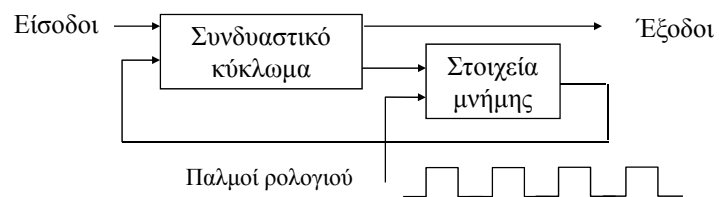




## Ψηφιακή Σχεδίαση

### Κεφάλαιο 5: Σύγχρονη Ακολουθιακή Λογική

#### Σύγχρονα Ακολουθιακά Κυκλώματα



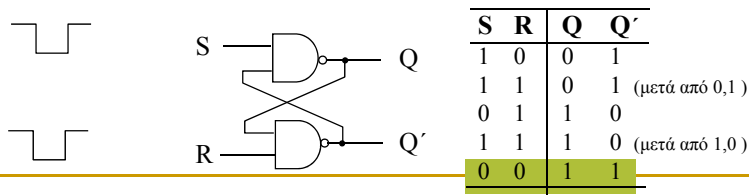
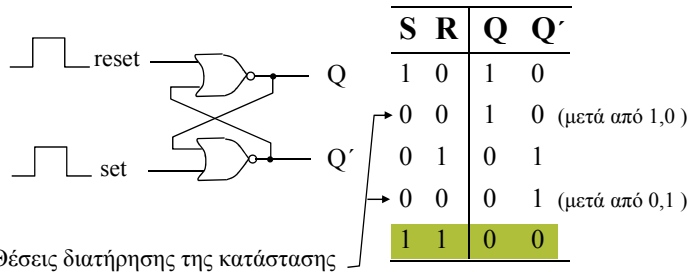
- Γενικό διάγραμμα ενός ακολουθιακού κυκλώματος

## Flip - Flop

- **flip-flop** : ένα κύκλωμα που λειτουργεί ως στοιχείο μνήμης.
- Διατηρεί την έξοδο του σε μία δυαδική κατάσταση (σε κανονική και συμπληρωματική μορφή) μέχρι ένα σήμα εισόδου να το κάνει να αλλάξει κατάσταση.

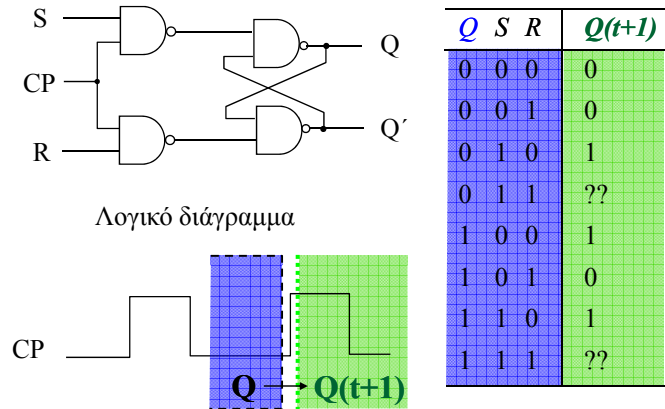
## Flip – Flop (2)

### Βασικό κύκλωμα *flip-flop*



# RS – Flip Flop

## ■ RS-FF



# RS – Flip Flop(2)

$Q$	$S$	$R$	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	??
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	??

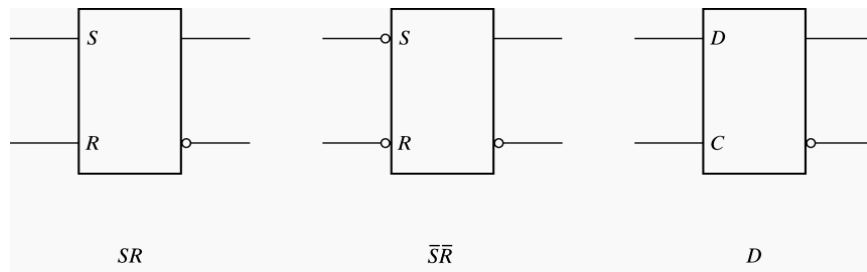
Χαρακτηριστική εξίσωση :

