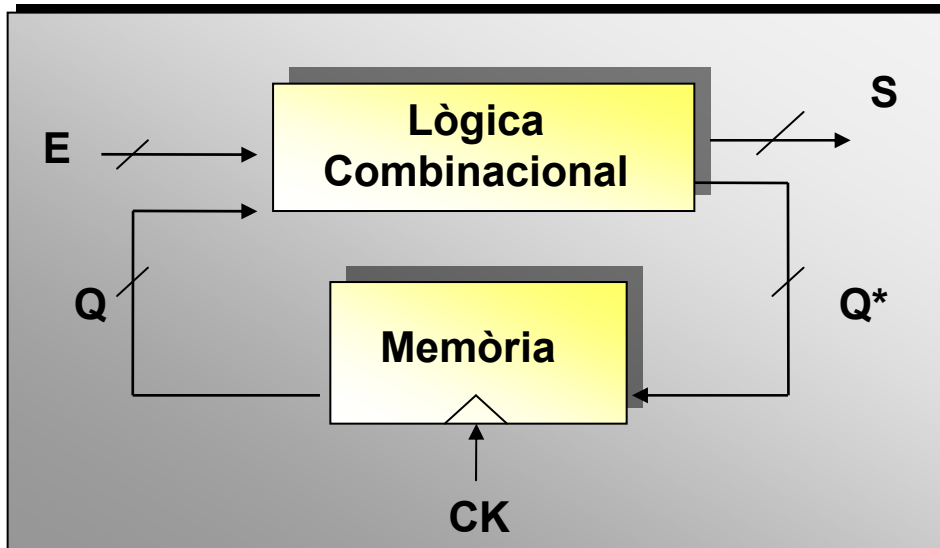


4.5 Circuits seqüencials ⁽¹⁾

Introducció

- Un **circuit seqüencial** és aquell que el valor de les variables de sortida depèn del que prenen en aquest moment les variables d'entrada i de *l'evolució anterior del circuit*.
- Un **circuit seqüencial síncron** ve definit per les següents variables:

E = X ₁ ,...,X _n : entrada del circuit	Q = y ₁ ,...,y _r : estat actual
S = Z ₁ ,...,Z _m : sortida del circuit	Q* = Y ₁ ,...,Y _n : estat següent



Expressió formal:

$$Z_i = G_i(X_1, \dots, X_n, y_1, \dots, y_r), \quad i = 1, \dots, r$$

↳ **Funció de sortida**

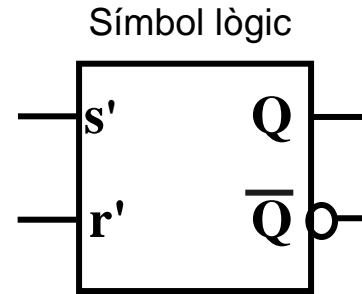
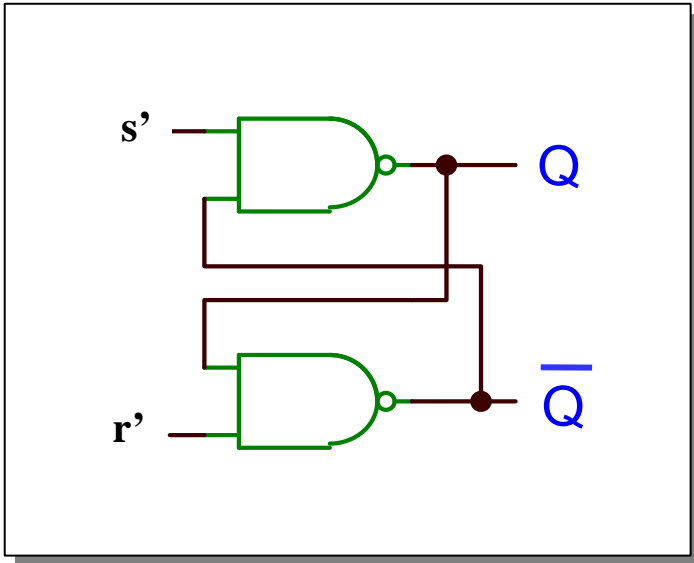
$$Y_i = H_i(X_1, \dots, X_n, y_1, \dots, y_r), \quad i = 1, \dots, r$$

↳ **Funció de transició**

4.5 Circuits seqüencials (2)

Elements de memòria: RS asíncron

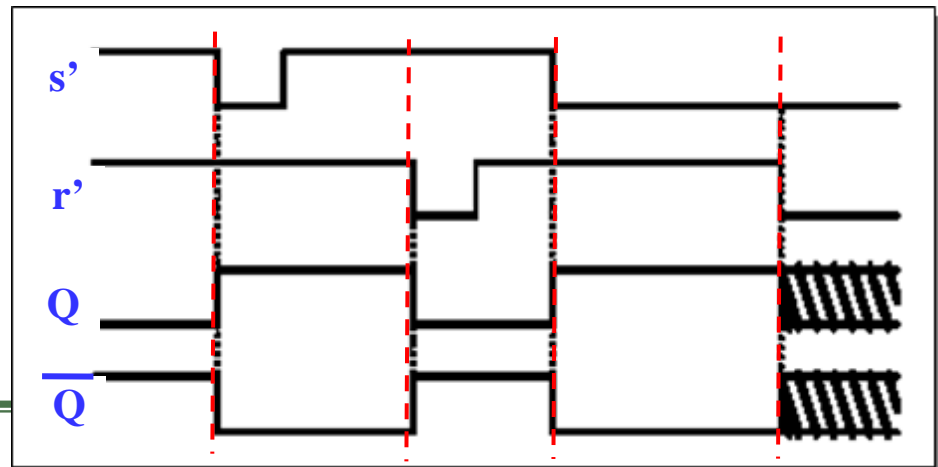
- Un **element de memòria** bàsic és aquell que és capaç d'emmagatzemar un bit (0,1).



Taula de transició

s'	r'	Q(t+1)
0	0	Estat prohibit
0	1	1
1	0	0
1	1	Q(t)

Les entrades **s'** i **r'** s'activen a nivell baix.



