



Faculdade de Pindamonhangaba



Recredenciada pela Portaria Ministerial n.º 516, de 12/06/2013 publicada no D.O.U. de 13/06/2013

GLAUCIO SERGIO DE OLIVEIRA
MATEUS BOUERI DE CASTRO
NICOLAS MAGALHÃES DA CUNHA

Esteira selecionadora

Pindamonhangaba-SP

2016



Faculdade de Pindamonhangaba



Recredenciada pela Portaria Ministerial n.º 516, de 12/06/2013 publicada no D.O.U. de 13/06/2013

GLAUCIO OLIVEIRA
MATEUS BOUERI DE CASTRO
NICOLAS MAGALHÃES DA CUNHA

Esteira selecionadora

**Monografia apresentada como parte dos
Requisitos para obtenção do Diploma de
Gláucio Oliveira, Mateus Boueri de Castro
e Nicolas Magalhães da Cunha pelo curso
de Engenharia de Controle e Automação
da Faculdade de Pindamonhangaba.
Orientador: Prof. Marcelo Pinheiro Werneck**

Pindamonhangaba-SP

2016

Oliveira, Gláucio Sergio; Castro, Mateus Boueri; Cunha, Nicolas Magalhães

Esteira selecionadora / Gláucio Sergio de Oliveira; Mateus Boueri de Castro; Nicolas Magalhães da Cunha / Pindamonhangaba-SP :FAPI Faculdade de pindamonhanagaba, 2016.

23f. .. il.

Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) FAPI-SP

Orientador: Prof. Marcelo Pinheiro Werneck.

1 Sensores. 2 Controlador logico programável. 3 Sistema pneumático. 4 Esteira transportadora. 5 Motor elétrico

I Esteira Transportadora II Gláucio Sergio de Oliveira; Mateus Boueri de Castro; Nicolas Magalhães da Cunha



Faculdade de Pindamonhangaba



Recredenciada pela Portaria Ministerial n.º 516, de 12/06/2013 publicada no D.O.U. de 13/06/2013

GLAUCIO OLIVEIRA

MATEUS BOUERI DE CASTRO

NICOLAS MAGALHÃES DA CUNHA

Esteira selecionadora

**Monografia apresentada como parte dos
Requisitos para obtenção do Diploma de
Gláucio Oliveira, Mateus Boueri de Castro
e Nicolas Magalhães da Cunha pelo curso
de Engenharia de Controle e Automação
da Faculdade de Pindamonhangaba.
Orientador: Prof. Marcelo Pinheiro Werneck**

Data:

Resultado:

Banca Examinadora

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura.

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura.

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura.

Resumo

A automação de esteiras transportadoras e selecionadoras é algo muito importante em sistemas industriais, fazendo com que todo um sistema trabalhe com o menor desperdício possível e com a menor probabilidade de erro. Um dos desafios é manter a precisão em sistemas selecionadores. Neste projeto, foi desenvolvido e implementado um sistema de seleção de peças totalmente automatizado através de sensores infravermelhos, fabricados com fototransistores, controlado por um CLP (Controlador Lógico Programável) via comunicação ethernet para melhor velocidade de resposta e menor probabilidade de erro na leitura dos sensores. O controlador conta com uma programação elaborada em ladder, que facilita a manutenção com um eventual problema de erro em um sensor. A seleção é feita através de um atuador pneumático que recebe sinal no momento exato para que a peça seja separada das demais. O objetivo do protótipo desenvolvido é a redução dos custos e melhor resposta para detecção de peças com tamanhos diferentes. Os resultados obtidos foram satisfatórios, tendo um baixo erro dos sensores, atuador e um baixo custo de projeto.

Palavras chaves: sensores infravermelhos; CLP; ladder, atuadores e fototransistores.

Abstract

The automation of conveyors and sorters is very important in industrial systems, making an entire system work with the least possible waste and with the least probability of error. One of the challenges is to maintain accuracy in selecting systems. In this project, a fully automated part selection system was developed through infrared sensors, manufactured with phototransistors, controlled by a PLC (Programmable Logic Controller) via ethernet communication for better response speed and less probability of error in the reading of the sensors. The controller has an elaborate ladder programming, which facilitates maintenance with a possible error in a sensor. The selection is made through a pneumatic actuator that receives signal at the exact moment so that the part is separated from the others. The objective of the developed prototype is to reduce costs and better response for detecting parts with different sizes. The results obtained were satisfactory, having a low sensor error, actuator and a low design cost.

