

Laboratório de Circuitos Eletrônicos I – ELT 089

Aula elaborada por: Prof. Pedro Donoso – DELT/UFMG

(rev. 29/04/2019)

1. Título: Prática – Aplicações do CI555

2. Objetivos

Estudo, projeto, simulação, montagem, medição das tensões e correntes nos terminais básicos do circuitos elaborados com o CI555.

OBS. Os grupos deverão implementar os circuitos com o CI555 utilizando valores dos componentes e/ou das frequências geradas diferentes aos sugeridos pelo guia de aula. É importante a proposta dos circuitos projetados pelos alunos e a experimentação de forma a comprovar resultados, assim conhecimentos serão obtidos.

3. Introdução ao CI555

O 555 é um circuito integrado (chip) utilizado em uma variedade de aplicações como temporizador ou oscilador. É baseado em dois comparadores de tensão os quais comparam as tensões de $1/3$ e $2/3$ de V_{cc} , um Flip-Flop tipo R-S e um transistor, mostrados no diagrama de blocos da Figura 1. Associando vários circuitos com CI555 pode-se criar inúmeros de circuitos para realizar diferentes tarefas: moduladores de onda, gerador de dente de serra, modulação por largura de pulsos (PWM).

O 555 foi projetado pelo engenheiro eletrônico Hans R. Camenzind em 1970 e comercializado em 1971 pela fabricante americana Signetics (mais tarde adquirida pela Philips). Foi apelidado de "The IC Time Machine" ("A Máquina do Tempo num Chip"). Este componente esta em pleno uso, graças a sua simplicidade, baixo preço e boa estabilidade.

O CI 555 é um dos mais populares e versáteis circuitos integrados já produzidos. Da mesma família de temporizadores temos ainda o CI 556, composto de dois temporizadores 555 combinados em um encapsulamento DIP de 14 pinos. O CI 558 é um encapsulamento DIP de 16 pinos que combina quatro temporizadores 555. Também estão disponíveis versões de potência ultra baixa como o CI 7555, que utiliza um número menor de componentes externos e tem menor consumo de energia.

O 555 têm três modos de operação:

- Modo monoestável: nesta configuração, o CI 555 funciona como um disparador. Suas aplicações incluem temporizadores, detector de pulso, chaves imunes a ruído, interruptores de toque, etc.
- Modo astável: o CI 555 opera como um oscilador. Os usos incluem pisca-pisca de LED, geradores de pulso, relógios, geradores de tom, alarmes de segurança, etc., a frequência de oscilação é controlada externamente por resistores e capacitores.

- Modo biestável: o CI 555 pode operar como um flip-flop, se o pino DIS não for conectado e se não for utilizado capacitor. As aplicações incluem interruptores imunes a ruído, etc.

4. Diagrama em blocos

A Figura 1 mostra o diagrama de blocos do CI555.

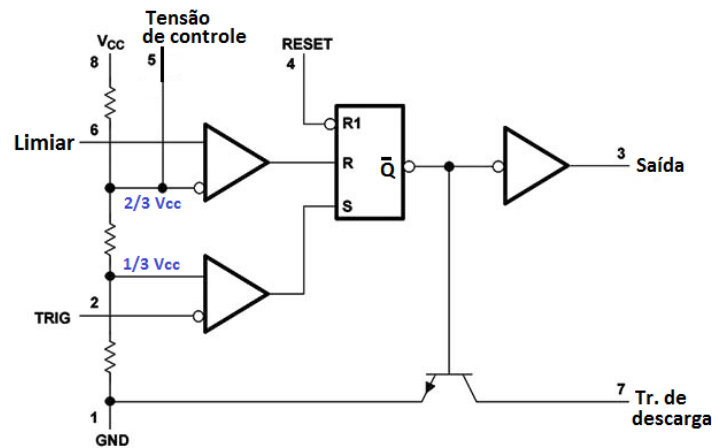


Fig. 1 - Diagrama de blocos do CI 555

Os pinos do CI 555 possuem as seguintes funções:

Pino	Nome	Descrição
1	GND	Terra – Este pino deve estar sempre conectado ao terra da alimentação.
2	TRIGGER	Gatilho – Este pino ativa o biestável interno e a saída (OUTPUT) quando estiver com uma tensão abaixo de 1/3 da tensão VCC.
3	OUTPUT	Saída – Quanto ativada permanece em VCC por um intervalo de tempo. O intervalo de tempo é definido por resistores e capacitor segundo o circuito realizado com o CI555.
4	RESET	Reset – Interrompe um ciclo de temporização quando conectado ao terra (“pulled low”).
5	CONTROL	Tensão de Controle – Usada para alterar o funcionamento do comparador interno do chip ligado ao pino limiar (THRESHOLD) tornando-o mais ou menos sensível. Se utiliza um capacitor de 100nF ligado ao terra.
6	THRESHOLD	Limiar – Desativa o biestável interno e a saída (OUTPUT) quando estiver com uma tensão acima de 2/3 da tensão VCC.
7	DISCHARGE	Descarga – É usado para descarregar o capacitor conectado a esse terminal.
8	VCC	Alimentação Positiva – Este pino deve estar sempre conectado Vcc. A tensão de alimentação deve estar entre +5 e +15V.

5. Ligações dos pinos (pinagem)

A Figura 2 mostra a pinagem do CI 555 e do CI 556 que contem dois CI555.

