ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ -ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ: Σ.Α.Ε. – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4: ΑΛΓΕΒΡΑ BOOLE

ΣΚΟΠΟΣ:

1. Η εισαγωγή των φοιτητών στις αρχές της λογικής άλγεβρας
2. Η παρουσίαση των λογικών πυλών
3. Η διδασκαλία μεθοδολογίας σχεδίασης ενός λογικού κυκλώματος
4. Η διδασκαλία μετατροπής ενός λογικού κυκλώματος σε αυτοματισμό

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: ΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΖΗΣΗΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΕΔΙΠ

ΛΑΡΙΣΑ 2025

ΜΕΡΟΣ Α : ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Λογικά κυκλώματα

Η Λογική άλγεβρα είναι μια μαθηματική θεωρία την οποία ανέπτυξε ο Άγγλος μαθηματικός George Boole το 1854 και ο οποίος μ΄ αυτό τον τρόπο προσπάθησε να μαθηματικοποιήσει την ανθρώπινη Λογική. Εκατό χρόνια αργότερα η ξεχασμένη άλγεβρα του Boole χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό των λογικών κυκλωμάτων τα οποία αποτελούν την βάση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και όλης της σημερινής ψηφιακής τεχνολογίας. Τα μαθηματικά της Λογικής Άλγεβρας βοήθησαν ώστε ο σχεδιασμός των λογικών κυκλωμάτων να οργανωθεί πάρα πολύ καλά και να αναπτυχθεί μια πλήρης και επιτυχημένη μέθοδος σχεδιασμού.
Η χρήση των αρχών της Λογικής Άλγεβρας και της μεθόδου σχεδιασμού των λογικών κυκλωμάτων στους αυτοματισμούς, μπορεί να αποτελέσει ένα θαυμάσιο εργαλείο, κυρίως στον μεθοδολογικό σχεδιασμό των Αυτοματισμών.

1.1 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 τη θεωρητική βάση όλης της ψηφιακής τεχνολογίας, δηλαδή τη βάση όλου του σύγχρονου πολιτισμού.
Σύμφωνα με τη 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 τη 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 οι εξής:
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:

A = “*Αύριο θα κάνει καλό καιρό”*

B = “*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: **A . B = 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 A και η μεταβλητή B είναι και οι δύο αληθείς

(κάνει καλό καιρό και έχω ευκαιρία)

<u>Λογική πράξη OR (Η)</u>

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= *«Έχω 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 **Ή** αν κάνει τη δουλειά στην θέση μου ο αδερφός μου τότε **ΘΑ** έρθω στο πάρτι”*

Μπορεί να παρασταθεί σαν μια μαθηματική αλγεβρική παράσταση ως εξής:

A + B = C

<u>Λογική πράξη NOT (ΑΡΝΗΣΗ)</u>

Η λογική πράξη NOT εφαρμόζεται σε μία μόνο μεταβλητή και δίνει αποτέλεσμα ΑΛΗΘΕΣ όταν η ίδια είναι ΨΕΥΔΉΣ

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 $\bar{A}$.

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:

$\bar{A}$ **= C**

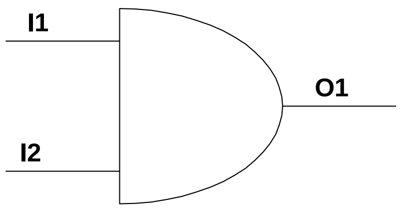
Επειδή στα μαθηματικά δεν είναι δόκιμο να χρησιμοποιούμε λέξεις, παρά μόνο σύμβολα, αντί για τις λέξεις ΑΛΗΘΗΣ και ΨΕΥΔΗΣ, χρησιμοποιούμε το Ο και το 1. Δηλαδή οι τιμές μια λογικής μεταβλητής μπορεί να είναι: 1=ΑΛΗΘΗΣ ή Ο=ΨΕΥΔΗΣ

Στηριζόμενη σε αυτές τις αρχές και τις τρεις 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.

