

Απαριθμητές

Ακολουθιακά συστήματα που περνούν από μια συγκεκριμένη ακολουθία καταστάσεων. Συνήθως μετρούν τους παλμούς του clock, γι' αυτό λέγονται απαριθμητές. Άλλες εφαρμογές:

α) διαίρεση συχνότητας β) κυκλώματα ελέγχου

Παραδείγματα

Απαριθμητής Modulo 8 αυξανόμενης δυαδικής μέτρησης (3 F-F).

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

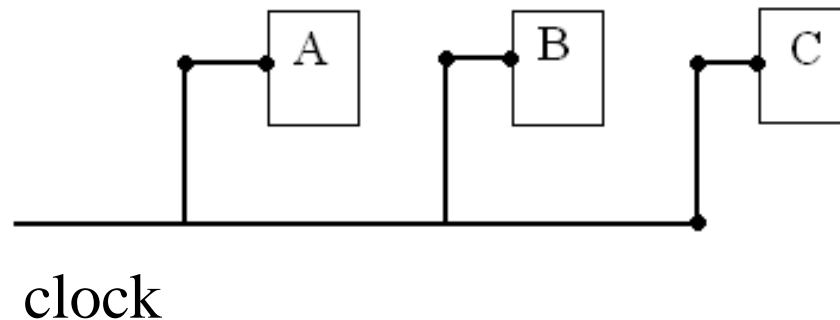
Απαριθμητής Modulo 4 ελαττούμενης δυαδικής μέτρησης (2 F-F).

A	B
1	1
1	0
0	1
0	0

Υπάρχουν δύο κατηγορίες απαριθμητών:

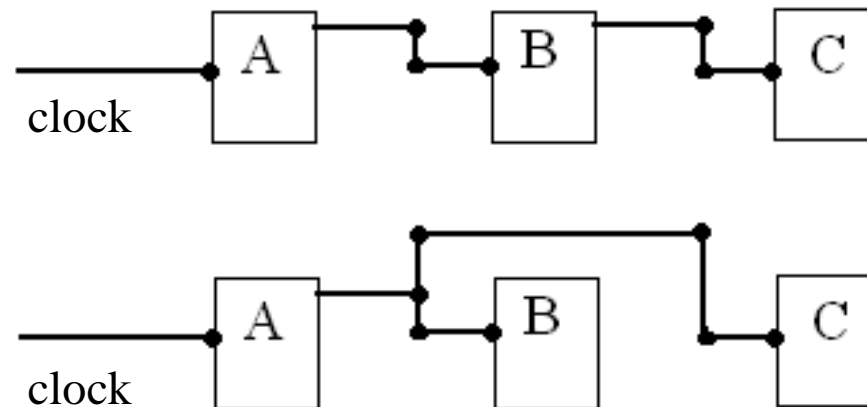
Σύγχρονοι: Όλα τα flip flops διεγείρονται ταυτόχρονα με την πτώση ή την άνοδο του παλμού χρονισμού.

Παράδειγμα σύγχρονου απαριθμητή 3 bits:



Ασύγχρονοι: Το πρώτο flip flop χρονίζεται από το εξωτερικό clock ενώ τα υπόλοιπα από κάποιο συνδυασμό προηγούμενων βαθμίδων:

Παραδείγματα ασύγχρονου απαριθμητή 3 bits:



Σύγχρονοι Απαριθμητές

Κύκλωμα σύγχρονου απαριθμητή Modulo-8 απλής ελαττούμενης δυαδικής μέτρησης με J-K Master Slave F-F

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Βήματα:

A) Γράφω τον πίνακα διέγερσης του F-F που θα χρησιμοποιήσω:

Πίνακας Διέγερσης J-K F-F

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

B) Ο Απαριθμητής μας θα αποτελείται από 3 f-f (τα A, B, C) αφού είναι Modulo 8. Φτιάχνω τον πίνακα καταστάσεων:

Πίνακας Καταστάσεων

ΠΚ			ΕΚ			Είσοδοι flip flop					
A	B	C	A'	B'	C'	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K
1	1	1	1	1	0	d	0	d	0	d	1
1	1	0	1	0	1	d	0	d	1	1	d
1	0	1	1	0	0	d	0	0	d	d	1
1	0	0	0	1	1	d	1	1	d	1	d
0	1	1	0	1	0	0	d	d	0	d	1
0	1	0	0	0	1	0	d	d	1	1	d
0	0	1	0	0	0	0	d	0	d	d	1
0	0	0	1	1	1	1	d	1	d	1	d

Απαριθμητές

Θεωρώ τις εισόδους σαν συναρτήσεις των εξόδων. Άρα έχω 6 εξισώσεις των τριών μεταβλητών, τις οποίες εξάγω από τους πίνακες Karnaugh:

	AB	00	01	11	10
C	0	1	0	d	d
	1	0	0	d	d

$$A_J = \bar{B} \cdot \bar{C}$$

	AB	00	01	11	10
C	0	d	d	0	1
	1	d	d	0	0

$$A_K = \bar{B} \cdot \bar{C}$$

	AB	00	01	11	10
C	0	1	d	d	1
	1	0	d	d	0

$$B_J = \bar{C}$$

	AB	00	01	11	10
C	0	d	1	1	d
	1	d	0	0	d

$$B_K = \bar{C}$$

	AB	00	01	11	10
C	0	1	1	1	1
	1	d	d	d	d

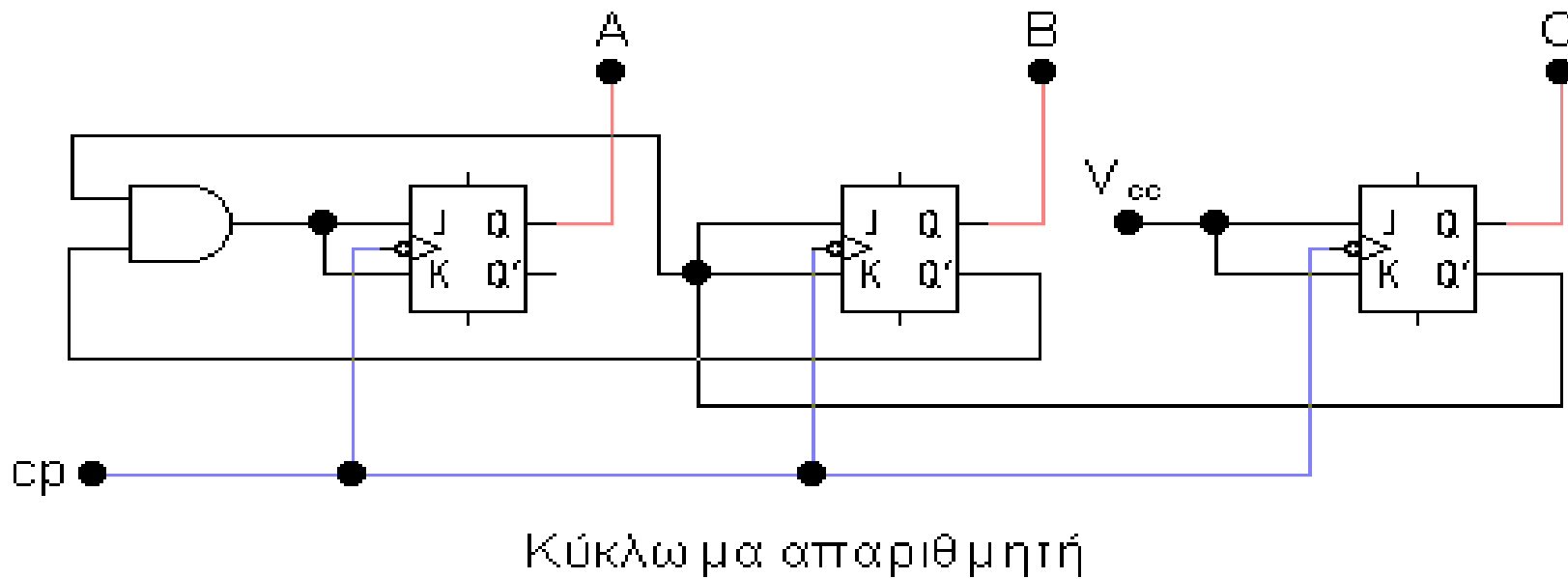
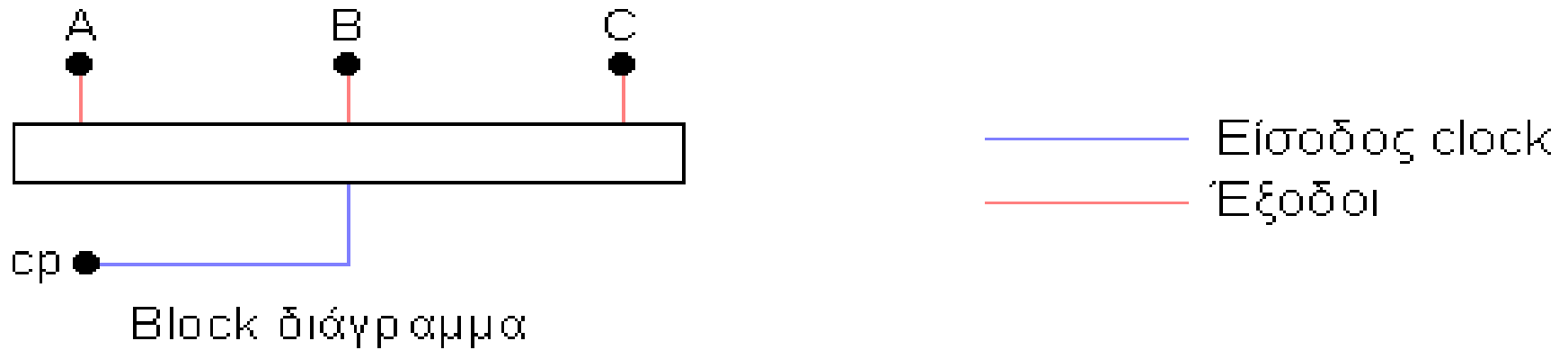
$$C_J = 1$$

