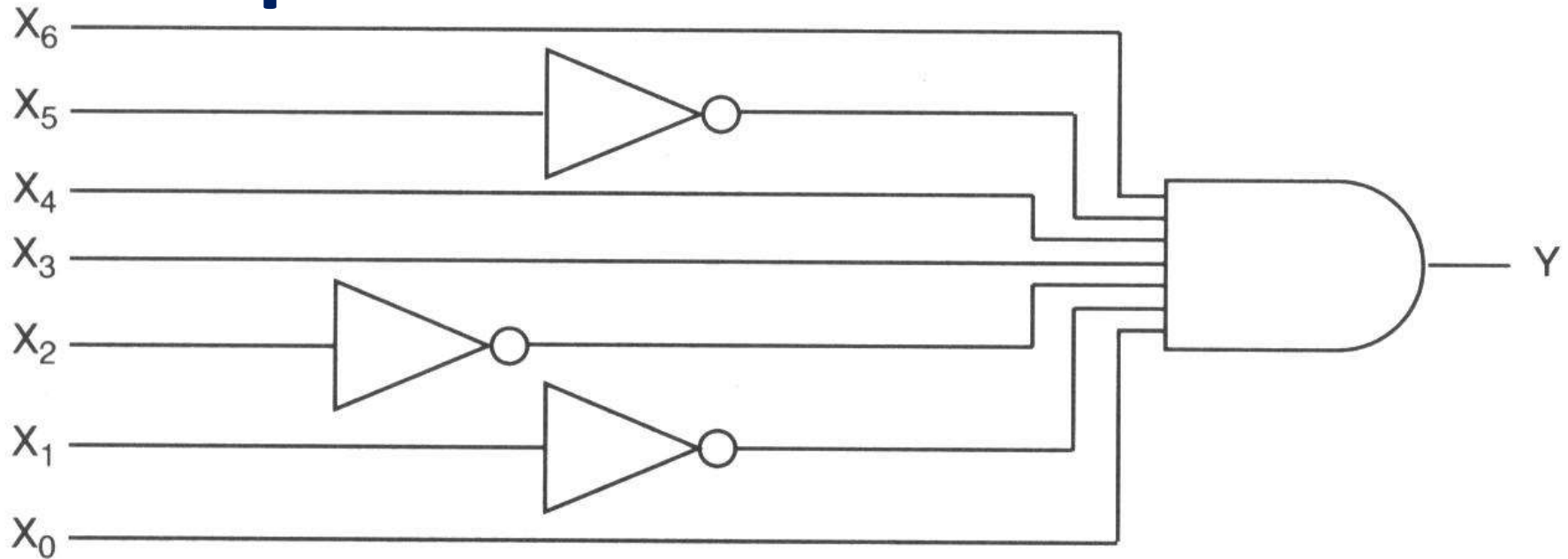


Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

16. Σύνθεση Συνδυαστικών Λογικών Κυκλωμάτων



Β' Τεχνική Σχολή Λεμεσού

2017 – 2018

Άριστος Πασιάς

Σύνθεση Συνδυαστικών Λογικών Κυκλωμάτων

Με το τέλος της ενότητας αυτής θα πρέπει όλοι να μπορείτε να:

1. Εξηγείτε τη διαδικασία σύνθεσης λογικών κυκλωμάτων.
2. Να εξάγετε και να γράφετε τον πίνακα αληθείας από τη διατύπωση του προβλήματος.
3. Να διατυπώνετε τις λογικές συναρτήσεις από τον πίνακα αληθείας στην κανονική μορφή ΑΕΟ ή στην κανονική μορφή ΓΜΟ.
4. Να απλοποιείτε τις λογικές συναρτήσεις με αλγεβρικές μεθόδους ή με τη χρήση των χαρτών Καρνό (Karnaugh).
5. Να σχεδιάζετε το απλοποιημένο λογικό κύκλωμα.
6. Να συνδεσμολογείτε και να ελέγχετε το απλοποιημένο λογικό κύκλωμα.



