

ELETRÔNICA DIGITAL II

Adriano Ferreira de Moura

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS

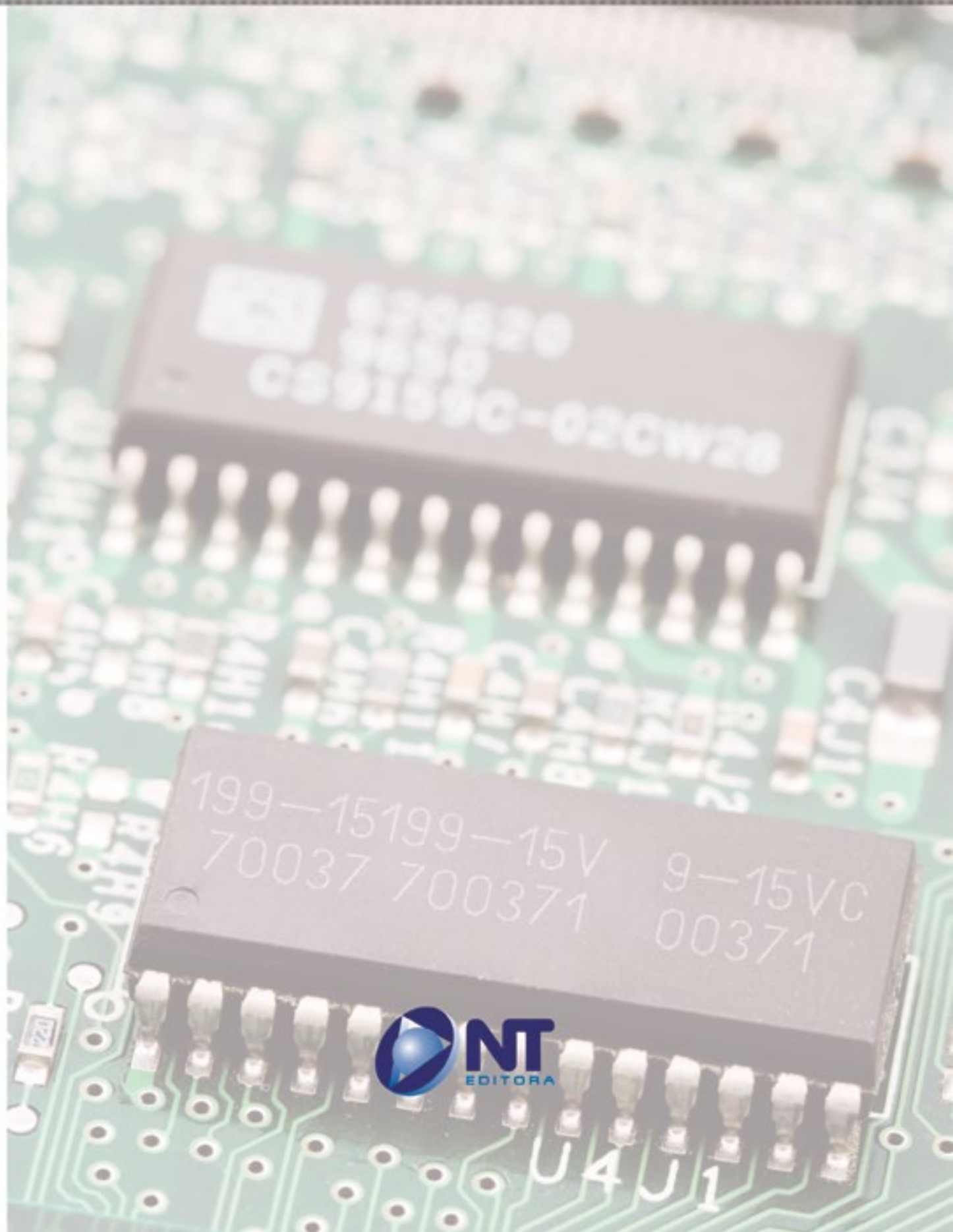
620620
9850
CS9159C-02CW28

199-15199-15V 9-15VC
70037 700371 00371

ELETRÔNICA DIGITAL II

Adriano Ferreira de Moura

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS



Autor

Adriano Ferreira de Moura

Graduado em Engenharia Elétrica pelo Instituto de Educação Superior de Brasília. Atualmente, Engenheiro de Telecomunicações Sênior na empresa OI S.A. Possui experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas de Telecomunicações. Professor da Escola Técnica de Brasília desde 2008, leciona nos cursos presenciais e a distância das disciplinas de Eletrônica, Eletrotécnica e Telecomunicações.

Design Instrucional

Vinicius Abreu

Rodolfo Rodrigues

Revisão

Priscila Santos

Mariana Carvalho

Editoração Eletrônica

Daniel Lopes

Projeto Gráfico

NT Editora

Capa

NT Editora

Ilustração

Thiago Souza

NT Editora, uma empresa do Grupo NT

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Moura, Adriano Ferreira de.

Eletrônica Digital II / Adriano Ferreira de Moura – 1. ed. –
Brasília: NT Editora, 2017.

200 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-202-4

1. Eletrônica. 2. Circuitos.

I. Título

Copyright © 2017 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



Saiba mais

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



Importante

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



Dicas

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



Exercícios

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



Exercícios

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

Bons estudos!

Sumário

1 MULTIVIBRADORES	9
1.1 Limitador Schmitt	9
1.2 Temporizador 555 astável	14
1.3 Temporizador 555 monoestável	19
1.4 Circuito monoestável com lógica de entrada	22
1.5 Monoestável redisparrável com lógica de entrada	26
2 CÓDIGOS	36
3 CIRCUITOS ARITMÉTICOS	71
3.1 Circuito meio somador	71
3.2 Circuito somador completo	73
3.3 Circuito subtrator	79
3.4 Complemento de 2	84
3.5 Circuito somador e subtrator	87
4 REGISTRADORES DE DESLOCAMENTOS	95
4.1 Registradores	95
4.2 Entrada serial e saída serial	97
4.3 Entrada serial e saída paralela	104
4.4 Entradas paralelas e saída serial	108
5 CONTADORES	116
5.1 Contadores assíncronos	116
5.2 Contador de pulsos e contador de década assíncrono	119
5.3 Contador assíncrono crescente e decrescente	122
5.4 Contadores síncronos	125
5.5 Contador gerador de uma sequência qualquer	130
6 CIRCUITOS MULTIPLEXADORES E DEMULTIPLEXADORES	138
6.1 Multiplexadores	138
6.2 Demultiplexadores	148
6.3 Transmissão de dados	156
7 MEMÓRIAS	163
7.1 Classificação de memórias	163

8 COMPUTADORES	180
8.1 Sistemas digitais	180
8.2 Computador e microcomputador.....	183
8.3 Microprocessadores e microcontroladores	191
GLOSSÁRIO.....	199
BIBLIOGRAFIA	200

Caro(a) aluno(a)

Seja bem-vindo(a) à **Eletrônica Digital II!**

Atualmente, vivemos em um mundo informatizado, no qual a tecnologia interliga e compartilha nossas vidas pelos mais variados canais, por meio de redes sociais, WhatsApp, *chats*, *blogs* etc. Diante disso, computadores, *smartphones* e *tablets* utilizam microprocessadores em que se integram milhões de circuitos digitais que possibilitam essa integração mundial. Esses circuitos são a base da Eletrônica Digital, a matéria que estudaremos neste momento.

A Eletrônica Digital é o alicerce de *hardware* do mundo cibernético. Usando álgebra booleana, resolveremos vários problemas, dos mais simples aos mais sofisticados. Veremos como um grande circuito pode ser reduzido/resumido em um circuito mais simples. Note que isso trará economia de espaço e energia.

Este material se divide em oito lições com os seguintes temas: simplificação de circuitos lógicos, multivibradores, codificadores e decodificadores, circuitos aritméticos, registradores de deslocamento, contadores, unidade lógica aritmética, circuitos *multiplex* e *demultiplex*.

Não perca tempo, foque nesses conhecimentos para desenvolver um excelente trabalho na área da Eletrônica.

Bons estudos!

Adriano Ferreira de Moura

1 MULTIVIBRADORES

Começaremos nossos estudos sobre multivibradores. O primeiro passo é a definição do termo: multivibradores são circuitos que geram ondas periódicas. Segundo seu funcionamento, os multivibradores podem se dividir nos dois tipos a seguir definidos.

- De funcionamento contínuo, estável ou de oscilação livre: gera ondas a partir da própria fonte de alimentação.
- De funcionamento por pulsos: a partir de um sinal de disparo, o pulso sai de seu estado de repouso.

Objetivos

Ao finalizar esta lição, você deverá ser capaz de:

- conhecer as aplicações do CI que executam a função do limitador Schmitt;
- compreender o temporizador 555 nos modos monoestável e estável;
- entender aplicações com os circuitos integrados monoestável não redisparrável 74121 e o monoestável redisparrável 74123.

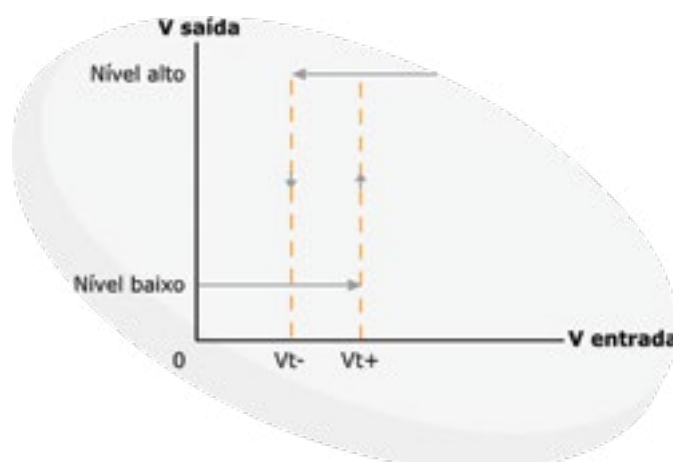
1.1 Limitador Schmitt

Um circuito eletrônico usado para detectar se uma tensão alcançou certo nível de referência é chamado de limitador Schmitt. Ele possui dois estados estáveis e é útil como dispositivo de condicionamento de sinal. Como uma entrada em forma de **onda senoidal**, triangular ou qualquer outra forma de onda periódica, o limitador Schmitt fará com que a sua saída seja retangular com bordas quadradas.



