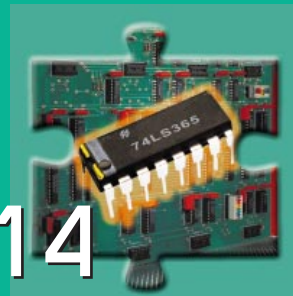


Απλές λογικές πύλες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14



Εισαγωγή

Στο σχολείο, στο παιχνίδι, όταν λύνουμε ένα πρόβλημα, όταν σκεπτόμαστε ή κάνουμε σχέδια, προσπαθούμε πάντοτε να καταλήξουμε σε αποφάσεις. Για να διαμορφώσουμε όμως μια απόφαση, πρέπει να διαθέτουμε κάποια δεδομένα (πληροφορίες) και να τα συνδυάσουμε με τη βοήθεια της Λογικής μας. Πολλές φορές η απόφαση, και η ενέργεια που την ακολουθεί, εξαρτάται αποκλειστικά από ένα δεδομένο. Άλλοτε, εξαρτάται από δύο ή και ακόμα περισσότερα δεδομένα.

Ας δούμε μερικά πολύ απλά παραδείγματα.

Τέσσερα παιδιά (το Α, το Β, το C και το D) αποφασίζουν αν θα φάνε τα παγωτά που τους προσφέρονται, με τους ακόλουθους τρόπους:

A: Θα φάω το παγωτό **μόνον** εφόσον έχει σοκολάτα.

B: Θα φάω το παγωτό **μόνον** εφ' όσον **δεν** έχει σοκολάτα.

C: Θα φάω το παγωτό εφ' όσον έχει κρέμα **και** σοκολάτα.

D: Θα φάω το παγωτό εφ' όσον έχει κρέμα **ή** σοκολάτα.

Η απόφασή κάθε παιδιού (να φάει ή να μην φάει το παγωτό) εξαρτάται **αποκλειστικά** από το ή τα δεδομένα που θα προκύψουν από τον έλεγχο του παγωτού. Σε κάθε περίπτωση περίπτωση λήψης απόφασης, το σύνολο των δεδομένων ονομάζεται «είσοδος», ενώ των αποφάσεων «έξοδος».

Μπορούμε να παραστήσουμε τις αποφάσεις των παιδιών των προηγούμενων παραδειγμάτων, σε συνάρτηση με τα δεδομένα, με **πίνακες αληθείας**. Στους πίνακες αληθείας A,B,C,D ο αριθμός **1** αντιστοιχεί στο **ΝΑΙ** και το **0** στο **ΟΧΙ**.

Πίνακας A. Ταυτότητα

Το παγωτό έχει σοκολάτα	Θα φάω το παγωτό
1	1
0	0

Πίνακας B. Άρνηση (NOT)

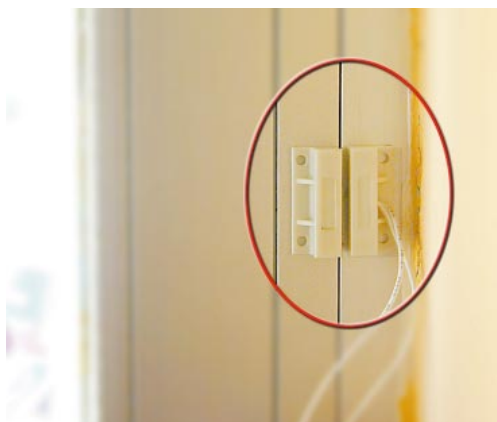
Το παγωτό έχει σοκολάτα	Θα φάω το παγωτό
1	0
0	1

Πίνακας C. Σύζευξη: λογικό «ΚΑΙ» (AND).

Το παγωτό έχει κρέμα	Το παγωτό έχει σοκολάτα	Θα φάω το παγωτό
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Πίνακας D. Διάζευξη: λογικό «Η» (OR).

Το παγωτό έχει κρέμα	Το παγωτό έχει σοκολάτα	Θα φάω το παγωτό
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0



Εικόνα 14.1

Όταν το παράθυρο ανοίγει (είσοδος), ο συναγερμός (έξοδος) ενεργοποιείται.



Εικόνα 14.2

Όταν η πόρτα του ψυγείου ανοίγει (είσοδος), το λαμπάκι ανάβει (έξοδος).

Είναι δυνατόν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν ηλεκτρονικές διατάξεις που να μπορούν να «παίρνουν αποφάσεις», παρόμοιες με τις παραπάνω;

Η απάντηση, όπως ήδη γνωρίζεις από την καθημερινή σου εμπειρία και όπως θα δούμε στη συνέχεια, είναι καταφατική. Βέβαια, ο τρόπος λήψης των αποφάσεων από τις μηχανές, σε καμιά περίπτωση δεν είναι ανάλογος του τρόπου που αποφασίζει ο άνθρωπος. Σε κάθε περίπτωση, οι αποφάσεις των μηχανών προσδιορίζονται αποκλειστικά από τα δεδομένα που έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν και από τον σκοπό για τον οποίο έχουν κατασκευαστεί. Υπάρχουν δηλαδή περιορισμοί, που δεν χαρακτηρίζουν τις ανθρώπινες αποφάσεις.

14.1 Λογικές πύλες και λογικά κυκλώματα

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει τη λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα του ψυγείου, μπορεί να παίρνει απόφαση της μορφής: «Θέτω σε λειτουργία τον κινητήρα όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου φτάσει τους 10°C και τον σταματώ όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 5°C ».

Παρόμοια, το ηλεκτρονικό κύκλωμα του πλυντηρίου μπορεί να πάρει την απόφαση: «Θέτω σε λειτουργία τον κινητήρα, εφ' όσον ο διακόπτης λειτουργίας είναι στη θέση ON και η πόρτα του κάδου είναι κλειστή και η θερμοκρασία του νερού είναι άνω των 60°C και η στάθμη του νερού είναι η προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή».