1.2 Οι λογικές πύλες και τα λογικά κυκλώματα

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

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ AND



O1 =I1 . I2

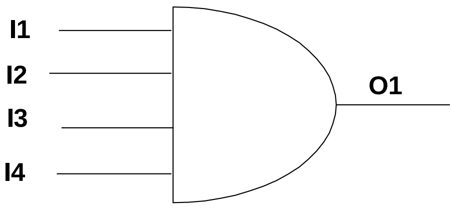
I1	I2	O1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Σύμβολο *μαθηματικός τύπος* *πίνακας αληθείας*

Σχήμα 1.1: Πύλη AND

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 τη 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

$$\boxed{O1 = I1 \,.\, I2 \,.\, I3 \,.\, I4}$$

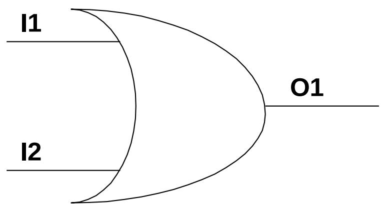
μαθηματικός τύπος

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

Σχήμα 1.2: Πύλη AND πολλών εισόδων

πίνακας αληθείας

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ OR

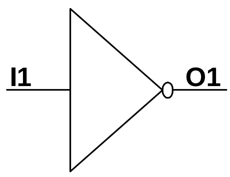


O1 =I1 + I2

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

Σύμβολο *μαθηματικός τύπος* *πίνακας αληθείας*

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NOT



O1 =I1

I1	O1
0	1
1	0

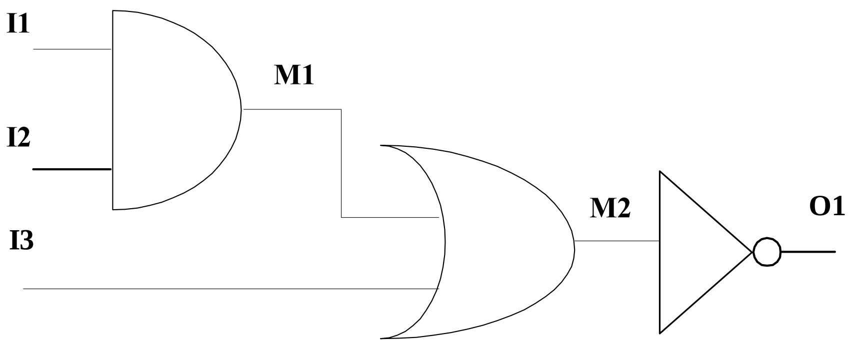
Σύμβολο *μαθηματικός τύπος* *πίνακας αληθείας*

Σχήμα 1.3: Πύλη NOT

1.3 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:

<u>Παράδειγμα 1</u>



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

Σχήμα 1.4: Εξαγωγή πίνακα Αληθείας από το Λογικό κύκλωμα

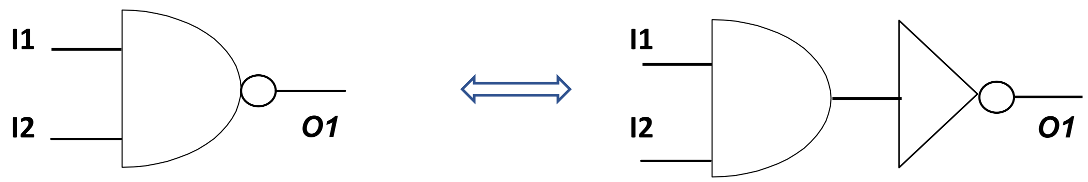
<u>Οδηγίες για την εξαγωγή του πίνακα αληθείας σε ένα λογικό κύκλωμα</u> Ο πιο εύκολος τρόπος για την εξαγωγή του πίνακα αληθείας ενός λογικού κυκλώματος είναι ο εξής:

- Προσδιορίζουμε και χαρακτηρίζουμε τις ενδιάμεσες εξόδους όλων των πυλών, δηλαδή τις εξόδους οι οποίες γίνονται είσοδοι σε άλλες πύλες (στο παράδειγμα είναι οι M1 και M2).
- Στο πίνακα αληθείας εκτός από τις εξόδους και τις εισόδους αναγράφουμε και τις ενδιάμεσες εξόδους
- Τώρα μπορούμε πολύ εύκολα να προσδιορίσουμε τις τιμές των ενδιαμέσων εξόδων αφού πρόκειται για εξόδους σε μια από τις γνωστές πύλες.
- Τέλος προσδιορίζουμε την τελική έξοδο.

