

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

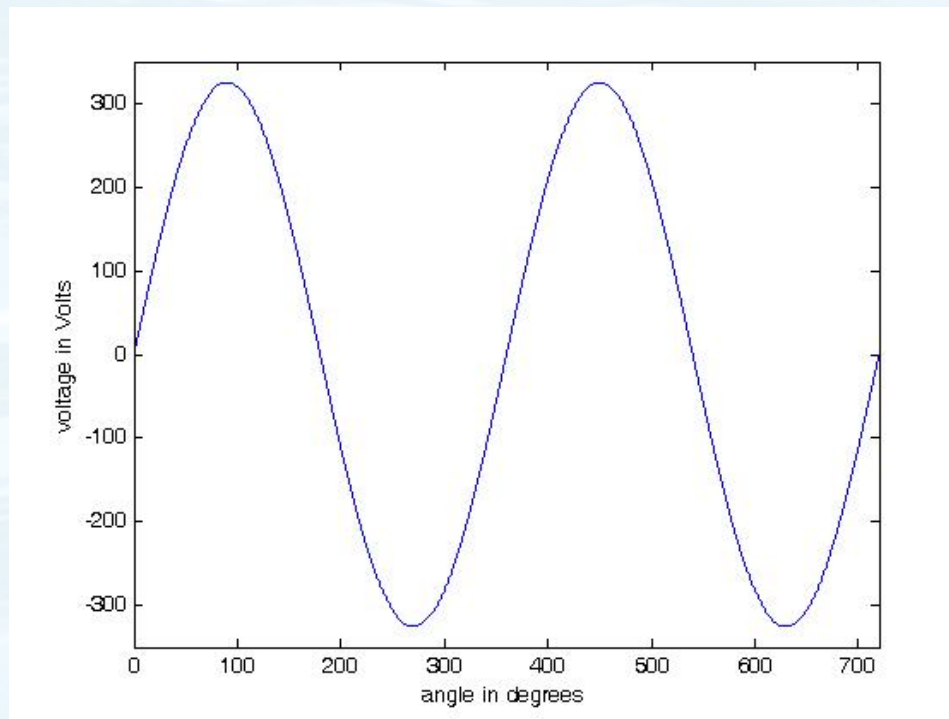
- Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)
- Μικροελεγκτές
- Συλλογή Δεδομένων – LabView

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

- Ηλεκτρικοί Κινητήρες – Κυκλώματα οδήγησης και ελέγχου
- Ρομποτικές διατάξεις – Ρομποτική Όραση

Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

- Μονοφασικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας
Στο μονοφασικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε μία ημιτονοειδής πηγή με εξίσωση:
 $V = V_0 \sin(\omega t)$



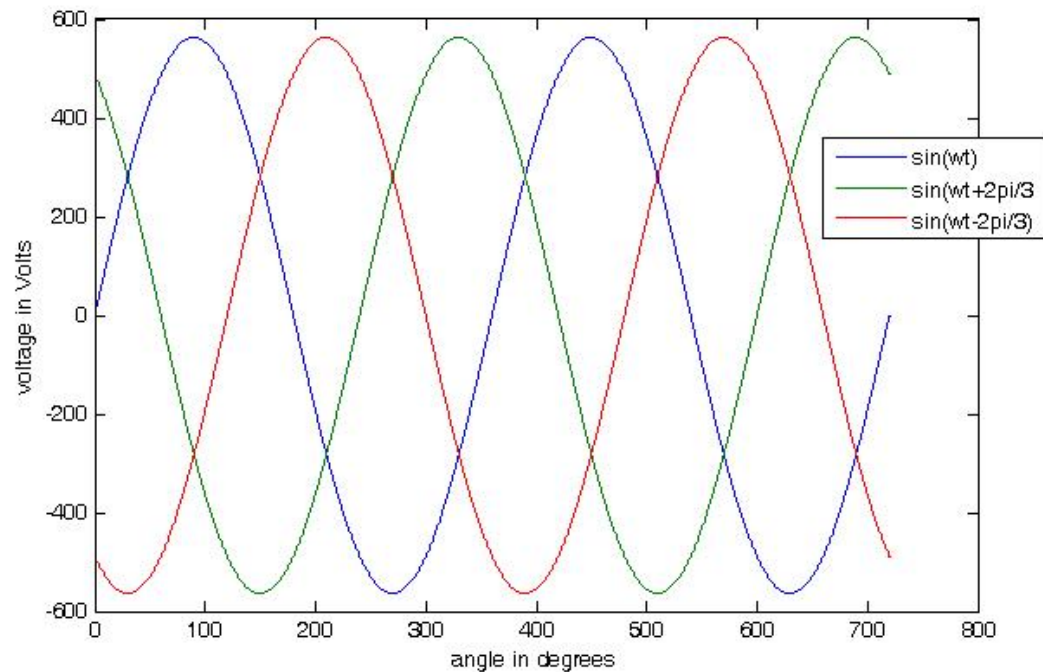
Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

- Τριφασικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας
Στο τριφασικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε τρεις ημιτονοειδείς πηγές με εξισώσεις:

$$V_1 = V_o \sin(\omega t)$$

$$V_2 = V_o \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_3 = V_o \sin(\omega t + 2\pi/3)$$



Τριφασικό ρεύμα

Στο τριφασικό ρεύμα υπάρχουν δύο δυνατές συνδεσμολογίες των πηγών τάσης.

Συνδεσμολογία **αστέρα** και συνδεσμολογία **τριγώνου**.

Στη συνδεσμολογία αστέρα το κοινό σημείο ονομάζεται **ουδέτερος**.

Ο ουδέτερος γειώνεται τακτικά για να βρίσκεται στο δυναμικό της γης.

Στη συνδεσμολογία τριγώνου δεν υπάρχει ουδέτερος.

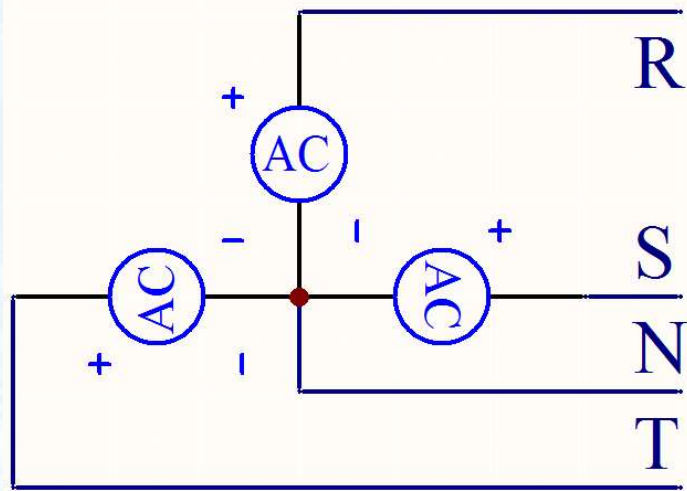
Η διαφορά δυναμικού στα άκρα των πηγών λέγεται **φασική τάση**.

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των γραμμών που συνδέουν την πηγή με το φορτίο **πολική τάση**.

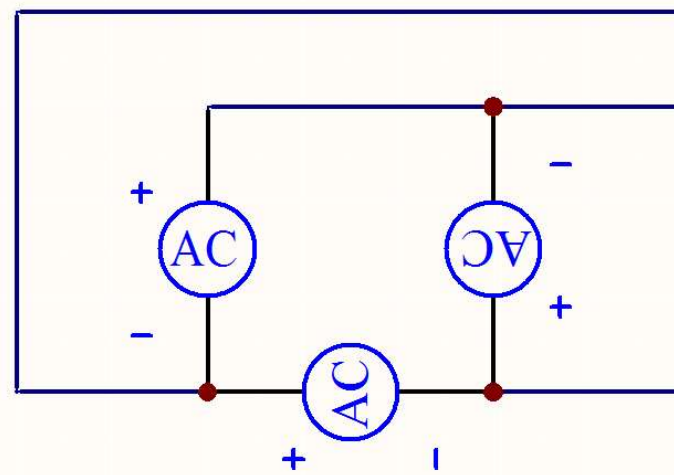
Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση ισούται με την πολική τάση ενώ αυτό δεν ισχύει στη συνδεσμολογία αστέρα.

Οι τρεις φάσεις συνήθως συμβολίζονται με τα γράμματα R, S, T.

Συνδεσμολογία αστέρα/τριγώνου



Συνδεσμολογία αστέρα



Συνδεσμολογία τριγώνου

Η συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου εφαρμόζεται και στην περίπτωση του φορτίου.

Ένα φορτίο μπορεί να είναι σε συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συνδεσμολογία τριφασικών κινητήρων όπου για ομαλή εκκίνηση (soft start) αρχικά τα τυλίγματα του συνδέονται σε αστέρα και στη συνέχεια σε τρίγωνο.

Φασικές και πολικές τάσεις

Στην περίπτωση συνδεσμολογίας των πηγών τάσεων σε αστέρα οι σχέσεις που συνδέουν τις πολικές τάσεις με τις φασικές είναι οι εξής:

$$V_{1\pi} = V_1 - V_2, \quad V_{2\pi} = V_2 - V_3, \quad V_{3\pi} = V_3 - V_1$$

$$\text{Έστω } V_1 = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t), \quad V_2 = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \text{ και } V_3 = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_{1\pi} = V_1 - V_2$$

$$= 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) - 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$= 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) - 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \left[\sin(\omega t) \cdot \cos\frac{2\pi}{3} - \cos(\omega t) \cdot \sin\frac{2\pi}{3} \right]$$

$$= 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) - 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \left[-\frac{1}{2} \cdot \sin(\omega t) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \cos(\omega t) \right]$$

$$= 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \left[\frac{3}{2} \cdot \sin(\omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \cos(\omega t) \right]$$

$$\text{Η παράσταση } \frac{3}{2} \cdot \sin(\omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \cos(\omega t) \text{ ισούται με } r \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{όπου } r = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \text{ και } \sin(\varphi) = \frac{\sqrt{3}}{2}, \cos(\varphi) = \frac{1}{2}$$

Φασικές και πολικές τάσεις

δηλαδή $r = \sqrt{3}$ και $\varphi = \frac{\pi}{6}$, επομένως

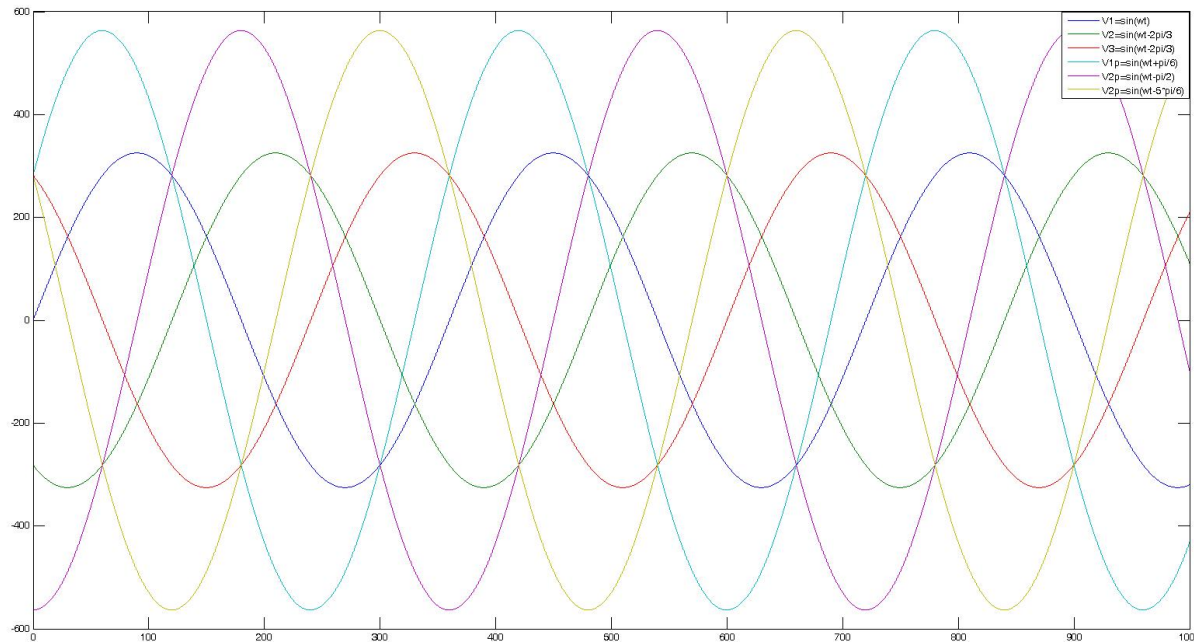
$$V_{1\pi} = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) = 398 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

Ομοίως αποδεικνύεται :

$$V_{2\pi} = 398 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \quad V_{3\pi} = 398 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{5\pi}{6}\right) \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

Η ενεργός τιμή των φασικών τάσεων είναι $V_{\varepsilon\varphi} = 230\text{V}$.

Η ενεργός τιμή των πολικών τάσεων είναι $V_{\pi} = 400\text{V}$.



Παροχή ηλεκτροδότησης σε κατοικίες

Στις κατοικίες παρέχεται μονοφασικό ρεύμα εκτός και αν ζητηθεί ρητά τριφασικό.

Για τις μονοφασικές εγκαταστάσεις οδηγούνται στον ηλεκτρολογικό πίνακα τρεις αγωγοί.

Μία εκ των τριών φάσεων (R, S, T), ο ουδέτερος και η γείωση.

Η γείωση είναι πάντοτε (?) το καλώδιο με το κίτρινο χρώμα (με πράσινες λωρίδες). Επειδή όμως ο ανθρώπινος παράγοντας είναι απρόβλεπτος θα πρέπει πάντοτε να ελέγχεται αν υπάρχει ρεύμα.

Σε κάθε παροχή (πρίζα) τα δύο σιδεράκια που βρίσκονται πάνω και κάτω βρίσκονται στο δυναμικό της γείωσης. Οι δύο οπές αποτελούν τη φάση και τον ουδέτερο. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν η φάση βρίσκεται δεξιά ή αριστερά.

Επαφή με τη φάση **ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΘΑΝΑΤΟ!**

Επαφή με τον ουδέτερο δεν είναι πάντοτε ασφαλής! Μπορεί υπο προϋποθέσεις επίσης να προκαλέσει θάνατο!



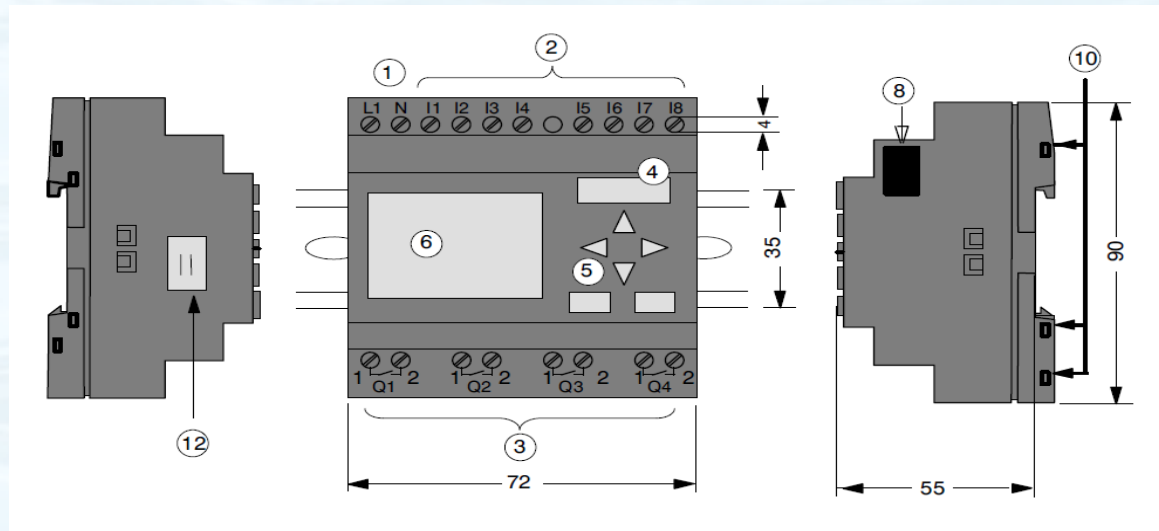
LOGO

Εφαρμογές

- Οικιακές εγκαταστάσεις (φωτισμός, τηλεχειρισμός συσκευών/καταναλώσεων, αυτόματο πότισμα, γκαραζόπορτες κλπ)
- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Έλεγχος κινητήρων, ανεμιστήρων, αντλιών κλπ)
- Γεωργικές εγκαταστάσεις (θερμοκήπια, άρδευση κλπ)

ΔΟΜΗ LOGO

- Βασική μονάδα 12/24V ή 115/230V (8 είσοδοι, 4 έξοδοι)
- Ψηφιακή μονάδα επέκτασης (4 είσοδοι και 4 έξοδοι ή 8 είσοδοι και 8 έξοδοι)
- Αναλογική μονάδα επέκτασης (2 είσοδοι PT100 ή 2 έξοδοι)
- Μονάδες επέκτασης για διασύνδεση σε δομές δικτύωσης (Actuator Sensor Interface ή AS-i, EIB/KNX)

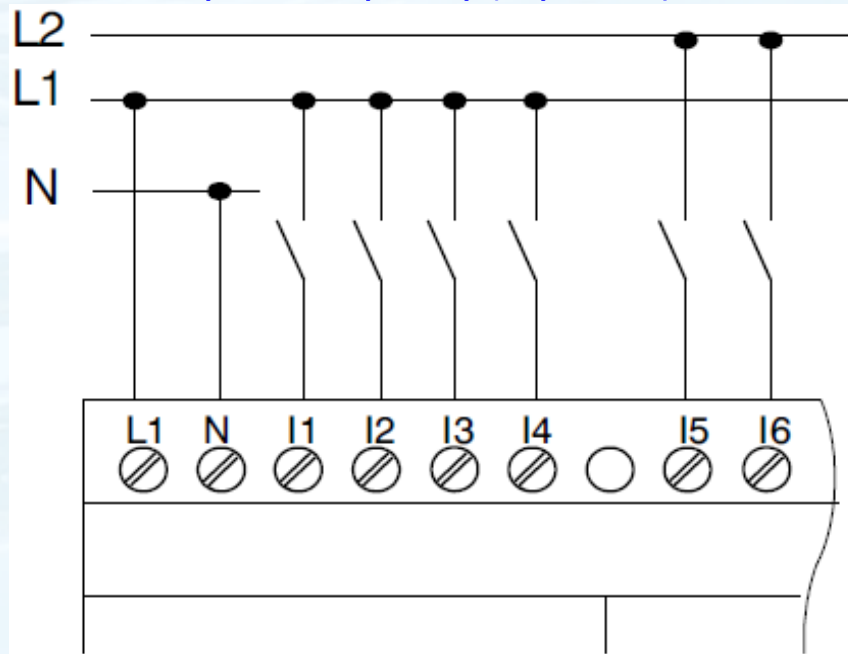


ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ LOGO

Ψηφιακές Είσοδοι.

Στις εισόδους συνδέουμε τη φάση παρεμβάλλοντας τον διακόπτη που ελέγχουμε.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και διαφορετική φάση από αυτήν που τροφοδοτεί το LOGO αλλά ίδια ομάδα εισόδων πρέπει να τροφοδοτείται από την ίδια φάση (Ομάδες I1-I4 και I5-I8).

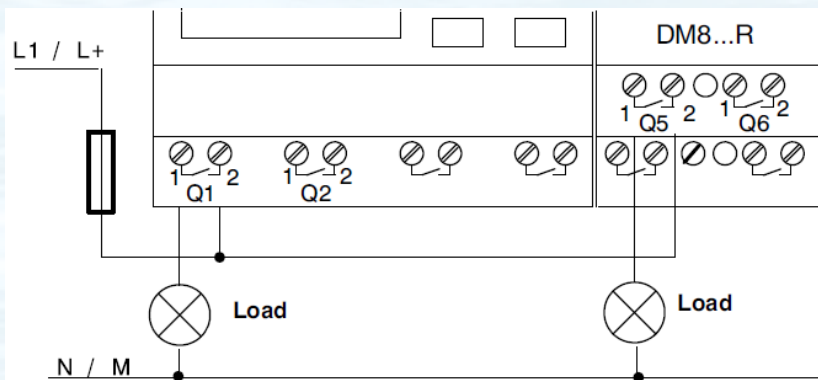


ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ LOGO

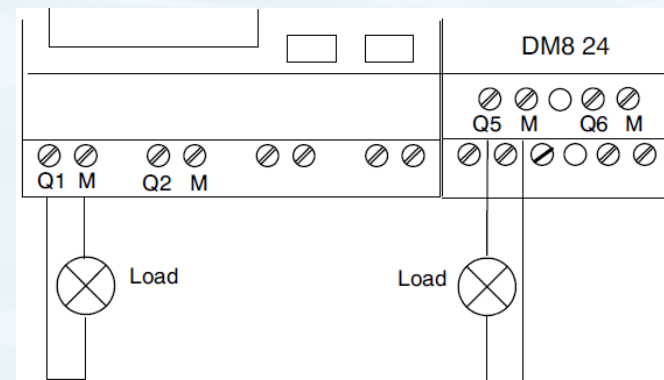
Ψηφιακές έξοδοι.

- Συνδεσμολογία LOGO εξόδων relay
- Συνδεσμολογία LOGO εξόδων solid-state

Ανάλογα την έκδοση του LOGO που διαθέτουμε μπορεί να έχουμε εξόδους relay ή solid state.



Συνδεσμολογία LOGO εξόδων relay



Συνδεσμολογία LOGO εξόδων solid-state
(έξοδος 12/24V, 0.3A)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO

- Χρησιμοποιώντας Functional Block Diagrams (FBD)
- Χρησιμοποιώντας Ladder Diagrams (LAD)

Το περιβάλλον LOGO!Soft Comfort

The screenshot displays the LOGO!Soft Comfort software interface. The main window is titled "Circuit Diagram1" and shows a large, empty workspace with a grid background, intended for creating a circuit diagram. On the left side, there is a vertical toolbar containing various components categorized into:

- Constants**
 - Digital: I (Input), C (Cursor key), F (LOGO! TD Function), S (Shift register bit), lo (Status 0 (low)), hi (Status 1 (high)), Q (Output), X (Open connector), M (Flag)
 - Analog: Ai (Analog input), Ao (Analog output), Am (Analog flag)
 - Network: Ni (Network input), Nai (Network analog input), No (Network output), Nao (Network analog output)
- Basic functions**
 - AND, AND (Edge), NAND, NAND (Edge), OR, NOR, XOR, NOT
- Special functions**
 - Timer: On-Delay, Off-Delay, On-/Off-Delay, Retentive On-Delay, Wiping relay (pulse), Edge triggered wip, Asynchronous Puls, Random Generator, Stairway lighting sv, Multiple function sv, Weekly Timer, Yearly Timer, Astronomical clock, Stopwatch
- Counter**
 - Up/Down counter, Hours Counter, Threshold trigger
- Analog**
 - Mathematic instruc, Analog Comparator

The bottom of the interface includes a taskbar with system icons (Modem disconnected, OBA7.Standard) and a status bar showing "200%".

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO ΜΕ FBD

LOGO Functions

- **Co** – Contants/Connectors
- **GF** – Βασικές συναρτήσεις
- **SF** – Ειδικές συναρτήσεις

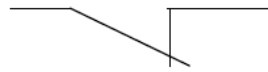
CO – list

- I : Ψηφιακής είσοδος.
- Q : Ψηφιακή έξοδος
- AI : Αναλογική είσοδος.
- AQ : Αναλογική έξοδος
- lo : Λογικό '0' (Low)
- hi : Λογικό '1' (High)
- M : Σημαία (Flag)
- AM : Αναλογική σημαία (Flag)
- X : Χωρίς σύνδεση (Open collector)
- LOGO TD function keys: Είσοδος στην οποία ανατίθεται ένα function key (διαθέσιμα πλήκτρα F1, F2, F3, F4)

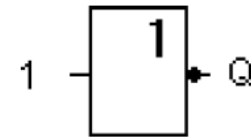
GF – list

NOT

A break contact in the circuit diagram:



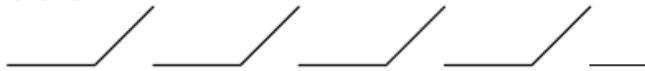
Symbol in LOGO!:



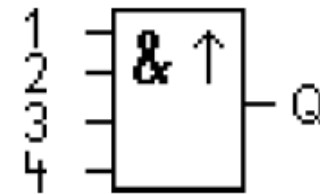
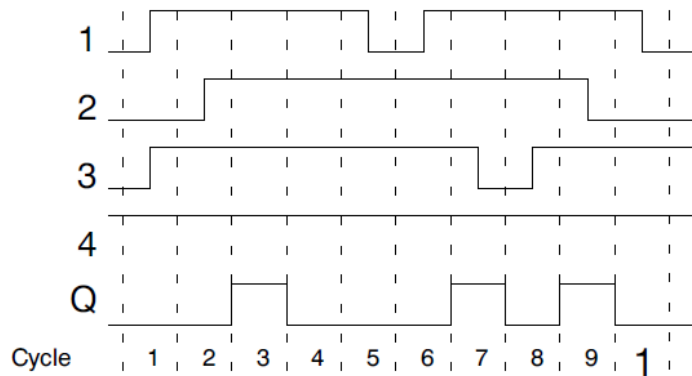
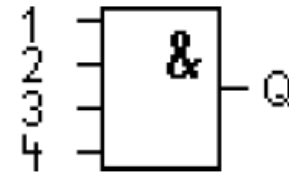
GF – list

AND

Circuit diagram of a series circuit with several make contacts:



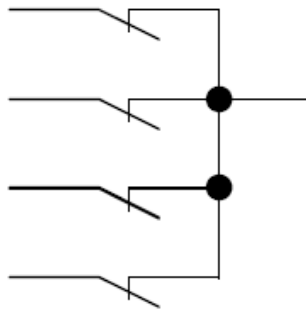
Symbol in LOGO!:



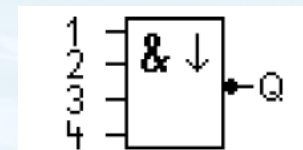
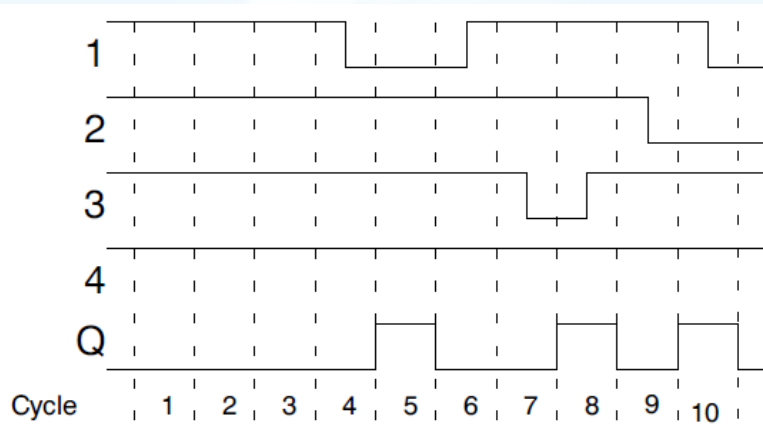
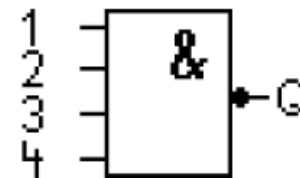
GF – list

NAND

Parallel circuit with multiple break contacts in the circuit diagram:



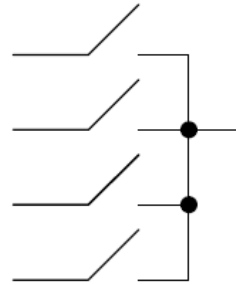
Symbol in LOGO!:



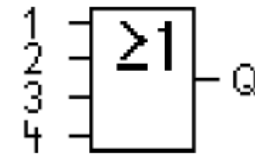
GF – list

OR

Circuit diagram of a parallel circuit with several make contacts:

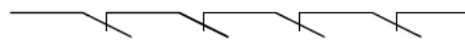


Symbol in LOGO!:

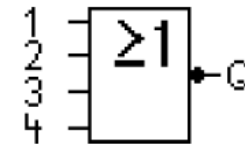


NOR

Circuit diagram of a series circuit with several break contacts:



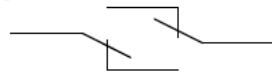
Symbol in LOGO!:



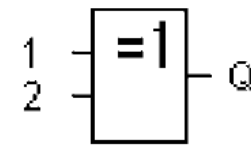
GF – list

XOR

The XOR in a circuit diagram,
shown as series circuit with 2
changeover contacts:

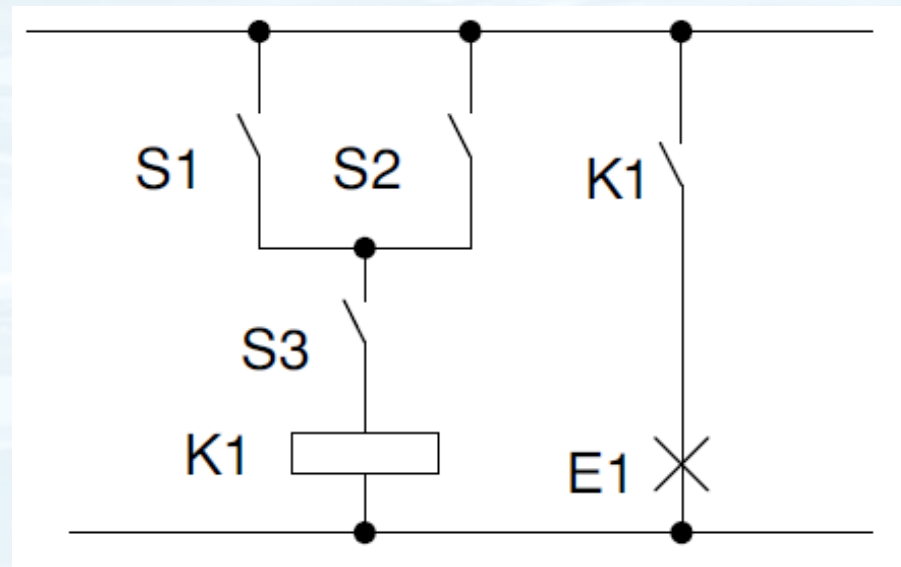


Symbol in LOGO!:



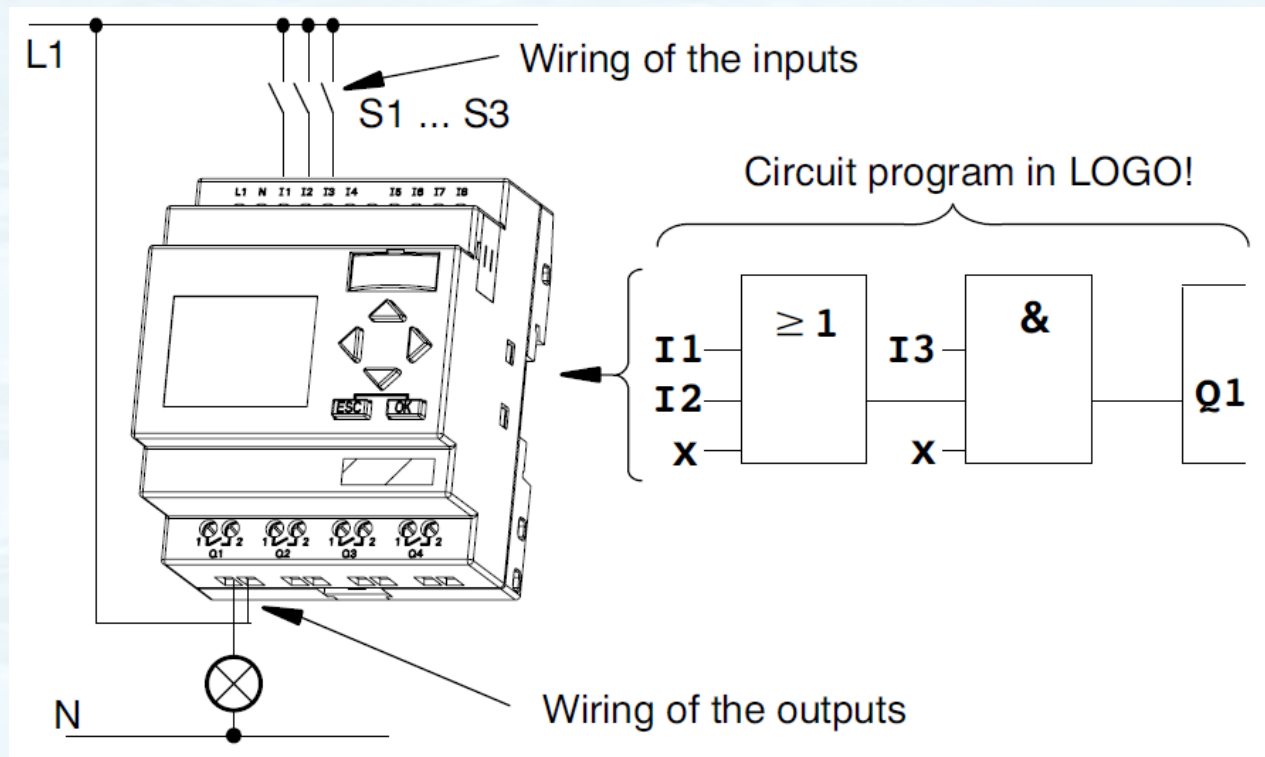
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$$E1 = (S1 + S2) \cdot S3$$



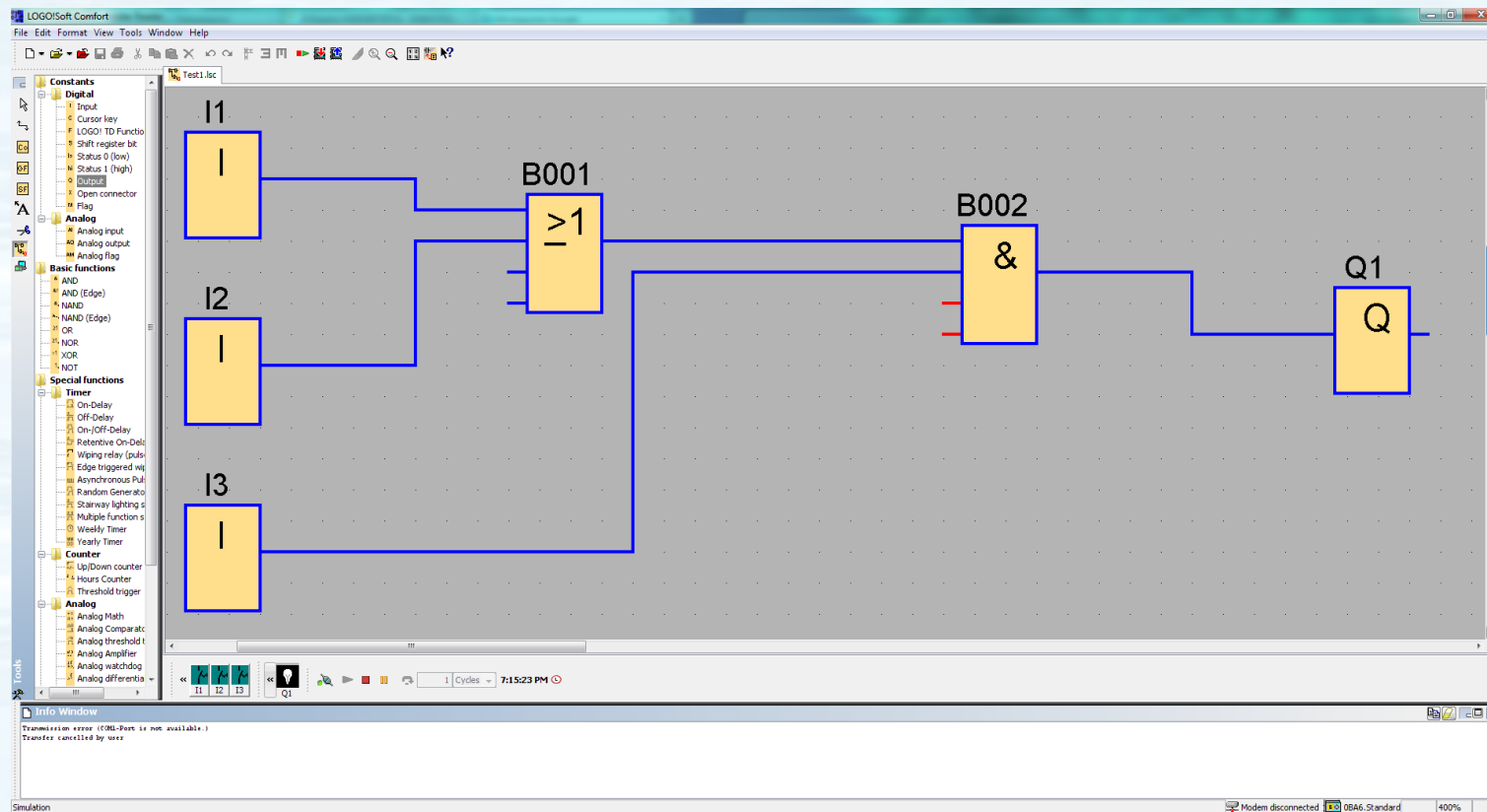
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$$E1 = (S1 + S2) \cdot S3$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$$E1 = (S1 + S2) \cdot S3$$



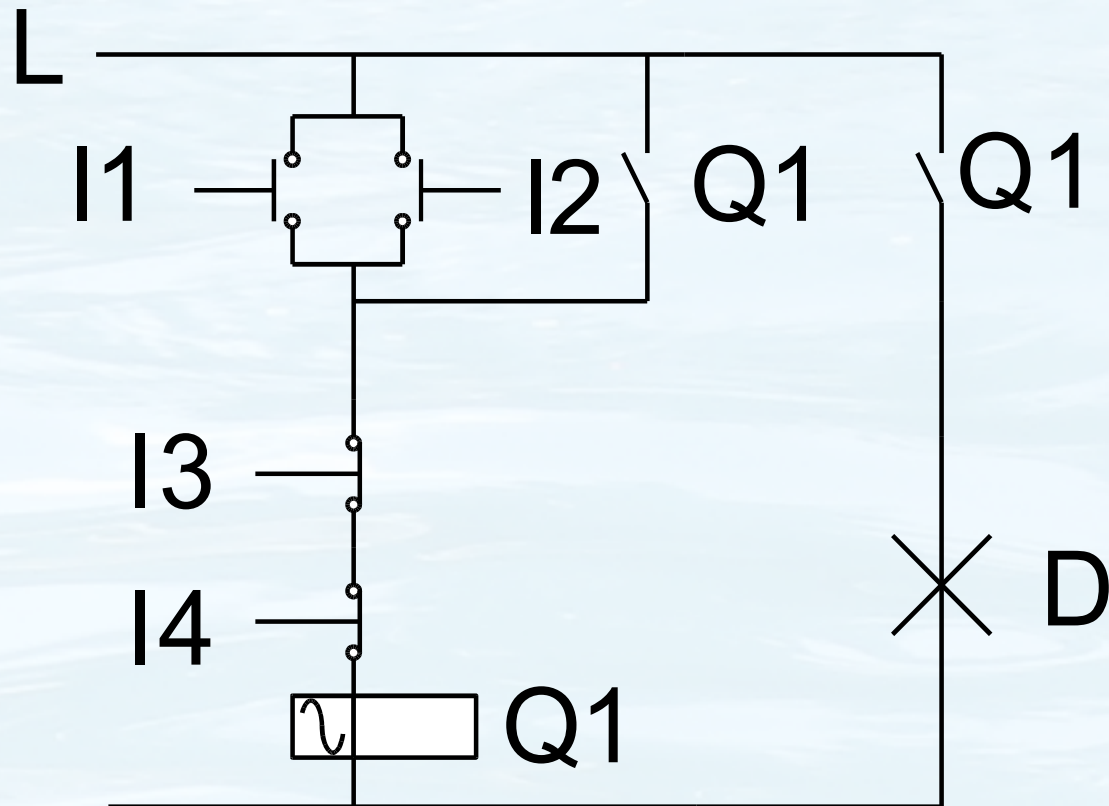
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Σε μία εγκατάσταση θέλουμε να ελέγξουμε την εκκίνηση/παύση κάποιας συσκευής. Η συσκευή θέλουμε να έχει δύο push button START και δύο push button STOP.

Να γράψετε την εξίσωση της Άλγεβρας Boole που επιτυγχάνει αυτή τη λειτουργία.

Να γίνει το πρόγραμμα σε LOGO για την επίτευξη της λειτουργίας αυτής.

ΚΥΚΛΩΜΑ



ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΛΥΣΗΣ

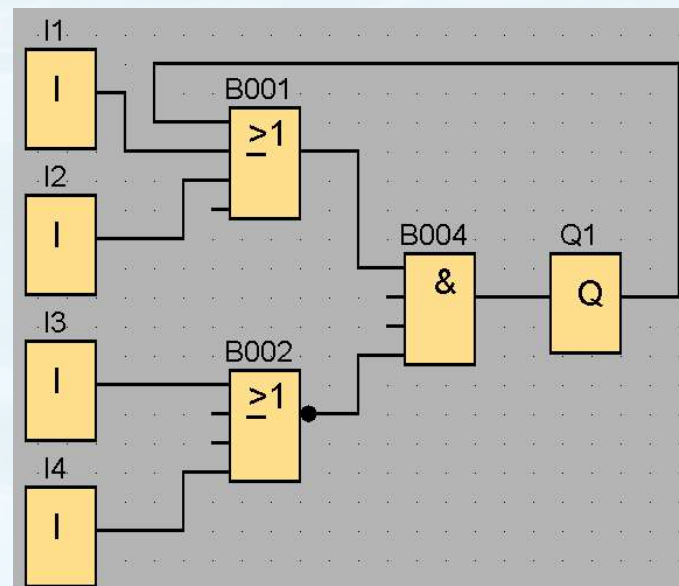
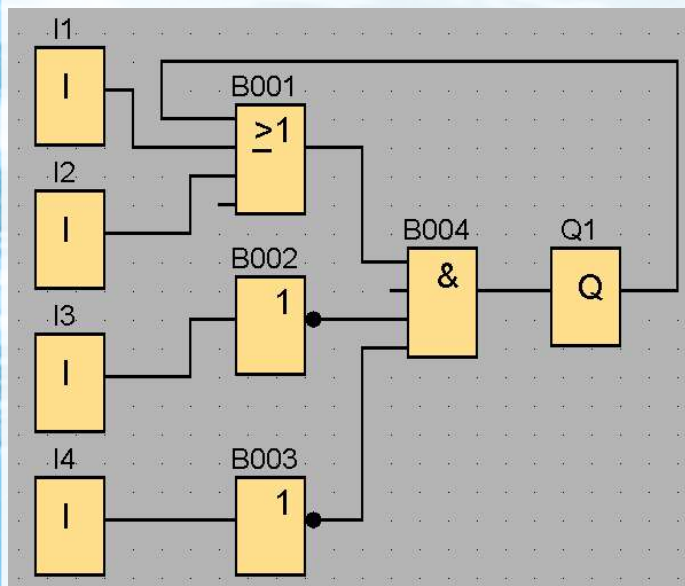
Ως $Q(t+1)$ ορίζουμε την επόμενη κατάσταση της εξόδου.

Έστω $I1, I2$ οι είσοδοι του LOGO στις οποίες θα συνδεθούν τα δύο push button START.

Έστω $I3, I4$ οι είσοδοι του LOGO στις οποίες θα συνδεθούν τα δύο Push button STOP.

Η εξίσωση που επιτυγχάνει αυτή τη λειτουργία είναι:

$$Q1(t+1) = (I1 + I2 + Q1) \cdot I3' \cdot I4' \quad \text{ή αλλιώς} \quad Q1(t+1) = (I1 + I2 + Q1) \cdot (I3 + I4)'$$

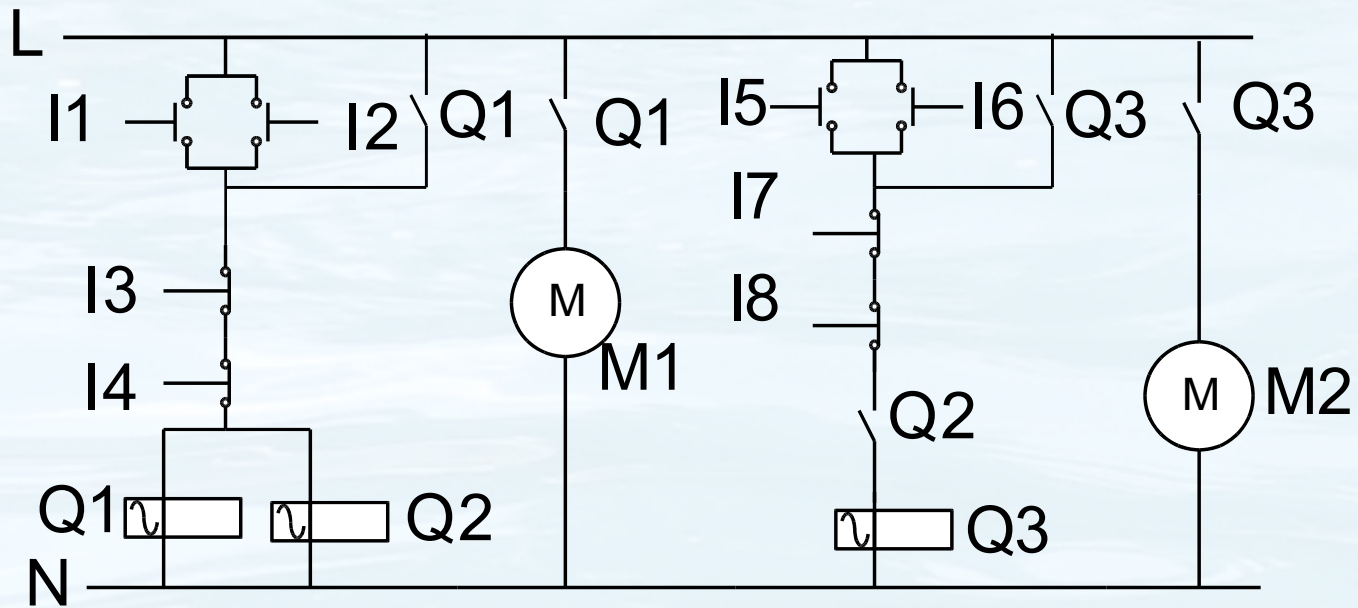


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Σε μία εγκατάσταση διαθέτουμε 2 κινητήρες. Θέλουμε να ελέγξουμε την εκκίνηση/παύση των κινητήρων αυτών. Για τον κάθε κινητήρα χρειαζόμαστε δύο push button START για την εκκίνησή του και άλλα δύο για την παύση του. Ο κινητήρας 1 είναι ο κύριος κινητήρας. Ο κινητήρας 2 είναι βοηθητικός και πρέπει να ξεκινάει μόνο όταν ο κινητήρας 1 είναι σε λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν πατήσουμε το push button START του κινητήρα 2 θα ξεκινήσει μόνο αν δουλεύει ο 1. Επίσης το STOP του κινητήρα 1 θα πρέπει να σταματάει και τον 2ο κινητήρα σε περίπτωση που είναι και οι 2 σε λειτουργία. Να γίνει το κύκλωμα, να διατυπωθούν οι εξισώσεις και το πρόγραμμα στο LOGO που επιτελεί τις λειτουργίες αυτές.