Τα κυκλώματα που μπορούν να παίρνουν λογικές αποφάσεις (όπως στα προηγούμενα παραδείγματα) και να ρυθμίζουν τη λειτουργία συσκευών, διατάξεων ή μηχανών, ονομάζονται **λογικές πύλες** ή **λογικά κυκλώματα**. Κάθε λογική πύλη έχει μια ή περισσότερες εισόδους (δεδομένα) και μία έξοδο (απόφαση).

Παρατήρησε ότι κάθε δεδομένο, καθώς και η απόφαση, εμφανίζεται πάντοτε **μόνον σε δύο δυνατές καταστάσεις**. Για παράδειγμα:

- Διακόπτης στη θέση ON – Διακόπτης στη θέση OFF.
- Πόρτα κάδου κλειστή – Πόρτα κάδου ανοικτή.
- Θέτω σε λειτουργία τον κινητήρα – Διακόπτω τη λειτουργία του κινητήρα.
- Θερμοκρασία μεγαλύτερη των 60°C – Θερμοκρασία μικρότερη των 60°C .

Συνήθως, στη μία από τις δύο καταστάσεις κάθε δεδο-

μένου, ή της απόφασης, αντιστοιχούμε τον αριθμό 1 και στην άλλη το 0.

Με ποιο τρόπο είναι δυνατόν ένα κύκλωμα να παίρνει λογικές αποφάσεις; Ποια είναι η βασική λογική πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία και η κατασκευή των λογικών πυλών;

Για να το κατανοήσουμε, θα προσπαθήσουμε να αντιστοιχίσουμε τις βασικές λογικές λειτουργίες που συναντήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, με τη λειτουργία απλών κυκλωμάτων.

Για κάθε μια από τις λογικές λειτουργίες: «ταυτότητα» (I), «άρνηση» (NOT), «σύζευξη» (AND) και «διάζευξη» (OR), θα κατασκευάσουμε ένα κύκλωμα, που περιέχει διακόπτες και ένα λαμπάκι. Οι διακόπτες θα είναι οι είσοδοι κάθε κυκλώματος και το λαμπάκι η έξοδος.

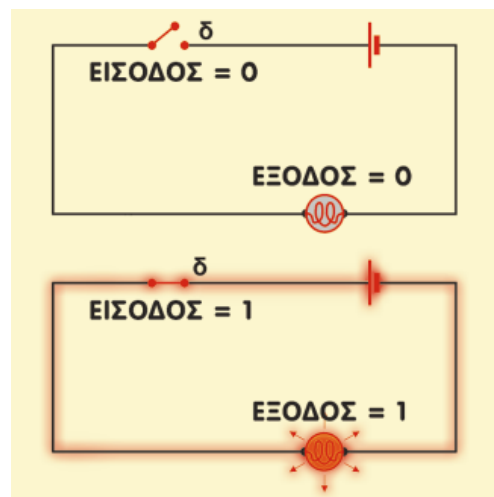
Κάνουμε τις ακόλουθες αντιστοιχίες:

Διακόπτης ανοικτός \longrightarrow 0

Διακόπτης κλειστός \longrightarrow 1

Το λαμπάκι δε φωτοβολεί \longrightarrow 0

Το λαμπάκι φωτοβολεί \longrightarrow 1



Εικόνα 14.3

Ο διακόπτης δ αποτελεί την είσοδο και το λαμπάκι την έξοδο.

Πύλη ταυτότητας (I)

Στο κύκλωμα που παριστάνεται στην εικόνα 14.3 το λαμπάκι φωτοβολεί μόνον όταν ο διακόπτης A είναι κλειστός.

Σύμφωνα με τις παραπάνω αντιστοιχίσεις, η λειτουργία του κυκλώματος περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Διακόπτης δ Είσοδος	Λαμπάκι Έξοδος
0	0
1	1

Ο πίνακας αυτός είναι ίδιος με τον πίνακα αληθείας της λογικής ταυτότητας.

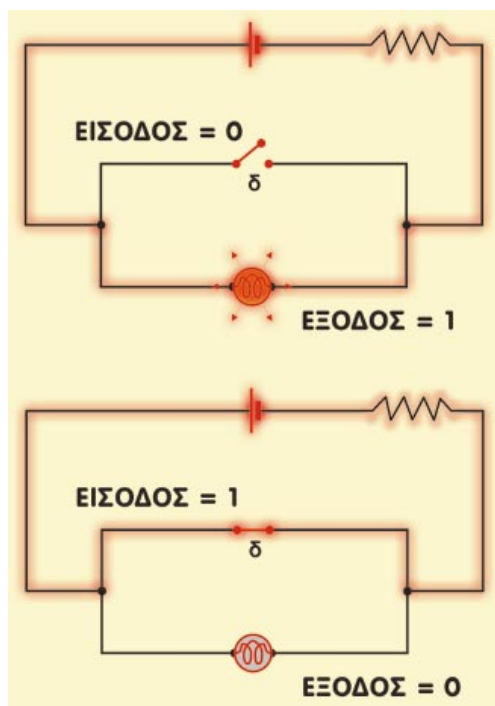
Λογική πύλη NOT

Στο κύκλωμα που παριστάνεται στην εικόνα 14.4, παρατηρούμε ότι το λαμπάκι φωτοβολεί μόνον όταν ο διακόπτης δ είναι ανοικτός.