Εισαγωγή

Συνδυαστικά λογικά κυκλώματα είναι τα λογικά κυκλώματα, των οποίων η έξοδος ή έξοδοι εξαρτώνται μόνο από την παρούσα λογική κατάσταση των εισόδων.

Ακολουθιακά λογικά κυκλώματα είναι λογικά κυκλώματα, των οποίων η έξοδος ή έξοδοι εξαρτώνται από τη λογική κατάσταση εισόδων **και** από τις προηγούμενες λογικές καταστάσεις των εξόδων.

Συνδυαστικά Λογικά Κυκλώματα: $Y = f (A, B, C, \dots)$

- **Αθροιστές (Adders)**
- **Κωδικοποιητές (Encoders)**
- **Αποκωδικοποιητές (Decoders)**
- **Συγκριτές (Comparators)**
- **Πολυπλέκτες (Multiplexers)**
- **Αποπολυπλέκτες (Demultiplexers)**
- **Κυκλώματα παραγωγής και ελέγχου ισοτιμίας (Parity Bit Generator–Checker)**

Μεθοδολογία Σύνθεσης Συνδυαστικών Λογικών Κυκλωμάτων

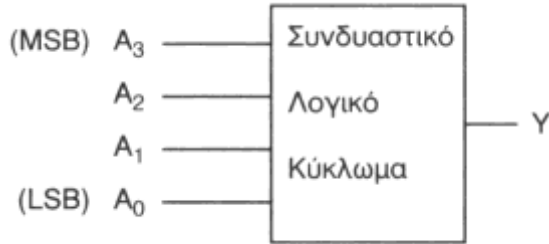
1. Κατανόηση του προβλήματος (Είσοδοι – Έξοδοι – Σχέσεις)
2. Διατύπωση Πίνακα Αληθείας, που να εκπληρώνει τους όρους του προβλήματος
3. Εξαγωγή της λογικής συνάρτησης από τον Πίνακα Αληθείας
4. Απλοποίηση της λογικής συνάρτησης
5. Σχεδίαση του απλοποιημένου λογικού κυκλώματος
6. Έλεγχος λειτουργίας του κυκλώματος σε πρόγραμμα προσομοίωσης στον H/Y
7. Υλοποίηση του λογικού κυκλώματος με ηλεκτρονικά στοιχεία
 - Συνδεσμολογία με πύλες
 - Έλεγχος λειτουργίας

Παράδειγμα 1

Σχεδιάστε ένα λογικό κύκλωμα με 4 μεταβλητές εισόδου (A_3, A_2, A_1, A_0) και μια έξοδο Y η οποία παίρνει λογική τιμή 1 μόνο αν ο δυαδικός αριθμός που σχηματίζουν οι λογικές καταστάσεις των εισόδων είναι μεγαλύτερες από το 6 και μικρότερος από το 12. Υλοποιήστε το Λ.Κ. με πύλες NAND μόνο.

Παράδειγμα 1: Πορεία Λύσης

1. Κατανόηση του προβλήματος:



2. Πίνακας Αληθείας:

A3	A2	A1	A0	Y
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	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

3. Λογική συνάρτηση από τον πίνακα αληθείας στην κανονική μορφή αθροίσματος ελαχίστων όρων:

$$Y = \bar{A}_3 A_2 A_1 A_0 + A_3 \bar{A}_2 \bar{A}_1 \bar{A}_0 + A_3 \bar{A}_2 \bar{A}_1 A_0 + A_3 \bar{A}_2 A_1 \bar{A}_0 + A_3 \bar{A}_2 A_1 A_0$$

Παράδειγμα 1: Πορεία Λύσης

4. Απλοποίηση λογικής συνάρτησης με το χάρτη Καρνό. :