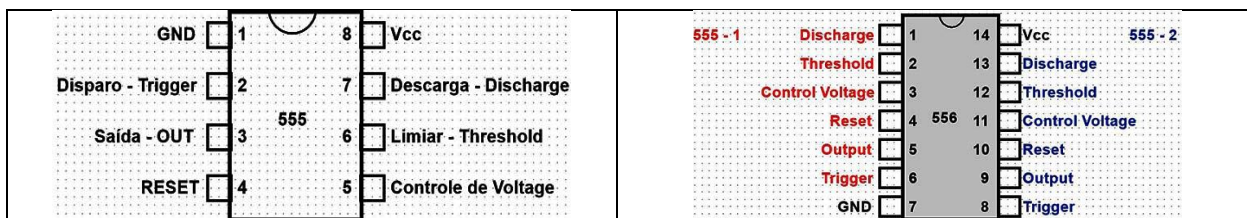


Fig. 1 - Pinagem dos CIs 555 e 556

Características do CI555:

- ✓ Faixa de Tensões de Alimentação: 4,5 - 18 V
- ✓ Corrente máxima de saída: ~ 200 mA
- ✓ Tensão de limiar típica com alimentação de +5 V: 3,3 V
- ✓ Corrente de limiar típica: 30 nA
- ✓ Nível de disparo típico com alimentação de 5 V: 1,67 V
- ✓ Tensão de reset típica: 0,7 V
- ✓ Dissipação máxima: 500 mW
- ✓ Corrente típica de alimentação com 5 V: 3 mA
- ✓ Corrente típica de alimentação com 15 V: 10 mA
- ✓ Tensão típica de saída no nível alto com 5 V de alimentação ($I_o = 50$ mA): 3,3 V
- ✓ Tensão típica de saída no nível baixo com 5 V de alimentação ($I_o = 8$ mA): 0,1 V

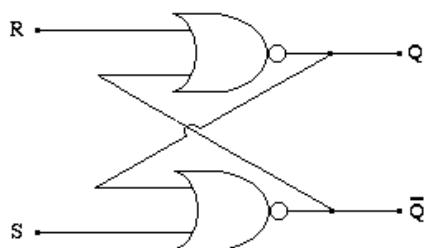
Obs. Estas características foram obtidas no catálogo do CI da Texas Instruments.

6. Aplicações:

6.1 Como um Flip-Flop R-S

Situações	Pino 2	Pino 6	R	S	Q	\bar{Q}	Transistor de descarga	Saída (pino 3)
1	$> 1/3 VCC$	$< 2/3 VCC$	0	0	Não muda		Não muda	Não muda
2	$< 1/3 VCC$	$< 2/3 VCC$	0	1	1	0	Em corte	1
3	$> 1/3 VCC$	$> 2/3 VCC$	1	0	0	1	Saturado	0
4	$< 1/3 VCC$	$> 2/3 VCC$	1	1	0	0	Em corte	1

Equivalente ao Flip-Flop R-S com portas NOR



R	S	Q	\bar{Q}	Estado
0	0	Não muda		Hold
0	1	1	0	Set
1	0	0	1	Reset
1	1	0	0	Proibido

Fig. 3 - Tabela e circuito equivalente do FF / R-S.

6.2 Multivibrador astável

Princípio de operação

Observamos no diagrama de blocos do CI555 que existem três resistores ligados em série. Eles geram a referência de tensão ($1/3V_{cc}$ e $2/3V_{cc}$) para os comparadores formados pelos amplificadores operacionais.

A saída dos comparadores é ligada a um flip-flop tipo RS (set-reset).

A análise do funcionamento pode ser feita pelo circuito da Figura 4:

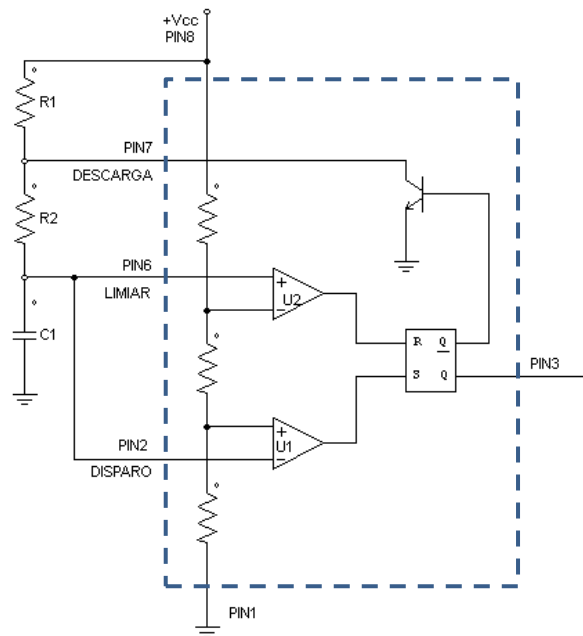


Fig. 4 - Astável

Quando o circuito é inicialmente ligado o capacitor está descarregado e a saída do flip-flop está em "1". Através dos resistores R1 e R2 inicia-se a carga do capacitor.

Enquanto a tensão do capacitor ainda está abaixo de $1/3$ da tensão V_{cc} , a saída do comparador U1 está em "1", enquanto a saída do comparador U2 está em "0". A saída do flip-flop (Q) será alta.

Quando a tensão no capacitor atinge $1/3$ da tensão da fonte, a saída do comparador U1 vai a nível baixo, enquanto o comparador U2 permanece em "0". A saída (Q) do flip-flop permanece em nível alto.

A tensão no capacitor continua aumentando, até atingir $2/3$ da tensão da fonte. Neste instante a saída de U2 passa para uma saída em nível alto no U2 e nível baixo na saída do U1. O flip-flop RS recebe nível alto na entrada "R" e *reseta*, levando a saída Q à nível zero, e ligando o transistor. Para o capacitor ligado neste pino (7), o transistor irá descarregar o capacitor através de resistor. Quando a tensão no capacitor cair um pouco abaixo de $1/3$ da tensão da fonte, o U2 terá saída baixa e o U1 terá saída alta, desligando o transistor, e levando a saída (pino 3) a nível alto. O capacitor começa a se carregar e reinicia o processo.

