

FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DE LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO INDUSTRIAL

Calos E. Pereira – cpereira@delet.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Elétrica

Oswaldo Aranha 103

90035-190 – Porto Alegre - RS

Marcos D. Schmitz – mschmitz@delet.ufrgs.br

www.automation.delet.ufrgs.br

Resumo. *O paper descreve experimentos desenvolvidos no Laboratório de Automação Industrial da UFRGS para ensino de Linguagens de Programação Industrial na disciplina “Sistemas de Automação Industrial” do curso de Engenharia Elétrica da UFRGS. Simulações de plantas industriais em diferentes configurações são utilizadas como modelos a serem controlados por programas desenvolvidos por alunos usando linguagens padronizadas internacionalmente na norma IEC1131. O software IsaGraf v3.3, o qual permite a simulação e a representação gráfica com animação de plantas industriais, foi a ferramenta utilizada para viabilizar os experimentos.*

1. INTRODUÇÃO

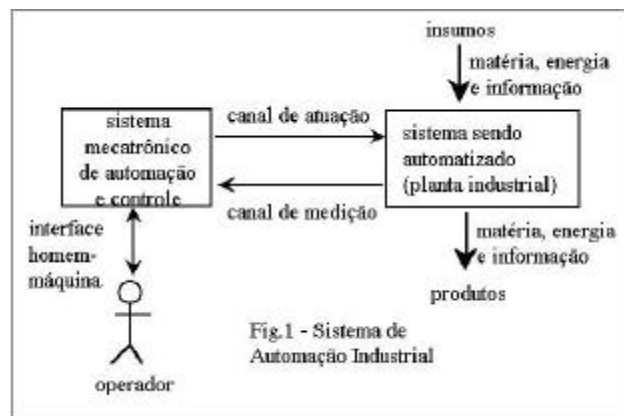
Com a internacionalização dos mercados e conseqüente aumento da concorrência entre empresas, o domínio de tecnologias de automação industrial, tais como a de robótica e de sistemas integrados de manufatura, torna-se um ponto chave para o sistema produtivo. Especialmente em aplicações que demandem níveis de precisão, qualidade e produtividade normalmente não atingíveis por processos convencionais, ou ainda em aplicações de alto risco, nas quais, por questões de segurança, o ser humano deve estar afastado, as vantagens advindas do uso de modernas técnicas de automação industrial são incontestáveis ([RNS93], [CHA92]).

Desta forma, o domínio de técnicas de automação industrial é estratégico para o desenvolvimento industrial e econômico de uma nação. É notório que neste particular o nosso país apresenta uma considerável defasagem com relação às nações mais desenvolvidas e que, caso não sejam formados recursos humanos em quantidade e qualidade para suprir as demandas reprimidas, esta defasagem tende a aumentar ainda mais. Felizmente, algumas iniciativas de ensino de engenharia visando a formação de recursos humanos na área de automação e controle já são encontradas ([SBC97], [CSC98]). Este artigo discute o uso de modelos e experimentos desenvolvidos no Laboratório de Automação Industrial da UFRGS para ensino de Linguagens de Programação Industrial na disciplina “Sistemas de Automação Industrial” do curso de Engenharia Elétrica da UFRGS.

O artigo apresenta a seguinte estrutura: no próximo capítulo discute-se as vantagens e desvantagens da utilização de sistemas reais (isto é, formados por componentes usualmente encontrados em sistemas de automação industrial reais) e simulados na realização de experimentos laboratoriais na área de automação e controle. No capítulo 3 apresenta-se a ferramenta utilizada na construção dos experimentos seguindo, no capítulo 4, de alguns destes experimentos desenvolvidos no Laboratório de Automação Industrial da UFRGS, utilizando as técnicas de sistemas simulados. Resultados obtidos na aplicação da técnica em aulas de laboratório são brevemente descritos no capítulo 5, bem como a comparação da abordagem baseada totalmente em simuladores rodando em computadores pessoais com outra abordagem desenvolvida no mesmo laboratório, na qual controladores industriais são usados para o desenvolvimento dos experimentos. Conclusões e trabalhos futuros são abordados no capítulo 6.

2. CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS LABORATORIAIS PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: SISTEMAS REAIS VS. SIMULAÇÃO VS. EMULAÇÃO

De uma forma simplificada, um sistema de automação industrial pode ser decomposto nos seguintes sub-sistemas (Fig.1):



- Um sistema mecatrônico (isto é, envolvendo componentes mecânicos, eletrônicos e compu-tacionais) de automação e controle;
- Um sistema sendo automatizado, usualmente denominado de planta industrial.

