



## **INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL APLICADA A UM LABORATÓRIO DE ACESSO REMOTO COM GERADOR DE FUNÇÕES E OSCILOSCÓPIO**

**TEBERGE, C. R.** – caio.teberge@ee.ufcg.edu.br

**MELO, T. R.** – thamiles.melo@ee.ufcg.edu.br

**SILVA, J. J.** – jaidilson@dee.ufcg.edu.br

**PERKUSICH, A.** – perkusic@dee.ufcg.edu.br

**ROCHA NETO, J. S.** – zesergio@dee.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática,  
Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Instrumentação Eletrônica e  
Controle (UFCG - CEEI - DEE - LIEC)

Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó

58.429-900 – Campina Grande – Paraíba

**Resumo:** *No presente trabalho descreve-se a utilização da instrumentação virtual em um laboratório de acesso remoto para a disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande - PB. Tal laboratório é constituído por um gerador de funções e um osciloscópio que se conectam a uma plataforma de experimentos. Por meio de interfaces Web, é possível monitorar e controlar os dispositivos remotamente.*

**Palavras-chave:** *Instrumentação Virtual, Plataforma de Experimentos, Laboratório de Acesso Remoto, Gerador de Funções, Osciloscópio.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Com a necessidade de se poupar tempo e espaço nos dias atuais, a ideia de controlar ferramentas de forma remota tem ganhado bastante espaço em laboratórios de instrumentação. Experimentos que antes requeriam presença física para controle, hoje podem ser feitos de qualquer lugar garantindo os mesmos resultados dos analisados manualmente, por meio de instrumentação virtual, bastando apenas ter disponibilidade de internet (CONSONNI *et al.*, 2004), (GOODWIN, *et al.*, 2011), (DANIEL *et al.*, 2012).

A rápida evolução dos computadores trouxe consigo o advento da Instrumentação Virtual. A Instrumentação Virtual traz ao usuário a possibilidade de utilizar um computador pessoal para realizar as mesmas funções de um instrumento comum. Dessa forma, os usuários podem criar sistemas de medição e automação que se ajustam as suas necessidades, sem estarem limitados as funções fixas definidas pelo fabricante de um instrumento comum, e ainda, faz-se o proveito do poder de processamento do computador (NETO & MACHADO, 2007).

Alguns dispositivos já estão sendo fabricados com suporte para tal forma de controle, entre eles estão o gerador de funções (*Agilent 33220A*) e o osciloscópio (*Agilent DSO5014A*). Estes são os instrumentos utilizados para analisar alguns experimentos criados a fim de proporcionar experiência prática, e um melhor entendimento do que é instrumentação virtual aos alunos da disciplina *Instrumentação Eletrônica* do curso de *Engenharia Elétrica* da *Universidade Federal de Campina Grande - PB*.

## 2. MATERIAL UTILIZADO

Nesta seção serão abordadas as principais especificações dos dispositivos com acesso remoto, neste caso, o gerador de funções e o osciloscópio.

### 2.1. Gerador de Funções

O gerador de funções *Agilent 33220A* é fabricado pela *Agilent Technologies*. Ele dispõe de uma ferramenta que possibilita o acesso remoto às suas funções, por isso foi utilizado para gerar os sinais de entrada dos experimentos remotos do Laboratório de Instrumentação Eletrônica. Na Figura 1, os painéis frontal e traseiro podem ser observados.



Figura 1– Fotografia do gerador de funções *Agilent 33220A*.

Na parte frontal existem botões para selecionar a função de entrada e conexão para o cabo de saída, como também um visor que disponibiliza a forma de onda, a frequência e a amplitude do sinal usado. Já o painel traseiro possui portas *USB*, *Ethernet* e *GPIB* para configuração e acesso remoto ao gerador, além de uma conexão de entrada para um sinal modulante e outras conexões. Os principais recursos são apresentados a seguir (AGILENT TECHNOLOGIES, 2007a):

- Geração de ondas quadradas e senoidais com até 20 MHz;
- Geração de pulsos, rampas, ondas triangulares, ruído e sinal DC;
- Modulações AM, FM, PM, FSK e PMW;
- Faixa de amplitudes de 10 mV à 10V;
- Modo gráfico para visualização do sinal gerado;
- Conexão via USB, GPIB e LAN;
- Controle remoto via Web;

O acesso remoto ao gerador é feito pela porta *Ethernet*, através de uma rede local (LAN) pelo protocolo TCP/IP, e controlado a partir de uma *interface* Web. Os experimentos realizados no laboratório utilizam a página Web. Na Figura 2 é apresentada esta *interface*.



