



## OSCILOSCÓPIO VIRTUAL COM DOIS CANAIS PARA MEDIÇÕES DE ALTA EXATIDÃO

*Patrícia Cals de O. Vitorio<sup>1</sup>, Marco Aurélio Soares<sup>1</sup>, Ademir Martins de França<sup>1</sup>, Luiz Napoleão Pereira<sup>1</sup>, Danielli Guimarães Costa<sup>1</sup>, Giselle Cobiça Moreira<sup>1</sup>, Paulo Roberto Mesquita Nascimento<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)  
Duque de Caxias, RJ, Brasil, latra@inmetro.gov.br

**Resumo:** Este artigo é uma descrição sumária da operação do software emulador de um osciloscópio de dois canais, que é parte integrante do sistema de medição adotado pelo Inmetro na calibração de equipamentos em alta tensão CA. O programa trabalha em conjunto com dois multímetros digitais, modelo 3458A, da Hewlett-Packard (HP) ou da Agilent Technologies.

**Palavras-chave:** osciloscópio, virtual, medição, valor, pico, multímetro, digital.

### 1. INTRODUÇÃO

A calibração de divisores resistivos, capacitivos ou mistos de alta tensão CA requer a medição de tensões eficazes e de pico, bem como a análise de possíveis distorções devido a harmônicos. Há também necessidade de se garantir a simultaneidade das medições no equipamento em calibração e no de referência, de forma a compensar os efeitos de eventuais variações da fonte de tensão. Diante da indisponibilidade de instrumentos comerciais que atendam a todos esses requisitos, o Inmetro optou pelo desenvolvimento do software Osciloscópio Virtual com Dois Canais para Medições de Alta Exatidão.

Os multímetros já disponíveis no laboratório, modelo 3458A da Hewlett-Packard ou Agilent Technologies, são usados pelo algoritmo na aquisição e amostragem do sinal, que em seguida é reconstituído e tem a forma de onda traçada na tela. Assim, o programa funciona como um osciloscópio virtual, mas sem exibição em tempo real.

O programa foi criado em linguagem C, utilizando o aplicativo LabWindows/CVI da National Instruments.

O programa tem como base o desenvolvimento anterior [1,2] (Osciloscópio Virtual de Um Canal), que foi adaptado e estendido para dois canais, de forma a permitir a medição sincronizada das tensões fornecidas pelo equipamento em calibração (cliente) e pelo padrão Inmetro.

### 2. ARRANJO BÁSICO

A transferência de informações entre os multímetros e o computador é feita via interface padrão GPIB (Figura 1)

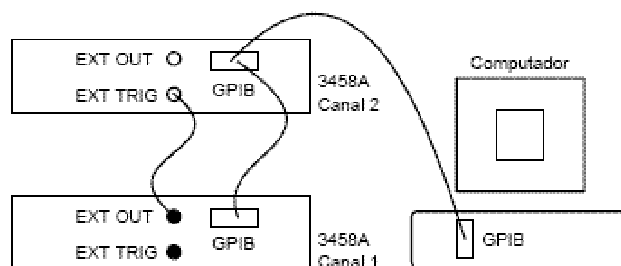


Figura 1 – Interligações (vista posterior)

O trigger do multímetro canal 1 (tensão de referência) comanda o acionamento simultâneo do canal 2 (equipamento do cliente).

### 3. TELA PRINCIPAL

A janela principal do programa (Figura 2) exibe os gráficos do sinal e valores medidos de tensões de pico e eficazes. Há botões e controles para seleção do modo de operação e entrada de parâmetros de acordo com o modo escolhido (exemplos: repetições, tempo de aquisição, harmônicos a analisar, abertura de amostragem, etc).

