



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ρομποτικός Βραχίονας Τριών αξόνων ελεγχόμενος από PLC.

Υπότιτλος

Ανάπτυξη PLC προγράμματος για χειρισμό ρομποτικού βραχίονα
τριών αξόνων.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΑΝΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Επιβλέπων: Βλαχόπουλος Δημήτριος

Ε.ΔΙ.Π.

ΚΟΖΑΝΗ/ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ/2022

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ



HELLENIC DEMOCRACY
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL
& COMPUTER ENGINEERING

TITLE

Three axes robotic controlled by PLC

Subtitle

THESIS

KANIDIS GEORGE

SUPERVISOR: Vlahopoulos Dimitrios

KOZANI/OCTOBER/2022

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “Ρομποτικός βραχίονας τριών αξόνων ελεγχόμενος από PLC” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Δημητρίου Βλαχόπουλου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Κανίδης Γιώργος & Βλαχόπουλος Δημήτριος, 2022, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή: _____

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά τη θεωρητική μελέτη και την πρακτική κατασκευή ενός καρτεσιανού ρομποτικού βραχίονα, ο οποίος ελέγχεται από ένα προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC).

Αναλυτικότερα παρακάτω θα δούμε τον τρόπο σύνταξης προγράμματος σε γλωσσά flow chart για το χειρισμό του συγκεκριμένου ρομποτικού βραχίονα, καθώς και αναλυτικά τις εντολές του. Ακόμα θα αναλύσουμε τη δομή ενός Motion Control PLC και τα απαραίτητα υλικά, τα οποία χρειαζόμαστε για τη συνδεσμολογία και τη λειτουργία του.

Abstract

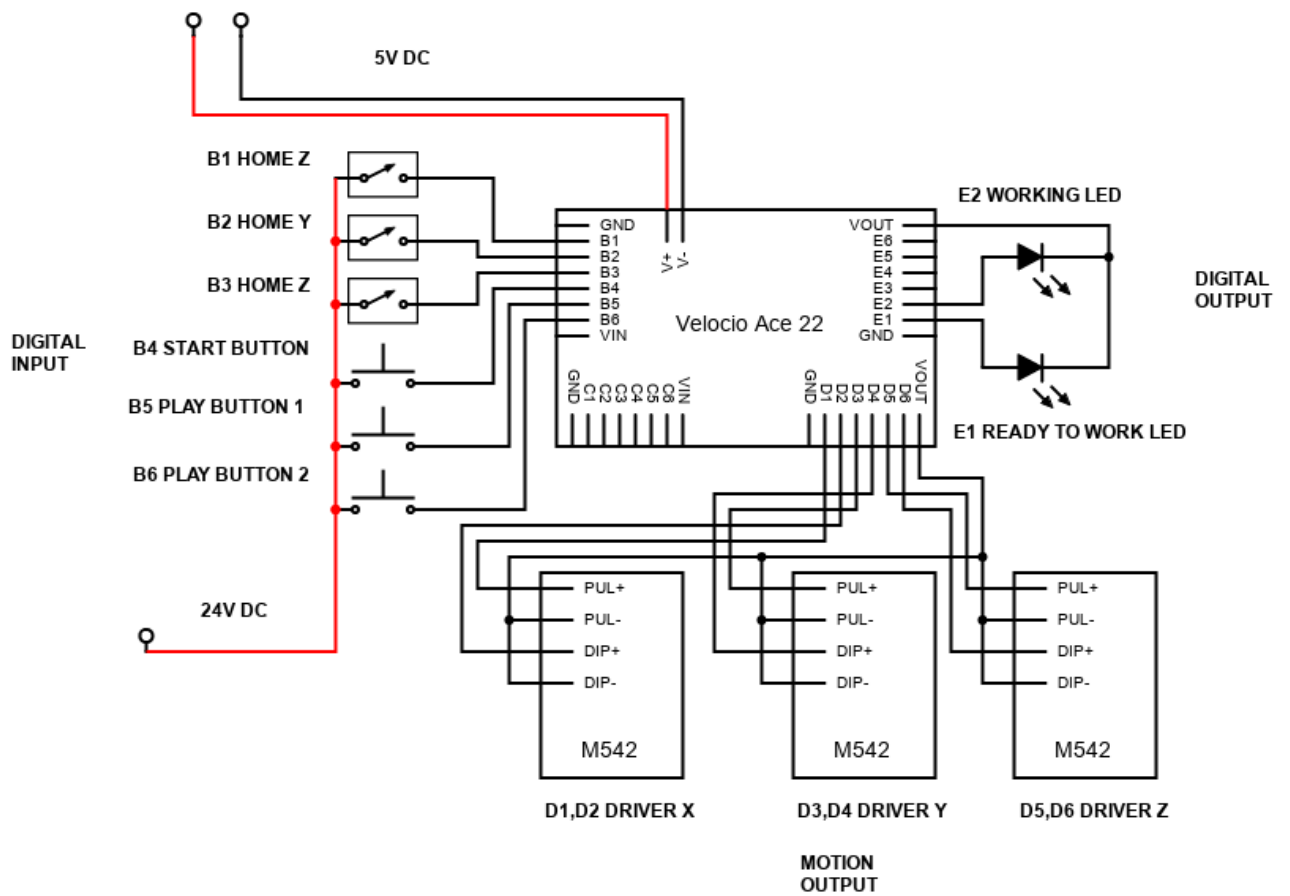
The following assignment refers to the study and the construction of a cartesian robotic arm which is controlled by a programable logic controller unit (PLC).

More specifically we'll see how to syntax a program with flow chart logic in order to control our robotic arm, and its code in detail. Furthermore, we'll analyze the structure of a motion control PLC with all the necessary materials which will be used to assembly and operate it.

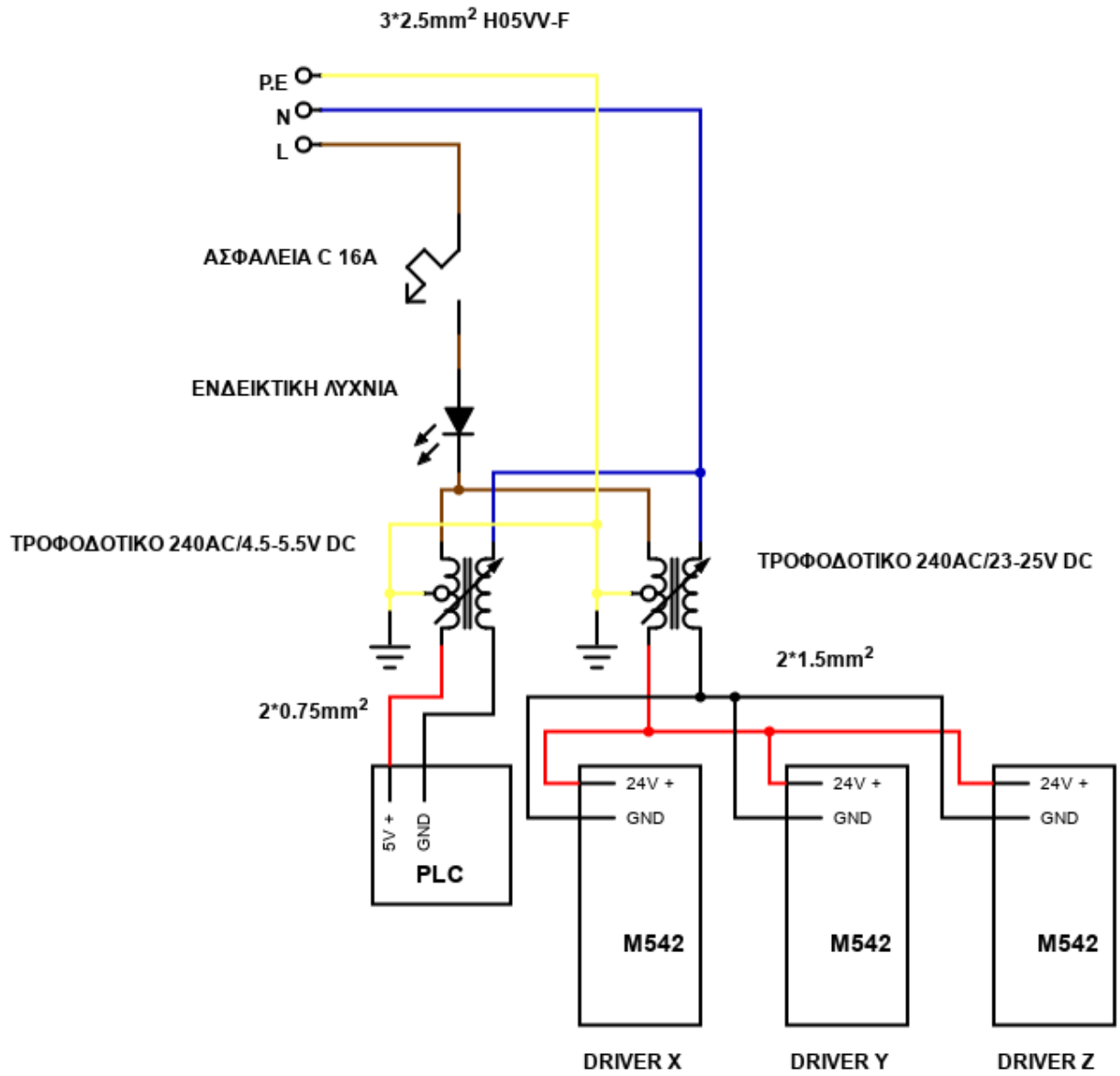
ΚΟΖΑΝΗ/ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ/2022

Περιεχόμενα

Περίληψη	9
Abstract	10
Περιεχόμενα	13
Κατάλογος Σχημάτων	15
Κατάλογος Πινάκων	17
Πρόλογος	20
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	21
1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΤΡΙΩΝ ΑΞΟΝΩΝ	21
Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο	22
2.1 ΠΡΟΓΡΑΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΚΤΗΣ	22
2.2 ΒΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	24
2.3 ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	25
2.4 ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	27
2.5 Βοηθητικά υλικά	28
Κεφάλαιο 3: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ VBUILDER	30
3.1 VBUILDER	30
3.1.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ PROJECT	30
3.1.2 Εφαρμογή ON-OFF	32
3.1.3 Συγκριτικές Εφαρμογές	33
3.1.4 Εφαρμογή Turn ON/OFF	33
3.1.5 Εφαρμογή Copy	34
3.1.6 Εφαρμογή Motion Out	35
3.1.7 Εφαρμογή Subroutine	36
Κεφάλαιο 4: Ανάλυση Προγράμματος	37
Κεφάλαιο 5: Υλοποίηση	55
5.1 ΣΥΜΠΕΡΆΣΜΑΤΑ	55
5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΆΣΕΙΣ	55



Σχέδιο συρμάτωσης PLC



Σχέδιο ισχύος συστήματος

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1

Συρμάτωση PLC

Digital In	Digital Out	Motion Out
B1 HomeZ	E1 Ready To Work Lamp	D1 X Motor Steps
B2 HomeY	E2 Working Lamp	D2 X Motor Direction
B3 HomeX		D3 Y Motor Steps
B4 Start Button		D4 Y Motor Direction
B5 Play Button 1		D5 Z Motor Steps
B6 Play Button 2		D6 Z Motor Direction

Πίνακας 2.2.1

Ρυθμίσεις μικροβημάτων ανά περιστροφή του κινητήρα

Μικρο-βήματα	Βήματα ανά περιστροφή. Για κινητήρες 1.8° ανά περιστροφή.	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	OFF	ON	ON	ON
4	800	ON	OFF	ON	ON
8	1600	OFF	OFF	ON	ON
16	3200	ON	ON	OFF	OFF
32	6400	OFF	ON	OFF	ON
64	12800	ON	OFF	OFF	ON
128	25600	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF

20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
125	25000	OFF	OFF	OFF	OFF

Πίνακας 2.2.2

Ρυθμίσεις μέγιστου ρεύματος κινητήρων

Μέγιστο Ρεύμα	RMS	SW1	SW2	SW3
1.00A	0.71A	ON	ON	ON
1.46A	1.04A	OFF	ON	ON
1.91A	1.36A	ON	OFF	ON
2.37A	1.69A	OFF	OFF	ON
2.87A	2.03A	ON	ON	OFF
3.31A	2.36A	OFF	ON	OFF
3.76A	2.69A	ON	OFF	OFF
4.2A	3.00A	OFF	OFF	OFF

Πίνακας 2.2.3

Θέση Διακοπών ρύθμισης ρεύματος και μικροβημάτων

Άξονας	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7	SW8
X	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
Y,Z	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία θα δούμε όλα τα υλικά, καθώς και τις προδιαγραφές αυτών, που θα χρησιμοποιήσουμε για την πρακτική υλοποίηση του ρομποτικού βραχίονα. Επίσης, θα αναλύσουμε το πρόγραμμα και τις λειτουργίες του, μέσω των οποίων συντάξαμε τον κώδικα που θα ακολουθήσει.

Αναλυτικότερα στο πρώτο μέρος της εργασίας θα μελετήσουμε ποια είναι τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία και γιατί είναι απαραίτητη η χρήση τους για τη λειτουργία του ρομποτικού βραχίονα. Επίσης, θα δούμε τις προδιαγραφές και τις δυνατότητες που μας δίνονται από αυτά.

Στο δεύτερο μέρος, θα αναλύσουμε τις λειτουργίες του προγράμματος, το οποίο είναι συμβατό με τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή μας.

Στο τρίτο μέρος, θα δούμε σε βάθος τον κώδικα που χειρίζεται τον ρομποτικό μας βραχίονα.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Τα ρομποτικά συστήματα με χρήση PLC χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία για να πραγματοποιούν εργασίες κατασκευής, διαχείρισης και αποθήκευσης υλικών.

Γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων



Μια από τις συνήθεις εφαρμογές ενός αρθρωτού βραχίονα με χρήση PLC είναι η συναρμολόγηση αυτοκινήτων σε γραμμές παραγωγής. Οι βραχίονες με PLC χρησιμοποιούνται πλέον κατά αποκλειστικότητα, λόγω των επαναλαμβανόμενων κινήσεων μεγάλης ακριβείας, γεγονός που μας διασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή ποιότητα του προϊόντος.

1.1 Κατασκευή Ρομποτικού τριών αξόνων.

Τα ρομποτικά που ελέγχονται από PLC έχουν ως στόχο τη διεκπεραίωση μιας ακολουθίας εντολών, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση μιας εργασίας με απόλυτη ακρίβεια κάθε φορά που πραγματοποιείται. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια βηματικών κινητήρων, τερματικών διακοπών και του προγράμματος το οποίο τα συντονίζει.

Τα βασικότερα βήματα για την κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι:

- Η μελέτη της εφαρμογής
- Η σύνταξη της λίστας υλικών
- Η κατασκευή και ο προγραμματισμός του συστήματος
- Η δοκιμή και διόρθωση τυχών βλαβών του συστήματος
- Η μόνιμη εγκατάσταση του συστήματος στον τελικό χώρο λειτουργίας του

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο

Το PLC ή αλλιώς προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι μια υπολογιστική μονάδα, η οποία ελέγχεται από μια ακολουθία εντολών ανάλογη των αναγκών μας.