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

$$SR = 0$$

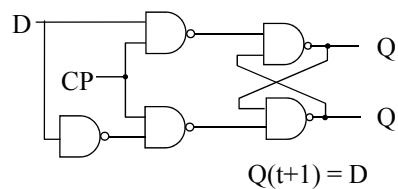
		S			
		00	01	11	10
0				X	1
1		1		X	1
		R			

## Σύμβολα μανδαλωτών (Latches)



## D-FlipFlop

*flip-flop τύπου D*



Q	D	Q(t+1)	
0	0	0	καμία αλλαγή
0	1	1	set
1	0	0	reset
1	1	1	καμία αλλαγή

- Εξάλειψη της απροσδιόριστης κατάστασης

## Απόκριση των Latches και των αιμοπυροδότητων Flip-Flop



(a) Response to positive level

Αλλαγές της κατάστασης κατά τη διάρκεια του λογικού "1"

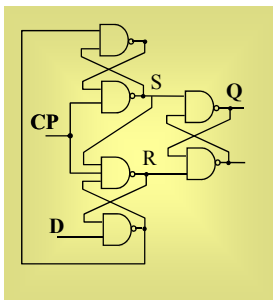


(b) Positive-edge response

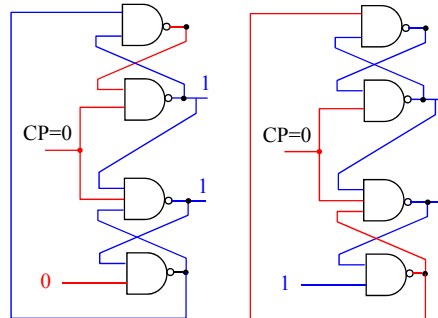


(c) Negative-edge response

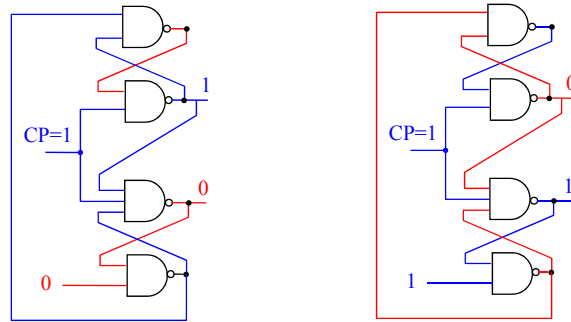
## Αιμοπυροδότητα flip-flop - Λειτουργία D-flip-flop



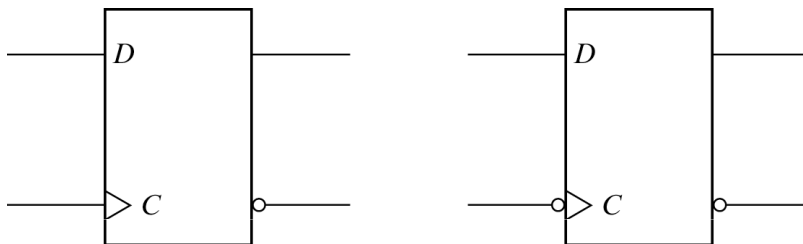
- S,R : ενεργοποίηση με 0 (active low)
- 0, 1 : set Q = 1
- 1, 0 : set Q = 0
- 0, 0 : μη επιτρεπτή



## Αιμοσυροδότητα flip-flop - Λειτουργία D-flip-flop

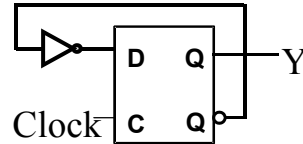


## Σύμβολο θετικού / αρνητικού αιμοσυροδότητου Flip Flop

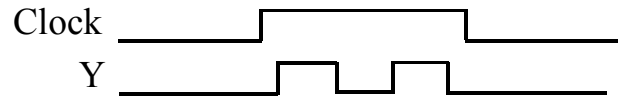


## Πρόβλημα χρονισμού του Latch

- Έστω το ακόλουθο κύκλωμα:

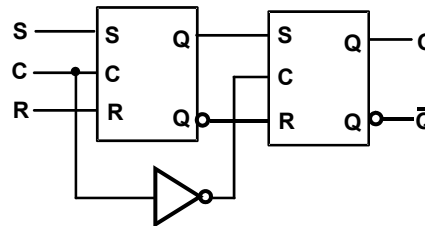


- Έστω αρχική τιμή  $Y = 0$ .



