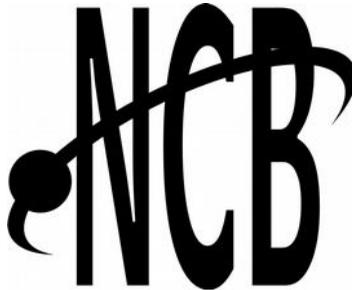


Newton C. Braga

# **OSCIOSCÓPIO**

## **PRIMEIROS PASSOS**

Editora Newton C. Braga  
São Paulo - 2014



**Instituto NCB**

[www.newtoncbraga.com.br](http://www.newtoncbraga.com.br)  
[leitor@newtoncbraga.com.br](mailto:leitor@newtoncbraga.com.br)

## OSCIOSCÓPIO – PRIMEIROS PASSOS

**Autor:** Newton C. Braga

São Paulo - Brasil - 2014

**Palavras-chave:** Eletrônica - Engenharia Eletrônica - Componentes - Reparação - Service - Osciloscópio - Instrumentação

Copyright by  
INSTITUTO NEWTON C BRAGA.  
1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).

**Diretor responsável:** Newton C. Braga

**Diagramação e Coordenação:** Renato Paiotti

# Índice

<b>Capítulo 1.....</b>	<b>9</b>
1.1 - Analisando Formas de Onda .....	9
<b>Capítulo 2 - O QUE É UM OSCILOSCÓPIO .....</b>	<b>32</b>
2.1 - O Osciloscópio.....	32
2.2 - Os nomes do osciloscópio.....	36
2.3 - Tipos de Osciloscópio.....	37
2.4 - O Funcionamento do Osciloscópio .....	39
2.5 - O Tubo de Raios Catódicos.....	41
2.6 - Persistência Retiniana e Efeito Estroboscópico.....	47
2.7 - Fósforos.....	52
2.8 - Os circuitos do Osciloscópio .....	57
2.9 - Osciloscópios Digitais.....	63
2.10- Convertendo sinais analógicos em digitais.....	65
2.11 - Requisitos mínimos .....	68
2.12 - A Transformada de Fourier.....	76
2.13 - Os circuitos do Osciloscópio .....	78
2.14 - A Base de Tempo.....	82
2.15 - Disparo ou "trigger".....	87
2.16 - Sincronismo Externo.....	94
2.17 - Entrada Horizontal.....	95
2.17 - Amplificador Vertical.....	98
2.18 - AC/DC.....	101
2.19 - Eixo Z.....	103
2.20 - O Cursor.....	103
<b>Capítulo 3 - Outros circuitos dos osciloscópios comuns.....</b>	<b>106</b>
3.1- Foco e brilho.....	106
3.2 - Posicionamento vertical e horizontal.....	108

<b>Capítulo 4 – Pontas de Prova.....</b>	<b>112</b>
4.1- As pontas de Prova dos Osciloscópios.....	114
4.2 – O Atenuador.....	117
4.3 – O Compensador.....	119
4.4 - Fonte de Alimentação.....	120
4.5 – Outros Recursos.....	125
<b>Capítulo 5 - Duas Imagens - Duplo Traço e Duplo Feixe.....</b>	<b>129</b>
<b>Capítulo 6 - O Osciloscópio na oficina (imagens múltiplas).....</b>	<b>132</b>
6.1 - Recursos dos Osciloscópios Digitais.....	133
6.2 - O Osciloscópio de Tempo Real é um ADC.....	135
6.3 - O Disparo num Osciloscópio de Tempo Real.....	136
6.4 - Uma amostragem por ciclo.....	137
6.5 - Metodologia de Amostragem.....	137
6.6 - Disparo no osciloscópio de amostragem de tempo equivalente.....	138
6.7 - Criando um diagrama de olho.....	140
6.8 - Olhos em tempo real.....	141
6.9 - Vantagens dos osciloscópios em tempo real:.....	141
<b>Capítulo 7 – Usando o osciloscópio.....</b>	<b>143</b>
7.1 – Nossos Osciloscópios.....	144
7.2 – Ligando o Osciloscópio.....	156
7.3 – Fazendo as conexões no circuito a ser analisado.....	159
7.4 – Compensando as pontas de prova.....	161
<b>Capítulo 8 - Usando o Osciloscópio na Prática.....</b>	<b>165</b>
8.1 – Observando formas de onda.....	165
8.2 – Observando dois sinais simultaneamente.....	173
8.3 - Medindo diferenças de fase.....	175
8.4 – Medindo Tensões Contínuas.....	179
8.5 – Medidas de Corrente Contínua.....	183
8.6 – Medindo o período e a frequência.....	186
8.7 - Ripple.....	191
8.8 – Largura de Pulso e Ciclo Ativo.....	195
8.9 – Amortecimento.....	197
8.10 – Tempos de subida e tempos de descida.....	199

