

Instrumentação Virtual com



L.H.S.R./98

V.H.N./99

J.K./2000

J.K./2002

PARTE EXPERIMENTAL

1. Objetivos

- Familiarização com a linguagem de programação para instrumentação LabVIEW, bem como com a estrutura e montagem de instrumentos virtuais;
- Projeto de um instrumento virtual (VI – *virtual instrument*) para geração de um sinal através da composição de seus harmônicos;
- Utilização de instrumento virtual para o controle e programação de um gerador de funções;
- Observação do sinal e de seu espectro através dos recursos do osciloscópio digital.

2. Tutorial¹

2.1. Introdução

O LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) usa uma linguagem de programação chamada G. Essa linguagem possui diretivas como PASCAL e C, mas que ao invés de utilizar comandos na forma de texto para gerar as linhas de código, usa uma linguagem de programação gráfica, ou seja, o programa é feito na forma de um diagrama de blocos.

Utilizando uma estrutura de programação orientada pelo fluxo de dados e hierárquica, o LabVIEW torna simples a implementação de sistemas complexos que englobem aquisição e manipulação de dados ou ainda o controle de equipamentos através do computador. Além disso, o LabVIEW inclui diversas bibliotecas compostas por componentes contendo funções para aplicações específicas (algoritmos de análise estatística, processamento e geração de sinais, etc.).

2.2. Instrumentos Virtuais

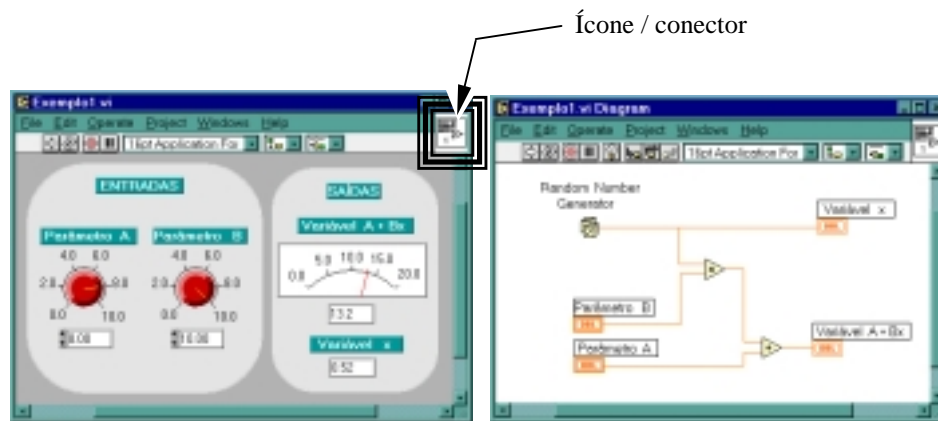
Qualquer programa feito em LabVIEW é chamado de instrumento virtual (VI – *virtual instrument*) já que sua aparência e operação assemelham-se às de instrumentos reais. Um VI, assim como um programa usual, é composto por um conjunto de instruções que fazem a manipulação e fluxo dos dados, e por uma interface com o usuário, na qual se encontram as entradas e saídas necessárias. Basicamente pode-se identificar em um VI duas partes que o compõem:

¹ A ser realizado no laboratório

- **Diagrama de blocos** – é a estrutura do programa propriamente dita que contém o código fonte construído de forma gráfica;
- **Painel frontal** – constitui a interface com o usuário, apresentando de forma visual todos os controles, gráficos e indicadores formando uma tela que simula o painel físico de um instrumento. Este pode ser formado por botões, *leds*, *knobs* e indicadores que permitem a interação através do *mouse* ou do teclado do computador.

Pode-se ainda encapsular um VI inteiro (isto é, diagrama de blocos + painel frontal) em um módulo re-utilizável dentro de um outro VI. Esse módulo encapsulado constituirá um subVI. Assim sendo, podemos incluir um terceiro ingrediente componente de um VI genérico:

- **Ícone/conector** – define as entradas e saídas do VI acessíveis à conexão quando este é utilizado como um subVI dentro de um outro VI (é análogo às definições de entrada e saída para se usar uma rotina como função dentro de um programa numa linguagem convencional). O ícone é a definição da aparência gráfica que se deseja que este VI tenha no diagrama de blocos quando usado como um subVI.



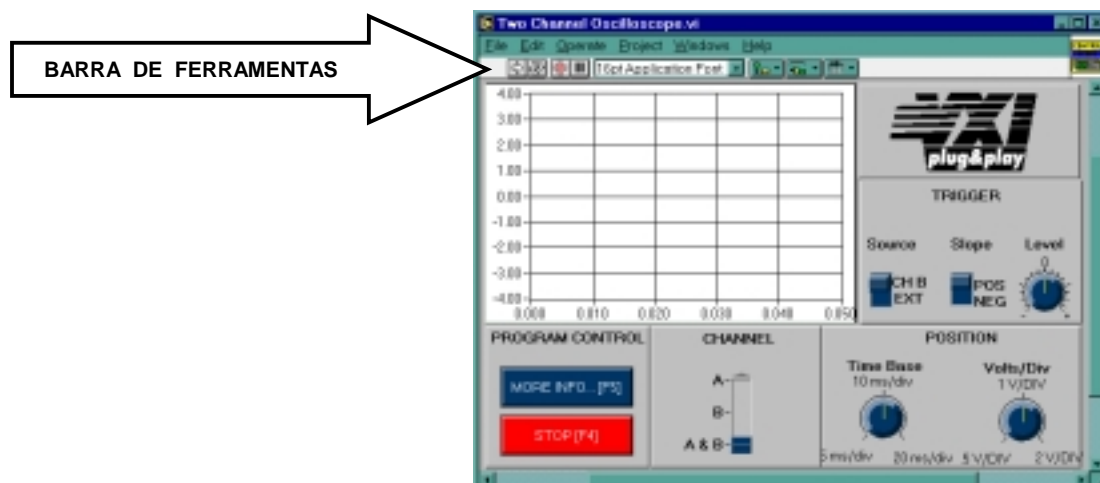
Painel Frontal

Diagrama de Blocos

☒ Parte Prática





1. Clique no menu Iniciar, depois em programas e em seguida no ícone LabVIEW.
2. Clique em : **Open VI**.
3. Carregue o exemplo **Two Channel Oscilloscope.vi**, que está no arquivo **examples>>apps>>demos.llb**.

O painel de controle desse VI que simula um osciloscópio se abrirá. Note que ele é composto por vários *knobs*, *botões*, *gráficos* e *controles*.



Observe que na parte superior do painel frontal há uma barra de ferramentas como descrita a seguir:



-  Roda o VI, uma vez.
-  Roda o VI, continuamente, isto é, quando chega ao final, volta novamente ao início e recomeça.
-  Aborta a execução do VI.
-  Pausa/Continua a execução do VI.

