

HY430 – Εργαστήριο Ψηφιακών Κυκλωμάτων

Διδάσκων: Χ. Σωτηρίου, Βοηθός: (θα ανακοινωθεί)

<http://inf-server.inf.uth.gr/courses/CE430/>

I

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

1^η διάλεξη – Παρουσίαση του μαθήματος

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί

- ▶ Το κάθε ψηφίο ενός αριθμού $\alpha_5\alpha_4\alpha_3\alpha_2\alpha_1\alpha_0\alpha_{-1}\alpha_{-2}\alpha_{-3}$ στην βάση B παριστάνεται ως εξής:
 - ▶ $B^5 \cdot \alpha_5 + B^4 \cdot \alpha_4 + B^3 \cdot \alpha_3 + B^2 \cdot \alpha_2 + B^1 \cdot \alpha_1 + B^0 \cdot \alpha_0 + B^{-1} \cdot \alpha_{-1} + B^{-2} \cdot \alpha_{-2} + B^{-3} \cdot \alpha_{-3}$
- ▶ Παράδειγμα:
 - ▶ 11010.11
 - ▶ $1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = 26.75$
 - ▶ Βάση του παραπάνω μπορούμε να μετατρέπουμε αριθμούς μεταξύ του δεκαδικού, δυαδικού και δεκαεξαδικού συστήματος

Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί

▶ Αρνητικό Πρόσημο

- ▶ Η πιο συνηθής αναπαράσταση αρνητικών αριθμών γίνεται με το προσημασμένο συμπλήρωμα, όπου ουσιαστικά το αριστερότερο ψηφίο έχει αρνητική αξία

▶ Παράδειγμα:

▶ 11010.11

- ▶ $1 \cdot (-2^4) + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = -10.75$

- ▶ Μετατρέψτε τους παρακάτω αριθμούς σε δυαδικό (b'), δεκαεξαδικό (h') και δεκαδικό (d') αντίστοιχα:

- ▶ h'FA, b'101010, d'232, h'12, b'1100.01, d'23.12

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Ψηφιακή Λογική

- ▶ Στην ψηφιακή λογική αντιστοιχούμε τις διακριτές τιμές **0** και **1** σε αναλογικά διαστήματα.
- ▶ Τα μεγάλα πλεονέκτηματα της ψηφιακής λογικής είναι (1) η ακρίβεια που είναι συνάρτηση των ψηφίων, (2) τα μεγάλα περιθώρια θορύβου και (3) η απλούστερη σχεδίαση.

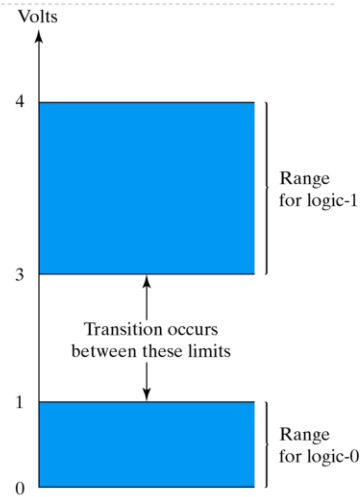
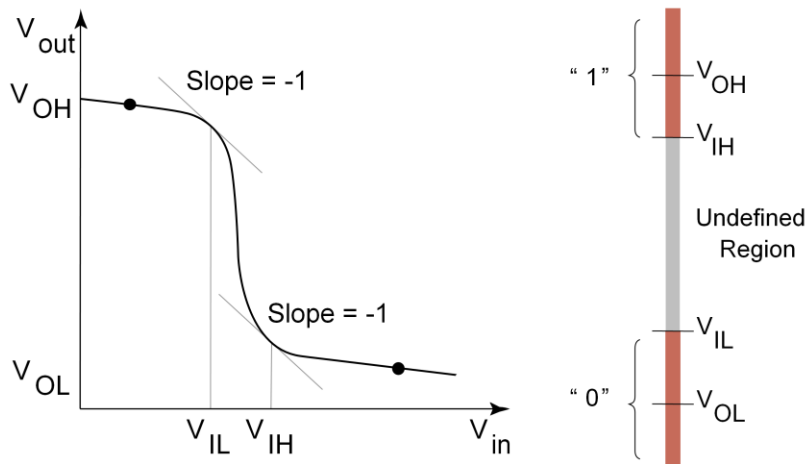


