



- **MONITORAMENTO DE SENSORES EM UMA REDE INDUSTRIAL UTILIZANDO UM CLP E COMPUTADOR**

Arthur Chaves Costa – arthur.costa@ee.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário

58429-900 – Campina Grande – Paraíba

Juan Jefferson Cruz Silva – juan.silva@ee.ufcg.edu.br

Jaidilson Jó da Silva – jaidilson@dee.ufcg.edu.br

José Sérgio da Rocha Neto – zesergio@dee.ufcg.edu.br

***Resumo:** A integração do nível de campo e superior de comunicação em redes industriais está se expandindo e assegurando as condições ideais para redes abertas em processos de automação na indústria. Visando um melhor conhecimento sobre redes industriais, alguns experimentos foram desenvolvidos para garantir uma boa compreensão de como funcionam e as possibilidades de aplicação, como também a elaboração e inserção de um guia de experimentos na disciplina de Laboratório de Sistemas de Aquisição de Dados e Interface do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – PB. Os testes experimentais com uma rede industrial e um CLP (Controlador Lógico Programável), utilizando como base de aprendizado o computador, permitem que os estudantes de engenharia elétrica realizem experiências on-line para o estudo do processo de automação industrial.*

***Palavras-chave:** Monitoramento de sensores, Rede industrial, CLP, Computador.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com o desenvolvimento da tecnologia da informação, a comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados, abertos e transparentes se tornaram conceitos fundamentais na tecnologia da automação, principalmente no ambiente industrial. A integração de níveis inferiores (*field level*) e superiores de comunicação vêm se expandindo e garantindo condições ideais de redes abertas em processos de automação em indústria, como a combinação das redes AS-Interface (*Actuator Sensor Interface*) e PROFIBUS (*Process Field Bus*) (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS, 2006).

Visando um melhor conhecimento sobre as referidas redes, experimentos foram desenvolvidos para garantir uma compreensão de como as redes funcionam e possibilidades de aplicação. Foram analisados o comportamento de uma rede de sensores com AS-I, e os dispositivos foram ligados pela rede PROFIBUS e controlados pelo Controlador Lógico Programável S7-300 da Siemens. Todo o sistema foi configurado pelo *software* STEP7 também da Siemens que proporcionou aos alunos um monitoramento do sistema *online*.

Realização:



Organização:





2. REDES INDUSTRIAIS

Na Figura 1 é apresentado o sistema em estudo, ilustrando os dispositivos e redes. Para uma melhor compreensão das redes, seu funcionamento é explicado nesta seção.



Figura 1: Diagrama simplificado do sistema em estudo.

2.1. PROFIBUS

PROFIBUS, acrônimo de *Process Field Bus*, é um padrão de rede de comunicação industrial aberto, utilizado principalmente para realizar a interconexão de controladores digitais com sensores/atuadores (do nível de campo ao nível de célula – nível *fieldbus*), tanto para transmissão de dados em alta velocidade como em serviços de comunicações especiais. Por ser um padrão aberto, sua independência de fabricante e padronização é garantida pelas normas EN50170 e EN50254. Assim, dispositivos com fabricantes distintos podem se comunicar sem a necessidade de qualquer adaptação em suas respectivas interfaces (ALTUS, 2004).

Na Figura 2, apresenta-se um diagrama com as áreas de aplicação do PROFIBUS, enfatizando o perfil de comunicação, a aplicação empregada e o tempo de ciclo padrão para cada nível.

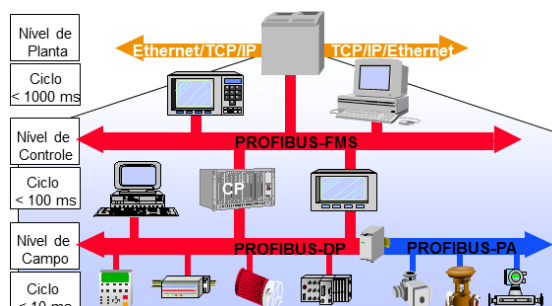


Figura 2: Diagrama com as áreas de aplicação do PROFIBUS.

