



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 3 : Στοιχεία Μνήμης flip-flop

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 3: Στοιχεία Μνήμης Flip-Flap

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

- Παρουσίαση της διαφοράς ενός κυκλώματος flip-flop από ένα μανδαλωτή.
- Περιγραφή ενός κυκλώματος flip-flop.
- Κατασκευή διαφορετικών τύπων flip-flop



Περιεχόμενα ενότητας

- Στοιχεία μνήμης flip-flop
- Flip-flop τύπου D με διάταξη master-slave
- D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR
- Προδιαγραφές απόκρισης flip-flop
- Άλλα 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





Στοιχεία Μνήμης Flip-Flop

- Τα κυκλώματα των flip-flop κατασκευάζονται με τρόπο ώστε να λειτουργούν σωστά όταν αποτελούν μέρος ενός ακολουθιακού κυκλώματος που χρησιμοποιεί ένα κοινό ρολόι για όλα τα στοιχεία μνήμης.
- Το πρόβλημα με τους μανδαλωτές είναι ότι ανταποκρίνονται σε αλλαγές στο *επίπεδο του παλμού ρολογιού*.

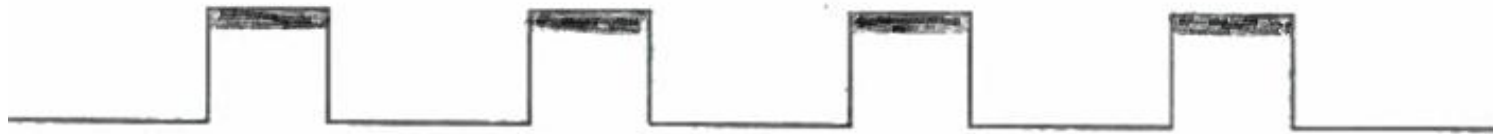


Στοιχεία Μνήμης Flip-Flop

- Όπως φαίνεται στο Σχήμα (α) της επόμενης διαφάνειας, η απόκριση στο θετικό επίπεδο του σήματος ελέγχου επιτρέπει να συνεχίζονται οι αλλαγές της εξόδου εάν η είσοδος D αλλάξει εκ νέου, για όσο χρόνο ο παλμός ρολογιού παραμένει στο λογικό 1
- Το κλειδί για τη σωστή λειτουργία ενός flip-flop είναι η πυροδότησή του μόνο κατά την αλλαγή επιπέδου του σήματος ρολογιού.
 - Κάθε παλμός ρολογιού έχει δύο μεταβάσεις: τη μετάβαση από το 0 στο 1 και την επιστροφή από το 1 στο 0.



Απόκριση Μανδαλωτή και flip-flop στο σήμα ρολογιού



(α) Απόκριση σε θετική στάθμη



(β) Απόκριση σε θετική ακμή



(γ) Απόκριση σε αρνητική ακμή



Στοιχεία Μνήμης Flip-Flop

Ορίζουμε ως *θετική μετάβαση* τη θετική ακμή του παλμού και ως *αρνητική μετάβαση* την αρνητική ακμή του ίδιου παλμού.

Δύο τρόποι μετατροπής ενός μανδαλωτή ώστε σε flip-flop:

1. Κατασκευή του flip-flop με τη χρήση δύο μανδαλωτών ειδικά διασυνδεδεμένων, με τρόπο ώστε η έξοδος του flip-flop να απομονώνεται από τις εισόδους του και να μην είναι δυνατό να αλλάξει τιμή (ίσο διαρκούν οι αλλαγές των εισόδων του).



