

# Contadores

Aula 18  
Prof. Abel Guilhermino

# Contadores

- São circuitos digitais que variam seus estados, sob comando de um clock, de acordo com uma sequência determinada.
- São utilizadas para:
  - ◆ Contagem
  - ◆ Geração de palavras
  - ◆ Divisão de frequência
  - ◆ Medição de frequência e tempo
  - ◆ Geração de formas de onda
  - ◆ Conversão de analógico para digital

# Flip-Flop JK Mestre-Escravo

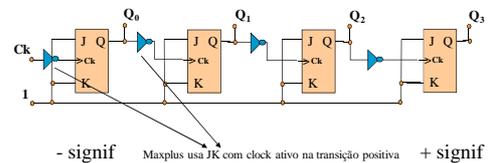
- Tabela da verdade:

J	K	Q
0	0	$Q_A$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q'_A$

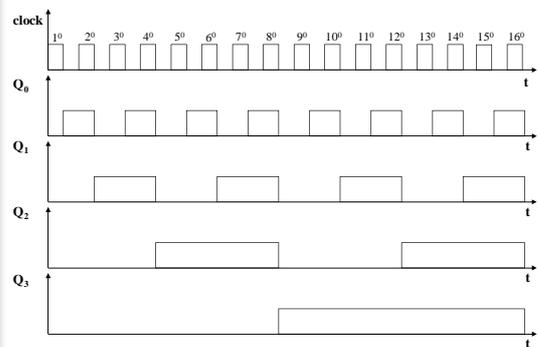
Note que este é um circuito sensível à descida do clock. Para continuarmos um que seja sensível à subida do clock, basta colocarmos um inversor na entrada do clock.

# Contadores de Pulsos

- Este circuitos apresenta 4 flip-flops JK mestre-escravo.
- As entradas J=K=1 fazem com que sempre que houver um pulso na entrada de clock a saída deste flip-flop mude.
- Note que a saída de um flip-flop está diretamente ligada à entrada de clock do próximo.



# Contadores de Pulsos



# Contadores de Pulsos

- Considere um trem de pulsos no clock do flip-flop de entrada.
  - ◆  $Q_0$  só muda à cada pulso de clock
  - ◆  $Q_1$  só muda com um pulso em  $Q_0$
  - ◆  $Q_2$  só muda com um pulso em  $Q_1$
  - ◆  $Q_3$  só muda com um pulso em  $Q_2$

## Contadores de Pulsos

- Podemos então fazer a tabela da verdade:

Pulsos de entrada	Saídas $Q_3, Q_2, Q_1, Q_0$
$1^0$	0 0 0 0
$2^0$	0 0 0 1
$3^0$	0 0 1 0
$4^0$	0 0 1 1
$5^0$	0 1 0 0
$6^0$	0 1 0 1
$7^0$	0 1 1 0
$8^0$	0 1 1 1
$9^0$	1 0 0 0
$10^0$	1 0 0 1
$11^0$	1 0 1 0
$12^0$	1 0 1 1
$13^0$	1 1 0 0
$14^0$	1 1 0 1
$15^0$	1 1 1 0
$16^0$	1 1 1 1

No próximo pulso todas as saídas mudam e  $Q_3=Q_2=Q_1=Q_0=0$ , ou seja, zera o contador

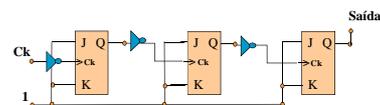
## Contador de Pulsos

- Analisando os gráficos, notamos que o período  $Q_0$  é o dobro do período de clock, logo a frequência de  $Q_0$  é a metade da frequência do clock, pois  $f=1/t$
- Analisando a saída  $Q_1$ , vemos que seu período é o dobro de  $Q_0$  e, por consequência, o quádruplo do clock, logo a frequência de  $Q_1$  será metade da frequência de  $Q_0$  e um quarto da frequência do clock.
- Isto se estenderá sucessivamente aos demais flip-flops. Então, podemos dizer que uma das aplicações do contador será a de dividir a frequência de um sinal por números que sejam potência de dois ( $2^n$ ), onde  $n$  é o número de flip-flops utilizados.

## Exemplo

- Faça um circuito que divida a frequência por oito.

## Exemplo (Resposta)



## Flip-Flop JK Mestre-Escravo

- Tabela da verdade:

CL	PR	Q
0	0	Não permitido
0	1	0
1	0	1
1	1	Funcionamento normal

## Contador de Década Assíncrono

- O contador de década é o circuito que realiza a contagem em números binários, de zero a nove, isto significa seguir a sequência do código BCD8421 de 0000 a 1001.
- Para construir este circuito, vamos utilizar o contador assíncrono e montar um circuito para que quando as saídas mostrarem  $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1010_2 = 10_{10}$ , a entrada clear receba um pulso em zero e as saídas irão simultaneamente para zero, onde o circuito recomeçará a contar.

