

## Laboratório 9

# PRÁTICAS DOS CONTROLADORES DIGITAIS

### 9.1 Introdução

O conteúdo deste capítulo se refere às últimas 6 aulas práticas de laboratório, nas quais serão conduzidas atividades com caráter de avaliação e abordando os vários controladores digitais vistos nas aulas teóricas.

Nesta avaliação constam exercícios teóricos e experimentais de elaboração de controladores digitais referentes aos capítulos 7, 8 e 9, respectivamente, Controladores Digitais P, PI e PID, *DEAD-BEAT* e Controle por Realimentação de Estados.

Os exercícios propostos como preparação das práticas estão relacionados ao processo e procedimentos de execução dos experimentos em laboratório e que devem ser previamente executados na semana que antecede a realização das práticas.

Esta lista servirá como avaliação final das atividades de Laboratório e deverá ser elaborada parcialmente com dados dos experimentos de laboratório e com deduções teóricas e simulações. Os itens designados teóricos são indicados com a letra **T** em sobrescrito, enquanto que os itens exclusivamente experimentais estarão indicados com o **L** em sobrescrito.

Cada grupo de dois alunos deverá apresentar um relatório com a solução de procedimentos de resolução dos problemas de forma teórica e experimental. Cada grupo receberá um conjunto de critérios de desempenho diferentes a serem atingidos pelos diferentes controladores. Nos tópicos a seguir são enumerados alguns itens obrigatórios de execução e apresentação e que deverão ser descritos na ordem indicada.

## 9.2 Descrição do processo

A seguir é dada uma descrição de um processo, o qual é composto por uma rede passiva analógica e que pode representar uma gama muito grande de processos físicos reais. Cada grupo estará recebendo uma placa de circuito impresso com o processo já montado e com pequenas diferenças nos valores de constante de tempo, os quais caracterizam diferentes processos. Uma representação do processo é dada na figura 9.1

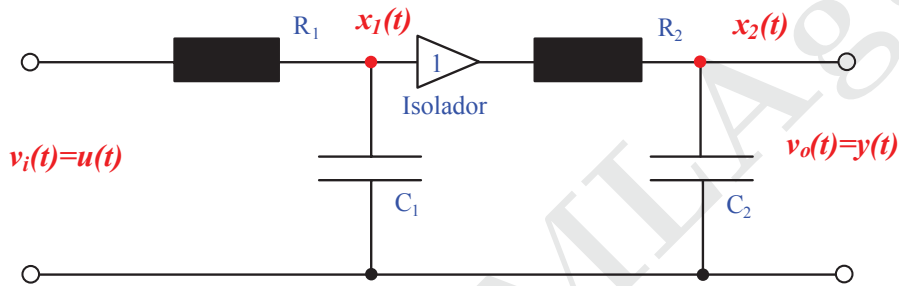


Figura 9.1: Diagrama elétrico do processo físico (analógico) a ser estudado.

Para o devido tratamento de sinais, o circuito real é composto a partir vários módulos isoladores de impedância de modo a acondicionar os sinais para o equipamento LabVIEW. Desta forma, lembrar que os sinais na placa operam entre limites de  $\pm 15V$ .

O modelo do processo deve ser obtido e simulado no Simulink e composto de uma entrada degrau mais uma perturbação na medição da saída, tal como ilustrado na Fig. 9.2. Caso seja desejado, a representação por Função Transferência  $G(s)$  poder ser realizada com dois blocos de primeira ordem em cascata.

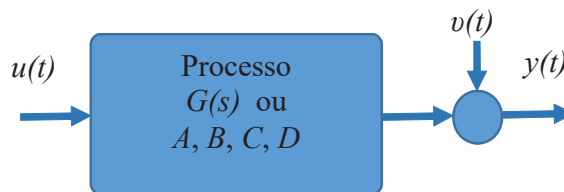


Figura 9.2: Representação do processo físico (analógico).

Cada grupo receberá uma lista de critérios de desempenho, de sinais de entrada e de perturbação, bem como uma sugestão do instante de aplicação deste sinal de perturbação. Estes dados individuais por grupo estão resumidos na tabela 9.1.

