

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΚΡΑΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ - ΚΡΑΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

5.1 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

5.1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

5.1.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΠΥΛΕΣ

5.1.2.1 Αποκωδικοποιητής 3x8

5.1.2.2 Αποκωδικοποιητής BCD σε δεκαδικό (4x10)

5.1.3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

5.1.4 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ

5.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΟΔΗΓΟΙ

5.2.1 DISPLAY 7 ΤΜΗΜΑΤΩΝ

5.2.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ BCD ΣΕ 7 ΤΜΗΜΑΤΑ

5.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

5.3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

5.3.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΠΥΛΕΣ

5.3.2.1 Κωδικοποιητής 4x2

5.3.2.2 Κωδικοποιητής 8x3

5.3.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ

5.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

5.5 ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

5.6 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 10 Αποκωδικοποιητές

Εργαστηριακή Άσκηση 11 Κωδικοποιητές

ΣΤΟΧΟΙ

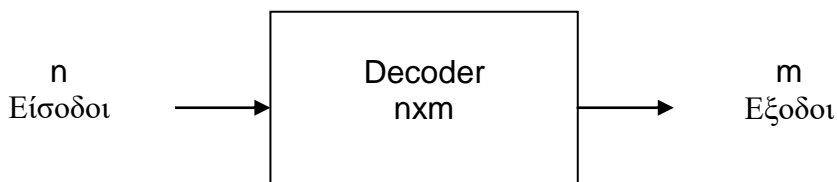
Οι στόχοι του Κεφαλαίου 5 είναι:

- ◆ η απόκτηση βασικών θεωρητικών γνώσεων για τα παρακάτω αντικείμενα:
 - ✓ Αποκωδικοποιητές
 - ✓ Αποκωδικοποιητές Οδηγοί
 - ✓ Display 7 τμημάτων
 - ✓ Κωδικοποιητές
 - ✓ Κωδικοποιητές Προτεραιότητας
 - ✓ Ολοκληρωμένα κυκλώματα Κωδικοποιητών και Αποκωδικοποιητών
- ◆ η απόκτηση της δυνατότητας εφαρμογής των γνώσεων αυτών για:
 - ✓ Υλοποίηση Αποκωδικοποιητών
 - ✓ Υλοποίηση Συνδυαστικών Κυκλωμάτων με Αποκωδικοποιητές
 - ✓ Σύνδεση Display 7 τμημάτων σε κύκλωμα
 - ✓ Υλοποίηση Κωδικοποιητών

5.1 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

5.1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο **Αποκωδικοποιητής** (Decoder) από n σε m ($n \times m$) είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα με n γραμμές εισόδου και m γραμμές εξόδου ($m \leq 2^n$), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.1. Κάθε μία από τις n εισόδους του Αποκωδικοποιητή μπορεί να είναι “0” ή “1”, οπότε υπάρχουν 2^n διαφορετικοί συνδυασμοί. Για κάθε συνδυασμό εισόδου **μόνο μία** από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι “1” (είναι ενεργοποιημένη).



Σχήμα 5.1.1

Αποκωδικοποιητής $n \times m$

Υπάρχουν αποκωδικοποιητές που χρησιμοποιούν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς εισόδου ($m=2^n$), όπως είναι ο αποκωδικοποιητής 3×8 , και αποκωδικοποιητές που χρησιμοποιούν λιγότερους συνδυασμούς εισόδου ($m < 2^n$), όπως είναι ο αποκωδικοποιητής 4×10 .

5.1.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΠΥΛΕΣ

5.1.2.1 Αποκωδικοποιητής 3×8

Ο Αποκωδικοποιητής 3×8 χρησιμοποιεί όλους τους δυνατούς συνδυασμούς εισόδου. Ο Αποκωδικοποιητής 3×8 έχει τρεις εισόδους C, B και A που αντιστοιχούν σε έναν 3-bits δυαδικό αριθμό (κωδικός εισόδου) και οκτώ εξόδους D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6 και D7. Για κάθε συνδυασμό εισόδου **μόνον μία** από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι “1” (αυτή που αντιστοιχεί στον κωδικό εισόδου) και οι άλλες εξοδοι είναι “0”. Ο Πίνακας Αληθείας του Αποκωδικοποιητή 3×8 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.1.1.

Πίνακας 5.1.1

Πίνακας Αληθείας του Αποκωδικοποιητή 3x8

C	B	A	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Από τον Πίνακα Αληθείας του αποκωδικοποιητή 3x8 προκύπτουν οι ακόλουθες συναρτήσεις εξόδου:

$$D0 = \bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$$

$$D1 = \bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$$

$$D2 = \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$$

$$D3 = \bar{C} \cdot B \cdot A$$

$$D4 = C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$$

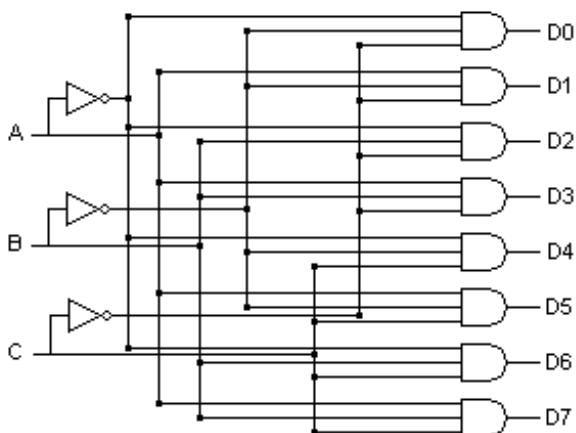
$$D5 = C \cdot \bar{B} \cdot A$$

$$D6 = C \cdot B \cdot \bar{A}$$

$$D7 = C \cdot B \cdot A$$

Προφανώς, ο αποκωδικοποιητής 3x8 παράγει στις εξόδους του τους οκτώ ($2^3=8$) **ελάχιστους όρους** των τριών (3) μεταβλητών εισόδου του. Γενικά, ο αποκωδικοποιητής $n \times 2^n$ παράγει στις εξόδους του τους 2^n ελάχιστους όρους των n μεταβλητών εισόδου του.

Ο αποκωδικοποιητής 3x8 μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας τρεις (3) πύλες NOT για την εύρεση των συμπληρωμάτων των εισόδων που απαιτούνται και οκτώ (8) πύλες AND τριών (3) εισόδων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.1. Γενικά, ο αποκωδικοποιητής $n \times 2^n$ μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας n πύλες NOT και 2^n πύλες AND n εισόδων.



