

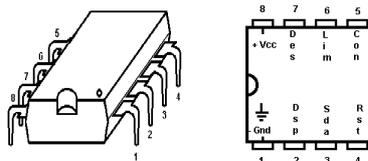
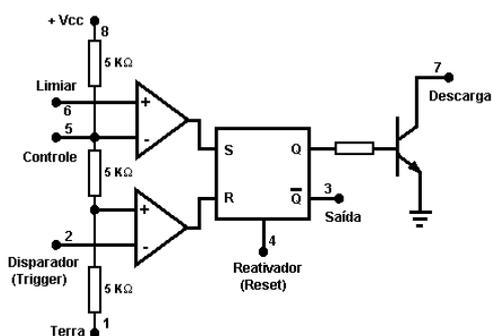
Circuito Integrado Temporizador (Timer) **555**

Apesar de não se tratar de um componente digital, faremos agora um estudo do Timer **555**. Este circuito Integrado é largamente utilizado como base de marcação de tempo em circuitos analógicos e também em circuitos digitais.

Devido à sua grande versatilidade, o Timer **555** tornou-se um padrão Industrial, podendo ser utilizado de inúmeras formas e configurações diferentes.

Seu código comercial pode mudar conforme o fabricante, porém o número 555 é comum a todos eles. Podemos citar como exemplo o LM 555, o NE 555, o μA 555, etc.

A figura abaixo mostra o diagrama esquemático simplificado do CI 555 :



Encapsulamento DIL (Dual in Line)

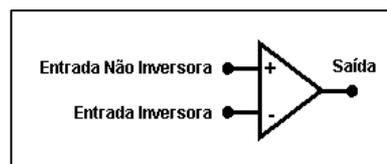
Para que possamos compreender melhor o funcionamento do circuito, faremos um estudo de cada uma das partes que o formam. Observando a figura podemos identificar os blocos utilizados na construção do Circuito Integrado :

- Dois Amplificadores operacionais funcionando como Comparadores de Tensão
- Um Flip-Flop tipo RS
- Um Divisor de Tensão formado por três Resistores de 5 K Ω
- Um transistor utilizado como Chave

- Comparadores de Tensão :

O funcionamento dos Comparadores de Tensão neste circuito é bastante simples. Observe a figura :

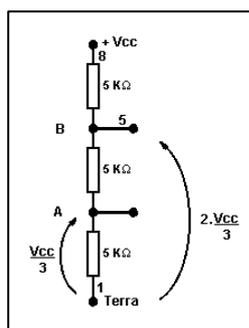
O componente possui duas entradas (Inversora '-' e Não Inversora '+') e uma saída. O nível de tensão na saída poderá ser alto (1) ou baixo (0), dependendo do nível de tensão nas entradas.



A saída será alta (1 ou +Vcc) sempre que a tensão na entrada Inversora '+' for mais alta do que a tensão na entrada Não Inversora '-'.

No CI 555 são utilizadas duas tensões de referência nos comparadores : $\frac{V_{cc}}{3}$ e $\frac{2 \cdot V_{cc}}{3}$ conforme veremos adiante.

Divisor de Tensão :



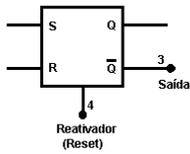
É formado por três Resistores de 5 KΩ . Sua função é fornecer as tensões de referência para os Comparadores de Tensão. Sobre cada um dos resistores será aplicada uma tensão igual a um terço da tensão de alimentação Vcc.

Sendo assim, entre o terminal do Terra e o primeiro resistor (ponto A) teremos uma tensão igual a um terço de Vcc (Vcc/3) aplicada à entrada Não Inversora do primeiro comparador (Disparador).

Entre o terminal do Terra e o segundo resistor (ponto B) teremos uma tensão igual a dois terços da tensão de alimentação (2.Vcc/3) que é aplicada ao segundo comparador (Controle).

Flip-Flop Tipo RS :

Este componente será estudado com maiores detalhes posteriormente, porém, para que possamos compreender o funcionamento do CI 555 faremos uma breve análise do seu funcionamento.

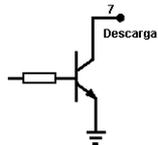


Trata-se de um componente Digital biestável, ou seja, suas saídas podem assumir apenas dois níveis de tensão ou níveis lógicos (zero ou um). As saídas são complementares. Enquanto Q estiver em nível lógico zero, a saída complementar Q estará em nível lógico um e vice-versa.

