

Εργαστήριο

Λογικής Σχεδίασης

Ψηφιακών Συστημάτων

ΜΙΧΑΛΗΣ ΨΑΡΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ I: Γνωριμία με το περιβάλλον του εργαλείου Digital Works.....</i>	<i>1</i>
Σκοπός του Εργαστηρίου.....	3
Απαιτούμενες Γνώσεις.....	3
Εργαστηριακές Ασκήσεις	3
Μέρος 1 ^ο : Χρήση των μηχανισμών εισόδου δεδομένων του Digital Works.....	3
Μέρος 2 ^ο : Χρήση των μηχανισμών εξόδου δεδομένων του Digital Works.....	4
Μέρος 3 ^ο : Χρήση των macros στο Digital Works.....	5
Επιπλέον ασκήσεις.....	6
Χρήσιμη θεωρία.....	6
<i>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ II: Απλοποίηση Συναρτήσεων.....</i>	<i>9</i>
Σκοπός του Εργαστηρίου.....	11
Απαιτούμενες Γνώσεις.....	11
Εργαστηριακές Ασκήσεις	11
Μέρος 1 ^ο : Απλοποίηση συναρτήσεων.....	11
Μέρος 2 ^ο : Γεννήτρια/ελεγκτής bit ισοτιμίας	13
Επιπλέον ασκήσεις.....	15
Χρήσιμη θεωρία.....	16
<i>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ III: Σχεδίαση Συνδυαστικών Κυκλωμάτων.....</i>	<i>17</i>
Σκοπός του Εργαστηρίου.....	19
Απαιτούμενες Γνώσεις.....	19
Εργαστηριακές Ασκήσεις	19
Μέρος 1 ^ο : Σχεδίαση συνδυαστικών κυκλωμάτων	19
Μέρος 2 ^ο : Σχεδίαση αθροιστών/συγκριτών.....	20
Μέρος 3 ^ο : Σχεδίαση με αποκωδικοποιητές και πολυπλέκτες.....	21
Επιπλέον ασκήσεις.....	21
Χρήσιμη θεωρία.....	23
<i>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ IV: Σχεδίαση Σύγχρονων Ακολουθιακών Κυκλωμάτων.....</i>	<i>27</i>
Σκοπός του Εργαστηρίου.....	29
Απαιτούμενες Γνώσεις.....	29
Εργαστηριακές Ασκήσεις	29
Μέρος 1 ^ο : Διαφορετικοί τύποι μανδαλωτών	29
Μέρος 2 ^ο : Σχεδίαση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων.....	30
Μέρος 3 ^ο : Σχεδίαση μετρητών.....	31
Επιπλέον ασκήσεις.....	32
Χρήσιμη θεωρία.....	34
<i>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ V: Σχεδίαση Καταχωρητών, Μετρητών.....</i>	<i>37</i>
Σκοπός του Εργαστηρίου.....	39
Απαιτούμενες Γνώσεις.....	39
Εργαστηριακές Ασκήσεις	39
Μέρος 1 ^ο : Σχεδίαση καταχωρητών	39
Μέρος 2: Σχεδίαση μετρητών.....	40
Επιπλέον ασκήσεις.....	41
Χρήσιμη θεωρία.....	42

<i>Εγχειρίδιο Χρήσης του Digital Works</i>	45
<u>Εισαγωγή</u>	47
<u>Η μπάρα εργαλείων του Digital Works</u>	47
<u>Αρχείο</u>	47
<u>Αντικείμενα Λογικής Σχεδίασης</u>	47
<u>Μηχανισμοί Εισόδου Δεδομένων</u>	48
<u>Μηχανισμοί Εξόδου Δεδομένων</u>	48
<u>Επιπρόσθετα</u>	48
<u>Αντικείμενα Ελέγχου</u>	48
<u>Προσθήκη αντικειμένων</u>	49
<u>Διαγραφή αντικειμένων</u>	49
<u>Μηχανισμοί εισόδου δεδομένων</u>	49
<u>Ρολόι (clock)</u>	49
<u>Γεννήτρια δυαδικής ακολουθίας (sequence generator)</u>	49
<u>Διακόπτης (switch)</u>	50
<u>Διαδραστική είσοδο (interactive input)</u>	50
<u>Τροφοδοσία ισχύος (power supply)</u>	50
<u>Παράδειγμα χρήσης</u>	51
<u>Μηχανισμοί εξόδου δεδομένων</u>	54
<u>Ενδεικτική λυχνία (Light Emitting Diode, LED)</u>	54
<u>Ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων (7-Segment LED)</u>	54
<u>Συσκευή αριθμητικής εξόδου (Numeric Output Device)</u>	54
<u>Σύνδεση μεταξύ αντικειμένων</u>	55
<u>Ένωση ψηφιακών αντικειμένων</u>	55
<u>Ένωση μεταξύ δύο συνδέσεων (wires)</u>	56
<u>Προσομοιώνοντας το κύκλωμα</u>	56
<u>Χρήση του Logic History Window</u>	57
<u>Macros</u>	57
<u>Τι είναι τα macros;</u>	57
<u>Κατασκευάζοντας ένα Macro</u>	57
<u>Αποθήκευση του Macro στο Parts Centre</u>	59
<u>Διάφορες συμβουλές</u>	60

**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εργαστήριο Ι:
Γνωριμία με το περιβάλλον του
Εργαλείου Digital Works**

**Εργαστήριο
I****Γνωριμία με το Περιβάλλον του Εργαλείου
Digital Works****Σκοπός του Εργαστηρίου**

Σκοπός του 1^{ου} εργαστηρίου είναι η εξοικείωση των φοιτητών με το περιβάλλον του εργαλείου σχεδίασης ψηφιακών κυκλωμάτων Digital Works. Το Digital Works είναι ένα γραφικό εργαλείο που επιτρέπει τη σχεδίαση και προσομοίωση ψηφιακών κυκλωμάτων. Οι ασκήσεις του 1^{ου} εργαστηρίου θα βοηθήσουν στην κατανόηση της χρήσης του Digital Works και των δυνατοτήτων που παρέχει στη σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων.

Απαιτούμενες Γνώσεις

Δυαδικοί κώδικες

Λογικές Πύλες

Εγχειρίδιο χρήσης του Digital Works (Φυλλάδιο Εργαστηρίου)

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Οι ασκήσεις του 1^{ου} εργαστηρίου χωρίζονται σε τρία μέρη:

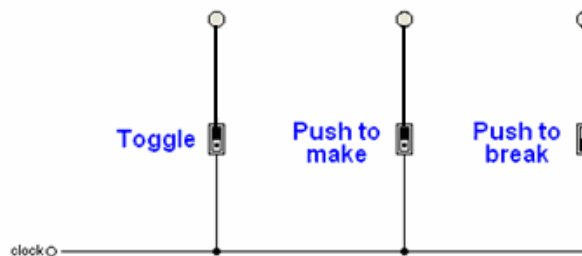
1. Ασκήσεις που αφορούν τους μηχανισμούς εισόδου δεδομένων του Digital Works
2. Ασκήσεις που αφορούν τους μηχανισμούς εξόδου δεδομένων του Digital Works
3. Ασκήσεις που αφορούν τη δημιουργία macros στο Digital Works

Μέρος 1^ο: Χρήση των μηχανισμών εισόδου δεδομένων του Digital Works**Άσκηση 1.1**

Εισάγετε μία πηγή χρονισμού (ρολόι) στο χώρο εργασίας (workspace) του Digital Works. Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε στο Logic History Window την κυματομορφή που παράγει το ρολόι. Πειραματιστείτε με τα πλήκτρα ελέγχου της προσομοίωσης: run, stop, pause, step. Πειραματιστείτε επιλέγοντας διαφορετική συχνότητα ρολογιού, π.χ. 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz.

Άσκηση 1.2

Υλοποιήστε στο Digital Works το παρακάτω κύκλωμα.



Σχήμα I.1: Παράδειγμα χρήσης διακοπών

Ρυθμίστε τον κάθε διακόπτη (switch) σύμφωνα με το παραπάνω Σχήμα (το είδος που αναγράφεται δίπλα στον κάθε διακόπτη). Στη συνέχεια, προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις τρεις εξόδους του κυκλώματος με τη χρήση των ενδεικτικών λυχνιών (LEDs). Πειραματιστείτε με τη λειτουργία των διακοπών.

Άσκηση 1.3

Εισάγετε στο χώρο εργασίας του Digital Works τη λογική πύλη NOT και επαληθεύστε τη συνάρτηση της πύλης. Για την προσομοίωση του κυκλώματος, χρησιμοποιείτε μία διαδραστική συσκευή εισόδου (interactive input device) για να οδηγήσετε την είσοδο της πύλης και μία ενδεικτική λυχνία (LED) για να παρατηρήσετε την έξοδό της.

Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για τις λογικές πύλες AND και OR. Για την οδήγηση των εισόδων των λογικών πυλών AND και OR θα χρειαστείτε δύο διαδραστικές συσκευές εισόδου.

Άσκηση 1.4

Επαληθεύστε με τη βοήθεια του Digital Works τους πίνακες αληθείας των λογικών πυλών NAND και NOR. Χρησιμοποιείτε διαδραστικές συσκευές εισόδου (interactive inputs) για να οδηγήσετε τις εισόδους των πυλών και ενδεικτική λυχνία (LED) για να παρατηρήσετε την έξοδό τους. (Σημείωση: Στην ενότητα Χρήσιμη Θεωρία μπορείτε να βρείτε τις λογικές εξισώσεις και τους πίνακες αληθείας των πυλών).

Άσκηση 1.5

Με την χρήση τεσσάρων γεννητριών δυαδικής ακολουθίας (sequence generators) παράγετε τον κώδικα Gray 4-ψηφίων. Η διαφοροποίηση του κώδικα Gray, ως προς τους απλούς δυαδικούς αριθμούς, είναι ότι οι αριθμοί του κώδικα Gray μεταβάλλονται κατά ένα μόνο bit κάθε φορά που αυξάνουν κατά 1. (Σημείωση: στην ενότητα Χρήσιμη Θεωρία μπορείτε να βρείτε τον κώδικα Gray).

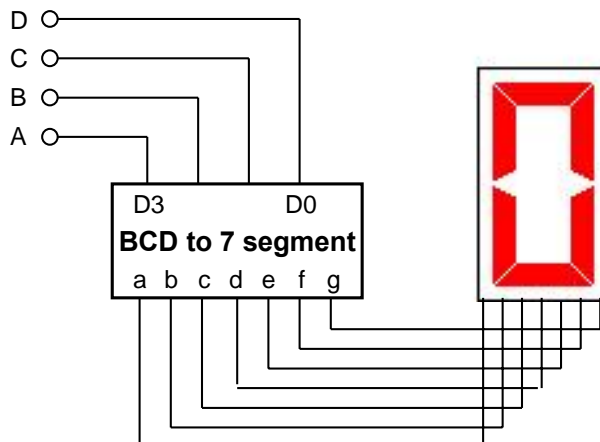
Προσομοιώστε το κύκλωμα και επιβεβαιώστε την παραγωγή του κώδικα Gray με τη χρήση του Logic History Window.

Μέρος 2^ο: Χρήση των μηχανισμών εξόδου δεδομένων του Digital Works

Άσκηση 2.1

Με τη χρήση τεσσάρων γεννητριών δυαδικής ακολουθίας (🔲) παράγετε τον κώδικα BCD 4-ψηφίων. Ο κώδικας BCD περιέχει όλους τους αριθμούς από το 0 ως το 9.

Συνδέστε τις γεννήτριες σε μία ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων (7-segment LED) μέσω ενός αποκωδικοποιητή BCD-to-7-segment, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. Ο αποκωδικοποιητής BCD-to-7-segment δέχεται σαν είσοδο έναν αριθμό BCD και παράγει τον αντίστοιχο κώδικα για την ενεργοποίηση των 7 τμημάτων του 7-segment LED.



Σχήμα Ι.2: Παράδειγμα χρήσης της ενδεικτικής λυχνίας 7-τμημάτων

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις ενδείξεις του 7-segment LED.

Αλλάξτε την επιλογή Common του 7-segment LED από cathode σε anode (βλέπε Εγχειρίδιο Χρήσης του Digital Works). Προσομοιώστε πάλι το κύκλωμα και εξηγήστε τις ενδείξεις του 7-segment LED.

Άσκηση 2.2

Συνδέστε τη γεννήτρια του κώδικα BCD 4-ψηφίων από την προηγούμενη άσκηση σε μία συσκευή αριθμητικής εξόδου (Numeric output device). Επιλέξτε τη δυαδική μορφή απεικόνισης της συσκευής.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις ενδείξεις της συσκευής αριθμητικής εξόδου. Επαναλάβετε την προσομοίωση επιλέγοντας τη δεκαεξαδική και τη δεκαδική απεικόνιση.

Άσκηση 2.3

Φορτώστε το κύκλωμα 'Numeric Output Example.dwm' (κατεβάστε το αρχείο από την ιστοσελίδα του μαθήματος). Το κύκλωμα περιλαμβάνει ένα δυαδικό μετρητή (binary counter) 4-ψηφίων οι έξοδοι του οποίου (Q3...Q0) συνδέονται σε τέσσερις συσκευές αριθμητικής εξόδου.

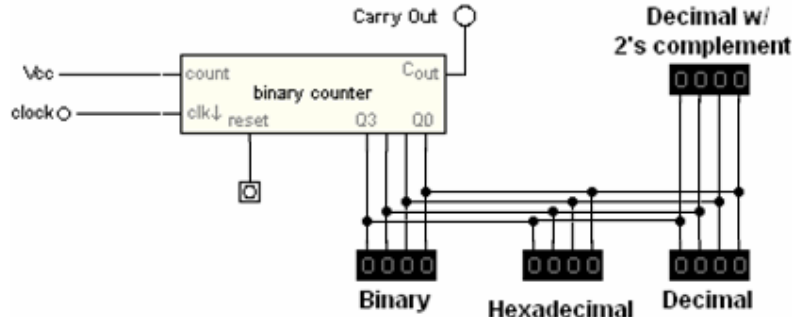
Οι έξοδοι του μετρητή ανανεώνονται με την αρνητική ακμή του ρολογιού. Ο δυαδικός μετρητής 4-ψηφίων μετράει από το 0 ως το 15 (μετά την τιμή 15 ο μετρητής ξαναρχίζει από την τιμή 0). Η λειτουργία μέτρησης του δυαδικού μετρητή επιτρέπεται μόνο εάν η είσοδος ελέγχου count του μετρητή έχει την τιμή '1' (η είσοδος ελέγχου count συνδέεται με την τάση - Vcc).

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση των τεσσάρων συσκευών αριθμητικής εξόδου.

Πότε ενεργοποιείται η έξοδος Carry Out του δυαδικού μετρητή;

Δώστε την τιμή '1' στην είσοδο ελέγχου reset του μετρητή. Τι παρατηρείτε;

Συνδέστε την είσοδο ελέγχου count του μετρητή στη γείωση (ground). Τι παρατηρείτε;

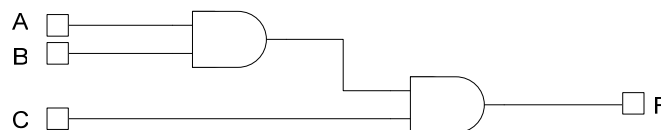


Σχήμα 1.3: Παράδειγμα χρήσης συσκευών αριθμητικής εξόδου

Μέρος 3^ο: Χρήση των macros στο Digital Works

Άσκηση 3.1

Υλοποιήστε στο Digital Works το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 1.4: Συνάρτηση AND 3-εισόδων

Το κύκλωμα υλοποιεί τη συνάρτηση AND 3-εισόδων. Προσομοιώστε το κύκλωμα και κατασκευάστε τον πίνακα αληθείας της συνάρτησης.

Δημιουργείτε ένα macro για την συνάρτηση AND 3-εισόδων. Αφού ολοκληρώσετε τη δημιουργία του macro, αποθηκεύστε το ώστε στη συνέχεια του εργαστηρίου να χρησιμοποιηθεί σαν έτοιμο μπλοκ.

Άσκηση 3.2

Υλοποιείτε στο Digital Works μία συνάρτηση AND 6-εισόδων. Για την υλοποίηση της συνάρτησης, χρησιμοποιείτε το macro της Άσκησης I.3.1 και μία επιπλέον λογική πύλη AND 2-εισόδων.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επαληθεύσετε την ορθή λειτουργία της συνάρτησης.

Επιπλέον ασκήσεις

Άσκηση 4.1

Επαληθεύστε με τη βοήθεια του Digital Works τον πίνακα αληθείας των λογικών πυλών XOR και XNOR δύο εισόδων.

Άσκηση 4.2

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα macro για την συνάρτηση OR 4-εισόδων. Προσομοιώστε το κύκλωμα και κατασκευάστε τον πίνακα αληθείας της συνάρτησης.

Άσκηση 4.3

Υλοποιείτε στο Digital Works μία συνάρτηση OR 8-εισόδων. Για την υλοποίηση της συνάρτησης, χρησιμοποιείτε το macro της Άσκησης I.4.2 και μία επιπλέον λογική πύλη OR 2-εισόδων.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επαληθεύσετε την ορθή λειτουργία της συνάρτησης.

Άσκηση 4.4

Με την χρήση τεσσάρων γεννητριών δυαδικής ακολουθίας παράγεται τον κώδικα Excess-3.