	AB	00	01	11	10
C	0	d	d	d	d
	1	1	1	1	1

$$C_K = 1$$

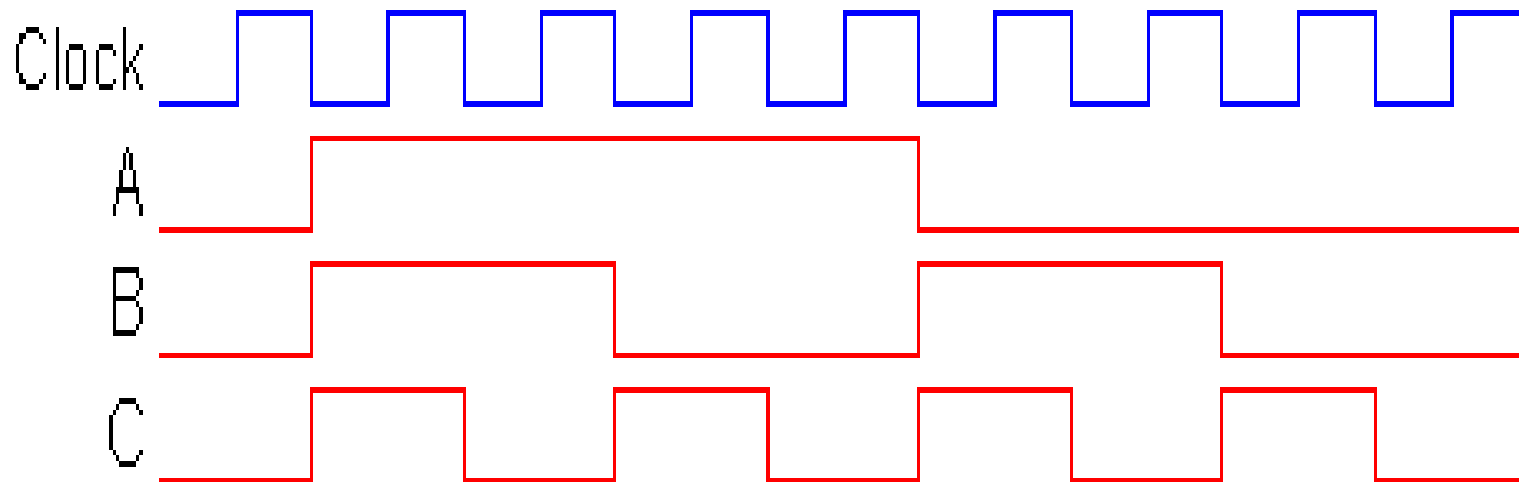
Απαριθμητές

Από τις συναρτήσεις, φτιάχνω το κύκλωμα του απαριθμητή:



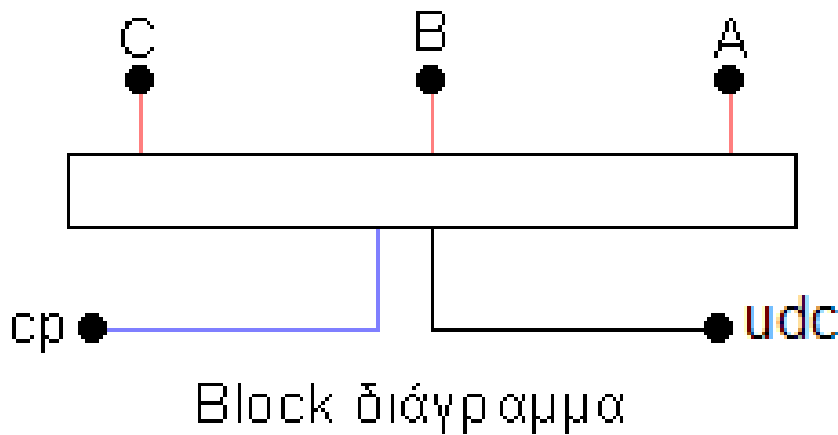
Απαριθμητές

Οι κυματομορφές εξόδου του κυκλώματος, θεωρώντας ότι ξεκινάμε από την πρώτη κατάσταση θα είναι οι εξής:



Όπως φαίνεται από τις κυματομορφές, ο απαριθμητής κάνει διαίρεση συχνότητας. ($C = \text{clock}/2$, $B = \text{clock}/4$, $A = \text{clock}/8$)

Κύκλωμα σύγχρονου αντιστρεπτού απαριθμητή Modulo-8 απλής δυαδικής μέτρησης (κατ' επιλογήν αυξανόμενης ή ελαττούμενης).



A) Πίνακας Διέγερσης
J-K F-F

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

Αν $udc = 0 \Rightarrow$ ελαττούμενη μέτρηση

Αν $udc = 1 \Rightarrow$ αυξανόμενη μέτρηση

B) Πίνακας Καταστάσεων

udc	ΠΚ			ΕΚ			Είσοδοι flip flop					
	A	B	C	A'	B'	C'	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K
0	1	1	1	1	1	0	d	0	d	0	d	1
0	1	1	0	1	0	1	d	0	d	1	1	d
0	1	0	1	1	0	0	d	0	0	d	d	1
0	1	0	0	0	1	1	d	1	1	d	1	d
0	0	1	1	0	1	0	0	d	d	0	d	1
0	0	1	0	0	0	1	0	d	d	1	1	d
0	0	0	1	0	0	0	0	d	0	d	d	1
0	0	0	0	1	1	1	1	d	1	d	1	d
1	0	0	0	0	0	1	0	d	0	d	1	d
1	0	0	1	0	1	0	0	d	1	d	d	1
1	0	1	0	0	1	1	0	d	d	0	1	d
1	0	1	1	1	0	0	1	d	d	1	d	1
1	1	0	0	1	0	1	d	0	0	d	1	d
1	1	0	1	1	1	0	d	0	1	d	d	1
1	1	1	0	1	1	1	d	0	d	0	1	d
1	1	1	1	0	0	0	d	1	d	1	d	1

Απαριθμητές

Πίνακες Karnaugh για τον υπολογισμό των εισόδων των flip flops

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	1	d	d	0
01	0	d	d	0
11	0	d	d	1
10	0	d	d	0

$$A_J = \overline{UD}\overline{C} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + UDC \cdot B \cdot C$$

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	0	0	1	1
11	d	d	d	d
10	d	d	d	d

$$B_J = \overline{UD}\overline{C} \cdot \overline{C} + UDC \cdot C$$

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	d	d	d	d
11	d	d	d	d
10	1	1	1	1

$$C_J = 1$$

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	d	1	0	d
01	d	0	0	d
11	d	0	1	d
10	d	0	0	d

$$A_K = \overline{UD}\overline{C} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + UDC \cdot B \cdot C$$