Projeto do astável:

O capacitor C1 carrega de $1/3V_{cc}$ até $2/3V_{cc}$ através de R1 e R2.

$$t_1 = (R1 + R2) \cdot C1 \cdot \ln \frac{V_{cc} - 1/3V_{cc}}{V_{cc} - 2/3V_{cc}}$$

$$t_1 = (R1 + R2) \cdot C1 \cdot \ln 2$$

$$t_1 = 0,693(R1 + R2) \cdot C1$$

O capacitor C1 descarrega de $2/3V_{cc}$ até $1/3V_{cc}$ através de R2.

$$t_2 = R2 \cdot C1 \cdot \ln \frac{2/3V_{cc}}{1/3V_{cc}}$$

$$t_2 = R2 \cdot C1 \cdot \ln 2$$

$$t_2 = 0,693 \cdot R2 \cdot C1$$

O período é definido:

$$T = t_1 + t_2 = 0,693(R1 + 2 \cdot R2) \cdot C1$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,693(R1 + 2 \cdot R2) \cdot C1} = \frac{1,44}{(R1 + 2 \cdot R2) \cdot C1}$$

OBS.

- Se $R1 \ll R2$, a forma de onda será quase simétrica;
- O ciclo de trabalho, considerando o nível alto na saída, será: $D = (t_1 / T) \times 100\%$;
- $D = (R1 + R2) / (R1 + 2 \cdot R2) \cdot 100\%$
- No circuito do multivibrador astável, o ciclo de trabalho (para nível alto) será sempre maior do que 50% devido a se ter $t_1 > t_2$;
- O primeiro ciclo apresenta um tempo maior devido a que o capacitor se carrega a partir da tensão zero.

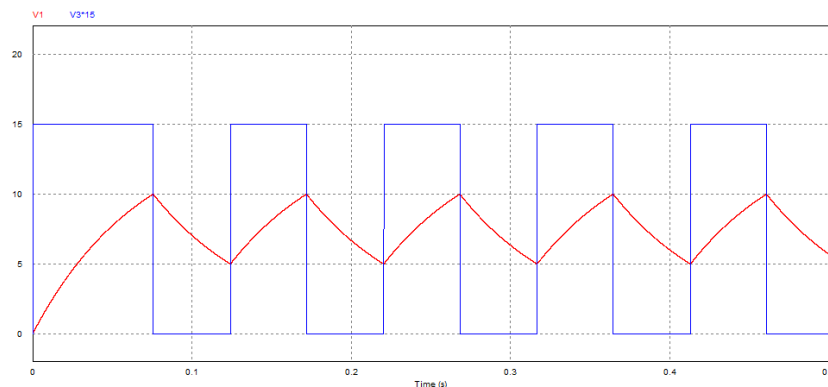


Fig. 5 - Formas de onda da tensão no capacitor e saída do CI555 - Resultados de simulação para $R1 = 1k\Omega$, $R2 = 68k\Omega$ e $C1 = 1\mu F$ para uma frequência de 10,5 Hz

6.3 Multivibrador Monoestável

O circuito do monoestável é mostrado na Figura 6. O estado estável da saída do CI555 é nível 0 (0V).

Aplicando um pulso de disparo ao pino 2, a saída muda de 0V para VCC e permanece neste estado durante a carga do capacitor C1.

O capacitor C1 se carrega através do resistor R1 e assim que a tensão atinge 2/3 VCC a saída volta a 0V.

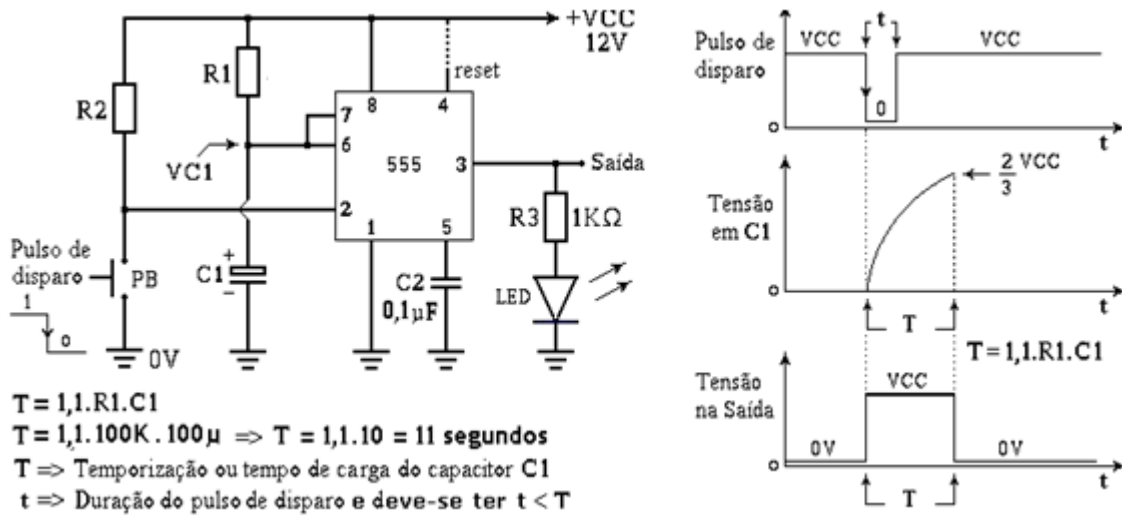


Fig. 6 - Circuito de Monoestável com CI555

- Pressionar momentaneamente Push Button (PB) para obter o pulso de disparo;
- O capacitor C1 se carrega de 0V até 2/3 Vcc.

$$T = R1 \cdot C1 \cdot \ln \frac{V_{cc}}{V_{cc} - \left(\frac{2V_{cc}}{3}\right)}$$

$$T = R1 \cdot C1 \cdot \ln \cdot 3$$

$$T = 1,1 \cdot R1 \cdot C1$$

Para o circuito monoestável: $T = 1,1 \cdot 100k \cdot 100\mu F = 11s$.

