ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Λογικά Κυκλώματα

4.1 Τα Λογικά μαθηματικά του BOOLE

Το 1854 ο Άγγλος μαθηματικός George Boole είχε μια εκκεντρική επιστημονική ιδέα. Σκέφτηκε ότι θα μπορούσε να περιγράψει την ανθρώπινη λογική με μαθηματικές παραστάσεις και σύμβολα. Πράγματι ο Boole εισήγαγε μια νέα Άλγεβρα η οποία φέρει και το όνομά του. Σχεδόν έναν αιώνα αργότερα, το 1938, ο Shannon χρησιμοποίησε την ξεχασμένη Άλγεβρα του Boole για να περιγράψει με εξισώσεις τις συνδέσεις στην σχεδίαση των τηλεφωνικών κέντρων. Σήμερα όλη η ψηφιακή τεχνολογία στηρίζεται σε αυτήν την παράξενη, για την εποχή της, άλγεβρα του Boole, η οποία αποτελεί πλέον την θεωρητική βάση όλης της ψηφιακής τεχνολογίας, δηλαδή την βάση όλου του σύγχρονου πολιτισμού.
Σύμφωνα με την μαθηματική λογική κάθε πρόταση που σχηματίζουμε στην καθομιλούμενη γλώσσα αποτελεί μία λογική μεταβλητή, η οποία μπορεί να πάρει μόνο δύο “τιμές”, ως εξής: ΑΛΗΘΗΣ ή ΨΕΥΔΗΣ. Έστω για παράδειγμα η πρόταση:

Αύριο θα κάνει καλό καιρό

Η πρόταση αυτή για την μαθηματική λογική αποτελεί μια Λογική μεταβλητή την οποία μπορούμε να ονομάσουμε Α, και μπορεί να λάβει μόνο 2 τιμές: Δηλαδή να είναι ΑΛΗΘΗΣ (θα κάνει καλό καιρό) ή να είναι ΨΕΥΔΗΣ (δεν θα κάνει καλό καιρό).
Οι λογικές προτάσεις συνδέονται μεταξύ τους με **λογικές πράξεις** και σχηματίζουν **λογικές αλγεβρικές παραστάσεις**.
Υπάρχουν 3 θεμελιώδεις λογικές πράξεις οι οποίες είναι αυταπόδεικτες, και είναι οιεξής:

Λογική πράξη AND (ΚΑΙ)

Οι λογικές μεταβλητές που συνδέονται με την λογική πράξη AND, δίνουν αποτέλεσμα ΑΛΗΘΗ μεταβλητή, τότε και μόνον τότε όταν όλες οι λογικές μεταβλητές είναι ΑΛΗΘΕΙΣ.

Παράδειγμα:

Έστω οι λογικές μεταβλητές:
Α = “*Αύριο θα κάνει καλό καιρό”*
Β = “*Αύριο θα έχω ευκαιρία”*
C = “*Αύριο θα πάω βόλτα”*
Τότε ο συλλογισμός

*“Αν αύριο θα κάνει καλό καιρό **ΚΑΙ** αν έχω ευκαιρία **θΑ** πάω βόλτα”*

Μπορεί να παρασταθεί σαν μια μαθηματική αλγεβρική παράσταση ως εξής:

Α . Β = C

Η λογική πράξη AND στην Λογική άλγεβρα παριστάνεται με το σύμβολο (.) τελεία
Στο παράδειγμα αυτό είναι φανερό ότι το αποτέλεσμα C αληθεύει (Θα πάω βόλτα) μόνο αν και η μεταβλητή Α και η μεταβλητή Β είναι και οι δύο αληθείς (κάνει καλό καιρό και έχω ευκαιρία)

Λογική πράξη OR (Η)

Οι λογικές μεταβλητές που συνδέονται με την πράξη OR (Η), δίνουν αποτέλεσμα ΑΛΗΘΗ μεταβλητή, αν έστω μια από τις μεταβλητές αυτές είναι ΑΛΗΘΗΣ.
Η λογική πράξη OR παριστάνεται με το σύμβολο (+) συν.

ΠΡΟΣΟΧΗ
Είμαστε συνηθισμένοι από την αριθμητική, το σύμβολο (+) σύν να το λέμε ΚΑΙ, προσοχή λοιπόν: Στην λογική άλγεβρα το (+) παριστάνει την λογική πράξη OR (Η) και όχι την λογική πράξη AND (ΚΑΙ).

Παράδειγμα
A= *"'Εχω λίγη δουλειά"*
B= *"Θα κάνει την δουλειά στην θέση μου ο αδερφός μου"*
C= *"Θα έρθω στο πάρτι"*
Τότε ο συλλογισμός
*"Αν έχω λίγη δουλειά **Η** αν κάνει τη δουλειά στην θέση μου ο αδερφός μου τοτε **ΘΑ** έρθω στο πάρτι"*
Μπορεί να παρασταθεί σαν μια μαθηματική αλγεβρική παράσταση ως εξής:

$$A + B = C$$

Λογική πράξη NOT (ΑΡΝΗΣΗ)
Η λογική πράξη NOT, εφαρμόζεται σε μια μόνο μεταβλητή και δίνει αποτέλεσμα ΑΛΗΘΗ μεταβλητή, όταν η ίδια είναι ΨΕΥΔΗΣ.
Η λογική πράξη NOT συμβολίζεται με μια (-) μπάρα, η οποία τίθεται πάνω από την μεταβλητή στην οποία εφαρμόζεται, δηλαδή:
Αντί για NOT A , θα γράψουμε A.
Παράδειγμα;
A = "*Αύριο θα βρέχει"* (Αληθές = βρέχει, ψευδές = δεν βρέχει)
C = "*Αύριο θα πάω βόλτα"*

Ο συλλογισμός :
*"Αν αύριο **ΔΕΝ** βρέχει **ΘΑ** πάω βόλτα"*
Παριστάνεται ως εξής:

$$\overline{A} = C$$

Επειδή στα μαθηματικά δεν είναι δόκιμο να χρησιμοποιούμε λέξεις, παρά μόνο σύμβολα, αντί για τις λέξεις ΑΛΗΘΗΣ και ΨΕΥΔΗΣ, χρησιμοποιούμε το Ο και το 1. Δηλαδή οι τιμές μια λογικής μεταβλητής μπορεί να είναι:
1=ΑΛΗΘΗΣ ή
Ο=ΨΕΥΔΗΣ

Στηριζόμενη σε αυτές τις αρχές και τις τρείς θεμελιώδεις πράξεις η μαθηματική λογική του Boole αναπτύσσεται σε μια πλήρη άλγεβρα, η οποία έχει τα θεωρήματά και τους κανόνες της και μπορεί να επιλύει πολύπλοκες λογικές παραστάσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να περιγράψουν ακόμη και ολόκληρα κείμενα με συλλογισμούς της καθημερινής μας ζωής.
Η μεγάλη όμως αξία της μαθηματικής λογικής βρίσκεται στην εφαρμογή της στα ψηφιακά ηλεκτρονικά, στα οποία στηρίζεται όλη η τεχνολογία των υπολογιστών και της πληροφορικής.
Στους αυτοματισμούς η χρήση και η εφαρμογή της λογικής άλγεβρας τους Boole μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο, κυρίως στον μεθοδολογικό σχεδιασμό των Αυτοματισμών. Η γνώση αυτή γίνεται σήμερα απαραίτητη για την μελέτη και τον σχεδιασμό αυτοματισμών με PLC.

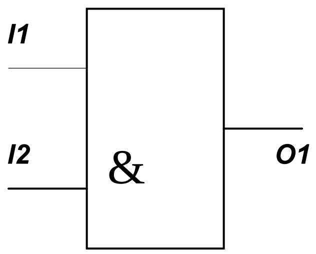
4.2 Οι λογικές πύλες και τα λογικά κυκλώματα

Στα ψηφιακά ηλεκτρονικά οι λογικές πράξεις υλοποιούνται άμεσα στις λογικές πύλες. Οι λογικές πύλες είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία σήμερα κυκλοφορούν σε ολοκληρωμένη μορφή.
Για κάθε μία από τις λογικές πράξεις υπάρχει μια αντίστοιχη λογική πύλη
Σε κάθε λογική πύλη διακρίνουμε:

- Τα ηλεκτρόδια τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος
- Τα ηλεκτρόδια εισόδων και εξόδου.
- Στις εισόδους και εξόδους εφαρμόζουμε ηλεκτρική τάση η οποία μπορεί να έχει δύο μόνο “λογικές” τιμές:
  - 5 Volt, ή 12 Volt, ή 6 Volt (ανάλογα με το είδος των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων) οπότε λέμε ότι έχουμε Λογικό 1.
  - 0 Volt, οπότε λέμε ότι έχουμε Λογικό 0

Οι βασικές λογικές πύλες οι οποίες αντιστοιχούν στις τρεις θεμελιώδεις λογικές πράξεις είναι οι παρακάτω:

Λογική πύλη AND



Σύμβολο

$$\boxed{O1 = I1 \,.\, I2}$$

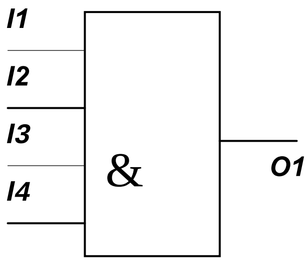
μαθηματικός τύπος

I1	I2	O1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

πίνακας αληθείας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ
Ο πίνακας αληθείας παριστάνει την λειτουργία ενός λογικού κυκλώματος. Στον πίνακα αληθείας δίνονται οι τιμές των εξόδων σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των εισόδων. Πρόκειται για μία πάρα πολύ χρήσιμη παράσταση των λογικών κυκλωμάτων, η οποία μας βοηθάει να καταλάβουμε την λειτουργία του κυκλώματος χωρίς να χρησιμοποιήσουμε τις λογικές μαθηματικές παραστάσεις.

ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΗ: Σε μια πύλη AND μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από 2 είσοδοι. Δείτε για παράδειγμα μια πύλη AND 4 εισόδων.



Σύμβολο

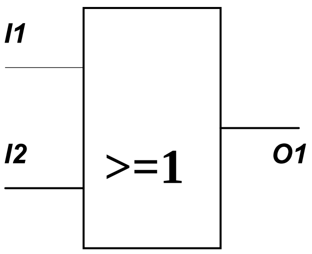
O1 =I1 . I2 . I3 . I4

μαθηματικός τύπος

I1	I2	I3	I4	O1
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

πίνακας αληθείας

Λογική πύλη OR



Σύμβολο

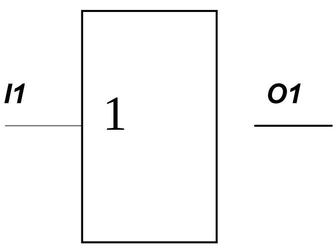
O1 =I1 + I2

μαθηματικός τύπος

I1	I2	O1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

πίνακας αληθείας

Λογική πύλη NOT



Σύμβολο

O1 =I1

μαθηματικός τύπος

I1	O1
0	0
0	0

πίνακας αληθείας

ΠΡΟΣΟΧΗ
Αν έχουμε στο εργαστήριο ένα “μαύρο κουτί” και θέλουμε να διαπιστώσουμε ποια πύλη είναι, θα πρέπει να δημιουργήσουμε όλον τον πίνακα αληθείας. Δηλαδή να εφαρμόσουμε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς στις εισόδους καταγράφοντας την έξοδο, και όχι μόνο μερικές από αυτές.

Εναλλακτικά σύμβολα για τις λογικές πύλες

Τα σύμβολα που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη παράγραφο δεν είναι τα μοναδικά. Τα σύμβολα αυτά είναι τυποποιημένα κατά DIN. Τα σύμβολα ANSI ήταν πολύ πιο διαδεδομένα στην Ελλάδα, όμως η κατάσταση αλλάζει τα τελευταία χρόνια. Ο λόγος είναι ότι τα PLC χρησιμοποιούν τα σύμβολα κατά DIN. Για τον ίδιο λόγο και εμείς στο βιβλίο αυτό θα χρησιμοποιούμε τα σύμβολα κατά DIN.

Τα σύμβολα κατά ANSI είναι τα παρακάτω.

ΠΥΛΗ AND

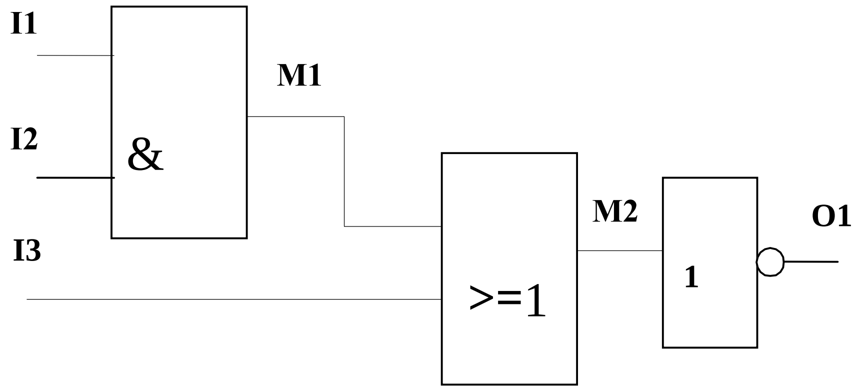
ΠΥΛΗ OR

ΠΥΛΗ NOT

4.3 Λογικά κυκλώματα

Τα λογικά κυκλώματα προκύπτουν συνδυάζοντας τις βασικές λογικές πύλες. Η λειτουργία του κάθε λογικού κυκλώματος περιγράφεται από τον πίνακα αληθείας. Αν έχουμε το λογικό κύκλωμα μπορούμε να φτιάξουμε τον πίνακα αληθείας, ας δούμε κάποια παραδείγματα:

Παράδειγμα 1



I1	I2	I3	M1	M2	O1
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0

Πίνακας Αληθείας

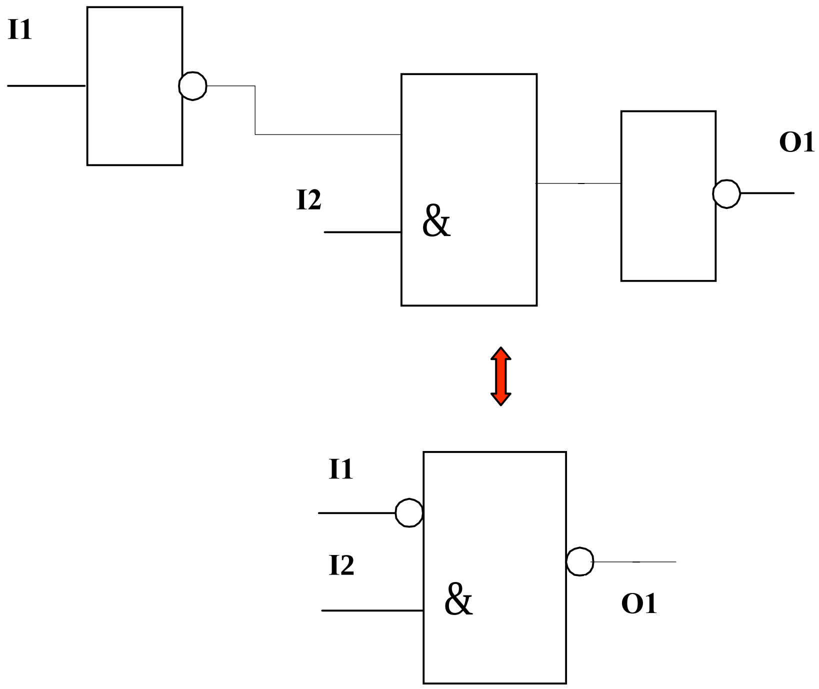
Οδηγίες για την εξαγωγή του πίνακα αληθείας σε ένα λογικό κύκλωμα

Ο πιο εύκολος τρόπος για την εξαγωγή του πίνακα αληθείας ενός λογικού κυκλώματος είναι ο εξής:

- Προσδιορίζουμε και χαρακτηρίζουμε τις ενδιάμεσες εξόδους όλων των πυλών, δηλαδή τις εξόδους οι οποίες γίνονται είσοδοι σε άλλες πύλες (στο παράδειγμα είναι οι Μ1 και Μ2).
- Στο πίνακα αληθείας εκτός από τις εξόδους και τις εισόδους αναγράφουμε και τις ενδιάμεσες εξόδους
- Τώρα μπορούμε πολύ εύκολα να προσδιορίσουμε της ενδιάμεσες εξόδους αφού πρόκειται για εξόδους σε μια από τις γνωστές πύλες.
- Τέλος προσδιορίζουμε την τελική έξοδο.

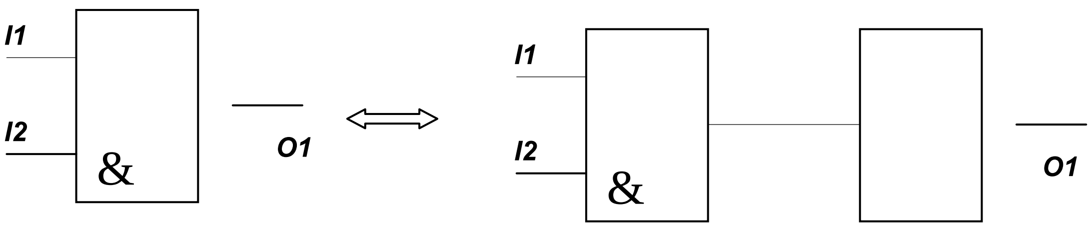
Ενας άλλος τρόπος σχεδιασμού της πύλης NOT στα κυκλώματα

Για την πύλη NOT όταν σχεδιάζεται μέσα σε ένα λογικό κύκλωμα συνδυαζόμενη με άλλες πύλες, συνήθως δεν χρησιμοποιούμε το σύμβολο που παρουσιάσαμε παραπάνω, απλά σχεδιάζουμε ένα μικρό κύκλο, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του παρακάτω σχήματος.



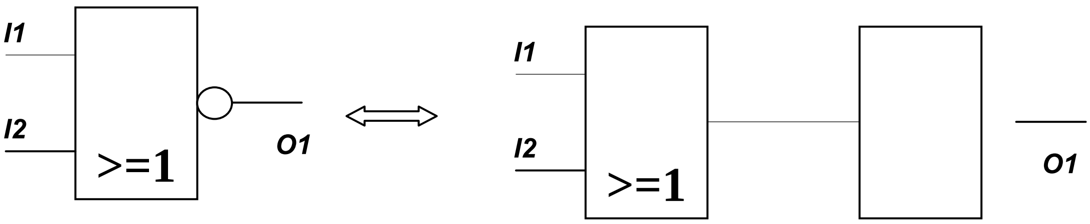
Οι πύλες NAND και NOR

Ονομάζουμε πύλη NAND και NOR τους συνδυασμούς των πυλών AND και OR με μια πύλη NOT στην έξοδο τους.



I1	I2	AND	NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

NAND



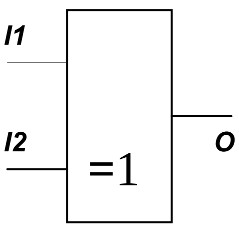
I1	I2	OR	NOR
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

NOR

Οι πύλες NAND και NOR είναι πολύ διαδεδομένες, διότι στα ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι ευκολότερο να κατασκευαστούν από ότι οι πύλες AND και OR.
Πρόκειται για λογικά κυκλώματα και όχι για θεμελιώδεις λογικές πύλες

<u>Η πύλη EXOR (Αποκλειστική OR)</u>

Η πύλη EXOR είναι και αυτή λογικό κύκλωμα βασικών πυλών, παρ´όλα αυτά πάντα χρησιμοποιείται σαν αυτόνομη πύλη.

