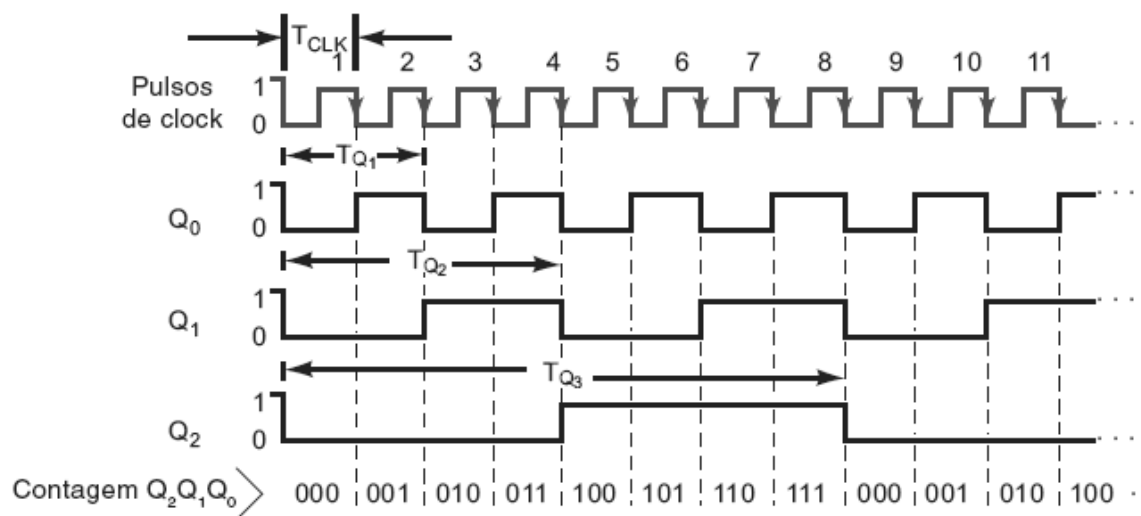


Divisão da Contagem e Frequência

- Formas de onda para a configuração anterior:



Divisão da Contagem e Frequência

- Os pontos importantes a serem observados são os seguintes:
- O FF Q_0 comuta na borda de descida de cada pulso na entrada de clock. Assim, a forma de onda da saída Q_0 tem uma frequência que é exatamente a metade da frequência dos pulsos de clock.
- O FF Q_1 comuta de estado cada vez que a saída Q_0 vai do nível ALTO para o BAIXO. A forma de onda de Q_1 tem uma frequência exatamente igual à metade da frequência da saída Q_0 e, portanto, um quarto da frequência do sinal de clock.
- O FF Q_2 comuta de estado cada vez que a saída Q_1 vai do nível ALTO para o BAIXO. Assim, a forma de onda Q_2 tem a metade da frequência de Q_1 e, portanto, um oitavo da frequência de clock.
- A saída de cada FF é uma forma de onda quadrada (tem ciclo de trabalho de 50 por cento).