Keywords: infrared sensors; CLP; Ladder, actuators and phototransistors.

Sumário

1.Introdução.....	7
2.Fundamentação Teórica.....	9
2.1.Sensores.....	9
2.2. Sensores infravermelho.....	10
2.3. Controlador lógico programável.....	10
2.4. Sistema pneumático.....	11
2.5. Esteira transportadora.....	12
2.6. Motor elétrico.....	12
3. Procedimentos metodológicos.....	13
3.1. Sensores.....	13
3.2. Construção da esteira.....	15
3.3. Controle da esteira.....	18
4. Resultados.....	19
4.1. Sensores.....	19
4.2. Programa CLP.....	19
5. Conclusão.....	20
Referências.....	21

1.Introdução

Nos dias de hoje, a produção industrial é um requisito muito importante, pois com a concorrência aumentando cada vez mais, é necessário otimizar os seus processos, tentando reduzir as perdas na fabricação. Tendo isto em vista, a automação tornou-se a principal resolução para esta situação, pois permite a redução do tempo na execução das operações, melhoria no processo de produção e, conseqüentemente, redução no número de colaboradores, resultando em uma redução considerável no custo final do produto. A automação industrial já se estabeleceu como um sistema de ganho de produção, tempo, qualidade de serviço e, em consequência, desses fatores, o aumento da lucratividade de uma empresa. Um dos sistemas mais utilizados é a esteira rolante usada em diversas aplicações, desde um simples transporte até seleção e separação de peças por tamanho, peso, material ou tipo.

Por esse motivo, projetou-se uma esteira transportadora e selecionadora, na qual se faz a separação de dois tipos de peças, grandes ou pequenas, e também, via supervisorio, a contagem das mesmas. Caso a esteira não esteja sendo alimentada por algum motivo, ela é desligada para economia de energia. O dispositivo é totalmente automatizado e dotado de sensores infravermelhos que fazem a identificação do tamanho das peças e a contagem, usando um controlador lógico programável (CLP) para comandar todo o processo. A esteira é ligada a um sistema supervisorio, no qual o operador tem todas as informações na tela do computador, por exemplo, o número de peças grandes e pequenas, o estado "ON/OFF" dos motores da esteira, ou o tempo de funcionamento da operação. Espera-se com este projeto uma redução do número de colaboradores para identificação e divisão dos produtos, e uma maior produtividade por se tratar de um sistema que pode trabalhar 24 horas ininterruptas. Vale mencionar que é possível aplicar esse equipamento em qualquer tipo de processo industrial por ser um sistema relativamente de baixo custo comparado com seu retorno.

No que tange à organização do artigo, primeiramente, serão abordados os conceitos de automação de esteiras selecionadoras e sua viabilidade, na sequência, será apresentado os métodos utilizados para a realização do

projeto. Ao final, apresentam-se algumas considerações com base nos resultados obtidos.

2. Fundamentação teórica

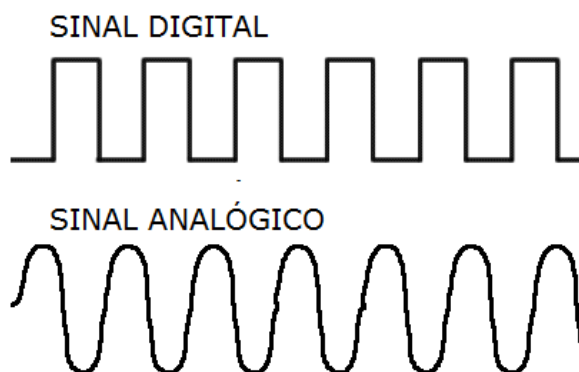
2.1. Sensores

Apesar de ser imensa a variedade de sensores eletrônicos, podemos dividi-los basicamente em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais. Essa divisão é feita de acordo com a forma que o componente responde à variação da condição.