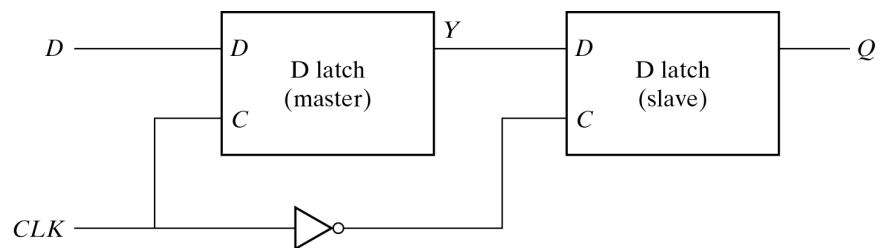
- Όσο χρόνο το  $C = 1$ , η τιμή του  $Y$  αλλάζει συνεχώς!
- Οι αλλαγές εξαρτώνται από την καθυστέρηση που υπάρχει στο μονοπάτι connection από την έξοδο ξανά στην έξοδο.
- Η συμπεριφορά αυτή σε ένα κύκλωμα είναι μη αποδεκτή.
  - Ποια είναι η τελική τιμή του  $Y$  ??
- Επιθυμητή συμπεριφορά: το  $Y$  αλλάζει μία φορά μόνο στη διάρκεια ενός παλμού ρολογιού

## Λύση προβλήματος

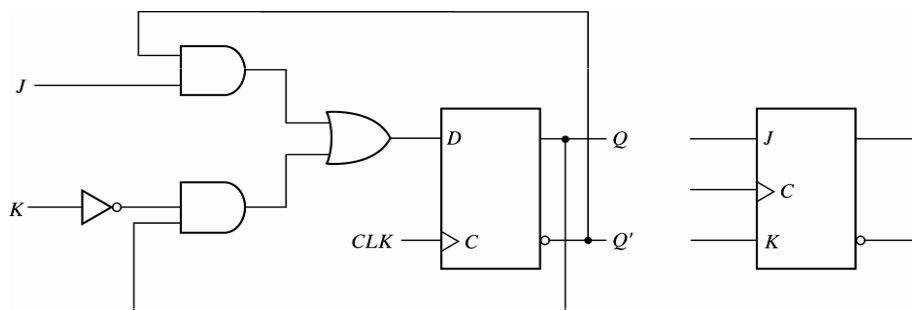


- Ακμοπυροδότητα Flip-Flop
- Δύο μανδαλωτές S-R σε σύνδεση αφέντη-σκλάβου
  - Το μονοπάτι από την είσοδο στην έξοδο έχει σπάσει λόγω της διαφοράς στις τιμές ρολογιού

## Μανδαλωτές S-R σε σύνδεση αφέντη-σιλάβου με D - FlipFlop

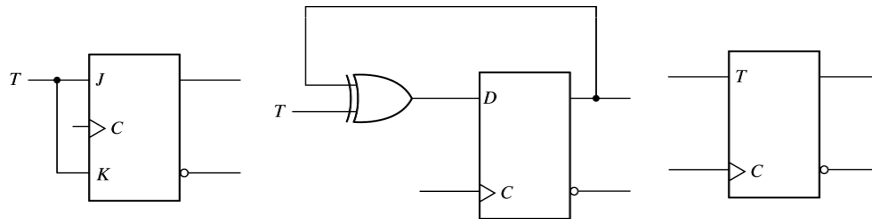


## Άλλοι τύποι Flip Flop



■  $D = JQ' + K'Q$

## T – Flip Flop



- $D = T \oplus Q = TQ' + T'Q$

## Βασικοί ορισμοί Flip Flop

- *Χαρακτηριστικός Πίνακας* : ορίζει την επόμενη κατάσταση του Flip-Flop με βάση τις εισόδους του Flip-Flop και την τρέχουσα κατάσταση.
- *Χαρακτηριστική Εξίσωση* : ορίζει την επόμενη κατάσταση του Flip-Flop ως Boolean συνάρτηση των εισόδων του Flip-Flop και της τρέχουσας κατάστασης.

