



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 9 : Διαδικασία Σύνθεσης  
Φώτιος Βαρτζιώτης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 9: Διαδικασία Σύνθεσης

Φώτιος Βαρτζιώτης

Καθηγητής Εφαρμογών

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Σκοποί ενότητας

- Να αναλυθεί η διαδικασία σύνθεσης ακολουθιακών κυκλωμάτων με χρήση JK flip-flop ή με T flip-flop.
- Η δυνατότητα σύνθεσης ακολουθιακών κυκλωμάτων.
- Η δυνατότητα ανάλυσης της συμπεριφοράς ενός ακολουθιακού κυκλώματος



# Περιεχόμενα ενότητας

- Σύνθεση με JK flip-flop
- Σύνθεση με T flip-flop
- Άσκηση 1
- Άσκηση 2



# Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Σύνθεση με JK flip-flop

Η διαδικασία σύνθεσης χωρίς τη βοήθεια υπολογιστή ακολουθιακών κυκλωμάτων με JK flip-flop είναι ανάλογη με αυτή που ακολουθούμε όταν χρησιμοποιούμε D flip-flop.

Η μόνη διαφορά το ότι οι εξισώσεις εισόδων των flip-flop προκύπτουν από τις επιθυμητές μεταβάσεις από την παρούσα κατάσταση στην επόμενη και από τον πίνακα διέγερσης του JK flip-flop.



# Σύνθεση με JK flip-flop

Έστω ότι θέλουμε να συνδέσουμε το ακολουθιακό κύκλωμα που ορίζεται από τον πίνακα καταστάσεων και εισόδων των JK flip-flop

Παρούσα κατάσταση		Είσοδος	Επόμενη κατάσταση		Είσοδοι flip-flop			
<b>A</b>	<b>B</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>J<sub>A</sub></b>	<b>K<sub>A</sub></b>	<b>J<sub>B</sub></b>	<b>K<sub>B</sub></b>
0	0	0	0	0	0	X	0	X
0	0	1	0	1	0	X	1	X
0	1	0	1	0	1	X	X	1
0	1	1	0	1	0	X	X	0
1	0	0	1	0	X	0	0	X
1	0	1	1	1	X	0	1	X
1	1	0	1	1	X	0	X	0
1	1	1	0	0	X	1	X	1





# Σύνθεση με JK flip-flop

- Στον πίνακα έχουν περιληφθεί επιπλέον στήλες που αφορούν τις συνθήκες εισόδων κάθε flip-flop που προξενούν τις επιθυμητές μεταβάσεις.
- Από αυτές τις στήλες εξάγονται οι εξισώσεις εισόδων των flip-flop.
- Οι τιμές των εισόδων των flip-flop προκύπτουν από τον ίδιο τον πίνακα καταστάσεων και τον πίνακα διέγερσης του JK flip-flop.



# Σύνθεση με JK flip-flop

- Π.χ. για μια μετάβαση του flip-flop A

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Παρούσα κατάσταση		Είσοδος	Επόμενη κατάσταση		Είσοδοι flip-flop			
A	B		A	B	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>
0	0	0	0	0	0	X	0	X
0	0	1	0	1	0	X	1	X
0	1	0	1	0	1	X	X	1
0	1	1	0	1	0	X	X	0
1	0	0	1	0	X	0	0	X
1	0	1	1	1	X	0	1	X
1	1	0	1	1	X	0	X	0
1	1	1	0	0	X	1	X	1



# Σύνθεση με JK flip-flop

- Μια μετάβαση από την παρούσα κατάσταση 0 στην επόμενη κατάσταση 0 απαιτεί η είσοδος J να είναι 0.
- Στην πρώτη γραμμή του πίνακα μεταβάσεων παρουσιάζεται ακόμα μια μετάβαση του flip-flop B από την παρούσα κατάσταση 0 στην επόμενη κατάσταση 0
- Οπότε γράφουμε 0 και X στην πρώτη γραμμή  $J_B$  και  $K_B$  αντίστοιχα.



# Σύνθεση με JK flip-flop

- Οι τιμές των στηλών των εισόδων των flip-flop του πίνακα καταστάσεων και εισόδων των JK flip-flop προσδιορίζουν τον πίνακα αληθείας που αντιστοιχεί στις εξισώσεις εισόδων των flip-flop.