Fig. 1-3 Example of binary signals

Ψηφιακή Λογική



8

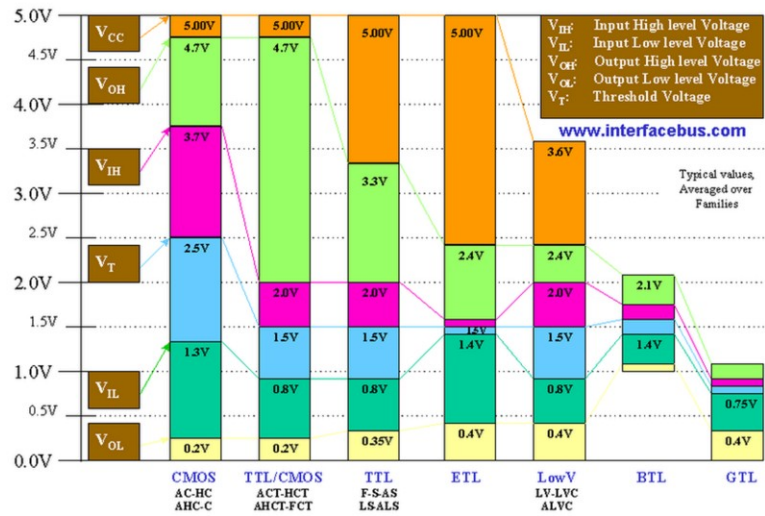
HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Παραπάνω φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη μετάβασης δυναμικού (voltage transfer characteristic) για έναν αντιστροφέα, και φαίνεται η διαδικασία εξαγωγής των νόμιμων τιμών των δυναμικών για τα λογικά 0 και 1.

Η μικρότερη τιμή V_{IL} αντιστοιχεί στο μικρότερο υψηλό δυναμικό στην έξοδο.

Αντιστοίχως η μικρότερη τιμή V_{IH} αντιστοιχεί στο μικρότερο χαμηλό δυναμικό στην έξοδο.

Ψηφιακή Λογική



Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

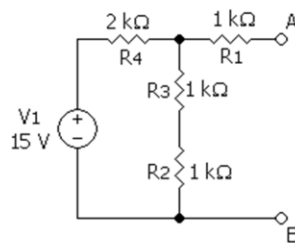
Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton

- ▶ Σε ηλεκτρικό επίπεδο όλα τα κυκλώματα συμπεριφέρονται με αναλογικό τρόπο

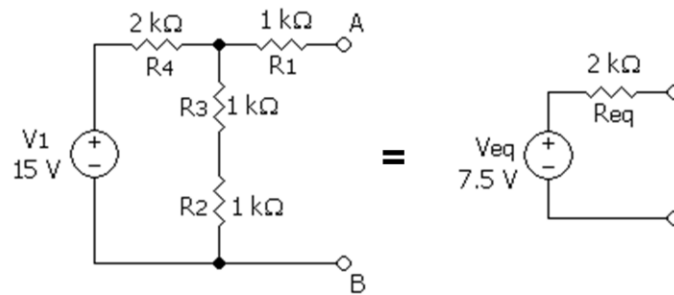


- ▶ Θεώρημα Thevenin

- ▶ Οποιοδήποτε γραμμικό δίκτυο με 2 άκρα, είναι συνδυασμός πηγών και αντιστάσεων, μπορεί να αντικατασταθεί με 1 πηγή και 1 αντίσταση



Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton



► Βήματα

1. Αφαιρούμε το φορτίο
2. Υπολογίζουμε το δυναμικό χωρίς φορτίο (V_{TH})
3. Θεωρούμε οιοσδήποτε πηγές κλειστό κύκλωμα
4. Υπολογίζουμε την αντίσταση που βλέπει το φορτίο (R_{TH})

► I2

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Ο υπολογισμός ισοδύναμου Thevenin έχει ως εξής:

Το δυναμικό χωρίς φορτίο (ανοικτό κύκλωμα) είναι:

$$V1 \cdot (R2 + R3)/(R2 + R3 + R4) = 15 \cdot (2/4) = 7.5 \text{ V}$$

Βραχυκυκλώνοντας (για τους σκοπούς του υπολογισμού την πηγή) υπολογίζουμε την ισοδύναμη αντίσταση ως:

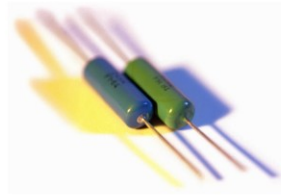
$$R1 + (R4 \parallel (R3 + R2)) = 1 + (2 \parallel (1 + 1)) = 1 + (1/2 + 1/2)^{-1} = 2 \text{ k}\Omega$$

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση

- ▶ Ο λόγος που συζητήσαμε το θεώρημα Thevenin είναι για να γίνει αντιληπτό ότι οτιδήποτε υλικό έχει μια ισοδύναμη
 - ▶ Παρασιτική αντίσταση
 - ▶ Παρασιτική χωρητικότητα



Οποτεδήποτε θέλουμε να οδηγήσουμε κάτι πρέπει να γνωρίζουμε τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά, δηλαδή την αντίσταση του και την χωρητικότητα του για να ξέρουμε το ρεύμα (η δυναμικό) που απαιτείται για να οδηγηθεί το δυναμικό (το ρεύμα) σε μια συγκεκριμένη συχνότητα.

