

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CLP E MICROCONTROLADOR EM UM ELEVADOR DE BAIXA COMPLEXIDADE PARA CARGA

Marielena Fonseca Tófoli¹

(mftofoli@hotmail.com)

Ricardo Akira Higa¹

(ricardoakira@hotmail.com)

Orientador²: Profº Grad. Edson Mancuzo

(edson.mancuzo@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia de Garça – Fatec

Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Resumo: Este projeto é um estudo comparativo entre dois sistemas de controle, sendo um Microcontrolador e outro, um Controlador Lógico Programável (CLP), com aplicação em um transporte vertical, nomeado como elevador de baixa complexidade para carga. Os dois sistemas têm aplicação em ambientes industriais e possuem características próprias às quais influenciam na decisão de qual será o mais adequado para a situação. Esses sistemas podem ser utilizados principalmente, em indústrias, prédios comerciais entre outros. O estudo comparativo entre esses sistemas de controle tem relevância, pois abordará variáveis importantes de acordo com as especificidades do projeto/máquina, com o objetivo de auxiliar o projetista sobre a melhor escolha do sistema. Um protótipo do elevador de carga será montado e avaliado.

Palavras chave: Elevador. Transporte. Controle. Microcontrolador. CLP.

Abstract: The project is a comparative study between two systems of control, the Microcontroller and Programmable Logic Controllers (PLC), with the application of a vertical transportation, named as elevator of low complex to load. Both systems can be applied in industrial environment, and the decision of which can be used in each situation will be determined by their own characteristics. These systems may be used in industry, houses and commercial buildings. This comparative study is important because it approaches important variables according to design/machine specificities with the objective of helping the designer about choosing the better system. A prototype of the freight elevator will be installed and evaluated.

Keywords: Elevator. Transportation. Controll. Microcontroller. CLP.

1. INTRODUÇÃO

A automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem. Automação é diferente de mecanização, a mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas

¹ Alunos do Curso Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia de Garça

² Docente do Curso Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia de Garça

automaticamente, capazes de se regularem sozinhas ou não. (PINTO, 2005, p. 9).

De acordo com Pinto (2005), uma das primeiras formas que o homem utilizou para mecanizar processos manuais com a intenção de poupar esforços, foi com invenções como a roda, rodas d'água e moinho movido por vento e força animal. Porém, foi a partir da segunda metade do século XVIII que a automação destacou-se, devido ao sistema de produção agrária e artesanal transformar-se em industrial. No início do século XX, com a necessidade do aumento da produção e a produtividade, surgiram uma série de inovações tecnológicas como, por exemplo, máquinas modernas capazes de produzir com maior rapidez e precisão em relação ao trabalho manual e, também, a utilização de fontes alternativas de energia, como o vapor, utilizado para a substituição de energias hidráulica e muscular. “[...] a tecnologia da automação passou a contar com computadores, servomecanismos e controladores programáveis. Os computadores são o alicerce de toda a tecnologia da automação contemporânea.” (PINTO, 2005, p. 10).

Com tais evoluções e desenvolvimentos, atualmente, a grande maioria dos processos são automatizados através de sistemas de controle, tais sistemas possuem características próprias às quais podem interferir no processo quando não são escolhidas adequadamente.

Essas características serão abordadas com um estudo comparativo entre dois sistemas de controle, o CLP e o microcontrolador. O CLP tem um custo elevado em comparação ao microcontrolador, porém, ele é mais completo e tem capacidade de automatizar um processo mais complexo, já o microcontrolador é um sistema de controle com aplicação mais específica e simples e possui um custo baixo. De acordo com essas características o trabalho se torna relevante, pois com um estudo comparativo desses sistemas de controle, será possível auxiliar o projetista na escolha mais adequada. Tal estudo será feito através da aplicação desses sistemas de controle citados em um protótipo de um elevador de baixa complexidade de carga, onde será possível analisar de cada sistema, as linguagens de programação, interferências, custo e complexidade na montagem.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL – CLP/PLC

Um Controlador Lógico Programável é definido pelo IEC (International Electrotechnical Commission) como: “*Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.*” (FRANCHI; CAMARGO, 2013, p. 23).

2.1.1 Funcionamento

O funcionamento do CLP tem base nas entradas de informações, o processamento das mesmas e a saída de outras informações que são os resultados do processamento. Para esse

funcionamento, é necessário que ele possua uma estrutura que contenha portas de entrada/saída (I/O), a CPU (Central Processing Unit, em português Unidade Central de Processamento) e memória (situada no interior da CPU).

