και αποστολής αλγορίθμων [9]. Η ομάδα του Ichiro Kato, επίσης, ανέπτυξε το Wabot-2, το οποίο ήταν σε θέση να διαβάσει μουσική και να παίξει ένα ηλεκτρονικό όργανο. Το τελευταίο παρουσιάστηκε στην έκθεση του 1985 στη Tsubuka της Ιαπωνίας και ήταν εξοπλισμένο με ένα ιεραρχικό σύστημα αποτελούμενο από 80 μικροεπεξεργαστές, ενώ τα χέρια και τα πόδια του διέθεταν 50 βαθμούς ελευθερίας [8]. Η σύγχρονη ιστορία της ρομποτικής χειρουργικής ξεκινά με το PUMA 560. Το PUMA 560 ήταν ένας βιομηχανικός ρομποτικός βραχίονας, ο οποίος χρησιμοποιούμενος από τους Kwoh το 1985, αποσκοπούσε στις διενέργειες νευροχειρουργικών βιοψιών εγκεφάλου, καθοδηγώντας με ακρίβεια (0,05 mm) τη διαδερμική βελόνα στο σημείο τοποθέτησης κατά την εκτέλεση στερεοτακτικής βιοψίας εγκεφάλου. Αργότερα το 1988, ο Davies πραγματοποίησε μια διαφραγματική διατομή του προστάτη χρησιμοποιώντας το ίδιο [14]. Στις Ηνωμένες Πολιτείες η Manny, ένα πλήρους κλίμακας ανδροειδές σώμα, ολοκληρώθηκε από την Pacific Northwest National Laboratory το 1989. Η Manny διέθετε 42 βαθμούς ελευθερίας, αλλά καμία νοημοσύνη ή αυτόνομη κίνηση [8].



Εικόνα 1.1.7 Το χειρουργικό σύστημα AESOP [16].

Το 1993, η Computer Motion (Santa Barbara, California, USA), που προμήθευε ιατρικά ρομπότ, κυκλοφόρησε το AESOP (εικόνα 1.1.7) (Αυτόματο Ενδοσκοπικό Σύστημα με βέλτιστη Οπτική Τοποθέτηση), ένα ρομποτικό βραχίονα που βοηθούσε, κρατώντας σταθερή και σε συγκεκριμένη θέση τη λαπαροσκοπική κάμερα. Το αρχικό μοντέλο ήταν ελεγχόμενο με πεντάλ ποδιού, αλλά τα περαιτέρω μοντέλα μπορούν πλέον να ελεγχθούν με φωνητικές εντολές, ενώ περιέχουν επτά βαθμούς ελευθερίας έτσι ώστε να μπορούν να μιμηθούν το ανθρώπινο χέρι [2].

Ο Rodney Brooks και η ομάδα του στο MIT ξεκίνησαν το 1993 την κατασκευή του Cog, ενός ανθρωποειδούς ρομπότ εξελιγμένου σώματος που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε για να μιμηθεί τις ανθρώπινες σκέψεις και να βιώσει τον κόσμο σαν άνθρωπος [8]. Ένα χρόνο αργότερα το 1994, ο CyberKnife εισήχθη για νευροχειρουργικές εφαρμογές πραγματοποιώντας στερεοτακτική ακτινοχειρουργική [2]. Μετά από δέκα χρόνια έρευνας, η Honda εισήγαγε το 1996 προς το κοινό το P2, το πρώτο αυτοτελές, πλήρους σώματος, ανθρωποειδές ρομπότ. Ήταν σε θέση, όχι μόνο να περπατάει σε επίπεδα πατώματα, αλλά και να ανέβει και σκάλες, ενώ ένα χρόνο μετά το 1997 ακολούθησε το P3 [8]. Η NASA το 1997 ξεκίνησε τις εργασίες για την κατασκευή του Robonaut, ένα ανθρωποειδές ρομπότ με δυνατότητες εκτέλεσης εργασιών, παρακινδυνευμένες για τη ζωή του πληρώματος [17].

Οι δυνατότητες για ευρεία κλινική εφαρμογή των νέων τηλεοργανικών συσκευών αναγνωρίστηκαν εμπορικά και το 1997 η ISS χρησιμοποίησε το χειρουργικό σύστημα daVinci (εικόνα 1.1.8) για να εκτελέσει μια λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή στο Βέλγιο. Το πρωτότυπο χειρουργικό σύστημα da Vinci, αποτελείται από μια απομακρυσμένη χειρουργική κονσόλα και τρία οδηγούμενα ρομποτικά κινητήρια συστήματα απόκτησης δεδομένων [3].

Το 1997, η Σουηδική εταιρία Electrolux ανέπτυξε το Robot Vacuum Cleaner, μια ηλεκτρική σκούπα ρομπότ για πλοήγηση και αποφυγή εμποδίων χρησιμοποιώντας για ραντάρ ένα ηχοεντοπιστικό σύστημα σόναρ [18]. Το 1998, το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα ZEUS (της εταιρείας Computer Motion, Inc) εφαρμόστηκε στην πρώτη ενδοσκοπική ρομποτική διαδικασία (αναστόμωση σάλπιγγας) στο Κλίβελαντ των ΗΠΑ [2]. Το σύστημα αυτό, αποτελείται από μια χειρουργική κονσόλα ελέγχου με 3D σύστημα απεικόνισης βρισκόμενη σε απόσταση από το ρομπότ και τρεις ρομποτικούς βραχίονες με τέσσερις βαθμούς ελευθερίας [3].

Στα τέλη του '90 επιστήμονες από το Ρώσικο Ινστιτούτο Θαλάσσιων Τεχνολογικών Προβλημάτων εκδήλωσαν ενδιαφέρον για τη δυνατότητα εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών στα AUV και το 1998, δημιουργήθηκε το SAUV (ηλιακό αυτόνομο υποβρύχιο όχημα). Η περαιτέρω ανάπτυξη βιδωτού AUV οδήγησε το 2001 στην ανάπτυξη του REMUS (απομακρυσμένες μονάδες παρακολούθησης περιβαλλοντικής παρακολούθησης), σχεδιασμένα για την επιθεώρηση των εργασιών σε ορυχεία σε μικρό βάθος στον ωκεανό [9].



Εικόνα 1.1.8 Το χειρουργικό σύστημα da Vinci αποτελούμενη από την κονσόλα του χειρουργού (αριστερά) και τον ρομποτικό πύργο (δεξιά).

Ένα άλλο ορόσημο ήταν το Sony Dream Robot το οποίο αποκαλύφθηκε από την Sony το 2000. Το μικρό ανθρωποειδές ρομπότ, το οποίο μετονομάστηκε σε Qrio, μπορούσε να αναγνωρίσει πρόσωπα, να εκφράσει συγκίνηση μέσω του λόγου της γλώσσας και του σώματος, ενώ μπορούσε ακόμη να περπατάει σε επίπεδες και ανώμαλες επιφάνειες [8]. Στην εικόνα 1.1.9 που ακολουθεί, απεικονίζεται το Asimo, ένα ανθρωποειδές ρομπότ, που εισήγαγε η Honda το 2002 [8].



Εικόνα 1.1.9 Το ανθρωποειδές ρομπότ, ASIMO [19].

Το πιο διάσημο προσωπικό ρομπότ είναι το AIBO της εταιρίας Sony, που σημείωσε μεγάλο αριθμό πωλήσεων κατά το χρονικό διάστημα 1999-2006, ένα μικροσκοπικό ρομπότ σκύλος ζυγίζοντας 2 kgr [5].

Το Phoenix (εικόνα 1.1.10) θα ξεκινήσει τον Αύγουστο του 2007 και θα φτάσει μετά από δέκα μήνες στον Άρη με μια μαλακή προσγείωση. Θα εξετάσει τη φυσική και χημική φύση της επιφάνειας στο πιο βόρειο σημείο του πλανήτη, το οποίο καλύπτεται από πάγο. Ο Phoenix είναι εξοπλισμένος με ρομποτικό βραχίονα και σέσουλα, ώστε να σκάβει το έδαφος και να παραλαμβάνει τα δείγματα [20].



Εικόνα 1.1.10 Το ρομποτικό σύστημα της NASA, ο Phoenix.

Το 2006, η General Motors εξέφρασε ενδιαφέρον σχετικά με το έργο της NASA και το 2007 ξεκίνησαν να συνεργάζονται με σκοπό τη δημιουργία ενός πιο προηγμένου τεχνολογικά μοντέλου. Τον Φεβρουάριο του 2010 αποκαλύφθηκε το Robonaut 2 (εικόνα 1.1.11) [17].



Εικόνα 1.1.11 Το ανθρωποειδές ρομπότ, Robonaut 2.

Ο όρος «artificial intelligence» (τεχνητή νοημοσύνη) επινοήθηκε από τον John McCarthy του Stanford University το 1956 και το άρθρο του «Programs with common sense» που δημοσιεύθηκε το 1958, θεωρείται από πολλούς ως το πρώτο στη λογική της AI (artificial intelligence). Το πεδίο της AI βασίζεται στην υπόθεση ότι μια κεντρική ιδιοκτησία της ανθρώπινης νοημοσύνης μπορεί να περιγραφεί με τόση ακρίβεια, ώστε να μπορεί να προσομοιώνεται από μια μηχανή. Ο McCarthy όρισε την AI ως «την επιστήμη και τη μηχανική για την κατασκευή έξυπνων μηχανών». Εντούτοις, σήμερα πολλοί ερευνητές σκέφτονται την AI ως «τη μελέτη και τον σχεδιασμό ευφυών πρακτόρων», με τον έξυπνο πράκτορα να ερμηνεύεται ως ένα σύστημα το οποίο είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και προβαίνει σε επιθυμητές πράξεις με σκοπό τη μεγιστοποίηση των πιθανοτήτων επιτυχίας του επ'αυτού. Η ρομποτική και η AI αναπτύσσονται ανεξάρτητα και μεμονωμένα, ενώ υπάρχουν εντεινόμενες προσπάθειες για την ενοποίηση τους με στόχο την ενίσχυση της ευφυΐας των ρομπότ [21].

1.2 ΚΙΝΗΤΑ ΡΟΜΠΟΤ

Η λέξη mobile (κινητό) έχει τις ρίζες της στη λατινική λέξη με το ίδιο νόημα, «mobilis» [12]. Ο όρος κινητό ρομπότ, περιγράφει ένα ρομποτικό σύστημα ικανό να εκτελεί καθήκοντα σε διάφορα μέρη και αποτελείται από μια πλατφόρμα που κινείται με τη βοήθεια στοιχείων μηχανών [19]. Τα κινητά συστήματα θεωρούνται αυτόνομα όταν είναι ικανά να κινούνται αυτόνομα μέσα στο περιβάλλον τους. Η αυτονομία είναι εγγυημένη από τα ακόλουθα [12]:

- Από την άποψη της ενέργειας: το ρομπότ πρέπει να φέρει κάποια πηγή ενέργειας
- Από την άποψη της απόφασης: το ρομπότ πρέπει να είναι σε θέση να πάρει ορισμένες αποφάσεις και να εκτελέσει τις κατάλληλες ενέργειες

Τα κύρια μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη ενός αυτόνομου κινητού ρομπότ είναι τα εξής [12]:

- Μηχανικά εξαρτήματα: Δύσκαμπτα και κινούμενα μέρη (κορμός, τροχοί, πόδια)
- Ενεργοποιητές: Ηλεκτροκινητήρες (DC, βηματικός, σερβοκινητήρας)
- Αισθητήρες: Κωδικοποιητές περιστροφής, αισθητήρες εγγύτητας και απόστασης, αδρανειακή μονάδα πλοήγησης, παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης
- Υπολογιστές: Μικροελεγκτές, φορητούς και ενσωματωμένους υπολογιστές
- Μονάδα ισχύος: Μπαταρίες, ηλιακούς συλλέκτες
- Ηλεκτρονικά: Ενεργοποιητής κίνησης, μέτρηση αισθητήρων, διανομή ενέργειας, τηλεπικοινωνίες

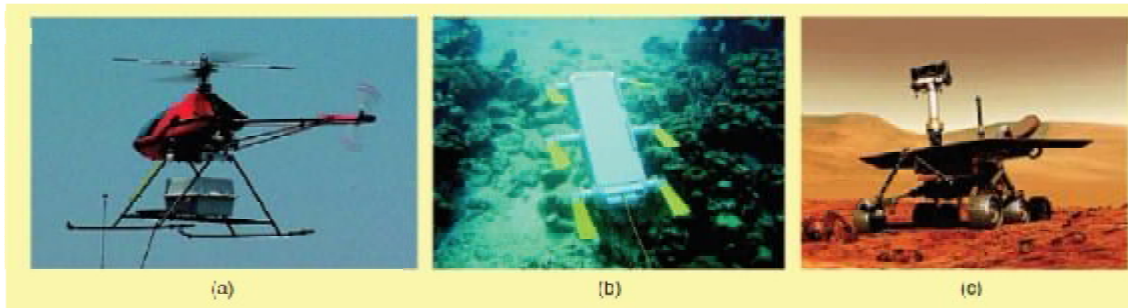
Τα κινητά ρομπότ μπορούν να κινούνται από το ένα μέρος στο άλλο χωρίς τη βοήθεια εξωτερικών ανθρώπινων φορέων. Σε αντίθεση με ένα σταθερό βραχίονα, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για να επισκευάζει στον βιομηχανικό χώρο, τα κινητά ρομπότ έχουν μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων και παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα [22]:

- Δυνατότητα λειτουργίας σε μεγαλύτερο χώρο εργασίας
- Ικανότητα εξερεύνησης άγνωστων περιβαλλόντων
- Δυνατότητα συντονισμού με άλλο ρομπότ ή ομάδα ρομπότ για την εκτέλεση ενός ενιαίου ολοκληρωμένου έργου

Λόγω αυτών των δυνατοτήτων, τα κινητά ρομπότ, μπορούν να υποκαταστήσουν τους ανθρώπους για την εκτέλεση λειτουργιών σε πολλούς τομείς, όπως, στην εξερεύνηση, στην περιπολία, στην επιτήρηση, στη γεωργία αλλά και στον οικιακό χώρο, λειτουργώντας ως χορτοκοπτικές μηχανές ή καθαριστές δαπέδου [22].

Τα κινητά ρομποτικά συστήματα δύνανται να ταξινομηθούν ευρέως σε τρεις κατηγορίες με βάση το περιβάλλον που πρόκειται να λειτουργήσουν. Έτσι υπάρχουν: a) εναέρια b) υδάτινα c) επίγεια (εικόνα 1.2.1).

Η επιλογή του κινητήριου συστήματος των κινητών ρομπότ αποτελεί συνάρτηση του χώρου λειτουργίας τους. Στο υδάτινο και εναέριο περιβάλλον, το κινητήριο σύστημα αποτελείται συνήθως από έλικες ή βίδες, αν και τα πόδια του βυθού χρησιμοποιούνται εξίσου. Η επιλογή της κινητήριας μονάδας στα επίγεια ρομπότ είναι λίγο πιο περίπλοκη, λόγω της ποικιλίας του εδάφους [19].

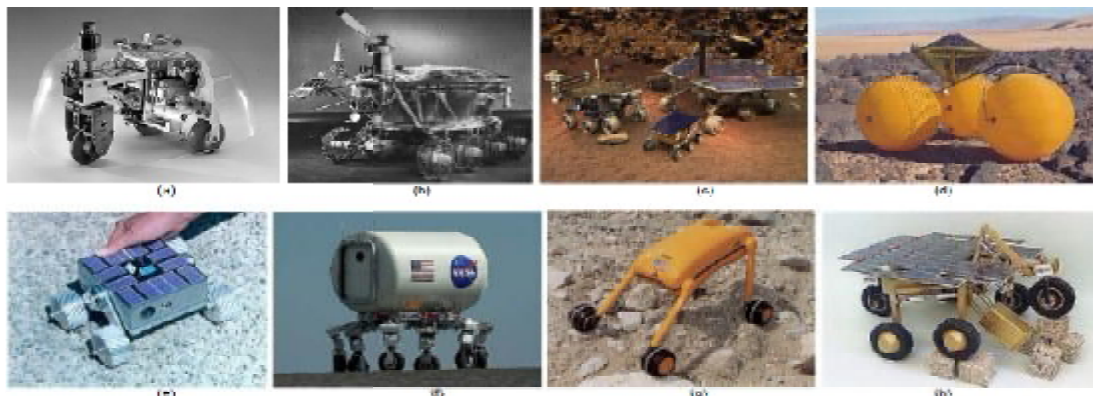


Εικόνα 1.2.1 Κινητά ρομπότ σε διάφορα περιβάλλοντα. (α) εναέριο. (β) υδάτινο. (γ) επίγειο.

Τα κινητά ρομπότ εδάφους, ταξινομούνται σε τροχοφόρα κινητά ρομπότ (wheeled mobile robots) και σε κινητά ρομπότ με πόδια (leg mobile robots) [23]. Η εικόνα 1.2.2 που ακολουθεί, απεικονίζει μια πληθώρα παραδειγμάτων κινητών ρομπότ, που χρησιμοποιούνται στον χώρο της εξερεύνησης [24].

Τέλος, τα τροχοφόρα κινητά ρομπότ κατηγοριοποιούνται επιπλέον, ανάλογα με το είδος των τροχών του στις εξής ενότητες [22]:

- Ρομπότ με τοπικά περιορισμένη κινητικότητα (δηλαδή με μη-ολονομικούς περιορισμούς)
- Ρομπότ με πλήρη κινητικότητα (πολυκατευθυντήρια)



Εικόνα 1.2.2 Παραδείγματα διάφορων εξερευνητικών κινητών οχημάτων: (α) Walter's turtle, (β) Lunokhod 1, (γ) Sojourner, FIDO και Opportunity rovers, (δ) Big Wheels Inflatable Rover, (ε) Muses-C, (ς) ATHLETE, (ζ) GoFor, (η) SOLERO.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΗΣ

Το ρομποτικό αυτοκινούμενο σύστημα Robotino της έκδοσης premium αποτελεί μια πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιείται στον χώρο την έρευνας και της εκπαίδευσης. Διαθέτει μια ανοιχτή μηχανική διεπαφή για την ενσωμάτωση πρόσθετων μηχανικών διατάξεων και μια ανοιχτή ηλεκτρική διεπαφή για την εύκολη ενσωμάτωση αισθητήρων ή κινητήρων των συσκευών. Στην εικόνα 2.1.1 που ακολουθεί απεικονίζεται το εν λόγω ρομποτικό σύστημα [25].

Οι διαστάσεις του είναι οι εξής [25]:

- Διάμετρος: 450 mm
- Ύψος (συμπεριλαμβανομένης και της γέφυρας ελέγχου): 290 mm
- Συνολικό βάρος (χωρίς τον πύργο τοποθέτησης): 20 kg
- Μέγιστο μεταφερόμενο βάρος: 30 kg

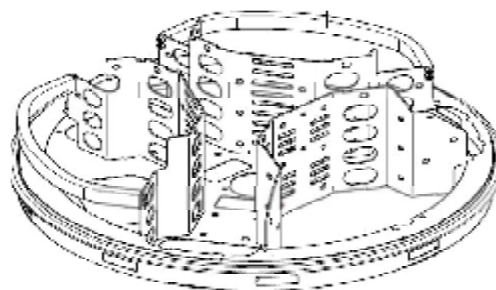


Εικόνα 2.1.1 Το ρομποτικό αυτοκινούμενο σύστημα Robotino έκδοσης premium της εταιρείας Festo.

Η βάση του Robotino αποτελείται από το σασί, μια σταθερή ηλεκτροσυγκολλημένη με λείζερ ατσάλινη πλατφόρμα, πάνω στην οποία υπάρχουν τρεις φλάντζες στήριξης όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.2. Δύο λαβές για την ασφαλή χειροκίνητη μετακίνηση του είναι εγκατεστημένες στις φλάντζες, ενώ το σασί προστατεύεται περιμετρικά από έναν κυκλικό πλαστικό προφυλακτήρα [26].

Όσον αφορά τον κύριο κορμό του ρομποτικού συστήματος, απαρτίζεται από τη μηχανική διεπαφή, δηλαδή τον πύργο τοποθέτησης ο οποίος είναι θεμελιωμένος στον κεντρικό άξονα της πλατφόρμας και προσφέρει έως και τρεις εσοχές τοποθέτησης. Σε μία από αυτές είναι τοποθετημένη η οπτική κάμερα. Η ύπαρξη της μηχανικής διεπαφής διαχωρίζει την έκδοση του Robotino από basic σε premium και προσφέρει τη δυνατότητα σύνδεσης οποιασδήποτε εξωτερικής πηγής [25].

Στην κορυφή του βρίσκεται τοποθετημένη μια ατσάλινη πλατφόρμα πάνω στην οποία είναι εγκατεστημένη η θερμική κάμερα ενώ ταυτόχρονα η πλατφόρμα παρέχει αυτόνομη λειτουργία και επέκταση των εφαρμογών του Robotino [25].



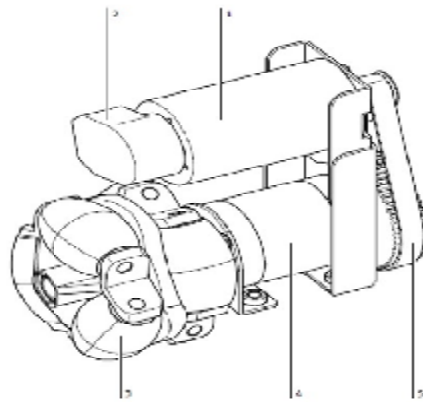
Εικόνα 2.1.2 Η βάση του Robotino, αποτελούμενη από το σασί.

Το Robotino οδηγείται από τρεις ανεξάρτητες πολυκατευθυντήριες κινητήριες μονάδες (εικόνα 2.1.3), οι οποίες είναι τοποθετημένες στο σασί σε απόσταση 120° μεταξύ τους. Όλα τα μεμονωμένα εξαρτήματα συνδέονται στη φλάντζα στήριξης στο πίσω μέρος. Στο μπροστινό μέρος βρίσκεται πακτωμένη με βίδες η μονάδα κίνησης εξασφαλίζοντας με αυτόν το τρόπο τη σωστή τοποθέτησή τους [26].

Η κάθε κινητήρια μονάδα αποτελείται από [26]:

1. Κινητήρα
2. Κωδικοποιητή
3. Τροχούς
4. Μονάδα μετάδοσης κίνησης με κινητήρα

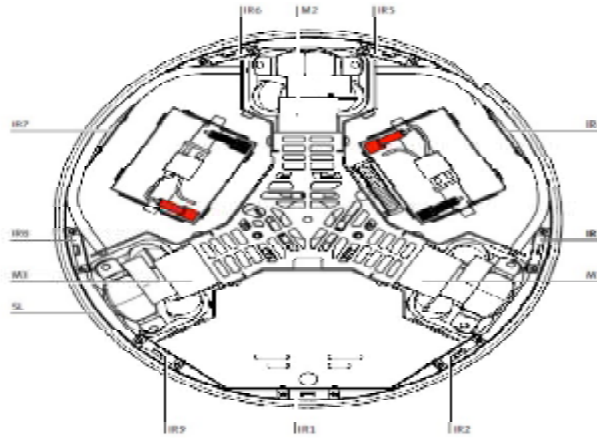
5. Ιμάντα



Εικόνα 2.1.3 Δομή κινητήριας μονάδας, τα μέρη της οποίας αναγράφονται παραπάνω σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

Το πλαίσιο (εικόνα 2.1.4) προσφέρει επιπλέον χώρο και επιλογές τοποθέτησης και για άλλα εξαρτήματα, όπως δύο επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, οι οποίες είναι τοποθετημένες επάνω στο σασί, ανάμεσα στις φλάντζες στήριξης και τον κυκλικό προφυλακτήρα [26]. Οι μπαταρίες συνδέονται με την ηλεκτρονική πλακέτα ισχύος μέσω της πλακέτας φόρτισης, η οποία τοποθετείται πίσω από την αριστερή μπαταρία και συνδέεται με την ηλεκτρονική πλακέτα ισχύος. Η πλακέτα φόρτισης περιλαμβάνει ενδείκτη ενέργειας των μπαταριών ενώ η μονάδα τροφοδοσίας συνδέεται στην αντίστοιχη υποδοχή στο πίσω μέρος του Robotino [27].

Το Robotino είναι εξοπλισμένο με εννιά υπέρυθρους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο σασί σε απόσταση 40° μεταξύ τους [26], ενώ ένας επαγωγικός αισθητήρας βρίσκεται τοποθετημένος σε μία από τις τρεις προκαθορισμένες θέσεις της δαπέδιας πλάκας του στο μπροστινό μέρος. Επιπροσθέτως, στις κατάλληλες πλαϊνές υποδοχές της μπροστινής φλάντζας στήριξης βρίσκονται βιδωμένοι οι δύο οπτικό-ηλεκτρικοί σένσορες του ρομπότ [28], στην κεντρική υποδοχή της μπροστινής φλάντζας είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας παρακολούθησης της κίνησης [27], ενώ ο σένσορας κατά της πρόσκρουσης είναι προσκολλημένος περιμετρικά του κυκλικού προφυλακτήρα [26]. Επιπλέον, η αυτοκινούμενη πλατφόρμα είναι εξοπλισμένη με σύστημα πλοήγησης και σαρωτή λέιζερ, ο οποίος τοποθετείται είτε επάνω στην μονάδα ελέγχου είτε στον μπροστινό χώρο φόρτωσης της πλατφόρμας. Στην κατηγορία των αισθητήρων συγκαταλέγονται επίσης και οι οπτικοί-αυξητικοί κωδικοποιητές, οι οποίοι βρίσκονται ενσωματωμένοι στους κινητήρες κάθε κινητήριας μονάδας (εικόνα 2.1.3) [26]. Στην εικόνα 2.1.4 που ακολουθεί απεικονίζεται η διάταξη των δύο μπαταριών, των τριών κινητήρων, των εννιά υπέρυθρων αισθητήρων και του αισθητήρα κατά της πρόσκρουσης.

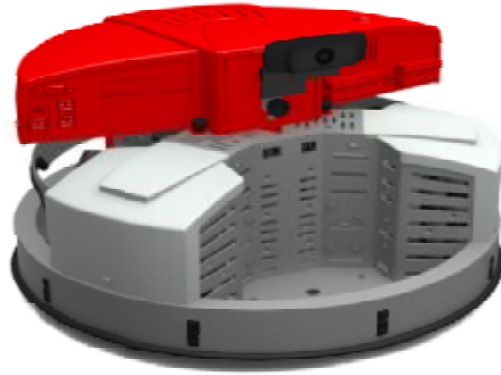


Εικόνα 2.1.4 Πανοραμική άποψη πλαισίου, όπου M1-M3 κινητήρες, IR1-IR9 υπέρυθροι αισθητήρες και SL αισθητήρας κατά της πρόσκρουσης.

Η μονάδα ελέγχου του ρομποτικού συστήματος αποκαλείται διαφορετικά και ως γέφυρα εντολών (εικόνα 2.1.5) στο πίσω μέρος της οποίας είναι ενσωματωμένες δύο κεντραρισμένες υποδοχές, οι οποίες εφαρμόζουν κατάλληλα στα στηρίγματα τοποθέτησης που βρίσκονται στη φλάντζα στήριξης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εύκολη τοποθέτηση της [26], ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατή η γρήγορη αφαίρεση με σκοπό την πρόσβαση στο μηχανικό μέρος του αυτοκινούμενου συστήματος [29]. Στην επιφάνεια της γέφυρας, και πιο συγκεκριμένα στο αριστερό τμήμα της βρίσκεται ο διακόπτης ενεργοποίησης, ενώ στο κάτω μέρος απαντάται το μπουτόν επανεκκίνησης [27]. Επιπλέον, στην κορυφή της γέφυρας, επίσης στο αριστερό τμήμα της βρίσκεται το πληκτρολόγιο και η οθόνη [26].

Η γέφυρα εντολών της έκδοσης premium περιλαμβάνει την κεντρική πλακέτα πάνω στην οποία τοποθετείται απευθείας ο ενσωματωμένος υπολογιστής, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με πολυάριθμες διεπαφές επικοινωνίας όπως [27]:

- 6 θύρες USB (υψηλής ταχύτητας)
- 1 υποδοχή VGA
- 1 υποδοχή Ethernet
- 1 WLAN
- 2 υποδοχές PCI express
- 1 σειριακή διεπαφή RS232



Εικόνα 2.1.5 Το κόκκινο τμήμα αποτελεί τη γέφυρα εντολών.

Όπως συμβαίνει στην περίπτωση του ενσωματωμένου υπολογιστή, η πλακέτα ελέγχου EA09 των I/O (εισόδων/εξόδων) είναι απευθείας τοποθετημένη στην κεντρική πλακέτα της μονάδας ελέγχου του Robotino. Στην καρδιά της πλακέτας ελέγχου βρίσκεται ο μικροελεγκτής και περιλαμβάνονται επίσης τέσσερις μικροεπεξεργαστές Atmel παρέχοντας έναν PID ελεγκτή για τα τρία μοτέρ των κινητήριων μονάδων, όπως επίσης και ένα ακόμη τέταρτο μοτέρ. Η πλακέτα ελέγχου εφαρμόζει κατάλληλα με την πλακέτα ανοιχτής ηλεκτρικής διεπαφής [27].

Στην κατηγορία των διεπαφών συγκαταλέγεται επίσης μια τέταρτη έξοδος κινητήρα και είσοδος κωδικοποιητή για την πρόσθετη ενσωμάτωση εξαρτημάτων, όπως, ηλεκτρικού βραχίονα αρπαγής, ηλεκτρικής λαβής και ανυψωτικού μηχανήματος, με σκοπό την επέκταση λειτουργίας της ρομποτικής πλατφόρμας. Η πρόσβαση των παραπάνω παρέχεται μέσω του μπροστινού πίνακα της θήκης φόρτωσης του Robotino [27].

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HARDWARE

2.2.1 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Η κάθε κινητήρια μονάδα του Robotino είναι εξοπλισμένη με έναν συνεχούς ρεύματος κινητήρα (εικόνα 2.2.1.1), διαμέτρου 42 mm. Η μεγάλη διάρκεια ζωής του επιτυγχάνεται μέσω της μηχανικής μεταγωγής του πολλαπλού συλλέκτη που διαθέτει, ενώ είναι δυνατή η λειτουργία του κινητήρα και στις δύο κατευθύνσεις περιστροφής. Το έδρανο των σφαιρών στον άξονα περιστροφής του κινητήρα είναι αμετάβλητο, έχει την υψηλότερη τάξη προστασίας IP67, ενώ συνδέεται με καλώδιο AWG Tr τύπου UL 1569 δύο ακίδων (υψηλό,

χαμηλό δυναμικό). Στον πίνακα 2.2.1.1 που ακολουθεί φαίνονται τα δεδομένα απόδοσης του κινητήρα [30]:

Πίνακας 2.2.1.1 Δεδομένα απόδοσης του DC κινητήρα GR 42X25

Ονομαστική τάση	V	24
Ονομαστικό ρεύμα	A	0.9
Ονομαστική ροπή	Ncm	3.8
Ονομαστική ταχύτητα	Rpm	3600
Ροπή τριβής χωρίς φορτίο	Ncm	0.7
Μέγιστη ροπή στέψης	Ncm	20
Ταχύτητα χωρίς φορτίο	Ncm	4200
Μέγιστη ισχύς εξόδου	W	22.1
Ονομαστική ισχύ	W	14.3
Σταθερή ροπή	Ncm/A	5.14
Τερματική αντίσταση	Ohm	5.95
Τερματική επαγωγή	Mh	8.9
Ρεύμα εκκίνησης	A	4
Ρεύμα χωρίς φορτίο	A	0.17
Ρεύμα απομαγνήτισης	A	6.5
Ροπή αδράνειας	gcm ²	71
Βάρος	Kg	0.39



Εικόνα 2.2.1.1 Κινητήρας DC GR42X25 της εταιρείας Dunkermotoren GmbH.