ΛΥΣΗ

ΚΥΚΛΩΜΑ:



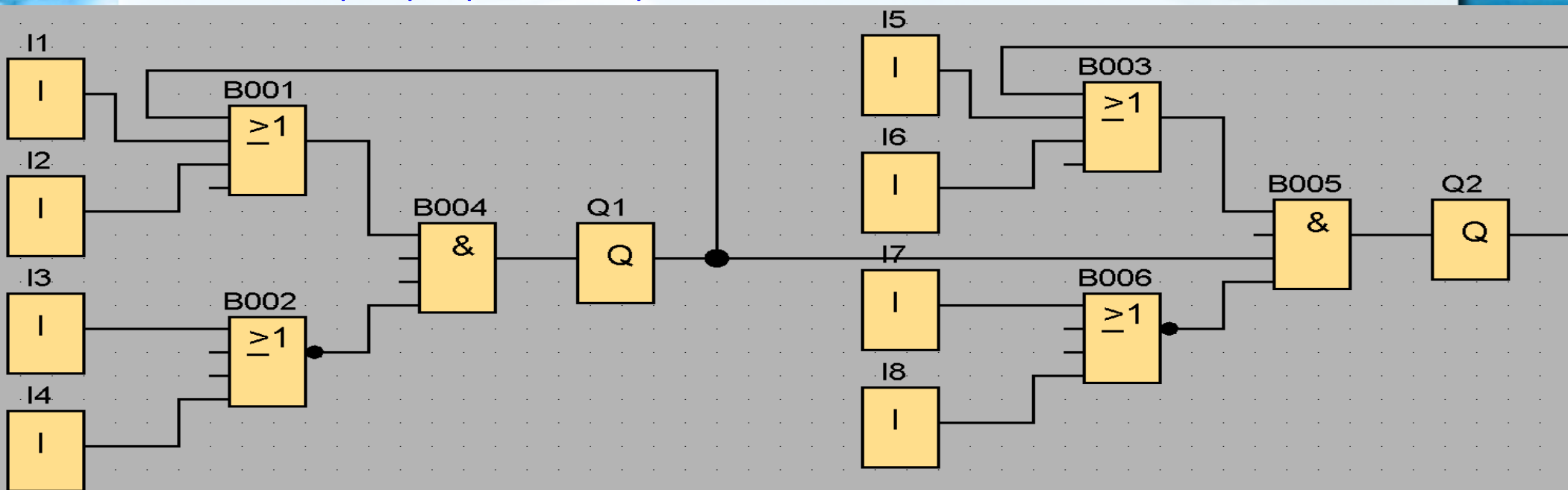
ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΛΥΣΗΣ

Έστω I1, I2 οι είσοδοι του LOGO στις οποίες θα συνδεθούν τα δύο push button START και I3, I4 οι είσοδοι στις οποίες θα συνδεθούν τα δύο push button STOP για τον κινητήρα 1.

Αντίστοιχα I5, I6 είναι τα δύο START και I7, I8 τα δύο STOP για τον κινητήρα 2.

Η εξίσωση που επιτυγχάνει την επιθυμητή λειτουργία για τον κινητήρα 1 είναι: $Q1(t+1) = (I1+I2+Q1) \cdot I3' \cdot I4'$

Η εξίσωση που επιτυγχάνει την επιθυμητή λειτουργία για τον κινητήρα 2 είναι: $Q2(t+1) = (I5+I6+Q2) \cdot I3' \cdot I4' \cdot Q1$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μία εγκατάσταση περιλαμβάνει:

(α) Μία κατανάλωση φωτισμού, (β) μία AC Μηχανή και (γ) έναν ανεμιστήρα.

Η κατανάλωση φωτισμού (α) θέλουμε να έχει δύο διακόπτες δίπλα σε διαφορετικά σημεία της εγκατάστασης οι οποίοι είναι αλέ ρετούρ.

Η μηχανή (β) έχει ένα push button START και ένα STOP για εκκίνηση και παύση της λειτουργίας της.

Για επιπλέον ψύξη της μηχανής (β) χρησιμοποιείται ο εξωτερικός ανεμιστήρας (γ) όπου όταν ανέβει η θερμοκρασία πάνω από 50°C τότε ξεκινάει η λειτουργία του.

Όταν πέσει η θερμοκρασία κάτω από 35°C τότε σταματά η λειτουργία του. Για τις ανάγκες αυτής της λειτουργικότητας χρησιμοποιείται ένας θερμικός διακόπτης προσαρμοσμένος πάνω στη μηχανή.

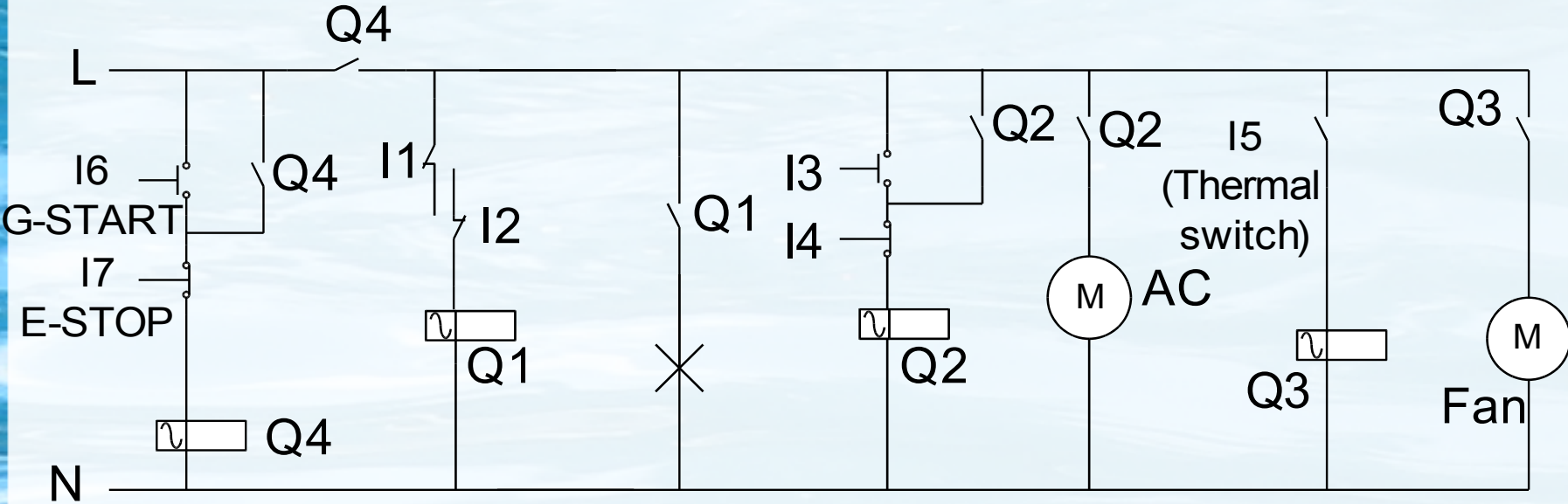
Η τροφοδοσία όλης της εγκατάσταση ενεργοποιείται πατώντας ένα push button Generic START διαφορετικά καμία κατανάλωση δεν τροφοδοτείται με ισχύ.

Επιπλέον θέλουμε ένα push button με λειτουργία Emergency STOP. Όταν πατηθεί παύει η λειτουργία και των τριών καταναλώσεων. Μετά το πάτημα του Emergency STOP η λειτουργία μπορεί να ξεκινήσει πάλι πατώντας το Generic START.

Να υλοποιηθεί ο αυτοματισμός με το LOGO.

ΛΥΣΗ

ΚΥΚΛΩΜΑ:



ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΛΥΣΗΣ

Η εξίσωση για την κατανάλωση φωτισμού είναι:

$$Q1(t+1) = (I1 \text{ xor } I2) \cdot Q4$$

Η εξίσωση για που επιτυγχάνει την επιθυμητή λειτουργία για την AC μηχανή είναι:

$$Q2(t+1) = (I3+Q2) \cdot I4' \cdot Q4$$

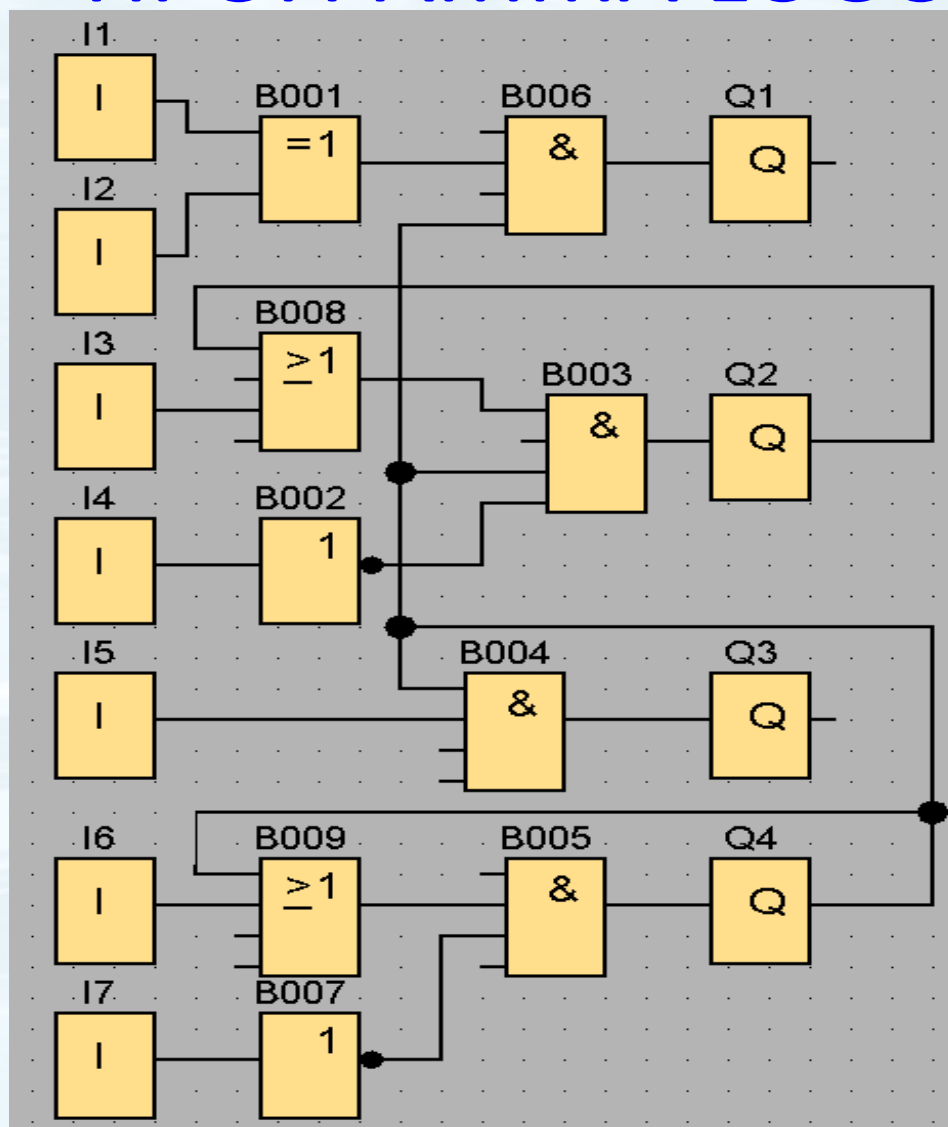
Η εξίσωση που επιτυγχάνει την επιθυμητή λειτουργία για τον ανεμιστήρα είναι:

$$Q3(t+1) = I5 \cdot Q4$$

Η εξίσωση που επιτυγχάνει την επιθυμητή λειτουργία για τη γενική ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της τροφοδοσίας:

$$Q4(t+1) = (I6+Q4) \cdot I7'$$

ПРОГРАММА LOGO



ΈΞΟΔΟΙ LOGO

Μέχρι τώρα έχει θεωρηθεί αυθαίρετα ότι κάθε έξοδος του LOGO μπορεί να αντέξει το ρεύμα του φορτίου το οποίο ελέγχει.

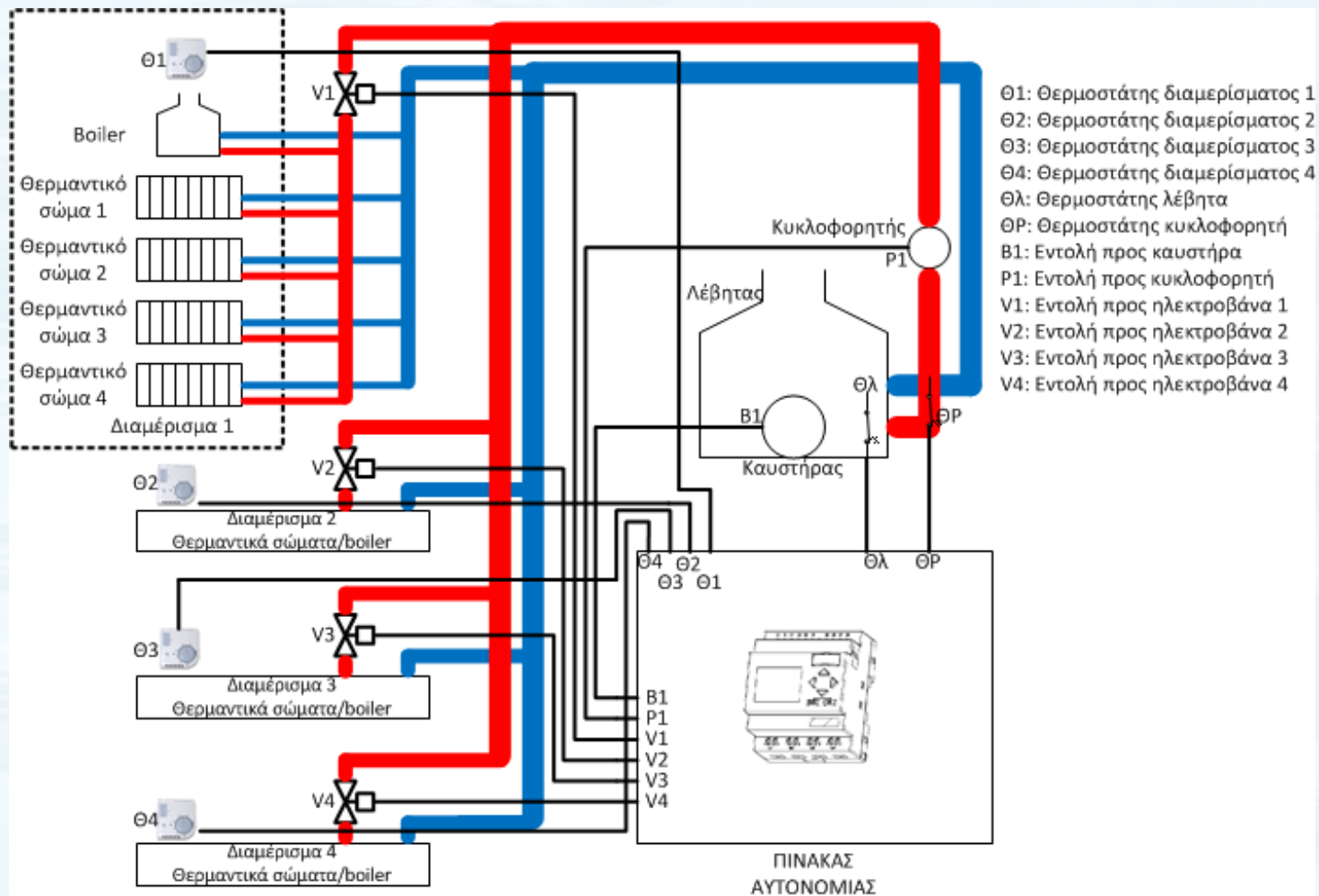
Αυτό πολύ συχνά δεν είναι αληθές.

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται κάποιος εξωτερικός ρευματονόμος ισχύος και η έξοδος του LOGO ελέγχει το πηνίο του ρευματονόμου αυτού.

Επίσης όταν χρησιμοποιείται στο κυκλωματικό διάγραμμα δύο φορές η επαφή μιας εξόδου τότε μια πιο σωστή σχεδίαση θα απαιτούσε δύο διαφορετικές επαφές. Υπό προϋποθέσεις θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η ίδια και όπου μπορεί να γίνει αυτό θα εφαρμοστεί για εξοικονόμηση πόρων του LOGO.

Στα σχέδια αυτοματισμών χρησιμοποιούνται συνήθως το κύριο κύκλωμα και το βοηθητικό κύκλωμα. Το πλήρες κύκλωμα χρησιμοποιείται σπάνια.

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Είσοδοι LOGO:

- I1: Θερμοστάτης διαμερίσματος 1 (Θ1)
- I2: Θερμοστάτης διαμερίσματος 2 (Θ2)
- I3: Θερμοστάτης διαμερίσματος 3 (Θ3)
- I4: Θερμοστάτης διαμερίσματος 4 (Θ4)
- I5: Θερμοστάτης λέβητα (Θλ)
- I6: Θερμοστάτης κυκλοφορητή (ΘΡ)

Έξοδοι LOGO:

- O1: Ηλεκτροβάννα διαμερίσματος 1 (V1)
- O2: Ηλεκτροβάννα διαμερίσματος 2 (V2)
- O3: Ηλεκτροβάννα διαμερίσματος 3 (V3)
- O4: Ηλεκτροβάννα διαμερίσματος 4 (V4)
- O5: Καυστήρας (B1)
- O6: Κυκλοφορητής (P1)

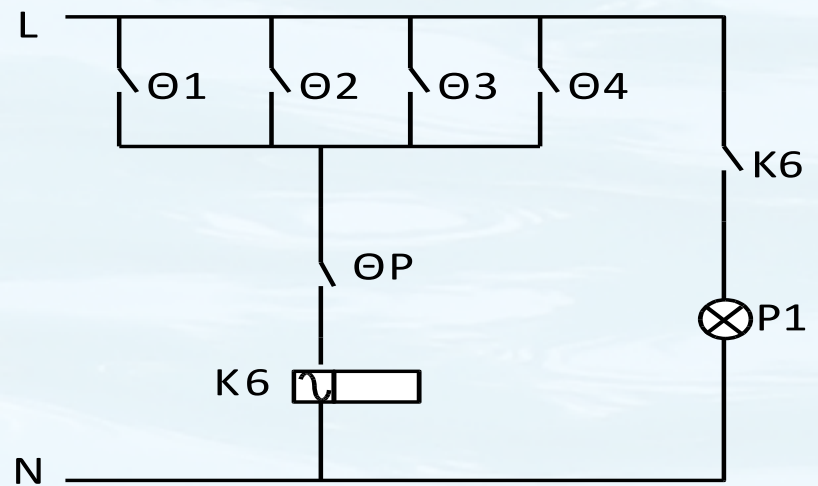
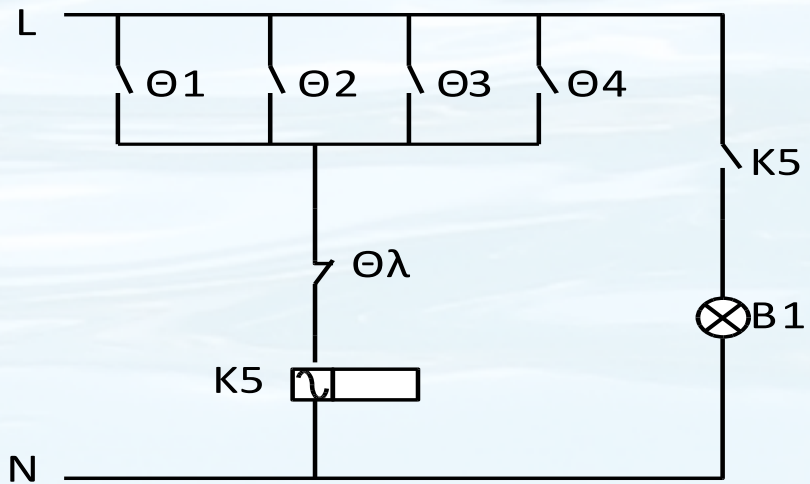
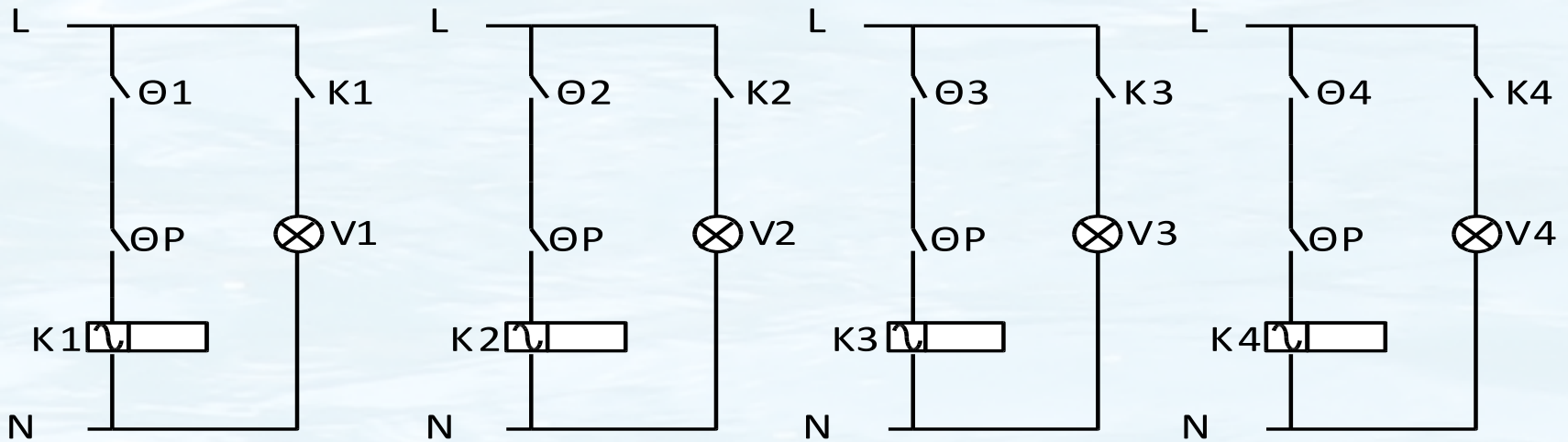
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Λογική λειτουργίας αυτοματισμού:

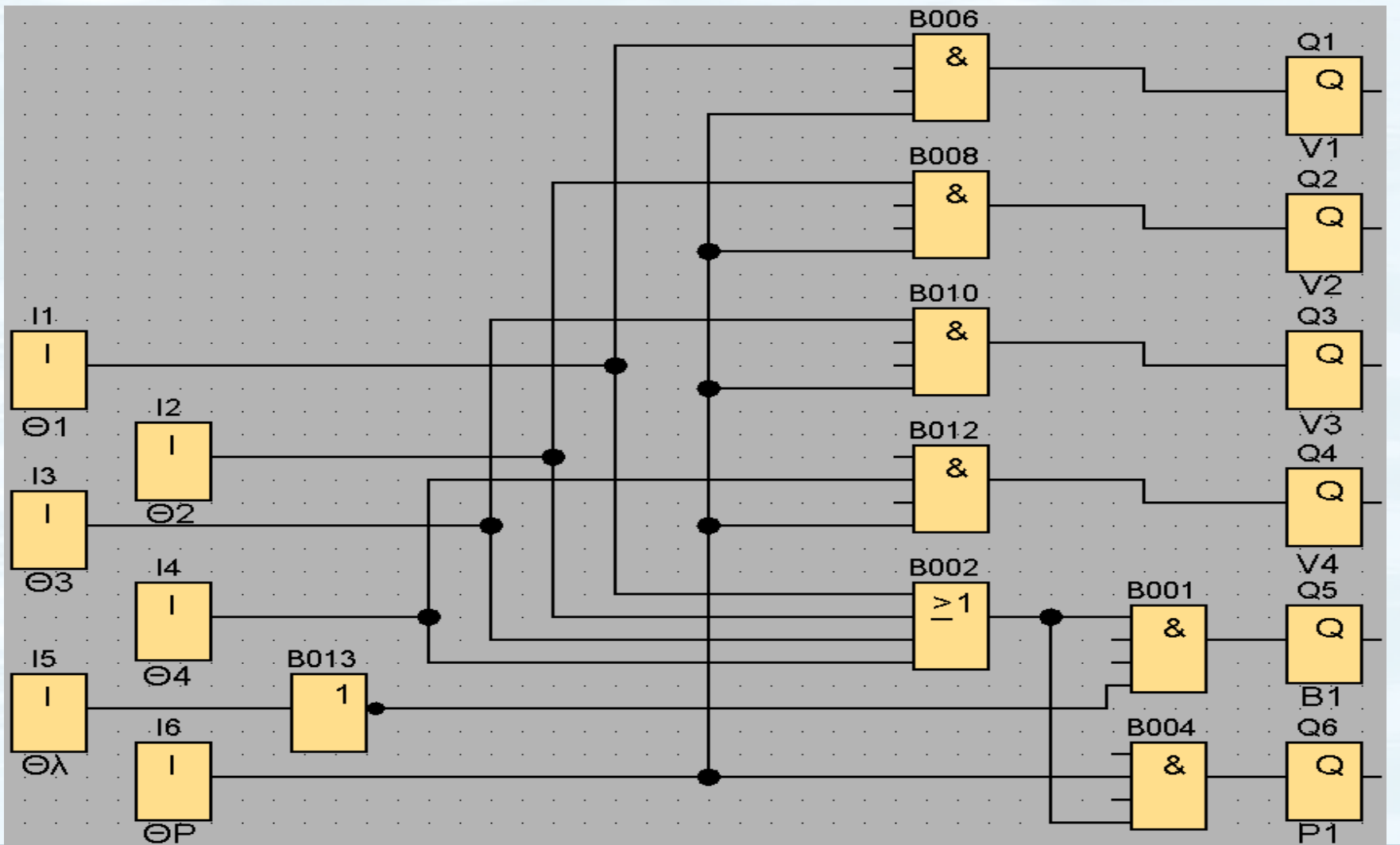
- Όταν η θερμοκρασία στο νερό του λέβητα είναι κάτω από 30°C τότε ο κυκλοφορητής δεν λειτουργεί ανεξαρτήτως εάν ζητάει κάποιο διαμέρισμα νερό.
- Όταν ο θερμοστάτης σε ένα διαμέρισμα ζητήσει νερό τότε δίνεται εντολή στον καυστήρα να ξεκινήσει να λειτουργεί. Μόλις ζεσταθεί το νερό στο λέβητα ($>40^{\circ}\text{C}$) δίνεται εντολή στον κυκλοφορητή και στις αντίστοιχες ηλεκτροβάνες.
- Όταν το νερό στο λέβητα υπερβεί τους 80°C τότε δίνεται εντολή στον καυστήρα να σταματήσει και όταν πέσει κάτω από 70°C τότε δίνεται εντολή να ξαναξεκινήσει εφόσον εξακολουθεί να ζητά νερό τουλάχιστον ένας από τους θερμοστάτες διαμερισμάτων.

Για τη δουλειά του θερμοστάτη λέβητα και κυκλοφορητή χρησιμοποιούμε θερμικούς δικόπτες (thermal switches) οι οποίοι πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές θερμοκρασίας ως προς το άνοιγμα και κλείσιμο.

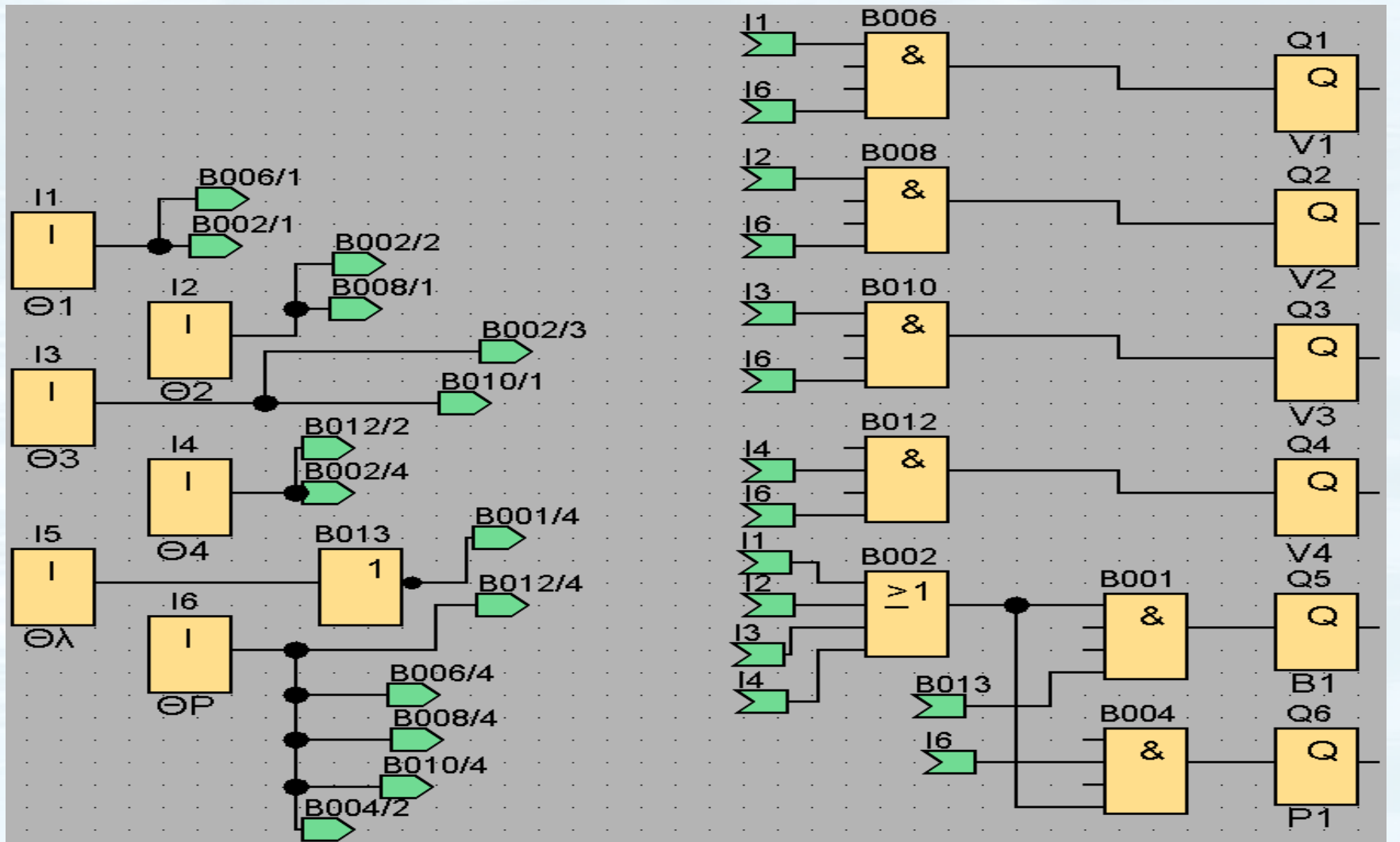
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO (2)



ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Να μελετηθεί ο αυτοματισμός θέρμανσης αν έχουμε στη διάθεσή μας αναλογικά αισθητήρια θερμοκρασίας αντί θερμικούς διακόπτες.

Έχοντας αισθητήρια θερμοκρασίας αντικαθιστούμε τις ψηφιακές εισόδους του LOGO με αναλογικές.

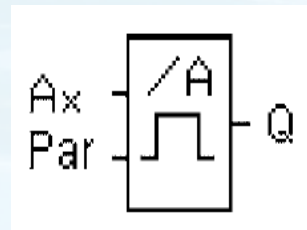
Επίσης χρησιμοποιούμε ένα από τα SF (Special Function) μπλοκ του LOGO Analog Threshold Trigger.

Το συγκεκριμένο μπλοκ δέχεται ως είσοδο την αναλογική είσοδο από τον αισθητήρα ενώ επίσης μπορούν να ρυθμιστούν διάφορες παράμετροι. Κάποιες από αυτές είναι ο τύπος του αισθητήρα (PT100, 4-20mA, 0-10V κλπ)

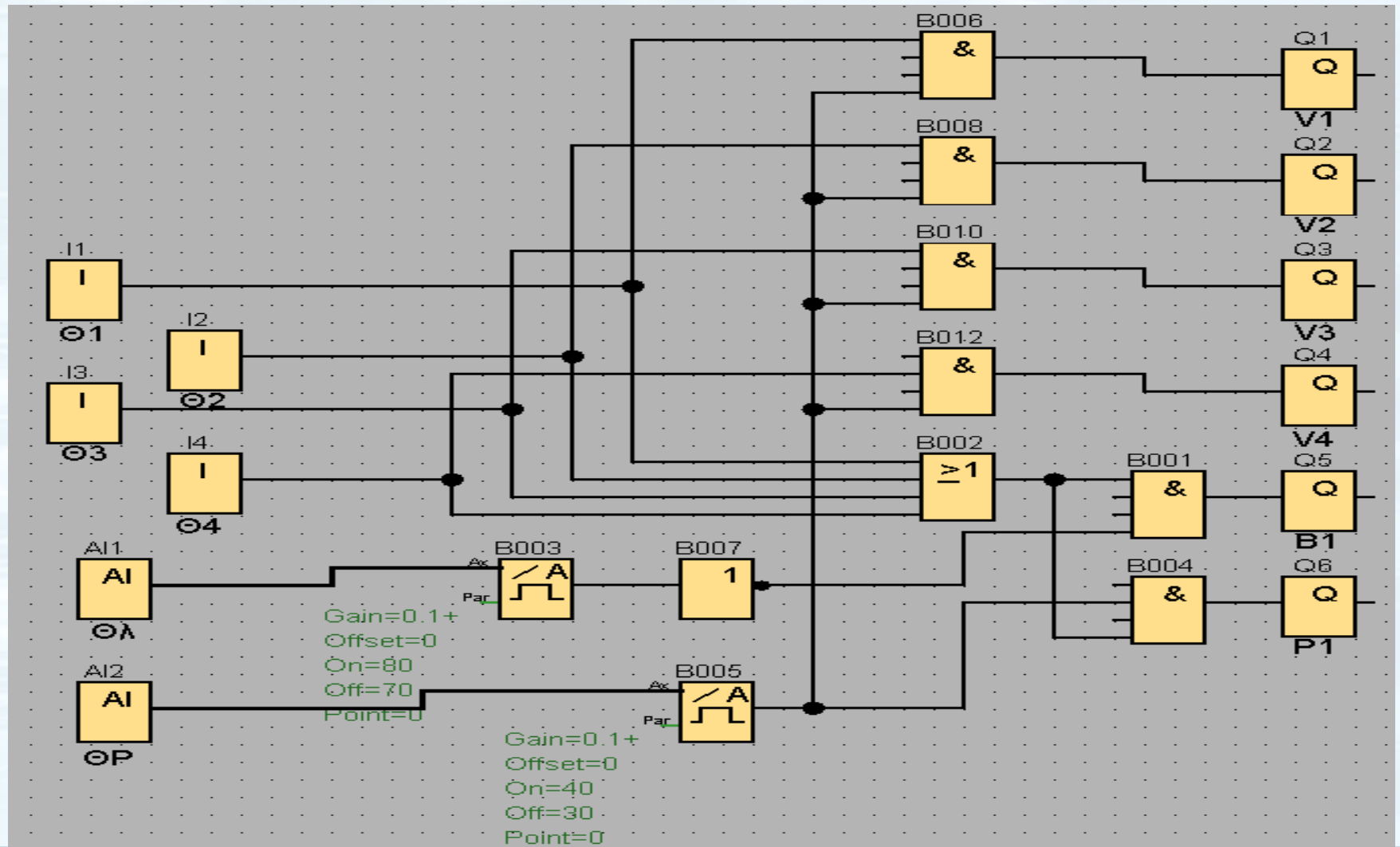
Analog Threshold Trigger

Ax: Αναλογική είσοδος

Par: Καθορισμός κατωφλίων



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO



ΑΣΚΗΣΗ

1. Στον αυτοματισμό θέρμανσης να προσθέσετε μία κατανάλωση φωτισμού με 3 διακόπτες αλέ ρετούρ.

(Υπόδειξη: Να χρησιμοποιηθούν 2 μπλοκ XOR)

2. Στον αυτοματισμό θέρμανσης να προστεθούν 2 διακόπτες τύπου push button ο πρώτος να αποτελεί ένα γενικό START για τον αυτοματισμό θέρμανσης και ο δεύτερος να αποτελεί ένα STOP έκτακτης ανάγκης.

(Υπόδειξη: Λύση όπως στο παράδειγμα του μαθήματος 2)

3. Πατώντας το STOP έκτακτης ανάγκης να διακόπτεται η τροφοδοσία από όλες τις καταναλώσεις εκτός από μία σειρήνα η οποία θα ενεργοποιείται όταν πατηθεί το STOP και θα απενεργοποιείται πατώντας το γενικό START.

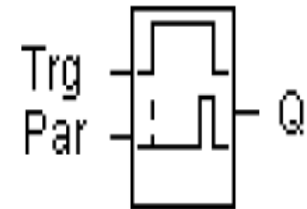
SF – list

ON–Delay

Trg: Είσοδος

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg αλλά μετά την πάροδο του χρονικού διαστήματος Par και για όσο διαρκεί ο σκανδαλισμός του Trg



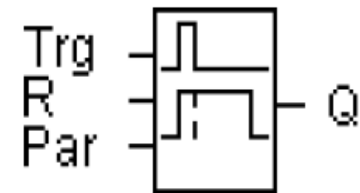
Off – Delay

Trg: Είσοδος

R: Reset

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg και απενεργοποιείται μετά την απομάκρυνση του σήματος σκανδαλισμού και την πάροδο του χρονικού διαστήματος Par

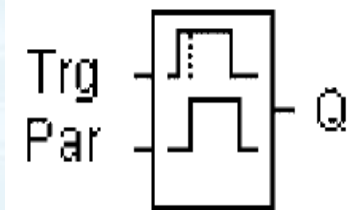


ON–Off Delay

Trg: Είσοδος

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg αλλά μετά την πάροδο του χρονικού διαστήματος Par1 και απενεργοποιείται με την απομάκρυνση του σήματος σκανδαλισμού και μετά την πάροδο του χρονικού διαστήματος Par2



SF – list

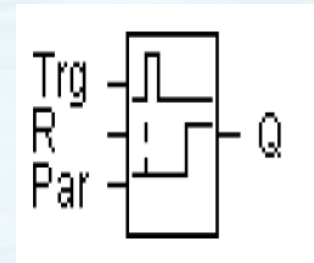
Retentive ON–Delay

Trg: Είσοδος

R: Reset

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg και αφού παρέλθει το χρονικό διάστημα Par. Διατηρείται ακόμα και με την απομάκρυνση του σήματος σκανδαλισμού.

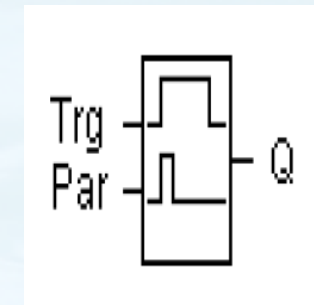


Wiping relay

Trg: Είσοδος

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg και μέχρι να παρέλθει το χρονικό διάστημα Par.



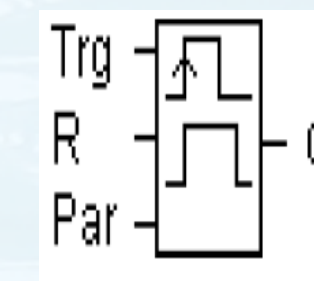
Edge triggered wiping relay

Trg: Είσοδος

R: Reset

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με σκανδαλισμό του Trg και αφού παρέλθει ένα χρονικό διάστημα Par1 ενώ απενεργοποιείται μετά αυτόματα αφού παρέλθει το χρονικό διάστημα Par2.



SF – list

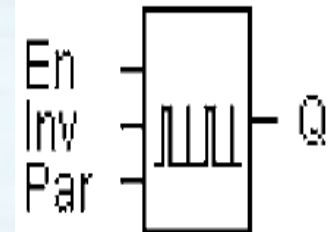
Asynchronous Pulse Generator

En: Είσοδος

Inv: Αντιστροφή εξόδου

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος αποτελεί ασταθή ταλαντωτή με χρονικά διαστήματα ON και OFF που καθορίζονται από την παράμετρο Par

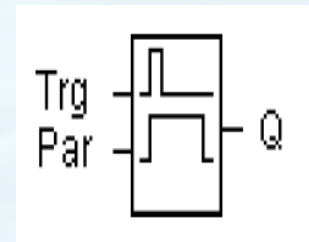


Stairway Lighting Switch

Trg: Είσοδος

Par: Παράμετρος χρόνου

Η έξοδος ενεργοποιείται με την είσοδο Trg και απενεργοποιείται μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα Par. Λίγο πριν την απενεργοποίηση εμφανίζεται ένα warning.

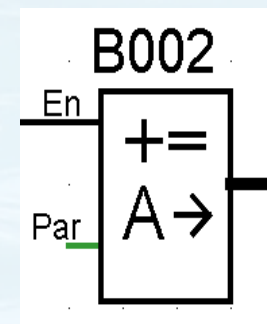


Mathematical Instruction

En: Είσοδος

Par: Παράμετροι πράξεων

Μπορούν να γίνουν οι τέσσερις βασικές πράξεις ανάμεσα σε τέσσερις αριθμούς ενώ παράμετροι μπορούν να αντληθούν και από άλλα μπλοκ.



SF – list

Up/Down Counter

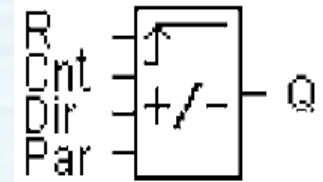
R: Reset

Cnt: Είσοδος μέτρησης

Dir: Κατεύθυνση

Par: Παράμετρος χρόνου για ενεργοποίηση/απενεργοποίηση εξόδου

Σε κάθε παλμό του σήματος Cnt έχουμε αύξηση ή μείωση κατά 1 αναλόγως την είσοδο Dir και η έξοδος ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται αν ο μετρητής είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος από χρονικά διαστήματα της παραμέτρου Par

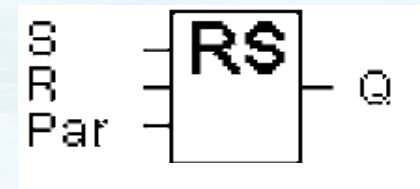


Latching Relay

R: Reset

S: Set

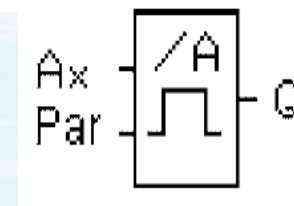
Υλοποίηση ενός RS flip-flop.



Analog Threshold Trigger

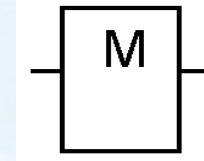
Ax: Αναλογική είσοδος

Par: Καθορισμός κατωφλίων



Flags

Κρατούν την κατάσταση ενός σήματος κατά τον προηγούμενο κύκλο ρολογιού

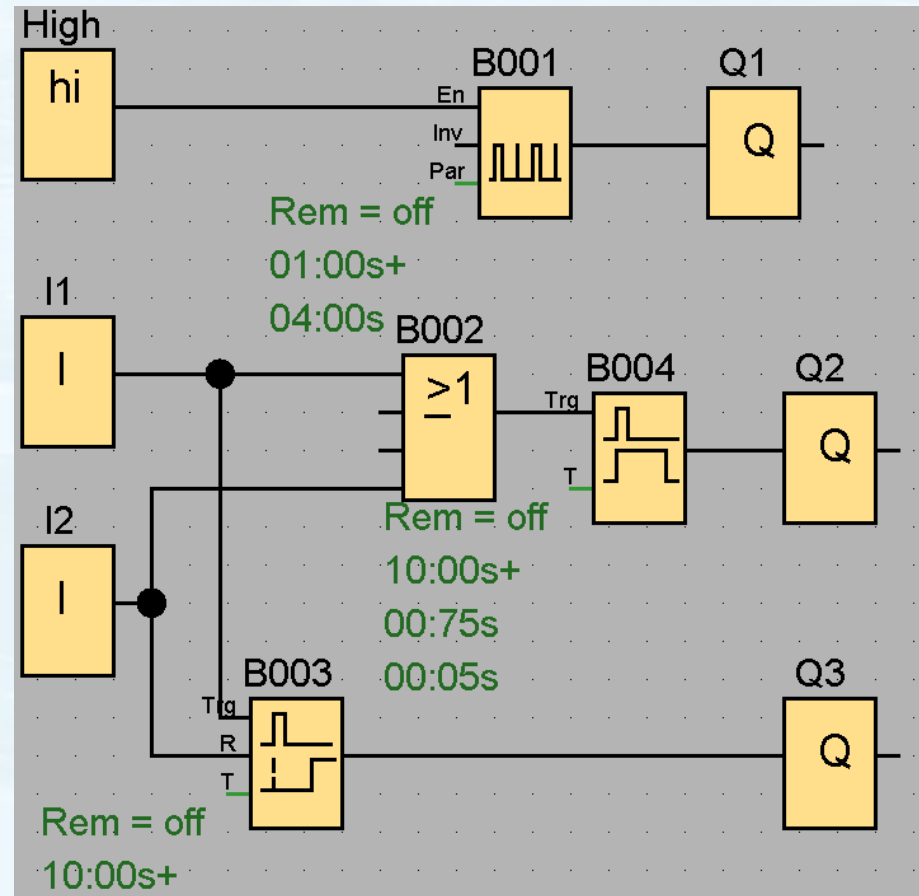


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ένας φάρος πάνω σε μία βραχονησίδα δουλεύει ασταμάτητα μέρα νύχτα. Είναι αναμμένος για 1sec και σβηστός για 4 sec. Υπάρχουν φώτα σκάλας στο φάρο τα οποία κάθε φορά που πατιέται κάποιος διακόπτης για τα φώτα αυτά θέλουμε να μένουν ανοικτά για 20 sec.

Υπάρχουν δύο διακόπτες τύπου push button για τα φώτα σκάλας, ένας στο ισόγειο του φάρου και ένας στο ανώτερο πάτωμα του φάρου. Υπάρχει μία κατανάλωση φωτισμού στο ανώτερο πάτωμα του φάρου για την οποία όμως δεν έχει προβλεφθεί διακόπτης και ανάβει αυτόματα μετά την πάροδο των 20 sec που μένουν ανοικτά τα φώτα σκάλας όταν πατηθεί ο κάτω διακόπτης. Σβήνει αυτόματα όταν πατηθεί ο πάνω διακόπτης για τα φώτα σκάλας.

Να γίνει το πρόγραμμα στο LOGO που υλοποιεί τον παραπάνω αυτοματισμό.

