

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής  
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών  
2015-16

# Ψηφιακή Λογική και Σχεδίαση

(στοιχεία μνήμης και μέθοδοι χρονισμού)

<http://di.ionio.gr/~mistral/tp/comparch/>

Μ.Στεφανιδάκης



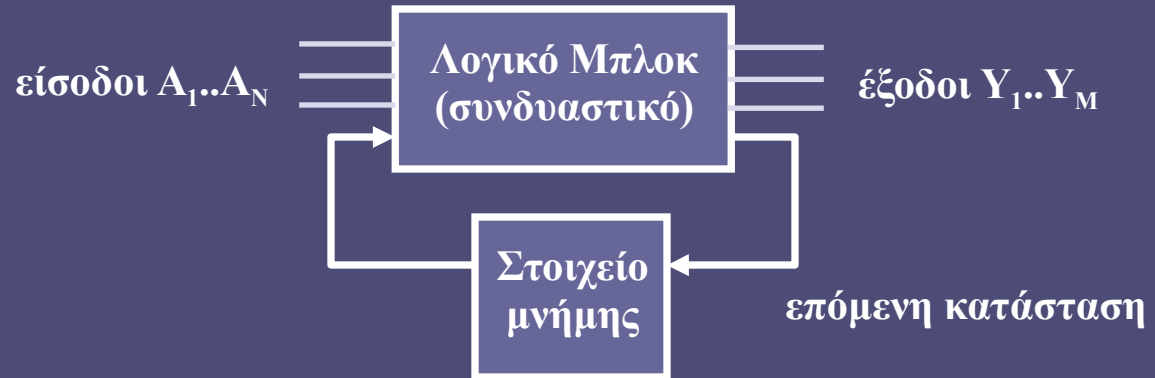
# Πέρα από τη συνδυαστική λογική

- Ακολουθιακή λογική

- Βασικά ερωτήματα
  - Πώς εισάγω την έννοια της κατάστασης ενός λογικού τμήματος;
  - Που φυλάσσεται η κατάσταση;
  - Πότε ενημερώνεται;
  - Πώς συγχρονίζονται τα διάφορα τμήματα λογικής;

# Ακολουθιακή λογική

- Ακολουθιακή λογική



;

Πότε τελειώνει η τρέχουσα και πότε αρχίζει η επόμενη κατάσταση;

- Η έννοια της κατάστασης: οι έξοδοι εξαρτώνται από τις εισόδους **ΚΑΙ** από την προηγούμενη κατάσταση

# Χρονισμός σε ακολουθιακή λογική

- Ακολουθιακή λογική



Σήμα χρονισμού (clock)

←.....→  
περίοδος T σήματος ρολογιού



Το clock καθορίζει τη χρονική στιγμή αποθήκευσης στα στοιχεία μνήμης

- Η πλειοψηφία των ψηφιακών κυκλωμάτων χρησιμοποιεί ένα περιοδικό σήμα **συγχρονισμού** (ρολόι - clock)

# Χρονισμός στις ακμές του ρολογιού

- Ακολουθιακή λογική



Σήμα χρονισμού (clock)



Η είσοδος πρέπει να είναι σταθερή λίγο **πριν** (setup) και λίγο **μετά** (hold) την ακμή του ρολογιού

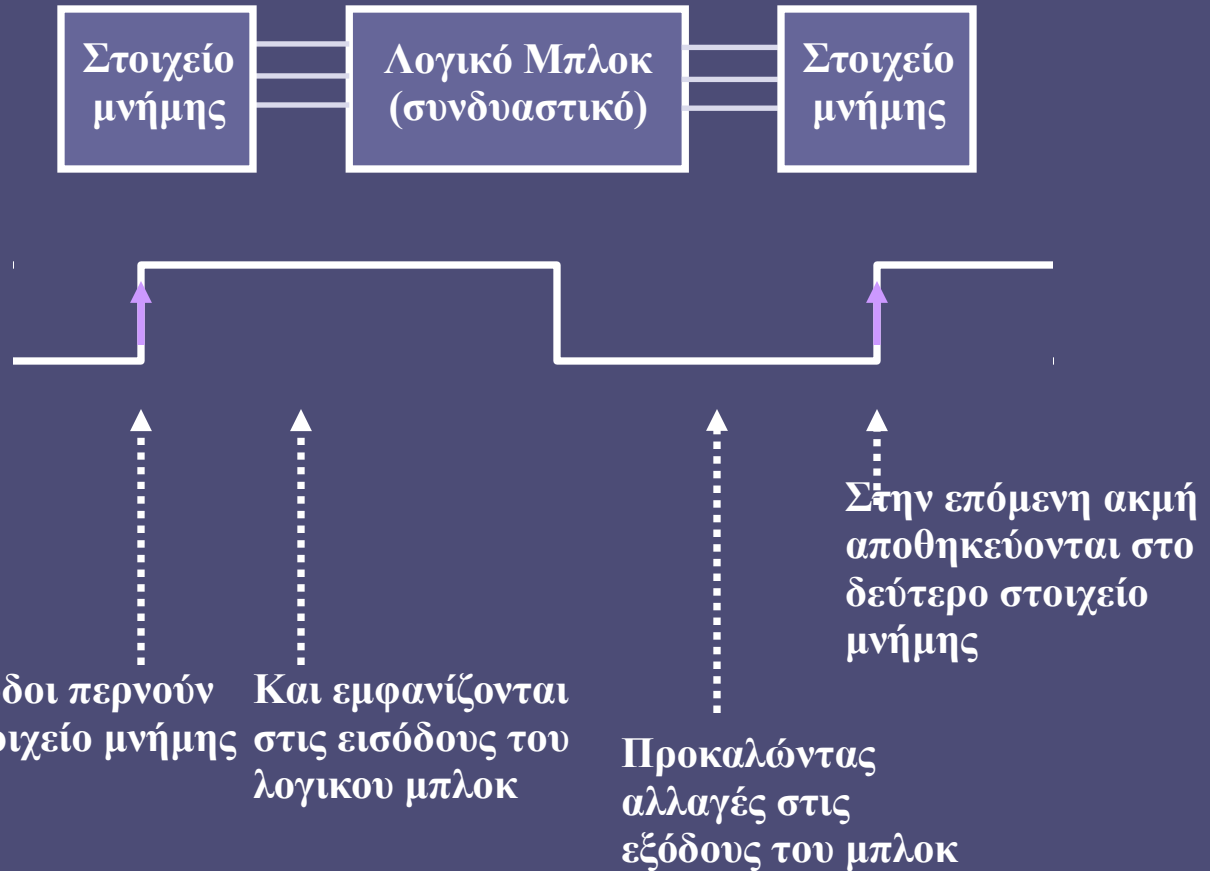
- Η απλούστερη λύση: αποθήκευση στην **ανερχόμενη** (ή κατερχόμενη) ακμή του ρολογιού
  - Τη στιγμή αυτή η **είσοδος αποθηκεύεται** στο στοιχείο μνήμης
  - Και **εμφανίζεται στην έξοδο** μετά από την **καθυστέρηση διάδοσης** του στοιχείου μνήμης.

# Χρονισμός και διάδοση σημάτων

- Ακολουθιακή λογική

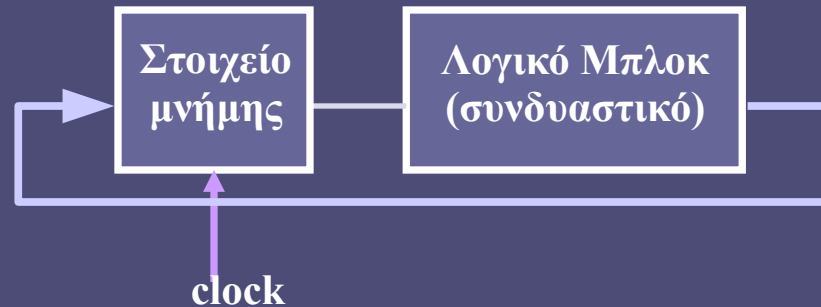
;

Μπορεί η περίοδος του ρολογιού να γίνει όσο μικρή θέλουμε;



# Ανάδραση και στοιχεία μνήμης

- Ακολουθιακή λογική



- **Απολύτως επιτρεπτή** συνδεσμολογία!
- Λόγω του σήματος ρολογιού δεν δημιουργείται πρόβλημα με την ανατροφοδότηση του σήματος εξόδου στην είσοδο

# Συγχρονισμός τμημάτων

- Ακολουθιακή λογική

- Σύγχρονο σύστημα
  - Κοινή πολιτική χρονισμού
    - Κοινό ρολόι
  - Σχεδίαση τήρησης χρόνων διάδοσης
- Τμήματα με διαφορετικά ρολόγια
  - (ή ασύγχρονες είσοδοι)
  - Αδυναμία τήρησης χρόνων setup – hold
  - Τα στοιχεία μνήμης μπορούν να περιέλθουν σε απροσδιόριστη κατάσταση (metastability)
  - Ειδικά κυκλώματα συγχρονισμού



# Στοιχεία μνήμης

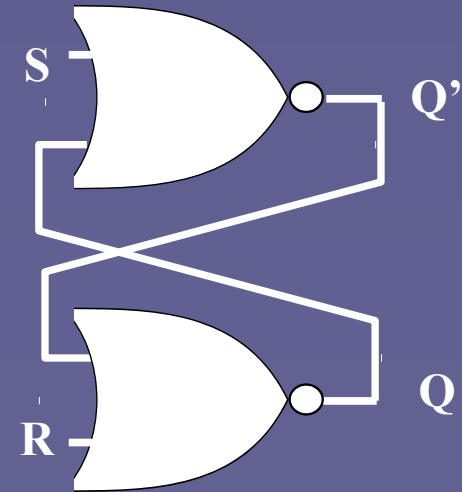
- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης

- Μαζί με λογικά κυκλώματα
  - Για αποθήκευση ενδιάμεσης κατάστασης μεταξύ συνδυαστικών συναρτήσεων
  - Μικρή χωρητικότητα
  - Παράδειγμα: οι καταχωρητές της ΚΜΕ
- Σε μεγάλες συστοιχίες μνήμης
  - Κύρια μνήμη συστήματος
  - Μεγάλη χωρητικότητα
  - Μεγαλύτερη ολοκλήρωση κυκλωμάτων

# Απλά στοιχεία μνήμης χωρίς ρολόι

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης

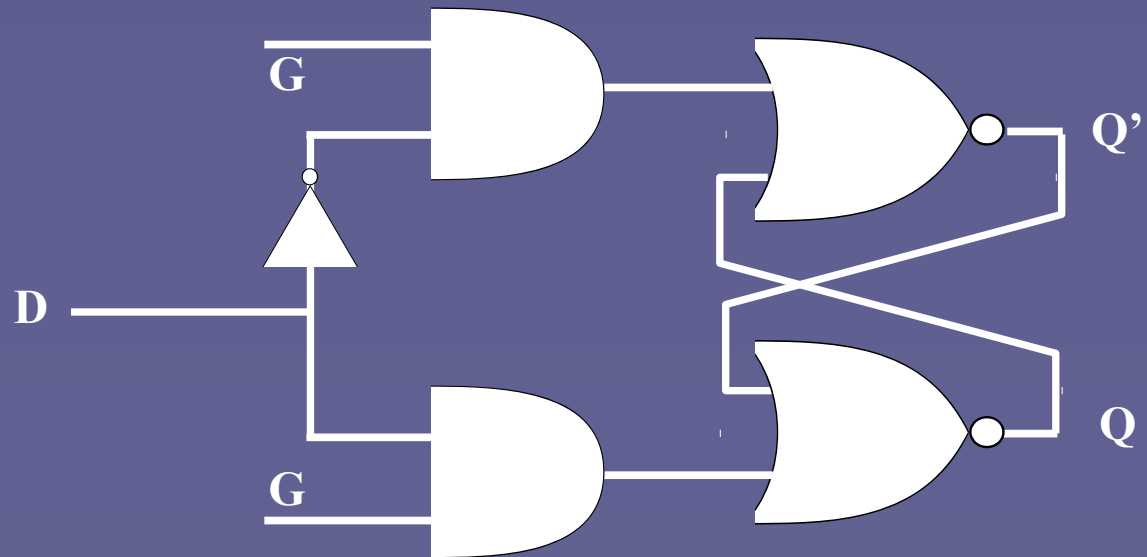
S	R	Q	Q'
0	0	Q	Q'
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0



Τα S και R δεν επιτρέπεται να είναι ταυτόχρονα '1'

# Ο “μανδαλωτής” (latch)

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης

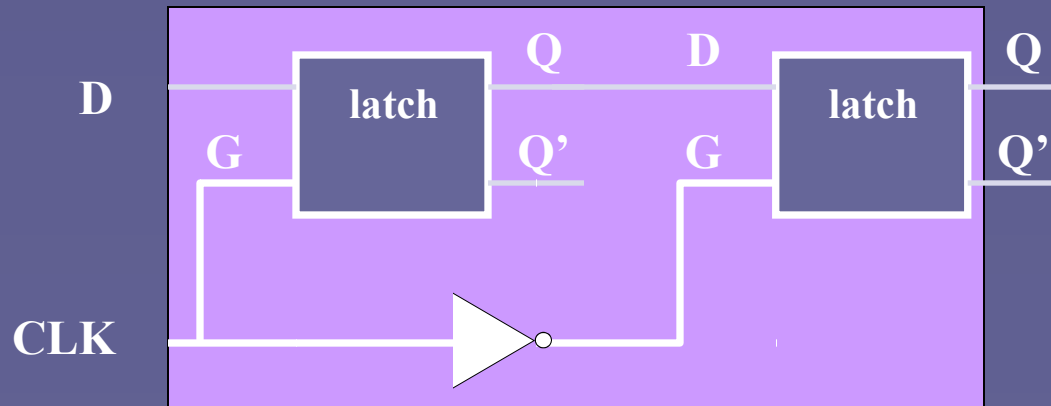


Το latch περνά την είσοδο στην έξοδο ανάλογα με τη στάθμη του  $G$

D	G	Q	Q'
x	0	Q	Q'
0	1	0	1
1	1	1	0

# D flip-flop

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης

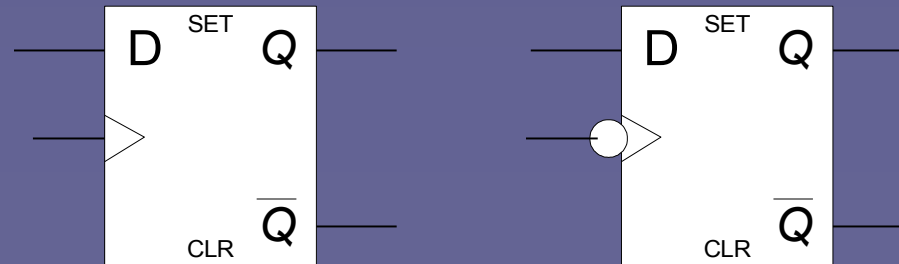


Αποθήκευση εισόδου στην ακμή του σήματος ρολογιού

;

Σε ποια ακμή του CLK αποθηκεύεται η είσοδος D;

συμβολα flip-flop

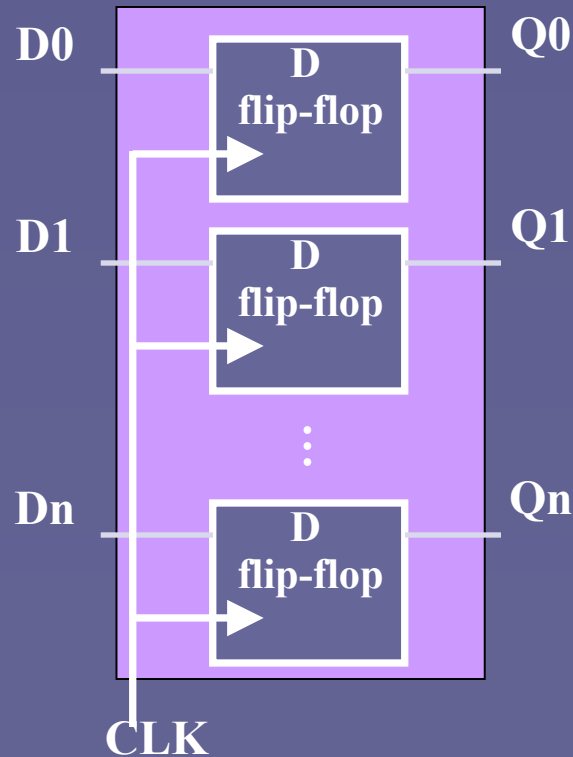


# Καταχωρητές (registers)

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης

;

Ποιο το μήκος της λέξης που αποθηκεύεται σε έναν καταχωρητή;



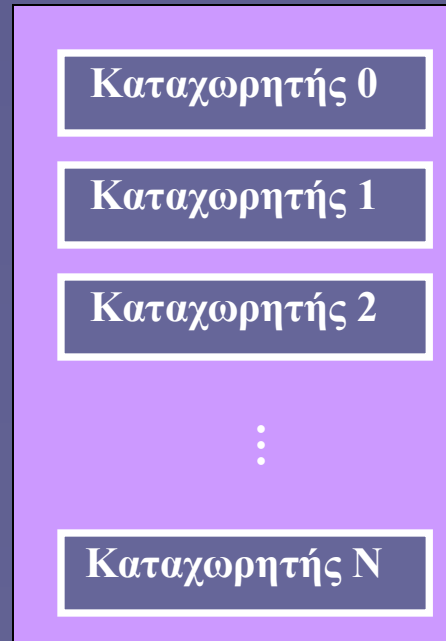
- Ομάδα στοιχείων flip-flop με κοινό σήμα ρολογιού**
- αποθήκευση “λέξης”  $n$  bits ( $n = 8, 16, 32, 64...$ )

# Register file

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης
- Register File



Οι σύγχρονες ΚΜΕ διαθέτουν τουλάχιστον 32 καταχωρητές γενικού σκοπού



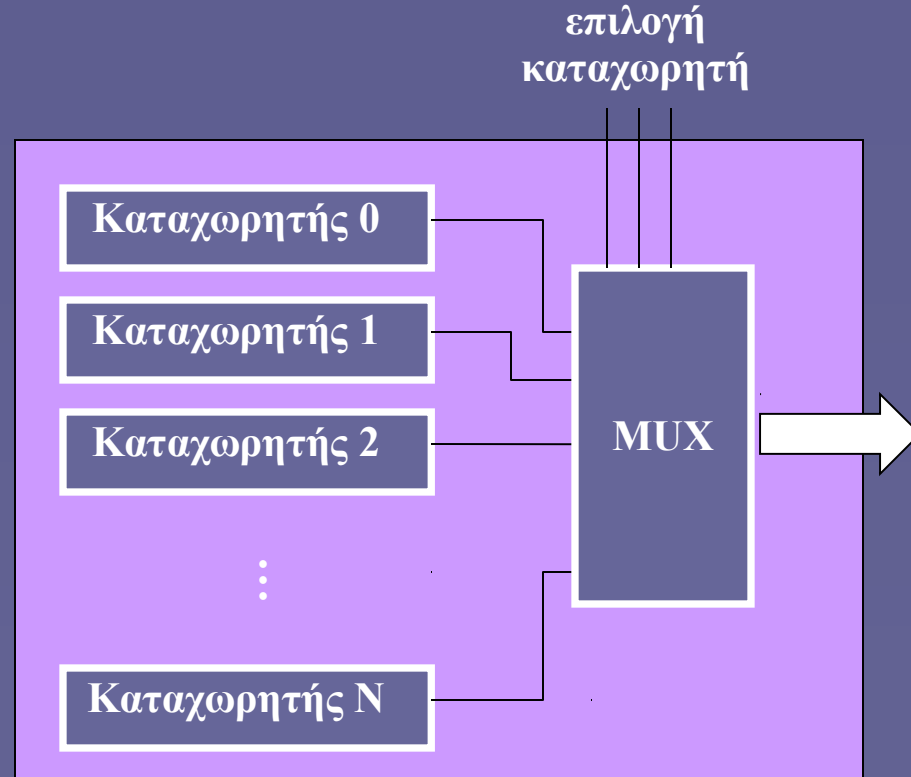
- Ομάδα καταχωρητών, βασικό στοιχείο μιας ΚΜΕ
- Ανάγνωση και εγγραφή
- Δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας σε περισσότερους από έναν καταχωρητές

# Register file: ανάγνωση

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης
- Register File

;

Πώς μπορούμε να διαβάσουμε ταυτόχρονα 2 καταχωρητές (σε διαφορετικές εξόδους);

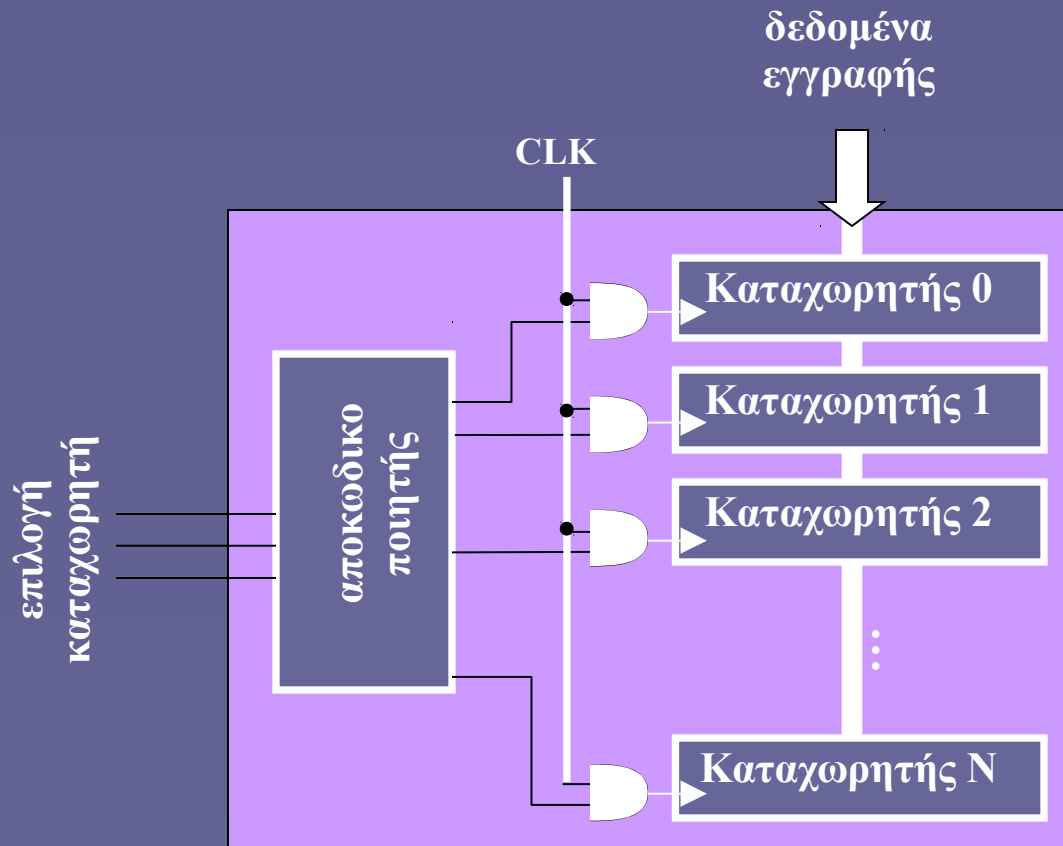


# Register file: εγγραφή

- Ακολουθιακή λογική
- Στοιχεία μνήμης
- Register File



Τα δεδομένα προς εγγραφή θα πρέπει να είναι σταθερά κατά τους χρόνους setup και hold!



- Προσοχή: “ακαδημαϊκή” σχεδίαση!
- Το “clock gating” δεν συνιστάται σε πραγματικές εφαρμογές