Η λειτουργία του κυκλώματος περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

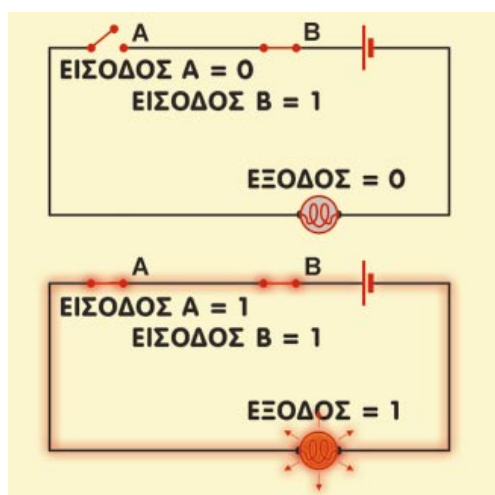


Σχηματική αναπαράσταση της λογική πύλης ταυτότητας



Εικόνα 14.4

Όταν ο διακόπτης δ (είσοδος) είναι κλειστός το λαμπάκι δεν φωτοβολεί (έξοδος). Όταν ο δ είναι ανοικτός, το λαμπάκι φωτοβολεί.

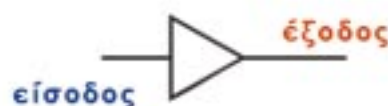


Εικόνα 14.5

Το λαμπάκι φωτοβολεί (1) μόνον όταν κλείσουμε ΚΑΙ τους δύο διακόπτες (A=1 και B=1). Σε κάθε άλλη περίπτωση είναι σβηστό (0).

Διακόπτης δ Είσοδος	Λαμπάκι Έξοδος
0	1
1	0

Ο πίνακας αυτός είναι ίδιος με τον πίνακα αληθείας της λογικής άρνησης (NOT).



Σχηματική αναπαράσταση της λογική πύλης NOT

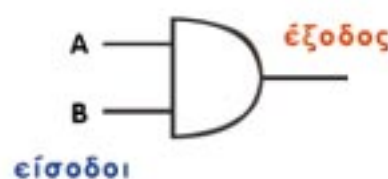
Λογική πύλη AND

Στο κύκλωμα που παριστάνεται στην εικόνα 14.5, παρατηρούμε ότι το λαμπάκι φωτοβολεί μόνον όταν ο διακόπτης A **ΚΑΙ** ο διακόπτης B είναι κλειστοί.

Η λειτουργία του κυκλώματος περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα.

Διακόπτης A Είσοδος A	Διακόπτης B Είσοδος B	Λαμπάκι Έξοδος
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Ο πίνακας αυτός είναι ίδιος με τον πίνακα αληθείας της λογικής σύζευξης (AND).



Σχηματική αναπαράσταση της λογικής πύλης AND.

Λογική πύλη OR

Στο κύκλωμα που παριστάνεται στην εικόνα 14.6. Παρατηρούμε ότι το λαμπάκι φωτοβολεί όταν ο διακόπτης A **Ή** ο διακόπτης B είναι κλειστός.

Η λειτουργία του κυκλώματος περιγράφεται με τον παρακάτω πίνακα:

Διακόπτης A Είσοδος A	Διακόπτης B Είσοδος B	Λαμπάκι Έξοδος
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Ο πίνακας αυτός είναι ίδιος με τον πίνακα αληθείας της λογικής διάζευξης (OR).



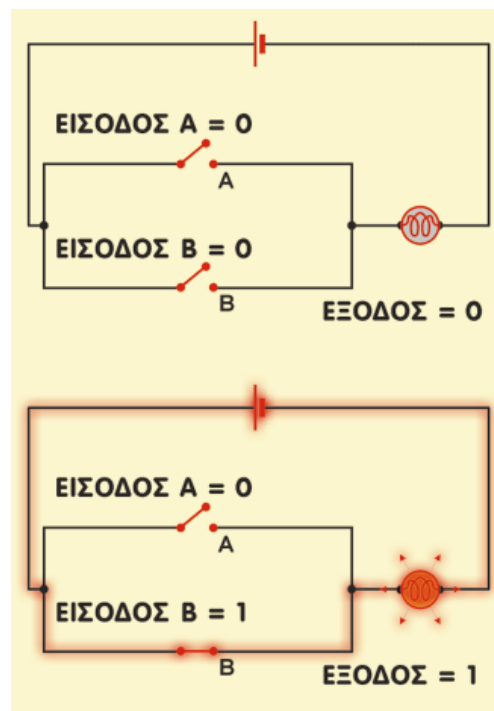
Σχηματική αναπαράσταση της λογικής πύλης OR.

Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Οι λογικές πύλες NOT, AND και OR χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων από τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου και από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Στις περιπτώσεις αυτές, η κατασκευή των αντίστοιχων κυκλωμάτων στηρίζεται στις ιδιότητες των κρυσταλλοδιόδων και των τρανζίστορ. Οι κρυσταλλοδιόδοι, όπως είδαμε, συμπεριφέρονται ως ανοικτοί ή κλειστοί διακόπτες, ανάλογα με την πολικότητα της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα τους. Με αντίστοιχο τρόπο συμπεριφέρονται και τα τρανζίστορ.

Έτσι, οι λογικές πύλες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα αυτά, είναι κυκλώματα που περιέχουν κρυσταλλοδιόδους, τρανζίστορ και αντιστάτες. Τα δεδομένα που έρχονται στις εισόδους και εξέρχονται από την έξοδο κάθε λογικής πύλης, έχουν τη μορφή ηλεκτρικής τάσης που μπορεί να πάρει μόνον δύο τιμές (συνήθως 0 ή 5V). Αυτές οι δύο τιμές της τάσης αντιστοιχούν στα λογικά σύμβολα 0 και 1, που γνωρίσαμε.

