

Capítulo 2

Utilizando o *Real-Time Windows Target* do Simulink

O objetivo deste capítulo é dar aos alunos o conhecimento necessário para trabalhar com a ferramenta *Real-Time Windows Target* do Simulink em um contexto de aquisição de sinais analógicos (conversão analógica/digital) e conversão de sinais de controle gerados internamente em sinais analógicos a serem aplicados ao sistema a ser controlado (conversão digital/analógica). A principal motivação para esse estudo é o desenvolvimento de controladores digitais, isto é, a manipulação do sinal de erro com vistas a gerar um sinal de controle, que é o objetivo principal desse laboratório.

2.1 A placa PCI-1711

A placa de aquisição de dados utilizada nesse laboratório é a PCI-1711 (Advantech 2001) fabricada pela Advantech. Além da sua aplicação na aquisição de dados, pode ser também utilizada no controle de processos, automação industrial e em laboratórios, como o deste curso. A placa PCI-1711 pode também ser usada na aquisição e exportação de dados digitais. As suas principais características são:

1. Dezesesseis canais de entrada analógicas
2. Conversor analógico digital, sendo a taxa máxima de amostragem igual a 100 kHz;
3. Ajuste dos valores máximo e mínimo permitidos dos sinais analógicos de entrada via *software*, podendo ser definidos como: -10 a +10V, -5 a +5V, -2,5 a +2,5V, -1,25 a +1,25V e -0,625 a +0,625V;
4. Dois canais de saídas analógicas

Observação 2.1 É importante ressaltar que o sinal analógico gerado a partir da placa não tem potência suficiente para atuar como sinal de controle. É necessário, portanto, passar esse sinal por um amplificador de potência. O amplificador de potência utilizado no Laboratório de Sistemas de Controle II tem as seguintes características:

1. O ganho é constante e igual a -5, sendo portanto um inversor (esse ganho deve ser levado em conta quando da implementação de um controlador em um sistema real);
2. Permite ajuste de *offset*. □

2.2 Estrutura de um programa SIMULINK para aquisição e exportação de dados

Nesta seção serão apresentadas as estruturas principais que deverão fazer parte de um modelo SIMULINK para se fazer a aquisição de dados. Essas estruturas serão definidas de acordo com as versões 7.1 do MATLAB e 6.3 (R14) do SIMULINK.

A instalação dos componentes e da biblioteca do Real Time Windows deve ser feita durante a instalação do Matlab. A fim de poder usar o Real-Time Windows Target, é necessário instalar o seu Kernel no ambiente

MATLAB. Para isso, executa-se a seguinte linha de comando no prompt do MATLAB

```
>>rtwintgt -setup
```

Com isso instala-se o Kernel do Real-Time Windows Target. É importante observar que esse comando só precisa ser executado uma única vez.

2.2.1 Aquisição de dados

Para se fazer a aquisição de sinais analógicos, deve-se construir um diagrama de blocos em SIMULINK contendo os blocos mostrados na figura 2.1. O bloco `Analog Input` faz parte da biblioteca `Real-Time Windows Target` do SIMULINK. O bloco `Scope`, que faz parte da biblioteca `Sink` do SIMULINK, é utilizado apenas para a visualização do sinal de entrada e armazenamento dos pares ordenados tempo \times valor do sinal. Desta forma, este bloco não precisa, necessariamente, fazer parte do diagrama de blocos SIMULINK para aquisição de dados analógicos.

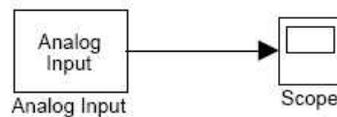


Figura 2.1: Estrutura em SIMULINK para a aquisição de sinais analógicos.

A janela de configuração do bloco `Analog Input` pode ser vista na figura 2.2. Esta janela deve ser ajustado da seguinte forma:

- Pressionar o botão `Install new board`
- Escolher o driver da placa a ser utilizada: `PCI-1711`;

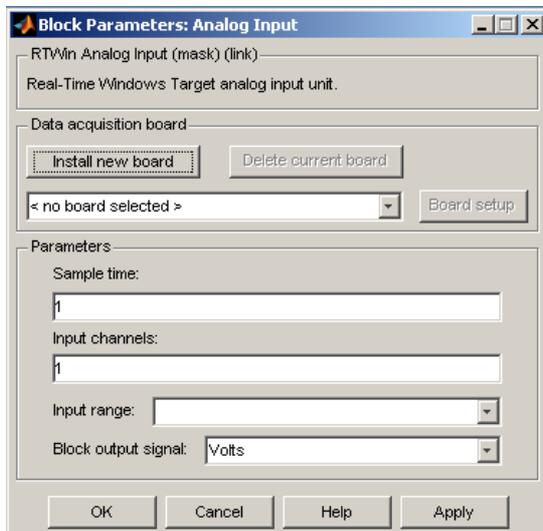


Figura 2.2: Janela do bloco `Analog Input` do SIMULINK.