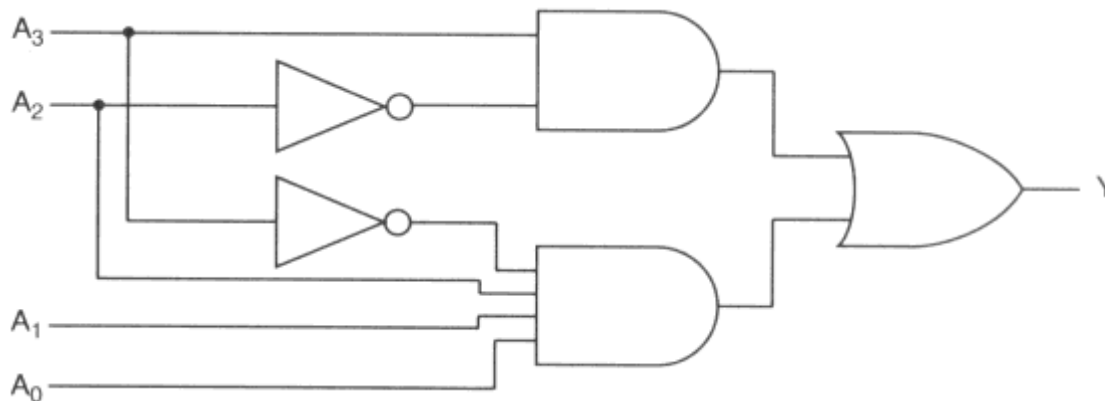
$$Y = \bar{A}_3 A_2 A_1 A_0 + A_3 \bar{A}_2 \bar{A}_1 \bar{A}_0 + A_3 \bar{A}_2 \bar{A}_1 A_0 + A_3 \bar{A}_2 A_1 \bar{A}_0 + A_3 \bar{A}_2 A_1 A_0$$

$A_1 A_0 \backslash A_3 A_2$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
11	0	0	0	0
10	1	1	1	1



$$Y = A_3 \bar{A}_2 + \bar{A}_3 A_2 A_1 A_0$$

5. Σχεδίαση του απλοποιημένου λογικού κυκλώματος:



Παράδειγμα 1: Πορεία Λύσης

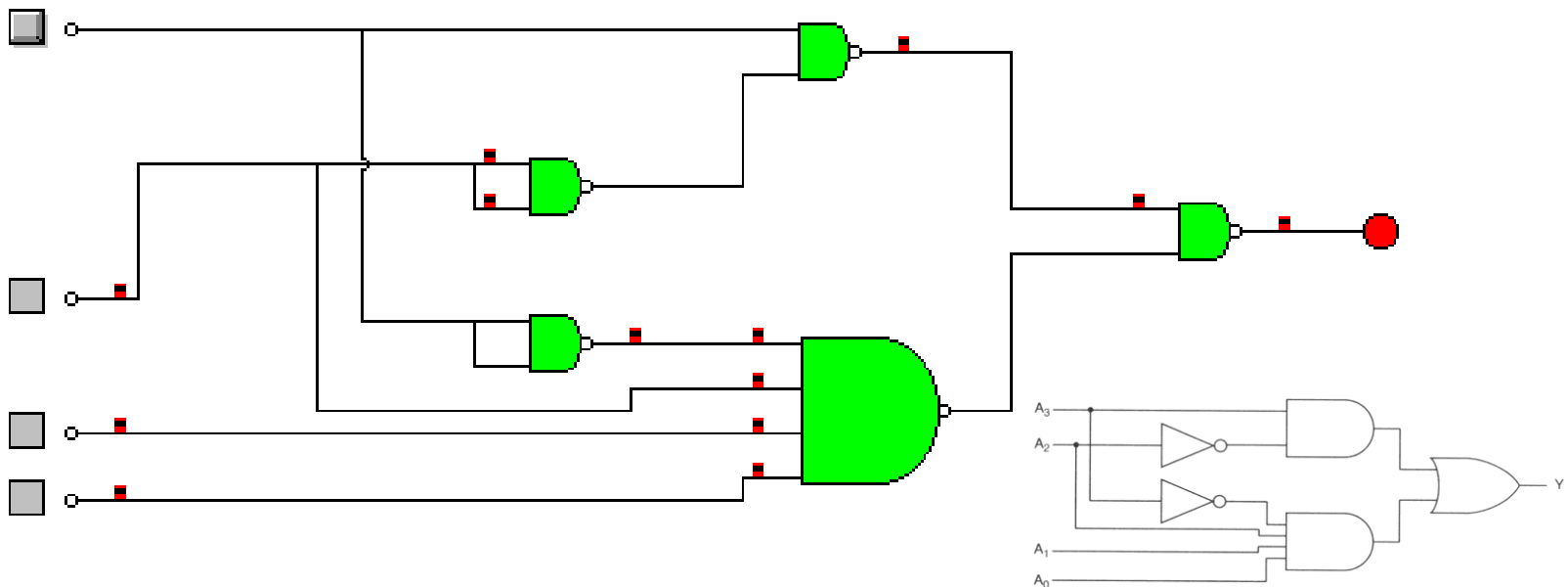
6. Υλοποίηση με πύλες NAND μόνο:

$$Y = A_3 \bar{A}_2 + \bar{A}_3 A_2 A_1 A_0$$

$$Y = \overline{\overline{A_3 \bar{A}_2 + \bar{A}_3 A_2 A_1 A_0}}$$

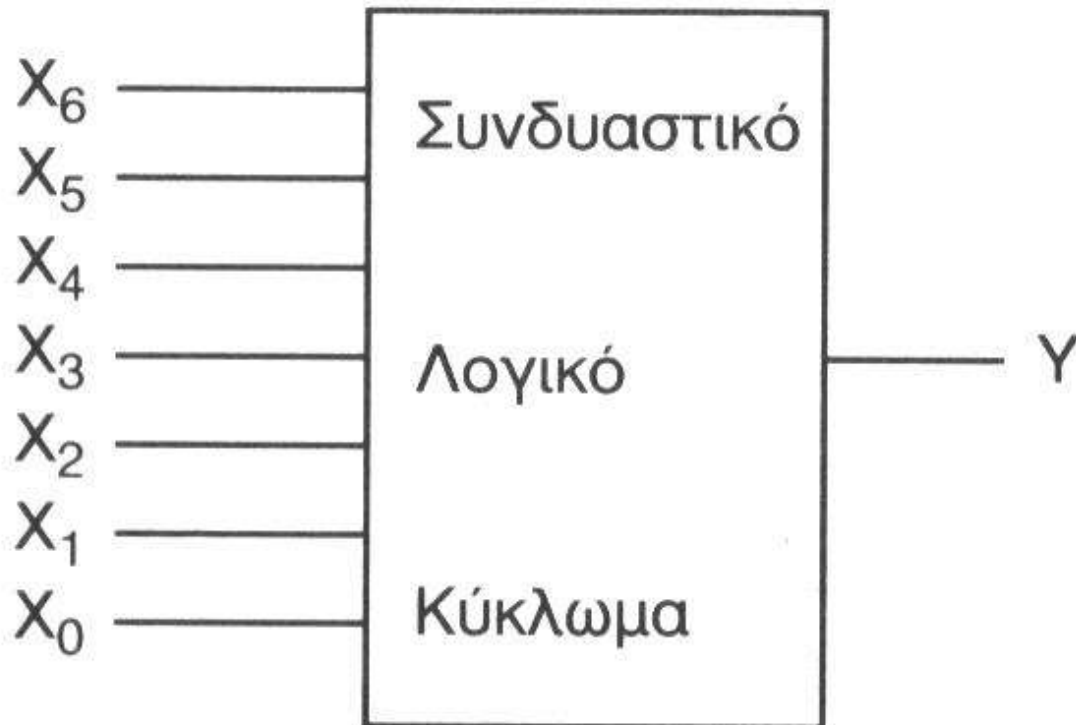
$$Y = \overline{\overline{A_3 \bar{A}_2} \cdot \overline{\bar{A}_3 A_2 A_1 A_0}}$$