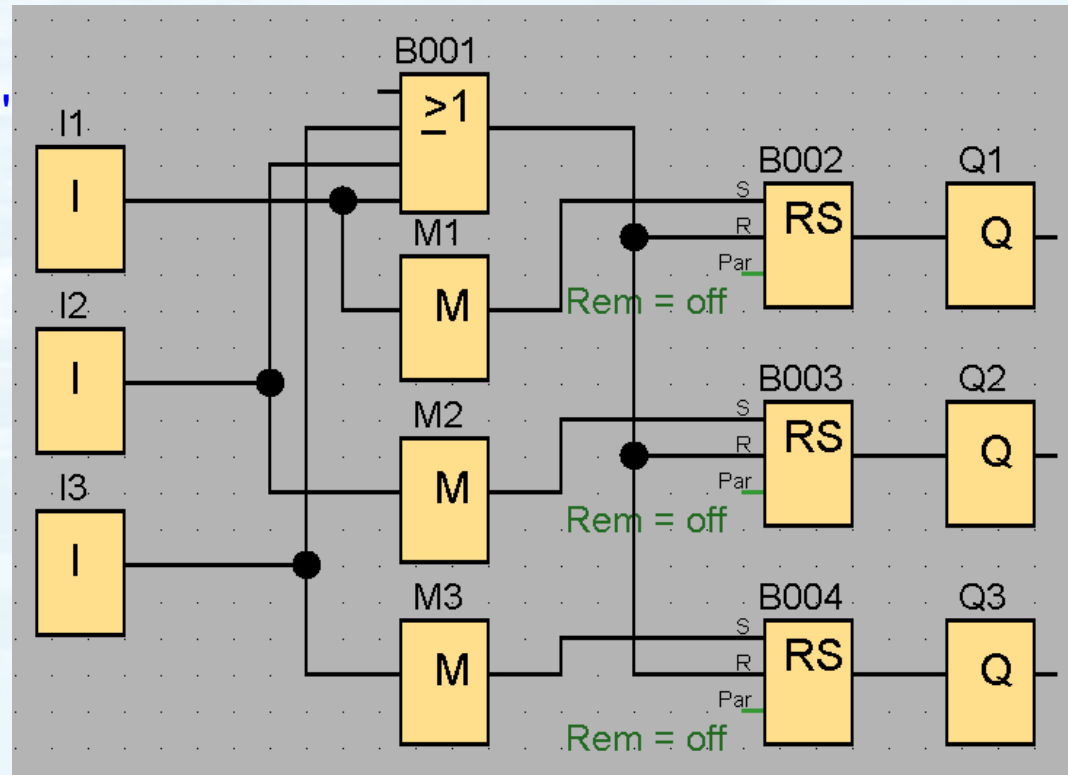


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έχουμε τρεις διακόπτες, η κατάσταση των οποίων επιτελεί κάποιες λειτουργίες. Οι διακόπτες μπορεί να είναι και οι τρεις κλειστοί, κάποιοι κλειστοί και κάποιοι ανοικτοί ή μπορεί να μην είναι κανένας κλειστός.

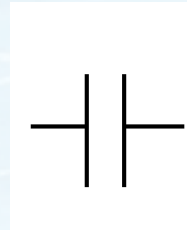
Να γίνει πρόγραμμα στο LOGO με το οποίο μπορεί να διαγνωστεί ποιος διακόπτης έχει πατηθεί (ήταν κλειστός) τελευταίος.

Όταν τουλάχιστον ένας διακόπτης είναι κλειστός τότε η έξοδος του μπλοκ OR δίνει '1' άρα διατηρεί τα RS latches σε '0' (αφού οδηγεί το RESET). Όταν και ο τελευταίος διακόπτης ανοίξει τότε η έξοδος της OR γίνεται '0' άρα η έξοδος καθορίζεται από την τιμή του SET. Τα flag θα κρατούν την προηγούμενη κατάσταση των διακοπών άρα θα είναι '1' για ένα κύκλο μόνο το flag του τελευταίου διακόπτη που ήταν ανοικτός και θα δώσει '1' στην αντίστοιχη έξοδο.

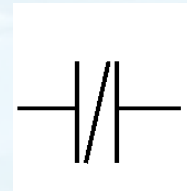


Η γλώσσα LAD

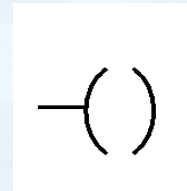
Κανονικά Ανοικτή επαφή (NO)



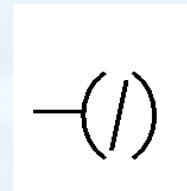
Κανονικά Κλειστή επαφή (NC)



Κανονική έξοδος



Αντεστραμμένη έξοδος



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

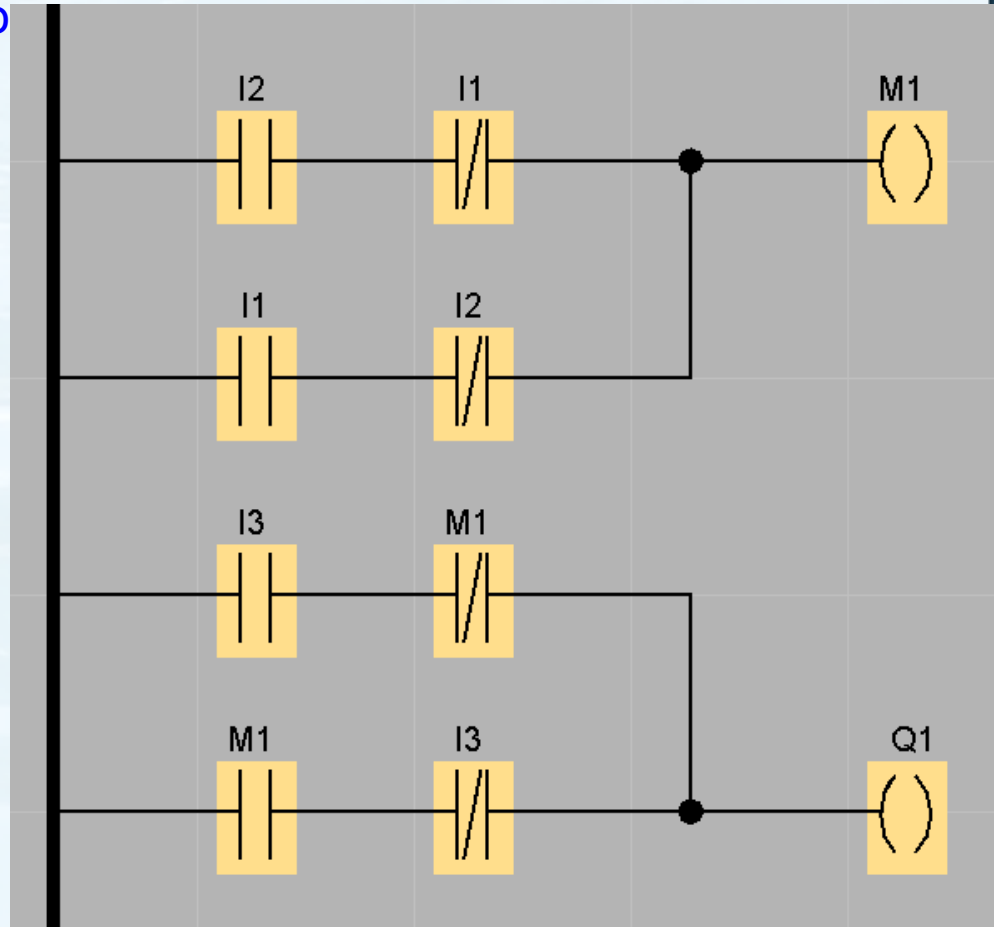
Να υλοποιήσετε μια πύλη XOR τριών εισόδων με LADDER diagrams.

Την XOR τριών εισόδων την δημιουργούμε χρησιμοποιώντας δύο πύλες XOR δύο εισόδων.

Οι εισοδοί I1 και I2 συνδέονται στις δύο εισόδους της πρώτης πύλης XOR και η διάταξη αποτελείται από μία κανονικά ανοικτή επαφή και μία κανονικά κλειστή επαφή.

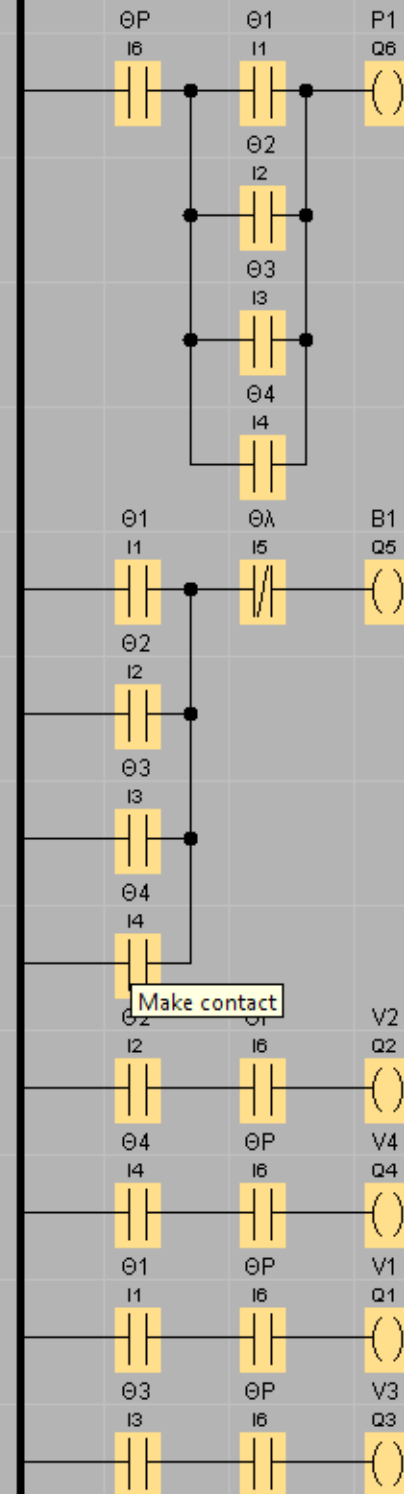
Χρησιμοποιούμε ένα Flag (M1) για να ορίσουμε την έξοδο της πρώτης πύλης XOR. Το M1 χρησιμοποιείται μαζί με την είσοδο I3 στη δεύτερη XOR.

Με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιείται μία κανονικά κλειστή επαφή για τα M1, I3 και μια κανονικά κλειστή επαφή συνδεδεμένες όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO ΣΕ LADDER



ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

Στο κύκλωμα αυτοματισμού θέρμανσης να προβλεφθεί η παρακάτω περίπτωση για λόγους ασφάλειας του κυκλώματος νερού:

Έστω ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας του καυστήρα το νερό στο λέβητα υπερβαίνει τους 80°C. Εκείνη τη στιγμή που το νερό στο λέβητα έχει πλέον πολύ υψηλή θερμοκρασία (>80°C) σταματούν όλοι οι θερμοστάτες των διαμερισμάτων να ζητούν ζεστό νερό. Αν και ο καυστήρας με το που θα υπερβεί η θερμοκρασία τους 80°C δέχεται εντολή και σταματάει να λειτουργεί υπάρχει το ενδεχόμενο για κάποιο χρονικό διάστημα η θερμοκρασία νερού στο λέβητα να συνεχίσει να αυξάνεται και να πλησιάσει ακόμα και τους 100°C.

Για να αποφευχθεί μια τέτοια αύξηση θερμοκρασίας ο πίνακας αυτονομίας διατηρεί τον κυκλοφορητή σε λειτουργία και την ηλεκτροβάννα του τελευταίου διαμερίσματος που ζήτησε ζεστό νερό ανοικτή μέχρι το νερό στο λέβητα να πέσει κάτω από 70°C.

Να βελτιωθεί το κύκλωμα αυτοματισμού του LOGO ώστε να προβλέπει την παραπάνω περίπτωση.

Αξιολόγηση: 1 μονάδα επιπλέον ανεξαρτήτως τελικής βαθμολογίας.

ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 2

Να μελετήσετε τα μπλοκ “PI controller”, “PWM”, “Analog filter”.

Να παραδοθεί σε ηλεκτρονική μορφή:

1. Αναλυτική επεξήγηση της λειτουργίας τους.
2. Να γίνει πρόγραμμα στο LOGO για την επίδειξη της λειτουργίας τους.
3. Να αναφέρετε εφαρμογές στις οποίες βρίσκουν εφαρμογή τα παραπάνω μπλοκ; Να δοθούν πραγματικά παραδείγματα στα οποία μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε.

Αξιολόγηση: 1 μονάδα επιπλέον ανεξαρτήτως τελικής βαθμολογίας.

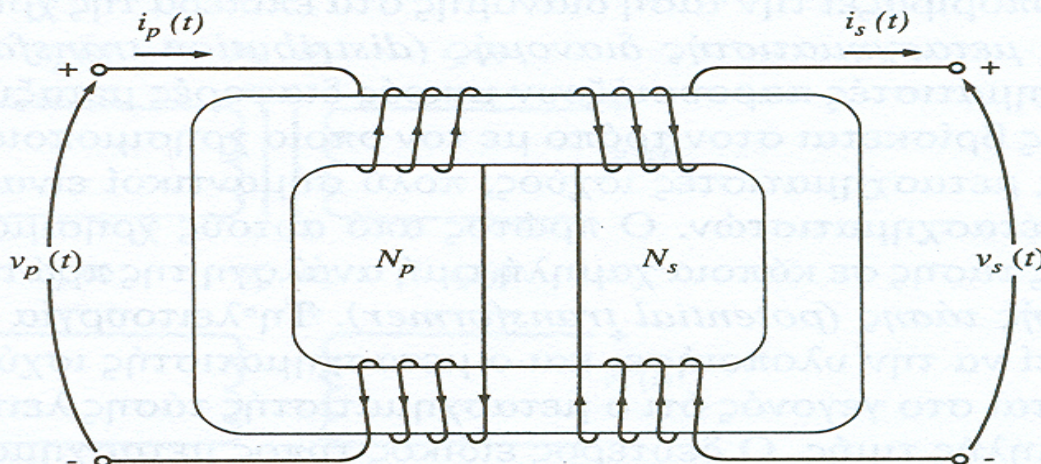
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

Είναι ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια μιας ορισμένης τάσης AC σε ηλεκτρική ενέργεια μιας άλλης τάσης AC (μικρότερης ή μεγαλύτερης) της ίδιας συχνότητας.

Χρησιμοποιούνται σε όλες τις οικιακές συσκευές που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα.

Χρησιμοποιούνται στη μεταφορά και στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.



$$a = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Είναι ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Η λειτουργία των γεννητριών βασίζεται στο φαινόμενο κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστραφεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο τότε εμφανίζεται τάση από επαγωγή στα άκρα του.

Εάν το πηνίο βρίσκεται σε κλειστό κύκλωμα τότε το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα.

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

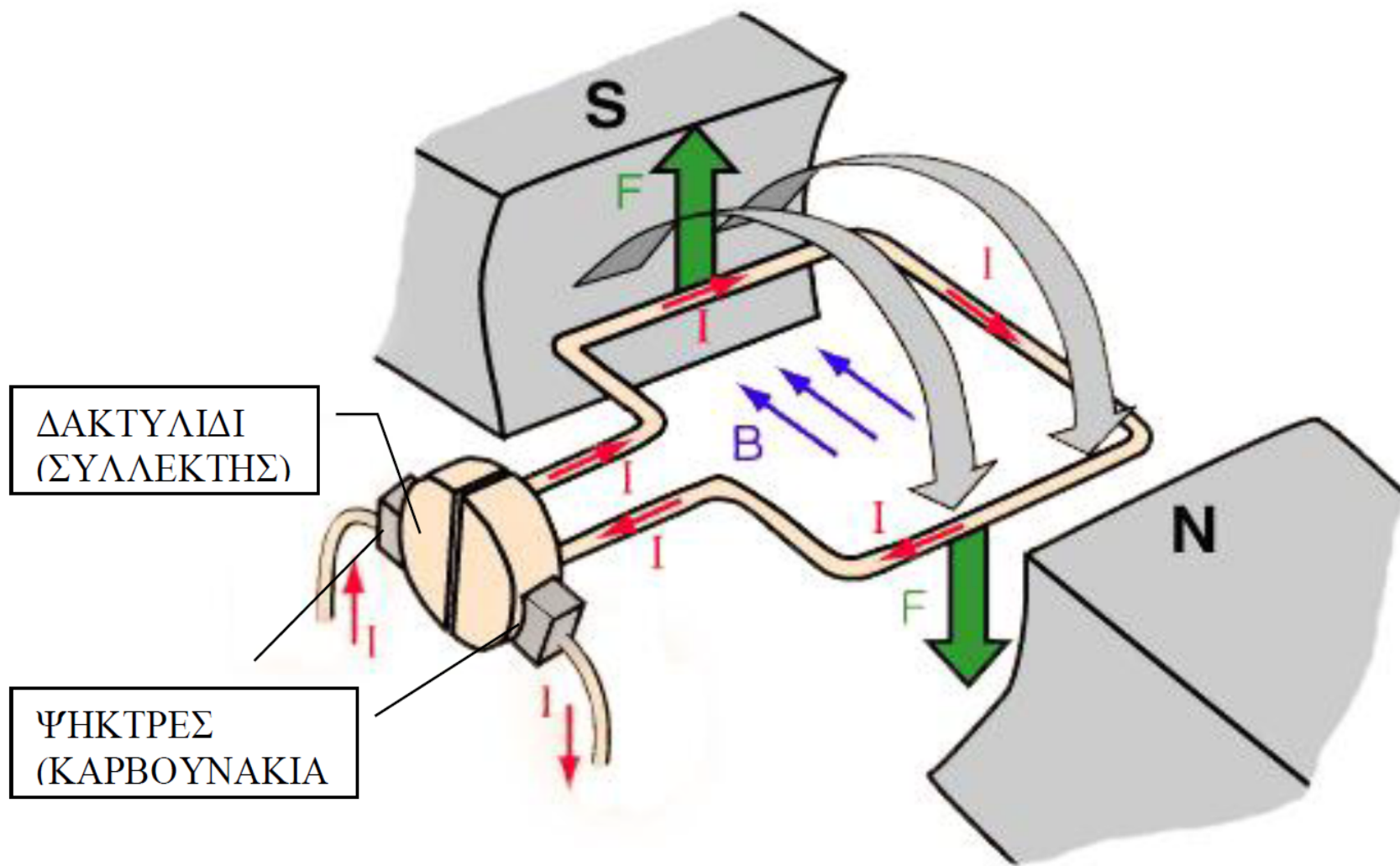
Είναι ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.

Η λειτουργία των κινητήρων βασίζεται στο φαινόμενο κατά το οποίο εάν ένας ρευματοφόρος αγωγός βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο τότε εμφανίζεται δύναμη που ασκείται επάνω στον αγωγό.

ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

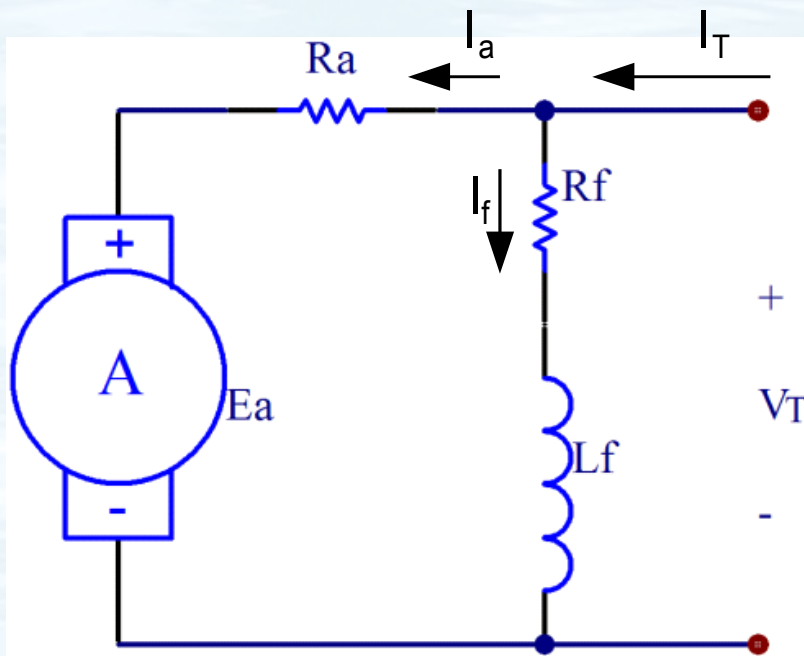
- Κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC)
(Παράλληλης διέγερσης, διέγερσης σειράς, σύνθετης διέγερσης, με μόνιμους μαγνήτες)
- Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (AC)
(Σύγχρονοι κινητήρες, επαγωγικοί ή ασύγχρονοι κινητήρες)

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ DC ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ



DC ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα στο τύλιγμα του κινητήρα.



E_a : Τάση επαγωγής τυλιγμάτων κινητήρα

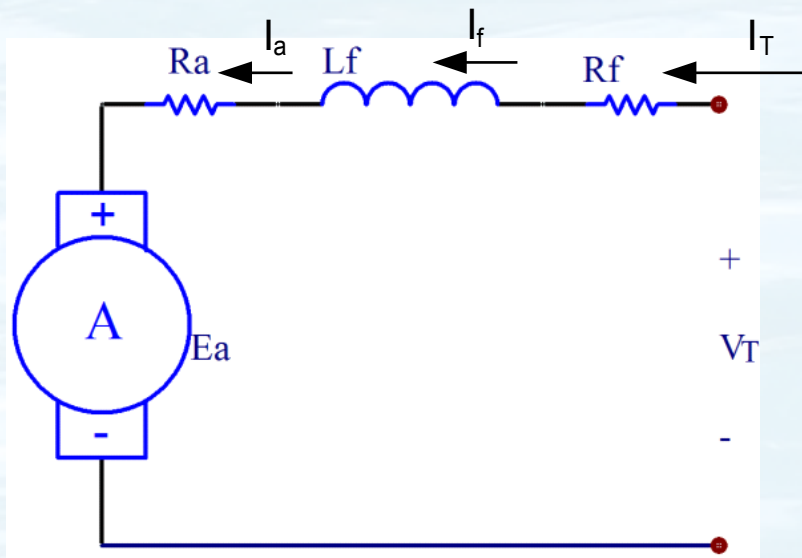
R_a : Εσωτερική αντίσταση τυλιγμάτων κινητήρα

L_f : Τύλιγμα διέγερσης

R_f : Εσωτερική αντίσταση τυλίγματος διέγερσης

DC ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΣΕΙΡΑΣ

Στους DC κινητήρες διέγερσης σειράς το τυλίγμα διέγερσης συνδέεται σε σειρά με το τυλίγμα του κινητήρα.



E_a : Τάση επαγωγής τυλιγμάτων κινητήρα

R_a : Εσωτερική αντίσταση τυλιγμάτων κινητήρα

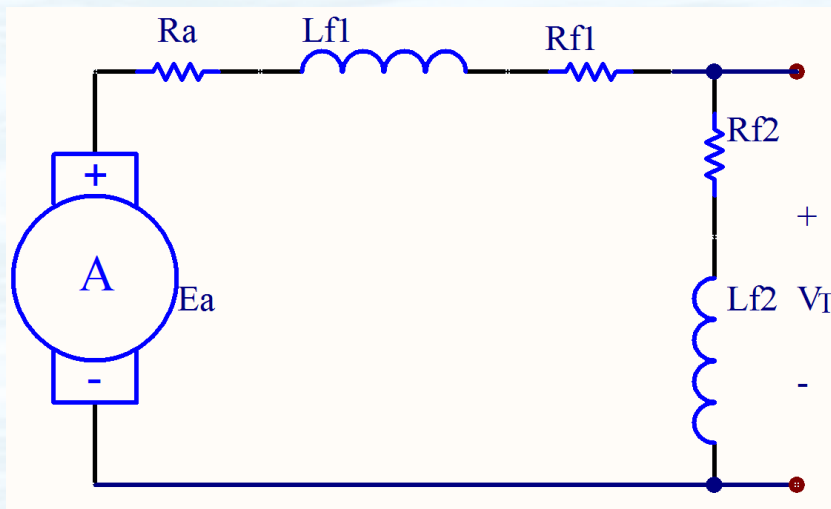
L_f : Τύλιγμα διέγερσης

R_f : Εσωτερική αντίσταση τυλίγματος διέγερσης

Το ρεύμα του τυλίγματος I_f διέγερσης με το ρεύμα του κινητήρα I_a είναι κοινό.

DC ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

Στους DC κινητήρες σύνθετης διέγερσης χρησιμοποιούνται δύο τυλίγματα διέγερσης. Το ένα συνδέεται σε σειρά και το άλλο παράλληλα.



E_a : Τάση επαγωγής τυλιγμάτων κινητήρα

R_a : Εσωτερική αντίσταση τυλιγμάτων κινητήρα

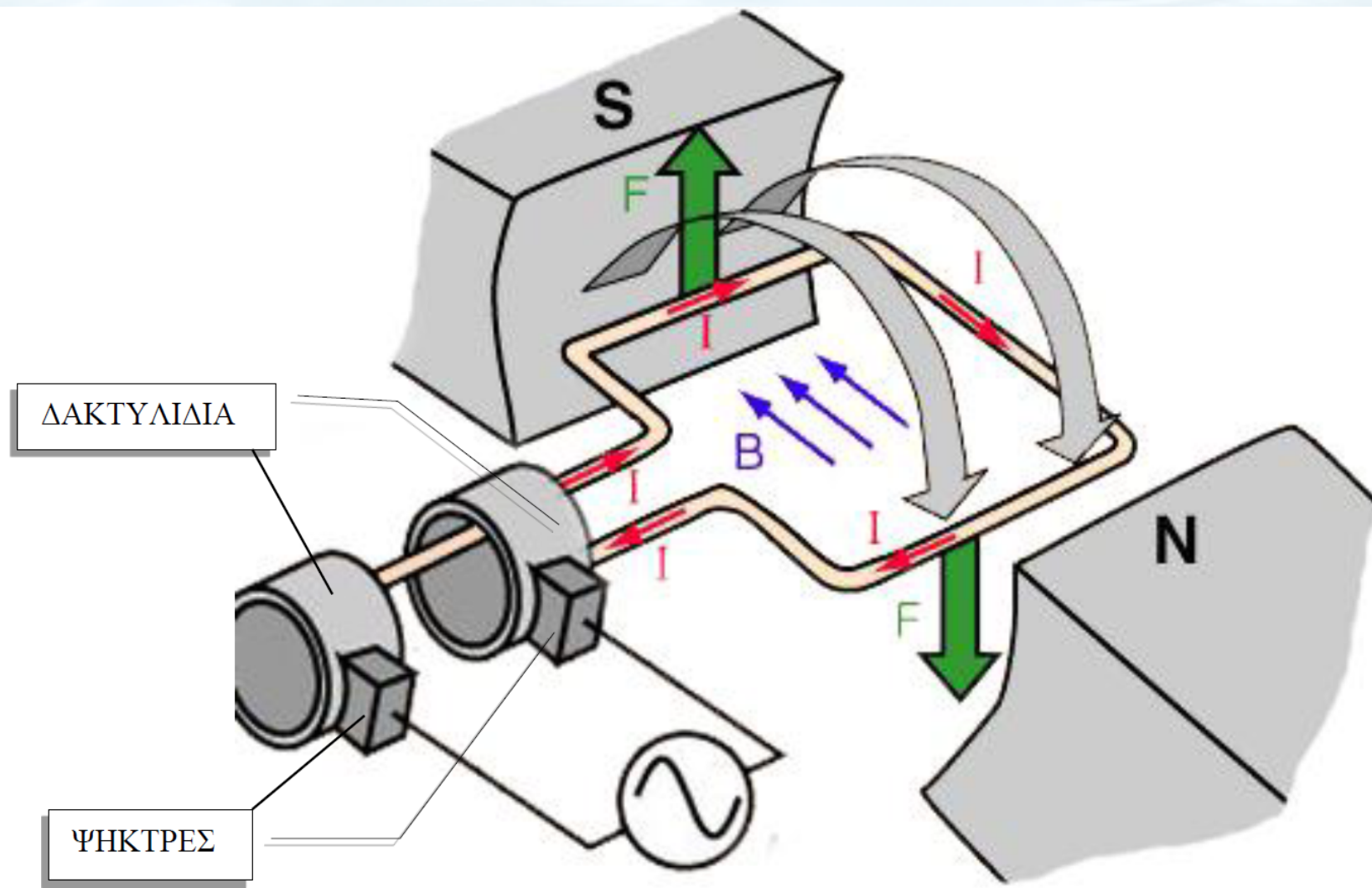
L_{f1} : Τύλιγμα διέγερσης σειράς

R_{f1} : Εσωτερική αντίσταση τυλίγματος διέγερσης σειράς

L_{f2} : Τύλιγμα παράλληλης διέγερσης

R_{f1} : Εσωτερική αντίσταση τυλίγματος παράλληλης διέγερσης

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑC ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ



ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Στην πραγματικότητα το τύλιγμα διέγερσης τοποθετείται στο στάτη και με την εφαρμογή τριφασικού ρεύματος με διαφορά φάσης 120° αποδεικνύεται ότι δημιουργείται ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο στο κέντρο του ρότορα. Έτσι ο ρότορας περιστρέφεται ώστε να ευθυγραμμιστεί το μαγνητικό του πεδίο με το πεδίο του στάτη. Το αποτέλεσμα είναι να περιστρέφεται με μια σύγχρονη ταχύτητα.

Η σύγχρονη ταχύτητα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$n = 60 * f / p$$

n η ταχύτητα σε rpm

f η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος

p το σύνολο ζεύγων πόλων.

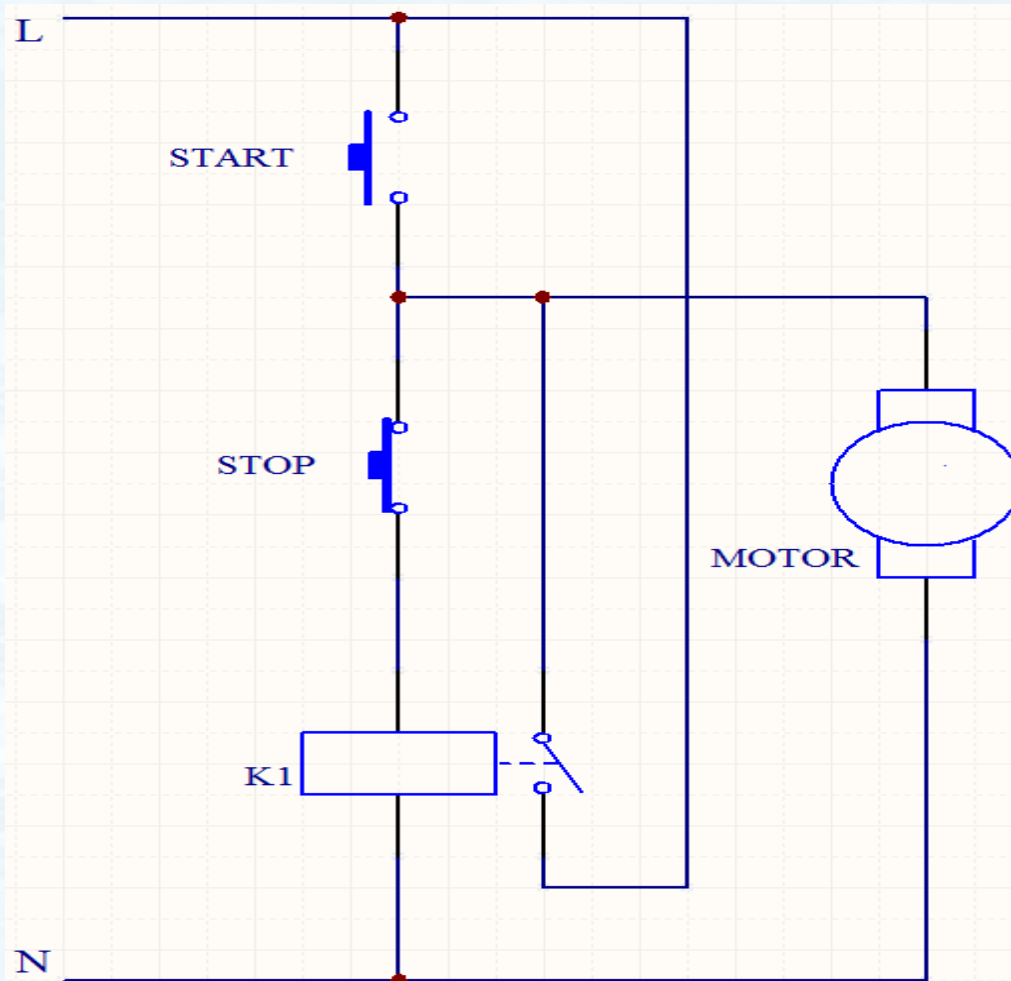
ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι επαγωγικοί κινητήρες ονομάζονται έτσι καθώς η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής. Η ανάπτυξη Ηλεκτρεργερτικής Δύναμης (**ΗΕΔ**) στους αγωγούς του τυλίγματος του δρομέα από το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο στάτης, έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση του δρομέα, εξαιτίας των δυνάμεων Laplace στους ρευματοφόρους (πλέον) αγωγούς λόγω της επαγόμενης τάσης.

Ως προς τον τύπο του δρομέα που χρησιμοποιείται οι επαγωγικοί κινητήρες χωρίζονται σε δακτυλιοφόρου δρομέα και βραχυκυκλωμένου κλωβού.

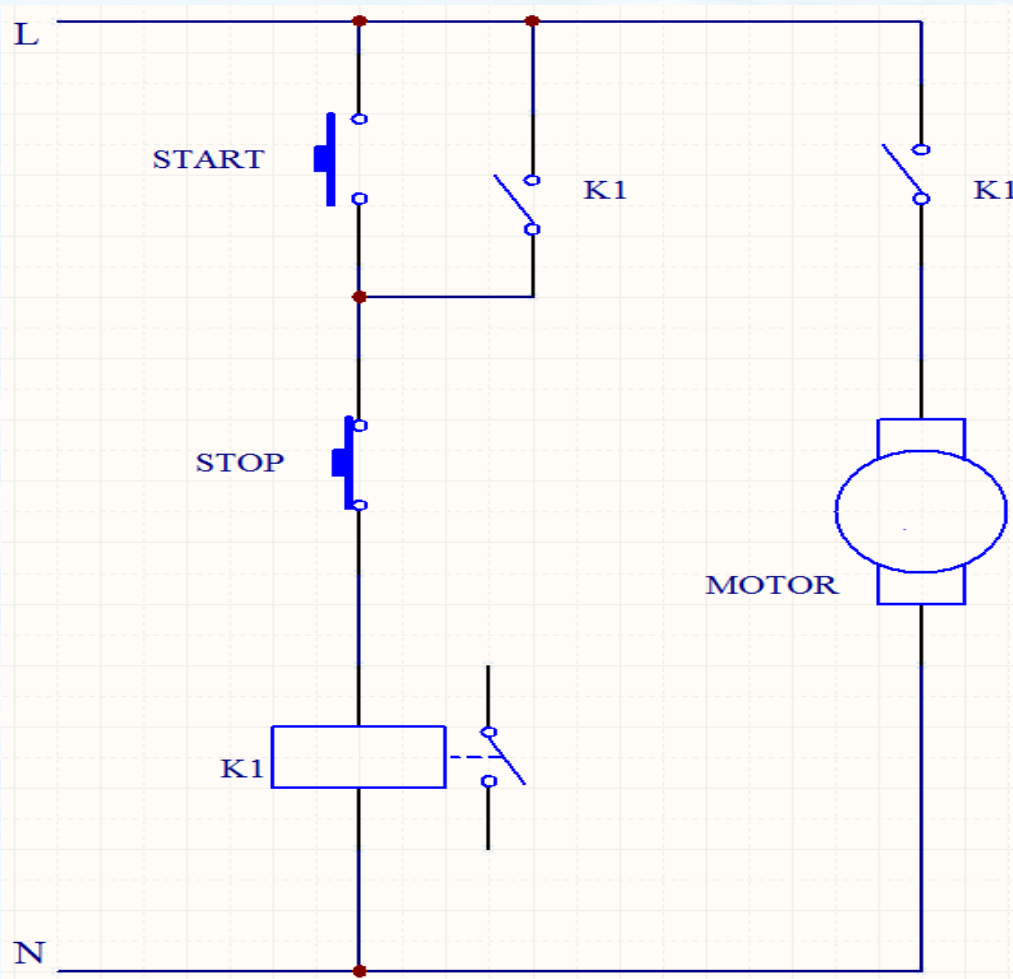
Οι επαγωγικοί κινητήρες ονομάζονται και ασύγχρονοι καθώς τρέχουν με την ασύγχρονη ταχύτητα $n_s < n$ (σύγχρονη ταχύτητα). Η διαφορά μεταξύ σύγχρονης και ασύγχρονης ταχύτητας ονομάζεται ολίσθηση.

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ RELAY ΑΥΤΟΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ



Πλήρες
κύκλωμα

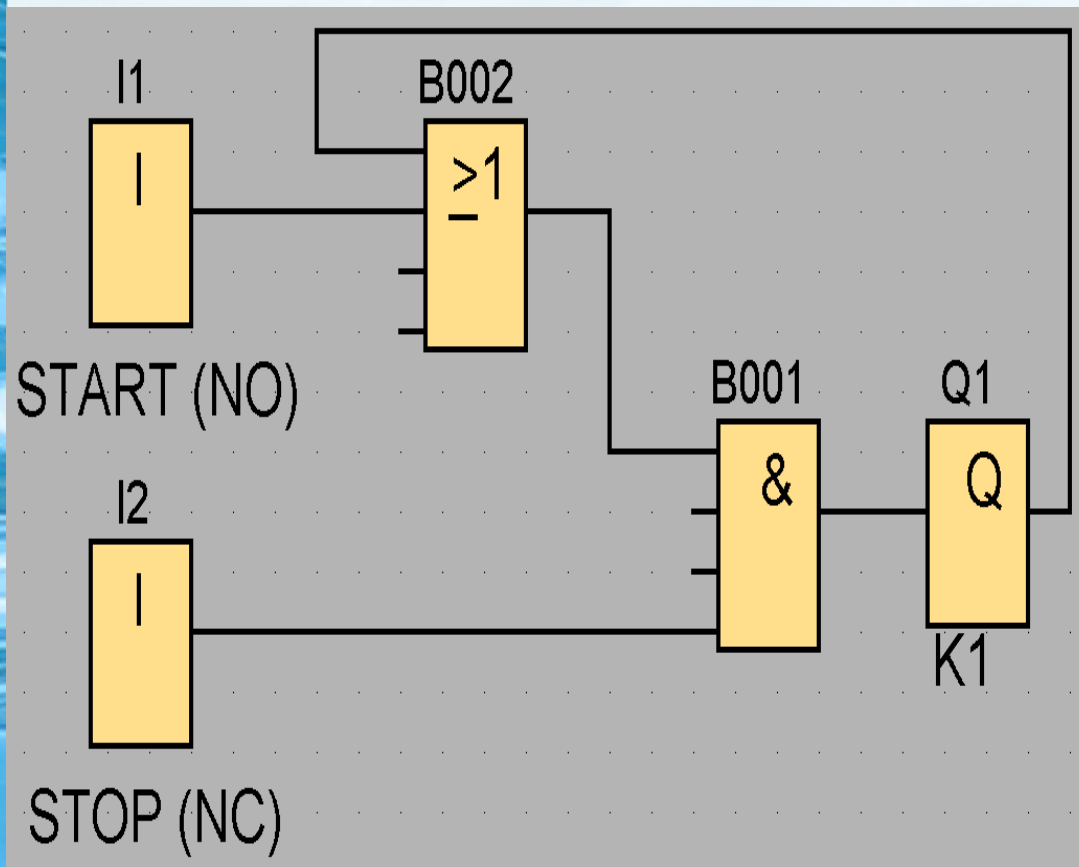
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ RELAY ΑΥΤΟΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ



Βοηθητικό
κύκλωμα

Πατώντας το push button START οπλίζει το relay K1. Το κλείσιμο του διακόπτη K1 (επαφή relay K1) προκαλεί εκκίνηση του κινητήρα ενώ επίσης διατηρεί το relay οπλισμένο ακόμα και όταν αφήσουμε το START.

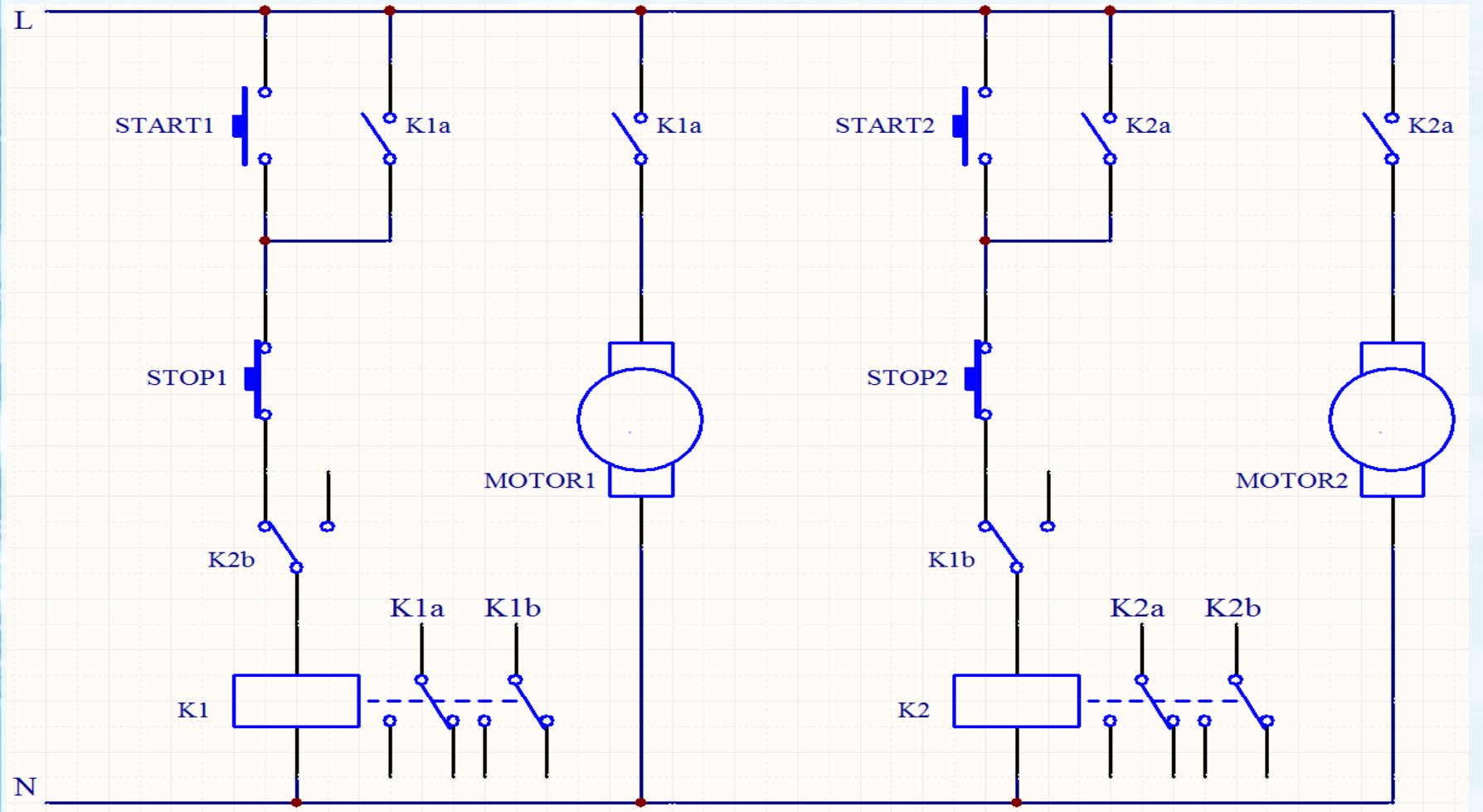
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ RELAY ΑΥΤΟΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO



Τα START και STOP μπορούμε να τα ρυθμίσουμε για το simulation ως push button είτε ως Normal Open είτε ως Normal Close.

Εδώ το START είναι NO και το STOP είναι NC.

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ



ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

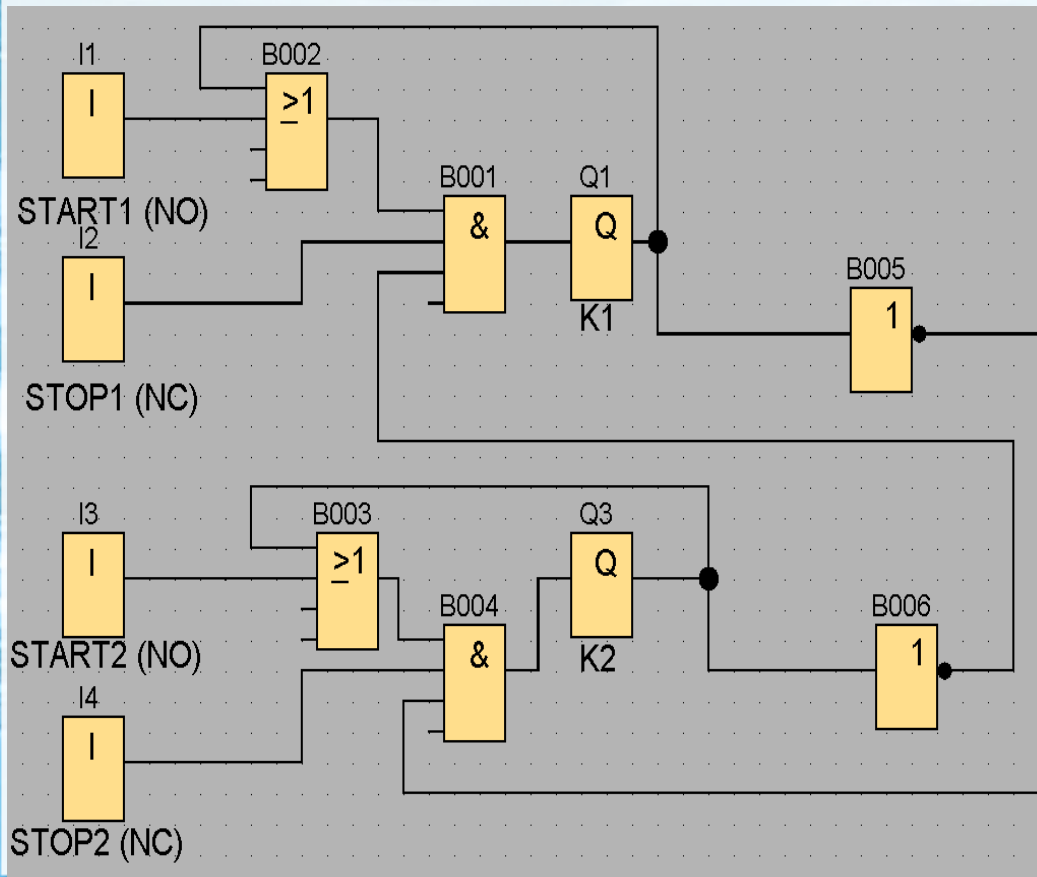
Πατώντας το button START1 οπλίζει το relay K1. Κλείνει η επαφή K1a και ανοίγει η K1b με αποτέλεσμα να ξεκινήσει ο κινητήρας MOTOR1 ενώ επίσης παραμένει σε λειτουργία ακόμα και όταν αφήσουμε το START1.

Όσο βρίσκεται σε λειτουργία ο κινητήρας 1 αν πατήσουμε το START2 τότε λόγω του ότι η επαφή K1b είναι ανοικτή ο κινητήρας 2 δεν μπαίνει σε λειτουργία. Για να μπει σε λειτουργία ο κινητήρας 2 πρέπει να σταματήσει ο κινητήρας 1.

Πατώντας το STOP1 ανοίγει η επαφή K1a και κλείνει η K1b με αποτέλεσμα να σταματήσει να δουλεύει ο κινητήρας 1.

Αντίστοιχη λειτουργία έχουμε για τον κινητήρα 2.

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ LOGO



Τα START και STOP μπορούμε να τα ρυθμίσουμε για το simulation ως push button είτε ως Normal Open είτε ως Normal Close.

Εδώ τα START είναι NO και τα STOP είναι NC.

Να παρατηρήσετε ότι στο LOGO δεν χρειάζονται 4 επαφές για τον έλεγχο όπως επιβάλλεται σε ένα κλασικό αυτοματισμό με relay.

