



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά

Ενότητα 10 : Καταχωρητές
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 10: Καταχωρητές

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

- Περιγραφή της λειτουργίας των καταχωρητών.
- Επιλογή του κατάλληλου τύπου καταχωρητή.
- Σχεδίαση ενός κυκλώματος που περιέχουν καταχωρητή.



Περιεχόμενα ενότητας

- Καταχωρητές
- Καταχωρητής με παράλληλη φόρτωση
- Καταχωρητές Ολίσθησης
- Σειραϊκή μεταφορά
- Σειραϊκή Πρόσθεση
- Καθολικός καταχωρητής ολίσθησης
- Παράδειγμα Καταχωρητή Ολίσθησης
- 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





Καταχωρητές

- Μια Ομάδα από flip-flops και λογικές πύλες για εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών όπως μεταφορά, αποθήκευση και επεξεργασία πληροφοριών.
- Τα flip-flops μοιράζονται το ίδιο ρολόι.
- Αποτελεί βασική μονάδα για τη σχεδίαση ακολουθιακών κυκλωμάτων και CPUs.



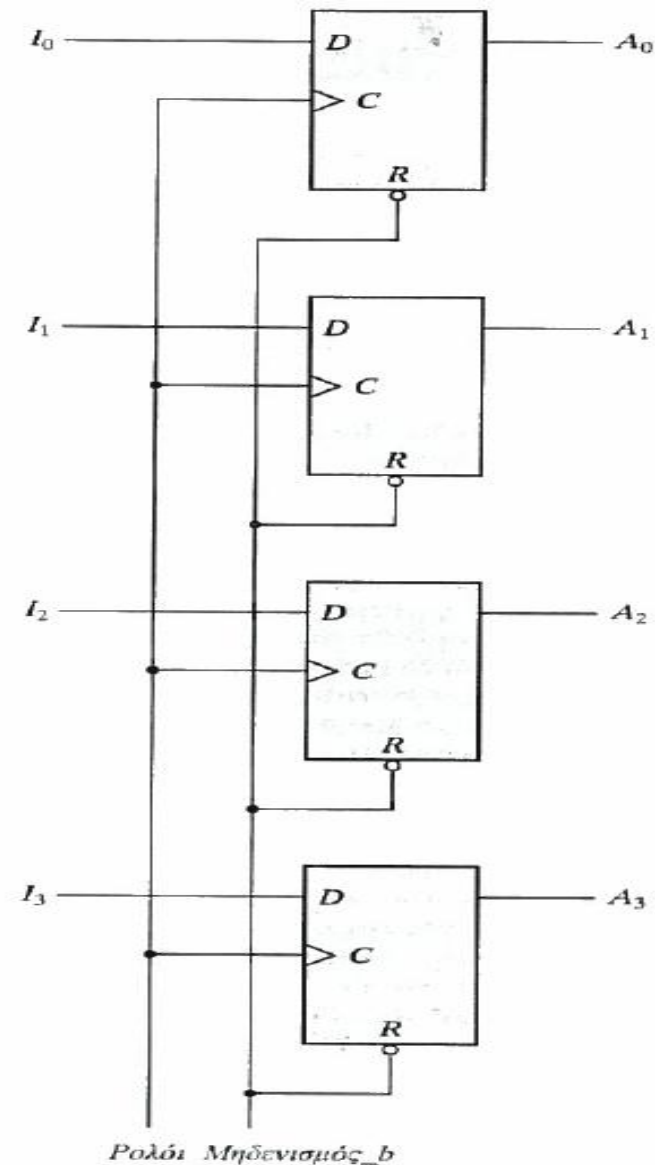
Καταχωρητές

- Ο απλούστερος τύπος καταχωρητή αποτελείται από D-flip-flops, χωρίς εξωτερικές πύλες.
- Τα δεδομένα εισόδου εγγράφονται στον καταχωρητή κατά την εφαρμογή ενός κοινού παλμού.



Καταχωρητές

Καταχωρητής που αποτελείται από 4 D flip-flop.
Η είσοδος άμεσου μηδενισμού (*Clear_b*) συνδέεται με την ενεργή χαμηλά είσοδο επαναφοράς/μηδενισμού *R* (reset) όλων των flip-flop.





Καταχωρητής με παράλληλη φόρτωση

- Τα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα διαθέτουν μια κύρια γεννήτρια ρολογιού (master clock generator), η οποία παρέχει μια συνεχή ακολουθία παλμών ρολογιού.
- Η εισαγωγή νέων πληροφοριών σε έναν καταχωρητή αποκαλείται *φόρτωση (load)*, ή *ενημέρωση (update)*.