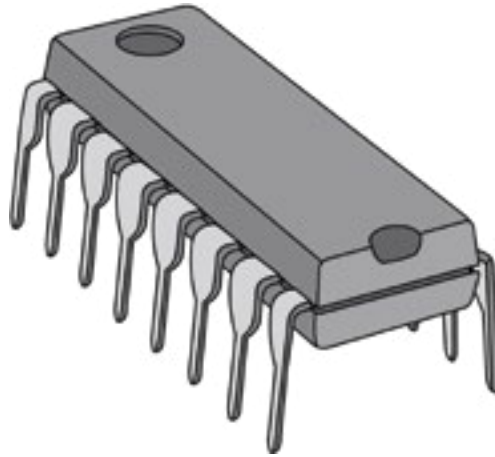
Onda senoidal: a onda senoidal ou sinusoidal obedece a uma função seno ou cosseno e é a forma de onda mais simples.

Entrada e saída de um limitador Schmitt



O gráfico mostra a função de transferência (V_{entrada} e $V_{\text{saída}}$) para qualquer limitador Schmitt. O valor de V_{entrada} – que faz com que a $V_{\text{saída}}$ salte do nível baixo para o alto – é chamado de tensão de limiar de subida para o positivo, V_{t+} . O valor de V_{entrada} , que faz com que a $V_{\text{saída}}$ salte do nível alto para o baixo, é chamado de tensão de limiar de descida para o negativo, V_{t-} . Portanto pode ter um valor de nível alto ou baixo.

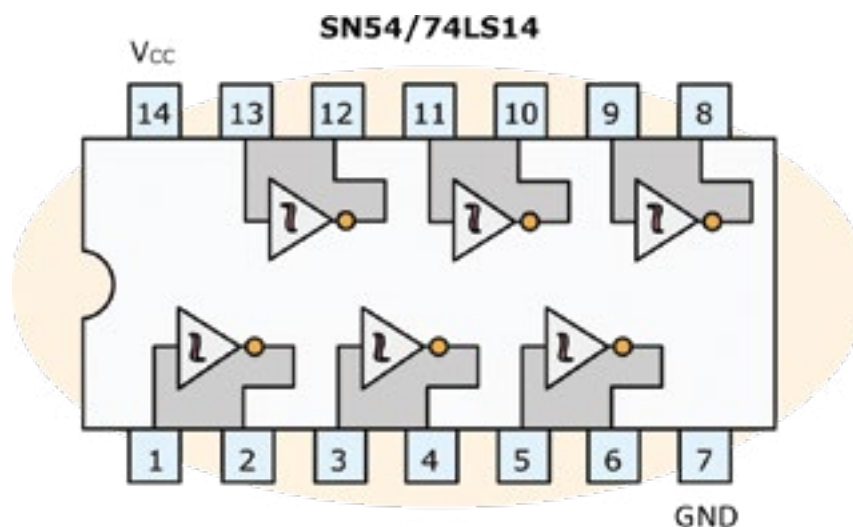
Quando $V_{\text{saída}}$ é nível baixo, faz-se necessário aumentar a tensão de V_{entrada} a um valor um pouco maior de V_{t+} para inverter a $V_{\text{saída}}$ para o nível alto. Assim, o valor de $V_{\text{saída}}$ permanecerá nesse estado até que a V_{entrada} diminua para um valor um pouco menor que V_{t-} . Quando isso ocorrer, $V_{\text{saída}}$ voltará para o nível baixo.



A diferença entre as duas tensões de limiar é chamada de **histerese**. É possível eliminar a histerese pelo projeto de circuito, mas um pequeno valor de histerese é desejável, pois ele assegura a inversão de níveis rápidos em uma larga faixa de temperatura. A histerese pode ser uma característica útil, já que ela pode ser usada para proporcionar imunidade ao ruído em certas aplicações, como *modems* digitais.

Como exemplo, observe o circuito integrado TTL 7414 da figura a seguir. Ele é um dispositivo TTL encapsulado de 14 pinos que possui seis inversores Schmitt *trigger*. A histerese típica de entrada é de 0,9 V com V_{CC} em 5 V positivos.

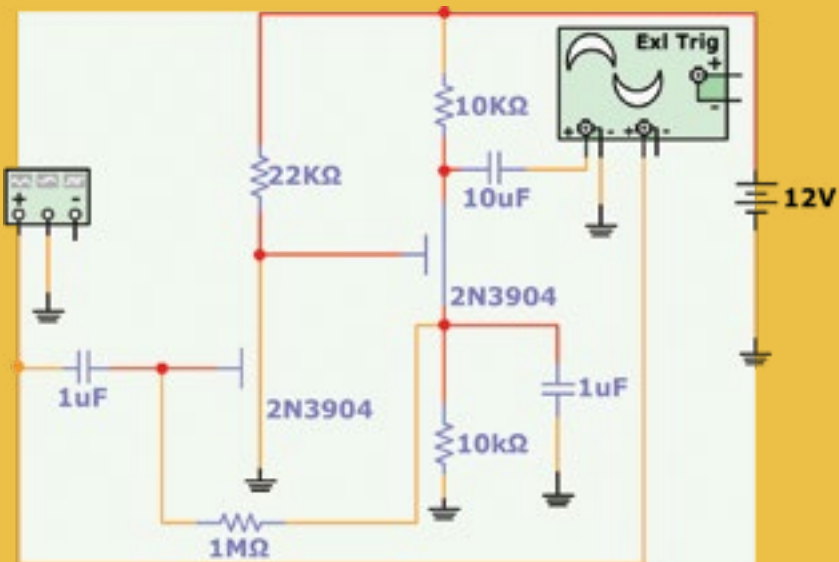
Circuito integrado TTL 7414



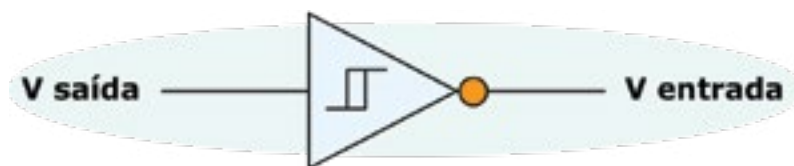


Saiba mais

Veja um diagrama do disparador de Schmitt (Schmitt *trigger*) com dois transistores:

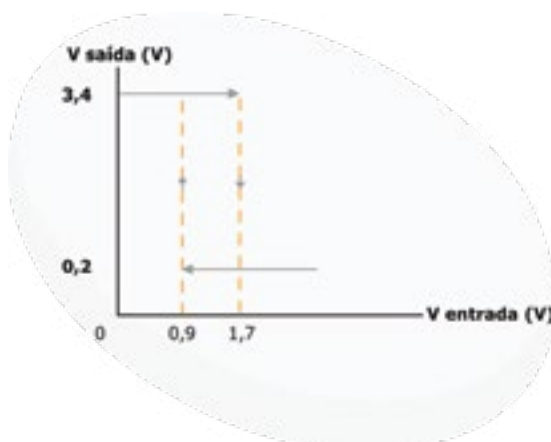


A figura abaixo mostra o símbolo lógico do inversor limitador Schmitt.



O gráfico abaixo representa a característica de transferência típica do circuito TTL 7414. Note que a curva é inversa à curva apresentada no gráfico 1, devido ao inversor. Ainda nesse gráfico, vemos que, quando V_{entrada} for maior que 1,7 V, a $V_{\text{saída}}$ será invertida para o nível baixo, e, quando V_{entrada} for menor que 0,9 V, a $V_{\text{saída}}$ se inverterá para o nível alto.

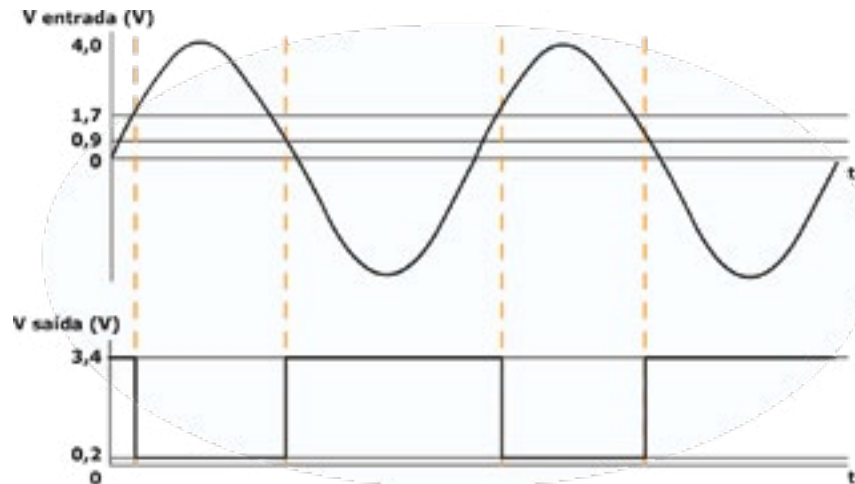
Transferência típica do circuito TTL 7414



Vejam os exemplos:

Considere que uma onda senoidal com um pico de 4 volts aciona um dos inversores em um circuito TTL 7414. Como seria o esboço da tensão de saída?

