



DOSSIÊ TÉCNICO

Automação industrial
Automação de pequenos processos com CLP

Igor André Krakheche

SENAI-RS
Centro Tecnológico de Mecatrônica

Junho
2007

Sumário

Introdução	3
Objetivo	3
1 DEFINIÇÃO	4
2 HISTÓRICO	4
3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CLP	5
3.1 Hardware	5
3.2 Software	5
4 HARDWARE	5
4.1 Módulo de CPU	6
4.2 Sistema de Memória	8
4.2.1 RAM (<i>Random Access Memory</i>).....	8
4.2.2 ROM (<i>Read Only Memory</i>).....	9
4.2.3 EEPROM – (<i>Erasable Electrical Programmable Read Only Memory</i>).....	9
4.2.4 Flash EEPROM.....	9
4.2.5 Memória do programa monitor.....	9
4.2.6 Memória do usuário.....	9
4.2.7 Memória de dados.....	9
4.2.8 Memória imagem das entradas/saídas.....	10
4.2.9 Utilização da memória do CLP.....	10
4.3 Fontes de alimentação	11
4.4 Bateria	11
4.5 Módulo de entradas e saídas discretas (digitais)	12
4.5.1 Módulos de entradas discretas.....	12
4.5.2 Módulos de saídas discretas.....	14
4.6 Módulos de estradas/saídas analógicas	16
4.6.1 Módulos de entradas analógicas.....	17
4.6.2 Módulos de saídas analógicas.....	18
4.7 Módulos especiais	19
4.7.1 Módulos para contagem rápida.....	19
4.7.2 Módulos de entrada/saída remotos.....	19
5 SISTEMAS SCADA (<i>SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION</i>)	20
5.1.1 Supervisão.....	20
5.1.2 Operação.....	20
5.2 Funcionalidades	20
5.2.1 Aquisição de dados.....	20
5.2.2 Visualização de dados.....	21
5.2.3 Alarmes.....	21
5.2.4 Tolerância à falhas.....	22
5.3 Ferramentas comerciais dedicadas para o desenvolvimento de um sistema SCADA	22
6 IHM (<i>INTERFACE HOMEM-MÁQUINA</i>)	22
6.1 IHM Alfanumérica	23
6.2 IHM Gráfica	23
7 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO	23
7.1 Situação/Problema	23
7.2 Linguagem Ladder	24
7.2.1 Elementos Básicos.....	25
7.2.2 Lógicas Básicas.....	25

7.3 Solução do Problema Proposto.....	26
Conclusões e Recomendações	27
Referências.....	27

	<h1>DOSSIÊ TÉCNICO</h1>	
---	-------------------------	--

Título

Automação industrial - automação de pequenos processos com CLP

Assunto

Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle

Resumo

O CLP executa o principal papel no controle de processos seqüenciais na Automação Industrial. É um equipamento eletrônico amplamente conhecido e que se encontra em um alto estágio de desenvolvimento. Por este motivo, uma grande gama de equipamentos acompanha esse desenvolvimento, direcionando o foco exclusivamente para as tendências apontadas pelos fabricantes de CLP. Este equipamento abriu o caminho para que diversos processos pudessem ser automatizados de forma simples, rápida e confiável, além de permitir a integração de todos os setores da fábrica, fornecendo à administração informações em tempo real que agilizam a tomada de decisões. A oferta de equipamentos é tamanha que é essencial dominar as características do hardware e os recursos de programação do CLP, a fim de tornar as aplicações mais eficientes.

Palavras-chave

Automatização; CLP; controladores lógicos programáveis

Conteúdo

Introdução

O CLP oferece soluções de controle para diversos processos industriais. Desse modo, a sua complexidade e a quantidade de módulos oferecidos são grandes.

Este trabalho contém informações importantes sobre o hardware e o software do CLP. Essas informações podem ajudar os técnicos na correta escolha do hardware, na utilização eficiente dos recursos oferecidos e em tarefas de ampliação ou correção de algum problema de hardware. Além disso, serão apresentadas algumas tecnologias que são associadas ao CLP na maioria das aplicações industriais.

O foco principal das informações são processos industriais de pequeno porte. Contudo, devido à característica modular do CLP e ao alto estágio de desenvolvimento do mesmo, os equipamentos podem também ser utilizados em processos de grande porte.

Objetivo

O objetivo do trabalho é dar suporte técnico aos técnicos interessados em utilizar o CLP em pequenos processos industriais. Nesse trabalho o técnico encontrará informações importantes relativas ao uso do CLP.

1 DEFINIÇÃO

A NEMA (*National Electrical Manufacturing Association - USA*) definiu, em 1978, o controlador programável da seguinte forma:

Um controlador programável é um aparelho eletrônico digital que contém uma memória programável para armazenamento de instruções que são utilizadas para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, com o objetivo de controlar máquinas e processos.

2 HISTÓRICO

O critério de projeto para o primeiro controlador programável foi especificado em 1968 por uma divisão da General Motors, com o objetivo inicial de eliminar o alto custo associado com os sistemas controlados a relés. As especificações iniciais requeriam um sistema de estado sólido com a flexibilidade do computador, capaz de suportar o ambiente industrial, ser facilmente programado e reprogramado, com manutenção fácil e, por último, facilmente expansível e utilizável. Devido ao intuito inicial de substituírem os painéis de relés no controle discreto, foram chamados de PLC (*Programmable Logic Controllers*), em português CLP (Controladores Lógicos Programáveis).

Os primeiros controladores tinham pouca capacidade de processamento e suas aplicações se limitavam a máquinas e pequenos processos que necessitavam de operações repetitivas. A partir de 1970, com o advento da tecnologia de microprocessadores, os controladores passaram ter uma grande capacidade de processamento e alta flexibilidade de programação e expansão. Entre outras características, cita-se: a capacidade de operar com números, realizar operações aritméticas com ponto decimal flutuante, manusear dados e se comunicar com computadores.

Inovações no hardware e software a partir de 1975 proporcionaram ao controlador maior flexibilidade e capacidade de processamento. Isto significou um aumento na capacidade de memória e de módulos de entradas/saídas, utilização de módulos remotos, controle analógico, controle de posicionamento, comunicações com outros equipamentos eletrônicos, etc. A expansão de memória permitiu aumentar o tamanho do programa do usuário e realizar operações de aquisição e manipulação de dados. Com o desenvolvimento do controle analógico, o controlador programável preencheu a lacuna entre controle discreto e controle contínuo.

Os custos com cabeamento foram reduzidos significativamente com a capacidade do controlador de comunicar-se com módulos de entrada/saída localizados em pontos remotos, próximos ao equipamento a ser controlado. Esta técnica permitiu a decomposição de grandes sistemas em pequenos subsistemas, melhorando a confiabilidade, a manutenção e a partida gradual dos subsistemas principais.

Com o desenvolvimento da rede de comunicação de alta velocidade, tornou-se possível o controle sincronizado entre vários controladores e a comunicação com microcomputadores e outros sistemas situados em um nível funcional superior. Desse modo, foi possível combinar o desempenho do controlador programável com a capacidade de controle distribuído de alta velocidade com interface através de computadores, resultando em uma grande potencialidade de controle e supervisão.

Atualmente, existem vários tipos de controladores, desde controladores de pequena capacidade até os mais sofisticados, realizando operações que antes eram consideradas específicas para computadores.

3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CLP

As características dos CLPs devem ser analisadas antes da escolha do equipamento adequado ao nível da automação a ser implementada. A correta análise das mesmas permite uma boa escolha entre diversas opções de CLP de um número grande de fabricantes, ou ainda, quando existe a opção de utilizar um hardware dedicado ou um computador industrial ao invés do CLP. As características relacionadas abaixo podem não ser aplicadas a todos os CLPs, mas abrangem a maioria deles. Algumas dessas características serão explicadas com mais detalhes no decorrer dos próximos capítulos.

3.1 Hardware

- O hardware ocupa pouco espaço físico e consome baixa potência elétrica (os dispositivos conectados ao CLP são os principais consumidores). Além disso, existem módulos de entrada e saída de alta densidade, possibilitando baixo custo e espaços ainda mais reduzidos;
- Capacidade de operação confiável em ambiente industrial sem o apoio de equipamentos específicos;
- Emitem baixos níveis de ruídos elétricos;
- Apresentam pouca incidência de defeitos, portanto, são bastante confiáveis;
- A manutenção requer mão-de-obra qualificada. Porém, em muitos casos basta substituir o módulo danificado, mesmo com o equipamento ligado. Esse processo é chamado de “troca a quente”;
- Permite a expansão de diversos tipos de módulos, tais como, módulos inteligentes, microprocessados, que permitem controles descentralizados;
- Apresentam interface de comunicação com outros equipamentos. A comunicação com computadores permite a coleta de informações e a alteração de parâmetros da produção;
- Permite a expansão da capacidade de memória;

3.2 Software

- Utilização de até cinco linguagens de programação padronizadas e amplamente conhecidas.
- Utilização de matemática de ponto flutuante, tornando possível o desenvolvimento de cálculos complexos.
- Podem ser reprogramados, portanto, são reutilizáveis;
- Permitem o envio e o recebimento de informações no modo *online*, ou seja, é possível alterar o programa de controle ou fazer o diagnóstico de falhas com o equipamento em funcionamento e com mínima interrupção na produção;

4 HARDWARE

Os controladores lógicos programáveis são equipamentos com uma aplicação muito vasta dentro dos diversos processos de automação. Desta forma, a escolha correta do controlador é

fundamental para o sucesso da aplicação.

Os controladores lógicos programáveis são equipamentos disponibilizados em módulos, ou seja, cada configuração pode ser montada pelo usuário de acordo com a sua necessidade. Esta arquitetura também contribui para que a manutenção seja facilitada, uma vez que, no caso de falha, é possível substituir apenas o módulo defeituoso.

Os principais blocos que compõem um CLP são: CPU (*Central Processing Unit*), módulos de entradas/ saídas, módulos especiais, fonte de alimentação e base (*rack*).

4.1 Módulo de CPU

A unidade central de processamento é responsável pelo gerenciamento total do sistema, controlando os barramentos de endereços, de dados e de controle. Sua principal função é receber dados enviados pelos módulos de entrada, efetuar seu processamento de acordo com o programa do usuário e enviar os resultados para os módulos de saída. Além disso, controla a comunicação com dispositivos externos, verifica a integridade do sistema, atualiza informações do status da CPU e controla um relógio em tempo real.

Algumas características da CPU são importantes para determinar a sua performance, a principal delas é o *scan time* (tempo de varredura), que é o período de tempo no qual o CLP executa uma seqüência de funções de forma repetitiva enquanto estiver em modo de operação. Essa seqüência é chamada de ciclo de varredura (*scan*), o qual será representado pelo fluxograma da FIG. 1.