# Σύνθεση με JK flip-flop

Στον πίνακα αλήθειας γράφονται οι τιμές των στηλών των εισόδων των flip-flop συναρτήσεων:

- της παρούσας κατάστασης του flip-flop  $A$ ,
- της παρούσας κατάστασης του flip-flop  $B$
- της εισόδου  $\chi$ .



# Σύνθεση με JK flip-flop

- Οι εξισώσεις εισόδων που προκύπτουν από τον πίνακα αληθείας απλοποιούνται με τους επόμενους χάρτες.

		B			
		00	01	11	10
A	0	$m_0$	$m_1$	$m_3$	$m_2$ 1
	1	$m_4$ X	$m_5$ X	$m_7$ X	$m_6$ X

$x$

$$J_A = x$$

		B			
		00	01	11	10
A	0	$m_0$ X	$m_1$ X	$m_3$ X	$m_2$ X
	1	$m_4$	$m_5$	$m_7$ 1	$m_6$

$x$

$$K_A = Bx$$



# Σύνθεση με JK flip-flop

		$B$			
		$Bx$	00	01	11
$A$	0	$m_0$	1	X	X
	1	$m_4$	1	X	X
		$x$			

$$J_B = x$$

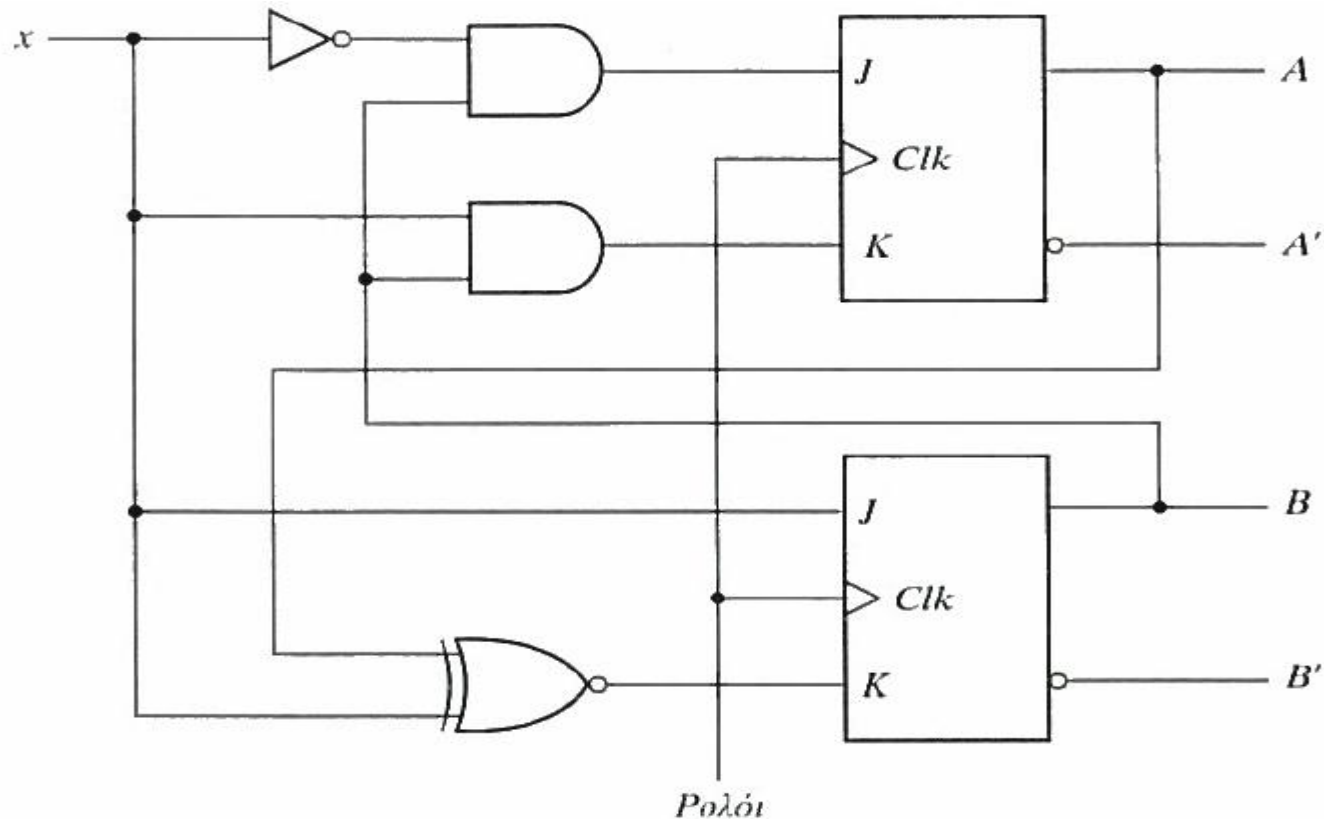
		$B$			
		$Bx$	00	01	11
$A$	0	X	X	$m_3$	$m_2$
	1	X	X	1	$m_6$
		$x$			