Esboço da tensão de saída de uma onda senoidal com pico de 4V em um circuito TTL 7414



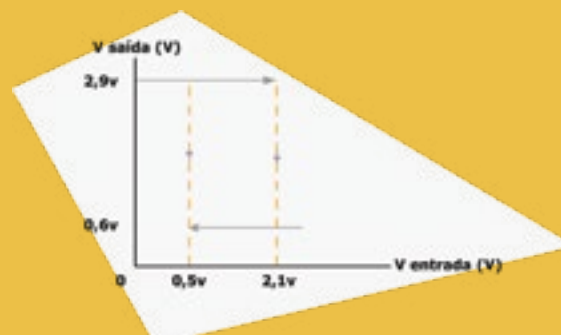
Conforme mostrado no gráfico anterior, quando a tensão da senoide (V_{entrada}) é maior do que 1,7V, o nível de saída ($V_{\text{saída}}$) é invertido do nível alto para o baixo e permanece assim até que a tensão da senoide fique menor do que 0,9V. Então, a partir desse instante, o nível de saída ($V_{\text{saída}}$) inverte do nível baixo para o alto. Em outras palavras, um inversor Schmitt faz com que os níveis de entrada e saída sempre sejam opostos, ou seja, quando o nível de entrada for alto, o de saída será baixo e vice-versa.

Isso mostra a ação de formatação de sinal inversor limitador Schmitt. Ele transformou a onda senoidal em um pulso retangular com tempos de transição e inversão rápidos. A mesma coisa ocorreria com qualquer outra forma de onda periódica.

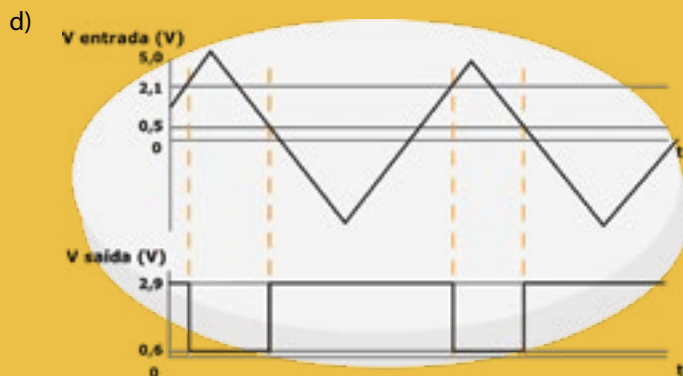
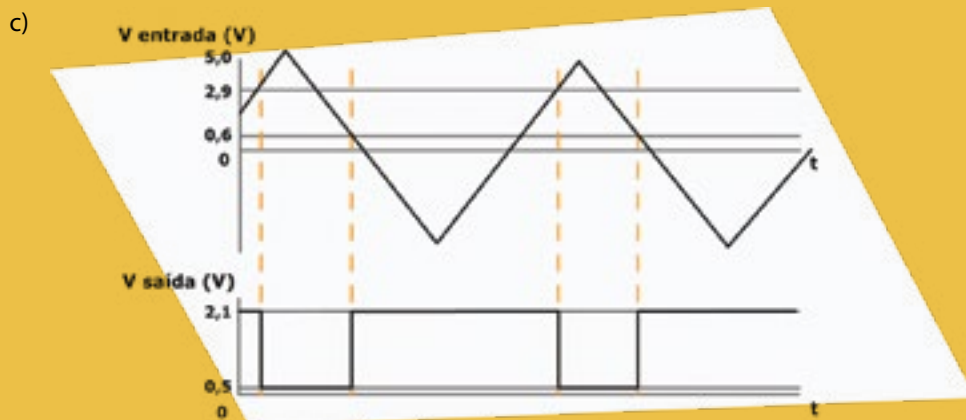
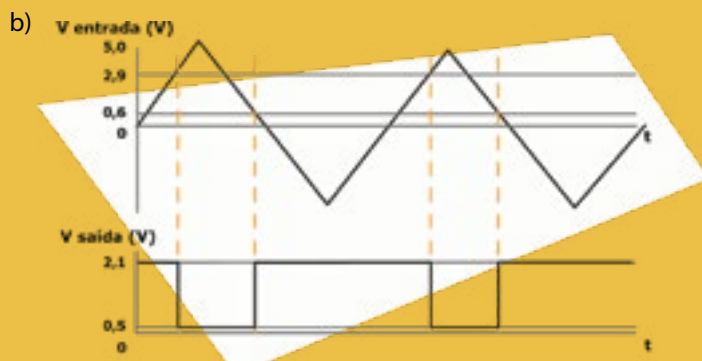
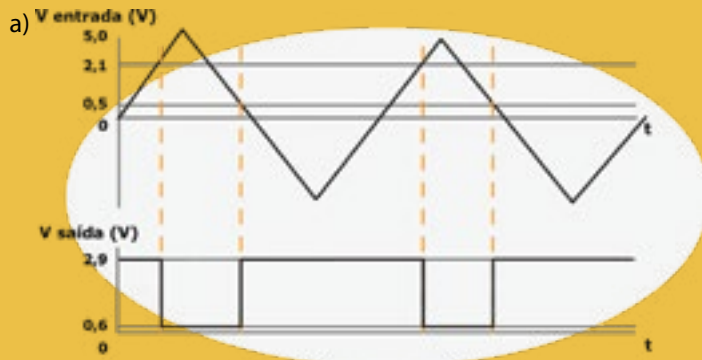


Exercitando o conhecimento

Considere que uma onda triangular periódica com tensão de pico de 5 volts acione um inversor Schmitt com uma porta inversora em sua saída e que sua curva de transferência seja esta a seguir.



Qual das ondas a seguir melhor representa a tensão de saída desse limitador?



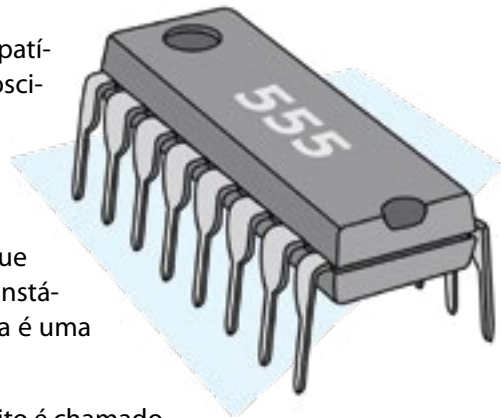
Comentário: se você escolheu a letra "b", parabéns! A alternativa corresponde ao gráfico inicial do exercício, pois, ao analisar os dados de V_{entrada} e $V_{\text{saída}}$, temos os seguintes dados para V_{entrada} : 5,0 V como tensão de pico e 2,9 V e 0,6 V como dados de entrada. Para a $V_{\text{saída}}$ de voltagem, temos: 2,1 V e 0,5 V. Caso não tenha acertado, recomendamos que volte e releia o conteúdo para sanar eventuais dúvidas.



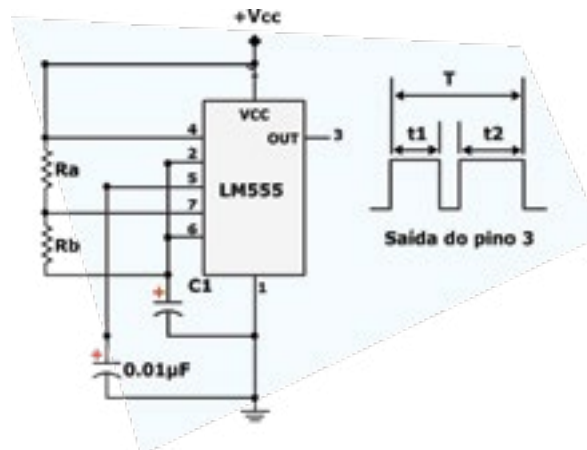
Clock: sinal periódico e cadenciado que alimenta circuitos digitais.

1.2 Temporizador 555 astável

O temporizador 555 é um circuito integrado compatível com a tecnologia TTL, que pode ser usado como um oscilador para gerar uma forma de onda de **clock**. Ele é, basicamente, um circuito de inversão com dois níveis de saída distintos, sendo que, com os componentes apropriados conectados às suas portas, nenhum dos níveis de saída é estável. O resultado dessa instabilidade é um circuito que fica invertendo continuamente entre esses dois estados instáveis. Em outras palavras, o circuito fica oscilando, e a saída é uma forma de onda retangular e periódica.



Como nenhum estado de saída é estável, esse circuito é chamado de astável, também muito conhecido como multivibrador astável (o *flip-flop* tem dois estados estáveis e é chamado de biestável, também conhecido como multivibrador biestável). A frequência de oscilação e o ciclo de atividade são controlados com precisão por dois resistores externos e um único capacitor de sincronismo.



Na figura anterior, há o símbolo lógico para um temporizador modelo LM555. Ele está conectado como um oscilador. O capacitor C1 de sincronização é carregado por +Vcc, por meio dos resistores Ra e Rb. O tempo de carga t_1 é dado pela equação:

$$t_1 = 0,693 (R_a + R_b) C$$

Esse é o tempo no qual o nível de saída (pino 3) é alto.

O capacitor de sincronização C1 é, então, descarregado para o fio terra por meio do resistor Rb. O tempo de descarga é dado por:

$$t_2 = 0,693 R_b C$$

Durante esse tempo, o nível de saída (pino 3) também é alto.

O período de tempo T da forma de onda do *clock* é a soma de t_1 e t_2 . Temos, então:

$$T = t_1 + t_2$$

$$T = 0,693 (R_a + R_b) C + 0,693 R_b C$$

$$T = 0,693 (R_a + 2 R_b) C$$

A frequência de oscilação é então encontrada:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{0,693 (R_a + 2 R_b) C}$$

$$f = \frac{1,44}{(R_a + 2 R_b) C}$$

Note que a saída do pino 3 é uma forma de onda retangular periódica. Isso acontece porque t_1 e t_2 não são iguais, e temos, então, que a forma de onda é assimétrica.

Uma medida da assimetria da forma de onda pode ser estabelecida a partir de seu ciclo de atividade. Definimos o ciclo de atividade como a duração de t_2 para o período.