Χρήσιμη θεωρία



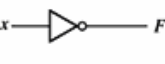

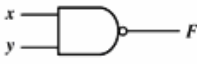



Δυαδικοί κώδικες για τα δεκαδικά ψηφία

Δεκαδικό Ψηφίο	BCD 8 4 2 1	Excess-3	8 4 -2 -1	2 4 2 1
0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 1 1 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 1 0 1	0 1 1 0	0 0 1 0
3	0 0 1 1	0 1 1 0	0 1 0 1	0 0 1 1
4	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0
5	0 1 0 1	1 0 0 0	1 0 1 1	1 0 1 1
6	0 1 1 0	1 0 0 1	1 0 1 0	1 1 0 0
7	0 1 1 1	1 0 1 0	1 0 0 1	1 1 0 1
8	1 0 0 0	1 0 1 1	1 0 0 0	1 1 1 0
9	1 0 0 1	1 1 0 0	1 1 1 1	1 1 1 1

Κώδικας Gray τεσσάρων ψηφίων

Κώδικας Gray	Ισοδύναμος δυαδικός	Ισοδύναμος δεκαδικός
0000	0000	0
0001	0001	1
0011	0010	2
0010	0011	3
0110	0100	4
0111	0101	5
0101	0110	6
0100	0111	7
1100	1000	8
1101	1001	9
1111	1010	10
1110	1011	11
1010	1100	12
1011	1101	13
1001	1110	14
1000	1111	15

Ψηφιακές λογικές πύλες

Όνομα	Σύμβολο	Αλγεβρική Συνάρτηση	Πίνακας Αληθείας															
AND		$F = xy$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		$F = x + y$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
Inverter		$F = x'$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	1	1	0									
x	F																	
0	1																	
1	0																	
Buffer		$F = x$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	0	1	1									
x	F																	
0	0																	
1	1																	
NAND		$F = (xy)'$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOR		$F = (x + y)'$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																
Exclusive-OR (XOR)		$F = xy' + x'y$ $= x \oplus y$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
Exclusive-NOR or equivalence		$F = xy + x'y'$ $= (x \oplus y)'$	<table border="1"> <thead> <tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																

**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εργαστήριο ΙΙ:
Απλοποίηση Συναρτήσεων**

**Εργαστήριο
II****Απλοποίηση Συναρτήσεων****Σκοπός του Εργαστηρίου**

Σκοπός του 2^{ου} εργαστηρίου είναι η εξοικείωση των φοιτητών με τη χρήση των μεθόδων απλοποίησης των συναρτήσεων Boole στη σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων. Θα εκτελεστεί μία σειρά ασκήσεων για την υλοποίηση & προσομοίωση λογικών συναρτήσεων στο Digital Works, οι οποίες θα πρέπει προηγουμένως να απλοποιηθούν με τη μέθοδο του χάρτη Karnaugh. Επίσης, θα εκτελεστεί ένα παράδειγμα σχεδίασης ενός ψηφιακού κυκλώματος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση σφαλμάτων κατά την μετάδοση ψηφιακών μηνυμάτων.

Απαιτούμενες Γνώσεις

Μέθοδος του Χάρτη Karnaugh

Συνθήκες αδιαφορίας

Υλοποίηση με πύλες OXI-KAI και OYTE

Bit ισοτιμίας

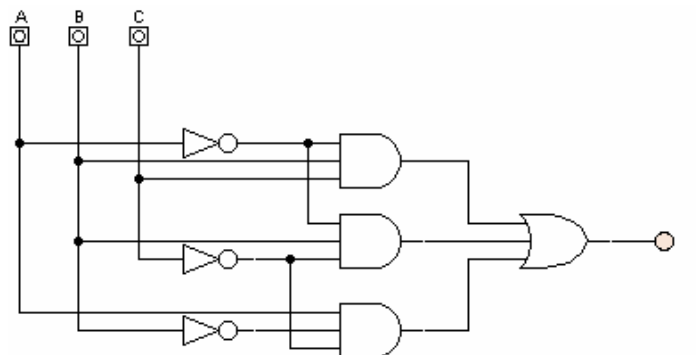
Εργαστηριακές Ασκήσεις

Οι ασκήσεις του 2^{ου} εργαστηρίου χωρίζονται σε δύο μέρη:

1. Ασκήσεις που αφορούν τις μεθόδους απλοποίησης των συναρτήσεων Boole
2. Παράδειγμα σχεδιασμού ενός ψηφιακού κυκλώματος (γεννήτρια/ελεγκτής bit ισοτιμίας)

Μέρος 1^ο: Απλοποίηση συναρτήσεων**Άσκηση 1.1**

Υλοποιήστε στο Digital Works το κύκλωμα του παρακάτω Σχήματος.



Σχήμα Π.1: Κύκλωμα της Άσκησης 1.1

Βρείτε πειραματικά τον πίνακα αληθείας της συνάρτησης F προσομοιώνοντας το κύκλωμα.

A	B	C	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Απλοποιείστε τη συνάρτηση με τη μέθοδο του χάρτη Karnaugh.

		BC				
		00	01	11	10	
A	0					F =
	1					

Υλοποιείστε στον ίδιο χώρο εργασίας και το απλοποιημένο κύκλωμα. Προσομοιώστε και τα δύο κυκλώματα, εφαρμόζοντάς τους κοινές εισόδους και παρατηρώντας τις δύο εξόδους. Εφαρμόστε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς εισόδων και αποδείξτε ότι το απλοποιημένο κύκλωμα υλοποιεί την ίδια συνάρτηση με το αρχικό κύκλωμα.

Σας δίνεται η πληροφορία ότι οι εισοδοί του κυκλώματος A και C δεν πρόκειται να λάβουν ταυτόχρονα την τιμή 1 (δηλαδή οι συνδυασμοί εισόδων (A,B,C) = (1,0,1) και (1,1,1) δεν εφαρμόζονται στο κύκλωμα). Βρείτε μία απλοποιημένη έκφραση του κυκλώματος χρησιμοποιώντας τις συνθήκες αδιαφορίας.

		BC				
		00	01	11	10	
A	0					F =
	1		X	X		

Υλοποιείστε στον ίδιο χώρο εργασίας και το νέο κύκλωμα. Εφαρμόστε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς εισόδων (τους έξι από τους οκτώ συνδυασμούς που είναι πιθανό να εμφανιστούν στις εισόδους του κυκλώματος) και αποδείξτε ότι και τα τρία κυκλώματα παράγουν την ίδια έξοδο.

Άσκηση 1.2

Θεωρείστε τις ακόλουθες συναρτήσεις Boole:

$$F_1(A, B, C, D) = \sum(0,1,4,5,7,8,10,15)$$

$$F_2(A, B, C, D) = \sum(3,5,7,8,10,11,13,15)$$

Απλοποιείστε τις συναρτήσεις σε άθροισμα γινομένων χρησιμοποιώντας χάρτες τεσσάρων μεταβλητών.

		CD				
		00	01	11	10	
AB	00					F1 =
	01					
	11					
	10					

		CD				
		00	01	11	10	
AB	00					F2 =
	01					
	11					
	10					

Σχεδιάστε στο Digital Works ένα κύκλωμα τεσσάρων εισόδων A, B, C, και D και δύο εξόδων F_1 και F_2 που να υλοποιεί και τις 2 συναρτήσεις. Χρησιμοποιείστε τον ελάχιστο αριθμό πυλών (π.χ. εάν κάποιος όρος χρειάζεται και στις δύο συναρτήσεις αρκεί να τον υλοποιήσετε μόνο μία φορά).

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε ότι ο πίνακας αληθείας των συναρτήσεων συμφωνεί με τους ελαχιστόρους των F_1 και F_2 .

Άσκηση 1.3

Θεωρείστε τη συνάρτηση Boole:

$$F = A'D + BD + B'C + AB'D$$

Κατασκευάστε το χάρτη της συνάρτησης. Απλοποιείστε τη συνάρτηση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του χάρτη.

	CD				
AB	00	01	11	10	
00					F =
01					
11					
10					

Συνδυάστε τα μηδενικά στον χάρτη για να βρείτε την απλοποιημένη μορφή της συνάρτησης F' .

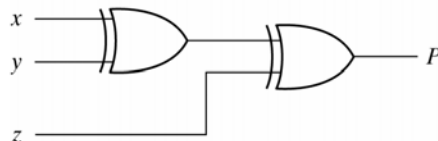
	CD				
AB	00	01	11	10	
00					F' =
01					
11					
10					

Υλοποιείστε στον ίδιο χώρο εργασίας του Digital Works και τις δύο συναρτήσεις χρησιμοποιώντας μόνο πύλες ΟΧΙ-ΚΑΙ και κοινές εισόδους. Συνδέστε τις εξόδους F και F' σε διαφορετικές ενδεικτικές λυχνίες. Προσομοιώστε το κύκλωμα και αποδείξτε ότι η έξοδος F' είναι το συμπλήρωμα της εξόδου F.

Μέρος 2^ο: Γεννήτρια/ελεγκτής bit ισοτιμίας

Άσκηση 2.1

Υλοποιείστε στο Digital Works το παρακάτω κύκλωμα:



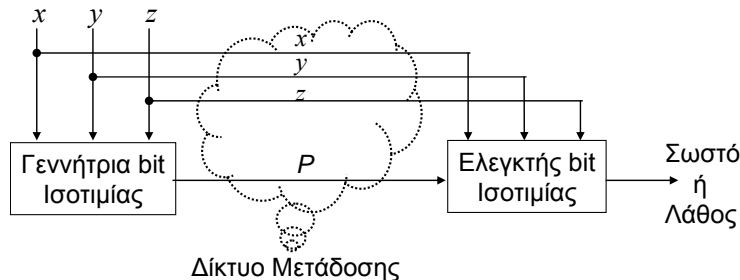
Σχήμα Π.2: Γεννήτρια bit άρτιας ισοτιμίας

Το κύκλωμα υλοποιεί μία γεννήτρια του bit άρτιας ισοτιμίας ενός μηνύματος 3-ψηφίων. Το bit ισοτιμίας χρησιμοποιείται ως μέθοδος ανίχνευσης σφαλμάτων κατά τη μετάδοση μηνυμάτων. Το bit άρτιας ισοτιμίας επιλέγεται έτσι ώστε ο συνολικός αριθμός των '1' στα ψηφία του μηνύματος και στο ψηφίο της ισοτιμίας να είναι άρτιος.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επιβεβαιώσετε την ορθή λειτουργία του. Για την προσομοίωση του κυκλώματος χρησιμοποιείτε τρεις γεννήτριες δυαδικής ακολουθίας που θα παράγουν όλα τα 8 διαφορετικά μηνύματα.

Άσκηση 2.2

Θεωρίστε το δίκτυο μετάδοσης μηνυμάτων του παρακάτω Σχήματος.

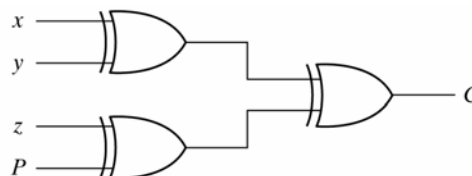


Σχήμα Π.3: Δίκτυο μετάδοσης μηνυμάτων με bit ισοτιμίας

Το δίκτυο χρησιμοποιείται για τη μετάδοση μηνυμάτων των 3-ψηφίων. Κατά τη μετάδοση του μηνύματος μέσω του δικτύου είναι πιθανόν να εισαχθούν σφάλματα και το μήνυμα να φτάσει λανθασμένο στον παραλήπτη. Για την ανίχνευση τέτοιων σφαλμάτων από το δίκτυο χρησιμοποιείται το bit ισοτιμίας.

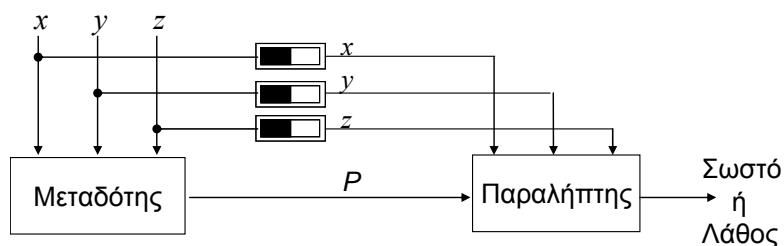
Ο μεταδότης του δικτύου (transmitter) χρησιμοποιεί μία γεννήτρια για την παραγωγή του bit ισοτιμίας P . Το μήνυμα των 3-ψηφίων μαζί με το bit ισοτιμίας μεταδίδεται μέσα από το δίκτυο. Ο δέκτης του δικτύου (receiver) χρησιμοποιεί έναν ελεγκτή bit ισοτιμίας για να ανιχνεύσει την ύπαρξη σφαλμάτων κατά τη μετάδοση του μηνύματος.

Ας υποθέσουμε ότι το δίκτυο μετάδοσης της άσκησης χρησιμοποιεί bit άρτιας ισοτιμίας ενός μηνύματος 3-ψηφίων. Ο ελεγκτής bit άρτιας ισοτιμίας ενός μηνύματος 3-ψηφίων (χρησιμοποιείται στο δέκτη του δικτύου) φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. Η έξοδος C του ελεγκτή υποδηλώνει εάν το μήνυμα έχει ληφθεί σωστά ή λανθασμένα.



Σχήμα Π.4: Ελεγκτής bit άρτιας ισοτιμίας

Υλοποιείτε στο Digital Works το μεταδότη και το δέκτη του δικτύου και εξομοιώστε το δίκτυο μετάδοσης με την χρήση τεσσάρων διακοπών (switches) τύπου toggle όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα (τοποθετήστε τους διακόπτες σε κατάσταση on). Χρησιμοποιείτε γεννήτριες δυαδικής ακολουθίας για να παράγετε τα μηνύματα 3-ψηφίων. Παρατηρήστε την έξοδο ανίχνευσης σφάλματος του δέκτη.



Σχήμα Π.5: Εξομοίωση του δικτύου μετάδοσης μηνυμάτων με bit ισοτιμίας

Εισάγετε ένα τεχνητό λάθος κατά τη μετάδοση μέσω του δικτύου σε ένα από τα τρία ψηφία του μηνύματος (π.χ. τοποθετήστε τον διακόπτη του ψηφίου z σε κατάσταση off). Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε την έξοδο ανίχνευσης σφάλματος του δέκτη.

Εισάγετε τεχνητό λάθος σε δύο από τα τρία ψηφία του μηνύματος. Τι παρατηρείτε;

Επιπλέον ασκήσεις

Άσκηση 3.1

Θεωρείστε τις ακόλουθες συναρτήσεις Boole:

$$F_1(A, B, C, D) = \sum(0,2,3,5,7,8,10,11,14,15)$$

$$F_2(A, B, C, D) = \sum(1,3,4,5,10,11,12,13,14,15)$$

Απλοποιήστε τις συναρτήσεις σε άθροισμα γινομένων χρησιμοποιώντας χάρτες τεσσάρων μεταβλητών.

Σχεδιάστε στο Digital Works ένα κύκλωμα τεσσάρων εισόδων A, B, C, και D και δύο εξόδων F₁ και F₂ που να υλοποιεί και τις 2 συναρτήσεις. Χρησιμοποιήστε τον ελάχιστο αριθμό πυλών.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε ότι ο πίνακας αληθείας των συναρτήσεων συμφωνεί με τους ελαχιστόρους των F₁ και F₂.

Άσκηση 3.2

Απλοποιήστε τη συνάρτηση Boole F, μαζί με τις συνθήκες αδιαφορίας d σε άθροισμα γινομένων χρησιμοποιώντας χάρτες τεσσάρων μεταβλητών.

$$F(A, B, C, D) = \sum(0,1,2,9,11)$$

$$d(A, B, C, D) = \sum(8,10,14,15)$$

Υλοποιήστε στο Digital Works τη συνάρτηση F και επαληθεύστε πειραματικά τον πίνακα αληθείας της συνάρτησης.

Άσκηση 3.3

Υλοποιήστε στο Digital Works ένα κύκλωμα για τον υπολογισμό του bit άρτιας ισοτιμίας ενός μηνύματος 4-bits.

Άσκηση 3.4

Υλοποιήστε στο Digital Works ένα κύκλωμα για τον υπολογισμό του bit περιττής ισοτιμίας ενός μηνύματος 4-bits.

Άσκηση 3.5

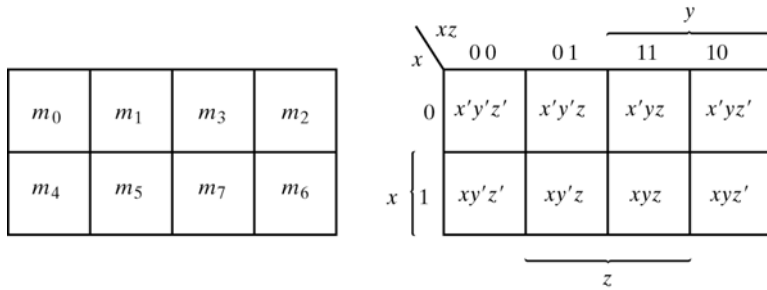
Συνδυάστε τα κυκλώματα των Ασκήσεων 3.3 και 3.4 ώστε να υλοποιήσετε ένα κύκλωμα για τον υπολογισμό του bit άρτιας/περιττής ισοτιμίας ενός μηνύματος 4-bits. Το κύκλωμα θα έχει μία επιπλέον είσοδο 'Sel' η οποία θα επιλέγει το είδος της ισοτιμίας. Όταν η είσοδος 'Sel' έχει την τιμή '0' τότε το κύκλωμα θα υπολογίζει την άρτια ισοτιμία ενώ όταν έχει την τιμή '1' τότε το κύκλωμα θα υπολογίζει την περιττή ισοτιμία.

