

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



MÓDULO II LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO



Ineprotec



2025 - INEPROTEC

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Diretor Pedagógico | EDILVO DE SOUSA SANTOS |
| Diagramação | MICHEL MARTINS NOGUEIRA |
| Capa | MICHEL MARTINS NOGUEIRA |
| Elaboração | INEPROTEC |

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

| | |
|---|----|
| ABERTURA | 06 |
| SOBRE A INSTITUIÇÃO | 06 |
| • Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente | 06 |
| • Missão | 06 |
| • Visão | 06 |
| • Valores | 06 |
| SOBRE O CURSO | 06 |
| • Perfil profissional de conclusão e suas habilidades | 07 |
| • Quesitos fundamentais para atuação | 07 |
| • Campo de atuação | 07 |
| • Sugestões para Especialização Técnica | 08 |
| • Sugestões para Cursos de Graduação | 08 |
| SOBRE O MATERIAL | 08 |
| • Divisão do Conteúdo | 09 |
| • Boxes | 09 |
| BASE TEÓRICA | 11 |
| INTRODUÇÃO | 11 |
| HISTÓRIA E EVOLUÇÃO | 11 |
| • Processos industriais e variáveis de processo | 13 |
| • Tipos de automação | 15 |
| ✓ Automação rígida | 15 |
| ✓ Automação programável | 15 |
| ✓ Automação flexível | 15 |
| • Conceitos básicos e terminologia | 16 |
| ✓ Processo | 16 |
| ✓ Processo automatizado | 16 |
| ✓ Variável de processo | 16 |
| ✓ Controle de processos | 17 |
| ✓ Sensor | 17 |

| | |
|--|-----------|
| ✓ Atuador | 17 |
| ✓ Controlador Lógico Programável (CLP) | 17 |
| ✓ Programas | 17 |
| A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO | 18 |
| • Conceitos sobre linguagem de programação | 18 |
| ✓ Programador(a) | 18 |
| ✓ Código | 19 |
| ✓ Algoritmo | 19 |
| ✓ Rodar o código | 20 |
| • Função e tipos de linguagens de programação | 20 |
| ✓ Linguagem Java | 22 |
| ✓ Linguagem JavaScript | 23 |
| ✓ Linguagem Python | 23 |
| ✓ Linguagem C | 23 |
| ✓ Linguagem C++ | 23 |
| ✓ Linguagem C# | 23 |
| ✓ Linguagem Ruby | 24 |
| ✓ Linguagem PHP | 24 |
| ✓ Linguagem R | 24 |
| ✓ Linguagem Objective-C | 24 |
| CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS | 24 |
| • Os sensores na automação de processos | 25 |
| ✓ Tipos de sensores e simbologia gráfica | 25 |
| AUTOMAÇÃO EM MÁQUINAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS | 35 |
| • Relés | 35 |
| • Contatores | 38 |
| • Motores CC | 40 |
| • O princípio de funcionamento do motor CC | 41 |
| • Motores de passo | 43 |
| • Sistemas de supervisão | 44 |
| LÓGICA BOOLEANA | 46 |

| | |
|--|-----------|
| • Portas lógicas | 46 |
| • Conceitos sobre álgebra booleana | 51 |
| • Propriedades ou leis da álgebra de Boole | 51 |
| • Teoremas da álgebra de Boole | 52 |
| CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL | 53 |
| • Aspectos gerais do CLP | 54 |
| • O hardware do CLP | 56 |
| ✓ Funções dos elementos internos do CLP | 56 |
| • Programação | 57 |
| • Os Diagramas de contato | 59 |
| SESSÕES ESPECIAIS | 63 |
| MAPA DE ESTUDO | 63 |
| SÍNTESE DIRETA | 64 |
| MOMENTO QUIZ | 68 |
| GABARITO DO QUIZ | 69 |
| REFERÊNCIAS | 69 |

MÓDULO II

LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS. Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA relacionadas ao **perfil profissional de**

conclusão e suas habilidades, quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação e, também, algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas e/ou Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Planejar, controlar e executar a instalação e a manutenção de sistemas e instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar e desenvolver projetos de instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, sistemas de acionamentos elétricos e de automação industrial e de infraestrutura para sistemas de telecomunicações em edificações.
- Aplicar medidas para o uso eficiente da energia elétrica e de fontes energéticas alternativas.
- Elaborar e desenvolver programação e parametrização de sistemas de acionamentos eletrônicos industriais.
- Planejar e executar instalação e manutenção de sistemas de aterramento e de descargas atmosféricas em edificações residenciais, comerciais e industriais.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento e implementação de sistemas elétricos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

Campo de atuação

- Empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas elétricos.
- Grupos de pesquisa que desenvolvam projetos na área de sistemas elétricos.
- Laboratórios de controle de qualidade, calibração e manutenção.
- Indústrias de fabricação de máquinas, componentes e equipamentos elétricos.

- Concessionárias e prestadores de serviços de telecomunicações.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Automação Predial (Domótica).
- Especialização Técnica em Redes Industriais.
- Especialização Técnica em Acionamentos de Servomotores Industriais.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Energia Solar Fotovoltaica.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.
- Bacharelado em Engenharia de Computação.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA, temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- VOCÊ SABIA



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- PAUSA PARA REFLETIR...



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- SE LIGA NA CHARADA!



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

A origem da automação industrial e uma série histórica de fatos científicos e tecnológicos contribuíram para o atual nível de desenvolvimento da automação industrial.

Inicialmente, convém salientar que automação é diferente de mecanização. Enquanto a mecanização está baseada na utilização de máquinas para executar determinada tarefa em substituição do esforço físico, a automação possibilita fazer uma tarefa por meio de máquinas que são controladas automaticamente.

Assim, uma definição simples para a automação é a de um sistema de controle pelo qual os mecanismos verificam a sua própria operação, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da intervenção do homem.

Dentro desse cenário, veremos que a programação, ou melhor, as diversas linguagens de programação colaboraram e continuam colaborando para os processos industriais e de automação em geral, inclusive a linguagem CLP.

HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

A evolução da automação industrial remete a longos períodos de tempo na história. Desde a pré-história o homem vem desenvolvendo mecanismos e invenções com o intuito de reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de atividades. Como exemplo, podemos citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal.

Entretanto, a automação industrial começou a conquistar destaque na sociedade no século XVIII, com o início da Revolução Industrial, originada na Inglaterra. Devido a uma evolução no modo de produção, o homem passou a produzir mercadorias em maior escala.

Com o objetivo de aumentar a produtividade, diversas inovações tecnológicas foram desenvolvidas no período:

- ✓ Máquinas modernas, capazes de produzir com maior precisão e rapidez quando comparadas ao trabalho manual.
- ✓ Novas fontes energéticas, como o vapor, aplicado a máquinas para substituir a energia hidráulica e/ou muscular.

O primeiro controlador automático com realimentação usado em um processo industrial foi o regulador de esferas de James Watt, desenvolvido em 1769 para controlar a velocidade de um motor a vapor.

O dispositivo, mostrado na Figura 1, mede a velocidade do eixo de saída e utiliza o movimento das esferas para controlar a quantidade de vapor que entra no motor através de uma válvula. O eixo de saída do motor a vapor é conectado por meio de ligações mecânicas e engrenagens cônicas ao eixo do regulador.

À medida que a velocidade do eixo de saída do motor a vapor aumenta, os pesos esféricos se elevam e, através de ligações mecânicas, a válvula de vapor se fecha e o motor desacelera. O processo inverso ocorre quando a velocidade do eixo de saída do motor a vapor diminui.

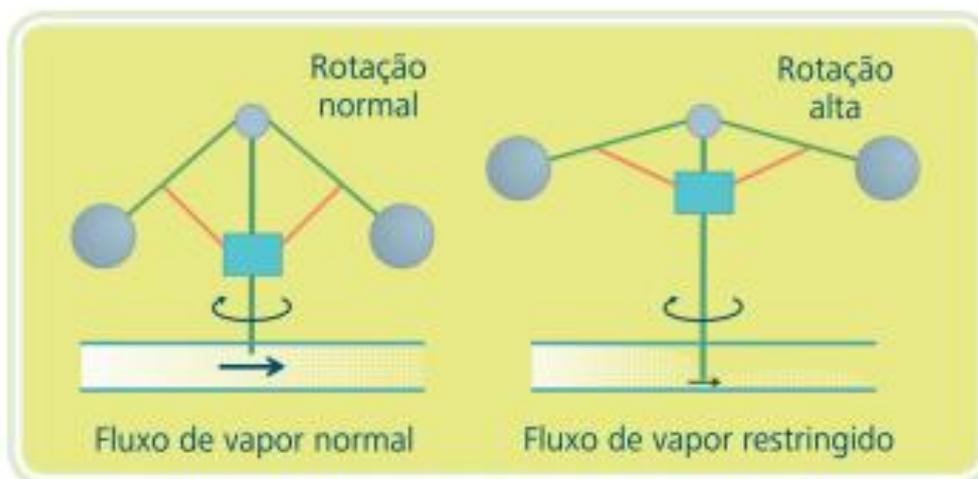


Figura 1: Regulador de fluxo de vapor de Watt.

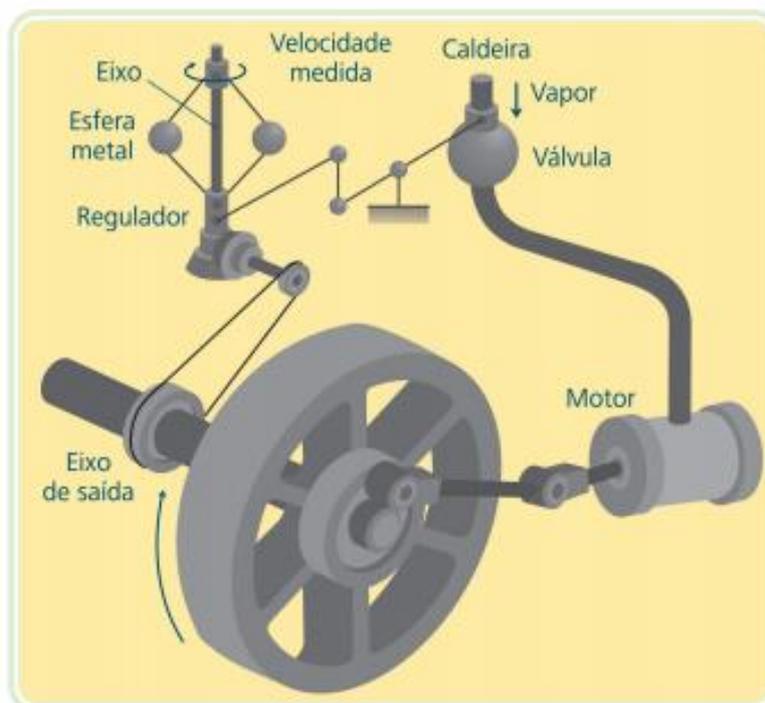


Figura 2: Mecanismo de regulação do fluxo de vapor.

A partir do século XIX, a energia elétrica passou a ser utilizada e a estimular indústrias como a do aço e a química. Novos processos de produção de aço, que aumentam a sua resistência e permitem a sua produção em escala industrial, foram criados. O setor de comunicações passou por avanços significativos com as invenções do telégrafo e do telefone. O setor de transportes também progrediu com a expansão das estradas de ferro, locomotivas a vapor e o crescimento da indústria naval. Outra importante invenção, o motor à explosão, também ocorreu neste período.

No século XX, computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da automação. Para se chegar aos computadores que usamos atualmente, diversos avanços foram sendo praticados ao longo do tempo, desde o uso de ábacos pelos babilônios, passando pela régua de cálculo (século XVII) e pelos cartões perfurados (século XIX). Durante este período, George Boole desenvolveu a álgebra booleana, que apresenta os princípios binários, os quais são aplicados nas operações internas de computadores. Os computadores constituem a base de toda a tecnologia da automação contemporânea e exemplos de sua aplicação estão presentes em praticamente todas as áreas do conhecimento.

Processos industriais e variáveis de processo

Basicamente, a automação industrial pode ser dividida em duas modalidades quanto aos tipos de processos: processos da manufatura e processos contínuos.



Figura 3: Robôs usados na indústria automobilística.

Os processos da manufatura são aqueles em que existe grande movimentação mecânica de partes. O exemplo mais clássico é a indústria automobilística. Na linha de montagem, há robôs soldadores, esteiras transportadoras e outros sistemas, como mostra a Figura 3. Nos processos da manufatura, as grandezas mais comuns são força, velocidade e deslocamento.

| | |
|---|---|
|  | <p>VOCÊ SABIA?</p> <p>Cinema, histórias em quadrinhos e livros tornaram muitos robôs famosos. O aparecimento de uma boa linhagem deles começou no cinema nos anos 50.</p> <p>Mas foi com a Lucas Films que diversos robôs adquiriram o status de celebridades como o R2D2 e o C3PO. Outro robô que ficou famoso foi o Robô B9 ou Hobby que contracenava com o pequeno Robin da série Perdidos no Espaço.</p> |
|---|---|

Ao contrário dos processos da manufatura, os processos contínuos são caracterizados pela pouca movimentação mecânica de partes. Uma estação de tratamento de água, mostrada na Figura 4, é um exemplo. As grandezas mais comuns nos processos contínuos são temperatura, vazão e pressão.



Figura 4: Estação de tratamento de água.

Existem muitas fábricas em que ambos os processos devem funcionar conjuntamente, por exemplo, a indústria de bebidas, na qual há processos contínuos na produção do líquido e da manufatura no seu envasamento e transporte.

Outra classificação aceita para os sistemas automatizados de produção está relacionada ao grau de flexibilidade, sendo definidos três tipos básicos: automação rígida, programável e flexível. A posição relativa dos três tipos de automação para os diferentes volumes e variedades dos produtos é mostrada na figura.

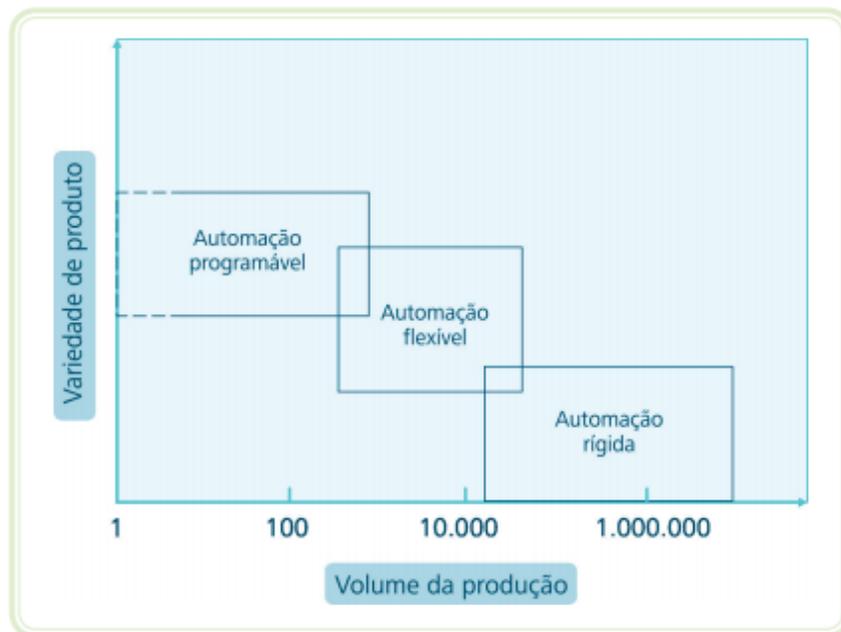


Figura 5: Tipos de automação relativos ao volume de produção e variedade do produto.