Figura 2 – Interface Web do gerador de funções Agilent 33220A.

## 2.2. Osciloscópio

O osciloscópio Agilent DSO5014A do fabricante Agilent Technologies (Figura 3), é o responsável por apresentar as respostas dos circuitos montados no Laboratório de Instrumentação Eletrônica.



Figura 3 – Fotografia do osciloscópio Agilent DSO5014A.

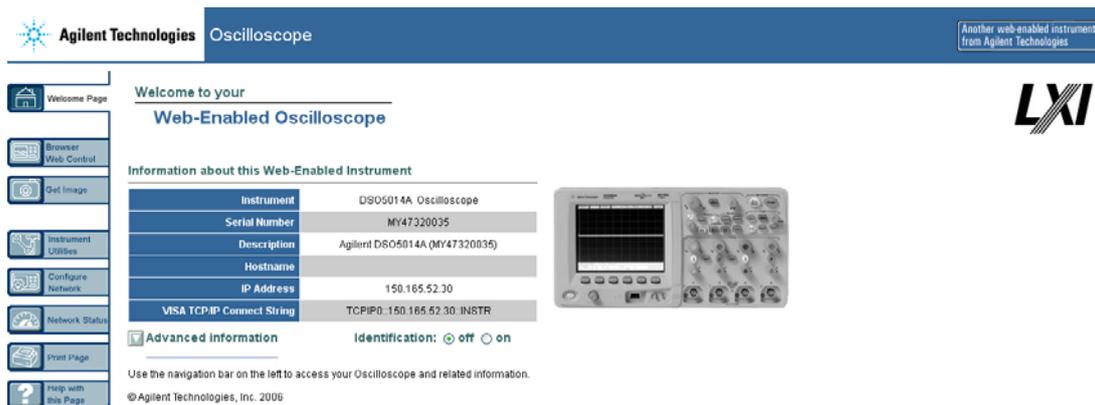
No painel frontal apresenta-se as conexões das pontas de provas e os botões para ajuste de medições e visualização do sinal. Além disso, portas USB dispostas neste painel e no painel traseiro possibilitam que a visualização da tela do osciloscópio seja impressa em uma impressora USB, armazenada em um dispositivo USB ou ainda que seja capturada em um computador.

Assim como o gerador de funções, o osciloscópio também possui as portas *Ethernet* e GPIB que permitem seu acesso remoto. Há também uma saída VGA, caso o usuário queira visualizar a imagem em um monitor externo. Os principais recursos são descritos a seguir (AGILENT TECHNOLOGIES, 2007b):

- Largura de banda de 100 MHz;
- Taxa de amostragem 2 Gsa/s;

- Portas USB, LAN e GPIB para imprimir, salvar e compartilhar dados facilmente;
- Tela XGA em cores;
- Controle remoto via Web.

Da mesma maneira que o gerador de funções, o osciloscópio dispõe de uma *interface* acessada via *Web* para seu controle, que é apresentada na Figura 4. Os sinais gerados podem ser vistos remotamente em um aplicativo Java, que pode ser acessado a partir da *interface* Java apresentada na Figura 5.



Agilent Technologies Oscilloscope

Welcome to your **Web-Enabled Oscilloscope**

Information about this Web-Enabled Instrument

Instrument	DSO5014A Oscilloscope
Serial Number	MY47320035
Description	Agilent DSO5014A (MY47320035)
Hostname	
IP Address	150.165.52.30
VISA TCP/IP Connect String	TCPIP0:150.165.52.30::INSTR

Advanced Information Identification:  off  on

Use the navigation bar on the left to access your Oscilloscope and related information.  
© Agilent Technologies, Inc. 2006

Figura 4 – Representação da *interface* Web do osciloscópio Agilent DSO5014A.