Cada experimento poderá demandar diferentes intervalos de amostragem em função das respostas dos sistemas controlados. Em todos os casos, o intervalo de amostragem

deve ser definido com no máximo 3 casas decimais em segundos, pois esta é a resolução do LabVIEW. Para efeito de comparação dos resultados das simulações e das práticas, usar o instante de aplicação da perturbação como um múltiplo exato de intervalos de amostragem.

Todo memorial de cálculo, etapas de projeto e procedimentos experimentais deverão ser descritos na apresentação final. Os tópicos delimitados a seguir determinam as etapas mínimas necessárias e que serão avaliadas. Os procedimentos exclusivamente teóricos deverão constar devidamente explicados no relatório de laboratório.

### 9.3 Relação de Grupos e Critérios de Desempenho

Na tabela 9.1 estão discriminados os índices de desempenho que cada grupo deve atingir com cada um dos controladores digitais a serem investigados. Cada grupo terá um processo com dinâmica diferente relativa à combinação de valores de  $R_1$  e de  $R_2$  na rede passiva da figura 9.1. Para todos os Grupos, os valores dos capacitores são  $C_1 = C_2 = 2,2\mu F$ . Os valores de entrada degrau bem como de perturbação degrau são diferentes para cada grupo de cada turma e identificadas de acordo com o Tabela 9.1 tal :

- **Turma\_1** : Sexto período nas quintas-feiras das 10:20 as 12:00;
- **Turma\_2** : Quinto período nas quintas feiras das 14:20 as 16:00;
- **Turma\_3** : Quinto período nas quintas-feiras das 16:20 as 18:00;
- **Turma\_4** : Quinto período nas sextas-feiras das 08:20 as 10:00;
- **Turma\_5** : Sexto período nas sextas-feiras das 14:20 as 16:00

### 9.4 Etapas de Avaliação

A primeira etapa da Avaliação se refere à análise do processo em estudo e obtenção da descrição matemática (modelagem) por representação no domínio do tempo contínuo por meio de Função Transferência e por Variáveis de Estado.

Também deverá ser estudada e justificada uma forma de obtenção da taxa de amostragem para o processo em estudo.

A investigação teórica do processo contínuo e discretizado deverá ser investigada por simulação no Simulink em todas as formas de Modelagem obtidas.

<b>Grupo 01</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de +0,15V em $\approx 12$ seg. 15%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	4%
	$Dead-Beat(\nu)$ com	$T_0$ e com $1,33 T_0$
	$R_1 = 680k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [0, 12 \quad 0, 12]$
	$R_2 = 390k\Omega$ Degrau de Referência	$\underbrace{1, 11V}_{Turma1}$ $\underbrace{1, 12V}_{Turma2}$ $\underbrace{1, 13V}_{Turma3}$ $\underbrace{1, 14V}_{Turma4}$ $\underbrace{1, 15V}_{Turma5}$
<b>Grupo 02</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de -0,15V em $\approx 12$ seg. 12,5%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	5%
	$Dead-Beat(\nu)$ e $(\nu + 1)$ com	$u(0)_{DB(\nu+1)} = 0,7u(0)_{DB(\nu)}$
	$R_1 = 560k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [-0, 11 \quad -0, 11]$
	$R_2 = 470k\Omega$ Degrau de Referência	$\underbrace{1, 21V}_{Turma1}$ $\underbrace{1, 22V}_{Turma2}$ $\underbrace{1, 23V}_{Turma3}$ $\underbrace{1, 24V}_{Turma4}$ $\underbrace{1, 25V}_{Turma5}$
<b>Grupo 03</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de +0,20V em $\approx 13$ seg. 13%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	6%
	$Dead-Beat(\nu)$ com	$T_0$ e com $1,22 T_0$
	$R_1 = 390k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [0, 13 \quad 0, 13]$
	$R_2 = 560k\Omega$ Degrau de Referência	$\underbrace{1, 31V}_{Turma1}$ $\underbrace{1, 32V}_{Turma2}$ $\underbrace{1, 33V}_{Turma3}$ $\underbrace{1, 34V}_{Turma4}$ $\underbrace{1, 35V}_{Turma5}$