Clique no botão que roda o VI. Através do *mouse* varie os controles e observe o funcionamento do programa.

Após isso, clicando no botão adequado, aborte a execução do VI. Para examinar o diagrama de blocos siga os passos:

1. Clique em: **Windows>>Show Diagram.**
2. Observe que apertando simultaneamente as teclas ‘Ctrl’ e ‘e’, alterna-se a janela ativa entre o Painel Frontal e o Diagrama de Blocos.
3. Observe o formato e a estrutura do diagrama (é claro que nesse momento ainda não é possível entendê-lo).
4. Feche o painel frontal e o diagrama (clique no X na extremidade superior direita das janelas, ou ainda pressione simultaneamente as teclas ‘Ctrl’ e ‘w’).

2.3. Paleta de Ferramentas

Para editar, operar ou construir um VI são usadas várias ferramentas. Dessa forma o conhecimento e compreensão dessas ferramentas e sua utilização são essenciais para usar o LabVIEW.

☒ *Parte Prática*

1. Na janela de aviso do LabVIEW clique em **New VI**.
2. Clique em **Windows>>Show Tools Palette**. (A paleta de ferramentas, ilustrada a seguir, se abrirá.)



Descrição das ferramentas principais:



Permite a operação dos controles e botões no painel frontal (*Operation Tool*).



Posiciona, formata e seleciona objetos (*Position Tool*).



Edita textos e cria rótulos (*Text Tool*).




Conecta objetos no diagrama de blocos (*Wiring Tool*).

É interessante observar que ao pressionar a tecla <TAB> o cursor alterna entre todas as ferramentas, e através da barra de espaço é possível alternar entre as duas ferramentas mais usadas: a de operação e a de posicionamento (se no painel) e entre a de conexão e a de posicionamento (se no diagrama).

2.4. Controles e Indicadores

No painel frontal as entradas e saídas do VI são representadas respectivamente por controles e indicadores, que visualmente podem ser apresentados seja como *knobs*, botões, indicadores digitais, *leds*, ou ainda sob vários outros formatos e tipos.


☒ *Parte Prática*

1. No painel frontal do novo VI aberto anteriormente clique em **Windows>>Show Controls Palette**. (A paleta de controles se abrirá.)
2. Com o cursor do *mouse* vá até a paleta de controles. Clique em **Numeric** (observe que o título do item aparece na parte superior desta janela). Ande com o cursor sobre os vários tipos de controles e quando estiver sobre o controle denominado **Vertical Slide**, clique o botão esquerdo do *mouse*.
3. Caminhe com o cursor até o painel frontal e clique novamente. Observe que o controle escolhido foi colocado no painel do VI. O LabVIEW vai estar esperando por um nome para o controle. Digite um nome (por exemplo **controle1**). Para confirmar o nome, clique com o *mouse* em qualquer parte vazia do painel.
4. Vá para o diagrama de blocos e observe que a representação do controle criado já foi automaticamente inserida.
5. Voltando ao painel frontal, observe que mudando o cursor do *mouse* para a ferramenta de operação é possível mudar o valor de um controle através de seu cursor deslizante.
6. Ainda no painel frontal note que clicando com o botão direito do *mouse* sobre uma região vazia a paleta de controles se abre. Explore a paleta de controles e confira a variedade de opções que há. Para treinar, crie outros controles e indicadores.
7. Observe que para mudar o nome de um controle basta ir ao painel frontal e com o cursor de edição de texto (na paleta de ferramentas clique no ícone:  apertar o botão esquerdo do *mouse* sobre o rótulo a ser mudado. Assim, digite o novo nome e confirme.
8. Feche o painel frontal (Não salve o VI feito).

2.5. Construindo um VI

A fim de familiarizar o aluno com a edição do painel e diagrama de blocos, são descritos a seguir os procedimentos para se criar um VI que simula a aquisição de leituras de temperatura.

☑ *Parte Prática*

1. Abra um novo VI.
2. No painel frontal coloque o indicador denominado *Thermometer* (**Controls>>Numeric**).
3. Coloque o rótulo do indicador como 'Temperatura'.
4. Mude o cursor para a ferramenta de operação (cursor na forma de mão). Clique no número 10.0 da escala, digite 100 e confirme a digitação. Note que o valor máximo da escala agora é 100.
5. No diagrama de blocos clique com o botão direito do *mouse* em uma região vazia (observe que a paleta de funções se abrirá). Vá com o *mouse* até o item  **Tutorial** da paleta e clique.


6. Clique no ícone *Volt. Read.*



Mova o cursor até alguma área livre do diagrama de blocos e clique novamente.

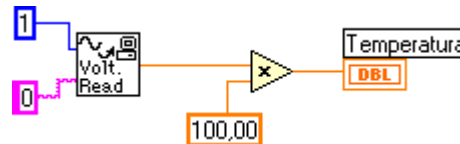
7. Abra novamente a paleta de funções (botão direito do *mouse*). Clique no ícone **Numeric**.



Clique no bloco de multiplicação ,  e em seguida novamente numa área livre do diagrama.

8. Mova o cursor sobre o ícone *Volt. Read* e pressione simultaneamente as teclas 'Ctrl' e 'h'. Dessa forma uma janela de explicação (*Help*) sobre o VI do ícone em questão será aberta. Você poderá usar este procedimento sempre que precisar de informações sobre algum bloco do programa. Como se pode ver, este bloco simula uma placa de aquisição fornecendo uma leitura de tensão de cada vez, a partir de um vetor de valores pré-armazenados. É possível também notar que este bloco tem três conexões: as entradas *Board ID* (identificação da placa) e *Channel* (número do canal da placa que será usado), além da saída *Measured Voltage* (que fornece a tensão lida). Usando do mesmo artifício, é possível notar que o bloco de multiplicação tem duas entradas e uma saída que fornece o produto dessas últimas.
9. Aperte a barra de espaço até que o cursor seja o de ligação (representado por um carretel).
10. Com o cursor sobre o canto superior esquerdo do ícone do VI *Volt. Read* (note que o conector *Board ID* ficará piscando) clique com o botão direito e selecione **Create Constant**. Em seguida digite o número 1. Dessa forma, a entrada *Board ID* foi configurada para a placa um. Faça o mesmo com o conector *Channel* digitando zero para identificar o canal da placa de aquisição.

11. Clique no lado direito do VI *Volt. Read* e mantendo o botão apertado caminhe com o *mouse* até o canto superior esquerdo do bloco de multiplicação (que piscará). Só então solte o botão e verifique como os dois conectores foram ligados.
12. Como anteriormente, crie uma constante no conector de entrada inferior do bloco de multiplicação, com o valor 100. Desse modo a saída do *Volt. Read*, que está na faixa entre 0 e 1, será multiplicada por 100, e a saída do bloco de multiplicação estará entre 0 e 100.
13. Como no caso anterior, ligue a saída do multiplicador ao indicador criado anteriormente, denominado Temperatura.
14. O diagrama de blocos ficará da seguinte forma:

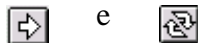


É interessante lembrar que usando o cursor de posicionamento (seta) é possível mover e marcar objetos no diagrama (inclusive fios de ligação). Faça alguns testes!

