

# Corso di Calcolatori Elettronici I

## Progetto di contatori sincroni

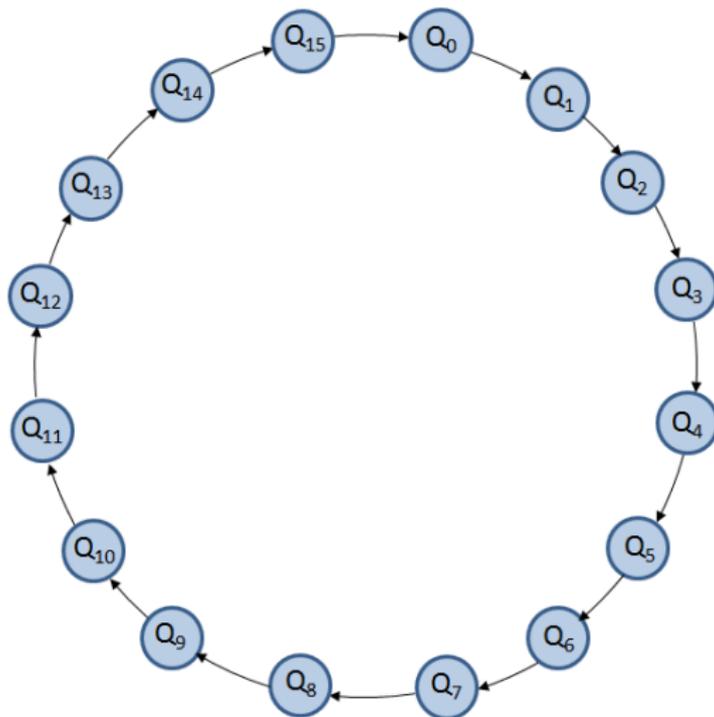
Roberto Canonico

Università degli Studi di Napoli Federico II

A.A. 2020-2021



# Contatore modulo-16



# Contatore modulo-16 con FF JK



$q_3$	$q_2$	$q_1$	$q_0$	$q'_3$	$q'_2$	$q'_1$	$q'_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	-	0	-	1	-
0	0	0	1	0	0	1	0	0	-	0	-	1	-	-	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	-	0	-	-	0	1	-
0	0	1	1	0	1	0	0	0	-	1	-	-	1	-	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	-	-	0	0	-	1	-
0	1	0	1	0	1	1	0	0	-	-	0	1	-	-	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	-	-	0	-	0	1	-
0	1	1	1	1	0	0	0	1	-	-	1	-	1	-	1
1	0	0	0	1	0	0	1	-	0	0	-	0	-	1	-
1	0	0	1	1	0	1	0	-	0	0	-	1	-	-	1
1	0	1	0	1	0	1	1	-	0	0	-	-	0	1	-
1	0	1	1	1	1	0	0	-	0	1	-	-	1	-	1
1	1	0	0	1	1	0	1	-	0	-	0	0	-	1	-
1	1	0	1	1	1	1	0	-	0	-	0	1	-	-	1
1	1	1	0	1	1	1	1	-	0	-	0	-	0	1	-
1	1	1	1	0	0	0	0	-	1	-	1	-	1	-	1



# Contatore mod-16: posizionamento dei FF JK

J3

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00			-	-
01			-	-
11		1	-	-
10			-	-

J2

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00		-	-	
01		-	-	
11	1	-	-	1
10		-	-	

J1

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00				
01	1	1	1	1
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

J0

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	1	1	1	1

K3

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00	-	-		
01	-	-		
11	-	-	1	
10	-	-		

K2

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00	-			-
01	-			-
11	-	1	1	-
10	-			-

