



Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

## **Complementos de Electrónica**

Licenciatura em Engenharia Electrotécnica  
2007/2008

TRABALHO PRÁTICO N.º 1

### ***O Temporizador 555***

#### **Objectivos**

Conhecer o temporizador 555, as suas características principais e modos de funcionamento.

Projectar circuitos temporizadores que utilizem o CI 555 nos modos monoastável (disparo único) e astável (oscilador).

#### **1. Introdução**

Em 1971 a Signetics Corporation lançou o temporizador SE555/NE555, tendo-o designado por "The IC Time Machine", sendo este o primeiro temporizador em forma de Circuito Integrado (CI) disponível no mercado. Após ter surgido, este CI desfrutou de uma enorme popularidade, podendo o seu sucesso ser atribuído a várias características das quais se destacam a simplicidade de utilização, a versatilidade, a estabilidade e o baixo custo. A simplicidade do temporizador, juntamente com a capacidade para produzir temporizações curtas e longas numa variedade de aplicações, atraiu muitos projectistas e entusiastas da electrónica.

Este trabalho pretende dar a conhecer o temporizador 555, assim como mostrar as suas potencialidades. Para além da descrição apresentada de seguida é sugerida uma leitura atenta da folha de especificações (vulgo *data sheet*) deste CI. Neste momento há um número elevado de fabricantes que produzem este CI, como por exemplo, NXP (ex-Philips), Fairchild Semiconductor, ST Microelectronics, Motorola ou Intersil, existindo versões cujo preço é muito baixo, da ordem dos 0,13€ por unidade (depende do fabricante e da tecnologia em que está implementado).

##### **1.1. Aplicações típicas do 555**

O CI 555 apresenta uma grande versatilidade podendo ser utilizado nas mais variadas aplicações. Apontam-se como exemplo as seguintes: temporizador (com tempo fixo ou variável), oscilador, modulador de largura de pulso (PWM – *Pulse Width Modulation*), modulador de Posição de pulso (PPM – *Pulse Position Modulation*), detector de falta de pulsos, temporização sequencial, controlo de velocidade de rotação (Tacómetro), disparo de varrimento para osciloscópios, conversor de tensão DC-DC, conversor tensão Positivo-Negativo, controlador de Motores servo, conversor Tensão Frequência (VCO – *Voltage Controlled Oscillator*), gerador de sinal em dente de serra, alarmes, etc.

## 1.2. Características principais e descrição do funcionamento do 555

Na figura 1 apresenta-se o CI 555 e a pinagem no encapsulamento DIP e na figura 2 o seu diagrama funcional.



Figura 1. Encapsulamento do CI 555 e identificação dos pinos

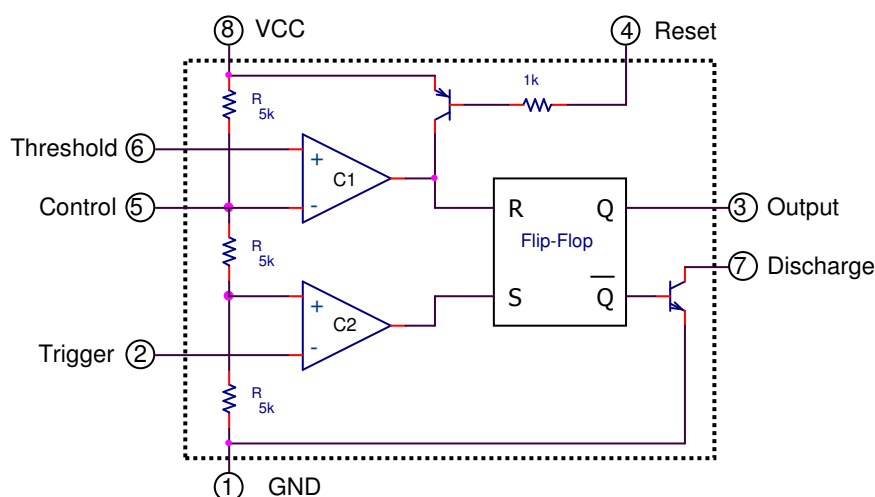


Figura 2. Diagrama funcional

O 555 consiste em dois comparadores de tensão, um Flip-Flop, um transistor de descarga e uma malha divisora resistiva. A rede de resistências é usada para fixar os níveis de tensão dos comparadores. Como as três resistências são de valor igual ( $5k\Omega$ ), o comparador superior (C1), é internamente referenciado a  $2/3$  da tensão  $V_{CC}$  e o Comparador C2 é referenciado a  $1/3$  de  $V_{CC}$ . As saídas dos dois comparadores estão ligadas às entradas do Flip-Flop RS, que definem se a saída (pino 3) está no estado Alto ou Baixo. Existe ainda uma saída complementar (pino 7), que está activa quando pino 3 está no nível baixo e vice-versa.