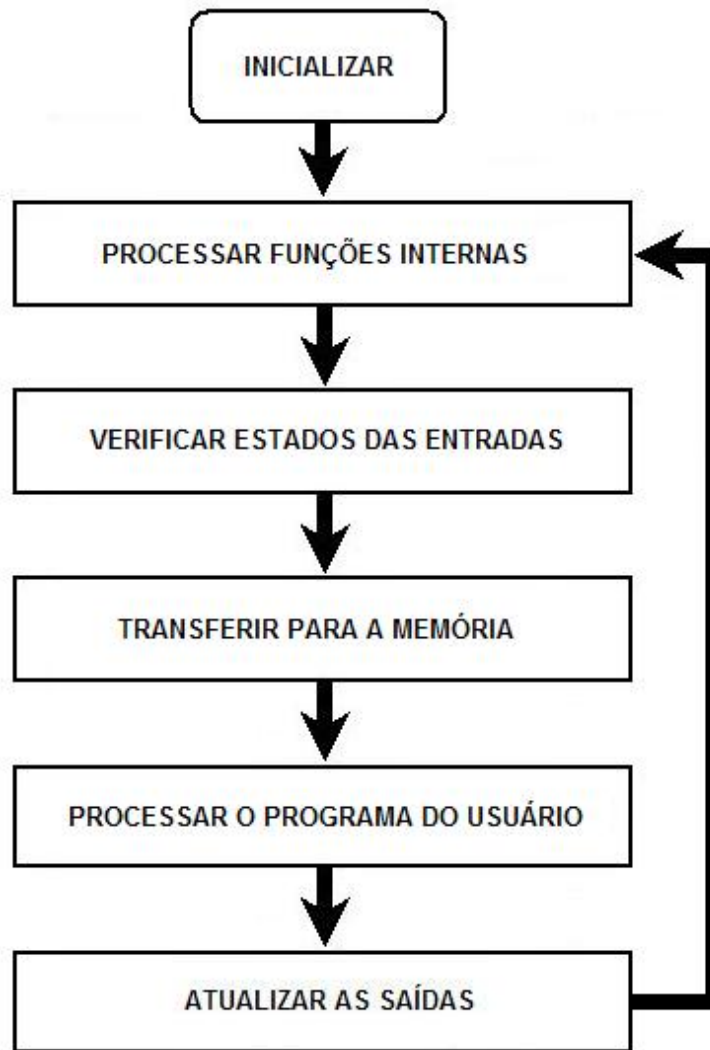


Figura 1 – Representação do ciclo de varredura do CLP
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

As seguintes funções são executadas:

- Inicializar: o CLP executa testes no próprio hardware para verificar se sistema está funcionando corretamente e analisa os dados da última queda de energia para determinar o ponto de reinício.
- Processar funções internas: o sistema monitora o controlador (atualiza os dados do sistema, os valores dos temporizadores, as lâmpadas de status, etc.) e processa requisições externas.
- Verificar estados das entradas e transferir para a memória: o CLP examina os dispositivos externos de entrada e armazena as informações temporariamente em uma região da memória denominada de memória imagem das entradas.
- Processar o programa do usuário: o CLP executa as instruções do programa, utilizando o estado das entradas armazenado na memória imagem de entrada, e determina os estados das saídas. Estes estados são armazenados em uma região da memória denominada de memória imagem das saídas.
- Atualizar as saídas: baseado nos dados da memória imagem das saídas, o CLP aciona os

dispositivos externos conforme lógica do programa.

Portanto, o tamanho do programa, o número de pontos de entradas e saídas, o número de módulos especiais, a quantidades de informações comunicadas em rede com outros equipamentos e o tempo de processamento por instrução influenciam diretamente no *scan time*. Este tempo pode ser crítico em processos com movimentos rápidos, onde o *scan time* deve ter o menor valor possível para não prejudicar o funcionamento do processo. Para isso, o usuário deve pesquisar as informações do fabricante sobre o *scan time* e elaborar programas de maneira estruturada, utilizando o recurso de sub-rotinas que otimizam a seqüência das instruções. Em alguns casos, o CLP permite o disparo de eventos, ou seja, linhas de código de alta prioridade que interrompem o *scan* normal para executar funções específicas.

A maioria dos fabricantes informa o tempo de processamento por instrução, o qual pode chegar a valores em torno de décimos de microssegundos, o menor valor de *scan time* possível, que pode chegar a poucos milissegundos, e o *scan time* em tempo real, o que indica, por exemplo, a frequência de atualização das entradas. Porém, o valor do *scan time* pode variar a cada novo ciclo, ao passo que, alguns CLPs permitem ajustar um tempo fixo para o *scan*, desde de que seja o suficiente para executar todas as funções.

Para aumentar a segurança do CLP, o *scan time* é monitorado através de uma função chamada *watch dog*, a qual coloca o CLP em modo de falha quando o *scan time* atingir um valor maior que o máximo ajustado pelo usuário. Essa função é útil em situações onde a CPU trava devido a um problema do hardware ou do software desenvolvido pelo usuário.

De maneira geral, as CPUs apresentam dois modos de operação:

- Programação (*Stop*): neste modo a CPU não executa o programa do usuário e não atualiza os estados das saídas. A função principal desse modo é permitir a transferência e/ou a alteração do programa do usuário. Além disso, permite a configuração de parâmetros da CPU.
- Execução (*Run*): neste modo a CPU executa o programa do usuário para realizar o controle desejado, atualizando os estados das saídas conforme a lógica programada. Alguns CLPs permitem a alteração do programa mesmo estando neste modo, ou seja, a máquina pode estar em pleno funcionamento e, ao mesmo tempo, o usuário pode alterar o programa.

4.2 Sistema de Memória

O sistema de memória é a parte da CPU onde são armazenadas todas as instruções, assim como, os dados para executá-las. Contudo, antes de estudarmos as funções das memórias do CLP (memória do programa monitor, memória do usuário, memória de dados, memória imagem das entradas/saídas), é necessário entender as características dos tipos mais comuns de memórias utilizadas em sistemas digitais (RAM, ROM, EEPROM e Flash EEPROM). Os tipos de memórias utilizadas e as funções executadas no CLP serão apresentados a seguir.

4.2.1 RAM (*Random Access Memory*)

São memórias do tipo volátil, ou seja, perdem os dados com a falta de energia. Sua principal característica reside no fato de que os dados podem ser gravados e alterados rapidamente e facilmente. No CLP, os dados da RAM podem ser mantidos por uma bateria ou por um capacitor.

4.2.2 ROM (*Read Only Memory*)

São memórias especialmente projetadas para manter armazenadas informações que não poderão ser alteradas. Desta forma, é uma memória somente para leitura, sendo que, seus dados não são perdidos caso ocorra falta de energia, ou seja, são memórias não voláteis.

4.2.3 EEPROM – (*Erasable Electrical Programmable Read Only Memory*)

São memórias que, apesar de não voláteis, oferecem a mesma flexibilidade de regravação existente nas memórias RAM. Porém, a EEPROM apresenta duas limitações: o processo de regravação de seus dados só pode ser efetuado após a limpeza da célula, o que demanda tempo, e a vida útil de uma EEPROM é limitada pelo número de regravações (mínimo de 100.000/típico 1.000.000 de operações de limpeza/escrita).

4.2.4 Flash EEPROM

A memória Flash é uma memória do tipo EEPROM que permite que múltiplos endereços sejam apagados ou escritos numa só operação. Dessa forma, a gravação é mais rápida que a EEPROM. Apesar de possuir uma vida útil menor que a EEPROM (mínimo de 10.000 operações de limpeza/escrita), tem substituído gradualmente esta última.

4.2.5 Memória do programa monitor

O programa monitor (*firmware*) é o responsável pelo gerenciamento de todas as atividades do CLP e não pode ser alterado pelo usuário. Entre essas atividades, está a transferência de programas entre o microcomputador e o CLP, o gerenciamento do estado da bateria do sistema, o controle dos diversos módulos, a conversão do programa criado pelo usuário para a linguagem de máquina, etc. Na maior parte dos casos o programa monitor é gravado em memória do tipo ROM. Porém, os CLPs atuais permitem que o *firmware* seja atualizado e, nesse caso, a memória deve ser do tipo EEPROM, por ser regravável e não volátil.

4.2.6 Memória do usuário

O programa da aplicação desenvolvido pelo usuário é armazenado nessa memória, a qual pode ser alterada pelo mesmo. A capacidade e o tipo desta memória variam de acordo com a marca/modelo do CLP. Em relação ao tipo, podem ser EEPROM/ Flash EEPROM ou RAM (mantida por bateria ou capacitor). Nesse último caso, é comum o CLP armazenar uma cópia de segurança do programa numa memória EEPROM adicional, que em caso de perda do programa devido a problemas na bateria, permite a restauração do programa da memória EEPROM para a memória RAM. Em alguns casos, esse processo é automático.

É comum o uso de cartuchos de memória que permitem a troca do programa com a troca do cartucho de memória. Porém, quando o cartucho de memória é utilizado para expandir a capacidade de memória RAM utilizada para armazenar um programa do usuário, o CLP não criará uma cópia de segurança.

4.2.7 Memória de dados

É a região de memória destinada a armazenar temporariamente os dados gerados pelo programa do usuário, tais como, valores de temporizadores, valores de contadores, códigos de erro, senhas de acesso, etc. Esses valores podem ser consultados ou alterados durante a execução do programa do usuário e, devido a grande quantidade de regravações, essa memória só pode ser do tipo RAM. Em alguns CLPs, utiliza-se a bateria para reter os valores desta memória no caso de uma queda de energia.

4.2.8 Memória imagem das entradas/saídas

Sempre que a CPU executa o ciclo de leitura das entradas ou executa uma modificação nas saídas, ela armazena os estados da cada uma das entradas ou das saídas em uma região de memória denominada memória imagem das entradas/saídas. Nessa região de memória a CPU irá obter informações das entradas ou das saídas para tomar as decisões durante o processamento do programa do usuário, não necessitando acessar os módulos enquanto executa o programa do usuário. Devido a grande quantidade de regravações, essa memória só pode ser do tipo RAM.

4.2.9 Utilização da memória do CLP

Cada instrução que a CPU pode executar consome uma quantidade predeterminada de memória, expressa em bytes (8 bits) ou *words* (16 bits). Normalmente, as especificações técnicas de uma CPU indicam a quantidade de memória disponível para o usuário (memória variável e memória de programação), podendo ser expressa em Kbytes (capacidade física) ou em *Kwords* (palavras de programação/ capacidade lógica).