8.11 - Modulação.....	200
8.12 - Teste de diodos.....	201
8.13 - Figuras de Lissajous.....	205
8.14 - Medindo frequências e Fases com as Figuras de Lissajous.....	217
Conclusão.....	222
<b>Anexo - Pequeno dicionário de termos técnicos em inglês.....</b>	<b>223</b>

## Introdução

Houve tempo em que a maioria dos praticantes da eletrônica se contentava em ter um bom multímetro, pois sabia que um osciloscópio estava muito além de suas posses.

Se bem que o multímetro possa ser o muito útil para todos que trabalham com eletricidade ou eletrônica, pois além de poder realizar uma infinidade de testes de circuitos e componentes, não se pode dizer que ele seja completo, principalmente para as exigências de nossos dias.

Todos sabem que numa boa oficina de eletrônica, ou no trabalho de campo, incluindo as telecomunicações, eletricidade, informática, eletrônica automotiva, automação e muito mais, um osciloscópio deve estar presente.

Se bem que os osciloscópios avançados de tecnologia digital já estavam presentes nas oficinas mais avançadas, o seu custo até então impedia que ele fosse acessível aos profissionais com menos recursos. Isso já não ocorre mais em nossos dias.

Apesar dos tradicionais osciloscópios de tubos de raios catódicos (TRC) ainda estarem presentes no nosso mundo técnico, quer seja em versões de baixo custo como obtidas de recuperação de sucatas, que são acessíveis a todos que desejam ter um instrumento completo em sua bancada de trabalho, podemos contar com fantásticas versões digitais que podem atender aos mais exigentes profissionais a um custo acessível, muito mais acessível do que muitos possam pensar.

Osciloscópios novos com excelentes recursos podem ser adquiridos de diversos fornecedores e, até mesmo osciloscópios recuperados, usados ou arrematados em leilões podem ser encontrados em casas de componentes e equipamentos, principalmente no entorno da Rua Santa Ifigênia em São Paulo.

Assim, com o osciloscópio a capacidade de se visualizar formas de onda num circuito, fenômenos transitórios e também realizar medidas precisas de sinais de todos os tipos é um recurso poderoso para se encontrar falhas em circuito, testar componentes, como ensinamos na nossa série de quatro volumes

Como Testar Componentes, e também ajustar ou analisar o desempenho dos mais diversos equipamentos eletrônicos.

No próprio laboratório de física, nas escolas do segundo grau e universidades, o osciloscópio possibilita a realização de diversos experimentos didáticos de grande importância, assim como nas escolas técnicas e cursos superiores de engenharia.

Tudo isso justifica plenamente a aquisição de um osciloscópio. No entanto, o grande problema é que, uma vez adquirido o osciloscópio, temos de saber como usá-lo.

Os osciloscópios, em geral, não são acompanhados de literatura apropriada para esta finalidade e esta é uma falha que observamos já há muito tempo.

Os osciloscópios básicos mais simples não vêm com um guia de uso, mas tão somente com um pequeno manual básico que contém suas funções e que normalmente não ajuda muito quem nunca trabalhou com este instrumento.

Osciloscópios realmente bons possuem ampla literatura acompanhando o produto e, além disso, os fabricantes disponibilizam na internet notas de aplicações que atendem a todo o tipo de usuário, como no caso da Agilent.

A documentação técnica que acompanha um osciloscópio normalmente é feita para quem já sabe usar este instrumento no que deseja. Ela simplesmente ensina como usar os recursos específicos daquele modelo ou ainda mostra os recursos ele tem.

É claro que não é possível ensinar tudo o que um osciloscópio pode fazer num único livro, como este. Na verdade, não acreditamos que mesmo um livro muito longo que pretenda ser completo consiga fazer isso, pois as utilidades do osciloscópio não têm limites.

No entanto, é preciso dar os primeiros passos e é essa justamente nossa finalidade neste pequeno livro no qual vamos levar aos nossos leitores o que de fundamental se necessita saber para poder usar o osciloscópio e, a partir desses conhecimentos, ser possível criar ou deduzir novos usos, conforme as necessidades de cada um.

Além disso, em nossa série Curso de Eletrônica, teremos posteriormente no volume de Instrumentação, um avanço maior.