2.2.2 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η μονάδα μετάδοσης κίνησης (εικόνα 2.2.2.1) αποτελεί ένα συμβατό συμπαγές βιομηχανικό προϊόν με περιφερόμενο κιβώτιο ταχυτήτων αποτελούμενο από δαχτυλικά ατσάλινα γρανάζια. Ο άξονας εξόδου έχει δύο ρουλεμάν και σε όλα τα στάδια του συστήματος υπάρχει οδόντωση. Κάθε μονάδα μετάδοσης κίνησης σε συνδυασμό με τον επίπεδο οδοντωτό ιμάντα τύπου S3M της εταιρείας ConCar Industrietechnik GmbH παρέχουν μια σχέση μετάδοσης 4:1. Επομένως, όλες μαζί προσφέρουν σχέση μετάδοσης 16:1. Στον πίνακα 2.2.2.1 που ακολουθεί αναγράφονται τα δεδομένα απόδοσης [30]:

Πίνακας 2.2.2.1 Δεδομένα απόδοσης της μονάδας μετάδοσης κίνησης

Αναλογία κιβώτιο ταχυτήτων		4:1
Αριθμών σταδίων		1
Ονομαστική ροπή εξόδου	Ncm	350
Μέγιστη απόδοση	%	90
Μέγιστο φορτίο στον άξονα	N	150
Μέγιστο φορτίο στην ακτίνα	N	250



Εικόνα 2.2.2.1 Μονάδα μετάδοσης κίνησης PLG 42S της εταιρείας Dunkermotoren GmbH.

2.2.3 ΤΡΟΧΟΙ

Κάθε πολυκατευθυντήριο τροχός (εικόνα 2.2.3.1) διαμέτρου 125 mm διαθέτει 8 κυλίνδρους πολυουρεθάνης διαμέτρου 20 mm και διατίθενται σε δύο διαφορετικές σκληρότητες για να ταιριάζουν σε διαφορετικές επιφάνειες και περιβάλλοντα. Οι μαλακοί κύλινδροι 85A συνιστώνται για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, ενώ οι κύλινδροι 95A είναι εξαιρετικά στιβαροί και ανθεκτικοί σε όλες τις επιφάνειες και περιβάλλοντα ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους. Στην περίπτωση του Robotino, που εξετάζεται, χρησιμοποιείται τροχός τύπου 85 A, ενώ παράλληλα ο κάθε τροχός αποτελείται από τρεις συστοιχίες είναι δηλαδή τύπου R3 και το βάρος τους ανέρχεται στα 0.485 kg [27,31].



Εικόνα 2.2.3.1 Πολυκατευθυντήριο τροχός τύπου R3-1258-85 της εταιρείας Rotacaster.

2.2.4 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Το ρομποτικό αυτοκινούμενο σύστημα τροφοδοτείται από δύο επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (εικόνα 2.2.4.1) 12V/9,5 Ah, οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά παρέχοντας τάση τροφοδοσίας 24 VDC χωρητικότητας 9,5 Ah η κάθε μια. Οι μπαταρίες εξασφαλίζουν την δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας έως και τέσσερις ώρες, ενώ συγχρόνως είναι ανθεκτικές σε κύκλους (περισσότερες από 400 επαναφόρτισης) [27].



Εικόνα 2.2.4 .1 Μπαταρίες τύπου BFR/BT της εταιρείας EFFEKTA Regeltechnik GmbH.

2.2.5 ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ

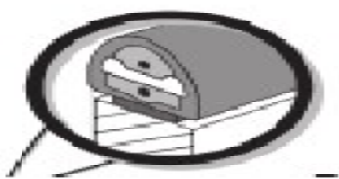
Αυτό το προϊόν (εικόνα 2.2.5.1) είναι ένας προσαρμογέας 220 W για την μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή. Χρησιμοποιείται σε IPC συστήματα, εκτυπωτές και συστήματα POS τα οποία έχουν υψηλή ισχύ. Ο αντάπτορας λαμβάνει τάση εισόδου από 90 V έως 264 VAC με ρεύμα μικρότερο των 3 A και αποδίδει τάση εξόδου 24 VDC με ρεύμα 9.16 A. Επιπλέον, είναι σχεδιασμένος για ITE εφαρμογές, οι διαστάσεις του είναι 197x88x44.5 mm, δεν διαθέτει διακόπτη ON/OFF και ένδειξη LED, ενώ ο τύπος υποδοχής είναι C14 [27].



Εικόνα 2.2.5.1 Τροφοδοτικό τύπου FSP220-AAAN1 της εταιρείας FSO Technology.

2.2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ

Ο αισθητήρας ασφαλείας (εικόνα 2.2.6.1), ονομάζεται και προφυλακτήρας ευαίσθητος στην πίεση. Αποτελείται από ένα πλαστικό προφίλ ποικίλου σχήματος με ενσωματωμένο θάλαμο μεταγωγής, ο οποίος περικλείει δύο αγώγιμες επιφάνειες που είναι χωρισμένες μεταξύ τους. Όταν εφαρμόζεται πίεση στον προφυλακτήρα οι δύο επιφάνειες βραχυκυκλώνονται και παράγεται μεταδιδόμενο σήμα. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε συνεχή τάση 24 VDC με ρεύμα από 1 mA έως 10 mA, ενώ συνδέεται με καλώδιο TPU 2x25 mm² και καταναλώνει ισχύ 250 mW [27].



Εικόνα 2.2.6.1 Αισθητήρας κατά της πρόσκρουσης, τύπου SK EKS011 της εταιρείας Mayser GmbH & Co. KG.

2.2.7 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ

Ο ψηφιακός οπτικός-σταδιακά αυξανόμενος-κωδικοποιητής (εικόνα 2.2.7.1) δεν διαθέτει συρόμενες επαφές, γεγονός που τον καθιστά ανθεκτικό. Μία δίοδος εκπομπής φωτός, ένας τρυπητός μεταλλικός δίσκος και μια συστοιχία φωτοδιόδων αποτελούν το φωτοηλεκτρικό κύκλωμά του. Ο κάθε κωδικοποιητής λειτουργεί με ανάλυση 512 βημάτων ανά περιστροφή. Επομένως, όλοι μαζί προσφέρουν ανάλυση 2048 βήματα ανά περιστροφή. Στον πίνακα 2.2.7.1 που ακολουθεί αναγράφονται τα χαρακτηριστικά του κωδικοποιητή [25,27]:



Εικόνα 2.2.7.1 Ψηφιακός οπτικός σταδιακά αυξανόμενος κωδικοποιητής, τύπου RE 30-2-500 της εταιρείας Dunkermotoren GmbH.

Πίνακας 2.2.7.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κωδικοποιητή.

Τάση λειτουργίας	VDC	5
Παλμοί ανά περιστροφή	Ppr	100...512
Χρόνος ανόδου σήματος	Ns	200
Χρόνος αποσύνθεσης σήματος	Ns	50
Τρέχουσα κατανάλωση	mA	17 (μέγιστο.40)
Τάση εξόδου (χαμηλό επίπεδο)	VDC	Μέγιστο 0.4 (3.2mA)
Τάση εξόδου (υψηλό επίπεδο)	VDC	Ελάχιστο 2.4 (40μA)
Μέγιστη ρεύμα εξόδου	mA	5
Θερμοκρασία λειτουργίας	°C	-40...+100
Τάξη προστασίας	IP	30

2.2.8 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

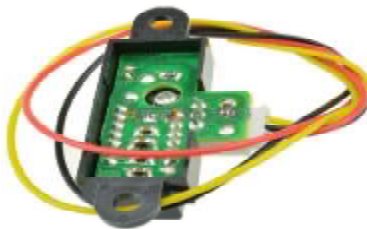
Το σχήμα του αναλογικού επαγωγικού αισθητήρα (εικόνα 2.2.8.1) είναι κυκλικό με διάμετρο M12, ενώ το υλικό του αποτελείται από μπρούτζο βάρους 33 g. Η ροπή σύσφιξης ανέρχεται στα 10 Nm, ενώ η τάξη προστασίας του είναι IP67. Ο αισθητήρας αναφέρεται και ως κοντινής απόστασης, αφού το εύρος μετρήσεων του κυμαίνεται από 0 έως 6 mm. Η ταξιδιωτική του ανάλυση είναι 0.001 mm με ακρίβεια επανάληψης 0.3 mm. Η διακοπτική συχνότητα αγγίζει τα 1.000 Hz, το εύρος της τάσης λειτουργίας κυμαίνεται από 15 έως 30 VDC, ενώ η αναλογική του έξοδος αποδίδει από 0 έως 10 V τάση και ρεύμα από 4 έως 10 mA. Η ηλεκτρική του διεπαφή αποτελείται από καλώδιο 2.5 m, τριών ακίδων που εφαρμόζουν σε κατάλληλο βύσμα (τροφοδοσία, γείωση, σήμα εξόδου) [27].



Εικόνα 2.2.8.1 Επαγωγικός αισθητήρας, τύπου SIEA-M12B-UI-S της εταιρείας Festo.

2.2.9 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ

Αυτό το μοντέλο αισθητήρα αποτελεί μια δημοφιλή επιλογή σε περιπτώσεις που απαιτούνται ακριβείς μετρήσεις (εικόνα 2.2.9.1). Το μέγεθος του είναι 44.5 mm x 18.9 mm x 13.5 mm και το βάρος του 3.5 g. Η τάση λειτουργίας του κυμαίνεται από 4.5 V έως 5.5 V, ενώ η μέση κατανάλωση ρεύματος είναι 12 mA. Το σήμα εξόδου είναι αναλογικό και το εύρος μέτρησης απόστασης κυμαίνεται από 4 cm έως 30 cm με περίοδο ενημέρωσης στα 16.5±4 ms. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί έναν JST PH συνδετήρα για τις τρεις ακίδες που περιέχει (τροφοδοσία, γείωση, σήμα εξόδου) [32].



Εικόνα 2.2.9.1 Αισθητήρας υπερέυθρων, μοντέλο GP2Y0A41SK0F της εταιρείας Sharp.

2.2.10 ΟΠΤΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

Ο αισθητήρας οπτικής προσέγγισης (εικόνα 2.2.10.1) αποτελείται από μια μονάδα οπτικών ινών και από ένα εύκαμπτο καλώδιο οπτικών ινών, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους. Στην κατηγορία των διάχυτων αισθητήρων που βρίσκονται στο Robotino συγκαταλέγεται ο πομπός και ο δέκτης του αισθητηρίου, οι οποίοι ενσωματώνονται στο ίδιο περίβλημα. Το μέγεθος του αισθητήρα είναι 30 x 30 x 15 mm και το βάρος του 88 g. Το εύρος εργασίας κυμαίνεται από 0 mm έως 120 mm σε θερμοκρασίες από -25°C έως 55°C. Ο σένσορας περιλαμβάνει ποτενσιόμετρο για την ρύθμιση του εύρους. Το τελευταίο κυμαίνεται από 100 mm έως 400 mm, η μέγιστη διακοπτική του συχνότητα αγγίζει τα 1000 Hz, ενώ ο διακόπτης εξόδου αποτελεί ένα τρανζίστορ PNP. Το σήμα εξόδου είναι ψηφιακό, το λειτουργικό εύρος της DC τάσης κυμαίνεται από 10 V έως 30 V, το ρεύμα αναμονής είναι 25

mA, ενώ το ρεύμα εξόδου είναι 200 mA. Ο οπτικό-ηλεκτρικός αισθητήρας συνδέεται με καλώδιο TPE-U (PUR) 2.5 mm τεσσάρων ακίδων (υψηλό δυναμικό, χαμηλό δυναμικό, ανοιχτή ψηφιακή είσοδος, κλειστή ψηφιακή είσοδος) [27].



Εικόνα 2.2.10.1 Οπτικό-ηλεκτρικός αισθητήρας, τύπου SOEG-L-Q30-P-A-K-2L της εταιρείας Festo.

2.2.11 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η ρομποτική αυτοκινούμενη πλατφόρμα είναι εξοπλισμένη με μονάδα παρακολούθησης της κίνησης (εικόνα 2.2.11.1), η οποία συνδέεται με καλώδιο USB και αποτελείται από τα εξής [27]:

- Τρία ανεξάρτητα δονητικά μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS) γυροσκοπίων ψηφιακών εξόδων που ανιχνεύουν την περιστροφή μεταξύ τριών αξόνων X-, Y-, Z- με 16-bit ADC και μονάδα προσαρμογής του σήματος, ενώ έχουν την δυνατότητα προγραμματιζόμενης βαθμονόμησης με εύρος ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 %/sec (dps). Το λειτουργικό ρεύμα είναι 3,6 mA και το ρεύμα αναμονής 5 μ A. Ακόμη, το εξωτερικό σήμα συγχρονισμού συνδέεται με ακροδέκτη FSYNC υποστηρίζοντας συγχρονισμό εικόνας, βίντεο και GPS.
- Τρία ανεξάρτητα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS) επιταχυνσιόμετρων ψηφιακών εξόδων, τριών αξόνων X-, Y-, Z- ανιχνεύοντας τις δυναμικές δυνάμεις που προέρχονται από την μεταβολή της διεύθυνσης της κίνησης με 16-bit ADC και μονάδα προσαρμογής του σήματος. Η εργοστασιακή τους βαθμονόμηση έχει εύρος ± 2 , ± 4 , ± 8 , ± 16 g. Το κανονικό ρεύμα λειτουργίας είναι 500 μ A, το ρεύμα χαμηλής ισχύος είναι 10 μ A στα 1.25 Hz, 20 μ A στα 5 Hz, 60 μ A στα 20 Hz, 110 μ A στα 40 Hz. Περιλαμβάνει, ακόμη, ανίχνευση προσανατολισμού και σηματοδότησης.
- Ενσωματωμένο ψηφιακό επεξεργαστή κινήσεων (DMP) απαλλάσσοντας τον υπολογισμό αλγορίθμων επεξεργασίας κινήσεων από τον κεντρικό επεξεργαστή. Ο DMP ανακτά δεδομένα από τα γυροσκόπια, τα επιταχυνσιόμετρα και επεξεργάζεται

τα δεδομένα, τα οποία διαβάζονται από καταχωρητές και αποθηκεύονται σε θέσεις μνήμης.

- Πρωταρχικές σειριακές διεπαφές I2C και SPI για την επικοινωνία με το σύστημα επεξεργασίας.
- Βοηθητική σειριακή διεπαφή I2C για επικοινωνία με άλλους αισθητήρες.
- Ρολόι συγχρονισμού, η ακρίβεια του οποίου είναι σημαντική καθώς τα σφάλματα χρονισμού επηρεάζουν άμεσα τους υπολογισμούς του DMP.
- Καταχωρητές δεδομένων αισθητήρων περιέχοντας το τελευταίο γυροσκόπιο, επιταχυνσιόμετρο, βοηθητικό αισθητήρα και δεδομένα μετρήσεων θερμοκρασίας. Αποτελούν καταχωρητές μόνο για ανάγνωση και η πρόσβαση σε αυτούς γίνεται μέσω σειριακής διεπαφής.
- Κατάλογο FIFO 1024-byte και η πρόσβαση πραγματοποιείται μέσω σειριακής διασύνδεσης και περιλαμβάνει δεδομένα από τα επιταχυνσιόμετρα, τα γυροσκόπια, τους βοηθητικούς αισθητήρες και δεδομένα θερμοκρασίας.
- Διακόπτη, η λειτουργία του οποίου ρυθμίζεται μέσω του καταχωρητή διαμόρφωσης διακοπής.
- Αισθητήρας θερμοκρασίας με ADC, του οποίου οι μετρήσεις μπορούν να διαβαστούν από τη FIFO ή τους καταχωρητές δεδομένων.
- Αυτόματο έλεγχο επιταχυνσιομέτρου και γυροσκοπίου επιτρέποντας την δοκιμή των μηχανικών και ηλεκτρικών τμημάτων των αισθητηρίων.
- LDO παράγοντας την εσωτερική παροχή, τις τάσεις αναφοράς και τα ρεύματα που αποτελούνται, ώστε να λειτουργεί όλη η μονάδα επεξεργασίας της κίνησης. Οι δύο είσοδοί του είναι η μη ρυθμιζόμενη VDD από 2.375 V έως 3.5 V και η λογική τάση αναφοράς 1.71 V σε VDD.



Εικόνα 2.2.11.1 Μονάδα παρακολούθησης της κίνησης τύπου MPU-6000

της εταιρίας InvenSense

2.2.12 ΣΑΡΩΤΗΣ ΛΕΙΖΕΡ

Το Robotino είναι εξοπλισμένο με αισθητήρα σαρωτή 2D υπέρυθρου λέιζερ (εικόνα 2.2.12.1) του οποίου τα χαρακτηριστικά αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα [25]:

Πίνακας 2.2.12.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά σαρωτή λέιζερ.

Εύρος μετρήσεων	20-5600 mm
Εύρος γωνίας	240°
Ανάλυση	1mm
Ακρίβεια	±30 mm ή ±3% στα 1000mm
Συχνότητα σάρωσης	10 KHz
Κατανάλωση ενέργειας	2.4W
Βάρος	160g
Τροφοδοσία	5VDC ±5%
Τύπος σύνδεσης	Καλώδιο USB



Εικόνα 2.2.12.1 Σαρωτής λέιζερ τύπου URG-04LX-UG01 της εταιρείας Hokuyo.

2.2.13. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

Το Northstar™ (εικόνα 2.2.13.1) είναι ένα σύστημα υπέρυθρης παρακολούθησης που χρησιμοποιεί υπέρυθρα φωτεινά σημεία ως σημεία προσανατολισμού. Το σύστημα Northstar™ αποτελείται από ένα κιτ προβολέα Northstar™ και τον αισθητήρα Northstar™. Ο αισθητήρας περιλαμβάνει μια ηλεκτρονική πλακέτα PCB για την επεξεργασία του σήματος και διεπαφή επικοινωνίας USB με σκοπό τη μεταφορά δεδομένων. Ο αισθητήρας Northstar™ μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί στο Robotino καθώς, βρίσκεται σε περίβλημα που είναι εξοπλισμένο με ένα εξαρτημα στήριξης. Με αυτόν τον τρόπο σταθεροποιείται στο μπροστινό μέρος του ρομπότ, πιο συγκεκριμένα στο σημείο εξαερισμού της γέφυρας ελέγχου και ασφαρίζεται με βίδα στερέωσης. Ο προβολέας μπορεί να εγκατασταθεί μεμονωμένα στον χώρο. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλες θέσεις ώστε να μην υπάρχουν σφάλματα κατά την πειραματική διαδικασία. Ο έλεγχος για τη σωστή τοποθέτηση του προβολέα σε σχέση με τον αισθητήρα γίνεται κατά την πραγματική χρήση και όταν το σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία καθώς, οι υπέρυθρες δέσμες φωτός δεν φαίνονται με γυμνό μάτι [33].



Εικόνα 2.2.13.1 Το σύστημα πλοήγησης Northstar αποτελούμενο από τον προβολέα (αριστερά) και τον αισθητήρα (δεξιά).

2.2.14 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Η εταιρία Advantech εξοπλίζει το Robotino με ενσωματωμένο PC SOM-5788 (εικόνα 2.2.14.1) περιέχοντας λειτουργικό σύστημα Linux Ubuntu 12.04 με mSATA SSD 64GB και διπύρνηνο επεξεργαστή Intel Core i5-520E 2.4GHz με 8G RAM. Η τάση τροφοδοσίας του είναι 12 V, 5 VSB για το ATX και 12 V για το AT. Ο υπολογιστής εργάζεται σε θερμοκρασίες από 0°C έως 60°C και σε σχετική υγρασία χωρίς συμπύκνωση από 0 % έως 90 %, ενώ οι διαστάσεις του είναι 125 x 95 mm (4.92" x 3.74") [27].



Εικόνα 2.2.14.1 Μονάδα ελέγχου του Robotino, αποτελούμενη από τον ενσωματωμένο υπολογιστή (αριστερή πλευρά) και τον μικροελεγκτή (δεξιά πλευρά) [29].

2.2.15 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ

Ο 32-bit LPC2378 μικροελεγκτής της εταιρίας NXP βασίζεται στη μητρική ARM7TDMI-S 16 bit/32 bit. Η μητρική λειτουργεί μέχρι και τα 72MHz με εξομοίωση σε πραγματικό χρόνο συνδυάζοντας τον μικροελεγκτή με ενσωματωμένη μνήμη υψηλής ταχύτητας 512kB. Το τσιπ μνήμης διαθέτει τη δυνατότητα προγραμματισμού εντός συστήματος (ISP) και δυνατότητες προγραμματισμού εντός εφαρμογής (IAP), παρέχοντας στην CPU υψηλές αποδόσεις. Μια διεπαφή μνήμης 128-bit και ένας μοναδικός αρχιτεκτονικός επιταχυντής επιτρέπουν την εκτέλεση 32-bit κώδικα με το μέγιστο ρυθμό του ρολογιού. Για κρίσιμες αποδόσεις εισερχόμενων υπηρεσιών και αλγόριθμους DPS η απόδοση αυξάνεται μέχρι και 30% σε λειτουργία Thumb. Για εφαρμογές με κρίσιμο μέγεθος κώδικα η εναλλακτική λειτουργία Thumb μειώνει τον κώδικα κατά 30% με την ελάχιστη απαίτηση απόδοσης. Επιπλέον, ο LPC2378 είναι εξοπλισμένος με γενικού σκοπού DMA ελεγκτή [27].

Ο μικροελεγκτής είναι ιδανικός για εφαρμογές, όπου απαιτείται σειριακή επικοινωνία καθότι περιλαμβάνει [27]:

- Θύρα Ethernet MAC συνδυαζόμενο με DMA ελεγκτή
- Θύρα USB 2.0 υψηλής ταχύτητας με τσιπ PHY και συνδυαζόμενο DMA ελεγκτή
- 4 UARTs με κλασματική παραγωγή ρυθμού
- CAN ελεγκτή με δύο κανάλια
- SPI ελεγκτή
- Δύο SSP ελεγκτές με FIFO και δυνατότητα πολλαπλών πρωτοκόλλων
- Τρεις διεπαφές I²C-bus

- Διεπαφή I²S

Επιπλέον, περιφερειακά εξαρτήματα ενσωματώνουν τον μικροελεγκτή όπως:

- 104 ακροδέκτες γενικής χρήσης I/O με διαμορφώσιμες αντιστάσεις
- 10bit ADC με πολυπλεξία εισόδου μεταξύ 8 ακροδεκτών
- 10bit DAC
- Τέσσερις χρονομετρητές/μετρητές γενικής χρήσης με 8 εισόδους και 10 συγκρινόμενες εξόδους. Κάθε μπλοκ χρόνου παρέχει μια εξωτερική είσοδο μετρητή.
- Ένα μπλοκ (μονάδας ρύθμισης παλμικού πλάτους) PWM/χρονοδιακόπτη με υποστήριξη για έλεγχο τριφασικού κινητήρα. Η PWM έχει δύο εξωτερικές μετρήσιμες εισόδους.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC) με ξεχωριστό ακροδέκτη ισχύος, η πηγή του οποίου μπορεί να προέρχεται από RTC ταλαντωτή ή ρολόι APB
- 2 kb SRAM που τροφοδοτείται από τον ακροδέκτη ρεύματος RTC, επιτρέποντας την αποθήκευση των δεδομένων ακόμα και όταν το υπόλοιπο τσιπ είναι εκτός λειτουργίας
- Watch Dog Timer (WDT) που μπορεί να χρονομετρηθεί από τον εσωτερικό ταλαντωτή RC, τον RTC ταλαντωτή ή το APB ρολόι
- Πρότυπο διεπαφής δοκιμής/εντοπισμού σφαλμάτων ARM για συμβατότητα με τα υπάρχοντα εργαλεία
- Ενότητα παρακολούθησης εξομοίωσης σε πραγματικό χρόνο
- Ενιαία τροφοδοσία 3.3 V
- Τέσσερις λειτουργίες μειωμένης ισχύος: αδράνεια, ύπνος, μείωση ισχύος και βαθιά διακοπή λειτουργίας
- Δύο ανεξάρτητους τομείς ισχύος επιτρέποντας την τελειοποίηση της κατανάλωσης ισχύος, βάσει των απαιτούμενων χαρακτηριστικών.
- Κάθε περιφερικό έχει το δικό του διαχωριστή ρολογιού για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας
- Ανιχνευτή πτώσης τάσης με ξεχωριστά όρια για διακοπή και αναγκαστική επαναφορά
- Τσιπ τροφοδοσίας και επαναφοράς

- Τσιπ ταλαντωτή κρυστάλλων με εύρος λειτουργίας 1 MHz έως 25 MHz
- 4 MHz εσωτερικό ταλαντωτή RC που είναι κομμένος σε ακρίβεια 1% και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ρολόι συστήματος
- Τσιπ PLL επιτρέποντας τη λειτουργία της CPU μέχρι τη μέγιστη ταχύτητα της CPU χωρίς να χρειάζεται κρύσταλλο υψηλής συχνότητας.
- Διευκρίνιση ορίων για απλοποιημένες δοκιμές πλακετών

2.2.16 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ

Η πλακέτα ανοιχτής ηλεκτρικής διεπαφής (I/O) (εικόνα 2.2.16.1) περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνδέσεις [27]:

- 8 ψηφιακές εισόδους, 24 V, προστατευόμενες από υπερφόρτωση
- 8 ψηφιακές εξόδους, 24 V, αντοχή σε βραχυκύκλωμα έως 1 A
- 8 αναλογικές εισόδους, 0 - 10 V, 50H
- 2 ρελέ, 24 V

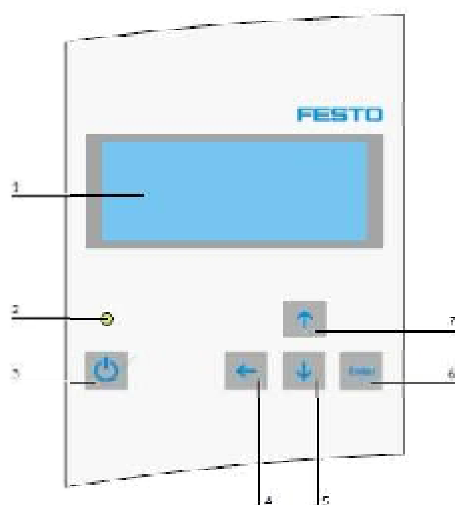


Εικόνα 2.2.16.1 Ανοιχτή ηλεκτρική διεπαφή.

2.2.17 ΟΘΟΝΗ ΚΑΙ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ

Η οθόνη και το πληκτρολόγιο (εικόνα 2.2.17.1), εξοπλισμένο με μεμβράνη προστασίας, αποτελούνται από τα ακόλουθα [26]:

1. Οθόνη
2. Λυχνία LED
3. Διακόπτης on/off
4. Πλήκτρο αλλαγής επιπέδου μενού
5. Πλήκτρο αλλαγής επιλογής προς τα επάνω
6. Πλήκτρο επιβεβαίωσης επιλογής
7. Πλήκτρο αλλαγής επιλογής προς τα κάτω



Εικόνα 2.2.17.1 Οθόνη και πληκτρολόγιο, τα μέρη του οποίου αναγράφονται παραπάνω σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

2.2.18 ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΚΑΡΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η ρομποτική αυτοκινούμενη πλατφόρμα, είναι εφοδιασμένη με ασύρματη κάρτα δικτύου, αποτελούμενη από έναν WiFi USB Adapter μοντέλου N150 (εικόνα 2.2.18.1), διαστάσεων 60.86 x 18.44 x 8.33 mm και βάρους 74 g. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω συσκευή παρουσιάζει υψηλές ταχύτητες, της τάξεως των 150 Mbps, ενώ το εύρος λειτουργίας του είναι ιδανικό για κλειστούς χώρους σπιτιών και διαμερισμάτων. Ο αντάπτορας συνδέεται σε θύρες USB 1.1 ή USB 2.0, είναι συμβατό με λογισμικά συστήματα Windows 7, 8, XP, Vista (32 / 64 - bit) και εργάζεται με το πρότυπο IEEE® 802.11 b/g/n 2.4 GHz [27].



Εικόνα 2.2.18.1 WLAN - USB adapter, μοντέλου N150 της εταιρείας NETGEAR.

2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ SOFTWARE

Ο ενσωματωμένος υπολογιστής με λειτουργικό σύστημα Linux Ubuntu 12.04 περιλαμβάνει ανοιχτή προγραμματιζόμενη διεπαφή (API), η οποία επιτρέπει την χρήση διάφορων γλωσσών προγραμματισμού και συστημάτων για την ανάπτυξη ενός προγράμματος ελέγχου. Η API περιλαμβάνει βιβλιοθήκες γλωσσών όπως η C / C++, JAVA, .Net, LabVIEW και MATLAB/Simulink, καθώς επίσης και συστημάτων όπως το Robot Operating System (ROS SmartSoft) και το Microsoft Robotics Developer Studio. Επιπλέον, ο υπολογιστής επικοινωνεί απευθείας με το RobotinoView [25].

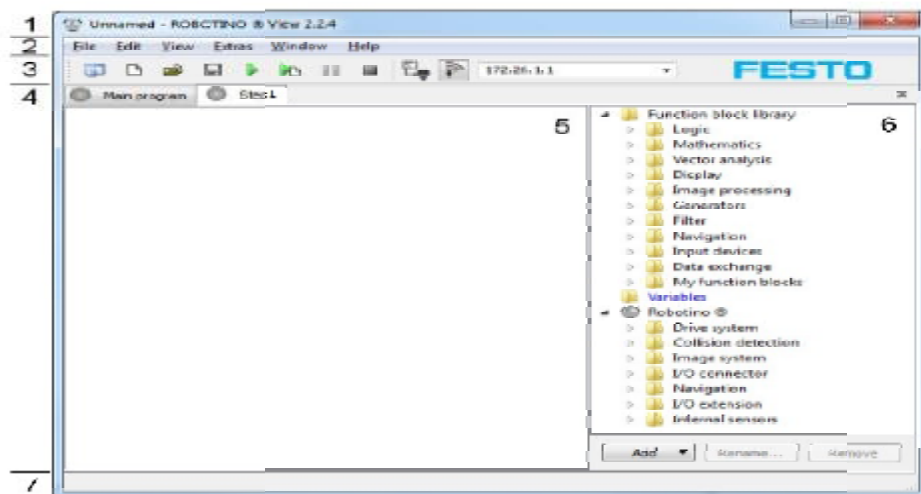
Το Robotino View αποτελεί μια διαδραστική γραφική γλώσσα προγραμματισμού, η οποία μπορεί να βρίσκεται εγκατεστημένη είτε στον ενσωματωμένο υπολογιστή της μονάδας ελέγχου, είτε σε οποιονδήποτε εξωτερικό υπολογιστή. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει είναι η ύπαρξη διεπαφής δίδοντας τη δυνατότητα ελέγχου παραπάνω από μιας αυτοκινούμενης ρομποτικής πλατφόρμας, συσκευών όπως Joystick (με USB διεπαφή) και τοπικής κάμερας του υπολογιστή. Μπορεί να εγκατασταθεί σε λογισμικά όπως Windows XP, Vista, Windows 7/8/10 και παράλληλα η έκδοση του συνεχώς αναβαθμίζεται. Στην εικόνα 2.3.1 που ακολουθεί απεικονίζεται το περιβάλλον της εν λόγω γλώσσας προγραμματισμού και στον πίνακα 2.3.1 περιγράφονται τα μέρη της [25,34]:

Πίνακας 2.3.1 Περιγραφή μερών του RobotinoView

Αριθμός	Όνομα	Περιγραφή
1	Μπάρα τίτλου	<ul style="list-style-type: none">Δείχνει το όνομα του τρέχοντος σχεδίου (Unnamed). Εάν υπάρχουν μη αποθηκευμένες αλλαγές στο σχέδιο το όνομα του ακολουθείται από *.