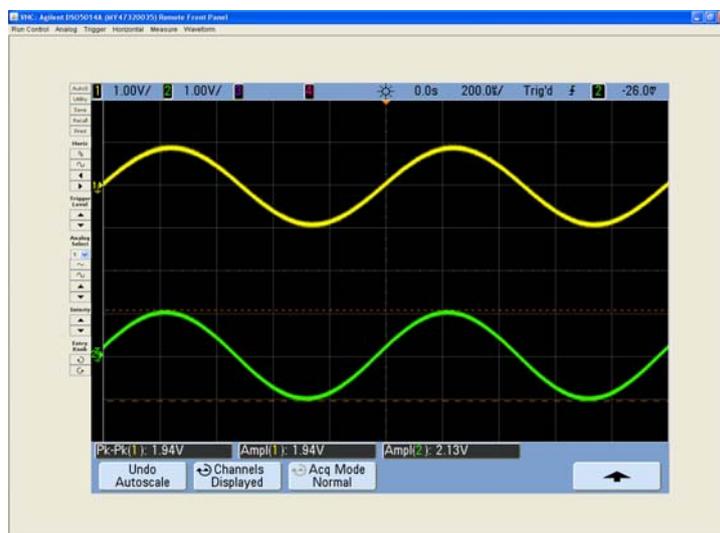


Figura 5 – Representação do aplicativo Java utilizado para visualização dos sinais do osciloscópio.

### 3. EXPERIMENTOS REALIZADOS

Nesta seção serão descritos os experimentos constituintes da plataforma de experimentos, conforme propostos por (OMENA, 2011) para construção do laboratório remoto.

### 3.1. Experimento 1 – Filtro passa-faixa

O filtro passa-faixa implementado foi obtido da disposição em série de um filtro passa-baixa e outro passa-alta, ambos de segunda ordem e com configuração *Sallen-Key*. O filtro passa-baixa projetado atenua frequências inferiores a 3 kHz, enquanto que o filtro passa-alta possui frequência de corte de 230 Hz. Dessa forma, pode-se implementar um filtro com faixa de frequência entre 230 Hz e 3 kHz.

Os filtros foram projetados utilizando-se as ferramentas *buttord()* e *butter()* do MATLAB, que utilizam a aproximação de *Butterworth* para calcular a função transferência de um filtro. Na função *buttord()*, tem-se como parâmetros as frequências de passagem e de bloqueio do filtro em Hz, e as atenuações máxima na faixa de passagem e mínima na faixa de atenuação em dB. Os valores retornados pela função são a ordem do filtro e a frequência de corte. Estes últimos servem então como parâmetros para a função *butter()*, que retorna a função transferência do filtro. Todas estas funções recebem também o parâmetro "s", para que os dados retornados sejam referentes a um filtro analógico. No caso do filtro passa-alta, a função *butter()* recebe ainda o parâmetro "high".

A partir das funções transferências obtidas, pode-se calcular os componentes do circuito. Para o cálculo, fixou-se os valores dos capacitores e em seguida determinou-se os valores dos resistores. Devido ao fato dos valores das resistências não serem comerciais, algumas adaptações tiveram que ser feitas. Na Figura 6 é apresentado o circuito simulado no *Multisim*.

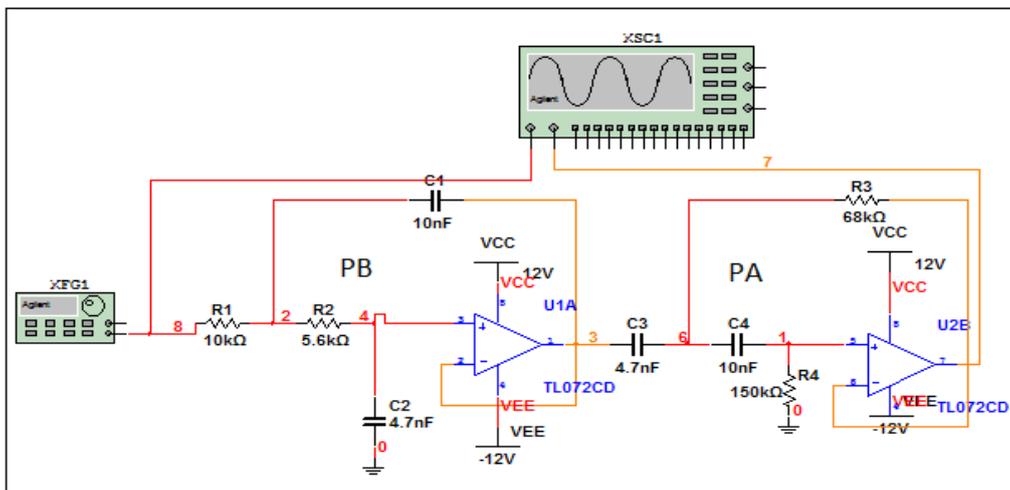


Figura 6 – Diagrama do filtro passa-faixa projetado no ambiente *Multisim*.