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ **Δυαδική Άλγεβρα**
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Δυαδική Άλγεβρα

- Το αλγεβρικό σύστημα B ορίζεται ως $(\{0, 1\}, +, \cdot)$
- Θεμελιώδεις Ιδιότητες

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	
Αυτοδυναμία	$x + x = x$	$x \cdot x = x$
Αντιμετάθεση	$x + y = y + x$	$x \cdot y = y \cdot x$
Προσεταιρισμός	$x + (y + z) = (x + y) + z$	$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
Απορρόφηση	$x \cdot (x + y) = x$	$x + (x \cdot y) = x$
Επιμερισμός	$x + (y \cdot z) = (x + y)(x + z)$	$x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z)$
Ύπαρξη Αντιστρόφου	Για κάθε X υπάρχει X'	
Ουδέτερο Στοιχείο	$x + 0 = x$	$x \cdot 1 = x$

► 16

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Δυαδική Άλγεβρα

► Επιπλέον Ιδιότητες

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	
Διπλή Άρνηση	$(x')' = x$	$x \cdot x = x$
Νόμος De Morgan	$(x \cdot y)' = x' + y'$	$(x + y)' = x' \cdot y'$

► Προτεραιότητα τελεστών

- $()$, $'$, \cdot , $+$

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ **Δυαδικές Συναρτήσεις**
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ Μια απεικόνιση $B^n \rightarrow B$, δηλαδή με πεδίο ορισμού το B^n και πεδίο τιμών το B , που περιγράφεται με δυαδική εξίσωση αποτελεί Δυαδική Συνάρτηση

- ▶ Παράδειγμα

- ▶ $F1 = x + y'z$, δυαδική εξίσωση
(σύμβαση: με κεφαλαίο)

- ▶ $f1(x, y, z) = x + y'z$, δυαδική συνάρτηση

- ▶ $F2 = x'y'z + x'yz + xy'$

- ▶ $f2(x, y, z) = x'y'z + x'yz + xy'$

- ▶ Ξεχωρίστε στον Π.Α. τα μέρη των συναρτήσεων που παράγουν 1

- ▶ Απλοποιήστε την $f2$

Πίνακας Αλήθειας $f1, f2$

x	y	z	f1	f2
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

Δυαδικές Συναρτήσεις

► Απλοποίηση της F_2

$$\begin{aligned} F_2 &= x'y'z + x'yz + xy' \\ &= x'z(y + y') + xy' = x'z + xy' \end{aligned}$$

- Οι απλοποιήσεις στην δυαδική άλγεβρα συνεπάγονται βελτιστοποίηση σε επίπεδο κυκλώματος

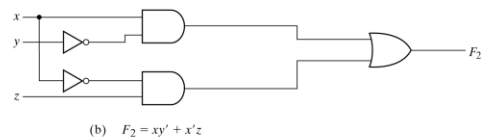
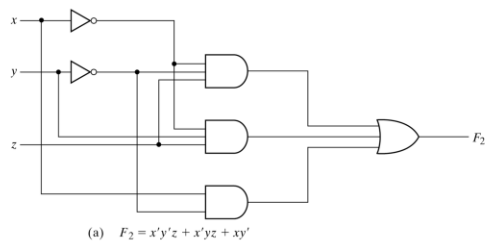


Fig. 2-2 Implementation of Boolean function F_2 with gates

Δυναδικές Συναρτήσεις

- ▶ $F3 = a(b + c') + d(e' + f + g')$
- ▶ Η κάθε μεταβλητή, x ή x' , αντιστοιχεί σε μια είσοδο πύλης
- ▶ Ο κάθε τελεστής, \cdot ή $+$, σε μια πύλη με ανάλογο αριθμό εισόδων
- ▶ Η αλγεβρική επεξεργασία της συνάρτησης μπορεί παράγει ισοδύναμα κυκλώματα με διαφορετικές ιδιότητες (... παρακάτω)
- ▶ Απλοποιήστε τις παρακάτω συναρτήσεις

ΑΣΚΗΣΗ	$(x + y)(x + y')$	ομοφωνία (consensus)
$x(x' + y)$	$xy + x'z + yz$	
$x + x'y$	$(x + y)(x' + z)(y + z)$	