Durante a configuração de um CLP, deve ser considerada a quantidade de palavras de programação, uma vez que nem sempre há relação direta entre a capacidade física e a capacidade lógica. Conforme o fabricante e o modelo de CLP, a quantidade de memória destinada ao programa do usuário pode ser configurada, normalmente, através de cartuchos que são inseridos na CPU. Além disso, existem casos em que a CPU é fornecida com uma quantidade básica de memória, a qual pode ser expandida por meio desses cartuchos. A FIG. 2 mostra a quantidade de memória usada por uma aplicação de CLP.

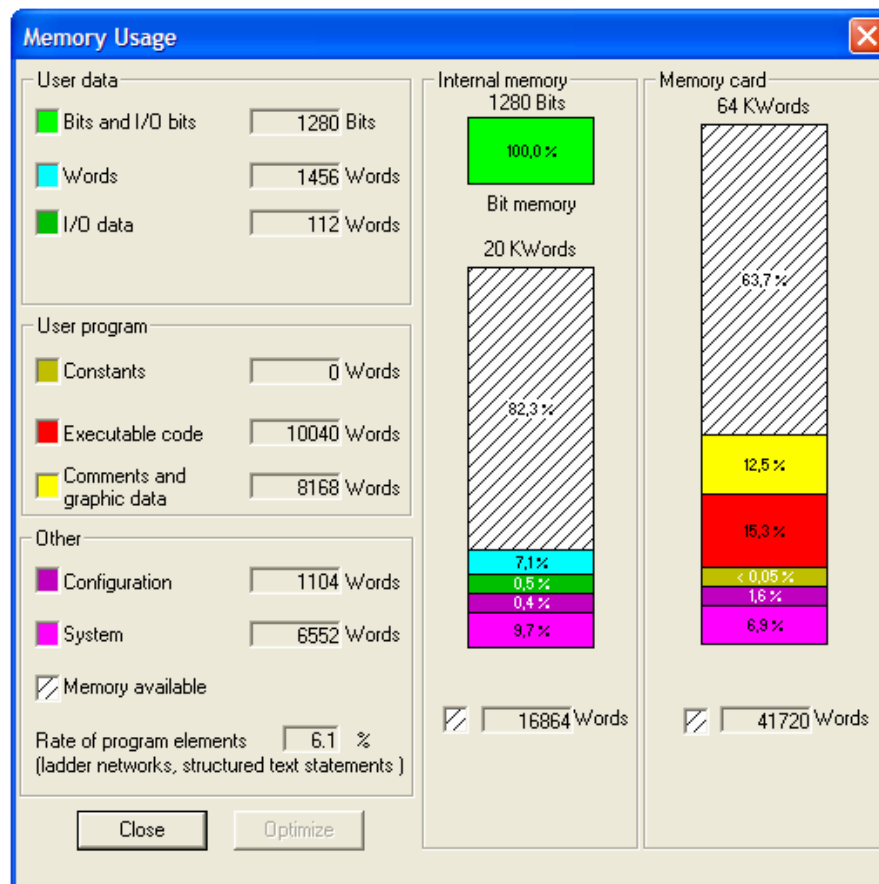


Figura 2 – Relatório da memória usada por uma aplicação de CLP
Fonte: Schneider Eletric, 2007.

4.3 Fontes de alimentação

A fonte de alimentação desempenha importante papel na operação do sistema de um CLP. Além de fornecer todos os níveis de tensão para alimentação da CPU e dos módulos de entradas/saídas, funciona como um dispositivo de proteção.

Normalmente os fabricantes de CLP oferecem produtos com tensão de entrada de 120VCA, 220VCA ou 24VCC. Isto permite que o usuário escolha a tensão que seja mais adequada à sua aplicação, como por exemplo, se utilizar a alimentação em corrente alternada pode eliminar a necessidade de instalar uma fonte de alimentação em corrente contínua.

A fonte de alimentação pode vir integrada ao CLP, geralmente com o objetivo de baratear a aplicação, ou ser fornecida externamente. No primeiro caso, é preciso ter cuidado para não ultrapassar a potência da fonte, pois, geralmente ela é dimensionada de acordo com o consumo da CPU. Por motivos de segurança, a alimentação dos módulos de entradas/saídas é separada da CPU, sendo recomendável utilizar uma fonte externa para a alimentação desses módulos.

Como a maior parte das instalações passa por flutuações de tensão na linha, as fontes de alimentação do CLP devem ser projetadas para manter a operação normal mesmo quando a tensão sofre variações. Na escolha de uma fonte externa deve-se ter cuidado para que a tensão de saída e mais o *ripple* não ultrapasse o máximo valor de entrada estabelecido pelo CLP e por seus módulos.

No entanto, alguns CLPs garantem a segurança e a integridade da tensão de alimentação para todo o sistema por meio do monitoramento constante dos níveis de tensão e de corrente fornecidos. Se esses níveis excederem os valores máximo ou mínimo permitidos, além do tempo especificado pelo fabricante (em torno de 10ms), o processador executa uma parada controlada, permitindo salvar os dados e o programa do usuário na memória do CLP.

Atualmente, as fontes de alimentação dos CLPs utilizam tecnologia de chaveamento de frequência (fontes chaveadas). Em alguns casos, a tensão de entrada não é fixa e nem selecionável pelo usuário, possuindo ajuste automático, o que proporciona maior versatilidade e qualidade ao sistema (a variação de entrada mais comum é de 100 a 240VCA). As fontes chaveadas mais completas, principalmente as externas, oferecem proteção contra sobrecarga, sobretensão, subtensão e curto-circuito, com tensão de saída ajustável e de alta estabilidade.

Finalmente, quando o usuário definir os módulos que farão parte do CLP e os sensores e atuadores ligados a esses módulos, é possível calcular o consumo da fonte. É preferível dimensionar um percentual acima do calculado para não ser necessário a aquisição de outra fonte de alimentação, o que seria bem menos vantajoso.

4.4 Bateria

As baterias são usadas nos CLPs para manter o circuito do relógio em tempo real, reter parâmetros ou programas armazenados na memória RAM, guardar configurações de equipamentos, etc. Normalmente são utilizadas baterias recarregáveis do tipo Ni-Cd ou Li. Nestes casos, são incorporados os circuitos carregadores.

As baterias do CLP são do tipo longa vida (em alguns casos podem chegar a 10 anos de vida útil). Em relação à capacidade de manter os dados sem energia elétrica, boa parte dos fabricantes garante que se a bateria estiver em bom estado, mantém os dados em média por 30 dias. No entanto, esses valores podem variar bastante de fabricante para fabricante. Desse modo, é bastante aconselhável consultar as especificações técnicas do CLP, possibilitando, assim, programar as substituições da bateria para evitar transtornos.

Dependendo do CLP, a bateria pode ser uma parte padrão do pacote de hardware ou estar disponível como um opcional. Neste último caso, o CLP pode utilizar um capacitor de grande capacidade no lugar da bateria.

4.5 Módulo de entradas e saídas discretas (digitais)

Os módulos de entrada/ saída fazem a comunicação entre a CPU e o meio externo (através de sensores e atuadores), além de garantir isolamento e proteção à CPU. Os módulos discretos utilizam sinais que tenham apenas dois estados, geralmente conhecidos como ON/ OFF, ligado/desligado ou níveis lógicos 0/1.

Normalmente, os módulos de entrada/saída são dotados de:

- Isolação óptica para proteção da CPU, fonte de alimentação e demais módulos. Neste caso, não há conexão elétrica entre os dispositivos de entrada (chaves, sensores) ou de saída (atuadores, motores) e o barramento de comunicação da CPU;
- Indicadores de status para auxílio durante a manutenção. Tratam-se de LEDs (*Light Emitting Diodes* - Diodos Emissores de Luz) presentes na parte frontal dos módulos de entrada/saída que indicam quais pontos de entrada estão recebendo sinal dos dispositivos externos e quais pontos de saída estão sendo atuados pela CPU. Há também a possibilidade de existirem indicadores de falhas, como, por exemplo, falta de alimentação externa, bloco de terminais desconectado ou fusível interno queimado;
- Conectores removíveis que reduzem o tempo de manutenção e/ ou substituição dos módulos.

A quantidade de pontos de entrada e/ ou saída de um módulo é o que determina sua densidade. Para os módulos de saída, quanto maior a densidade, menor a corrente que cada ponto pode fornecer e menor será o seu custo de fabricação.

4.5.1 Módulos de entradas discretas

Os módulos de entradas discretas recebem os sinais dos dispositivos de entrada, tais como, sensores, chaves e botões, e os convertem em níveis adequados para serem processados pela CPU. Os módulos geralmente são oferecidos com quantidade de pontos disponíveis de 8, 16, 32 ou 64 e faixa de tensão das entradas de 110 VCA, 220 VCA, 12 VCC ou 24 VCC.

Devido às características do ambiente industrial, são incorporados às entradas filtros de sinal que eliminam problemas de *bounces* (pulsos indesejados causados durante a abertura ou fechamento de contatos mecânicos). Alguns CLPs oferecem também a possibilidade de ajustar um tempo de filtro por software, provocando um atraso de alguns milissegundos, o qual pode ser utilizado em situações onde a entrada do CLP não pode ser acionada acidentalmente e o tempo de resposta do dispositivo de entrada não é crítico.

O módulo reconhece um sinal de entrada como ligado (nível lógico 1) quando a tensão de entrada ultrapassar um valor determinado por norma e permanecer acima desse valor por um tempo no mínimo igual ao atraso do filtro. A FIG. 3 mostra a área de ativação da entrada (*ON Area*), onde o fabricante garante que o nível lógico será 1, a área de transição (*Transition Area*), onde o fabricante não garante qualquer nível lógico, e a área de desativação (*OFF Area*), onde o fabricante garante que o nível lógico da entrada será 0.

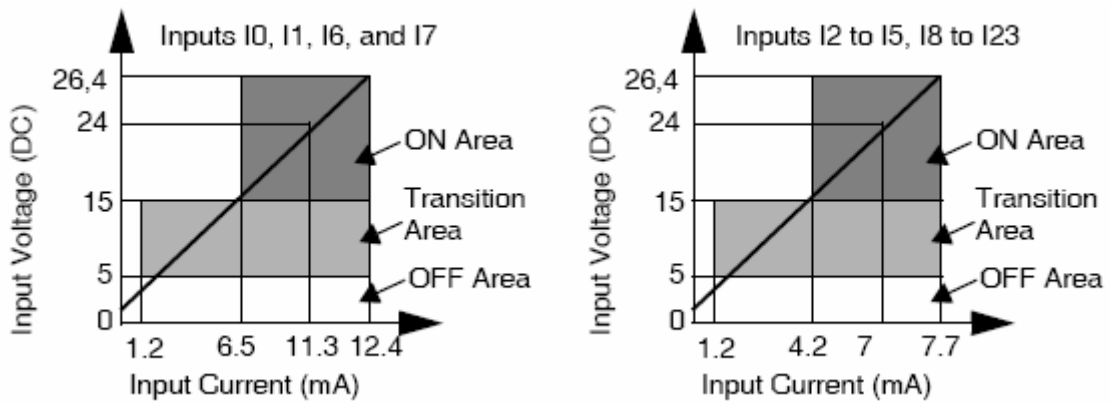


Figura 3 – Faixa de operação das entradas Tipo 1 (IEC 61131-2)

Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

As entradas discretas podem ser classificadas em dois tipos: *current sink input* (entrada consumidora de corrente) e *current source input* (entrada fornecedora de corrente). Abaixo segue explicação sobre os dois tipos.