Segundo Camargo e Franchi (2013), existem dois tipos de CLP, o *Compacto* e o *Modular*, o CLP compacto tem como característica possuir todos os módulos necessários (CPU, fonte de alimentação e módulos de entrada/saída) em uma única unidade, necessitando apenas da programação e a alimentação, mas têm como limitação as portas de entrada e saída, que já são determinadas pelo fabricante, esse tipo de CLP é normalmente empregado para CLPs de pequeno porte. Já o modular, possui uma base (rack) e nela pode-se inserir os módulos (entradas/saídas, CPU, fonte de alimentação e memórias), o modular tem como vantagem, uma maior disponibilidade de portas de entrada e saída, já que se pode inserir, de acordo com a base, mais unidades, normalmente é empregado em CLPs de grande porte, que podem tratar de centenas de pontos de entrada/saída.

2.1.2 Estrutura/Arquitetura

O CLP é composto basicamente por:

CPU (Central Processor Unit/Unidade Central de Processamento):

É responsável por comandar todas as atividades do CLP. É a unidade responsável pela execução do programa principal e pelo gerenciamento do processo. Ela é quem recebe as informações das portas de entrada, processa e envia informações para as portas de saída, gerando um ciclo e executando o programa que está armazenado na memória de programa.

Portas I/O (Input/Output) ou E/S (Entrada/Saída):

São responsáveis pela comunicação do CPU com o mundo exterior e do mundo exterior com o CPU. São essas portas que recebem informações vindas de sensores, botões e etc. (portas de entrada) e as que enviam informações para atuadores e válvulas (portas de saída). As portas I/O podem ser analógicas ou digitais.

Fonte de alimentação:

Responsável pelo fornecimento da energia ao CLP.

Memória:

Memória de programa: armazena o programa principal, desenvolvido pelo programador de acordo com o processo ou máquina que deseja controlar. Utiliza-se memória EPROM (memória não volátil), não perdendo o programa com falta de energia.

Memória de dados: armazena temporariamente os dados do programa (por exemplo, informações de sensores que são úteis apenas na hora do processo). Utiliza-se memória RAM (memória volátil), perdendo os dados com a falta de energia.

2.1.3 Linguagem de Programação

“Linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer.” (CAMARGO; FRANCHI, 2013, p. 95)

A linguagem de programação que o CLP utiliza segue uma norma, que atende ao ponto de vista das empresas usuárias do equipamento, que seria um desperdício de recursos já que as habilidades desenvolvidas por seus funcionários na utilização de um determinado tipo de CLP não poderiam ser reaproveitadas caso houvesse uma substituição por outro tipo ou fabricante.

Atualmente, a linguagem mais utilizada entre os programadores é a programação em *Ladder*, que é considerada mais simples de se compreender e uma aprendizagem mais rápida, devido a sua lógica baseada em contatos e ser semelhante com a de diagramas elétricos.

2.2 MICROCONTROLADOR

Um microcontrolador é um sistema computacional completo, no qual estão incluídos uma CPU (Central Processor Unit), memória de dados e programa, um sistema de clock, portas de I/O (Input/Output), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores A/D entre outros, integrados em um mesmo componente. (DENARDIN, [2011?], p. 2).

2.2.1 Funcionamento

De acordo com os estudos e conhecimentos obtidos no decorrer do curso em aulas referentes à Automação Industrial e Sistemas Microcontrolados, concluímos que o microcontrolador é um componente que tem por definição ser um sistema computacional completo. Genericamente, os microcontroladores possuem uma CPU, memórias e portas de entrada e saída, também possuem periféricos que são circuitos auxiliares para o controle de dispositivos, como, por exemplo, contadores e temporizadores. Devido à integração dessas ferramentas em um único chip, o microcontrolador é um projeto mais compacto e com custo reduzido.

Cada microcontrolador possui uma estrutura interna de periféricos, incluindo entradas/saídas, onde cada pino tem sua função específica, para o desenvolvimento da aplicação (sistema de controle) é necessário o conhecimento de sua pinagem. O microcontrolador utilizado na apresentação deste artigo é o AT89S52 e seu funcionamento é similar a de um CLP, a diferença se encontra nas portas I/O.