Os sensores analógicos são os dispositivos mais comuns. São assim designados porque funcionam através de sinais analógicos que, mesmo limitados entre dois valores de tensão, podem assumir infinitos valores intermediários. Isso significa que, teoricamente, para cada nível da condição medida, haverá um nível de tensão correspondente.

Os sensores digitais baseiam-se em níveis de tensão bem definidos, que podem ser descritos como Alto ou Baixo, ou simplesmente “1” e “0” de acordo com a figura 1. Em outras palavras, estes sensores utilizam lógica binária, que é a base do funcionamento dos sistemas digitais. Ao contrário de um sensor analógico, no qual os valores possíveis são teoricamente infinitos, um sensor digital poderá apenas alternar entre certos estados bem definidos, não sendo possível haver um valor intermediário entre eles.

Figura 1 – Diferença gráfica dos sinais digital e analógico



Fonte: <http://redesecomunicacao11i.blogspot.com.br/2012/09/sinal-analogico-vs-sinal-digital.html>

2.2. Sensores infravermelhos

Os sensores infravermelhos possuem, em sua propriedade, duas maneiras de serem aplicados nos circuitos: detecção por reflexão ou detecção por interrupção. O primeiro modo baseia-se em um emissor de radiação infravermelho que emite o sinal e um objeto refletor rebate para um receptor. Deste modo, quanto mais próximo o objeto refletor maior a intensidade do sinal. Já no modo de detecção por interrupção, o emissor de sinal infravermelho e o receptor são instalados na mesma direção com sentidos opostos. Assim, no projeto em questão, os atuadores somente entram em ação quando o sinal infravermelho for interrompido por algum objeto. Nessa aplicação é sempre válido proteger ao máximo o receptor para que nenhuma interferência indesejada ocorra (PATSKO, 2016a).

Neste projeto, para a identificação e separação de peças na esteira, foi pesquisada uma gama de sensores para uso industrial existentes no mercado, porém só foram encontrados componentes de auto custo, cerca de R\$ 35,00 cada. A fim de minimizar os gastos do projeto, em pesquisa mais aprofundada, foi encontrado um projeto de sensor infravermelho de fácil construção que contém as mesmas características de um sensor industrial. Estes sensores foram montados usando materiais encontrados facilmente em qualquer loja de componentes eletrônicos por R\$ 3,00 cada (PATSKO, 2016b).

2.3. Controlador logico programável (CLP)

É um aparelho digital que usa memória programável para armazenar instruções. Implementa funções como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas. É utilizado para controlar, através de módulos de entrada e saída (digital e analógica), diversos tipos de máquinas e processos. Dessa forma, os CLPs são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir da filosofia na qual toda a lógica de acionamento pode ser desenvolvida através de *software*, que determina ao controlador a sequência de acionamento a ser desenvolvida. Esta flexibilidade faz com que os controladores tenham algumas vantagens em relação a outros sistemas, tais como:

- Ocupar menos espaço;
- Requerer menor potência elétrica;

- Poder ser reutilizados;
- Ser programáveis, permitindo alterar os parâmetros de controle;
- Ter maior confiabilidade;
- Ter manutenção mais fácil;
- Oferecer maior flexibilidade;
- Permitir interface de comunicação com outros CLPs e computadores de controle;
- Possuir maior rapidez na elaboração do projeto do sistema;

Os CLPs são encontrados em processos de: empacotamento, engarramento, enlatamento, transporte e manuseio de materiais, usinagem, geração de energia, sistemas de controle predial de ar condicionado, sistemas de segurança, montagem automatizada, linhas de pintura, sistemas de tratamento de água, além de muitas outras aplicações. Eles estão presentes em indústrias de alimentos, bebidas, automotiva, química, têxtil, plásticos, papel e celulose, farmacêutica e siderúrgica/metalúrgica.

2.4. Sistema pneumático

Na prática, podemos dizer que a pneumática é uma técnica em que o ar comprimido é empregado como principal elemento de trabalho, seu sistema é composto por compressor, filtros, tubulação, válvulas e atuadores.

Atuadores pneumáticos são elementos de um circuito pneumático que convertem energia fluída (ar comprimido) em energia mecânica. O principal tipo de atuador pneumático é o atuador linear (cilindro), utilizado em grande parte de equipamentos industriais que não necessitam de um grande esforço de trabalho como, por exemplo, na indústria alimentícia.