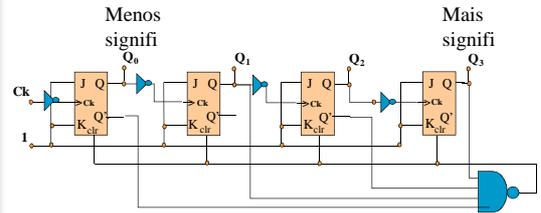
## Contador de Década Assíncrono

- Podemos então fazer a tabela da verdade:

Pulsos de entrada	Saídas	Clear
	$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$	
$1^0$	0 0 0 0	1
$2^0$	0 0 0 1	1
$3^0$	0 0 1 0	1
$4^0$	0 0 1 1	1
$5^0$	0 1 0 0	1
$6^0$	0 1 0 1	1
$7^0$	0 1 1 0	1
$8^0$	0 1 1 1	1
$9^0$	1 0 0 0	1
$10^0$	1 0 0 1	0
$11^0$	1 0 1 0	0
$12^0$	1 0 1 1	0
$13^0$	1 1 0 0	0

No próximo pulso todas as saídas mudam e  $Q_3=Q_2=Q_1=Q_0=0$ , ou seja, zera o contador

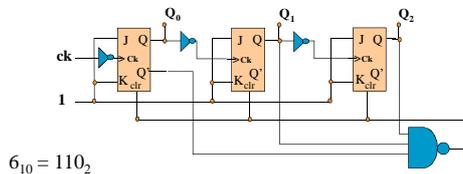
## Contador de Década Assíncrono



- Note que o contador de década pode ser generalizado para contar até qualquer valor de  $n$ . Basta que façamos o circuito de realimentação do clear ficar ativo para o novo limite de contagem.

## Exemplo

- Um contador de 0 a 5. Quando chegamos a 6 o contador deverá ir para o estado inicial 0.
- Note que para contarmos até 5 basta que tenhamos três bits, ou seja, só são necessários 3 flip-flops.



## Usando PRESET

- Note que podemos determinar o estado inicial do contador, basta que para isto usemos além das entradas clear as entradas PRESET.
- Suponha que queiramos contar de 1 a 5 no caso anterior, basta que, ao invés de interligar a saída da porta nand no clear do flip-flop da entrada, interligaremos com a entrada PRESET.
- Desta forma o estado inicial será 001.

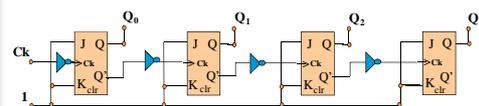
## Contadores Assíncronos decrescentes

- Estes fazem a contagem de forma decrescente.
- O circuito utilizado é o mesmo do crescente, porém tomamos as saídas **barradas**.

Pulsos de entrada	Saídas				BCD8421
	$Q_0$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	
$1^0$	0	0	0	0	15
$2^0$	0	0	0	1	14
$3^0$	0	0	1	0	13
$4^0$	0	0	1	1	12
$5^0$	0	1	0	0	11

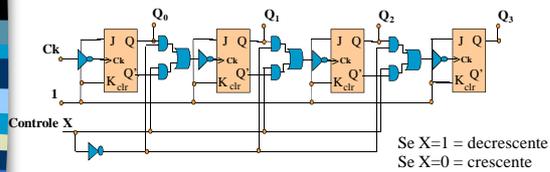
## Contadores Assíncronos decrescentes

- Outra forma é interligar o clock dos flip-flops subsequentes com a saída barrada do flip-flop anterior.



## Contador assíncrono crescente e decrescente

- Basta que coloquemos um comando para decidir se o clock do próximo flip-flop será acionado através da saída ou da saída barrada do flip-flop anterior.



## Exercícios

- Construa um contador assíncrono que conte de 0<sub>10</sub> a 8<sub>10</sub>
- Construa um contador assíncrono que conte de 7<sub>10</sub> a 11<sub>10</sub>
- Construa um divisor por quatro com registradores de deslocamento, considere o resto.
- Implemente um contador assíncrono que conte de 7<sub>10</sub> a 11<sub>10</sub> em Verilog.
- Qual a diferença entre flip-flops SR e JK?
- Porque construir flip-flops JK mestre-escravo?
- Monte e simule os exercícios no MaxPlus.