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ Υπάρχουν άπειροι τρόποι έκφρασης μιας δυαδικής συνάρτησης
- ▶ Μορφές έκφρασης που παρέχουν μοναδικότητα και επιτρέπουν σύγκριση για ισότητα ονομάζονται **κανονικές**
- ▶ Κανονική μορφή ελαχιστόρων (minterms)
 - ▶ Οι ελάχιστες διαστάσεις του B^n , δηλαδή τα σημεία του κύβου B^n ονομάζονται ελαχιστόροι
 - ▶ Ο κάθε ελαχιστόρος, σημείο στο B^n αντιστοιχεί σε μια γραμμή του πίνακα αληθείας
- ▶ Κανονική μορφή μεγιστόρων (maxterms)
 - ▶ Η σύζευξη διαστάσεων του B^n δημιουργεί τους μεγιστόρους, που πάλι αντιστοιχούν σε γραμμές του πίνακα αληθείας

Δυαδικές Συναρτήσεις

► Παράδειγμα τριών μεταβλητών

			Ελαχιστόροι		Μεγιστόροι	
x	y	z	Όρος	Ονομασία	Όρος	Ονομασία
0	0	0	$x'y'z'$	m0	$x + y + z$	M0
0	0	1	$x'y'z$	m1	$x + y + z'$	M1
0	1	0	$x'yz'$	m2	$x + y' + z$	M2
0	1	1	$x'yz$	m3	$x + y' + z'$	M3
1	0	0	$xy'z'$	m4	$x' + y + z$	M4
1	0	1	$xy'z$	m5	$x' + y + z'$	M5
1	1	0	xyz'	m6	$x' + y' + z$	M6
1	1	1	xyz	m7	$x' + y' + z'$	M7

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ Εκφράστε τις $f1, f2$ ως αθροίσματα ελαχιστόρων και γινόμενα μεγιστόρων αντίστοιχα

- ▶ $f1 = x'y'z + xy'z' + xyz$

- ▶ $f1 = (x + y + z)(x + y' + z)(x + y' + z')(x' + y + z')(x' + y' + z)$

- ▶ $f2 = x'yz + xy'z + xyz' + xyz$

- ▶ $f2 = (x + y + z)(x + y + z')(x + y' + z)(x' + y + z)$

x	y	z	f1	f2
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Δυαδικές Συναρτήσεις

► Πρότυπες Μορφές

- Το άθροισμα γινομένων και το γινόμενο αθροισμάτων είναι πρότυπες μορφές για την υλοποίηση 2-επίπεδων κυκλωμάτων

► Άθροισμα γινομένων → AND-OR υλοποίηση

► Γινόμενο αθροισμάτων → OR-AND υλοποίηση

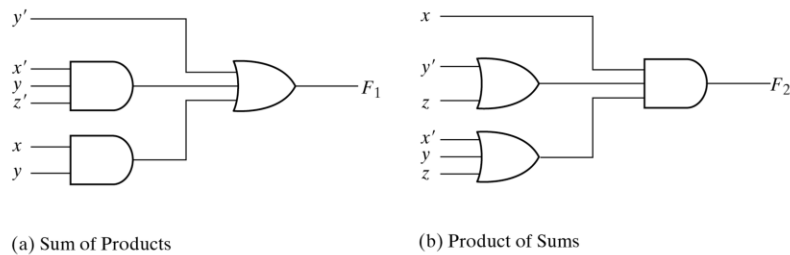


Fig. 2-3 Two-level implementation

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ Πολυεπίπεδη υλοποίηση

- ▶ Η παραγοντοποίηση μιας δυαδικής συνάρτησης οδηγεί σε πολυεπίπεδες μορφές κυκλωμάτων

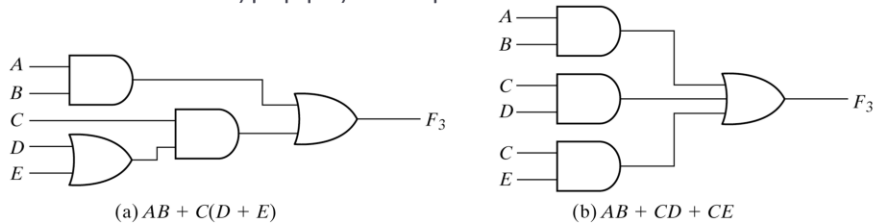


Fig. 2-4 Three- and Two-Level implementation

- ▶ $F = c(a + b) + d(e + f) = ac + bc + de + df$
- ▶ 5 πύλες και για τις 2 υλοποιήσεις
- ▶ Ποιο είναι το πλεονέκτημα της πολυεπίπεδης λογικής;









Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ **Συνδυαστικές Πύλες**
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Συνδυαστικές Πύλες

► Οι συνήθεις τύποι είναι:

- AND
- OR
- INV
- BUF
- NAND
- NOR
- XOR
- XNOR

Name	Graphic symbol	Algebraic function	Truth table															
AND		$F = xy$	<table><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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><tr><th>x</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	x	F	0	1	1	0									
x	F																	
0	1																	
1	0																	
Buffer		$F = x$	<table><tr><th>x</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>	x	F	0	0	1	1									
x	F																	
0	0																	
1	1																	
NAND		$F = (xy)'$	<table><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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><tr><th>x</th><th>y</th><th>F</th></tr><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></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																

► 28

HY430 - Δ

Fig. 2-5 Digital logic gates

Οι πύλες AND, OR και οι αρνητικές εκδοχές τους έχουν τιμές ελέγχου, δηλαδή όταν η μια είσοδος παίρνει την τιμή ελέγχου, τότε ελέγχει την έξοδο ανεξαρτήτως από την τιμή της άλλης εισόδου. Αντιστρόφως, έχουν και τιμές προαγωγής, όπου προάγουν την είσοδο στην έξοδο (την ίδια ή με άρνηση).

Οι τιμές ελέγχου χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την κατασκευαστική δοκιμή των ψηφιακών κυκλωμάτων.

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

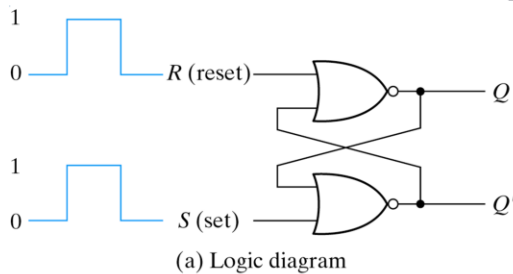


Fig. 5-3 SR Latch with NOR Gates

- ▶ **NOR SR Latch – Θετικά Ενεργό**
- ▶ Αναλύστε την λειτουργία του ξεκινώντας από μια αρχική κατάσταση στα Q, Q'
 - ▶ Τι συμβαίνει στην περίπτωση που $S = R = 1$;
 - ▶ Υπάρχει κάποιο πρόβλημα εκεί;

▶ 30

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Ο πίνακας αλήθειας της NOR έχει ως εξής:

$x \ y \mid (x + y)'$

----|-----

0 0 | 1

0 1 | 0 Η NOR είναι μια OR με αντεστραμμένη έξοδο.

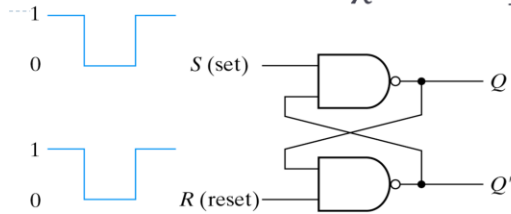
1 0 | 0 Η τιμή 1 είναι τιμή ελέγχου στην έξοδο (παράγει 0)

1 1 | 0

Στην περίπτωση που οι είσοδοί είναι 11, τότε τα Q και Q' θα γίνουν 0.

Αν μετά έχουμε σαν επόμενη είσοδο την 00, δηλαδή την διατήρηση της κατάστασης, το κύκλωμα έχει δρόμηση (race) αφού η τελικές τιμές των Q, Q' εξαρτώνται από το ποια από τις 2 NOR (μαζί με τα σχετικά τους καλώδια, τις συνθήκες θορύβου, κτλ.) θα κάνει πρώτη μια από τις Q, Q' ένα.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch



(a) Logic diagram

Fig. 5-4 SR Latch with NAND Gates

- ▶ **NAND SR Latch – Αρνητικά Ενεργό**
- ▶ Αναλύστε την λειτουργία του ξεκινώντας από μια αρχική κατάσταση στα Q, Q'
 - ▶ Τι συμβαίνει στην περίπτωση που $S = R = 0$;
 - ▶ Υπάρχει κάποιο πρόβλημα εκεί;

▶ 31

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Ο πίνακας αλήθειας της NAND έχει ως εξής:

$x \ y \mid (x + y)'$

----|-----

0 0 | 1

0 1 | 1 Η NAND είναι μια AND με αντεστραμμένη έξοδο.

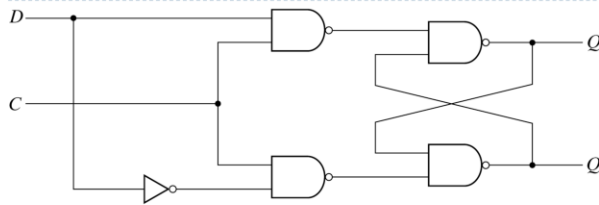
1 0 | 1 Η τιμή 1 είναι τιμή ελέγχου στην έξοδο (παράγει 0)

1 1 | 0

Στην περίπτωση που οι είσοδοί είναι 00, τότε τα Q και Q' θα γίνουν 1.