Άσκηση 3.6

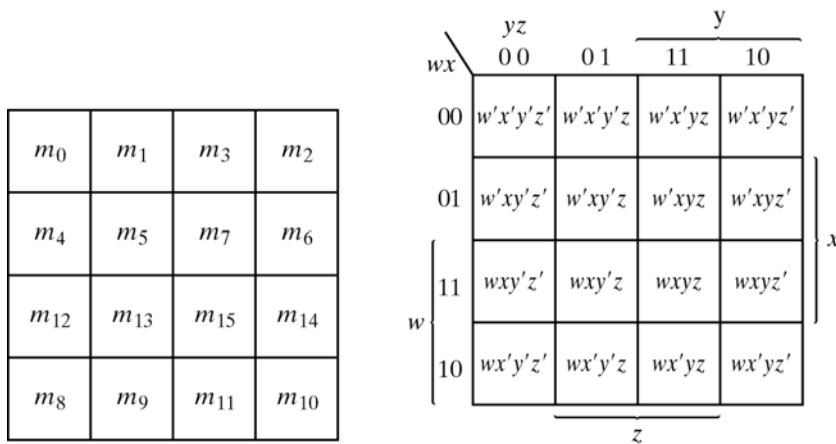
Με την χρήση τεσσάρων γεννητριών δυαδικής ακολουθίας παράγεται τον κώδικα Excess-3. Υπολογίστε το bit άρτιας/περιττής ισοτιμίας για κάθε κωδική λέξη του κώδικα χρησιμοποιώντας το κύκλωμα της Άσκησης 3.5.

Χρήσιμη θεωρία

Χάρτης Karnaugh 3 μεταβλητών



Χάρτης Karnaugh 4 μεταβλητών



Bit ισοτιμίας μηνύματος 4-ψηφίων

Μήνυμα	Περιττή Ισοτιμία	Άρτια Ισοτιμία
0000	1	0
0001	0	1
0010	0	1
0011	1	0
0100	0	1
0101	1	0
0110	1	0
0111	0	1
1000	0	1
1001	1	0
1010	1	0
1011	0	1
1100	1	0
1101	0	1
1110	0	1
1111	1	0

**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εργαστήριο ΙΙΙ:
Σχεδίαση
Συνδυαστικών Κυκλωμάτων**



Σχεδίαση Συνδυαστικών Κυκλωμάτων

Σκοπός του Εργαστηρίου

Σκοπός του 3^{ου} εργαστηρίου είναι η εξάσκηση των φοιτητών στη σχεδίαση και ανάλυση συνδυαστικών κυκλωμάτων. Θα εκτελεστούν μία σειρά παραδειγμάτων σχεδίασης συνδυαστικών κυκλωμάτων τα οποία θα υλοποιηθούν και προσομοιωθούν στο Digital Works. Θα υλοποιηθούν κυκλώματα που εκτελούν παράλληλη πρόσθεση και σύγκριση δυαδικών αριθμών. Ακόμα, θα σχεδιαστούν συνδυαστικά κυκλώματα με τη χρήση αποκωδικοποιητών και πολυπλεκτών.

Απαιτούμενες Γνώσεις

Μεθοδολογία σχεδίασης συνδυαστικών κυκλωμάτων

Αθροιστές/αφαιρέτες

Συγκριτές μεγέθους

Αποκωδικοποιητές/ Κωδικοποιητές

Πολυπλέκτες

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Οι ασκήσεις του 3^{ου} εργαστηρίου χωρίζονται σε τρία μέρη:

1. Ασκήσεις που αφορούν τη μεθοδολογία σχεδίασης συνδυαστικών κυκλωμάτων.
2. Ασκήσεις που αφορούν τη σχεδίαση παράλληλων αθροιστών και συγκριτών δυαδικών αριθμών.
3. Ασκήσεις που αφορούν τη μεθοδολογία σχεδίασης συνδυαστικών κυκλωμάτων με τη χρήση αποκωδικοποιητών και πολυπλεκτών.

Μέρος 1^ο: Σχεδίαση συνδυαστικών κυκλωμάτων

Άσκηση 1.1

Σχεδιάστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα με τρεις εισόδους x , y και z και τρεις εξόδους A , B και C . Όταν η δυαδική τιμή της εισόδου είναι 0, 1, 2 ή 3, η δυαδική τιμή της εξόδου είναι κατά ένα μεγαλύτερη της εισόδου. Ενώ όταν η δυαδική τιμή της εισόδου είναι 4, 5, 6 ή 7, η δυαδική τιμή της εξόδου είναι κατά ένα μικρότερη της εισόδου.

Κατασκευάστε τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος.

x	y	z	A	B	C
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

Απλοποιήστε τις συναρτήσεις των εξόδων του κυκλώματος με τη μέθοδο του χάρτη.

		yz				
	x	00	01	11	10	
	0					A =
	1					

		yz				
	x	00	01	11	10	
	0					B =
	1					

		yz				
	x	00	01	11	10	
	0					C =
	1					

Υλοποιήστε το κύκλωμα στο Digital Works.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επιβεβαιώσετε την ορθή λειτουργία του. Χρησιμοποιήστε δύο συσκευές αριθμητικής εξόδου για να ελέγξετε τη λειτουργία του κυκλώματος: μία συσκευή συνδεδεμένη στις εισόδους του κυκλώματος και μία συσκευή συνδεδεμένη στις εξόδους του κυκλώματος. Επιλέξτε τη δεκαδική μορφή απεικόνισης των αριθμητικών συσκευών. (Σημείωση: συνδέστε το περισσότερο σημαντικό ψηφίο των αριθμητικών συσκευών που δεν χρησιμοποιείται στο '0').

Μέρος 2^ο: Σχεδίαση αθροιστών/συγκριτών

Άσκηση 2.1

Σχεδιάστε στο Digital Works τα κυκλώματα του ημιαθροιστή και του πλήρους αθροιστή. Τα κυκλώματα του ημιαθροιστή και του πλήρους αθροιστή παρατίθενται στην ενότητα Χρήσιμη Θεωρία.

Προσομοιώστε τα παραπάνω κυκλώματα και επαληθεύστε τους πίνακες αληθείας τους.

Άσκηση 2.2

Σχεδιάστε στο Digital Works έναν παράλληλο δυαδικό αθροιστή 4-ψηφίων. Για τη σχεδίαση του παράλληλου δυαδικού αθροιστή χρησιμοποιήστε το macro "Binary Full Adder" του Digital Works. Το κύκλωμα του παράλληλου δυαδικού αθροιστή 4-ψηφίων παρατίθεται στην ενότητα Χρήσιμη Θεωρία.

Προσομοιώστε το κύκλωμα για να ελέγξετε την ορθή του λειτουργία.

Σημείωση: για να επιβεβαιώσετε τη λειτουργία του αθροιστή χρησιμοποιήστε τρεις αριθμητικές συσκευές εξόδου, μία για κάθε είσοδο 4-ψηφίων του αθροιστή και μία για την έξοδό του.

Άσκηση 2.3

Σχεδιάστε και υλοποιήστε στο Digital Works ένα κύκλωμα που συγκρίνει δύο δυαδικούς αριθμούς των 4 bits $A=a_3a_2a_1a_0$ και $B=b_3b_2b_1b_0$ για αριθμητική ισότητα. Οι αριθμοί είναι προσημασμένοι σε συμπλήρωμα ως προς 1. Το κύκλωμα έχει μία έξοδο x που ισούται με 1 όταν οι αριθμοί είναι ίσοι και με 0 όταν είναι διάφοροι.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και δοκιμάστε τη λειτουργία του συγκριτή με διαφορετικά ζευγάρια αριθμών.

Σημείωση: Να λάβετε υπόψιν σας και την περίπτωση που ο ένας αριθμός είναι 0000 (+0) και ο άλλος 1111 (-0).

Μέρος 3^ο: Σχεδίαση με αποκωδικοποιητές και πολυπλέκτες

Άσκηση 3.1

Θεωρείστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα τριών εισόδων x , y και z και τριών εξόδων F_1 , F_2 και F_3 . Οι απλοποιημένες συναρτήσεις Boole του κυκλώματος είναι οι εξής:

$$F_1 = xz + x'y'z'$$

$$F_2 = x'y + xy'z'$$

$$F_3 = xy + x'y'z$$

Υλοποιείτε το κύκλωμα στο Digital Works με τη χρήση ενός αποκωδικοποιητή 3-σε-8 (χρησιμοποιείτε το macro “3 to 8 decoder” του Digital Works) και των απαραίτητων λογικών πυλών.

Προσομοιώστε τη λειτουργία του κυκλώματος.

Άσκηση 3.2

Θεωρείστε τη συνάρτηση Boole:

$$F(A, B, C) = \sum(0,3,5,6)$$

Υλοποιείτε το κύκλωμα στο Digital Works με τη χρήση ενός πολυπλέκτη 4-σε-1 (χρησιμοποιείτε το macro του πολυπλέκτη 4-σε-1 που θα βρείτε στην ιστοσελίδα του μαθήματος) και των απαραίτητων λογικών πυλών.

Προσομοιώστε τη λειτουργία του κυκλώματος.

Επιπλέον ασκήσεις

Άσκηση 4.1

Σχεδιάστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα με τέσσερις εισόδους A , B , C και D και μία έξοδο F . Η F πρέπει να είναι 1, όταν $A = 1$ με την προϋπόθεση ότι $B = 0$, ή όταν $B = 1$ με την προϋπόθεση ότι το C ή το D ισούται με 1. Αλλιώς, η έξοδος F πρέπει να είναι ίση με μηδέν.

Κατασκευάστε τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος.

Απλοποιείτε τη συνάρτηση εξόδου του κυκλώματος με τη μέθοδο του χάρτη.

Υλοποιείτε το κύκλωμα στο Digital Works χρησιμοποιώντας αποκλειστικά πύλες NAND.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επιβεβαιώσετε την ορθή λειτουργία του.

Άσκηση 4.2

Σχεδιάστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα που ανιχνεύει κάποιο σφάλμα στην παράσταση ενός δεκαδικού ψηφίου σε BCD. Η έξοδος του κυκλώματος παίρνει την τιμή 1, όταν οι είσοδοι περιέχουν έναν οποιοδήποτε συνδυασμό από τους έξι αχρησιμοποίητους του BCD.

Υλοποιείτε το κύκλωμα στο Digital Works και επιβεβαιώστε την ορθή λειτουργία του.

Άσκηση 4.3

Σχεδιάστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα με τέσσερις εισόδους και τέσσερις εξόδους που να μετατρέπει ένα δυαδικό αριθμό στον ισοδύναμό του αριθμό 4-ψηφίων του κώδικα Gray.

Κατασκευάστε τον πίνακα αληθείας του κυκλώματος.

Απλοποιείτε τις συναρτήσεις των εξόδων του κυκλώματος με τη μέθοδο του χάρτη.

Υλοποιείτε το κύκλωμα στο Digital Works χρησιμοποιώντας αποκλειστικά πύλες XOR.

Προσομοιώστε το κύκλωμα ώστε να επιβεβαιώσετε την ορθή λειτουργία του. Χρησιμοποιείστε δύο συσκευές αριθμητικής εξόδου για να ελέγξετε τη λειτουργία του κυκλώματος: μία συσκευή συνδεδεμένη στις εισόδους του κυκλώματος και μία συσκευή συνδεδεμένη στις εξόδους του κυκλώματος. Επιλέξτε τη δυαδική μορφή απεικόνισης των αριθμητικών συσκευών.

Άσκηση 4.4

Υλοποιείστε όλες τις επτά εξόδους ενός «αποκωδικοποιητή BCD σε 7 τμήματα». Χρησιμοποιείστε τη συνδεσμολογία της Άσκησης I.2.1 του 1^{ου} εργαστηρίου και οδηγείστε όλες τις εισόδους της ενδεικτικής λυχνίας 7-τμημάτων χρησιμοποιώντας τα κυκλώματα που υλοποιήσατε.

Προσομοιώστε το κύκλωμα με τη χρήση τεσσάρων γεννητριών δυαδικής ακολουθίας που παράγουν τον κώδικα BCD 4-ψηφίων.

Σημείωση: Ανάλογα με την διαχείριση των έξι αχρησιμοποίητων κωδικών του BCD, η ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων μπορεί να έχει κενή ένδειξη ή μία ένδειξη χωρίς νόημα όταν εφαρμόζονται αυτοί οι κωδικοί. Για την υλοποίηση επιλέξτε μία εκ των δύο λύσεων αντιμετωπίζοντας ανάλογα τους αδιάφορους όρους των συναρτήσεων του αποκωδικοποιητή.

Άσκηση 4.5

Σχεδιάστε στο Digital Works τα κυκλώματα του ημιαφαιρέτη και του πλήρους αφαιρέτη.

Προσομοιώστε τα παραπάνω κυκλώματα και επαληθεύστε τους πίνακες αληθείας τους.

Άσκηση 4.6

Σχεδιάστε ένα μετατροπέα κώδικα BCD-σε-excess-3 με τη χρήση ενός παράλληλου αθροιστή 4-ψηφίων. Χρησιμοποιείστε την ιδιότητα του κώδικα excess-3, ότι οι κωδικοί του προκύπτουν με την πρόσθεση του τρία στο αντίστοιχο ψηφίο του BCD κώδικα.

Υλοποιείστε το μετατροπέα στο Digital Works και επιβεβαιώστε την ορθή λειτουργία του.

Άσκηση 4.7

Θεωρείστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα τριών εισόδων x , y και z και τριών εξόδων F_1 , F_2 και F_3 :

$$F_1(A, B, C) = \sum(2,4,7)$$

$$F_2(A, B, C) = \sum(0,3)$$

$$F_3(A, B, C) = \sum(0,2,3,4,7)$$

Υλοποιείστε το κύκλωμα στο Digital Works με τη χρήση ενός αποκωδικοποιητή 3-σε-8 και των απαραίτητων λογικών πυλών.

Προσομοιώστε τη λειτουργία του κυκλώματος.

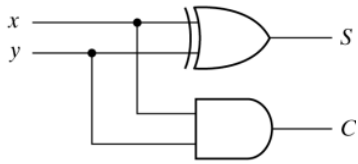
Άσκηση 4.8

Σχεδιάστε έναν πλήρη αθροιστή με τη χρήση δύο πολυπλεκτών 4-σε-1.

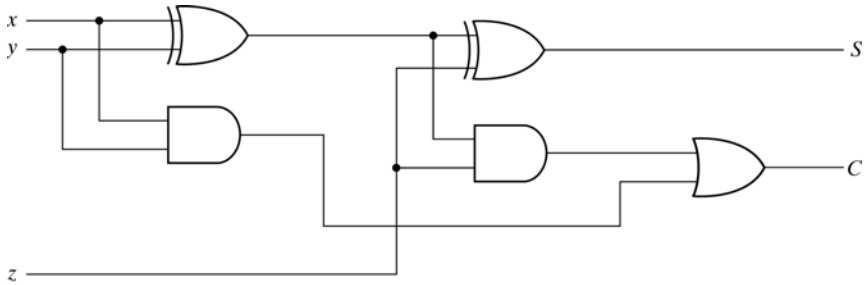
Υλοποιείστε το κύκλωμα στο Digital Works και επιβεβαιώστε την ορθή λειτουργία του.