## D - Flip Flop

D	Q(t+1)	Λειτουργία
0	0	Reset
1	1	Set

- $Q(t+1) = D$

## T – Flip Flop

T	Q(t+1)	Λειτουργία
0	$\bar{Q}$	Καμία αλλαγή
1	$Q$	Συμπλήρωμα

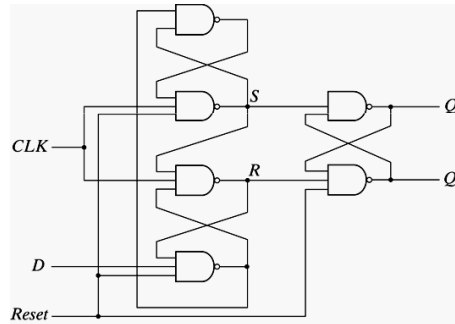
- $Q(t+1) = T \oplus Q$

## JK – Flip Flop

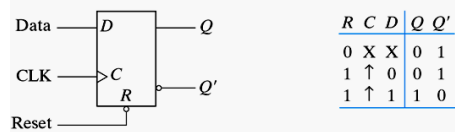
J	K	Q(t+1)	Operation
0	0	$Q$	No change
0	1	0	Reset
1	0	1	Set
1	1	$\bar{Q}$	Complement

- $Q(t+1) = J \bar{Q} + \bar{K} Q$

## Άμεσες εισοδοι



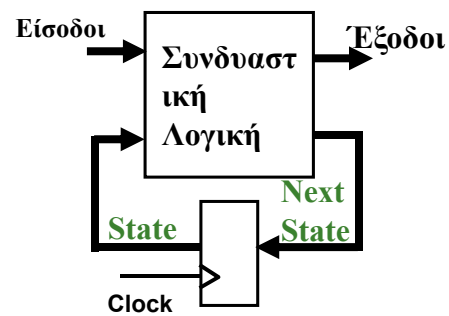
(a) Circuit diagram



## Ανάλυση Ακολουθιακών Κυκλωμάτων

### ■ Γενικό μοντέλο

- Η τρέχουσα κατάσταση την χρονική στιγμή ( $t$ ) αποθηκεύεται σε ένα σύνολο από Flip Flop
- Η κατάσταση την χρονική στιγμή ( $t+1$ ) είναι Boolean συνάρτηση της κατάστασης και των εισόδων

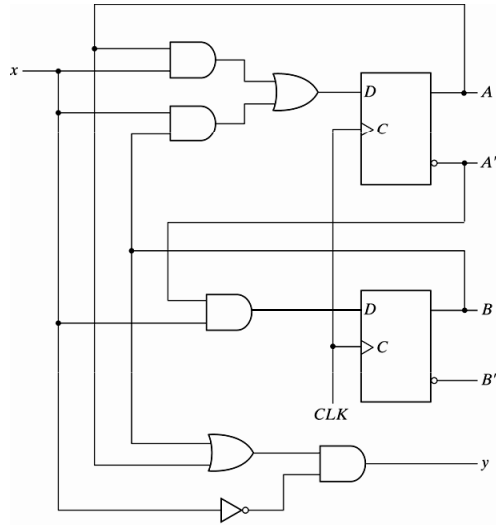


## Παράδειγμα

Είσοδος:  $x(t)$   
Έξοδος:  $y(t)$   
Κατάσταση:  $(A(t), B(t))$

Ποια είναι η **Συνάρτηση Εξόδου**?

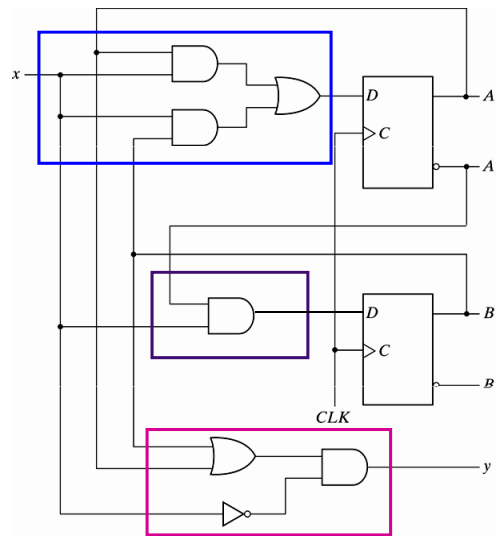
Ποια είναι η **Συνάρτηση Επόμενης Κατάστασης**?