- Escolher o período de amostragem h , lembrando-se que a frequência de amostragem máxima é de 10KHz.
- Escolher o canal entre 1 a 16 a ser utilizado para aquisição do sinal.
- Selecionar o intervalo de amplitude da entrada, esta escolha é importante a fim de aumentar a resolução da medida.

A figura 2.3 mostra a janela de configuração do bloco `Analog Input` com as configurações mencionadas.

O `Scope` é utilizado para: (i) visualizar graficamente os sinais cujas aquisições estão sendo realizadas; (ii) armazenar os valores dos sinais em variáveis que podem ser utilizadas no Matlab. Para se ajustar o `Scope` procede-se da seguinte forma:

- Clicar no bloco `Scope` e abrir a janela mostrada na figura 2.4.
- Escolher a opção `Data history`.

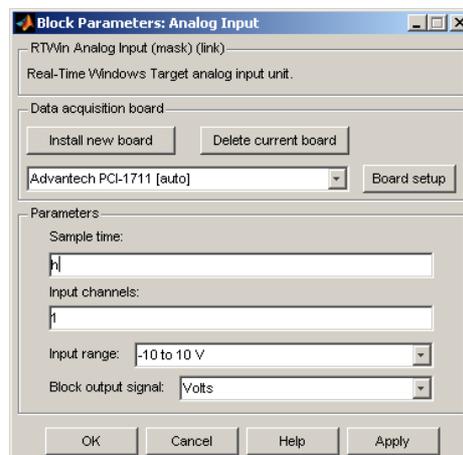


Figura 2.3: Janela configurada do bloco Analog Input do SIMULINK.

- Ajustar o número de linhas da matriz que armazenará os dados lidos de acordo com o intervalo de amostragem, levando-se em conta possíveis limitações de memória. Por exemplo, se o intervalo de amostragem é igual a $1ms$ e se serão feitos apenas $5s$ de aquisição de dados, então a matriz onde os dados serão armazenados deve ter 5000 linhas, conforme mostra a figura 2.4.
- Utilizar variável do tipo *structure* para armazenar os dados e dar um nome a essa variável. O primeiro campo dessa variável é o tempo e o segundo campo é o valor do sinal em cada instante. Na figura 2.4, os valores lidos serão armazenados na variável `tet`. Para se recuperar os instantes de amostragem e os respectivos valores, o seguinte comando Matlab deve ser utilizado:

```
>> t=tet.time; et=tet.signals.values;
```

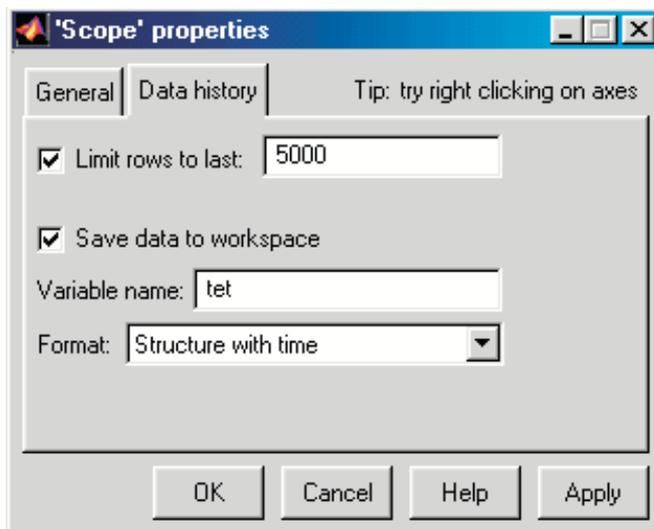


Figura 2.4: Janela para ajuste dos parâmetros do Scope.