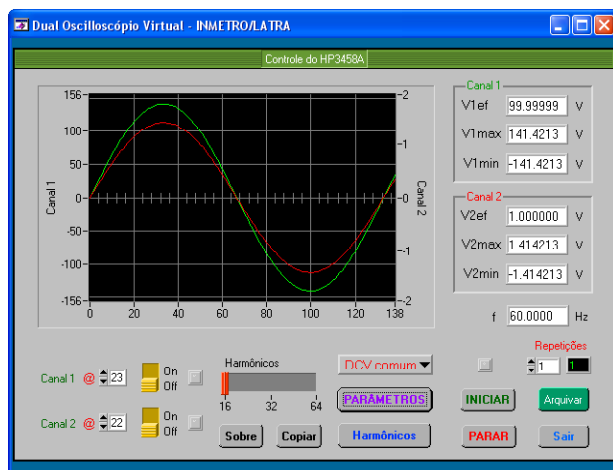


Figura 2 - Tela principal do Osciloscópio Virtual

## 4. MODOS OPERACIONAIS

### 4.1 Simulação

Neste modo o programa opera sem transferência de dados com os instrumentos, permitindo ao usuário a análise de sinais não senoidais através da indicação das amplitudes relativas dos harmônicos e respectivos ângulos de fase.

### 4.2 Swerlein

Swerlein (1991) [3] desenvolveu um algoritmo específico para a digitalização de sinais senoidais, utilizando o conversor analógico-digital interno do multímetro comercial HP3458A. Já testado e aprovado por diversos laboratórios [4], esse algoritmo foi reconhecido como um dos melhores para a medição direta de tensão alternada, tendo sido inclusive adotado por vários laboratórios nacionais de metrologia.

Basicamente, o método faz a amostragem do número de ciclos de sinal que ocorrer dentro de um intervalo de tempo (burst) definido pelo usuário. A Figura 3 dá exemplo de um burst de 3 ciclos de um sinal distorcido (na prática, esse valor é consideravelmente maior).

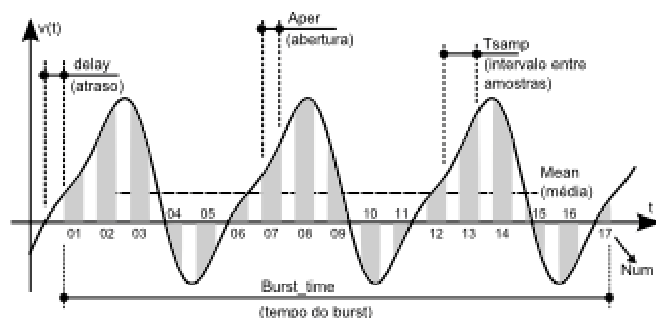


Figura 3 – Burst hipotético de 3 ciclos

As funções matemáticas internas do multímetro são usadas para, a partir dos valores amostrados, calcular o valor médio (componente CC) e o valor RMS do sinal.

Desde que normalmente são medidos vários bursts, o programa atribui diferentes atrasos entre o início do ciclo e o início da amostragem conforme exemplo hipotético da

Figura 4. Isso evita amostragens no mesmo deslocamento angular de cada ciclo e, portanto, a média dos resultados de cada burst deve representar com mais fidelidade o sinal original.

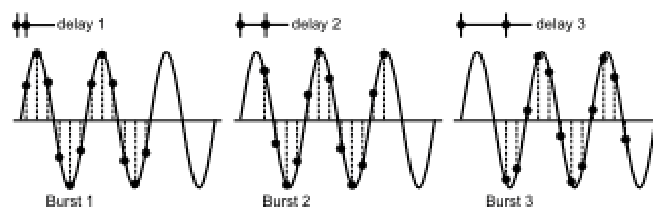


Figura 4 – Bursts com atrasos diferenciados

O algoritmo determina apenas o valor eficaz do sinal, com ajuste dos desvios sistemáticos envolvidos no processo: largura de banda do circuito de entrada, largura finita dos pulsos de amostragem e correção de calibração do multímetro (informada pelo usuário).

O método é adequado para baixas frequências, entre 1 Hz e 1 kHz. Nas frequências menores, em torno de 10 Hz, os laboratórios verificaram uma exatidão de  $\pm 2 \mu\text{V/V}$  em tensões até 10 V e dentro de  $\pm 10 \mu\text{V/V}$  em faixas mais elevadas (100 V e 1000 V).

