



TESTE VISUAL DE CAPACITORES UTILIZANDO O CIRCUITO INTEGRADO 4093 COMO OSCILADOR

Resumo: Um dos problemas dos multímetros comuns e dos provadores de continuidade é que estes aparelhos não revelam o estado real de um capacitor. Se ele estiver aberto e for de valor pequeno, não teremos a indicação desse estado. Por esse motivo, o praticante de eletrônica só pode ter certeza de que um capacitor está ruim se ele apresentar fugas acentuadas, estiver em curto ou ainda não funcionar numa determinada aplicação prática. Nesse sentido, este trabalho tem como propósito apresentar detalhes da construção de um testador de capacitores, tendo como base o circuito integrado 4093, configurado como um oscilador. A frequência do sinal luminoso produzido por esse testador vai depender dos capacitores usados no teste, que estarão na faixa de 100 pF a 1 μ F. Os resultados mostraram que esse testador atende às necessidades das atividades de prototipagem em laboratório ou em projetos pessoais.

Palavras-chave: Testador de capacitores. Oscilador RC. Circuito integrado 4093.



1 INTRODUÇÃO

O capacitor surgiu da necessidade de armazenar energia elétrica. Em circuitos eletrônicos, por exemplo, podem ser aplicados em acoplamentos de estágios de amplificação de sinal para que tenham o mínimo de distorções, filtragem *by-pass*, aplicações de ignição de motores, entre outros. De acordo com Irwin (2000), a escolha do material dielétrico para o capacitor está em função do tipo de aplicação ao ser empregado. Os capacitores dielétricos podem ser de mica, vidro e cerâmica e operam satisfatoriamente a altas frequências, enquanto os capacitores eletrolíticos de tântalo têm poucas perdas e possuem características mais estáveis.

Quando um capacitor apresenta problemas, o material dielétrico perde a capacidade de isolamento, e um dos métodos para analisar esse tipo de defeito consiste em testar a continuidade com um multímetro. Esse teste baseia-se na medida da resistência do capacitor, ou seja, o capacitor em bom estado deve apresentar resistência muito alta (infinita) e um capacitor ruim tem uma resistência próxima a zero (quando está em curto), ou apresenta-se em fuga quando os valores de resistência estão na faixa de quilo-ohms ou mega-ohms. No entanto, este tipo de teste tem o inconveniente de não apresentar se o capacitor está aberto ou não. Para isto, o multímetro indica uma elevada resistência que é comum em um capacitor que está funcionando normalmente, mas na verdade, está com a capacitância alterada (aberto). Malvino e Bates (2016) destacam que um dispositivo aberto tem uma resistência infinita.

Como a verificação de capacitores pelo multímetro não detecta se o circuito está aberto ou não, foi projetado um equipamento que tem como base um circuito oscilador cuja frequência de sinal luminoso depende do capacitor envolvido no teste e dos resistores definidos pelo *datasheet*. Se o capacitor estiver funcionando normalmente, o *light-emitting diode* (LED) pisca a uma determinada frequência; se o capacitor estiver aberto, o circuito do oscilador não emite nenhum sinal luminoso. O equipamento foi desenvolvido para ser aplicado em capacitores numa faixa de 100 pF a 1 μ F, e a interação com o usuário dá-se somente por meio do LED que, ao piscar significa que o capacitor está funcionando normalmente, caso contrário não emite sinal luminoso, indicando capacitor aberto. À medida que se testam diferentes valores de capacitância, observa-se alteração na intensidade de luz do LED.

Na realização de experimentos ou teste de prototipagem torna-se essencial ter equipamentos que ajudem a constatar a funcionalidade dos dispositivos eletrônicos. Então, esse equipamento foi projetado com o propósito de manusear em bancadas eletrônicas, uma vez que o custo para sua construção é baixo devido os componentes que se usa e dispensa o uso de instrumentos mais sofisticados, como o osciloscópio, dado que a detecção do componente defeituoso é automática. Além disso, a sua montagem fácil torna-o acessível e simples de manusear.