O microcontrolador exige circuitos obrigatórios pré-definidos pelo fabricante para seu correto funcionamento, esses circuitos devem ser conectados nos pinos do microcontrolador de acordo com o datasheet do mesmo.

2.2.2 Estrutura/Arquitetura

A estrutura de um microcontrolador é semelhante com a do CLP, que é composta por uma CPU, memórias e portas I/O, com a única diferença sendo no sistema de Clock e Periféricos.

O sistema de Clock é responsável pelo fornecimento da frequência em que o CPU trabalha, que tem por função controlar o sequenciamento das instruções da CPU. Já os periféricos são circuitos auxiliares que possibilitam o controle de dispositivos, tais como, contadores, conversores analógico/digital e digital/analógico, temporizadores e entre outros.

2.2.3 Linguagem de Programação

Os microcontroladores inicialmente eram programados em linguagem Assembly, considerando que cada microcontrolador tem um conjunto específico de instruções, ou seja, o código de máquina. E também, os microcontroladores apresentavam uma capacidade de memória de programa limitada, mas com o desenvolvimento tecnológico eles ganharam mais espaço de armazenamento na memória de programa, possibilitando a utilização de novos tipos de linguagens de programação, como por exemplo, a mais usada atualmente, a linguagem C.

O padrão definido para a linguagem C pelo ANSI (American National Standards Institute) padroniza a operação dos compiladores utilizados para fazer a transformação dos programas em C, que neste caso, é realizado em duas etapas: primeiramente, a programação em C é realizada e compilada para o código Assembly, posteriormente, o compilador próprio para linguagem Assembly gera o código de máquina que é o código que o microcontrolador é capaz de interpretar para executar o programa.

2.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento físico do protótipo, de acordo com o artigo apresentado, foi necessário dividir a montagem em três partes: uma para o elevador, que é a estrutura física para a aplicação e comparação dos sistemas de controle; uma para o CLP e outra para o microcontrolador.

2.3.1 Elevador

Para o desenvolvimento da parte física do elevador, foram utilizados: a confecção de um elevador em uma estrutura em madeira, três sensores indutivos que trabalham com tensões entre 10VCC a 30VCC da FESTO, um motor utilizado originalmente em automóveis como um levantador de vidros de 12VCC da BOSCH, uma corrente de comando de válvula utilizada originalmente em uma motocicleta Biz, um contrapeso de acrílico e três botoeiras. O desenvolvimento inicia-se com a fixação dos sensores em lugares estratégicos em cada andar, garantindo um acionamento e uma parada precisa, dependendo juntamente do acionamento das botoeiras, resultando no acionamento e parada do motor de acordo com a lógica de programação. A transmissão do elevador é através da corrente de comando e do auxílio do contrapeso.

A lógica de funcionamento do elevador foi elaborada através de um fluxograma, que auxiliou na programação nos dois sistemas de controle, a lógica de funcionamento é a mesma para ambos os sistemas de controle, diferenciando-se apenas no modo de controle e montagem. O funcionamento inicia-se com o pressionamento de um dos botões, tais botões estão situados próximos a caixa de controle (caixa onde estão os circuitos eletrônicos citados no artigo) e são considerados entradas para os dois sistemas de controle, o que se entende como leitura de informações que precisam ser processadas, esse processamento ocorre com a análise através da lógica definida no programa, onde a próxima condição a ser analisada são os sensores, que dependendo do seu estado (ativo/inativo), uma saída é acionada de acordo com a lógica de programação. Ou seja, a partir do momento em que algum botão é pressionado, o sistema de controle faz o processamento da informação recebida e verifica qual sensor está ativo, assim, dando a condição de acionamento do motor, podendo ser no sentido anti-horário ou horário, a parada do elevador no andar desejado (botão pressionado) também é dada pelos sensores, porém, o sensor que dará a ordem de parada do elevador, será o que está situado no andar do botão pressionado. Por exemplo, ao acionar o botão do primeiro andar, de acordo com a lógica do programa, ocorrerá uma verificação do estado do sensor do primeiro andar, caso seu estado seja ativo (1) significa que o elevador já está naquele andar, assim, não executará nenhuma ação; caso esteja inativo (0), significa que o elevador está no segundo ou terceiro andar, dando a condição para o acionamento do motor no sentido horário, que faz a descida da cabine do elevador até chegar no primeiro andar, onde ocorrerá o acionamento (presença da cabine do elevador) do sensor do primeiro andar, que de acordo com a lógica do programa, desliga-se o motor.