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	d	d	d	d
01	d	d	d	d
11	0	0	1	1
10	1	1	0	0

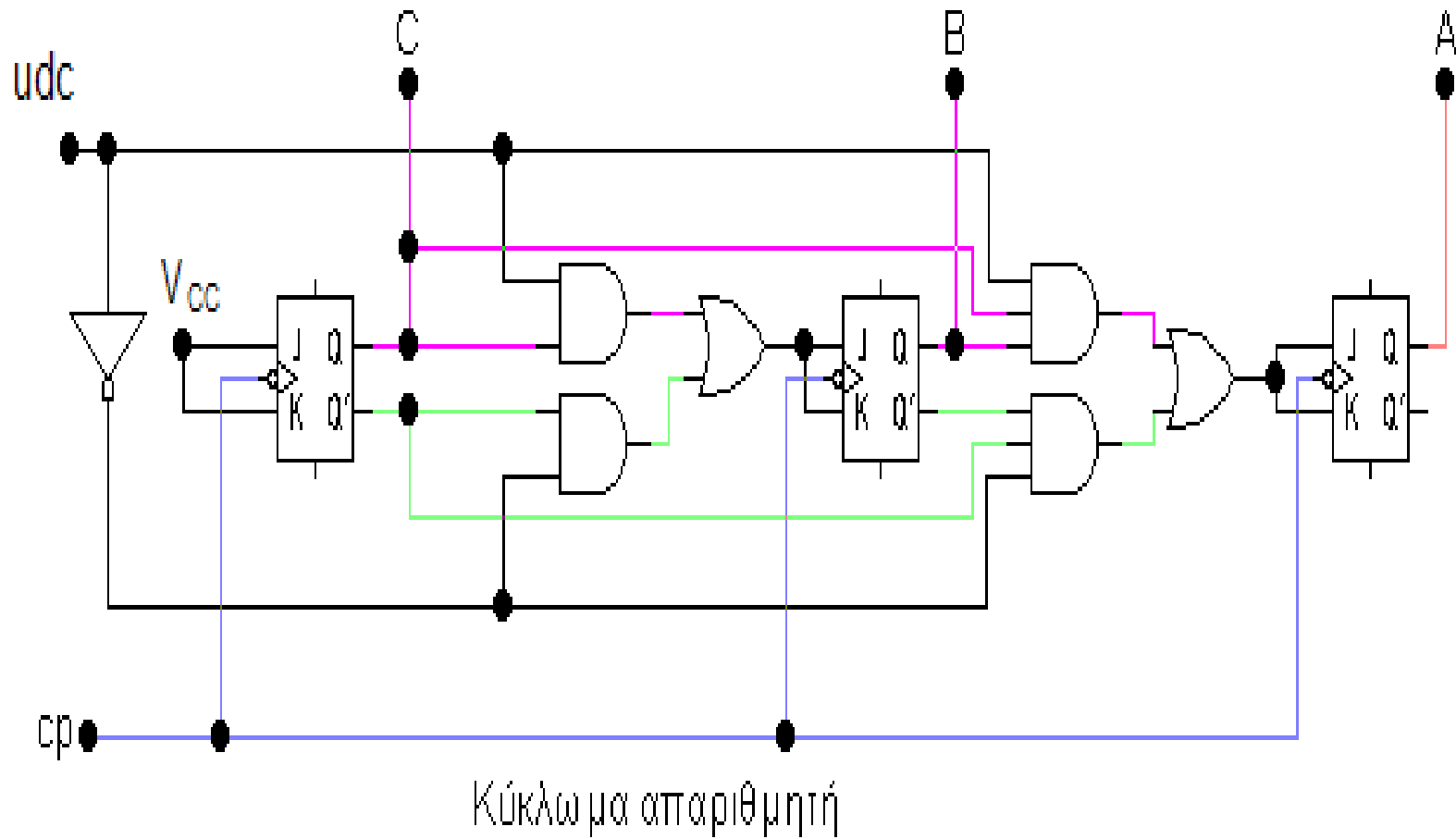
$$B_K = \overline{UD}\overline{C} \cdot \overline{C} + UDC \cdot C$$

	udc a			
b c	00	01	11	10
00	d	d	d	d
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	d	d	d	d

$$C_K = 1$$

Απαριθμητές

Από τις συναρτήσεις, φτιάχνουμε το κύκλωμα:



Απαριθμητές

Κύκλωμα σύγχρονου απαριθμητή modulo 8 απλής αυξανόμενης δυαδικής μέτρησης με j-k m-s f-f.

A) Πίνακας Καταστάσεων

ΠΚ			ΕΚ			Είσοδοι flip flop					
A	B	C	A'	B'	C'	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K
0	0	0	0	0	1	0	d	0	d	1	d
0	0	1	0	1	0	0	d	1	d	d	1
0	1	0	0	1	1	0	d	d	0	1	d
0	1	1	1	0	0	1	d	d	1	d	1
1	0	0	1	0	1	d	0	0	d	1	d
1	0	1	1	1	0	d	0	1	d	d	1
1	1	0	1	1	1	d	0	d	0	1	d
1	1	1	0	0	0	d	1	d	1	d	1

Απαριθμητές

Πίνακες Karnaugh:

		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	0	d	d
	1	0	1	d	d

$$A_J = B \cdot C$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	d	d	0
	1	1	d	d	1

$$B_J = C$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	1	1	1
	1	d	d	d	d

$$C_J = 1$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	d	d	0	0
	1	d	d	1	0

$$A_K = B \cdot C$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	d	0	0	d
	1	d	1	1	d

$$B_K = C$$

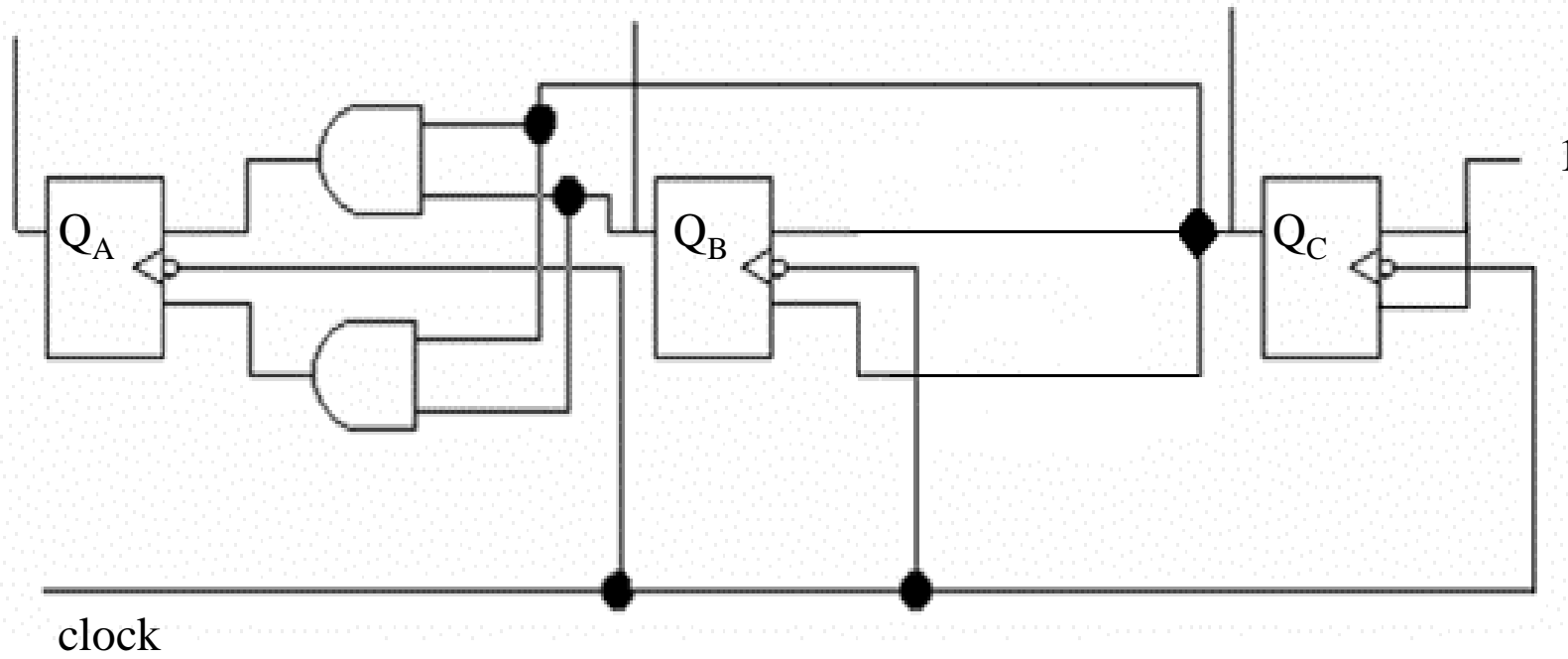
		AB			
		00	01	11	10
C	0	d	d	d	d
	1	1	1	1	1