Στην προκειμένη περίπτωση το PLC μας διαχειρίζεται τρεις βηματικούς κινητήρες, οι οποίοι με τη σειρά τους διαχειρίζονται τους τρεις άξονες X, Y και Z. Για να διαχειριστούμε όμως τους βηματικούς κινητήρες χρειαζόμαστε μια γεννήτρια παλμών, καθώς το κάθε βήμα του κινητήρα είναι και ένας παλμός. Για τη χρήση τους στη ρομποτική χρησιμοποιούμε drivers οι οποίοι δέχονται σήματα κατεύθυνσης και απόστασης από το PLC και τα μετατρέπουν σε παλμούς με τους οποίους περιστρέφονται οι κινητήρες μας.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε με τις αντίστοιχες προδιαγραφές και τις εκάστοτε ρύθμισης τους.

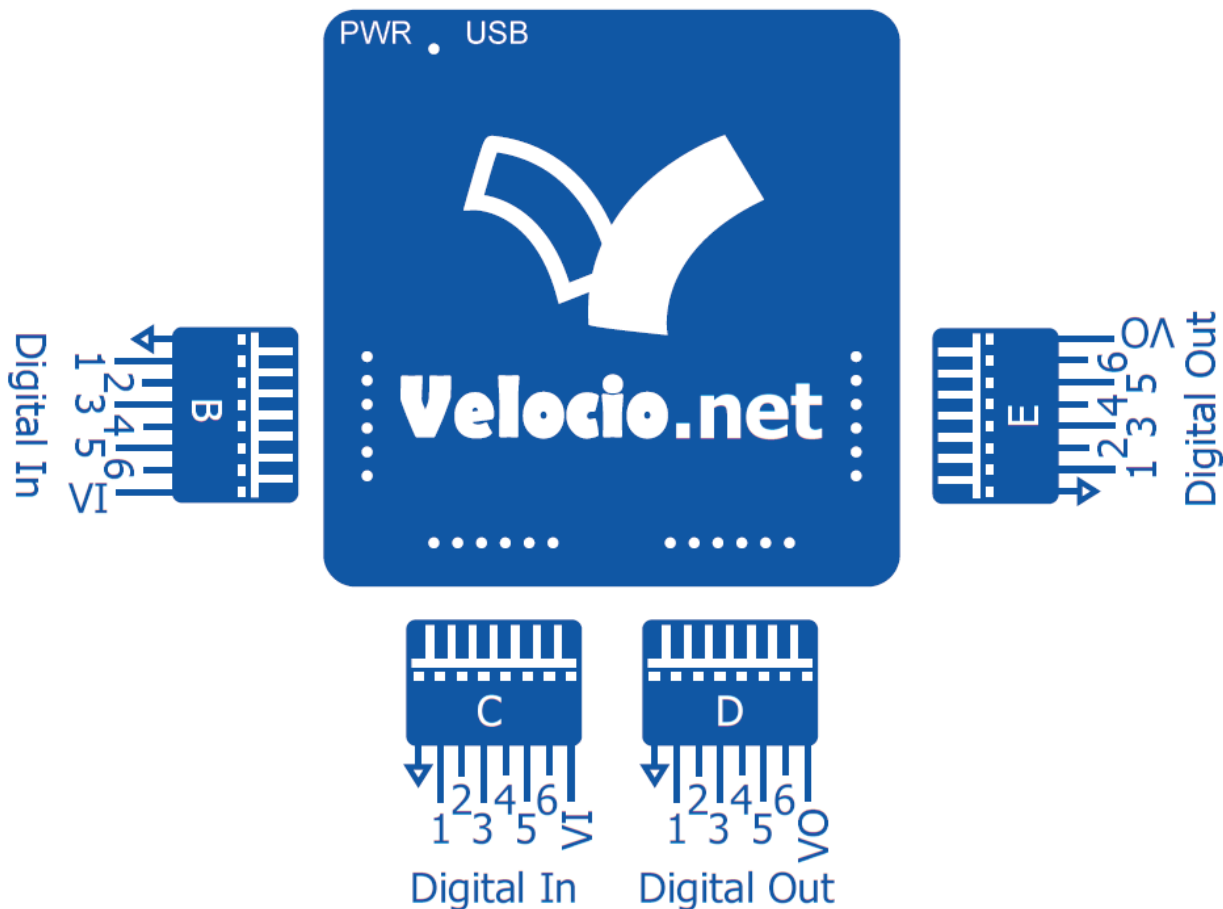
2.1 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC) είναι μια μονάδα η οποία τοποθετείται μέσα στον ηλεκτρολογικό πίνακα αυτοματισμού και αντικαθιστά εξαρτήματα όπως χρονικά, μετρητές, ηλεκτρονόμους και άλλα, συγκεντρώνοντας τα σε μια ανθεκτική προγραμματιζόμενη μονάδα. Τα PLC χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, σε επεκτάσιμα και μη επεκτάσιμα. Τα επεκτάσιμα PLC έχουν το πλεονέκτημα της επέκτασης του συστήματος με περισσότερες εξόδους και εισόδους αναλογικές ή ψηφιακές, χωρίς την ανάγκη αντικατάστασης της υπάρχουσας υπολογιστικής μονάδας.

Για εφαρμογές ρομποτικής χρησιμοποιούνται κατά βάση PLC τα οποία εκτός από τις βασικές τους λειτουργίες έχουν την δυνατότητα να επεξεργαστούν και να αποθηκεύσουν πληροφορίες κίνησης, όπως απόσταση και κατεύθυνση.

Για την δική μας εφαρμογή θα χρησιμοποιήσουμε ένα PLC της εταιρίας **Velocio** και πιο συγκεκριμένα το **ACE 22** το οποίο μας προσφέρει 12 ψηφιακές εισόδους και 12 ψηφιακές εξόδους, ενώ ακόμα μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 3 βηματικούς κινητήρες.

Διάγραμμα εισόδων και εξόδων.



Στις θέσεις των ψηφιακών εισόδων (Digital In) B και C βάζουμε τερματικούς διακόπτες, μπουτόν ή διάφορους αισθητήρες ανάλογα με τις παραμέτρους του προγράμματος μας. Αντίστοιχα, στις ψηφιακές εξόδους (Digital Out) D και E συνδέουμε ρελέ ισχύος, ενδεικτικές λυχνίες, βηματικούς κινητήρες και οτιδήποτε άλλο χειριζόμαστε με το PLC.

Οι υπόλοιπες δύο θήρες που έχει το συγκεκριμένο PLC είναι για τη τροφοδοσία του, η οποία δέχεται 5Vdc και για τον προγραμματισμό του με τη σύνδεση ηλεκτρονικού υπολογιστή σε θύρα τύπου ModBus USB Port.

Ο παραπάνω πίνακας μας δείχνει τις εισόδους και εξόδους που χρησιμοποιούμε για την υλοποίηση του ρομποτικού μας.

Πίνακας 2.1

Το συγκεκριμένο PLC προγραμματίζεται μέσω του προγράμματος της εταιρίας Velocio, το οποίο ονομάζεται **vBuilder** και έχει τη δυνατότητα προγραμματισμού σε γλώσσα Ladder ή σε γλώσσα Flow Chart.

Για την εφαρμογή μας θα χρησιμοποιήσουμε γλώσσα Flow Chart την οποία και θα αναλύσουμε παρακάτω.

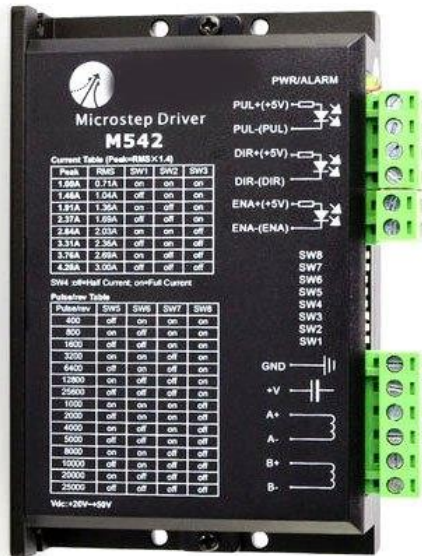
[Characteristics of ACE and eACE PLCs | Support of ACE AUTOMATION Europe](#)

2.2 Βηματοδότες Κινητήρων (Drivers)

Ο βηματοδότης κινητήρων ή αλλιώς Drivers είναι η συσκευή η οποία λαμβάνει σήμα από το PLC και το μετατρέπει σε κίνηση στον βηματικό μας κινητήρα. Τον χρησιμοποιούμε διότι το PLC δεν μπορεί να δώσει σήμα τάσης και έντασης ίσο με τις ανάγκες κίνησης ενός βηματικού κινητήρα, ενώ μπορεί μόνο να δώσει τις οδηγίες κίνησης.

Επίσης, ένα Driver για βηματικό κινητήρα μας δίνει και μεγάλη ποικιλία ρυθμίσεων ανάλογα με την εφαρμογή και τις ανάγκες του ρομποτικού μας. Για παράδειγμα, μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε την ένταση του ρεύματος στην έξοδο του, η οποία συνδέεται άμεσα με τη ροπή του κινητήρα και με τη θερμοκρασία του. Ακόμα, υπάρχει πληθώρα ρυθμίσεων μικροβημάτων ανά βήμα του κινητήρα, το οποίο μας βοηθάει να επιτύχουμε πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Για την κατασκευή του ρομποτικού μας θα χρησιμοποιήσουμε τρία Drivers ένα για κάθε άξονα και πιο συγκεκριμένα της εταιρίας **Leidshine Technology** και μοντέλο **M542**, το οποίο το επιλέξαμε λόγω της συμβατότητας που έχει με το PLC μας και της ευρείας χρήσης του σε πολλές εφαρμογές ρομποτικής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλο όγκο πληροφοριών για το συγκεκριμένο driver και εύκολη εύρεση του στο εμπόριο.



Driver βηματικού κινητήρα.

Από πλευράς ρυθμίσεων του Driver για την εφαρμογή μας, βάσει των πινάκων που μας παρέχονται από την εταιρία (Πίνακας 2.2.1, 2.2.2), επιλέγουμε μέγιστο ρεύμα 1.0A και 400 μικροβήματα ανά περιστροφή για τους άξονες Y και Z. Αντιθέτως ο άξονας X, ο οποίος μετακινεί το μεγαλύτερο βάρος, χρειάζεται περισσότερη ροπή σε σχέση με τους άξονες Y και Z, οπότε επιλέγουμε μέγιστο ρεύμα 1.46A και 400 μικροβήματα ανά περιστροφή (Πίνακας 2.2.3).

Από πλευράς συνδεσμολογίας το PUL είναι η είσοδος της πληροφορίας βημάτων από το PLC στο Driver, ενώ το DIR είναι η πληροφορία κατεύθυνσης από το PLC στο Driver. Με βάση τον παραπάνω πίνακα In/Out του και το σχεδιάγραμμα του ACE22 συμπεραίνουμε ότι για τον άξονα X το D1 συνδέεται με το PUL- και το D2 με το DIR- ενώ τα PUL+ και DIP+ συνδέονται στην έξοδο τάσης του D (VO) αντίστοιχα συνδέουμε και τους άξονες Y και Z. Ακόμη, στην είσοδο γείωσης (GND) και V+ συνδέουμε το τροφοδοτικό μας το οποίο είναι 24Vdc. Επίσης στα A+, A-, B+ και B- συνδέονται τα δύο τυλίγματα του βηματικού κινητήρα.

[Leadshine Digital Stepper Driver EM-S Series - EM415S – Leadshine India](#)

2.3 Βηματικοί Κινητήρες

Πρόκειται για κινητήρες επαγωγής σταδιακών βημάτων. Η μεγάλη τους διαφορά σε σχέσεις με τους τυπικούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι ότι οι βηματικοί χρειάζονται παλμό για να δουλέψουν. Βάσει αυτού του παλμού περιστρέφεται βηματικά και ο κινητήρας μας σε αντιστοιχία ένα προς ένα.

Η χρήση βηματικών κινητήρων είναι απαραίτητη σε πληθώρα ρομποτικών εφαρμογών διότι:

- Μειώνουν αρκετά τον όγκο των τερματικών διακοπών ειδικά σε εφαρμογές όπου το ρομποτικό σύστημα χρειάζεται να σταματήσει σε πολλά σημεία ενός άξονα.
- Προσφέρουν κινήσεις μεγάλης ακρίβειας λόγω των βημάτων τους και ανάλογα με την ακρίβεια που έχει ο κάθε κινητήρας μας.
- Ψηφιοποιούν αρκετά το ρομποτικό σύστημα το οποίο με τη σειρά του σημαίνει ότι έχουμε λιγότερα σημεία πιθανής βλάβης και κατ' επέκταση πολύ υψηλή αξιοπιστία.

Για την εφαρμογή μας έχουμε τρεις βηματικούς κινητήρες, οι οποίοι έχουν ακρίβεια περιστροφής ένα βήμα ανά 1.8° .

Πιο συγκεκριμένα για την κίνηση του ρομποτικού βραχίονα στον άξονα Χ χρησιμοποιήθηκε ένας βηματικός κινητήρας της εταιρίας **PACIFIC SCIENTIFIC** το μοντέλο **POWERMAX II P21NRXS-LND-NS-03**, ο οποίος μας προσφέρει αρκετή ροπή συγκράτησης (0.68N-m) καθώς και αρκετή ροπή περιστροφής (0.028N-m), έτσι ώστε να κινείται με άνεση ο άξονας. Ακόμη το ειδικό του περίβλημα με τις εκτεθειμένες στρωματοποιήσεις βοηθά στην απομάκρυνση της θερμοκρασίας. Αυτό είναι ένας βασικός λόγος για την επιλογή του συγκεκριμένου βηματικού κινητήρα, καθώς το σημείο όπου τοποθετήθηκε έχει πολύ περιορισμένη παροχή φρέσκου αέρα.



[4670-DanaherCatalogPgs9-34*.qxd \(kollmorgen.com\)](#)

Για την κίνηση στους άξονες Y και Z χρησιμοποιήθηκαν δυο ίδιοι βηματικοί κινητήρες της εταιρίας **VEXTA** το μοντέλο **PK243-01AA-C10**, οι οποίοι είναι αρκετά μικροί για να μπορούν να εγκατασταθούν πάνω στον βραχίονα, αλλά αρκετά ισχυροί με ροπή συγκρατήσεις (0.2N-m) και αρκετή ροπή κίνησης(0.014N-m), έτσι ώστε να κινούν με άνεση τους άξονες. Ο βασικότερος λόγος για την επιλογή τους ήταν το μικρό τους μέγεθος χωρίς κανέναν συμβιβασμό στη ροπή τους. Ακόμη βασικός παράγοντας είναι ο αρκετά κοντός τους άξονας, ο οποίος ανέρχεται μόλις στα 33mm.