Συνήθως, τα κυκλώματα που διεκπεραιώνουν συγκεκριμένες λογικές λειτουργίες και λαμβάνουν αποφάσεις, αποτελούνται από συνδυασμούς πολλών απλών λογικών πυλών. Ένα τέτοιο κύκλωμα έχει πολλές εισόδους και εξόδους και ονομάζεται «ολοκληρωμένο κύκλωμα (μικροτσίπ)». Η μορφή



Εικόνα 14.6

Το λαμπάκι φωτοβολεί όταν τουλάχιστον ένας από τους διακόπτες A ή B είναι κλειστός



Εικόνα 14.7

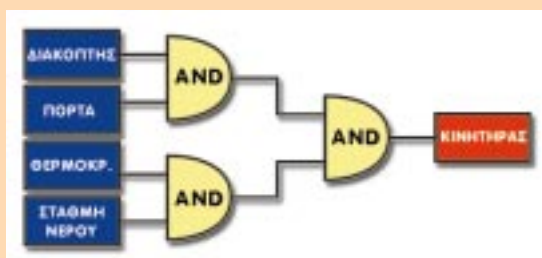
Ολοκληρωμένα κυκλώματα (μικροτσίπ).

ενός μικροσίπ φαίνεται στην εικόνα 14.7. Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα αποτελείται από χιλιάδες τρανζίστορ, διόδους, αντιστάτες και αγωγούς καθένα με μέγεθος μιας ανθρώπινης τρίχας.



Εφαρμογές λογικών πυλών

1. Με τη βοήθεια απλών λογικών πυλών, να σχεδιαστεί κύκλωμα, που θέτει σε λειτουργία τον κινητήρα ενός πλυντηρίου, μόνον αν συμβαίνουν όλες μαζί οι προϋποθέσεις:
 - Ο διακόπτης τροφοδοσίας είναι στη θέση ON
 - Η πόρτα του πλυντηρίου είναι κλειστή
 - Η θερμοκρασία του νερού είναι μεγαλύτερη των 60°C
 - Η στάθμη του νερού είναι η προβλεπόμενη.



Εικόνα 14.8.

Λύση

Για να ελεγχθούν όλες αυτές οι παράμετροι, χρησιμοποιούνται αισθητήρες. Οι αισθητήρες μεταφέρουν στο λογικό κύκλωμα πληροφορίες, που αντιστοιχούν στο 1 και το 0.

Έτσι, αν ο διακόπτης είναι στη θέση ON, ο αντίστοιχος αισθητήρας στέλνει στο λογικό κύκλωμα πληροφορία που αντιστοιχεί στο 1. Αν τον βρει ανοικτό, στέλνει την πληροφορία 0.

Στην κλειστή πόρτα αντιστοιχεί το 1. Στην ανοιχτή το 0.

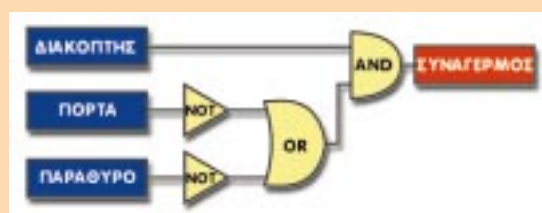
Σε θερμοκρασία νερού άνω των 60°C αντιστοιχεί το 1. Σε θερμοκρασία κάτω των 60°C αντιστοιχεί το 0.

Όταν η στάθμη του νερού είναι η προβλεπόμενη, η πληροφορία που λαμβάνει το λογικό κύκλωμα είναι το 1. Όταν η στάθμη είναι κάτω της προβλεπόμενης, λαμβάνει το 0.

Ο κινητήρας λειτουργεί όταν η έξοδος του λογικού κυκλώματος είναι 1. Ενώ δεν λειτουργεί όταν η έξοδος είναι 0.

Αφού θέλουμε ο κινητήρας να λειτουργεί μόνον όταν ο διακόπτης είναι στο ON ΚΑΙ η πόρτα κλειστή ΚΑΙ η θερμοκρασία άνω των 60°C ΚΑΙ η στάθμη του νερού σωστή (δηλαδή μόνον όταν όλες οι είσοδοι βρίσκονται στην κατάσταση 1), θα χρησιμοποιήσουμε πύλες AND. Το λογικό μας κύκλωμα έχει τη μορφή που εικονίζεται στην εικόνα 14.8.

2. Να σχεδιαστεί λογικό κύκλωμα που να θέτει σε λειτουργία το συναγερμό αποθήκης όταν:



Εικόνα 14.9

Ο διακόπτης του συναγερμού είναι στη θέση ON και τουλάχιστον ένας από του διακόπτες που έχουν τοποθετηθεί στην πόρτα και το παράθυρο ανοίξουν (θέση OFF).

Λύση

Στην κατάσταση ON κάθε διακόπτη αντιστοιχούμε το λογικό 1 και στην κατάσταση OFF το λογικό 0.

Ο συναγερμός τίθεται σε λειτουργία όταν η έξοδος του λογικού κυκλώματος βρίσκεται στην κατάσταση 1. Είναι εκτός λειτουργίας όταν η έξοδος του λογικού κυκλώματος βρίσκεται στην κατάσταση 0.

Θέλουμε ο συναγερμός να τίθεται σε λειτουργία μόνον όταν:

Ο διακόπτης του συναγερμού να είναι στο **ON** **ΚΑΙ** (ο διακόπτης της πόρτας να είναι στο **OFF** **Ή** ο διακόπτης του παράθυρου να είναι στο **OFF**).

Σύμφωνα με αυτή τη διατύπωση, το κύκλωμα έχει τη μορφή που εικονίζεται στην εικόνα 14.9.