Χρήσιμη θεωρία

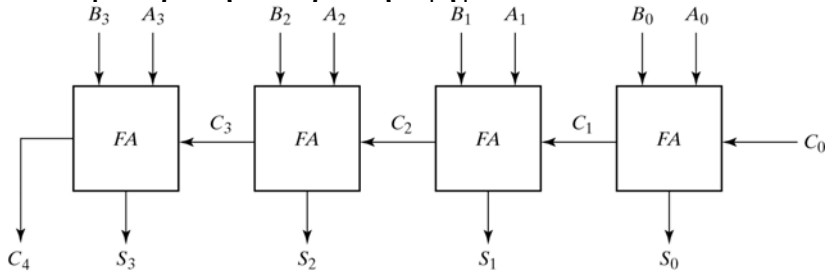
Κύκλωμα ημιαθροιστή



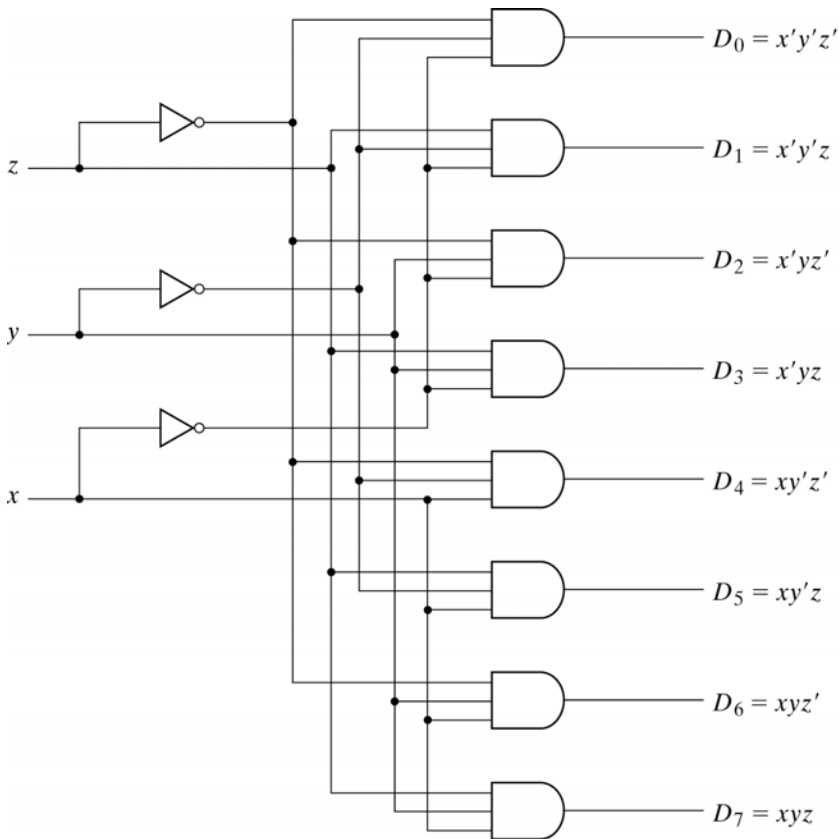
Κύκλωμα πλήρους αθροιστή



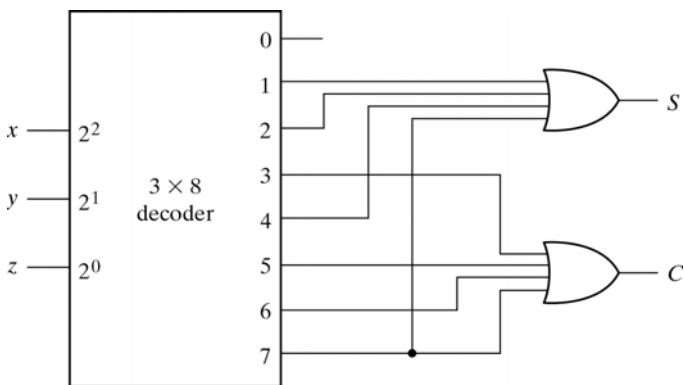
Κύκλωμα παράλληλου αθροιστή 4-ψηφίων



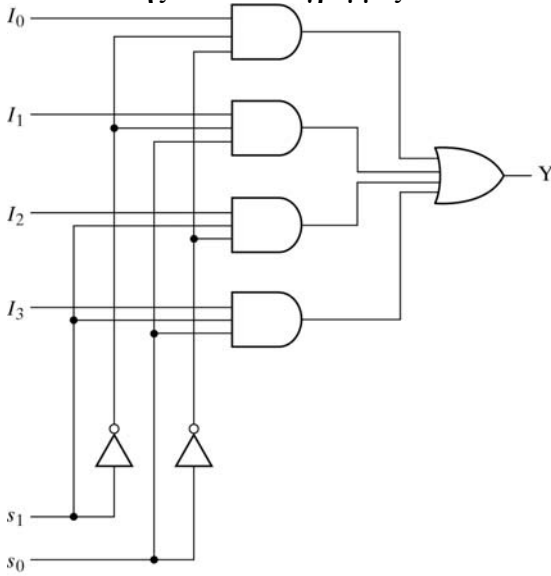
Αποκωδικοποιητής από-3-σε-8 γραμμές



Παράδειγμα υλοποίησης συνάρτησης 3-εισόδων (πλήρης αθροιστής) με αποκωδικοποιητή από-3-σε-8.



Πολυπλέκτης από 4-σε-1 γραμμές



(a) Logic diagram

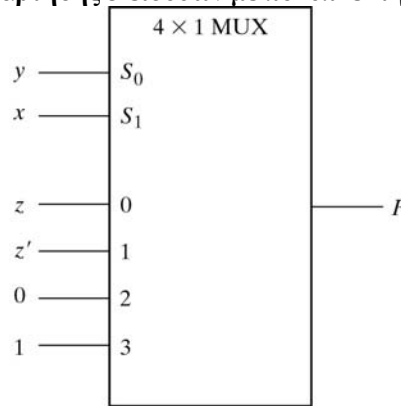
s_1	s_0	Y
0	0	I_0
0	1	I_1
1	0	I_2
1	1	I_3

(b) Function table

Παράδειγμα υλοποίησης συνάρτησης 3 εισόδων με πολυπλέκτη 4x1.

x	y	z	F
0	0	0	0
0	0	1	1 $F = z$
0	1	0	1
0	1	1	0 $F = z'$
1	0	0	0 $F = 0$
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1 $F = 1$

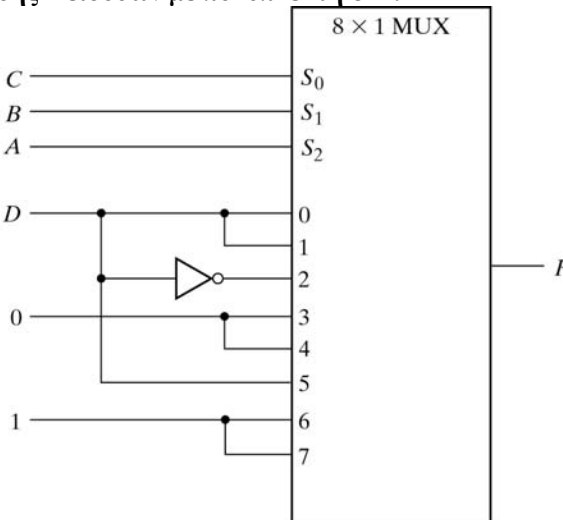
(a) Truth table



(b) Multiplexer implementation

Παράδειγμα υλοποίησης συνάρτησης 4 εισόδων με πολυπλέκτη 8x1.

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0 $F = D$
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0 $F = D$
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1 $F = D'$
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0 $F = 0$
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0 $F = 0$
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0 $F = D$
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1 $F = 1$
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1 $F = 1$
1	1	1	1	1



**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εργαστήριο IV:
Σχεδίαση Σύγχρονων
Ακολουθιακών Κυκλωμάτων**



Σχεδίαση Σύγχρονων Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Σκοπός του Εργαστηρίου

Σκοπός του 4^{ου} εργαστηρίου είναι η εισαγωγή στη σχεδίαση ακολουθιακών κυκλωμάτων. Αρχικά, θα υλοποιηθούν στο Digital Works διαφορετικοί τύποι μανδαλωτών. Στη συνέχεια θα σχεδιαστούν και θα υλοποιηθούν στο Digital Works παραδείγματα σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων, κάποια από τα οποία αφορούν τη σχεδίαση μετρητών.

Απαιτούμενες Γνώσεις

Μανδαλωτές, Flip-Flops

Σχεδίαση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων

Σχεδίαση μετρητών

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Οι ασκήσεις του 4^{ου} εργαστηρίου χωρίζονται σε τρία μέρη:

1. Ασκήσεις που αφορούν την υλοποίηση διαφορετικών τύπων μανδαλωτών
2. Ασκήσεις που αφορούν τη σχεδίαση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων
3. Ασκήσεις που αφορούν τη σχεδίαση μετρητών

Μέρος 1^ο: Διαφορετικοί τύποι μανδαλωτών

Άσκηση 1.1

Υλοποιείτε στο Digital Works το κύκλωμα του μανδαλωτή τύπου SR με πύλες NAND.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε τον πίνακα αληθείας του.

Άσκηση 1.2

Τροποποιείτε το μανδαλωτή τύπου SR της Άσκησης 1.1 για να υλοποιήσετε ένα μανδαλωτή τύπου SR με είσοδο ελέγχου.

Συνδέστε την είσοδο ελέγχου του μανδαλωτή σε μία είσοδο ρολογιού. Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε το χαρακτηριστικό πίνακα του μανδαλωτή τύπου SR. Παρατηρείστε τι συμβαίνει στις απροσδιόριστες καταστάσεις.

Άσκηση 1.3

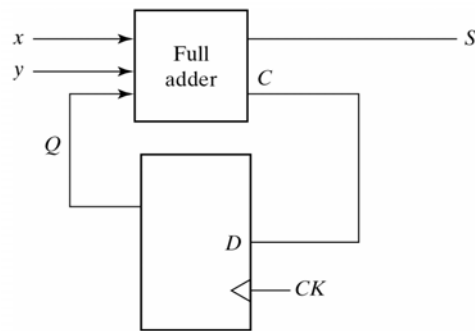
Τροποποιείτε το μανδαλωτή τύπου SR της Άσκησης 1.2 για να υλοποιήσετε ένα μανδαλωτή τύπου D με είσοδο ελέγχου.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε το χαρακτηριστικό πίνακα του μανδαλωτή τύπου D.

Μέρος 2^ο: Σχεδίαση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων

Άσκηση 2.1

Υλοποιείτε στο Digital Works το παρακάτω ακολουθιακό κύκλωμα:



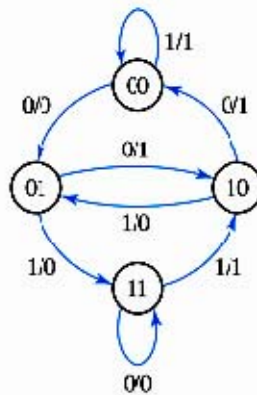
Σχήμα IV.1: Πλήρης αθροιστής με ανάδραση κρατουμένου

Ο πλήρης αθροιστής έχει δύο εξωτερικές εισόδους, ενώ η τρίτη του είσοδος τροφοδοτείται από την έξοδο ενός Flip-flop τύπου D (η είσοδος του οποίου συνδέεται στην έξοδο κρατουμένου του αθροιστή).

Προσομοιώστε το κύκλωμα και εξηγήστε τη λειτουργία του.

Άσκηση 2.2

Σχεδιάστε ένα ακολουθιακό κύκλωμα που να υλοποιεί το παρακάτω διάγραμμα καταστάσεων με τη χρήση 2 Flip-Flops. Ονομάστε A και B τα δύο Flip-Flops (A το πιο σημαντικό), x την είσοδο και y την έξοδο.



Σχήμα IV.2: Διάγραμμα καταστάσεων της Άσκησης 2.2

Κατασκευάστε τον πίνακα καταστάσεων του κυκλώματος.

Παρούσα κατάσταση		Είσοδος x	Επόμενη κατάσταση		Έξοδος y
A	B		A	B	
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

Απλοποιήστε τις συναρτήσεις εισόδου των Flip-Flops και της εξόδου του κυκλώματος.

		Bx				
		00	01	11	10	
A	0					DA =
	1					

		Bx				
		00	01	11	10	
A	0					DB =
	1					

		Bx				
		00	01	11	10	
A	0					y =
	1					

Υλοποιήστε το κύκλωμα στο Digital Works.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε ότι υλοποιεί το διάγραμμα καταστάσεων του Σχήματος.

Συνδέστε την έξοδο του Flip-flop B στην είσοδο x. Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε την ακολουθία καταστάσεων του κυκλώματος.

Συνδέστε την έξοδο του Flip-flop A στην είσοδο x και επαναλάβετε την προσομοίωση. Τί παρατηρείτε;

Μέρος 3^ο: Σχεδίαση μετρητών

Άσκηση 3.1

Σχεδιάστε ένα μετρητή μη δυαδικής ακολουθίας με την χρήση JK Flip-Flops που να παίρνει διαδοχικά τις εξής καταστάσεις: 0, 1, 3, 4, 6, 7 και μετά ξανά στο 0. Παρατηρήστε ότι οι καταστάσεις 2 και 5 δεν χρησιμοποιούνται. Σχεδιάστε τον μετρητή θεωρώντας τις αχρησιμοποίητες καταστάσεις σαν αδιάφορες καταστάσεις.

Κατασκευάστε τον πίνακα διέγερσης του μετρητή.

<u>Παρούσα κατάσταση</u>			<u>Επόμενη κατάσταση</u>			<u>Είσοδοι Flip-Flop</u>					
A	B	C	A	B	C	JA	KA	JB	KB	JC	KC
0	0	0									
0	0	1									
0	1	1									
1	0	0									
1	1	0									
1	1	1									

Απλοποιήστε τις συναρτήσεις εισόδων των JK Flip-Flops.

JA = KA =

JB = KB =

JC = KC =

Υλοποιήστε στο Digital Works το μετρητή και προσομοιώστε τον για να επαληθεύσετε ότι λειτουργεί σωστά.

Ο μετρητής πρέπει να έχει αυτόματη εκκίνηση, δηλαδή αν το κύκλωμα ξεκινήσει από μία από τις άκυρες καταστάσεις, θα πρέπει μετά από ορισμένους παλμούς ρολογιού να βρεθεί σε μία έγκυρη κατάσταση. Για να ελέγξετε ότι ο μετρητής έχει αυτόματη εκκίνηση, θέστε το κύκλωμα σε μία άκυρη κατάσταση (χρησιμοποιώντας τις εισόδους preset και clear των Flip-Flops) και δείτε αν ο μετρητής φτάνει στην ακολουθία των έγκυρων καταστάσεων μετά από κάποιους παλμούς.

Έχει ο μετρητής αυτόματη εκκίνηση; Εάν όχι τροποποιήστε την σχεδίαση ώστε ο μετρητής να έχει αυτόματη εκκίνηση.

Επιπλέον ασκήσεις

Άσκηση 4.1

Υλοποιήστε στο Digital Works το κύκλωμα του μανδαλωτή τύπου SR με πύλες NOR.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε τον πίνακα αληθείας του.

Άσκηση 4.2

Τροποποιήστε το μανδαλωτή τύπου D της Άσκησης 1.3 για να υλοποιήσετε ένα ακμοपुरοδότητο Flip-Flop τύπου D.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε το χαρακτηριστικό πίνακα του Flip-Flop τύπου D. Πότε αλλάζει η έξοδος του Flip-Flop;

Συνδέστε την είσοδο D στη συμπληρωματική έξοδο Q' του Flip-Flop και προσομοιώστε το κύκλωμα. Παρατηρήστε στο Logic History Window τη σχέση μεταξύ του ρολογιού και της εξόδου του Flip-Flop.

Άσκηση 4.3

Τροποποιήστε το ακμοपुरοδότητο Flip-Flop τύπου D της Άσκησης 4.2 για να προσθέσετε μία ασύγχρονη είσοδο μηδένισης (reset) στο κύκλωμα.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τη λειτουργία του. Τι συμβαίνει όταν η είσοδος μηδενισμού είναι 0; Πώς επηρεάζεται η λειτουργία του Flip-Flop όταν η είσοδο μηδένισης είναι 1;

Άσκηση 4.4

Υλοποιήστε στο Digital Works ένα Flip-flop τύπου T χρησιμοποιώντας: (α) Flip-flop τύπου JK και (β) Flip-flop τύπου D.

Άσκηση 4.5

Θεωρήστε ένα ακολουθιακό κύκλωμα με δύο D Flip-Flops A και B, δύο εισόδους x και y και μία έξοδο z, που ορίζεται από τις παρακάτω εξισώσεις επόμενης κατάστασης και εξόδου:

$$A(t+1) = x'y + xA$$

$$B(t+1) = x'B + xA$$

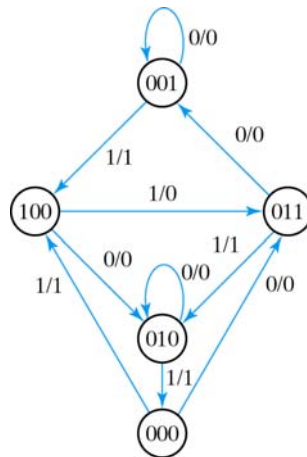
$$z = B$$

Σχεδιάστε το λογικό διάγραμμα του κυκλώματος και τον πίνακα καταστάσεων.

Υλοποιήστε το κύκλωμα στο Digital Works και επιβεβαιώστε την ορθή λειτουργία του.

Άσκηση 4.6

Σχεδιάστε ένα ακολουθιακό κύκλωμα που να υλοποιεί το παρακάτω διάγραμμα καταστάσεων. Το ακολουθιακό κύκλωμα έχει τρία Flip-Flops A, B και C, μία είσοδο x και μία έξοδο y. Σχεδιάστε το κύκλωμα θεωρώντας τις αχρησιμοποίητες καταστάσεις σαν αδιάφορες καταστάσεις.



Σχήμα IV.3: Διάγραμμα καταστάσεων της Άσκησης 4.6

Υλοποιείτε στο Digital Works το ακολουθιακό κύκλωμα και προσομοιώστε το για να επαληθεύσετε ότι ακολουθεί το διάγραμμα καταστάσεων του Σχήματος. Έχει το ακολουθιακό κύκλωμα που σχεδιάσατε την ιδιότητα της αυτόματης διόρθωσης;

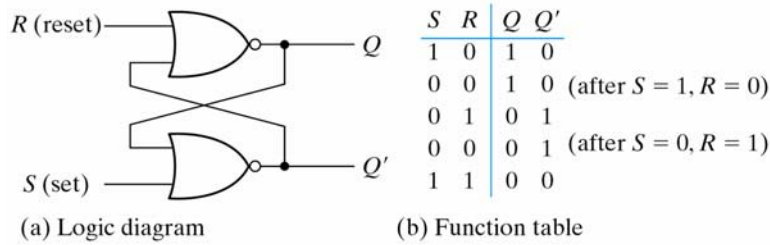
Άσκηση 4.7

Σχεδιάστε ένα δυαδικό μετρητή μη δυαδικής ακολουθίας με την χρήση D Flip-Flops που να παίρνει διαδοχικά τις εξής καταστάσεις: 0, 1, 3, 7, 6, 4 και μετά ξανά στο 0. Σχεδιάστε τον μετρητή θεωρώντας τις αχρησιμοποίητες καταστάσεις σαν αδιάφορες καταστάσεις.