		<ul style="list-style-type: none"> · Δίπλα στο όνομα του αρχείου απεικονίζεται το όνομα της εφαρμογής και η έκδοση της (RobotinoView έκδοση 2.2.4). · Προεπιλεγμένα κουμπιά για ελαχιστοποίηση, μεγιστοποίηση και κλείσιμο.
2	Μπάρα μενού	Μενού για φόρτωση/αποθήκευση, επεξεργασία, θέαση
3	Μπάρα εργαλείων	<ul style="list-style-type: none"> · Δημιουργία καινούριου προγράμματος · Δημιουργία καινούριου υποπρογράμματος · Άνοιγμα ενός υπάρχοντος προγράμματος · Αποθήκευση του τρέχοντος σχεδίου · Ξεκίνημα κυρίως προγράμματος · Ξεκίνημα του παρόντος αόρατου προγράμματος · Παύση προσομοίωσης · Σταμάτημα προσομοίωσης · Ανέβασμα σχεδίου στο Robotino · Είσοδος διεύθυνσης IP · Festo-logo με link στην αρχική της Festo
4	Επιλογή προγράμματος	Εδώ πραγματοποιείται η εναλλαγή μεταξύ του κύριου προγράμματος και των υποπρογραμμάτων του έργου. Τα υποπρογράμματα μπορεί να είναι περισσότερα από ένα ανάλογα με την πολυπλοκότητα της εφαρμογής.
5	Χώρος εργασίας	Εδώ το πρόγραμμα προβάλλεται και επεξεργάζεται. Προφανώς το υποπρόγραμμα step1 είναι κενό.
6	Βιβλιοθήκες λειτουργικών μπλοκ	Οι διαθέσιμες λειτουργίες για προγραμματισμό εμφανίζονται εδώ.
7	Μπάρα	Εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του

κατάστασης έργου και της εφαρμογής.



Εικόνα 2.3.1 Το περιβάλλον του RobotinoView τα μέρη του οποίου αναγράφονται στον πίνακα 2.3.1 σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

Ο φάκελος της βιβλιοθήκης με τα λειτουργικά μπλοκ περιλαμβάνει υποφακέλους με λειτουργικά τμήματα όντας διαθέσιμα σε κάθε σχέδιο, όπως [34]:

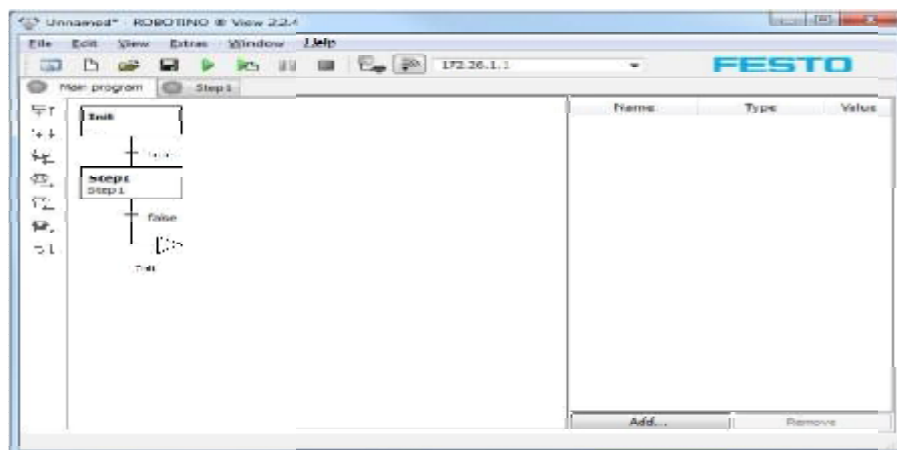
- Λογικά
- Μαθηματικά
- Ανάλυση διανυσμάτων
- Απεικόνιση
- Επεξεργασία εικόνας
- Γεννήτριες
- Φίλτρα
- Πλοήγηση
- Είσοδος συσκευών
- Ανταλλαγή δεδομένων

Επιπλέον, το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας προσωπικών μπλοκ λειτουργιών σε C++ με της καθορισμένης διεπαφής που υπάρχει [29].

Ο φάκελος Robotino περιλαμβάνει λειτουργικά μπλοκ που προέρχονται από τις συσκευές του και περιέχει το πλήρες σύνολο των υλικών του, όπως [34]:

- Κινητήριο σύστημα
- Επιτηρητές πρόσκρουσης
- Επεξεργασία εικόνας
- I/O συνδετήρας
- Πλοήγηση
- I/O επέκταση
- Εσωτερικοί αισθητήρες

Ο φάκελος με τις μεταβλητές περιλαμβάνει τις διεθνείς μεταβλητές, οι οποίες μπορούν να διαβαστούν και να γραφτούν σε κάθε υποπρόγραμμα ενός έργου. Στο κύριο πρόγραμμα (εικόνα 2.3.2) οι μεταβλητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεταβατικές συνθήκες. Οι επιλογές της διαχείρισης των μεταβλητών είναι τοποθετημένες στη δεξιά πλευρά. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να αφαιρεθούν, να προστεθούν, να μετονομαστούν και να αντιστοιχηθούν στις αρχικές τους τιμές. Οι διεθνείς μεταβλητές αποθηκεύουν μόνο τους αριθμούς κυμαινόμενου σημείου [34].



Εικόνα 2.3.2 Το περιβάλλον του κύριου προγράμματος, ενώ στη δεξιά πλευρά βρίσκεται η διαχείριση των μεταβλητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

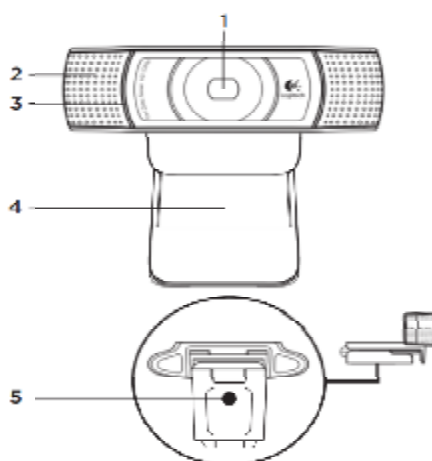
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

3.1 ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΜΕΡΑ

3.1.1 ΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η ρομποτική αυτοκινούμενη πλατφόρμα είναι εξοπλισμένη με την Logitech® HD Pro Webcam C920 (εικόνα 3.1.1.1). Η οπτική κάμερα έχει ηλεκτρική διεπαφή για την επικοινωνία της και αποτελείται από [27]:

1. Φακό
2. Δύο Μικρόφωνα
3. Δύο Φώτα δραστηριότητας
4. Ευέλικτο κλιπ/βάση
5. Σύνδεση τρίποδα



Εικόνα 3.1.1.1 Δομή οπτικής κάμερας, τα μέρη της οποίας αναγράφονται παραπάνω σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

3.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η βάση της κάμερας αποτελείται από ευέλικτο κλιπ γενικής χρήσης παρέχοντας τη δυνατότητα εύκολης ενσωμάτωσης και τοποθέτησής της σε μια από τις διαθέσιμες διεπαφές του πύργου τοποθέτησης του Robotino, ενώ παράλληλα διαθέτει μηχανική διεπαφή για σύνδεση με τρίποδα. Στον πίνακα 3.1.2.1 που ακολουθεί αναγράφονται οι διαστάσεις του προϊόντος [27].

Πίνακας 3.1.2.1 Διαστάσεις οπτικής κάμερας

Πλάτος	94 mm (3,7 ίντσες)
Βάθος/Μήκος	24 mm (0,94 ίντσες)
Ύψος	29 mm (1,4 ίντσες)
Βάρος	162 g (5,71 ίντσες)

Η έγχρωμη κάμερα είναι εξοπλισμένη με φακό Carl Zeiss 1080p HD υγρής κρυσταλλικής τεχνολογίας, η οποία παρέχει μια πιο ομαλή κίνηση στο βίντεο, με πλουσιότερα χρώματα και καθαρότερο ήχο. Ο γυάλινος φακός Full HD πέντε στοιχείων καταγράφει καθαρές, ευκρινείς εικόνες με ανάλυση 15 MP, ενώ η προηγμένη τεχνολογία αυτόματης εστίασης έως και 20 βημάτων προσαρμόζεται ομαλά σε κάθε συνθήκη ώστε να αποδίδει εικόνα χωρίς μεταπτώσεις στην ποιότητα. Η κάμερα έχει τη δυνατότητα καταγραφής βίντεο σε ανάλυση Full HD 1080 p με 30 fps και χάρη στην προηγμένη τεχνολογία H.264 που καταργεί τους μεγάλους χρόνους αναμονής κατά τη συμπίεση, τα βίντεο ανεβαίνουν πιο γρήγορα και εύκολα χωρίς να επιβαρύνεται ο υπολογιστής. Κατά τη διάρκεια βίντεο κλήσεων, ο ήχος μεταφέρεται με υψηλή ποιότητα, καθώς τα διπλά ενσωματωμένα στερεοφωνικά μικρόφωνα έχουν λειτουργία αυτόματης μείωσης θορύβου, πραγματοποιώντας αυτόματη διόρθωση σε περιπτώσεις χαμηλού φωτισμού. Τα φώτα δραστηριότητας είναι τεχνολογίας LED εκπέμποντας μπλε δέσμες φωτός και η διασύνδεση της κάμερας πραγματοποιείται με καλώδιο USB 2.0, μήκους 1.8 m [27].

3.1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η οπτική κάμερα επικοινωνεί με τον ενσωματωμένο υπολογιστή της μονάδας ελέγχου του Robotino και η διασύνδεση της πραγματοποιείται μέσω μιας διαθέσιμης θύρας USB. Η λειτουργία της κάμερας είναι η παραγωγή ζωντανής εικόνας, ενώ ταυτόχρονα είναι ικανή να πραγματοποιεί λήψεις φωτογραφιών και βίντεο. Η ανάλυση και άλλοι παράμετροι της κάμερας μπορούν να ρυθμιστούν με τη βοήθεια του Robotino View, το οποίο μέσω των λειτουργικών μπλοκ που διαθέτει προσφέρει πολλές επιλογές επεξεργασίας εικόνας, οι οποίες με τη σειρά τους αποστέλλονται στον ελεγκτή για την αξιολόγησή τους. Τα διαθέσιμα λειτουργικά μπλοκ παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού επιφανειών παρόμοιων χρωμάτων μέσα σε μια δεδομένη εικόνα με αποτέλεσμα να καθορίζεται η θέση και το μέγεθος οποιουδήποτε τμήματος. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια βίντεο εικόνας υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού γραμμής μέσω κατάλληλου λειτουργικού μπλοκ με αποτέλεσμα η κάμερα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παρακολούθηση διαδρομών.

Επιπρόσθετες λειτουργίες της κάμερας είναι η αναγνώριση προσώπου, η ανίχνευση αντικειμένων και η αποφυγή εμποδίων, ενώ η ζωντανή εικόνα που προσφέρει μπορεί να αναλυθεί για την πλοήγηση της ρομποτικής πλατφόρμας στον χώρο. Στην περίπτωση που τα αρχεία είναι μεγάλου μεγέθους ο ενσωματωμένος υπολογιστής δυσκολεύεται να επεξεργαστεί τα δεδομένα. Ο λόγος ύπαρξης του συμπιεστή είναι η μετατροπή των εικόνων και βίντεο σε μορφή αρχείου jpeg για γρήγορη και ανώδυνη μεταφορά τους σε εξωτερικό υπολογιστή μέσω ασύρματης κάρτας δικτύου με σκοπό την ψηφιακή τους επεξεργασία [26,27,29].

3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΜΕΡΑ

3.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ανάλογα με τη θερμοκρασία κάθε αντικειμένου εκπέμπεται μια ορισμένη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Μια αλλαγή στη θερμοκρασία του αντικειμένου συνοδεύεται από μια αλλαγή στην ένταση της ακτινοβολίας. Ψάχνοντας για νέο οπτικό υλικό ο William Herschel (εικόνα 3.2.1.1) κατά λάθος βρήκε την υπέρυθρη ακτινοβολία το 1800. Μαύρισε την

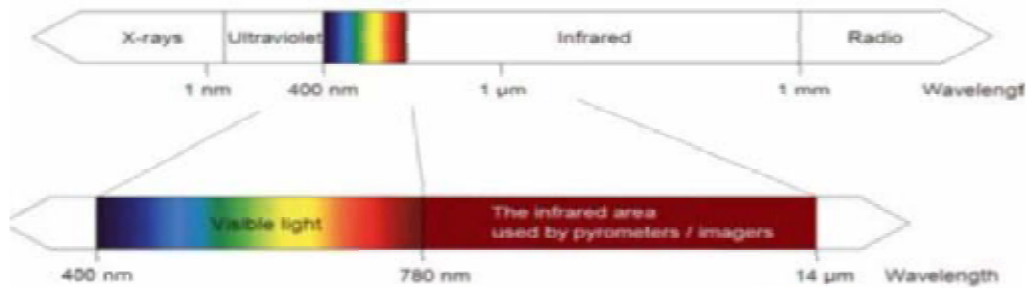
κορυφή ενός θερμόμετρου υδραργύρου. Αυτό το θερμόμετρο, ένα γυάλινο πρίσμα, οδήγησε τις ακτίνες του ηλίου σε ένα τραπέζι όπου πραγματοποιούσε τις μετρήσεις του. Με αυτό, ήλεγχε τη θέρμανση των διαφορετικών χρωμάτων του φάσματος. Στη συνέχεια, μετακίνησε αργά την κορυφή του μαυρισμένου θερμομέτρου μέσα από τα χρώματα του φάσματος και παρατήρησε την αυξανόμενη θερμοκρασία από βιολετί σε κόκκινο. Η θερμοκρασία αυξήθηκε ακόμη περισσότερο στην περιοχή πίσω από το κόκκινο άκρο του φάσματος. Τελικά, βρήκε τη μέγιστη θερμοκρασία πολύ πίσω από την κόκκινη περιοχή. Στις μέρες μας, η περιοχή αυτή ονομάζεται «περιοχή υπέρυθρου μήκους κύματος» [35].



Εικόνα 3.2.1.1 William Herschel (1738-1822).

3.2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

Για τη μέτρηση της θερμικής ακτινοβολίας η υπέρυθρη θερμομετρία χρησιμοποιεί ένα κυμαινόμενο μήκος κύματος μεταξύ 1 μ έως 20 μm (εικόνα 3.2.2.1). Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από το υλικό. Αυτή η συνεχής σταθερή ύλη περιγράφεται με τη βοήθεια της εκπομπής, η οποία είναι μια γνωστή τιμή για τα περισσότερα υλικά. Τα υπέρυθρα θερμόμετρα είναι οπτικοηλεκτρικοί αισθητήρες που υπολογίζουν τη θερμοκρασία των επιφανειών με βάση την εκπομπή της υπέρυθρης ακτινοβολίας ενός αντικειμένου. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των υπέρυθρων θερμομέτρων είναι ότι επιτρέπουν στο χρήστη να μετρήσουν αντικείμενα χωρίς επαφή. Κατά συνέπεια, τα προϊόντα αυτά βοηθούν στη μέτρηση της θερμοκρασίας απρόσιτων ή κινούμενων αντικειμένων χωρίς δυσκολίες [35].



Εικόνα 3.2.2.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και η περιοχή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

3.2.3 ΔΟΜΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ

Το ρομποτικό αυτοκινούμενο σύστημα είναι εξοπλισμένο με τη θερμική κάμερα υπέρυθρων TIM 160 (εικόνα 3.2.3.1) της εταιρίας MICRO-EPSILON. Στο κάτω μέρος της κάμερας βρίσκεται η μηχανική της διεπαφή, ενώ στο πίσω μέρος βρίσκονται δύο ηλεκτρικές διεπαφές. Τα βασικά μέρη που απαρτίζουν τη θερμική κάμερα είναι τα ακόλουθα [35]:

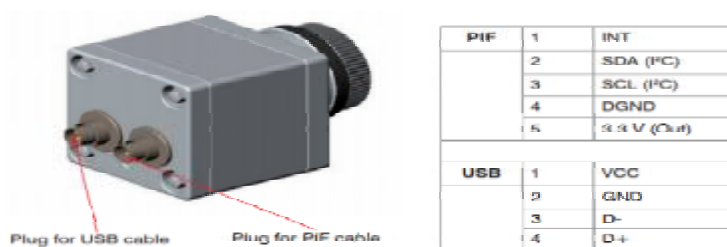
- Φακός
- Φασματικό φίλτρο
- Ανιχνευτής (αισθητήρας)
- Ηλεκτρονικά (ενισχυτή/γραμμικοποίηση/επεξεργασία σήματος)



Εικόνα 3.2.3.1 Θερμική κάμερα υπέρυθρων TIM 160 της εταιρίας MICRO-EPSILON.

3.2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HARDWARE ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ

Η μηχανική διεπαφή αποτελείται από δύο μετρικές οπές M4 (βάθους 6 mm) και παρέχει τη δυνατότητα εγκατάστασης είτε μέσω αυτών απευθείας, είτε με τη βοήθεια της βάσης του τρίποδα. Οι ηλεκτρικές διεπαφές (εικόνα 3.2.4.1) απαρτίζονται από ένα βύσμα για USB καλώδιο και ένα δεύτερο για καλώδιο PIF [35].



Εικόνα 3.2.4.1 Απεικόνιση ηλεκτρικών διεπαφών (αριστερό τμήμα) και κατανομή ακίδων (δεξί τμήμα).

Τα βασικά μέρη, τα οποία απαρτίζουν τη θερμική κάμερα στεγάζονται σε ένα ανοξείδωτο, αλουμινένιο κυβικής μορφής περίβλημα. Οι διαστάσεις του είναι 45 x 45 x 62-65 mm³ και το βάρος του 195 g (συμπεριλαμβανομένου και του φακού). Η θερμοκρασία λειτουργίας της κυμαίνεται από 0 έως 50 °C, η θερμοκρασία αποθήκευσης από -40 έως 70 °C και η σχετική υγρασία από 10 έως 95%, ενώ η τάξη προστασία είναι IP67 [35].

Στο πίνακα 3.2.4.1 που ακολουθεί αναγράφονται οι ηλεκτρικές προδιαγραφές της θερμικής κάμερας [35]:

Πίνακας 3.2.4.1 Ηλεκτρικές προδιαγραφές

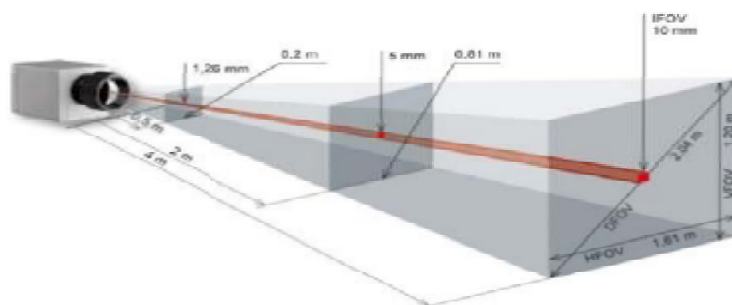
Μοντέλο TIM	160
Τάση τροφοδοσίας	5 VDC
Ένταση ρεύματος	500 mA (max)
Έξοδος διεπαφής διαδικασίας (PIF out)	0 –10 V
Είσοδος διεπαφής διαδικασίας (PIF in)	0 –10 V
Ψηφιακή είσοδος διεπαφής διαδικασίας	Έλεγχος σημαίας, ενεργοποίηση βίντεο, ενεργοποίηση στιγμιότυπου
Ψηφιακή διεπαφή	USB 2.0

Στον πίνακα 3.2.4.2 που ακολουθεί αναφέρονται οι προδιαγραφές μετρήσεων της θερμικής κάμερας [35]:

Πίνακας 3.2.4.2 Προδιαγραφές μετρήσεων

Μοντέλο TIM	160
Εύρος θερμοκρασίας (επεκτάσιμο)	-20 ... 100 °C, 0 ... 250 °C, 150 ... 900 °C, Επιλογή: 200 ... 1500 °C
Φασματική περιοχή	7.5 ... 13 μm
Ανιχνευτής	UFPA, 160 x 120 Pixel@120Hz – μη ψυχόμενο μικροβολόμετρο 25 x 25 μm ²
Φακοί (FOV)	23° x 17°, 6° x 5°, 41° x 31°, 72° x 52°
Ακρίβεια συστήματος	±2°C ή 2 % (οποιοδήποτε είναι μεγαλύτερο)
Ανάλυση θερμοκρασίας (NETD)	0.08 K με 23°, 0.3 K με 6°, 0.1 K με 41° και 72°
Χρόνος προθέρμανσης	10m
Ευαισθησία	0.100 – 1.100
Ρυθμός καρέ	120 Hz
Λογισμικό	TIMConnect

Στην εικόνα 3.2.4.2 που ακολουθεί απεικονίζεται το πεδίο μέτρησης της θερμικής κάμερας που αντιπροσωπεύει τον τυπικό φακό 23°x 7° και στον πίνακα 3.2.4.3 δίδεται η εξήγηση των όρων που χρησιμοποιούνται στην εικόνα 3.2.4.2 [35].



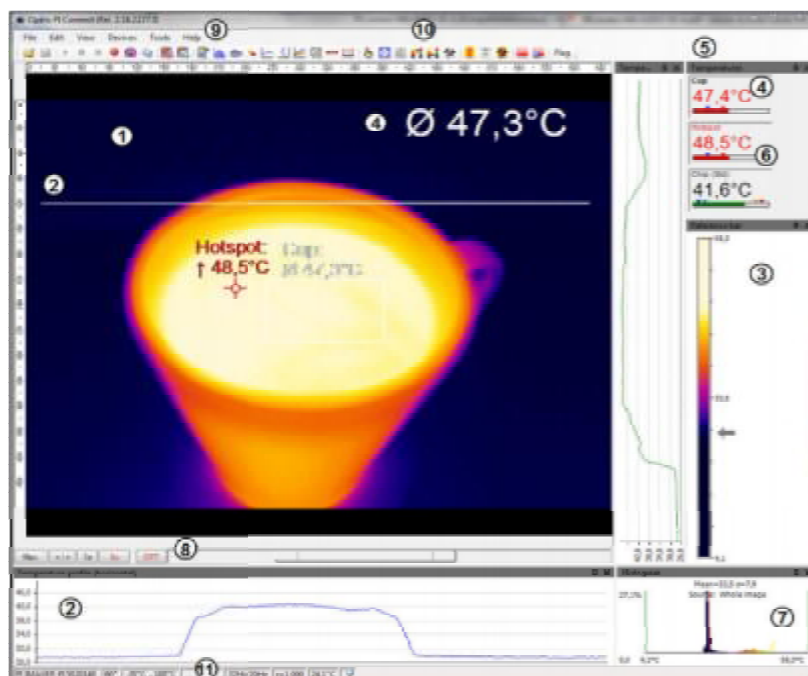
Εικόνα 3.2.4.2 Πεδίο μετρήσεων της θερμικής κάμερας. Οι διαστάσεις δίνονται σε mm και όχι σε κλίμακα.

Πίνακας 3.2.4.3 Επεξήγηση των όρων που χρησιμοποιούνται στην εικόνα 3.2.4.2.

HFOV	Οριζόντια μεγέθυνση της συνολικής μέτρησης σε επίπεδο αντικειμένου
VFOV	Κάθετη μεγέθυνση της συνολικής μέτρησης σε επίπεδο αντικειμένου
IFOV	Μέγεθος στο μοναδικό ρικελ σε επίπεδο αντικειμένου
DFOV	Διαγώνια διάσταση του συνολικού πεδίου σε επίπεδο αντικειμένου

3.2.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ SOFTWARE ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Το λογισμικό πραγματικού χρόνου TIMConnect είναι ένα εξαιρετικά ισχυρό λογισμικό θερμογραφίας, το οποίο παρέχεται με κάθε υπέρυθρη κάμερα και είναι εγκατεστημένο στο notebook, που συμπεριλαμβάνεται μαζί με την premium έκδοση του Robotino. Αυτό το λογισμικό παρέχει ρύθμιση παραμέτρων της κάμερας και απεικονίζει τις θερμικές εικόνες IR. Οι εικόνες είναι δυνατόν να εγγραφούν ως ενιαίο πλαίσιο ή ως βίντεο. Στην εικόνα 3.2.5.1 που ακολουθεί απεικονίζεται το περιβάλλον του εν λόγω λογισμικού, ενώ στον πίνακα 3.2.5.1 αναλύονται τα μέρη του σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές [35].



Εικόνα 3.2.5.1 Το περιβάλλον του λογισμικού TIMConnect.

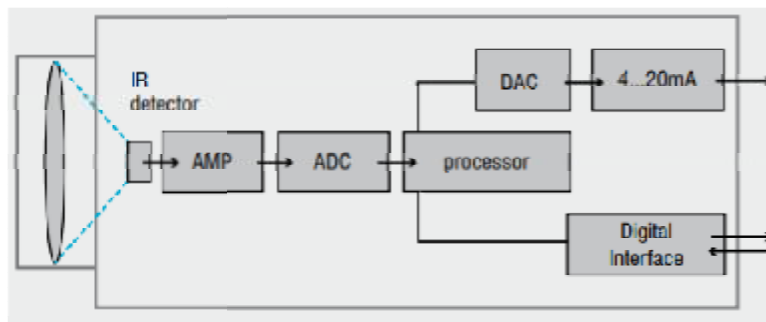
Πίνακας 3.2.5.1 Περιγραφή μερών του λογισμικού TIMConnec.

Αριθμητικές παραπομπές	Περιγραφή μερών
1	IR εικόνα από την κάμερα.
2	Προφίλ θερμοκρασίας: Εμφανίζει τις θερμοκρασίες κατά μήκος του μέγιστου. Δύο γραμμές σε οποιοδήποτε μέγεθος και θέση στην εικόνα.
3	Γραμμή αναφοράς: Εμφανίζει την κλιμάκωση της θερμοκρασίας μέσα στην παλέτα χρωμάτων.
4	Περιοχή μέτρησης θερμοκρασίας: Αναλύει τη θερμοκρασία σύμφωνα με το επιλεγμένο σχήμα, όπως λόγου χάρη τη μέση θερμοκρασία του ορθογωνίου. Η τιμή εμφανίζεται εντός της εικόνας IR και του χειριστηρίου της οθόνης.
5	Οθόνες ελέγχου: Εμφανίζει όλες τις τιμές θερμοκρασίας στις καθορισμένες περιοχές μέτρησης όπως κρύο σημεία, ζεστά σημεία, θερμοκρασία κέρσορα, εσωτερική θερμοκρασία και θερμοκρασία τσιπ.
6	Ρυθμίσεις συναγερμού: Γραμμή που εμφανίζει τα καθορισμένα όρια θερμοκρασίας για χαμηλή τιμή συναγερμού (μπλε βέλος) και για υψηλή τιμή συναγερμού (κόκκινο βέλος). Το χρώμα των αριθμών που εμφανίζονται στον πίνακα ελέγχου αλλάζει σε κόκκινο χρώμα (όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την υψηλή τιμή συναγερμού) και το μπλε (όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την τιμή χαμηλής ειδοποίησης).
7	Ιστορικό: Εμφανίζει τη στατική κατανομή των μοναδικών τιμών θερμοκρασίας.
8	Αυτόματη/χειροκίνητη κλιμάκωση της παλέτας (εμφανιζόμενο εύρος θερμοκρασίας): Man.,</> (min,max), 1σ: 1 Sigma, 3σ: 3 Sigma, OPT: Βελτιστοποίηση παλετών.
9	Μενού και μπάρα εργαλείων (εικονίδια).
10	Εικονίδιο που επιτρέπει την εναλλαγή μεταξύ των χρωματικών παλετών.

11	Μπάρα κατάστασης: Σειριακός αριθμός, οπτικό πεδίο θερμοκρασίας, θέση κέρσορα, ρυθμός καρτέ συσκευής/ρυθμός καρτέ απεικόνισης, εκπομπή, θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατάσταση σημαίας.
----	--

3.2.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η θερμική κάμερα υπέρυθρων υπολογίζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας με βάση την εκπεμπόμενη υπέρυθρη ενέργεια των αντικειμένων. Στην εικόνα 3.2.6.1 που ακολουθεί απεικονίζεται το λειτουργικό διάγραμμα της κάμερας [35]:



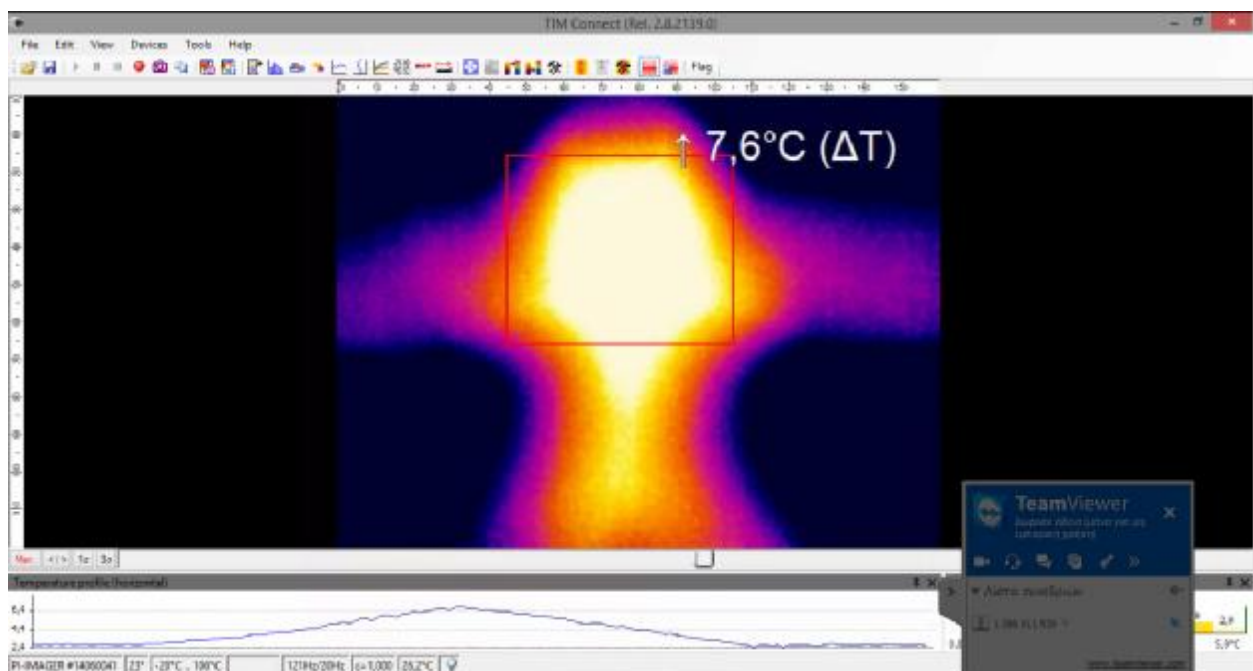
Εικόνα 3.2.6.1 Μπλοκ διάγραμμα λειτουργίας υπέρυθρου θερμομέτρου.