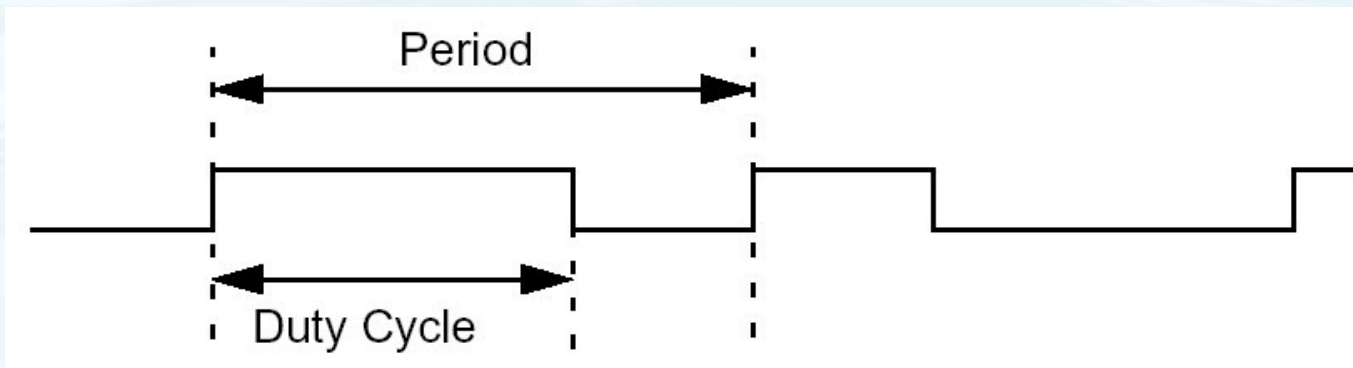
PWM (Pulse Width Modulation)

Διαμόρφωση εύρους παλμών

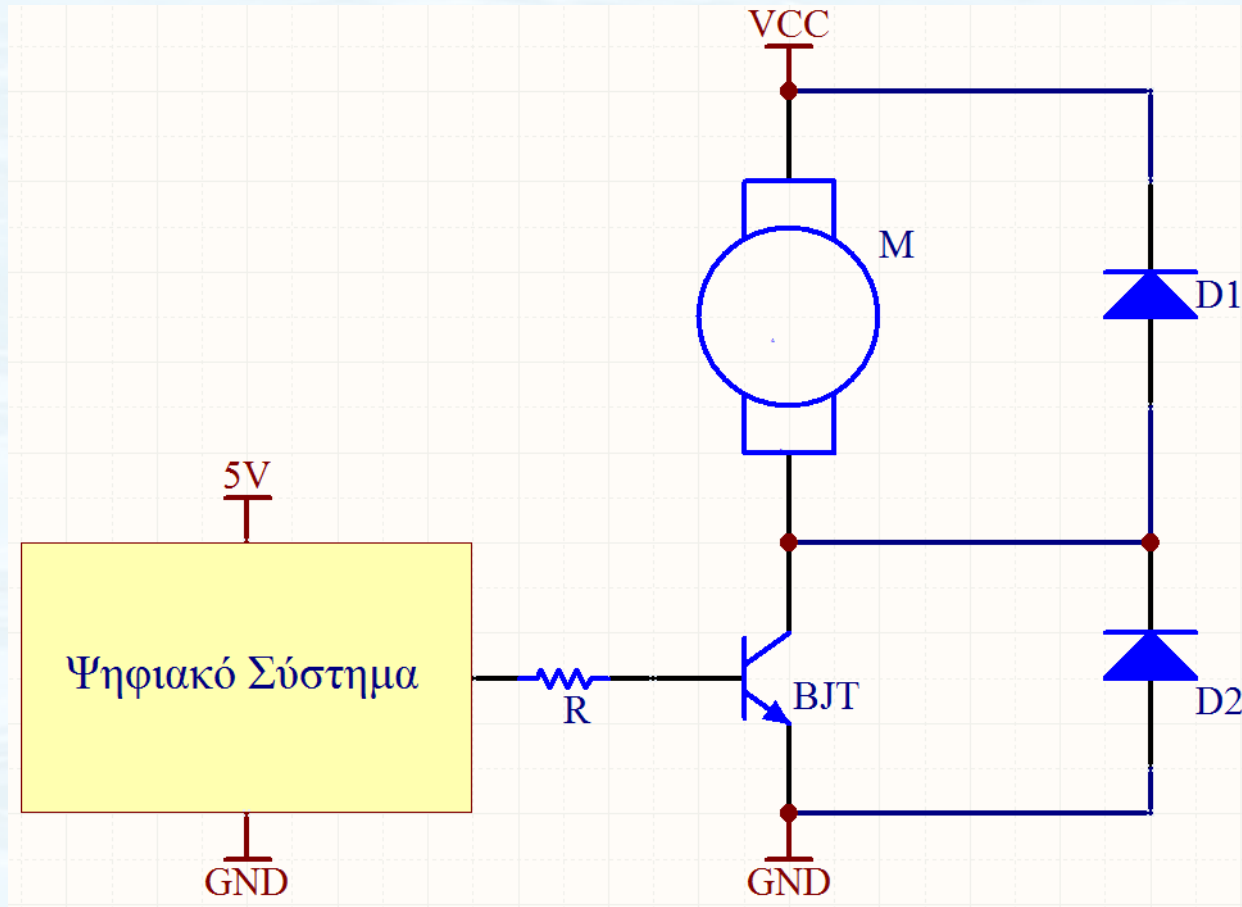
Μία PWM κυματομορφή στην πραγματικότητα αποτελεί μία περιοδική κυματομορφή η οποία έχει δύο τμήματα. Το τμήμα ON στο οποίο η κυματομορφή έχει την μέγιστη τιμή της και το τμήμα OFF στο οποίο έχει την τιμή μηδέν.

Το ON τμήμα ονομάζεται Duty Cycle και μετριέται είτε σε μονάδες χρόνου (ms, us κλπ) είτε σε ποσοστό (%) επί της περιόδου.

Εφαρμόζοντας μία PWM κυματομορφή στην τροφοδοσία ενός φορτίου επιτυγχάνουμε να ελέγξουμε την το ποσοστό της ισχύος που πέφτει πάνω στο φορτίο. Για την περίπτωση που το φορτίο είναι ένας κινητήρας αυτό συνεπάγεται έλεγχος στροφών του κινητήρα.



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ ΔΙΠΟΛΙΚΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ ΔΙΠΟΛΙΚΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

Το διπολικό τρανζίστορ χρησιμοποιείται ως διακόπτης και λειτουργεί είτε στην περιοχή αποκοπής είτε στην περιοχή κορεσμού αφού επιλεγεί κατάλληλα η αντίσταση βάσης.

Η βάση του BJT οδηγείται με PWM κυματομορφές για τον έλεγχο στροφών του κινητήρα.

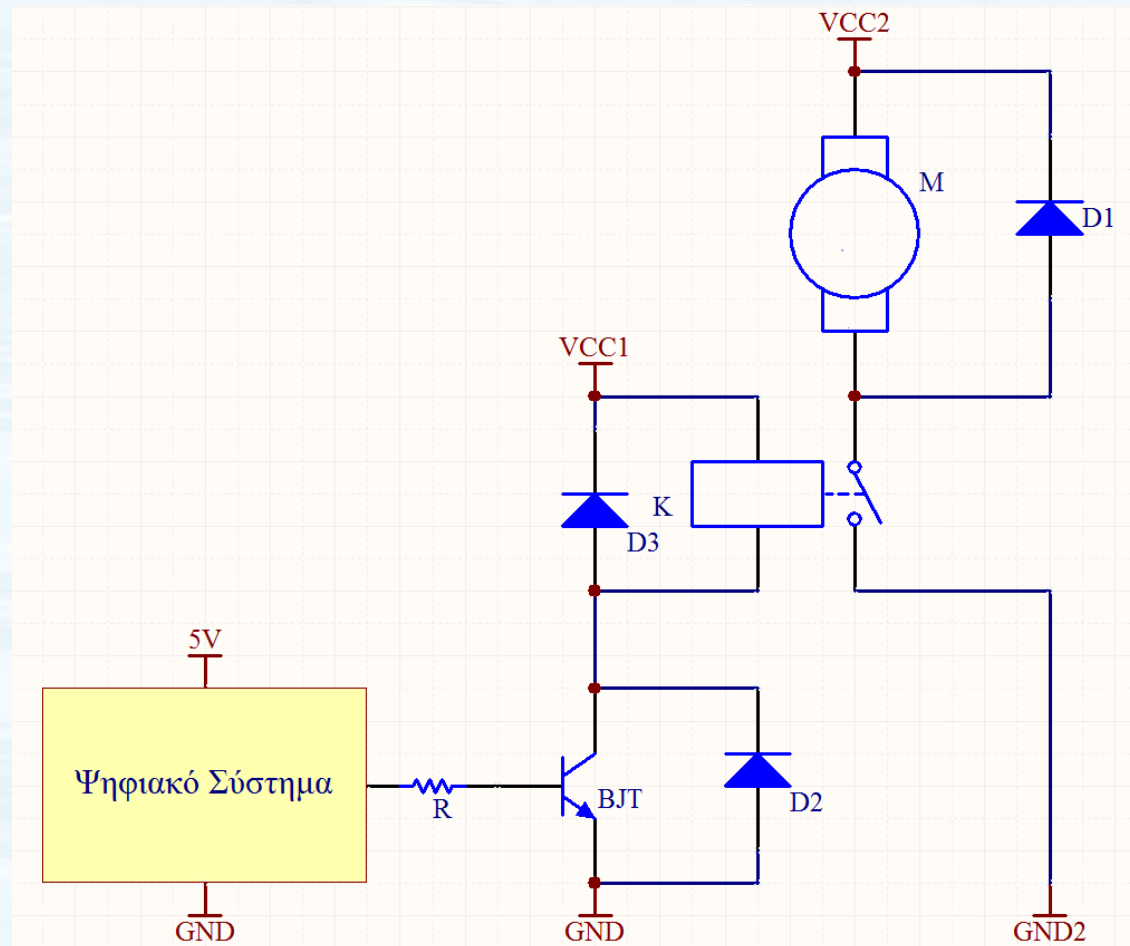
Η διάδος D1 χρησιμοποιείται για την ομαλή σβέση του πηνίου του κινητήρα κατά την περίοδο OFF της PWM κυματομορφής.

Η διάδος D2 χρησιμοποιείται για την προστασία του τρανζίστορ από ανάστροφες τάσης πόλωσης συλλέκτη-εκπομπού που μπορεί να προκύψουν από αιχμές από το πηνίο του κινητήρα.

Μειονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας αποτελεί η κοινή γείωση ανάμεσα στο ψηφιακό σύστημα και τον κινητήρα.

Επίσης μειονέκτημα αποτελεί η έστω και μικρή τάση κορεσμού συλλέκτη-εκπομπού καθώς εκεί υπάρχουν απώλειες ισχύος.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ RELAY



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ RELAY

Το διπολικό τρανζίστορ χρησιμοποιείται και εδώ είτε στην περιοχή αποκοπής είτε στην περιοχή κόρου.

Στην περίπτωση χρήσης relay για την οδήγηση κινητήρων υπάρχει η δυνατότητα μόνο εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας του κινητήρα. Δεν μπορεί να γίνει έλεγχος καθώς η επαφή του relay ως μηχανικός διακόπτης δεν είναι δυνατόν να ανοιγοκλείνει με συχνότητες PWM κυματομορφών.

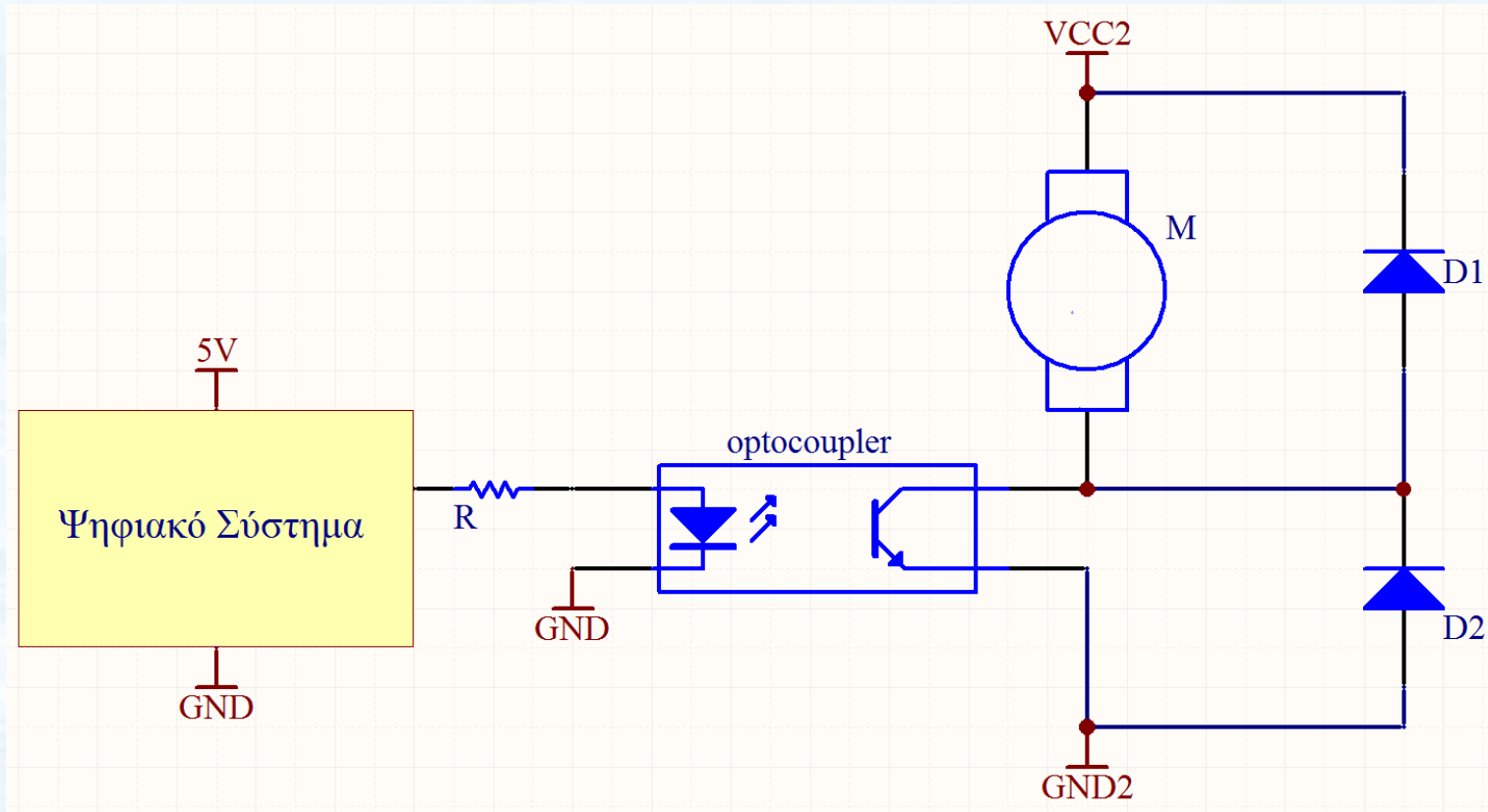
Η διάδος D1 χρησιμοποιείται για την ομαλή σβέση του πηνίου του κινητήρα.

Η διάδος D2 χρησιμοποιείται για την προστασία του τρανζίστορ από ανάστροφες τάσης πόλωσης συλλέκτη-εκπομπού που μπορεί να προκύψουν από αιχμές από το πηνίο του relay.

Παρατηρήστε τη διάοδο D3. Χρησιμοποιείται για την ομαλή σβέση του πηνίου του relay.

Βασικό μειονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας είναι ότι δεν μπορεί να γίνει έλεγχος στροφών του κινητήρα.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ (OPTOCOUPLER)



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ (OPTOCOUPLER)

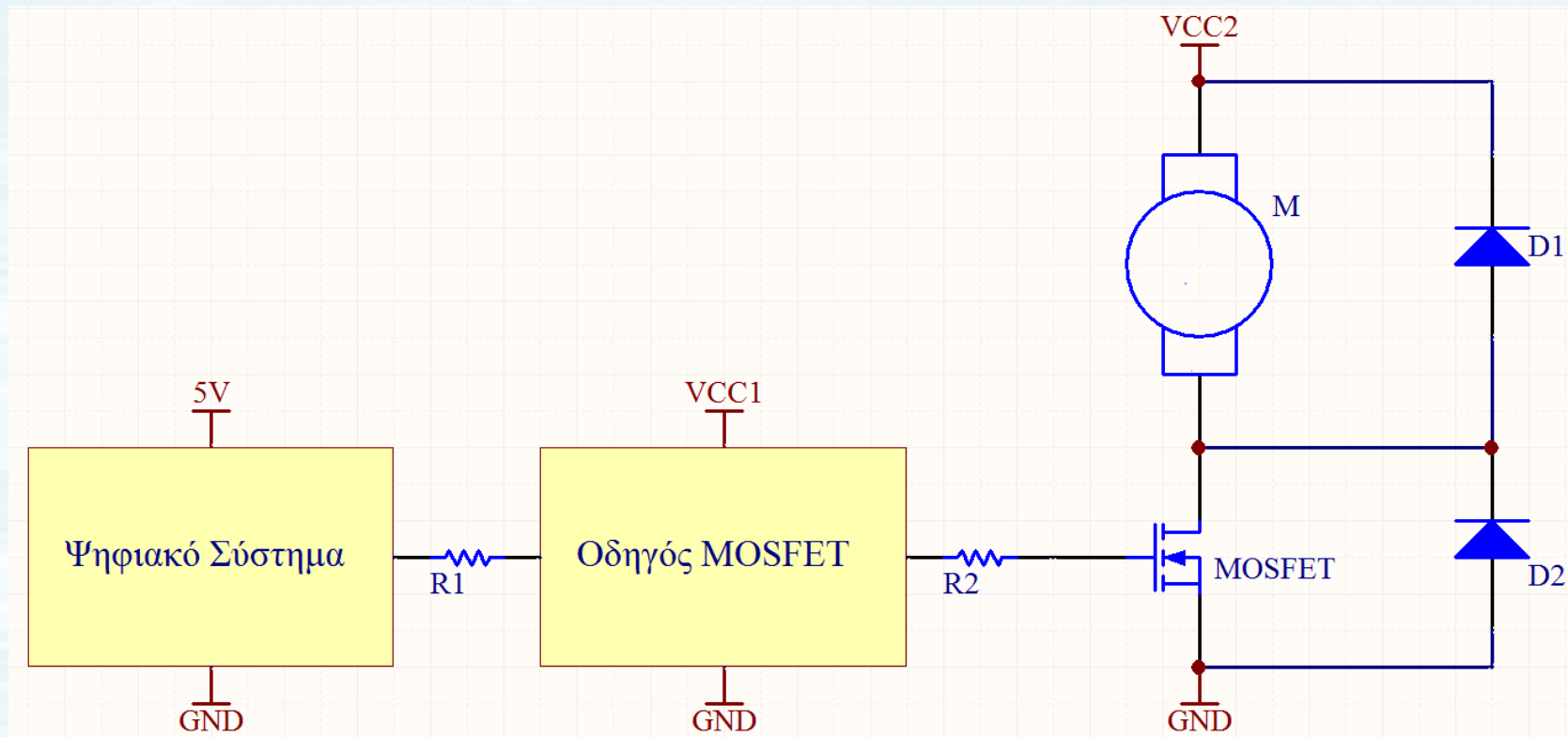
Το ψηφιακό σύστημα σε συνδυασμό με την κατάλληλη επιλογή της αντίστασης R παρέχει ένα ρεύμα στη δίοδο ώστε ο οπτοζεύκτης να λειτουργεί είτε στην περιοχή αποκοπής είτε στην περιοχή κόρου.

Ο έλεγχος στροφών του κινητήρα γίνεται με PWM κυματομορφές που εφαρμόζει το ψηφιακό σύστημα στη δίοδο υπερύθρων

Βασικό πλεονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας είναι ότι υπάρχει γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στο ψηφιακό κύκλωμα και στο κύκλωμα ισχύος.

Στην πραγματικότητα οι οπτοζεύκτες που κυκλοφορούν στο εμπόριο δεν έχουν την ικανότητα οδήγησης μεγάλων ρευμάτων από το συλλέκτη στον εκπομπό. Οπότε αυτή η συνδεσμολογία δεν χρησιμοποιείται σχεδόν ποτέ αυτούσια αλλά αποτελεί μια ενδιάμεση βαθμίδα για κυκλώματα οδήγησης με MOSFET ή IGBT τρανζίστορ.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET

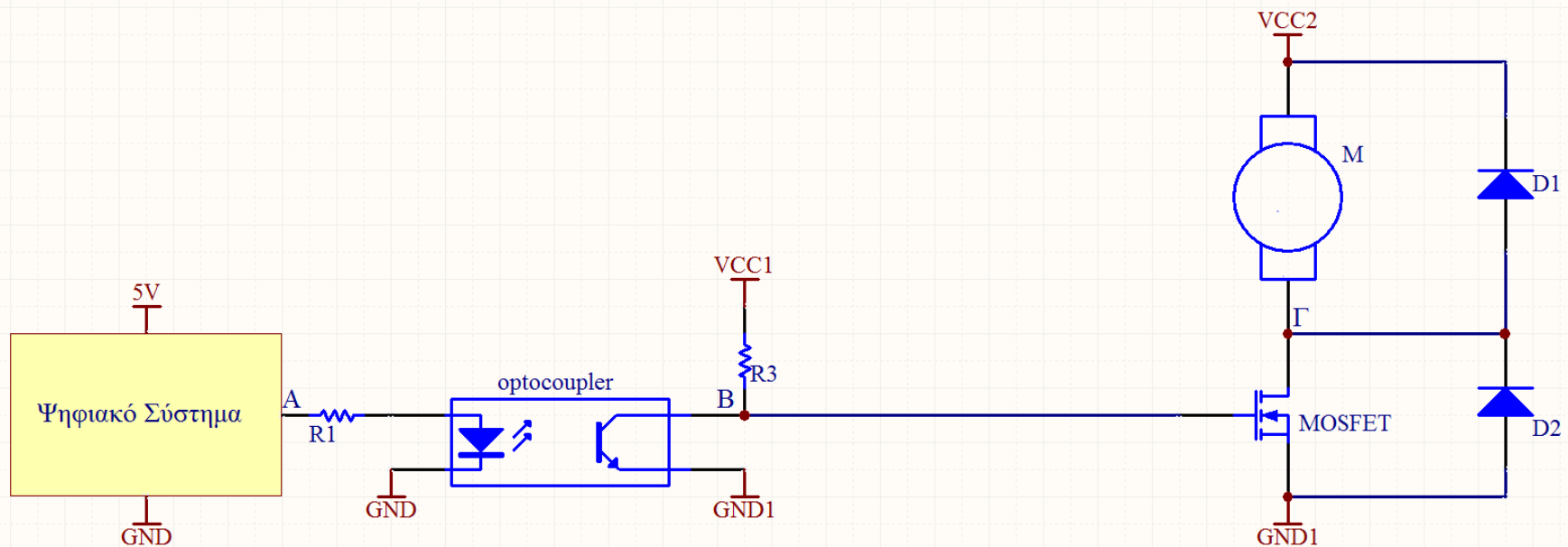
Το MOSFET λειτουργεί είτε στην περιοχή αποκοπής (OFF) είτε στην ωμική περιοχή (ON). Ένα MOSFET ισχύος για να λειτουργεί στην ωμική περιοχή πρέπει να εφαρμοστεί τάση στην πύλη του μεγαλύτερη από την τάση κατωφλίου. Όταν εφαρμόζεται τάση μικρότερη της τάσης κατωφλίου τότε λειτουργεί στην περιοχή αποκοπής.

Το ψηφιακό σύστημα παράγει κυματομορφές PWM ενώ συνήθως χρησιμοποιείται ένας οδηγός MOSFET για τη μετατροπή των TTL λογικών σταθμών σε επίπεδα τα οποία είναι πάνω από την τάση κατωφλίου.

Ο έλεγχος στροφών του κινητήρα γίνεται με την αυξομείωση του Duty Cycle της PWM κυματομορφής.

Μειονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας αποτελεί η κοινή γείωση που απαιτείται να υπάρχει στα κυκλώματα χαμηλής και υψηλής ισχύος.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET ΚΑΙ ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET ΚΑΙ ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ

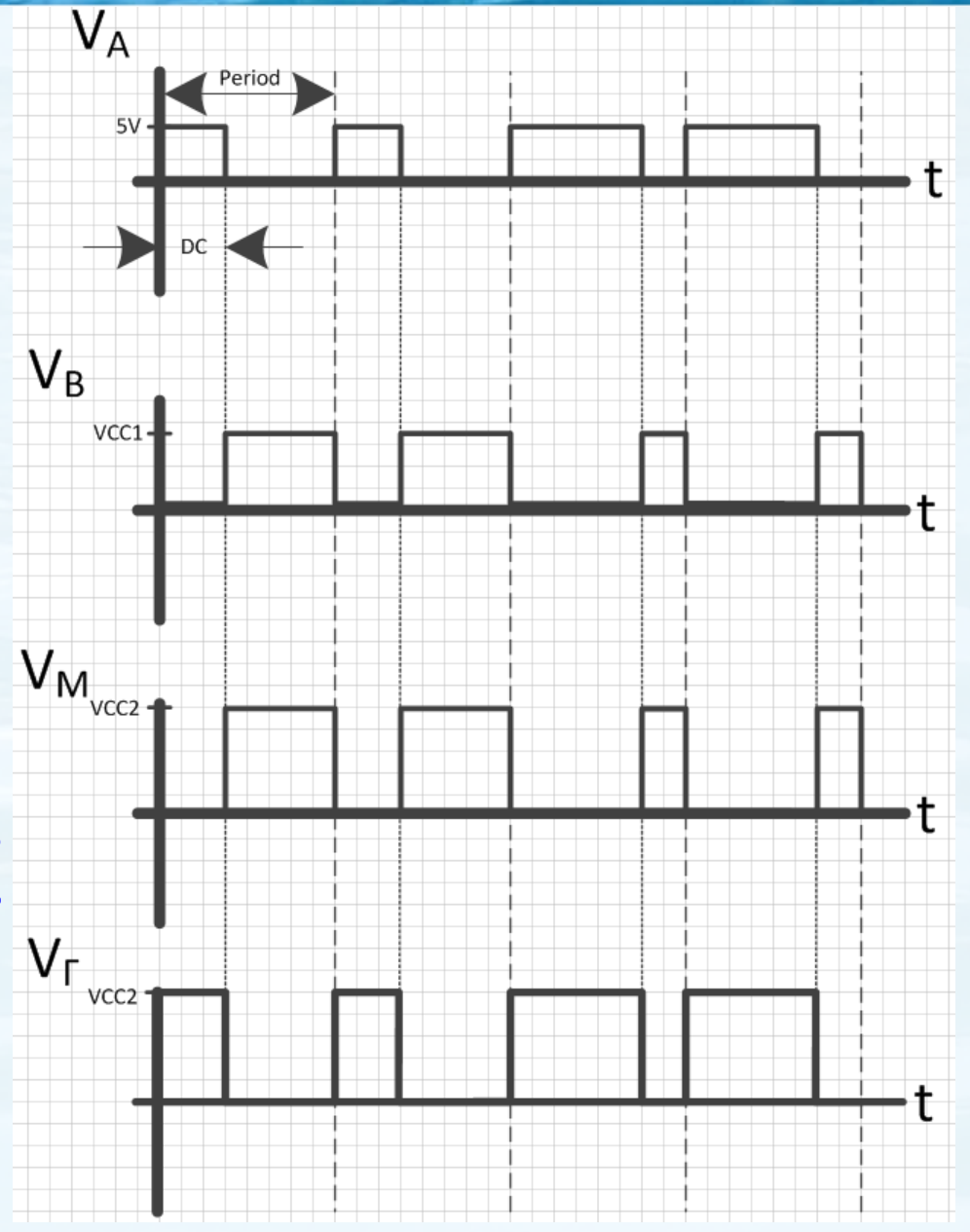
Ο έλεγχος της ταχύτητας των στροφών του κινητήρα γίνεται με PWM από το ψηφιακό κύκλωμα.

Κατά τη διάρκεια της κατάστασης ON της PWM κυματομορφής οδήγησης, η δίοδος υπερύθρων διαρρέεται από ρεύμα οπότε άγει και το φωτοτρανζίστορ, με αποτέλεσμα το σημείο B να βρίσκεται στο δυναμικό της γείωσης αφού η τάση κορεσμού συλλέκτη-εκπομπού είναι σχεδόν μηδέν. Άρα το n-channel MOSFET είναι OFF.

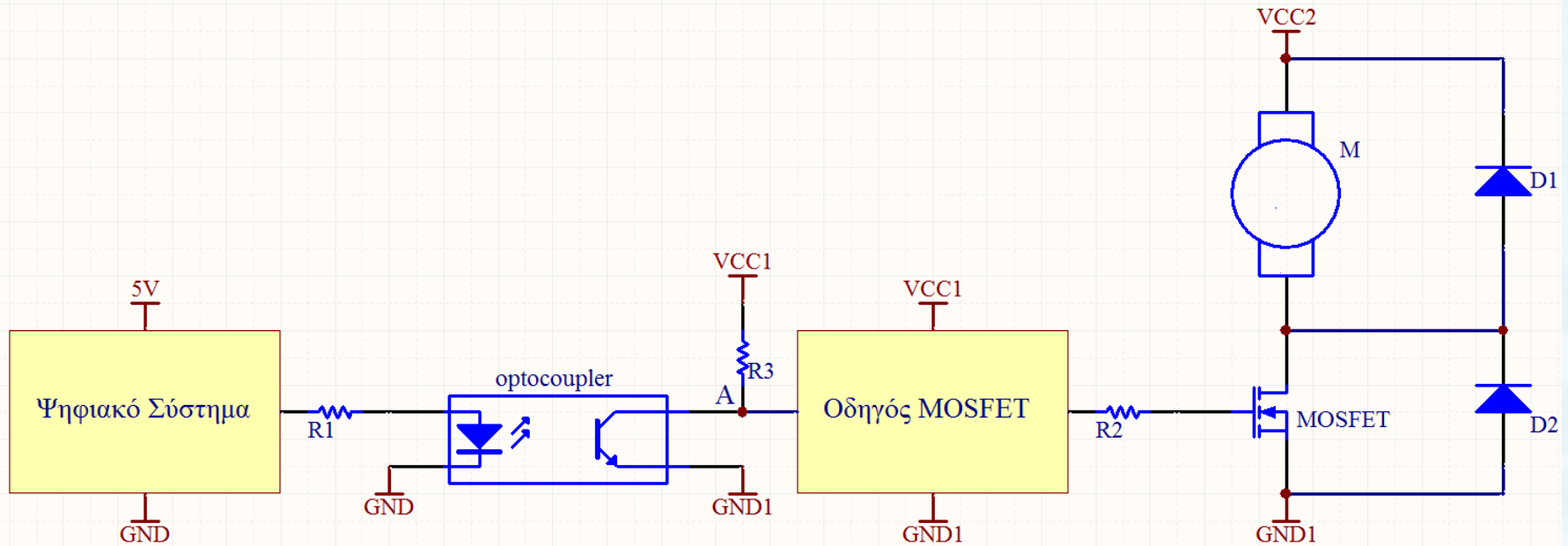
Κατά τη διάρκεια της κατάστασης OFF της κυματομορφής οδήγησης, η δίοδος δεν διαρρέεται από ρεύμα οπότε δεν άγει το φωτοτρανζίστορ (αφού θα βρίσκεται στην περιοχή αποκοπής) με αποτέλεσμα το σημείο B να βρίσκεται στο δυναμικό της τροφοδοσίας καθώς η αντίσταση εισόδου του MOSFET που βλέπει το φωτοτρανζίστορ είναι πολύ μεγάλη. Επομένως το MOSFET θα βρίσκεται στην κατάσταση ON και ο κινητήρας θα λειτουργεί.

Το πλεονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας είναι ότι υπάρχει γαλβανική απομόνωση του ψηφιακού κυκλώματος με το κύκλωμα ισχύος.

ΟΔΗΓΗΣΗ
ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ
ΜΕ MOSFET
ΚΑΙ
ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ –
ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ



ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET, ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ ΚΑΙ ΟΔΗΓΟ MOSFET



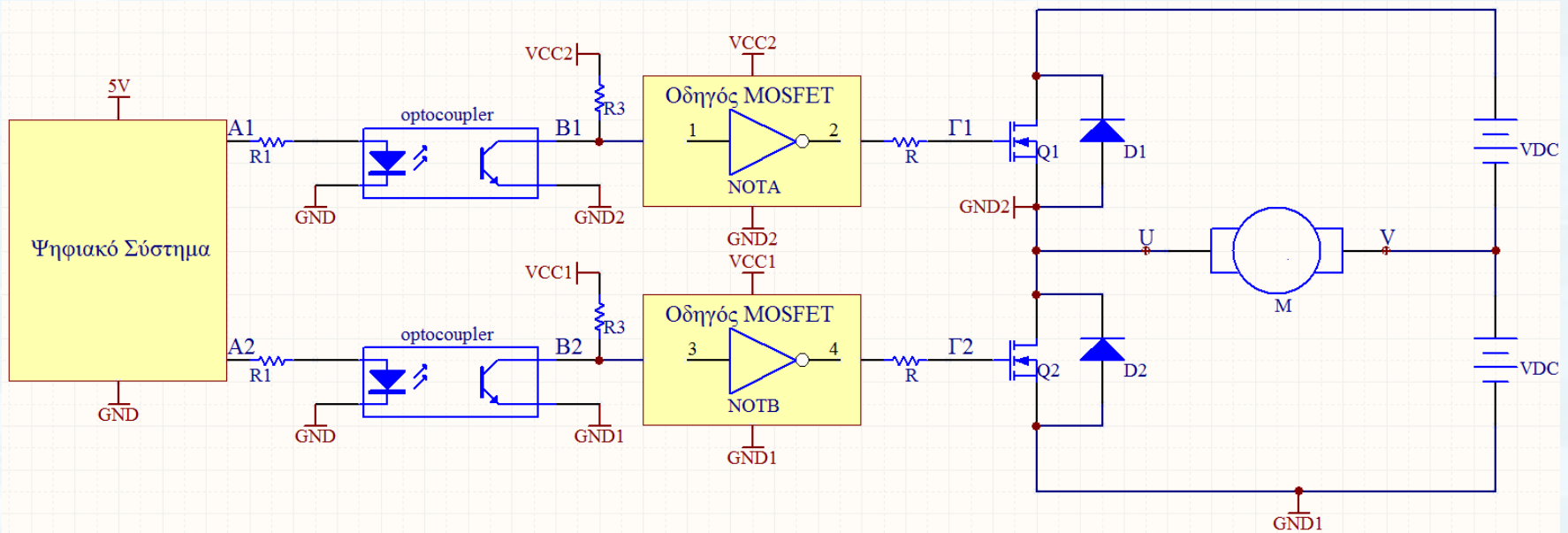
ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕ MOSFET, ΟΠΤΟΖΕΥΚΤΗ ΚΑΙ ΟΔΗΓΟ MOSFET

Η λογική ελέγχου εδώ εξαρτάται από το αν ο οδηγός MOSFET αντιστρέψει ή όχι το σήμα εισόδου.

Αποτελεί την ενδεδειγμένη επιλογή για την οδήγηση και έλεγχο ταχύτητας κινητήρα σε μία κατεύθυνση περιστροφής.

Το μειονέκτημα είναι ότι για το κύκλωμα αυτό χρειάζονται πολλές τροφοδοσίες.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΜΙΓΕΦΥΡΑΣ



Όταν εφαρμόσουμε σε έναν DC κινητήρα την τροφοδοσία ισχύος με αντίστροφη πολικότητα τότε αυτός θα περιστρέφεται με αντίθετη φορά.

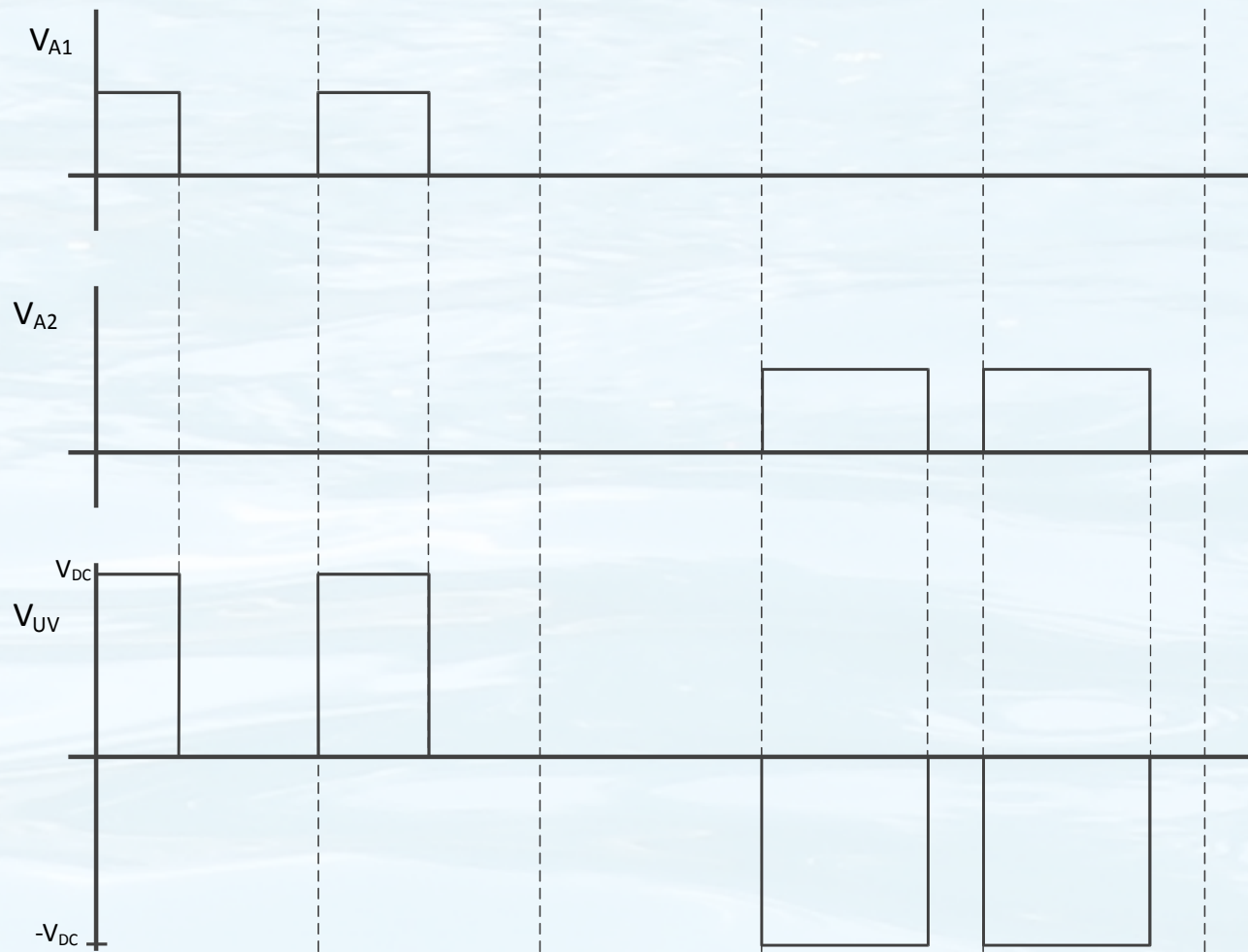
Στη συνδεσμολογία ημιγέφυρας μπορούμε να ελέγξουμε την ταχύτητα αλλά και τη φορά περιστροφής ενός DC κινητήρα.

Ο έλεγχος γίνεται με PWM και για την παλμοδότηση υπεύθυνο είναι το ψηφιακό σύστημα.

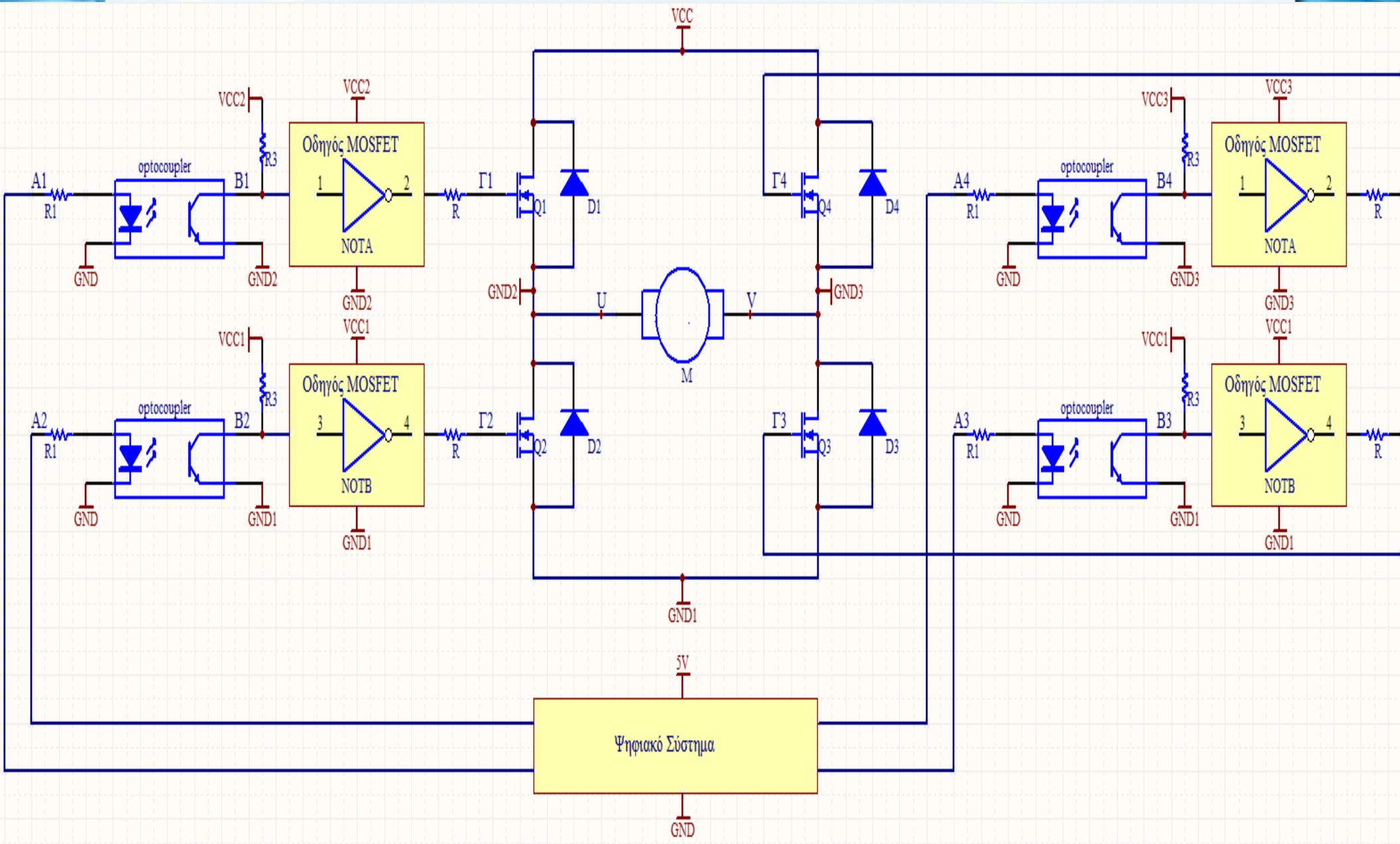
Τα MOSFET Q1, Q2 δεν είναι ποτέ και τα δύο στην κατάσταση ON.

Όταν το Q1 είναι ON τότε το Q2 θα είναι οπωσδήποτε OFF και το αντίστροφο.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΜΙΓΕΦΥΡΑΣ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ



ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ



ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Αποτελεί την πιο ενδεδειγμένη λύση στην τροφοδοσία DC κινητήρων στην περίπτωση που θέλουμε ελεγχόμενη ταχύτητα περιστροφής και προς τις δύο κατευθύνσεις αλλά και γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στο ψηφιακό κύκλωμα ελέγχου (κύκλωμα μικροελεγκτή) και στο κύκλωμα ισχύος.

Τα MOSFET Q1 και Q2 ποτέ δεν μπορεί να είναι και τα δύο ON, όπως ποτέ δεν μπορεί να είναι ON τα Q3 και Q4, διαφορετικά θα είχαμε βραχυκύκλωμα.

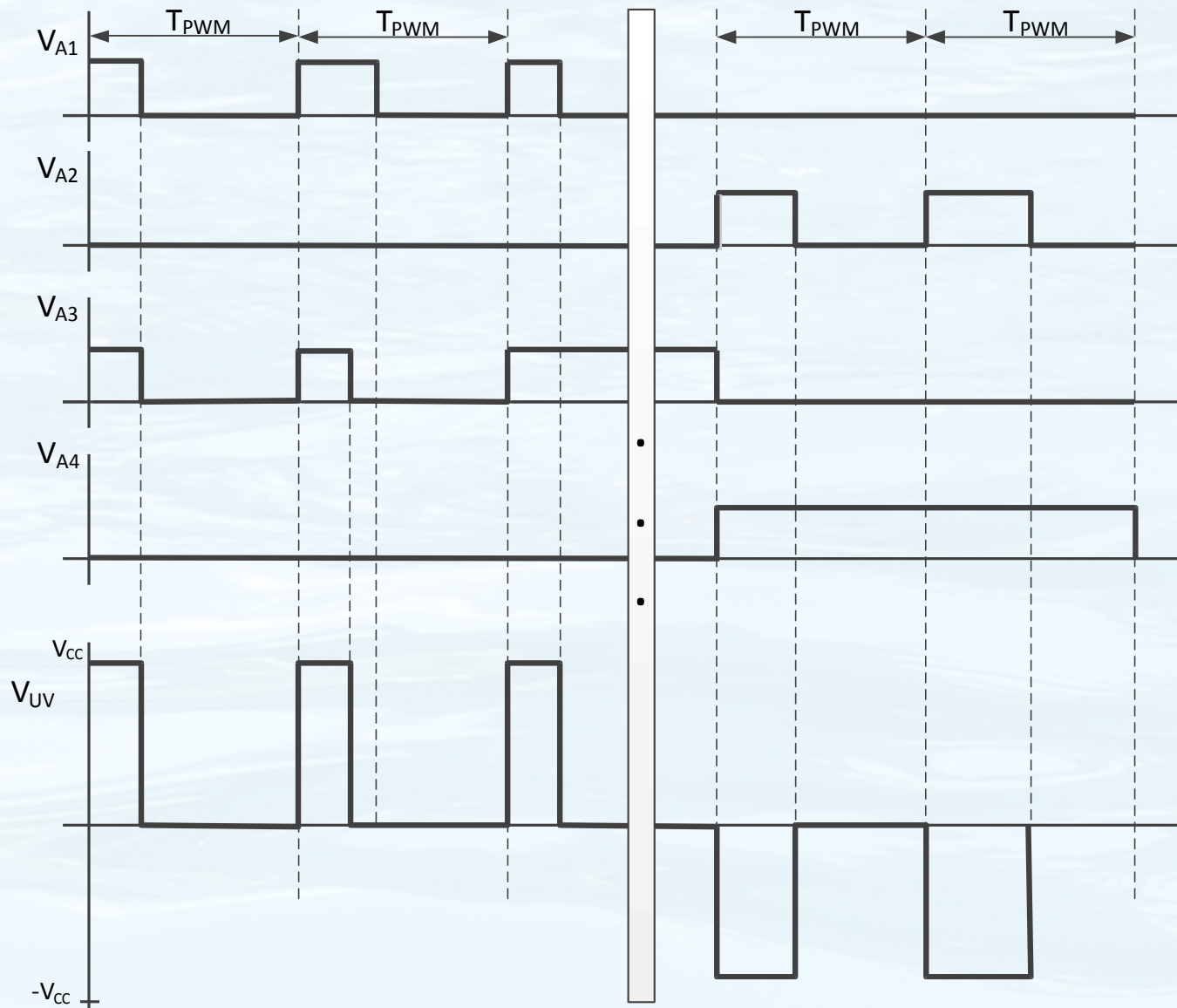
Για περιστροφή προς τη μία φορά κίνησης πρέπει να είναι ON τα MOSFET Q1 και Q3.