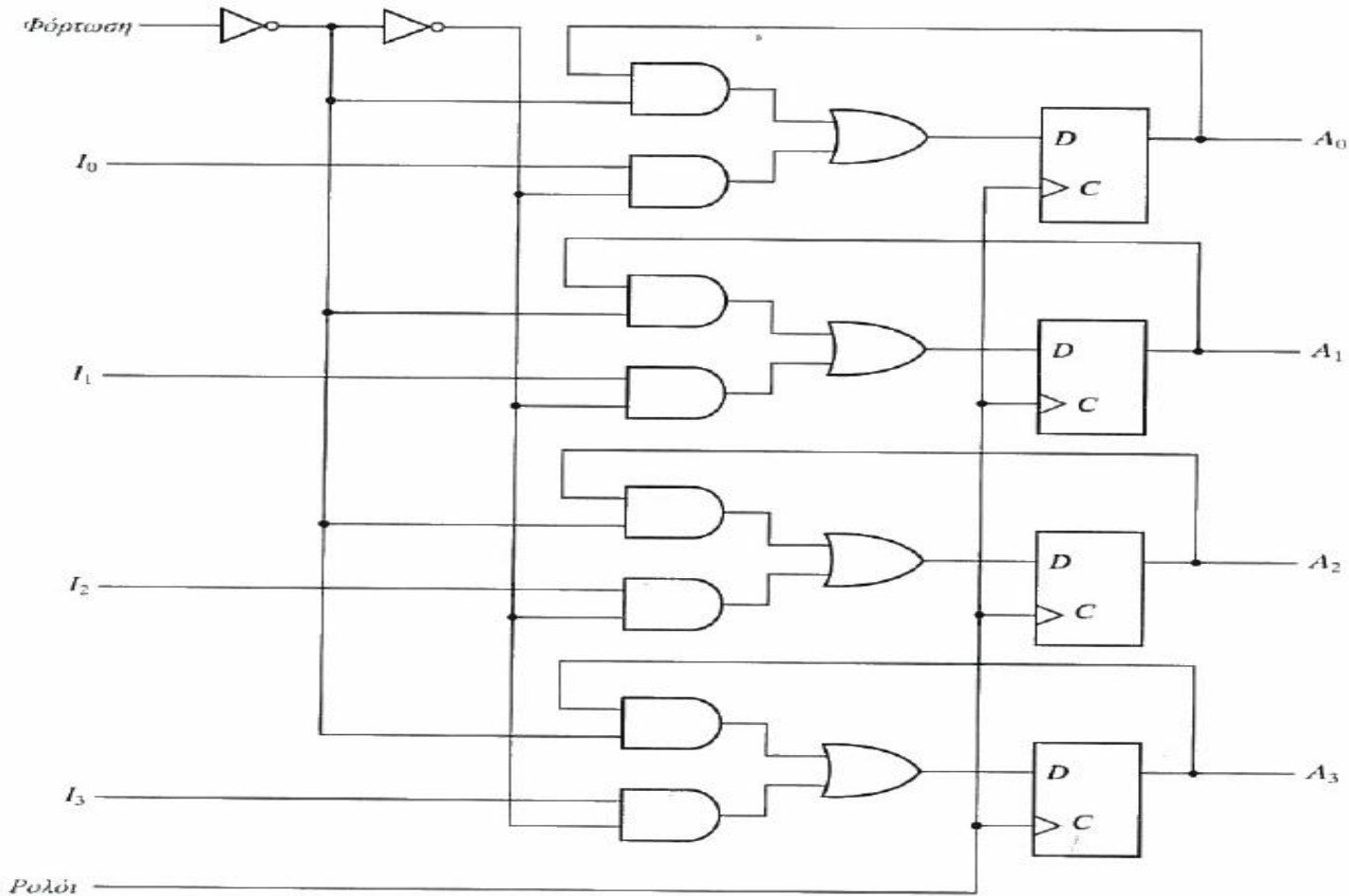


Καταχωρητής με παράλληλη φόρτωση

- Επειδή όλα τα bits του καταχωρητή φορτώνονται ταυτόχρονα (με ένα μόνο παλμό), η φόρτωση ονομάζεται “παράλληλη”.
- Για να είναι το σύστημα συγχρονισμένο, πρέπει όλοι οι παλμοί του ρολογιού να φτάνουν την ίδια στιγμή σε όλα τα σημεία του συστήματος, έτσι ώστε όλα τα flip-flop να πυροδοτούνται ταυτόχρονα.



