UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU

APLICAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO MPS 500 UTILIZANDO CLP S7-1200

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

FRANCINY AVELAR DAMASCENO LAGE

OURO PRETO, 2017

FRANCINY AVELAR DAMASCENO LAGE

APLICAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO MPS 500 UTILIZANDO CLP S7-1200

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Agnaldo José da Rocha Reis

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

2017

L174a Lage, Franciny Avelar Damasceno.
Aplicação de um sistema automatizado de uma linha de produção MPS 500 utilizando CLP S7 1200 [manuscrito] / Franciny Avelar Damasceno Lage. - 2017.

61f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Controladores programáveis. 2. Processos de fabricação - Automação. 3. Automação industrial. I. Reis, Agnaldo José da Rocha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Titulo.

CDU: 681.5

Catalogação: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 28 de setembro de 2017, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis - Orientador

Prof. MSc. João Carlos Vilela de Castro – Professor Convidado

Prof. Vinícius Marinho – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades recebidas e por ter me proporcionado chegar até aqui.

Os maiores e mais sinceros agradecimentos vão para meus pais, Kátia e Anderson, meu alicerce, responsáveis pela minha educação e pela minha formação. A toda minha família pelo apoio, motivação e confiança durante todos esses anos. Ao Jailson, pela paciência e companheirismo.

Agradeço aos amigos pela convivência, diversão, estudos e apoio nos melhores e piores momentos durante meu tempo na Universidade. Sem a ajuda de vocês, nada seria possível.

Agradeço a todos os professores da UFOP que contribuíram para meu crescimento e qualificação profissional. Em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis pelo incentivo e conhecimentos compartilhados.

Agradeço ao ensino público de qualidade oferecido pela UFOP, em especial a Escola de Minas, local onde pude expandir meus conhecimentos e obter grandes aprendizados. A cidade de Ouro Preto, por todos os momentos vividos, palco da minha evolução pessoal e profissional.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação e fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida; o meu muito obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

A automação industrial é uma área do ramo da engenharia bastante atuante no mercado. A busca pelo desenvolvimento e aprendizado com Controladores Lógicos Programáveis (CLP) é crescente, visto que esse equipamento é amplamente utilizado em pequenas e grandes empresas como forma de gerenciamento e controle de processos de modo automático. A Estação Modular de Produção (MPS-500) da marca FESTO é um conjunto de vários modelos de linhas de produção, controlada por um CLP, criada para ser utilizada de uma forma didática e com o objetivo de desenvolver profissionais da área de automação industrial. Com base nesse cenário, o Instituto de Tecnologia da Europa Central (CEIT) desenvolveu um projeto para que essas duas ótimas ferramentas fossem combinadas e utilizadas para desenvolvimento de profissionais na área. Dessa forma, o projeto, realizado durante um estágio na empresa, teve como objetivo a programação de três estações da plataforma FESTO, com o propósito de gerar um sistema que simulasse uma linha de produção. O programa final deve ser capaz de pegar um objeto, levá-lo até seu armazém, identificando-o e separando-o por suas respectivas cores.

Palavras-chave: CLP, Controle de Processos, Automação, FESTO.

ABSTRACT

An industrial automation is an area of the engineering branch very active in the market. The pursuit of development and learning with Programmable Logic Controllers (PLCs) is increasing since this equipment is widely used in small and large companies as a way of managing and controlling automatic processes. The FESTO Modular Production Station (MPS-500) is a set of several production line models, controlled by a PLC, created to be used in a didactic way and with the aim of developing professionals in the industrial automation area. Based on this scenario, the Central European Institute of Technology (CEIT) has developed a project for these two great tools to be combined and used for the development of professionals in the field. Thus, the project, carried out during na intership at the company, had the objective of programming three stations of the FESTO platform with the purpose of generating a system that simulated a production line. The final program should be able to pick up an object, take it to the warehouse, identify and separate it by the respective colors.

Keywords: PLC, Process Control, Automation, FESTO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Manufatura 17
Figura 2 – Túnel de Vento 18
Figura 3 – Hardware e software SIMATIC S7 1200 20
Figura 4 – Protótipo final da bancada desenvolvida por Coelho 20
Figura 5- Comparação dos modelos de CPU S7-1200 26
Figura 6 - Arquitetura estação didática MPS 500 28
Figura 7 - Barramento de comunicação digital 29
Figura 8 – Atribuição dos pinos – Sistema elétrico 30
Figura 9 - Estrutura física CPU 1215C DC/DC/DC (6ES7 215-1AG31-0XB0) 31
Figura 10 – Diagrama de Fios 32
Figura 11 – Localização de conector pin para CPU 1215C DC/DC/DC (6ES7 215-1AG31-0XB0) 32
Figura 12 – Montagem parte elétrica 33
Figura 13 – Criação de novo projeto TIA PORTAL V.12 34
Figura 14 – Adicionando dispositivo 34
Figura 15 – Tela configuração de hardware pelo software 35
Figura 16 – Alteração protocolo IP 36
Figura 17 – Configurando Endereço Ethernet pelo software 37
Figura 18 – Selecionando CPU caixa de diálogo on-line 37
Figura 19 – Local de armazenagem das tags do CLP 38
Figura 20 – Abrindo local de programação 38
Figura 21 – Tela de programação 39
Figura 22 – Estação de manipulação 40
Figura 23 – Fluxograma da estação de manuseio 41
Figura 24 – Estação de transporte 42
Figura 25 – Fluxograma da Estação 43
Figura 26 – Descrição do processo 44
Figura 27 – Fluxograma Estação de classificação 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Terminal E/S.....29
Tabela 2 - Alocação dos terminais de entrada e saída.....30

LISTA DE SIGLAS

CEIT	*Central European Institute of Technology*
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central De Processamento
HMI	*Human Machine Interface*
MPS	*Modular Production System*
PLC	*Programmable Logic Controller*
SMP	Sistema Modular de Produção
RPIC	Rede de Petri Interpretada para Controle
TIA	*Total integrated Automation*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1. Objetivo 15

1.2. Justificativa 15

1.3. Metodologia 15

1.4. Estrutura do Trabalho 16

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

3. MATERIAIS E MÉTODOS 22

3.1. Histórico da empresa 22

3.2. Controlador Lógico Programável (CLP) 23

3.3. Siemens 24

3.3.1. CLP Siemens 24

3.3.2. S7-1200 25

3.3.3. Interface Homem-Máquina 26

3.3.4. Totally Integrated Automation Portal 27

3.4. Estação FESTO 28

3.4.1. Componentes de entrada e saída 29

3.4.2. Atribuição de pinos syslink e fios condutores 30

4. DESENVOLVIMENTO 31

4.1. Hardware e diagrama de fiação 31

4.2. Configuração do software 33

4.2.1. Adicionando dispositivos e inserindo uma CPU 34

4.2.2. Configurando endereço IP 35

4.3. Variáveis do sistema (Tags) 37

4.4. Programação do projeto 38

4.5. Diagramas de circuitos elétricos e pneumáticos 39

5. RESULTADOS 40

5.1. Estação de manipulação 40

5.2. Estação de transporte 42

5.3. Estação de classificação 44

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

APÊNDICE 1 – CIRCUITO ELÉTRICO E PNEUMÁTICO 51

APÊNDICE 2 – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO FEITO NO SOFTWARE TIA PORTAL PARA OS PROGRAMAS MPS 55

1. INTRODUÇÃO

O século XVIII trouxe um marco na sociedade com o início da Revolução Industrial. Foi um período de intensas transformações culturais, econômicas e tecnológicas com o desenvolvimento de ferramentas para mecanização de sistemas e o deslocamento de trabalhadores para os centros urbanos (CAVALCANTE e SILVA, 2011).

Como aponta Nagawaka (2009), o crescente aumento de demanda e concorrência estimula as indústrias a melhorarem cada vez mais a qualidade de seus produtos e serviços. Para tal é necessário capacidade e habilidade para realização do projeto, ou seja, um produto que atinja seu objetivo de forma certeira. Para serem capazes de oferecer um melhor produto, as empresas devem adaptar seus processos, de modo que seu ambiente se torne dinâmico e eficiente.

Nesse processo de adaptação da indústria, entra a Automação Industrial, com a evolução e aperfeiçoamento da tecnologias, utilizando de softwares, técnicas e equipamentos. Podem ser variados os motivos de implantação de tecnologia e melhorias na estrutura de uma empresa, como, por exemplo, redução de gasto de energia elétrica, aumento de produção, melhoria da segurança e redução de mão de obra ou matéria prima (NAKAGAWA, 2009).

O primeiro Controlador Lógico Programável (CLP) surgiu na indústria automobilística, pela General Motors no final da década de 60 nos Estados Unidos, que contava com um processo de produção mais evoluído e onde se fazia necessário o controle das operações. Foi desenvolvido para a substituição dos relés eletromagnéticos (SILVEIRA e SANTOS, 2002).

O CLP é um dispositivo baseado em um microprocessador, criado para comandar, controlar e monitorar. Com base na analogia com contatos elétricos, possui softwares para criar as funções de comando, sendo flexível em seus modos de programação (GONÇALVES, 2009).

Desde a sua criação, o CLP, juntamente com toda a automação, tem se tornado essencial no ambiente industrial. Baseando-se nessa questão e levando em consideração a inovação e crescimento tecnológico, o presente trabalho apresenta a implementação do CLP Siemens S7-1200 para controle de três pequenas estações FESTO.

As bancadas didáticas FESTO, chamadas de Sistema Modular de Produção (SMP), do inglês *Modular Production System* (MPS), são utilizadas como ferramentas de treinamento e cursos de programação para técnicos da área de automação industrial. Com este objetivo, foram

utilizadas três células de trabalho FESTO que simulam uma linha de produção, exercendo suas atividades com o objetivo de realizar operações para controlar e colocar objetos de cores distintas em seu devido lugar.

Este projeto foi desenvolvido na realização de um estágio entre setembro e novembro de 2016 no Instituto de Tecnologia da Europa Central (*Central European Institute of Technology* – CEIT), localizado na cidade de Žilina, Eslováquia. Ao longo deste trabalho serão apresentados conceitos e teorias acerca dos equipamentos envolvidos no processo, além de mostrar como foi feita a recriação de um programa já implementado no FESTO CLP para um novo programa no SIEMENS CLP. A programação do controlador e sua configuração foi feira através do software *Totally Integrated Automation Portal V12* da Siemens.

1.1. Objetivo

Programar três estações da plataforma FESTO, com o propósito de gerar um sistema que simule uma linha de produção. O programa final deverá ser capaz de pegar um objeto, levá-lo até seu armazém, identificando-o e separando-o por suas respectivas cores.

1.2. Justificativa

O Instituto de Tecnologia da Europa Central é uma empresa que investe em pesquisa e desenvolvimento e mantém um foco em soluções avançadas e inovadoras. Por meio deste objetivo, decidiu-se atualizar a plataforma FESTO com o CLP da Siemens, mais atuante no mercado atual, e assim fazer uso do CLP Siemens e do SMP como ferramentas de instrução e aprendizado. É esperado que o projeto elétrico seja feito, e que o hardware e software do MPS estejam funcionais para treinamentos e desenvolvimento de novos projetos.

1.3. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho se divide em uma parte teórica e uma parte prática. A parte teórica é composta de uma revisão bibliográfica acerca de trabalhos com objetivos semelhantes e estudo sobre o CLP Siemens, estações didáticas FESTO, componentes e ligações elétricas dos módulos. A montagem da estrutura prática foi feita de acordo com as seguintes etapas:

- Instalação do software TIA PORTAL v.12;
- Realização da conexão CLP Siemens – Computador;

- Realização da integração CLP Siemens com a Estação FESTO;
- Desenvolvimento da programação: Todas as estações devem trabalhar de forma independente;
- Verificação dos resultados obtidos;
- Análise das aplicações desenvolvidas.

1.4. Estrutura do Trabalho

O conteúdo deste trabalho, com o objetivo de cada capítulo, está disposto da seguinte forma:

No capítulo 1 é feita, ao leitor, uma apresentação dos assuntos abordados no trabalho, assim como é descrito o objetivo do projeto, sua justificativa e o método utilizado para a resolução da proposta. No capítulo 2 há a descrição de alguns trabalhos com objetivos semelhantes ao proposto neste projeto e a forma de resolução utilizada pela autora, a fim de fornecer um embasamento teórico para o desenvolvimento desse programa. No terceiro capítulo é feito um levantamento bibliográfico dos equipamentos utilizados. No capítulo 4 é relatado o desenvolvimento do projeto, com detalhamento do processo através de um tutorial que engloba desde a configuração do software até o início da programação. Após a programação e configuração é demonstrado o resultado do processo implementado, em forma de fluxograma, no capítulo 5. Já no sexto capítulo encontram-se as conclusões geradas após a aplicação do projeto e os resultados obtidos, através de uma análise crítica, levando em consideração o tempo gasto para o desenvolvimento e os materiais disponíveis. Por fim, são feitas sugestões para trabalhos futuros e listadas as referências bibliográficas consultadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Botelho (2011) realiza em seu trabalho a automação de uma célula de manufatura através do CLP Siemens S7-1200, que se comunica com uma HMI KTP600. Os equipamentos foram conectados utilizando uma rede *Ethernet* com protocolo de comunicação Profibus. O Profibus é um tipo específico de rede aberta, no qual possui um vasto campo de interação e ligação entre sistemas podendo ser adotado em vários processos da automação. Para isso, foi criado um modelo em rede Petri para analisar o correto funcionamento do sistema de manufatura. É feito a descrição, em um tutorial, de como se criar e configurar um projeto utilizando o TIA (*Total integrated Automation*) Portal e de como é feita a comunicação entre o computador, CLP e o HMI *Human Machine Interface* – Interface Homem Máquina. Além disso, descreve-se a linguagem ladder, utilizada em seu trabalho, e apresenta-se um método de conversão de redes de petri interpretadas para controle em diagrama ladder.

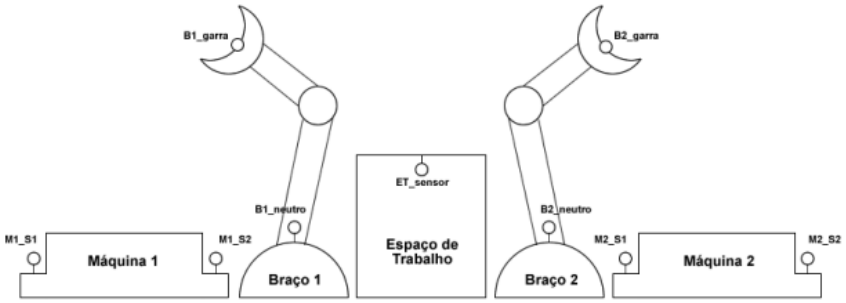


Figura 1 – Sistema de Manufatura
Fonte: Botelho (2011)

A Figura 1 esboça o escopo do sistema de manufatura, onde o funcionamento é iniciado após o recebimento de um comando para inicialização do processo, e seu término é dado quando o sensor assim acusa, ficando livre para iniciar outro ciclo. As duas máquinas são idênticas, porém o tempo de processamento pode ser diferente de acordo com a programação interna do sistema (BOTELHO, 2011).

Botelho (2011) ainda apresentou a modelagem em RPIC (Rede de Petri Interpretada para Controle) do controle da célula de manufatura com sua conversão para o diagrama ladder, além de um aplicado feito na HMI. O sistema foi simulado e como resultado se obteve o desempenho esperado.

O trabalho realizado por Botelho se mostrou muito didático, e segue, de certa forma, a mesma rotina que será feita neste projeto.

Outro projeto utilizando o S7-1200 foi realizado por Entreportes (2016), denominado “Automação de Túnel de Vento”, fazendo a obtenção de dados e proteção do sistema. Para tal, ele utiliza um CLP S7-1200 Siemens e o supervisório *Indusoft Web Studio*, a fim de integrar o equipamento utilizado aos experimentos realizados.

O túnel de vento de circuito aberto é utilizado por professores e alunos de mestrado e doutorado da Universidade de Brasília, com o objetivo de realizar testes aerodinâmicos de equipamentos de pesquisas (ENTREPORTES, 2016). O túnel de vento utilizado é de circuito aberto e do modelo AA-TVSHH50, como demonstrado na Figura 2. Esse tipo de túnel é utilizado, de acordo com Entreportes (2016 apud AeroAlcool, 2015), para testes de performance aerodinâmica de equipamentos e modelos como aeronaves, turbinas, entre outros.

Figura 2 – Túnel de Vento
Fonte: Entreportes (2016)

O objetivo de Entreportes (2016) é integrar o Túnel de Vento com os experimentos, utilizando um sistema supervisório para supervisionar as informações do túnel e dos experimentos; automatizar a seleção de velocidade; implementar lógicas de segurança e parada de emergência, intertravamentos, instalação de botoeira de emergência e sensores; criar relatórios automáticos e telas gráficas que gerenciem e monitorem todo o sistema e; controlar o acesso de usuários por níveis de segurança e a velocidade do vento.

Entreportes (2016) criou documentos com diagramas de rede da solução, produziu um projeto de renovação do quadro de automação, instalou uma botoeira de emergência para melhorar a

segurança do sistema, acrescentou um sensor magnético para monitorar a abertura e fechamento da porta e o momento de inicialização do sistema. Também instalou um computador com dois monitores ao lado do túnel de vento, para funcionar como estação de trabalho do sistema. Na parte de software, toda automação, lógica de segurança e controle de velocidade é realizada e controlada pelo CLP Siemens S7-1200 (ENTREPORTES, 2016).

Depois de implementado, foram realizados testes de maio a outubro de 2016. Os resultados foram positivos e os usuários não encontraram nenhuma problema com o sistema supervisório implementado. Entreportes (2016) conseguiu bons resultados no controle de malha aberta com um erro em regime permanente de no máximo 1,25%. Dados obtidos pela parametrização de cada equipamento testado.

Já Coelho (2015) realizou um estudo e desenvolvimento de manuais de utilização de uma bancada física SIMATIC da Siemens, a fim de serem utilizados em aulas e laboratórios de Sistemas a Eventos Discretos.

A bancada de Coelho (2015) conta com vários elementos atuadores e sensores. No seu sistema de controle é utilizado o CLP S7-1200 do *Simatic Learnig Kit*, destinado ao controle e comando do sistema, e também da interface homem-máquina.

Na modelagem dos sistemas automatizados foi escolhido o formalismo Grafcet, após análise de diversos outros, apesar de ser de difícil aplicação em processos não sequenciais de média a alta complexidade. O software de programação utilizado foi o *Totally Integrated Automation Portal* (Step 7 e WinCC), da Siemens, fornecido juntamente com o Kit learnig Simitic (COELHO, 2015).