2.2.2 Exportação de dados

Para a exportação dos dados gerados no computador utilizando-se o SIMULINK, deve-se construir um programa que contém os blocos indicados na figura 2.5. O bloco **Analog Out** faz parte da biblioteca **Real-Time Windows Target** do SIMULINK, enquanto o bloco **Sine Wave** faz parte da biblioteca **Source**, sendo utilizado para gerar um sinal senoidal. Deve ser ressaltado que, não necessariamente, deseja-se gerar um sinal senoidal e, por essa razão, esse bloco pode ser substituído por outro que realize a operação desejada. Assim sendo, somente o bloco **Analog Out** é realmente necessário no processo de exportação de dados. Note, ainda, na figura 2.5 que o ganho do bloco **Gain** foi ajustado em $-1/5$. Isto se deve ao seguinte fato:

1. Como o amplificador de potência tem ganho -5 , o sinal interno deve também ser dividido por -5 .

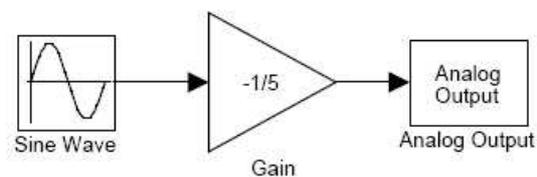


Figura 2.5: Estrutura em SIMULINK para a exportação de dados e conversão em sinais analógicos.

2.2.3 Ajustes finais e compilação

Para a utilização do Real-Time Windows Target é necessário que seja instalado o programa Watcom, que é um compilador capaz de gerar um código fonte na linguagem C a partir da estrutura de blocos definida no SIMULINK. Assim, supondo que o programa Watcom tenha sido instalado corretamente, deve-se seguir os seguintes passos:

1. Escolher o Real-Time Windows Target:
 - No menu **Tools**, escolher a opção **Real-Time Windows Target** -> **Options**. Será então aberta uma janela idêntica à mostrada na figura 2.6 com as opções **Solver**, **Workspace I/O**, **Diagnostics** e **Real-Time Workshop**.
 - Clicar em **Browse** e selecionar o compilador `rtwin.tlc` - **Real-Time Windows Target** e selecionar **Apply** ou **Close**.

Ao final desses passos, a janela deve tornar-se igual à da figura 2.6.

2. Definir os parâmetros da aquisição e do método numérico a ser adotado na discretização
 - Escolher, agora, a opção **Solver**, que fará aparecer uma janela como aquela mostrada na figura 2.7.

10 **Capítulo 2.** *Utilizando o Real-Time Windows Target do Simulink*

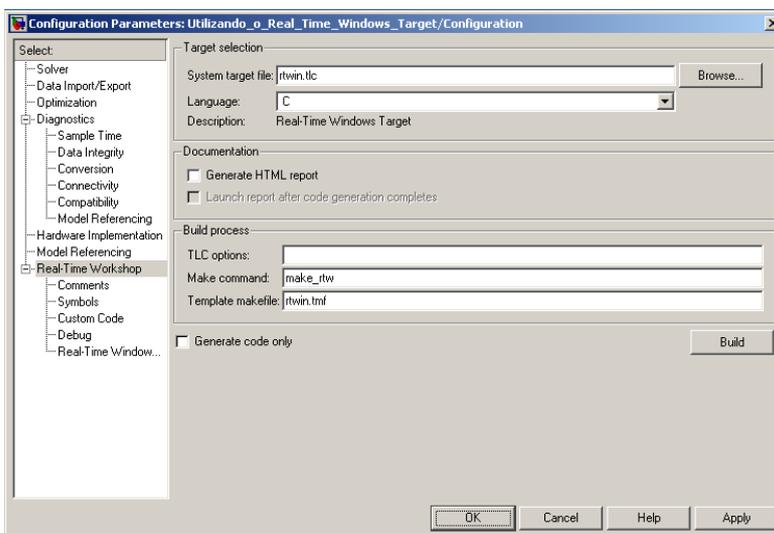


Figura 2.6: Janela para escolha do Real-Time Windows Target.