O sistema mecatrônico de automação e controle tem a finalidade de, a partir de uma observação do estado atual do sistema sendo automatizado, tomar ações que façam com que os objetivos dos clientes sejam satisfeitos. A determinação do estado atual da planta industrial é feita com o uso de sensores incorporados à planta industrial, tais como sensores de velocidade, pressão, vazão, temperatura, etc., os quais constituem o chamado canal de medição. A atuação é feita através de dispositivos eletro-mecânicos, os chamados atuadores, os quais permitem influenciar o comportamento da planta industrial sendo automatizada (formando o canal de atuação). Em função do forte acoplamento entre o sub-sistema de automação e controle e a planta industrial, requisitos temporais, tais como concorrência, limites no tempo de reação, etc. devem ser atendidos. Desta forma, o sub-sistema mecatrônico de automação e controle pertence à categoria dos chamados sistemas em tempo-real, nos quais a resposta deve ser correta

tanto do ponto de vista lógico, através de um correto processamento das informações, como do ponto de vista temporal.

No desenvolvimento de experimentos laboratoriais visando a familiarização dos estudantes de engenharia elétrica com os diferentes métodos e tecnologias utilizadas no desenvolvimento de sistemas de automação industrial, diferentes configurações podem ser utilizadas. Com relação à planta industrial, tem-se que geralmente ou um sistema real (um protótipo de uma planta industrial) ou uma simulação é utilizada. O uso de protótipos de plantas industriais apresenta como maior vantagem o fato de possibilitar aos estudantes a automação de um sistema físico real, reproduzindo mais fidedignamente as características de um ambiente industrial. Entretanto, esta alternativa tem como maior desvantagem os altos custos envolvidos, não somente de aquisição e montagem, mas especialmente de manutenção. Estes últimos já representam uma significativa despesa em sistemas industriais, onde geralmente o sistema automatizado produz um determinado bem industrial de alto valor agregado e gerador de capital. Numa universidade, onde o protótipo de planta industrial serve para fins didáticos, sem geração de capital, estes custos são proporcionalmente ainda mais expressivos. Além disso, em função do elevado custo de aquisição, a grande maioria dos protótipos de plantas industriais tende a ser sistemas de complexidade bastante inferior aos sistemas reais, facilitando assim o desenvolvimento do sub-sistema mecatrônico de controle e automação correspondente.

Alternativamente, o uso de simulação de processos industriais permite o desenvolvimento de sistemas cujo comportamento reproduza com grande similaridade aqueles de complexos sistemas industriais. Uma das principais vantagens desta abordagem é a sua configurabilidade, permitindo a criação de diferentes processos industriais alterando-se a topologia e os componentes do modelo de simulação. Dentre as desvantagens, pode-se citar o fato de que o interfaceamento entre o processo industrial simulado e o sub-sistema de controle e automação torna-se complicado, uma vez que a maioria dos sistemas de simulação são executados em máquinas distintas daquelas encontradas no chão-de-fábrica industrial, muitas vezes em computadores pessoais, cujo interfaceamento com sensores e atuadores usados em aplicações industriais difere significativamente dos sistemas comumente usados em plantas industriais.

As configurações usadas no laboratório de ensino de automação e controle é o uso de ferramentas de suporte computacional como o IsaGraf. Neste caso, tanto o sistema mecatrônico de controle e automação quanto a planta industrial são simulados. Tal abordagem demonstra-se como excelente no ensino de estratégias de controle e avaliação do comportamento obtido do sistema a malha-fechada, isto é, através da integração dos modelos de simulação da planta industrial com a simulação dos algoritmos de controle através da troca de informações via canais de medição e atuação. Uma vez que ambos os sub-sistemas são simulados, tal abordagem permite uma execução em tempo virtual, ou seja, processos físicos que na prática levariam horas para serem executados, podem ser finalizados em questão de segundos, mantendo-se porém a sincronia entre as bases de tempo usadas nos simuladores da planta industrial e dos algoritmos de controle. Todavia, considerando-se que normalmente ambos sub-sistemas são simulados no mesmo computador, torna-se difícil uma reprodução fidedigna do comportamento dos diferentes processos concorrentes presentes na planta industrial. Considerando-se também o uso de simulação, deve-se considerar o risco de que os alunos percam a referência com as grandezas físicas sendo manipuladas e com aspectos importantes como ruído de medição, limitação física dos atuadores, etc.