Καταχωρητής με παράλληλη φόρτωση





Καταχωρητής με παράλληλη φόρτωση

- Στο προηγούμενο σχήμα παρουσιάζεται ένας 4-bit καταχωρητής με μια είσοδο ελέγχου φόρτωσης.
- Οι επιπλέον πύλες υλοποιούν έναν πολυπλέκτη 2 εισόδων, η έξοδος του οποίου καθορίζει εάν το flip-flop θα διατηρήσει την πληροφορία που ήδη έχει, ή εάν θα φορτώσει την πληροφορία που υπάρχει στον δίαυλο δεδομένων.



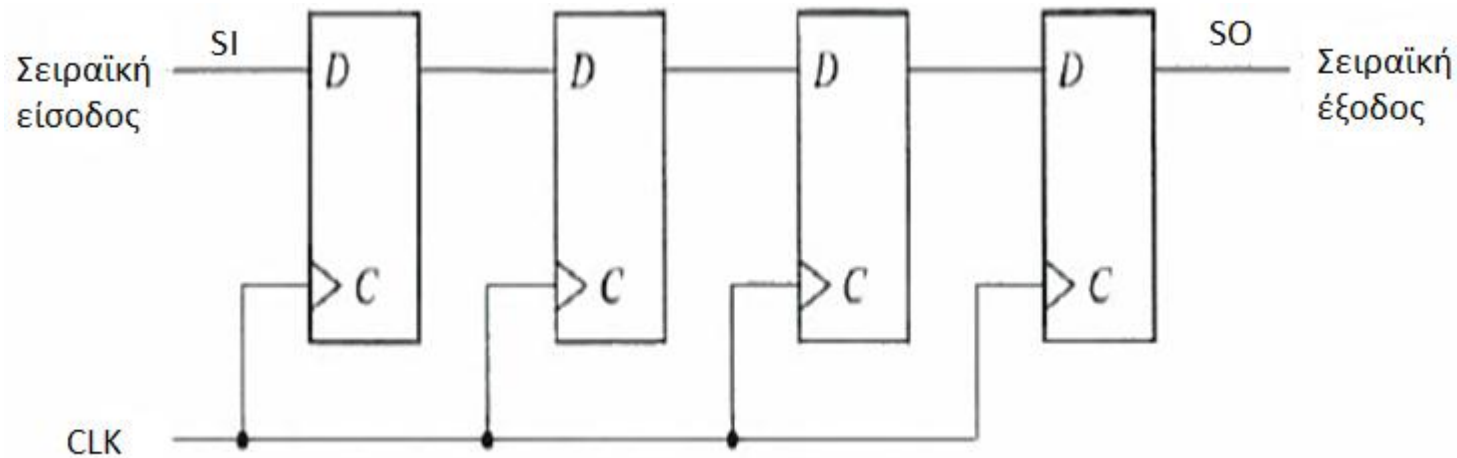
Καταχωρητές Ολίσθησης

- Ένας καταχωρητής στον οποίο οι πληροφορίες που περιέχονται, είναι δυνατόν να ολισθαίνουν προς τη μία ή προς την άλλη κατεύθυνση ονομάζεται καταχωρητής ολίσθησης (shift-register).
- Ένας καταχωρητής ολίσθησης αποτελείται από μία αλυσίδα flip-flop συνδεδεμένων στη σειρά, έτσι ώστε η έξοδος του ενός να τροφοδοτεί την είσοδο του επόμενου.



Καταχωρητές Ολίσθησης

- Ο απλούστερος καταχωρητής ολίσθησης, αποτελείται μόνο από D flip-flop.





Καταχωρητές Ολίσθησης

- Με κάθε παλμό του ρολογιού, το περιεχόμενο του καταχωρητή ολισθαίνει κατά μία θέση προς τα δεξιά.
- Αυτός ο καταχωρητής ολίσθησης είναι μονής κατεύθυνσης και η συγκεκριμένη διάταξη δεν υποστηρίζει ολίσθηση προς τα αριστερά.