$$C_K = 1$$

Απαριθμητές

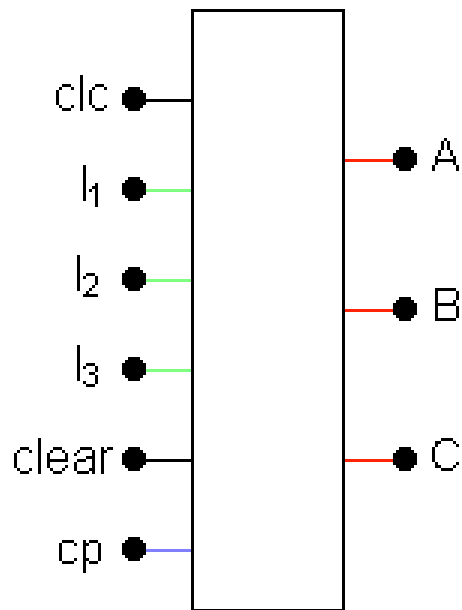
14

Κύκλωμα απαριθμητή



Απαριθμητές

Κύκλωμα σύγχρονου απαριθμητή Modulo-8 απλής αυξανόμενης δυαδικής μέτρησης με επιλογή ασύγχρονου μηδενισμού και φόρτωσης αρχικής τιμής



clc : count/load control-έλεγχος μέτρησης/φόρτωσης
 I_1, I_2, I_3 : είσοδοι ασύγχρονης φόρτωσης αρχικής τιμής
clear : είσοδος ασύγχρονου μηδενισμού
cp : είσοδος clock
A,B,C : έξοδοι

Block διάγραμμα

Πίνακας Λειτουργιών Κυκλώματος

clear	clc	cp	Λειτουργία
0	0	↓	Φόρτωση: $ABC=I_3I_2I_1$
0	1	↓	Μέτρηση: επόμενος δυαδικός
1	X	X	$ABC=000$

Είσοδοι των flip flop συναρτήσει των εισόδων μέτρησης και της εισόδου ασύγχρονης φόρτωσης:

$$A_J = I_3 \cdot \overline{clc} + B \cdot C \cdot clc$$

$$A_K = \overline{I_3} \cdot \overline{clc} + B \cdot C \cdot clc$$

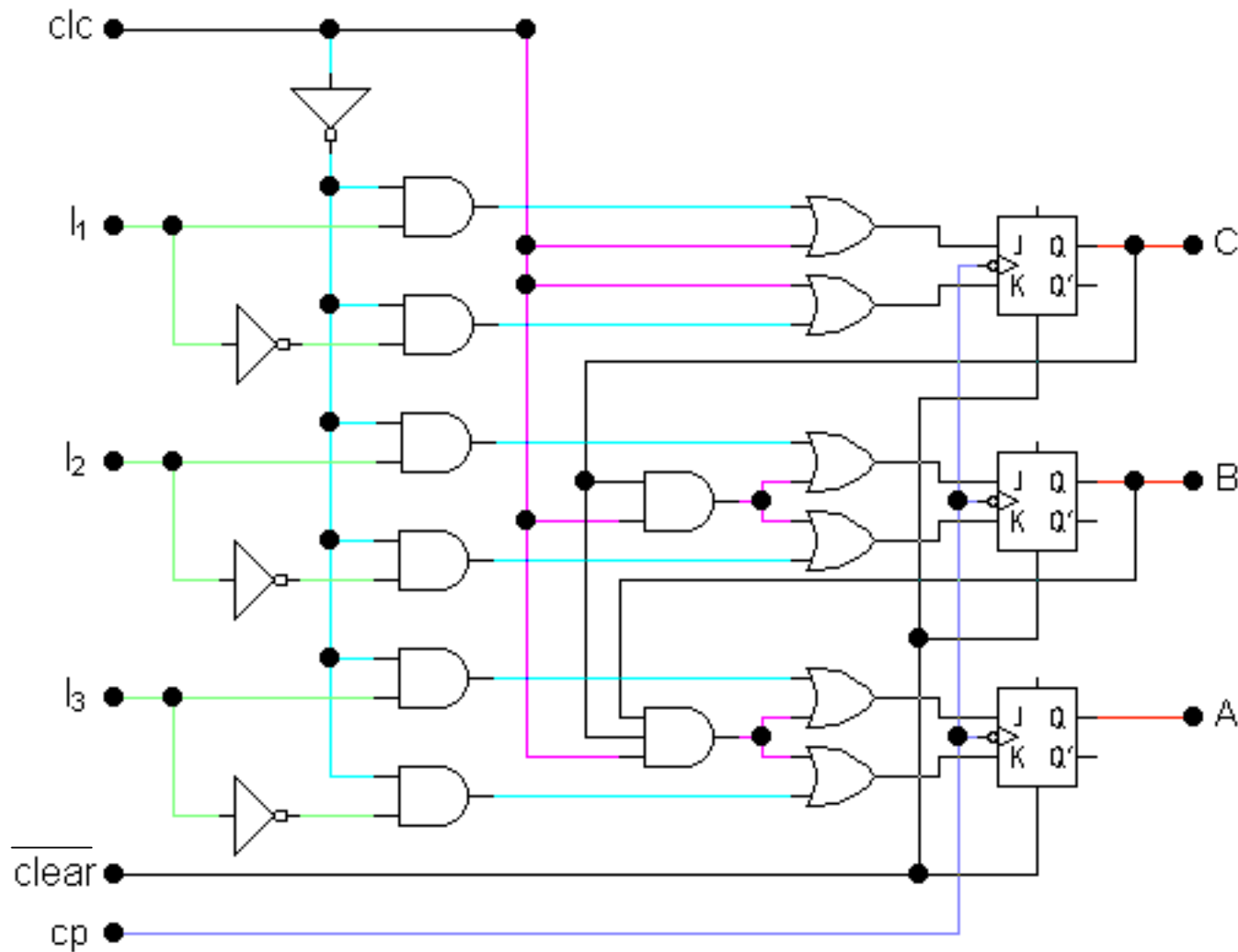
$$B_J = I_2 \cdot \overline{clc} + C \cdot clc$$

$$B_K = \overline{I_2} \cdot \overline{clc} + C \cdot clc$$

$$C_J = I_1 \cdot \overline{clc} + clc$$

$$C_K = \overline{I_1} \cdot \overline{clc} + clc$$

Από τις εισόδους των f-f, φτιάχνουμε το κύκλωμα μας:



Κύκλωμα απαριθμητή

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΠΑΡΙΘΜΗΤΕΣ

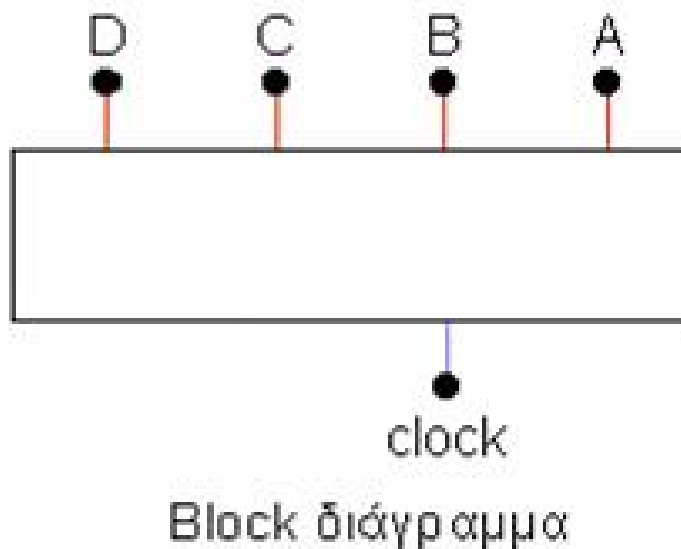
Ο Χρονισμός των Flip Flop δεν γίνεται πάντα από το εξωτερικό clock.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- A) Πίνακας διέγερσης των FF
- B) Πίνακας καταστάσεων
- Γ) Προσδιορισμός των «Χρονιστών» FF
- Δ) Εύρεση εισόδων των FF
- E) Κατασκευή κυκλώματος

Ασύγχρονοι Απαριθμητές

Κύκλωμα ασύγχρονου απαριθμητή Modulo-16 απλής αυξανόμενης δυαδικής μέτρησης με j-k m-s f-f (διεγείρονται στην πτώση του παλμού χρονισμού).