3. A FERRAMENTA: ISAGRAF v3.3:

Diferentes softwares existentes no mercado correspondem a necessidade dos experimentos, a disponibilidade destes ao mínimo custo e recursos suficientes é que delega a utilização de uma ou outra ferramenta.

Utilizando-se de versão 3.3 Demo do software Isagraf os experimentos puderam representar praticamente todas as situações previsíveis em uma simulação. Recursos gráficos foram utilizados para podermos visualizar virtualmente o processo implementado bem como as ações sobre o mesmo. A conformidade da versão utilizada com a norma IEC1131 permite preparar os alunos para a variedade necessária de linguagens de programação a saber:

- Instructions List (IL):

Linguagem de baixo nível, próxima do Assembly. Necessita bom grau de programação e é de difícil compreensão.

| Label | Operator | Operand | Comments |
|--------|----------|---------|--------------------------------|
| Start: | LD | IX1 | (* push button *) |
| *) | ANDN | MX5 | (* command is not forbidden *) |
| | ST | QX2 | (* start motor *) |

- Structured Text (ST):

Linguagem de alto nível, próxima de padrões Basic e de fácil compreensão. Programadores geralmente preferem este tipo de linguagem devido a grande proximidade a linguagens comerciais de programação.

```

High readability
(* imax : number of iterations *)
(* i: FOR statement index *)
(* cond: process validity *)
imax := max_ite;
cond := X12;
if not (cond) then
  return;
end_if;

(* process loop *)
for i = 1 to max_ite do
  if i <= 2 then
    Spsall ();
  end_if;

```

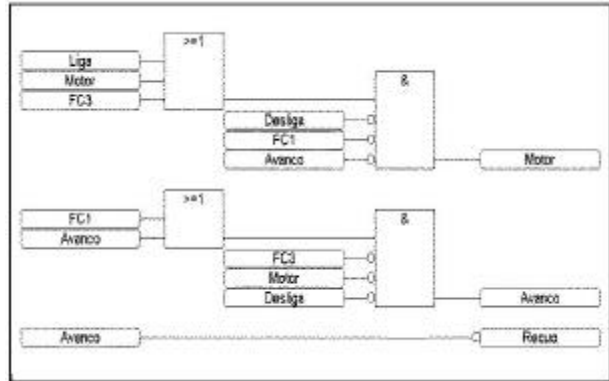
- Ladder Diagram (LD):

Linguagem de contatos, é a mais difundida na programação de CLP's;



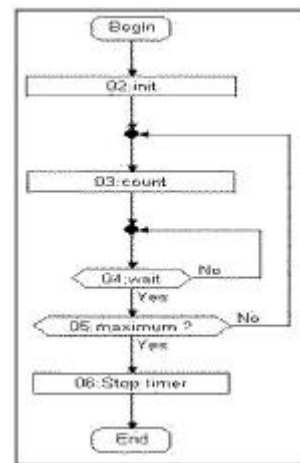
- Functional Block Diagram (FBD):

Diagrama de blocos funcionais, está linguagens se aproxima a configurações comumente utilizadas em eletrônica, bastante visual ela torna-se de fácil compreensão, porém muitas vezes exige melhor nível de programação.



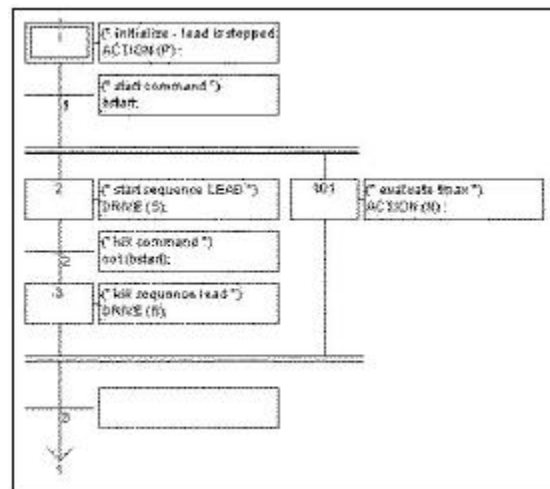
- Flow Chart (FC):

Programação por fluxogramas, é uma linguagem de fácil programação e compreensão, porém ainda um pouco limitada no software IsaGraf.



- Sequential Function Chart (SFC):

Máquina de Estados ou Linguagem Sequencial, é ideal para programas simples e que não requerem muitas funções agregadas.