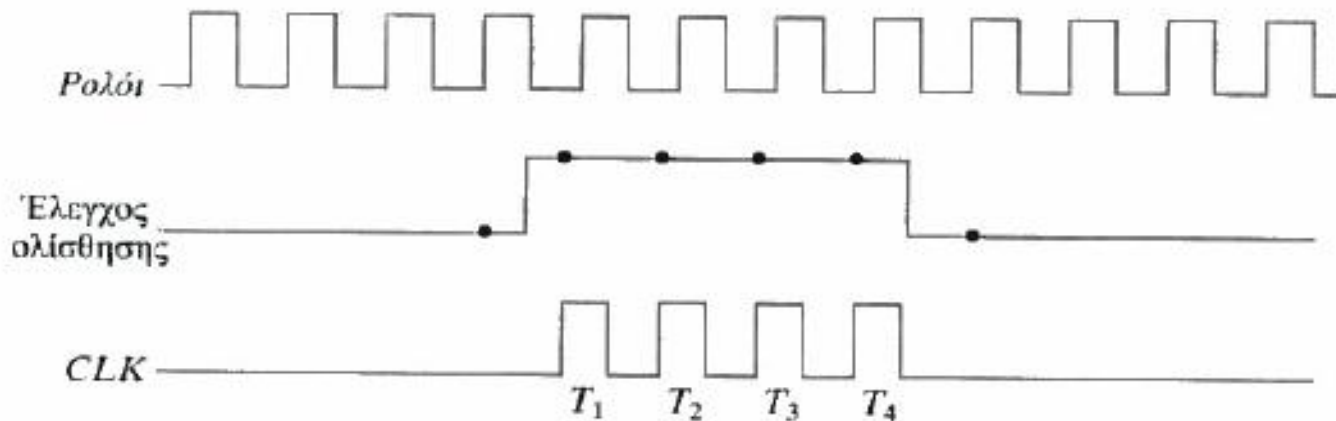
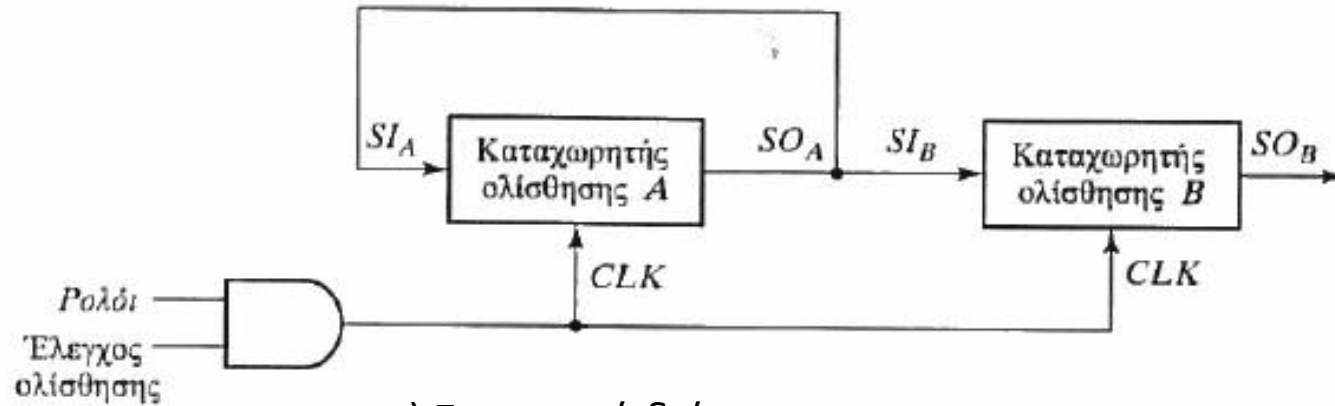


Σειραϊκή μεταφορά

- Ένα ψηφιακό σύστημα λειτουργεί σειριακά, όταν οι πληροφορίες μεταφέρονται και επεξεργάζονται το ένα bit μετά το άλλο σε διαδοχικούς χρόνους.
- Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η σειραϊκή μεταφορά από τον καταχωρητή A στον καταχωρητή B με καταχωρητές ολίσθησης.



Σειραϊκή μεταφορά



β) Διάγραμμα χρονισμού



Σειραϊκή μεταφορά

- Έστω ότι οι καταχωρητές ολίσθησης έχουν τέσσερα bit έκαστος.
- Τότε, η μονάδα ελέγχου που επιβλέπει τη μεταφορά θα πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να ενεργοποιεί τους καταχωρητές ολίσθησης, μέσω του σήματος ελέγχου ολίσθησης, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα τεσσάρων παλμών που απαιτείται για το πέρασμα μιας λέξης. (β)



Σειραϊκή μεταφορά

- Το σήμα ελέγχου ολίσθησης είναι συγχρονισμένο με το ρολόι και αλλάζει τιμή αμέσως μετά την αρνητική ακμή του ρολογιού.
- Οι επόμενοι τέσσερις παλμοί του ρολογιού βρίσκουν το σήμα ελέγχου ολίσθησης στην ενεργή κατάσταση, οπότε η έξοδος της πύλης AND που είναι συνδεδεμένη με την είσοδο *CLK* παράγει τέσσερις παλμούς, T_1 , T_2 , T_3 , T_4 .