A) Πίνακας διέγερσης J-K flip flop

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

Β) Πίνακας Καταστάσεων απαριθμητή και προσδιορισμός των χρονιστών των FF.

ΠΚ				Είσοδοι flip flop							
A	B	C	D	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K	D _J	D _K
0	0	0	0							1	d
0	0	0	1					1	d	d	1
0	0	1	0							1	d
0	0	1	1			1	d	d	1	d	1
0	1	0	0							1	d
0	1	0	1					1	d	d	1
0	1	1	0							1	d
0	1	1	1	1	d	d	1	d	1	d	1
1	0	0	0							1	d
1	0	0	1					1	d	d	1
1	0	1	0							1	d
1	0	1	1			1	d	d	1	d	1
1	1	0	0							1	d
1	1	0	1					1	d	d	1
1	1	1	0							1	d
1	1	1	1	d	1	d	1	d	1	d	1

Πίνακας αληθείας-καταστάσεων απαριθμητή

Δεν υπάρχει δυσκολία στο χρονισμό, διότι κάθε flip flop χρονίζει το επόμενο του.

Εύρεση των εισόδων των flip flop μέσω πινάκων Karnaugh.

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	X	1	d	X
	10	X	X	X	X

$$A_J = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	X	d	1	X
	10	X	X	X	X

$$A_X = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	1	d	d	1
	10	X	X	X	X

$$B_J = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	d	1	1	d
	10	X	X	X	X

$$B_X = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	1	1	1	1
	11	d	d	d	d
	10	X	X	X	X

$$C_J = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	d	d	d	d
	11	1	1	1	1
	10	X	X	X	X

$$C_X = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	1	1	1	1
	01	d	d	d	d
	11	d	d	d	d
	10	1	1	1	1

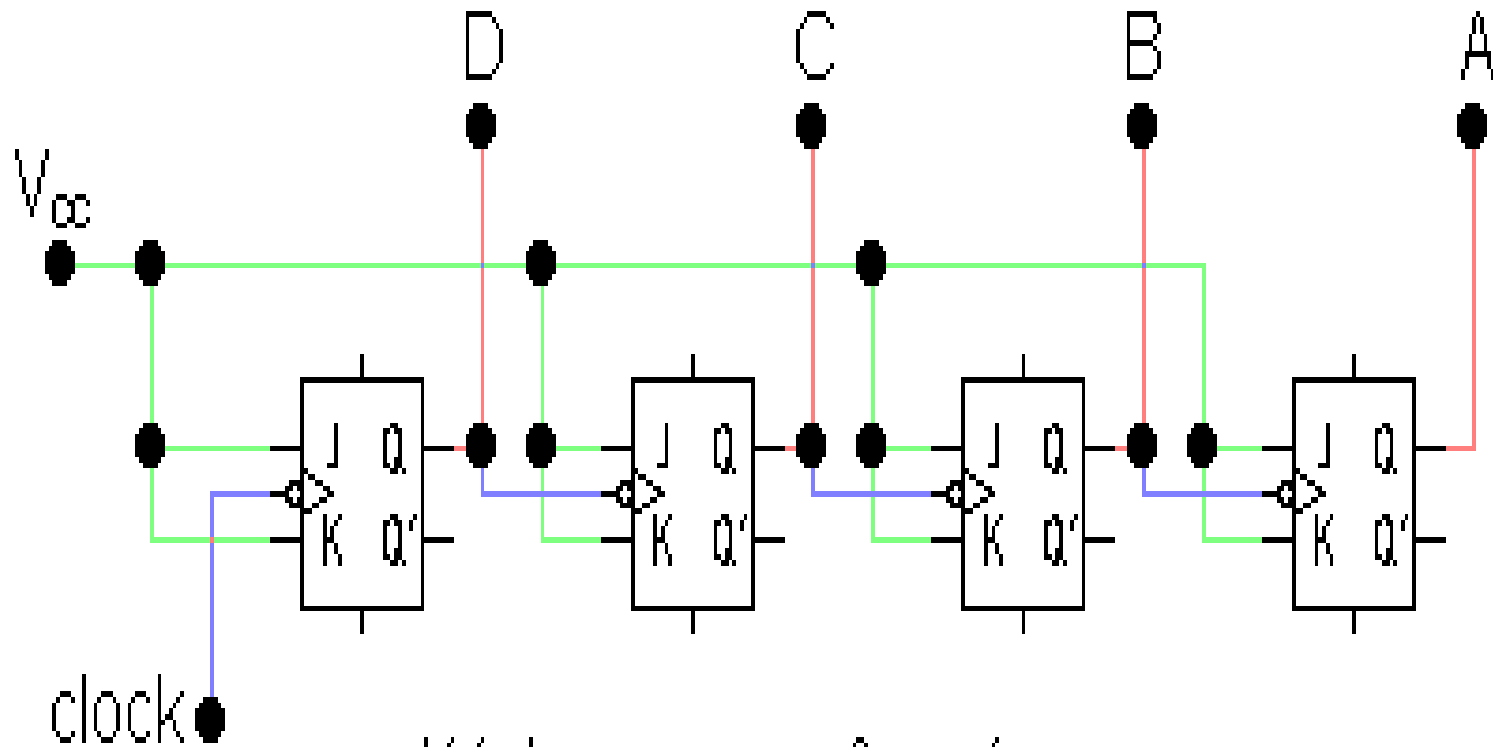
$$D_J = 1$$

	ab	00	01	11	10
cd		00	01	11	10
	00	d	d	d	d
	01	1	1	1	1
	11	1	1	1	1
	10	d	d	d	d

$$D_X = 1$$

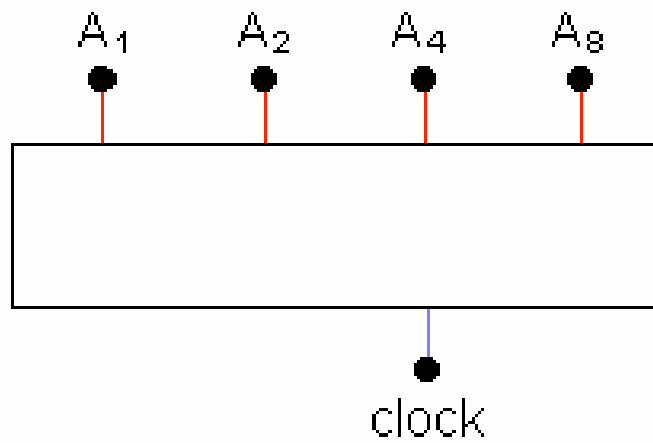
Απαριθμητές

Από τις συναρτήσεις υλοποιούμε το κύκλωμα του απαριθμητή



Κύκλωμα απαριθμητή

Κύκλωμα ασύγχρονου απαριθμητή Modulo-10 αυξανόμενης μέτρησης BCD-8421 με j-k m-s f-f.