Φυσική και Τεχνολογία

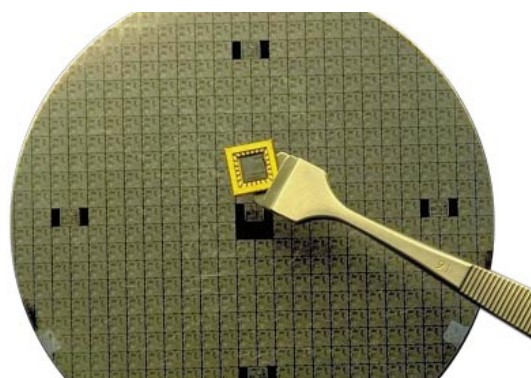
Πως κατασκευάζεται ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα

Η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος ξεκινά από ένα άκρως καθαρό κρύσταλλο πυριτίου με διάμετρο 10 cm και μήκος 0.5 m. Με τη βοήθεια πριονιού με επένδυση με διαμάντι ο κρύσταλλος κόβεται σε φύλλα πάχους μικρότερου από 1mm. Μετά δημιουργείται το κύκλωμα σε διαδοχικά στρώματα στην επιφάνεια αυτού του φύλλου. Με μια φωτογραφική διαδικασία το μεγαλύτερο μέρος του φύλλου καλύπτεται με ένα προστατευτικό στρώμα κατάλληλου σχήματος ώστε να αφήνεται ακάλυπτη μια περιοχή που αντιστοιχεί στο επιθυμητό κύκλωμα. Μετά, το φύλλο εκτίθεται σε ατμούς ενός στοιχείου πρόσμιξης, όπως το Αρσενικό που πηγαίνουν στην ακάλυπτη περιοχή. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται αντιστάτες καθώς και το πρώτο στρώμα των διόδων και των τρανζίστορ.

Στη συνέχεια το προστατευτικό κάλυμμα αφαιρείται και αντικαθίσταται από άλλο διαφορετικού σχήματος. Μετά το φύλλο εκτίθεται σε ατμούς, πχ Βορίου, οπότε δημιουργούνται οι διόδοι pn. Εάν προστεθεί ένα τρίτο στρώμα σχηματίζονται τρανζίστορ. Η έκθεση σε οξυγόνο δημιουργεί μονωτές από διοξείδιο του πυριτίου ενώ σ' ένα στρώμα εκτεθειμένο σε ατμούς αλουμινίου δημιουργείται ένας δίαυλος από λεπτούς αγωγίμους δρόμους μεταξύ αντιστατών, διόδων και τρανζίστορ. Εκατοντάδες όμοια κυκλώματα, που ονομάζονται ψηφίδες (chip), παράγονται συγχρόνως σε ένα φύλλο διαμέτρου 10cm.

Στη συνέχεια οι ψηφίδες διαχωρίζονται, συνδέονται με σύρματα και τοποθετούνται σε μια προστατευτική πλαστική συσκευασία. Το κόστος τους είναι μερικά ευρώ.

Η ηλεκτρονική των ημιαγωγών δείχνει πως οι επιστήμονες και οι μηχανικοί συνεργάζονται μεταξύ τους. Οι φυσικοί κατανόησαν τον τρόπο κίνησης ηλεκτρονίων και οπών στους ημιαγωγούς. Φυσικοί και χημικοί από κοινού ανακάλυψαν τον τρόπο πρόσθεσης επακριβώς ελεγχόμενων ποσοτήτων προσμίξεων σε απολύτως καθαρό πυρίτιο. Οι μηχανικοί ανέπτυξαν μεθόδους μαζικής παραγωγής ψηφίδων που περιέχουν χιλιάδες μικροσκοπικές διόδους και τρανζίστορ. Οι συνολικές προσπάθειες τους προκάλεσαν επαναστατική μεταβολή στον κόσμο μας.





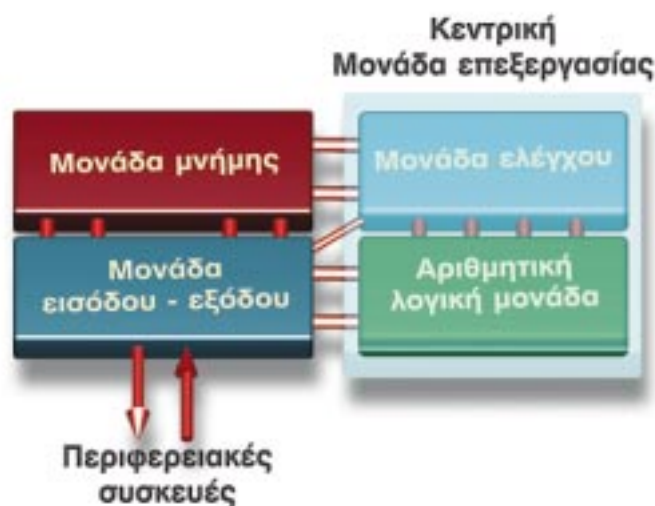
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές και επεξεργασία δεδομένων

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι συστήματα, που μπορούν να λαμβάνουν, να καταχωρούν, να ελέγχουν, να επεξεργάζονται και να αποδίδουν πληροφορίες. Αποτελούνται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, τη μονάδα κύριας μνήμης, τις μονάδες εισόδου και εξόδου δεδομένων.

