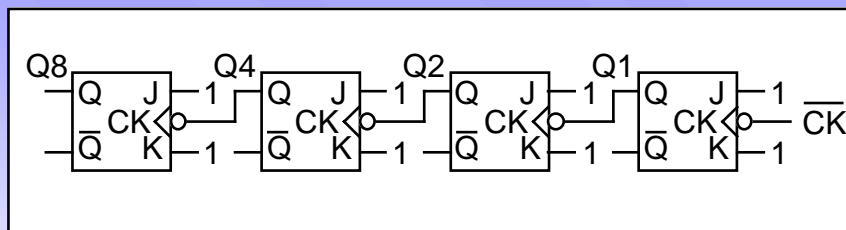


Compteurs

- Diviseurs de fréquence
- Compteurs quasi-synchrones
- Compteurs synchrones
- Compteurs réversibles

andre.stauffer@epfl.ch

Diviseurs de fréquence



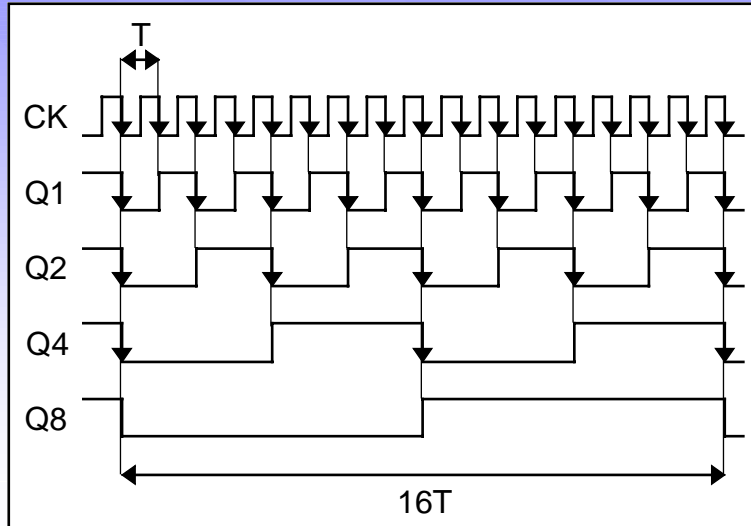
L'assemblage de bascules JK représenté ci-dessus constitue un diviseur de fréquence vérifiant les relations:

$$Q_{1+} = Q_1' \quad Q_{2+} = Q_2' \quad Q_{4+} = Q_4' \quad Q_{8+} = Q_8'$$

Les signaux d'horloge des quatre bascules sont tous différents:

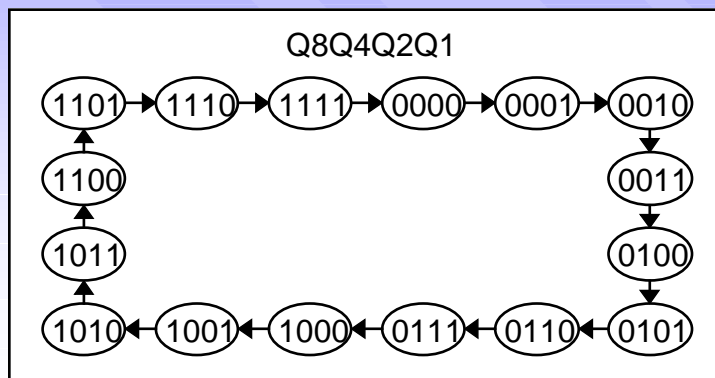
$$CK_1 = CK \quad CK_2 = Q_1' \quad CK_4 = Q_2' \quad CK_8 = Q_4'$$

Le chronogramme du diviseur montre que sa sortie Q8 réalise une division de fréquence par 16



Diviseurs de fréquence

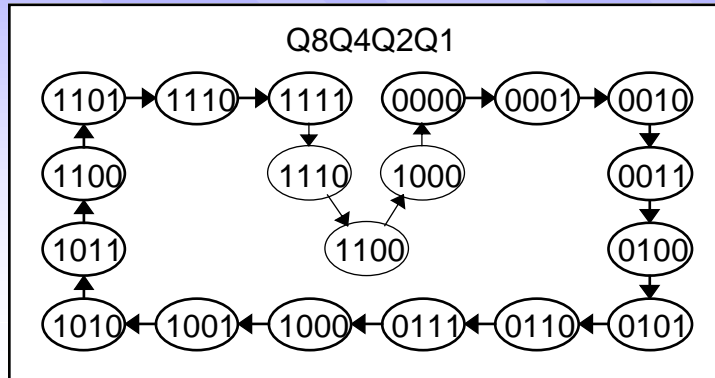
Le graphe des états du diviseur de fréquence représente chaque état Q8Q4Q2Q1 par un sommet et chaque passage d'un état à l'état suivant par une flèche



