

12

Capítulo

Introdução aos multivibradores e circuito integrado 555

Meta deste capítulo

Entender o princípio de funcionamento dos diversos tipos de multivibradores e estudo do circuito integrado 555.

objetivos

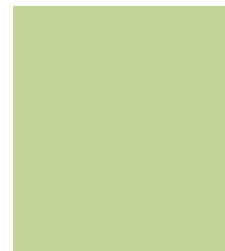
- Entender o princípio de funcionamento dos multivibradores e dos circuitos integrados 555;
- Analisar os diversos tipos de multivibradores montados com o circuito integrado 555.

Pré-requisitos

Ter estudado o capítulo sobre osciladores de relaxação.

Continuidade

A continuidade no estudo dos multivibradores se dará pelo estudo dos seus tipos: monoestáveis, biestáveis e astáveis.



1 Introdução

Circuitos multivibradores são circuitos que podem variar sua saída para dois estados distintos. Tem como característica principal possuir a amplitude do sinal oscilante bem definida, um ganho de malha muito elevado, e apresenta uma onda quadrada na saída. Em circuitos que utilizam transistores, os mesmos trabalharão nas regiões de corte e saturação do dispositivo, diferente dos outros osciladores que trabalharão em sua região ativa.

2 Tipos de multivibradores

Existem três tipos de circuitos multivibradores: monoestáveis, biestáveis e os astáveis.

Os multivibradores monoestáveis possuem como característica apresentar apenas um estado estável, sendo que no estado instável, que pode ser estimulado por um pulso de gatilho, o sinal deverá permanecer apenas por um determinado período. Após o término desse período o circuito deverá retornar para o estado de origem estável. Na figura 1 é ilustrada a estrutura equivalente e seu comportamento.

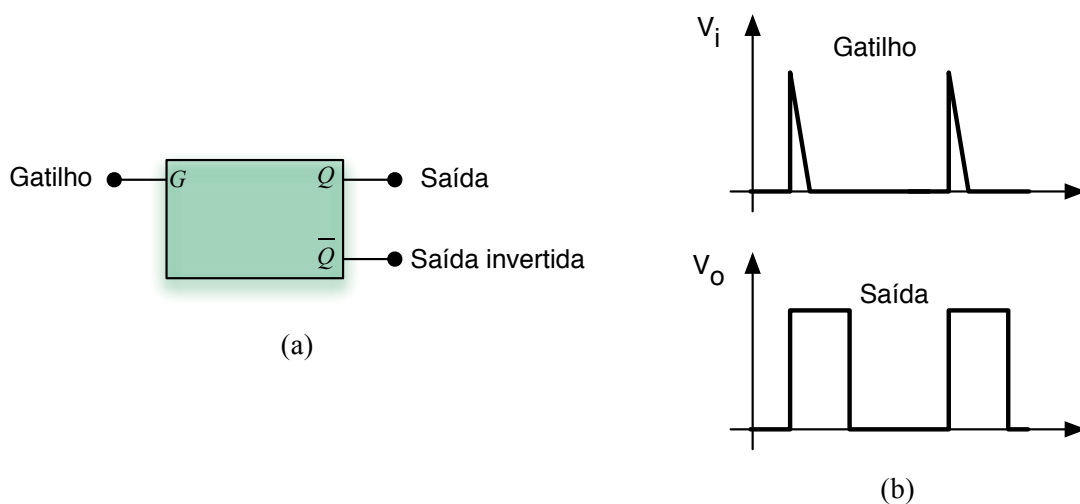


Figura 1 – Multivibrador monoestável – (a) Esquemático; (b) Sinal de saída.

Os multivibradores biestáveis possuem como característica apresentar apenas dois estados estáveis, que aparecem na presença de um pulso de entrada. Após o término desse período o circuito deverá retornar para o estado de origem estável. Na figura 2 é ilustrada a estrutura equivalente e seu comportamento.

