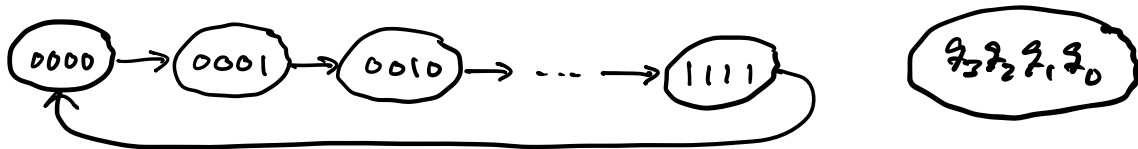


## Räknare

Räknare är en anordning som registrerar antalet pulser.

### Autonom räknare (4 bitar)

Sekvenskrets med följande funktion:



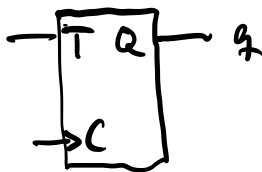
### Design

Alt1: Formell lösning med tillståndsdigram, tabell, osv.

$q_3 q_2 q_1 q_0$	$q_3^+ q_2^+ q_1^+ q_0^+$
0 0 0 0	0 0 0 1
0 0 0 1	0 0 1 0
0 0 1 0	0 0 1 1
0 0 1 1	0 1 0 0
0 1 0 0	0 1 0 1
⋮	⋮
1 1 1 0	1 1 1 1
1 1 1 1	0 0 0 0

Alt2: T-vipor (lämplig för räknare) + resonemang

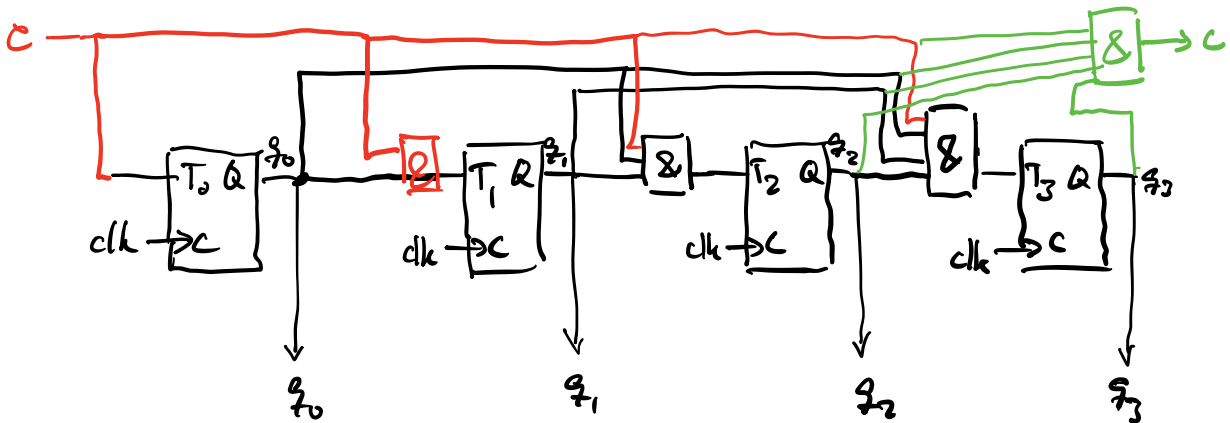
### T-vippe (Toggle flip-flop)



$T=0$ : behålla tillstånd  
 $q^+ = q$   
 $T=1$ : byt tillstånd  
 $q^+ = q'$

$q$	$T$	$q^+$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## Krets



$$\begin{cases} T_0 = 1 \\ T_1 = q_0 \\ T_2 = q_1 q_0 \\ T_3 = q_2 q_1 q_0 \end{cases}$$

Tillståndsbyte ska ske då alla mindre signifikanta bitar = 1.