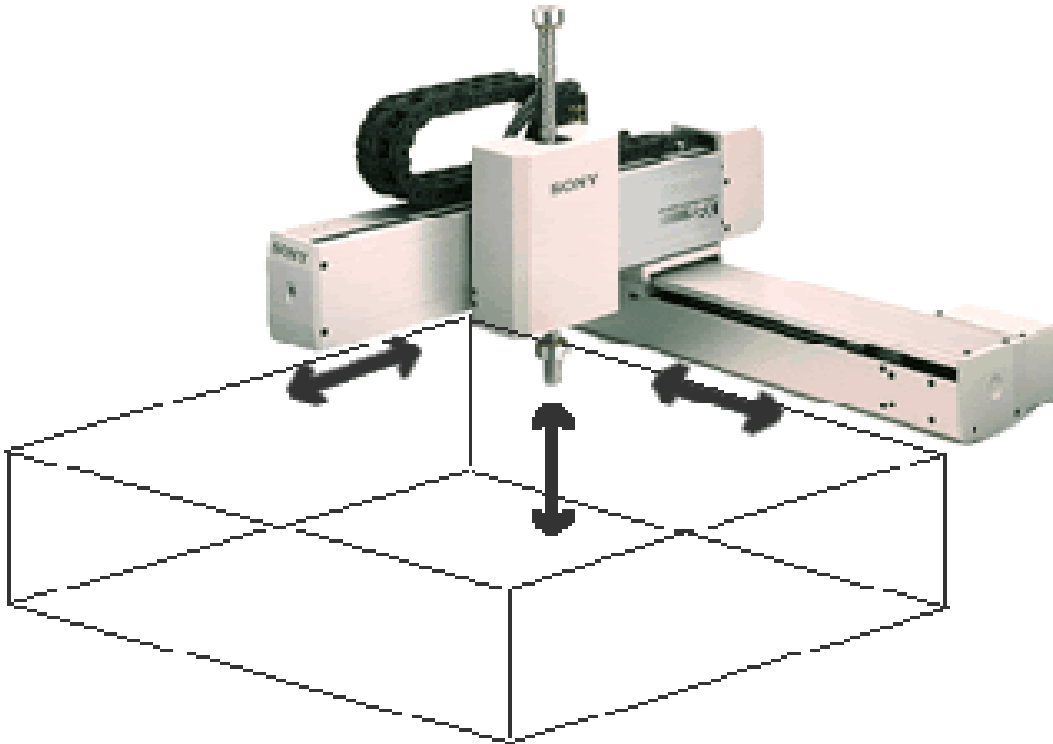
[St2SpecAll.pdf \(orientalmotor.com\)](#)

2.4 Ρομποτικός Βραχίονας

Ρομποτικός βραχίονας ονομάζεται ένας μηχανικός βραχίονας ο οποίος είναι προγραμματισμένος να εκτελεί μια αλληλουχία συγκεκριμένων κινήσεων. Αποτελείται από άξονες οι οποίοι κινούνται γραμμικά, ο ένας με τον άλλον ή περιστροφικά. Οι βασικότεροι τύποι ρομποτικών που συναντάμε είναι οι εξής:

Καρτεσιανά Ρομπότ: Ονομάζονται έτσι διότι κινούνται παράλληλα στους τρεις καρτεσιανούς άξονες X, Y και Z ενώ η κύριες λειτουργίες τους είναι η μετακίνηση και μεταφορά προϊόντων, η διαχείριση υγρών και η κατασκευή ή συναρμολόγηση αντικειμένων.

Καρτεσιανό ρομπότ



Αρθρωτά Ρομπότ: Ονομάζονται έτσι διότι αποτελούνται από άξονες ενωμένους μεταξύ τους από αρθρώσεις, ενώ οι κύριες λειτουργίες τους είναι η μετακίνηση αντικειμένων, η διαχείριση μηχανικών εργαλείων και η συναρμολόγηση αντικειμένων.

Αρθρωτό ρομπότ



Για την διεκπεραίωση του κατασκευαστικού μέρους της εργασίας θα χρησιμοποιήσουμε ένα καρτεσιανό ρομποτικό σύστημα.

2.5 Βοηθητικά υλικά

Αλλά υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή της εργασίας είναι τα παρακάτω:

1. Τροφοδοτικό 240 σε 5 vdc το οποίο τροφοδοτεί το προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.

Για την εφαρμογή μας χρησιμοποιήθηκε ένα τροφοδοτικό ράγας της εταιρίας **MEAN WELL** μοντέλο **HDR-15-5**. Το συγκεκριμένο τροφοδοτικό επιλέχθηκε λόγω της καλής του απόδοσης 80% και της προστασίας υπέρτασης και υπερφόρτωσης που διαθέτει, προστατεύοντας έτσι τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.



HDR-15-MEAN WELL Switching Power Supply Manufacturer

2. Τροφοδοτικό 240 σε 24 vdc το οποίο τροφοδοτεί τα drivers και κατ' επέκταση τους βηματικούς κινητήρες, ενώ ακόμη τροφοδοτεί και όλες τις εισόδους του PLC.

Για την εφαρμογή μας χρησιμοποιήθηκε ένα τροφοδοτικό κλειστού τύπου της εταιρίας **MEAN WELL** μοντέλο **SP-200-24**. Βασικά χαρακτηριστικά που οδήγησαν στην επιλογή του είναι η προστασία από βραχυκύκλωμα, υπέρταση, υπερφόρτωση και υπερθέρμανση, μέσω του ανεμιστήρα ψύξης που διαθέτει στο πάνω μέρος του. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τροφοδοτικού είναι οι δυο έξοδοι 24V DC που διαθέτει, οι οποίες μας επιτρέπουν να απομονώσουμε σε μια έξοδο τους Driver και στη δεύτερη έξοδο τις εισόδους του PLC, εξασφαλίζοντας έτσι τάση χωρίς βυθίσεις στις εισόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.



[SP-200-20210915.cdr \(meanwell-web.com\)](#)

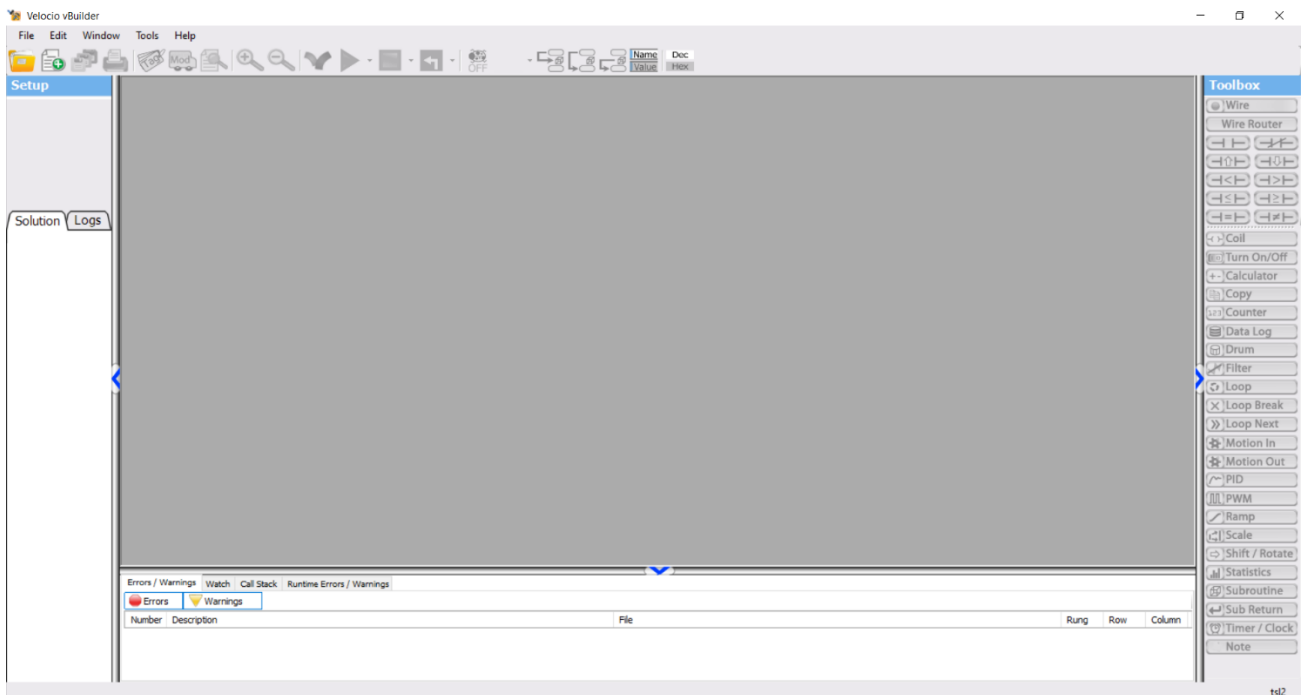
Κεφάλαιο 3: Επεξήγησης προγράμματος vBuilder και ανάλυση προγραμματισμού.

3.1. Πρόγραμμα vBuilder

Το vBuilder είναι η εφαρμογή προγραμματισμού που μας παρέχει η κατασκευάστρια εταιρία του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή που έχουμε. Μας παρέχει όλες τις αναγκαίες λειτουργίες για το χειρισμό του ρομποτικού βραχίονα, ενώ ακόμη μας δίνει την ευχέρεια να επιλέξουμε ανάμεσα σε δυο γλώσσες προγραμματισμού. Απαραίτητη είναι η χρήση του για την συγγραφή του κώδικα διότι προγραμματίζεται αποκλειστικά μέσω USB θύρας με τη χρήση της εφαρμογής και ηλεκτρονικού υπολογιστή.

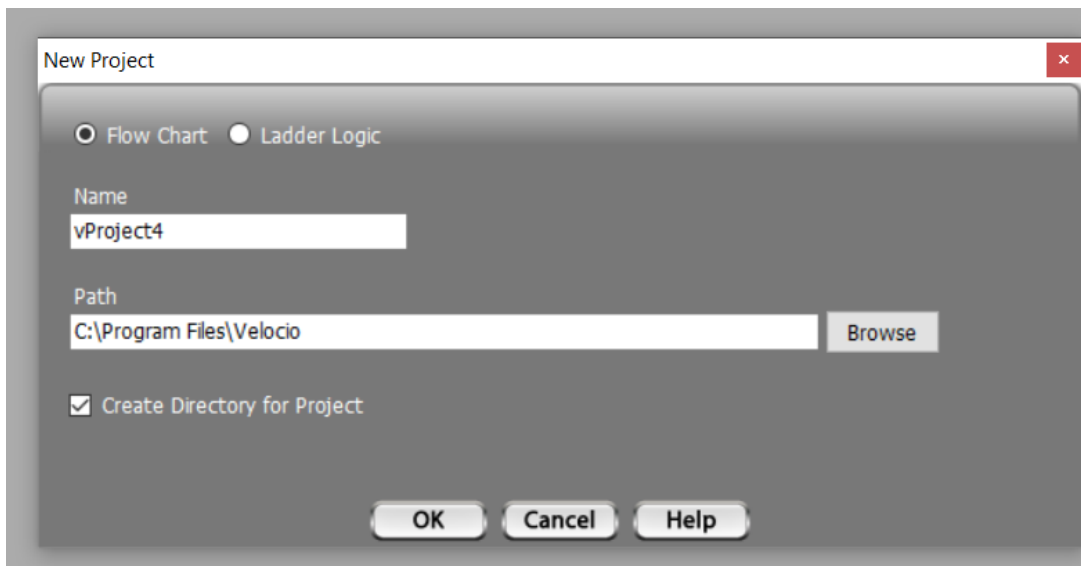
3.1.1 Δημιουργία νέου Project

Πιο αναλυτικά ανοίγοντας το πρόγραμμα συναντάμε την παρακάτω αρχική σελίδα.



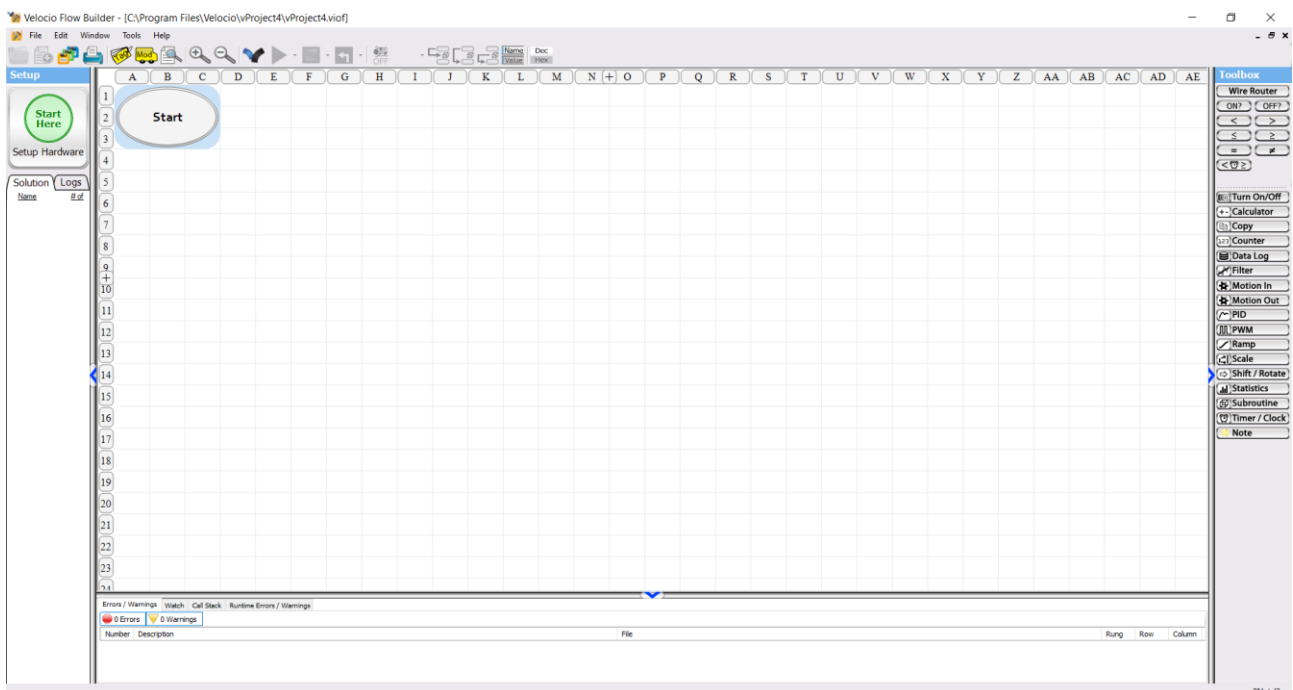
Αρχική οθόνη προγράμματος.

Για να ξεκινήσουμε ένα καινούριο αρχείο (project) επιλέγουμε από πάνω δεξιά το File → New και μας ανοίγει ένα παράθυρο για να εισάγουμε όνομα και τρόπο προγραμματισμού για το project μας.



