



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 8 : Διαδικασία Σχεδίασης  
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 8: Διαδικασία Σχεδίασης

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# 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

- Περιγραφή της διαδικασίας σχεδίασης ενός κυκλώματος.
- Σύνθεση ενός κυκλώματος με D flip-flop.



# Περιεχόμενα ενότητας

- Διαδικασία Σχεδίασης
- Παράδειγμα Σχεδίασης
- Σύνθεση με D flip-flop
- Πίνακες διέγερσης
- Άσκηση



# 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





# Διαδικασία Σχεδίασης

Οι διαδικασίες (μεθοδολογίες) σχεδίασης κυκλωμάτων αποσκοπούν στον προσδιορισμό του υλικού (hardware) που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση ενός κυκλώματος με προδιαγεγραμμένη συμπεριφορά.

Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούν ως βασική δομική μονάδα το *D* flip-flop.



# Διαδικασία Σχεδίασης

- Για τη σχεδίαση του κυκλώματος η πρώτη επιλογή είναι ο αριθμός των flip-flop.
- Το επόμενο βήμα είναι η εύρεση μιας συνδυαστικής δομής πυλών.
- Ο αριθμός των flip- flop καθορίζεται από τον αριθμό των αναγκαίων καταστάσεων του κυκλώματος.
-





# Διαδικασία Σχεδίασης

- Το συνδυαστικό κύκλωμα σχεδιάζεται με βάση τον πίνακα καταστάσεων.
- Από τον πίνακα καταστάσεων εξάγουμε τις εξισώσεις εισόδων των flip-flop και τις εξισώσεις εξόδων.
- Τα βήματα σχεδίασης σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων συνοψίζονται ως εξής:



# Διαδικασία Σχεδίασης

1. Από τη λεκτική περιγραφή και τις προδιαγραφές λειτουργίας του κυκλώματος παράγουμε ένα διάγραμμα καταστάσεων.
2. Μειώνουμε το πλήθος των καταστάσεων, εάν είναι αναγκαίο.
3. Προχωράμε σε κωδικοποίηση των καταστάσεων.



# Διαδικασία Σχεδίασης

4. Σχηματίζουμε τον δυαδικά κωδικοποιημένο πίνακα καταστάσεων.
5. Επιλέγουμε τον τύπο flip-flop που θα χρησιμοποιήσουμε.
6. Βρίσκουμε τις απλοποιημένες εξισώσεις εισόδων των flip-flop και εξόδων του κυκλώματος.
7. Σχεδιάζουμε το λογικό διάγραμμα του κυκλώματος.



# Διαδικασία Σχεδίασης

- Τα βήματα 4 έως 7 της σχεδίασης είναι αυτοματοποιημένα
  - Μπορούν να γίνουν με τη χρήση αλγορίθμων που είναι ακριβείς και καλά καθορισμένοι.
- Το πρώτο βήμα είναι το κρίσιμο τμήμα της διαδικασίας
  - επειδή τα επόμενα βήματα βασίζονται στην επιτυχημένη ολοκλήρωση του.



# Παράδειγμα Σχεδίασης

Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα, το οποίο θα εντοπίζει μια ακολουθία τριών ή περισσότερων διαδοχικών 1 σε μια ακολουθία από bit που έρχεται σε μια γραμμή εισόδου του κυκλώματος.



# Παράδειγμα Σχεδίασης

- Έστω αρχικά  $S_0$ : δεν έχει ακόμη εντοπιστεί ακολουθία τριών 1.
- Εάν η επόμενη είσοδος είναι 0, το κύκλωμα παραμένει στην κατάσταση  $S_0$ .
- Εάν η είσοδος γίνει 1, το κύκλωμα μεταβαίνει σε μια άλλη κατάσταση, την  $S_1 =$  εντοπίστηκε ένα 1.



