

PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DOS CARTÕES DE ENTRADAS E SAÍDAS DIGITAIS / ANALÓGICAS DO CLP LC700 DA SMAR®

Murillo Ferreira dos Santos – murilloferreiradossantos@gmail.com

André Cruz Ribeiro – andre.cruzr@yahoo.com.br

Dener Malta Viana – dener.malta2@gmail.com

Marlon José do Carmo – marlonreiff@yahoo.com.br

CEFET-MG Campus III Leopoldina

Rua José Peres – 558 – Centro

36700-00 – Leopoldina – Minas Gerais

Resumo: Atualmente no meio acadêmico, é de total conhecimento de todos docentes a necessidade de ferramentas que propiciem a melhor compreensão dos estudantes em áreas técnicas. Dessa forma, este trabalho tem por intuito apresentar uma plataforma de aplicação de protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer)/4-20 mA desenvolvida no Laboratório de Controle e Automação do CEFET-MG Campus III, que monitora todos os cartões de entradas e saídas digitais/analógicas, onde é possível controlar o acionamento de todos os dispositivos escravos do CLP (Controlador Lógico Programável), assim como compreender os valores de correntes elétricas exigidas pelo protocolo HART/4-20 mA quando uma determinada variável analógica é manipulada. Depois de testada, pode-se concluir que os resultados foram satisfatórios mediante o propósito de criação e que algumas melhorias podem ser acrescentadas, como relatórios e alarmes, como alertas de variáveis de processos próximos a limites de operação.

Palavras-chave: CLP, HART/4-20 mA, plataforma de monitoramento, variáveis de processo, cartões de CLP.

1. INTRODUÇÃO

No passar das décadas, a crescente evolução da computação, comunicação e tecnologias de sensores levou à disseminação de sistemas dinâmicos tecnológicos e altamente complexos, como por exemplo, sistemas de manufatura automáticos, redes de monitoramento, entre outros (GONZÁLEZ *et al*, 2004).

Assim, redes industriais de monitoramento e controle de processos, formadas por sensores de grandezas físicas como temperatura, nível e pressão, por exemplo, criaram condições para o aumento da necessidade por sistemas de controle de alto desempenho (MORAES & CASTRUCCI, 2007) (NATALE, 2007).

Essa procura pelo monitoramento, tem motivado a proposta de plataformas computacionais que permita a implementação de estratégias mais complexas no intuito



de garantir estabilidade e robustez em tempo real na malha de controle industrial (CAMPOS, 2006) (CASSANDRAS & LAFORTUNE, 1999) (PRUDENTE, 2007).

Os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) exercem funções vitais no monitoramento de sistemas de controle. Estes por sinal apresentam uma grande variedade de recursos, onde podem ser aplicados nas mais diversas situações, desde aplicações de controle discreto, onde estão envolvidos apenas sinais digitais (0 ou 1), até mesmo em aplicações de controle contínuo, onde há a aquisição e emissão de sinais analógicos (ZANDONADI, 2007).

Eles podem ser encontrados em várias aplicações industriais, como por exemplo: partidas de motores, gerenciamento, sistemas de controle de qualidade, controladores PID, assim como em sistemas de nível, temperatura e vazão (ZANDONADI, 2007).

Outros exemplos de aplicações atuais do CLP na indústria podem ser encontrados em (BAYINDIR & CETINCEVIZ, 2011).

Devido a este grande avanço de tecnologia presente na indústria, é fundamental que o uso do CLP assim como suas funcionalidades, esteja presentes no meio acadêmico fazendo com que os estudantes se adaptem com mais facilidade as suas aplicações e benefícios.

O presente trabalho fica então dividido em seções, sendo a seção dois a apresentação do CLP LC700 embutido à planta didática SMAR[®], sistema ao qual o CLP opera como nó mestre, assim como os protocolos HART/4-20 mA e OPC; seção três a interface de monitoramento desenvolvida, sua construção e operação e na seção quatro conclui-se este trabalho.

2. CLP LC700 EMBUTIDO À PLANTA DIDÁTICA SMAR[®]

Controladores Lógicos Programáveis são dispositivos de controle programável que permitem a realização de atividades de controle sequencial com muito mais flexibilidade que os sistemas convencionais (PINTO, 2005).