Παράθυρο εκκίνησης νέου Project

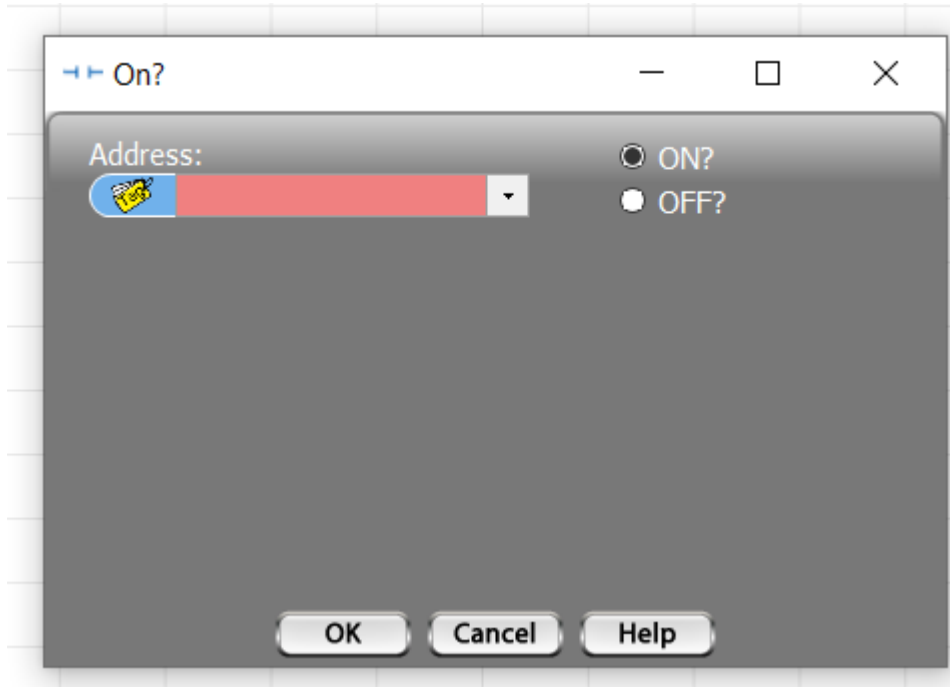
Στο παράθυρο αυτό επιλέγουμε γλώσσα προγραμματισμού ανάμεσα σε Flow Chart και Ladder Logic, ονομάζουμε το project μας και πατάμε OK. Έτσι μας εκκινεί ένα λευκό project και είμαστε έτοιμοι να γράψουμε τον κώδικα μας.



Επιφάνια εργασίας προγράμματος.

3.1.2 Εφαρμογή On Off

Στην αρχική οθόνη του project μας μπορούμε να δούμε στην αριστερή στήλη τα εργαλεία που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Ξεκινώντας από πάνω έχουμε το ON? Και OFF?. Πατώντας τα μας ανοίγει το παρακάτω παράθυρο.



Παράθυρο εφαρμογής ON?

Σε αυτό πρέπει να δηλώσουμε ένα εισαγόμενο στοιχείο (Input) όπως ένας τερματικός διακόπτης και στη συνέχεια μπορούμε να επιλέξουμε αν θα μας βγάλει YES όταν ο διακόπτης είναι ON ή OFF. Οπότε με τη χρήση του ελέγχουμε την λογική κατάσταση ενός διακόπτη και παίρνουμε μια λογική έξοδο 0 ή 1 δηλαδή No ή Yes.

3.1.3 Συγκριτικές Εφαρμογές

Τα υπόλοιπα επτά σύμβολα είναι συγκρίσεων αριθμών και ένα σύγκρισης χρόνου ανάλογα με την διεργασία που θέλουμε να προγραμματίσουμε. Πατώντας ένα από αυτά μας εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.

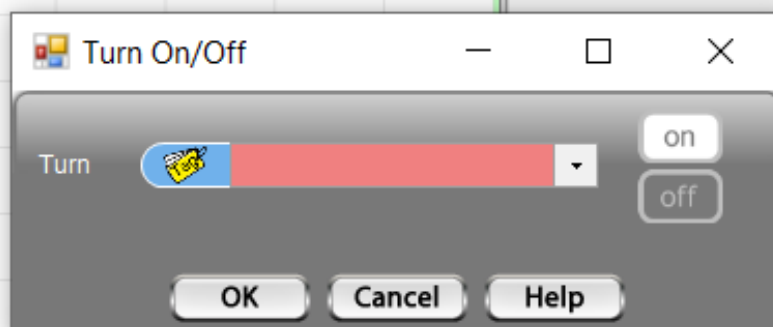


Παράθυρο συγκριτικής εφαρμογής.

Σε αυτό το παράθυρο επιλέγουμε το επιθυμητό συγκριτικό σύμβολο και στη μια πλευρά εισάγουμε τη μεταβλητή μας, παραδείγματος χάριν τα βήματα που έχει κάνει ο κινητήρας μας και στην άλλη πλευρά βάζουμε μια σταθερά, όπως το σημείο που θέλουμε να πάει ο βηματικός κινητήρας. Με τη βοήθεια αυτής της σύγκρισης μπορούμε να ελέγξουμε αν ο βηματικός μας κινητήρας έχει φτάσει στην επιθυμητή θέση.

3.1.4 Εφαρμογή Turn On/Off

Συνεχίζοντας τον προγραμματισμό μας, η επόμενη εφαρμογή είναι το Turn On/Off το οποίο όταν το πατάμε για να το εισάγουμε εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.



Παράθυρο εφαρμογής Turn On/Off.

Σε αυτό χρειάζεται να δηλώσουμε την έξοδο που θέλουμε να ανάψουμε ή να σβήσουμε. Για παράδειγμα, μπορούμε να ανάψουμε μια λάμπα ή να ανοίξουμε μια ασφάλεια.

3.1.5 Εφαρμογή Copy

Η επόμενη εφαρμογή που θα δούμε είναι το Copy το οποίο το χρησιμοποιούμε για να αντιγράψουμε κάποιον αριθμό και να τον βάλουμε ίσο με κάποια γραπτή σταθερά που έχουμε θέσει εμείς, παραδείγματος χάριν να πάρουμε τον αριθμό 0 και να τον βάλουμε κάτω από το όνομα Home. Αυτό σημαίνει ότι ο βραχίονας βρίσκεται στο σημείο μηδέν, δηλαδή στο σημείο εκκίνησης. Πατώντας την εφαρμογή μας ανοίγει το παρακάτω παράθυρο.

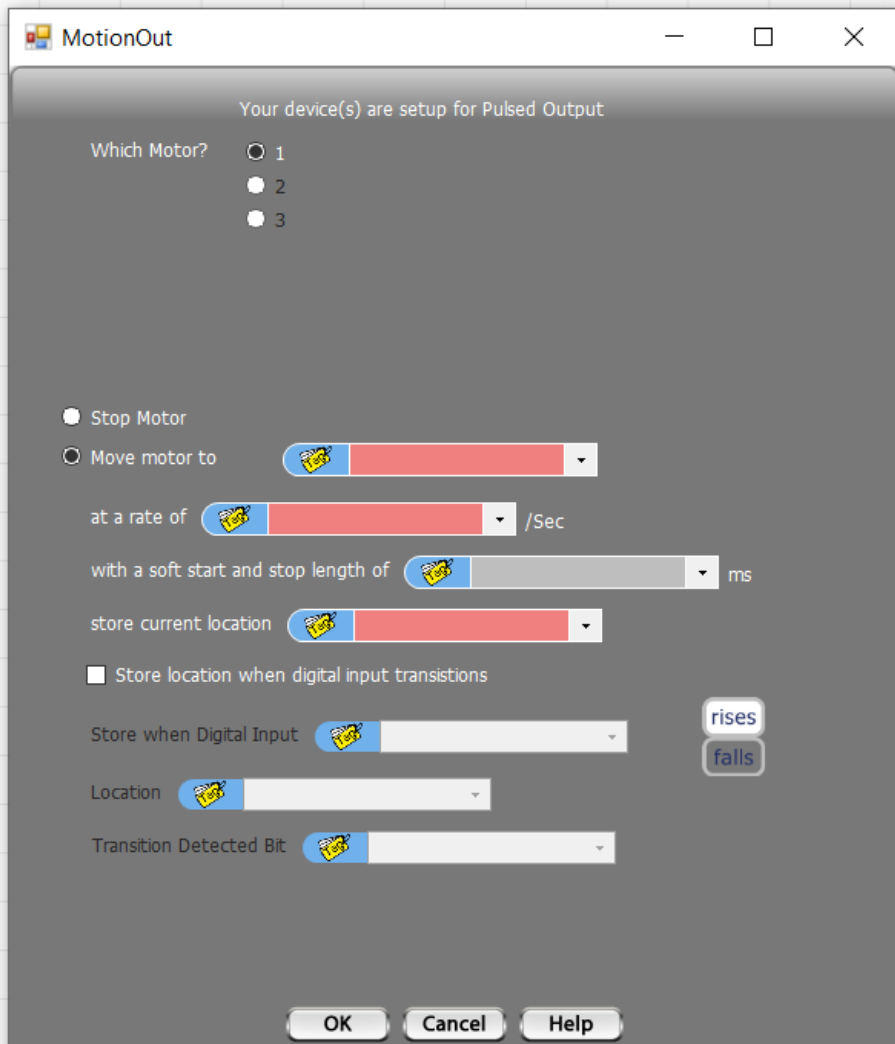


Παράθυρο εφαρμογής αντιγραφής.

Σε αυτό το παράθυρο στην αριστερή στήλη γράφουμε τον αριθμό που θέλουμε να αντιγράψουμε και στη δεξιά στήλη το όνομα που θέλουμε να ορίσουμε στον συγκεκριμένο αριθμό. Ακόμα, με κάθε εφαρμογή Copy μπορούμε να αντιγράψουμε πολλές σταθερές ταυτόχρονα.

3.1.6 Εφαρμογή Motion Out

Η επόμενη εφαρμογή και μια από τις βασικότερες είναι το Motion Out, το οποίο μας δίνει τη δυνατότητα να στείλουμε σήμα εξόδου για τον χειρισμό βηματικών κινητήρων. Πατώντας την μας εμφανίζει το παρακάτω παράθυρο.

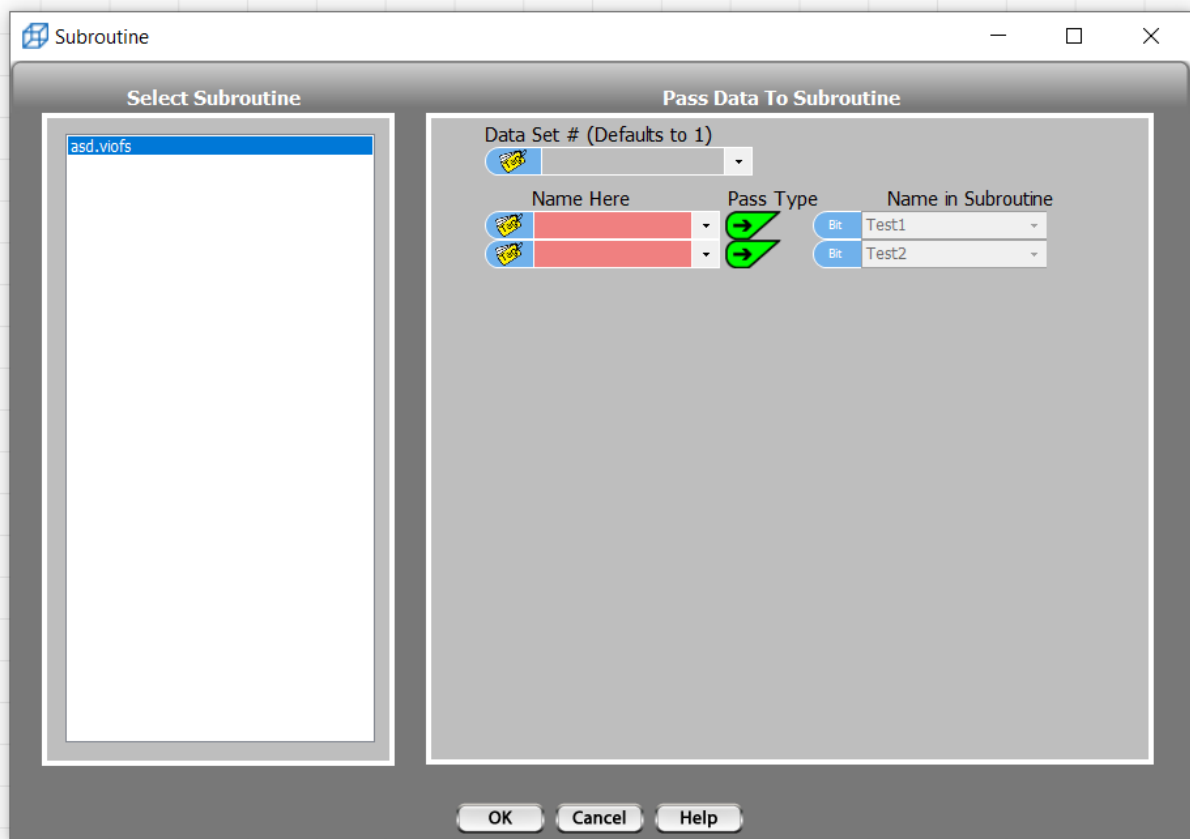


Παράθυρο εφαρμογής Motion Out.

Σε αυτό εμείς πρέπει να διευκρινίσουμε ποιο κινητήρα θέλουμε να χειριστούμε από τους τρεις, που είναι το μέγιστο που μπορεί να χειριστεί ο προγραμματιζόμενος λογικός εκλεκτής που έχουμε. Στη συνέχεια, πρέπει να δηλώσουμε πόσα βήματα θέλουμε να κάνει ο βηματικός κινητήρας, καθώς και με τι ταχύτητα. Την ταχύτητα τη μετράμε σε βήματα ανά δευτερόλεπτο, ενώ προαιρετικά μπορούμε να ενεργοποιήσουμε τη λειτουργία ομαλής εκκίνησης και επιβράδυνσης. Τέλος, πρέπει να διευκρινίσουμε που ήταν ο κινητήρας, δηλαδή από που ξεκίνησε.