Block διάγραμμα

A) Πίνακας διέγερσης J-K flip flop

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

B) Πίνακας καταστάσεων απαριθμητή

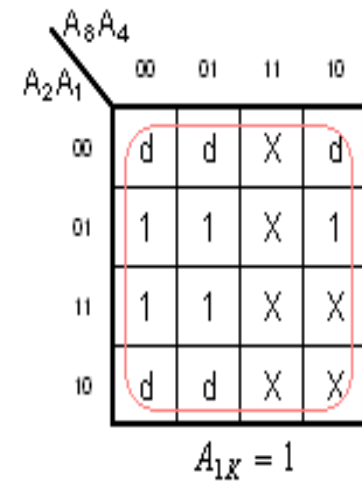
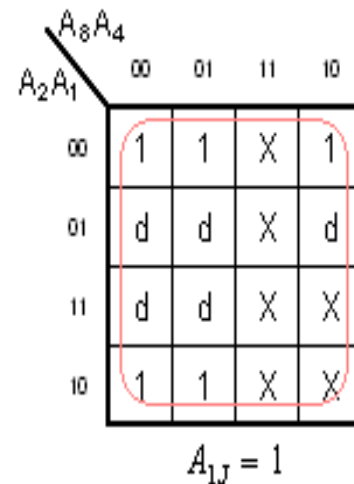
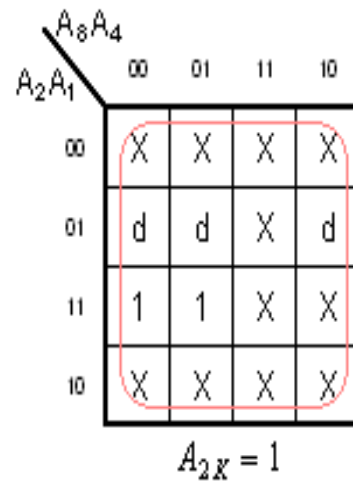
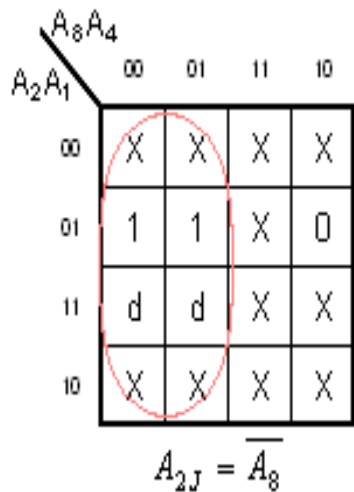
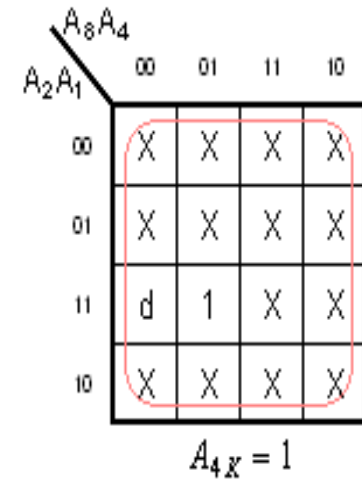
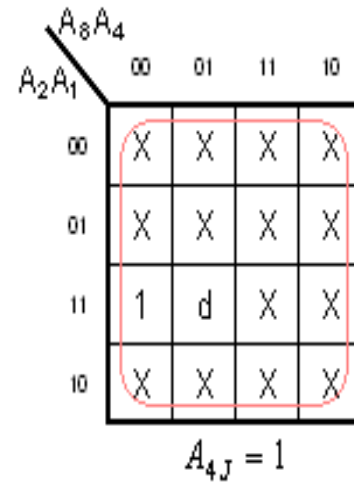
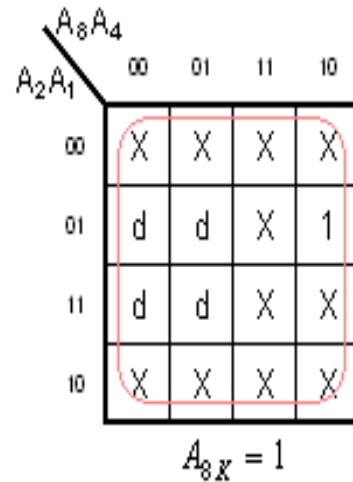
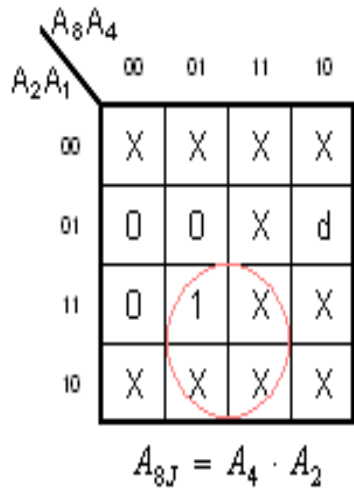
ΠΚ				Είσοδοι flip flop							
A8	A4	A2	A1	A _{8J}	A _{8K}	A _{4J}	A _{4K}	A _{2J}	A _{2K}	A _{1J}	A _{1K}
0	0	0	0							1	d
0	0	1	0							d	1
0	0	1	1							1	d
0	1	1	0			1	d			d	1
0	1	1	1							1	d
0	1	0	0							d	1
1	1	0	0			d	1			d	1
1	1	0	1							1	d
1	0	0	0							d	1

Παρατηρούμε ότι το flip flop A1 μπορεί να χρονιστεί άμεσα από το clock, ενώ το A4 μπορεί να χρονιστεί άμεσα από το A2.

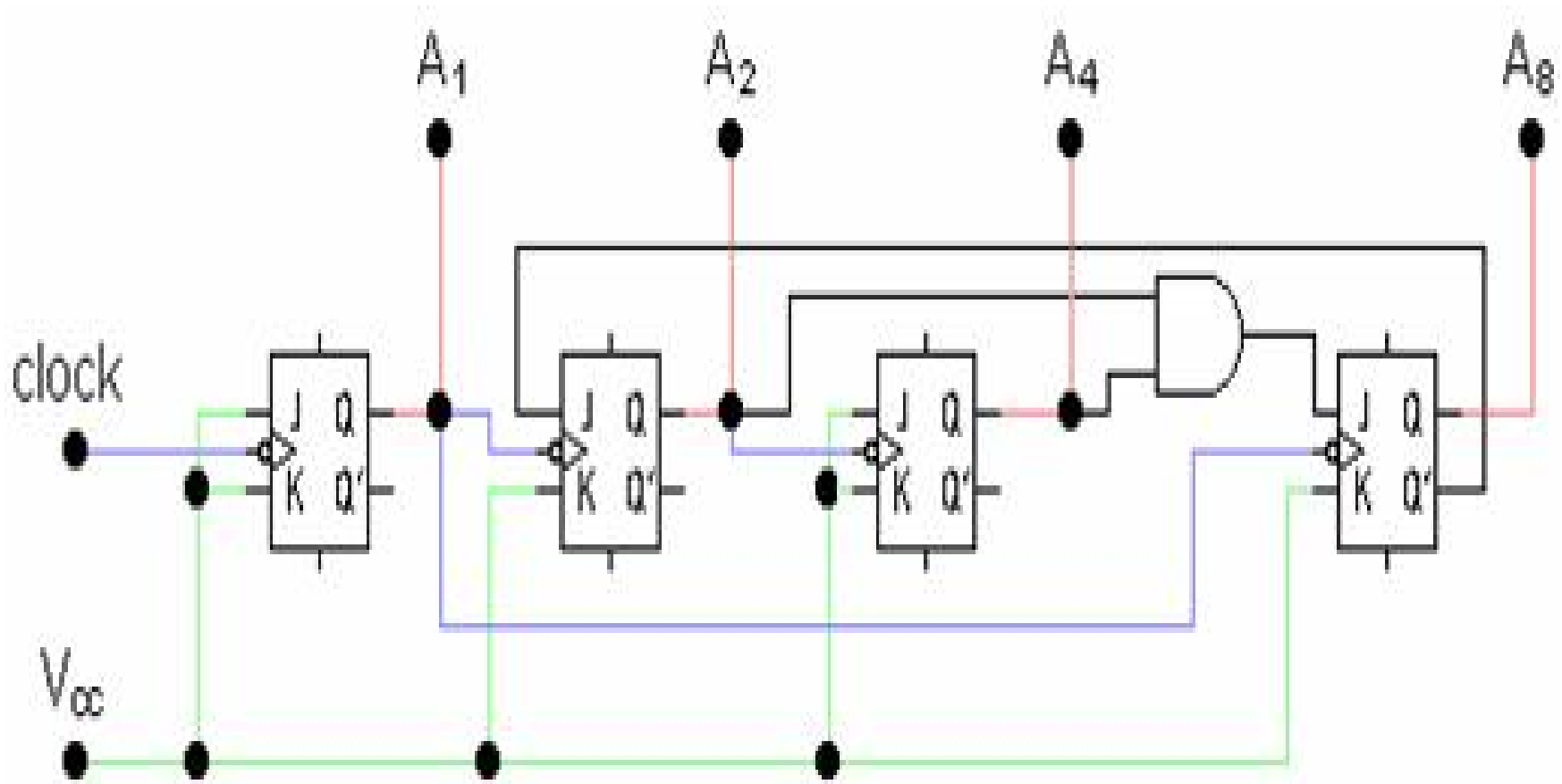
Αν χρονίσουμε το A_8 και το A_2 άμεσα από το A_1 , θα έχουμε τρεις επιπλέον παλμούς χρονισμού στο A_8 και έναν στο A_2 .