O programação em ladder (linguagem utilizada para a programação do CLP) e a programação da interface homem-máquina é feita no mesmo programa, TIA Portal V11. Isso confere ao sistema grande flexibilidade de soluções inteligentes e possibilidade de criação simplificada de redes através de comunicação coordenada (COELHO, 2015).

A Figura 3 demonstra os constituintes do SIMATIC S7 1200, sendo que a versão 12 do TIA PORTAL só funciona com o Windows 7.

A bancada SIMATIC da Siemens criará um sistema de comando de um elevador de 4 pisos. Foi utilizado um sistema de automação real de controle de elevadores, funcionando como base para a implementação de um sistema dinâmico. Cada piso contém botões que enviam comandos de subir e descer para o elevador (b0,b1, b2, b3), além do comando parar, emitido

por sensores de fim de curso em cada piso (fc0, fc1, fc2, fc3). O alarme sonoro é disparado quando o botão estiver atuando. E a porta do elevador se abre por 4 segundos, no momento que o elevador estiver no piso requisitado, e depois se fecha.

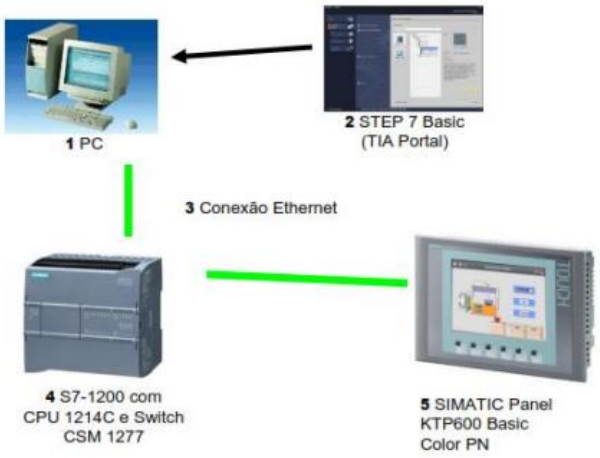


Figura 3 – Hardware e software SIMATIC S7 1200
Fonte: Coelho (2015)

A construção da bancada didática foi concluída com sucesso, através de modelagem em 3D, como pode ser observado no Figura 4.

Figura 4 – Protótipo final da bancada desenvolvida por Coelho
Fonte: Coelho (2015)

No trabalho de Pinto (2011) é descrita uma aplicação utilizando o sistema MPS Festo® para simular um processo de maquinação, cortes de objetos. O sistema MPS Festo é constituído por quatro diferentes células e o controle geral destas células é assegurado por vários CLP's (Siemens). Em cada célula são executadas diferentes operações com o intuito de se simular a atividade de uma linha de produção.

Para tal processo, deve-se controlar um elemento móvel segundo três eixos (X, Y e Z), ao qual está associado a uma ferramenta de corte que executa a operação de maquinação desejada em uma peça com a forma geométrica de um disco, sendo a mesma fixada numa superfície base, dentro de uma mesa de trabalho (PINTO, 2011).

O objetivo de Pinto (2011) foi construir um sistema de comando XY, capaz de sincronizar o movimento de dois eixos a fim de garantir que o elemento efetue trajetórias lineares, além de comandar diferentes ações de controle sobre cada um dos motores passo-a-passo. Para isso utiliza do CLP Siemens S7 200, com uma interface série a partir da qual o mesmo troca mensagens com um sistema de comando hierarquicamente superior. Assim, elaborou-se a integração com o sistema de produção através do sistema de comando hierarquicamente superior (um CLP S7 300) que atua no eixo da ferramenta de corte, fixada no elemento móvel (eixo Z). Por fim, realizou-se uma avaliação do funcionamento global do sistema de produção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será realizada uma introdução da empresa em que o projeto foi realizado e também um estudo teórico dos equipamentos utilizados na realização deste, especificados pelos respectivos subcapítulos.

3.1. Histórico da empresa

Situada na cidade de Žilina, Eslováquia, o Instituto de tecnologia da Europa central (CEIT a.s.) é uma empresa voltada para pesquisa e desenvolvimento na qual busca a criação de soluções inovadoras de alta capacidade tecnológica para melhorar a produtividade e eficiência de seus parceiros. O intuito é fornecer serviços diversos, desde ideias de desenvolvimento e design do produto até soluções e suporte para melhoria de todo o sistema, envolvendo assim, todo o ciclo de vida do produto (CEIT GROUP, 2017).

Seus principais objetivos são:

- Investigação e desenvolvimento de sistemas técnicos e inteligentes;
- Pesquisa e desenvolvimento em empresa de tecnologia digital;
- Propor soluções avançadas de sistemas de fabricação.
- Propiciar a transferência do potencial de conhecimento das universidades para a indústria;
- Motivação das empresas para o crescimento de investimentos em ciência, pesquisa e desenvolvimento.

O foco do CEIT GROUP (2017) é atingir e se manter entre os mais importantes e procurados parceiros para a inovação. Apoiam o desenvolvimento e a disseminação das mais recentes tecnologias para o crescimento econômico sustentável e para o aumento da qualidade de vida.

Lançada oficialmente em 24/09/2009, a empresa começou em 1998 quando o Centro de Produtividade da Eslováquia (Fundadores, Ministério da Economia, Federação das Associações de Empregadores da República Eslovaca e Universidade de Žilina) iniciou a investigação e o desenvolvimento de ferramentas para medir, avaliar e melhorar a produtividade do país. (CEIT GROUP, 2017).

Após alguns anos de pesquisa, em 2005 foi instaurado um extenso processo de transformação

na produtividade do centro eslovaco, com o objetivo de buscar o aumento da produtividade e a competitividade da economia. Como consequência, houve o surgimento de algumas áreas/firmas relacionadas ao desenvolvimento e pesquisa e a criação de unidades especializadas na área da tecnologia. Através de treinamentos e investimentos conseguiu-se buscar e agregar profissionais especializados e dedicados na função de crescimento e qualidade do mercado garantindo excelência na gestão e profissionais de valor (CEIT GROUP, 2017).

Em 2011 foi concluído todo o processo de reestruturação da produtividade do país e da empresa, já inserida no mercado de forma satisfatória. Ao final do processo foram criadas linhas especializadas de desenvolvimento dentro do instituto como resultado do seu amplo desenvolvimento em diversas áreas. As unidades empregadas foram a de Inovação de processos; Inovações técnicas; Fábrica digital; Automação industrial e Engenharia Biomédica (CEIT GROUP, 2017).

3.2. Controlador Lógico Programável (CLP)

Pela IEC (Comissão Internacional de Eletrotécnica), o CLP se caracteriza como um sistema eletrônico manipulado de forma digital e criado para uso de meio industrial. Possui diversas aplicações na área da automação. É composto por uma unidade central de processamento (CPU), que possui uma memória programável para a armazenagem interna de instruções comandadas pelo usuário, controladas através de entradas e saídas digitais ou analógicas, e, junto com os módulos de comunicação e o sistema de alimentação, fazem como que se gerem ações no ambiente externo (maquinários).

Existem hoje cinco tipos de linguagem para programação do CLP, definidas pela IEC- 61131. O usuário escolhe aquela que melhor se adapta ao seu projeto ou conhecimento da linguagem. São elas:

- FBD – Function block diagram;
- LD – Ladder Diagram;
- ST – Structured text;
- IL – Instruction List;
- SFC – Sequential function chart.

Geralmente, ao se falar em programação de CLPs, a linguagem ladder é a primeira a ser requerida, já que é uma linguagem de programação gráfica, de fácil entendimento e facilidade de programação. É uma linguagem que descreve funções lógicas utilizando contatos e relés. Assim, o acionamento das saídas é controlado pela combinação lógica dos contatos de entrada.

Como aponta Moraes (2007), ladder é uma linguagem gráfica de alto nível, que se assemelha ao esquema elétrico de um circuito de comando ou diagrama de contatos. Todas as instruções pertencem ao grupo de entradas que direcionam o que deve ser feito, e as saídas que respondem ao comando executando uma ação.

O programa funciona de forma sequencial e, para ser processado e executado, passa por um tipo de varredura que confere os dados e segue uma ordem de leitura feita sempre de cima para baixo e seguindo as linhas da esquerda para direita. Quando uma etapa é executada, outras ficam inativas. O fluxo da corrente passa por todas as linhas e, de acordo com o estado lógico da programação feita, ativa bobinas que geram uma ação física nas máquinas ou interrompe ações que podem estar em execução.

Para a implementação deste projeto, foi selecionado a programação em ladder, pois a mesma possui similaridades com circuitos elétricos de relés, além de ser de fácil compreensão para técnicos e engenheiros.

3.3. Siemens

A Siemens é uma empresa originada em Berlim, na Alemanha, em 1847, por Werner Von Siemens. Começou como uma pequena oficina de construção e com o tempo se transformou em uma empresa global (Siemens, 2017b). No Brasil, a empresa surgiu em 1867, com a instalação da primeira linha telegráfica do país (Siemens, 2017a).

3.3.1. CLP Siemens

O SIMATIC é um sistema único e integrado de controladores, criado para ser executado em aplicações de fábrica e nas indústrias, oferecendo boa velocidade de processamento, escalabilidade e integração de funções. Chamados controladores lógicos programáveis modulares são aqueles onde cada componente ou um conjunto deles são colocados em um único módulo podendo ter o processador e memória com fonte separada.

Cada máquina ou planta tem requisitos individuais para desempenho do sistema e complexidade da aplicação. Dessa forma, pode-se utilizar um tipo ideal de controlador para atuar especificamente em cada tipo de aplicação.

Para que cada controlador atue de um jeito específico, a Siemens criou grupos de controladores SIMATIC para cada tipo de processo no mercado. Eles possuem módulos expansíveis, resistentes à vibração, escaláveis e livres de manutenção (CONTROLADORES, 2017). As principais versões existentes são:

- S7-1500: Altos padrões para gerar alta eficiência e maior produtividade.
- S7-300: Projetado para soluções de sistemas inovadores e para atender a demanda em um sistema de automação universal.
- S7-400: Controlador com curto tempo de resposta, caracterizado por sua potência e alto desempenho.
- S7-1200: caracterizado como controlador básico (THE INTELLIGENT, 2017).

3.3.2. S7-1200

Os Controladores Básicos S7-1200 atuam em aplicações de pequeno a médio porte. São projetados para atividades simples e com alto desempenho, sendo recomendados para uma série de aplicações.

As unidades de processamento central do SIMATIC S7-1200 são compactas e possuem entradas e saídas integradas, interface PROFINET integrada para programação, conexões HMI, IOs e arquiteturas de drives distribuídas. Também podem ser adaptados às necessidades individuais por meio de módulos de sinal plugáveis e de comunicação (SIMATIC S7-1200, 2017).

Por se tratar de um controlador IO, o SIMATIC S7-1200 permite uma conexão completa com dispositivos PROFINET (ethernet com norma aberta TCP/IP), segurança de rede e comunicação em tempo real. Sua interface integrada possibilita conexão com SIMATIC STEP 7 Basic para planejamento de projeto, programação e visualização dos SIMATIC IHM Basic Panels, comunicação entre CLPs e dispositivos de terceiros como opção de integração avançada. Possuem módulos de comunicação PROFIBUS, AS-interface e acesso remoto na qual pode ser equipado com interface GSM/GPRS. Isto permite comunicação simples,

soluções eficientes para atividades tecnológicas e um encaixe perfeito a requisitos individuais de automação em uma grande variedade de aplicações (SIEMENS, 2012c).

A linha SIMATIC S7-1200 possui quatro diferentes modelos de CLP: 1211C, 1212C, 1214C e 1215C, podendo ser expandido de forma a atender aos requisitos de sua aplicação. Uma comparação dos modelos pode ser observada na Figura 5.

Feature		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Physical size (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75	130 x 100 x 75
User memory	Work	30 Kbytes	50 Kbytes	75 Kbytes	100 Kbytes
	Load	1 Mbyte	1 Mbyte	4 Mbytes	4 Mbytes
	Retentive	10 Kbytes	10 Kbytes	10 Kbytes	10 Kbytes
Local on-board I/O	Digital	6 inputs/4 outputs	8 inputs/6 outputs	14 inputs/10 outputs	14 inputs/10 outputs
	Analog	2 inputs	2 inputs	2 inputs	2 inputs / 2 outputs
Process image size	Inputs (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Outputs (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Bit memory (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes	8192 bytes
Signal module (SM) expansion		None	2	8	8
Signal board (SB), Battery board (BB), or communication board (CB)		1	1	1	1
Communication module (CM) (left-side expansion)		3	3	3	3
High-speed counters	Total	3 built-in I/O, 5 with SB	4 built-in I/O, 6 with SB	6	6
	Single phase	3 at 100 kHz SB: 2 at 30 kHz	3 at 100 kHz 1 at 30 kHz SB: 2 at 30 kHz	3 at 100 kHz 3 at 30 kHz	3 at 100 kHz 3 at 30 kHz
	Quadrature phase	3 at 80 kHz SB: 2 at 20 kHz	3 at 80 kHz 1 at 20 kHz SB: 2 at 20 kHz	3 at 80 kHz 3 at 20 kHz	3 at 80 kHz 3 at 20 kHz
Pulse outputs[1]		4	4	4	4
Memory card		SIMATIC Memory card (optional)			
Real time clock retention time		20 days, typ. / 12 day min. at 40 degrees C (maintenance-free Super Capicator)			
PROFINET		1 Ethernet communication port			2 Ethernet communication ports
Real math execution speed		2.3 µs/instruction			
Boolean execution speed		0.08 µs/instruction			

[1] For CPU models with relay outputs, you must install a digital signal board (SB) to use the pulse outputs.

Figura 5- Comparação dos modelos de CPU S7-1200
Fonte: Siemens (2012d)

3.3.3. Interface Homem-Máquina

Interface homem máquina (HMI) é um equipamento com algum tipo de visor ou tela que ajuda na comunicação entre o operador e a máquina. Podem ser sensíveis ao toque ou constituídas por teclado. O HMI permite monitorar, gerenciar e analisar informações. Geralmente acoplados a CPU do CLP ou ser conectado a CPU via rede de comunicação. São intuitivas e facilitam a interação homem máquina na realização de tarefas.

O SIMATIC HMI foi desenvolvido para atender às necessidades mais importantes na comunicação entre homem e computador. Para ajudar neste processo, utiliza-se de interfaces abertas e padronizadas em hardware e software, que permitem uma integração eficiente em seus sistemas de automação. Realizam a execução do projeto através do SIMATIC WinCC no TIA portal. Sua linha é composta de 4 tipos diferentes de HMI: Confort, Basic, Mobile e Key Panels na qual cada um tem sua característica particular porém todos com igualáveis qualidades como:

- Diversos tamanhos de display
- Displays flexíveis e de alta resolução
- Funcionalidade avançada contínua: todos os dispositivos oferecem arquivos, scripts VB e diversos visualizadores, com os quais podem ser visualizadas a documentação do sistema (por ex., como PDF) e as páginas de internet.
- PROFINET como padrão permite a integração simples em estruturas de sistema existentes e oferece uma elevada proteção de investimento.
- Interfaces integradas e transferência de projetos simplificada para o carregamento dos projetos HMI através do PROFINET / Ethernet ou USB (SIEMENS, 2015).

3.3.4. Totally Integrated Automation Portal

O Portal de Automação Totalmente Integrado (TIA Portal) é um software que compõe uma estrutura mais intuitiva e eficiente, permitindo a projeção de todos os processos de automação de maneira inteligente, a partir de uma única tela de computador.

Oferece a integração de todos os componentes importantes de um projeto de automação em um único framework: segurança, controle, HMI, *drives*, *switchgear*, periféricos descentralizados, controle de movimento e distribuição de energia. Um banco de dados compartilhado e um conceito de biblioteca inteligente permite que se use funções superordenadas, fluxo de trabalho digital, soluções em nuvem flexíveis e simulações escaláveis com interfaces digitais duplas e abertas. O TIA Portal conjuga os mundos virtual e real da produção (TOTALLY, 2017).

Dentre as funções mais importantes do TIA Portal se destaca o sistema integrado de diagnósticos, reutilização de componentes do projeto pelas bibliotecas e simulação completa para CLP e IHM (VISÃO, 2017).

3.4. Estação FESTO

O sistema de produção modular (MPS) é usado como ferramenta de aprendizagem para estudos de mecatrônica (uma vez que consiste em processos pneumáticos, hidráulicos, componentes elétricos e automação). Possui diferentes tipos de módulos para que um cliente possa organizar uma linha de produção para cumprir requisitos específicos.

A estação FESTO, cuja dimensão é de 2.283 x 3.048 metros, é uma plataforma que oferece várias possibilidades de trabalho e aprendizado em automação de processos industriais. A partir dela, uma linha de produção em uma fábrica, por exemplo, pode ser composta de células de produção individuais ou de forma conjunta. Cada célula tem uma função específica no processo (distribuição, teste, processamento, manuseio, montagem, armazenamento) (THE STATIONS, 2017).

O sistema MPS 500 é um sistema sucessivamente expansível composto por estações individuais, como pode ser observado na Figura 6. No entanto, a unidade central é sempre o sistema de transporte.

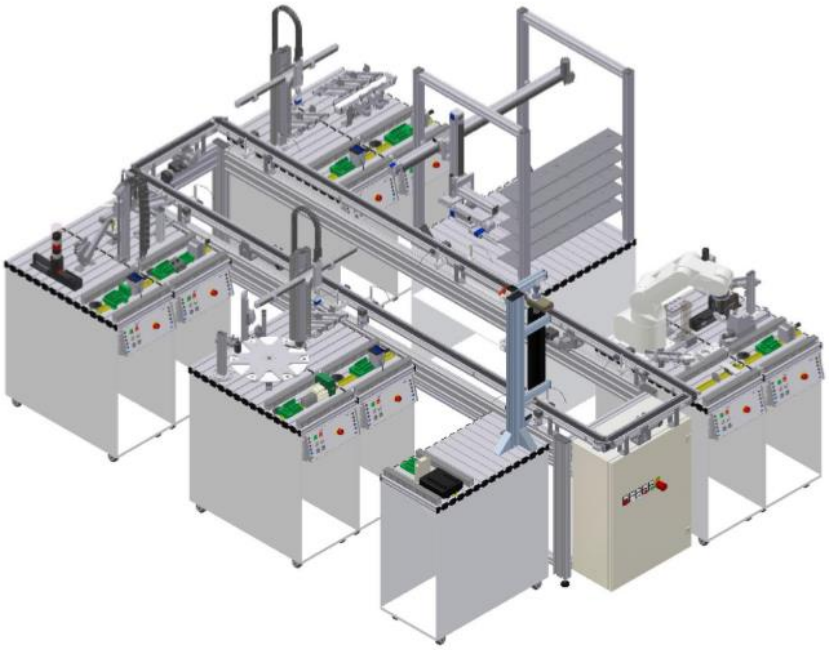


Figura 6 - Arquitetura estação didática MPS 500
Fonte: Festo (2012)

A operação não depende da posição operacional, o fluxo de material é iniciado a partir do sistema de transporte. Ainda assim, a ordem sequencial das estações requer adesão, já que está pré-definido no programa.