Tabela 9.1: Relação de desempenho

<b>Grupo 04</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de -0,20V em $\approx 13$ seg. 13,5%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	4,5%
	$R_1 = 680k\Omega$ $Dead-Beat(\nu)$ e $(\nu + 1)$ com	$u(0)_{DB(\nu+1)} = 0,72u(0)_{DB(\nu)}$
	$R_2 = 560k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [-0,15 \quad -0,15]$
	Degrau de Referência	$\underbrace{1,41V}_{Turma1}$ $\underbrace{1,42V}_{Turma2}$ $\underbrace{1,43V}_{Turma3}$ $\underbrace{1,44V}_{Turma4}$ $\underbrace{1,45V}_{Turma5}$
<b>Grupo 05</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de +0,25V em $\approx 14$ seg. 15,5%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	5,5%
	$R_1 = 470k\Omega$ $Dead-Beat(\nu)$ com	$T_0$ e com $1,3 T_0$
	$R_2 = 390k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [0,14 \quad 0,14]$
	Degrau de Referência	$\underbrace{1,51V}_{Turma1}$ $\underbrace{1,52V}_{Turma2}$ $\underbrace{1,53V}_{Turma3}$ $\underbrace{1,54V}_{Turma4}$ $\underbrace{1,55V}_{Turma5}$
<b>Grupo 06</b>	Erro de regime em Caso- <b>P</b> , item (5.c)	Perturbação de -0,25V em $\approx 14$ seg. 12%
	Sobresinal no Caso- <b>PI</b> , item (6.a)	6%
	$R_1 = 560k\Omega$ $Dead-Beat(\nu)$ e $(\nu + 1)$ com	$u(0)_{DB(\nu+1)} = 0,8u(0)_{DB(\nu)}$
	$R_2 = 390k\Omega$ Espaço de Estados-Observador	$X_0 = [-0,12 \quad -0,12]$
	Degrau de Referência	$\underbrace{1,61V}_{Turma1}$ $\underbrace{1,62V}_{Turma2}$ $\underbrace{1,63V}_{Turma3}$ $\underbrace{1,64V}_{Turma4}$ $\underbrace{1,65V}_{Turma5}$

Tabela 9.2: Relação de desempenho (Cont.)

Finalmente a realização da parte experimental será realizada no laboratório com o uso do LabVIEW e os resultados simulados e experimentais serão comparados no Matlab.

Na segunda etapa será estudado o desempenho do sistema de controle com relação a um Controlador Proporcional. É solicitada a investigação deste controlador através de simulação com o Simulink antes a realização do experimento.

Após a realização do experimento os resultados deverão ser comparados com os obtidos teoricamente por simulação no ambiente do Matlab.

A etapa 3 se refere ao estudo dos controladores PI ou PID para corrigir o erro de regime do processo controlado com a proposta do controlador P.

Com base nos requisitos de projeto especificado para cada grupo, deve-se projetar o controlador PI ou PID com auxílio do R1tool do Matlab e testar seu desempenho através de simulações no Simulink.

No laboratório deve-se implementar a estratégia do controlador PI ou PID escolhido com auxílio do LabVIEW e comparar os resultados experimentais no Matlab com os resultados simulados.

A etapa 4 se refere ao controlador tipo *Dead-Beat* que também deve ser investigado teoricamente com auxílio do Simulink e posteriormente implementado do laboratório com auxílio do LabVIEW.

Nesta etapa os grupos ímpares desenvolverão e controladores com duas taxas de amostragens diferentes e os grupos pares desenvolverão 2 controladores com a mesma taxa de amostragem porém do tipo  $DB(\nu)$  e  $DB(\nu + 1)$  de acordo como especificado par os grupos.

Nas duas últimas etapas será estudado e implementado o controlador com Realimentação de estados e também do Observador de Estados. Cada grupo deverá novamente inspecionar o desempenho dos controladores com auxílio do Simulink antes da realização da prática.