7. Έλεγχος λειτουργίας στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα προσομοίωσης Crocodile Clips:



Παράδειγμα 2

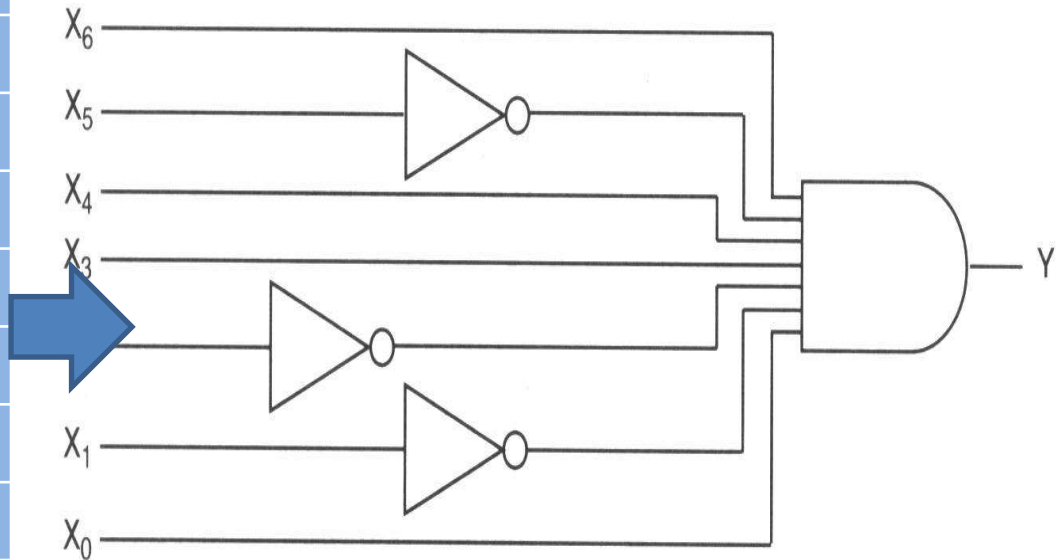
Σχεδιάστε το λογικό κύκλωμα που ανοίγει μια ηλεκτρονική κλειδαριά, η οποία ελέγχεται από 7 λογικούς μικροδιακόπτες ($X_6, X_5, X_4, X_3, X_2, X_1, X_0$) και ανοίγει στο συνδυασμό 1011001. Υλοποιήστε το Λ.Κ. με πύλες NAND μόνο.



Παράδειγμα 2: Λύση

$$Y = X_6 \cdot X'_5 \cdot X_4 \cdot X_3 \cdot X'_2 \cdot X'_1 \cdot X_0$$

X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0	Y
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0



Παράδειγμα 3

Ένα εργοστάσιο έχει τέσσερις όμοιες μηχανές. Ταυτόχρονα όμως δεν μπορούν να εργάζονται περισσότερες από δύο. Να σχεδιάσετε ένα λογικό κύκλωμα που θα ελέγχει τη λειτουργία του εργοστασίου και να διακόπτει την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος αν γίνει προσπάθεια ενεργοποίησης περισσότερων από δύο μηχανών ταυτόχρονα.

ΕΙΣΟΔΟΙ				ΕΞ.
A	B	C	D	Y
0	0	0	0	X
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
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	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Παράδειγμα 3 Απλοποίηση ελαχίστων όρων

CD \ AB	00	01	11	10
00	X	1	1	1
01	1	1	0	1
11	1	0	0	0
10	1	1	0	1

$$Y = A'B' + C'D' + A'C' + B'C' + B'D' + A'D'$$

Παράδειγμα 3 Απλοποίηση μεγίστων όρων

AB \ CD	00	01	11	10
00	X	1	1	1
01	1	1	0	1
11	1	0	0	0
10	1	1	0	1

$$Y = (B' + C' + D') * (A' + C' + D') * (A' + B' + D') * (A' + B' + C')$$

Άσκηση 1

Να σχεδιάσετε το κύκλωμα ελέγχου της μπάρας εισόδου ενός χώρου στάθμευσης.