O PROFIBUS-DP (periferia distribuída) é um perfil otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo. Esse protocolo foi a primeira versão criada. Indicada para o chão de



fábrica, onde há um volume de informações grande e há a necessidade de uma alta velocidade de comunicação para que os eventos sejam tratados num tempo adequado. Faz uso de uma tecnologia de transmissão (RS-485 ou fibra ótica), uma das versões do protocolo de comunicação DP e um ou mais perfis de aplicação, realizando transmissões a taxas que variam desde 9,6 kbit/s a 12 Mbit/s (GODOY & VÁSQUEZ, 2004). A representação do cabo PROFIBUS usando tecnologia RS-485 está ilustrada na Figura 3.

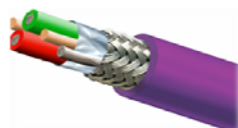


Figura 3: Representação do cabo da rede PROFIBUS padrão RS-485.

2.2. AS-I

AS-I, acrônimo de *Actuator Sensor Interface*, é um sistema de rede de comunicação industrial padronizado (EN 50295) e aberto para o nível mais baixo de automação (nível *sensorbus*). Surgiu para atender a alguns requisitos definidos a partir da experiência dos membros fundadores e para suprir o mercado cujo nível hierárquico é o orientado a *bit*. A rede AS-I foi concebida para complementar os demais sistemas e tornar mais simples e rápida as conexões entre sensores e atuadores com os seus respectivos controladores (SIEMENS, 2008).

A rede AS-I é do tipo mestre-escravo, com captação cíclica de dados. Ela apresenta um dispositivo mestre, capaz de controlar toda a rede, percorrendo por ciclo todos os outros dispositivos integrados a ela, denominados de escravos. Além disso, geralmente se comunica com um controlador (CLP ou PC) para receber a configuração de controle da rede AS-I, reportar erros, endereçar escravos substituídos, entre outras tarefas. Os escravos são passivos, e por isso, apenas tem acesso à rede se houver uma requisição do mestre (WERNER & MADELUNG, 1999).

Um cabo especial não blindado e perfilado (para evitar a inversão de polaridade), revestido por uma borracha isolante é utilizado para a conexão dos elementos da rede, ele é composto de dois condutores que transportam simultaneamente dados e alimentação em 24Vcc (SMAR, 2012), seu esquema é apresentado na Figura 4 (a). A forma de conexão de dispositivos no cabo AS-I é prática, e consiste em perfurar o revestimento do cabo com as lâminas condutoras até estabelecer o contato com os fios internos. Esse tipo de conexão é denominada “conexão vampiro” e é ilustrada na Figura 4 (b). No desacoplamento, o cabo retorna ao seu aspecto original, pois o seu isolante tem uma propriedade “auto-regenerativa”, fechando o corte realizado (SILVA, 2011).



Figura 4: a) Condutores em um cabo padrão do barramento AS-I; b) Esquema de conexão.



Dentre os escravos, existem os sensores que possuem um chip AS-I integrado, permitindo o acoplamento direto com o cabo da rede, já outros necessitam de uma ligação com algum módulo. Para o devido intercâmbio de informações entre o mestre e os escravos, estes recebem um endereço próprio que os identificará. Estes endereços podem ser estabelecidos por um dispositivo de programação de endereços (SMAR, 2012).

2.3. DP/AS-I Link

O DP/AS-I *Link* cria uma interface entre uma rede AS-I e uma rede PROFIBUS-DP. Opera como um escravo DP comum e, concomitantemente, como o mestre da rede AS-I. Assim como os demais escravos DP, requer um mestre DP. Tem seu princípio de funcionamento idêntico ao de qualquer outro dispositivo *gateway*, onde os protocolos dos sistemas em questão são convertidos. O DP/AS-I *Link* é usado para realizar o intercâmbio dos sensores/atuadores da rede AS-I para a rede PROFIBUS-DP (SIEMENS, 1995). No sistema analisado, foi utilizado o DP/AS-I Link da Siemens que é apresentado na Figura 5.



Figura 5: Imagem do DP/AS-i Link da Siemens.

3. PLATAFORMA EXPERIMENTAL

Os dispositivos conectados às redes do sistema proposto são apresentados nesta secção. O seu processo de aquisição de dados é explicado, bem como a sua funcionalidade na plataforma experimental.

3.1. CLP S7-300

O Controlador Lógico Programável S7-300 é um sistema modular utilizado em aplicações centralizadas ou distribuídas de pequeno ou médio porte. Seu caráter modular admite a expansão rápida e fácil, com a possibilidade de se adicionar 32 módulos, de tipos diversos, subdividindo-se em módulos I/O, módulos de comunicação e módulos de função. Um sistema de controle baseado no S7-300 é basicamente composto pelos módulos de expansão, fonte e CPU. Tem-se acesso a CPU da série S7-300 por meio de uma porta de comunicação MPI (*Multi Point Interface*), pela qual se faz toda a configuração e parametrização. Além deste acesso, algumas CPU's possuem uma segunda interface de comunicação integrada, Profibus-DP ou serial ponto-a-ponto (SIEMENS, 1998).