# Παράδειγμα Σχεδίασης

- Εάν η επόμενη είσοδος είναι 1, το κύκλωμα μεταβαίνει σε μια νέα κατάσταση, έστω την  $S_2$  = εντοπίστηκαν δύο 1.
- Εάν η είσοδος είναι 0, το κύκλωμα επιστρέφει στην κατάσταση  $S_0$ .
- Το τρίτο διαδοχικό 1 στέλνει το κύκλωμα σε μια επόμενη νέα κατάσταση



# Παράδειγμα Σχεδίασης

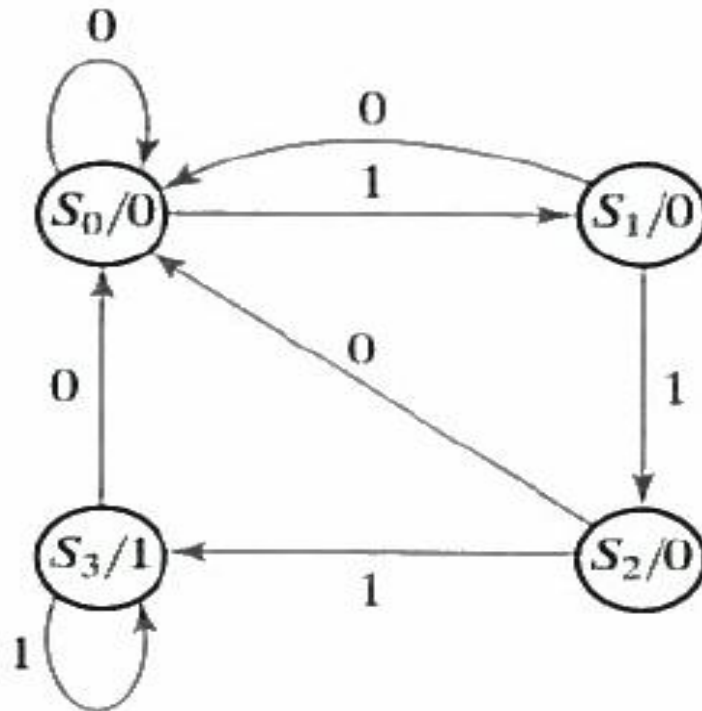
- Εάν έρθουν περισσότερα 1, το κύκλωμα παραμένει στην κατάσταση  $S_0$ .
- Οποιοδήποτε 0 στην είσοδο αναγκάζει το κύκλωμα να επανέλθει στην κατάσταση  $S_0$ .
- Μ' αυτό τον τρόπο, το κύκλωμα παραμένει στην  $S_3$ , εφόσον λαμβάνονται διαδοχικά τρία ή περισσότερα 1.





# Παράδειγμα Σχεδίασης

Το διάγραμμα καταστάσεων του κυκλώματος είναι:





# Σύνθεση με D flip-flop

Για να σχεδιάσουμε το κύκλωμα του παραδείγματος χωρίς τη βοήθεια υπολογιστή, πρέπει:

- Να κωδικοποιήσουμε τις καταστάσεις του διαγράμματος καταστάσεων
- Να σχηματίσουμε τον κωδικοποιημένο πίνακα καταστάσεων



# Σύνθεση με D flip-flop

Σχηματίζουμε τον κωδικοποιημένο πίνακα καταστάσεων που προκύπτει από το διάγραμμα καταστάσεων μετά από σειραϊκή δυαδική κωδικοποίηση.