ΠΚ				Είσοδοι flip flop							
A_8	A_4	A_2	A_1	A_{8J}	A_{8K}	A_{4J}	A_{4K}	A_{2J}	A_{2K}	A_{1J}	A_{1K}
0	0	0	0							1	d
0	0	0	1	0	d			1	d	d	1
0	0	1	0							1	d
0	0	1	1	0	d	1	d	d	1	d	1
0	1	0	0							1	d
0	1	0	1	0	d			1	d	d	1
0	1	1	0							1	d
0	1	1	1	1	d	d	1	d	1	d	1
1	0	0	0							1	d
1	0	0	1	d	1			0	d	d	1

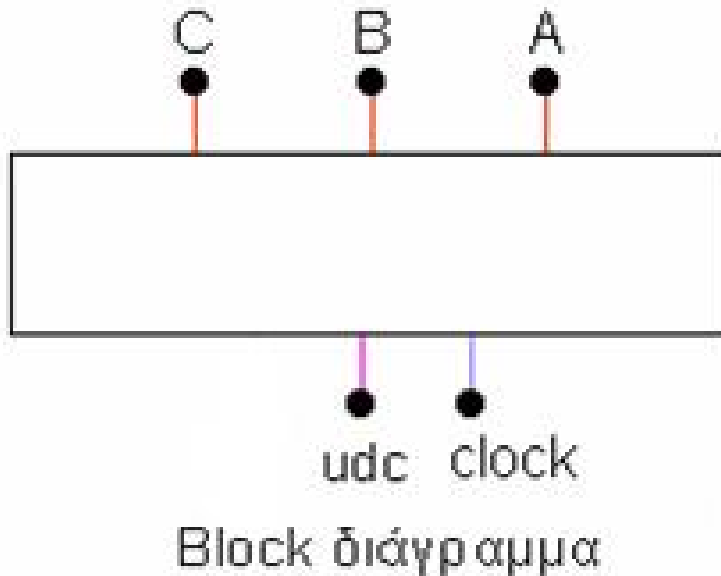
Γ) Συναρτήσεις εισόδων των f-f μέσω πινάκων Karnaugh:



Δ) Από τις συναρτήσεις, φτιάχνουμε το κύκλωμα του απαριθμητή



Κύκλωμα ασύγχρονου αντιστρεπτού απαριθμητή Modulo-8 απλής δυαδικής μέτρησης (κατ' επιλογήν αυξανόμενης ή ελαττούμενης) με j-k m-s f-f.



A) Πίνακας διέγερσης J-K flip flop

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

B) Κατασκευάζουμε τους πίνακες καταστάσεων. Για $udc=0$ έχουμε ελαττούμενη μέτρηση, ενώ για $udc=1$ αυξανόμενη.

udc=0								
ΠΚ			Είσοδοι flip flop					
A	B	C	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K
1	1	1					d	1
1	1	0			d	1	1	d
1	0	1					d	1
1	0	0	d	1	1	d	1	d
0	1	1					d	1
0	1	0			d	1	1	d
0	0	1					d	1
0	0	0	1	d	1	d	1	d

udc=1								
ΠΚ			Είσοδοι flip flop					
A	B	C	A _J	A _K	B _J	B _K	C _J	C _K
0	0	0					1	d
0	0	1			1	d	d	1
0	1	0					1	d
0	1	1	1	d	d	1	d	1
1	0	0					1	d
1	0	1			1	d	d	1
1	1	0					1	d
1	1	1	d	1	d	1	d	1

ΧΡΟΝΙΣΜΟΙ:

C => clock

B => $\underline{udc} \cdot \underline{C} + udc \cdot C$

A => $udc \cdot B + udc \cdot B$

Απαριθμητές

30

Γ) Δεν υπάρχει δυσκολία στο χρονισμό, διότι κάθε flip flop χρονίζει το επόμενο του.

		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	1	d	X	X
	01	X	X	X	X
	11	X	X	d	1
	10	X	X	X	X

$$A_J = 1$$

		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	1	1	X	X
	01	X	X	1	1
	11	X	X	d	d
	10	d	d	X	X

$$B_J = 1$$

		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	1	1	1	1
	01	d	d	d	d
	11	d	d	d	d
	10	1	1	1	1

$$C_J = 1$$

		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	d	1	X	X
	01	X	X	X	X
	11	X	X	1	d
	10	X	X	X	X

$$A_K = 1$$

		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	d	d	X	X
	01	X	X	d	d
	11	X	X	1	1
	10	1	1	X	X

$$B_K = 1$$

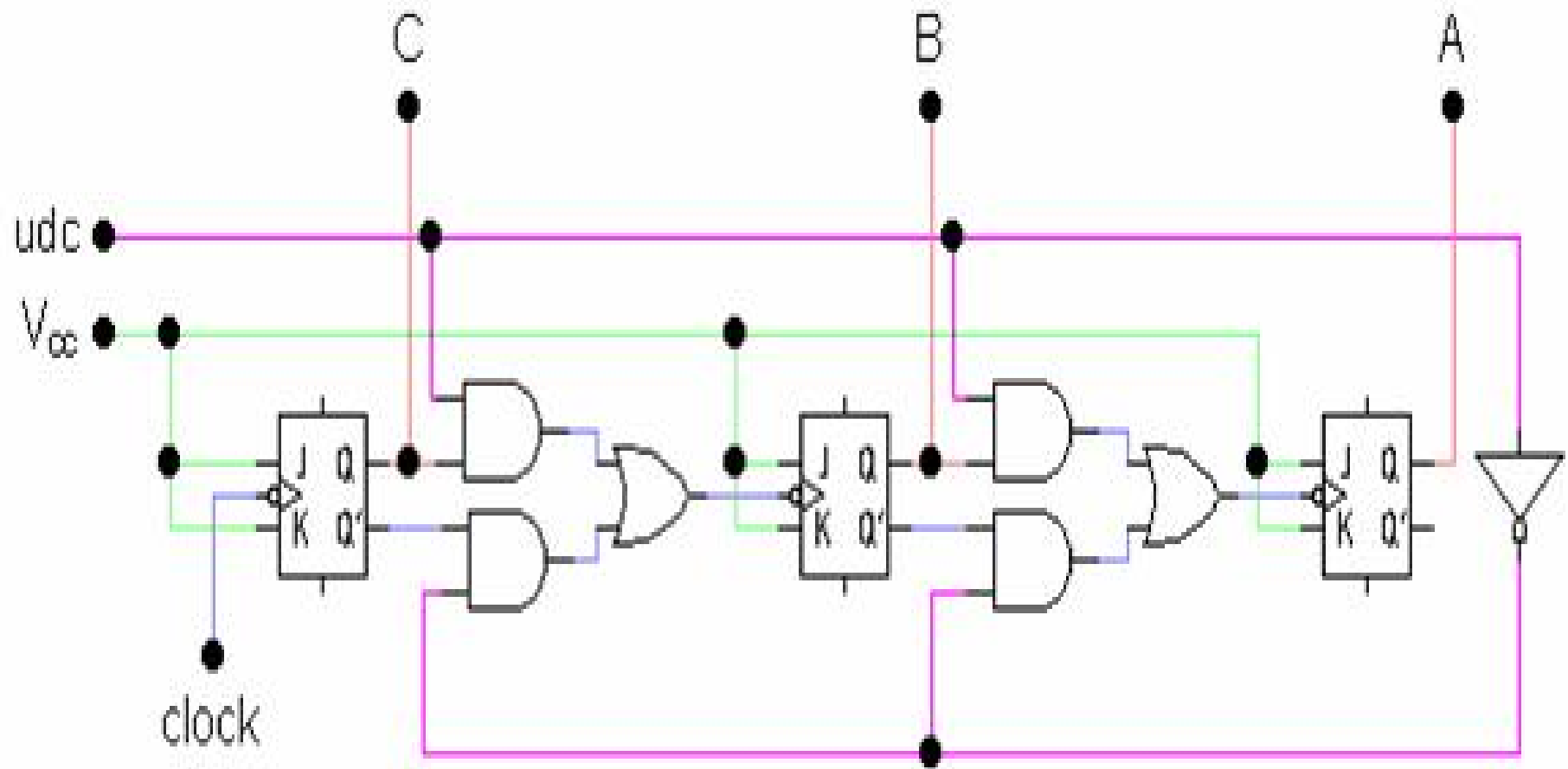
		udc a			
		00	01	11	10
b c	00	d	d	d	d
	01	1	1	1	1
	11	1	1	1	1
	10	d	d	d	d