3.2. Sensores e Módulos

Os sensores utilizados no projeto são do tipo fotoelétrico e indutivo.



No sensor fotoelétrico existe um circuito transmissor responsável pela emissão do feixe de luz infravermelha e um circuito receptor responsável pela recepção do feixe. A luz pode ser refletida ou interrompida por um objeto a ser detectado, fazendo o sensor ser acionado (SENSE, 2012). O esquema do funcionamento desse sensor é apresentado na Figura 6.

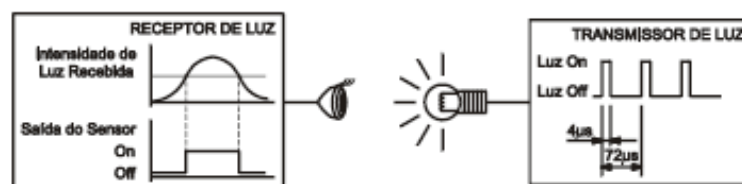


Figura 6: Princípio de funcionamento de um sensor fotoelétrico.

No sistema em questão foi utilizado um sensor da série VF AS-I OS1K-VF-AS-I, da Sense, que pode ser visualizado na Figura 7.



Figura 7: Imagem do sensor fotoelétrico VF AS-I da Sense.

O sensor indutivo de proximidade é um equipamento eletrônico que detecta a aproximação de peças metálicas. Ao interferirem no campo eletromagnético de alta frequência gerado por uma bobina ressonante instalada na face sensora, a variação do sinal pela peça é comparada a um sinal padrão ativando o estágio de saída (SENSE, 2012). O esquema do funcionamento é apresentado na Figura 8.

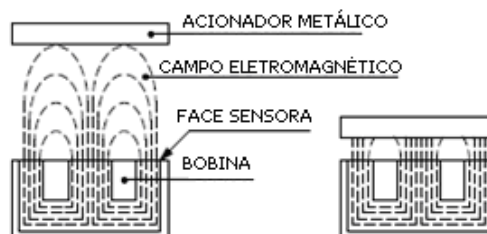
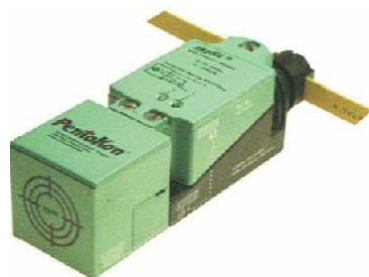


Figura 8: Esquema de funcionamento do sensor de proximidade indutivo.

Dois sensores indutivos foram usados, um Pentakon série PS15 + UI + AS-I da Sense, ilustrado na Figura 9 (a), e um BERO série 3RG4613-3WS00 da Siemens ilustrado na Figura 9 (b).



(a)



(b)

Figura 9: Imagem do sensor de proximidade indutivo: a) Pentakon da Sense; b) BERO da Siemens.

Dois módulos AS-I fazem parte do sistema, um módulo conector de quatro saídas identificado por M12 4AR 3RG9001-0AB00 que é visualizado na Figura 10 (a), e outro de duas entradas e duas saídas identificado por M12 2E/2AR 3RG9001-0AC00 que está ilustrado na Figura 10 (b).



(a)



(b)

Figura 10: a) Imagem do módulo conector AS-I de 4 saídas; b) Imagem do módulo conector AS-I de 2 entradas e 2 saídas.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Com o uso crescente da ferramenta computacional para aprimorar os métodos de aprendizagem, os alunos estão experimentando uma melhor integração com as plataformas reais. No experimento desenvolvido, alguns procedimentos foram realizados para alcançar os resultados desejados para análise e uma boa compreensão das redes industriais. Os procedimentos adotados e os resultados são apresentados nesta seção.

4.1. Metodologia e Métodos

Visando uma boa compreensão dos dispositivos e redes apresentados, experimentos foram realizados com uma explicação teórica e um guia de procedimentos a fim de monitorar os sensores conectados à rede e analisar o programa em linguagem *Ladder* configurado no CLP pelo *software* STEP 7, que é desenvolvido pela Siemens.



