



FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

INTEGRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS OBSOLETOS AO NOVO MODELO DE INFORMAÇÃO DA AUTOMAÇÃO: comunicação de um sistema SCADA com um CLP Bosch CL151

INTEGRATION OF OBSOLETE EQUIPMENTS TO THE NEW AUTOMATION INFORMATION MODEL: communication between a SCADA system with a PLC Bosch CL151

Carlos Marques de Oliveira^{1, i}
 Daniel Otávio Tambasco Bruno^{2, ii}
 Vicente Gomes de Oliveira Júnior^{3, iii}
 Kevy Pontes Eliodorio^{4, iv}

RESUMO

Muitos equipamentos ainda em uso não são capazes de conectarem-se diretamente a um MES por exemplo. Uma sugestão de solução do problema é apresentada estabelecendo a comunicação entre um CLP obsoleto e um sistema SCADA com o objetivo final de acessar dados do CLP a partir de um dispositivo móvel via rede WiFi. O CLP escolhido foi o Bosch CL151 conectado via interface serial a um *notebook* DELL executando um sistema SCADA, o InduSoft Web Studio Educational versão 8.1, e acessado a partir de um *smartphone*. Com este método, foi possível coletar dados numéricos do CLP além de interagir com ele sendo, possível assim, superar a barreira de comunicação de equipamentos antigos com sistemas de informação modernos.

ABSTRACT

Many devices still in use are not able to connect directly to a MES. A suggested solution to solve this problem is presented by establishing communication between an obsolete PLC and a SCADA system with the goal of accessing PLC data from a mobile device via WiFi network. The PLC chosen was the Bosch CL151 connected via serial interface to a DELL notebook running a InduSoft Web Studio Educational version 8.1 SCADA system and accessed from a smartphone. With this method it was possible to collect numerical data from PLC as well as to interact with them, being possible, to overcome the communication barrier of old equipment with modern information systems.

Data de submissão: (16/05/2019)

Data de aprovação: (18/06/2019)

¹ Especialista em Indústria 4.0. Graduado em Matemática e Especialista em Manutenção Eletroeletrônica da Robert Bosch Limitada, Brasil e-mail: carlos.oliveira.co48@gmail.com

² Mestre em Engenharia da Informação. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, Brasil. E-mail: daniel.bruno@sp.senai.br

³ Mestre em Engenharia Mecânica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, Brasil. E-mail: vgomes@sp.senai.br

⁴ Mestre em Engenharia Química. E-mail: kevyPontes@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Surgidos na década de 1960, os microprocessadores permitiram a construção de computadores especiais dedicados à simulação de circuitos elétricos, os Controladores Lógicos Programáveis (CLP) (MEIRELLES, 1994).

Destinados inicialmente à simulação da lógica incorporada nos circuitos construídos com fios e relês, os CLP mostraram-se bastante versáteis quando da necessidade de modificação, detecção de defeitos e monitoração dos equipamentos, bem como, possibilitaram a redução substancial dos painéis elétricos (MACHADO, 1986).

Inicialmente programados em linguagem de máquina com equipamentos específicos para este fim, conhecidos como maletas de programação, os CLP evoluíram e ganharam interfaces de comunicação com computadores pessoais e as chamadas Interface Homem-Máquina (IHM), meios pelos quais é possível fazer análise de programas, verificar estados e condições de máquinas, além de fazer sua parametrização para uma determinada produção.

Até a década de 1990, predominava nos CLP (CLP de quarta geração (ZANCAN, 2011)), alguns padrões de interfaces como a RS232 e a RS485 para monitoração e programação com a ajuda de um *Personal Computer* (PC), hoje praticamente em desuso, sendo substituídas por interfaces mais eficientes como a ProfiNet, por exemplo, que é baseada no padrão Ethernet (KAMEL; KAMEL, 2014).

Contudo, de acordo com Schlechtendahl et al. (2014), máquinas podem permanecer operacionais por 25 anos ou mais e, muitas delas, ainda são comandadas por CLP e IHM hoje considerados obsoletos e, não raro, fora de linha.

Porém estas máquinas continuam produzindo e atendendo à demanda da empresa, o que não justifica a sua substituição ou reforma. Desta maneira, existe aí um problema com o surgimento da Indústria 4.0.

A evolução da capacidade computacional trouxe a necessidade de obtenção e processamento de uma quantidade cada vez maior de informação. Para a indústria, estas informações devem ser retiradas e, depois de processadas, seus resultados enviados diretamente às máquinas para um controle mais preciso da produção.

Neste âmbito, surgiu na Alemanha por volta de 2011, o conceito de Indústria 4.0. Nele, a transferência de informação entre as máquinas e os níveis de tomada de decisão, bem como entre máquinas, deve ser o mais rápido e eficiente possível, além de bidirecional, ou seja, uma máquina não somente transmite dados como também os recebe, em geral, para controle da produção, processo que se tornou possível com o surgimento de novos materiais, novas tecnologias e o barateamento de sensores (SCHWAB, 2017).

Toda a estrutura de processamento baseia-se em redes computacionais modernas que são, por sua natureza, incompatíveis com as interfaces antigas dos CLP, então, soluções de *hardware* e *software* devem ser implementadas para permitir esta comunicação.

Na Bosch Campinas, ainda estão operando muitas máquinas baseadas em CLP da linha CL da Bosch. Estes equipamentos já estão obsoletos, porém, ainda produzindo.

Desta linha de CLP pode-se destacar os modelos CL150, CL200, CL300, CL400 e CL500, sendo todos considerados obsoletos. Com exceção do CL150, todos possuem acessórios para comunicação em outros padrões de interface que, quando encontrados no mercado, são vendidos a preços proibitivos. Contudo, todos possuem comunicação via protocolo BueP19e baseada na interface padrão RS232 (ROBERT BOSCH GMBH, 2001). Assim, uma outra solução pode ser implementada para inserir estes equipamentos no conceito de Indústria 4.0.

O protocolo BueP19e permite acesso a todos os dados do CLP, inclusive mapeamento de memória, o que possibilita a escrita e leitura de dados diretamente na ou da memória do CLP (SÜTRON ELECTRONIC GMBH, 2007).

Da lista citada acima, o CL150 é o mais compacto. Projetado para ser montado em trilho padrão DIN, torna o seu manuseio muito fácil. Com a comunicação baseada no protocolo BueP19e, uma solução encontrada para a integração do CL150 na Indústria 4.0, servirá também para todos os outros CLP da linha CL.

Por serem muito antigos, algum *hardware* adicional deve ser acrescentado para permitir a comunicação a partir de uma possível rede RS232 com a rede Ethernet e, ainda, por estarem fora de linha, caso venham a apresentar algum problema de *hardware* a substituição é difícil e demorada podendo causar atrasos e perda de produtividade.

Por esta razão, Andrade (2013) detalha uma reforma em determinada máquina onde optou-se pela substituição completa dos componentes obsoletos, incluindo-se aí CLP e IHM.

Este trabalho propõe uma solução alternativa para a transferência de informação entre um CLP baseado no protocolo BueP19e e um sistema de processamento de dados, inclusive com funções de IHM.