$$C_K = 1$$

Πίνακες Karnaugh για τις εισόδους των flip flop

Απαριθμητές

Δ) Από τις συναρτήσεις υλοποιούμε το κύκλωμα του απαριθμητή

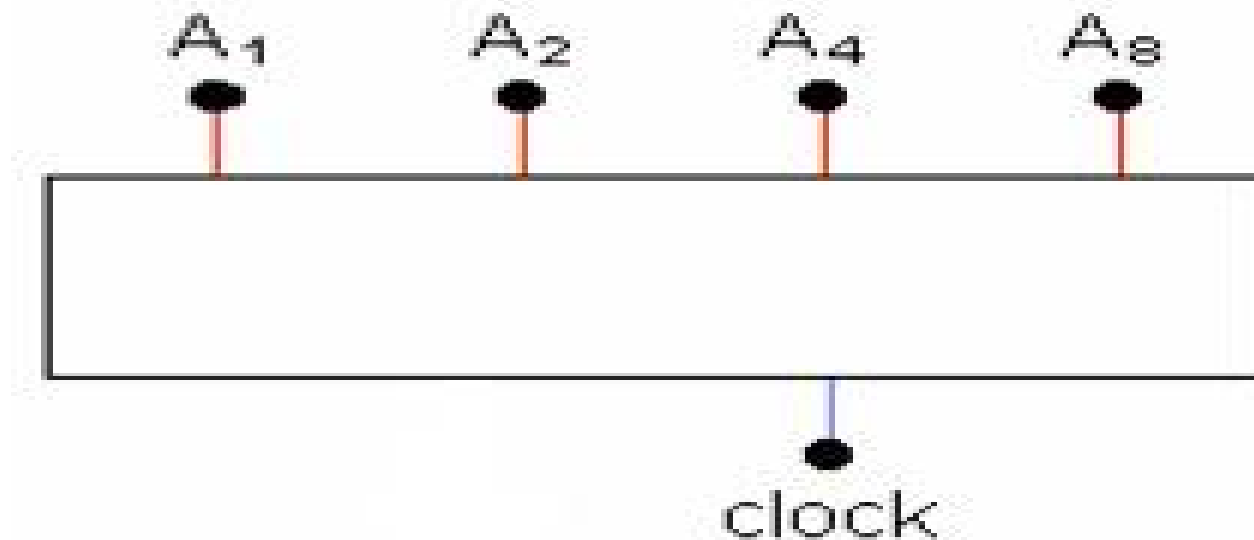


Απαριθμητές

32

Κύκλωμα ασύγχρονου απαριθμητή Modulo-10 αυξανόμενης μέτρησης BCD-8421 με χρήση της ασύγχρονης εισόδου clear

A)



Block διάγραμμα

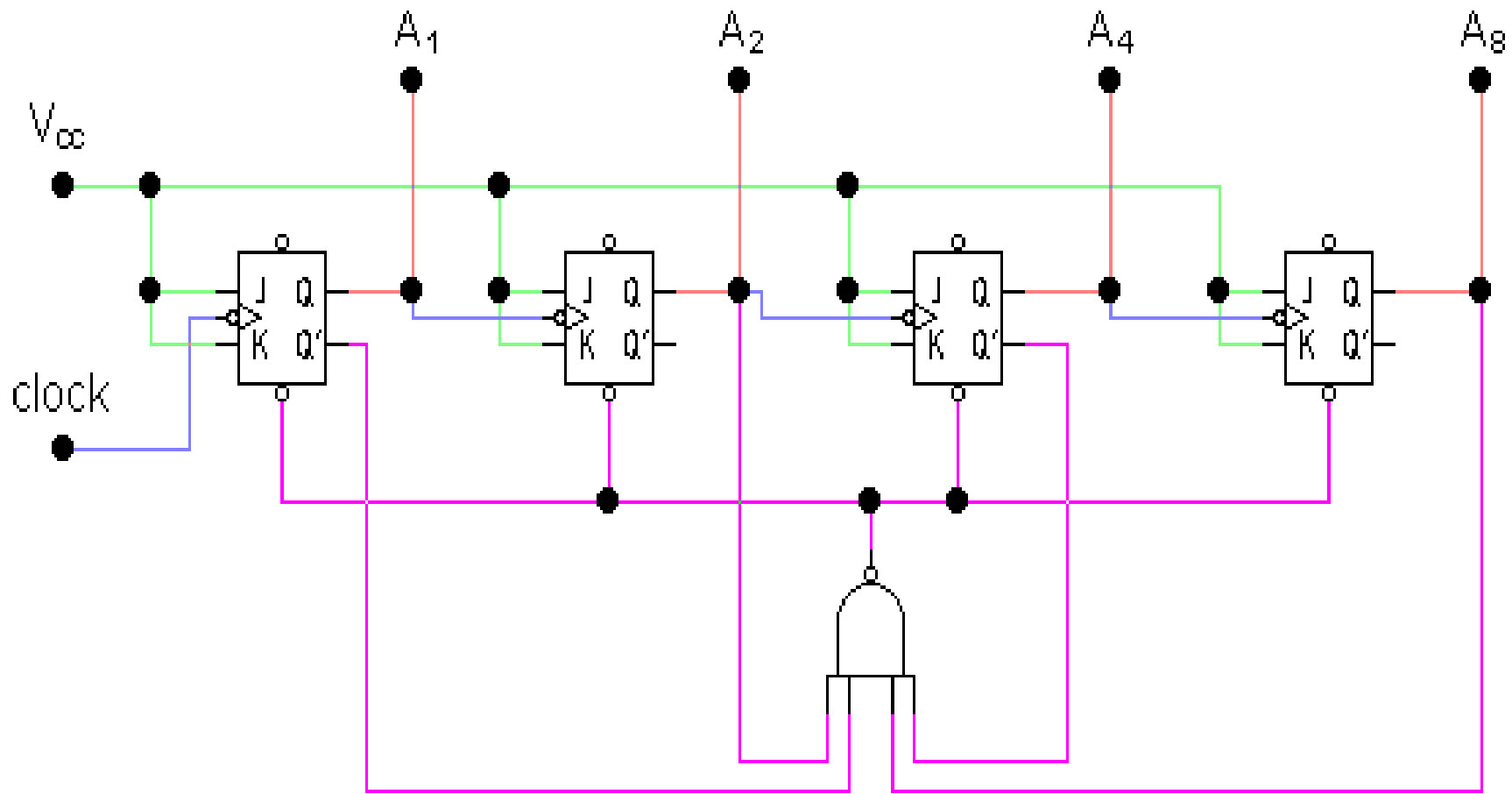
Β) Πίνακας Καταστάσεων του απαριθμητή

ΠΚ			
A_8	A_4	A_2	A_1
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1

Απαριθμητές

34

- A) Χρησιμοποιούμε τον αμέσως μεγαλύτερο απαριθμητή modulo 2^n αυξανόμενης μέτρησης δηλαδή τον modulo 16.
- B) Η λύση που προτείνεται είναι μόλις ανιχνευθεί η πρώτη ανεπιθύμητη κατάσταση 1010, να στέλνεται ένα σήμα ασύγχρονου μηδενισμού στις εισόδους clear των flip flops και έτσι να ξεκινάει η μέτρηση από την αρχή.
- Γ) Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση μιας NAND, η οποία βγάζει έξοδο «0» μόνο όταν δεχθεί είσοδο 1010.



Κύκλωμα απαριθμητή