Para estudar o circuito, os alunos devem aplicar um sinal senoidal em sua entrada e variar a frequência deste sinal de acordo com os valores dados em uma tabela no guia do experimento. Em seguida, devem medir a amplitudes do sinal de entrada e dos sinais de saída para cada frequência, bem como a defasagem entre cada sinal de saída com relação ao de entrada. Com os dados obtidos, é proposto no guia alguns procedimentos para que os alunos aperfeiçoem o entendimento, traçar um gráfico com a resposta em frequência do filtro é uma das tarefas pedidas.

### 3.2 Experimento 2 - Detector de envoltória

Este circuito é formado por um diodo ligado no caminho da realimentação negativa do amplificador operacional, formando assim um retificador de precisão. Complementando o experimento, tem-se um circuito RC paralelo ligado ao diodo. A montagem no *Multisim* pode ser observada na Figura 7.

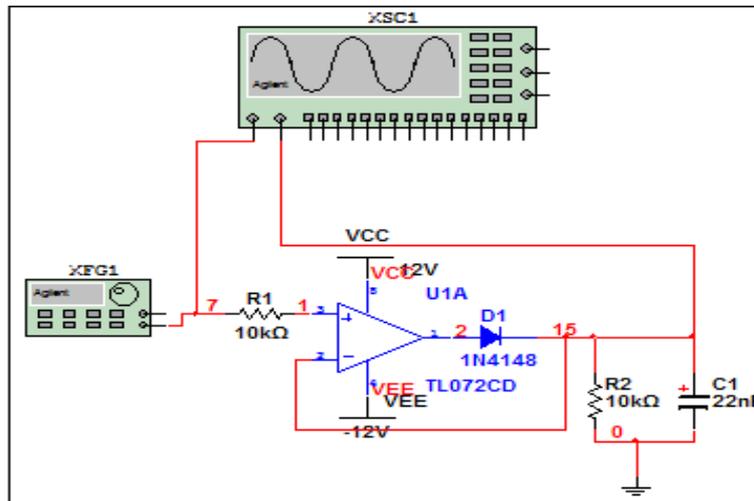


Figura 7 – Diagrama do detector de envoltória projetado no ambiente *Multisim*.

Ao se aplicar na entrada uma tensão maior que a tensão de saída, fará com que o diodo conduza, ocasionando o fechamento da malha de realimentação, e portanto, tornando o amplificador operacional um detector de envoltória. Desse modo, o diodo fornecerá corrente para o circuito RC. Tal processo continua até que a entrada atinja seu valor máximo, depois de atingido, é criada uma diferença de potencial negativa nos terminais do amplificador, o que tornará a saída do amplificador saturada negativamente. Isso implicará que o diodo entre em corte, passando a não conduzir corrente em seus terminais.

No guia deste experimento é solicitado que os alunos insiram alguns sinais de entrada, a fim de identificá-lo, além de outros testes e tarefas, também solicitadas no mesmo.

### 3.3 Experimento 3 - Retificador Meia Onda e Detector de Nível Médio

No terceiro e último experimento, há um retificador de precisão semelhante ao projetado no experimento 2. Ele difere deste por dois motivos: primeiro, por ter o sinal de entrada ligado na porta inversora do amplificador, e segundo, que há um diodo D2 que mantém o caminho de realimentação fechado em torno do amplificador operacional durante o tempo em que o D1 estiver desligado, evitando, assim, que o amplificador sature. Na Figura 8 pode ser observada a simulação deste circuito feita no *Multisim*.

Quanto ao funcionamento, tem-se que para um sinal de entrada positivo, o diodo D2 conduz e fecha a malha de realimentação negativa. Um terra virtual aparece, portanto, no terminal da entrada inversora e a saída do amplificador operacional fica grampeada em uma queda de diodo abaixo do terra. Essa tensão negativa manterá o diodo D1 em corte e não haverá corrente na resistência de realimentação R2. Isso implica que a tensão de saída do retificador será zero.