Tipos de automação

Automação rígida

Está baseada em uma linha de produção projetada para a fabricação de um produto específico. Apresenta altas taxas de produção e inflexibilidade do equipamento na acomodação da variedade de produção.

Automação programável

O equipamento de produção é projetado com a capacidade de modificar a sequência de operações de modo a acomodar diferentes configurações de produtos, sendo controlado por um programa que é interpretado pelo sistema. Diferentes programas podem ser utilizados para fabricar novos produtos. Esse tipo de automação é utilizado quando o volume de produção de cada item é baixo.

Automação flexível

Reúne algumas das características da automação rígida e outras da automação programável. O equipamento deve ser programado para produzir uma variedade de produtos

com algumas características ou configurações diferentes, mas a variedade dessas características é normalmente mais limitada que aquela permitida pela automação programável.



VOCÊ SABIA?

Algumas razões que justificam a automação da produção e da manufatura são as seguintes: aumento da produtividade, redução dos custos do trabalho, minimização dos efeitos da falta de mão de obra qualificada, redução ou eliminação das atividades manuais rotineiras, aumento da segurança do trabalhador, melhoria na uniformidade do produto, realização de processos que não podem ser executados manualmente.

OBSERVAÇÕES:

Na automação industrial, diversos mecanismos de acionamento e movimentação podem ser empregados. Alguns exemplos destes elementos são os elétricos (motores, válvulas solenoides, eletroválvulas), hidráulicos (válvulas e cilindros hidráulicos), pneumáticos (válvulas e cilindros pneumáticos) e mecânicos (polias, engrenagens e correias). Os acionamentos elétricos dependem do fornecimento de níveis de tensão e corrente adequados para produzir trabalho.

Conceitos básicos e terminologia

Nesta seção, alguns conceitos básicos e termos utilizados frequentemente em automação industrial são apresentados, com o intuito de auxiliar no entendimento das aulas seguintes.

Processo

Conjunto de atividades ou passos que objetivam atingir uma meta. Utilizado para criar, inventar, projetar, transformar, produzir, controlar, manter e usar produtos ou sistemas.

Processo automatizado

Processo através do qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem necessidade de interferência do homem.

Variável de processo

Qualquer grandeza ou condição de um processo que é passível de variação. Em controle de processos também é chamada de variável controlada.

Controle de processos

Técnica de manter variáveis de um processo (como temperatura e pressão) em valores predeterminados a partir de um procedimento que calcula correções proporcionais a uma ou mais variáveis que são medidas em tempo real por um determinado equipamento.

Sensor

Elemento que está conectado à variável de processo e mede suas alterações. São dispositivos que causam alguma mudança nas suas propriedades de acordo com mudanças nas condições do processo.

Atuador

Elemento que atua para alterar fisicamente uma variável manipulada. Pode ser uma válvula utilizada para restringir a passagem de um fluido, bombas para regular o fluxo, entre outros.

Controlador Lógico Programável (CLP)

Aparelho eletrônico digital que pode ser programado através de uma linguagem de programação de maneira a executar funções aritméticas, lógicas, de temporização, de contagem, entre outras. Possui entradas para aquisição de dados e saídas para acionar diversos tipos de dispositivos ou processos.

Programas

Também chamados de *softwares*, são conjuntos de instruções lógicas, sequencialmente organizadas, as quais indicam ao controlador ou ao computador as ações a serem executadas.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que é, o que é? Tem cabeça e tem dente, não é bicho e nem é gente.

RESPOSTA:

O alho.

A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Conceitos sobre linguagem de programação

Um software é desenvolvido por um programador usando uma linguagem de programação. Quanto mais souber sobre ela, mais recursos seu código terá.

Linguagem de Programação é uma linguagem escrita e formal que especifica um conjunto de instruções e regras usadas para gerar programas (software). Um software pode ser desenvolvido para rodar em um computador, dispositivo móvel ou em qualquer equipamento que permita sua execução. Existem várias linguagens e elas servem para muitos propósitos. Alguns óbvios, como criar um software, outros menos, como controlar um carro ou uma torradeira.

Um app que roda no seu celular é um tipo de software criado com uma linguagem de programação. Um game, que roda em um PC ou em outros equipamentos, também. Uma TV smart, que possui a funcionalidade de se conectar na internet e permitir ao consumidor usar um navegador, usa linguagens de programação tanto no hardware quanto no software.

Uma torradeira não tem uma interface digital de comunicação, mas possui um micro-controlador com um software que gerencia o equipamento. Esse tipo de software, embarcado em circuitos eletrônicos, é chamado de **firmware** e também é escrito usando uma linguagem de programação. A internet das coisas (IoT) demanda muitas soluções que usam esse tipo de tecnologia.

Programador(a)

Programar, na prática, é escrever um texto que será transformado em um software. Esse texto deve ser escrito em uma linguagem de programação e é chamado de código, mas não é um código lido apenas por uma máquina, é um código que pode ser lido por um ser humano. Para quem sabe inglês é ainda mais legível, pois várias linguagens de programação usam palavras nesse idioma, como if, else, do, while, integer, etc. Quem escreve códigos em linguagens de programação é chamado de programador(a) ou desenvolvedor(a).

EXEMPLOS:

Exemplos de linguagens de programação

Possivelmente você já ouviu falar de várias. No começo deste post existe uma imagem com algumas delas. Javascript, C++, Ruby, PHP, Python, Java, C e C# são exemplos de linguagens de programação.

Existem alguns pontos iniciais importantes quanto a esse pequeno, porém popular, conjunto de linguagens. Javascript e Java são duas linguagens diferentes. Assim como C, C++ e C# (lê-se: c sharp) também são.

Algumas linguagens do mundo de TI não são linguagens de programação, como HTML e CSS. Elas são usadas para estruturação e estilização, respectivamente, de uma página web.

Código

Para usar uma linguagem de programação é preciso escrever códigos com ela. Você terá que aprender seus elementos e as regras de como combiná-los.

Apesar de propósitos e características distintas, existem semelhanças entre o aprendizado de um novo idioma e o de uma linguagem de programação. No idioma, primeiro você aprende o que são algumas palavras, depois constrói pequenas frases até que uma hora chega em parágrafos e textos completos.

Na linguagem de programação, primeiro se entende quais são seus elementos (equivalente as palavras do idioma) escrevendo códigos simples, formados por uma única linha, depois códigos com mais de uma linha, blocos de código independentes que são chamados conforme o fluxo do programa e a interação do usuário e, por fim, desenvolve um software completo.

Quanto mais um programador souber sobre uma linguagem de programação, melhor ele conseguirá se expressar no mundo da programação e mais recursos ele terá para escrever soluções para problemas computacionais via código. Contudo, só saber a linguagem de programação não faz de você um programador. A linguagem é um instrumento para que a solução escrita possa ser transformada em um software, mas sem a solução (o que se deve escrever com o código) ela de nada adianta.

Imagine que você precisa escrever, em inglês (e sem usar o tradutor), um artigo sobre biogenética, algo que nunca estudou. Adiantará dominar inglês? Evidente que não. Da mesma forma, se você soubesse tudo sobre o assunto e não soubesse escrever em inglês, também não adiantaria. Portanto, à medida que aprende como funciona esse importante instrumento que é a linguagem de programação, preocupe-se também em aprender a tocá-lo que, no caso, é saber programar.

Algoritmo

Um bloco de código que contém uma sequência de instruções do que o software deve fazer é chamado de algoritmo, termo muito usado na computação.

Um algoritmo pode ser escrito em diferentes linguagens, inclusive em algumas conceituais que não funcionam de verdade, chamadas de pseudocódigo.

Imagine que você é um programador e está em uma equipe com mais 9 programadores. Considere que cada um programe em uma linguagem diferente, porém todos tem o mesmo chefe. Certo dia, o chefe manda um e-mail com o assunto: Algoritmo da semana para todos. No corpo do e-mail, ele escreveu o algoritmo em pseudocódigo e disse que todos precisam implementá-lo na sua respectiva linguagem. Ele escreveu em português mesmo, de propósito, ou seja, o código dele não será transformado em um software da forma como está.

No entanto, o algoritmo está escrito conceitualmente para que ele possa ser traduzido para diferentes linguagens. Portanto, quando ler a palavra algoritmo, pode ser que ele esteja em uma linguagem de programação ou só escrito conceitualmente, em pseudo código. Neste último caso, continuará sendo um algoritmo.

Rodar o código

Uma pergunta muito interessante é: onde eu escrevo meu código? Posso escrever no bloco de notas? Quando acabar o código, mando para quem transformá-lo em um software?

Depois do código ser escrito, outro software transforma o código em um arquivo executável. Explicaremos sobre ele no quarto post da série, chamado Implementador de linguagens de programação. Por ora, saiba que durante essa transformação pode dar tudo certo e o software sair bonito do forno (na forma de arquivo) ou pode dar errado (equivalente a dar pau!). Se deu tudo certo, dizemos que o código escrito “rodou” ou que tal código “está rodando” ou, ainda, “rodei esse código com sucesso” para falar que a transformação ocorreu sem erros.

O “rodar” logo receberá um termo técnico bonito, mas por enquanto é importante você entender o conceito de um algoritmo funcionar ou não quando escrito em determinada linguagem de programação.

Função e tipos de linguagens de programação

Podemos imaginar o computador como uma super calculadora, capaz de fazer cálculos muito mais rápido que nós, mas para isso devemos dizer para o computador o que deve ser calculado e como deve ser calculado. A função das linguagens de programação é

exatamente essa, ou seja, servir de um meio de comunicação entre computadores e humanos.

Existem dois tipos de linguagens de programação: as de baixo nível e as de alto nível. Os computadores interpretam tudo como números em base binária, ou seja, só entendem zero e um. As linguagens de baixo nível são interpretadas diretamente pelo computador, tendo um resultado rápido, porém é muito difícil e incômodo se trabalhar com elas. Exemplos de linguagens de baixo nível são a linguagem binária e a linguagem Assembly.

EXEMPLO:

Exemplo de código em Assembly

```
MOV r0, #0C ;load base address of string into r0
LOAD: MOV r1,(r0) ;load contents into r1
CALL PRINT ; call a print routine to print the character in r1
INC r0 ;point to next character
JMP LOAD ;load next character
Como pode-se notar, é uma linguagem bastante complicada.
```

Já as linguagens de alto nível são mais fáceis de se trabalhar e de entender, as ações são representadas por palavras de ordem (exemplo faça, imprima, etc) geralmente em inglês, foram feitos assim para facilitar a memorização e a lógica. Elas não são interpretadas diretamente pelo computador, sendo necessário traduzí-las para linguagem binária utilizando-se de um programa chamado compilador.

Quando programamos em uma linguagem de programação de alto nível primeiramente criamos um arquivo de texto comum contendo a lógica do programa, ou seja, é onde falamos ao computador como deve ser feito o que queremos. Este arquivo de texto é chamado de código-fonte, cada palavra de ordem dentro do código-fonte é chamada de instrução. Após criarmos o código-fonte devemos traduzir este arquivo para linguagem binária usando o compilador correspondente com a linguagem na qual estamos programando.

O compilador irá gerar um segundo arquivo que chamamos de executável ou programa, este arquivo gerado é interpretado diretamente pelo computador. Existem algumas linguagens de programação que não necessitam de compiladores, como o PHP, uma linguagem dedicada à produção de websites dinâmicos. As instruções em PHP são compiladas e executadas ao mesmo tempo.

EXEMPLO:Exemplo de código PHP (alto nível)

```

print ("Bem vindos visitantes do InfoEscola!");
print (" Vamos contar até 50:");
for($x=1;$x<=50;$x++) {
print $x;
print " ";
}
if(4 == 2) {
print ("Fim do mundo! 4 é igual a 2!");
} else {
print ("Ufa! 4 é diferente de 2");
}
?>

```

Cada linguagem de programação é diferente da outra, contendo palavras-chave próprias. Exemplos de linguagens de alto nível são C++, Java, C#, Delphi (Pascal), PHP, Visual Basic, etc.

Apesar de existir uma grande variedade de linguagens de programação, algumas podem ser mais adequadas para certos negócios ou empresas. É preciso cuidado, pois você pode se tornar um mestre em uma linguagem específica, mas, se ela não for muito requisitada no mercado de trabalho, isso significa que poderá ter dificuldades em arranjar um emprego na área.

Linguagem Java

A linguagem de programação mais solicitada de longe é o Java. No topo da maioria dos índices especializados na medição da popularidade, o Java se caracteriza por ser portátil, ou seja, é possível compilar um programa em Java de maneira fácil para todo tipo de aparelho. Vale lembrar também que o Java é a linguagem mais usada para a criação de aplicativos Android.

Outro ponto positivo do Java é a sua escalabilidade, ou seja, a capacidade de adaptar seu programa à medida que ele cresce em número de utilizações, além de sua retrocompatibilidade, já que um código feito em uma versão antiga continua a ser reconhecida pelas versões atuais.

Linguagem JavaScript

O JavaScript ainda é amplamente utilizado em aplicações web e tem ganhado espaço no desktop/mobile, sendo bastante usado para criar interatividade. Apesar de ser uma linguagem mais antiga em comparação à maioria das que serão listadas aqui, o JavaScript é bastante requisitado e parte desse sucesso se deve a sua simplicidade.

Linguagem Python

Considerada a linguagem de mais fácil aprendizado, a Python continua a ser uma das mais populares no mercado, mesmo que tenha sido lançada há quase 30 anos atrás (em 1989). É um dos códigos de mais fácil leitura e é bastante utilizado para desenvolvimento web e *machine learning*.

Linguagem C

Talvez a mais conhecida entre as linguagens de programação - principalmente pelas suas variantes C++ e C# -, a linguagem C também é uma das mais antigas já lançadas. Sua principal vantagem está também na facilidade de *portar* um programa para outro tipo de dispositivo. Vale notar também que a linguagem C, desde cedo, foi adotada por gigantes como Microsoft e Linux, entre outros.

Apesar de antigo, aprender C traz boas vantagens ao desenvolvedor, já que funciona em quase todo tipo de sistema e não exige muito das máquinas. Por conta dessa pouca exigência de performance, a linguagem C é bastante usada para criar softwares para aparelhos pequenos e dispositivos que contam com a Internet das Coisas (IoT).