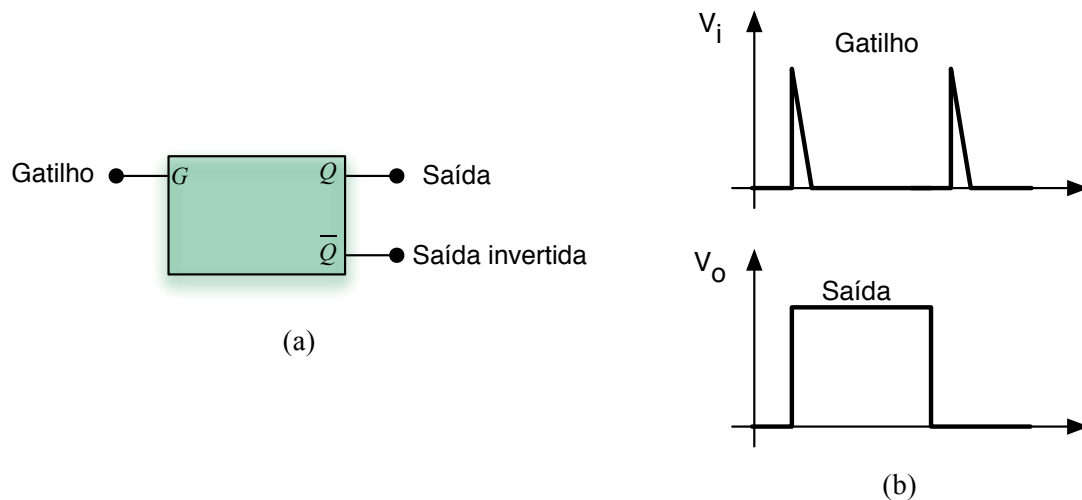


Figura 2 – Multivibrador biestável – (a) Esquemático; (b) Sinal de saída.

Os multivibradores astáveis possuem como característica não apresentar estado estável, sem a necessidade de disparo de excitação, mantendo uma oscilação constante. Na figura 3 é ilustrada a estrutura equivalente e seu comportamento.

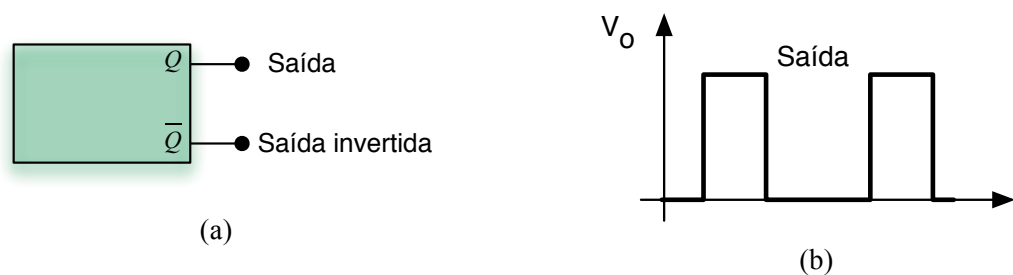


Figura 3 – Multivibrador biestável – (a) Esquemático; (b) Sinal de saída.

3 Circuito Integrado 555

O circuito integrado 555 é um dispositivo fabricado para aplicações gerais de temporização, fácil de encontrar no mercado e de simples funcionamento. Esse dispositivo pode ser usado tanto como um circuito multivibrador monoestável, e também como multivibradores astáveis e biestáveis. A sua alimentação fica na faixa de +5 V até +18 V e sua saída possui a capacidade de drenar correntes de até 200 mA, permitindo o comando direto de dispositivos de maior potência, tais como relés, lâmpadas, entre outros. Em sua função *stand-by*, o consumo dos componentes internos do dispositivo fica na faixa de 10 mA. O seu encapsulamento e componentes internos são mostrados na figura 4.

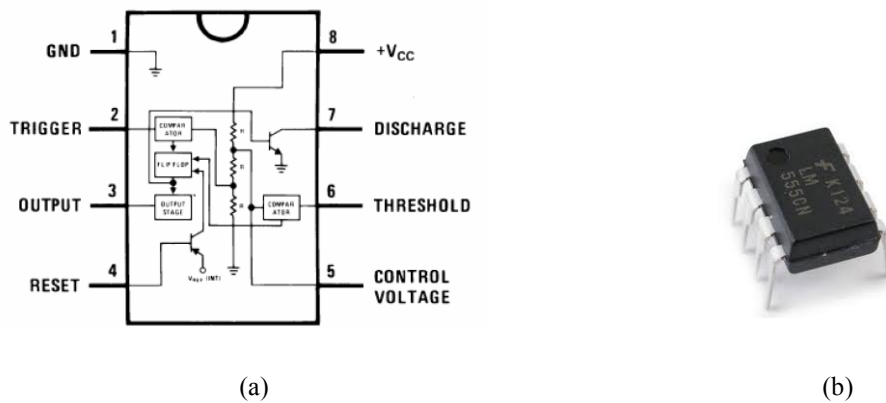


Figura 4 – Circuito Integrado 555 – (a) Pinagem e esquemático do circuito; (b) Foto do dispositivo.