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



# Σύνθεση με D flip-flop

- Για την αναπαράσταση των τεσσάρων καταστάσεων επιλέγουμε δύο D flip-flop
- Δίνουμε στις εξόδους αυτών των flip-flop τα ονόματα A και B.
- Επιπλέον, ονομάζουμε την είσοδο του κυκλώματος x και την έξοδό του y.
- Η χαρακτηριστική εξίσωση του D flip-flop είναι  $Q(t + 1) = D_Q$



# Σύνθεση με D flip-flop

Οι εξισώσεις εισόδων των flip-flop προκύπτουν απευθείας από τις στήλες επόμενης κατάστασης των A και B και εκφράζονται σε μορφή αθροίσματος ελαχιστόρων:

$$A(t + 1) = D_A(A, B, x) = \Sigma(3,5,7)$$

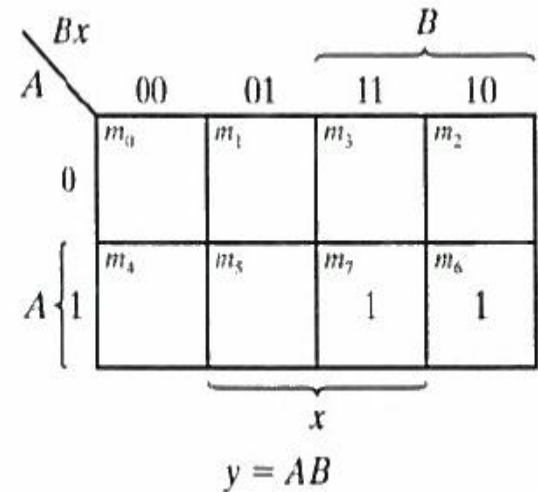
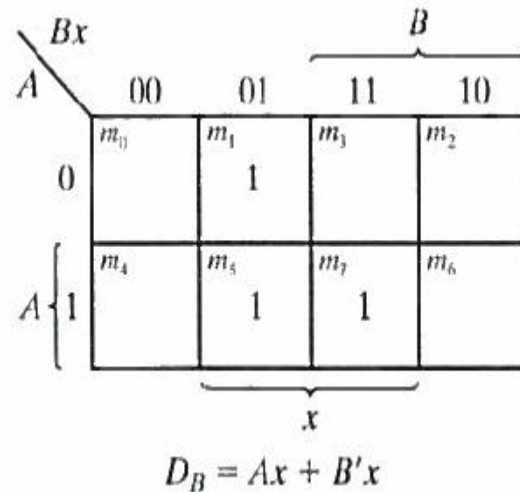
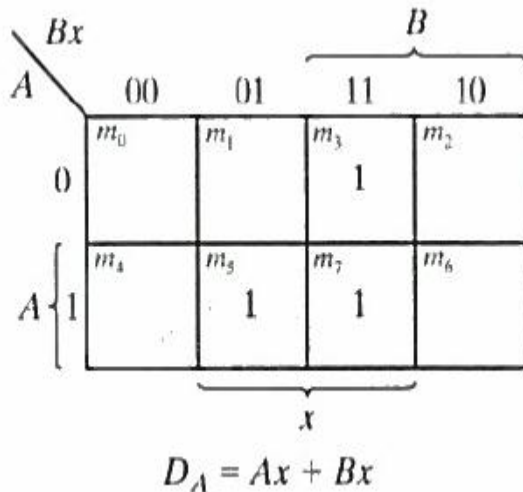
$$B(t + 1) = D_B(A, B, x) = \Sigma(1,5,7)$$

$$y(A, B, x) = \Sigma(6,7)$$



# Σύνθεση με D flip-flop

- Οι εξισώσεις Boole απλοποιούνται μέσω των χαρτών που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.





# Σύνθεση με D flip-flop

Οι απλοποιημένες εξισώσεις είναι:

$$D_A = Ax + Bx$$

$$D_B = Ax + B'x$$

$$y = AB$$

Το πλεονέκτημα της σχεδίασης με  $D$  flip-flop είναι ότι οι εξισώσεις Boole που περιγράφουν τις εισόδους των flip-flop προκύπτουν απευθείας από τον πίνακα καταστάσεων.



