



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 12 : Σύγχρονοι Μετρητές
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 12: Σύγχρονοι Μετρητές

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

- Μελέτη της λειτουργίας Σύγχρονων μετρητών.
- Σχεδιασμός σύγχρονων μετρητών.



Περιεχόμενα ενότητας

- Σύγχρονοι Μετρητές
- Δυαδικός Μετρητής
- Δυαδικός μετρητής επάνω-κάτω
- Μετρητής BCD
- Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση
- Άσκηση 1
- Άσκηση 2
- Άσκηση 3
- Άσκηση 4



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





Σύγχρονοι Μετρητές

- Η διαφορά των σύγχρονων μετρητών από τους μετρητές ριπής είναι η εφαρμογή των παλμών προς μέτρηση (ρολογιού) στις εισόδους όλων των flip-flop ταυτόχρονα.
- Οι παλμοί προς μέτρηση δρουν ως κοινό ρολόι που πυροδοτεί όλα τα flip-flop ταυτόχρονα και όχι ένα προς ένα, όπως συμβαίνει σε έναν μετρητή ριπής.



Δυαδικός Μετρητής

- Σε έναν σύγχρονο δυαδικό μετρητή, το flip-flop στην ελάχιστα σημαντική θέση συμπληρώνεται με κάθε παλμό προς μέτρηση.
- Ένα dip-flop σε οποιαδήποτε άλλη θέση συμπληρώνεται όταν όλα τα bit στις λιγότερο σημαντικές θέσεις ισούνται με 1.