Note que a cada tipo de variável corresponde um fio de cor diferente no diagrama de blocos.

A indicação “DBL” corresponde a uma variável real com dupla precisão (aproximadamente 16 casas decimais).

15. A partir do painel frontal, rode o VI. Observe que a cada vez que o VI é executado, obtém-se um valor diferente no indicador de temperatura. Teste ambos os comandos :



e

Uma característica interessante do LabVIEW é que se pode abrir um subVI no diagrama do VI que se está construindo. Para tanto, vá ao diagrama de blocos que foi construído e dê um clique duplo, com o cursor de posicionamento no VI *Volt. Read* (o painel frontal dele se abrirá). Note que da mesma forma que o VI principal, este subVI também possui um diagrama de blocos, e pode ser executado de forma independente do VI principal. A seguir, feche o painel frontal do subVI aberto.

16. Feche o painel frontal do VI construído (não o salve).

2.6. Estruturas e Gráficos

Assim como em outras linguagens os programas contêm laços, no LabVIEW há determinadas estruturas que representam graficamente laços, como o *for* e o *while*, no diagrama de blocos. Além disso, é possível usar estruturas de decisão como o *case* ou ainda estruturas específicas do LabVIEW como o *sequence* e o *formula node*.

Quando se faz necessário que os dados gerados por um VI sejam apresentados através de um gráfico, não é preciso dar comandos especiais ou fazer uma rotina só para isso, como em linguagens convencionais. No LabVIEW já há uma função implementada apenas para gerar um gráfico, que ademais pode ser formatado de acordo com o padrão que se deseja obter.

☑ **Parte Prática**

1. Abra um novo VI.
2. No diagrama abra a paleta de funções (clique com o botão direito do *mouse* em uma região vazia). Clique em seguida no ícone **Structures**





e a seguir no ícone **While Loop**.




3. Mova o cursor a uma área livre do diagrama e clique o botão do *mouse*.
4. Mova o cursor de posicionamento (seta) a um dos cantos do *while*, clique o botão esquerdo do *mouse* e mantendo-o pressionado mova o cursor até o retângulo tracejado ficar maior. Note que dessa forma é possível mudar o tamanho do *while*.
5. Vá ao painel frontal e crie um controle tipo booleano (na paleta de controles selecione **Boolean** e **Vertical Toggle Switch**). Coloque o seu rótulo de 'Liga/Desl.'.
6. Ainda no painel frontal abra a paleta de controles e selecione o ícone **Graph** e em seguida **Waveform Chart**.



7. Arraste o gráfico até uma área livre do painel.
8. Digite o nome para o gráfico: 'Valor X Amostra' e confirme a digitação.
9. No diagrama de blocos aumente o tamanho do *while* até que todos os controles e indicadores caibam em seu interior. A seguir mova-os para dentro do *while* (use o cursor de posicionamento).


Observando o laço *While* é possível notar que há dois ícones especiais em seu interior. O ícone  fornece o valor da iteração corrente e o ícone  é responsável pela condição de parada do laço, ou seja enquanto o objeto ao qual ele estiver conectado fornecer um valor igual a '1' os comandos que estiverem dentro do laço serão executados. O laço será interrompido caso o valor passe para '0'. Note que as instruções dentro do bloco *While* são executadas antes de verificada a condição de parada.

10. Conecte através da ferramenta de ligação (carretel) o controle Liga/Desl. ao ícone .
11. Abra a paleta de funções e selecione **Numeric>>Random Number**
12. Coloque o gerador de números aleatórios dentro do laço do *while*.
13. Ligue-o ao gráfico "Valor X Amostra".
14. Na paleta de funções selecione: **Time & Dialog**



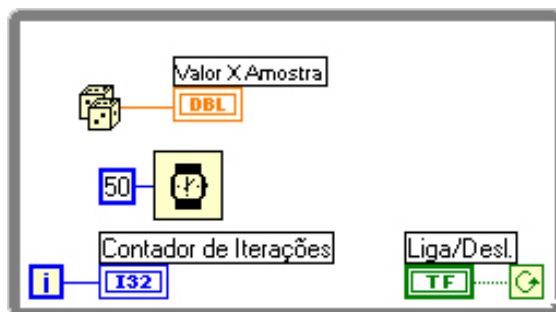
e o ícone **Wait**



15. Arraste o cursor para o interior do laço *while* e clique novamente.
16. A função *Wait* faz com que a execução do VI fique parada durante o tempo especificado em sua entrada. Para fornecer o tempo de parada desejado a esta função clique com o botão direito do *mouse* sobre o lado esquerdo do ícone, clicando novamente em **Create Constant**.
17. Digite o número 50 e em seguida confirme. Desse modo a cada iteração do laço *while*, o VI ficará esperando até que se acabem os 50 ms (isso faz com que seja possível observar a construção do gráfico).
18. Posicione o cursor do *mouse* sobre o ícone  e clique com o botão direito fazendo aparecer o menu e selecione **Create Indicator**. Posicione agora o mouse sobre o indicador recém criado e usando o botão direito, selecione no menu **Find Indicator**.

Este último comando fará a janela do painel frontal vir à frente, mostrando o novo indicador como “selecionado”. Posicione esse indicador numéricamente no painel frontal, próximo à janela do gráfico. Renomeie o indicador para “Contador de Iterações”.

19. O diagrama do VI construído ficará da seguinte forma:



20. Após mudar para o painel frontal, rode o VI usando o botão da barra de ferramentas **que executa uma única vez (não use o botão de execução contínua)**. Se o gráfico não for construído é porque o *loop while* não foi executado pois a chave Liga/Desl. está na posição *off*. Neste caso mude a chave de posição e rode novamente. Observe agora que o contador de iterações continua incrementando e o gráfico continua sendo construído até que você passe a chave Liga/Desl. para a posição *off*, o que também encerra a execução do VI.
21. Para mudar o valor máximo de uma das escalas do gráfico, use o cursor de manipulação (se o VI não estiver rodando, digite a tecla **Tab** até ele aparecer; se estiver rodando, será o cursor *default*) e clique sobre o valor a ser mudado digitando em seguida o valor desejado. Os valores mínimos também podem ser modificados da mesma forma.
22. Re-execute o VI algumas vezes, sempre usando o modo de **única execução**, não esquecendo de sempre reinicializar a chave Liga/Desl. na a posição **on antes de executar o VI**. A cada nova execução, observe a contagem em que está o contador de iterações cada vez que você resolve parar a execução passando o botão Liga/Desl. para *off*.
23. Observe como se comporta o VI quando você usa o **modo de execução contínua**.