Quando a entrada S (Set) receber um nível lógico igual a um, a saída Q será levada para nível lógico um, ou seja, a operação Set leva a saída Q para o nível de tensão igual a Vcc. Quando a entrada R (Reset) receber um nível lógico igual a um, a saída Q será levada para nível lógico zero, ou seja, a operação Reset leva a saída Q para o nível de tensão igual zero volts.

Transistor como Chave :

Esta é uma configuração simples muito utilizada em circuitos eletrônicos. Observe que o resistor de base do transistor está conectado à saída Q do Flip-Flop.



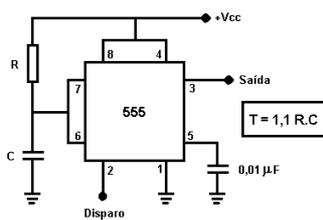
Quando a saída Q estiver em nível lógico um, fará com que a corrente de base leve o transistor à saturação, ou seja, a chave entre coletor e emissor será fechada, aterrando o terminal de coletor do transistor.

Este transistor é utilizado para descarregar capacitores externos utilizados como base de tempo.

Multivibrador Monoestável com CI 555 :

Nesta configuração o 555 é utilizado como temporizador simples, ou seja, uma vez disparado o pino 2, a saída permanecerá em nível lógico um (alta) até que transcorra o tempo determinado pelo resistor e capacitor externos.

O disparo do Monoestável ocorrerá toda vez que o pino 2 do CI for levado a zero volts. A figura abaixo mostra o diagrama esquemático desta configuração :



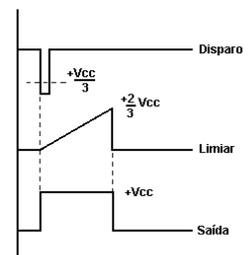
555 como Monoestável

Enquanto o circuito não for disparado, a saída Q do Flip-Flop interno em nível lógico um fará com que o transistor de descarga permaneça saturado, impedindo que o capacitor externo C seja carregado através do resistor externo R. A saída permanecerá em zero volts.

Quando ocorrer o disparo, a tensão no pino 2 será inferior a um terço da alimentação Vcc, ativando o comparador interno de disparo e provocando a operação de Reset no Flip-Flop interno.

Nesse momento a saída (Pino 3) será levada a nível lógico um (Vcc) e o transistor de descarga entrará na região de corte, permitindo que o capacitor C possa ser carregado pelo resistor R. Esta situação será mantida até que o capacitor atinja uma carga ligeiramente maior do que dois terços da tensão de alimentação, o que ativa o comparador de controle e provoca a operação de Set no Flip-Flop interno.

A saída então retorna ao nível lógico zero e o transistor interno satura, descarregando o capacitor C através do pino 7 do CI. Resumindo, a saída é ativada no momento do disparo, permanecendo assim durante o tempo de carga do capacitor, retornando então ao estado inicial. É importante observar que o pino 4 deve ser mantido em nível lógico alto (+Vcc) para permitir o funcionamento do circuito.



O período de tempo do circuito pode ser calculado pela expressão :

$$T = 1,1 R.C$$

Onde : T = Período de tempo em segundos

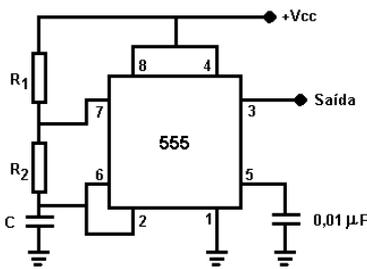
R = Valor do Resistor externo em Ohms

C = Valor do Capacitor externo em Farads

Multivibrador Astável com CI 555 :

Esta configuração é utilizada com muita freqüência como gerador de pulsos (Clock) para circuitos Digitais. Diferente do Monoestável, este circuito não necessita de disparo, gerando uma seqüência de pulsos retangulares contínua. Para interromper a seqüência de pulsos, basta levar o pino 4 do CI (Reset) a nível lógico zero (zero volts) .