Σχήμα 5.1.1

Αποκωδικοποιητής 3x8 με πύλες NOT και AND

5.1.2.2 Αποκωδικοποιητής BCD σε δεκαδικό (4x10)

Ο Αποκωδικοποιητής BCD σε δεκαδικό (4x10) έχει τέσσερις εισόδους D, C, B και A και δέκα εξόδους D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 και D9 και δεν χρησιμοποιεί όλους τους δυνατούς συνδυασμούς εισόδου. Υπάρχουν δεκαέξι ($2^4=16$) συνδυασμοί εισόδου: οι δέκα πρώτοι αντιστοιχούν στους (δέκα) BCD κωδικούς (0000 .. 1001) και οι υπόλοιποι έξι (6) είναι μη χρησιμοποιούμενοι. Για κάθε χρησιμοποιούμενο συνδυασμό εισόδου **μόνον μία** από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι "1" (αυτή που αντιστοιχεί στον κωδικό εισόδου) και οι άλλες έξοδοι είναι "0". Για τους μη χρησιμοποιούμενους συνδυασμούς εισόδου όλες οι έξοδοι είναι "0".

Ο Πίνακας Αληθείας του Αποκωδικοποιητή 4x10 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.1.2.

Πίνακας 5.1.2
Πίνακας Αληθείας του Αποκωδικοποιητή 4x10

D	C	B	A	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.1.3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

Είναι γνωστό ότι ο αποκωδικοποιητής $n \times 2^n$ παράγει στις εξόδους του τους 2^n ελάχιστους όρους των n μεταβλητών εισόδου του. Επίσης είναι γνωστό ότι κάθε λογική συνάρτηση μπορεί να εκφραστεί ως άθροισμα ελαχίστων όρων. Επομένως, κάθε λογική συνάρτηση n μεταβλητών μπορεί να υλοποιηθεί με έναν Αποκωδικοποιητή $n \times 2^n$ και μία (1) πύλη OR οι εισοδοί της οποίας τροφοδοτούνται από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή που αντιστοιχούν στους ελάχιστους όρους που η συνάρτηση έχει την τιμή "1". Άρα, **κάθε Συνδυαστικό**

Κύκλωμα n εισόδων και m εξόδων μπορεί να υλοποιηθεί με έναν Αποκωδικοποιητή $n \times 2^n$ και m πύλες OR οι είσοδοι των οποίων τροφοδοτούνται κατάλληλα από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή.

Παράδειγμα.

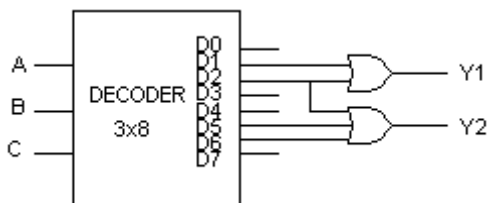
Ένα Συνδυαστικό Κύκλωμα έχει τρεις (3) εισόδους A, B και C και δύο (2) εξόδους:

$$Y1(A,B,C) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}$$

$$Y2(A,B,C) = \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C}$$

Το πλήθος των εισόδων του κυκλώματος είναι $n=3$ και το πλήθος των εξόδων του κυκλώματος είναι $m=2$.

Επομένως, το κύκλωμα μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας έναν αποκωδικοποιητή 3×8 ($n \times 2^n$) και δύο (m) πύλες OR. Η μία πύλη OR δύο εισόδων υλοποιεί την συνάρτηση Y1 και οι είσοδοί της τροφοδοτούνται από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή που αντιστοιχούν στους ελάχιστους όρους που η συνάρτηση Y1 έχει την τιμή "1" (σύμφωνα και με τον πίνακα 5.1.1). Με την ίδια λογική τροφοδοτούνται οι είσοδοι της πύλης OR τριών εισόδων που υλοποιεί την συνάρτηση Y2. Το κύκλωμα φαίνεται στο Σχήμα 5.1.2.



Σχήμα 5.1.2

Υλοποίηση του Συνδυαστικού Κυκλώματος με έναν Αποκωδικοποιητή και δύο πύλες OR

5.1.4
ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ

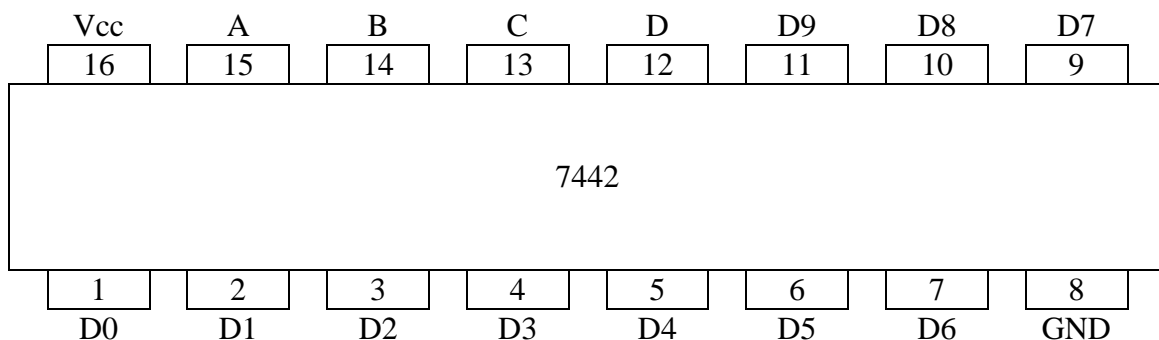
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Στα ολοκληρωμένα κυκλώματα της σειράς 74 υπάρχουν αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα Αποκωδικοποιητών, όπως είναι τα ακόλουθα:

- τα ολοκληρωμένα κυκλώματα 74139, 74155 και 74156 είναι Αποκωδικοποιητές 2x4
- το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74138 είναι Αποκωδικοποιητής 3x8
- τα ολοκληρωμένα κυκλώματα 74154 και 74159 είναι Αποκωδικοποιητές 4x16
- τα ολοκληρωμένα κυκλώματα 7442, 7443, 7444, 7445, 74141 και 74145 είναι Αποκωδικοποιητές 4x10

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74138 μπορεί να λειτουργήσει ως Αποκωδικοποιητής 3x8 (ή ως Απολυπλέκτης 1x8) και παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4. Έχει τρεις εισόδους ενεργοποίησης G1 (pin 6), G2A (pin 4) και G2B (pin 5) που ελέγχουν την λειτουργία του. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74138 λειτουργεί ως Αποκωδικοποιητής 3x8 όταν G1=1 και G2A=0 και G2B=0 και οι έξοδοί του εμφανίζουν λογικό "0" όταν ενεργοποιούνται.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7442 είναι ένας Αποκωδικοποιητής 4x10 (BCD to decimal) και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1.3.