- *Current sink input* – Também conhecida como entrada de lógica positiva ou entrada do Tipo P, o dispositivo externo é conectado entre o potencial positivo da fonte e o terminal de entrada do módulo, dessa forma, a entrada absorve corrente do dispositivo externo. O comum das entradas é negativo (ver FIG. 4 e 5). Os sensores do tipo PNP devem ser ligados nesse tipo de entrada;
- *Current source input* – Também conhecida como entrada de lógica negativa ou entrada do Tipo N, o dispositivo externo é conectado entre o potencial negativo da fonte e o terminal de entrada do módulo, dessa forma, a entrada fornece corrente para o dispositivo externo. O comum das entradas é positivo (ver FIG. 4 e 5). Os sensores do tipo NPN devem ser ligados nesse tipo de entrada.

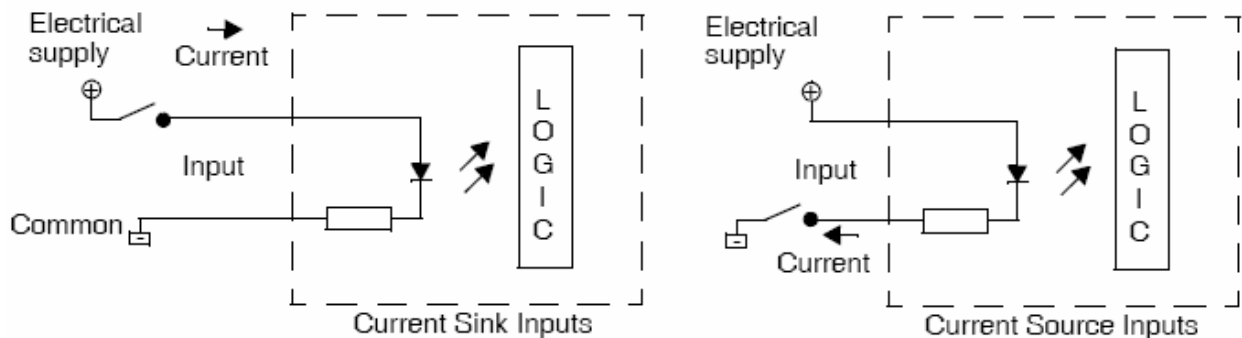


Figura 4 – Tipos de entradas discretas

Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

A FIG. 5 mostra exemplos de ligações elétricas feitas nos módulos de cada tipo de entrada.

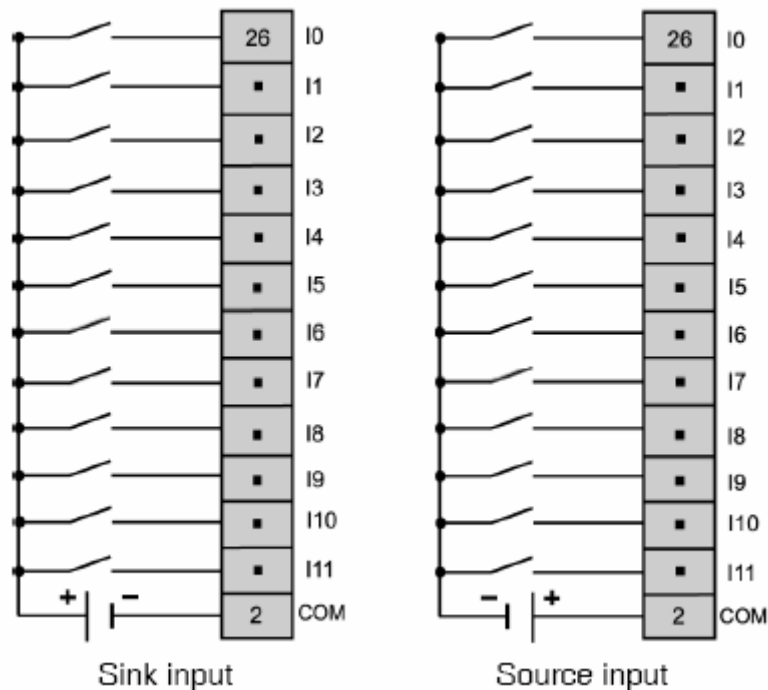


Figura 5 – Exemplo de ligação de dispositivos externos nos módulos de entrada
 Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

4.5.2 Módulos de saídas discretas

Os módulos de saídas discretas enviam os sinais aos dispositivos de saída, tais como, motores, atuadores e sinalizadores. Esses sinais podem ser resultantes da lógica de controle, pela execução do programa do usuário, ou podem ser ativados manualmente pelo usuário, independente da lógica de controle. Os módulos geralmente são oferecidos com quantidade de pontos disponíveis de 4, 8, 12, 16, 32 ou 64, com acionamento da saída a transistor (12 VCC, 24 VCC) ou a relé (CA e CC).

As saídas a transistor possibilitam um chaveamento totalmente eletrônico para cargas CC. Dessa forma, possuem vida útil e frequência de chaveamento bem maiores que a saída a relé, além de ocuparem pouco espaço no módulo. Porém, a isolamento dielétrica entre módulo e a carga, a tolerância a sobrecargas e a potência da carga a ser acionada são menores que a saída a relé. Esses valores devem ser consultados com o fabricante e podem influenciar diretamente na escolha do tipo de saída.

As saídas discretas a transistor podem ser classificadas em dois tipos: *current source output* (saída fornecedora de corrente) e *current sink output* (saída consumidora de corrente). Abaixo, segue explicação sobre os dois tipos.

- *Current source output* – Também conhecida como saída de lógica positiva ou saída do Tipo P, a carga é conectada entre o potencial negativo da fonte e o terminal de saída do módulo, dessa forma, a saída fornece corrente para a carga. O comum das saídas é positivo (ver FIG. 6 e 7).
- *Current sink output* – Também conhecida como saída de lógica negativa ou saída do Tipo N, a carga é conectada entre o potencial positivo da fonte e o terminal de saída do módulo, dessa forma, a saída consome corrente da carga. O comum das saídas é negativo (ver FIG. 6 e 7).

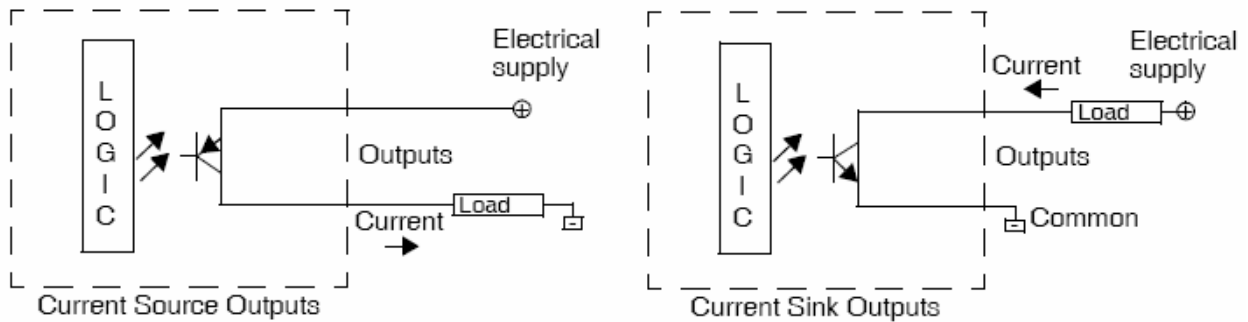


Figura 6 – Tipos de saídas discretas a transistor

Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

A FIG. 7 mostra exemplos de ligações elétricas feitas nos módulos de cada tipo de saída a transistor.

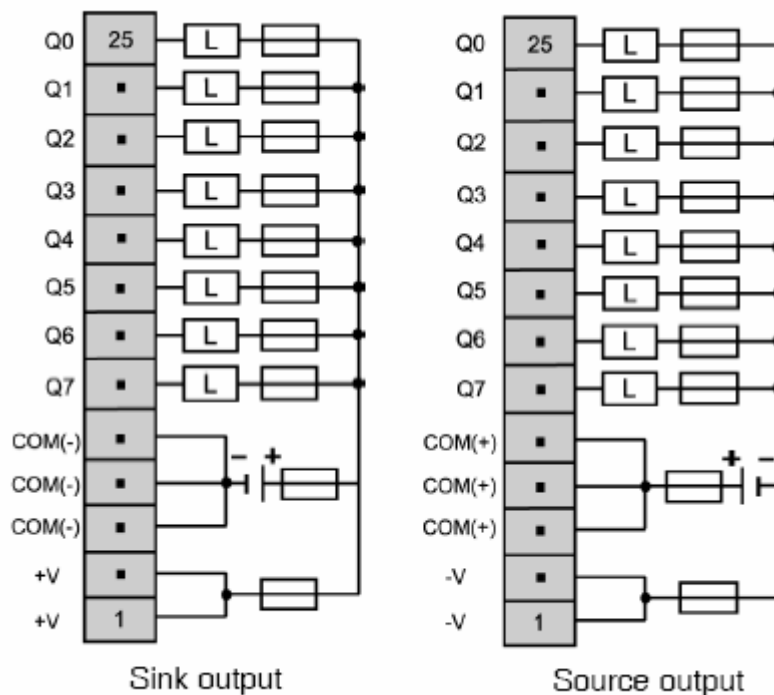


Figura 7 – Exemplo de ligação de dispositivos externos nos módulos de saída a transistor.
Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

As saídas a relé permitem que dispositivos de campo sejam comutados por contatos NA e NF. O chaveamento eletro-mecânico permite acionar tanto cargas CA quanto cargas CC, dessa forma, o relé é utilizado muitas vezes como interface entre o CLP e um dispositivo que trabalha com um nível de tensão diferente.

No entanto, não é recomendada a utilização de saídas a relé para acionamentos cíclicos, mesmo de baixa frequência, ou acionamentos rápidos, devido à fadiga mecânica que eles podem sofrer. A FIG. 8 mostra a vida útil do relé em função das características da carga acionada.