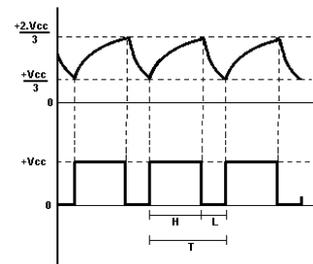
Seu funcionamento não é muito diferente do Monoestável. Quando o capacitor estiver descarregado, a tensão no pino 2 será menor do que um terço de Vcc, provocando o Reset do Flip-Flop interno. Isto leva a saída (pino 3) a nível lógico 1 e corta o transistor interno, permitindo que o capacitor inicie seu ciclo de carga através de R₁ e R₂. Quando a tensão no capacitor ultrapassar dois terços de Vcc, o comparador de controle efetua a operação de Set no Flip-Flop interno, levando a saída a zero e saturando o transistor interno, fazendo com que o capacitor inicie seu ciclo de descarga através de R₂ pelo pino 7 do CI . o capacitor terá sua tensão reduzida até que a mesma seja ligeiramente inferior a um terço de Vcc, o que ativa o comparador de disparo e provoca o Reset do Flip-Flop interno, iniciando outro ciclo.



555 como Astável

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2.R_2).C}$$

Observe na figura que o capacitor C é carregado através de R₁ e R₂ , enquanto que a descarga é feita apenas através de R₂ . Isto faz com que o tempo de carga seja maior do que o tempo de descarga, provocando uma assimetria no sinal de saída, ou seja, a saída permanece mais tempo em nível alto do que em nível baixo. Esta assimetria pode ser observada nas formas de onda do circuito mostradas na figura abaixo :



Da forma como o circuito está configurado, a assimetria do sinal pode variar entre 50% e 100%. A relação entre o tempo em que a saída está alta e o período do sinal é expresso na equação abaixo :

$$D = \frac{H}{T} .100\%$$

$$D = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2.R_2} .100\%$$

Como a relação de assimetria depende dos valores dos resistores :

$$T = H + L$$

Podemos então determinar os tempos H e L pela equação :

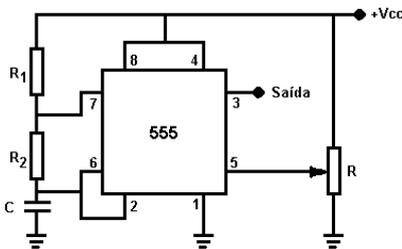
Como $f = \frac{1,44}{(R_1 + 2.R_2).C}$

então $T = \frac{(R_1 + 2.R_2).C}{1,44}$

Com essas expressões é possível determinar todos os períodos de tempo dos sinais gerados pelo circuito.

Oscilador Controlado pela Tensão (VCO) :

Podemos controlar a frequência de oscilação do Multivibrador astável através do pino 5 do Circuito Integrado. Lembre-se que o pino 5 está conectado à Entrada Inversora do Comparador Interno de Controle. Variando a tensão neste terminal, mudamos o valor da tensão de controle, alterando o tempo de carga do capacitor externo. A figura abaixo mostra um exemplo desta aplicação :



Observe que o pino 5 foi conectado ao ponto central de um potenciômetro, o qual funciona como um divisor de tensão.

Alterando a posição do potenciômetro, provocamos uma mudança na tensão fornecida ao terminal de controle do Circuito integrado. Caso essa tensão seja maior, fará com que o capacitor demore mais tempo para atingi-la, aumentando o período e reduzindo a frequência do sinal gerado pelo oscilador.

A tensão de controle pode ser fornecida por um potenciômetro ou por circuitos ativos mais complexos. A principal aplicação desse tipo de circuito são os Circuito de Fase Locada, também chamados de **PLL** .

Limitações do 555 :

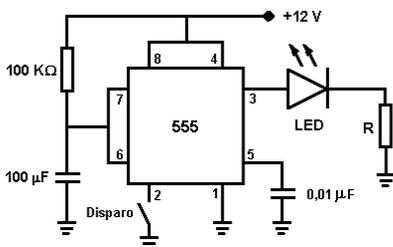
A desenvolver projetos com o CI 555 é necessário respeitar suas limitações. A seguir são fornecidas as especificações do TLC555M e do TLC555C fabricados pela Texas Instruments :

- $R_1 + R_2 < 3,3 \text{ M}\Omega$
- $R_1 \text{ e } R_2 > 1 \text{ K}\Omega$
- $C > 500 \text{ pF}$
- Corrente de Alimentação a 15 V = 360 μA
- Tensão de Alimentação - 4,5 V < V_{cc} < 18 V
- Dissipação Total = 600 mW
- Frequência Máxima = 2,1 MHz
- Corrente Máxima de Saída - 100 mA

Exercícios Resolvidos :

1) Determine o tempo em que o LED do circuito abaixo permanecerá aceso após o disparo e qual o valor do resistor R para que a corrente no mesmo seja de 20 mA.