## Παράδειγμα (2)

- Εξισώσεις Boolean για τις συναρτήσεις:

- $A(t+1) = A(t)x(t) + B(t)x(t)$
- $B(t+1) = \overline{A(t)}x(t)$
- $y(t) = \overline{x(t)}(B(t) + A(t))$



## Παράδειγμα: Πίνακας Καταστάσεων

- $A(t+1) = A(t)x(t) + B(t)x(t)$
- $B(t+1) = \overline{A(t)}x(t)$
- $y(t) = \overline{x(t)}(B(t) + A(t))$

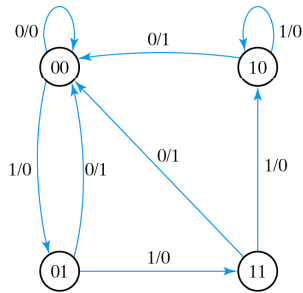
Present State		Input	Next State		Output
A(t)	B(t)	x(t)	A(t+1)	B(t+1)	y(t)
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0

## Εναλλακτικός Πίνακας Καταστάσεων

Παρούσα Κατάσταση A(t) B(t)	Επόμενη Κατάσταση		Έξοδος	
	x(t)=0 A(t+1)B(t+1)	x(t)=1 A(t+1)B(t+1)	x(t)=0 y(t)	x(t)=1 y(t)
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

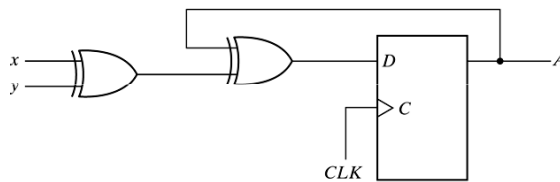
## Διάγραμμα Καταστάσεων

Είσοδος / Έξοδος



- Κατάσταση μέσα σε κύκλο, βέλη δηλώνουν μετάβαση σε άλλη κατάσταση.
- Αριθμός καταστάσεων – ανάλογος με τον αριθμό FlipFlop

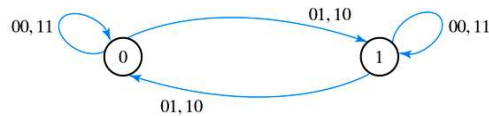
## Ανάλυση με D – Flip Flop



(a) Circuit diagram

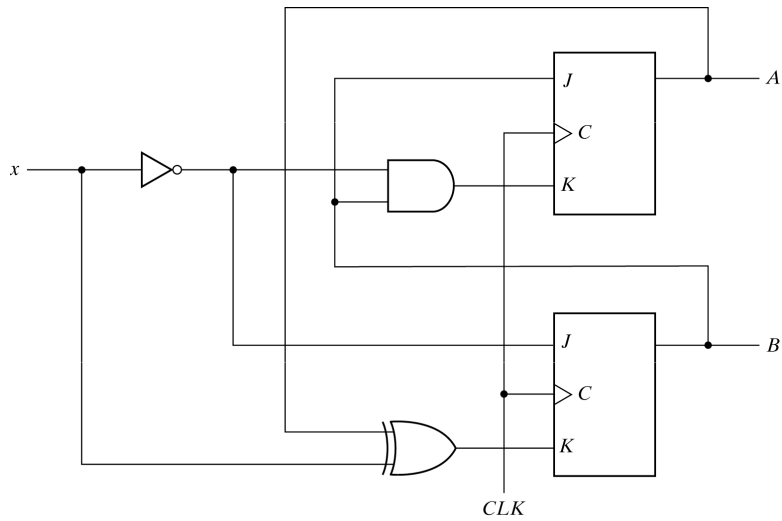
Present state	Inputs		Next state
$A$	$x$	$y$	$A$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(b) State table