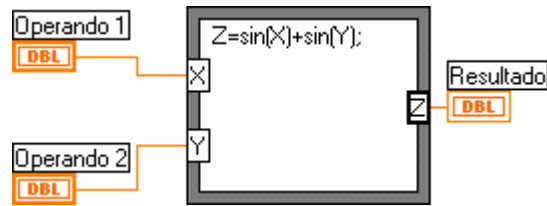
Para se familiarizar com o uso do laço *for*, execute as seguintes mudanças no diagrama do VI construído:

24. No painel frontal, com o cursor de posicionamento clique sobre o controle Liga/Desl. e usando a tecla ‘Delete’, apague-o.
25. No diagrama de blocos com o cursor sobre os delimitadores do laço aperte o botão direito do *mouse* e selecione **Replace>>Structures>>For Loop**



Note que assim como o no caso anterior, o laço *for* também possui ícones especiais em seu interior. O ícone **i** tem a mesma função que o análogo no laço *while* enquanto que o ícone **N** é conectado a um número que representará a quantidade de iterações a serem realizadas.

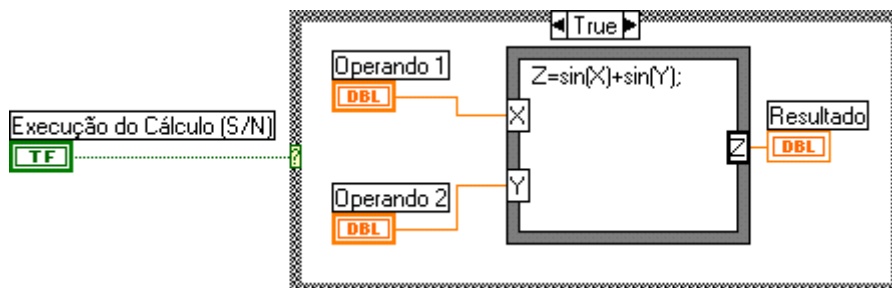
a seguir mostra um *formula node* sendo utilizado para fazer a soma do seno de dois números:



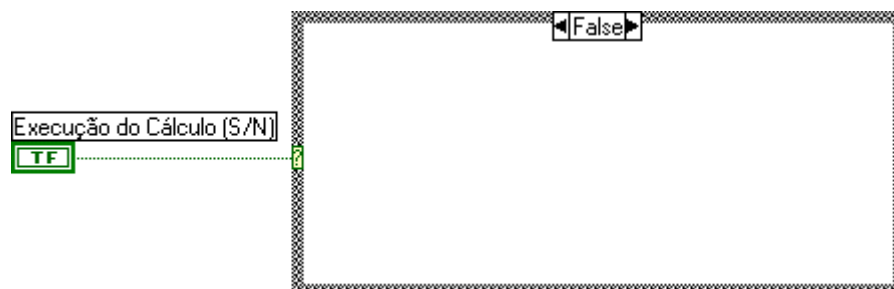
Para inserir um *formula node* basta abrir a paleta de funções e seleccionar **Structures>>Formula Node**. Clicando com o botão direito do *mouse* sobre borda do delimitador dessa estrutura é possível adicionar uma entrada seleccionando-se **Add Input** e em seguida digitando o nome desejado. Da mesma forma podem ser criadas outras entradas e saídas (nesse caso selecione **Add Output**).

A definição da operação cujo resultado é atribuído à saída, é feita da seguinte maneira: com o cursor de edição de texto clique sobre o interior do *formula node* digitando a seguir a expressão da saída como função das entradas. É interessante lembrar que esta estrutura pode ter várias entradas e saídas.

- *Case* – é uma estrutura de decisão: se o valor ligado à sua entrada for ‘1’ (ou *true*) as operações situadas no interior do laço *true* são executadas, já se for ‘0’ (ou *false*) é o laço *False* que é executado. O exemplo abaixo demonstra um diagrama que utiliza um laço *case*, para o qual a operação será realizada com a chave ‘Execução do Cálculo’ na condição *on*.

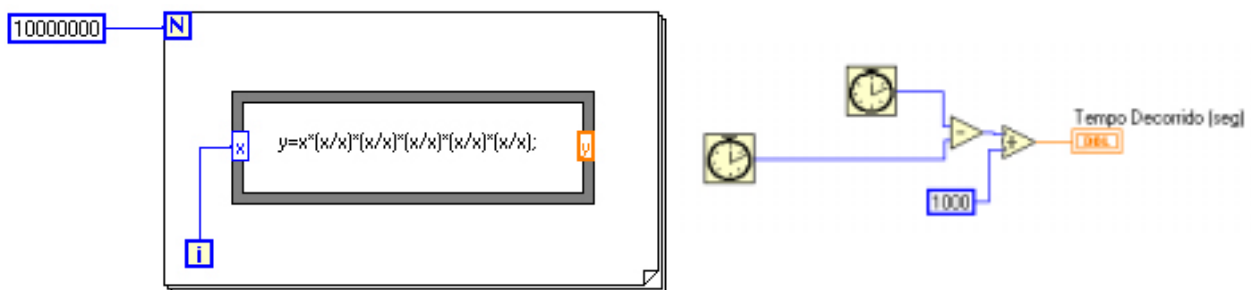


Clicando nas setas ao lado do rótulo de estado (*true*) é possível visualizar o conteúdo a ser executado caso a entrada de controle seja falsa. Neste exemplo nenhuma operação será realizada caso a condição da chave seja *off*:

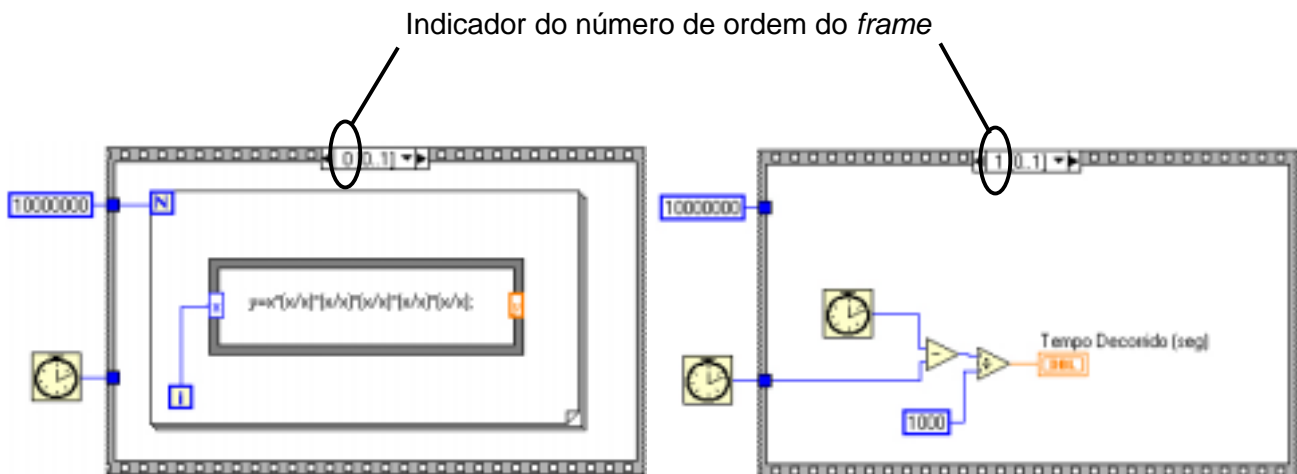


- Sequência – é usada quando se deseja executar as partes de um diagrama segundo uma ordem determinada. Ela é bastante útil já que, quando se colocam rotinas independentes no diagrama, não fica definida a ordem em que elas devem ser executadas pelo LabVIEW (o software as executa de forma paralela “simultaneamente”. Ver a seção 5 da Introdução Teórica, sobre *multithreading*).