Σειραϊκή μεταφορά

Παράδειγμα σειραϊκής μεταφοράς

Παλμός Ρολογιού	Καταχωρητής Ολίσθησης A				Καταχωρητής Ολίσθησης B			
Αρχική τιμή	1	0	1	1	0	0	1	0
Μετά από T_1	1	1	0	1	1	0	0	1
Μετά από T_2	1	1	1	0	1	1	0	0
Μετά από T_3	0	1	1	1	0	1	1	0
Μετά από T_4	1	0	1	1	1	0	1	1



Σειραϊκή Πρόσθεση

- Στους ψηφιακούς υπολογιστές, οι βασικές λειτουργίες εκτελούνται συνήθως παράλληλα.
- Οι σειραϊκές λειτουργίες είναι πιο αργές, αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι χρειάζονται λιγότερα στοιχεία κυκλώματος και καλώδια.

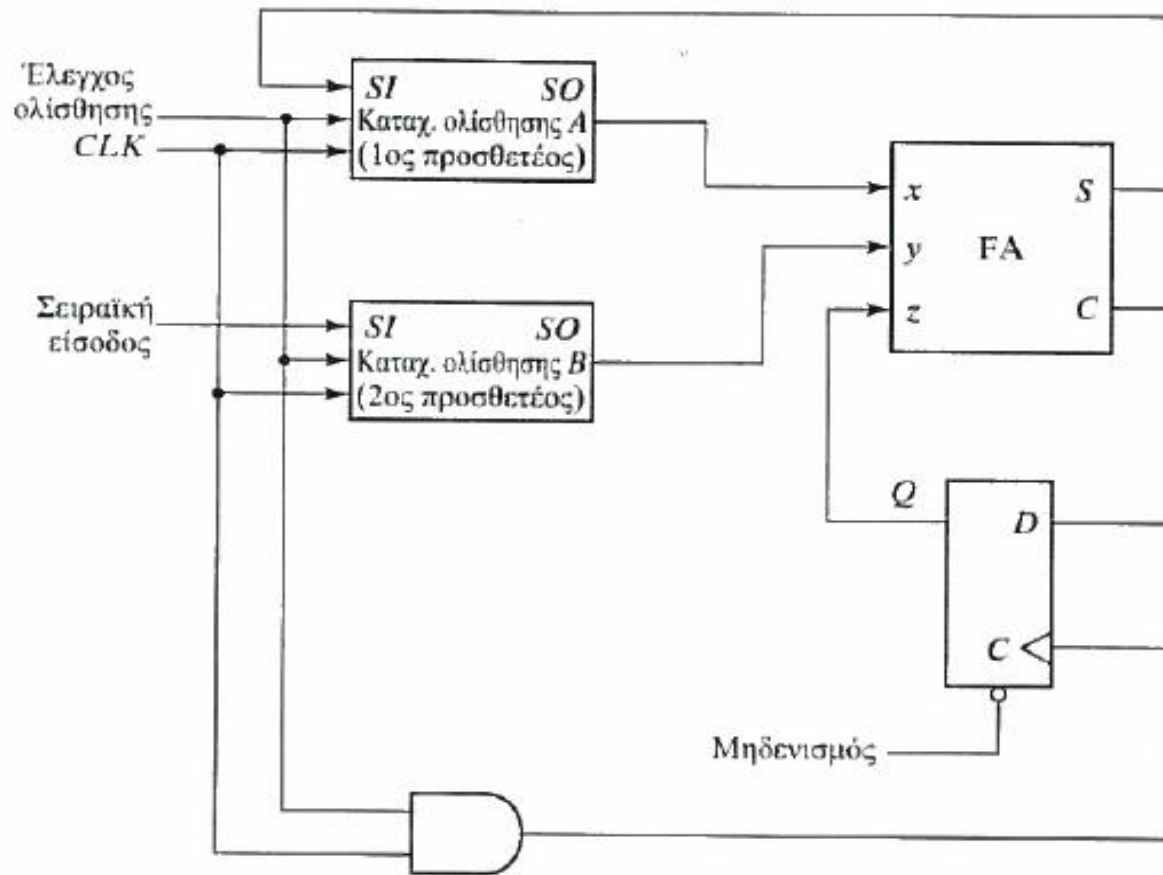


Σειραϊκή Πρόσθεση

- Παράδειγμα Σειριακού τρόπου λειτουργίας.
- Έστω δύο δυαδικοί αριθμοί οι οποίοι πρέπει να προστεθούν.
- Αποθηκεύονται σε δύο καταχωρητές ολίσθησης.
- Τα bit προστίθενται ανά ζεύγη με τη χρήση ενός κυκλώματος πλήρους αθροιστή (FA)



Σειραϊκή Πρόσθεση





Σειραϊκή Πρόσθεση

Αρχικά ο καταχωρητής A περιέχει τον πρώτο προσθετέο, ο καταχωρητής B περιέχει το δεύτερο προσθετέο και το flip-flop για το κρατούμενο μηδενίζεται.

Οι έξοδοι (SO) των A και B παρέχουν δύο bit στον πλήρη αθροιστή στις εισόδους x και y .