Válvulas pneumáticas são elementos de comando ou de regulação de um atuador pneumático, elas podem também regular a pressão ou a vazão do ar armazenado em um reservatório. Elas podem ser classificadas de acordo com sua utilização:

- Válvulas direcionais;
- Válvulas de dupla ação;
- Válvulas de pressão;

- Válvulas de fluxo (vazão);
- Válvulas de fechamento;

2.5. Esteira transportadora

A esteira transportadora é projetada para mover materiais ou objetos sobre certa distância, dando mais dinamismo ao ambiente de trabalho. Sua construção depende do tamanho e forma dos materiais a serem transportados. Podem contar com sistemas móveis que permitem o reposicionamento ou a mudança de direção. Basicamente, sua construção é dotada de colunas em série que sustentam cilindros paralelos, presos por rolamentos. Estes cilindros são revestidos por um determinado material específico para o produto a ser transportado, podendo ser, por exemplo, uma correia de borracha ou uma esteira de aço. Um dos grandes benefícios deste equipamento é o aumento da produtividade e a redução de acidentes. Por se tratar de um processo que deixou de ser manual para automatizado, vários setores utilizam este tipo de dispositivo, tais como os produtores de sacarias, construção civil, alimentícia e automobilística. (<http://www.fragmaq.com.br/blog/serve-esteira-transportadora-industrial/>).

2.6. Motor elétrico

Motores elétricos são parte integrante de uma infinidade de equipamentos. Máquinas industriais, automação doméstica, automotivos, portões elétricos, dispositivos mecatrônicos e robôs são alguns exemplos de lugares onde se pode encontrar motores. Esse equipamento pode ser dos mais diversos tipos de formas e tamanhos.

Os motores são transdutores que convertem energia elétrica em energia mecânica. Nesta função, eles fazem parte de uma grande quantidade de equipamentos que é encontrado no dia a dia.

(<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/2829-mec060>)

3. Procedimentos metodológicos

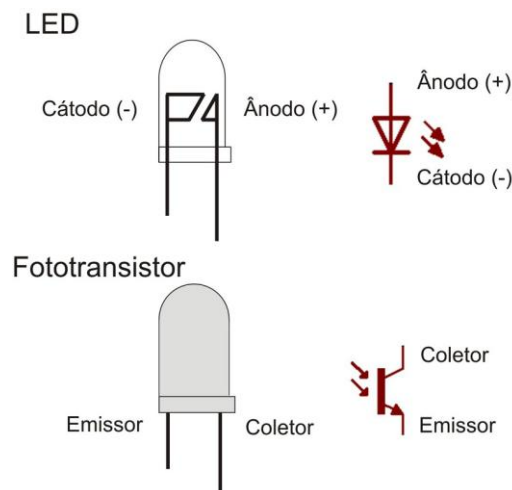
3.1. Sensores

Para a construção dos sensores infravermelhos, os componentes são montados separadamente, sendo necessário posicioná-los de modo a serem utilizados como chaves ópticas.

O LED emissor de infravermelho possui todas as características de um LED comum, sendo que a única diferença é o fato de que ele emite um raio de luz invisível aos olhos humanos. A queda de tensão de um LED infravermelho é menor do que a de outros tipos, sendo de aproximadamente 1,2 V.

O fototransistor é um transistor que, ao invés de ser acionado pela corrente presente em seu terminal base, é acionado pela luz que incide sobre ele, portanto, ele não possui esse terminal. Seu formato é muito semelhante ao de um LED comum. O símbolo eletrônico desses componentes e suas pinagens encontram-se na figura abaixo.

Figura 2 – Simbologia e construção do LED e fototransistor



Fonte: <http://www.maxwellbohr.com.br>

Vale observar que os modelos mostrados acima são os mais comuns do mercado, mas há variações.