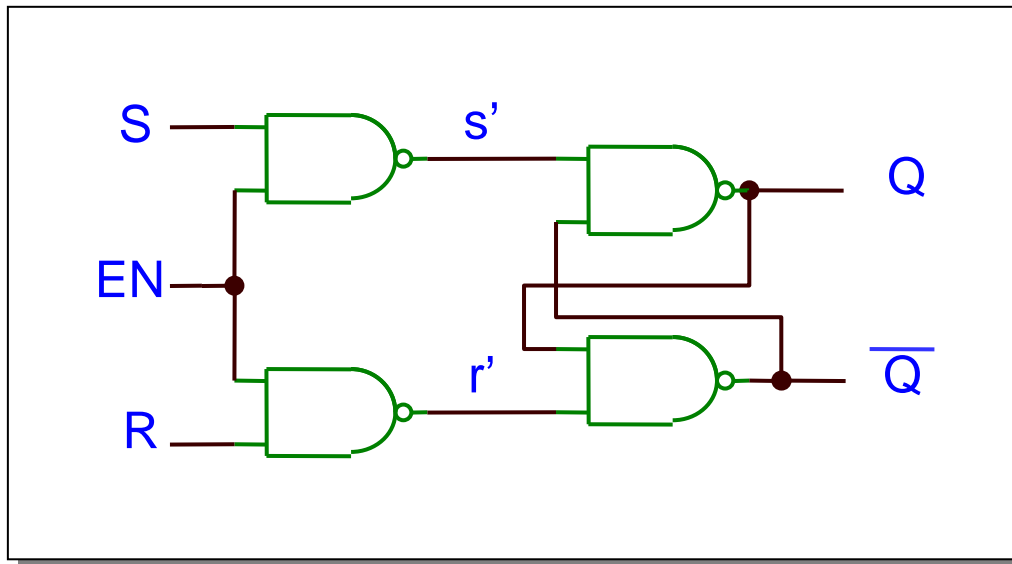
4.5 Circuits seqüencials (3)

Elements de memòria: RS síncron disparat per nivell

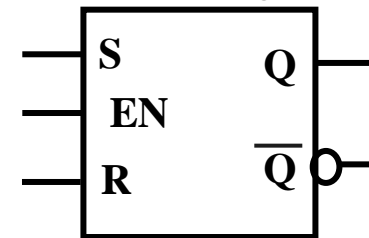
- **EN** permet o no que els senyals d'entrada arribin al biestable. És un senyal de sincronització.

RS síncron (NAND-NAND)

Esquema a nivell a portes lògiques



Símbol lògic



Taula de transició

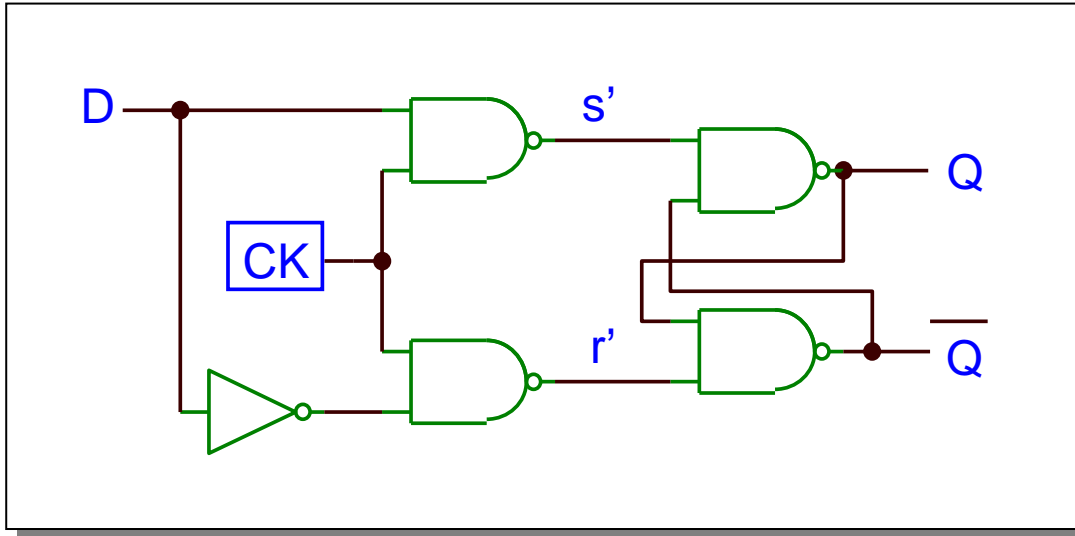
S	R	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	Estat prohibit

4.5 Circuits seqüencials (4)

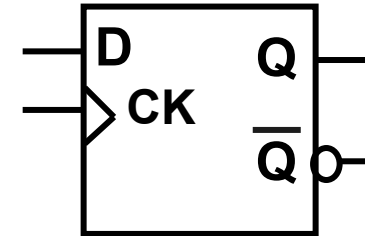
Elements de memòria: D síncron disparat per flanc

D síncron disparat per flanc

Esquema a nivell a portes lògiques



Símbol lògic



Taula de transició

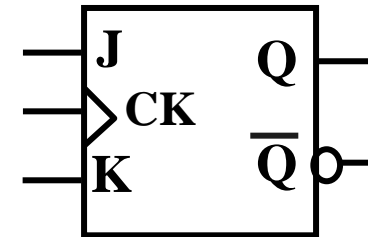
CK	D	Q(t+1)
-	0	Q(t)
-	1	Q(t)
↑	0	0
↑	1	1