Αν μετά έχουμε σαν επόμενη είσοδο την 11, δηλαδή την διατήρηση της κατάστασης, το κύκλωμα έχει δρόμηση (race) αφού η τελικές τιμές των Q, Q' εξαρτώνται από το ποια από τις 2 NOR (μαζί με τα σχετικά τους καλώδια, τις συνθήκες θορύβου, κτλ.) θα κάνει πρώτη μια από τις Q, Q' μηδέν.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch



(a) Logic diagram

C	D	Next state of Q
0	X	No change
1	0	Q = 0; Reset state
1	1	Q = 1; Set state

(b) Function table

Fig. 5-6 D Latch

- Θετικό D Latch (Μανταλωτής), όπου C είναι το ρολόι (συνήθως λέγεται g = gate)
- Πώς εξασφαλίζεται ότι η περίπτωση $S = R = 0$ δεν συμβαίνει;
- Τι θα συμβεί αν $C = 1$ και το D αλλάζει;

► 32

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Η περίπτωση $S = R = 0$, στο SR Latch του μανταλωτή δεν μπορεί να συμβεί λόγω του αντιστροφέα στο D.

Οι εξισώσεις έχουν ως εξής:

$$S = (D \cdot C)' = D' + C', \text{ και } S = 0 \text{ συνεπάγεται } DC = 11$$

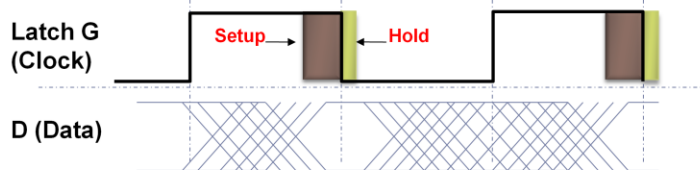
$$R = (D' \cdot C)' = D + C', \text{ και } R = 0 \text{ συνεπάγεται } DC = 01$$

Άρα, σε λογικό επίπεδο δεν συντρέχει η περίπτωση $S = R = 0$, λόγω της διαφορετικής ανάθεσης τιμών στα DC.

Σε ηλεκτρικό επίπεδο, ανάλογα με την καθυστέρηση του αντιστροφέα μπορεί να υπάρχει κίνδυνος για το SR και εξαρτάται από την σχετική ταχύτητα του αντιστροφέα και των NAND πριν το SR. Τέτοιες περιπτώσεις εξασφαλίζονται στην σχεδίαση του D latch χρησιμοποιώντας κατάλληλα μεγέθη στις πύλες (τρανζίστορ) και κάνοντας χρονική ανάλυση της χειρότερης περίπτωσης.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

- ▶ Όταν το C στο latch κάνει μετάβαση 1→0, το θετικό latch κλείνει
 - ▶ Αν το D αλλάζει κατά την διάρκεια του κλεισίματος, δηλ. σε χρόνο μικρότερο από την καθυστέρηση των INV-NAND-SR, τότε το latch δεν θα αποθηκεύσει την σωστή κατάσταση
 - ▶ Η τελική κατάσταση που θα αποθηκευτεί θα εξαρτάται από τον θόρυβο και δρομήσεις στο κύκλωμα
- ▶ Περιορισμοί Setup (Πρόθεσης) και Hold (Διατήρησης)



▶ 33

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Τα XXXX στα δεδομένα επιδεικνύουν τους χρόνους που τα δεδομένα μπορούν να αλλάξουν αυθαίρετα από 0 σε 1. Τα «μάτια», ή σταθερά παράθυρα, επιδεικνύουν τους χρόνους που τα δεδομένα πρέπει να είναι σταθερά, δηλαδή είτε 0 είτε 1.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

► Σύμβολα για Latches:

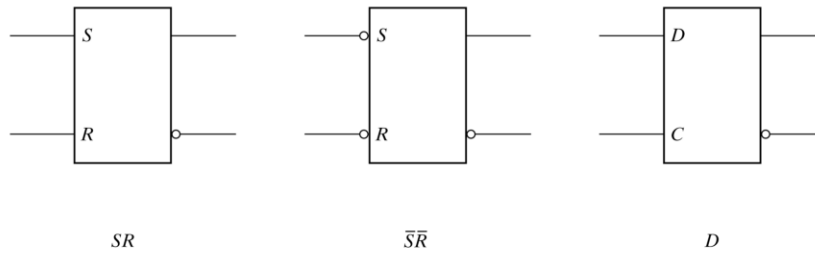


Fig. 5-7 Graphic Symbols for Latches

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

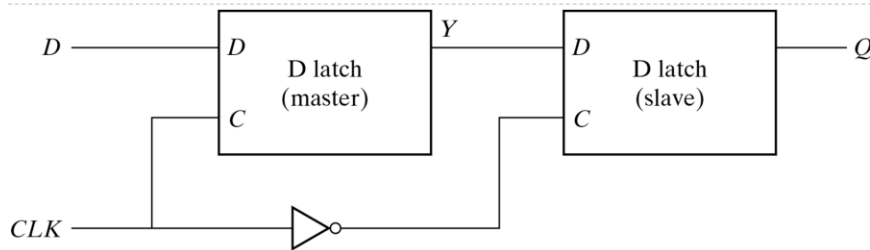


Fig. 5-9 Master-Slave D Flip-Flop

- ▶ **Master-Slave (Αφέντης-Σκλάβος) D Flip-Flop**
- ▶ Σε ποια ακμή αποθηκεύει δεδομένα το παραπάνω FF;
- ▶ Τι θα συμβεί αν η είσοδος D αλλάξει πολύ κοντά στην ενεργή ακμή;

▶ 35

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Το FF τύπου αφέντη-σκλάβου που φαίνεται παραπάνω αποτελείται από 2 μανταλωτές.

Ο πρώτος είναι ανοικτός (η διαφανής όπως λέγεται) όταν CLK=1, ενώ ο δεύτερος όταν CLK=0.

Όσο το ρολόι έχει την τιμή 0, η έξοδος Q δεν αλλάζει μια και ο αφέντης κρατά σταθερό το Y.

Μόλις το ρολόι γίνει 1 τότε αντίστοιχα αντιστρέφονται οι ρόλοι και κλείνει ο σκλάβος.

Μόλις όμως το ρολόι γίνει πάλι 0, δηλαδή στην μετάβαση $1 \rightarrow 0$, το δεδομένο που αποθήκευε ο αφέντης

Θα περάσει στον σκλάβο, ο οποίος θα μείνει ανοικτός ενώ ο αφέντης θα κλείσει.

Έτσι, η παραπάνω δομή αφέντη σκλάβου λειτουργεί στην αρνητική ακμή.

Αλλάζοντας την θέση του αντιστροφέα μπορούμε να αλλάξουμε την λειτουργία στην θετική ακμή.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

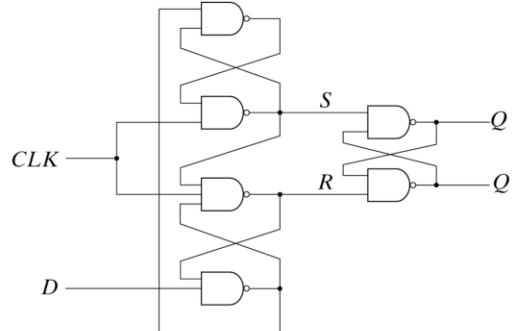


Fig. 5-10 D-Type Positive-Edge-Triggered Flip-Flop

- D-Type Flip-Flop
- Το παραπάνω FF, μεγαλύτερου εμβαδού, πρακτικά αποτελείται από τρεις μανταλωτές (D, CLK), (CLK, Y), (S, R)

► 36

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Το παραπάνω κύκλωμα είναι καλύτερα να αναλυθεί δόκιμα, σε επίπεδο δηλαδή εξισώσεων και ΜΠΚ των τμημάτων του (των τριών μανταλωτών που αντιστοιχούν σε 3 ΜΠΚ).

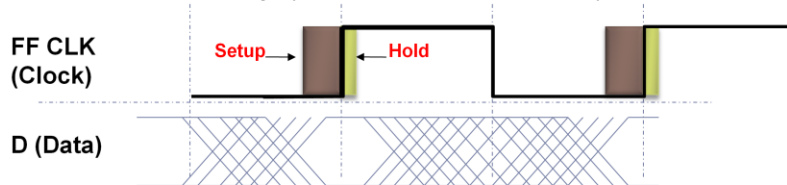
Πρακτικά και περιγραφικά, η λειτουργία του είναι η εξής.

1. Όσο το CLK είναι 0, τα σήματα S και R μένουν στο μηδέν και το Q διατηρείται ανεξάρτητα του D.
2. Όταν το CLK γίνει 1, τότε ενεργοποιείται η λειτουργία των 2 αριστερών μανταλωτών
 - Αν το D είναι μηδέν, τότε το R γίνεται 0 και το FF αποθηκεύει 0
 - Αν το D είναι ένα, τότε το S γίνεται 0 και το FF αποθηκεύει 1
3. Όσο το CLK παραμένει 1, τα S και R διατηρούν την τιμή που είχαν στη μετάβαση $0 \rightarrow 1$.