Οι πύλες NAND και NOR

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

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NAND

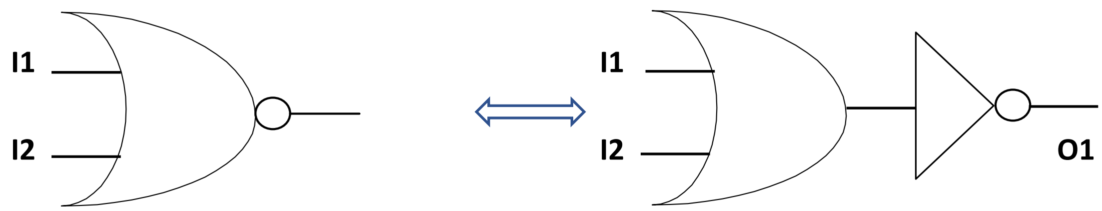


I1	I2	AND	NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Πίνακας αληθείας

Σχήμα 1.5: Πύλη NAND

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NOR



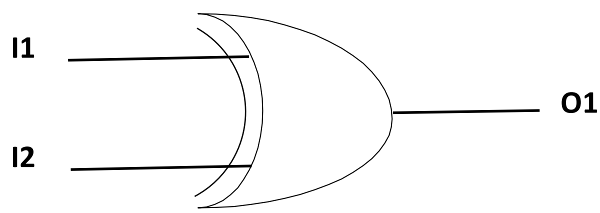
Σύμβολο

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

Πίνακας αληθείας

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ XOR (Αποκλειστική OR)

Η πύλη EXOR είναι και αυτή λογικό κύκλωμα το οποίο συντίθεται από βασικές πύλες, παρ΄ όλα αυτά πάντα χρησιμοποιείται σαν αυτόνομη πύλη.

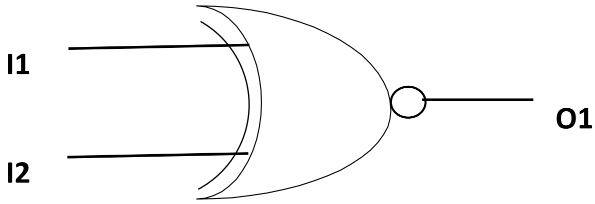


I1	I2	O1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Σύμβολο

Πίνακας Αληθείας

<u>ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ XNOR (Άρνηση αποκλειστικής OR)</u>



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

Σύμβολο

Πίνακας Αληθείας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Λογικά κυκλώματα και Λογικές αλγεβρικές παραστάσεις

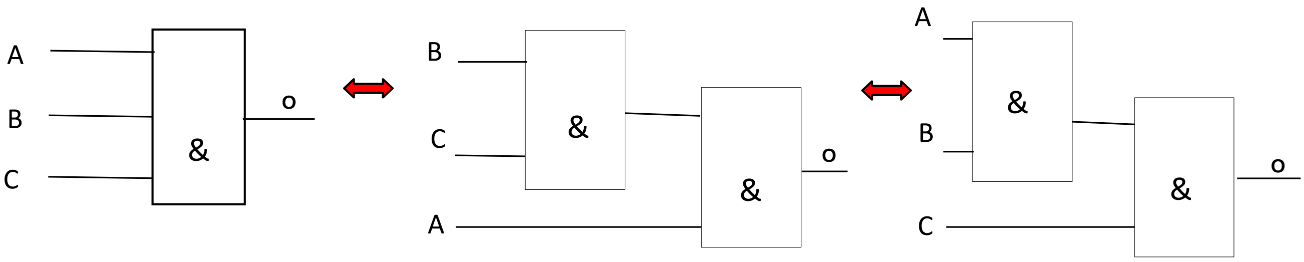
<u>2.1.1 Νόμος τής αντιμετάθεσης</u>

A.B = B.A

A+B = B+A

<u>2.1.2 Χρήση παρενθέσεων</u>

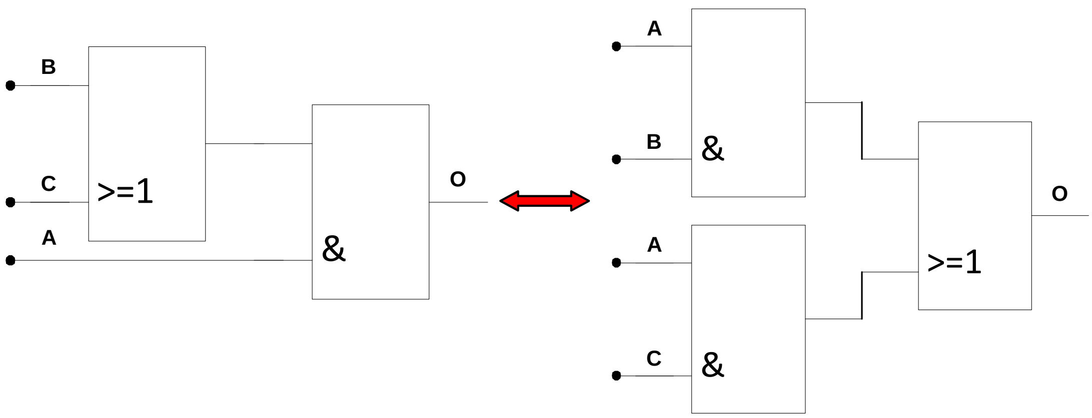
1.2a) A . B . C = A. (B . C) = (A . B) . C