Usando os recursos de *software* STEP 7, é possível verificar como a rede, os dispositivos, sensores e módulos foram configurados e endereçados. Um esquema da rede com os elementos endereçados ligados a MPI e PROFIBUS, pode ser visto no NetPro como representado na Figura 11.

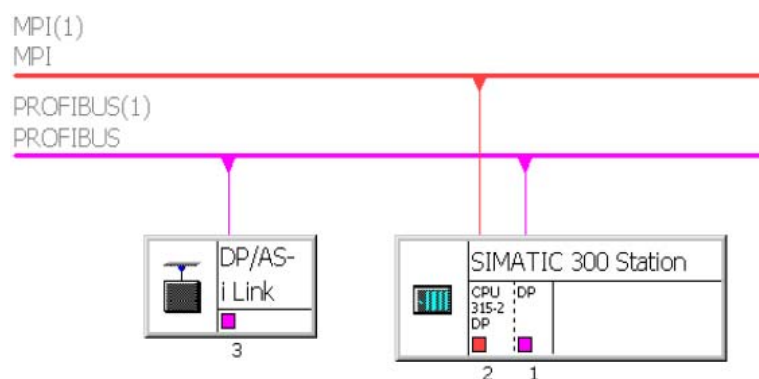


Figura 11: Esquema das conexões pelo NetPro (STEP 7).

Usando o STEP 7, uma lista dos componentes de *hardware* pode ser visto com a sua configuração na estação e os respectivos endereços de entrada (I) e de saída (Q). A imagem da organização de endereço de *hardware* está apresentada na Figura 12.

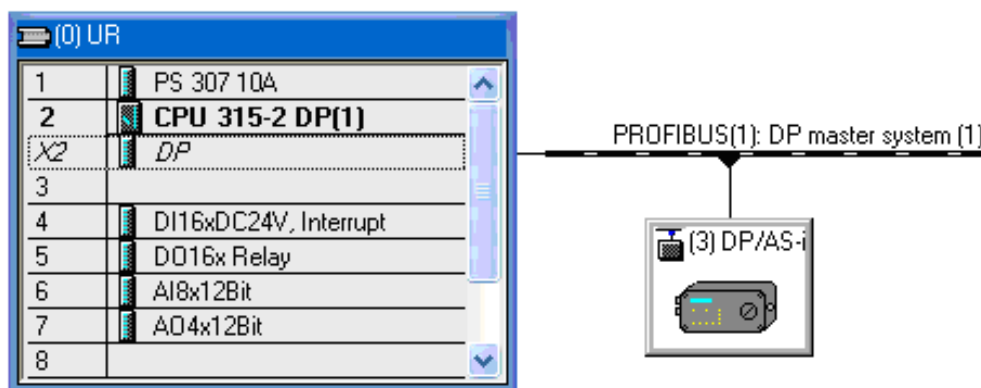


Figura 12: Representação da organização do *hardware* na estação.

A configuração dos sensores e módulos é realizado pelo DP/AS-I Link, onde o endereço, os bits de entrada e de saída, o código ID e I/O são especificados. O monitoramento *online* das variáveis de cada sensor ou módulo pode ser feito selecionando a opção *Monitor/Modify*, onde as entradas e saídas ativadas aparecem habilitadas (*true*) ou desabilitadas (*false*), como é apresentado na Figura 13.