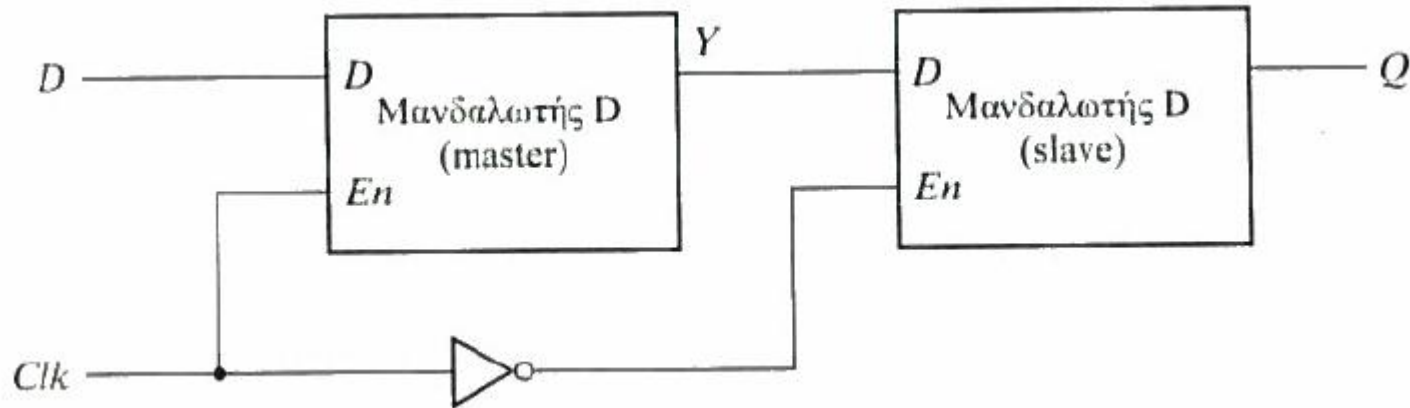
Στοιχεία Μνήμης Flip-Flop

2. Κατάλληλος σχεδιασμός του flip-flop, ώστε να πυροδοτείται μόνο κατά τη μετάβαση από το 0 στο 1 ή από το 1 στο 0 του σήματος συγχρονισμού (ρολογιού) και να απενεργοποιείται για όλη την υπόλοιπη διάρκεια του ίδιου παλμού του ρολογιού.

Στη συνέχεια θα δούμε τον τρόπο υλοποίησης και των δύο αυτών τύπων flip-flop.



Flip-flop τύπου D με διάταξη master-slave



Το συνολικό κύκλωμα ελέγχει την τιμή της εισόδου D και αλλάζει αντίστοιχα την έξοδο του (0 μόνο στην αρνητική ακμή του σήματος συγχρονισμού (του ρολογιού, το οποίο συμβολίζεται με Clk)).



Flip-flop τύπου D με διάταξη master-slave

- Όταν το ρολόι γίνει 0, η έξοδος του αντιστροφέα» γίνεται 1.
 - Ο slave μανδαλωτής ενεργοποιείται και η έξοδος του Q γίνεται ίση με την έξοδο Y του master μανδαλωτή.
 - Ο master μανδαλωτής είναι απενεργοποιημένος, επειδή $Clk = 0$.
- Όταν ο παλμός μεταβαίνει στο επίπεδο του λογικού 1
 - τα δεδομένα από την εξωτερική είσοδο D μεταφέρονται στην έξοδο του master μανδαλωτή (Y).



Flip-flop τύπου D με διάταξη master-slave

- Ο slave μανδαλωτής, όμως, παραμένει απενεργοποιημένος όσο το ρολόι παραμένει στο επίπεδο 1, επειδή η δική του είσοδος επίτρεψης (*enable*) είναι 0.
- Οποιαδήποτε αλλαγή στην τιμή της εισόδου D αλλάζει την έξοδο K του master μανδαλωτή, αλλά δεν μπορεί να επηρεάσει την έξοδο Q του slave μανδαλωτή.

Αλλαγή της τιμής της εξόδου του flip-flop μπορεί να προκληθεί (να πυροδοτηθεί) μόνο από την αρνητική μετάβαση του σήματος ρολογιού και για όσο χρόνο αυτή διαρκεί.