K1

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	1	1	1
10				

K0

q3q2	q1q0			
	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	-	-	-	-

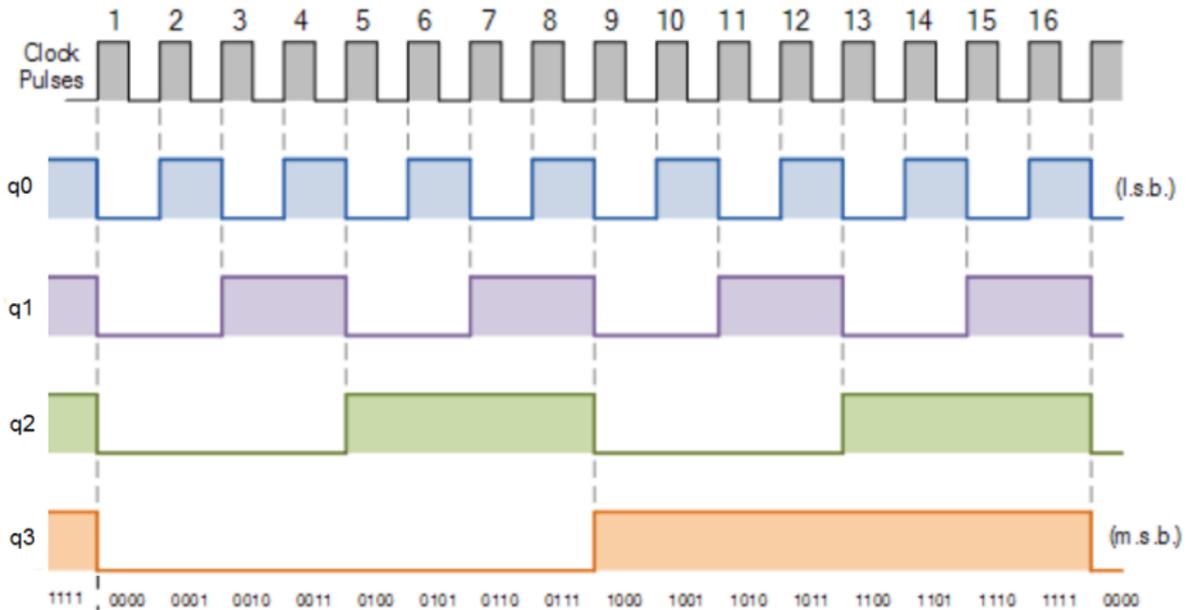
$$J_3 = K_3 = q_2 \cdot q_1 \cdot q_0 \quad J_2 = K_2 = q_1 \cdot q_0 \quad J_1 = K_1 = q_0 \quad J_0 = K_0 = 1$$

- Si osservi che risulta  $J_i = K_i, \forall i$  pur non avendolo imposto come condizione



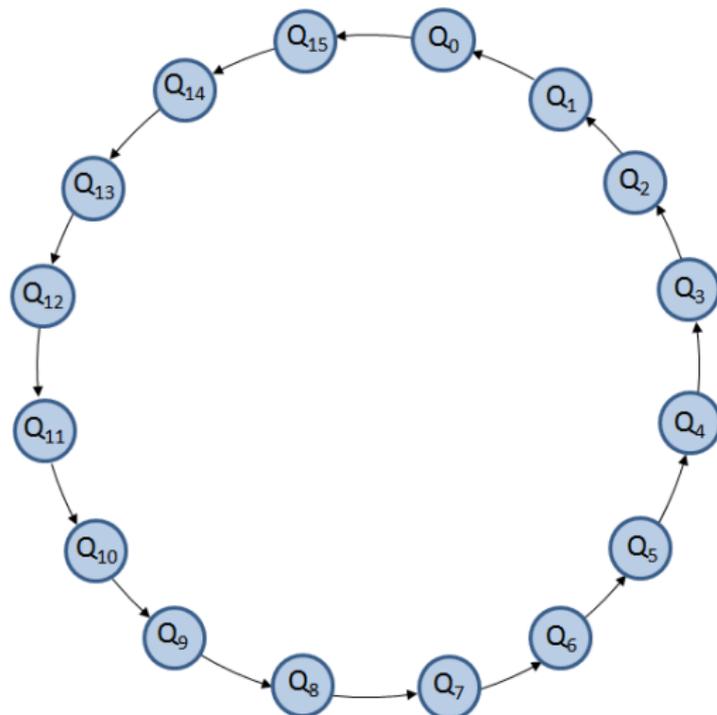
# Contatore mod-16: diagramma di tempificazione

- Flip-flop positive edge-triggered (commutazione sul fronte di salita)



# Contatore modulo-16 a decrescere

# Contatore modulo-16 a decrescere: grafo degli stati



# Contatore modulo-16 a decrescere con FF JK



$q_3$	$q_2$	$q_1$	$q_0$	$q'_3$	$q'_2$	$q'_1$	$q'_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-
0	0	0	1	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	-	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0	-	0	-	-	1	1	-
0	0	1	1	0	0	1	0	0	-	0	-	-	0	-	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	-	-	1	1	-	1	-
0	1	0	1	0	1	0	0	0	-	-	0	0	-	-	1
0	1	1	0	0	1	0	1	0	-	-	0	-	1	1	-
0	1	1	1	0	1	1	0	0	-	-	0	-	0	-	1
1	0	0	0	0	1	1	1	-	1	1	-	1	-	1	-
1	0	0	1	1	0	0	0	-	0	0	-	0	-	-	1
1	0	1	0	1	0	0	1	-	0	0	-	-	1	1	-
1	0	1	1	1	0	1	0	-	0	0	-	-	0	-	1
1	1	0	0	1	0	1	1	-	0	-	1	1	-	1	-
1	1	0	1	1	1	0	0	-	0	-	0	0	-	-	1
1	1	1	0	1	1	0	1	-	0	-	0	-	1	1	-
1	1	1	1	1	1	1	0	-	0	-	0	-	0	-	1