- A saída volta a 0V após a temporização se a tensão no pino 2 estiver em nível alto.
- A duração do pulso de disparo deve ser: $t < T$;
- Se o pino 2 (trigger) ainda estiver aterrado (PB pressionado), a saída não voltará a zero.

6.4 Multivibrador astável com ciclo de trabalho igual a 50%

A Figura 7 mostra o circuito de um multivibrador astável com ciclo de trabalho de 50%.

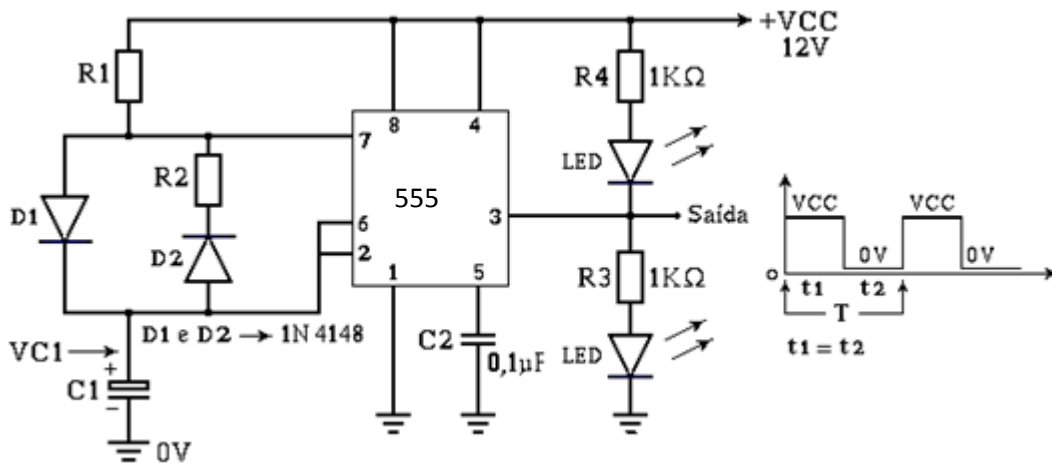


Fig. 7 - Multivibrador astável com ciclo de trabalho de 50%.

O capacitor C1 se carrega de $1/3 V_{cc}$ até $2/3 V_{cc}$ através de R1 e D1. E capacitor C1 se descarrega de $2/3 V_{cc}$ até $1/3 V_{cc}$ através de D2 e R2.

$$t_1 = 0,693 \cdot R_1 \cdot C_1 \Rightarrow$$

$$t_2 = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_1 \Rightarrow$$

Note que a resistência R1 é igual a R2, conseqüentemente o ciclo de trabalho será de 50%.

$$T = t_1 + t_2 = 0,94s \Rightarrow$$

O ciclo de trabalho D (ou relação cíclica) é a relação entre o tempo em que a saída fica em nível alto (t_1) e o período T.

$$D = (t_1 / T) \cdot 100\%$$

$$D = R_1 / (R_1 + R_2) \cdot 100\%$$

Pode-se alterar o ciclo de trabalho através de R1 ou de R2, no entanto, o período T altera e conseqüentemente também altera a frequência de oscilação.

Se $R_1 = 9 \cdot R_2$ tem-se $D = 90\%$, conseqüentemente a saída em nível alto (V_{cc}) durante 90% do período T e tem-se $t_1 > t_2$.

Se $R_2 = 9 \cdot R_1$ tem-se $D = 10\%$, conseqüentemente a saída em nível alto (V_{cc}) durante 10% do período T e tem-se $t_1 < t_2$.

6.5 Multivibrador astável com ajuste do ciclo de trabalho sem alterar o período T

A Figura 8 mostra o circuito de um multivibrador astável com ajuste do ciclo de trabalho.