Divisão da Contagem e Frequência

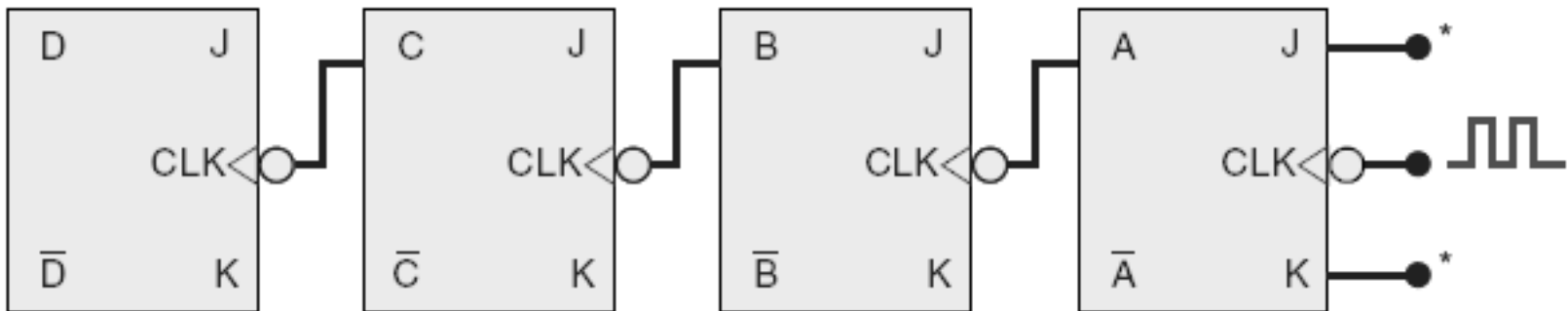
- Como vimos, cada FF divide a frequência do sinal de sua entrada por 2.
- Assim, se acrescentarmos um quarto FF a essa cadeia, ele teria frequência igual a $1/16$ da frequência de clock, e assim por diante.
- Usando um número apropriado de FFs, esse circuito pode dividir uma frequência por qualquer potência de 2.
- Especificamente, usando N flip-flops produziríamos uma frequência de saída do último FF que seria igual a $1/2^N$ da frequência de entrada.
- Essa aplicação com flip-flops é conhecida como **divisor de frequência**.

Divisão da Contagem e Frequência

- Muitas aplicações requerem um divisor de frequência.
- Por exemplo, seu relógio de pulso é certamente um relógio 'quartzo'.
- O termo relógio quartzo significa que um cristal de quartzo é usado para gerar um oscilador com frequência bastante estável.
- A frequência natural de ressonância do cristal de quartzo do relógio é em torno de 1 MHz ou mais.
- Para obter no display a atualização do mostrador de segundos, que ocorre uma vez a cada segundo, a frequência do oscilador é dividida por um valor que produzirá uma frequência de saída bastante estável com uma precisão de 1 Hz.

Divisão da Frequência

- Então nós aprendemos que em um contador básico cada FF proporciona uma forma de onda de saída que é exatamente a metade da frequência da forma de onda na entrada CLK.
- Para ilustrar, considere que o sinal de clock mostrado na Figura abaixo seja 16 kHz.



*Supõe-se que todas as entradas J e K sejam 1.

Divisão da Frequência

- A Figura abaixo mostra a forma de onda de saída dos FFs.