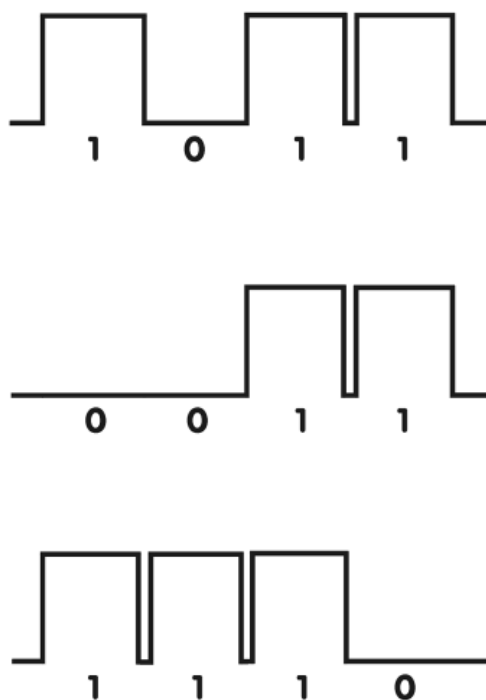
Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, μετατρέπουν κάθε πληροφορία που λαμβάνουν, σε μια συγκεκριμένη σειρά (ακολουθία) ηλεκτρικών τάσεων, που μπορούν να πάρουν μόνο δύο τιμές (για παράδειγμα 0 ή 5V). Έτσι, κάθε αριθμός, γράμμα ή εντολή που τοποθετούμε στην είσοδο του υπολογιστή «μεταφράζεται» από τη μηχανή στην αντίστοιχη ακολουθία τάσεων.

Στη συνέχεια, η ακολουθία των τάσεων, αποθηκεύεται στη μνήμη και μεταφέρεται στην είσοδο των μικροτσίπ της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας.

Η ακολουθία των τάσεων που προκύπτει στις εξόδους των μικροτσίπ, μεταφέρεται στις μονάδες εξόδου του υπολογιστή όπου μεταφράζεται εκ νέου, σε αριθμούς και γράμματα, σε εικόνα, σε ήχο κλπ.



Τα βασικά τμήματα ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- **Συμπλήρωσε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν.**

1. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του πυριτίου είναι πολύ σε χαμηλή θερμοκρασία. Όσο η θερμοκρασία του ανεβαίνει, η ηλεκτρική του αγωγιμότητα Το φαινόμενο αυτό ερμηνεύεται μικροσκοπικά, με τη δημιουργία και, λόγω της αύξησης της ενέργειας του κρυστάλλου του ημιαγωγού.
2. Για να βελτιώσουμε την αγωγιμότητα των ημιαγωγών, αλλά και για να μην επηρεάζεται σημαντικά από τη, αυξάνουμε τεχνητά τον αριθμό των ελεύθερων ηλεκτρονίων ή των , που περιέχουν. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτουν οι ημιαγωγοί τύπου, ενώ στη δεύτερη οι ημιαγωγοί τύπου
3. Αν κατά την κρυστάλλωση του πυριτίου, προσθέσουμε μικρή ποσότητα αρσενικού, τότε θα προκύψει κρύσταλλος, στον οποίο μικρός αριθμός ατόμων έχουν αντικατασταθεί από άτομα Κάθε άτομο αρσενικού έχει πέντε ηλεκτρόνια στην του στιβάδα, ενώ κάθε άτομο πυριτίου τέσσερα. Τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια από τα άτομα του αρσενικού αποσπώνται απ' αυτά και μετατρέπονται σε Έτσι, έχει σχηματιστεί ένας ημιαγωγός τύπου
4. Αν κατά την κρυστάλλωση του πυριτίου, προσθέσουμε μικρή ποσότητα βορίου, τότε θα προκύψει κρύσταλλος, στον οποίο μικρός αριθμός ατόμων έχουν αντικατασταθεί από άτομα Κάθε άτομο βορίου έχει τρία ηλεκτρόνια στην του στιβάδα, ενώ κάθε άτομο πυριτίου τέσσερα. Το έλλειμμα ηλεκτρονίων των ατόμων βορίου, προκαλεί το σχηματισμό ισάριθμων Έτσι, έχει σχηματιστεί ένας ημιαγωγός τύπου
5. Με την κατάλληλη συγκόλληση ενός ημιαγωγού τύπου n και ενός τύπου p, προκύπτει διάταξη που ονομάζεται Όταν συνδέουμε το πόλο μιας μπαταρίας με τον ημιαγωγό τύπου p της κρυσταλλοδιόδου και τον της πόλο με τον ημιαγωγό τύπου n, τότε η κρυσταλλοδίοδος επιτρέπει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Στην αντίθετη περίπτωση, η κρυσταλλοδίοδος λειτουργεί ως

- **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν.**

6. Πώς ερμηνεύεται στο μικροσκοπικό επίπεδο η υψηλή αγωγιμότητα των μετάλλων και η σχεδόν μηδενική των μονωτών;
7. Πώς ερμηνεύεται στο μικροσκοπικό επίπεδο η αύξηση της αγωγιμότητας του πυριτίου με την αύξηση της θερμοκρασίας του; Τι εννοούμε με τον όρο «θετικές οπές»; Πώς σχηματίζονται και πώς μετακινούνται μέσα στον κρύσταλλο του ημιαγωγού;
8. Κατά την κρυστάλλωση του πυριτίου προσθέτουμε μικρή ποσότητα (πρόσμιξη) αρσενικού. Το πυρίτιο έχει τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, ενώ το αρσενικό πέντε. Εξήγησε με ποιο μηχανισμό στον ημιαγωγό τύπου n που προκύπτει, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι πολύ περισσότερα των θετικών οπών.