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

1.2b) A + B + C = A + (B + C) = (A + B) + C

1.2c) A . (B + C) = A . B + A . C



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

ΠΡΟΣΟΧΗ Η παραπάνω σχέση μας μπερδεύει πολλές φορές γιατί είμαστε συνηθισμένοι να θεωρούμε το σύμβολο της τελείας σαν γινόμενο.

Η ίδια σχέση ισχύει σε αντιστοιχία και ως εξής:

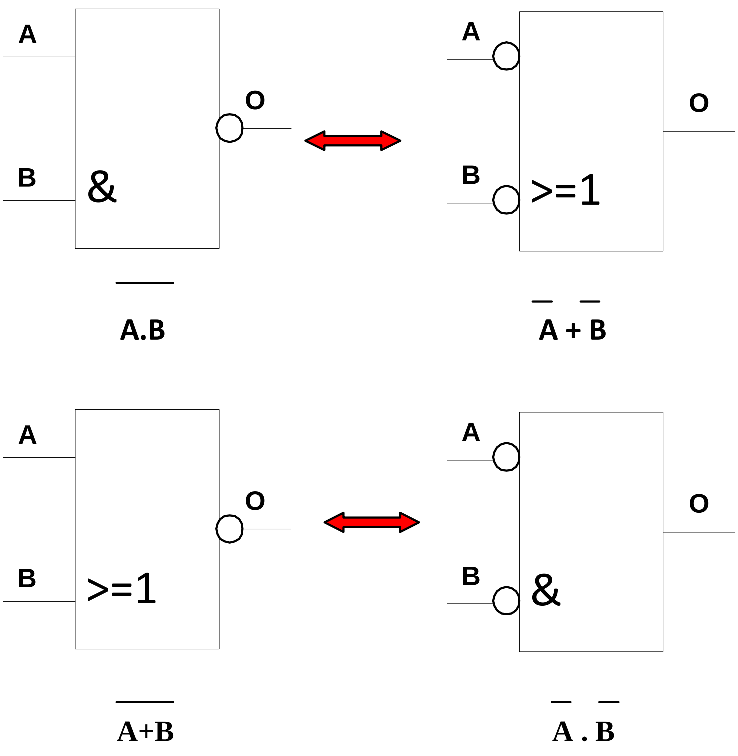
1.2d) $\quad$ **A + (B . C) = (A + B) . (A + C)**

2.1.3 Κανόνας τού DE MORGAN

$$\overline{\boldsymbol{A}\,.\;\boldsymbol{B}} = \overline{\boldsymbol{A}} + \overline{\boldsymbol{B}}$$