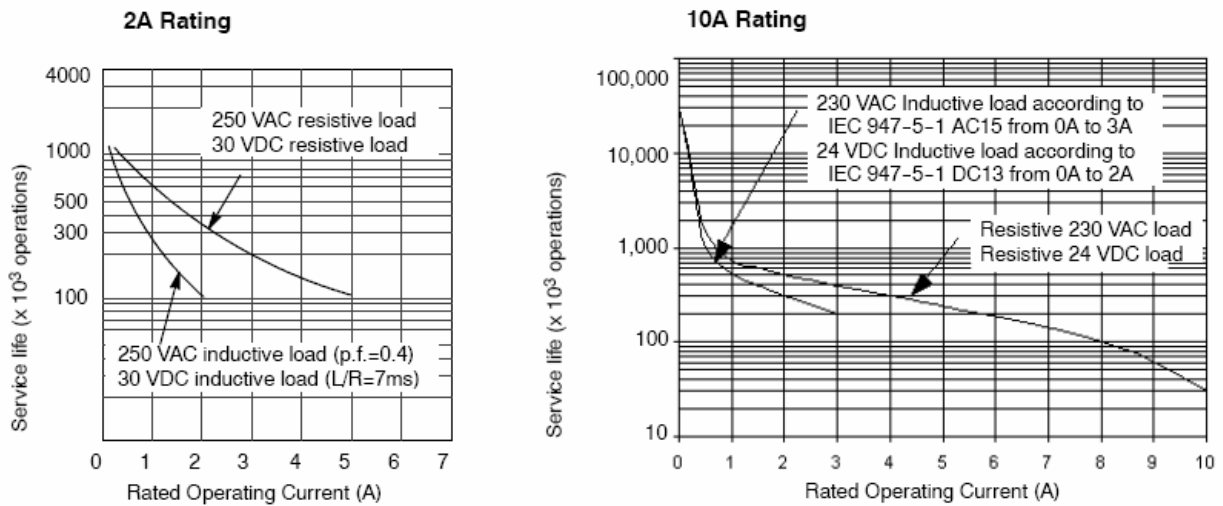


Figura 8 – Vida útil do relé em função da carga acionada
Fonte: Siemens, 2005.

A FIG. 9 mostra exemplos de ligações elétricas feitas nos módulos de saída a relé.

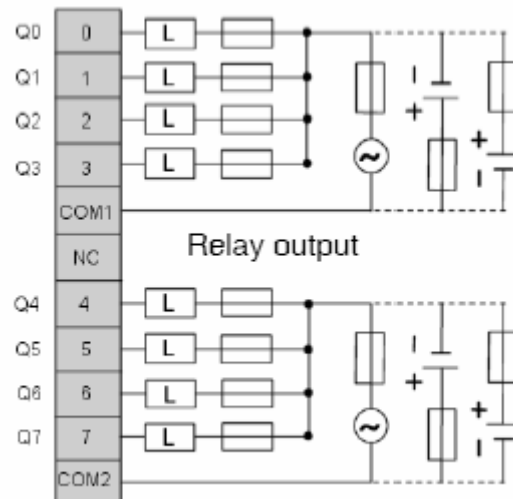


Figura 9 – Exemplo de ligação de dispositivos externos nos módulos de saída a relé
Fonte: Telemecanique - Twido Programmable Controllers, Hardware Reference Guide, 2005.

A informação mais importante que deve ser observada nas saídas discretas é a máxima corrente permitida para cada ponto de saída, normalmente indicada para cargas resistivas. Na maioria dos casos são indicadas a corrente máxima por ponto e a corrente máxima por comum ou máxima por módulo. Desse modo, o somatório das correntes individuais de cada saída não pode ultrapassar o máximo permitido pelo módulo.

Um cuidado importante no projeto de ligação das saídas é a utilização de fusíveis de proteção. Normalmente, o manual do CLP indica a existência desses elementos, se são substituíveis e se estão localizados interna ou externamente ao módulo. Mesmo que os módulos de saída apresentem fusíveis de proteção, recomenda-se a utilização de proteção externa por meio de fusíveis individuais para cada ponto de saída.

4.6 Módulos de estradas/saídas analógicas

Os módulos analógicos tratam de sinais analógicos (tensão, corrente, temperatura, etc.). Os módulos de entradas analógicas convertem sinais analógicos, provenientes dos dispositivos de entrada (transdutor, conversor, termopar), em sinais digitais por meio de um conversor

analógico/digital (A/D), disponibilizando-os adequadamente ao barramento da CPU. Os módulos analógicos de saída convertem sinais digitais, disponíveis no barramento da CPU, em sinais analógicos por meio de um conversor digital/analógico (D/A), enviando-os aos dispositivos de saída. Cada entrada ou saída analógica é denominada de canal.

4.6.1 Módulos de entradas analógicas

Os módulos de entradas analógicas possuem um processador dedicado que é responsável pelo processamento, filtro e precisão do sinal digital enviado à CPU, além de diagnósticos referentes ao módulo.

Esses módulos geralmente são multiplexados, ou seja, existe apenas um conversor A/D para cada módulo. Desse modo, os canais são acessados separadamente e em tempos distintos, pois dividem o mesmo conversor A/D. A FIG. 10 mostra a arquitetura simplificada de um módulo de 8 entradas analógicas multiplexadas.

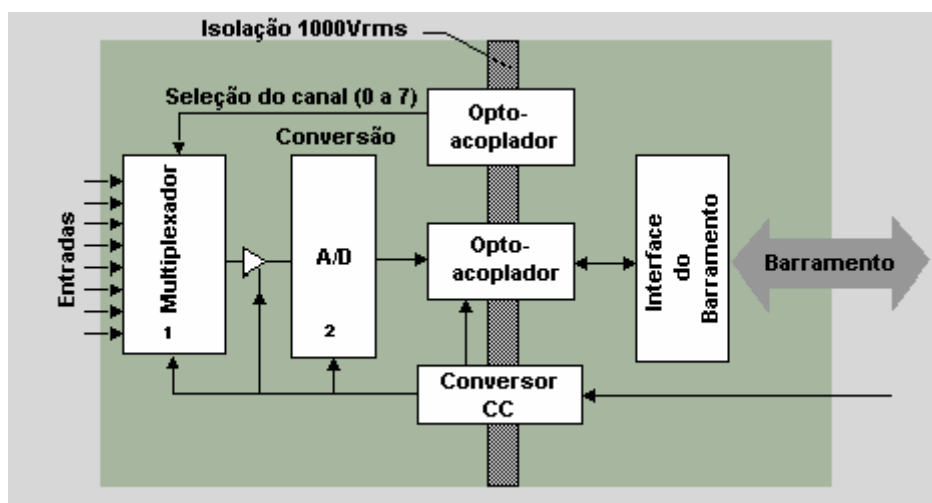


Figura 10 – Multiplexação de entradas analógicas
Fonte: Schneider Eletric, 2007.

As seguintes características são importantes na escolha do módulo:

- Quantidade de canais disponíveis: são oferecidos módulos de 2, 4, 8 ou 16 canais. Esses canais podem ser isolados (isolação galvânica), o que possibilita a conexão a dispositivos com saída diferencial (os dois pólos de entrada variam em relação à terra, o valor a ser convertido é a diferença existente entre esses dois pólos); ou podem ser não isolados (comuns) – um dos pólos de entrada é conectado internamente ao terra da fonte;
- Tipo e faixa de operação: os valores mais comuns são corrente (0-20 mA, 4-20 mA), tensão (0-10V, ±10V) ou temperatura (termopares – B, E, J, K, L, N, R, S, T, U; termoresistências – Pt100, Ni1000). Um mesmo módulo pode operar seus canais individualmente em mais de uma faixa de operação, a qual é selecionada internamente no módulo;
- Resolução do conversor A/D: os valores mais comuns são 8, 10, 12 ou 16 bits. A resolução é o menor incremento possível no valor analógico de entrada que pode ser detectado pelo conversor A/D. Para as resoluções citadas acima, o número de níveis diferentes que podem ser lidos são os seguintes: $2^8 = 256$, $2^{10} = 1024$, $2^{12} = 4096$ e $2^{16} = 65536$. Nesse caso, para um módulo que opera na faixa de 0-10V, as frações de tensão detectadas, respectivamente, são de 39,2 mV, 9,78 mV, 2,44 mV e 0,15 mV. Ou seja, quanto maior a quantidade de bits do conversor A/D, menor a fração do sinal que

pode ser lida, o que influencia diretamente na precisão do processo;

- Ciclo de atualização da amostragem: há um tempo necessário para que os sinais analógicos sejam digitalizados e disponibilizados para a CPU. Quando os canais são multiplexados, o tempo deste processo deve ser multiplicado pelo número de canais. Assim, tem-se o ciclo de atualização das entradas, ou seja, o período de tempo necessário para cada nova aquisição do valor da entrada. A FIG. 11 mostra um exemplo onde cada canal precisa de 4ms para digitalizar o sinal e o módulo possui 4 canais, desse modo, o tempo para digitalizar os quatro canais é de 16ms.

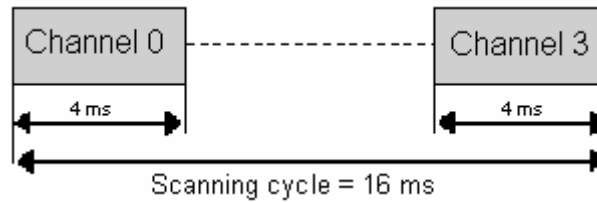


Figura 11 – Ciclo de atualização da amostragem
Fonte: Schneider Eletric, 2007.

Existem módulos de entrada analógica que aceitam sinais provenientes diretamente de um transdutor de temperatura (termopares e termoresistências). Um exemplo é o módulo que aceita sinais de termopares, fornecendo a compensação de junta fria internamente. A operação desta interface é similar à entrada analógica, com exceção de que os sinais de baixo nível (mV) dos termopares são aceitáveis. Estes sinais são filtrados, amplificados, digitalizados e enviados ao processador sob o comando do programa de controle do usuário.

4.6.2 Módulos de saídas analógicas

Nos módulos de saídas analógicas geralmente existe um conversor D/A para cada saída analógica. A FIG. 12 mostra a arquitetura simplificada de um módulo de 4 saídas analógicas.