O sistema MPS 500 foi projetado de tal forma que a quantidade e o tipo de estações MPS anexadas não sejam essenciais. Um ciclo de processamento completo da peça de trabalho está sempre garantido. Portanto, o sistema de transporte é obrigatório em qualquer circunstância.

3.4.1. Componentes de entrada e saída

O painel de operação e os módulos da estação podem ser conectados através de terminais de entrada e saída aos cartões de E/S do controle. Para que uma comunicação eficiente seja assegurada, a interface E/S é padronizada. A Figura 7 ilustra o barramento de comunicação serial e a Tabela 1, características do terminas E/S.

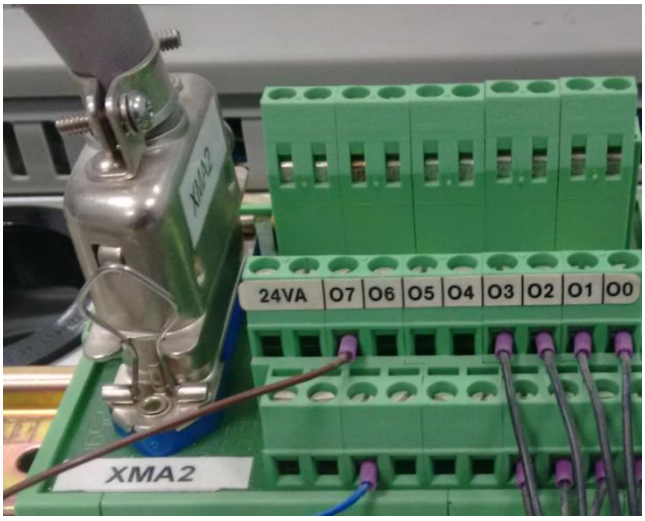


Figura 7 - Barramento de comunicação digital
Fonte: Própria

Tipo de barramento	IEEE 488 24 pins
Entradas	8
Saídas	8
Consumo	Max. 1A/PIN
Fonte de energia	24 VDC

Tabela 1 - Terminal E/S
Fonte: Festo (2012)

3.4.2. Atribuição de pinos syslink e fios condutores

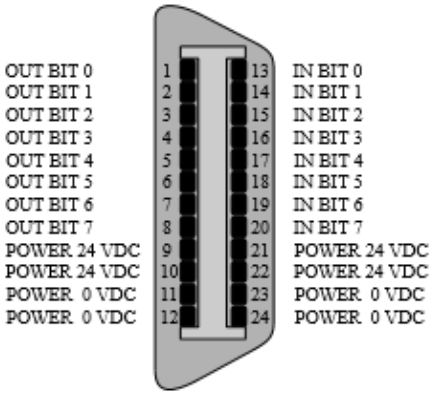


Figura 8 – Atribuição dos pinos – Sistema elétrico
Fonte: Festo (2012)

É usado como um cabo de controle, sinalização e conexão para a transmissão de sinais analógicos e digitais e controle e sistemas informáticos. Na Tabela 2 é apresentada a cor do fio e sua atribuição.

Grampo	Bit	Função	Cor	Grampo	Bit	Função	Cor
1	0	Saída	Branco	13	0	Entrada	Cinza-rosa
2	1	Saída	Marrom	14	1	Entrada	Vermelho-azul
3	2	Saída	Verde	15	2	Entrada	Branco-verde
4	3	Saída	Amarelo	16	3	Entrada	Marrom-verde
5	4	Saída	Cinza	17	4	Entrada	Branco-amarelo
6	5	Saída	Rosa	18	5	Entrada	Amarelo-Marrom
7	6	Saída	Azul	19	6	Entrada	Branco-cinza
8	7	Saída	Vermelho	20	7	Entrada	Cinza-marrom
9	24V	Fonte de energia	Preto	21	24V	Fonte de energia	Branco-rosa
10				22			
11	0V	Fonte de energia	Rosa-marrom	23	0V	Fonte de energia	Branco-azul
12	0V	Fonte de energia	Roxo	24			

Tabela 2 - Alocação dos terminais de entrada e saída
Fonte: Festo (2012)

4. DESENVOLVIMENTO

Para a realização do projeto, foi verificada a disponibilidade de equipamentos no laboratório, sendo necessários três CLPs (um para cada célula didática FESTO). Como no momento de realização da parte prática do trabalho se encontrava disponível apenas um CLP, foi necessário a criação dos programas de forma individual e, para realização dos testes, foi necessário alterar os fios para cada célula. Dessa forma, não se observou o andamento do sistema de forma contínua.

A principal razão pela escolha dos componentes foi devida a sua popularidade no mercado. Várias empresas relacionadas com a automação industrial trabalham com os CLP Siemens e por isso seus clientes querem fazer parte de cursos de programação com esses equipamentos. Além disso, CEIT a.s. colabora educando estudantes e trabalhadores através de parceria com a Siemens através de seus softwares e aparelhos.

4.1. Hardware e diagrama de fiação

Para o projeto foi utilizado o CLP Siemens S7-1200 (CPU 1215C DC/DC/DC) 6ES7215-1AG31-0XB0 conforme a Figura 9 e o diagrama de fiação, na Figura 10. A tabela de localização dos pinos, que descreve suas características, é representada pela Figura 11.

A unidade de controle do sistema comunica com o CLP utilizando 24 VDC em seu cartão de entrada digital. Todos os sensores usam 24 VDC como uma tensão de sinal digital e estão conectados ao CLP com o cartão de entrada digital. Os atuadores são controlados de maneira direta-online por cartão de saída digital do CLP.

Figura 9 - Estrutura física CPU 1215C DC/DC/DC (6ES7 215-1AG31-0XB0)
Fonte: Siemens (2017c).

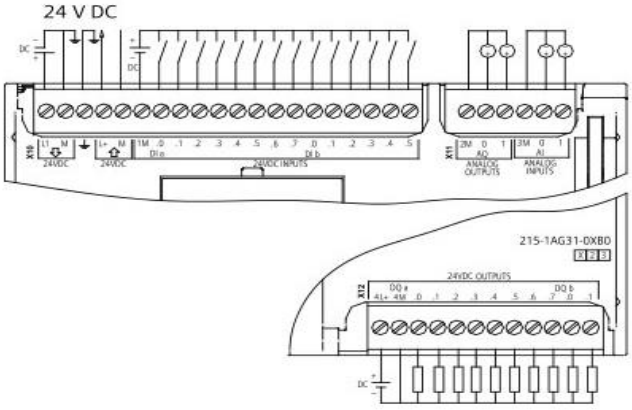


Figura 10 – Diagrama de Fios
Fonte: Siemens (2012d)

Pin	X10	X11 (gold)	X12
1	L1 / 24VDC	2 M	4L+
2	M / 24VDC	AQ 0	4M
3	Functional Earth	AQ 1	DQ a.0
4	L+ / 24VDC Sensor Out	3M	DQ a.1
5	M / 24VDC Sensor Out	AI 0	DQ a.2
6	1M	AI 1	DQ a.3
7	DI a.0	--	DQ a.4
8	DI a.1	--	DQ a.5
9	DI a.2	--	DQ a.6
10	DI a.3	--	DQ a.7
11	DI a.4	--	DQ b.0

Pin	X10	X11 (gold)	X12
12	DI a.5	--	DQ b.1
13	DI a.6	--	--
14	DI a.7	--	--
15	DI b.0	--	--
16	DI b.1	--	--
17	DI b.2	--	--
18	DI b.3	--	--
19	DI b.4	--	--
20	DI b.5	--	--

Figura 11 – Localização de conector pin para CPU 1215C DC/DC/DC (6ES7 215-1AG31-0XB0)
Fonte: Siemens (2012d)

A seguir, na Figura 12, encontra-se a ligação feita através dos fios condutores entre CLP e o barramento de comunicação digital do MPS de acordo com as instruções seguidas pelo diagrama de fiação.

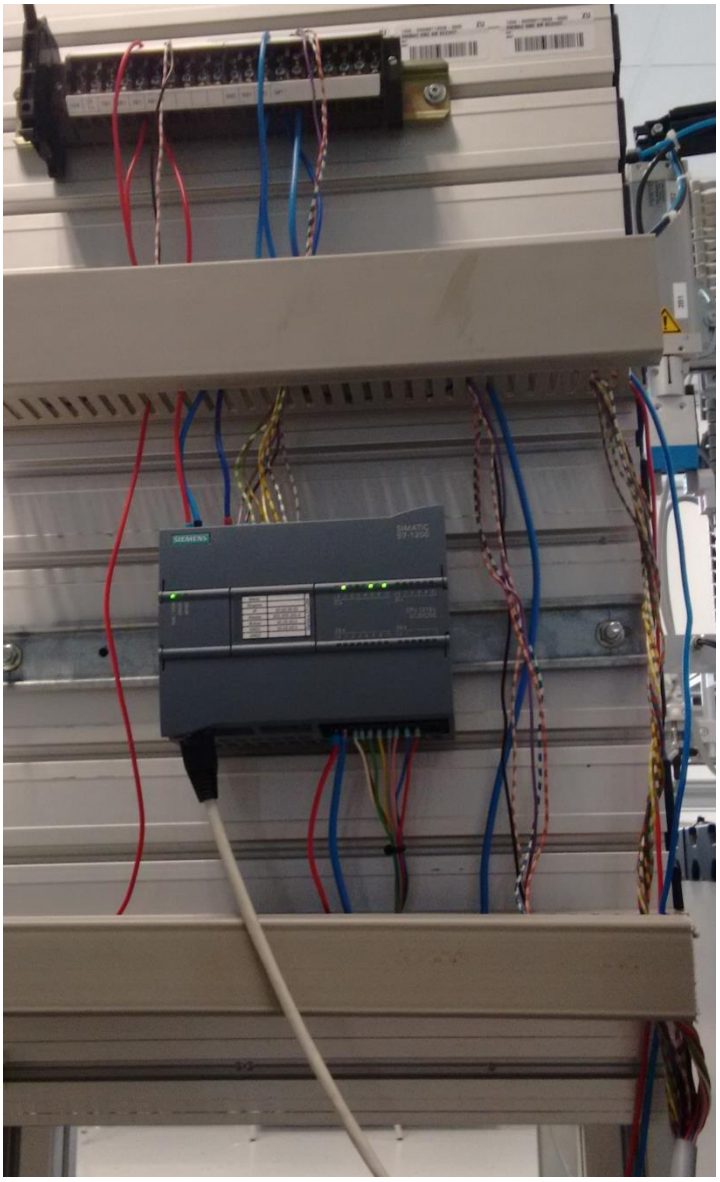


Figura 12 – Montagem parte elétrica
Fonte: Própria

4.2. Configuração do software

A configuração do CLP foi feita acessando o STEP 7 do TIA PORTAL para realização do protocolo de Internet (TCP/IP). Logo após a configuração do CLP, foi necessário efetuar um teste de comunicação entre o Software e o CLP, para confirmar se o mesmo estava conectado. Selecionando a opção “Online & diagnostics”, deve-se acionar o botão “Flash LED” e para visualizar se a comunicação entre o Software e o CLP foi realizada com sucesso, deve-se observar se os leds RUN, STOP e MRES irão acender duas vezes em sequência. A seguir se encontra um breve tutorial de como realizar a configuração do software.

4.2.1. Adicionando dispositivos e inserindo uma CPU

Após ter o software TIA PORTAL V12 instalado no computador, deve-se entrar no sistema e na aba “start” selecionar ‘Create a new Project’. Digite um nome para seu projeto e clique em ‘Create’, como demonstrado na Figura 13.

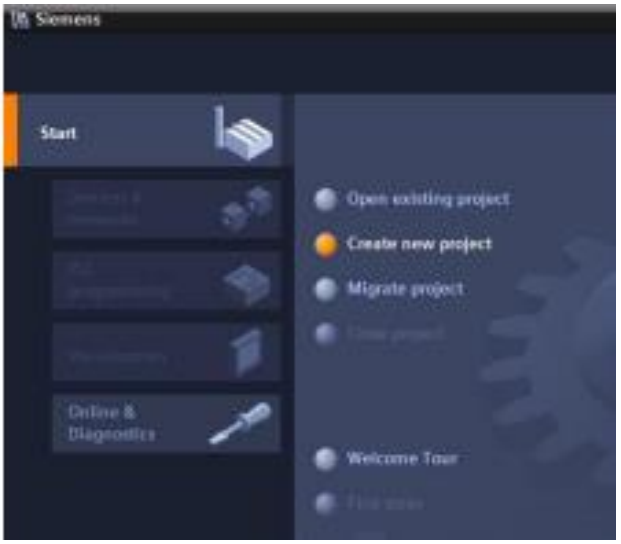


Figura 13 – Criação de novo projeto TIA PORTAL V.12
Fonte: Própria

Em seguida, vá para aba ‘First steps’ para seguir a criação do projeto de maneira ordenada. Clique em ‘Configure a device’ e, em seguida, em ‘Add new device’. Neste momento deve-se selecionar o tipo e as características do CLP que irá usar. Após selecionado, clique em ‘Add’, conforme a Figura 14.

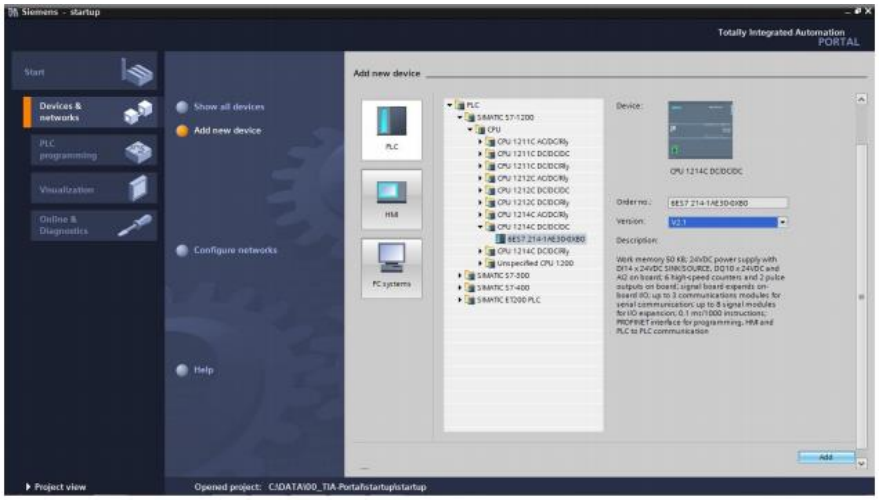


Figura 14 – Adicionando dispositivo
Fonte: Própria

Com o CLP adicionado, o software altera automaticamente para a visualização do projeto com a configuração de hardware aberta. Neste momento, conforme a Figura 15, podem ser adicionados outros módulos do catálogo de hardware e realizar a configuração dos endereços de entrada e saída.

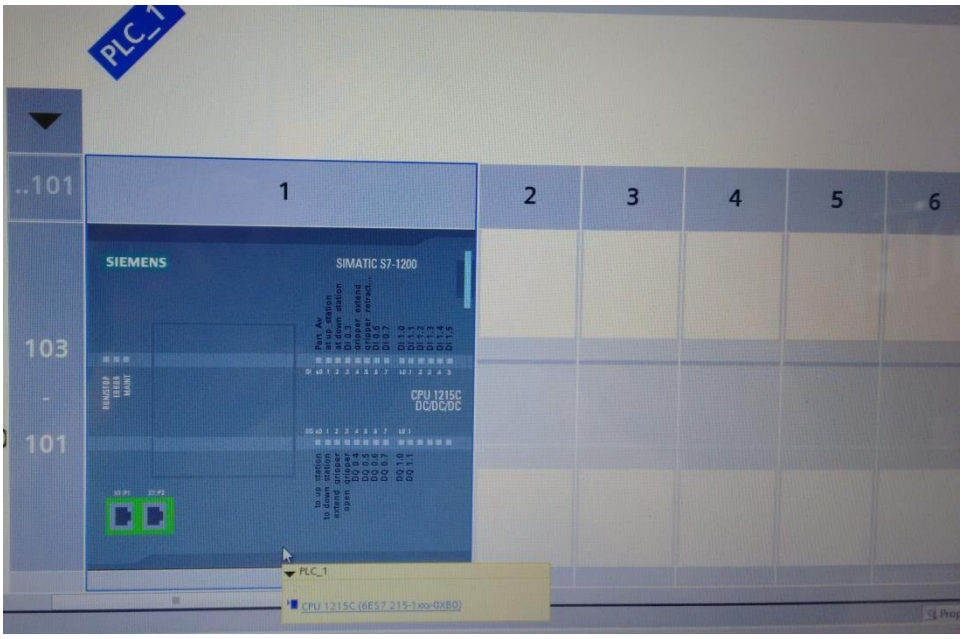


Figura 15 – Tela configuração de hardware pelo software
Fonte: Própria

4.2.2. Configurando endereço IP

A CPU não possui um endereço de IP pré-configurado. Deve-se atribuir manualmente um endereço de IP para a CPU durante a configuração do dispositivo. Para isso, deve-se modificar as opções de Ethernet. Primeiramente, mostra-se uma breve descrição sobre estes dados, de acordo com Siemens (2012d):

- Endereço Ethernet (MAC): É um endereço de controle de acesso de mídia (endereço MAC) feito pelo dispositivo para identificação. É utilizado em redes PROFINET.
- Endereço IP: Cada dispositivo também deve ter um endereço IP (Protocolo de internet). Este endereço permite que o dispositivo entregue dados em uma rede roteada mais complexa. Cada endereço IP é dividido em quatro segmentos de 8 bits e é expresso em formato decimal pontilhado. A primeira parte do endereço IP é usada para a identificação da rede que esta usando e a segunda parte do endereço é para o ID do host que deve ser único para cada dispositivo na rede.