4.5 Circuits seqüencials (5)

Elements de memòria: JK síncron disparat per flanc

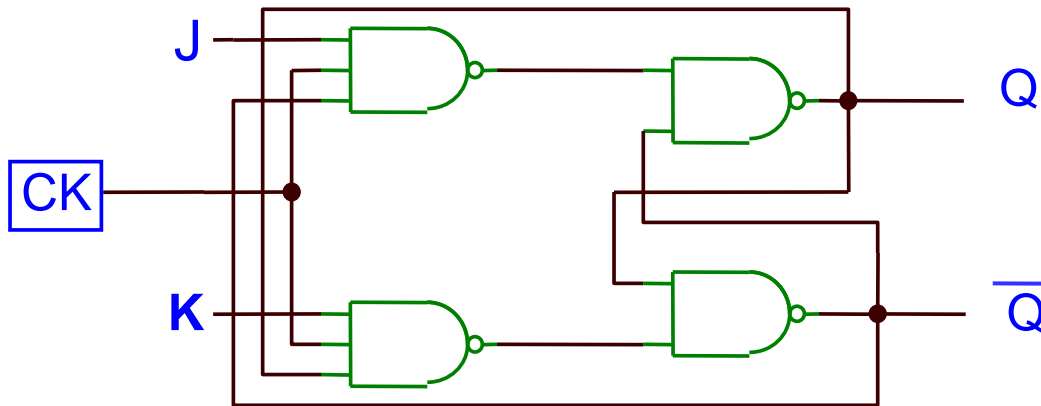
JK síncron disparat per flanc

Símbol lògic



Esquema a nivell a portes

Lògica



Taula de transició

J	K	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(t)}$

4.5 Circuits seqüencials (6)

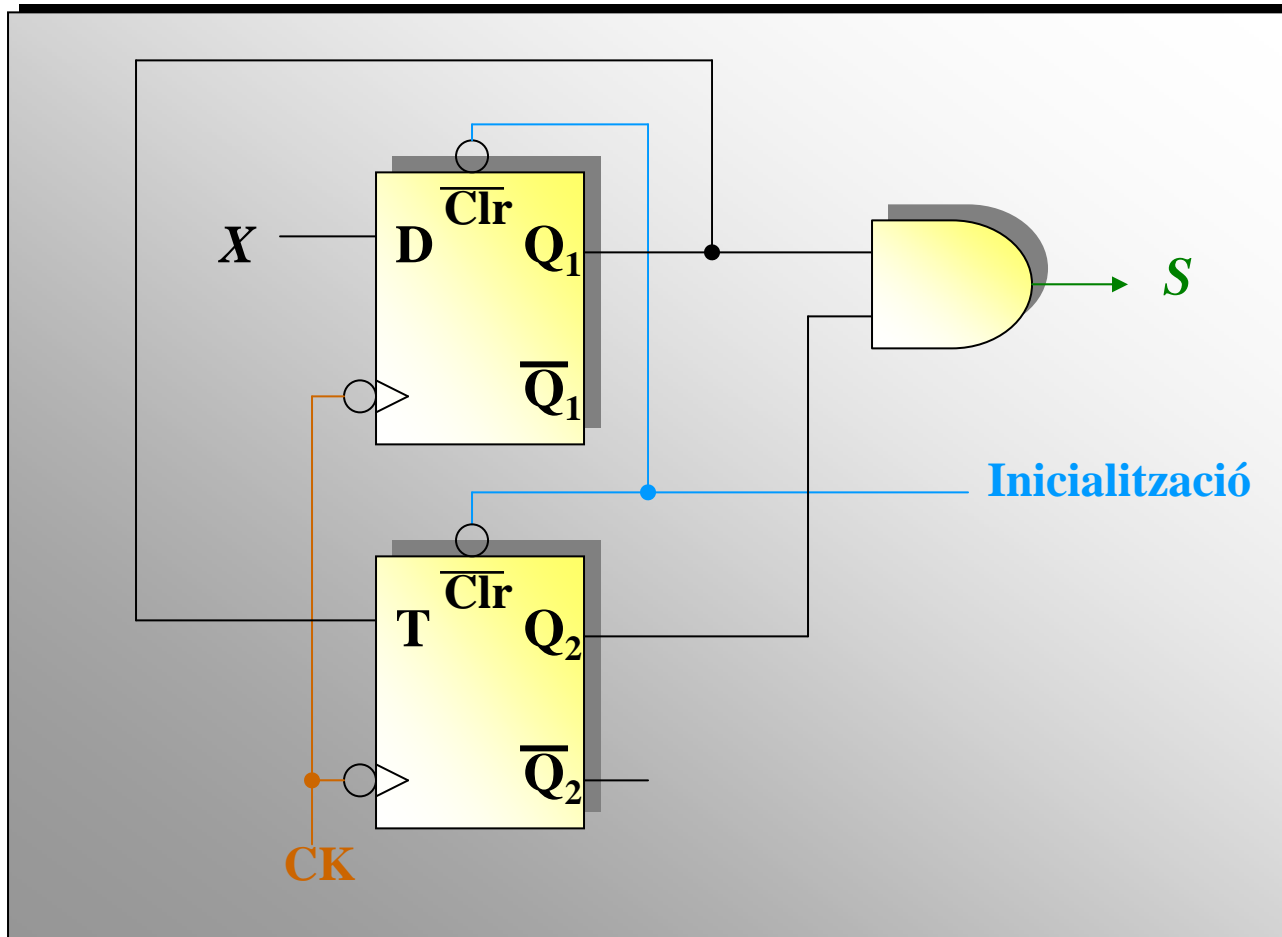
Entrades asíncrones

- En molts de biestables estàndards a més a més de les entrades (RS, JK, D, T) sincronitzades pel rellotge, hi ha **dues entrades asíncrones**:
- **PRESET** (SET): posa Q a 1 (Q a 0) en qualsevol moment (independentment del senyal de rellotge)
- **CLEAR** (RESET): posa Q a 0 (Q a 1) en qualsevol moment (independentment del senyal de rellotge)
- Normalment, s'activen a **nivell baix**.