Linguagem C++

Um dos principais motivos pelo qual o C é uma das linguagens mais populares também se dá pela própria popularidade de suas variantes. O C++ é uma versão mais atual do C - embora também já tenha certa idade - e é bastante utilizado no desenvolvimento de softwares mais pesados, como sistemas integrados (CRM), aplicações que promovem interação entre cliente e servidor ou jogos para computador, entre outros.

Linguagem C#

Outra variação da linguagem C que é bastante popular no mercado. Porém, anda caindo em desuso em relação a anos anteriores. Assim como o C++, é mais complexo de se aprender que outras linguagens como Python e JavaScript. Por outro lado, ainda é uma

linguagem bastante requisitada na área de desenvolvimento de games, se tornando essencial para quem planeja entrar nesse mercado.

Linguagem Ruby

Se está a procurar trabalho em uma startup, o Ruby é a linguagem perfeita para conseguir uma vaga na área. Usada na construção de serviços mundialmente reconhecidos como o Airbnb e o Twitter, a linguagem Ruby se caracteriza pela sintaxe de fácil leitura, permitindo que um desenvolvedor escreva menos código para que suas aplicações funcionem.

Através do *framework* web Ruby on Rails, a linguagem permite o lançamento de aplicações web em uma velocidade bem maior que em outras linguagens. O lado negativo do Ruby é que ele é uma linguagem difícil de escalar, ou seja, complicada de manter a medida que sua aplicação cresce em número de usuários, já que ele utiliza bastante processamento para compensar erros no código.

Linguagem PHP

Usado majoritariamente em aplicações web, a linguagem PHP é útil para incluir funções a uma página que o HTML não é capaz de suportar. A linguagem também é utilizada para integração entre informações de sua página e banco de dados MySQL, por exemplo. Sites como o Yahoo e a versão web do Facebook são mantidas em PHP.

Linguagem R

Essa linguagem vem ganhando popularidade nos últimos anos, devido à sua utilidade na área de *big data*, que tem recebido mais vagas recentemente e tende a crescer mais nos próximos. Também é considerada uma linguagem fácil de operar e aprender.

Linguagem Objective-C

Uma variação do mundialmente conhecido C#, mas específico para construir aplicativos para iPhone e iPad. Ele não chega a ter grandes variações, mas é necessário para quem possui interesse em garantir uma vaga em empresas de desenvolvimento mobile. Além disso, a linguagem é a mais popular para quem constrói aplicativos para os aparelhos da Apple.

CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, domésticos, etc., é necessário determinar as condições do sistema e obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado. Essa é a função dos sensores. O sensor é um elemento sensível a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica, entre outras), que relaciona informações sobre uma grandeza que precisa ser medida como temperatura, pressão, vazão, posição e corrente.

Os sensores na automação de processos

Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado e isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador. Quando este circuito está acoplado a um sensor, o dispositivo recebe o nome de transdutor.

De acordo com a natureza do sinal de saída, os sensores podem ser classificados em sensores digitais (discretos) e sensores analógicos (contínuos).

- **Sensores digitais** – são utilizados para monitorar a ocorrência ou não de um determinado evento. Apresentam em sua saída apenas dois estados distintos, como ligado (*on*) ou desligado (*off*), ou a presença ou ausência de determinada grandeza elétrica.
- **Sensores analógicos** – são utilizados para monitorar uma grandeza física em uma faixa contínua de valores estabelecidos entre os limites mínimo e máximo. Apresentam em sua saída um sinal de tensão, corrente ou resistência proporcional à grandeza física sensoriada.

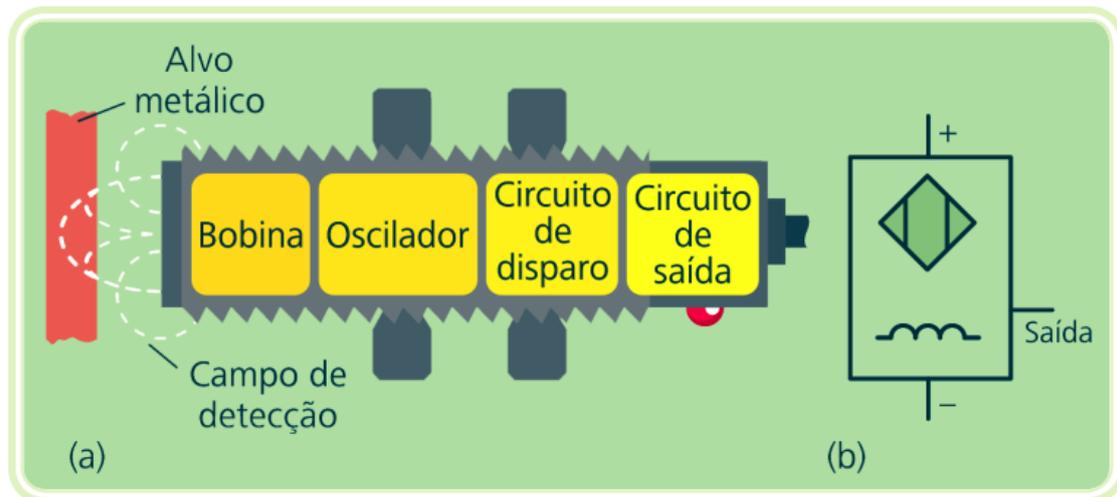
Tipos de sensores e simbologia gráfica

Nesta seção, diferentes tipos e tecnologias de sensores comumente utilizados em aplicações industriais são apresentados, incluindo princípios de funcionamento e simbologias.

Sensores indutivos

Os sensores indutivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético por uma bobina ressonante instalada na face sensora. Quando um metal se aproxima do campo, ele absorve a energia do campo,

diminuindo a amplitude do sinal gerado no oscilador. Essa redução do valor original aciona o estágio de saída.



$$C = \varepsilon \times \frac{A}{d}$$

Figura 6: Diagrama de um sensor indutivo (esquema simplificado símbolo).

A Figura 6 (a) mostra o esquema simplificado de um sensor indutivo e a Figura 6 (b) mostra o seu símbolo.

Onde:

- ❖ C – Capacitância.
- ❖ ε – Constante dielétrica
- ❖ A – Área das placas.
- ❖ d – Distância entre as placas

Sensores capacitivos

Os sensores capacitivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de materiais orgânicos, plásticos, pós, líquidos, etc., sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo elétrico por um oscilador controlado por capacitor. O capacitor é formado por duas placas metálicas montadas na face sensora de forma a projetar o campo elétrico para fora do sensor. Quando um material se aproxima do sensor o dielétrico do meio se altera, alterando a capacitância. Essa alteração aciona o estágio de saída.

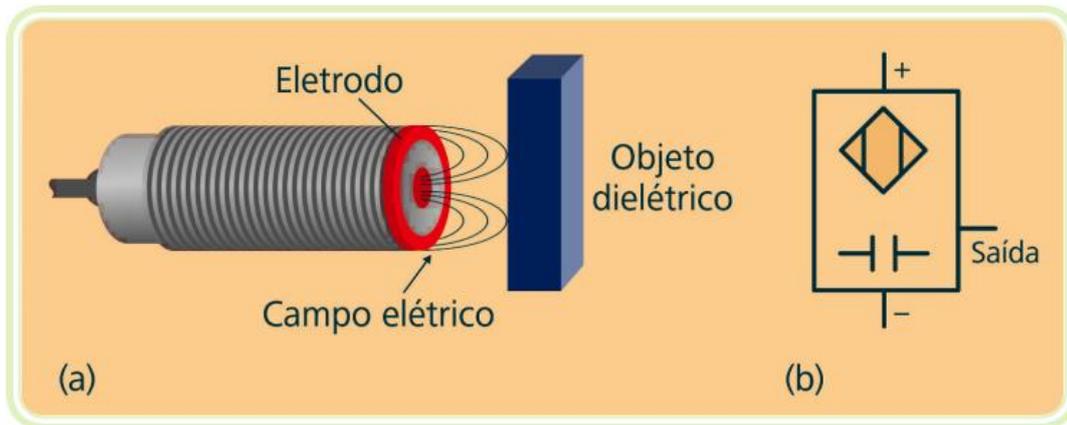


Figura 7: Exemplo de sensor capacitivo.

(A Figura 7(a) mostra um sensor capacitivo)

(A Figura 7(b) mostra o seu símbolo)

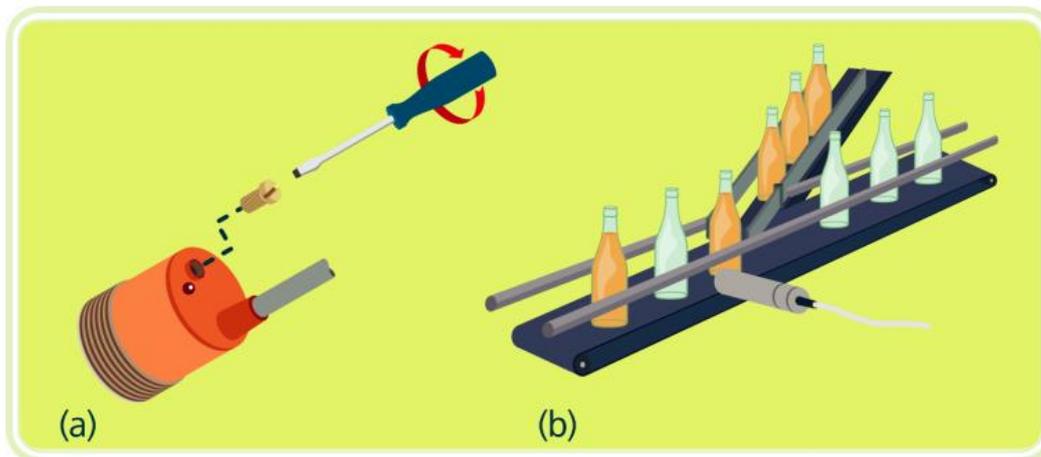


Figura 8: Sensor capacitivo: representação da atuação (a) e simbologia (b).

O ajuste de sensibilidade do sensor capacitivo é realizado por um parafuso localizado no sensor, conforme indica a figura mostra uma aplicação de sensores capacitivos.



VOCÊ SABIA?

Sensores capacitivos são sensores que detectam qualquer tipo de massa. Seu funcionamento se dá por meio de incidência de um campo elétrico que é gerado por cargas elétricas em sua face, formando assim um capacitor.

Sensores magnéticos

Os sensores magnéticos podem ser ativados pela proximidade de um campo magnético produzido por um ímã, acionando um contato normalmente aberto na sua saída.

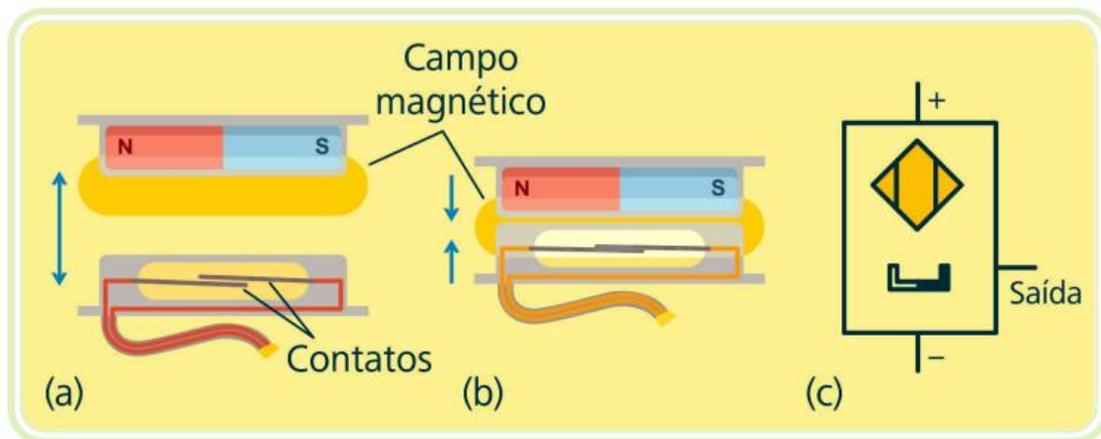


Figura 9: Sensor magnético: contatos abertos (a), contatos fechados (b) e simbologia (c).

Sensores ópticos (fotoelétricos)

Esses sensores manipulam a luz para detectar a presença de um material acionador. Os sensores possuem um emissor e um receptor de luz infravermelha, invisível ao olho humano. O emissor envia um feixe de luz através de um diodo emissor de luz e o receptor, composto por um fotodiodo ou foto transistor, é capaz de detectar o feixe emitido.

Sensor óptico por reflexão difusa

O emissor e o receptor estão montados na mesma unidade. Quando um objeto é posicionado em frente ao feixe de luz emitido, de maneira a refleti-lo ao receptor, o sensor é acionado.

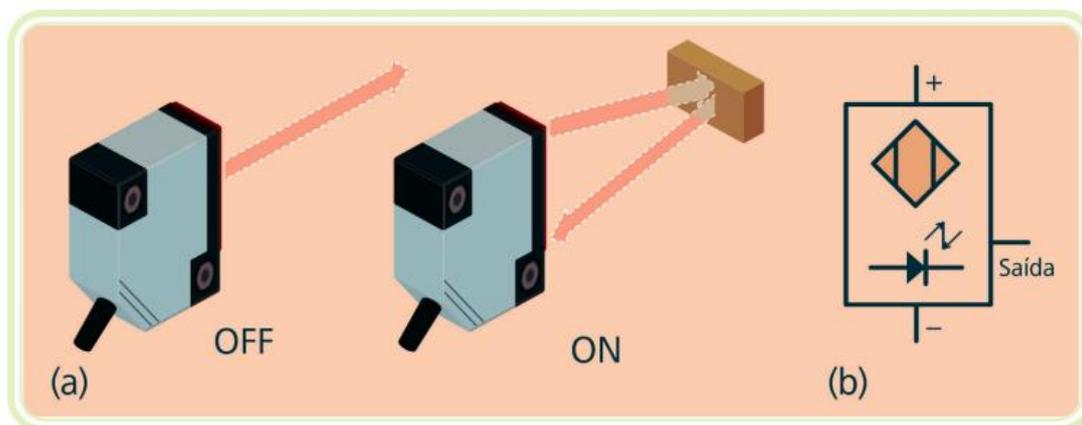


Figura 10: Sensor óptico por reflexão difusa: funcionamento (a) e simbologia (b).

Sensor óptico por retro reflexão

O emissor e o receptor estão montados na mesma unidade, conforme a figura. Um feixe de luz é estabelecido entre o emissor e o receptor por intermédio de um refletor (prisma

refletivo ou espelho prismático). O sensor é ativado quando um objeto interrompe o feixe de luz.

Sensor óptico de barreira direta

O emissor e o receptor estão montados em unidades distintas, conforme a figura, e devem ser dispostos frente a frente, de forma que o receptor sempre receba a luz do emissor. A saída é acionada quando um objeto interrompe o feixe de luz.