- Máscara de sub-rede: É um agrupamento lógico de dispositivos de rede conectados. Tendem a estar com certa proximidade física em uma rede de área local (LAN). Uma máscara define os limites de uma sub-rede IP. Uma máscara de sub-rede de 255.255.255.0 é propícia para uma pequena rede local. Isso significa que todos os endereços IP nesta rede devem ter os mesmos primeiros 3 octetos e os vários dispositivos desta rede são identificados pelo último octeto (campo de 8 bits).

Para o projeto seguiu-se os endereços abaixo no local conforme a figura 16:

- IP address: 192.168.0.1
- Subnet mask: 255.255.255.0

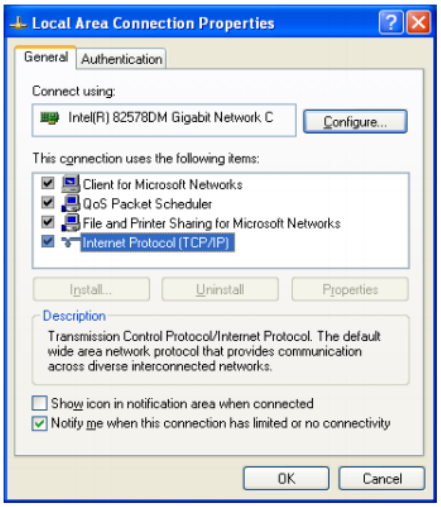


Figura 16 – Alteração protocolo IP
Fonte: Própria

Para configurar o IP no software deve-se seguir os seguintes passos:

Na janela Propriedades, selecione a entrada de configuração "Endereços Ethernet" conforme figura 17. O STEP 7 exibe a caixa de diálogo de configuração do endereço Ethernet a ser atribuído ao projeto.

Depois de completar a configuração, baixe o projeto para a CPU. Todos os endereços IP devem estar configurados ao fazer o download. Esta é uma forma de testar se a rede PROFINET foi configurada de maneira correta. A figura 18 exemplifica este processo.

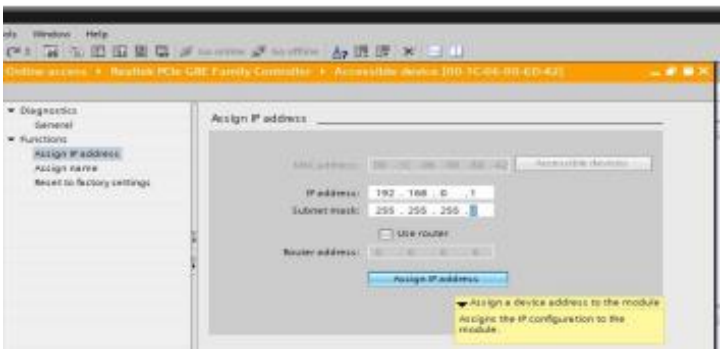


Figura 17 – Configurando Endereço Ethernet pelo software
Fonte: Própria

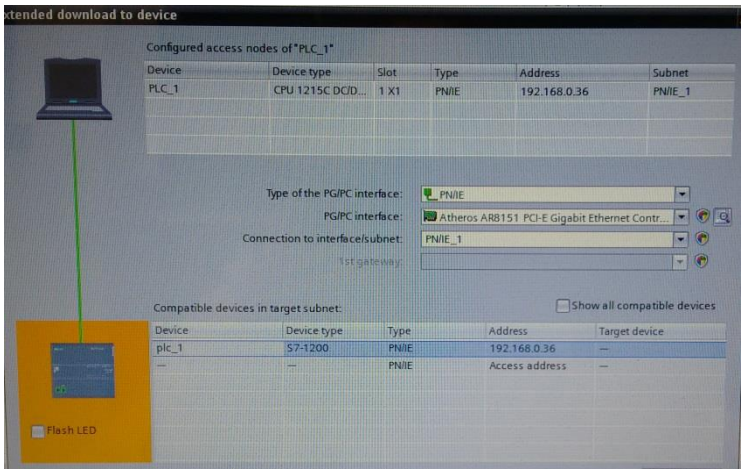


Figura 18 – Selecionando CPU caixa de diálogo on-line
Fonte: Própria

4.3. Variáveis do sistema (Tags)

Como na programação utilizam-se variáveis simbólicas, chegamos na parte em que se deve definir as variáveis globais do sistema da programação. Orienta-se defini-las neste ponto, mas nada impede que faça isso durante a programação. De qualquer forma, no decorrer da programação, a qualquer momento é possível alterar e/ou acrescentar mais variáveis. Estas variáveis são nomes descritivos com comentário para todas as entradas e saídas usadas no programa nas quais podem ser usadas em todo o programa e em todos os blocos.

Para realizar o acesso selecione 'controller_press [CPU1215C DC/DC/DC]' e, em seguida, 'CLP tags'. Abrindo a 'Default tag table' encontrará uma tabela onde deverá inserir os nomes e comentários das variáveis de entrada e saída de sua programação. A figura 19 mostra o local em que se deve descrever as variáveis.

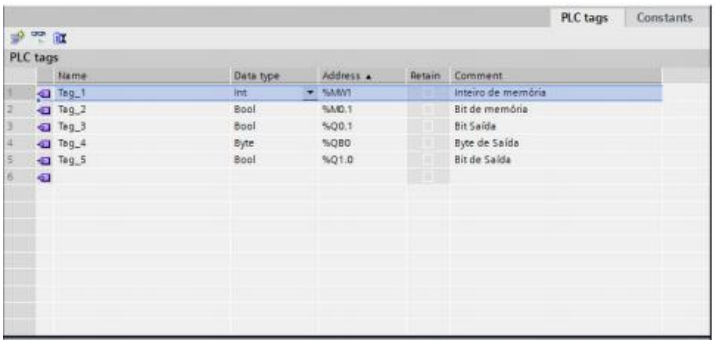


Figura 19 – Local de armazenagem das tags do CLP
Fonte: Própria

4.4. Programação do projeto

Após a definição das variáveis pode-se dar início à programação do sistema. Conforme a Figura 20 deve-se selecionar no lado esquerdo do software a opção ‘CLP_1’ com sua devida CPU instalada e configurada e, em seguida, ‘Program blocks’ e ‘Main [OB1]’, que será o local da programação principal do programa.

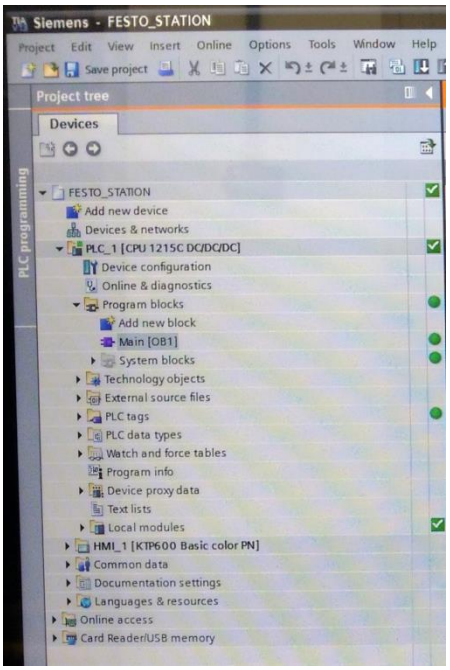


Figura 20 – Abrindo local de programação
Fonte: Própria

Seguindo esses passos aparecerá a tela inicial de programação onde o programa será desenvolvido através de instruções utilizando a lógica do sistema. Neste caso, o projeto será

feito em linguagem ladder utilizando variáveis binárias e temporizadores feitos por meio de relés, bobinas e operadores lógicos.

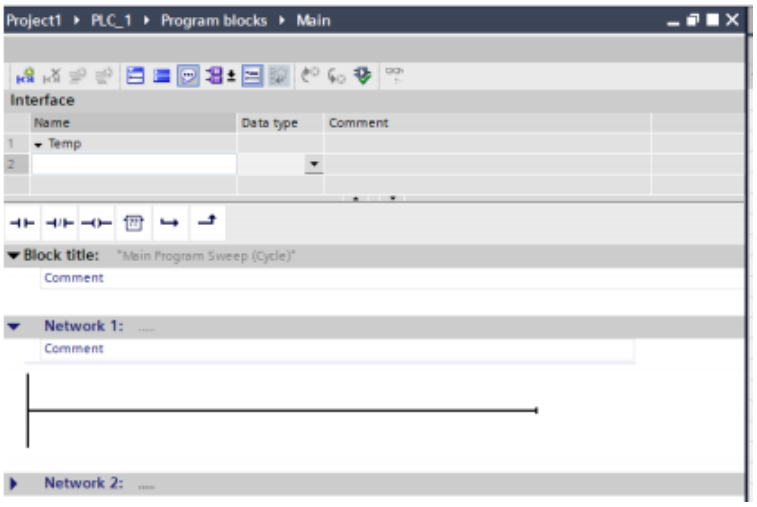


Figura 21 – Tela de programação
Fonte: Própria

A figura 21 mostra o local de programação em ladder utilizado no projeto. Ao final da programação, deve-se compilar e enviar os dados para o CLP clicando em ‘Online’ e ‘Download to device’. A partir desse momento, o sistema físico estará pronto para iniciar seu processo.

4.5. Diagramas de circuitos elétricos e pneumáticos

Os diagramas de circuitos elétricos representam interconexões de componentes elétricos enquanto os elementos são mostrados como símbolos padronizados com descrição do tipo, número de série e parâmetros básicos.

Os diagramas de circuito pneumático representam interconexões de componentes pneumáticos, enquanto os elementos são mostrados como símbolos padronizados novamente, com descrição do tipo, número de série e parâmetros básicos. Os diagramas podem ser encontrados no Apêndice 1 (FESTO, 2012).

5. RESULTADOS

5.1. Estação de manipulação

A estação de manipulação destina-se a lidar com um objeto ordenado inserido no suporte inicial da peça da estação de manuseio e passá-lo para a estação seguinte. O dispositivo de manuseio busca o objeto em seu recipiente com a ajuda de um gancho pneumático que só realiza essa ação após sensor acusar uma peça no receptáculo inicial.

O movimento do manuseio está no eixo X e Z que são executados por drives pneumáticos. A unidade que executa o movimento no eixo Z possui uma pinça pneumática em suas extremidades que segura o objeto e o carrega até a outra extremidade do eixo X onde pode ser colocado na esteira da estação seguinte. O desenho da estação pode ser visualizado na figura 22. De forma geral, a função da estação de manipulação é:

- Realizar a inicialização do programa ao detectar objeto no receptáculo;
- Remover o objeto do recipiente inicial;
- Depositar todas as peças, não importando a cor, na estação subsequente.

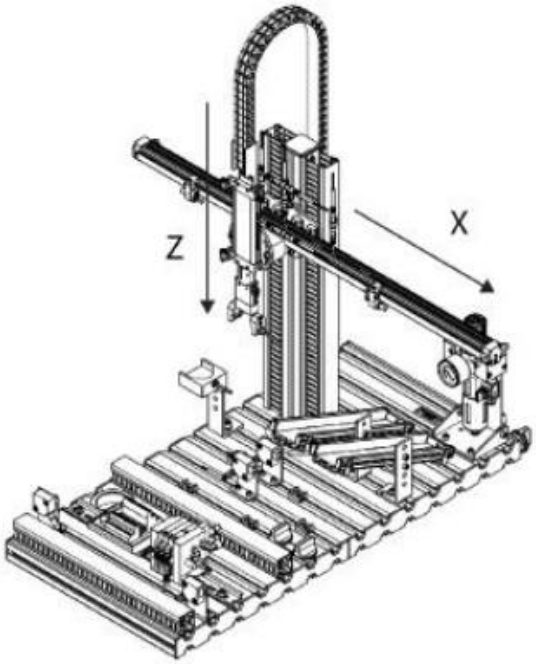


Figura 22 – Estação de manipulação
Fonte: Festo (2003)

A estação de manipulação deve estar na posição inicial antes do início da operação. Para ser classificada nesta função, o gancho deve estar fechado e retraído no eixo Z e ao mesmo tempo estar no topo, parte mais alta, do eixo X, na mesma direção vertical do recipiente de peças. Quando a estação de manipulação está na sua posição inicial, um sensor óptico detecta se há uma peça no suporte. Caso contrário, está liberada da ação. As peças são inseridas manualmente no módulo de recebimento dos objetos e são detectadas no recipiente por um sensor óptico difuso. Se o objeto estiver no suporte, a pinça pneumática se abre e o atuador do eixo Z se estende. Quando atinge o objeto, a pinça se fecha e o atuador se retrai. Após retraído, o atuador pneumático do eixo X desloca-se para sua posição final levando o atuador do eixo Z para a direção da posição inicial da correia transportadora. Em seguida, o atuador do eixo Z se estende e, após a extensão, a agulha se abre e o atuador retrai novamente. Quando é retraída, a pinça fecha e o atuador do eixo X desloca-se para a posição inicial, onde a estação pode lidar com outra ordem.

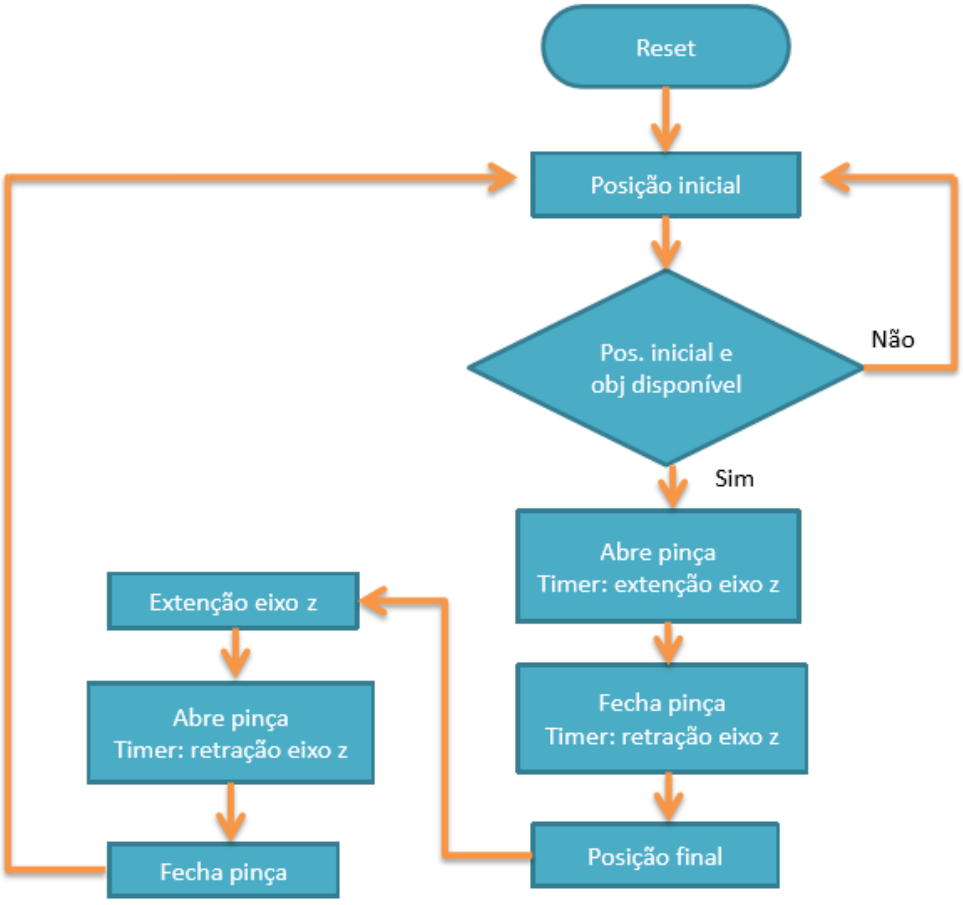


Figura 23 – Fluxograma da estação de manipulação
Fonte: Própria

Na Figura 23, é representado o fluxograma do funcionamento do programa que descreve como a peça de trabalho é passada do suporte inicial a esteira transportadora. Como uma parte da pré-programação, os fluxogramas são feitos para criar uma maneira mais fácil de realizar sequências e loops do programa. Consistem em transições e ações de forma simples, não usando sensores e atuadores específicos.

5.2. Estação de transporte

A estação de transporte realiza uma tarefa de transporte. Sua função é parar e segurar os cilindros manipulados do transportador e liberar um por um quando a próxima estação estiver pronta para funcionar. Mais do que somente transportar, a estação também funciona como um sistema FIFO (primeiro que entra, primeiro que sai) através do qual a ordem dos objetos não pode ser mudada (forma mais utilizada quando a estação é a última do sistema). Como no presente trabalho as estações foram criadas de forma individuais e sem comunicação umas com as outras, essa secção servirá somente de transporte, de acordo com a figura 24. Os sensores ópticos são montados no lado de entrada, no lado de saída do transportador e na posição de um gancho (atuador pneumático) destinado a parar os cilindros.

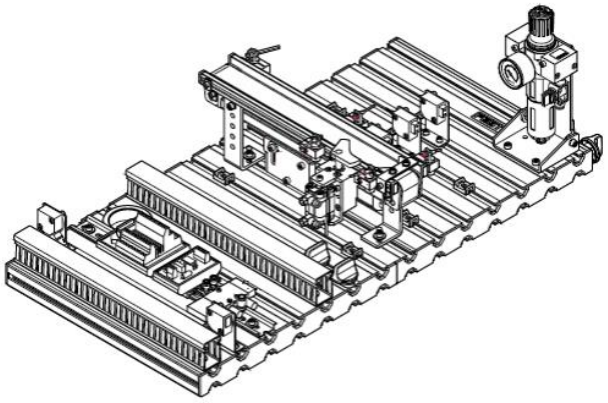


Figura 24 – Estação de transporte
Fonte: Festo (2003)

A posição inicial do sistema é garantida com o motor desligado e o gancho separador de objetos retraído. A estação de transporte ativa ao ser detectado pelo sensor a presença de algum objeto no lado de entrada do transportador. Logo após é ativado o sensor do gancho que segura o objeto por dois segundos e o libera. Sua função, neste caso, é manter os objetos com certo espaçamento. Quando o objeto é detectado no último sensor da correia transportadora e é passado para a próxima estação, o programa faz a leitura para saber se há

algum objeto no sistema sendo processado e se após cinco segundos não detectar nenhuma peça no sistema, a correia é desativada e o sistema volta a sua posição inicial, voltando a funcionar novamente somente quando aparecer uma nova peça no sensor inicial.