Diferente do proposto por Andrade (2013) e seguindo a linha proposta por Schlechtendahl et al. (2014), pretende-se incluir as máquinas controladas por estes CLP no conceito de *Cyber-Physical Production System* (CPPS) sem a substituição do *hardware*. Para isso, os CLP se comunicarão via interface RS232 a um computador que, por sua vez, terá acesso aos dados necessários para o gerenciamento do sistema disponibilizando-os em uma rede Ethernet.

Como a rede Ethernet citada acima pode ser sem fio (WiFi), um *smartphone* ou *tablet* pode assumir as funções do programa supervisor ou da IHM que, neste caso, é semelhante às IHM BT5N já obsoletas e de difícil substituição (ANDRADE, 2013).

Dividida em três partes, será mostrado na primeira a fundamentação teórica onde são detalhados os principais avanços tecnológicos que motivaram este trabalho. A segunda parte apresenta os principais componentes de *hardware* e *software* usados no projeto para demonstrar o método e, por fim, a metodologia usada para resolver o problema proposto, ou seja, conectar equipamentos obsoletos à uma rede de dados, é descrita na terceira parte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como dito anteriormente, será usado um CLP com comunicação via interface serial padrão RS232 como servidor de dados para uma rede Ethernet. O CLP CL151 da Bosch atende perfeitamente a este propósito. Para tratamento dos dados, fez-se necessário a implementação de um sistema SCADA para administrar esta comunicação e, para tanto, optou-se pelo InduSoft Web Studio versão 8.1, as razões para esta escolha serão expostas mais adiante. Por fim, para comprovação e manipulação dos dados, foi empregado um *smartphone* em conexão via rede sem fio (WiFi) atendendo, assim, às necessidades da Indústria 4.0 para parques industriais obsoletos.

2.1 Indústria 4.0

Para Schwab (2017), as possibilidades de sensoriamento, computação e comunicação tornaram as máquinas mais inteligentes e flexíveis, desta forma é possível a monitoração e o controle à distância de processos orientados por estratégias e demandas.

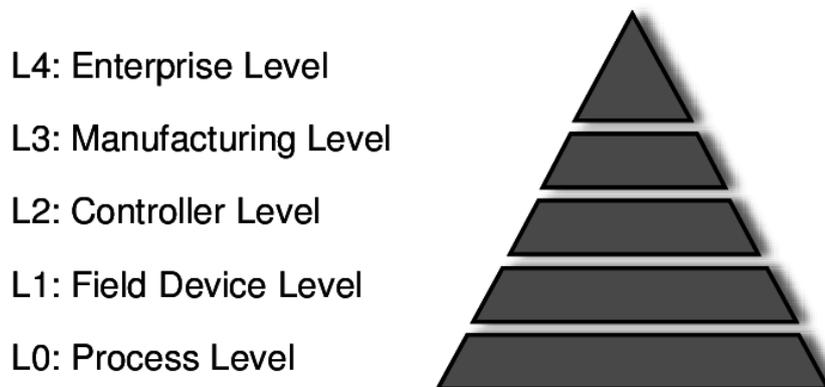
Para que as estratégias de negócios e demandas de mercado possam ser atendidas e orientadas à distância e em tempo real, todos os processos gerenciais e de fabricação precisam estar integrados e em comunicação constante.

Para facilitar a visão geral dos processos desde as tomadas de decisão até a produção efetivamente, eles foram hierarquizados em forma de uma pirâmide conhecida como: Pirâmide da Informação da Automação (SCHLECHTENDAHL et al., 2014).

2.1.1 A Pirâmide da Informação da Automação

A figura 1 mostra os níveis, ou camadas, que a informação percorre dentro de uma planta de produção.

Figura 1 - Pirâmide da informação da automação



Fonte: Schlechtendahl et al., (2014)

Localizado no chão de fábrica está no Nível 0 (*L0: Process Level*) onde estão os chamados dispositivos de campo, ou seja, os sensores e os atuadores. No Nível 1 (*L1: Field Device Level*) estão os dispositivos que fazem o controle automatizado como os Controladores Lógicos Programáveis (CLP), os Controladores Numéricos por Computador (CNC), Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD). O Nível 2 (*L2: Controller Level*) é usado para o controle de uma determinada célula de trabalho que pode acessar algum banco de dados para obtenção de dados ou parâmetros para a realização de um determinado processo. No nível 3 (*L3: Manufacturing Level*) está o gerenciamento de fábrica onde é feito o planejamento de produção e logística como suprimento e escoamento. O Nível 4 (*Enterprise Level*) é o nível gerencial do negócio, onde são planejadas as estratégias e os recursos da empresa (SANTOS, 2012).

Devido à sua localização e ambiente dentro da fábrica, cada nível possui particularidades que devem ser respeitadas para garantir a qualidade da informação e a segurança de processos, máquinas e pessoas, por isso, as redes de comunicação de dados

entre os diferentes níveis devem atender a diferentes normas que vão garantir a sua estabilidade e confiabilidade (LUGLI, 2017).

Na medida em que se desce os vários níveis do Triângulo de Informação da Automação, os tempos de ciclo de suas redes diminuem e a quantidade de dados que devem ser transportados por unidade de tempo aumenta (SCHLECHTENDAHL et al., 2014).

Assim, as diferentes normas usadas para a comunicação entre níveis podem ser (SANTOS, 2012):

- a) Níveis 0 e 1: Fieldbus H1, CANbus, Profibus DP, PA HART, AS-i;
- b) Níveis 1 e 2: ControlNET, EthernetIP, Foundation-HSE, OPC, Modbus, Profibus FMS, DP, ProfiNet;
- c) Níveis 2, 3 e 4: Ethernet TCP/IP, OPC, DDE, DCOM.

2.1.2 MES - *Manufacturing Execution System* – *Sistema de Execução de Manufatura*

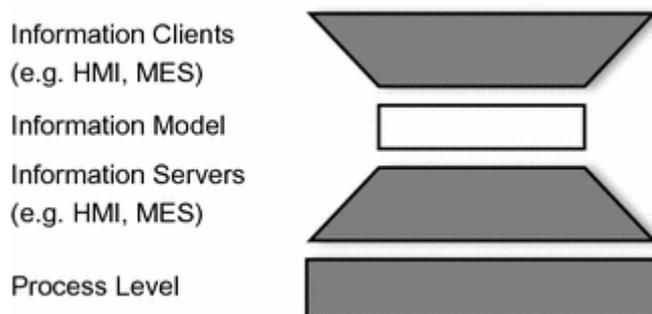
Entre os níveis de controle e supervisão de célula e o controle de supervisão individual, ou seja, os sistemas que emitem ordens de fabricação e as máquinas que vão efetivamente fazer a transformação da matéria prima, existe um gerenciador de informação chamado *Manufacturing Execution System* (MES), também chamado de *Manufacturing Operations Management* (MOM), *Collaborative Product Management* (CPM) e *Production Operations Management* (POM) (LEROY, 2015).

Segundo Leroy (2015), o MES “é um sistema projetado para permitir melhorias de desempenho em um ambiente de fabricação através da aquisição e aplicação efetiva de dados de produção de forma significativa para o usuário final”.