Diviseurs de fréquence

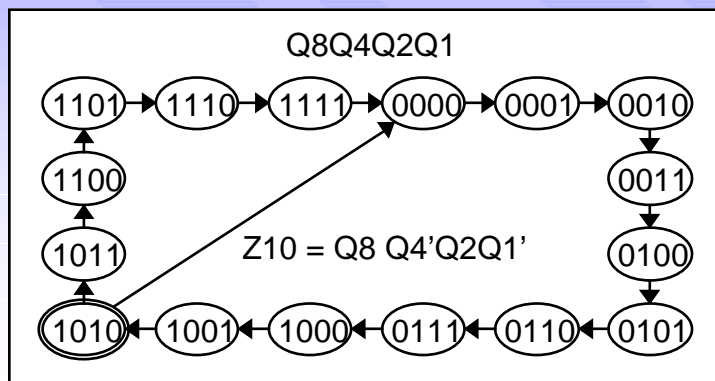
Entre deux états permanents (trait fort) on peut passer par des états transitoires (trait fin)

Par exemple entre 1111 et 0000 on passe par 1110, 1100 et 1110



Compteurs quasi-synchrones

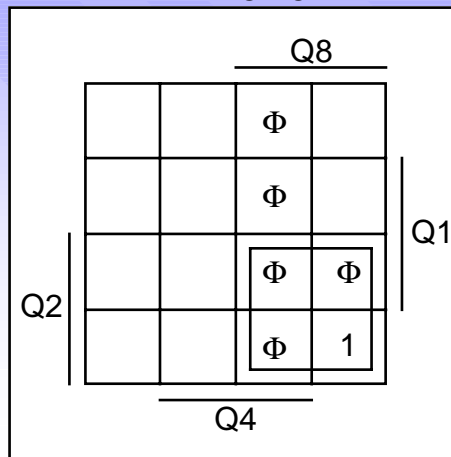
Pour réaliser un diviseur dont les états permanents vont de 0000 à 1001, il suffit de détecter l'état 1010 et d'utiliser cet état pour remettre le diviseur à 0000



Compteurs quasi-synchrones

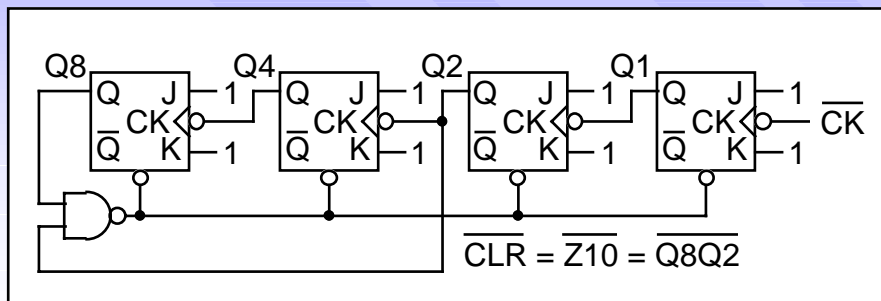
La fonction de détection de l'état 1010 se simplifie dans une table de Karnaugh:

$$Z_{10} = Q_8 \cdot Q_2$$

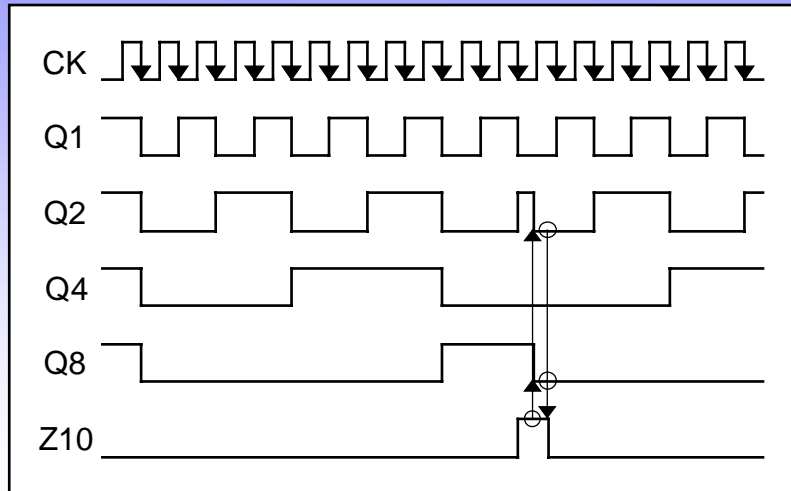


Compteurs quasi-synchrones

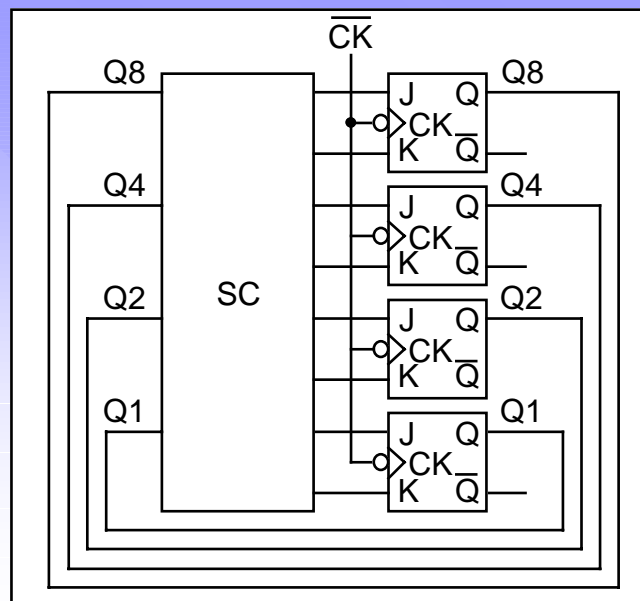
Le schéma logique du compteur quasi-synchrone par 10 fait usage des entrées de remise asynchrone à 0 des bascules



Le fonctionnement du compteur quasi-synchrone par 10 est illustré par le chronogramme ci-dessous

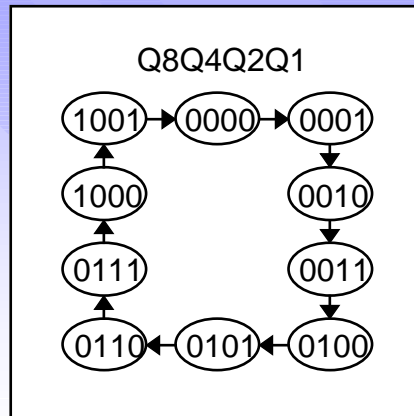


Compteurs synchrones



Compteurs synchrones

Le graphe des états du compteur synchrone comporte dix états Q8Q4Q2Q1 dont les codes binaires vont de 0000 à 1001



Compteurs synchrones

La table d'états du compteur peut être représentée sous forme d'une table de Karnaugh

Q8+Q4+Q2+Q1+		Q8	
0001	0101	Φ	1001
0010	0110	Φ	0000
0100	1000	Φ	Φ
0011	0111	Φ	Φ

Q4

Compteurs synchrones

Dans la table, on a représenté les cases qui correspondent au maintien à 0, à l'enclenchement, au déclenchement et au maintien à 1 de la variable Q8

Q8+Q4+Q2+Q1+		Q8	
0001	0101	Φ	1001
0010	0110	Φ	0000
0100	1000	Φ	Φ
0011	0111	Φ	Φ
		Q4	

Q2 (rows 3-4), Q1 (rows 2-3)

Compteurs synchrones

En faisant usage de la table des transitions de la bascule JK, on définit la table de Karnaugh des variables J8 et K8

J8K8		Q8	
0 Φ	0 Φ	$\Phi\Phi$	$\Phi 0$
0 Φ	0 Φ	$\Phi\Phi$	$\Phi 1$
0 Φ	1 Φ	$\Phi\Phi$	$\Phi\Phi$
0 Φ	0 Φ	$\Phi\Phi$	$\Phi\Phi$
		Q4	

Q2 (rows 3-4), Q1 (rows 2-3)