Η έξοδος Q του flip-flop δίνει το κρατούμενο εισόδου που είναι απαραίτητο στο z .



Σειραϊκή Πρόσθεση

- Ο έλεγχος ολίσθησης ενεργοποιεί τους δύο καταχωρητές και το flip-flop
- Στον επόμενο παλμό του ρολογιού τα περιεχόμενα και των δύο καταχωρητών ολισθαίνουν μια θέση προς τα δεξιά
- Το bit αθροίσματος του S θα εισέλθει στο αριστερότερο flip-flop του A και το κρατούμενο εξόδου θα μεταφερθεί στο flip-flop Q .



Σειραϊκή Πρόσθεση

- Ο σειριακός αθροιστής μπορεί να υλοποιηθεί και ως ακολουθιακό κύκλωμα.
- Έστω το ακολουθιακό κύκλωμα ότι έχει δύο εισόδους, x και y , στις οποίες πρέπει να δοθεί ένα ζεύγος bit ίδιας τάξης, μια έξοδο S , η οποία παράγει το bit αθροίσματος, και ένα flip-flop Q για να αποθηκεύεται το κρατούμενο.



Σειραϊκή Πρόσθεση

- Ο πίνακας καταστάσεων για το ακολουθιακό κύκλωμα.

Παρούσα Κατάσταση	Είσοδοι		Επόμενη Κατάσταση	Έξοδος	Είσοδοι flip-flop	
Q	x	y	Q	S	I_Q	K_Q
0	0	0	0	0	0	X
0	0	1	0	1	0	X
0	1	0	0	1	0	X
0	1	1	1	0	1	X
1	0	0	0	1	X	1
1	0	1	1	0	X	0
1	1	0	1	0	X	0
1	1	1	1	1	X	0

Μετά από απλοποίηση:

$$J_Q = xy, K_Q = (x + y)', S = x \oplus y \oplus Q$$



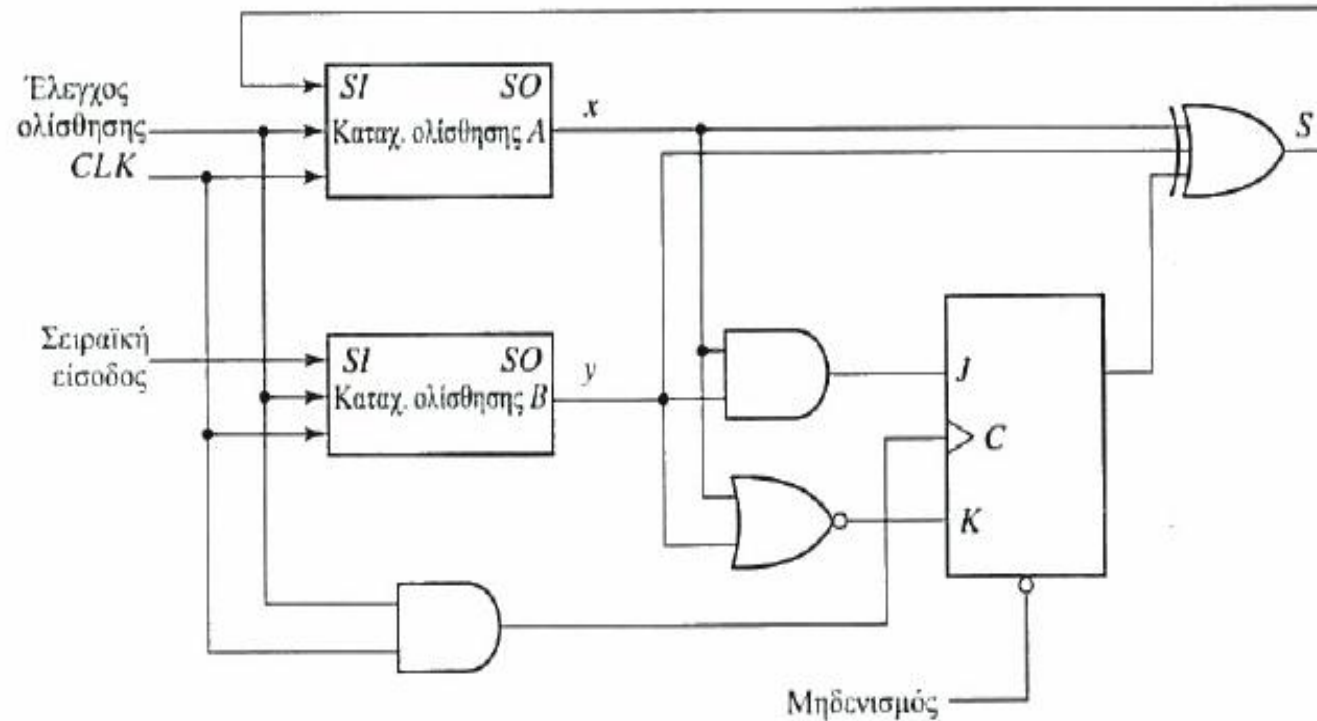
Σειραϊκή Πρόσθεση

- Το διάγραμμα του κυκλώματος αποτελείται από 3 πύλες και ένα JK flip-flop.
- Η έξοδος S είναι συνάρτηση και της παρούσας κατάστασης Q .
- Η επόμενη κατάσταση του Q εξαρτάται από την παρούσα κατάσταση Q και τις τιμές x, y .