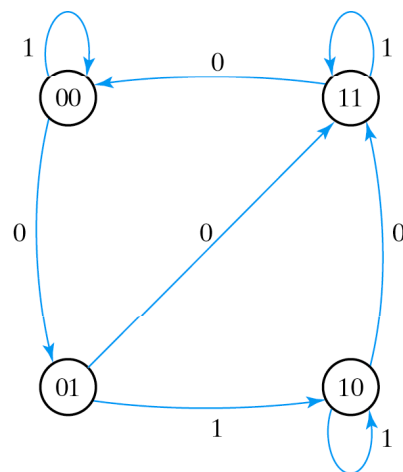


(c) State diagram

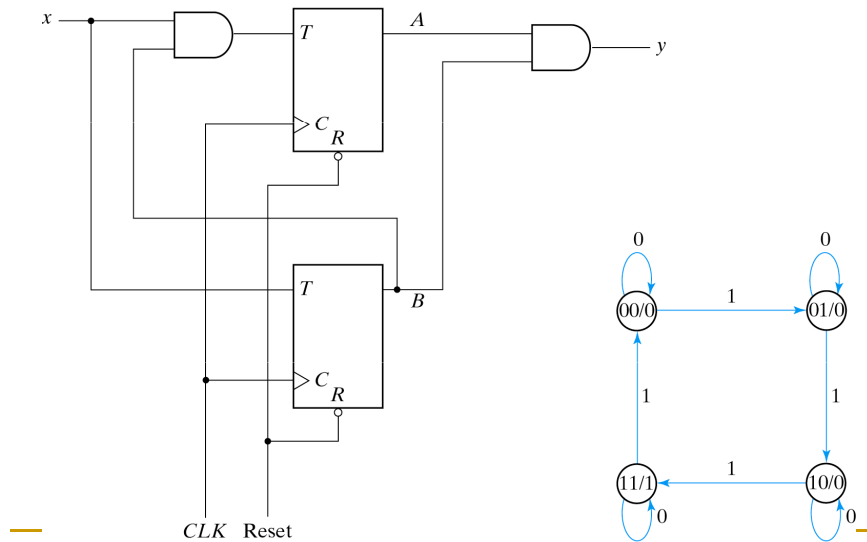
## Ανάλυση με JK – Flip Flop



## Διάγραμμα Καταστάσεων



## Ακολουθιακό κύκλωμα με T-FlipFlop

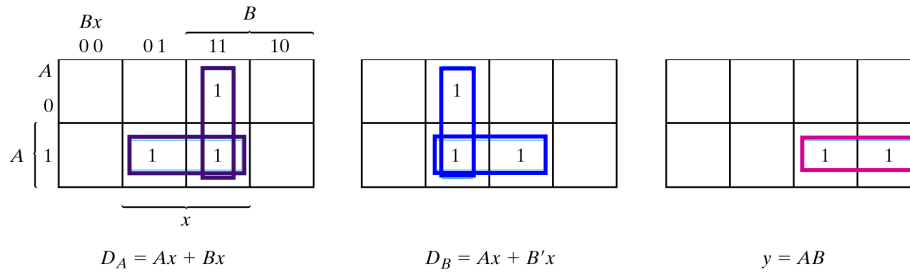


## Σύνθεση με D- Flip Flop

Παρούσα Κατάσταση		Είσοδος	Επόμενη Κατάσταση		
A	B	x	A	B	y
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

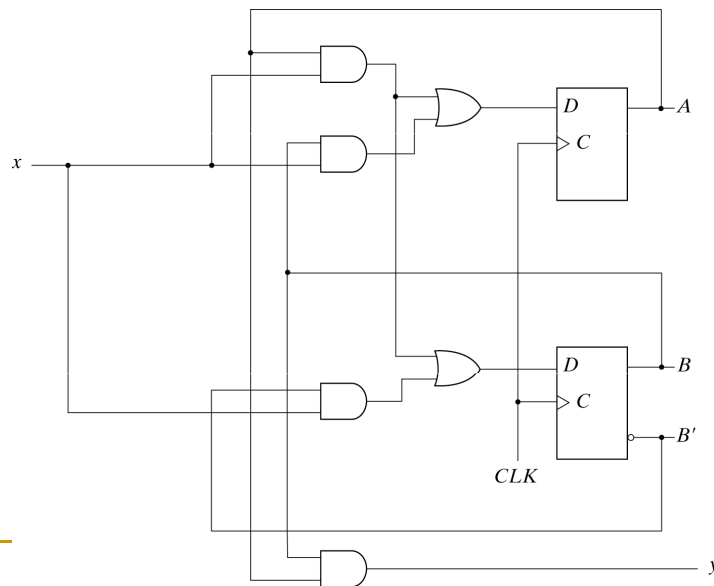
- Ξεκινάμε από τον πίνακα καταστάσεων

## Απλοποίηση



- $A(t+1) = D(A, B, x) = \Sigma(3, 5, 7)$
- $B(t+1) = D(A, B, x) = \Sigma(1, 5, 7)$