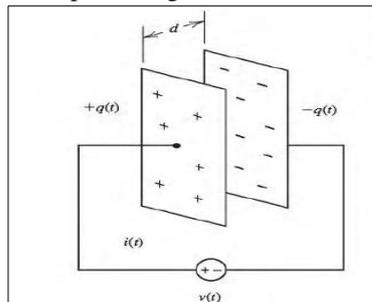
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Dorf e Svoboda (2012), o capacitor é um componente elétrico que armazena energia na forma de campo elétrico criado por cargas elétricas de sinais opostos. Na Figura 1 apresenta-se o circuito do capacitor com suas placas condutoras em paralelo separadas por uma distância d . Quando uma tensão é aplicada às placas do capacitor, cargas elétricas positivas e negativas são armazenadas, criando um campo elétrico na região. Nas placas do capacitor não há cargas, este espaço é ocupado por um material isolante, conhecido como dielétrico, que impede o deslocamento de cargas entre os condutores. Essas cargas segundo

Johnson et al. (1994), devem ser transportadas entre os dois corpos condutores por meio de um circuito externo conectado aos terminais do capacitor.

O dielétrico tem uma propriedade identificada de permissividade elétrica que descreve a relação entre o valor do campo elétrico e a tensão entre as placas do capacitor (Dorf e Svoboda, 2012). A escolha do tipo de material dielétrico depende do tipo de aplicação que ao ser empregado, por exemplo, em circuitos eletrônicos de acoplamento entre os estágios de amplificação do sinal, o material dielétrico pode ser composto por ar, vácuo, papel impregnado com óleo ou cera (Irwin, 2000).

Figura 1 – Capacitor ligado a uma fonte de tensão.



Fonte: Dorf e Svoboda (2012).

Na Figura 1 apresentam-se as placas do capacitor conectadas a uma fonte de tensão. Neste processo as cargas elétricas são armazenadas separadamente em positivas e negativas, e que representada por q é diretamente proporcional à tensão aplicada v , de modo que:

$$q = Cv \quad (1)$$

em que, C é a constante de proporcionalidade, conhecida como capacitância do capacitor.

A Equação (1) pode ser reescrita em função das dimensões físicas do capacitor, de modo que a capacitância é:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2)$$

sendo, A é a área das placas, d a distância entre elas e ϵ a permissividade do vácuo.

De acordo com Alexander e Sadiku (2013), um oscilador é um circuito que produz uma forma de onda alternada como saída quando alimentado por uma entrada contínua. Os osciladores podem ser classificados em osciladores de alta frequência, sendo variável ou fixo, e osciladores de baixa frequência. Malvino e Bates (2016) destacaram que uma forma de produzir oscilações de alta frequência é com um oscilador LC, e para este tipo de projeto, as dificuldades se encontraram nas altas frequências, pois as ocorrências de capacitâncias parasitas e as indutâncias dos terminais tornam-se presentes na determinação da frequência de oscilação, na fração de realimentação, na potência de saída e em outros parâmetros de corrente alternada.

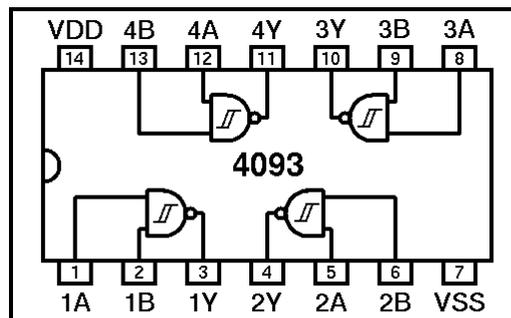
Uma das portas do circuito integrado (CI) 4093 pode ser usada como oscilador estável. Este CI é composto por quatro portas NAND que tornam as formas de onda irregulares ou senoidais em forma de onda quadrada, livre de ruídos (Malvino e Bates, 2016). A Figura 2 apresenta o diagrama funcional para o CI 4093, em que a tensão de alimentação varia de 3,0

V a 18,0 V, no qual o período para este tipo de oscilador é dada pela Equação (3), conforme Braga (2017):

$$t_A = RC \ln \left[\left(\frac{V_p}{V_n} \right) \left(\frac{V_{dd} - V_n}{V_{dd} - V_p} \right) \right] \quad (3)$$

em que V_{dd} é a alimentação do CI, V_p é a tensão positiva, V_n é a tensão negativa, R é o resistor de realimentação com valores na faixa de 50 KΩ a 1 MΩ e C o capacitor de teste com valores na faixa de 100 pF a 1 μF.