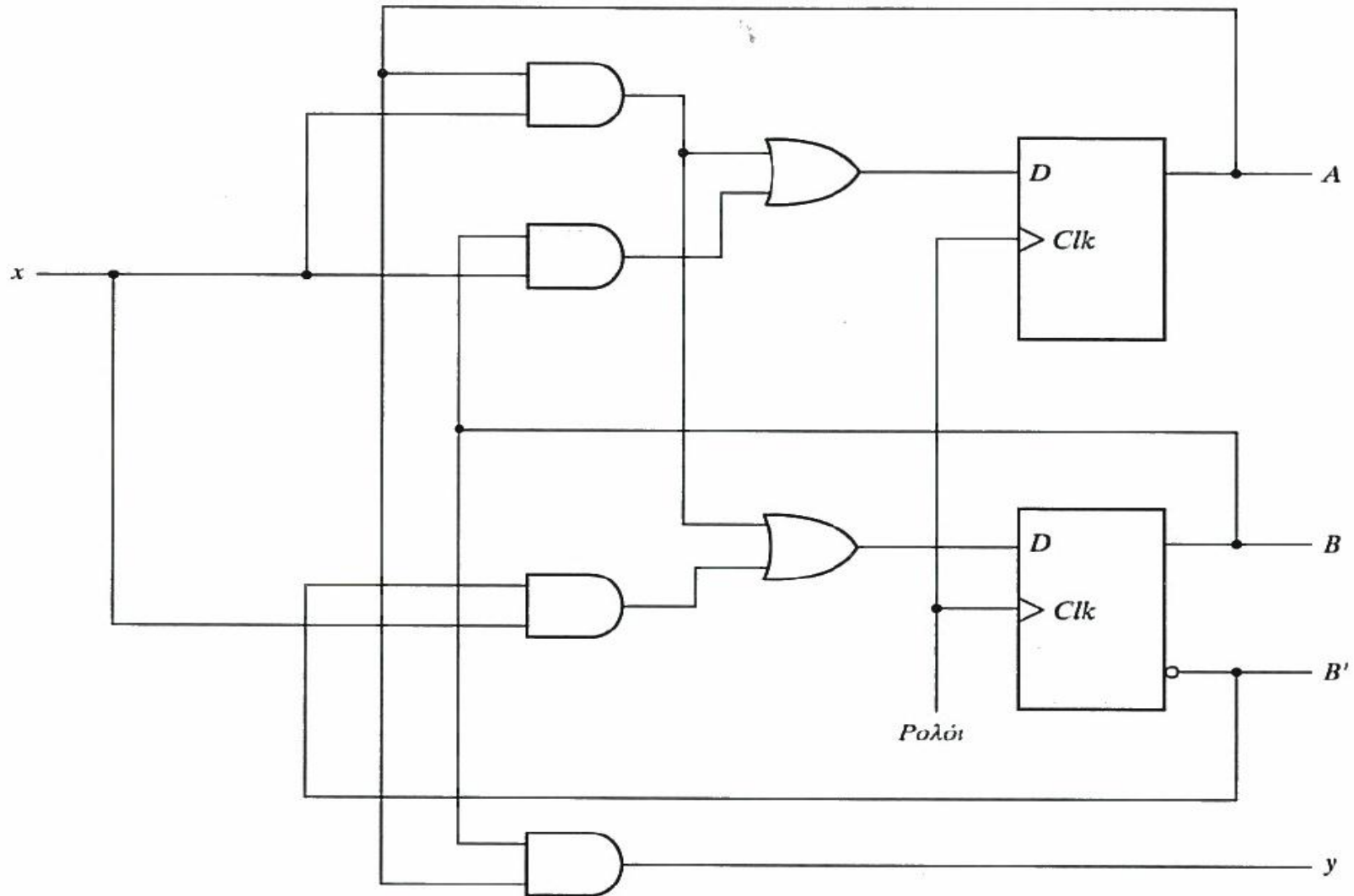
# Σύνθεση με D flip-flop

- Το λογικό διάγραμμα του ακολουθιακού κυκλώματος που περιγράφεται από τις προηγούμενες εξισώσεις Boole





# Σύνθεση με D flip-flop





# Πίνακες διέγερσης

- Όταν χρησιμοποιούμε D flip-flop, κατασκευάζουμε τις εξισώσεις εισόδων των flip-flop απευθείας από τις τιμές των στηλών της επόμενης κατάστασης.
- Αυτό δεν ισχύει όταν χρησιμοποιούμε JK ή T flip-flop.