4.5 Circuits seqüencials (7)

Anàlisi de circuits seqüencials

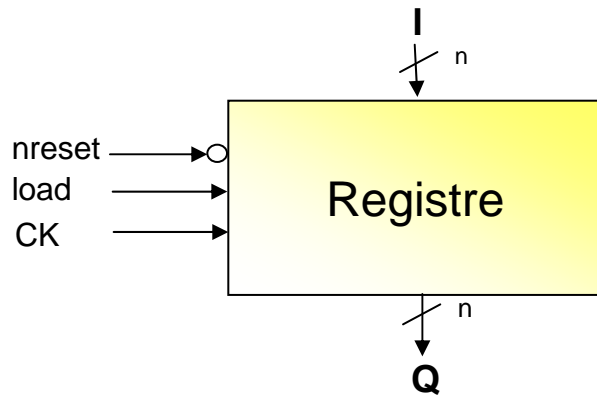
- Exemple: Analitzar el següent circuit seqüencial síncron:



4.5 Circuits seqüencials (8)

Registres

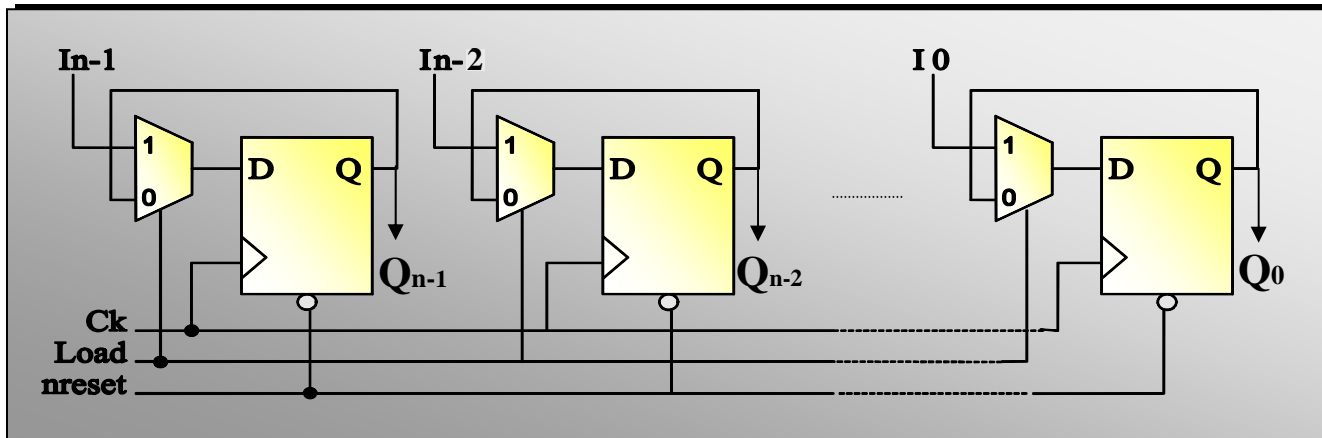
- És un circuit seqüencial síncron format per un conjunt de biestables capaços d'emmagatzemar un conjunt de bits i realitzar transformacions funcionals.



Registre: funció d'emmagatzemament

nreset=0
Load=1
Load=0

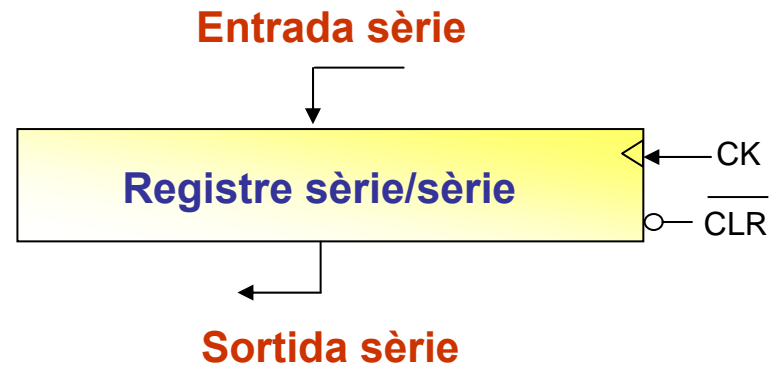
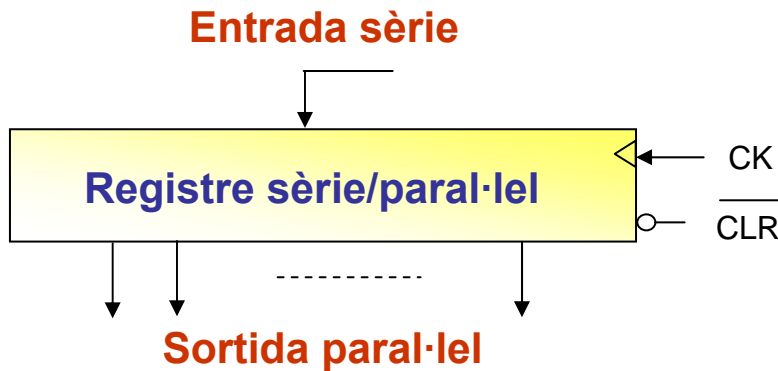
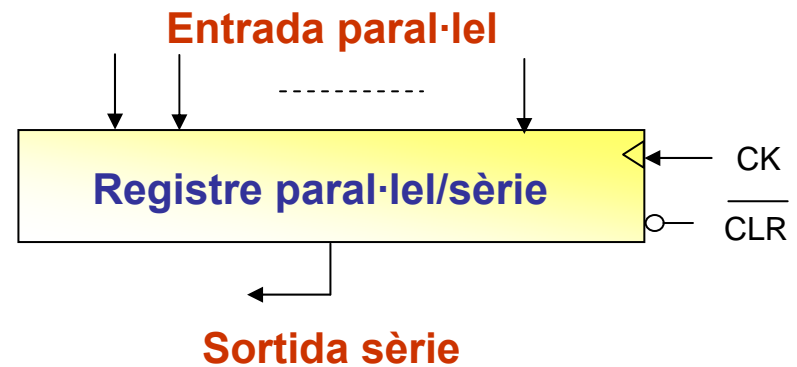
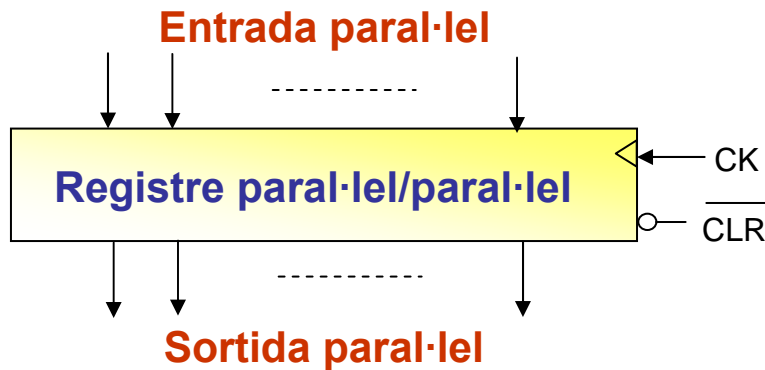
Inicialitza l'estat del registre: $Q(t+1) = 0$
Càrrega paral·lela de dades: $Q(t+1) = I$
Manté l'estat: $Q(t+1) = Q(t)$