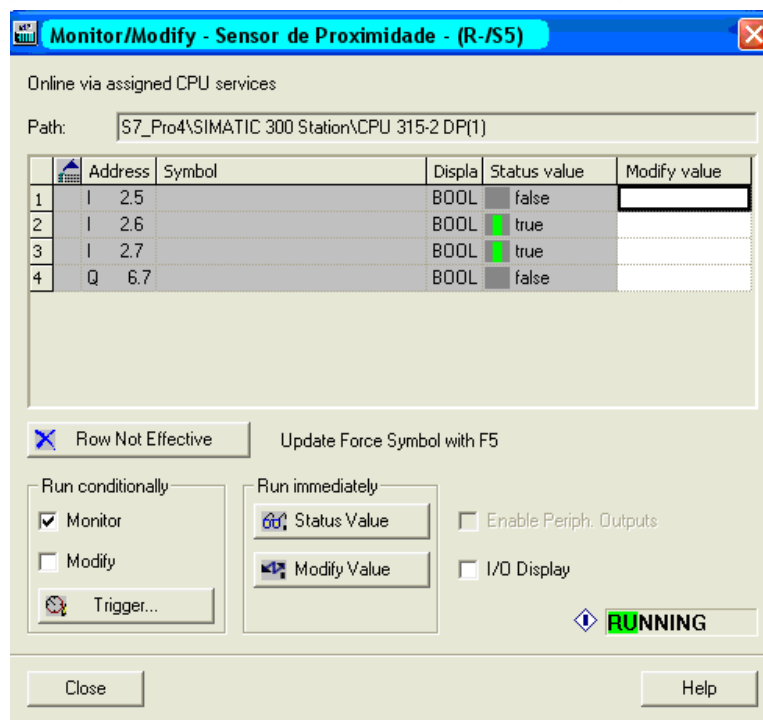


Figura 13: Representação da janela de monitoramento do sensor de proximidade.

O monitoramento é usado para identificar o estado das variáveis quando acontece alterações no dispositivo, e esses estados ajudam a compreender a lógica de controle elaborada no código *Ladder*. O código configurado no CLP é visto no *software*, LAD/STL/FBD Program Blocks (STEP 7), onde o monitoramento *online* é também possível, e permite ao usuário saber quais as entradas e saídas são ativadas quando os sensores e os módulos funcionam, bem como os dados dos blocos.

A linguagem *Ladder*, é uma linguagem de programação simples fundamentada em blocos. As saídas e entradas dos sensores são referenciadas como são configuradas. A ativação elétrica é representada pela coloração verde (linha contínua) do segmento de código para as saídas e entradas. O código é dividido em sub-rotinas para simplificar o entendimento. Com o uso da linguagem e programação elimina-se a necessidade de adicionar outros dispositivos de *hardware*.

Os blocos utilizados para implementar a lógica de controle são um bloco contador de borda de subida, um temporizador e um comparador de números inteiros. O bloco contador, representado na Figura 14 (a), realiza a contagem do sinal de entrada quando ele vai de "0" para "1". O temporizador, representado na Figura 14 (b), começa a funcionar no momento em que o sinal de entrada vai para "1" até que ele atinja o tempo pré-estabelecido. O comparador, representado na Figura 14 (c), compara dois inteiros e envia "1" para a saída se o número é maior ou igual ao outro. Existem diferentes variações desses blocos, bem como outros tipos.

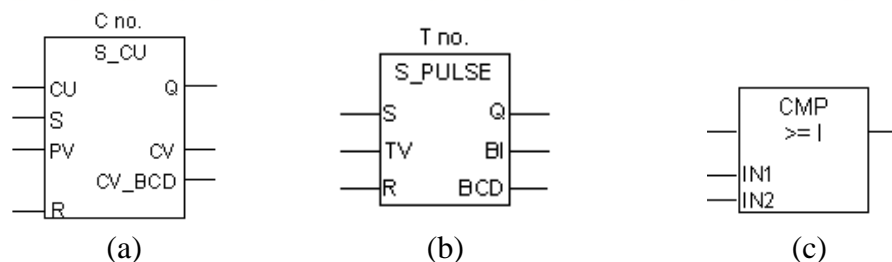


Figura 14: a) Bloco contador; b) Bloco temporizador; c) Bloco comparador.

4.2. Monitoramento do sensor indutivo Pentakon

Para verificar esses valores das variáveis no sensor Pentakon de proximidade, pode-se passar uma peça de metal próximo ao mesmo e perceber qual entrada mudará de estado. A análise das entradas e saídas com seus respectivos endereços é muito importante para compreender a lógica de controle.

No código implementado, a entrada do sensor de proximidade Pentakon (I2.0) ativa a saída Q5.0 do CLP, como esquematizado na Figura 15 (a) e 15 (b), e também o temporizador T5, como apresentado na Figura 16, comparando depois o código de tempo com outros que farão as saídas dos módulos integrados na rede ASI acenderem a cada 5 segundos como apresentado na Figura 17.

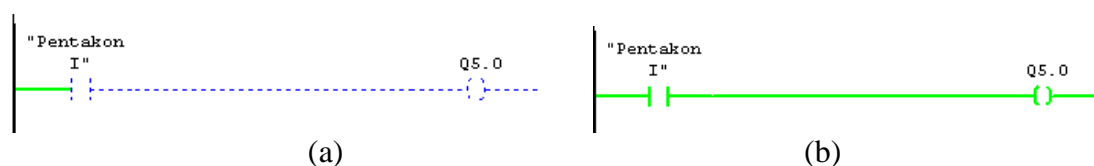


Figura 15: a) Entrada I2.0 Pentakon e saída Q5.0 desabilitada; b) Entrada I2.0 Pentakon e saída Q5.0 habilitada.