Nota: os níveis de comparação de  $1/3$  e  $2/3$  de  $V_{CC}$  existem quando o pino 5 (Control) não se encontra ligado.

### Definição e função dos pinos do CI

**1 – GND** – Tensão de referência, correspondendo à massa da fonte de alimentação DC;

**2 – Trigger** – Se a tensão neste pino for inferior a  $1/3$  de  $V_{CC}$ , a saída do comparador interno  $C_2$  fica no estado Alto, activando desta forma a entrada S (Set) do Flip-Flop e a saída do 555 (pino 3) fica no nível Alto, desactivando ainda o pino 7; esta mantém-se neste estado até haver uma activação da entrada R(Reset) do Flip-Flop;

**3 – Output** – é a saída do 555; pode encontrar-se no nível Alto (aproximadamente  $V_{CC}$ ) ou Baixo (aproximadamente  $0V$ ); este pino pode fornecer (Source) ou receber (Sink) correntes a uma carga, com valor até 200 mA;

**4 – Reset** – quando colocada uma tensão inferior a  $V_{CC}-0,7$  coloca a saída do 555 (pino 3) no nível Baixo e inibe o funcionamento do CI;

**5 – Control** – quando ligada a uma fonte de sinal, permite alterar os níveis de Threshold e de Trigger;

**6 – Threshold** - Se a tensão neste pino for superior a  $2/3$  de  $V_{CC}$ , a saída do comparador interno C1 fica no estado Alto, activando desta forma a entrada R (Reset) do Flip-Flop e a saída do 555 (pino 3) fica no nível Baixo, activando ainda o transistor de descarga; esta mantém-se neste estado até haver uma activação da entrada S(Set) do Flip-Flop;

**7 – Discharge** – activo quando pino 3 (Output) está no nível Baixo e vice-versa; tipicamente utilizado para descarregar condensador da malha RC.

**8 – VCC** – Tensão positiva da fonte de alimentação DC (4,5 .. 18V)

As temporizações em qualquer modo de funcionamento são implementadas à custa de uma malha RC externa, pelo que fazendo uma escolha adequada dos componentes externos, consegue-se temporizações entre  $2\mu s$  e 1/2 hora.

### 1.3. Modos de funcionamento do CI 555

O CI 555 pode funcionar em três modos distintos:

1. Monoestável (Disparo Único)
2. Astável (Oscilador)
3. Atraso Temporal.

#### 1.3.1. Modo de funcionamento Monoestável

Uma configuração possível para o modo de funcionamento monoestável ou de disparo único encontra-se ilustrado na figura 3. Neste modo de funcionamento é gerado na saída do 555 um pulso com nível Alto de duração proporcional a  $R_A C$ , após activação da entrada de Trigger.

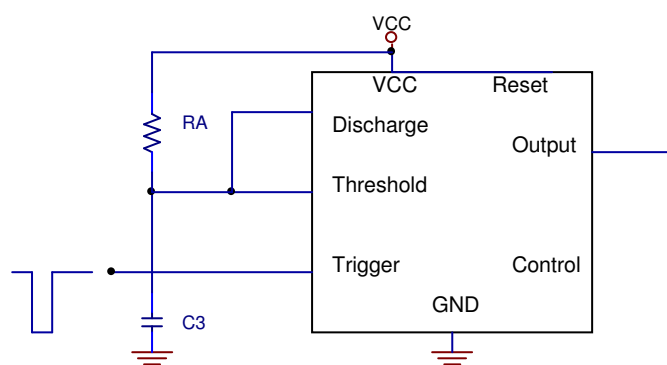


Figura 3. Esquema para funcionamento em Modo Monoestável

No estado estável do esquema apresentado (pino Trigger do 555 no nível alto), o transistor de descarga encontra-se ligado, mantendo o condensador descarregado e o pino Output

mantém-se no nível Baixo. Aplicando um pulso de tensão abaixo de  $1/3$  de  $V_{CC}$  na entrada de Trigger, a saída (pino 3) vai para o estado Alto e o transistor de descarga é desligado. Como o condensador  $C$  se carrega através da resistência  $R_A$ , a partir de uma tensão nula, este atinge  $2/3$  de  $V_{CC}$  num tempo igual a  $1,1 \cdot R_A C$  segundos. Este intervalo de tempo é o tempo que o estado da saída do 555 se encontra no nível alto. Após este nível ser atingido, a saída passa ao estado Baixo e é ligado o transistor de descarga, descarregando praticamente instantaneamente o condensador. O 555 permanece neste estado até que exista um novo pulso na entrada de Trigger.