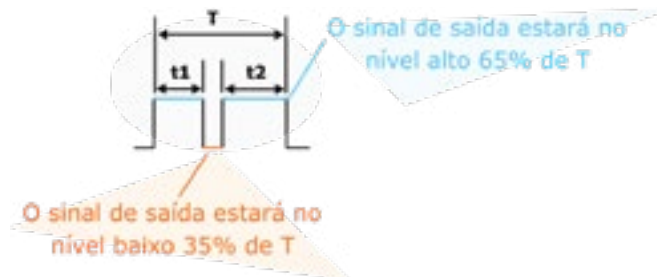
O ciclo de atividade é dado por:

$$\text{ciclo de atividade} = \frac{t_2}{t_1 + t_2}$$

ou

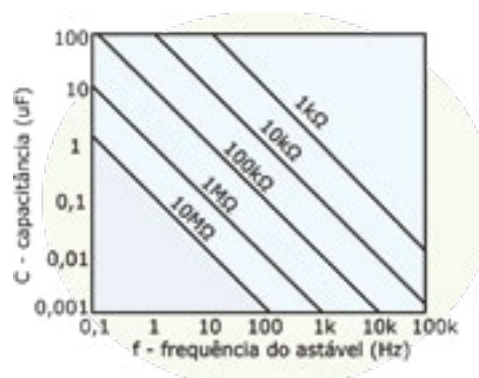
$$\text{ciclo de atividade} = \frac{R_b}{R_a + 2R_b}$$

O ciclo de atividade sempre corresponde a um número entre 0 e 1, e pode ser expresso também em forma de porcentagem. Por exemplo, se o ciclo de atividade de uma forma de onda é calculado no valor de 0,35 (ou 35%), o sinal de saída estará no nível baixo 35% do tempo e estará no nível alto 65% do tempo.



O gráfico que segue mostra a frequência de saída do circuito da figura anterior em função dos componentes escolhidos.

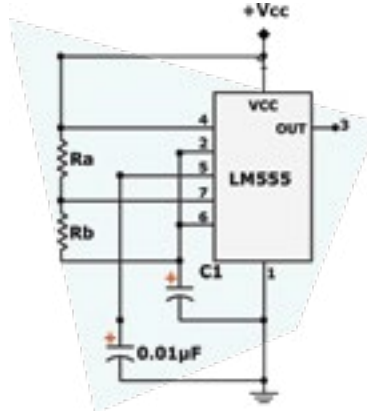
Frequência de saída do circuito da figura



Vejamos alguns exercícios resolvidos acerca do assunto.

Exercício resolvido 1

Determine a frequência de oscilação para o temporizador 555 no circuito abaixo, considerando $R_a = R_b = 1\text{ k}\Omega$ e $C_1 = 1000\text{ pF}$.



Usando a fórmula:

$$f = \frac{1,44}{(R_a + 2 R_b) C}$$

Temos que:

$$f = \frac{1,44}{(1\text{ k} + 2 \times 1\text{ k}) 1.000\text{ p}}$$

$$f = 480\text{ kHz}$$

Exercício resolvido 2

Calcule o ciclo de atividade do temporizador 555 mostrado no exercício anterior.

Usando as fórmulas:

$$t_1 = 0,693 (R_a + R_b) C$$

$$t_2 = 0,693 R_b C$$

$$T = t_1 + t_2$$

Temos que:

$$t_1 = 0,693 (1\text{ k} + 1\text{ k}) 1.000\text{ p}$$

$$t_1 = 1,386\text{ }\mu\text{s}$$

$$t_2 = 0,693 \times 1\text{ K} \times 1.000\text{ p}$$

$$t_2 = 0,693\text{ }\mu\text{s}$$

$$T = 1,386\text{ }\mu + 0,693\text{ }\mu$$

$$T = 2,08\text{ }\mu\text{s}$$

O ciclo da atividade é calculado com a fórmula:

$$\text{ciclo de atividade} = \frac{t_2}{t_1 + t_2}$$

$$\text{ciclo de atividade} = \frac{0,693 \mu}{1,386 \mu + 0,693 \mu}$$

$$\text{ciclo de atividade} = 0,33$$

Podemos dizer também que o ciclo da atividade é de 33,3%.

O ciclo de atividade também pode ser calculado em função dos resistores, o que, inclusive, é mais simples nesse caso.

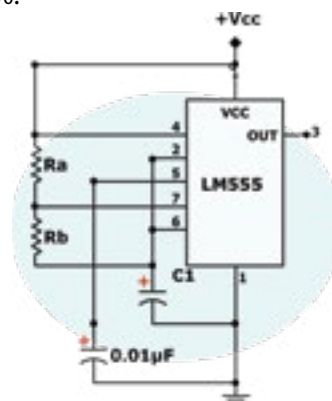
$$\text{ciclo de atividade} = \frac{R_b}{R_a + 2 R_b}$$

$$\text{ciclo de atividade} = \frac{1k}{1k + 2 \times 1k}$$

$$\text{ciclo de atividade} = 0,33$$

Exercício resolvido 3

Dado $R_b = 750 \Omega$, determine os valores de R_a e C na figura 5, para que a saída gere um *clock* de 1Mhz com ciclo de atividade de 25%.



Um *clock* de 1 MHz tem um período de 1μ s. Um ciclo de atividade de 25% utiliza $t_1 = 0,75 \mu$ s e $t_2 = 0,25 \mu$ s.

Sabemos que o ciclo da atividade é dado por:

$$\text{ciclo de atividade} = \frac{R_b}{R_a + 2 R_b}$$

$$0,25 = \frac{750}{R_a + 2 \times 750}$$

$$0,25 = (R_a + 1500) = 750$$

$$0,25 \times R_a + 375 = 750$$

$$R_a = \frac{750 - 375}{0,25}$$

$$R_a = 1500 \Omega$$

Sabemos que $t_2 = 0,693 RbC$. Logo:

$$C = \frac{t_2}{0,693 Rb}$$

$$C = \frac{0,25\mu}{0,693 \times 1.500}$$

$$C = \frac{0,25 \times 10^{-9}}{0,693 \times 750}$$

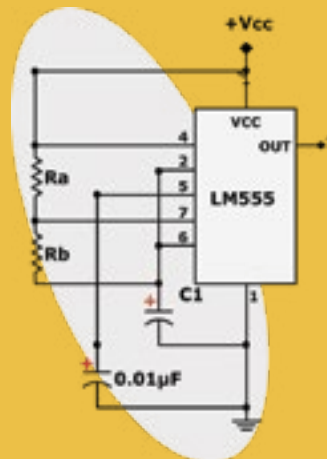
$$C = 480 \text{ pF}$$



Exercitando o conhecimento

Calcule a frequência de oscilação para o temporizador 555 no circuito abaixo, considerando $R_a = R_b = 25 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 100 \text{ pF}$.

- a) $f = 384 \text{ kHz}$.
- b) $f = 192 \text{ kHz}$.
- c) $f = 192 \text{ MHz}$.
- d) $f = 384 \text{ MHz}$.



Comentário

Usando a fórmula:

$$f = \frac{1,44}{(R_a + 2 R_b) C_1}$$

Temos que:

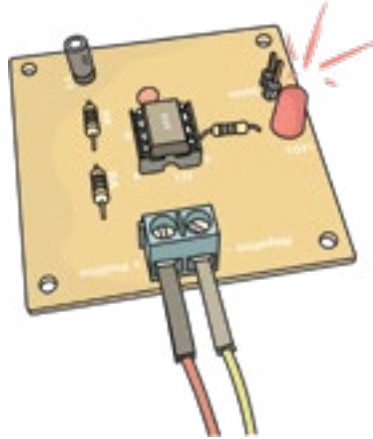
$$f = \frac{1,44}{(25 \text{ k} + 2 \times 25 \text{ k}) 100 \text{ pF}}$$

$$f = 192 \text{ kHz}$$

Logo, se você assinalou a alternativa "b", acertou! Caso tenha tido dificuldade com o exercício, refaça os exercícios resolvidos. Isso vai ajudar a construir o seu conhecimento. Lembre-se de praticar os cálculos apresentados.

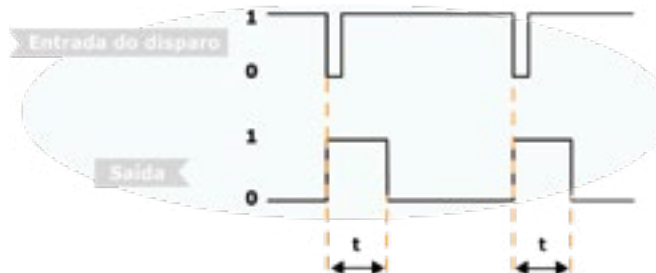
1.3 Temporizador 555 monoestável

O circuito temporizador 555 também pode ser usado como um circuito de inversão com um estado estável e um estado quase estável. Porém as conexões entre os componentes usados no temporizador 555 astável precisam ser alteradas.

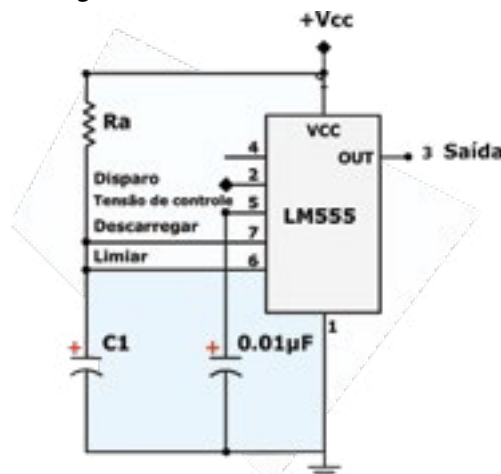


O circuito estável resultante é muito usado na indústria em diferentes aplicações de sincronização. Seu funcionamento ocorre com o disparo do circuito para o seu estado quase estável, no qual ele permanece por um período de tempo predeterminado. O circuito inverterá de volta para o seu estado estável, em que ele permanece até receber outro pulso de disparo na entrada. Ele é chamado de multivibrador monoestável por possuir apenas um estado estável.