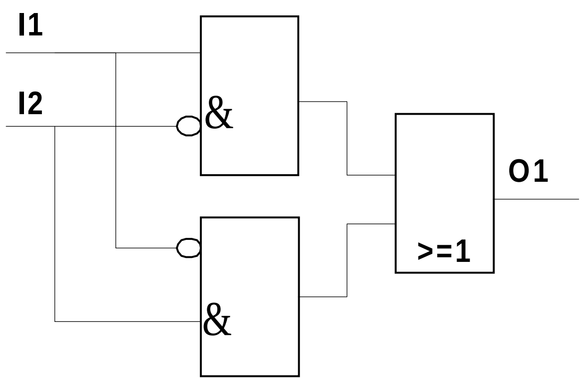


Σύμβολο

I1	I2	O1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Πίνακας αληθείας

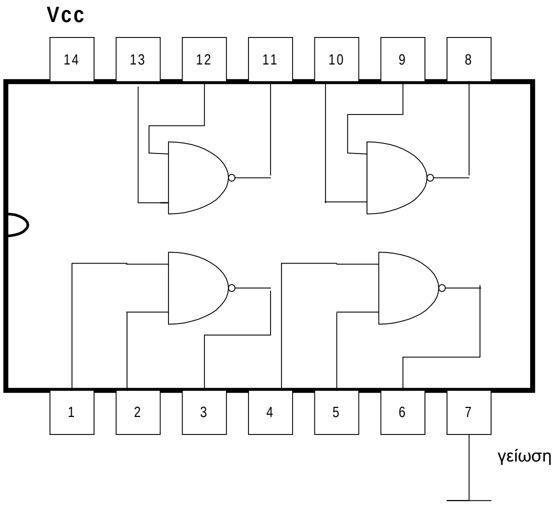
4.4



Λογικό κύκλωμα της πύλης EXOR

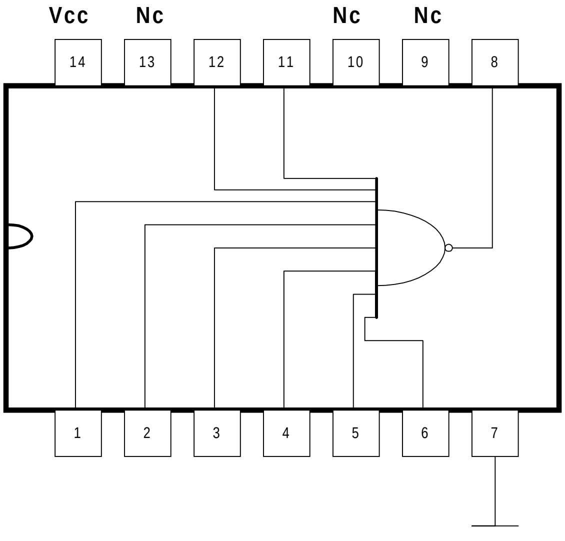
Ηλεκτρικές συνδέσεις σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα λογικών πυλών

Οι λογικές πύλες κυκλοφορούν σήμερα “συσκευασμένες” σε ολοκληρωμένα κυκλώματα που περιέχουν 2,4 ή 8 πύλες. Υπάρχουν 2 τεχνολογίες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων οι τεχνολογία TTL και η τεχνολογία CMOS, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ, τόσο στην αρχή λειτουργίας όσο και στον τρόπο κατασκευής τους. Βέβαια για τελικό χρήστη ο τρόπος χρήσης είναι ίδιος, απλά εξαρτάται από τα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής ποια τεχνολογία θα επιλέξει. Και στις 2 κατηγορίες είναι πιο διαδεδομένες οι πύλες NAND και NOR παρά οι AND και OR, ο λόγος είναι ότι οι πύλες αυτές κατασκευάζονται πιο εύκολα. Όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιες πύλες μπορούμε να καταφύγουμε στα ΒΙΒΛΙΑ (Handbook) με τα χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων, όπου θα βρούμε το σχέδιο και πλήρη στοιχεία για τα ολοκληρωμένα.
Βέβαια στους αυτοματισμούς δεν πρόκειται να δουλέψουμε κατασκευαστικά με λογικές πύλες, διότι σχεδόν ποτέ δεν θα χρησιμοποιούμε ηλεκτρονικά κυκλώματα. Όπως ήδη έχουμε πει στους αυτοματισμούς σήμερα χρησιμοποιούμε τα κλασσικά ηλεκτρολογικά κυκλώματα ρελέ ή τα σύγχρονα PLC. Οι γνώσεις πάνω στις λογικές πύλες μας είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό των αυτοματισμών και τον προγραμματισμό των PLC.
Στο επόμενο σχήμα δίνεται ένα παράδειγμα κάποιων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.



Πύλη δύο εισόδων NAND

Κωδικός 7400



Πύλη NAND 8 εισόδων

Κωδικός 7430

4.5 Λογικά κυκλώματα και Λογικές αλγεβρικές παραστάσεις

Είναι αλήθεια ότι η χρησιμοποίηση μαθηματικών παραστάσεων δεν είναι κάτι που συμπαθούν οι τεχνικοί (όλων των βαθμίδων), όσο χρήσιμο και αν είναι αυτό για τη δουλειά τους. Πάντα προτιμούν στην θέση των μαθηματικών να χρησιμοποιούν πίνακες ή γραφικές παραστάσεις. Παρ' όλα αυτά η γνώση των μαθηματικών μπορεί να μας βγάλει από τη δύσκολη θέση πάρα πολλές φορές. Ας δούμε λοιπόν σε αυτή την παράγραφο κάποιους χρήσιμους λογικούς μαθηματικούς κανόνες. Παράλληλα θα προσπαθούμε να δίνουμε τους κανόνες και σε λογικό κύκλωμα.

1)Νόμος της αντικατάστασης

A.B = B.A

A+B=B+A

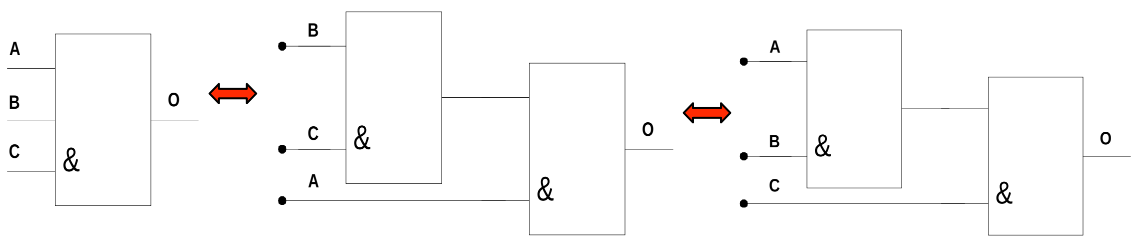
Στην μας δείχνει κάτι που γνωρίζουμε ότι δηλαδή στις λογικές πύλες δεν έχει σημασία η σειρά με την οποία είναι τοποθετημένες οι είσοδοι.

2)Χρήση παρενθέσεων

A . B . C = A.(B . C) = (A . B).C

A+B+C = A +(B+C)=(A+B)+C

Αυτό σε κύκλωμα μας δείχνει το εξής:

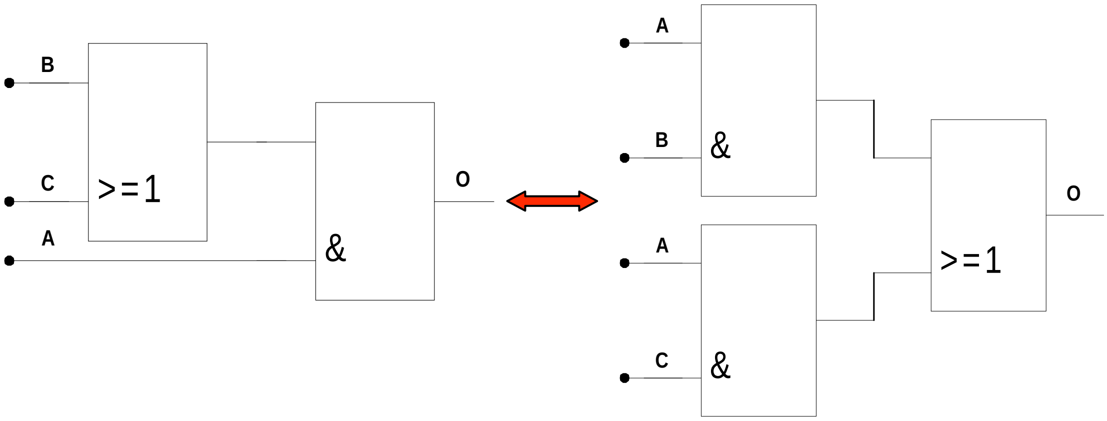


A.B.C **A.(B.C)** **(A.B).C**

Το ίδιο κύκλωμα ακριβώς ισχύει και με πύλες OR

3) **A.(B+C) = A.B+A.C**

Αυτό κυκλωματικά δίνεται παρακάτω



A.(B+C) **A.B+A.C)**

ΠΡΟΣΟΧΗ Αν και το παραπάνω μοιάζει με γινόμενο δεν είναι. Ισχύει λοιπόν και το αντίστοιχο με τις άλλες πύλες.

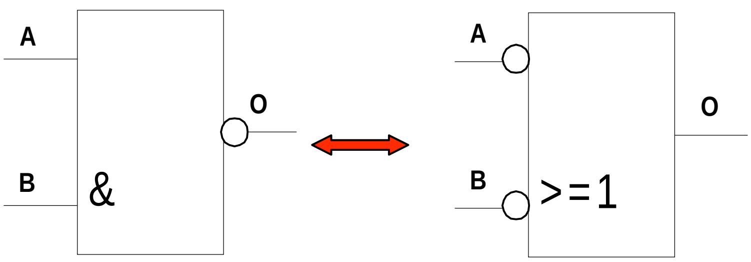
A+(B . C)=(A+B) . (A+C)

4) Ο κανόνας του DE MORGAN

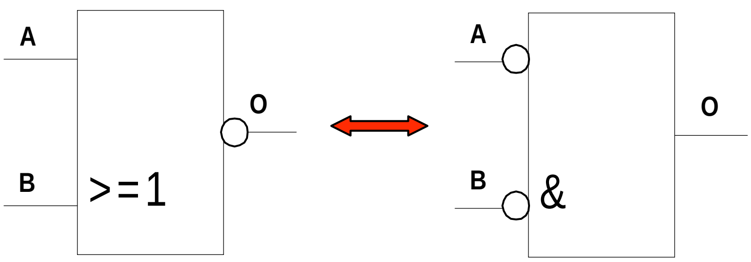
$\overline{A . B} = \overline{A} + \overline{B}$

$\overline{A + B} = \overline{A} . \overline{B}$

Ο κανόνας του DE MORGAN είναι κατ' αρχήν απρόσμενος και βέβαια πάρα πολύ χρήσιμος. Κυκλωματικά ο κανόνας μας δείχνει πως μία πύλη NAND μπορεί να υλοποιηθεί με μια πύλη OR και το ανάποδο.



$\overline{A.B}$ $\overline{A} + \overline{B}$



$\overline{A+B}$ $\overline{A} . \overline{B}$

5)Μερικοί χρήσιμοι ακόμα κανόνες δίνονται στη συνέχεια.

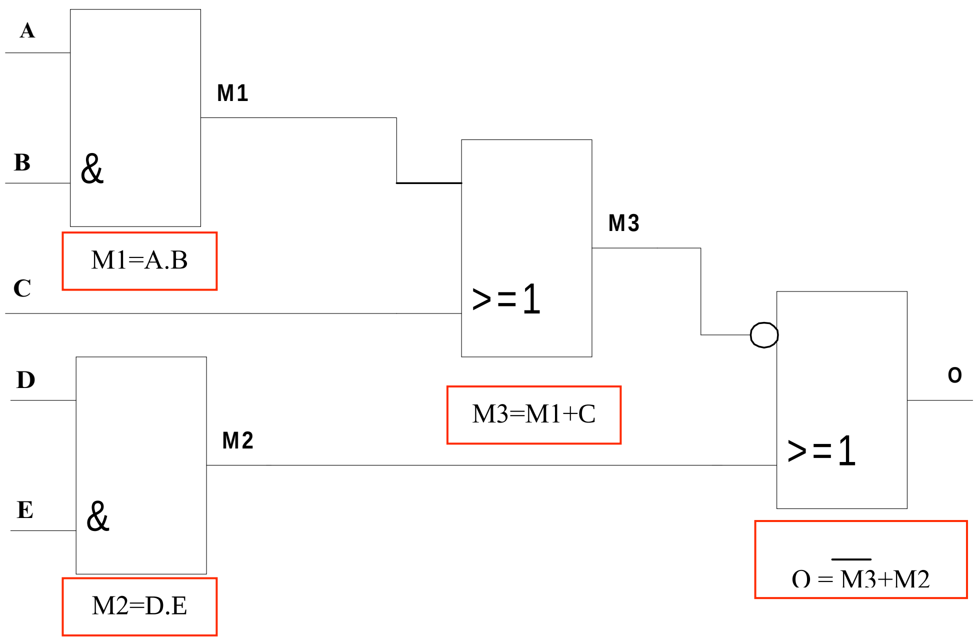
$A . 1 = A$	**$1 . 1 = 1$**
$A . A = A$	**$1 . 0 = 0 .1 = 0$**
$A . \overline{A} = 0$	**$0 . 0 = 0$**

$A + 0 = A$	**$0 + 0 = 0$**
$A + A = A$	**$A + 1 = 1 + 0 = 1$**
$A . A = 1$	**$1 + 1 = 1$**

Εξαγωγή της μαθηματικής λογικής παράστασης από λογικό κύκλωμα

Ας δούμε μέσα από ένα παράδειγμα πως θα εξάγουμε την λογική παράσταση από ένα λογικό κύκλωμα.

<u>Παράδειγμα.</u>



<u>Επίλυση</u>

ΒΗΜΑ 1- Στην κάθε λογική πύλη ονομάζουμε την έξοδο της. Κάθε έξοδος η οποία γίνεται είσοδος σε άλλη πύλη ονομάζεται ενδιάμεση έξοδος. Ονομάζουμε κάθε ενδιάμεση πύλη σαν M1, M2, M3 κλπ

ΒΗΜΑ 2- Για την κάθε πύλη γράφουμε την λογική μαθηματική σχέση, όπως έχουμε μάθει ήδη μέχρι τώρα (φαίνεται και στο σχήμα). ΠΡΟΣΟΧΗ στις NOT. Οι λογικές σχέσεις για την κάθε πύλη είναι:

$M1=A.B$ **$M2=D.E$** **$M3=M1+C$** **$O=\overline{M3}+M2$**

ΒΗΜΑ 3-Αντικαθιστούμε τα Μ.. με τα ίσα τους. Για να μην μπερδευτούμε χρησιμοποιούμε παρενθέσεις. Έχουμε επομένως:

$M3=(A.B)+C$ Και **$O=\overline{((A.B)+C)}+D.E$**

Αν εφαρμόσουμε τον κανόνα του De Morgan στην παρένθεση που ισοδυναμεί με το M3 έχουμε:

$$O=(\overline{(A.B)}.\overline{C})+D.E$$

Και εφαρμόζοντας μία ακόμη φορά τον κανόνα του De Morgan έχουμε:

$$O=((\overline{A}+\overline{B}).\overline{C})+D.E$$

Λογικό κύκλωμα που ανταποκρίνεται σε μια μαθηματική λογική παράσταση

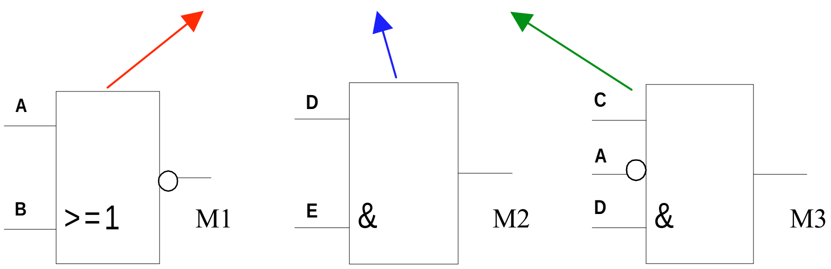
Ας δούμε τώρα το αντίθετο παράδειγμα, δηλαδή πως θα σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα που να αντιστοιχεί σε μια μαθηματική λογική παράσταση.

<u>Παράδειγμα.</u>
Θέλουμε να σχεδιάσουμε το λογικό διάγραμμα που αντιστοιχεί στην παρακάτω λογική σχέση:

$$O=\overline{(A+B)}.C+\overline{D}.E+C.\overline{A}.D$$

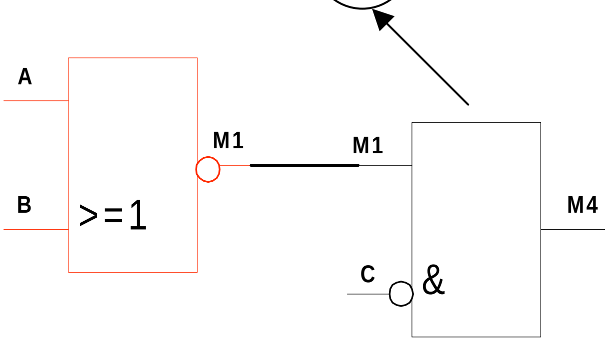
<u>Επίλυση</u>
ΒΗΜΑ -1
Στην δοθείσα σχέση ξεχωρίζουμε, και σχεδιάζουμε πρώτα τις πύλες που βρίσκονται μέσα στις παρενθέσεις. Στην συνέχεια βλέπουμε ότι έχουμε *"Άθροισμα γινομένων".* Σχεδιάζουμε πρώτα τις πύλες που αντιστοιχούν στα "*γινόμενα*" στις πύλες AND δηλαδή. Τις εξόδους των πυλών αυτών ονομάζουμε M1, M2, M3 κλπ
ΠΡΟΣΟΧΗ στις NOT, όπου υπάρχουν. Δηλαδή αν υπάρχει άρνηση σε μια λογική μεταβλητή (π.χ. $\overline{A}$) αυτό σημαίνει ότι θα έχουμε NOT στην είσοδο της πύλης. Οπου υπάρχει άρνηση σε λογική πράξη (π.χ. $\overline{A+B}$) αυτό σημαίνει ότι θα έχουμε NOT στην έξοδο της πύλης

$$O=\overline{(A+B)}.C+\overline{D}.E+C.\overline{A}.D$$



ΒΗΜΑ 2- Αν στην λογική μας σχέση θέσουμε στην θέση της κάθε πύλης που σχεδιάσαμε με το ίσο τους, δηλαδή την τιμή που δώσαμε στις εξόδους έχουμε μια νέα σχέση στην οποία επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα:

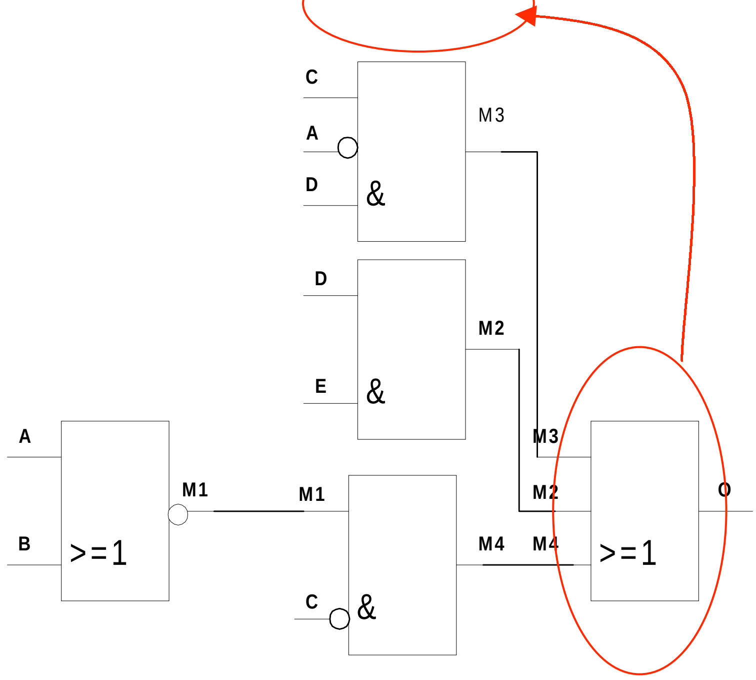
$O=M1.\overline{C}+M2+M3$



Η νέα πύλη που έχει είσοδο Μ1 συνδέεται με την έξοδο Μι της προηγούμενης πύλης

ΒΗΜΑ 3- Εφαρμόζουμε την νέα αντικατάσταση στην σχέση και συνεχίσουμε με τον ίδιο τρόπο. Συνδέουμε τις εισόδους Μ2, Μ3 κλπ με τις εξόδους των πυλών των προηγουμένων βημάτων.

