

ΑΣΚΗΣΗ 4

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι να παρουσιάσει τις βασικές αρχές της σχεδίασης λογικών (ψηφιακών) κυκλωμάτων για πρακτικές εφαρμογές.

Στα προηγούμενα εργαστήρια εξετάσαμε τις βασικές πύλες και πως αυτές μπορεί να συνδυαστούν σε κυκλώματα. Αυτά **τα κυκλώματα που σχηματίζονται συνδυάζοντας βασικές πύλες ονομάζονται συνδυαστικά κυκλώματα**. Εξετάσαμε ακόμα πως μπορούμε να απλοποιήσουμε συναρτήσεις λογικών μεταβλητών χρησιμοποιώντας την Άλγεβρα Boole ή το χάρτη Karnaugh.

Σ' αυτή την εργαστηριακή άσκηση εξετάζουμε πως αυτές οι ιδέες, ο συνδυασμός πυλών σε κυκλώματα, η παράσταση της συνάρτησης εισόδου-εξόδου ενός κυκλώματος και η απλοποίηση αυτής της συνάρτησης, εφαρμόζονται στη πράξη για τη σχεδίαση συνδυαστικών κυκλωμάτων που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες.

Τα ψηφιακά κυκλώματα αποτελούν τη μονάδα επεξεργασίας (CPU) και τη μνήμη των υπολογιστών. Εκτός όμως από τον υπολογιστή, τα ψηφιακά κυκλώματα αποτελούν τη βασική μονάδα ελέγχου της λειτουργίας πολλών άλλων συσκευών και συστημάτων που χρησιμοποιούμε σχεδόν καθημερινά και περιλαμβάνουν τις μηχανές αυτόματης διάθεσης αναψυκτικών, έκδοσης και ακύρωσης εισιτηρίων, τις μηχανές αυτόματης ανάληψης/κατάθεσης (ATM) και πληρωμής των τραπεζών, τις φωτοτυπικές μηχανές, τις οικιακές συσκευές, τα συστήματα συναγερμού, τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας οργάνων και μηχανικών συστημάτων στο αυτοκίνητο ή ακόμα στο αεροπλάνο. Στις εφαρμογές των ψηφιακών κυκλωμάτων περιλαμβάνονται ακόμα οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί δηλαδή, ο αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας συστημάτων βιομηχανικής παραγωγής.

Αυτή η εργαστηριακή άσκηση αναλύει τον τρόπο και τη διαδικασία της σχεδίασης ψηφιακών κυκλωμάτων για πρακτικές εφαρμογές όπως οι παραπάνω.

4.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τα περισσότερα ψηφιακά κυκλώματα δεν περιορίζονται στην απλή συνδυαστική λογική. Χρειάζεται να διαθέτουν μνήμη για να διατηρούν σ' αυτή πρόσφατα γεγονότα ή καταστάσεις. Για παράδειγμα μία μηχανή αυτόματης διάθεσης εισιτηρίων, αναψυκτικών, κλπ. πρέπει να «θυμάται» πόσα κέρματα έχουμε ήδη ρίξει στη μηχανή και να συγκρίνει το συνολικό ποσό αυτών των κερμάτων με τη τιμή του προϊόντος που διαθέτει. Όταν αυτό το ποσό είναι ίσο ή μεγαλύτερο της τιμής του προϊόντος τότε η μηχανή δίνει το προϊόν και τα ανάλογα ρέστα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα ακολουθιακής μηχανής. **Τα ψηφιακά κυκλώματα που διαθέτουν μνήμη ονομάζονται ακολουθιακά.**

Όλα σχεδόν τα ψηφιακά κυκλώματα που ρυθμίζουν τη λειτουργία πραγματικών συσκευών και συστημάτων είναι ακολουθιακά και αποτελούνται από δύο τμήματα: α) τη

μονάδα μνήμης που χρησιμεύει για να αποθηκεύει πρόσφατα εξωτερικά γεγονότα και καταστάσεις και β) το τμήμα του συνδυαστικού κυκλώματος που λειτουργεί για να υπολογίζει την έξοδο του όλου κυκλώματος ως συνάρτηση των τωρινών τιμών στις εισόδους του κυκλώματος και των προηγούμενων τιμών εισόδου που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη.