# Contatore mod-16 a decrescere: posizionamento dei FF



**J3**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	1	-	-	-
01				
11				
10				

**J2**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	1	-	-	1
01				
11				
10				

**J1**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01				
11				
10				

**J0**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	1	1	-	1
01				
11				
10	1	1	-	-

**K3**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	1
01				
11				
10				

**K2**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	1	1	-
01				
11				
10				

**K1**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01				
11				
10	1	1	1	1

**K0**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	1	1	-	1
11	1	1	-	-
10	-	-	-	-

$$J_3 = K_3 = \overline{q_2} \cdot \overline{q_1} \cdot \overline{q_0}$$

$$J_2 = K_2 = \overline{q_1} \cdot \overline{q_0}$$

$$J_1 = K_1 = \overline{q_0}$$

$$J_0 = K_0 = 1$$

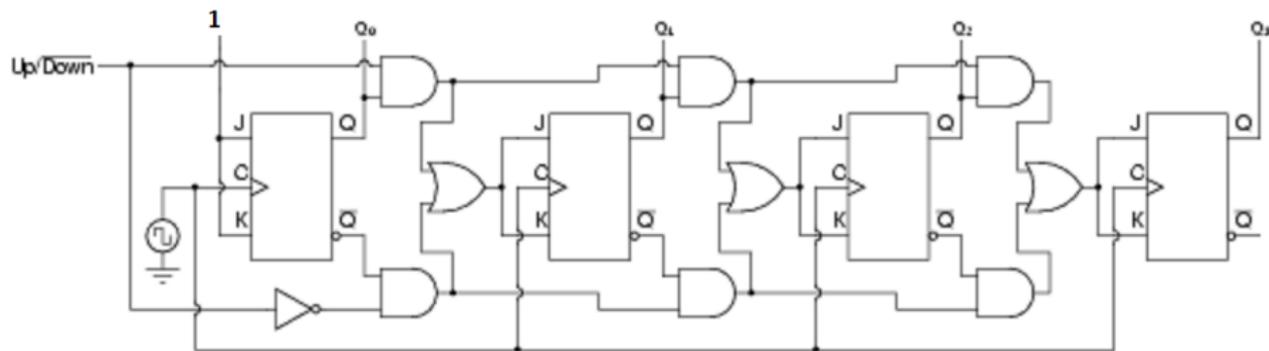
# Contatore modulo-16 up/down



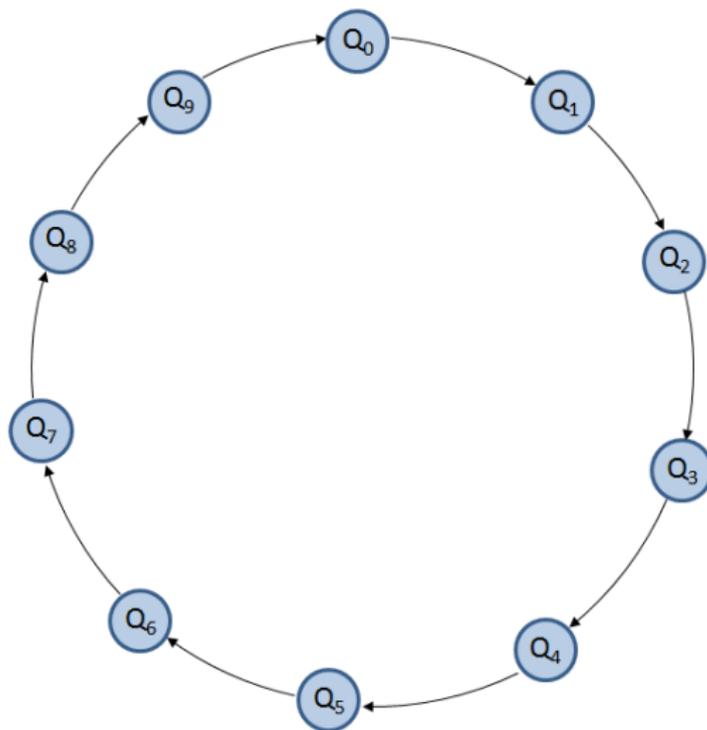
- Un ingresso  $up$  discrimina tra conteggio a crescere e a decrescere
- Il posizionamento dei flip-flop JK avviene secondo ...
  - le modalità determinate per il contatore a crescere se  $up = 1$
  - le modalità determinate per il contatore a decrescere se  $up = 0$

$$\begin{aligned}J_3 &= K_3 = q_2 \cdot q_1 \cdot q_0 \cdot up + \bar{q}_2 \cdot \bar{q}_1 \cdot \bar{q}_0 \cdot \bar{up} \\J_2 &= K_2 = q_1 \cdot q_0 \cdot up + \bar{q}_1 \cdot \bar{q}_0 \cdot \bar{up} \\J_1 &= K_1 = q_0 \cdot up + \bar{q}_0 \cdot \bar{up} \\J_0 &= K_0 = 1\end{aligned}$$