Considere o exemplo da figura abaixo, em que se deseja calcular o tempo, em segundos, requerido para executar um grande número de iterações do cálculo em ponto flutuante especificado dentro do *formula node*. Para medir o tempo, deseja-se utilizar a função **Tick Count (ms)** encontrada na paleta de funções em **Time&Dialog >> Tick Count (ms)**. Para isso, toma-se duas instâncias da “caixinha” do *Tick Count*, uma para contar o tempo desde o início do cálculo do laço de *for* contendo o *formula node* e a outra para contar o tempo ao fim desse cálculo; subtraindo-se as duas contagens de tempo (em ms) e dividindo-se por 1000, tem-se o tempo total de cálculo em segundos.



Entretanto, as duas instâncias do ícone *Tick Count* são *Threads* distintos, que podem ser disparados simultaneamente. Portanto, o tempo calculado seria sempre nulo. Para que o método possa ser implementado, é preciso fazer com que um dos *Tick Count* seja disparado imediatamente antes do laço de *for* começar e o outro *Tick Count* deve ser disparado imediatamente depois do laço terminar. Isso pode ser implementado através do uso da estrutura *Sequence*, encontrada em **Structures >> Sequence**, como indicado na figura abaixo. A estrutura é formada de quadros (*frames*), como em um filme, vindo o quadro “0” em primeiro lugar, seguido do “1” e assim por diante, que são executados nessa ordem sequencial específica. A figura abaixo mostra os dois quadros que devem compor o VI desejado.



Ao criar uma estrutura *Sequence* um único *frame* é criado. Para se adicionar mais *frames* basta clicar com o botão direito do mouse na estrutura e selecionar no menu *Add Frame After* ou ainda *Add Frame Before*, dependendo da ordem que se deseja para o novo *frame* a ser inserido.

2.7. Para aprender mais ...

Deve-se notar que apenas os princípios básicos da programação no LabVIEW foram tratados aqui, a fim de fornecer insumos para a construção do VI proposto nesta experiência. Portanto, caso haja interesse no aprofundamento do aprendizado deste *software*, são relacionadas a seguir várias fontes que se prestam a tal finalidade:

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. **LabVIEW Tutorial Manual**. 1996.²

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. **Using LabVIEW**: Introduction. Video Training³.

WELLS, LISA K. **Student Version User's Guide**. Prentice Hall, 1994.

JOHNSON, GARY W. **LabVIEW Graphical Programming**: Practical Applications in Instrumentation and Control. Mc Graw-Hill, 1994.

Home page da National Instruments: <http://www.ni.com>

2.8. Bibliografia

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. **LabVIEW Tutorial Manual**. 1996.

JOHNSON, GARY W. **LabVIEW Graphical Programming**: Practical Applications in Instrumentation and Control. Mc Graw-Hill, 1994.

² Disponível na biblioteca

³ Vídeo disponível na biblioteca e no C.E.E

3. Instrumento Virtual para realizar a Síntese de Fourier

H.D.P.J. /D.C./ 97
T.J.G./ 98
J.K./2000
J.K./2002

Será desenvolvido um programa para realizar a Síntese de Fourier de um sinal, isto é, a composição de um sinal a partir de seus harmônicos. Um gerador de sinais programável será utilizado para gerar o sinal sintetizado.

Na primeira parte da fase experimental será desenvolvido o VI (*Compositor Harmônico.vi*), que faz a síntese de Fourier. Este VI calcula as amostras de uma forma de onda a partir da especificação do módulo dos três primeiros componentes harmônicos do sinal e do valor da fase da componente fundamental. Na segunda parte, será utilizado um VI para familiarização com a programação do gerador de sinais HP 33120A. Na terceira parte, será editado um novo VI, o *Sintetizador de Fourier.vi*, através do qual a forma de onda sintetizada será obtida na saída do gerador de funções. Este sinal será observado no osciloscópio digital, e analisado, utilizando os recursos deste equipamento.

Nota : quando houver dúvidas na edição dos VIs, consulte os diagramas completos no Anexo desta apostila. Se você fizer algum erro de edição ou digitação, pode desfazê-lo com o comando Edit>>Undo do menu.

3.1 Compositor Harmônico

O painel do VI terá quatro entradas (controles), três delas representando os valores eficazes dos primeiros três harmônicos do sinal, e uma representando a fase da fundamental; e um gráfico como saída, para visualizar a forma de onda criada.

1. No LabVIEW , feche todas as janelas abertas e escolha **New VI**. Após maximizar a janela **Painel** , selecionar **Windows >> Show Control Palette** . Selecione , **Control >> Numeric >> Vertical Pointer Slide** e posicione o controle no **Painel**. Dê o nome de *Fundamental - Vrms* para este controle. Vá para o diagrama (CTRL-E), e observe o terminal correspondente ao controle criado. Maximize a janela do diagrama.
2. No painel, mude as escalas do controle de **0.0 – 10.0** para **0.0 – 2.0** , com o cursor no modo de inserção de operação. Desta forma, cada controle ajustará o valor eficaz de cada componente harmônico.
3. Volte ao painel e crie mais dois controles idênticos, denominando-os como *Segundo Harmônico -Vrms* e *Terceiro Harmônico -Vrms*. Opcionalmente, pode-se copiar um controle já criado: primeiro usando a tecla TAB, mude o cursor para seta (*Position Tool*), dê um clique sobre o controle a ser copiado, selecionando-o; mantendo a tecla CTRL pressionada , clique o botão esquerdo do *mouse* e arraste a cópia do controle até a posição desejada . Falta apenas mudar o nome do novo controle . Pressione a tecla TAB até aparecer o insersor de texto (*Text Tool*) e então mude o nome do controle.
4. Crie mais um controle, que representará a fase do componente fundamental . Dê o nome *Fundamental – Fase (graus)*. Ajuste a escala deste controle entre **-180 — 180**.
5. Crie um gráfico com o nome de Sinal de Saída (**Control>>Graph>>Waveform Graph**).
6. Selecione **Control >> Numeric >> Digital Indicator** para criar um indicador. Dê o nome *Valor eficaz*.
7. Vá ao diagrama do VI, e ordene os terminais de controle no lado esquerdo do diagrama e os terminal de saídas (o gráfico e o indicador) no lado direito do diagrama, deixando um espaço entre eles. Observe que os terminais que correspondem a controles têm o contorno mais espesso.