O dispositivo possui uma entrada chamada de limite ou limiar que fica situada no pino 6 e outra chamada de controle situada no pino 5. Quando houver uma tensão na entrada limite de aproximadamente $2/3$ de V_{cc} e superior à entrada de controle, o circuito comparador deverá introduzir nível lógico baixo no flip-flop RS, dispositivos estes que estão dispostos internamente no circuito integrado. Há também uma entrada chamada de descarga que fica no pino 2 do dispositivo, que se for aplicada uma tensão superior a $1/3$ de V_{cc} , a saída de um segundo circuito comparador deverá introduzir nível lógico alto no flip-flop RS. A combinação das tensões inseridas nos pinos 6 e 2 do dispositivo, caso descrito anteriormente, resultará no nível lógico baixo na saída que fica no pino 3. Aplicando os potenciais inversos, ou seja, no pino 6 tensão inferior a $2/3$ de V_{cc} e no pino 2 tensão inferior a $1/3$ de V_{cc} , a saída no pino 3 apresentará o seu nível lógico em alto.

O pino 7 é conectado a um transistor de descarga, que é comandado pela saída Q invertida do flip-flop. No pino 4 (*reset*), caso seja ligado a um potencial com valor baixo, a saída do dispositivo será forçado ao nível lógico baixo. Essa operação do circuito integrado 555 é demonstrada na figura 5.

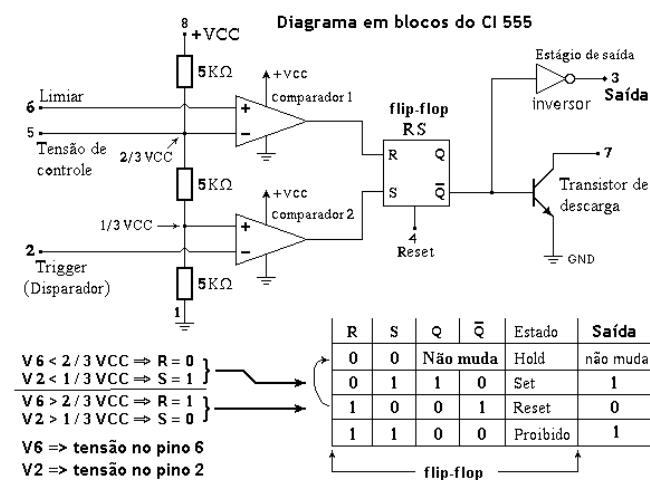


Figura 5 – Esquema de funcionamento do circuito integrado 555.

3.1 Multivibrador Monoestável com o Circuito Integrado 555

Devido à versatilidade do circuito integrado 555, pode-se utilizá-lo como multivibrador. No caso do multivibrador monoestável, ilustrado na figura 6, seu princípio de funcionamento baseia-se no disparo no pino 2 efetuado pela chave b, que insere uma tensão inferior a $1/3$ de V_{cc} e por sua vez introduzirá o nível lógico alto na entrada do terminal S do flip-flop. O resultado dessa ação será um nível lógico baixo na saída \bar{Q} do flip-flop, corte no transistor de descarga e a saída do C.I. 555 estará no nível lógico alto. No mesmo tempo em que ocorre o disparo no pino 2, também ocorrerá a carga do capacitor C através da corrente que circulará em R. Quando a carga do capacitor C chegar a um valor superior a $2/3$ de V_{cc} no pino 6, o flip-flop será resetado, resultando em um nível lógico alto na saída \bar{Q} do flip-flop, e conseqüentemente a saturação do transistor de descarga. O transistor descarregará o capacitor C e a saída do C.I. 555 passará para o nível lógico baixo. O circuito permanecerá nessa condição até que seja novamente acionada a chave b.