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

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

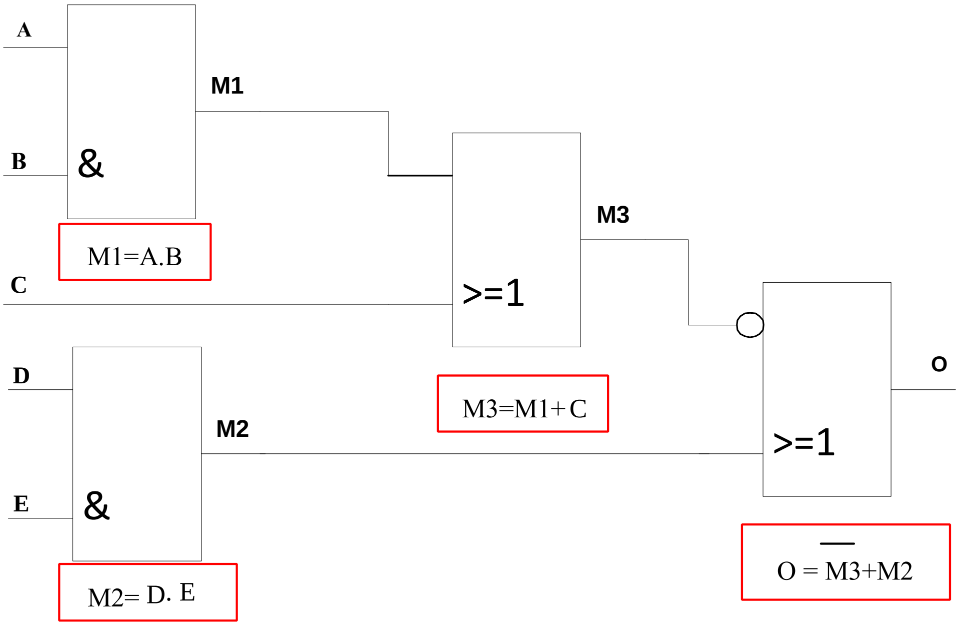


Σχήμα 2.1: Σχηματικά ο κανόνας του De Morgan

2.2 Εξαγωγή της μαθηματικής λογικής παράστασης από λογικό κύκλωμα

Ας δούμε μέσα από ένα παράδειγμα πως θα εξάγουμε την λογική παράσταση η οποία αντιστοιχεί σε ένα λογικό κύκλωμα.

<u>Παράδειγμα.</u>



Σχήμα 2.2: Εξαγωγή μαθηματικής σχέσης από Λογικό κύκλωμα

<u>*Επίλυση*</u>

ΒΗΜΑ 1 - Στην κάθε λογική πύλη χαρακτηρίζουμε με κάποιο όνομα την έξοδο της. Κάθε έξοδος η οποία γίνεται είσοδος σε άλλη πύλη την ονομάζουμε «ενδιάμεση έξοδο». Στις ενδιάμεσες εξόδους δίνουμε το όνομα M1, M2, M3 κλπ

ΒΗΜΑ 2- Για την κάθε πύλη γράφουμε την λογική μαθηματική σχέση, όπως ακριβώς έχουμε δει μέχρι τώρα (φαίνεται και στο σχήμα).

ΠΡΟΣΟΧΗ στις πύλες NOT

Έτσι οι λογικές σχέσεις για την κάθε πύλη είναι:

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

ΒΗΜΑ 3- Από τις παραπάνω σχέσεις με αντικατάσταση των M1 και M2 καταλήγουμε στις παρακάτω νέες σχέσεις. Για να μην μπερδευτούμε χρησιμοποιούμε παρενθέσεις. Έχουμε λοιπόν:

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:

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

2.3 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 προτίστως ,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.

<u>Παράδειγμα</u>
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

Σχήμα 2.3: Πίνακας αληθείας παραδείγματος
Το παραπάνω κύκλωμα μπορούμε να το υλοποιήσουμε με δυο ισοδύναμα σχέδια.

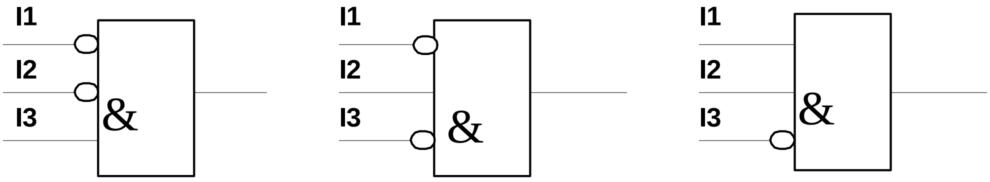
<u>Περίπτωση Α. Υλοποίηση με πύλες AND</u>

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

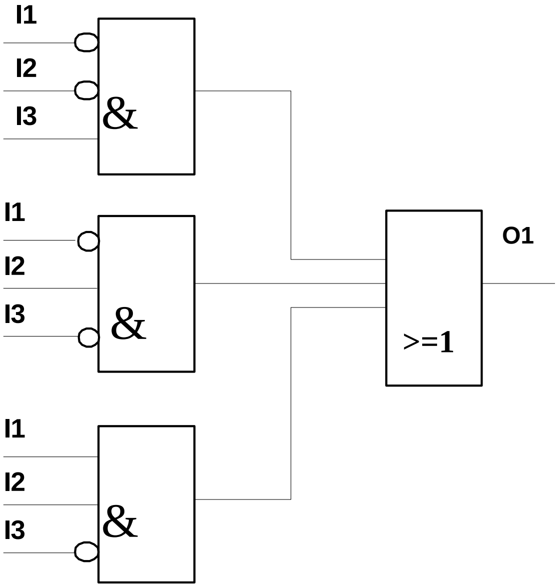
I1	I2	I3	O1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Σχήμα 2.4: Βήμα 1 – Εντοπίζουμε τις γραμμές όπου η έξοδος είναι 1

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



Σχήμα 2.5: Βήμα 2 – Σχεδιάζουμε για κάθε γραμμή που σημειώσαμε στο Βήμα 1 την αντίστοιχη πύλη AND



