

Ηλεκτρονική II

Τμήμα Φυσικής

Μέρος 4



Περιεχόμενα

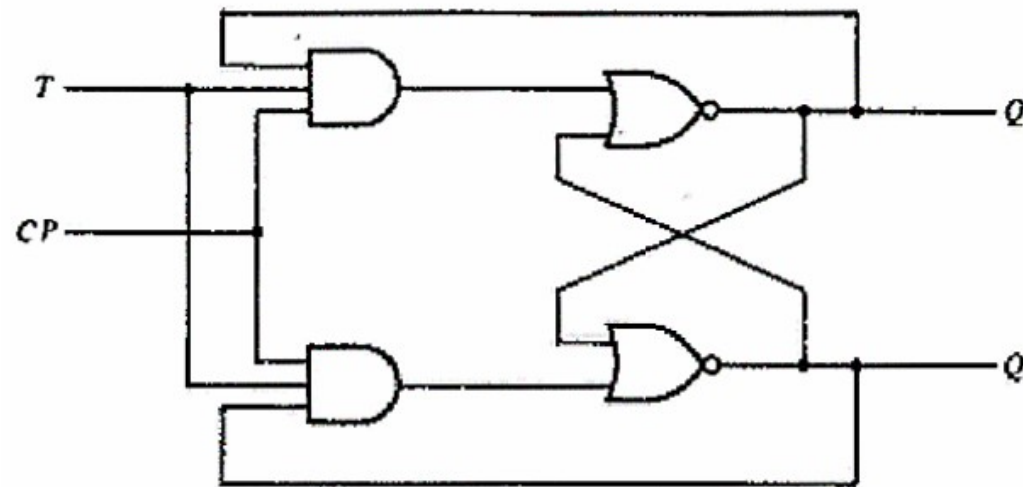
2

- T Flip Flops
- Master – Slave Flip Flops
- Ακμοπυροδοτούμενα Flip Flops
- Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών
- Flip Flops με Ασύγχρονες Εισόδους
- Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

T Flip-Flops

T Flip-Flops

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



Λογικό διάγραμμα

Χαρακτηριστικός πίνακας

Q	T	Q(t+1)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

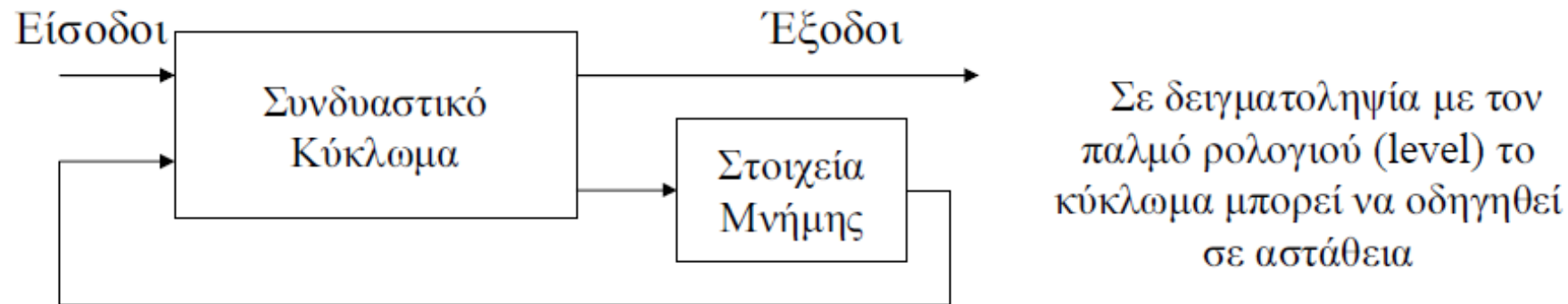
Q	T	
	0	1
0		1
1	1	

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

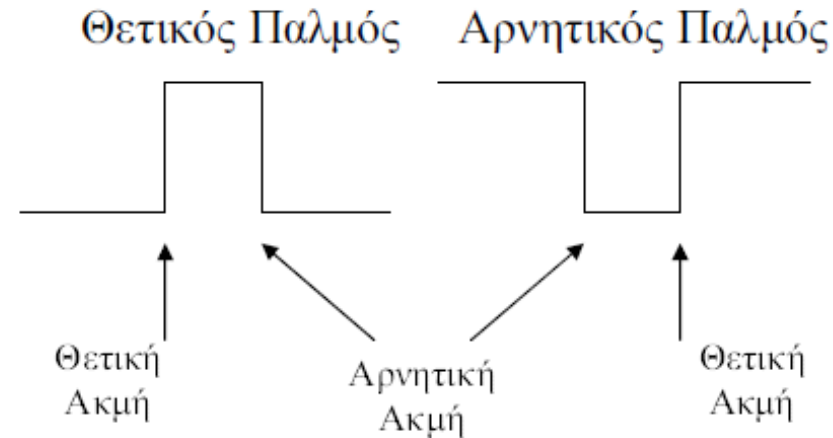
Χαρακτηριστική εξίσωση

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 την ακμή ρολογιού (edge) το κύκλωμα δεν θα έχει πρόβλημα



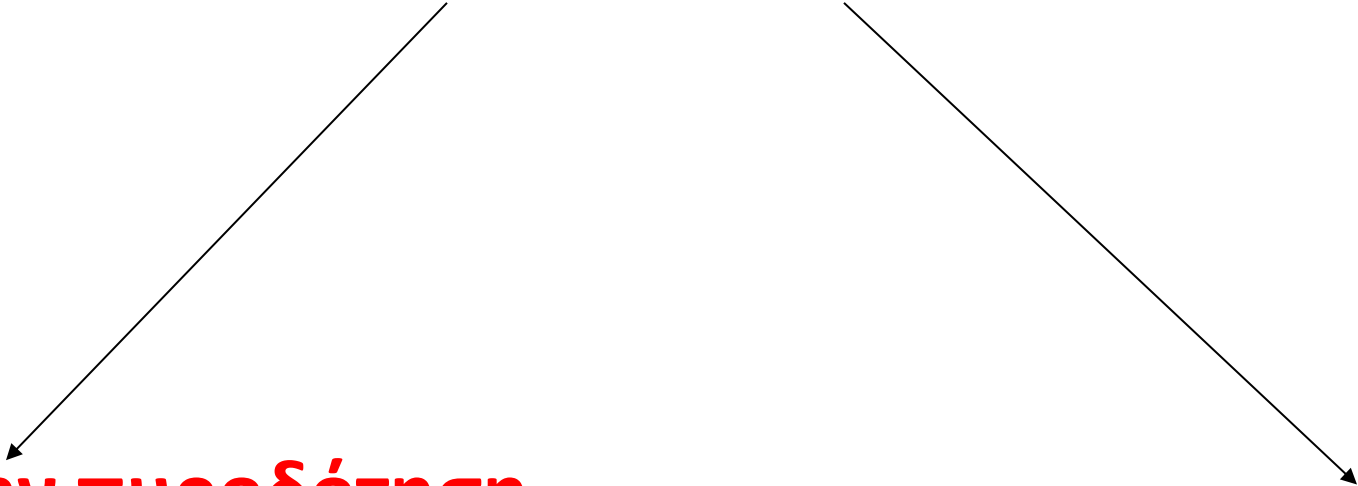
Πυροδότηση των Flip-Flops

5

- Τα ασύγχρονα FLIP-FLOPS πυροδοτούνται με τα σήματα εισόδου, οπότε αλλάζουν λογικό επίπεδο.
- Τα FLIP-FLOPS με ρολόι πυροδοτούνται από τους παλμούς του ρολογιού.
- Ο χρόνος από την εφαρμογή του παλμού μέχρι την αλλαγή της εξόδου είναι κρίσιμος παράγοντας.
- Εάν συνδέσουμε την έξοδο ενός FF στην είσοδο ενός άλλου με την ταυτόχρονη πυροδότησή τους θα έχουμε πολλαπλές αλλαγές της καταστάσεων των FF για όσο διάστημα ο παλμός είναι στο λογικό 1.

Πυροδότηση των Flip-Flops

Το πρόβλημα λύνεται:



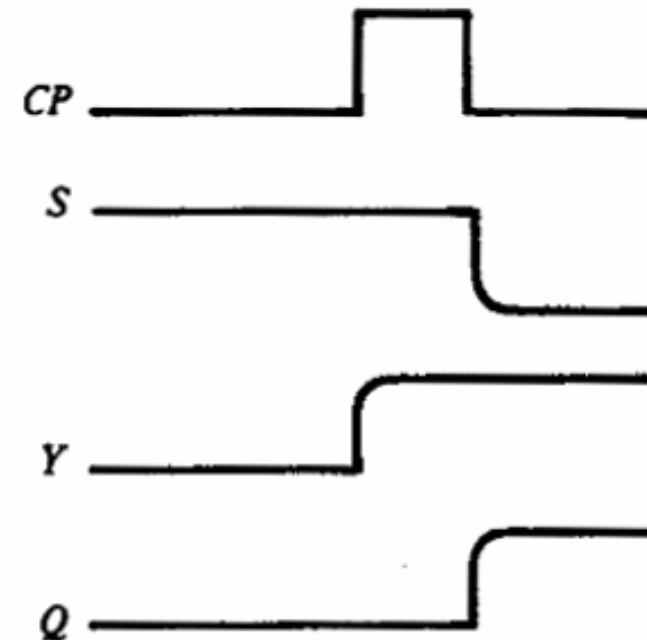
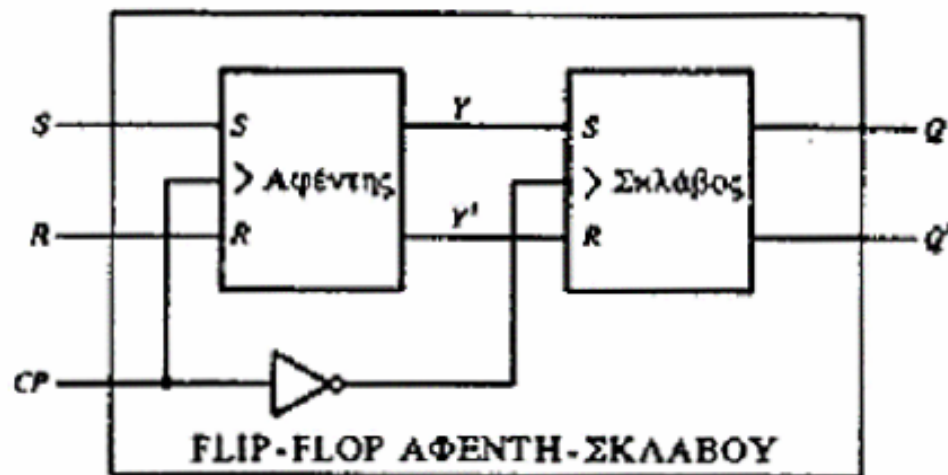
```
graph TD; A[Το πρόβλημα λύνεται:] --> B[με την πυροδότηση ΜΟΝΟ στις ακμές του παλμού (edge triggered).]; A --> C[FLIP FLOP αφέντη-σκλάβου.];
```

με την πυροδότηση
ΜΟΝΟ στις ακμές
του παλμού
(edge triggered).

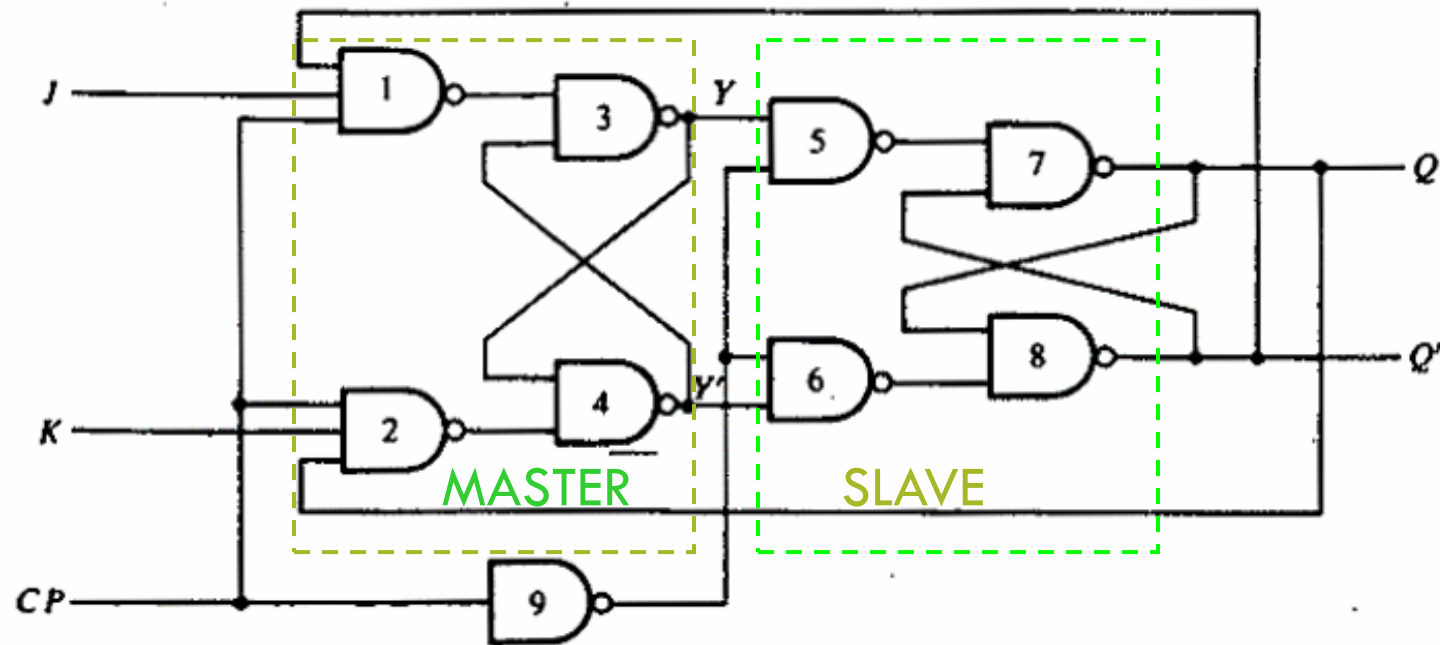
FLIP FLOP
αφέντη-σκλάβου.

Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)

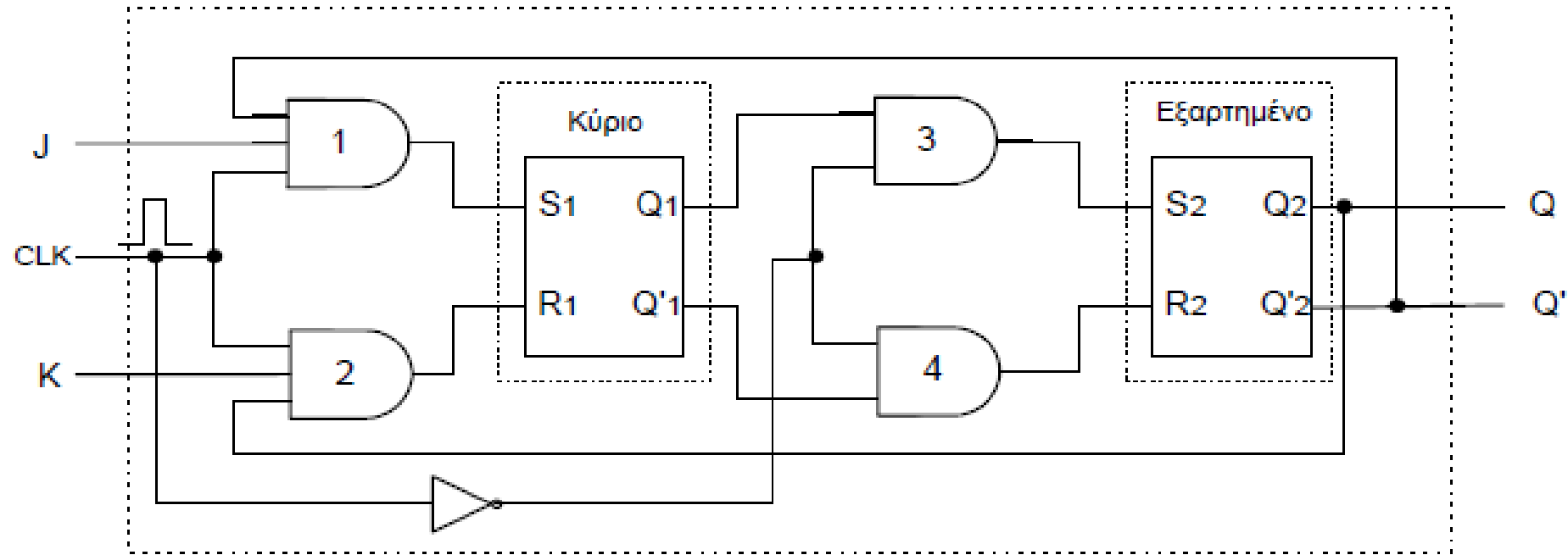
Το flip flop Αφέντη-Σκλάβου περιέχει δύο απλά flip flops. Το ένα εκτελεί χρέη αφέντη και το άλλο χρέη σκλάβου. Μπορούν να κατασκευαστούν όλοι οι τύποι flip flops



Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)



Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)