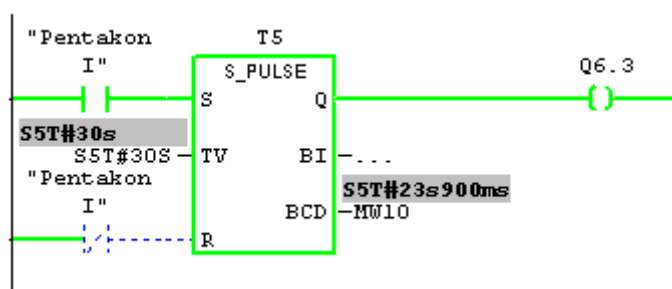


Figura 16: Monitoramento *online* do temporizador.

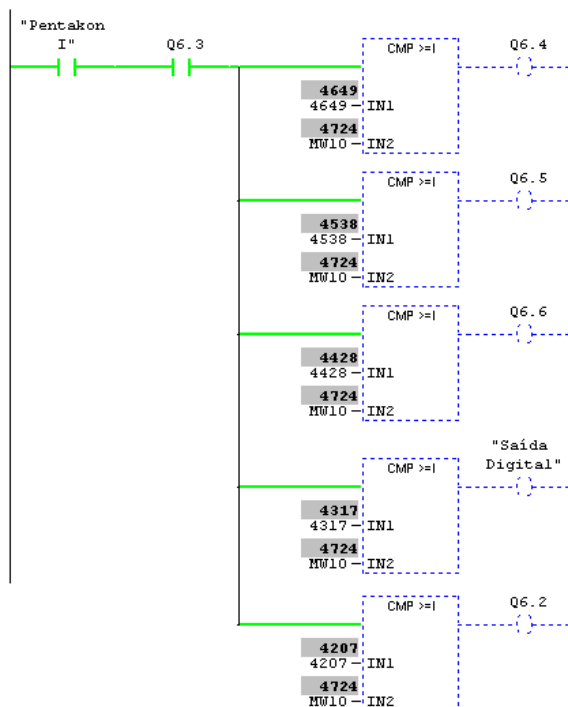


Figura 17: Blocos comparando o tempo no temporizador com o valor configurado.

4.3. Monitoramento do sensor fotoelétrico

Com o sensor fotoelétrico, qualquer objeto pode ser utilizado para testar seu funcionamento, passando-o em frente e garantindo que não haja interferência de outros. A entrada do sensor (I3.0) ativará o contador e a saída Q5.1 enquanto a contagem de presenças detectadas por ele forem menores ou iguais a “10”. É possível visualizar como foi feita a implementação na representação do programa apresentado nas Figuras 18 (a) e 18 (b).

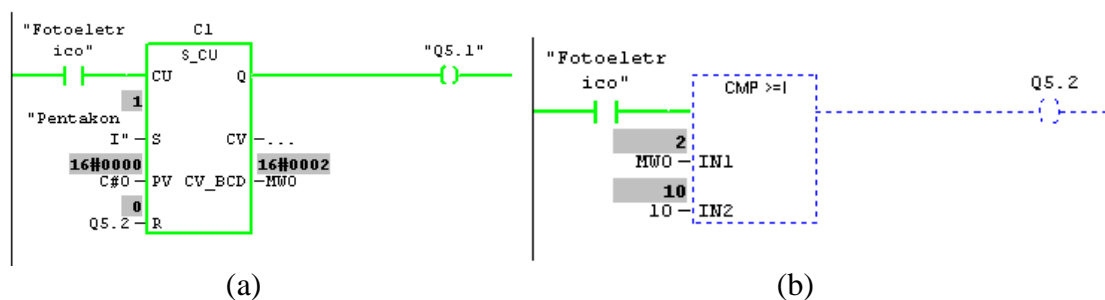


Figura 18: Monitoramento *online*: a) do contador; b) do comparador, comparando a contagem com dez.