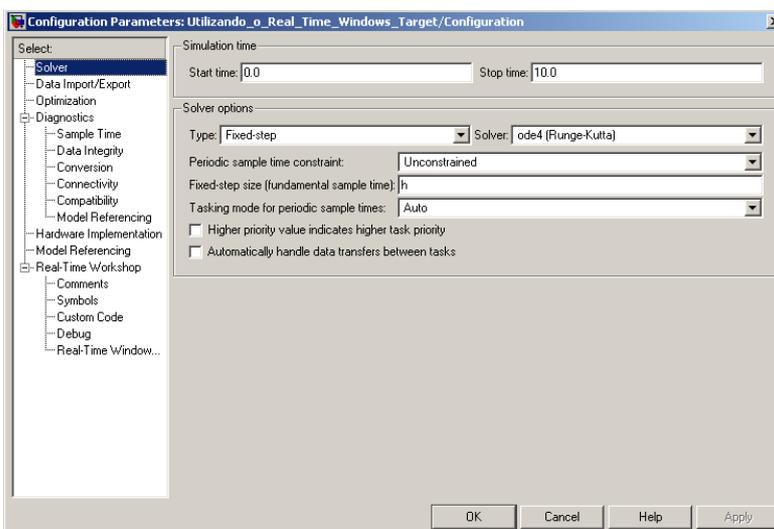


Figura 2.7: Janela para definição dos parâmetros de aquisição e de discretização.

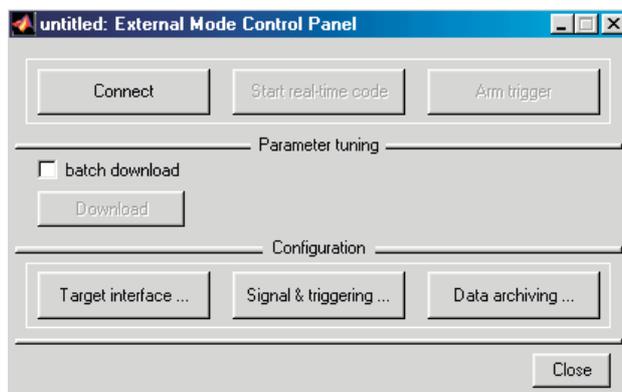
- Escolher os tempos inicial e final de aquisição, `Start time` e `Stop time`, respectivamente.
- Definir o método numérico a ser usado na solução das equações diferenciais. Para tanto, deve-se atribuir `Fixed step` para `Type` e, em seguida, definir `Fixed step size` igual a `h` (neste caso o intervalo de amostragem deve ser definido no `Workspace` do Matlab) e, por último, selecionar `ode4 (Range-Kutta)`.
- Escolher para `Mode` a opção `Single tasking`.

Ao final desses passos, deve ser obtida uma janela idêntica àquela da figura 2.7.

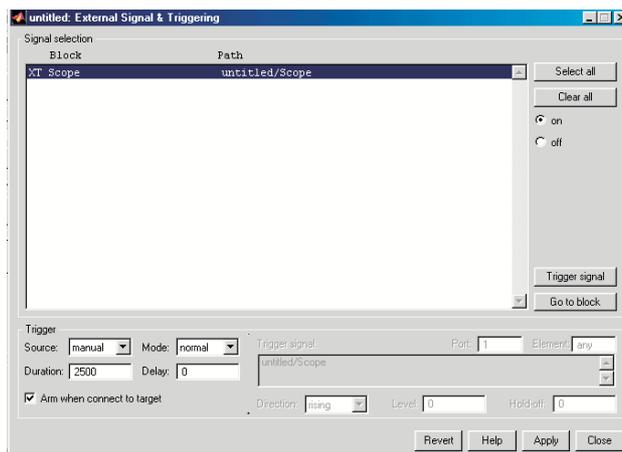
3. Gerar o arquivo `.c` e compilar. Para tanto, clicar na opção `Tools` no topo da tela e selecionar `Real-Time Windows Target -> Build Model`.
4. Ajustar o painel de controle
 - Clicar na opção `Tools` no topo da tela e selecionar `External model control panel`. Uma janela como a mostrada na figura 2.8(a) deverá aparecer.
 - Escolher a opção `Signal & triggering`, que fará aparecer uma janela como aquela mostrada na figura 2.8(b).
 - Escolher um dos osciloscópios listados (`Scope`), clicar nele e, em seguida, selecionar a opção `On` e apertar o botão `Trigger signal`.
 - Selecionar `Source = manual`, `Mode = normal` e definir a opção `Arm when connected to target`.
 - Escolher o número de pontos amostrados `Duration` em função do tempo total de aquisição (tempo final menos tempo inicial) e do intervalo de amostragem.

12 *Capítulo 2. Utilizando o Real-Time Windows Target do Simulink*

Ao final desses passos, a janela deve ficar semelhante a da figura 2.8(b).



(a)



(b)

Figura 2.8: Janelas para ajuste do painel de controle.

