

## HY430 – Εργαστήριο Ψηφιακών Κυκλωμάτων

Διδάσκων: Χ. Σωτηρίου, Βοηθός: (θα ανακοινωθεί)

<http://inf-server.inf.uth.gr/courses/CE430/>

I

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

### Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 2

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός


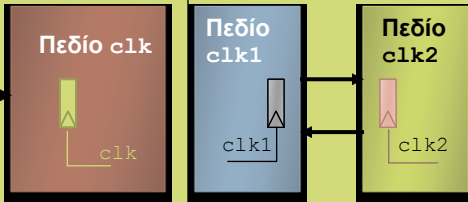
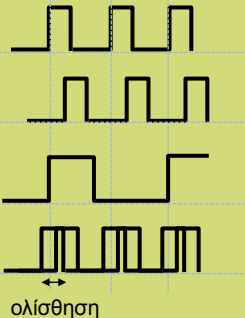
## Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 3

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός – Ορισμός, Περιπτώσεις

Ασύγχρονη Είσοδος	Διαφορετικά Ρολόγια	Συσχετισμένα Ρολόγια
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Η είσοδος είναι <u>πλήρως ασύγχρονη</u> ως προς το ρολόι:</li> <li>▶ Εξωτερικό σήμα</li> <li>▶ Μη ελεγχόμενη πηγή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Η είσοδος είναι σύγχρονη όμως με διαφορετικό ρολόι.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Τα ρολόγια έχουν κάποια συσχέτιση</li> <li>▶ Περίοδο</li> <li>▶ Φάση</li> </ul>
		

▶ 4

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιεχόμενα

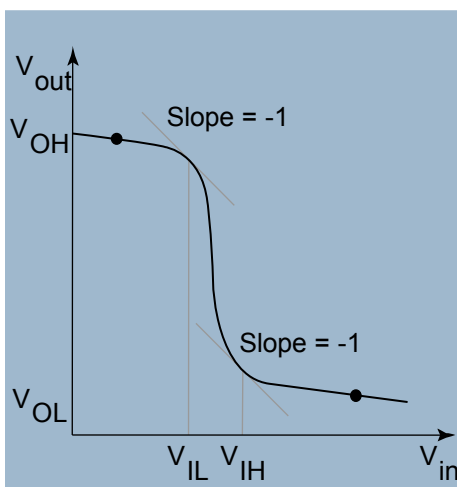
- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 5

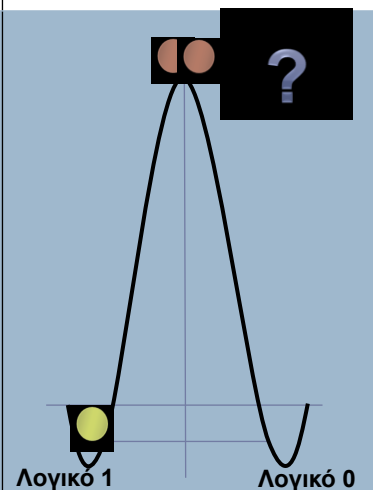
HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο

Καμπύλη Μεταβίβασης



Μηχανικό Ανάλογο



▶ 6

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

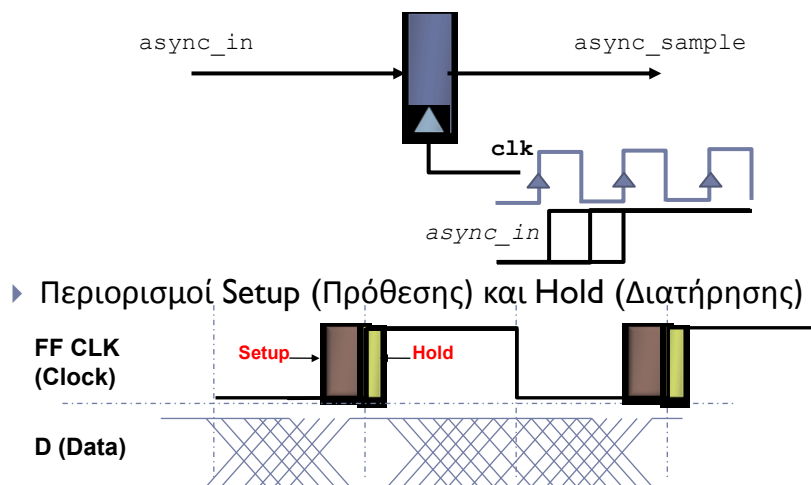
## Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ **Συγχρονισμός με FF**
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 7