Σχήμα 5.1.3

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7442

Ο Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7442 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.1.3.

Πίνακας 5.1.3

Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7442

D	C	B	A	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Συγκρίνοντας τους πίνακες 5.1.2 και 5.1.3 παρατηρούμε ότι στις εξόδους του ολοκληρωμένου 7442 εμφανίζονται τα συμπληρώματα των (θεωρητικών) εξόδων του αποκωδικοποιητή BCD σε δεκαδικό. Αυτή η λογική κατασκευής του ολοκληρωμένου είναι επιθυμητή σε πολλές εφαρμογές.

5.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΟΔΗΓΟΙ

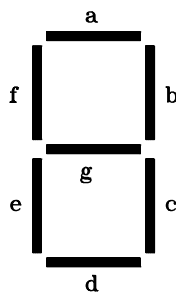
5.2.1 DISPLAY 7 ΤΜΗΜΑΤΩΝ

Οι ενδείκτες (displays) δεκαδικών ψηφίων χρησιμοποιούν επτά (7) τμήματα (segments) για να αναπαραστήσουν τους δεκαδικούς αριθμούς 0-9.

Υπάρχουν ενδείκτες όπου χρησιμοποιούνται οι **δίοδοι εκπομπής φωτός** (Light Emitting Diodes - LEDs) για την κατασκευή των τμημάτων τους. Η λειτουργία τους βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε τμήμα αποτελείται από υλικό το οποίο εκπέμπει φως όταν διαρρέετε από ρεύμα.

Επίσης, υπάρχουν **ενδείκτες υγρού κρυστάλλου** (Liquid Crystal Displays - LCDs). Η λειτουργία τους βασίζεται στην ιδιότητα ενός ειδικού υγρού κρυστάλλου να διαδίδει διαφορετικά το φως υπό την επίδραση εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου. Τα LCDs έχουν ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση ισχύος και είναι ιδανικά για φορητές συσκευές.

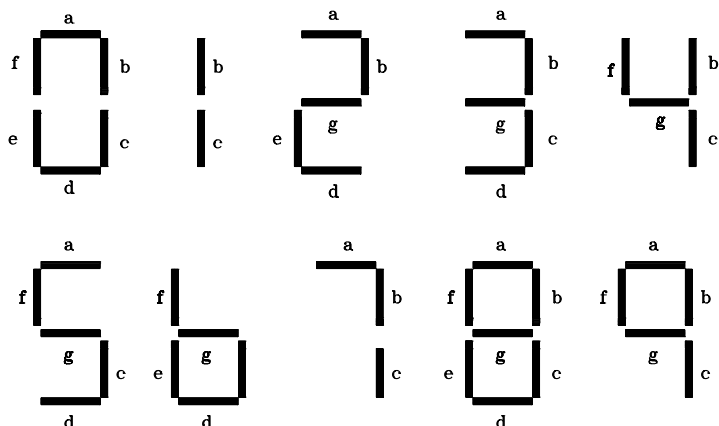
Στο Σχήμα 5.2.1 παρουσιάζεται ένας ενδείκτης δεκαδικών ψηφίων (display επτά τμημάτων).



Σχήμα 5.2.1

Ενδείκτης δεκαδικών ψηφίων επτά τμημάτων (display)

Οι δεκαδικοί αριθμοί σχηματίζονται όταν ανάβουν κάποια από τα τμήματα του ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display). Στο Σχήμα 5.2.2 παρουσιάζεται ο τρόπος εμφάνισης των δεκαδικών ψηφίων 0-9 στον ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display).



Σχήμα 5.2.2

Τρόπος εμφάνισης των δεκαδικών ψηφίων 0-9 στον ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display)

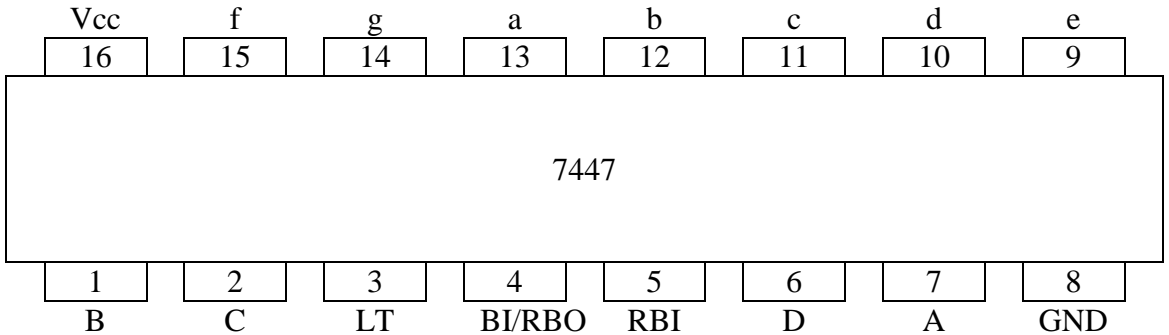
5.2.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ BCD ΣΕ 7 ΤΜΗΜΑΤΑ

Ο Αποκωδικοποιητής BCD σε 7 τμήματα (BCD to 7 Segments Decoder) χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την ενεργοποίηση ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display), για τον λόγο αυτό καλείται συνήθως Αποκωδικοποιητής Οδηγός.

Αποκωδικοποιητές BCD σε 7 τμήματα είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα 7447 και 7448 της σειράς 74.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7447 που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2.3 οδηγεί display κοινής ανόδου (όλες οι άνοδοι των διόδων, με τις οποίες κατασκευάζονται τα τμήματα, είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους και

πρέπει να συνδεθούν στην Vcc, ενώ οι κάθοδοι συνδέονται στις εξόδους του O.K.). Το 7448 οδηγεί display κοινής καθόδου.



Σχήμα 5.2.3

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7447

Ο Πίνακας Αληθείας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7447 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2.1.