$O=M4+M2+M3$



4.6 Σχεδιασμός Λογικών κυκλωμάτων

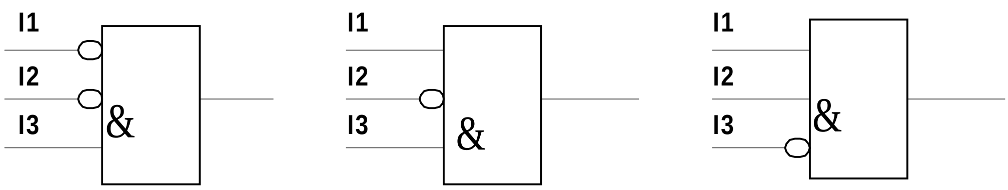
Είδαμε ότι αν έχουμε ένα λογικό κύκλωμα είναι εύκολο (έστω και αν σε ορισμένες περιπτώσεις είναι επίπονο) να φτιάξουμε τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος.
Εκείνο όμως που μας ενδιαφέρει είναι πως θα σχεδιάσουμε ένα λογικό κύκλωμα, το οποίο περιγράφεται από έναν δεδομένο πίνακα αληθείας, ο οποίος με την σειρά του περιγράφει μια εφαρμογή. Ας παρακολουθήσουμε παρακάτω έναν μεθοδολογικό τρόπο αυτού του σχεδιασμού.
Παράδειγμα
Θέλουμε να σχεδιάσουμε το λογικό κύκλωμα που περιγράφεται από τον παρακάτω πίνακα αληθείας.

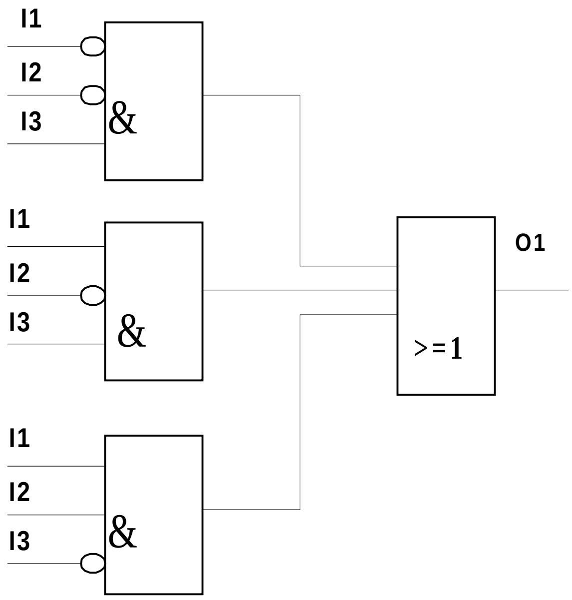
I1	I2	I3	O1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Το παραπάνω κύκλωμα μπορούμε να το υλοποιήσουμε με δυο ισοδύναμα σχέδια.
Περίπτωση Α. Υλοποίηση με πύλες AND
ΒΗΜΑ 1-Παρατηρώντας τον πίνακα αληθείας, εντοπίζουμε τις γραμμές όπου η έξοδος είναι 1

I1	I2	I3	O1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

ΒΗΜΑ 2 -Για κάθε μία των γραμμών αυτών σχεδιάζουμε μια πύλη AND η οποία έχει διαθέτει και τις τρεις εισόδους του πίνακα αληθείας. Στις εισόδους όπου στον πίνακα υπάρχει 0, τοποθετούμε μια πύλη NOT.





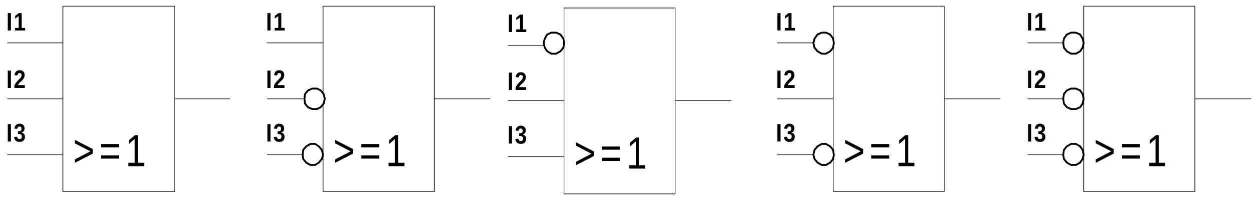
ΒΗΜΑ 3 - Τέλος όλες οι πύλες AND συνδέονται μεταξύ τους με μια πύλη OR

Περίπτωση Β. Υλοποίηση με πύλες OR

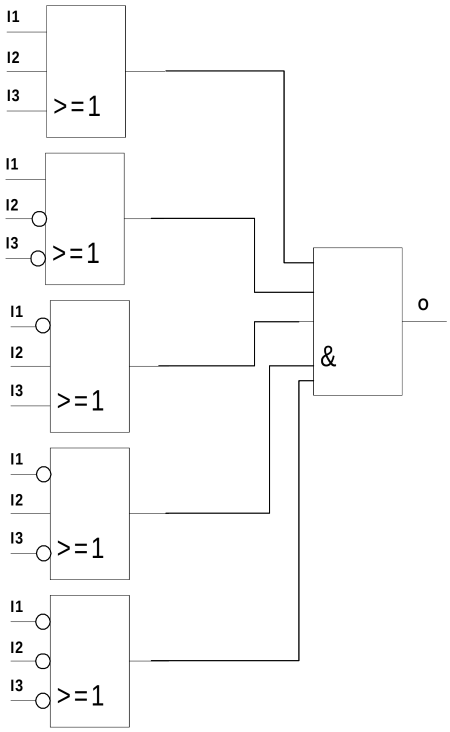
ΒΗΜΑ-1 :Παρατηρώντας τον πίνακα αληθείας, εντοπίζουμε τις γραμμές όπου η έξοδος είναι Ο

I1	I2	I3	O1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

ΒΗΜΑ 2 - Για κάθε μία των γραμμών αυτών σχεδιάζουμε μια πύλη OR η οποία έχει όλες τις εισόδους του πίνακα αληθείας. Στις εισόδους όπου στον πίνακα υπάρχει 1, τοποθετούμε μια πύλη NOT. ΠΡΟΣΟΧΗ είναι αντίθετο από ότι στην προηγούμενη περίπτωση που χρησιμοποιούμε πύλες AND όπου το NOT τοποθετείται όπου υπάρχει 0.



ΒΗΜΑ 3 - Τέλος όλες οι πύλες OR συνδέονται μεταξύ τους με μια πύλη AND



Σχεδιασμός βέλτιστου κυκλώματος

Στα κυκλώματα που προέκυψαν από τον παραπάνω σχεδιασμό υπάρχει ίσως η δυνατότητα να μειώσουμε τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων πυλών, αν χρησιμοποιήσουμε τα λογικά μαθηματικά του Boole. *Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι κάνουμε απλοποίηση του κυκλώματος έτσι ώστε να πάρουμε το βέλτιστο κύκλωμα.*

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε βήμα προς βήμα μια μέθοδο απλοποίησης λογικών κυκλωμάτων, την μέθοδο με την χρήση των πινάκων Karnaugh (Καρνώ).

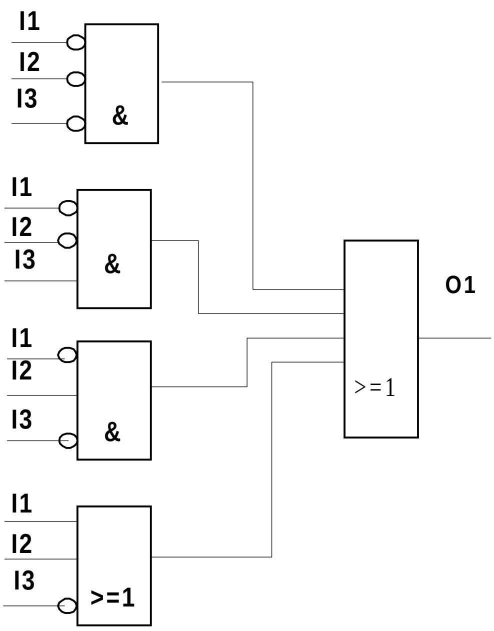
Θα χρησιμοποιήσουμε και πάλι ένα παράδειγμα

Παράδειγμα

Να σχεδιαστεί το βέλτιστο κύκλωμα που περιγράφεται από τον παρακάτω πίνακα αληθείας.

I1	I2	I3	O1
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Το βασικό κύκλωμα σύμφωνα με την μέθοδο που χρησιμοποιήσαμε πριν για τις πύλες AND είναι το παρακάτω:



Ας προχωρήσουμε τώρα στην απλοποίηση του παραπάνω κυκλώματος

ΒΗΜΑ 1-
Σχεδιασμός του πίνακα Karnaugh.
Ο πίνακας Karnaugh είναι ένας πίνακας όπου τοποθετούμε ομαδοποιημένες τις εισόδους του κυκλώματος μας. Ο πίνακας σχεδιάζεται όπως φαίνεται παρακάτω.
ΠΡΟΣΟΧΗ στην σειρά με την οποία τοποθετούμε τις εισόδους στον πίνακα, δεν ακολουθούμε την γνωστή σειρά 00,01,10,11 αλλα την σειρά 00,01,11,10
Αφού σχεδιάσουμε τον πίνακα στο κάθε κελί του πίνακα τοποθετούμε την τιμή της εξόδου όπως φαίνεται από τον πίνακα αληθείας.

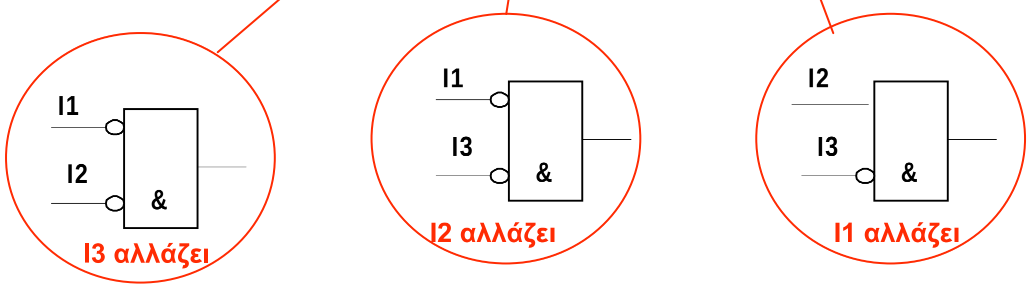
ΒΗΜΑ 2-
Αφου σχεδιάσουμε τον πίνακα Karnaugh και τοποθετήσουμε τις τιμές της εξόδου, κυκλώνουμε τα γειτονικά κελιά που περιέχουν 1 σε ομάδες των 2,4, 8, 16 κελιά. Γειτονικά θεωρούνται τα κελιά που βρίσκονται δίπλα είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια (όχι διαγώνια).

ΠΡΟΣΟΧΗ. Γειτονικά θεωρούνται και τα κελιά του τέλους του πίνακα με την αρχή, και στις δύο του διαστάσεις.
Επίσης ένα κελί πρέπει να συμμετέχει σε όλες τις ομάδες που μπορεί.
Όλες αυτές οι περιπτώσεις φαίνονται στον πίνακα του παραδείγματος όπου έχουμε τελικά 3 κύκλους

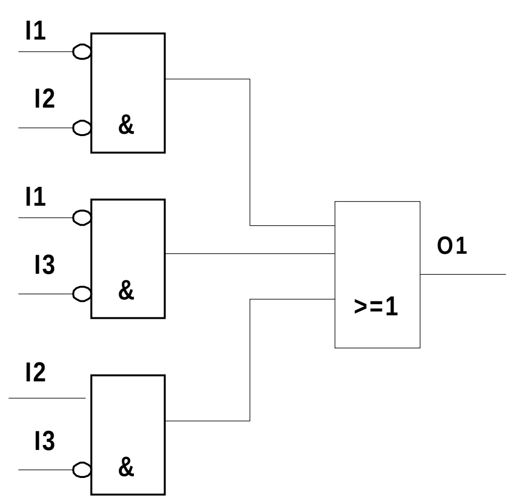
I3 \ I1 I2	**00**	**01**	**11**	**10**
0	1	1	1	0
1	1	0	0	0

ΒΗΜΑ 3 – Το βελτιστοποιημένο κύκλωμα σχεδιάζεται τώρα ως εξής:
Ο κάθε κύκλος αντιστοιχεί σε μια πύλη AND. Από την πύλη αυτή θα λείπουν οι είσοδοι εκείνες για τις οποίες αλλάζει η τιμή στα κελιά που συμμετέχουν στην ομάδα. Για τις υπόλοιπες εισόδους ισχύουν ότι και προηγουμένως δηλαδή όπου υπάρχει 0 θέτουμε NOT στην είσοδο αυτή. Στο παράδειγμά μας έχουμε.

I3 \ I1 I2	00	01	11	10
0	1	1	1	0
1	1	0	0	0



ΒΗΜΑ 4- Το τελικό σχέδιο συνδέει τις παραπάνω πύλες σε μια OR, όπως κάνουμε και στην περίπτωση χωρίς απλοποίηση.



Αν συγκρίνεται το βελτιστοποιημένο σχέδιο με το προηγούμενο που βγάλαμε χωρίς βελτιστοποίηση θα δείτε την διαφορά: Έχουμε λιγότερες πύλες και με λιγότερες εισόδους η κάθε μία.

Όπως ακριβώς και στη απλή περίπτωση σχεδιασμού μπορούμε να σχεδιάσουμε το κύκλωμα με 2 τρόπους, δηλαδή με πύλες AND ή με πύλες OR, έτσι και στην απλοποίηση μπορούμε να έχουμε 2 τρόπους σχεδιασμού του κυκλώματος με πύλες AND όπως κάναμε στο προηγούμενο παράδειγμα η με πύλες OR. Τα κυκλώματα κάνουν ακριβώς την ίδια εργασία και, είναι ισοδύναμα. Η μέθοδος του Karnaugh παρουσιάζει κάποιες διαφορές. Ας δούμε τι γίνεται στο επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα 2

Θέλουμε να φτιάξουμε το κύκλωμα που έχει το παρακάτω πίνακα αληθείας.

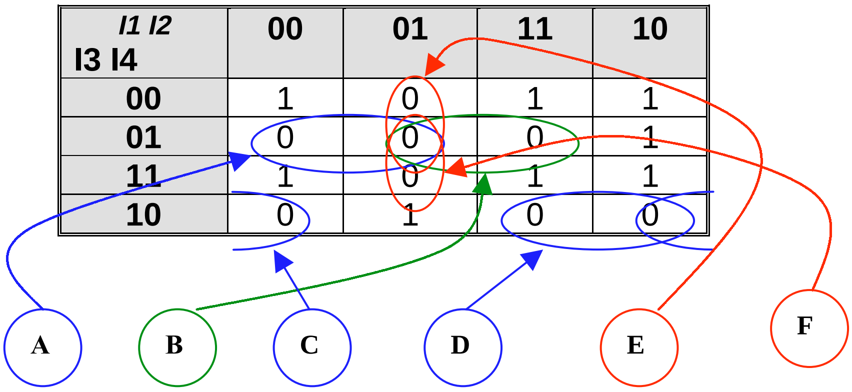
I1	I2	I3	I4	O1
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

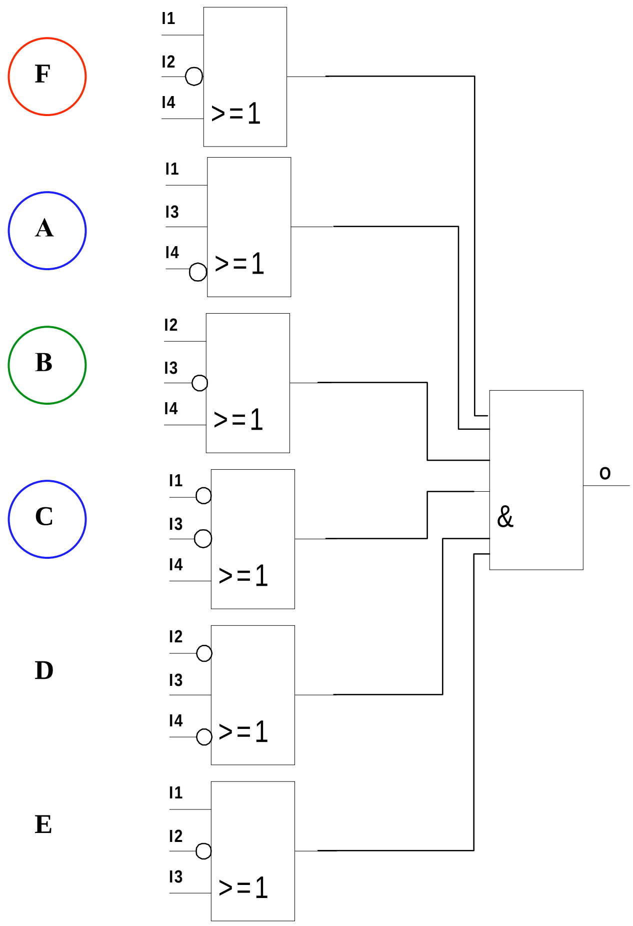
ΒΗΜΑ 1- Σχεδιάζουμε τον πίνακα Karnaugh, και τοποθετούμε από τον πίνακα αληθείας τις τιμές της εξόδου.

ΒΗΜΑ 2- Κυκλώνουμε όπως και πριν όχι όμως τα 1 αλλα τα 0.