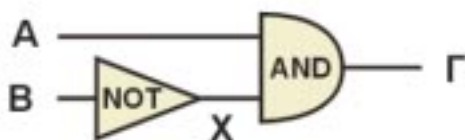
9. Κατά την κρυστάλλωση του πυριτίου προσθέτουμε μικρή ποσότητα (πρόσμιξη) βορίου. Το πυρίτιο έχει τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, ενώ το βόριο τρία. Εξήγησε με ποιο μηχανισμό στον ημιαγωγό τύπου p που προκύπτει, οι θετικές οπές είναι πολύ περισσότερες των ελεύθερων ηλεκτρονίων.
10. Πώς κατασκευάζεται η κρυσταλλοδίοδος; Πότε λέμε ότι η κρυσταλλοδίοδος είναι ορθά πολωμένη και πότε ανάστροφα;
11. Διαθέτεις μια μπαταρία, μια κρυσταλλοδίοδο, ένα λαμπάκι και καλώδια. Σχεδίασε (σε σχηματική αναπαράσταση) δύο κλειστά κύκλωμα που περιλαμβάνουν αυτά τα στοιχεία σε σειρά, έτσι ώστε στο πρώτο το λαμπάκι να ανάψει ενώ στο δεύτερο να παραμείνει σβηστό.
12. Διαθέτεις μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης, μια κρυσταλλοδίοδο, έναν αντιστάτη και έναν παλμογράφο. Σχεδίασε ένα κύκλωμα ημιανόρθωσης της εναλλασσόμενης τάσης και την κυματομορφή της, που μπορούμε να παρατηρήσουμε στην οθόνη του παλμογράφου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

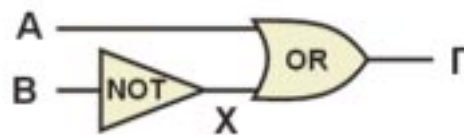
1. Διαθέτεις τρεις διακόπτες (τον διακόπτη Α, τον Β και τον Γ), μια μπαταρία και ένα λαμπάκι.
- α) Σχεδίασε ένα κύκλωμα, που περιλαμβάνει αυτά τα στοιχεία, έτσι ώστε το λαμπάκι να ανάβει μόνον όταν «ο διακόπτης Α είναι κλειστός **και**: ο διακόπτης Β **ή** ο διακόπτης Γ είναι κλειστός».
- β) Αντιστοίχισε στις καταστάσεις «ανοικτός» – «κλειστός» κάθε διακόπτη και «δεν φωτοβολεί» - «φωτοβολεί» του λαμπτήρα, τους αριθμούς 0 και 1 και συμπλήρωσε την τέταρτη στήλη του πίνακα Α.
- γ) Σχεδίασε λογικό κύκλωμα (χρησιμοποιώντας τις λογικές πύλες AND, OR, κλπ), που κάνει την ίδια δουλειά με το προηγούμενο κύκλωμα. Δηλαδή, ελέγχει αν οι διακόπτες Α, Β και Γ είναι ανοικτοί ή κλειστοί και ανάβει το λαμπάκι κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις με αυτές της ερώτησης (α).

ΠΙΝΑΚΑΣ Α			
Α	Β	Γ	Λαμπτήρας
1	1	1	
0	1	1	
1	0	1	
0	0	1	
1	1	0	
0	1	0	
1	0	0	
0	0	0	

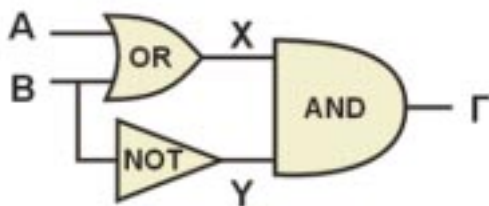
2. Διαθέτεις τρεις διακόπτες (τον διακόπτη Α, τον Β και τον Γ), μια μπαταρία και ένα λαμπάκι.
- α) Σχεδίασε ένα κύκλωμα, που περιλαμβάνει αυτά τα στοιχεία, έτσι ώστε το λαμπάκι να ανάβει μόνον όταν «ο διακόπτης Α είναι κλειστός ή: ο διακόπτης Β και ο διακόπτης Γ είναι κλειστοί».
 - β) Αντιστοίχισε στις καταστάσεις «ανοικτός» – «κλειστός» κάθε διακόπτη και «δεν φωτοβολεί» - «φωτοβολεί» του λαμπτήρα, τους αριθμούς 0 και 1. Κατασκεύασε και συμπλήρωσε έναν πίνακα ανάλογο με τον πίνακα Α, της προηγούμενης άσκησης.
 - γ) Σχεδίασε λογικό κύκλωμα (χρησιμοποιώντας τις λογικές πύλες AND, OR, κλπ), που κάνει την ίδια δουλειά με το προηγούμενο κύκλωμα. Δηλαδή, ελέγχει αν οι διακόπτες Α, Β και Γ είναι ανοικτοί ή κλειστοί και ανάβει το λαμπάκι κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις με αυτές της ερώτησης (α).
3. Με τη βοήθεια απλών λογικών πυλών σχεδίασε λογικό κύκλωμα, που θέτει σε λειτουργία το συναγερμό ενυδρείου, όταν συμβεί τουλάχιστον ένας από τους ακόλουθους λόγους: (Α) η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλή, ή, (Β) ο φωτισμός του ενυδρείου ανεπαρκής, ή, (Γ) η στάθμη του νερού κάτω ορισμένου ορίου.
4. Σχεδίασε λογικό κύκλωμα που ελέγχει το φωτισμό των κοινόχρηστων χώρων διώροφης πολυκατοικίας, κάτω από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:
- Σε κάθε όροφο και στο ισόγειο υπάρχει από ένας διακόπτης. Δηλαδή, υπάρχουν συνολικά τρεις διακόπτες (Α, Β και Γ). Όταν ένας διακόπτης είναι ανοικτός στην αντίστοιχη είσοδο του λογικού κυκλώματος μεταφέρεται το λογικό 0, ενώ όταν είναι κλειστός το 1.
 - Υπάρχει ένας κεντρικός διακόπτης (Δ), που τροφοδοτεί ολόκληρο το σύστημα του φωτισμού με ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν ο διακόπτης Δ είναι ανοικτός, στην αντίστοιχη είσοδο του λογικού κυκλώματος μεταφέρεται το λογικό 0, ενώ όταν είναι κλειστός το 1.
 - Όταν το σύστημα του φωτισμού είναι σε λειτουργία, στην έξοδο του λογικού κυκλώματος αντιστοιχεί το λογικό 1, ενώ όταν είναι εκτός λειτουργίας, το 0.
 - Θέλουμε το σύστημα του φωτισμού να είναι σε λειτουργία όταν ο διακόπτης Δ είναι κλειστός και τουλάχιστον ένας από τους διακόπτες Α, Β ή Γ είναι κλειστός.
- Σχεδίασε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει αποκλειστικά διακόπτες και λαμπτήρες, και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην πολυκατοικία αντί του προηγούμενου λογικού κυκλώματος.
5. Κατασκεύασε τους πίνακες αληθείας που αντιστοιχούν στα λογικά κυκλώματα Α, Β, Γ και Δ, που εικονίζονται παρακάτω. Ποια από αυτά τα λογικά κυκλώματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να επιτελέσουν την ίδια λειτουργία;