Πίνακας 5.2.1

Πίνακας Αληθείας
του ολοκληρωμένου κυκλώματος 7447

D	C	B	A	a	B	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0

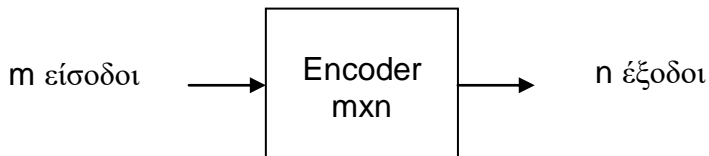
1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Αν κάποια έξοδος του ολοκληρωμένου κυκλώματος (a-g) είναι "0" τότε το αντίστοιχο τμήμα του ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display) ανάβει, ενώ αν είναι "1" τότε το αντίστοιχο τμήμα του ενδείκτη μένει σβηστό.

5.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

5.3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο **Κωδικοποιητής** (Encoder) από m σε n ($m \times n$) είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα με m γραμμές εισόδου και n γραμμές εξόδου ($m \leq 2^n$), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.3.1. Από τις m γραμμές εισόδου του κωδικοποιητή, **μόνο μία** επιτρέπεται να είναι "1" (να είναι ενεργοποιημένη). Στην έξοδο παράγεται ένας n -bits κωδικός που αντιστοιχεί στην ενεργοποιημένη είσοδο.

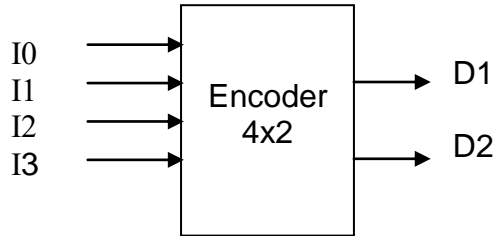


Σχήμα 5.3.1
Κωδικοποιητής $m \times n$

5.3.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΠΥΛΕΣ

5.3.2.1 Κωδικοποιητής 4x2

Ο κωδικοποιητής 4x2 είναι ένα Συνδυαστικό Κύκλωμα που έχει τέσσερις ($m=4$) γραμμές εισόδου και δύο ($n=2$) γραμμές εξόδου ($m=2^n$), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.3.2.



Σχήμα 5.3.2
Κωδικοποιητής 4x2

Ο κωδικοποιητής 4x2 παράγει στην έξοδό του τον δυαδικό κώδικα που αντιστοιχεί στις εισόδους του και ο Πίνακας Αληθείας του παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3.1.

Πίνακας 5.3.1
Πίνακας Αληθείας Κωδικοποιητή 4x2

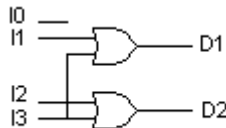
I0	I1	I2	I3	D2	D1
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1

Οι συναρτήσεις των εξόδων του κωδικοποιητή 4x2 είναι οι ακόλουθες:

$$D2=I2+I3$$

$$D1=I1+I3$$

Το κύκλωμα που υλοποιεί τον Κωδικοποιητή 4x2 αποτελείται μόνον από πύλες OR και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.3.

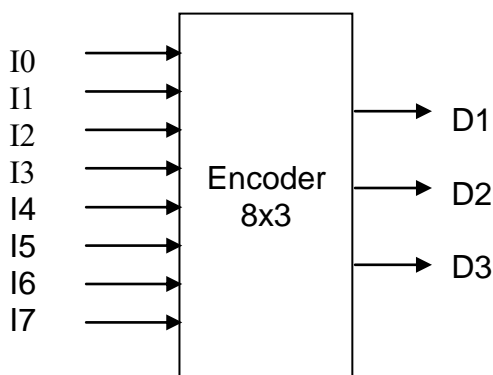


Σχήμα 5.3.3

Κωδικοποιητής 4x2 με πύλες

5.3.2.2 Κωδικοποιητής 8x3

Ο κωδικοποιητής 8x3 είναι ένα Συνδυαστικό Κύκλωμα που έχει οκτώ ($m=8$) γραμμές εισόδου και τρεις ($n=3$) γραμμές εξόδου ($m=2^n$), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.3.4.



Σχήμα 5.3.4

Κωδικοποιητής 8x3

Ο κωδικοποιητής 8x3 παράγει στην έξοδό του τον δυαδικό κώδικα που αντιστοιχεί στις εισόδους του και ο Πίνακας Αληθείας του παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3.3.

Πίνακας 5.3.3

Πίνακας Αληθείας Κωδικοποιητή 8x3

I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	D3	D2	D1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1

0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

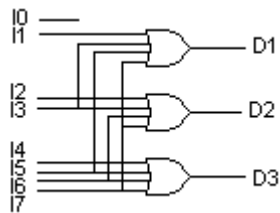
Οι συναρτήσεις των εξόδων του κωδικοποιητή 8x3 είναι οι ακόλουθες:

$$D3=I4+I5+I6+I7$$

$$D2=I2+I3+I6+I7$$

$$D1=I1+I3+I5+I7$$

Το κύκλωμα που υλοποιεί τον Κωδικοποιητή 8x3 αποτελείται μόνον από πύλες OR και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.5.



Σχήμα 5.3.5

Κωδικοποιητής 8x3 με πύλες OR

5.3.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ

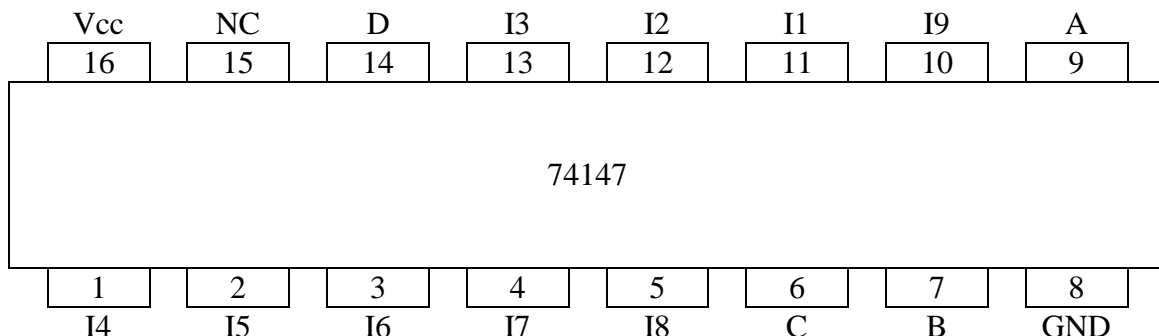
Στα ολοκληρωμένα κυκλώματα της σειράς 74 υπάρχουν αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα Κωδικοποιητών, όπως είναι τα ακόλουθα:

- το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74148 είναι ένας Κωδικοποιητής Προτεραιότητας 8x3
- το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74147 είναι ένας Κωδικοποιητής Προτεραιότητας από δεκαδικό σε BCD

Ο **Κωδικοποιητής Προτεραιότητας** (Priority Encoder) διαθέτει καθορισμένη **προτεραιότητα** (priority) στις εισόδους του. Όταν δύο ή περισσότερες εισόδους του κωδικοποιητή είναι “1”, τότε η είσοδος

με την μεγαλύτερη προτεραιότητα καθορίζει την έξοδο του κωδικοποιητή.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74147 είναι ένας Κωδικοποιητής Προτεραιότητας από δεκαδικό σε BCD και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.6.



Σχήμα 5.3.6

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74147

Ο Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74147 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3.4.

Πίνακας 5.3.4

Πίνακας Λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74147

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	D	C	B	A
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1	1	0
X	X	X	X	X	X	X	0	1	0	1	1	1
X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	0	0	0
X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	0	0	1
X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	0	1	0
X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
X	X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Οι είσοδοι και οι έξοδοι του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι ανάστροφης λογικής (ενεργοποιούνται με '0'). Το ολοκληρωμένο κύκλωμα έχει εννέα εισόδους που αντιστοιχούν στους δεκαδικούς αριθμούς 1-9 και τέσσερις εξόδους που παράγουν τον BCD κωδικό (ανάστροφης λογικής) που αντιστοιχεί στην ενεργοποιημένη είσοδο. Όταν ενεργοποιηθούν περισσότερες από μία εισόδοι, τότε στην έξοδο παράγεται ο BCD κωδικός (ανάστροφης λογικής) που αντιστοιχεί στον μεγαλύτερο δεκαδικό αριθμό. Όταν καμία από τις εισόδους δεν είναι ενεργοποιημένη (δηλαδή είναι όλες "1"), τότε όλες οι έξοδοι είναι "1". Σε αυτή την περίπτωση η έξοδος αντιστοιχεί στον δεκαδικό 0 (για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει είσοδος I0).

5.4 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ο Αποκωδικοποιητής (Decoder) από n σε m είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα με n γραμμές εισόδου και m γραμμές εξόδου. Κάθε μία από τις n εισόδους του Αποκωδικοποιητή μπορεί να είναι "0" ή "1", οπότε υπάρχουν 2^n διαφορετικοί συνδυασμοί. Για κάθε συνδυασμό εισόδου μόνο μία από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι "1" (είναι ενεργοποιημένη).

2. Κάθε λογική συνάρτηση n μεταβλητών μπορεί να υλοποιηθεί με έναν Αποκωδικοποιητή $n \times 2^n$ και μία (1) πύλη OR οι εισόδοι της οποίας τροφοδοτούνται από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή που αντιστοιχούν στους ελάχιστους όρους που η συνάρτηση έχει την τιμή "1". Κάθε Συνδυαστικό Κύκλωμα n εισόδων και m εξόδων μπορεί να υλοποιηθεί με έναν Αποκωδικοποιητή $n \times 2^n$ και m πύλες OR οι εισόδοι των οποίων τροφοδοτούνται κατάλληλα από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή.

3. Οι ενδείκτες (displays) δεκαδικών ψηφίων χρησιμοποιούν επτά (7) τμήματα (segments) για να αναπαραστήσουν τους δεκαδικούς αριθμούς 0-9. Ο Αποκωδικοποιητής BCD σε 7 τμήματα (BCD to 7 Segments Decoder) χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την

ενεργοποίηση ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display), για τον λόγο αυτό καλείται συνήθως Αποκωδικοποιητής Οδηγός.

4. Ο Κωδικοποιητής (Encoder) από m σε n είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα με m γραμμές εισόδου και n γραμμές εξόδου. Από τις m γραμμές εισόδου του κωδικοποιητή, μόνο μία επιτρέπεται να είναι "1" (να είναι ενεργοποιημένη). Στην έξοδο παράγεται ένας n -bits κωδικός που αντιστοιχεί στην ενεργοποιημένη είσοδο.

5.5 ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να υπολογιστούν οι συναρτήσεις εξόδου του Αποκωδικοποιητή 2×4 .

Ο Πίνακας Αληθείας του Αποκωδικοποιητή 2×4 είναι ο ακόλουθος:

B	A	D0	D1	D2	D3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Επομένως, οι συναρτήσεις εξόδου του Αποκωδικοποιητή 2×4 είναι οι ακόλουθες:

$$D0 = \bar{B} \cdot \bar{A}$$

$$D1 = \bar{B} \cdot A$$

$$D2 = B \cdot \bar{A}$$

$$D3 = B \cdot A$$

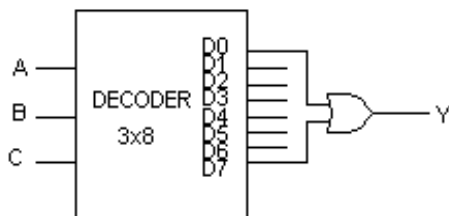
2. Να σχεδιαστεί συνδυαστικό κύκλωμα τριών εισόδων A , B και C και μίας εξόδου Y που είναι "1" όταν όλες οι εισοδοι είναι ίσες μεταξύ τους (όλες "0" ή όλες "1") χρησιμοποιώντας έναν Αποκωδικοποιητή.

Ο Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος είναι:

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Επομένως, η συνάρτηση εξόδου Y του κυκλώματος εκφράζεται ως άθροισμα ελαχίστων όρων: $Y(A,B,C) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$

Το κύκλωμα αποτελείται από έναν Αποκωδικοποιητή 3x8 και μία (1) πύλη OR δύο (2) εισόδων οι οποίες τροφοδοτούνται από τις εξόδους του Αποκωδικοποιητή που αντιστοιχούν στους ελάχιστους όρους που η συνάρτηση παίρνει την τιμή "1" (δηλαδή στον ελάχιστο όρο $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$ και στον ελάχιστο όρο $A \cdot B \cdot C$), όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



3. Να σχεδιαστεί ο Κωδικοποιητής που μετατρέπει τους δεκαδικούς αριθμούς 1-9 σε δυαδικούς.