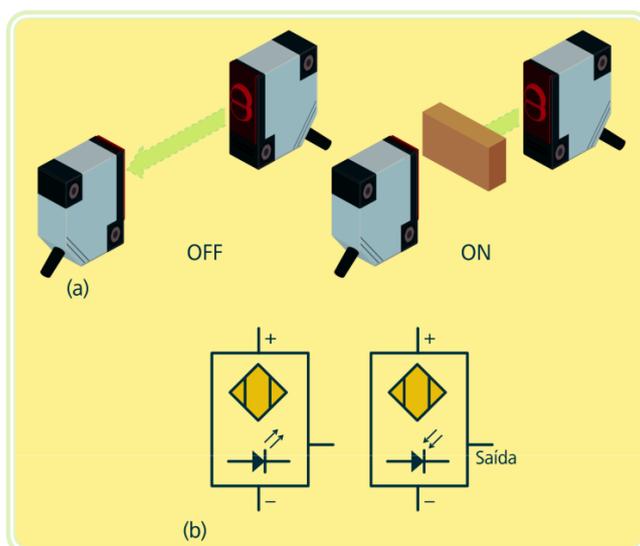


Figura 11: Sensor óptico de barreira direta: funcionamento (a) e simbologia (b).

Sensores ultrassônicos

A operação do sensor ultrassônico é baseada na emissão e recepção de ondas acústicas ultrassônicas na faixa de frequência de 30 a 300 kHz, inaudíveis para o ser humano. A detecção de um objeto é realizada quando a onda incide sobre um objeto e é refletida. O tempo entre o envio e a recepção da onda é medido, processado e convertido em um sinal elétrico proporcional à distância do objeto. A grande vantagem deste sensor é a capacidade de detectar qualquer tipo de material, independentemente da forma, cor e constituição.

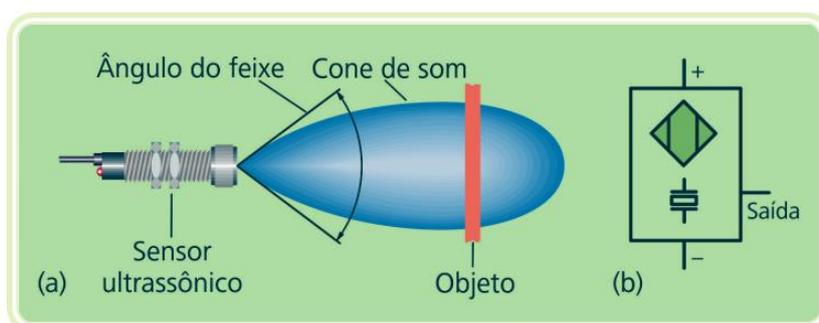


Figura 12: Sensor ultrassônico: área de detecção (a) e simbologia (b).

Sensores potenciométricos

O deslocamento linear ou angular pode ser determinado através da variação da resistência de um potenciômetro, conforme a configuração de sensor mostrado nas figuras.

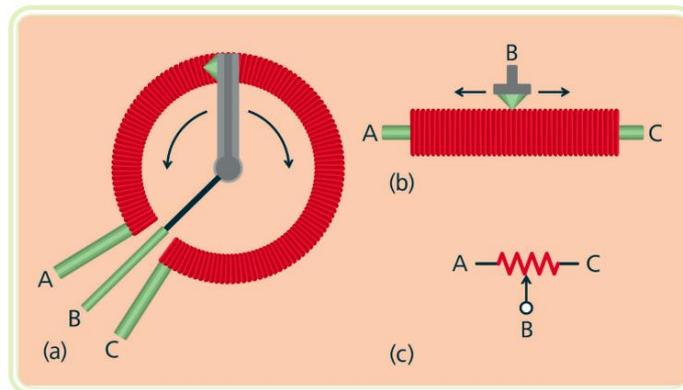


Figura 13: Sensor potenciométrico: rotacional (a), linear (b) e simbologia (c).

Após diferentes tecnologias de sensores terem sido estudadas, nas próximas seções são apresentados exemplos de alguns tipos de sensores utilizados para medição de pressão, temperatura, nível e vazão.

Sensores de pressão

Nesta seção, dois tipos de sensores de pressão são apresentados, os sensores de pressão capacitivos e os sensores de pressão piezoelétricos.

Sensores de pressão capacitivos

Nestes sensores, a armadura móvel, ao sofrer uma variação de pressão, altera o valor da capacitância, a qual está associada à distância física entre o diafragma e a parte fixa. Isso pode ser medido através de um circuito eletrônico, o qual gera um sinal proporcional à pressão aplicada.

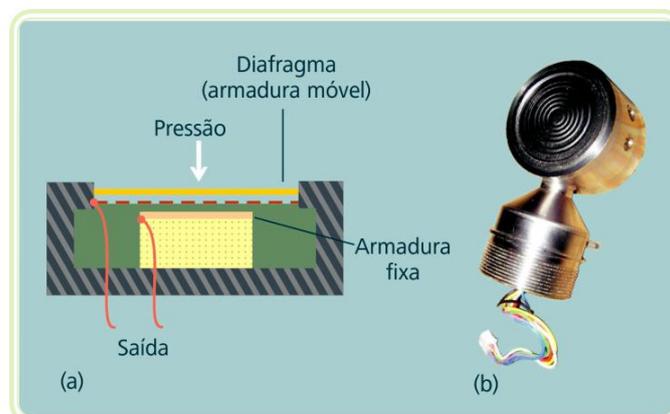


Figura 14: Sensor de pressão capacitivo: detalhes construtivos (a) e detalhe do diafragma do sensor (b).

Sensores de pressão piezoelétricos

Os materiais piezoelétricos produzem uma tensão em seus terminais quando uma força é aplicada a eles, como mostra a figura. São frequentemente usados como receptores ultrassônicos e também transdutores de deslocamento em dispositivos que medem aceleração, força e pressão. O quartzo, o selênio e o telúrio são exemplos de materiais que exibem essa propriedade. Como o princípio piezoelétrico é reversível, distorções podem ocorrer no material aplicando-se uma tensão, e vice-versa.

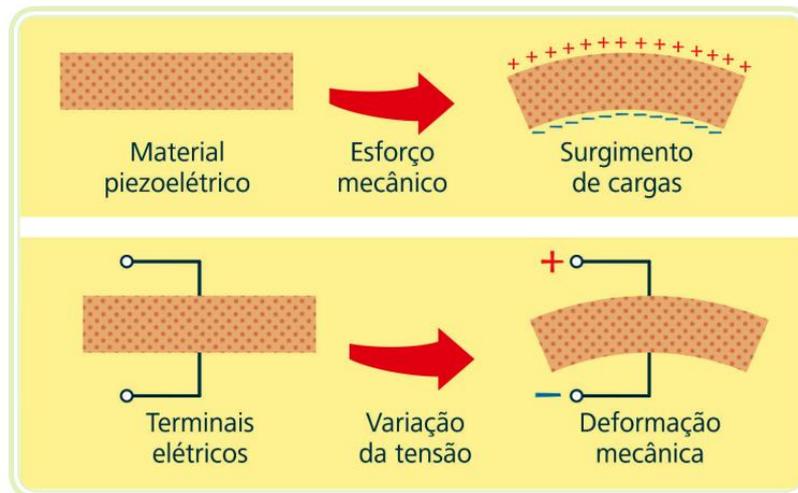


Figura 15: Princípio do sensor piezoelétrico.

Os sensores de pressão piezoelétricos são pequenos e de construção robusta. O sinal de resposta é linear com a pressão e podem medir pressões de 1 mbar até mais de 10 kbar. A figura mostra o esquema básico do sensor piezoelétrico. A figura mostra uma foto de um sensor de pressão piezoelétrico.

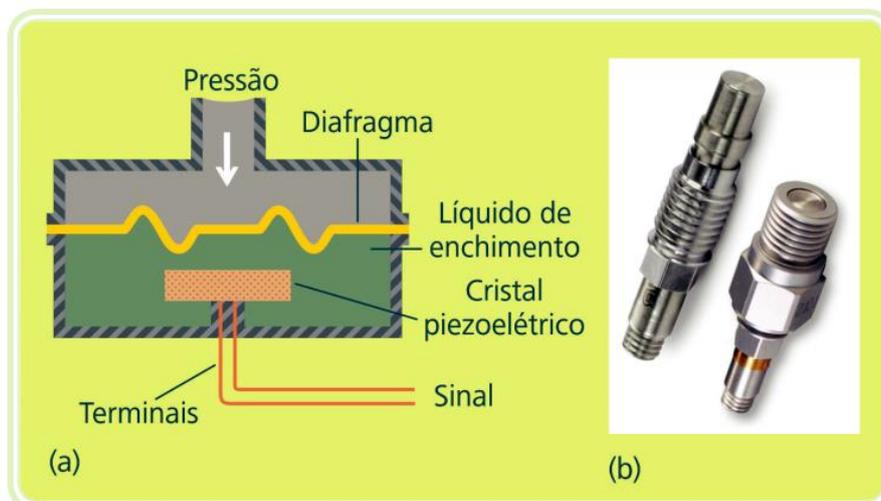


Figura 16: Esquema básico do sensor piezoelétrico (a) e foto de um sensor de pressão piezoelétrico (b).

Sensores de temperatura

Nesta seção, dois tipos de sensores de temperatura são apresentados, os termopares e os termistores.

Termopares

Os termopares se baseiam na propriedade de que dois metais diferentes unidos em uma junção, chamada de junta quente ou de medição (JM), geram uma força eletromotriz (tensão) de alguns milivolts na outra extremidade, chamada de junta fria ou de referência (JR), quando submetida a uma temperatura diferente da primeira junção, como mostrado na figura.

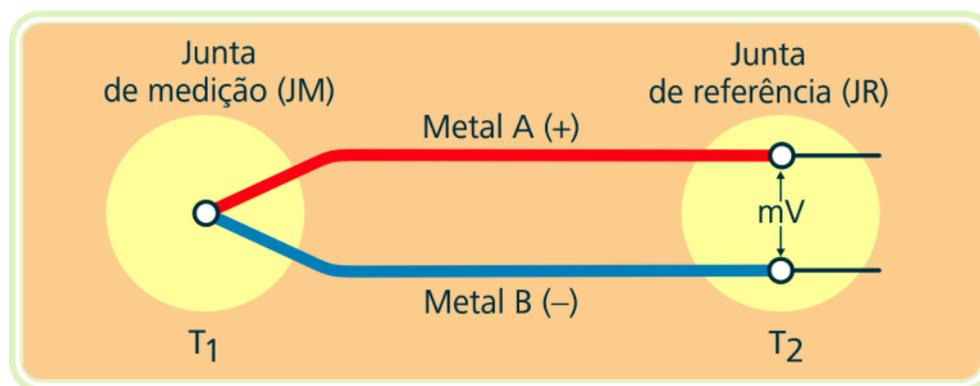


Figura 17: Princípio de funcionamento de um termopar.

O termopar tipo E é o que apresenta maior geração de $mV/^{\circ}C$, o que o torna útil na detecção de pequenas variações de temperatura. O termopar tipo K o mais utilizado em aplicações industriais por apresentar grande faixa de trabalho e menor custo comparado aos termopares formados por ligas nobres, como os tipos R, S e B.

Termistores

São semicondutores que variam a resistência em função da temperatura. São fabricados com óxido de níquel, cobalto, magnésio, sulfeto de ferro, alumínio ou cobre. Apresentam como característica baixo custo e elevada sensibilidade, sendo restritos a temperaturas menores que $300^{\circ}C$. O tipo mais comum é o NTC (*Negative Temperature Coefficient*), o qual sofre redução da resistência à medida que a temperatura aumenta. O PTC (*Positive Temperature Coefficient*), por outro lado, sofre aumento da resistência com o aumento da temperatura. A Figura 18 mostra exemplos de termistores e a simbologia.

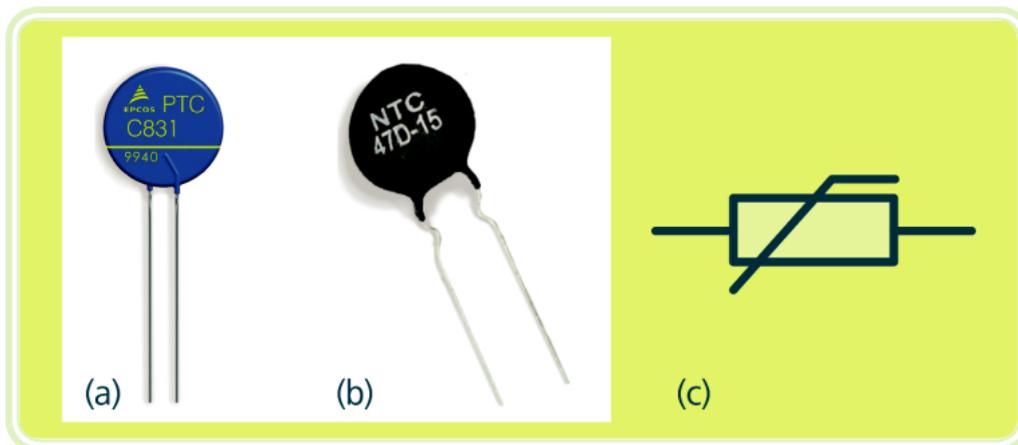


Figura 18: Termistor: PTC (a), NTC (b) e simbologia (c).

Sensores de nível

Nesta seção, dois tipos de sensores de nível são apresentados, os sensores de nível ultrassônicos e os sensores de nível por pressão hidrostática.

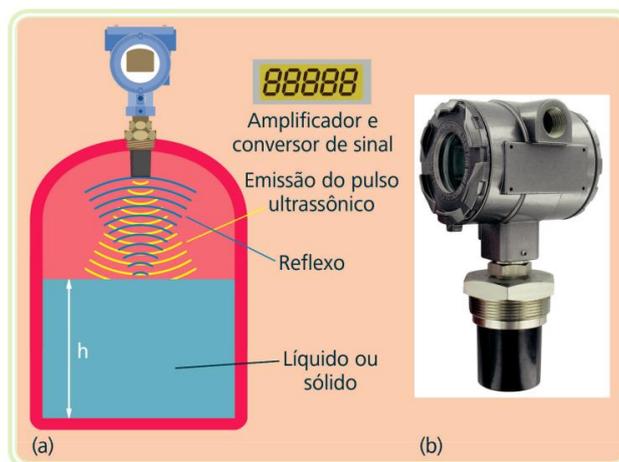


Figura 19: Sistema de medida com ultrassom: funcionamento (a) e transmissor de nível por ultrassom (b).

Sensores de nível ultrassônicos

Os dispositivos ultrassônicos podem ser empregados tanto para medida de nível contínua como para descontínua. Normalmente, são empregados no topo, sem contato com o produto a ser medido. Ao emitir o som, o aparelho calcula o tempo de retorno para avaliar o nível. Se o tempo for maior, indica um nível menor de líquido. A Figura 19 apresenta o funcionamento do sensor de nível ultrassônico.