I1 I2 / I3 I4	00	01	11	10
00	1	0	1	1
01	0	0	0	1
11	1	0	1	1
10	0	1	0	0

ΒΗΜΑ 3-
Σχεδιάζουμε τώρα τις πύλες όπως και προηγουμένως, δηλαδή για κάθε κύκλο σχεδιάζουμε μια πύλη. Στην πύλη αυτή λείπει η είσοδος η οποία αλλάζει καθώς κινούμαστε από το ένα κελί στο διπλανό της ομάδας. Αλλά ΠΡΟΣΟΧΗ στις άλλες εισόδου βάζουμε NOT σε εκείνη την είσοδο που έχουμε 1 και όχι 0.
Στο παράδειγμά μας επομένως θα έχουμε 6 πύλες OR ως εξής





Παράδειγμα 3

Θέλουμε να φτιάξουμε το κύκλωμα που έχει το παρακάτω πίνακα αληθείας με την χρήση πυλών AND

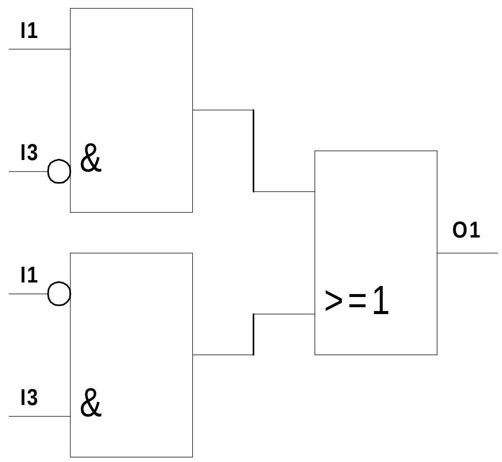
I1	I2	I3	O1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

ΒΗΜΑ 1- Σχεδιάζουμε τον πίνακα Karnaugh, και τοποθετούμε από τον πίνακα αληθείας τις τιμές της εξόδου.

ΒΗΜΑ 2- Κυκλώνουμε όπως και πριν τα 1.

I1 I2 / I3	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	1	0	0

ΒΗΜΑ 3- Σχεδιάζουμε τις πύλες που αντιστοιχούν στις ομάδες



Παράδειγμα 4.

Θέλουμε να φτιάξουμε το κύκλωμα που έχει το παρακάτω πίνακα αληθείας με την χρήση πυλών AND

I1	I2	I3	I4	O1
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Σχεδιάζουμε τον πίνακα Karnaugh και ομαδοποιούμε τα 1. ΠΡΟΣΟΧΗ δεν πρέπει να ξεχάσουμε τα μεμονωμένα 1.

I1 I2 / I3 I4	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	1	1	1
11	1	0	0	1
10	0	1	0	0

Τετράδα 1

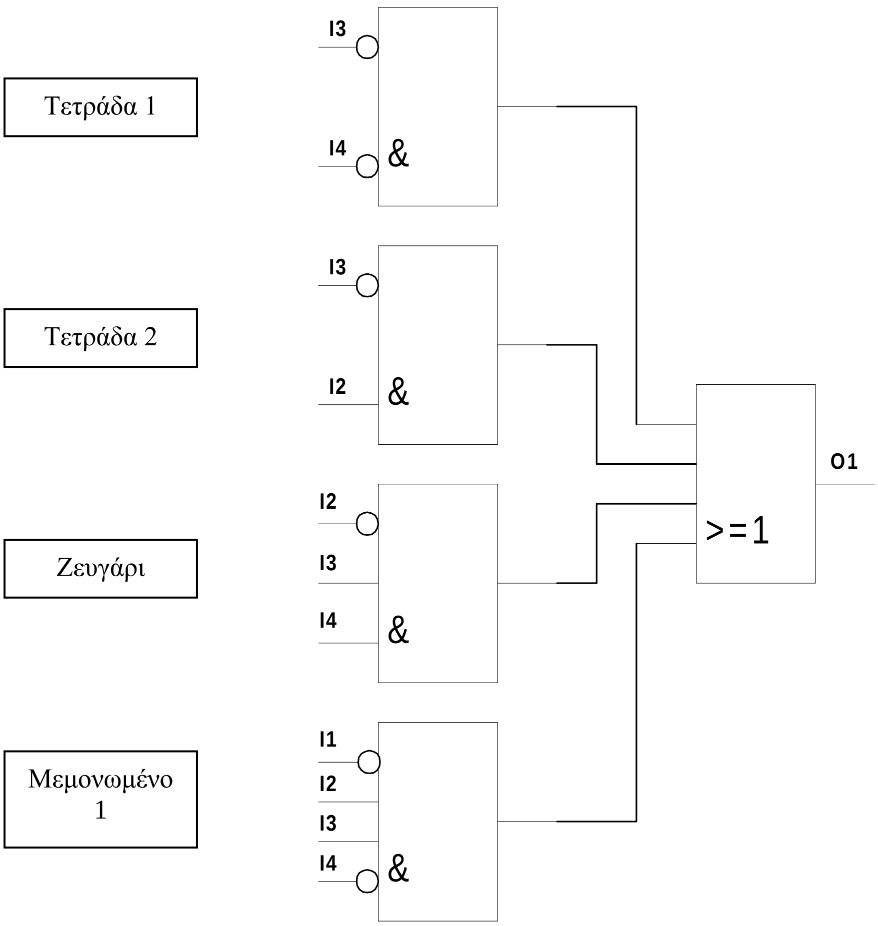
Τετράδα 2

ΠΡΟΣΟΧΗ
Μεμονωμένο 1

ΠΡΟΣΟΧΗ
Ζευγάρι

Το τελικό σχέδιο περιέχει 4 πύλες όσες και οι ομάδες των 1.

4.7 Λογικά



κυκλώματα με ρελέ και διακόπτες

Είδαμε ότι η λογική άλγεβρα του Boole βρίσκει θαυμάσια εφαρμογή στον σχεδιασμό κυκλωμάτων με λογικές πύλες. Το ίδιο καλά όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στον σχεδιασμό κυκλωμάτων αυτοματισμού με ρελέ, και αυτό είναι που μας ενδιαφέρει κυρίως.
Υπάρχει σαφής αντιστοιχία μεταξύ των κυκλωμάτων με λογικές και των κυκλωμάτων με ρελέ και μπορούμε πολύ εύκολα να μετατρέπουμε το ένα κύκλωμα στο άλλο.

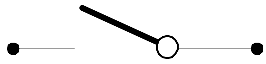
Βασικές αρχές των κυκλωμάτων με ρελέ
Για να προχωρήσουμε στην αντιστοιχία μεταξύ των κυκλωμάτων με πύλες και των κυκλωμάτων με ρελέ, πρέπει πρώτα να δεχθούμε κάποιες βασικές αρχές που θα εφαρμόζουμε στα κυκλώματα αυτά.

1)Σε αντίθεση με τα κυκλώματα πυλών που έχουμε να κάνουμε με την ηλεκτρική τάση, στην περίπτωση των κυκλωμάτων με ρελέ έχουμε να κάνουμε με το ηλεκτρικό ρεύμα.

- Όταν έχουμε ροή ρεύματος μέσω ενός διακόπτη, η μέσω μιας επαφής ρελέ, η σε ένα αποδέκτη (πηνίο ρελέ, κινητήρα, λάμπα κλπ) λέμε ότι έχουμε λογικό 1
- Όταν δεν υπάρχει ροή ρεύματος λέμε ότι έχουμε λογικό 0

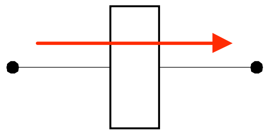
Με αυτή τη λογική έχουμε:

Ανοικτή επαφή = 0

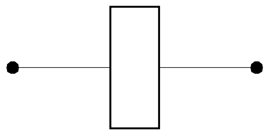


Κλειστή επαφή = 1

Ρεύμα σε πηνίο ρελέ, η σε οποιοδήποτε αποδέκτη = 1

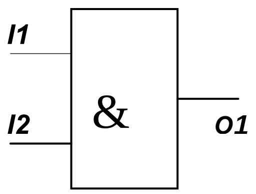


Όχι ρεύμα σε πηνίο ρελέ ή σε οποιονδήποτε αποδέκτη = 0



2)Σε ένα κύκλωμα με ρελέ οι διακόπτες ή οι επαφές αντιστοιχούν στις εισόδους των πυλών, ενώ τα πηνία ή οι αποδέκτες γενικά αντιστοιχούν στις εξόδους

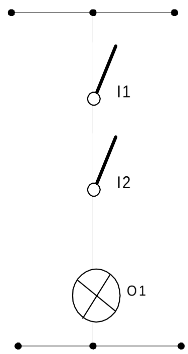
3)Συνδεσμολογία AND



Πύλη

I1	I2	O1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

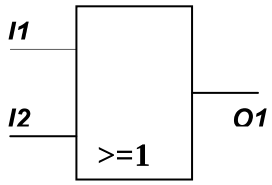
πίνακας αληθείας



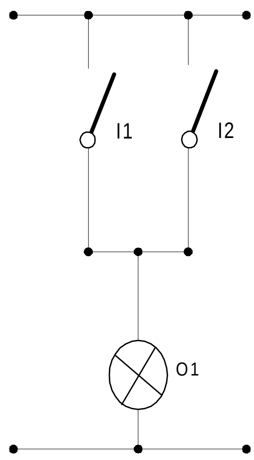
Συνδεσμολογία AND

Η συνδεσμολογία AND δεν είναι τίποτα άλλο από δύο επαφές ή διακόπτες στην σειρά, μόνο και μόνο τότε όταν και οι δύο είναι κλειστές (1) έχουμε ρεύμα στον αποδέκτη (1)

<u>4)Συνδεσμολογία OR</u>



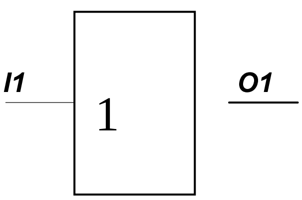
I1	I2	O1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



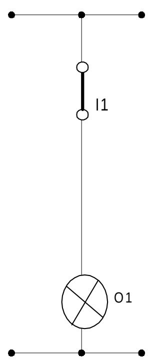
Πύλη *πίνακας αληθείας* *Συνδεσμολογία OR*

Η συνδεσμολογία OR είναι 2 επαφές ή διακόπτες παράλληλα, διότι είτε ο ένας είτε ο άλλος κλίσει, είτε και οι δύο, έχουμε ρεύμα στον αποδέκτη.

5)Συνδεσμολογία NOT

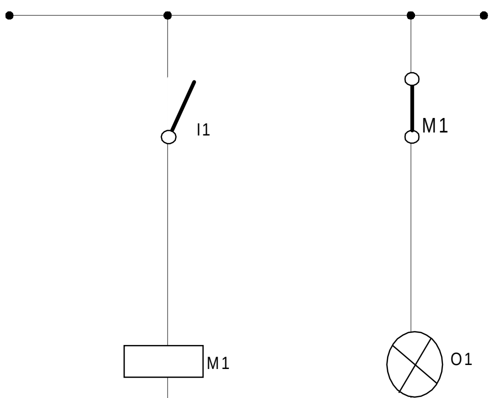


I1	O1
0	0
0	0



Πύλη *πίνακας αληθείας* *Συνδεσμολογία NOT*

Η



συνδεσμολογία NOT κατ' αρχήν παραξενεύει, αν όμως κάποιος το σκεφτεί θα ει ότι είναι απλό. Κατ' αρχήν αν θεωρήσουμε ότι έχουμε αν ρελέ με μια κανονικά κλειστή επαφή τότε είναι εύκολα κατανοητό.

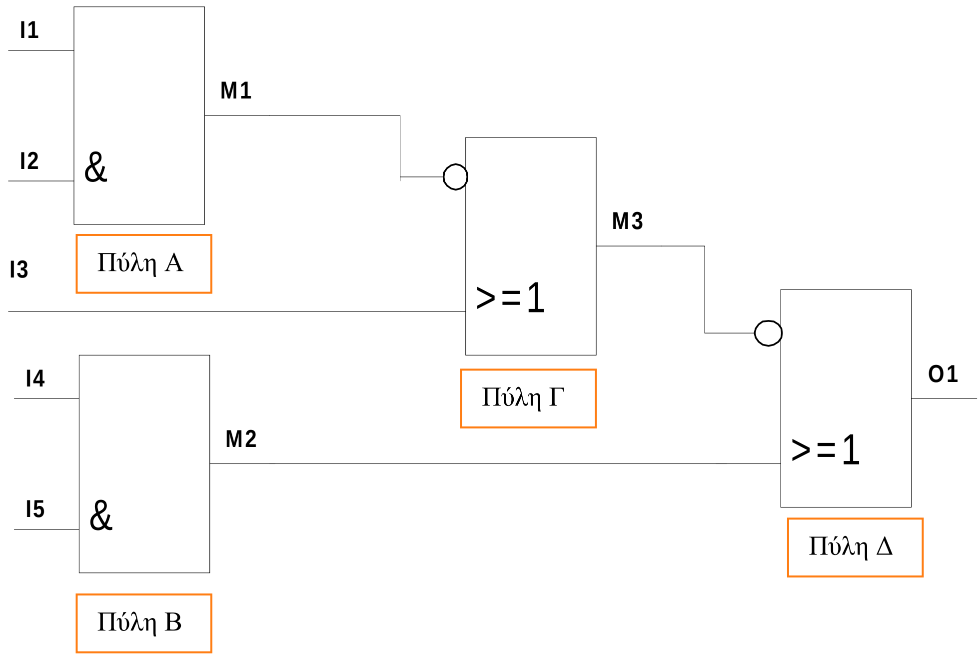
Όμως και με έναν απλό διακόπτη θα μπορούσαμε να φτιάξουμε μια συνδεσμολογία NOT, πως. Μα απλά αν αλλάξουμε το χαρτάκι που γράφει ON - OFF!

4.8 Μετατροπή κυκλώματος με πύλες σε κύκλωμα με ρελέ

Για την μετατροπή ενός κυκλώματος με πύλες σε κύκλωμα με ρελέ, θα προχωρήσουμε βήμα προς βήμα εφαρμόζοντας κάποιους κανόνες. Θα παρουσιάσουμε τους κανόνες αυτούς και την μέθοδο μετατροπής μέσω ενός παραδείγματος.

Παράδειγμα:

Να μετατραπεί το παρακάτω λογικό κύκλωμα σε κύκλωμα με ρελέ.



Βήμα 1

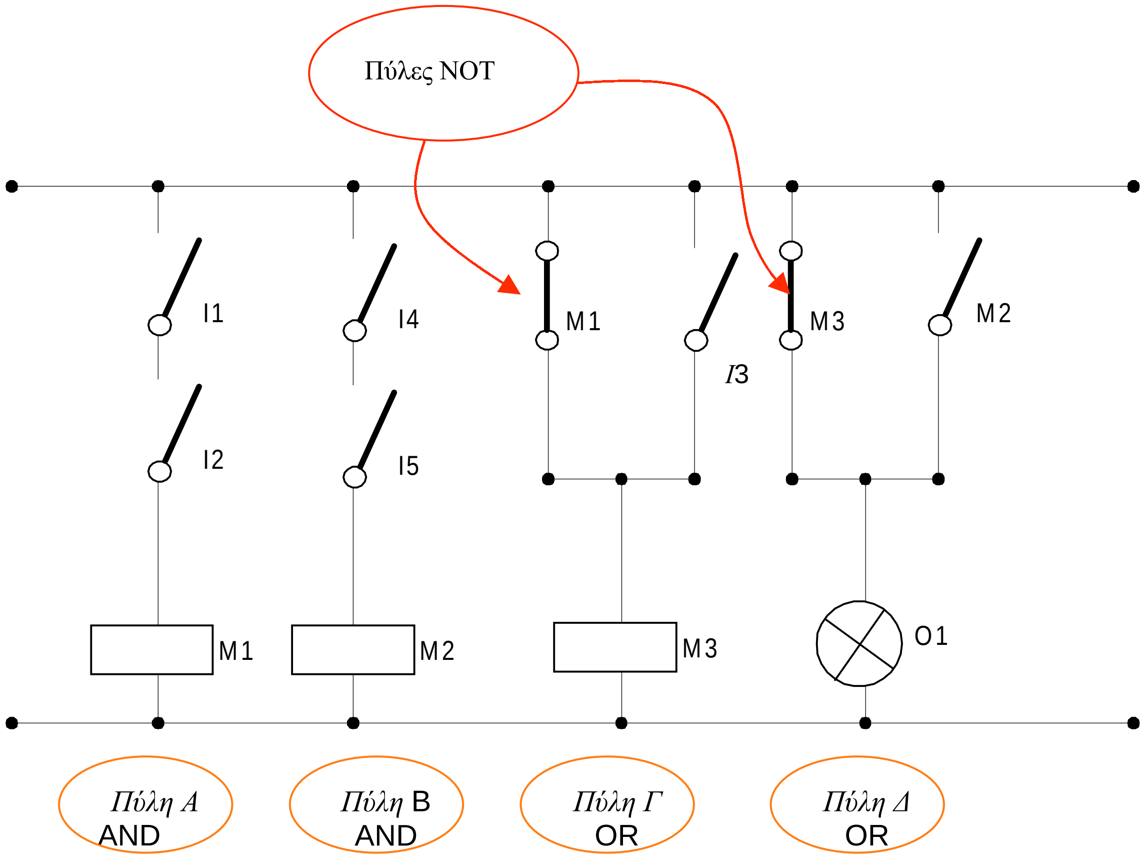
Κατ' αρχήν ονομάζουμε τις ενδιάμεσες εξόδους του λογικού κυκλώματος. Υπενθυμίζουμε ότι ενδιάμεσες, ονομάζουμε τις εξόδους των πυλών οι οποίες είναι είσοδοι σε άλλες πύλες. (Δίνουμε τα ονόματα M1, M2,…..για να ταιριάζουν με την ονοματολογία των PLC)

Βήμα 2

Αρχίζουμε να σχεδιάζουμε για την κάθε πύλη το αντίστοιχό της κύκλωμα με ρελέ εφαρμόζοντας τα παρακάτω:

- Αν οι είσοδοι μιας πύλης είναι εξωτερικές είσοδοι, τότε στο αντίστοιχο κύκλωμα σχεδιάζουμε διακόπτες.
- Αν οι είσοδοι μιας πύλης είναι ενδιάμεσες, τότε σχεδιάζουμε επαφές ρελέ.
- Αν η έξοδος μιας πύλης είναι ενδιάμεση, τότε σχεδιάζουμε ένα πηνίο ρελέ.
- Αν σε κάποιο σημείο του λογικού κυκλώματος συναντήσουμε μια πύλη NOT, τότε η αντίστοιχη επαφή ή ο διακόπτης στην συνδεσμολογία των ρελέ θα τίθεται αντίθετα από ότι πρέπει να είναι αν δεν υπήρχε η NOT, δηλαδή αν έπρεπε να είναι ανοικτή θα την βάλουμε κλειστή και το αντίθετο.