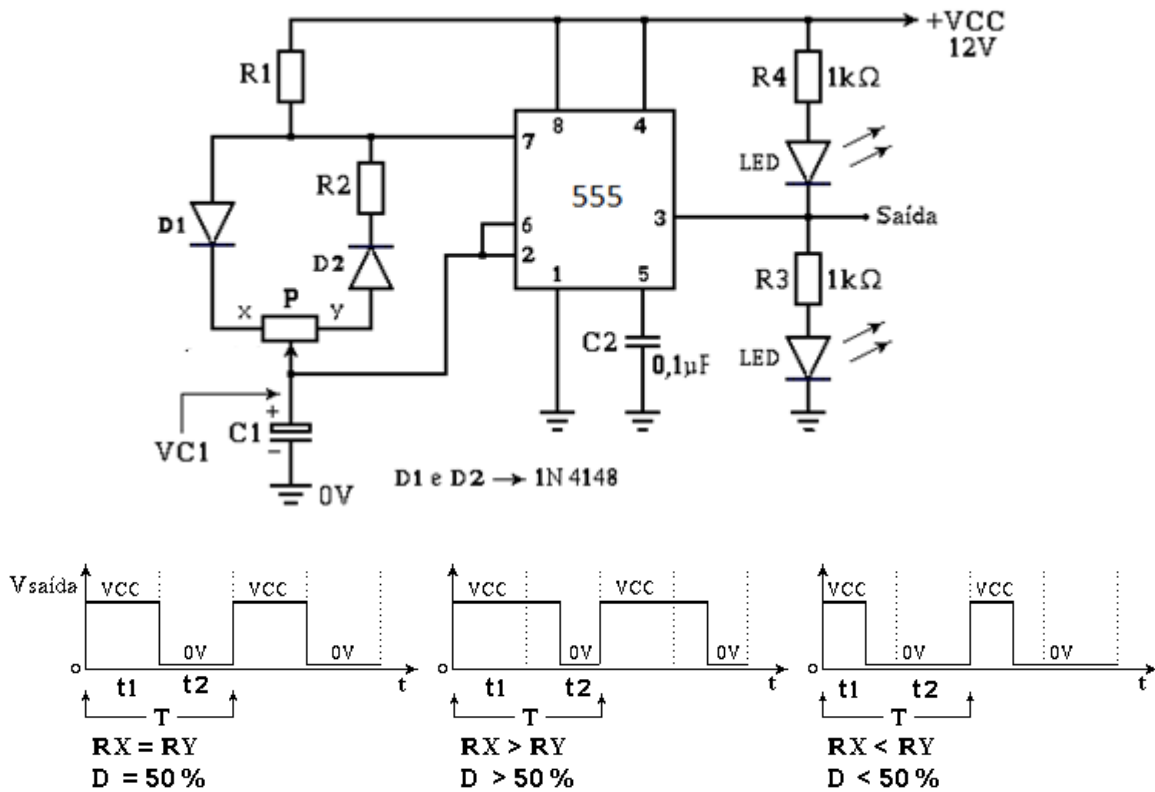


Fig. 8 - Multivibrador astável com ajuste do ciclo de trabalho

Para o circuito mostra na Figura 8, se o tempo t_1 aumenta o tempo t_2 diminui mantendo o valor de T , também, se o tempo t_1 diminui o tempo t_2 aumenta mantendo o valor de T .

Esta variação da relação cíclica é obtida pelo ajuste do potenciômetro P .

Desta forma, se $R_X < R_Y$, o tempo t_1 diminui e t_2 aumenta e se $R_X > R_Y$, o tempo t_1 aumenta e t_2 diminui.

O capacitor C_1 se carrega de $1/3V_{CC}$ até $2/3V_{CC}$ através de R_1 , D_1 e R_X . E C_1 se descarrega de $2/3V_{CC}$ até $1/3V_{CC}$ através de D_2 , R_2 e R_Y .

$$t_1 = 0,693 \cdot (R_1 + R_X) \cdot C_1$$

$$t_2 = 0,693 \cdot (R_2 + R_Y) \cdot C_1$$

$$T = t_1 + t_2 \Rightarrow T = 0,693 \cdot C_1 \cdot (R_1 + P + R_2)$$

$P = R_X + R_Y$ onde P é o potenciômetro, que no circuito é de $220k\Omega$

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + P + R_2) \cdot C_1}$$

A frequência de oscilação não varia, ainda que se varie o ciclo de trabalho.

$$D = (t_1 / T) \cdot 100\% \Rightarrow D = (R_1 + R_X) / (R_1 + P + R_2) \cdot 100\%$$

6.6 Geração de pulsos de curta duração (trem de pulsos)

A Figura 9 mostra o circuito de um gerador de trem de pulsos de curta duração, o qual pode ser utilizado no circuito de comando de um SCR ou um TRIAC que, através de um transformador de pulsos pode-se gerar um 'trem de pulsos' para o disparo desses semicondutores.

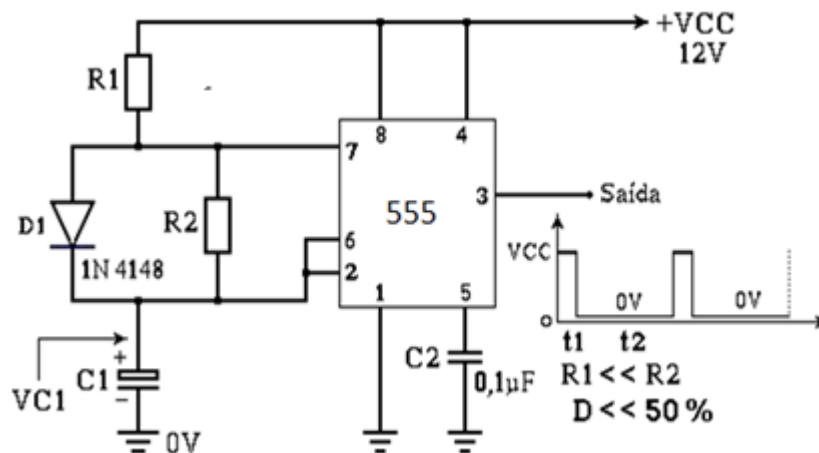


Fig. 9 - Gerador de pulsos de curta duração – trem de pulsos.

O capacitor C1 se carrega através de R1 e D1 de $1/3 V_{cc}$ até $2/3 V_{cc}$ e C1 se descarrega por R2 e o transistor do pino 7, que é acionado, de $2/3 V_{cc}$ até $1/3 V_{cc}$.

Fazendo $R_1 \ll R_2$ tem-se na saída pulsos de curta duração.

$$t_1 = 0,693 \cdot R_1 \cdot C_1$$

$$t_2 = 0,693 \cdot R_2 \cdot C_1$$

$$T = t_1 + t_2 \Rightarrow T = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + R_2)C_1}$$

$$D = \frac{t_1}{T} \cdot 100\% \Rightarrow D = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot 100\%$$

6.7 Modulação da frequência de oscilação através do pino 5 – “Sweep”.

Dois CI555 podem ser utilizados para ter um sinal modulado -Sweep. O U1 produz uma forma de onda em baixa frequência e o U2 em alta frequência como é mostrado pela Figura 10.