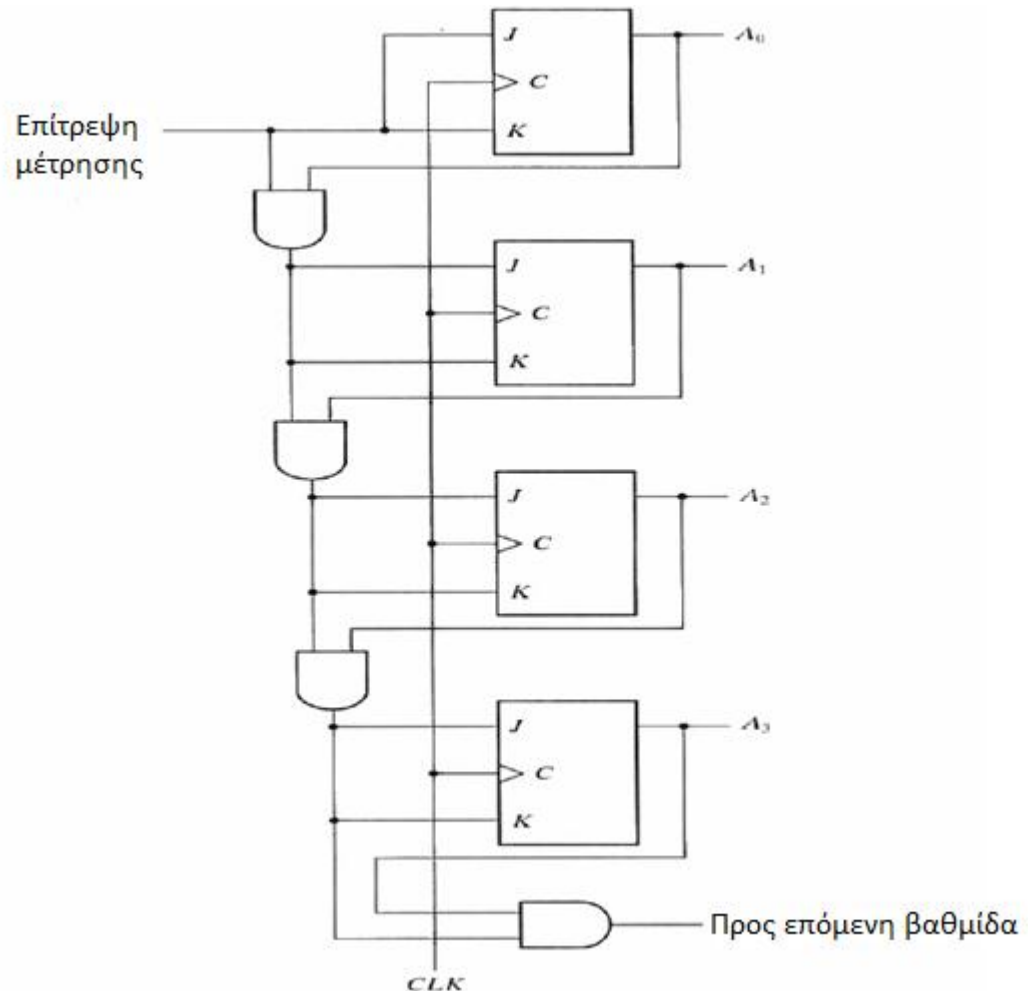
Δυαδικός Μετρητής

- Έστω ένας 4-bit μετρητής με παρούσα κατάσταση $A_3A_2A_1A_0=0011$ η επόμενη μέτρηση είναι η 0100.
- Το A_0 συμπληρώνεται πάντα.
- Το A_1 συμπληρώνεται επειδή A_0 είναι 1, όμοια A_2 .
- Το A_3 όμως δεν συμπληρώνεται επειδή η παρούσα κατάσταση των $A_2A_1A_0$ είναι 011, (δεν έχει όλα τα προηγούμενα bit ίσα με 1).



Δυαδικός Μετρητής

- Σύγχρονος, 4-bit δυαδικός μετρητής.
- Εάν Είσοδος επίτρεψης=0
 - $J=K=0$
 - Το ρολόι δεν αλλάζει την κατάσταση του μετρητή.





Δυαδικός Μετρητής

- Ο σύγχρονος μετρητής μπορεί να πυροδοτηθεί είτε με τη θετική είτε με την αρνητική ακμή των παλμών προς μέτρηση.
- Τα συμπληρωματικά flip-flop στο δυαδικό μετρητή μπορούν να είναι είτε τύπου JK είτε τύπου T είτε τύπου D με πύλες XOR .



Δυαδικός μετρητής επάνω-κάτω

- Ένας σύγχρονος μετρητής προς τα κάτω διατρέχει τις δυαδικές καταστάσεις με ανεστραμμένη σειρά, από το 1111 έως το 0000 και επανέρχεται στο 1111.
- Το bit στην ελάχιστα σημαντική θέση συμπληρώνεται με κάθε παλμό.
- Τα bit σε οποιαδήποτε άλλη θέση συμπληρώνονται εάν όλα τα λιγότερο σημαντικά ψηφία ισούνται με 0.



Δυαδικός μετρητής επάνω-κάτω

- Για παράδειγμα, η επόμενη κατάσταση μετά τη 0100 είναι η 0011.
- Το ελάχιστο σημαντικό bit συμπληρώνεται πάντα.
- Το 2^ο σημαντικό bit συμπληρώνεται, επειδή το πρώτο είναι 0.
- Το 3^ο σημαντικό bit συμπληρώνεται, επειδή τα πρώτα 2 είναι 0.