## Υλοποίηση



## Πίνακες Διέγερσης

Q(t)	Q(t+1)	J	K	Q(t)	Q(t+1)	T
0	0	0	X	0	0	0
0	1	1	X	0	1	1
1	0	X	1	1	0	1
1	1	X	0	1	1	0

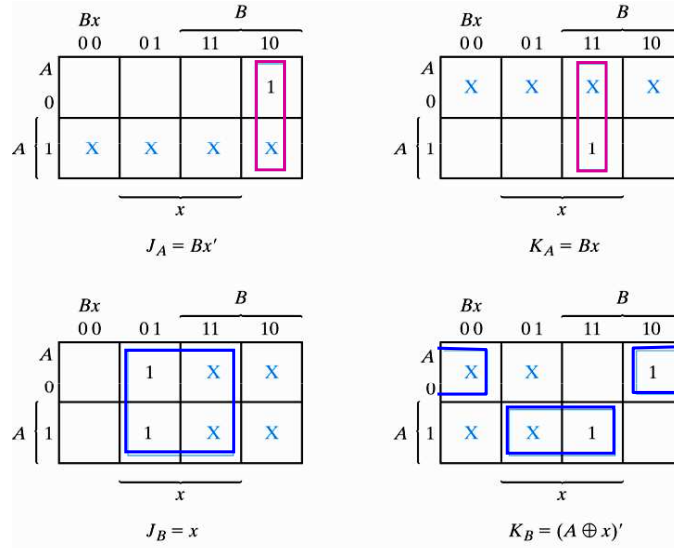
- Περιγράφει τις απαραίτητες εισόδους για μετάβαση από μία κατάσταση σε μια άλλη

## Σύνθεση με JK - Flip Flop

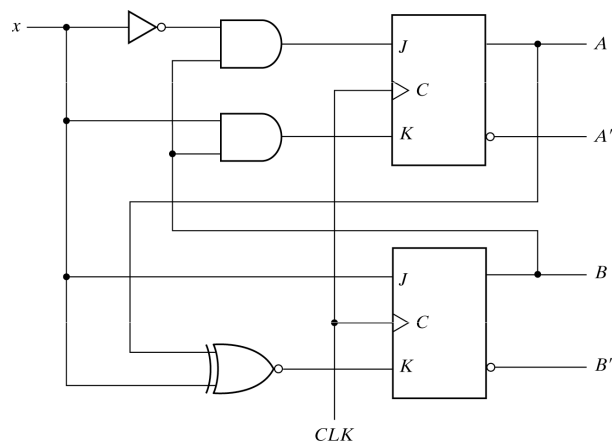
Παρούσα Κατάσταση		Είσοδος	Επόμενη Κατάσταση		Είσοδοι Flip-Flop			
A	B	x	A	B	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>
0	0	0	0	0	0	X	0	X
0	0	1	0	1	0	X	1	X
0	1	0	1	0	1	X	X	1
0	1	1	0	1	0	X	X	0
1	0	0	1	0	X	0	0	X
1	0	1	1	1	X	0	1	X
1	1	0	1	1	X	0	X	0
1	1	1	1	0	X	1	X	1

- Ξεκινάμε από τον πίνακα καταστάσεων

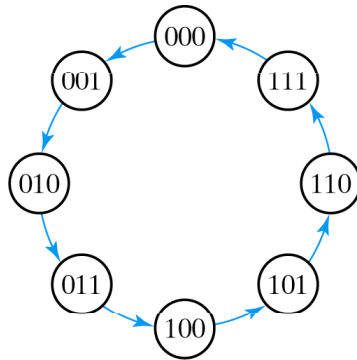
## Υλοποίηση του συνδυαστικού κυκλώματος για τα J και K