Ο Πίνακας Αληθείας του Κωδικοποιητή είναι ο ακόλουθος:

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	D4	D3	D2	D1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

Οι συναρτήσεις εξόδου του Κωδικοποιητή είναι οι ακόλουθες:

$$D1=I1+I3+I5+I7+I9$$

$$D2=I2+I3+I6+I7$$

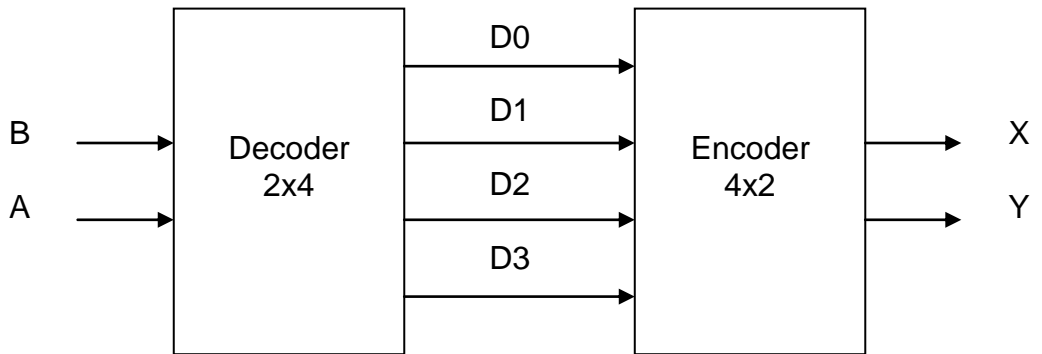
$$D3=I4+I5+I6+I7$$

$$D4=I8+I9$$

Το κύκλωμα του Κωδικοποιητή παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα:

4. Οι έξοδοι ενός Αποκωδικοποιητή 2x4 τροφοδοτούν τις εισόδους ενός Κωδικοποιητή 4x2. Να αποδειχθεί ότι οι έξοδοι του Κωδικοποιητή είναι ίσες με τις εισόδους του Αποκωδικοποιητή.

Ο Κωδικοποιητής (Encoder) 4x2 εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία από αυτήν που εκτελεί ο Αποκωδικοποιητής (Decoder) 2x4. Αυτό είναι ο λόγος που ισχύει ότι οι έξοδοι του κωδικοποιητή είναι ίσες με τις εισόδους του αποκωδικοποιητή οι έξοδοι του οποίου τροφοδοτούν τις εισόδους του κωδικοποιητή. Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζεται ένας αποκωδικοποιητής 2x4 οι έξοδοι του οποίου τροφοδοτούν τις εισόδους ενός κωδικοποιητή 4x2.



Οι συναρτήσεις εξόδου του αποκωδικοποιητή 2x4 είναι οι ακόλουθες:

$$D0 = \bar{B} \cdot \bar{A}$$

$$D1 = \bar{B} \cdot A$$

$$D2 = B \cdot \bar{A}$$

$$D3 = B \cdot A$$

Οι συναρτήσεις εξόδου του κωδικοποιητή 4x2 είναι οι ακόλουθες:

$$X = D2 + D3$$

$$Y = D1 + D3$$

Οι έξοδοι του Αποκωδικοποιητή 2x4 τροφοδοτούν τις εισόδους του Κωδικοποιητή 4x2. Άρα, οι έξοδοι του Κωδικοποιητή υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$X = D2 + D3 = B \cdot \bar{A} + B \cdot A = B$$

$$Y = D1 + D3 = \bar{B} \cdot A + B \cdot A = A$$

Επομένως, οι έξοδοι του κωδικοποιητή είναι ίσες με τις εισόδους του αποκωδικοποιητή.

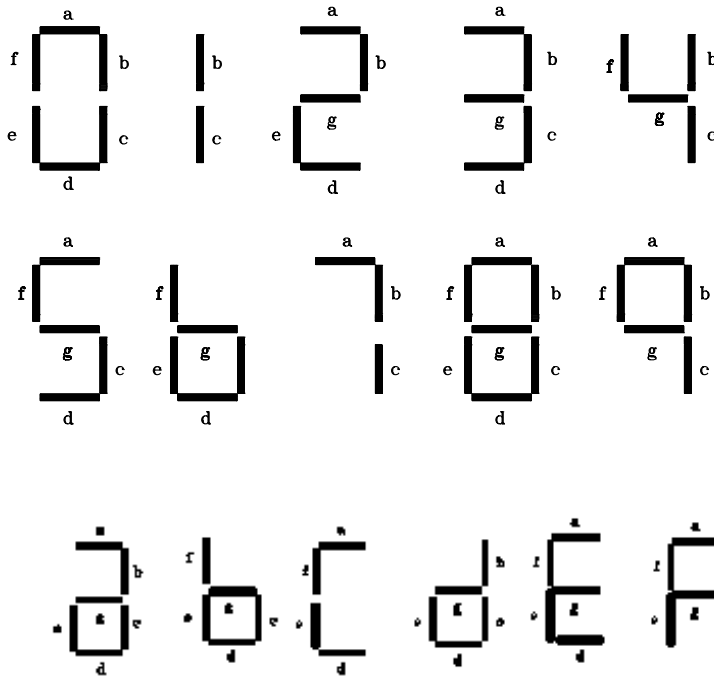
5.6 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ

1. Τι είναι ο αποκωδικοποιητής;
2. Τι είναι ο κωδικοποιητής;
3. Μία λογική συνάρτηση τριών μεταβλητών μπορεί να υλοποιηθεί με μία πύλη OR και έναν αποκωδικοποιητή:
α) 2×4 β) 3×8 γ) 4×16
4. Ποιο από τα παρακάτω είναι σωστό και ποιο είναι λάθος;
 - α. Ο κωδικοποιητής 8×3 έχει τρεις (3) εισόδους.
ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
 - β. Ο κωδικοποιητής 10×4 έχει δέκα (10) εισόδους.
ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
5. Να υλοποιήσετε συνδυαστικό κύκλωμα που αναγνωρίζει αν δύο 2-bits αριθμοί $B=B_2B_1$ και $A=A_2A_1$ είναι ίσοι (δηλαδή αν $B=A$) χρησιμοποιώντας έναν αποκωδικοποιητή και μία πύλη OR.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Εργασία 1.