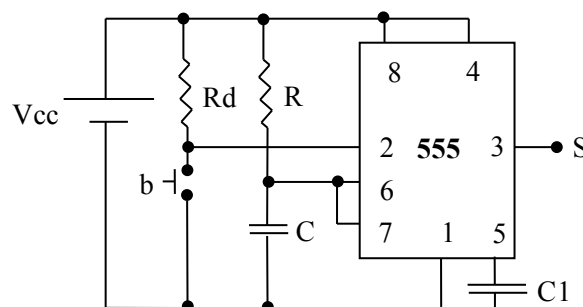


Figura 6 – Circuito multivibrador monoestável com circuito integrado 555.

Percebe-se que no período de funcionamento o nível lógico alto esteve presente na saída do circuito somente quando o capacitor C estava carregando, por esse motivo o tempo de acionamento do dispositivo é relacionada aos elementos RC do circuito. A expressão que representa a carga do capacitor no momento do disparo é dada por:

$$v_c(t) = V \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Para:

$$v_c(t) = \frac{2}{3} \cdot V_{cc}$$

$$\frac{2}{3} \cdot V_{cc} = V \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$\frac{2}{3} \cdot V_{cc} = V_{cc} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$\frac{2}{3} - 1 = -e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{1}{3} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{3}\right) = \ln\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$\ln(1) - \ln(3) = -\frac{t}{R \cdot C} \cdot \ln(e)$$

$$0 - 1,0986 = -\frac{t}{R \cdot C}$$

$$t = 1,1 \cdot R \cdot C$$

O comportamento do circuito multivibrador monoestável pode ser verificado no gráfico da figura 7.

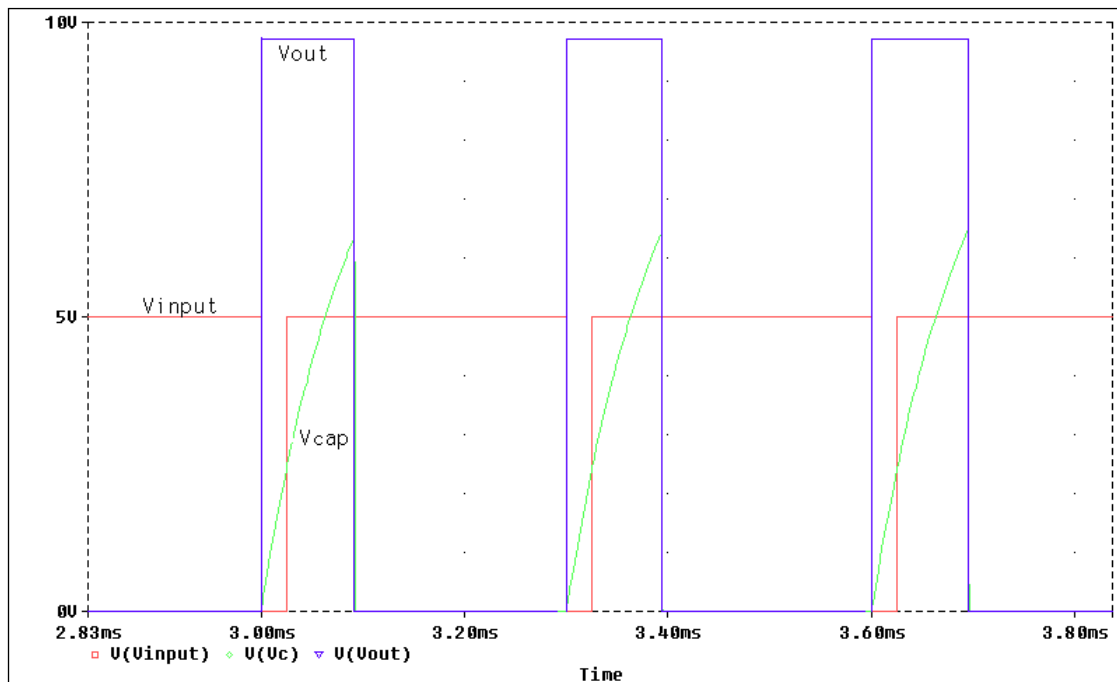


Figura 7 – Gráfico do multivibrador monoestável com circuito integrado 555 (saída com relação ao disparo).