Το κύκλωμα πρέπει θα διαθέτει:

- Ένα κουμπί ενεργοποίησης του κυκλώματος
- Ένα αισθητήρα (Φωτοκύτταρο) που θα αντιλαμβάνεται την εμφάνιση αυτοκινήτου στην είσοδο
- Ένα αισθητήρα που θα δείχνει ότι η μπάρα είναι στην αρχική της θέση (κλειστή).
- Ένα υπέρυθρο δέκτη που θα δέχεται σήμα από το RC για χειροκίνητο άνοιγμα της μπάρας.

Λύση Άσκησης 1

A = on/off

B = Μπάρα κάτω

C = Αυτοκίνητο

D = Remote Control

Y = Κινητήρας Μπάρας

A/A	A	B	C	D	Y
...	...	...	...	...	...
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1
15	1	1	1	1	1

$$Y = ABC'D + ABCD' + ABCD$$

$$Y = AB(C'D + CD' + CD)$$

$$Y = AB(C'D + C(D' + D))$$

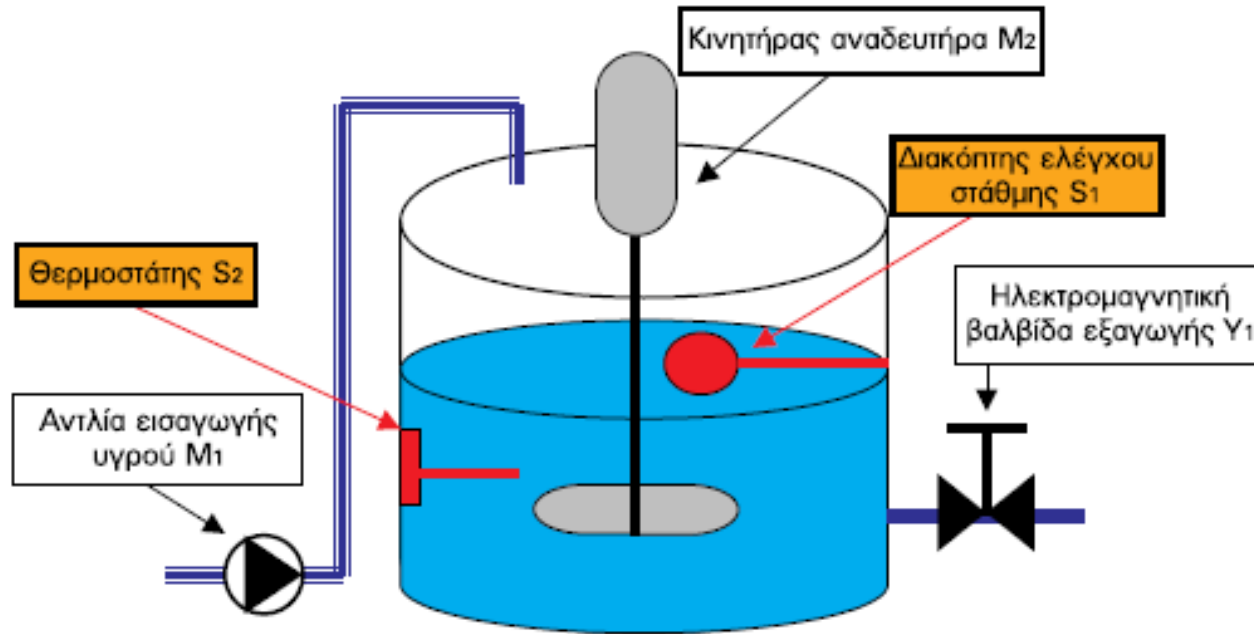
$$Y = AB(C'D + C)$$

$$Y = AB(C + D)$$

$$Y = ABC + ABD \quad \text{ή}$$

$$Y = AB(C+D)$$

Άσκηση 2



Σε ένα εργοστάσιο γίνεται ανακύκλωση για εξοικονόμηση νερού. Το θερμό νερό εισέρχεται σε μια δεξαμενή μέσω της αντλίας M1. Μόλις η δεξαμενή γεμίσει, ο διακόπτης ελέγχου στάθμης S1 δίνει εντολή στην αντλία M1 να σταματήσει. Όταν η δεξαμενή γεμίσει, ο θερμοστάτης S2 ελέγχει τη θερμοκρασία του νερού. Αν είναι μεγαλύτερη από 60°C ξεκινά ο κινητήρας M2 του αναδευτήρα. Όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από 60°C ο κινητήρας M2 σταματά και ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής Y1. Όταν η δεξαμενή αδειάσει, ο διακόπτης S1 δίνει εντολή στον κινητήρα M1 της αντλίας εισόδου να γεμίσει την δεξαμενή και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Λύση Άσκησης 2