Entretanto, desde 1990, quando o termo foi usado pela primeira vez (LEROY, 2015), o fluxo de informação era unidirecional, ou seja, as máquinas recebiam as ordens de execução e executavam, entretanto, atualmente, o MES também fornece informações tais como o estado das máquinas-ferramenta, dados de produção e acompanhamento do processo. Esta integração do MES com o *Cyber Physical Production Systems* (CPPS), está criando os meios para a construção das *Smart Factories*.

Influenciado pelos novos conceitos de CPPS. A estrutura do MES dentro da Pirâmide de Informação de Automação assumiria a forma mostrada na figura 2 (SCHLECHTENDAHL et al., 2014).

Figura 2 - Estrutura da automação baseado no modelo da informação



Fonte: Schlechtendahl et al. (2014)

Para Schlechtendahl et al. (2014) *apud* Vogel-Heuser et al. (2009, tradução nossa), “Influenciada pelo conceito de CPPS a pirâmide da informação vai ser transformada em poucos anos e o que irá resolver será substituir por uma arquitetura de malha. Os clientes e servidores de informações representam nós dessa malha para trocar dados com base em um modelo de informação comum”, ou seja, a integração entre as informações dos clientes e dos servidores deverão seguir determinados modelos para que os processos possam conversar entre si.

Esta padronização será rígida por interfaces internas e externas. As interfaces internas permitem o acesso aos dados e funcionalidades do processo, enquanto que, as interfaces externas permitem a conexão da produção com os sistemas em torno do local de produção geralmente para interação do usuário como as IHM e os sistemas de gerenciamento de produção MES.

A possibilidade de interação remota com os dados do processo disponibiliza a alimentação de bancos de dados automaticamente permitindo, por exemplo, melhorias na manutenção ou qualidade de processos e produtos com o uso de ferramentas de mineração de dados (CARNEY, 2015).

2.1.3 Integração de sistemas já instalados

Para Schlechtendahl et al. (2014) a vida útil de máquinas-ferramenta está entre quinze e vinte anos e, muitas destas máquinas, obviamente, não estão preparadas para a integração em um ambiente industrial inteligente se considerarmos uma das possíveis conceituações de *Smart Factory* como sugere Radziwon et al. (2013):

Based on an analysis of future manufacturing literature, features that are desirable for the smart factory would relate to being flexible and reconfigurable, low cost, adaptive or transformable, agile and lean. One of the ways to achieve some of those functionalities would be to apply modular structure with respect to both product/process technology and organization. Therefore, as for a conceptualization we would suggest to a definition as follows.

A Smart Factory is a manufacturing solution that provides such flexible and adaptive production processes that will solve problems arising on a production facility with dynamic and rapidly changing boundary conditions in a world of increasing complexity. This special solution could on the one hand be related to automation, understood as a combination of software, hardware and/or mechanics, which should lead to optimization of manufacturing resulting in reduction of unnecessary labor and waste of resource. On the other hand, it could be seen in a perspective of collaboration between different industrial and nonindustrial partners, where the smartness comes from forming a dynamic organization. (RADZIWON et al., 2013).

Contudo, em um parque industrial já consolidado, a dinamização e integração dos processos podem ser melhorados com o foco na informação como propõe Fábio Fernandes em palestra na Conferência de Inovação 2018 da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei). (MERKER, 2018).

2.2 Controlador Lógico Programável CL151

Pertencente à linha CL e sendo uma variação do CL150, o CLP Bosch modelo CL151, já descontinuado pelo fabricante, é um CLP robusto e compacto usado, normalmente, como controlador de uma unidade isolada ou máquina. Dispõe de uma série de interfaces tais quais RS232, TTY, RS485, DP, CAN dentre outras (ROBERT BOSCH GMBH, 2000).

A figura 3 mostra uma imagem do CL151 onde é possível observar seus conectores de entrada e saída e seus respectivos LEDs (*Light Emminting Diode*) indicadores de estado e, a figura 4, mostra um diagrama esquemático dele.

Figura 3 - Imagem do CLP Bosch CL151

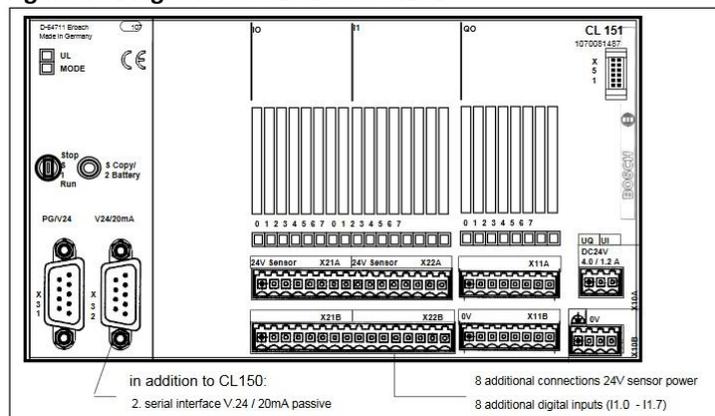


Fonte: Elaborado pelo do autor

A interface serial RS232 é normalmente usada para programação e monitoração do CLP, enquanto a TTY é, preferencialmente, usada para comunicação com IHM sendo que as duas não podem ser usadas simultaneamente no mesmo conector.

No caso de CLP mais antigos da Bosch, o protocolo de comunicação usado é o BueP19 (ROBERT BOSCH GMBH, 2001) e, para o CL151 a versão "e", BueP19e (SÜTRON ELECTRONIC GMBH, 2007).

Figura 4 - Diagrama do CLP Bosch CL151



Fonte: Robert Bosch GMBH, (2000)

2.2.1 Interface Homem-Máquina

Geralmente associado ao CLP existem meios rápidos de apresentação de alarmes, diagnósticos, estado da máquina entre outras informações que, nas máquinas em questão, são voláteis, isto é, após a ocorrência do evento, desaparecem sem deixar um registro, exigindo assim, outros meios para o armazenamento e uso destes dados.

2.3 Sistema SCADA

Um sistema *Supervisory Control And Data Aquisition* (SCADA) é um conjunto de *softwares* que permite, como o nome sugere, a supervisão, controle e aquisição de dados através, basicamente, da manipulação de variáveis, conhecidas como *tags*, a partir de uma página *Web* (PESSETI JUNIOR, 2017), desta forma, pode também, assumir as funções de IHM.

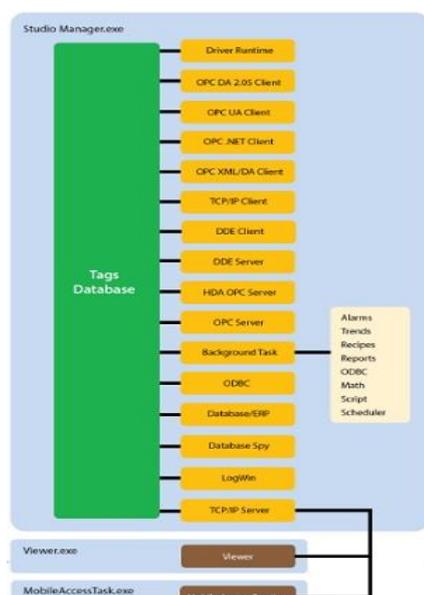
Dentre os vários sistemas SCADA disponíveis no mercado, foi escolhido o InduSoft *Web Studio Educational* versão 8.1. As razões para isto são a disponibilidade de uma licença para estudante que permite o uso do *software* em projetos de pesquisa com as mesmas funcionalidades da versão comercial e, principalmente, por disponibilizar em sua biblioteca um *driver* para o protocolo BueP19e.