No início, eles basicamente substituíam a chamada lógica de contadores ou relés. Atualmente, eles são capazes de assumir inclusive funções de controle discreto, englobando blocos funcionais como blocos de controladores PID (Proporcional, Integral e Derivativo) (ZANDONADI, 2007).

O CLP presente na planta didática SMAR[®] é do modelo LC700, também da SMAR[®], onde é um potente controlador híbrido universal que pode ser utilizado isoladamente ou como parte integrante de um sistema (SMAR, 2008).

Ele possui hardware compacto que proporciona maior confiabilidade; é tolerante a falhas, com maior disponibilidade e muitos níveis de redundância; compacto e totalmente modular; entradas e saídas remotas para transferência de dados distribuídos a longa distância; é pronto para Foundation Fieldbus, Profibus, DeviceNet e Modbus; Modbus/TCP e Modbus RTU para redes de controle; OPC Server Serial e/ou Ethernet para Interfaces Homem-Máquina (SMAR, 2008). Abaixo na Figura 1 é apresentada uma foto ilustrativa do LC700.

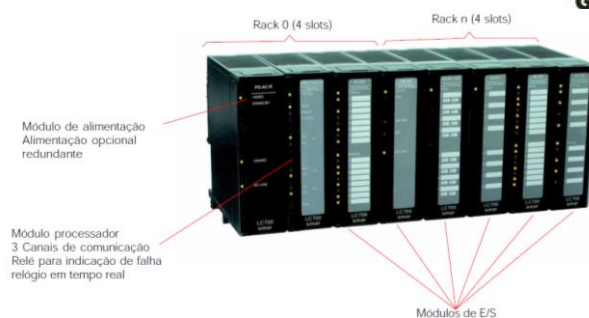


Figura 1 – Foto ilustrativa do CLP LC700 da SMAR[®] (SMAR, 2008).

Caso seja necessário, módulos adicionais podem ser acrescentados ao CLP, tornando seu controle mais amplo no chão de fábrica.

Depois de realizada a configuração recomendada pelo fabricante, o Diagrama Ladder do sistema deve ser projetado. Entretanto, a decisão de tarefas não será feita pelo CLP, ou seja, ele não operará como dispositivo mestre do sistema e sim escravo de um computador. Dessa forma, o Ladder presente no CLP deve conter o mínimo de informações possíveis, caso contrário há ocorrências de conflitos. Aconselha-se manter somente um contato e uma bobina virtual, que não acessem nenhuma área física do CLP.

No que se refere aos cartões de entrada do LC700, o módulo digital possui expansão de até dois grupos de oito entradas, permitindo assim monitorar no máximo dezesseis dispositivos. Para o analógico, aplicam-se as mesmas especificações.

Para os cartões de saída, o módulo digital também possui dois grupos de oito entradas, o que de fato não acontece no módulo analógico, onde só se é possível conectar quatro dispositivos.

2.1. Protocolo de comunicação HART/4-20 mA e protocolo OPC

O protocolo HART (*Highway Addressable Remote Transducer*) é um protocolo de comunicação que opera a 2 fios, do tipo mestre e escravo, com taxa de comunicação de 1200 BTS e modulação FSK (*Frequency Shift Key*). Foi uma das primeiras implementações de barramento de campo. Além de ser digital, permite também comunicação analógica no padrão 4-20 mA, o que o torna compatível com a enorme base analógica instalada existente no mundo atual (BORSCHIVER *et al*, 2009).

Pela definição de protocolo, o HART/4-20 mA é um conjunto de regras que permitem especificar aspectos da realização do serviço, particularmente, o significado dos quadros, pacotes ou mensagens trocadas entre as entidades pares de uma dada camada. Ao nível de cada camada, o protocolo pode ser mudado sem problemas, desde que as interfaces com a camada superior não sejam alteradas, ou seja, que aquela continue a ter a mesma visibilidade no que diz respeito aos serviços realizados pela camada considerada (STEMMER, 2001).

O HART foi sem dúvida uma das primeiras implementações de redes de campo. Apesar de ser digital, ele também aceita comunicação analógica no padrão 4-20 mA, tornando-o compatível com a maioria dos equipamentos analógicos existentes instalados no mundo.