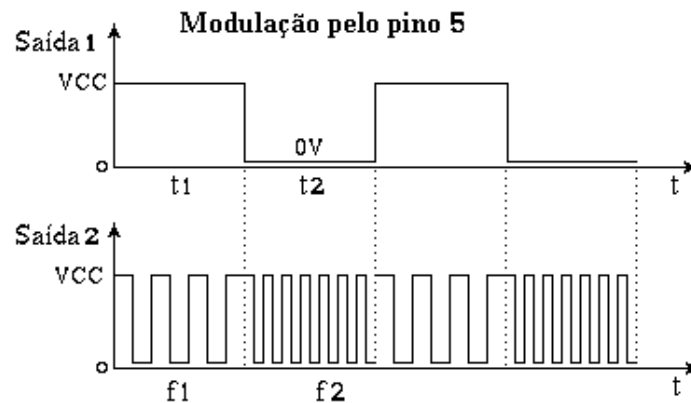


Figura 10 - Saída modulada “Sweep”

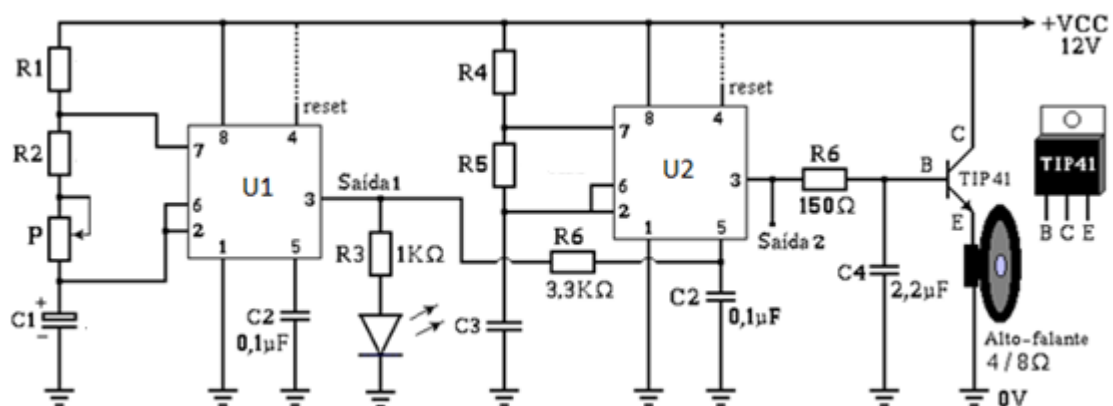


Fig. 11 - Circuito modulador “Sweep” baseado no CI555.

No circuito mostrado na Figura 11, a tensão de referência que aparece no pino 5 de U2 (tensão de controle) é de $2/3$ de VCC (ver Fig. 5). Com isto, o capacitor C3 carrega até $2/3$ VCC e descarrega até $1/3$ VCC. Esta tensão de referência será mudada de acordo com a saída (pino 3) do primeiro CI-555 (U1). Se a saída1 for VCC, a tensão de referência do segundo CI-555 aumentará e a frequência de oscilação diminuirá. Se a saída1 for 0V, a tensão de referência do segundo CI-555 diminuirá e a frequência de oscilação aumentará.

O primeiro multivibrador astável (saída1) deve ter uma frequência de oscilação menor do que o segundo (saída2).

É utilizado um amplificador coletor comum para alimentar o autofalante, implementado com transistor TIP41. Maior corrente se obtém utilizando um transistor Darlington TIP120 que tem alto ganho de corrente.. Este circuito simula uma sirene onde se tem dois tons, um grave e outro agudo.

Na saída1, a frequência pode ser ajustada através do de 0,65Hz a 7 Hz através de P

Na saída2, a frequência $f_1 = 108\text{Hz}$ quando a saída 1 esta em V_{cc} e $f_2 = 230\text{Hz}$ quando a saída1 está em $0V$. ($f_1 < f_2$).

Para dar inicio ao funcionamento deste oscilador *sweep*, os pinos 4 (reset) devem estar ligados a tensão V_{cc} .

6.8 Modulação da frequência de oscilação através do pino 4 (Reset).

Pode-se obter outra forma de modulação através de dois CI555, no qual o primeiro gera baixa frequência e o segundo alta frequência, como mostra a Figura 12.

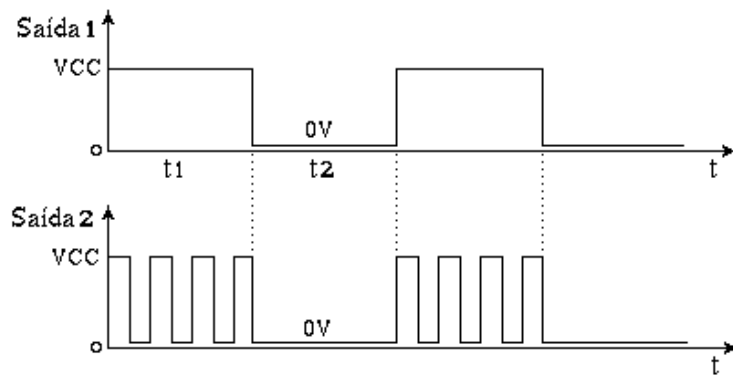


Figura 12 - Saída modulada.

A Figura 14 apresenta o circuito que gera a forma de onda modulada. A saída 1 esta ligada ao pino 4 (Reset) do segundo oscilador. A saída do primeiro oscilador, quando esta em nível baixo ($V_{saída} = 0$) o segundo oscilador fica 'resetado' e não oscila, dessa forma não emite som. Quando o primeiro oscilador muda de estado para nível alto ($V_{saída} = V_{cc}$), o reset do segundo oscilador é liberado, passando oscilar, emitindo som.