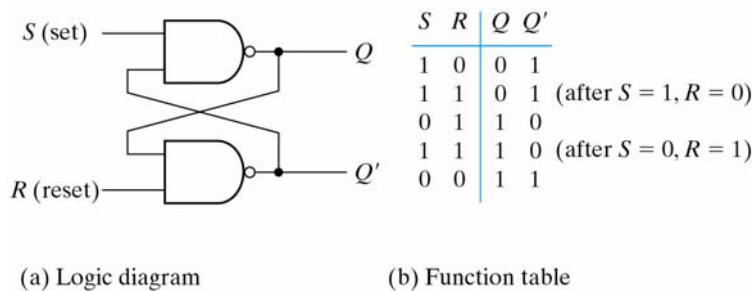
Υλοποιείτε στο Digital Works το ακολουθιακό κύκλωμα και προσομοιώστε το για να επαληθεύσετε ότι λειτουργεί σωστά. Έχει ο μετρητής αυτόματη εκκίνηση; Εάν όχι τροποποιείστε τη σχεδίαση ώστε ο μετρητής να έχει αυτόματη εκκίνηση.

Χρήσιμη θεωρία

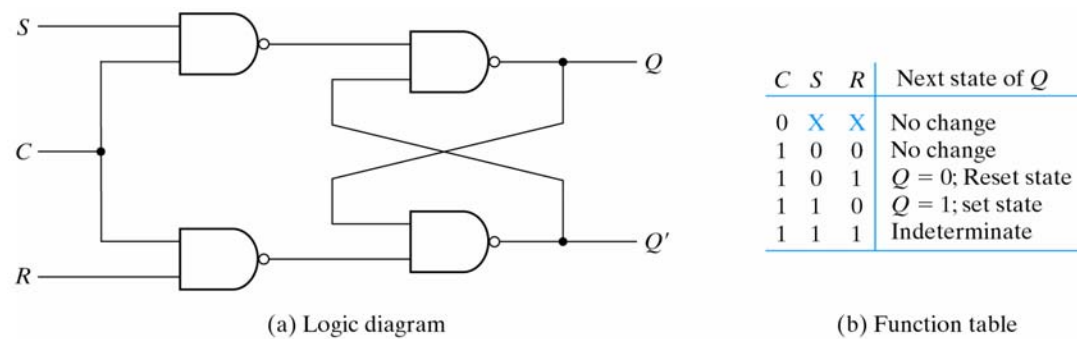
Υλοποίηση μανδαλωτή SR με πύλες NOR



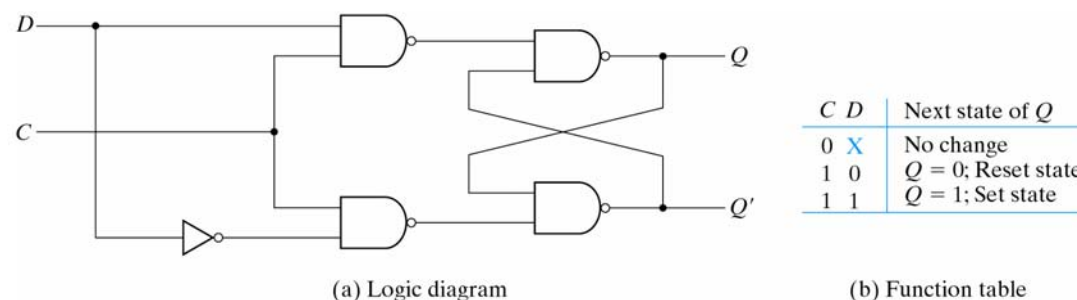
Υλοποίηση μανδαλωτή SR με πύλες NAND

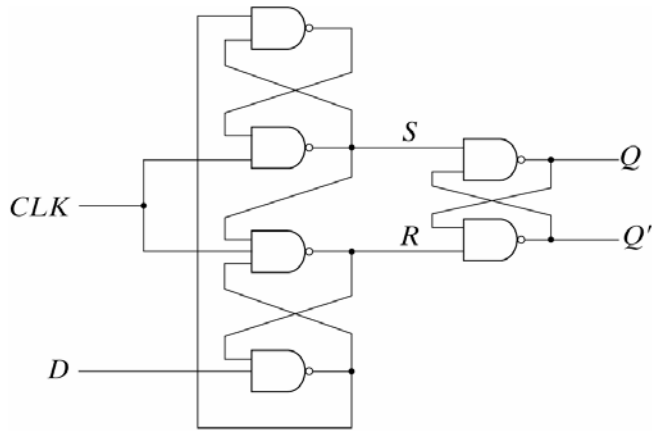
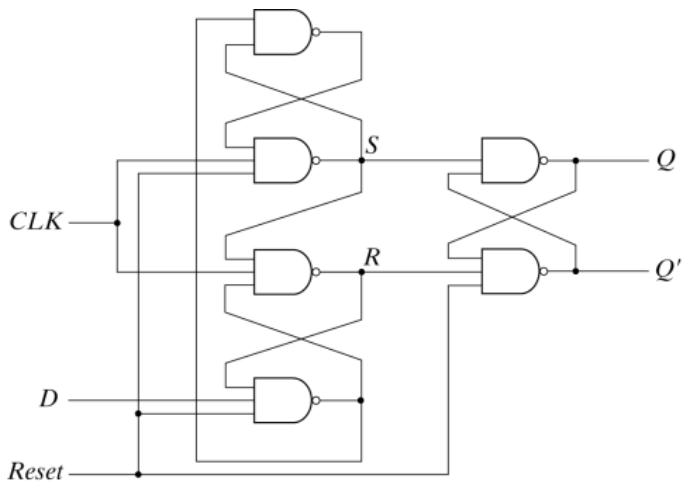


Υλοποίηση μανδαλωτή SR με είσοδο ελέγχου



Υλοποίηση μανδαλωτή D με είσοδο ελέγχου



Υλοποίηση ακμοπυροδότητου D Flip-Flop**Υλοποίηση ακμοπυροδότητου D Flip-Flop με ασύγχρονη είσοδο μηδένισης (Reset)**

**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εργαστήριο V:
Σχεδίαση
Καταχωρητών, Μετρητών**



Σχεδίαση Καταχωρητών, Μετρητών

Σκοπός του Εργαστηρίου

Σκοπός του 5^{ου} εργαστηρίου είναι η εξάσκηση των φοιτητών στη σχεδίαση βασικών ακολουθιακών κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται ως δομικά στοιχεία για τη δημιουργία σύνθετων ψηφιακών συστημάτων. Τέτοια ακολουθιακά κυκλώματα είναι οι καταχωρητές και οι μετρητές. Αρχικά, θα υλοποιηθούν στο Digital Works ακολουθιακά κυκλώματα που στηρίζονται στους απλούς καταχωρητές και τους καταχωρητές ολίσθησης. Στη συνέχεια, θα σχεδιαστούν και θα υλοποιηθούν στο Digital Works παραδείγματα μετρητών ριπής και σύγχρονων μετρητών.

Απαιτούμενες Γνώσεις

Καταχωρητές

Καταχωρητές ολίσθησης

Μετρητές ριπής

Σύγχρονοι μετρητές

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Οι ασκήσεις του 5^{ου} εργαστηρίου χωρίζονται σε δυο μέρη:

1. Ασκήσεις που αφορούν τη σχεδίαση καταχωρητών
2. Ασκήσεις που αφορούν τη σχεδίαση μετρητών

Μέρος 1^ο: Σχεδίαση καταχωρητών

Άσκηση 1.1

Υλοποιείστε στο Digital Works έναν καταχωρητή 4-ψηφίων σειριακής φόρτωσης με D Flip-Flops.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε τη λειτουργία του.

Άσκηση 1.2

Πειραματιστείτε με τον καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης του Digital Works (macro “4-bit shift register with parallel load”). Αυτός ο καταχωρητής μπορεί να ολισθαίνει μόνο προς τα αριστερά, δηλαδή από το S0 προς το S3. Η είσοδος ελέγχου load/shift καθορίζει τη λειτουργία του καταχωρητή. Όταν load/shift=1, ο καταχωρητής είναι στην κατάσταση φόρτωσης και τα δεδομένα των τεσσάρων εισόδων D0...D3 μεταφέρονται με τη θετική ακμή του ρολογιού στα εσωτερικά Flip-Flops του καταχωρητή S0...S3. Όταν load/shift=0, ο καταχωρητής είναι στην κατάσταση ολίσθησης και τα δεδομένα του ολισθαίνουν προς τα αριστερά, δηλαδή από το S0 προς το S3. Η τιμή της σειριακής εισόδου στο S0 κατά την ολίσθηση καθορίζεται από την είσοδο in. Όταν η ασύγχρονη είσοδος μηδενισμού reset πάρει την τιμή 1, τότε τα Flip-Flops του καταχωρητή μηδενίζονται (ασύγχρονα, χωρίς να απαιτείται η χρήση ρολογιού).

Υλοποιείστε στο Digital Works έναν καταχωρητή ολίσθησης 8-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης με χρήση δύο καταχωρητών ολίσθησης 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης. Χρησιμοποιείστε το macro “4-bit shift register with parallel load” του Digital Works.

Άσκηση 1.3

Υλοποιείτε στο Digital Works έναν αμφίδρομο καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων με χρήση ενός καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης. Χρησιμοποιείτε το macro “4-bit shift register with parallel load” του Digital Works.

Ο καταχωρητής ολίσθησης 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης μπορεί να ολισθαίνει μόνο προς τα αριστερά, δηλαδή από το S0 προς το S3. Είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιήσουμε την παράλληλη φόρτωση για να πετύχουμε και δεξιά ολίσθηση, δηλαδή από το S3 προς το S0. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας καθεμία έξοδο του καταχωρητή στην αμέσως δεξιότερη είσοδό του και χρησιμοποιώντας την είσοδο ελέγχου φόρτωσης (load) ως έλεγχο δεξιάς ολίσθησης. Στη δεξιά ολίσθηση, η είσοδος D3 αποτελεί τη σειριακή είσοδο.

Πειραματιστείτε με τη λειτουργία του αμφίδρομου καταχωρητή ολίσθησης. Εκτελέστε αριστερή και δεξιά ολίσθηση χρησιμοποιώντας τη σειριακή είσοδο in και D3, αντίστοιχα.

Συνδέστε τη δεξιά ολίσθηση του καταχωρητή σαν μετρητή δακτυλίου, δηλαδή συνδέστε τη δεξιότερη έξοδο S0 στη σειριακή είσοδο D3. Μηδενίστε το καταχωρητή και μετά θέστε ένα από τα Flip-Flops του καταχωρητή στην τιμή 1 χρησιμοποιώντας την αριστερή ολίσθηση. Εκτελέστε δεξιά ολίσθηση για μερικούς κύκλους ρολογιού και παρατηρήστε τις εξόδους του καταχωρητή.

Μέρος 2: Σχεδίαση μετρητών

Άσκηση 2.1

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα δυαδικό μετρητή ριπής 4-ψηφίων χρησιμοποιώντας JK Flip-Flops.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας συσκευής αριθμητικής εξόδου (σε δυαδική αναπαράσταση).

Άσκηση 2.2

Τροποποιείτε το δυαδικό μετρητή ριπής 4-ψηφίων της Άσκησης 2.1 για να κατασκευάσετε έναν BCD μετρητή ριπής.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας ενδεικτικής λυχνία 7-τμημάτων (7-segment LED).

Άσκηση 2.3

Υλοποιείτε στο Digital Works έναν BCD μετρητή ριπής 2 δεκαδικών ψηφίων χρησιμοποιώντας τον BCD μετρητή ριπής του Digital Works .

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρήστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση δύο ενδεικτικών λυχνιών 7-τμημάτων (μία για κάθε δεκαδικό ψηφίο).

Σημείωση: Ο BCD μετρητής του Digital Works είναι ένα κύκλωμα ριπής που μπορεί να λειτουργήσει ως μετρητής ή ως διαιρέτης συχνότητας. Για να λειτουργήσει ως BCD μετρητής πρέπει να συνδέσετε το ρολόι του μετρητή στην είσοδο CLK0 και την έξοδο Q0 στην είσοδο CLK1.

Άσκηση 2.4

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα σύγχρονο BCD μετρητή χρησιμοποιώντας το σύγχρονο δυαδικό μετρητή 4-ψηφίων του Digital Works. Χρησιμοποιείτε την ασύγχρονη είσοδο μηδένισης του μετρητή για να μηδενίσετε το μετρητή (όταν ανιχνεύσετε την τιμή 1010 στην έξοδο του μετρητή).

Υλοποιείτε το κύκλωμα και επιβεβαιώστε την ορθή του λειτουργία.

Σημείωση: Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και την είσοδο φόρτωσης του δυαδικού μετρητή για να επαναφέρετε τον μετρητή στην τιμή 0 (φορτώνοντας την τιμή 0000 στον μετρητή). Σε αυτήν την περίπτωση προσέξτε ότι η είσοδος φόρτωσης του μετρητή λειτουργεί ασύγχρονα (δεν απαιτείται ρολόι για να φορτωθεί η τιμή στον μετρητή).

Επιπλέον ασκήσεις

Άσκηση 3.1

Υλοποιείτε στο Digital Works έναν καταχωρητή 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης με D Flip-Flops.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε τη λειτουργία του.

Άσκηση 3.2

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα μετρητή δακτυλίου 4-ψηφίων με αντιστροφή ουράς. Χρησιμοποιείτε για αυτό τον καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων του Digital Works.

Ένας μετρητής δακτυλίου είναι ένας κυκλικός καταχωρητής ολίσθησης (βλέπε Άσκηση 1.3), όπου η σειριακή έξοδος (έξοδος Q3) συνδέεται στη σειριακή είσοδο. Ένας μετρητής δακτυλίου με αντιστροφή ουράς χρησιμοποιεί το συμπλήρωμα της σειριακής εξόδου για να τροφοδοτήσει τη σειριακή είσοδο.

Υλοποιείτε ένα μετρητή δακτυλίου με αντιστροφή ουράς και πειραματιστείτε με την λειτουργία του. Μηδενίστε τον καταχωρητή και μετά εκτελέστε ολίσθηση για μερικούς κύκλους ρολογιού και παρατηρείστε τις εξόδους του καταχωρητή.

Άσκηση 3.3

Υλοποιείτε στο Digital Works έναν καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων με ανάδραση. Χρησιμοποιείτε για αυτό τον καταχωρητή ολίσθησης 4-ψηφίων του Digital Works.

Ο καταχωρητής ολίσθησης με ανάδραση έχει την ιδιαιτερότητα ότι η σειριακή του είσοδος είναι μία συνάρτηση των εξόδων του καταχωρητή, δηλαδή η σειριακή του είσοδος εξαρτάται από την παρούσα κατάσταση του καταχωρητή. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να παράγουμε συγκεκριμένες ακολουθίες τιμών που εξαρτώνται από την τιμή αρχικοποίησης του καταχωρητή.

Συνδέστε στη σειριακή είσοδο του καταχωρητή τη συνάρτηση XOR των εξόδων S2 και S3. Προβλέψτε την ακολουθία τιμών εξόδου του καταχωρητή, αν αυτός αρχικοποιηθεί στην τιμή D0..D3=1000.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και επαληθεύστε πειραματικά την πρόβλεψή σας.

Άσκηση 3.4

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα δυαδικό μετρητή ριπής 4-ψηφίων χρησιμοποιώντας D Flip-Flops.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρείστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας συσκευής αριθμητικής εξόδου (σε δυαδική αναπαράσταση).

Άσκηση 3.5

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα σύγχρονο δυαδικό μετρητή 4-ψηφίων χρησιμοποιώντας JK Flip-Flops.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρείστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας συσκευής αριθμητικής εξόδου (σε δυαδική αναπαράσταση).

Άσκηση 3.6

Τροποποιείτε το σύγχρονο δυαδικό μετρητή 4-ψηφίων της Άσκησης 3.5 για να κατασκευάσετε ένα σύγχρονο BCD μετρητή.

Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρείστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας ενδεικτικής λυχνίας 7-τμημάτων (7-segment LED).

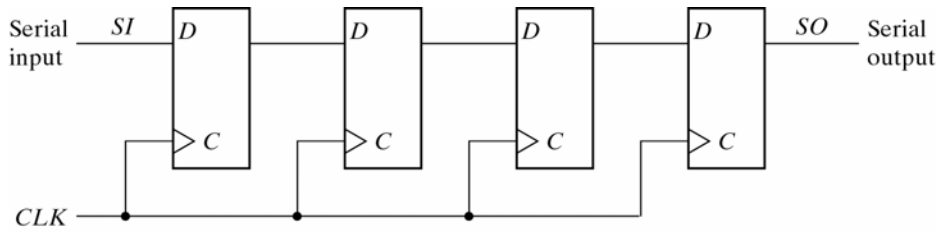
Άσκηση 3.7

Υλοποιείτε στο Digital Works ένα σύγχρονο δυαδικό μετρητή πάνω/κάτω 4-ψηφίων χρησιμοποιώντας JK Flip-Flops.