Para acionar o fototransistor, o ideal é alimentá-lo com corrente elétrica relativamente alta, de modo que o alcance da chave óptica seja maior. A seguir

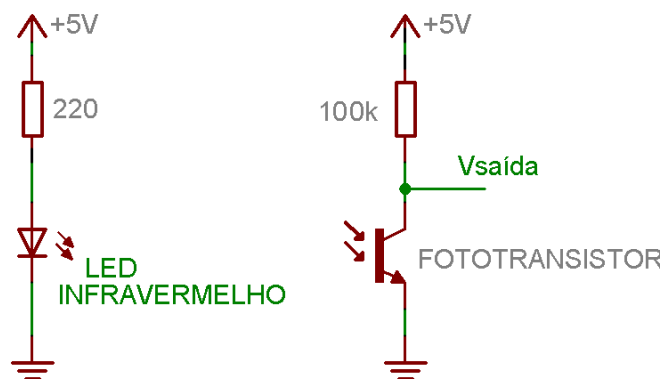
exibi-se o cálculo do resistor a ser ligado em série para que, com uma alimentação de 5 V, obtenha-se uma corrente de 20 mA através do LED infravermelho. Pontua-se que há uma queda de tensão de 1,2 V neste último.

$$\begin{aligned}V &= R \cdot I \\5 \text{ V} - 1,2 \text{ V} &= R \cdot 0,020 \text{ A} \\R &= 3,8 \text{ V} \\&0,020 \text{ A} \\R &= 190 \Omega\end{aligned}$$

O valor obtido é próximo de 220 Ω , que é um valor comercial padrão. Além disso, esse valor se enquadra na tolerância do componente, que geralmente é de 5% ou 10% acima ou abaixo do valor indicado.

Para utilizar o par óptico como um sensor de posição, será seguido o mesmo princípio das chaves digitais e se utilizará um circuito semelhante, sendo o fototransistor considerado nossa “chave”. Quando a luz emitida pelo LED estiver incidindo sobre o fototransistor, ele será “fechado” e conduzirá uma corrente elétrica, sendo que a saída do circuito terá um nível lógico baixo (zero). Porém, se o feixe de luz for barrado por algum material ou se o LED for apontado para alguma outra direção ou até mesmo desligado, o fototransistor deixará de conduzir e teremos na saída um nível de tensão alto (um).

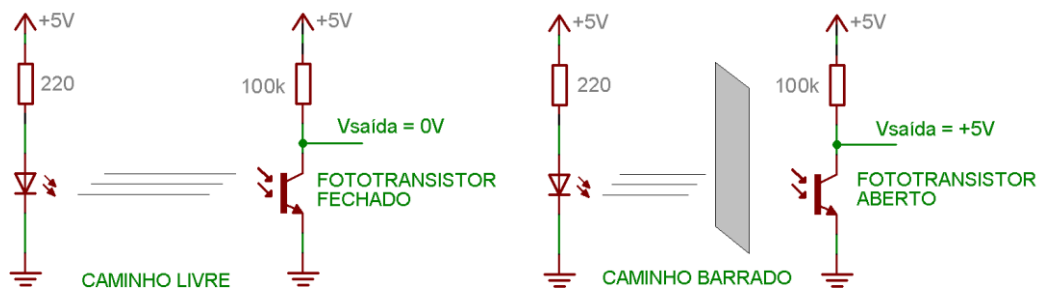
Figura 3 – Circuito eletrônico do sensor



Fonte: <http://www.maxwellbohr.com.br>

O circuito foi elaborado de modo que o fototransistor opera em, basicamente, apenas dois modos distintos de acordo com a luz que incide sobre ele: ligado (como uma chave fechada) ou desligado (em aberto), havendo na saída, portanto, dois níveis de tensão possíveis.

Figura 4 – “Chaveamento” no circuito eletrônico do sensor



Fonte: <http://www.maxwellbohr.com.br>

É importante salientar que, para o melhor funcionamento desse circuito, deve-se colocar o fototransistor de modo que ele não fique exposto diretamente à luz do sol, pois a luz do ambiente pode fazer com que o fototransistor seja acionado, mesmo que o LED não esteja apontado para ele. Caso seja notado que ainda há problemas referentes à interferência da luz ambiente, é possível diminuir a sensibilidade do fototransistor, bastando reduzir o valor do resistor R1.

Pode-se, então, aplicar a saída desse circuito em algum circuito digital de modo a aproveitar as funcionalidades de um par óptico. Para ligar ao *kit*, pode-se utilizar, assim como as chaves digitais, os conectores de entradas digitais do módulo de entradas, saídas do CLP.