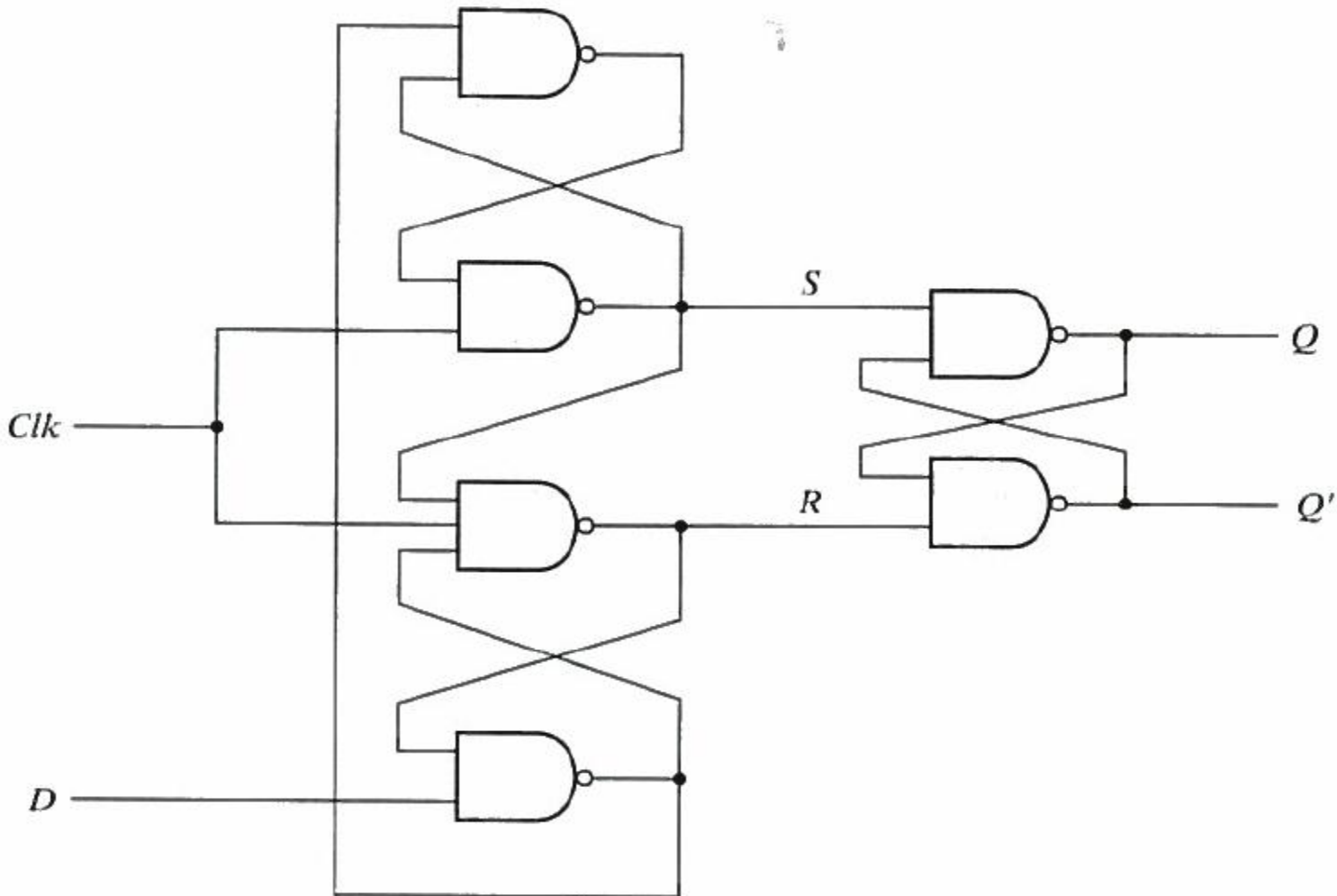
Flip-flop τύπου D με διάταξη master-slave

Συνοπτικά:

1. Η έξοδος μπορεί να αλλάξει μόνο μια φορά κατά τη διάρκεια ενός παλμού ρολογιού.
2. Οποιαδήποτε αλλαγή της εξόδου πυροδοτείται (προκαλείται) από την αρνητική ακμή του ρολογιού.
3. Η αλλαγή αυτή μπορεί να συμβεί μόνο κατά τη διάρκεια του αρνητικού επιπέδου του παλμού ρολογιού.



D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR





D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR

Δύο μανδαλωτές αποκρίνονται στην εξωτερική είσοδο D (δεδομένων) και στο ρολόι, Clk .

Ο τρίτος μανδαλωτής παράγει τις εξόδους του flip-flop.