Mas, se o leitor pretende aprender a usar um osciloscópio, quer seja ele analógico de tubo de raios catódicos ou digital de armazenamento (DSO) em sua oficina, no seu trabalho ou mesmo no seu hobby, este livro lhe possibilitará a dar os primeiros passos, mostrando como funciona este útil equipamento e como usá-lo nas aplicações básicas.

Nosso livro foi elaborado tendo como base um osciloscópio de armazenamento digital (Digital Storage Oscilloscope) MSO-X-2024A da Agilent, mas os conceitos e as aplicações descritas servem para todos os tipos de osciloscópios, como os da série 1000 da Agilent, e até mesmo os mais antigos nos casos básicos.

Completamos, informando que um tutorial para professores e estudantes sobre o uso do osciloscópio tomado como exemplo e outros da mesma série da Agilent pode ser encontrado no link <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/54136-97008.pdf>. O documento se encontra em português.

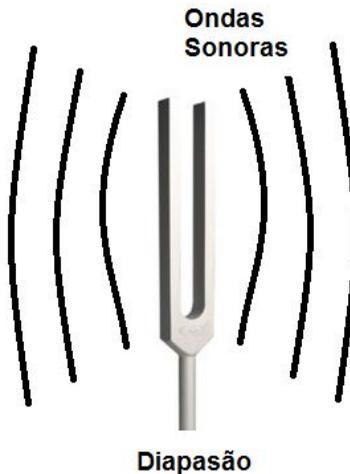
Acreditamos que com os conceitos explicados neste livro ficará muito mais fácil para o leitor entender como funciona, e como utilizar o osciloscópio na sua atividade diária como profissional, estudante, professor ou amador da eletrônica.

Newton C. Braga (2014)

# Capítulo 1

## 1.1 - Analisando Formas de Onda

Na natureza nos deparamos com muitos fenômenos que se manifestam de forma ondulatória. Assim, quando observamos as ondas que o vento forma na superfície de um lago, ou ainda quando uma pedra é atirada na água, temos exemplos de fenômenos periódicos ou ondulatórios naturais. Quando batemos num diapasão produzindo som também temos um exemplo de um fenômeno que resulta em ondas. Na figura 1 temos um exemplo disso.



*Figura 1- Produzindo ondas sonoras*

Certa quantidade de fenômenos ondulatórios naturais pode ser percebida pelos nossos sentidos como no caso da luz que sensibiliza nosso sentido visual, ou ainda dos sons que ouvimos.

No entanto, temos casos em que nossos sentidos não podem ser estimulados e as ondas não são percebidas. Isso ocorre com os sinais dos circuitos eletrônicos, tensões alternadas de alimentação numa rede de energia além de pulsos de transientes num cabo ou numa rede de energia.

Denominamos sinais, correntes elétricas que estão presentes nos circuitos eletrônicos, transportando informações tanto na forma analógica como digital. É o caso das correntes alternadas que alimentam os equipamentos, dos sinais gerados por osciladores e dos sinais amplificados e transmitidos por diversos circuitos.

As formas das ondulações que ocorrem nos fenômenos periódicos, seja elas de natureza mecânica, como as ondas sonoras, sejam de natureza elétrica como os sinais do circuito, ou ainda eletromagnéticas como a luz, dão muitas informações sobre a sua natureza.

O modo como as ondulações ocorrem, quando visualizado na forma gráfica resultam no que denominamos “forma de onda”.

As formas de onda de muitos fenômenos naturais, como os sons puros, são senoidais, mas existem muitos outros fenômenos em que as formas de onda são complexas. Na figura 2 temos alguns exemplos destas formas de onda complexas.

Instrumentos musicais produzem sons cujas formas das vibrações possuem formas de onda complexas. Muitos fenômenos físicos também ocorrem segundo padrões que se relacionam com formas de ondas complexas.



Figura 2 – Formas de onda de sinais complexos

Nos circuitos eletrônicos, a possibilidade de sabermos como as ondulações ocorrem, visualizando-as de uma forma gráfica na tela de um instrumento, é uma poderosa ferramenta de diagnóstico de defeitos e mesmo de projeto.

Isso significa que as ondulações não podem ser vistas nem sentidas, mas podem ser visualizadas de uma forma gráfica, ou seja, através de um “retrato”. Essa forma não é a ondulação ou oscilação em si, mas retrata o modo que ela se comporta e isso é o bastante.

Na figura 3 temos um exemplo de visualização de uma forma de onda na tela de um instrumento (osciloscópio).