3.1.7 Εφαρμογή Subroutine

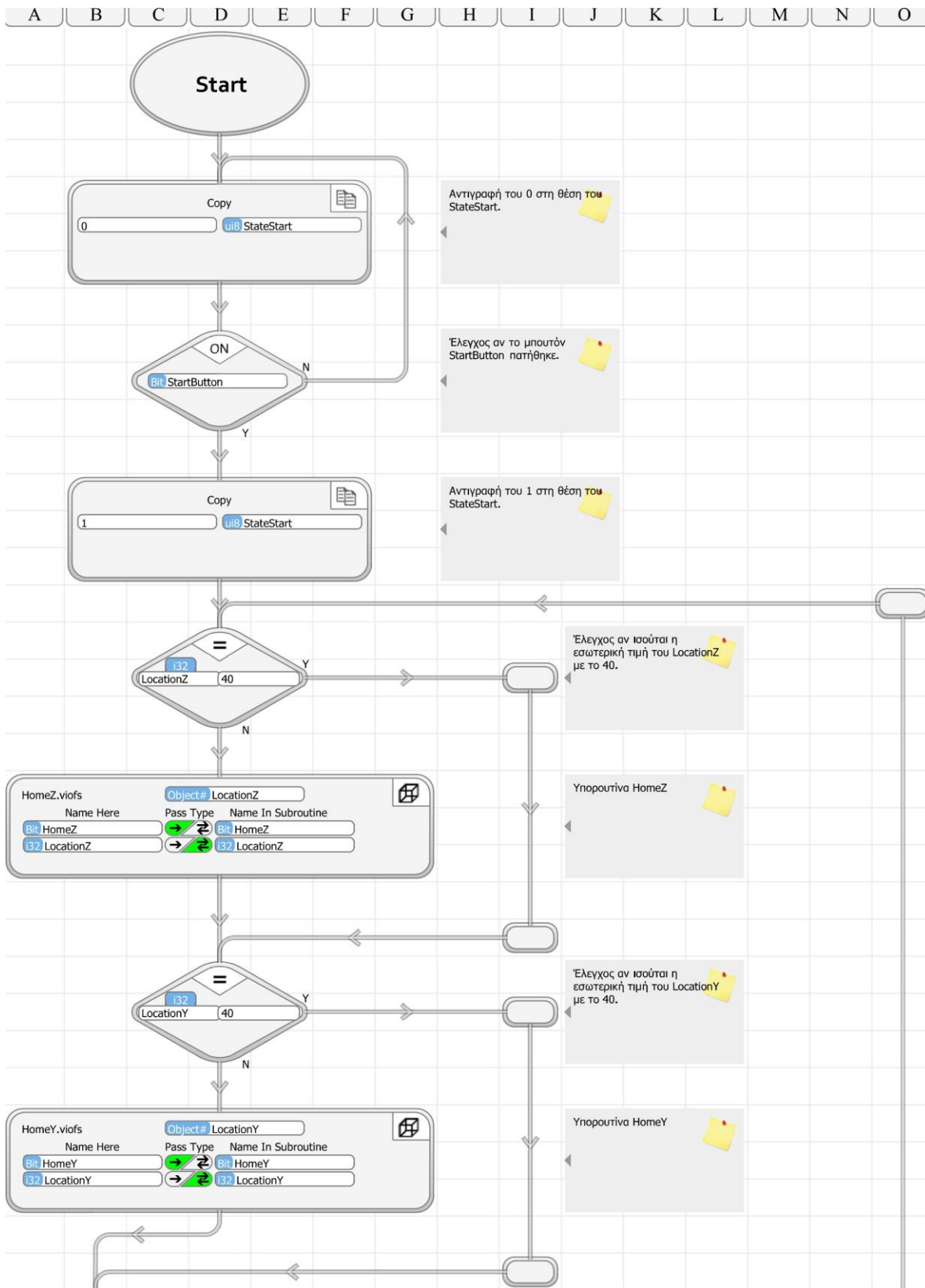
Συνεχίζοντας περνάμε στην εφαρμογή Subroutine η οποία μας επιτρέπει να γράψουμε ένα σύνολο εντολών, οι οποίες παρουσιάζονται αυτούσιες πολλές φορές και να τις αντιγράψουμε συνεχώς χωρίς να υπάρχει η ανάγκη να ξαναγραφούμε το σύνολο των εντολών. Για να ενεργοποιήσουμε αυτή την εφαρμογή πρώτα θα πρέπει να πάμε αριστερά κάτω από το Solution και να πατήσουμε "δημιουργία μιας υπορουτίνας (Add Subroutine)", το οποίο μας εμφανίζει ένα παράθυρο για να επιλέξουμε γλώσσα προγραμματισμού και όνομα για την υπορουτίνα μας. Αφού το κάνουμε αυτό και πατήσουμε πάνω στην εφαρμογή, μας εμφανίζει το παρακάτω παράθυρο.

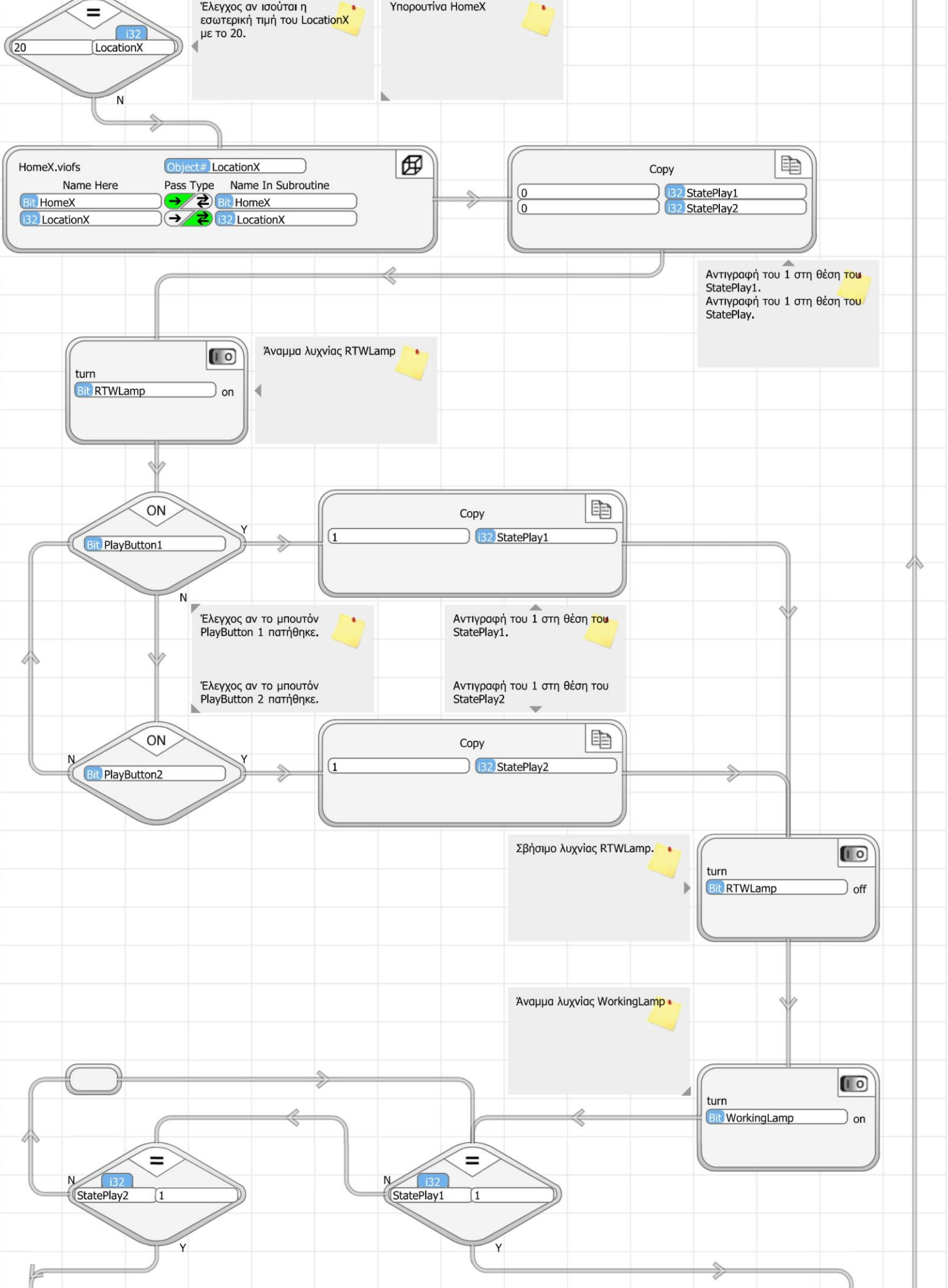


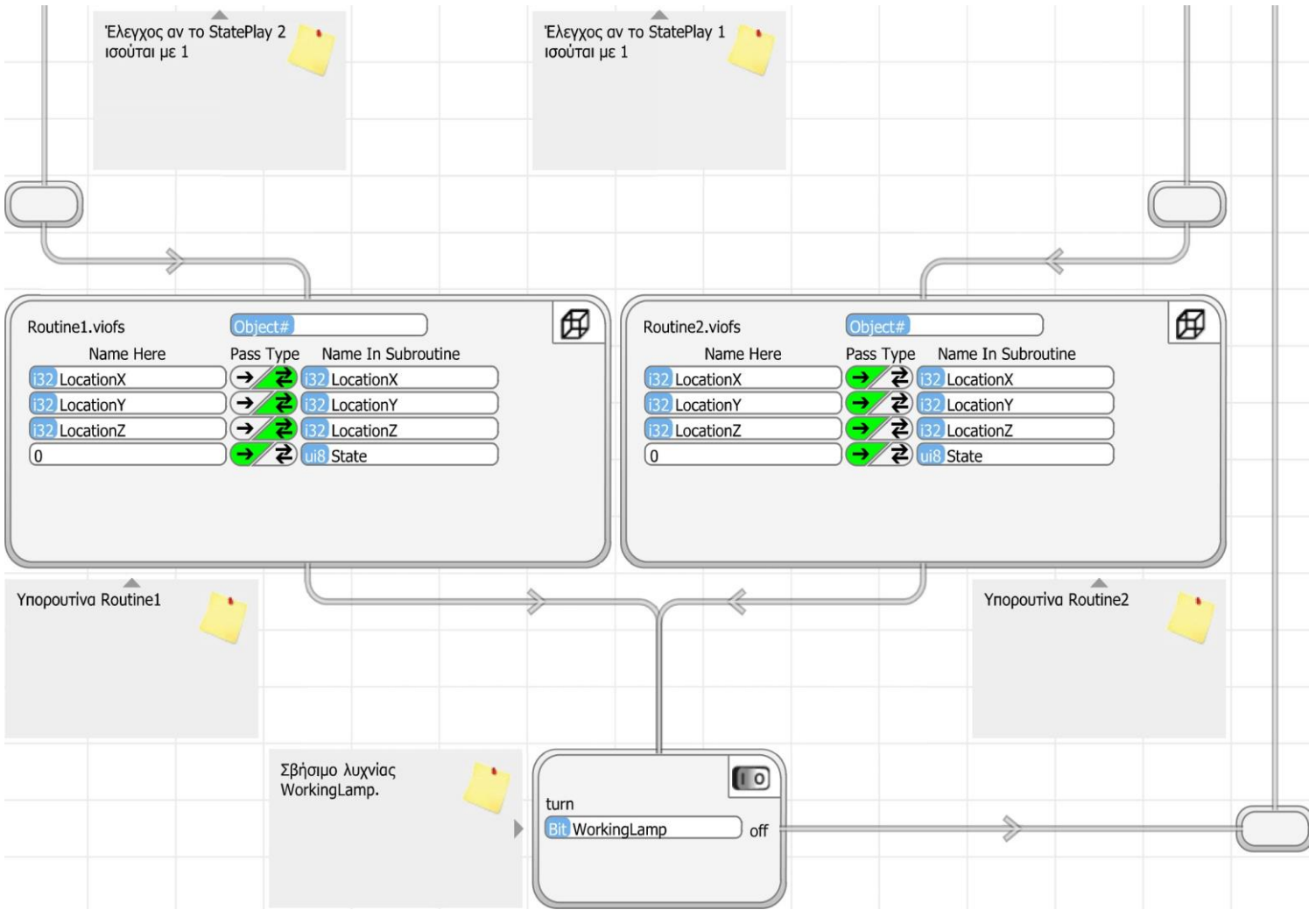
Παράθυρο υπορουτίνας.

Σε αυτό το παράθυρο πρέπει να προσθέσουμε τις μεταβλητές που υπάρχουν εκτός και εντός της υπορουτίνας, ώστε να μπορούν να έχουν μονόδρομη ή αμφίδρομη αντίδραση μεταξύ τους. Έτσι λαμβάνει τις απαραίτητες μεταβλητές που χρειάζεται η υπορουτίνα για να λειτουργήσει σωστά και να αποστέλλει πίσω τις μεταβλητές που έχουν αλλάξει κατά τη λειτουργία της. Την εναλλαγή από μονόδρομη σε αμφίδρομη και αντίστροφα την κάνουμε εσωτερικά από την υπορουτίνα.