Sensores de nível por pressão hidrostática

A figura mostra a medida de nível por pressão hidrostática, a qual é empregada em tanques não pressurizados. A altura da coluna do líquido (h) indica o nível segundo a pressão exercida (P), a qual é definida por:

$$P = h \times d$$

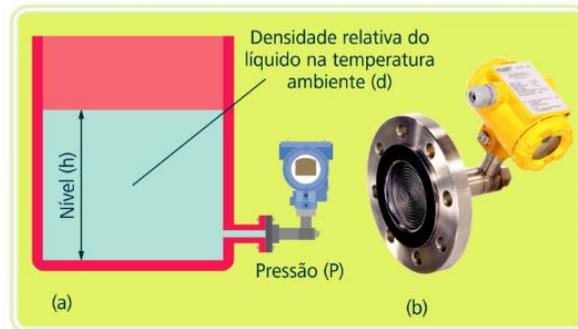


Figura 20: Medição de nível com tanque aberto (a) e exemplo de transmissor de nível (b).

Sensores de vazão

Nesta seção, dois tipos de sensores de vazão são apresentados, os sensores de vazão tipo turbina e os sensores ópticos de vazão.

Sensores de vazão tipo turbina

A Figura 21 mostra um sensor do tipo turbina constituído por um rotor montado na tubulação, o qual apresenta aletas magnetizadas que giram durante a passagem de fluido na tubulação. Um sensor de efeito Hall capta a passagem das hélices da turbina através da medição do campo magnético. A frequência dos pulsos gerados é proporcional à velocidade do fluido, sendo a vazão determinada pela medida desses pulsos.

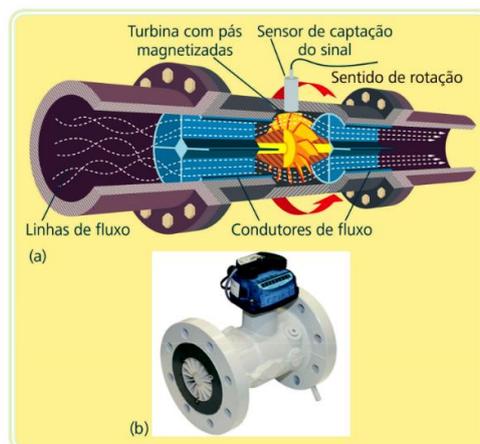


Figura 21: Sensor de vazão tipo turbina: funcionamento (a) e exemplo de transmissor de vazão tipo turbina (b).

Sensores ópticos de vazão

Consistem de um emissor (LED infravermelho) responsável por emitir um feixe de luz que é refletido pelas aletas de uma turbina. O número de pulsos captados pelo receptor é proporcional à velocidade da turbina, que é proporcional à vazão. Esses sensores são normalmente utilizados na indústria automotiva para medição da vazão de combustível nos veículos.

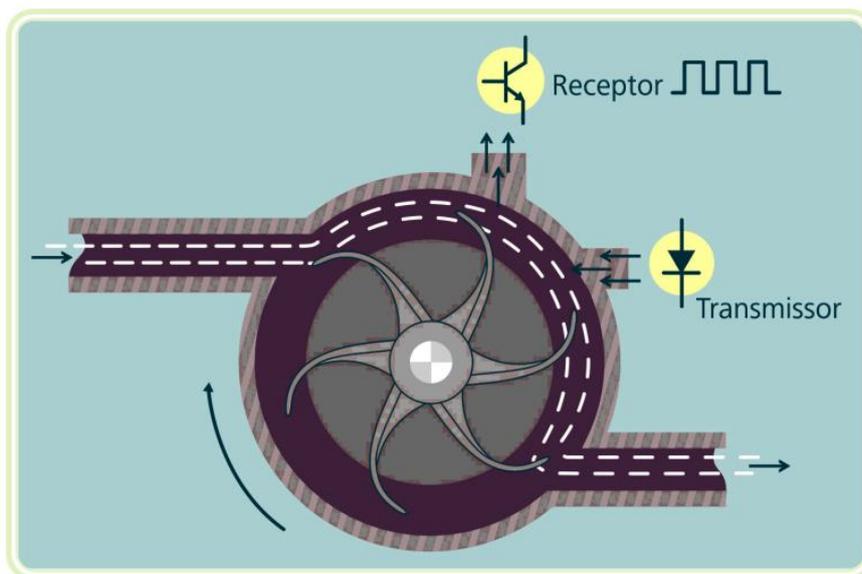
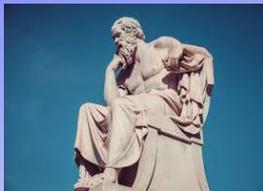


Figura 22: Princípio de funcionamento do sensor óptico de vazão.



PAUSA PARA REFLETIR...

O homem verdadeiramente prudente não diz tudo quanto pensa, mas pensa tudo quanto diz.

Aristóteles.

AUTOMAÇÃO EM MÁQUINAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS

É preciso entender detalhes construtivos, princípio de funcionamento e informações relevantes a respeito de dois dos principais equipamentos utilizados para o acionamento de cargas, os relés e os contadores.

Relés

O relé é um dispositivo capaz de comandar circuitos elétricos de saída através de um circuito de controle de entrada. Os relés eletromecânicos, baseados no princípio

eletromagnético, são comumente aplicados em instalações industriais de baixa, média e alta tensão. São compostos, de modo geral, pelos seguintes elementos:

- ✓ Bobina (eletroímã).
- ✓ Armadura de ferro fixa e móvel.
- ✓ Conjuntos de contatos.
- ✓ Mola de rearme.
- ✓ Terminais de conexão.

A estrutura simplificada de um relé é mostrada na Figura 23.

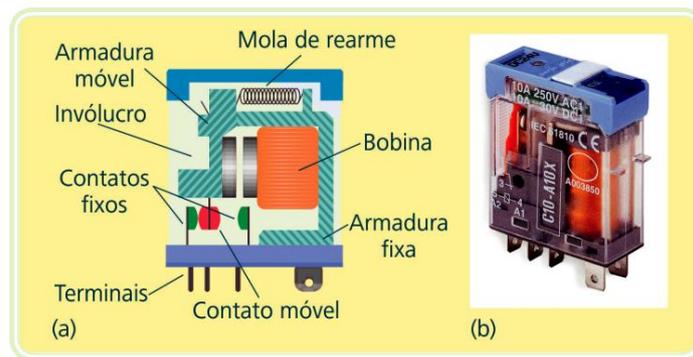


Figura 23: Relé: estrutura simplificada (a) e dispositivo comercial (b).

A figura mostra um exemplo de aplicação de um relé, no qual um circuito externo de saída é controlado, podendo ser ligado ou desligado. Quando o circuito de entrada é acionado através da chave CH, a corrente proveniente da fonte V1 circula pela bobina do relé, energizando-o. Neste momento, o contato do relé é fechado fazendo com que uma corrente proveniente da fonte V2 possa circular pela carga, neste exemplo representada por uma lâmpada. Quando a chave CH é aberta, a corrente que antes circulava pela bobina do relé é interrompida, desacionando a carga do circuito de saída.

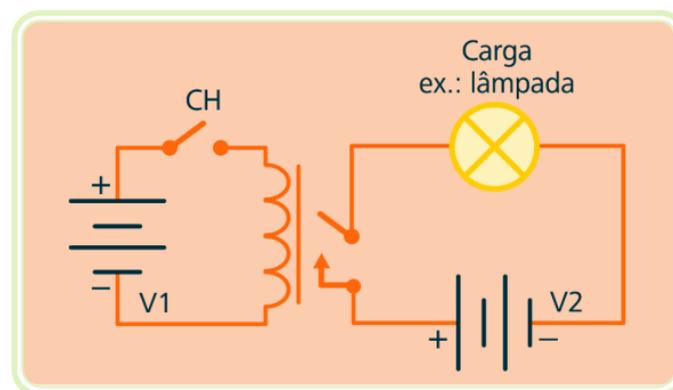


Figura 24: Relé usado para acionar carga de baixa potência.

Uma importante característica do relé é que circuitos e cargas que exigem elevadas correntes durante o seu funcionamento podem ser acionados por uma corrente de baixa intensidade, necessária apenas para energizar a bobina do relé. Assim, cargas como motores e máquinas industriais pesadas podem ser controladas por dispositivos eletrônicos como transistores e circuitos integrados, como mostra a Figura 25.

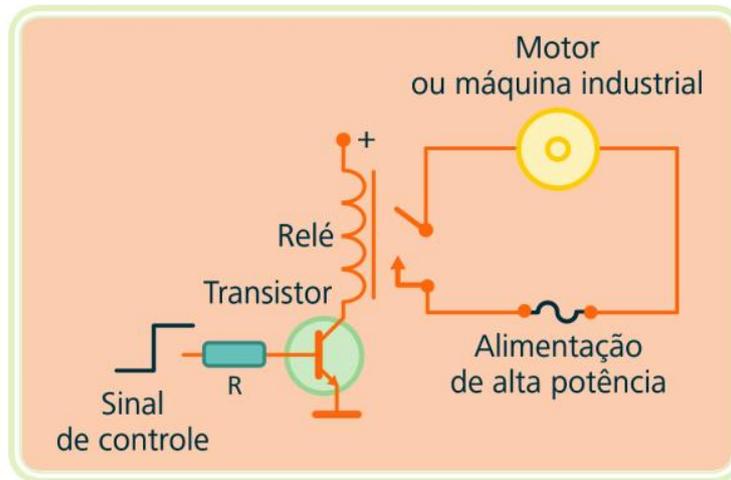


Figura 25: Relé usado para acionar carga de alta potência.

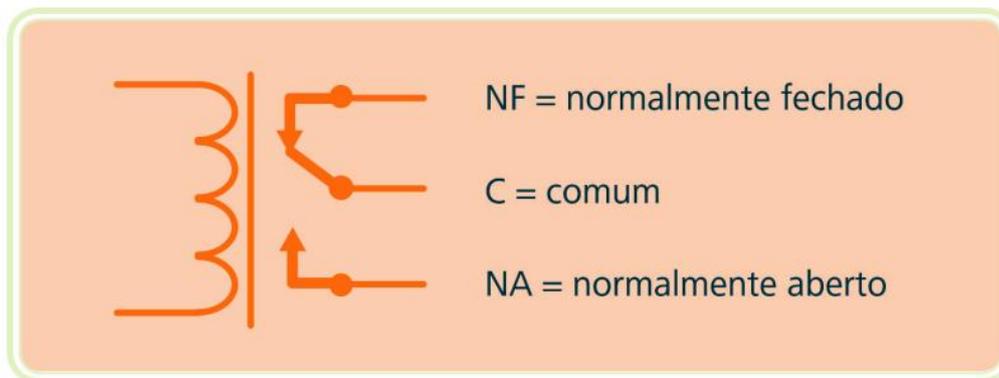


Figura 26: Contatos NF, C e NA com o relé desenergizado.

Outras importantes características dos relés são:

- ✓ A tensão da bobina pode ser diferente, muito menor que a dos contatos, além de poder controlar sinais de corrente contínua por meio de tensão alternada, assim como o inverso.
- ✓ Permitem o acionamento de mais de um circuito ao mesmo tempo com um único sinal.
- ✓ Não existe contato elétrico entre o circuito da bobina e os circuitos dos contatos do relé (circuitos de saída), proporcionando isolamento e segurança.

Por outro lado, as desvantagens dos relés em relação aos dispositivos eletrônicos de acionamento de cargas, como os tiristores, são a atuação mais lenta e o desgaste mecânico dos contatos.

Ambos relés e contatores atuam no circuito em que estão instalados, abrindo e fechando cargas. Enquanto o relé pode atuar por eletromagnetismo, calor (relés térmicos), luz (relés fotoelétricos), movimento (relés de presença), entre outros, o contator atua basicamente pelo princípio eletromagnético, embora também existam contatores de estado sólido.

Contatores

Os contatores são os elementos principais de comando eletromecânicos que permitem o controle de elevadas correntes por meio de um circuito de baixa corrente. O contator é caracterizado como uma chave de operação não manual, eletromagnética, com uma única posição de repouso, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito. É constituído de uma bobina que, quando é alimentada, cria um campo magnético no núcleo fixo que atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando a alimentação da bobina, é interrompido o campo magnético, provocando o retorno do núcleo por molas.

A Figura 27 apresenta a estrutura simplificada de um contator, juntamente com um dispositivo comercial. A função dos elementos que compõem os contatores são praticamente as mesmas dos relés detalhados anteriormente.

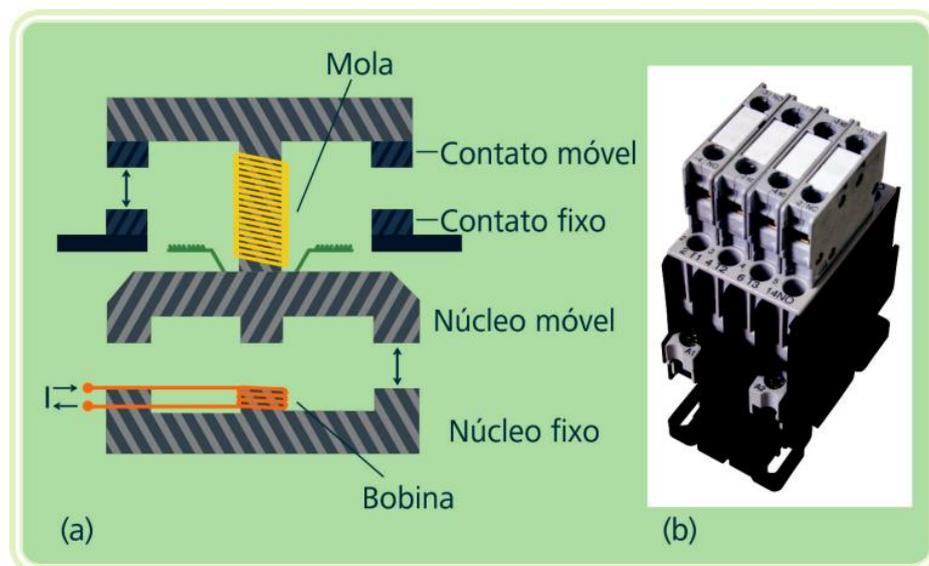


Figura 27: Contator: estrutura simplificada (a) e dispositivo comercial (b).

A figura mostra a simbologia de um contator trifásico utilizada em diagramas multifilares, onde se observa o símbolo de atuação eletromecânica (tracejado), a linha de acoplamento direto e os contatos de força (principais). Alguns contatores também possuem contatos auxiliares, além dos contatos de força. A denominação dos terminais da bobina é sempre A1/A2.