Na sequência são relacionados os os passos necessários em cada etapa e que serão alvo das avaliações dos grupos.

## 1 - ESTUDO DO PROCESSO

**1.a<sup>T</sup>** - Descrever o processo da figura 9.1 por uma FT ( contínua ) e também por sua respectiva formulação em espaço de estado contínuo, usando os estados “reais” indicados na planta do processo. A partir da representação por função de transferência obter a versão espaço de estados usando o comando “TF2SS” do Matlab para comparação.

OBS.:Na obtenção da formulação em VE, respeitar a designação dos estados tal como indicado na Fig. 9.1. Para o caso de formulação por FT, atentar para o

isolador entre as duas redes passivas. Indicar a configuração completa do sistema e valores dos componentes RC relativo a cada grupo.

- 1.b<sup>T</sup>** - Elaborar um diagrama de simulação no Simulink com processo em MA, sem controle, na formulação por F, por VE modo “real” e pelo modelo obtido com FT2SS. Comparar entre si os resultados das versões de representação por VE.

OBS: Lembrar que o processo na prática não se tornará discreto com o fato de se realizar um controlador discreto e portanto deve sempre ser representado por sua descrição contínua. Usar a matriz/vetor  $\underline{c}$  do bloco *Space-State model* do Simulink como sendo um matriz Identidade.

- 1.c<sup>T</sup>** - Investigar uma taxa de amostragem adequada para o processo em MA, gerar os respectivos modelos discretos do processo em formulação por FT e por VE. Implementar simulações no Simulink usando os modelos contínuos acrescidos de de um *Holder-0 ZOH* e compare as respostas ao degrau contínua e discretizadas.

LEMBRAR de acrescentar em cada caso o sinal de perturbação degrau indicado para o seu grupo. O instante de aplicação da perturbação deverá ser um múltiplo exato relativo ao intervalo de amostragem  $T_0$  escolhido e  $T_{0\_min} = 0,200 \text{ seg}$ .

OBS. Avalie no sistema em MA o desempenho dinâmico em termos de tempo de resposta, sobresinal, localização dos polos e valor de regime. LEMBRAR QUE CADA GRUPO TRABALHARÁ COM VALORES DIFERENTES PARA A ENTRADA DEGRAU e PERTURBAÇÃO

### DISCRETIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DO PROCESSO - ETAPA 1

Dia 13/Out (quintas) e 14/Out (sextas)

- 1.d<sup>L</sup>** - Implemente no LabVIEW um VI que gere um sinal de entrada bem como a perturbação degrau com amplitude solicitada e faça de forma simultânea a devida aquisição da resposta. Após verificação que as respostas estejam coerentes com as simuladas, gerar um arquivo com os sinais de entrada, saída e o tempo discretizados.

- 1.e<sup>L</sup>** - Com auxílio do Matlab, apresentar e comparar os resultados de simulação (SIMULINK) e experimentais (LabVIEW). Indicar o VI usado para acionar e medir a resposta no experimento do Laboratório.

OBS: Para o caso da simulação em Simulink observar que o processo deve estar modelado em modo contínuo no tempo  $G(s)$  e a resposta obtida via um bloco “ZOH” do Simulink

## 2 - CONTROLADOR PROPORCIONAL - ETAPA 2

Dia 20/Out (quintas) e 21/Out (sextas)