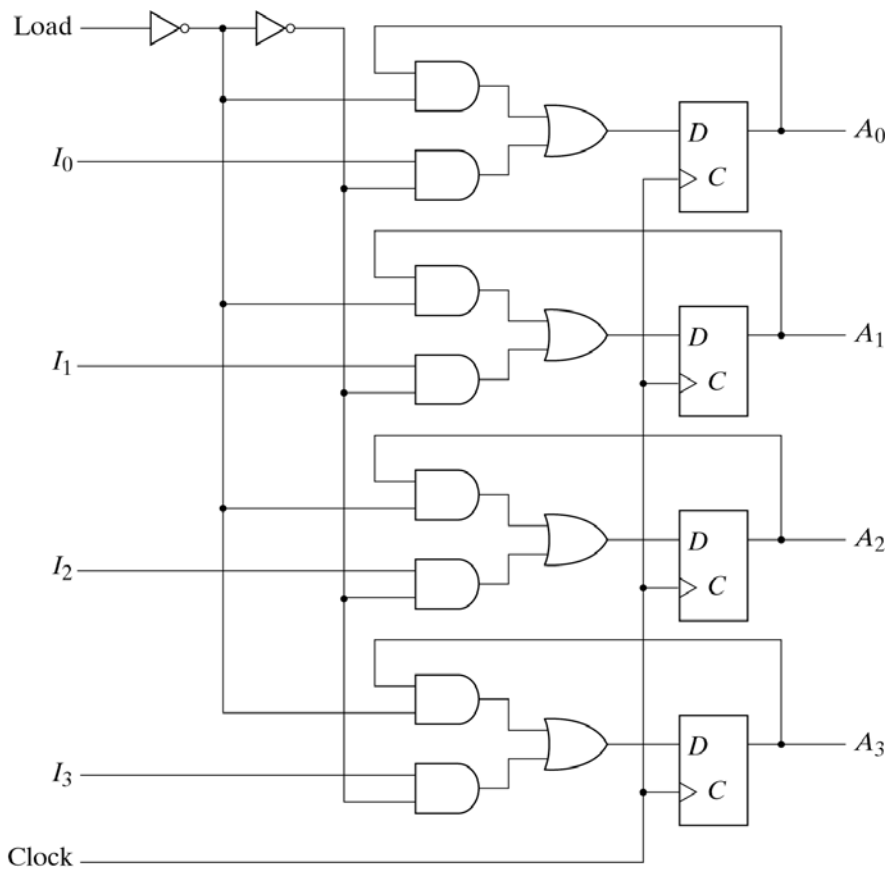
Προσομοιώστε το κύκλωμα και παρατηρείστε τις εξόδους του μετρητή με τη χρήση μίας συσκευής αριθμητικής εξόδου (σε δυαδική αναπαράσταση).

Χρήσιμη θεωρία

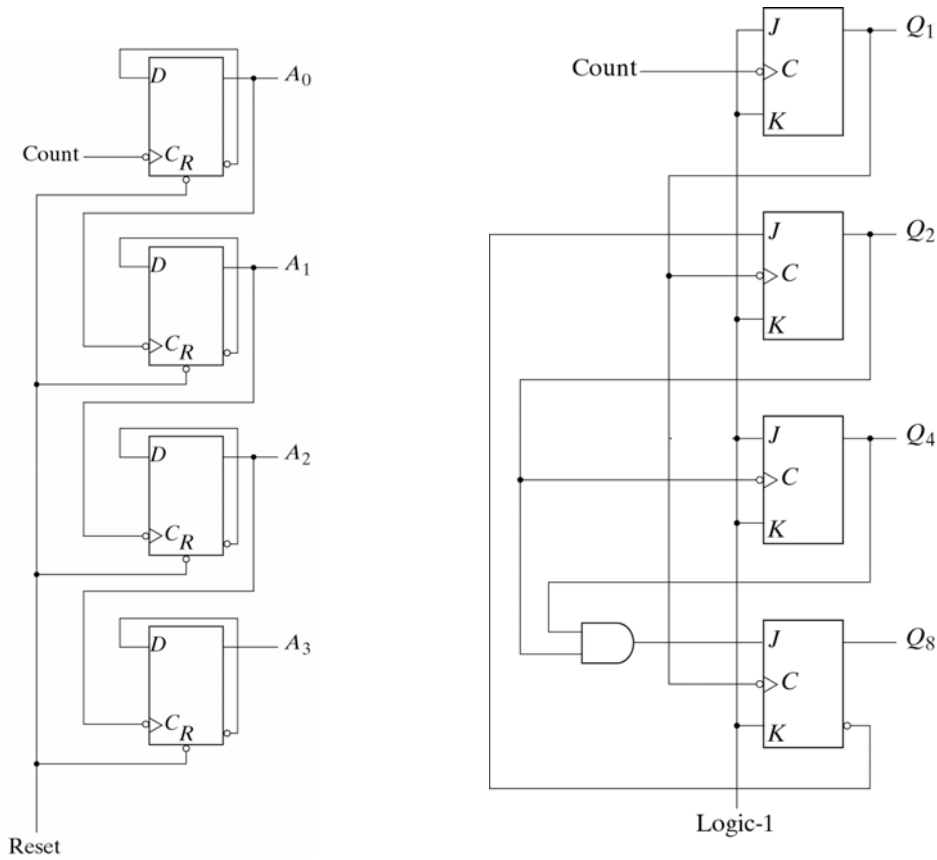
Υλοποίηση καταχωρητή 4-ψηφίων σειριακής φόρτωσης



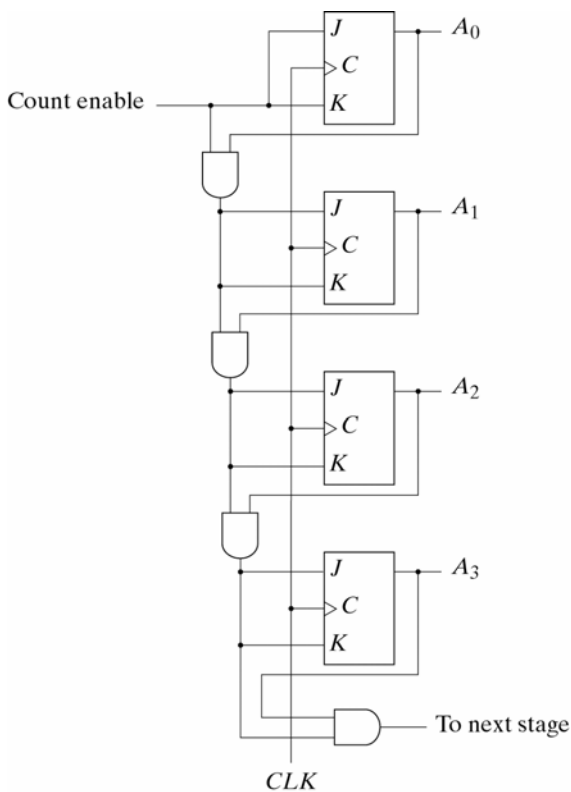
Υλοποίηση καταχωρητή 4-ψηφίων παράλληλης φόρτωσης



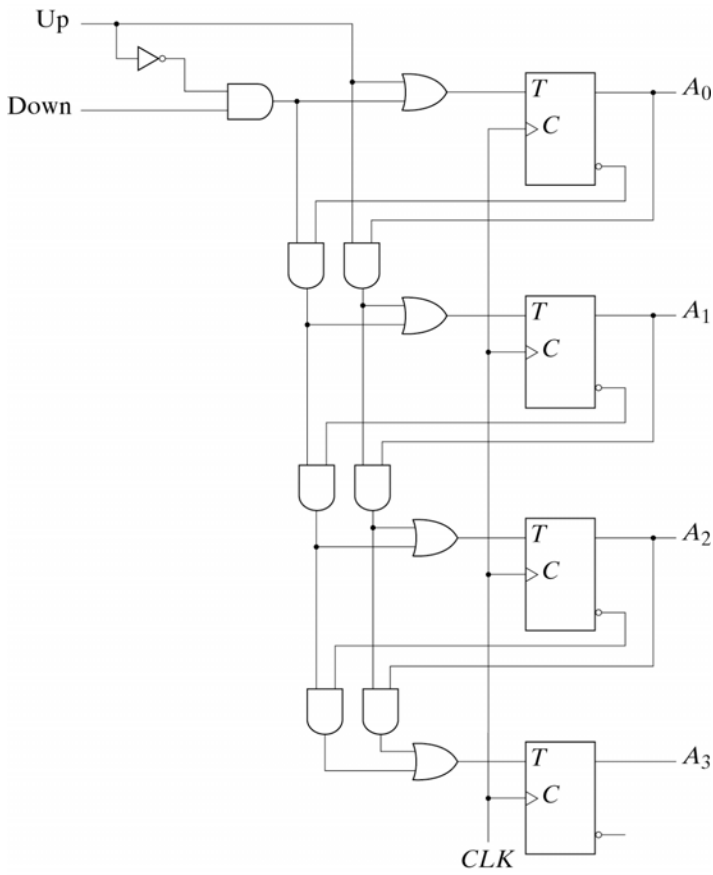
Υλοποίηση δυαδικού μετρητή ριπής με D Flip-Flops **Υλοποίηση BCD μετρητή ριπής με JK Flip-Flops**



Υλοποίηση σύγχρονου δυαδικού μετρητή 4-ψηφίων με JK Flip-Flops



Υλοποίηση σύγχρονου δυαδικού μετρητή πάνω/κάτω 4-ψηφίων με T Flip-Flops



**Εργαστήριο Λογικής Σχεδίασης
Ψηφιακών Συστημάτων**

**Εγχειρίδιο
χρήσης
του Digital Works**

Εγχειρίδιο Χρήσης του Digital Works

1 Εισαγωγή

Το Digital Works είναι ένα γραφικό εργαλείο που επιτρέπει τη σχεδίαση και προσομοίωση λογικών ψηφιακών κυκλωμάτων. Τα κυκλώματα μπορούν να αποτελούνται από απλές πύλες (AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR, NOT) και flip-flops (D, RS and JK). Για την εισαγωγή τιμών στις εισόδους του κυκλώματος το Digital Works παρέχει τις ακόλουθες συσκευές εισόδου: διακόπτες (switches), ρολόγια (clocks), γεννήτριες δυαδικής ακολουθίας (sequence generators) και διαδραστικές συσκευές εισόδου (interactive input devices). Για την παρατήρηση των τιμών στις εξόδους του κυκλώματος το Digital Works παρέχει τις ακόλουθες συσκευές εξόδου: ενδεικτικές λυχνίες (LEDs), ενδεικτικές λυχνίες 7-τμημάτων (7-segment LEDs) και συσκευές αριθμητικής εξόδου (numeric output devices). Υπάρχει επίσης η δυνατότητα στο Digital Works να καταγραφούν μια σειρά από λογικά γεγονότα χρησιμοποιώντας το Logic History window.


2 Η μπάρα εργαλείων του Digital Works

Τα εικονίδια στη μπάρα εργαλείων του Digital Works χωρίζονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τη λειτουργία τους.


2.1 Αρχείο

Ανοιγμα νέου παραθύρου με σκοπό τη δημιουργία νέου κυκλώματος


 Άνοιγμα από αρχείο ενός υπάρχοντος κυκλώματος

 Αποθήκευση του κυκλώματος σε αρχείο


 Αποκοπή


 Αντιγραφή


 Επικόλληση


 Εκτύπωση κυκλώματος


2.2 Αντικείμενα Λογικής Σχεδίασης


 Πύλη AND


 Πύλη OR


 Πύλη NOT







 Πύλη NAND

 Πύλη NOR






 Πύλη XOR

 Πύλη XNOR




 Τρικατάστατη (tristate) πύλη

-  D flip-flop
-  JK flip - flop
-  RS flip - flop
-  Memory device: Συσκευή μνήμης
-  Switch: Διακόπτης
-  Macro Tag



2.3 Μηχανισμοί Εισόδου Δεδομένων

-  Clock: ρολόι
-  Sequence Generator: γεννήτρια δυαδικής ακολουθίας
-  Interactive Input: διαδραστική είσοδο (με τιμή που καθορίζεται από τον χρήστη)
-  Ground: γείωση (λογικό '0')
-  Vcc: τροφοδοσία (λογικό '1')








2.4 Μηχανισμοί Εξόδου Δεδομένων

-  Light Emitting Diode (LED): ενδεικτική λυχνία
-  7-Segment LED: ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων
-  Numeric Output Device: συσκευή αριθμητικής εξόδου

2.5 Επιπρόσθετα

-  Annotation: εισαγωγή σημειώσεων/σχολίων στο κύκλωμα
-  Wiring Tool: εργαλείο γραμμών διασύνδεσης

2.6 Αντικείμενα Ελέγχου

-  Run circuit: ξεκινάει την εκτέλεση της προσομοίωσης
-  Stop: σταματάει την εκτέλεση της προσομοίωσης
-  Pause: διακόπτει προσωρινά την εκτέλεση της προσομοίωσης
-  Step: εκτελεί προσομοίωση βήμα-προς-βήμα
-  Object Selector: επιλέγει αντικείμενο
-  Object Interaction Selector: ελέγχει τα διαδραστικά στοιχεία του κυκλώματος (διακόπτες, εισόδους)
-  Logic Probe: εξετάζει τη λογική κατάσταση εισόδων, εξόδων και καλωδίων

3 Προσθήκη αντικειμένων

Η εισαγωγή αντικειμένων, όπως συσκευές εισόδου/εξόδου και λογικές πύλες στην επιφάνεια εργασίας (workspace) του Digital Works γίνεται με δύο τρόπους: (α) με επιλογή των αντικειμένων από τη μπάρα εργαλείων ή (β) με χρήση του parts centre. Για να προσθέσετε ένα αντικείμενο από τη μπάρα εργαλείων ή το parts centre (πατήστε το ανάλογο πλήκτρο για να ‘ανοίξει’ το παράθυρό του), επιλέξτε το αντικείμενο που θέλετε με το ποντίκι και έπειτα κινείστε το δρομέα σε όποιο μέρος της επιφάνειας εργασίας επιθυμείτε. Πιέστε το αριστερό κουμπί του ποντικιού για να τοποθετήσετε το αντικείμενο. Για να προσθέσετε ένα macro από το parts centre επιλέξτε ακριβώς το εξάρτημα που θέλετε και έπειτα σύρατε αυτό προς την επιφάνεια εργασίας. Απελευθερώστε το κουμπί του ποντικιού για να το τοποθετήσετε.

4 Διαγραφή αντικειμένων

Η διαγραφή των αντικειμένων γίνεται με δύο τρόπους: (α) κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο αντικείμενο που θέλετε να διαγράψετε και στη συνέχεια επιλέγοντας Delete από το pop-up μενού ή (β) επιλέγοντας το αντικείμενο αυτό και πατώντας το πλήκτρο Delete από το πληκτρολόγιο.

5 Μηχανισμοί εισόδου δεδομένων

Σε αυτήν την ενότητα θα περιγραφούν οι μηχανισμοί εισόδου δεδομένων που παρέχει το Digital Works.

5.1 Ρολόι (clock)

Το ρολόι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιας εναλλασσόμενης ακολουθίας τιμών 0 ή 1. Είναι ο βασικός μηχανισμός για την παραγωγή σημάτων χρονισμού στο Digital Works. Ενσωματωμένο στο ρολόι υπάρχει ένα LED δείχνοντας την τρέχουσα κατάσταση του κύκλου ρολογιού, δηλαδή πράσινο για high (λογικό ‘1’) και άσπρο για low (λογικό ‘0’). Για να χρησιμοποιήσετε το ρολόι ακολουθείστε τη διαδικασία προσθήκης αντικειμένων που περιγράφηκε προηγουμένως. Η συχνότητα του ρολογιού μπορεί να επιλεγεί μεταξύ των τιμών 1, 2, 5, 10 ή 50 Hertz. Αυτό γίνεται από το Circuit→ Clock Speed από το μενού.

Με δεξί κλικ μπορείτε επίσης να αλλάξετε το κείμενο που φαίνεται στο αντικείμενο.

5.2 Γεννήτρια δυαδικής ακολουθίας (sequence generator)

Η γεννήτρια δυαδικής ακολουθίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιας πεπερασμένης ακολουθίας τιμών 0 ή 1. Η εισαγωγή αυτής της ακολουθίας γίνεται από το χρήστη. Το αντικείμενο αυτό, όπως και το ρολόι, έχει ένα LED που δείχνει την τρέχουσα κατάσταση της γεννήτριας, δηλαδή πράσινο για high (λογικό ‘1’) και άσπρο για low (λογικό ‘0’). Για να εισάγετε την ακολουθία, επιλέξτε το αντικείμενο με το object selector και κάνοντας δεξί κλικ, επιλέξτε Edit Sequence. Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο, το οποίο φαίνεται παρακάτω:




Σχήμα 1: Παράθυρο γεννήτριας δυαδικής ακολουθίας

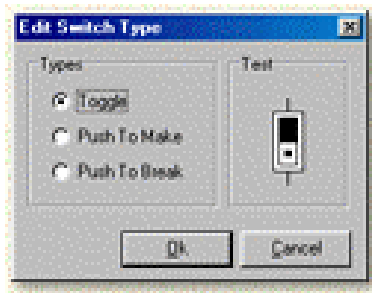
Το μέγιστο μήκος της δυαδικής ακολουθίας είναι 64 bits. Η δυαδική ακολουθία τιμών μπορεί να εισαχθεί σε δυαδική ή δεκαεξαδική μορφή. Η αναπαραγωγή γίνεται κυκλικά, δηλαδή μόλις τελειώσει η ακολουθία τότε αρχίζει από την αρχή.