### 1.3.2. Modo de funcionamento Astável.

A configuração da figura 4a) permite o funcionamento em modo astável ou oscilador. Neste modo de funcionamento é gerado na saída do 555 uma onda quadrada com duração dos níveis Alto e Baixo proporcionais às malhas RC, não sendo necessário nenhum pulso específico para iniciar o seu funcionamento.

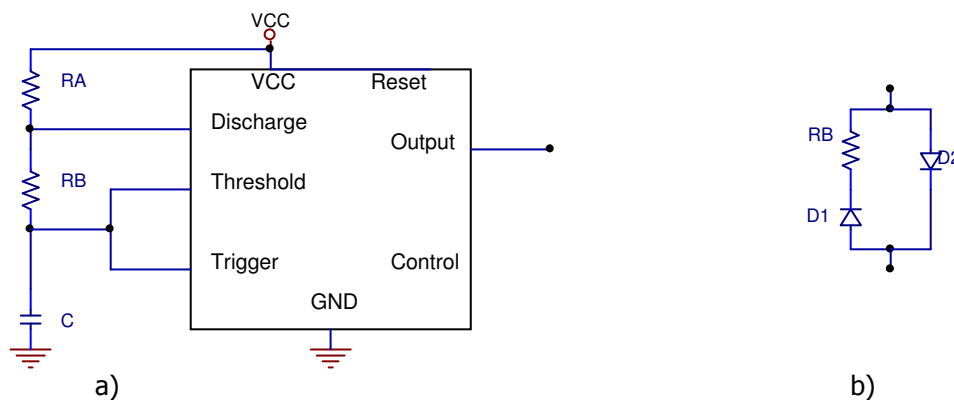


Figura 4. a) Esquema para funcionamento em Modo Monoestável; b) alteração para Duty Cycle inferior a 50%

Os pinos de Trigger e de Threshold estão ligados ao condensador, monitorizando em contínuo a sua tensão. Quando se liga o circuito o condensador está descarregado, apresentando uma tensão nula. Como esta é inferior a  $1/3$  de  $V_{CC}$ , a saída do comparador  $C_2$  fica no estado Alto o que por sua vez por actua na entrada S do Flip-Flop e faz com que a saída do 555 fique no estado Alto, ficando o transistor de descarga desligado. Assim, o condensador carrega-se através da série de resistências  $R_A$  e  $R_B$ . Quando a tensão no condensador atinge  $2/3$  de  $V_{CC}$ , o comparador de  $C_1$  faz reset ao Flip-Flop do 555 e a sua saída vai para o estado Baixo, ligando ainda transistor de descarga. Como o transistor de descarga está ligado, faz com que o condensador descarregue através da resistência  $R_B$ . Quando a tensão no condensador alcançar  $1/3$  de  $V_{CC}$ , há novo disparo, repetindo-se o processo descrito. O CI está então em ciclo, onde o tempo de carga e descarga, que correspondem ao tempo em que a saída está no estado Alto e Baixo, respectivamente, são dados pelas expressões:

$$\text{Carga: } t(\text{Alto}) = 0,693 \cdot (R_A + R_B)C$$

$$\text{Descarga: } t(\text{Baixo}) = 0,693 \cdot R_B C$$

O período é igual à soma dos dois tempos anteriores, pelo que a frequência de oscilação é:

$$f_{osc} = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Repare-se que com este esquema não é possível obter um Duty Cycle (relação entre tempo no estado Alto e Período do sinal) inferior a 50%. Para se obter um Duty Cycle inferior a 50% pode-se substituir a resistência  $R_B$  pelo esquema da figura 4b). Com esta alteração a carga do condensador dá-se através da resistência  $R_A$  e a descarga através de  $R_B$ , permitindo controlar de modo independente o tempo de carga e de descarga e na realidade obter qualquer Duty Cycle (tipicamente entre 5% e 95%).