# Contatore mod-16 up/down: circuito



# Contatore modulo-10



# Contatore modulo-10 con FF JK



$q_3$	$q_2$	$q_1$	$q_0$	$q'_3$	$q'_2$	$q'_1$	$q'_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	-	0	-	1	-
0	0	0	1	0	0	1	0	0	-	0	-	1	-	-	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	-	0	-	-	0	1	-
0	0	1	1	0	1	0	0	0	-	1	-	-	1	-	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	-	-	0	0	-	1	-
0	1	0	1	0	1	1	0	0	-	-	0	1	-	-	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	-	-	0	-	0	1	-
0	1	1	1	1	0	0	0	1	-	-	1	-	1	-	1
1	0	0	0	1	0	0	1	-	0	0	-	0	-	1	-
1	0	0	1	0	0	0	0	-	1	0	-	0	-	-	1
1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

# Contatore mod-10: posizionamento dei FF JK



**J3**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00			-	-
01			-	-
11		<b>1</b>	-	-
10			-	-

**J2**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00		-	-	
01		-	-	
11	<b>1</b>	-	-	-
10		-	-	-

**J1**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00			-	
01	<b>1</b>	<b>1</b>	-	
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

**J0**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	<b>1</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-

**K3**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	
01	-	-	-	<b>1</b>
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

**K2**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	
01	-	-	-	
11	-	<b>1</b>	-	-
10	-	-	-	-

**K1**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-
10	-	-	-	-

**K0**

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	<b>1</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>
11	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-
10	-	-	-	-

$$J_3 = q_2 \cdot q_1 \cdot q_0$$

$$K_3 = q_0$$

$$J_2 = q_1 \cdot q_0$$

$$K_2 = q_1 \cdot q_0$$

$$J_1 = \bar{q}_3 \cdot q_0$$

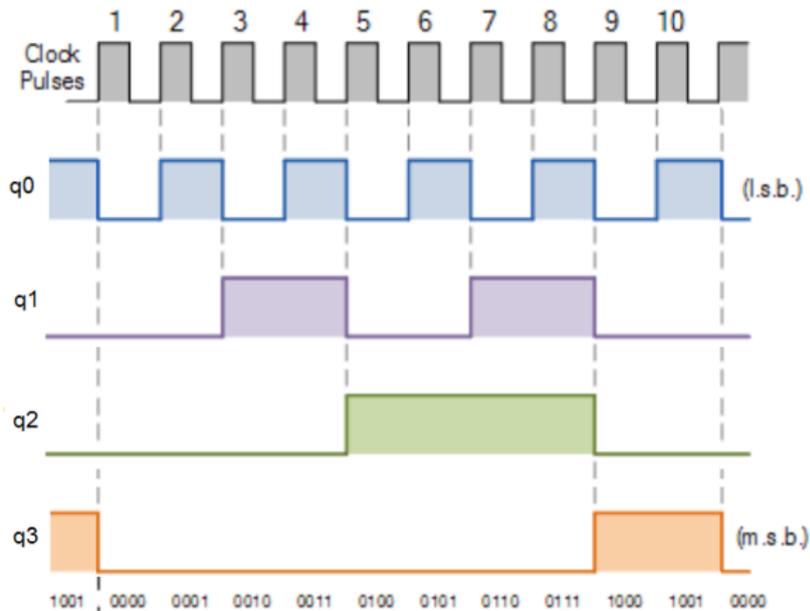
$$K_1 = q_0$$

$$J_0 = 1$$

$$K_0 = 1$$



- Flip-flop positive edge-triggered (commutazione sul fronte di salita)





$q_3$	$q_2$	$q_1$	$q_0$	$q'_3$	$q'_2$	$q'_1$	$q'_0$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

# Contatore mod-10: posizionamento dei FF T



T3

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00			-	
01			-	1
11	1	-	-	
10			-	-

T2

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00			-	
01			-	
11	1	1	-	-
10			-	-

T1

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00			-	
01	1	1	-	
11	1	1	-	-
10			-	-

T0

q1q0 \ q3q2	00	01	11	10
00	1	1	-	1
01	1	1	-	1
11	1	1	-	-
10	1	1	-	-

$$T_3 = q_3 \cdot q_0 + q_2 \cdot q_1 \cdot q_0$$

$$T_2 = q_1 \cdot q_0$$

$$T_1 = \overline{q_3} \cdot q_0$$

$$T_0 = 1$$