Forma de onda típica de um circuito multivibrador monoestável



Na figura anterior, temos um exemplo de uma forma de onda típica de um circuito multivibrador monoestável. Nesse exemplo, o circuito é sensível a um pulso negativo na entrada. Tal pulso é chamado de disparo, e a saída é a nível lógico baixo quando o circuito está em seu estado estável. Ao receber esse pulso de disparo, a saída inverte o seu nível lógico por um tempo predeterminado. Após esse tempo, ele retorna ao nível lógico baixo.



Na figura anterior, o temporizador 555 está conectado a um circuito multivibrador monoestável. Em seu estado estável, o capacitor de sincronismo C1 é descarregado por meio de um transistor interno conectado nesse capacitor ao pino 7. A tensão de saída no pino 3 está no potencial do fio terra.

Um pulso negativo na entrada do disparo (pino 2) faz com que o circuito inverta para o seu estado quase estável. A saída no pino 3 vai para o nível alto, e o transistor no pino 7 é cortado. Então, o capacitor de sincronismo começa a carregar por meio de +Vcc.

Quando a tensão em C1 for 2/3 da tensão de +Vcc, o circuito retorna ao seu estado estável. Com isso, o transistor de descarga no pino 7 se liga novamente e descarrega o capacitor C1 para o fio terra. Como consequência, a saída no pino 3 volta para o nível lógico baixo até que outro pulso de disparo chegue à entrada do pino 2.

Uma vez que o circuito muda para o estado estável (nível lógico alto), ele permanece assim, mesmo com outro sinal em sua entrada de disparo. Isso significa que a temporização do estado não estável não pode ser alterada; o nome dessa função é não redispáravel. Porém essa temporização pode ser interrompida com um sinal negativo na entrada desativar (pino 4). Com a entrada desse sinal no pino 4, o temporizador voltará ao estado estável, que representa o nível baixo na saída. Se a função desativar não for usada, o pino 4 é ligado a +Vcc para evitar qualquer possibilidade de desativar falso.

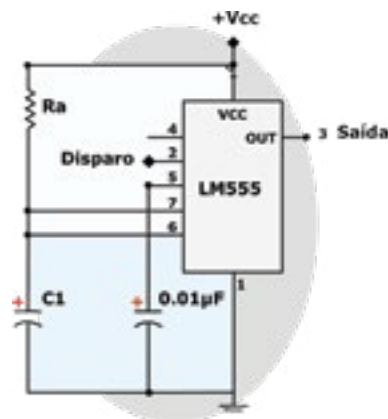
A saída do multivibrador monoestável é considerada como um pulso positivo, e a largura desse pulso é encontrada com a seguinte equação:

$$t = 1,1 (R_a C_1)$$

Vejamos alguns exercícios resolvidos para ilustrar melhor o assunto.

Exercício resolvido 1

Calcule a largura de pulso de saída para o temporizador abaixo com $R_a = 10 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$.



Solução

A largura do pulso é dada por:

$$t = 1,1 (R_a C_1)$$

$$t = 1,1 (10 \text{ k} \times 0,1 \text{ }\mu)$$

$$t = 1,1 (10 \times 10^3 \times 0,1 \times 10^{-6})$$

$$t = 1,1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$t = 1,1 \text{ ms}$$

Exercício resolvido 2

Calcule o valor de C1 da figura 8 para que a largura de pulso seja 10 ms.

Solução

$$t = 1,1 (R_a C_1)$$

$$10 \text{ m} = 1,1 (10 \text{ k} \times C_1)$$

$$C_1 = 10\text{m} / (1,1 \times 10 \text{ k})$$

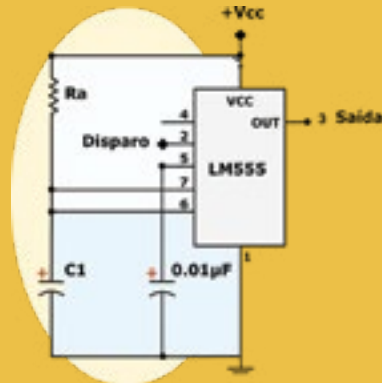
$$C_1 = 10 \times 10^{-3} / (1,1 \times 10 \times 10^3)$$

$$C_1 = 0,909 \mu\text{F}$$



Exercitando o conhecimento

Calcule a largura de pulso de saída para o temporizador abaixo com $R_a = 23 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 0,20 \mu\text{F}$.



- a) $t = 4,6 \text{ ms}$.
- b) $t = 46,0 \text{ ms}$.
- c) $t = 460 \text{ ms}$.
- d) $t = 4.600 \text{ ms}$.

Comentário

A largura do pulso é dada por:

$$t = 1,1 (R_a C_1)$$

$$t = 1,1 (23 \text{ k} \times 0,20 \mu)$$

$$t = 1,1 (23 \times 10^3 \times 0,2 \times 10^{-6})$$

$$t = 4,6 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$t = 4,6 \text{ ms}$$

Logo, a resposta correta é a letra "a". Continue estudando e pratique os exercícios. Vale sempre lembrar que a prática leva a melhores resultados.



Saiba mais

Acesse o *link* a seguir para conhecer outras funções e a configuração interna do CI 555:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABhH4AG/ci555>>.

1.4 Circuito monoestável com lógica de entrada

O circuito monoestável que vimos até agora gera um pulso de saída de largura predeterminada, ativado por um disparo na entrada. Para facilitar a utilização desses circuitos como elementos de atraso geral, foram adicionadas portas lógicas às entradas desses circuitos monoestáveis. O monoestável não redispáravel 74121 e o monoestável redispáravel 74123 são exemplos desses casos que são muito utilizados.

As entradas lógicas, em qualquer um desses circuitos, podem ser usadas para ativar o disparo do monoestável em uma transição de nível alto para baixo ou uma transição de nível baixo para alto. Sempre que o valor da equação lógica de entrada mudar de falso para verdadeiro, o circuito vai ativar o disparo. Note que deve haver uma transição de falso para verdadeiro e que apenas manter a equação lógica no estado verdadeiro não fará efeito.

Observe as figuras que seguem. Elas representam, respectivamente, o símbolo, o diagrama lógico e a tabela-verdade do CI 74121, que é um monoestável não redispáravel.

Símbolo do CI 74121

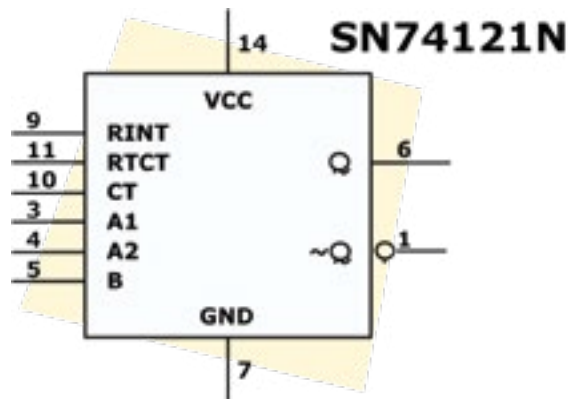


Diagrama lógico do CI 74121

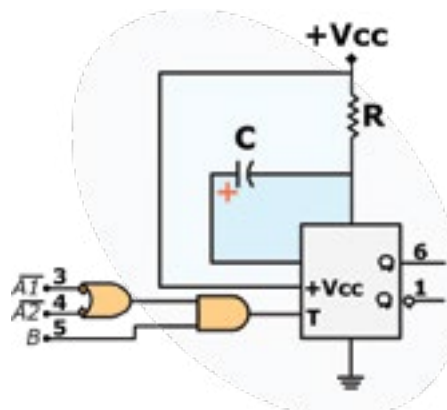


Tabela-verdade do CI 74121

A1'	A2'	B	Resultado
L	X	↑	DISPARO
X	L	↑	DISPARO
↓	H	H	DISPARO
H	↓	H	DISPARO

O disparo ocorre somente quando \bar{Q} estiver em nível H.

H = nível lógico alto

L = nível lógico baixo

X = não importa

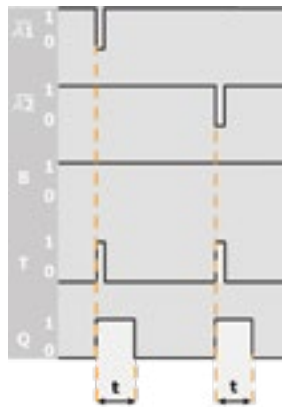
↑ = transição alto para baixo

↓ = transição baixo para alto

As entradas para o 74121 são $\bar{A1}$, $\bar{A2}$ e B. A entrada de disparo para o monoestável aparece na saída da porta AND, chamada de T.

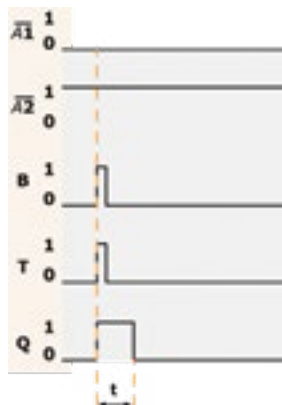
Se B é mantido em nível alto, uma transição negativa em $\bar{A1}$ ou $\bar{A2}$ vai disparar o circuito. Esse caso corresponde às duas combinações inferiores da tabela-verdade.

O diagrama temporal dessas portas e as saídas T e Q estão ilustrados abaixo.



Se $\bar{A1}$ ou $\bar{A2}$ são mantidos em nível lógico baixo, uma transição positiva em B vai disparar o circuito. Esse caso corresponde às duas combinações superiores da tabela-verdade.

O diagrama temporal dessas portas e as saídas T e Q estão ilustrados a seguir.



A equação lógica para a entrada do disparo é:

$$T = (A1 + A2) B \bar{Q}$$

Note que, para T ser verdadeiro, A1 ou A2 deve ser verdadeiro. Além disso, como \bar{Q} é nível lógico baixo durante o ciclo de sincronismo (no estado quase estável), não é possível ocorrer uma transição em T durante esse tempo. A equação lógica para T deve ser baixa se \bar{Q} for baixa. Em outras palavras, uma vez que o monoestável tenha disparado para o estado quase estável, ele permanecerá até o tempo t voltar para o estado estável e poder ser disparado novamente. Dessa forma, esse circuito é não disparável.