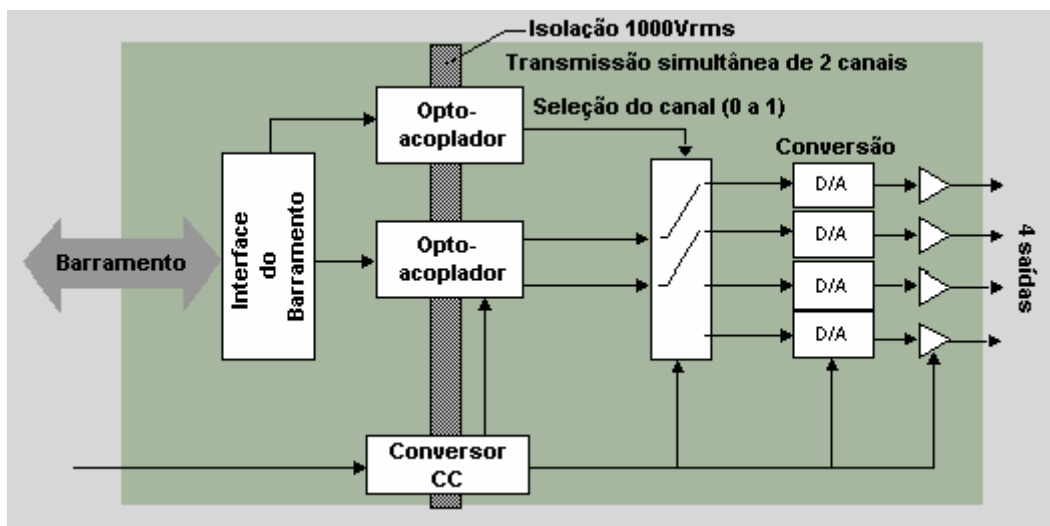


Figura 12 – Arquitetura das saídas analógicas
Fonte: Schneider Eletric, 2007.

As seguintes características são importantes na escolha do módulo:

- Quantidade de canais disponíveis: são oferecidos módulos de 2, 4, 8 ou 16 canais. Esses canais podem ser isolados (isolação galvânica) ou não isolados (comuns);

- Tipo e faixa de operação dos canais: corrente (0-20 mA, 4-20 mA) ou tensão (0-10 V, ± 10 V). Um mesmo módulo pode operar seus canais individualmente em mais de uma faixa de operação, a qual é selecionada internamente no módulo;
- Impedância de saída: apresenta as resistências mínima e máxima a que o canal de saída pode ser conectado, para sinais de corrente e tensão específicos;
- Resolução do conversor D/A: a maioria dos módulos encontrados no mercado apresenta resolução de 12 bits. A resolução é o menor incremento que o dado enviado ao conversor D/A pode causar no valor analógico de saída;
- Ciclo de atualização da saída analógica: há um tempo necessário para que os valores digitais provenientes da CPU sejam convertidos em sinais analógicos para as saídas. Semelhante às entradas, o ciclo de atualização da saída analógica depende deste tempo e do número de canais.

4.7 Módulos especiais

Os módulos vistos anteriormente são os mais encontrados nas aplicações de controladores programáveis. Entretanto, em algumas aplicações são necessários módulos especiais, também chamados de módulos inteligentes, que incorporam um microprocessador. Isto permite que a tarefa a ser realizada pelo módulo fique independente do ciclo de varredura do processador. A seguir serão apresentados dois tipos de módulos especiais comuns em aplicações industriais.

4.7.1 Módulos para contagem rápida

Alguns dispositivos de entrada enviam sinais em uma frequência na qual o *scan* do CLP não é rápido suficiente para ler. Nesse caso, pode-se usar módulos providos de um contador de alta velocidade, externo à CPU. Aplicações típicas destes módulos são operações que requerem entrada direta de um *encoder incremental* para controlar o posicionamento de máquinas-ferramentas, guindastes, correias transportadoras, etc. Durante a operação, o módulo recebe pulsos de entrada que são contados e comparados a valores pré-ajustados pelo usuário. Normalmente a frequência máxima de pulsos varia numa faixa de 100 Hz a 50 kHz. Porém, existem módulos no mercado que podem chegar a uma frequência máxima de pulsos de 4 GHz.

4.7.2 Módulos de entrada/ saída remotos

Os módulos de entrada/ saída remotos permitem fazer a aquisição de sinais digitais e analógicos e/ ou acionarem dispositivos de saída. A diferença em relação aos módulos que são conectados diretamente à base do CLP é que os módulos remotos comunicam com o CLP através de uma rede de comunicação.

A principal vantagem desse módulo é que ele pode estar o mais próximo possível dos dispositivos de entrada e saída, assim, distante do CLP. Dessa forma, apresenta redução no custo de instalação devido à redução na utilização de fios e cabos, além de permitir a manutenção descentralizada do sistema. A distância máxima do módulo em relação ao CLP depende do protocolo de comunicação e do meio físico utilizado. Um subsistema de entradas/ saídas remoto é composto por fontes de alimentação, módulos de entradas/ saídas e adaptadores de comunicação.

Na utilização de módulos remotos deve-se analisar os seguintes fatores:

- Velocidade de comunicação do módulo remoto com a CPU (a frequência de atualização dos dispositivos de entrada e saída é menor do que nos módulos locais). Nesse caso,

deve-se escolher com cuidado a rede de comunicação para não tornar o processo lento;

- A possibilidade de interferência externa na rede. A escolha e a instalação corretas dos meios físicos de comunicação podem minimizar ou resolver por completo o problema;
- Falhas no equipamento remoto. Na ocorrência de falhas, o sistema não pode ser prejudicado e a manutenção deve ser rápida. Em processos críticos, pode-se utilizar um sistema de rede redundante.

5 SISTEMAS SCADA (*SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION*)

Os sistemas SCADA, também conhecidos como sistemas supervisórios, permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e, posteriormente, apresentadas ao usuário. (SILVA, 2005).

Segundo Souza (2003), no estágio atual dos sistemas SCADA, os computadores têm um papel importante na supervisão dos sistemas por coletar, entre outras coisas, dados do processo, principalmente dos CLPs. Estes dados podem ser observados de maneira remota e amigável pelo operador; têm sua monitoração e controle facilitado; disponibiliza, em tempo útil, o estado atual do sistema através de um conjunto de previsões, gráficos e relatórios; permitindo assim, a tomada de decisão operacional, seja ela automática ou por iniciativa do operador.

Estes sistemas revelam-se de crucial importância na estrutura de gestão das empresas, fato pelo qual deixaram de ser vistos como meras ferramentas operacionais, ou de engenharia, e passaram a ser vistos como uma importante fonte de informação. Em relação ao CLP, os sistemas de supervisão oferecem duas funções básicas: supervisão e operação.

5.1.1 Supervisão

Na supervisão são incluídas todas as funções de monitoramento do processo, sejam elas sinóticas, gráficos de tendências de variáveis analógicas e digitais, relatórios em vídeo e impressora, dentre outras.

5.1.2 Operação

A operação tem a grande vantagem de substituir as funções da mesa de controle, otimizando os processos de liga e desliga de equipamentos e de seqüência de equipamentos e a mudança de modo de operação de equipamentos.

5.2 Funcionalidades

As principais funcionalidades dos sistemas SCADA atualmente são: aquisição de dados, visualização de dados, processamento de alarmes e tolerância à falhas.

5.2.1 Aquisição de dados

A aquisição de dados é o processo que envolve a coleta e transmissão de dados desde as instalações das indústrias, eventualmente remotas, até as estações centrais de monitoração. O processo inicia-se nas instalações das indústrias, onde as estações remotas lêem os valores dos dispositivos conectados. Após a leitura desses valores, segue-se a fase de transmissão de dados através de rede de comunicações até a estação central. Por fim, o processo de aquisição de dados é concluído com o respectivo armazenamento em bases de dados. (SOUZA, 2003).

5.2.2 Visualização de dados

A visualização de dados (FIG. 13) consiste na apresentação de informações através de interfaces homem-máquina, geralmente acompanhados por animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados na instalação das indústrias.

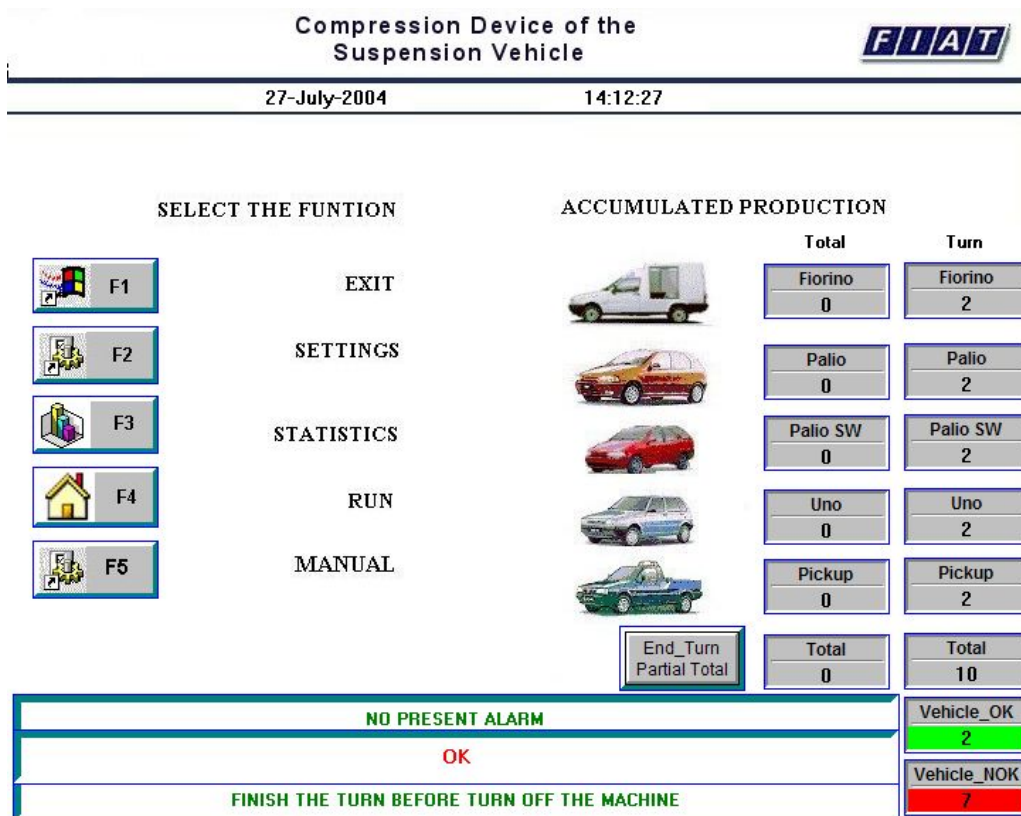


Figura 13 – Visualização de dados
Fonte: Elipse Software, 2007.

Os sistemas SCADA permitem visualizar os dados recolhidos, além de previsões e tendências do processo produtivo com base em valores recolhidos e valores parametrizados pelo operador, bem como gráficos e relatórios relativos a dados atuais e existentes em histórico. (SOUZA, 2003).

