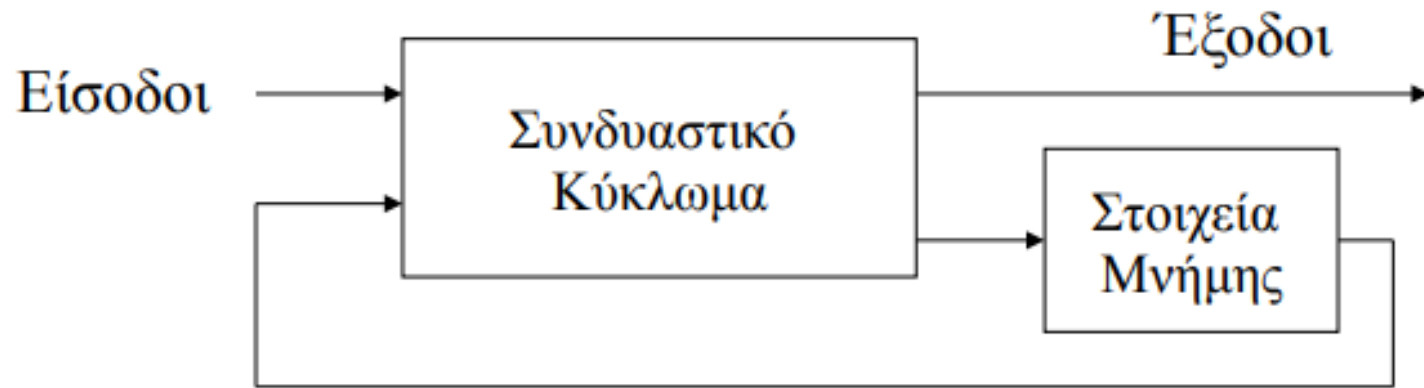


ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ



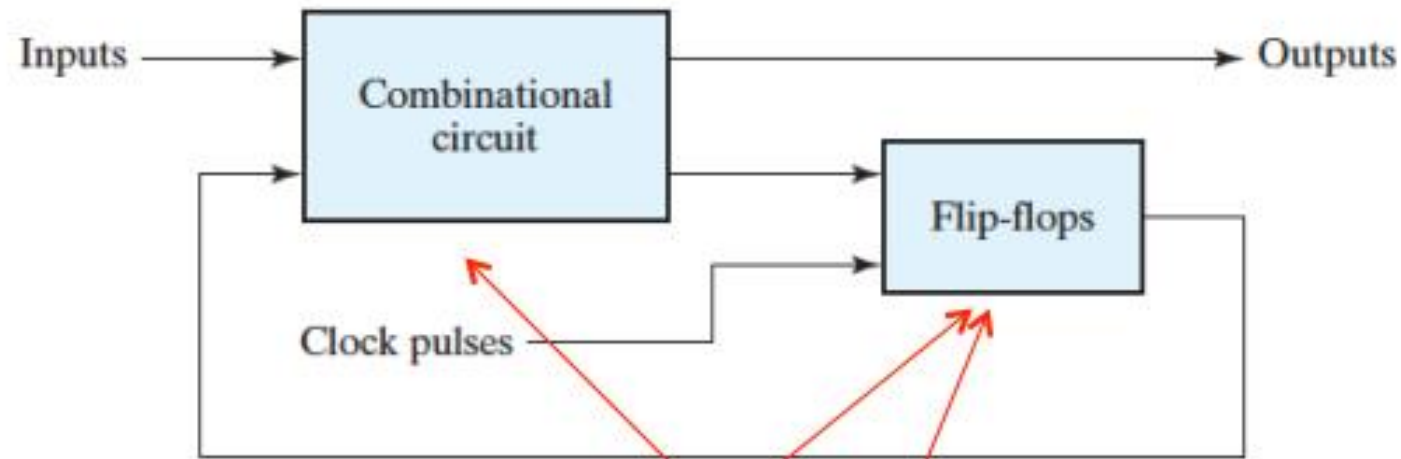
- Κατάσταση Ακολουθιακού Κυκλώματος : περιεχόμενα στοιχείων μνήμης.
- Η έξοδος εξαρτάται από τις εισόδους και την κατάσταση του κυκλώματος.
- Η κατάσταση εξαρτάται από τις εισόδους και την προηγούμενη κατάσταση.

Ακολουθιακά
Κυκλώματα

Σύγχρονα: οι τιμές των σημάτων του αλλάζουν σε διακριτές χρονικές στιγμές (ρολόι).

Ασύγχρονα: οι τιμές των σημάτων του αλλάζουν σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (συνδυαστικά κυκλώματα με ανάδραση).

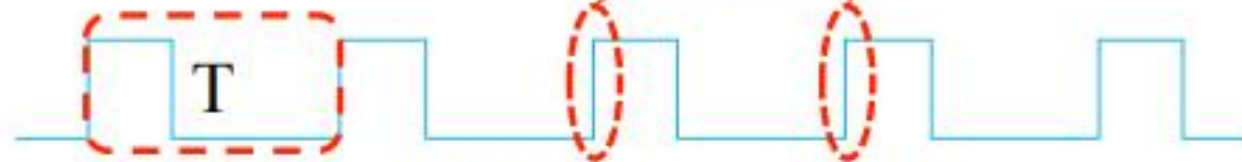
Ρολόι και Συγχρονισμός



(a) Block diagram

$T = \text{Περίοδος Ρολογιού}$

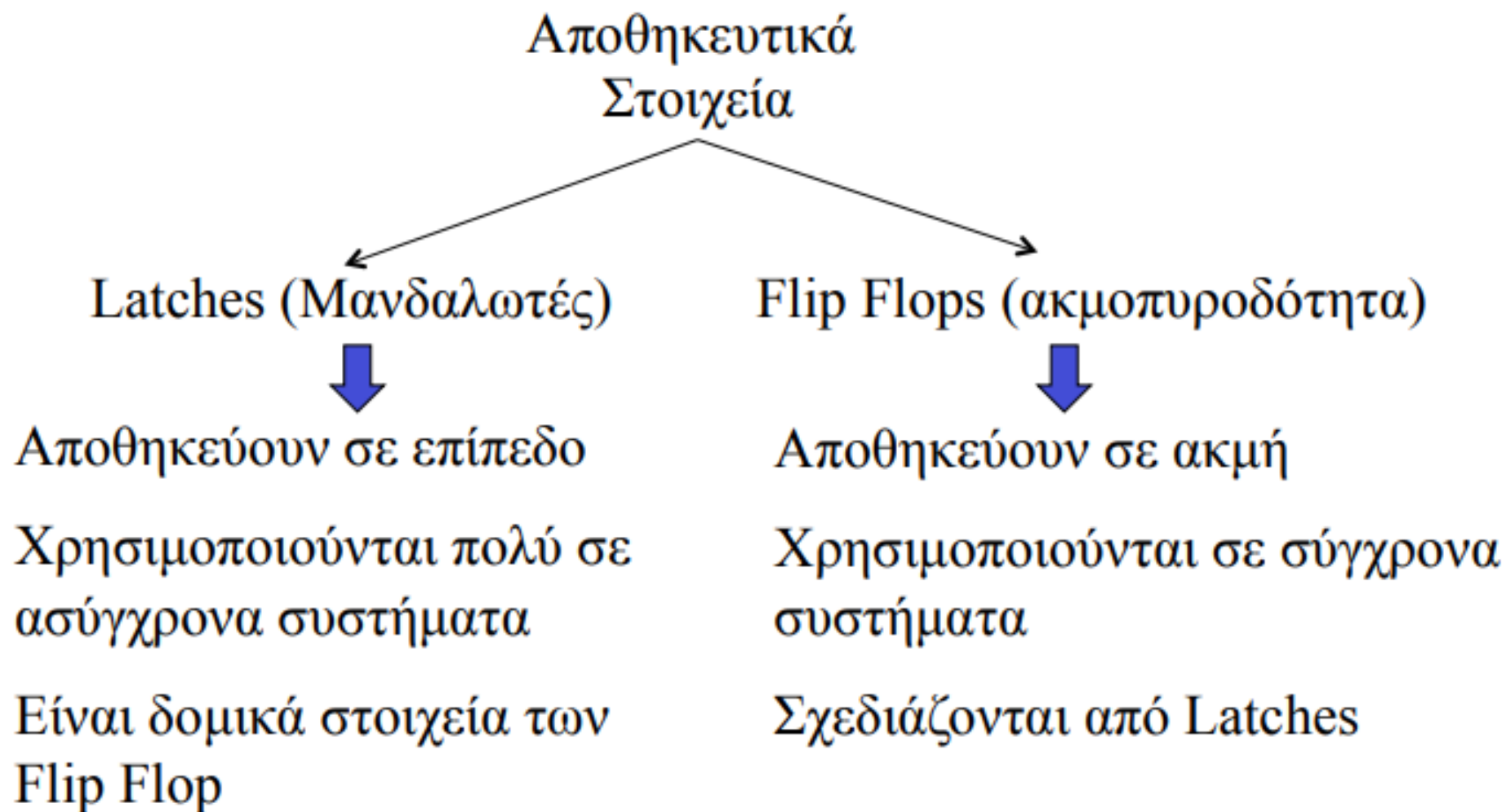
$$F = 1/T$$



(b) Timing diagram of clock pulses

Η αποθήκευση γίνεται σε συγκεκριμένες διακριτές χρονικές στιγμές: **θετικές ή αρνητικές ακμές**

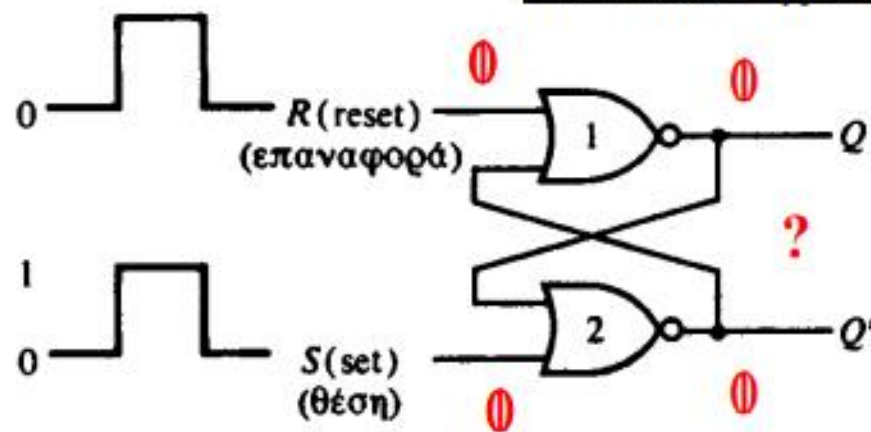
Latches & Flip Flops



Βασικό Κύκλωμα RS Μανδαλωτής (ΟΥΤΕ)

Ένα κύκλωμα latch μπορεί να διατηρήσει την εσωτερική του κατάσταση επ'αόριστο έως ότου κάποιο σήμα εισόδου το κάνει να αλλάξει κατάσταση.

Μανταλωτής SR (latch)



(α) Λογικό διάγραμμα

| S | R | Q | Q' |
|---|---|---|----|
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |

(μετά από $S=1, R=0$)

(μετά από $S=0, R=1$)

(β) Πίνακας αληθείας

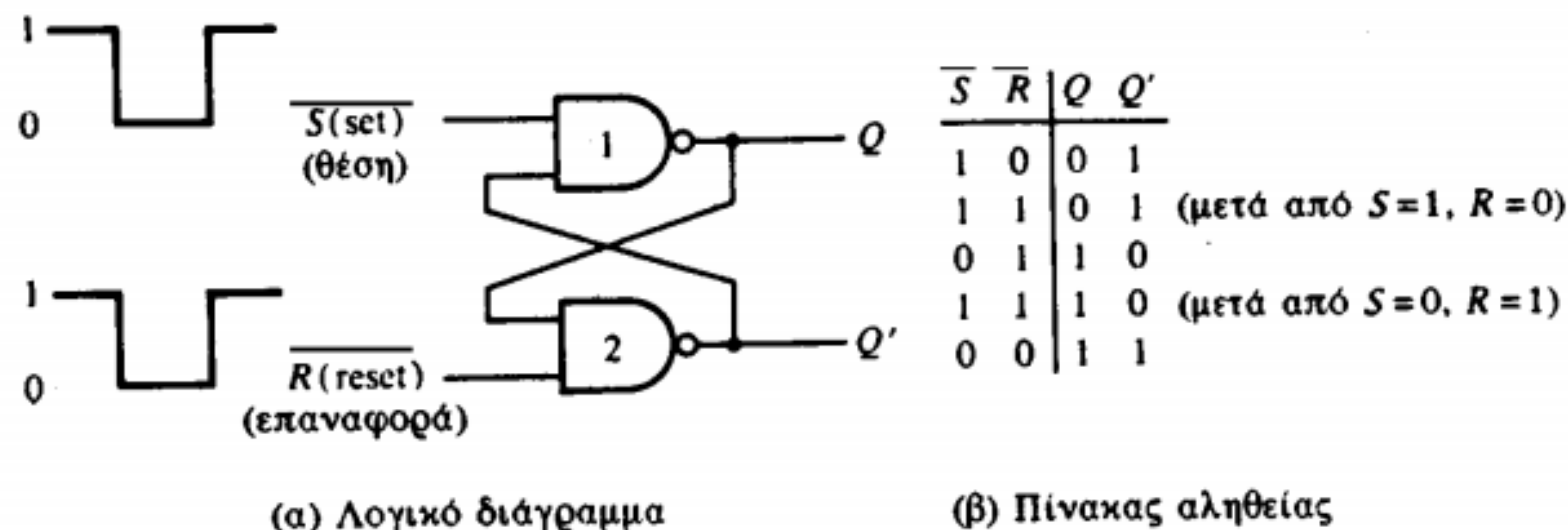
- Q : κανονική έξοδος
- Q' : συμπληρωματική έξοδος
- R : είσοδος επαναφοράς
- S : είσοδος θέσης

Για ίδια είσοδο δίνει διαφορετική έξοδο.



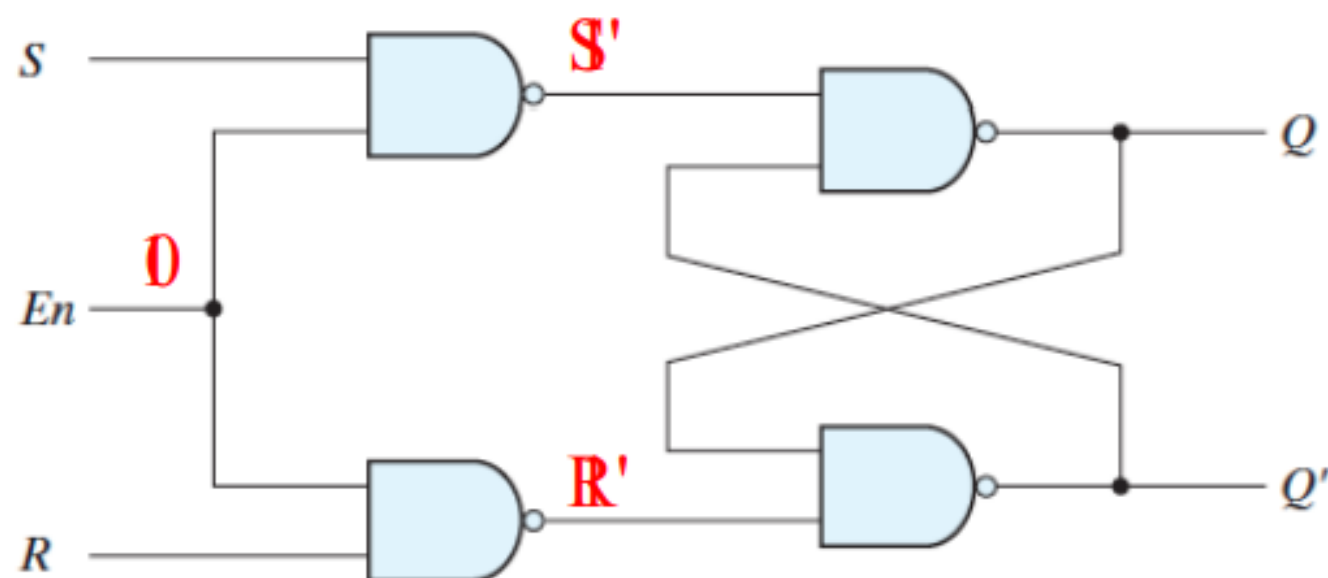
Κρατάει την προηγούμενη κατάσταση (ακολουθιακό).

Βασικό Κύκλωμα RS Μανδαλωτή



- Το κύκλωμα λειτουργεί με τις δύο του εισόδους κανονικά στο 1 εκτός αν θέλουμε να αλλάξουμε κατάσταση.
- Με την εφαρμογή ενός στιγμιαίου 0 στην είσοδο θέσης, η έξοδος Q γίνεται 1.
- Με την εφαρμογή ενός στιγμιαίου 0 στην είσοδο επαναφοράς, η έξοδος Q γίνεται 0.

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη



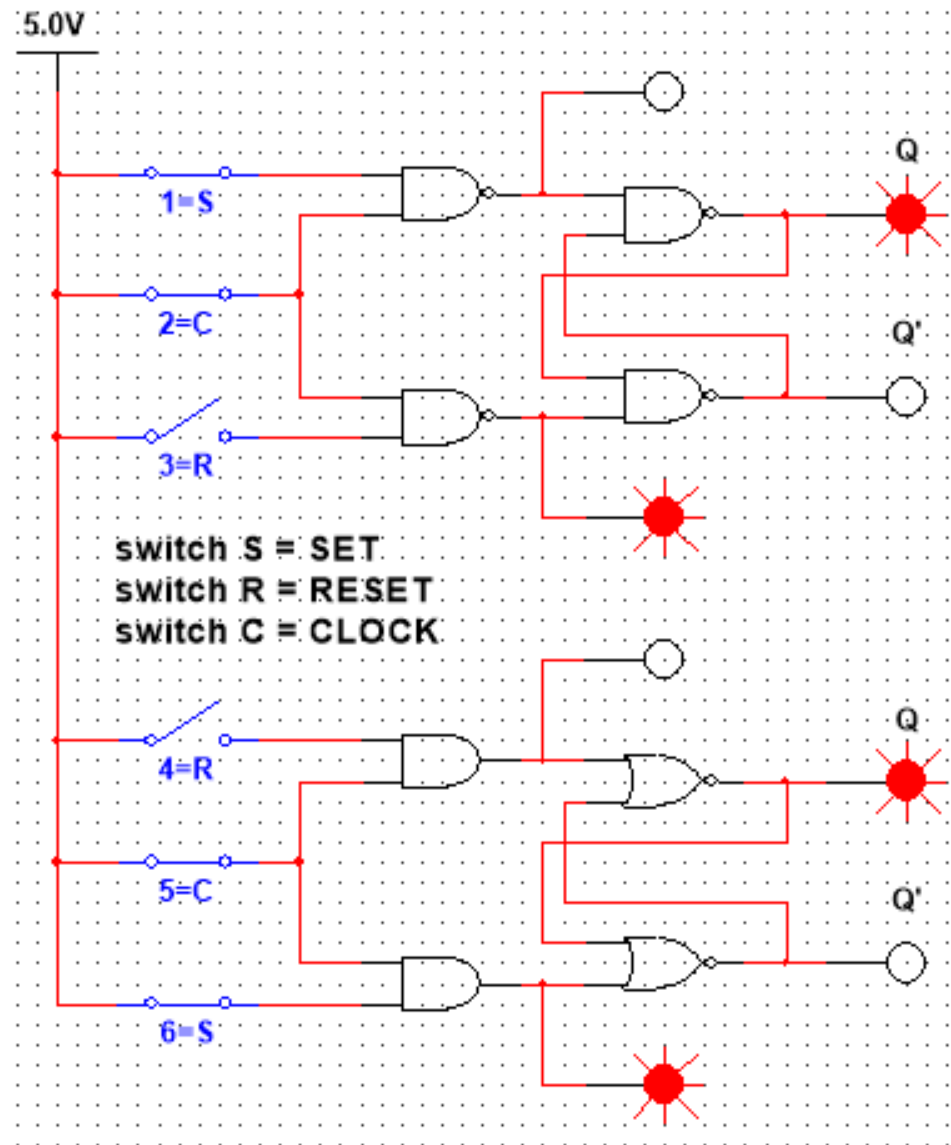
(a) Logic diagram

| En | S | R | Next state of Q |
|------|-----|-----|-----------------------|
| 0 | X | X | No change |
| 1 | 0 | 0 | No change |
| 1 | 0 | 1 | $Q = 0$; reset state |
| 1 | 1 | 0 | $Q = 1$; set state |
| 1 | 1 | 1 | Indeterminate |

(b) Function table

Η λειτουργία του flip flop τροποποιείται με την τοποθέτηση πρόσθετης εισόδου ελέγχου που καθορίζει πότε θα αλλαχθεί η κατάστασή του.

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη

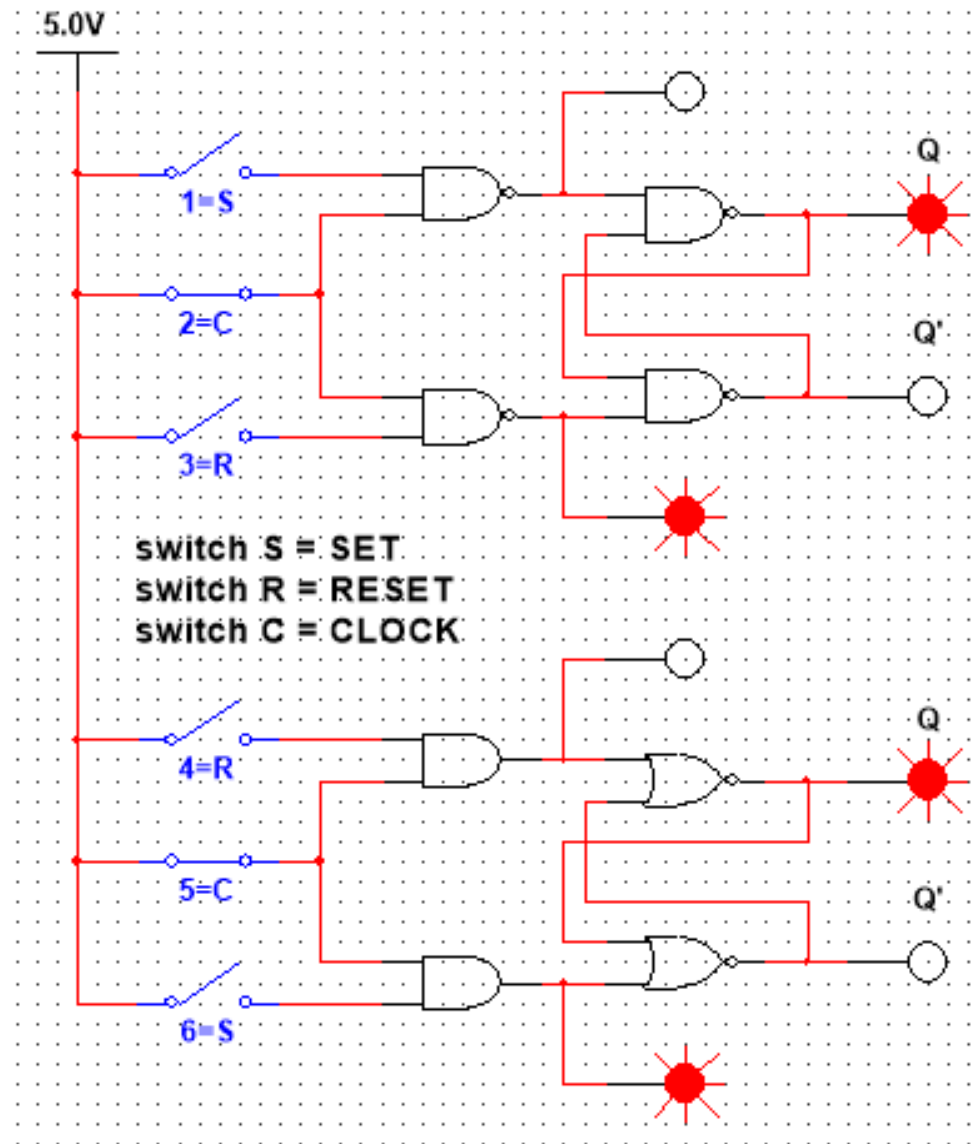


**CLOCK = 1
SET = 1
RESET = 0**

**OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0**

state → SET

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη

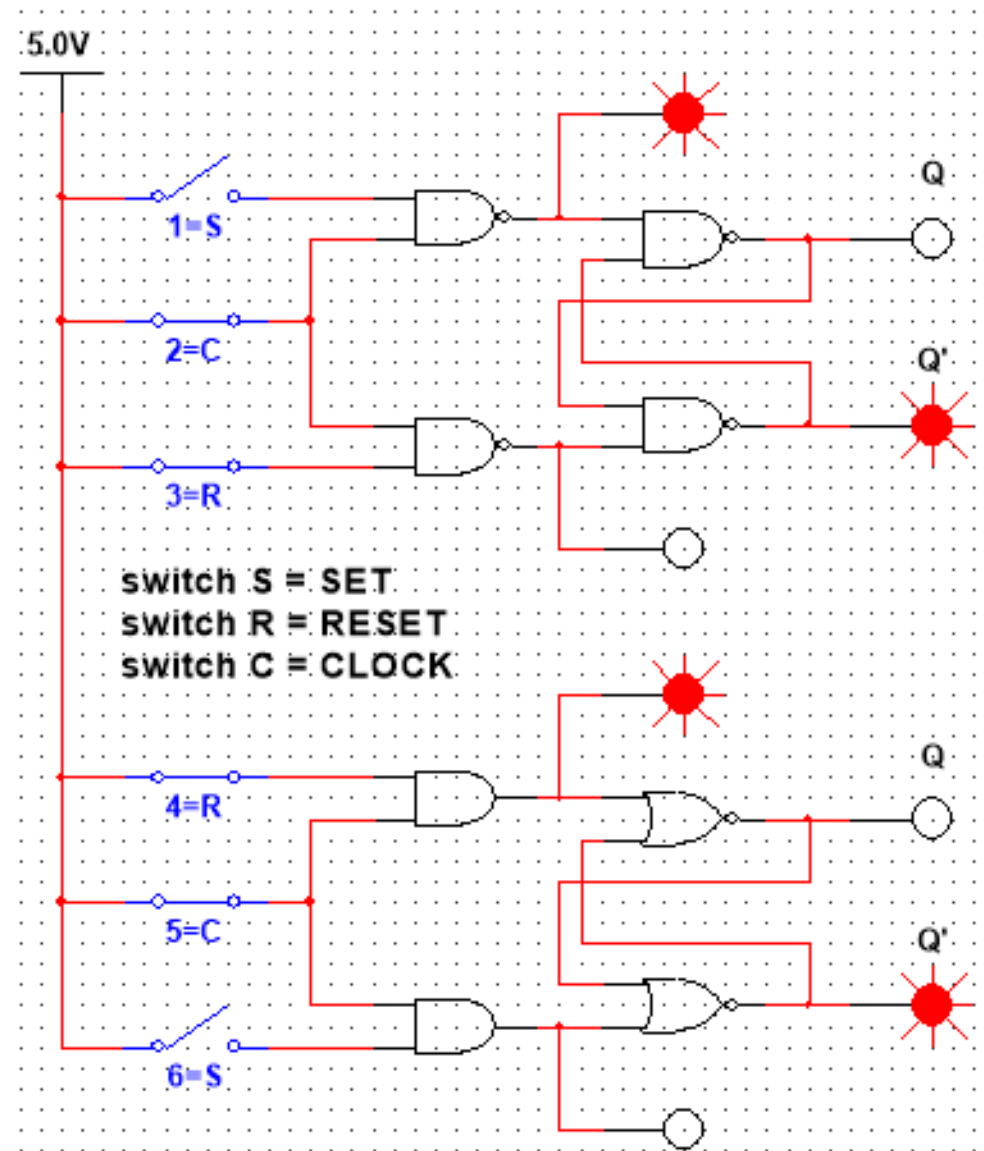


CLOCK = 1
SET = 0
RESET = 0

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0

state → HOLD
 $Q(t) = Q(t-1)$

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη

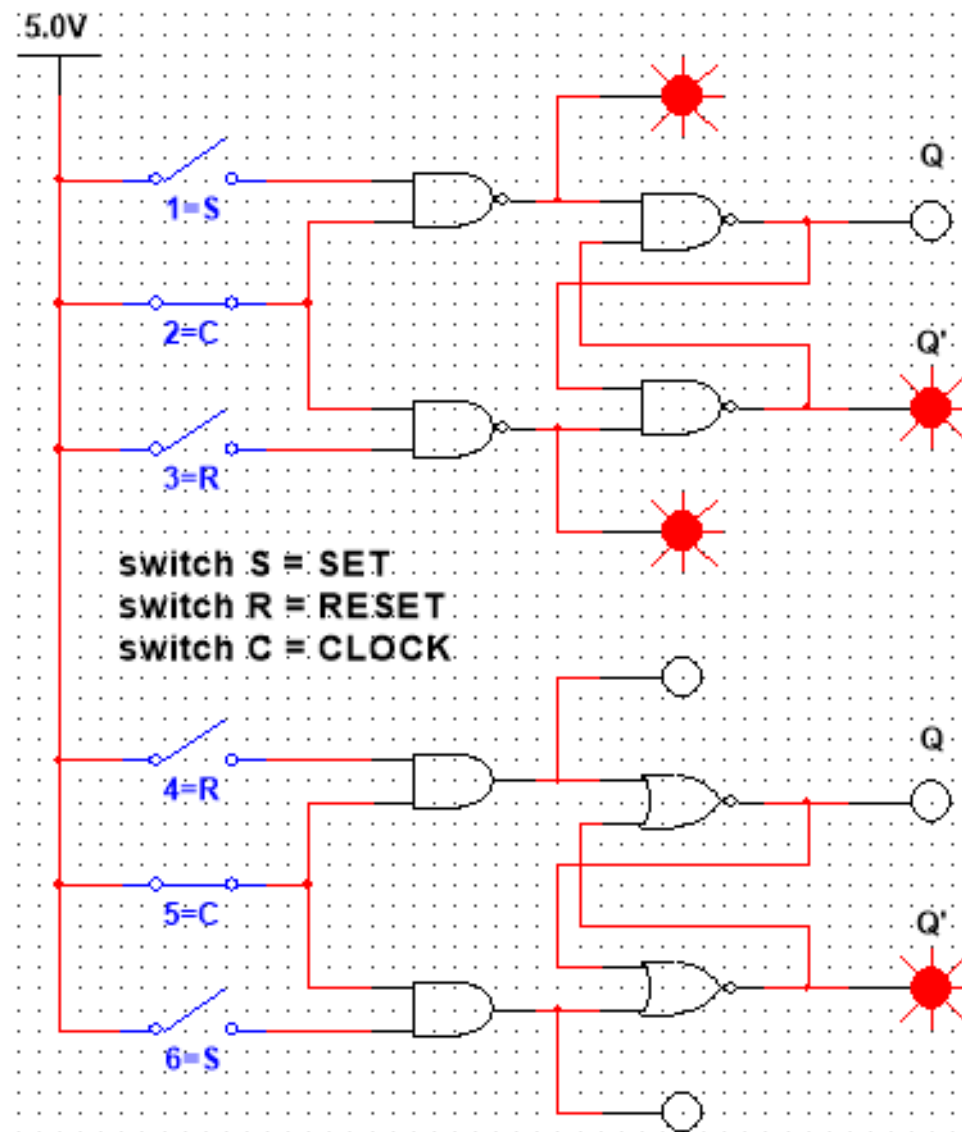


CLOCK = 1
SET = 0
RESET = 1

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 1

state → RESET

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη

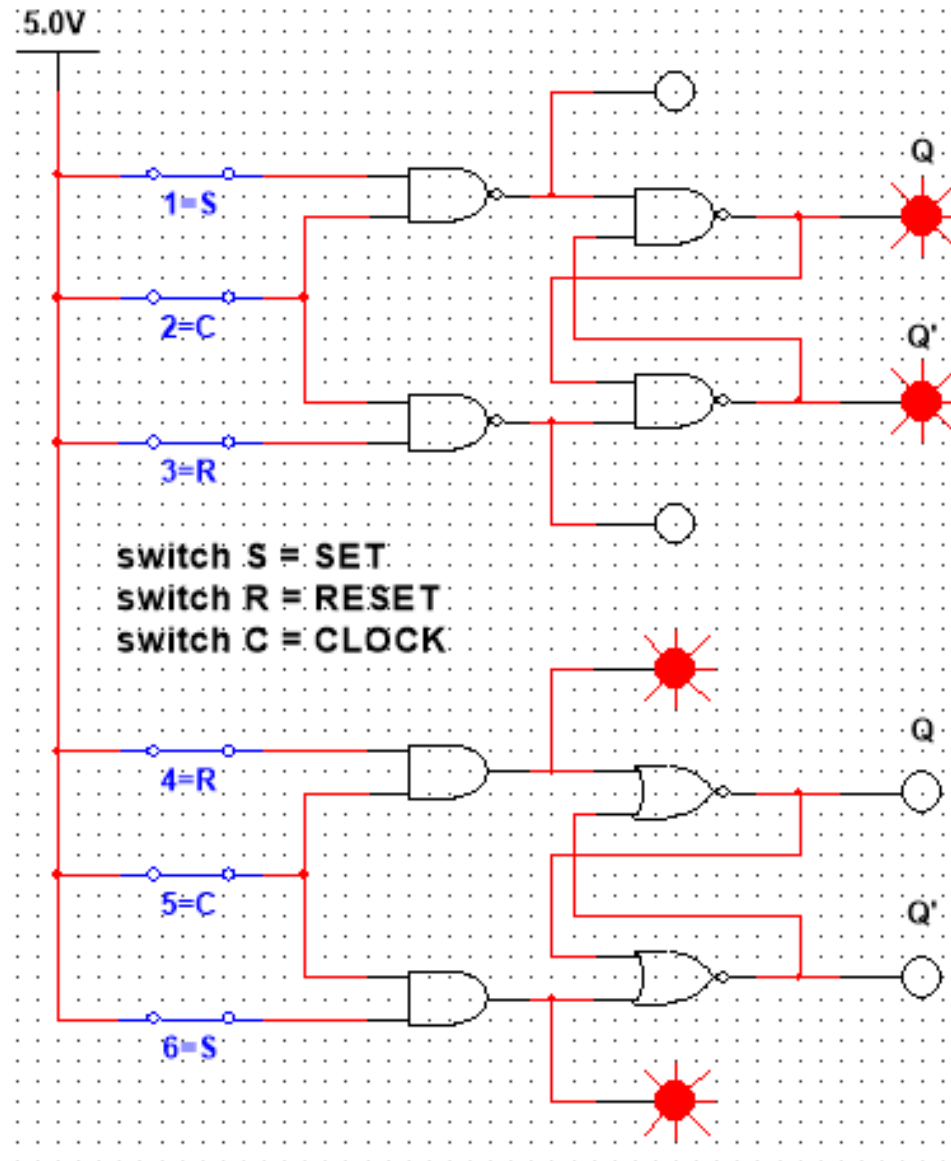


CLOCK = 1
SET = 0
RESET = 0

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 1

state → HOLD
 $Q(t) = Q(t-1)$

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη



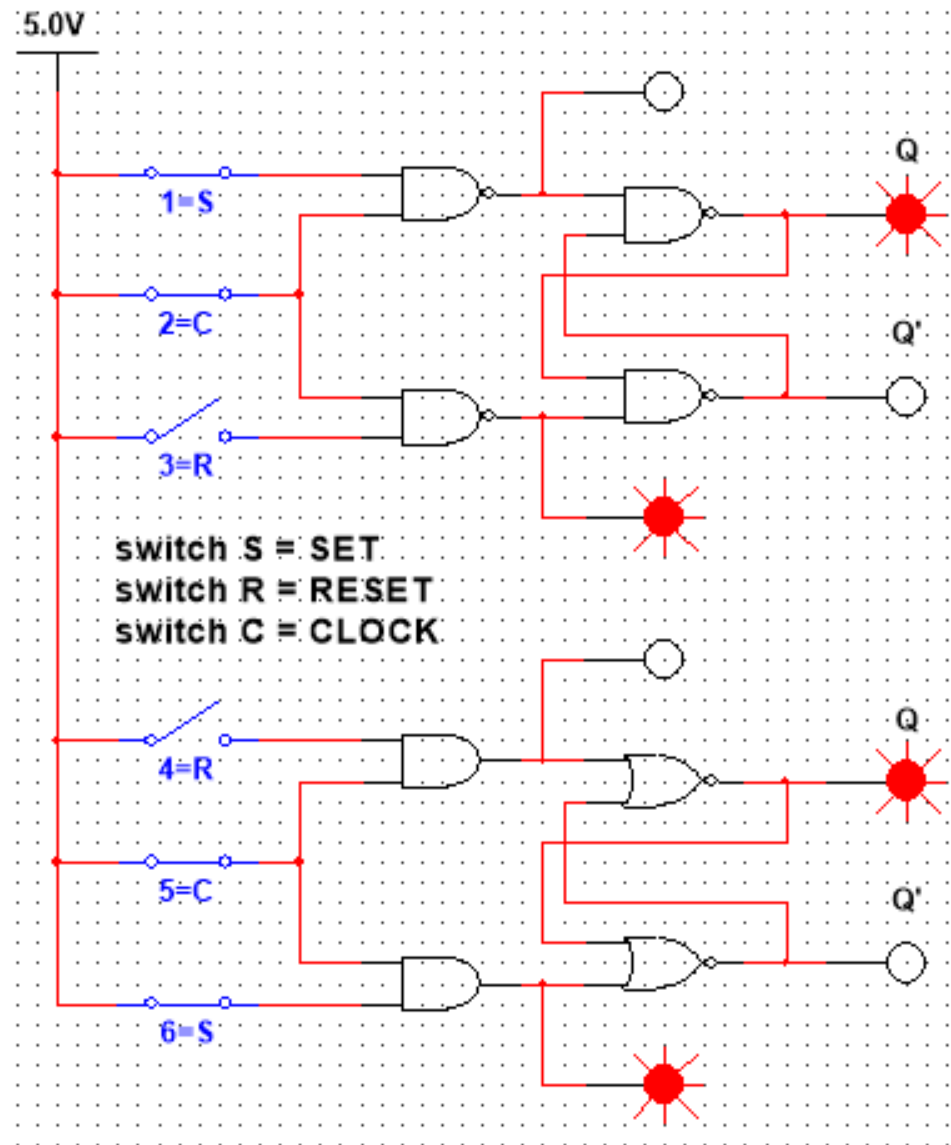
CLOCK = 1
SET = 1
RESET = 1

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 1
NAND LATCH

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 0
NOR LATCH

state → INHIBIT
 $Q(t) = Q(t)'$

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη

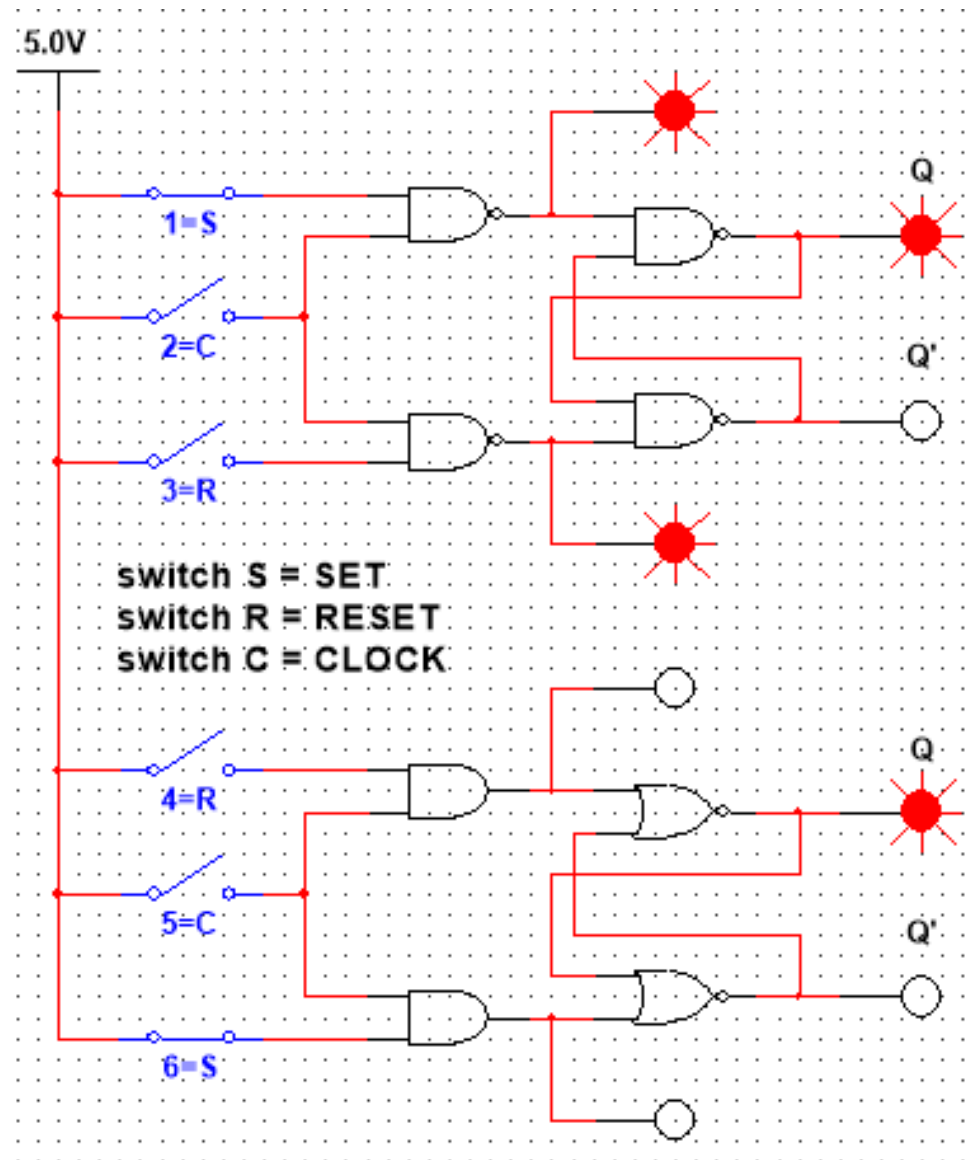


CLOCK = 1
SET = 1
RESET = 0

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0

state → SET

RS Μανδαλωτής με επίτρεψη



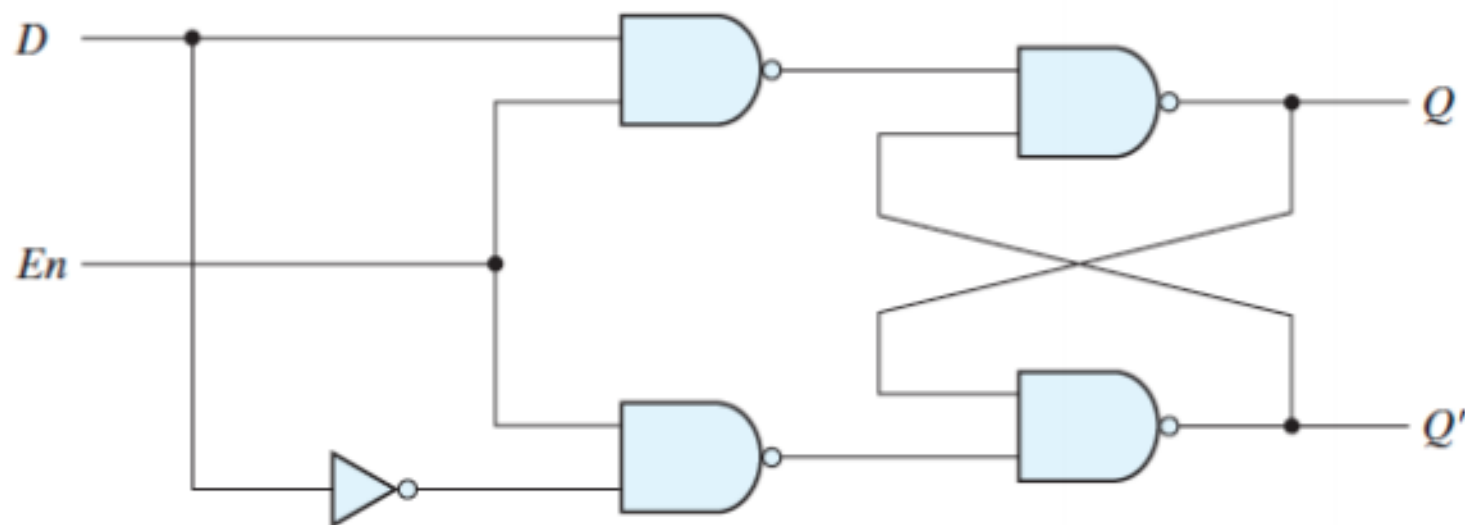
CLOCK = 0
SET = 1
RESET = 0

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0

state → HOLD
 $Q(t) = Q(t-1)$

D Μανδαλωτής

Εξασφαλίζει ότι οι είσοδοι του flip flop δεν θα πάνε ποτέ στο 1 ταυτόχρονα. Ταυτόχρονα όμως δεν πάνε ποτέ ούτε στο 0 οπότε χάνουμε την διατήρηση της προηγούμενης κατάστασης



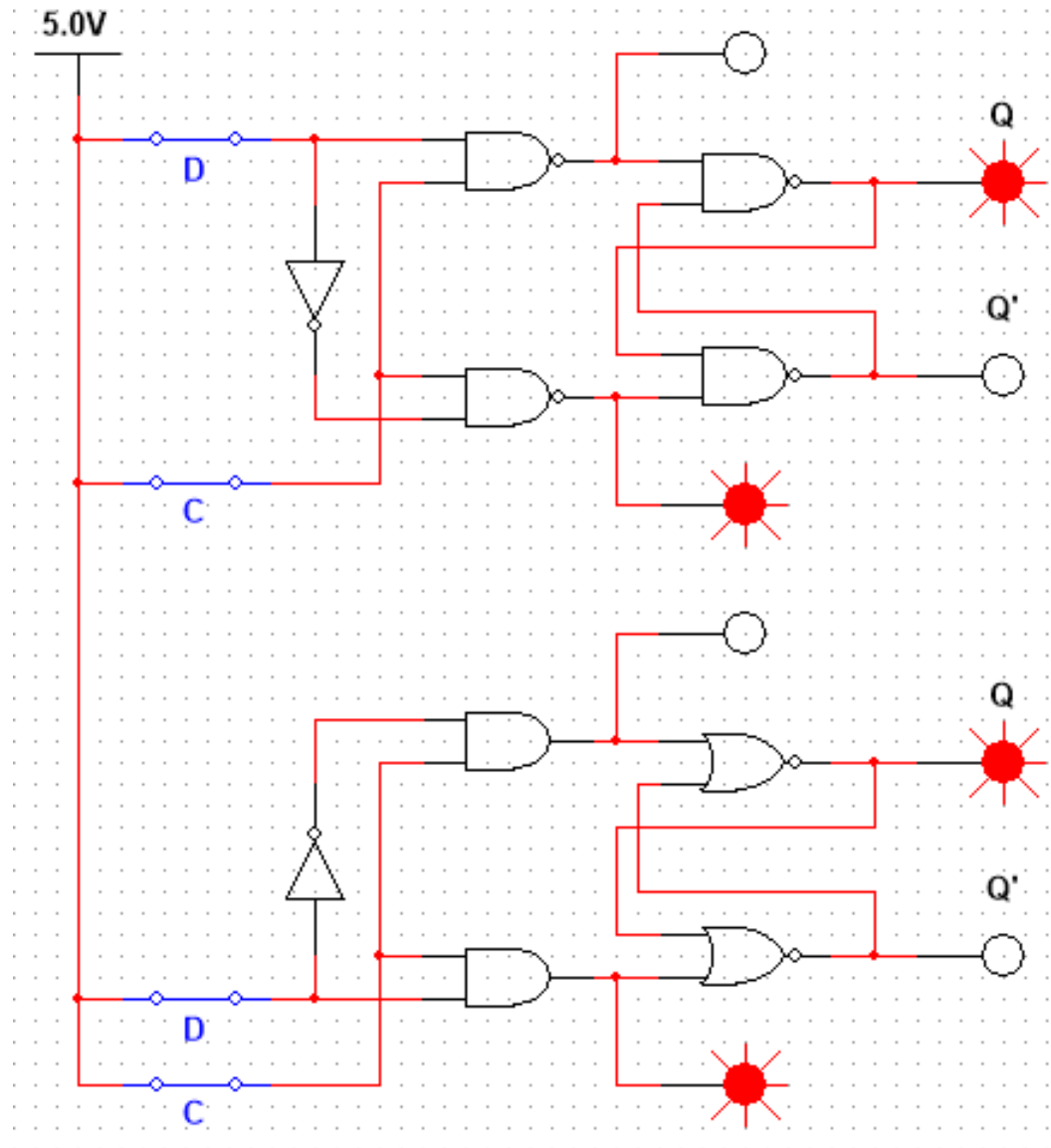
(a) Logic diagram

| <i>En</i> | <i>D</i> | Next state of <i>Q</i> |
|-----------|----------|------------------------|
| 0 | X | No change |
| 1 | 0 | $Q = 0$; reset state |
| 1 | 1 | $Q = 1$; set state |

(b) Function table

Φυλασσόμενος Μανταλωτής D (gated D-latch).

D Μανδαλωτής

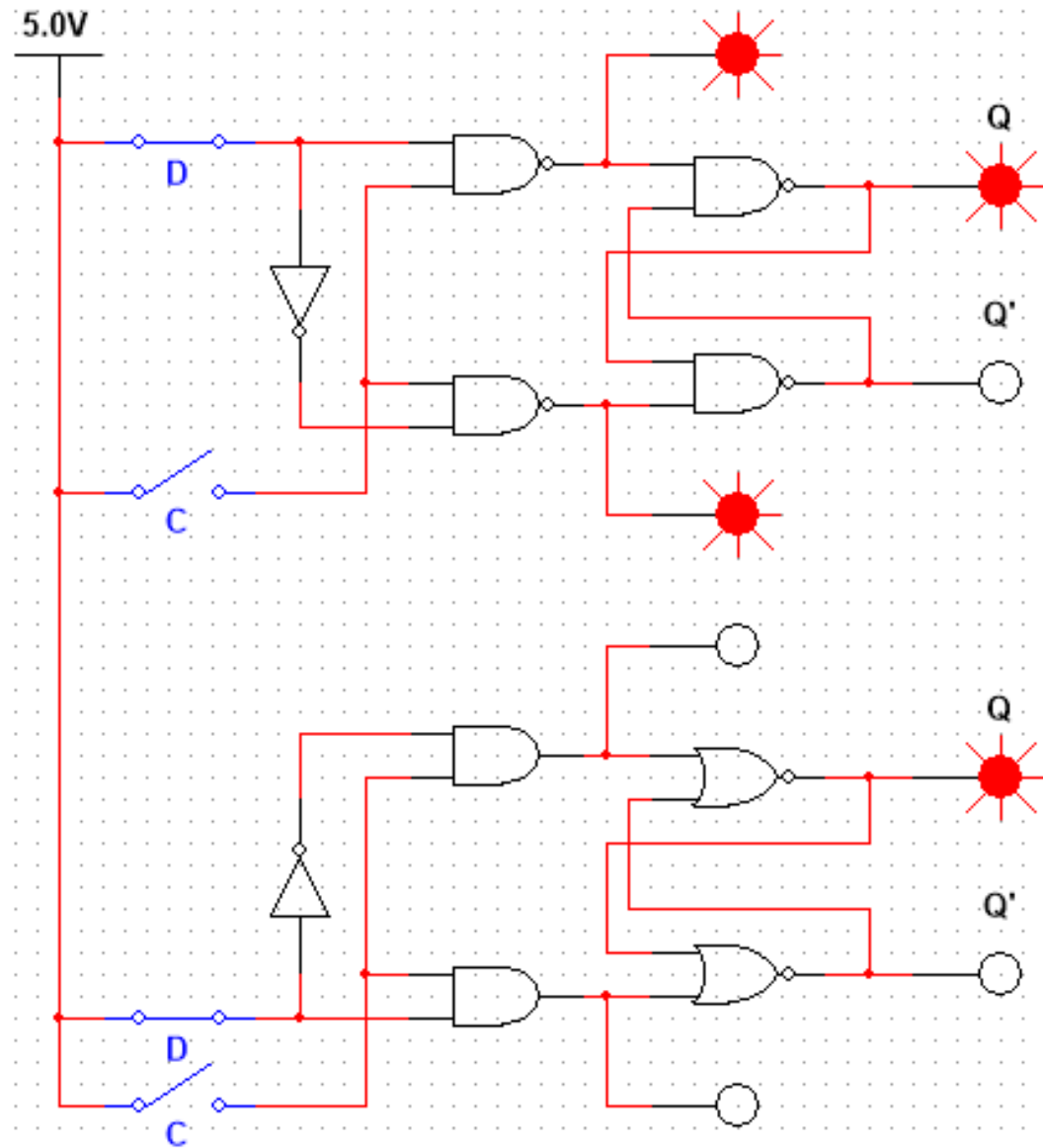


CLOCK = 1
D = 1

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0

state → SET

D Μανδαλωτής

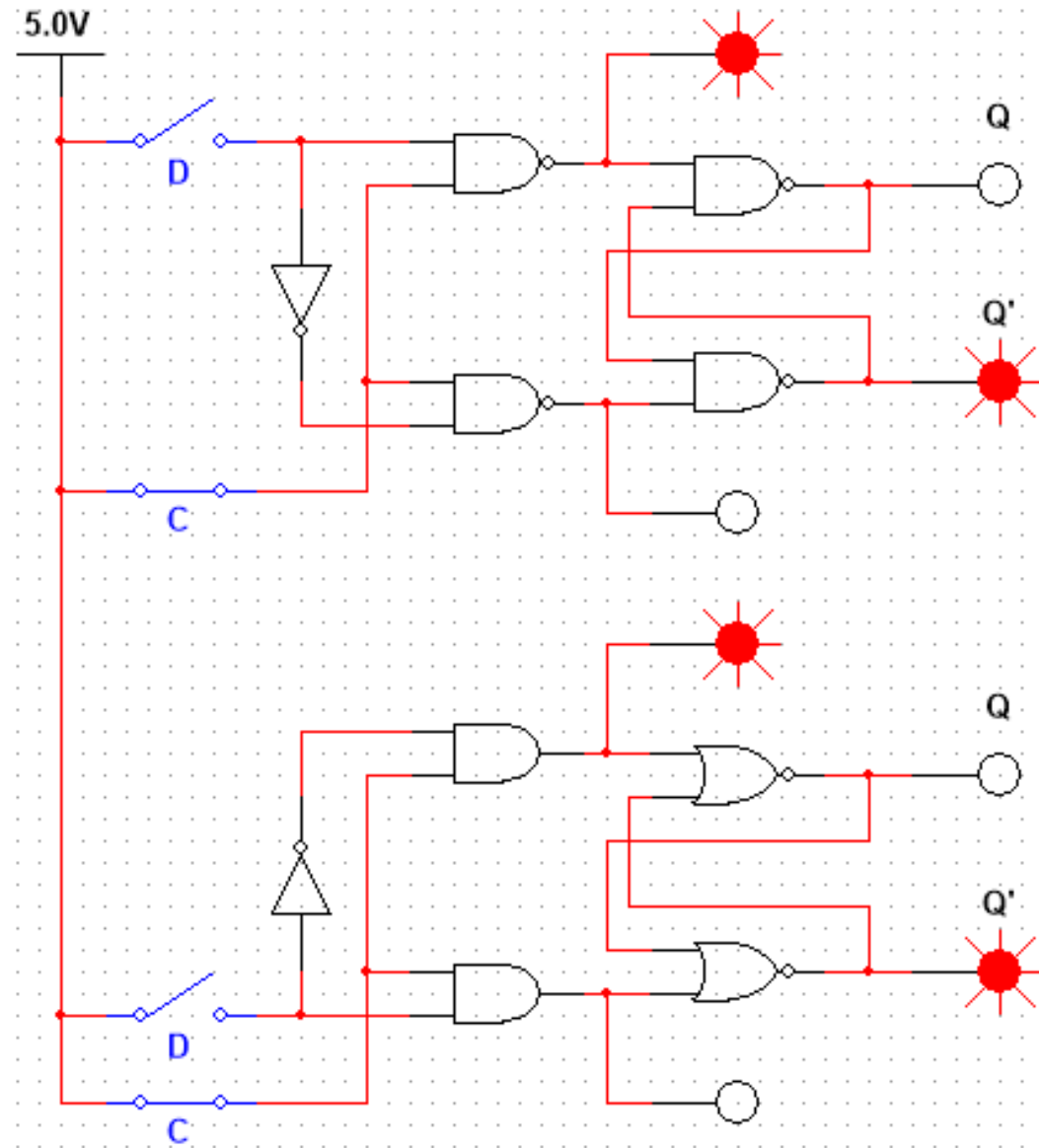


CLOCK = 0
D = 1

OUTPUT Q = 1
OUTPUT Q' = 0

state → HOLD
 $Q(t) = Q(t-1)$

D Μανδαλωτής

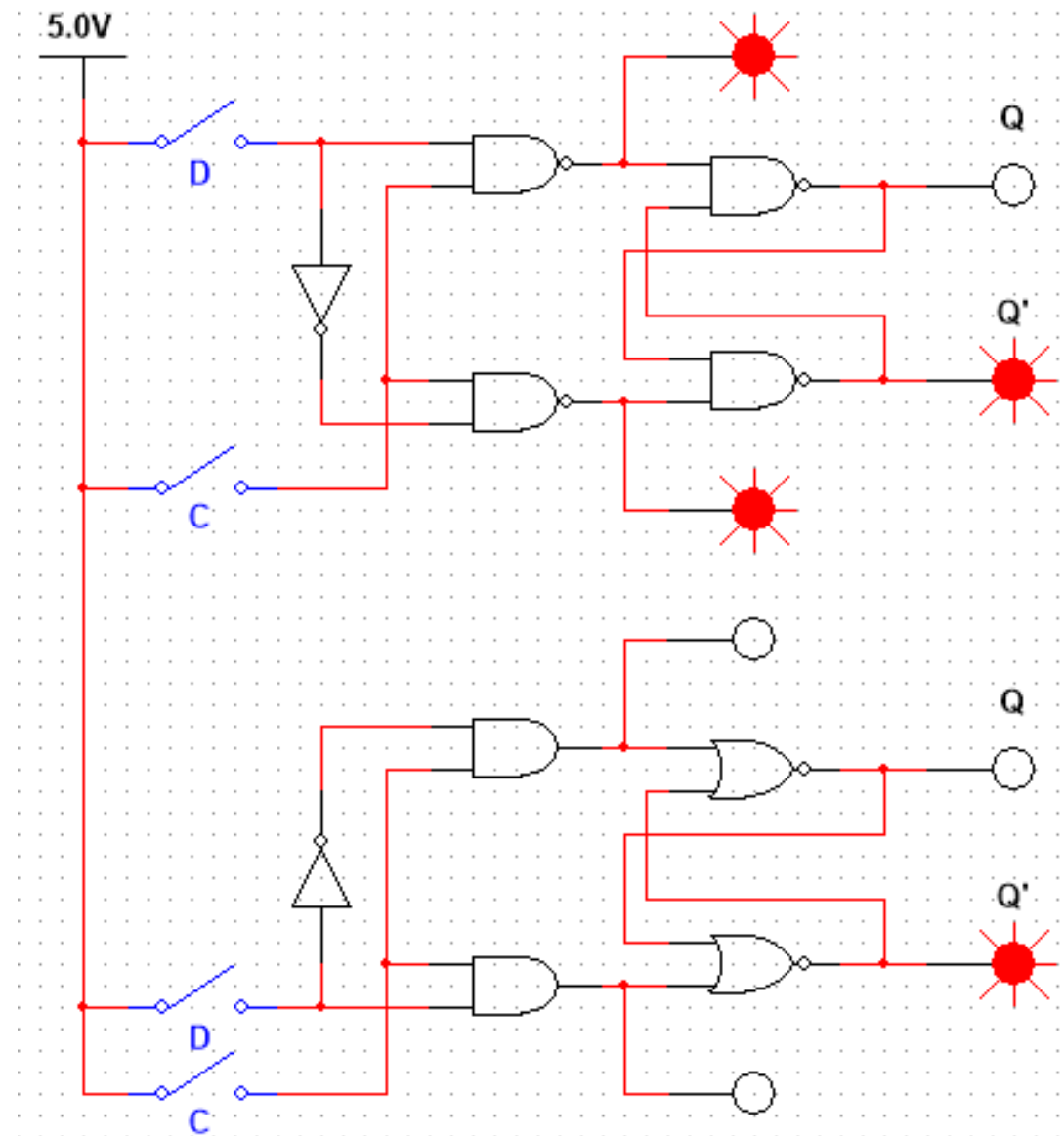


CLOCK = 1
D = 0

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 1

state → RESET

D Μανδαλωτής

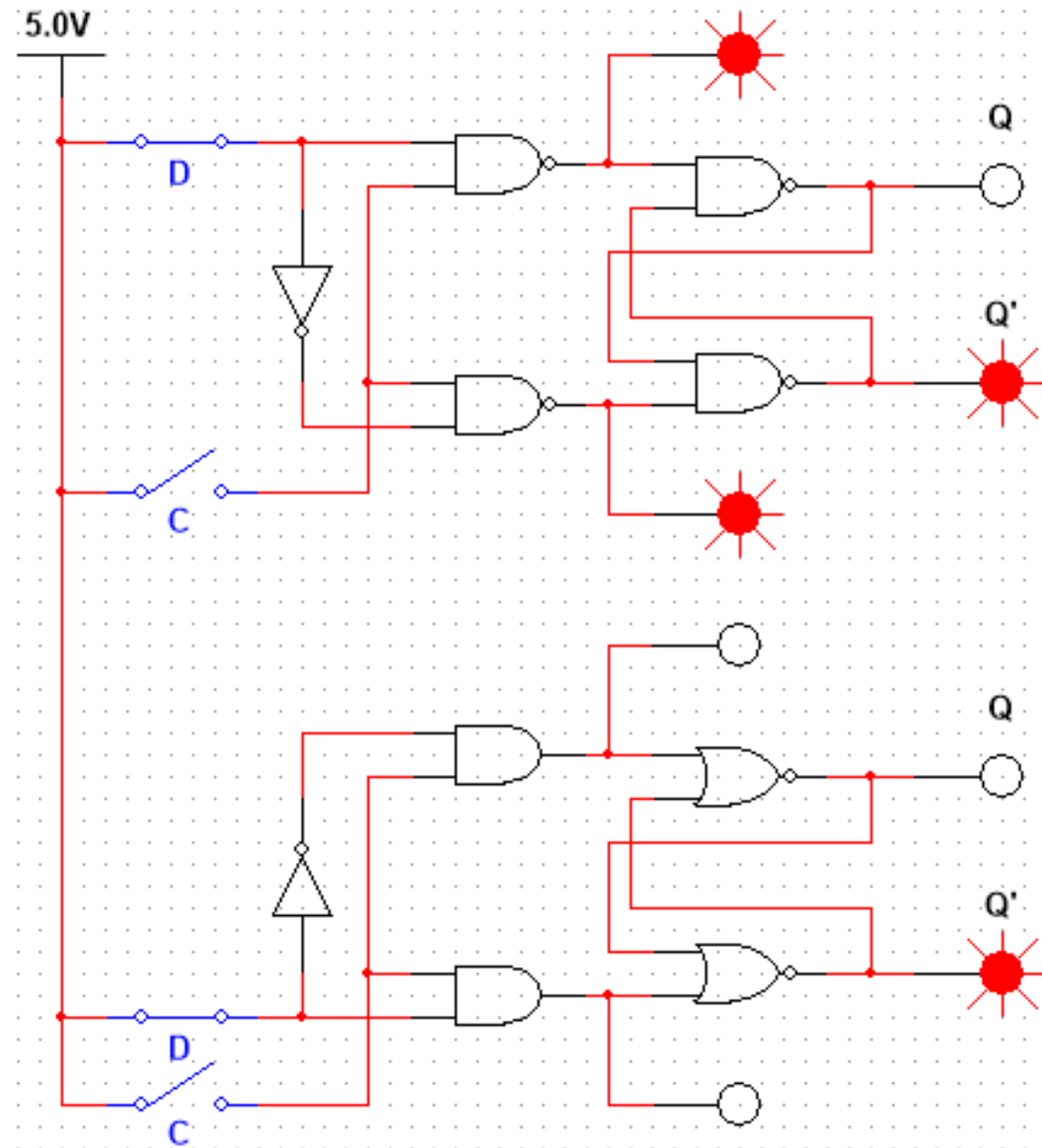


CLOCK = 0
D = 0

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 1

state → HOLD
Q(t) = Q(t-1)

D Μανδαλωτής

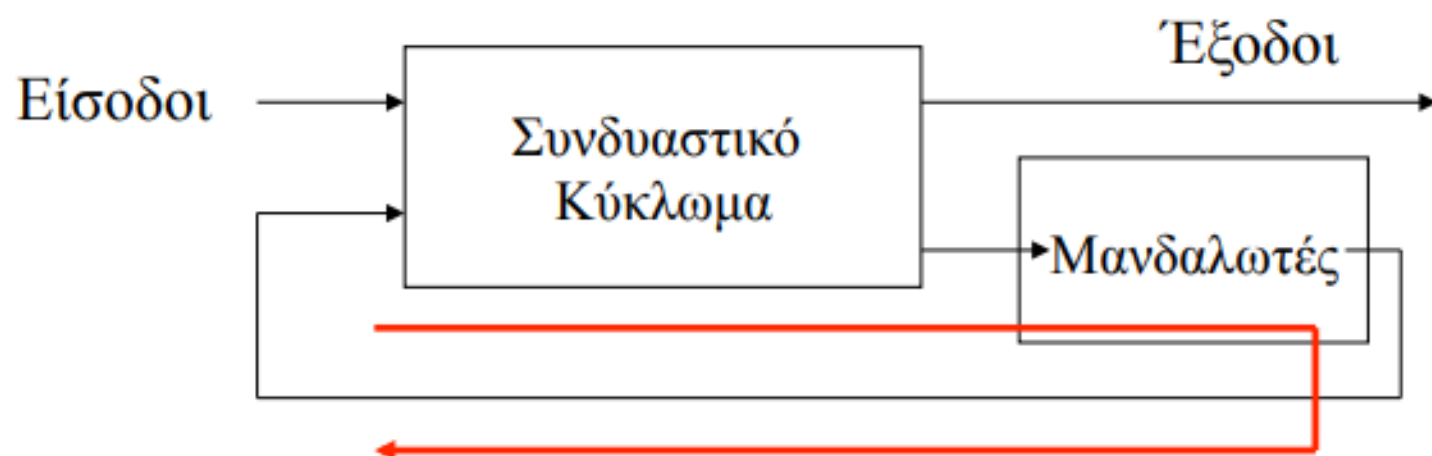


CLOCK = 0
D = 1

OUTPUT Q = 0
OUTPUT Q' = 1

state → HOLD
 $Q(t) = Q(t-1)$

Πρόβλημα Μανδαλωτών



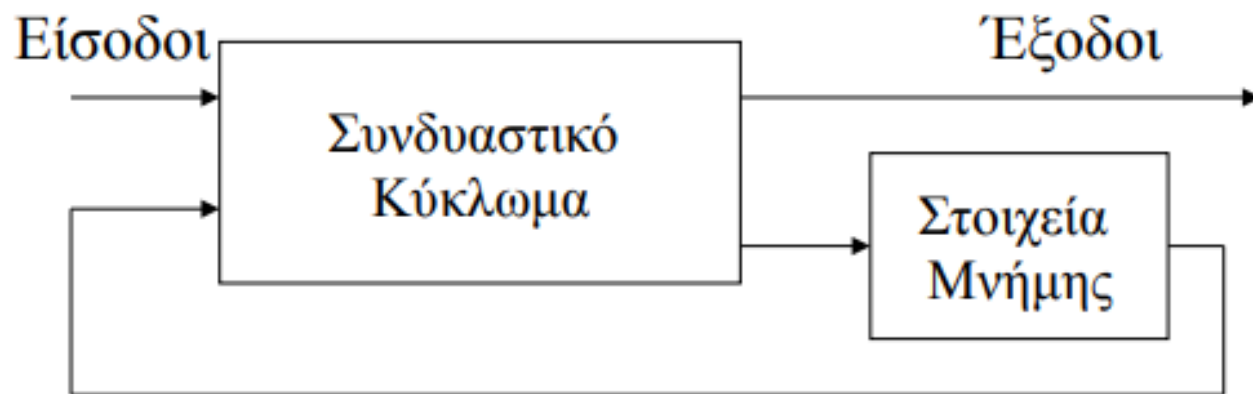
Οι μανδαλωτές δημιουργούν αστάθεια στα σύγχρονα κυκλώματα καθώς αλλάζουν τιμή για μεγάλο χρονικό διάστημα



Όσο οι μανδαλωτές αλλάζουν τιμή το συνδυαστικό κύκλωμα επαναυπολογίζει την κατάσταση του και μπορεί να αλλάξει την τιμή στις εισόδους των μανδαλωτών

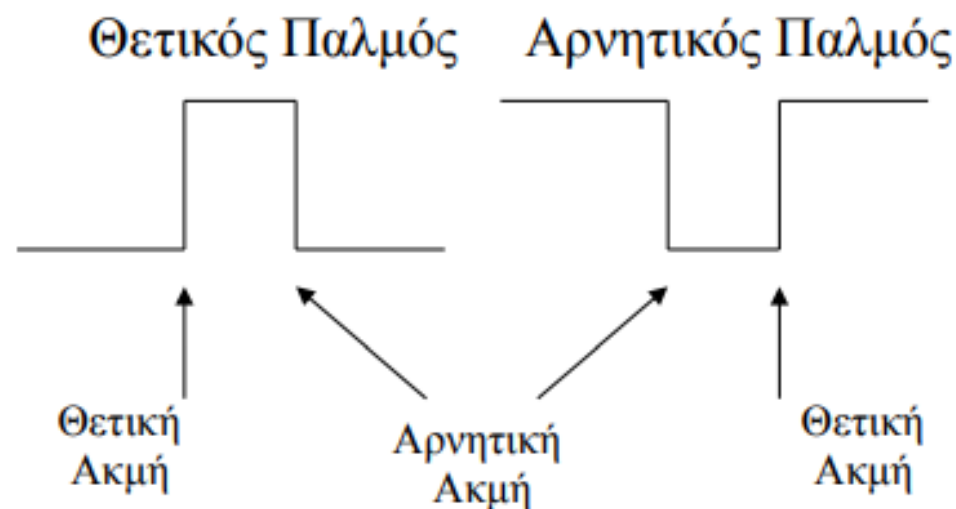
Πυροδότηση των Flip-Flops

Πυροδότηση είναι η αλλαγή κάποιας εισόδου του flip-flop που προκαλεί αλλαγή στην κατάστασή του. Είδη: level sensitive - edge triggered



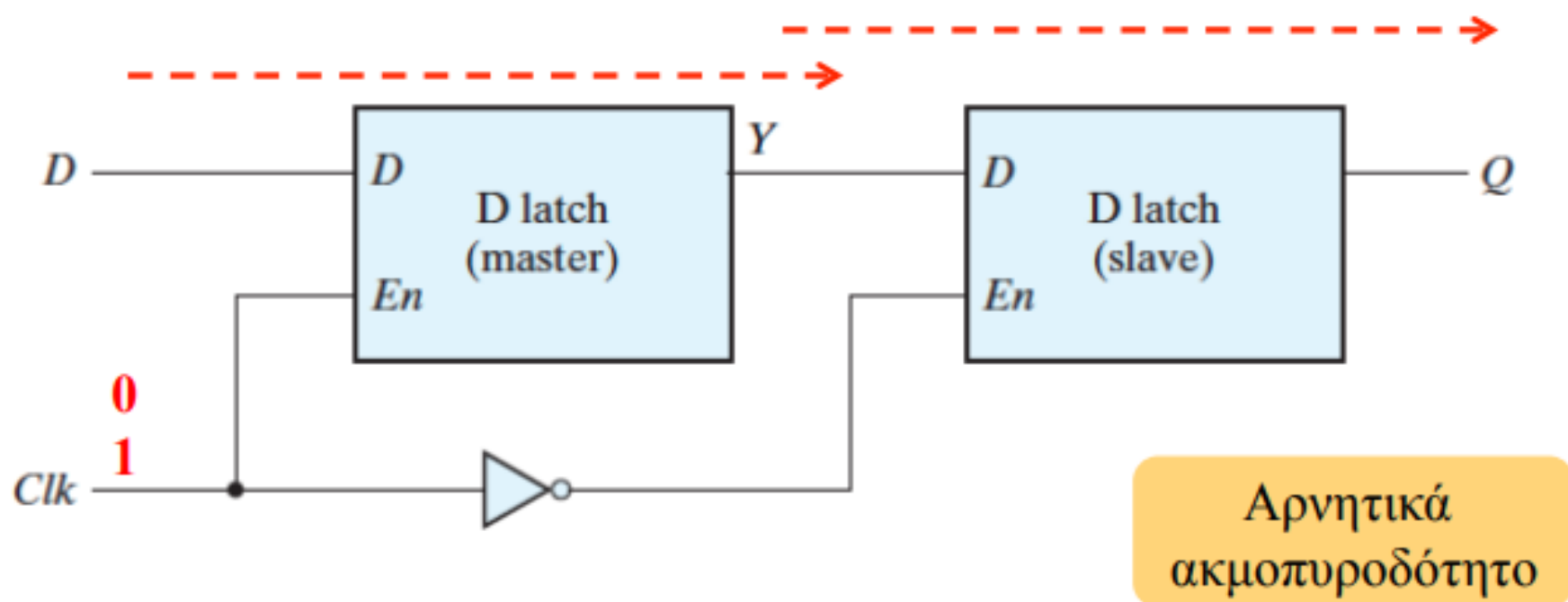
Σε δειγματοληψία με τον παλμό ρολογιού (level) το κύκλωμα μπορεί να οδηγηθεί σε αστάθεια.

Σε δειγματοληψία με την ακμή ρολογιού (edge) το κύκλωμα δεν θα έχει πρόβλημα.



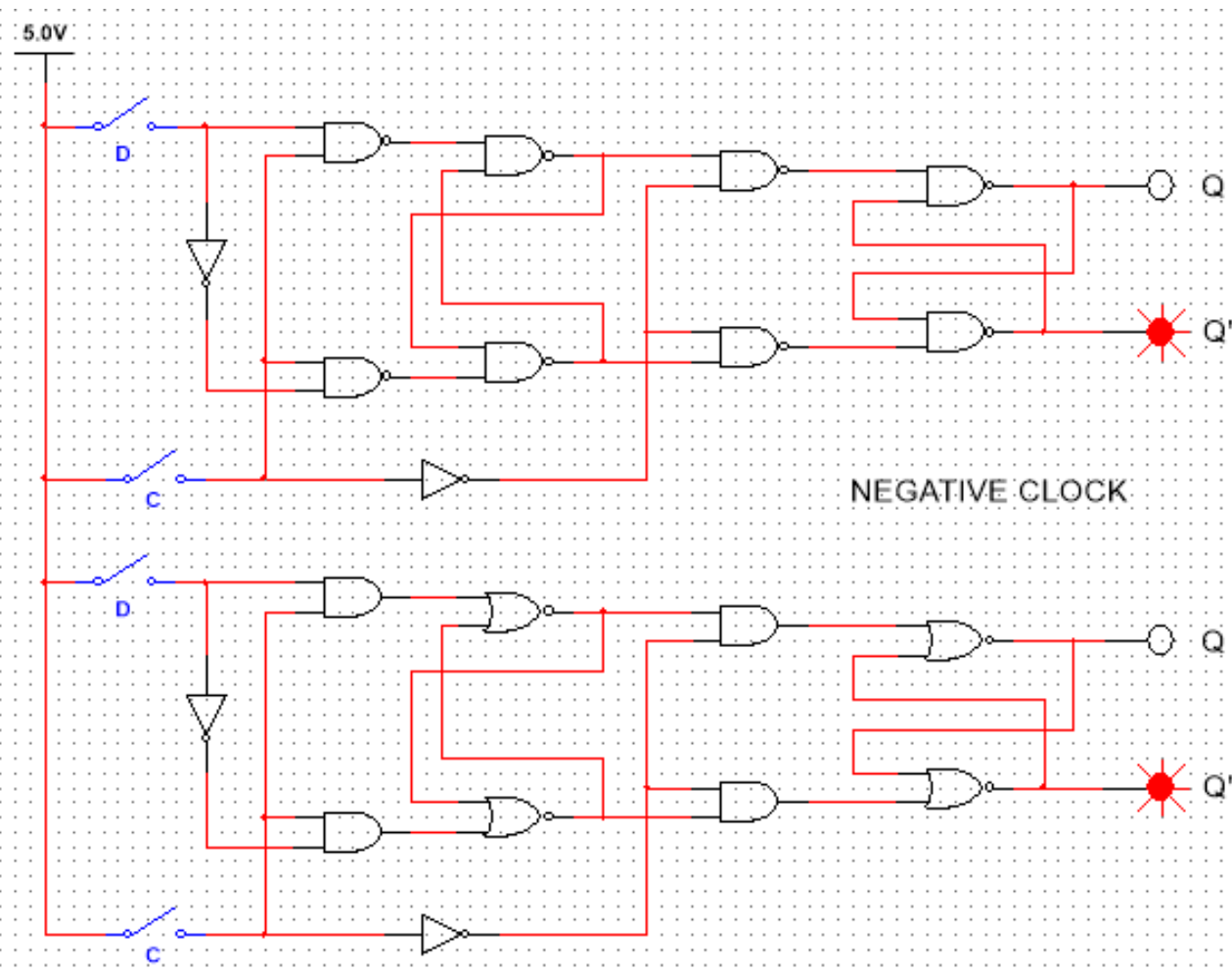
Flip-Flop Αφέντη-Σκλάβου

Το flip flop Αφέντη-Σκλάβου περιέχει δύο απλά flip flops. Το ένα εκτελεί χρέη αφέντη και το άλλο χρέη σκλάβου. Μπορούν να κατασκευαστούν όλοι οι τύποι flip-flops.

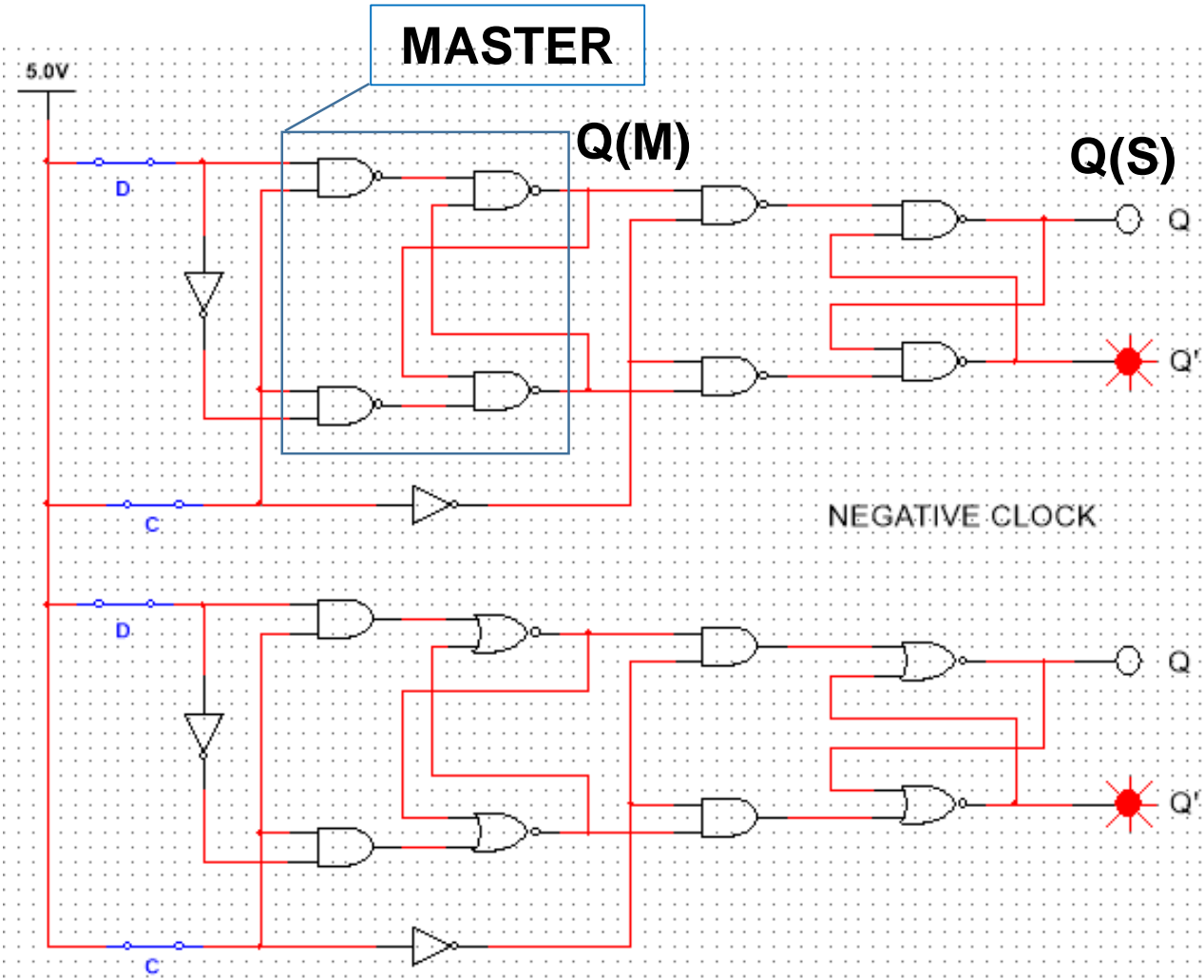


- $CLK = 0 \rightarrow$ Αφέντης: απενεργοποιημένος, Σκλάβος: ενεργός
- $CLK = 1 \rightarrow$ Αφέντης: ενεργός, Σκλάβος: απενεργοποιημένος

MASTER-SLAVE D FLIP-FLOP ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΟ ΣΤΗΝ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΑΚΜΗ ΤΟΥ CLOCK

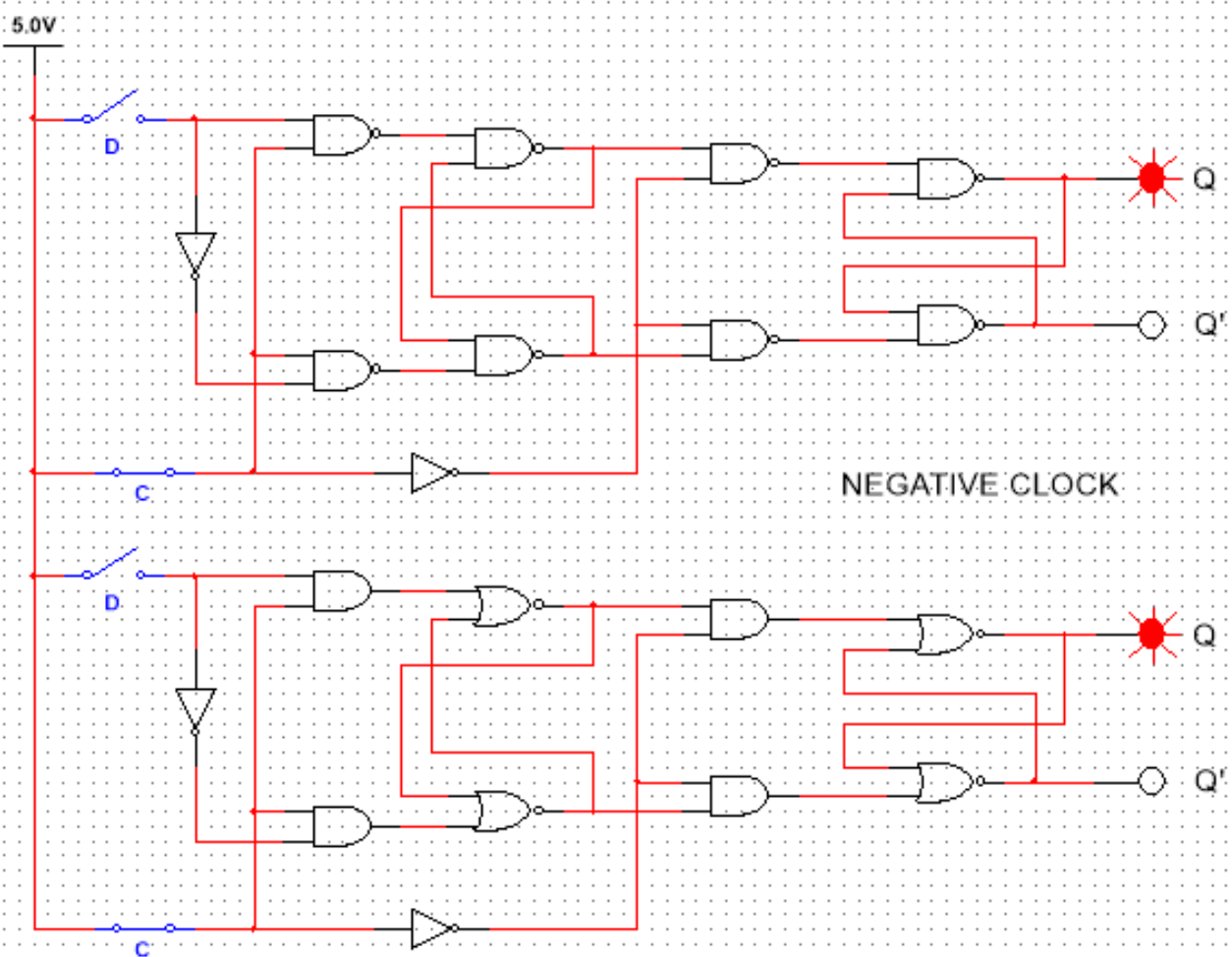
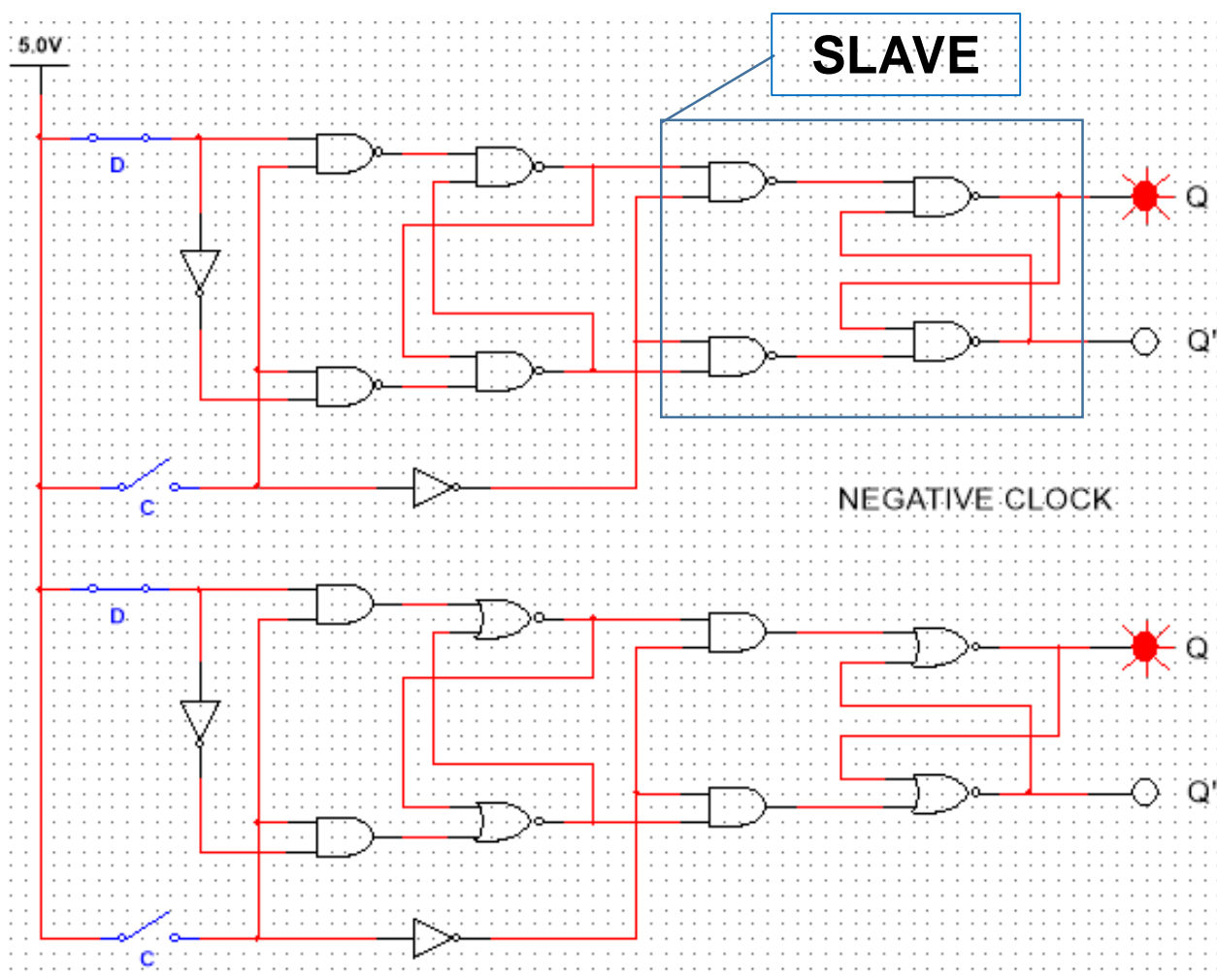


ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ RESET $Q=0$ ΚΑΙ $Q'=1$
($D=0$ ΚΑΙ $C=CLOCK=0$)



$D=1$, $C=CLOCK=1$, $Q(M)=1$, MASTER STATE=SET
ΚΑΙ $CLOCK=0$, $Q(S)=0$, SLAVE STATE=HOLD

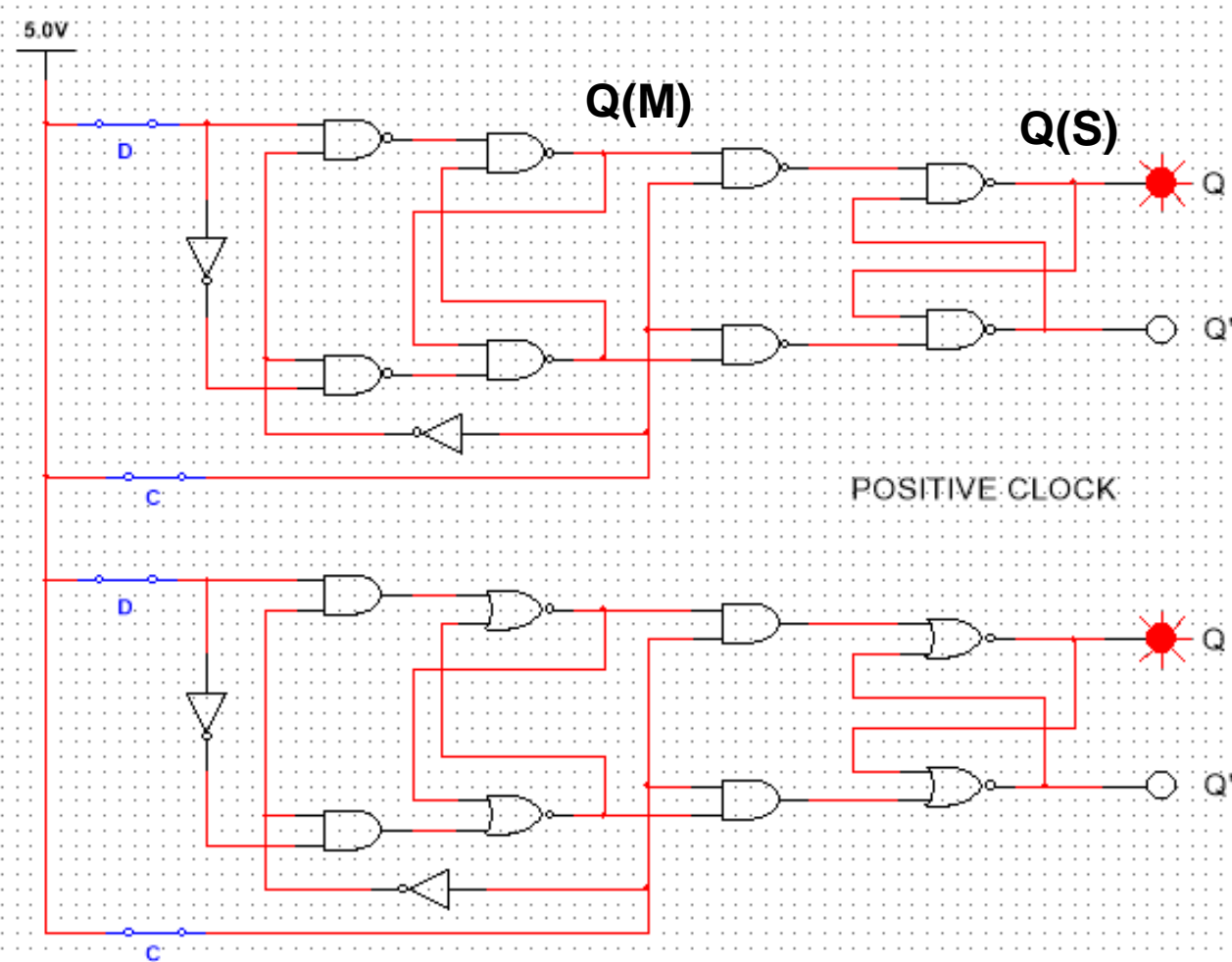
MASTER-SLAVE D FLIP-FLOP ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΟ ΣΤΗΝ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΑΚΜΗ ΤΟΥ CLOCK



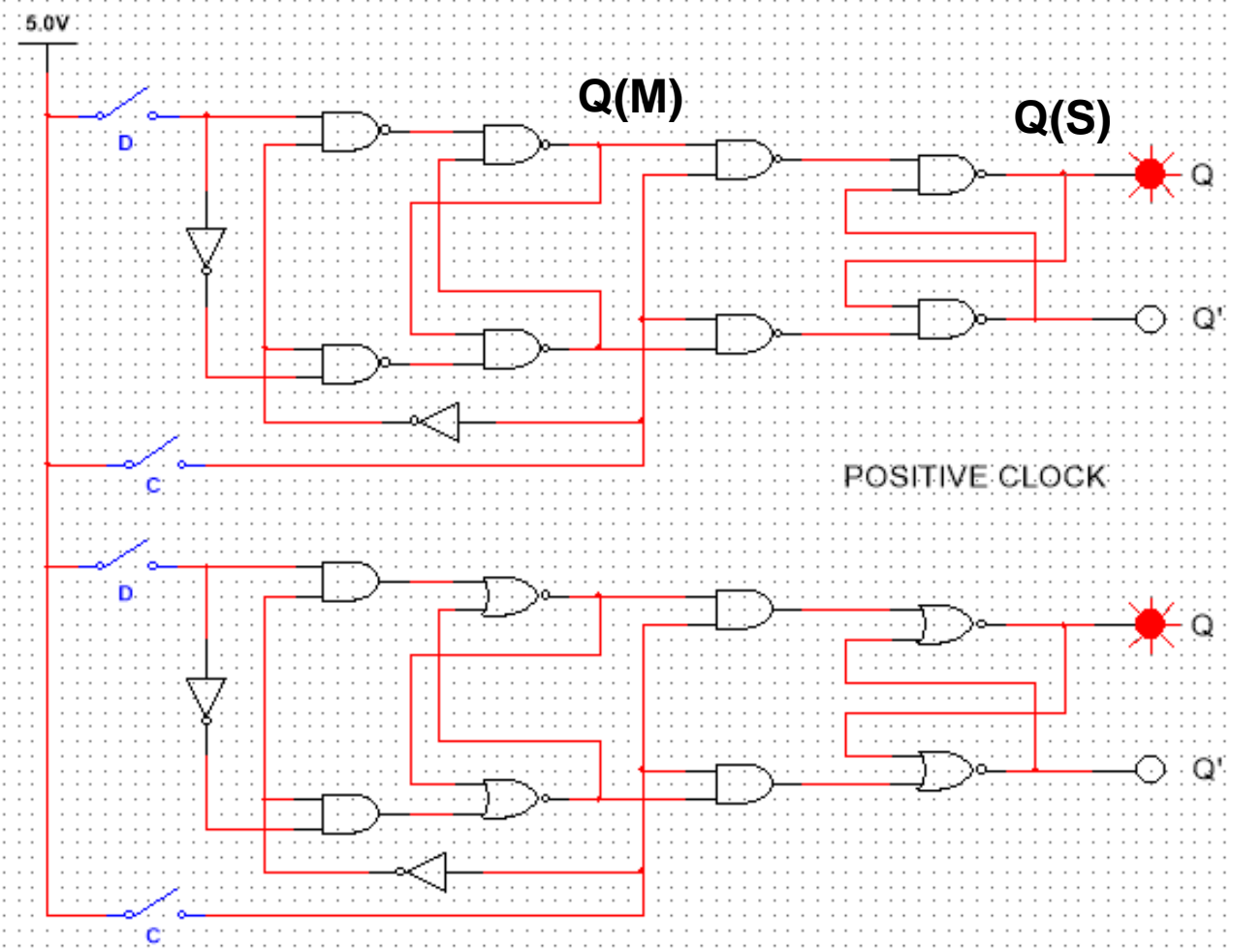
**D=1 , C=CLOCK=0 , Q(M)=1 , MASTER STATE=HOLD
KAI CLOCK=1 , Q(S)=1 , SLAVE STATE=SET**

**D=0 , C=CLOCK=1 , Q(M)=0 , MASTER STATE=RESET
KAI CLOCK=0 , Q(S)=1 , SLAVE STATE=HOLD**

MASTER-SLAVE D FLIP-FLOP ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΟ ΣΤΗ ΘΕΤΙΚΗ ΑΚΜΗ ΤΟΥ CLOCK

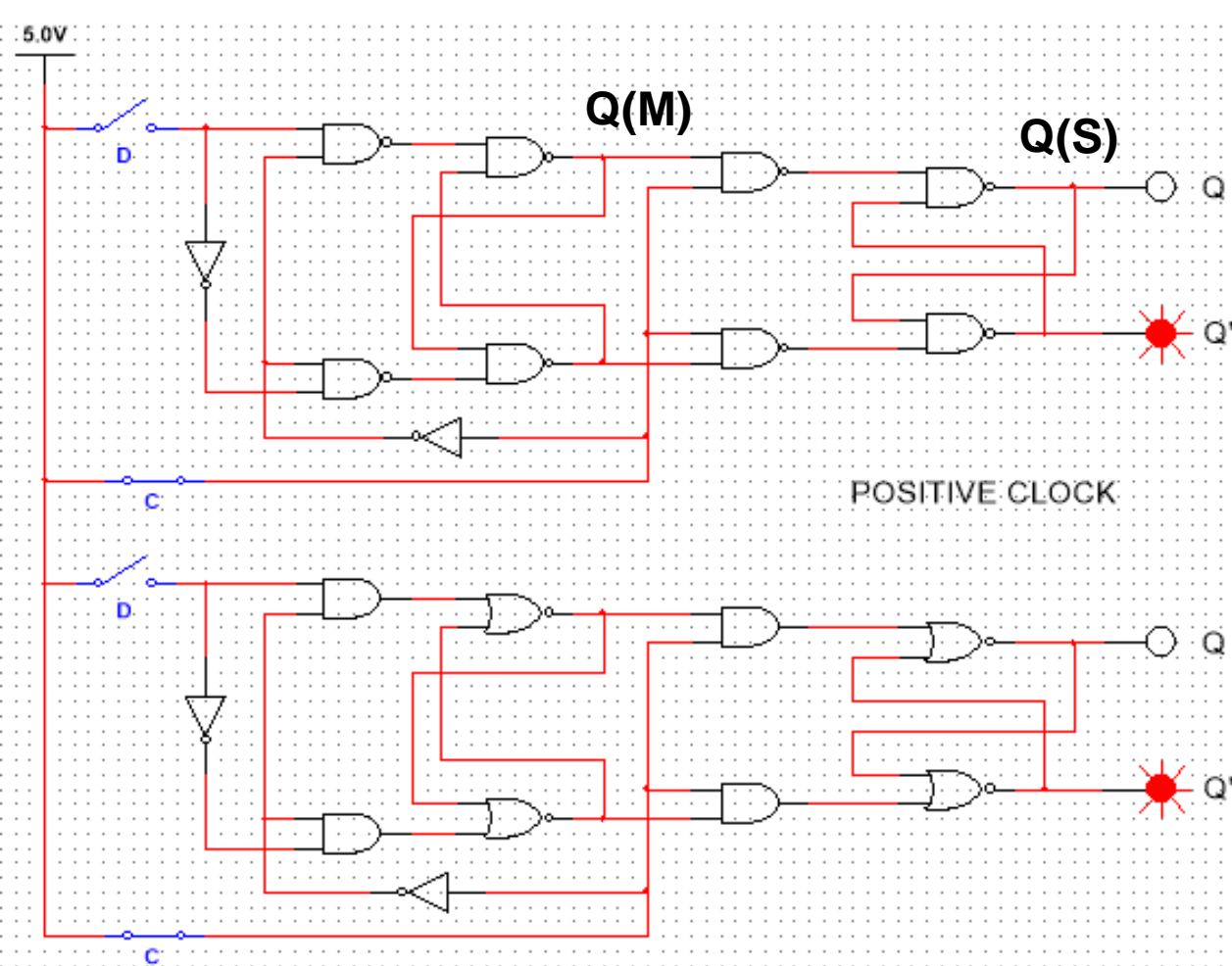


**ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ SET $Q=1$ ΚΑΙ $Q'=0$
($D=1$ ΚΑΙ $C=CLOCK=1$)**

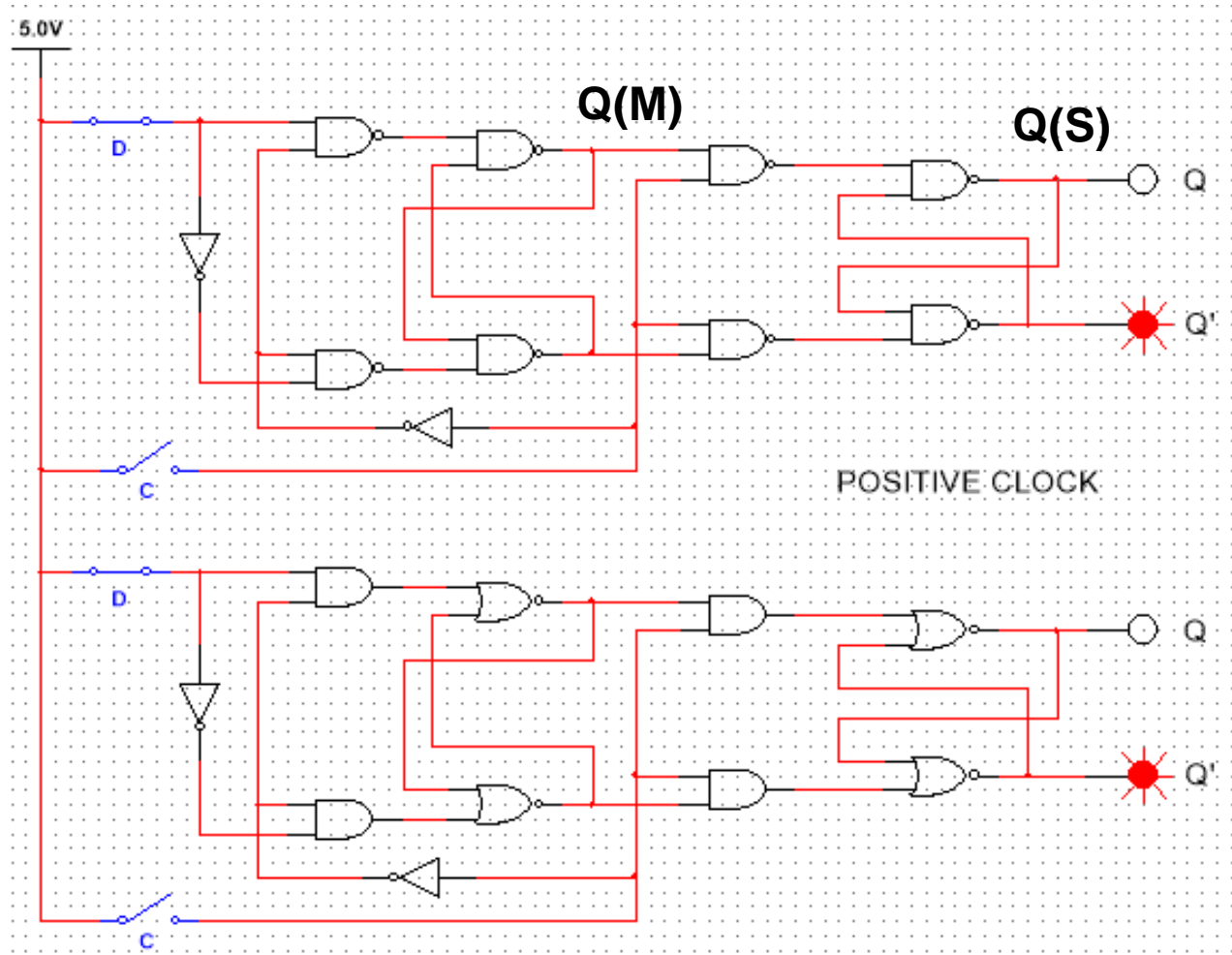


**$D=0$, $CLOCK=1$, $Q(M)=0$, MASTER STATE=RESET
ΚΑΙ $C=CLOCK=0$, $Q(S)=1$, SLAVE STATE=HOLD**

MASTER-SLAVE D FLIP-FLOP ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΟ ΣΤΗ ΘΕΤΙΚΗ ΑΚΜΗ ΤΟΥ CLOCK



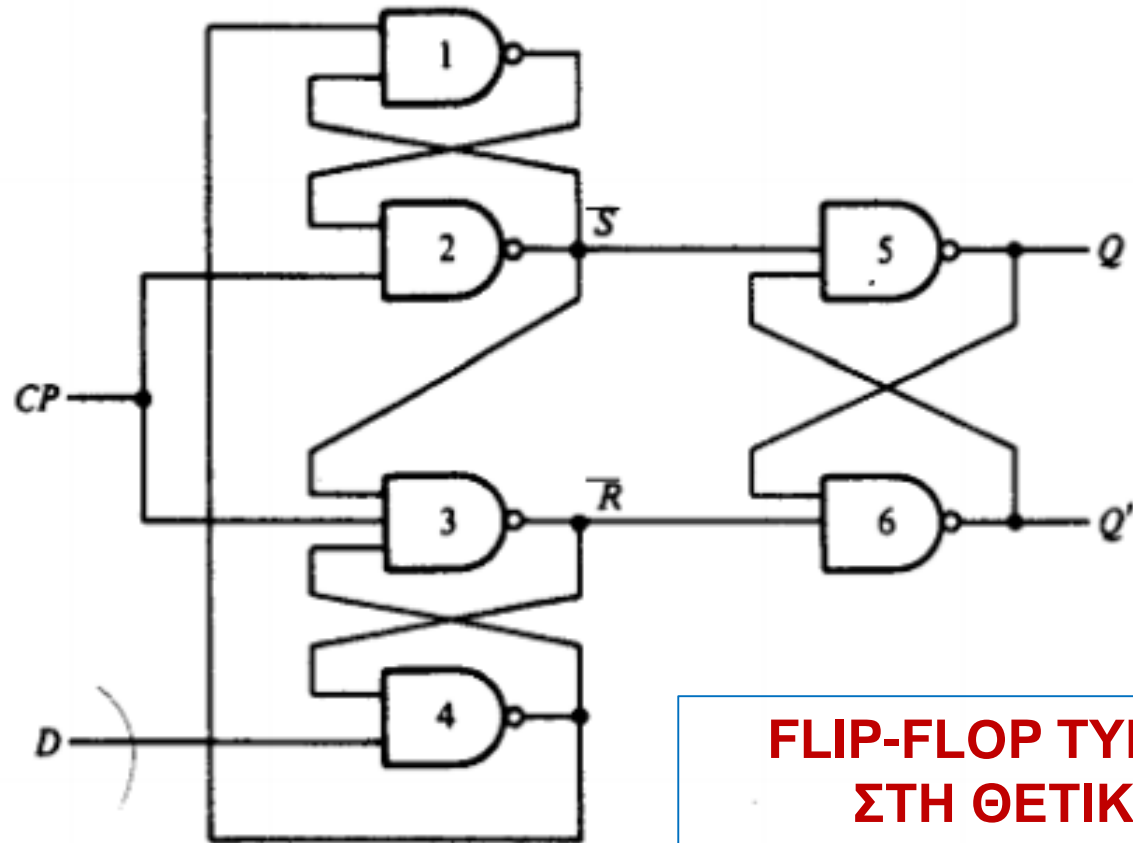
**D=0 , CLOCK=0 , Q(M)=0 , MASTER STATE=HOLD
KAI C=CLOCK=1 , Q(S)=0 , SLAVE STATE=RESET**



**D=1 , CLOCK=1 , Q(M)=1 , MASTER STATE=SET
KAI CLOCK=0 , Q(S)=0 , SLAVE STATE=HOLD**

Ακμοπυροδότητα Flip-Flops

Στο ακμοπυροδότητο flip-flop όλες οι αλλαγές στις εξόδους συμβαίνουν σε μία ακμή.

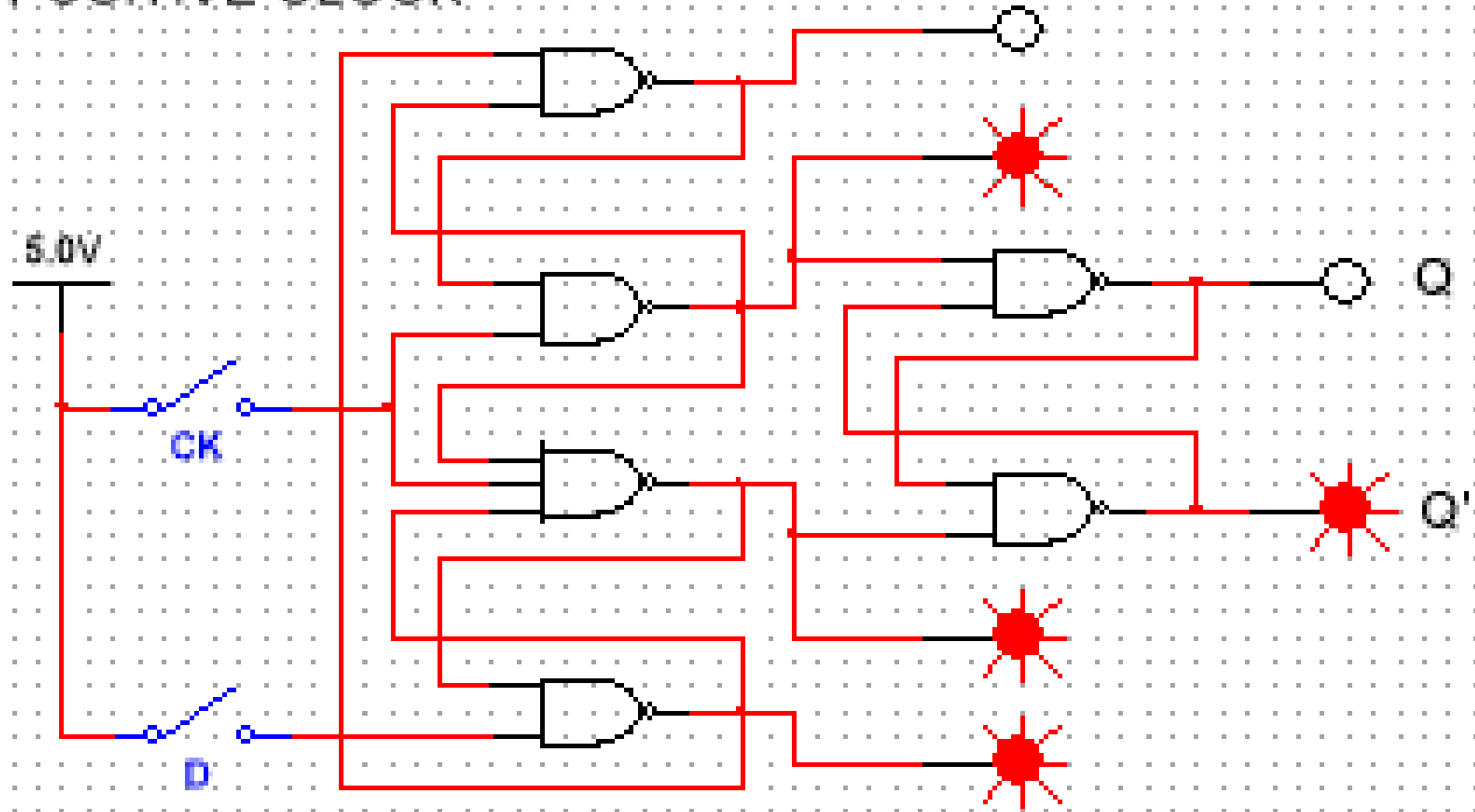


Αποτελείται ουσιαστικά από τρία βασικά flip-flops.

Μερικά ακμοπυροδότητα flip-flops αντιδρούν στην αρνητική ακμή του ρολογιού και άλλα στη θετική ακμή.

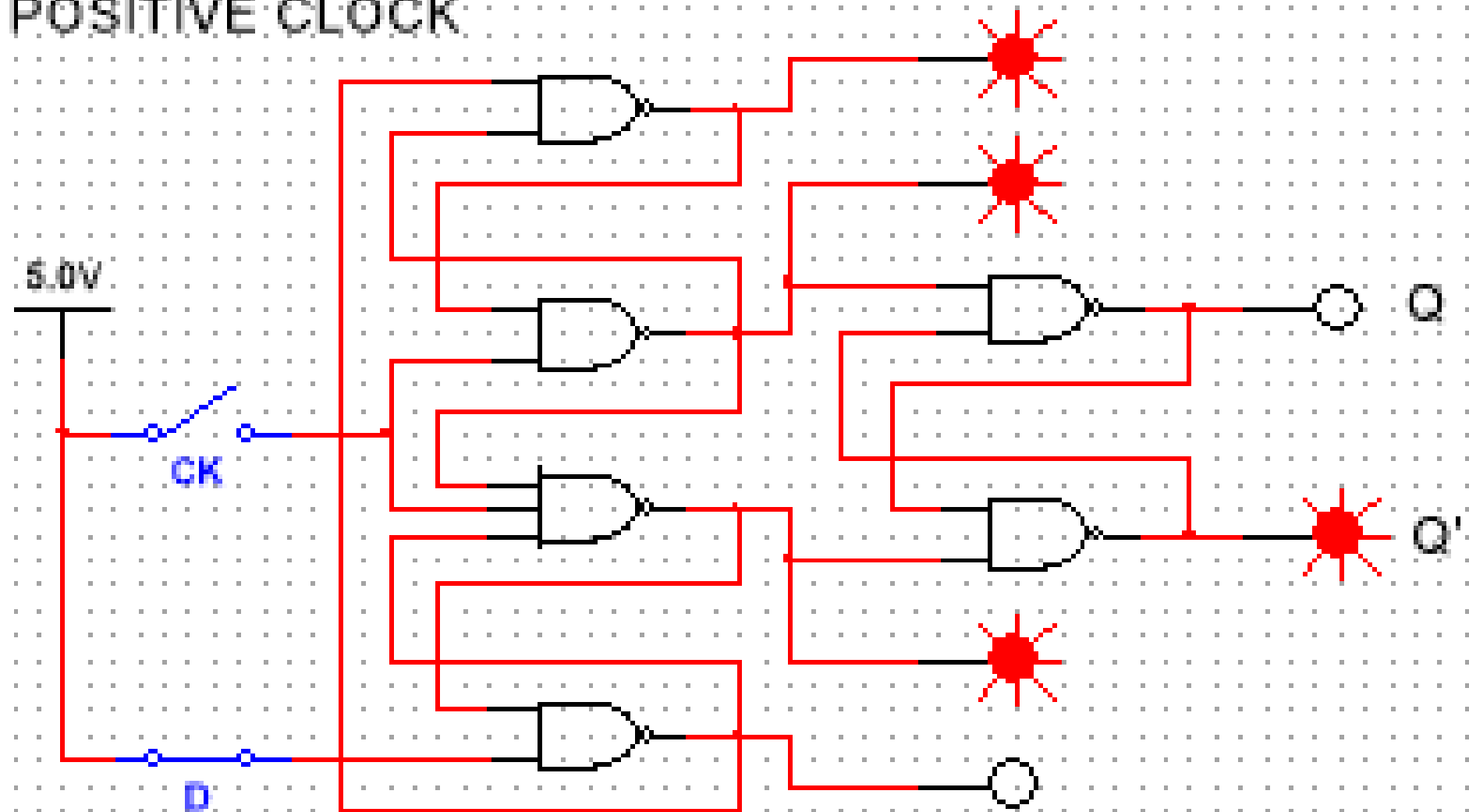
**FLIP-FLOP ΤΥΠΟΥ D ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΟ
ΣΤΗ ΘΕΤΙΚΗ ΑΚΜΗ ΤΟΥ ΡΟΛΟΓΙΟΥ**

POSITIVE CLOCK



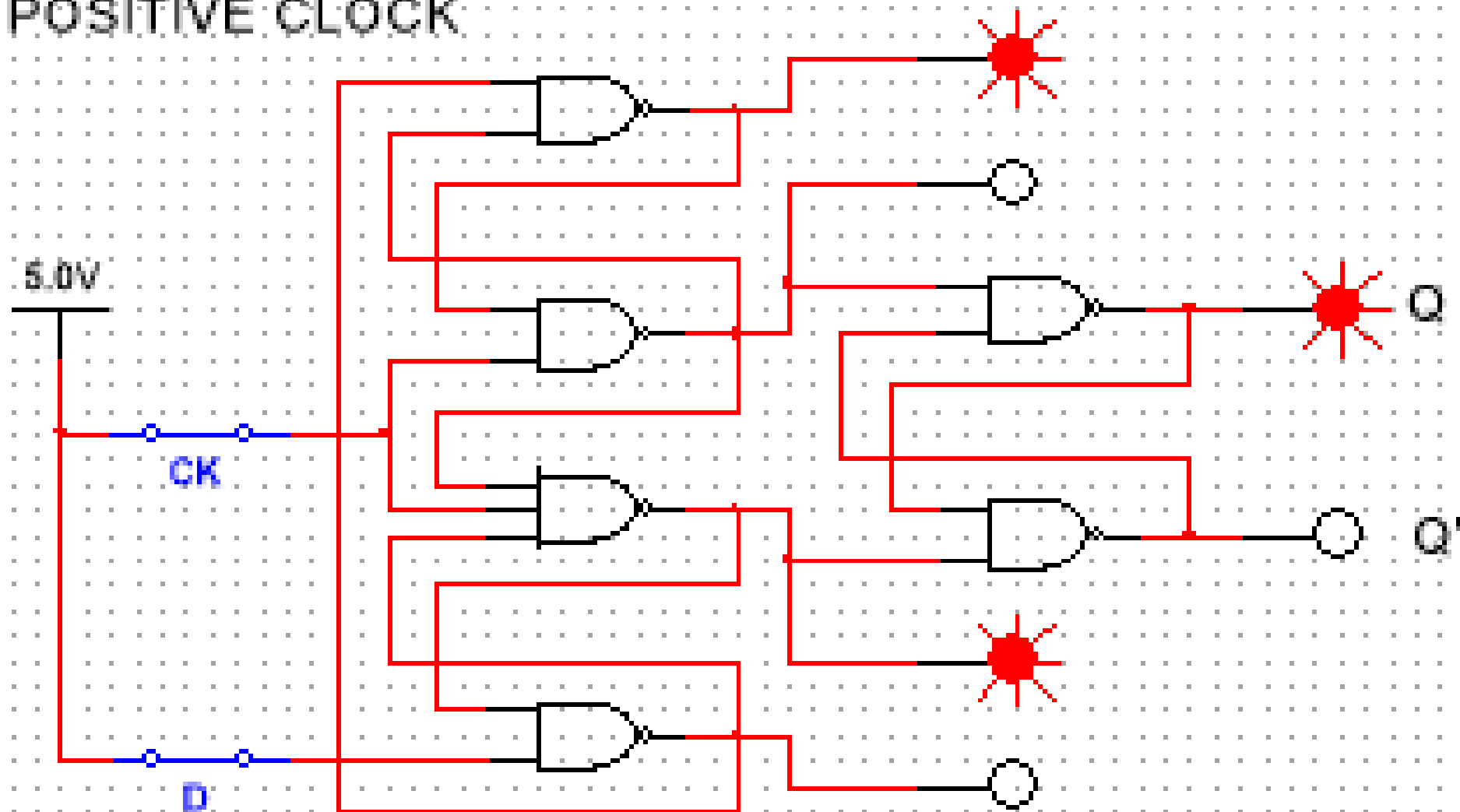
CLOCK=0 , D=0 , Q=0 , Q'=1

POSITIVE CLOCK



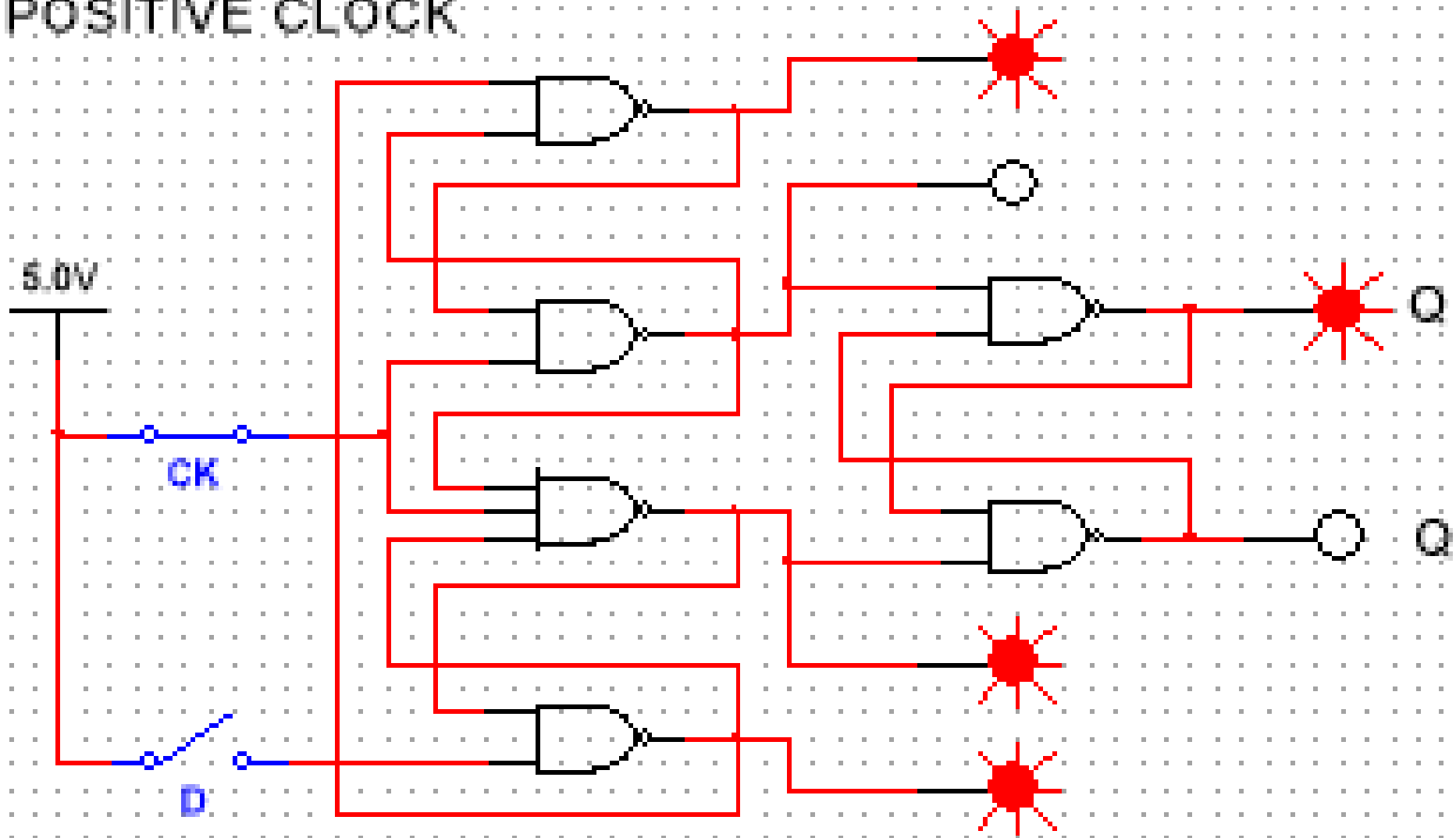
CLOCK=0 , D=1 , Q=0 , Q'=1

POSITIVE CLOCK



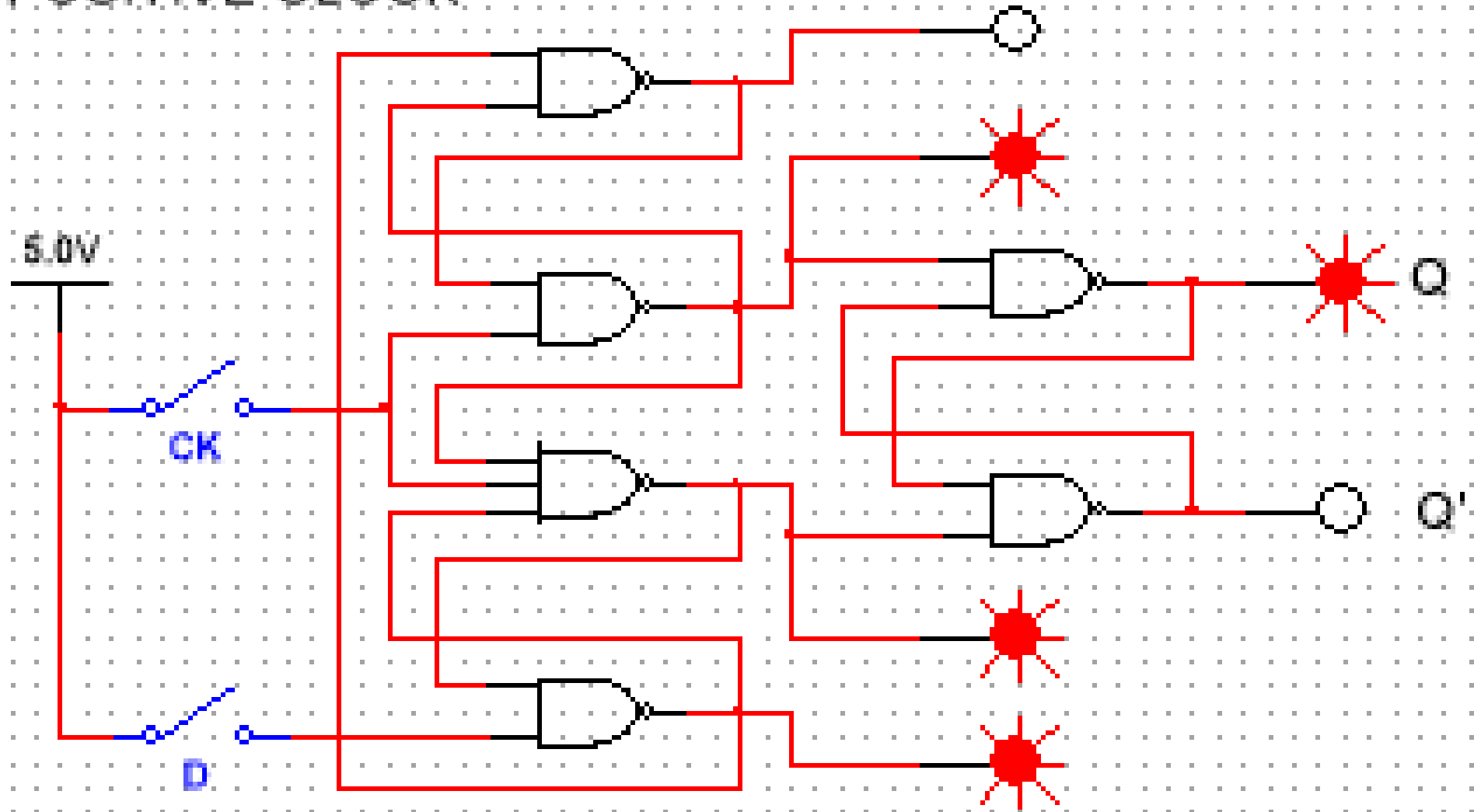
CLOCK=1 , D=1 , Q=1 , Q'=0

POSITIVE CLOCK



CLOCK=1 , D=0 , Q=1 , Q'=0

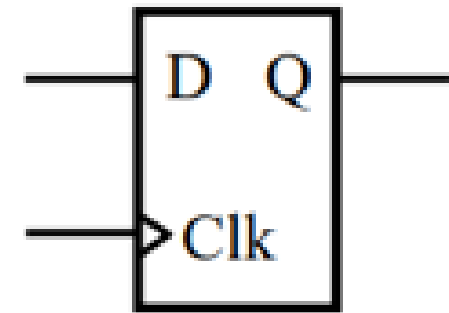
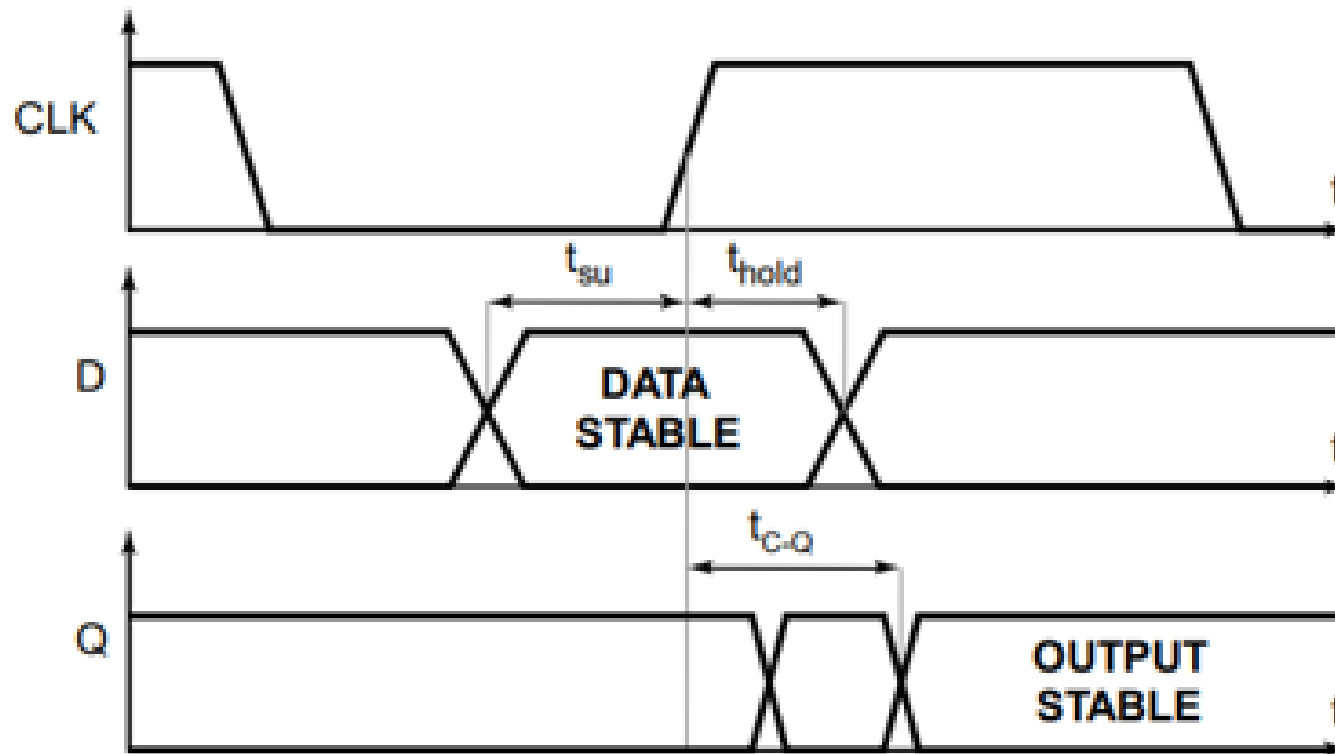
POSITIVE CLOCK

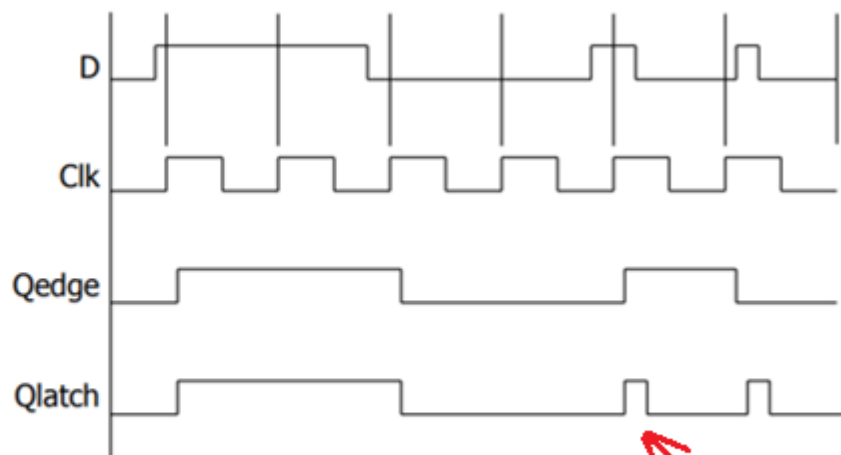
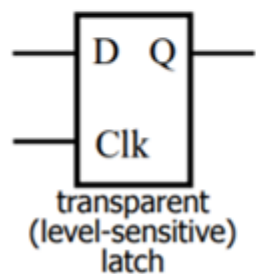
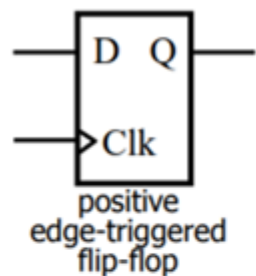


CLOCK=0 , D=0 , Q=1 , Q'=0

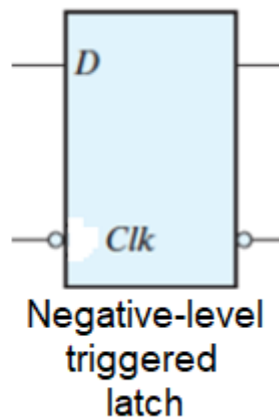
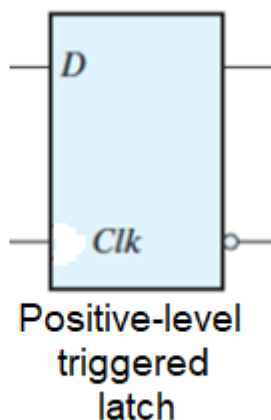
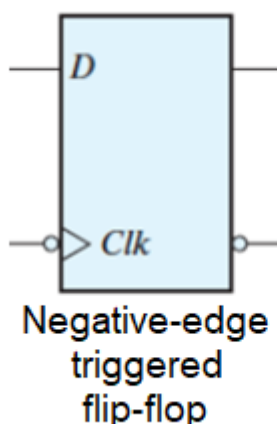
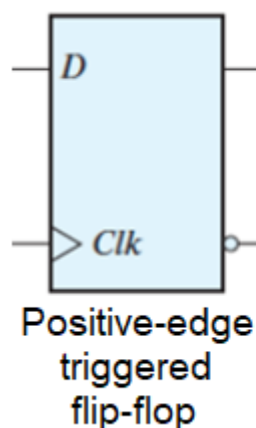
ΧΡΟΝΟΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΜΕ ΤΑ ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΗΤΑ FLIP-FLOP

- t_{setup} : χρόνος για τον οποίο η είσοδος πρέπει να έχει σταθεροποιηθεί (να είναι έγκυρη) πριν από την παρυφή του ρολογιού
- t_{hold} : χρόνος για τον οποίο η είσοδος πρέπει παραμείνει σταθερή – έγκυρη μετά την παρυφή του ρολογιού
- $t_{\text{C-Q}}$: worst case καθυστέρηση μετάδοσης (με αναφορά στην παρυφή του ρολογιού) – απαραίτητος χρόνος για να αντιγραφεί η είσοδος D στην έξοδο Q





Η συμπεριφορά διαφέρει όταν η είσοδος
αλλάζει ενώ το ρολόι είναι high



Μανδαλωτές (Latches)

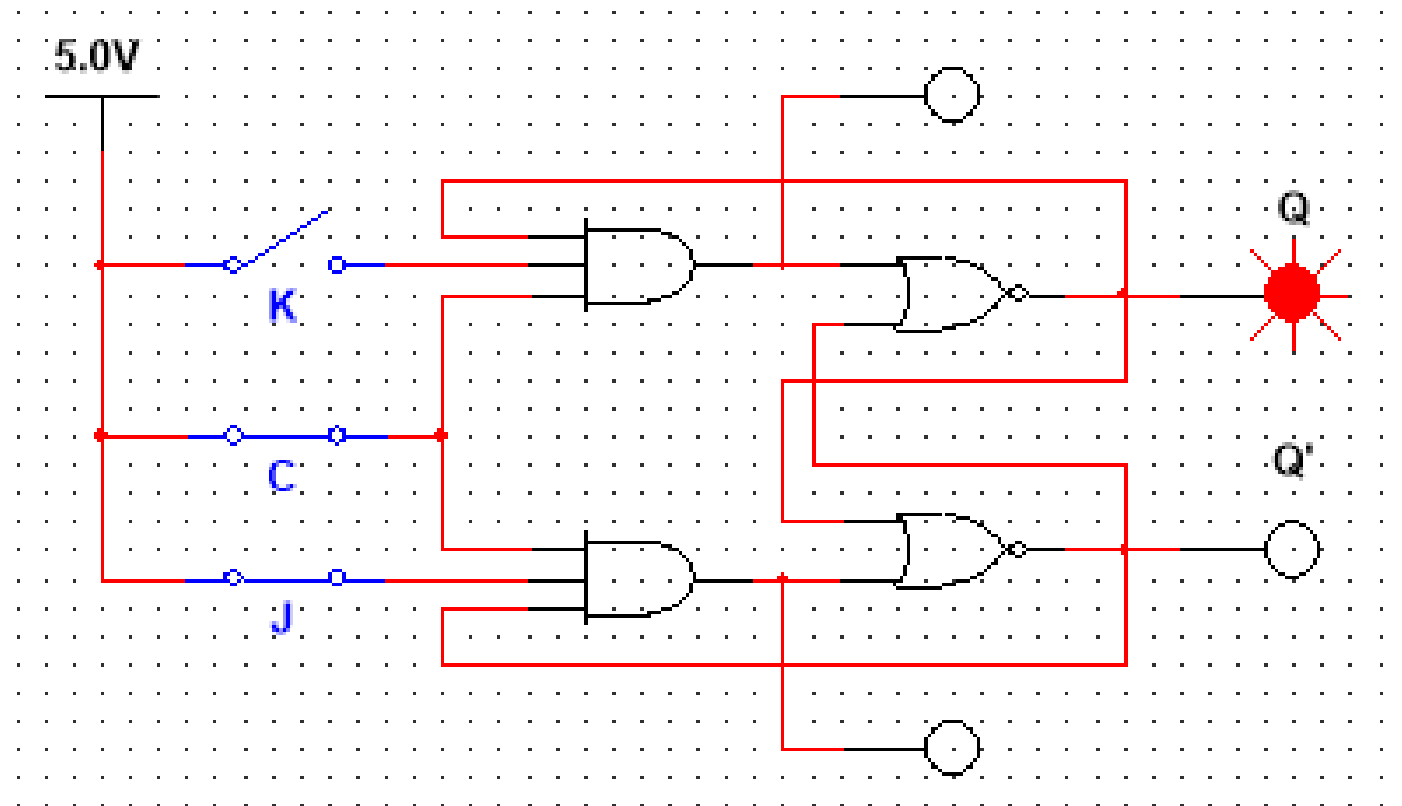
- **level sensitive** κυκλώματα τα οποία οδηγούν τις εισόδους στην έξοδο (ακολουθούν την είσοδο) όταν το ρολόι είναι high (ή low) - **transparent mode**
- Η είσοδος που δειγματοληπτείται στην κατερχόμενη (ανερχόμενη) παρυφή του ρολογιού διατηρείται σταθερή όσο το ρολόι είναι low (ή high) - **hold mode**

Flip-Flops (edge-triggered)

- **edge sensitive** κυκλώματα που δειγματοληπτούν τις εισόδους σε μια μετάβαση του ρολογιού
 - positive edge-triggered: 0 → 1
 - negative edge-triggered: 1 → 0
- Υλοποιούνται χρησιμοποιώντας latches (π.χ., master-slave flip-flops)

JK Flip-Flop

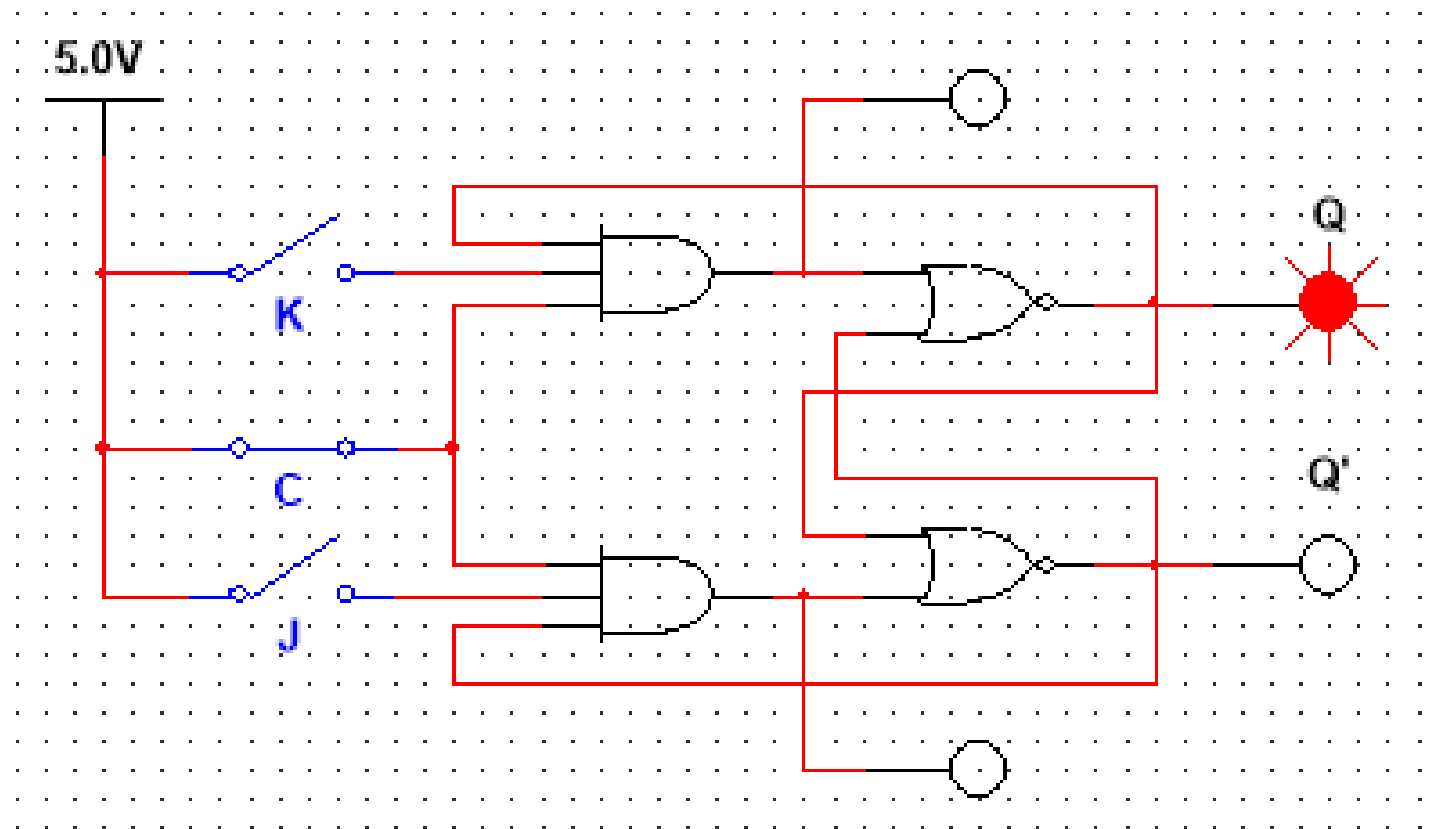
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=1 , J=1 , K=0 , Q=1 , Q'=0 , state → SET

JK Flip-Flop

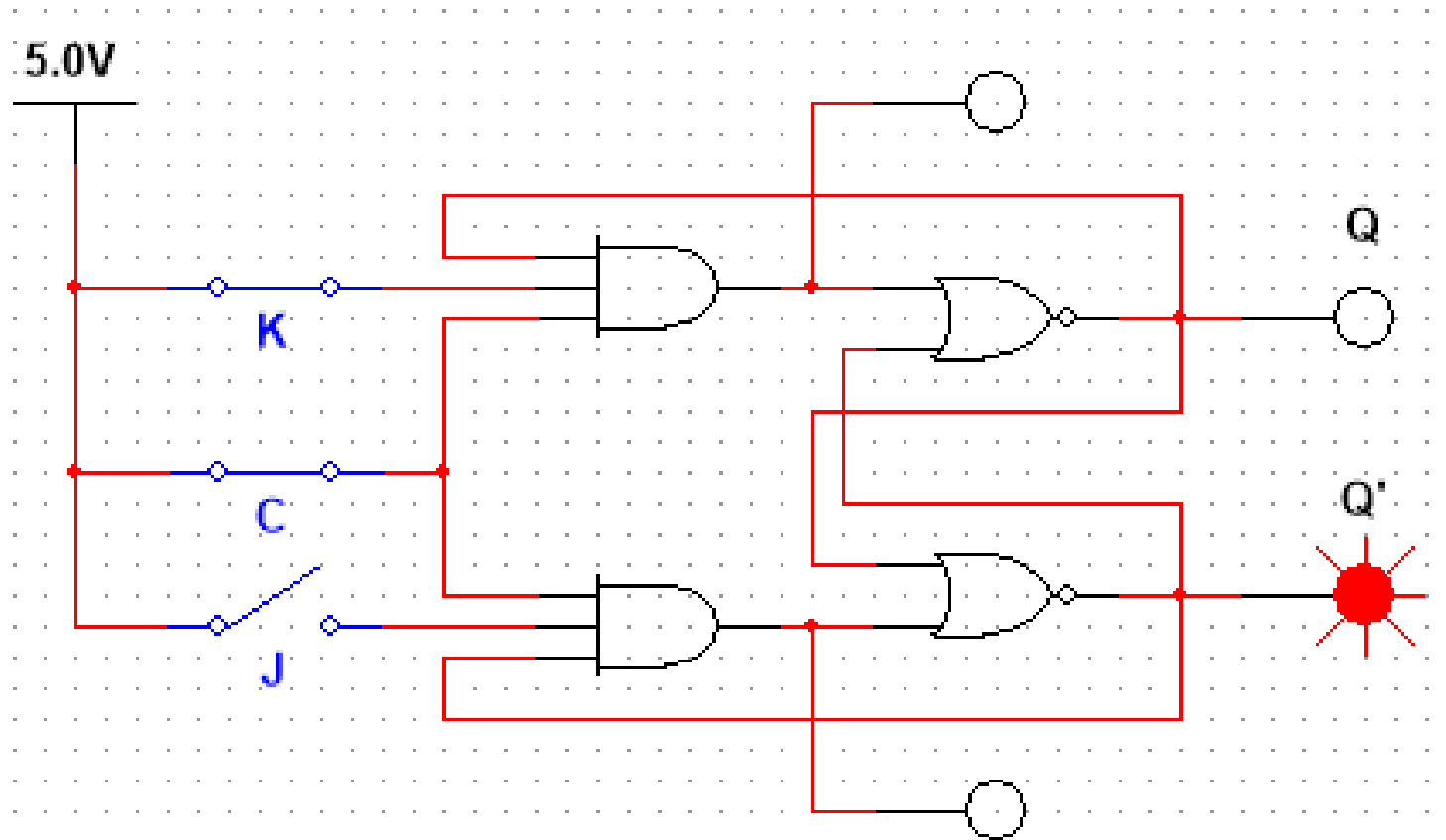
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=1 , J=0 , K=0 , Q=1 , Q'=0 , state → HOLD , $Q(t)=Q(t-1)$

JK Flip-Flop

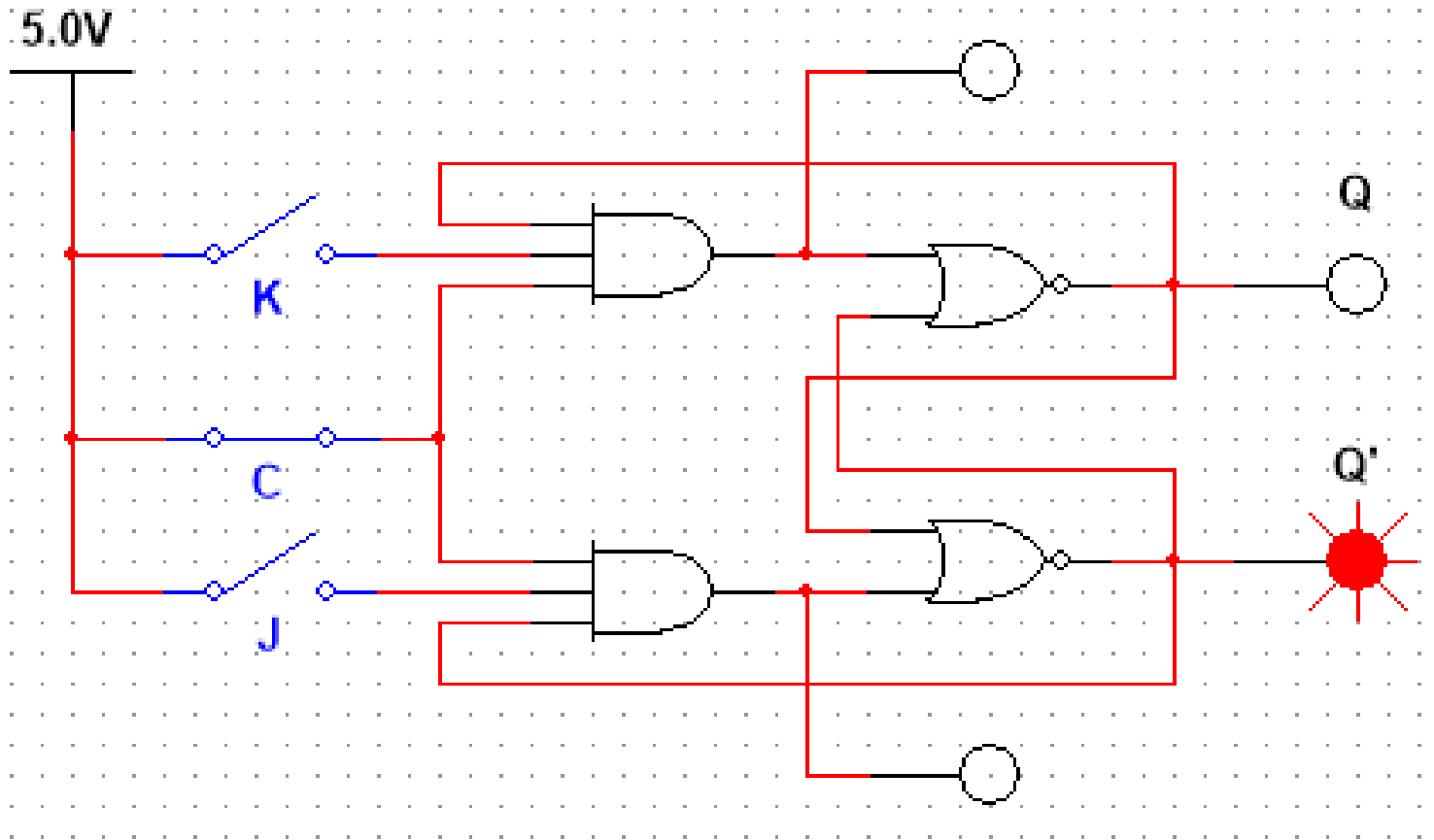
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=1 , J=0 , K=1 , Q=0 , Q'=1 , state → RESET

JK Flip-Flop

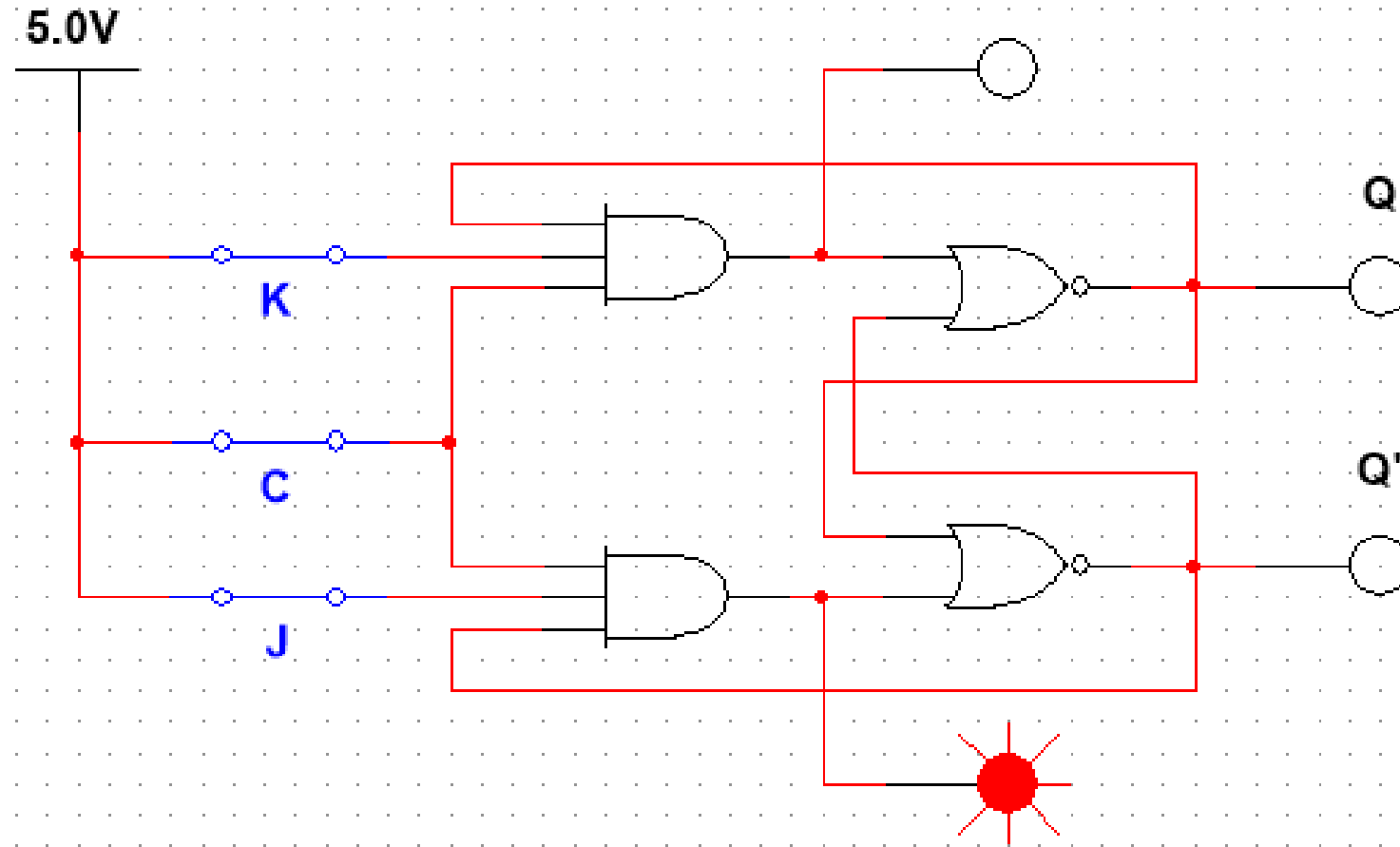
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=1 , J=0 , K=0 , Q=0 , Q'=1 , state → HOLD , $Q(t)=Q(t-1)$

JK Flip-Flop

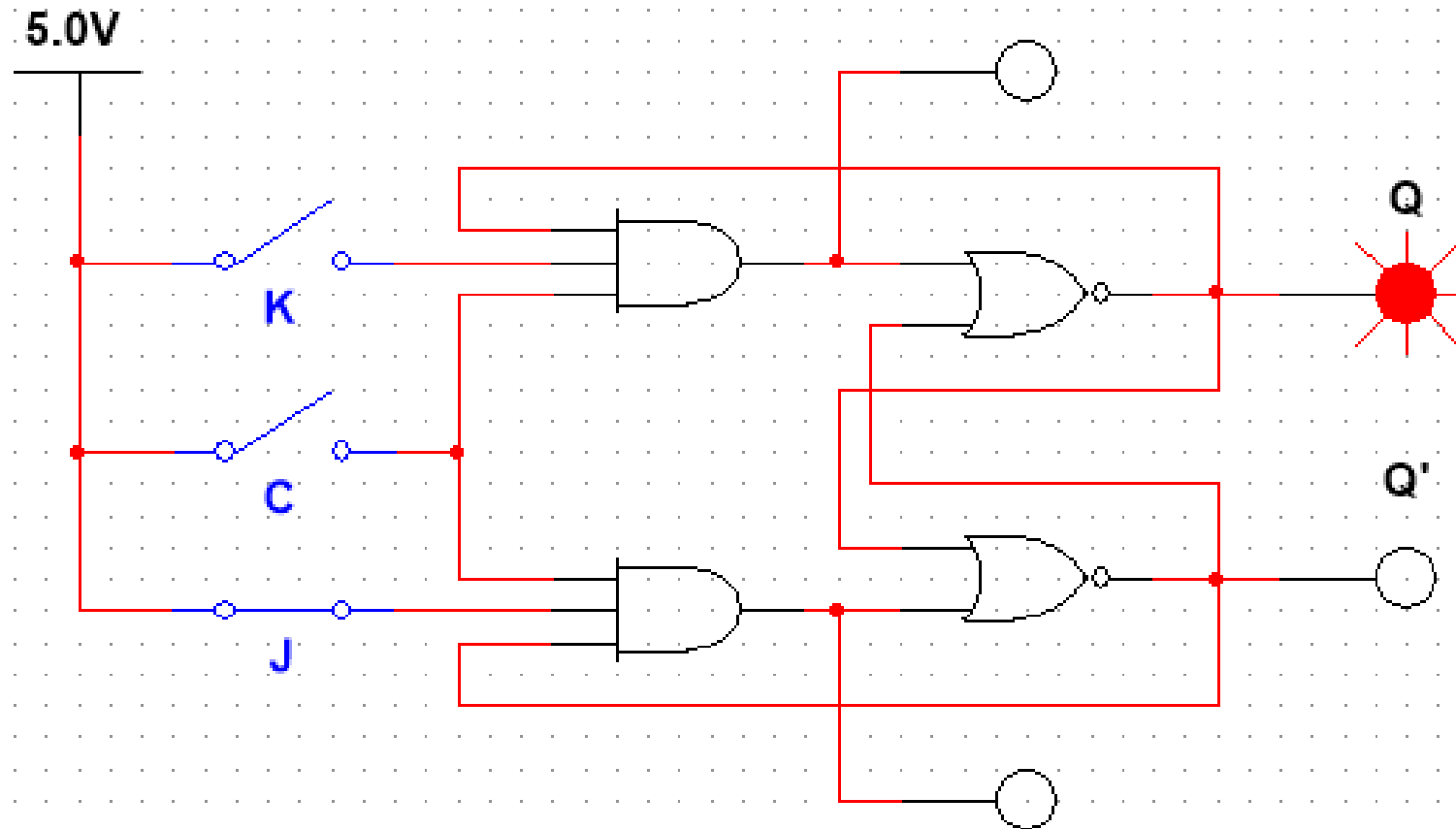
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=1 , J=1 , K=1 , state \rightarrow TOGGLE , $Q(t)=Q(t-1)'$

JK Flip-Flop

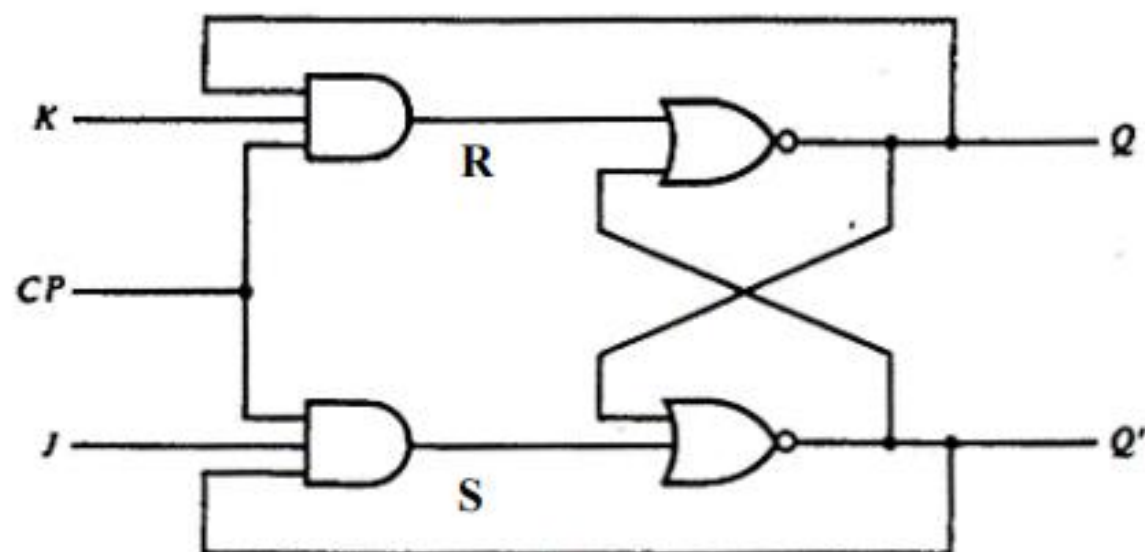
Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



CK=0 , J=1 , K=0 , state \rightarrow HOLD , $Q(t)=Q(t-1)$

JK Flip-Flop

Η απροσδιόριστη κατάσταση του RS εδώ προσδιορίζεται και αξιοποιείται.



(α) Λογικό διάγραμμα

Αν $CP=1$ για αρκετό χρόνο και $J=K=1$ τότε οι έξοδοι θα αντιστρέφονται συνεχώς. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τα edge-triggered, master-slave ffs.

| Q | J | K | $Q(t+1)$ | |
|-----|-----|-----|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | retain |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | set-reset |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | invert |

(β) Χαρακτηριστικός πίνακας

| | | J | | | |
|-----|---|------|----|----|----|
| | | JK | | | |
| Q | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| | 0 | | | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | | | 1 |

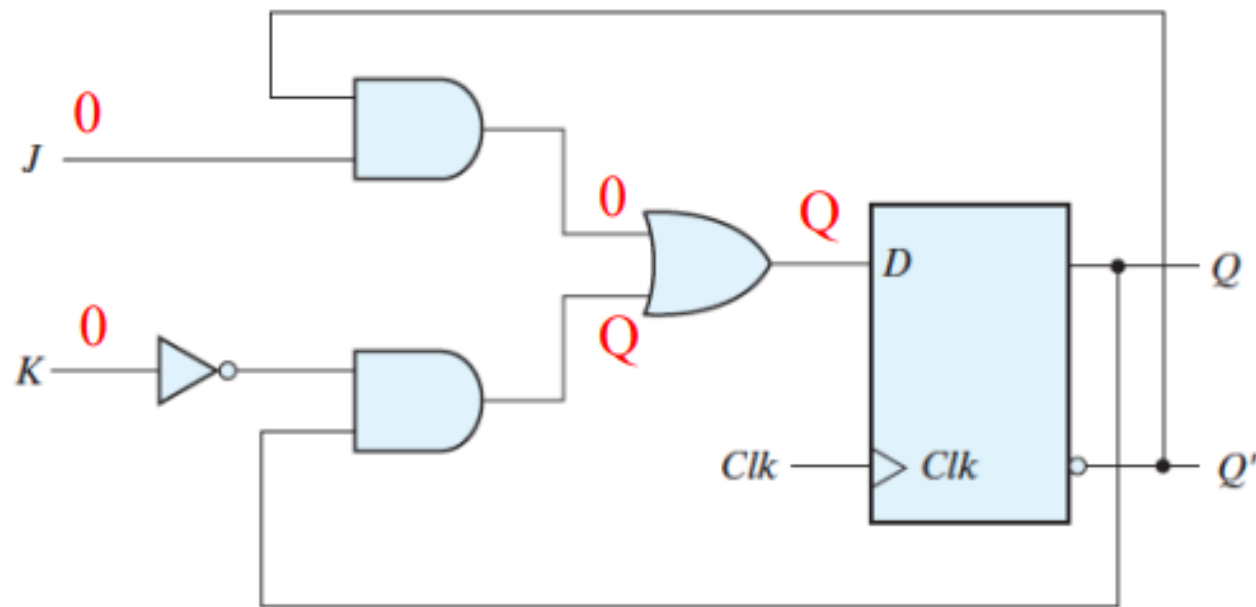
K

$$Q(t+1) = JQ' + K'Q$$

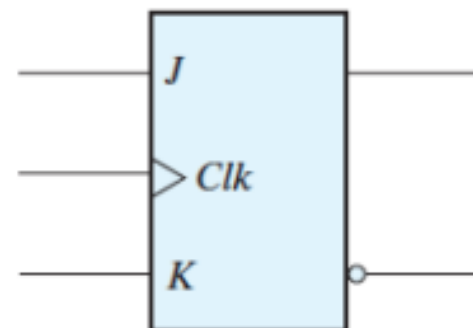
(γ) Χαρακτηριστική εξίσωση

JK Flip-Flop

Με $JK = 00$ διατηρεί την προηγούμενη κατάσταση



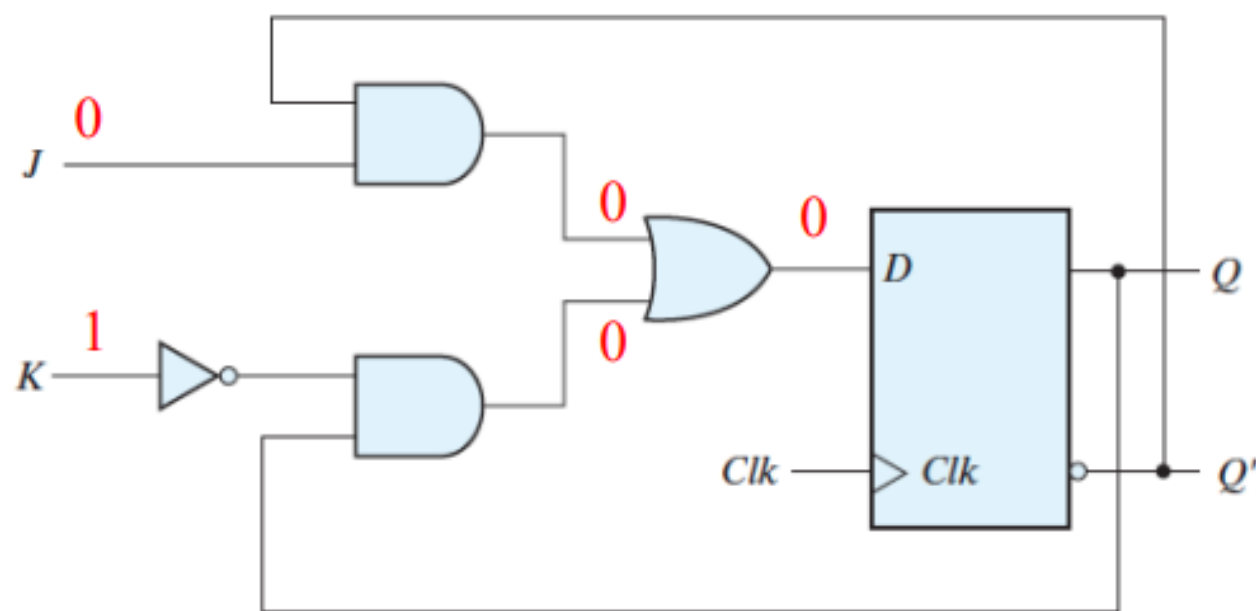
(a) Circuit diagram



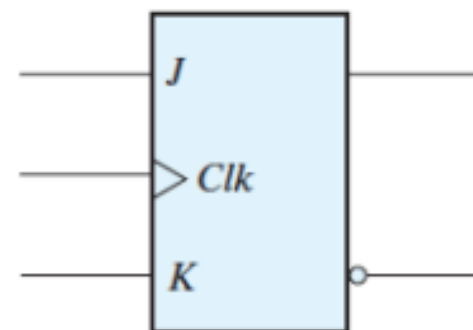
(b) Graphic symbol

JK Flip-Flop

Με $JK = 01$ μηδενίζει το D Flip Flop



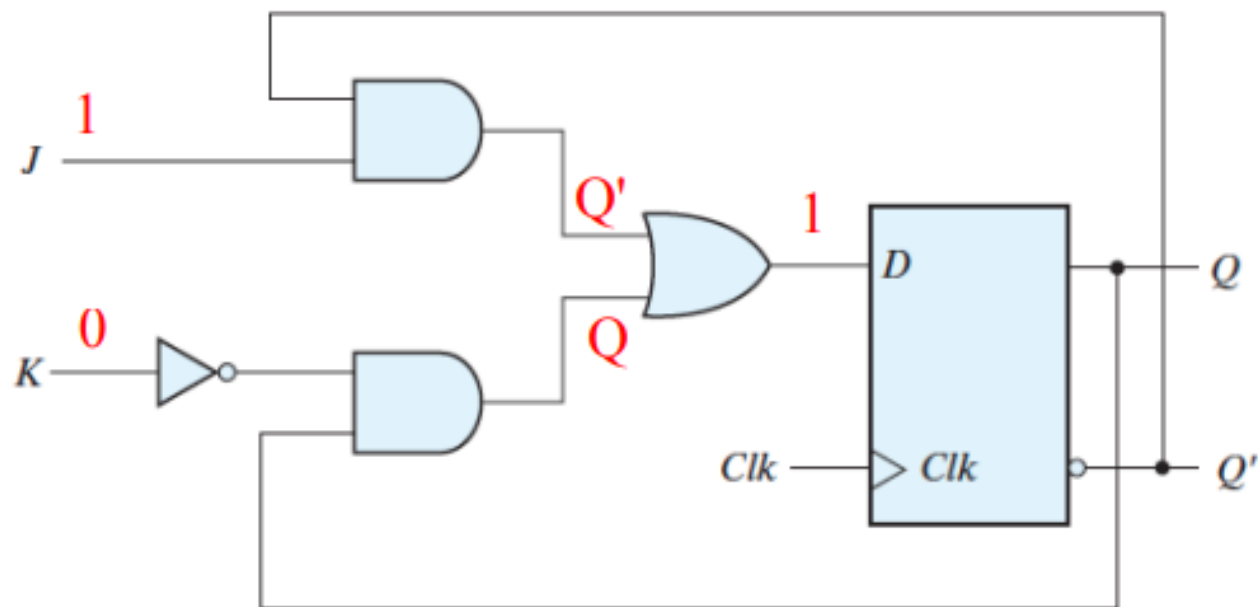
(a) Circuit diagram



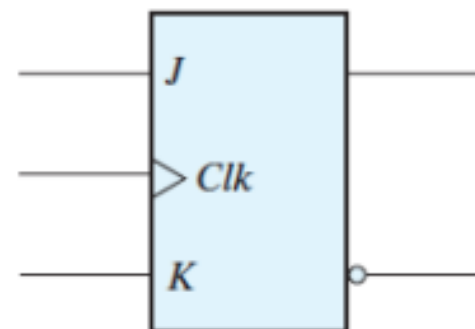
(b) Graphic symbol

JK Flip-Flop

Με $JK = 10$ θέτει το FF στην μονάδα



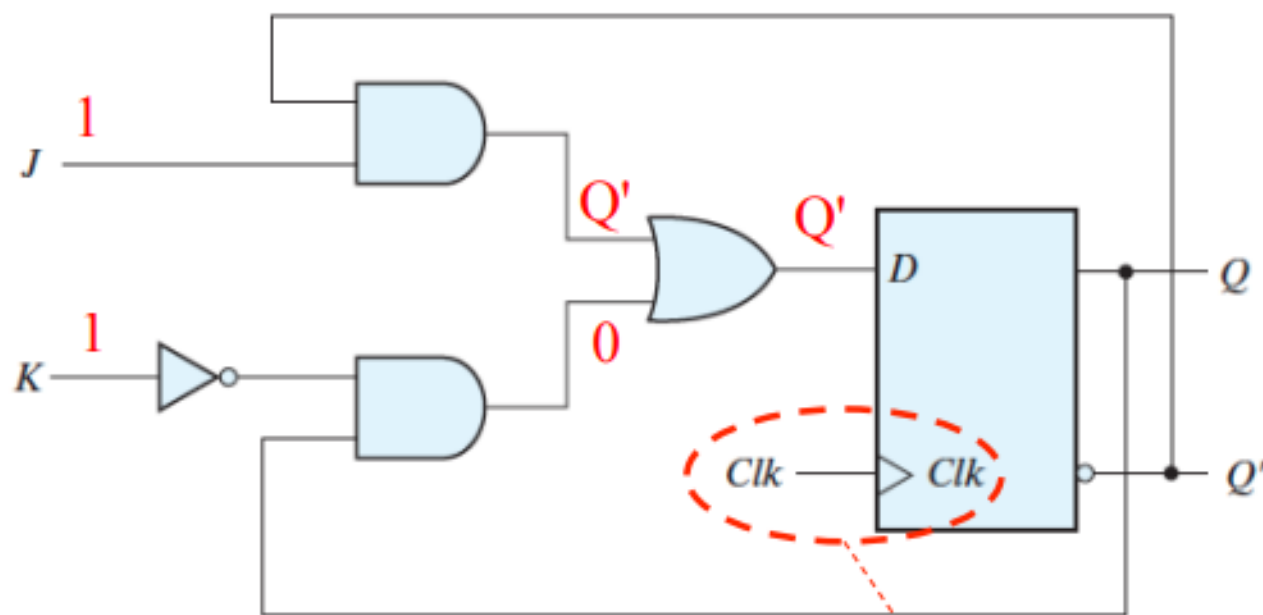
(a) Circuit diagram



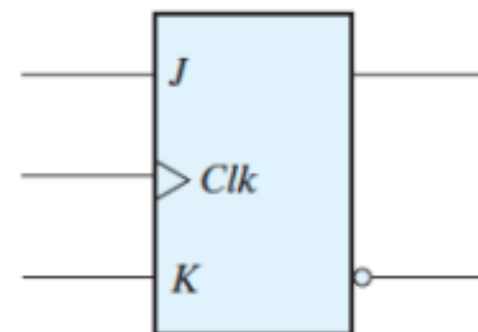
(b) Graphic symbol

JK Flip-Flop

Με $JK = 11$ αντιστρέφει



(a) Circuit diagram

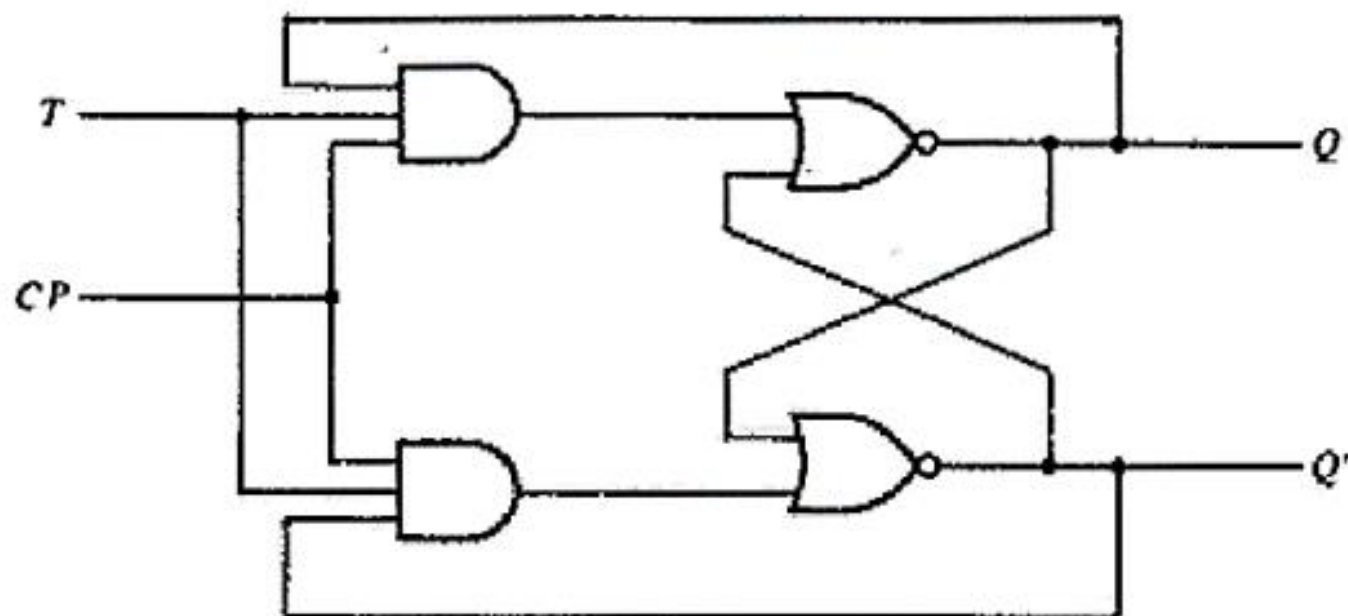


(b) Graphic symbol

Η θετική ακμή εξασφαλίζει ότι θα γίνει
μία φορά η αντιστροφή

T Flip-Flop

Είναι μία παραλλαγή του JK με μία μόνο είσοδο T και όταν $T=1$ αντιστρέφει την κατάσταση του.



(α) Λογικό διάγραμμα

| Q | T | $Q(t+1)$ |
|-----|-----|----------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(β) Χαρακτηριστικός πίνακας

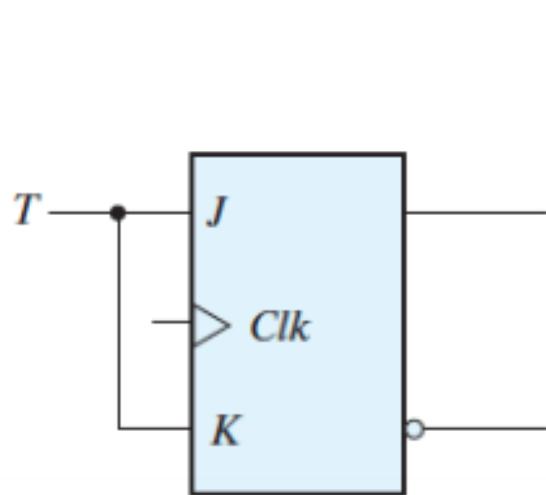
| | | T | |
|-----|---|-----|---|
| | | 0 | 1 |
| Q | 0 | | 1 |
| | 1 | 1 | |

$$Q(t+1) = TQ' + T'Q$$

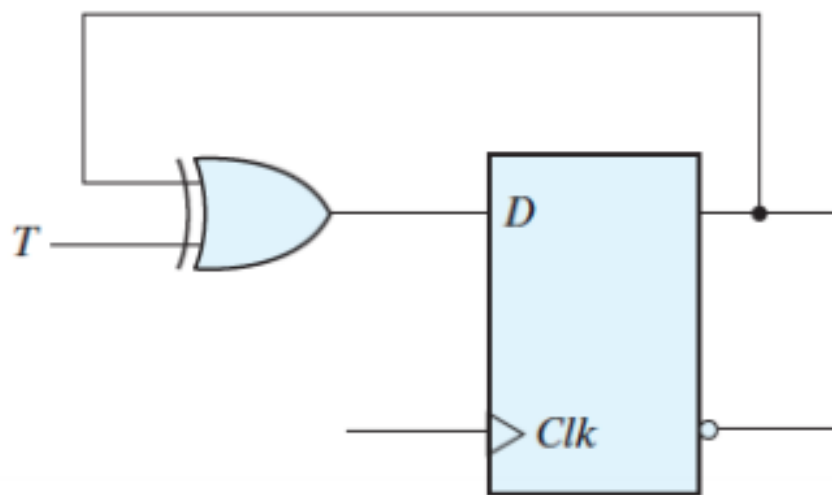
(γ) Χαρακτηριστική εξίσωση

T Flip-Flop

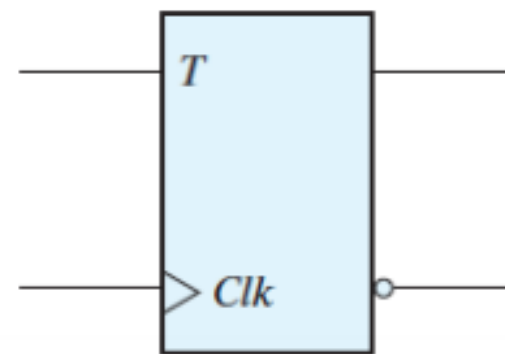
Υπάρχουν πολλοί τρόποι σχεδίασης ενός Flip Flop



(a) From JK flip-flop



(b) From D flip-flop



(c) Graphic symbol

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΩΝ FLIP-FLOPS

| J | K | $Q(t+1)$ | S | R | $Q(t+1)$ | D | $Q(t+1)$ | T | $Q(t+1)$ |
|---|---|----------|---|---|----------|---|----------|---|----------|
| 0 | 0 | $Q(t)$ | 0 | 0 | $Q(t)$ | 0 | 0 | 0 | $Q(t)$ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | $Q'(t)$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | | |
| 1 | 1 | $Q'(t)$ | 1 | 1 | ??? | | | | |

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΩΝ FLIP-FLOPS (ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ)

- D flip-flop: $Q(t+1)=D(t)=D$
- T flip-flop: $Q(t+1) = T'Q(t)+TQ'(t) = T \oplus Q(t) = T \oplus Q$
- JK flip-flop: $Q(t+1) = JQ'(t)+K'Q(t) = JQ'+K'Q$
- RS Flip-flop: $Q(t+1) = SR'+R'Q=R'(S+Q) = \{S + R'Q \mid SR=0\}$

ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΤΩΝ FLIP-FLOPS

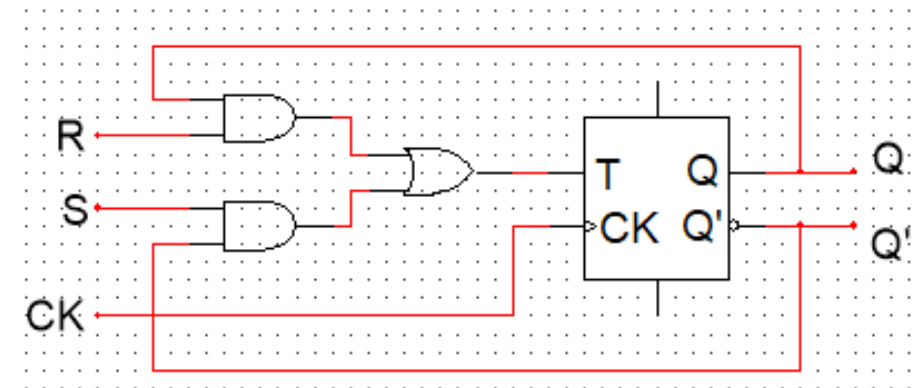
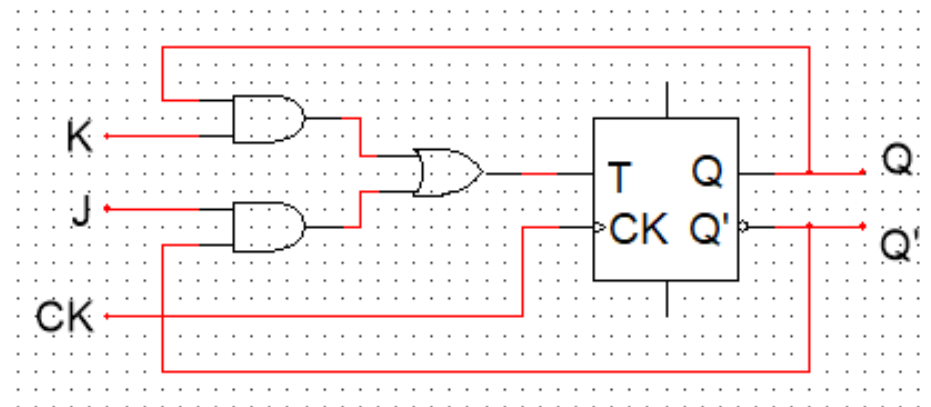
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ S-R FLIP-FLOP | | | | ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ J-K FLIP-FLOP | | | | ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ D FLIP-FLOP | | | ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ T FLIP-FLOP | | |
|------------------------------------|--------|---|---|------------------------------------|--------|---|---|----------------------------------|--------|---|----------------------------------|--------|---|
| Q(t) | Q(t+1) | S | R | Q(t) | Q(t+1) | J | K | Q(t) | Q(t+1) | D | Q(t) | Q(t+1) | T |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | X | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 | 1 | 1 | X | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

ΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΩΝ FLIP-FLOPS ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ (ΔΙΝΕΤΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΙ ΖΗΤΕΙΤΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ)

ΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΤΩΝ FLIP-FLOPS ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ (ΔΙΝΕΤΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΖΗΤΕΙΤΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ)

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ T ΣΕ J-K | | | | |
|--------------------------------------------------|---|------|--------|---|
| J | K | Q(t) | Q(t+1) | T |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

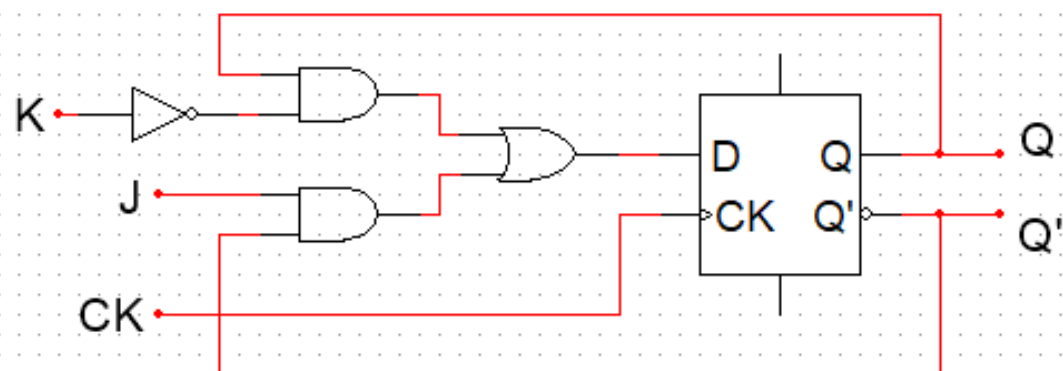
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ T ΣΕ S-R | | | | |
|--------------------------------------------------|---|------|--------|---|
| S | R | Q(t) | Q(t+1) | T |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | X | X |
| 1 | 1 | 1 | X | X |



| | K·Q(t) | | | |
|------------------------------------|--------|----|----|----|
| J | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | | 1 | |
| 1 | 1 | | 1 | 1 |
| $T = J \cdot Q'(t) + K \cdot Q(t)$ | | | | |

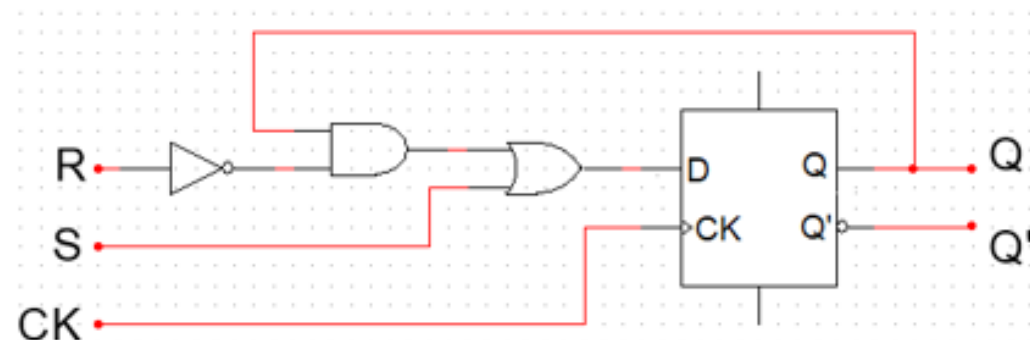
| | R·Q(t) | | | |
|------------------------------------|--------|----|----|----|
| S | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | | 1 | |
| 1 | 1 | | X | X |
| $T = S \cdot Q'(t) + R \cdot Q(t)$ | | | | |

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ D ΣΕ J-K | | | | |
|--------------------------------------------------|---|------|--------|---|
| J | K | Q(t) | Q(t+1) | D |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |



| ↖ | K·Q(t) | | | |
|-------------------------------------|--------|----|----|----|
| J | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | | 1 |
| $D = J \cdot Q'(t) + K' \cdot Q(t)$ | | | | |

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ D ΣΕ S-R | | | | |
|--------------------------------------------------|---|------|--------|---|
| S | R | Q(t) | Q(t+1) | D |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | X | X |
| 1 | 1 | 1 | X | X |

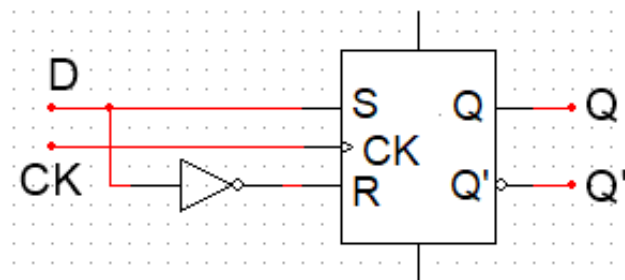
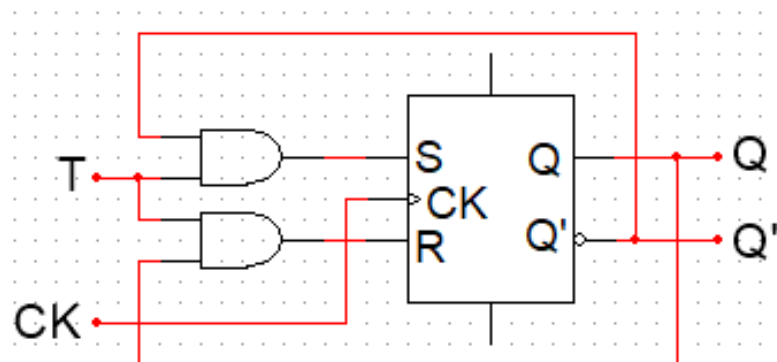
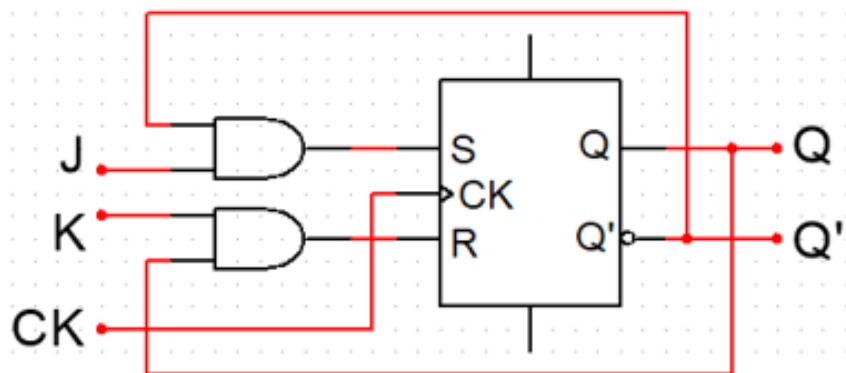


| ↖ | R·Q(t) | | | |
|-------------------------|--------|----|----|----|
| S | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | X | X |
| $D = S + R' \cdot Q(t)$ | | | | |

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ S-R ΣΕ J-K | | | | | |
|----------------------------------------------------|---|------|--------|---|---|
| J | K | Q(t) | Q(t+1) | S | R |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | X | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | X | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ S-R ΣΕ T | | | | |
|--------------------------------------------------|------|--------|---|---|
| T | Q(t) | Q(t+1) | S | R |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | X | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ S-R ΣΕ D | | | | |
|--------------------------------------------------|------|--------|---|---|
| D | Q(t) | Q(t+1) | S | R |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | X | 0 |



| | K·Q(t) | | | |
|-------------|--------|----|----|----|
| J | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | X | | |
| 1 | 1 | X | | 1 |
| S = J·Q'(t) | | | | |

| | K·Q(t) | | | |
|------------|--------|----|----|----|
| J | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | X | | 1 | X |
| 1 | | | 1 | |
| R = K·Q(t) | | | | |

| | Q(t) | |
|-------------|------|---|
| T | 0 | 1 |
| 0 | | X |
| 1 | 1 | |
| S = T·Q'(t) | | |

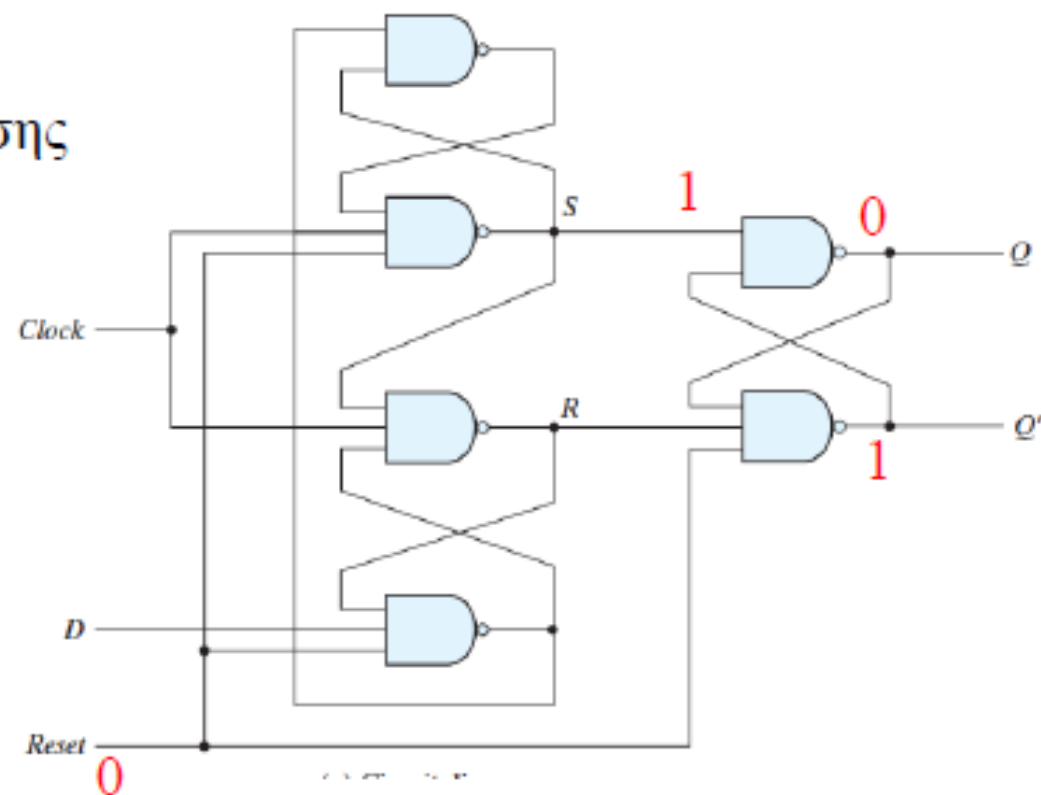
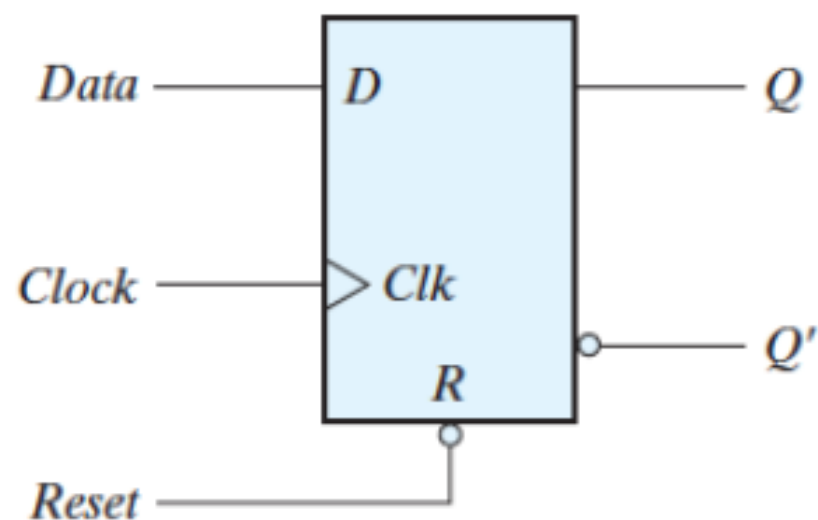
| | Q(t) | |
|------------|------|---|
| T | 0 | 1 |
| 0 | X | |
| 1 | | 1 |
| R = T·Q(t) | | |

| | Q(t) | |
|-------|------|---|
| D | 0 | 1 |
| 0 | | |
| 1 | 1 | X |
| S = D | | |

| | Q(t) | |
|--------|------|---|
| D | 0 | 1 |
| 0 | X | 1 |
| 1 | | |
| R = D' | | |

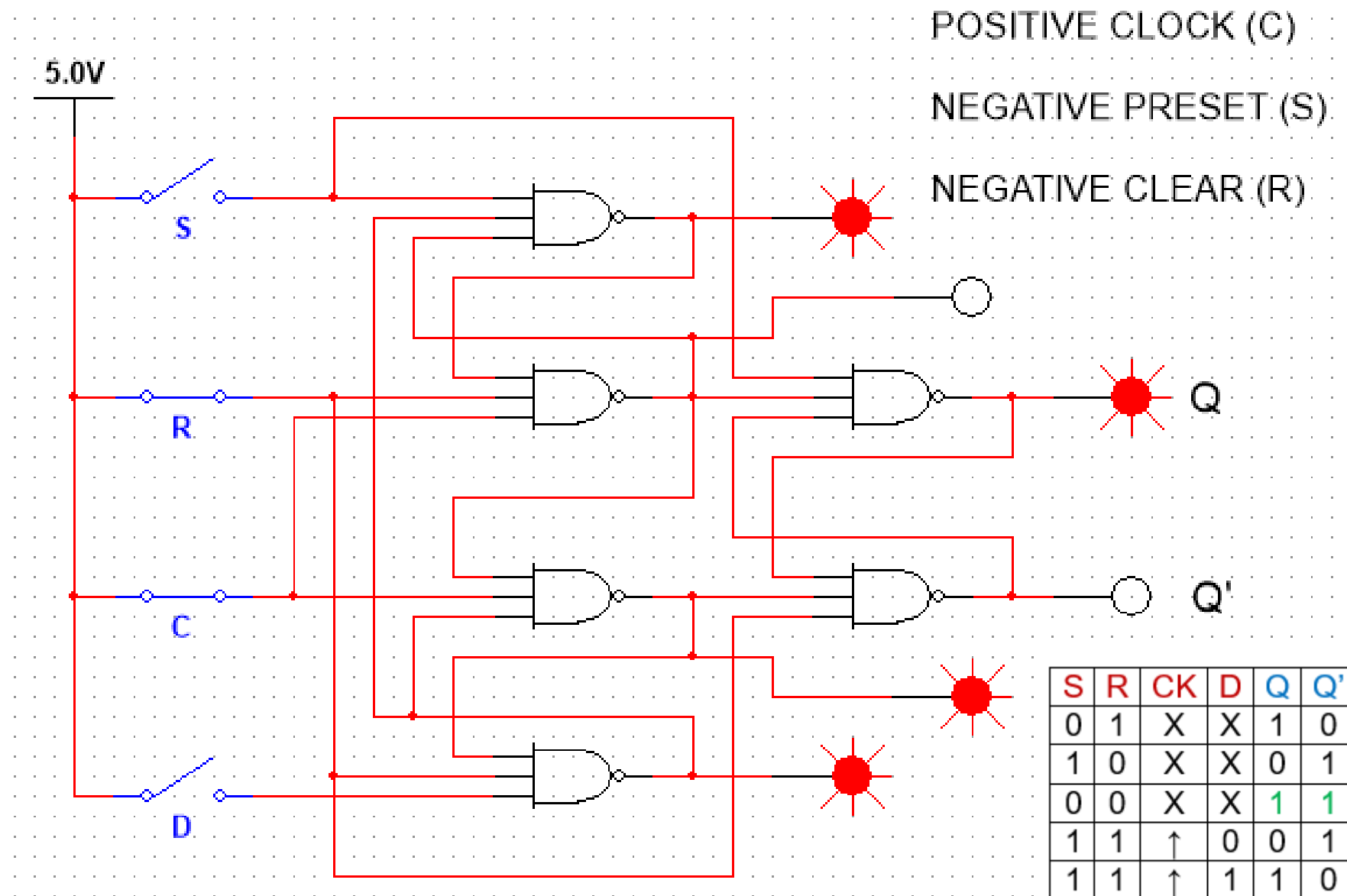
Ασύγχρονες είσοδοι

Παρέχουν δυνατότητα θέσης / μηδένισης
ανεξάρτητης του ρολογιού

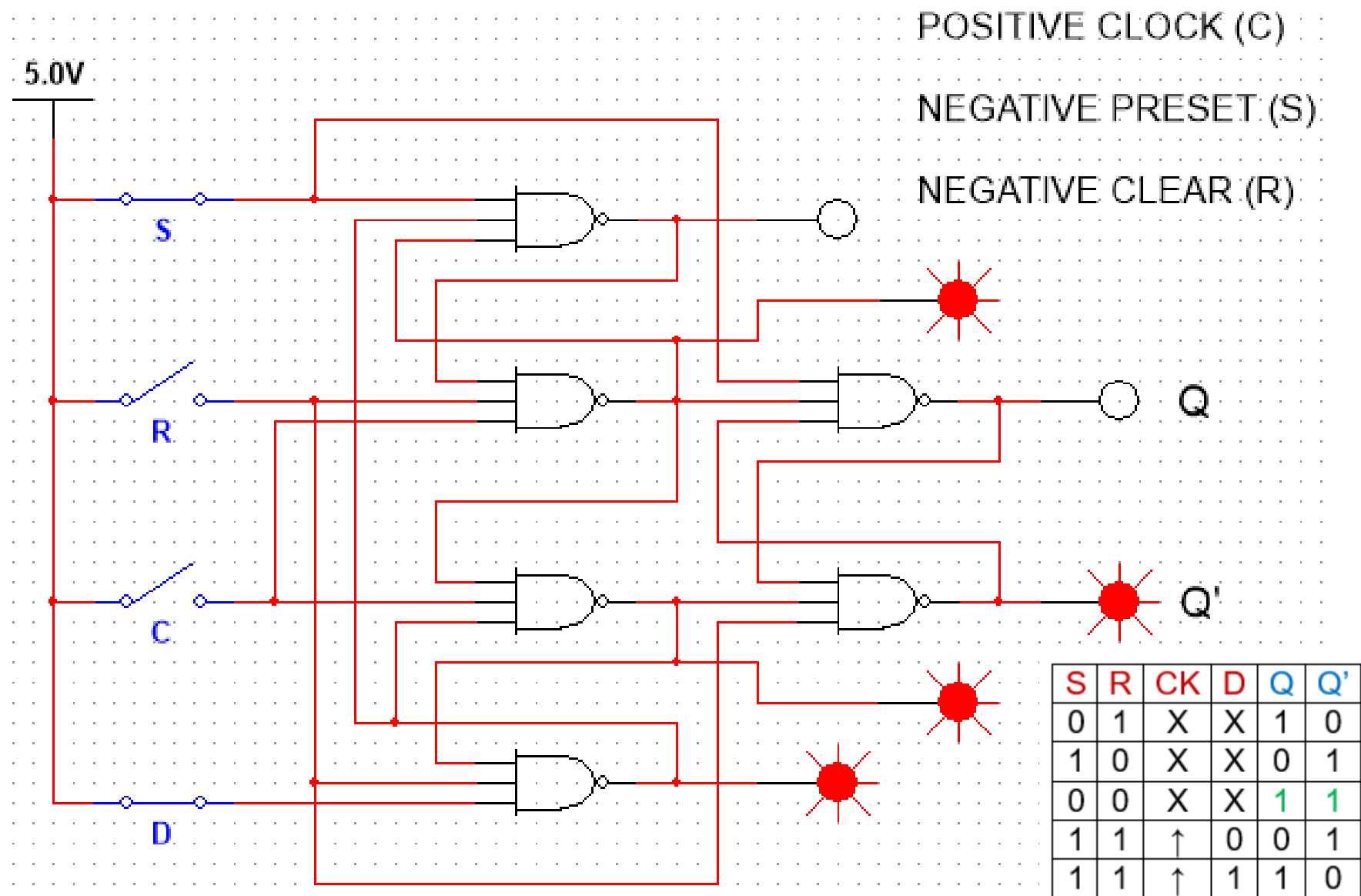


| <i>R</i> | <i>Clk</i> | <i>D</i> | <i>Q</i> | <i>Q'</i> |
|----------|------------|----------|----------|-----------|
| 0 | X | X | 0 | 1 |
| 0 | ↑ | 0 | 0 | 1 |
| 0 | ↑ | 1 | 1 | 0 |

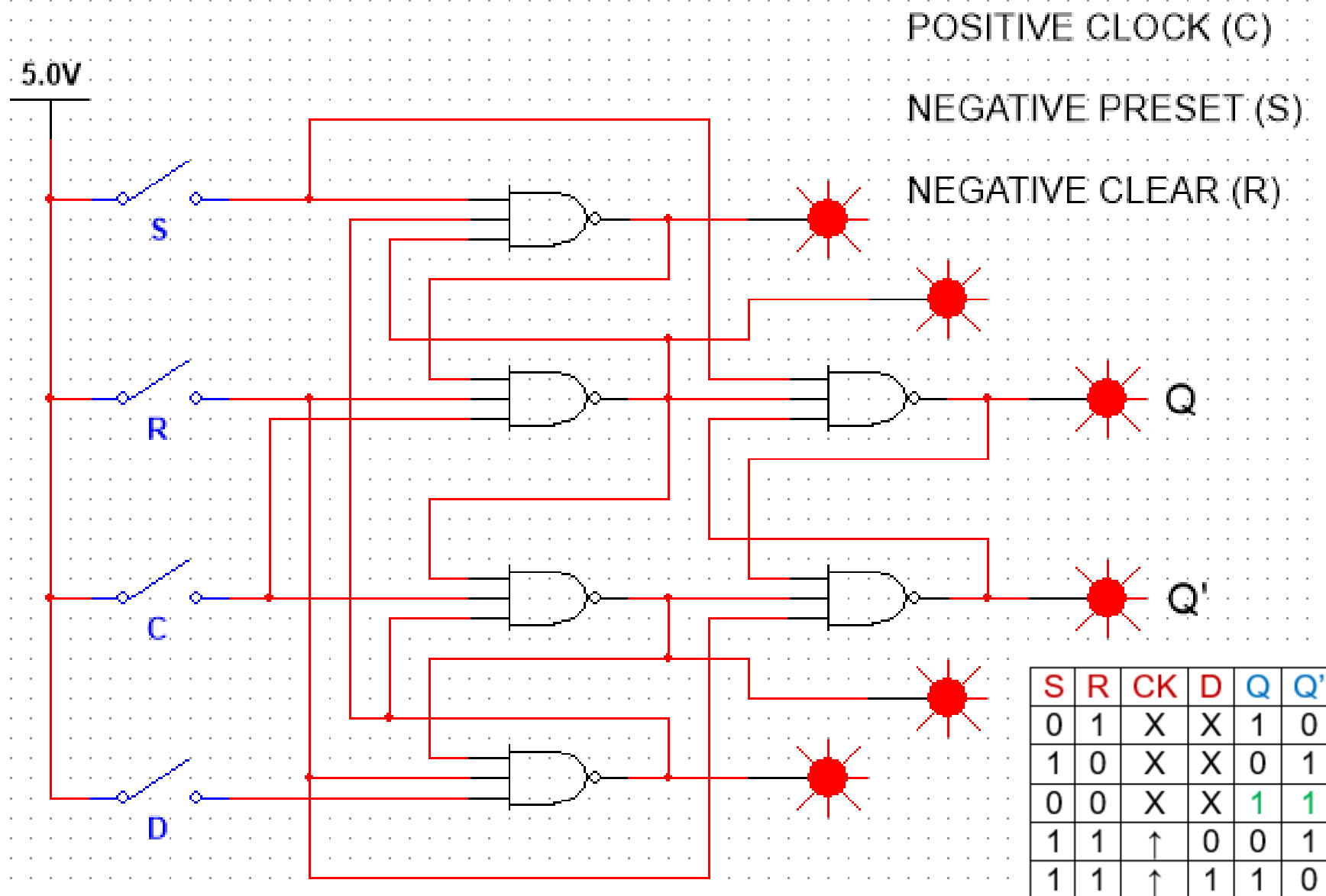
Ασύγχρονες είσοδοι



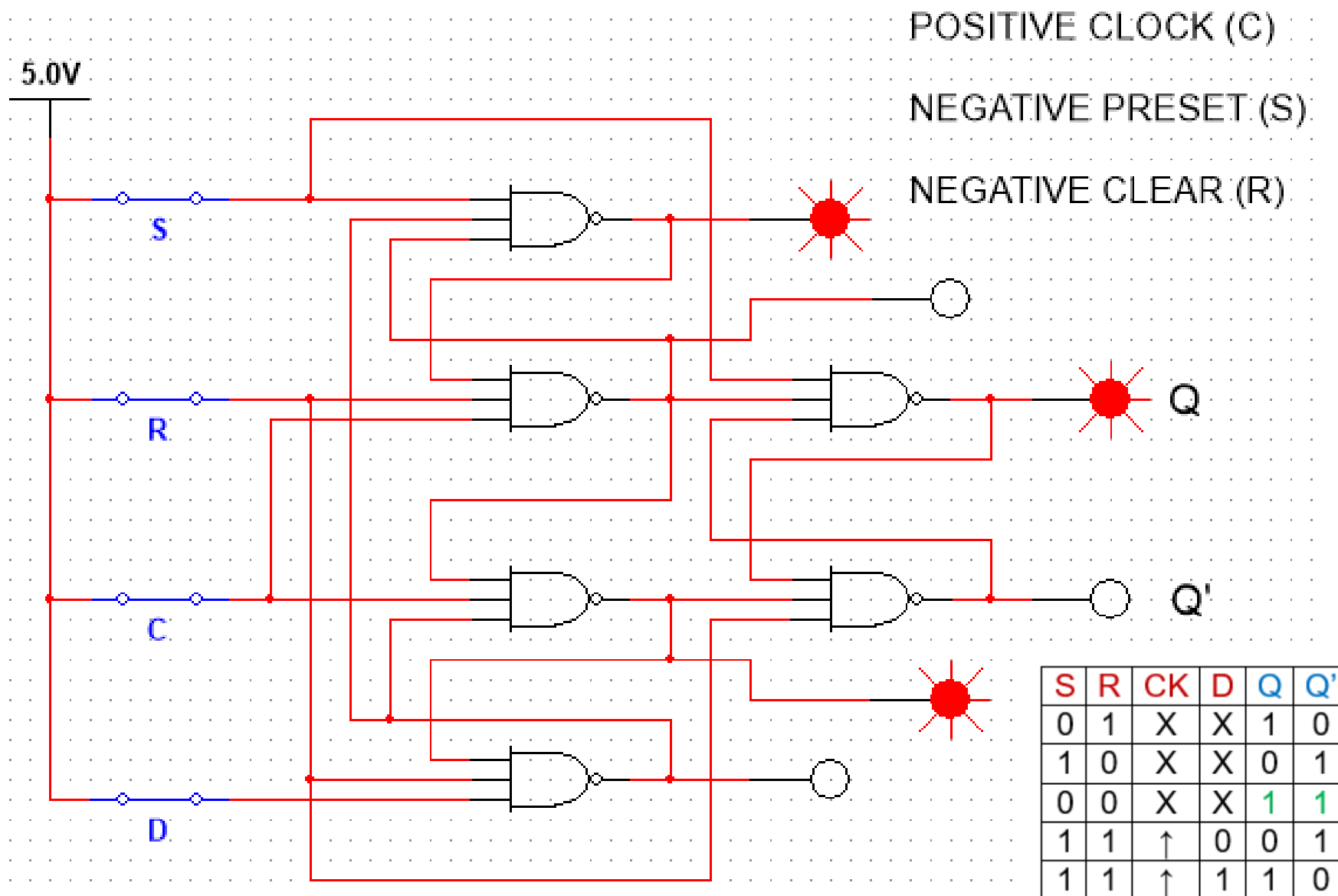
Ασύγχρονες είσοδοι



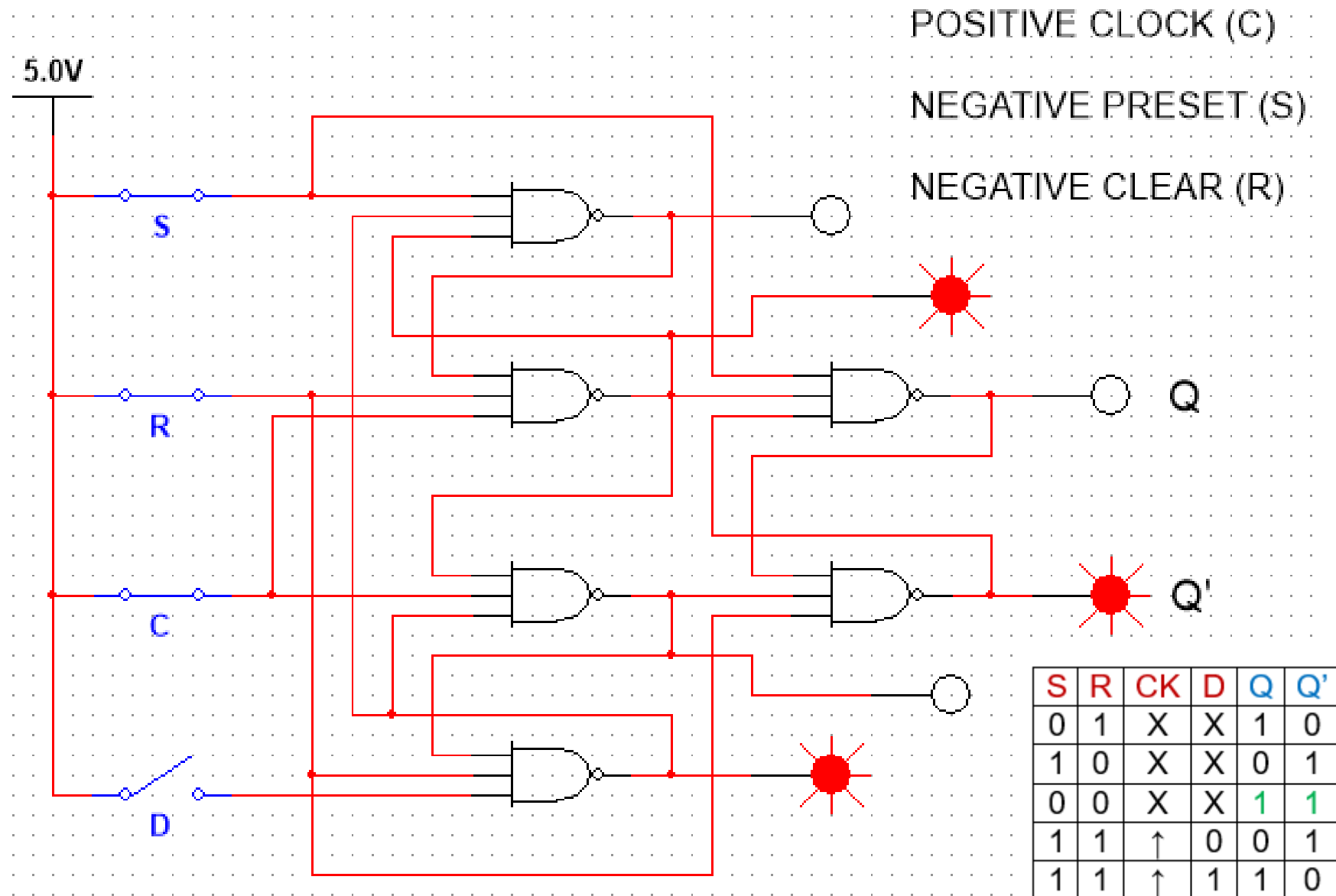
Ασύγχρονες είσοδοι



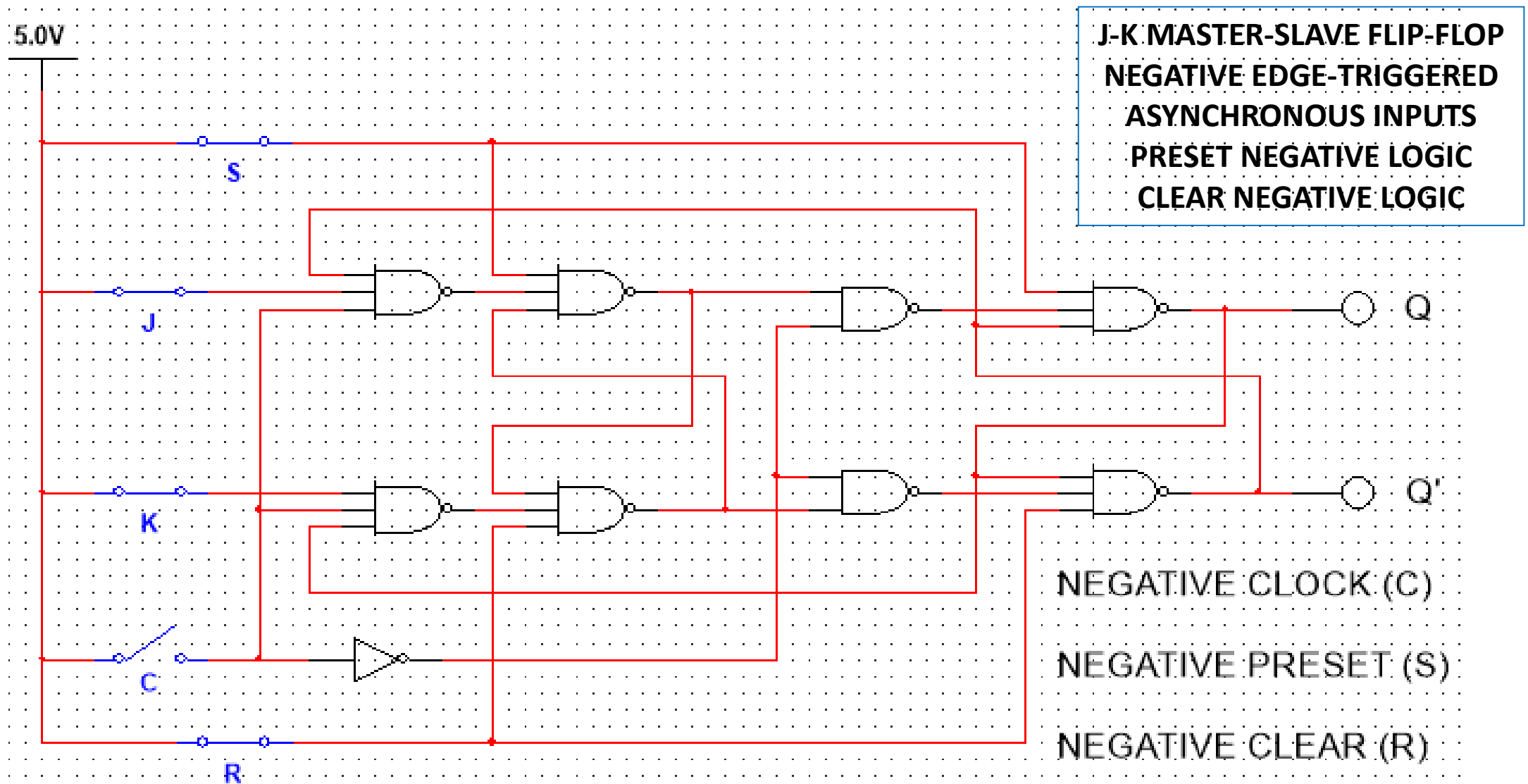
Ασύγχρονες είσοδοι



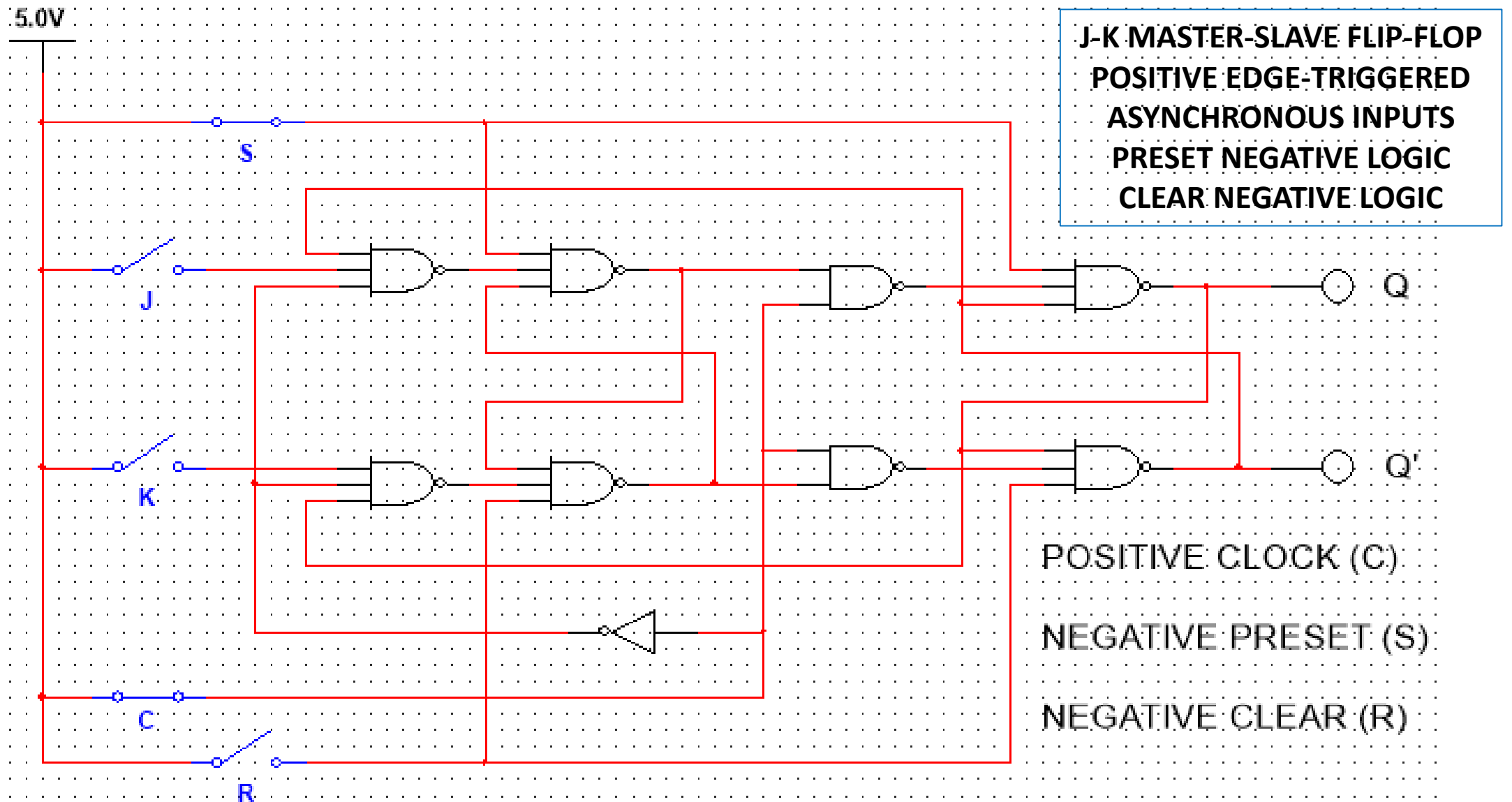
Ασύγχρονες είσοδοι



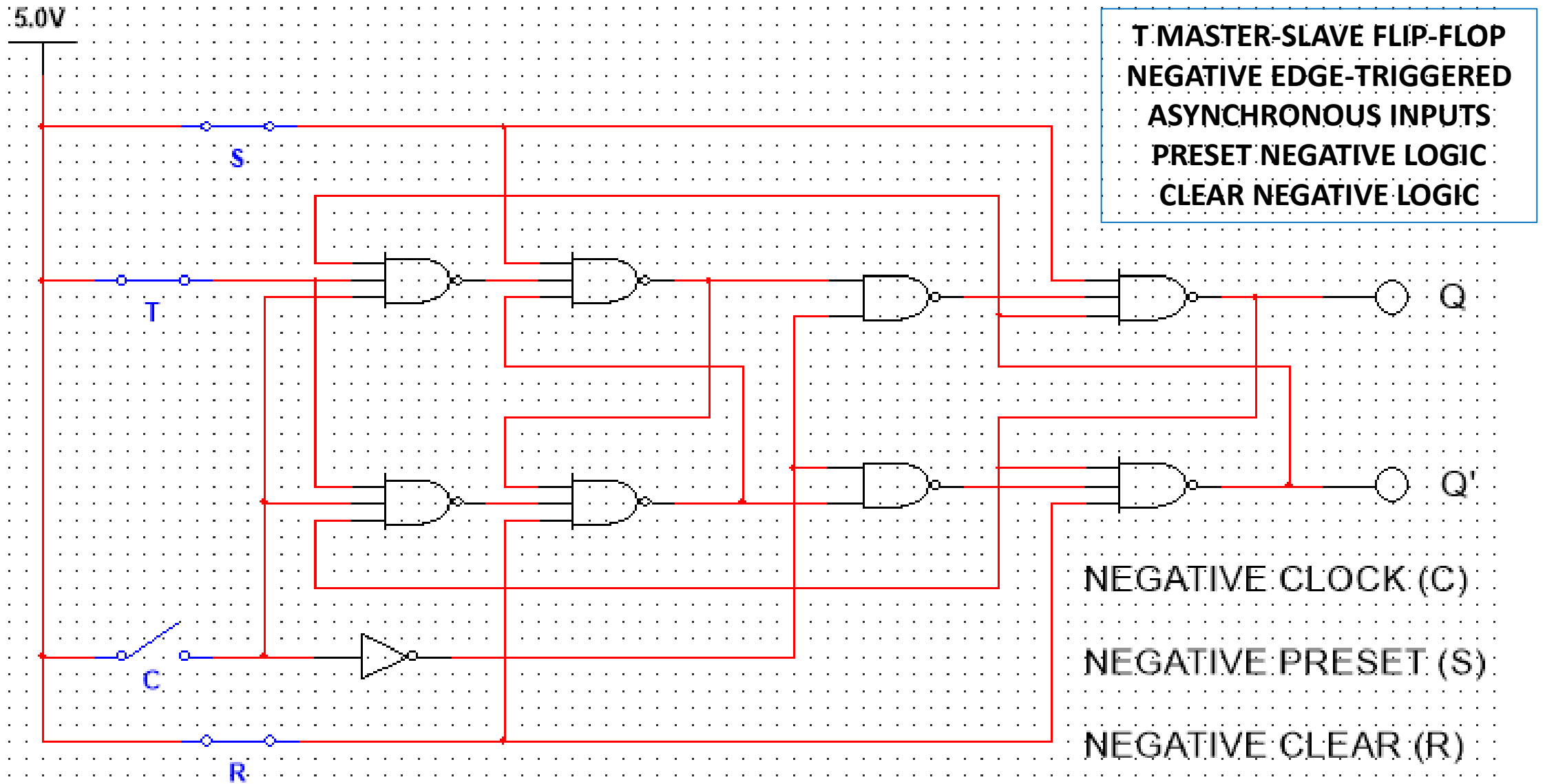
Ασύγχρονες είσοδοι



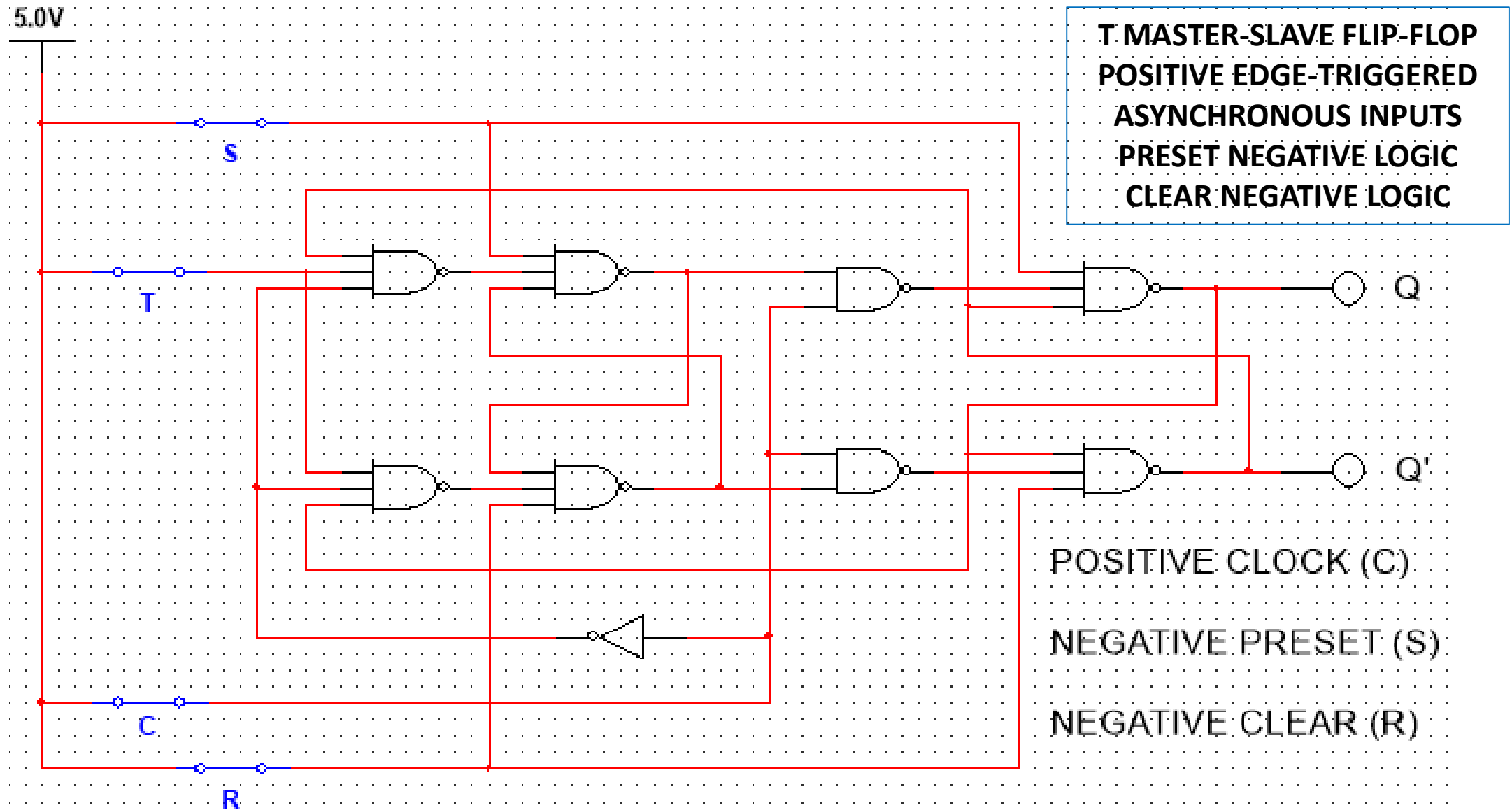
Ασύγχρονες είσοδοι



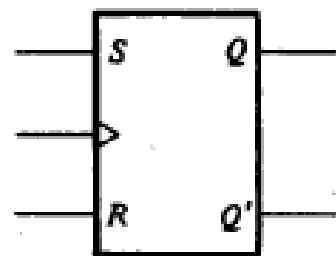
Ασύγχρονες είσοδοι



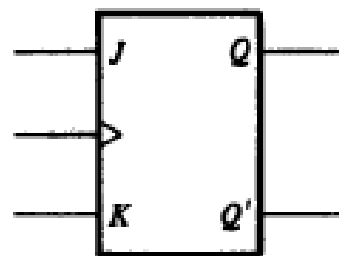
Ασύγχρονες είσοδοι



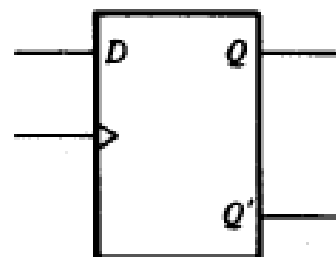
Γραφικά Σύμβολα Flip-Flops



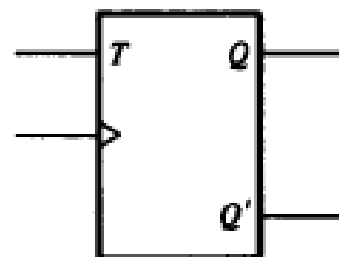
(α) RS



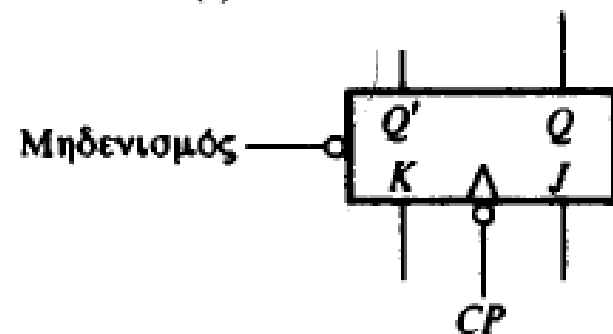
(β) JK



(γ) D



(δ) T



- Το τρίγωνο δείχνει λειτουργία στη θετική ακμή.
- Το τρίγωνο με ένα κύκλο δείχνει λειτουργία στην αρνητική ακμή.
- Παρέχονται και οι δύο συμπληρωματικές έξοδοι.
- Παρέχονται ασύγχρονες είσοδοι θέσης και μηδένισης.

Πίνακας λειτουργίας

| Είσοδοι | | | | Έξοδοι | |
|------------|-------|---|---|-------------|----|
| Μηδενισμού | Ρολοί | J | K | Q | Q' |
| 0 | X | X | X | 0 | 1 |
| 1 | ↓ | 0 | 0 | Αμετάβλητες | |
| 1 | ↓ | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | ↓ | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | ↓ | 1 | 1 | Αντιστροφή | |

MODE SELECT — TRUTH TABLE

| OPERATING MODE | INPUTS | | | OUTPUTS | |
|------------------|------------------|------------------|---|---------|----------------|
| | $\overline{S_D}$ | $\overline{C_D}$ | D | Q | \overline{Q} |
| Set | L | H | X | H | L |
| Reset (Clear) | H | L | X | L | H |
| *Undetermined | L | L | X | H | H |
| Load "1" (Set) | H | H | h | H | L |
| Load "0" (Reset) | H | H | l | L | H |

74LS74 DUAL D FLIP-FLOP

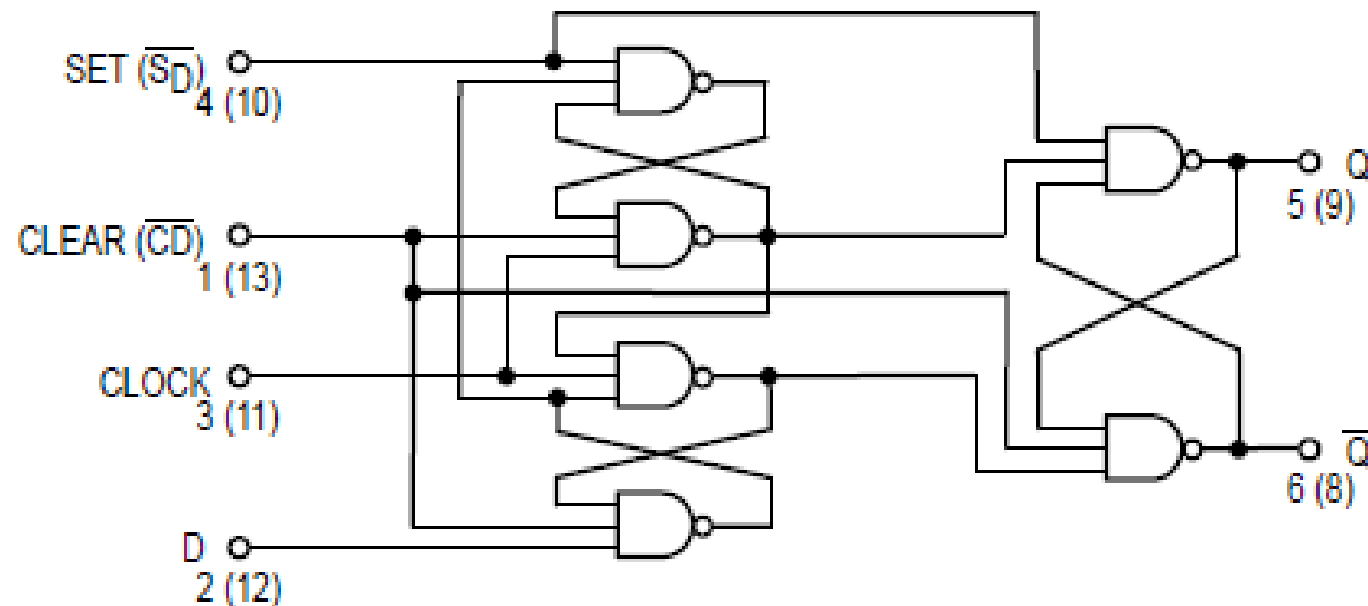
POSITIVE EDGE-TRIGGERED

ASYNCHRONOUS INPUTS

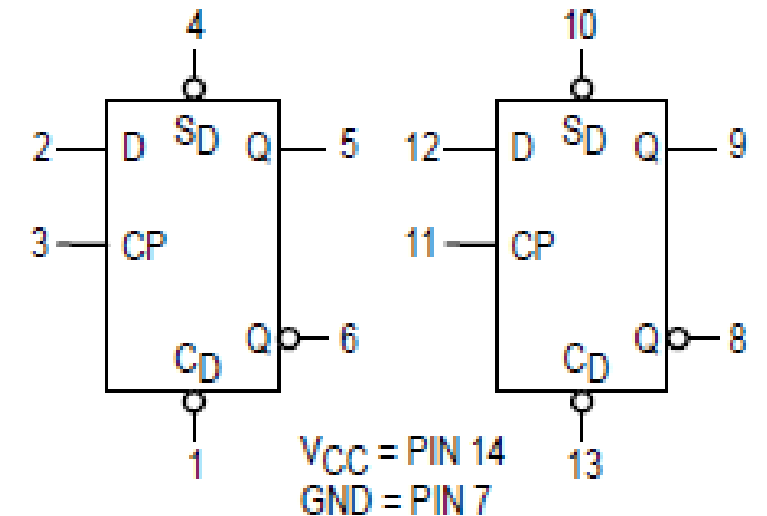
SET = PRESET = NEGATIVE LOGIC

RESET = CLEAR = NEGATIVE LOGIC

LOGIC DIAGRAM (Each Flip-Flop)



LOGIC SYMBOL



MODE SELECT – TRUTH TABLE

| OPERATING MODE | INPUTS | | | | OUTPUTS | |
|------------------|------------------|------------------|---|---|----------------|----------------|
| | \overline{S}_D | \overline{C}_D | J | K | Q | \overline{Q} |
| Set | L | H | X | X | H | L |
| Reset (Clear) | H | L | X | X | L | H |
| *Undetermined | L | L | X | X | H | H |
| Toggle | H | H | h | h | \overline{q} | q |
| Load "0" (Reset) | H | H | l | h | L | H |
| Load "1" (Set) | H | H | h | l | H | L |
| Hold | H | H | l | l | q | \overline{q} |

74LS76 DUAL J-K FLIP-FLOP

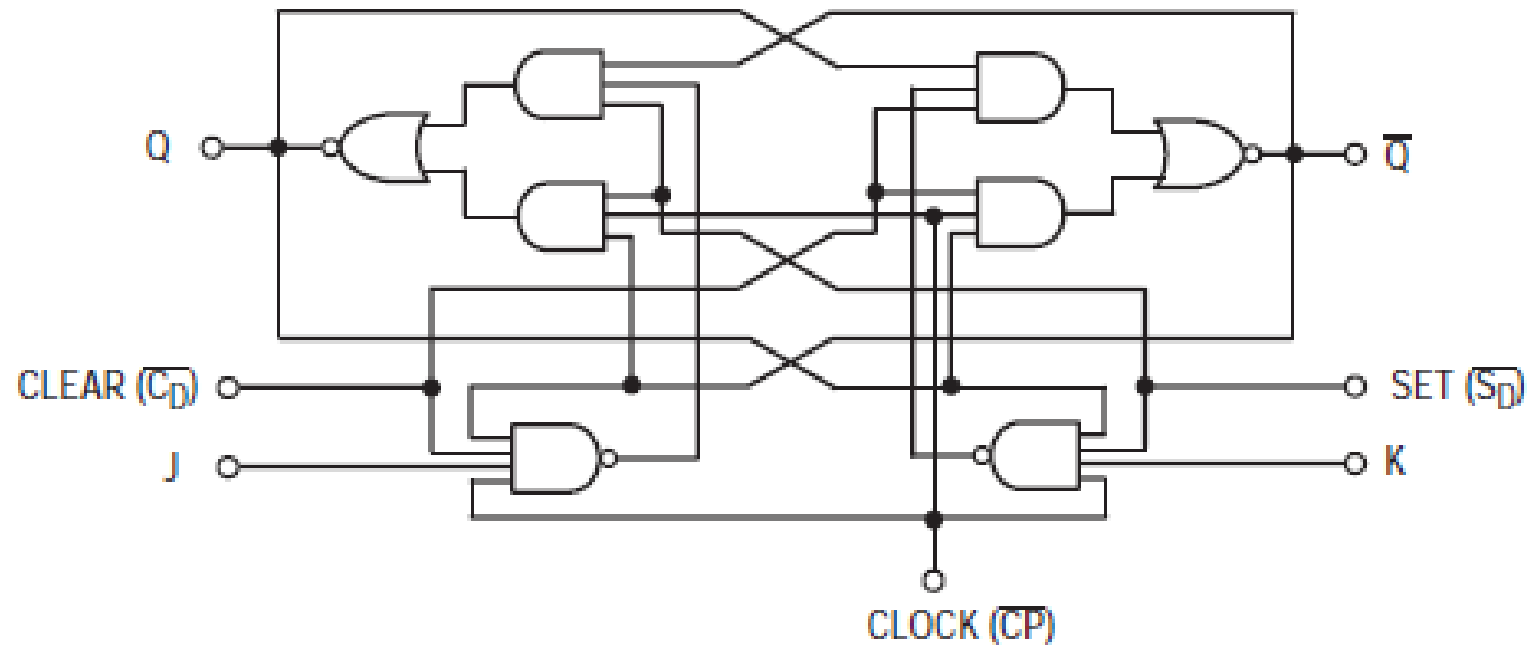
NEGATIVE EDGE-TRIGGERED

ASYNCHRONOUS INPUTS

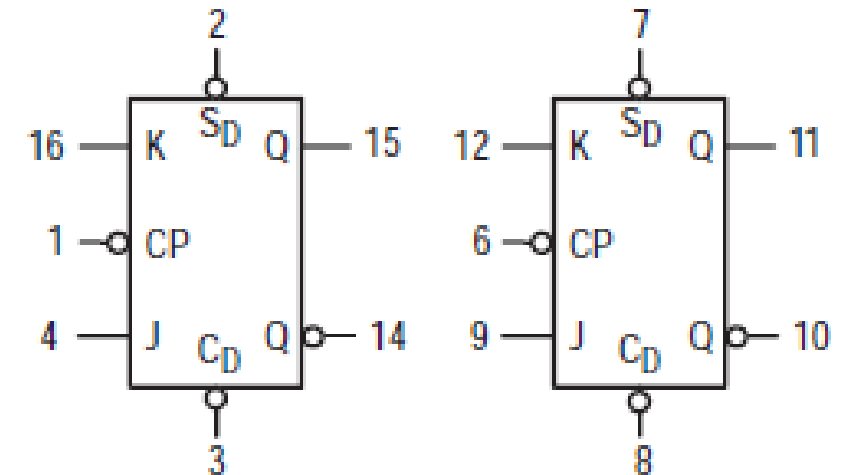
SET = PRESET = NEGATIVE LOGIC

RESET = CLEAR = NEGATIVE LOGIC

LOGIC DIAGRAM



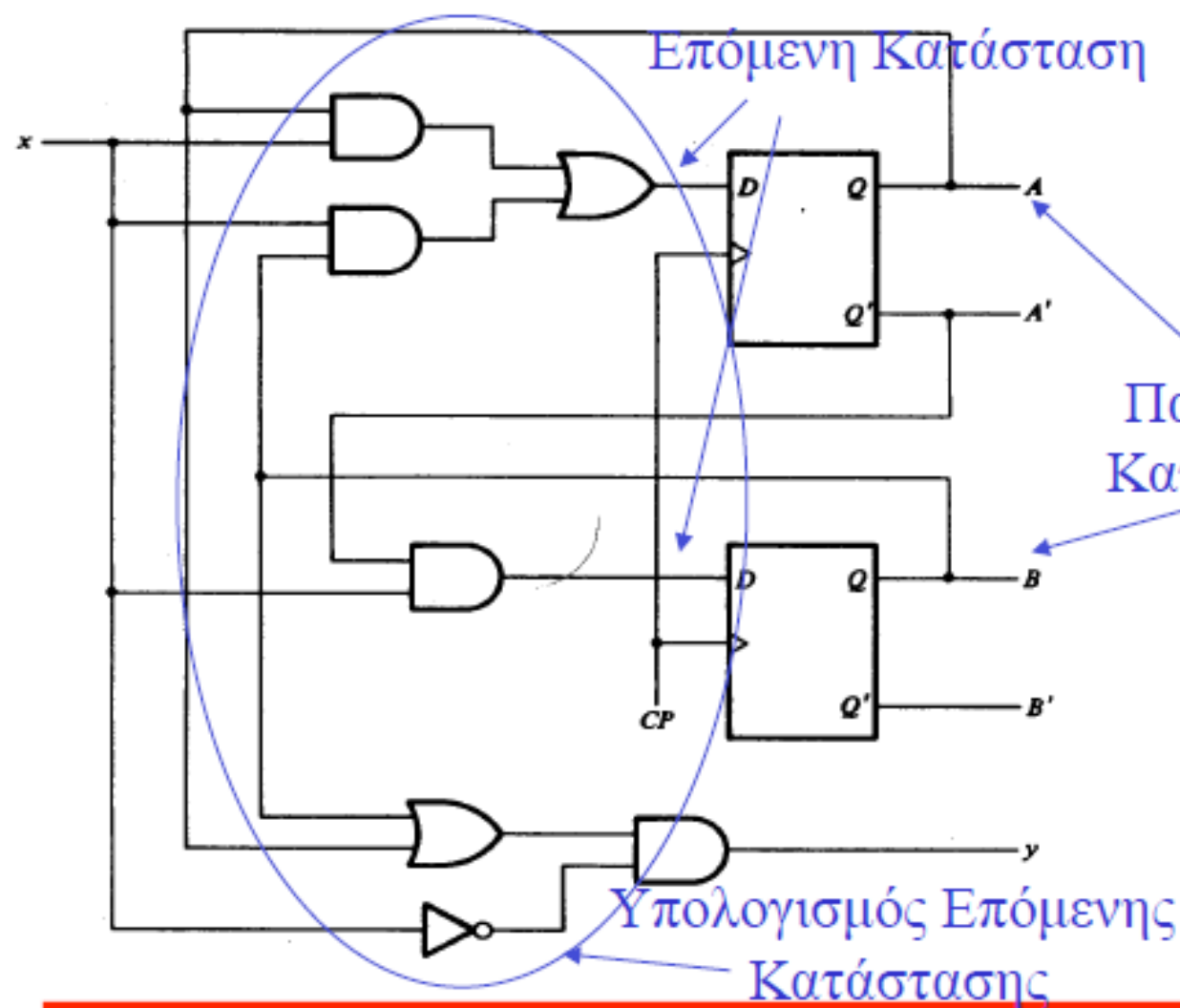
LOGIC SYMBOL



V_{CC} = PIN 5
GND = PIN 13

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Η ανάλυση των ακολουθιακών κυκλωμάτων έγκειται στην εύρεση ενός πίνακα ή διαγράμματος για τη χρονική ακολουθία εισόδων, εξόδων και εσωτερικών καταστάσεων.



Εξισώσεις κατάστασης

$$A(t+1) = A(t)x(t) + B(t)x(t)$$

$$B(t+1) = A'(t)x(t)$$

$$A(t+1) = Ax + Bx$$

$$B(t+1) = A'x$$

$$y(t) = (A+B)x'$$

Πίνακας Καταστάσεων

$$A(t+1)=Ax+Bx$$

$$B(t+1)=A'x$$

$$y(t)=(A+B)x'$$

Η μετάβαση καταστάσεων
προϋποθέτει την έλευση ακμών
ρολογιού οι οποίες όμως δεν
συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα

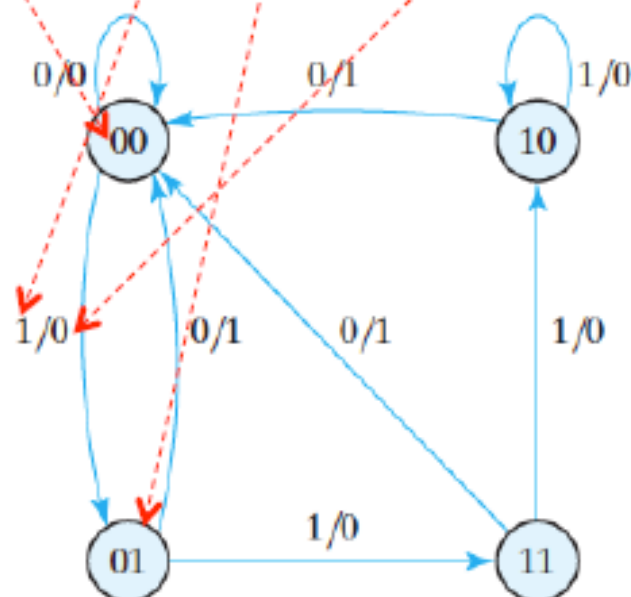
| Present State | | | Input | Next State | | Output |
|---------------|---|---|-------|------------|---|--------|
| A | B | | x | A | B | y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Αντιμετωπίζεται όπως το
αριστερό μέρος των
πινάκων αλήθειας

Πίνακας Καταστάσεων

| Present State | | Next State | | | | Output | |
|---------------|---|------------|---|---------|---|---------|---------|
| | | $x = 0$ | | $x = 1$ | | $x = 0$ | $x = 1$ |
| A | B | A | B | A | B | y | y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Εναλλακτική μορφή του
Πίνακα Καταστάσεων



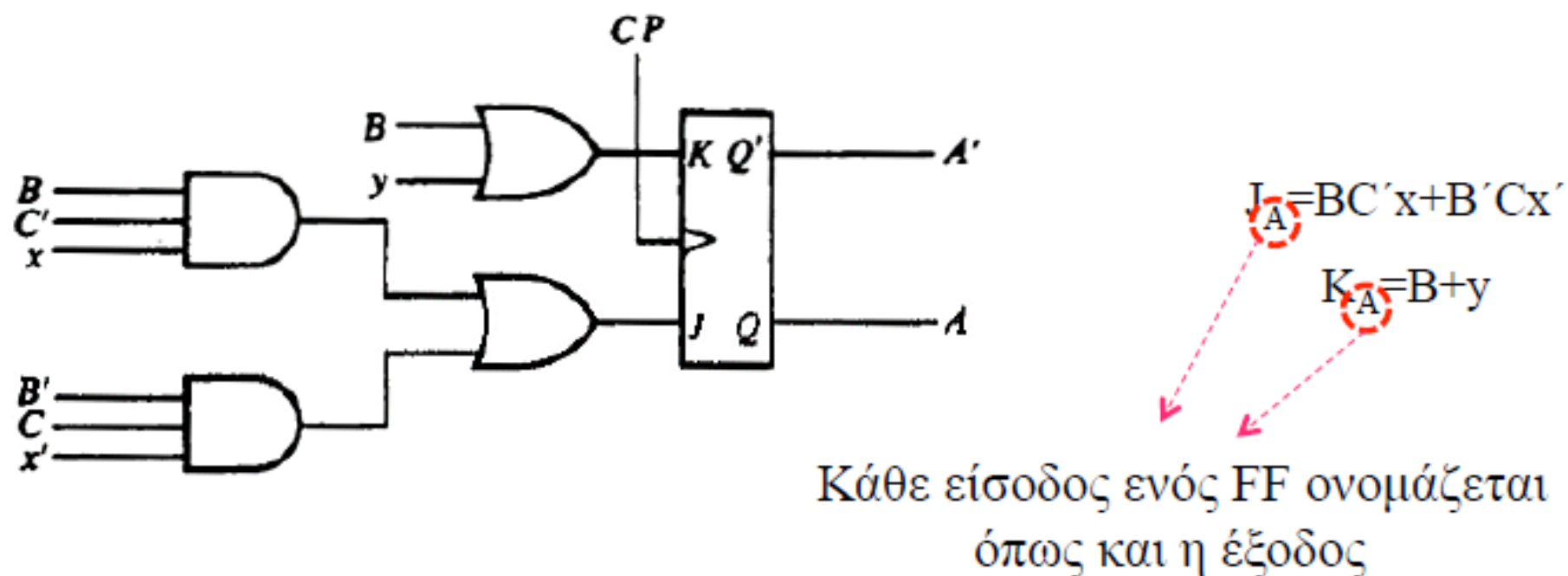
Οι πληροφορίες που περιέχονται
στον πίνακα καταστάσεων μπορούν να
παρασταθούν σχηματικά με το
διάγραμμα καταστάσεων.



Χρήση σε HDLs

Συναρτήσεις εισόδου των Flip Flops

Ένα ακολουθιακό κύκλωμα μπορεί να περιγραφτεί από τις συναρτήσεις εξόδου καθώς και τις συναρτήσεις εισόδων των flip flops.



Με τον ίδιο τρόπο προσπαθούμε να σχεδιάσουμε ένα ακολουθιακό κύκλωμα

Ανάλυση Ακολουθιακού Κυκλώματος

Ανάλυση ακολουθιακού κυκλώματος:

1. Υπολογισμός των δυαδικών τιμών κάθε συνάρτησης εισόδου flip flop με την παρούσα κατάσταση και τις μεταβλητές εισόδου.
2. Χρήση του χαρακτηριστικού πίνακα για καθορισμό της επόμενης κατάστασης.

Κύκλωμα με D flip flop

ΕΙΣΟΔΟΣ

x

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ:

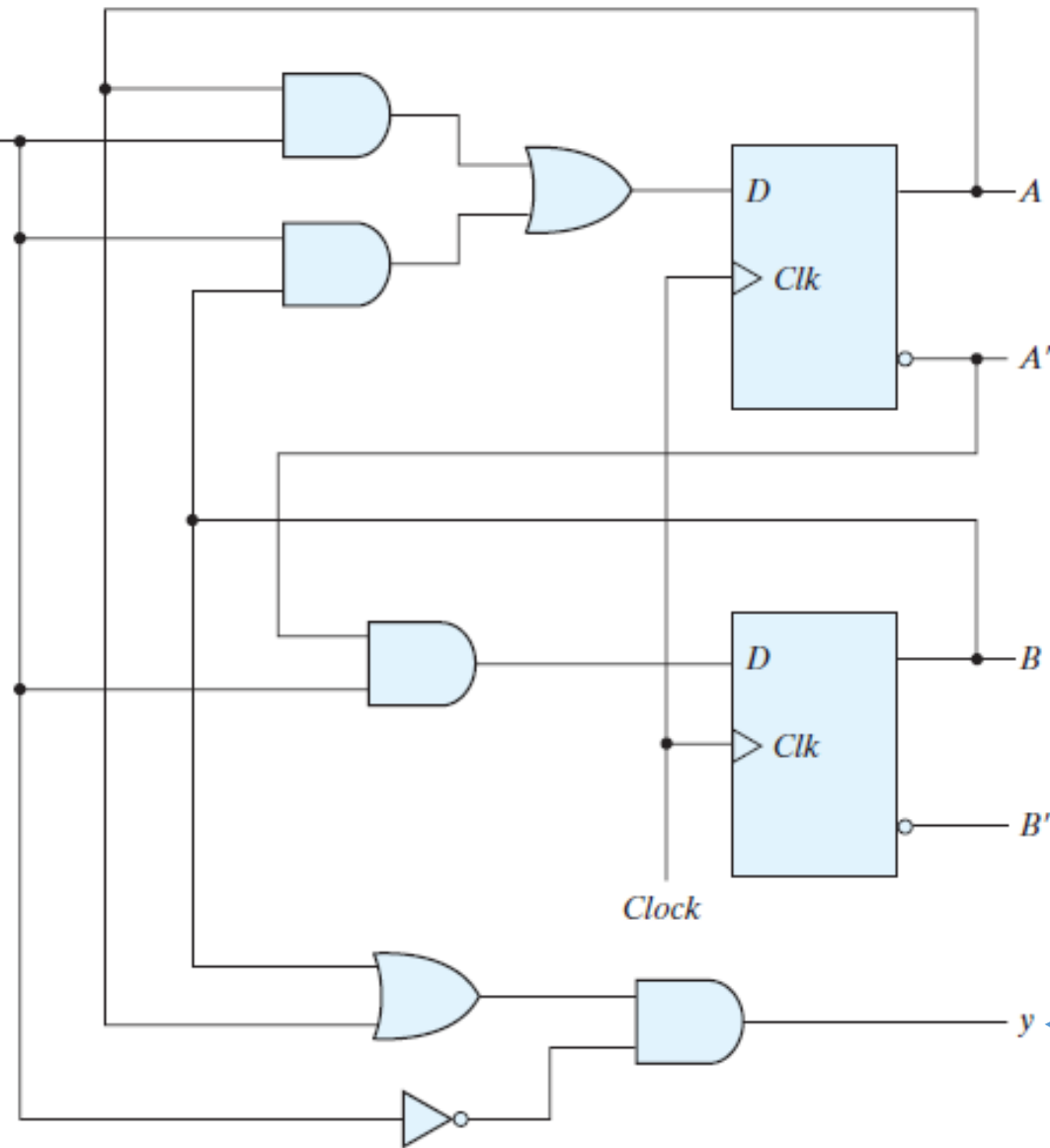
$$D_A = A(t) \cdot X(t) + B(t) \cdot X(t) \\ \text{ή } D_A = A \cdot X + B \cdot X$$

$$D_B = A'(t) \cdot X(t) \\ \text{ή } D_B = A' \cdot X$$

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

$$A(t+1) = A(t) \cdot X(t) + B(t) \cdot X(t) \\ \text{ή } A(t+1) = A \cdot X + B \cdot X$$

$$B(t+1) = A'(t) \cdot X(t) \\ \text{ή } B(t+1) = A' \cdot X$$



| D | Q(t) | Q(t+1) |
|---|------|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ D

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ D FLIP-FLOP:
 $Q(t+1) = D$

ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΞΟΔΟΥ:

$$Y(t) = \{A(t) + B(t)\} \cdot X'(t) \\ \text{ή } Y = (A + B) \cdot X' = A \cdot X' + B \cdot X'$$

ΕΞΟΔΟΣ

y

Κύκλωμα με D flip flop

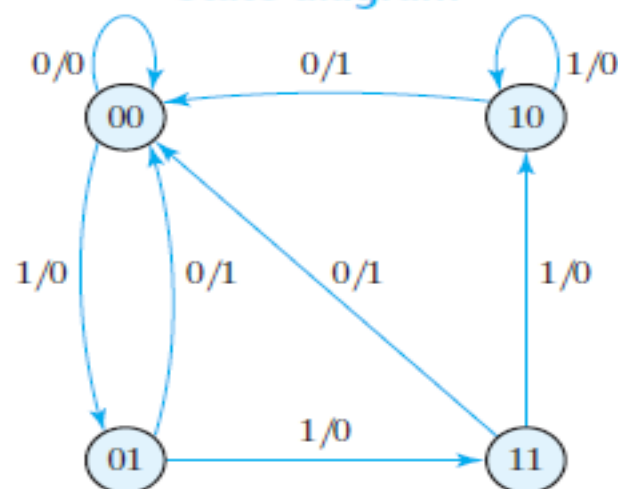
State Table

| Present State | | Input x | Next State | | Output y |
|---------------|-----|--------------|------------|-----|---------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

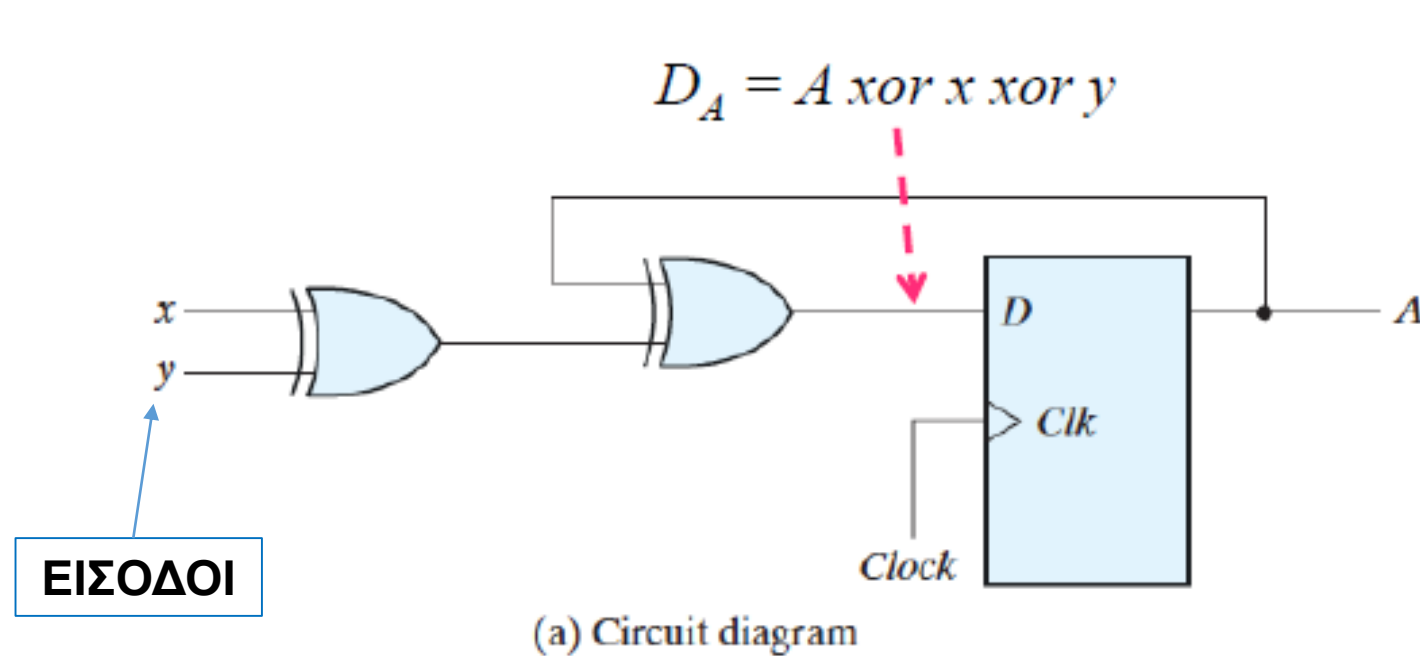
Second Form of the State Table

| Present State | | Next State | | | | Output | |
|---------------|-----|------------|-----|---------|-----|---------|---------|
| | | $x = 0$ | | $x = 1$ | | $x = 0$ | $x = 1$ |
| A | B | A | B | A | B | y | y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

State diagram

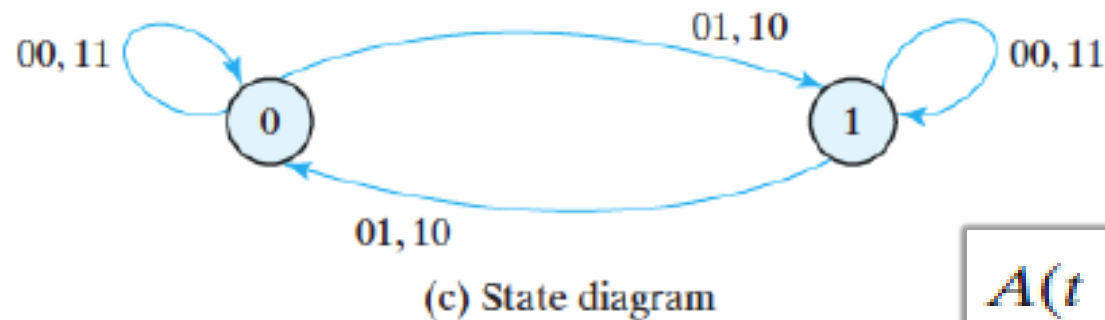


Κύκλωμα με D flip flop



| Present state | Inputs | | Next state |
|---------------|--------|---|------------|
| A | x | y | A |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

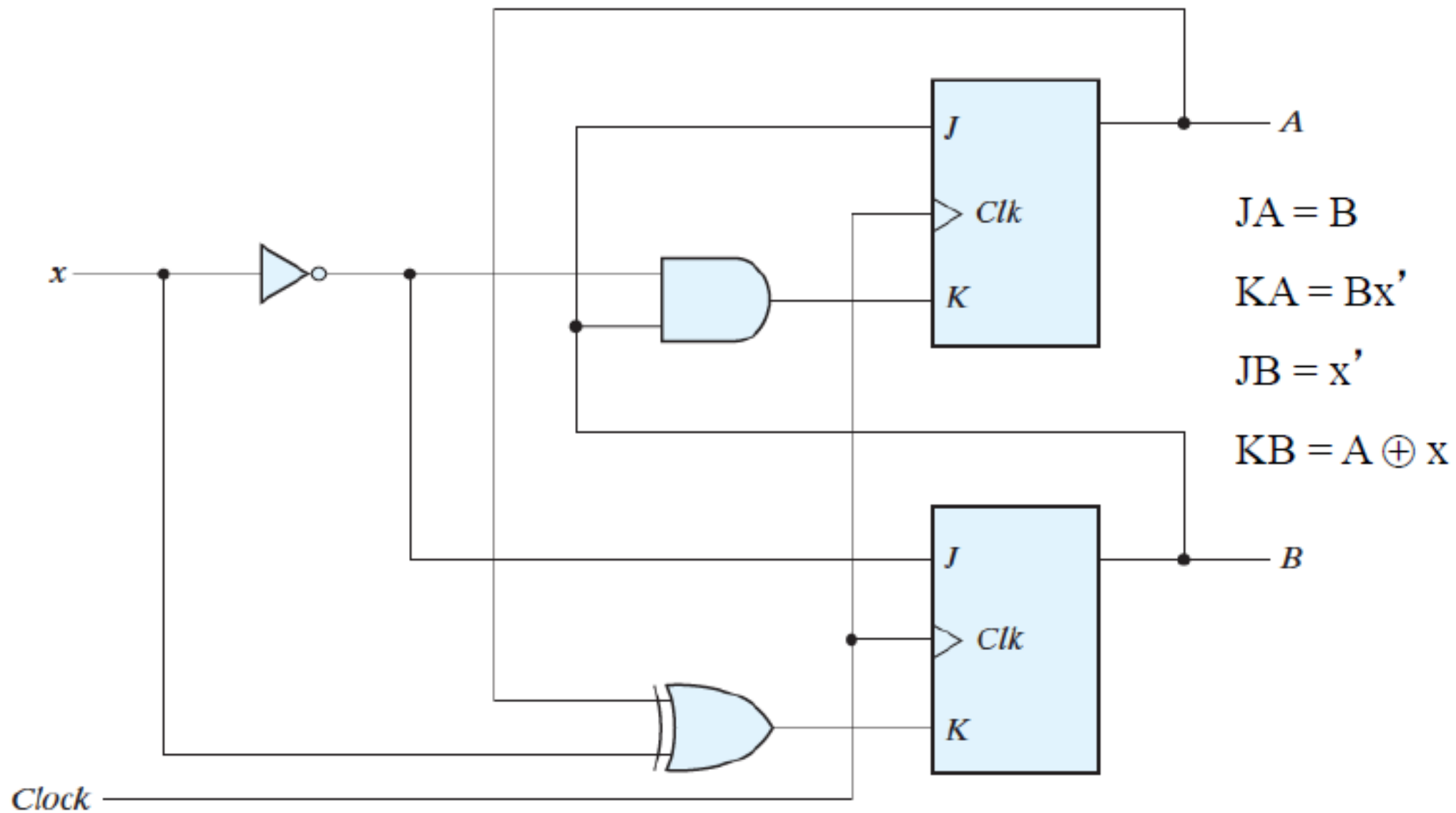
(b) State table



Η επόμενη κατάσταση ταυτίζεται με την είσοδο D_A

$$A(t + 1) = A \oplus x \oplus y$$

Ακολουθιακό κύκλωμα με JK FFs



Ακολουθιακό κύκλωμα με JK FFs

State Table

| Present State | | Input | Next State | | Flip-Flop Inputs | | | |
|---------------|---|-------|------------|---|------------------|----------------|----------------|----------------|
| A | B | | A | B | J _A | K _A | J _B | K _B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ J-K | | |
|---------------------------------|---|----------------|
| J | K | Q(t+1) |
| 0 | 0 | Q(t) → HOLD |
| 0 | 1 | 0 → RESET |
| 1 | 0 | 1 → SET |
| 1 | 1 | Q'(t) → TOGGLE |

$$J_A = B \quad K_A = Bx'$$

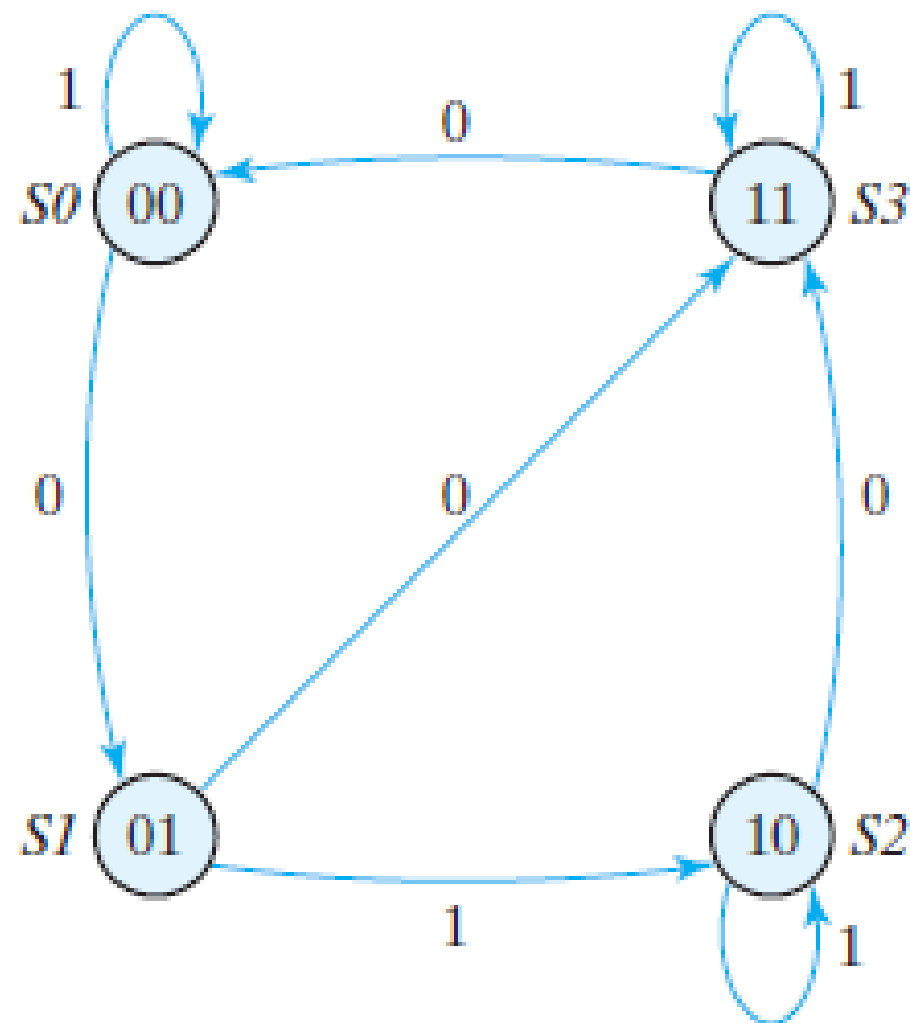
$$J_B = x' \quad K_B = A'x + Ax' = A \oplus x$$

$$A(t+1) = JA' + K'A \rightarrow A(t+1) = BA' + (Bx')'A = A'B + AB' + Ax$$

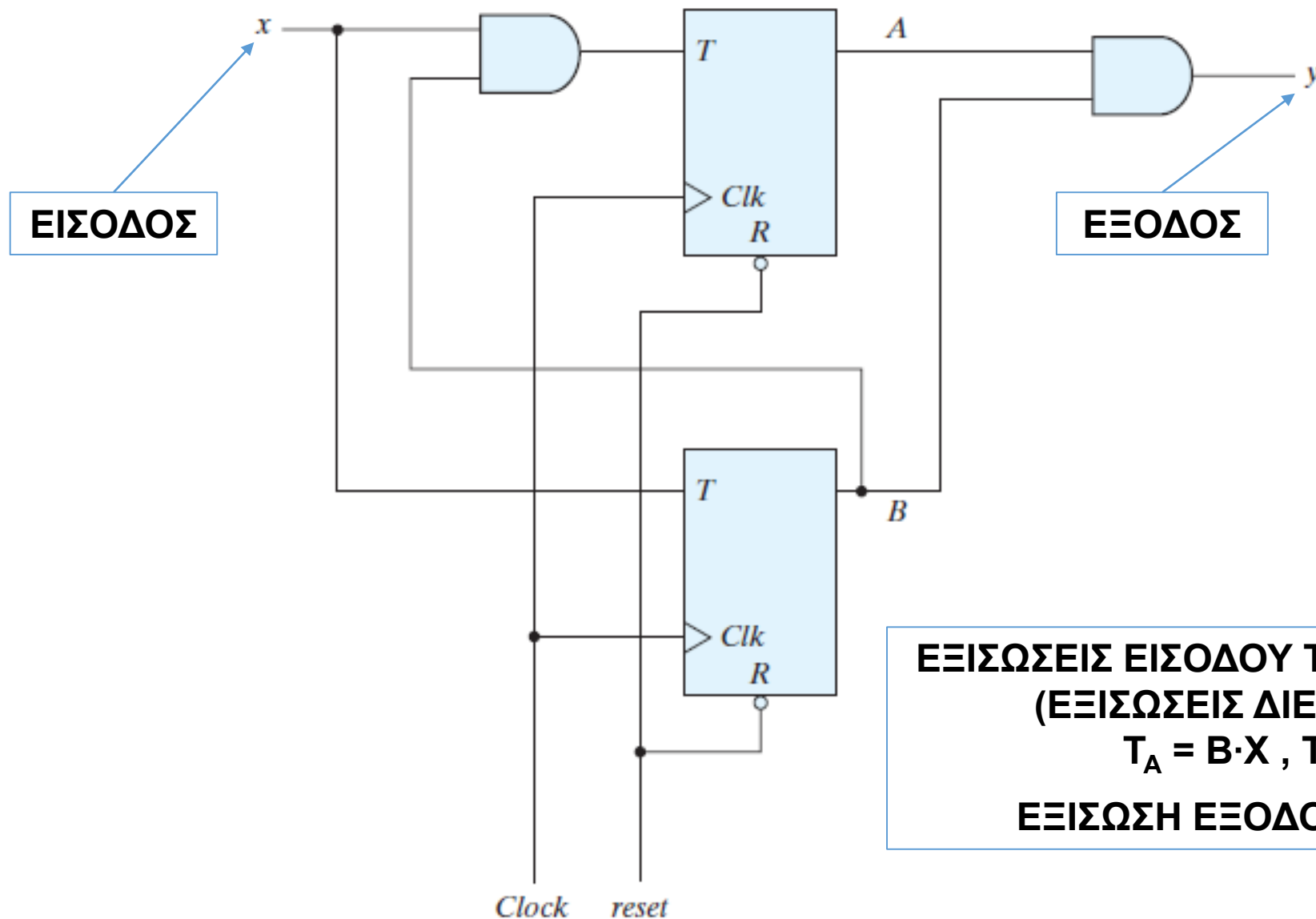
$$B(t+1) = JB' + K'B \rightarrow B(t+1) = x'B' + (A \oplus x)'B = B'x' + ABx + A'Bx'$$

Ακολουθιακό κύκλωμα με JK FFs

State diagram



Ακολουθιακό κύκλωμα με T FFs



Ακολουθιακό κύκλωμα με T FFs



| ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | | ΕΙΣΟΔΟΣ | ΕΙΣΟΔΟΙ FLIP-FLOPS | | ΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | | ΕΞΟΔΟΣ |
|-------------------|------|---------|--------------------|----------------|-------------------|--------|--------|
| A(t) | B(t) | X | T _A | T _B | A(t+1) | B(t+1) | Y |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |



Οι στήλες A(t+1) και B(t+1) της επόμενης κατάστασης συμπληρώνονται με τη βοήθεια του **χαρακτηριστικού πίνακα** του T Flip-Flop.

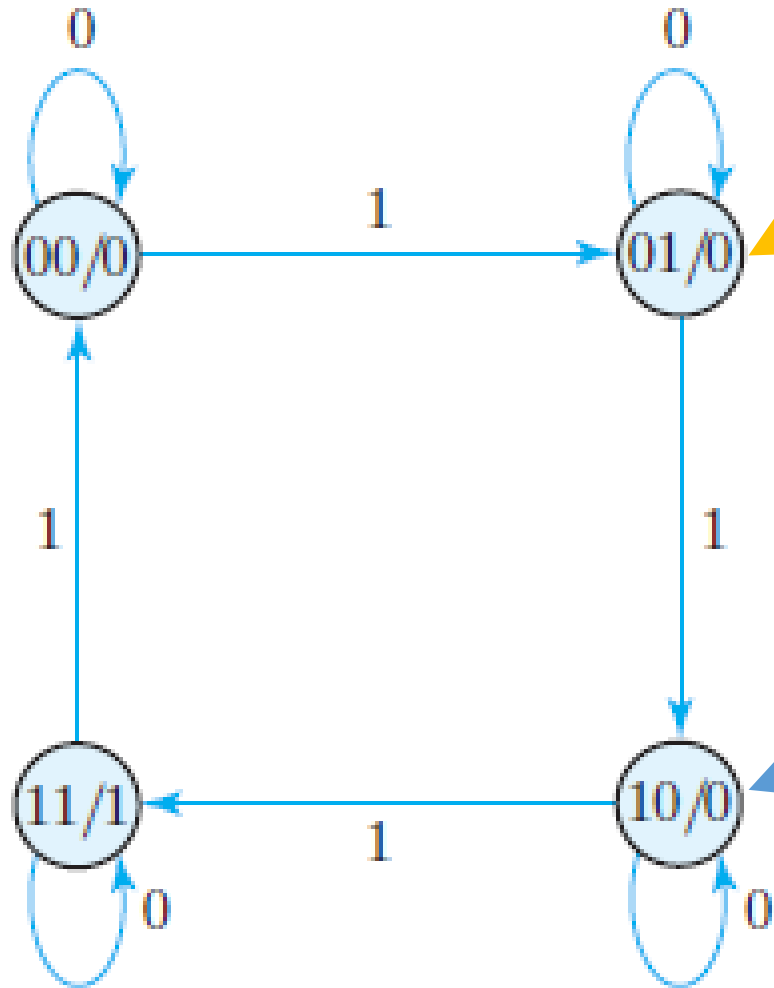
Επίσης μπορούν να συμπληρωθούν και από τις **εξισώσεις επόμενης κατάστασης** οι οποίες προκύπτουν από τη χαρακτηριστική εξίσωση και τις εξισώσεις διέγερσης των T Flip-Flops όπως φαίνεται παρακάτω:

$$Q(t + 1) = T \oplus Q = T'Q + TQ', T_A = Bx, T_B = x$$

$$A(t + 1) = (Bx)'A + (Bx)A' = AB' + Ax' + A'Bx$$

$$B(t + 1) = x \oplus B$$

Ακολουθιακό κύκλωμα με T FFs



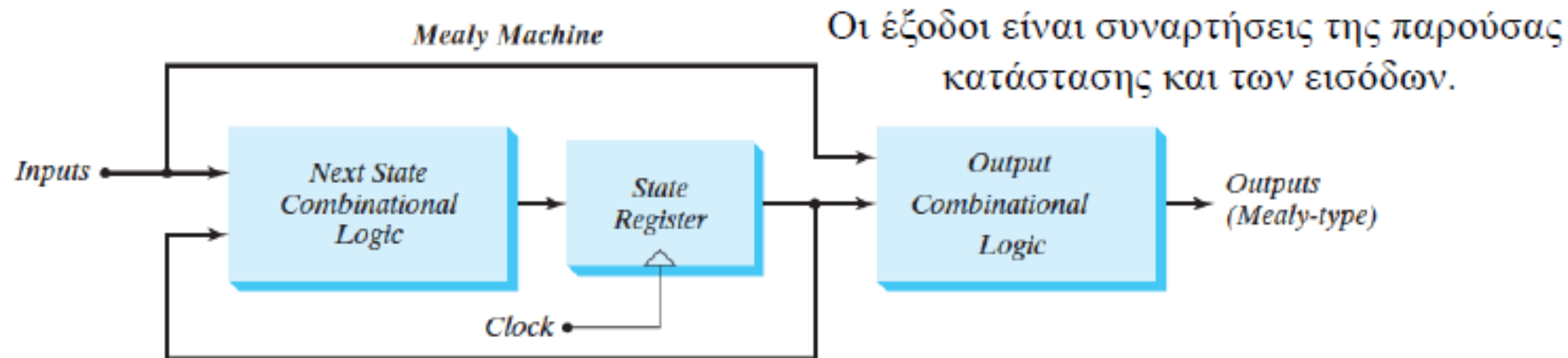
State diagram

PRESENT STATE / OUTPUT

ΕΠΕΙΔΗ Η ΕΞΟΔΟΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΜΟΝΟ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ
ΟΧΙ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ
ΤΗ ΔΗΛΩΝΟΥΜΕ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΗΝ
ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

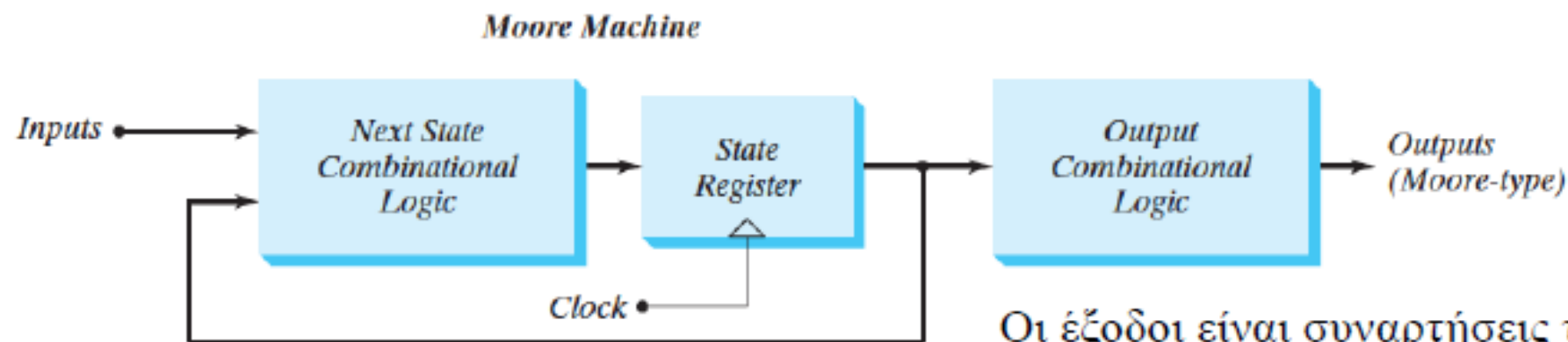
BINARY COUNTER: 00→01→10→11→00

Μοντέλα Mealy και Moore



Οι έξοδοι είναι συναρτήσεις της παρούσας κατάστασης και των εισόδων.

(a)

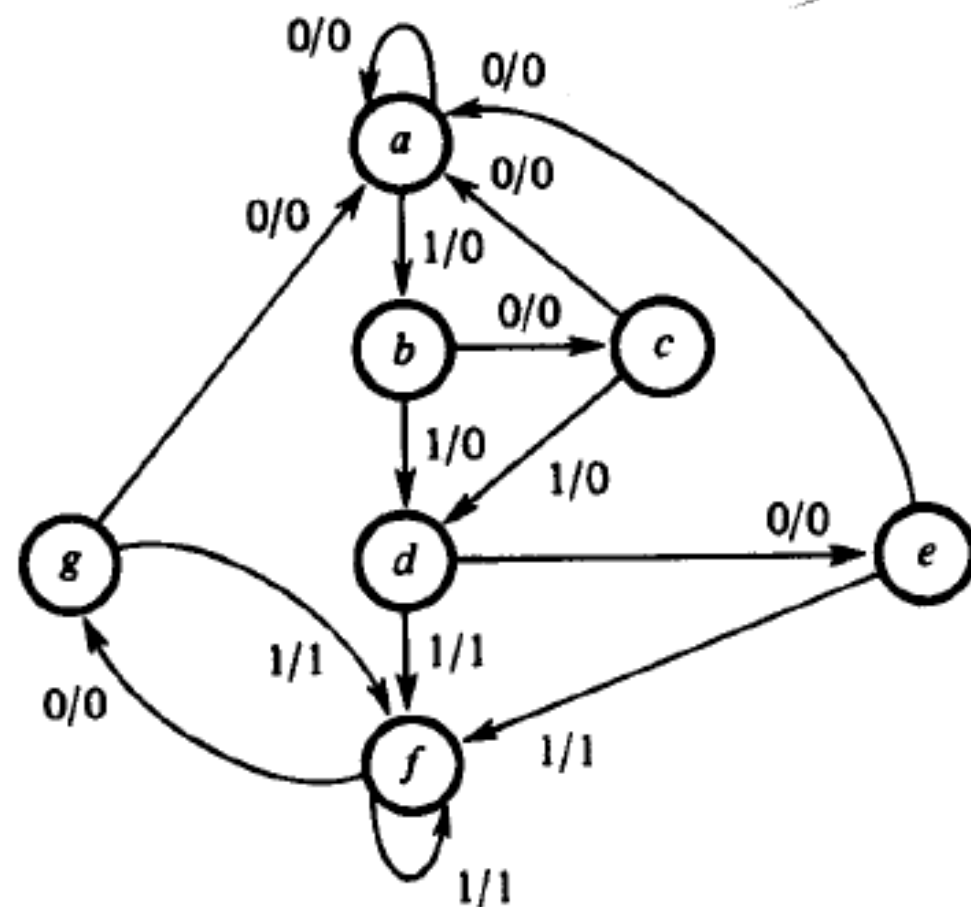


Οι έξοδοι είναι συναρτήσεις της παρούσας κατάστασης μόνο.

(b)

Ελαχιστοποίηση Καταστάσεων

Ελαχιστοποίηση του κυκλώματος: ελαχιστοποίηση πυλών και αριθμού flip flops (ή αλλιώς αριθμού καταστάσεων). Οι αλγόριθμοι ελαχιστοποιούν τις εσωτερικές καταστάσεις χωρίς να αλλάζουν τις προδιαγραφές εισόδου/εξόδου.



| | |
|-----------|------------------------------------|
| Κατάσταση | a a b c d e f f g f g _a |
| Είσοδος | 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 |
| Έξοδος | 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 |

Οι εσωτερικές καταστάσεις είναι αδιάφορες. Στόχος είναι να διατηρηθεί ίδια η ακολουθία εισόδων-εξόδων.

Ελαχιστοποίηση Καταστάσεων

Κανόνας: Δύο καταστάσεις είναι ισοδύναμες αν για κάθε είσοδο δίνουν ακριβώς την ίδια έξοδο και στέλνουν το κύκλωμα στην ίδια ή σε ισοδύναμη κατάσταση. Όταν δύο καταστάσεις είναι ισοδύναμες τότε η μία από τις δύο μπορεί να απαλειφθεί.

| Παρούσα κατάσταση | Επόμενη κατάσταση | | Έξοδος | |
|-------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| | $x = 0$ | $x = 1$ | $x = 0$ | $x = 1$ |
| a | a | b | 0 | 0 |
| b | c | d | 0 | 0 |
| c | a | d | 0 | 0 |
| d | e | f | 0 | 1 |
| e | a | f | 0 | 1 |
| f | g | f | 0 | 1 |
| g | a | f | 0 | 1 |

| Παρούσα κατάσταση | Επόμενη κατάσταση | | Έξοδος | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|
| | $x = 0$ | $x = 1$ | $x = 0$ | $x = 1$ |
| a | a | b | 0 | 0 |
| b | c | d | 0 | 0 |
| c | a | d | 0 | 0 |
| d | e | f d | 0 | 1 |
| e | a | f d | 0 | 1 |
| f | g e | f | 0 | 1 |
| g | a | f | 0 | 1 |

Αντικατάσταση της g με την ισοδύναμη της

Ελαχιστοποίηση Καταστάσεων

| Παρούσα κατάσταση | Επόμενη κατάσταση | | Έξοδος | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|
| | $x = 0$ | $x = 1$ | $x = 0$ | $x = 1$ |
| a | a | b | 0 | 0 |
| b | c | d | 0 | 0 |
| c | a | d | 0 | 0 |
| d | e | f d | 0 | 1 |
| e | a | f d | 0 | 1 |
| f | g e | f | 0 | 1 |
| g | a | f | 0 | 1 |

- 1) g ισοδύναμη $e \rightarrow$ φεύγει g , μένει e , μπαίνει όπου g το e
2) f ισοδύναμη $d \rightarrow$ φεύγει f , μένει d , μπαίνει όπου f το d

Ελαχιστοποίηση Καταστάσεων

| Παρούσα κατάσταση | Επόμενη κατάσταση | | Έξοδος | |
|----------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| | $x = 0$ | $x = 1$ | $x = 0$ | $x = 1$ |
| a | a | b | 0 | 0 |
| b | c | d | 0 | 0 |
| c | a | d | 0 | 0 |
| d | e | d | 0 | 1 |
| e | a | d | 0 | 1 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΙΩΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (REDUCED STATE TABLE)

Ελαχιστοποίηση Καταστάσεων

Κατάσταση a a b c d e f f g f g a

Είσοδος 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0

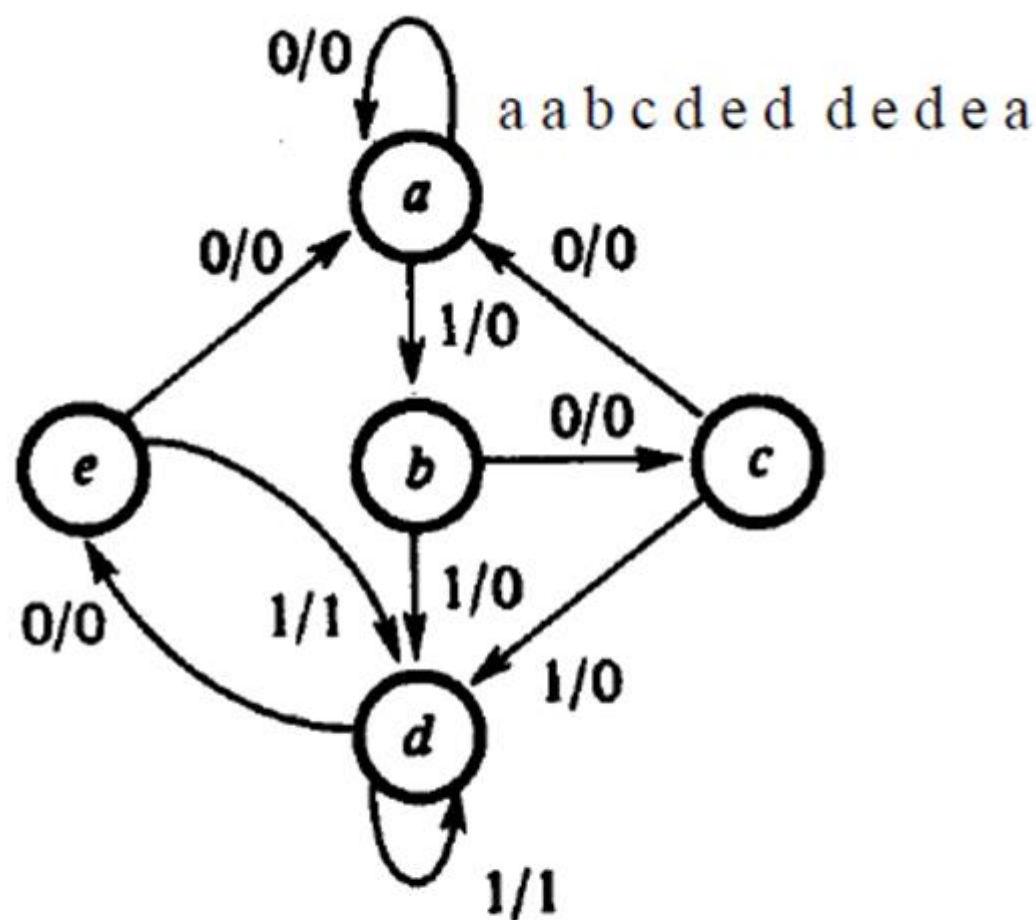
Έξοδος 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0



Κατάσταση a a b c d e d d e d e_a

Είσοδος 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0

Έξοδος 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0



Η μείωση των εσωτερικών καταστάσεων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αριθμού των flip flops αλλά και απλοποίηση των συνδυαστικών κυκλωμάτων αφού οι χρησιμοποιήσιμες καταστάσεις ισοδυναμούν με αδιάφορους όρους.

Κωδικοποίηση Καταστάσεων

Κάθε κατάσταση πρέπει να έχει διακριτή τιμή



Σε κυκλώματα που δεν μας ενδιαφέρουν οι εσωτερικές καταστάσεις (οι έξοδοι δεν οδηγούνται κατευθείαν από αυτές) μπορούμε να τις κωδικοποιήσουμε με δυαδικά ψηφία όπως θέλουμε για να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος του κυκλώματος.



Μεγάλη εφαρμογή σε περιγραφές υψηλού επιπέδου

Κωδικοποίηση Καταστάσεων

| Present State | Next State | | Output | |
|---------------|------------|----------|---------|---------|
| | $x = 0$ | $x = 1$ | $x = 0$ | $x = 1$ |
| <i>a</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | 0 | 0 |
| <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | 0 | 0 |
| <i>c</i> | <i>a</i> | <i>d</i> | 0 | 0 |
| <i>d</i> | <i>e</i> | <i>d</i> | 0 | 1 |
| <i>e</i> | <i>a</i> | <i>d</i> | 0 | 1 |

Πόσα δυαδικά ψηφία χρειαζόμαστε;

Επηρεάζει ο αριθμός των ψηφίων το κύκλωμα;

Διαφορετική ανάθεση συνδυασμών επηρεάζει το κύκλωμα;

Γνωστές Κωδικοποιήσεις

| State | Assignment 1, Binary | Assignment 2, Gray Code | Assignment 3, One-Hot |
|----------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <i>a</i> | 000 | 000 | 00001 |
| <i>b</i> | 001 | 001 | 00010 |
| <i>c</i> | 010 | 011 | 00100 |
| <i>d</i> | 011 | 010 | 01000 |
| <i>e</i> | 100 | 110 | 10000 |

| Present State | Next State | | Output | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>x</i> = 0 | <i>x</i> = 1 | <i>x</i> = 0 | <i>x</i> = 1 |
| 000 | 000 | 001 | 0 | 0 |
| 001 | 010 | 011 | 0 | 0 |
| 010 | 000 | 011 | 0 | 0 |
| 011 | 100 | 011 | 0 | 1 |
| 100 | 000 | 011 | 0 | 1 |

Σχεδίαση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Είναι η αντίστροφη διαδικασία της ανάλυσης.

Θέτουμε κάποιες προδιαγραφές
για ένα κύκλωμα (πχ διάγραμμα
καταστάσεων)



Ελαχιστοποιούμε το πλήθος των
καταστάσεων



Αναθέτουμε δυαδικές τιμές στις
καταστάσεις



Φτιάχνουμε τον
κωδικοποιημένο πίνακα
καταστάσεων

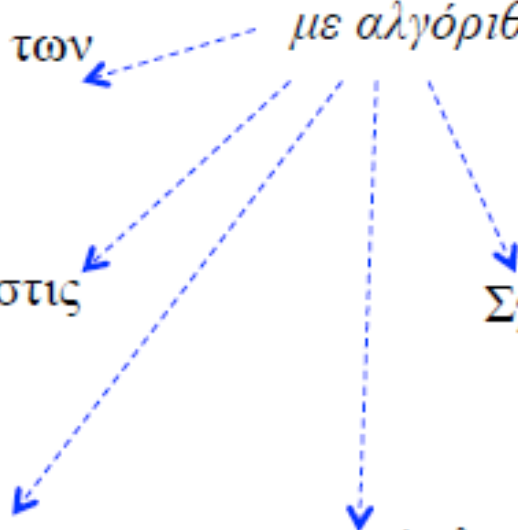


Απλοποιούμε τις συναρτήσεις
κατάστασης και εξόδου



Σχεδιάζουμε το λογικό
διάγραμμα

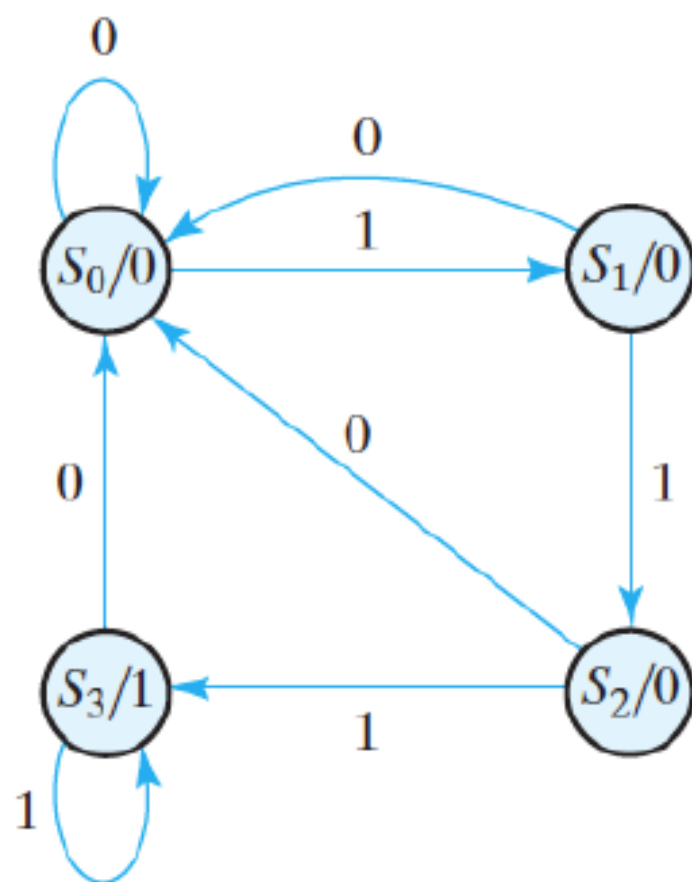
*Αυτοματοποιημένα βήματα
με αλγόριθμους σύνθεσης*



Παράδειγμα με D-FF

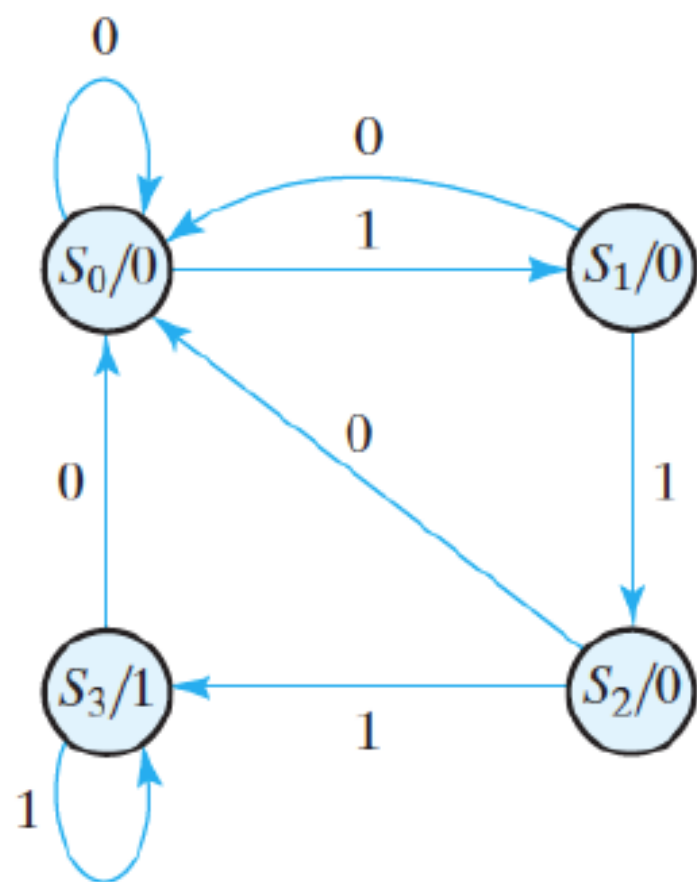
Προδιαγραφές:

Ζητείται κύκλωμα που θα ανιχνεύει μία ακολουθία τριών ή περισσότερων μονάδων σε μία σειριακή ακολουθία δυαδικών ψηφίων.



Παράδειγμα με D-FF

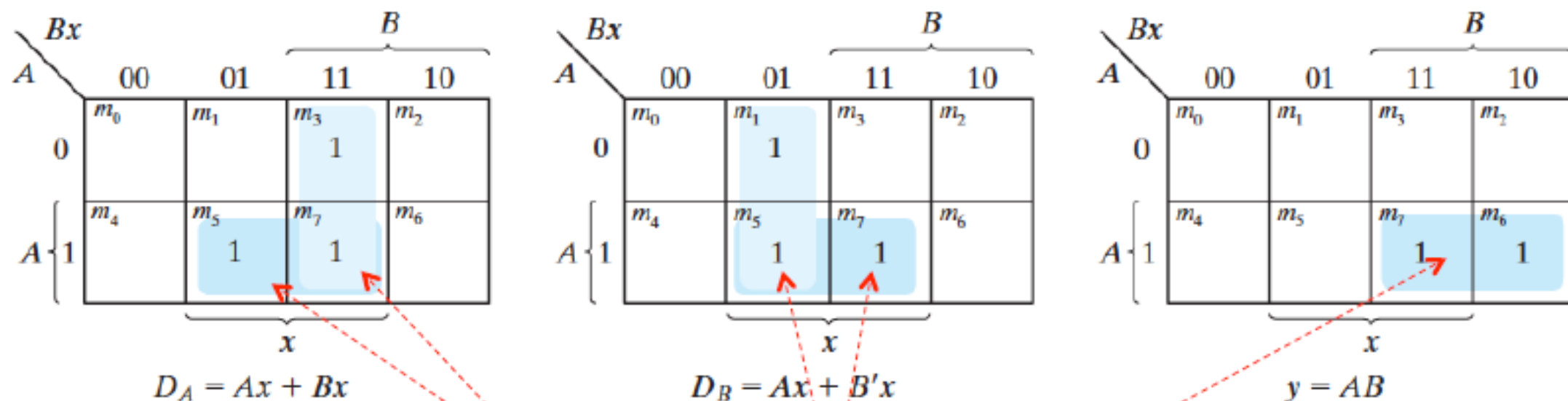
Έχουμε 4 καταστάσεις και τις κωδικοποιούμε με 4 δυαδικές λέξεις των 2 ψηφίων η κάθε μία: $S_0:00$, $S_1:01$, $S_2:10$, $S_3:11$



| Present State | | Input x | Next State | | Output y |
|---------------|-----|--------------|------------|-----|---------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Παράδειγμα με D-FF

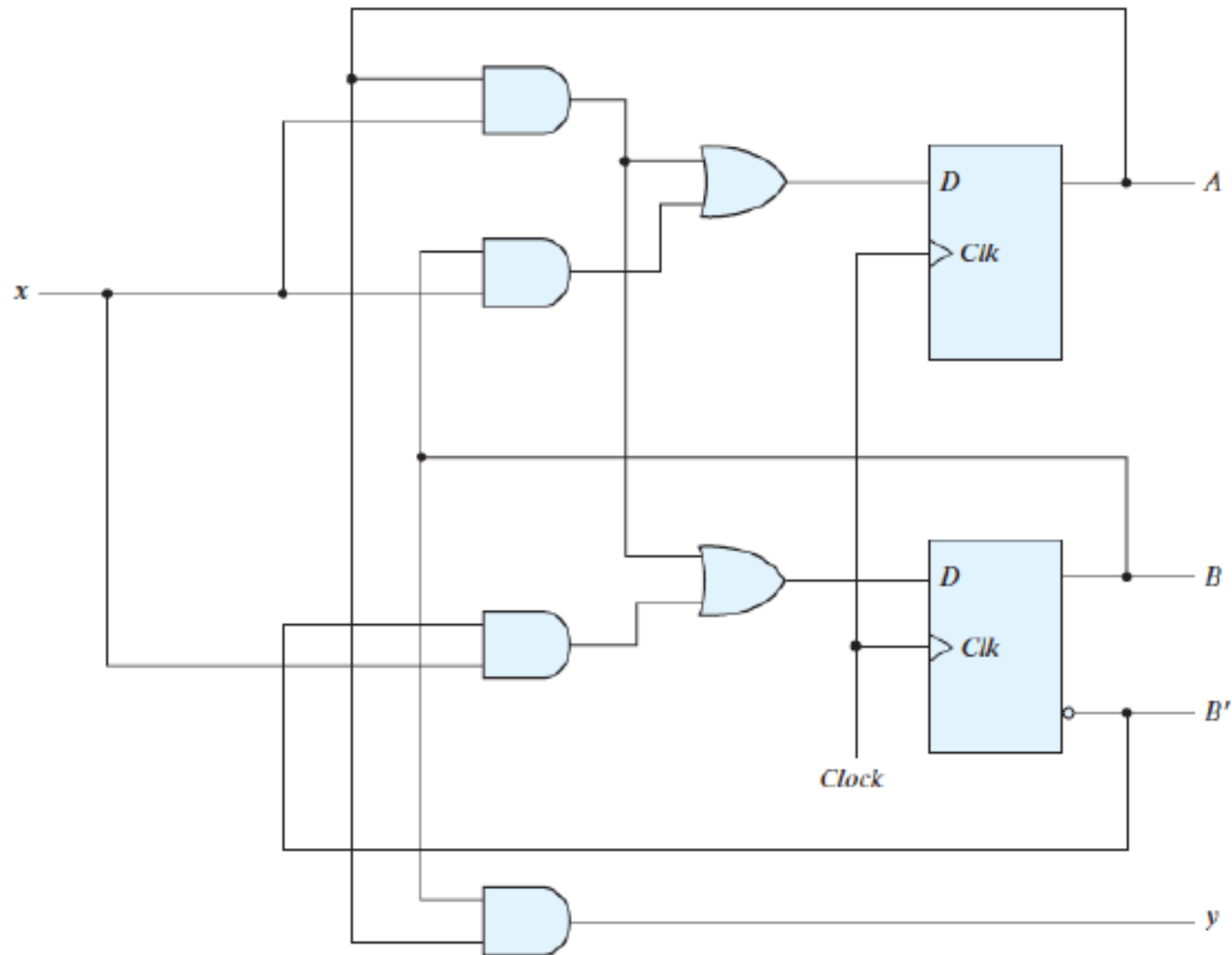
Στην περίπτωση των D-FF η επόμενη κατάσταση ταυτίζεται με την τιμή της εισόδου πριν την έλευση της ακμής του ρολογιού



Στους χάρτες τοποθετούμε τις τιμές των εισόδων των D-FF που ταυτίζονται με τις τιμές της επόμενης κατάστασης.

$$A(t+1) = D_A(A, B, x) = \Sigma(3, 5, 7), \quad B(t+1) = D_B(A, B, x) = \Sigma(1, 5, 7)$$
$$y(A, B, x) = \Sigma(6, 7)$$

Παράδειγμα με D-FF



Πίνακες Διέγερσης των flip flops

Όταν χρησιμοποιούνται RS, T, JK Flip Flop η διαδικασία σχεδίασης είναι πιο περίπλοκη καθώς οι συναρτήσεις εισόδων πρέπει να υπολογιστούν από την μετάβαση μεταξύ καταστάσεων

Πίνακας Διέγερσης (Excitation Table):

Πίνακας που δίνει τις απαιτούμενες εισόδους για ορισμένη αλλαγή της κατάστασης.

JK Flip-Flop

| <i>J</i> | <i>K</i> | $Q(t + 1)$ | |
|----------|----------|------------|------------|
| 0 | 0 | $Q(t)$ | Αμετάβλητη |
| 0 | 1 | 0 | Επαναφορά |
| 1 | 0 | 1 | Θέση |
| 1 | 1 | $Q'(t)$ | Συμπλήρωμα |



| $Q(t)$ | $Q(t + 1)$ | <i>J</i> | <i>K</i> |
|--------|------------|----------|----------|
| 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | X |
| 1 | 0 | X | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 |

Πίνακες Διέγερσης των flip flops

Πίνακας Διέγερσης (Excitation Table): Πίνακας που δίνει τις απαιτούμενες εισόδους για ορισμένη αλλαγή της κατάστασης.

| $Q(t)$ | $Q(t + 1)$ | S | R |
|--------|------------|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 |

(α) RS

| $Q(t)$ | $Q(t + 1)$ | J | K |
|--------|------------|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | X |
| 1 | 0 | X | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 |

(β) JK

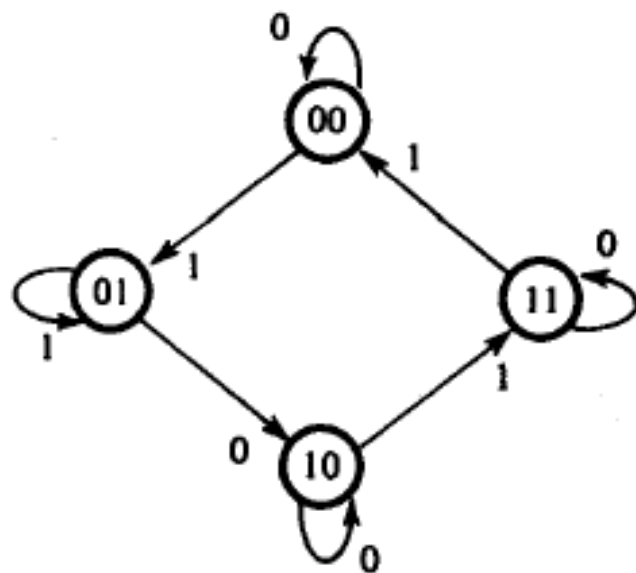
| $Q(t)$ | $Q(t + 1)$ | D |
|--------|------------|-----|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(γ) D

| $Q(t)$ | $Q(t + 1)$ | T |
|--------|------------|-----|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(δ) T

Παράδειγμα Σχεδίασης με JK FF



| <u>Παρούσα κατάσταση</u> | | <u>Επόμενη κατάσταση</u> | | | |
|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------|----------|
| | | <u>x = 0</u> | | <u>x = 1</u> | |
| <u>A</u> | <u>B</u> | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>A</u> | <u>B</u> |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Παράδειγμα Σχεδίασης με JK FF

State Table and JK Flip-Flop Inputs

| Present State | | Input | Next State | | Flip-Flop Inputs | | | |
|---------------|----------|-------|------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>A</i> | <i>B</i> | | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>J_A</i> | <i>K_A</i> | <i>J_B</i> | <i>K_B</i> |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | X | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | X |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | X | 0 | 1 | X |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | X | 0 | X | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 1 | X | 1 |

Παράδειγμα Σχεδίασης με JK FF

| | | B | | | |
|-----|---|---------|---------|---------|---------|
| | | Bx | 00 | 01 | 11 |
| A | 0 | m_0 | m_1 | m_3 | m_2 1 |
| | 1 | m_4 X | m_5 X | m_7 X | m_6 X |

x
 $J_A = Bx'$

| | | B | | | |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|
| | | Bx | 00 | 01 | 11 |
| A | 0 | m_0 | m_1 | m_3 | m_2 |
| | 1 | m_4 | m_5 | m_7 | m_6 |

x
 $K_A = Bx$

| | | B | | | |
|-----|---|-------|------------|------------|------------|
| | | Bx | 00 | 01 | 11 |
| A | 0 | m_0 | m_1 1 | m_3 X | m_2 X |
| | 1 | m_4 | m_5 1 | m_2 X | m_6 X |

x
 $J_B = x$

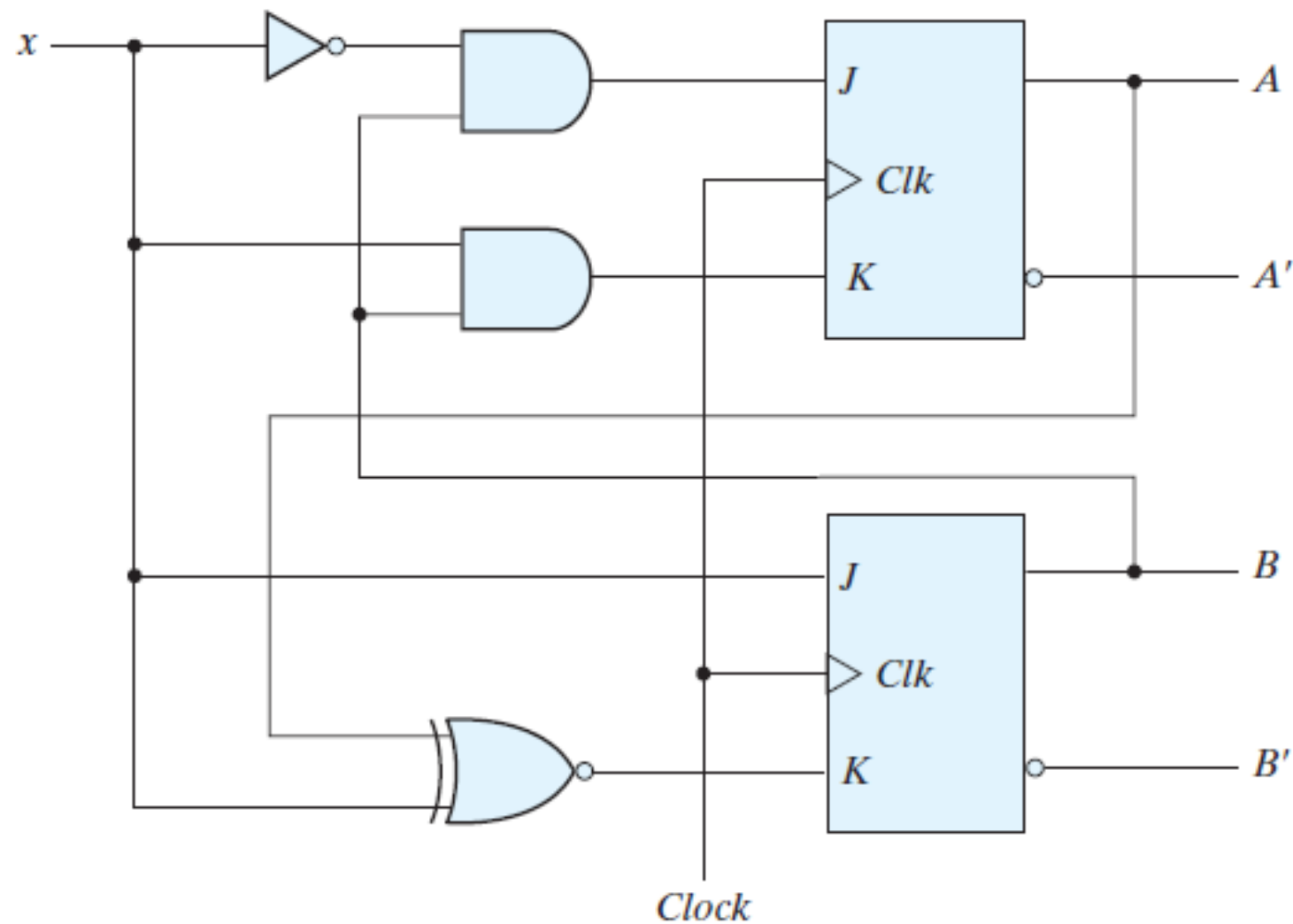
| | | B | | | |
|-----|---|------------|------------|------------|------------|
| | | Bx | 00 | 01 | 11 |
| A | 0 | m_0 X | m_1 X | m_3 | m_2 1 |
| | 1 | m_4 X | m_5 X | m_7 1 | m_6 |

x

$K_B = (A \oplus x)'$

Maps for J and K input equations

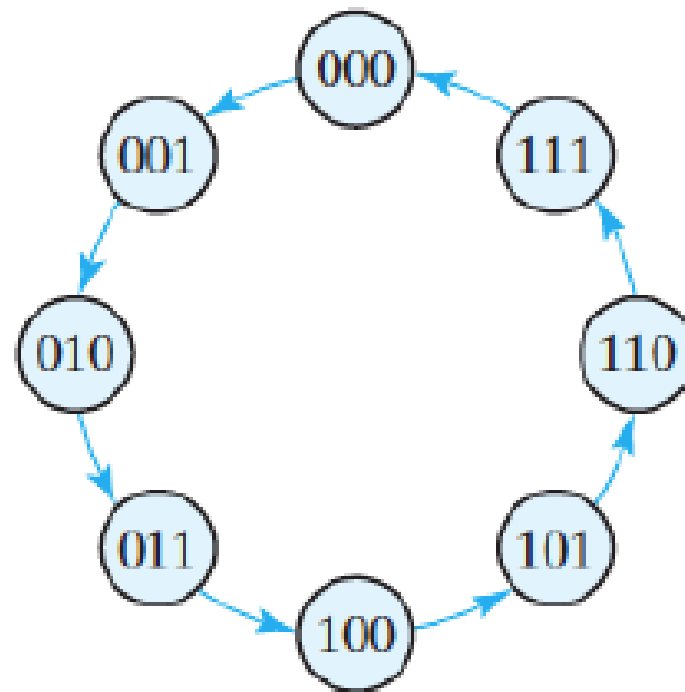
Παράδειγμα Σχεδίασης με JK FF



Logic diagram for sequential circuit with JK flip-flops

Σχεδίαση με T Flip Flops

Μετρητής: κύκλωμα που διέρχεται από όλες τις καταστάσεις 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 000, ...



State diagram of three-bit binary counter

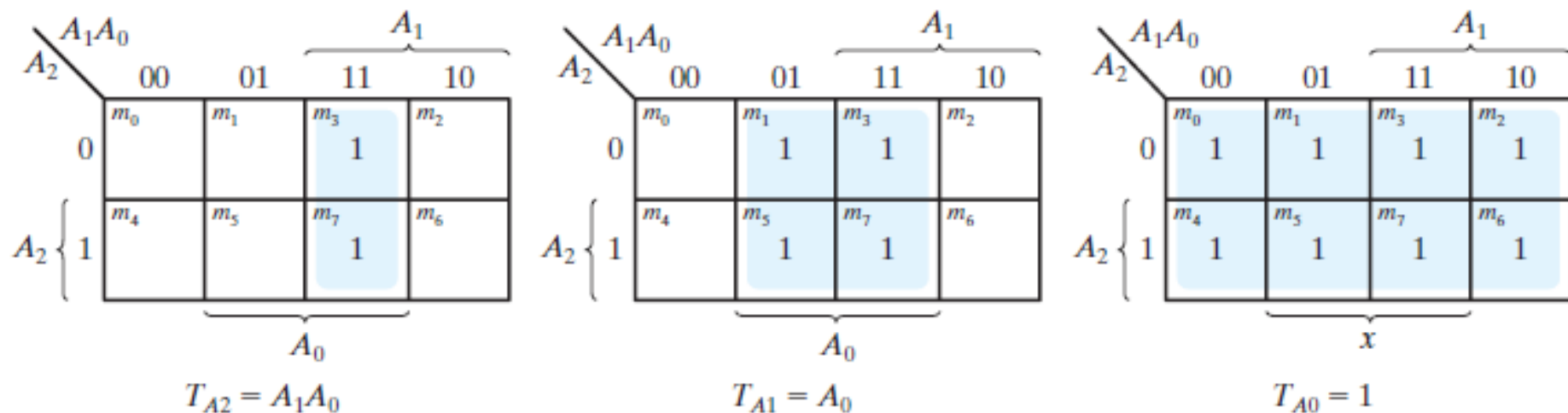
Σχεδίαση με T Flip Flops

State Table for Three-Bit Counter

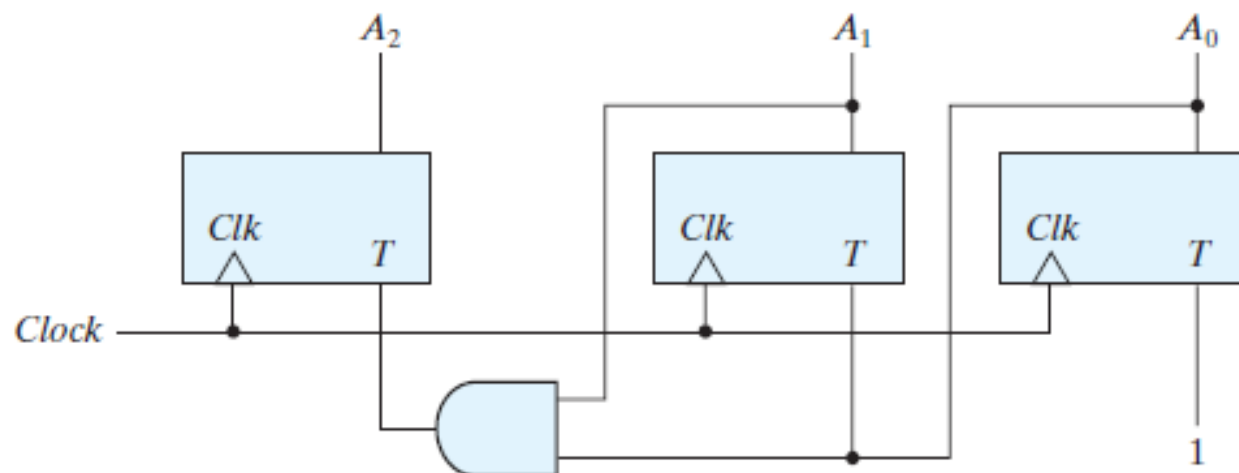
| Present State | | | Next State | | | Flip-Flop Inputs | | |
|---------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------------|----------|----------|
| A_2 | A_1 | A_0 | A_2 | A_1 | A_0 | T_{A2} | T_{A1} | T_{A0} |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Σχεδίαση με T Flip Flops

Maps for three-bit binary counter



Logic diagram of three-bit binary counter



Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

| ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | | | ΕΙΣΟΔΟΣ | ΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | | | ΕΙΣΟΔΟΙ FLIP-FLOPS | | | | | | ΕΞΟΔΟΣ |
|-------------------|------|------|---------|-------------------|--------|--------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| A(t) | B(t) | C(t) | | A(t+1) | B(t+1) | C(t+1) | S _A | R _A | S _B | R _B | S _C | R _C | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | X | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 1 | X | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | X | 0 | 0 | X | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | X | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | X | 0 | 1 | 1 |

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ : 001 , 010 , 011 , 100 , 101

ΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ : 000 , 110 , 111

ΟΙ ΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΑΔΙΑΦΟΡΟΙ ΟΡΟΙ

ΜΕ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ S-R FLIP-FLOP → ΕΙΣΟΔΟΙ FLIP-FLOPS

Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

| \backslash | CY | | | |
|-------------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | | |
| 01 | | 1 | 1 | |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | |
| $S_A = B \cdot Y$ | | | | |

| \backslash | CY | | | |
|-----------------------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | 1 | |
| 01 | X | | | |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | | | | |
| $S_B = A' \cdot B' \cdot Y$ | | | | |

| \backslash | CY | | | |
|--------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | | X |
| 01 | 1 | | | X |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | 1 | | | X |
| $S_C = Y'$ | | | | |

| \backslash | CY | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | X | X |
| 01 | X | | | X |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | | | | 1 |
| $R_A = C \cdot Y'$ | | | | |

| \backslash | CY | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | | X |
| 01 | | 1 | 1 | 1 |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X |
| $R_B = B \cdot C + B \cdot Y$ | | | | |

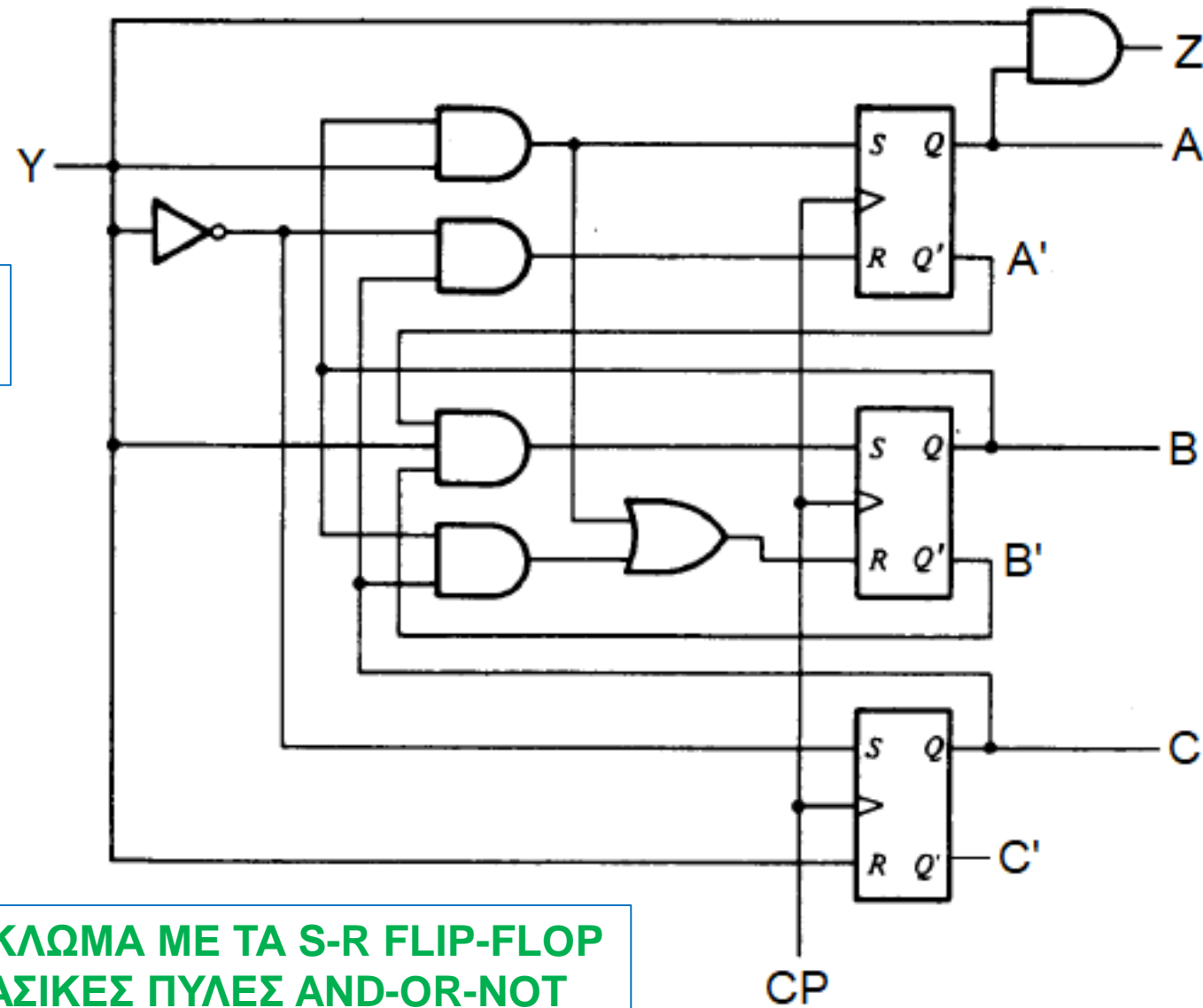
| \backslash | CY | | | |
|--------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | 1 | |
| 01 | | X | 1 | |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | | X | 1 | |
| $R_C = Y$ | | | | |

| \backslash | CY | | | |
|-----------------|----|----|----|----|
| AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | | |
| 01 | | | | |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | | 1 | 1 | |
| $Z = A \cdot Y$ | | | | |

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ (ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ FLIP-FLOPS) ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ

Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

Υ : ΕΙΣΟΔΟΣ
Ζ : ΕΞΟΔΟΣ



ΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΤΑ S-R FLIP-FLOP
ΚΑΙ ΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΥΛΕΣ AND-OR-NOT

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΑΝ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΑΜΕ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟΔΙΟΡΘΟΥΜΕΝΟ

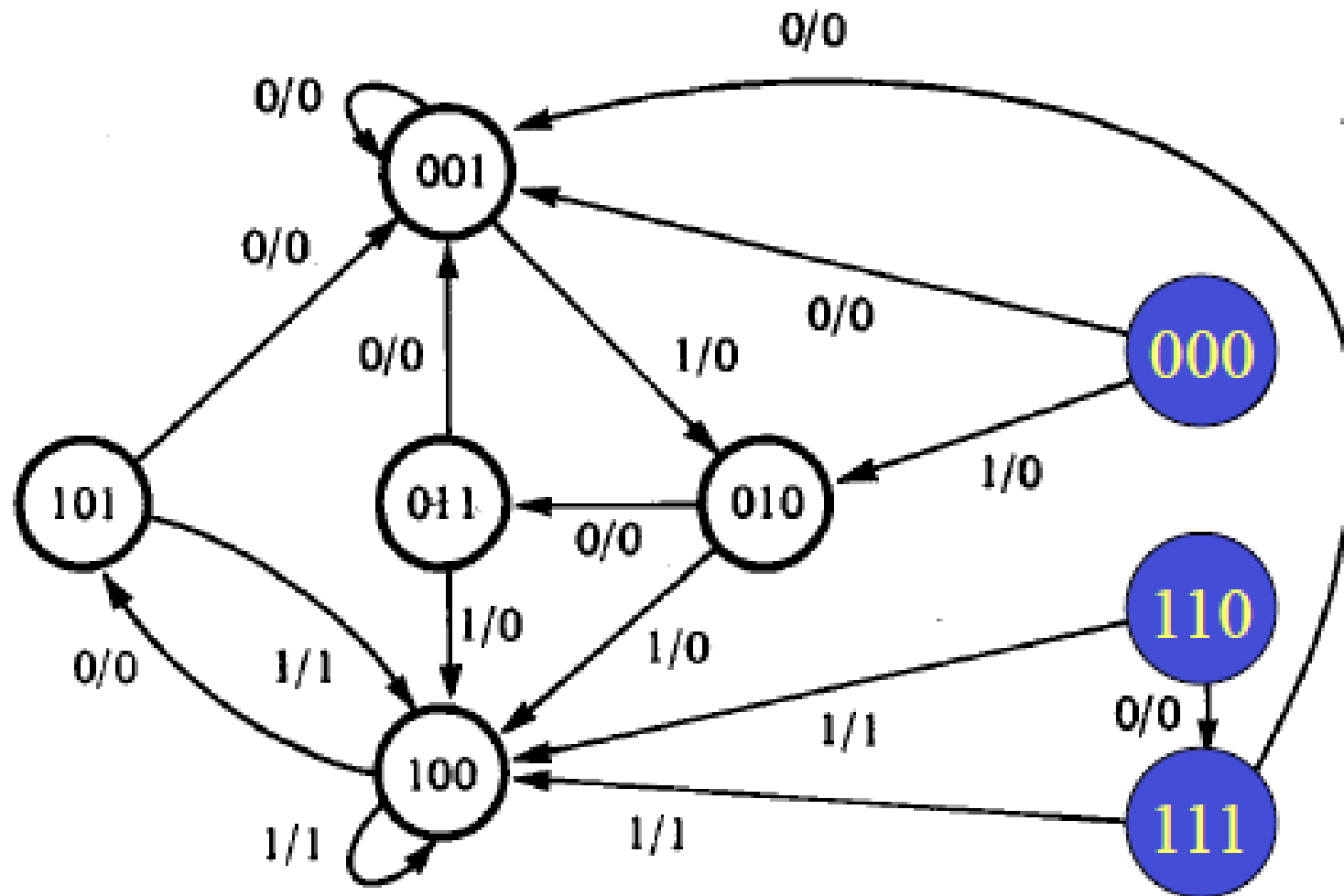
$S_A = B \cdot Y$, $R_A = C \cdot Y'$ $S_B = A' \cdot B' \cdot Y$, $R_B = B \cdot C + B \cdot Y$ $S_C = Y'$, $R_C = Y$ $Z = A \cdot Y$

ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ → ΕΙΣΟΔΟΙ FLIP-FLOP

ΜΕ ΤΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑ S-R FLIP-FLOP → ΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

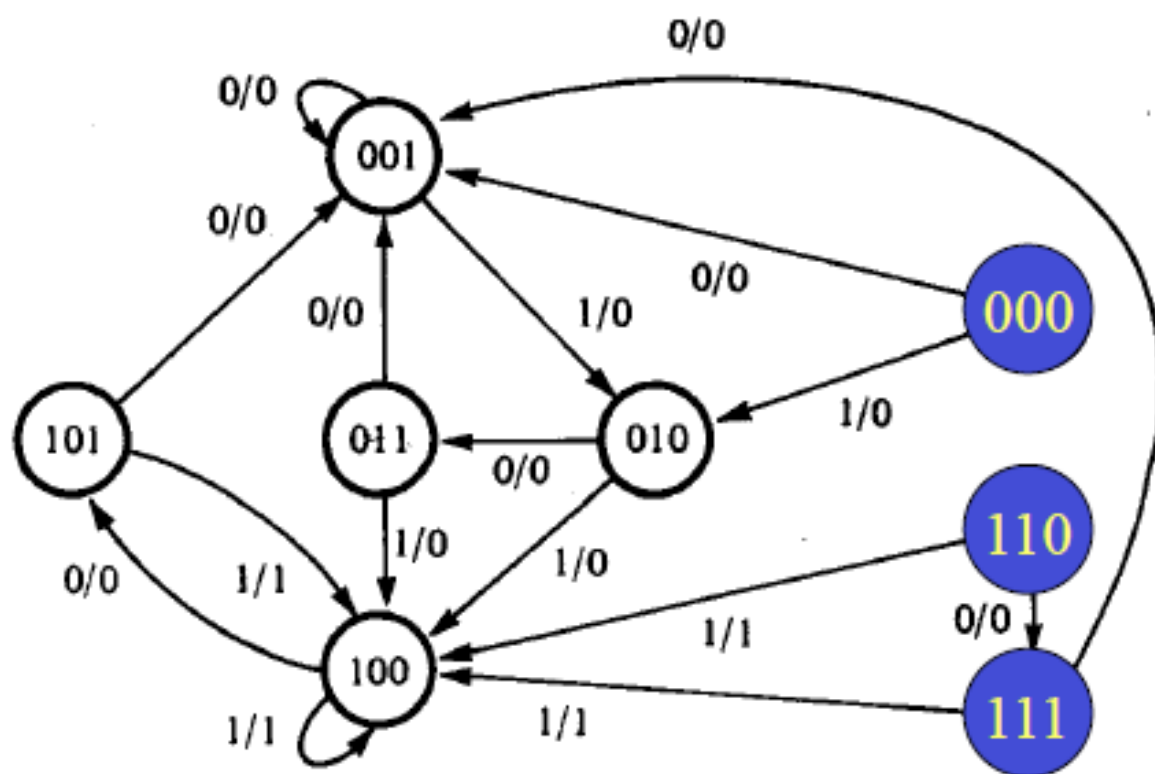
Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΟΤΙ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟΔΙΟΡΘΟΥΜΕΝΟ



Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

Το κύκλωμα δεν πρέπει να βρεθεί σε μία από τις αχρησιμοποίητες καταστάσεις του γιατί τότε θα έχει απροσδιόριστη συμπεριφορά. Έτσι αρχικά τα Flip Flops αρχικοποιούνται σε προκαθορισμένη κατάσταση.



Πρέπει να εξασφαλίζουμε ότι δεν υπάρχει περίπτωση να ταλαντεύεται το κύκλωμα ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες αχρησιμοποίητες καταστάσεις με κίνδυνο να μην μπορεί να εξέλθει από αυτές.

Αν συμβεί αυτό τότε ξανασχεδιάζουμε το κύκλωμα έτσι ώστε να σπάσουμε τους κύκλους.

Σχεδίαση με Αχρησιμοποίητες Καταστάσεις

Αποφυγή άκυρων καταστάσεων με κύκλους

Όλες οι αδιάφορες καταστάσεις θα
πηγαίνουν σε μοναδική επόμενη που
θα χειρίζεται το λάθος.



State Machines με χειρισμό λάθους

Όλες οι αδιάφορες καταστάσεις θα
πηγαίνουν σε οποιαδήποτε έγκυρη
επόμενη.



Το κύκλωμα μπορεί να είναι
απλούστερο αλλά δεν υπάρχει
χειρισμός λάθους



Σχεδίαση με αδιάφορες καταστάσεις και σε
περίπτωση κύκλων επανασχεδίαση

ΑΣΚΗΣΗ

Να σχεδιαστεί ένα σύγχρονο κύκλωμα με χρήση J-K flip-flop,
που να μετράει κυκλικά προς τα πάνω τους αριθμούς: 0-3-5-7-0

Να εξεταστεί εάν το κύκλωμα είναι αυτοδιορθούμενο

ΛΥΣΗ

- 1) Θα χρησιμοποιήσουμε 3 flip-flop για να μπορούν να κωδικοποιηθούν οι αριθμοί 0 ως και 7
- 2) Συμπληρώνουμε τον πίνακα καταστάσεων όπως φαίνεται παρακάτω

| Παρούσα κατάσταση | | | Επόμενη κατάσταση | | | Διέγερση | | | | | |
|-------------------|----------|----------|-------------------|------------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_A(t)$ | $Q_B(t)$ | $Q_C(t)$ | $Q_A(t+1)$ | $Q_B(t+1)$ | $Q_C(t+1)$ | J_A | K_A | J_B | K_B | J_C | K_C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 1 | X | 1 | X |
| 0 | 0 | 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 0 | 1 | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | X | X | 1 | X | 0 |
| 1 | 0 | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | X | 0 | 1 | X | X | 0 |
| 1 | 1 | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | 1 | X | 1 |

3) Βρίσκουμε τις απλοποιημένες εξισώσεις διέγερσης (εξισώσεις εισόδου των flip-flops)

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-------------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 0 | X | 1 | X |
| 1 | X | X | X | X |
| $J_A = Q_B$ | | | | |

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-----------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 1 | X | X | X |
| 1 | X | 1 | X | X |
| $J_B = 1$ | | | | |

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-----------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 1 | X | X | X |
| 1 | X | X | X | X |
| $J_C = 1$ | | | | |

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-------------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | X | X | 1 | X |
| 1 | X | 0 | X | X |
| $K_A = Q_B$ | | | | |

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-----------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | X | X | 1 | X |
| 1 | X | X | 1 | X |
| $K_B = 1$ | | | | |

| | $Q_B \cdot Q_C$ | | | |
|-----------------------|-----------------|----|----|----|
| Q_A | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | X | X | 0 | X |
| 1 | X | 0 | 1 | X |
| $K_C = Q_A \cdot Q_B$ | | | | |

CLOCK=POSITIVE-EDGE TRIGGERED , SET=PRESET=POSITIVE LOGIC , RESET=CLEAR=POSITIVE LOGIC



5) Συμπληρώνουμε τον πίνακα καταστάσεων με βάση τις εξισώσεις διέγερσης των flip-flops και τις αχρησιμοποίητες καταστάσεις όπως φαίνεται παρακάτω

| Παρούσα Κατάσταση | | | Διέγερση | | | | | | Επόμενη Κατάσταση | | |
|-------------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|------------|------------|
| $Q_A(t)$ | $Q_B(t)$ | $Q_C(t)$ | J_A | K_A | J_B | K_B | J_C | K_C | $Q_A(t+1)$ | $Q_B(t+1)$ | $Q_C(t+1)$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΙΝΑΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΙΝΟΥΜΕ ΟΤΙ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΑΜΕ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟΔΙΟΡΘΟΥΜΕΝΟ ΔΙΟΤΙ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΑΙΝΕΙ ΜΕ ΤΟΝ ΕΠΟΜΕΝΟ ΠΑΛΜΟ ΤΟΥ ΡΟΛΟΓΙΟΥ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ «110=6» ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΔΥΟ ΠΑΛΜΟΙ ΡΟΛΟΓΙΟΥ ΓΙΑ ΝΑ ΜΕΤΑΒΕΙ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΠΟ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ «011=3». ΜΕ ΤΟΝ ΠΡΩΤΟ ΠΑΛΜΟ ΤΟΥ ΡΟΛΟΓΙΟΥ ΕΧΟΥΜΕ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ «110=6» ΣΤΗΝ «001=1» ΚΑΙ ΜΕ ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΗΝ «001=1» ΣΤΗΝ «011=3».