4.5 Circuits seqüencials (9)

Registres

- Els registres a part d'emmagatzemar informació, poden desplaçar-la bit a bit: **registres de desplaçament**



4.5 Circuits seqüencials (10)

Comptadors

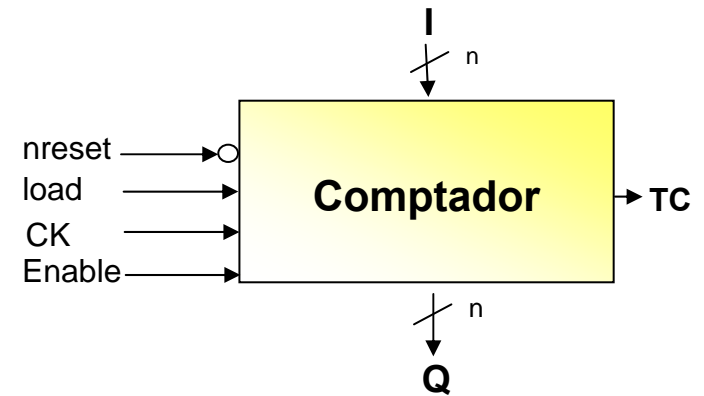
- És un circuit seqüencial que la seva sortida representa, en un codi determinat, una seqüència ordenada que es repeteix en el temps depenent del nombre d'impulsos de rellotge, CK.

Comptador mod $p \rightarrow p = n^{\circ}$ d'estats

- **Classificació:**
 - Segons codificació: *binaris, decimals, Gray, ...*
 - Segons forma de comptar: *up, down, up/down*
 - Segons sincronisme: *síncrons i asíncrons.*

Síncrons:

Comptador d'anell
 Comptador de Johnson o commutat
 Comptador síncron mod 2^n

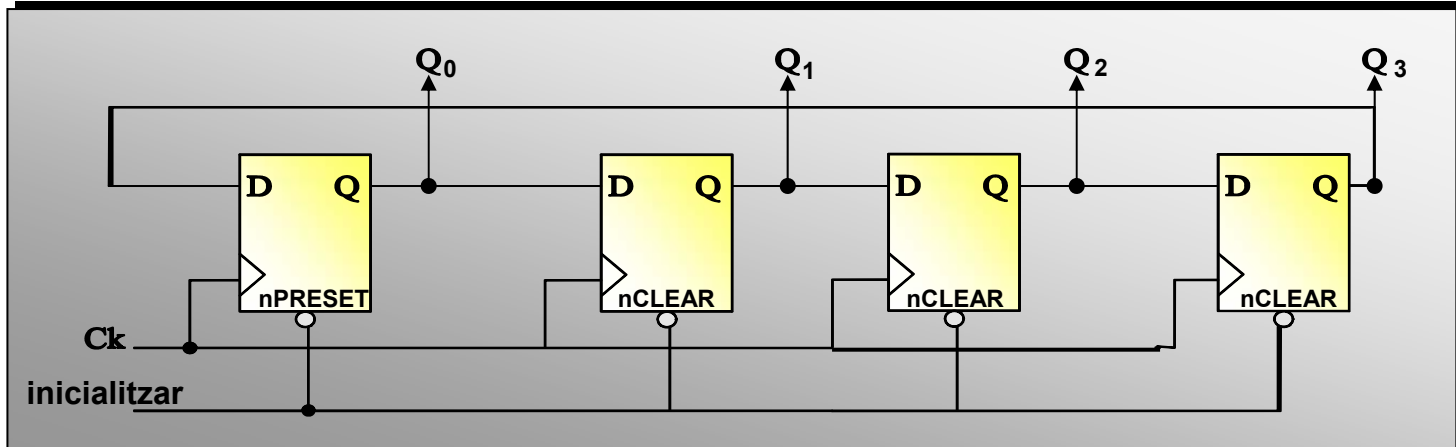


4.5 Circuits seqüencials (11)

Comptadors síncrons

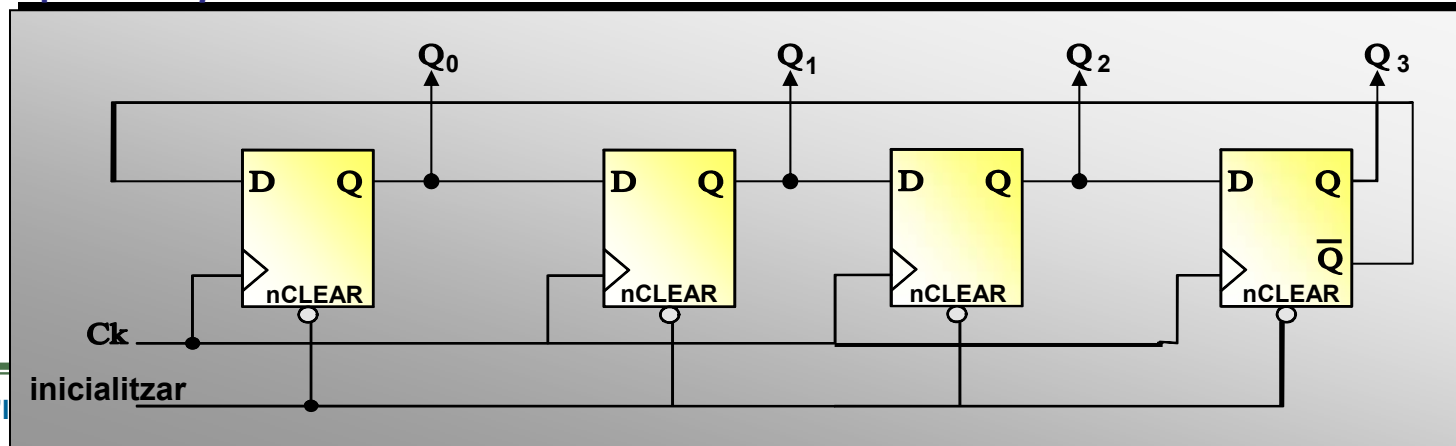
- Comptador d'anell (mod n)