5.2.3 Alarmes

Os alarmes (FIG. 14) são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança. Em situações de falha do servidor ou da rede de comunicações, é possível efetuar o armazenamento das mensagens de alarme em memória, que aliado à capacidade de transmissão de mensagens de alarme para vários servidores, permite elevar o grau de tolerância à falhas. Através de informações sobre os usuários do sistema, contidas em uma base de dados, os sistemas SCADA identificam e localizam os operadores, de modo a filtrar e encaminhar os alarmes em função das suas áreas de competência e responsabilidade. Os sistemas SCADA guardam em arquivos as informações relativas a todos os alarmes gerados, de modo a permitir que posteriormente se proceda a uma análise mais detalhada das circunstâncias que estiveram na sua origem. (SOUZA, 2003).

Estado	Comentário	Data/Hora	Prioridade	Usuário
ACK	Inversor de frequência em falha.	09/16 19:54	4	Operador Setor 4
UNACK	Sensor de segurança acionado - eixo 5.	09/16 19:54	1	Operador Setor 4
ACK	Botão de emergência pressionado.	09/16 19:54	2	Operador Setor 4
UNACK	Nível de temperatura elevado.	09/16 19:54	3	Operador Setor 4

Data Inicial		Data Final		PROCURAR	LIMPAR	IMPRIMIR
Dia	Mês	Dia	Mês			
16	9	16	9			

Figura 14 – Tela de Alarmes
Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

5.2.4 Tolerância à falhas

Para atingir níveis aceitáveis de tolerância à falhas é usual a existência de informação redundante na rede e de máquinas de backup situadas dentro e fora das instalações das indústrias. Desta forma, sempre que é verificada uma falha num computador, o controle das operações é transferido automaticamente para outro computador que possui todos os dados espelhados do computador que estava funcionando até então. (SOUZA, 2003).

5.3 Ferramentas comerciais dedicadas para o desenvolvimento de um sistema SCADA

Essas ferramentas aliam bom desempenho e grande versatilidade, oferecendo diversos recursos que facilitam e agilizam a tarefa de desenvolvimento de uma aplicação. São facilmente configuráveis pelo usuário, permitem monitorar variáveis em tempo real, enviar ou receber informações para equipamentos de aquisição de dados, entre outras aplicações.

As ferramentas utilizadas para a criação de sistemas de supervisão para o sistema operacional Windows são orientadas a objetos e possuem bibliotecas de símbolos para o auxílio no desenvolvimento de aplicações. Algumas ferramentas possuem linguagem própria, o que permite o desenvolvimento de funções específicas e de planilhas matemáticas. Outra característica importante é que elas possuem suporte para a troca de dados entre aplicativos desenvolvidos para o sistema operacional Windows, possibilitando a integração com base de dados da própria máquina.

Para as tarefas de monitoramento, existem funções para a configuração de alarmes, os quais podem ser visualizados na tela, impressos ou ainda armazenados em disco rígido. Além disso, são muito empregados os gráficos de tendência para análise gráfica de variáveis, os quais são configuráveis e podem realizar uma análise on-line ou ainda uma análise histórica. Estes gráficos podem ser impressos e os dados históricos podem ser armazenados por um período de tempo, geralmente alguns meses.

6 IHM (INTERFACE HOMEM-MÁQUINA)

As IHMs surgiram diante da necessidade de modificar certos parâmetros dentro de um programa, tais como: tempo de um processo, tamanho do lote de peças a serem produzidas, preset de uma temperatura desejada, a indicação de uma nova velocidade de um motor, entre outros, sem a necessidade de conectar-se a um computador para a realização desta tarefa.

A IHM é um hardware industrial, composto normalmente por uma tela de cristal líquido e um conjunto de teclas para navegação ou inserção de dados, ligado ao CLP através de redes de comunicação. É necessário um software proprietário para a sua programação.

Existem dois tipos de IHM: as interfaces alfanuméricas e as de interfaces gráficas.

6.1 IHM Alfanumérica

A IHM alfanumérica geralmente é constituída de teclas de sistema, teclas de funções, teclas numéricas, LEDs indicadores e um display alfanumérico, geralmente de 2 linhas e 20 colunas. Sua interface permite verificar estados e valores das variáveis do processo, modificar parâmetros do processo e visualizar telas de alarme. A forma de programação consiste em criar mensagens e campos de visualização/alteração de variáveis que serão mostrados no display da IHM de acordo com a lógica do CLP ou com a solicitação do operador.

As teclas de função podem funcionar como botões de comando para acionar qualquer elemento no CLP. Tal possibilidade é muito vantajosa, pois, além de não ser necessário ter um painel convencional de grandes dimensões, com botões e lâmpadas de controle, é possível enviar mensagens pelo display ou acionar LED frontais, economizando os pontos de entradas e saídas que seriam destinadas a estes elementos.

6.2 IHM Gráfica

A IHM gráfica permite a elaboração de telas gráficas (semelhante aos softwares de desenvolvimentos de sistemas SCADA) e a utilização de comandos através de comandos diretos na tela (*touch screen*). O custo e a complexidade tornam-se mais altos em relação às IHMs alfanuméricas, porém, algumas vantagens justificam o seu valor, tais como: melhor visualização do processo, diferentes níveis de acesso dos usuários, rotinas de auto-diagnóstico e suporte a diferentes redes de comunicação.

As funções oferecidas pela IHM gráfica são semelhantes às oferecidas pelo sistema SCADA com um computador. Porém, o sistema com computador tem um custo menor e uma capacidade de armazenamento de dados bem maior, ao passo que, a IHM é um hardware projetado para o ambiente industrial, desse modo, mais robusto. A utilização de um computador industrial com um sistema SCADA é geralmente a opção mais cara de todas.

7 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Linguagem de programação é um conjunto de símbolos e regras que formam um código capaz de permitir a comunicação entre o usuário e um determinado equipamento ou sistema, ou seja, é a forma de representação do programa de controle. Existem cinco linguagens de programação de CLP padronizadas. Porém, uma delas é utilizada em praticamente todos os CLPs, a Linguagem Ladder, a qual será abordada nesse capítulo.

Para melhor compreensão dos recursos e características da Linguagem Ladder, será utilizado uma situação/problema.

7.1 Situação/Problema

Deve-se automatizar o “elevador de caixas” ilustrado na FIG. 15. Quando uma caixa acionar o sensor fim de curso S0, o cilindro A avança, elevando o conjunto até o cilindro B. Posteriormente, este atuador empurra a caixa para que a mesma continue seu percurso pela esteira.

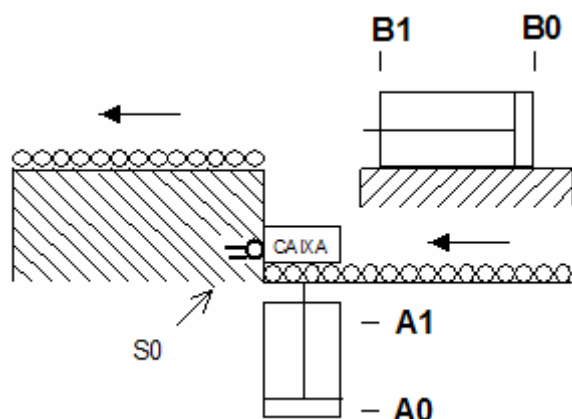


Figura 15 – Elevador de caixas automatizado
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

Antes de iniciar a programação do CLP é necessário compreender corretamente o que é solicitado. Em lógicas seqüenciais é recomendado utilizar uma técnica para organizar a seqüência de movimentos. Nesse exemplo será utilizado o diagrama trajeto-passo, conforme FIG. 16.

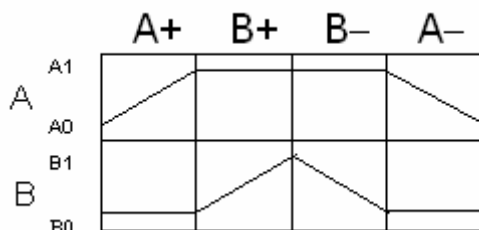


Figura 16 – Diagrama trajeto-passo
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

O próximo passo é selecionar os pontos de entradas e saídas do CLP, relacionando-os aos elementos de entradas e saídas da situação proposta através de uma Lista de Alocação (ver QUADRO 1).

Quadro 1 - Lista de Alocação

Elemento	Descrição	Endereço no CLP
Entradas Digitais		
S0	Sensor de presença de caixa	%I1.0
A0	Sensor do cilindro A recuado	%I1.1
A1	Sensor do cilindro A avançado	%I1.2
B0	Sensor do cilindro B recuado	%I1.3
B1	Sensor do cilindro B avançado	%I1.4
Saídas Digitais		
A+	Cilindro A avança	%Q2.0
A-	Cilindro A recua	%Q2.1
B+	Cilindro B avança	%Q2.2
B-	Cilindro B recua	%Q2.3

Uma vez que o sistema a ser controlado esteja bem compreendido, chega então a hora de elaborar o programa de controle.

7.2 Linguagem Ladder

A Linguagem *Ladder* utiliza símbolos gráficos semelhantes àqueles encontrados em diagramas da lógica de relés. Esta é a linguagem é a mais popular e utilizada pelos fabricantes.

7.2.1 Elementos Básicos

A Linguagem *Ladder* possui três elementos básicos (ver FIG. 17), descritos a seguir:

- Contato normalmente aberto (NA) – geralmente representa o estado lógico de uma entrada digital. Quando a entrada está inativa (nível lógico 0), o contato apresenta-se aberto, ao passo que, quando a entrada está ativa (nível lógico 1), o contato apresenta-se fechado;
- Contato normalmente fechado (NF) – também pode representar o estado lógico de uma entrada digital. Quando a entrada está ativa (nível lógico 1), o contato apresenta-se aberto e quando a entrada está inativa (nível lógico 0), o contato apresenta-se fechado;
- Bobina – a bobina geralmente representa os sinais das saídas digitais. Quando ela está inativa, a saída correspondente apresenta-se desligada (nível lógico 0) e quando ela está ativa, a saída correspondente apresenta-se ligada (nível lógico 1).



Figura 17 – Elementos básicos da Linguagem Ladder
Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

7.2.2 Lógicas Básicas

Através das lógicas básicas é possível elaborar grande parte da lógica de controle.

- Lógica E: corresponde a uma associação em série de dois ou mais contatos. No exemplo da FIG. 18, a saída %Q2.0 é ativada quando a entrada %I1.0 “E” a entrada %I1.1 estiverem em nível lógico 1, ou seja, os contatos devem estar fechados.



