

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

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

▶ 2

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

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

▶ 3

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

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

▶ 4

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

Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί

▶ Αρνητικό Πρόσημο

- ▶ Η πιο συνήθης 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

▶ 5

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

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

▶ 6

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

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.

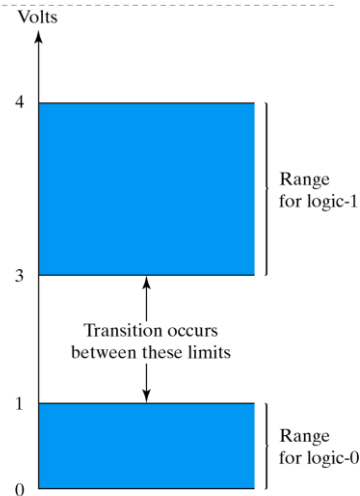
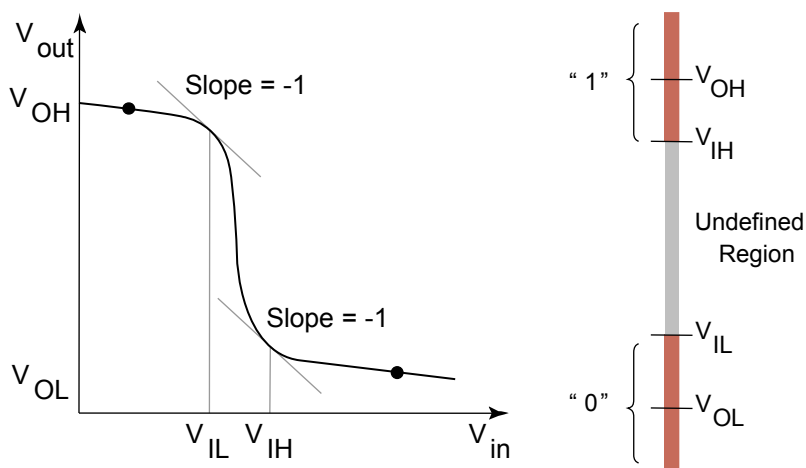


Fig. 1-3 Example of binary signals

▶ 7

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

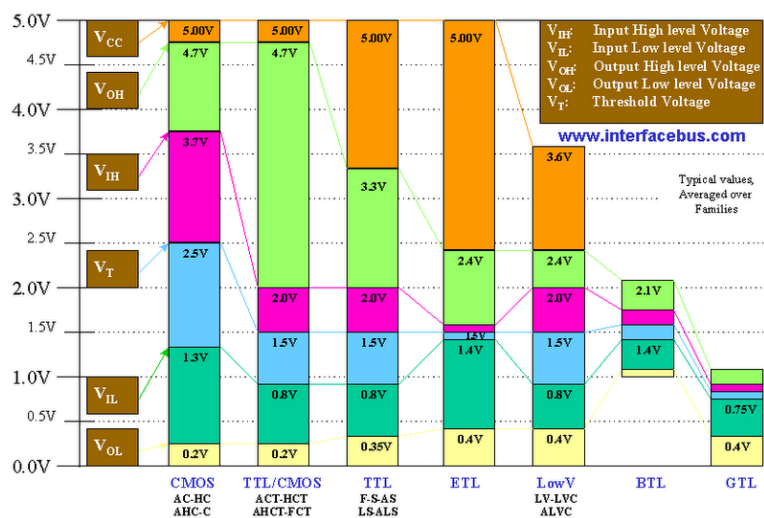
Ψηφιακή Λογική



▶ 8

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

Ψηφιακή Λογική



► 9

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

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

► 10

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

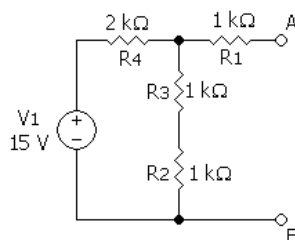
Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton

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



▶ Θεώρημα Thevenin

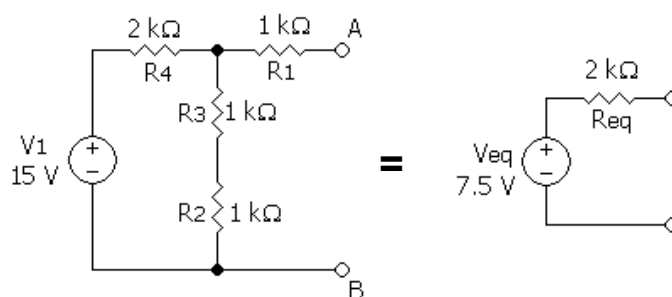
- ▶ Οποιοδήποτε γραμμικό δίκτυο με 2 άκρα, είναι συνδυασμός πηγών και αντιστάσεων, μπορεί να αντικατασταθεί με 1 πηγή και 1 αντίσταση



▶ I1

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

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

Περιεχόμενα

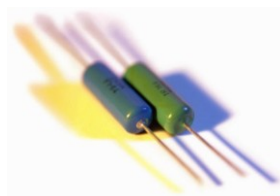
- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων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

▶ 13

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

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



▶ 14

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

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

▶ 15

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

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

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

► 17

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

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

► 18

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

Δυαδικές Συναρτήσεις

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

- ▶ 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

▶ 19

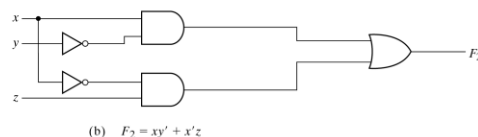
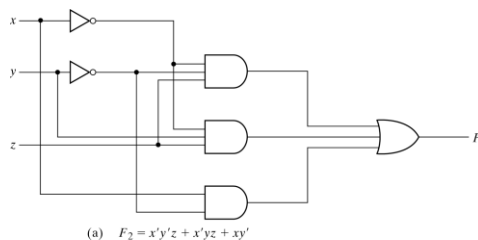
HY430 - Διάλεξη 3η, Επανάληψη 10/18/2013

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ Απλοποίηση της $F2$

- ▶ $F2 = x'y'z + x'yz + xy' = x'z(y + y') + xy' = x'z + xy'$

- ▶ Οι απλοποιήσεις στην δυαδική άλγεβρα συνεπάγονται βελτιστοποίηση σε επίπεδο κυκλώματος

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

▶ 20

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

Δυαδικές Συναρτήσεις

- ▶ $F3 = a(b + c') + d(e' + f + g')$
- ▶ Η κάθε μεταβλητή, x ή x' , αντιστοιχεί σε μια είσοδο πύλης
- ▶ Ο κάθε τελεστής, $.$ 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	$(x + y)(x + y')$
$x(x' + y)$	$xy + x'z + yz$
$x + x'y$	$(x + y)(x' + z)(y + z)$

ομοφωνία
(consensus)

▶ 21

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

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

▶ 22

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

Δυναδικές 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

▶ 23

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

Δυναδικές 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

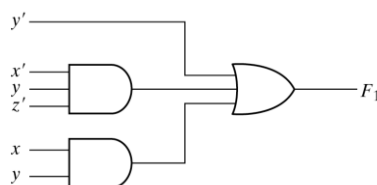
▶ 24

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

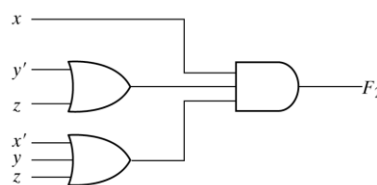
Δυαδικές Συναρτήσεις

▶ 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



(a) Sum of Products



(b) Product of Sums

Fig. 2-3 Two-level implementation

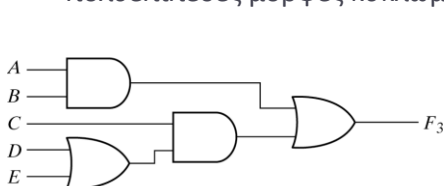
▶ 25

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

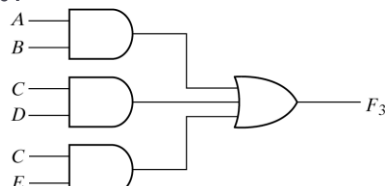
Δυαδικές Συναρτήσεις

▶ Πολυεπίπεδη υλοποίηση

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



(a) $AB + C(D + E)$



(b) $AB + CD + CE$

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;

▶ 26

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

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









▶ 27

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

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 - 2

Fig. 2-5 Digital logic gates

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

▶ 29

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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