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση περιοριζόμαστε στη **σχεδίαση συνδυαστικών κυκλωμάτων δηλαδή ψηφιακών κυκλωμάτων που δεν διαθέτουν μνήμη**. Έτσι η σχεδίαση περιορίζεται στη περιγραφή της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και των μεταβλητών εξόδου του κυκλώματος.

Η διαδικασία (αλγόριθμος) που ακολουθούμε για τη σχεδίαση του συνδυαστικού κυκλώματος για μια πρακτική εφαρμογή επιγραμματικά περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Βήμα 1. Συμπληρώνουμε το πίνακα αληθείας που παριστάνει την έξοδο του κυκλώματος για κάθε δυνατό συνδυασμό τιμών των μεταβλητών εισόδου.
- Βήμα 2. Γράφουμε κάθε ένα ελαχιστόρο –κάθε λογικό γινόμενο των μεταβλητών εισόδου ή των συμπληρωμάτων αυτών των μεταβλητών– που αντιστοιχεί στη λογική τιμή “1” στην έξοδο.
- Βήμα 3. Υπολογίζουμε τη συνάρτηση εισόδου-εξόδου του κυκλώματος ως άθροισμα των ελαχιστόρων που αντιστοιχούν στη λογική τιμή “1” στην έξοδο.
- Βήμα 4. Απλοποιούμε τη συνάρτηση εισόδου-εξόδου που υπολογίσαμε στο βήμα 3 χρησιμοποιώντας τα αξιώματα της άλγεβρας Boole ή το χάρτη Karnaugh.

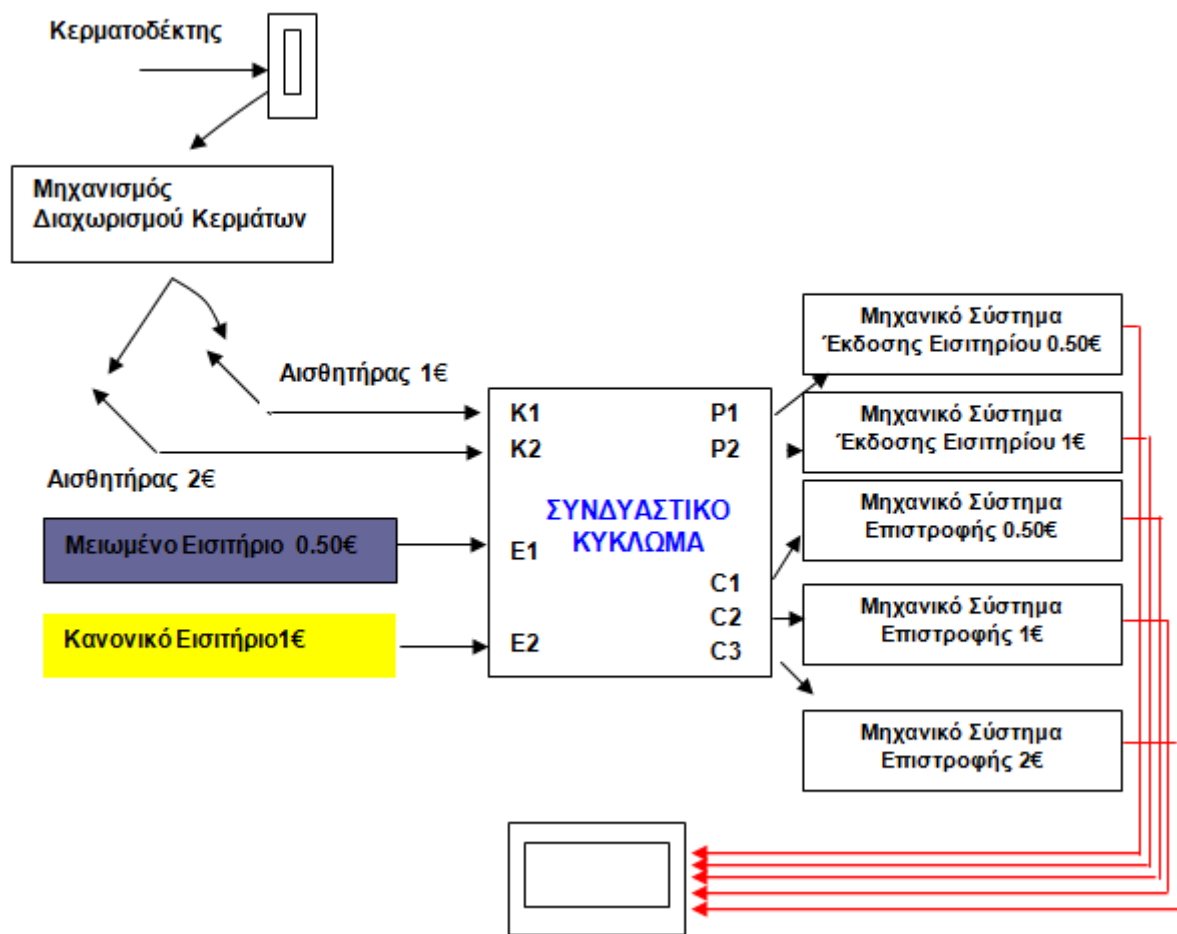
Αυτή η διαδικασία εξετάζεται αναλυτικότερα στα πιο κάτω προβλήματα λογικού σχεδιασμού.