Ένας αποκωδικοποιητής από δυαδικό 4-bits σε 7 τμήματα έχει τέσσερις εισόδους D, C, B και A και επτά εξόδους a, b, c, d, e, f και g που αντιστοιχούν στα 7 τμήματα ενός ενδείκτη δεκαδικών ψηφίων (display). Αν κάποια έξοδος του αποκωδικοποιητή είναι "1" τότε το αντίστοιχο τμήμα του ενδείκτη ανάβει, ενώ αν είναι "0" τότε το αντίστοιχο τμήμα του ενδείκτη μένει σβηστό. Ο ενδείκτης δείχνει τα δεκαεξαδικά ψηφία 0-F σύμφωνα με το παρακάτω Σχήμα:



Να υπολογίσετε τις συναρτήσεις εξόδου του αποκωδικοποιητή ως αθροίσματα ελαχίστων όρων.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 10

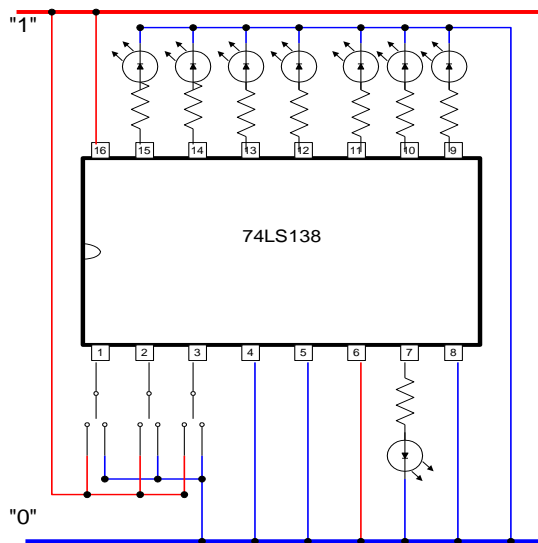
Αποκωδικοποιητές

Στόχοι: Στο τέλος της άσκησης θα πρέπει:

- Να μελετάτε τα φύλλα δεδομένων (data sheets) των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην άσκηση.
- Να σχεδιάζετε και να κατασκευάζετε κυκλώματα με αποκωδικοποιητές.
- Να ελέγχετε τη σωστή λειτουργία των κυκλωμάτων, που σχεδιάσατε και κατασκευάσατε.
- Να σχεδιάζετε και να κατασκευάζετε συνδυαστικά κυκλώματα χρησιμοποιώντας αποκωδικοποιητές.

10.1 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ 3x8

Στο Σχήμα E.10.1.1 παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS138 που μπορεί να λειτουργήσει ως Αποκωδικοποιητής 3x8.



Σχήμα E.10.1.1
Αποκωδικοποιητής 3x8
με το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS138

Εργασία:

1. Να μελετήσετε τα φύλλα δεδομένων του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74LS138. Να δώσετε ιδιαίτερη προσοχή στη λογική κατάσταση ενεργοποίησης των εισόδων-εξόδων: η κατάσταση LOW (λογικό "0") συμβολίζεται με ένα "κυκλάκι" στον αντίστοιχο ακροδέκτη (pin).

2. Να πραγματοποιήσετε το κύκλωμα σε "bread board".

3. Να θέσετε στις εισόδους του αποκωδικοποιητή $C=1$, $B=1$ και $A=1$. Να καταγράψετε τις λογικές καταστάσεις των εξόδων όταν:
 - η είσοδος ενεργοποίησης $G1$ (pin 6) είναι απενεργοποιημένη $G1=0$
 - η είσοδος ενεργοποίησης $G1$ (pin 6) είναι ενεργοποιημένη $G1=1$
 στον Πίνακα E.10.1.1.

Πίνακας E.10.1.1

Η λειτουργία της εισόδου ενεργοποίησης $G1$

G1	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
0	1	1	1								
1	1	1	1								

Να εξηγήσετε τη διαφορά που υπάρχει στις λογικές καταστάσεις των εξόδων.

Όταν μία έξοδος είναι ενεργοποιημένη το αντίστοιχο LED είναι αναμμένο ή σβηστό; Γιατί συμβαίνει αυτό;

4. Να ενεργοποιήσετε όλες τις εισόδους ενεργοποίησης θέτοντας $G1=1$, $G2A=0$ και $G2B=0$. Να δώσετε όλες τις δυνατές λογικές καταστάσεις στις εισόδους C , B και A και παρατηρώντας κάθε φορά την κατάσταση των εξόδων να συμπληρώσετε τον Πίνακα E.10.1.2 που είναι ο Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος.

Πίνακας E.10.1.2

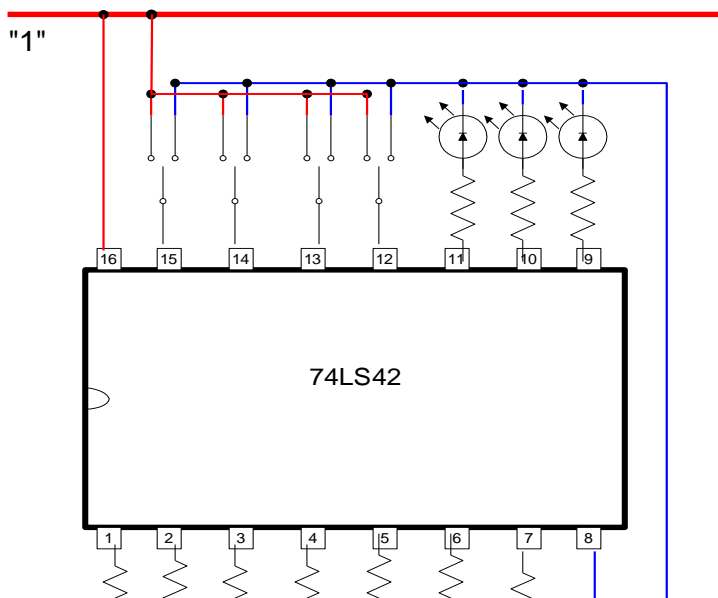
Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος

C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

5. Να ελέγξετε, χρησιμοποιώντας τα φύλλα δεδομένων (data sheets), αν ο αποκωδικοποιητής λειτουργεί σωστά συγκρίνοντας τον παραπάνω πίνακα αληθείας του κυκλώματος με τον πίνακα αληθείας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74LS138. Να διατυπώσετε τα συμπεράσματά σας.