- 2.a<sup>T</sup>** - Realize uma realimentação unitária sem ganho direto (ou seja,  $Ganho = 1$  e DISCRETO) e investigue o desempenho em MF com auxílio do Simulink.
- 2.b<sup>T</sup>** - Investigue teoricamente o desempenho com ganhos discretos de valor 5 e 8. Observe que a ação de controle não pode ultrapassar 10V. Inclua esta limitação no seu diagrama Simulink.
- 2.c<sup>T</sup>** - Deseja-se investigar um controlador Proporcional (P) que reduza o “erro” de regime para o valor indicado para o seu grupo (vide Tabela). Este erro desejado deve ser avaliado em relação à sua Entrada Degrau. Verifique ainda se a taxa de amostragem inicialmente estabelecida é adequada para o processo em MF com este valor de ganho. Explique.
- 2.d<sup>L</sup>** - Implemente um VI no LabVIEW para realizar este controle digital e apresente os resultados simulados e experimentais, bem como o VI de execução para os Ganhos 1, 5 e 8 e para o Ganho calculado no item 2.c<sup>T</sup>. Os resultados deverão conter a resposta de saída e da ação de controle em função do tempo. Se necessário reavalie e justifique uma alteração da taxa de amostragem. **OBS : Faça os cálculos analíticos inicialmente e avalie os resultados em termos de simulação no Simulink.** Use este procedimento para todos os tópicos seguintes e só passe à fase de preparação de experimento quando tiver os dados simulados prontos. Avalie, já na fase de simulação, se a ação de controle determinada pelo controlador será possível de ser realizada. As limitações principais são com relação ao módulo D/A que só fornecem valores de saída analógica entre  $\pm 10V$ . Muito provavelmente as taxas de amostragens irão se alterar em função do tipo de controlador. Indicar e justificar estes casos. Apresentar sempre o diagrama Simulink utilizado nas simulações. **A taxa de amostragem final deve ser adequada para resposta do sistema em MF.**

Avalie a partir do processo contínuo em MF  $Ganho=1$ , qual o desempenho dinâmico em termos de tempo de resposta, sobresinal, coeficiente de amortecimento

## 3 - CONTROLADOR PID - ETAPA 3

Dia 10/Nov (quintas) e 11/Nov (sextas)

Visto que um controlador P não resolve o problema de erro de regime, neste item será investigado um controlador PID que proporcione portanto erro de regime nulo.



- 3.a<sup>T</sup>** - Obtenha um controlador PID que proporcione além de erro de regime nulo, um tempo de resposta semelhante daquele em MF Ganho = 1<sup>(\*)</sup> e sobressinal máximo de acordo como indicado para seu grupo ( $\xi = 0.7$ ). Investigue inicialmente no Matlab com auxílio do RLTOOL e de simulações com o Simulink e então passe à etapa de execução.
- 3.b<sup>T</sup>** - Verifique o desempenho em termos de simulação no Simulink.
- 3.c<sup>L</sup>** - Implemente um VI no LabVIEW para realizar este controle digital e apresente os resultados simulados e experimentais, bem como o VI de execução. Os resultados deverão conter a resposta de saída, da ação de controle e do erro em função do tempo discreto. Se necessário reavalie e justifique uma alteração da taxa de amostragem.

OBS: (\*) ISTO SIGNIFICA MAIS-OU-MENOS O MESMO TEMPO DE SOBRESSINAL, OU MESMO TEMPO DE SUBIDA E TEMPO DE ESTABILIZAÇÃO. PREFERENCIALMENTE discretizar o processo com a (nova ?) taxa de amostragem definida e avaliar um PID diretamente no plano-Z com o comando RLTOOL no processo discretizado. Lembrar de observar se a ação de controle inicial é realizável.

#### 4 - CONTROLADOR DEAD-BEAT - ETAPA 4

Dia 17/Nov (quintas) e 18/Nov (sextas)

Estudo do controlador *Dead-Beat*.

- 4.a<sup>T</sup>** - Investigue com auxílio do Matlab um controlador que possa ser realizado com a técnica *Dead-Beat* seguindo os critérios indicados para seu grupo. Lembrar que o processo será sempre analógico e que portanto o desempenho será aproximado. O Controlador procurado deverá exibir  $u(0) \leq 9.5V$ .
- 4.b<sup>T</sup>** - Investigue o desempenho do controlador no Simulink.
- 4.c<sup>L</sup>** - Realize um experimento com o LabVIEW e o processo em estudo. Apresente os resultados simulados e experimentais, bem como o VI de execução. Os resultados deverão conter a resposta de saída, da ação de controle e do erro em função do tempo. Se necessário reavalie e justifique uma alteração da taxa de amostragem.