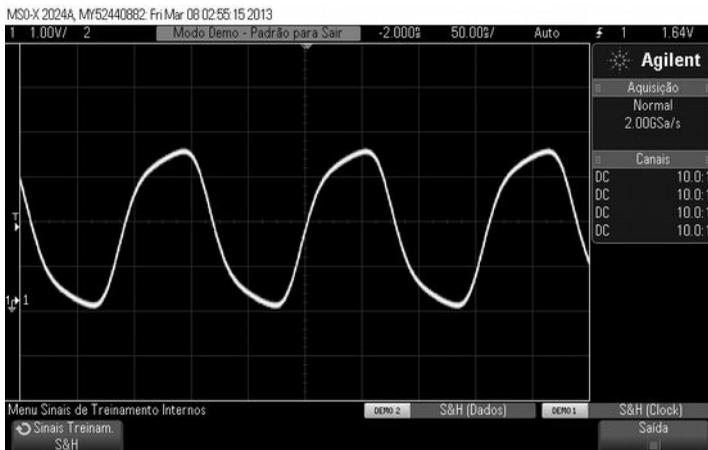


Figura 3 – Visualização de um sinal complexo num osciloscópio

© Agilent Technologies, Inc.

Para exemplificar como elas ocorrem, tomemos como exemplo uma corrente alternada que circula num fio ou por um determinado ponto de um circuito.

Esta corrente não pode ser vista nem sentida, a não ser que sua tensão seja suficientemente alta e toquemos no local, tomando um choque, mas isso não nos traz muitas informações sobre sua natureza.

No entanto, podemos saber muito sobre este tipo de corrente se for possível colocar num gráfico a forma como ele ocorre. Dizemos que estamos “plotando” esta corrente, quanto tiramos medidas instante a instante e colocamos num gráfico.

Na prática isso é impossível de ser conseguido com um lápis e papel, pois as correntes variam de forma tão rápida que não podemos tomar medidas instante a instante e anotar, de modo que possamos criar um gráfico que mostre como ela varia.

Para analisar este tipo de corrente que varia muito rapidamente, podemos fazer com que ela seja apresentada de forma gráfica na tela de um instrumento capaz de responder às suas variações. Pela sua análise podemos descobrir muito sobre essa corrente e sobre o circuito que a gera.

A visualização do gráfico que representa o modo como a corrente varia é possível graças ao instrumento que denominamos osciloscópio. Na figura 4 mostramos um osciloscópio em funcionamento.

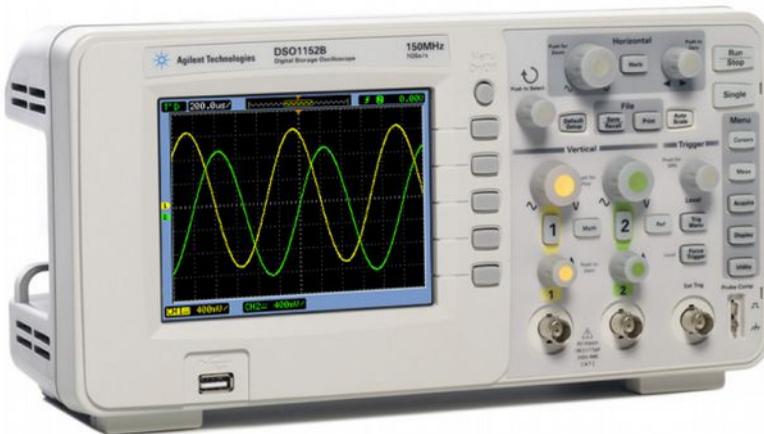


Figura 4 – Osciloscópio 1000B da Agilent em funcionamento apresentando dois sinais simultaneamente . © Agilent Technologies, Inc.

**Imagens**

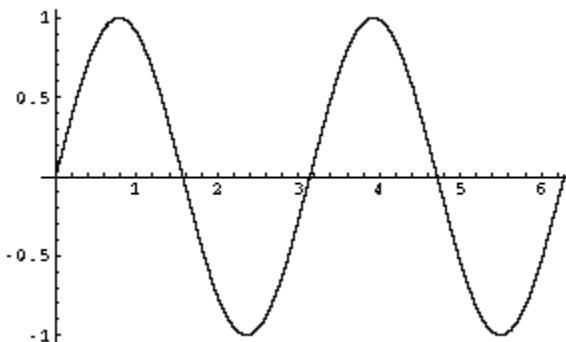
**Nas nossas ilustrações utilizaremos os osciloscópios da Agilent em especial os da série 1000 e o MSO-X-2024A da série 2000**

## 1.2 – Fenômenos Periódicos e Transitórios

Dizemos que é um fenômeno é periódico quando ele se repete da mesma forma em intervalos regulares. As vibrações de um diapasão, o movimento giratório de uma roda, que faz isso de modo constante, ou ainda as variações de uma corrente alternada num circuito, são exemplos de fenômenos periódicos.