A largura do pulso de saída em Q é definida de acordo com os valores de R e C a seguir.

$$t = 0,69 RC$$

Vejamos alguns exercícios resolvidos.

Exercício resolvido 1

O monoestável 74121 é ligado com $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 10.000 \text{ pF}$. Os pinos 3 e 4 são ligados à terra, e uma série de pulsos é aplicada ao pino 5. Descreva a forma de onda esperada no pino 6, considerando que os pulsos de entrada estão espaçados por $10 \mu\text{s}$.

Solução

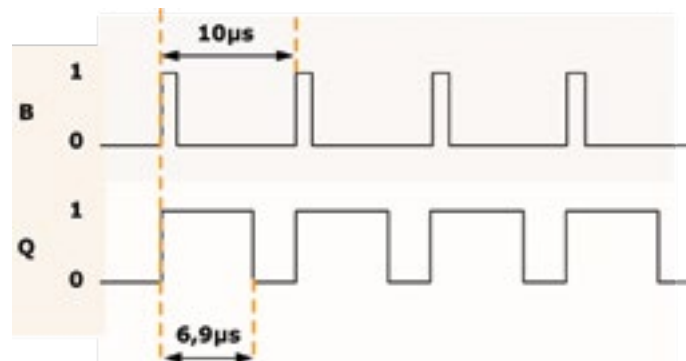
Utilizando a fórmula $t = 0,69 RC$, saberemos que o valor de t será:

$$t = 0,69 \times 1 \text{ k} \times 10.000 \text{ p}$$

$$t = 0,69 \times 1 \times 10^3 \times 10.000 \times 10^{-12}$$

$$t = 6,9 \mu\text{s}$$

Abaixo vemos as formas de onda da entrada B e saída Q. Note que cada pulso positivo da entrada B gera uma saída positiva de duração de $6,9 \mu\text{s}$.



Exercício resolvido 2

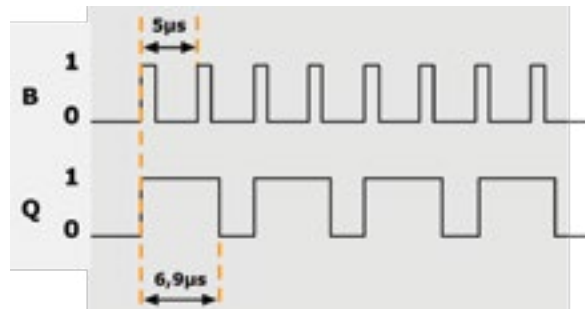
Utilize os mesmos dados do exercício anterior para fazer os cálculos, considerando agora que os pulsos de entrada estão espaçados por $5 \mu\text{s}$.

Solução

Por meio dos componentes R e C escolhidos, sabemos que $t = 6,9 \mu\text{s}$.

Abaixo vemos as formas de onda da entrada B e saída Q. Note que, após o primeiro pulso positivo da entrada B, gera-se uma saída positiva de duração de $6,9 \mu\text{s}$. O segundo pulso da entrada B não

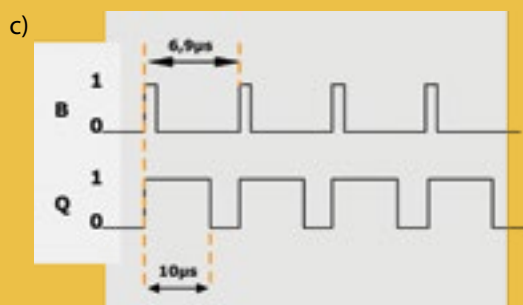
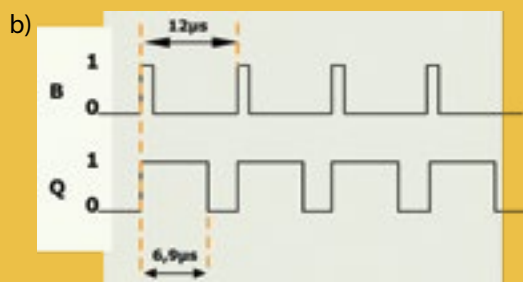
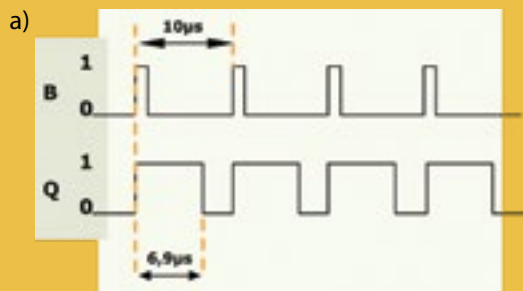
faz diferença para a saída Q, porque os componentes escolhidos geram uma temporização de 6,9 μ s. Somente o terceiro pulso ativará a saída Q, e assim por diante.

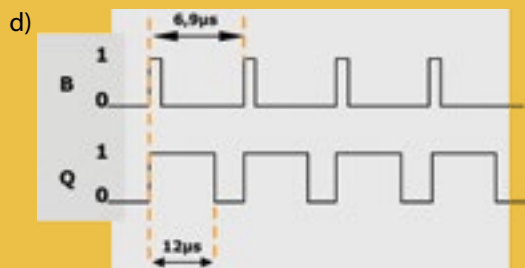


Exercitando o conhecimento

O monoestável 74121 é ligado com $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 1.000 \text{ pF}$. Os pinos 3 e 4 são ligados à terra, e uma série de pulsos é aplicada ao pino 5. Descreva a forma de onda esperada no pino 6, considerando que os pulsos de entrada estão espaçados por 12 μ s.

Qual é a forma de onda esperada no pino 6?





Comentário:

Utilizando a fórmula $t = 0,69 RC$, saberemos que o valor de t será:

$$t = 0,69 \times 1 \text{ k} \times 10.000 \text{ p}$$

$$t = 0,69 \times 1 \times 10^3 \times 10.000 \times 10^{-12}$$

$$t = 6,9 \mu\text{s}$$

Para o intervalo de Q , temos o valor t . Para o intervalo de B , temos o valor de $12 \mu\text{s}$. Logo, a resposta correta é a letra "b". Se você acertou, parabéns! Caso não tenha acertado, confira seus cálculos com a solução e reveja os exercícios resolvidos.

1.5 Monoestável redispáravel com lógica de entrada

O símbolo, o diagrama lógico e a tabela-verdade abaixo são de um monoestável redispáravel modelo 74123. Na verdade, há dois circuitos em cada invólucro desse circuito integrado de 16 pinos. Observe a pinagem de um deles. A lógica de entrada é mais simples do que a do modelo 74121. As entradas \bar{A} , B e \bar{R} e a tabela-verdade resumem de forma simples o funcionamento do circuito.

Símbolo do monoestável redispáravel 74123

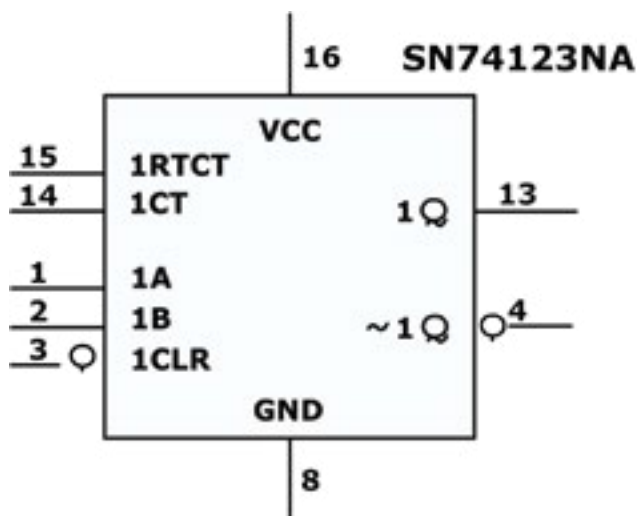


Diagrama lógico do monoestável redispáravel 74123

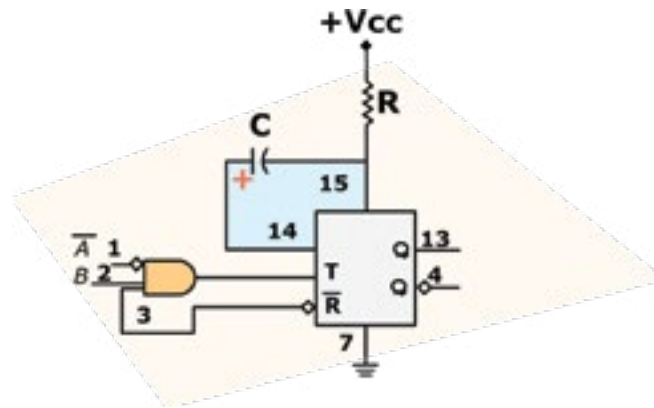


Tabela-verdade do monoestável redispáravel 74123

A'	B	R'	Q
↑	H	H	DISPARO
L	↑	H	DISPARO
↓	H	↑	DISPARO
X	X	L	DISPARO
X	X	↑	DISPARO

H = nível lógico alto

L = nível lógico baixo

X = não importa

↑ = transição alto para baixo

↓ = transição baixo para alto

A primeira combinação da tabela-verdade mostra que o circuito vai disparar se B e \bar{R} estiverem em nível alto, e ocorrer uma transição de nível alto para baixo em \bar{A} .

A segunda combinação da tabela-verdade mostra que o circuito vai disparar se \bar{A} permanecer em nível baixo, \bar{R} permanecer em alta, e ocorrer uma transição de nível baixo para alto em B.

A terceira combinação da tabela-verdade mostra que o circuito vai disparar se \bar{A} estiver em nível baixo, B estiver em nível alto, e ocorrer uma transição de nível baixo para alto em \bar{R} .