Σειραϊκή Πρόσθεση

Δεύτερη μορφή του Σειραϊκού αθροιστή





Καθολικός καταχωρητής ολίσθησης

Οι δυνατότητες που παρέχουν οι καταχωρητές είναι οι ακόλουθες:

1. Μια είσοδο μηδενισμού (θέτει τον καταχωρητή στο 0).
2. Μία είσοδο CP για τους παλμούς ρολογιού.
3. Μία είσοδο ελέγχου δεξιάς ολίσθησης.
4. Μία είσοδο ελέγχου αριστερής ολίσθησης.



Καθολικός καταχωρητής ολίσθησης

5. Μία είσοδο ελέγχου παράλληλης φόρτωσης.
6. N γραμμές παράλληλης εισόδου / n γραμμές παράλληλης εξόδου.
7. Μία γραμμή σειριακής εισόδου / μία γραμμή σειριακής εξόδου.
8. Μία κατάσταση ελέγχου η οποία αφήνει αναλλοίωτες τις πληροφορίες.



Καταχωρητές ολίσθησης

Αμφίδρομος Καταχωρητής ολίσθησης: Ένας καταχωρητής που ολισθαίνει τα περιεχόμενά του και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Μονόδρομος Καταχωρητής ολίσθησης: Ένας καταχωρητής που ολισθαίνει τα περιεχόμενά του μόνο προς τη μία κατεύθυνση.

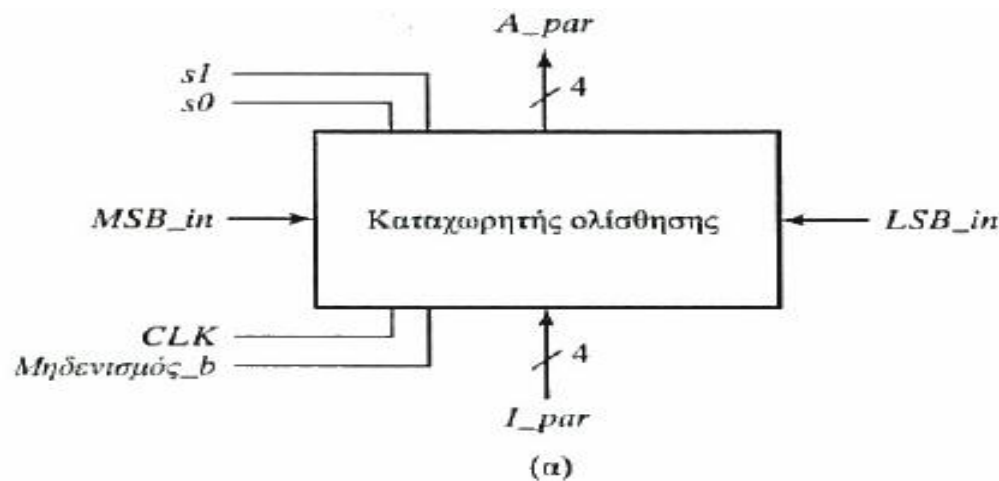
Καταχωρητής ολίσθησης με παράλληλη φόρτωση: Ένας καταχωρητής που μπορεί να κάνει ολισθήσεις και να φορτωθεί παράλληλα.



Παράδειγμα Καταχωρητή Ολίσθησης

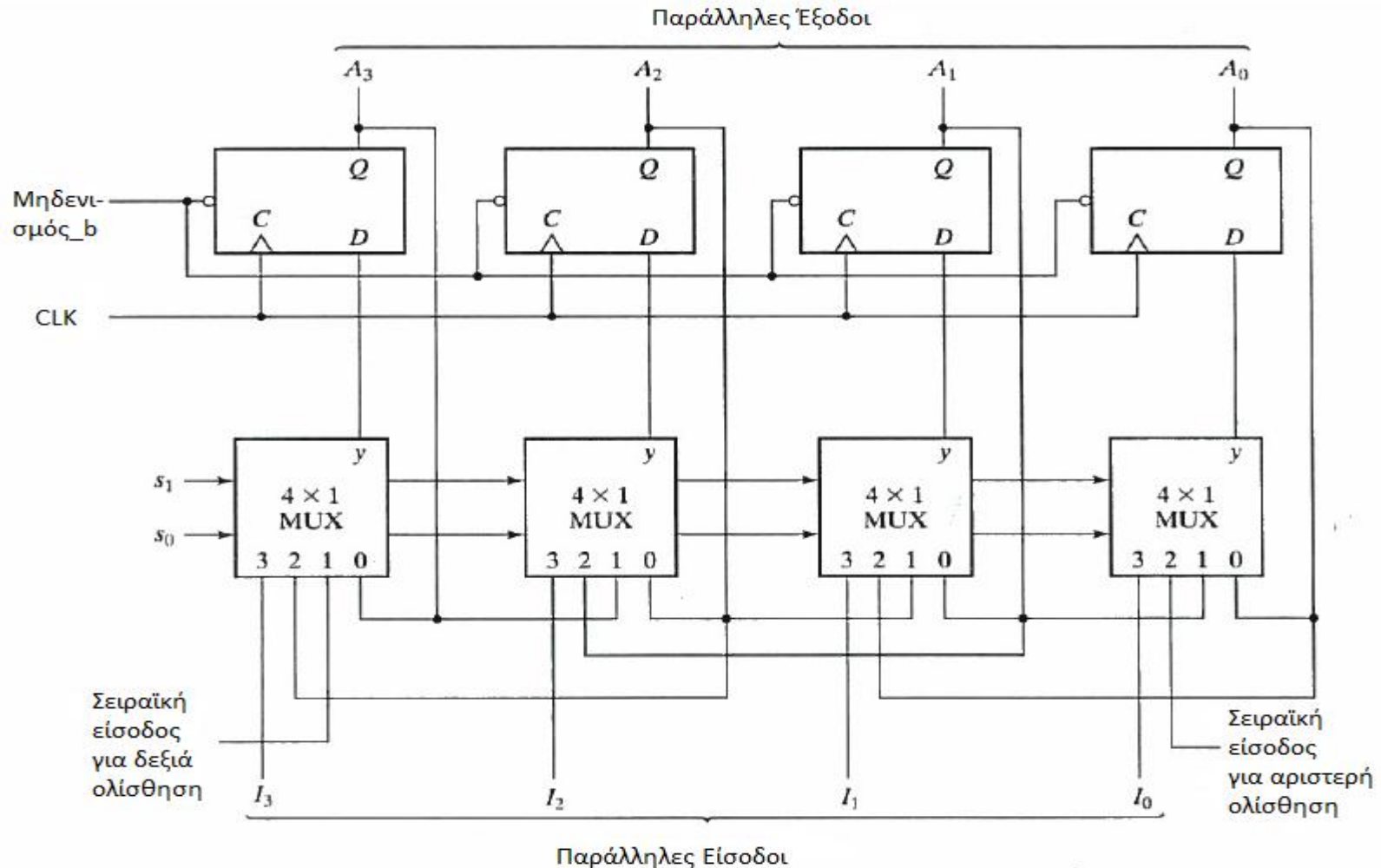
Διάγραμμα 4-bit αμφίδρομου καταχωρητή ολίσθησης, παράλληλης φόρτωσης.

Η δεξιά και η αριστερή κατεύθυνση στην ολίσθηση σχετίζονται με την κατεύθυνση που ακολουθείται κατά την γραφή των αριθμών.





Παράδειγμα Καταχωρητή Ολίσθησης





Παράδειγμα Καταχωρητή Ολίσθησης

Οι λειτουργίες του καταχωρητή του παραδείγματος:

S_1	S_2	Λειτουργία καταχωρητή
0	0	Καμία αλλαγή
0	1	Ολίσθηση δεξιά
1	0	Ολίσθηση αριστερά
0	0	Παράλληλη φόρτωση



Άσκηση

Σχεδιάστε έναν 4-bit καταχωρητή ολίσθησης με παράλληλη φόρτωση, χρησιμοποιώντας D flip-flop. Πρέπει να υπάρχουν δυο είσοδοι ελέγχου:

- Μια είσοδος ολίσθησης (shift)
- Μια είσοδος φόρτωσης (load)

Όταν $shift=1$, τα περιεχόμενα του καταχωρητή ολισθαίνουν κατά μια θέση.



Άσκηση

Τα νέα δεδομένα εισάγονται στον καταχωρητή όταν $load=1$ και $shift=0$.

Εάν και οι δύο είσοδοι ελέγχου ισούνται με το 0, τα περιεχόμενα του καταχωρητή δεν πρέπει να αλλάζουν.



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.



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

Καταχωρητές



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