- Exemple: *Comptador mod 4*



- Comptador de Johnson (mod $2n$)

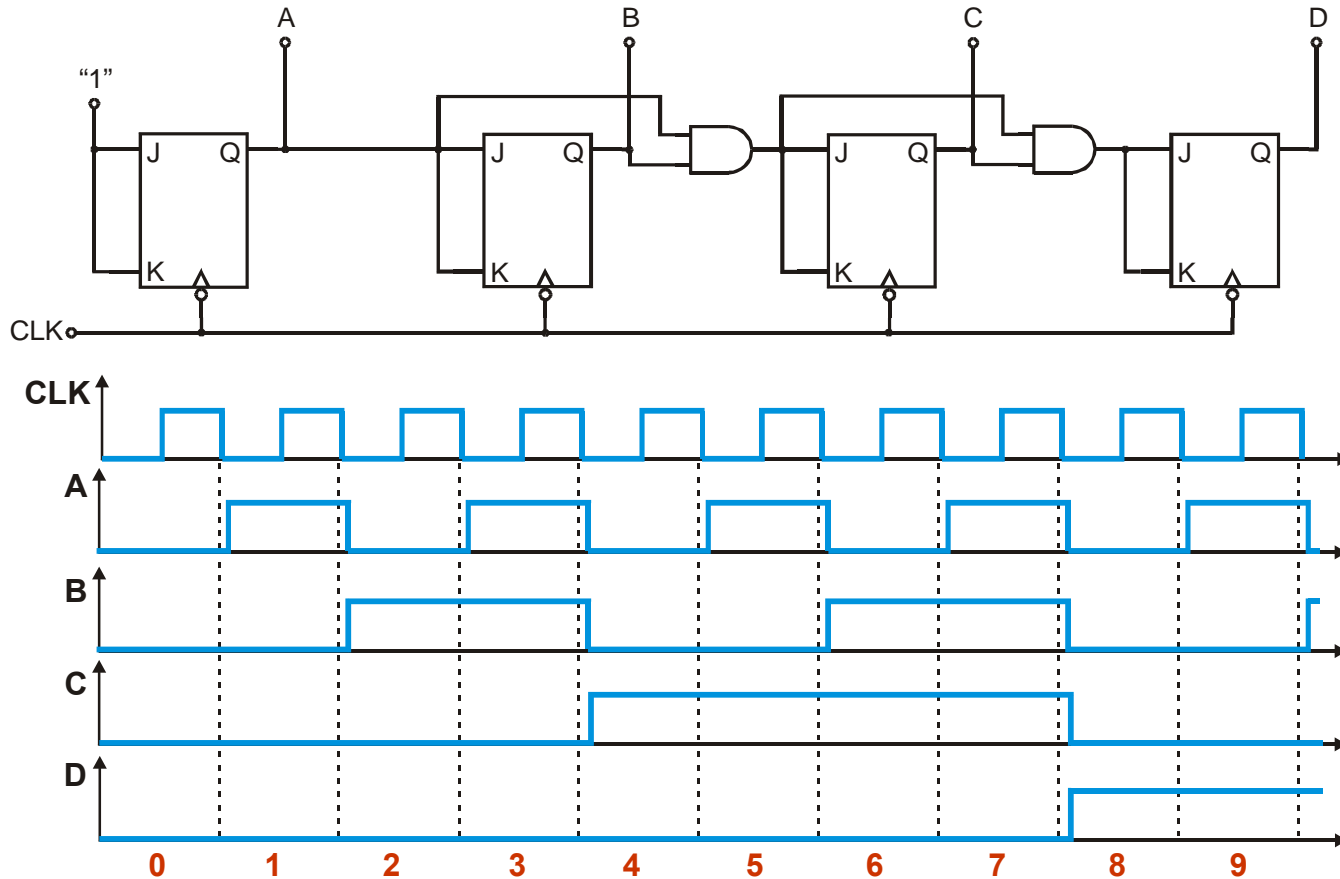
- Exemple: *Comptador mod 8*



4.5 Circuits seqüencials (12)

Comptadors síncrons

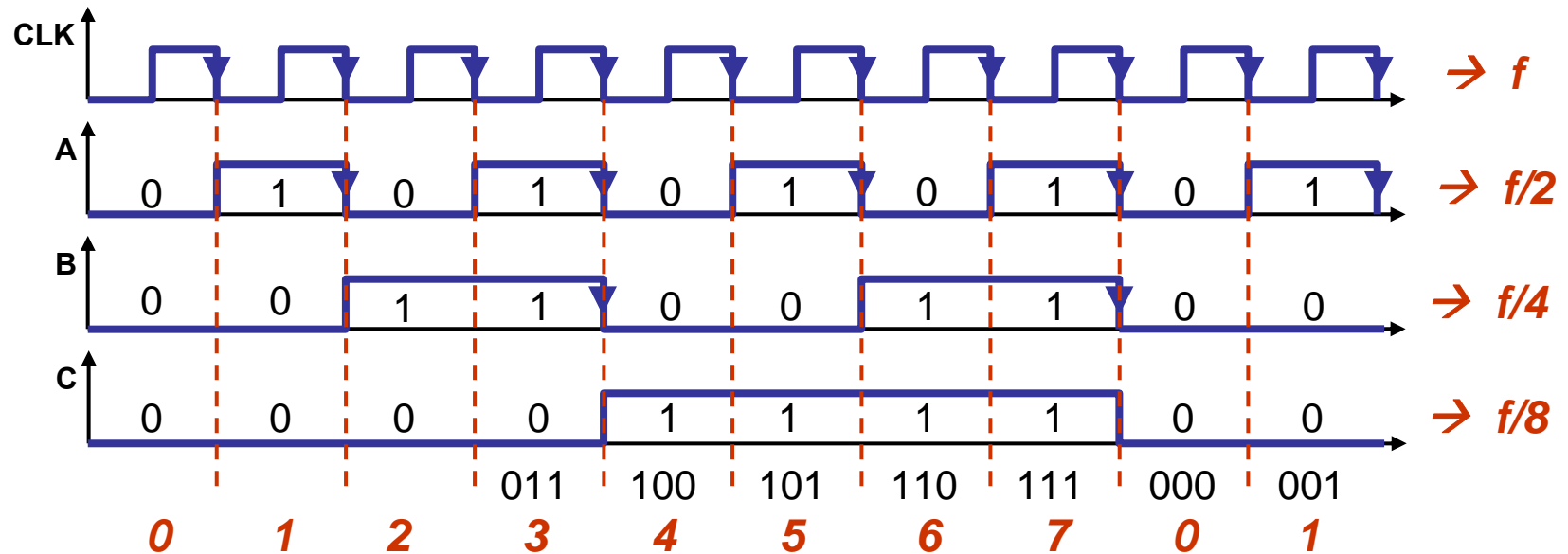
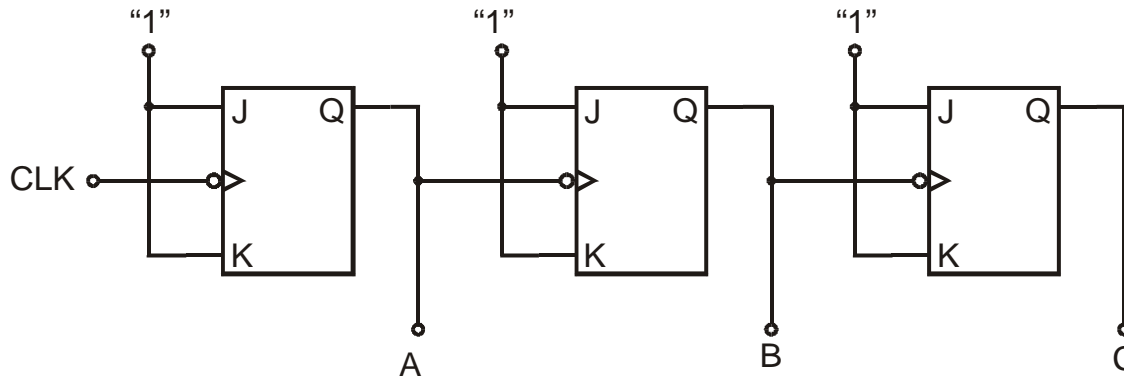
Comptador mod 2^n