2.4 DESENVOLVIMENTO COM CLP

Para o desenvolvimento do sistema de controle utilizando o CLP, foram utilizados: um CLP S7-300 da Siemens, software para a realização da programação em Ladder e gravação (download) do programa no CLP, conexões com os componentes do elevador, uma fonte de 12VCC e uma placa eletrônica para o controle do acionamento das saídas. O desenvolvimento e funcionamento iniciam-se com a programação da lógica do protótipo realizada no software STEP7, posteriormente gravada no CLP. Em seguida, as conexões com os componentes são feitas através das entradas e saídas do CLP, sendo conectados os sensores e botoeiras nas entradas e, na saída o motor.

Quando se utiliza atuadores que exigem correntes ou tensões diferentes da fornecida pela saída do CLP, é necessário utilizar diodos e relés para a proteção do equipamento (CLP), evitando que queime a saída. Os diodos são usados para evitar uma corrente inversa nas bobinas do relé. Os relés são usados para o acionamento do atuador, evitando a ligação direta entre o CLP e o atuador. Portanto, foi feita a confecção de uma placa eletrônica que possui a lógica de acionamento com relés e diodos, que tem por função fazer o acionamento do motor que trabalha com tensão de 12VCC e corrente de 1,25A.

2.5 DESENVOLVIMENTO COM MICROCONTROLADOR

Para o desenvolvimento do sistema de controle utilizando o microcontrolador, foi utilizado: um Kit de Eletrônica Festo que utiliza uma Unidade Principal com o módulo 8051/52, um microcontrolador AT89S52 da ATMEL, conexões com Kit e módulo, software para a programação, compilação e gravação do programa em linguagem C, uma fonte de 12VCC, três sensores indutivos que trabalham com tensões entre 10VCC a 30VCC, três botoeiras, uma placa eletrônica para o condicionamento de sinais e interface entre o microcontrolador e motor e uma placa eletrônica reguladora de tensão (12VCC para 5VCC) . O desenvolvimento e funcionamento iniciam-se com a programação em linguagem C utilizando o software DEV C++, em seguida, compila-se o programa e faz a gravação através do software o ProgCnz juntamente com o Kit de Eletrônica Festo, que possui o recurso que possibilita a gravação do microcontrolador, após o término da gravação, são feitas as conexões entre o Kit de Eletrônica da Festo que contém o módulo com microcontrolador e as placas eletrônicas citadas anteriormente, que tem por função controlar tensão e corrente no circuito, evitando tensões e correntes superiores admitidas pelo microcontrolador, auxiliando também no acionamento do motor e uma fonte de 12VCC. É válido destacar, que a placa eletrônica citada anteriormente possui o mesmo conceito da placa eletrônica citada no capítulo anterior (2.4).

3. PONTOS COMPARATIVOS

3.1 RUÍDOS

Segundo Sanches (2003), com o aumento de equipamentos e aplicações que utilizam a eletrônica embarcada, que tem por conceito ser um conjunto de hardware e software de propósito específico, a interferência eletromagnética se torna mais comum nos projetos.

Ainda segundo Sanches (2003), o ruído elétrico é qualquer sinal elétrico presente em um circuito que não seja desejado pelo usuário. O ruído elétrico tem como nome genérico Interferência Eletromagnética, em inglês EMI (Eletromagnetic Interference), e também, Por sua vez, a interferência por radiofrequência é uma energia elétrica contida dentro do espectro das transmissões de ondas de rádio. A RFI (Radio Frequency Interference), conduzida é mais

facilmente encontrada nas frequências de alguns KHz até 30MHz. A RFI por irradiação é encontrada na faixa de frequência que vai dos 30MHz até 10GHz

Para os dois sistemas de controle que estão sendo comparados, o ruído pode estar presente em ambos. Com o conhecimento e pesquisas obtidos no desenvolvimento deste artigo e com embasamento no desenvolvimento do protótipo, observamos que a comparação referente a ruídos entre os sistemas de controle, o microcontrolador apresentou algumas características próprias. Devido o microcontrolador necessitar de uma placa auxiliar para fazer seu controle, a maneira de evitar inicialmente os ruídos foi com o desenvolvimento do layout, tanto na posição dos componentes quanto nas trilhas, e estes circuitos tem a necessidade de ficarem próximos ao microcontrolador, evitando assim, ruídos na inicialização deste), além disso, para evitar ruídos na parte referente à alimentação do microcontrolador, foram utilizados dois capacitores (220uF/50V e 100nF/50V) mas também, filtros como os TVS (Transient Voltage Suppressors) e filtros EMI são algumas das soluções.