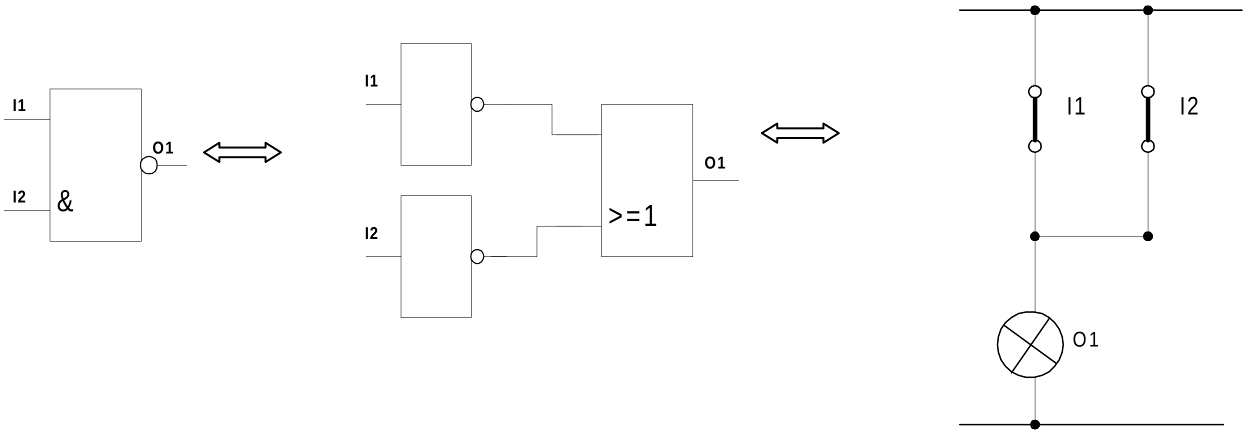
Μετά την εφαρμογή των ανωτέρω καταλήγουμε στο αντίστοιχο σχέδιο με ρελέ



Αντιστοιχία πυλών NAND και NOR

Εφαρμόζοντας όσο είπαμε παραπάνω και με την χρήση του κανόνα του De Morgan, μπορούμε να πάρουμε τα πολύ ενδιαφέροντα κυκλώματα που αντιστοιχούν στις πύλες NAND και NOR

1.NAND



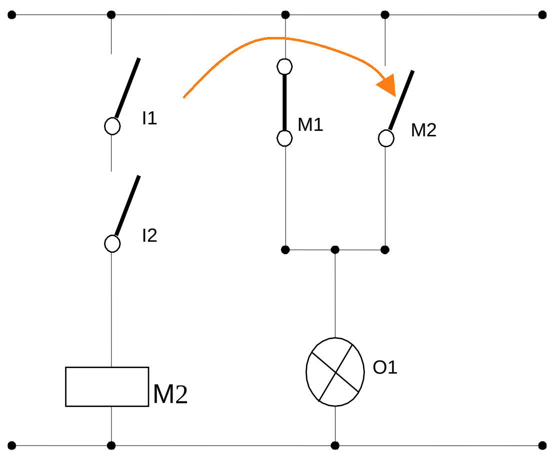
2.NOR

⟺

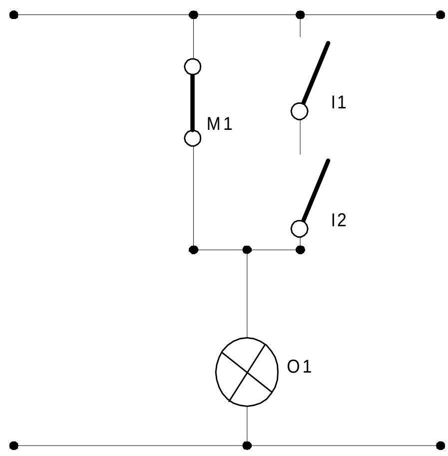
Βελτιστοποίηση κυκλώματος με ρελέ

Είδαμε ότι με την μέθοδο Karnaugh σχεδιάζουμε ένα βέλτιστο κύκλωμα με λογικές πύλες. Στην περίπτωση αυτή τα πράγματα είναι ξεκάθαρα: όταν λέμε βέλτιστο κύκλωμα, εννοούμε το κύκλωμα εκείνο που αποτελείται από τον μικρότερο αριθμό πυλών και με τις λιγότερες δυνατές εισόδους.
Όταν έχουμε να κάνουμε με ένα βέλτιστο κύκλωμα πυλών, το αντίστοιχο κύκλωμα με ρελέ είναι αλήθεια και εκείνο βέλτιστο; Από μια πρώτη άποψη αφού το λογικό κύκλωμα έχει τις ελάχιστες πύλες με τις λιγότερες εξόδους, και το κύκλωμα με ρελέ θα έχει τους λιγότερους κλάδους και τις λιγότερες επαφές, αρά είναι και εκείνο βέλτιστο.
Στο θέμα όμως των κυκλωμάτων μπορούμε να εφαρμόσουμε και άλλα συνδεσμολογικά “κόλπα”, τα οποία μπορούν να απλοποιήσουν ακόμη περισσότερο ένα κύκλωμα.
Εξ΄ άλλου στην πράξη “βέλτιστο” είναι εκείνο το κύκλωμα το οποίο μας διευκολύνει στην κατασκευή του πίνακα και ακόμη αποτελείται από ρελέ τα οποία μπορούμε να βρούμε εύκολα στην αγορά.
Στην συνέχεια παραθέτουμε κάποια κυκλωματικά κόλπα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραπάνω απλοποίηση κυκλωμάτων με ρελέ.

<u>1)Απαλοιφή πηνίων και αντικατάσταση με επαφές</u>
Σε ένα κύκλωμα μπορούμε να αντικαταστήσουμε μια ανοικτή επαφή ρελέ, με “το ίσο του”. Με τον όρο “ίσο του” εννοούμε τον κλάδο που καταλήγει στο πηνίο της εν’ λόγω επαφής. Έτσι απαλείφουμε έναν κλάδο και επομένως ένα πηνίο (άρα ένα ρελέ), αυξάνοντα της επαφές στον κλάδο όπου κάνουμε την αντικατάσταση.

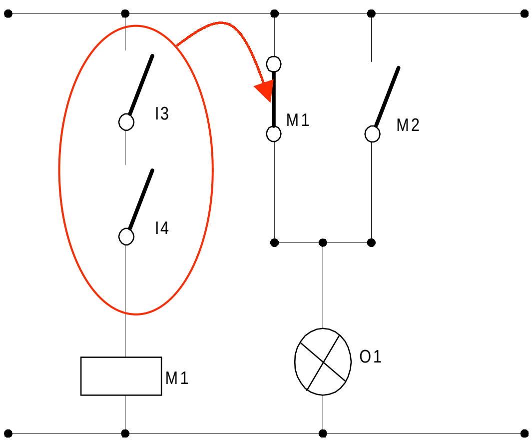


Αρχικό σχέδιο

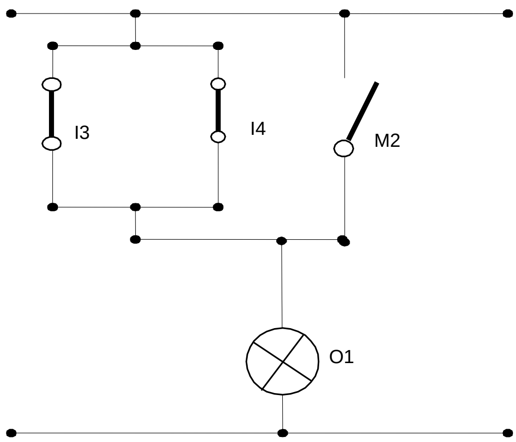


Απλοποιημένο σχέδιο

ΠΡΟΣΟΧΗ
Αν η επαφή είναι κλειστή τότε τα πράγματα αλλάζουν. Δεν αντικαθιστούμε την επαφή με το "ίσο του", αλλά με το "*δυϊκό*" του κύκλωμα. Με τον όρο δυϊκό εννοούμε τα εξής:
Το "*δυϊκό*" μιας συνδεσμολογίας σειράς είναι μια συνδεσμολογία παράλληλη αλλά στην οποία οι επαφές είναι αντίθετες (δηλαδή οι ανοικτές γίνονται κλειστές και οι κλειστές ανοικτές)
Το "*δυϊκό*" μιας συνδεσμολογίας παράλληλης είναι μια συνδεσμολογία σειράς αλλά στην οποία οι επαφές είναι αντίθετες (δηλαδή οι ανοικτές γίνονται κλειστές και οι κλειστές ανοικτές)



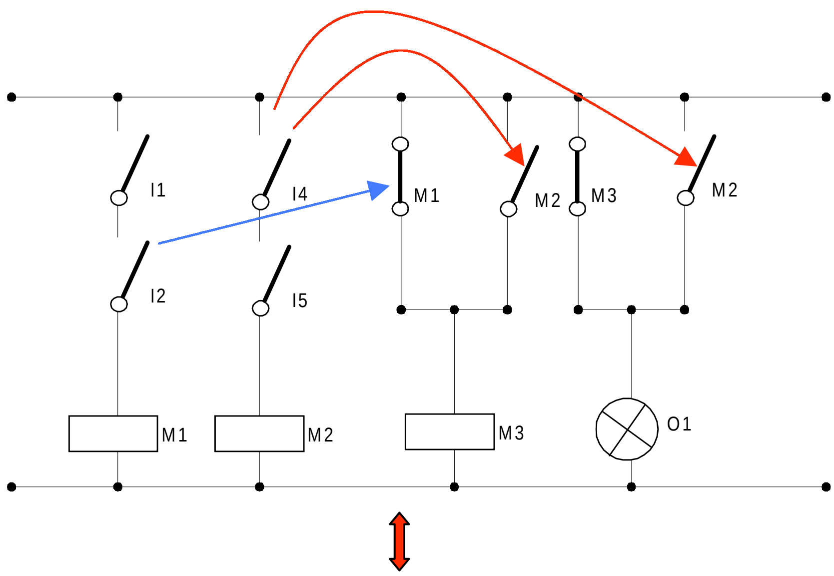
Αρχικό Σχέδιο

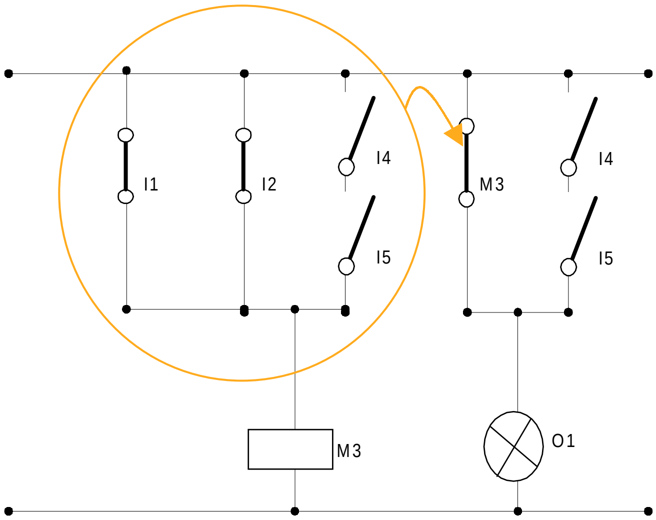


Ισοδύναμο Σχέδιο

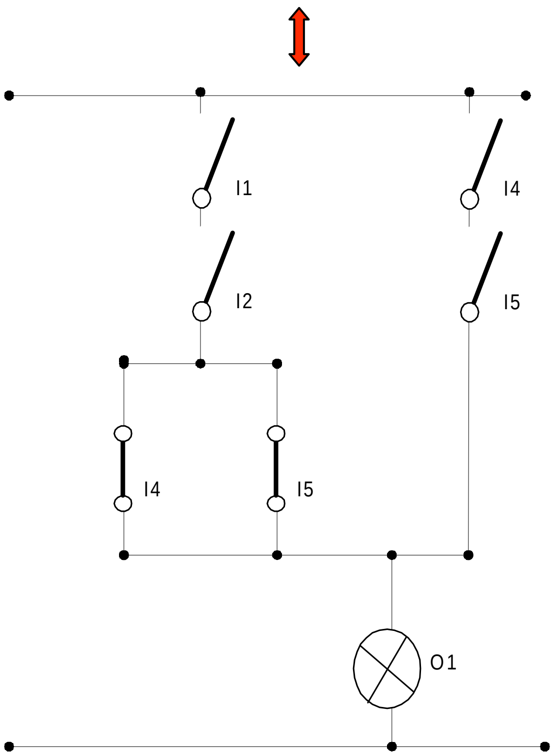
ΠΡΟΣΟΧΗ αν σε ένα κύκλωμα ένα πηνίο έχει περισσότερες από μια επαφές για να απαλείψουμε το πηνίο πρέπει να αντικαταστήσουμε όλες τις επαφές του.

Παράδειγμα Σύμπτυξης επαφών



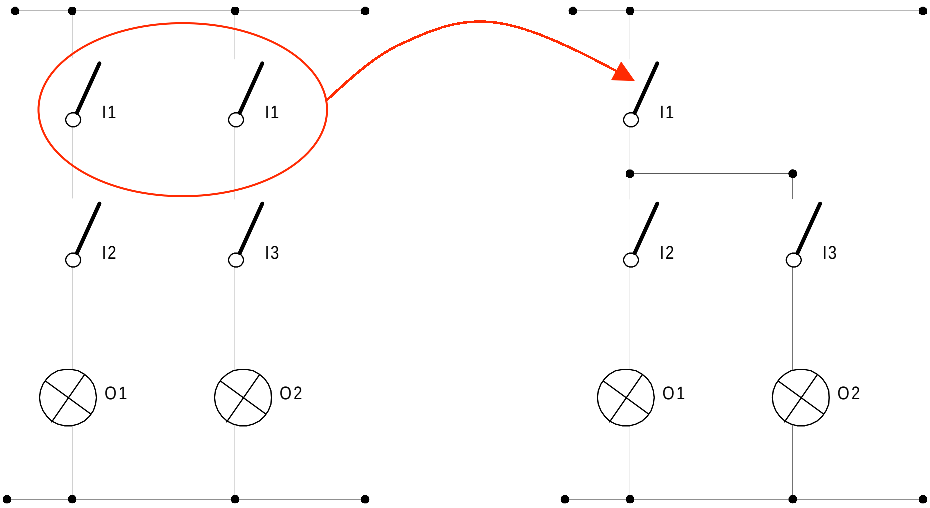


Πρώτο Συμπτυγμένο σχέδιο



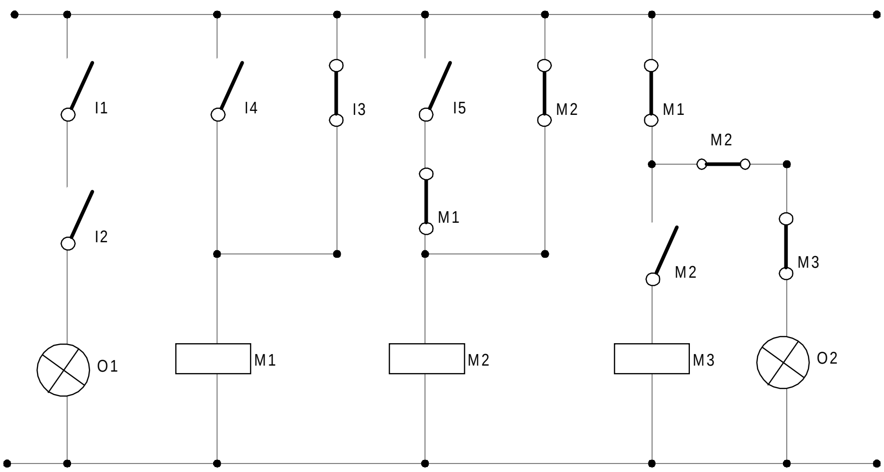
Τελικό Συμπτυγμένο σχέδιο

2)Ηλεκτρολογική Σύμπτυξη και ανάπτυξη επαφών.
Σε ένα κύκλωμα εάν έχουμε την ίδια επαφή σε διαφορετικούς κλάδους μπορούμε να την αντικαταστήσουμε με μία επαφή αν χρησιμοποιήσουμε διακλάδωση, όπως ακριβώς φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



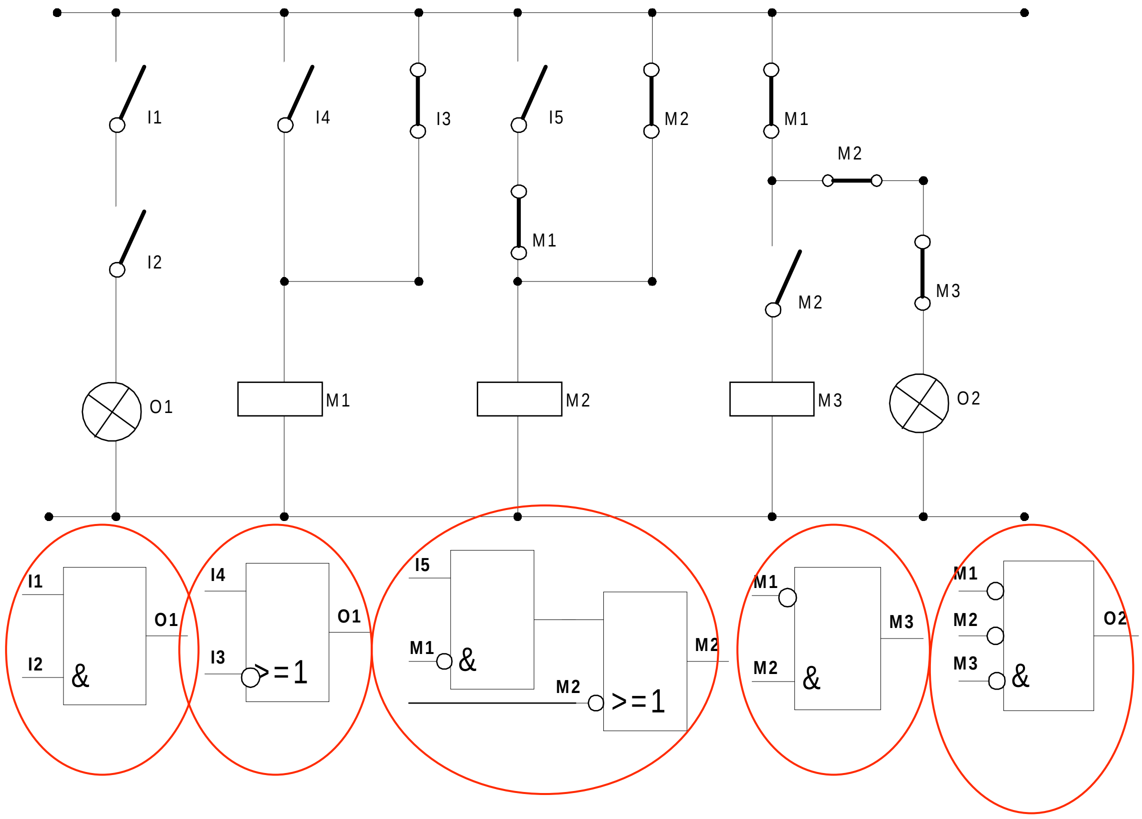
Αρχικό *Συμπτυγμένο κύκλωμα*

4.9 Μετατροπή κυκλώματος ρελέ σε λογικό κύκλωμα με πύλες
Η μετατροπή αυτή είναι μάλλον πιο εύκολη. Ας δούμε την μέθοδο μέσα από ένα παράδειγμα.
<u>Παράδειγμα.</u>
Να σχεδιάσετε το λογικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στο παρακάτω κύκλωμα με ρελέ.



