

# **Utilizando o CI 555**

---

## Índice

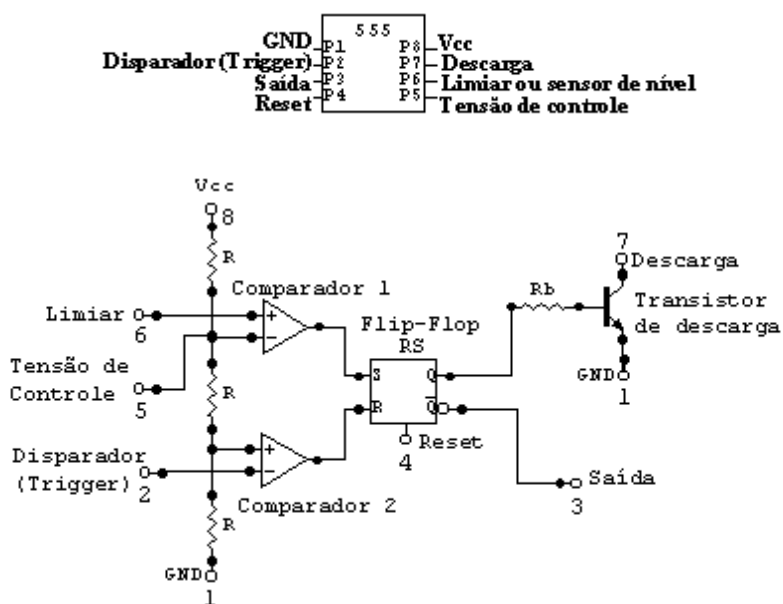
|   |    |
|---|----|
| Utilizando o integrado 555 .....            | 03 |
| Operação monoestável (Temporizador) .....   | 06 |
| Operação astável (Oscilador) .....          | 07 |
| O circuito integrado 556 .....              | 10 |
| Aplicações úteis .....                      | 11 |
| Gerador de bips .....                       | 11 |
| VCO (Oscilador Controlado por Tensão) ..... | 12 |
| Monitor de frequência .....                 | 13 |
| Bibliografia .....                          | 14 |

# O circuito integrado 555

O 555 é um circuito integrado composto de um Flip-Flop do tipo RS, dois comparadores simples e um transistor de descarga. Projetado para aplicações gerais de temporização, este 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). Sua tensão de alimentação situa-se entre 5 e 18v, o que o torna compatível com a família TTL de circuitos integrados e ideal para aplicações em circuitos alimentados por baterias. A saída deste C.I. pode fornecer ou drenar correntes de até 200mA ou 0,2A, podendo assim comandar diretamente relés, lâmpadas e outros tipos de carga relativamente grandes.

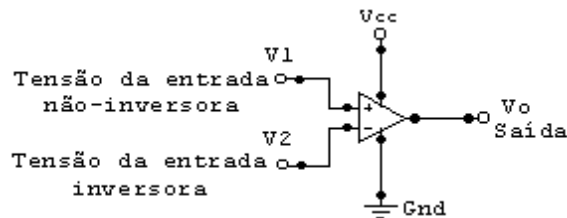
Nas figuras abaixo são mostrados os pinos e o diagrama simplificado.



Geralmente o pino 5, entrada de controle, não é conectado, deixando assim a tensão de controle fixa em  $2/3V_{cc}$  (de acordo com a fórmula de divisor de tensão:  $V_{controle} = (R+R)*V_{cc}/R+R+R = 2R*V_{cc}/3R = 2/3V_{cc}$ ). Toda vez que a tensão de limiar (Sensor de nível, pino 6) exceder a tensão de controle ( $2/3V_{cc}$ ), a saída do comparador 1 vai para nível alto, setando o flip-flop RS e saturando o transistor de descarga, devido ao nível alto na saída Q do flip-flop.

**Lembre-se !**

Comparador simples:



Se:  $V1 > V2 \Rightarrow V_o = V_{cc}$ ;  $V1 < V2 \Rightarrow V_o = Gnd$ ;  $V1 = V2 \Rightarrow V_o = 0V$ .