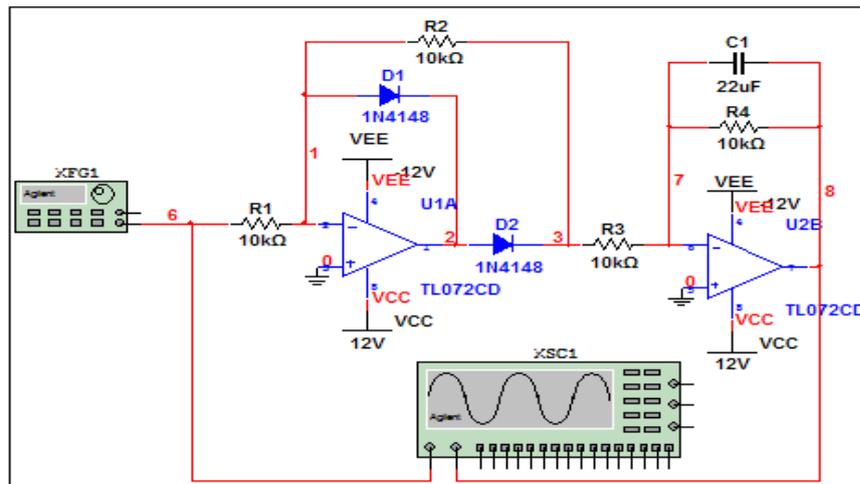


Figura 8 – Diagrama do retificador Meia Onda e Detector de Nível Médio projetados no ambiente *Multisim*.

Quando o sinal de entrada é negativo, a tensão no terminal de entrada inversora tende a ser negativa, fazendo com que a tensão no terminal de saída do amplificador operacional seja positiva. Com isso,  $D2$  ficará reversamente polarizado e, conseqüentemente, entra no corte. O diodo  $D1$ , porém, conduzirá através de  $R2$ , estabelecendo, portanto, um caminho para a realimentação negativa em torno do amplificador operacional e forçando o aparecimento de um terra virtual no terminal de entrada inversora (SEDRA e SMITH, 2007). A corrente através da resistência de realimentação  $R2$  será igual à corrente através da resistência de entrada  $R1$ . Portanto, para  $R1 = R2$  e  $v_I$  sendo a tensão de entrada, a tensão de saída  $v_O$  será:

$$v_O = -v_I \text{ para } v_I \leq 0 \quad (1).$$

O outro circuito ligado em cascata com o retificador, consiste em um filtro passa-baixa de primeira ordem. Uma entrada senoidal com amplitude  $V_p$  colocada na entrada do retificador, terá seu pico negativo retificado. Se a frequência de corte do filtro for muito menor que a frequência da onda senoidal de entrada, o filtro detectará o nível médio do sinal retificado e atenuará fortemente as outras harmônicas. O valor da primeira harmônica da expansão em série de Fourier da onda retificada, ou seja, o seu valor médio, será:

$$v_m = \frac{1}{T} \int_0^{(1-q)T} V_p dt = \frac{1}{T} V_p (1-q)T = V_p (1-q) \quad (2).$$

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Após a execução de cada experimento, os resultados a serem obtidos pelos alunos, são como descritos nas subseções seguintes.

##### 4.1 Filtro passa-faixa

Conforme descrito na seção 3.1, é solicitado no guia alguns procedimentos que devem ser feitos pelos alunos da disciplina. Inicialmente é pedido que seja aplicado um

sinal senoidal na entrada, com amplitude de 1V, e que a frequência varie de 100 Hz a 7 kHz, com passo variante de 50 Hz, 100 Hz e 200 Hz, nos intervalos de 100 – 600 Hz, 600 – 1 kHz e 1 kHz – 7 kHz, respectivamente. Em seguida, após obter o sinal de saída no osciloscópio, pede-se para calcular a amplitude dos sinais de saída e entrada, e a defasagem do sinal de saída em relação ao sinal de entrada para cada valor de frequência. Através dos valores das amplitudes medidas, o ganho ou atenuação em *dB* devem ser calculados, a partir da Equação (3).

$$H(\text{dB}) = 20 \log \left( \frac{V_{op}}{V_{ip}} \right) \quad (3).$$

Com posse desses valores calculados, plotou-se a resposta em frequência ou atenuação em *dB*, como podem ser observado na Figura 9.