3.2 Multivibrador Astável com o Circuito Integrado 555

Para o caso do multivibrador astável ilustrado na figura 8, quando o capacitor está descarregado tem-se uma tensão inferior a $1/3$ de V_{cc} nos pinos 2 e 6, portanto o flip-flop estará com a saída Q no nível lógico alto e \bar{Q} no nível lógico baixo. O transistor de descarga estará cortado, permitindo assim que o capacitor C carregue através de R_b e R_a . Nesse instante a saída do circuito estará no nível lógico alto.

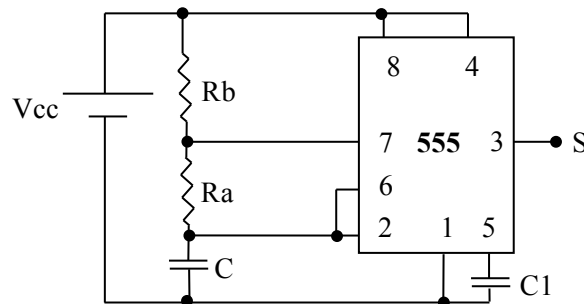


Figura 8 – Circuito multivibrador monoestável com circuito integrado 555.

Assim que o capacitor atingir um valor superior a $2/3$ de V_{cc} , o potencial dos pinos 2 e 6 comutará a saída Q do flip-flop para o nível lógico baixo e \bar{Q} para o nível lógico alto. Nessa condição o transistor de descarga iniciará o seu período de descarga através de R_a . Esse processo será reiniciado após o valor de tensão no capacitor C tenha um valor inferior a $1/3$ de V_{cc} . A expressão que representa a carga do capacitor no momento do disparo é dada por:

Para:

$$v_C(t) = \frac{1}{3} \cdot V_{cc}$$

$$\frac{1}{3} \cdot V_{cc} = V \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \right)$$

$$\frac{1}{3} \cdot V_{cc} = V_{cc} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \right)$$

$$\frac{1}{3} - 1 = -e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

$$-\frac{2}{3} = -e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

$$\ln\left(-\frac{2}{3}\right) = \ln\left(-e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$$

$$0,6931 - 1,0986 = -\frac{t}{R \cdot C}$$

$$t = 0,4055 \cdot R \cdot C$$

Como a carga e descarga do capacitor C serão realizadas entre os períodos de $1/3$ de V_{cc} e $2/3$ de V_{cc} , pode-se considerar que:

$$t_{carga} = t_{alto} = 1,0986 \cdot R \cdot C - 0,4055 \cdot R \cdot C = 0,6931 \cdot R \cdot C$$

$$t_{alto} = 0,6931 \cdot (Ra + Rb) \cdot C$$

Para a descarga do capacitor C também considera-se os períodos da carga, porém esse evento correrá somente em Ra . A expressão do tempo de descarga ficará a seguinte:

$$t_{descarga} = t_{baixo} = 0,6931 \cdot Ra \cdot C$$

Pode-se também determinar a frequência de operação do multivibrador astável conforme a expressão abaixo:

$$f_{osc} = \frac{1}{0,6931 \cdot (2 \cdot Ra + Rb) \cdot C}$$

$$f_{osc} = \frac{1,4428}{(2 \cdot Ra + Rb) \cdot C}$$

O comportamento do circuito multivibrador astável pode ser verificado no gráfico da figura 9.