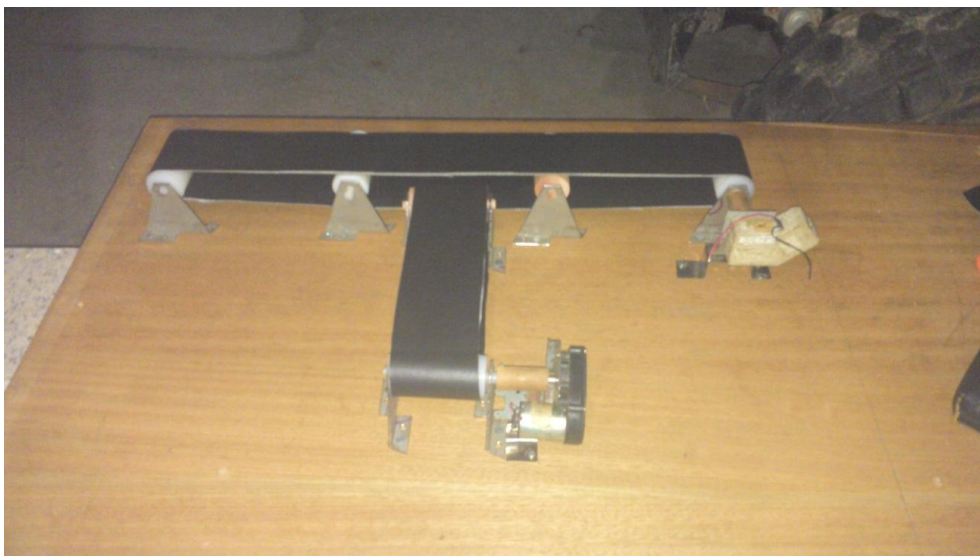
3.2. Construção esteira

O projeto foi baseado em esteiras selecionadoras, nas quais materiais de tamanhos diferentes são separados para processos distintos. Por esse motivo, projetou-se uma esteira em formato “T” para que peças grandes sigam em linha reta e peças pequenas sejam separadas, ou seja, alocadas para a esteira lateral.

Para o projeto de construção da esteira foi usado como base uma tábua de madeira medindo 800 x 500 milímetros. Foram usados como coluna para sustentar os cilindros da esteira, chapas de inox medindo 3,15 mm de espessura que foram dobradas e furadas de acordo com o projeto. Os cilindros foram fabricados em material do tipo *nylon* e fixados nas suas extremidades pelas chapas de sustentação (colunas). Após esta etapa, foram instaladas esteiras confeccionadas com material curvim, material semelhante ao couro.

Após a confecção da esteira, foram instalados dois motores de corrente contínua em cada seguimento da esteira para a movimentação da mesma. Para isso, foram usados motores de 24 *volts*, fixados através de parafusos na base da esteira, e o eixo do motor foi acoplado ao cilindro da esteira.

Figura 5 – Construção da esteira



Na sequência, foram instalados os sensores infravermelhos, o atuador pneumático e toda a parte eletrônica envolvida, conforme figuras abaixo.