Figura 2 – Diagrama funcional.



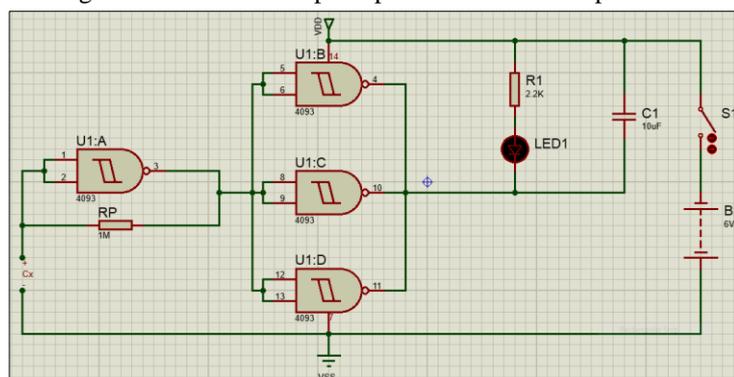
Fonte: Texas Instruments (2003).

3 DESENVOLVIMENTO

Para desenvolvimento do equipamento alguns materiais fizeram-se presentes, dos quais o circuito integrado 4093, resistores, LED difuso, capacitor eletrolítico, pilhas de 1,5 V, bornes e placa de fenolite, foram os essenciais.

A princípio, foi projetado o circuito conforme apresenta-se na Figura 3, em que a pinagem 14 e 7, foram inseridos por questões didática, pois o *software* utilizado faz estas conexões automaticamente ao adicionar o CI 4093. Para a configuração do oscilador, as entradas 1 e 2 do diagrama funcional foram curto-circuitadas e tem-se a saída no pino 3. O resistor R_p pode ser substituído por um potenciômetro de mesmo valor, de modo que a frequência do oscilador não esteja condicionada apenas aos capacitores de teste (C_x). As três portas NAND conectadas em paralelo e com suas entradas curto-circuitadas formam um amplificador digital. Antes do LED1 emitir o sinal luminoso tem-se a etapa de filtragem do capacitor de desacoplamento.

Figura 3 – Circuito completo para o testador de capacitores.

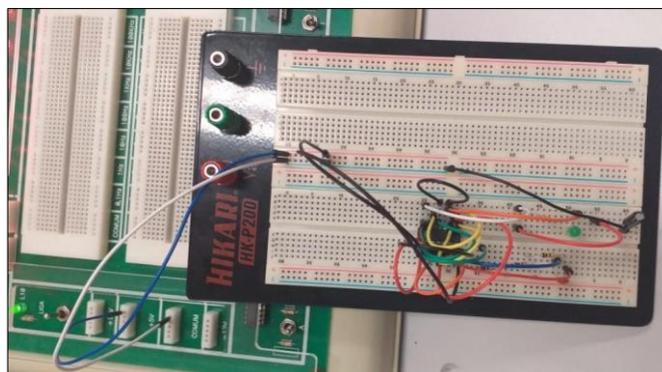


Fonte: Autoria Própria.

"Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã"

O equipamento ao ser alimentado em 6 V, foi montado em uma matriz de contatos para atestar a funcionalidade do circuito. Após testado o circuito, deu-se a confecção da PCI.

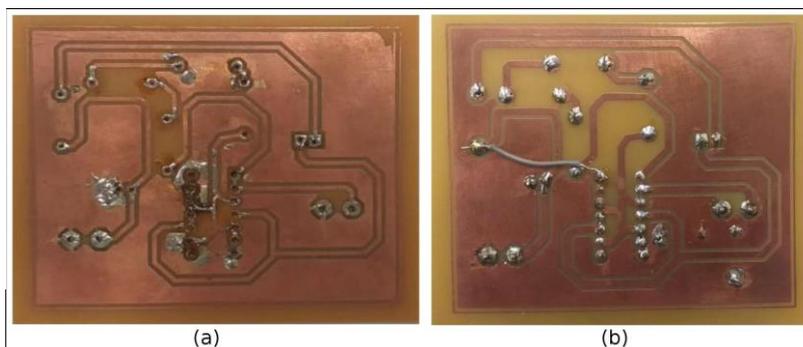
Figura 4 – Teste do circuito em uma matriz de contatos.