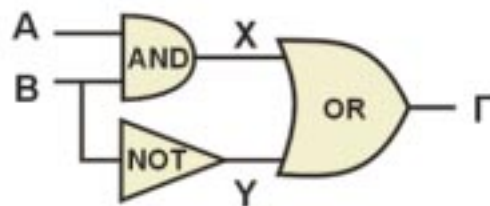
Κύκλωμα Α



Κύκλωμα Β



Κύκλωμα Γ



Κύκλωμα Δ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α			
A	B	X=OXI (B)	Γ=A ΚΑΙ X
0	0		
1	0		

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β			
A	B	X=OXI (B)	Γ=A Ή X
0	0		
1	0		
0	1		
1	1		

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Γ				
A	B	X=A Ή B	Y=OXI (B)	Γ=X ΚΑΙ Y
0	0			
1	0			
0	1			
1	1			

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Δ				
A	B	X=A ΚΑΙ B	Y=OXI (B)	Γ=X Ή Y
0	0			
1	0			
0	1			
1	1			

Περίληψη ενότητας 4: Στοιχεία ηλεκτρονικής

- Η μεγάλη αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που περιέχουν. Στους μονωτές τα ηλεκτρόνια, ακόμα και των εξωτερικών στιβάδων των ατόμων, συγκρατούνται με ισχυρές δυνάμεις, που τους ασκούν οι πυρήνες των ατόμων. Έτσι στους μονωτές δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα η αγωγιμότητά τους να είναι σχεδόν μηδενική.
- Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών εξαρτάται από τη θερμοκρασία τους. Όταν η θερμοκρασία ενός ημιαγωγού αυξάνεται, η ενέργεια που μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας, μπορεί να προκαλέσει την απόσπασή τους από τα αντίστοιχα άτομα και να τα μετατρέψει σε ελεύθερα. Στη θέση που εγκαταλείπουν δημιουργείται πλεόνασμα θετικού φορτίου, που ονομάζεται θετική οπή. Στη θέση της θετικής οπής μπορεί να μεταπηδήσει ηλεκτρόνιο γειτονικού ατόμου. Το ηλεκτρόνιο εξουδετερώνει το φορτίο της θετικής οπής, αλλά στη θέση που εγκατέλειψε δημιουργείται μια νέα θετική οπή. Φαίνεται σαν να μετακινήθηκε η αρχική θετική οπή σε μια νέα θέση. Στους ημιαγωγούς η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται στην κίνηση τόσο των ελεύθερων ηλεκτρονίων όσο και των θετικών οπών.
- Στους ημιαγωγούς προσμίξεων τύπου p, αυξάνουμε με τεχνητό τρόπο το πλήθος των θετικών οπών ενώ στους ημιαγωγούς τύπου n, αυξάνουμε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια.
- Η κρυσταλλοδίοδος προκύπτει με την κατάλληλη συγκόλληση ενός ημιαγωγού τύπου n και ενός τύπου p. Η κρυσταλλοδίοδος επιτρέπει τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μόνον όταν το δυναμικό του ημιαγωγού τύπου p είναι υψηλότερο του δυναμικού του ημιαγωγού τύπου n. Τότε λέμε ότι η δίοδος είναι ορθά πολωμένη. Στην αντίθετη περίπτωση, η δίοδος λειτουργεί ως ανοικτός διακόπτης και λέμε ότι είναι ανάστροφα πολωμένη.
- Η λειτουργία των λογικών κυκλωμάτων ή λογικών πυλών, μπορεί να αντιστοιχισθεί με απλές λογικές λειτουργίες. Τα λογικά κυκλώματα περιέχουν στοιχεία που μπορούν να περιέλθουν σε δύο καταστάσεις (διακόπτης: ανοικτός – κλειστός, δίοδος: διέρχεται – δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, λαμπτήρας: φωτοβολεί – δεν φωτοβολεί, κλπ).
- Με τη βοήθεια των λογικών κυκλωμάτων μπορούμε να ρυθμίζουμε την αυτόματη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών και να επεξεργαζόμαστε μεγάλο αριθμό δεδομένων και πληροφοριών.

Β Α Σ Ι Κ Ο Ι Ο Ρ Ο Ι

Αγωγός – Μονωτής – Ημιαγωγός	Λογικές αποφάσεις
Ελεύθερο ηλεκτρόνιο	Πίνακες αλήθειας
Κρυσταλλικό πλέγμα	
Θετική οπή	Λογικές πύλες
Ημιαγωγοί προσμίξεων	Πύλη ταυτότητας – Πύλη NOT – Πύλη
Ημιαγωγοί τύπου p – Ημιαγωγοί τύπου n	AND – Πύλη OR
Κρυσταλλοδίοδος	Ολοκληρωμένα κυκλώματα.