Compteurs synchrones

La simplification de la variable J8 conduit à la relation:
 $J8 = Q4Q2Q1$

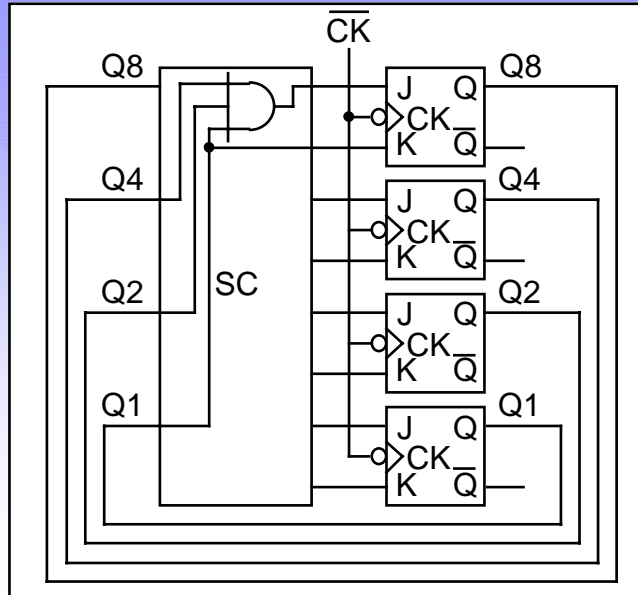
J8		Q8			
		0	0	Φ	Φ
Q2		0	0	Φ	Φ
		0	1	Φ	Φ
		Q4			
		0	0	Φ	Φ
		Q1			

Compteurs synchrones

La simplification de la variable K8 conduit à la relation:
 $K8 = Q1$

K8		Q8			
		Φ	Φ	Φ	0
Q2		Φ	Φ	Φ	1
		Φ	Φ	Φ	Φ
		Q4			
		Φ	Φ	Φ	Φ
		Q1			

Compteurs synchrones



Compteurs synchrones

Pour une réalisation à l'aide de bascules D, dont l'équation caractéristique est $Q_{n+1} = D_n$, les cases de cette table représentent simultanément les états D8D4D2D1

Q8+Q4+Q2+Q1+		Q8	
0001	0101	Φ	1001
0010	0110	Φ	0000
0100	1000	Φ	Φ
0011	0111	Φ	Φ
		Q4	

Q2

Q1

Compteurs synchrones

La simplification de la variable D8 conduit à la relation:

$$D8 = Q8Q1' + Q4Q2Q1$$

D8=Q8+

		Q8		
		Φ	1	
		Φ	0	Q1
Q2		1	Φ	
		Φ	Φ	
		Φ	Φ	
		Q4		

Compteurs synchrones

Pour effectuer l'analyse des états Φ du compteur synchrone par 10 réalisé à l'aide de bascules JK, il faut introduire les expressions de J et de K dans l'équation caractéristique de la bascule JK

Pour la bascule Q8, on avait trouvé:

$$J8 = Q4Q2Q1$$

$$K8 = Q1$$

Le remplacement de ces valeurs dans l'équation:

$$Q8+ = J8Q8' + K8'Q8$$

nous conduit à la relation:

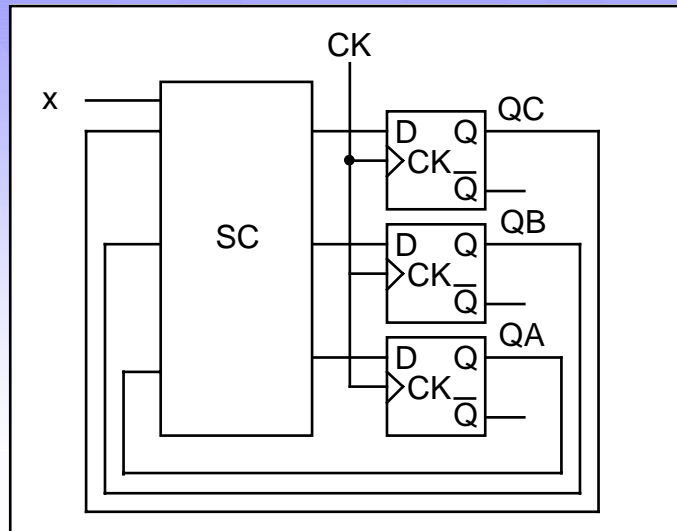
$$Q8+ = Q8'Q4Q2Q1 + Q8Q1'$$

En opérant de même pour les bascules Q4, Q2 et Q1, on détermine ainsi les états futurs correspondant aux états présents compris entre 1010 et 1111