Με τη βοήθεια των οπτικών εισόδων η ακτινοβολία του εκπεμπόμενου αντικειμένου επικεντρώνεται στον ανιχνευτή υπέρυθρων. Οι προδιαγραφές του φακού καθορίζουν την οπτική διαδρομή του υπέρυθρου θερμομέτρου χαρακτηριζόμενο από την αναλογία μεταξύ της απόστασης και του μεγέθους του σημείου. Το φασματικό φίλτρο επιλέγει το εύρος μήκους κύματος, το οποίο είναι σχετικό για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, το σήμα μεταφέρεται στον ανιχνευτή, ο οποίος αποτελεί το βολόμετρο μετατρέποντας την υπέρυθρη ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Το ευαίσθητο στοιχείο απαρτίζεται από μια αντίσταση, της οποίας η τιμή αλλάζει όταν απορροφά θερμότητα. Η αλλαγή στην αντίσταση οδηγεί σε αλλαγή της τάσης σήματος. Το υλικό θα πρέπει να έχει έναν υψηλό θερμοκρασιακό συντελεστή της ηλεκτρικής αντίστασης, προκειμένου να εργαστεί με υψηλή ευαισθησία και υψηλή ειδική ανιχνευσιμότητα. Το αναλογικό ηλεκτρικό σήμα στη συνέχεια ενισχύεται, μετατρέπεται από αναλογικό σε ψηφιακό με τη βοήθεια του μετατροπέα και αποστέλλεται στον επεξεργαστή. Η επεξεργασία του ψηφιακού σήματος μετατρέπει το σήμα σε τιμή εξόδου ανάλογα με τη θερμοκρασία του αντικειμένου. Το αποτέλεσμα της θερμοκρασίας

εμφανίζεται στην οθόνη του notebook, μέσω της ψηφιακής διεπαφής USB 2.0 για περαιτέρω ψηφιακή επεξεργασία του σήματος από το λογισμικό TIMConnect. Εκτός από την εμφανιζόμενη τιμή θερμοκρασίας, η κάμερα υποστηρίζει γραμμικές εξόδους όπως 0-10 V, 4 - 20 mA και μέσω της διεπαφής PIF πραγματοποιείται η εύκολη σύνδεση με τα συστήματα ελέγχου των διαχειριστών της διαδικασίας. Σε αυτή την περίπτωση το ψηφιακό σήμα αποστέλλεται από τον επεξεργαστή στον ψηφιακό/αναλογικό μετατροπέα, όπως φαίνεται στο λειτουργικό διάγραμμα [36].

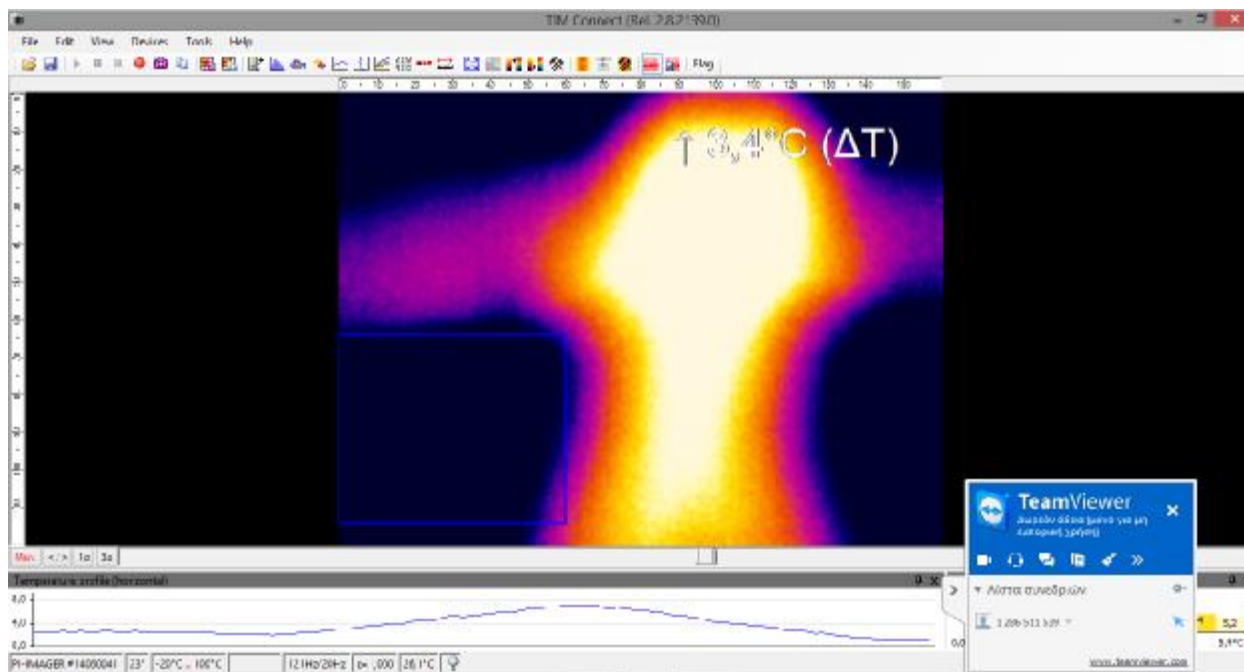
Η συνολική λειτουργία της κάμερας σε συνδυασμό με το λογισμικό δεν επικοινωνούν απευθείας με το ρομποτικό σύστημα. Η τροφοδοσία της κάμερας πραγματοποιείται μέσω της διεπαφής USB 2.0 του φορητού υπολογιστή (notebook), στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο και το λογισμικό TIMConnect. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Robotino, ο φορητός υπολογιστής (notebook) βρίσκεται τοποθετημένος πάνω στην ασάλινη πλατφόρμα και μετακινείται στον χώρο μαζί με το ρομπότ. Ο χρήστης χειρίζεται το σύστημα από τον ίδιο εξωτερικό υπολογιστή που ελέγχει το ρομπότ μέσω της εφαρμογής TeamViewer.

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν λήψεις με τη θερμική κάμερα, στις οποίες απεικονίζεται ανθρώπινη μορφή. Στην εικόνα 3.2.6.2 το κόκκινο πλαίσιο επικεντρώνεται και ακολουθεί το πιο θερμό σημείο της εικόνας. Η διαφορά θερμοκρασίας (ΔT) που απεικονίζεται στο περιβάλλον του λογισμικού, υπολογίζεται με τη διαφορά της θερμοκρασίας που έχει οριστεί σαν σημείο αναφοράς και της θερμοκρασίας του ανθρώπου.



Εικόνα 3.2.6.2 Ανθρώπινη μορφή στο περιβάλλον του λογισμικού TIMConnect μέσα από τον φακό της θερμικής κάμερας [Λήψη 5/2019].

Στην εικόνα 3.2.6.3 το μπλε πλαίσιο επικεντρώνεται και ακολουθεί το πιο ψυχρό σημείο της εικόνας. Η διαφορά θερμοκρασίας (ΔT) που απεικονίζεται στο περιβάλλον του λογισμικού, υπολογίζεται με τη διαφορά της θερμοκρασίας που έχει οριστεί σαν σημείο αναφοράς και της θερμοκρασίας του ανθρώπου.



Εικόνα 3.2.6.3 Ανθρώπινη μορφή στο περιβάλλον του λογισμικού TIMConnect μέσα από τον φακό της θερμικής κάμερας [Λήψη 5/2019].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το εκπαιδευτικό σύστημα της Festo Didactic, έχει αναπτυχθεί και δημιουργηθεί αποκλειστικά, για επαγγελματική χρήση και περαιτέρω κατάρτιση στον τομέα του αυτοματισμού και της τεχνολογίας [36], ενώ αποτελείται από κατάλληλα βιομηχανικά εξαρτήματα που απαιτούν επιπλέον ανάλυση [26]. Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται λόγος, αναφορικά με την περιγραφή λειτουργίας των επιμέρους συστημάτων, που πλαισιώνουν τη ρομποτική αυτοκινούμενη πλατφόρμα όπως, τροφοδοσίας, αισθητήρων, επικοινωνίας, κίνησης, και το υποσύστημα ελέγχου [37]. Στη συνέχεια, ακολουθεί συνολική ανάλυση λειτουργίας του Robotino.

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το υποσύστημα τροφοδοσίας του ρομπότ, αποτελείται από μια ομάδα δύο επαναφορτιζόμενων μπαταριών 12 V, συνδεδεμένες σε σειρά, παρέχοντας μια τάση τροφοδοσίας 24 V DC [25]. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αυτονομία της κίνησης του ρομπότ έως και τέσσερις ώρες. Το σύστημα απενεργοποιείται αυτόματα εγκαίρως όταν η τάση τροφοδοσίας βρίσκεται σε χαμηλά όρια [37]. Το Robotino περιλαμβάνει επιπλέον δύο πρόσθετες μπαταρίες, όπου στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια της χρήσης του οι εγκατεστημένες μπαταρίες εξαντληθούν, υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασής τους, με σκοπό την επαναφόρτισή τους, ενώ η δεύτερη ομάδα τίθεται σε χρήση. Επομένως, το ρομπότ λειτουργεί χωρίς διακοπή [26].

Κατά τη διάρκεια φόρτισης, το ρομπότ τοποθετείται επάνω σε ειδικό βάθρο, ώστε ουδείς από τους τροχούς του να μην έρχεται σε επαφή με το δάπεδο ή το βάθρο. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η ασφαλής διαδικασία φόρτισης του ρομπότ, καθώς αποκλείεται το ενδεχόμενο να τεθεί σε κίνηση, ακόμη και αν ένας από τους τροχούς του ξεκινήσει [27].

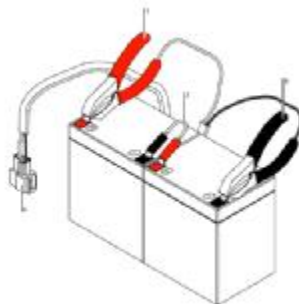


Εικόνα 4.1.1 Με το κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η κατάλληλη υποδοχή του τροφοδοτικού, στο πίσω μέρος της πλατφόρμας [28].

Η ύπαρξη του τροφοδοτικού και της κατάλληλης υποδοχής του (εικόνα 4.1.1), που βρίσκεται στο πίσω μέρος του Robotino, εξασφαλίζουν την περαιτέρω ανάπτυξη προγραμμάτων ελέγχου και τη δυνατότητα υλοποίησης πειραμάτων σε περιορισμένο βαθμό ελευθερίας, κατά τη διάρκεια φόρτισης του ρομπότ [25].

Για τη σωστή διαδικασία φόρτισης των μπαταριών, οι τελευταίες τοποθετούνται δίπλα δίπλα με τέτοιο τρόπο, ώστε ο θετικός πόλος της μιας μπαταρίας (αναγνωρισμένος με κόκκινο χρώμα) να βρίσκεται δίπλα στον αρνητικό πόλο (αναγνωρισμένο με μαύρο χρώμα) της άλλης μπαταρίας με σκοπό να ενωθούν με μπλε καλώδιο. Οι υπόλοιποι δύο ακροδέκτες, μέσω ειδικού βύσματος, συνδέονται με τον φορτιστή. Οι μπαταρίες πάντα πρέπει να φορτίζονται ταυτόχρονα, καθώς εάν μια μπαταρία είναι μεμονωμένα φορτισμένη θα επιφέρει καταστροφικές συνέπειες. Εάν οι μπαταρίες δεν είναι επαρκώς φορτισμένες η λειτουργία των μονάδων μετάδοσης είναι ασταθής. Η εικόνα 4.1.2 απεικονίζει τη διάταξη των μπαταριών όπου αποτελείται από [26]:

1. Θετικό ακροδέκτη (κόκκινο χρώμα)
2. Καλώδιο ένωσης (μπλε χρώμα)
3. Αρνητικό ακροδέκτη (μαύρο χρώμα)
4. Ηλεκτρική διεπαφή



Εικόνα 4.1.2 Συνδεσμολογία μπαταριών, τα μέρη της οποίας αναγράφονται παραπάνω σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

Η διαδικασία της φόρτισης ξεκινάει αυτόματα και σταματάει μόλις οι μπαταρίες φορτίσουν πλήρως, ενώ ο χρόνος φόρτισης σε περίπτωση βαθιάς εκφόρτισης των μπαταριών είναι περίπου πέντε ώρες. Η λυχνία στην πλακέτα φόρτισης αναβοσβήνει ανάλογα με την κατάσταση, όπως αναγράφεται στον πίνακα 4.1.1 [28].

Πίνακας 4.1.1 Ένδειξη λυχνίας ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης.

ΧΡΩΜΑ ΛΥΧΝΙΑΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
Κόκκινο	Έλειψη ισχύος
Κίτρινο	Φορτίζει
Πράσινο	Φορτισμένο

4.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Το Robotino μπορεί να ελέγχεται από εξωτερικό υπολογιστή μέσω ασύρματου δικτύου και να στέλνει τις απαιτούμενες πληροφορίες σε αυτόν καθώς επίσης και με οποιαδήποτε συσκευή διαθέτει ασύρματη επικοινωνία (PC, laptop, tablet, κινητό τηλέφωνο, Arduino, Raspberry) [37]. Με αυτόν τον τρόπο τα προγράμματα ελέγχου μπορούν να εκτελούνται απευθείας μέσω του εξωτερικού υπολογιστή [38]. Το ασύρματο σημείο πρόσβασης είναι ένα στοιχείο που επιτρέπει την επικοινωνία του ρομπότ μέσω μιας διεύθυνσης δικτύου. Το σημείο πρόσβασης:

- Έχει χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και τροφοδοτείται μέσω θύρας USB
- Πληροί τα ακόλουθα πρότυπα: IEEE 802.11g και 8002.11b
- Επιτρέπει ταχύτητες μέχρι και 54 Mb ανά δευτερόλεπτο για 802-11g και 11 Mb ανά δευτερόλεπτο για 802.11b, με μεγάλη μετάδοση (μέχρι και 100 m εντός κτιρίων)
- Εξασφαλίζει αξιόπιστη ασφάλεια δικτύου με WEP κρυπτογράφηση και λειτουργία WPA-PSK
- Παρέχει γρήγορη και απλή διαμόρφωση μέσω βοηθητικού προγράμματος διαχείρισης ιστού

Το Robotino έχει τον δικό του διακομιστή επικοινωνίας μέσω δικτύου. Κατά τη λειτουργία με ένα ρομπότ, χρειάζεται μόνο ένας υπολογιστής, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει σύνδεση μέσω κάρτας δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, ο διακομιστής του Robotino

λειτουργεί ως AP (σημείο πρόσβασης) όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2.1.

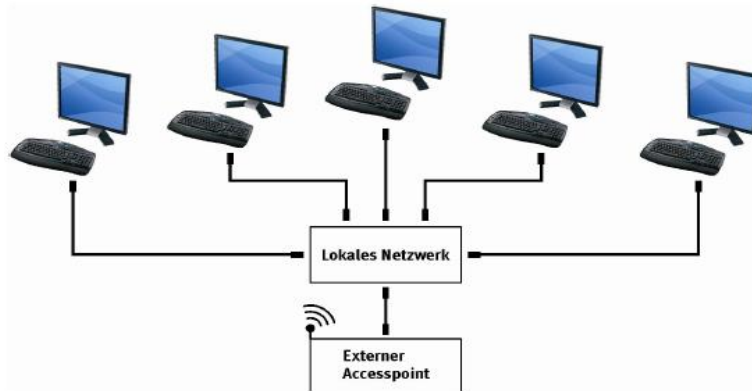


Εικόνα 4.2.1 Επικοινωνία ρομπότ με υπολογιστή.

Η εναλλαγή μεταξύ λειτουργίας AP και κατάστασης πελάτη (client mode) αλλάζει από το μενού στην οθόνη του ρομπότ και η διάρκεια της είναι 60 δευτερόλεπτα. Ωστόσο, δεν χρειάζεται επιπλέον διαμόρφωση, καθώς η ικανότητα πρόσβασης στο δίκτυο του υπολογιστή αρκεί για να υπάρχει επικοινωνία [26].

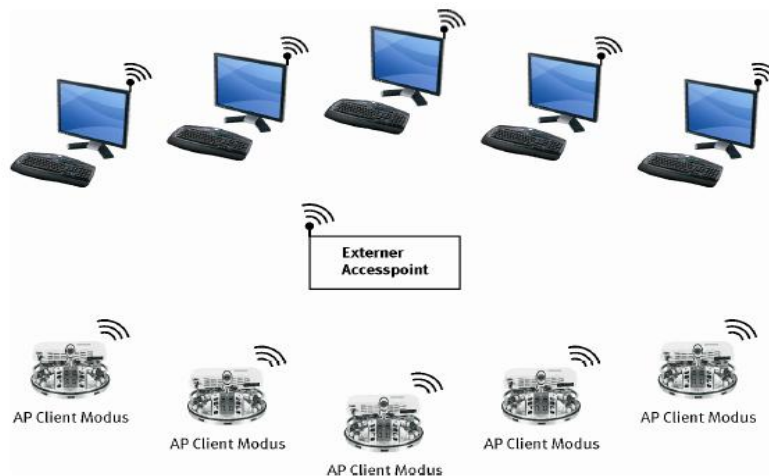
Στην περίπτωση που πρόκειται να ελεγχθούν ταυτόχρονα τρία ή και τέσσερα Robotinos, ο διακομιστής επικοινωνίας του ρομπότ, λειτουργεί με τον τρόπο που περιγράφεται παραπάνω. Το πλεονέκτημα είναι πως όλα τα Robotinos μπορούν να μοιράζονται την ίδια διεύθυνση IP, καθώς το καθένα διαμορφώνει το δικό του δίκτυο. Επομένως η πρόσβαση σε διαφορετικά Robotinos από κάθε υπολογιστή είναι δυνατή χωρίς να χρειάζεται αλλαγή η διεύθυνση IP. Το μειονέκτημα που παρουσιάζει ο τρόπος αυτός, είναι ότι τα πολλαπλά δίκτυα υφίστανται συγκρούσεις εάν τα κανάλια μετάδοσης τους βρίσκονται κοντά μεταξύ τους. Το δίκτυο επικοινωνίας μπορεί να χειριστεί έως και ένδεκα κανάλια. Για τους παραπάνω λόγους συνιστάται τουλάχιστον τρία μη ενεργά κανάλια να παραμένουν ελεύθερα μεταξύ δύο ενεργών. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία έως και τεσσάρων ρομπότ.

Στο ενδεχόμενο εργασίας με πολλά Robotinos και τους υπολογιστές συνδεδεμένους σε ένα κοινό εκπαιδευτικό δίκτυο, το σημείο πρόσβασης του ρομπότ πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση πελάτη (client mode). Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται μια κεντρική κάρτα δικτύου ως κεντρικό σημείο πρόσβασης το οποίο είναι συνδεδεμένο σε ενσύρματο τοπικό δίκτυο (εικόνα 4.2.2). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται εναλλαγή μεταξύ λειτουργίας AP (Access point) σε κατάσταση πελάτη (client mode). Επομένως, το πλεονέκτημα είναι πως οποιοδήποτε αριθμός ρομπότ μπορεί να λειτουργήσει σε ένα δίκτυο, ενώ το μειονέκτημα που παρουσιάζεται είναι πως κάθε Robotino χρειάζεται τη δική του IP, η οποία πρέπει να εισαχθεί-μέσω του ευαίσθητου στην αφή-πληκτρολογίου.



Εικόνα 4.2.2 Εργασία πολλών Robotinos με πολλούς υπολογιστές μέσω δημιουργίας κοινού τοπικού δικτύου.

Συνεργασία πολλών Robotinos σε ελλιπέως εκπαιδευτικό δίκτυο, προβλέπει την κάρτα δικτύου του ρομπότ, να βρίσκεται σε κατάσταση πελάτη (client mode) (εικόνα 4.2.3). Επίσης, το πλεονέκτημα είναι πως κάθε Robotino μπορεί να λειτουργεί μέσα σε ένα δίκτυο, ενώ το μειονέκτημα παραμένει το ίδιο με την προηγούμενη περίπτωση [26].



Εικόνα 4.2.3 Εργασία πολλών Robotinos με υπολογιστές.

Μόλις ο αντάπτορας που περιέχει την κάρτα δικτύου, συνδεθεί σε μία διαθέσιμη θύρα USB του Robotino, ο ενσωματωμένος υπολογιστής εντοπίζει την παρουσία του αντάπτορα. Ένας διαδικτυακός διακομιστής εκκινεί παρέχοντας διεπαφή δικτύου (web interface), για πρόσβαση στον έλεγχο του ρομπότ. Έτσι το ρομπότ μπορεί να συνδεθεί σε ένα smartphone, ένα tablet ή έναν υπολογιστή, notebook, ή μπορεί να ενσωματωθεί σε μια υπάρχουσα υποδομή δικτύου μέσω της κάρτας δικτύου [27]. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον τρόπο διασύνδεσης, είναι δυνατός ο έλεγχος της κίνησης του ρομπότ χωρίς προγραμματισμό, καθώς επίσης η παρακολούθηση της κατάστασής του [37].

Ανοίγοντας ένα πρόγραμμα περιήγησης (λόγου χάρη firefox) στο διαδύκτιο και πληκτρολογώντας τη διεύθυνση IP του Robotino, η διεπαφή δικύου εμφανίζεται, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2.4.

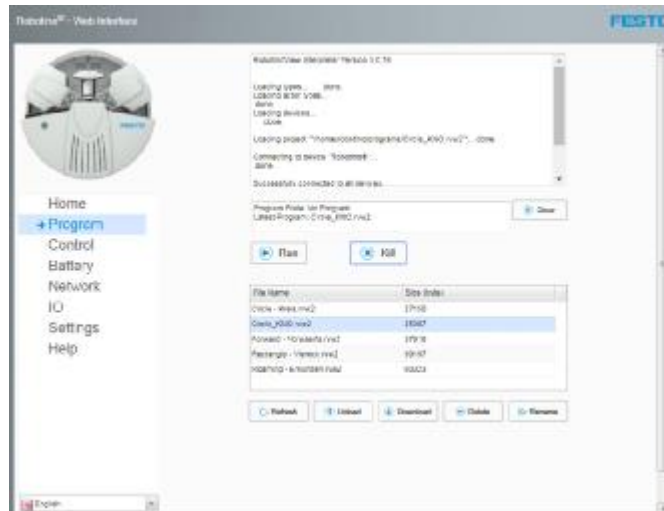


Εικόνα 4.2.4 Διαδυκτιακή διεπαφή (web interface) του Robotino.

Η διαδυκτιακή διεπαφή καθιστά διαθέσιμες λειτουργίες για τον έλεγχο, τη διαμόρφωση και τη συντήρηση του ρομποτικού συστήματος, οι οποίες πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας το μενού, στα αριστερά. Από προεπιλογή, το ονόμα του δικτύου και η διεύθυνση IP, συμπίπτουν με τις καταχωρήσεις του πίνακα χαρακτηριστικών που βρίσκεται στο ρομπότ (πίνακας 4.2.1) [27].

Πίνακας 4.2.1 Πίνακας χαρακτηριστικών διαδυκτιακής διεπαφής.

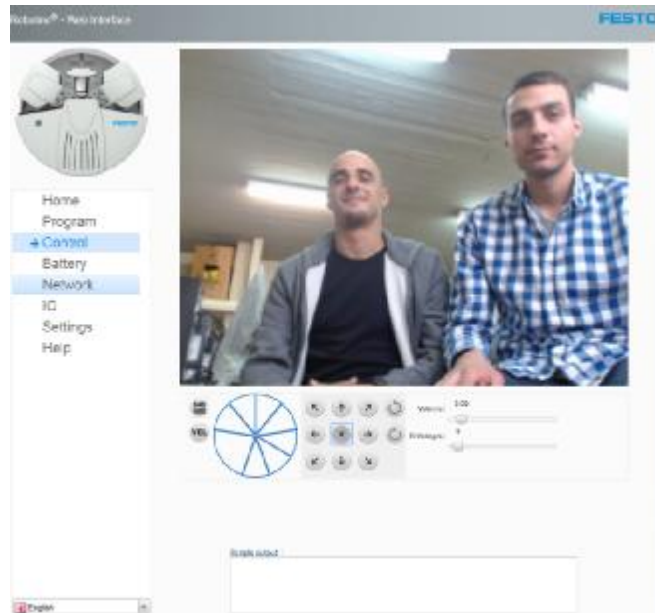
Όνομα δικτύου/SSID	Robotino.003.123
Κωδικός δικτύου	robotino
Διεύθυνση IP	172.26.11



Εικόνα 4.2.5 Περιβάλλον επιλογής "Program", στο πρόγραμμα περιήγησης.

Οι εφαρμογές ελέγχου του ρομπότ που έχουν δημιουργηθεί στο Robotino View, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω της επιλογής "Program" (εικόνα 4.2.5). Υπάρχει η δυνατότητα να:

- Ξεκινήσει ένα πρόγραμμα το οποίο επιλέγεται από τη σχετική λίστα, πατώντας την επιλογή "Run"
- Σταματήσει ένα πρόγραμμα πατώντας την επιλογή "Kill"
- Ανέβει ένα πρόγραμμα από τον υπολογιστή ή το notebook
- Επιλεχθεί πρόγραμμα από τη λίστα των διαθέσιμων προγραμμάτων πατώντας το κουμπί λήψη. Στη συνέχεια, επιλέγοντας έναν φάκελο στο PC ή στο notebook, το πρόγραμμα αποθηκεύεται.
- Μετονομαστεί το πρόγραμμα, πατώντας το πλήκτρο "Rename".



Εικόνα 4.2.6 Περιβάλλον επιλογής "Control", στο πρόγραμμα περιήγησης.

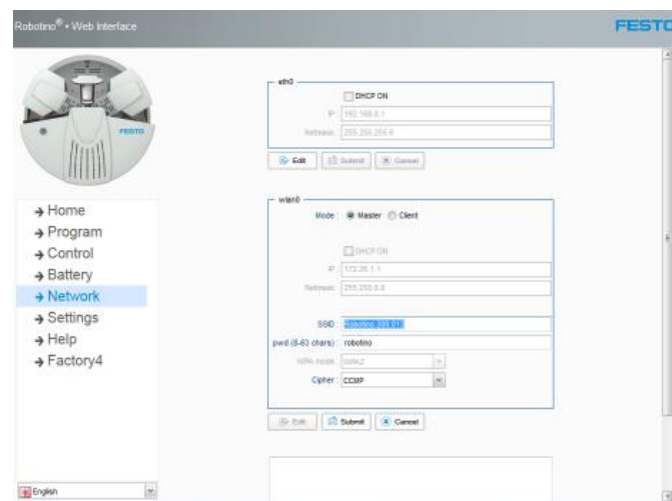
Το Robotino μπορεί να ελεγχθεί χειροκίνητα από τη σελίδα ελέγχου (εικόνα 4.2.6). Η εικόνα της κάμερας, που καταγράφει, μεταφέρει την εικόνα στο χειριστή, ενώ η ανάλυση της κάμερας μπορεί να ρυθμιστεί επιλέγοντας το κουμπί που εμφανίζει την τρέχουσα ανάλυση. Επιπλέον, οι τιμές των εννέα υπέρυθρων αισθητήρων απόστασης και η κατάσταση του προφυλακτήρα εμφανίζονται στο γράφημα. Το Robotino μπορεί να μετακινηθεί στην επιθυμητή κατεύθυνση, πατώντας αντίστοιχα τα πλήκτρα κύλισης. Επίσης, καθορίζεται η ταχύτητα για γραμμική ή περιστροφική κίνηση μέσω των ρυθμιζόμενων μπαρών που βρίσκονται στο κάτω μέρος.



Εικόνα 4.2.7 Περιβάλλον επιλογής "Battery", στο πρόγραμμα περιήγησης.

Στη σελίδα "Battery", απεικονίζεται η κατάσταση του τροφοτικού συστήματος, δηλαδή η τάση του συστήματος, η ένταση του ρεύματος, τα επίπεδα φόρτισης και η θερμοκρασία των δύο μπαταριών (εικόνα 4.2.7).

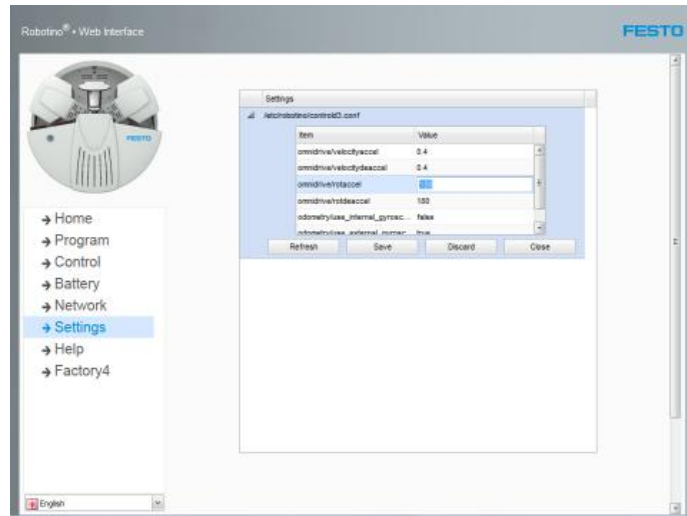
Οι ρυθμίσεις δικτύου του Robotino, μπορούν να ελεγχθούν και να ρυθμιστούν μέσω της σελίδας "Network" (εικόνα 4.2.8). Για πρόσβαση στις ρυθμίσεις του Ethernet του ενσωματωμένου υπολογιστή, από την ενότητα "eth0" αλλάζει η διεύθυνση IP και η μάσκα δικτύου (net mask). Για τυχόν ρυθμίσεις της σύνδεσης της κάρτας δικτύου είναι δυνατή η αλλαγή των παραμέτρων του αντάπτορα μέσω της ενότητας "wlan0".



Εικόνα 4.2.8 Περιβάλλον επιλογής "Network", στο πρόγραμμα περιήγησης.

Μέσω της σελίδας "Settings", υπάρχει η επιλογή προσαρμογής και ελέγχου των παραμέτρων για τον έλεγχο του Robotino (εικόνα 4.2.9). Οι ρυθμίσεις αυτές έχουν εφαρμογή σε [27]:

- Μέγιστη επιτάχυνση γραμμικής κίνησης m/s
- Μέγιστη επιβράνδυνση γραμμικής κίνησης m/s
- Μέγιστη επιτάχυνση για περιστροφική κίνηση σε r/s
- Μέγιστη επιβράνδυνση για περιστροφική κίνηση σε r/s
- Χρήση του εσωτερικού αισθητήρα του γυροσκοπίου για διόρθωση της οδομετρίας
- Χρήση του εξωτερικού αισθητήρα του γυροσκοπίου για διόρθωση της οδομετρίας



Εικόνα 4.2.9 Περιβάλλον επιλογής "Settings" στο πρόγραμμα περιήγησης.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα απεύθειας σύνδεσης μέσω ethernet από τον φορητό υπολογιστή στον ενσωματωμένο υπολογιστή ελέγχου του Robotino. Κατά τη μεταφορά πληροφοριών, η διεύθυνση IP του ενσωματωμένου υπολογιστή είναι 172.27.11. Επειδή ο ενσωματωμένος υπολογιστής δεν υποστηρίζει DHCP, θα πρέπει να διαμορφώσει μια στατική διεύθυνση IP για την κάρτα δικτύου. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα απεύθειας σύνδεσης από τον φορητό υπολογιστή στον μικροελεγκτή του ρομπότ. Κατά τη μεταφορά πληροφοριών, η διεύθυνση IP του μικροελεγκτή είναι 172.27.254.254. Καθότι ο μικροελεγκτής δεν υποστηρίζει DHCP, θα πρέπει να διαμορφωθεί μια στατική διεύθυνση IP για την κάρτα δικτύου με σκοπό τη σύνδεση με τον ενσωματωμένο υπολογιστή [27].

Το Robotino μπορεί να ελέγχεται μέσω ασύρματου δικτύου από το Robotino View [38]. Σε αυτή την περίπτωση (εικόνα 4.2.10), επιλέγεται η διεύθυνση IP 172.26.11 στο αντίστοιχο κουτί στη μπάρα εργασιών του λογισμικού. Στο διπλανό κουτί αναγράφεται σε πραγματικό χρόνο η κατάσταση σύνδεσης του ρομπότ με τον υπολογιστή, με την τιμή 100 να προτείνεται ως η πιο αποδοτική [28].



Εικόνα 4.2.10 Σύνδεση Robotino με Robotino View, μέσω ασύρματου δικτύου [36].