As duas últimas combinações da tabela-verdade servem para desativar o circuito. Para qualquer valor de \bar{A} ou B, se \bar{R} estiver em nível baixo, ou ocorrer uma transição de nível alto para baixo em \bar{R} , o circuito será desativado imediatamente.

A equação lógica para a entrada de disparo nesse tipo de monoestável é descrita como:

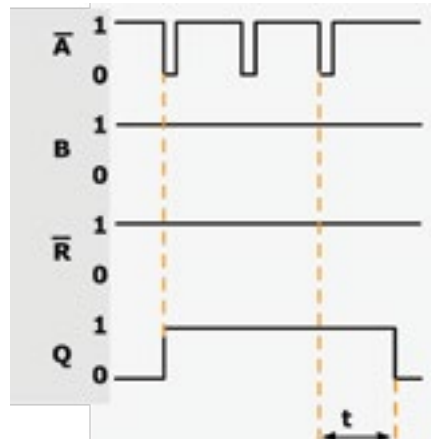
$$T = A\bar{B}\bar{R}$$

Observe que o estado de saída Q não aparece nessa equação (diferentemente do que acontece para o modelo 74121). Isso significa que esse circuito vai disparar toda vez que houver uma transição de nível alto para baixo em T. Isso significa dizer que esse é um monoestável redispáravel.

A largura do pulso de saída em Q para o 74123 é estabelecida pelos valores de resistor R e capacitor de sincronização C. Seu valor aproximado pode ser encontrado pela equação:

$$t = 0,33 RC$$

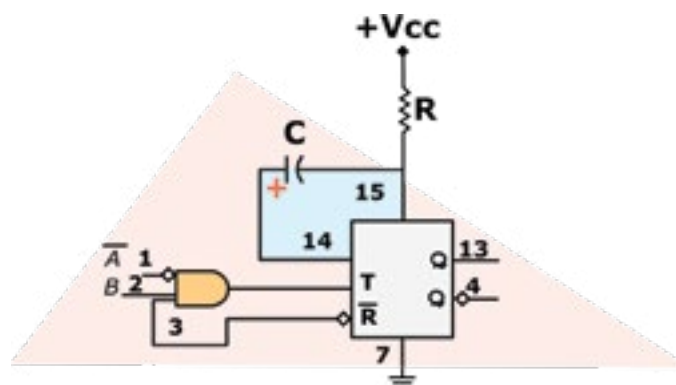
As formas de onda a seguir mostram, como exemplo, uma série de pulsos negativos usados para disparar o 74123. Note que o circuito dispara (Q vai a nível alto) na primeira transição de alto para baixo em \bar{A} , mas os dois pulsos negativos em \bar{A} redispõem o circuito. Sendo assim, o ciclo de temporização t não se completa até o último disparo ocorrer.



Vejamos alguns exercícios resolvidos.

Exercício resolvido 1

O circuito da figura abaixo é ligado com \bar{A} no terra, \bar{R} em +Vcc, R = 10 kΩ e C = 10.000 pF. Descreva a forma de onda esperada em Q, considerando uma série de pulsos positivos em B espaçados em 50 μs.



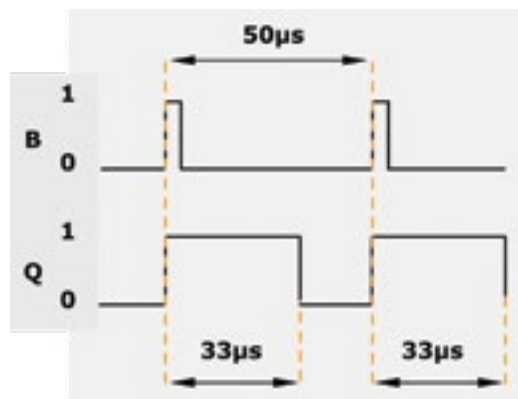
Solução

Utilizando a fórmula $t = 0,33 RC$, a largura do pulso de saída será:

$$t = 0,33 \times 10 \text{ k} \times 10.000 \text{ p}$$

$$t = 0,33 \times 10 \times 10^3 \times 10.000 \times 10^{-12}$$

$$t = 33 \text{ } \mu\text{s}$$



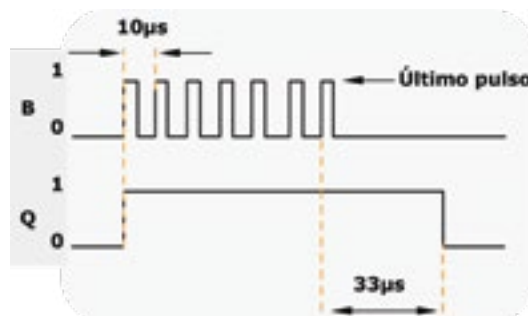
Exercício resolvido 2

Utilize os mesmos dados do exercício anterior, considerando, agora, que temos 7 pulsos de entrada em B que estão espaçados por $10 \mu\text{s}$.

Solução

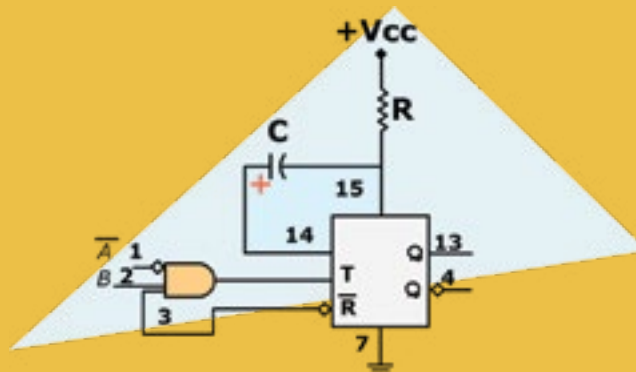
Já sabemos que: $t = 33 \mu\text{s}$.

O circuito vai disparar com o primeiro pulso e continuará redispando com os demais pulsos. Após o último pulso, o circuito utilizará todo o tempo de temporização para retornar ao estado estável, que é a saída de nível baixo em Q.



Exercitando o conhecimento

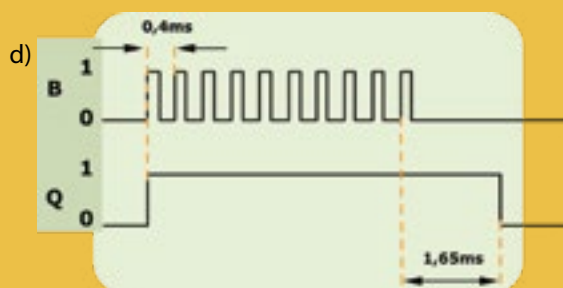
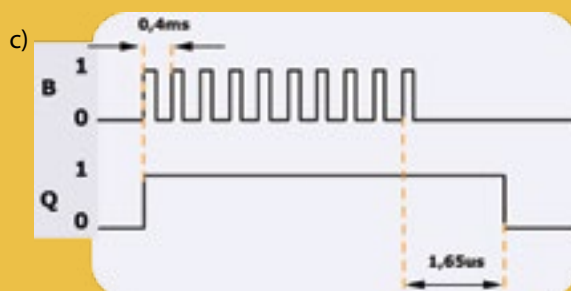
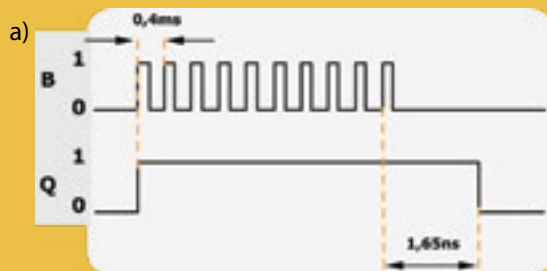
O circuito da figura abaixo é ligado com \bar{A} no terra, \bar{R} em $+V_{cc}$, $R = 5 \text{ k}\Omega$ e $C = 10.00 \text{ pF}$.



Considere uma série de pulsos em B espaçados conforme gráfico abaixo:



Qual a forma de onda esperada em Q?



Comentário: utilizando a fórmula $t = 0,33 RC$, a largura do pulso de saída será:

$$t = 0,33 \times 5 \text{ k} \times 10,00 \text{ p}$$

$$t = 0,33 \times 5 \times 10^3 \times 10,00 \times 10^{-12}$$

$$t = 1,65 \text{ } \mu\text{s}$$

Logo, se você assinalou a letra "b", parabéns! Caso tenha errado, confira seus cálculos com a resposta e veja o que você errou. Continue praticando e até a próxima lição!

Resumindo

Nesta lição, aprendemos que:

- limitador Schmitt é um circuito eletrônico usado para detectar se uma tensão alcançou um certo nível de referência;
- o temporizador 555 é um circuito muito utilizado em eletrônica digital, devido ao seu baixo custo e à sua grande aplicabilidade, sendo também conhecido como multivibrador astável e monoestável;
- os circuitos integrados 74121 e 74123 são circuitos monoestáveis com lógica de entrada: o primeiro é considerado não redispáravel, e o outro é redispáravel.

Veja se você se sente apto a:

- descrever as aplicações do CI que executa a função do limitador Schmitt;
- explicar o temporizador 555 nos modos monoestável e estável;
- demonstrar as aplicações dos os circuitos integrados monoestável não redispáravel 74121 e monoestável redispáravel 74123.

Exercícios

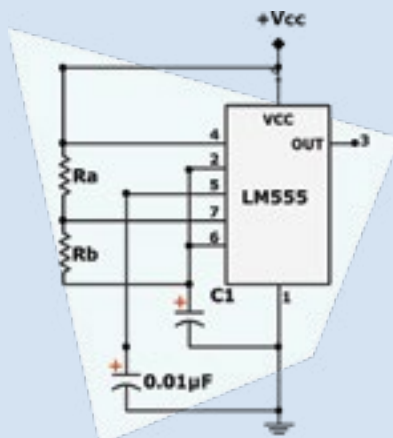
Questão 1 – Leia as sentenças abaixo e julgue os itens.