2.2.4 Execução em tempo real

Um vez que a compilação tenha sido realizada e não tendo sido encontrados erros, pode-se, então, fazer a aquisição e exportação de dados. Para tanto,

deve-se selecionar a opção `Simulation` no topo da janela do SIMULINK e escolher, na ordem apresentada, as seguintes opções:

- `External`
- `Connect to target`
- `Start real time code`

Observação 2.2 A execução do programa em tempo real terminará de acordo com o instante definido para o tempo final de simulação (`Stop time`). Caso o usuário defina `Stop time = inf` o programa continuará sendo executado indefinidamente. Quando for este o caso, a execução do programa pode ser terminada escolhendo-se a opção `Stop real time code`. □

2.3 Experimentos

2.3.1 Objetivo

Os experimentos propostos a seguir têm como objetivo capacitar o aluno a fazer programas em SIMULINK para realizar a aquisição de sinais analógicos e a exportação de sinais gerados no interior de um programa SIMULINK.

2.3.2 Experimento 1

Neste experimento, o aluno fará a aquisição de um sinal produzido por gerador de funções. Para tanto, deve proceder da seguinte forma:

1. Utilizando um osciloscópio, faça os ajustes necessários para que na saída do gerador de funções seja obtido uma senoide de frequência e amplitude aproximadamente iguais a $2Hz$ e $4,5V$, respectivamente.
2. Conecte a saída do gerador de funções ao canal 1 da placa. Defina como intervalo de amostragem $h = 1ms$.

3. Construa um diagrama de blocos SIMULINK como o da figura 2.1, armazenando os valores obtidos ao final da aquisição na variável `tet`.
4. Compare o sinal obtido com aquele mostrado na tela do osciloscópio real. Apresente conclusões qualitativas e quantitativas.

2.3.3 Experimento 2

Neste experimento, o aluno fará a exportação de um sinal gerado a partir de um programa SIMULINK. Isso será feito em duas etapas. Na primeira etapa será feito o ajuste do *offset* do amplificador de potência de tal sorte que as referências interna e externa estejam, ambas, em zero; isso é necessário tendo em vista que, conforme mostrado na seção 2.2.2 a saída analógica da placa tem um offset de +5V. Na segunda etapa será feita a exportação do sinal gerado por uma fonte dentro do diagrama de blocos do SIMULINK. Para tanto, o aluno deve proceder da seguinte forma:

1. Construa um diagrama de blocos em SIMULINK como aquele mostrado na figura 2.5.
2. Ajuste a função senoidal para que esta tenha amplitude nula e frequência igual a $1Hz$.
3. Ajuste o intervalo de amostragem em $1ms$.
4. Conecte a saída 2 da placa à entrada do amplificador de potência.
5. Conecte a saída do amplificador de potência a um osciloscópio.
6. Ajuste o *offset* do amplificador de potência de modo que o valor médio da tensão de saída seja da ordem de miliVolts.
7. Modifique a amplitude da função senoidal para $4,5V$;
8. Compare o sinal gerado com aquele mostrado na tela do osciloscópio real. Apresente conclusões qualitativas e quantitativas.

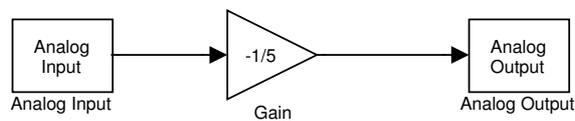


Figura 2.9: Estrutura em SIMULINK para a exportação de dados e conversão em sinais analógicos.

2.3.4 Experimento 3

Neste experimento, o aluno irá fazer a aquisição e, em seguida, a exportação, de um sinal gerado a partir de um gerador de funções. Para tanto, o aluno deve proceder como se segue:

1. Conecte a saída do gerador de funções (com o mesmo sinal utilizado no experimento 1) ao canal 10 da placa de aquisição de dados e ao canal 1 do osciloscópio.
2. Construa um diagrama de blocos em SIMULINK como aquele mostrado na figura 2.9.
3. Conecte a saída da placa de aquisição de dados à entrada do amplificador de potência e a saída deste ao canal 2 do osciloscópio.
4. Defina como intervalo de amostragem $h = 1ms$.
5. Compare os sinais obtidos nos canais 1 e 2 do osciloscópio. Apresente conclusões qualitativas e quantitativas.
6. Defina, agora, como intervalo de amostragem $h = 20ms$.
7. Compare os sinais obtidos nos canais 1 e 2 do osciloscópio. O que aconteceu? Apresente conclusões qualitativas e quantitativas.