No que se refere ao sinal modulado em FSK, a modulação sobrepõem o sinal analógico de 4-20 mA. Para transmitir sinais digitais, o nível alto 1 é emitido com 1 mA pico a pico na frequência de 1200 Hz e para transmitir nível baixo 0, emite-se uma

frequência de 2400 Hz. Na Figura 2, apresentada abaixo, é possível visualizar uma sequência de sinais comunicados em um processo onde existe modulação FSK sobreposta à curva de sinal analógico (SANTOS, 2011).

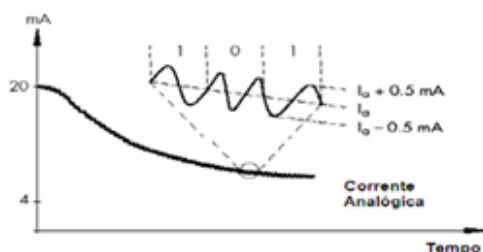


Figura 2 – Figura que ilustra a modulação FSK no protocolo HART-4-20 mA.

Além do valor da PV (*Process Variable*), o protocolo HART permite também que sejam transmitidos outros valores significativos, como parâmetros para o instrumento, dados de configuração do dispositivo, dados de calibração e diagnóstico (SMAR, 1999).

3. PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DOS CARTÕES DO LC700

A interface foi desenvolvida no ambiente de programação do MATLAB® 7.0 – GUIDE (*Graphical User Interface Design Environment*) que permite criar objetos de controle de interface com o usuário em janelas gráficas, onde é permitido o controle da planta sem a utilização do sistema de supervisão oriundo do fabricante SMAR®.

Após a inicialização do software, tem-se a Figura 3 ilustrada abaixo, representando a tela principal da plataforma.



Figura 3 – Tela principal de manuseio da plataforma.

A tela apresentada na Figura 3 direciona o usuário na escolha de qual cartão de entrada ou saída será monitorado. Dessa forma, pode-se escolher, por exemplo, monitorar os equipamentos conectados às entradas do CARTÃO DE SAÍDA DIGITAL.

Assim, apresenta-se abaixo na Figura 4, a tela secundária do devido cartão selecionada previamente.



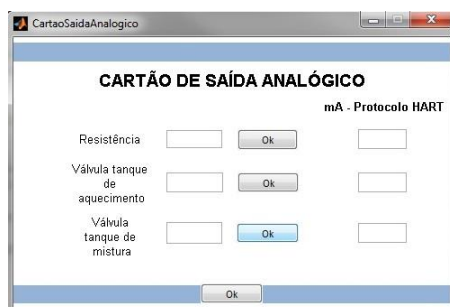
		ESTADO
Inibe / Libera Conversor Potencia	Liga Desliga	
Acionamento Bomba 1	Liga Desliga	
Acionamento Bomba 2	Liga Desliga	
Sinaleiro Bomba 1	Liga Desliga	
Sinaleiro Bomba 2	Liga Desliga	
Sinaleiro Temperatura Alta	Liga Desliga	
Sinaleiro Nivel Baixo	Liga Desliga	
Sinaleiro Emergencia	Liga Desliga	

Figura 4 – Tela ilustrativa do cartão de saídas digitais do CLP LC700.

Como pode ser visto acima na Figura 4, é possível o acionamento de oito equipamentos neste cartão, onde os dispositivos estão descritos no lado esquerdo da tela, assim como as ações de LIGA/DESLIGA na parte central. Na parte direita da tela, existe uma coluna com algumas caixas de edição nomeadas como ESTADO, onde é preenchido pelo estado que cada dispositivo se encontra, caso LIGADO, o número 1 é mostrado, caso desligado, o número 0 entre em ação.

Para que a notificação dos status 1 ou 0 estejam disponíveis nestes campos, uma rotina é executada em *background* para conferir a situação de operação do dispositivo, que está disponível como um atributo da variável analisada através do protocolo OPC.

Se necessário, o usuário poderá retornar a tela principal de monitoramento e escolher outro cartão para análise, como o CARTÃO DE SAÍDA ANALÓGICO, apresentado abaixo na Figura 5.



