

LM 555

Introdução

O 555 é um circuito integrado (CI) composto de um flip-flop do tipo RS, dois comparadores simples e um transistor de descarga. Projetado para aplicações gerais de temporização, este circuito integrado é de fácil aquisição no mercado especializado de Eletrônica. Ele é tão versátil e possui tantas aplicações que se tornou um padrão industrial, podendo trabalhar em dois modos de operação: monoestável (possui um estado estável) e astável (não possui estado estável). Foi projetado e criado em 1970 e passou a ser comercializado em 1971, pela Signetecs, de tão fácil de utilizar em vários tipos de circuitos foi apelidado de máquina do tempo num chip.

Sua tensão de alimentação situa-se entre 5 e 18v, o que o torna compatível com a família TTL de circuitos integrados (circuitos lógicos) e é ideal para aplicações em circuitos alimentados por baterias. A saída deste CI pode fornecer ou drenar correntes de até 200 mA, podendo assim comandar diretamente relés, lâmpadas e outros tipos de cargas relativamente grandes.

Pinagem e Circuito Interno

A pinagem e o circuito interno do 555 pode ser simplificado na Figura 1.

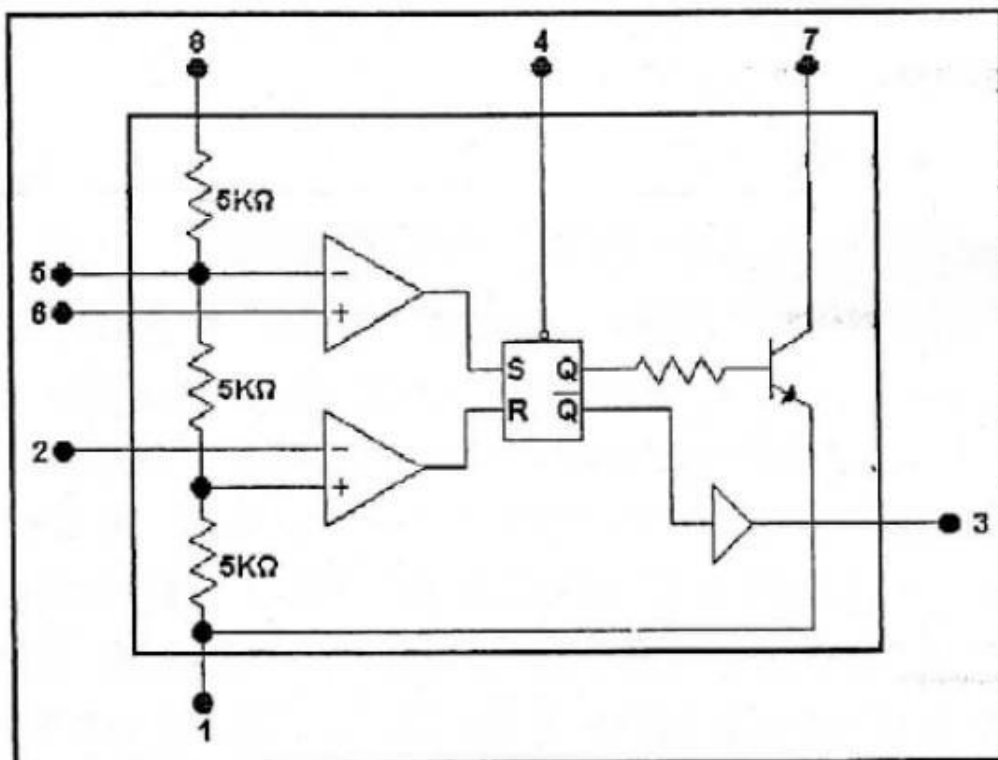


Figura 1 Circuito interno do LM555.

Os componentes internos do 555, e suas conexões aos pinos externos, estes nomeados conforme a Tabela 1, também são mostrados na Figura 1. Nota-se que este CI é composto basicamente por um flip-flop tipo RS, dois comparadores de tensão (representados como amplificadores operacionais), um transistor de carga, três resistores de 5 K Ω e um buffer de corrente (representado pelo componente conectado no pino 3), o qual fornece a este CI a característica de fornecimento de elevadas correntes.

Tabela 1 pinagem do LM555.

Pino	Nome
1	Terra
2	Disparo
3	Saída
4	Reset
5	Controle
6	Limiar
7	Descarga
8	V _{cc}

Para a completa compreensão do funcionamento interno deste circuito, será necessário entender o funcionamento dos componentes internos do CI. Os comparadores comparam os sinais da entrada inversora e não inversora. Se a tensão da entrada inversora for maior, uma tensão próxima de zero saíra do comparador, caso contrário, uma tensão alta saíra do comparador. O transistor funciona no circuito como uma chave, operando nas regiões de corte (chave aberta) e saturação (chave fechada). Nesta última região ele conecta o pino 7 ao pino 1.