Figura 6 – Conectores para ligação ao CLP

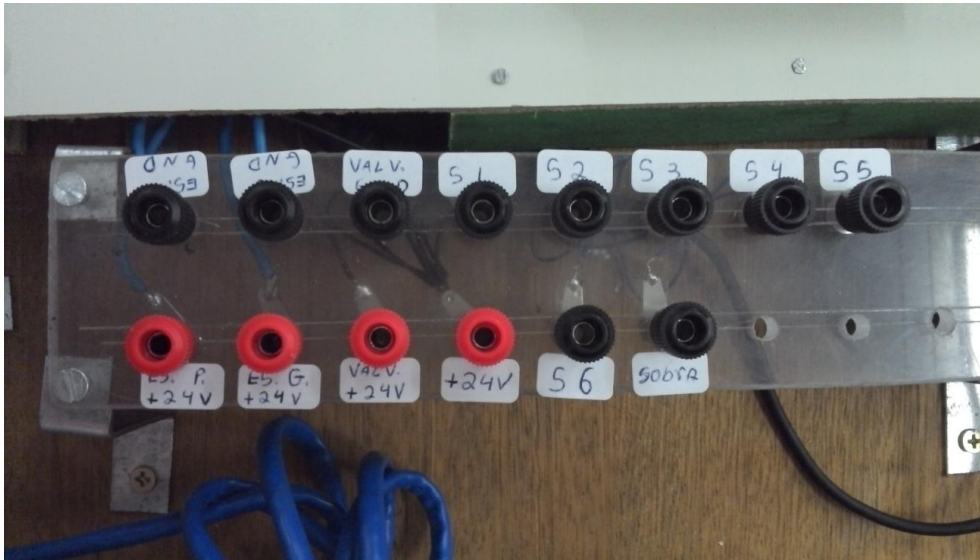
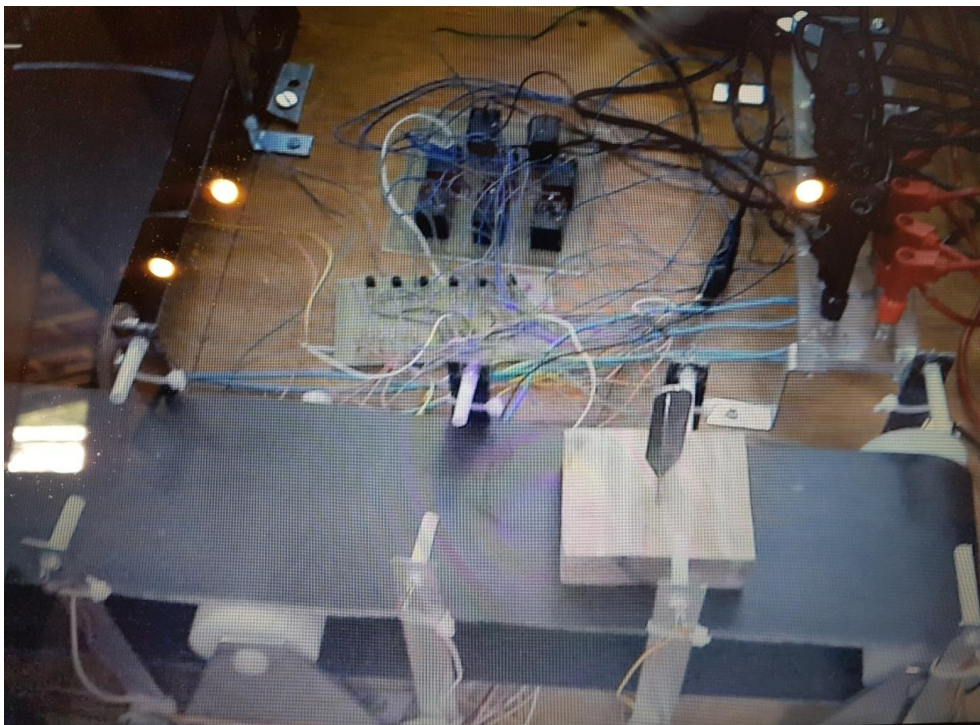


Figura 7 – Protótipo em fase de testes



3.3. Controle da esteira

Para o controle da esteira foi utilizado um CLP, responsável por toda a parte de comando, no qual foi feita uma programação em formato *ladder*, desenvolvida para melhor desempenho. Para a parte de comunicação com o operador, a interface homem máquina (IHM), foi projetado um sistema supervisor no qual o operador tem acesso visual de uma esteira na tela do computador e controle real através de “botões digitais”. Esse sistema permite que o operador:

- Verifique o número de peças na saída de cada esteira;
- Verifique o tempo de atividade dos motores;
- Controle os comandos “ligar”, “emergência” e “zerar” os contadores das esteiras.

4 Resultados

4.1. Sensores

Durante a montagem dos sensores infravermelhos foram encontradas algumas dificuldades com alguns elementos eletrônicos, pois os mesmos estavam queimando quando ligados ou não funcionando da maneira correta para chavear os “contatores”. Após algumas tentativas, descobriu-se que a polaridade estava inversa por se tratar de um foto transistor e não um transistor comum. Após a conclusão da montagem do protótipo e início dos testes, foi encontrado outro problema: em decorrência da distância que foram montados o transmissor e o receptor, a luz do ambiente atrapalhou a comunicação entre os mesmos e, para resolver esse problema, os LEDs foram revestidos com um pedaço de canudo de refrigerante cortado. Assim, a luz ambiente não interferiu na comunicação, uma vez que o raio infravermelho do transmissor foi totalmente focado no receptor.