Camargo e Franchi (2013) enfatizam, que devido o CLP ter sua aplicação voltada para indústria, os próprios fabricantes fazem testes de possíveis ruídos que podem interferir no funcionamento adequado do equipamento. O CLP tem como característica vantajosa sobre o microcontrolador referente a esses ruídos, a sua própria estrutura que é mais resistente a ambientes severos.

3.2 COMPLEXIDADE NA MONTAGEM

A complexidade da montagem para os dois sistemas de controle se diferem em dois pontos: a parte do hardware e a parte do software.

3.2.1 Hardware

O hardware é a parte física do sistema.

Neste tópico comparativo, o CLP apresenta vantagens sobre o microcontrolador.

O microcontrolador necessita de um circuito eletrônico auxiliar para fazer o seu controle, esse circuito eletrônico faz a interface entre o microcontrolador com as entradas (botões e sensores) e saídas (motor) e também, que tem por função, inicializar e proteger o sistema, controlar as tensões e correntes que chegam ao microcontrolador e o acionamento do motor. Como visto no tópico referente à microcontrolador (2.2), ele necessita de circuitos obrigatórios, tornando a montagem de hardware mais complexa, já que exige um conhecimento avançado da eletrônica para desenvolver os circuitos. Já o CLP, necessita apenas de contadores ou circuitos com relés para o acionamento de atuadores, no caso deste artigo, foi realizada a confecção de uma placa eletrônica com relés para o acionamento do motor. As ligações que o CLP necessita são em suas entradas e saídas, que normalmente são os próprios fios dos componentes utilizados neste caso, nas entradas, são os sensores e as botoeiras; e na saída, a placa eletrônica que auxilia o acionamento do motor.

3.2.2 Software

O software é o programa que controla o modo de operação do hardware, é a lógica de programação realizada para atender conforme as especificidades da máquina e/ou processo o modo de execução. E mais uma vez, o CLP tem suas vantagens.

O desenvolvimento do software para o microcontrolador deve atender às linguagens próprias, tanto quanto o CLP, porém, a linguagem de programação para o microcontrolador é mais complexa, possui mais comandos e regras de programação. A linguagem de programação utilizada no microcontrolador foi a Linguagem C. O microcontrolador para ser

programado necessita de um compilador e gravador, que é o que gera a linguagem de máquina e grava o programa no equipamento. Já a linguagem de programação que foi utilizada para programar o CLP, é a Ladder, considerada mais simples de ser compreendida, lembrando-se que a lógica de contatos de programação é similar com a de diagramas elétricos. E, também, o CLP não necessita de um gravador a parte, apenas tem a necessidade de um software que permita a realização da lógica do programa e um cabo de comunicação entre PC e CLP para fazer *download* e *upload* de programas.

3.3 CUSTO

O critério principal para as empresas decidirem se é viável ou não a implementação de um sistema de controle é o custo. Neste tópico de avaliação, o microcontrolador é melhor, devido ao seu baixo custo.

O protótipo foi desenvolvido com equipamentos da própria instituição de ensino, sendo eles: o CLP, software do CLP (STEP7), os sensores indutivos, as fontes de alimentação e o gravador do microcontrolador (Kit de eletrônica Festo). Utilizamos o CLP da instituição devido o seu custo ser relativamente alto de acordo com as pesquisas realizadas em sites de compras de componentes eletrônicos (SIEMENS e Tekkno Mecatrônica), tendo o custo em torno de R\$2.000,00 e o software original (a licença para o uso), para realizar a configuração do equipamento R\$5.000,00. Já o microcontrolador, de acordo com pesquisas realizadas em sites de compra, tem o valor em torno de R\$10,00 e o seu gravador R\$ 100,00.

4. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do protótipo, englobando a parte física (hardware) e a parte de programação (software), verificando e testando seu funcionamento e suas variáveis, foi possível concluir que a escolha adequada do sistema de controle dependerá dos três fatores comparados, dos quais dois são mais relevantes: a complexidade de montagem e o custo, já que com os estudos referentes a ruídos, concluímos que ambos os sistemas de controle podem sofrer interferência, sejam elas externas ou internas. Porém podemos amenizá-las através de circuitos de proteção e filtros, do estudo do layout da placa de circuito impresso e em qual ambiente será aplicado o sistema de controle. De acordo com as pesquisas e testes foi constatado que o sistema de controle CLP é mais resistente a ruídos do que o microcontrolador, devido a sua estrutura ser pré-definida pelo fabricante com as especificidades adequadas ao equipamento. Por outro lado, o microcontrolador necessita de um planejamento específico de hardware e software sempre que for utilizado para realizar um controle, necessitando de placas auxiliares para o correto funcionamento.