Os contatores também apresentam as seguintes características:

- ✓ Comando à distância.
- ✓ Elevado número de manobras (grande vida útil mecânica).
- ✓ Requer pouco espaço para montagem.
- ✓ A tensão de operação pode estar na faixa de 85 % a 110 % da sua tensão nominal.

Para definir o contator apropriado para uma determinada aplicação, fatores como quantidade e tipo dos contatos auxiliares, nível da corrente elétrica, nível da tensão elétrica e frequência, devem ser levados em consideração.

A Figura 28 mostra o diagrama de comando juntamente com o diagrama de força da chave de partida direta de um motor trifásico de indução, é um exemplo de acionamento de motor trifásico com contator.

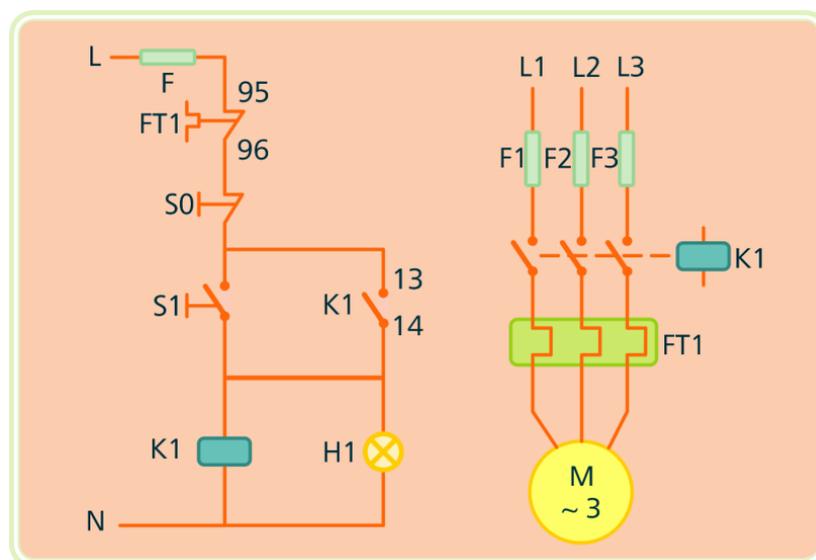


Figura 28: Diagramas de comando e de força de uma partida direta.

Na representação do diagrama de comando há uma alimentação (L-N), em que a energia provém por essa fase que está protegida por um fusível e logo abaixo está representado um contato do relé térmico (95/96-FT1) que irá interromper o circuito no caso de uma falha. Assim, a parte lógica do circuito funciona da seguinte maneira:

Ao ser pressionado o botão de impulso S1, será energizada a bobina do contator K1 que fecha o contato NA 13/14 de K1 realizando o selo do contato K1, o qual permanece ligado mesmo após o botão S1 ser solto. Com o contator fechado o motor será alimentado com as três fases. Em paralelo com a bobina de K1 existe uma lâmpada de sinalização que indica o fechamento do contator. Ao ser pressionado o botão de impulso S0, o circuito da bobina do contator K1 é desligado, sendo o circuito desenergizado.

No diagrama de força, as três fases L1, L2 e L3 são protegidas por um fusível por fase (F1, F2, F3), sendo ligadas então ao contator K1, que está diretamente acoplado ao relé térmico FT1, que interliga os cabos até o motor.

Motores CC



VOCÊ SABIA?

A partida direta para motores trifásicos é relativamente a ligação mais simples dentre todas as partidas usadas para acionar os motores trifásicos, pois o motor recebe a alimentação diretamente da fonte de energia trifásica, porém só pode ocorrer este tipo de partida em motores com potência de no máximo 7,5 CV.

Dentre os tipos de motores, o motor de corrente contínua foi o primeiro a ser empregado na indústria. Estruturalmente, o motor CC pode ser dividido em duas partes, sendo uma fixa (estator ou campo) e outra móvel (rotor ou armadura), ambas mostradas na Figura 29.

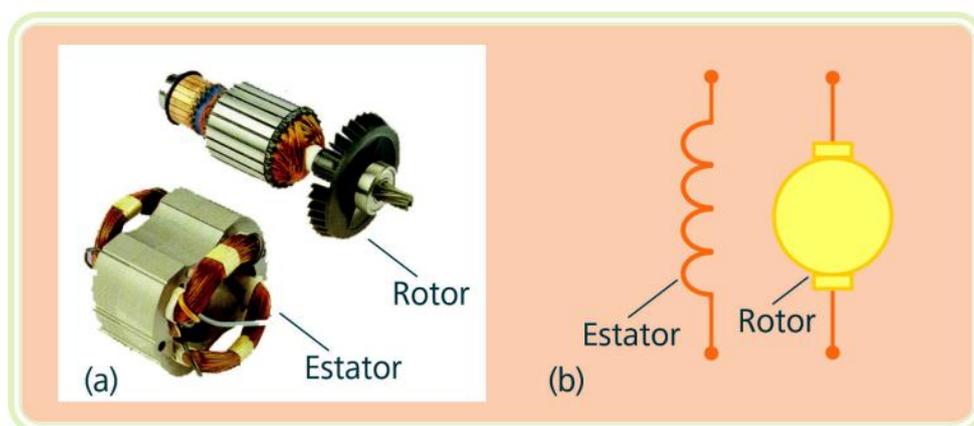


Figura 29: Estator e rotor do motor CC: estruturas (a) e simbologias (b).

- ✓ **Estator ou campo** – é a parte fixa. Possui sapatas polares formadas por pacotes de lâminas de aço silício justapostas. Em torno das sapatas polares se enrolam fios condutores, formando bobinas.
- ✓ **Rotor ou armadura** – o rotor é a parte móvel do motor. Ligada ao eixo de transmissão de movimento. As bobinas do rotor são montadas em ranhuras presentes na estrutura do rotor, também constituído de lâminas de aço silício. Os terminais destas bobinas são conectados eletricamente ao coletor.
- ✓ **Coletor ou comutador** – o coletor conecta eletricamente as bobinas do rotor através de escovas de carvão à fonte de energia elétrica. Desta maneira, o giro do rotor ocorre sem a presença de curto-circuito.
- ✓ **Escovas** – são constituídas de carvão grafite ou carbono. As escovas permitem a circulação de corrente elétrica da fonte externa para os contatos do comutador e às bobinas do rotor.

O princípio de funcionamento do motor CC

A condição inicial para a operação do motor CC é a produção do fluxo magnético estático. Este fluxo magnético é obtido aplicando-se corrente contínua nas bobinas estáticas. Surgem então polos magnéticos ao redor das peças polares, que passam a ser eletroímãs com polaridades fixas.

Uma corrente contínua de uma fonte externa deve circular através das escovas, comutador e bobinas do rotor, produzindo assim polos magnéticos no rotor. Os polos do rotor são atraídos pelos polos do estator e, como resultado, tem-se uma força magnética. As forças magnéticas presentes entre o rotor e o estator provocam um deslocamento angular no rotor, uma vez que este está estruturalmente possibilitado a movimentar-se.

Com o deslocamento inicial, outras bobinas do rotor passam a ser alimentadas através do coletor e das escovas, produzindo novamente forças magnéticas. O resultante destas forças magnéticas atuando sobre o rotor e o seu movimento rotacional é chamado de conjugado motor, como mostra a figura abaixo.

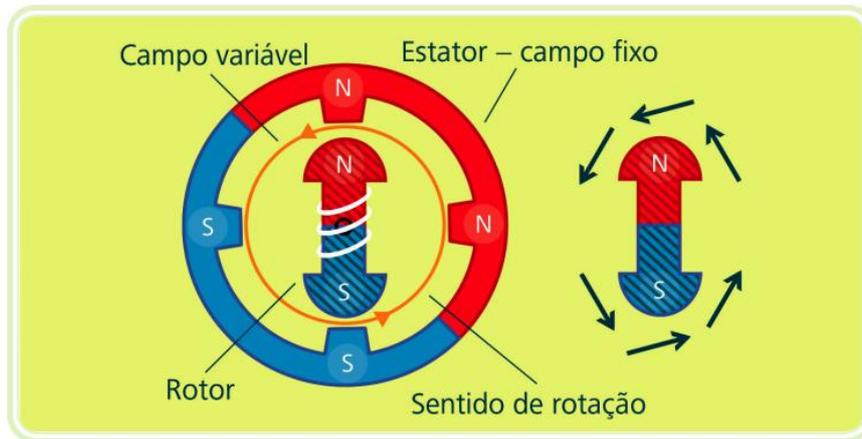


Figura 30: Ação dos campos magnéticos.

O controle de velocidade e torque em motores CC com excitação independente pode ser realizado de 4 maneiras, as quais estão descritas a seguir e mostradas na Figura 30.

- ✓ **Controle pela tensão aplicada na armadura** – mantém-se a tensão e a corrente no campo constantes. Desta forma o fluxo magnético produzido é constante. Varia-se a tensão aplicada na armadura e por consequência a rotação da máquina, seguindo uma relação direta entre a tensão da armadura e a rotação. Neste método o torque permanece constante e a potência varia proporcionalmente com a velocidade.
- ✓ **Controle pela tensão aplicada no campo** – mantém-se a tensão de armadura constante e varia-se a corrente de campo (I_f). Como o fluxo magnético é proporcional à corrente de campo, diminuindo-se I_f diminui-se o fluxo magnético e aumenta-se a velocidade de rotação da máquina, processo conhecido por enfraquecimento de campo. No controle de campo a potência permanece constante enquanto a rotação se eleva e o torque se reduz.
- ✓ **Controle pela resistência na armadura (R_a)** – varia-se a resistência da armadura através da variação de um reostato inserido em série com a armadura do motor e, assim, consegue-se variar a velocidade do motor. Neste método existe uma perda considerável de energia devido à potência dissipada no reostato adicional.
- ✓ **Controle pela tensão aplicada na armadura e no campo** – ambas as técnicas **a** e **b** são aplicadas, proporcionando um controle integral da operação do motor CC. Esta técnica permite várias alternativas de conjugado e rotações e vem sendo empregada nos modernos conversores para acionamento em CC.

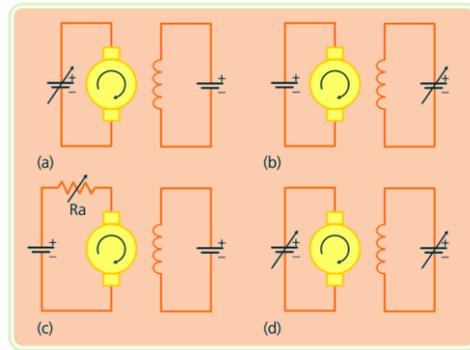


Figura 31: Acionamento do motor CC: controle pela armadura (a), controle pelo campo (b), controle pela resistência na armadura (c) e controle pelo campo e armadura (d).

Motores de passo

Os motores de passo fazem parte de uma categoria diferenciada de motores que se deslocam por impulsos ou passos discretos. A crescente popularidade dos motores de passo não se deve apenas à redução de custo de produção, mas também à total adaptação desses dispositivos à lógica digital.

A principal vantagem dos motores de passo é a possibilidade de controlar seus movimentos de forma precisa. Além disso, as variações no torque aplicado por motores de passo são pequenas e eles apresentam pouco desgaste (não possuem escovas). São muito usados em impressoras, robôs, brinquedos e automação industrial. Por outro lado, não são recomendados para aplicações de elevado torque e/ou velocidade e possuem baixa relação entre potência e volume.

O princípio de funcionamento do motor de passo é detalhado na Figura 32, tomando como exemplo um motor de 4 passos. O funcionamento básico é obtido pelo uso de solenoides (eletroímãs) alinhados aos pares. Os solenoides, quando energizados, exercem uma força de atração sobre o rotor, que provoca o seu alinhamento com o eixo definido pelos solenoides. Desta maneira, uma pequena variação de ângulo, denominada passo, ocorre no rotor.

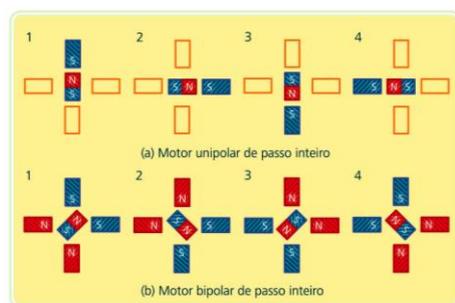


Figura 32: Princípio de funcionamento do motor de passo: unipolar de passo inteiro (a) e bipolar de passo inteiro (b).

O número de passos é definido pelo número de alinhamentos possíveis entre o rotor e as bobinas. Assim, para aumentar o número de passos de um motor usa-se um maior número de bobinas ou maior número de polos no rotor (através de uma roda dentada). Há também o acionamento de meio-passo, no qual o rotor gira em intervalos de 45° ao invés de 90° conforme exemplo apresentado, conseguido através da polarização adequada das bobinas.

Sistemas de supervisão

Nos processos industriais, de maneira geral, existe a necessidade de centralizar as informações de forma a se ter a maior quantidade de dados no menor tempo possível. Um sistema de supervisão é responsável pelo monitoramento de variáveis de controle do sistema, com o objetivo principal de fornecer subsídios ao operador para controlar ou monitorar um processo automatizado mais rapidamente, permitindo a leitura das variáveis em tempo real e o gerenciamento do processo.

O sistema de supervisão, também conhecido como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), coleta dados do processo através de determinados dispositivos industriais, principalmente controladores lógicos programáveis (CLP), formata estes dados, e os apresenta ao operador em uma multiplicidade de formas. Os dados são capturados tanto em locais próximos, quanto locais distantes geograficamente.

Dentre os principais benefícios do uso de sistemas de supervisão podem-se citar: informações instantâneas, redução no tempo de produção, redução no custo de produção, precisão das informações, detecção de falhas, aumento da qualidade e aumento da produtividade. Com a evolução tecnológica, os computadores assumiram um papel de gestão na aquisição e tratamento de dados, permitindo sua visualização em um monitor de vídeo e a geração de funções de controle complexas, cobrindo um mercado cada vez mais vasto.

As telas de visão geral de processo apresentam ao operador uma visão global de um processo, sob visualização imediata na operação da planta. Nestas telas são apresentados os dados mais significantes à operação e objetos que representam o processo. Os dados devem procurar resumir os principais parâmetros a serem monitorados (e/ou controlados) do processo específico.