4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ

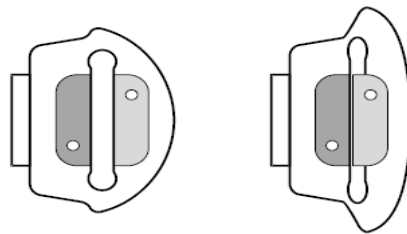
4.3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ

Ο αισθητήρας κατά της πρόσκρουσης, εξασφαλίζει την εκτέλεση προγραμμάτων και κίνησης, καθώς σε περίπτωση σύγκρουσης, το ρομπότ σταματάει αμέσως τη λειτουργία του. Η διακοπή της εκτέλεσης της λειτουργίας αυτής, απενεργοποιείται μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας (web interface), ωστόσο, ενεργοποιείται ως προεπιλεγμένη παράμετρος [27].

Ο εν λόγω αισθητήρας λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή του ρεύματος ηρεμίας. Το ρεύμα αυτό, ρέει συνεχώς μέσα στον αγωγό ακόμα και στην περίπτωση που το ρομπότ είναι απενεργοποιημένο. Στην περίπτωση που το ρεύμα δεν ρέει μέσα στον αγωγό ο αισθητήρας έχει υποστεί βλάβη [39].

Όταν το αυτοκινούμενο σύστημα, έρθει σε επαφή με αντικείμενο, ο αγωγός του ευαίσθητου αισθητηρίου υφίσταται πίεση με αποτέλεσμα οι δύο αγωγίμες επιφάνειες να βραχυκυκλώνουν (εικόνα 4.3.1.1). Με αυτόν τον τρόπο, παράγεται ένα σήμα που μεταδίδεται στην ηλεκτρονική πλακέτα ισχύος με σκοπό τη διακοπή λειτουργίας του ρομπότ [27].

Οι ευαίσθητες ακμές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την ασφάλεια της τεχνολογίας, προκειμένου να εξαιρεθούν τραυματισμοί σε πρόσωπα ή ζημιές σε μηχανήματα και υλικά ως αποτέλεσμα θραύσης ή διάτμησης. Στην ιατρική μηχανική, χρησιμοποιείται σε διαγνωστικό εξοπλισμό, συσκευές ακτινοβολίας και κινητά προστετευτικά καλύμματα για την προστασία των ασθενών [39].



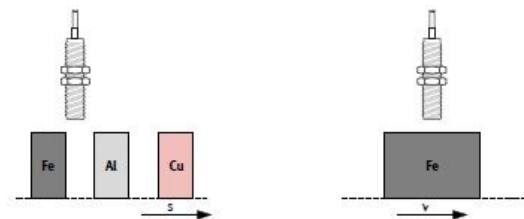
Εικόνα 4.3.1.1 Στα αριστερά, το εσωτερικό του αισθητήρα σε περίπτωση ομαλής λειτουργίας, ενώ στα δεξιά ο αισθητήρας σε περίπτωση σύγκρουσης [39].

4.3.2 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

Ένας επαγωγικός αισθητήρας αποτελείται από ένα πηνίο με πυρήνα φερριτή, όπως παρατηρείται στην εικόνα 4.3.2.1. Μαζί με τον πυκνωτή, το πηνίο σχηματίζει ένα συντονισμένο κύκλωμα δημιουργώντας ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μπροστά από το πηνίο. Εάν υπάρχει ηλεκτρικά αγώγιμο αντικείμενο στο πεδίο αυτό, παράγεται μια τάση, η οποία με

τη σειρά της προκαλεί τα λεγόμενα δινορεύματα εντός του υλικού. Η απαιτούμενη ενέργεια αντλείται από το κύκλωμα συντονισμού. Ο εν λόγω αισθητήρας χρησιμοποιείται [39]:

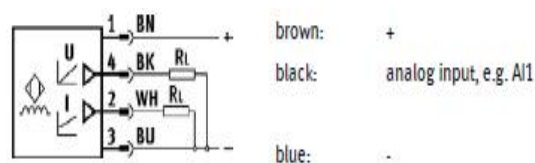
- Στη διαφοροποίηση μεταξύ ποικίλων μεταλλικών υλικών
- Για τη μέτρηση αποστάσεων
- Για την παρακολούθηση συναρμολόγησης



Εικόνα 4.3.2.1 Επαγωγικός αισθητήρας αποτελούμενος από κύλωμα με πηνίο και πυκνωτή.

Ο επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης παρέχεται ως πρόσθετο στοιχείο. Εξυπηρετεί στην ανίχνευση μεταλλικών αντικειμένων στο πάτωμα, με εφαρμογές στον έλεγχο διαρδομής και ακρίβειας θέσης. Η λειτουργία του βασίζεται στην παραγωγή διαφόρων ισχυρών σημάτων εξόδου, με διαφορετική ισχύ, ανάλογα με το αν κινείται στη μέση ή στην άκρη της μεταλλικής ταινίας. Επομένως, η παρακολούθηση της διαδρομής (path tracking) μπορεί να ελεγχθεί με μια ξεχωριστή προσέγγιση [26].

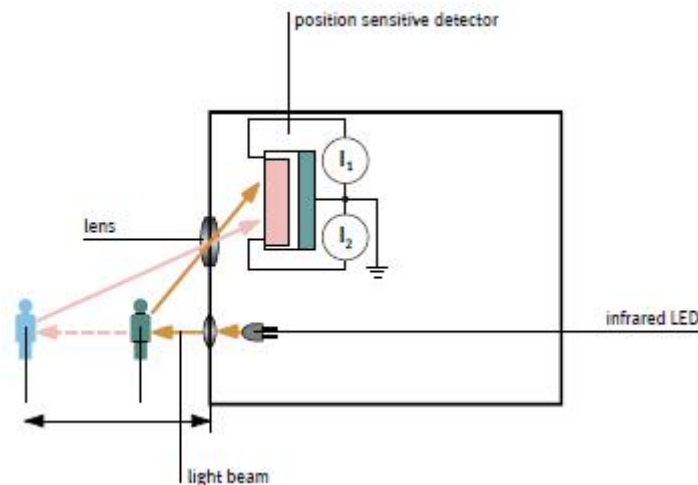
Ο αισθητήρας πρέπει να είναι προσκολλημένος με τον εξοπλισμό του, για τον σκοπό αυτό και συνδεδεμένος στην κατάλληλη θέση της ηλεκτρικής διεπαφής των I/O, σύμφωνα με τη συνδεσμολογία της εικόνας 4.3.2.2 [27]. Ανάλογα με το υλικό ή την απόσταση, οι αναλογικοί αισθητήρες παρέχουν αναλογικό σήμα τάσης ή έντασης ρεύματος [39]. Έχει τη δυνατότητα μεταφοράς σημάτων είτε μέσω αναλογικής (A/I), είτε ψηφιακής εισόδου (D/I) [27].



Εικόνα 4.3.2.2 Συνδεσμολογία επαγωγικού αισθητήρα, με τον καφέ ακροδέκτη στο υψηλό δυναμικό, τον μπλε στο χαμηλό και τον μαύρο σε αναλογική είσοδο A/I [28].

4.3.3 ΥΠΕΡΥΘΡΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι αισθητήρες υπέρυθρων αποτελούνται από έναν πομπό που εκπέμπει μια δέσμη υπέρυθρου φωτός, έναν αντίστοιχο δέκτη και μια ηλεκτρονική μονάδα αξιολόγησης (εικόνα 4.3.3.1). Αν η εκπέμπουσα υπέρυθρη δέσμη δεν επηρεάζει κάποιο αντικείμενο δεν αντανακλάται και ο δέκτης δεν δέχεται δέσμη φωτός. Ωστόσο, αν το φως αντανακλάται από ένα αντικείμενο, η δέσμη φωτός ανιχνεύεται μέσα σε έναν συγκεκριμένο εύρος του δέκτη. Δεδομένου ότι ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονται σε μικρή απόσταση ο ένας από τον άλλον εντός του αισθητήρα, οι εκπεμπόμενες και ληφθήσεις δέσμες φωτός σχηματίζουν ένα τρίγωνο [39].

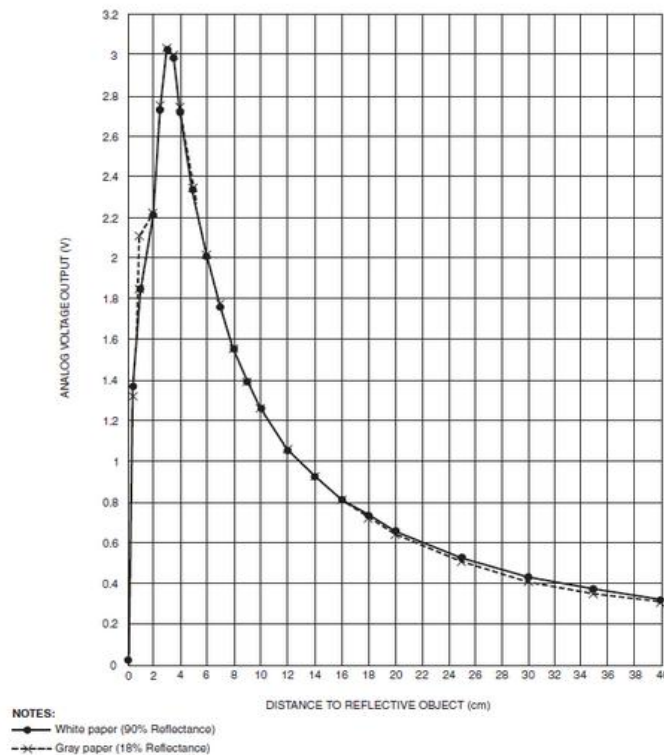


Εικόνα 4.3.3.1 Κύκλωμα αισθητήρα υπέρυθρων.

Ανάλογα με την απόσταση η ανακλώμενη δέσμη φωτός προσκρούει σε διαφορετικό σημείο του δέκτη. Ο τελευταίος αποτελείται από έναν ανιχνευτή ευαίσθητο στη θέση (PSD), ο οποίος ανιχνεύει τα διαφορετικά σημεία επίπτωσης. Μια μονάδα επεξεργασίας σήματος μετατρέπει αυτά σε μια τιμή αναλογικής τάσης. Ένα PSD είναι μιας διαστρωματικής μορφής φωτοδίοδος. Αποτελείται από ένα αυαίσθητο στο φως μεταλλικό στρώμα. Τα ηλεκτρόδια μετάλλων βρίσκονται στα άκρα αυτών των στρωμάτων. Εάν μια δέσμη φωτός προσκρούει σε ένα σημείο αυτού του φωτοευαίσθητου στρώματος, αυτό απελευθερώνει φορείς φόρτισης οι οποίοι παράγουν ροή ρεύματος προς τα δύο ηλεκτρόδια. Τα μη φωτισμένα τμήματα του στρώματος δρουν ως αντίσταση. Η σχέση μεταξύ των ρευμάτων στα ηλεκτρόδια εξαρτάται από τη θέση του σημείου πρόσπτωσης και επεξεργάζεται από την ηλεκτρονική μονάδα αξιολόγησης [39].

Για τον παραπάνω σκοπό οι αισθητήρες υπέρυθρων αποκαλούνται αλλιώς και αισθητήρες απόστασης, καθώς επιτρέπουν τον προσδιορισμό της απόστασης αντικειμένων μέσα στο άμεσο περιβάλλον του Robotino. Κάθε αισθητήρας παράγει ένα επίπεδο τάσης, της οποίας η τιμή εξαρτάται από την απόσταση από ένα αντικείμενο ανάκλασης. Επιπλέον,

διακρίνεται από την εύκολη σύνδεση τους η οποία περιλαμβάνει τροφοδοσία και σήμα εξόδου. Η μονάδα ηλεκτρονικής αξιολόγησης μετρά την απόσταση και το διαβάζει ως αναλογικό σήμα τάσης. Η σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών απεικονίζεται στην εικόνα 4.3.4.2 [27].



Εικόνα 4.3.3.2 Γραφική παράσταση σχέσης μεταξύ αναλογικής τάσης εξόδου ($x'x$) και απόστασης ανακλώμενου αντικειμένου ($y'y$).

Επομένως, το Robotino μπορεί να εξετάσει λεπτομερώς όλες τις περιοχές γύρω του για αντικείμενα με τη βοήθεια αυτών των αισθητήρων και τα εμπόδια να αποφευχθούν. Κάθε ένας από αυτούς μπορεί να επικοινωνεί ξεχωριστά με την πλακέτα ελέγχου [29].

4.3.4 ΟΠΤΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Η παρακολούθηση διαδρομής μπορεί επίσης να εφαρμοστεί με τους δύο ενσωματωμένους διάχυτους αισθητήρες [26]. Οι αισθητήρες οπτικής προσέγγισης αποτελούνται από δύο κύριες μονάδες, τον εκπομπό και τον δέκτη. Ανάλογα με τον σχεδιασμό και την εφαρμογή, απαιτούνται αντανακλαστικό κάτοπτρο και οπτικές ίνες. Ο πομπός και ο δέκτης είτε ενσωματώνονται στο ίδιο περίβλημα (διάχυτοι αισθητήρες και

αντανεκλαστικοί αισθητήρες), είτε τοποθετούνται σε ξεχωριστά περιβλήματα (αισθητήρες διαστάυρωσης).

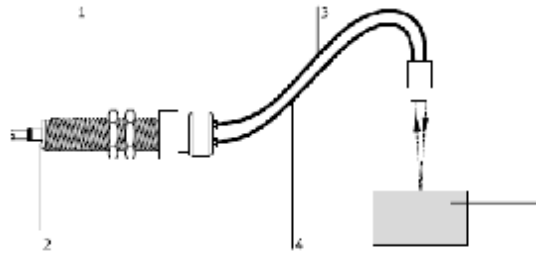
Ο πομπός περιέχει μια ακτινοβόλο πηγή για το κόκκινο ή υπέρυθρο φως που απλώνεται σε ευθεία γραμμή και μπορεί να εκτραπεί, να εστιαστεί, να διακοπεί, να ανακλαστεί και να κατευθυνθεί. Στη συνέχεια, η δέσμη φωτός, λαμβάνεται από τον δέκτη και αξιολογείται ηλεκτρονικά. Συνήθως οι αισθητήρες προσέγγισης περιέχουν μια δίοδο εκπομπής φωτός (LED), η οποία ανάβει όταν η έξοδος αλλάζει. Η οθόνη LED χρησιμεύει ως βοήθημα προσαρμογής στις λειτουργικές δοκιμές [39].

Διαφορετικές επιφάνειες και χρώματα μπορούν να ανιχνευθούν από τους δύο περιλαμβανόμενους οπτικό-ηλεκτρικούς αισθητήρες (αποκαλούμενοι και ως αισθητήρες διάχυτου φωτός) με βάση τους διαφορετικούς βαθμούς της ανακλαστικότητας. Οι αισθητήρες μπορούν έτσι, να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν το Robotino κατά μήκος μιας καθορισμένης διαδρομής ή να το σταματήσουν σε μια συγκεκριμένη θέση [27]. Το μέγεθος, η επιφάνεια, το σχήμα, η πυκνότητα και το χρώμα του αντικειμένου, καθώς και η γωνία πρόσπτωσης καθορίζουν την ένταση της ακτινοβολίας που ανακλάται έτσι ώστε, κατά κανόνα, να μπορούν να παρακολουθούνται μόνο μικρές αποστάσεις εντός μιας περιοχής μερικών δεκαδικών εκατοστών [39].

Η δράση ενός διάχυτου αισθητήρα βασίζεται στη διαφορά της αντανάκλασης του αντικειμένου σε σχέση με το υπόβαθρο. Εάν η αντίθεση είναι ελάχιστη, η στάθμη ενεργοποίησης του κυκλώματος μπορεί να επιλεγεί μέσω της ρύθμισης της ευαισθησίας στον αισθητήρα προσέγγισης (ποτενσίομετρο μονής ή πολλαπλής επιλογής), έτσι ώστε το αντικείμενο να ανιχνεύεται αξιόπιστα ακόμη και υπό αυτές τις λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες [39].

Στην εικόνα 4.3.4.1 όπου ακολουθεί, απεικονίζονται τα μέρη του αισθητήρα, αποτελούμενα από:

1. Οπτικό αισθητήρα εγγύτητας
2. Οθόνη LED και βίδα ρύθμισης
3. Καλώδιο οπτικών ινών εκπομπού
4. Καλώδιο οπτικών ινών δέκτη
5. Αντικείμενο



Εικόνα 4.3.4.1 Διάχυτος αισθητήρας με καλώδια οπτικών ινών και μονάδα που συνδυάζει εκπομπό και δέκτη, τα μέρη του οποίου αναγράφονται παραπάνω σύμφωνα με τις αριθμητικές παραπομπές.

Οι οπτικοί αισθητήρες εγγύτητας με συνημμένα καλώδια οπτικών ινών χρησιμοποιούνται όταν οι συμβατικές συσκευές απαιτούν υπερβολικό χώρο. Ομοίως, η χρήση καλωδίων οπτικών ινών προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα [39]:

- Ανίχνευση αντικειμένων σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση.
- Δυνατότητα στερέωσης του περιβλήματος του αισθητήρα σε επικύνδυλο περιβάλλον.
- Ανίχνευση ακρίβειας μικρών αντικειμένων.
- Δυνατότητα κινητής διαμόρφωσης ανιχνεύσιμων στοιχείων.

Οι αισθητήρες πρέπει να είναι προσαρτημένοι στις βάσεις που προβλέπονται, για το σκοπό αυτό και συνδεδεμένοι στην ηλεκτρική διεπαφή του Robotino όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3.4.2.



Εικόνα 4.3.4.2 Σύνδεση ακροδεκτών αισθητήρα στην διεπαφή I/O του ρομπότ [28].

Στην εικόνα 4.3.4.3 όπου απεικονίζεται η συνδεσμολογία του αισθητήρα, οι καφέ και μπλε ακροδέκτες παρέχουν τροφοδοσία (καφέ υψηλό δυναμικό, μπλε χαμηλό δυναμικό), ενώ ο μαύρος και ο λευκός ακροδέκτης, στέλνουν το ψηφιακό σήμα μέσω της ηλεκτρικής διεπαφής I/O και συνδέονται σε ψηφιακές εισόδους (DI) [28]. Ο πομπός και ο δέκτης τοποθετούνται στο ίδιο περίβλημα. Το αντικείμενο αντικατοπτρίζει μέρος της ακτινοβολίας και ενεργοποιεί τον δέκτη ως αποτέλεσμα αυτού. Ανάλογα με το σχεδιασμό του δέκτη, η έξοδος

μεταβαίνει στη συνέχεια σε NO είτε σε NC (ανοιχτή ή κλειστή επαφή σε κατάσταση ηρεμίας). Για τον λόγο αυτό απαιτούνται δύο καλώδια εισόδων, ένα για κάθε περίπτωση [39].

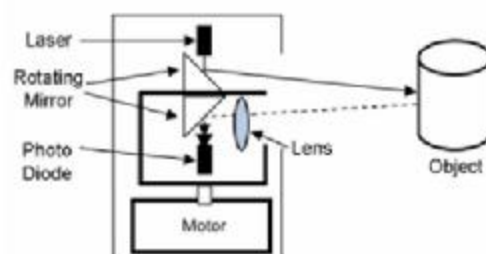


Εικόνα 4.3.4.3 Κύκλωμα και συνδεσμολογία οπτικό-ηλεκτρονικού αισθητήρα [28].

4.3.5 ΣΑΡΩΤΗΣ ΛΕΙΪΖΕΡ

Ο ανιχνευτής λέιζερ του Robotino, επιτρέπει τη δημιουργία χαρτών, πλοήγησης και εντοπισμού, καθώς και την αναγνώριση αντικειμένων, χάρη στη ψηφιακή ανίχνευση αντικειμένων σε ένα επίπεδο. Προκειμένου να αποφευχθούν οι συγκρούσεις, ο αισθητήρας τοποθετείται επάνω από τον ελεγκτή, για μια ολόπλευρη προβολή του χώρου, ή στον χώρο φόρτωσης του ρομπότ. Ο σαρωτής είναι συνδεδεμένος στη μονάδα ελέγχου και τροφοδοτείται μέσω σύνδεσης USB. Ο σαρωτής λέιζερ είναι πλήρως ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική του λογισμικού του Robotino. Οι μετρήσεις του μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση και από το Robotino View καθώς και από τα αυτοελεγχόμενα προγράμματα ελέγχου [25].

Το Hokuyo URG-O4XL είναι ένας ανιχνευτής σαρωτής λέιζερ, κατηγοριοποιημένος ως ένας αισθητήρας ρυθμιζόμενου πλάτους συνεχούς κύματος (AMCW, Amplitude Modulated Continuous Wave). Όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 4.3.5.1, το λέιζερ εκπέμπει μια υπέρυθη δέσμη φωτός, ενώ ένας περιστρεφόμενος καθρέφτης αλλάζει την κατεύθυνση της δέσμης αυτής. Ο καθρέφτης περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός κινητήρα. Τότε το λέιζερ χτυπά στην επιφάνεια ενός αντικειμένου και ανακλάται. Η κατεύθυνση του ανακλώμενου φωτός αλλάζει ξανά πορεία από τον περιστρεφόμενο καθρέφτη και λαμβάνεται από μια φωτοδίοδο. Οι φάσεις του εκπεμπόμενου και ληφθέντος φωτός συγκρίνονται και υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου [40].

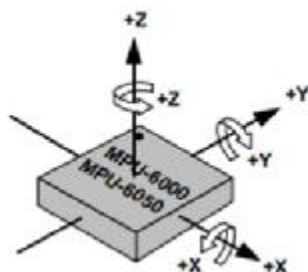


Εικόνα 4.3.5.1 Ηλεκτρονικό κύκλωμα του σαρωτή λέιζερ, Hokuyo URG-O4XL.

Ο περιστρεφόμενος καθρέφτης σαρώνει τη δέσμη λέιζερ οριζόντια σε ένα εύρος 240° με γωνιακή ανάλυση 0,36°. Καθώς ο καθρέφτης περιστρέφεται περίπου στα 600 rpm, ο ρυθμός σάρωσης γίνεται κάθε 10 ms. Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων μπορεί να διαμορφωθεί στα 19.2, 57.6, 115.2 250,000, ή στα 750Kbps όταν είναι συνδεδεμένο σε RS-232C θύρα ή μπορεί να ρυθμιστεί στα 9 Mbps όταν είναι συνδεδεμένο μέσω θύρας USB [40].

4.3.6 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ

Το Robotino διαθέτει γυροσκόπιο το οποίο χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της ακρίβειας της θέσης του. Μόλις το λειτουργικό σύστημα του ρομπότ ανιχνεύσει το γυροσκόπιο, τα σήματα του τελευταίου, χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της ανίχνευσης θέσης με βάση την οδομετρία του κινητήριου συστήματος. Με αυτό τον τρόπο, το γυροσκόπιο καθορίζει αλλαγές στον προσανατολισμό του ρομποτικού συστήματος, χωρίς την απαίτηση προγραμματισμού.



Εικόνα 4.3.6.1 Προσανατολισμός των τριών αξόνων της ευαस्थσίας και πολικότητας της περιστροφής.

Τα γυροσκόπια μετρούν τη γωνιακή ταχύτητα με βάση τη διατήρηση της γωνιακής ορμής. Εάν γίνει προσπάθεια να μετατραπεί ένα περιστρεφόμενο αντικείμενο γύρω από έναν άξονα διαφορετικό από αυτόν που ήδη περιστρέφεται, το αντικείμενο ασκεί μια αντίθετη ροή στρέψης ενάντια σε αυτή την κίνηση, εξασφαλίζοντας έτσι ότι η ολική γωνιακή ορμή παραμένει αμετάβλητη. Οι δυνάμεις που παράγονται από αυτή τη ροπή, μετριοούνται από το γυροσκόπιο στις βάσεις ανάρτησης. Δεδομένου ότι τα μηχανικά γυροσκόπια είναι πολύ μεγάλα, βαριά και ευάλωτα, τα ψηφιακά γυροσκόπια αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια και δεν είναι μεγαλύτερα από ένα νόμισμα ενός ευρώ, χωρίς αυτό να επηρεάζει την ακρίβεια του. Στην εικόνα 4.3.6.1 απεικονίζεται ο προσανατολισμός και η φορά αναφοράς των

αξόνων.

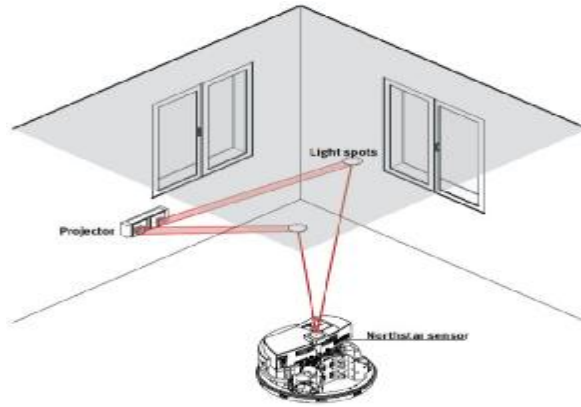
Αυτός ο αισθητήρας μετράει γωνιακό ρυθμό και εκφράζει μοίρες ανά δευτερόλεπτο. Η ενσωμάτωση του γωνιακού ρυθμού σε σχέση με τον χρόνο έχει ως αποτέλεσμα μια μετρούμενη γωνία κίνησης η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των αλλαγών στον προσανατολισμό. Τα MPU-6000 παρακολουθούν την σχετική κίνηση, ανεξάρτητα από τη βαρύτητα [27].

4.3.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

Το NorthstarTM είναι ένα σύστημα υπέρυθρης παρακολούθησης που χρησιμοποιεί υπέρυθρα φωτεινά σημεία ως σημεία προσανατολισμού. Ένας εξελιγμένος αισθητήρας υπέρυθρων διαπιστώνει τη θέση και τον προσανατολισμό βάσει της θέσης των δύο φωτεινών σημείων. Το σύστημα Northstar TM αποτελείται από ένα κιτ προβολέα NorthstarTM και τον αισθητήρα NorthstarTM.

Το σύστημα αποτελείται από έναν αισθητήρα και έναν προβολέα. Ο αισθητήρας είναι υπέρυθρος με PCB για την επεξεργασία του σήματος και τη διεπαφή επικοινωνίας USB που συνδέεται με τη μονάδα ελέγχου του Robotino. Οι αισθητήρες NorthstarTM είναι σε θέση να ανιχνεύσουν τις θέσεις των υπέρυθρων φωτεινών σημείων που προβάλλονται πάνω σε μια επιφάνεια, όπως για παράδειγμα το ανώτατο όριο ενός δωματίου, από δύο προβολείς NorthstarTM. Ακόμη, μπορούν να επιβεβαιώσουν τις θέσεις των πηγών του υπέρυθρου φωτός.

Ο προβολέας NorthstarTM είναι πηγή υπέρυθρου φωτός που δημιουργεί ένα ειδικό πλαίσιο φωτός. Αυτό το πλαίσιο φωτός μπορεί να ανιχνευθεί και να αξιολογηθεί από τον αισθητήρα NorthstarTM. Ο προβολέας είναι ικανός να εκπέμπει διακεκομμένη ή μερικώς διαχωρισμένη δέσμη φωτός. Μια συγκεκριμένη δέσμη φωτός αποτελείται από μια συλλογή πραγματικά παράλληλων δεσμών φωτός. Αυτές χρησιμοποιούνται για να δημιουργούν σημεία φωτός σε μια ανακλαστική επιφάνεια, όπως λόγω χάρη το ανώτατο όριο του δωματίου. Ο προβολέας μπορεί επίσης να παράγει φως το οποίο ανιχνεύεται απευθείας από τον αισθητήρα χωρίς να ανακλάται. Η διαφοροποίηση μεταξύ δύο ή περισσότερων διαφορετικών προβολέων εντός ενός δοσμένου συστήματος NorthstarTM, εξασφαλίζεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές συχνότητες που αναβοσβήνουν στους μεμονωμένους προβολείς. Η θέση των δύο σημείων του σχετικού φωτός μεταξύ τους μπορούν έτσι να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της θέσης.



Εικόνα 4.3.7.1 Απεικόνιση συστήματος NorthstarTM με τις κόκκινες γραμμές

Το σύστημα NorthstarTM χρησιμοποιείται για πλοήγηση ή παρακολούθηση αντικειμένων. Για σκοπούς πλοήγησης, ο προβολέας τοποθετείται σταθερά μέσα στο περιβάλλον της εφαρμογής, αλλά ο αισθητήρας είναι κινητός. Στην περίπτωση εντοπισμού αντικειμένων, ο αισθητήρας είναι εγκατεστημένος σε στάσιμο σημείο και ο προβολέας είναι κινητός όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 4.3.7.1.

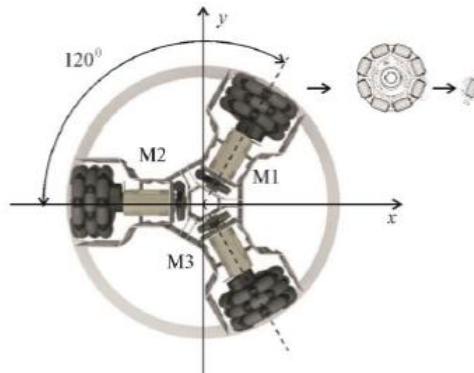
Όταν χρησιμοποιείται για πλοήγηση, ο αισθητήρας μετρά τις θέσεις των δύο φωτεινών σημείων που προβάλλονται στην οροφή. Ο αισθητήρας τότε διαπιστώνει τις θέσεις των επιμέρους ελαφρών κηλίδων μέσα σε ένα εσωτερικό του συστήματος συντεταγμένων, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο πέφτουν στην επιφάνεια του αισθητήρα. Το σύστημα συντεταγμένων ονομάζεται σύστημα συντεταγμένων αισθητήρα. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί τις θέσεις των φωτεινών σημείων για να υπολογίσει τη δική του θέση και προσανατολισμό μέσα σε ένα σύστημα χωρικών συντεταγμένων, το οποίο είναι σε συνδυασμό με τα δύο φωτεινά σημεία. Ο υπολογισμός βασίζεται στο γεγονός ότι ο αισθητήρας μετακινείται σε ένα μόνο επίπεδο και είναι τοποθετημένος παράλληλα στο επίπεδο αυτό [33].

4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΥ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το κινητήριο υποσύστημα του Robotino, αποτελείται από από τρεις ανεξάρτητες κινητήριες μονάδες, κάθε μια με τη δική της ξεχωριστή ισχύ [37]. Το κινητήριο σύστημα του Robotino δίνει την ικανότητα στο ρομπότ να ταξιδεύει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση χαρακτηρίζοντάς το ως πολυκατευθυντήριο (omnidirectional) [39].

Το πλεονέκτημα των οχημάτων που κατευθύνονται παντού είναι ότι μπορούν να κινούνται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να χρειαστεί περιστροφή (εικόνα 4.4.1). Το βασικό στοιχείο μιας κατευθυντικής κίνησης είναι ο λεγόμενος κατευθυντικός ή

πολυκατευθυντικός τροχός ή κασέτα, επίσης γνωστή ως omnihwheel. Συνήθως σε σχήμα βαρελιού, αυτοί οι τροχοί είναι προσαρτημένοι στην περιστρεφόμενη επιφάνεια του κύριου τροχού, των οποίων οι άξονες περιστροφής είναι σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα περιστροφής του κύριου τροχού [39]. Χάρη σε αυτούς, οι δυνάμεις τριβής μειώνονται κατά την πλευρική κίνηση των κινητήριων τροχών [37].



Εικόνα 4.4.1 Οι πολυκατευθυντήριες κινητικές μονάδες του Robotino, ενώ δεξιά απεικονίζεται ο κύριος τροχός αποτελούμενος από τους βοηθητικούς τροχούς.