4. EXPERIMENTOS DESENVOLVIDOS:

Um dos experimentos desenvolvidos se baseia na automação de um sistema de distribuição de caixas, o qual consiste de uma esteira transportadora, de dispositivos sensores (sensores de final de curso e detectores de existência de caixas) e atuadores (pistões para direcionamento das caixas ao destino final, etc). Este exemplo é desenvolvido em três exercícios nos quais o nível de dificuldade vai sendo gradativamente ampliado (vide Fig. 3 a , b, c). Na primeira versão do exercício supõem-se que todas as caixas tenham o mesmo tamanho e que o controlador deve executar três tarefas: (i) monitorar a entrada das caixas na esteira (através da monitoração do sensor FC0), (ii) detectar a chegadas das peças no final da esteira (sensor FC1) e (iii) colocá-las em um palete para transporte (a colocação ocorre usando-se um pistão acionado por bobinas de avanço e recuo).

Nos experimentos desenvolvidos, a simulação não somente é responsável pela emulação do comportamento da planta real (temporização do deslocamento das caixas), mas também da validação dos programas de controle desenvolvidos pelos alunos, a fim de verificar se os mesmos estão corretos do ponto de vista funcional e temporal, além de indicar se ocorrem condições de insegurança. Possíveis falhas no controle do processo são sinalizadas aos usuários através da exibição do erro na tela do supervisor. A tabela 1 apresenta alguns dos erros monitorados.

| Número do Erro | Tipo de Erro | Possíveis causas |
|----------------|--------------------------------------|--|
| 0 | Erro no acionamento do pistão | <ul style="list-style-type: none">• O motor está acionado ao mesmo tempo que a bobina SW21. |
| 1 | Erro no acionamento do pistão | <ul style="list-style-type: none">• O motor está acionado sem o recuo do pistão. |
| 2 | Acionamento incorreto do motor | <ul style="list-style-type: none">• O motor foi acionado antes de se expulsar totalmente uma peça. |
| 3 | Funcionamento incorreto do motor | <ul style="list-style-type: none">• Uma peça chegou em FC1 e o motor não foi desligado. |
| 4 | ----- | ----- |
| 5 | Funcionamento incorreto do pistão | <ul style="list-style-type: none">• A bobina de avanço está ligada juntamente com a bobina de recuo do pistão. |
| 6 | Funcionamento incorreto das entradas | <ul style="list-style-type: none">• Botão Desliga não está desligando o motor |