Σχήμα 2.6: Βήμα 3 – Τελικό λογικό σχέδιο που αντιστοιχεί στον πίνακα αληθείας (Σχήμα 2.3)

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

Περίπτωση Β. Υλοποίηση με πύλες OR

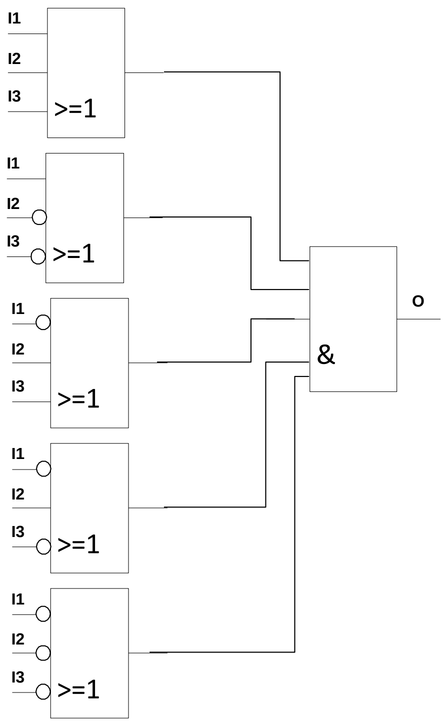
ΒΗΜΑ-1 :Παρατηρώντας τον πίνακα αληθείας, εντοπίζουμε τις γραμμές όπου η έξοδος είναι O

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

Σχήμα 2.7: Βήμα 1

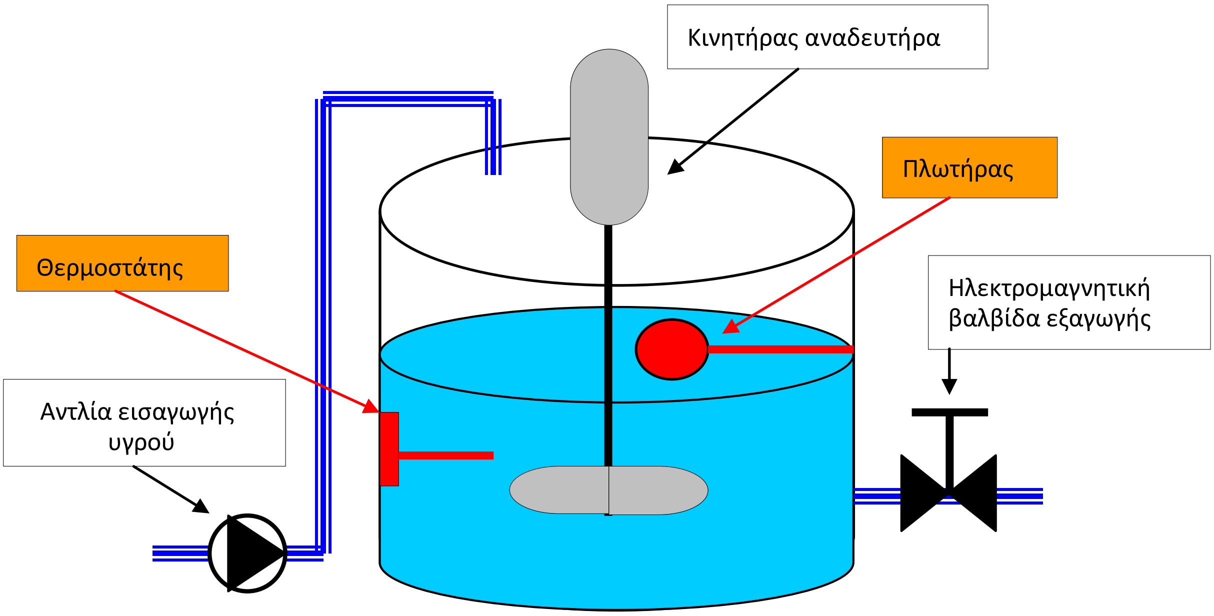
ΒΗΜΑ 2 - Για κάθε μία των γραμμών αυτών σχεδιάζουμε μια πύλη OR η οποία να έχει όλες τις εισόδους του πίνακα αληθείας. Στις εισόδους όπου στον πίνακα υπάρχει 1, τοποθετούμε μια πύλη ΝΟΤ. **<u>(ΠΡΟΣΟΧΗ πρόκειται για το αντίθετο από αυτό που είχαμε στην προηγούμενη περίπτωση που χρησιμοποιούμε πύλες AND, εκεί το NOT τοποθετείται όπου υπάρχει 0).</u>**