Compteurs réversibles

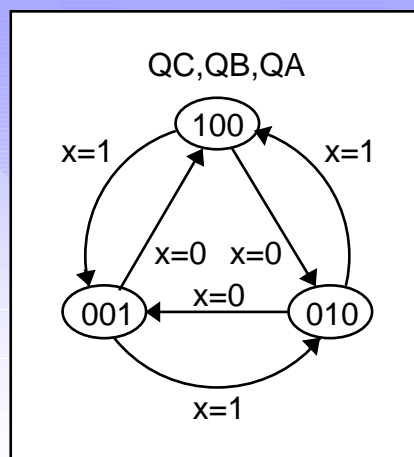
Pour $x=0$: QC,QB,QA = 100 \rightarrow 010 \rightarrow 001 \rightarrow 100

Pour $x=1$: QC,QB,QA = 100 \rightarrow 001 \rightarrow 010 \rightarrow 100



Compteurs réversibles

Dans le graphe des états, on indique la valeur de la variable d'entrée x sur les flèches reliant les sommets



Compteurs réversibles

On représente la table d'états du compteur réversible sous forme d'une table de Karnaugh

QC+QB+QA+		QC		x
		Φ	001	
QA	Φ	100	Φ	001
	010	Φ	Φ	Φ
	100	Φ	Φ	Φ
	QB			

Compteurs réversibles

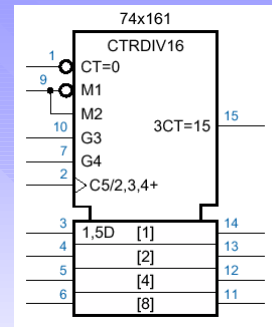
La simplification de la variable DC conduit à la relation:
 $DC = x.QB + x'.QA$

DC=QC+		QC		x
		Φ	0	
QA	Φ	1	Φ	0
	0	Φ	Φ	Φ
	1	Φ	Φ	Φ
	QB			

Symboles ANSI/IEEE

Le compteur synchrone par 16 est décrit par une table des opérations dans laquelle:

- CLR correspond à CT=0
- LD à M1
- ENT à G3
- ENP à G4
- D3:0=D,C,B,A à D8,D4,D2,D1
- Q3:0=QD,QC,QB,QA à Q8,Q4,Q2,Q1
- RCO=ENT.(Q=15) à 3CT=15

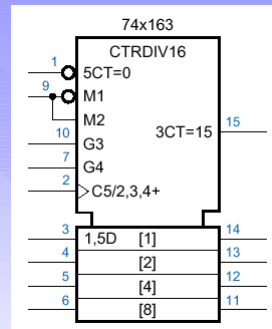


opération	description	CLR	LD	ENP
CLEAR	Q3:0 := 0000	1	-	-
HOLD	Q3:0 <= Q3:0	0	0	0
COUNT	Q3:0 <= Q3:0 + ENT	0	0	1
LOAD	Q3:0 <= D3:0	0	1	-

Symboles ANSI/IEEE

Ce compteur synchrone par 16 ne diffère du précédent que par sa remise à 0 synchrone:

- CLR correspond cette fois à 5CT=0
- Cette notation indique la dépendance de la variable CT=0 (contenu égal à 0) par rapport au signal d'horloge C5

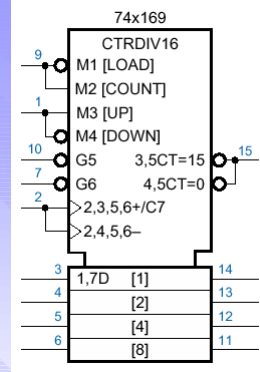


opération	description	CLR	LD	ENP
CLEAR	Q3:0 <= 0000	1	-	-
HOLD	Q3:0 <= Q3:0	0	0	0
COUNT	Q3:0 <= Q3:0 + ENT	0	0	1
LOAD	Q3:0 <= D3:0	0	1	-

Symboles ANSDI/IEEE

La description du compteur-décompteur par 16 recourt aux notations suivantes:

- LD correspond à M1
- UP à M3
- ENT à G5
- ENP à G6
- D3:0=D,C,B,A à D8,D4,D2,D1
- Q3:0=QD,QC,QB,QA à Q8,Q4,Q2,Q1
- RCO=ENT.UP.(Q=15)+ENT.UP'.(Q=0)
à 3,5CT=15 et à 4,5CT=0



opération	description	LD	ENP	UP
LOAD	$Q3:0 \leq D3:0$	1	-	-
HOLD	$Q3:0 \leq Q3:0$	0	0	-
COUNT DOWN	$Q3:0 \leq Q3:0 - ENT$	0	1	0
COUNT UP	$Q3:0 \leq D3:0 + ENT$	0	1	1