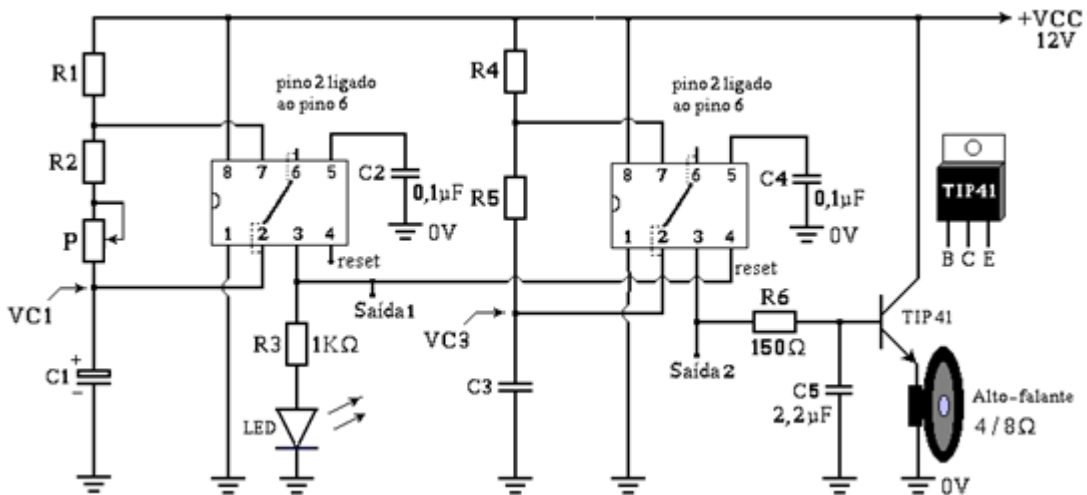


Fig. 14 – Circuito de saída modulada.

O primeiro CI555 permite variar a frequência de oscilação através do potenciômetro P, ajustando a frequência de 0,65 Hz a 7Hz. A saída do segundo oscilador oscila na frequência de 150Hz.

6.9 Gerador de rampa linear ou dente de serra

Um gerador de forma de onda em rampa linear ou dente de serra pode ser criado combinando um gerador de pulso com relação ciclica bem menor que <1% juntamente com o circuito de fonte de corrente carregando um capacitor como mostrado na Figura 14. Os componentes Ra, Rb e C são escolhidos para produzir um trem de pulso no pino de saída 3 do CI555 com o período desejado da onda de rampa, como podemos observar na Figura 15, e com um ciclo de trabalho preferencialmente inferior a 1%.

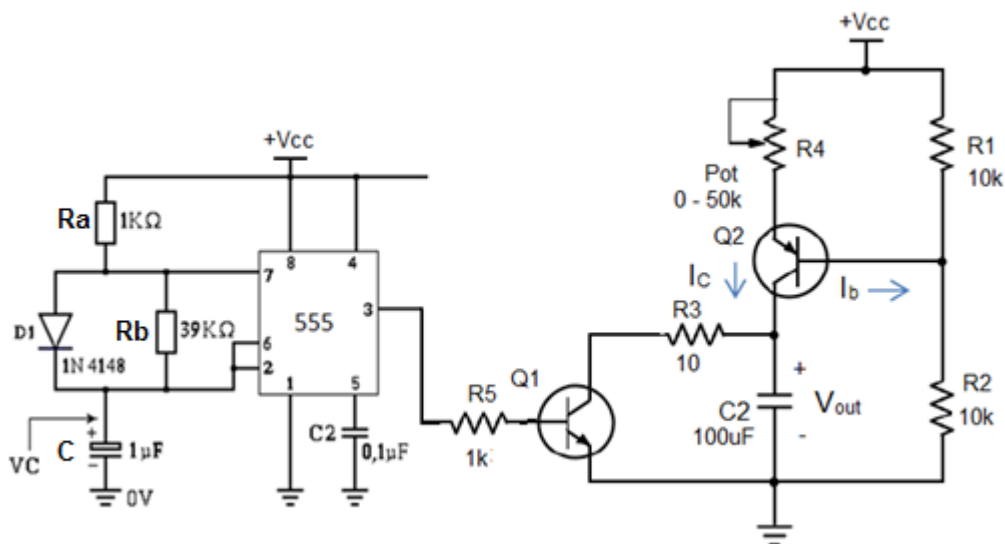


Fig. 14 – Circuito Gerador de rampa linear

O transistor Q2 conforma uma fonte de corrente constante, a corrente de emissor I_E pode ser calculada conforme a equação:

$$I_E = \frac{V_{R2} - V_{BE}}{R_4} = \frac{V_{CC}/2 - V_{BE}}{R_4} \approx I_C$$

O transistor Q2 tem uma corrente de base fixa constante, I_b . Se Q2 estiver operando no modo ativo com uma corrente de base constante, a corrente do coletor através de Q2 também deve ser constante e será igual a $\beta \cdot I_b$, sendo β o valor de hfe do transistor. Em outras palavras, como o transistor possui uma corrente de polarização fixa, ele também deve ter uma corrente de coletor fixa no modo ativo.

A corrente que flui pelo coletor de Q2 pode então fluir em duas direções, dependendo do estado da saída CI555 no pino 3. Se a saída do CI555 for baixa, o transistor Q1 está em ponto de corte e aparece como um circuito aberto. Com o corte Q2, a corrente de coletor de Q2 só pode fluir para o condensador C1 e começar a carregar o capacitor e aumentar o V_{out} . Quando uma corrente

constante está carregando um capacitor, deve haver uma tensão constante $+dV/dt$ ao longo do capacitor igual à corrente dividida pela capacitância do capacitor, portanto existe uma tensão de rampa linear presente no capacitor ($i/C = dV/dt$). A quantidade de corrente que flui através do coletor de Q2 e, portanto, a tensão de rampa máxima V_p pode ser ajustada variando o potenciômetro R4. Reduzir a resistência do R4 permite que mais corrente flua do coletor de Q2 durante a duração entre pulsos do LM555 e aumenta V_p . Também, aumentar a resistência do R4 diminui a corrente coletora de Q2 e reduz a V_p .