2.3.1 O InduSoft Web Studio

O InduSoft Web Studio é um *software* SCADA e sua estrutura é a de um banco de dados onde são armazenadas uma série de variáveis, chamadas *tags*, responsáveis por obter e armazenar os dados obtidos dos diversos componentes do chão de fábrica (INDUSOFT, 2018).

O banco de dados das *tags* pode ser acessado por um conjunto de funções, em geral de comunicação, que podem modificar ou somente monitorar as propriedades das *tags* de acordo com as necessidades do usuário, como mostrado no diagrama geral na figura 5.

Figura 5 - Diagrama do software SCADA



Fonte: INDUSOFT (2018)

2.3.2 Editor de software do CLP WinSPS

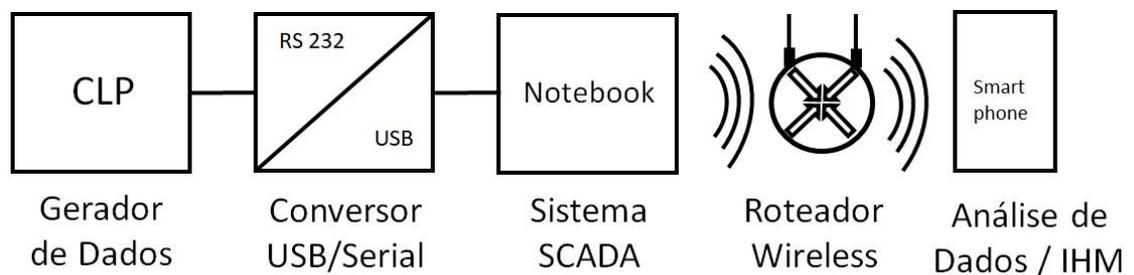
O WinSPS é o editor da Robert Bosch GmbH (2000) para os CLP da linha CL. É um *software* proprietário que, contudo, para o CL151 é gratuito e está disponível para *download* na Flexibile Electronics Systems (2018).

Com o WinSPS é possível escrever e carregar programas em linguagens como *ladder*, lista de instruções ou diagrama de blocos além de monitorar todas as condições do CLP. Ele será usado para escrever, carregar e testar um programa que dará suporte na comunicação com os equipamentos remotos.

3. METODOLOGIA

O objetivo principal do projeto consiste em estabelecer a comunicação bidirecional entre um CLP CL151 e um dispositivo remoto, como um *smartphone*, por exemplo, através de sua interface RS232 conectado a uma rede doméstica conforme diagrama da figura 6.

Figura 6 - Diagrama do projeto



Fonte: Elaborado pelo do autor

Como visto, estabelecendo-se este tipo de comunicação para o CL151, a metodologia pode ser usada para qualquer CLP da linha CL, uma vez que todos utilizam o mesmo protocolo de comunicação, ou seja, o BUEP19e.

3.1 Programação de teste do CLP

Inicialmente, com o WinSPS foi escrito um programa de teste para auxiliar na verificação do comportamento da comunicação.

Um sinal astável com frequência de 2 Hz (dois hertz) gerado internamente pelo CLP será usado para excitar dois contadores de eventos.

O sinal de entrada BT_ST (I0.0) inicia a contagem de um contador CT_TPP (C0) cujo valor instantâneo é armazenado em uma palavra de um módulo de dados interno, a palavra de dados 0 do módulo de dados 5 (DM05, D0). Enquanto uma outra entrada BT_NOK (I0.3) permanecer acionada, um outro contador CT_NOK (C1) terá seu valor incrementado e armazenado na palavra D2 no mesmo módulo de dados (DM05, D2). Outras duas entradas BT_PS (I0.1) e BT_RS (I0.2), pausam e zeram a contagem de ambos os contadores respectivamente, todos estes bits de entrada estão associados a bits de memórias internas para garantir o início e autonomia da contagem uma vez iniciadas e à palavra de dados D16 do módulo de dados DM5 (DM05, D16) para permitir o controle destas funções remotamente.

As saídas Q_ST (Q0.0), Q_PS (Q0.1), Q_RS (Q0.2) e Q_NOK (Q0.3) estão, via memórias internas, associadas às entradas BT_ST, BT_PS, BT_RS e BT_NOK respectivamente apenas para indicar através de seus LEDs o estado destas entradas; as saídas Q_FLIP (Q0.6) e Q_FLOP (Q0.7) estão associadas ao oscilador astável apenas para indicação também.

Desta forma, quando acontecer um impulso na estrada BT_ST, o LED de Q_ST irá piscar indicando esta ação e inicia-se a contagem de CT_TPP. Os LED de Q_FLIP e Q_FLOP vão se alternar indicando que a contagem está em curso.

Quando acontecer da entrada BT_NOK ficar ligada, a saída Q_NOK irá acionar indicando o estado desta entrada. Se a contagem estiver em andamento, e a entrada BT_NOK permanecer ligada inicia-se a contagem do contador CT_NOK que vai permanecer contando enquanto BT_NOK estiver ligada.

Ao ligar a entrada BT_ST a contagem para e a alternância entre os LEDs de Q_FLIP e Q_FLOP também. A entrada BT_RS, quando ligada, zera os contadores e os LEDs, tanto de Q_FLIP bem como de Q_FLOP, apagam-se.

A listagem completa do programa do CLP pode ser vista no Apêndice A.

3.1.1 Modelagem dos Dados

O módulo de dados DM5 foi dividido em duas partes: as palavras D0 e D2 são usados para troca de dados e a palavra D16 para comandos, então, num acesso remoto, os bits de D16 serão testados.

Para as ações citadas acima, o bit 0 de D16 está associado à ação de BT_ST, o bit 1 está associado à ação de BT_NOK e os bits 2 e 3 às ações de BT_PS e BT_RS respectivamente, ou seja, é possível iniciar, pausar ou zerar a contagem escrevendo-se convenientemente os dados em D16.

3.2 Configuração do InduSoft Web Studio

Como o foco do trabalho é estabelecer a comunicação do CLP com um dispositivo móvel, foi configurada uma estrutura de *tags* e telas bem simples como descrito a seguir.

3.2.1 Configuração das tags

As *tags* configuradas para este trabalho constam de apenas dois vetores: um vetor de dados com números inteiros de 8 posições onde são usadas apenas as posições 0 (Data[0]) e 1 (Data[1]), e um vetor de comandos com números booleanos de 16 posições onde são usadas as 4 primeiras posições chamadas de "Command[0], Command[1], Command[2] e Command[3]". A figura 7 traz uma planilha com a configuração destas *tags*.

Figura 7 - Planilha com as tags do projeto

	Name	Array	Type	Description	Scope
	Filter text	Filter t	(All)	Filter text	(All)
1	Data	8	Integer		Server
2	Command	16	Boolean		Server
*			Integer		Server
*			Integer		Server
*			Integer		Server
*			Integer		Server
*			Integer		Server

Fonte: Elaborado pelo do autor

O InduSoft Web Studio já possui configurado uma série de funções chamadas de *System Tags*. Estas tags especiais são funções que estão disponíveis na biblioteca do software e prontas para uso (INDUSOFT, 2018).

Para facilidade de programação e configuração do dispositivo móvel (WEB... 2013), foram usadas as seguintes tags de sistema cujos resultados são apresentados na tela de operação:

- Date; captura dia, mês e ano do sistema;
- Time; captura a hora do sistema;
- UserName; captura o nome de usuário atual;
- GroupName; captura o nome do grupo de usuários atual;
- GetComputerIP; captura o IP (*Internet Protocol*) atual do sistema.

3.2.2 Configuração das telas do InduSoft

Apenas uma tela, chamada *Main Screen*, foi montada neste projeto para mostrar as tags de sistema citadas acima e organizadas em um retângulo para visualização. Logo abaixo, foram introduzidos possíveis labels com as possíveis descrições para os resultados de Data[0] e Data[1].

Quatro botões Inicia 1, Inicia 2, Pausa e Zera quando acionados ligam (“setam”) as tags Command[0], Command[1], Command[2] e Command[3] respectivamente e, quando desacionados desligam (“resetam”) estas últimas quatro tags, como mostrado na figura 8.

Assim, é possível observar o resultado dos contadores através de Data[0] e Data[1] e interagir com o CLP através de Command [0], Command[1], Command[2] e Command[3].

3.2.3 Instalação do driver BueP19e

Como visto, o protocolo BueP19e é o protocolo usado para comunicação serial com os CLP Bosch da linha CL e o InduSoft possui em sua biblioteca um *driver* para este protocolo.

As instruções para instalação e configuração do BueP constam da própria biblioteca de ajuda do InduSoft Web Studio inclusive com exemplos de configuração da porta de comunicação serial, a figura 9 mostra a janela de instalação do *driver*.

De acordo com Robert Bosch GmbH (2000), as configurações da interface serial do CL151 são:

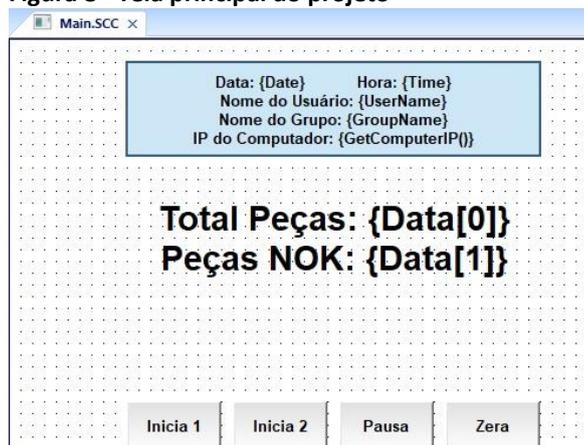
- a) *Baud Rate*: 19200 bps;
- b) *Data bits*: 8;
- c) *Stop bits*: 1;
- d) *Parity*: Even.

Estas configurações devem ser as mesmas nos ajustes de comunicação do BueP como na figura 10.

Após instalado o *driver* e configurada a porta de comunicação serial, foram configuradas duas instâncias chamada BUEP0001.DRV e BUEP0002.DRV.

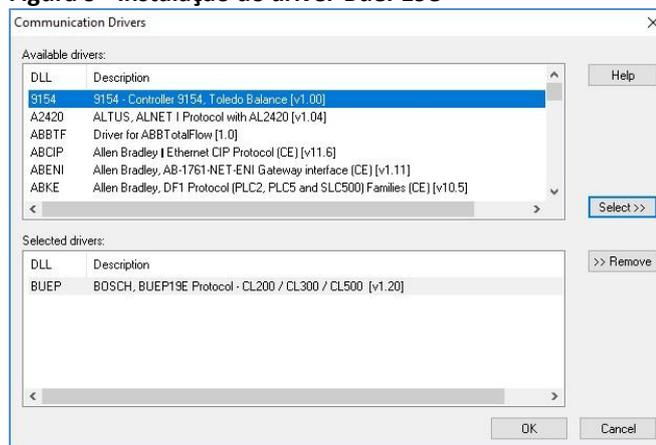
O BUEP0001.DRV recebeu o nome de DataBlock e se destina à obtenção dos valores inteiros que serão armazenados na DM5 do CLP, para isto, na tabela de variáveis do DataBlock as *tags* de Data[0] até Data[7] foram associados aos endereços de 0 até 14 da DM5, como mostra a figura 11.

Figura 8 - Tela principal do projeto



Fonte: Elaborado pelo do autor

Figura 9 - Instalação do *driver* BueP19e



Fonte: Elaborado pelo do autor

Figura 10 - Configuração da porta serial

Fonte: Elaborado pelo do autor

Figura 11 - Configuração do BUEP0001.DRV

Tag Name	Address	Div	Add
1 Data[0]	0		
2 Data[1]	2		
3 Data[2]	4		
4 Data[3]	6		
5 Data[4]	8		
6 Data[5]	10		
7 Data[6]	12		
8 Data[7]	14		

Fonte: Elaborado pelo do autor

Os dados colocados nos módulos de dados do CLP são em *bytes*, mas arranjados na forma de *words*, por isso apenas os endereços pares das DM são válidos (ROBERT BOSCH GMBH, 2000). O cabeçalho do *DataBlock* define isto, ou seja, D:5:0:N:W onde D define que o acesso será a um módulo de dados; 5 é o número do módulo de dados a ser acessado, neste caso DM5; 0 indica a unidade do CLP a ser acessada, neste caso 0 pois a comunicação é do tipo *peer-to-peer*; N atua em conjunto com W, eles indicam o tipo de dado que será lido ou gravado, no caso **não** será *bit* por causa do N e será *word* como indica o W. O *DataBlock* está configurado apenas como leitura.

O BUEP0002.DRV foi chamado de Command e está configurado apenas como escrita. A diferença fundamental entre o *DataBlock* e o Command é o tipo de acesso ao dado que, para o Command, está configurado na forma de bit, como indica a letra M seguida da letra B no cabeçalho, como na figura 12.

Na planilha de Command a *tag* Command[0] foi associada ao *bit* 0 da *word* 16 do bloco de dados 5 do CLP e, assim, sucessivamente até a *tag* Command[15] associada ao *bit* 16 da *word* 16.

Para atingir o objetivo inicial do projeto, que é integrar CLP antigos a um sistema de informação, será configurada uma ferramenta chamada *Mobile Access* no InduSoft (MOBILE,

2013) sendo possível simular esta situação comunicando-se com o CLP a partir de um dispositivo móvel como um *smartphone* por exemplo.

Ao acionar esta ferramenta é aberta uma planilha para configurar as *tags* e associá-las a *widgets* que comporão os comandos do dispositivo remoto.

As *tags* Data[0] e Data[1] receberam os *labels* Total Peças e Peças NOK cujos resultados serão mostrados em *widgets* do tipo *Text Box*; já as *tags* Command[0], Command[1], Command[2] e Command[3] receberam os *labels* Inicia 1, Inicia 2, Pausa e Zera todas associadas a *widgets* do tipo *switch*. Estes *switches* permitem fazer com que os estados das *labels* booleanas sejam modificados, como mostrado na figura 13.

O sistema operacional usado para os testes foi o *Microsoft Windows 10 Home Single Language* versão 10.0.17134. Para esta versão é preciso habilitar o IIS (*Internet Information System*) para hospedar e disponibilizar uma página escrita em HTML5 (*Hyper Text Markup Language 5*). Esta página é fornecida e configurada junto com o InduSoft Web Studio e deve ser instalada e direcionada para o projeto (MOBILE ACCESS, 2013).

Figura 12 - Configuração do BUEP002.DRV

Tag Name	Address	Div	Add
1 Command[0]	16.0		
2 Command[1]	16.1		
3 Command[2]	16.2		
4 Command[3]	16.3		
5 Command[4]	16.4		
6 Command[5]	16.5		
7 Command[6]	16.6		
8 Command[7]	16.7		
9 Command[8]	16.8		

Fonte: Elaborado pelo do autor

Entretanto existe uma diferença na localização dos arquivos de configuração nas versões 7.1 e 8.1 do InduSoft Web Studio, sendo este último o usado nos testes, como explica Larry Combs (2015) ao informar que é preciso executar um programa chamado *MobileAccessSetup.exe*. Se estiver rodando a versão do InduSoft Web Studio 7.1, então este arquivo encontra-se na pasta Bin da instalação do InduSoft Web Studio (normalmente em C:\Program Files (x86)\InduSoft Web Studio v7.1\Bin\MobileAccessSetup.exe). Se a versão for do InduSoft Web Studio 8.0, então este arquivo é encontrado na pasta Redist da instalação do InduSoft Web Studio (geralmente em C:\Program Files (x86)\Wonderware InduSoft Web Studio v8.0\Wondweware\WebAddOn\IIS\MobileAccessSetup.exe). Porém, se o *MobileAccess.exe* informar que já está instalado, Larry Combs (2015) sugere que deve-se desinstalar e instalar o programa novamente.

Uma vez executado o *MobileAccessSetup.exe*, as configurações básicas do IIS direcionadas para a pasta do projeto como em Mobile (2013), resta executar a aplicação.

4 RESULTADOS

Com a aplicação em execução, cuja tela de trabalho está mostrada na figura 14, tentou-se a partir de um *smartphone* conectar-se à página IWSEdu80 via IP 192.168.56.1, mostrado pela função GetComputerIP(), sem sucesso pois, este, é o IP de uma das máquinas virtuais o que sugere um conflito entre o InduSoft Web Studio e o VirtualBox. Contudo, ao verificar-se que o IP da máquina real, via comandos de *prompt* do Windows, é o 192.168.1.101, a comunicação pode ser estabelecida na *Uniform Resource Locator* (URL) 192.168.1.101/IWSEdu80 e, após autenticação, o CLP respondeu aos comandos da forma esperada.

Figura 13 - Configuração do *Mobile Access*

Tag Name	Label	Write	Trending	Min	Max	Widget	Pen Color
Data[0]	Total Peças	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Text Box	■
Data[1]	Peças NOK	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Text Box	■
Command[0]	Inicia 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Switch	■
Command[1]	Inicia 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Switch	■
Command[2]	Pausa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Switch	■
Command[3]	Zera	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	Switch	■
		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100	None	■

Fonte: Elaborado pelo do autor

Figura 14 - Tela de operação do InduSoft

Project Name -

Data: 10/23/2018 Hora: 20:48:02
 Nome do Usuário: Guest
 Nome do Grupo: Guest
 IP do Computador: 192.168.56.1

Total Peças: 471
Peças NOK: 27

Inicia 1 Inicia 2 Pausa Zera

Fonte: Elaborado pelo do autor

Para verificação das configurações de rede e endereços dos dispositivos, foram usados alguns Comandos do *Prompt* do Windows, estes comandos são úteis para dinamizar o acesso

às funções do Windows e, se necessário, automatizar estes acessos como explicado em Microsoft Windows It Pro Center (2018) e Microsoft Support (2011).

Na figura 15 estão as várias telas mostradas no *smartphone*. A figura 15a mostra página de autenticação com o usuário, na figura 15b a tela de seleção de funções e, por fim, na figura 15c, a tela de valores de processo onde podem ser manipuladas as variáveis do vetor Command e visualizadas as variáveis do vetor Data.

Figura 15 – Telas do Mobile Access no *smartphone*



Fonte: Elaborado pelo do autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das críticas relativas à desatualização do parque industrial brasileiro e da distância tecnológica em relação a outros países, certamente muitos dos equipamentos instalados e em produção atendem à demanda e, obviamente, um investimento em substituição não se justifica. Contudo, a melhoria contínua dos processos carece de informação que estes equipamentos não são capazes de fornecer criando uma lacuna.

A substituição de toda uma linha de produção, incluindo-se aí, projetos de *hardware*, *software* e possíveis adaptações elétricas e pneumáticas aumentam exageradamente o custo de obtenção de informação. Pelo proposto, todo o sistema já instalado é adaptado para a obtenção de informação com a adição de *hardwares* de mercado como PCs industriais, talvez alguns sensores (dependendo do processo) e uma quantidade drasticamente menor de horas de programação. Os custos desta opção são infinitamente menores desde que, é claro, a capacidade da linha atenda à demanda.

Assim, temos uma alternativa muito menos custosa para comunicação com o MES e, até mesmo, M2M (*machine to machine*) fazendo assim a integração destes equipamentos em um conceito de Indústria 4.0 com o uso de ferramentas mais atualizadas e disponíveis na obtenção e uso da informação como, por exemplo, na linguagem PackML (*Packaging Machine Language*) defendida pela OMAC (*Organization for Machine Automation and Control*).

Entretanto, deve ser considerado que para aplicações industriais, um *notebook* não é o equipamento mais adequado devido às condições hostis na área fabril, para esta finalidade, pode-se substituí-lo por um computador industrial, projetado para esta finalidade, como o VPB 40.3 fabricado pela Rexroth por exemplo.

Nota-se que a solução proposta e executada neste trabalho é bastante relevante. Pode ser aplicada em diversos outros ramos de atuação e pode contribuir como uma solução para modernização de parques industriais antigos, com um custo relativamente baixo, atendendo a demandas das Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Willian Jeferson. **Aplicação industrial de controladores lógicos programáveis, interfaces homem máquina e computadores industriais Bosch Rexroth**. 2013. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2409/1/CT_CEAUT_IV_2014_12.pdf. Acesso em: 13 mar. 2019.
- CARNEY, Sean. **How to have Better Data Collection Using Quality Testing**. 2015. Disponível em: <http://www.paperlessllc.com/production-intelligence-and-management-blog/how-to-have-better-data-collection-using-quality-testing>. Acesso em: 04 jun. 2017.
- FLEXIBLE ELECTRONICS SYSTEMS. **Bosch CL 150: the cost-effective PLC**. Alemanha: 2018. Disponível em: http://www.flexelec.co.za/products/plc150/cl150_plc.htm. Acesso em: 19 out. 2018.
- INDUSOFT. **Technical Reference**. Austin: 2018. Disponível em: [http://download.indusoft.com/81.1.0/IWS+v8.1%2BSP1+Technical+Reference+\(A4\).pdf](http://download.indusoft.com/81.1.0/IWS+v8.1%2BSP1+Technical+Reference+(A4).pdf). Acesso em: 21 out. 2018.
- KAMEL, Khaled; KAMEL, Eman. **Programmables Logic Controllers: industrial controls**. New York: McGraw-Hill, 2014. 421 p.
- LEROY, Mike. **Manufacturers: resolve to improve business performance with an MES system**. 2015. Disponível em: <http://www.paperlessllc.com/production-intelligence-and-management-blog/mes-system>. Acesso em: 04 jun. 2017.
- LARRY COMBS. Indusoft Technical Support Team (Org.). **SMA web access problem**. Austin: 2015. Disponível em: <http://www.indusoft.com/Support/Forums/aft/764>. Acesso em: 21 out. 2018.
- LUGLI, Alexandre Baratella. **Uma visão do protocolo industrial Profinet e suas aplicações**. 2017. Disponível em: http://www.profibus.org.br/artigos_tecnicos/uma-visao-do-protocolo-industrial-profinet-e-suas-aplicacoes. Acesso em: 04 jun. 2017.
- MACHADO, Aryoldo. **Comando Numérico Aplicado às Máquinas Ferramenta**. São Paulo: Makron Books, 1986.

MEIRELLES, Fernando de Souza. **Informática Novas Aplicações com Microcomputadores**. São Paulo: Makron Books, 1994.

MERKER, Júlia (Org.). **Bosch adapta indústria 4.0 no Brasil**. Baguete. Gramado, 20 ago. 2018. p. 1-1. Disponível em: <https://www.baguete.com.br/noticias/20/08/2018/bosch-adapta-industria-4-0-no-brasi>>. Acesso em: 10 out. 2018.

MICROSOFT SUPPORT (Org.). **How to run Control Panel tools by typing a command**. 2011. Disponível em: <https://support.microsoft.com/en-us/help/192806/how-to-run-control-panel-tools-by-typing-a-command>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MICROSOFT WINDOWS IT PRO CENTER (Org.). **Sintaxe do comando netsh, contextos e formatação**. 2018. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows-server/networking/technologies/netsh/netsh-contexts>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MOBILE Access. **Curso de treinamento Online do Software SCADA**: Parte 26. [s.l.]: Indusoft, 2013. Web Streaming (21 min.), Digital, son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M0prguhbEcQ&t=60s>. Acesso em: 21 out. 2018.

PESSETI JUNIOR, Jair. **Explorando esquemas de dados SCADA para fins de automação residencial**. 2017. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Banco de Dados – Administração e Desenvolvimento, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9834/1/PB_EBD_02_2017_10.pdf. Acesso em: 17 out. 2018.

RADZIWON, Agnieszka et al. **The Smart Factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions**. 2013. Desenvolvida por Elsevier. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcel_Bogers/publication/275540142_The_Smart_Factory_Exploring_Adaptive_and_Flexible_Manufacturing_Solutions/links/556d84d308aefcb861d80d7f.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.

ROBERT BOSCH GMBH (Alemanha). **CL150, CL151, CL150A, CL151A -DP, -CAN, -IBS, -DEV Manual / Operations List**. 2000. Disponível em: <<https://www.nuovaelva.it/docs/Bosch%20Rexroth/Tecnologie%20e%20prodotti%20per%20il%20controllo%20del%20movimento/07218801.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2018.

ROBERT BOSCH GMBH. **Control Terminal BT2 / BT5N / BT8 / BT20N Programming (Part 1 and Part 2) Connectivity Requirements (Part 3)**. Alemanha: 2001. Disponível em: <https://www.nuovaelva.it/docs/Bosch%20Rexroth/Tecnologie%20e%20prodotti%20per%20il%20controllo%20del%20movimento/08363002.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.

SANTOS, Guilherme. **A pirâmide da automação industrial**. 2012. Disponível em: <http://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>> Acesso em: 30 mai. 2017.

SCHLECHTENDAHL, Jan et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready. *In: Production Engineering*, [s.l.], v. 9, n. 1, p.143-148, 17 out. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11740-014-0586-3>.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2017. 159 p.

SÜTRON ELECTRONIC GMBH. **User Manual**: Connection to Bosch BUEP19E. Fiderstadt: 2007. Disponível em: http://www.suetron.de/doc/80860633_30013QK0.pdf. Acesso em: 16 out. 2018.

ZANCAN, Marcos Daniel. **Controladores Programáveis**. 2011. Elaborado por Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/319/controladores_programaveis.pdf?squence=1. Acesso em: 04 mar. 2011.

APÊNDICE A – LISTAGEM COMPLETA DO PROGRAMA DO CLP

A seguir é mostrada a listagem completa do programa do CLP.

```

;-----
; Author: User Company: PC
; Version: 1.0 Date: 15.08.2018
;-----
; Program module file
;-----
;Carrega variaveis de sistema

L W S30,A          ;Carrega variaveis de sistema no registrador A
T W A,M0          ;Transfere conteudo de A para marcadores M0

;Faz chamadas de módulo

CM -FC0           ;Chama modulo de programa FC0
CM -FC1           ;Chama modulo de programa FC1
EP                ;Fim de programa

;-----
; Author: User Company: PC
; Version: 1.0 Date: 17.08.2018
;-----
; Program module file: FCO
;-----

CM -DM5           ;Chama modulo de dados para teste
L W D16,A         ;Carrega DM5, D16 no registrador A

A -BT_ST          ;Botao de inicio de ciclo
O A.0             ;Corresponde ao bit 0 de D16
S -M_ST           ;Auxiliar inicio de contagem

```

```

A -BT_PS           ;Botao pausa a contagem
O A.2             ;Corresponde ao bit 2 de D16
R -M_ST           ;Auxiliar parada da contagem

A -BT_RS           ;Botao zera contagem
O A.3             ;Corresponde ao bit 3 de D16
= -M_RST          ;Auxiliar zeramento de contagem

A -M_ST           ;Inicio de contagem
A -M_2HZ          ;Clock de 2 Hertz
CU -CT_TPP        ;Contador do total de pecas produzidas

(
A -BT_NOK         ;Botao para simular peca ruins
O A.1             ;Corresponde ao bit 1 de D16
)
A -M_ST           ;Inicio de contagem
A -M_2HZ          ;Clock de 2 Hertz
CU -CT_NOK        ;Contador de pecas ruins

A -M_RST          ;Reset de contagem
RC -CT_TPP        ;Zera contador do total de pecas produzidas
RC -CT_NOK        ;Zera contador de pecas ruins

L W -CT_TPP,A     ;Carrega total de pecas produzidas no registrador A
T W A,D0          ;Transfere o conteudo de A para o dado 0
L W -CT_NOK,A     ;Carrega o total de pecas ruins no registrador A
T W A,D2          ;Transfere o conteudo de A para o dado 2

EM                ;Fim de modulo

;-----
; Author: User Company: PC
; Version: 1.0 Date: 17.08.2018
;-----
; Program module file: FC1
;-----

CM -DM5           ;Modulo de dados para teste

A -M_ST           ;Auxiliar para inicio de contagem
A -M_2HZ          ;Clock de 2 Hertz
S -Q_FLOP         ;Saida para indicacao de ciclo
R -Q_FLIP         ;Saida para indicacao de ciclo

A -M_ST           ;Auxiliar para inicio de contagem
AN -M_2HZ         ;Clock de 2 Hertz
R -Q_FLOP         ;Saida para indicacao de ciclo
S -Q_FLIP         ;Saida para indicacao de ciclo

A -M_RST          ;Auxiliar para zerar contagem
R -Q_FLOP         ;Saida para indicacao de ciclo
R -Q_FLIP         ;Saida para indicacao de ciclo

L W D16,A         ;Carrega do dado 16 no registrador A