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



Σχήμα 2.8: Βήμα 3 – Τελικό λογικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στο πίνακα αληθείας του

Παράδειγμα αυτοματισμού



Σχήμα 2.9: Παράδειγμα Αυτοματισμού

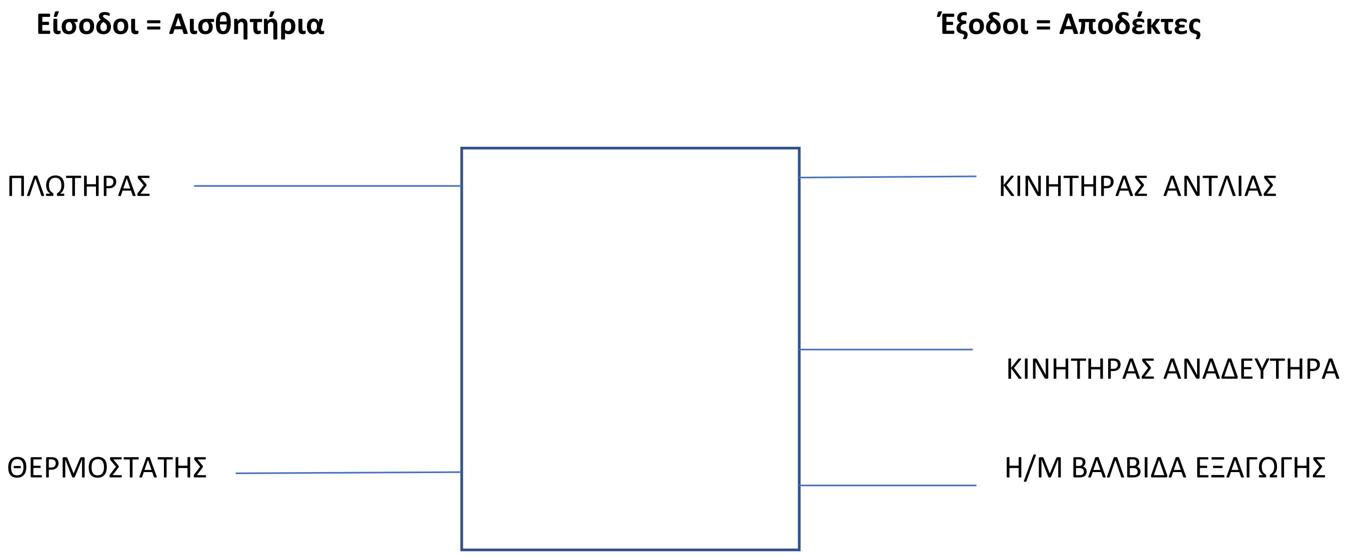
Σε μια παραγωγική διαδικασία για να κάνουμε οικονομία του νερού, το ανακυκλώνουμε αφού το καθαρίσουμε και μειώσουμε την θερμοκρασία του. Το θερμό νερό έρχεται σε μια δεξαμενή όπως φαίνεται στο σχήμα, μέσω μιας αντλίας. Μόλις η δεξαμενή γεμίσει ένας πλωτήρας δίνει εντολή στην αντλία να σταματήσει. Τότε 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 60οC 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*



Σχήμα 2.10: Παράσταση του αυτοματισμού του σχήματος 2.9 σαν σύστημα

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.
   - ***Κινητήρας αντλίας*:** Όταν περνάει ρεύμα από τον ηλεκτρονόμο ισχύος του κινητήρα, η αντλία λειτουργεί (είναι ON)
   - ***Κινητήρας αναδευτήρα**:* Όταν περνάει ρεύμα από τον ηλεκτρονόμο ισχύος του κινητήρα, ο αναδευτήρας λειτουργεί (είναι ON)
   - ***Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής**:* Η λειτουργία των βαλβίδων αυτών στηρίζεται σε ένα ηλεκτρομαγνήτη. Όταν περάσει ρεύμα από τον ηλεκτρομαγνήτη η βαλβίδα ανοίγει (είναι OPEN)

2. **Αισθητήρια**

   ***Πλωτήρας**:* 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.

- ***Θερμοστάτης*:** 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.

Προσοχή: 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 αναδευτήρα	Η/Μβαλβίδα 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.