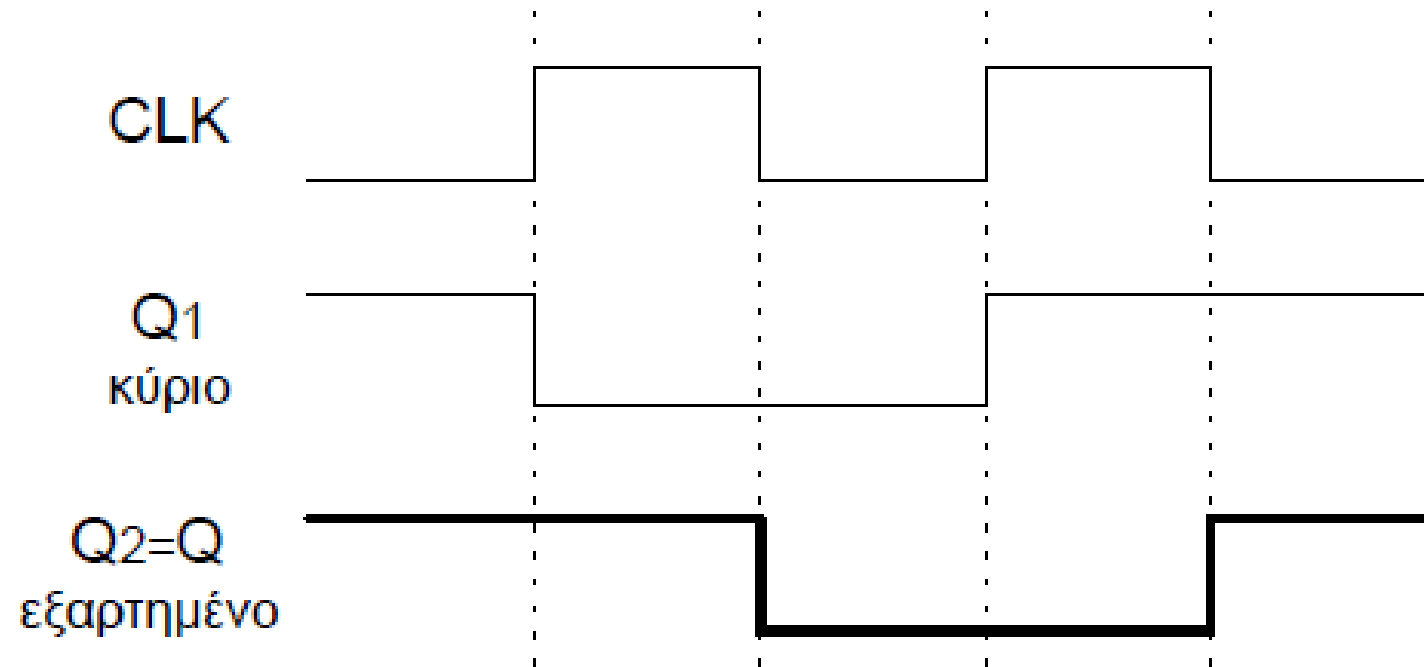


Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)

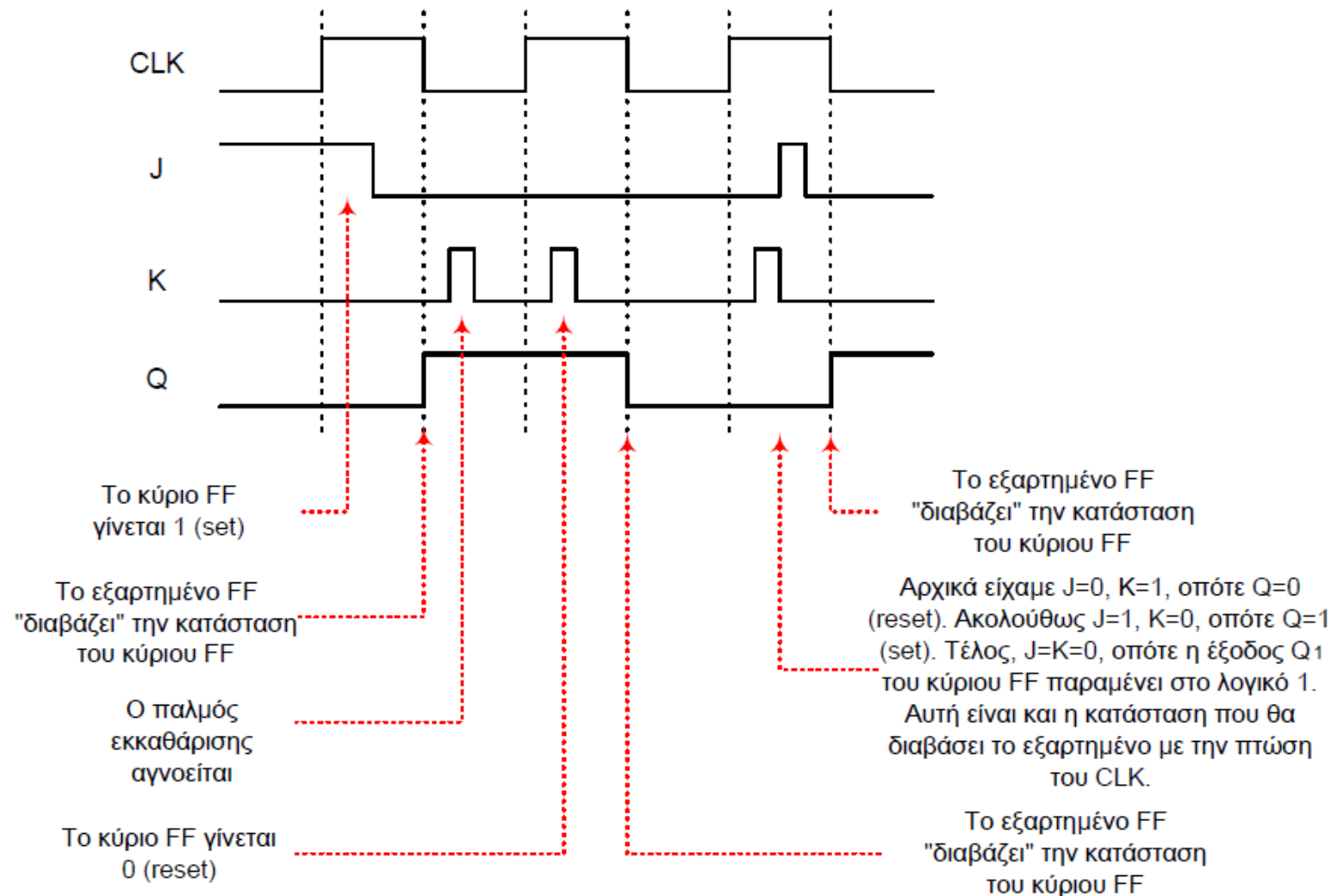
10

- Τα δύο FFs λειτουργούν με συμπληρωματικούς παλμούς ρολογιού.
- Όταν $CLK=1$, το πρώτο FF ενεργοποιείται, ενώ το δεύτερο είναι απενεργοποιημένο. Το αντίθετο συμβαίνει, όταν ο παλμός του ρολογιού γίνει 0 ($CLK=0$).
- Σε όλη τη διάρκεια που ο παλμός $CLK=1$, το εξαρτημένο FF δεν μπορεί να αλλάξει κατάσταση και, κατά συνέπεια, οι είσοδοι του πρώτου FF από ανατροφοδότηση μένουν σταθερές στην κατάσταση που ήταν.
- Τα κύρια-εξαρτημένα FF ονομάζονται παλμο-πυροδοτούμενα ή επιπεδο-πυροδοτούμενα (pulse-triggered ή level-triggered), διότι ενεργοποιούνται στη διάρκεια του παλμού του ρολογιού και όχι κατά τη στιγμή που ο παλμός αλλάζει κατάσταση από HIGH σε LOW ή από LOW σε HIGH. Τα δεδομένα εισόδου διαβάζονται σε όλη τη διάρκεια που ο παλμός του ρολογιού είναι HIGH.

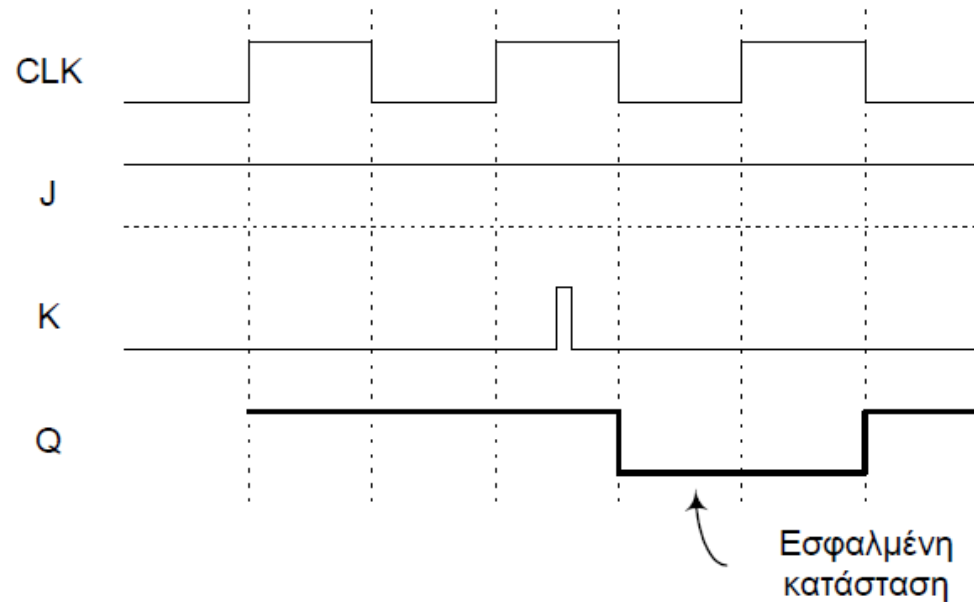
Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)



Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)

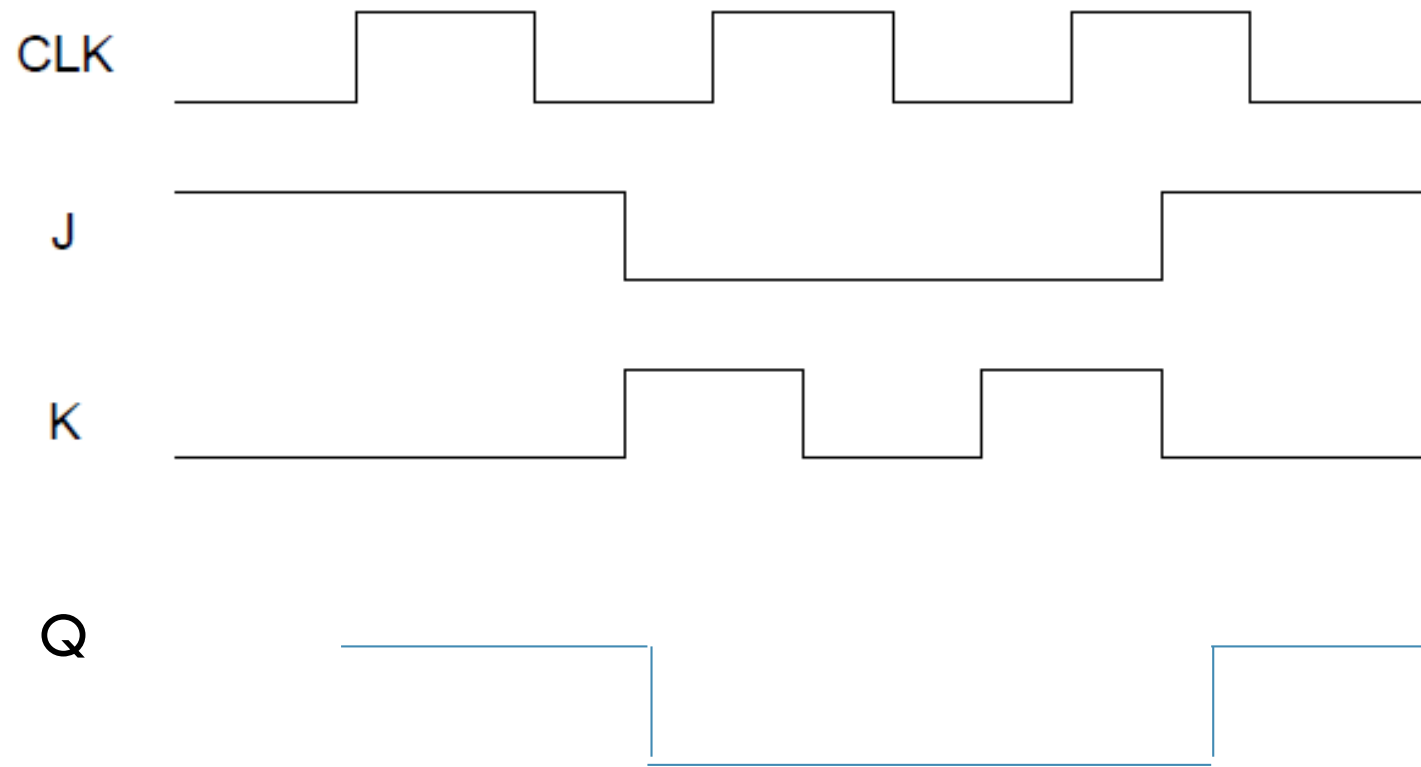


Flip-Flops Αφέντη – Σκλάβου (Master – Slave)



- Ένας ανεπιθύμητος θετικός παλμός μικρού εύρους (σπινθήρας, spike) στην είσοδο K, κατά τη διάρκεια που ο ωρολογιακός παλμός είναι HIGH, οδηγεί σε εκκαθάριση του κύριου FF ($Q=0$). Αυτή η κατάσταση μεταφέρεται με την πτώση του ωρολογιακού παλμού στην έξοδο του εξαρτημένου FF, οπότε τελικά $Q=0$.
- Το ίδιο θα συνέβαινε εάν $J=0$, $K=1$.

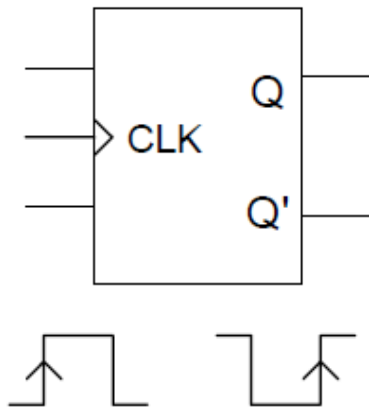
ΑΣΚΗΣΗ



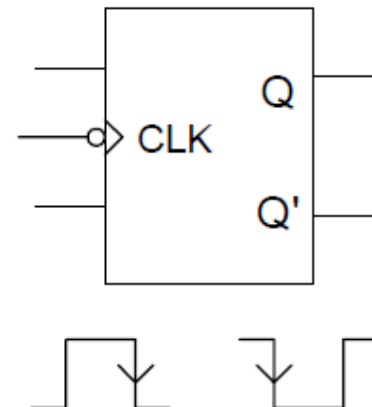
Ακμοπυροδοτούμενα Flip-Flops

- Η κατάσταση ενός Flip-Flop αλλάζει με μια στιγμιαία αλλαγή ενός σήματος εισόδου η οποία καλείται πυροδότηση.
- Είναι σχεδιασμένα να είναι ευαίσθητα κατά την αλλαγή της λογικής στάθμης του παλμού.

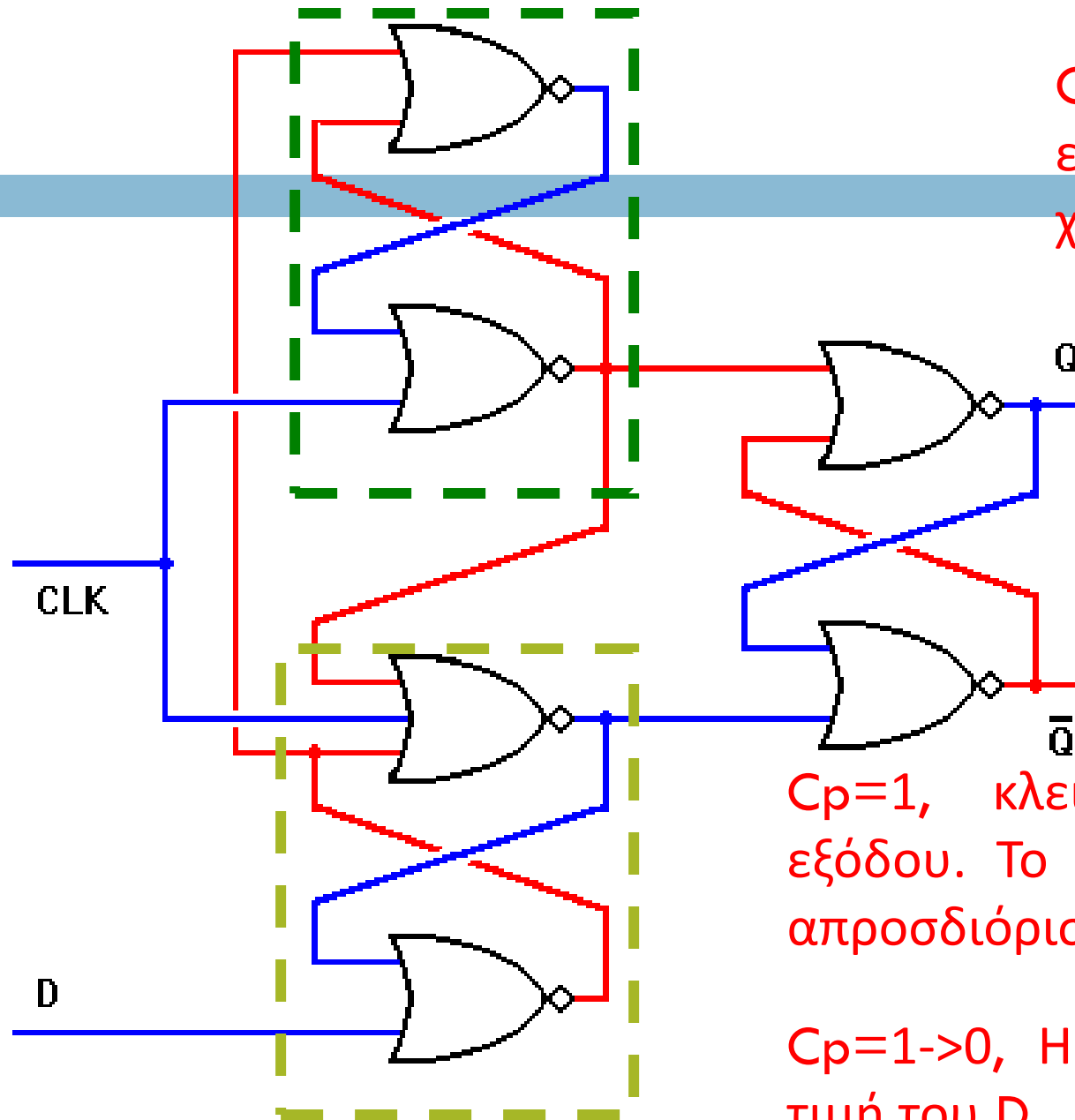
Θετικά πυροδοτούμενα
Positive edge triggered