O flip-flop RS é um circuito lógico que opera com uma lógica booleana. Ele possui duas entradas (R (reset) e S (set)) e duas saídas (Q e Q'). Quando uma tensão alta chega em S, é colocada uma tensão alta em Q. Quando uma tensão alta chega em R, é colocada uma tensão baixa (próxima de zero) em Q. Se tanto R e S recebem uma tensão baixa, a saída de Q é inalterada. A situação em que R e S recebem uma tensão alta fornece uma saída em Q que é indeterminada. A saída em que Q' é o inverso da saída em Q, ou seja, se em Q a saída é alta, a saída em Q' é baixa, e vice-versa. A Tabela 2, chamada de tabela verdade, resume o seu funcionamento, onde o valor 1 indica tensão alta, 0 indica tensão baixa, Qa indica tensão atual e x representa uma tensão indeterminada.

Tabela 2 Tabela verdade do flip-flop RS

S	R	Q	Q'
0	0	Qa	Qa'
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	x	x

Por fim, o buffer de corrente é responsável por fornecer uma corrente alta na saída do pino 3, já que a saída do flip-flop RS não fornece corrente alta.

Modos de Operação

O LM555 pode operar em dois modos: no modo monoestável (no qual possui um estado estável) e o astável (no qual não há modo estável).

1. Monoestável

Neste modo de operação geralmente o LM555 é utilizado para produzir um temporizador ou um gerador de atrasos. Referida característica é conferida devido ao componente nesta configuração ser um circuito com um modo estável e quando devidamente perturbado passar a um modelo semiestável, do qual retorna, após determinado intervalo de tempo, ao estado estável. Assim permanecendo até que sofra nova perturbação.

No modo de operação monoestável o 555 funciona como um disparador. Quando ele recebe um sinal adequado no disparo (trigger) ele gera um pulso de duração específica na saída. Depois ele volta a deixar a saída desligada e fica pronto para receber outro estímulo. Neste tipo de configuração o 555 pode ser utilizado em aplicações como temporizadores, detectores de pulso e até para remover o ruído de chaves (o que normalmente chamamos de debounce).

Na Figura 2 a configuração que confere ao CI esta característica é mostrada.

Considerando-se inicialmente o capacitor C como descarregado, $V_C = 0\text{ V}$, a saída do flip-flop igual à alimentação, $Q = V_{CC}$, a saída barrada do flip-flop em estado baixo, $Q' = 0\text{ V}$, e tensão no disparo (pino 2) igual à V_{CC} , tem-se:

- Pelo divisor de tensão interno chega-se a tensão de $2/3$ de V_{CC} na entrada negativa do comparador 1 (comparador superior) e $1/3$ de V_{CC} na entrada positiva do comparador 2;
- Logo, a saída do comparador 2 é 0 V , que é a entrada R do flip-flop e a saída do comparador 1 também será 0 V , que é a entrada S do flip-flop. Assim, pela Tabela 2, a saída Q permanece sem alteração e **a saída do LM555 será igual a 0 V ($Q' = 0\text{ V}$).**

- O pino 7 está aterrado, pois a tensão no capacitor, $V_C = 0$, a saída Q é igual a V_{CC} , conforme a suposição inicial, e assim o transistor de carga se mantém saturado (chave fechada), impedindo o capacitor C carregar.

Porém, quando se aplica um pulso que altera a tensão no pino 2 de V_{CC} para 0 V por um curto intervalo de tempo, tem-se:

- A saída do comparador 2 mudará para V_{CC} e as entradas do flip-flop serão $R = V_{CC}$ e $S = 0$ V;
- De acordo com a Tabela 2, as saídas comutam para $Q = 0$ V e $Q' = V_{CC}$, e **a saída do LM555 vai para V_{CC}** ;
- Uma vez que o pulso aplicado no pino 2 tenha curta duração, a entrada no pino 2 retorna a um valor V_{CC} , e a saída do comparador volta a 0 V, levando o flip-flop a memorizar esta situação ($R = S = 0$ V) e manter a tensão V_{CC} na saída ($Q' = V_{CC}$);
- Enquanto $Q = 0$ V, o transistor está em corte (chave aberta), e o capacitor C começa a carregar através da resistência R;
- Quando a tensão V_C do capacitor superar o valor de $2/3 V_{CC}$ a saída do comparador 1 passará a valer V_{CC} ;
- Com isso, será aplicado na entrada S do flip-flop um valor de tensão igual a V_{CC} e na entrada R um nível igual a 0 V. Nestas condições, $Q = V_{CC}$ e $Q' = 0$ V, levando o transistor novamente à saturação e descarregando quase imediatamente o capacitor C. Além disso, **a saída do LM555 volta a ser 0 V**.
- Assim o circuito retorna ao seu estado estável, e fica pronto para a aplicação de nova perturbação.