Κεφάλαιο 4: Ανάλυση προγραμματισμού

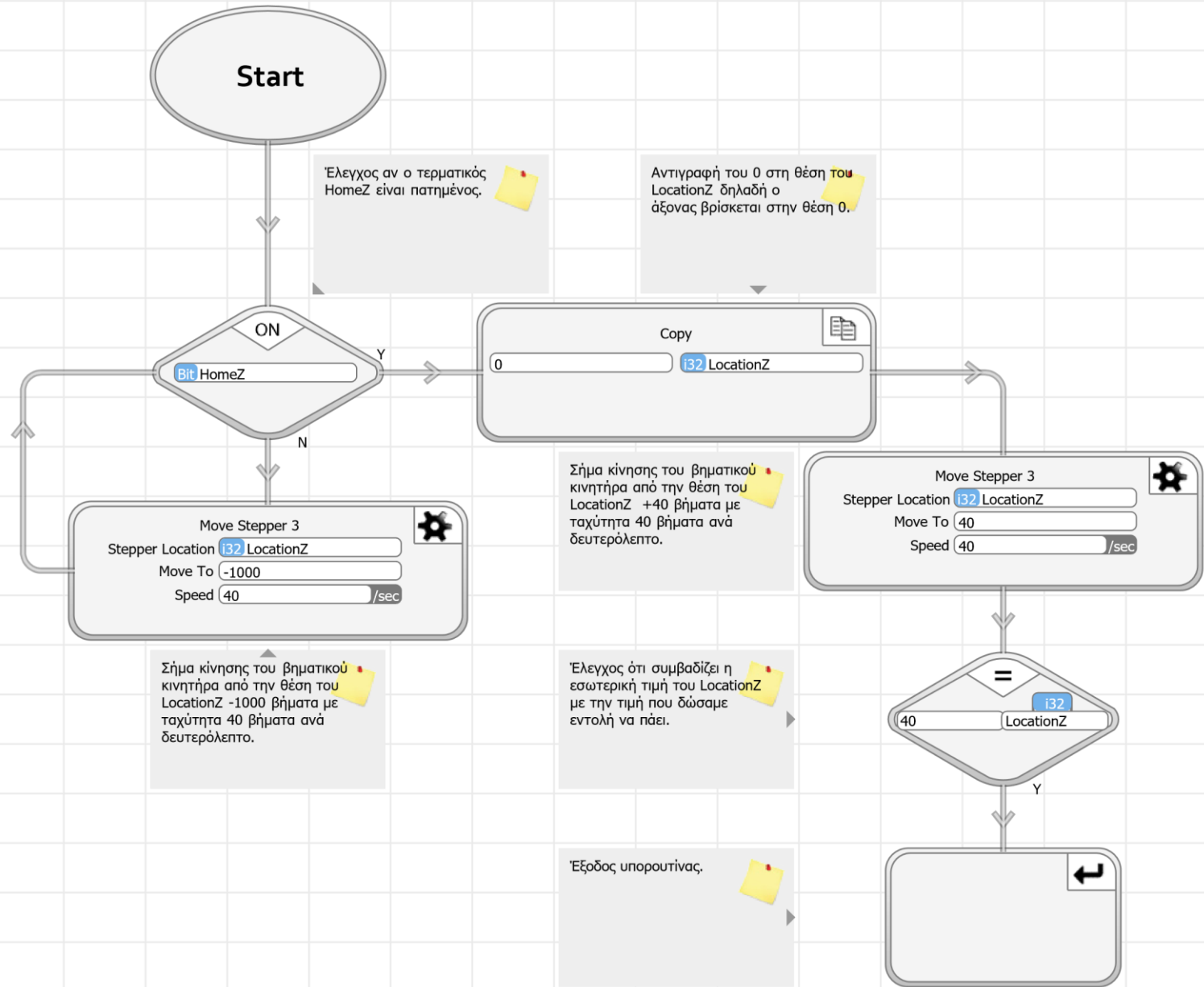






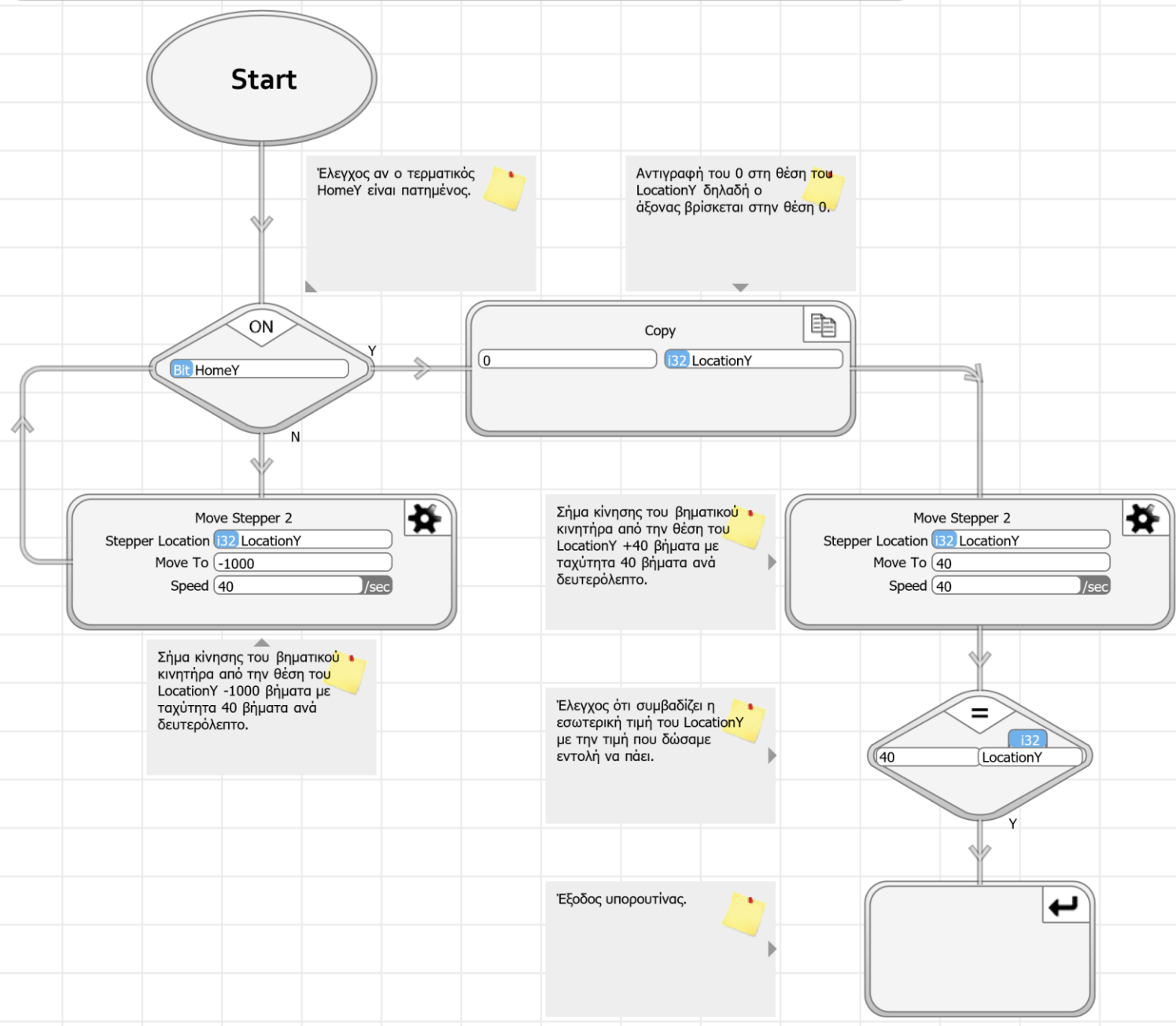
Subroutine Inputs and Outputs

Bit HomeZ i32 LocationZ



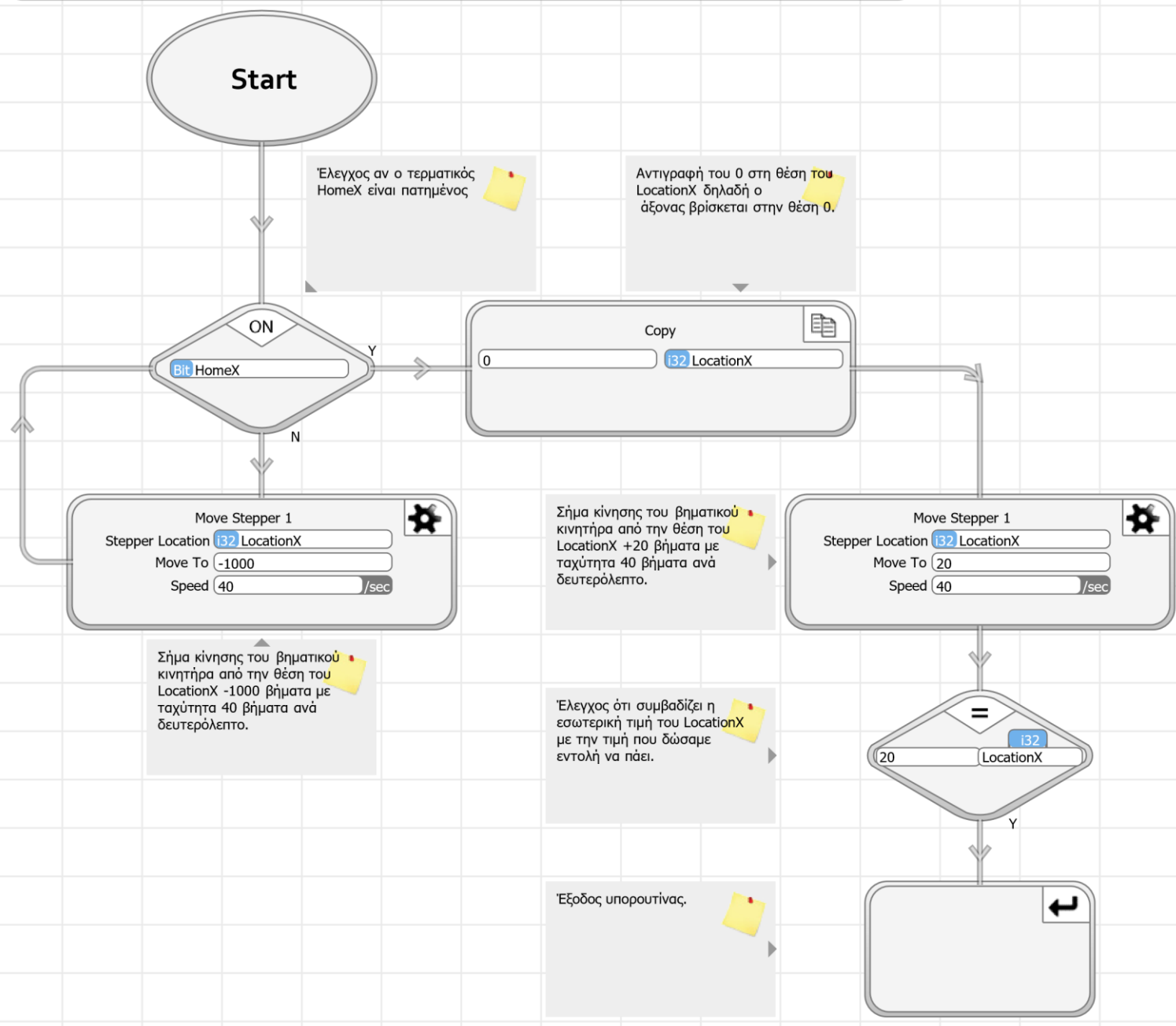
Subroutine Inputs and Outputs

Bit HomeY i32 LocationY



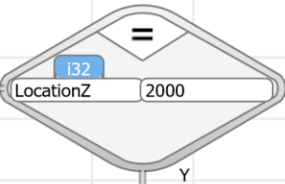
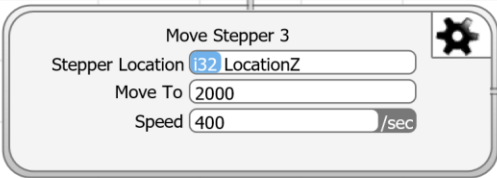
Subroutine Inputs and Outputs

Bit HomeX i32 LocationX

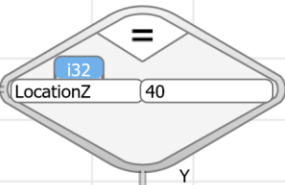
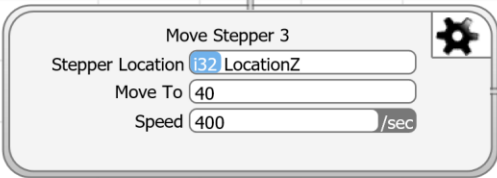


Subroutine Inputs and Outputs

→ LocationZ



Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationZ στο 2000 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.



Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationZ στο 40 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.



Έξοδος υπορουτίνας.

Subroutine Inputs and Outputs

→ ↺ i32 LocationX → ↺ i32 LocationY → ↺ i32 LocationZ
→ ↺ ui8 State

Start

Copy

0 ui8 State

Αντιγραφή του 0 στη θέση του State.

=
ui8 State 0

Έλεγχος αν το State είναι ίσο με 0.

Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationX στο 400 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

Move Stepper 1
Stepper Location i32 LocationX
Move To 400
Speed 400 /sec

=
i32 LocationX 400

Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationY στο 400 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