Βήμα 1 (Κατανόηση προβλήματος – εντοπισμός εισόδων, εξόδων και αλληλεξάρτηση)

Αισθητήρες - Είσοδοι

Διακόπτης ελέγχου στάθμης S1
Θερμοστάτης S2

Αποδέκτες - Έξοδοι

Κινητήρας αντλίας εισόδου M1
Κινητήρας αναδευτήρα M2
Βαλβίδα εξαγωγής Y1

**Είσοδοι
(Αισθητήρια)**

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
ΕΛΕΓΧΟΥ
ΣΤΑΘΜΗΣ

ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ

Αυτοματισμός

**Έξοδοι
(Αποδέκτες)**

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ
ΑΝΤΛΙΑΣ

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑ

Η/Μ ΒΑΛΒΙΔΑ
ΑΞΑΓΩΓΗΣ

Λύση Άσκησης 2

Βήμα 1 (Καθορισμός τρόπου λειτουργίας εισόδων - εξόδων)

2 καταστάσεις 0 δεν έχω ρεύμα 1 έχω ρεύμα

Αισθητήρες - Είσοδοι	Διακόπτης ελέγχου στάθμης S1	1 κλειστή επαφή, κάτω στάθμη 0 ανοικτή επαφή άνω στάθμη
	Θερμοστάτης S2	1 ανοικτή επαφή, θερμοκρασία $>60^{\circ}\text{C}$ 0 κλειστή επαφή, θερμοκρασία $<60^{\circ}\text{C}$
Αποδέκτες - Έξοδοι	Κινητήρας αντλίας εισόδου M1	1 αντλία λειτουργεί - 0 δεν λειτουργεί
	Κινητήρας αναδευτήρα M2	1 αναδευτήρας λειτουργεί – 0 Όχι
	Βαλβίδα εξαγωγής Y1	1 Βαλβίδα ανοικτή – 0 κλειστή

- **Επαφή αισθητήρα κλειστή** → επιτρέπει τη ροή ρεύματος → **"1"**.
- **Επαφή αισθητήρα ανοικτή** → δεν επιτρέπει τη ροή ρεύματος → **"0"**.
- **Ηλεκτρονόμος ενεργοποιημένος** → το πηνίο του τροφοδοτείται → **"1"**.
- **Ηλεκτρονόμος απενεργοποιημένος** → το πηνίο του δεν τροφοδοτείται → **"0"**.