### 4.3 DCV

É o principal modo de operação do programa, que permite o traçado da forma de onda em ambos os canais, o cálculo dos valores eficazes, máximo e mínimo e a análise da distorção devida aos harmônicos. Nesse modo, o programa faz a aquisição de 5000 pontos diferentes de amostragem em determinado número de ciclos do sinal.

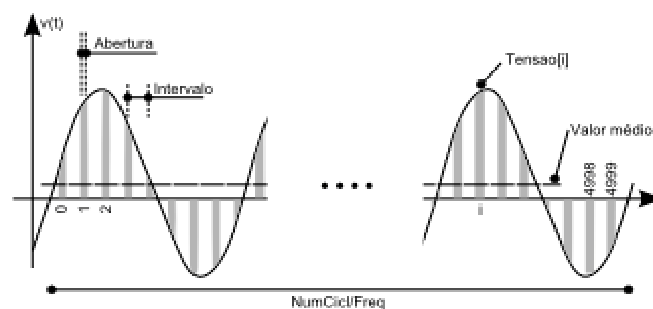


Figura 5 – Amostragem no modo DCV

A Figura 5 dá o esquema simplificado do processo de amostragem, com indicação do primeiro e do último ciclo

Em vez de usar as funções internas do multímetro, o algoritmo armazena os dados amostrados em um buffer, o que permite a exibição gráfica da forma de onda e o cálculo de diversos parâmetros.

Os valores eficazes são calculados por meio de integração discreta desses dados, e os valores máximo e mínimo são determinados por comparação simples entre eles.

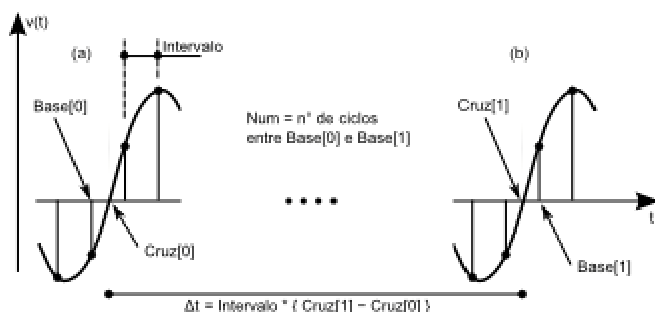


Figura 6 – Interpolação de limites de integração

O software procura definir um intervalo de integração o mais próximo possível da realidade, através da interpolação de valores no início e no final da amostragem conforme ilustração da Figura 6.

A análise dos harmônicos é obtida por meio de algoritmo FFT (Fast Fourier Transform). A Figura 7 apresenta um exemplo de avaliação dos harmônicos de uma medição realizada.

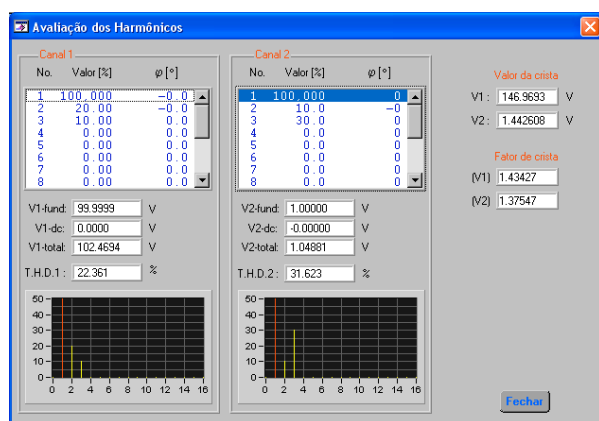


Figura 7 - Avaliação dos harmônicos de uma medição

Os cálculos anteriores e a exibição da forma de onda são também executados no modo simulação (item 4.1). Nesse caso, os dados do buffer são valores correspondentes à soma das parcelas de sinal definido pelo usuário, isto é, o componente CC, a senóide da frequência fundamental e as senóides dos harmônicos.

De forma similar à do algoritmo Swerlein, há procedimentos para cálculo e compensação dos desvios sistemáticos (largura de banda do circuito de entrada, largura finita dos pulsos de amostragem e correção de calibração do multímetro).