4.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.3.1. Μηχανή αυτόματης έκδοσης εισιτηρίων

Θέλουμε να σχεδιάσουμε το συνδυαστικό κύκλωμα για μία μηχανή έκδοσης εισιτηρίων. Για να απλοποιήσουμε το κύκλωμα ορίζουμε κάποιους περιορισμούς στη λειτουργία της μηχανής. Έστω λοιπόν ότι η μηχανή μπορεί να εκδίδει ένα μόνο εισιτήριο κάθε φορά από δύο δυνατούς τύπους εισιτηρίων δηλαδή ένα μειωμένο εισιτήριο του 0.50€ ή ένα κανονικό εισιτήριο του 1€. Ο ψηφιακός κερματοδέκτης της μηχανής μπορεί να δέχεται ένα μόνο κέρμα κάθε φορά δηλαδή ένα κέρμα του 1€ ή ένα κέρμα των 2€. Η μηχανή διαθέτει αισθητήρες S1 και S2 στην είσοδό της για την ανίχνευση των αντίστοιχων κερμάτων κατά την εισαγωγή τους από τον επιβάτη. Αφού ο επιβάτης εισάγει το κέρμα του 1€ ή των 2€ η μηχανή εκδίδει το εισιτήριο που της έχει ζητηθεί και επιστρέφει τα ανάλογα ρέστα σε κέρματα του 0.50€ ή/και του 1€.

Σχηματικά η λειτουργία της μηχανής αυτόματης έκδοσης εισιτηρίων παριστάνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Σχήμα 1.):



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση της μηχανής αυτόματης έκδοσης εισιτηρίων.

Για να σχεδιάσουμε το συνδυαστικό κύκλωμα της μηχανής αυτόματης έκδοσης εισιτηρίων πρέπει πρώτα να προσδιορίσουμε τη σχέση μεταξύ της εξόδου και των μεταβλητών εισόδου συμπληρώνοντας τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος. Για να σχηματίσουμε τον πίνακα αληθείας πρέπει να προσδιορίσουμε τις μεταβλητές εισόδου και τις μεταβλητές εξόδου του κυκλώματος καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις.

Γενικά οι μεταβλητές εισόδου αντιστοιχούν στα δεδομένα του προβλήματος ενώ οι μεταβλητές εξόδου στα αποτελέσματα ή στις ενέργειες του κυκλώματος για την ενεργοποίηση των μηχανικών συστημάτων α) για την έκδοση του εισιτηρίου και β) για την επιστροφή των κερμάτων που αναλογούν στα ρέστα. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα ορίζουμε μία μεταβλητή για κάθε τύπο εισιτηρίου δηλαδή μία μεταβλητή E1 για να παριστάνει το μειωμένο εισιτήριο του 0.50€ και μία μεταβλητή E2 για να παριστάνει το κανονικό εισιτήριο του 1€ και επίσης δύο μεταβλητές K1 και K2 για τα κέρματα του 1€ και των 2€ αντίστοιχα.