Flip-flop RS:



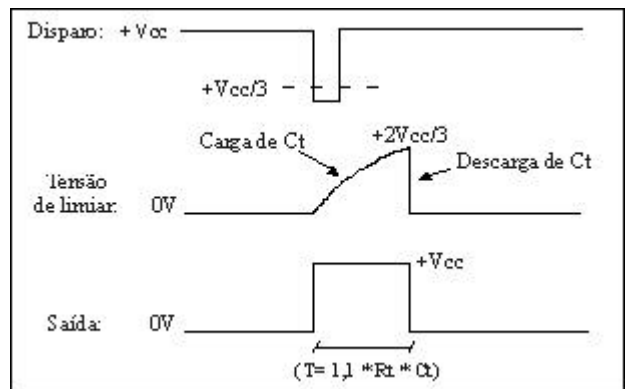
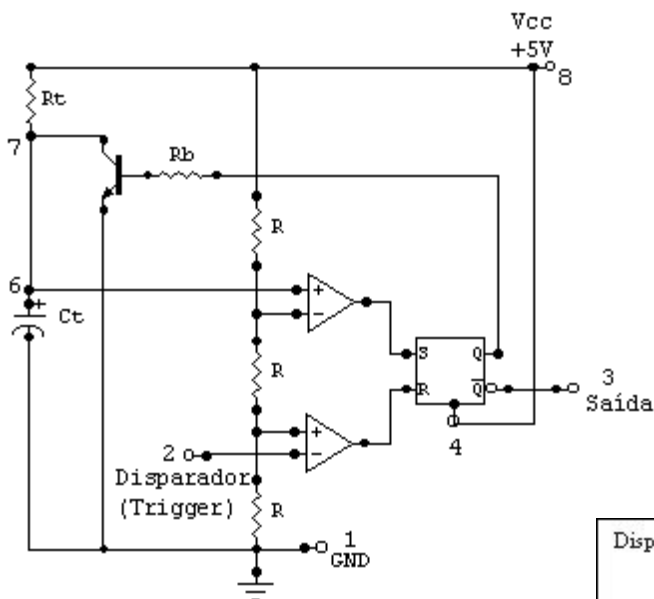
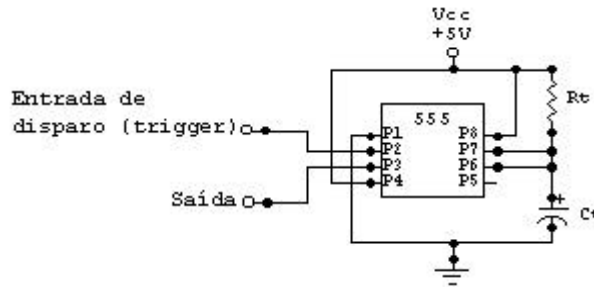
| Entradas    |             | Saídas                            |                   |
|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------------|
| S (Set)     | R (Reset)   | Q                                 | /Q (Complementar) |
| Nível baixo | Nível alto  | Nível baixo                       | Nível alto        |
| Nível alto  | Nível baixo | Nível alto                        | Nível baixo       |
| Nível baixo | Nível baixo | Não mudam de estado               |                   |
| Nível alto  | Nível alto  | Condição não aceita pelo circuito |                   |

O disparador (trigger) está conectado à entrada inversora do comparador 2 (pino 2). A entrada não-inversora tem uma tensão fixa de  $1/3V_{cc}$  ( $V_{\text{ñ-inv}} = R \cdot V_{cc} / (R+R+R) = RV_{cc} / 3R = V_{cc} / 3$ ). Toda vez que a tensão do disparador for menor que  $1/3V_{cc}$ , a saída do comparador vai a nível alto, resetando o flip-flop, cortando o transistor de descarga e deixando a saída /Q (pino 3) em nível alto.

O reset (pino 4) habilita o 555 com nível alto e o desabilita com nível baixo. Geralmente na maioria das aplicações, este pino é ligado à  $V_{cc}$ .

### Operação Monoestável (Temporizador)

As figuras abaixo mostram as configurações do 555 em operação monoestável.



Inicialmente, a tensão de disparo é  $+V_{cc}$ . Como o disparador (trigger) está ligado à entrada inversora do comparador 2, um tensão de  $+V_{cc}$  nesta entrada faz com que se tenha nível baixo na saída deste comparador (já que a tensão na entrada inversora,  $+V_{cc}$ , é maior que a tensão na entrada não-inversora,  $+1/3V_{cc}$ ). Isto faz com que o flip-flop RS fique no seu estado normal (com nível alto na saída Q e nível baixo na saída  $\bar{Q}$ ), saturando o transistor de descarga e deixando Ct descarregado.