Fonte: Autoria Própria.

Para a placa da Figura 5 (a) apresentam-se dois erros pelo teste de continuidade com o multímetro. A análise do esquemático da PCI concluiu que as falhas foram por falta de aterramento e solda mal realizada. Então para um segundo protótipo, em que se fez todos os aterramentos necessários e cuidado no processo de solda, tem-se a Figura 5 (b).

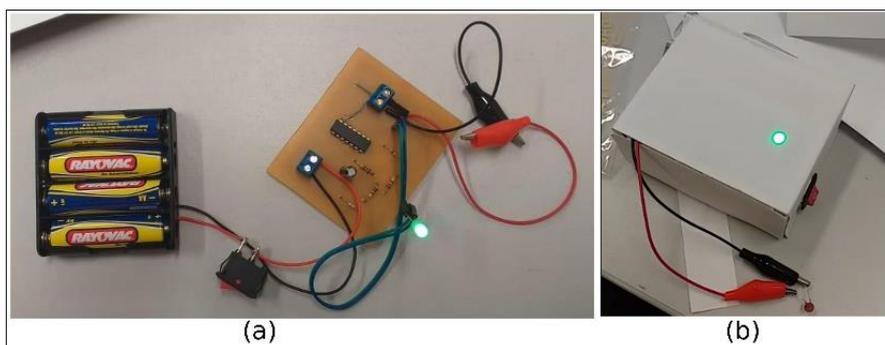
Figura 5 – Placas de circuito impresso confeccionadas.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 6 apresenta o equipamento alimentado e sua montagem embarcada. As dimensões deste testador de capacitores podem ser reduzidas ao máximo possível, sendo configurado na etapa de arranjo do circuito esquemático e na confecção da PCI.

Figura 6 – Testador de capacitores alimentado.

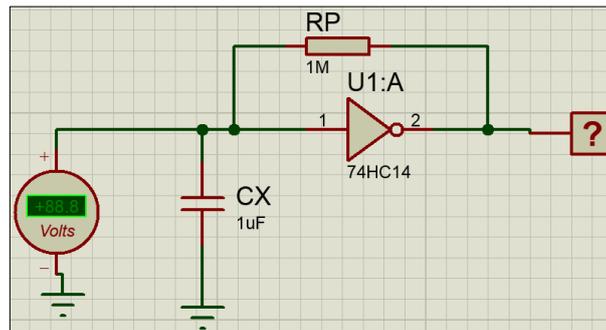


Fonte: Autoria Própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando as entradas das portas NAND são curtos-circuitadas tem-se a configuração da porta inversora. Deste modo, a porta NOT da série 74HC14 com *Schmitt Trigger* é utilizada para simular o oscilador com o CI 4093. A Figura 7 apresenta-se o sistema para simulação, no qual o circuito com o voltímetro mede a tensão no capacitor de teste, C_x , e na saída, a porta inversora liga-se ao capacitor por meio da entrada da porta inversora do resistor R_p .

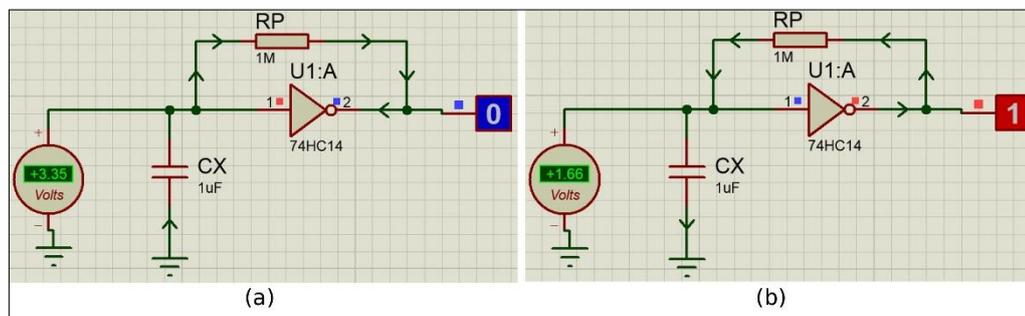
Figura 7 – Simulação do oscilador.