O valor medido da tensão de pico a pico do sinal de entrada foi de  $V_{ipp} = 2,16V$

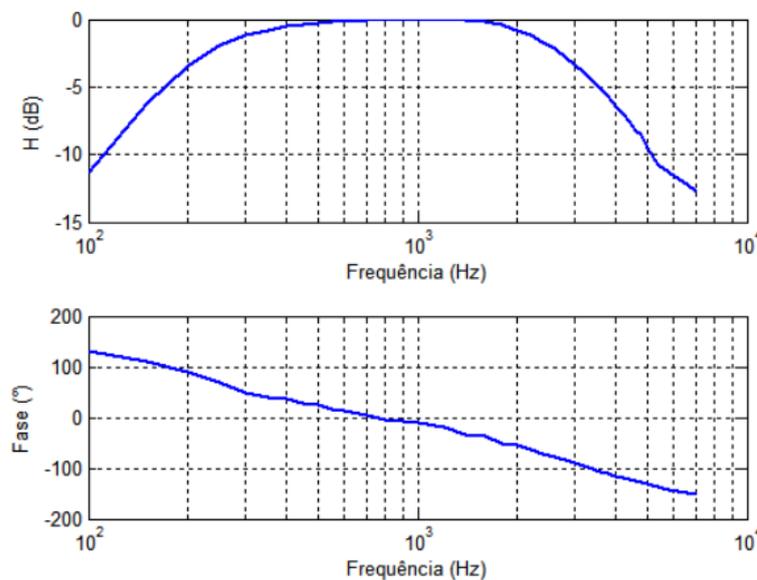


Figura 9 – Diagrama de Bode do circuito utilizado no Experimento 1.

Outra questão a ser analisada é se a partir dos gráficos obtidos, seria possível identificar o sistema. Com o estudo dos gráficos, percebe-se que o circuito se trata de um filtro passa-faixa, pois ao variar a frequência para valores muito alto ou muito baixo, o sinal de entrada será atenuado. Pode-se observar também que o sinal de entrada é atenuado em 3dB em torno das frequências de corte 225 Hz e 2,875 kHz.

Por fim, foi solicitado aplicar uma onda quadrada na entrada circuito, também com 1V de pico, e com a frequência variável para verificar o que ocorre com o sinal de saída. A partir disso, conclui-se que sendo uma onda quadrada a composição de uma soma de ondas senoidais, caso a frequência fundamental do sinal de entrada esteja dentro da faixa de passagem do filtro, a saída mostrará a primeira harmônica e mais as harmônicas que não foram atenuadas. Quando se ajusta a onda quadrada para uma frequência próxima a frequência de corte mais alta do filtro (3 kHz), a saída do filtro será aproximadamente uma onda senoidal pura, já que as outras harmônicas terão frequências mais altas que a frequência de corte do filtro e serão fortemente atenuadas, só a primeira harmônica não sofrerá grande atenuação.

## 4.2 Detector de envoltória

Seguindo o raciocínio do experimento anterior, os alunos devem realizar alguns procedimentos disponibilizados no guia. Portanto, inicialmente, o sinal de entrada é ajustado para 5 V de pico e sua frequência variada passo a passo de 100 Hz a 1 kHz. Logo após, é feita uma comparação entre os dois sinais, de saída e de entrada, podendo ser concluído que o sinal é retificado no pico positivo, apesar de o efeito da malha positiva ser pouco percebido. Conforme se aumenta a frequência, é possível verificar a presença da malha RC no circuito, devido ao descarregamento do capacitor não acompanhar o sinal de entrada. Com isso, o circuito caracteriza-se por detectar a envoltória positiva do sinal. São apresentados nas Figuras 10 e 11, os sinais do osciloscópio vistos remotamente, e o sinal de entrada, com frequência de 100 Hz e 1 kHz, respectivamente.

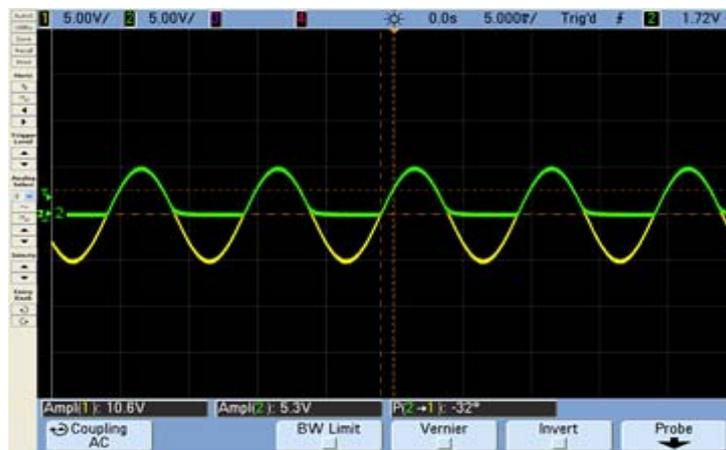


Figura 10 – Visualização da tela do osciloscópio com pico detectado em um sinal de entrada com 100 Hz (Sinal de saída: cor verde; Sinal de entrada: cor amarela).