$$K_B = (A \oplus x)'$$



# Σύνθεση με JK flip-flop

Το λογικό διάγραμμα για το ακολουθιακό κύκλωμα με JK flip-flop.







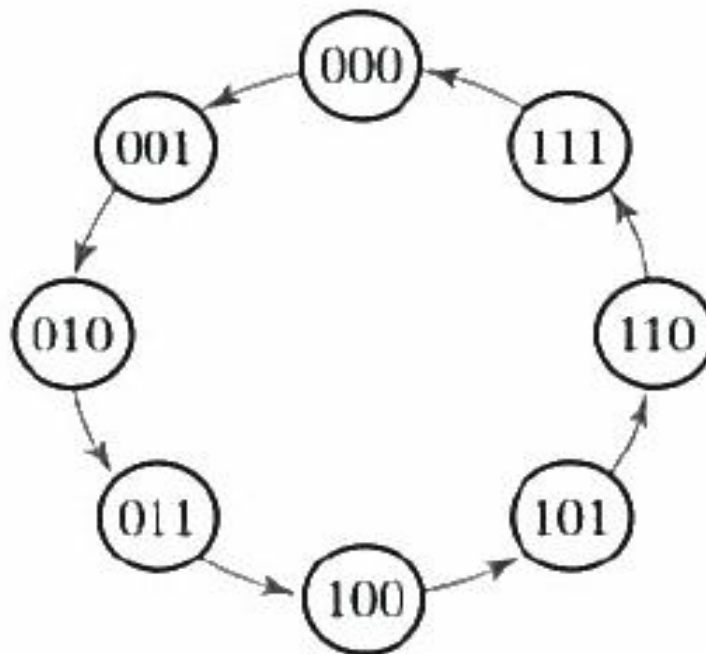
# Σύνθεση με T flip-flop

- Για την περιγραφή της διαδικασίας σύνθεσης κυκλωμάτων με T flip-flop, σχεδιάζουμε ένα δυαδικό μετρητή.
- Ένας δυαδικός μετρητής των  $n$  bit έχει  $n$  flip-flop, επομένως με αυτόν μπορούμε να μετρήσουμε στο δυαδικό σύστημα από το 0 έως το  $2^n - 1$ .



# Σύνθεση με T flip-flop

Έστω το διάγραμμα καταστάσεων ενός 3-bit μετρητή





# Σύνθεση με T flip-flop

- οι έξοδοι των flip-flop επαναλαμβάνουν τη δυαδική ακολουθία μέτρησης.
- Η μόνη είσοδος του κυκλώματος είναι το ρολόι
- Οι έξοδοι δίνονται απευθείας από την παρούσα κατάσταση των flip-flop.
- Η επόμενη κατάσταση του μετρητή εξαρτάται μόνο από την παρούσα κατάσταση.



# Σύνθεση με T flip-flop

- Ο μετρητής μεταβαίνει στην επόμενη κατάσταση κάθε φορά που υπάρχει μετάβαση στο σήμα του ρολογιού.
- Οι δυαδικοί μετρητές κατασκευάζονται με πιο αποδοτικό τρόπο με τη χρήση T flip-flop.
  - Επειδή τα flip-flop αλληλοσυμπληρώνονται.



# Σύνθεση με T flip-flop

Πίνακας καταστάσεων για τον 3-bit δυαδικό μετρητή.