Durante o breve período em que a saída do CI555 no pino 3 é alta, o transistor Q1 fica saturado. Quando Q1 fica saturado, funciona como uma chave, como se for um curto circuito entre o coletor e o emissor. C1 então descarrega muito rapidamente através de R3 e o Q1 saturado porque essencialmente apenas R3, uma resistência muito pequena, está entre o capacitor e a terra. No entanto, a tensão do capacitor V_{out} não pode descarregar todo o caminho para zero volts devido à tensão de saturação do transistor é pequena presente entre o coletor e o emissor do Q1. Uma vez que a saída do CI555 no pino 3 retorna para um estado baixo Q1 novamente entra em corte e o processo de carregamento de C1 começa novamente até que a saída do CI555 volte alto.

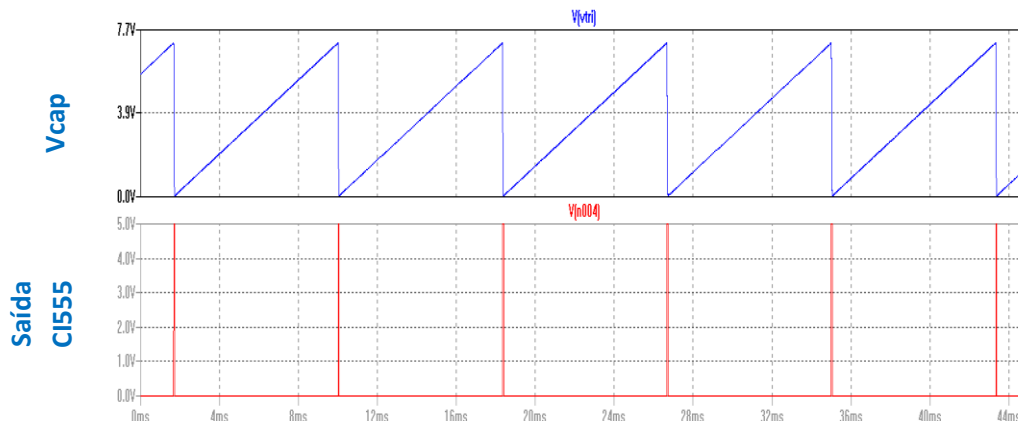


Fig. 15 Formas de onda da tensão no capacitor C1 e Saida do CI555 ($D < 1\%$)

O resistor R3 pode ser removido. O resistor R3 está presente apenas para limitar o pico de corrente através de Q1 quando ele satura descarregando o capacitor C1. Se R3 for muito grande C1 não terá tempo suficiente para descarregar completamente durante o breve período em que a saída do CI555 é alta e, portanto, a tensão mínima da onda de rampa, V_{out} , poderia aumentar. O Resistor R4 é necessário para controlar a corrente de emissor do Q1 não exceda o seu valor máximo permitido quando a saída do CI555 é alta. A tensão V_{cc} deve ser pelo menos duas vezes o V_p desejado da forma de onda da rampa para assegurar a linearidade da rampa em toda a faixa de tensão de rampa.

As equações relevantes para o circuito gerador de onda de rampa são as seguintes: A corrente de coletor calculada anteriormente pode considerar a tensão $V_{BE} = 0,65V$, e $\beta = 300$ que é o ganho cc de Q1. A corrente de carga do capacitor C1 é:

$$I_C = C1 \cdot \frac{dV_{out}}{dt},$$

assim,

$$\frac{dV_{out}}{dt} = \frac{I_C}{C1}$$

$$V_p = \frac{dV_{out}}{dt} \cdot T$$

7. Estudo prévio à aula prática:

- a) Estudo e projeto das configurações dos osciladores com CI555.
- b) Simular os osciladores. Escolha pelo menos 03 configurações de osciladores que você tenha interesse para simulação.
- c) Escreva um relatório mostrando o projeto, as simulações realizadas para as quatro topologias, mostrando os resultados.

8. Montagem e experimentação com o CI555

Procedimentos:

- a) Escolha pelo menos **duas topologias** apresentadas para simulação, preferencialmente as topologias apresentadas nos itens de 6.4 a 6.9 a fim de realizar a experimentação dos circuitos;
- b) Utilize os circuitos com CI555 aplicados a uma experiência prática de utilidade: Por exemplo: o circuito gerador de dente de serra é a base para a construção de um circuito com modulação PWM, o qual pode ser utilizado para o controle de intensidade luminosa de uma lâmpada (dimmer) ou da velocidade de um motor c.c.
Com o Circuito modulador “Sweep” baseado no CI555 ou com o Circuito de saída modulada podemos construir uma alarme o qual pode ser acionado por algum sensor.
- c) Monte seus osciladores e faça a aquisição da forma de onda da tensão mais relevantes dos circuitos. Anote todos os resultados relevantes observados.

9. Relatório e Conclusões

Devera ser apresentado um relatório contendo:

- a. Cálculos desenvolvidos para o projeto dos osciladores com CI555 em questão;
- b. Formas de onda de simulação nos pontos mais relevantes do circuito;
- c. Os resultados obtidos durante a realização da parte experimental desta prática. Utilize os recursos que o osciloscópio apresenta para a aquisição das formas de onda;
- d. Uma análise critica dos resultados teórico e prático;
- e. Conclusões sobre as práticas realizadas.

NOTA: a entrega do relatório final será na última semana do mês de Junho –dia da prova-.

10. Bibliografia

- 1) <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/na555.pdf>
- 2) http://www.basicanalogcircuits.com/Session_4_files/LM555.pdf
- 3) <http://www.datasheetpdf.com/PDF/AN170/789661/1>
- 4) https://www.academia.edu/30436742/AN170_NE555_and_NE556_applications