Move Stepper 2
Stepper Location i32 LocationY
Move To 400
Speed 400 /sec

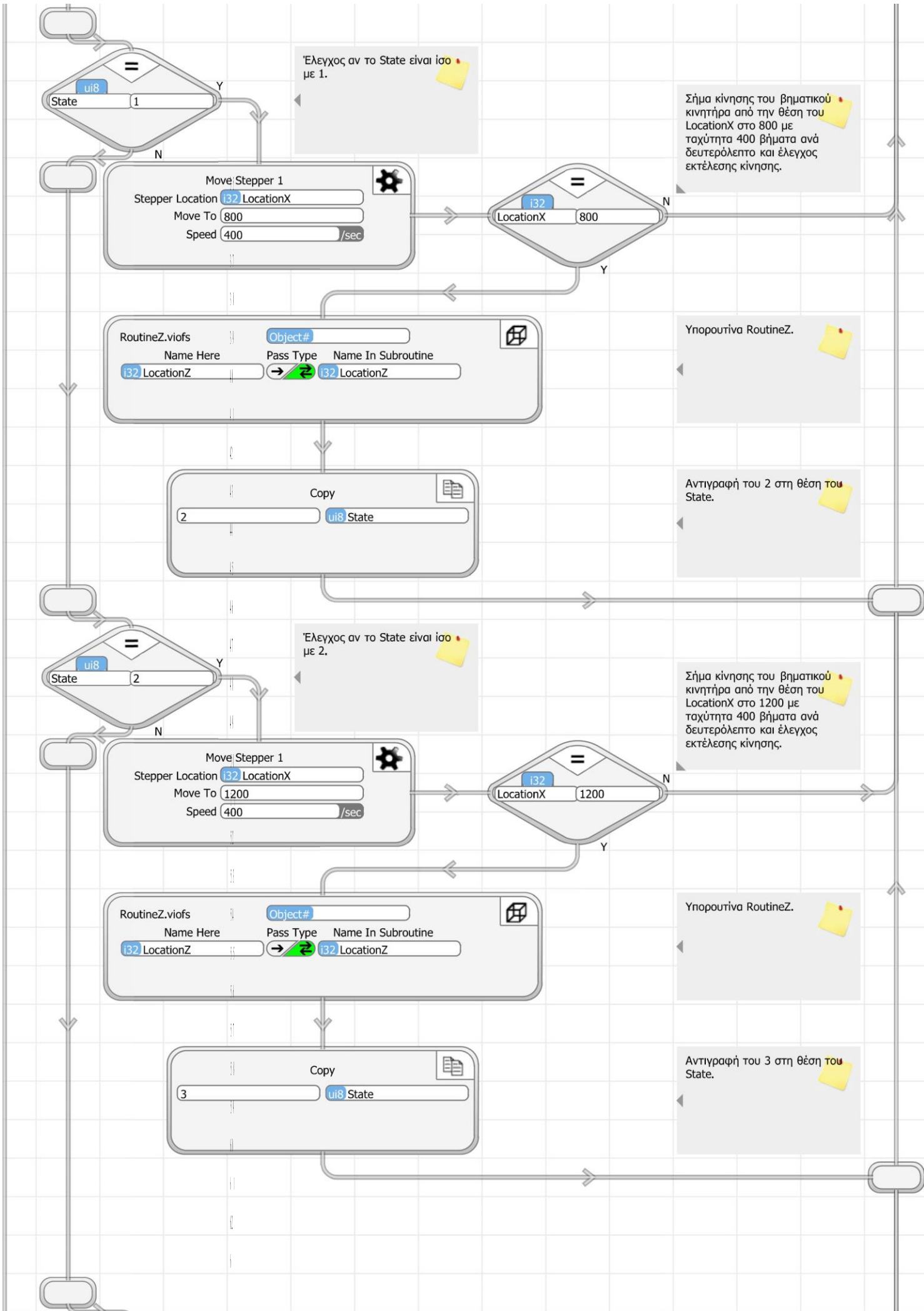
=
i32 LocationY 400

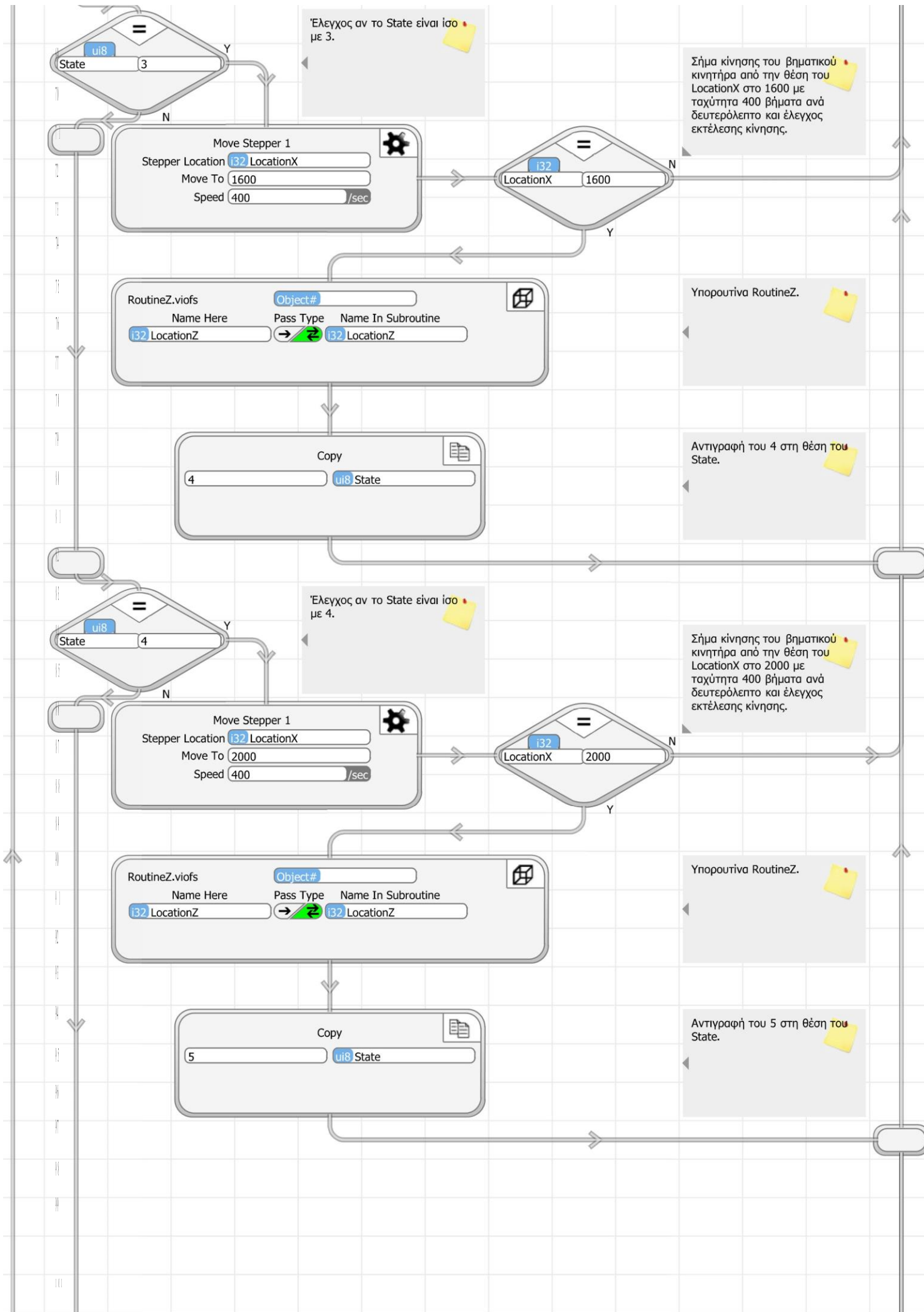
RoutineZ.viofs
Name Here Pass Type Name In Subroutine
i32 LocationZ → ↺ i32 LocationZ

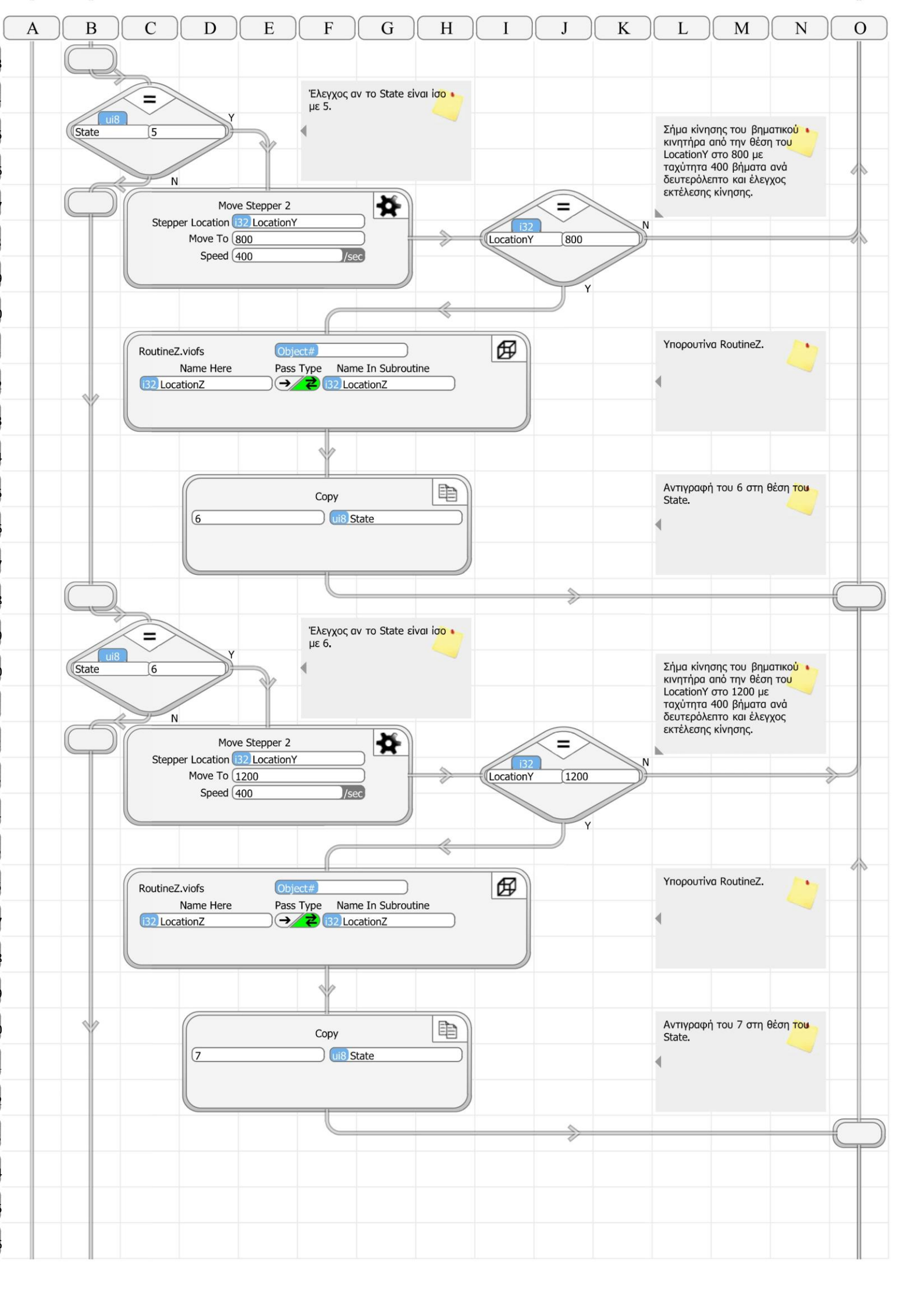
Υπορουτίνα RoutineZ.

Copy
1 ui8 State

Αντιγραφή του 1 στη θέση του State.







A B C D E F G H I J K L M N O

State = 5

Έλεγχος αν το State είναι ίσο με 5.

Move Stepper 2
Stepper Location
Move To
Speed /sec

= LocationY 800

Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationY στο 800 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

RoutineZ.viofs
Name Here Pass Type Name In Subroutine

Υπορουτίνα RoutineZ.

Copy

Αντιγραφή του 6 στη θέση του State.

State = 6

Έλεγχος αν το State είναι ίσο με 6.

Move Stepper 2
Stepper Location
Move To
Speed /sec

= LocationY 1200

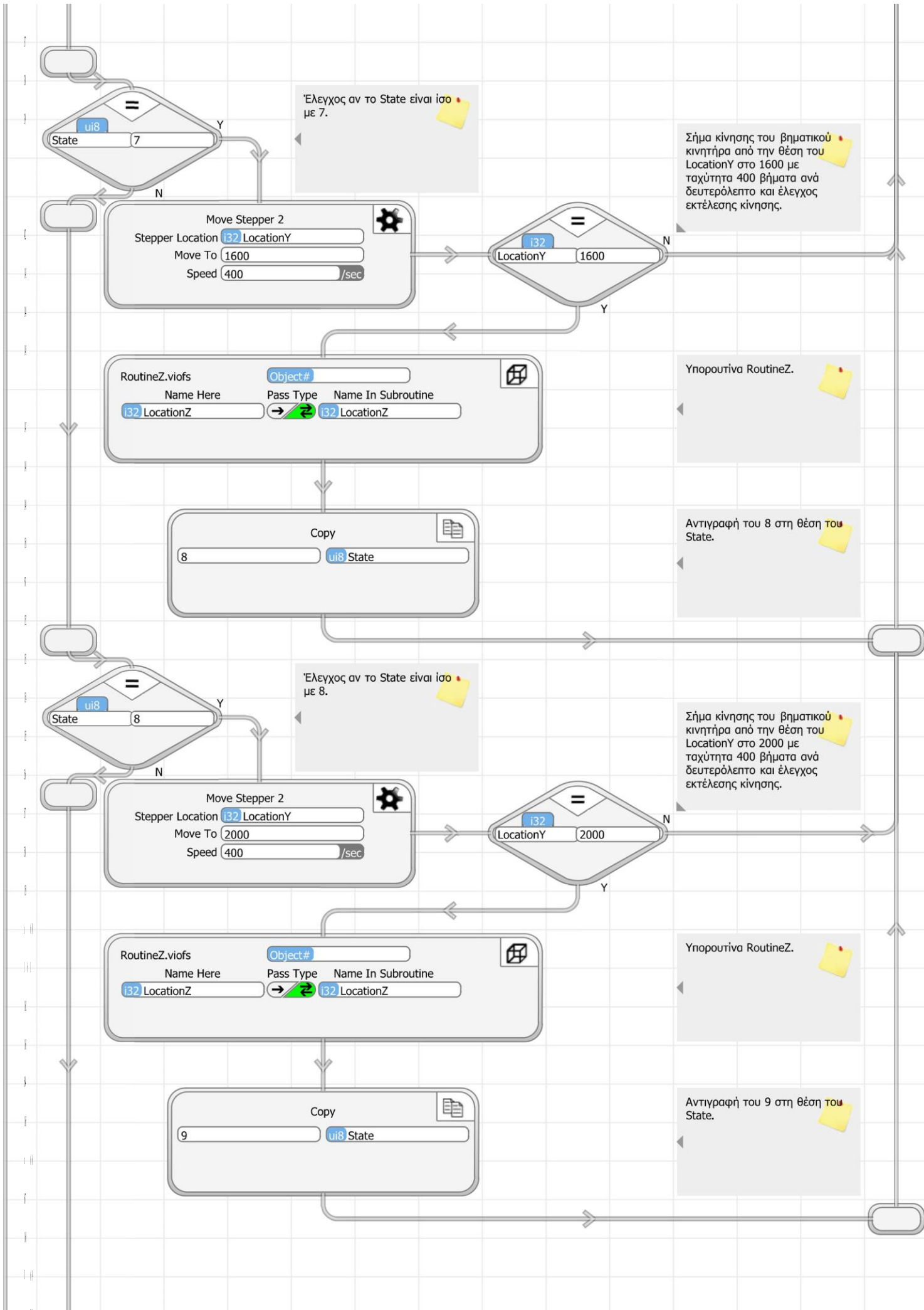
Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationY στο 1200 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

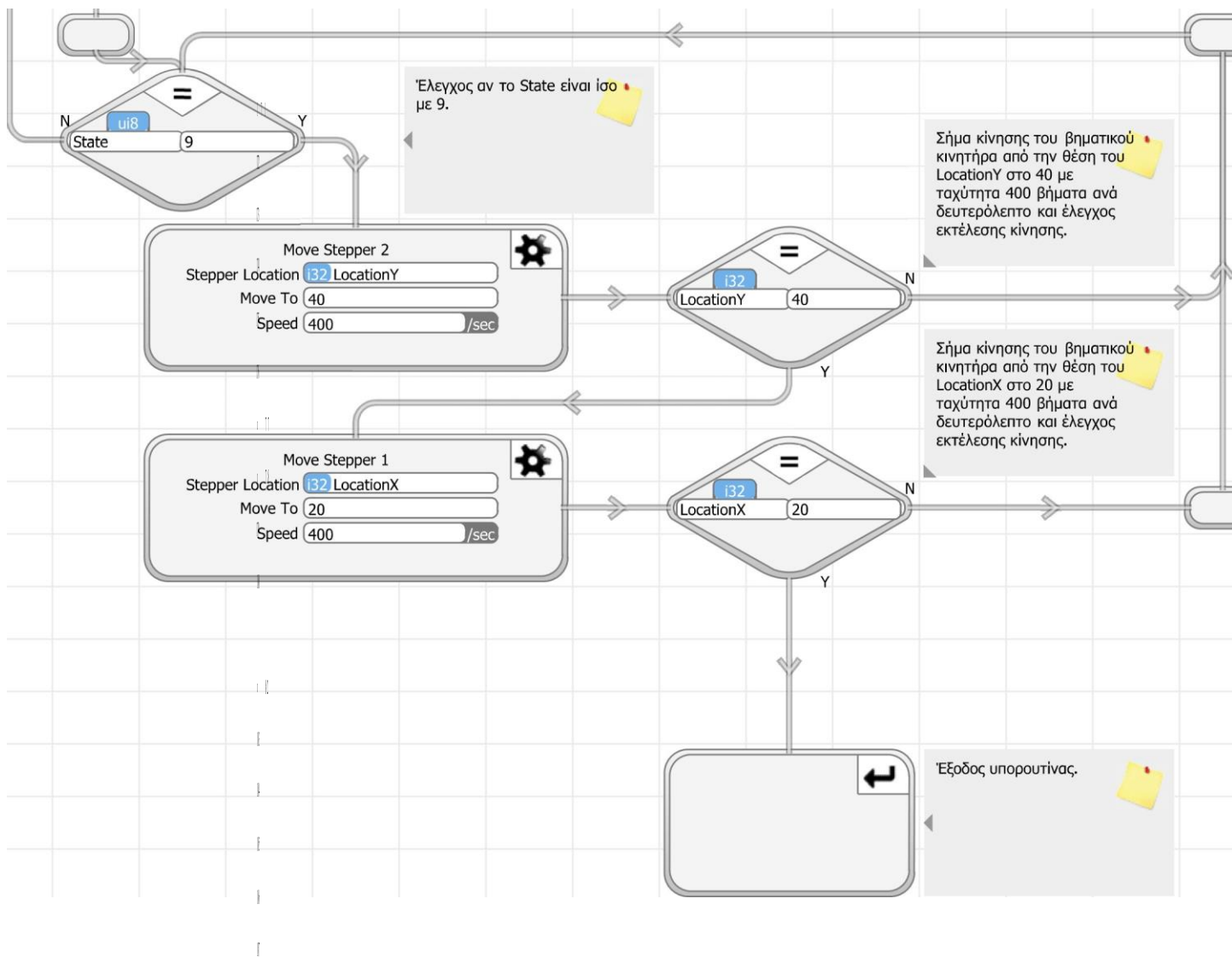
RoutineZ.viofs
Name Here Pass Type Name In Subroutine

Υπορουτίνα RoutineZ.