Για περιστροφή προς την αντίθετη φορά κίνησης πρέπει να είναι ON τα MOSFET Q2 και Q4.

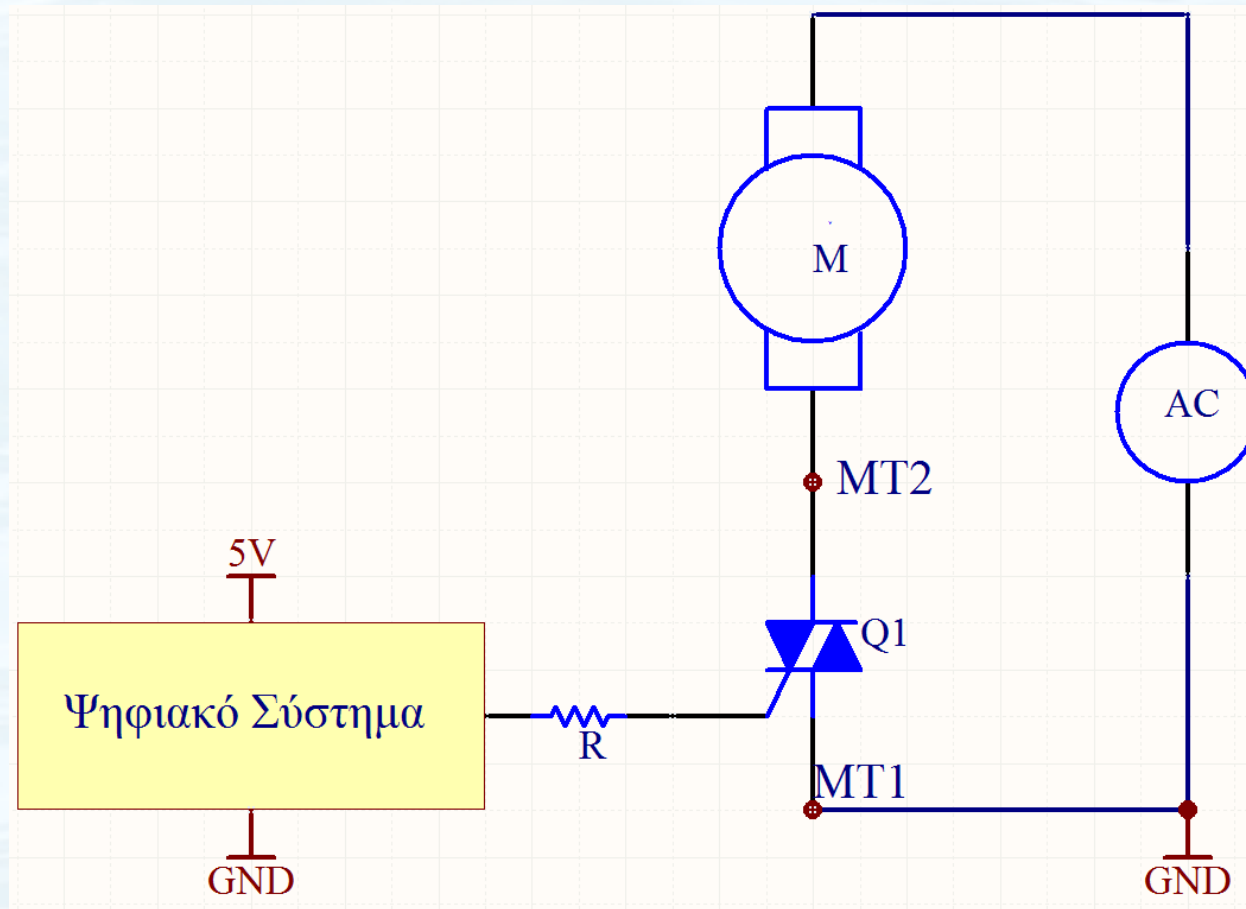
Η συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας χρησιμοποιείται και για την οδήγηση AC κινητήρων με την κατάλληλη παλμοδότηση και φιλτράρισμα στην έξοδο.

Μειονέκτημα αποτελεί η ανάγκη πολλών ανεξάρτητων τροφοδοσιών.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ



ΟΔΗΓΗΣΗ AC ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕ TRIAC



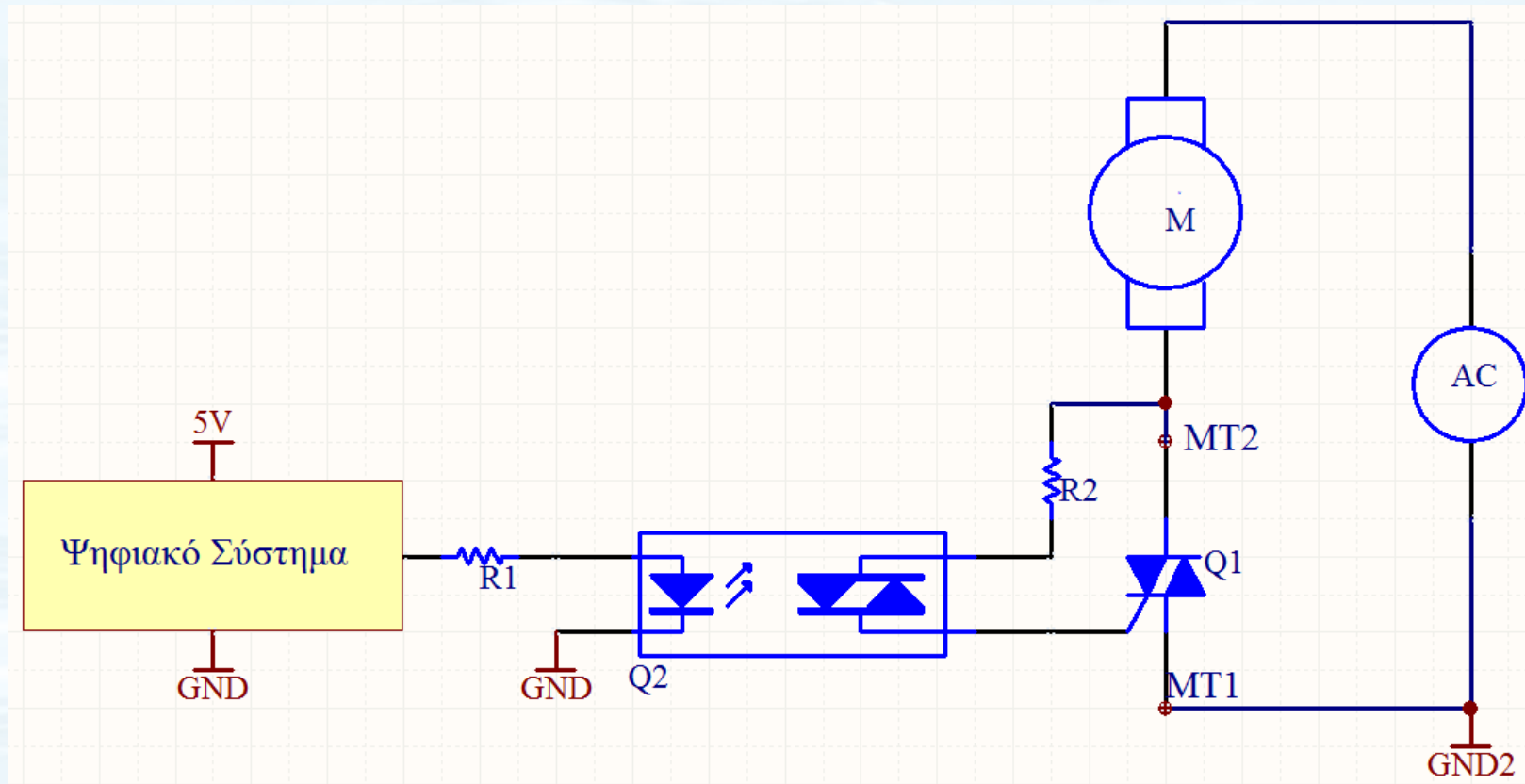
ΟΔΗΓΗΣΗ AC ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕ TRIAC

Το ψηφιακό σύστημα πρέπει να δίνει παλμούς σκανδαλισμού στο TRIAC συγχρονισμένα με τον κύκλο της AC τάσης τροφοδοσίας.

Για τον έλεγχο ισχύος από 0% έως 100% θα πρέπει το ψηφιακό σύστημα να παράγει και αρνητικούς παλμούς διαφορετικά πάνω στο φορτίο θα έχουμε από 0% έως 50% της τροφοδοσίας ισχύος.

Το μειονέκτημα της συνδεσμολογίας είναι η κοινή γείωση ανάμεσα στο κύκλωμα ισχύος και στο ψηφιακό κύκλωμα.

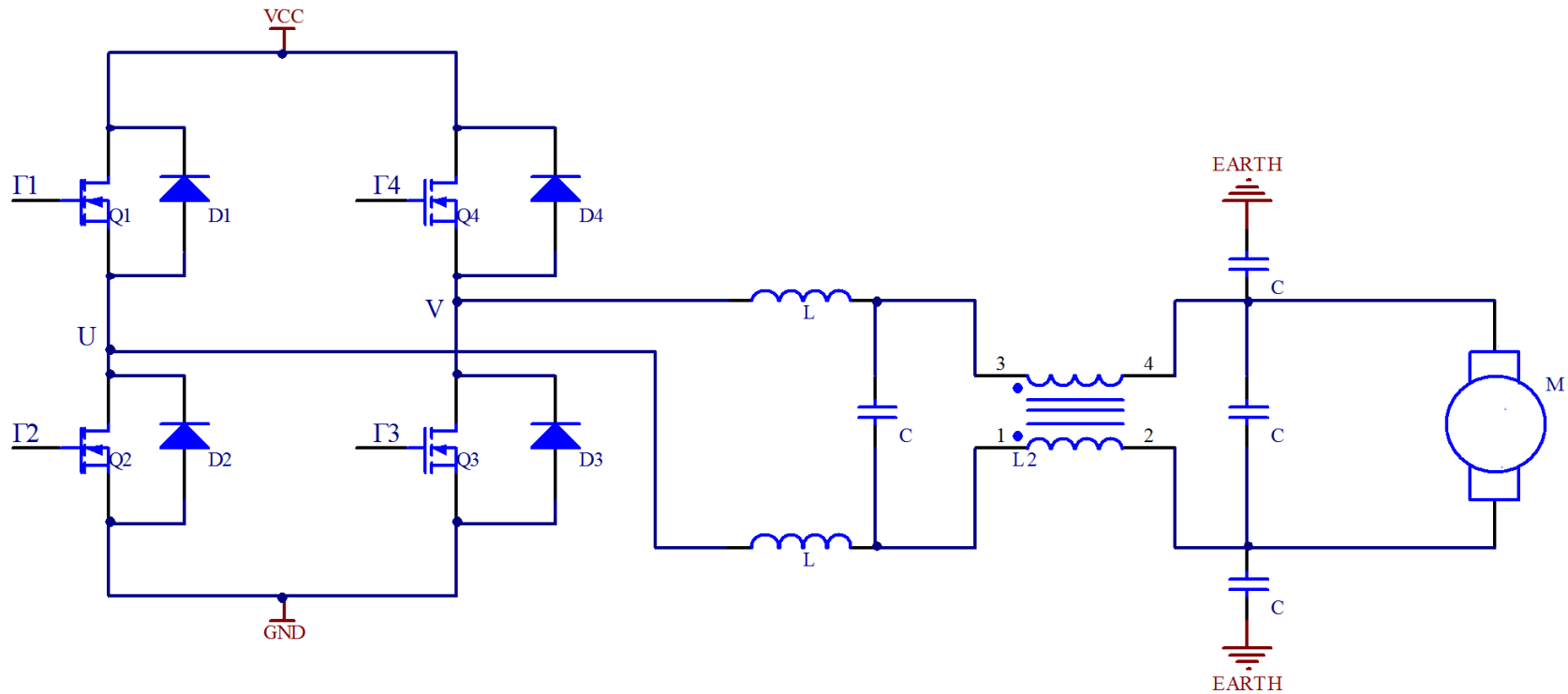
ΟΔΗΓΗΣΗ ΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕ ΟΡΤΟ-ΤΡΙΑΚ



ΟΔΗΓΗΣΗ ΑC ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕ ΟΡΤΟ-ΤΡΙΑC

Το ψηφιακό σύστημα πρέπει να δίνει παλμούς σκανδαλισμού στο ορτο-ΤΡΙΑC συγχρονισμένα με τον κύκλο της ΑC τάσης τροφοδοσίας. Επιτυγχάνεται έλεγχος ισχύος από 0% έως 100%. Στη συγκεκριμένη συνδεσμολογία δεν υπάρχει πρόβλημα κοινής γείωσης ανάμεσα στο κύκλωμα ισχύος και στο ψηφιακό σύστημα.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ INVERTER



ΟΔΗΓΗΣΗ ΑC ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ INVERTER

Μια επιλογή για την παλμοδότηση των MOSFET είναι με την τεχνική ημιτονοειδούς διαμόρφωσης εύρους παλμών (SPWM).

Δημιουργούμε δύο κυματομορφές ημιτόνου με διαφορά φάσης 180° .

Δημιουργούμε μία τριγωνική κυματομορφή αναφοράς με συχνότητα πολλαπλάσια της συχνότητας του ημιτόνου.

Από τη σύγκριση της μίας κυματομορφής ημιτόνου και της τριγωνικής κυματομορφής οδηγούμε το MOSFET Q1. Από τη σύγκριση της δεύτερης κυματομορφής ημιτόνου και της τριγωνικής κυματομορφής οδηγούμε το MOSFET Q4. Επιπλέον στο Q2 οδηγείται το αντίστροφο σήμα από αυτό που οδηγείται στο Q1 και στο Q3 οδηγείται το αντίστροφο σήμα από αυτό που οδηγείται στο Q4.

Θετικούς παλμούς στην έξοδο της γέφυρας έχουμε όταν είναι ON ταυτόχρονα τα Q1 και Q3. Αρνητικούς παλμούς έχουμε όταν είναι ON ταυτόχρονα τα Q2 και Q4.

Στην έξοδο της γέφυρας συνδέεται χαμηλοπερατό φίλτρο για την απομάκρυνση υψηλότερων αρμονικών πλην της βασικής καθώς και για την εξάλειψη θορύβου που προέρχεται από τις εναλλαγές κατά την παλμοδότηση (switching).

ΟΔΗΓΗΣΗ ΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ INVERTER

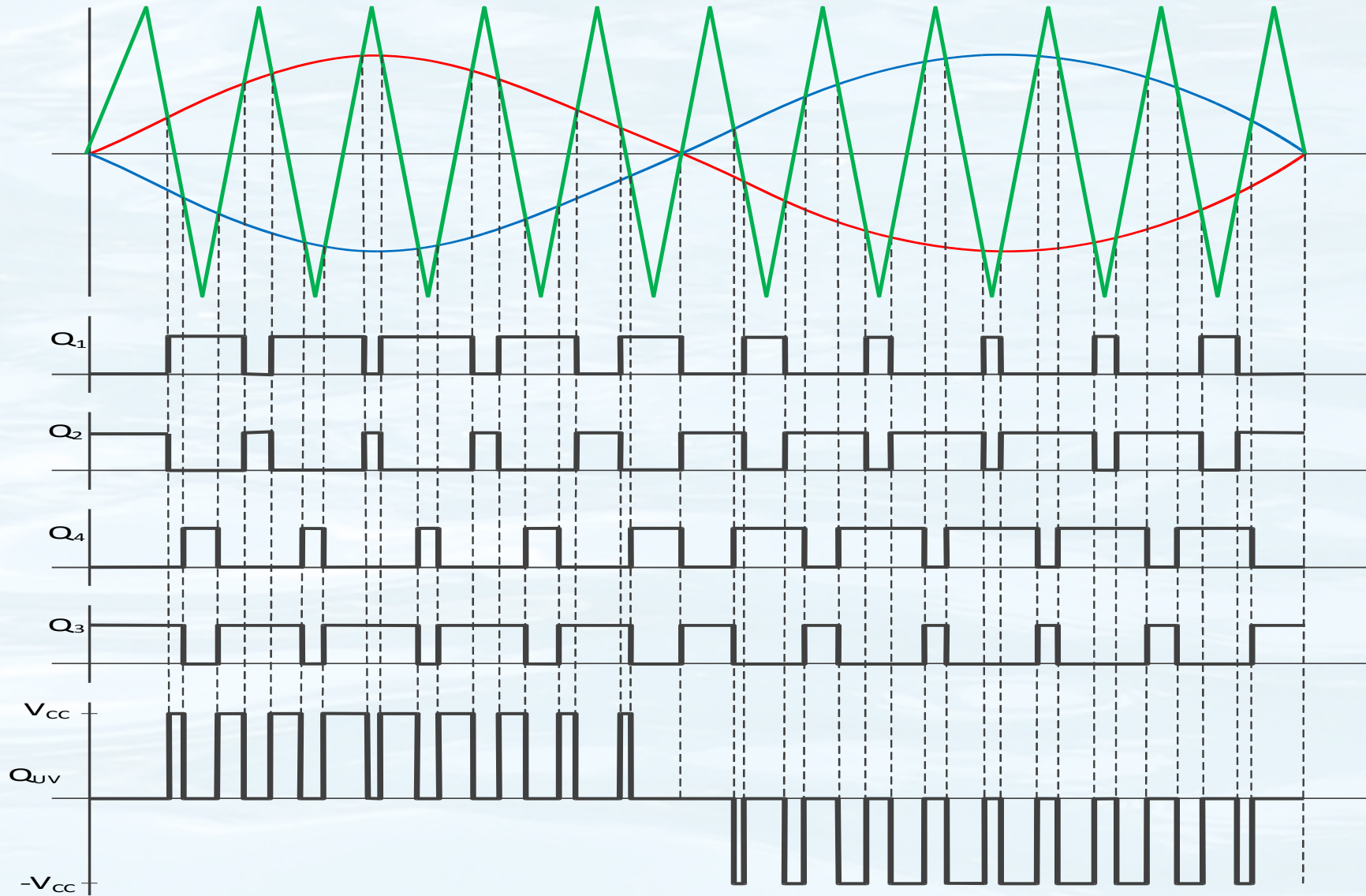
Αποδεικνύεται ότι το σήμα εξόδου έχει βασική αρμονική στη συχνότητα του ημιτόνου ενώ η πρώτη ανώτερη αρμονική βρίσκεται στη συχνότητα της τριγωνικής κυματομορφής. Οι επόμενες αρμονικές είναι πολλαπλάσια της συχνότητας του τριγώνου. Επιλέγοντας μια αρκετά μεγαλύτερη συχνότητα για την κυματομορφή αναφοράς του τριγώνου η πρώτη ανώτερη αρμονική θα βρίσκεται αρκετά ψηλότερα από τη βασική οπότε έχουμε τη δυνατότητα να φτιάξουμε φίλτρα με μεγαλύτερη συχνότητα αποκοπής που σημαίνει ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μικρότερα πηνία και πυκνωτές για την κατασκευή αυτών των φίλτρων.

Το πλάτος της συχνότητας του ημιτόνου είναι ανάλογο του εύρους των παλμών στο SPWM ενώ το πλάτος του τριγώνου είναι αντιστρόφως ανάλογο. Όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος του ημιτόνου και όσο πιο μικρό το πλάτος του τριγώνου τόσο μεγαλύτερη είναι η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου που προκύπτει μετά τα φίλτρα.

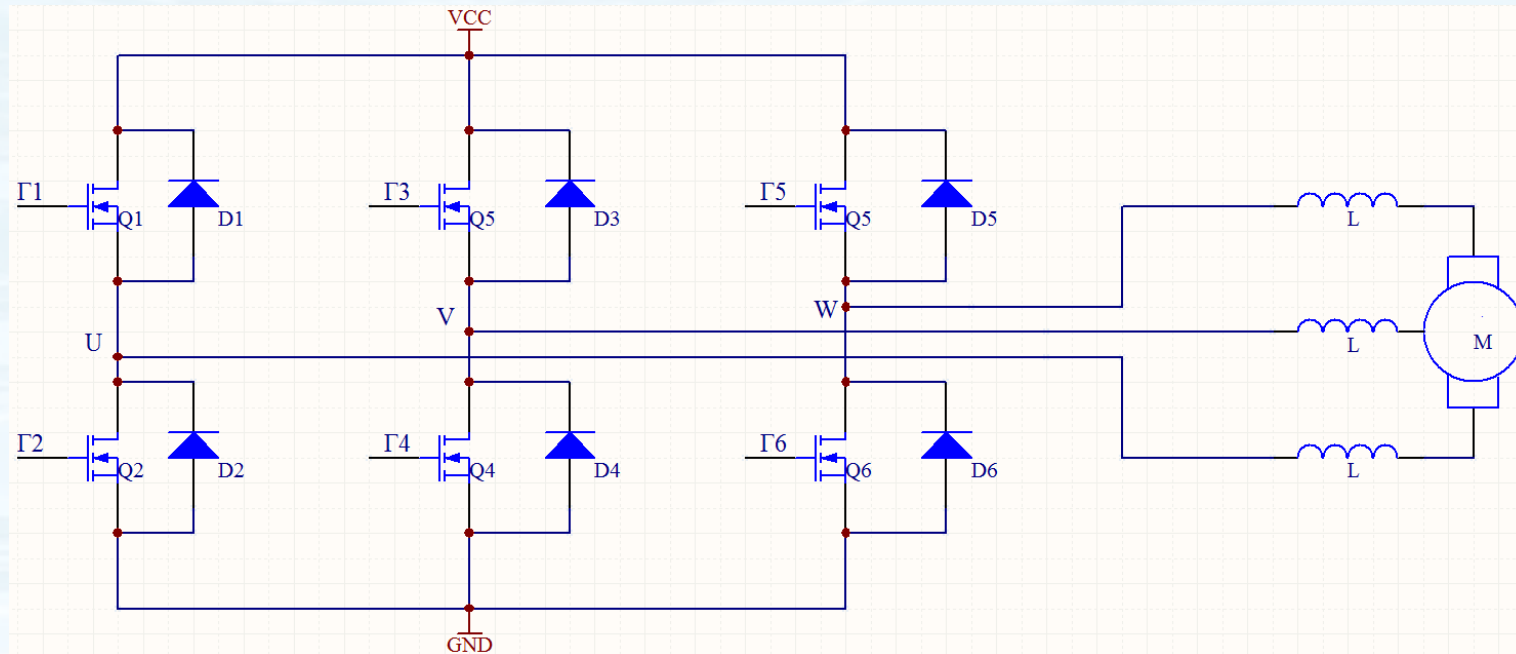
Γενικά ο λόγος του πλάτους του ημιτόνου προς το πλάτος του τριγώνου αποτελεί τη μεταβλητή που καθορίζει την τάση εξόδου.

Ο πιο συνήθης τρόπος καθορισμού της ταχύτητας του κινητήρα είναι μεταβάλλοντας τη συχνότητα του ημιτόνου.

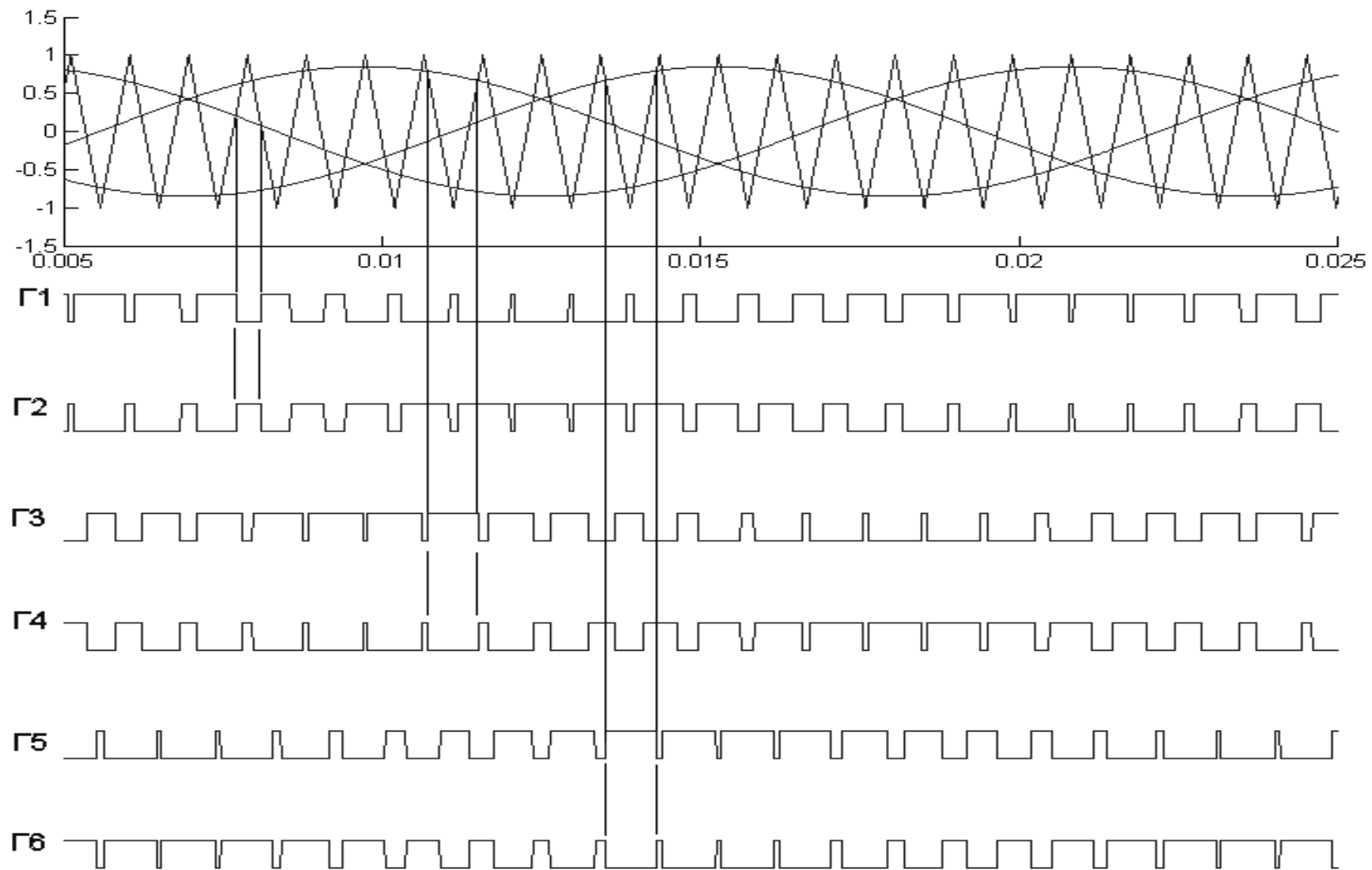
ΟΔΗΓΗΣΗ ΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ INVERTER



ΟΔΗΓΗΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

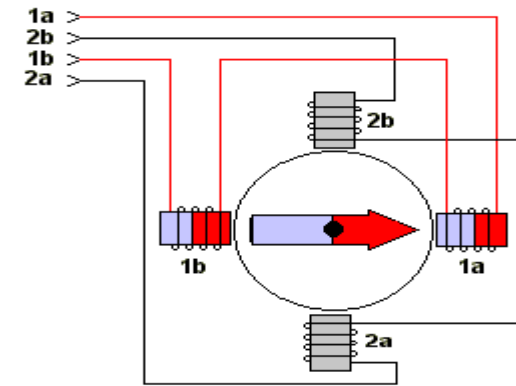


ΟΔΗΓΗΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΑC ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

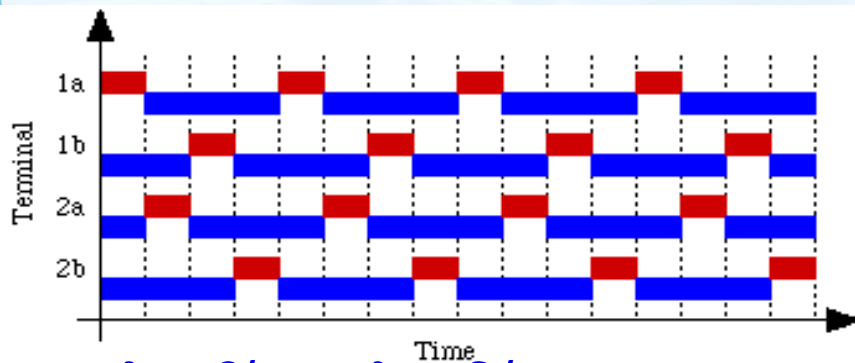


ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

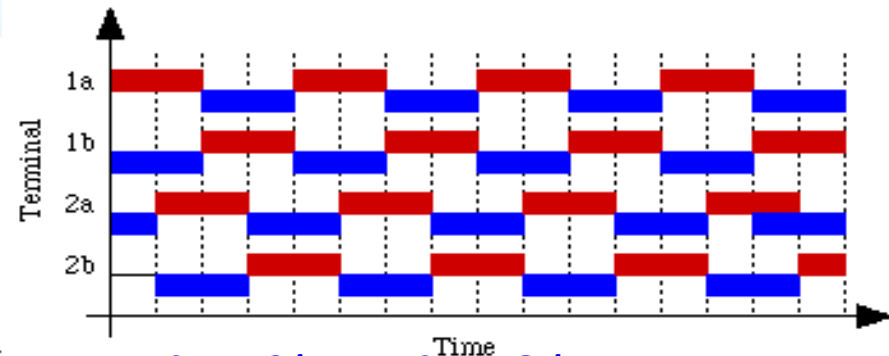
Οι βηματικοί κινητήρες διαφέρουν στην παλμοδότηση και την κατασκευή τους από τους DC. Μπορούν να περιστρέφονται σε βήματα (γωνίες). Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορεί να προσδιορίζεται η θέση τους με μεγάλη ακρίβεια χωρίς τη χρήση κυκλωμάτων ανάδρασης. Η ταχύτητά τους εξαρτάται από τη συχνότητα της παλμοδότησης.



Conceptual Model of Bipolar Stepper Motor



Ακολουθία παλμοδότησης τυλιγμάτων με τη χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος αλλά με τη μισή ροπή.



Ακολουθία παλμοδότησης τυλιγμάτων με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος αλλά με την πλήρη ροπή.

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ BRUSHLESS

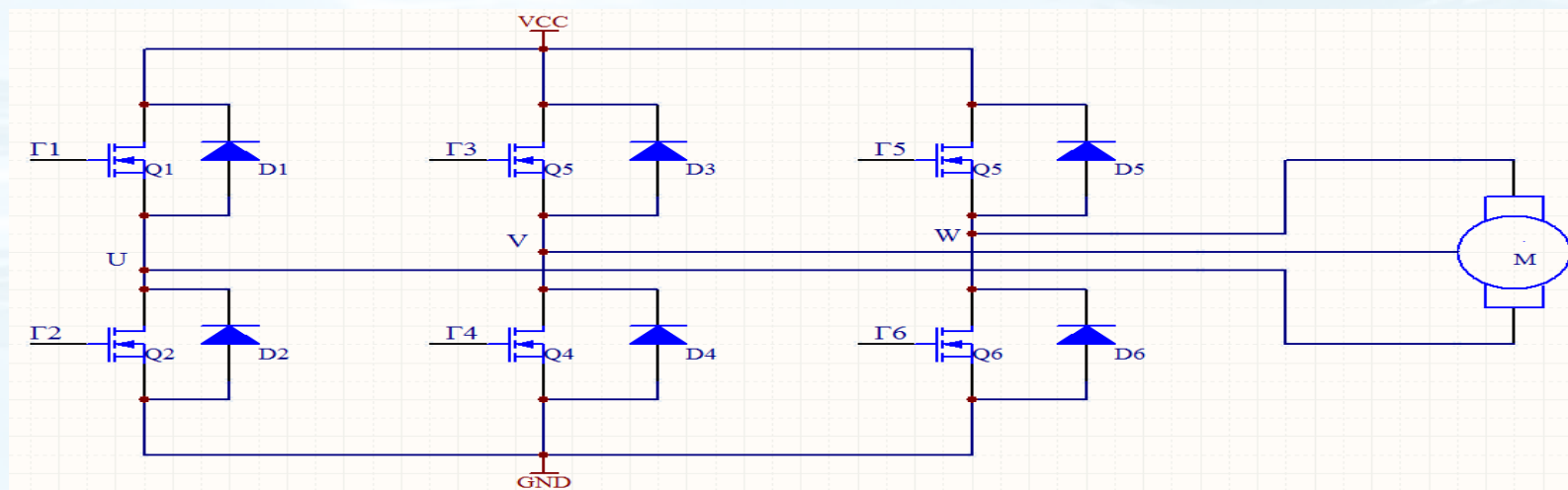
Οι κινητήρες brushless έχουν ρότορα από μόνιμο μαγνήτη και τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται απευθείας πάνω στα ηλεκτρονικά ελέγχου χωρίς την ύπαρξη μηχανικών μερών μεταγωγής.

Συνεπώς για την οδήγησή τους η μεταγωγή της πολικότητας στα τυλίγματα του στάτη είναι ευθύνη των ηλεκτρονικών.

Στα πλεονεκτήματα λόγω της κατασκευής τους αναφέρεται η απουσία αιχμών και σπινθήρων.

Μειονέκτημα αποτελεί η χρήση ειδικών διατάξεων για την οδήγησή τους σε σχέση με τους απλούς DC κινητήρες.

Η οδήγησή τους γίνεται με τη χρήση γέφυρας τριών φάσεων.



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ: ΟΡΙΣΜΟΣ:

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ρομποτικής της Αμερικής, ρομπότ είναι ένας αναπρογραμματιζόμενος και πολυλειτουργικός χωρικός μηχανισμός σχεδιασμένος να μετακινεί υλικά, αντικείμενα, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές με κατάλληλες μεταβλητά προγραμματιζόμενες κινήσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της απόδοσης μιας σειράς εργασιών.

Ένα ρομπότ διαθέτει:

- αισθητήρες για την απόκτηση πληροφορίας από το εξωτερικό περιβάλλον ή σε σχέση με την εσωτερική κατάσταση
- δυνατότητες επεξεργασίας, αντίληψη, συλλογισμός, λήψη αποφάσεων, σχεδιασμός δράσης
- ενεργοποιητές (actuators), για την εκτέλεση κάποιας εργασίας στο περιβάλλον

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ακρίβεια
- Επαναληψιμότητα
- Η απόδοση των ρομπότ είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό των επαναλήψεων εκτέλεσης μιας εργασίας
- Μείωση κόστους
- Αύξηση της παραγωγικότητας
- Απαλλαγή ανθρώπου από επικίνδυνες και ανθυγιεινές εργασίες

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Σε εργασίες που απαιτούν νοημοσύνη
- Σε εργασίες που εκτελούνται σε αβέβαιο περιβάλλον
- Μείωση θέσεων εργασίας σε ανιδείκευτο και χαμηλά ειδικευόμενο προσωπικό που δεν αντισταθμίζεται από την δημιουργία νέων θέσεων

Βάση του ρομποτικού βραχίονα ονομάζεται το τμήμα του ρομποτικού βραχίονα που είναι στερεωμένο στο έδαφος ή γενικά στο περιβάλλον εργασίας του ρομπότ. Στη βάση είναι συνδεδεμένη αλυσίδα αρθρώσεων-συνδέσμων που καταλήγει στο εργαλείο τελικής δράσης.

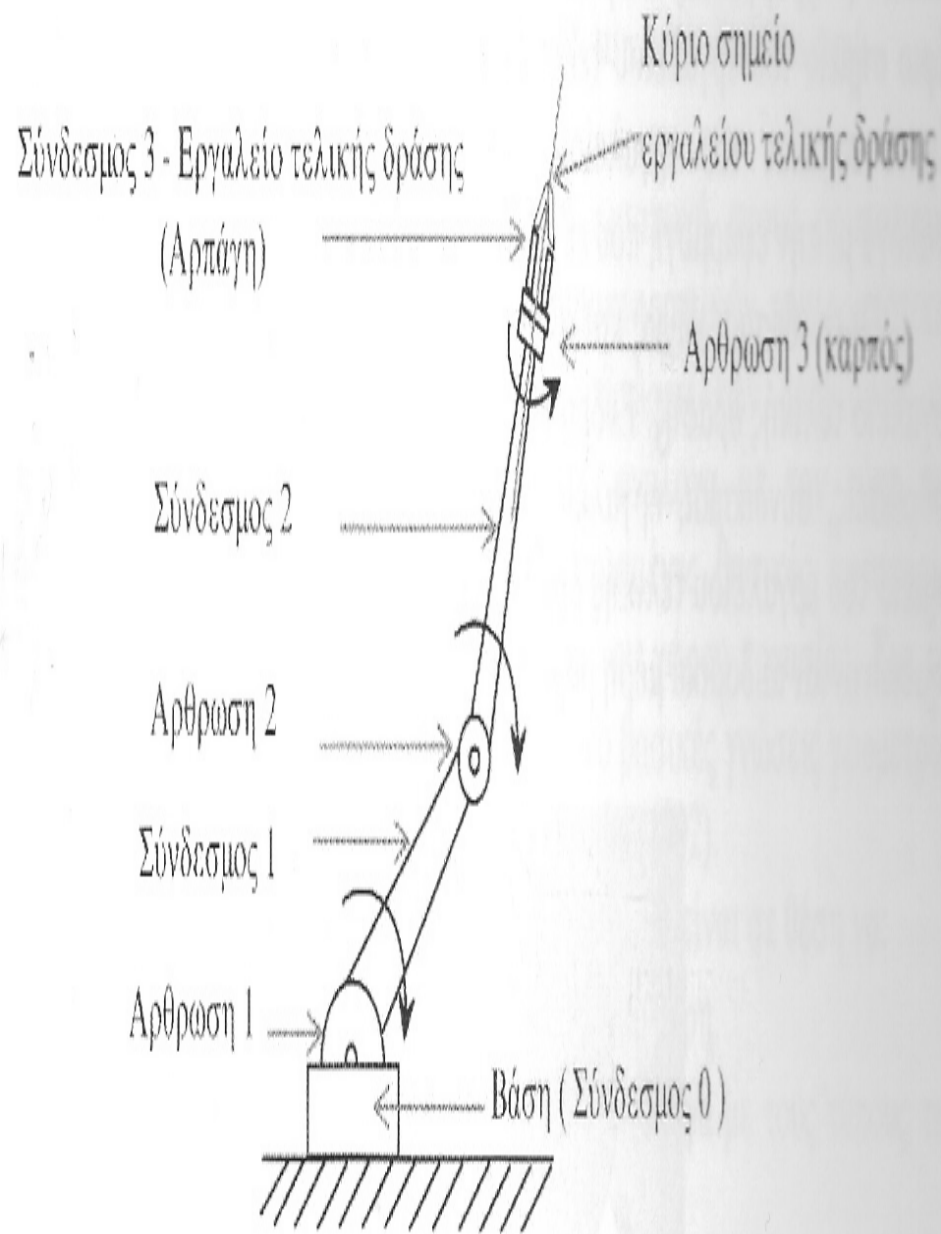
Οι σύνδεσμοι είναι στερεά σώματα που αποτελούν το σκελετό του ρομπότ.

Οι αρθρώσεις είναι μηχανισμοί που επιτρέπουν τη σχετική κίνηση μεταξύ των συνδέσμων.

Εργαλείο τελικής δράσης είναι το εργαλείο με το οποίο ο ρομποτικός βραχίονας εκτελεί εργασίες (ηλεκτροσυγκολλητές, κατσαβίδια, ραντιστές μπογιάς, **αρπάγη**).

Κύριο σημείο του εργαλείου τελικής δράσης ονομάζεται το σημείο του οποίου η θέση είναι σημαντική για την αποτελεσματική εκτέλεση της εργασίας του ρομποτικού βραχίονα (π.χ η μύτη σε ένα κατσαβίδι, το σημείο ένωσης των σημείων μιας αρπάγης).

Το σύνολο των ανεξαρτήτων μεταβλητών με βάση τις οποίες περιγράφεται πλήρως η θέση των υλικών σημείων του συστήματος αποτελεί τους **βαθμούς ελευθερίας** του συστήματος.



Σχήμα 2.1: Ρομποτικός βραχίονας



ΕΙΔΗ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ:

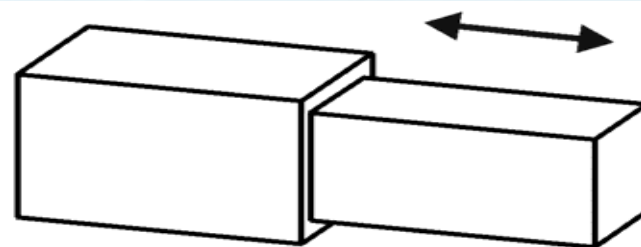
- Η περιστροφική άρθρωση είναι άρθρωση που επιτρέπει σχετική στροφή μεταξύ δύο γειτονικών συνδέσμων. Δίνει ένα βαθμό ελευθερίας αφήνοντας το σώμα να περιστραφεί σε ένα επίπεδο και αποκόπτει κάθε άλλη δυνατότητα κίνησης.
- Η πρισματική (ή τηλεσκοπική) άρθρωση είναι άρθρωση που επιτρέπει σχετική μετατόπιση (σε ευθεία γραμμή) μεταξύ δύο γειτονικών συνδέσμων. Δίνει και αυτή ένα βαθμό ελευθερίας αφήνοντας το σώμα να μετατοπίζεται στη διεύθυνση ενός από τους άξονες, και αποκόπτει κάθε άλλη δυνατότητα κίνησης.
- Σύνθετες αρθρώσεις είναι αυτές που αναλύονται γεωμετρικά σε υπέρθεση δύο ή περισσότερων από τις βασικές αρθρώσεις (στροφική και πρισματική).

ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ:

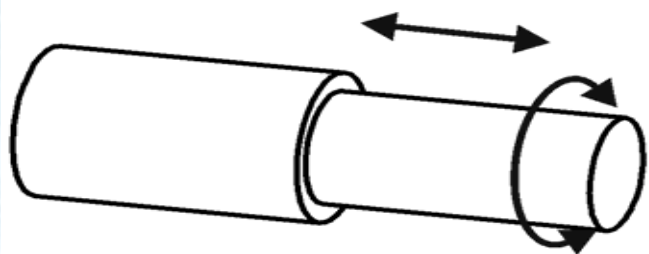
- Η κυλινδρική άρθρωση δίνει δύο βαθμούς ελευθερίας αφήνοντας μία μεταφορική κίνηση στη διεύθυνση ενός άξονα και μία περιστροφική γύρω από τον άξονα αυτό.
- Η άρθρωση της κύλισης δίνει και αυτή δύο βαθμούς ελευθερίας, δηλαδή μία μεταφορική και μία περιστροφική κίνηση, αλλά σε αυτή την περίπτωση ο άξονας της περιστροφικής κίνησης είναι κάθετος στη διεύθυνση του άξονα που πραγματοποιείται η μεταφορική κίνηση.
- Η ελεύθερη άρθρωση δίνει δύο βαθμούς ελευθερίας αφήνοντας δύο περιστροφικές κινήσεις και εμποδίζοντας όλες τις υπόλοιπες
- Η σφαιρική άρθρωση δίνει τρεις βαθμούς ελευθερίας αφήνοντας και τις τρεις περιστροφικές κινήσεις ελεύθερες και εμποδίζοντας όλες τις μεταφορικές.