5.3 Διακόπτης (switch)


Ο διακόπτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή δεδομένων και την εναλλαγή αυτών με την παρέμβαση του χρήστη.

Η παρέμβαση του χρήστη γίνεται με το  Object Interaction Selector όταν γίνεται προσομοίωση του κυκλώματος. Κάνοντας κλικ με το παραπάνω, πάνω στο αντικείμενο τότε αυτό αλλάζει.


Υπάρχουν τρία είδη διακοπών. Για να επιλέξετε έναν από αυτούς κάντε δεξί κλικ και επιλέξτε από το pop-up μενού Set Switch Type. Κατόπιν, θα εμφανιστεί ένα παράθυρο το οποίο φαίνεται παρακάτω.




Σχήμα 2: Επιλογές του διακόπτη

Τα τρία είδη διακοπών είναι τα παρακάτω. Όπως αναφέρθηκε, ο διακόπτης ενεργοποιείται με το .


Toggle

Όταν τοποθετείτε το  στο διακόπτη και έχετε επιλέξει αυτό το είδος διακόπτη, με κάθε κλικ αλλάζει η κατάσταση του σε on (activate – περνάνε τα δεδομένα) και off (deactivate – δεν περνάνε τα δεδομένα).

Push to make

Όταν τοποθετείτε το  στο διακόπτη και έχετε επιλέξει αυτό το είδος διακόπτη, κάνοντας κλικ και κρατώντας πατημένο το πλήκτρο του ποντικιού, τα δεδομένα περνάνε μέσα από τον διακόπτη για το χρονικό διάστημα που κρατάτε το πλήκτρο πατημένο. Αφήνοντας το πλήκτρο, τα δεδομένα δεν περνάνε.

Push to break

Αυτό το είδος διακόπτη είναι το ακριβώς αντίθετο από το προηγούμενο. Όταν τοποθετείτε το  στον διακόπτη και έχετε επιλέξει αυτός το είδος διακόπτη, κάνοντας κλικ και κρατώντας πατημένο το πλήκτρο του ποντικιού, τα δεδομένα δεν περνάνε μέσα από τον διακόπτη για το χρονικό διάστημα που κρατάτε το πλήκτρο πατημένο. Αφήνοντας το πλήκτρο, τα δεδομένα ξαναρχίζουν να περνάνε.

5.4 Διαδραστική είσοδο (interactive input)

Αυτό το αντικείμενο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη. Με τη χρήση του interactive object selector μπορείτε να ρυθμίσετε την έξοδο σε 0 ή 1.


Κάνοντας δεξί κλικ, μπορείτε να επιλέξετε από το pop-up μενού το Pulse Input. Αυτή η επιλογή ρυθμίζει το αντικείμενο αυτό έτσι ώστε να έχει ως έξοδο μια διαδοχική εναλλαγή μεταξύ 0 και 1, δηλαδή σαν έναν παλμό.

5.5 Τροφοδοσία ισχύος (power supply)

Η τροφοδοσία ισχύος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει αμετάβλητες εισόδους στο κύκλωμα του, δηλαδή μια είσοδο πάντοτε με την τιμή 1 ή 0. Αυτό γίνεται από τα παρακάτω:



Σχήμα 3: Τάση (Vcc) και γείωση (ground) για αμετάβλητες εισόδους

 Vcc (τάση) - logic high (1)

 Ground (γείωση) - logic low (0)

5.6 Παράδειγμα χρήσης

Θα κατασκευάσουμε ένα απλό κύκλωμα με δύο γεννήτριες δυαδικής ακολουθίας (sequence generators), τρεις πύλες (AND, XOR, OR) και τρεις ενδεικτικές λυχνίες (LEDs) για την παρατήρηση των αποτελεσμάτων. Επίσης, θα κάνουμε χρήση του Logic History Window, για να έχουμε μια σφαιρική άποψη των τιμών των εισόδων και εξόδων.

Έστω Sequence Gen A με τιμή $(ADBE)_{16}$ και Sequence Gen B με τιμή $(CFDA)_{16}$. Μετατρέπουμε τις δεκαεξαδικές ακολουθίες σε δυαδικές:

$A_{16} \rightarrow 1010_2$

$B_{16} \rightarrow 1011_2$

$C_{16} \rightarrow 1100_2$

$D_{16} \rightarrow 1101_2$

$E_{16} \rightarrow 1110_2$

$F_{16} \rightarrow 1111_2$

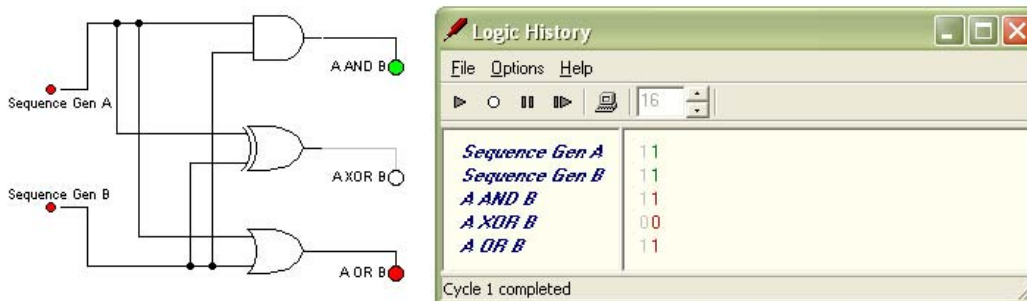
Έτσι η δυαδική αναπαράσταση της ακολουθίας Sequence Gen A $(A D B E)_{16}$ είναι 1010 1101 1011 1110

ενώ η δυαδική αναπαράσταση της ακολουθίας Sequence Gen B $(C F D A)_{16}$ είναι 1100 1111 1101 1010.

Στη συνέχεια φτιάχνουμε τον πίνακα αληθείας για το πρώτο ψηφίο του A (δηλαδή 1010 1101 1011 1110), το πρώτο ψηφίο του B (δηλαδή 1100 1111 1101 1010), και τις λογικές πράξεις που έχει το κύκλωμα. Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Sequence Gen A	Sequence Gen B	A AND B	A XOR B	A OR B
1	1	1	0	1

Κάνοντας προσομοίωση στο κύκλωμα που έχουμε φτιάξει για τις πρώτες τιμές προκύπτει το παρακάτω Σχήμα:

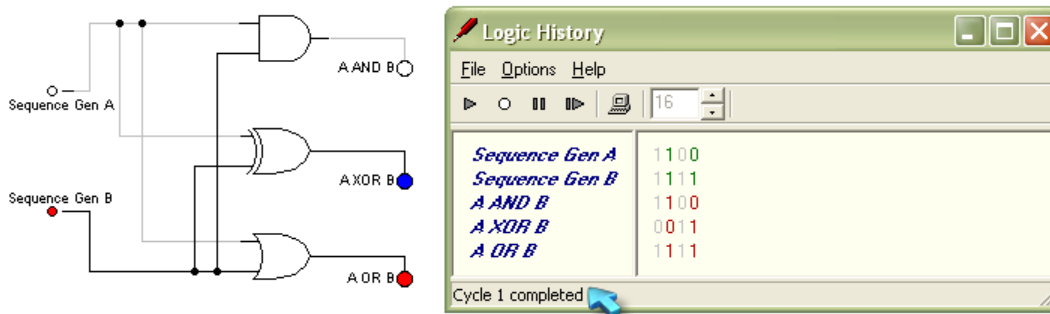


Το κύκλωμα είναι απλό, με πράσινα γράμματα είναι η είσοδος και με κόκκινα γράμματα είναι η έξοδος του κυκλώματος. Συγκρίνοντας το με τον πίνακα που κατασκευάσαμε πιο πάνω βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα είναι τα ίδια. Θα συνεχίσουμε το ίδιο για τα επόμενα τρία ψηφία των ακολουθιών των A και B.

Στη συνέχεια φτιάχνουμε τον πίνακα αληθείας για το δεύτερο ψηφίο του A (δηλαδή 1010 1101 1011 1110), για το δεύτερο ψηφίο του B (δηλαδή 1100 1111 1101 1010), και τις λογικές πράξεις που έχει το κύκλωμα. Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Sequence Gen A	Sequence Gen B	A AND B	A XOR B	A OR B
1	1	1	0	1
0	1	0	1	1

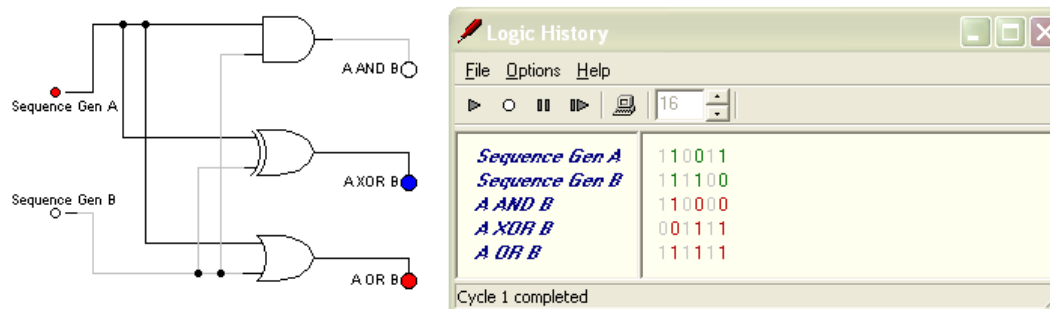
Κάνοντας προσομοίωση στο κύκλωμα που έχουμε φτιάξει για αυτές τις τιμές προκύπτει το παρακάτω Σχήμα:



Στη συνέχεια φτιάχνουμε τον πίνακα αληθείας για το τρίτο ψηφίο του A (δηλαδή 1010 1101 1011 1110), για το τρίτο ψηφίο του B (δηλαδή 1100 1111 1101 1010), και τις λογικές πράξεις που έχει το κύκλωμα. Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Sequence Gen A	Sequence Gen B	A AND B	A XOR B	A OR B
1	1	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1

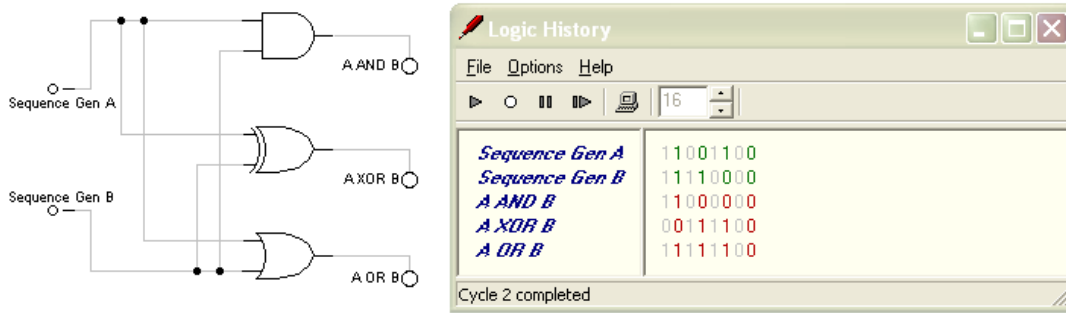
Κάνοντας προσομοίωση στο κύκλωμα που έχουμε φτιάξει για αυτές τις τιμές προκύπτει το παρακάτω Σχήμα:



Στη συνέχεια φτιάχνουμε τον πίνακα αληθείας για το τέταρτο ψηφίο του A (δηλαδή 1010 1101 1011 1110), για το τέταρτο ψηφίο του B (δηλαδή 1100 1111 1101 1010), και τις λογικές πράξεις που έχει το κύκλωμα. Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Sequence Gen A	Sequence Gen B	A AND B	A XOR B	A OR B
1	1	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
0	0	0	0	0

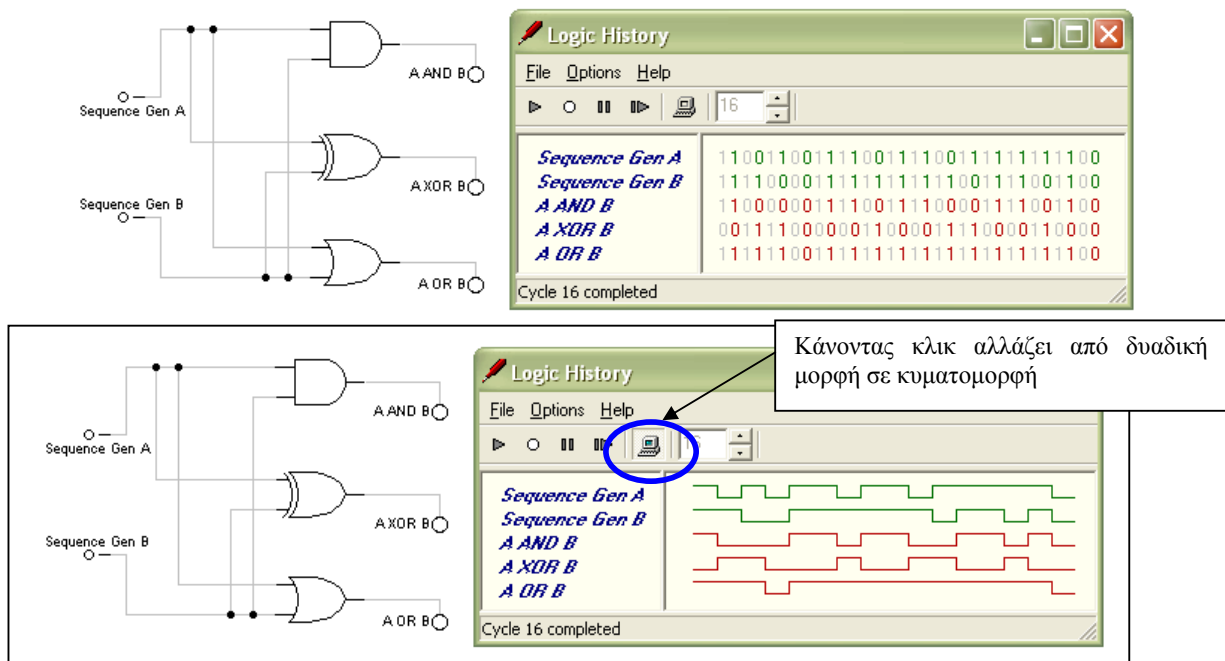
Κάνοντας προσομοίωση στο κύκλωμα που έχουμε φτιάξει για αυτές τις τιμές προκύπτει το παρακάτω Σχήμα:



Με τον ίδιο τρόπο κατασκευάζουμε όλον τον πίνακα αληθείας και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Sequence Gen A	Sequence Gen B	A AND B	A XOR B	A OR B
1	1	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
0	0	0	0	0
1	1	1	0	1
1	1	0	0	1
0	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	1	0	1
0	0	0	0	0

Στο τέλος της προσομοίωσης το τελικό αποτέλεσμα είναι αυτό που φαίνεται στο Σχήμα.



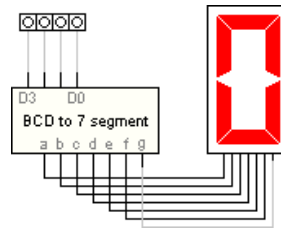
6 Μηχανισμοί εξόδου δεδομένων

6.1 Ενδεικτική λυχνία (Light Emitting Diode, LED)

Αυτό το αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαπιστωθεί η έξοδος ενός κυκλώματος. Συνήθως, όταν το LED έχει χρώμα άσπρο τότε η έξοδος είναι λογικό 0. Εάν έχει κόκκινο χρώμα, τότε η έξοδος είναι λογικό 1. Μπορείτε να αλλάξετε το χρώμα του, κάνοντας δεξί κλικ και επιλέγοντας το Change Color από το pop-up μενού.

6.2 Ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων (7-Segment LED)

Αυτό το αντικείμενο χρησιμοποιείται για να επιβλέπει ο χρήστης την έξοδο του κυκλώματος με το να συνδέει μία ή περισσότερες ενδεικτικές λυχνίες 7-τμημάτων σε αυτό. Αυτά τα αντικείμενα συνήθως χρησιμοποιούνται με δυαδικά κωδικοποιημένους δεκαδικούς αριθμούς (Binary Coded Decimal, BCD).



Σχήμα 4: Παράδειγμα ενδεικτικής λυχνίας 7-τμημάτων

Μπορείτε να αλλάξετε την ενδεικτική λυχνία 7-τμημάτων από common cathode σε common anode. Αυτό γίνεται κάνοντας δεξί κλικ στο αντικείμενο και επιλέγοντας Common από το pop-up Μενού. Η προκαθορισμένη τιμή για το αντικείμενο είναι το common cathode, το οποίο σημαίνει ότι κάθε τμήμα της λυχνίας ενεργοποιείται όταν η αντίστοιχη είσοδος είναι logic high, δηλαδή 1. Θέτοντάς το σε common anode, κάθε τμήμα ενεργοποιείται όταν η αντίστοιχη είσοδος είναι logic low, δηλαδή 0.

6.3 Συσσκευή αριθμητικής εξόδου (Numeric Output Device)

Αυτό το αντικείμενο χρησιμοποιείται για να εμφανίσει την έξοδο ενός κυκλώματος σε δυαδική, δεκαεξαδική ή δεκαδική μορφή. Όταν τοποθετήσετε το αντικείμενο στο workspace εμφανίζεται ένα παράθυρο, το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:




Σχήμα 5: Παράθυρο για τη συσκευή αριθμητικής εξόδου

Αρχικά πρέπει να επιλέξετε το display format, δηλαδή με ποια μορφή θα εμφανίζονται τα δεδομένα. Αυτές είναι η δυαδική (binary), η δεκαεξαδική (hexadecimal) και η δεκαδική (decimal). Εάν επιλέξετε τη δεκαδική μορφή τότε μπορείτε να επιλέξετε την αναπαράσταση συμπληρώματος ως-προς-2 (two's complement interpretation).