Παρούσα κατάσταση			Επόμενη κατάσταση			Είσοδοι flip-flop		
$A_2$	$A_1$	$A_0$	$A_2$	$A_1$	$A_0$	$T_{A2}$	$T_{A1}$	$T_{A0}$
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1



# Σύνθεση με T flip-flop

- Όταν η παρούσα κατάσταση 001,
- Η επόμενη κατάσταση είναι 010.
- Το  $A_2$  πηγαίνει από το 0 στο 0,
- Επομένως στο  $T_{A_2}$  θέτουμε 0,
- Επειδή το flip-flop  $A_2$  δεν πρέπει να αλλάξει τιμή.



# Σύνθεση με T flip-flop

Παρούσα κατάσταση			Επόμενη κατάσταση			Είσοδοι flip-flop		
$A_2$	$A_1$	$A_0$	$A_2$	$A_1$	$A_0$	$T_{A2}$	$T_{A1}$	$T_{A0}$
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1



# Σύνθεση με T flip-flop

- Το  $A_1$  πηγαίνει από το 0 στο 1
  - επομένως στο  $T_{A_1}$  θέτουμε 1.
- Όταν η παρούσα κατάσταση είναι 111, συγκρίνεται με την πρώτη τιμή μέτρησης 000.
  - πρέπει και τα τρία flip-flop να αντιστραφούν.





# Σύνθεση με T flip-flop

Οι εξισώσεις εισόδων των flip-flop απλοποιούνται με τους χάρτες

		$A_1A_0$		$A_1$	
		00	01	11	10
$A_2$	0	$m_0$	$m_1$	$m_3$ 1	$m_2$
	1	$m_4$	$m_5$	$m_7$ 1	$m_6$
		$A_0$			

$$T_{A_2} = A_1A_0$$

		$A_1A_0$		$A_1$	
		00	01	11	10
$A_2$	0	$m_0$	$m_1$ 1	$m_3$ 1	$m_2$
	1	$m_4$	$m_5$ 1	$m_7$ 1	$m_6$
		$A_0$			

$$T_{A_1} = A_0$$



# Σύνθεση με T flip-flop

Το  $T_{A0}$  έχει 1 και στους οκτώ δυνατούς ελαχιστόρους, επειδή το λιγότερο σημαντικό bit του μετρητή αντιστρέφεται με κάθε παλμό μέτρησης.

		$A_1A_0$		$A_1$	
		00	01	11	10
$A_2$	0	$m_0$ 1	$m_1$ 1	$m_3$ 1	$m_2$ 1
	1	$m_4$ 1	$m_5$ 1	$m_7$ 1	$m_6$ 1