Το παραπάνω ακμοπυροδότητο FF έχει ως ενεργή ακμή την $0 \rightarrow 1$.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

- ▶ Όταν το CLK στο latch κάνει μετάβαση 1→0, τα 2 αριστερά latches κλείνουν
 - ▶ Αν το D αλλάζει κατά την διάρκεια του κλεισίματος, δηλ. σε χρόνο μικρότερο από την καθυστέρηση των SR, τότε το latch εξόδου δεν θα αποθηκεύσει την σωστή κατάσταση
 - ▶ Η τελική κατάσταση που θα αποθηκευτεί θα εξαρτάται από τον θόρυβο και δρομήσεις στο κύκλωμα
- ▶ Περιορισμοί Setup (Πρόθεσης) και Hold (Διατήρησης)



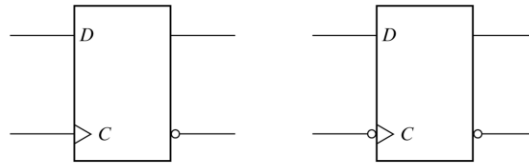
▶ 37

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Τα XXXX στα δεδομένα επιδεικνύουν τους χρόνους που τα δεδομένα μπορούν να αλλάξουν αυθαίρετα από 0 σε 1. Τα «μάτια», ή σταθερά παράθυρα, επιδεικνύουν τους χρόνους που τα δεδομένα πρέπει να είναι σταθερά, δηλαδή είτε 0 είτε 1.

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

► Σύμβολα για Flip-Flops:



(a) Positive-edge

(a) Negative-edge

Fig. 5-11 Graphic Symbol for Edge-Triggered *D* Flip-Flop

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch



(a) Response to positive level



(b) Positive-edge response



(c) Negative-edge response

Fig. 5-8 Clock Response in Latch and Flip-Flop

- Απόκριση σε θετικό επίπεδο, θετική και αρνητική ακμή

Περιεχόμενα

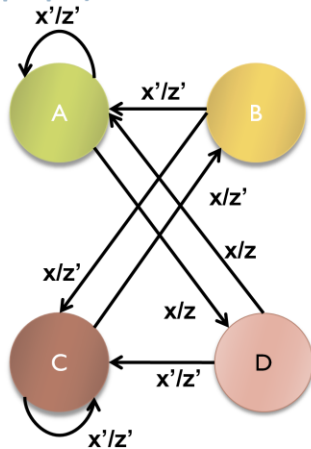
- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων
- ▶ Είδη Κυκλωμάτων

Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων

- ▶ Μια ΜΠΚ ορίζεται ως μια πεντάδα (I, O, S, d, l) , όπου
 - ▶ I είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο εισόδων
 - ▶ O είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο εξόδων
 - ▶ S είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο καταστάσεων
 - ▶ d είναι η συνάρτηση επόμενης κατάστασης, $d : I \times S \rightarrow S$
 - ▶ l είναι η συνάρτηση εξόδων και αντιστοιχεί
 - ▶ $\lambda : I \times S \rightarrow O$ (Mealy)
 - ▶ $\lambda : S \rightarrow O$ (Moore)
- ▶ Μια ΜΠΚ αναπαρίσταται
 - ▶ Ως γράφος όπου οι καταστάσεις είναι κόμβοι, οι μεταβάσεις (δ) ακμές
 - ▶ Σαν πίνακας ροής

Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων

Γράφος Καταστάσεων



Πίνακας Ροής

ΜΠΚ M	x'	x
A	A, z'	D, z
B	A, z'	C, z'
C	C, z'	B, z'
D	C, z'	A, z

▶ 42

HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Ο πίνακας ροής είναι ανάλογος του πίνακα αληθείας και είναι ο προτιμότερος τρόπος απεικόνισης μιας ΜΠΚ

Στην 1^η του, αριστερότερη στήλη απεικονίζονται οι καταστάσεις της ΜΠΚ, ενώ οι στήλες είναι οι συνδυασμοί εισόδων της ΜΠΚ που προκαλούν μεταβάσεις.

Το κάθε στοιχείο του πίνακα αντιπροσωπεύει για την τρέχουσα κατάσταση (γραμμή) και τον συνδυασμό (στήλη) ένα ζεύγος (Επόμενης Κατάστασης, Εξόδων).

Για μηχανές Moore η έξοδος αντιστοιχεί ανά γραμμή σαν ξέχωρη στήλη και δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται στο κάθε στοιχείο.

Περιεχόμενα

- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ **Είδη Κυκλωμάτων**

Είδη Κυκλωμάτων

- Τα ψηφιακά κυκλώματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