Quando a tensão de disparo vai a nível baixo com um pulso invertido, a tensão na entrada não-inversora ( $+1/3V_{cc}$ ) é maior que a tensão na entrada inversora (0V), no comparador 2. Isto faz com que a sua saída vá a nível alto, resetando o flip-flop (nível baixo na saída Q e nível alto na saída  $\bar{Q}$ ) e consequentemente cortando o transistor de descarga. Assim Ct se carrega por Rt.

A tensão em Ct (tensão de limiar) aumenta até que exceda a tensão de controle ( $+2/3V_{cc}$ ). Quando isto ocorre, a saída do comparador 1 vai a nível alto, setando o flip-flop, saturando o transistor de descarga e, por conseqüência, descarregando Ct.

Quanto maior a constante de tempo RC, mais tempo leva para a tensão em Ct chegar a  $+2/3V_{cc}$  (tensão de controle). Isto determina a largura do pulso ou a temporização na saída, que é dada por:

$$T = 1,1 * R_t * C_t$$

Onde T é dado em segundos, Rt em ohms e Ct em farads.

A tensão de controle, geralmente de  $2/3V_{cc}$ , pode ser desacoplada através de um outro capacitor ligado ao pino 5 e à terra (tipicamente de  $0,01\mu F$ ), para melhorar a imunidade a ruído. Esta tensão também pode ser alterada, através do pino 5, a fim de obter outras tensões diferentes de  $2V_{cc}/3$ .

Alterando os valores de Ct e Rt, o período da temporização pode ser controlado entre cerca de 5ms até aproximadamente 1hora. Porém, em uma temporização acima de 5 mim. a confiabilidade fica comprometida, devido aos altos valores de Rt e Ct necessários para esta temporização.

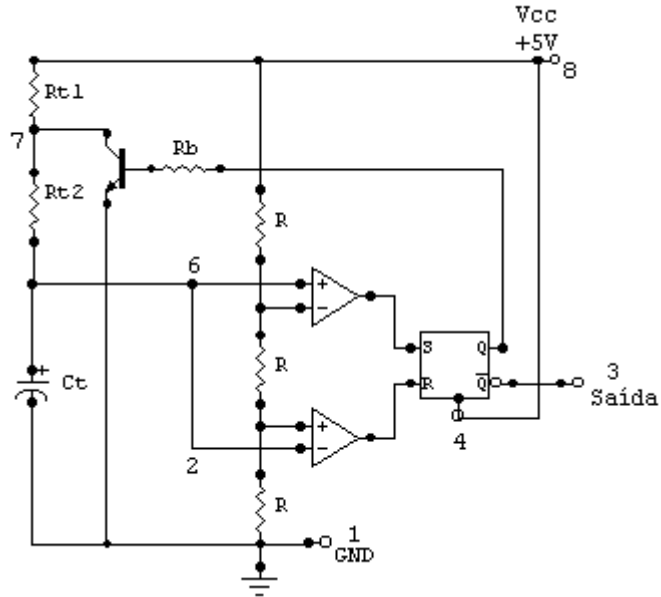
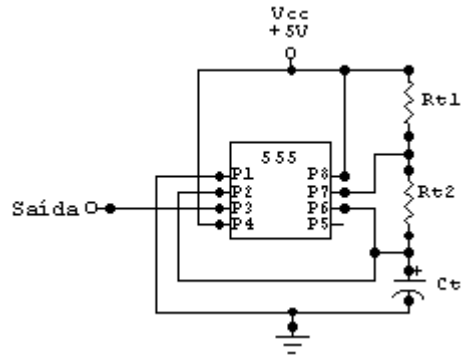
O valor mínimo de Rt é limitado pelo transistor de descarga (geralmente  $1k\Omega$  é o mínimo permitido).