Figura 18 – Lógica “E”
Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

- Lógica OU: corresponde a uma associação em paralelo de dois ou mais contatos. No exemplo da FIG. 19, a saída %Q2.0 é ativada quando a entrada %I1.0 “OU” a entrada %I1.1 estiver em nível lógico 1 (“OU” ambas), ou seja, ao menos um dos contatos deve estar fechado.

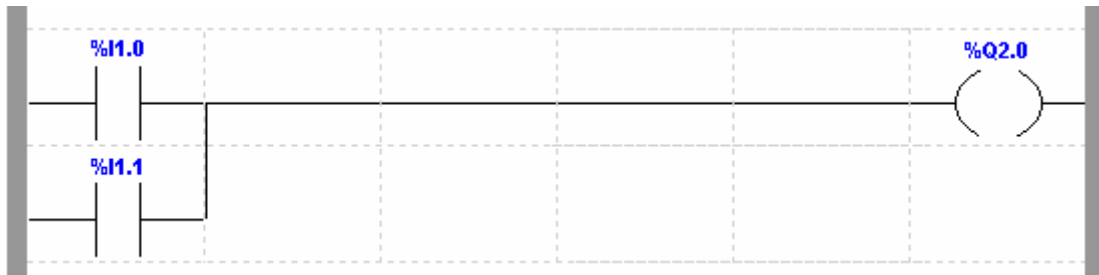


Figura 19 – Lógica “OU”
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

- Auto-retenção: lógica utilizada para manter ativada uma bobina mesmo que o contato que a ativou não esteja mais fechado. No exemplo da FIG. 20, a bobina %Q2.0 é ativada quando a entrada %I1.0 estiver ativa e a entrada %I1.1 estiver inativa. Uma vez ativada a bobina %Q2.0, mesmo que a entrada %I1.0 volte a ficar inativa, através do próprio contato NA a bobina ficará auto-retida. A desativação da bobina ocorre quando a entrada %I1.1 ficar ativa, abrindo o contato NF correspondente.

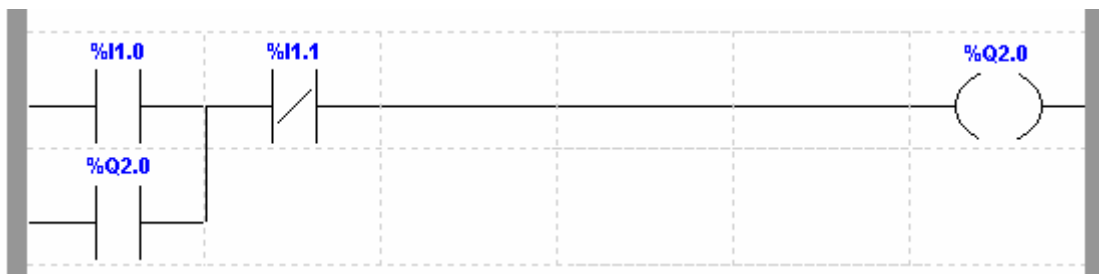


Figura 20 – Auto-retenção
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

- Intertravamento: esta lógica garante que duas bobinas nunca sejam ativadas ao mesmo tempo. No exemplo da FIG. 21, enquanto a saída %Q2.0 estiver ativada, esta não permite que a bobina %Q2.1 seja ativada, e vice-versa.

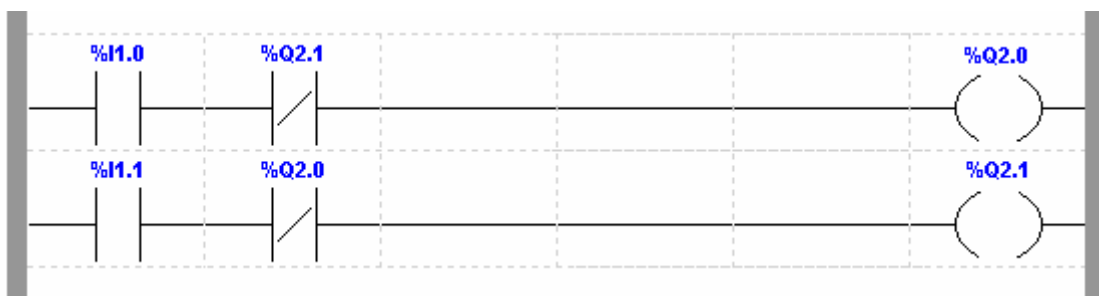


Figura 21 – Intertravamento
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

7.3 Solução do Problema Proposto

Com base na análise do diagrama trajeto-passo do sistema a ser automatizado, foi elaborado o programa de controle da FIG. 22. Para o correto entendimento, deve-se utilizar a Lista de Alocação dos elementos de entrada e saída, com seus respectivos endereços. Os elementos com endereços %M1 e %M2 são memórias auxiliares do CLP.

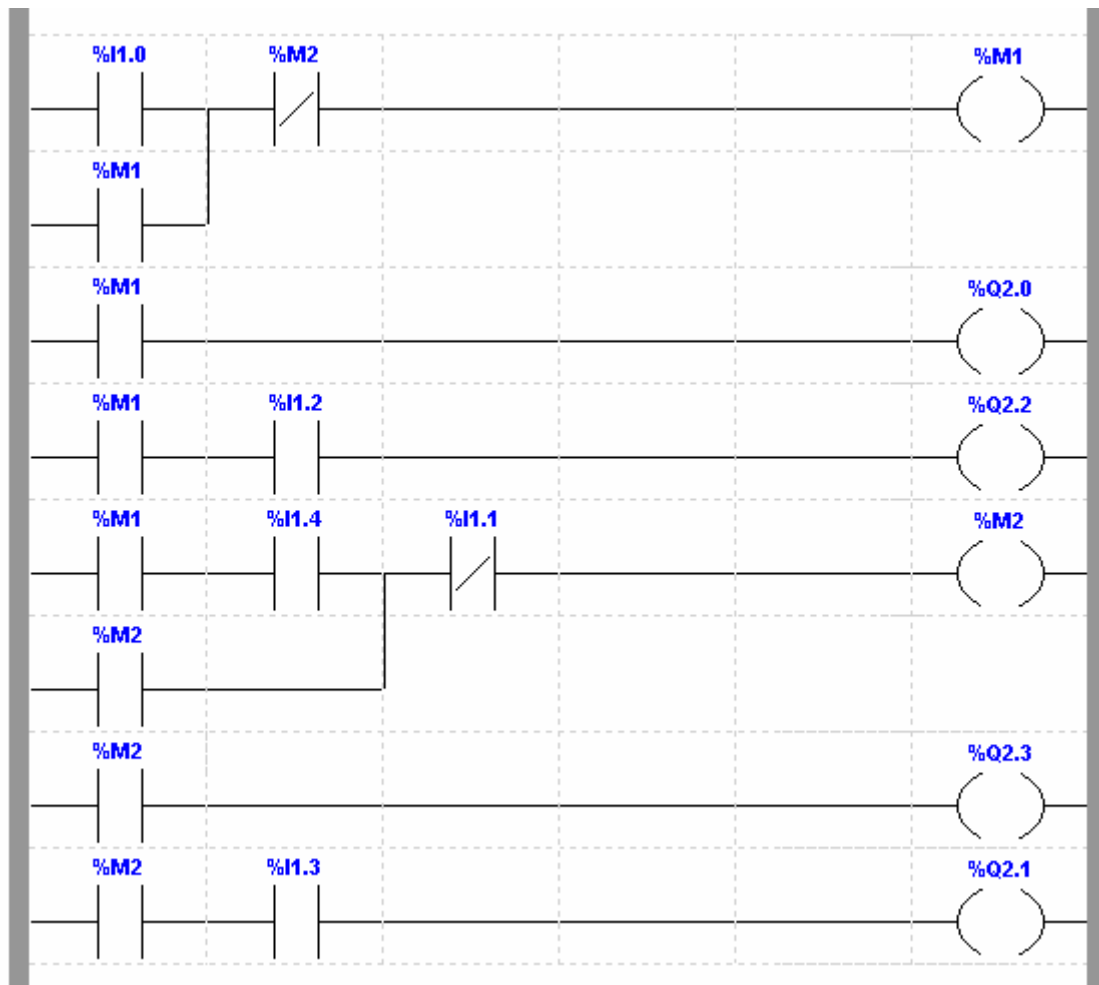


Figura 22 – Solução da situação proposta
 Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, 2007.

Conclusões e Recomendações

Em se tratando de CLP, o conhecimento adquirido nunca é suficiente devido à dinâmica dessa tecnologia. Portanto, o técnico deve estar atento ao surgimento de novas tecnologias e às tendências indicadas pelos fabricantes de CLP.

Antes de qualquer decisão sobre a tecnologia a ser utilizada, é importante sempre consultar o fabricante ou o integrador, a fim de otimizar a utilização do equipamento.

Recomenda-se consultar bibliografia complementar sobre técnicas e recursos de programação, o que varia conforme a linguagem e a marca/modelo do CLP escolhido. Além disso, é importante pesquisar sobre redes industriais, que devido à complexidade de suas arquiteturas e a grande quantidade de opções encontradas no mercado, não foi abordado nesse trabalho.

Referências

CARVALHO, Paulo Cesar de. **Arquiteturas de Sistemas de Automação Industrial utilizando CLPs**. Mecatrônica Atual, São Paulo, p.32-36, n.10, jun./jul., 2003.

ELIPSE SOFTWARE. Disponível em: <<http://www.elipse.com.br/elipse/?idioma=1>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada; Descrição e Implementação de Sistemas**

Seqüenciais com PLCs. São Paulo: Érica, 2000. 216p.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial.** São Paulo: Érica, 2000. 234p.

MACIEL, Paulo Henrique S. CARVALHO, Paulo Cesar de. **Interfaces Homem-Máquina.** Mecatrônica Atual, São Paulo, p.15-17, n.17, ago./set., 2004.

SCHNEIDER ELETRIC. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

SILVA, Ana Paula Gonçalves da. **O que são sistemas supervisórios?** Elipse Software, 2005. Disponível em: <<http://www.elipse.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2006.

SILVEIRA, Paulo Rogério da. SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e controle discreto.** São Paulo: Érica, 1998. 229p.

SIMACTIC S7-200. **Programmable Controller System Manual.** Siemens, 2005.

SOUZA, Alessandro J. de. **Automação Industrial.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. Disponível em: <<http://www.dca.ufrn.br/~ajdsouza/arquivos>>. Acesso em: 09 set. 2006.

TWIDO PROGRAMMABLE CONTROLLERS. **Hardware Reference Guide.** Telemecanique, Version 3.2, 2005.

TWIDO PROGRAMMABLE CONTROLLERS. **Software Reference Guide.** Telemecanique, Version 3.2, 2005.

Nome do técnico responsável

Igor André Krakheche

Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI-RS / Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI

Data de finalização

28 ago. 2007