Na Figura 25 é apresentado o fluxograma da estação de transporte. Neste caso, de forma bem simples e prática já que ele apenas descreve um processo de liberação das peças de trabalho, servindo como uma estação de organização dos objetos e de ponte para o último processo.

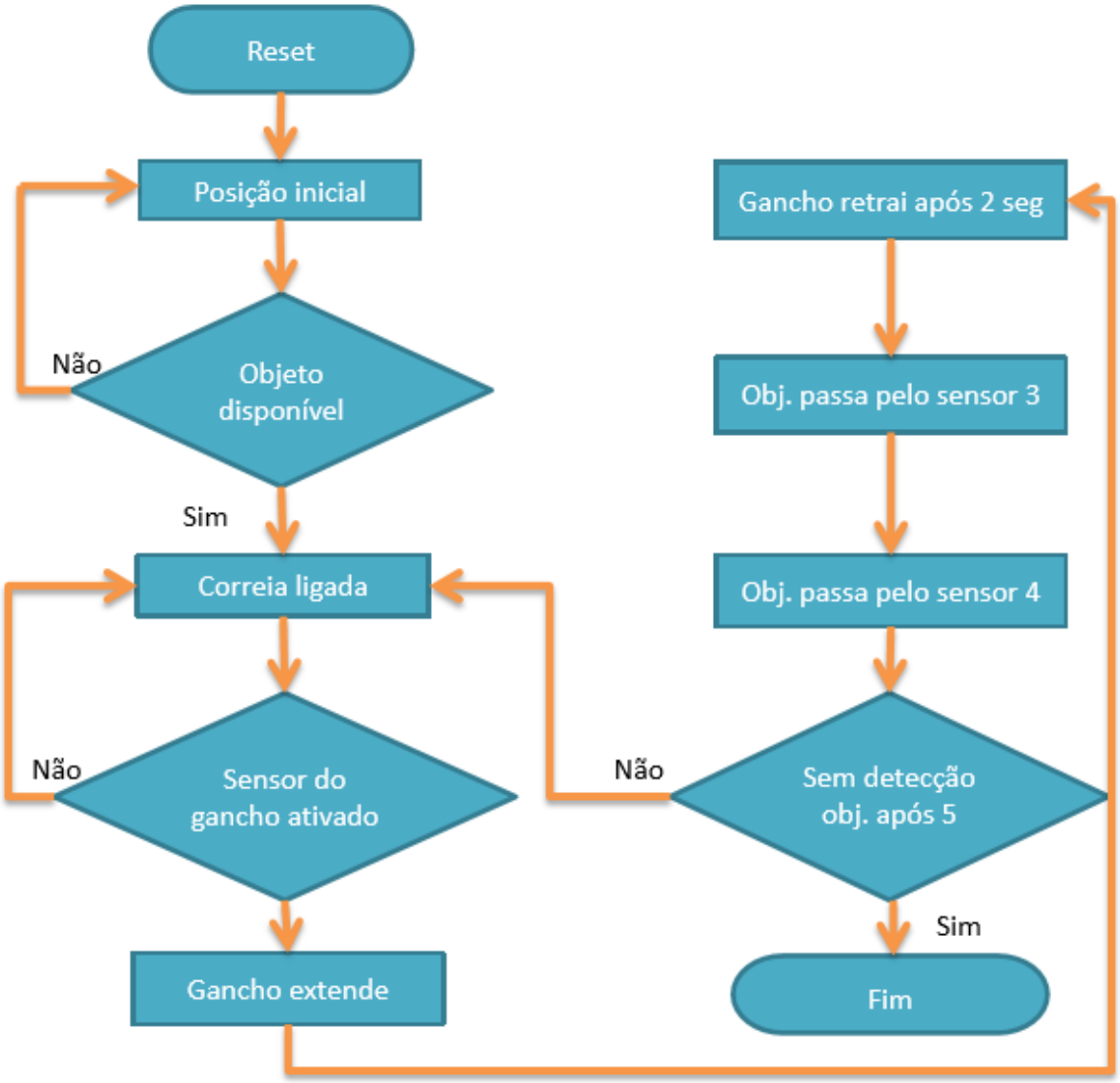


Figura 25 – Fluxograma da Estação
Fonte: Própria

5.3. Estação de classificação

A estação de classificação identifica um produto final pelas suas características (preto, vermelho e metálico) e o armazena. Esta é a parte final da linha de produção. A estação consiste em segmentos de um transportador que faz o escaneamento de cada tipo de produto, fazendo com que atuadores pneumáticos levem o objeto verificado para o estoque que se relaciona com suas características e o armazena de forma independente. Neste processo se encontra também uma rolha pneumática que detecta o objeto e interrompe o processo para verificação da peça, fazendo com que o cilindro pare momentaneamente durante a verificação.

Para fornecer um processo contínuo, há um sensor no lado de entrada do transportador, que detecta um produto quando ele chega ao início da correia transportadora, fazendo assim com que a esteira seja ativada, há também um sensor óptico e um indutivo para verificação da peça, os quais digitalizam os parâmetros do produto.

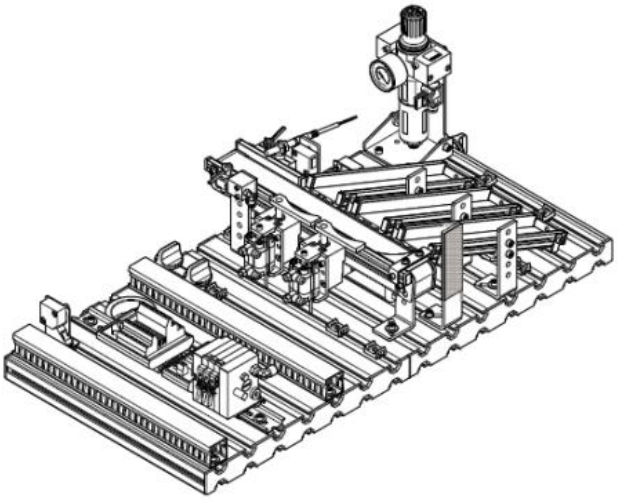


Figura 26 – Descrição do processo
Fonte: Festo (2003)

A estação de classificação é ativada quando o primeiro produto é detectado pelo sensor de entrada do transportador, e assim, a correia transportadora é ligada. Um atuador pneumático é ativado e é feito a verificação do produto de acordo com sua cor e material para definição final de qual será o destino do mesmo, ou seja, em qual via do escorregador ele será mandado. A bifurcação para o qual será levado é feita pela ativação de um atuador que move um braço semicircular e direciona o objeto para o local adequado.

O objeto preto é detectado ao passar no sensor óptico e este não receber nenhuma leitura já que não há radiação refletida pelo cilindro preto. O mesmo acontece no sensor indutivo pelo fato do objeto ser de plástico. Dessa forma, o CLP não recebe nenhum desses sinais e decide que o objeto é um produto de cor preta. A rolha se retrai e nenhum gancho se abre, permitindo que o produto atravesse até o terceiro e último estoque de armazenagem, determinado para os produtos de cor preta. Se o sensor óptico detecta um produto, mas não há sinal por sensor indutivo, o CLP indica o produto como vermelho, devido ao fato de ter luz refletida e ser de plástico. A rolha retrai e o primeiro gancho se abre por dois segundos para que o produto seja enviado para o primeiro estoque, destinado para produtos de cor vermelha.

Para um objeto metálico, o CLP declara o produto depois que o sensor óptico e o indutivo dão um sinal. Isso significa que o produto metálico é o que possui maior reflexão e é o único a ser identificado pelo sensor indutivo por ser metálico. A rolha retrai e o segundo gancho é ativado, levando o produto ao estoque destino para objetos metálicos.

A rolha fecha a 500 milissegundos depois que ela abre, logo após o produto segue seu fluxo e o produto é armazenado com sucesso no estoque. Quando o programa não detecta nenhum objeto em nenhum dos sensores por 8 segundos, o transportador para de correr.

Como parte de uma pré-programação, os fluxogramas são feitos para criar uma maneira mais fácil de realizar seqüências e loops do programa. Consistem em transições e ações e são simples, não usando sensores e atuadores específicos. A Figura 27 mostra como o programa funciona.

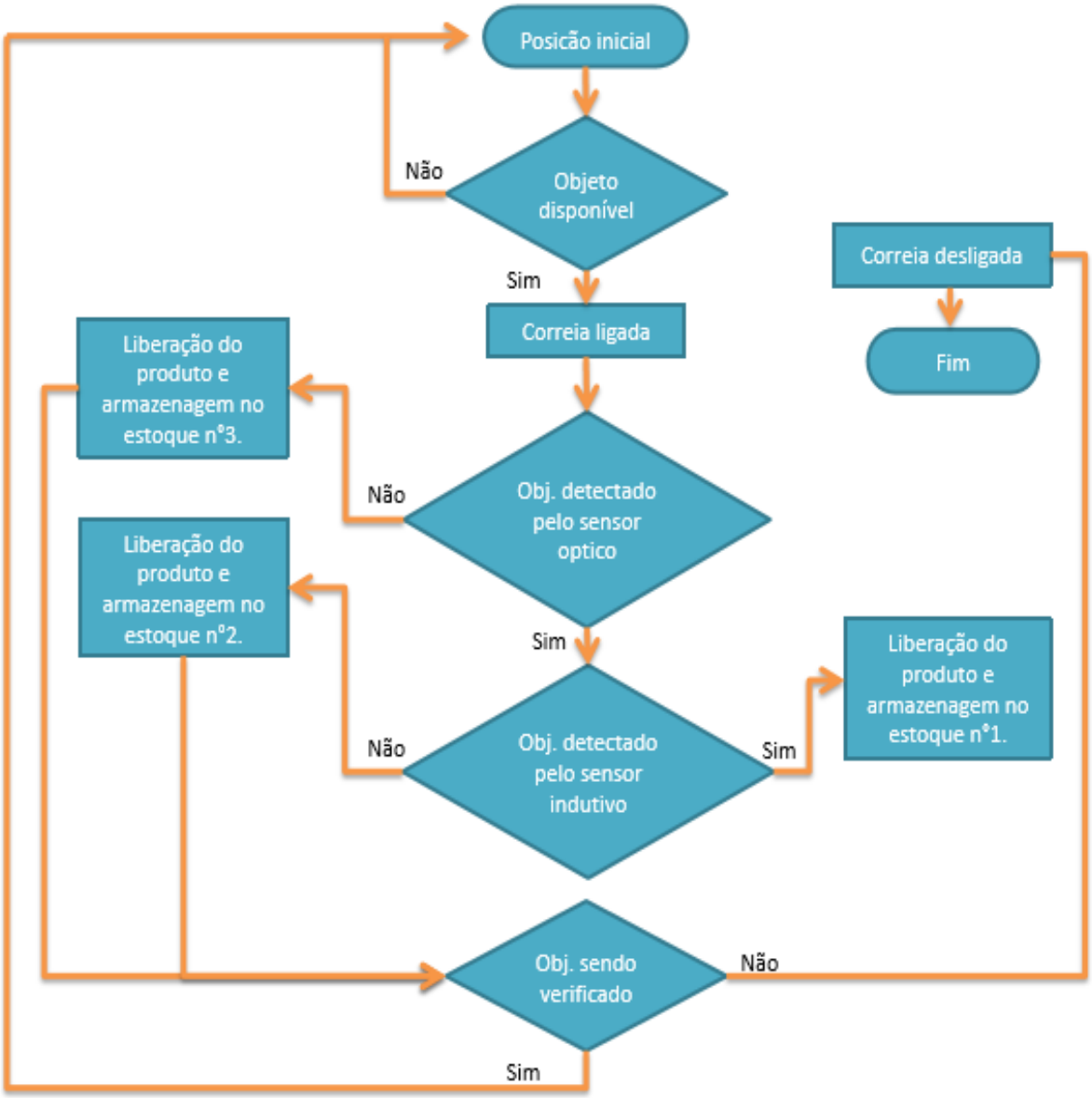


Figura 27 – Fluxograma Estação de classificação
Fonte: Própria

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Conforme apresentado no capítulo 4, o programa atingiu o objetivo esperado. As três estações seguiram um fluxo de linha de produção atendendo corretamente à programação desenvolvida.

Ao realizar este projeto, o objetivo da CEIT era a utilização da plataforma FESTO MPS-500 interligada e composta de todas as estações em funcionamento para desenvolvimento de pessoas e projetos utilizando o CLP Siemens S7-300 e S7-1200 devido a atual situação do mercado e sua parceria com a marca. Dessa forma, o propósito foi atingido com a alteração das unidades de controle FESTO para Siemens.

Destaca-se que este trabalho serviu de grande aprendizado na área de CLP em automação industrial. Outros fatores, como estar residindo em outro país, de diferente língua nativa, e ter atuado com pouco suporte para o desenvolvimento do projeto, foram alguns elementos que fizeram este projeto ser um desafio e trouxe maior motivição para seu desenvolvimento.

Para trabalhos futuros sugere-se a finalização do projeto e criação de interfaces HMI para que o usuário consiga interferir manualmente no sistema e acompanhar, de forma didática, todo ciclo do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHO, B. S. **Projeto de um sistema de automação de uma célula de manufatura utilizando CLP Siemens S7-1200.** 2011, 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 2011, Maringá. **Anais eletrônicos...** Paraná: Centro Universitário de Maringá, 2011. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2017.

CEIT GROUP. Disponível em: < http://www.ceitgroup.eu/index.php/en/ >. Acesso em: 25 jun. 2017.

COELHO, R. M. C. **Estudo, desenvolvimento de manuais de utilização e colocação em funcionamento da bancada SIMATIC da Siemens.** 2015, 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica), Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga.

CONTROLADORES modulares SIMATIC S7. Disponível em: < http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/Pages/Controladores-SIMATIC-S7.aspx >. Acesso em: 7 ago. 2017.

ENTREPORTES, L. S. S. **Automação Túnel de Vento**. 2016, 118f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FESTO. *Handling Station Manual*. Denkendorf: 2003, 90f.

FESTO. *Manual MPS500*. Denkenford: 2012. 52 p.

GONÇALVES, C. **Estudo entre fabricantes de controladores lógico programáveis para uso em aplicações industriais.** 2009, 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Automação Industrial) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2009.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISSION. IEC 61131-3 – Programming Languages. 2003.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. Engenharia de Automação Industrial. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

NAKAGAWA, H. R. T. **Controle de vazão de líquido utilizando software de programação de CLP.** 2009, 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

PINTO, C. M. B. **Desenvolvimento de um Indexer para comando XY de dois motores passo-a-passo.** 2011, 141f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, opção de Automação), Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

SIEMENS. Disponível em: < http://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/sobre-a-siemens/Pages/home.aspx >. Acesso em: 7 ago. 2017a.

SIEMENS. *SIMATIC HMI Panels.* Nürnberg, Alemanha, 2015, 17f.

SIEMENS. *Controlador Simatic: SIMATIC S7 – 1200.* Pirituba, SP, 2012c, 12f.

SIEMENS History. Disponível em: < https://www.siemens.com/history/en/ >. Acesso em: 7 ago. 2017b.

SIEMENS Support. Disponível em: < https://www.support.industry.siemens.com/cs/pd/131271?pdti=pi&dl=en&lc=pt-BR>. Acesso em: 7 ago. 2017c.

SIEMENS. *System Manual S7-1200 Programmable Controller*. Nürnberg, Alemanha, 2012d, 864f.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. Automação e Controle Discreto. 8 ed. São Paulo: Editora Érica, 2002.

SIMATIC S7-1200. Disponível em: < http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/SIMATIC-S7-1200/Pages/SIMATIC-S7-1200.aspx >. Acesso em: 8 ago. 2017.

THE INTELIGENT choice for your automation tasks – SIMATIC controllers. Disponível em: < https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc.html >. Acesso em: 8 ago. 2017.

THE STATIONS in the Modular Production System at a glance. Disponível em: <

http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/stations/the-stations-in-the-modular-production-system-at-a-glance.htm >. Acesso em: 8 ago. 2017.

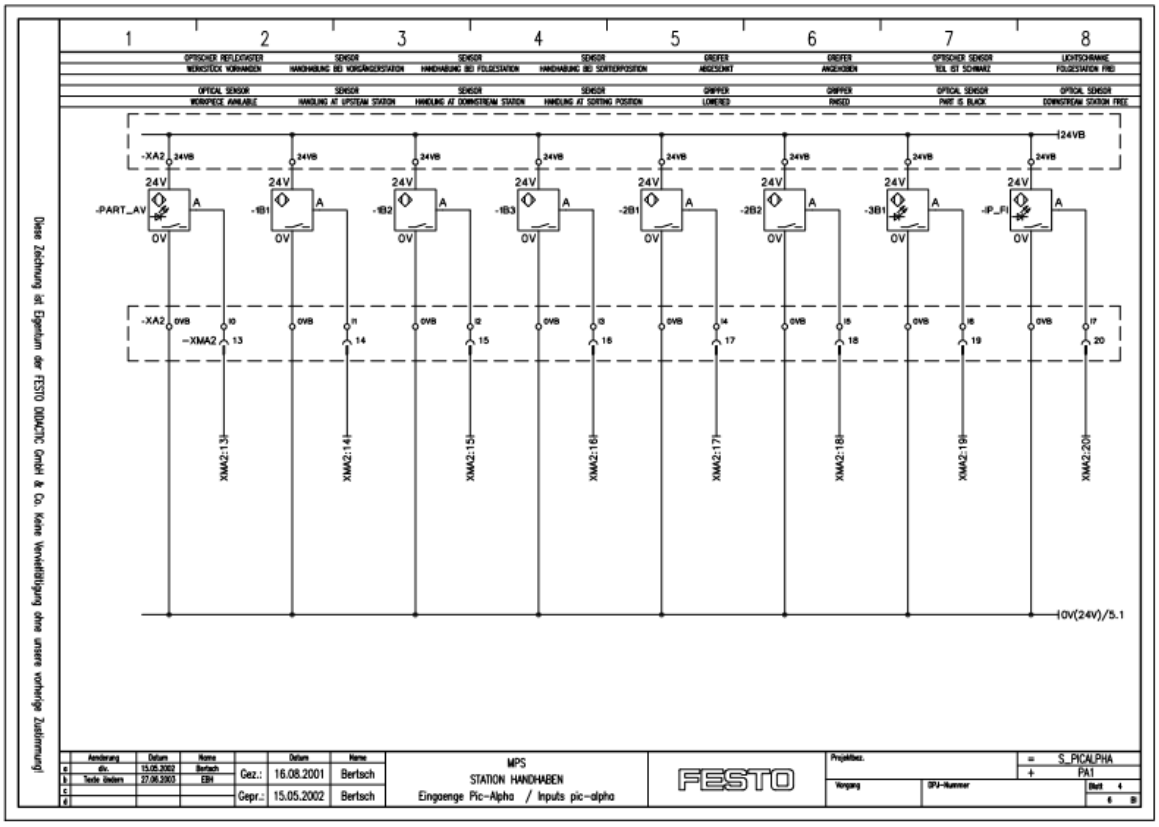
TOTALLY Integrated Automation Portal. Disponível em: < https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html >. Acesso em: 8 ago. 2017.