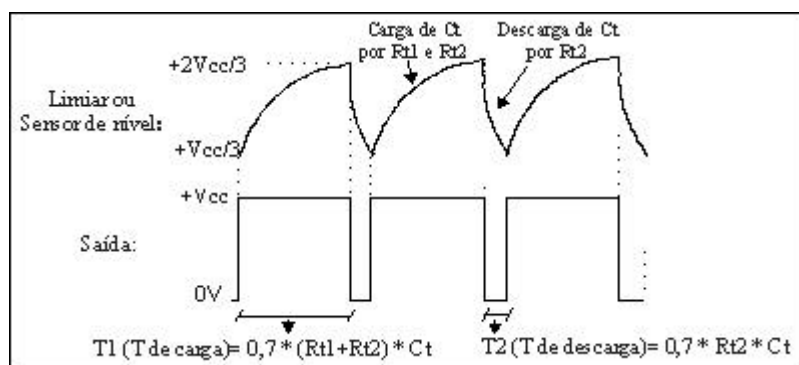
Com relação ao valor máximo de Rt, geralmente os fabricantes recomendam um máximo de  $20M\Omega$ , mas acima de  $1M\Omega$  a precisão fica comprometida. Por tanto, em aplicações gerais, o valor de Rt deve ficar entre  $1k\Omega$  e  $1M\Omega$ .

Não há limites para o valor de Ct, a não ser o seu custo. Apenas note que, dependendo do valor da capacitância do capacitor eletrolítico e de sua qualidade, ele pode apresentar correntes de fuga que podem distorcer os períodos calculados das temporizações. Note também que para valores muito altos de capacitância, o transistor de descarga levará mais tempo para descarregar Ct. A sua tensão de isolação deve ser maior ou igual a  $V_{cc}$  (quanto mais próximo de  $V_{cc}$ , melhor), já que uma tensão de isolação menor que  $V_{cc}$  causará uma diminuição na vida útil do capacitor.

### Operação Astável (Oscilador)

As figuras abaixo mostram as configurações do 555 em operação astável.





Neste tipo de operação, são colocados os resistores  $R_{t1}$  e  $R_{t2}$  em série no lugar do  $R_t$  na operação monoestável.

Como ponto de partida, vamos supor que inicialmente o flip-flop está resetado (Q em nível baixo e  $\bar{Q}$  em nível alto). Assim sendo, o transistor está cortado e  $C_t$  está se carregando através da resistência ( $R_{t1} + R_{t2}$ ).  $C_t$  se carrega até que excede a tensão de controle ( $2/3V_{cc}$ ), fazendo com que a tensão na entrada não-inversora (pino 6) do comparador 1 seja maior que a tensão na sua entrada inversora, isso faz com que sua saída vá a nível alto, setando o flip-flop.

Com nível alto em Q, o transistor de descarga entra em saturação fazendo com que  $C_t$  se descarregue por  $R_{t2}$ . A tensão em  $C_t$  diminui até que fique menor que a tensão da entrada não inversora do comparador 2 ( $1/3V_{cc}$ ). A saída do comparador 2 vai a nível alto, resetando o flip-flop e voltando ao ponto de partida. Esta operação astável se repete indefinidamente.

A tensão em  $C_t$  varia entre  $1/3V_{cc}$  e  $2/3V_{cc}$ , embora possa ser alterada, externamente, atuando-se sobre a tensão de controle (pino 5).

A duração do período alto ou tempo de carga é dada por:

$$T_1 = 0,7 * (R_{t1} + R_{t2}) * C_t$$

E a duração do período baixo ou tempo de descarga é dada por:

$$T_2 = 0,7 * R_{t2} * C_t$$

O período total (T) é:

$$T = T_1 + T_2 = 0,7 * (R_{t1} + 2 R_{t2}) * C_t$$

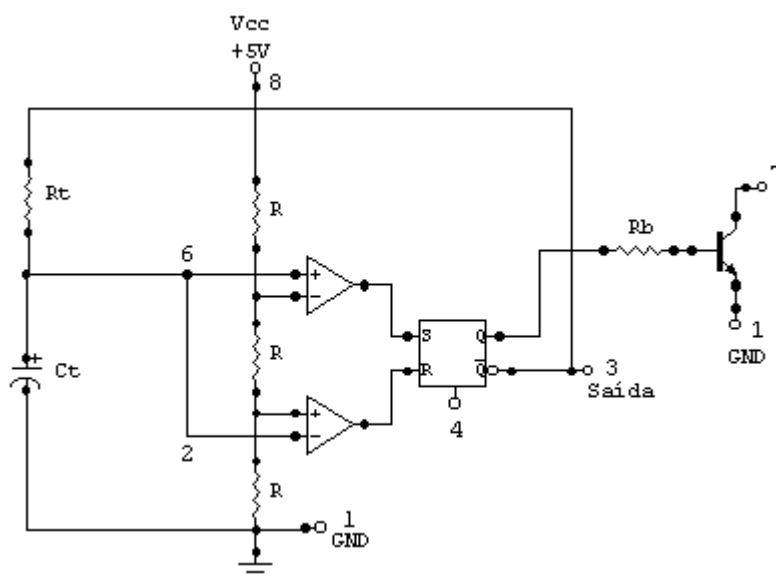
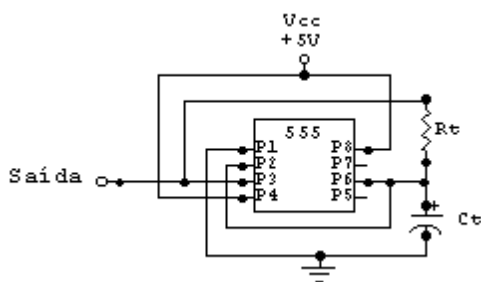
E a frequência (f) é:

$$f = 1 / T \cong 1,45 * (Rt1 + 2Rt2) * Ct$$

Se Rt2 for muito maior que Rt1 (Rt2= 100kΩ e Rt1= 1kΩ , por exemplo), os períodos altos e baixos serão quase iguais. O valor de Rt1 será desprezível em relação ao valor de Rt2, assim a frequência será de:

$$f \cong 0,73 / Rt2 * Ct$$

Caso tenha a necessidade um oscilador com durações iguais dos níveis altos e baixos, o circuito deve ser configurado como mostram as figuras abaixo.



O pino 7 (descarga) não é conectado e é colocado um resistor  $R_t$  no lugar dos dois resistores  $R_{t1}$  e  $R_{t2}$ , com o pino 3 (saída) conectado à este resistor  $R_t$ .

Supondo que inicialmente o flip-flop esteja setado, não existe diferença de potencial em  $R_t$  e  $C_t$ . Com  $C_t$  descarregado, a tensão no disparador (pino 2) é de 0V. Assim, a saída do comparador 2 vai à nível alto, resetando o flip-flop e deixando a saída /Q em nível alto. Neste momento  $C_t$  se carrega por  $R_t$ , fazendo a tensão de limiar (pino 6) elevar-se, até que atinge a tensão de controle ( $+2/3V_{cc}$ ). Quando isso ocorre, a saída do comparador 1 vai a nível alto, setando o flip-flop e fazendo com que a saída /Q vá a nível baixo. Então,  $C_t$  se descarrega por  $R_t$ , voltando para o estado inicial. Os períodos de nível alto e baixo são iguais porque  $C_t$  se carrega por  $R_t$  e se descarrega pelo mesmo  $R_t$ .

O período de carga e de descarga é dado por:

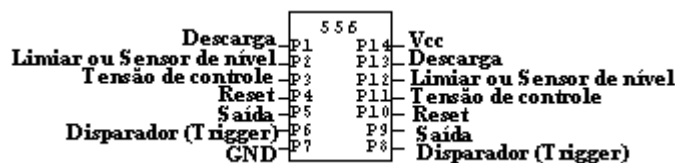
$$T_{carga} = T_{descarga} = 0,7 * C_t * R_t$$

Assim, o período total é de:

$$T_{total} = 2 * T_{carga} = 1,4 * C_t * R_t$$

## O Circuito Integrado 556

O 556 consiste em dois temporizadores 555 inseridos em um único integrado de 14 pinos. A pinagem do 556 é dada pela figura abaixo:

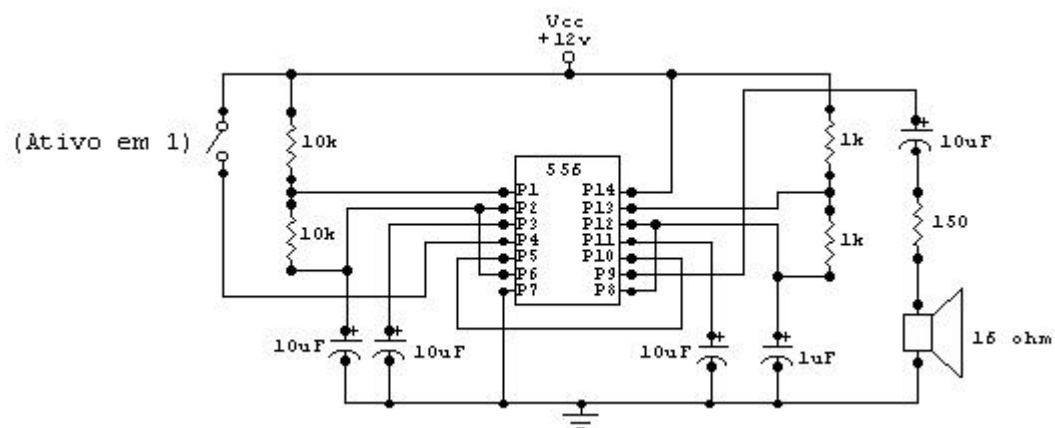
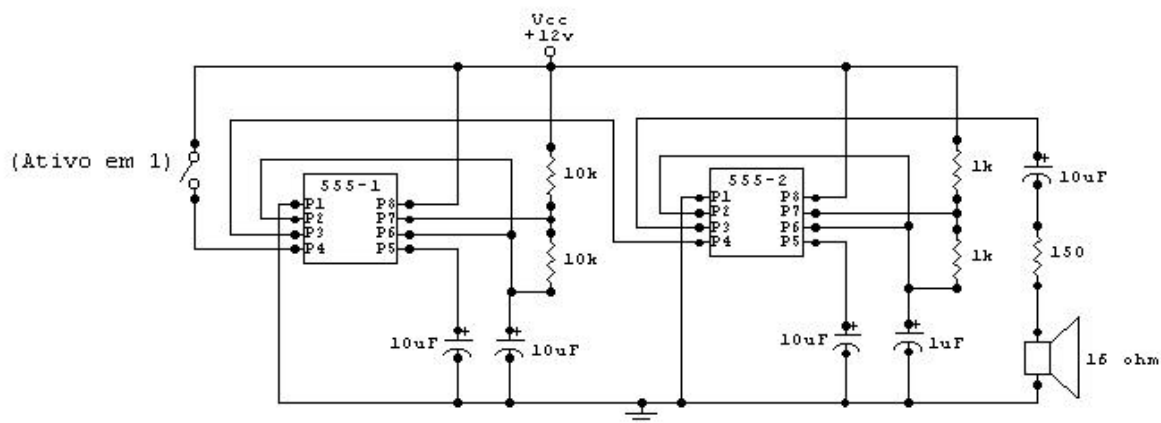


O funcionamento do 556 é idêntico ao 555. Porém, o 556 só pode fornecer ou drenar 150mA, em comparação ao 200mA do 555.

### Algumas aplicações úteis

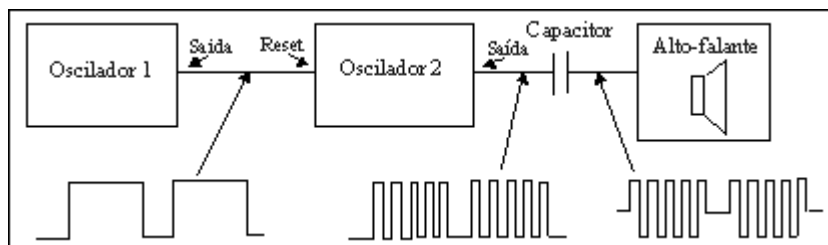
Além das funções de oscilador e temporizador vistas acima, aqui vão alguns circuitos que poderão ser de muita ajuda em montagens de projetos mais complexos.

#### Gerador de bips



Este circuito consiste em dois 555 em operação astável, sendo que a saída de um (que possui uma frequência relativamente baixa) está conectada ao reset do outro (que possui uma frequência relativamente alta). As figuras acima mostram os diagramas elétricos do circuito utilizando dois 555 e um 556. Abaixo temos o diagrama em bloco simplificado do circuito.

a).