4.5 Circuits seqüencials (13)

Comptadors asíncrons

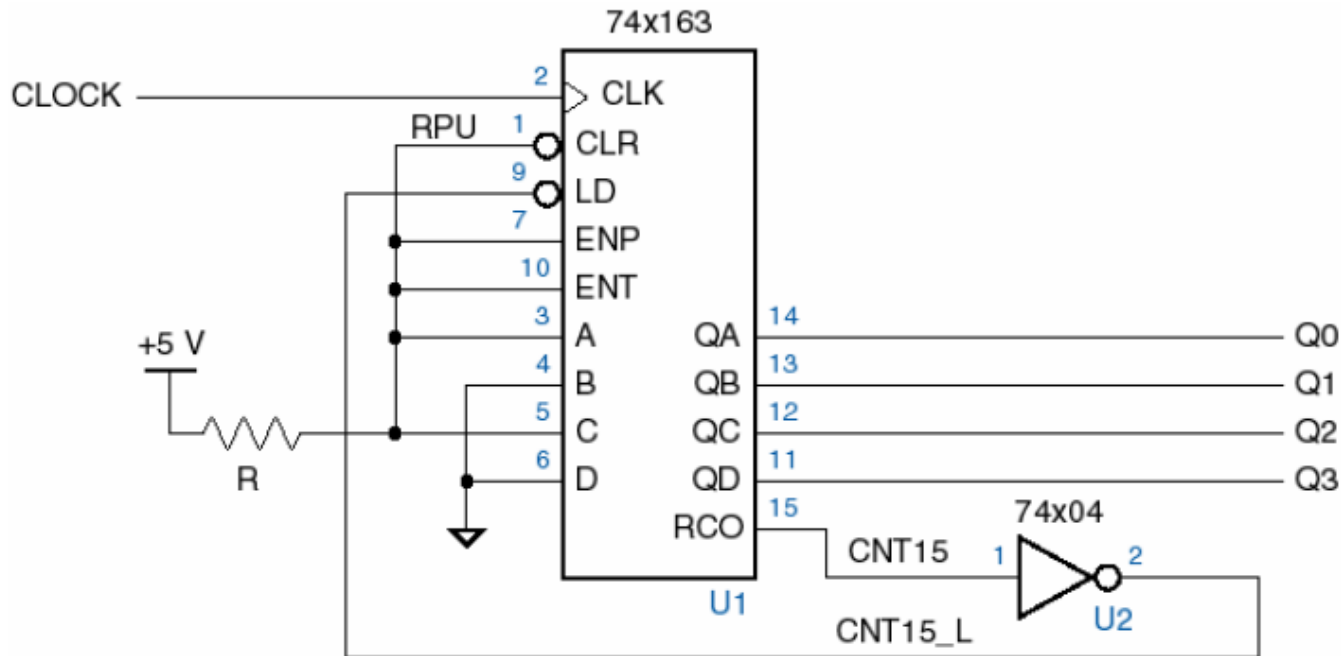
- Exemple: *Comptador asíncron mod 8*



4.5 Circuits seqüencials (14)

Exemples de comptadors

● Exemple: Comptador síncron mod 11

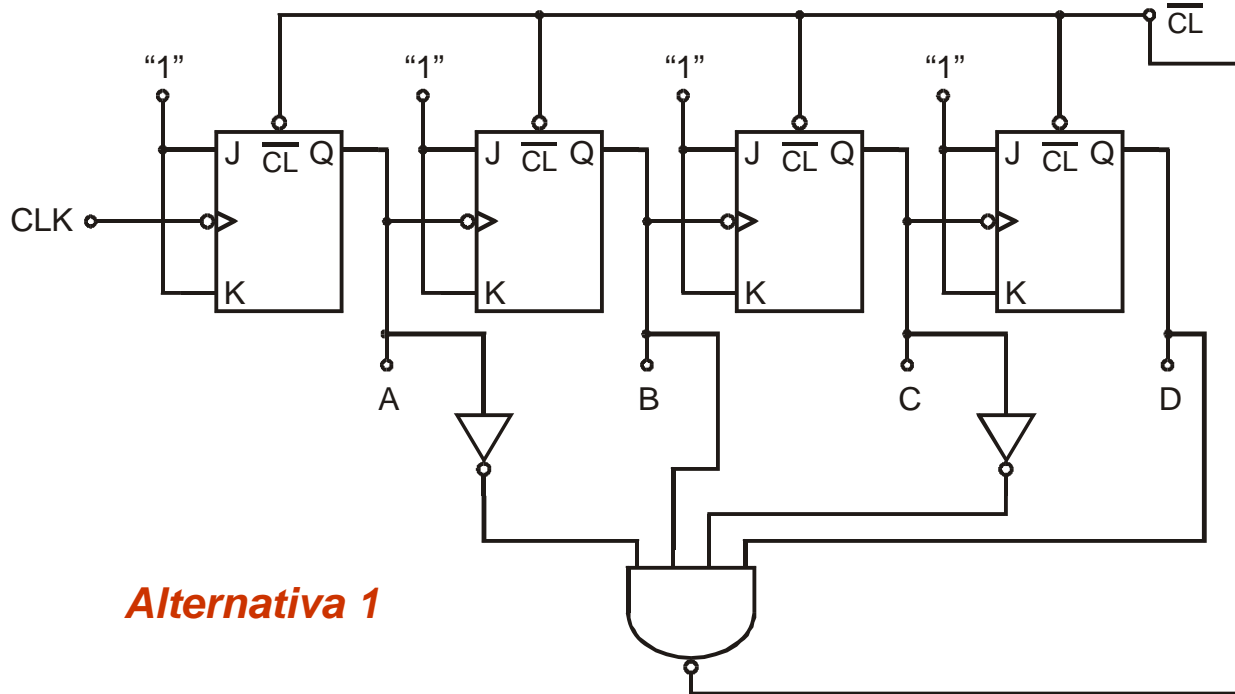


- Es carrega 0101 (5) després de que RCO=1, és a dir Q3Q2Q1Q0=1111.
- Segueix la seqüència: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 5, 6, ...
- Funciona com un divisor per 11 o un comptador mod 11

4.5 Circuits seqüencials (15)