Οι μεταβλητές εξόδου αντιστοιχούν στις ενέργειες του κυκλώματος. Έτσι παριστάνουμε την ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος για την έκδοση ενός εισιτηρίου 0.50€ με τη μεταβλητή P1, την έκδοση ενός εισιτηρίου 1€ με τη μεταβλητή P2, την επιστροφή 0.50€ με τη μεταβλητή C1, την επιστροφή 1€ με τη μεταβλητή C2 και την επιστροφή 2€ με τη μεταβλητή C3 (Εικόνα 1).

Ακολουθούμε την παραδοχή της θετικής λογικής παριστάνοντας με τη λογική τιμή “1” την ισχύ του γεγονότος ή της ενέργειας που παριστάνεται από μία μεταβλητή. Για παράδειγμα η τιμή $E1 = 1$ παριστάνει το γεγονός ότι έχει επιλεγεί η έκδοση ενός μειωμένου εισιτηρίου 0.50€ ενώ η τιμή $E1 = 0$ παριστάνει την αντίθετη κατάσταση δηλαδή ότι δεν έχει επιλεγεί η έκδοση εισιτηρίου 0.50€.

Οι μεταβλητές εισόδου, οι μεταβλητές εξόδου, οι δυνατές τιμές τους καθώς και η κατάσταση-ενέργεια που κάθε μία από αυτές τις μεταβλητές παριστάνει συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Μεταβλητή	Τιμή	Γεγονός / Ενέργεια
E1	1	Έχει επιλεγεί η έκδοση ενός μειωμένου εισιτηρίου 0.50€
	0	Δεν έχει επιλεγεί η έκδοση ενός μειωμένου εισιτηρίου 0.50€
E2	1	Έχει επιλεγεί η έκδοση ενός κανονικού εισιτηρίου 1€
	0	Δεν έχει επιλεγεί η έκδοση ενός κανονικού εισιτηρίου 1€
K1	1	Ο αισθητήρας S1 έχει ανιχνεύσει την εισαγωγή ενός κέρματος 1€
	0	Ο αισθητήρας S1 δεν έχει ανιχνεύσει την εισαγωγή ενός κέρματος 1€
K2	1	Ο αισθητήρας S2 έχει ανιχνεύσει την εισαγωγή ενός κέρματος 2€
	0	Ο αισθητήρας S2 δεν έχει ανιχνεύσει την εισαγωγή ενός κέρματος 2€
P1	1	Ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος έκδοσης εισιτηρίου 0.50€
	0	Δεν ενεργοποιείται ο μηχανισμός έκδοσης εισιτηρίου 0.50€
P2	1	Ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος έκδοσης εισιτηρίου 1€
	0	Δεν ενεργοποιείται ο μηχανισμός έκδοσης εισιτηρίου 1€
C1	1	Ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος για την επιστροφή 0.50€
	0	Δεν επιστρέφονται ρέστα 0.50€
C2	1	Ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος για την επιστροφή 1€
	0	Δεν επιστρέφονται ρέστα 1€
C3	1	Ενεργοποίηση του μηχανικού συστήματος για την επιστροφή 2€
	0	Δεν επιστρέφεται κέρμα 2€

Έχοντας προσδιορίσει τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου του συνδυαστικού κυκλώματος το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε κάθε μία από τις μεταβλητές εξόδου σαν συνάρτηση των μεταβλητών εισόδου, έτσι ώστε:

$$P1 = F_{P1}(E1, E2, K1, K2)$$

$$P2 = F_{P2}(E1, E2, K1, K2)$$

$$C1 = F_{C1}(E1, E2, K1, K2)$$

$$C2 = F_{C2}(E1, E2, K1, K2)$$

$$C3 = F_{C3}(E1, E2, K1, K2)$$

Ο πιο απλός τρόπος να ορίσουμε κάθε μία από τις παραπάνω συναρτήσεις είναι να συμπληρώσουμε τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος υπολογίζοντας την τιμή κάθε μεταβλητής εξόδου για κάθε δυνατό συνδυασμό τιμών των μεταβλητών εισόδου.