Δυαδικός μετρητής επάνω-κάτω

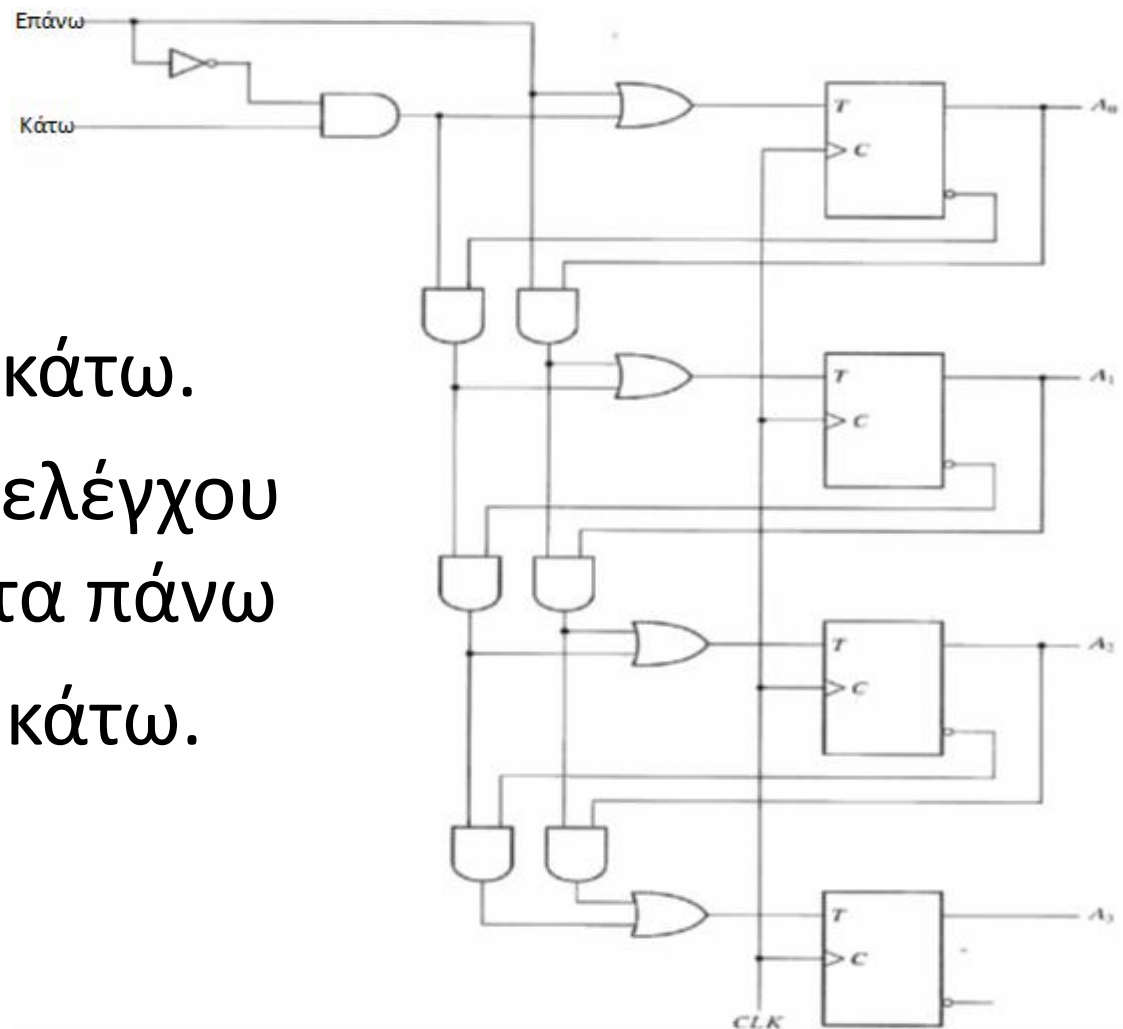
- Το 4^ο σημαντικό bit δεν αλλάζει, επειδή όλα τα προηγούμενα δεν είναι 0.
- Ένας δυαδικός μετρητής προς τα κάτω μπορεί να κατασκευαστεί με ένα κύκλωμα παρόμοιο με αυτό του σύγχρονου 4-bit δυαδικού μετρητή, με τη διαφορά ότι οι είσοδοι στις πύλες AND πρέπει να έρθουν από τις συμπληρωματικές εξόδους των προηγούμενων flip-flop.



Δυαδικός μετρητής επάνω-κάτω

Δυαδικός, 4-bit
μετρητής πάνω-κάτω.

Έχει μια είσοδο ελέγχου
μέτρησης προς τα πάνω
Και μια προς τα κάτω.