Já na complexidade de montagem, o CLP é vantajoso pois não necessita obrigatoriamente de uma placa eletrônica para auxiliar o acionamento e recebimento de sinais. Devemos também considerar a facilidade no desenvolvimento e compreensão da programação quando comparado com a linguagem do microcontrolador.

Em relação ao custo, o microcontrolador é o mais acessível em comparação ao CLP. O CLP necessita de um software original do fabricante para ser configurado, o que eleva muito o seu custo, considerando que o próprio equipamento já possui um custo elevado, enquanto que o microcontrolador necessita apenas de um gravador próprio, e o mesmo pode ser encontrado por baixo custo em diversas lojas de componentes eletrônicos.

Assim, concluiu-se que a escolha do sistema de controle adequado na aplicação de um elevador de carga de baixa complexidade, apesar da dificuldade do desenvolvimento do projeto com o microcontrolador, é a opção mais adequada para esse controle.

Tal conclusão se resultou da análise da junção dos dois fatores mais relevantes para a comparação. Na parte de complexidade de montagem, apesar de o CLP ser menos complexo, a sua aplicação é voltada para sistemas flexíveis onde é necessária apenas a mudança do software para a realização de um novo controle de sistema, entretanto, o microcontrolador é o mais exigente, tanto na parte de hardware como de software. Comparado ao CLP, o microcontrolador tem por característica ser mais adequado para aplicações específicas, onde não é necessária atualização ou modificação no seu software e no seu hardware, resultando em apenas uma única montagem e aplicação o que leva a um baixo custo. Com isso, a escolha do microcontrolador se tornou mais adequada devido a sua aplicação ser somente voltada para o elevador de baixa complexidade de carga apresentado neste artigo.

REFERÊNCIAS

ATMEL. **Datasheet AT89S52**: 8-bit microcontroller with 8Kbytes In-System programmable flash. Disponível em: <<http://www.atmel.com/images/doc1919.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2013.

CASSIOLATO, César. **EMI**: interferência eletromagnética. Disponível em: <http://www.profibus.org.br/artigos/EMI_Interferencia_Eletromagnetica.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2014.

CETINKUNT, Sabri. **Mecatrônica**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

DENARDIN, Gustavo Weber. **Microcontroladores**. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/eduardo_henrique/materiais/apostila_micro_do_Gustavo_Weber.pdf>. Acesso em: 25 maio 2014.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luis Arlindo. **Controladores lógicos programáveis**: Sistemas Discretos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.

GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada**: descrição e implementação de sistemas sequenciais com CLPS. 6. ed. São Paulo: Érica, 2000.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051**: teoria do hardware e do software/aplicações em controle digital/laboratório e simulação. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051**: teoria e prática. São Paulo: Érica, 2010.

GOEKING, Weruska. **Da máquina à vapor aos softwares de automação**. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/343-xxxx.html>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

GOMES, Alex. **Controle de máquinas e processos**: a escolha entre controladores lógicos programáveis e microcontroladores. 2013. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Mecatrônica Industrial) - Faculdade de Tecnologia de Garça, Garça, 2013.

PINTO, Fábio da Costa. **Sistemas de Automação e Controle**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/41/41.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2014.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

SANCHES, Durval. **Interferencia eletromagnética**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

SCACHETTI, Heber A. **Arquitetura de sistemas embarcados: controladores industriais**, 2011. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G12-004933-t2.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2014.

SIEMENS BRASIL. **CLP Siemens S7-300**. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/s7-300/Pages/Default.aspx>>. Acesso em: 02 jun. 2014.

SMS. **Ruídos de EMI/RFI**. Disponível em: <<http://www.sms.com.br/respostas-sms/sobre-energia/disturbios-energia/ruídos/ruídos.asp>>. Acesso em: 23 maio 2014.

APÊNDICE – CIRCUITO ELETRÔNICO PARA REALIZAÇÃO DO CONTROLE UTILIZANDO MICROCONTROLADOR