O tempo de duração do pulso é de aproximadamente $1,1RC$ segundos (tempo para o capacitor C carregar com $2/3 V_{CC}$). O capacitor C1 é usado para estabilizar a tensão no pino 5.

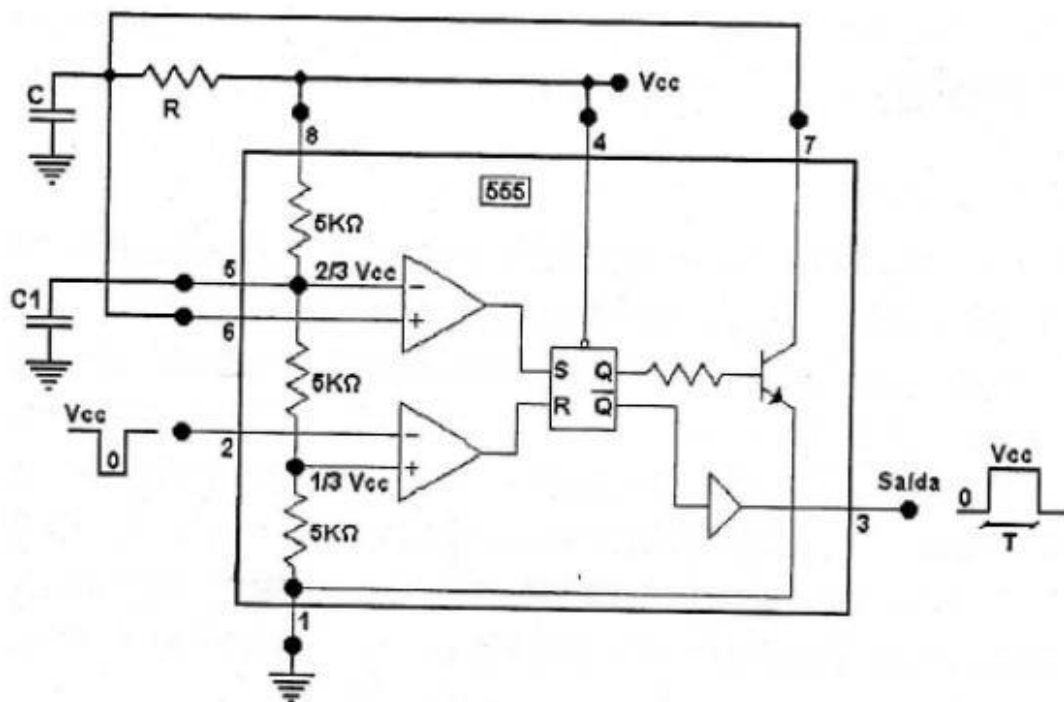


Figura 2 LM555 no modo monoestável.

2. Astável

A principal característica deste modo de operação do LM555 é não possuir nenhum estado estável de operação. Assim, o mesmo acaba por fornecer um trem de pulsos retangulares, de valores V_{CC} ou 0 V. Algumas das aplicações é gerar bases de tempo que podem ser utilizadas para os mais diversos fins, como por exemplo gerar sinais de clock para outros periféricos do chip, calcular intervalos de tempo ou medir período de sinais.

Na Figura 3 a configuração que confere ao CI esta característica é mostrada.

Considerando-se inicialmente o capacitor C descarregado, $V_C = 0$ V, a saída do flip-flop igual à alimentação, $Q = 0$, e a saída do LM555 igual à V_{CC} , tem-se:

- Ao ligar o circuito, a tensão nos pinos 2 e 6 é menor do que a tensão de referência usada internamente nos comparadores 2 e 1 (comparador inferior e superior), respectivamente, $1/3V_{CC}$ e $2/3V_{CC}$;
- Logo, o comparador 1 terá saída igual a 0 V e o comparador 2 terá saída V_{CC} ;
- Nestas condições a entrada do flip-flop será $R = V_{CC}$ e $S = 0$ V, e a saída do flip-flop é $Q = 0$ V e $Q' = V_{CC}$, e **a saída do LM555 é V_{CC}** ;
- Tal comportamento implica na operação em corte do transistor (chave aberta), e assim o capacitor C se carrega através de R1 e R2;
- Quando a tensão V_C ultrapassar $1/3V_{CC}$ a saída do comparador 2 passa a valer 0 V e o flip-flop não altera as suas saídas, pois $R = 0$ V e $S = 0$ V;
- A tensão no capacitor continua a aumentar. Quando V_C atinge $2/3V_{CC}$ a saída do comparador 1 passa para V_{CC} ;
- Assim, a entrada do flip-flop será $R = 0$ V e $S = V_{CC}$, e as saídas do flip-flop passam para $Q = V_{CC}$ e $Q' = 0$ V, o que leva o transistor de carga à saturação (chave fechada) e **a saída do LM555 para 0 V**;
- A partir deste ponto o capacitor começa a descarga através do resistor R2;
- A corrente continua fluindo por R1, mas ela é drenada pelo pino 7 juntamente com a corrente de descarga do capacitor C;
- Quando a tensão do capacitor atinge novamente $1/3V_{CC}$, o comparador 2 comuta sua saída para V_{CC} e o comparador 1 mantém a saída igual a 0 V. Nesta condição, $R = V_{CC}$ e $S = 0$ V. Nestas condições, pela Tabela 2, $Q = 0$ V e $Q' = V_{CC}$, **a saída do LM555 será V_{CC}** e o transistor opera na região de corte, permitindo o capacitor carregar novamente.
- Assim, o processo se reinicia.

Existem dois intervalos de tempo distintos, o primeiro quando o valor da tensão no capacitor C varia de $1/3V_{CC}$ até $2/3V_{CC}$, que é quando a saída do circuito encontra-se em valor V_{CC} (T_{on}), e o segundo quando a mesma tensão varia de $2/3V_{CC}$ até $1/3V_{CC}$ (T_{off}), intervalo que a saída do circuito é 0 V.

Para o circuito da Figura 3 esses tempos são:

$$T_{on} = 0,693(R_1 + R_2)C$$

$$T_{off} = 0,693R_2C$$

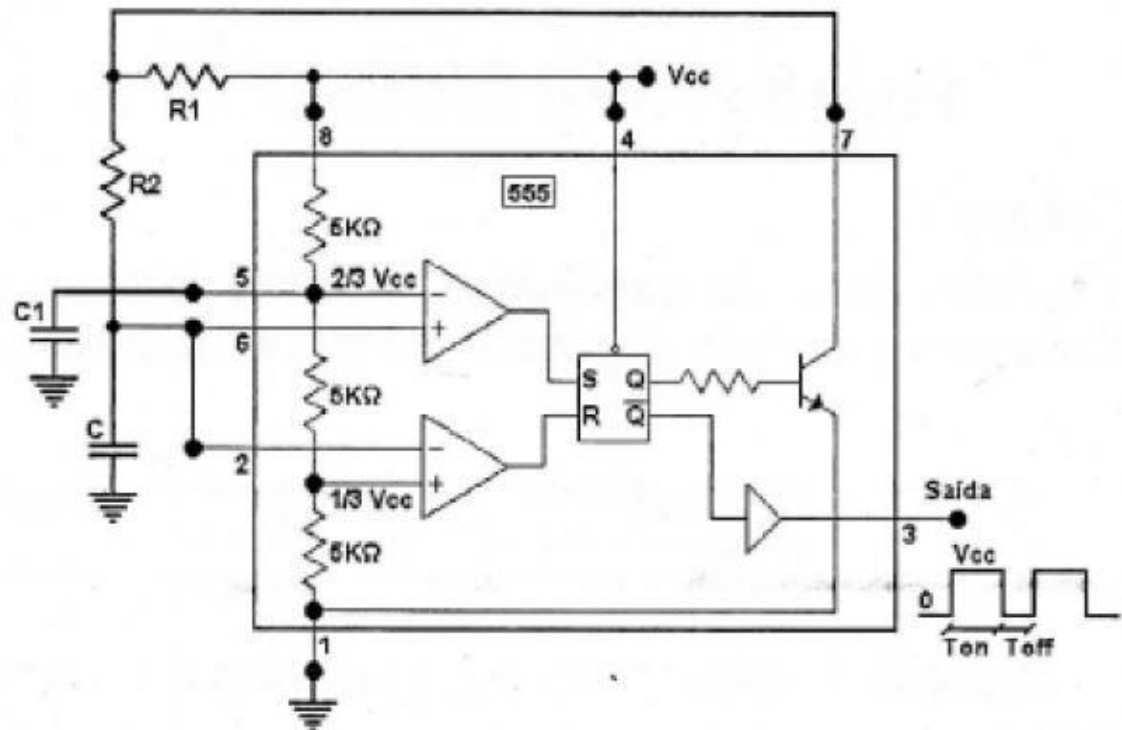


Figura 3 LM555 no modo astável.