Οι είσοδοι S και R του μανδαλωτή εξόδου διατηρούνται στο επίπεδο του λογικού 1 όταν $Clk = 0$.

Αυτό αναγκάζει την έξοδο να παραμείνει στην παρούσα κατάσταση της.



D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR

Για $Clk = 0$, η είσοδος D μπορεί να είναι 0 ή 1.
Εάν $D = 0$ όταν το Clk γίνει 1, το R αλλάζει σε 0.
Τότε το flip-flop μεταβαίνει σε κατάσταση μηδενισμού και το Q ίσο με 0.
Ακόμη κι αν υπάρξουν περαιτέρω αλλαγές της τιμής της εισόδου D ενόσω $Clk = 1$, ο ακροδέκτης R παραμένει στο 0, επειδή το Q είναι 0.



D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR

Έτσι, η έξοδος του flip-flop απομονώνεται και δεν ανταποκρίνεται πλέον σε αλλαγές της εισόδου του flip-flop.

Όταν το ρολόι γίνει πάλι 0, το R γίνεται 1, οπότε τίθεται ο μανδαλωτής εξόδου στην κατάσταση μηδενισμού και η έξοδος δεν αλλάζει.

Παρόμοια, εάν $D = 1$ όταν το Clk μεταβαίνει από 0 σε 1, το S αλλάζει σε 0.



D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR

Αυτό αναγκάζει το κύκλωμα να μεταβεί σε κατάσταση θέσης και το Q να λάβει τιμή 1.

Συνοπτικά:

1. Η τιμή που τίθεται στην είσοδο D του θετικά ακμοπυροδότητου D flip-flop μεταφέρεται στην έξοδο του Q στη θετική μετάβαση του σήματος ρολογιού.
2. Η αρνητική μετάβαση του ρολογιού δεν επηρεάζει την έξοδο του flip-flop.



D flip-flop με 3 μανδαλωτές SR

3. Η έξοδος, επίσης, δεν επηρεάζεται από αλλαγές στην τιμή του D όταν το Clk είναι σε σταθερή κατάσταση, είτε στο επίπεδο του λογικού 1 είτε στο επίπεδο του λογικού 0.
4. Αυτός ο τύπος flip-flop αποκρίνεται μόνο στη θετική μετάβαση (από το 0 στο 1) του σήματος ρολογιού και σε τίποτα άλλο.



Προδιαγραφές απόκρισης flip-flop

Χρόνος Προετοιμασίας (setup time): το ελάχιστο χρονικό διάστημα πριν από τη μετάβαση του ρολογιού, D σταθερό.

Χρόνος Συγκράτησης (hold time): το ελάχιστο χρονικό διάστημα μετά τη θετική μετάβαση του ρολογιού, D σταθερό.

Χρόνος καθυστέρησης διάδοσης του flip-flop: το ελάχιστο χρονικό διάστημα μετά την ακμή πυροδότησης, μετά την παρέλευση του οποίου μπορεί ο σχεδιαστής να θεωρήσει ότι οι έξοδοι του flip-flop έχουν σταθεροποιηθεί στη νέα τους κατάσταση



Άλλα flip-flop

Κάθε ολοκληρωμένο κύκλωμα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (VLSI) περιέχει πολλές χιλιάδες πύλες.

Με την κατάλληλη διασύνδεση των ψηφιακών πυλών κατασκευάζονται ψηφιακά συστήματα σε τέτοια ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Κάθε flip-flop κατασκευάζεται επίσης από κατάλληλα διασυνδεδεμένες πύλες.

Δύο ακόμη flip-flop, τα οποία όμως χρησιμοποιούνται λιγότερο στη σχεδίαση πολύπλοκων ψηφιακών συστημάτων: JK flip-flop και T flip-flop



Άλλα flip-flop

Ένα flip-flop μπορεί να εκτελέσει τρεις λειτουργίες:

1. Να τεθεί σε κατάσταση θέσης (να δώσει έξοδο 1).
2. Να τεθεί σε κατάσταση μηδενισμού (να δώσει έξοδο 0).
3. Να συμπληρώσει την έξοδό του.