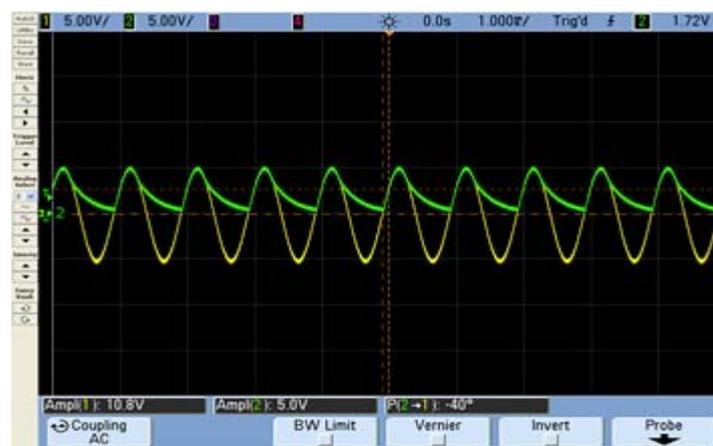


Figura 11 – Visualização da tela do osciloscópio com pico detectado em um sinal de entrada com 1 kHz (Sinal de saída: cor verde; Sinal de entrada: cor amarela).

## 4.3 Retificador Meia Onda e Detector de Nível Médio

Para início deste experimento, é solicitado que seja aplicado na entrada do circuito um sinal senoidal com 5 V de pico e 60 Hz. O sinal de entrada do circuito é visualizada no canal 1 do osciloscópio e a saída do retificador no canal 2. Na primeira questão pede-

se para comparar os sinais dos dois canais e identificar o que é implementado nesta primeira parte do circuito.

Comparando-os, verifica-se que o circuito retifica o pico negativo do sinal de entrada, conforme observado na Figura 12.

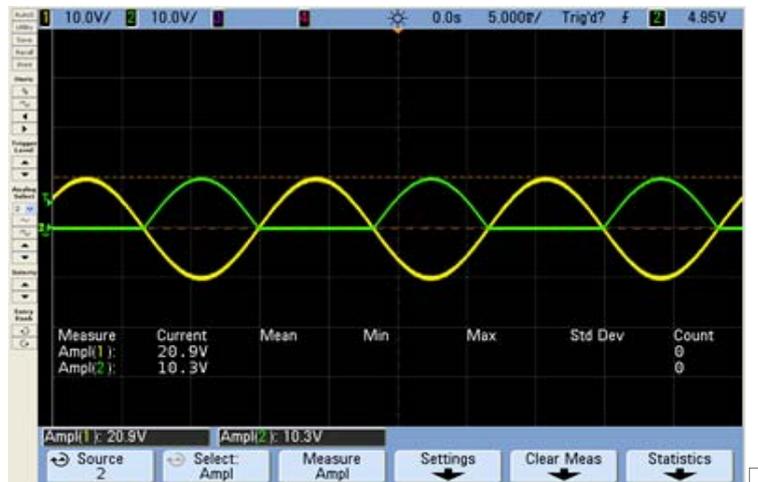


Figura 12 – Visualização da tela do osciloscópio com sinal retificado (Sinal de saída: cor verde; Sinal de entrada: cor amarela).

Na segunda questão pede-se para ligar o canal 3 do osciloscópio. A saída do detector de nível médio (filtro passa-baixa) encontra-se conectada neste canal, onde obtém-se uma tensão contínua negativa, já que o filtro está na configuração inversora. É pedido então, que o sinal seja invertido através da função “*Invert*” do osciloscópio e depois medido. Em seguida, pede-se também que seja calculado o valor médio do sinal retificado e comparado com o valor medido no canal 3.

Calculando-se o valor médio pela Equação (2) e comparando com o valor medido, nota-se que os valores são próximos, já que para o valor calculado obteve-se 1,5915 V e o medido, 1,5814 V. Conclui-se então, que a outra parte do circuito implementa um detector de nível médio (Figura 13).