10.2 ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ ΑΠΟ BCD ΣΕ ΔΕΚΑΔΙΚΟ

Στο Σχήμα Ε.10.2.1 παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS42 που είναι Αποκωδικοποιητής από BCD σε δεκαδικό.



Σχήμα Ε.10.2.1

Αποκωδικοποιητής από BCD σε δεκαδικό
με το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS42

Εργασία:

1. Να μελετήσετε τα φύλλα δεδομένων του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74LS42.
2. Να πραγματοποιήσετε το κύκλωμα σε "bread board".
3. Να δώσετε όλες τις δυνατές λογικές καταστάσεις στις εισόδους D, C, B και A και παρατηρώντας κάθε φορά την κατάσταση των εξόδων να συμπληρώσετε τον Πίνακα Ε.10.2.1 που είναι ο Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος.

Πίνακας Ε.10.2.1

Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος

BCD ΕΙΣΟΔΟΙ				ΕΞΟΔΟΙ									
D	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
0	0	0	0										
0	0	0	1										
0	0	1	0										
0	0	1	1										
0	1	0	0										
0	1	0	1										
0	1	1	0										
0	1	1	1										
1	0	0	0										
1	0	0	1										
1	0	1	0										
1	0	1	1										
1	1	0	0										
1	1	0	1										
1	1	1	0										
1	1	1	1										

4. Να ελέγξετε, χρησιμοποιώντας τα φύλλα δεδομένων (data sheets), αν ο αποκωδικοποιητής λειτουργεί σωστά συγκρίνοντας τον παραπάνω πίνακα αληθείας του κυκλώματος με τον πίνακα αληθείας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74LS42.

Ποια είναι η λογική κατάσταση των εξόδων όταν στις εισόδους του αποκωδικοποιητή εφαρμοστεί κωδικός απαγορευμένος για τον BCD κώδικα (από 1010 έως 1111); Να διατυπώσετε τα συμπεράσματά σας.

Εργαστηριακή Άσκηση 11

Κωδικοποιητές

Στόχοι: Στο τέλος της άσκησης θα πρέπει:

- Να μελετάτε τα φύλλα δεδομένων (data sheets) των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην άσκηση.
- Να σχεδιάζετε και να κατασκευάζετε κυκλώματα με κωδικοποιητές.

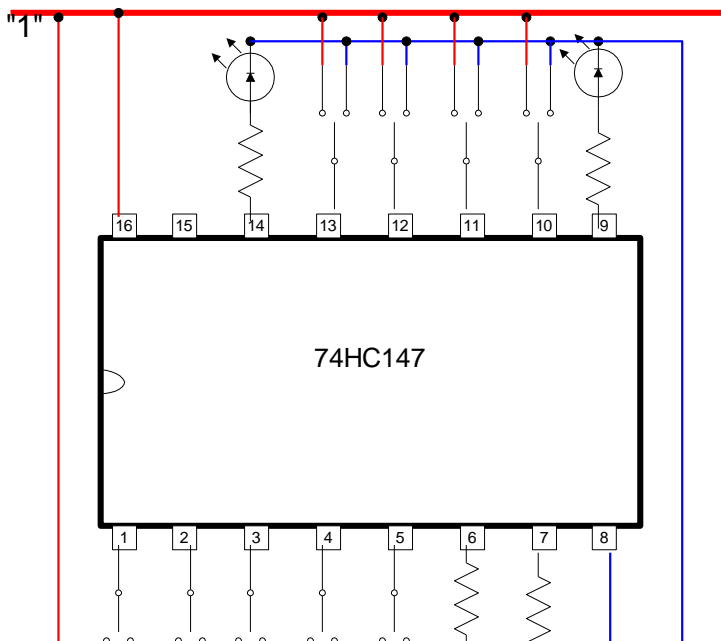
- Να ελέγχετε τη σωστή λειτουργία των κυκλωμάτων, που σχεδιάσατε και κατασκευάσατε.

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΔΕΚΑΔΙΚΟ ΣΕ BCD ΜΕ ΤΟ ΟΚ 74HC147.

Στο Σχήμα E.11.1.1 παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα 74HC147 που είναι Κωδικοποιητής προτεραιότητας από δεκαδικό σε BCD.

Εργασία:

1. Να μελετήσετε τα φύλλα δεδομένων του Ο.Κ. 74HC147. Να προσέξετε τη λογική κατάσταση ενεργοποίησης των εισόδων-εξόδων (η LOW κατάσταση συμβολίζεται με ένα "κυκλάκι" στον αντίστοιχο ακροδέκτη).
2. Να πραγματοποιήσετε το κύκλωμα σε "bread board".



Σχήμα Ε.11.1.1

Κωδικοποιητής προτεραιότητας από δεκαδικό σε BCD με το ΟΚ 74HC147.

3. Να δώσετε όλες τις δυνατές λογικές καταστάσεις στις εισόδους και παρατηρώντας κάθε φορά την κατάσταση των εξόδων να συμπληρώσετε τον Πίνακα Ε.11.1.1 που είναι ο Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος.

Πίνακας Ε.11.1.1

Πίνακας Αληθείας του κυκλώματος

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	D	C	B	A
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
X	X	X	X	X	X	X	X	0				
X	X	X	X	X	X	X	0	1				
X	X	X	X	X	X	0	1	1				
X	X	X	X	X	0	1	1	1				
X	X	X	0	1	1	1	1	1				
X	X	0	1	1	1	1	1	1				
X	0	1	1	1	1	1	1	1				

0	1	1	1	1	1	1	1	1				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

4. Να ελέγξετε, χρησιμοποιώντας τα φύλλα δεδομένων (data sheets), αν ο κωδικοποιητής λειτουργεί σωστά συγκρίνοντας τον παραπάνω πίνακα αληθείας του κυκλώματος με τον πίνακα αληθείας του ολοκληρωμένου κυκλώματος 74HC147.

5. Να ενεργοποιήσετε **ταυτόχρονα** δύο εισόδους. Σε ποια από τις δύο αντιστοιχεί ο κωδικός που εμφανίζεται στις εξόδους; Γιατί συμβαίνει αυτό;

6. Να διατυπώσετε τα συμπεράσματά σας.