- () Limitador Schmitt é um circuito eletrônico usado para detectar se uma tensão alcançou um certo nível de referência.
- () Limitador Schmitt é um circuito eletrônico que possui dois estados estáveis e é útil como dispositivo de condicionamento de sinal.
- () Com uma entrada de forma de onda senoidal, triangular ou com qualquer outra forma de onda periódica, o limitador Schmitt fará com que a sua saída seja retangular com bordas quadradas.
- () A diferença entre as duas tensões de limiar é chamada de histerese.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

- | | |
|----------------|----------------|
| a) V, V, V, V. | c) V, V, F, V. |
| b) V, F, V, V. | d) V, V, V, F. |

Questão 2 – Calcule a frequência de oscilação do ciclo de atividade para o temporizador 555 no circuito a seguir, considerando $R_a = R_b = 25 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 100 \text{ pF}$.

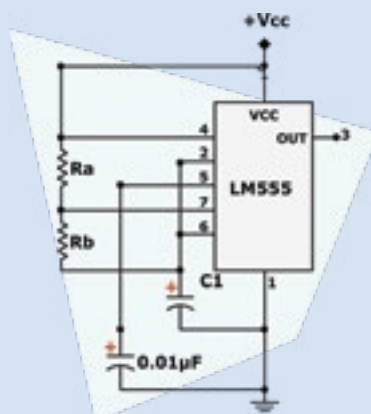


Parabéns, você finalizou esta lição!

Agora responda às questões ao lado.

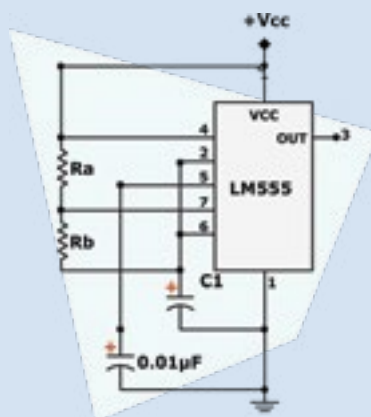
- a) $f = 800 \text{ kHz}$ e ciclo de atividade = 32,2%.
- b) $f = 920 \text{ KHz}$ e ciclo de atividade = 35%.
- c) $f = 960\text{kHz}$ e ciclo de atividade = 33,33%.
- d) $f = 980 \text{ kHz}$ e ciclo de atividade = 40%.

Questão 3 – Dado $R_b = 1050 \Omega$, determine o valor de C na figura abaixo para que a saída gere um *clock* de 5 Mhz com ciclo de atividade de 30%.



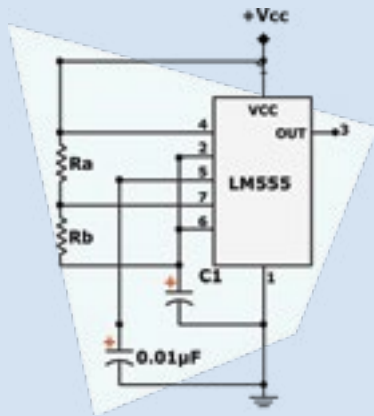
- a) 274 pF.
- b) 2.000 pF.
- c) 82 pF.
- d) 10.00 pF.

Questão 4 – Calcule a frequência de oscilação do ciclo de atividade para o temporizador 555 no circuito abaixo, considerando $R_a = R_b = 10 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 800 \text{ pF}$.



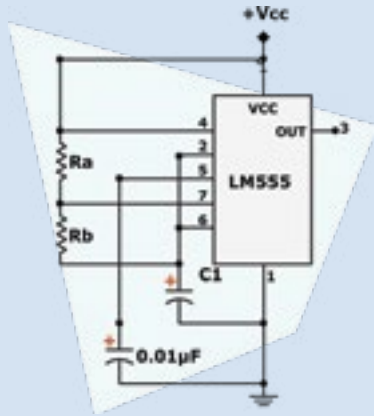
- a) 600 kHz e ciclo de atividade = 30%.
- b) 960 kHz e ciclo de atividade = 33,33%.
- c) 660 kHz e ciclo de atividade = 30%.
- d) 600 kHz e ciclo de atividade = 33,33%.

Questão 5 – Dado $R_a = 1 \text{ k}\Omega$, determine o valor de R_b e C na figura abaixo para que a saída gere um *clock* de 2 Mhz com ciclo de atividade de 45%.



- a) $R_b = 1.324 \Omega$ e $C = 197 \text{ pF}$.
- b) $R_b = 1.223 \Omega$ e $C = 197 \text{ pF}$.
- c) $R_b = 1.324 \Omega$ e $C = 192 \text{ pF}$.
- d) $R_b = 1.435 \Omega$ e $C = 183 \text{ pF}$.

Questão 6 – Dado $C = 800 \text{ pF}$, determine o valor de R_a e R_b na figura abaixo para que a saída gere um *clock* de 2,5 Mhz com ciclo de atividade de 25%.



- a) $R_a = 350 \Omega$ e $R_b = 185 \Omega$.
- b) $R_a = 360 \Omega$ e $R_b = 180 \Omega$.
- c) $R_a = 355 \Omega$ e $R_b = 175 \Omega$.
- d) $R_a = 365 \Omega$ e $R_b = 190 \Omega$.

Questão 7 – Considerando a tabela-verdade do CI 74121, que é um monoestável não redisparrável, julgue os itens a seguir e escolha a opção correta.

Tabela-verdade do CI 74121

A1'	A2'	B	Resultado
L	X	↑	DISPARO
X	L	↑	DISPARO
↓	H	H	DISPARO
H	↓	H	DISPARO

O disparo ocorre somente quando \bar{Q} estiver em nível H.

H = nível lógico alto

L = nível lógico baixo

X = não importa

↑ = transição alto para baixo

↓ = transição baixo para alto

I. () As entradas para o CI 74121 são $\bar{A1}$, $\bar{A2}$ e B.

II. () A entrada de disparo para o monoestável aparece na saída da porta AND, chamada de T.

III. () Se B é mantido em nível baixo, uma transição negativa em $\bar{A1}$ ou $\bar{A2}$ vai disparar o circuito.

IV. () Se $\bar{A1}$ ou $\bar{A2}$ são mantidos em nível lógico baixo, uma transição negativa em B vai disparar o circuito.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

a) V, V, V, V.

b) V, F, V, V.

c) V, V, F, V.

d) V, V, F, F.

Questão 8 – Considerando a tabela da verdade do CI 74123, que é um monoestável redispável, julgue os itens a seguir e escolha a opção correta.

Tabela-verdade do monoestável redispável 74123

A'	B	R'	Q
↑	H	H	DISPARO
L	↑	H	DISPARO
↓	H	↑	DISPARO
X	X	L	DISPARO
X	X	↑	DISPARO

H = nível lógico alto

L = nível lógico baixo

X = não importa

↑ = transição alto para baixo

↓ = transição baixo para alto

I. () A primeira linha da tabela-verdade mostra que o circuito irá disparar se B e \bar{R} estiverem em nível alto, e ocorrer uma transição de nível alto para baixo em \bar{A} .

II. () A segunda linha da tabela-verdade mostra que o circuito irá disparar se \bar{A} permanecer em nível baixo, \bar{R} permanecer em alta, e ocorrer uma transição de nível alto para baixo em B.

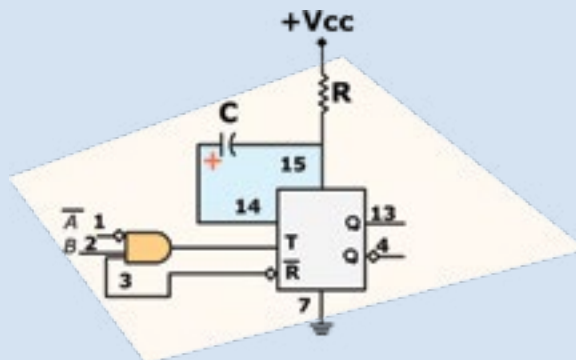
III. () A terceira linha da tabela-verdade mostra que o circuito irá disparar se \bar{A} estiver em nível baixo, B estiver em nível alto, e ocorrer uma transição de nível baixo para alto em \bar{R} .

IV. () As duas últimas linhas da tabela-verdade servem para ativar o circuito.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

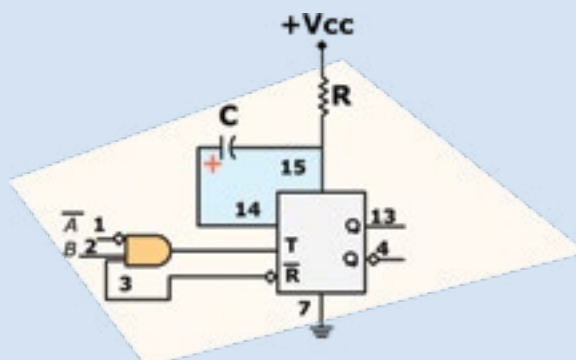
- a) V, V, V, V.
- b) V, F, V, F.
- c) V, V, F, V.
- d) V, V, F, F.

Questão 9 – O circuito da figura abaixo é ligado com \bar{A} no terra e \bar{R} em +Vcc. A largura do pulso de saída desse circuito é igual a 155,1 ms. Sabendo que foi utilizado um capacitor de 10.000 pF, determine o valor do resistor R.



- a) 470 MΩ.
- b) 470 kΩ.
- c) 47,0 MΩ.
- d) 4,70 MΩ.

Questão 10 – O circuito da figura abaixo é ligado com \bar{A} no terra, \bar{R} em +Vcc. A largura do pulso de saída desse circuito é igual a 3,96 ms. Sabendo que foi utilizado um resistor de 1 MΩ, determine o valor do capacitor C.



- a) C = 12.000 pF.
- b) C = 12.000 mF.
- c) C = 12.000 nF.
- d) C = 12 pF.