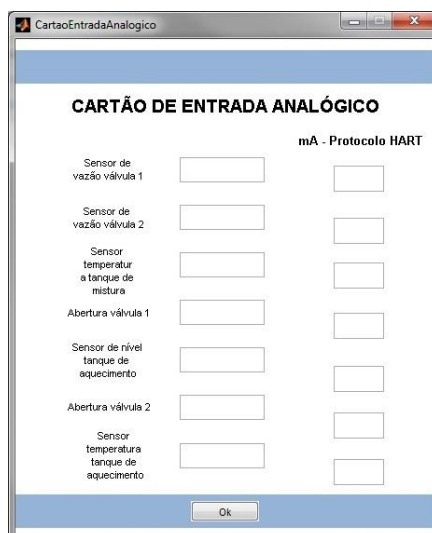
Resistência		
Válvula tanque de aquecimento		
Válvula tanque de mistura		

Figura 5 – Tela ilustrativa do cartão de saídas analógicas do CLP LC700.

Por esta figura, têm-se diferentes pontos a serem analisados. Assim, para os três campos dispostos na tela, o usuário poderá inserir em qualquer um deles o percentual de operação do dispositivo analógico. Além do mais, logo após o início do funcionamento desta tela, é apresentado em 0.5 segundos as atualizações de quantos mA estão sendo

transmitidos entre o CLP e os dispositivos conectados a este cartão de saída analógica. Isto por ventura possibilita ao docente apresentar o funcionamento do protocolo HART/4-20 mA aos estudantes de engenharia.

Da mesma forma, o usuário pode monitorar o CARTÃO DE ENTRADA ANALÓGICO, onde a Figura 6 abaixo é ilustrada.



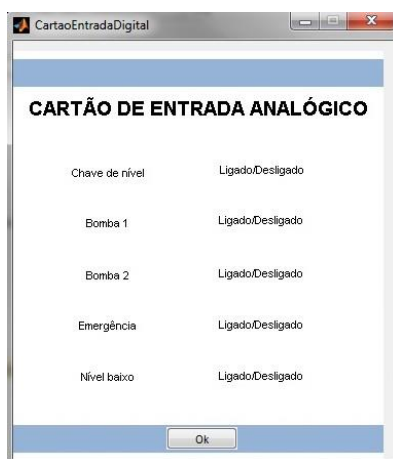
	mA - Protocolo HART
Sensor de vazão válvula 1	
Sensor de vazão válvula 2	
Sensor temperatura tanque de mistura	
Abertura válvula 1	
Sensor de nível tanque de aquecimento	
Abertura válvula 2	
Sensor temperatura tanque de aquecimento	

Ok

Figura 6 – Tela ilustrativa do cartão de entradas analógicas do CLP LC700.

Para este cartão, não é possível de se inserir valores nestes equipamentos, pois são equipamentos leitura, onde seus valores são apresentados na coluna central. Na coluna posicionada mais a direita o usuário pode compreender quanto de corrente elétrica este valor de variável corresponde no protocolo HART/4-20 mA.

Para finalizar, tem-se o último cartão como opção de monitoramento, o CARTÃO DE ENTRADA ANALÓGICO, apresentado abaixo na Figura 7.



Chave de nível	Ligado/Desligado
Bomba 1	Ligado/Desligado
Bomba 2	Ligado/Desligado
Emergência	Ligado/Desligado
Nível baixo	Ligado/Desligado

Ok

Figura 7 – Tela ilustrativa do cartão de entradas analógicas do CLP LC700.

Nesta tela, pode-se observar o estado dos dispositivos conectados ao cartão de entradas analógicas, LIGADO ou DESLIGADO.

Outra característica interessante desta plataforma, é a possibilidade de manter os quatro cartões operando ao mesmo tempo, o que propicia ao docente mostrar aos estudantes os efeitos que cada ação interfere nos outros dispositivos, assim como os

efeitos diretos na corrente elétrica que trafega entre mestre e escravos no protocolo de comunicação HART/4-20 mA.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi discutido a implementação de uma interface de monitoramento das entradas analógicas e digitais do CLP LC700 da planta didática SMAR[®] com protocolo de comunicação HART/4-20 mA entre o nó mestre e escravo da mesma. Como pôde ser visto, a interface propicia ao usuário uma facilidade considerada no entendimento de como o protocolo HART/4-20 mA opera, como cada saída é acionada, manipulada e quantos mA aquela ação equivale.

Esta plataforma já foi testada algumas vezes e atualmente está apta para utilização por acadêmicos onde se tem plantas didáticas da SMAR[®] com o mesmo protocolo. Isto é de fato muito proveitoso para o meio acadêmico no ensino de engenharia como em disciplinas na área de informática industrial como Redes Industriais de Computadores, onde redes industriais são abordadas como temas principais da ementa.