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με FF

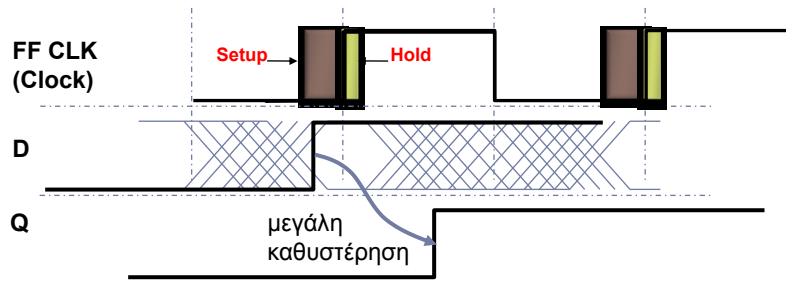


▶ 8

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με FF

- Τι θα γίνει αν το D αλλάζει τιμές κοντά στην ενεργή ακμή;



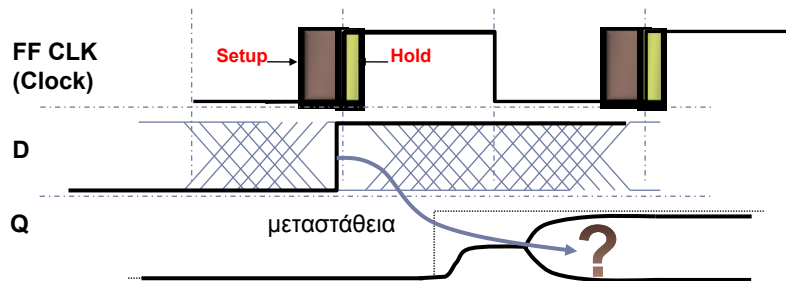
- Η πρώτη περίπτωση συμβαίνει όταν γίνεται παραβίαση, αλλά όχι πολύ κοντά στην ακμή

9

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με FF

- Τι θα γίνει αν το D αλλάζει τιμές κοντά στην ενεργή ακμή;



- Η δεύτερη περίπτωση συμβαίνει όταν γίνεται παραβίαση πολύ κοντά στην ακμή!
  - Άγνωστη καθυστέρηση και άγνωστη τελική τιμή!

10

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιεχόμενα

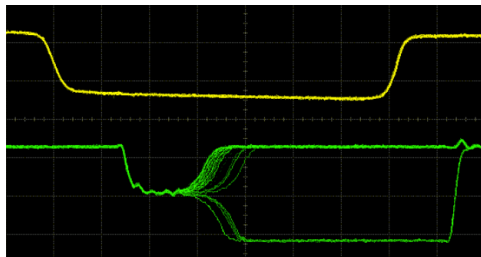
- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ **Μεταστάθεια**
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 11

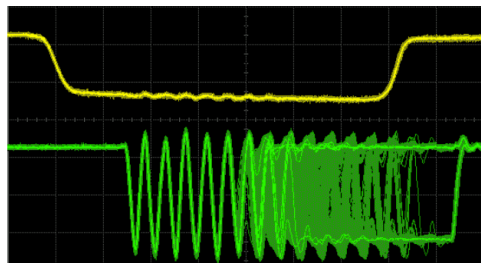
HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Η Μεταστάθεια Πειραματικά

- ▶ Καθυστέρηση και ασαφής απόφαση



- ▶ Ταλαντώσεις και ασαφής απόφαση



▶ 12

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Μεταστάθεια

- ▶ Τι θα συμβεί αν ένα στοιχείο μνήμης μπει σε κατάσταση μεταστάθειας;
  1. Μεγάλη καθυστέρηση κατάληξης σε τελική τιμή
  2. Η έξοδος θα πάει στο 0 ή στο 1 τυχαία και όχι συσχετισμένα με την είσοδο του στοιχείου μνήμης
    - ▶ η τυχειότητα προέρχεται από τον περιβάλλον θόρυβο του κυκλώματος
    - ▶ Η σύγκλιση γίνεται γρήγορα
- ▶ Πειραματικά, αν στο  $t = 0$  είμαστε σε μεταστάθεια, η πιθανότητα να βρισκόμαστε ακόμη σε μεταστάθεια στον χρόνο  $t > 0$ :

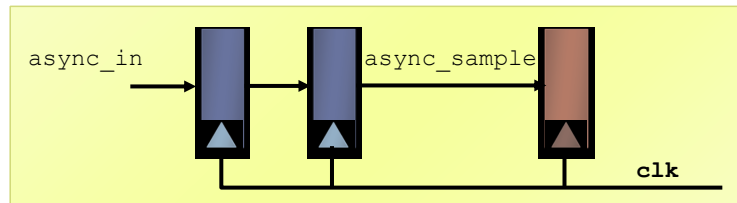
$$P_{sm} \sim e^{-t/\tau}, \quad \tau = C/gm$$

- ▶ Όπου  $\tau$  είναι η σταθερά χρόνου επίλυσης

▶ I3

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με Δύο FF

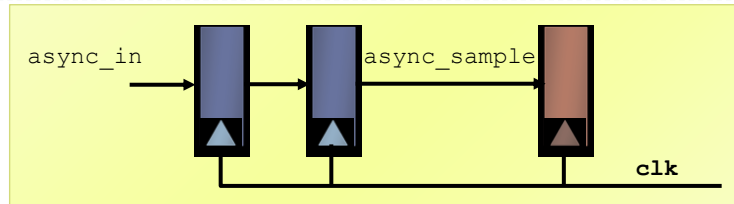


- ▶ Αφήνουμε έναν ολόκληρο, επιπλέον κύκλο του ρολογιού για την λύση της μεταστάθειας
  - ▶ Το 1<sup>ο</sup> FF δειγματοληπτεί
  - ▶ Το 2<sup>ο</sup> FF λειτουργεί ως χρόνος αναμονής
- ▶ Ο πιο συνηθισμένος συγχρονιστής
  - ▶ Πρακτικά λειτουργεί επειδή η πιθανότητα να μείνουμε σε μεταστάθεια είναι φθίνουσα εκθετική

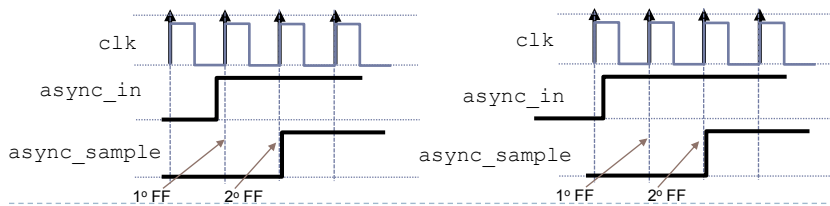
▶ I4

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με Δύο FF



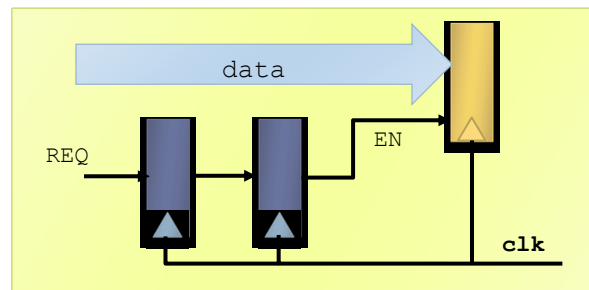
- ▶ Μόνο έλεγχος, δεν έχει μεταφορά δεδομένων
- ▶ Καθυστέρηση  $L_{sync}$  από  $async\_in \rightarrow async\_sample$ ;
  - ▶ Τουλάχιστον ένας κύκλος (και κάτι), μέχρι και δύο,  $1 \leq L_{sync} \leq 2$



▶ I5

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με Δύο FF



- ▶ Έλεγχος και Δεδομένα
- ▶ Καθυστέρηση  $L_{sync}$  μέχρι την άφιξη στον καταχωρητή
  - ▶  $2 \leq L_{sync} \leq 3$

▶ I6

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός



## Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 17

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Πιθανότητα Μεταστάθειας

- ▶ Ορίζουμε
  - ▶  $W$  – παράθυρο μεταστάθειας, πλάτος (setup, hold)
  - ▶  $T$  – περίοδος κυκλώματος,  $F$  - συχνότητα
- ▶ Πιθανότητα  $P_m = W/T = W F$
- ▶ Αν ο συγχρονισμός συμβαίνει με συχνότητα  $S$
- ▶ Πιθανότητα  $P_m = W S F = \text{Ρυθμός εισόδου σε μεταστάθεια}$
- ▶ Παράδειγμα:
  - ▶ Για τεχνολογία 130nm, έστω  $F = 200\text{MHz}$ , καθυστέρηση πύλης είναι 33ps,  $W \approx 132\text{ps}$ , και  $S = 1000$  κύκλοι = 0.2MHz
  - ▶  $P_m = W S F = 132 \times 10^{-12} \cdot 200 \times 10^6 \cdot 0.2 \times 10^6 = 5.280\text{KHz}$  ή κάθε 0.2ms

▶ 18

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Μέσος Χρόνος μεταξύ Αποτυχιών

- ▶ Για συγχρονιστή, η πιθανότητα να μείνουμε σε μεταστάθεια σε χρόνο  $t > 0$  είναι  $e^{-t/\tau}$
- ▶ **Μέσος Χρόνος μεταξύ Αποτυχιών – MTBF**
  - ▶ **Ρυθμός Αποτυχίας** =  
Πιθανότητα (Ρυθμός) Μεταστάθειας . Πιθανότητα να μείνουμε σε μεταστάθεια μετά από  $T =$   
 **$(W S F) \cdot (e^{-T/\tau})$**
  - ▶ **MTBF =  $1/\text{Ρυθμός Αποτυχίας} = 1 / (W S F \cdot e^{-T/\tau})$**
  - ▶ **Παράδειγμα:**
    - ▶ Για τεχνολογία 130nm, έστω  $F = 200\text{MHz}$ , καθυστέρηση πύλης είναι 33ps,  $W \approx 132\text{ps}$ ,  $\tau = 66\text{ps}$  (2 πύλες)

▶ 19

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Μέσος Χρόνος μεταξύ Αποτυχιών

- ▶ **Παράδειγμα:**
  - ▶ Για τεχνολογία 130nm, έστω  $F = 200\text{MHz}$ , καθυστέρηση πύλης είναι 33ps,  $W \approx 132\text{ps}$ ,  $\tau = 66\text{ps}$  (2 πύλες)
- ▶ **MTBF =**
  - ▶  $e^{5\text{ns}/66\text{ps}} / 5280 = e^{76}/5280 =$   
 $2.016 \times 10^{29} / (60 \times 60 \times 24 \times 365) = 6.4 \times 10^{21}$  χρόνια
- ▶ **Πρακτικά πρέπει  $\text{MTBF} \geq 100$  χρόνια**
- ▶ **Αν βάλουμε 3 FF η πιθανότητα αλλάζει σε  $e^{-2T/\tau}$** 
  - ▶ *Εκτός αν ρολόι είναι πολύ γρήγορο τα 2 FF επαρκούν*

▶ 20

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

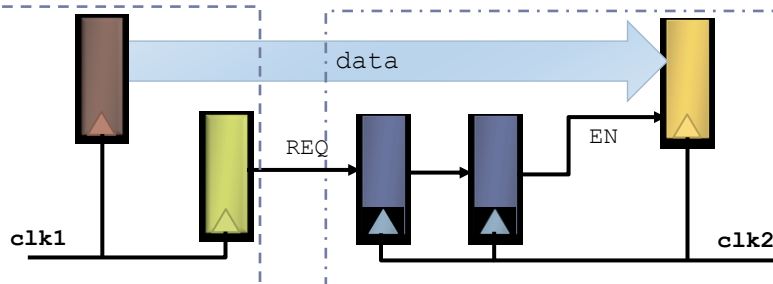
## Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ **Πρακτικός Συγχρονισμός**
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 21

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Πρακτικός Συγχρονισμός

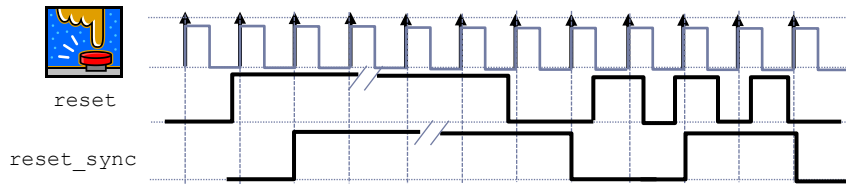


- ▶ Η παραπάνω διάταξη μεταφέρει σωστά τα δεδομένα στο πεδίο του `clk2`
  - ▶ Δεν επαρκεί όμως για επικοινωνία
    - ▶ Ένα δεδομένο μπορεί να χαθεί ή να φαίνεται σαν να επαναλαμβάνεται, ανάλογα με τις ταχύτητες του αποστολέα και παραλήπτη

▶ 22

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Πρακτικός Συγχρονισμός



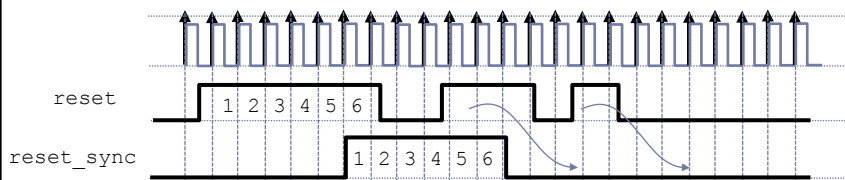
- ▶ Ένα μέρος της αναπήδησης αφαιρείται:
  - ▶ Οι αναπηδήσεις που είναι της τάξης του κύκλου
  - ▶ Το κύκλωμα αρχικοποιείται πολλαπλές φορές...
  - ▶ Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε έναν μετρητή
    - ▶ Όταν μετρήσουμε  $\geq n$  άσους τότε βγάζουμε 1 για  $n$  κύκλους
    - ▶ Αλλιώς βγάζουμε 0

▶ 23

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Πρακτικός Συγχρονισμός

- ▶ Αν για παράδειγμα μετρούσαμε 1 για  $n=5$  κύκλους



- ▶ Οι υπόλοιποι παλμοί πλάτους  $\leq 5$  εξαφανίζονται
- ▶ Γενικά δεν είναι πάντα απαραίτητο να έχουμε κύκλωμα αναπήδησης, ένας συγχρονιστής 2 FF αρκεί.

▶ 24

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιεχόμενα

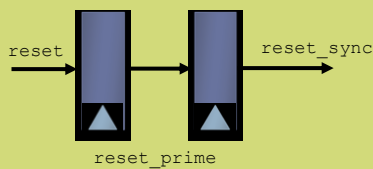
- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 25

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιγραφή 2FF Συγχρονιστή

### Κυκλωματική Μορφή



### Περιγραφή Verilog

```

always @(posedge clk)
begin
    resetprime = reset;
end
always @(posedge clk)
begin
    reset_sync = resetprime;
end
  
```

```

always @(posedge clk)
begin
    resetprime <= reset;
    reset_sync <= resetprime;
end
  
```

**Όχι με κλειδωμένη ανάθεση!**

▶ 26

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιεχόμενα

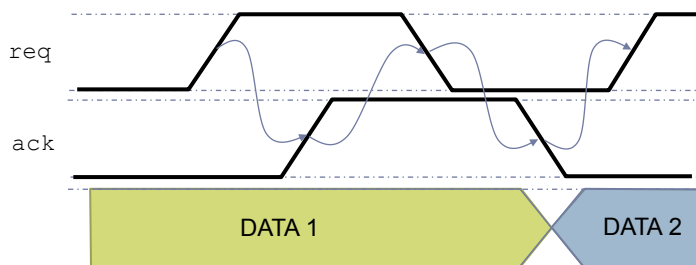
- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχιών
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 27

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Πρωτόκολλο Χειραψίας

- ▶ Ζεύγος σημάτων  $req/ack$  για συγχρονισμό δεδομένων

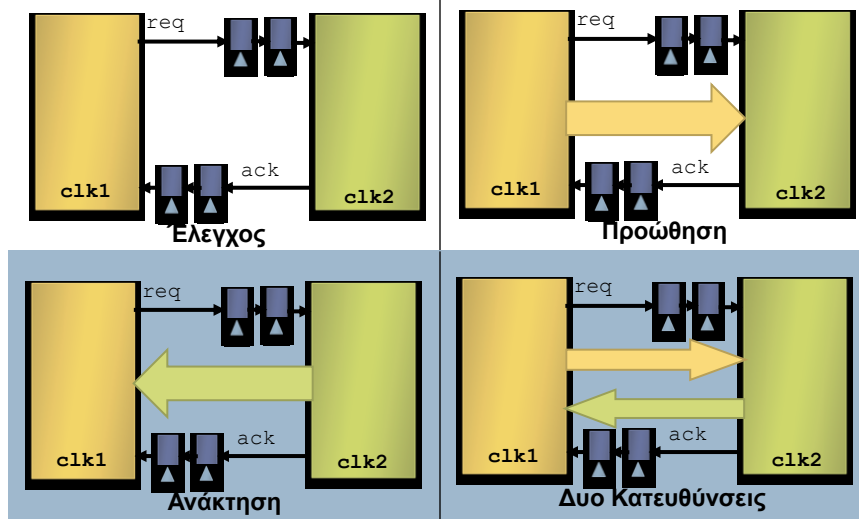


- ▶ Ανάλογα με την σχέση δεδομένων και  $req/ack$ , μπορεί να συνδυαστεί με:
  - ▶ Προώθηση δεδομένων (push)
  - ▶ Ανάγνωση δεδομένων (pull)

▶ 28

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με Χειραψία



► 29

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός με Χειραψία

- Χρειαζόμαστε, στην χειρότερη περίπτωση 4 κύκλους για την επικοινωνία
  - 2 από δεξιά προς αριστερά
  - 2 από αριστερά προς δεξιά
- Το πρωτόκολλο εξασφαλίζει ότι δεν χάνονται και δεν πολλαπλασιάζονται δεδομένα
- Απαιτείται υλοποίηση ΜΠΚ για τους
  - Αποστολέα
  - Παραλήπτη

► 30

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Περιεχόμενα

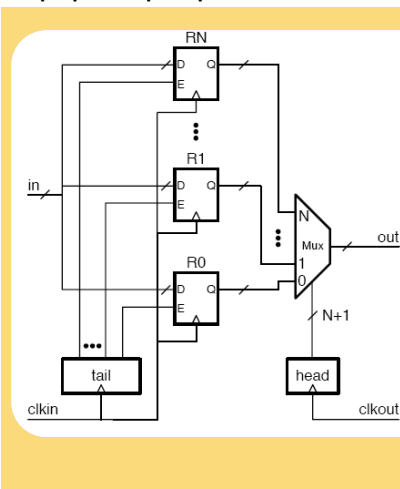
- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ Επικοινωνία με UART

▶ 31

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός χωρίς Χειραψία - FIFO

### Ουρά με δυο ρολόγια



### Ιδιότητες

- ▶ Γράφουμε με το `clkout`
  - ▶ Δείκτης `tail`
- ▶ Διαβάζουμε με το `clkout`
  - ▶ Δείκτης `head`
- ▶ Συγχρονισμός απαιτείται μόνο για την σύγκριση των δυο δεικτών
  - ▶ Σήματα `full/empty`
  - ▶ 2 κύκλους καθυστέρηση
- ▶ Μπορούμε να γράφουμε, διαβάζουμε σε κάθε κύκλο
- ▶ Αρκεί η ουρά να μην είναι γεμάτη ή άδεια
- ▶ Μέγεθος ανάλογο με την διαφορά ταχύτητας των ρολογιών

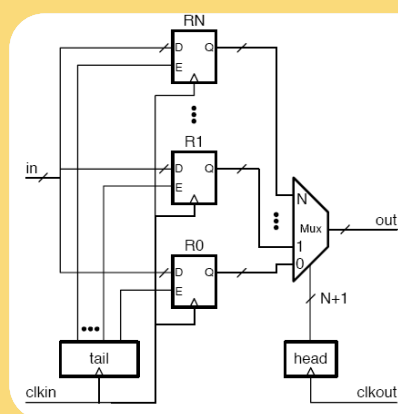
▶ 32

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός



## Συγχρονισμός χωρίς Χειραψία - FIFO

### Ουρά με δυο ρολόγια



### Ιδιότητες

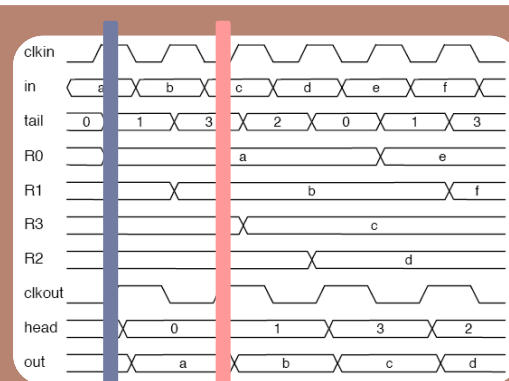
- ▶ Χρησιμοποιούμε συνήθως μετρητές-δείκτες σε κώδικα gray
  - ▶ Λιγότερη εναλλαγή ψηφίων κατά την αύξηση
  - ▶ Καλύτερη συμπεριφορά στον συγχρονισμό (σύγκριση)
- ▶ Τα σήματα full, empty υλοποιούνται ως εξής:
  - ▶ `empty(clkout) = (head == tail)`  
`= (head == tail) || (head == oldtail + 1)`
  - ▶ `full(clkin) = (head == tail)`  
`= (head == tail) || (oldhead + 1 == tail)`
- ▶ Κοιτάμε ένα κύκλο πίσω

▶ 33

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Λειτουργία FIFO

### Χρονικό Διάγραμμα



Εγγραφή του A    Ανάγνωση του A

- ▶ Για μέγεθος 4
- ▶ Ο δείκτης head ακολουθεί τον tail

▶ 34

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

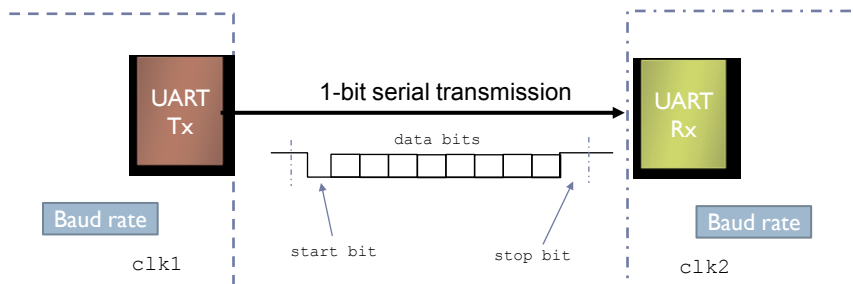
## Περιεχόμενα

- ▶ Συγχρονισμός – Ορισμός και Περιπτώσεις
- ▶ Καμπύλη Μεταβίβασης και Μηχανικό Ανάλογο
- ▶ Συγχρονισμός με FF
- ▶ Μεταστάθεια
- ▶ Συγχρονισμός με 2 FF
- ▶ Πιθανότητα Μεταστάθειας
- ▶ Μέσος χρόνος μεταξύ Αποτυχίων
- ▶ Πρακτικός Συγχρονισμός
- ▶ Περιγραφή 2 FF Συγχρονιστή
- ▶ Πρωτόκολλο Χειραψίας και Συγχρονισμός
- ▶ Συγχρονισμός με Ουρά – FIFO
- ▶ **Επικοινωνία με UART**

▶ 35

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός/Επικοινωνία με UART

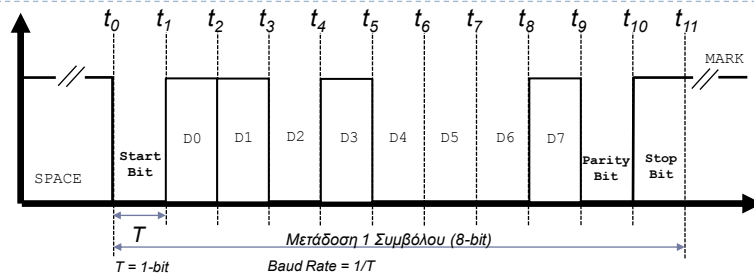


- ▶ **UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter – Γενικός Ασύγχρονος Δέκτης Αποστολέας)**
  - ▶ Δεν απαιτεί σχέση μεταξύ των  $clk1$ ,  $clk2$  ούτε στην συχνότητα, ούτε στην φάση
  - ▶ Απαιτεί συμφωνία στον ρυθμό μετάδοσης – baud rate

▶ 36

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Συγχρονισμός/Επικοινωνία με UART



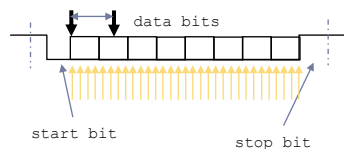
- ▶ το Start Bit προηγείται των δεδομένων
  - ▶ σηματοδοτεί στον παραλήπτη την έναρξη της επικοινωνίας
- ▶ Κατόπιν ο παραλήπτης δειγματοληπτεί κάθε το κάθε ψηφίο
- ▶ Για επαλήθευση, τα δεδομένα ακολουθεί το ψηφίο Parity
  - ▶ επιτρέπει να ελεγχθεί έμμεσα ότι τα δεδομένα είναι σωστά
- ▶ Τα δεδομένα ακολουθεί το Stop Bit
  - ▶ Σηματοδοτεί την λήξη της λέξης

$$\text{Δειγματοληψία} = x \cdot T \quad (x \sim 16)$$

▶ 37

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Δειγματοληψία στο UART



- ▶ Η δειγματοληψία των ψηφίων γίνεται με ρολόι πολλαπλάσιο του Baud Rate
  - ▶ Συνήθως  $\times 16$
  - ▶ επιτρέπει έλεγχο και εντός του ψηφίου
- ▶ Απαιτείται συγχρονισμός του RxD μια και δεν είναι συγχρονισμένο στο ρολόι του παραλήπτη
- ▶ Η δειγματοληψία του παραλήπτη πρέπει να γίνει στο κέντρο του ψηφίου
  - ▶ Επιτυγχάνεται με την κατάλληλη καθυστέρηση σε κύκλους ως προς το Start Bit

▶ 38

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Προγραμματισμός Baud Rate

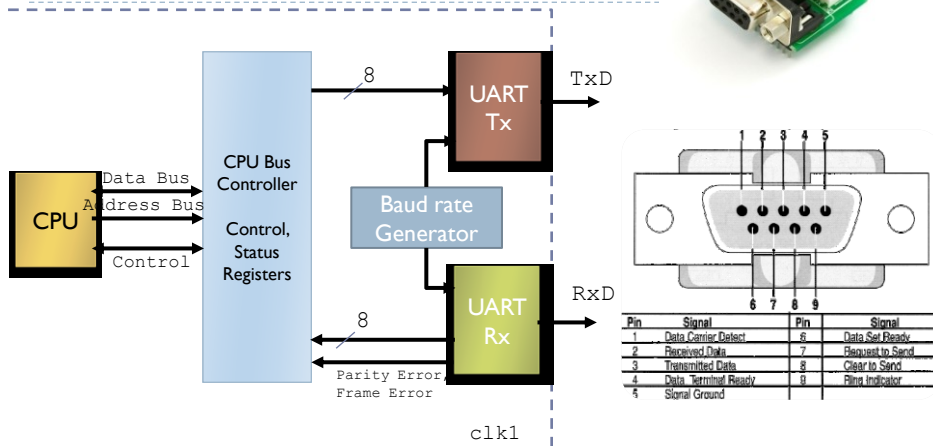
- ▶ Οι ταχύτητες που υποστηρίζονται είναι συνήθως οκτώ
- ▶ Ο ρυθμός μετάδοσης καθορίζεται από μια ξεχωριστή μονάδα, την γεννήτρια Baud Rate (Baud Rate Generator), η οποία καθορίζει την δειγματοληψία

Baud Select	Baud Rate
000	300 b/sec
001	1200 b/sec
010	4800 b/sec
011	9600 b/sec
100	19200 b/sec
101	38400 b/sec
110	57600 b/sec
111	115200 b/sec

▶ 39

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός

## Αρχιτεκτονική UART με CPU



- ▶ Η RS-232 σειριακή θύρα χρησιμοποιεί το UART για ασύγχρονη επικοινωνία
- ▶ Ο απλούστερος μηχανισμός επικοινωνίας με ηλεκτρονική συσκευή

▶ 40

HY430 - Διάλεξη 9η - Συγχρονισμός