Λαμβάνω έναν προς έναν τους κλάδους του κυκλώματος, και σχεδιάζω την αντίστοιχη πύλη. Πρέπει να θυμόμαστε ότι:

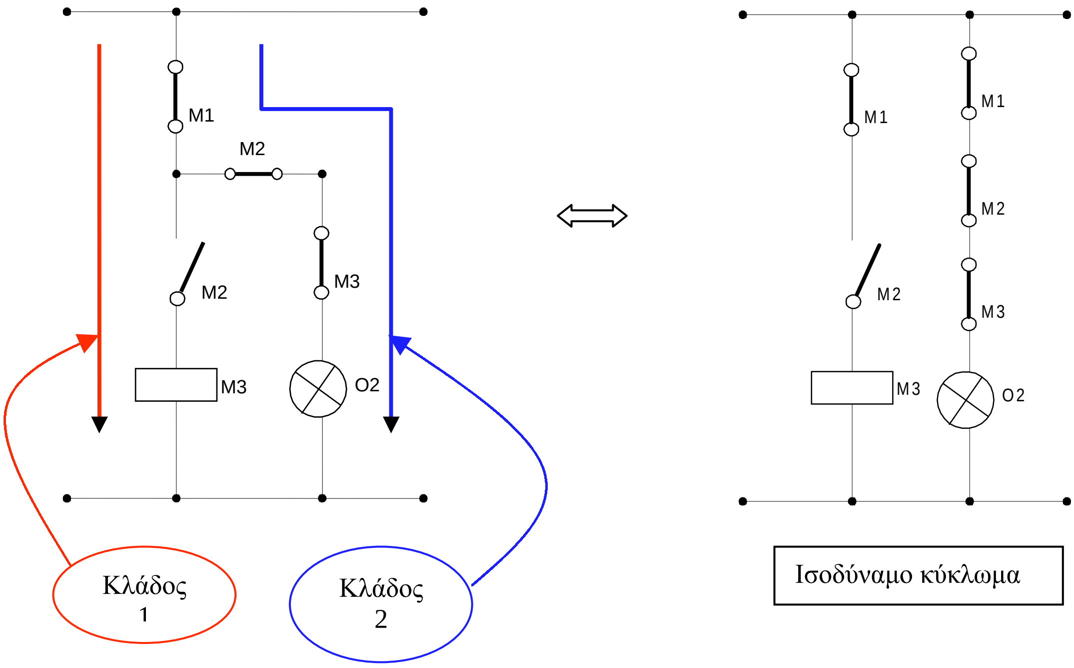
- Κάθε διακόπτης αντιστοιχεί σε εξωτερικές εισόδους.
- Κάθε επαφή ρελέ αποτελεί μια ενδιάμεση έξοδο, δηλαδή πρέπει να αποτελεί έξοδο από προηγούμενη πύλη.
- Κάθε πηνίο αποτελεί έξοδο προς μια επόμενη πύλη.
- ‘Οπου υπάρχει κλειστή επαφή, θα τοποθετούμε μια πύλη NOT στην αντίστοιχη είσοδο, είτε είναι εξωτερική είτε ενδιάμεση



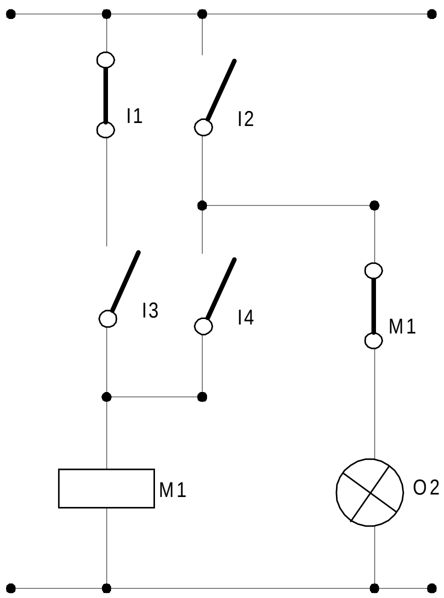
Αντίστοιχο λογικό κύκλωμα, δίνουμε για κάθε κλάδο το αντίστοιχο λονικό κύκλωμα

Προσοχή 1: *Πως καθορίζεται ένας κλάδος του κυκλώματος*

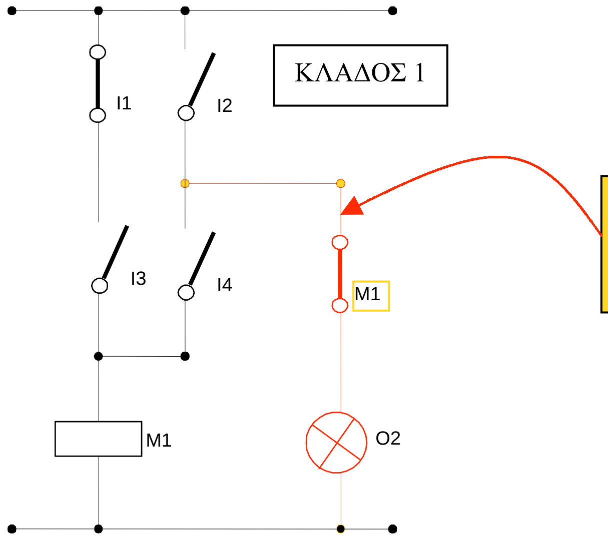
Ο κλάδος του ηλεκτρολογικού κυκλώματος αυτοματισμού καθορίζεται από την κάθε διαφορετική πορεία που ακολουθεί το ρεύμα από το (+) του κυκλώματος προς κάποιον αποδέκτη (λυχνία, ρελέ, ρελέ ισχύος κλπ). Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο κλάδος καθορίζεται από τους αποδέκτες. Προσέξτε λοιπόν πως καθορίζονται οι δύο τελευταίοι κλάδοι του προηγουμένου παραδείγματος.



Παράδειγμα καθορισμού κλάδων σε ένα πιο πολύπλοκο κύκλωμα

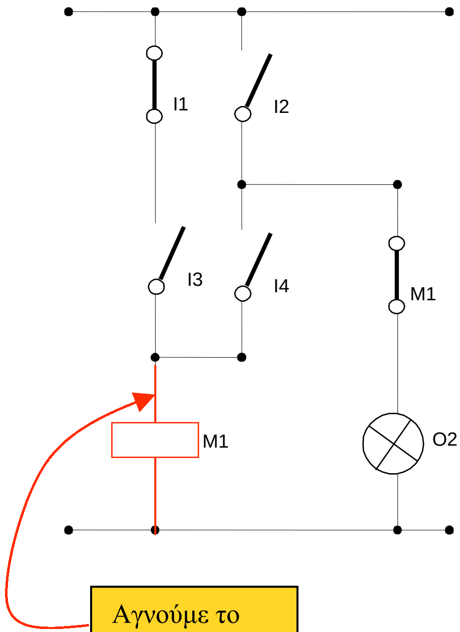


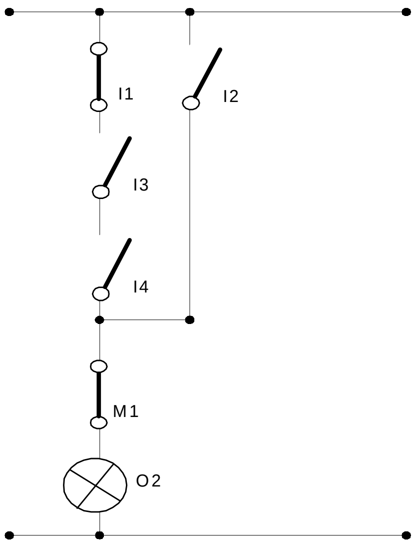
ΚΛΑΔΟΣ 1



Αγνοούμε το κύκλωμα που υπάρχει μετά την διακλάδωση προς τον δεύτερο Κλάδο

ΚΛΑΔΟΣ 2





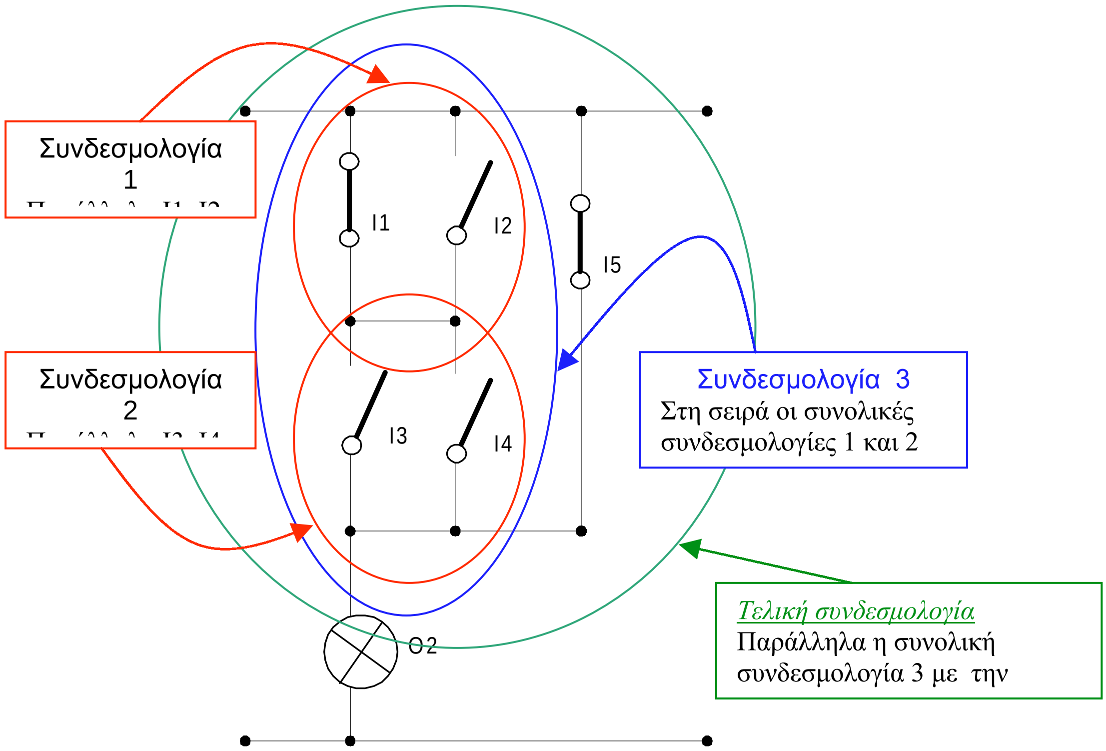
Αγνοούμε το τμήμα αυτό

Διαφορετικός τρόπος σχεδιασμού του κλάδου 2 όπου φαίνεται πολύ καλά η συνδεσμολογία

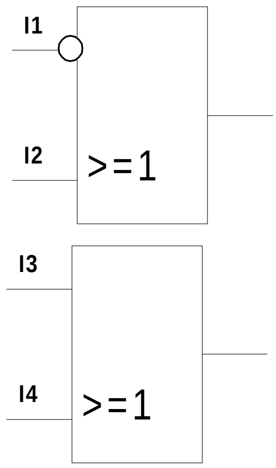
Προσοχή 2: *Κλάδοι που αντιστοιχούν σε πολλαπλές πύλες*

Όταν σε ένα κλάδο έχουμε κάποια απλή συνδεσμολογία (π.χ. σειρά ή παράλληλη) η αντιστοίχηση με το λογικό κύκλωμα είναι απλή. Τι γίνεται όμως όταν έχουμε μια πολύπλοκη συνδεσμολογία που αντιστοιχεί σε λογικό κύκλωμα με πολλές πύλες; Θα παρακολουθήσουμε τη μεθοδολογία μέσα από κάποιο παράδειγμα.

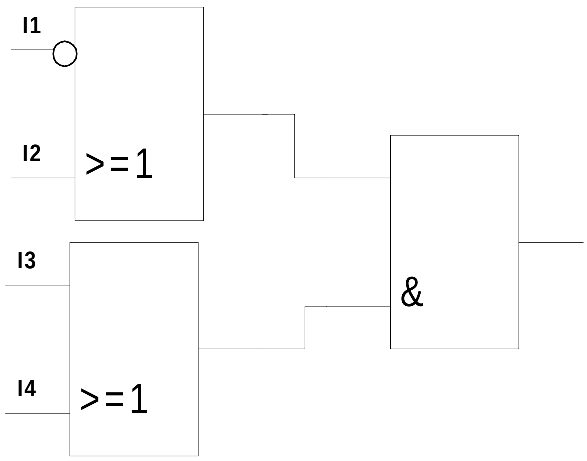
Παράδειγμα. *Να μετατραπεί το επόμενο ηλεκτρολογικό κύκλωμα αυτοματισμού σε κύκλωμα με λογικές πύλες.*



ΒΗΜΑ 1. Προσπαθούμε να εντοπίσουμε επαφές για τις οποίες να φαίνεται ξεκάθαρα ότι είναι συνδεδεμένες στη σειρά ή παράλληλα. Στο παράδειγμά μας τέτοιες συνδεσμολογίες είναι: Η παράλληλη σύνδεση I1,I2 και η παράλληλη σύνδεση I3, I4. Για τις συνδεσμολογίες αυτές σχεδιάζουμε τις λογικές πύλες.

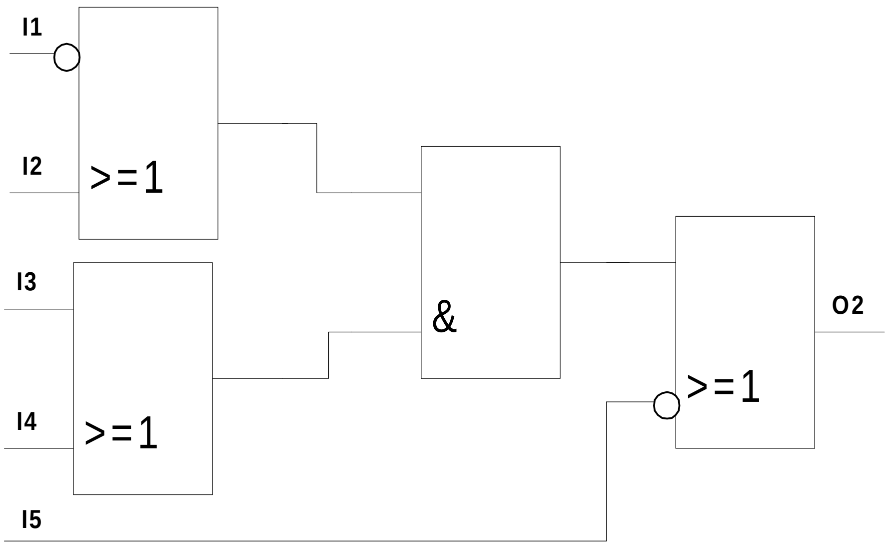


ΒΗΜΑ2. Στην συνέχεια αν θεωρήσουμε ότι οι συνδεσμολογίες που εντοπίσαμε στο προηγούμενο βήμα αποτελούν μια επαφή, προσπαθούμε να εντοπίσουμε πάλι τις νέες συνδεσμολογίες. Στο παράδειγμά μας εντοπίζουμε ότι οι 2 συνδεσμολογίες του προηγουμένου βήματος είναι συνδεδεμένες στην σειρά. Σχεδιάζουμε την νέα πύλη. Στην θέση των εισόδων θα έχουμε τις εξόδους των προηγουμένων πυλών.



ΒΗΜΑ 3. Το ίδιο συνεχίζεται αφού θεωρήσουμε και πάλι σαν μια επαφή τις συνολικές συνδεσμολογίες που καθορίσαμε στο προηγούμενο βήμα. Στο παράδειγμά μας έχουμε παράλληλα την συνολική συνδεσμολογία 3 με την επαφή I5.

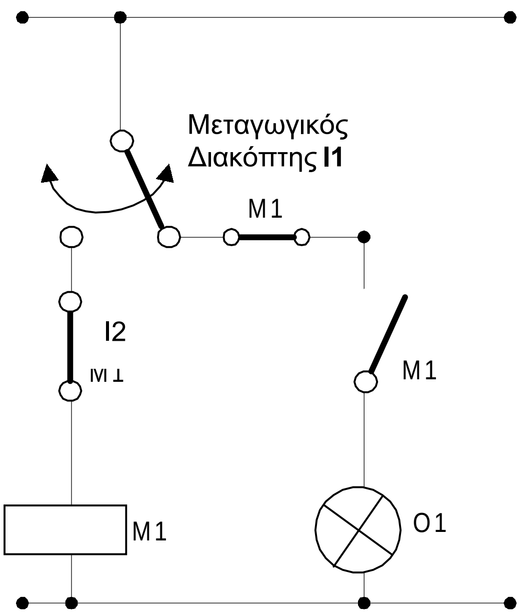
Αρά το τελικό ισοδύναμο σχέδιο είναι το επόμενο.



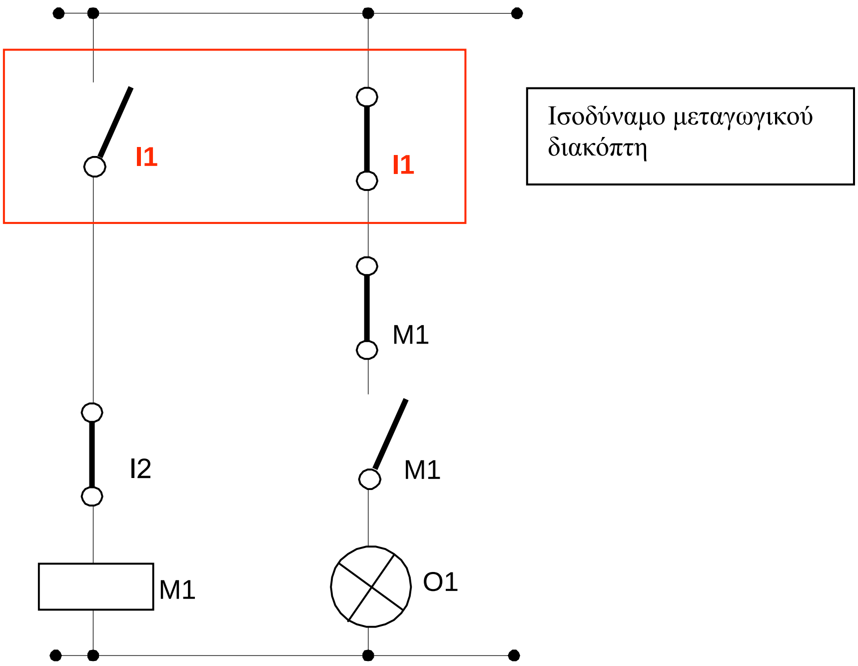
Προσοχή 3. Ισοδύναμο λογικό κύκλωμα μεταγωγικού διακόπτη.

Πολύ συχνά στα κυκλώματα αυτοματισμού συναντούμε μεταγωγικούς διακόπτες ή γενικά μεταγωγικές επαφές ρελλέ. Δίνουμε στη συνέχεια το ισοδύναμο κύκλωμα έτσι ώστε να μπορούμε να δώσουμε στην συνέχεια το λογικό ισοδύναμο.

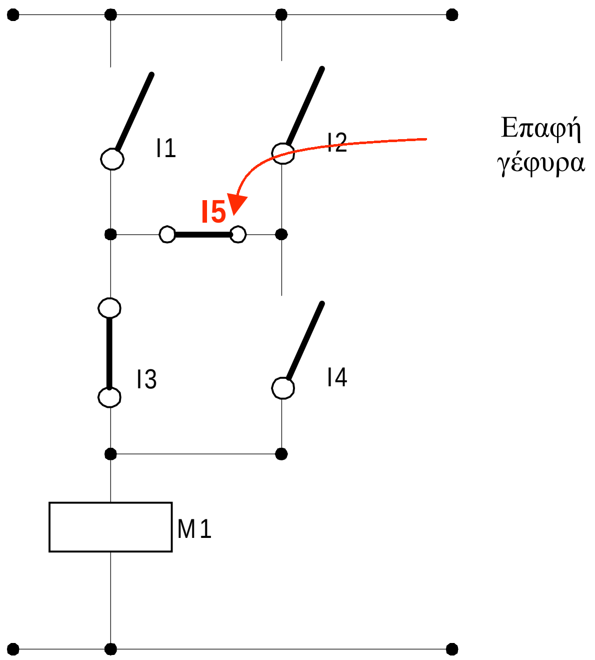
Παράδειγμα



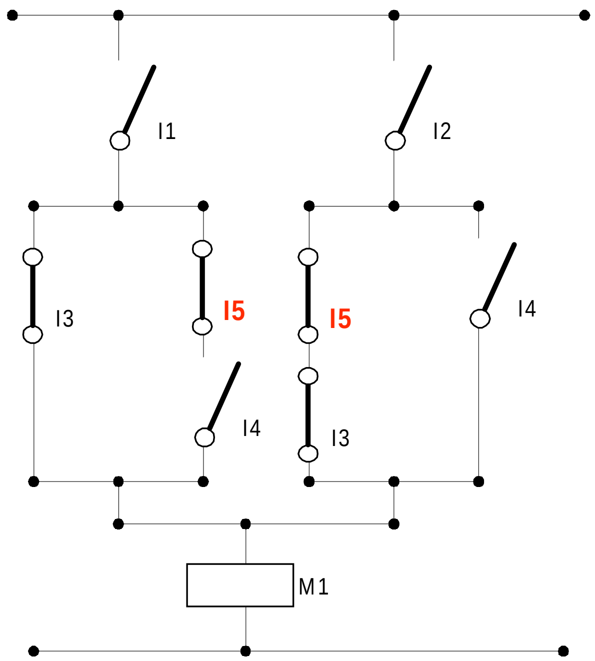
Ο μεταγωγικός διακόπτης ισοδυναμεί με 2 επαφές μια κανονικά κλειστή και μία κανονικά ανοικτή.