Exemples de comptadors

- **Exemple2: Comptador asíncron mòdul 10 o comptador de dècades**
 - Construir a partir d'un comptador binari



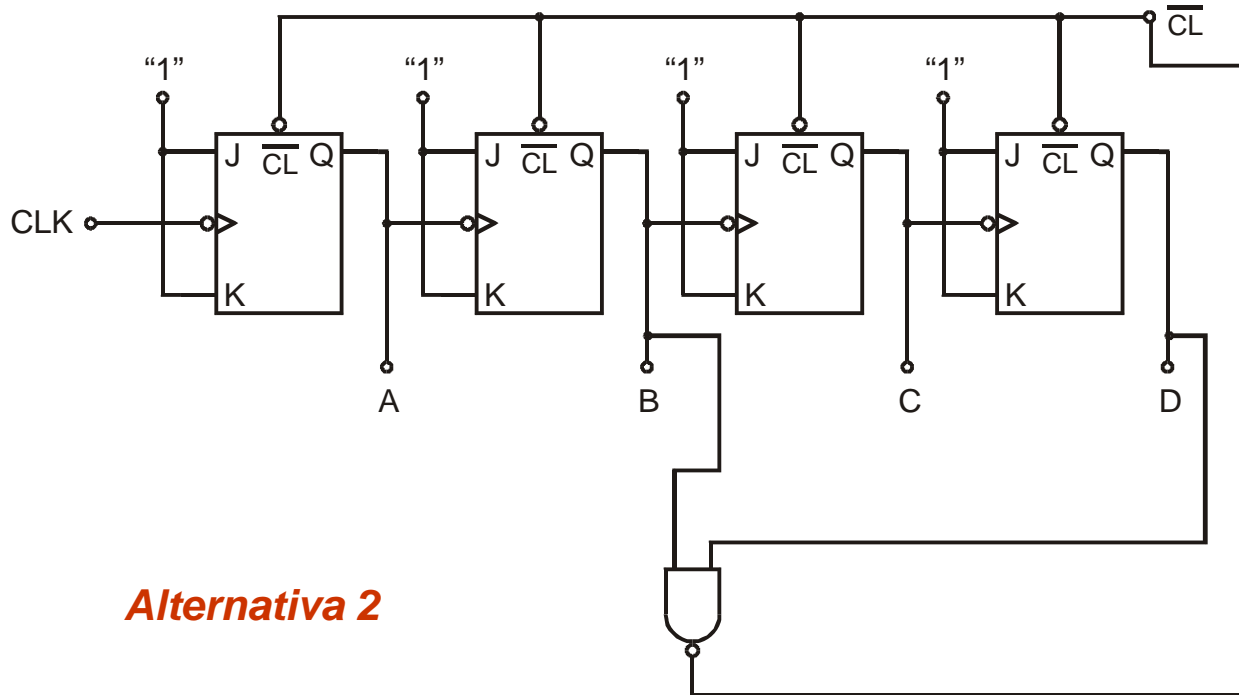
Alternativa 1

0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15

4.5 Circuits seqüencials (16)

Exemples de comptadors

- **Exemple2: Comptador asíncron mòdul 10 o comptador de dècades**
 - Construir a partir d'un comptador binari



Alternativa 2

0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15