OBS: Observe sempre que o processo não é naturalmente discreto e deve ser mantido contínuo nas fases de simulação, ou então os resultados não serão coerentes. Lembrar que neste caso, a taxa de amostragem deve ser reavaliada para

que tal controlador seja realizável. O *Dead-Beat* só irá funcionar corretamente se as condições iniciais forem coerentes. Portanto, se necessário, aumente o tempo para garantir condições iniciais nulas no processo.

SERÃO REALIZADOS DOIS CONTROLADORES NESTE EXPERIMENTO: Os grupos ímpares usarão 2 períodos de amostragem, sendo que o primeiro deve prover uma ação de controle ligeiramente inferior a 10. Os grupos pares, executarão o primeiro  $DB(\nu)$  e no segundo outro do tipo  $DB(\nu + 1)$  com a mesma taxa de amostragem, sendo que também no primeiro caso, a ação de controle deve ser pouco inferior a 9.

## 5 - CONTROLE POR REALIMENTAÇÃO DE ESTADOS - ETAPA 5

Dia 24/Nov (quintas) e 25/Nov (sextas)

Estudo do controlador por realimentação de estados

- 5.a<sup>T</sup> - A partir da representação de estados (“real”) relativa ao processo, obtenha um controle por realimentação de estados tal que os polos do sistema controlado sejam os mesmos (dominantes) do item 6, ou seja, do PID em MF.
- 5.b<sup>T</sup> - Investigue o controlador com auxílio do Matlab ( RLTOOL, PLACE, ACKER ) e de simulações com o Simulink.
- 5.c<sup>T</sup> - Simule no Simulink processo controlado com o observador de estados do item anterior. Considere o processo no estado inicial indicado para seu grupo e execute as simulações devidas. Nesta etapa teórica compare sempre a resposta da saída com aquela do PID.
- 5.d<sup>T</sup> - Visto que o processo controlado apresenta erro de regime, avalie um ganho de pré-filtro para eliminar o erro de regime da entrada degrau. Simule novamente e verifique os resultados.
- 5.e<sup>T</sup> - Desde que o ganho de Pré-Filtro só atua no erro de regime referente à entrada, investigue e obtenha um controle por Realimentação de Estados acrescido de uma Ação Integrativa da saída, tal que mesmo possa atuar no erro de regime referente à entrada e também sobre o erro referente à Perturbação. Implemente a respectiva simulação no Simulink e avalie os resultados. Neste caso não se usa o Pré-Filtro.
- 5.f<sup>L</sup> - Prepare a etapa de execução experimental para os itens investigados acima: Realimentação de Estado sem Pré-Filtro, Realimentação de estados com Pré-Filtro e Realimentação de Estados com ação Integrativa. Nesta prática utilize o

recurso de *Formula-Node* do LabVIEW na execução do VI. Apresente os resultados simulados e experimentais, bem como o VI de execução. Os resultados deverão conter a resposta dos estados e da ação de controle em função do tempo de cada um dos 3 casos estudados. Use o recurso do comando *subplot* do Matlab para comparar os resultados entre si. Se necessário reavalie e justifique uma alteração da taxa de amostragem.

OBS: Lembre-se que no controle com PID o processo controlado apresenta 4 polos, sendo 2 deles os dominantes. No controle com realimentação de estados serão somente 2 polos e a resposta será apenas próxima daquele do controle com o PID.

## 6 - OBSERVADORES DE ESTADO E CONTROLE POR REALIMENTAÇÃO DE ESTADOS OBSERVADOS - ETAPA 6

Dia 01/Dez (quintas) e 02/Dez (sextas)