Λύση Άσκησης 2

Βήμα 2 Πίνακας αληθείας

S1 Στάθμη 0 – άνω 1 - κάτω	S2 Θερμοστάτης 0 - $\theta > 60^{\circ}\text{C}$ 1 – $\theta < 60^{\circ}\text{C}$	M1 Εισαγωγή	M2 Αναδευτήρας	Y1 Εξαγωγή
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

$$M1 = S_1 S_2 + S_1 S_2' = S_1 (S_2 + S_2') = S_1$$

$$M2 = S_1' S_2'$$

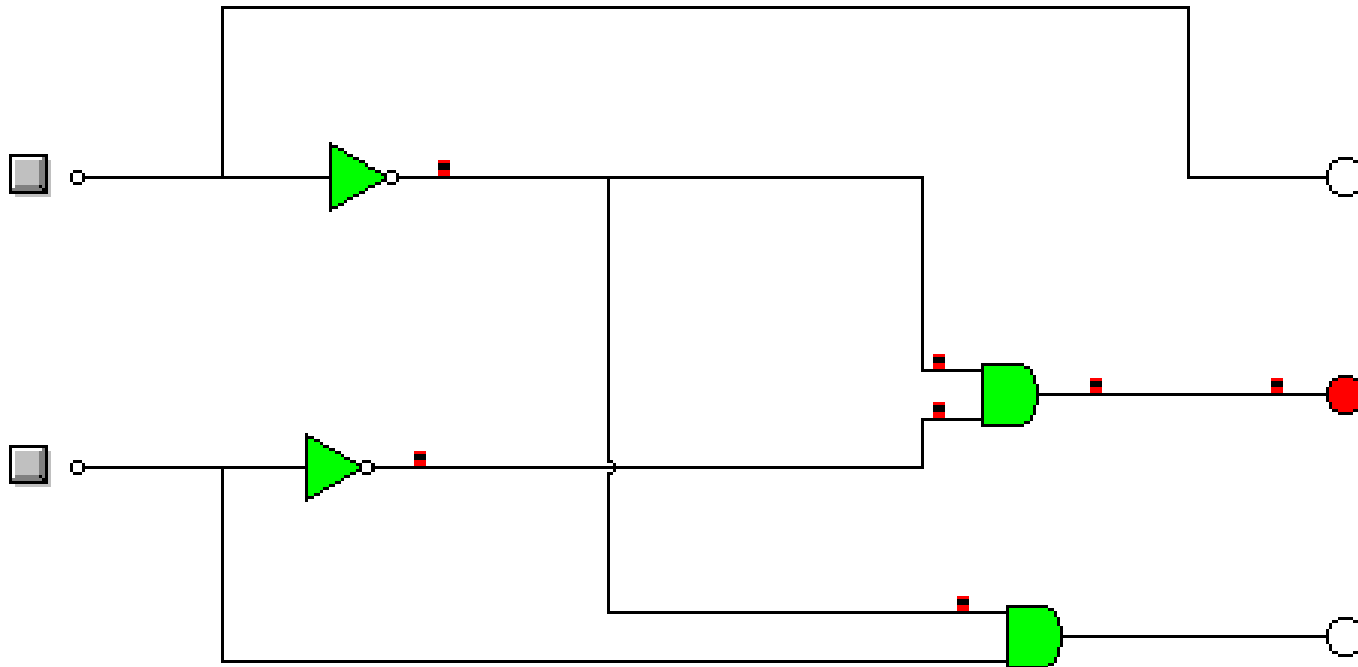
$$Y1 = S_1' S_2$$

Λύση Άσκησης 2

$$M1 = S_1 S_2 + S_1 S_2' = S_1 (S_2 + S_2') = S_1$$

$$M2 = S_1' S_2'$$

$$Y1 = S_1' S_2$$



A roll of light-colored paper is unrolled, showing the text "THE END IS NEAR!" written in black, hand-drawn capital letters. The paper is positioned horizontally across the middle of the frame. The background is a blue and white wire mesh, possibly a cage or a screen. A metal ring or handle is visible at the top center, and the end of the paper roll is visible on the right side.

THE END
IS
NEAR!

**Να λύσετε όλες τις ασκήσεις της
σελίδας 152 του βιβλίου σας**