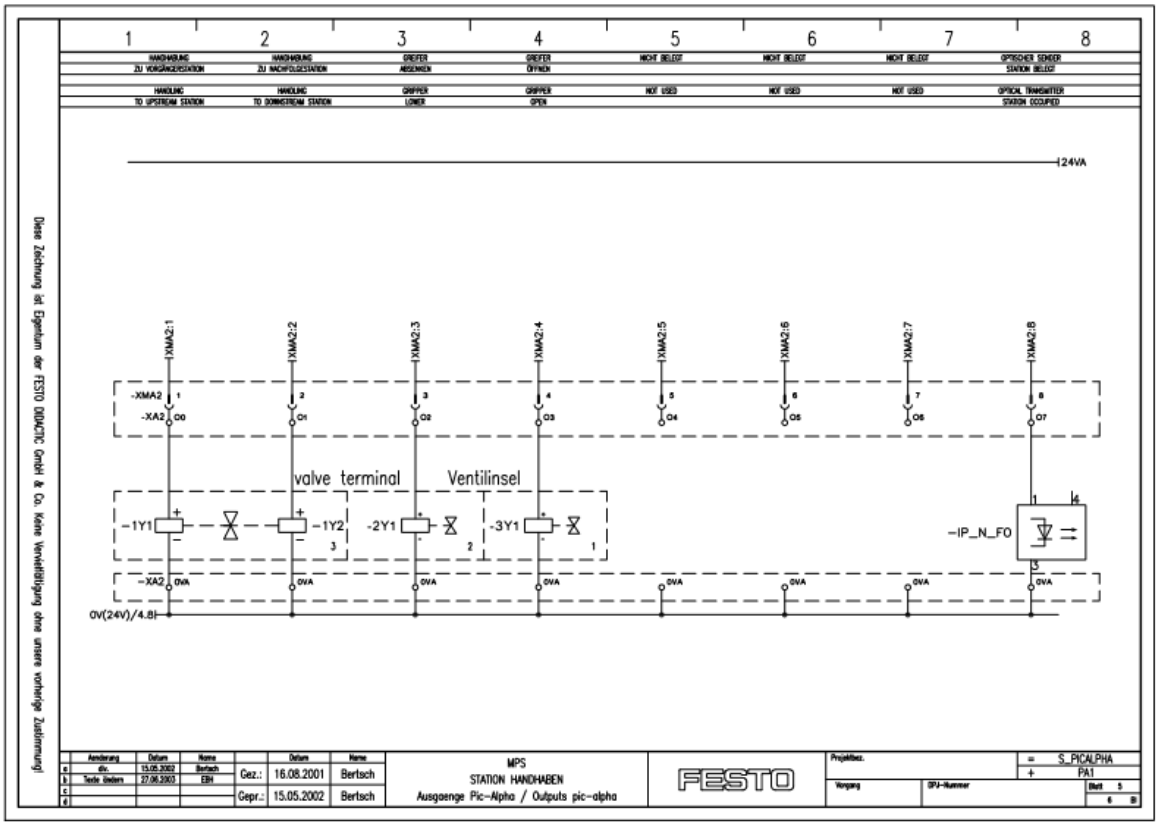
VILELA, P.S.C; VIDAL, F.J.T. **Automação Industrial**. 2003. Disponível em: < https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_19.pdf >. Acesso em 8 ago. 2017.

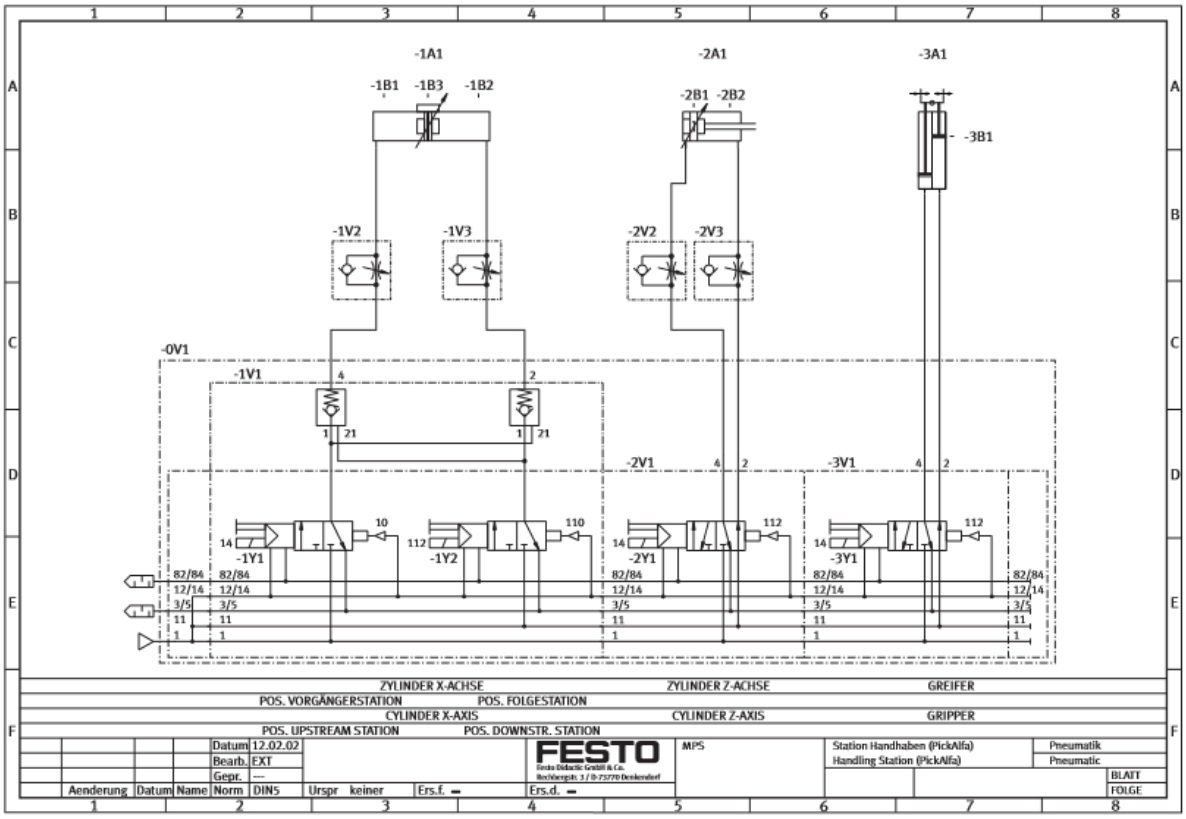
VISÃO geral do sistema. Disponível em: < http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/SIMATIC-S7-1200/Visao-geral-do-sistema/Pages/Vis%C3%A3o-geral-do-sistema.aspx >. Acesso em: 8 ago. 2017.