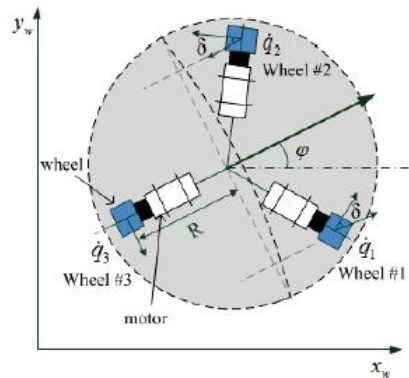
Καθένας από τους κύριους τροχούς διαθέτει την ενεργή κίνηση του δικού του κινητήρα και την παθητική πλευρική κίνηση των δύο εναπομείναντων δίσκων [37]. Ένας πολυκατευθυντήριος τροχίσκος κινείται προς μια κατεύθυνση μέσω του άξονα κίνησής του και επιπλέον μπορεί να κυλίσει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση με τους άλλους τροχούς. Μέσω της αλληλεπίδρασης με τις άλλες δύο μονάδες μετάδοσης της κίνησης είναι συνεπώς δυνατό να δημιουργούν μια κατεύθυνση κίνησης που αποκλίνει από εκείνη της κατεύθυνσης της ενεργοποίησης.

Έαν ο κύριος τροχός κινείται, οι δύο βοηθητικοί τροχοί κλειδώνουν και κινούνται στην επιφάνεια με βάση τον κύριο τροχό. Αν ο κινητήρας σταματάει το όχημα μετακινείται προς άλλη κατεύθυνση ενώ, οι βοηθητικοί τροχοί περιστρέφονται και έτσι ελαχιστοποιούν την αντίσταση τριβής του τροχού. Αυτός ο τύπος σχεδίασης επιτρέπει γρήγορη μετακίνηση σχεδόν σε οποιαδήποτε γωνία προς την κατεύθυνση διαδρομής του κύριου τροχού. Σε συμμετρική κίνηση, οι τροχοί (τροχοί πολλαπλής κατεύθυνσης ή τροχίσκοι) είναι τοποθετημένοι σε απόσταση 120° μοιρών. Οι τροχοί σε μια κατευθυντήρια κίνηση κινούνται έτσι ώστε να περιστρέφονται μεταξύ τους όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 4.4.2.

Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι, λόγω του διαφορετικού ελέγχου ταχύτητας των κινητήρων, το ρομπότ είναι σε θέση να ταξιδεύει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να χρειάζεται να στρίψει. Άλλα πλεονεκτήματα ακόμη είναι:

- Ένα κατευθυντήριο όχημα είναι σε θέση να γυρίσει όταν είναι ακίνητο
- Ο κύκλος στροφής σε αυτά τα οχήματα είναι ίσος με το μηδέν, χωρίς να χρειάζεται να μετατοπιστεί

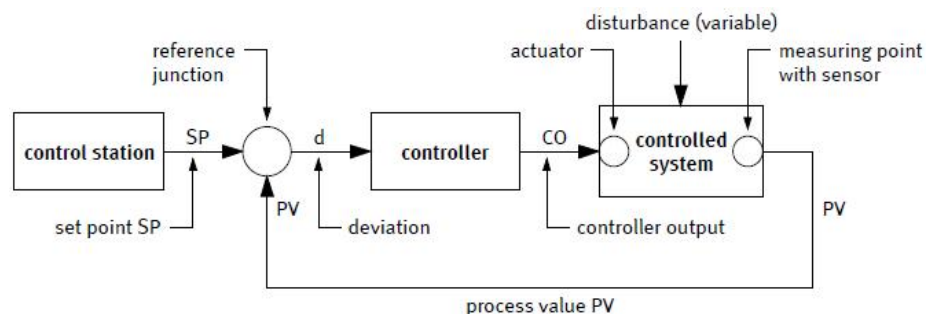
- Το βάρος ολόκληρου του ρομπότ κατανέμεται σε τρεις τροχούς και ως εκ τούτου βελτιώνεται η ισορροπία του
- Δεν απαιτείται μηχανισμός διεύθυνσης
- Μηχανικά απλό και ανθεκτικό



Εικόνα 4.4.2 Οι κινήσεις που μπορεί να πραγματοποιήσει το Robotino με τη βοήθεια του πολυκατευθυντήριου κινητικού συστήματος [41].

Μειονέκτημα, ωστόσο, αποτελεί η κατανάλωση ενέργειας είναι σχετικά υψηλή σε περίπτωση μετακίνησης προς τα εμπρός, δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλος αριθμός επιφανειών κύλισης με αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης λόγω της αυξημένης τριβής [39].

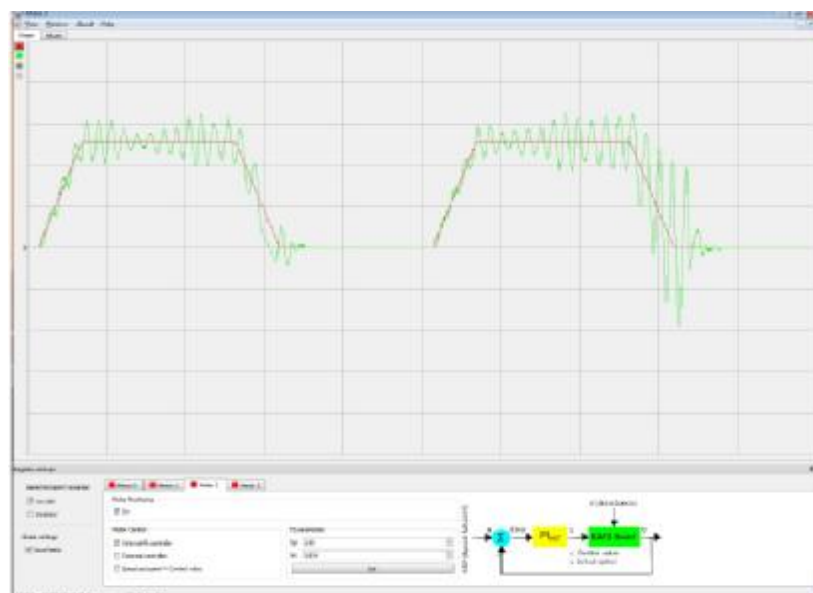
Οι τρεις κινητήρες DC που χρησιμοποιούνται ως μονάδα ελέγχου, μεταχειρίζονται με έλεγχο ανάδρασης και τροφοδοτούν με κινητική ενέργεια το σύστημα, ο καθένας ξεχωριστά [37]. Η μέγιστη ταχύτητα και η μέγιστη επιτάχυνση των κινητήρων μπορούν να διαμορφωθούν μέσω διαδικτύου με τη βοήθεια του του Robotino View ή μέσω του προγράμματος περιήγησης στο web interface που δημιουργείται (εικόνα 4.2.6). Η πραγματική ταχύτητα κάθε επιμέρους κινητήρα μετρείται σε στροφές (RPM) με τη βοήθεια του αυξητικού κωδικοποιητή χρησιμοποιείται σαν σένσορας, δίνοντας ανατροφοδότηση (feedback) [27].



Εικόνα 4.4.3 Συνάρτη μεταφοράς κλειστού βρόχου με ανατροφοδότηση, βάση στην οποία λειτουργεί το κινητήριο σύστημα του ρομπότ.

Ο αποκωδικοποιητής είναι ένας μετατροπέας σήματος με περιστροφικό άξονα που ανιχνεύει τη γωνία περιστροφής για να παρέχει ένα ισοδύναμο ηλεκτρικό σήμα. Η περιστροφή των τροχών μετράται με την υψηλότερη πιθανή ανάλυση χρόνου. Σε κάθε βήμα χρόνου η απόσταση που πραγματοποιείται από το όχημα υπολογίζεται σε από την περιστροφική ταχύτητα των τροχών. Αυτές οι πολύ μικρές αποστάσεις από τα ενιαία βήματα χρόνου ενσωματώνονται με την πάροδο του χρόνου. Οι πληροφορίες από τον κωδικοποιητή χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό της θέσης του κινητού ρομπότ [42].

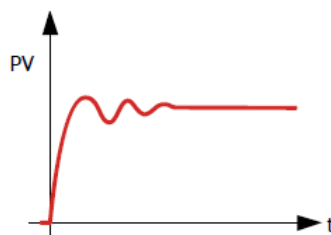
Ο μικροελεγκτής είναι συνδεδεμένος με τη μονάδα FPGA και χρησιμοποιείται ως μονάδα ελέγχου. Είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται διαφορετικούς αλγόριθμους ελέγχου. Ένας πλανητικός μειωτήρας ή όπως έχει αναφερθεί και προηγούμενος μονάδα μετάδοσης της κίνησης χρησιμοποιείται μεταξύ του κινητήριου άξονα και του τροχού και καθιστά άψογη την λειτουργία του κινητού συστήματος με ελάχιστες ταχύτητες [27,37]. Με βάση τις τιμές που παρέχονται από τον αυξητικό κωδικοποιητή, ο ελεγκτής των κινητήρων είναι σε θέση να συγκρίνει την πραγματική πορεία του κινητήρα σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, διαδικασία που απεικονίζεται στην εικόνα 4.4.3. Οι αυξητικοί κωδικοποιητές συνδέονται με τις αντίστοιχες άμεσα παρακείμενες εισόδους κωδικοποιητών στην πλακέτα ισχύος (PCB). Εάν η πραγματική ταχύτητα του κινητήρα αποκλίνει από την επιθυμητή τιμή (setpoint), μπορεί να ρυθμιστεί από τον PID ελεγκτή, μέσω της πλακέτας κυκλωμάτων I/O, του οποίου οι παράμετροι μπορούν να ρυθμιστούν και να διαμορφωθούν με τη βοήθεια του EA09 View (εικόνα 4.4.4) μέσω του λογισμικού Robotino View [27].



Εικόνα 4.4.4 Γραφικό περιβάλλον του EA9 View, μέσω του οποίου ρυθμίζονται οι παράμετροι του PID ελεγκτή.

Ο ελεγκτής PID είναι ο πιο σημαντικός τυποποιημένος ελεγκτής, καθώς συνδυάζει τα θετικά χαρακτηριστικά άλλων τύπων ελεγκτών να συνδυασμό ταχύτητας και ακρίβειας. Αυτός ο ελεγκτής συνδυάζει αναλογική, ολοκληρωμένη και διαφορική συμπεριφορά. Αν συμβεί ένα βήμα σε ένα σήμα, η ελεγχόμενη μεταβλητή αρχικά εμφανίζει συμπεριφορά PD, η δράση D στη συνέχεια πέφτει ενώ η δράση I αυξάνεται ως συνάρτηση του χρόνου. Τα χαρακτηριστικά των επιμέρους μονάδων ελέγχου είναι :

- Kp: το στοιχείο αναλογικής δράσης του ρυθμιστή PID πριν από τον κινητήρα
- Ki: η συνιστώσα ολοκληρωμένης δράσης του ρυθμιστή PID πριν τον κινητήρα
- Kd: το στοιχείο διαφορικής δράσης του ρυθμιστή πριν τον κινητήρα



Εικόνα 4.4.5 Γραφική απεικόνιση λειτουργίας PID ελεγκτή (x'x-τιμή διαδικασίας / y'y-χρόνος).

Όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 4.4.5, η ταχύτητα των κινητήριων μονάδων του ρομποτικού συστήματος μπορεί να ελέγχεται με να παραμένει σταθερή μέσω του PID που ολοκληρώνει και παραγωγίζει την ταχύτητα σε σχέση με τον χρόνο με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει σταθερή [39].

4.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το υποσύστημα ελέγχου περιλαμβάνει τη μονάδα ελέγχου και αποτελεί την καρδιά του ρομποτικού αυτοκινούμενου συστήματος. Κατά κύρια βάση λειτουργεί με τη βοήθεια του

ενσωματωμένου υπολογιστή και του μικροελεγκτή, πάνω στα οποία ενσωματώνονται όλες οι συσκευές και τα λογισμικά που χρησιμοποιεί το Robotino [43].

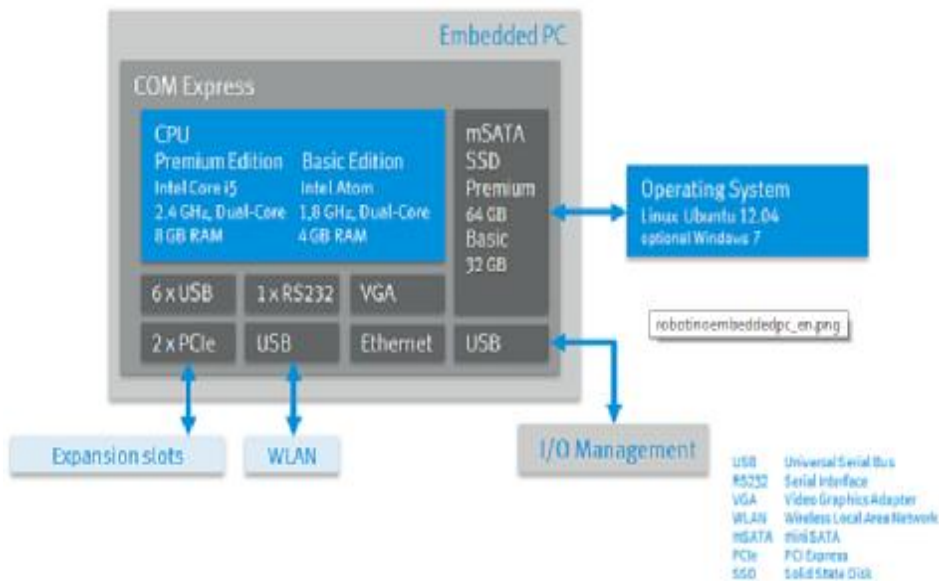
4.5.1 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Ο ενσωματωμένος υπολογιστής του Robotino (εικόνα 4.5.1.1) τοποθετείται επευθείας στην κεντρική πλακέτα (PCB) της μονάδας ελέγχου της γέφυρας εντολών. Συνδέεται με τις διεπαφές της μονάδας ελέγχου, τον μικροελεγκτή και ελέγχει τη ρομποτική πλατφόρμα [27]. Ο έλεγχος ολόκληρου του συστήματος πραγματοποιείται σύμφωνα με το πρότυπο COM Express. Το λειτουργικό σύστημα (Linux, Ubuntu), που τρέχει σε πραγματικό χρόνο, προγράμματα και όλα τα δεδομένα των χρηστών αποθηκεύονται στο σκληρό δίσκο SSD, γεγονός που διευκολύνει την αντικατάσταση του υπάρχοντος υπολογιστή με ένα νέο με περισσότερη υπολογιστική ισχύ [37]. Η έκδοση premium του Robotino περιλαμβάνει έτοιμες εφαρμογές (Demo) οι οποίες εφαρμόζονται χωρίς προγραμματισμό. Μέσω της οθόνης και του πληκτρολογίου ο χρήστης μπορεί να τρέχει εφαρμογές όπως [26]:

- Κυκλική διαδρομή
- Πορεία προς τα εμπρός
- Πορεία δημιουργώντας τετράπλευρο
- Περιαγωγή
- Ακολουθήση γραμμής

Ο υπολογιστής μπορεί να επικοινωνήσει με εξωτερικές εφαρμογές με τρεις διαφορετικούς τρόπους [43]:

- Μια ανοιχτή βιβλιοθήκη Linux με βασικές λειτουργίες σε γλώσσα C++ είναι διαθέσιμες για απευθείας προγραμματισμό πάνω στη γέφυρα εντολών, μέσω της οθόνης και του πληκτρολογίου μέσω του λειτουργικού Linux
- Η διεπαφή επικοινωνίας TCP/IP παρέχεται για την επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστή μέσω ασύρματου δικτύου, έτσι ο χρήστης είναι σε θέση να γράψει εφαρμογές μέσω της γλώσσας C++ για ασύρματο έλεγχο
- Το Robotino View επικοινωνεί απευθείας με το ρομποτικό σύστημα χωρίς συμπλήρωση ή λήψης στον υπολογιστή

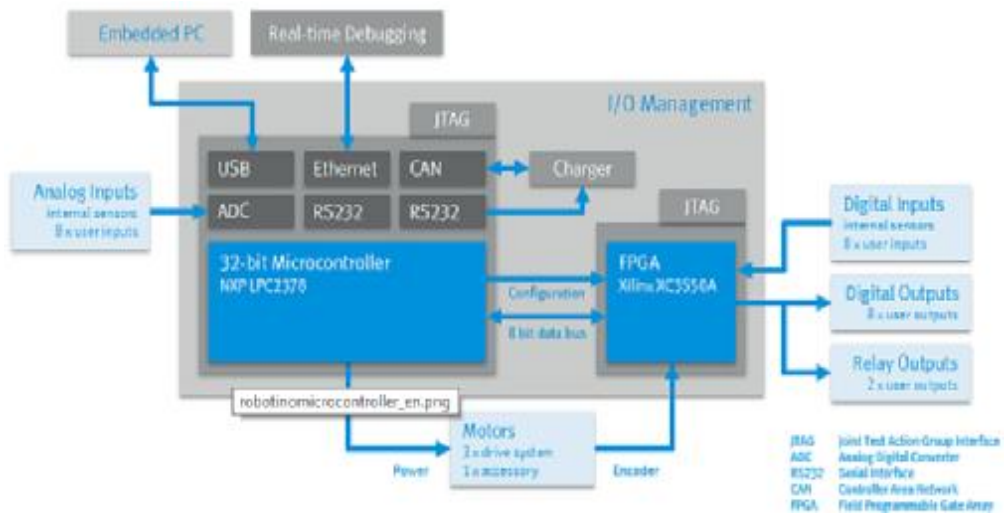


Εικόνα 4.5.1.1 Απεικόνιση δυνατοτήτων λειτουργίας και επικοινωνίας του ενσωματωμένου υπολογιστή.

4.5.2 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ

Όπως συμβαίνει και στην περίπτωση του υπολογιστή, ο μικροελεγκτής (εικόνα 4.5.2.1) τοποθετείται απευθείας στην κεντρική πλακέτα ελέγχου (PCB) της γέφυρας εντολών. Συνδέεται με την ηλεκτρική διεπαφή I/O, με όλους τους κινητήρες και τους αυξητικούς κωδικοποιητές, καθώς και με τον ενσωματωμένο υπολογιστή [27].

Ο μικροελεγκτής παρακολουθεί την τάση τροφοδοσίας, ελέγχει τους κινητήρες και διαχειρίζεται όλες τις πληροφορίες των αισθητήρων που επικοινωνούν με το Robotino, μέσω της πλακέτας διασύνδεσης I/O. Η μονάδα χρησιμοποιεί μια FPGA συσκευή για πρόσθετη επεξεργασία σήματος η οποία μεταφέρει τις πληροφορίες μέσω bus δεδομένων 8 bit. Η μονάδα ελέγχου των κινητήρων στην I/O πλακέτα EA09 πραγματοποιείται με τον μικροελεγκτή, καθώς επίσης και την δημιουργία διεπαφής για σύνδεση του ρομπότ με λογισμικά διαμόρφωσης (εικόνα 4.4.4) των παραμέτρων των PID ελεγκτών, με σκοπό των έλεγχο των μοτέρ [43].



Εικόνα 4.5.2.1 Απεικόνιση δυνατοτήτων λειτουργίας και επικοινωνίας του μικροελεγκτή [36].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ^[36]

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά, σχετικά με τη μελέτη των εφαρμογών που τέθηκαν στη ρομποτική αυτοκινούμενη πλατφόρμα, κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Οι εφαρμογές που εφαρμόστηκαν προέρχονται από το βιβλίο εργασιών (workbook), το οποίο περιλαμβάνεται στη premium έκδοση του Robotino, και είναι τα ακόλουθα:

1. Γραμμική διαδρομή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση
2. Προσέγγιση ενός εμποδίου και διατήρηση ορισμένης απόστασης
3. Παρακολούθηση διαδρομής με τη βοήθεια επαγωγικού αισθητήρα
4. Αναζήτηση και προσέγγιση έγχρωμων αντικειμένων με χρήση διαδικτυακής κάμερας

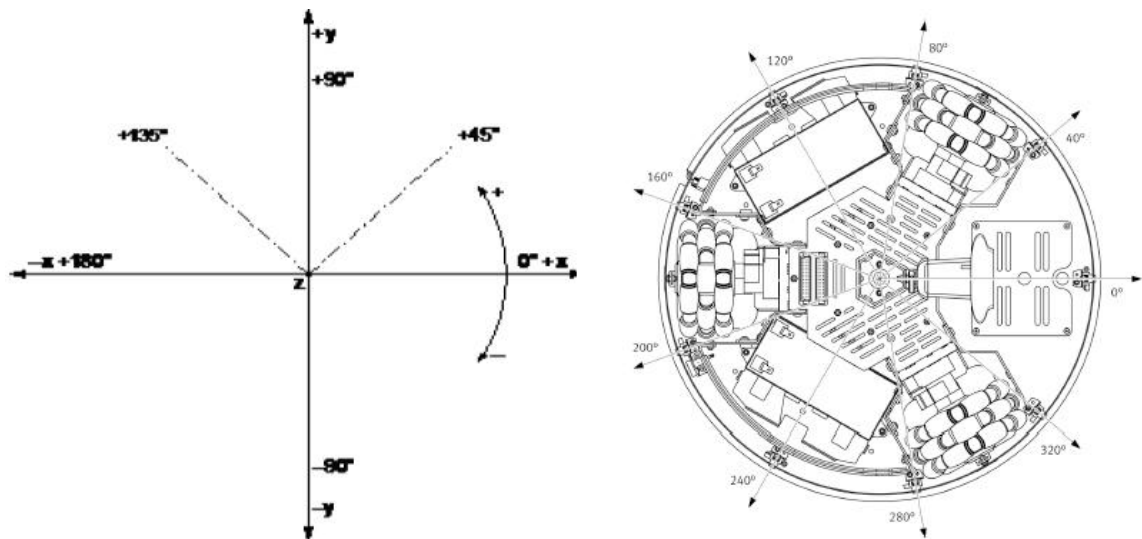
5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

Το ρομποτικό αυτό σύστημα μπορεί να φέρει εις πέρας πληθώρα αρμοδιοτήτων του ανατείνονται στα πλαίσια αποθηκευτικών συστημάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι σημαντικό το ρομπότ να κινείται με διαφορετικές ταχύτητες προς οποιαδήποτε κατεύθυνση (εικόνα 5.1.1). Για να έχει αυτή τη δυνατότητα, οι τροχοί του συστήματος θα πρέπει να ταξιδεύουν προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτό εφαρμόζεται με τη βοήθεια μιας καθολικής κίνησης. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια και να αποφευχθεί η συνέχιση του ρομπότ σε πλήρη ισχύ μετά από χτύπημα με κάποιο εμπόδιο το σύστημα πρέπει να σταματάει ακαριαία μετά από τη σύγκρουση.

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής ακολούθησαν οι εξής εργασίες:

1. Έλεγχος των κινητήρων και οδήγηση συστήματος προς τα εμπρός
2. Λειτουργία προστασίας από σύγκρουση
3. Πρόγραμμα αντιστροφής πορείας
4. Σειρά προγραμμάτων Νο1

5. Πολυκατευθυντήρια (omnidirectional) οδήγηση προς όλες τις κατευθύνσεις με πίνακα ελέγχου
6. Πολυκατευθυντήρια (omnidrive) ταξίδι με κατεύθυνση προς τα εμπρός
7. Πολυκατευθυντήριο (omnidrive) ταξίδι πλαγίως
8. Πολυκατευθυντήριο (omnidrive) ταξίδι σε κύκλο
9. Σειρά προγραμμάτων Νο2



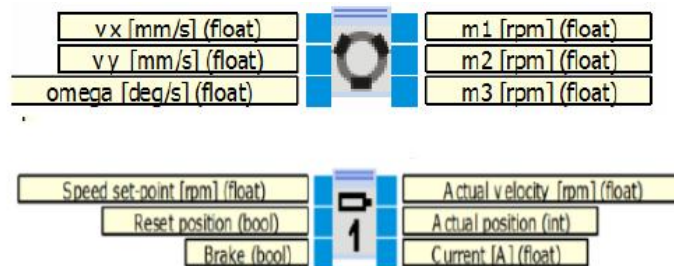
Εικόνα 5.1.1 Βαθμοί ελευθερίας της ρομποτικής πλατφόρμας.

5.1.1 ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ

Το Robotino σπρώχνετε προς τα εμπρός για να παρατηρηθεί ποιοι κινητήρες πρέπει να ενεργοποιηθούν. Παρατηρείται η κατεύθυνση περιστροφής και η ταχύτητα των πολυκατευθυντήριων τροχών. Για να ταξιδεύει το ρομπότ προς τα εμπρός οι κινητήρες M1 και M3 πρέπει να τεθούν σε λειτουργία (εικόνα 4.4.2).

- Σέρνονται δύο λειτουργικά μπλοκ κινητήρων μέσα στο χώρο εργασίας του Robotino View που ονομάζονται «Motor #1» και «Motor #3» (από τη βιβλιοθήκη: Robotino® Drive system)
- Αποθηκεύεται το πρόγραμμα σαν «forward.rvw2»
- Ονομάζονται οι κινητήρες «MotorFrontLeft» και «MotorFrontRight»
- Προσθέτονται δύο λειτουργικά μπλοκ σταθερών (από τη βιβλιοθήκη: Generators) και συνδέονται στις εισόδους «Speed set point» των δύο κινητήρων (εικόνα 5.1.1.1)
- Ονομάζονται οι τιμές των σταθερών σαν «SpeedLeft» και «SpeedRight»

- Ορίζεται μια σταθερή ταχύτητα και για τους δύο κινητήρες: SpeedLeft = -500 rpm/SpeedRight +500 rpm

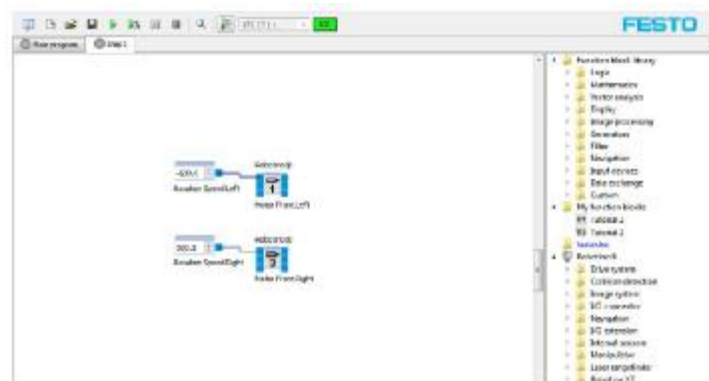


Εικόνα 5.1.1.1 Είσοδοι/έξοδοι του λειτουργικού μπλοκ στο περιβάλλον του Robotino View (πάνω μέρος–πολυκατευθυντήριο/κάτω μέρος–κινητήρας).

Η εφαρμογή ξεκινάει πατώντας το εικονίδιο «Start current subprogram». Με αυτόν τον τρόπο το Robotino ταξιδεύει προς τα εμπρός με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει οριστεί από τον χρήστη. Αλλάζοντας τις τιμές των σταθερών μεταβάλεται και η ταχύτα του ρομπότ. Όταν οι τροχοί M1 και M3 λειτουργούν στην ίδια κατεύθυνση, το Robotino ταξιδεύει κυκλικά επειδή οι τροχοί δεν είναι παράλληλοι αλλά τοποθετημένοι υπο γωνία 120° μεταξύ τους. Επομένως:

- Ο κινητήρας M1 πρέπει να λειτουργεί προς την αριστερόστροφη κατεύθυνση και να του καταχωρηθεί αρνητική τιμή.
- Ο κινητήρας M3 πρέπει να λειτουργεί προς τη δεξιόστροφη κατεύθυνση και να του καταχωρηθεί θετική τιμή.

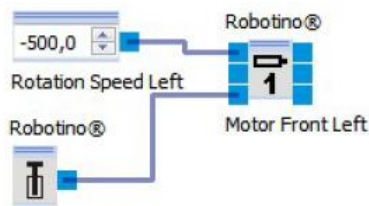
Σημειώνεται πως η κατά απόλυτη τιμή των σταθερών πρέπει να είναι ίδια, διαφορετικά το Robotino δεν θα ταξιδεύει προς τα εμπρός.



Εικόνα 5.1.1.2 Οδήγηση συστήματος προς τα εμπρός.

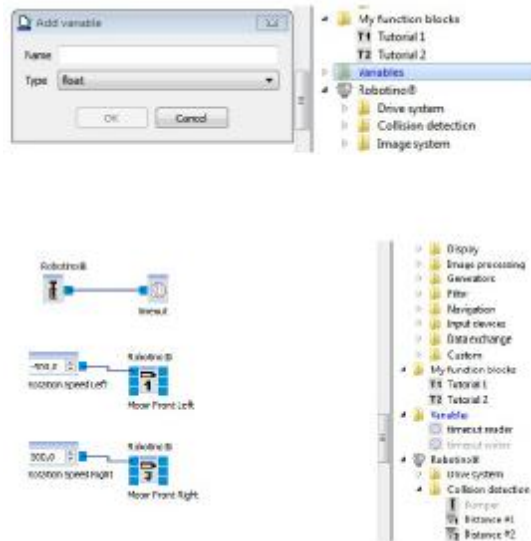
5.1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ

Ένας από του κινητήρες του Robotino θα πρέπει να ελέγχεται έτσι ώστε να σταματάει όταν γίνεται επαφή με τον προφυλακτήρα και να ξεκινάει πάλι μόλις η επαφή έχει σταματήσει. Έτσι επιλέγεται το λειτουργικό μπλοκ του προφυλακτήρα και συνδέεται με την είσοδο των φρένων των κινητήρων όπως απεικονίζεται στην εικόνα 5.1.2.1. Στην περίπτωση σύγκρουσης ένα λογικό «1» δημιουργείται και ο κινητήρας σταματάει.



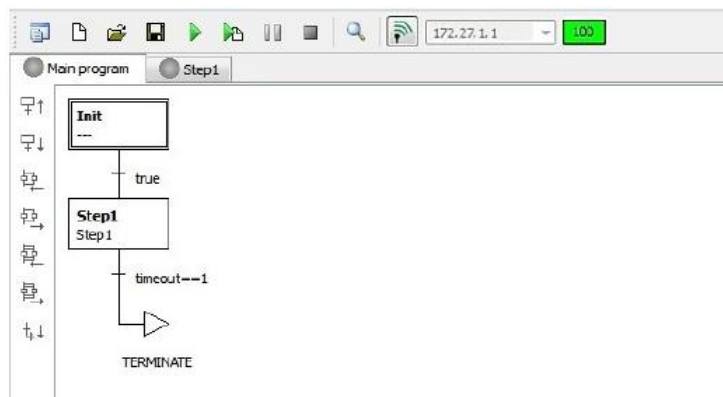
Εικόνα 5.1.2.1 Οδήγηση κινητήρα με προφυλακτήρα.

Στην περίπτωση των εύκαμπτων και ελαφρών εμποδίων, ο προφυλακτήρας πηγαίνει πίσω στην αρχική του θέση με αποτέλεσμα το ρομπότ να πλησιάζει ξανά το εμπόδιο. Έαν το εμπόδιο είναι μετακινούμενο το Robotino συνεχίζει να ταξιδεύει ανεξέγκτα. Η απαιτούμενη διακοπή όλων των λειτουργιών του δεν είναι εξασφαλισμένη. Για να εξασφαλιστεί η ομαλή κίνηση δημιουργείται ένα λειτουργικό μπλοκ το οποίο βασίζεται στην λειτουργία του προφυλακτήρα. Επιλέγεται μια μεταβλητή η οποία εάν έχει ρυθμιστεί κατάλληλα στο υποπρόγραμμα (από 0 έως 1), στο κυρίως πρόγραμμα μπορεί να βγεί με μια σειρά ακολουθίας. Στη συνέχεια ενσωματώνεται η αντίστοιχη συνάρτηση στο πρόγραμμα ελέγχου και ορίζεται η μεταβλητή με τον όρο «timeout». Επιλέγεται η Variable function από τη βιβλιοθήκη και ορίζεται με το χρονικό όριο προσδιορισμού (εικόνα 5.1.2.2).