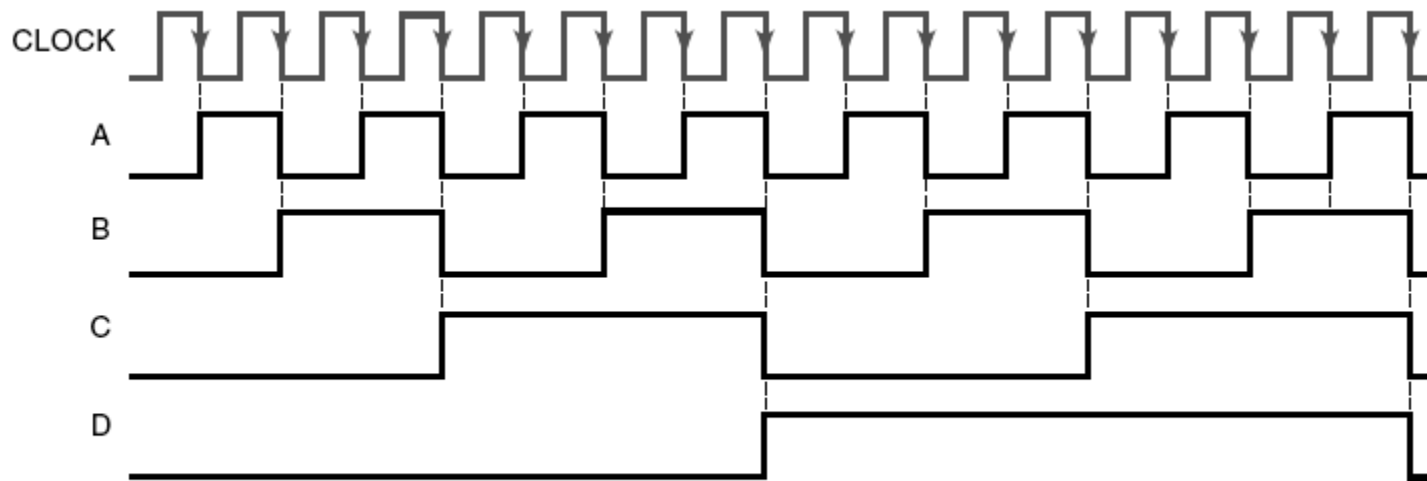


FIGURA 7.2 Formas de onda de um contador mostrando a divisão de frequência por 2 de cada FF.

- A forma de onda na saída A é uma onda quadrada de 8 kHz, na saída B ela é de 4 kHz, na saída C é de 2 kHz e na saída D é de 1 kHz.
- Observe que a saída do FF D tem frequência igual à frequência original do clock dividida por 16.

Divisão da Frequência

- Em geral:

Em qualquer contador, o sinal na saída do último FF (ou seja, o MSB) tem frequência igual à do clock de entrada dividida pelo módulo do contador.

- Por exemplo, em um contador de módulo 16, a saída a partir do último FF tem uma frequência de $1/16$ da frequência do clock de entrada.
- Assim, ele pode ser chamado de contador divisor por 16.
- Da mesma maneira, um contador de módulo 8 tem frequência de saída de $1/8$ da de entrada; ele é um contador divisor por 8.

Ciclo de trabalho

- Como podemos ver na Figura anterior, em cada borda de descida de CLOCK, a saída do FF A vai comutar.
- Com um sinal de clock de frequência constante aplicado, significa que a forma de onda A será BAIXA, por um montante de tempo igual ao período de CLOCK, e então será ALTA, pelo mesmo período de tempo.
- O montante de tempo que o sinal é ALTO é referido como largura de pulso, t_w .
- O flip-flop A produz uma forma de onda de saída periódica, já que ela terá apenas um único pulso ocorrendo em cada ciclo da forma de onda repetindo.
- O período da forma de onda A é a soma do tempo BAIXO com o ALTO, daquele sinal.

Ciclo de trabalho

- Da mesma maneira, o sinal A é usado para fazer o clock do flip-flop B, de maneira que a saída B será BAIXA ou ALTA por um período de tempo igual ao da saída A.
- Os flip-flops C e D terão a mesma ação.
- A largura do pulso, para cada sinal de saída em nosso contador binário, é exatamente metade do período daquela forma de onda.
- Lembre-se de que o ciclo de trabalho de uma forma de onda periódica é definido como a razão entre a largura do pulso e o período, T, da forma de onda, e é expresso como percentagem.

$$\text{Ciclo de trabalho} = \frac{t_w}{T} \times 100\%$$

Ciclo de trabalho

- Portanto, podemos ver que um contador binário, cujo $MOD = 2^N$, sempre produzirá sinais de saída que têm um ciclo de trabalho de 50 por cento.
- Como veremos nas seções posteriores, se o número MOD para um contador for menor que 2^N , então o ciclo de trabalho para alguns dos sinais de saída FF não será 50 por cento.
- Na realidade, podem ocorrer algumas saídas de FF que não têm ciclo de trabalho definido, pois as formas de onda não têm padrão periódico simples.
- Para um contador com uma sequência de contagem truncada (isto é, $MOD < 2^N$), será necessário analisar sua operação para determinar sequências de contagem, frequências de sinal de saída e ciclos de trabalho de forma de onda.