APÊNDICE 1: CIRCUITO ELÉTRICO E PNEUMÁTICO

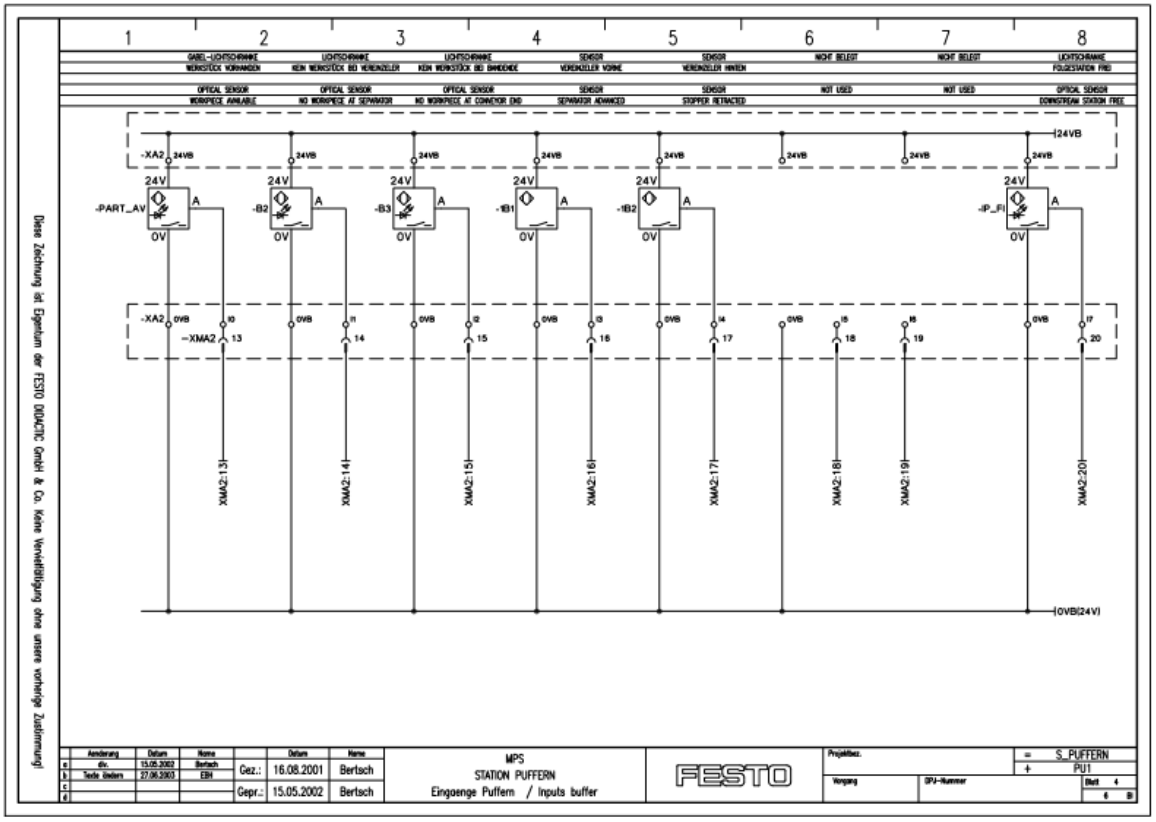
ESTAÇÃO DE MANIPULAÇÃO

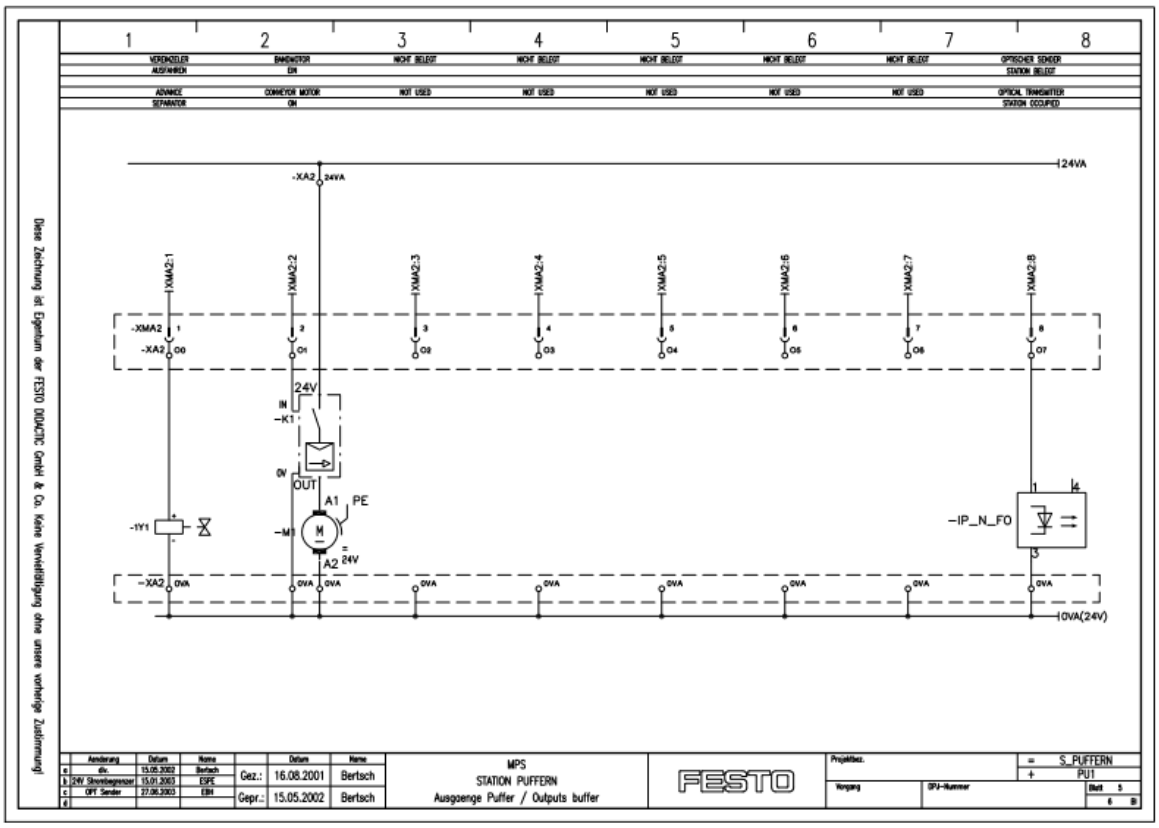


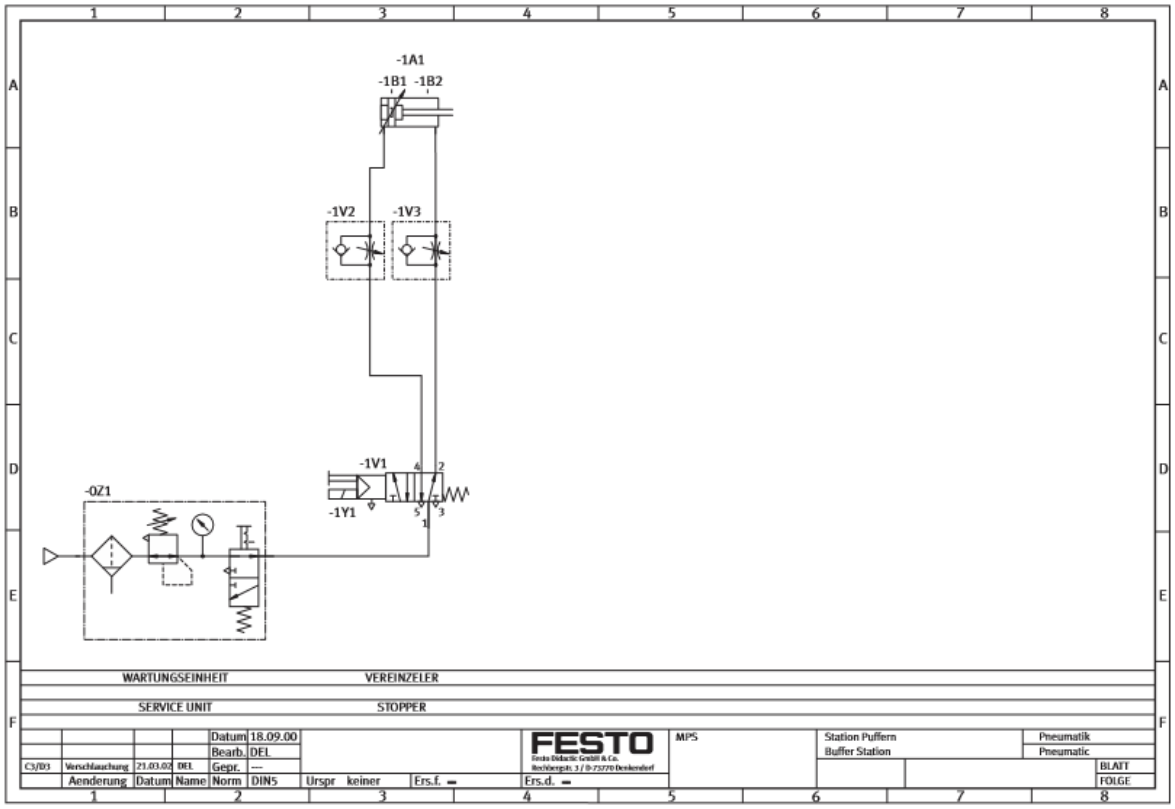




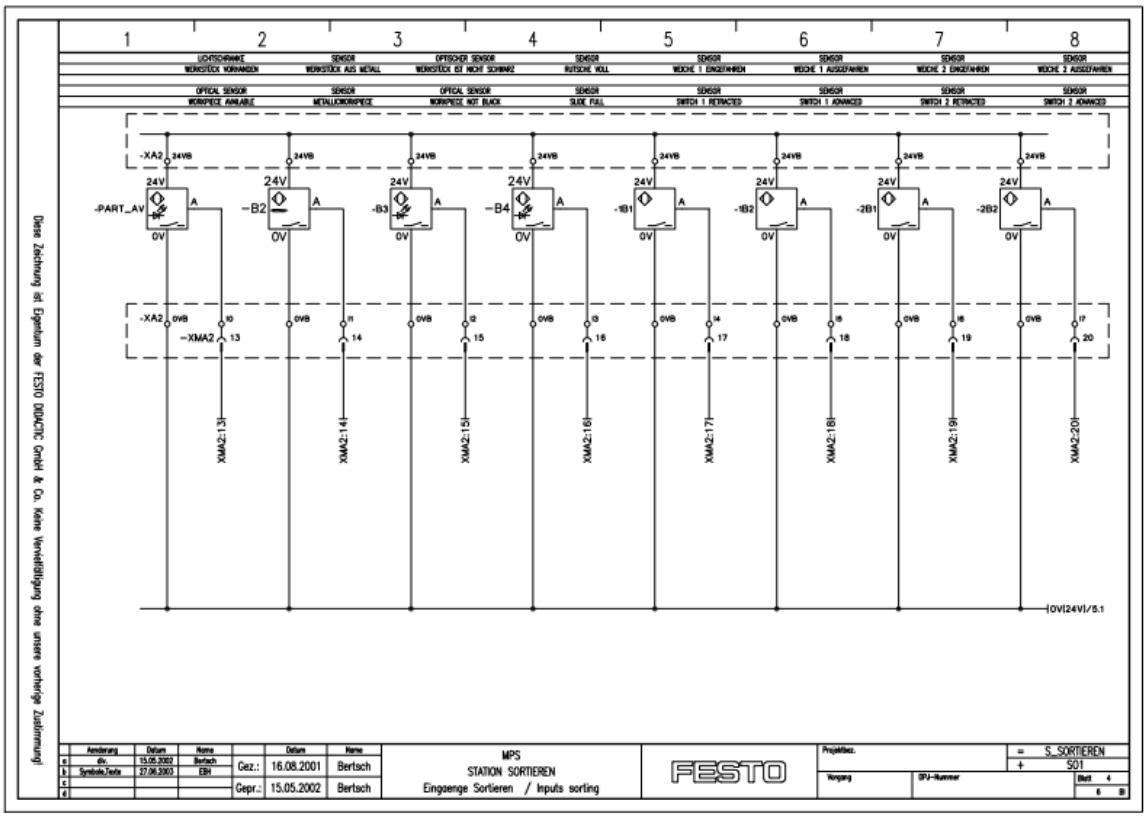
ESTAÇÃO DE TRANSPORTE

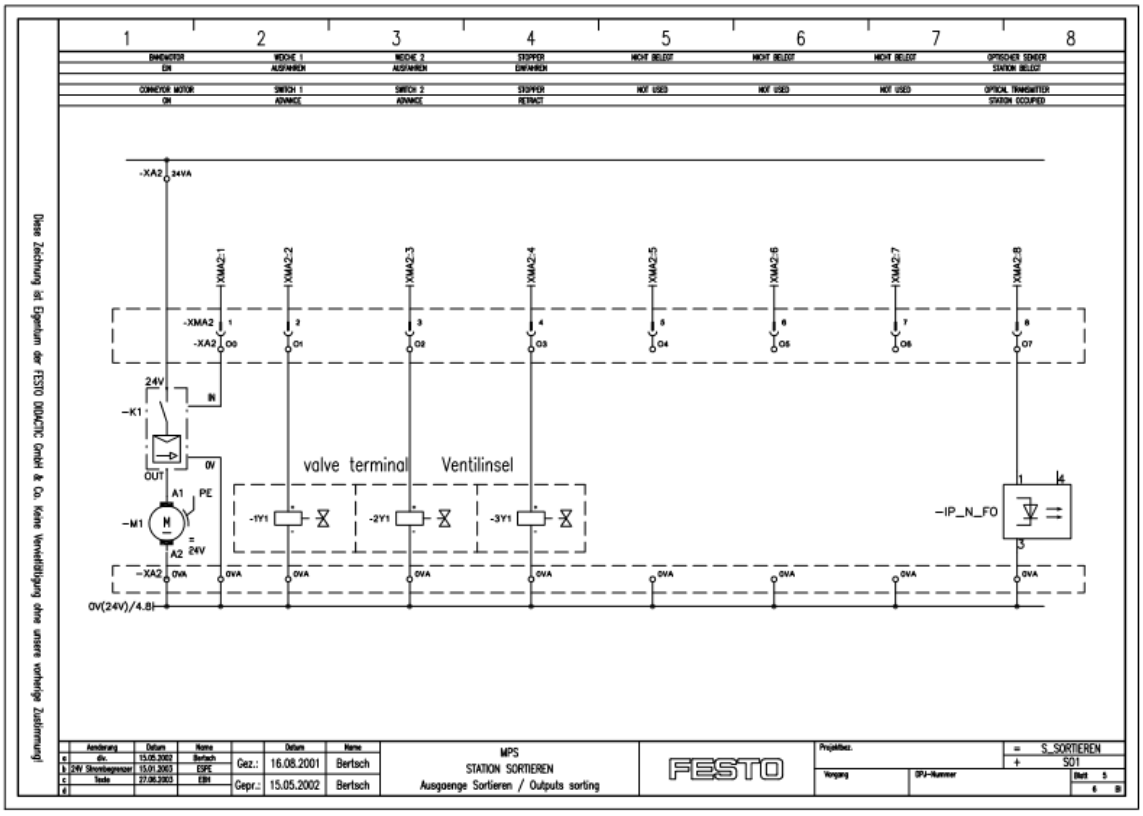



VEREINZELER
AUSFAHREN
BANDMOTOR
EIN
NICHT BELEGT
OPTISCHER SENDER
STATION BELEGT
ADVANCE
SEPARATOR
CONVEYOR MOTOR
ON
NOT USED
OPTICAL TRANSMITTER
STATION OCCUPIED
24VA
-XA2
XMA2:1
XMA2:2
XMA2:3
XMA2:4
XMA2:5
XMA2:6
XMA2:7
XMA2:8
-XMA2
24V
-K1
IN
OUT
0V
A1
PE
A2
-1Y1
-M1
-IP_N_FO
0VA
0VA(24V)
Diese Zeichnung ist Eigentum der FESTO DIDACTIC GmbH & Co. Keine Vervielfältigung ohne unsere vorherige Zustimmung!
Änderung
Datum
Name
Gez.:
16.08.2001
Bertsch
Gepr.:
15.05.2002
Bertsch
MPS
STATION PUFFERN
Ausgaenge Puffer / Outputs buffer
FESTO
S_PUFFERN
PU1


-1A1
-1B1
-1B2
-1V2
-1V3
-1V1
-1Y1
-0Z1
WARTUNGSEINHEIT
VEREINZELER
SERVICE UNIT
STOPPER
Datum
18.09.00
Bearb.
DEL
Gepr.
FESTO
MPS
Station Puffern
Buffer Station
Pneumatik
Pneumatic
Aenderung
Norm
DIN5
Urspr
keiner
Ers.f.
Ers.d.
BLATT
FOLGE

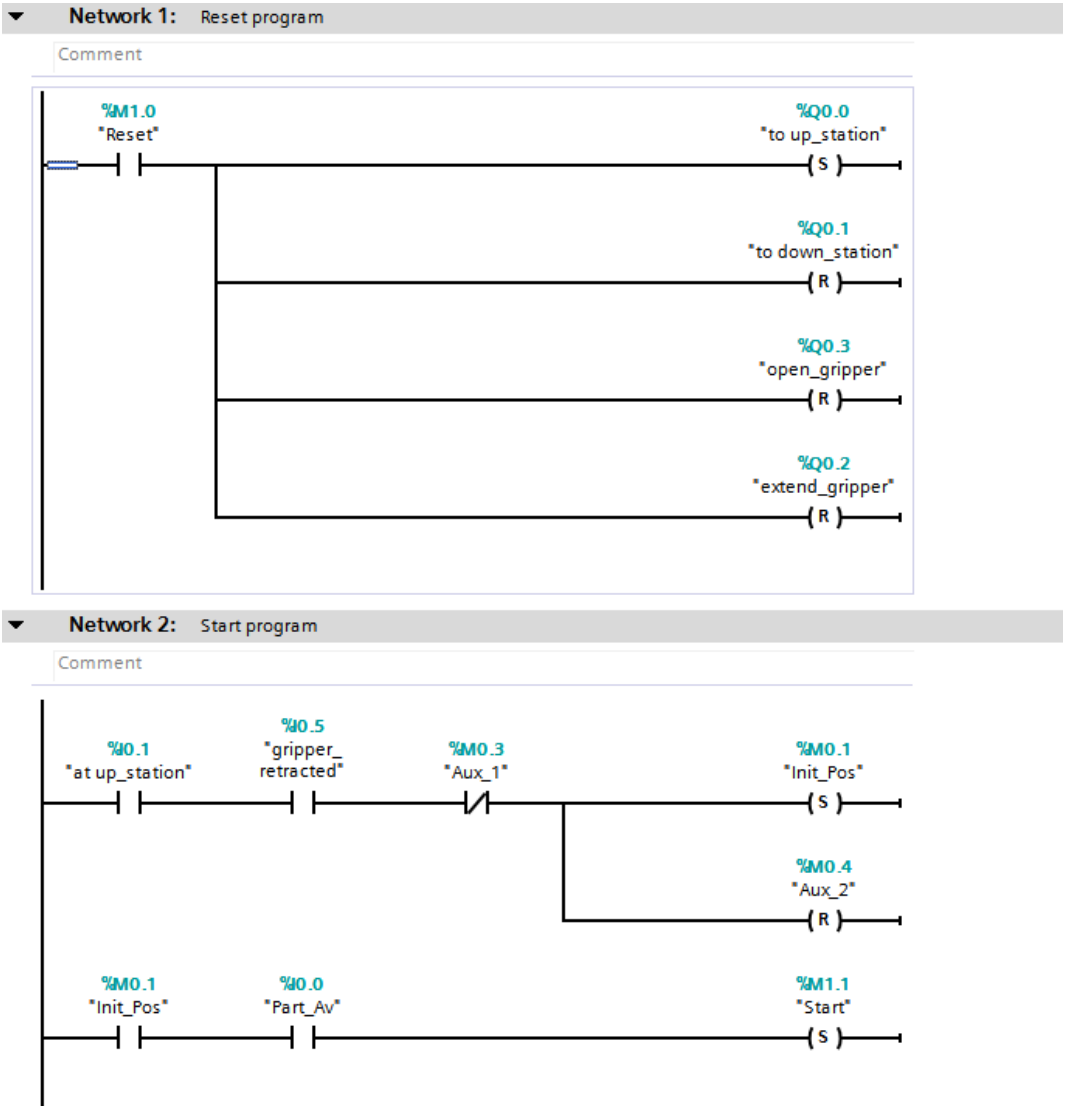
ESTAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO





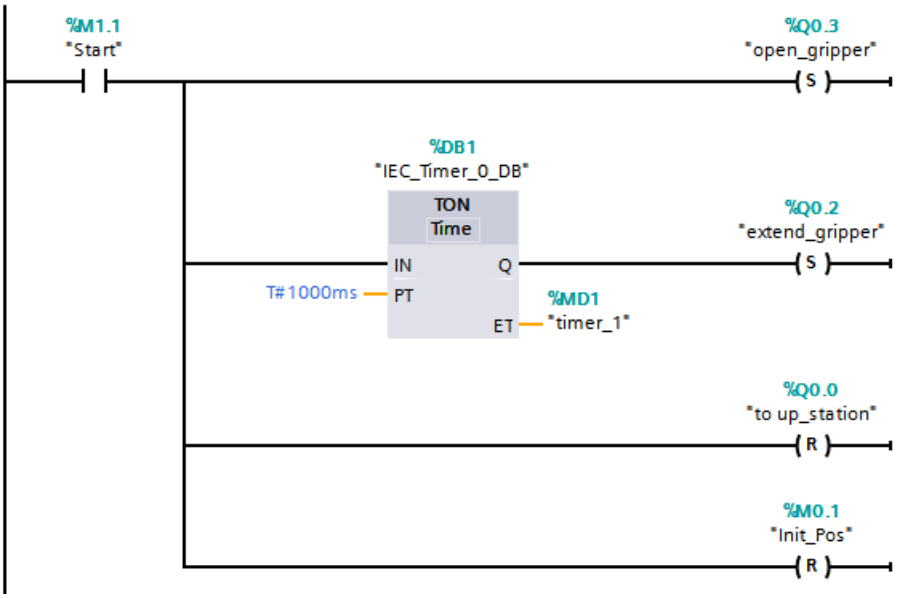
APÊNDICE 2 – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO FEITO NO SOFTWARE TIA PORTAL PARA OS PROGRAMAS MPS

HANDLING STATION:



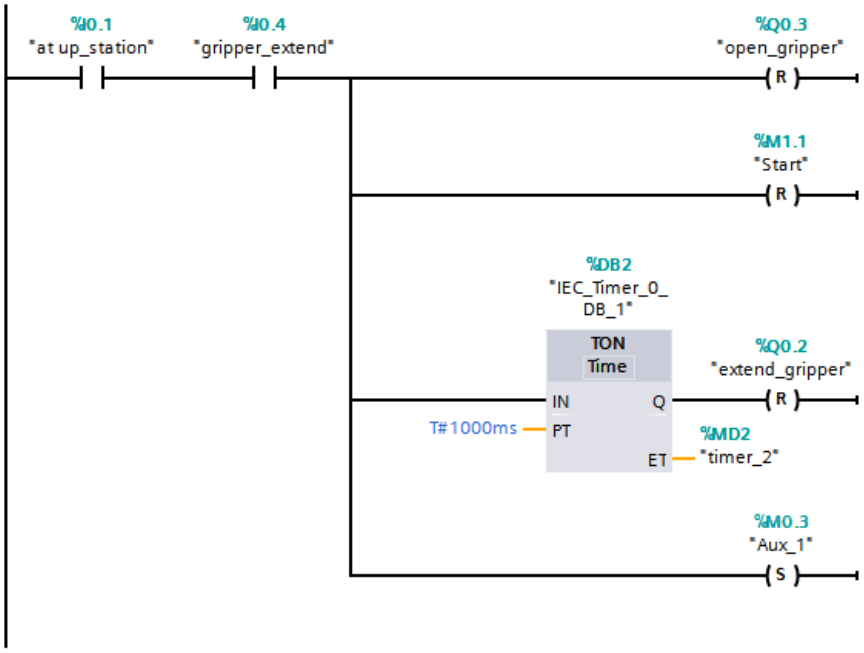
Network 3: Gripper object

Comment



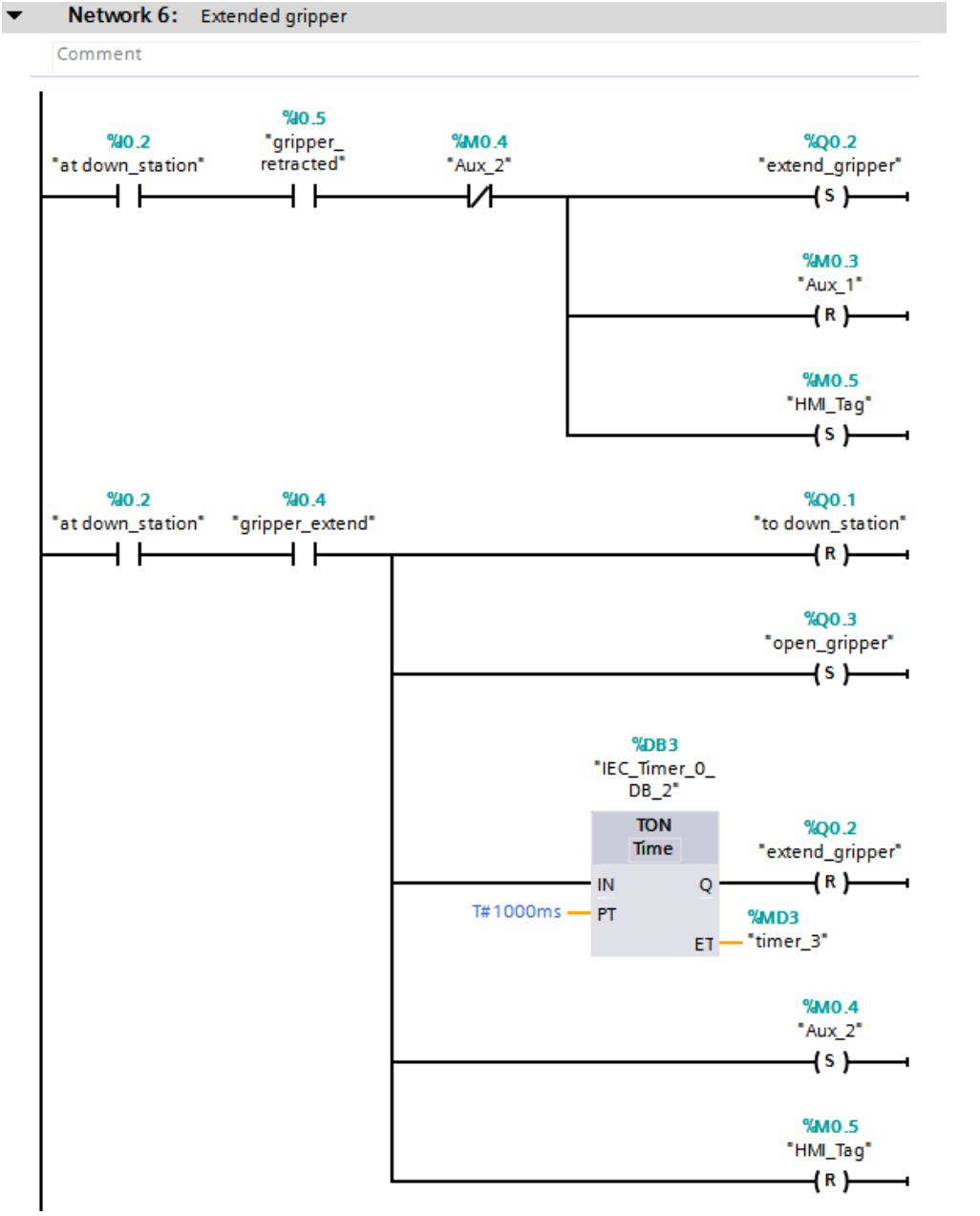
Network 4: .....