8. A partir do menu, selecione **Windows >> Show Functions Pallete** e em seguida **Help >> Show Help**.
9. Selecione **Structures >> For Loop** e clique sobre o centro do diagrama. Mudando o cursor para seta, aumente o tamanho do bloco *for loop*, tomando o cuidado de deixar de fora do laço os terminais de controle e de saída.
10. Selecione **Structures >> Formula Node** e clique dentro do bloco *for loop*. No bloco Formula Node, clique com o botão direito do *mouse* sobre a borda esquerda e selecione **Add Input**, digitando a letra **A**. Esta será uma variável da fórmula para calcular o sinal de saída:

$$S = \text{sqrt}(2) * (A * \cos(x + \pi * D / 180) + B * \cos(2 * x) + C * \cos(3 * x));$$

ATENÇÃO: pi, cos e sqrt devem ser escritos com letra minúscula

11. Repita o comando **Add Input**, e crie mais três variáveis de entrada, **B, C e D**, no mesmo bloco *formula node*.
12. Clicando sobre a borda direita, selecione **Add Output**, criando a variável de saída **S**.
13. No interior do bloco *formula node*, digite a fórmula acima, não esquecendo de terminá-la, usando ponto e vírgula.
14. Usando a tecla **TAB**, mude o cursor para o *Wiring Tool*. Clique sobre o controle *Fundamental - Vrms* e faça uma ligação na variável **A** do bloco *formula node*. Ligue os demais controles às respectivas variáveis e ligue **S** ao *Sinal de Saída*.
15. Ainda falta definir a variável **x**. Para isso, devemos definir quantos pontos a forma de onda de saída deverá ter. Cada vez que o bloco *formula node* for executado, serão lidos os valores de cada um dos controles e será retornado um valor de saída. Logo, o número de pontos do sinal de saída será fixado pelo número **N** de iterações do *for loop*, que determina quantas vezes o bloco *formula node* será executado. Clique com o botão direito do *mouse* sobre o terminal **N** do bloco *for loop*, selecione **Create Constant** e digite 100.
16. Mova o terminal de iteração **i** para perto do terminal **N**. Utilizando os blocos de divisão e multiplicação da **Function Pallete >> Numeric**, e a constante 2π de **Numeric >> Additional Numeric Constants**, divida 2π pelo número de pontos **N** e multiplique por **i**. Adicione a variável **x** no bloco *formula node* (da mesma forma como foram criadas as variáveis **A, B, C e D**) e ligue-a à saída do bloco multiplicador. Desta forma, a variável **x** será calculada como:

$$x = (2\pi / N) * i$$

Explique esta expressão para o cálculo da variável **x**.

17. A partir do menu, selecione **Windows >> Show Function Pallete >> Numeric** e escolha o ícone de multiplicação. Posicione-o abaixo do bloco *for loop*. Mude o cursor para *Wiring Tool* e ligue o controle *Fundamental - Vrms* nas duas entradas do multiplicador de forma a obter o quadrado deste valor. Repita o procedimento para os outros harmônicos. Selecione **Windows >> Show Function Pallete >> Numeric >> Compound Arithmetic** e o posicione próximo aos multiplicadores. Clique na entrada deste bloco com o botão direito do *mouse* e selecione **Add Input**. Ligue a saída de cada multiplicador em cada entrada deste bloco somador. Por fim selecione **Windows >> Show Function Pallete >> Numeric >> Square Root** e ligue a saída do somador na entrada deste bloco que calcula a raiz quadrada e ligue sua saída no indicador *Valor Efícaz*. Desta forma você acabou de calcular a tensão eficaz do sinal de saída somando o

quadrado da tensão eficaz de cada componente harmônico e extraindo a raiz quadrada do total.

18. Se tudo estiver bem, seu VI está pronto para execução . Verifique se a seta RUN na barra de menu não está quebrada, indicando que existe algum erro de compilação .
19. Mude para o painel frontal do VI e execute-o. Não se esqueça de ajustar os controles para valores diferentes de zero. Varie os controles dos harmônicos do sinal e observe os efeitos na forma de onda apresentada no gráfico.
20. Salve este VI no diretório c:\dados e em um disco flexível, com o nome *Compositor Harmônico.vi* .

3.2. Controle do Gerador de Funções HP 331210A

Nesta parte vamos conhecer as rotinas desenvolvidas pela National Instruments para controle do gerador de funções arbitrárias HP 33120. Estas rotinas são fornecidas com o software LabVIEW, e também encontram-se disponíveis na Internet . Algumas destas rotinas foram adaptadas para uso neste laboratório.

O controle do gerador pelo computador é feito através de uma interface GPIB - *General Purpose Interface Bus*. No computador é instalada uma placa controladora da interface GPIB, e o equipamento é ligado a esta placa através de um cabo especial . Mais de um equipamento pode estar conectado à mesma placa, e então dizemos que os equipamentos estão em uma mesma *via* ou barramento (observe as ligações dos equipamentos do laboratório).

Para que haja troca de mensagens entre o computador e um equipamento no barramento, é necessário definir-se um endereço lógico para cada componente do sistema . O computador, que é o controlador, recebe o endereço zero. Para o gerador de funções, foi atribuído o endereço 11 , ajustado localmente através de seu painel (Teclas Shift+Menu; tecla > até o menu E: I/O MENU; tecla √ até o menu I: HPIB ADDR; tecla Enter Number; 11; tecla Enter).

3.2.1. Instrumentação com LabVIEW

Com o LabVIEW, o controle das interfaces GPIB e portas seriais (RS-232) pode ser feito através das rotinas da biblioteca VISA - *Virtual Instrument Software Architecture*. Essa biblioteca possui rotinas de alto nível que fazem todo o controle da interface utilizada, de modo a permitir que se enviem comandos (*Visa Write .vi*) para um equipamento, bem como se recebam mensagens ou dados dos equipamentos (*Visa Read .vi*), sem que seja necessário conhecer os detalhes de controle da interface .