Contudo, depois de ajustes e testes, os sensores responderam a todas as expectativas, não havendo interferência externa.

4.2. Programação CLP

Resolvidos problemas com os sensores, outro elemento que não correspondeu exatamente como o esperado foi a programação em *ladder*. Houve algumas dificuldades para programá-lo de maneira que viesse a fazer corretamente as operações. O maior problema foi a situação na qual a esteira não fazia a seleção correta das peças quando as peças eram colocadas em sequência muito próximas uma da outra. Após esta constatação, foi programado um fator de segurança que bloqueia o funcionamento da esteira caso a alimentação das peças ocorra da maneira descrita no problema acima. Feitos os ajustes, a lógica do programa funcionou perfeitamente, atendendo a todas as expectativas e protegendo o sistema de possíveis erros de operação.

5. Conclusão

Neste trabalho, desenvolveu-se um sistema de controle e posicionamento de peças através de um sistema de esteiras controlado por um Controlador Lógico Programável (CLP), sistema supervisor, sensores infravermelhos e motores elétricos. A aplicação destes proporcionou resultados satisfatórios tanto no desempenho quanto na redução de custos.

Os resultados comprovaram o bom desempenho do sistema de controle e posicionamento devido ao rápido posicionamento e separação de peças grandes e pequenas. Os sensores mostraram-se confiáveis, não havendo erros na leitura e também apresentando um baixo custo para fabricação, proporcionando uma boa economia.

A utilização do (CLP) foi crucial para o desenvolvimento do projeto, pois por meio deste tipo de comunicação, aumentou-se o tempo de resposta ao sistema, proporcionando, assim, uma simplificação na metodologia de controle aplicada, ou seja, simplificação das equações utilizadas.

Não se pode deixar de relatar a importância dos relés de interface nesta nova configuração do quadro de comando da esteira. Estes componentes mantiveram o nível de tensão esperado para alimentar os dispositivos de sinalização ao mesmo tempo que proporcionaram proteção contra sobre tensão.

Por se tratar de um sistema relativamente simples, o monitoramento do sistema via *software*, a partir da programação *ladder* elaborada para o CLP, pode-se testar as entradas e saídas dos sensores e também os dispositivos ligados a ela, observando seu comportamento através de um *notebook* ou computador.

Com relação aos custos, a implementação do (CLP) foi o componente com o maior valor agregado. Porém, de suma importância para o projeto, aumentando confiabilidade, agilidade e fácil manutenção e programação, possibilitando fazer modificações no programa com facilidade e possibilidade de eventual aumento do projeto, como número de sensores ou dispositivos. Contudo, apesar do alto custo, conclui-se que a versatilidade do (CLP) ainda traz muitas vantagens.

No que tange as melhorias necessárias, observou que os sensores infravermelho identificam peças apenas pelo seu tamanho. Por esse motivo, sugere-se a colocação de sensores que possam identificar diferentes materiais como, por exemplo, um sensor indutivo, o qual pode fazer a identificação de materiais metálicos, deixando o sistema mais completo e confiável em qualquer situação.

Referências

THOMAZINI, Daniel ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 5 ed. São Paulo: Érica, 2005.

TUTORIAL Aplicações, Funcionamento e Utilização de **Sensores Luís Fernando Patsko** <http://www.maxwellbohr.com.br> <http://www.automato.com.br>

Raniel. T. Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controle de Posição e Velocidade de uma Esteira Transportadora usando Inversor de Frequência e Microcontrolador. Ilha solteira-SP, p. 13-18, maio de 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/87040>. Acesso em: 15/09/2016

Bastos. R. P. Melhoria do Sistema de Automação e do Funcionamento de esteira Transportadora de Volumes. Recife, 2016. Disponível em: <http://www.ee.ufpe.br/especial/monografias/Monografia2016RafaelPimenta.pdf>. Acesso em: 10/09/2016

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da Biblioteca institucional.

Gláucio Sergio de Oliveira; Mateus Boueri de Castro; Nicolas Magalhães da Cunha

Pindamonhangaba , Dezembro de 2016