4.3.2.

1. Συμπληρώστε τον πίνακα αληθείας του συνδυαστικού κυκλώματος της μηχανής αυτόματης έκδοσης εισιτηρίων με βάση τις συνθήκες του προβλήματος και τη λειτουργία της μηχανής.

Είσοδοι				Έξοδοι				
E1	E2	K1	K2	P1	P2	C1	C2	C3
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0				
0	0	1	0	0				
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	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	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				
1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0	1	1

Όταν δεν εισάγονται κέρματα, η μηχανή δεν εκτελεί καμία λειτουργία.

Όταν δεν προσδιορίζεται ακριβώς ο τύπος του εισιτηρίου η μηχανή επιστρέφει τα κέρματα που έχουν εισαχθεί.

2. Από τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος δώστε τη λογική εξίσωση σε μορφή αθροίσματος ελαχιστόρων για κάθε μία από τις μεταβλητές εξόδου.

3. Χρησιμοποιώντας τα αξιώματα της άλγεβρας Boole ή το χάρτη Karnaugh δώστε την απλοποιημένη λογική εξίσωση για κάθε μία από τις μεταβλητές εξόδου.
4. Με βάση τις απλοποιημένες λογικές εξισώσεις του προηγούμενου ερωτήματος σχεδιάστε το συνδυαστικό κύκλωμα της αυτόματης μηχανής έκδοσης εισιτηρίων.
5. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα και επιβεβαιώστε τη λειτουργία του για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των τιμών των εισόδων σύμφωνα με τον πίνακα αληθείας.

4.4. ΓΡΑΠΤΗ ΑΣΚΗΣΗ

4.4.1. Να γραφούν οι πίνακες Karnaugh, οι απλοποιημένες συναρτήσεις και τα κυκλώματα του πειραματικού μέρους.