## Binärräknare med räkn villkor

$$e = \begin{cases} 0 & \text{vila} \\ 1 & \text{räkna} \end{cases} \quad e \text{ brukar kallas för count enable (CE)}$$

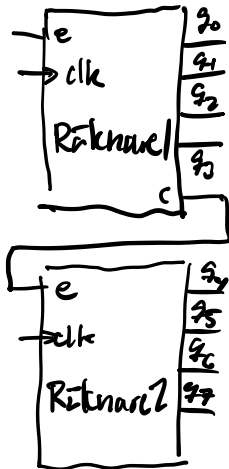
$$e = 0 \Rightarrow T_i = 0 \text{ för } i = 0, 1, 2, 3$$

$$e = 1 \Rightarrow T_i \text{ styrs enligt autonom räknare.}$$

$$\begin{cases} T_0 = e \\ T_1 = e \cdot q_0 \\ T_2 = e \cdot q_1 q_0 \\ T_3 = e \cdot q_2 q_1 q_0 \end{cases}$$

# Kaskadkopplade räknare

Ex Konstuera en 8-bitarsräknare med 2 4-bitarsräknare.



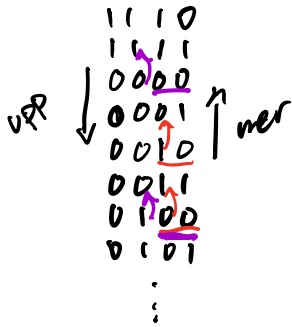
Räknare 2				Räknare 1			
q7	q6	q5	q4	q3	q2	q1	q0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0
⋮				⋮			
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0
⋮				⋮			
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0

När räknare 1 har tillståndet 1111 och räknar upp så ska räknare 2 räkna upp.

$$c = \text{carry out} = e \cdot q_3 q_2 q_1 q_0$$

## Reversibel räknare

Kan räkna både upp och ned.



### Styrsignaler

u = up    d = down

u	d	mod
0	0	vila
0	1	nedräkning
1	0	uppräkning

### Upp

Ersätt e med u :

$$T_{0u} = u$$

$$T_{1u} = u \cdot q_0$$

$$T_{2u} = u \cdot q_1 q_0$$

$$T_{3u} = u \cdot q_2 q_1 q_0$$

### Carry out

$$c = u \cdot q_2 q_1 q_0$$

### Ned

Växling vid nedräkning då alla mindre signifikanta bitar = 0

$$T_{0d} = d$$

$$T_{1d} = d \cdot q_0'$$

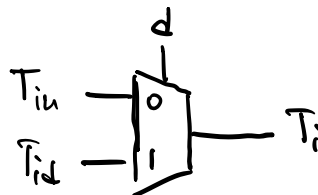
$$T_{2d} = d \cdot q_1' q_0'$$

$$T_{3d} = d \cdot q_2' q_1' q_0'$$

### Borrow out:

$$b = d \cdot q_3' q_2' q_1' q_0'$$

### Vippornas insignaler



$$T_i = T_{iu} + T_{id}$$

Ex  $u=d=0 \Rightarrow T_i = 0 + 0 = 0$

$u=1, d=0 \Rightarrow T_i = T_{iu} + 0 = T_{iu}$

### Carry-/Borrow-out

$$cb = c + b$$

## Räknares insignaler

Istället för  $u$  och  $d$  används istället enable  $e$  och  $u/\overline{d}$  som insignaler.