Εικόνα 5.1.2.2 Δημιουργία σύνδεσης του προφυλακτύρα και του χρονικού ορίου.

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας θα πρέπει να προστεθεί η αλλαγή και στο διάγραμμα ροής του κυρίου προγράμματος. Ενσωματώνοντας αυτή τη λειτουργία προστασίας από σύγκρουση σε όλα διαγράμματα η ασφάλεια της λειτουργίας του ρομπότ έχει αυξηθεί (εικόνα 5.1.2.3).



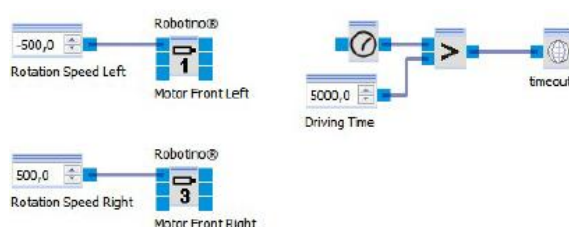
Εικόνα 5.1.2.3 Απεικόνιση διαγράμματος ροής στο κυρίως πρόγραμμα για την ενσωμάτωση του προφυλακτήρα.

5.1.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ

Για να τα ταξιδεύει το Robotino αντίστροφα χρησιμοποιούνται τα ίδια στοιχεία και προγράμματα με την πορεία προς τα εμπρός με την αλλαγή όμως των τιμών των κινητήρων. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή της σταθεράς SpeedLeft = 500 rpm και SpeedRight = -500 rpm.

5.1.4 ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Νο1

Σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται μια νέα ακολουθία προγραμμάτων που προκαλούν το ρομπότ να ταξιδεύει προς τα εμπρός για 5 sec, να περιμένει στη συνέχεια 2 sec και μετά να ταξιδεύει αντίστροφα για 5 sec. Αρχικά δημιουργείται υποπρόγραμμα κατά το οποίο το ρομπότ ταξιδεύει προς τα εμπρός για 5 sec (εικόνα 5.1.4.1). Οι τιμές των μεταβλητών που συνδέονται στα μοτέρ παραμένουν ίδιες, ενώ προστίθεται μεταβλητή χρόνου με τιμή 5000 ms, η οποία μαζί με το λειτουργικό μπλοκ του ρολογιού συνδέονται στο λειτουργικό μπλοκ «μεγαλύτερο» όπου πραγματοποιείται σύγκριση και σταματάει το ρομπότ μόλις φτάσει τον επιθυμητό χρόνο.



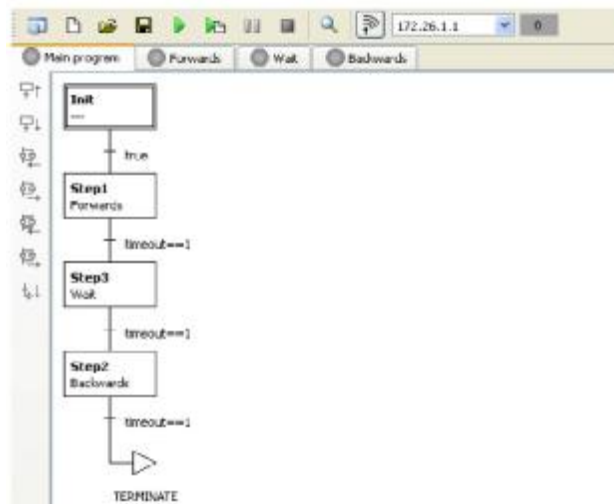
Εικόνα 5.1.4.1 Πρόγραμμα οδήγησης προς τα εμπρός για 5 sec.

Στη συνέχεια ακολουθεί το πρόγραμμα στάσης για 2 sec. Οι τιμές των μεταβλητών πλέον έχουν την τιμή «0» και του χρόνου 2000 ms (εικόνα 5.1.4.2).



Εικόνα 5.1.4.2 Πρόγραμμα στάσης για 2 sec.

Στην εικόνα 5.1.4.3 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής στο περιβάλλον του κυρίως προγράμματος της εφαρμογής «5 sec εμπρός, 2 sec στάση, 5 sec προς τα πίσω». Το υποπρόγραμμα για τη διαδρομή 5 sec προς τα πίσω είναι ίδιο με το 5 sec προς τα εμπρός με τη διαφορά πως οι τιμές των μεταβλητών των μοτέρ έχουν διαφορετικά πρόσημα.



Εικόνα 5.1.4.3 Κυρίως πρόγραμμα ακολουθίας προγραμμάτων.

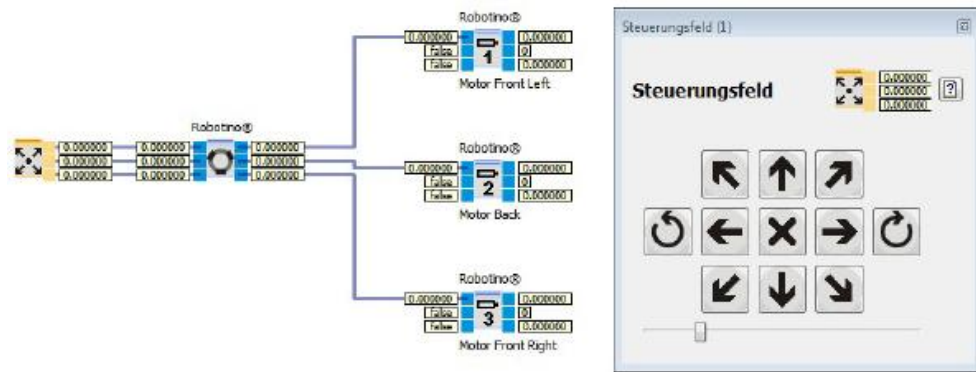
5.1.5 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΠΡΟΣ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για να τεθεί το Robotino σε οδήγηση προς όλες τις πιθανές κατευθύνσεις (εικόνα 5.1.5.1) χρησιμοποιείται το λειτουργικό μπλοκ «omnidrive», το «control panel» από τη βιβλιοθήκη και ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Σύρεται το λειτουργικό μπλοκ «control panel» (από τη βιβλιοθήκη/inputs devices) και το «omnidrive» (από βιβλιοθήκη/drive system) σε νέο λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα
- Συνδέονται οι έξοδοι του πίνακα ελέγχου στις εισόδους (x, y, omega) του «omnidrive»
- Συνδέονται οι έξοδοι του «omnidrive» στις εισόδους των σημείων ταχύτητας των τριών κινητήρων

Με τη χρήση της εφαρμογής αυτής το Robotino ταξιδεύει προς όλες τις κατευθύνσεις και έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας (εικόνα 5.1.1):

- X (προς τα εμπρός, μπρος τα πίσω)
- Y (πλευρικά)
- Περιστροφή γύρω από τον άξονα Z, διαγώνια στη γωνία του άξονα X



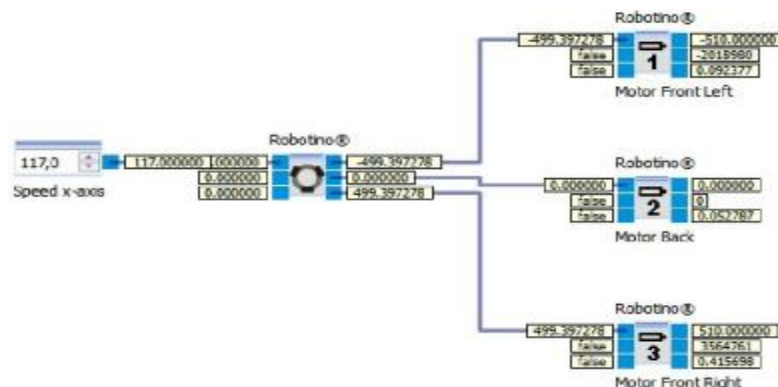
Εικόνα 5.1.5.1 Πρόγραμμα οδήγησης προς όλες τις κατευθύνσεις.

Οι είσοδοι στην αριστερή πλευρά του λειτουργικού μπλοκ «omnidrive» είναι:

- Ρύθμιση της ταχύτητας στην κατεύθυνση X [mm/s]
- Ρύθμιση της ταχύτητας στην κατεύθυνση Y [mm/s]
- Ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής [degree/s]

5.1.6 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ

Σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται ένα υποπρόγραμμα (βήμα 1) με τις λειτουργικές μονάδες (fuctions blocks) για το «omnidrive», τα τρία μοτέρ και μια σταθερά έτσι ώστε το Robotino να τα ταξιδεύει προς τα εμπρός και προς τα πίσω με την ίδια ταχύτητα και τον ίδιο προσανατολισμό (εικόνα 5.1.6.1). Το λειτουργικό μπλοκ «omnidrive» διαβάζει τις ταχύτητες-στόχους των τριών κινητήρων σε περιστροφές ανά λεπτό. Το σύστημα συντεταγμένων επιλέγεται έτσι ώστε ο θετικός άξονας X να συμπίπτει με την προς τα εμπρός κατεύθυνση για το Robotino.



Εικόνα 5.1.6.1 Υποπρόγραμμα «omnidrive» με κατεύθυνση προς τα εμπρός.

Αν μια τιμή 100 αποδίδεται στην σταθερά αυτό οδηγεί σε ταχύτητα 100 mm/sec ή 0.36 km/h. Η πραγματική ταχύτητα του πίσω μοτέρ (M2) δεν είναι ποτέ μηδέν και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 27 και -27. Επιπλέον, παρατηρείται πως το ρεύμα του κινητήρα δεν είναι επίσης μηδέν και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0 και 50 mA. Μέσω πειραματισμού η ταχύτητα της σταθεράς προς τα εμπρός σε mm/sec για να επιτυγχάνεται για τους δύο κινητήρες 500 rpm και -500 rpm ορίζεται σε 117 mm/s. Για αντίστοιχη πορεία η τιμή της σταθεράς είναι -117 mm/s.

5.1.7 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΠΛΑΓΙΩΣ

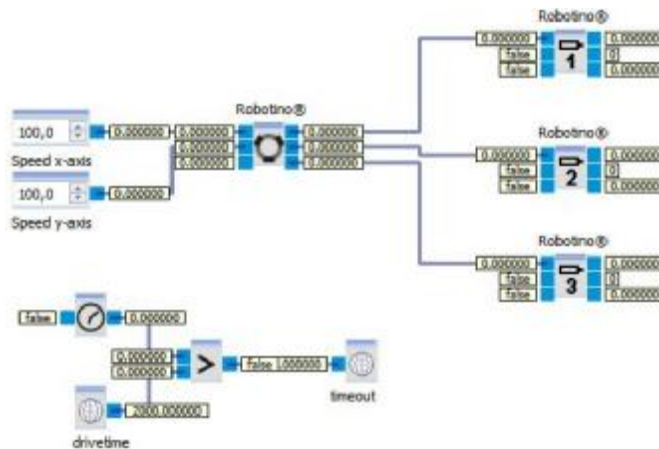
Χωρίς την προσθήκη επιπλέον λειτουργικών μπλοκ για να επιτευχθεί οδήγηση πλαγίως ένας επιπλέον βαθμός ελευθερίας απαιτείται., αυτός του άξονα Υ. Παρατηρώντας τα M1 και M3 περιστρέφονται και τα δύο προς τη θετική κατεύθυνση με την ίδια ταχύτητα. Το M2 περιστρέφεται αρνητικά περίπου δύο φορές πιο αργά.

5.1.8 ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΥΚΛΙΚΑ

Επίσης, χωρίς την αλλαγή του υποπρογράμματος (εικόνα 5.1.6.1) για να επιτευχθεί περιστροφή του ρομπότ γύρω από τον κεντρικό του άξονα συνδέεται η σταθερά στην είσοδο omega του «omnidrive». Για να πραγματοποιηθεί αυτό, το Robotino χρειάζεται ένα βαθμό ελευθερίας ώστε να γυρίζει γύρω από τον άξονα Ζ.

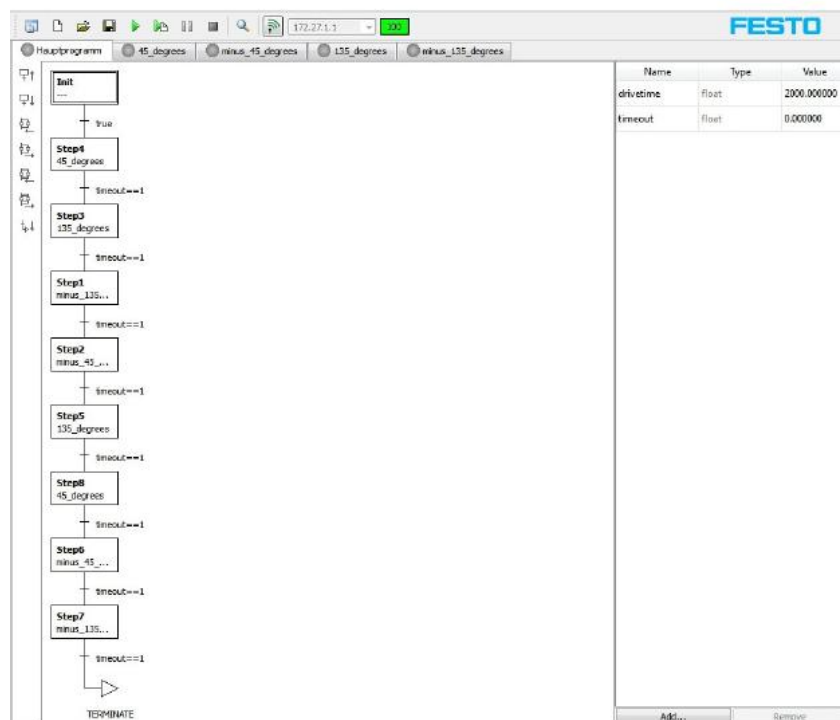
5.1.9 ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Νο2

Σε αυτή τη διαδικασία το Robotino τέθηκε σε μια σειρά προγραμμάτων ώστε να ταξιδεύει πρώτα σε γωνία 45° και 135°, και μετά -135° και -45° με την ίδια γραμμή όρασης. Σκοπός η πλατφόρμα να ταξιδεύει και να ακολουθεί τη διαδρομή συνεχώς.



Εικόνα 5.1.9.1 Υποπρόγραμμα οδήγησης με 45° προς τα εμπρός.

Για να ταξιδεύει το Robotino με 45° προς τα εμπρός η ίδια ταχύτητα πρέπει να αντιστοιχεί στις X και Y εισόδους του omnidrive όπως παρατηρείται και στην εικόνα 5.1.9.1 , ενώ η χρονική διάρκεια της διαδρομής θα είναι 2 sec. Χωρίς την αλλαγή του υποπρογράμματος για να ταξιδεύει το ρομπότ με κατεύθυνση -45° αρκεί να αλλάξει η τιμή της σταθεράς Speed y-axis σε -100. Για οδήγηση σε 135° η τιμή της σταθεράς Speed x-axis = -100 και της σταθεράς Speed y-axis = 100. Τέλος, για οδήγηση -135° η σταθερά Speed x-axis=Speed y-axis = -100 ενώ το κυρίως πρόγραμμα απεικονίζεται στην εικόνα 5.1.9.3.



Εικόνα 5.1.9.3 Κυρίως πρόγραμμα σειράς προγραμμάτων οδήγησης με γωνίες.

5.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΕΜΠΟΔΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΙΑΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Ένα κινητό σύστημα ρομπότ απαιτείται να ταξιδεύει σε διάφορες θέσεις μεταφοράς κατά μήκος ενός μεταφορικού ιμάντα σε βιομηχανικό περιβάλλον. Κατά το πρώτο βήμα, συνεπώς, θα είναι απαραίτητο για το σύστημα να ταξιδεύει κατά μήκος του μεταφορικού ιμάντα διατηρώντας παράλληλα καθορισμένη απόσταση από αυτό.

Στην εν λόγω εφαρμογή το ρομποτικό σύστημα θα πρέπει:

1. Να προσεγγίσει απόσταση 60 mm και να διορθώνεται συνεχώς
2. Να ταξιδέψει κατά μήκος ενός τοίχου

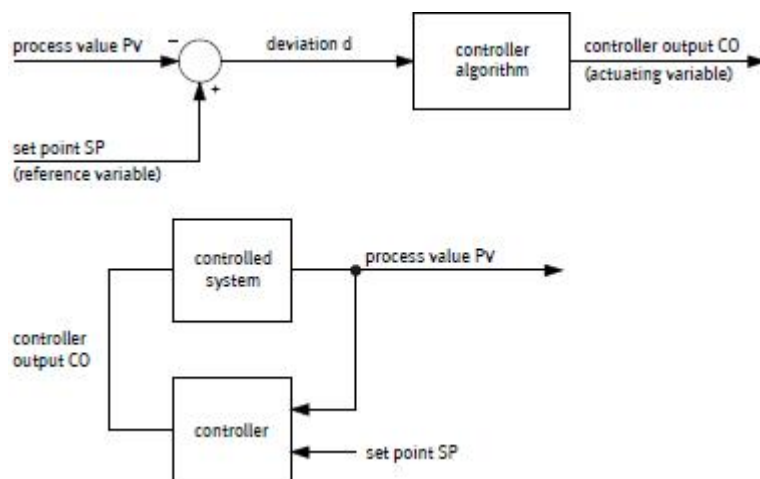
5.2.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ

Αναλυτικότερα, σε ό,τι αφορά την εφαρμογή της προσέγγισης εμποδίου σε απόσταση 60 mm και της αυτόματης διόρθωσης της απόστασης στην περίπτωση μετακίνησης του εμποδίου θα πρέπει να δημιουργηθεί και να δοκιμαστεί ένα πρόγραμμα στο Robotino® View, μέσω του οποίου το Robotino θα αναγκάζεται να διατηρεί απόσταση 60 mm από ένα εμπόδιο.

- Ένας υπέρυθρος αισθητήρας (μέτρησης απόστασης) θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί
- Προσδιορίζεται η τιμή του άμεσου αισθητήρα με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης του υπέρυθρου αισθητήρα (εικόνα 4.3.3.2) και εισάγεται η τιμή της ελάχιστης απόστασης.

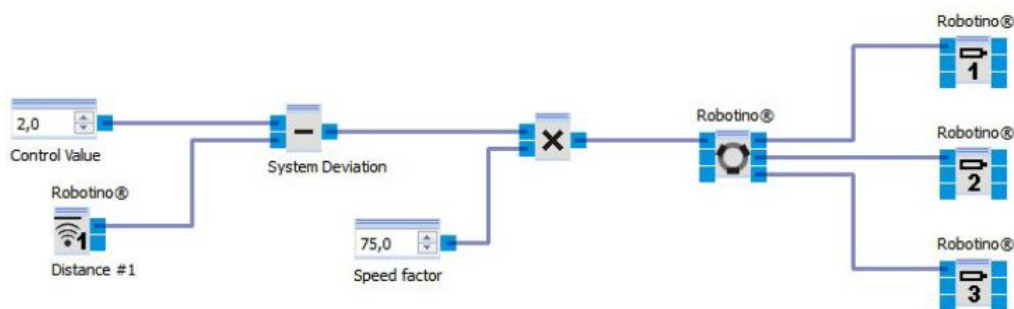
Η ελάχιστη απόσταση των 60 mm αντιστοιχεί σε τιμή αισθητήρα 2 V.

Θα πρέπει να δίδεται προσοχή στην εισαγωγή της σωστής τιμής του αισθητήρα απόστασης στο μπλοκ λειτουργίας. Όταν το εμπόδιο μετακινηθεί, το Robotino πρέπει να διορθώσει αυτόματα την απόσταση στην τιμή στόχου των 60 mm (εικόνα 5.2.1.1).



Εικόνα 5.2.1.1 Συνάρτηση μεταφοράς διόρθωσης απόστασης σε 60 mm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 5.2.1.2 η ελεγχόμενη μεταβλητή είναι η τιμή που διαβάζει από τον μπροστινό αισθητήρα. Η ελεγχόμενη μεταβλητή μετράται με την μετάδοση του αναλογικού σήματος προς τον ελεγκτή του ρομπότ μέσω της αναλογικής εισόδου. Η επιθυμητή τιμή για την ελεγχόμενη μεταβλητή είναι η τιμή 2 V ,ενώ το ελεγχόμενο σύστημα είναι το Robotino. Η μεταβλητή διαταραχή είναι η ματακίνηση του εμποδίου. Για τον προσδιορισμό της απόκλισης του συστήματος χρησιμοποιείται ο ελεγκτής P. Η απόκλιση του συστήματος και η στιγμιαία τιμή του αισθητήρα είναι 2 V. Η απόκλιση του συστήματος είναι πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή ταχύτητας. Ο παράγοντας αυτός πρέπει να διατιπωθεί με τη βοήθεια του πειραματισμού και έχει αποφασιστική επίδραση στη δράση ελέγχου. Ο αλγόριθμος ελέγχου οδηγεί σε αναλογικό έλεγχο. Η μεταβλητή χειρισμού είναι η ταχύτητα με την οποία το Robotino ταξιδεύει προς τα εμπρός ή οπισθοδρομικός. Για παράδειγμα, εάν το ρομπότ είναι 10 cm μπροστά από ένα εμπόδιο το προσεγγίζει με 60 mm/sec. Μόλις η απόσταση μειωθεί σε 7 cm, η ταχύτητα μειώνεται και αυτή σε 30 mm/sec.

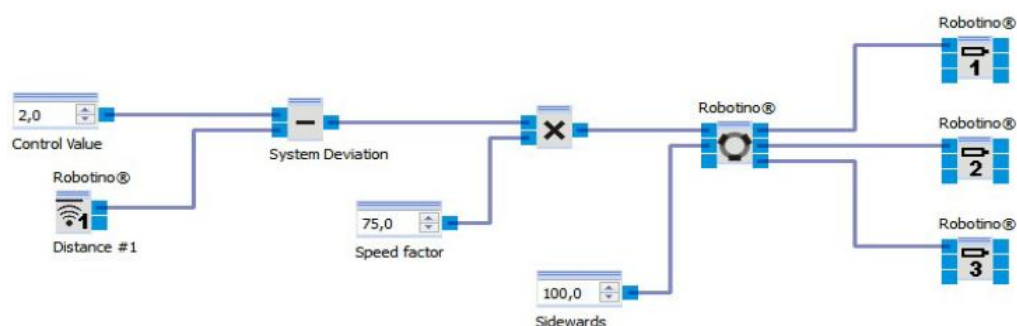


Εικόνα 5.2.1.2 Το υποπρόγραμμα, ελέγχου της απόστασης.

Μετακινώντας το εμπόδιο ενώ το πρόγραμμα εκτελείται η επιθυμητή θέση των 60 mm προσεγγίζεται πάλι. Το σημείο ρύθμισης (set point) και η πραγματική τιμή προσαρμόζεται. Αν αλλάξει η πραγματική (στη περίπτωση αυτή η θέση του εμποδίου), διενεργείται διόρθωση. Η τιμή του σένσορα δεν είναι 100% σταθερή, για τον οποίο συμβαίνει συνεχώς διόρθωση. Πολύ μικρές ποσότητες απόκλισης του συστήματος θα μπορούσαν να αγνοηθούν για το σκοπό της βελτιστοποίησης. Αυτό μπορεί να επιτυγχάνεται με την προσαρμογή του συντελεστή ταχύτητας.

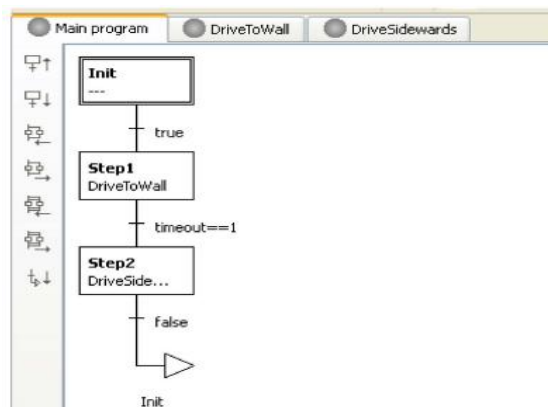
5.2.2 ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΕΝΟΣ ΤΟΙΧΟΥ

Σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται πρόγραμμα μέσω του οποίου το ρομπότ εκτελεί καθοδηγούμενη πορεία κατά μήκος ενός τοίχου σε απόσταση 60 mm από τη γραμμή όρασης προς τον τοίχο και προστίθεται πρόγραμμα πλαϊνής διαδρομής με τιμή 100 mm/sec (εικόνα 5.2.2.1). Έπειτα, η θέση εκκίνησης του συστήματος με μέτωπο προς τον τοίχο έχει οριοθετηθεί σε 60 mm και μετά σε 100 mm.



Εικόνα 5.2.2.1 Υποπρόγραμμα οδήγησης κατά μήκος της γραμμής όρασης του τοίχου.

Μετά την εκκίνηση, το ρομπότ ταξιδεύει προς τον τοίχο μέχρι να φτάσει στην ελάχιστη απόσταση των 60 mm. Στη συνέχεια ξεκινάει το δεύτερο πρόγραμμα και το Robotino ξεκινάει ταξιδεύει προς τον τοίχο. Αν το πρόγραμμα δεν σταματήσει πριν φτάσει στο τέλος του τοίχου, το ρομπότ συνεχίζει τη διαδρομή προς τα εμπρός υπό γωνία περίπου 45° (εικόνα 5.2.2.1).



Εικόνα 5.2.2.1 Κυρίως πρόγραμμα της εφαρμογής, προσέγγισης τοίχου σε απόσταση 60 mm και στη οδήγηση κατά μήκος του τοίχου.

5.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΕΝΑΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Ο στόχος σε αυτή την εφαρμογή είναι να προκληθεί σε ένα αυτοματοποιημένο οδηγούμενο σύστημα να ταξιδεύει κατά μήκος μιας διαδρομής που αποτελείται από μεταλλική ταινία στο πάτωμα σε σταθμό φόρτωσης. Μετά την άφιξη στο σταθμό φόρτωσης, το ρομπότ πρέπει να χτυπήσει έναν διακόπτη ώστε η διαδικασία φόρτωσης να ξεκινήσει και να περιμένει 20 sec, μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία φόρτωσης. Έπειτα πραγματοποιεί στροφή 180° γύρω από τον άξονα του και επιστρέφει στην αρχική θέση κατά μήκος της μεταλλικής ταινίας. Το οδηγούμενο σύστημα πρέπει να απέχει 6 cm από το σταθμό φόρτωσης. Το Robotino παίζει τον ρόλο του αυτοματοποιημένου οχήματος για αυτή την εφαρμογή, ενώ η σήμανση της διαδρομής πρέπει να έχει πλάτος 20 mm.

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής ακολούθησαν οι εξής εργασίες:

1. Τοποθέτηση επαγωγικού αισθητήρα και σύνδεσή του με την διεπαφή I/O
2. Ανάπτυξη στρατηγικής ελέγχου
3. Ανάλυση συνοδευτικού προγράμματος ελέγχου

5.3.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΠΑΦΗ I/O

Ο επαγωγικός αισθητήρας τοποθετείται στο Robotino, ενώ η σύνδεση του στην

διαπεφρή I/O γίνεται σύμφωνα με την εικόνα 4.3.3.2. Μέσω του Robotino View συνδέεται το λειτουργικό μπλοκ της AI/1 με παλμογράφο όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 5.3.1.1, στην περίπτωση που χρειαστεί να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με διάφορα μεταλλικά υλικά.



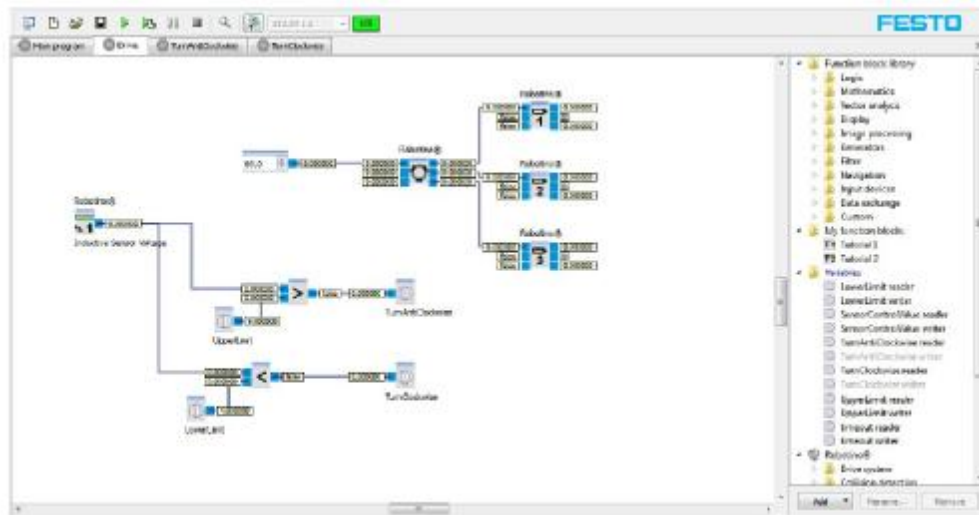
Εικόνα 5.3.1.1 Σύνδεση A/1 (που αντιστοιχεί στον επαγωγικό αισθητήρα) με παλμογράφο.

5.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται μόνο ένας αισθητήρας σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να καθοριστεί εάν το σύστημα είναι στη δεξιά ή αριστερή άκρη της μεταλλικής ταινίας. Για τον λόγο αυτό η διαδρομή πρέπει να γίνεται κατά μήκος μιας από τις άκρες της ταινίας. Στην περίπτωση του ταξιδιού κατά μήκος της δεξιάς άκρης όταν η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι μεγαλύτερη από 9 V πραγματοποιείται αριστερόστροφη περιστροφή και συνεχίζεται η διαδρομή. Σε τάση εξόδου μικρότερη από 5 V, περιστρέφεται δεξιόστροφα και συνεχίζει τη διαδρομή. Στην περίπτωση της οδήγησης κατά μήκος της αριστερή άκρης, όταν η τάση εξόδου είναι μεγαλύτερη από 9 V περιστρέφεται δεξιόστροφα και συνεχίζει τη διαδρομή. Σε τάση εξόδου μικρότερη από 5 V περιστρέφεται αριστερόστροφα και συνεχίζει τη διαδρομή.

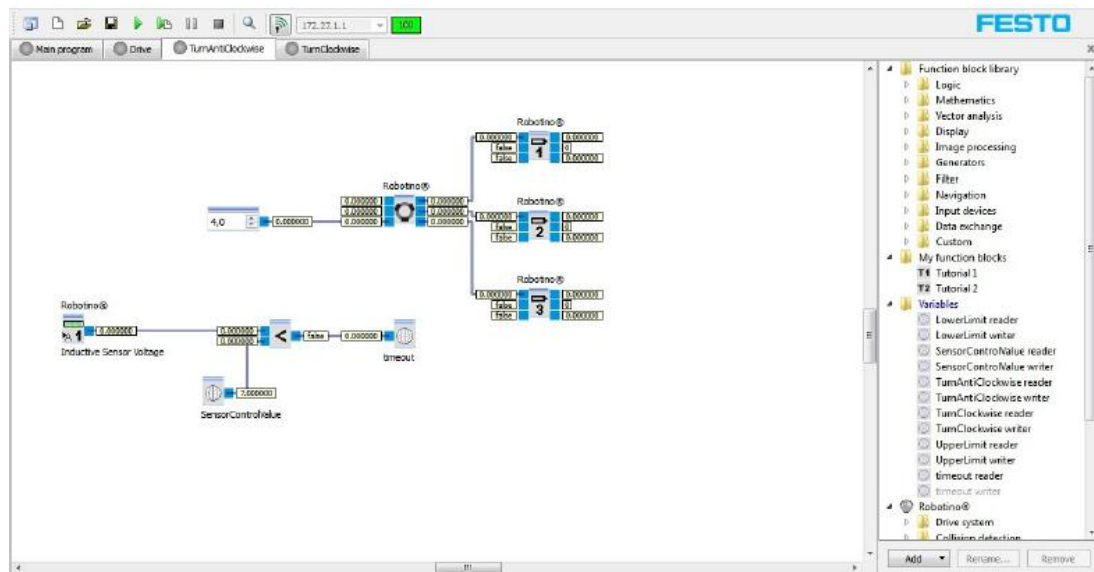
5.3.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το Robotino ταξιδεύει μπροστά (εικόνα 5.3.3.1). Μόλις μετακινηθεί είτε πολύ μακριά από το αριστερό μέρος της ταινίας είτε προς τα δεξιά ή κοντά στο μέσον της λωρίδας αλουμινίου το πρόγραμμα σταματάει, είτε είναι σε παύση.