Fonte: Autoria Própria.

A porta inversora mantém a função lógica no nível baixo (0) na entrada e nível lógico alto (1) na saída. A Figura 8 apresenta-se a captura no instante em que a saída do oscilador muda seus estados (0 ou 1), no qual com 5 V na entrada tem-se na saída 0. Para manter a função lógica, o capacitor deve estar com 5 V, todavia esse capacitor começa a se descarregar mediante resistor R_p .

Figura 8 – Saídas do oscilador: (a) nível lógico baixo; (b) nível lógico alto.

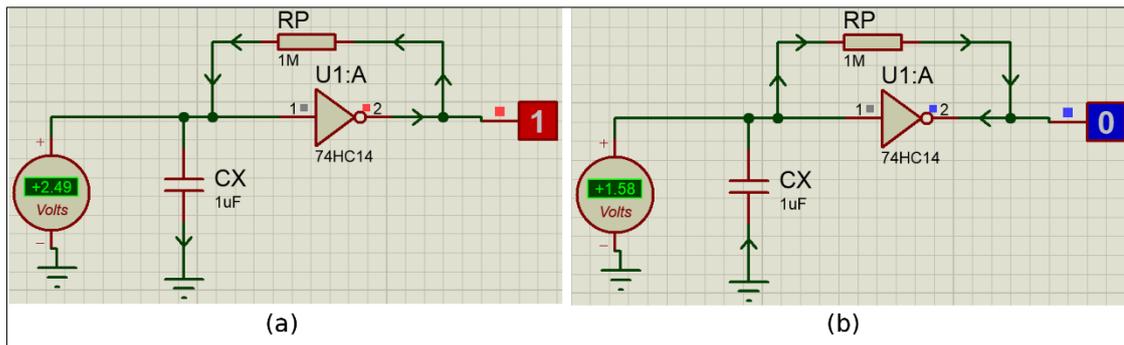


Fonte: Autoria Própria.

Quando o circuito é alimentado, o capacitor C_x está inicialmente descarregado, assim a entrada da porta inversora tem seu nível lógico baixo e a sua saída vai ao nível lógico alto conforme apresenta-se a Figura 8 (b). O início do processo de carga do capacitor por meio do resistor alcança seu limiar máximo de tensão (V_p) em 3,50 V. Observa-se que a tensão próxima do limiar se torna suficiente para que a entrada da porta inversora interprete o valor como nível lógico alto e conseqüentemente a saída tem nível lógico baixo. Posteriormente, o capacitor ao se descarregar por meio do resistor e na saída da porta inversora tem-se o nível lógico baixo. Quando o capacitor alcança seu limiar mínimo de tensão (V_n) em 1,50 V, a entrada da porta inversora interpreta essa tensão como nível lógico baixo. Destaca-se que a tensão próxima do limiar mínimo tende a ser o suficiente para que a entrada da porta inversora o interprete como nível lógico baixo, levando a saída para nível lógico alto.

Na Figura 9 apresenta-se o processo de carga e descarga do capacitor, no qual depende dos níveis lógicos na entrada da porta inversora, dado pelos valores de V_n e V_p . Na Figura 9 (a) apresenta-se o nível lógico alto na saída que permanece estável até que a tensão máxima no capacitor não seja alcançada. Quando a tensão é alcançada, tem-se a saída no nível lógico baixo, no qual vai permanecer até a tensão no capacitor não se aproximar da tensão limiar mínima. Ao aproximar o capacitor, a saída altera seu estado para nível lógico alto e o ciclo se repete até quando o circuito estiver sendo alimentado.

Figura 9 – Processo de carga e descarga do capacitor.



Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que a frequência tem valores altos à medida que são simulados os capacitores com capacitâncias baixas. Esse projeto limitou-se a testar apenas três capacitores, no qual os resultados do estado são apresentados na Tabela 1. Além disso, não foi preciso utilizar o osciloscópio digital na bancada de testes para comparar os valores, pois o período foi obtido pelo método gráfico no osciloscópio virtual do *software* utilizado, uma vez que, a frequência das oscilações é inversa do período. Ao observar que esses valores para o período e frequência utilizados, apresentam-se divergentes conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados para os capacitores usados no teste.

Capacitor (F)	Estado	Período (s)	Frequência Hz)
1×10^{-6}	bom	1,69	0,59
100×10^{-9}	bom	$149,50 \times 10^{-3}$	6,69
10×10^{-9}	bom	$8,89 \times 10^{-3}$	112,48

Fonte: Autoria Própria.

Outros valores poderiam ser testados, entretanto, a frequência do LED piscando poderiam ser alterados em função dos valores da capacitância ou senão por meio do potenciômetro utilizado.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho proporcionou, de forma sintética, porém objetiva e estruturante, a criação de um equipamento que teste os capacitores de baixo custo e com empregabilidade em bancadas de eletrônica para testar componentes novos ou efetuar teste de capacitores retirados de PCI sem utilidade. Nota-se que o equipamento pode ser acompanhado por um circuito elétrico, em que se verifica o valor da capacitância dos capacitores testados, para os que não apresentam em seu escopo a informação.

Para executar a montagem na matriz de contatos foi importante ter à disposição fios de qualidade para conexão dos elementos, pois o mal contato resultaria em um funcionamento instável ou até mesmo o não funcionamento. Destaca-se uma atenção prévia para o processo



de soldagem dos componentes, no qual na primeira prototipagem foi encontrado descontinuidade entre pontos do circuito elétrico devido a largura das trilhas configuradas no esquemático do *software* utilizado. Então, para obtenção do êxito, na segunda montagem, as larguras das trilhas foram ampliadas e rearranjadas para os componentes no esquemático.

A simulação do oscilador tornou-se possível devido a simplificação do circuito do testador de capacitor por uma porta inversora. Essa abstração permitiu analisar o comportamento do oscilador no processo de carga e descarga do capacitor.

Os resultados foram satisfatórios para os capacitores que foram testados tanto na simulação quanto na parte experimental.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. **Fundamentos de circuitos elétricos**. Porto Alegre: Editora AMGH. 2013.

BRAGA, Newton C. **O Circuito Integrado 4093 para os Makers**. [S.l.]: Editora Newton C. Braga, 2017.

BRAGA, Newton C. Teste de capacitores. **Revista experiências e brincadeiras com eletrônica junior**, São Paulo, n. 22, p. 54-56, [199-?].

BROPHY, James J. **Electrónica fundamental para científicos**. 2ª edição, Barcelona: Editorial Reverté, 1979.

DORF, Richard C.; SVOBODA, James A. **Introdução aos circuitos elétricos**. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2012.

IRWIN, J. David. **Análise de Circuitos em Engenharia**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

JOHNSON, David E.; HILBURN, John L.; JOHNSON, Johnny R. **Fundamentos de análise de circuitos elétricos**. Rio de Janeiro: Editora Prentice-Hall. 1994.

MALVINO, Albert; BATES, David. **Eletrônica**. Porto Alegre: Editora AMGH. 2016.

TEXAS INSTRUMENTS. **CMOS Quad 2-Input NAND Schmitt Triggers**. Texas, 2003.



VISUAL TESTING OF CAPACITORS USING THE 4093 INTEGRATED CIRCUIT AS OSCILLATOR.

Abstract: *One of the problems with ordinary multimeters and continuity testers is that these devices do not reveal the real state of a capacitor. If it is open and has a small value, we will not have an indication of this state. For this reason, the electronics practitioner can only be sure that a capacitor is bad if it has marked leaks, is shorted or still does not work in a particular practical application. Therefore, this work aims to present details of the construction of a capacitor tester, based on the integrated circuit 4093, configured as an oscillator. The frequency of the light signal produced by this tester will depend on the capacitors used in the test, which will be in the range of 100 pF to 1 μ F. The results showed that this tester meets the needs of prototyping activities in the laboratory or in personal projects.*

Keywords: *Capacitor tester. RC oscillator. Integrated circuit 4093.*