Copy

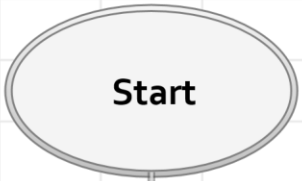
Αντιγραφή του 7 στη θέση του State.





Subroutine Inputs and Outputs

i32 LocationX i32 LocationY i32 LocationZ
 ui8 State



Copy

0 ui8 State

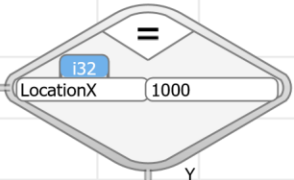
Αντιγραφή του 0 στη θέση του State.

Move Stepper 1

Stepper Location i32 LocationX

Move To 1000

Speed 400 /sec



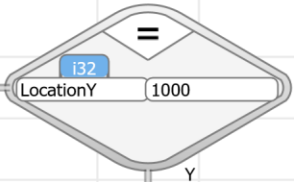
Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationX στο 1000 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

Move Stepper 2

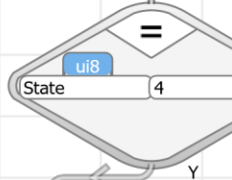
Stepper Location i32 LocationY

Move To 1000

Speed 400 /sec



Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationY στο 1000 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.



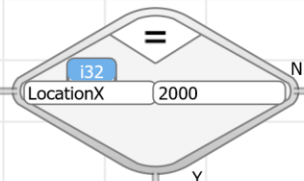
Έλεγχος αν το State είναι ίσο με 4.

Move Stepper 1

Stepper Location i32 LocationX

Move To 2000

Speed 400 /sec



Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationX στο 2000 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

RoutineZ.viofs

Object#

Name Here Pass Type Name In Subroutine

i32 LocationZ → i32 LocationZ

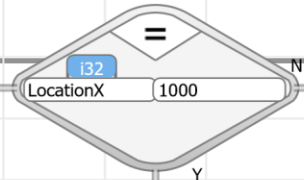
Υπορουτίνα RoutineZ.

Move Stepper 1

Stepper Location i32 LocationX

Move To 1000

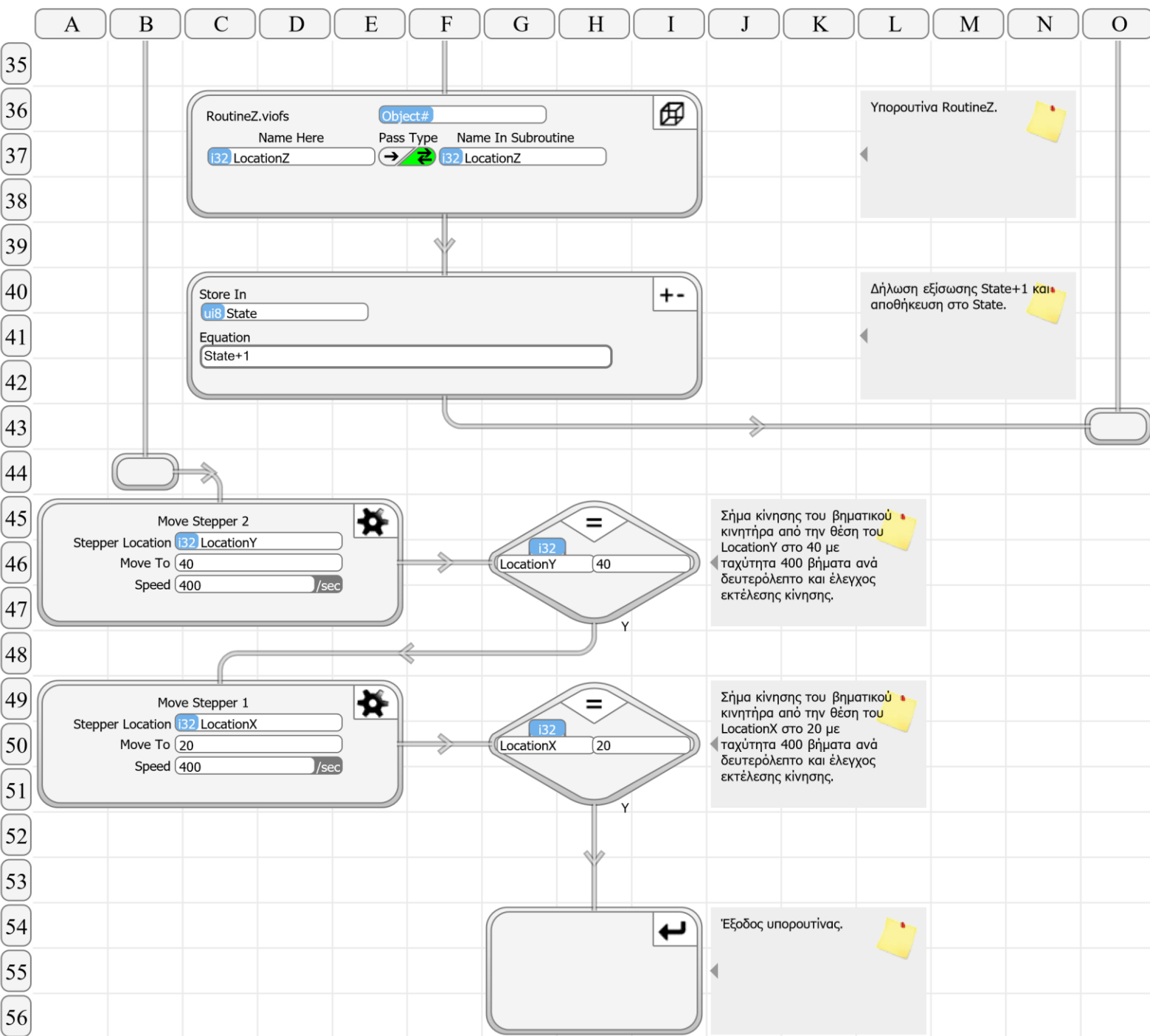
Speed 400 /sec



Σήμα κίνησης του βηματικού κινητήρα από την θέση του LocationX στο 1000 με ταχύτητα 400 βήματα ανά δευτερόλεπτο και έλεγχος εκτέλεσης κίνησης.

ΠΟΜΠ
ΤΡΙΩΝ

52

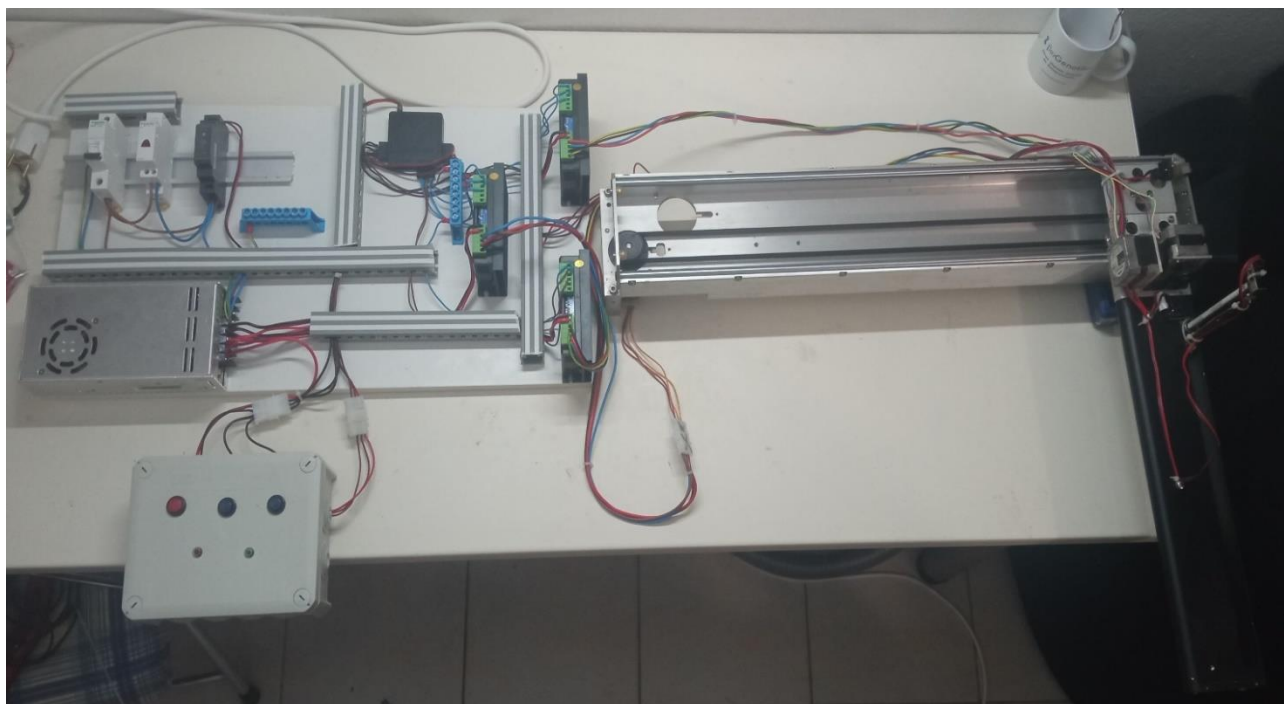


Ο υπάρχον προγραμματισμός είναι γραμμένος σε γλώσσα Flow Chart στο πρόγραμμα της εταιρίας Velocio, το vBuilder. Ο προγραμματισμός του PLC μας γίνεται μέσω αυτού με την χρήση ενός καλώδιού USB.

Κεφάλαιο 5: Επίλογος

5.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη και την υλοποίηση του ρομποτικού βραχίονα και από τον προγραμματισμό του μπορούμε να δούμε πως μπορούν αυτές οι τεχνολογίες να διευκολύνουν τις γραμμές παραγωγής, τα κέντρα διαλογής και τα κέντρα αποθήκευσης υλικών, όπως επίσης και την καθημερινότητα μας. Οι εφαρμογές είναι αμέτρητες, ενώ μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα σύστημα το οποίο ταιριάζει ακριβώς στις ανάγκες της εκάστοτε εταιρίας.



Κατασκευαστικό μέρος εργασίας

5.2 Μελλοντικές επέκτασης

Οι μελλοντικές επέκτασης του συγκεκριμένου συστήματος είναι πάρα πολλές και έχουν να κάνουν μόνο με την εφαρμογή που θα χρειαστεί να πραγματοποιήσει ο βραχίονας.

Αρκετά εύκολα με μικρές τροποποιήσεις του προγράμματος μπορεί να προστεθεί κινητήρας με εργαλεία κοπής στο άκρο του άξονα Z και απευθείας να έχουμε στα χέρια μας ένα CNC ή εναλλακτικά να τοποθετηθεί κεφαλή εξωθητήρα πλαστικού υλικού και να έχουμε ένα 3D εκτυπωτή. Επιπλέον, μπορούμε να προσθέσουμε αρπάγη στην άκρη του άξονα και να δημιουργήσουμε έναν μεταφορέα αντικειμένων ή έναν διαλογέα αντικειμένων. Ακόμα μπορεί να προστεθεί ρύγχος αναρρόφησης υγρών με τη βοήθεια του οποίου θα μπορούμε να μεταφέρουμε ή να αναμιγνύουμε μεγάλους και μικρούς όγκους με μεγάλη ακρίβεια.

Παραρτήματα

Λίστα υλικών

- Ρομποτικός Βραχίονας Tecan
- Velocia ACE 22 PLC
- LeadShine M542 Driver
- Pacific Scientific PowerMax II κινητήρας
- Vexta PK243-01AA-C10 κινητήρας
- Τροφοδοτικό Mean Well HDR-15-5
- Τροφοδοτικό Mean Well SP-200-24
- Καλώδιο 3*1.5mm² H05VV-F
- Καλώδιο 3*2.5mm² H05VV-F
- Καλώδιο 2*1.5mm²
- Καλώδιο 2*0.75mm²
- Ασφάλεια Schneider Electric IK60N C 16A
- Ενδεικτική λυχνία Schneider Electric iLL κόκκινη
- Φις τετράπυνο
- Κανάλι 1in
- Κουτί διακλάδωσης
- Μπουτόν μπλε
- Μπουτόν κόκκινο
- Λυχνία Led κόκκινη
- Λυχνία Led πράσινη
- Γέφυρα οχτώ επαφών
- Τερματικοί διακόπτες
- Ράγα Din πίνακα 36ΣΤ

Βιβλιογραφία

Αναφορά σε ιστοσελίδα:

[1] [Characteristics of ACE and eACE PLCs | Support of ACE AUTOMATION Europe](#)

[2] [Leadshine Digital Stepper Driver EM-S Series - EM415S – Leadshine India](#)

[3] [HDR-15-MEAN WELL Switching Power Supply Manufacturer](#)

[4] [SP-200-20210915.cdr \(meanwell-web.com\)](#)

[5] [St2SpecAll.pdf \(orientalmotor.com\)](#)

[6] [4670-DanaherCatalogPgs9-34*.qxd \(kollmorgen.com\)](#)

Αναφορά σε βιβλίο:

- Hanssen «Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές-Μία πρακτική προσέγγιση με τη χρήση κωδικών CoDeSys [ηλεκτρονική έκδοση]», 2015, HEAL-Link Wiley.
- E.A. Parr, «Προγραμματιζόμενοι ελεγκτές-οδηγός μηχανικού [ηλεκτρονική έκδοση]», 2003, HEAL-Link Elsevier Referex.
- Petruzella F. «Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές» 5η έκδοση, εκδότης: ΤΖΙΟΛΑΣ, κωδικός βιβλίου στον Εύδοξο: 59421534.
- Collins D., Lein E. «Προγραμματιζόμενοι ελεγκτές – Πρακτικός οδηγός», 2η έκδοση, εκδότης: Τσότρας Αθανάσιος.
- ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ Δ. - ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΥΛΗΣ Α. - ΠΡΑΣΣΑΣ Χ. “Ψηφιακά συστήματα – Δίκτυα υπολογιστών”, Κεφάλαιο 3ο – Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ.
- L.A. Bryan – E.A. Bryan, “Προγραμματιζόμενοι ελεγκτές –Θεωρία και Εφαρμογή” 2η έκδοση