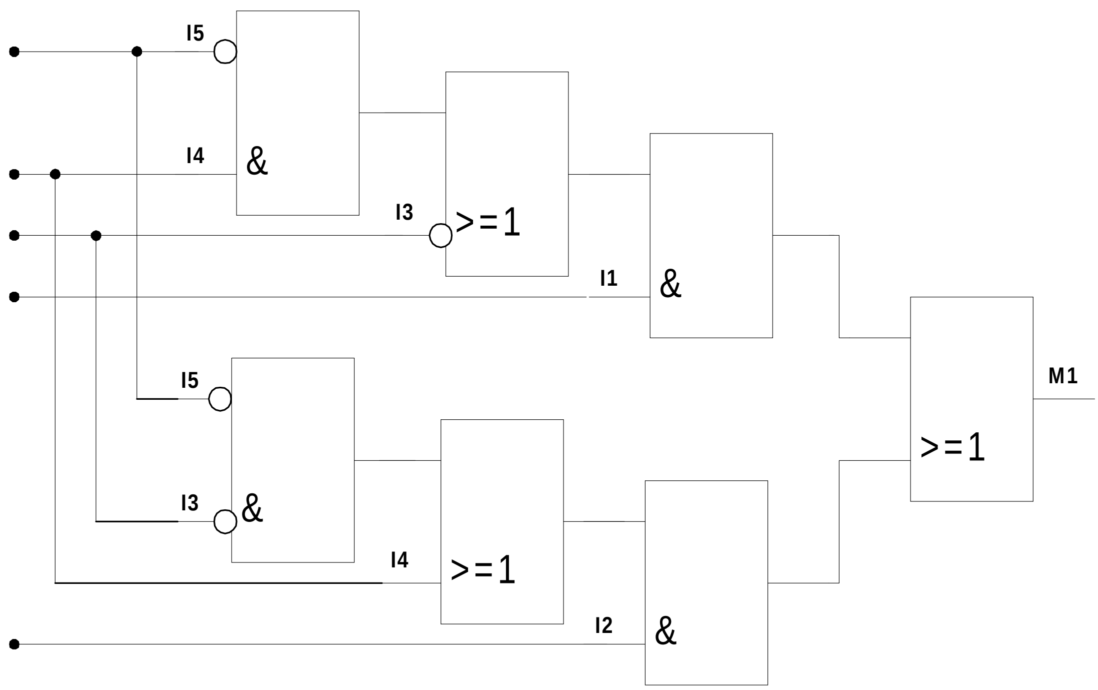
Προσοχή 4. Επαφή – γέφυρα.
Ένα άλλο εξίσου πολύπλοκο κύκλωμα είναι αυτό που δίνουμε στο επόμενο παράδειγμα. Η απλοποίηση του είναι πολύτιμη τόσο όσον αφορά το ισοδύναμο του λογικό κύκλωμα όσο και τον προγραμματισμό των PLC που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.
Παράδειγμα.



Ισοδύναμο ηλεκτρολογικό κύκλωμα.



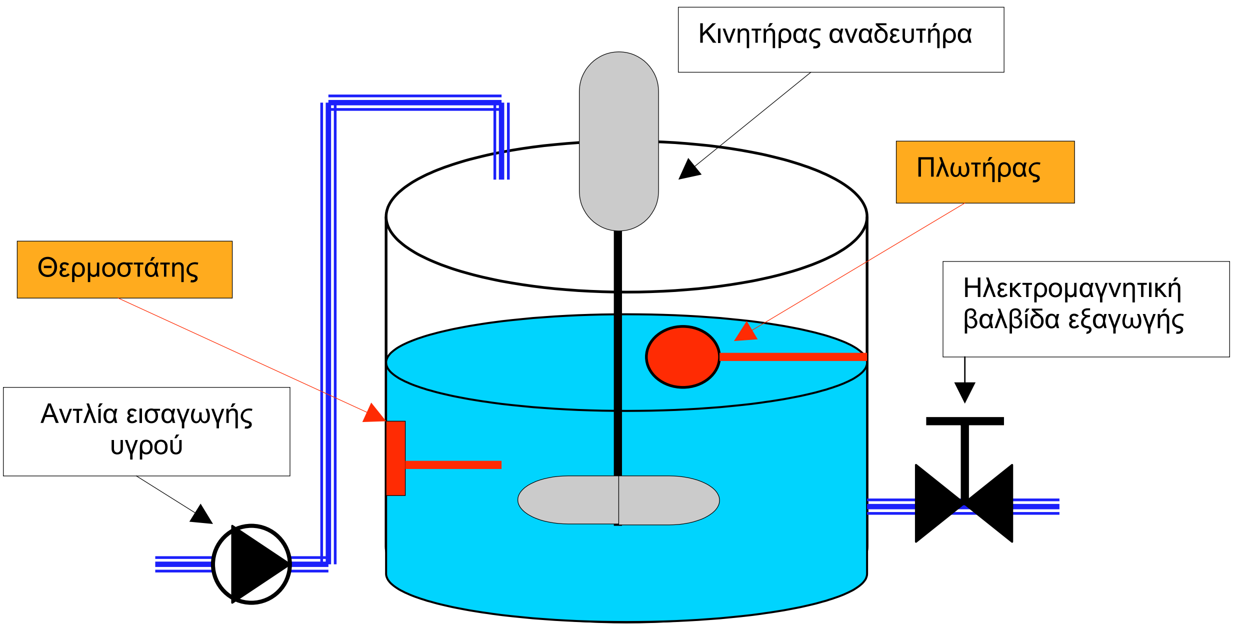
Αντίστοιχο λογικό κύκλωμα.



4.10 Σχεδιασμός Αυτοματισμών με την χρήση των λογικών πυλών

Ωραία είναι όλα αυτά που είπαμε μέχρι τώρα για τα λογικά κυκλώματα και τον τρόπο σχεδιασμού τους, αλλά το θέμα είναι πόσο χρήσιμα είναι όλα αυτά στους αυτοματισμούς. Θα προσπαθήσουμε στην παράγραφο αυτή να παρουσιάσουμε μια μέθοδο σχεδιασμού αυτοματισμών χρησιμοποιώντας όλα αυτά που μάθαμε στο παρών κεφάλαιο.
Η μέθοδος θα παρουσιαστεί μέσα από ένα παράδειγμα.

Α)Περιγραφή του αυτοματισμού.



Σε μια παραγωγική διαδικασία για να κάνουμε οικονομία του νερού, το ανακυκλώνουμε αφού το καθαρίσουμε και μειώσουμε την θερμοκρασία του. Το θερμό νερό έρχεται σε μια δεξαμενή όπως φαίνεται στο σχήμα, μέσω μιας αντλίας. Μόλις η δεξαμενή γεμίσει ένας πλωτήρας δίνει εντολή στην αντλία να σταματήσει. Τότε ο θερμοστάτης ελέγχει την θερμοκρασία του νερού. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 60ο C τότε μπαίνει μπροστά ο κινητήρας του αναδευτήρα και αρχίζει να ανακατεύει το νερό για να το βοηθήσει να κρυώσει. Μόλις η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από τους 60oC τότε ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής και η δεξαμενή αδειάζει. Όταν η δεξαμενή αδειάσει ο πλωτήρας δίνει σήμα και ξεκινάει η αντλία, έτσι η διαδικασία ξεκινάει πάλι από την αρχή.

<u>ΒΗΜΑ 1-</u> Το πρώτο βήμα για να προσεγγίσουμε για τον σχεδιασμό του παραπάνω αυτοματισμού είναι:

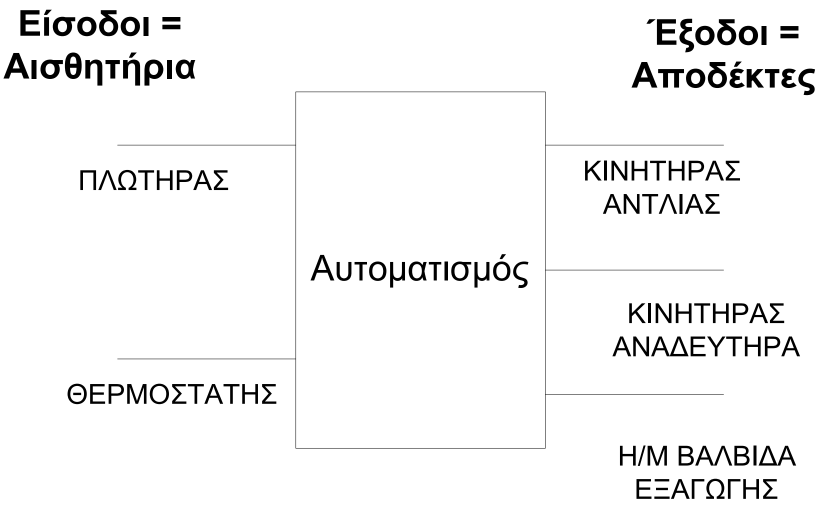
Να εντοπίσουμε και να ξεχωρίσουμε ποια είναι τα αισθητήρια που δίνουν τις εντολές και ποια είναι τα μηχανήματα αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές αυτές.

Στον αυτοματισμό που περιγράψαμε έχουμε:

Αισθητήρια	Πλωτήρας
	Θερμοστάτης
Αποδέκτες	Κινητήρας αντλίας
	Κινητήρας αναδευτήρα
	Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής

Αν θεωρήσουμε ότι ο αυτοματισμός μας είναι ένα λογικό κύκλωμα τότε :

- Τα αισθητήρια είναι οι είσοδοι του αυτοματισμού και
- *Οι αποδέκτες είναι οι έξοδοι του αυτοματισμού*



ΒΗΜΑ 2- Αφού ξεκαθαρίσουμε και διακρίνουμε ποια είναι τα αισθητήρια και οι αποδέκτες στον αυτοματισμό που μελετούμε, πρέπει:

να καθορίσουμε τον τρόπο λειτουργίας όλων αυτών των αισθητηρίων και των αποδεκτών.

Η λειτουργία τόσο των αισθητηρίων όσο και των αποδεκτών έχει πάντα δύο καταστάσεις: Στην μία κατάσταση περνάει ρεύμα από το κύκλωμα του αυτοματισμού και στην άλλη ή δεν περνάει ρεύμα. Αυτό που πρέπει να καθορίσουμε είναι: Σε ποια κατάσταση της συσκευής περνάει ρεύμα και σε ποια όχι.

Στο παράδειγμά μας έχουμε:

1. Αποδέκτες.
    - *<u>Κινητήρας αντλίας</u>*: Όταν περνάει ρεύμα από το ρελλέ του κινητήρα, η αντλία λειτουργεί (είναι ON)
    - *<u>Κινητήρας αναδευτήρα</u>:* Όταν περνάει ρεύμα από το ρελλέ του κινητήρα, ο αναδευτήρας λειτουργεί (είναι ON)
    - *<u>Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα</u> εξαγωγής:* Η λειτουργία των βαλβίδων αυτών στηρίζεται σε ένα ηλεκτρομαγνήτη. Όταν περάσει ρεύμα από τον ηλεκτρομαγνήτη η βαλβίδα ανοίγει (είναι OPEN)

2. Αισθητήρια
    - *<u>Πλωτήρας:</u>* Στην αγορά υπάρχουν πάρα πολλών ειδών πλωτήρες. σε όλες τις περιπτώσεις ο πλωτήρας καθορίζει 2 στάθμες: **Κάτω στάθμη** και **Άνω στάθμη**. Ο πλωτήρας λειτουργεί σαν ένας διακόπτης. Ανάλογα με το είδος του πλωτήρα σε μια από τις δύο στάθμες ο πλωτήρας κλίνει το διακόπτη (περνάει ρεύμα) και στην άλλη ανοίγει τον διακόπτη (δεν περνάει ρεύμα). Στις περισσότερες περιπτώσεις έχουμε ΑΝΩ ΣΤΑΘΜΗ=ΑΝΟΙΚΤΟ , ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΗ = ΚΛΕΙΣΤΟ.

    - *<u>Θερμοστάτης</u>*: Κατά το ίδιο τρόπο με τον πλωτήρα λειτουργεί και ο θερμοστάτης. Στην προκειμένη περίπτωση αρκεί ένα διμεταλλικός θερμοστάτης σαν αυτούς που χρησιμοποιούμε στους οικιακούς θερμοσίφωνες. Στην ουσία αποτελεί ένα διακόπτη ο οποίος είναι ΑΝΟΙΚΤΟΣ όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από το όριο και ΚΛΕΙΣΤΟΣ όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από το όριο (Στην αγορά μπορούμε να βρούμε και θερμοστάτες όπου συμβαίνει το ανάποδο).

Υπενθυμίζουμε ότι πάντα θεωρούμε ότι:

- Κλειστός Διακόπτης = ρεύμα = 1
- Ανοικτός Διακόπτης = Όχι ρεύμα = 0

ΒΗΜΑ 3- Σχεδιάζουμε τον πίνακα καταστάσεων, δηλαδή έναν πίνακα όπου φαίνονται όλες οι είσοδοι=αισθητήρια και οι έξοδοι=αποδέκτες. Σε κάθε στήλη του πίνακα τοποθετούμε μια συσκευή (είσοδο ή έξοδο). Στις γραμμές λαμβάνουμε όλους τους συνδυασμούς των εισόδων.
Στην συνέχεια για κάθε γραμμή (Κάθε συνδυασμό των εισόδων) προσπαθούμε να εξηγήσουμε τι συμβαίνει στον αυτοματισμό και να καθορίσουμε ποιες από τις συσκευές εξόδου λειτουργούν.

<u>Προσοχή:</u> Υπάρχει περίπτωση κάποιος από τους συνδυασμούς των εισόδων να μην συμβαίνει ποτέ στην πράξη. Τότε στις αντίστοιχες εξόδους σημειώνουμε ότι δεν μας ενδιαφέρει (Χ=Αδιάφορο).
Ας παρακολουθήσουμε το παράδειγμά μας

	ΕΙΣΟΔΟΙ		ΕΞΟΔΟΙ		
	Πλωτήρας	Θερμοστάτης	Κινητήρας Αντλίας	Κινητήρας Θερμοστάτη	Η/Μ εξαγωγής
1	0 (ΑΝΩ)	0 (ΜΕΓΑΛΗ)	0 (OFF)	1 (ON)	0 (ΚΛΕΙΣΤΗ)
2	0 (ΑΝΩ)	1 (ΜΙΚΡΗ)	0 (OFF)	0 (OFF)	1 (ΑΝΟΙΚΤΗ)
3	1 (ΚΑΤΩ)	0 (ΜΕΓΑΛΗ)	1 (ON)	0 (OFF)	0 (ΚΛΕΙΣΤΗ)
4	1 (ΚΑΤΩ)	1 (ΜΙΚΡΗ)	1 (ON)	0 (OFF)	0 (ΚΛΕΙΣΤΗ)

Επεξήγηση του παραπάνω πίνακα:

Σειρά 1: Ο συνδυασμός εισόδων 0,0 σημαίνει ότι ο πλωτήρας βρίσκεται άνω, άρα η δεξαμενή είναι γεμάτη και ο θερμοστάτης δείχνει ότι η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από το όριο. Αυτό σημαίνει ότι θα λειτουργήσει ο αναδευτήρας για να κρυώσει το νερό.
Σειρά 2 : Ο συνδυασμός αυτός (0,1) σημαίνει ότι η δεξαμενή είναι γεμάτη και η θερμοκρασία είναι μικρότερη από το όριο, άρα θα ανοίξει η Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα για να αδειάσει η δεξαμενή.
Σειρά 3: Ο συνδυασμός (1,0) σημαίνει ότι ο πλωτήρας δείχνει κάτω στάθμη, άρα άσχετα από το σήμα του θερμοστάτη θα δουλεύει μόνο η αντλία για να γεμίσει η δεξαμενή.

Σειρά 4: Ισχύουν ότι και στην προηγούμενη περίπτωση, δηλαδή θα δουλεύει μόνο η αντλία για να γεμίσει η δεξαμενή.

ΒΗΜΑ 4: Ο πίνακας καταστάσεων που συντάξαμε στο προηγούμενο βήμα 3- δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας πίνακας αληθείας. Ακολουθώντας όσα μάθαμε στο κεφάλαιο αυτό, σχεδιάζουμε το λογικό κύκλωμα.

Στο παράδειγμά μας έχουμε τον παρακάτω πίνακας αληθείας.

ΕΙΣΟΔΟΙ		ΕΞΟΔΟΙ		
Πλωτήρας	Θερμοστά	Κινητήρ. Αντλίας	Κινητήρας Θερμοστάτη	Η/Μ εξαγωγής
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

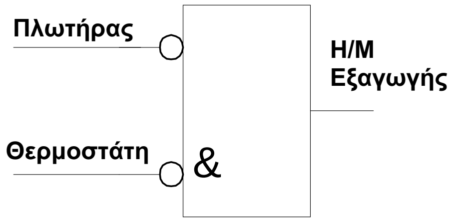
Ο παραπάνω πίνακας αληθείας στην ουσία αποτελεί τρεις πίνακες όσες και οι έξοδοι, δηλαδή. Δίπλα στον κάθε πίνακα δίνουμε το αντίστοιχο λογικό σχέδιο. Στη προκειμένη περίπτωση τα πράγματα είναι τόσο απλά που δεν χρειάζεται να κάνουμε απλοποίηση. Για τον σχεδιασμό θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο μες τις πύλες AND.

Παρατήρηση:

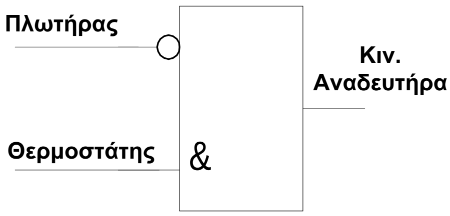
Ο πρώτος πίνακας δεν χρειάζεται πύλη, αφού η έξοδος είναι ίδια με τον πλωτήρα.