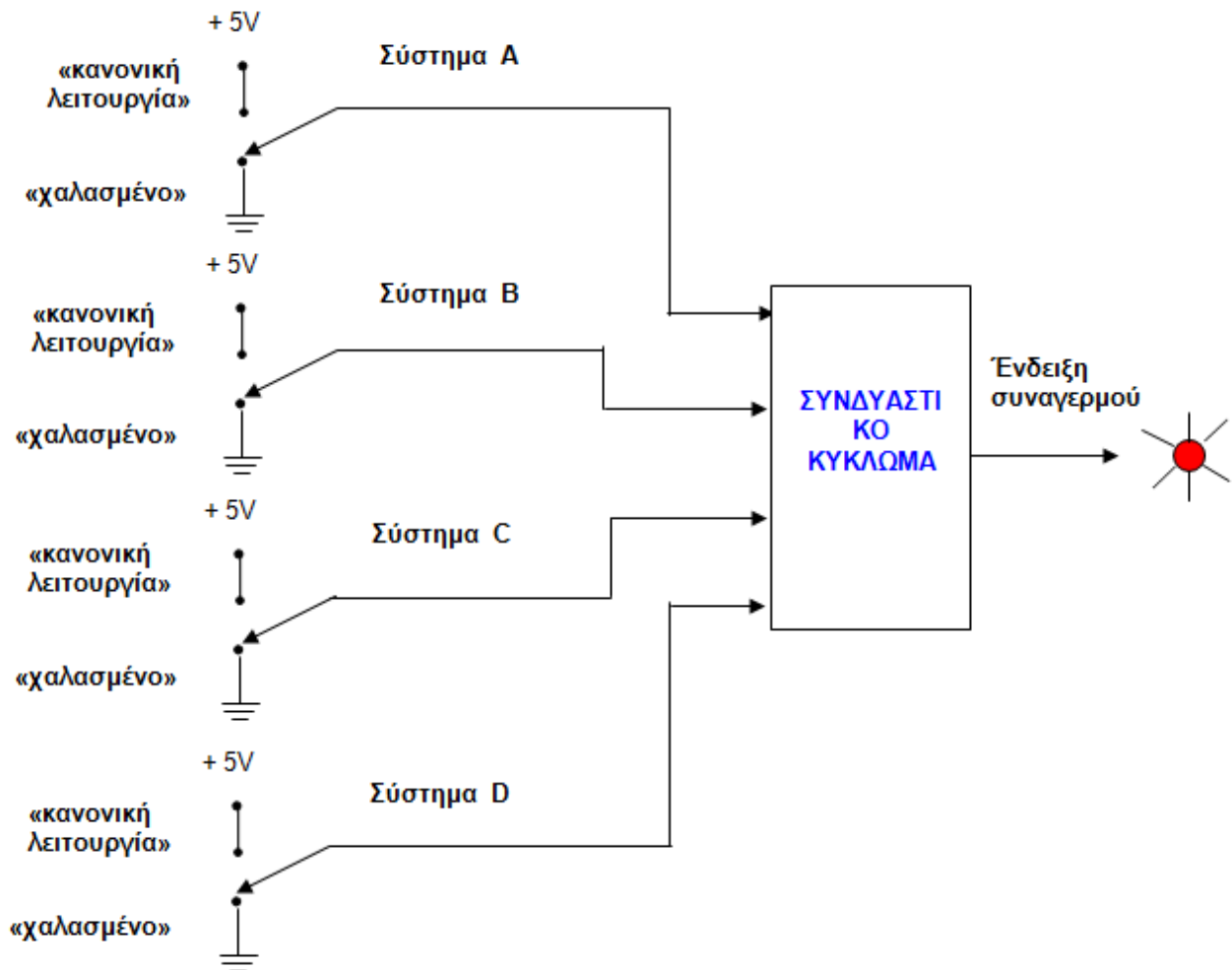
4.4.2. Σύστημα συναγερμού

Σ' ένα αεροσκάφος είναι τοποθετημένο ένα σύστημα ελέγχου για την ορθή λειτουργία τεσσάρων συστημάτων που η λειτουργία τους είναι αλληλοεξαρτώμενη. Το σύστημα ελέγχου μπορεί να εντοπίζει σφάλματα στη λειτουργία των τεσσάρων συστημάτων και να σηματοδοτεί μία εσφαλμένη λειτουργία ανάβοντας μία ενδεικτική λυχνία προειδοποίησης στον πίνακα οργάνων. Το ενδεικτικό αυτό χρησιμεύει για να δώσει ένδειξη σε περίπτωση ανάγκης. Τέσσερις συνθήκες κινδύνου καθορίζονται ως εξής:

- α) Τα συστήματα A και B είναι χαλασμένα.
- β) Τα συστήματα C και D είναι χαλασμένα.
- γ) Τα συστήματα A, B και C είναι χαλασμένα.
- δ) Τα συστήματα A, C και D είναι χαλασμένα.

Σχηματικά η λειτουργία του συστήματος ελέγχου παριστάνεται στο σχεδιάγραμμα του Σχήματος 2.

1. Δώστε τον πίνακα αληθείας του συστήματος ελέγχου του αεροσκάφους με βάση τις συνθήκες κινδύνου που αναφέρονται παραπάνω.
2. Χρησιμοποιώντας τα αξιώματα της άλγεβρας Boole ή το χάρτη Karnaugh, δώστε την απλοποιημένη λογική εξίσωση της εξόδου καθώς και το αντίστοιχο λογικό κύκλωμα.
3. Χρησιμοποιώντας μόνο πύλες NAND, πραγματοποιήστε το κύκλωμα και επιβεβαιώστε τη λειτουργία του για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των τιμών των εισόδων σύμφωνα με τον πίνακα αληθείας του πρώτου ερωτήματος.



Σχήμα 2. Λειτουργία Συστήματος Συναγερμού