Δυναμικός μετρητής επάνω-κάτω

- Αν η είσοδος ελέγχου μέτρησης προς τα πάνω ίση με 1
 - το κύκλωμα μετράει προς τα πάνω
- Αν η είσοδος ελέγχου μέτρησης προς τα κάτω ίση με 1 και η είσοδος ελέγχου μέτρησης προς τα πάνω ίση με 0
 - το κύκλωμα μετράει προς τα κάτω



Δυναμικός μετρητής επάνω-κάτω

- Όταν και οι δύο είσοδοι ελέγχου ισούνται με 0
 - το κύκλωμα δεν αλλάζει κατάσταση.
- Όταν και οι δύο είσοδοι ισούνται με 1
 - το κύκλωμα μετράει προς τα πάνω.



Μετρητής BCD

- Ένας μετρητής BCD δίνει μετρήσεις σε μορφή δυαδικά κωδικοποιημένων δεκαδικών αριθμών από το 0000 (δεκαδικό 0) έως το 1001 (δεκαδικό 9) και, στη συνέχεια, επανέρχεται στο 0000 και επαναλαμβάνει την ίδια ακολουθία μετρήσεων.



Μετρητής BCD

- Λόγω της επιστροφής στο 0 μετά την εμφάνιση του 9, ο μετρητής BCD δεν έχει κανονικότητα στη σχεδίασή του όπως θα είχε ένας απλός δυαδικός μετρητής.
- Για να κατασκευάσουμε το κύκλωμα ενός σύγχρονου μετρητή BCD, θα πρέπει να ακολουθήσουμε τη γενική διαδικασία σχεδιασμού ακολουθιακών κυκλωμάτων.



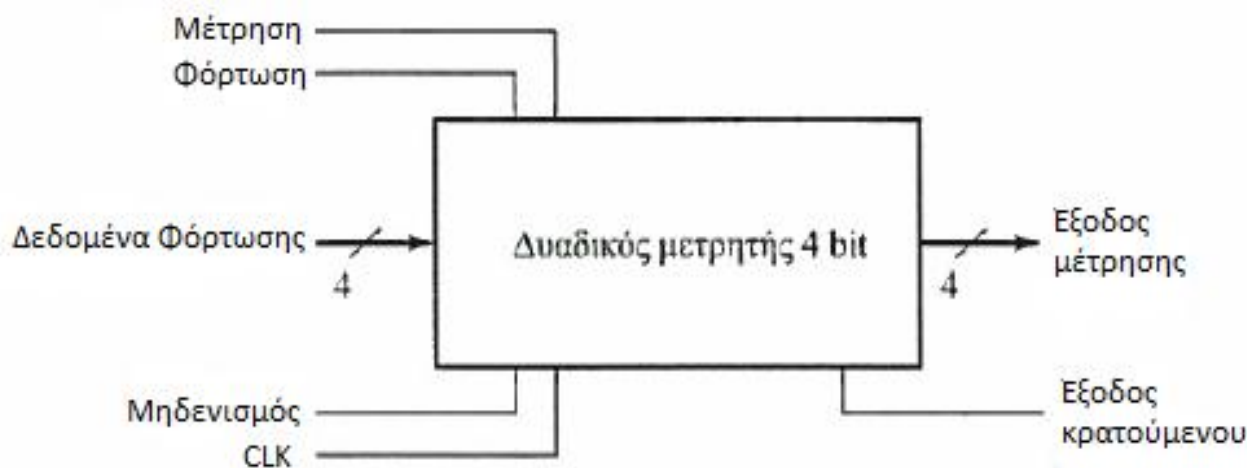
Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

- Συχνά, οι μετρητές που χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά συστήματα απαιτούν δυνατότητα παράλληλης φόρτωσης ενός αρχικού δυαδικού αριθμού στον μετρητή, πριν από τη λειτουργία της μέτρησης.



Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

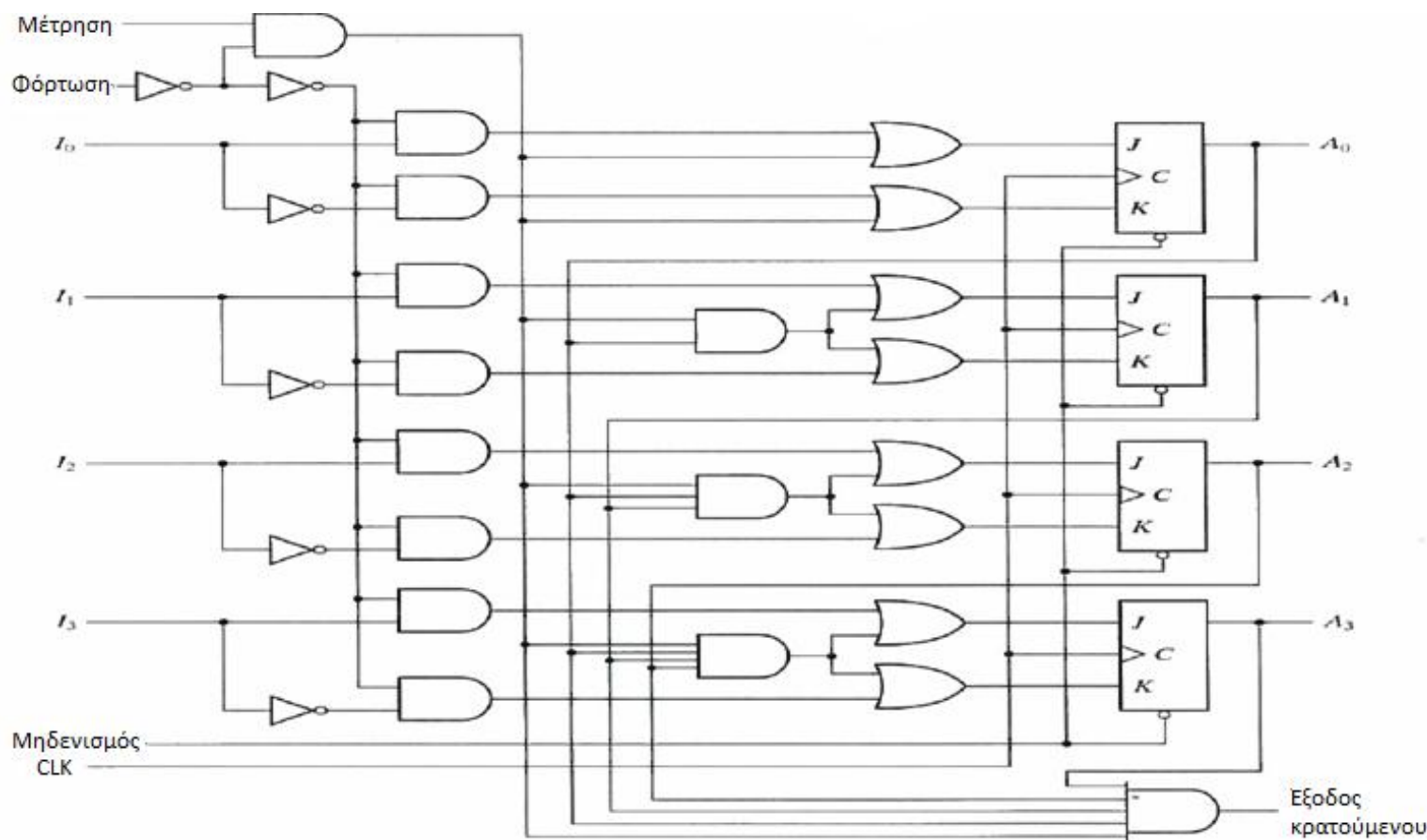
Σχηματικό διάγραμμα κορυφαίου επιπέδου ενός καταχωρητή 4-bit, ο οποίος έχει δυνατότητα παράλληλης φόρτωσης και μπορεί να λειτουργεί ως μετρητής.





Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

Το λογικό διάγραμμα





Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

- Όταν η είσοδος ελέγχου φόρτωσης ίση με 1
 - απενεργοποιεί τη λειτουργία της μέτρησης
 - επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων από τις τέσσερις εισόδους στα τέσσερα flip-flop.
- Εάν και οι δύο είσοδοι ελέγχου είναι 0, οι παλμοί του ρολογιού δεν μεταβάλλουν την κατάσταση του καταχωρητή.



Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

- Η έξοδος κρατούμενου γίνεται 1 εάν όλα τα flip-flop ισούνται με 1 και η είσοδος μέτρησης είναι ενεργοποιημένη.
- Η έξοδος κρατούμενου χρησιμεύει για την επέκταση του μετρητή σε περισσότερα από τέσσερα bit.
- Το κάθε flip-flop συνδέεται με μία πύλη AND η οποία δέχεται απευθείας τις εξόδους όλων των προηγούμενων flip-flop, αντί να συνδέονται αλυσιδωτά οι πύλες AND.



Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

Η λειτουργία του μετρητή συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Μηδενισμός	CLK	Φόρτωση	Μέτρηση	Λειτουργία
0	X	X	X	Περιεχόμενα στο 0
1	↑	1	X	Φόρτωση εισόδων
1	↑	0	1	Μετάβαση στην επόμενη μέτρηση
1	↑	0	0	Καμία αλλαγή



Δυναμικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

- Η είσοδος άμεσου μηδενισμού είναι ασύγχρονη και, όταν ισούται με 0, υποχρεώνει τον μετρητή σε μηδενισμό ανεξάρτητα από την παρουσία παλμού ρολογιού ή άλλων εισόδων.
 - Χ στον πίνακα δηλώνουν αδιαφορία.
- Η είσοδος άμεσου μηδενισμού πρέπει να έχει τιμή 1 για να μπορούν να εκτελεστούν όλες οι άλλες λειτουργίες.



Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

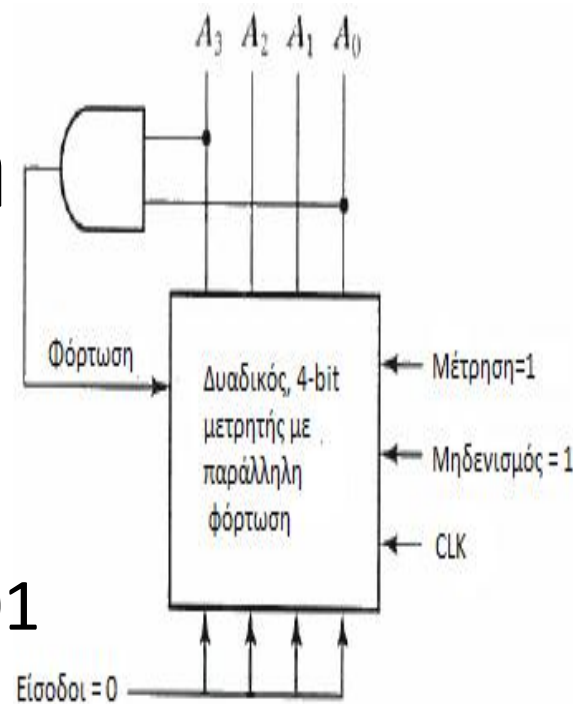
- Με τις εισόδους φόρτωσης και μέτρησης στο 0, οι έξοδοι δεν αλλάζουν, ακόμα και όταν υπάρχουν παλμοί προς μέτρηση.
- Η λογική τιμή 1 στην είσοδο φόρτωσης προκαλεί τη μεταφορά δεδομένων από τις εισόδους I_0 - I_3 στον καταχωρητή, στη θετική ακμή του CLK .



Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

1^{ος} τρόπος υλοποίησης ενός μετρητή BCD, με χρήση ενός μετρητή με παράλληλη φόρτωση και με χρήση της εισόδου φόρτωσης.

- Load=1 όταν $A_3A_0=11$
 - Πρώτη φορά όταν $A_3A_2A_1A_0=1001$
 - Στον επόμενο κύκλο φορτώνεται η τιμή 0000

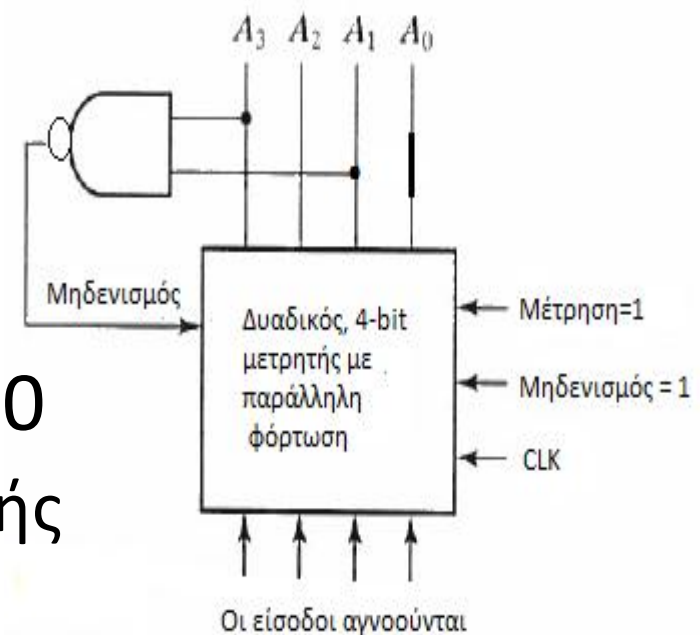




Δυαδικός Μετρητής με Παράλληλη Φόρτωση

2^{ος} τρόπος υλοποίησης ενός μετρητή BCD, με χρήση ενός μετρητή με παράλληλη φόρτωση και με χρήση της εισόδου μηδενισμού.

- $Clear=1$ όταν $A_3A_2A_1A_0=1010$
 - Άμεσα μηδενίζεται ο μετρητής
 - Η τιμή 1010 εμφανίζεται στιγμιαία και αντικαθίσταται από την τιμή 0000





Άσκηση 1

- Σχεδιάστε έναν μετρητή με T flip-flop, ο οποίος θα παράγει την ακόλουθη επαναλαμβανόμενη δυαδική ακολουθία: 0,1,3,7,6,4.
- Δείξτε ότι αν οι δυαδικές καταστάσεις 010 και 101 θεωρηθούν αδιάφορες καταστάσεις, ο μετρητής μπορεί να μη λειτουργεί σωστά.
- Βρείτε έναν τρόπο για να βελτιώσετε το κύκλωμα



Άσκηση 2

Χρησιμοποιώντας JK flip-flop

- i. Σχεδιάστε έναν μετρητή, ο οποίος θα παράγει την ακόλουθη επαναλαμβανόμενη δυαδική ακολουθία: 0,1,2,3,4,5,6.
- ii. Σχεδιάστε το λογικό διάγραμμα του μετρητή.