$e$	$u/\overline{d}$	$u$	$d$
0	-	0	0
1	0	0	1
1	1	1	0

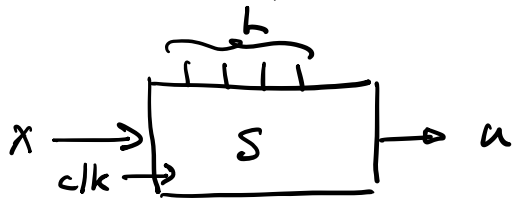
$$u = e \cdot (u/\overline{d})$$

$$d = e \cdot (u/\overline{d})'$$

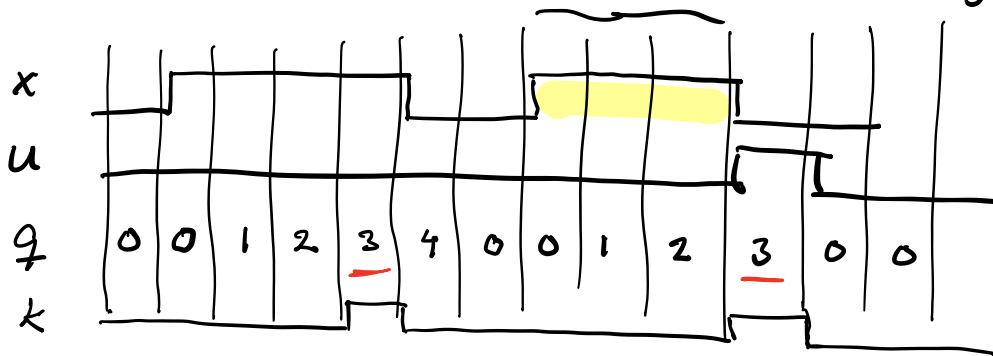
Förenkling av  $T_0 = T_{0u} + T_{0d} = u + d =$

$$e \cdot \underbrace{\left( \frac{u}{\overline{d}} + \left( \frac{u}{\overline{d}} \right)' \right)}_{=1} = e$$

Ex Detektion av pulser av en given längd  $h$ .



Tidsdiagram  $L=3$  puls med längd  $L=3$



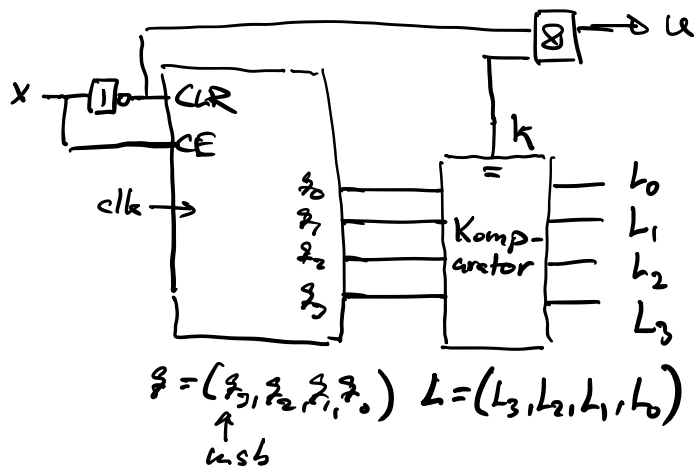
Lösning

- Nollställ räkaren då  $x=0$   
dus  $CLR = x'$
- Räkna upp då  $x=1$ , dus  
 $CE = x$
- Jämför räkarens värde  $q$  med  $L$

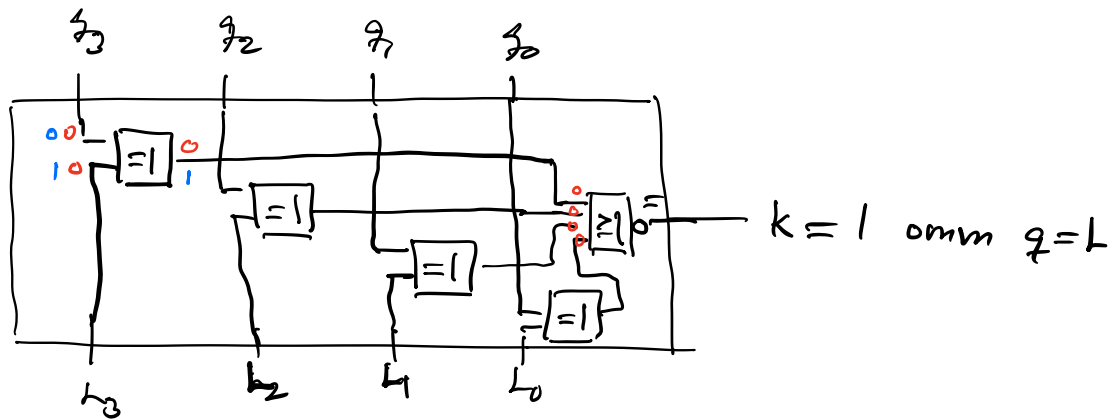
$$k = \begin{cases} 0 & q \neq L \\ 1 & q = L \end{cases}$$

- Om  $k=1$  och  $x=0$   
så har en puls av  
längd  $L$  detekterats,  
dus  $u = k \cdot x'$

Krets



# Komparator



Det finns även komparatorer för  $>, <, \geq, \leq$ .