Como vantagens, o sistema pode ser facilmente conectado à planta, sem a necessidade de nenhuma licença, ressaltando-se o fato de possuir uma versão estudantil do software MATLAB[®] para sustentar a execução da plataforma.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao MEC/SESU, FNDE, CAPES, FAPEMIG, Fundação CEFETMINAS e CEFET-MG pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYINDIR, R.; CETINCEVIZ, Y.. “A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants – Na experimental setup”, ELSEVIER – ISA Transactions, v. 50, ed. 2, April, 2011, pp. 321-328.

BORSCHIVER, Suzana; ALVES, Flávia Chaves; SILVA, Andrezza Lemos Rangel; NETO, Genecy Rezende; FREITAS, Juliana Ferreira de; GUIMARÃES, Patrícia Silva; PEREIRA, Syssa de Carvalho Felix. “Estudo Tecnológico para o setor de automação de processos”. Disponível em <<http://neitec.com/wp-content/uploads/2011/06/Estudo-Tecnol%C3%B3gico-Para-o-Sector-de-Automa%C3%A7%C3%A3o-de-Processos.pdf>> Acesso em: 28 mai 2013.

CAMPOS, Mário Cesar Mello Massa de. “Controle Típico de Equipamentos e Processos Industriais”. 1. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2006.

CASSANDRAS, Christos G.; LAFORTUNE, Stéphane. “Introduction to discrete event systems”. Kluwer Academic Publishers, 1999.

GONZÁLEZ, Dante Jorge Dorantes; HERRERA, Moises Manzano; BENÍTEZ, Guillermo Sandoval; LÓPEZ, Virgílio Vásquez. “Automatización y Control: Prácticas de Laboratorio”. 1. México: ed. McGrawHill, 2004.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. *“Engenharia de Automação Industrial”*. 1. São Paulo: ed. LTC, 2007.

NATALE, Ferdinando. *“Automação Industrial”*. 1. São Paulo: ed. Érica, 2007.

PINTO, Fábio de Costa. *“Sistema de Automação e Controle”*. CST Arcelor Brasil, 2005. p. 125.

PRUDENTE, Francesco. *“Automação Industrial: PLC Teoria e Aplicação Curso Básico”*. 1. Rio de Janeiro ed. LTC, 2007.

SANTOS, Murillo Ferreira dos. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, Campus III Leopoldina. *“Ambiente GUIDE-MATLAB[®] para controle de um processo dinâmico assimétrico”*, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso.

SMAR Equipamentos Industriais Ltda.. *“Manual Plantas Didáticas SMAR[®], Tecnologia HART e FOUNDATION FIELDBUS”*, 1999.

SMAR, Equipamentos Industriais Ltda.. *“LC700 Controlador Híbrido Universal”*. 2008.

STEMMER, Marcelo Ricardo. *“Das 5331 – Sistemas Distribuídos e Redes de Computadores para Controle e Automação Industrial”*. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Automação e Sistemas. Apostila didática, 2001.

ZANDONADI, Tiago Alves. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Departamento de Engenharia de Elétrica. *“Controle digital via CLP aplicado à planta didática Process Trainer PT326”*, 2007. Trabalho de Conclusão de Curso.

MONITORING PLATFORM OF ANALOG / DIGITAL INPUT AND OUTPUT MODULE OF THE SMAR LC700[®] CLP

Abstract: *Currently in the academic environment, it's fully informed to all teachers the need of tools that provides a better understanding of students in technical areas. Thus, this paper is meant to provide a platform for application of HART (Highway Addressable Remote Transducer) / 4-20 mA protocol developed in the Laboratory of Automation and Control in CEFET MG-Campus III that monitors all analog and digital inputs/outputs modules, where is possible to control the activation of all slave devices of the PLC (Programmable Logic Controller), as well as understand the values of electric currents required by the protocol when a certain HART/4-20 mA analog variable is manipulated. After testing, it was concluded that their results were satisfactory through the purpose of creation. Some improvements can be added, such as reports and alarms, alerts and process variables near operating limits.*

Key-words: *PLC, HART/4-20 mA, monitoring platform, process variables, PLC modules.*