## Λογικό διάγραμμα υλοποίησης



## Διάγραμμα Καταστάσεων ενός μετρητή 3-bit



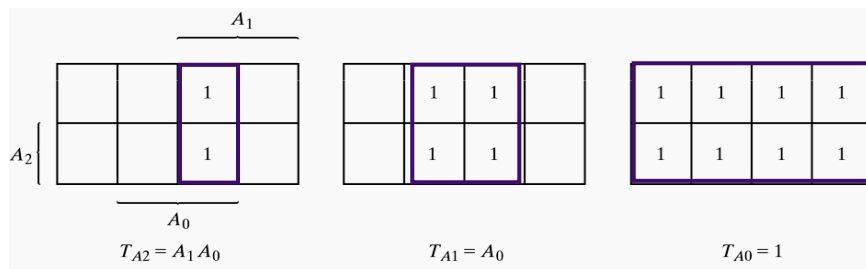
- 0-1-2-3-4-5-6-7-0-....

## Σύνθεση με T - Flip Flop

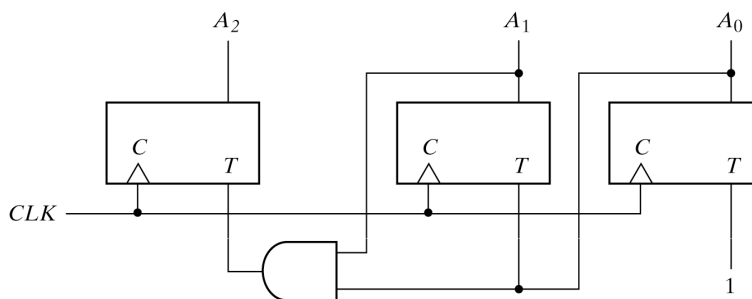
Παρούσα Κατάσταση			Επόμενη Κατάσταση			Είσοδοι Flip-Flop		
A2	A1	A0	A2	A1	A0	T <sub>A2</sub>	T <sub>A1</sub>	T <sub>A0</sub>
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

- Ξεκινάμε από τον πίνακα καταστάσεων

## Πίνακες απλοποίησης

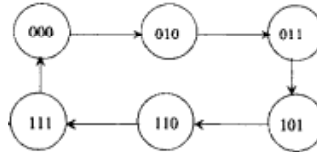


## Υλοποίηση μετρητή 3-bit



## Σχεδίαση μετρητή με T

- Σχεδιάστε έναν μετρητή που μεταβαίνει στις καταστάσεις 0,2,3,5,6,7,0,....



Present State			Next State			Flip Flop Inputs		
$a_2$	$a_1$	$a_0$	$a_2^+$	$a_1^+$	$a_0^+$	$Ta_2$	$Ta_1$	$Ta_0$
0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

- Καταστάσεις  $\leftrightarrow 2^n$

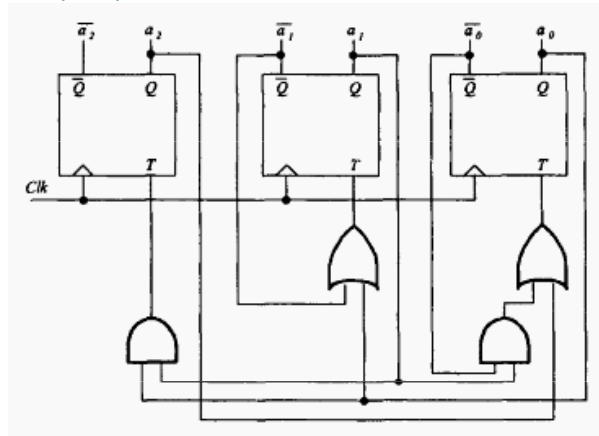
## Απλοποίηση Συναρτήσεων

$a_2$	$a_1 a_0$	00	01	11	10
0			X	1	
1		X		1	

$a_2$	$a_1 a_0$	00	01	11	10
0		1	X	1	
1		X	1	1	

$a_2$	$a_1 a_0$	00	01	11	10
0			X		1
1		X	1	1	1

## Υλοποίηση



## Αυτό-διορθούμενος μετρητής