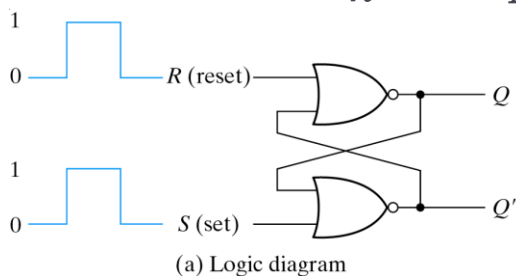


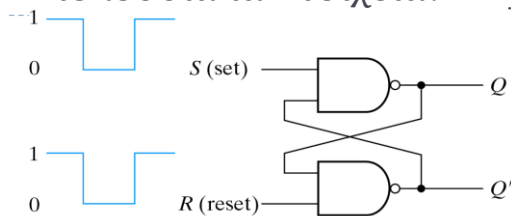
Fig. 5-3 SR Latch with NOR Gates

- ▶ **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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch



(a) Logic diagram

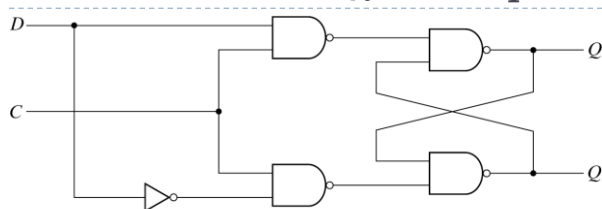
Fig. 5-4 SR Latch with NAND Gates

- ▶ **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

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

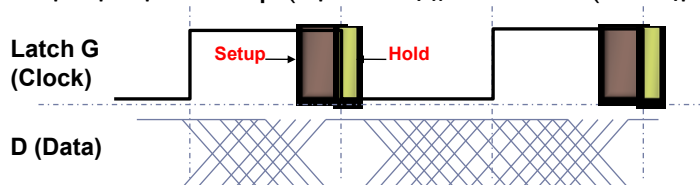
- ▶ **Θετικό D Latch (Μανταλωτής)**, όπου C είναι το ρολόι (συνήθως λέγεται $g = \text{gate}$)
- ▶ Πώς εξασφαλίζεται ότι η περίπτωση $S = R = 0$ δεν συμβαίνει;
- ▶ Τι θα συμβεί αν $C = 1$ και το D αλλάζει;

▶ 32

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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

- ▶ Όταν το **C** στο latch κάνει μετάβαση $1 \rightarrow 0$, 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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

- ▶ Σύμβολα για Latches:

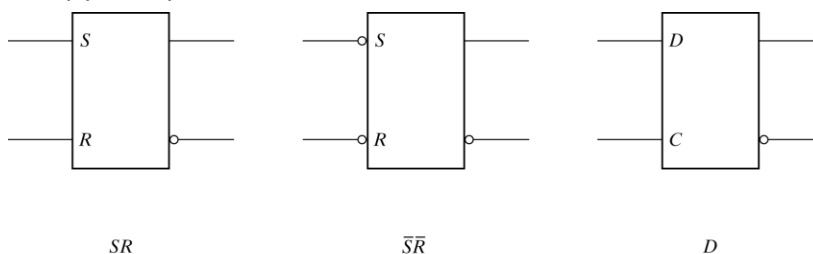


Fig. 5-7 Graphic Symbols for Latches

▶ 34

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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