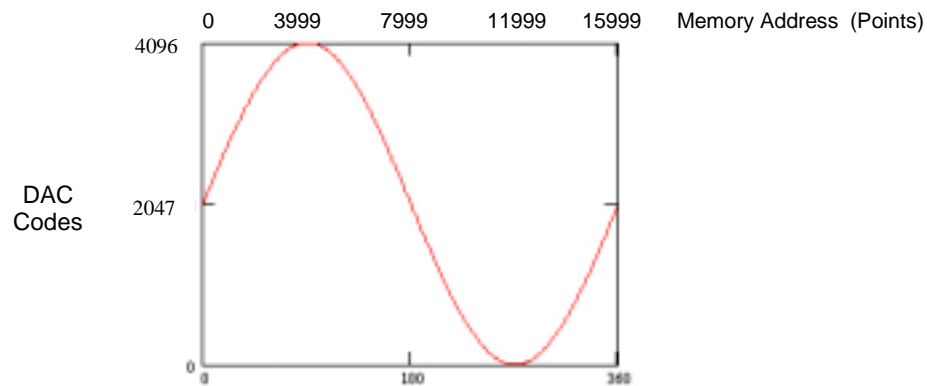
Desta forma, para se fazer um programa (um VI) para controlar um equipamento, é necessário apenas consultar no manual do equipamento a sintaxe dos comandos, e usar a rotina (subVI) *Visa Write .vi* para enviar os comandos de controle desejados para o equipamento. Também é necessário criar um identificador do aparelho, onde se especifica o tipo de interface e o endereço, usando a *Initialize.vi*.

3.2.2. Funcionamento do gerador HP 33120A

As principais características do gerador de funções são :

- é um gerador de síntese digital direta (DDS), isto é , para gerar um sinal arbitrário são carregados sequencialmente em sua memória os valores numéricos das amplitudes de cada amostra de um ciclo completo da forma de onda (ou seja, 360°).
- os valores de amplitude são armazenados com 12 bits de resolução. Existem portanto 2^{12} , ou 4096 valores discretos de tensão (Ver figura abaixo).

- Cada vez que um endereço da memória é acessado, o valor da amostra armazenada é lançado em um conversor digital-analógico, sendo então gerada uma tensão na saída do gerador, correspondente ao valor armazenado com os 12 bits de resolução.
- Quando uma forma de onda é selecionada no painel do aparelho, o sinal é carregado na memória. As formas de onda podem conter de 8 a 16000 pontos por período do sinal. O número de pontos representando um ciclo completo da forma de onda é denominado resolução horizontal do sinal gerado.
- A frequência do sinal será determinada pela velocidade com que é feita a varredura dos endereços da memória e atualizado o **conversor digital - analógico**.



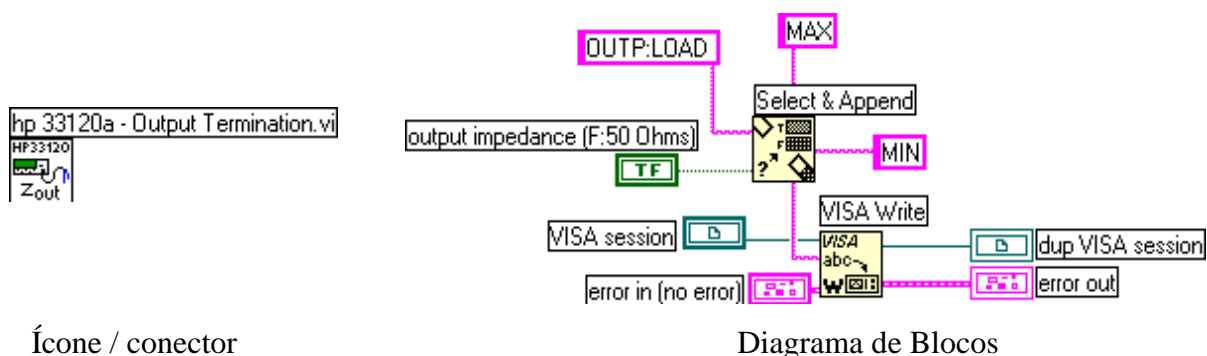
3.2.3. Comandos do Gerador de Funções

Vários controles do gerador de funções podem ser ajustados remotamente. No manual do equipamento há uma lista de todos os comandos que podem ser enviados do computador para o gerador HP33120A. Para facilitar o uso deste equipamento com o software LabVIEW, já foram criados sub-VIs correspondentes a cada comando, ou conjunto de comandos. Nestes sub-VIs foram utilizadas as rotinas VISA para enviar ou receber mensagens pela interface.

Por exemplo, para se ajustar o display do gerador para leitura de tensão em uma carga de 50 ohms, ou para leitura de tensão em aberto (50Ω ou HIGH Z), são usados os comandos :

- OUTP : LOAD MAX (para alta impedância)
- OUTP : LOAD MIN (para 50Ω)

O sub-VI *hp33120a - Output Termination.vi*, abaixo representado, encarrega-se de enviar esses comandos usando a rotina *VISA Write.vi*.



Ícone / conector

Diagrama de Blocos

Sub-VI *hp33120a - Output Termination*

Os VIs para controle do gerador HP 33120A encontram-se disponíveis na paleta **Function>>Instrument Drivers >>HP 33120A -Lab**.

3.2.4. Teste de um VI de controle do gerador HP 33120A

Nesta etapa, ligue o gerador de funções HP 33120A, e conecte sua saída ao canal 1 do osciloscópio HP54600B, utilizando um cabo BNC-BNC. O gerador deverá estar conectado ao computador através da interface e cabo GPIB. Lembre-se de pressionar a tecla Auto-scale do osciloscópio sempre que necessário.

Para que o aluno adquira familiaridade com um VI de controle do gerador HP 33120A, foi criado o VI *hp33120a-Arb-Aplicar Forma de Onda.vi*. Para acessá-lo, inicialmente feche todas as janelas, e entre no menu **File>>Open**. Escolha o *drive C: Labview*, o diretório *Instr.lib*, e o arquivo *Hp33120a-Lab.llb*, sucessivamente. Na janela *File Dialog*, selecione a opção *hp33120a-Arb-Aplicar Forma de Onda*.

O nosso objetivo é descobrir como usar este VI para carregar uma forma de onda na memória do gerador, através de amostras, e gerar o sinal elétrico correspondente na saída deste, a fim de observar e analisar este sinal no osciloscópio.

1. Examine o painel frontal e o diagrama de blocos do VI. Observe que os blocos do diagrama correspondem à seguinte seqüência de operações :
 - *Initialize*: inicializa a comunicação com o equipamento
 - *Reset*: coloca o gerador em sua configuração *default*
 - *Arb ~*: armazena as amostras da forma de onda fornecida na memória do gerador
 - *Sel-arb*: seleciona a forma de onda que será gerada
 - *Zout*: configura a impedância de terminação do gerador
 - *Out-arb*: transfere a forma de onda para a saída do gerador
 - *Wv-conf*: configura a frequência e a amplitude do sinal
 - *ErrQry*: verifica se houve erro de comunicação, e envia as mensagens correspondentes
 - *Close*: finaliza a comunicação com o gerador (o gerador continua no modo remoto – se houver necessidade, o equipamento deverá ser colocado em modo local utilizando as teclas apropriadas em seu painel)
2. Volte para o painel frontal do VI. Entre com **gpib::11**, no campo do controle *instrument descriptor*, para indicar o tipo de interface que será usada, e o endereço do equipamento na via.
3. Verifique se o controle de impedância de saída (*output impedance*) está em **ON** (significa HIGH Z – em **OFF** significa 50 ohms). Entre com 1000 (Hz) e 1.00 (V) nos campos dos controles de frequência (*frequency*) e amplitude (*Vpp*), respectivamente.
4. No campo do controle *waveform data*, entre sucessivamente com os pontos (amostras do sinal a ser gerado) indicados abaixo:

0: -1.0	1:-1.0	2:-0.5	3:-0.5
4:0.0	5:0.0	6:1.0	7:1.0

5. Execute o VI. Observe e interprete a forma de onda apresentada no osciloscópio. Meça no osciloscópio a frequência e o valor de amplitude pico a pico do sinal. Mude a frequência para 2000 Hz, e observe novamente a forma de onda. Mude a amplitude para 2.00 V, e interprete o efeito observado na forma de onda. Mude o controle da impedância de saída para **OFF**, e observe o *display* do gerador e o sinal no osciloscópio. Explique o que aconteceu.
6. Mude o controle *unit* para *Vrms* e observe o sinal gerado. Meça com o osciloscópio o valor eficaz deste sinal.
7. Apresente no seu Relatório um esboço da forma de onda gerada, e suas conclusões sobre este VI. Comente como são feitos os controles de amplitude e frequência da forma de onda gerada.

3.3. Sintetizador de Fourier

1. Abra o VI criado no item 3.1 : *Compositor Harmônico.vi*.
2. No menu **File**, escolha **Save A Copy As**, e dê o nome de *Sintetizador de Fourier* para o novo VI. Selecione a janela do diagrama de blocos do VI.
3. Selecione **Function palette>>Instrument Drivers>>HP33120A-Lab**. Usaremos agora o VI estudado no item 3.2.4 como sub-VI do nosso *Sintetizador de Fourier*. Para isto, clique na opção *hp33120a-Arb-Aplicar Forma de Onda*. Transporte o ícone do sub-VI para um local próximo ao *Sinal de Saída*.
4. Aperte as teclas CTRL+H, para abrir a janela de Help, e observe os terminais do subVI.
5. Com a *wiring tool*, posicione o *mouse* sobre o terminal *Instrument descriptor*, e clique no botão direito. Selecione a opção **Create control**. Repita o mesmo procedimento sobre o terminal *frequency*. Conecte o *Sinal de Saída* ao terminal de *waveform data* (use uma ramificação do fio). Desta forma, o seu VI *Compositor Harmônico* será utilizado como fornecedor de amostras para a forma de onda que será gerada no gerador de funções!
Ainda com a *wiring tool*, posicione o *mouse* sobre o terminal *unit* e clique com o botão direito do *mouse*. Selecione a opção **Create Constant**. Usando a tecla TAB mude o cursor para o *Operation Tool*. Clique sobre a constante criada e escolha a opção **Vrms**. Desta forma, o gerador de funções ajustará a forma de onda para produzir um sinal com o valor eficaz desejado, isto é $V_{ef} = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$.
- Novamente com a *wiring tool*, posicione o *mouse* sobre o terminal *messages*, clique com o botão direito do *mouse* e selecione a opção **Create Indicator**. Ligue o *Valor Eficaz* ao terminal *amplitude(V)*.
6. Examine agora o painel frontal do VI, e posicione convenientemente os controles criados.
7. Entre com os seguintes valores, nos campos dos controles indicados:
instrument descriptor : GPIB::11
frequency : 1000
Ajuste os controles de especificação dos harmônicos do sinal (módulos dos harmônicos e fase da fundamental).
Execute o VI.
Varie os controles do VI, execute o VI, e observe as mudanças na forma de onda gerada.
Atenção: Use a tecla \Rightarrow para rodar o VI a cada vez. **NÃO USE o “Run continuously”.**
8. Salve o VI no diretório c:\dados, e no seu disquete.

3.4. Visualização do sinal no osciloscópio

Nesta etapa, além de observar o sinal sintetizado no domínio do tempo, iremos usar os recursos de FFT do osciloscópio HP54600B, para realizar uma análise espectral do sinal (ou seja, vamos retornar ao domínio da frequência, onde o sinal foi sintetizado). Para isto:

1. Pressione a tecla \pm do osciloscópio, e selecione no menu Function 2>>ON, a FFT como a operação a ser realizada. Para melhorar a exibição do espectro, você poderá:
 - diminuir a base de tempo *Time / div* ; e
 - ajustar o valor do *Freq Span* , selecionando esta opção a partir do *FFT Menu*, e utilizando o *knob* de controle próximo à tecla de *Setup*. Use também a opção *Move 0Hz to Left* do menu. Coloque a opção *Window* em *FlatTop* para uma melhor visualização das amplitudes.
 - Se preferir, desative o sinal no domínio do tempo (canal 1, *Off*). No entanto, antes de seguir este procedimento, verifique se a forma de onda no domínio do tempo está totalmente contida na tela. Caso contrário, o equipamento poderá mostrar harmônicos inesperados na FFT, já que a análise é realizada com base na figura que aparece na tela.
Refaca esta verificação sempre que utilizar o “Autoscale”.
2. Use os cursores do osciloscópio (*Measure Cursors>>Source F2>>Activate Cursor*) para medir as frequências de cada componente harmônico do sinal, e verificar as amplitudes relativas destes componentes (em dBV = $20\log(V_{rms})$). Compare estes valores com as especificações dos controles do VI. **Nota:** O valor em dBV considera como referência, a tensão de 1 Vef.
3. Modifique os controles no painel do Sintetizador, e verifique as mudanças no espectro. Não se esqueça de executar o VI a cada mudança realizada.
4. No diagrama do VI aumente o número de pontos do *for loop*, N para 1000. Observe o que acontece na forma de onda no domínio do tempo. (Coloque 1 ou 2 períodos na tela). Explique.
5. Após entender tudo o que está sendo feito, prepare o painel frontal e o diagrama de blocos para serem impressos para o Relatório:
 - Edite os nomes dos componentes da sua equipe no painel frontal do VI
 - Utilize a ferramenta *Set Color* da paleta de ferramentas, e o botão direito do *mouse* para modificar as cores de fundo e dos gráficos do painel frontal, de forma a gastar o mínimo de tinta possível da impressora.
 - Para imprimir, clique no *File>>Print Window*, para cada uma das janelas.

3.5. Bibliografia

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. **LabVIEW Tutorial Manual**. 1996.

HEWLETT PACKARD. HP 33120A Function Generator / Arbitrary Waveform Generator User's Guide. 1996.

3.6. Material Necessário

Microcomputador com software LabVIEW e VI hp33120a-Arb-Aplicar Forma de Onda
Placa GPIB
Gerador de Funções HP 33120A
Osciloscópio HP 54600B

ANEXO

Painel Frontal e Diagrama de Blocos do VI Sintetizador de Fourier.