Αρνητικά πυροδοτούμενα
negative edge triggered



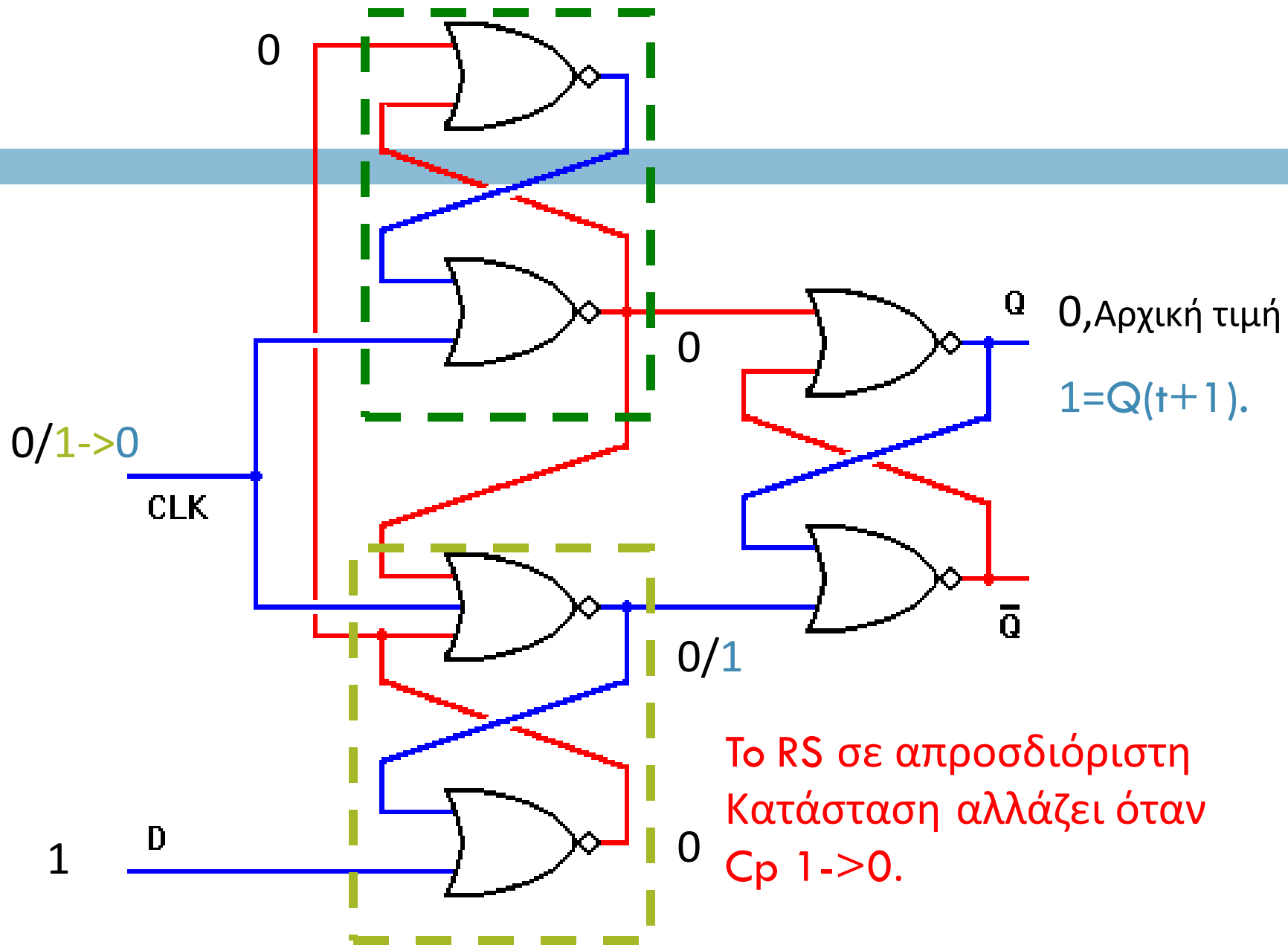
ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟ, negative edge triggered



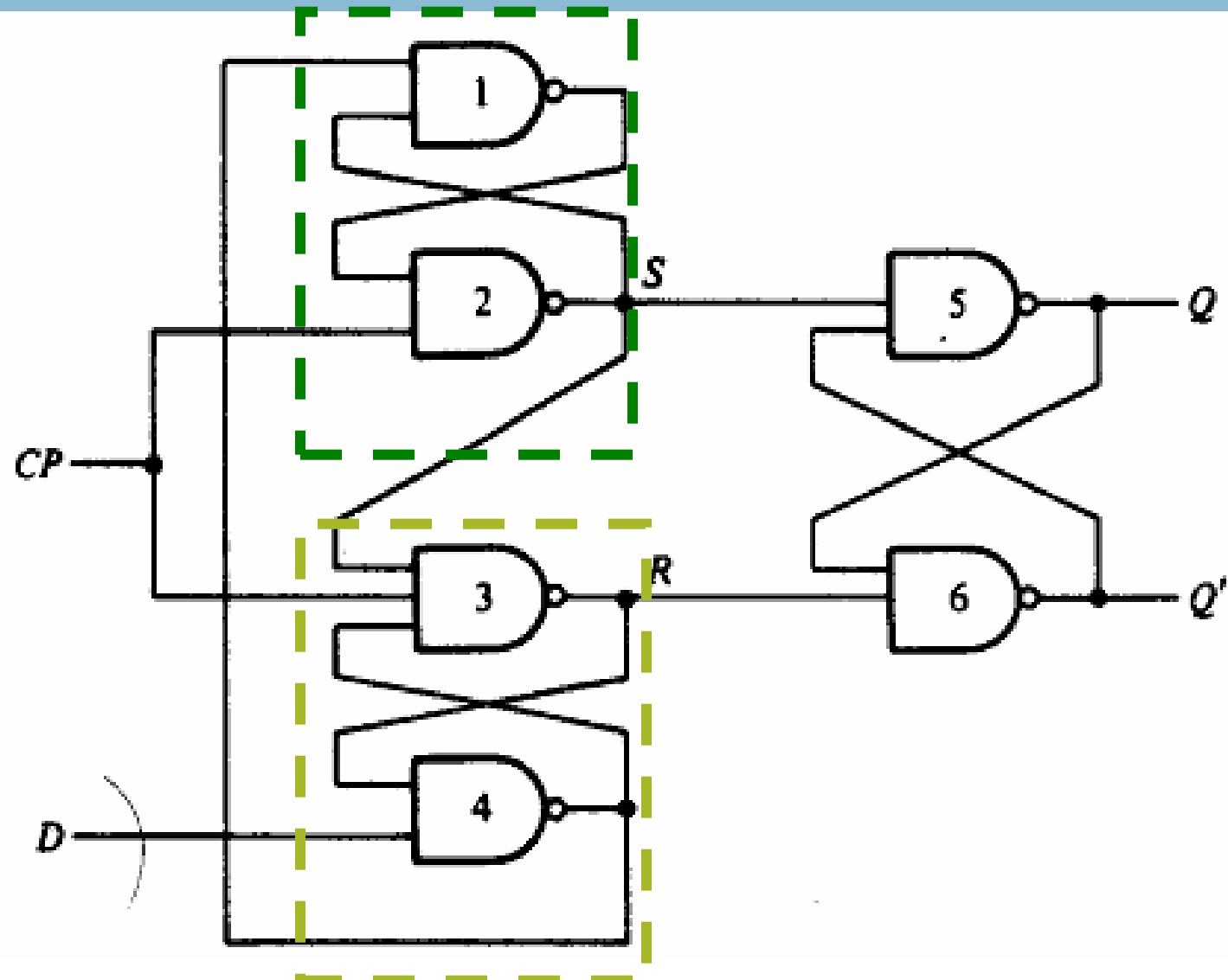
$C_p=0$, αλλαγές στην είσοδο επηρεάζουν την έξοδο του χαμηλότερου μανταλωτή.

$C_p=1$, κλειδώνει ο μανταλωτής εξόδου. Το ένα από τα δύο RS σε απροσδιόριστη κατάσταση.

$C_p=1 \rightarrow 0$, Η έξοδος Q παίρνει την τιμή του D.



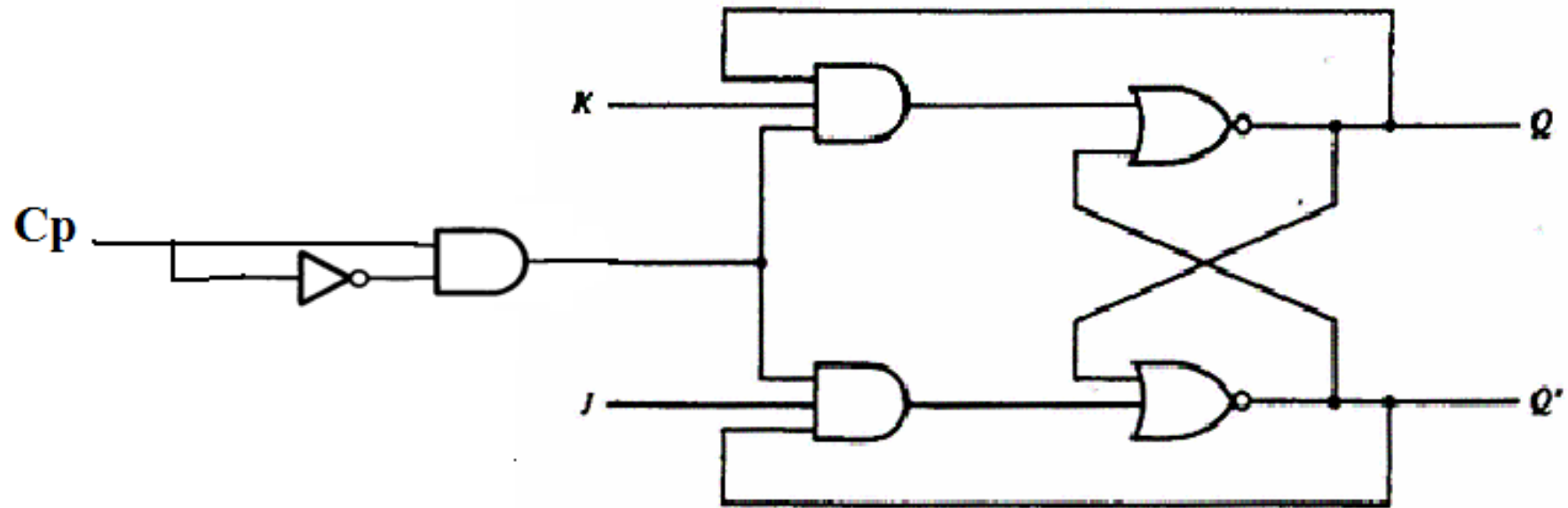
Θετικά Ακμοπυροδοτούμενο Flip-Flop



Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών

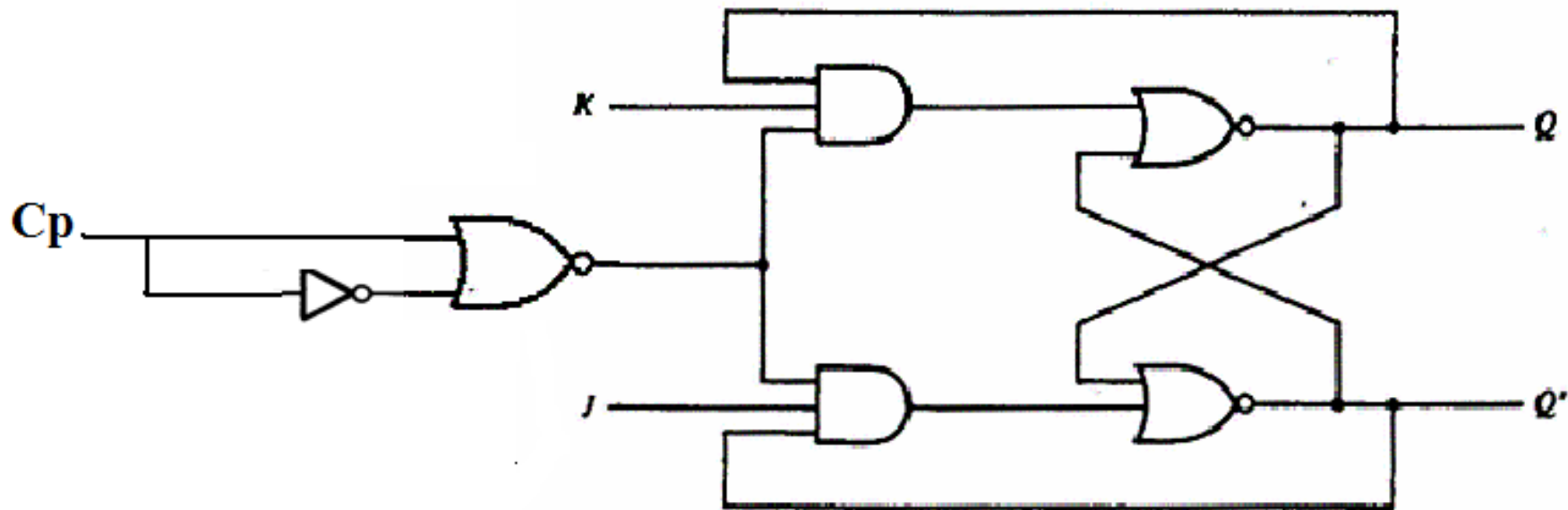
19

ΘΕΤΙΚΑ ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟ

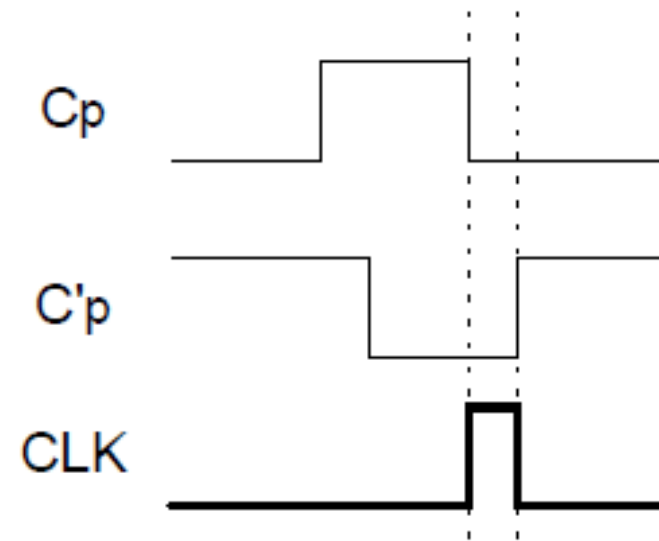
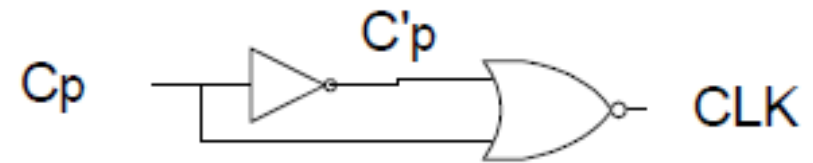
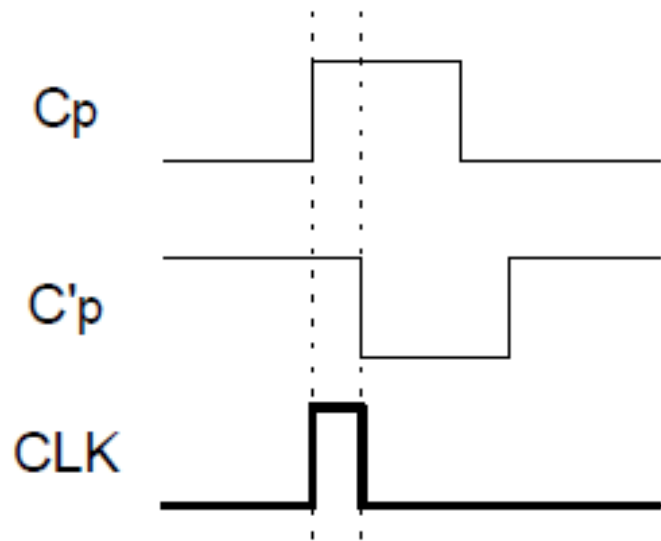
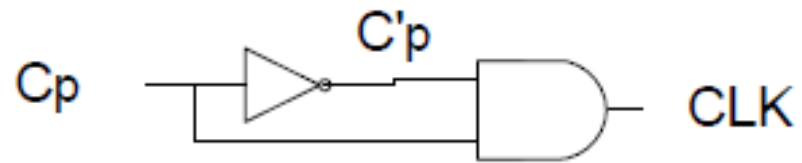


Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών

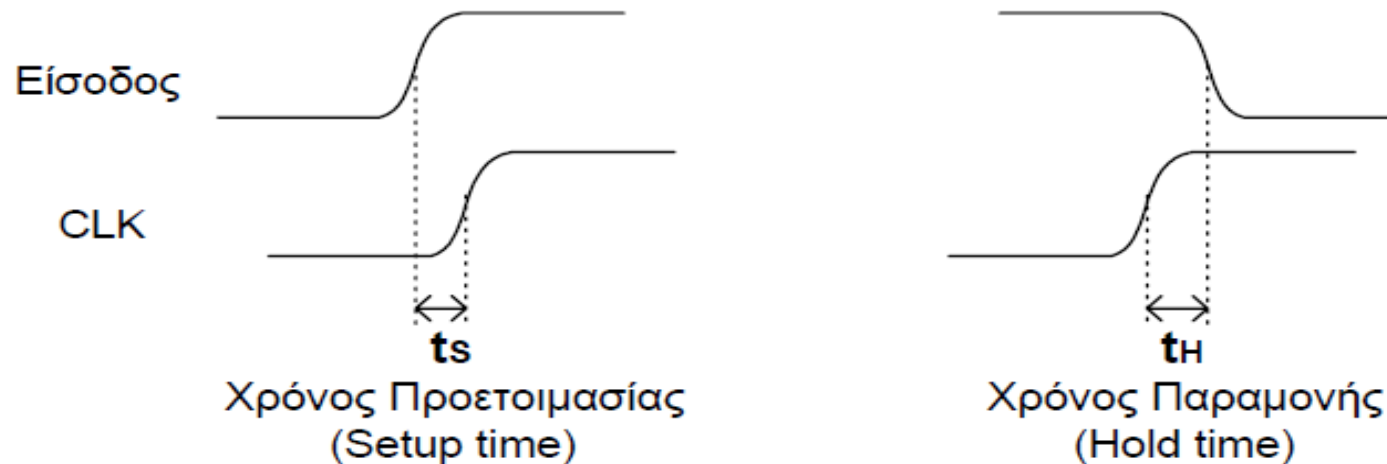
ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΑΚΜΟΠΥΡΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟ



Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών



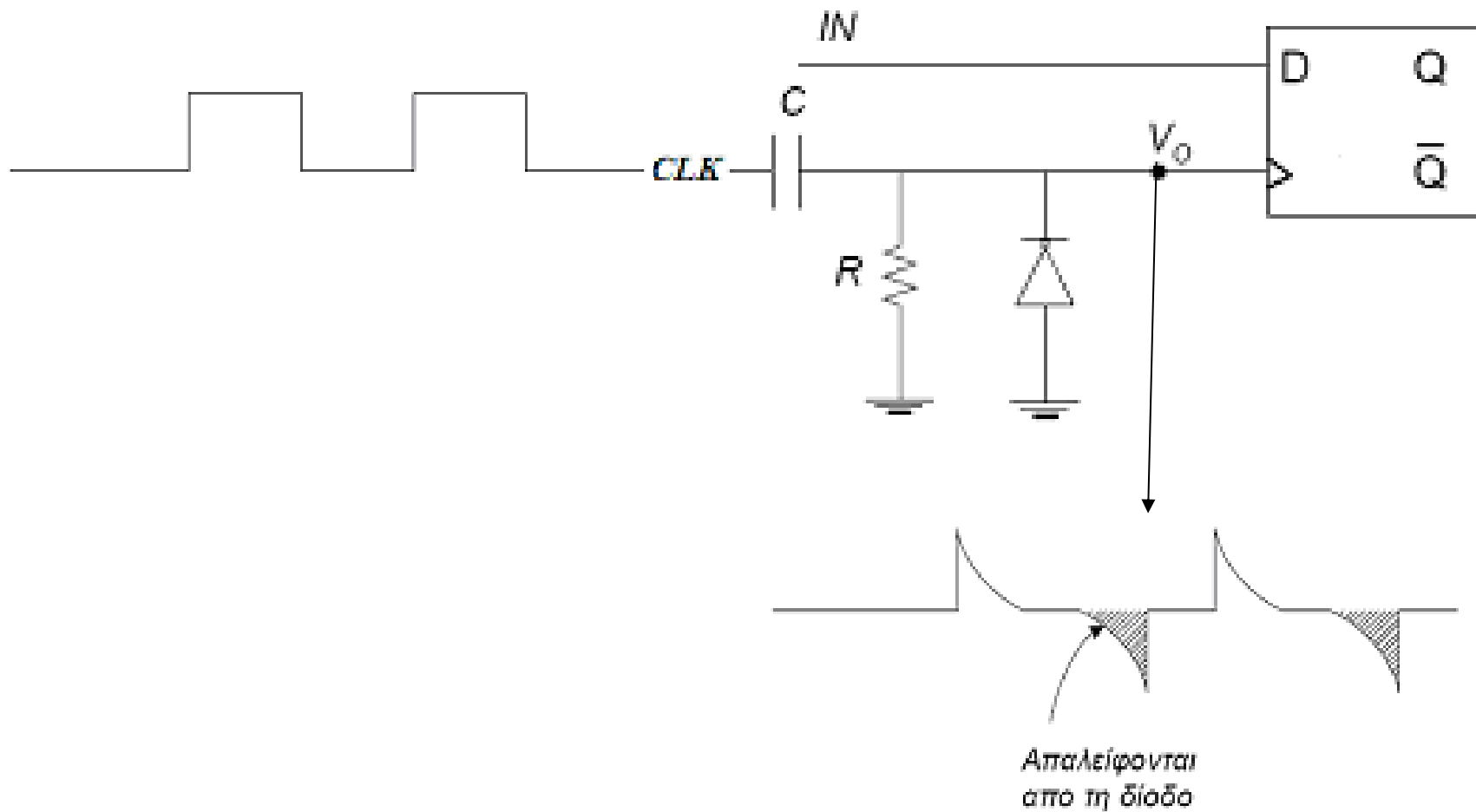
Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών



Οι είσοδοι ενός ακμοπυροδοτούμενου FF πρέπει να είναι σταθερές για χρόνο t_s πριν την εφαρμογή της ενεργού ακμής, καθώς και για χρόνο t_H μετά την εφαρμογή αυτής.

- Χρόνος προετοιμασίας: χρόνος κατά τον οποίο, πριν την εφαρμογή του παλμού, η είσοδος πρέπει να κρατηθεί σταθερή.
- Χρόνος παραμονής: χρόνος κατά τον οποίο η είσοδος πρέπει να διατηρηθεί, αμέσως μετά τη θετική/αρνητική ακμή του παλμού.

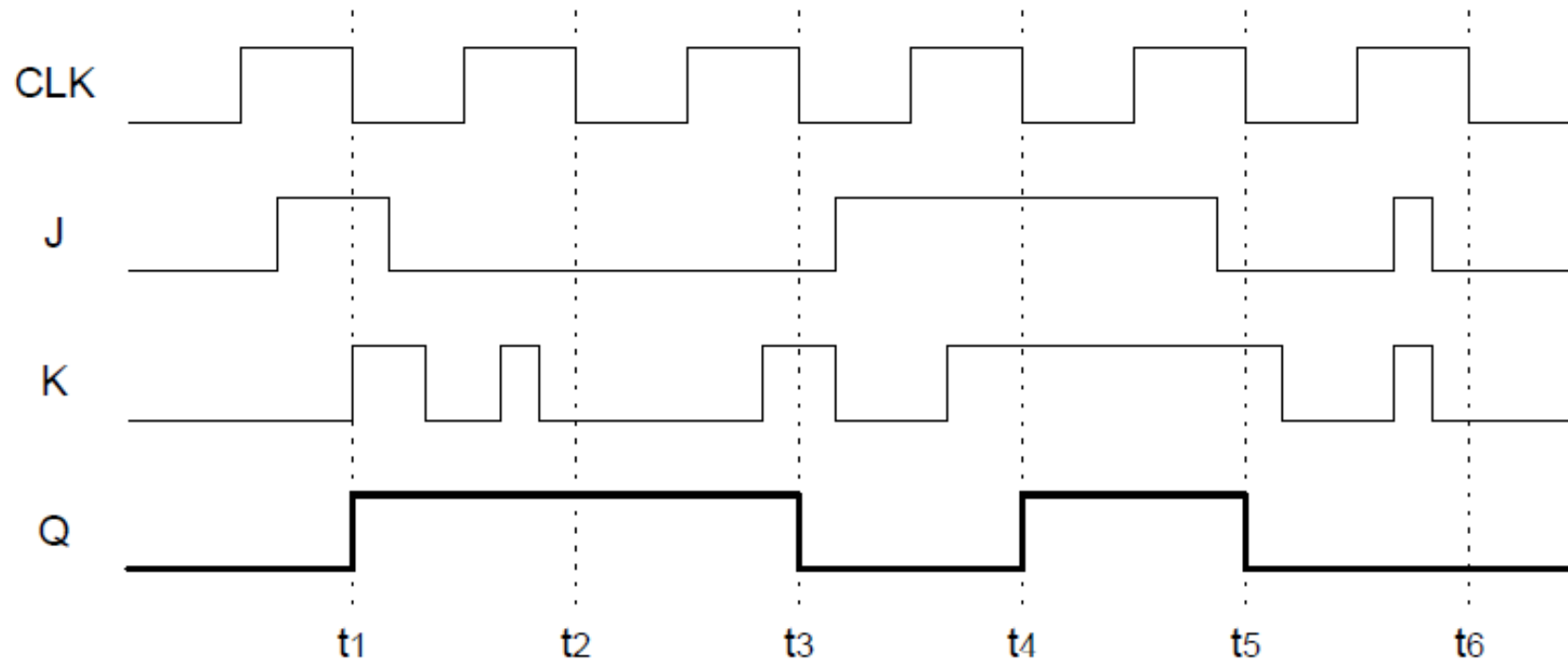
Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών



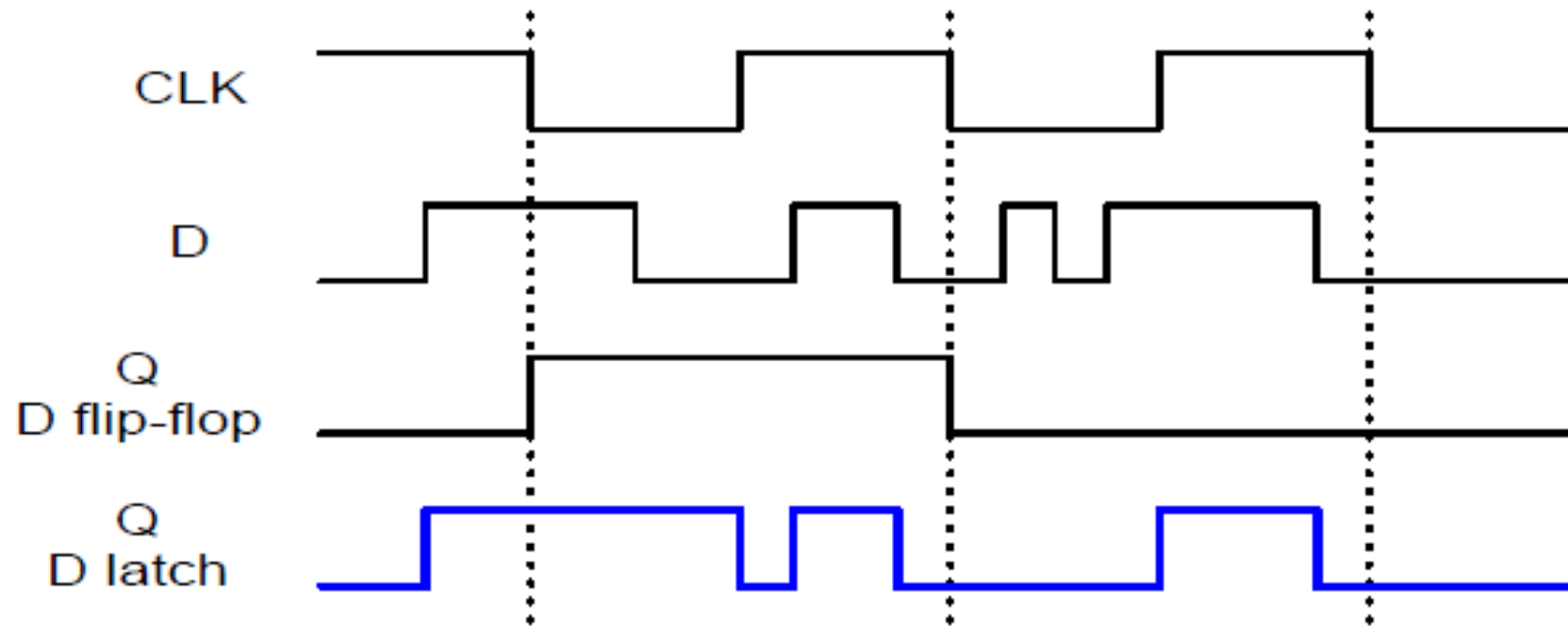
Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών

- Η θετική μετάβαση του παλμού δημιουργεί ένα θετικό σπινθήρα, ενώ η αρνητική μετάβαση δημιουργεί έναν αρνητικό σπινθήρα.
- Οι τιμές των R και C καθορίζουν τη σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή και, κατά συνέπεια, το πόσο "λεπτός" είναι ο σπινθήρας.
- Ένα τέτοιο κύκλωμα ανίχνευσης ακμών, αν και απλό στη σύλληψή του, δεν είναι καλό από άποψη κατασκευής σε ολοκληρωμένη μορφή, διότι παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία σε σχέση με τα υπόλοιπα ψηφιακά κυκλώματα ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (integrated circuit, chip), που είναι απλές πύλες.

Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών



Κυκλώματα Ανίχνευσης Ακμών



Χαρακτηριστικοί Πίνακες

SR flip-flop

S	R	Q_{t+1}
0	0	Q_t
0	1	0
1	0	1
1	1	απροσδιόριστη

JK flip-flop

J	K	Q_{t+1}
0	0	Q_t
0	1	0
1	0	1
1	1	Q'_t

D flip-flop

D	Q_{t+1}
0	0
1	1

T flip-flop

T	Q_{t+1}
0	Q_t
1	Q'_t

Πίνακες Διέγερσης

SR Flip-Flop

Q_t	Q_{t+1}	S	R
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	0

JK Flip-Flop

Q_t	Q_{t+1}	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

D Flip-Flop

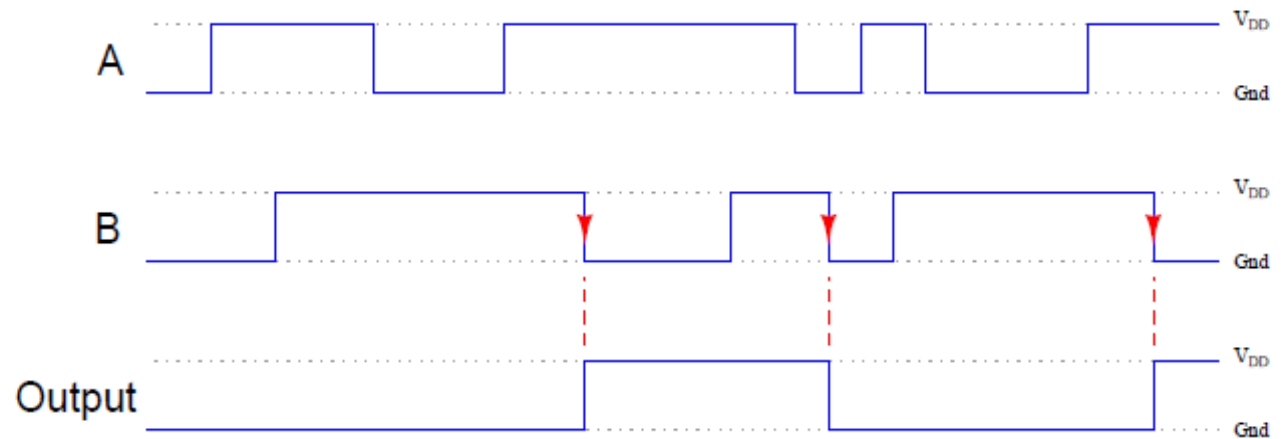
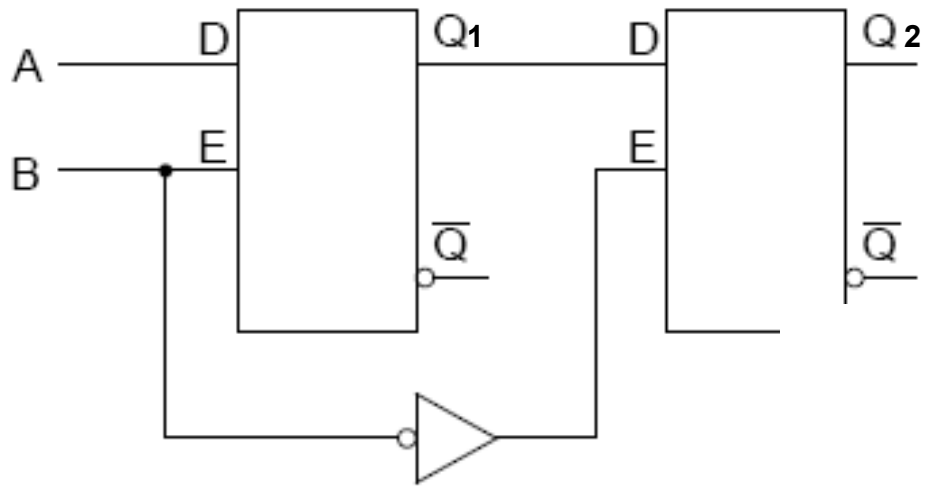
Q_t	Q_{t+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

T Flip-Flop

Q_t	Q_{t+1}	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

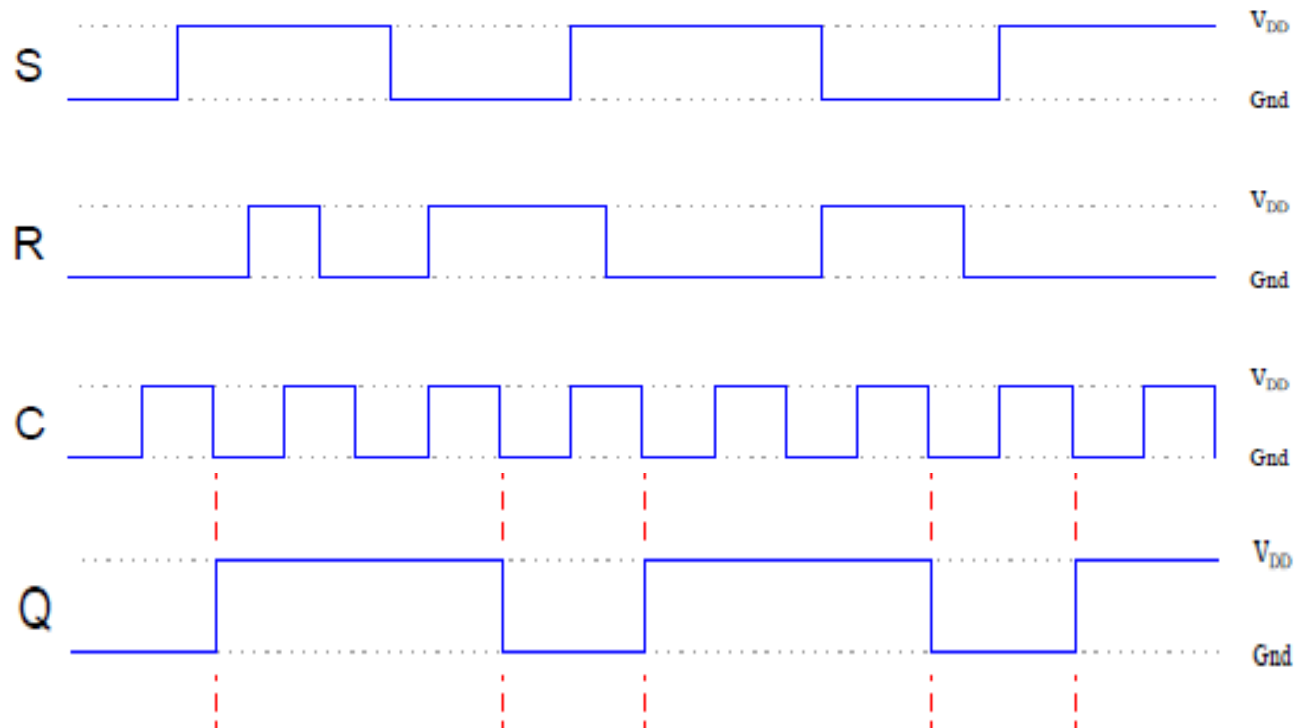
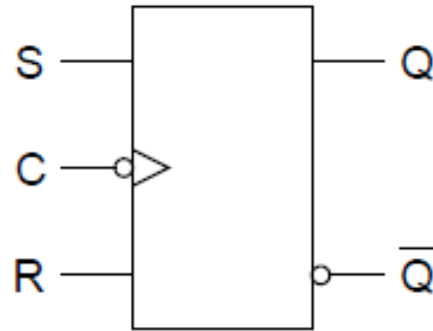
Άσκηση

Ποιο το χρονικό διάγραμμα της Q_2 ?