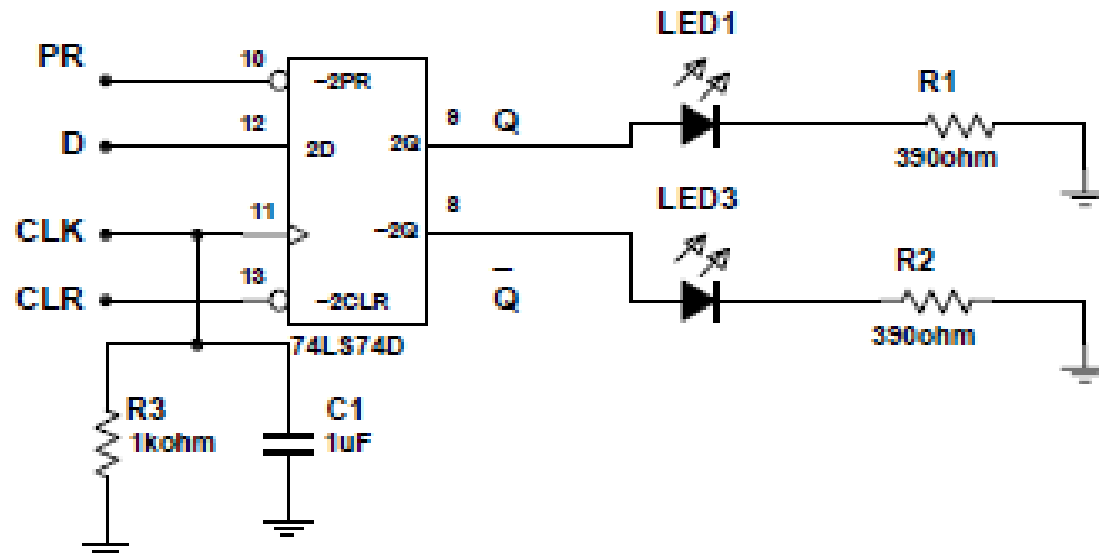
Άσκηση-1

Κατασκευάστε ένα JK flip-flop,
χρησιμοποιώντας ένα D flip-flop, έναν
πολυπλέκτη 2-σε-1 και έναν αντιστροφέα.



Άσκηση 2 D Flip-Flop

- Να μελετήσετε τη διάταξη των pins και τον πίνακα αληθείας που αναφέρονται στο ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS74
- Πραγματοποιήστε το κύκλωμα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα για το D Flip-Flop.





Άσκηση 2 D Flip-Flop

- Κάντε αρχικά το PR='1' και CLR='0' ώστε να γίνει Reset το Flip-Flop. Ποιες είναι οι τιμές του Q και \bar{Q} ; Συμφωνούν με τη θεωρία;
- Στη συνέχεια συνδέστε τα PR και CLR στο '1' ώστε να έχουμε συγχρονη λειτουργία.



Άσκηση 2 D flip-flop

- Συνδέστε αρχικά το CLK στη γείωση ('0') και ύστερα κάντε το '1', έχοντας το D='0'. Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↑	0	



Άσκηση 2 D flip-flop

- Κάντε το CLK από '1' σε '0' έχοντας το D='0'.
Καταγράψτε την κατάσταση του LED

CLK	D	Q
↓	0	



Άσκηση 2 D flip-flop

- Κάντε το CLK από '0' σε '1' έχοντας το D='0'.
Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↑	0	



Άσκηση 2 D Flip-Flop

- Κάντε το $D=1$ και αλλάξτε το CLK από '1' σε '0'. Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↓	0	

- Έχοντας το $D=1$ αλλάξτε το CLK από '0' σε '1'. Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↑	0	



Άσκηση 2 D flip-flop

- Κάντε το $D=0$ και αλλάξτε ξανά το CLK από '1' σε '0'. Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↓	0	