Os fenômenos periódicos que observamos no mundo físico como, por exemplo, as oscilações de um circuito, sons, etc. ocorrem no que denominamos "domínio do tempo".

Para representar este tipo de fenômeno podemos tomar um ou mais ciclos como amostra, pois ele se repete continuamente da mesma forma, conforme mostra a figura 5. Nesta figura temos a representação de dois ciclos de uma corrente alternada.



*Figura 5 – Representação de dois ciclos de uma corrente alternada*

Além dos fenômenos periódicos, existem fenômenos que ocorrem de uma forma rápida apenas uma vez, ou poucas vezes, não se repetindo mais ao longo do tempo. Estes fenômenos são denominados “transitórios”. Um exemplo disso é uma súbita variação da tensão da rede de energia que ocorre quando fechamos um interruptor, ou quando uma carga indutiva é desligada. Na figura 6 temos a representação deste tipo de fenômeno.

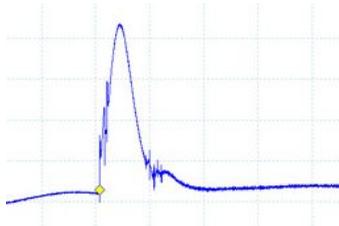


Figura 6 – Transiente único

Na figura 7 temos um exemplo de transiente que se repete por algum tempo, para desaparecer em seguida.

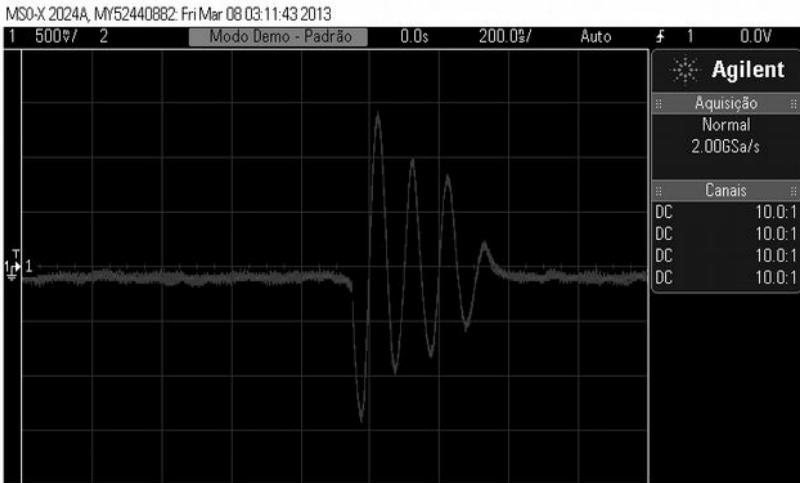


Figura 7 – Transiente do tipo gerado ao se acionar um interruptor que controla uma carga indutiva. © Agilent Technologies, Inc.

***Termos técnicos***

**Se alguns dos termos que estamos usando são pouco familiares ao leitor, recomendamos que antes leia os volumes 1 e 2 do nosso Curso de Eletrônica (Eletrônica Básica e Eletrônica Analógica). Os conhecimentos que eles trazem são fundamentais para que se possa entender o assunto deste livro.**

Para observar os dois tipos de fenômenos usando um osciloscópio, devem ser utilizadas técnicas diferentes, pois enquanto um está sempre presente num circuito, o outro só ocorre por um curto intervalo de tempo que, na maioria dos casos, não podemos saber exatamente quando.

Na prática, a observação dos dois tipos de fenômenos é de grande importância para a eletrônica e também para a física. Em especial, quando analisamos pulsos de interferências e ruídos em telecomunicações, ou ainda a qualidade da energia que é fornecida, a análise dos transientes é de vital importância.

Normalmente os osciloscópios comuns de raios catódicos não têm recursos para visualizar os transientes. No entanto, os osciloscópios digitais como os da Agilent série 1000 e 2000 possuem memórias que podem detectar exatamente quando ocorre um transiente e memorizar a sua forma, apresentando-a no display para análise, quando precisarmos.

Na figura 8 temos um transiente registrado por um osciloscópio da Agilent.