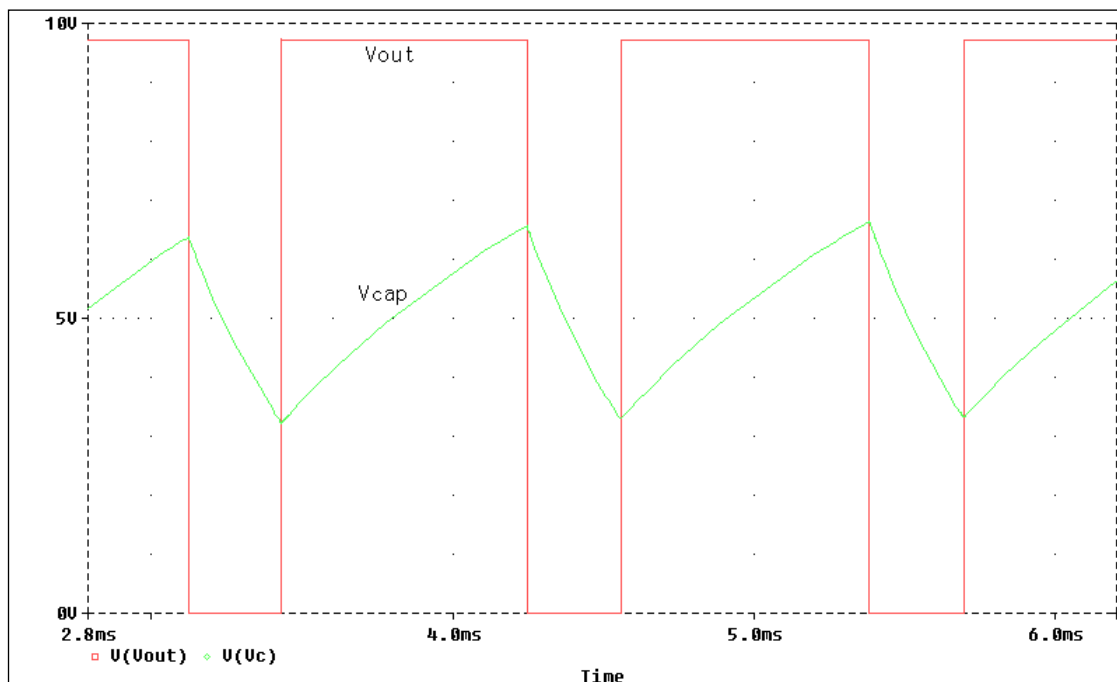


Figura 9 – Gráfico do multivibrador astável com circuito integrado 555 (saída com relação a tensão no capacitor).

3.3 Multivibrador Biestável com o Circuito Integrado 555

O desenvolvimento dos multivibradores biestáveis com o 555 também é possível, utilizando um gatilho para as mudanças de estados e seu funcionamento baseado na carga e descarga de um capacitor a ser utilizado. O esquemático do circuito biestável com 555 está ilustrado na figura 10. Na condição inicial, devido aos divisores de tensão R_c e R_d , o potencial nos pinos 6 e 2 será menor que $2/3$ de V_{cc} e maior que $1/3$ de V_{cc} . Essa condição introduz nível lógico alto na entrada R e S do flip-flop, que por sua vez não altera a saída do circuito, que inicialmente é zero (nível lógico baixo). Quando a chave b é acionada, o potencial nos terminais 6 e 2 deverá ser próximo de zero, devido ao transistor de descarga estar saturado (pino 7), estado que mantém o capacitor descarregado. Nesse momento a entrada R do flip-flop estará no nível lógico baixo e a entrada S estará no nível lógico alto, alterando a saída do circuito para o nível lógico alto. Com a saída no nível lógico alto, o transistor de descarga estará em corte, possibilitando assim a carga do capacitor C , através de R_a e R_b . O circuito manterá na saída o mesmo valor do nível lógico até que seja novamente acionada a chave b . Essa nova condição introduzirá um potencial nos terminais 6 e 2 próximo de V_{cc} , ou seja, maior que $2/3$ de V_{cc} e $1/3$ de V_{cc} , sendo introduzido em R o nível lógico alto e em S o nível lógico baixo. A saída do circuito voltará novamente ao nível lógico baixo, que por consequência altera o transistor para o estado de saturação e descarregará o capacitor C .

Para o cálculo do tempo de carga e descarga do capacitor, pode-se considerar o mesmo caso demonstrado no circuito multivibrador astável, ou seja:

$$t_{carga} = t_{alto} = 0,6931 \cdot (R_a + R_b) \cdot C$$

$$t_{descarga} = t_{baixo} = 0,6931 \cdot R_a \cdot C$$

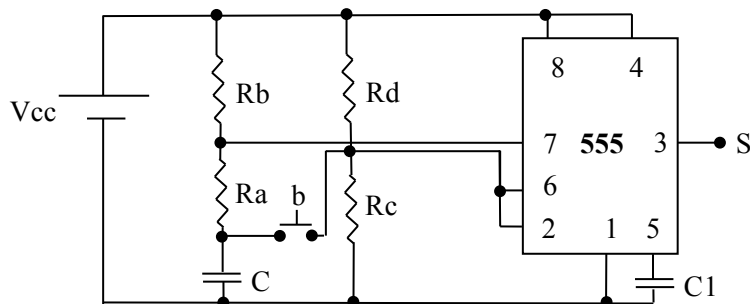


Figura 10 – Circuito multivibrador biestável com circuito integrado 555.