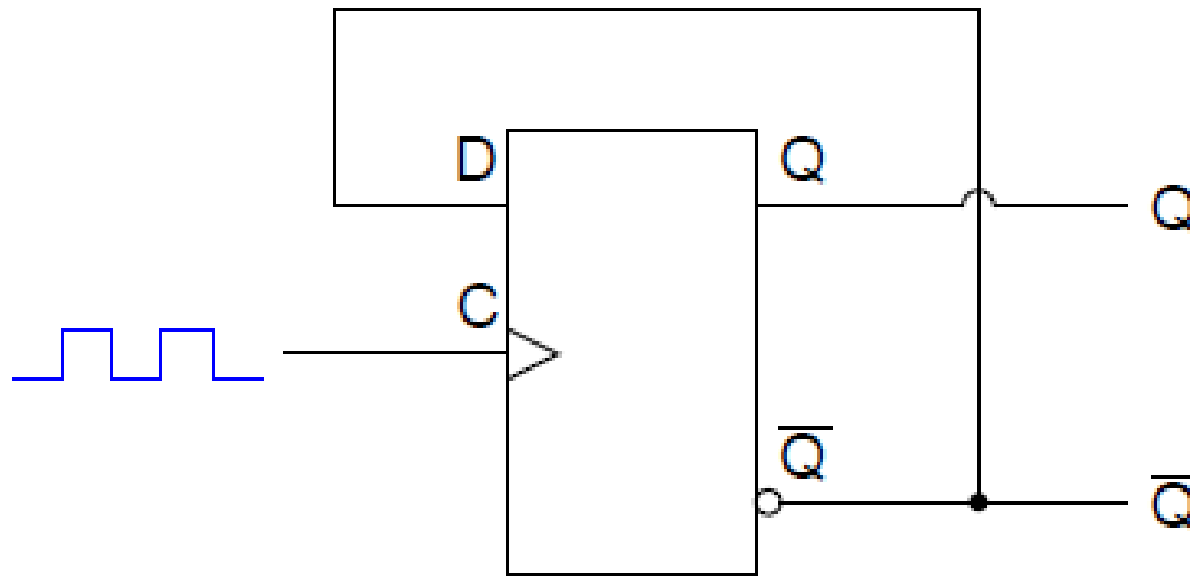
Άσκηση

Ποιο το χρονικό διάγραμμα της Q ?



Άσκηση

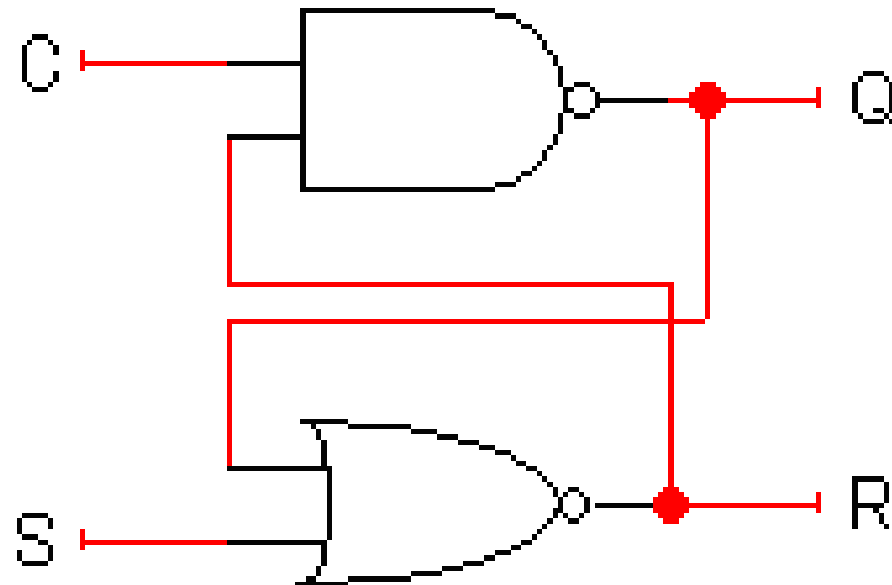
Να περιγραφεί η λειτουργία του Flip-Flop που εικονίζεται παρακάτω.



$Q(t+1) = D = Q'$, (εκτελεί συνέχεια μεταβάσεις στη θετική ακμή του παλμού.)

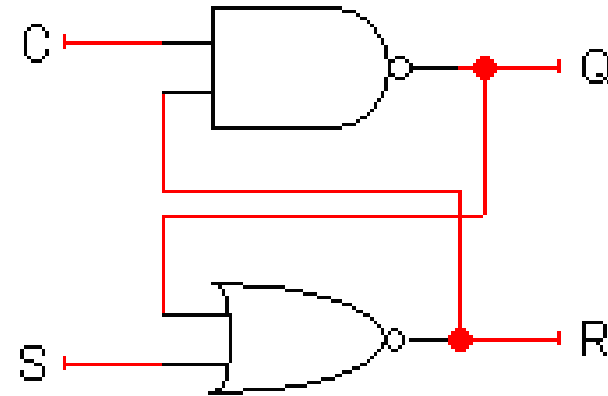
Άσκηση

- I. Να υπολογιστεί η εξίσωση της επόμενης κατάστασης του κυκλώματος.
- II. Ναδειχθεί μέσω του πίνακα κατάστασης εάν το κύκλωμα λειτουργεί ως μανταλωτής.



Άσκηση

Q_t	S	C	Q_{t+1}	R
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0



1. Το κύκλωμα μπορεί να μεταβεί_μόνο στην κατάσταση 1(Set).
2. Το κύκλωμα μπορεί να διατηρήσει την παρούσα κατάσταση $Q_{t+1}=Q_t$, για $S=0$ $C=1$.
3. $Q(t+1) = S+Q_t+C'$

Το κύκλωμα δεν λειτουργεί ως μανταλωτής (εκτελεί μόνο Set και Μνήμη).

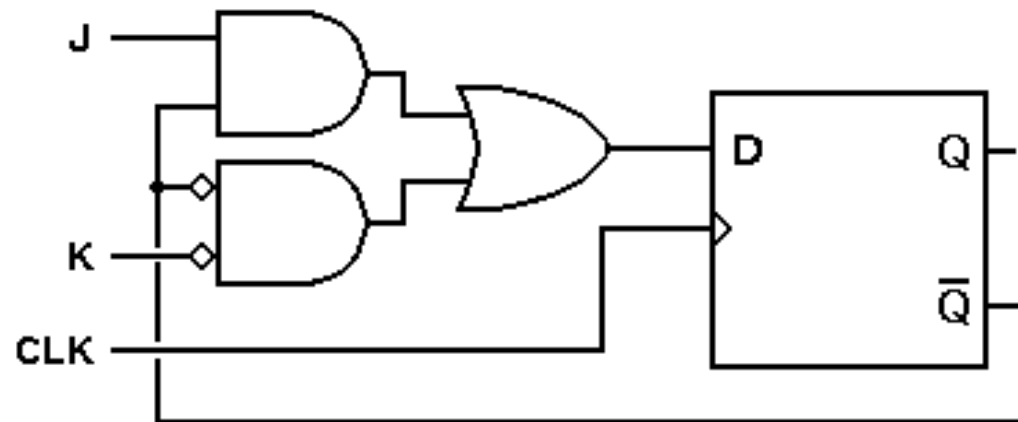
Άσκηση: Να μετατραπεί ένα Data FF σε JK.

Q_t	J	K	Q_{t+1}	D
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

Με τη χρήση του χάρτη Karnaugh:

$$D = J (Q_t)' + K' Q_t$$

$$\text{Ισχύει } Q(t+1) = D = J (Q_t)' + K' Q_t$$



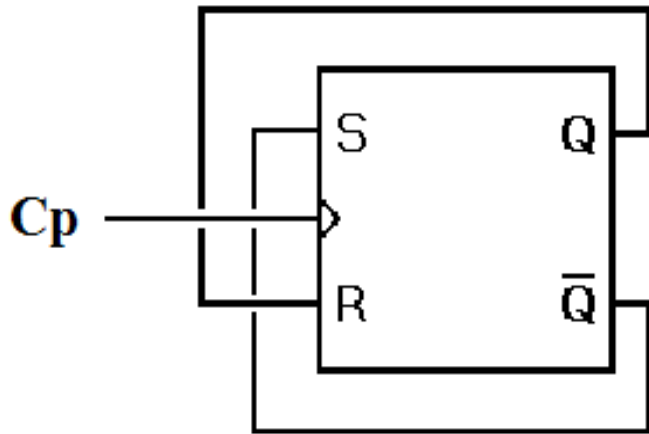
Άσκηση: Να μετατραπεί ένα SR FF σε T.

$$Q(t+1) = S + R'Q(t)$$

$$\text{Εάν } R=Q(t), S=Q(t)' \Rightarrow$$

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

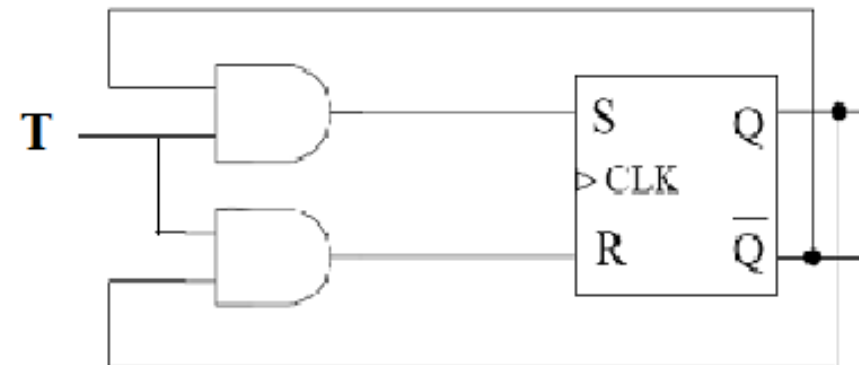
Η κατάσταση θα αντριστρέφεται
συνεχώς (Toggle)



Q_t	T	Q_{t+1}	S	R
0	0	0	0	X
0	1	1	1	0
1	0	1	X	0
1	1	0	0	1

$$S = Q(t)' T$$

$$R = T Q(t)$$



Ασκήσεις

I. Να μετατραπεί ένα Data FF σε T.

$$(Απ. D = T \oplus Q(t))$$

II. Να μετατραπεί ένα T FF σε Data.

$$(Απ. T = D'Q(t) + D Q(t)')$$

Απαντήσεις: I

37

Q_t	D	Q_{t+1}	T
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	1	0

$$D = TQ'(t) + T'Q(t) = T \oplus Q(t)$$

Απαντήσεις: II

38

Q_t	D	Q_{t+1}	T
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	1	0

$$T = DQ'(t) + D'Q(t)$$

Άσκηση

Να σχεδιαστεί FF με εισόδους X,Y χρησιμοποιώντας α)RS και β)JK Flip Flop. Ο πίνακας των καταστάσεων δίνεται ως εξής:

X	Y	Q_{t+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	Q_t'
1	1	Q_t'

Άσκηση: Σχεδίαση του FF με RS

X	Y	Q_n	Q_{n+1}	S	R
0	0	0	0	0	X
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	1	X	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1

S, R συναρτήσει των X, Y, Q_n

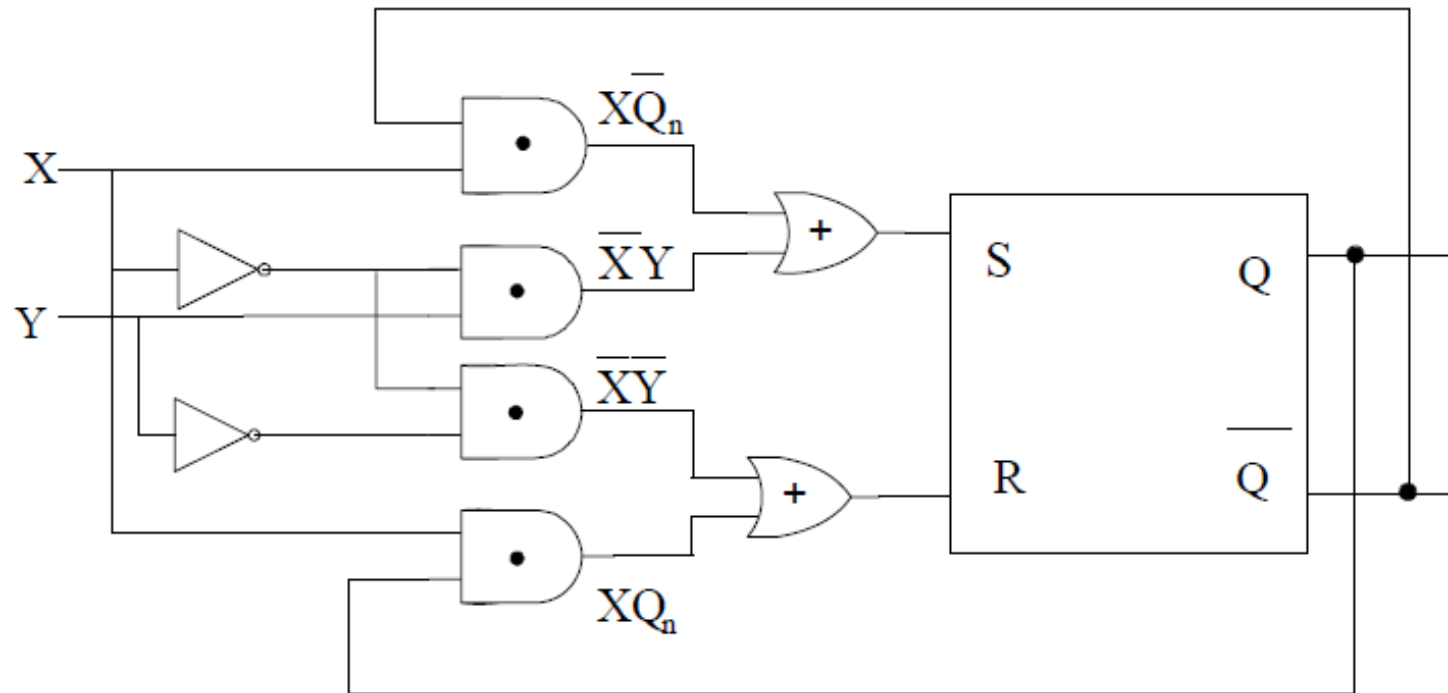
S	XY			
	00	01	11	10
Q_n 0	0	1	1	1
Q_n 1	0	X	0	0