### 1.3.3. Modo de funcionamento em *Atraso Temporal*.

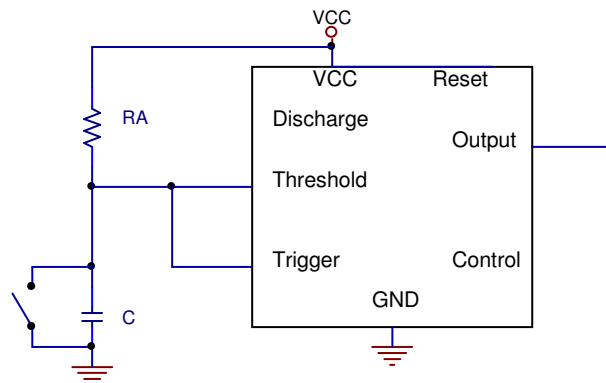


Figura 5. Funcionamento em Atraso temporal

Neste modo de funcionamento a saída (pino 3) só muda de estado após decorrer um tempo determinado pela malha RC, a partir do momento em que a entrada (interruptor) muda de estado. Os pinos de Trigger e de Threshold estão ligados juntos, monitorizado a tensão do condensador, não sendo usada a função de descarga. A sequência de funcionamento começa quando o interruptor T1 é ligado mantendo o condensador descarregado e forçando a saída do 555 ao estado alto. Quando T1 é aberto, inicia-se o ciclo de carga do condensador. A tensão no condensador ao atingir a tensão de Threshold ( $2/3 \cdot V_{CC}$ ), faz a saída do 555 comutar para o estado Baixo, ficando nesse estado até fecharmos novamente o interruptor.

### 1.4. Considerações práticas para projecto de temporizadores com o 555

Para que o 555 funcione correctamente a tensão de alimentação deverá possuir um valor entre 4,5V e 18V, sendo o intervalo de tempo projectado independente de  $V_{CC}$ , uma vez que as tensões de Trigger e Threshold são proporcionais a  $V_{CC}$ . A fonte de alimentação contínua  $V_{CC}$  pode ser fornecido por qualquer fonte, mas deve ser considerado o seu *ripple*, uma vez que poderá influenciar o erro da temporização. Como este CI consegue activar cargas de 200 mA quer em *Sink* (a receber corrente) quer em *Source* (a fornecer corrente) deve ser colocado um condensador de desacoplamento de 0,01 a 10  $\mu\text{F}$  o mais perto possível dos pinos de alimentação (8 e 1), uma vez que a carga ao ser activada pode re-disparar o temporizador. O erro de temporização deve-se principalmente aos componentes externos. Na escolha do condensador e da resistência deve-se utilizar resistências de filme metálico e condensadores com correntes de fuga baixas. É de notar que as resistências normalmente têm tolerâncias de 1 a 20% e os condensadores de 5 a 20%. Para um ajuste "fino" pode ser usado um trimer em série com a resistência de maior valor, e não devem ser usados condensadores de disco cerâmicos, uma vez que não são suficientemente estáveis. Podem ser usados condensadores de Prata, Mica, Mylar, polycarbonato, polystireno, tântalo, ou similares.

As resistências devem ser escolhidas de forma a garantir uma corrente mínima de  $0,25 \mu\text{A}$  para activar o comparador de Threshold. A resistência máxima a usar pode então ser calculada da seguinte forma:  $R_{MAX} = \frac{V_R}{I_{Nível}} = \frac{V_{CC} - V_{THR}}{0,25 \mu\text{A}} = \frac{V_{CC} - 2/3V_{CC}}{0,25 \mu\text{A}}$

Por outro lado devem ser considerados valores mínimos para as resistências. A corrente de descarga no condensador está internamente limitada na gama de 35 a 55 mA. Desta forma quando o transístor de descarga é ligado devemos ter em atenção que este vai transportar cargas vindas de  $R_A$  e do condensador. Sendo assim, devemos limitar a corrente que atravessa a resistência a um mínimo para evitar tensões de saturação do transístor elevadas. Como valor de referência, pode-se utilizar um valor de  $5\text{k}\Omega$ .

## 2. Preparação.

***Para todas as questões colocadas apresente o esquema e os cálculos efectuados.***

*No circuitos a projectar utilize condensadores de 10 nF, 100 nF, 1 $\mu$ F, 10  $\mu$ F ou 100  $\mu$ F.*

### 2.1.

**a)** Projecte um circuito monoestável com possibilidade de activar uma carga durante 1 seg, 2 seg, 10 seg ou 20 seg, por actuação de um comutador rotativo. A temporização deve ser realizada após termos premido um botão de pressão.