O comportamento do circuito multivibrador biestável pode ser verificado no gráfico da figura 11.

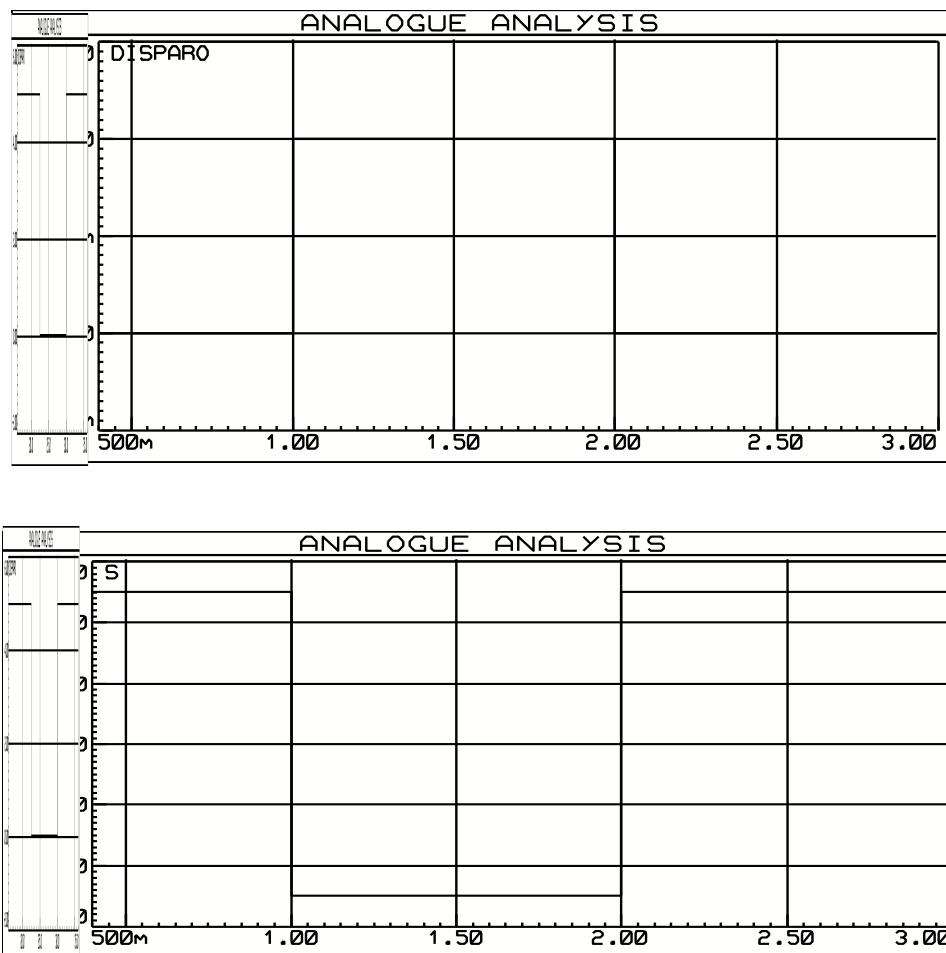


Figura 11 – Gráfico do multivibrador biestável com circuito integrado 555 (saída com relação ao disparo).

Exercícios Específicos

Exercício 01:

Projete um circuito multivibrador monoestável, a partir de um circuito integrado 555, considerando que o tempo de acionamento (nível lógico alto) de 10s.

Exercício 02:

Projete um circuito multivibrador astável, a partir de um circuito integrado 555, para que o mesmo oscile em uma frequência de 1kHz.

Exercício 03:

Projete um circuito multivibrador biestável, a partir de um circuito integrado 555.

4 Referências

[1] A. P. MALVINO. Eletrônica. Volumes 1 e 2. Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo, 1987.

[2] LALOND, David E.; Ross, John A. Princípios de Dispositivos e Circuitos Eletrônicos – volumes 1 e 2. Makron Books. São Paulo, 1999.

[3] Rosa L.; Pereira F.C. Série Eletrônica – volume 1 – Apostila Senai/SC – São José, 2003.

[4] SOBRINHO, J. P. F.; Carvalho, J. A. D. Osciladores. Editora Érica. São Paulo, 1992.