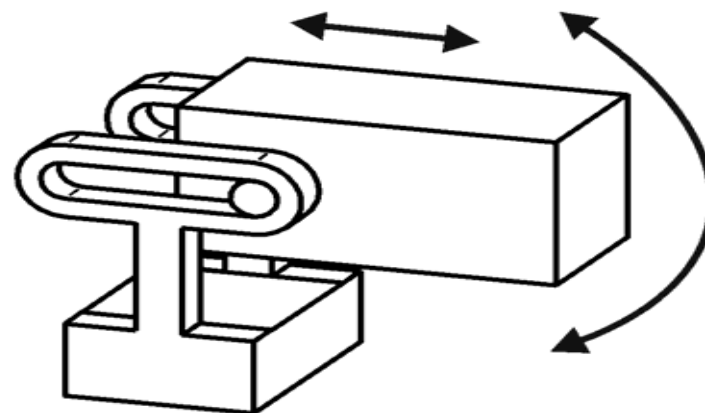
α) περιστροφική



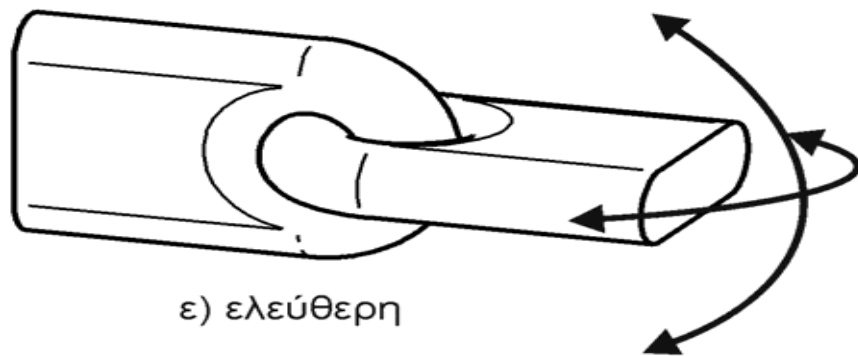
β) τηλεσκοπική



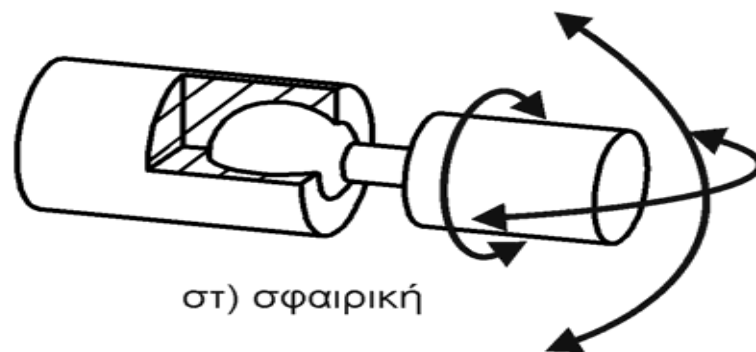
γ) κυλινδρική



δ) κύλιση



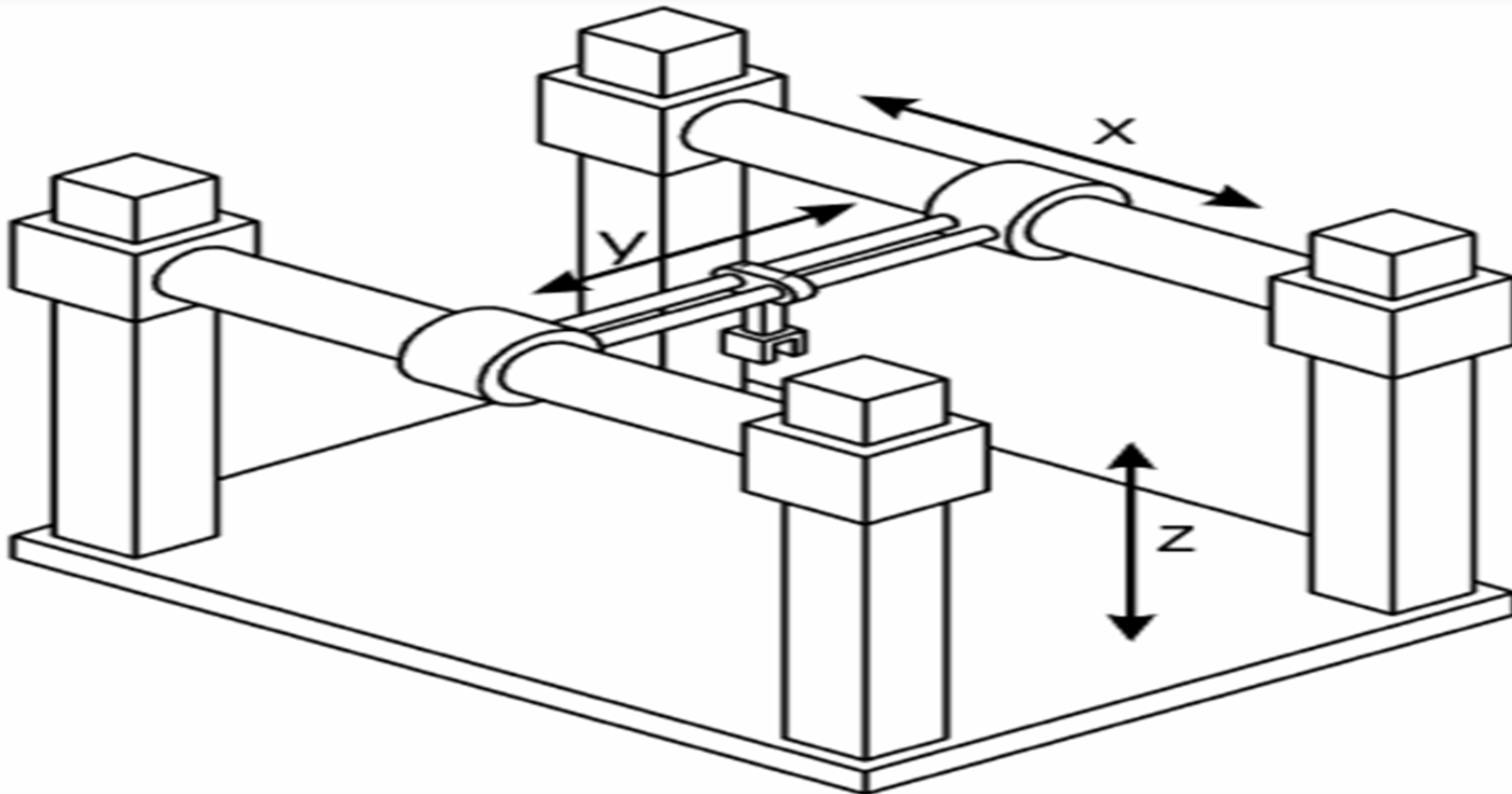
ε) ελεύθερη



στ) σφαιρική

Ταξινόμηση ρομπότ ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων

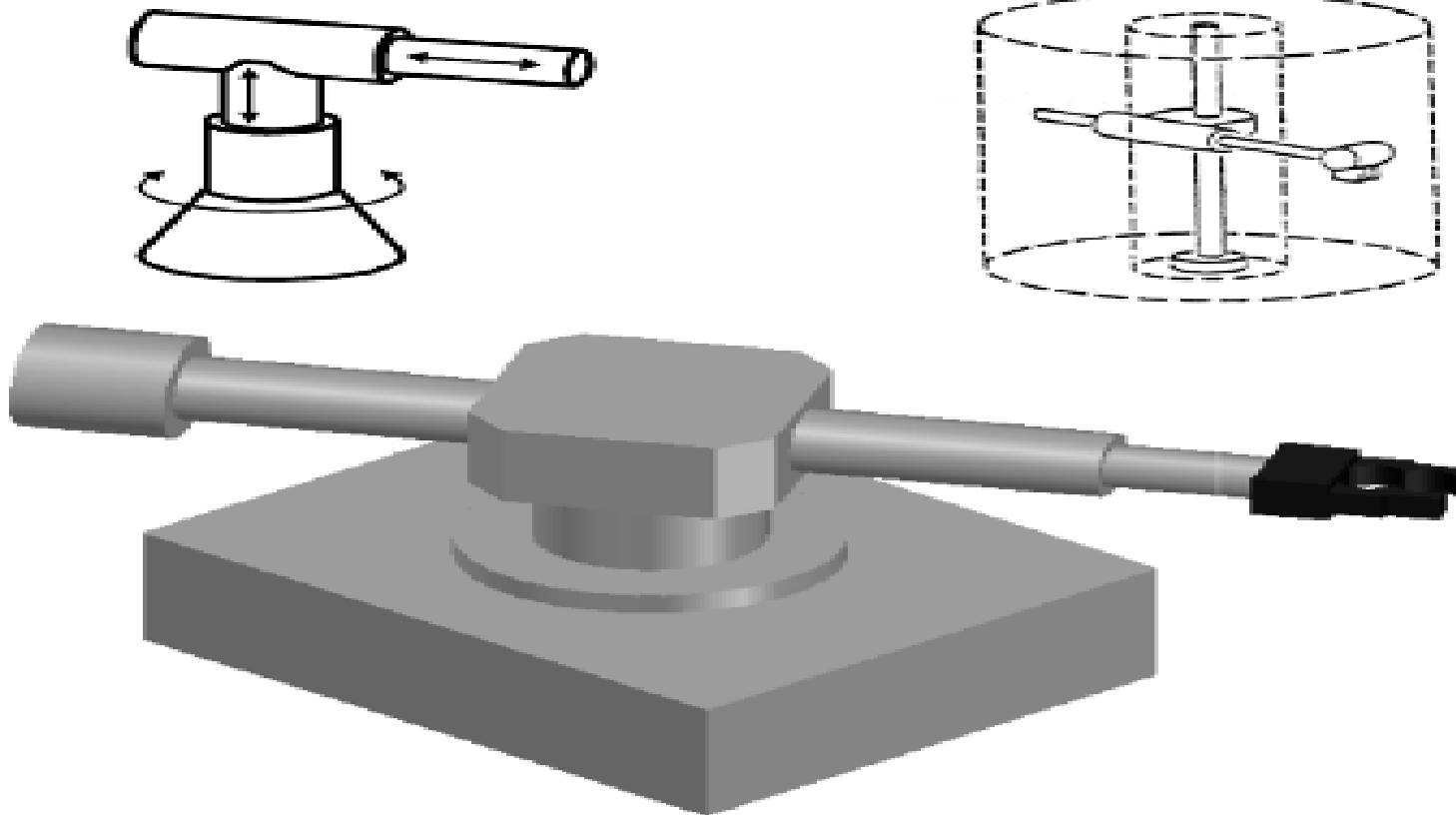
- Καρτεσιανά με τρεις γραμμικούς άξονες
- Κυλινδρικά με δυο γραμμικούς και ένα στροφικό άξονα
- Σφαιρικά με ένα γραμμικό και δυο στροφικούς άξονες
- Αρθρωτά με τρεις στροφικούς άξονες



Καρτεσιανός χώρος εργασίας

Ταξινόμηση ρομπότ ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων

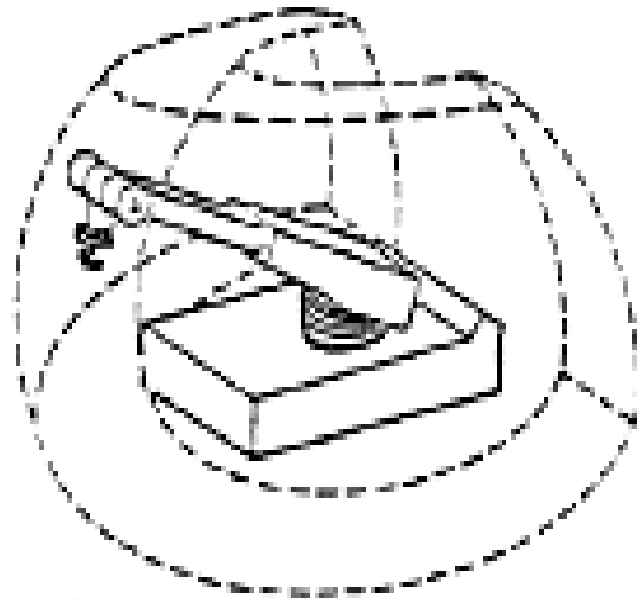
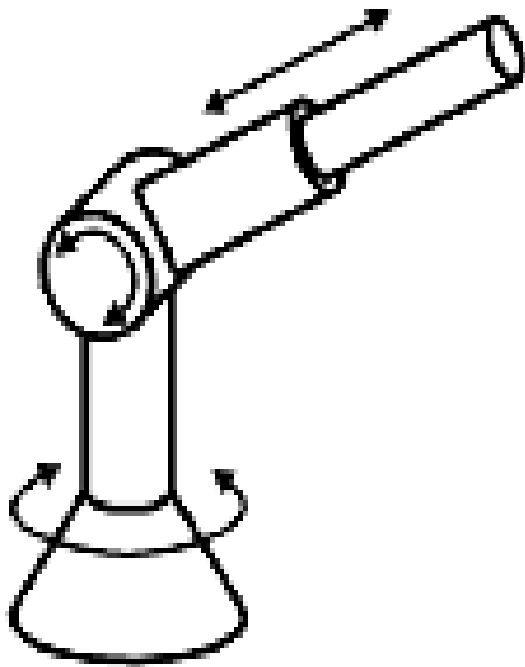
- Καρτεσιανά με τρεις γραμμικούς άξονες
- Κυλινδρικά με δυο γραμμικούς και ένα στροφικό άξονα
- Σφαιρικά με ένα γραμμικό και δυο στροφικούς άξονες
- Αρθρωτά με τρεις στροφικούς άξονες



Κυλινδρικός χώρος εργασίας

Ταξινόμηση ρομπότ ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων

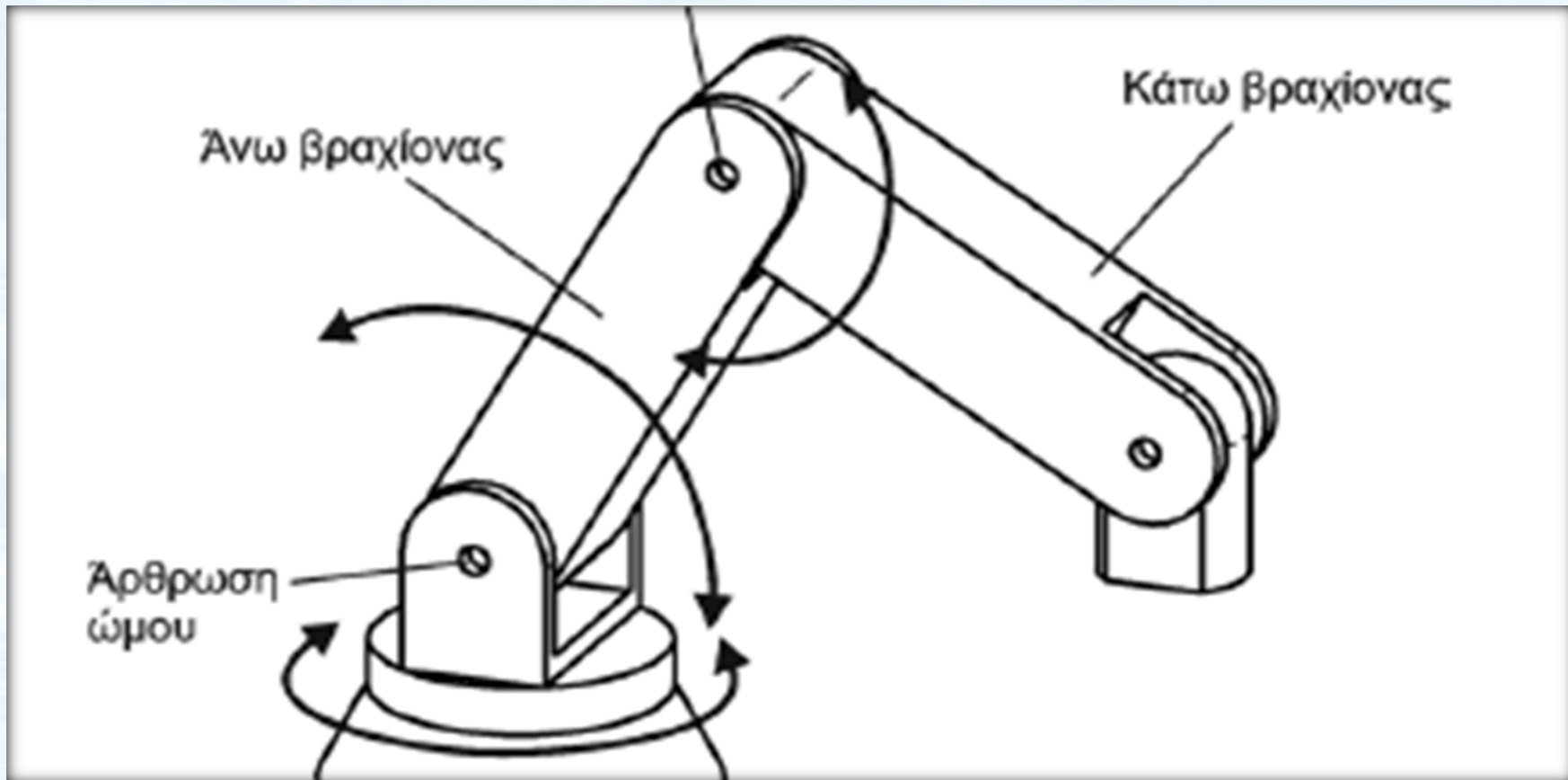
- Καρτεσιανά με τρεις γραμμικούς άξονες
- Κυλινδρικά με δυο γραμμικούς και ένα στροφικό άξονα
- Σφαιρικά με ένα γραμμικό και δυο στροφικούς άξονες
- Αρθρωτά με τρεις στροφικούς άξονες



Σφαιρικός χώρος εργασίας

Ταξινόμηση ρομπότ ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων

- Καρτεσιανά με τρεις γραμμικούς άξονες
- Κυλινδρικά με δυο γραμμικούς και ένα στροφικό άξονα
- Σφαιρικά με ένα γραμμικό και δυο στροφικούς άξονες
- Αρθρωτά με τρεις στροφικούς άξονες



Σφαιρικός χώρος εργασίας

Οι ρομποτικοί βραχίωνες από την οπτική της θεωρίας συστημάτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

- Ανοικτού βρόχου
- Κλειστού βρόχου που παρουσιάζουν μεγαλύτερο πρακτικό ενδιαφέρον και χαρακτηρίζονται από δύο επιπλέον στοιχεία εκτός από τα στοιχεία που διαχωρίζουν το ρομποτικό βραχίονα από το χωρικό μηχανισμό:
 - αισθητήρες που είναι όργανα μέτρησης της σχετικής ή απόλυτης κίνησης (θέση, ταχύτητα ή επιτάχυνση) των συνδέσμων του βραχίονα.
 - σύστημα αυτόματου ελέγχου (ΣΑΕ) της κίνησης του ρομποτικού βραχίονα, το οποίο είναι εγκατεστημένο στον εγκέφαλο του ρομποτικού βραχίονα. Το σύστημα ελέγχου ή αλλιώς ο ελεγκτής αξιοποιεί την πληροφορία των αισθητήρων και με βάση την πληροφορία αυτή διαμορφώνει τις εντολές προς τους ενεργοποιητές.

ΚΙΝΗΣΗ ΒΡΑΧΙΩΝΑ

Μελέτη της σχετικής κίνησης ενός στερεού σώματος ως προς το άλλο (κίνηση μεταξύ των συνδέσμων των ρομποτικών βραχιόνων). Η ανάλυση της στροφής μεταξύ δύο στερεών σωμάτων παρουσιάζει περισσότερες δυσκολίες σε σχέση με τη μετατόπιση.

Έστω το σώμα P το οποίο είναι προσαρμοσμένο σε ένα σύστημα συντεταγμένων $\{\mathbf{Ox}_1, \mathbf{Oy}_1, \mathbf{Oz}_1\}$ με ορθοκανονική βάση $\{\mathbf{i}_1, \mathbf{j}_1, \mathbf{k}_1\}$. Το διάνυσμα από την αρχή των αξόνων O μέχρι το σημείο P συμβολίζεται με \mathbf{p} και αναλύεται στην ορθοκανονική βάση ως εξής:

$$\mathbf{p} = p_{1,x} \mathbf{i}_1 + p_{1,y} \mathbf{j}_1 + p_{1,z} \mathbf{k}_1$$

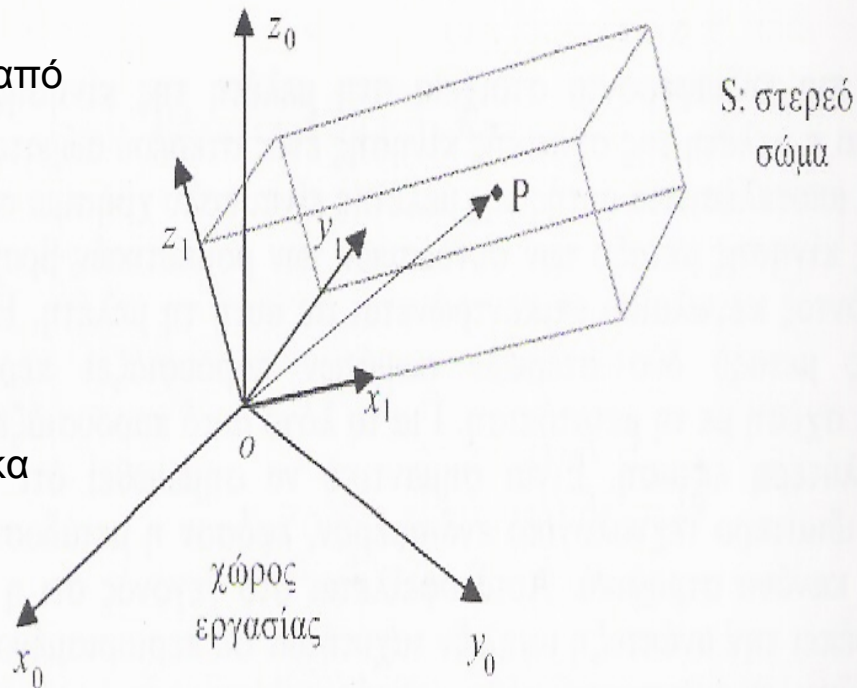
Όπου $p_{1,x}$, $p_{1,y}$, $p_{1,z}$ οι συντεταγμένες του διανύσματος ως προς το σύστημα συντεταγμένων $\{\mathbf{Ox}_1, \mathbf{Oy}_1, \mathbf{Oz}_1\}$.

Το διάνυσμα \mathbf{p} γράφεται με τη μορφή πίνακα ως εξής: $\mathbf{p} = [p_{1,x} \ p_{1,y} \ p_{1,z}]^T$

Έστω $\{\mathbf{Ox}_0, \mathbf{Oy}_0, \mathbf{Oz}_0\}$ το αρχικό σύστημα αξόνων με ορθοκανονική βάση $\{\mathbf{i}_0, \mathbf{j}_0, \mathbf{k}_0\}$. Το διάνυσμα \mathbf{p} αναλύεται στην ορθοκανονική βάση ως εξής:

$$\mathbf{p} = p_{0,x} \mathbf{i}_0 + p_{0,y} \mathbf{j}_0 + p_{0,z} \mathbf{k}_0$$

Το διάνυσμα \mathbf{p} γράφεται με τη μορφή πίνακα ως εξής: $\mathbf{p} = [p_{0,x} \ p_{0,y} \ p_{0,z}]^T$



Σχήμα 3.1: Στερεό σώμα που εκτελεί στροφή ως προς το χώρο εργασίας

Οι πίνακες $\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1$ που αποτελούν τις συντεταγμένες του διανύσματος \mathbf{p} ως προς τα δύο συστήματα αναφοράς σχετίζονται με τις σχέσεις:

$$\mathbf{p}_0 = \begin{bmatrix} p_{0,x} \\ p_{0,y} \\ p_{0,z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{p} \cdot \vec{i}_0 \\ \vec{p} \cdot \vec{j}_0 \\ \vec{p} \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1) \cdot \vec{i}_0 \\ (p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1) \cdot \vec{j}_0 \\ (p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1) \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_0 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 \cdot \vec{i}_0 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1 \cdot \vec{i}_0 \\ p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 \cdot \vec{j}_0 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 \cdot \vec{j}_0 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1 \cdot \vec{j}_0 \\ p_{1,x} \cdot \vec{i}_1 \cdot \vec{k}_0 + p_{1,y} \cdot \vec{j}_1 \cdot \vec{k}_0 + p_{1,z} \cdot \vec{k}_1 \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{i}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{j}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{1,x} \\ p_{1,y} \\ p_{1,z} \end{bmatrix} = \mathbf{R}_0^1 \cdot \mathbf{p}_1$$

Ο πίνακας \mathbf{R}_0^1 ονομάζεται πίνακας στροφής.

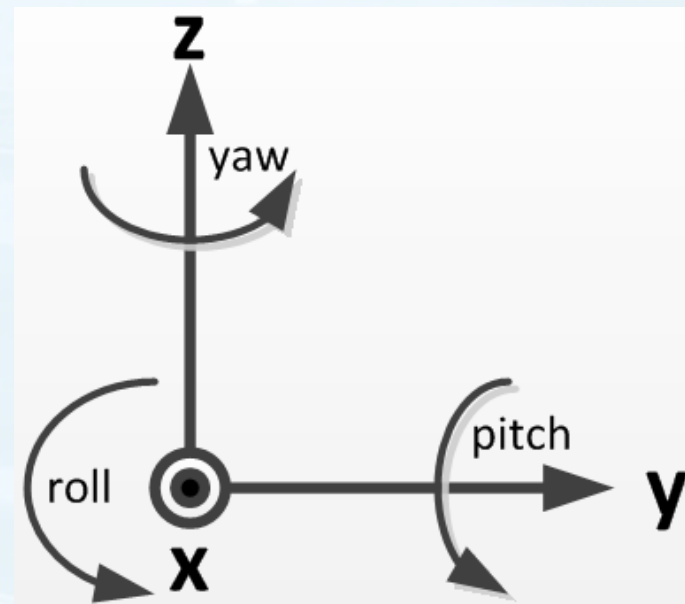
Ο πίνακας \mathbf{R}_1^0 μας δίνει την ανάποδη στροφή

και ισχύει $\mathbf{R}_0^1 = (\mathbf{R}_1^0)^{-1}$.

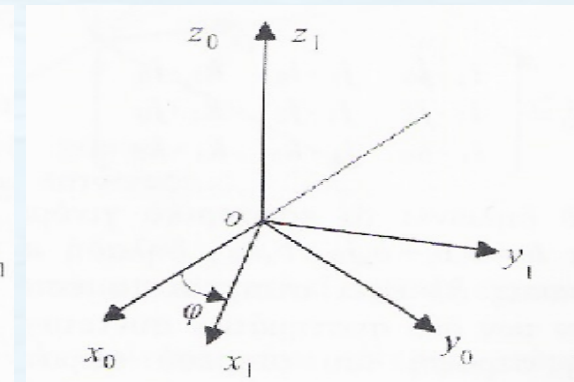
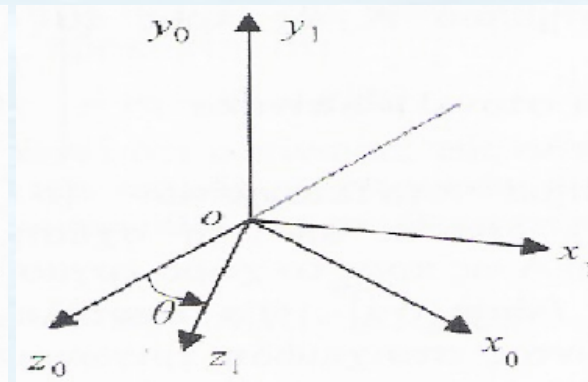
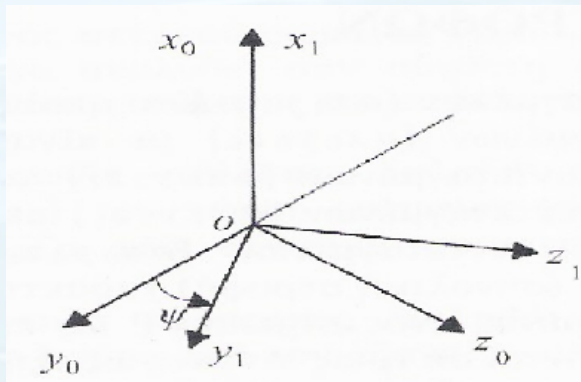
Η γωνία περιστροφής του άξονα Oz ονομάζεται yaw.

Η γωνία περιστροφής του άξονα Oy ονομάζεται pitch.

Η γωνία περιστροφής του άξονα Ox ονομάζεται roll.



ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ (roll, pitch, yaw)



$$R_{x,\psi} = \begin{bmatrix} \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{i}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{j}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & -\eta\mu\psi \\ 0 & \eta\mu\psi & \cos\psi \end{bmatrix}$$

$$R_{y,\theta} = \begin{bmatrix} \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{i}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{j}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \eta\mu\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\eta\mu\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_{z,\phi} = \begin{bmatrix} \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{i}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{i}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{j}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{j}_0 \\ \vec{i}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{j}_1 \cdot \vec{k}_0 & \vec{k}_1 \cdot \vec{k}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi & -\eta\mu\phi & 0 \\ \eta\mu\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Περιστρέφοντας ένα σύστημα συντεταγμένων κατά γωνία ϕ τον άξονα z , στη συνέχεια κατά γωνία θ τον άξονα y και τέλος κατά γωνία ψ τον άξονα x οι συντεταγμένες ενός σημείου p ως προς το αρχικό σύστημα συντεταγμένων θα είναι:

$$p_0 = R_{z,\phi} \cdot R_{y,\theta} \cdot R_{x,\psi} \cdot p_1$$

$$p_0 = \begin{bmatrix} \cos\phi & -\eta\mu\phi & 0 \\ \eta\mu\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \eta\mu\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\eta\mu\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & -\eta\mu\psi \\ 0 & \eta\mu\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \cdot p_1$$

Περιστρέφοντας το σύστημα συντεταγμένων με διαφορετική σειρά ως προς τους άξονες ακόμα και με τις ίδιες γωνίες προκύπτει διαφορετικός πίνακας στρόφης.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Να βρεθούν οι συντεταγμένες του τελικού στοιχείου δράσης ως προς το αρχικό σύστημα συντεταγμένων με κέντρο το O αν ο βραχίονας περιστραφεί πρώτα ως προς τον άξονα z κατά γωνία $\varphi = \pi/6$, στη συνέχεια ως προς τον άξονα x κατά $\psi = \pi/3$ και το έμβολο ρυθμιστεί σε απόσταση $r = 30\text{cm}$ από το κέντρο O .

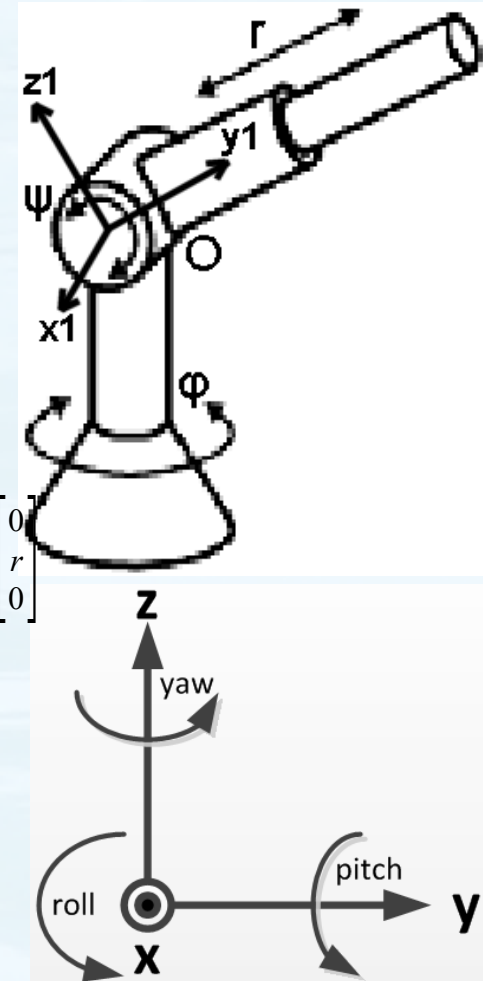
ΛΥΣΗ:

Ως προς το σύστημα συντεταγμένων $\{Ox_1, Oy_1, Oz_1\}$ τελικό στοιχείο δράσης θα έχεις πάντοτε τις εξής συνιστώσες:
 $\mathbf{p} = (0, r, 0)$.

Μετά την περιστροφή του άξονα z κατά γωνία $\varphi = \pi/6$ και στη συνέχεια του άξονα x κατά $\psi = \pi/6$ οι συντεταγμένες του τελικού σημείου δράσης θα είναι:

$$\mathbf{p}_0 = R_{z,\varphi} \cdot R_{x,\psi} \cdot \mathbf{p}_1 = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\eta\mu\varphi & 0 \\ \eta\mu\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & -\eta\mu\psi \\ 0 & \eta\mu\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \cdot \mathbf{p}_1 = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\eta\mu\varphi \cdot \cos\psi & \eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\psi \\ \eta\mu\varphi & \cos\varphi \cdot \cos\psi & -\cos\varphi \cdot \eta\mu\psi \\ 0 & \eta\mu\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ r \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -r \cdot \eta\mu\varphi \cdot \cos\psi \\ r \cdot \cos\varphi \cdot \cos\psi \\ r \cdot \eta\mu\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,3 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{6} \cdot \cos \frac{\pi}{3} \\ 0,3 \cdot \cos \frac{\pi}{6} \cdot \cos \frac{\pi}{3} \\ 0,3 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ 0,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ 0,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,075 \\ 0,13 \\ 0,26 \end{bmatrix}$$



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Πιο ενδιαφέρον πρόβλημα αποτελεί το αντίστροφο. Να βρεθούν οι γωνίες φ , ψ και το μήκος που πρέπει να προεκταθεί το έμβολο του σχήματος ώστε το τελικό στοιχείο δράσης να βρεθεί στη θέση $p_1=(1,1,1)$. Να θεωρηθεί ότι πρώτα γίνεται η περιστροφή του άξονα z και στη συνέχεια η περιστροφή του άξονα x .

ΛΥΣΗ:

Στην προηγούμενη εφαρμογή αποδείχθηκε ότι οι συντεταγμένες του τελικού στοιχείου δράσης ικανοποιούν τη σχέση:

$$p_0 = \begin{bmatrix} -r \cdot \eta \mu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi \\ r \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi \\ r \cdot \eta \mu \psi \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r \cdot \eta \mu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi \\ r \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi \\ r \cdot \eta \mu \psi \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} -r \cdot \eta \mu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (1) \\ r \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (2) \\ r \cdot \eta \mu \psi = 1 & (3) \end{cases}$$

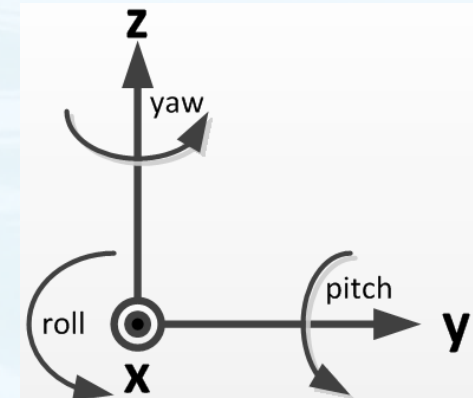
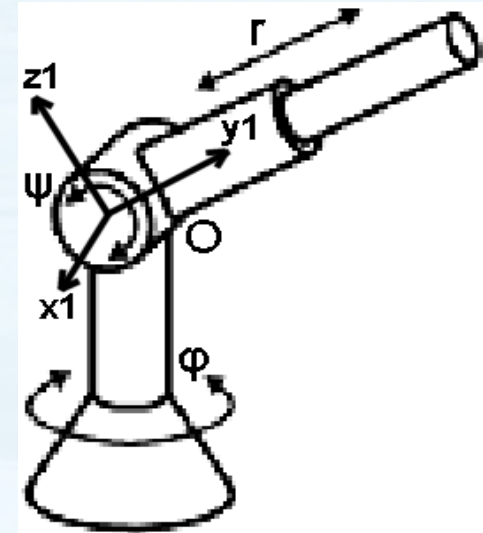
Διαιρώντας κατά μέλη τις (1) και (2) έχουμε:

$$\frac{-r \cdot \eta \mu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi}{r \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \psi} = \frac{1}{1} \Leftrightarrow \varepsilon \varphi \varphi = -1 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{4} \text{ ή αλλιώς } \varphi = -45^\circ$$

Το σύστημα των εξισώσεων γίνεται:

$$\begin{cases} -r \cdot \eta \mu \left(-\frac{\pi}{4}\right) \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (1) \\ r \cdot \sigma \nu \nu \left(-\frac{\pi}{4}\right) \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (2) \\ r \cdot \eta \mu \psi = 1 & (3) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} r \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (1) \\ r \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sigma \nu \nu \psi = 1 & (2) \\ r \cdot \eta \mu \psi = 1 & (3) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} r \cdot \sigma \nu \nu \psi = \sqrt{2} & (1) \\ r \cdot \sigma \nu \nu \psi = \sqrt{2} & (2) \\ r \cdot \eta \mu \psi = 1 & (3) \end{cases}$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις (3) και (2) έχουμε:



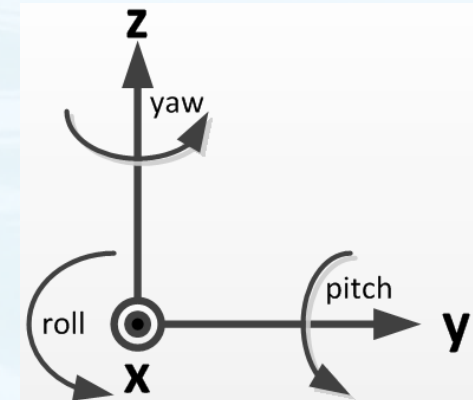
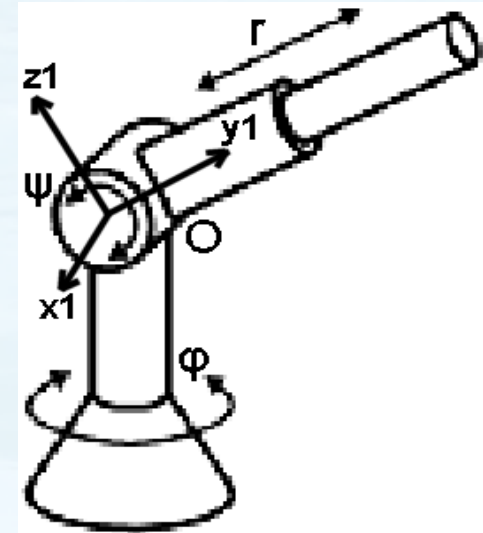
$$\frac{r \cdot \eta_{\mu\psi}}{r \cdot \sigma_{\nu\psi}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \epsilon_{\rho\psi} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \psi \approx 35^\circ$$

Αντικαθιστώντας στην (3) και λύνοντας ως προς r προκύπτει:

$$r = \frac{1}{\eta_{\mu\psi}} \Rightarrow r = \frac{1}{\eta_{\mu 35^\circ}} \Rightarrow r = \frac{1}{0,58} \Rightarrow r = 1,73$$

Επομένως για να βρεθεί το τελικό στοιχείο δράσης στο σημείο με συνταταγμένες (1, 1, 1) ως προς το αρχικό σύστημα αναφοράς θα πρέπει να περιστραφεί η άρθρωση που καθορίζει την περιστροφή στον άξονα z κατά γωνία 45° και στη συνέχεια η άρθρωση που καθορίζει την περιστροφή στον άξονα x κατά 35° . Το έμβολο πρέπει να προεκταθεί σε μήκος 1,73.

Για κάθε σημείο θα πρέπει ο επεξεργαστής του ρομποτικού βραχίονα (μικροελεγκτής, DSP, PLC, FPGA, υπολογιστής) να υπολογίζει τις γωνίες και να δίνει τις κατάλληλες εντολές στους κινητήρες που ελέγχουν την περιστροφή των αρθρώσεων.



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

Όταν ένα ρομπότ κινείται σε άγνωστο χώρο ή σε χώρο που μπορεί να αλλάξει η διάταξή του τότε εμφανίζεται η ανάγκη της όρασης μηχανής.

Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για να αντιλαμβάνεται ένα ρομπότ τη διάταξη του χώρου που βρίσκεται:

- Αισθητήρες αφής
- Διατάξεις πομποδεκτών υπερύθρων
- Διατάξεις πομποδεκτών υπερήχων (σόναρ)
- Διατάξεις με κάμερες

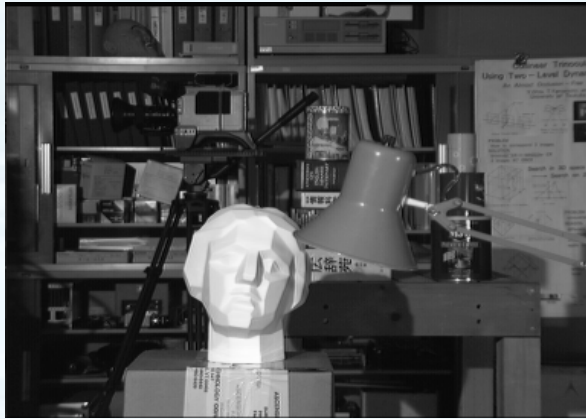
Ερευνητικό αντικείμενο με έντονο ενδιαφέρον αποτελεί η χαρτογράφηση χώρου με βάση τη στερεοσκοπική όραση.

Ως “**Στερεοσκοπική Όραση**” ονομάζουμε τη διαδικασία ανάκτησης πληροφοριών που αφορούν την τρισδιάστατη δομή και το βάθος μιας σκηνής από δύο ή περισσότερες εικόνες που έχουν ληφθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Για την απλούστευση των υπολογισμών χρησιμοποιούνται συνήθως κάμερες που βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο ύψος παράλληλες μεταξύ τους με μικρή εστιακή απόσταση.

ΧΑΡΤΗΣ ΒΑΘΟΥΣ

Ένας “**χάρτης βάθους**” είναι μια εικόνα που αναπαριστά μια σκηνή για την οποία κάθε εικονοστοιχείο παίρνει μια χρωματική τιμή από τις διαβαθμίσεις του γκρι. Η χρωματική τιμή υποδηλώνει την απόσταση του σημείου της σκηνής από τον οπτικό αισθητήρα στον τρισδιάστατο χώρο. Κατά σύμβαση, όσο πιο μικρή είναι η απόσταση τόσο πιο φωτεινή γίνεται η απόχρωση του γκρι. Έτσι μπορεί να γίνει διάκριση πόσο κοντά βρίσκονται στον οπτικό αισθητήρα τα διάφορα αντικείμενα της σκηνής.



Πραγματική εικόνα



Χάρτης βάθους

Για την εξαγωγή χαρτών βάθους γενικά ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Συλλογή και προεπεξεργασία εικόνων
- Εύρεση αντιστοιχιών και υπολογισμός παραλλάξεων με βάση τους περιορισμούς
- Κατασκευή χάρτη βάθους

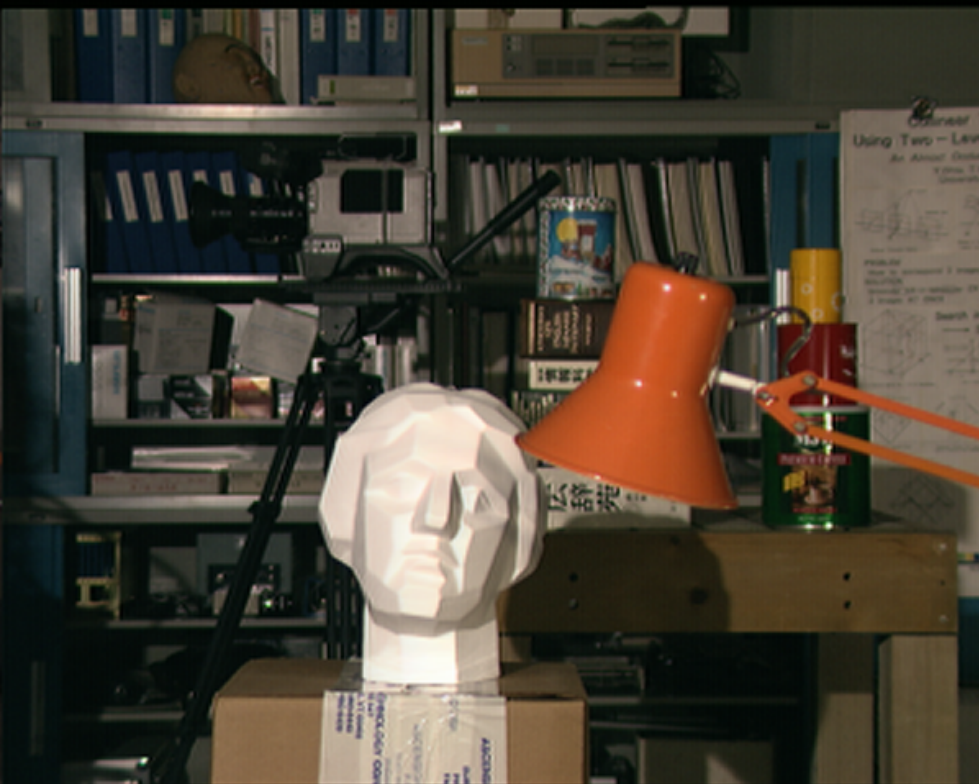
ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ

Η εύρεση αντιστοιχιών ανάμεσα στις στερεοσκοπικές εικόνες συνοψίζεται στην ταυτοποίηση των σημείων των δύο εικόνων που αναφέρονται στο ίδιο σημείο της σκηνής στον τρισδιάστατο χώρο. Η εύρεση αντιστοιχιών αποτελεί το δυσκολότερο στάδιο της διαδικασίας της στερεοσκοπικής όρασης και ερευνητικά έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι και τεχνικές για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Με τον υπολογισμό των αντιστοιχιών ουσιαστικά υπολογίζεται ο πίνακας παραλλάξεων. **Ως “παράλλαξη” ονομάζουμε τη διαφορά στη θέση της προβολής ενός σημείου της σκηνής πάνω στις δύο στερεοσκοπικές εικόνες.** Οπότε υπολογίζεται μια τιμή παράλλαξης για κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας που αναπαριστά τη σκηνή.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παράλλαξης τόσο πιο κοντά βρίσκεται το σημείο στο ρομπότ.

Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παράλλαξης τόσο πιο μακριά βρίσκεται το σημείο στο ρομπότ.

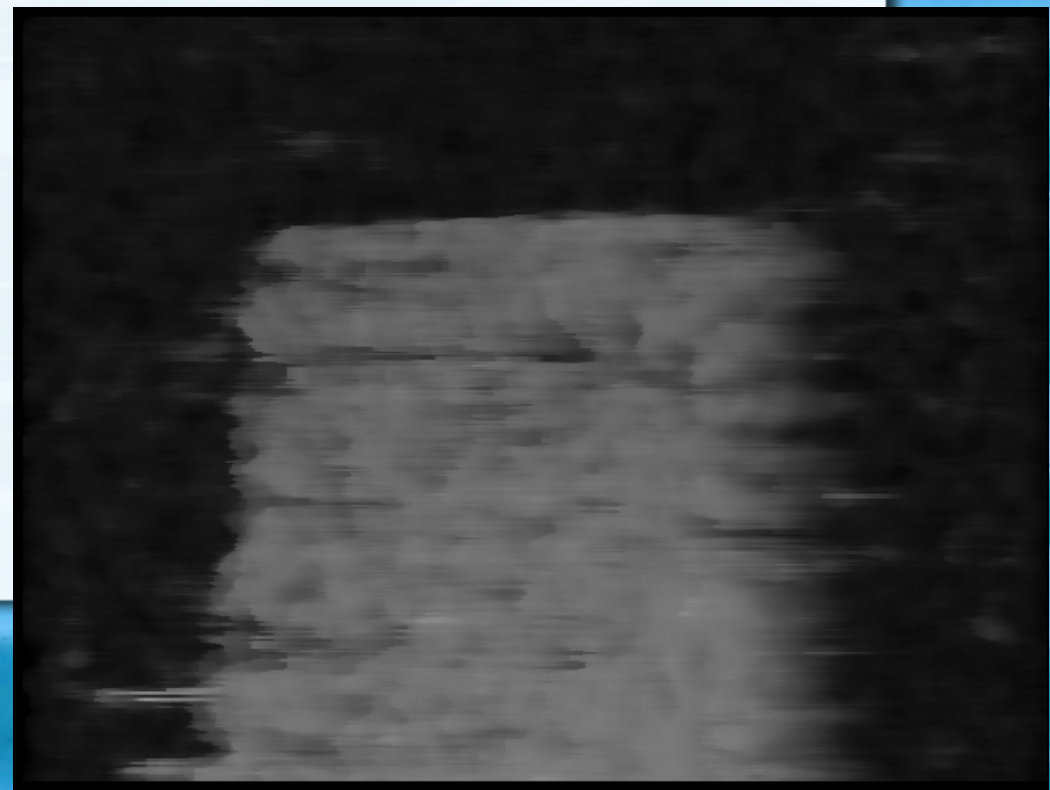
Η απόσταση ενός σημείου της σκηνής από το ρομπότ είναι αντιστρόφως ανάλογη της παράλλαξης.



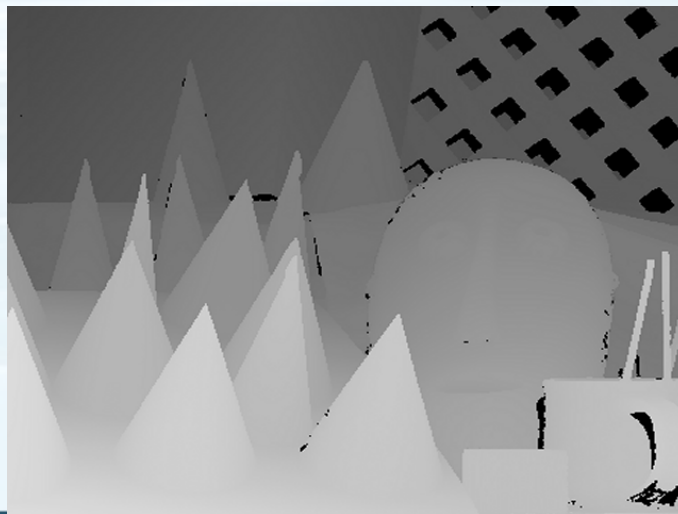
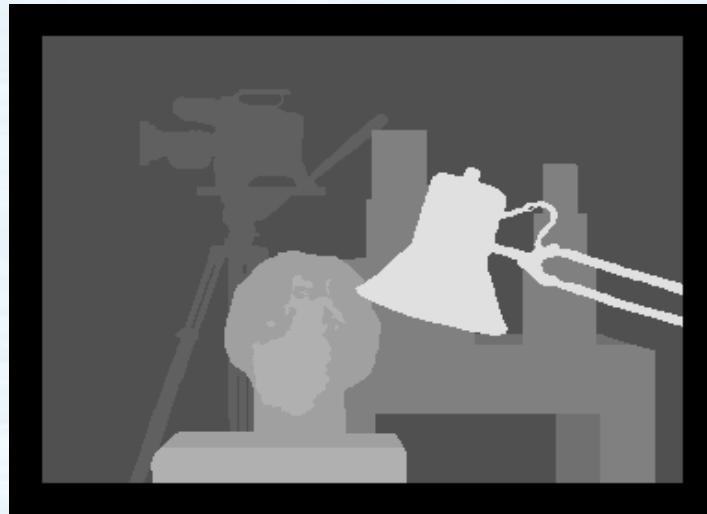
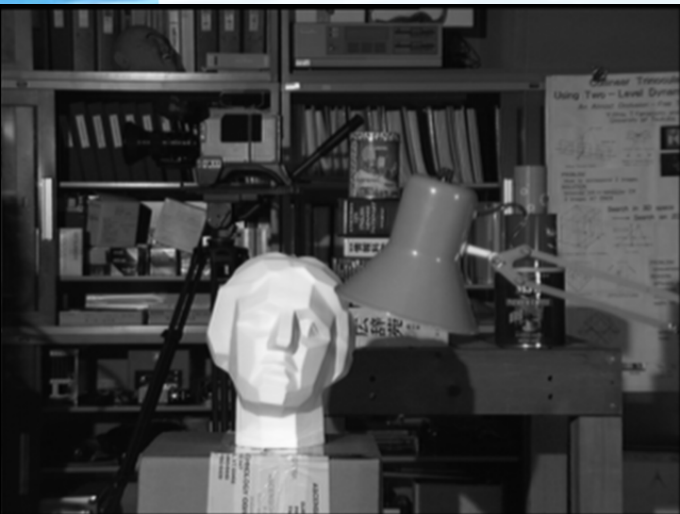
Πάνω αριστερά είναι η εικόνα που δείχνει η αριστερή κάμερα και κάτω αριστερά η εικόνα που δείχνει η δεξιά κάμερα.

Ο χάρτης βάθους φαίνεται κάτω δεξιά.





ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΧΑΡΤΩΝ ΒΑΘΟΥΣ





ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

Έχοντας στη διάθεσή του το ρομπότ κάθε στιγμή το χάρτη βάθους στη μνήμη του ξέρει εάν υπάρχει κάποιο αντικείμενο προς τα εμπρός του από την χρωματική τιμή των pixel της εικόνας.

Όταν ανακαλύπτει πως η εικόνα έχει περιοχές με υψηλή φωτεινότητα αυτό σημαίνει ότι υπάρχει κάποιο εμπόδιο πολύ κοντά του και θα πρέπει να αλλάξει πορεία για να το αποφύγει.

Σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (Real Time Applications) το ρομπότ απαιτεί να έχει στη διάθεσή του πολλά frame το δευτερόλεπτο ειδικά όταν κινείται με μεγάλη ταχύτητα.

Η χρήση υπολογιστή αποτυγχάνει και συνήθως χρησιμοποιούνται διατάξεις hardware για τους υπολογισμούς.

Συνήθως χρησιμοποιούνται επαναδιαμορφούμενες (reconfigurable) διατάξεις από ολοκληρωμένα κυκλώματα προγραμματιζόμενης ψηφίδας (FPGA – Field Programmable Gate Array).

ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Να εφευρεθεί υποθετικό και αληθοφανές πρόβλημα αυτοματισμού.

Να διατυπωθεί με λεπτομέρεια και να τονιστούν τα λεπτά σημεία του προβλήματος καθώς και πού πρέπει να εστιάσει κανείς για την επίλυσή του.

Να παρουσιαστεί η λύση του προβλήματος.

Θα αξιολογηθεί όχι μόνο η λύση αλλά και το κατά πόσο το πρόβλημα που θα παρουσιαστεί παρουσιάζει επιστημονική ή πρακτική σημασία.

Αξιολόγηση: 2 μονάδες bonus ανεξαρτήτως τελικής βαθμολογίας στις εξετάσεις.

ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Έναν ορισμό που θα μπορούσαμε να δώσουμε για τους μικροελεγκτές είναι ο εξής:

Μικροελεγκτής είναι ένα προγραμματιζόμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο διαθέτει επεξεργαστή, μνήμη, διάφορα περιφερειακά κυκλώματα καθώς επίσης και θύρες εισόδου/εξόδου για επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές.

Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με έναν μικροϋπολογιστή. Όπως ακριβώς ένας μικροϋπολογιστής έχει επεξεργαστή, μνήμη, περιφερειακές συσκευές και εκτελεί προγράμματα έτσι κι ένας μικροελεγκτής διαθέτει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και μάλιστα ολοκληρωμένα σε ένα μόνο chip.

Το πρόγραμμα που εκτελεί ο μικροελεγκτής αποθηκεύεται μόνιμα στη μνήμη προγράμματος.

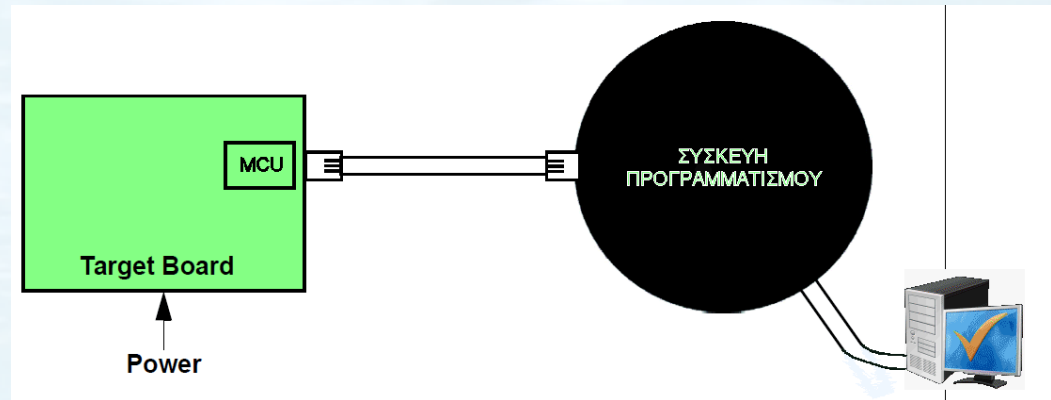
ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται γενικότερα όπου απαιτείται ψηφιακός έλεγχος.

Ειδικότερα βρίσκουν εφαρμογή:

- Στη βιομηχανία σε αυτοματισμούς
- Σε κυκλώματα τηλεπικοινωνιών
- Σε συστήματα αυτομάτου ελέγχου
- Στη ρομποτική
- Στις ηλεκτρονικές συσκευές
- Στις ηλεκτρικές συσκευές
- Σε εφαρμογές ηλεκτρονικών ισχύος
- Σε συστήματα τηλεματικής
- Σε συστήματα συλλογής δεδομένων

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



Η ανάπτυξη του λογισμικού (firmware) του μικροελεγκτή γίνεται στον υπολογιστή.

Με τη χρήση ειδικών συσκευών προγραμματισμού όταν το πρόγραμμα του μικροελεγκτή είναι έτοιμο γίνεται download στο ολοκληρωμένο και εγγράφεται στη μνήμη προγράμματος.

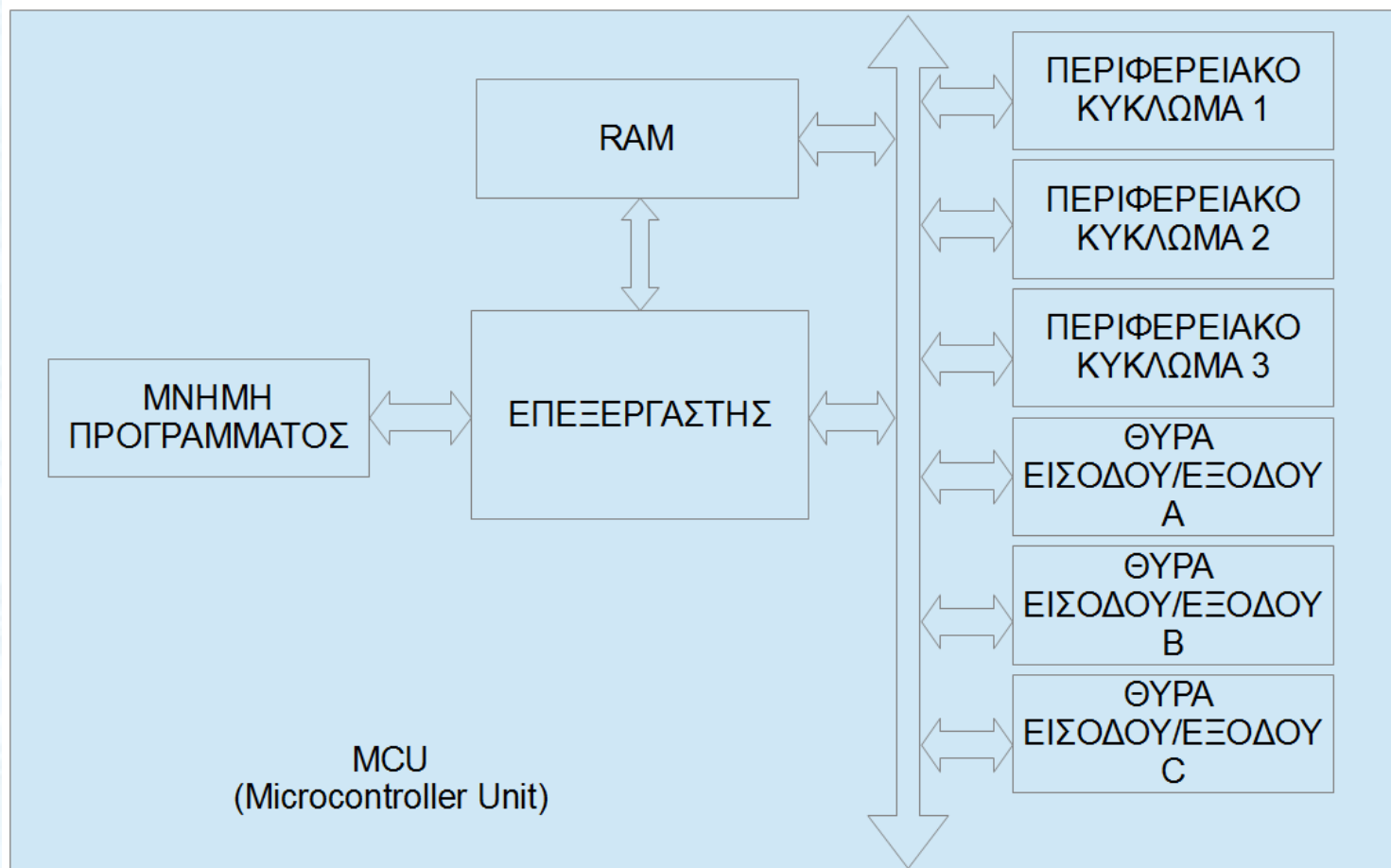
Η πιο συνήθης μέθοδος προγραμματισμού είναι εντός του κυκλώματος (In Circuit System Programming).

Όταν το πρόγραμμα είναι έτοιμο και “απαλλαγμένο” από λογικά σφάλματα τότε για τη μείωση του κόστους ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή μπορεί να πραγματοποιηθεί εργοστασιακά κατά την παραγωγή του σε συνεργασία με την κατασκευάστρια εταιρεία.

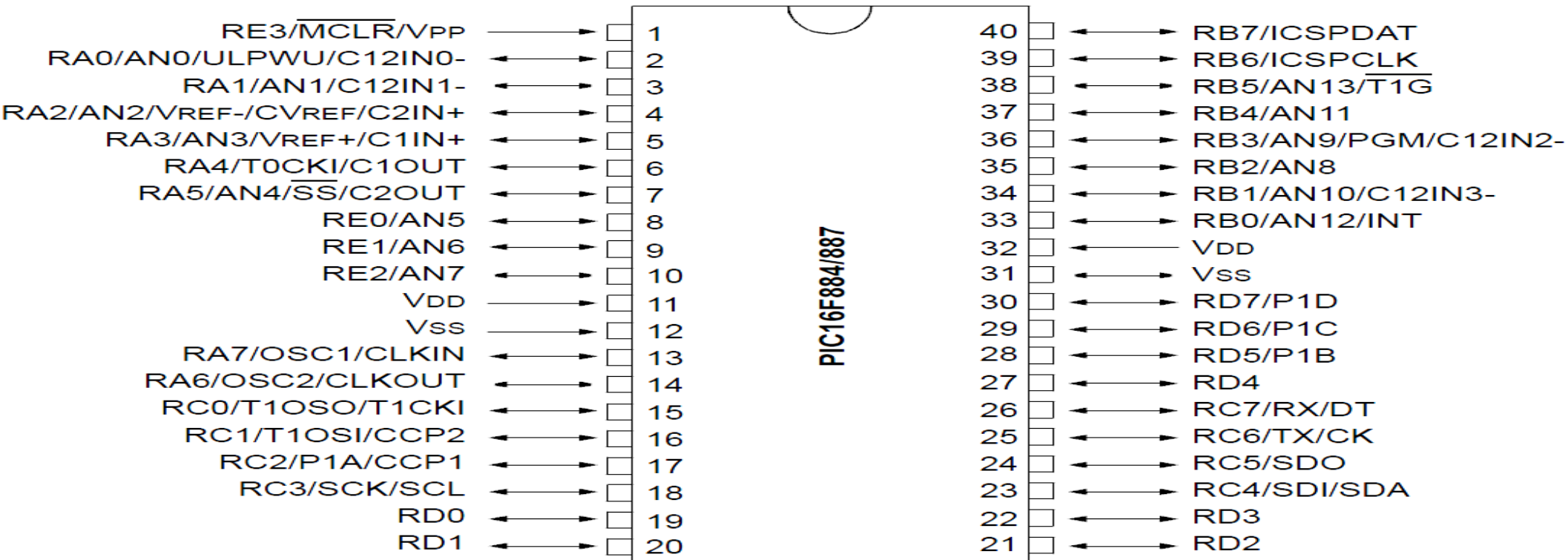
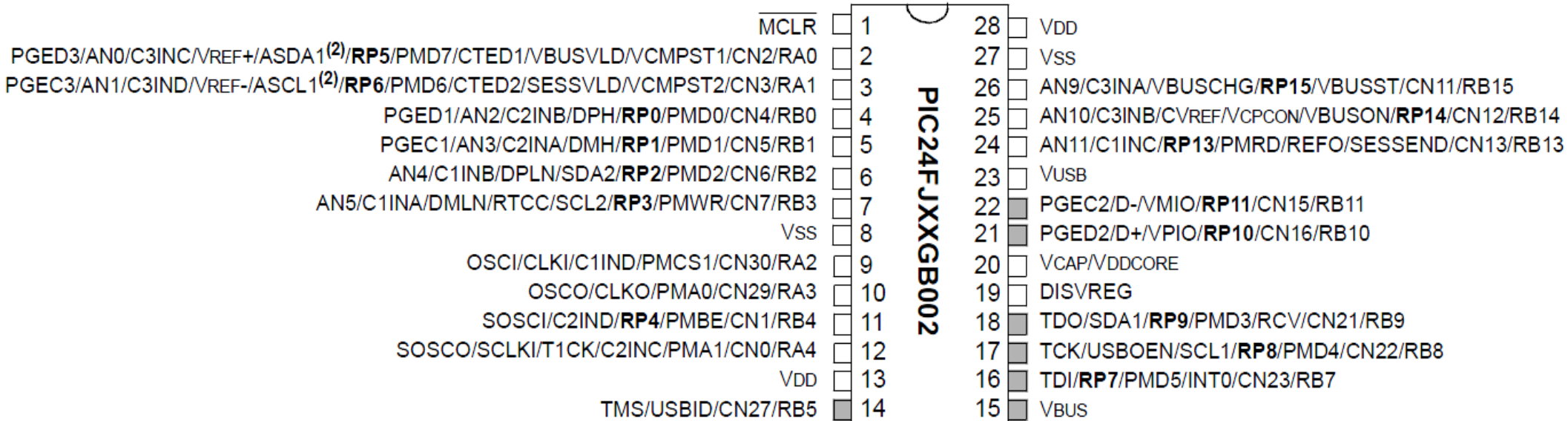
ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗΣ

- Προσομοίωση στον υπολογιστή (simulation)
 - Εξομοίωση με τη χρήση in circuit debugger εργαλείων όπου γίνεται δοκιμαστική εκτέλεση της εφαρμογής στο πραγματικό κύκλωμα
 - Εξομοίωση με χρήση emulator στο πραγματικό κύκλωμα
- Με τη χρήση debugger γίνεται χρήση πόρων του ολοκληρωμένου για τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης.
- Με τη χρήση emulator δε χρησιμοποιείται καθόλου το ολοκληρωμένο αλλά η συσκευή του emulator την εξομοιώνει πλήρως.
- Οι debuggers κοστίζουν από μερικές δεκάδες έως λίγες εκατοντάδες ευρώ.
- Οι emulators κοστίζουν από μερικές εκατοντάδες έως λίγες χιλιάδες ευρώ.
- Η χρήση debugger για την ανάπτυξη κρίνεται γενικά ικανοποιητική ως προς το κόστος.

ΜΠΛΟΚ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ



ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ PIC



Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ PIC

Ο μικροελεγκτής PIC κατασκευάζεται από την εταιρεία Microchip. Περιλαμβάνει τις τρεις βασικές κατηγορίες ως προς το εύρος του δίαυλου δεδομένων (Data Bus):

- 8 bit (σειρές PIC10, PIC12, PIC16, PIC18)
- 16 bit (σειρές PIC24, dsPIC)
- 32 bit (σειρά PIC32)

Διαθέτουν επεξεργαστή αρχιτεκτονικής RISC (Reduced Instruction Set Computing)

Υπάρχουν μικροελεγκτές με πληθώρα περιφερειακών όπως τα παρακάτω:

Timers, EEPROM, ADC, DAC, SPI, I²C, USART, PSP, PMP, Capture/Compare/PWM (CCP), Comparators, CTMU, RTC, DMA, Peripheral Pin Select (PPS), CRC, USB, CAN, Ethernet

Τα περιφερειακά αυτά από οικογένεια σε οικογένεια παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις δυνατότητες άρα και ως προς την πολυπλοκότητά τους.

Timers

Οι χρονιστές (timers) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ακριβή καθορισμό χρονικών καθυστερήσεων. Ουσιαστικά αποτελούν μετρητές οι οποίοι αυξάνονται σε κάθε παλμό ρολογιού του μικροελεγκτή και σηματοδοτούν διακοπή κάθε φορά που υπάρχει υπερχείλιση.

Συνήθως υπάρχουν και προ-μετρητές (prescalers) οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να διαιρέσουν τη συχνότητα εισόδου στον timer ή και μετα-μετρητές (postscalers) για να διαιρέσουν τη συχνότητα εξόδου του timer. Με τη χρήση prescaler και postscaler όπου υπάρχουν μπορούμε να αυξήσουμε το χρονικό διάστημα που μπορεί να μετρήσει ένας timer.

Στους 8 bit PIC μικροελεγκτές συνήθως υπάρχουν μόνο timers εύρους 8-bit. Σε κάποιες οικογένειες μπορούν να συνδυαστούν δύο 8-bit timers για την παραγωγή ενός 16-bit ώστε να μπορούν να χρονομετρηθούν ακόμα μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Οι timers επίσης μπορούν να λειτουργήσουν και ως ασύγχρονοι μετρητές λαμβάνοντας σήματα εισόδου από κάποιο ακροδέκτη του μικροελεγκτή.

WDT και Power Up timer

Υπάρχουν επιπλέον timers στους μικροελεγκτές με τους οποίους μπορούμε να επιτύχουμε συγκεκριμένες λειτουργίες.

WDT (WatchDog Timer)

Ο WDT είναι ένας timer οποίος βασίζεται σε εσωτερικό RC ταλαντωτή και εφόσον είναι ενεργοποιημένος μετράει διαρκώς. Το χαρακτηριστικό του είναι πως σε περίπτωση υπερχείλισης προκαλεί RESET στο μικροελεγκτή ή αν ο μικροελεγκτής βρίσκεται σε λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ισχύος (sleep mode ή low power down mode) τότε προκαλεί “ξύπνημα” (wake up from sleep) και συνεχίζει την εκτέλεση του προγράμματος με την επόμενη εντολή από το σημείο που εισήλθε σε sleep mode. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο για την αποφυγή “κολλημάτων” του προγράμματος του μικροελεγκτή.

Power Up Timer

Ο timer αυτός χρησιμοποιείται κατά την εκκίνηση του μικροελεγκτή και τον διατηρεί σε RESET μέχρι να σταθεροποιηθεί η τάση τροφοδοσίας.

EEPROM

Η μνήμη EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) είναι μία μνήμη η οποία εγγράφεται ηλεκτρικά και διατηρεί τα δεδομένα της ακόμα και μετά την απομάκρυνση της τροφοδοσίας. Επιπλέον η EEPROM μπορεί να επανεγγραφεί χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνει πρώτα η διαγραφή της.

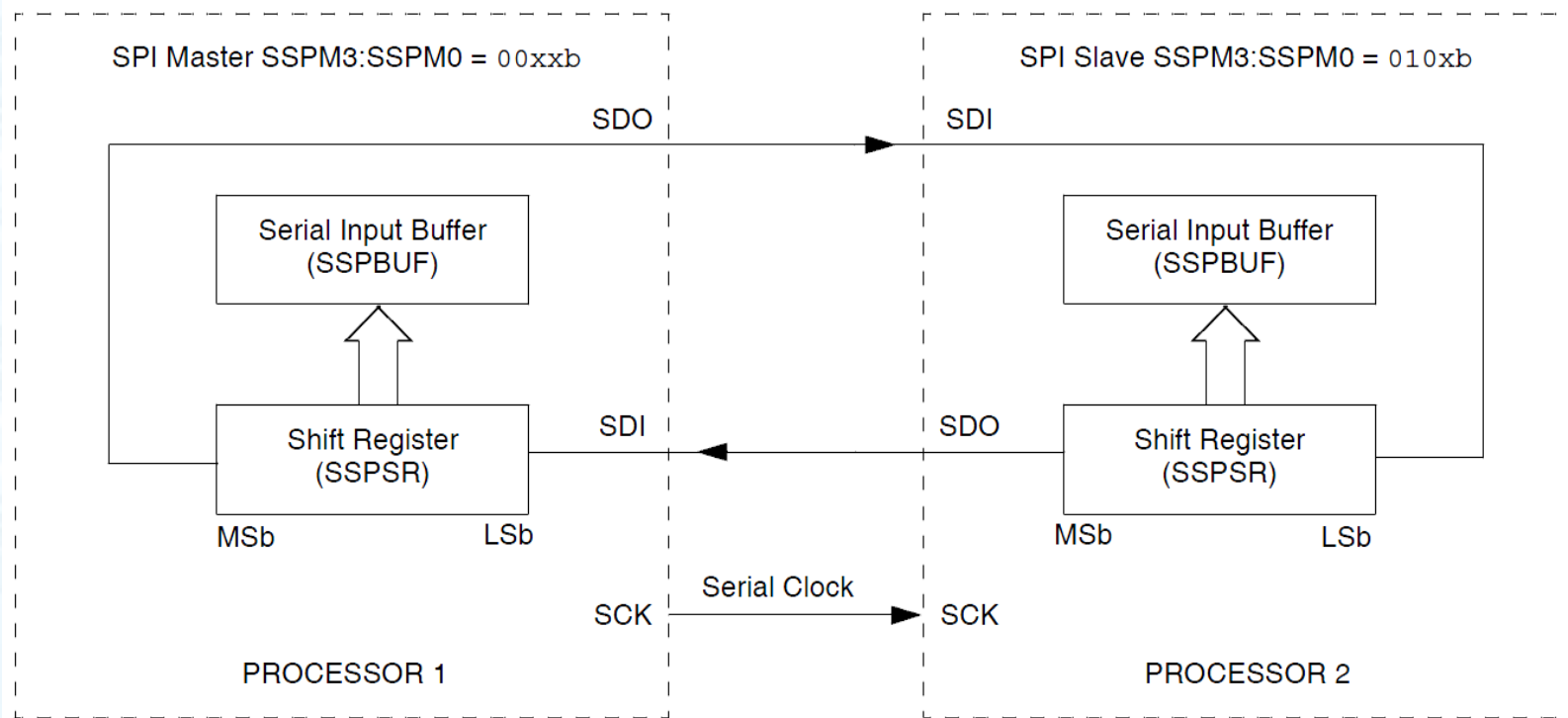
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια εφαρμογή για την αποθήκευση κάποιου κωδικού ή κάποιου serial number συσκευής. Επίσης εκεί μπορούν να αποθηκευτούν κρίσιμα δεδομένα για μια εφαρμογή ή το status κάποιων λειτουργιών ώστε σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας ο μικροελεγκτής μετά την επανασύνδεσή της να επαναφέρει την κατάσταση που υπήρχε πριν τη διακοπή.

ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – SPI

SPI – Serial Peripheral Interface

Το SPI είναι ένα σειριακό interface επικοινωνίας με το οποίο επιτρέπεται ταυτόχρονα η αμφίδρομη (full duplex) επικοινωνία ανάμεσα σε μία master συσκευή και σε μία ή περισσότερες slave συσκευές.

Τοπολογία:



ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – SPI

Χρησιμοποιεί 3 ή 4 ακροδέκτες:

SLAVE:

SCK: serial clock (είσοδος)

SDI: serial data in (είσοδος)

SDO: serial data out (έξοδος)

SS: slave select (είσοδος)

MASTER:

SCK: serial clock (έξοδος)

SDI: serial data in (είσοδος)

SDO: serial data out (έξοδος)

Η είσοδος SS είναι προαιρετική και χρησιμοποιείται όταν ο master πρέπει να επικοινωνεί με περισσότερες από μία slave συσκευές και στην περίπτωση αυτή “ακούει” η συσκευή για την οποία ο master ορίζει το SS στο λογικό '0'.

Η επικοινωνία ξεκινάει όταν ο master στείλει 8 παλμούς ρολογιού.

Με κάθε παλμό στέλνεται και διαβάζεται ένα bit από κάθε συσκευή που μετέχει στην επικοινωνία.

Όταν για μία συσκευή δεν απαιτείται να στείλει δεδομένα τότε απλώς στέλνει dummy data.

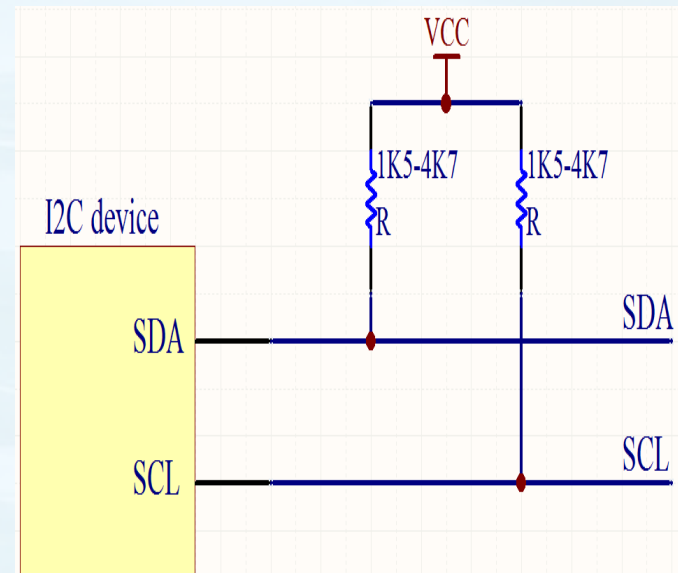
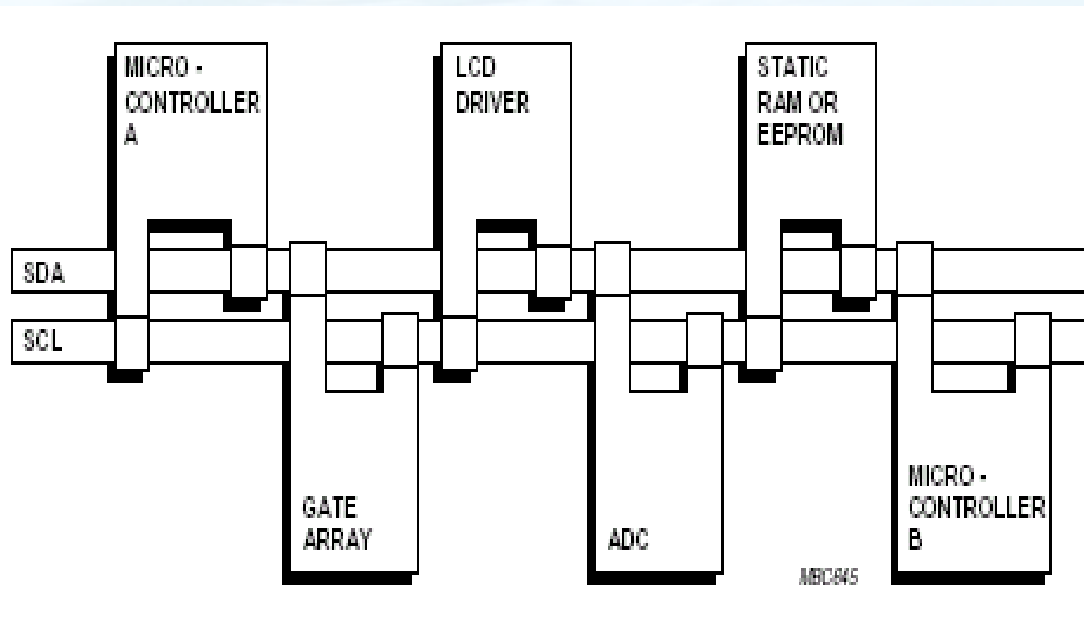
Στους 16/32-bit μικροελεγκτές υποστηρίζεται και 16/32-bit επικοινωνία ενώ επίσης υπάρχει FIFO buffer για αποστολή και λήψη δεδομένων.

ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – I²C

I²C: Inter-Integrated Circuit

Το I²C είναι ένα interface επικοινωνίας με το οποίο επιτρέπεται αμφίδρομη (half duplex) επικοινωνία ανάμεσα σε μία master και μία slave συσκευή οι οποίες είναι συνδεδεμένες πάνω στο bus.

Τοπολογία:



ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – I²C

Χρησιμοποιεί 2 ακροδέκτες:

SLAVE:

SCL: serial clock (είσοδος)

SDA: serial data (είσοδος/έξοδος)

MASTER:

SCK: serial clock (έξοδος)

SDA: serial data (είσοδος/έξοδος)

Η επικοινωνία ξεκινάει και σταματάει με συγκεκριμένα συμβάντα (events) τα οποία πρέπει αναγνωρίζονται από τις συμβατές με το I²C συσκευές.

S : Start

Το Start ή αλλιώς Start bit έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει την έναρξη μιας I²C επικοινωνίας. Ως start bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται κατερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'.

P : Stop

Το Stop ή αλλιώς Stop bit έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει τον τερματισμό μιας I²C επικοινωνίας. Ως stop bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται ανερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'.

ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – I²C

R :Repeated Start

Το Repeated Start έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει την έναρξη μιας I²C επικοινωνίας. Ως Repeated start bit αναγνωρίζεται εκείνο το bit κατά το οποίο παρατηρείται κατερχόμενο μέτωπο στο σήμα SDA ενώ το SCL βρίσκεται σε λογικό '1'. Η διαφορά με το S bit είναι ότι με R bit αρχίζει μια νέα επικοινωνία χωρίς να έχει τερματιστεί με P bit η προηγούμενη.

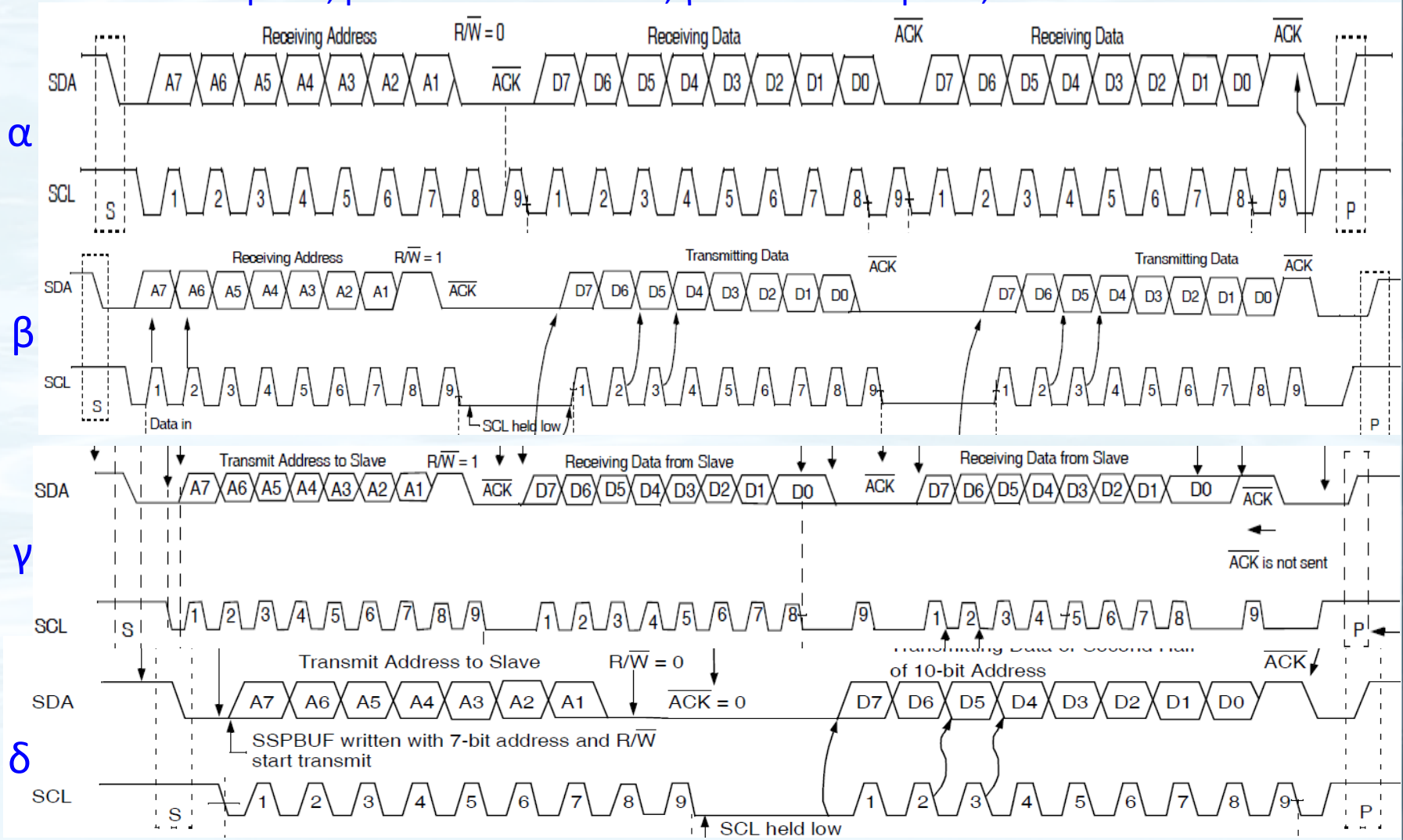
Τα δεδομένα στο SDA αλλάζουν πάντοτε κατά τη χρονική στιγμή που το SCL βρίσκεται στο λογικό '0'.

Μία τυπική επικοινωνία με I²C γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Start bit
 2. Αποστολή ενός byte (7-bit διεύθυνση και το 8ο bit R/W)
 3. Απελευθέρωση του SDA για acknowledgement (λογικό '0' από το δέκτη σημαίνει επιβεβαίωση)
 4. Αποστολή byte δεδομένων
 5. Απελευθέρωση του SDA για acknowledgement (λογικό '0' από το δέκτη σημαίνει επιβεβαίωση)
- (Τα βήματα 3 και 4 επαναλαμβάνονται για όσες φορές χρειάζεται)
6. P bit

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ I²C

α. Slave reception, β. Slave transmission, γ. Master reception, δ. Master transmission



ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – USART

USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

Η USART αποτελεί ένα σειριακό interface επικοινωνίας με το οποίο μπορούμε να έχουμε είτε σύγχρονη επικοινωνία ανάμεσα σε μία master συσκευή και σε μία slave ή ασύγχρονη επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές.

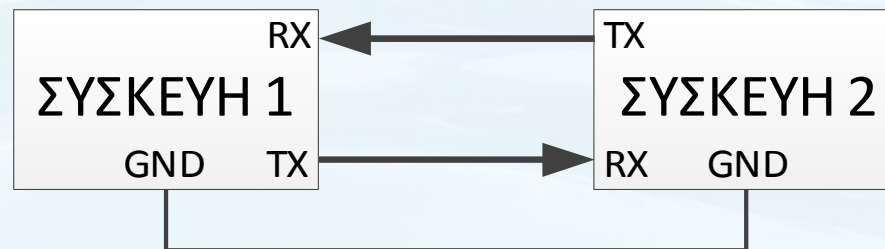
Σύγχρονη επικοινωνία:

Χρησιμοποιούνται δύο ακροδέκτες με τη συσκευή master να ελέγχει το ρολόι CK ενώ ο ακροδέκτης δεδομένων είναι ο ακροδέκτης DT.

Ασύγχρονη επικοινωνία:

Το συγκεκριμένο κύκλωμα χρησιμοποιείται κυρίως για ασύγχρονη επικοινωνία και συνήθως για επικοινωνία με τις UART των υπολογιστών με τη χρήση του interface RS232.

Τοπολογία:



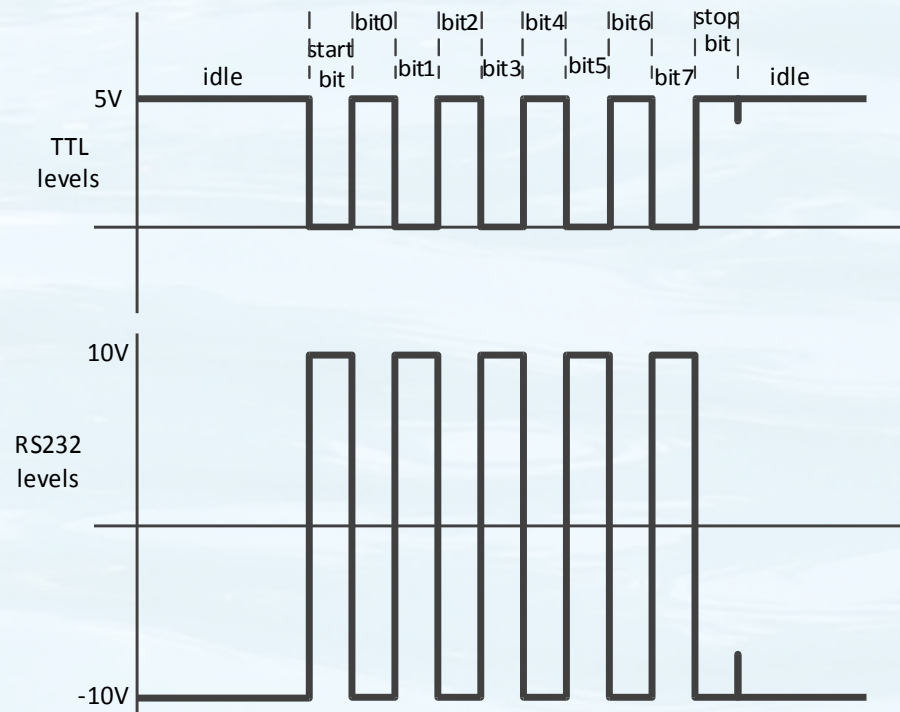
ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ – USART

Χρησιμοποιούνται 2 ακροδέκτες TX (transmit) και RX (receive).
Μία τυπική επικοινωνία με I²C γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Start bit (λογικό '0')
2. Αποστολή ενός byte στέλνοντας πρώτα το LSB
3. Αποστολή 1 ή 2 Stop bit (λογικό '1')

Στο διπλανό διάγραμμα παρουσιάζεται η αποστολή του byte h'55' (85).

Επίσης για τη διασύνδεση στη σειριακή θύρα του υπολογιστή απαιτείται μετατροπέας για τη μετατροπή των TTL λογικών σταθμών σε RS232 και το αντίστροφο όπως το MAX232.



ΣΕΙΡΙΑΚΑ INTERFACE RS422, RS485

Ανοίγοντας μια παρένθεση καλό θα ήταν να αναφερθούμε σε σειριακά interface τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για να καλύψουν ανάγκες επικοινωνίας συνδέοντας συσκευές:

- περισσότερες από μία πάνω σε κάποιο bus
- σε ολόένα και μεγαλύτερες αποστάσεις
- με μεγαλύτερη ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ τους

Τα interfaces RS422 και RS485 επινοήθηκαν για τους παραπάνω σκοπούς με το RS485 να επικρατεί καθώς σχεδιάστηκε με αυστηρότερες προδιαγραφές. Η αποστολή δεδομένων με το RS485 γίνεται στέλνοντας διαφορικά σήματα χρησιμοποιώντας ζεύγος καλωδίων συνεστραμμένων μεταξύ τους. Η μη ύπαρξη ανάγκης κοινής γείωσης δίνει μεγαλύτερη ανοχή στο θόρυβο. Να σημειωθεί ότι τα πρότυπα αυτά καθορίζουν προδιαγραφές στο φυσικό επίπεδο. Τις λοιπές ανάγκες της επικοινωνίας απαιτείται να τις διεκπαιρέσει η εκάστοτε εφαρμογή.

Προδιαγραφές RS485:

Μέγιστος αριθμός πομποδεκτών: 22

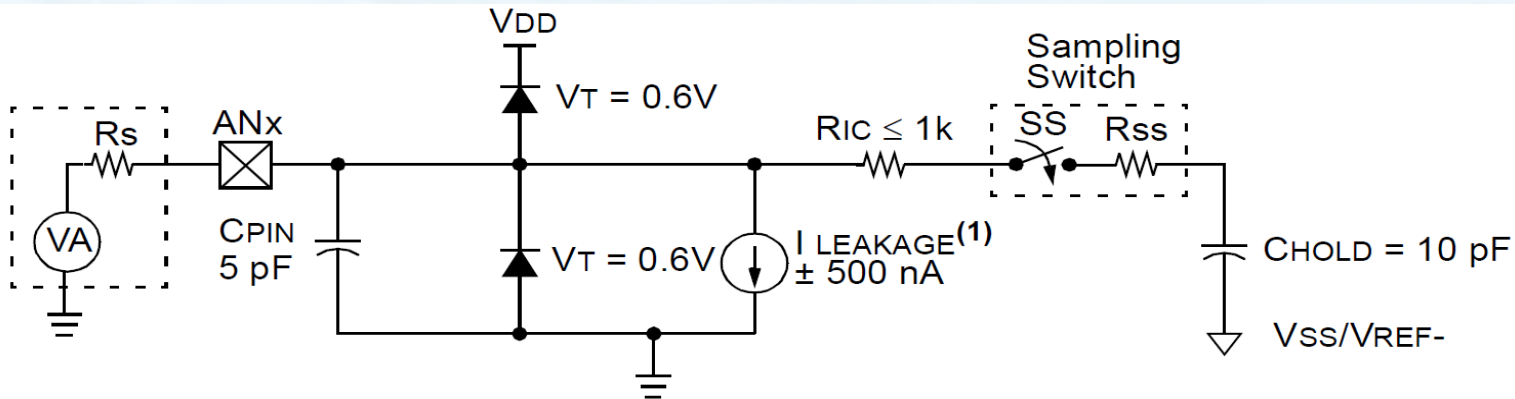
Μέγιστη απόσταση καλωδίων: 1200m

Μέγιστη ταχύτητα για μήκος καλωδίων 12m: 35Mbps

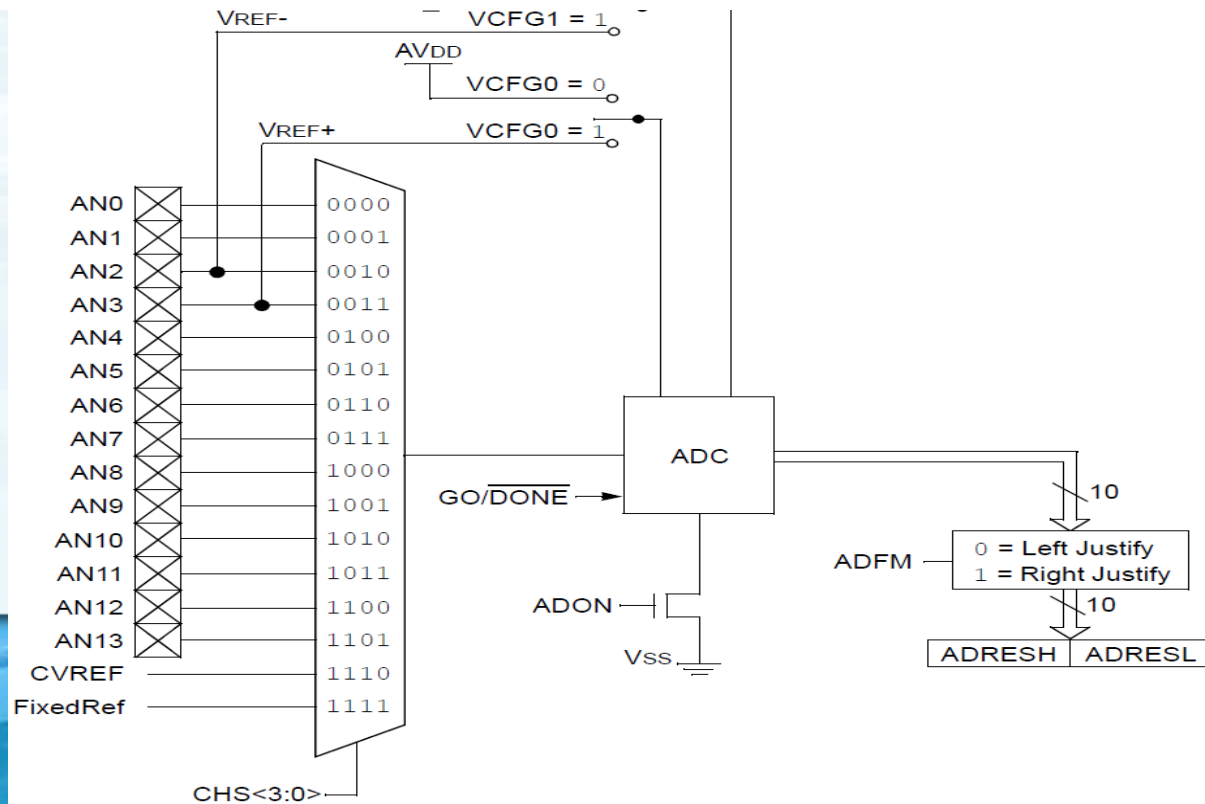
Μέγιστη ταχύτητα για μήκος καλωδίων 1200m: 100Kbps

ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)

Ο ADC αναλαμβάνει να μετατρέψει αναλογικές τάσεις σε ψηφιακές ώστε να είναι διαθέσιμες εσωτερικά στο μικροελεγκτή για επεξεργασία.



Η αναλογική τάση που θέλουμε να ψηφιοποιηθεί οδηγείται σε ένα αναλογικό κανάλι και στη συνέχεια φορτίζει έναν εσωτερικό πυκνωτή του μικροελεγκτή. Ο χρόνος φόρτισης αυτού του πυκνωτή ορίζεται ως acquisition time.



ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)

Οι τάσεις που ψηφιοποιούνται μπορούν να κυμαίνονται συνήθως από 0 έως 5V. Για τη μετατροπή μεγαλύτερων τάσεων απαιτούνται εξωτερικά κυκλώματα τελεστικών ενισχυτών για την προσαρμογή του σήματος εισόδου στο μικροελεγκτή. Στις περισσότερες οικογένειες των PIC η ανάλυση των ADC είναι 10-bit. Αυτό σημαίνει ότι η μέγιστη τιμή που μπορεί να έχει ένα αποτέλεσμα μετατροπής είναι 1023 ($2^{10}-1$). Για εύρος μετατροπής 0 έως 5V μία τάση στα 0V αντιστοιχεί στον αριθμό 0 ενώ μία τάση 5V στον αριθμό 1023. Ενδιάμεσες τάσεις δίνουν αποτέλεσμα ανάμεσα στα δύο όρια τιμών ενώ για τον προσδιορισμό της τάσης χρησιμοποιείται η απλή “μέθοδος των τριών”.

Παράδειγμα μετατροπής 1: Αν ένας ADC δέχεται 2V αναλογική τάση τότε η τιμή της μετατροπής θα είναι: $1023 \cdot 2/5 = 409$ (Το αποτέλεσμα θα προσεγγίζει τον πλησιέστερο ακέραιο).

Παράδειγμα μετατροπής 2: Αν ένας ADC κατά τη μετατροπή δίνει την τιμή 640 τότε η αναλογική τάση που έχει εφαρμοστεί είναι: $5 \cdot 640/1023 = 3.128V$

Η διακριτικότητα του ADC για εύρος τάσεων 0V έως 5V είναι 4.8mV/LSB. Τα επίπεδα τάσεων αναφοράς μπορούν να κυμαίνονται οπουδήποτε εντός των 0 και 5V για την επίτευξη ακόμα μεγαλύτερης διακριτικότητας από τον ADC. Βέβαια στην περίπτωση αυτή απαιτείται και πολύ καλή σχεδίαση μιας εφαρμογής καθώς γενικά τα επίπεδα θορύβου κυμαίνονται σε λίγα mV οπότε πρακτικά δεν θα υπήρχε σπουδαία βελτίωση.

Γενικά για μία μετατροπή θα πρέπει να ακολουθηθούν κάποια βήματα:

1. Καθορισμός τάσεων αναφοράς
2. Επιλογή αναλογικού καναλιού
3. Αναμονή μέχρι να παρέλθει το acquisition time
4. Εντολή να ξεκινήσει η μετατροπή
5. Αναμονή κάποιους κύκλους μέχρι να τελειώσει η μετατροπή
6. Επιστροφή στο βήμα 2 για νέα μετατροπή

ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)

Στους 16-bit μικροελεγκτές ο ADC είναι ιδιαίτερα περίπλοκος.

Υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης σάρωσης των αναλογικών καναλιών αλλά και αποθήκευσης του αποτελέσματος σε διαφορετικούς καταχωρητές.

Ειδικά στους dsPIC (DSC – Digital Signal Controllers) το αποτέλεσμα μπορεί να μεταφερθεί απευθείας στη RAM χρησιμοποιώντας τον ADC σε συνδυασμό με τη δυνατότητα για DMA (Direct Memory Access). Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιούνται δύο buffers στη RAM (ring rong buffers) και για όσο γίνονται εγγραφές στη μία περιοχή ο μικροελεγκτής να επεξεργάζεται μαζικά τα αποτελέσματα στην άλλη.

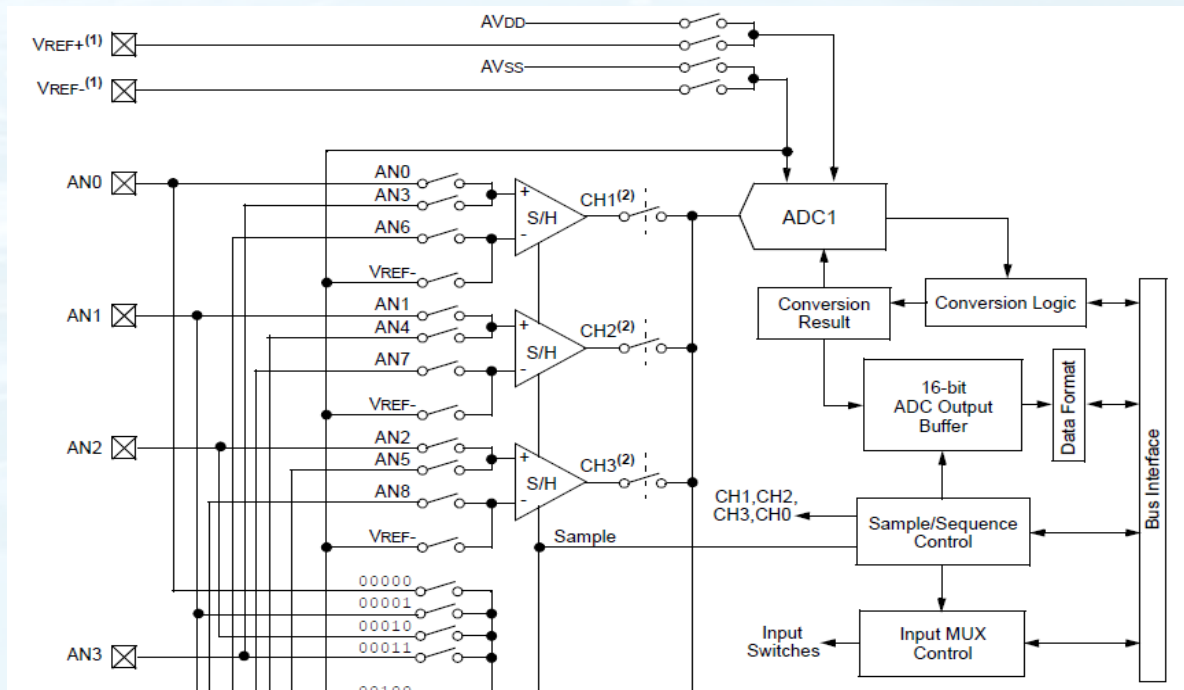
Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ο προγραμματιστής ορίζει κάποια interrupt να σηματοδοτούνται ώστε να γνωρίζει πότε γέμισε η μνήμη.

Σε κάποιες σειρές μάλιστα δεν υπάρχουν καθόλου ειδικοί buffers για το αποτέλεσμα της μετατροπής αλλά υποχρεωτικά θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τη RAM για την αποθήκευση του αποτελέσματος.

ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)

Στις προηγμένες οικογένειες (16-bit) το μοντέλο αναλογικής εισόδου περιλαμβάνει κάποιον sample and hold amplifier. Εκεί αποθηκεύεται η τάση προς μετατροπή. Υπάρχουν περισσότεροι από ένας S/H amplifier (έως τέσσερις) με σκοπό να γίνεται ταυτόχρονα το acquisition των αναλογικών τάσεων που θα μετατραπούν. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να γίνει δειγματοληψία τεσσάρων αναλογικών τάσεων την ίδια χρονική στιγμή και να γίνει στη συνέχεια η μετατροπή τους από έναν ADC.

Υποστηρίζεται επίσης διαφορική μετατροπή οδηγώντας το υψηλότερο δυναμικό στη μη αναστρέφουσα είσοδο του S/H και το χαμηλότερο στην αναστρέφουσα είσοδο.



Capture/Compare/PWM (CCP)

Το περιφερειακό αυτό έχει 3 mode λειτουργίας.

1. Capture mode

Όταν το CCP λειτουργεί σε Capture mode τότε ο μικροελεγκτής συλλαμβάνει την τιμή ενός timer οποίος τρέχει διαρκώς και την αποθηκεύει σε κάποιους καταχωρητές μνήμης σε συγκεκριμένα events.

α. Σε κάθε κατερχόμενο μέτωπο ενός ακροδέκτη του μικροελεγκτή

β. Σε κάθε ανερχόμενο μέτωπο ενός ακροδέκτη του μικροελεγκτή

γ. Κάθε 4ο ανερχόμενο μέτωπο ενός ακροδέκτη του μικροελεγκτή

δ. Κάθε 16ο ανερχόμενο μέτωπο ενός ακροδέκτη του μικροελεγκτή

Δεδομένου ότι γνωρίζουμε τη συχνότητα με την οποία τρέχει ο timer αφού (συνήθως) βασίζεται στον ταλαντωτή χρονισμού μπορούμε με τον τρόπο αυτό να χρονομετρήσουμε με μεγάλη ακρίβεια χρονικά διαστήματα ανάμεσα σε κάποια συμβάντα.

Capture/Compare/PWM (CCP)

Το περιφερειακό αυτό έχει 3 mode λειτουργίας.

2. Compare mode

Όταν το CCP λειτουργεί σε Compare mode τότε μία προκαθορισμένη από τον προγραμματιστή αριθμητική τιμή συγκρίνεται διαρκώς με την τιμή κάποιου timer. Όταν κάποια στιγμή γίνουν ίσες τότε μπορεί να γίνουν αυτόματα ένα κάποια από τα παρακάτω:

- α. Να γίνει '1' μία έξοδος του μικροελεγκτή
- β. Να γίνει '0' μία έξοδος του μικροελεγκτή
- γ. Να αντιστραφεί μία έξοδος του μικροελεγκτή
- δ. Να δημιουργηθεί ένα trigger event το οποίο μπορεί να προκαλέσει την εκκίνηση άλλων διεργασιών όπως μία A/D μετατροπή

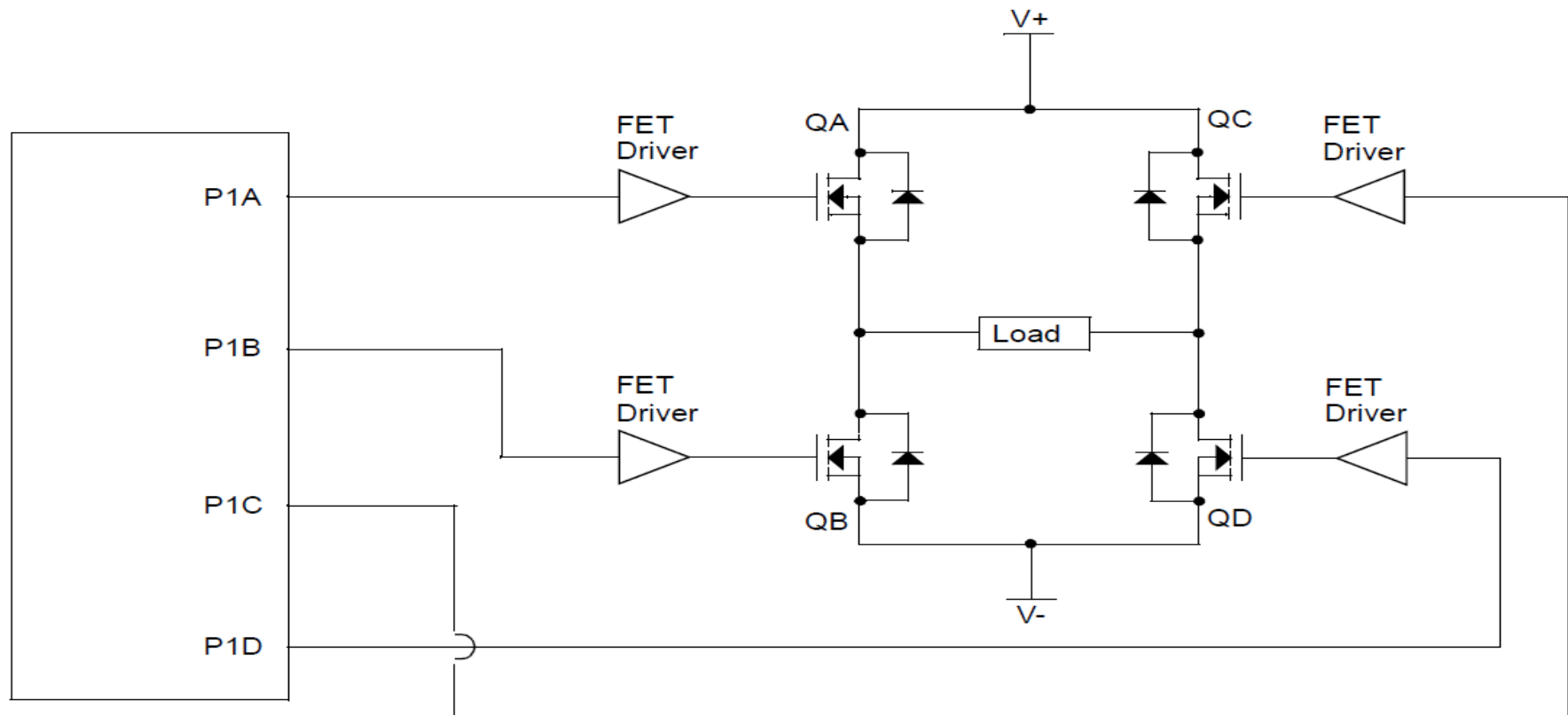
Capture/Compare/PWM (CCP)

Το περιφερειακό αυτό έχει 3 mode λειτουργίας.

3. PWM mode

Όταν το CCP λειτουργεί σε PWM mode τότε παράγει μία PWM κυματομορφή σε κάποιον ακροδέκτη του μικροελεγκτή.

Στις μεταγενέστερες οικογένειες των 8-bit μικροελεγκτών υπάρχει ένα βελτιωμένο PWM module (ECCP – Enhanced CCP) με το οποίο υπάρχει η δυνατότητα να παλμοδοτηθούν MOSFET σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας (half bridge) ή πλήρους γέφυρας (full bridge).

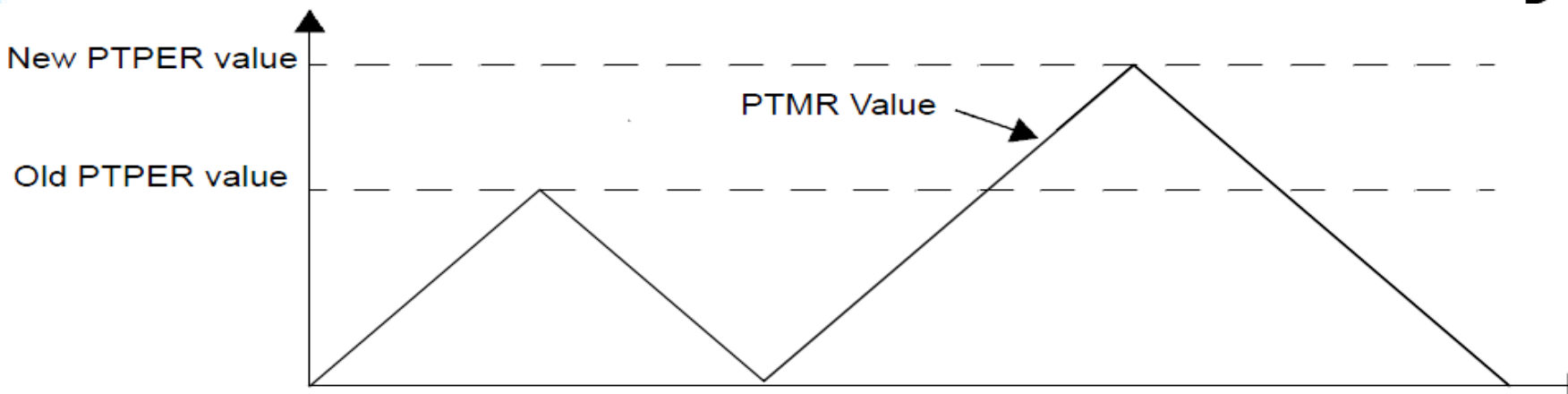
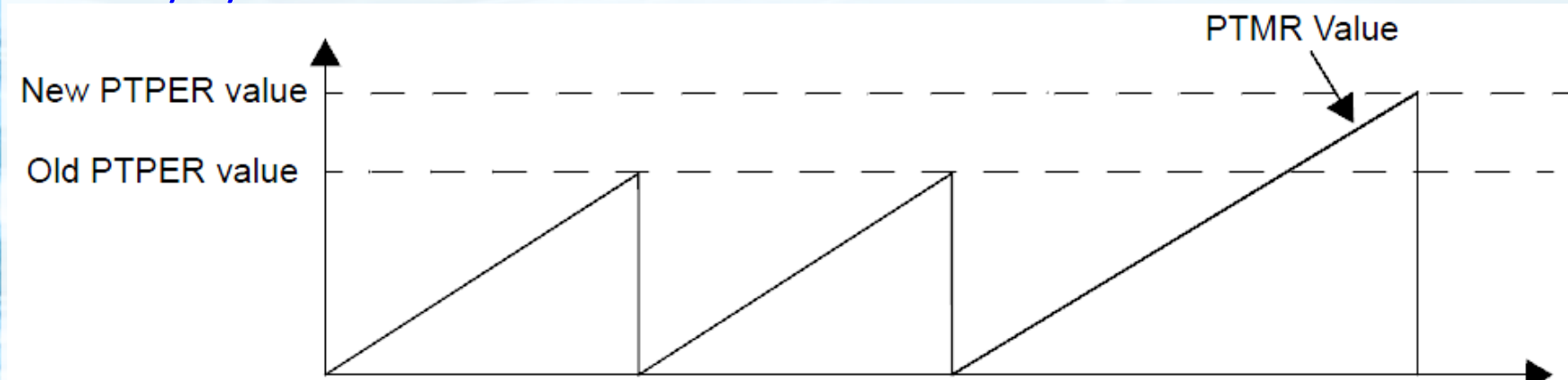


MOTOR CONTROL

Στους 16-bit και συγκεκριμένα στους dsPIC υπάρχει ιδιαίτερα sophisticated motor control module.

Σε κάθε PWM μπορεί να υπάρχουν 6 (ή και 8) ακροδέκτες όπου παράγουν PWM κυματομορφές και είναι κατάλληλα για παλμοδότηση διατάξεων οδήγησης είτε μονοφασικών είτε τριφασικών κινητήρων.

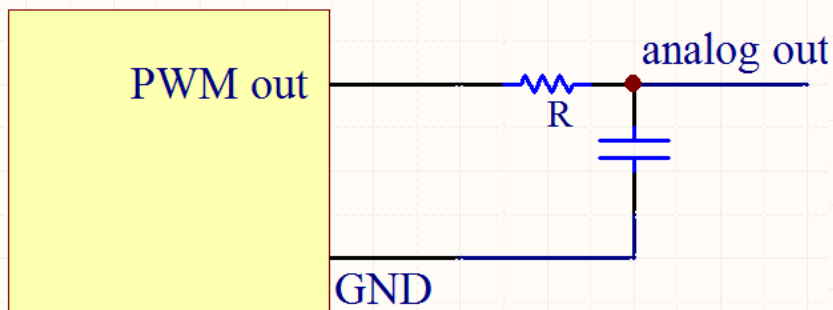
Υπάρχει δυνατότητα να καθορίσει ο προγραμματιστής το dead time, συνθήκες σφάλματος και συμπεριφορά στις συνθήκες αυτές, ευελιξία στην δημιουργία του Duty Cycle κλπ.



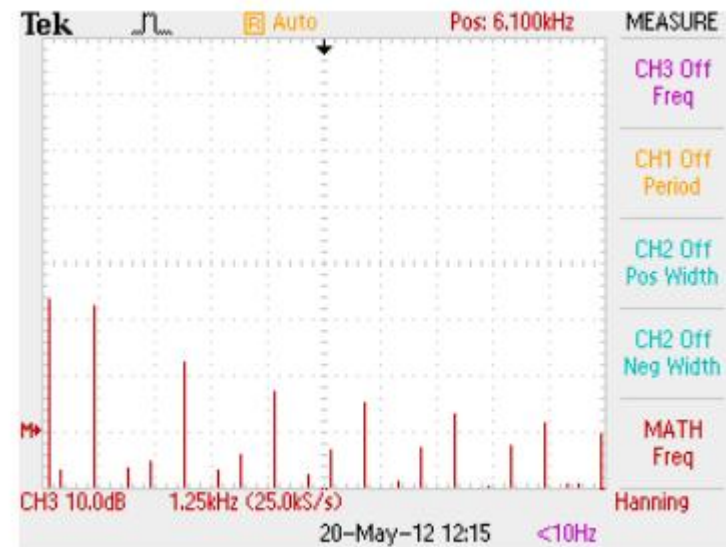
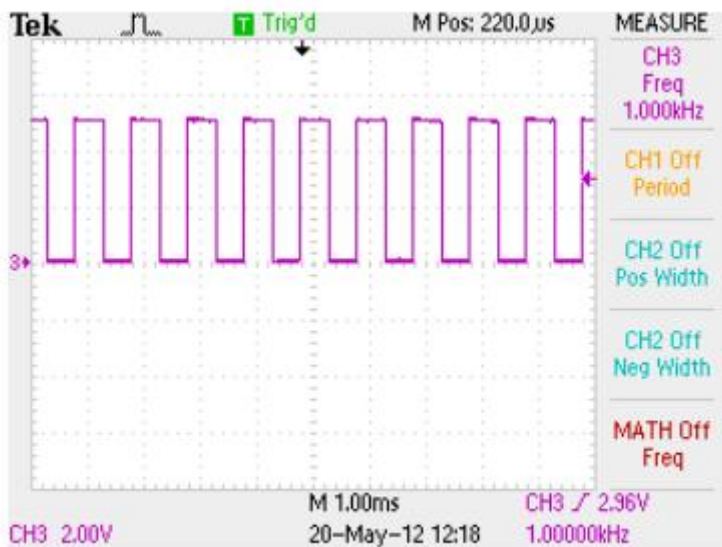
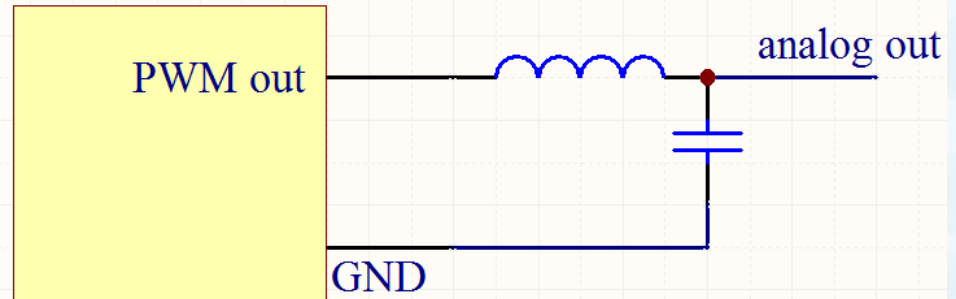
ΧΡΗΣΗ PWM ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DAC

Σε πολλές οικογένειες μικροελεγκτών δεν υπάρχει DAC module όμως σχεδόν σε όλες υπάρχει PWM. Παρά τη μη ύπαρξη DAC υπάρχει τρόπος χρησιμοποιώντας το PWM να παράγουμε αναλογική τάση. Αυτό γίνεται συνδέοντας ένα χαμηλοπερατό φίλτρο στον ακροδέκτη της PWM κυματομορφής με συχνότητα αποκοπής μικρότερη της πρώτης αρμονικής της PWM κυματομορφής. Ένας άτυπος κανόνας είναι η συχνότητα αποκοπής να είναι 10 φορές μικρότερη της συχνότητας του PWM. Έτσι από το φίλτρο θα περάσει μόνο η DC συνιστώσα το πλάτος της οποίας εξαρτάται από το Duty Cycle του PWM.

PIC



PIC



PARALLEL PORT (PSP και PMP)

PSP : Parallel Slave Port

PMP : Parallel Master Port

Σε παλιότερες οικογένειες μικροελεγκτών υπήρχε η παράλληλη slave θύρα ενώ σε μεταγενέστερες υπάρχει ένα πιο εξελιγμένο module το οποίο μπορεί να είναι είτε παράλληλη master θύρα είτε slave θύρα διατηρώντας συμβατότητα προς τα πίσω.

Η PSP χρησιμοποιεί 8 ακροδέκτες για το data bus και 3 ακροδέκτες για τα σήματα ελέγχου. Οι 3 ακροδέκτες (και οι 3 είσοδοι) είναι:

CS : Chip Select

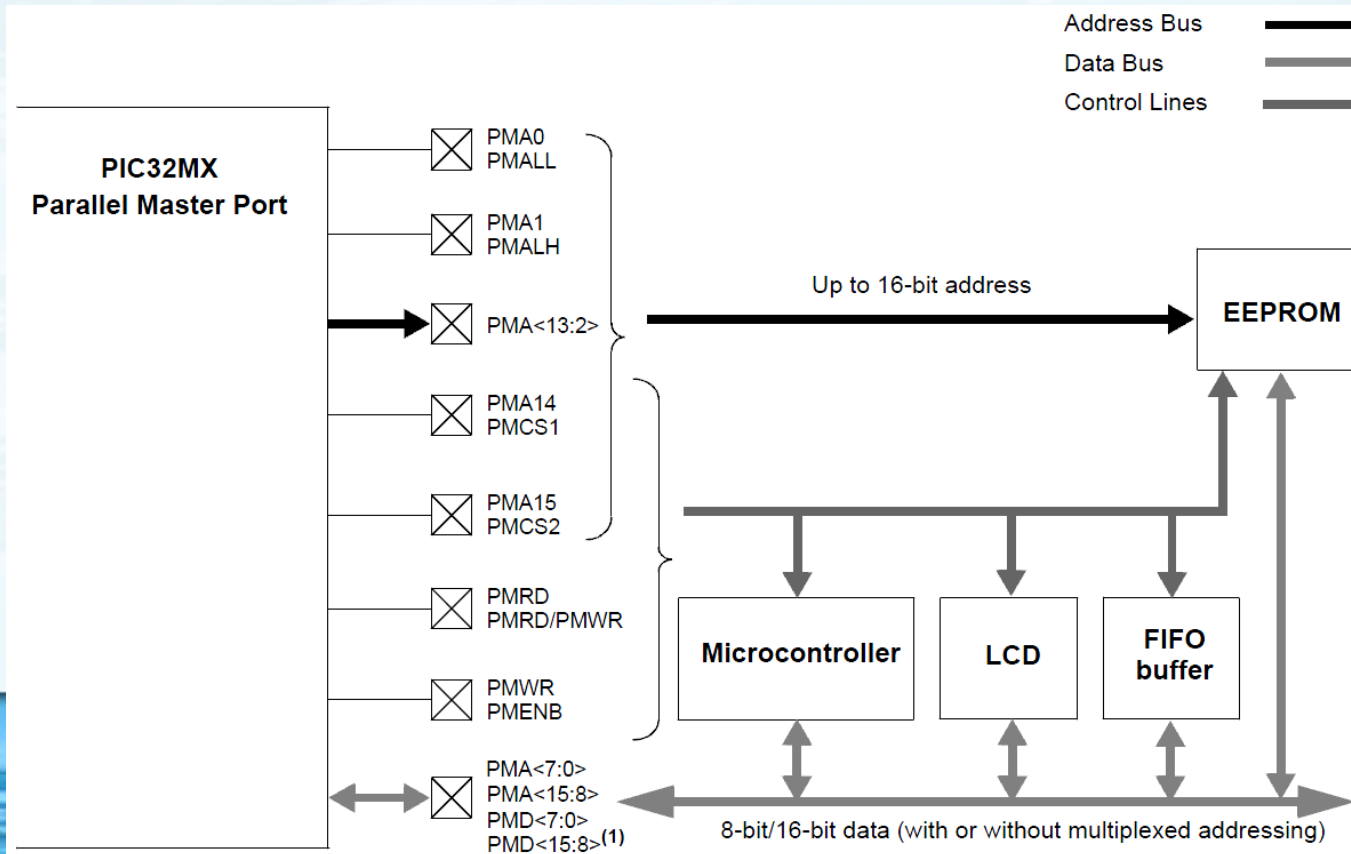
WR : Write

RD : Read

Για την ανάγνωση ή την εγγραφή πρέπει να είναι active το CS και το RD ή το WR αντίστοιχα.

PARALLEL PORT (PSP και PMP)

Η PMP χρησιμοποιεί 8 ή 16 ακροδέκτες για το data bus, έως 16 ακροδέκτες για το address bus ορισμένους ακροδέκτες ελέγχου. Οι ακροδέκτες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο είναι 1 ή 2 CS, PMWR και PMRD. Η PMP χρησιμοποιείται συνήθως για ανάγνωση και εγγραφή σε μνήμες. Επιπλέον για ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία το PMP module μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με DMA. Έτσι επιτυγχάνεται ακόμη μεγαλύτερη αποσυμφόρηση του επεξεργαστή ο οποίος μπορεί να απασχοληθεί σε άλλες εργασίες.



CTMU

Με τη μονάδα CTMU (Charge Time Measurement Unit) μπορούμε να μετρήσουμε απόλυτη χωρητικότητα, σχετική μεταβολή χωρητικότητας καθώς επίσης και χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο παλμούς.

Βασίζεται στην ύπαρξη σταθερής πηγής ρεύματος η οποία φορτίζει ένα “κύκλωμα”. Η τάση που αποκτά το “κύκλωμα” μετριέται με τη χρήση του ADC του μικροελεγκτή.

Για τη μέτρηση χωρητικότητας συνδέεται σε ένα κανάλι το χωρητικό φορτίο που θέλουμε να μετρήσουμε. Καθορίζεται η πηγή ρεύματος σε μια γνωστή τιμή. Ξεκινάμε τη φόρτιση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μετά την πάροδο του διαστήματος ο ADC μετράει την αναλογική τάση που έχει στα άκρα του ο πυκνωτής (το χωρητικό φορτίο). Ισχύει:

$$I = \frac{dQ}{dt} \Leftrightarrow I = \frac{d(C \cdot V)}{dt} \Leftrightarrow I = \frac{C \cdot dV}{dt} \Leftrightarrow I = \frac{C \cdot (V - 0)}{t - 0} \Leftrightarrow I = \frac{C \cdot V}{t} \Leftrightarrow C = \frac{I \cdot t}{V}$$

Για τη μέτρηση απόλυτης χωρητικότητας χρειάζεται να γίνει calibration διότι από τις μετρήσεις η παραπάνω σχέση θα συμπεριλαμβάνει και την παρασιτική χωρητικότητα που θα υπάρχει.

Παράδειγμα: Ένας πυκνωτής συνδέεται σε ένα αναλογικό κανάλι του μικροελεγκτή για να βρεθεί η χωρητικότητά του. Φορτίζεται με πηγή ρεύματος 5μΑ σε τάση 4V μέσα σε χρόνο 40μs. Αν η παρασιτική χωρητικότητα που παρουσιάζει το κύκλωμα είναι 10pF να βρεθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή.

Λύση: Η συνολική χωρητικότητα θα είναι $C = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 10^{-6} / 4 \text{ F} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 50 \text{ pF}$

Άρα, αφαιρώντας την παρασιτική, η χωρητικότητα του πυκνωτή θα είναι:

$$C = C_{\text{ολ}} - C_{\text{stray}} \Rightarrow C = 50\text{pF} - 10\text{pF} = 40 \text{ pF}$$

CTMU

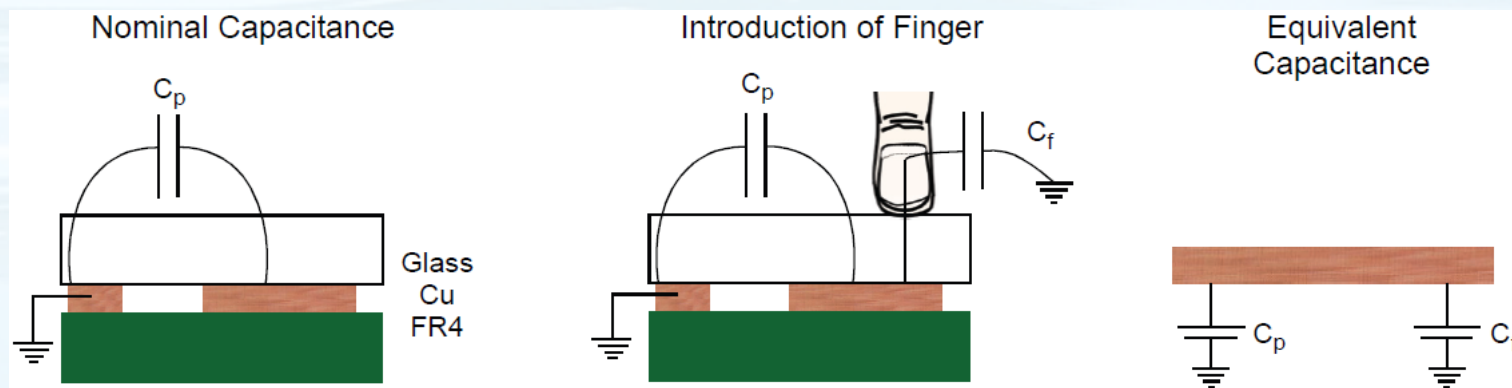
Για τη μέτρηση μεταβολής χωρητικότητας δεν απαιτείται calibration.

Το CTMU module μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που θέλουμε να διασυνδέσουμε χωρητικό πληκτρολόγιο αφής στο μικροελεγκτή.

Η βασική ιδέα είναι ότι κάποια περιοχή (που θεωρούμε πλήκτρο) παρουσιάζει μια μικρή παρασιτική χωρητικότητα. Ακουμπώντας το δάχτυλό μας ουσιαστικά προθέτουμε την χωρητικότητα που παρουσιάζει το ανθρώπινο σώμα.

Σαρώνοντας συνέχεια και μετρώντας τη χωρητικότητα των συγκεκριμένων περιοχών (που τις θεωρούμε ως πλήκτρα αφής) όταν ανιχνευτεί μεταβολή χωρητικότητας τότε αυτό σημαίνει ότι έχει πατηθεί κάποιο “πλήκτρο”.

Οδηγώντας την κάθε περιοχή σε διαφορετικά κανάλια του μικροελεγκτή και με τη μονάδα CTMU μπορούμε να ανιχνεύσουμε ουσιαστικά την αφή.



CTMU

Η μέτρηση χρόνου μπορεί να επιτευχθεί ανάμεσα σε δύο παλμούς σε κάποιο ακροδέκτη (συμβάντα).

Η μέτρηση βασίζεται στη σχέση $T=(C/I)*V$

Πριν την οποιαδήποτε μέτρηση υπολογίζουμε το λόγο C/I προκαλώντας διαδοχικά τα δύο συμβάντα σε χνωστό χρόνο. Το πρώτο συμβάν εκκινεί τη φόρτιση πυκνωτή σε κάποιο κανάλι της CTMU και το δεύτερο σταματάει την πηγή ρεύματος και εκκινεί την A/D μετατροπή.

Αφού υπολογιστεί ο λόγος C/I στη συνέχεια μπορεί πάντοτε να υπολογίζεται ο χρόνος ανάμεσα στα δύο συμβάντα τα οποία θα προκαλούνται από εξωτερικά κυκλώματα.

Peripheral Pin Select (PPS)

Με τη συγκεκριμένη μονάδα ο προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα να καθορίσει σε ποιον ακροδέκτη του μικροελεγκτή θα βγει ένα I/O ενός περιφερειακού.

Για παράδειγμα οι ακροδέκτες του SPI είναι οι SCK, SDO και SDI.

Ο προγραμματιστής μπορεί να ρυθμίσει προγραμματιστικά ποιοι ακροδέκτες του μικροελεγκτή θα αποτελέσουν τα παραπάνω σήματα.

Αυτό δίνει το πλεονέκτημα ένας μικροελεγκτής να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο εύρος εφαρμογών πολύ πιο εύκολα. Συνήθως τα περιφερειακά που διαθέτουν, απαιτούν περισσότερους ακροδέκτες από αυτούς που πραγματικά έχει με αποτέλεσμα τα σήματα να πολυπλέκονται σε κάποιους από αυτούς.

Αυτό όμως δημιουργεί πρόβλημα όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε δύο περιφερειακά με τα απαραίτητα σήματα των οποίων να πολυπλέκονται στο ίδιο pin του μικροελεγκτή. Με το PPS προγραμματιστικά πολυπλέκουμε τα σήματα σε διαφορετικούς ακροδέκτες.

Το περιφερειακό αυτό επίσης μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο κατά το σχεδιασμό του τυπωμένου κυκλώματος μιας εφαρμογής καθώς για τη διευκόλυνση του PCB ένα σήμα μπορεί να “συμφέρει” σχεδιαστικά να βγει από κάποιο άλλο ακροδέκτη.

Real Time Clock (RTC)

Η μονάδα RTC παρέχει ευκολία στον προγραμματιστή σε εφαρμογές που απαιτείται η ύπαρξη ρολογιού πραγματικού χρόνου.

Σε πολλές ηλεκτρονικές συσκευές υπάρχει ημερομηνία και ώρα.

Στους πρώτους μικροελεγκτές όπου μια εφαρμογή απαιτούσε RTC έπρεπε υλοποιηθεί προγραμματιστικά. Αυτό σήμαινε κατάλληλα χρονικά διαστήματα παραγωγής ενός δευτερολέπτου με ακρίβεια, πολλούς καταχωρητές για αποθήκευση των δεδομένων χρόνου, πρόβλεψη για τα δισεκτα έτη κλπ.

Σε μεταγενέστερους μικροελεγκτές όπου υπάρχει μονάδα RTC ενσωματωμένη όλα γίνονται αυτόματα ενώ ο προγραμματιστής το μόνο που έχει να κάνει είναι απλώς να διαβάσει κάποιους καταχωρητές για την ημερομηνία ή την ώρα.

Φυσικά θα πρέπει να τους ρυθμίσει πρώτα με τα σωστά δεδομένα.

Οι καταχωρητές περιλαμβάνουν την ημερομηνία και την ώρα σε BCD μορφή για πιο εύκολη επεξεργασία.

Επιπλέον υπάρχει και δυνατότητα για alarm σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές σηματοδοτώντας κατάλληλα interrupt στον μικροελεγκτή.

Direct Memory Access (DMA)

Η μονάδα DMA είναι ένα πανίσχυρο χαρακτηριστικό το οποίο προσδίδει απευθείας πρόσβαση στη RAM ενός μικροελεγκτή από κάποιο άλλο περιφερειακό **ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΜΕΣΟΛΑΒΗΣΗ ΤΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ**.

Η μονάδα DMA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τον ADC του μικροελεγκτή (όπως έχει ήδη αναφερθεί) ώστε να γίνονται κάποιες μετατροπές και τα αποτελέσματα να εγγράφονται αυτόματα σε διαδοχικές θέσεις μνήμης χωρίς ο επεξεργαστής να διαβάζει τον buffer που αποθηκεύει ο ADC και μετά να γράφει στη RAM.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με την παράλληλη θύρα όπου τα δεδομένα που λαμβάνονται και εγγράφονται στον buffer της παράλληλης θύρας αυτόματα μεταφέρονται στη RAM μέσω DMA.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το SPI όπου κάθε byte που λαμβάνεται από τον buffer του περιφερειακού να αποθηκεύεται στη RAM απευθείας. Υπάρχει η δυνατότητα να αποθηκευτούν πολλά byte προς αποστολή στη RAM και με τη χρήση του DMA ένα ένα να διαβάζονται απευθείας από τη RAM και να στέλνονται σειριακά μέσω του SPI.

Η μονάδα DMA μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από τη UART αλλά και από κάποιο CAN module που θα συζητηθεί στη συνέχεια.

Cyclic Redundancy Check (CRC)

Η μονάδα CRC χρησιμοποιείται ως ένα επιπλέον μέτρο για την επαλήθευση ορθής αποστολής ενός πακέτου δεδομένων. Στα συστήματα τηλεπικοινωνιών και δικτύων μεταδίδεται τεράστιος όγκος δεδομένων. Έχουν εφευρεθεί κώδικες για ανίχνευση αλλά και διόρθωση σφαλμάτων. Το CRC είναι ένα επιπλέον πακέτο που προστίθεται στο τέλος του μηνύματος. Ο δέκτης του πακέτου υπολογίζει το CRC από τα δεδομένα του πακέτου και από το αποτέλεσμα μπορεί να καταλάβει εάν το πακέτο ήρθε σωστά ή περιέχει σφάλματα. Ο υπολογισμός του CRC είναι ιδιαίτερα περίπλοκος και απαιτούνται αρκετοί κύκλοι ρολογιού αν υλοποιηθεί σε software. Η μονάδα CRC υπολογίζει το CRC ενός πακέτου πολύ πιο γρήγορα απαιτώντας ελάχιστους παλμούς και μπορεί να είναι 200 φορές ή και ακόμα περισσότερο πιο γρήγορη σε σύγκριση ακόμα και με την καλύτερη software υλοποίηση.

Το CRC προκύπτει κάνοντας διαίρεση με γνωστό πολυώνυμο.

Το αποτέλεσμα προστίθεται στο μήνυμα και μεταδίδεται. Ο δέκτης εκτελεί τη διαίρεση με το πολυώνυμο και αν το αποτέλεσμα βγει μηδέν τότε το μήνυμα έχει μεταδοθεί σωστά.

Cyclic Redundancy Check (CRC)

Παράδειγμα

Μήνυμα: 110101, CRC-πολυώνυμο: 101

Επεξεργασία στον transmitter

Message = 110101
Polynomial = 101

$$\begin{array}{r} 11010100 \div 101 = 11101 \\ \underline{101} \\ 111 \\ \underline{101} \\ 100 \\ \underline{101} \\ 110 \\ \underline{101} \\ 110 \\ \underline{101} \\ 11 \\ \underline{11} \end{array}$$

Quotient (has no function in CRC calculation)

← Remainder = CRC checksum

Message with CRC = 11010111

Επεξεργασία στο receiver

Message with CRC = 11010111
Polynomial = 101

$$\begin{array}{r} 11010111 \div 101 = 11101 \\ \underline{101} \\ 111 \\ \underline{101} \\ 100 \\ \underline{101} \\ 111 \\ \underline{101} \\ 101 \\ \underline{101} \\ 00 \end{array}$$

Quotient

← Checksum is zero, therefore, no transmission error

Controller Area Network (CAN)

Στις περισσότερες από τις προηγμένες οικογένειες μικροελεγκτών υπάρχει CAN controller.

Το CAN αποτελεί ένα ενσύρματο σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές που υπάρχουν υψηλά επίπεδα θορύβου αλλά και σε εφαρμογές με σχετικά υψηλές απαιτήσεις σε bit rate. Η ταχύτητα μπορεί να φτάσει έως το 1Mbps ενώ ρίχνοντας τις απαιτήσεις σε ταχύτητα (έως μερικά Kbps) το μήκος του καλωδίου μπορεί να ταξιδέψει ακόμα και το 1 km.

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που υπάρχουν μεγάλες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ενώ βρίσκει εφαρμογή στην αυτοκινητοβιομηχανία. Συνήθως με CAN bus επικοινωνούν οι αισθητήρες στα διάφορα σημεία του αυτοκινήτου με τον εγκέφαλο.

Το specification καλύπτει τμήμα των δύο κατώτερων επιπέδων (φυσικό επίπεδο και επίπεδο σύνδεσης) του μοντέλου OSI.

Στο CAN bus δεν υπάρχουν άμεσες διευθύνσεις στις συσκευές που είναι συνδεδεμένες. Κάθε συσκευή λαμβάνει όλα τα μηνύματα και αναλόγως μπορεί να τα αποδεχθεί ή να τα απορρίψει.

Controller Area Network (CAN)

Είδη μηνυμάτων:

- α. Message Frame
- β. Remote Frame
- γ. Error Frame
- δ. Overload Frame

α. Αποτελεί το μήνυμα δεδομένων που αποστέλλεται από έναν CAN transmitter.

β. Αποτελεί ένα ειδικό μήνυμα το οποίο ουσιαστικά “ζητάει” ως απάντηση ένα ειδικό και προκαθορισμένο μήνυμα δεδομένων.

γ. Μήνυμα λάθους το οποίο αποστέλλεται από οποιαδήποτε συσκευή όταν ανιχνευτεί λάθος στο bus.

δ. Χρησιμοποιείται για να παρέχει έναν επιπλέον χρόνο ανάμεσα σε δύο διαδοχικά frames.

Κάθε μήνυμα περιλαμβάνει ένα πεδίο το οποίο είναι γνωστό ως Identifier.

Οι συνδεδεμένες συσκευές στο CAN bus είναι προγραμματισμένες να αποδέχονται ή να απορρίπτουν συγκεκριμένα identifiers.

Τα identifiers μπορεί να είναι 11 bit ή 29 bit.

CAN in Automation (CiA)

Ο CiA αποτελεί έναν μη κερδοσκοπικό οργανισμό ο οποίος συστήθηκε για την προώθηση του προτύπου CAN αλλά και για την παροχή πληροφοριών σε όσους προτίθενται να χτίσουν εφαρμογές βασισμένες στο CAN bus.

Αναπτύχθηκε από τα μέλη της CiA το CANopen το οποίο αποτελεί ένα πρωτόκολλο βασισμένο στο CAN αλλά παράλληλα καλύπτει υψηλότερα επίπεδα στο μοντέλο OSI.

Γενικά χρησιμοποιείται σε δίκτυα ελέγχου μηχανών, σε ιατρικό εξοπλισμό, σε ηλεκτρονικά που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία, στον αυτοματισμό κτιρίων κλπ.

Ένα αντίστοιχο πρωτόκολλο είναι το DeviceNet το οποίο περισσότερο χρησιμοποιείται σε βιομηχανικούς αυτοματισμούς.

Ο μικροελεγκτής PIC διαθέτει CAN bus controller ο οποίος επιμελείται αυτόματα όλες τις χαμηλού επιπέδου λειτουργίες αφήνοντας στον προγραμματιστή της υψηλότερου επιπέδου ενέργειες.

Αν απαιτείται η ανάπτυξη εφαρμογής για χρήση σε CANopen ή DeviceNet τότε ο προγραμματιστής θα πρέπει να υλοποιήσει ο ίδιος τα ανώτερα επίπεδα.

USB

Το USB είναι ένα σειριακό γρήγορο πρότυπο το οποίο όταν πρωτοδημιουργήθηκε είχε σκοπό την επικοινωνία ανάμεσα στον υπολογιστή και σε κάποιες περιφερειακές συσκευές.

Τώρα η χρήση του έχει επεκταθεί και περιλαμβάνει σύνδεση ανάμεσα και σε πολλές ηλεκτρονικές συσκευές.

Για μία USB σύνδεση απαιτείται μία ένα USB host και ένα USB device.

Κατά τη σύνδεση με τον υπολογιστή ο υπολογιστής είναι η host συσκευή και ότι συνδεθεί σε αυτόν θα αποτελεί την device συσκευή.

Οι πρώτοι μικροελεγκτές που κυκλοφόρησαν με USB περιείχαν έναν USB transceiver οποίος μπορούσε να αποτελέσει μόνο USB device.

Οι μεταγενέστεροι μικροελεγκτές περιείχαν πιο εξελιγμένο USB module και εκτός από USB device μπορούσαν να αποτελέσουν και ένα πολύ απλό USB host.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί το USB On-The-Go (OTG).

Με το USB OTG ο μικροελεγκτής έχει τη δυνατότητα να συμπεριφερθεί είτε ως USB host είτε ως USB device ανάλογα με τη συσκευή που θα συνδεθεί.

Επίσης έχουν κυκλοφορήσει πρόσφατα οι πρώτες συσκευές που ενσωματώνουν το πρότυπο USB 3.0 το οποίο υποστηρίζει ταχύτητες έως 5Gbps,