4.4. Monitoramento do sensor indutivo BERO

O funcionamento do sensor indutivo BERO pode ser verificado aproximando-se uma peça de metal gradualmente. De acordo com a proximidade que se encontra de um objeto metálico o sensor irá gerar combinações de bits com “1” e “0” que ativará um maior número



de saídas do CLP quanto mais próximo estiver o objeto. Na Tabela 1 apresentam-se os códigos em binário para cada estágio. É importante constatar as variáveis ativadas no monitoramento pelo STEP 7, de acordo com o funcionamento do sensor, para compreender a lógica elaborada, como apresentado na Figura 19.

Tabela 1: Estado das variáveis para cada estágio de proximidade em binário e LED's do sensor indutivo.

	5mm	4mm	3mm	0,8mm	Em contato
I2.5	0	0	1	1	1
I2.6	1	0	0	1	0
I2.7	1	1	1	1	0
Q5.7	0	0	0	0	0
LED's	-	Vermelho	Vermelho e Laranja	Laranja	Vermelho e Laranja

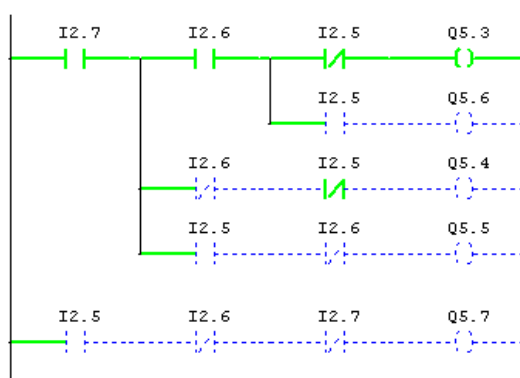


Figura 19: Lógica utilizada para a ativação de saídas do CLP pelo sensor indutivo BERO.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos discutidos objetivaram transmitir aos alunos os conceitos envolvidos neste trabalho utilizando o computador como uma ferramenta principal para a realização e análise dos experimentos, verificando o funcionamento de redes industriais.

Por meio da utilização do software STEP 7, os estudantes puderam seguir a progressão da atividade do sensor, bem como o processo de comunicação da rede. Com o código, foi possível utilizar os dados processados para criar uma lógica de controle para executar tarefas variadas e as análises. Dessa forma, foi possível perceber como adequado é o sistema com diferentes aplicações, além de aproximar o estudante do processo de automação industrial.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo suporte financeiro desse projeto e a todos do LIEC (Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle - UFCG), que apoiaram o desenvolvimento deste trabalho.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTUS. Manual de Utilização da Rede Profibus, 2004.

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS. Profibus - Descrição Técnica, 2006.

GODOY, A. J. C; VÁSQUEZ, A. C. Realización Práctica de Red de Comunicación Basada en PROFIBUS-DP. Escuela de Ingenierias Industriales, 2004.

SENSE. **Sensores e Instrumentos**. Disponível em: <<http://www.sense.com.br>> Acesso em: Fevereiro de 2012. Catálogo.

SIEMENS. AS-Interface/AS-Isafe. System Manual, 2008.

SIEMENS. Distributed I/O System DP/AS-I Link. Manual, 3ª ed. 1995.

SIEMENS. S7-300 Programmable Controller Hardware and Installation, Manual, 1998.

SILVA, Juan J.C.; UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Departamento de Engenharia Elétrica. Estudo e Implementação da Comunicação entre Redes Industriais AS-I e Profibus-DP, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso.

SMAR. **Tutorial sobre a Tecnologia AS-I**. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil2/asi.asp>> Acesso em: Março de 2012.

WERNER R. Kriesel; MADELUNG Otto W. AS-Interface - The Actuator-Sensor-Interface for Automation, Ed. 02, Fevereiro, 1999.

SENSOR MONITORING IN AN INDUSTRIAL NETWORK USING A PLC AND COMPUTER

Abstract: *The integration of field level and higher communication in industrial networks is expanding and ensuring ideal conditions for open networks in process automation at industry. Aiming better knowledge on the referred networks, some experiments were developed to ensure a well comprehension on how they work and application possibilities, and the process of preparing and inserting a experiment guide for the discipline of Interface and Data Acquisition Systems Laboratory of the undergraduate course of Electrical Engineering at Federal University of Campina Grande - PB. This document presents detailed instructions of the experimental tests with industrial network using a PLC (Programmable Logic Controller), based on computer education, allowing the electrical engineering students to perform on-line experiments for the study of industrial automation process.*

Key-words: *Sensor Monitoring, Industrial Network, PLC, Computer.*