Estudo do controlador por realimentação de estados observados

- 6.a<sup>T</sup>** - A partir da representação de estados relativa ao processo, investigue e obtenha um Observador de Estados medindo-se apenas UM dos 2 estados do processo. Explique para o seu caso qual dos estados pode ser usado.
- 6.b<sup>T</sup>** - Implemente seu Observador de Estados no Simulink. Lembre-se que neste caso o processo de ser inicializado com o valor  $X_0$  estipulado para o seu grupo. Para comparação os estados observados iniciais devem ser nulos. Compare cada um dos estados individualmente.
- 6.c<sup>T</sup>** Realize na sequência um controle por Realimentação de Estados usando os estados Observados e o Ganho de Realimentação obtido na prática anterior. Verifique o comportamento do sistema no Simulink.
- 6.d<sup>L</sup>** Prepare a etapa de execução experimental para os itens investigados acima: Observador de Estados e Realimentação com Estados Observados. Apresente no Matlab com auxílio do comando *subplot* os resultados simulados e experimentais, bem como o VI de execução. No caso do Observador, comparar os estados reais  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$  com os estados observados (calculados)  $\hat{x}_1(t)$ ,  $\hat{x}_2(t)$ . No caso de realimentação dos estados observados, apresentar a resposta de saída  $x_2(t)$  e da ação de controle  $u(t)$  em função do tempo. Se necessário reavalie e justifique uma alteração da taxa de amostragem.

OBS: Atente para obter uma dinâmica do Observador mais rápida do que a dinâmica do Controle. Lembre de ajustar um Pré-Filtro para compensar o erro de Regime.

## Entrega do Relatório para todas as Turmas 09-Dez no MOODLE

### 9.5 Descrição da placa do Processo

O referido processo de segunda ordem a ser estudado foi acondicionado em uma placa de circuito impresso com as devidas conexões de alimentação e terminações dos sinais de interesse.

A disposição dos componentes e conectores da placa com o processo é vista na figura 9.3. Dois conectores principais estabelecem as conexões de alimentação e de sinais de entrada e saída.

Para alimentar a placa com o processo, usar a fonte simétrica disponível. Lembrar ainda que a saída de controle (do microcomputador via LabVIEW) seja feita no canal analógico 1 (*Analog Output 1*) indicado do rack 5B41. A entrada no microcomputador via LabVIEW pode ser feita via os canais 0 e 1, de livre escolha para cada um para os estados  $x_1(t)$  e  $x_2(t) = y(t)$ . Neste caso o ponto de referência (terra) é comum à entrada, estados e saída.

Evite monitorar os sinais da placa do processo por meio do osciloscópio, pois a ponta de prova pode interferir nos resultados esperados

Sugere-se que os VI's sejam compostos com pelo menos 3 sequências, sendo uma primeira para inicialização de parâmetros, dados, amostragem e “*pre-set*” do processo, uma segunda sequência com a estratégia de controle e finalmente uma terceira com finalização e eventual pós-processamento de dados armazenados. Lembrar de armazenar para as devidas comparações com dados simulados, os dados de tempo real discreto, entrada de referência, saída, erro e ação de controle do sistema quando for o caso.

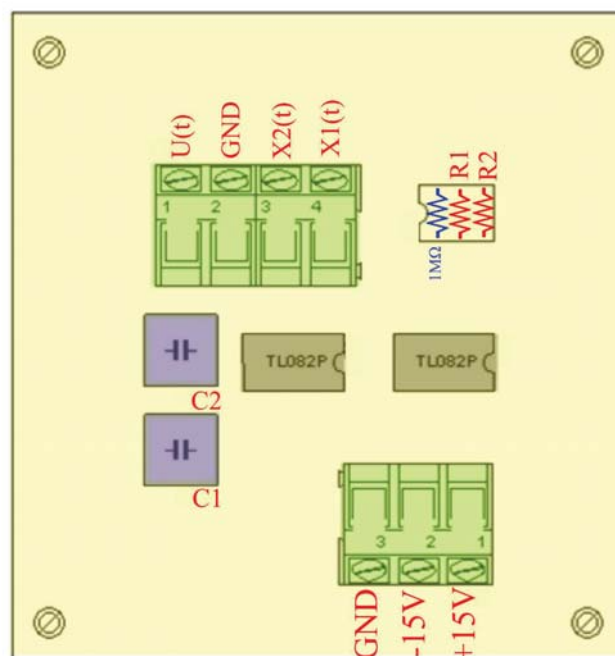


Figura 9.3: Conectores e componentes do processo