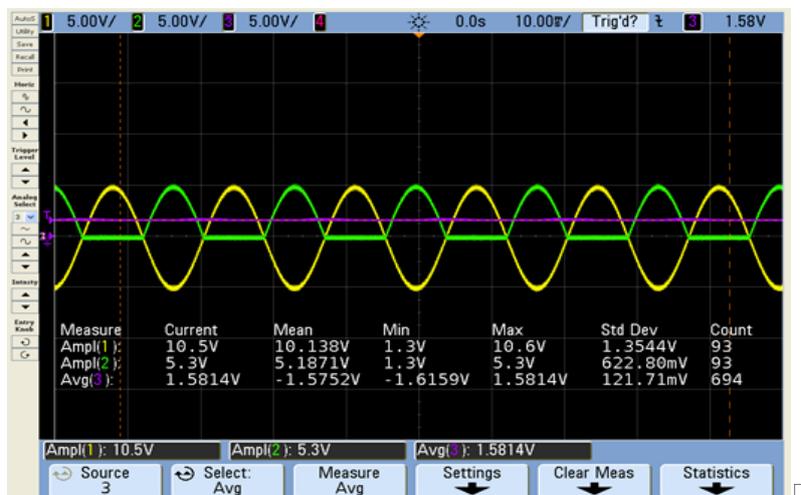


Figura 13 – Visualização da tela do osciloscópio com sinal retificado e nível médio (Sinal de saída: cor verde; Sinal de entrada: cor amarela, Nível médio: cor roxo).



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste trabalho com a turma da disciplina de Instrumentação Eletrônica, pode-se notar um bom desempenho dos discentes no que diz respeito a identificação dos circuitos implementados em cada experimento, uma vez que os alunos conseguem extrair as características relevantes dos experimentos, seguindo apenas os passos propostos nos guias, de modo a analisar as características dos circuitos, de forma virtual.

Para os experimentos que utilizam o gerador de funções e o osciloscópio, foram projetados alguns circuitos e alterando os sinais de entrada e visualizando os sinais de saída, os circuitos devem ser caracterizados e algumas questões dos guias de experimentos devem ser respondidas.

Para continuação das atividades, pretende-se implementar novos circuitos bem como melhorar o acesso das *interfaces* para realização dos experimentos via *Web*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGILENT TECHNOLOGIES. *Agilent 33220A User's Guide*, 4. ed. Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia - USA, 2007a.

AGILENT TECHNOLOGIES. *Osciloscópios Agilent Série 5000*, 1. ed. Guia do Usuário, Agilent Technologies, Palo Alto, Califórnia - USA, 2007b.

CONSONNI, D.; AZEVEDO, M. F.; BERNARDO NETO, O.; ROGERI, R. C. Applications of Virtual Instruments in Electrical Engineering Education. International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership" VSB-TUO, Ostrava, 2004.

DANIEL A. O.; JULIE SHATTUCK; JOEL KUBBY. An Online, Interactive Renewable Energy Laboratory. *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 4, pp. 559-565, 2012.

GOODWIN, G.C.; MEDIOLI, A. M.; SHER, W.; VLACIC, L. B.; WELSH, J. S. Emulation-Based Virtual Laboratories: A Low-Cost Alternative to Physical experiments in Control Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, no. 1, pp. 48-55, 2011.

NETO, J.; MACHADO, M. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, Departamento de Engenharia Elétrica. *Instrumentação Virtual*. 2007. Monografia (Especialização em Instrumentação, Automação, Controle e Otimização de Processos Contínuos).

OMENA, Rômulo Afonso Luna Vianna. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Departamento de Engenharia Elétrica. **Relatório de Estágio Supervisionado**, 2011. Relatório de Estágio de Conclusão de Curso.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microeletrônica*, 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.



## **VIRTUAL INSTRUMENTATION APPLIED IN A REMOTE ACCESS LABORATORY WITH FUNCTIONS GENERATOR AND OSCILLOSCOPE**

**Abstract:** *This paper presents the using of the virtual instrumentation in a remote access laboratory for the discipline of Electronic Instrumentation of the undergraduate course of Electrical Engineering at Federal University of Campina Grande -PB. This laboratory is constituted by a functions generator and an oscilloscope which connecting the experimental platform for circuit analysis. Via interfaces Web, it is possible monitoring and control this devices remotely.*

**Keywords:** *Virtual Instrumentation, Experimental Platform, Remote Access Laboratory, Functions Generator, Oscilloscope.*