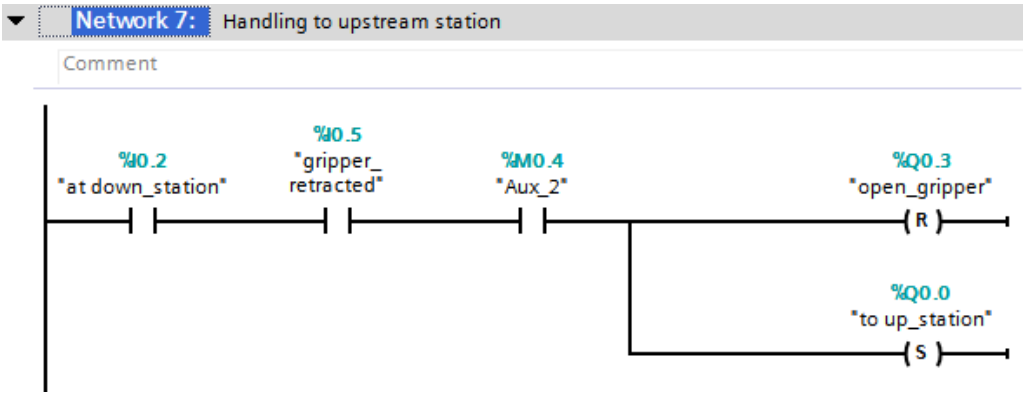
Comment



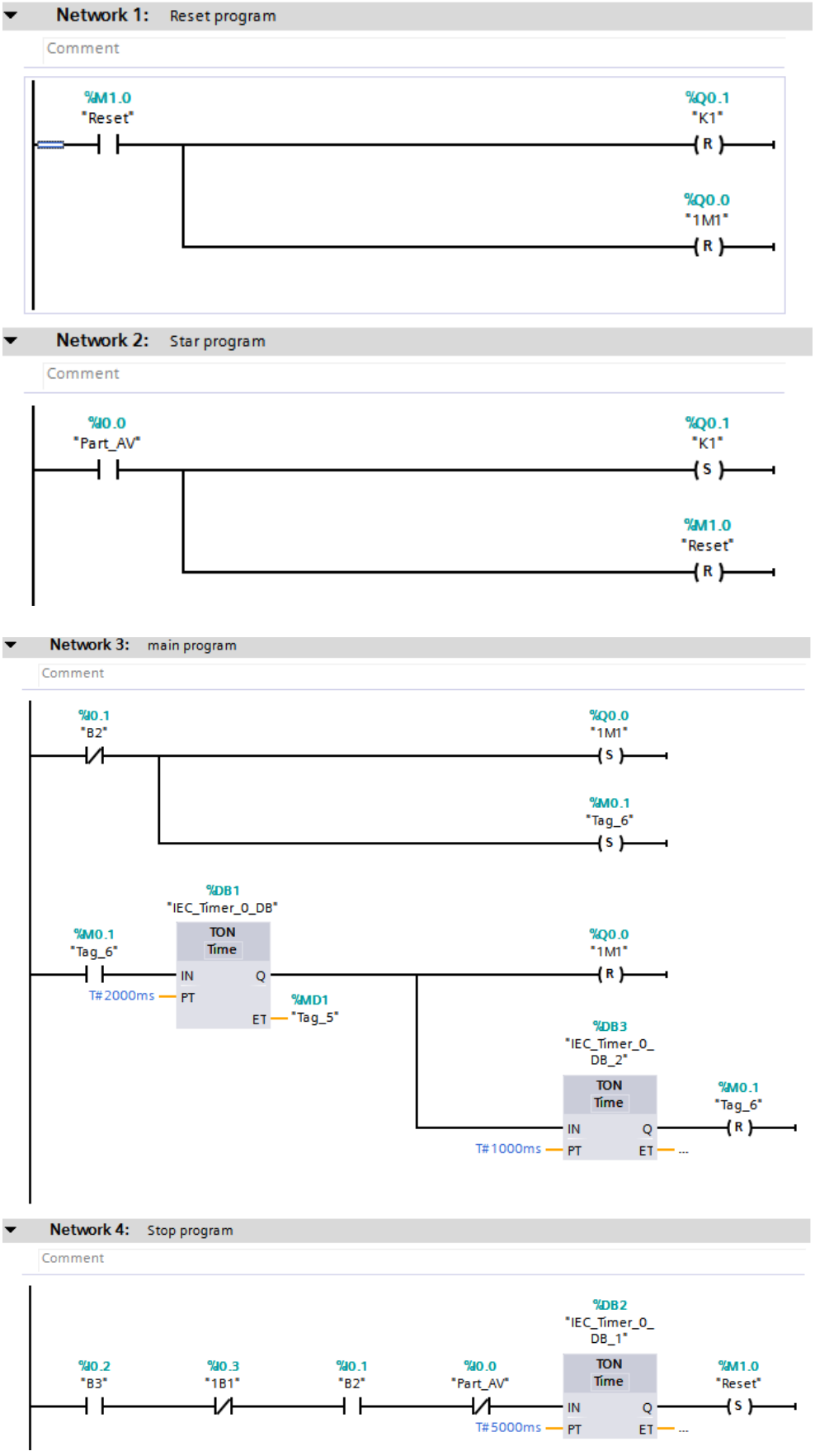
Network 5: Handling to downstream station

Comment

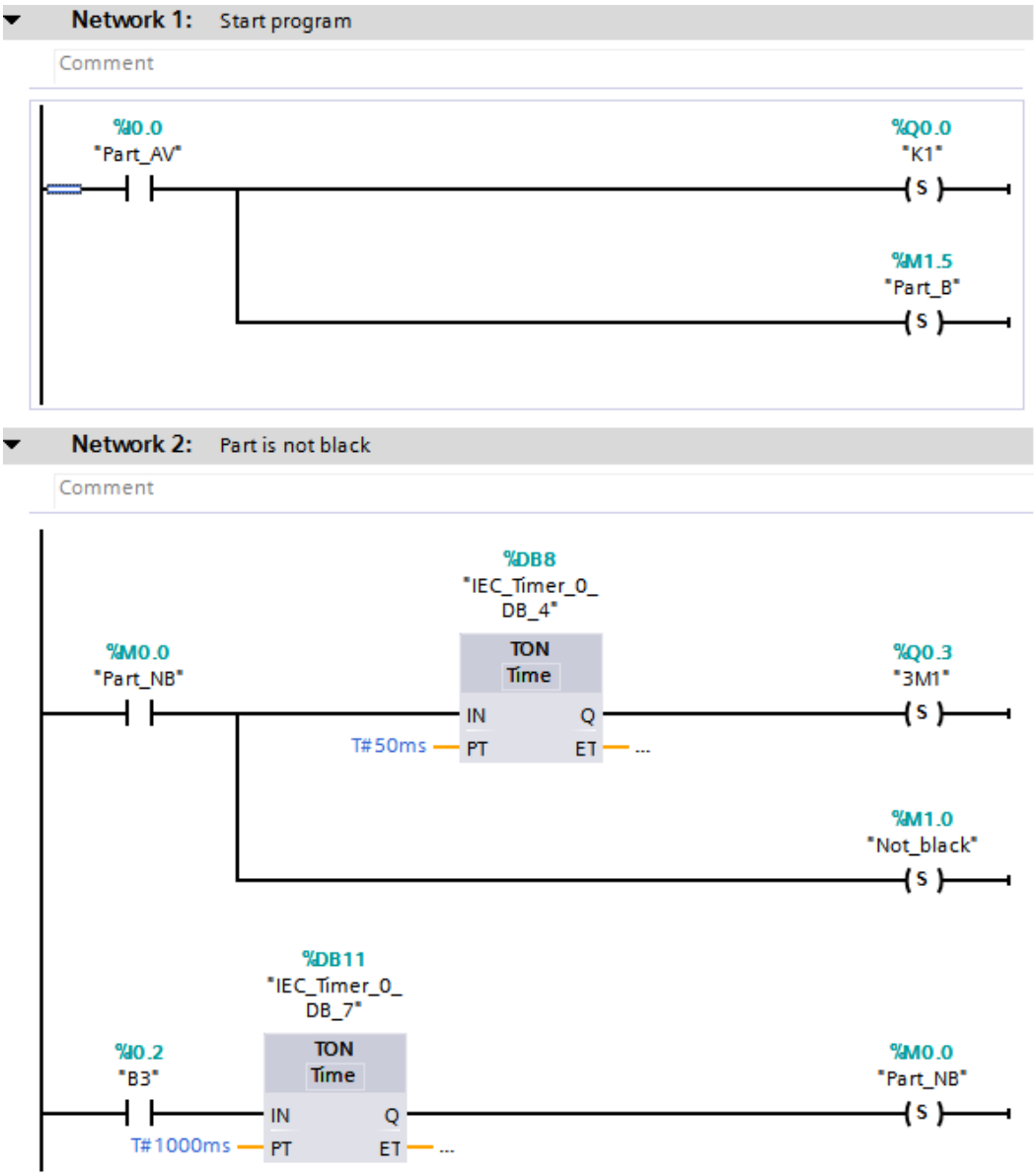

Network 6: Extended gripper
Comment
%I0.2
"at down_station"
%I0.5
"gripper_
retracted"
%M0.4
"Aux_2"
%Q0.2
"extend_gripper"
S
%M0.3
"Aux_1"
R
%M0.5
"HMI_Tag"
S
%I0.2
"at down_station"
%I0.4
"gripper_extend"
%Q0.1
"to down_station"
R
%Q0.3
"open_gripper"
S
%DB3
"IEC_Timer_0_
DB_2"
TON
Time
IN
Q
T#1000ms
PT
ET
%MD3
"timer_3"
%Q0.2
"extend_gripper"
R
%M0.4
"Aux_2"
S
%M0.5
"HMI_Tag"
R

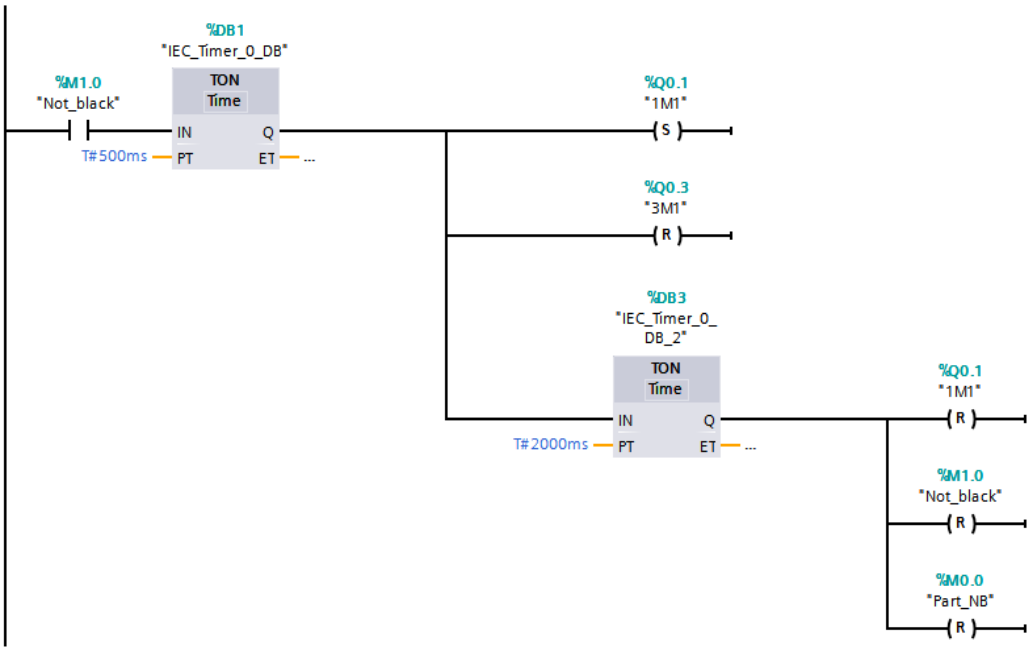

Network 7: Handling to upstream station
Comment
%I0.2
"at down_station"
%I0.5
"gripper_
retracted"
%M0.4
"Aux_2"
%Q0.3
"open_gripper"
R
%Q0.0
"to up_station"
S

BUFFER STATION



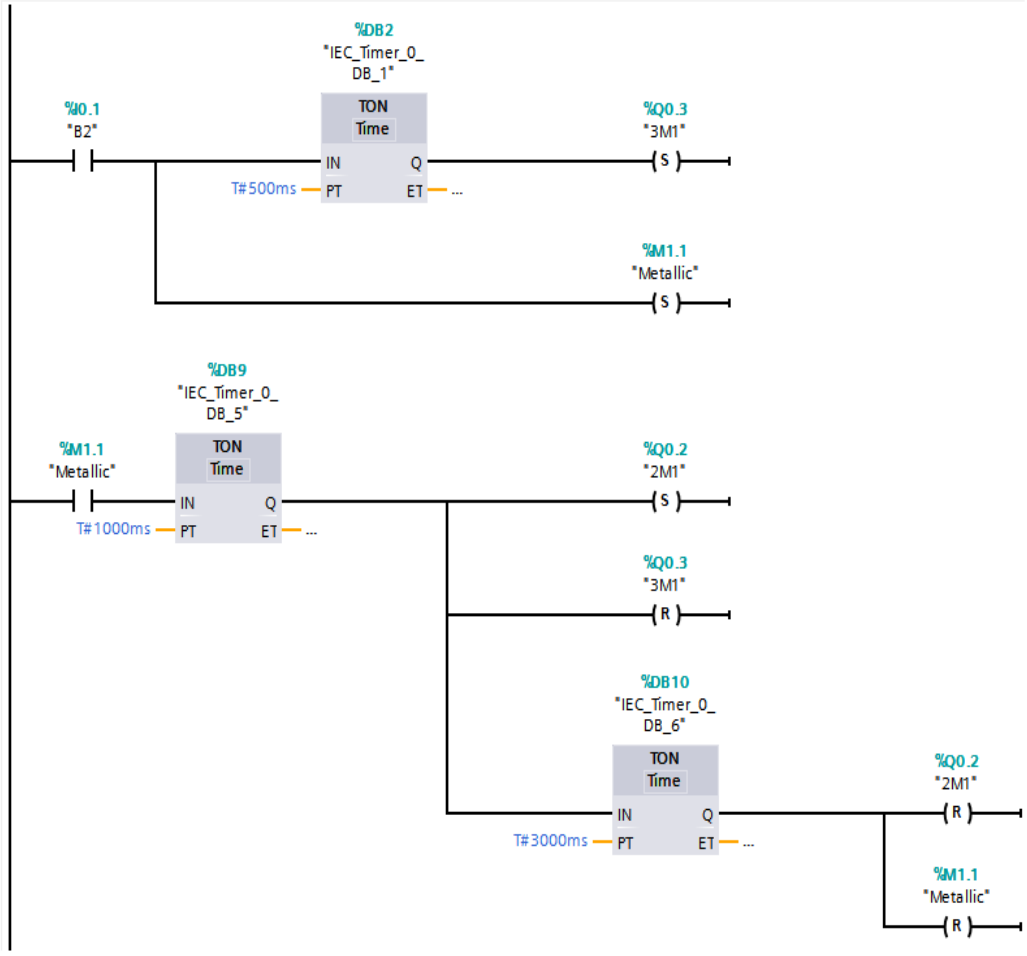
SORTING STATION

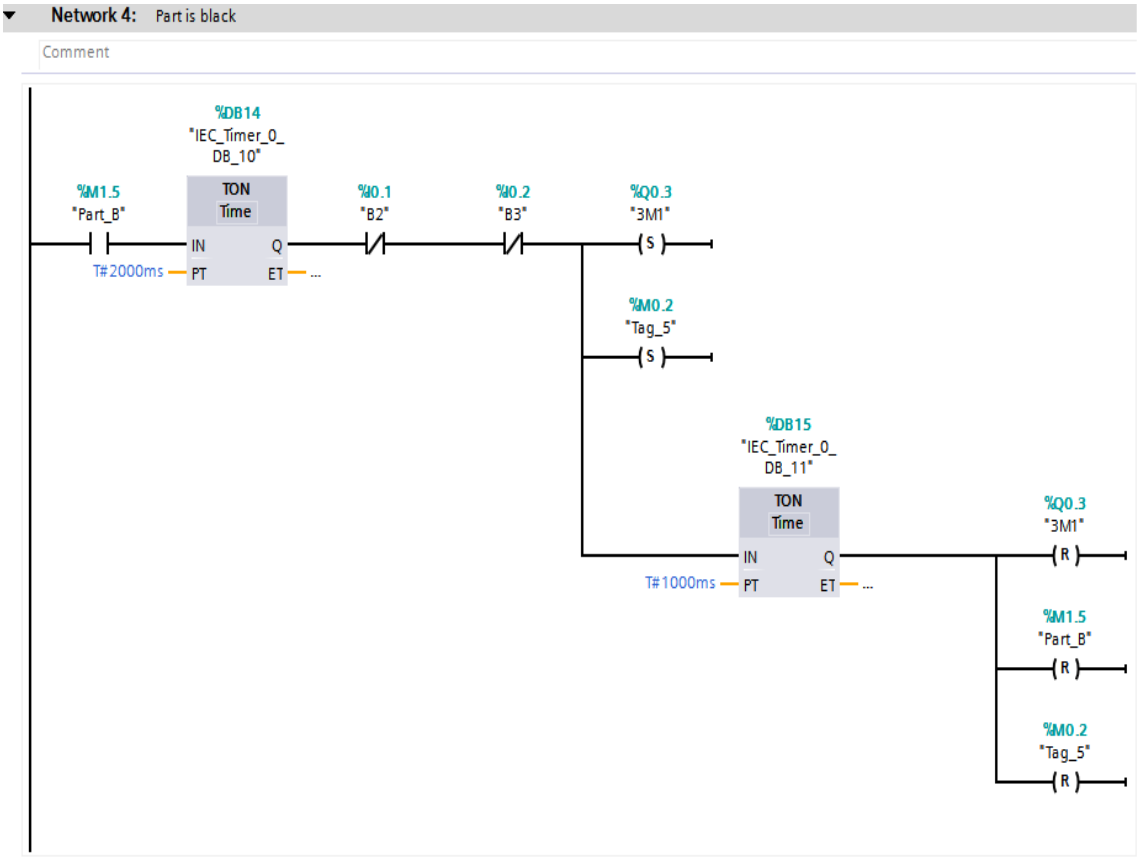


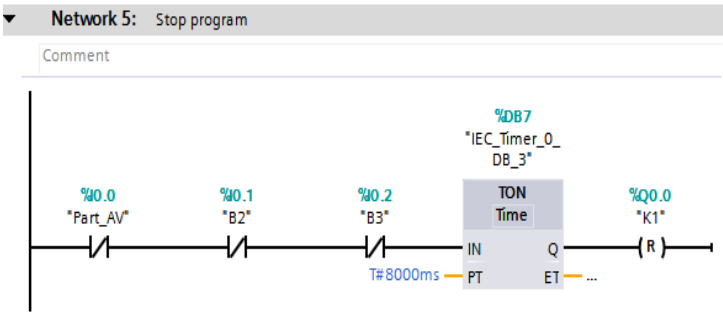


Network 3: Part is metallic

Comment




Network 4: Part is black
Comment
%DB14
"IEC_Timer_0_
DB_10"
TON
Time
%M1.5
"Part_B"
IN
Q
T#2000ms
PT
ET
%I0.1
"B2"
%I0.2
"B3"
%Q0.3
"3M1"
S
%M0.2
"Tag_5"
S
%DB15
"IEC_Timer_0_
DB_11"
TON
Time
IN
Q
T#1000ms
PT
ET
%Q0.3
"3M1"
R
%M1.5
"Part_B"
R
%M0.2
"Tag_5"
R


Network 5: Stop program
Comment
%DB7
"IEC_Timer_0_
DB_3"
%I0.0
"Part_AV"
%I0.1
"B2"
%I0.2
"B3"
TON
Time
IN
Q
T#8000ms
PT
ET
%Q0.0
"K1"
R