Άσκηση 3

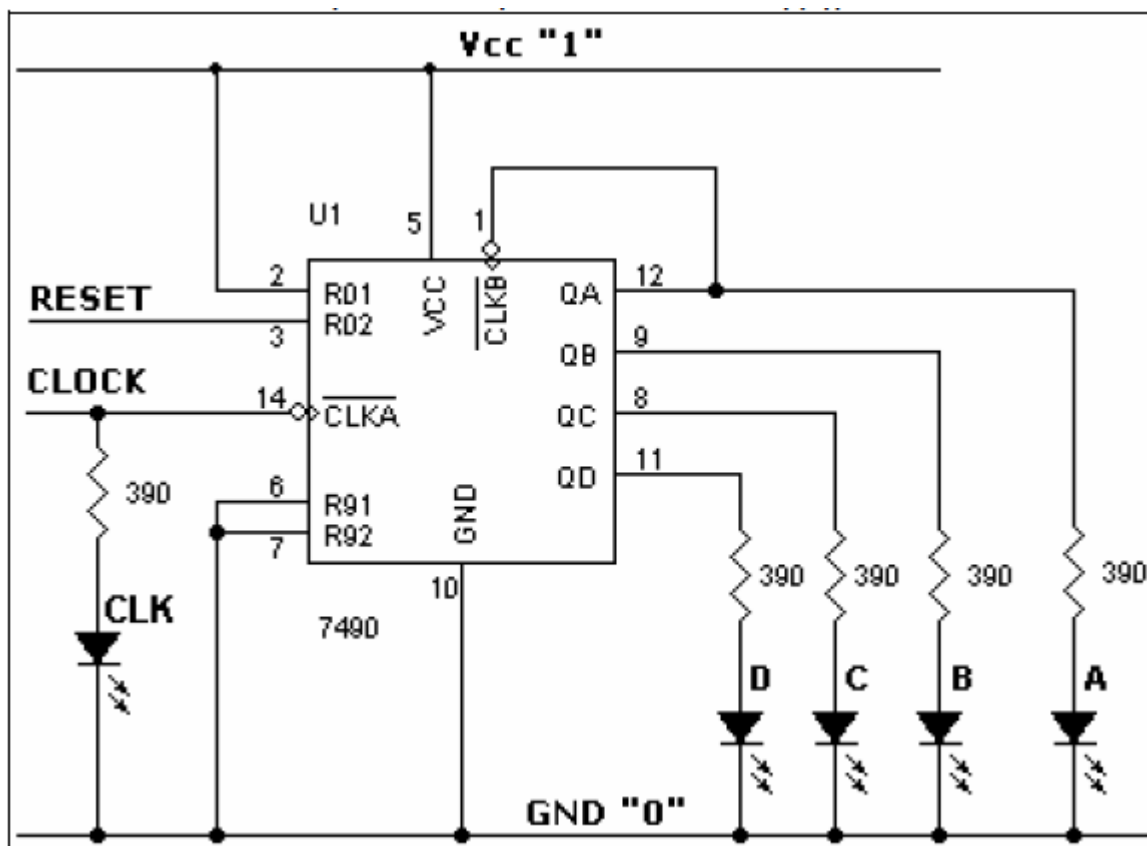
Χρησιμοποιώντας D flip-flop

- i. Σχεδιάστε έναν μετρητή, ο οποίος θα παράγει την ακόλουθη επαναλαμβανόμενη δυαδική ακολουθία: 0,1,2,4,6.
- ii. Σχεδιάστε το λογικό διάγραμμα του μετρητή.
- iii. Σχεδιάστε έναν μετρητή για την ακολουθία 0,2,4,6,8.
- iv. Σχεδιάστε το λογικό διάγραμμα του δεύτερου μετρητή.



Άσκηση 4

Για το κύκλωμα που εμφανίζεται στο σχήμα





Άσκηση 4

ι. Συμπληρώστε τον πίνακα

Κατάσταση	Παλμοί ρολογιού	Έξοδοι				Δεκαδική Μέτρηση
		D	C	B	A	
1	0					
2	1					
3	2					
4	3					
5	4					
6	5					
7	6					
8	7					
9	8					
10	9					
11	10					
12	11					



Άσκηση 4

- ii. Περιγράψτε τις μετατροπές (αλλαγές, προσθήκες πυλών ή οτιδήποτε άλλο) θα κάνατε στο κύκλωμα του σχήματος ώστε να προκύψει ένας φθίνοντας μετρητής



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





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

Σύγχρονοι Μετρητές



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