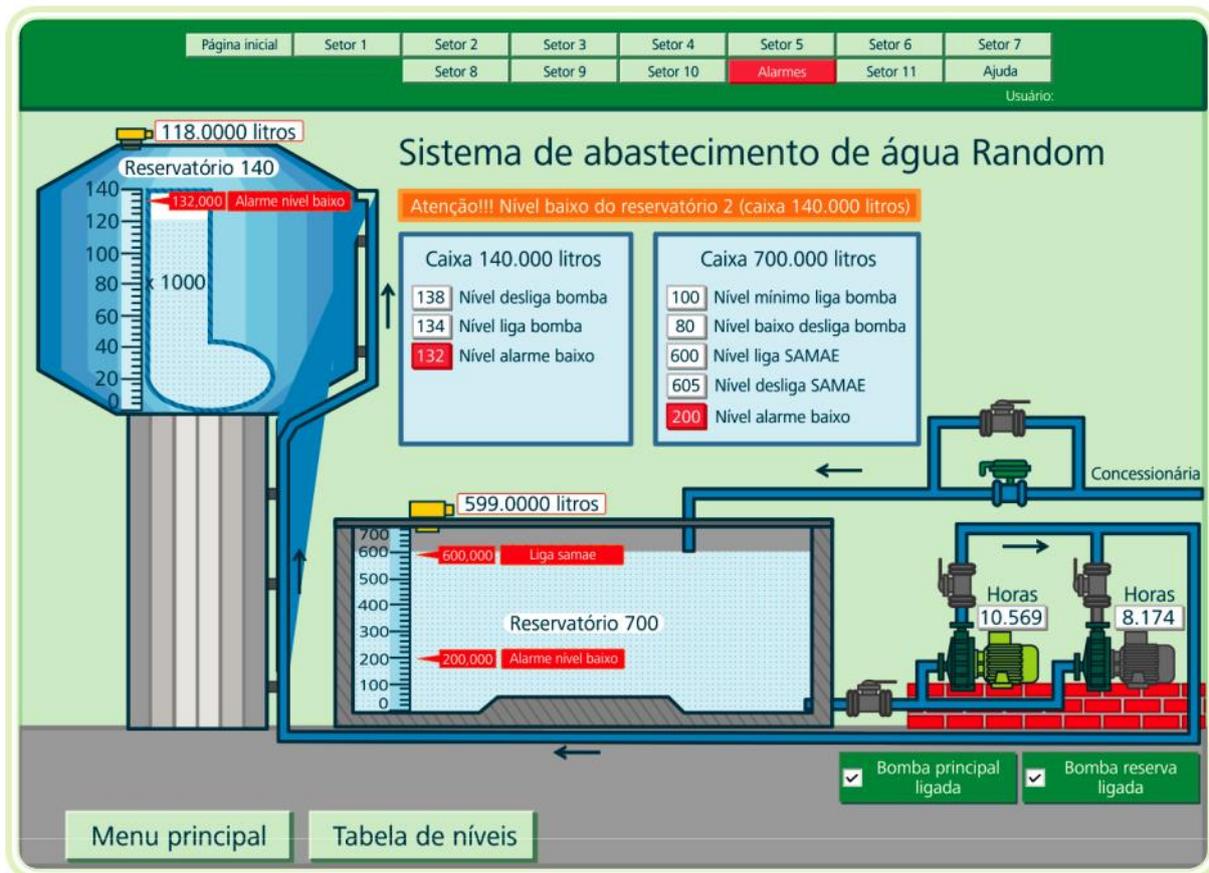


Figura 33: Tela de visão geral de processo.

As principais características que um sistema de supervisão deve possuir são:

- ✓ Interface amigável com o operador, ou seja, propiciar facilidade de visualização gráfica e de operação do sistema (visualização dos valores coletados por sensores e estados atuais de contadores, relés, solenoides; alteração de ganhos e tipos de controladores; acionamento de atuadores elétricos, hidráulicos, pneumáticos, mecânicos; entre outros).
- ✓ Geração automática de relatórios, com o controle estatístico do sistema, os quais podem ser impressos, enviados por e-mail ou salvos em arquivos.
- ✓ Histórico de tendências para acompanhamento das variáveis controladas em forma de gráficos ou tabelas.
- ✓ Facilidade para interação com outros aplicativos.
- ✓ Acesso automático a banco de dados.
- ✓ Acesso compartilhado e remoto.
- ✓ Conexão em rede e por meio de *modem* ou rádio.

Em um ambiente industrial cada vez mais complexo, é importante garantir que as informações de um processo estejam seguras e disponíveis quando necessário, independentemente de sua localização. Portanto, é fundamental implementar mecanismos de acessibilidade, segurança e tolerância a falhas, capazes de serem obtidos com os sistemas de supervisão.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que uma impressora disse para a outra?

RESPOSTA:

Essa folha é tua ou é impressão minha.

LÓGICA BOOLEANA

Em 1854, o matemático inglês George Boole escreveu **Uma Investigação das Leis do Pensamento**, em que apresentava o modo como se tomam decisões lógicas com base em circunstâncias verdadeiras ou falsas. O método que ele descreveu é hoje conhecido como lógica booleana, e o sistema que emprega símbolos e operadores para descrever essas decisões é chamado de álgebra booleana, fazendo parte da área de eletrônica digital.

Inicialmente estudaremos os circuitos lógicos mais básicos, as portas lógicas, que são os blocos e a partir dos quais todos os sistemas digitais são construídos. Serão estudados também conceitos da álgebra booleana e conceitos iniciais de circuitos eletrônicos sequenciais.



VOCÊ SABIA?

George Boole sempre teve uma vida muito séria e voltada para os estudos, mas algumas atitudes foram curiosas na sua vida, como por exemplo ele ter se tornado padre para poder auxiliar a sua família.

Portas lógicas

As portas lógicas são circuitos digitais construídos por componentes eletrônicos conectados de tal forma que o sinal de saída corresponde ao resultado de uma função lógica. Possuem uma ou mais tensões de entrada e uma única tensão de saída, sendo que os valores possíveis destas tensões são somente dois: tensão de alimentação do circuito (V_{CC})

ou tensão nula (terra ou GND). Por convenção, considera-se a tensão de alimentação como sinal lógico “1” e a tensão nula como sinal lógico “0”.

Existem três portas lógicas básicas que são: “porta *AND*”, “porta *OR*” e “porta *NOT*”. A partir destas, derivam-se outras quatro portas lógicas, que são: “porta *NAND*”, “porta *NOR*”, “porta *XOR*” e “porta *XNOR*”, totalizando sete portas lógicas, capazes de realizar os mais variados comandos lógicos.

Na sequência, as três portas lógicas básicas são estudadas. Para cada porta lógica são apresentados a expressão lógica, a simbologia, o circuito elétrico equivalente capaz de implementar a função lógica e a tabela-verdade. Os sinais de entrada das portas são representados com as letras iniciais do alfabeto e o sinal de saída pela letra “S”. Por fim, as demais portas lógicas, derivadas das três primeiras, são apresentadas.

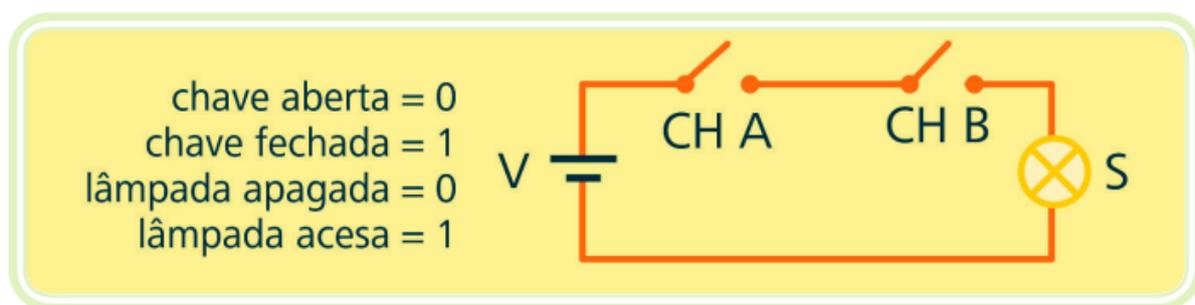


Figura 34: Circuito de dois contatos.

- **Porta lógica *AND* (E):** A função *AND* é aquela que executa a multiplicação de duas ou mais variáveis booleanas. Sua representação algébrica para duas variáveis de entrada é:

$$S = A \cdot B$$

Lê-se: $S = A$ e B

O símbolo utilizado para representar a porta lógica é mostrado na figura acima.

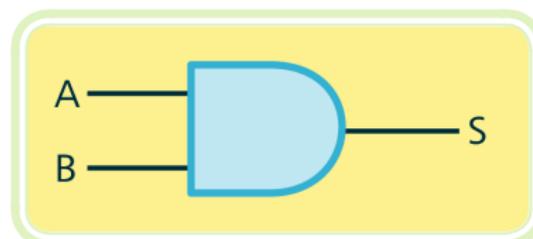


Figura 35: Simbologia da porta lógica *AND*.

Nessa porta lógica, todas as entradas devem estar no nível lógico 1 para que se obtenha um nível lógico 1 na saída da mesma. Caso contrário, o sinal de saída será de nível lógico 0.

A tabela-verdade é um mapa onde são colocadas todas as possíveis situações (combinações das entradas) com os seus respectivos resultados (saídas). O número de combinações possíveis é igual a 2^N , onde N é o número de variáveis de entrada. Como há duas variáveis de entrada (chaves A e B), há 4 possíveis combinações. A Figura 36 mostra a tabela-verdade da porta lógica *AND*.

| Tabela-verdade da porta <i>AND</i> | | |
|------------------------------------|---|---|
| A | B | S |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Figura 36: Tabela-verdade da porta *AND*.

- **Porta lógica *OR* (OU):** A função *OR* é aquela que executa a soma de duas ou mais variáveis booleanas.

Sua representação algébrica para duas variáveis de entrada é:

$$S = A + B$$

Lê-se: $S = A$ ou B

O símbolo utilizado para representar a porta lógica é mostrado na Figura 37.

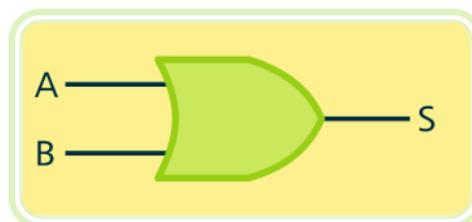


Figura 37: Simbologia da porta lógica *OR*.

Esta porta lógica assume valor 1 quando uma ou mais variáveis de entrada forem iguais a 1. O valor 0 somente será obtido na saída da porta lógica quando todas as variáveis

de entrada forem iguais a 0. Portanto, para que se obtenha um nível lógico 1 na saída, pelo menos uma das entradas deve estar no nível lógico 1.

O circuito elétrico equivalente da porta lógica *OR* é mostrado na figura abaixo, juntamente com as convenções para análise.

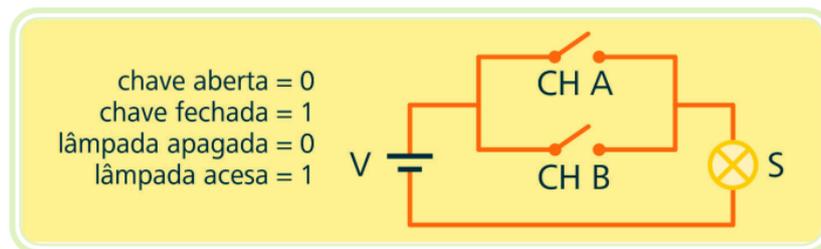


Figura 38: Circuito elétrico equivalente da porta *OR*.

Através da análise da figura acima, conclui-se que a lâmpada acenderá quando qualquer uma das chaves estiver fechada e permanecerá apagada se ambas estiverem abertas.

A figura acima mostra a tabela-verdade da porta lógica *OR*.

| Tabela-verdade da porta <i>OR</i> | | |
|-----------------------------------|---|---|
| A | B | S |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Figura 39: Tabela-verdade da porta *OR*.

- **Porta lógica *NOT* (NÃO):** A função *NOT* é aquela que executa a função lógica da inversão booleana.

Sua representação algébrica é:

$$S = \bar{A}$$

Lê-se: S é igual a A barra ou NÃO A.

O símbolo utilizado para representar a porta lógica é mostrado na figura abaixo.

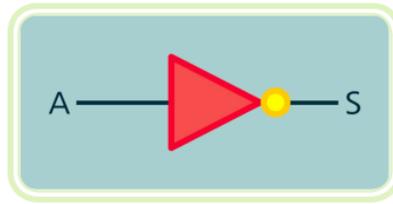


Figura 40: Simbologia da porta lógica NOT.

Esta porta lógica inverte ou complementa o estado da variável de entrada, ou seja, se a variável estiver em 1, a saída será 0; se estiver em 0, a saída será 1. É, portanto, uma porta com apenas um sinal de entrada e um sinal de saída, o qual assumirá sempre valores lógicos inversos (complementares) ao sinal de entrada. O circuito elétrico equivalente da porta lógica NOT é mostrado na figura abaixo.

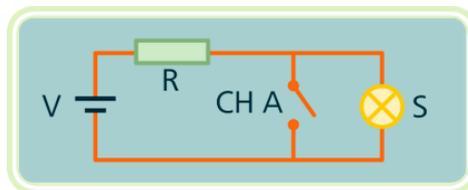


Figura 41: Circuito elétrico equivalente da porta NOT.

Através da análise da Figura 41, conclui-se que a lâmpada acenderá quando a chave estiver aberta e permanecerá apagada quando a chave estiver fechada, uma vez que a corrente da lâmpada será desviada e irá circular através da chave. A Figura 42 mostra a tabela-verdade da porta lógica NOT.

| Tabela-verdade da porta NOT | |
|-----------------------------|---|
| A | S |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

| Portas lógicas derivadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Porta lógica | Símbolo | Expressão | Tabela-verdade | | | | | | | | | | | | | | | |
| NAND NÃO E | | $S = \overline{A \cdot B}$ | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> | A | B | S | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOR NÃO OU | | $S = \overline{A + B}$ | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> | A | B | S | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XOR OU EXCLUSIVO | | $S = A \oplus B$ $S = \overline{A}B + A\overline{B}$ | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> | A | B | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XNOR NÃO OU EXCLUSIVO | | $S = A \odot B$ $S = \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot B$ | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> | A | B | S | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A | B | S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 42: Tabela-verdade da porta NOT e Portas lógicas derivadas.

Portas lógicas *NAND*, *NOR*, *XOR* e *XNOR*: As portas lógicas *NAND* (NÃO E), *NOR* (NÃO OU), *XOR* (OU EXCLUSIVO) e *XNOR* (NÃO OU EXCLUSIVO) executam funções derivadas das portas lógicas básicas.

A porta lógica *NAND* terá saída igual a 1 quando qualquer uma das entradas for igual a 0. A porta lógica *NOR* terá saída igual a 1 somente quando todas as entradas forem iguais a 0. A porta lógica *XOR* terá saída igual a 1 quando houver número ímpar de entradas iguais a 1. A porta lógica *XNOR* terá saída igual a 1 quando houver número par de entradas iguais a 1, ou quando todas as entradas forem iguais a 0. Nas demais situações, as saídas destas portas lógicas serão iguais a 0.

Conceitos sobre álgebra booleana

Em 1854, o matemático inglês George Boole apresentou um sistema matemático de análise lógica conhecido como álgebra de Boole. A principal diferença existente entre a álgebra booleana e a álgebra linear é que as constantes e variáveis booleanas podem assumir somente dois valores, 0 ou 1. Esses valores podem representar duas condições distintas, como “verdadeiro” ou “falso”, “aberto” ou “fechado”, “alto” ou “baixo”, entre outras. Pela lógica convencional, utilizam-se o valor 0 para indicar a condição falsa e 1 para indicar a condição verdadeira.