Todas as instruções necessárias de programação dos multímetros são enviadas pelo software, dispensando o operador de intervenções diretas nos painéis dos instrumentos, com exceção do liga/desliga e autocalibração. Não há, inclusive, necessidade de seleção da faixa de tensão a medir: ela é escolhida pelo programa de acordo com um valor estimado pelo usuário no caso do método Swerlein ou a partir de uma medição prévia no caso do algoritmo DCV.

A lista abaixo dá os principais resultados numéricos que o programa calcula para ambos os canais.

- Valor máximo de tensão.
- Valor mínimo de tensão.

- Valor eficaz verdadeiro de tensão (true rms).
- Tensão do componente CC se houver.
- Frequência.
- Fator de crista.
- Amplitudes relativas e ângulos de fase dos harmônicos até o 64°.
- Distorção harmônica total (THD).

Opcionalmente, o usuário pode definir mais de uma sequência de medição, obtendo resultados médios dessas repetições. É um recurso útil para prevenir efeitos de pequenas flutuações da fonte de alta tensão.

## 5. EXEMPLO DE USO

A Figura 8 mostra um arranjo típico para calibração de divisor capacitivo por comparação com o divisor padrão do Immetro.

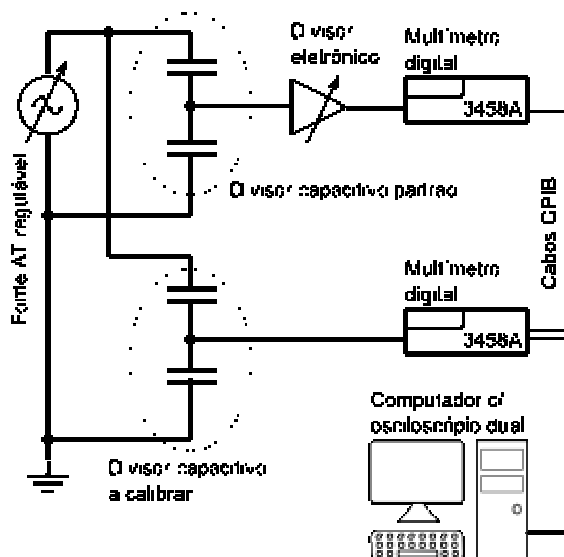


Figura 8 – Aplicação típica

Esquema similar é usado na calibração de outros dispositivos como divisores resistivos, pontas atenuadoras.

## 6. ATUALIZAÇÕES

Modificações e melhorias estão previstas para o software, de forma a facilitar a interação com o usuário e oferecer mais recursos. As primeiras deverão tratar de:

- atualização da interface gráfica com objetos das versões mais recentes do LabWindows (ambiente para programação em C da National Instruments).
- validação de resultados para os serviços mais comuns de calibração.
- geração de relatórios em aplicativos do Microsoft Office.
- arquivos de ajuda conforme padrão Microsoft.

## **7. CONCLUSÃO**

O desenvolvimento do software permitiu ao Inmetro realizar medições síncronas de sinais senoidais e não senoidais em divisores e outros dispositivos de alta tensão para corrente alternada, significando um importante serviço de calibração oferecido a empresas de energia elétrica e outros laboratórios.

## **AGRADECIMENTO**

Ao Dr. Endre Tóth (in memoriam) pelo desenvolvimento do código original do programa.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] A.M.R. Franco, E. Tóth, Rosane M. Debatin, Patrícia C. Oliveira, M.F.B. Cyrillo - Osciloscópio Virtual de Alta Exatidão, Dez. 2002.
- [2] A.M.R. Franco, Desenvolvimento de um Analisador de Potência, Tese de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Metrologia para a qualidade Industrial, PUC, Rio de Janeiro, 144p. Fev. 2001.
- [3] R.L. Swerlein A 10 ppm Accurate Digital AC Measurement Algorithm, Aug. 1991
- [4] M. Kampik, H. Laiz, M. Klonz, Comparison of Tree Accurate Methods to Measure ac Voltage at low Frequencies, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference 16th, Venezia 1999.