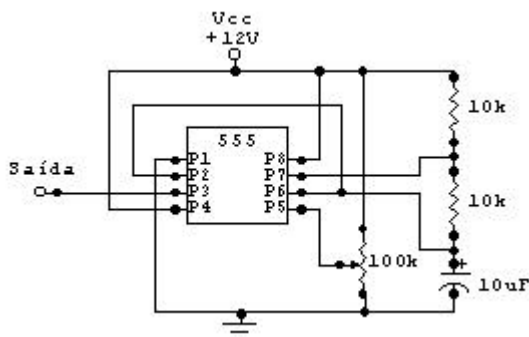
Este circuito, pela sua simplicidade, dispensa maiores explicações. Ele é ativado com nível alto ( $V_{cc}$ ) no pino de reset do oscilador 1. Observe que foram colocados capacitores de  $10\mu F$  entre os pinos da tensão de controle e o terra. Isto aumenta a imunidade a ruídos que podem alterar esta tensão de controle para valores diferentes de  $2V_{cc}/3$ .

Note também que foram colocados um capacitor de  $10\mu F$  e um resistor de  $150\Omega$  em série com o alto-falante de  $16\Omega$ . A função do capacitor em série é de acoplamento, ou seja, bloquear a componente contínua do sinal, deixando passar apenas o sinal alternado. E a função do resistor é a de limitar a corrente no alto-falante, já que a sua impedância é muito baixa.

Estejam à vontade para alterar os valores dos resistores e capacitores dos osciladores (nos circuitos acima foram usados resistores de  $10K\Omega$  e capacitor de  $10\mu F$ , no oscilador 1, e resistores de  $1k\Omega$  e capacitor de  $1\mu F$ , no oscilador 2), apenas certifique-se de que a frequência do oscilador 2 esteja na faixa de frequência audível do ouvido humano (de  $200Hz$  a  $20kHz$ ). Também podem ser colocados potenciômetros ao invés de resistores, caso queira variar as durações dos bips ou a sua frequência.

Para obter uma tensão de  $V_{cc}$  de  $+12v$ , recomendamos o integrado 7812. Este regulador de tensão fornece uma tensão constante de  $+12 v$  na saída, com uma tensão contínua de entrada que pode variar de  $+13,7$  a  $+35v$ . Caso queira tornar este circuito compatível com nível TTL ( $V_{cc}= +5v$ ), utilize o regulador 7805 que fornece uma tensão de  $+5v$ . Apenas atente para o valor do resistor em série com o alto-falante, que deverá ser menor, já que a tensão diminuiu para  $5v$ .

**VCO (Oscilador Controlado por Tensão)**

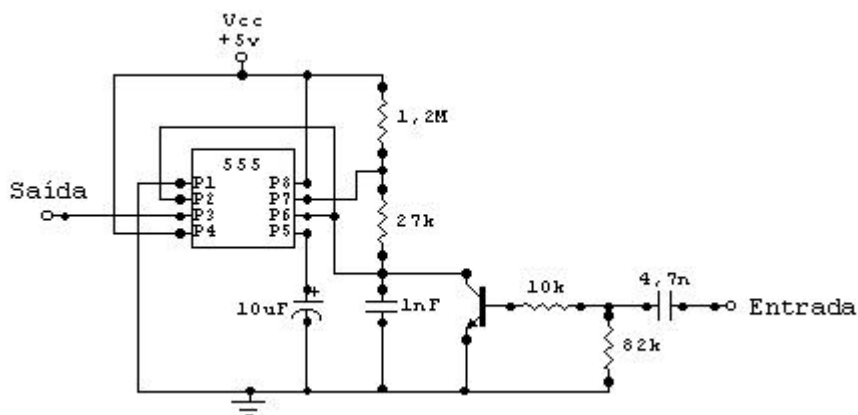


VCO é um circuito que produz um sinal de saída oscilante (geralmente uma onda quadrada ou triangular) cuja frequência é ajustada dentro de uma faixa, controlada pelo nível de uma tensão de entrada. Este tipo de circuito é usado para, entre outras coisas, modulação de sinais.

O circuito acima é apenas um oscilador cuja tensão de controle não é mas constante ( $2V_{cc}/3$ ), e sim uma tensão de entrada que é uma fração qualquer de  $V_{cc}$ . Variando o potenciômetro, a tensão de controle irá variar e consequentemente a frequência do sinal de saída também.