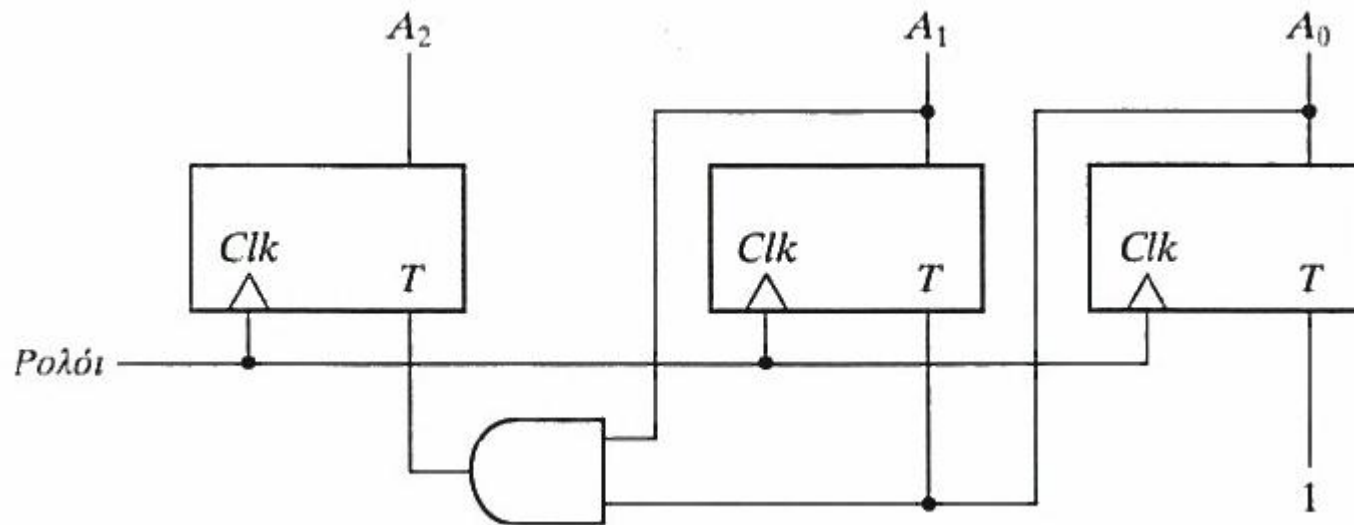
$x$

$$T_{A0}=1$$



# Σύνθεση με T flip-flop

Το Λογικό διάγραμμα για τον 3-bit δυαδικό μετρητή, στο οποίο για λόγους απλότητας παραλείπεται το σήμα μηδενισμού.