Πλωτήρας	Θερμοστ	Κινητήρας αντλίας
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

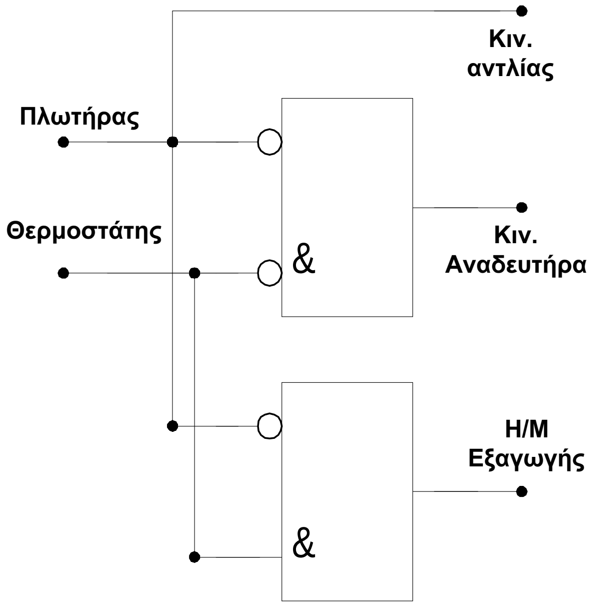
Πλωτήρας	Θερμοστ	Κινητήρας Αναδευτήρα
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



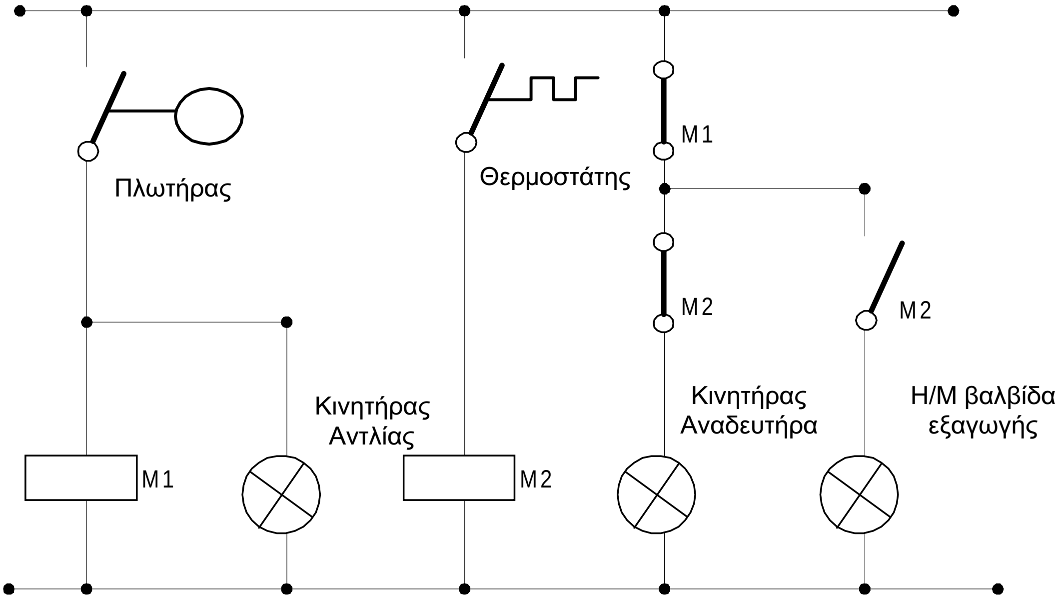
Πλωτήρας	Θερμοστ	Η/Μ βαλβίδα εξαγωγής
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0



Ολοκληρωμένο το τελικό σχέδιο δίνεται στην συνέχεια



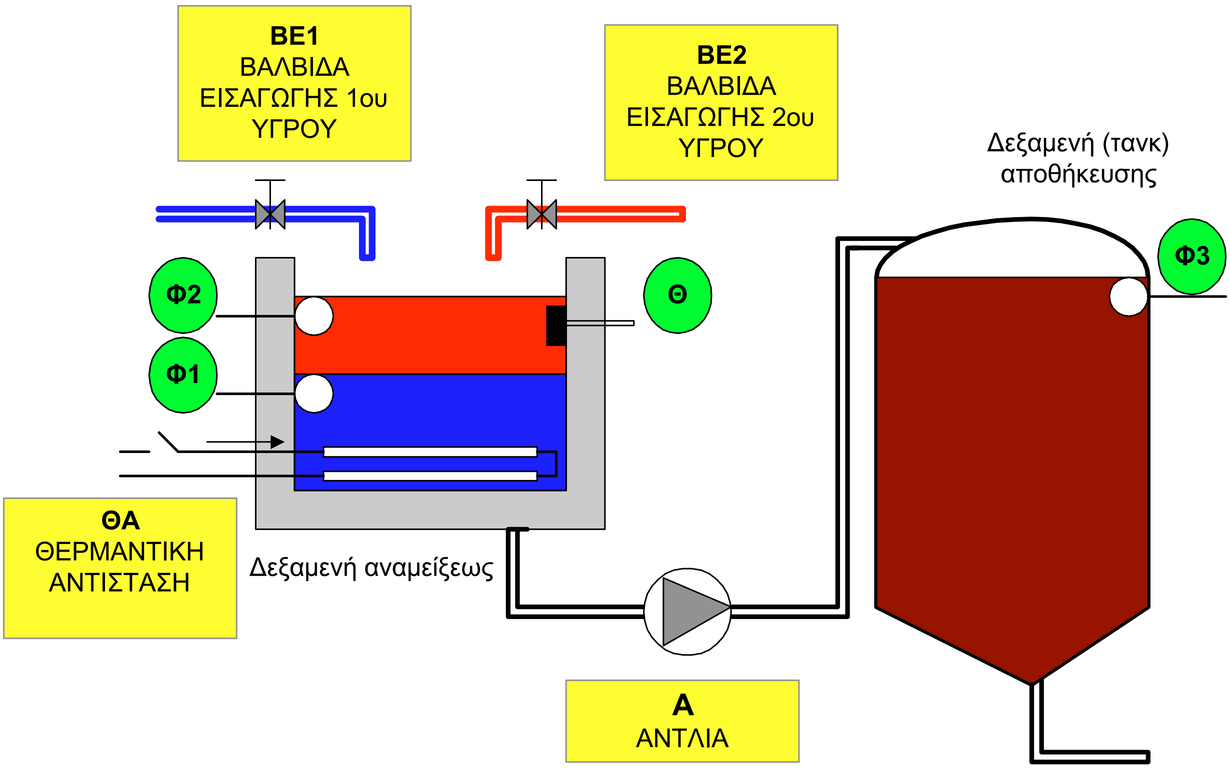
ΒΗΜΑ 5- Στο τελευταίο βήμα, μετατρέπουμε το λογικό σχέδιο, σε ηλεκτρολογικό.



Σημείωση:

Όπου στο σχέδιο “λέει” κινητήρας αντλίας ή κινητήρας αναδευτήρα, στην πραγματικότητα υπάρχει το ρελέ ισχύος του κινητήρα. Εδώ χρησιμοποιούμε αυτόν τον συμβολισμό για να τονίσουμε ότι πρόκειται για αποδέκτες-εξόδους, και για να μην μπερδέψουμε τα ρελέ ισχύος που είναι αποδέκτες με τα ρελέ αυτοματισμού.

Παράδειγμα 2: Σχεδιασμός αυτοματισμού



α)Περιγραφή του αυτοματισμού

- Σε μια παραγωγική διαδικασία έχουμε την εγκατάσταση της οποίας το σκαρίφημα δίνουμε στο σχήμα. Πρόκειται για τη διαδικασία ανάμιξης 2 υγρών, θέρμανσης και αποθήκευσης του μίγματος. Η διαδικασία έχει ως εξής:
- Όταν η δεξαμενή αναμείξεως είναι άδεια, ο πλωτήρας Φ1 δίνει σήμα και η βαλβίδα εισαγωγής ΒΕ1 φέρνει το πρώτο υγρό στην δεξαμενή αναμίξεως. Μόλις το πρώτο υγρό φθάσει την στάθμη του (διαχωριστική στάθμη), ο πλωτήρας Φ1 δίνει σήμα να κλίσει η βαλβίδα ΒΕ1 και συγχρόνως ανοίγει η βαλβίδα ΒΕ2, η οποία φέρνει στην δεξαμενή αναμείξεως το δεύτερο υγρό.
- Όταν και το δεύτερο υγρό φτάσει στην στάθμη του (ανώτερη στάθμη) τότε ο πλωτήρας Φ2 δίνει σήμα να κλίσει η βαλβίδα ΒΕ2 και αρχίζει να ελέγχεται η θερμοκρασία του μίγματος.
- Αν η θερμοκρασία είναι κάτω από το επιθυμητό όριο, τότε ο θερμοστάτης δίνει σήμα και κλίνει τον διακόπτη της θερμαντικής αντίστασης ΘΑ και αρχίζει η θέρμανση του μίγματος.
- Μόλις η θερμοκρασία πέσει κάτω από το επιθυμητό όριο, τότε ανοίγει ο διακόπτης της θερμαντικής αντίστασης και σταματάει η θέρμανση.
- Η αντλία Α, θα λειτουργήσει για να μεταφέρει το θερμό μίγμα στην δεξαμενή αποθήκευσης. Θα λειτουργήσει όμως μόνο αν ο πλωτήρας Φ3 της δεξαμενής αποθήκευσής δείχνει ότι η στάθμη σε αυτήν είναι κάτω της ανώτερης.

ΒΗΜΑ 1 : Καθορισμός εισόδων και εξόδων

Αισθητήρια	Πλωτήρας **Φ1**
	Πλωτήρας **Φ2**
	Πλωτήρας **Φ3**
	Θερμοστάτης **Θ**
Αποδέκτες	Βαλβίδα εισαγωγής **ΒΕ1**
	Βαλβίδα εισαγωγής **ΒΕ2**
	Θερμαντική αντίσταση **ΘΑ**
	Αντλία εξαγωγής **Α**

ΒΗΜΑ 2- Καθορισμός λειτουργίας αισθητηρίων και αποδεκτών.

Αισθητήρια:

- Για τους πλωτήρες θα θεωρήσουμε όπως και προηγουμένως ότι λειτουργούν σαν διακόπτες ως εξής:
  - ΑΝΩ ΣΤΑΘΜΗ = ΑΝΟΙΚΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ = 0
  - ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΗ = ΚΛΕΙΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ = 1
- Για τον θερμοστάτη επίσης όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα θα θεωρήσουμε ότι είναι διμεταλλικός διακόπτης και μας δίνει:
  - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΟΡΙΟ = ΑΝΟΙΚΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ = 0
  - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΟΡΙΟ = ΚΛΕΙΣΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ = 1

Αποδέκτες:

- Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι ηλεκτρομαγνητικές και λειτοργούνε όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα δηλαδή:
  - ΑΝΟΙΚΤΗ (OPEN) = Διέρχεται ρεύμα από το πηνίο = 1
  - ΚΛΕΙΣΤΗ (CLOSED) = Δεν διέρχεται ρεύμα από το πηνίο = 0
- Για τους κινητήρες και την θερμαντική αντίσταση τα πράγματα είναι απλά, δηλαδή είναι σε λειτουργία (ON) όταν δέχονται ρεύμα (1)

ΒΗΜΑ 3- Συντάσσουμε τον πίνακα καταστάσεων

Επεξήγηση:

- Ας ξεκινήσουμε από την λειτουργία της αντλίας: Η αντλία δουλεύει όταν η δεξαμενή αναμίξεως είναι γεμάτη (αρα οι πλωτήρες Φ1 και Φ2 δίνουν 0,0) ΚΑΙ το μίγμα έχει την επιθυμητή θερμοκρασία (Ο θερμοστάτης θα δίνει 0) ΚΑΙ η δεξαμενή αποθήκευσης να μην έχει φθάσει στο ανώτερο της στάθμης (άρα ο πλωτήρας Φ3 να δίνει 1). Αν ψάξετε για τον συνδυασμό που περιγράψαμε στον πίνακα θα δείτε ότι βρισκόμαστε στην Τρίτη γραμμή, οπότε και η αντλία θα δίνει 1.
- Η θερμαντική αντίσταση : Θα λειτουργεί όταν η δεξαμενή αναμίξεως είναι γεμάτη (Φ1=0, Φ2=0) ΚΑΙ η θερμοκρασία κάτω από το επιθυμητό όριο (Θ=1). Έτσι βρίσκουμε τις 2 γραμμές στον πίνακα όπου η Θερμαντική αντίσταση είναι 1.

ΕΙΣΟΔΟΙ ΕΞΟΔΟΙ

Φ1	Φ2	Φ3	Θ	ΒΕ1	ΒΕ2	ΘΑ	Α
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	X	X	X	X
1	0	0	1	X	X	X	X
1	0	1	0	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0

- Η βαλβίδα εισαγωγής ΒΕ1, η οποία φέρνει στην δεξαμενή το πρώτο υγρό θα λειτουργεί, όταν οι πλωτήρες Φ1 ΚΑΙ Φ2 δείχνουν ΚΑΤΩ στάθμη (Φ1=1, Φ2=1).
- Η βαλβίδα εισαγωγής ΒΕ2, η οποία φέρνει στην δεξαμενή το δεύτερο υγρό θα λειτουργεί, όταν ο πλωτήρας Φ1 δείχνει ΑΝΩ στάθμη (Φ1=0) ΚΑΙ ο Φ2 δείχνει ΚΑΤΩ στάθμη (Φ2=1).
- ΠΡΟΣΟΧΗ. Υπάρχει μια κατάσταση η οποία δεν θα συμβεί ποτέ γιατί δεν έχει φυσικό νόημα. Πρόκειται για τον συνδυασμό Φ1=1 και Φ2 =0, ο οποίος σημαίνει ότι ο πλωτήρας Φ1 Δείχνει ΚΑΤΩ και ο πλωτήρας Φ2 άνω! Αυτό όπως καταλαβαίνεται δεν πρόκειται να συμβεί ποτέ! Στην περίπτωση αυτή στον πίνακα τοποθετούμε το σύμβολο Χ, το οποίο σημαίνει αδιάφορη κατάσταση.

- Κατά την περίπτωση Φ1=0, Φ2=0,Φ3=0,Θ=0, δεν θα λειτουργεί κανένας αποδέκτης αφού η δεξαμενή αποθήκευσης είναι γεμάτη (Φ3=0) και το νερό ζεστό (Θ=0)

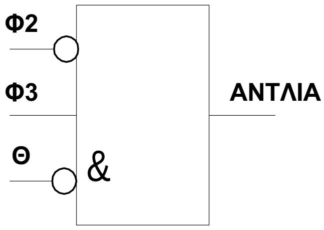
ΒΗΜΑ 4. Σχεδιασμός του λογικού κυκλώματος.

Πρόκειται για 4 πίνακες αληθείας, όσοι και η αποδέκτες. Θα εφαρμόσουμε όλα όσα μάθαμε για τον σχεδιασμό με απλοποίηση Karnaugh.
α)Ας ξεκινήσουμε από τον πίνακα της αντλίας:
ΣΗΜΕΙΩΝΟΥΜΕ ότι για την απλοποίηση τα σημεία Χ του πίνακα μπορούμε ν τα χρησιμοποιούμε όπως μας βολεύουν είτε 1 είτε 0. Δηλαδή αν βολεύουν στην απλοποίηση τα θεωρούμε 1.

Χαρτης Karnaugh της ΑΝΛΤΙΑΣ

Φ3 Θ \ Φ1 Φ2	00	01	11	10
00	0	0	0	X
01	0	0	0	X
11	0	0	0	X
10	1	0	0	X

Λογικό σχέδιο που προκύπτει για την αντλία από τον πίνακα Karnaugh.

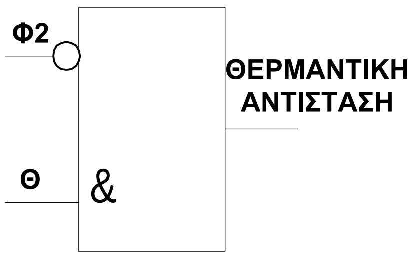


β)Σχεδιασμός κυκλώματος Θερμαντικής Αντίστασης

Χαρτης Karnaugh της ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Φ3 Θ \ Φ1 Φ2	00	01	11	10
00	0	0	0	X
01	1	0	0	X
11	1	0	0	X
10	0	0	0	X

Λογικό σχέδιο που προκύπτει για την αντλία από τον πίνακα Karnaugh.



γ)Σχεδιασμός κυκλώματος Βαλβίδας Εισαγωγής ΒΕ1

Χαρτης Karnaugh της ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΒΕ1

Φ1 Φ2 **Φ3 Θ**	**00**	**01**	**11**	**10**
00	0	0	1	X
01	0	0	1	X
11	0	0	1	X
10	0	0	1	X

Λογικό σχέδιο που προκύπτει για την αντλία από τον πίνακα Karnaugh.

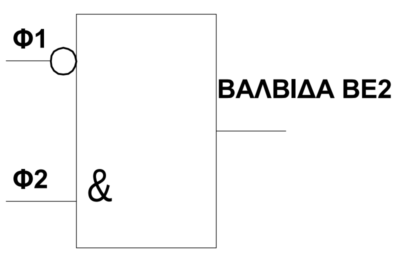
ΠΡΟΣΟΧΗ στην οκτάδα μένει μόνο Φ1, αρα δεν έχουμε λογική πύλη αλλά απευθείας σύνδεση.

δ)Σχεδιασμός κυκλώματος Βαλβίδας Εισαγωγής ΒΕ2

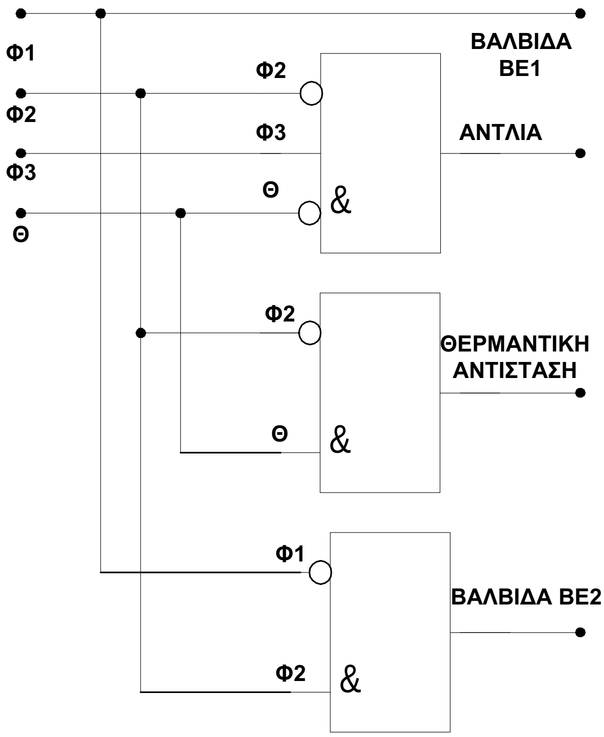
Χαρτης Karnaugh της ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΒΕ2

Φ1 Φ2 **Φ3 Θ**	**00**	**01**	**11**	**10**
00	0	1	0	X
01	0	1	0	X
11	0	1	0	X
10	0	1	0	X

Λογικό σχέδιο που προκύπτει για την αντλία από τον πίνακα Karnaugh.



Το ολοκληρωμένο λογικό Σχέδιο που μας προέκυψε για τον αυτοματισμό μας δίνεται στην συνέχεια:



Τελικά αν σκεφτείτε την λογική του σχεδίου θα δείτε ότι όντως πολύ σωστά μας προέκυψε το σχέδιο αυτό.

ΒΗΜΑ 5 – Τέλος από το λογικό κύκλωμα σχεδιάζουμε το αντίστοιχο ηλεκτρολογικό.