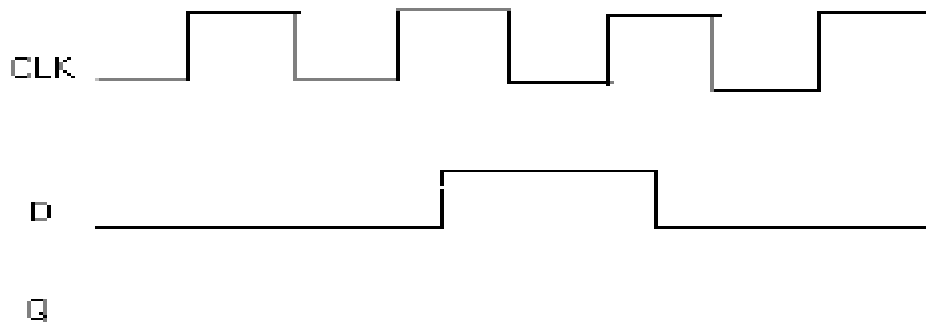
- Έχοντας το $D=0$ αλλάξτε το CLK από '0' σε '1'. Καταγράψτε την κατάσταση του LED.

CLK	D	Q
↓	0	



Άσκηση 2 D flip-flop

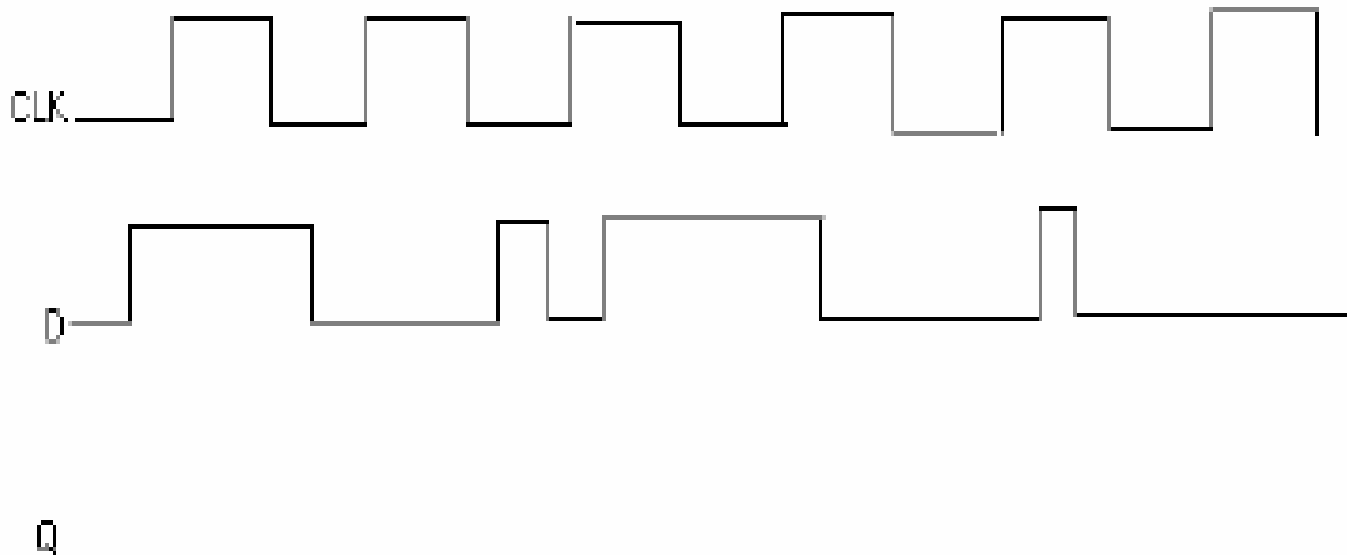
- Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι αλλαγές που κάνετε στο CLK και D. Συμπληρώστε την έξοδο Q και \bar{Q} . Εξηγήστε πότε παρατηρήσατε αλλαγές στην έξοδο Q. Συγκρίνετε τα με τη θεωρία.





Άσκηση 2 D flip-flop

- Σχεδιάστε την κυματομορφή εξόδου για τις παρακάτω εισόδους CLK και D ενός D Flip-Flop





Βιβλιογραφία

- Morris M. , Ciletti M. (1984). Ψηφιακή Σχεδίαση Με εισαγωγή στη Verilog HDL. Έκδοση 5^η (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, 6th ed, St. Paul, MN: Brooks/Cole.
- Φώτιος Βαρτζιώτης , Εργαστηριακές ασκήσεις Τει Ηπείρου.



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

Στοιχεία μνήμης flip-flop



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