$$S = \overline{X}Y + X\overline{Q}_n$$

R	XY			
	00	01	11	10
Q_n 0	X	0	0	0
Q_n 1	1	0	1	1

$$R = \overline{X}\overline{Y} + XQ_n$$

Άσκηση: Σχεδίαση του FF με RS



Άσκηση: Σχεδίαση του FF με JK

X	Y	Q(n)	Q(n+1)	J	K
0	0	0	0	0	X
0	0	1	0	X	1
0	1	0	1	1	X
0	1	1	1	X	0
1	0	0	1	1	X
1	0	1	0	X	1
1	1	0	1	1	X
1	1	1	0	X	1

J

Q(n)\XY	00	01	11	10
0		X	1	1
1	X	X	X	X

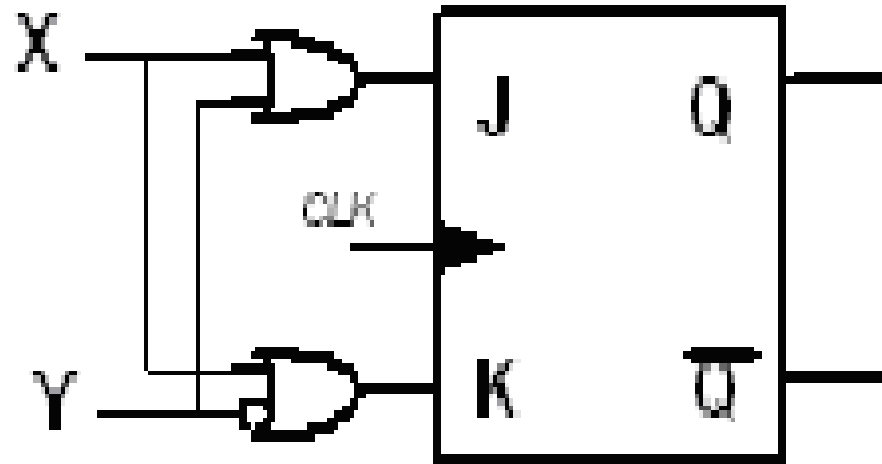
$J=X$

K

Q(n)\XY	00	01	11	10
0	X	X	X	X
1	1		1	1

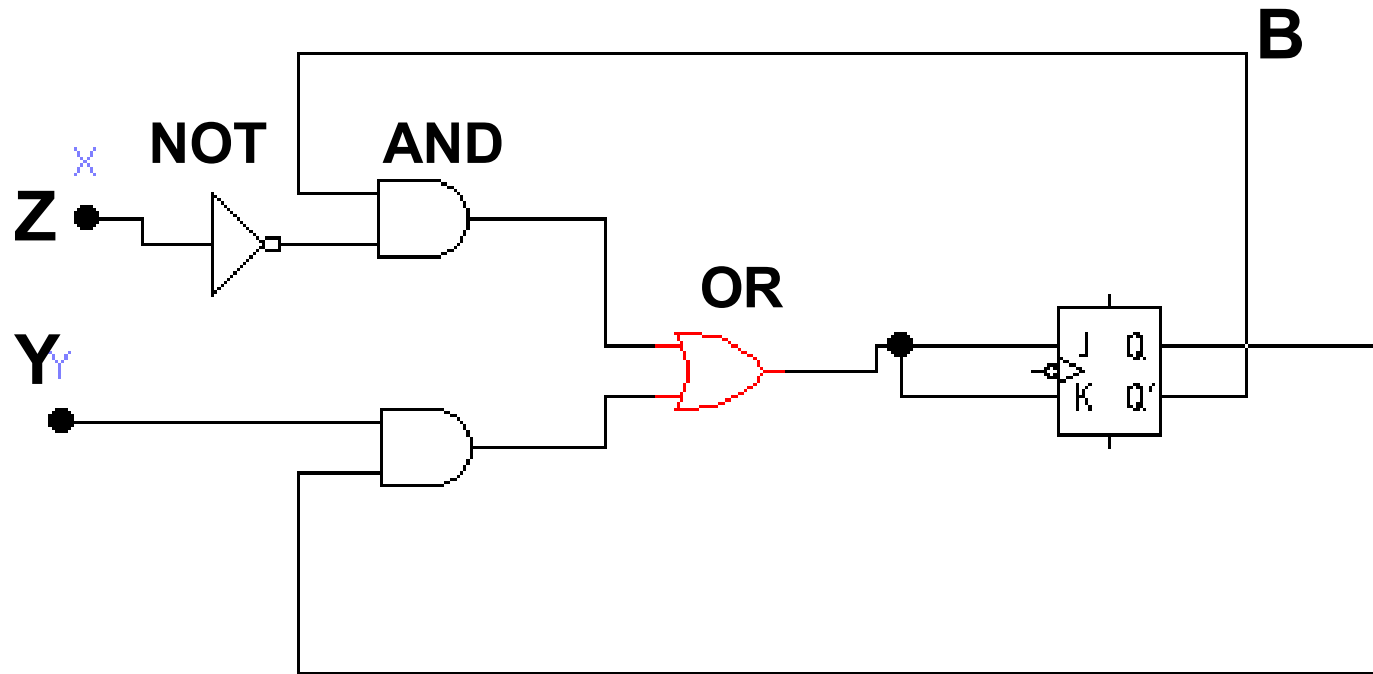
$K=X+Y'$

Άσκηση: Σχεδίαση του FF με JK



Άσκηση

Να υπολογισθεί ο πίνακας διέγερσης του κυκλώματος



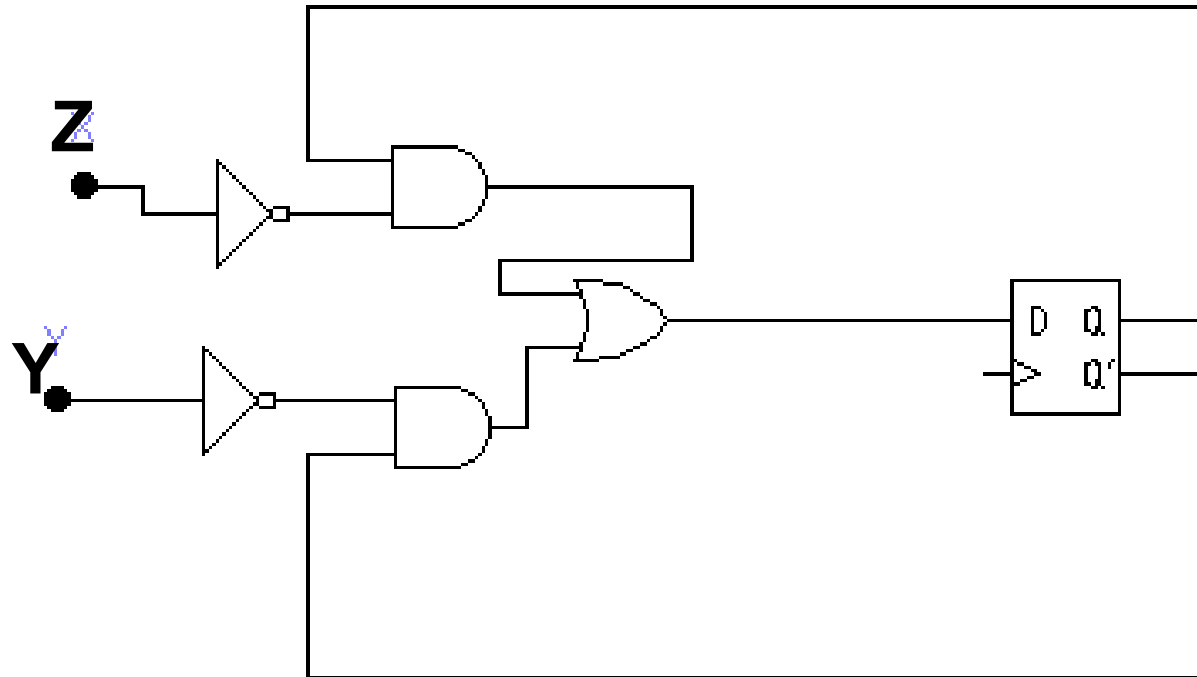
Άσκηση

Q_t	Z	Y	Q_{t+1}
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Q_t	Q_{t+1}	Z	Y
0	0	1	x
0	1	0	x
1	0	x	1
1	1	x	0

Άσκηση

Να υπολογισθεί ο πίνακας λειτουργίας του κυκλώματος
A



Άσκηση

Q_t	Z	Y	Q_{t+1}
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

Q_t	Q_{t+1}	Z	Y
0	0	X	1
0	1	X	0
1	0	1	X
1	1	0	X

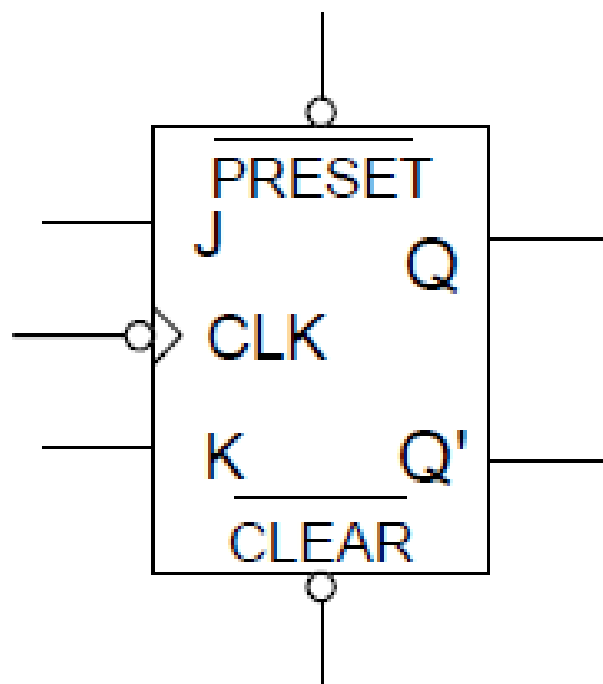
FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

- Οι είσοδοι ελέγχου S, R, J, K, D όλων των FFs που εξετάστηκαν ανήκουν στην κατηγορία των *σύγχρονων εισόδων* (synchronous inputs), επειδή η επίδρασή τους στη λειτουργία του FF συγχρονίζεται με την είσοδο CLK των ωρολογιακών παλμών.
- Συνήθως όμως, τα FFs έχουν επιπλέον και μία ή περισσότερες *ασύγχρονες εισόδους* (asynchronous inputs), οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα από τις άλλες εισόδους ή την είσοδο ρολογιού CLK. Αυτές οι ασύγχρονες είσοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για να καθορίσουν τη στάθμη εξόδου του FF στο 1 (set) ή να εκκαθαρίσουν αυτό (reset) σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις τιμές των άλλων εισόδων.

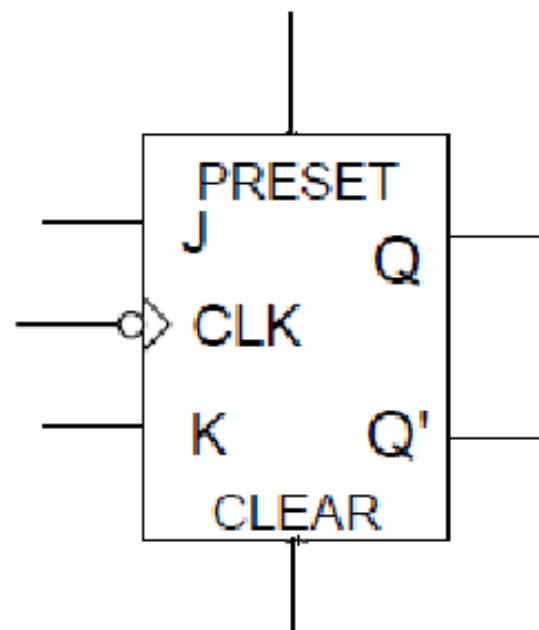
FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

Δύο τύποι FF με άμεσες εισόδους

Active Low

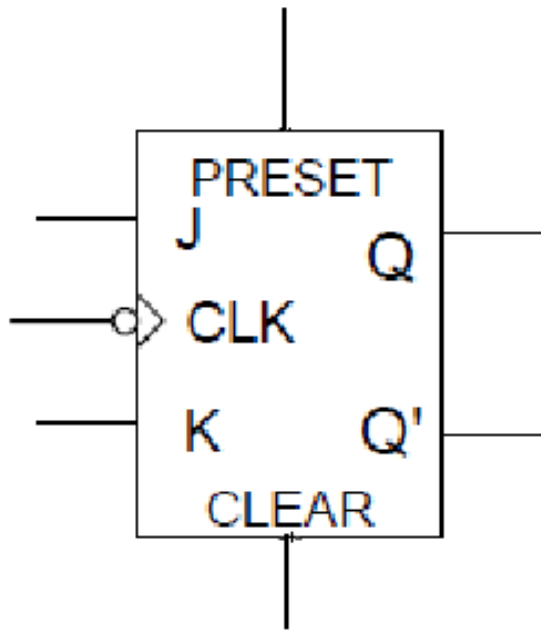


Active High



FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

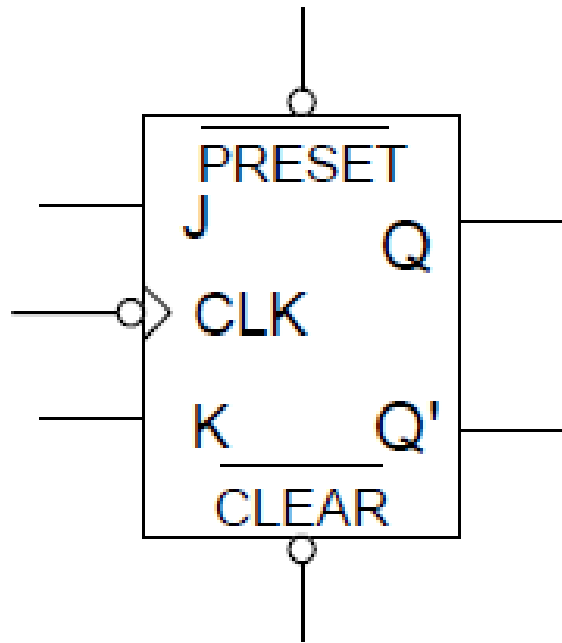
Active High



PRESET	CLEAR	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ FF
0	0	Κανονική
0	1	$Q=0$
1	0	$Q=1$
1	1	Δε χρησιμοποιείται

FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

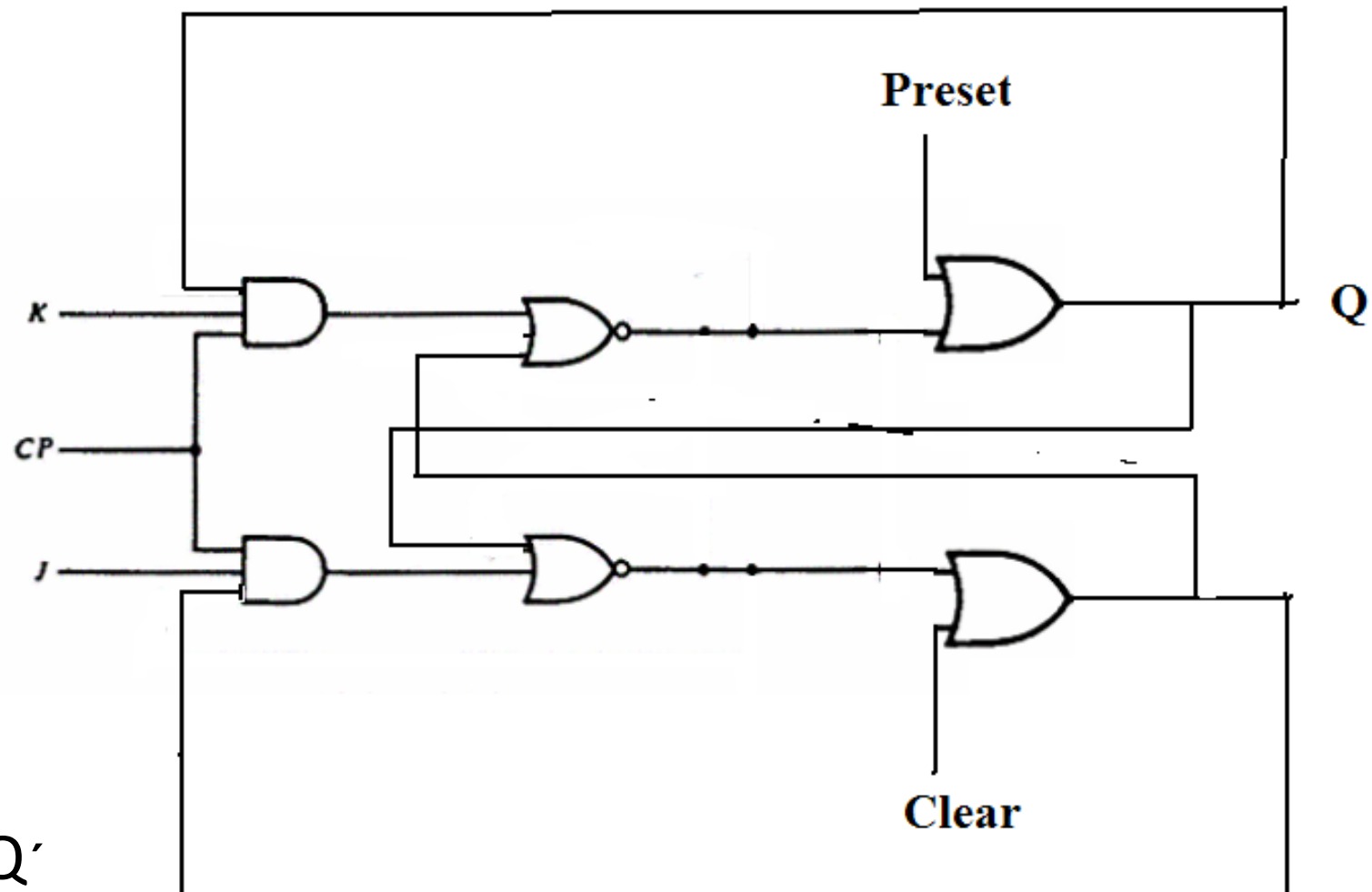
Active Low



<u>PRESET</u>	<u>CLEAR</u>	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ FF
0	0	Δε χρησιμοποιείται
0	1	Q=1
1	0	Q=0
1	1	Κανονική Λειτουργία

FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

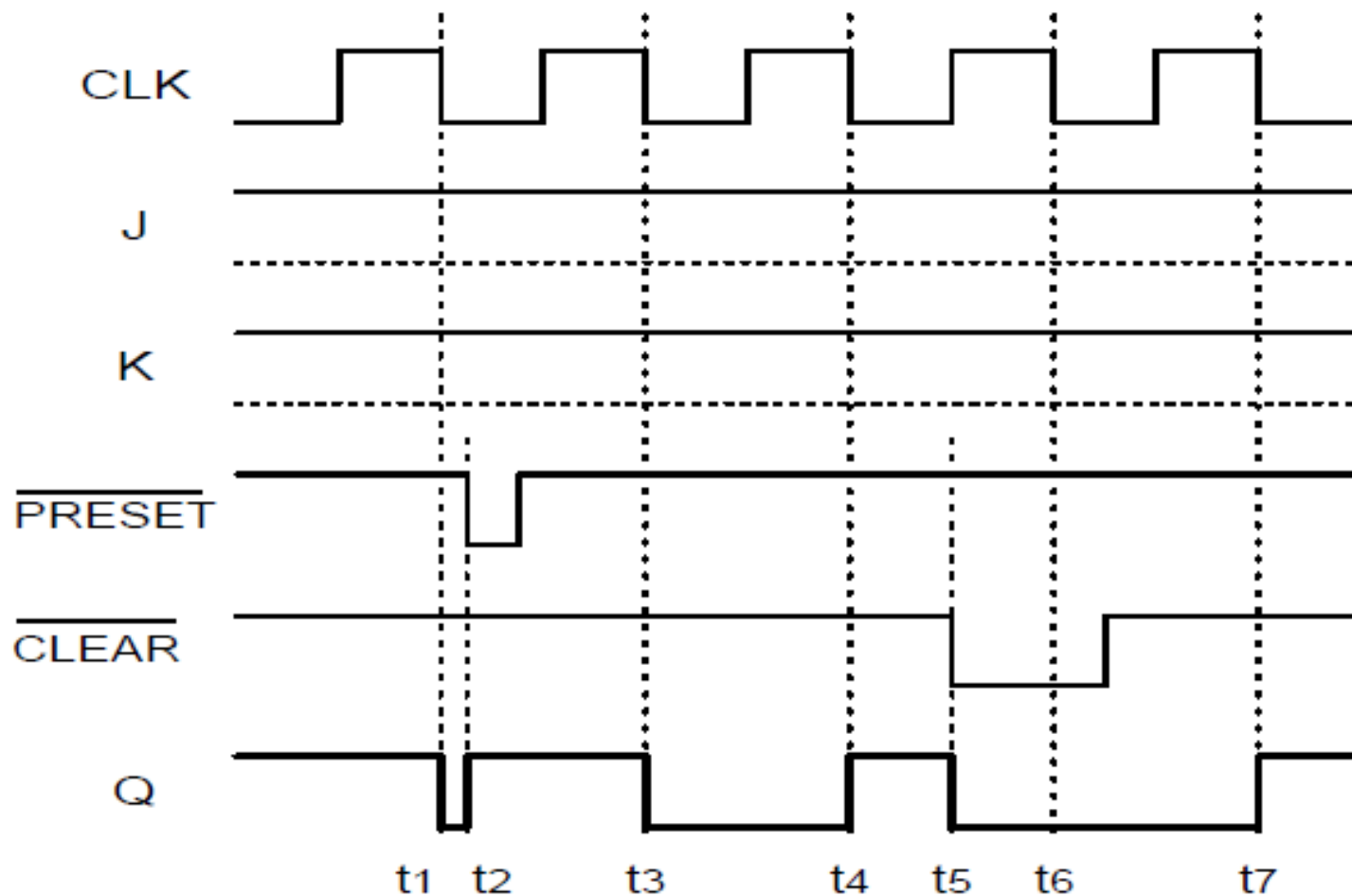
Active High



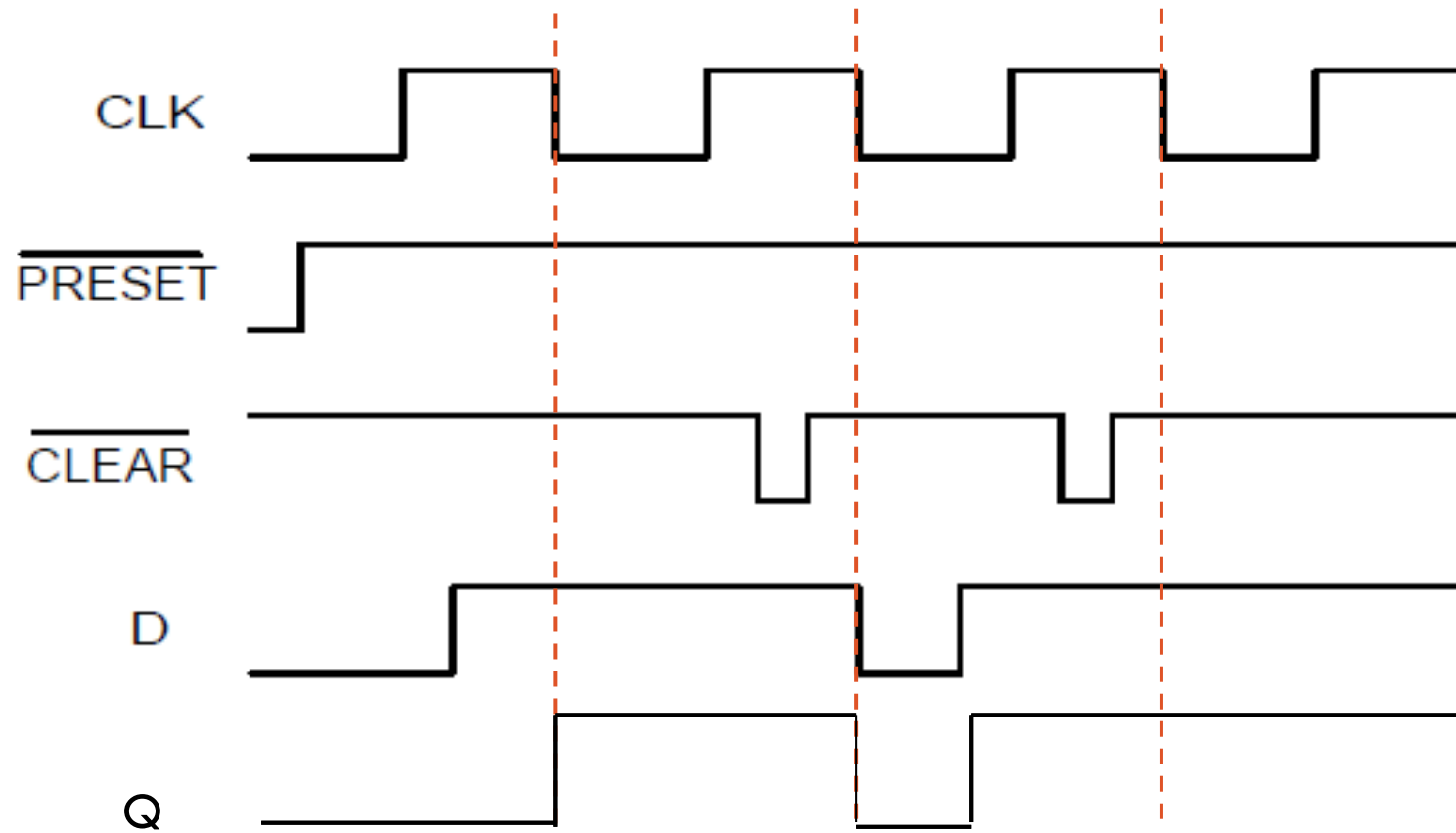
$Preset=Clear=1 \Rightarrow Q=Q'$

FLIP FLOPS με Ασύγχρονες Εισόδους

Active Low



Άσκηση



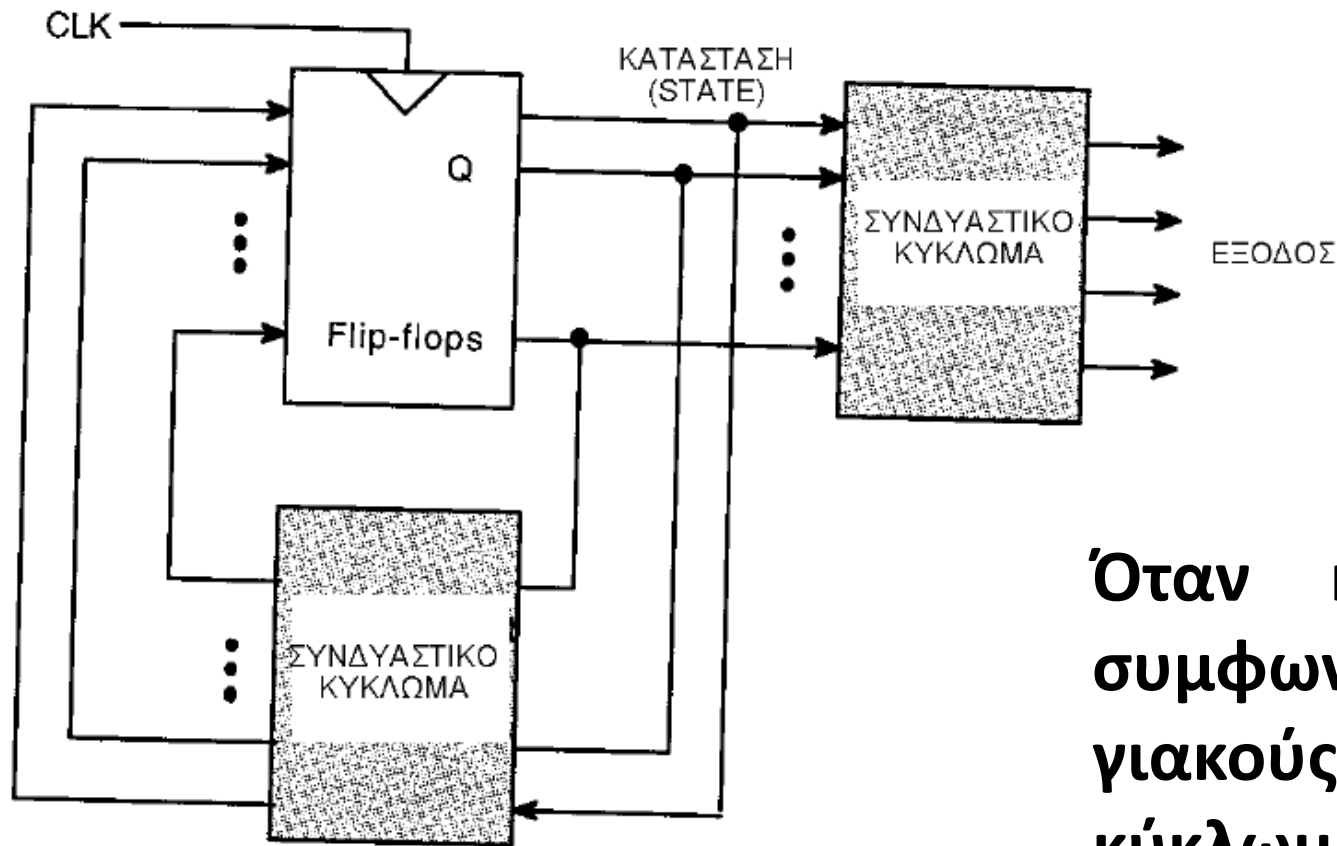
Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Τα κυκλώματα αυτά αποτελούνται από FFs, των οποίων η λειτουργία συγχρονίζεται από τους παλμούς ενός και μόνο ρολογιού. Η ανάλυση της λειτουργίας, καθώς και η σχεδίαση τέτοιων κυκλωμάτων, είναι ένας ουσιώδους σημασίας τομέας της ψηφιακής σχεδίασης.
- Η ανάλυση ενός κυκλώματος αφορά στην περίπτωση που μας δίνεται το όλο κύκλωμα και μας ζητείται να προσδιορίσουμε τον ακριβή τρόπο λειτουργίας του.
- Δηλαδή, εύρεση ολόκληρης της χρονικής ακολουθίας των εισόδων, εξόδων και καταστάσεων αυτού.

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Με τον όρο κατάσταση (state) εννοούμε όλες τις εξόδους των FFs στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
- Αν ένα κύκλωμα αποτελείται από N FFs, θα έχει το πολύ 2^N διαφορετικές καταστάσεις.
- Οι είσοδοι, όπως και το ρολόι, δε συμπεριλαμβάνονται στον ορισμό της κατάστασης. Επιπλέον, η κατάσταση δεν ταυτίζεται με την έξοδο του κυκλώματος. Μερικές ή και όλες οι εξοδοι των FFs μπορεί να οδηγούνται κατευθείαν στην έξοδο, αλλά γενικά η έξοδος ενός ΣΑΚ είναι ένας συνδυασμός των εξόδων (καταστάσεων) των FFs.

Τύποι Ακολουθιακών Κυκλωμάτων



Κύκλωμα Moore

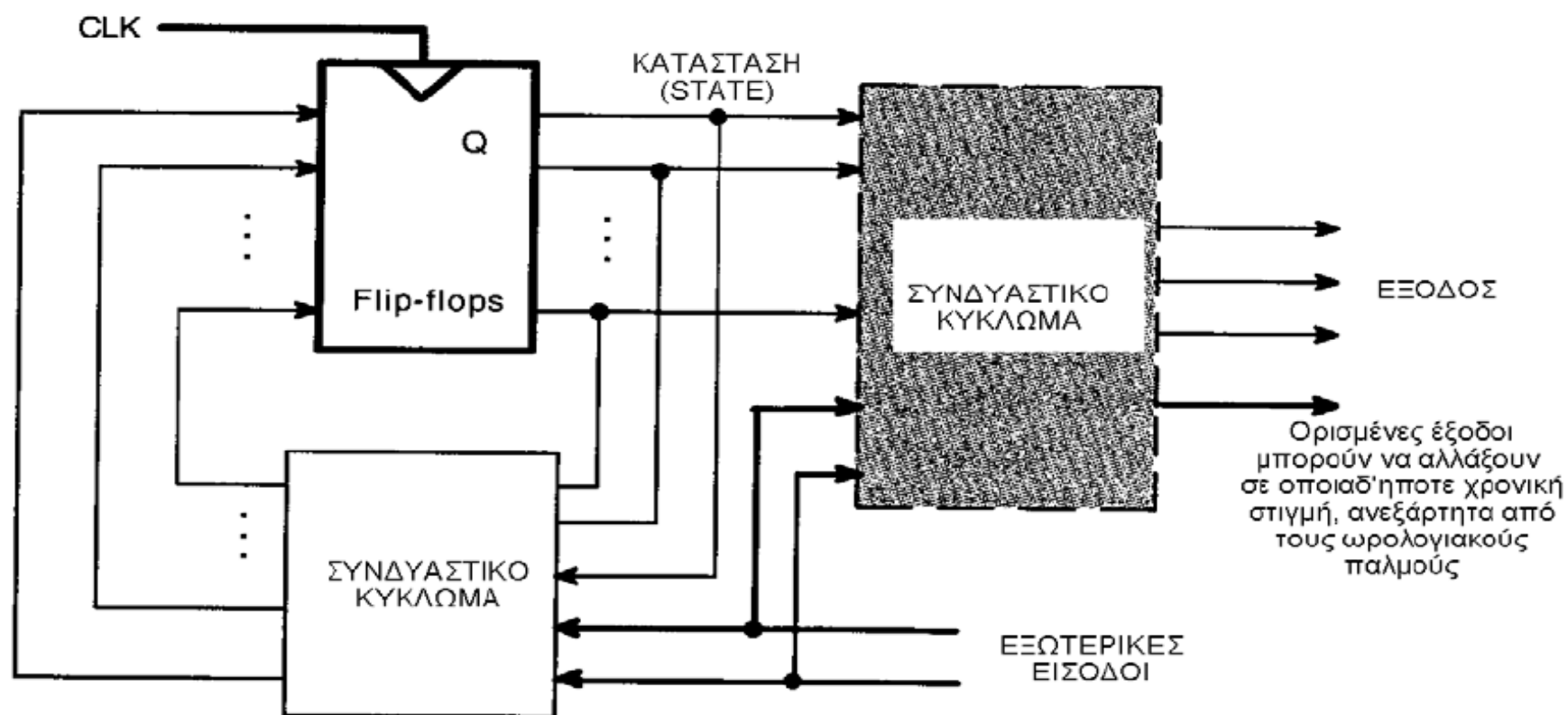
Όταν η έξοδος αλλάζει σε συμφωνία με τους ωρολογιακούς παλμούς ονομάζεται κύκλωμα Moore.

Τύποι Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Αν στο ΣΑΚ προσθέσουμε κάποιες εξωτερικές εισόδους (εκτός του ρολογιού), τότε και πάλι το κύκλωμα αυτό εξακολουθεί να είναι ένα κύκλωμα Moore, υπό την προϋπόθεση ότι η έξοδος του κυκλώματος λαμβάνεται από τις εξόδους των FFs και άρα οι οποιεσδήποτε αλλαγές στην έξοδο συμβαίνουν μόνο κατά τις αλλαγές των ωρολογιακών παλμών.