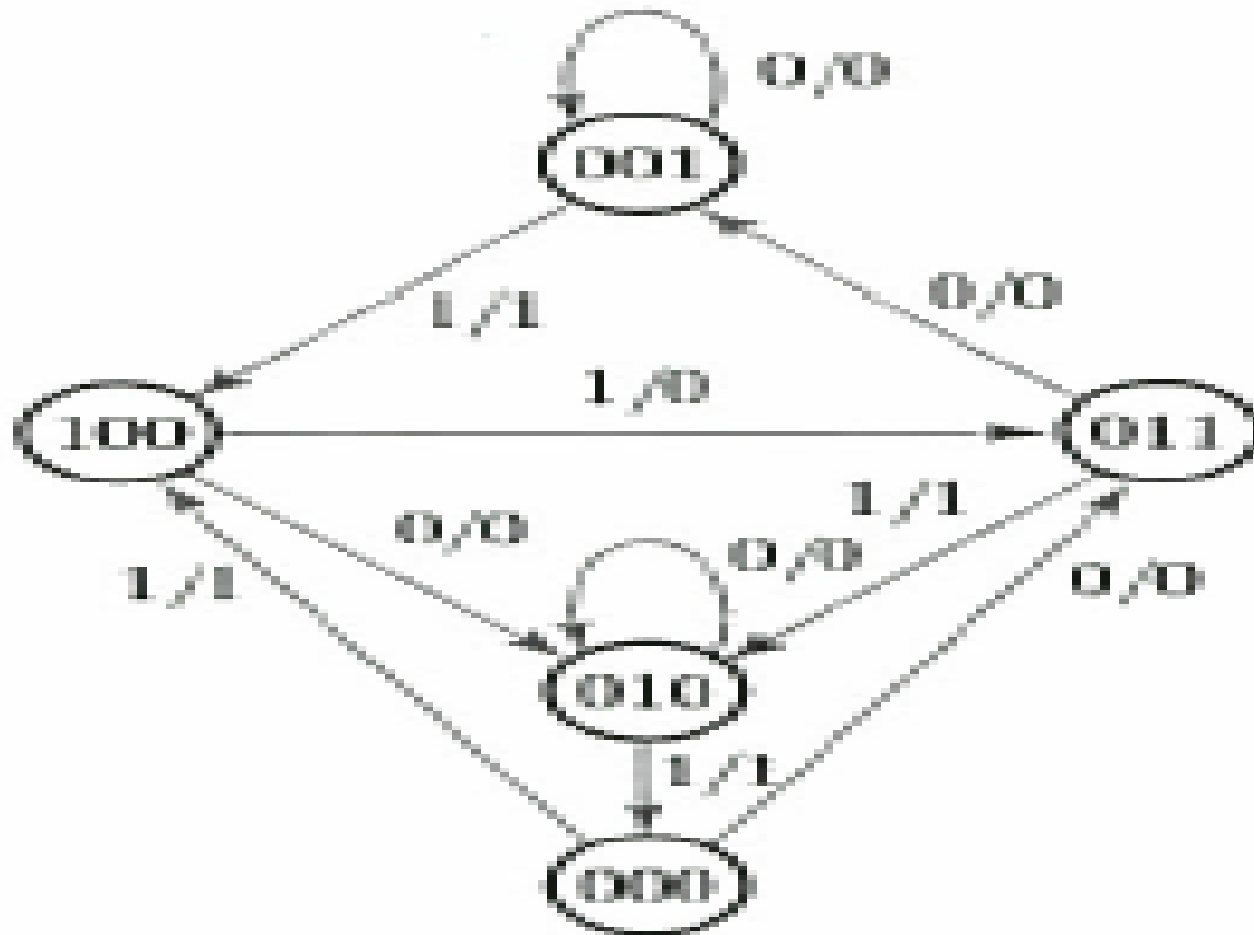
# Άσκηση 1

Έστω ένα ακολουθιακό κύκλωμα με:

- Τρία flip-flop, τα  $A$ ,  $B$  και  $C$ ,
- Μια είσοδο  $x_{in}$
- Μια έξοδο  $y_{out}$ .
- Με διάγραμμα καταστάσεων, αυτό που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



# Άσκηση 1





# Άσκηση 1

Σχεδιάστε το κύκλωμα, θεωρώντας τις καταστάσεις που δεν χρησιμοποιούνται ως συνθήκες αδιαφορίας.

Αναλύστε το κύκλωμα που θα προκύψει, ώστε να εξακριβώσετε τη συμπεριφορά του, εάν βρεθεί σε μια από τις καταστάσεις που δεν χρησιμοποιούνται.



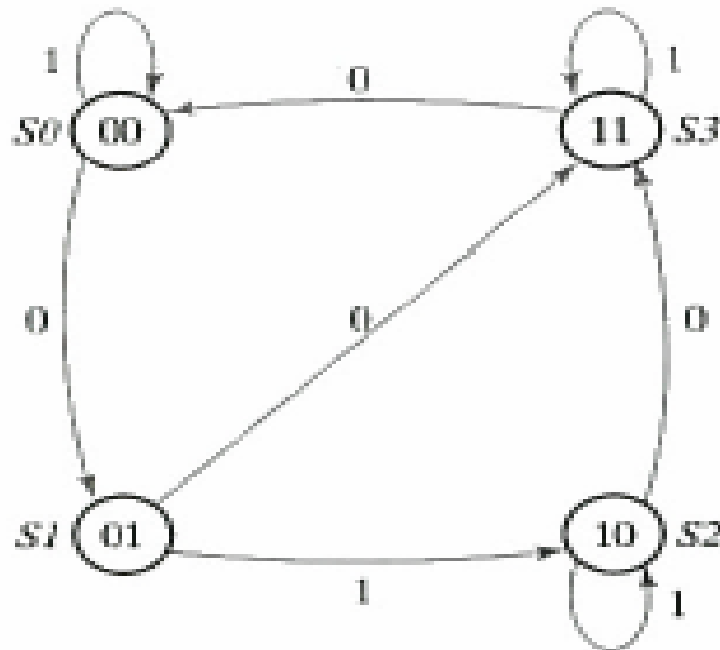
# Άσκηση 1

- i. Χρησιμοποιήστε  $D$  flip-flop στη σχεδιάσή σας.
- ii. Χρησιμοποιήστε  $JK$  flip-flop στη σχεδιάσή σας.



# Άσκηση 2

Σχεδιάστε το ακολουθιακό κύκλωμα του παρακάτω σχήματος χρησιμοποιώντας T flip-flop.







# Βιβλιογραφία

- Morris M. , Ciletti M. (1984). Ψηφιακή Σχεδίαση Με εισαγωγή στη Verilog HDL. Έκδοση 5<sup>η</sup> (2014) Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Ciletti, M.D. 1999. Modeling , Synthesis, and Rapid Prototyping with Verilog HDL. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Roth, C.H. 2009. Fundamentals of Logic Design,6<sup>th</sup> ed, St. Paul, MN: Brooks/Cole.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Φώτιος Βαρτζιώτης.  
Ψηφιακά Ηλεκτρονικά.

Έκδοση: 1.0 Άρτα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή  
διεύθυνση:

<http://eclass.teiep.gr/courses/COMP117/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Κολοβού Ξανθή  
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



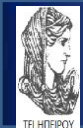


# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Τέλος Ενότητας

## Διαδικασία Σύνθεσης



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης