

SOLUÇÃO INTEGRADA EM CONTROLE DE MOVIMENTO

Rene Batista Ribeiro1
cfbrbi@confab.com.br
1TenarisConfab.

Resumo. A proposta deste trabalho é apresentar uma solução de arquitetura para o controle de movimento de oito eixos de uma Fresadora de Bordas de chapas. A busca por essa nova arquitetura foi motivada devido ao obsolescimento dos componentes que formam o CNC serie 9/260 da AB, e a arquitetura rígida e fechada, com software constituído de protocolos e linguagem de programação específica, sendo difícil a integração com qualquer outro tipo de tecnologia atual. Além de exigir manutenção por pessoal especializado, o sistema apresentava alto índice de paradas não operativas causado por falha de hardware. Entre as características da nova arquitetura apresentada esta a estruturação do programa do PLC para "Motion Control" nas principais linguagens previstas na norma IEC 61131-3(Barros, 2006 e João Aristides, 2007): a FBD (Function Block Diagram), a SFC (seqüencial function Chart), e a LD (Diagrama Ladder), garantindo melhor compreensão e inteligibilidade do software, oferecendo assim, um diagnóstico rápido e preciso de falhas de sequenciamento operacional. A solução implementada proporcionou flexibilidade, manutenibilidade e alta integração com os diferentes níveis da pirâmide de automação. Palavras Chave: Automação Industrial, Arquitetura integrada, Controle de movimento, SCADA, norma IEC 61131-3.

INTEGRATED SOLUTION IN MOVEMENT CONTROL

Abstract. The purpose of this study is to provide an architecture solution for movement control of eight axis of a Edge Miller of plates. The search for this new architecture was motivated due to the obsolescence of components that make up the CNC series 9/260 of Allen Bradley, and rigid and closed architecture, wich software consists of protocols and specific programming language , and the integration with any other current technology is difficult. Besides, requires maintenance by skilled personnel. The system had high rate of non operating stops caused by hardware failure. Among the new architecture characteristics is the PLC program structure for "Motion Control" in main languages under IEC 61131-3(Barros, 2006 e João Aristides, 2007): the FB (Function Block), the SFC (sequential function Chart) and LD (Ladder Diagram), ensuring better understanding and comprehension of software, providing a quick and accurate diagnosis for failures of operational sequencing. The solution implemented provided flexibility, maintainability and high integration with the different levels of the automation pyramid. Keywords: Industrial Automation, Integrated architecture, Movement Control, SCADA, IEC 61131-3 norm.

1. Introdução

A competitividade traz à indústria uma crescente busca por produtividade, qualidade e alta flexibilidade para satisfazer a uma demanda crescente do mercado por produtos diversificados e de alta qualidade. A integração de sistemas de controle de movimento (motion control) tem se tornado cada vez mais necessário, juntamente com a garantia de manutenibilidade e conectividade com soluções de automação. Para desenvolver um sistema de controle de movimento deve-se avaliar as exigências da aplicação em relação a velocidade e precisão, a partir deste ponto, definir a arquitetura e assim definir os componentes que irão integrar o sistema. A ampla variedade de sistemas/soluções incompatíveis para controle de movimento, implica em diferentes arquiteturas e pacotes de software para desenvolvimento, instalação e manutenção. Esta incompatibilidade implica em altos custos no desenvolvimento, a engenharia se torna difícil, os custos de treinamento aumentam, e o software não é reutilizável entre diferentes plataformas. Para isto, a norma IEC 61131-3 (Wal, 1999; John e Tiegelkamp, 2001) gerou a padronização dos Blocos Funcionais para "Motion Control", sendo esta, a única norma de aceitação mundial para programação de controladores, ela padroniza a forma como os sistemas de controle são interpretados, através da padronização da programação. Com a padronização das funcionalidades e das interfaces, temos como resultado um padrão de programação largamente aplicado na indústria. A adoção da norma proporciona benefícios para os usuários finais, programadores, fornecedores de ferramentas de software, integradores de sistemas, fornecedores de máquinas, fornecedores de sistemas SCADA, equipes de comissionamento, manutenção e treinamento em sistemas de controle. A grande maioria dos produtos existentes no mercado de automação já faz uso da norma IEC 61131-3. A padronização certamente reduz os fatores negativos apresentados, padronização não somente da linguagem de programação, como feito dentro da norma mundial IEC 61131-3, mas também da interface para diferentes soluções. O trabalho proposto visa demonstrar a integração realizada para uma solução no controle de movimento de oito eixos de um equipamento de Fresagem de bordas de chapas, antes controlado por um CNC. Dentro da nova arquitetura a ser apresentada esta a estruturação do programa do PLC para "Motion Control" nas principais linguagens previstas na norma IEC 61131-3: a FBD (Function Block Diagram), a SFC (seqüencial function Chart), e a LD (Diagrama Ladder).

2. Introdução ao Projeto

O trabalho consiste na substituição de um sistema obsoleto composto por um CNC Série 9/260 da Allen Bradley e periféricos, por um sistema Controllogix, uma plataforma de PLC que suporta controle de movimento para o controle de oito eixos, onde toda a parte de potência (drive e motores) foram mantidos e integrados com o novo sistema. O equipamento é uma Fresadora de Bordas, que realiza a fresagem das bordas de chapas com espessuras que variam de 0,250" a 1 1/4" de espessura, com largura de 1400mm a 2800mm aproximadamente, e 12400mm de comprimento. O Fresamento das Bordas é o início do processo da formação do tubo. Para melhor compreensão do trabalho proposto, seguimos com uma breve descrição de conceitos básicos no controle de movimento. Na seqüência, apresentamos a arquitetura original do CNC e a nova arquitetura com PLC.

3. Controle de Movimento

No controle de movimento é necessário controlar uma ou as três variáveis (posição, velocidade e torque). Um servo acionamento possui três malhas de realimentação (malha de posição, malha de velocidade e malha de corrente). A menor malha (malha de corrente) deve ter a maior resposta de velocidade que a malha média (velocidade) e esta que a maior malha (posição). Se este princípio não for respeitado, certamente ocorrerá vibrações ou baixa resposta do controle. O servo acionamento é destinado a assegurar que a malha de corrente tenha uma boa performance de resposta, geralmente, o usuário necessita apenas ajustar a resposta da malha de posição e a malha de velocidade. O diagrama de bloco da Fig. (1) mostra uma sistema de servo com malha de posição, velocidade e corrente.

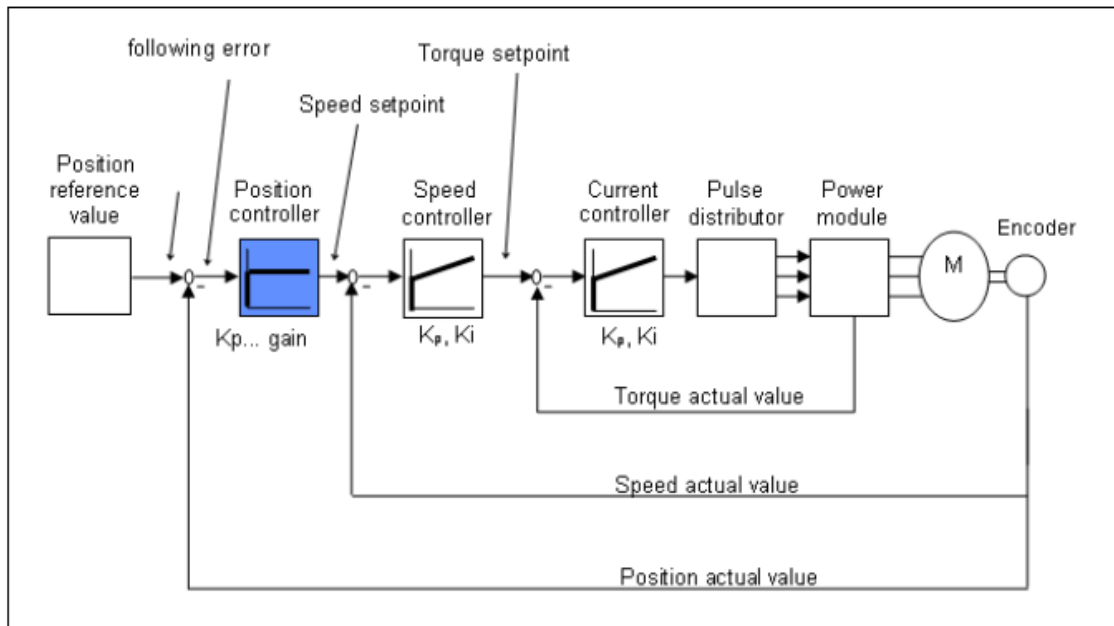


Figura 1. Diagrama em bloco de um servo-acionamento.

A malha de posição e velocidade geralmente é parte do controlador, seja ele um CNC ou um PLC, no trabalho proposto a malha de posição e velocidade foi desenvolvida no PLC através de Blocos de Funções. A malha de corrente é realizada diretamente no Drive.

4. Descrição do Equipamento

O equipamento é composto de 8 eixos e dois cabeçotes de fresagem descritos a seguir:

- eixos A e B para acionar mesas de alinhamento da chapa.
- eixos X e U para posicionamento dos cabeçotes de Fresagem.
- eixos Z e W para posicionamento dos copiadores
- eixo V responsável pela medição do comprimento da chapa.
- eixo Y para transportar a chapa durante a Fresagem.

O acionamento dos eixos citados acima é composto por um Simodrive 611A e motores 1TF6/1FK6 Siemens. Para o transporte da chapa temos um motor 1PH7 de 30KW acoplado no carro (eixo Y). O acionamento dos cabeçotes de fresagem é realizado por motores AC tipo 1PA6228 179KW.

4.1. A arquitetura original

- Na Figura 2 temos a configuração típica de Hardware (Allen-Bradley, 2000) do CNC 9/260.

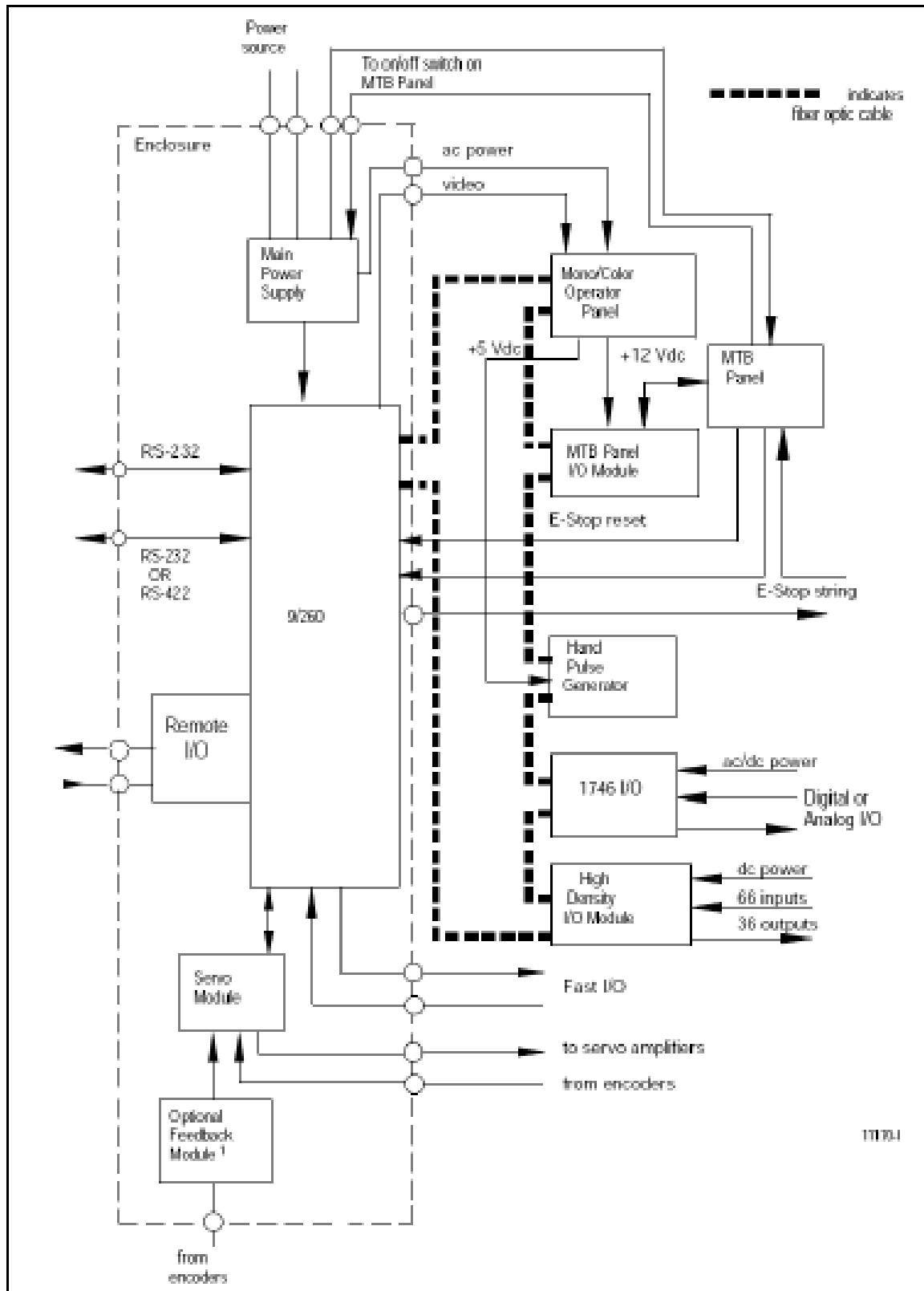


Figura 2. Configuração típica de hardware do CNC 9/260.

• Arquitetura original de Hardware do CNC 9/260 com acionamentos e periféricos na Fig. (3).

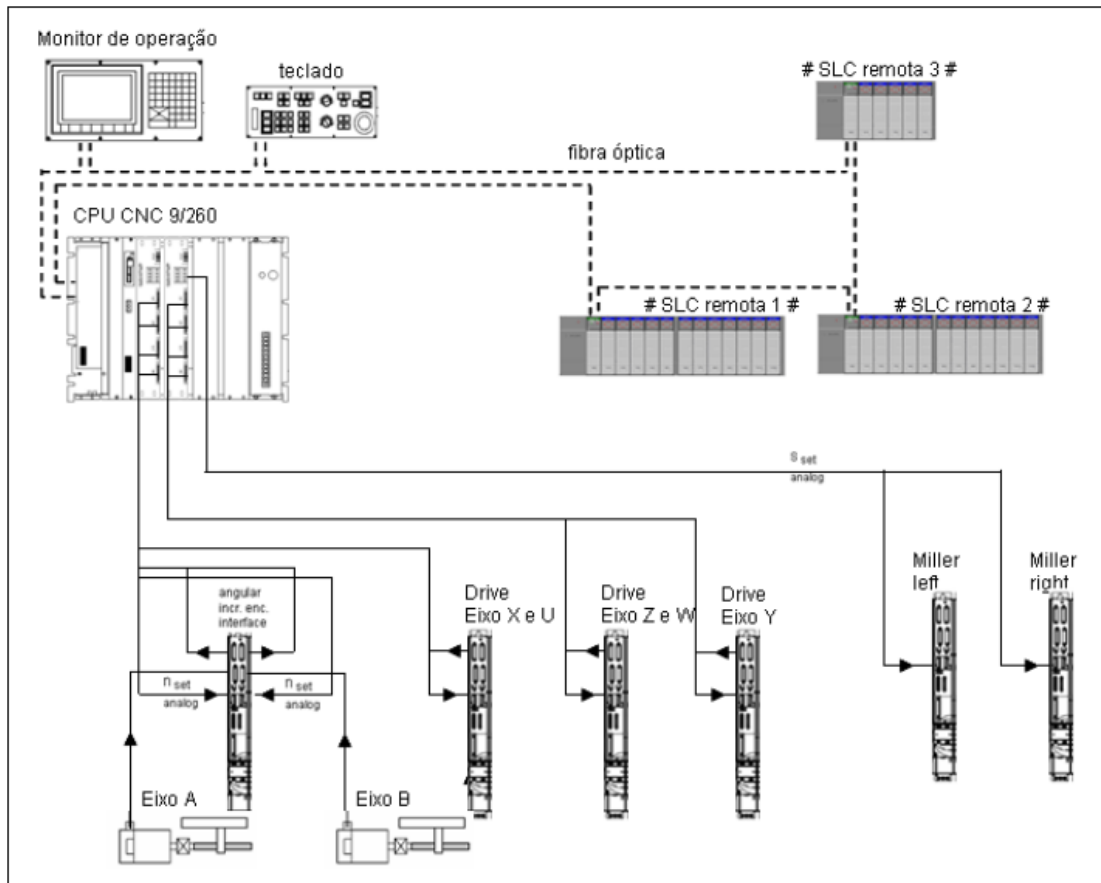


Figura 3. Arquitetura de hardware do CNC 9/260 e periféricos.

- O programa de aplicação lógica - PAL e Part Program :
 - Na figura 4 temos um trecho do Programa de Aplicação Lógica - PAL, criado no Sistema de Desenvolvimento Offline da Allen-Bradley - ODS.

```

150+ ABILITAZIONE ASSE Y
|
|          FLAG      COMP          DRIVE          FEED
|          HIDRAUL.  E stop        READY          CARRIAGE
|          ON        oK            FOR Y         CONTROL.
|                   8600 BY        AXE           RELEASE
|                   V.G.O.
|          !TOOU  !IDRAULI  !IOOK2  !OK_ASSI  !OK_AZEY  %O11_O
|-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )-----
|
| FEED
| CARRIAGE
| CONTROL.
| RELEASE
| LM1
| %O11_D  !TO1U
|-----] [-----] / [-----]
|
| FEED
| CARRIAGE
| CONTROL.
| RELEASE
| LM1
| %O11_D  !MAMMA07
|-----] [-----] / [-----]
170+-----] [-----] / [-----] ( )-----
    
```

Figura 4. Trecho do programa de aplicação lógica – PAL.

- Segue abaixo um trecho do programa do CNC - Part Program, criado no Sistema de Desenvolvimento Offline da Allen-Bradley (SDO):

(PROC 1:INICIO PROGRAMA)

N0050 M52

N0100 M98 P1L1 (LENDO DADOS)

N0300 M98 P4L1 (MENSAGENS DE FALHAS)

N0500 M98 P2L1 (CALC. DOS EIXOS-XUABZW)

N0600 M98 P5L1 (PRESSAO DE ALINHAMENTO)

N0900 M5 M80 (PARA MESA DE ROLOS E CABECOTE)

N0910 M21 M23 M25

N0911 #1134=[#7100*10]

N0912 M28

N0914 M70

N0916 M15

N0920 #7150=3

N0930 M150(PROC 2: ABRE MESA DE ALINHAMENTO)

N0935 M151

N0940 M21 M23 M25 (ABRE GRAMPOS)

N1000 M28 (DESCE STOP DA CHAPA)

N1050 M70 (ABRE COPIADOR)

N1100 G01 X#560 U#560 F4000

N1150 G01 Z#581 W#582 F1000

N1200 M78 (ABRE PRE CARGA DA RODA DENTADA)

N1201 IF[#7101 GE 1600] GOTO 1250

4.2. A nova arquitetura de hardware

Juntamente com o PLC Controllogix da Allen Bradley, temos a rede Remot IO formada pelas remotas SLC500, sistema supervisorío Ivision desenvolvido para o Sistema operacional QNX 4.25 e acionamento Simodrive, Fig. (5).

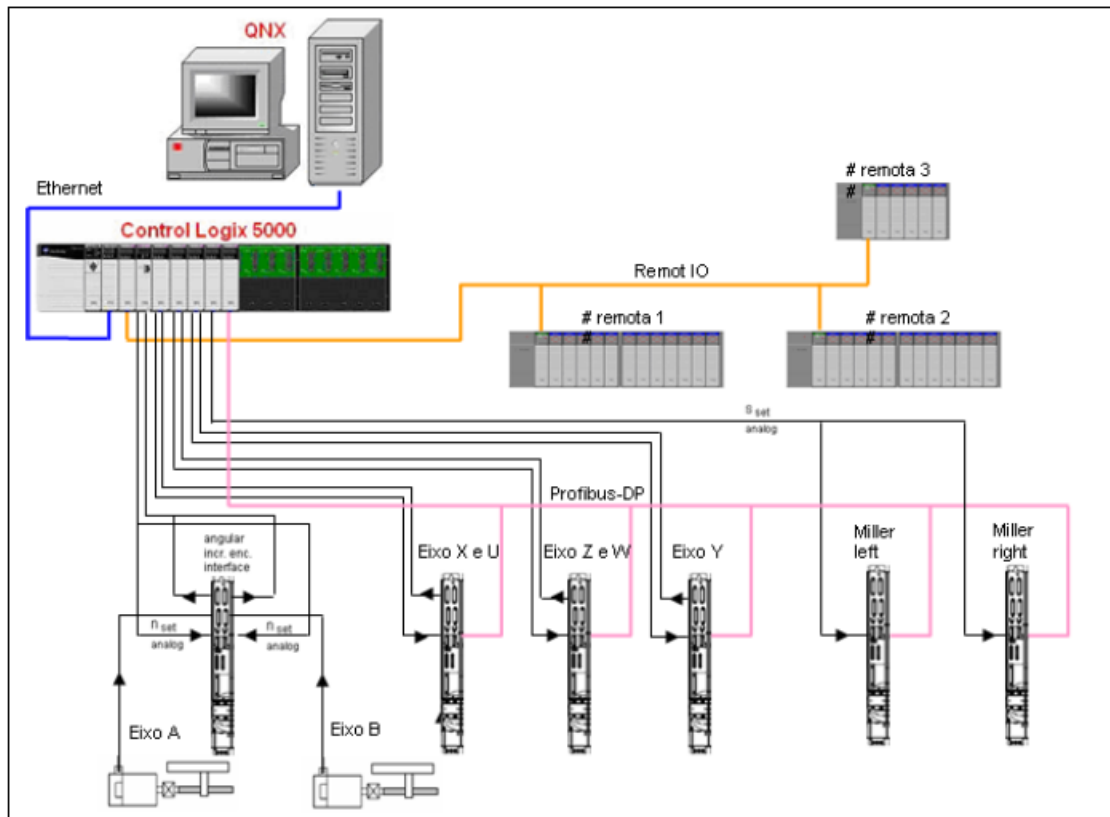


Figura 5. Nova arquitetura com PLC Controllogix.

4.3. O Software de programação utilizado na nova arquitetura.

- A norma IEC 61131-3

Um dos aspectos relevantes na utilização dos conceitos da norma 61131-3 consiste na encapsulação da complexidade do algoritmo de controle. As facilidades proporcionadas pelos ambientes de programação dos modernos sistemas de controle possibilitam a implementação de algoritmos sofisticados utilizando-se as linguagens mais adequadas. Estes algoritmos são encapsulados em blocos funcionais, os quais podem ser utilizados em todas as linguagens de programação. A partir da utilização de blocos funcionais, o algoritmo encapsulado passa a ser interpretado como uma função de transferência, onde o usuário precisa se preocupar apenas com os sinais de entrada, funcionalidade do bloco e sinais de saída, não sendo necessário interpretar o algoritmo interno do bloco. Este recurso facilita em muito o entendimento da função de controle, isentando o usuário do sistema de interpretar a codificação do algoritmo. Normalmente, os ambientes de programação permitem animar os valores e estados de entrada e saída do bloco durante a execução do programa, tornando a manutenção do sistema uma tarefa simples e rápida. Segue exemplo de Bloco Funcional para o controle de um eixo simples na Fig. (6).

Nome - FB	MC_MoveAbsolute
Este bloco funcional comanda um movimento controlado para uma posição absoluta especificada.	

Representação:

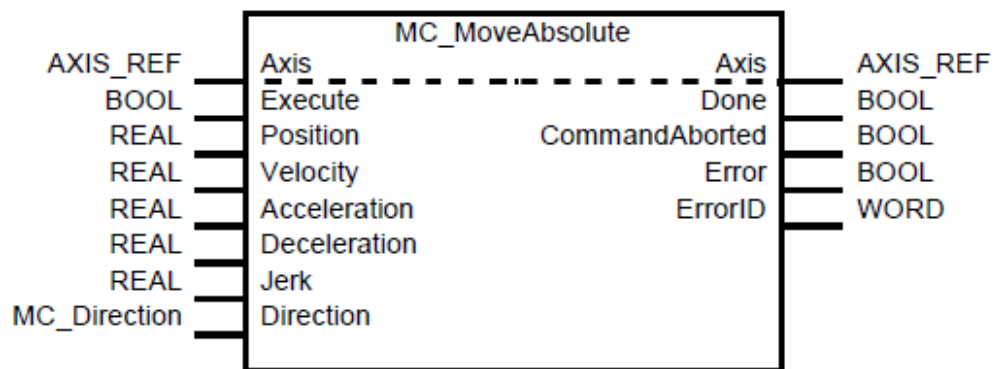


Figura 6. Bloco Funcional para o controle de um eixo simples.

Biblioteca de alguns blocos de funções para eixo simples

- MoveAbsolute -MoveRelative
- MoveContinuous -MoveVelocity
- Home -Stop
- ReadStatus -ReadAxisError
- ReadParameter -WriteParameter

Diagrama de Estados O diagrama abaixo define o comportamento de um eixo, que esta sempre em um dos estados definidos. Qualquer comando de "motion" é uma transição que muda o estado do eixo, Fig. (7).

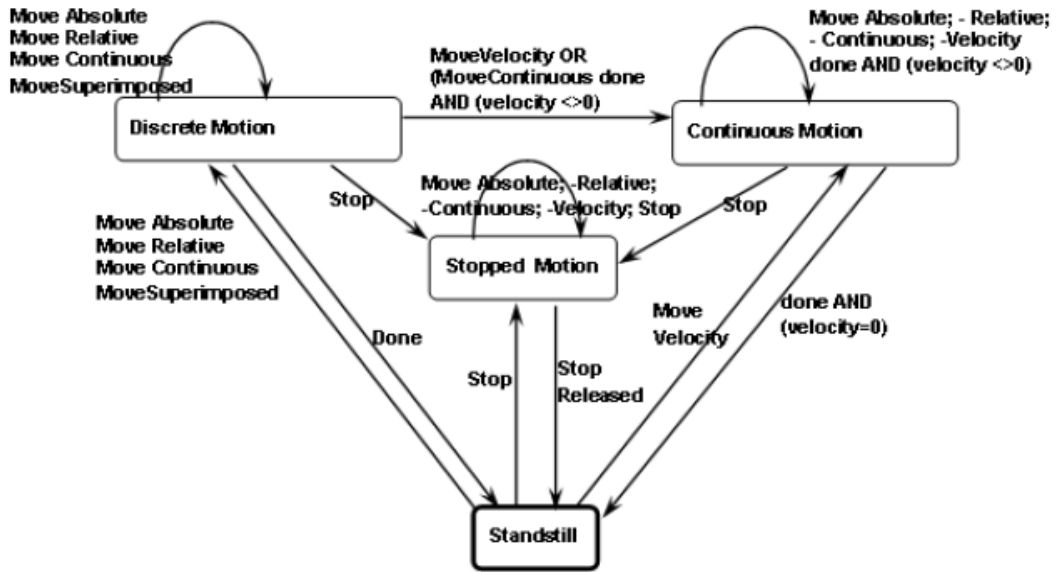


Figura 7. Diagrama de estados para o movimento.

Na Figura 8 temos como exemplo uma unidade de perfuração simples:

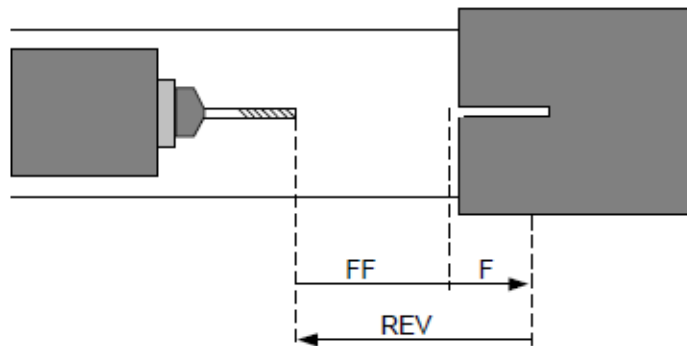


Figura 8. Unidade de perfuração simples.

O correspondente diagrama temporal para o movimento é mostrado na Fig. (9).

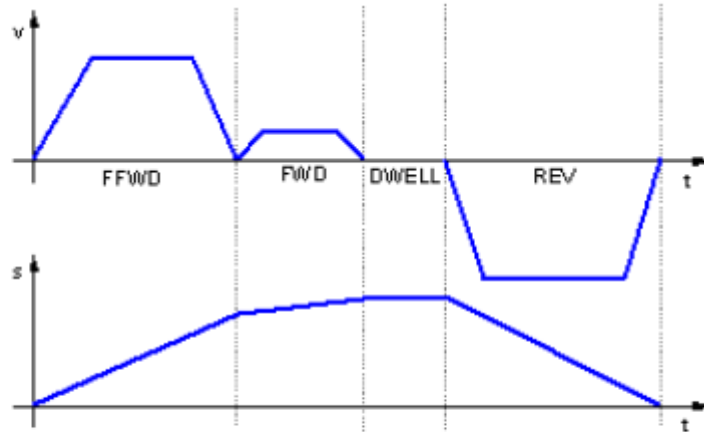


Figura 9. Diagrama temporal para o movimento.

A Figura 10 mostra a solução em Diagrama de Blocos Funcionais.

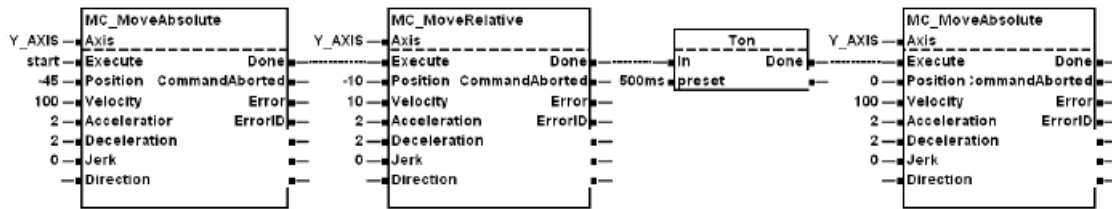


Figura 10. Diagrama em blocos funcionais.

Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC)

Este é a abordagem mais tradicional usando SFC para a especificação da seqüência de passos. O SFC representa o diagrama temporal mostrado no exemplo anterior. Este consiste dos seguintes passos mostrados na Fig. (11).

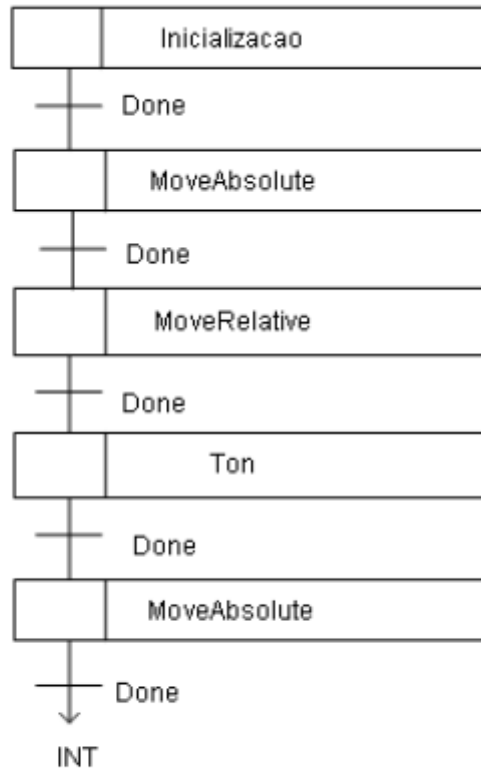


Figura 11. Sequenciamento gráfico das funções.

Passo 1: Inicialização na energização, por exemplo.

Passo 2: Movimenta à frente para a posição de perfuração, liga o furadeira: neste sentido estará totalmente operacional antes da posição atingida; então verifica se ambas as ações foram realizadas.

Passo 3: Faça o furo.

Passo 4: Após a perfuração nós temos que esperar pela evolução do passo de espera para finalizar o furo sem deixar qualquer rebarba.

Passo 5: Movimentar o mandril para trás para a posição inicial e desligar a furadeira. Combinando a finalização do movimento para trás e a parada da furadeira nós sinalizamos o SFC para voltar ao começo.

• **O Software do PLC**

O software foi desenvolvido utilizando tres linguagens de programação baseado na norma IEC 61131-3: LD,FBD e SFC, disponiveis no software de programação RSLogix5000. Cada tarefa/rotina do programa foi desenvolvido na linguagem apropriada. Na Figura 12 um exemplo de um Bloco de Função para um movimento absoluto de eixo.

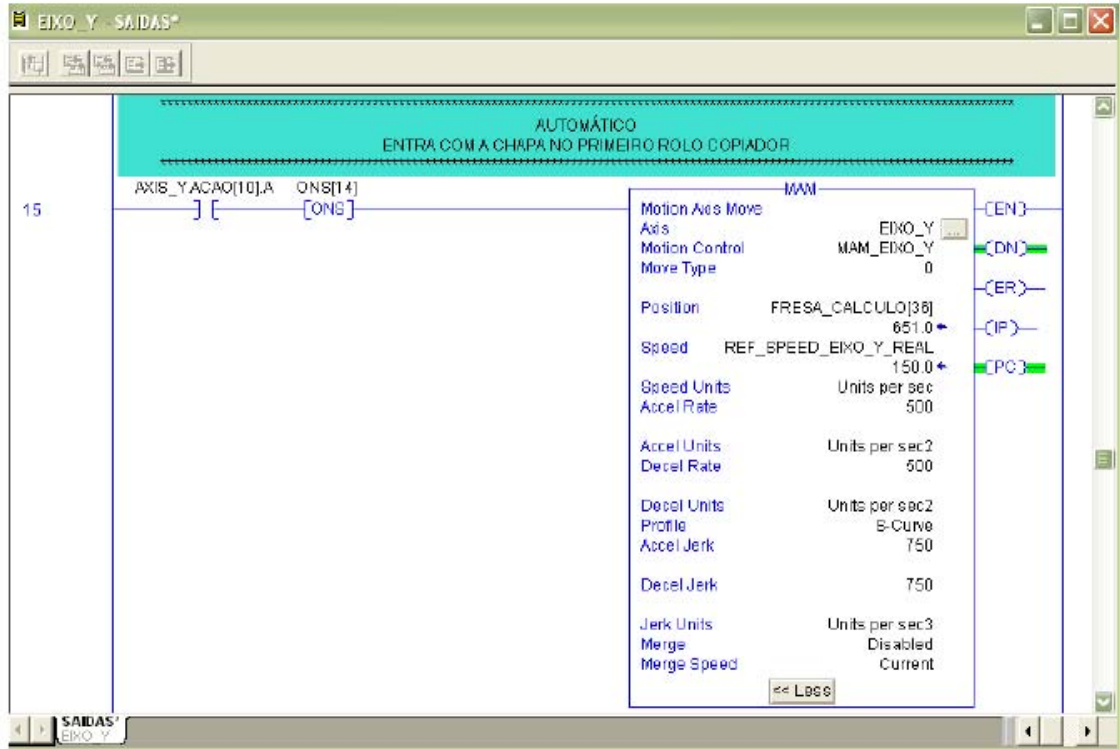


Figura 12. Bloco de função para movimento absoluto de eixo.

Segue trecho de programa na linguagem SFC para controle sequencial de um eixo na Fig. (13).

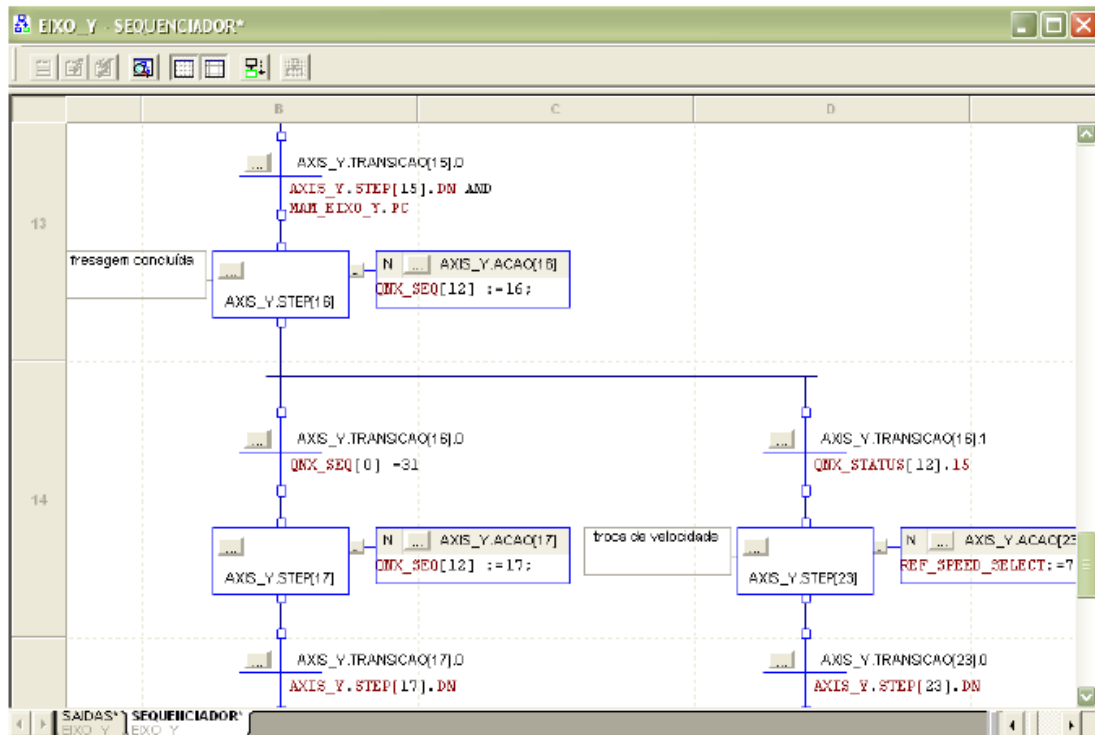


Figura 13. Trecho de programa na linguagem SFC.

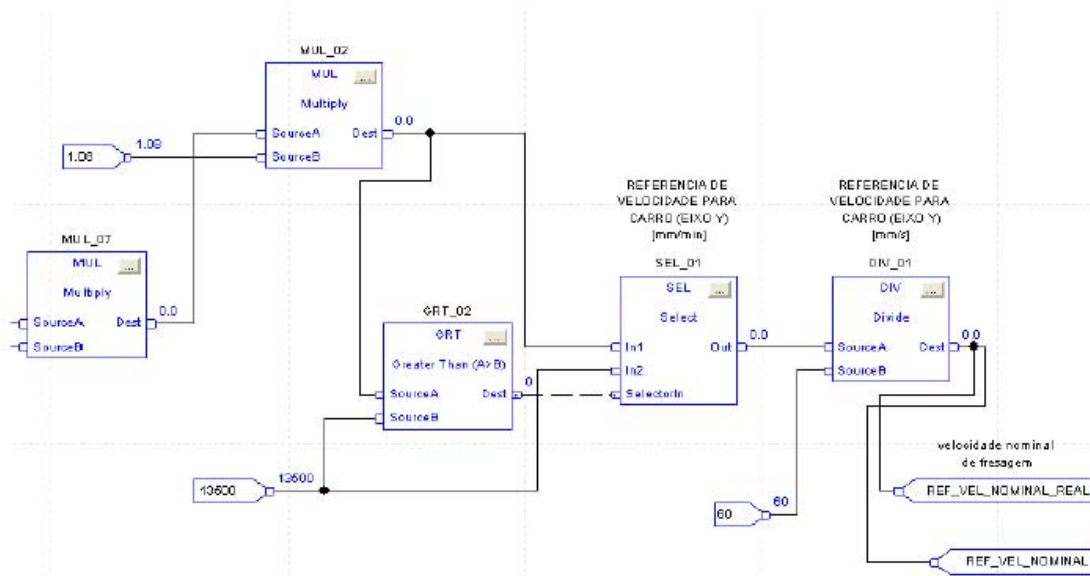


Figura 14. Trecho de programa na Linguagem FBD.

5. O Sistema SCADA :

O sistema supervisório foi desenvolvido a partir das telas de operação do CNC, facilitando a operação e proporcionando ferramentas de monitoração e diagnóstico remoto. Através de gráficos de tendência e um sistema de alarme é possível monitorar o equipamento a distância. O sistema SCADA é formado por: -Sistema Operacional: QNX 4.25 -Banco de Dados: Sybase 5.0 -Ferramenta de Desenvolvimento: AppBuilder RunTime -Sistema Supervisório: Ivision 3.1 -Photon 1.13

Uma descrição básica do sistema pode ser entendida da seguinte forma:

O QNX é o sistema operacional onde são executadas todas as aplicações do sistema Supervisório Ivision. O Sistema Operacional QNX comporta, além do Ivision, o banco de dados (Sybase) e a ferramenta de desenvolvimento Photon Application Builder, onde são desenvolvidas as interfaces gráficas para operação da planta. O Ivision se comunica tanto com o PLC (Nível 1), com uma outra máquina QNX (Nível 2) como também com o Nível Cooperativo (Nível 3) da fábrica. Todas as ações executadas por um operador no monitor de operação, são interpretadas pelo Supervisório Ivision, que executa a operação desejada. Caso seja executado um comando, o mesmo é enviado ao PLC, que também faz a leitura da resposta do mesmo. A seguir temos na Fig. (15), a tela de operação principal do antigo CNC, a tela de operação principal desenvolvida no Supervisório Ivision na Fig. (16) e a tela de setup na Fig. (17).



Figura 15. Tela de operação principal do antigo CNC.

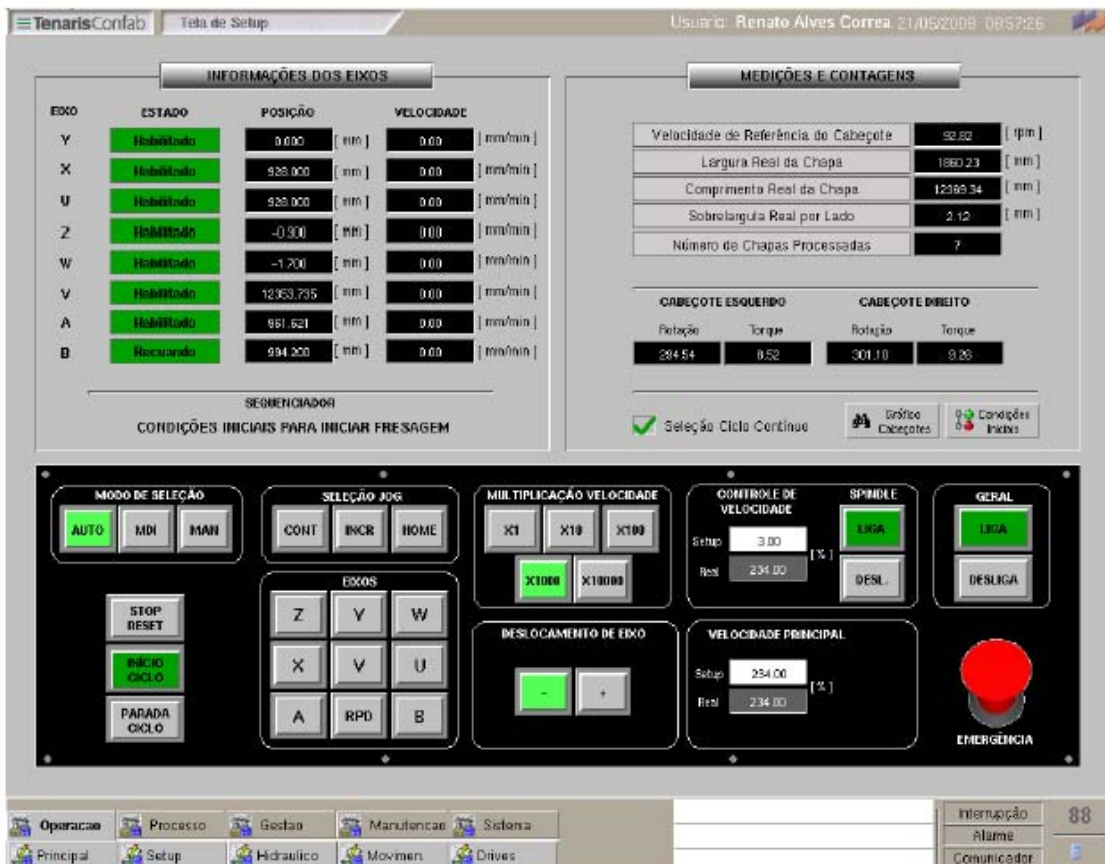


Figura 16. Tela de operação principal desenvolvida no Supervisor Ivision.



Figura 17. Tela de setup desenvolvida no Supervisório Ivision.

6. Conclusão

O objetivo do projeto de eliminar paradas não operativas causadas por falhas no hardware do CNC e falhas de programação foram alcançados, eliminando totalmente as paradas ocasionadas por falha de hardware e software no equipamento. A Interface Homem Máquina se tornou simples, eliminando a possibilidade de falha operacional. A nova arquitetura proporciona integração com a rede de nível corporativo, possibilitando monitoração e controle dos principais parâmetros de processo. A arquitetura atual e a padronização do software são fatores determinantes para o baixo índice de manutenção e consequentemente maior confiabilidade apresentada pelo equipamento. Toda e qualquer modificação na troca de chapa agora é realizada pelo operador através da tela de setup, eliminando falhas de software causado pela necessidade de alterações no programa, sem necessitar a presença da manutenção. Com relação a treinamento, toda equipe já possuiu treinamento específico no PLC, sendo necessário apenas treinamento nos detalhes e particularidades de funcionamento do equipamento. Podemos também destacar que o desenvolvimento e instalação foi mais rápido e previsível, resultando em curto prazo de instalação, sem impactos no “start-up” do equipamento.

7. Referências

Allen-Bradley, 2000, “9/Series CNC Hardware - Integration and Maintenance Manual”, Publication 852062-RM025A-EN-P, 898p. Barros, M.R. de A., 2006, “Estudo da automação de células de manufatura para montagens e soldagem industrial de carrocerias automotivas”. Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 133 p.

João Aristides, B.F., 2007, “Um estudo de caso de organização de programas de automação industrial baseada na Norma IEC61131-3”. Monografia de Conclusão de Curso – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 100 p. John, K.H. and Tiegelkamp, M., 2001, “IEC61131-3 : Programming Industrial Automation Systems”. Concepts and programming languages, Requirements for Programming Systems, Aids to Decision-Making tools. Wal, E.V.D., E., 1999, “IEC 61131-3: a standard programming resource”, ISA Show.

Wal, E.V.D., tradução: Fonseca, M., “Criando Aplicações de Controle de Movimento, Reutilizáveis e Independentes de Hardware via IEC 61131-3 e Blocos Funcionais da PLCopen para Motion Control”.

Massey, N., “Reducing development time and cost with standardized motion programming”. PLCopen Motion Control. Rockwell Automation Inc., 2007, “ControlLogix Controllers Firmware Revision 16”, Publication 1756-UM001G-EN-P.

8. Direitos Autorais

O autor é o único responsável pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.