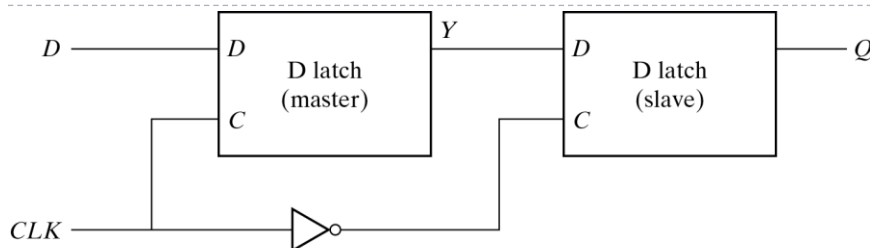


Fig. 5-9 Master-Slave *D* Flip-Flop

- ▶ 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

Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch

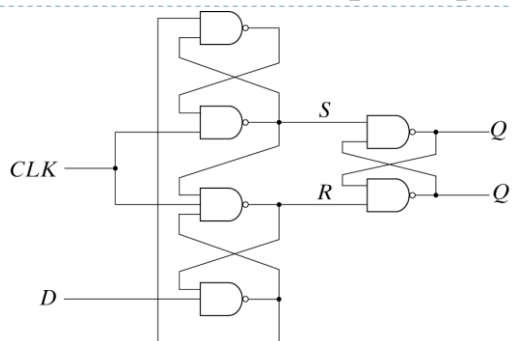


Fig. 5-10 *D*-Type Positive-Edge-Triggered Flip-Flop

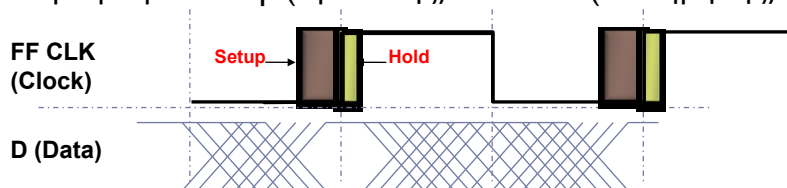
- ▶ *D*-Type Flip-Flop
- ▶ Το παραπάνω FF, μεγαλύτερου εμβαδού, πρακτικά αποτελείται από τρεις μανταλωτές (*D*, *CLK*), (*CLK*, *Y*), (*S*, *R*)

▶ 36

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

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)

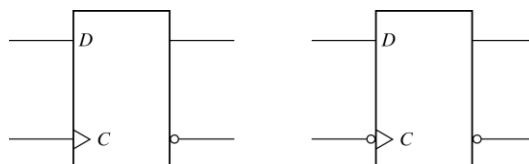


▶ 37

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

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

▶ 38

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

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

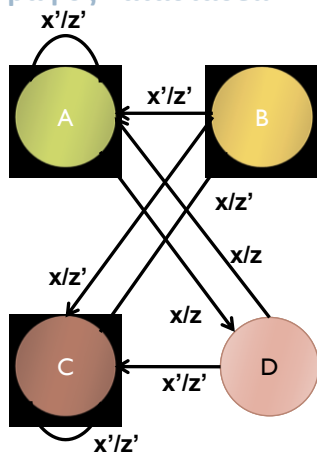
- ▶ Μια ΜΠΚ ορίζεται ως μια πεντάδα (I, O, S, d, l) , όπου
 - ▶ I είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο εισόδων
 - ▶ O είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο εξόδων
 - ▶ S είναι ένα πεπερασμένο, μη μηδενικό σύνολο καταστάσεων
 - ▶ d είναι η συνάρτηση επόμενης κατάστασης, $d : I \times S \rightarrow S$
 - ▶ 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 πίνακα ροής

▶ 41

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

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

Περιεχόμενα

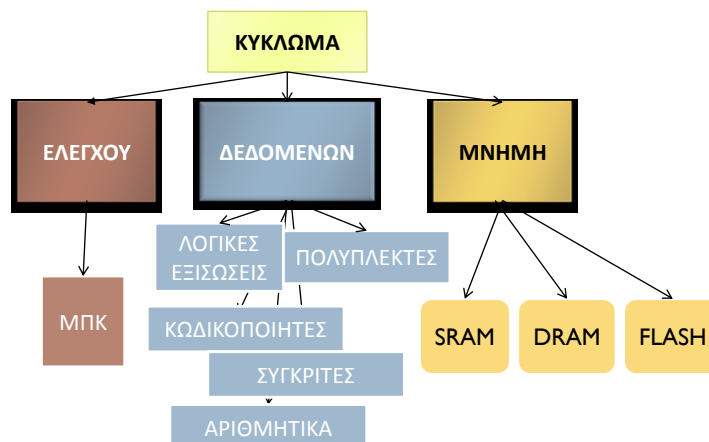
- ▶ Συστήματα Αριθμών και Δυαδικοί Αριθμοί
- ▶ Ψηφιακή Λογική
- ▶ Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά - Θεώρημα Thevenin/Norton
- ▶ Παρασιτική Χωρητικότητα και Αντίσταση
- ▶ Δυαδική Άλγεβρα
- ▶ Δυαδικές Συναρτήσεις
- ▶ Συνδυαστικές Πύλες
- ▶ Ακολουθιακά Στοιχεία: Flip-Flop και Latch
- ▶ **Είδη Κυκλωμάτων**

▶ 43

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

Είδη Κυκλωμάτων

- ▶ Τα ψηφιακά κυκλώματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:



▶ 44

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