Tabela 1 - Erros monitorados

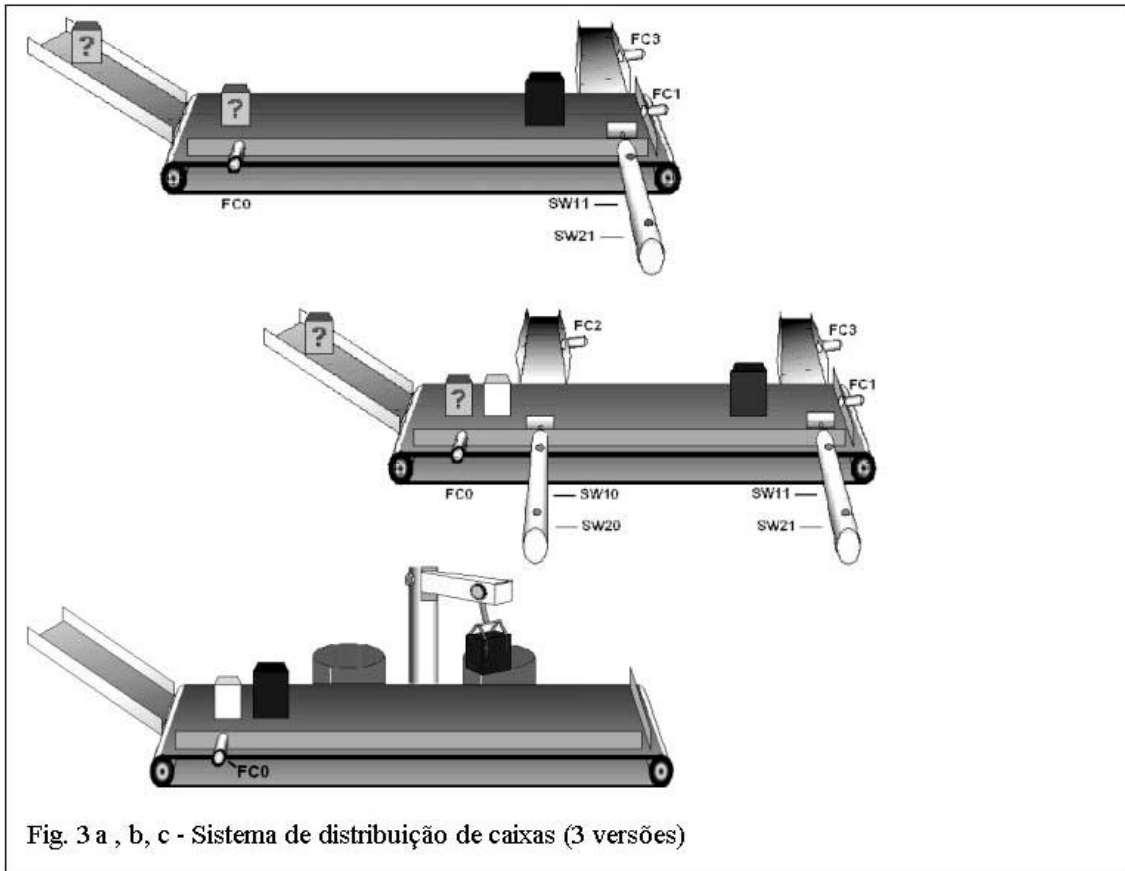


Fig. 3 a , b, c - Sistema de distribuição de caixas (3 versões)

Na segunda versão do experimento considera-se a existência de caixas de dois tamanhos. O programa de controle deve ser capaz de determinar o tamanho das caixas (sensor FC0 na Fig. 3b) classificando-as e direcionando-as, de acordo com seu tamanho, a um dos paletes. O terceiro experimento possui similar funcionalidade, porém a colocação das caixas nos respectivos paletes para transporte é feito usando um manipulador com uma garra em vez dos dois pistões usados na segunda versão.

5. RESULTADOS OBTIDOS:

As impressões dadas pelos alunos da disciplina de Sistemas de Automação Industrial atentaram principalmente para a diversidade de linguagens de programação, característica que faz do experimento uma ferramenta bastante completa para a preparação do aluno para o mercado de trabalho.

A flexibilidade do experimento veio ao encontro da necessidade de diversificar os estudos e criar situações muito variadas no que diz respeito a complexidade dos sistemas a serem automatizados. Uma vez que, de posse das rotinas padrões, o instrutor pode preparar experimentos que necessitam de graus diferentes de aprendizado do aluno.

Como o experimento se baseou em software e a versão Demo do IsaGraf correspondia as necessidades do projeto, o custo material foi praticamente nulo, tanto para a instituição quanto para os alunos.

A internet facilitou muito a aquisição do software bem como a distribuição dos exercícios, dinamizando as aulas e facilitando o estudo, já que este podia ser feito na casa dos próprios alunos.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS:

A adaptação das tecnologias disponíveis no mercado ao meio estudantil foi de extrema valia para o aprendizado, sendo que uma ferramenta industrial, o caso do IsaGraf, supriu às necessidades didáticas da disciplina e contribuiu para a preparação dos alunos para as situações encontradas no dia-a-dia do profissional.

A flexibilidade do sistema utilizado pode ser apontada como a principal vantagem do experimento, desagregando o fator custo, principal inimigo dos sistemas reais, e trazendo à sala de aula a dinâmica necessária para promover um aprendizado simplificado e rápido.

A compatibilidade do software com as normas de programação trazem ao aluno a possibilidade de optar por linguagens mais coerentes para diferentes situações, além de viabilizar o aprendizado de várias delas, preparando-o para os produtos existentes no mercado.

Para melhorar ainda mais o trabalho devemos agora integrar totalmente os experimentos com a internet, eliminando assim a necessidade de softwares comerciais e facilitando a avaliação do aluno por parte do professor. A este também cabe a criação de mais exercícios, englobando outras situações e métodos de programação para promover sempre a evolução do aprendizado e do ritmo do mesmo.

7. REFERÊNCIAS

[CHA92] Chaplin, J.: "*Instrumentation and Automation in Manufacturing*". Delmar Publishers Inc., 1992.

[CSC98] Coelho, L.S.; Silva, A e Coelho, A . "*SISCON - Ferramenta de Ensino e Aplicação em Tempo-Real de Controle PID Convencional e Adaptativo*", XII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, São Paulo. 1998.

[RNS93] Rembold, U. , Nnaji, B., and Storr, A.: "*Computer Integrated Manufacturing and Engineering*". Addison-Wesley, 1993.

[SBC97] Simas, H.; Bruciapaglia, H. e Coelho, A e (1997). "*Um Primeiro Curso de Laboratório em Engenharia com Aplicação na Área de Controle de Processos*". XXV Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia, Salvador, vol. 1, pp. 213-226.