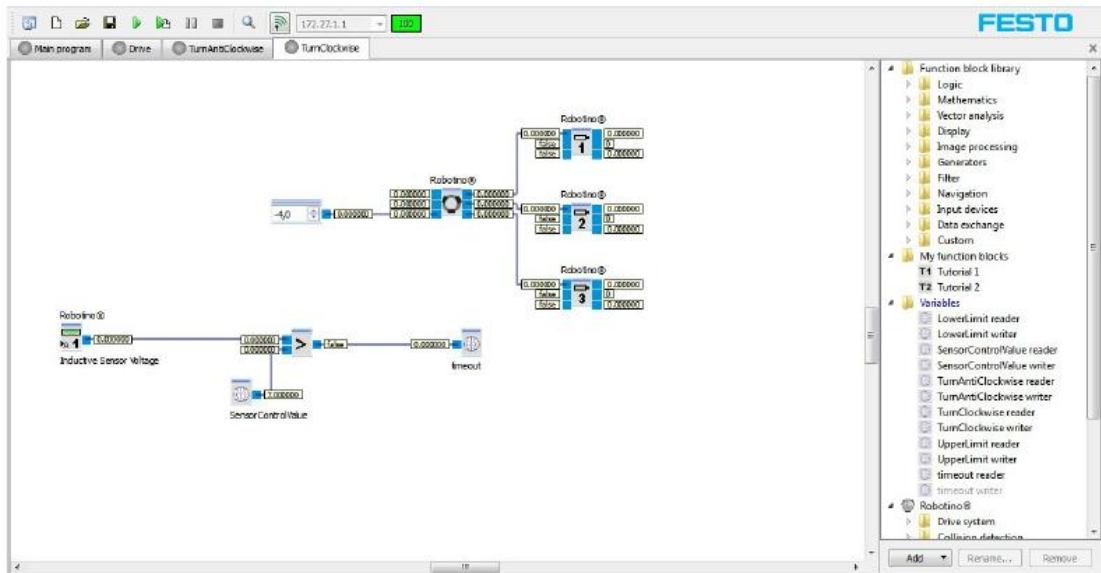
Εικόνα 5.3.3.1 Οδήγηση προς τα εμπρός του ρομπότινο κατά μήκος της λωρίδας αλουμινίου.

Σε αυτή την περίπτωση το υποπρογράμμα της εικόνας 5.3.3.2 ξεκινάει. Άρα το Robotino περιστρέφεται αριστερόστροφα προκειμένου ο αισθητήρας να αγγίξει την καθορισμένη τιμή.



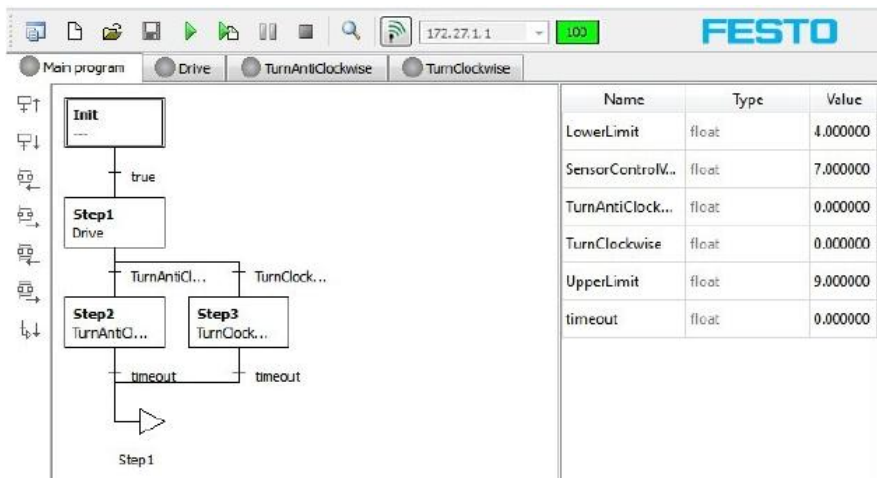
Εικόνα 5.3.3.2 Αριστερόστροφη οδήγηση κατά μήκος της λωρίδας αλουμινίου.

Όπως συμβαίνει στην περίπτωση της αριστερόστροφης πορείας το ρομπότ μπορεί να χρειαστεί να ταξιδεύει δεξιόστροφα (εικόνα 5.3.3.3) ώστε ο επαγωγικός αισθητήρας να αγγίξει την επιθυμητή τιμή.



Εικόνα 5.3.3.3 Δεξιόστροφη οδήγηση κατά μήκος της λωρίδας αλουμινίου.

Στην εικόνα 5.3.3.4 απεικονίζεται το κυρίως πρόγραμμα της εν λόγω εφαρμογής:



Εικόνα 5.3.3.4 Κυρίως πρόγραμμα οδήγησης Robotino κατά μήκος της λωρίδας αλουμινίου.

5.4 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΝΟΣ ΕΓΧΡΩΜΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Ένα αντικείμενο πρέπει να εξεταστεί για τη διάβρωση σε μια δύσκολη περιοχή πρόσβασης. Ένα κινητό διαγνωστικό σύστημα θα πρέπει να αναζητήσει το αντικείμενο που μπορεί να αναγνωριστεί με βάση το χρώμα του και να το προσεγγίσει, ώστε να το εξετάσει με τη μεταφορά εικόνας μέσω της κάμερας. Σε αυτή την εφαρμογή το Robotino παίζει τον ρόλο του διαγνωστικού συστήματος. Το αντικείμενο θα απεικονίζεται με έγχρωμο κουτί.

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής εγκαθιστάται η κάμερα στο Robotino και δημιουργείται πρόγραμμα το οποίο δίνει πρόσβαση στις εικόνες που δημιουργούνται από την κάμερα. Το πρόγραμμα συμπληρώνεται με την ενσωμάτωση του λειτουργικού μπλοκ ανίχνευσης χρώματος που δίνει την ικανότητα στο ρομπότ να προσεγγίσει το αντικείμενο χωρίς όμως να πέσει πάνω του και να του προκαλέσει ζημιές. Κατά τη διάρκεια της εν λόγω εφαρμογής ακολουθήθηκαν οι εξής ενέργειες:

1. Αξιολόγηση της εικόνας της κάμερας
2. Ανάπτυξη στρατηγικής με υπολειτουργίες
3. Εφαρμογή προγράμματος αλληλουχίας

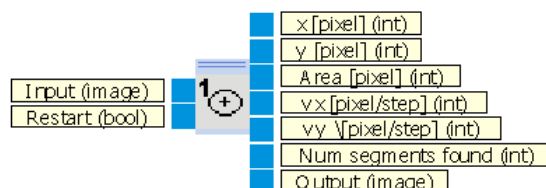
5.4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Σημειώνεται πως τα απαραίτητα λειτουργικά μπλοκ για την ανίχνευση χρωματιστών αντικειμένων είναι η κάμερα και ο ανιχνευτής εύρους χρωμάτων όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 5.4.1.1 με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας της οθόνης.



Εικόνα 5.4.1.1 Σύνδεση λειτουργικού μπλοκ της κάμερας με τον ανιχνευτή εύρους χρωμάτων.

Η εικόνα της φωτογραφικής μηχανής πρέπει να αξιολογηθεί για την καλύτερη απόδοση του ταξιδιού του Robotino. Για αυτόν τον σκοπό πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο χωροταξικός ανιχνευτής (segment tracker) με σκοπό να ανιχνευτεί το σχήμα του αντικειμένου. Το λειτουργικό μπλοκ του εν λόγω ανιχνευτή απεικονίζεται στην εικόνα 5.4.1.2.

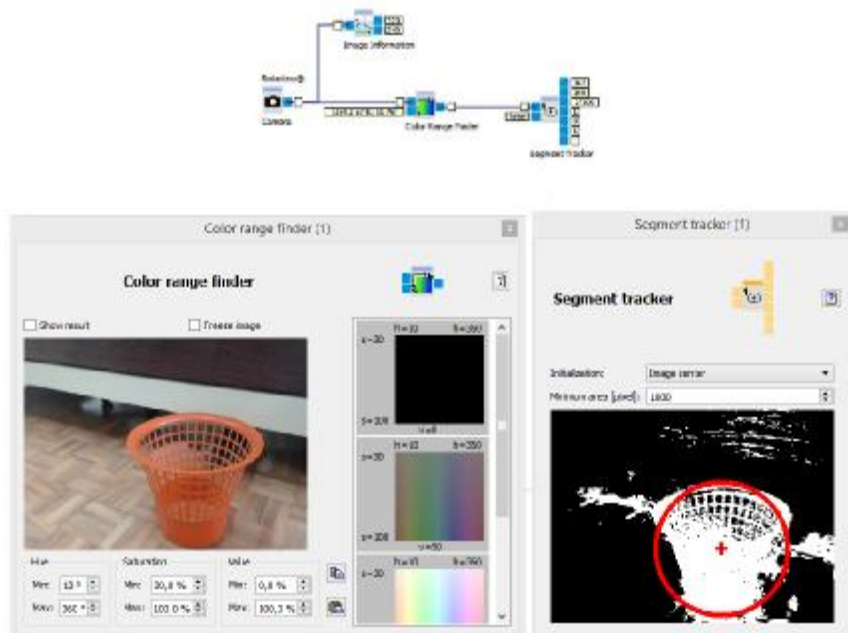


Εικόνα 5.4.1.2 Λειτουργικό μπλοκ χωροταξικού ανιχνευτή (segment tracker).

Η έξοδος X αναφέρεται στη συντεταγμένη X της κύριας εστίασης του ανιχνευθέντος τμήματος. Αυτή η έξοδος χρησιμοποιείται για πλοήγηση. Το Robotino® πλοηγείται στην

κύρια εστίαση του τμήματος. Η έξοδος Y αναφέρεται στη συντεταγμένη της κύριας εστίασης του εντοπισμένου τμήματος. Αυτή η έξοδος δεν αξιολογείται, καθότι δεν απαιτείται καθορισμός ύψους. Η έξοδος area αντιστοιχεί στην περιοχή Αριθμός εικονοστοιχείων από τα οποία αποτελείται η ανιχνευόμενη γραμμή. Μπορεί να είναι δυνατή η χρήση αυτής της εξόδου για τραχύ εκτίμηση της απόστασης. Η έξοδος Vx αντιστοιχεί στον αριθμό των εικονοστοιχείων με τα οποία το κομμάτι που έχει παρακολουθηθεί έχει μετακινηθεί από την τελευταία χρονική περίοδο. (αν είναι θετικό υπάρχει κίνηση προς τα δεξιά, ενώ αν είναι αρνητικό υπάρχει κίνηση προς τα αριστερά). Η έξοδος vy αντιστοιχεί στον αριθμό των εικονοστοιχείων με τα οποία το κομμάτι που έχει παρακολουθηθεί έχει μετακινηθεί από την τελευταία χρονική περίοδο. (αν είναι θετικό υπάρχει κίνηση προς τα κάτω, ενώ αν είναι αρνητικό υπάρχει κίνηση προς τα πάνω). Η έξοδος «Num segments found» αντιστοιχεί στον αριθμό των εντοπισμένων τμημάτων. Η έξοδος «output» αντιστοιχεί σε εικόνα γκριζας κλίμακας με πληροφορίες σχετικά με τα τμήματα που έχουν ανιχνευθεί. Επόμενως, ένας χρωταξικός ανιχνευτής μπορεί να ανιχνεύσει τα εναπομείναντα τμήματα.

Στην εικόνα 5.4.1.3 απεικονίζεται η σύνδεση των λειτουργικών μπλοκ στην επιφάνεια εργασίας του Robotino View και το περιβάλλον του ανιχνευτή έγχρωμων αντικειμένων και του χρωταξικού ανιχνευτή. Το μέγεθος του αντικειμένου μπορεί να μετρηθεί και να αξιολογηθεί.



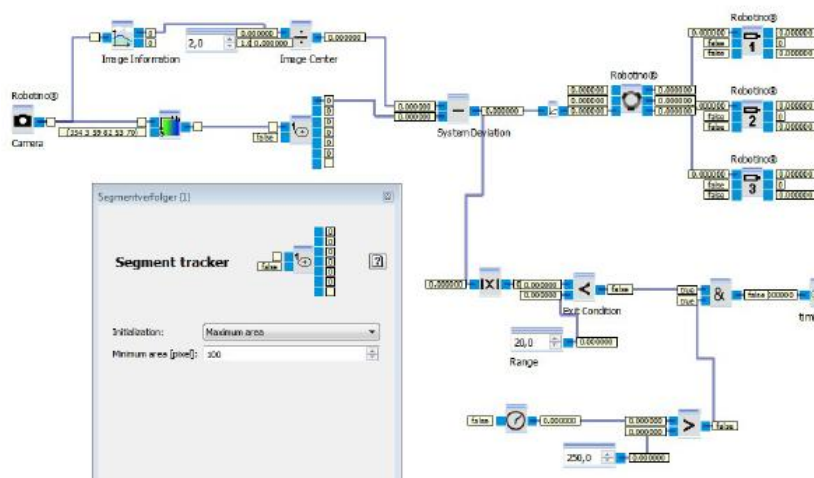
Εικόνα 5.4.1.3 Σύνδεση λειτουργικών μπλοκ (πάνω μέρος) και περιβάλλον ανιχνευτή έγχρωμων αντικειμένων και χρωταξικού ανιχνευτή (κάτω μέρος) στο Robotino View.

5.4.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Στην εν λόγω εφαρμογή θα πρέπει το Robotino να περιστέφεται έως όπου η κύρια εστίαση του χωροταξικού ανιχνευτή βρίσκεται στο μέσον της εικόνας (η έξοδος X στον χωροταξικό ανιχνευτή = $\text{ανάλυση } X - \text{κατεύθυνση}/2$) και να πλησιάζει προς την κύρια εστίαση του τμήματος μέχρι την εξακριβωμένη ιδανική απόσταση (για παράδειγμα 8 cm).

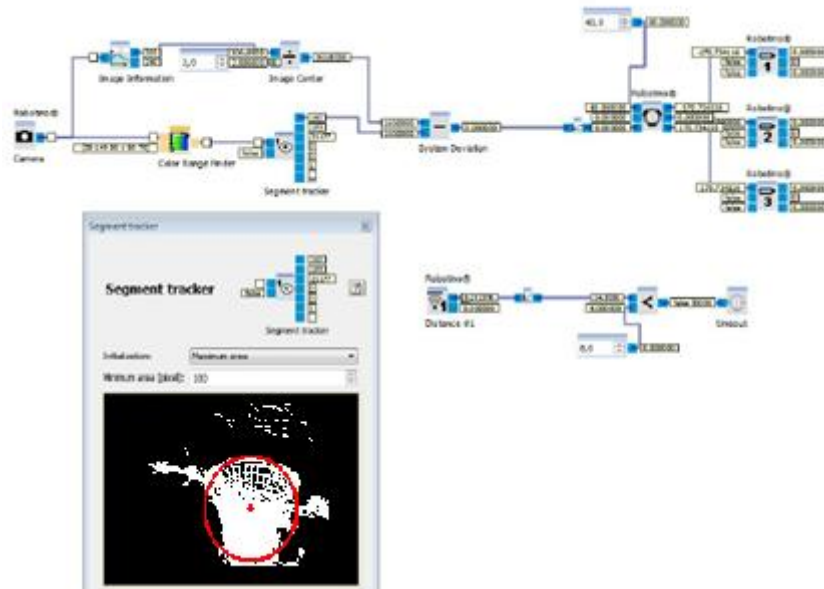
5.4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ

Με την αξιολόγηση των πληροφοριών της εικόνας (μέγεθος της ανιχνεύομενης περιοχής) από τον χωροταξικό ανιχνευτή και τον καθορισμό της απόστασης σε σχέση με το αντικείμενο, επιτυγχάνεται στον μεγαλύτερο βαθμό η απόδοση της ποιότητα της εικόνας που μεταφέρεται μέσω της κάμερας στον τελικό χρήστη (εικόνα 5.4.3.1).



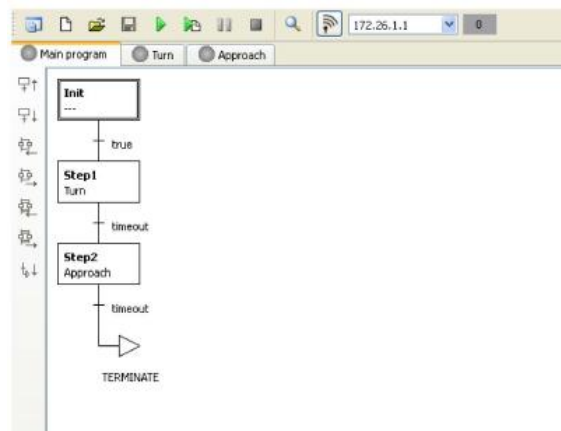
Εικόνα 5.4.3.1 Υποπρόγραμμα για τον εντοπισμό του αντικειμένου.

Ο επαγωγικός αισθητήρας χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της απαιτούμενης απόστασης από το αντικείμενο προς αποφυγή τυχόν σύγκρουσης (εικόνα 5.4.3.2).



Εικόνα 5.4.3.2 Υποπρόγραμμα για την προσέγγιση του αντικειμένου.

Στην εικόνα 5.4.3.3 απεικονίζεται το κυρίως πρόγραμμα της εφαρμογής ανίχνευσης και προσέγγισης έγχρωμου αντικειμένου με τη βοήθεια της διαδικτυακής κάμερας.



Εικόνα 5.4.3.3 Κύριο πρόγραμμα εφαρμογής ανίχνευσης και προσέγγισης έγχρωμου αντικειμένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση επέβαλε την ανάγκη για την εκπαίδευση των φοιτητών των τεχνολογικών σχολών να στραφούν προς τη μηχανική και πληροφορική επιστήμη. Για παράδειγμα, στη μηχανολογική μηχανική, έχει επιτευχθεί ένας ορισμένος κορεσμός όσον αφορά τις παραδοσιακές κατασκευαστικές λύσεις. Η έρευνα βασίζεται κυρίως στα νέα υλικά και την εφαρμογή της τεχνολογίας και της πληροφορικής στην ανάπτυξη διάφορων έξυπνων συσκευών. Τα συστήματα γίνονται όλο και πιο υβριδικά και αντιπροσωπεύουν έναν συνδυασμό διαφορετικών τεχνικών τομών [37].

Υπό αυτό το πρίσμα, κατά τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας μελετήθηκε, το αυτοκινούμενο ρομποτικό σύστημα, το Robotino της έκδοσης Premium, που έχει κατασκευαστεί για πειραματικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς από τη γερμανική εταιρεία Festo Didactic. Το κινητό ρομπότ αντιδρά σε εντολές, ανιχνεύει τρισδιάστατα αντικείμενα και τα εντοπίζει με τους αισθητήρες του.

Παλαιότερα ρομποτικά συστήματα περιορίστηκαν σε μια στάσιμη θέση. Το εν λόγω κινητό ρομπότ αποτελεί το επόμενο βήμα της ανάπτυξης της ρομποτικής, δεδομένου ότι μπορεί να εκτελέσει τα ίδια καθήκοντα με τους προκατόχους τους, αλλά επιπλέον μπορεί να απομακρυνθεί από μια θέση. Αυτό παρέχει τις προϋποθέσεις για την αντιμετώπιση αμέτρητων πρόσθετων εργασιών.

Απόρροια της προσγείωσης του ρομπότ Sojourner στον Άρη με τον ανιχνευτή Pathfinder ήταν τα κινητά ρομπότ να γίνουν πρωτοσέλιδα σε κάθε εφημερίδα. Επιπλέον, μέσω αυτού του έργου της NASA κατέστη σαφές πως αναφορικά με τα κινητά ρομπότ σημαντική είναι η πλοήγηση. Το γεγονός πως τα ρομπότ έχουν μετακινηθεί 10 cm από τη διαστημική κάψουλα έχει ήδη γιορταστεί ως τεράστιο επίτευγμα.

Ωστόσο, η ρομποτική πλατφόρμα είναι χρήσιμη και σε άλλους τομείς όπως στο στρατό καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταφορικό μέσο επικίνδυνων χημικών υλικών. Το κίνητρο ανάπτυξης και ανάλυσης του κινητού ρομπότ οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αναγκαιότητα και επιθυμία των ανθρώπων να χρησιμοποιούν ρομποτικά συστήματα στην καθημερινότητά. Το Robotino μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γραφεία, νοσοκομεία, μουσεία, βιβλιοθήκες, σούπερ μάρκετ, αθλητικές εγκαταστάσεις (κούρεμα γκαζόν), εκθεσιακούς χώρους, αεροδρόμια σιδηροδρομικούς σταθμούς, πανεπιστήμια, σχολεία και ενδεχομένως και σε οικείες. Σε άτομα με ειδικές ανάγκες ή άτομα μεγαλύτερης ηλικίας το Robotino μπορεί να λειτουργήσει ως βοηθητικός παράγοντας στην ανεξαρτητοποίησή τους. Εκεί εδράζονται οι δυνατότητες προσανατολισμού, πλοήγησης και αυτόνομης αναγνώρισης εμποδίου, με την

αποφυγή αυτού να αναδεικνύεται ως σημαντικότερη. Διαφορετικοί αισθητήρες όπως η κάμερα, οι αισθητήρες απόστασης και ο σαρωτής λέιζερ δίνει την ικανότητα στο ρομπότ να αντιληφθεί το περιβάλλον του και να αντιδράσει ευέλικτα σε κάθε πιθανό εμπόδιο. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση των εφαρμογών του εκτελούνται μέσω ποικίλων λογισμικών προγραμμάτων. Οι πολυκατευθυντήριοι τροχοί του παρέχουν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών κατευθύνσεων κίνησης. Τομείς εφαρμογής του Robotino αποτελούν νοσοκομεία ή μεγάλα ξενοδοχεία όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει κλινοσκεπάσματα και πετσέτες ή να παραδώσει τα γεύματα.

Το αυτοματοποιημένο οδηγούμενο όχημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο και περισσότερους χώρους παραγωγής που ενέχουν κινδύνους. Η αυτόματη παρακολούθηση είτε εκτείνεται κατά μήκος μιας προκαθορισμένης λωρίδας, είτε ελεύθερα καθορισμένων διαδρομών εντός ενός εργοστασίου ή ακόμη και μιας εργοστασιακής εγκατάστασης με σκοπό την ανίχνευση υψηλής-χαμηλής μετασχηματιστών σε υποσταθμό μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης οχημάτων είναι κατάλληλα για τη φόρτωση και εκφόρτωση μονάδας γραμμών, για τη συσκευασία και τη ρύθμιση των παραμέτρων της μονάδας μηχανημάτων με στόχο την έναρξη λειτουργίας και συγκρότησης των γραμμών [36].

Με βάση τα όσα αναλύθηκαν παραπάνω διαπιστώνεται πως υπάρχει ένα σημαντικό πεδίο δράσης, πάνω στο οποίο μπορεί και πρέπει να ακολουθήσει μια σειρά μελετών με απώτερο σκοπό την εξέλιξη ή και βελτίωση εφαρμογών, οι οποίες αποτελούν την αιχμή του δόρατος της τεχνολογίας. Εν κατακλείδι, πιθανές μελλοντικές εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν είναι η:

- Αλληλεπίδραση της θερμικής κάμερας με το Robotino, μέσω του Robotino View
- Προσθήκη και τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλακών στο πάνω μέρος του ρομπότ, πάνω στην ασφάλινη πλατφόρμα τοποθέτησης, με απώτερο σκοπό την αυτόνομη λειτουργία του συστήματος από άποψη ηλεκτρικής ενέργειας
- Προσθήκη ηλεκτρικής ρομποτικής λαβής στην τέταρτη έξοδο κινητήρα και είσοδο κωδικοποιητή στο μπροστινό πίνακα της θήκης φόρτωσης του Robotino
- Ανάπτυξη εφαρμογής με χρήση του λογισμικού Matlab

BIBΛIOΓPAΦIA

- [1] Sosa-Cervantes, C.Y., Silva-Ortigoza, R., Marquez-Sanchez, C., Taud, H., et al., Trajectory Tracking Task in Wheeled Mobile Robots: A Review, in: 2014 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering, IEEE, 2014.
- [2] Rocco, B., Albo, G., Coelho, R.F., FROM LEONARDO TO DA VINCI: THE HISTORY OF ROBOT-ASSISTED SURGERY IN UROLOGY. *BJU International* 2011, 108, 1714–1714.
- [3] Hockstein, N. G., Gourin, C. G., Faust, R. A., & Terris, D. J. (2007). A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of Robotic Surgery*, 1(2), 113–118. <https://doi.org/10.1007/s11701-007-0021->
- [4] Artificial Intelligence – An Introduction to Robotics Tim Niemueller and Sumedha Widyadharma July 8, 2003
- [5] Graefe, V., Bischoff, R., From ancient machines to intelligent robots — A technical evolution —; in: 2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments, IEEE, 2009.
- [6] Mohanty, S., Samal, S.S., Sathyamurthy, S., Futuristic humanoid robot of twenty first century, in: INTERACT-2010, IEEE, 2010.
- [7] Hillman, M., 2 Rehabilitation Robotics from Past to Present – A Historical Perspective, in: *Advances in Rehabilitation Robotics*, Springer Berlin Heidelberg, n.d., pp. 25–44.
- [8] Humanoid Robots - From Fiction to Reality? / Sven Behnke / *KI-Zeitschrift*, 4/08, pp. 59, December 2008 / Article - January 2008 / <https://www.researchgate.net/publication/220634191>
- [9] Gafurov, S.A., Klochkov, E.V., Autonomous Unmanned Underwater Vehicles Development Tendencies. *Procedia Engineering* 2015, 106, 141–148.
- [10] Arima, M., Ishii, K., Ura, T., Maki, T., et al., Evolution and prospects of underwater robot competition in Japan, in: *OCEANS 2015 - Genova*, IEEE, 2015.
- [11] RoboCup Humanoid Robotic Soccer Competitions 2002–2050 / Jacky Baltes-Soroush Sadeghnejad-Sven Behnke-Reinhard Gerndt /
- [12] Klančar, G., Zdešar, A., Blažič, S., Škrjanc, I., Introduction to Mobile Robotics, in: *Wheeled Mobile Robotics*, Elsevier, 2017, pp. 1–11.
- [13] Guarnieri, M., The Roots of Automation Before Mechatronics [Historical. *IEEE Industrial Electronics Magazine* 2010, 4, 42–43.
- [14] Valero, R., Ko, Y.H., Chauhan, S., Schatloff, O., et al., Robotic surgery: History and teaching impact. *Actas Urológicas Españolas (English Edition)* 2011, 35, 540–545.
- [15] Moran, M.E., Evolution of robotic arms. *Journal of Robotic Surgery* 2007, 1, 103–111.
- [16] Pugin, F., Bucher, P., Morel, P., History of robotic surgery: From AESOP® and ZEUS® to da Vinci®. *Journal of Visceral Surgery* 2011, 148, e3–e8.
- [17] Robonaut 2 / National Aeronautics and Space Administration / National Aeronautics and Space Administration Lyndon B. Johnson Space Center Houston, Texas 77058 www.nasa.gov FS-2011-08-046-JSC
- [18] Prassler, E., Ritter, A., Schaeffer, C., Fiorini, P., *Autonomous Robots* 2000, 9, 211–226.
- [19] Garcia, E., Jimenez, M.A., De Santos, P.G., Armada, M., The evolution of robotics research. *IEEE Robotics & Automation Magazine* 2007, 14, 90–103.
- [20] Mars Exploration / What Have We Learned? What Lies Ahead? / BY FIROUZ NADERI, DANIEL J. McCLEESE, AND JAMES F. JORDAN, JR. / 72 *IEEE Robotics & Automation Magazine* 1070-9932/06/\$20.00©2006 IEEE JUNE 2006
- [21] Bogue, R., The role of artificial intelligence in robotics. *Industrial Robot: An International Journal* 2014, 41, 119–123.
- [22] Rasam, H.R., Review on Land-Based Wheeled Robots. *MATEC Web of Conferences* 2016, 53, 1058.
- [23] Kamel, M.A., Youmin Zhang, Developments and Challenges in Wheeled Mobile Robot Control. Unpublished 2014.

- [24] Mateo Sanguino, T. de J., 50 years of rovers for planetary exploration: A retrospective review for future directions. *Robotics and Autonomous Systems* 2017, 94, 172–185.
- [25] <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/education-and-research-robots->
- [26] © Festo Didactic GmbH & Co. KG • 544305, Ralph-Christoph Weber, Markus Bellenberg, Germany, 2010
- [27] <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/robotino/hardware/?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zNC4xNDI5>
- [28] © Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Stefan Schäberle, Dirk Pensky, Germany, 2013
- [29] Robotino – An Open Learning Mobile Robot System for Robocup, Ulrich Karras Festo Didactic GMBH & CO.KG, Rechbergstraße 3, 73770 Denkendorf, Germany
- [30] <http://www.dunkermotoren.com/en/products/>
- [31] <https://www.rotacaster.com.au/rotacaster-wheels.html>
- [32] <https://www.pololu.com/product/2464>
- [33] © Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Ralph-Christoph Weber, Germany, 2007
- [34] © Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Germany, April 2010
- [35] <http://www.micro-epsilon.com>
- [36] © Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Monika Bliesener, Ralph-Christoph Weber, Ulrich Karras, Dirk Zitzmann, Germany, 2014
- [37] A Constructive Approach to Teaching with Robotino® Dragan Pršić 1*, Vladimir Stojanović 1, Vladimir Đorđević 1 1 The Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, University of Kragujevac, Serbia
- [38] Katona, J., Ujbanyi, T., Sziladi, G., Kovari, A., Speed control of Festo Robotino mobile robot using NeuroSky MindWave EEG headset based brain-computer interface, in: 2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), IEEE, 2016.
- [39] © Festo Didactic GmbH & Co. KG 8029494
- [40] Okubo, Y., Ye, C., Borenstein, J., Characterization of the Hokuyo URG-04LX laser rangefinder for mobile robot obstacle negotiation, in: Gerhart, G.R., Gage, D.W., Shoemaker, C.M. (Eds.), *Unmanned Systems Technology XI*, SPIE, 2009.
- [41] Baatar, G., Eichhorn, M., Ament, C., Precise indoor localization of multiple mobile robots with adaptive sensor fusion using odometry and vision data. *IFAC Proceedings Volumes* 2014, 47, 7182–7189.
- [42] Ali, T.Y., Ali, M.M., Robotino obstacles avoidance capability using infrared sensors, in: 2015 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), IEEE, 2015.
- [43] Weinert, H., Pensky, D., Mobile robotics in education and student engineering competitions, in: *IEEE Africon '11*, IEEE, 2011.