# Πίνακες διέγερσης

- Γνωρίζουμε τις τιμές της παρούσας και της επόμενης κατάστασης κάθε flip-flop και ζητάμε τις συνθήκες εισόδων του flip-flop που θα προκαλέσουν αυτή τη μετάβαση.
- *πίνακας διέγερσης*: Ο πίνακας που δίνει τις απαιτούμενες εισόδους για κάθε μια από όλες τις δυνατές αλλαγές κατάστασης του flip-flop.



# Πίνακες διέγερσης

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

Q(t)	Q(t+1)	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Πίνακας Διέγερσης JK flip-flop και για  
T flip-flop αντίστοιχα



# Πίνακες διέγερσης

- Υπάρχουν δύο στήλες για:
  - Την παρούσα κατάσταση  $Q(t)$
  - Την επόμενη κατάσταση  $Q(t + 1)$
- Μια στήλη για κάθε είσοδο.
- Το σύμβολο  $X$  σημαίνει συνθήκη αδιαφορίας.
  - Δεν έχει καμία σημασία εάν η είσοδος είναι 0 ή 1.



# Πίνακες διέγερσης

Για τον πίνακα διέγερσης του JK flip-flop:

- Εάν το flip-flop πρέπει να μεταβεί από την κατάσταση 0 στην κατάσταση 1,
- Το  $J$  πρέπει να γίνει 1, επειδή η είσοδος  $J$  αναγκάζει το flip-flop να μεταβεί σε κατάσταση θέσης (να λάβει τιμή 1),
- Ενώ η είσοδος  $K$  μπορεί να γίνει είτε 0 είτε 1.



# Πίνακες διέγερσης

- Εάν  $K = 0$ , η συνθήκη  $J = 1$  θέτει το flip-flop (του δίνει τιμή 1), σε κατάσταση θέσης
- Ενώ εάν  $K = 1$  και  $J = 1$ , το flip-flop αντιστρέφεται και από 0 σε 1.
  - Για μια μετάβαση από 0 σε 1, πρέπει  $K=1$  επειδή η  $K$  μηδενίζει το flip-flop.



# Πίνακες διέγερσης

Για τον πίνακα διέγερσης του T flip-flop:

- Αν  $T=1 \rightarrow$  το flip-flop αντιστρέφεται.
- Αν  $T=0 \rightarrow$  το flip-flop παραμένει αμετάβλητο.





# Άσκηση

Σχεδιάστε ένα ακολουθιακό κύκλωμα με δύο  $D$  flip-flop, τα  $A$  και  $B$ , και μια είσοδο  $x_{in}$ , με τρόπο ώστε:

- i. Όταν  $x_{in} = 0$ , η κατάσταση του κυκλώματος να παραμένει ίδια. Όταν  $x_{in} = 1$ , το κύκλωμα θα πρέπει να διέρχεται διαδοχικά από τις καταστάσεις 00, 01, 11, 10, μετά να επιστρέφει στο 00 και να επαναλαμβάνει αενάως τον προηγούμενο κύκλο



# Άσκηση

- ii. Όταν  $x_{in} = 0$ , η κατάσταση του κυκλώματος να παραμένει ίδια. Όταν  $x_{in} = 1$ , το κύκλωμα θα πρέπει να διέρχεται διαδοχικά από τις καταστάσεις 00, 11, 01, 10, μετά να επιστρέφει στο 00 και να επαναλαμβάνει αενάως τον προηγούμενο κύκλο.



# 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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





# 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 Σχεδίασης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