Τύποι Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Κύκλωμα Mealy



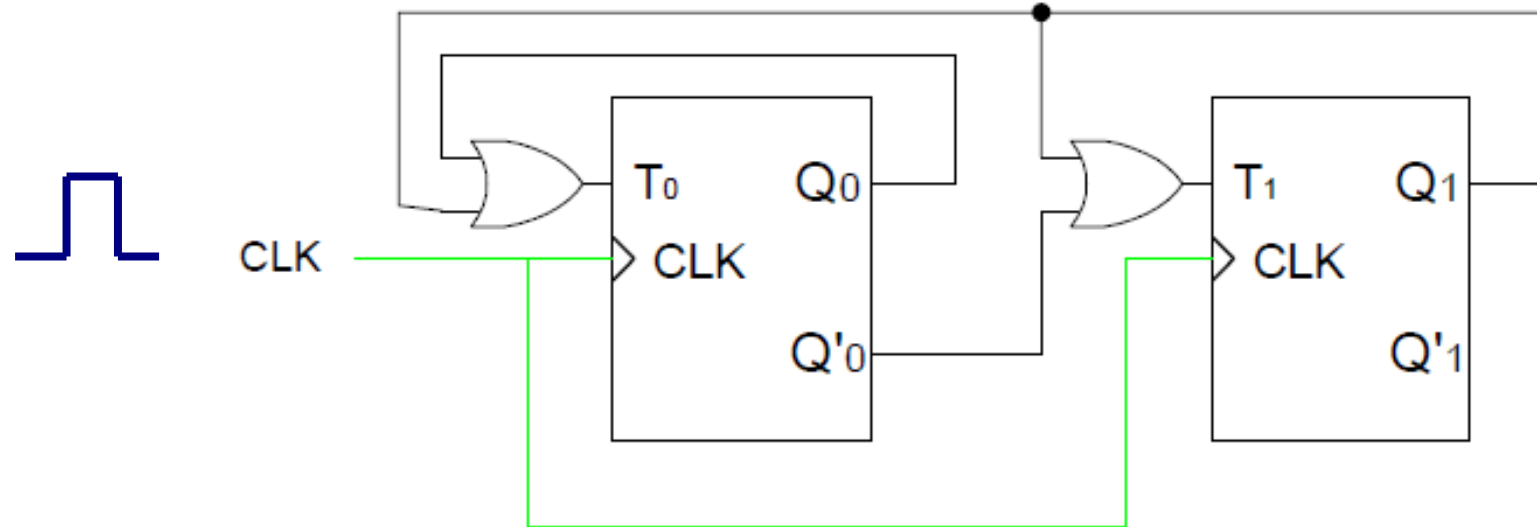
Τύποι Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Η εξωτερική είσοδος μπορεί να επηρεάσει την έξοδο του κυκλώματος σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, χωρίς να είναι απαραίτητο να συγχρονιστεί με τους ωρολογιακούς παλμούς, τότε το κύκλωμα αυτό ονομάζεται κύκλωμα Mealy.
- Σε ένα τέτοιο κύκλωμα η έξοδος εξαρτάται από την εσωτερική κατάσταση καθώς και από τις εξωτερικές επιρροές (εξωτερικές εισόδους). Οι έξοδοι των FFs αποτελούν και πάλι την εσωτερική κατάσταση. Οι είσοδοι δεν παρεμβαίνουν άμεσα στην κατάσταση, αλλά επηρεάζουν την έξοδο του κυκλώματος μέσω του συνδυαστικού κυκλώματος, και μάλιστα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

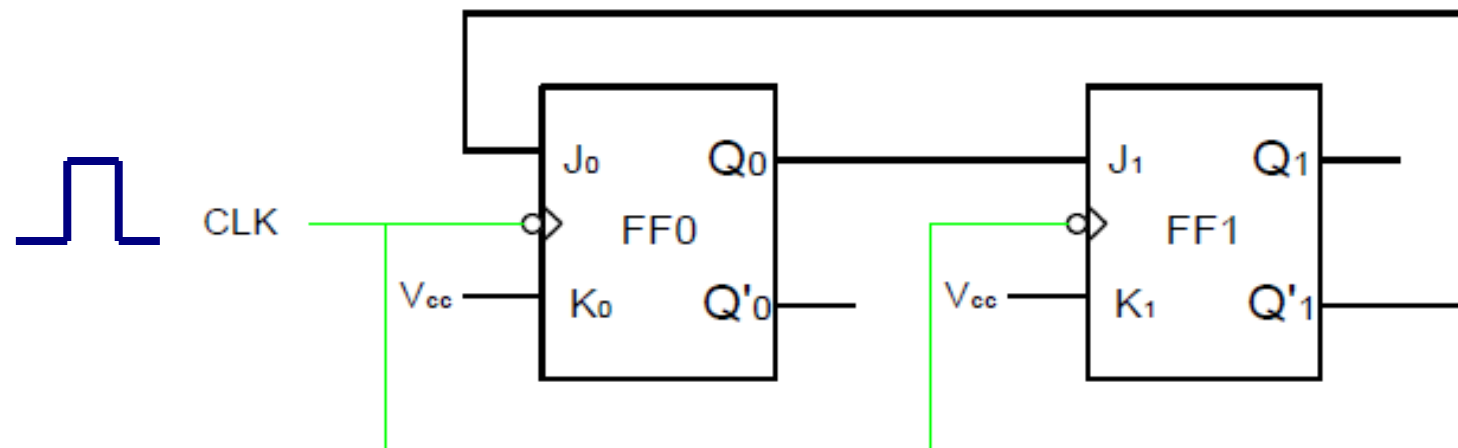
Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

- Όταν δίνεται ένα σύγχρονο ακολουθιακό κύκλωμα (ΣΑΚ), θέλουμε να προσδιορίσουμε όλη την αλληλουχία των δυνατών καταστάσεων αυτού, όπως και των πιθανών εξόδων του, σε συνάρτηση με τις τιμές των εξωτερικών εισόδων του κυκλώματος και τους ωρολογιακούς παλμούς.
- Η διαδικασία της ανάλυσης ενός ΣΑΚ γίνεται πολύ εύκολα σε τρία ξεχωριστά βήματα:
 1. Συναρτήσεις εισόδου
 2. Πίνακας καταστάσεων
 3. Διάγραμμα καταστάσεων (Γράφος).

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων



$Q_1 Q_0$: Κατάσταση

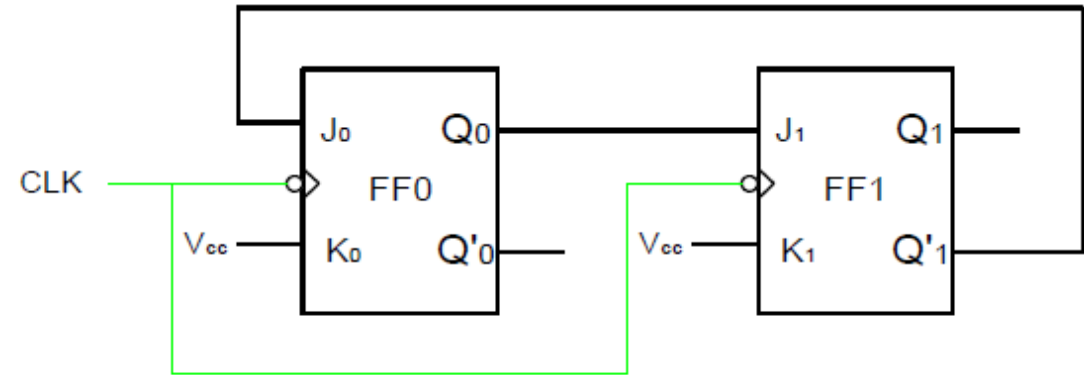


Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Συναρτήσεις εισόδου

$$J_0 = Q'_1 \quad J_1 = Q_0 \quad K_0 = 1 \quad K_1 = 1$$

Παρούσα
Κατάσταση



Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

Πίνακας καταστάσεων

ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
Q ₁	Q ₀
0	0
0	1
1	0
1	1

Καταγράφονται ΟΛΟΙ οι
δυνατοί συνδυασμοί
(δυνατές καταστάσεις)

ΕΙΣΟΔΟΙ			
J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	1	1	1
1	1	1	1
0	1	0	1
1	1	0	1

Προκύπτουν από τις
συναρτήσεις εισόδου και τις
τιμές της παρούσας
κατάστασης

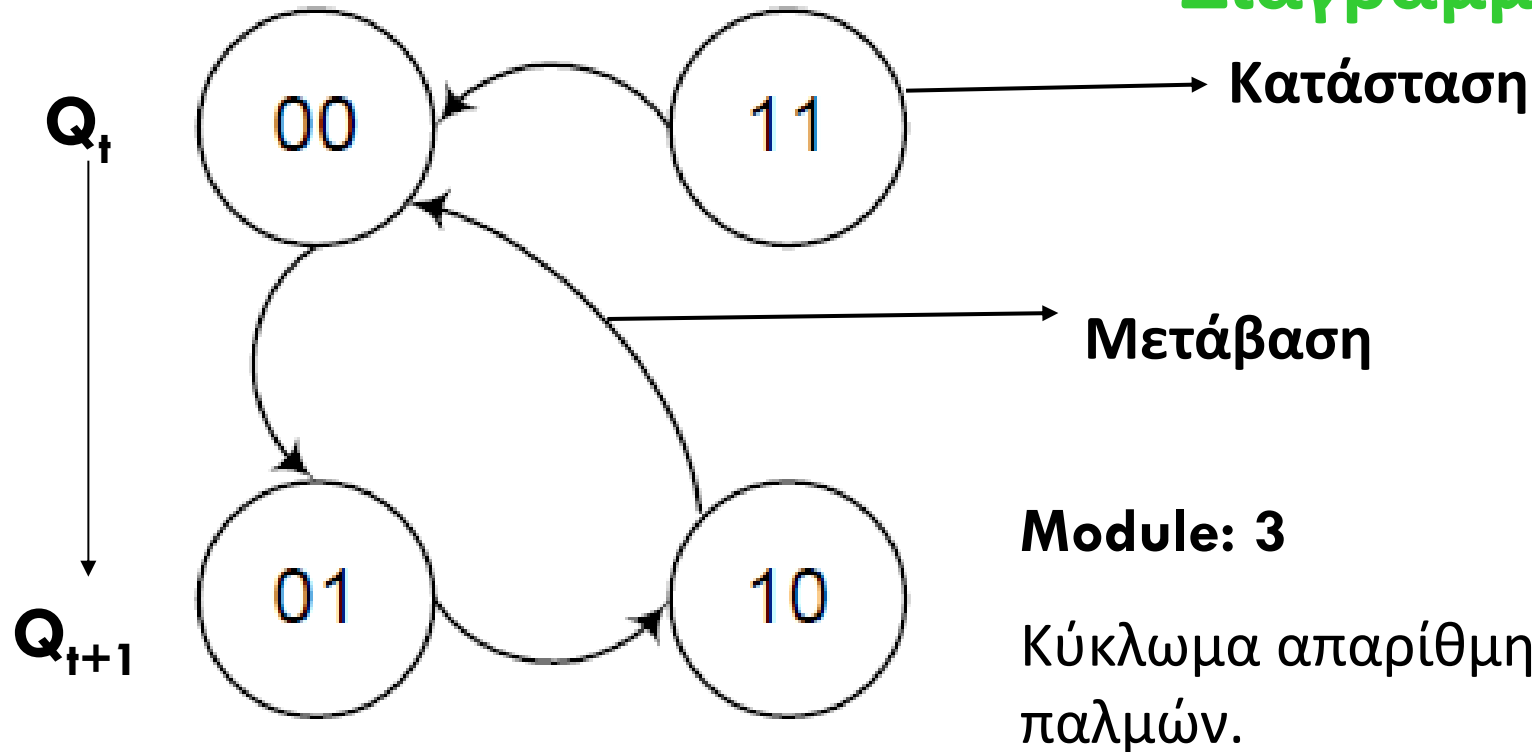
ΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
Q ₁	Q ₀
0	1
1	0
0	0
0	0

Προκύπτουν από τις τιμές των
εισόδων J, K και τις τιμές της
παρούσας κατάστασης Q
καθενός FF

$$2^2=4$$

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

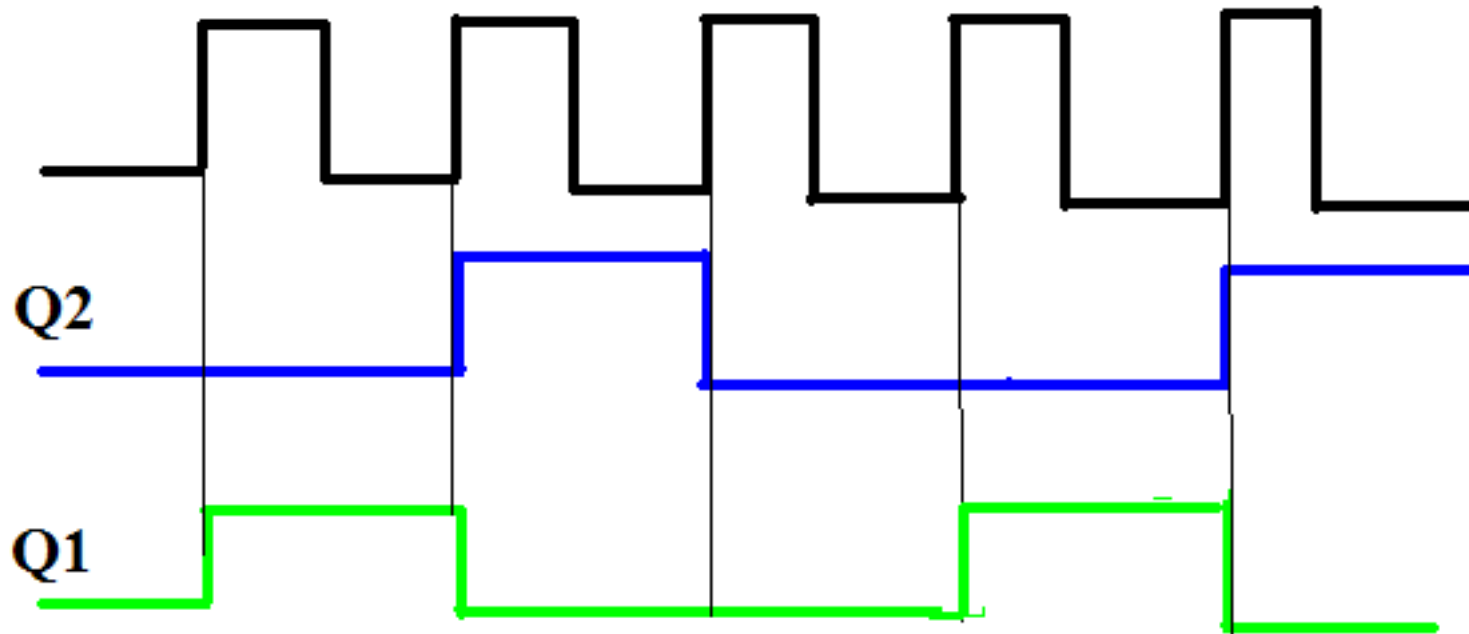
Διάγραμμα καταστάσεων



- Αν το κύκλωμα για κάποιο λόγο (π.χ. κατά την έναρξη της τροφοδοσίας του) βρεθεί στην κατάσταση 11 (δηλαδή $Q_1=1, Q_0=1$), τότε με τον πρώτο ενεργό ωρολογιακό παλμό μεταβαίνει στην κατάσταση 00 και από εκεί συνεχίζει.

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

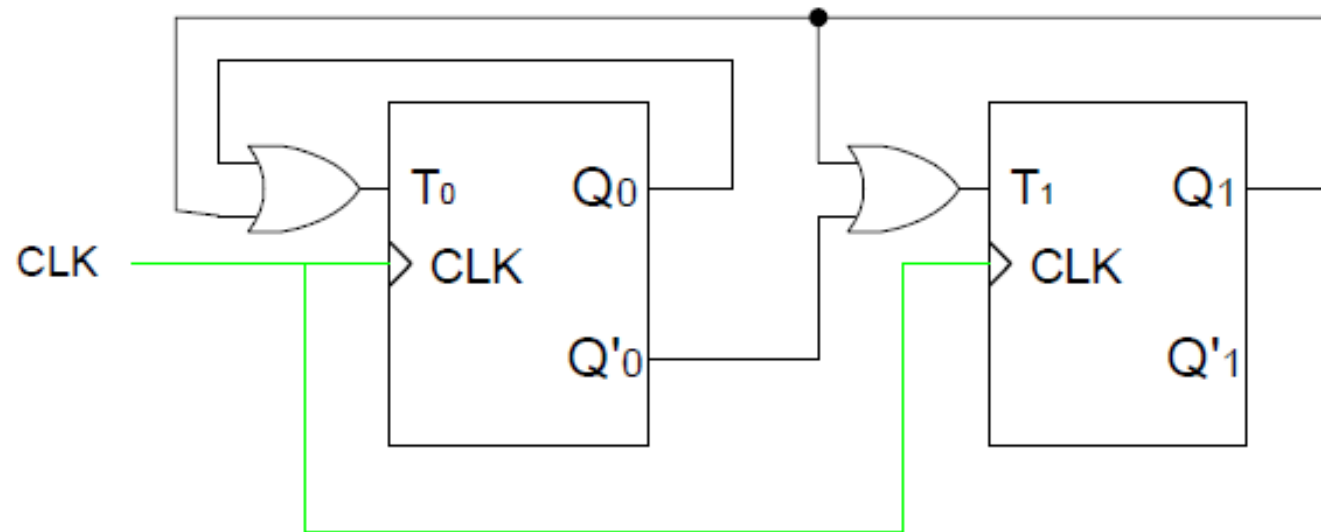
Χρονικό διάγραμμα των εξόδων



$$f_{Q1} = f_{cp}/3 = f_{Q2}$$

* Ποιο το χρονικό διάγραμμα εάν αρχική κατάσταση $Q_2Q_1=11$?

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων



Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

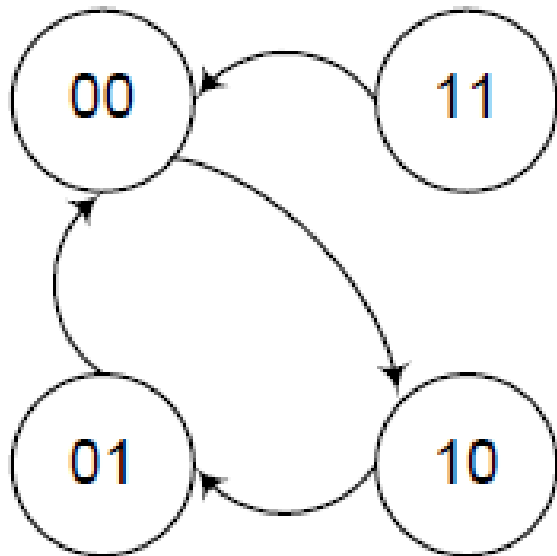
$$T_0 = Q_0 + Q_1 \quad T_1 = Q'_0 + Q_1$$

ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
Q ₁	Q ₀
0	0
0	1
1	0
1	1

ΕΙΣΟΔΟΙ	
T ₁	T ₀
1	0
0	1
1	1
1	1

ΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
Q ₁	Q ₀
1	0
0	0
0	1
0	0

Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων



Module: 3

Κύκλωμα απαρίθμησης 3
παλμών.

- Αν το κύκλωμα βρεθεί στην κατάσταση $Q_1Q_0 = 11$, τότε με τον επόμενο ωρολογιακό παλμό μεταβαίνει στο 00 και από εκεί και έπειτα με κάθε νέο παλμό συνεχίζει τον κύκλο του 2, 1, 0, 2, ...

Άσκηση

- A) Να βρεθούν οι μεταβάσεις του κυκλώματος.
- B) Να δώσετε το χρονικό διάγραμμα των μεταβάσεων, με αρχική κατάσταση 111