Το μέγεθος του αριθμού που μπορεί να απεικονιστεί στο αντικείμενο εξαρτάται από τον αριθμό εισόδων που έχει. Για παράδειγμα, τέσσερις γραμμές εισόδου δίνουν εύρος τιμών από 0 έως $2^4 - 1 = 15$. Οχτώ γραμμές εισόδου δίνουν εύρος τιμών από 0 έως $2^8 - 1 = 255$. Τα προηγούμενα παραδείγματα ισχύουν μόνο για αριθμούς με θετικό πρόσημο. Όταν ένας αριθμός ερμηνεύεται σαν συμπλήρωμα ως-προς-δύο (two's complement) θα δώσει ένα εύρος τιμών από -2^{n-1} έως $2^{n-1} - 1$, όπου n είναι ο αριθμός των γραμμών εισόδου. Για παράδειγμα, τέσσερις γραμμές εισόδου δίνουν εύρος τιμών από -2^{4-1} έως $2^{4-1} - 1$ (ή από -8 έως 7). Οχτώ γραμμές εισόδου δίνουν εύρος τιμών από -2^{8-1} έως $2^{8-1} - 1$ (ή από -128 έως 127). Το Digital Works επιτρέπει από 2 έως 16 γραμμές εισόδου.

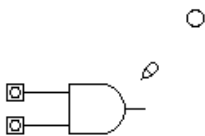
Αφού ολοκληρώσετε τις επιλογές σας, πατήστε OK. Για να επανέλθετε σε αυτό το παράθυρο, κάντε δεξί κλικ στο αντικείμενο και έπειτα επιλέξτε Properties. Μπορείτε να αλλάξετε ότι θέλετε εκτός από τις γραμμές εισόδου.

7 Σύνδεση μεταξύ αντικειμένων

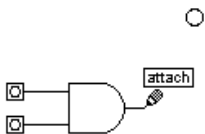
Η ένωση δύο ή και περισσότερων ψηφιακών αντικειμένων, που βρίσκονται στο workspace, γίνεται με το Wiring Tool .

7.1 Ένωση ψηφιακών αντικειμένων

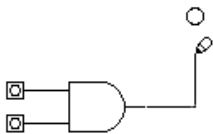
Αρχικά, τοποθετείστε ένα ή περισσότερα ψηφιακά αντικείμενα στο workspace που θέλετε να ενώσετε και επιλέξτε το Wiring Tool:



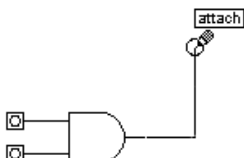
Στη συνέχεια τοποθετείστε τον κέρσορα πάνω από το σημείο που θέλετε να αρχίσετε τη σύνδεση. Ο κέρσορας θα αλλάξει σχήμα εάν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης σε αυτό το σημείο (βλέπε επόμενο Σχήμα). Για να αρχίσετε τη σύνδεση πατήστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού.



Δεν είναι απαραίτητο η σύνδεση μεταξύ των δύο σημείων να γίνει κατευθείαν. Κάνοντας κλικ με το ποντίκι σε οποιοδήποτε σημείο του workspace, δημιουργείται ένα μονοπάτι σύνδεσης που διευκολύνει στη σχεδίαση του κυκλώματος. Για παράδειγμα,



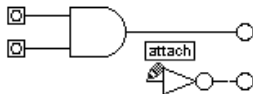
Τέλος, μετακινήστε τον κέρσορα και τοποθετείστε τον πάνω από το σημείο που θέλετε να τερματίσετε τη σύνδεση. Και πάλι, ο κέρσορας θα αλλάξει σχήμα εάν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης σε αυτό το σημείο (βλέπε επόμενο Σχήμα). Για να τερματίσετε την σύνδεση πατήστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού.



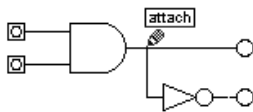
Προσοχή: Δεν υπάρχει η δυνατότητα να αρχίσετε μια σύνδεση χωρίς να την τερματίσετε ή να την τερματίσετε αργότερα. Εάν αποφασίσετε να διαλέξετε ένα άλλο αντικείμενο κατά τη διάρκεια που έχετε μια σύνδεση εν εξελίξει, η σύνδεση θα τερματιστεί και δεν θα έχει γίνει. Πατώντας τα πλήκτρα Esc ή Delete μπορείτε να τερματίσετε μια σύνδεση χωρίς αποτέλεσμα.

7.2 Ένωση μεταξύ δύο συνδέσεων (wires)

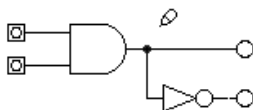
Όταν γίνεται χρήση του wiring, είναι επίσης εφικτό να γίνει σύνδεση μεταξύ δύο συνδέσεων. Στο παρακάτω παράδειγμα, ένας αντιστροφέας προστέθηκε στο κύκλωμα. Θέλουμε να ενώσουμε την είσοδο του αντιστροφέα με την σύνδεση που υπάρχει στην έξοδο της πύλης AND. Η διαδικασία σύνδεσης αρχίζει όπως και πριν:




Τοποθετήστε τον κέρσορα πάνω από τη σύνδεση που είναι συνδεδεμένη με την έξοδο της πύλης AND. Ο κέρσορας θα αλλάξει σχήμα υποδεικνύοντας ότι υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης σε αυτό το σημείο.




Πατήστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού για να τερματίσετε την σύνδεση. Ένας 'σύνδεσμος' (joint) εμφανίζεται για να υποδείξει την ένωση.




Ο σύνδεσμος αυτός και κάθε τέτοιος σύνδεσμος μπορεί να επιλεγεί με τον object selector  και να μεταφερθεί σε κάποιο άλλο σημείο, σύροντας το σε εκείνο. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε ένα σύνδεσμο, μπορείτε να επιλέξετε Delete για τη διαγραφή αυτού.


8 Προσομοιώνοντας το κύκλωμα

Αφού έχουν γίνει όλες οι συνδέσεις σωστά, το κύκλωμα είναι έτοιμο να προσομοιωθεί. Αυτό γίνεται με τα πλήκτρα ελέγχου από την μπάρα εργαλείων (βλέπε μπάρα εργαλείων). Πατώντας το

Run , ξεκινάει η προσομοίωση του κυκλώματος

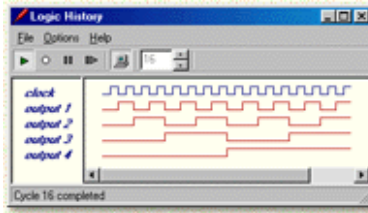
Stop , τερματίζεται η προσομοίωση του κυκλώματος

Pause , διακόπτει προσωρινά την προσομοίωση του κυκλώματος. Εάν πατηθεί ξανά το πλήκτρο, συνεχίζεται η προσομοίωση από εκεί που είχε διακοπεί, χωρίς να αρχικοποιείται το κύκλωμα

Step , εκτελεί προσομοίωση του κυκλώματος βήμα-προς-βήμα (για έναν ή μισό κύκλο ρολογιού)

9 Χρήση του Logic History Window

Στα κυκλώματα, κάποιες φορές τοποθετούνται LEDs έτσι ώστε να παρατηρείται η συμπεριφορά του συστήματος. Κάποιες φορές αυτό δεν είναι αρκετό κι γι' αυτό τον λόγο, το Digital Works προσφέρει μια ευκολία που λέγεται Logic History Window. Μέσω αυτής μπορεί ο χρήστης να καταγράψει μια σειρά από γεγονότα που συμβαίνουν στην είσοδο και στην έξοδο του κυκλώματος. Για να προστεθεί κάποιο αντικείμενο όπως το ρολόι ή το LED ή οποιοδήποτε άλλο, δε χρειάζεται τίποτα άλλο παρά να κάνει ο χρήστης δεξί κλικ σε αυτό και να επιλέξει Add To Logic History. Όταν επιλεγθεί (αυτό φαίνεται από το pop-up menu, η επιλογή Add To Logic History είναι τσεκαρισμένη), όλα τα γεγονότα εισόδου και εξόδου καταγράφονται σε έναν history buffer. Επιλέγοντας Tools από το κυρίως μενού και μετά Logic History Window εμφανίζεται το παράθυρο αυτό.



Σχήμα 6: Παράδειγμα χρήσης του Logic history window

10 Macros

10.1 Τι είναι τα macros;

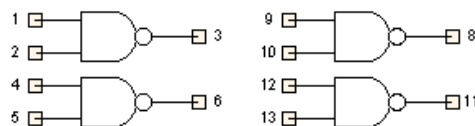
Όταν χρησιμοποιείτε το Digital Works, υπάρχει περίπτωση να χρειαστεί να κατασκευάσετε ένα κύκλωμα που να θέλετε να χρησιμοποιήσετε και σε κάποιο άλλο κύκλωμα. Για παράδειγμα, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε πύλες XOR και AND για να φτιάξετε έναν ημιαθροιστή. Αυτό δεν είναι κάποιο πολύπλοκο κύκλωμα αλλά μπορείτε να το σώσετε σαν macro έτσι ώστε να μην χρειάζεται να το φτιάχνετε από την αρχή κάθε φορά που θέλετε να χρησιμοποιήσετε κάποιον ημιαθροιστή. Επίσης, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτόν τον ημιαθροιστή για να φτιάξετε άλλο ένα macro (πιο πάνω στην ιεραρχία) και να κατασκευάσετε έναν πλήρη αθροιστή.

10.2 Κατασκευάζοντας ένα Macro

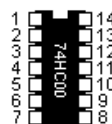
Ένα κύκλωμα στο Digital Works έχει δύο οπτικά μέρη. Το πρώτο είναι αυτό της υλοποίησης (το εσωτερικό) και το δεύτερο είναι της διασύνδεσης (το εξωτερικό).

Στο μέρος της υλοποίησης (implementation), στο workspace υπάρχει όλο το κύκλωμα και τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Στο μέρος της διασύνδεσης (interface) υπάρχει το σχέδιο που αντιστοιχεί (ο χρήστης) στο κύκλωμα, είναι κάτι δηλαδή σαν «μαύρο κουτί», σαν ένα κουτί με εισόδους και εξόδους.

Η σχέση μεταξύ των δύο μερών είναι η επόμενη:



Σχήμα 7: Μέρος της Υλοποίησης

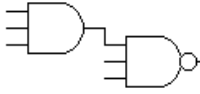



Σχήμα 8: Διασύνδεση

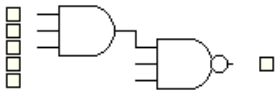
Οι εισόδους και εξόδους μεταξύ των δύο μερών συνδέονται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα.

Βήμα 1ο:

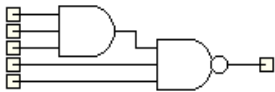
Κατασκευάστε ένα οποιοδήποτε κύκλωμα και προσομοιώστε το. Σε αυτό το παράδειγμα, θα κατασκευάσουμε μια πύλη NAND με πέντε εισόδους (το Digital Works παρέχει μέχρι τέσσερις εισόδους – κάνοντας δεξί κλικ στο αντικείμενο μπορεί να διαπιστωθεί αυτό). Η υλοποίηση φαίνεται στο επόμενο Σχήμα:

**Βήμα 2ο:**

Αφού έχετε κατασκευάσει το κύκλωμα, τοποθετήστε κάποια macro tags (κάνοντας κλικ στο ) κοντά στις εισόδους και στις εξόδους του κυκλώματος. Αυτά τα tags εκπροσωπούν τις εισόδους και τις εξόδους του κυκλώματος. Σε αυτό το παράδειγμα έχουμε πέντε εισόδους και μια έξοδο:

**Βήμα 3ο:**

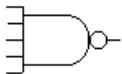
Ενώστε με το Wiring Tool τα tags με τις εισόδους και τις εξόδους όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.


**Βήμα 4ο:**

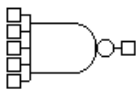
Κάντε δεξί κλικ στο πρώτο tag και επιλέξτε Template Editor

Βήμα 5ο:

Αφού εμφανιστεί ένα παράθυρο, αυτός είναι ο Template Editor, χρησιμοποιείτε τα γραφικά εργαλεία για να σχεδιάσετε το σχήμα που θέλετε. Το σχήμα που σχεδιάστηκε για το κύκλωμα αυτό είναι:

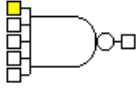
**Βήμα 6ο:**

Προσθέστε στο παραπάνω template pins (είναι το κουμπί ) στην μπάρα εργαλείων του [template editor](#)). Τα template pins χρησιμοποιούνται για να ολοκληρωθεί η σύνδεση των tags του εσωτερικού μέρους με το εξωτερικό. Αυτή η διαδικασία θα πρέπει να γίνει προσεκτικά έτσι ώστε να συνδεθούν τα σωστά pins και tags μεταξύ τους (για την αποφυγή λαθών). Για το κύκλωμά μας, τα tags τοποθετούνται κάπως έτσι:



Βήμα 7^ο:

Κάντε δεξί κλικ στο πρώτο template pin και επιλέξτε Associate with Tag. Αυτό θα συνδέσει το macro tag που διαλέξατε αρχικά στο μέρος της υλοποίησης με το template pin του μέρους της διασύνδεσης. Όταν γίνει η σύνδεση, το χρώμα του συγκεκριμένου pin αλλάζει σε κίτρινο υποδηλώνοντας ότι έγινε η σύνδεση. Τα pins μπορεί να έχουν κόκκινο χρώμα, που σημαίνει ότι είναι ήδη χρησιμοποιημένα και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά.

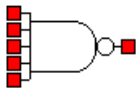
Βήμα 8^ο:

Κλείστε τον Template Editor. Το macro tag έχει έναν αριθμό δίπλα του. Σε αυτό το παράδειγμα, έχει τον αριθμό ένα. Αυτό σημαίνει ότι το macro tag συνδέθηκε επιτυχώς με το πρώτο pin.

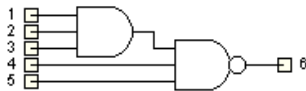
Βήμα 9^ο:

Ακολουθείστε την ίδια διαδικασία για να συνδέσετε όλα τα άλλα macro tags με template pins.

Το τελικό σχέδιο στο μέρος του interface θα πρέπει να είναι κάπως έτσι:



και το μέρος της υλοποίησης κάπως έτσι:



10.3 Αποθήκευση του Macro στο Parts Centre

Αφού τελειώσει η υλοποίηση και ολοκληρωθεί το κύκλωμα, τότε αυτό μπορεί να σωθεί και χρησιμοποιηθεί σαν έτοιμο component. Τα macros αυτά σώζονται στο parts centre το οποίο στην ουσία είναι ένα κατάλογος από όλα τα macros που υπάρχουν και έχουν κατασκευαστεί. Η διαδικασία είναι απλή: αφού ολοκληρωθεί το κύκλωμα, επιλέξτε save (ή από το μενού ή από την μπάρα εργαλείων) και σώστε το στον φάκελο του Digital Works, 'Parts Centre'. Αυτός είναι ένας υποκατάλογος μέσα στον κύριο φάκελο του Digital Works. Για παράδειγμα, εάν το Digital Works τοποθετήθηκε στον

'c:\Program Files\Digital Works'

τότε απλά σώστε το στον υποκατάλογο

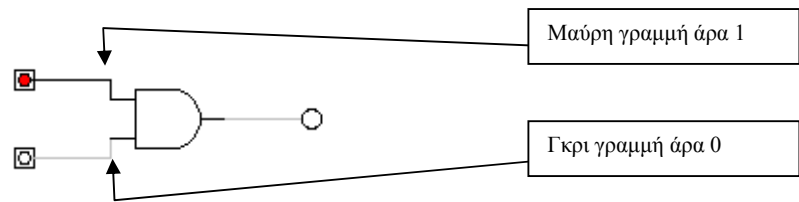
'c:\Program Files\Digital Works\Parts Centre'

Μπορείτε επίσης να δημιουργήσετε υποκαταλόγους μέσα στον φάκελο του 'Parts Centre' έτσι ώστε να κατηγοριοποιήσετε τα macros σας καλύτερα. Για παράδειγμα,



'c:\Program Files\Digital Works\Parts Centre\My Folder'

11 Διάφορες συμβουλές

Υπάρχουν κάποια τρικ που βοηθάνε το χρήστη περισσότερο στο να κατανοήσει το κύκλωμα. Ένα από αυτά είναι το χρώμα των 'καλωδίων' στις συνδέσεις. Εάν είναι γκρι τότε από την γραμμή αυτή πέρασε το 0 σε αυτόν τον κύκλο, ενώ αν είναι μαύρη τότε πέρασε το 1.



Σχήμα 9: Παράδειγμα χρωματισμού των γραμμών

Ένας άλλος τρόπος για να διαπιστωθεί εάν από μια 'γραμμή' έχει περάσει το 0 ή το 1 είναι με το  Logic Probe. Όταν το επιλέξετε μπορείτε να κάνετε κλικ πάνω σε μια γραμμή. Ανάλογα με το τι πέρασε από αυτήν την γραμμή, θα σας δείξει και το  Logic Probe.