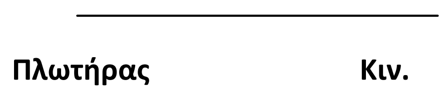
ΒΗΜΑ 4: Ο πίνακας καταστάσεων που συντάξαμε στο προηγούμενο βήμα 3- δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας πίνακας αληθείας. Ακολουθώντας όσα μάθαμε στο κεφάλαιο αυτό, σχεδιάζουμε το λογικό κύκλωμα.
Στο παράδειγμά μας έχουμε τον παρακάτω πίνακας αληθείας.

ΕΙΣΟΔΟΙ		ΕΞΟΔΟΙ		
Πλωτήρας	Θερμοστά-της	Κινητήρας Αντλίας	Κινητήρας αναδευτήρα	Η/Μ εξαγωγής
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

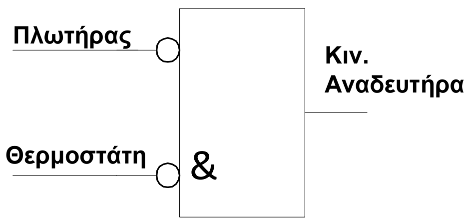
Ο παραπάνω πίνακας αληθείας στην ουσία αποτελεί τρεις πίνακες όσες και οι έξοδοι, δηλαδή. Δίπλα στον κάθε πίνακα δίνουμε το αντίστοιχο λογικό σχέδιο. Στη προκειμένη περίπτωση τα πράγματα είναι τόσο απλά που δεν χρειάζεται να κάνουμε απλοποίηση. Για τον σχεδιασμό θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο μες τις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

Ανλτίας

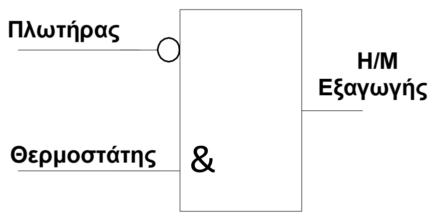
Πλωτήρας	Θερμοστ	Κινητήρας αντλίας
0		0
0		0
1		1
1		1



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

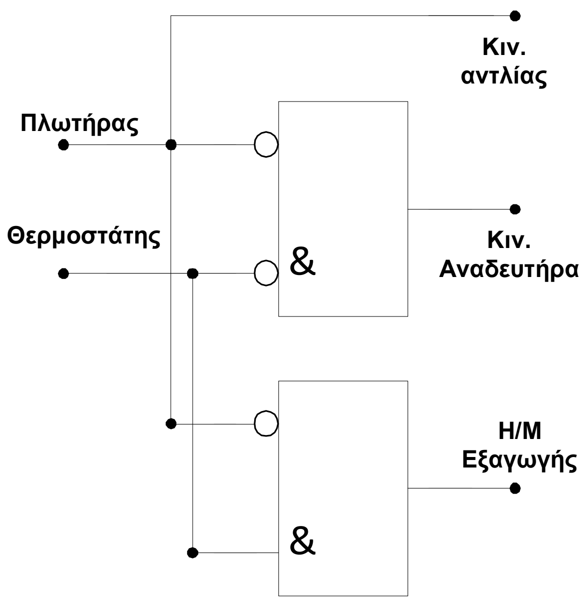


Πλωτήρας	Θερμοστ	Η/Μ βαλβίδα εξαγωγής
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0



Σχήμα 2.11: Σχεδιασμός των λογικών κυκλωμάτων που αντιστοιχούν στους πίνακες αληθείας του αυτοματισμού

Ολοκληρωμένο το τελικό σχέδιο δίνεται στην συνέχεια



Σχήμα 2.12: Τελικό Λογικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στο αυτοματισμό του σχήματος 2.9

ΜΕΡΟΣ Β : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1.Αντιστοιχείστε τους παρακάτω πίνακες αληθείας με τις πύλες AND, OR , NAND, NOR

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

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

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

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

2. Αντιστοιχείστε τις παρακάτω λογικές πράξεις με τα μαθηματικά σύμβολα **AND, OR, NOT, NAND, NOR**

α) **A.B,** β) $\overline{\textbf{A+B}}$**,** γ) **A+B ,** δ) $\overline{\textbf{A.B}}$**,** ε) $\overline{\textbf{A}}$

3. Δώστε το λογικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στις παρακάτω μαθηματικές λογικές παραστάσεις:

1) **O = A+B.(A+C)**

2) **O = (A+B).C**

4.Να σχεδιάσετε τα απλοποιημένα λογικά κυκλώματα με πύλες που περιγράφονται από τους ακολούθους πίνακες αληθείας

A

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

B

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