**b)** Que alterações introduziria se a carga necessitasse de uma corrente de 1 A ?

### 2.2.

**a)** Dimensione um circuito oscilador baseado no 555 com uma frequência de oscilação de 1 kHz e Duty Cycle de 75%.

**b)** Altere o circuito da alínea anterior de modo a obter uma frequência de 0,5 Hz e coloque na sua saída dois LEDs a piscar de modo alternado.

**c)** Introduza alterações no circuito anterior de modo a obter um Duty Cycle de 40%.

### 2.3.

Considerando o circuito definido em 2.2a), diga qual o efeito na saída se ligar à entrada Control uma fonte de alimentação que varie entre 1V e 5V. Coloque uma resistência de  $1\text{k}\Omega$  entre a fonte e a entrada do 555. Analise o circuito por comparação do seu funcionamento quando o pino Control não se encontrava ligado.

## 2.4.

Analise o circuito apresentado e diga qual a sua possível aplicação.

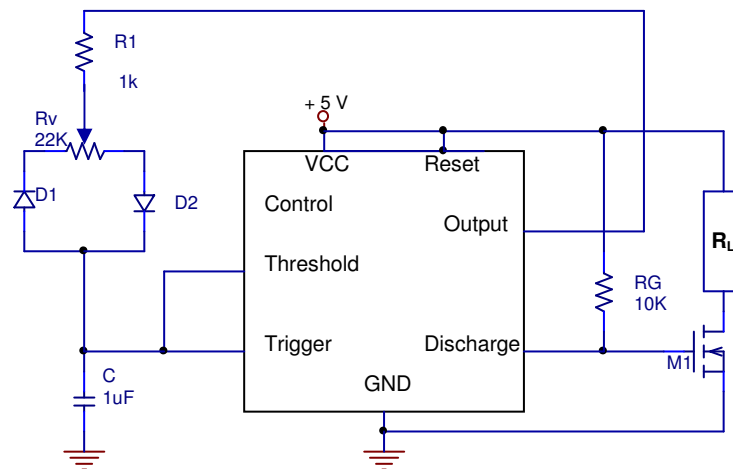


Figura 6. Circuito "Mistério 1"

**2.5.** Explique o funcionamento do circuito da figura 7 dimensionando o 555 para funcionar em regime astável com C6 igual a 10 nF, frequência de saída de 5 KHz e Duty Cycle de 55%.

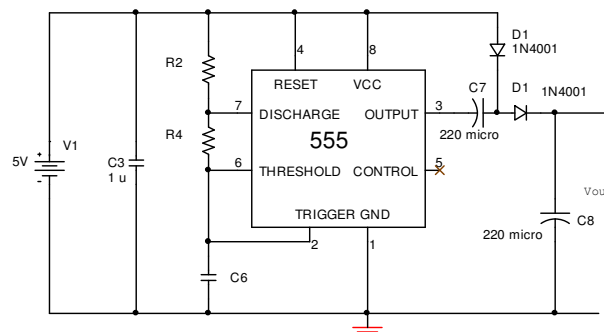


Figura 7. Circuito "Mistério 2"

## 3. Trabalho experimental

### 3.1.

Monte o circuito projectado em 2.1 e demonstre o seu correcto funcionamento. Faça as medições que considerar adequadas e obtenha formas de onda em pontos chave (por exemplo capture em simultâneo a tensão no condensador e na saída do 555) que demonstrem o correcto funcionamento do circuito. Não se esqueça de comentar as formas de onda obtidas.

### 3.2.

Monte o circuitos projectado em 2.2 e verifique o seu funcionamento. Faça as medições que considerar adequadas e obtenha formas de onda em pontos chave que demonstrem o correcto funcionamento do circuito. Não se esqueça de comentar as formas de onda obtidas.

### **3.3.**

Confirme a análise que fez no ponto 2.3.

### **3.4.**

**a)** Monte o circuito da figura 6. Capture formas de onda que justifiquem o funcionamento do circuito. Confirme ou atualize a análise feita na preparação.

**b)** Verifique se consegue controlar a intensidade luminosa de um LED com este circuito.

### **3.5.**

Monte o circuito da figura 7. Capture formas de onda que justifiquem o funcionamento do circuito. Confirme ou atualize a análise feita na preparação.

### **Material utilizado**

Condensadores: 10nF, 100nF, 1 $\mu$ F, 10 $\mu$ F e 100 $\mu$ F, 220  $\mu$ F.

Potenciômetro: 22K, 220K.

Resistências: 1K, 10K, 100K.

Díodos: 2x1N4148.

CI: 1xNE555

LEDs: 1 verde, 1 vermelho