```

```

A A.0          ;Corresponde ao bit 0 de D16
=-Q_ST        ;Indicacao do botao inicio de ciclo

A A.1          ;Corresponde ao bit 1 de D16
=-Q_PS        ;Indicacao do botao de pausa de contagem

A A.2          ;Corresponde ao bit 2 de D16
=-Q_RS        ;Indicacao do botao de zera contagem

A A.3          ;Corresponde ao bit 3 de D16
=-Q_NOK       ;Indicacao do botao de simular peca NOK

EM            ;Fim de modulo

;-----
; Author: User Company: PC
; Version: 1.0 Date: 15.08.2018
;-----
; Symbol file
; +----- Module type in control
; | +----- RAM/EPROM ID (R/E), RAM is default
; | | +----- Symbolic module name on disk
; | | |
;-----
OM1,R         OM1   ; Cyclic program execution
OM2,R         OM2   ; Initialization table
;OM3,R OM3     ; I/O Configuration module
;OM5,R OM5     ; Start-up module after power-on
;OM7,R OM7     ; Start-up module after Stop/Run
;OM9,R OM9     ; Error module
;OM10,R       OM10  ; Interrupt module, Interrupt-I 0, Priority 1
;OM11,R       OM11  ; Interrupt module, Interrupt-I 1, Priority 2
;OM12,R       OM12  ; Interrupt module, Interrupt-I 2, Priority 3
;OM17,R       OM17  ; 1ms Timer-interrupt module, Priority 0
;OM18,R       OM18  ;Módulo Timer-controlado,
                    ;Timer loop definição esttica em OM2
                    ; ou em run-time pelo range S10 de sistema (Prioridad
;OM19,R       OM19  ;Módulo Timer-controlado
;                    ; ou em run-time pelo range S12 de sistema (Prioridad
;-----
; Chamada de função módulos FC0 até FC127
; (corresponde a PM0 - PM255 de versão de Profi em DOS)
;-----
FC0,R         FC0
FC1,R         FC1
;FC2,R       FC2
;FC3,R       FC3
;...
;FC127,R     FC127
;-----
; Dados módulos DM0 até DM127
; Os tamanhos do módulo de dados são definidas no DMs correspondente.
;-----
DM0,R         DM0

```

```

DM1,R          DM1
;DM2,R DM2
;DM3,R DM3
;
DM5,R          DM5 ;Modulo de dados para teste
;...
;DM127 DM127
;-----
; Isto é seguido por todo o outro operands em qualquer ordem.
; Para bit e word de acessos, podem ser nomeados símbolos diferentes que
; possa ter até 32 caract, por exemplo:
; I2 WORD_SYMBOL      ;Símbolo para byte, acesso de word e double-word acesso
; I2.0 BIT_SYMBOL     ;Símbolo para acesso de bit
;-----
; ENTRADAS DIGITAIS CLP
;-----
;
I0.0  BT_ST          ;Botao de inicio de ciclo
I0.1  BT_PS          ;Botao pausa a contagem
I0.2  BT_RS          ;Botao zera contagem
I0.3  BT_NOK ;Botao para simular peça NOK
> I0.4
> I0.5
> I0.6
> I0.7
> I1.0
> I1.1
> I1.2
> I1.3
> I1.4
> I1.5
> I1.6
> I1.7
;-----
; SAÍDAS DIGITAIS CLP
;-----
;
Q0.0  Q_ST           ;Indicacao do botao inicio inicio de ciclo
Q0.1  Q_PS           ;Indicacao do botao de pausa de contagem
Q0.2  Q_RS           ;Indicacao do botao de zera contagem
Q0.3  Q_NOK          ;Indicacao do botao de simular peça NOK
> Q0.4
> Q0.5
Q0.6  Q_FLIP         ;Indicacao de ciclo
Q0.7  Q_FLOP ;Indicacao de ciclo
;-----
; AUXILIARES PARA TRABALHO GERAL
;-----
;
M0    B_SYS          ;Byte variaveis de sistema
M0.0  M_LOG0         ;Sempre desligado
M0.1  M_LOG1         ;Sempre ligado
M0.2  M_2HZ          ;Clock de 2 Hertz
M0.3  M_TGNST        ;Trigger de novo start ou restart
M0.4  M_TGSLP        ;Tirgger start, carga programa, apagar area remanente

```

```
M0.5 M_IOFXD ;I/O Corrigido
M0.6 M_ODSB ;Saídas desabilitadas
M0.7 M_BTLOW ;Aviso de bateria baixa

M10 B_CPR ;Byte controle de processo
M10.0 M_ST ;Inicio de contagem
M10.1 M_RST ;Reset de contagem

M20 B_IND ;Byte de entrada de dados
M20.0 M_0_0 ;Bit 0
M20.1 M_0_1 ;Bit 1
M20.2 M_0_2 ;Bit 2
M20.3 M_0_3 ;Bit 3
M20.4 M_0_4 ;Bit 4
M20.5 M_0_5 ;Bit 5
M20.6 M_0_6 ;Bit 6
M20.7 M_0_7 ;Bit 7

;-----
; CONTADORES
;-----
;
C0 CT_TPP ;Contador do total de peças produzidas
C1 CT_NOK ;Contator de peças ruins
```

Sobre os autores:

ⁱ Carlos Marques de Oliveira



Possui graduação em Matemática pelo Centro Universitário Fundação Santo André (1999). Atualmente é Especialista em Manutenção Eletroeletrônica da Robert Bosch Limitada. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos.

ⁱⁱ Daniel Otavio Tambasco Bruno



Doutorando e Mestre em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC (2013). Especialista em Análise, desenvolvimento de Sistemas e Banco de Dados pela Universidade de Ribeirão Preto (2007), Especialista em Educação a Distância pela Universidade Paulista (2012). Bacharel em Análise de Sistemas pela Universidade Paulista (2003). Atualmente é Técnico em Manufatura Digital e Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Industrial. Tem experiência na área de Inteligência Artificial, Internet das coisas, Gestão de Tecnologia da Informação e Desenvolvimento de Sistemas de Informação. CV: <http://lattes.cnpq.br/3491851270517427>

ⁱⁱⁱ Vicente Gomes De Oliveira Junior



Possui graduação em Tecnologia Elétrica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1982). Complemento em pedagogia na Universidade Metodista de Piracicaba (1999), Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2006). Atualmente é professor na área de automação industrial da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica nos cursos de graduação e pós graduação. Tem experiência na área de Automação Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: pneumática, eletropneumática, hidráulica, eletrohidráulica, controlador programável, robótica básica, sistema supervisório, algumas redes industriais. CV: <http://lattes.cnpq.br/6124313169599072>

^{iv} Kevy Pontes Eliodório



Possui graduação em Engenharia Química pela Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros (2015). Possui mestrado em Engenharia Química pela Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros (2018). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Industriais de Engenharia Química. Atualmente é doutorando em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, atuando na área de reações químicas. CV: <http://lattes.cnpq.br/1201240377912504>