O tempo em que o LED permanecerá aceso é determinado pela expressão estudada abaixo :



$$T = 1,1 R.C$$

É importante observar que os valores do resistor e do capacitor devem ser convertidos para Ohms e Farads respectivamente, então :

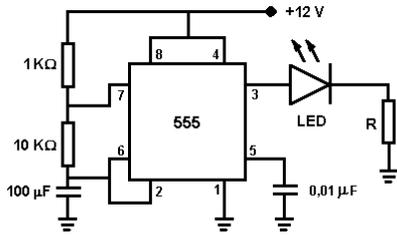
$$T = 1,1 \cdot 100 \times 10^3 \cdot 100 \times 10^{-6} \text{ ou } T = 1,1 \cdot 100000 \cdot 0,0001$$

Então $T = 11$ segundos

O valor do resistor limitador de corrente do LED é calculado pela fórmula abaixo. Considerando uma queda de tensão no LED de 1,8 V e convertendo a corrente para Ampères:

$$R = \frac{V_{cc} - V_d}{I_L} = \frac{12 - 1,8}{0,02} = 510 \Omega$$

2) Dado o circuito abaixo, desenhe os gráficos das formas de onda das tensões de saída (pino 3) e de carga do capacitor (pinos 2 e 6) :



Para desenhar a forma de onda da tensão de carga do capacitor, precisamos determinar as tensões máxima e mínima atingidas.

$$V_{\text{Max}} = \frac{2 \cdot V_{\text{CC}}}{3} = \frac{2 \cdot 12}{3} = 8 \text{ v}$$

$$V_{\text{Min}} = \frac{V_{\text{CC}}}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ v}$$

Para o gráfico da tensão de saída é necessário calcular os períodos e a relação de assimetria :

$$\text{O Período total do sinal é } T = \frac{(R_1 + 2R_2) \cdot C}{1,44} = \frac{(1000 + 20000) \cdot 0,0001}{1,44} = 1,458 \text{ s}$$

$$\text{A relação de assimetria } D = \frac{(R_1 + R_2)}{(R_1 + 2 \cdot R_2)} \cdot 100\% = \frac{11000}{21000} \cdot 100\% = 52,4\%$$

Podemos então determinar o tempo em que a saída permanece alta :

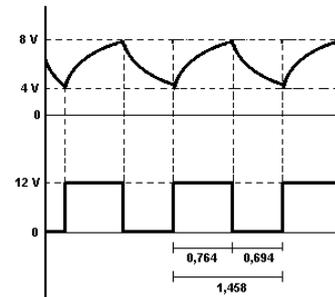
$$H = \frac{D \cdot T}{100} = \frac{52,4 \cdot 1,458}{100} = 0,764 \text{ s}$$

O tempo em que a saída permanece baixa : $L = T - H$

$$L = 1,458 - 0,764 = 0,694 \text{ s}$$

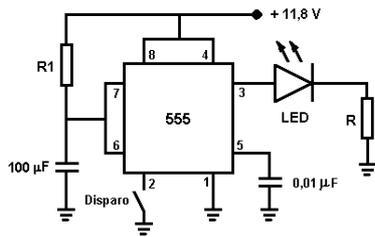
Observe que a assimetria está muito próxima de 50%, pois o valor de R2 é muito maior do que o valor de R1.

O gráfico das tensões é mostrado na figura ao lado :



Exercícios Propostos :

- 1) Determine o valor do resistor R1 no circuito abaixo para que o LED permaneça aceso por 1 minuto e 50 segundos após o pulso de disparo e qual o valor de R para que a corrente no mesmo seja de 10 mA.



- 1) Determine o valor do capacitor C para que o circuito abaixo oscile em uma frequência de 1 KHz e desenhe os gráficos das tensões de saída e de carga do capacitor.