Na prática, não é muito confiável usar o 555 ou 556 para esta aplicação. O 566 é um circuito integrado voltado essencialmente para esta função. Ele gera ondas quadradas e triangulares cuja frequência varia linearmente com o nível da tensão de entrada (de acordo com o resistor e capacitor externos empregados). Mas isto não tira o valor didático deste circuito.

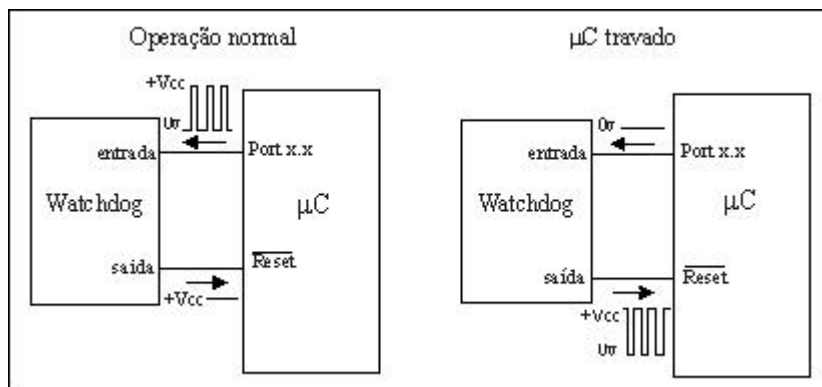
*Monitorador de Frequência*



Este circuito dispara o oscilador na ausência de uma frequência de entrada que se queira monitorar. Com sinal na entrada, o transistor satura e o capacitor de 1nF é constantemente descarregado. Isto garante uma tensão baixa no disparador (pino 2), que faz com que tenha nível alto na saída do comparador 2, resetando o flip-flop. O resultado disto é que o 555 fica impossibilitado de operar como oscilador, mantendo nível alto na saída /Q (pino 3).

Na ausência da frequência monitorada, o transistor fica cortado. Isto habilita o capacitor a se carregar e descarregar normalmente na operação astável. Assim, haverá um sinal oscilante na saída.

Este circuito pode ser utilizado como watchdog para circuitos com microcontroladores que não possuam este circuito internamente, como 8051. O watchdog é um circuito que tem a função de não deixar o  $\mu C$  travar, resetando-o caso pare de responder ao watchdog.



Operando normalmente, o  $\mu C$  geraria pulsos periódicos para a entrada do watchdog (por meio de instruções que ponha nível alto e baixo em um pino do  $\mu C$ , como por exemplo, no 8051: SETB Px.x e CLR Px.x, onde Px.x é um port de I/O qualquer). Estas instruções devem estar presentes no programa principal e nas sub-rotinas, sendo executadas repetidamente, gerando pulsos em um pino do  $\mu C$ . Se o  $\mu C$  estiver operando normalmente, ele enviará estes pulsos frequentemente para a entrada do watchdog, fazendo com que o transistor seja continuamente cortado e o capacitor, descarregado. O resultado disso é um nível alto no pino de /Reset (no caso, o 8051 é resetado com nível baixo neste pino). A função do capacitor de 4,7nF é a de impedir que o transistor seja saturado apenas com nível alto no pino do port do  $\mu C$ , e sim com pulsos neste pino.

Caso o  $\mu C$  trave por algum motivo, ele não enviará mais os pulsos. Então o watchdog enviará uma série de pulsos ao pino de /Reset do  $\mu C$ , resetando-o. Na maioria das vezes o  $\mu C$  retorna à sua operação normal, a não ser por um problema maior, como erro no software ou operações em condições extremas. Maiores informações sobre este recurso podem ser encontrados no texto sobre o  $\mu C$  [AVR 90S1200](#).

Para finalizar, diversas são as aplicações deste versátil circuito integrado, por isso no que se refere ao 555 podemos dizer que o limite para as suas aplicações é a sua imaginação.

## Bibliografia:

- Projetos eletrônicos com 555, autor: E. A. Parr, ed. Seltron;
- Apostila de eletrônica geral 3 do CEFET-PE, autor: Antônio Jorge Carvalho;
- Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos, autores: Boylestad e Nashelsky, ed. PHB;
- Linear Circuits Applications, Texas Instruments.