Com base nos valores que as variáveis booleanas assumem, três operações básicas podem ser executadas.

SOMA BOOLEANA: operador *OR* (OU) “+”
 PRODUTO BOOLEANO: operador *AND* (E) “.”
 INVERSÃO BOOLEANA: operador *NOT* (NÃO) “-”

Figura 43: Operações básicas.

A álgebra de Boole possui leis, propriedades e teoremas que a definem, a exemplo de qualquer teoria matemática. O conhecimento dessas definições importante para o entendimento dos princípios da eletrônica digital, o que permitirá desenvolver projetos próprios, determinar equivalência de circuitos e realizar simplificações.

Propriedades ou leis da álgebra de Boole

A Figura 44 apresenta as principais propriedades algébricas, importantes nas simplificações de expressões e, conseqüentemente, de circuitos lógicos.

| Propriedades da álgebra de Boole | |
|----------------------------------|--|
| Propriedade | Definição |
| Propriedade comutativa | $A + B = B + A$ $A \cdot B = B \cdot A$ |
| Propriedade associativa | $A + (B + C) = (A + B) + C = A + B + C$ $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C = A \cdot B \cdot C$ |
| Propriedade distributiva | $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$ |

Figura 44: Propriedades da álgebra de Boole.

Teoremas da álgebra de Boole

Os teoremas da álgebra de Boole são definidos para uma variável booleana qualquer, ou seja, seu valor pode ser “0” ou “1”. Esses teoremas, mostrados na Figura 45, são divididos em três grupos de acordo com as funções lógicas básicas.

| Teoremas da álgebra de Boole | |
|--|---|
| Teoremas | Definição |
| Teoremas da adição lógica | $A + 0 = A$ $A + 1 = 1$ $A + \bar{A} = 1$ $A + A = A$ |
| Teoremas do produto lógico | $A \cdot 0 = 0$ $A \cdot 1 = A$ $A \cdot \bar{A} = 0$ $A \cdot A = A$ |
| Teorema do complemento ou da inversão lógica | $A = 0 \rightarrow \bar{A} = 1$ $\bar{A} = 0 \rightarrow A = 1$ $\bar{\bar{A}} = A$ |

Figura 45: Teoremas da álgebra de Boole.

Além desses, existem também os dois teoremas de De Morgan, os quais são muito importantes quando se necessita simplificar um circuito lógico ou eliminar o complemento de uma função lógica.

O primeiro teorema de De Morgan define que o complemento de uma função lógica representada por um produto lógico de qualquer número de variáveis pode ser transformado em uma soma lógica, complementando-se cada variável individualmente e substituindo-se o operador “.” pelo operador “+”.

$$\overline{(A \cdot B)} = \bar{A} + \bar{B}$$

O segundo teorema de De Morgan define que o complemento de uma função lógica representada por uma soma lógica de qualquer número de variáveis pode ser transformado em um produto lógico, complementando-se cada variável individualmente e substituindo-se o operador “+” por “.”.

$$\overline{(A + B)} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um equipamento eletrônico digital, com *hardware* e *software* compatível com as aplicações industriais. Ele pode ser programado através de uma linguagem de programação de maneira a executar funções aritméticas, lógicas, de temporização, de contagem, entre outras. Possui entradas para aquisição de dados e saídas para acionar diversos tipos de dispositivos ou processos.

Antes do surgimento dos CLPs, painéis compostos de relés eletromagnéticos eram utilizados para a realização de tarefas de comando e controle de processos industriais. Como cada painel era projetado para uma aplicação específica, eventuais modificações no processo devido a diversos motivos resultavam na necessidade de alterações estruturais, as quais muitas vezes eram complexas e seriam mais onerosas e demoradas do que projetar um novo circuito na totalidade.

O CLP revolucionou os comandos e controles industriais desde seu surgimento na década de 70.



VOCÊ SABIA?

Você sabia que a sigla CLP não pode ser usada pelos fabricantes aqui no Brasil?

A sigla CLP é marca registrada da **Rockwell Automation**. Por isso, os CLP's são anunciados mesmo em catálogos em português como a sigla em inglês PLC (*Programmable Logic Controller*).

Sua grande vantagem é a possibilidade de reprogramação, permitindo transferir as modificações de *hardware* em modificações de *software*.

Outras vantagens dos CLP's em relação aos painéis com relés são:

- ✓ Utilização de menos espaço.
- ✓ Menor consumo de energia.
- ✓ Maior confiabilidade e flexibilidade.
- ✓ Reutilização para outros processos.
- ✓ Maior rapidez na elaboração dos projetos.
- ✓ Capacidade de comunicação com outros dispositivos.

Aspectos gerais do CLP

A letra (a) mostra um CLP comercial de pequeno porte, enquanto que a letra (b) mostra um CLP comercial com módulos de expansão anexados e recursos avançados.

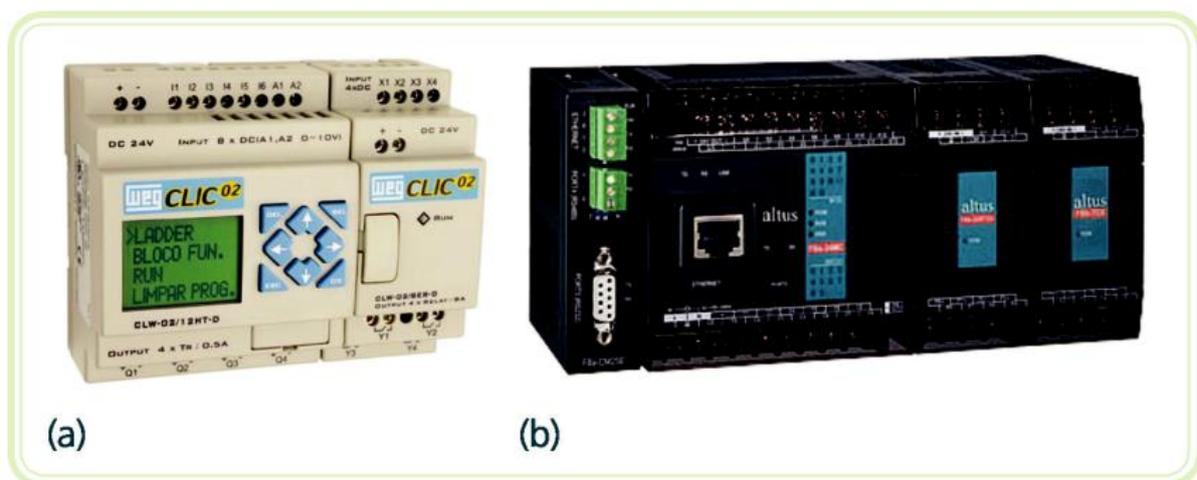


Figura 46: CLP comercial: pequeno porte (a) e com módulos de expansão (b).

A maneira como o CLP atua no sistema está simbolizada na Figura 47. Os transdutores são dispositivos que fazem a leitura das variáveis do processo e enviam sinais elétricos para

as entradas do CLP. O CLP em função do programa gravado em sua memória pelo usuário, atua no sistema por meio de suas saídas. As variáveis de saída do sistema executam, a cada instante, acionamento de válvulas, motores, indicações luminosas, entre outros, interagindo com o processo a fim de controlá-lo.

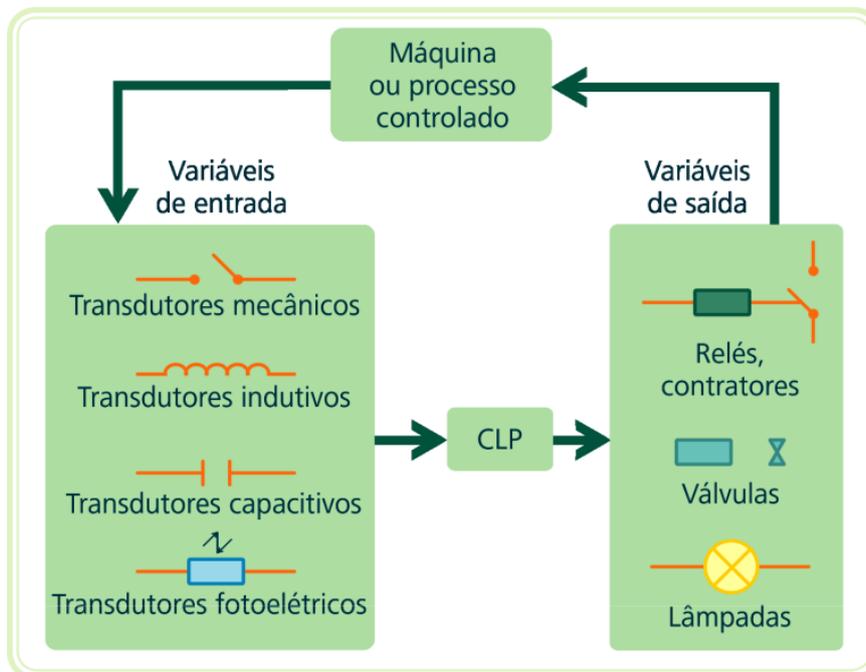


Figura 47: Atuação do CLP no controle de processos.

O controle e o processamento das informações de entrada e saída do CLP são realizados de maneira sequencial, através de ciclos de varredura, como mostra a figura abaixo e conforme descrito a seguir.

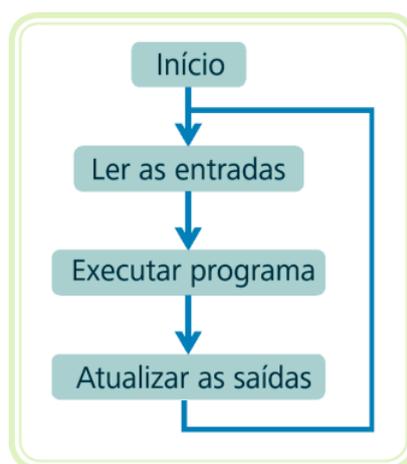


Figura 48: Ciclo de varredura de um CLP.

Ao ser ligado o CLP, é verificado o funcionamento da CPU (Unidade Central de Processamento), memórias, circuitos auxiliares e existência de programa, além de todas as saídas serem desativadas.

O CLP faz a leitura do estado das entradas e armazena as informações das saídas.

Na sequência, o CLP executa todas as operações que estão programadas no *software* aplicativo, como funções lógicas, habilitação de temporizadores e contadores, intertravamentos, armazenagem de dados, entre outros.

Por fim, após atualizar a memória imagem das saídas, o CLP atualiza as interfaces ou módulos de saída, iniciando então um novo ciclo de varredura.

O hardware do CLP

A Figura 49 mostra a representação da estrutura interna de um CLP, sendo possível observar os blocos que o compõem. Também são mostradas as conexões com a rede elétrica, o terminal de programação e os módulos de entradas e saídas.

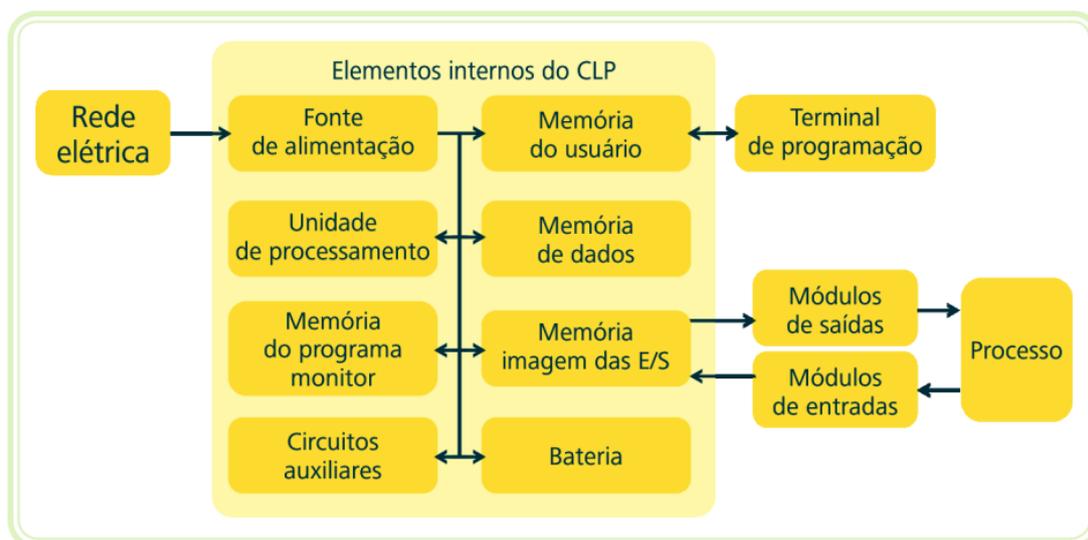


Figura 49: Estrutura interna de um CLP.

Funções dos elementos internos do CLP

As funções desempenhadas pelos elementos internos do CLP são descritas na sequência:

- ✓ **Fonte de alimentação** – tem por finalidade converter a tensão de alimentação (110 a 220 Vca) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos (5 a 12 Vcc), bem como manter a carga da bateria e fornecer tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 Vcc).

- ✓ **Bateria** – tem por finalidade manter a alimentação do circuito do relógio de tempo real e manter parâmetros ou programas (quando utilizar memória do tipo RAM), mesmo em falta de energia elétrica.
- ✓ **Unidade de processamento** – a CPU é responsável pelo funcionamento lógico de todos os circuitos. Realiza operações lógicas, aritméticas, temporização, controle, etc.
- ✓ **Memória do programa monitor** – o programa monitor é responsável pelo funcionamento geral do CLP, gerenciando todas as atividades do CLP. Este programa não pode ser alterado pelo usuário e funciona de forma semelhante ao sistema operacional dos computadores.
- ✓ **Memória do usuário** – nesta memória, é armazenado o programa desenvolvido pelo usuário, o qual pode ser alterado, tornando flexível a programação. Este programa geralmente é armazenado em memórias do tipo RAM, EPROM, EEPROM E FLASH-EPROM.
- ✓ **Memória de dados** – tem por finalidade armazenar os dados do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, senhas, etc.
- ✓ **Memória imagem das entradas e saídas** – esta memória armazena informações dos estados das entradas e saídas do CLP, funcionando como uma tabela onde a CPU buscará informações durante o processamento do programa de usuário.
- ✓ **Circuitos auxiliares** – são circuitos responsáveis pela proteção de falhas na operação do CLP, como evitar o acionamento indevido das saídas quando da energização do CLP.

Programação

Para que o *hardware* possa executar a função desejada, o CLP necessita de um programa (*software*) que informe a sequência de tarefas a serem realizadas. Este programa deve ser gravado na memória do CLP, procedimento realizado através da conexão com um computador ou através do próprio CLP, em determinados modelos.

O programa pode ser expresso através de diferentes linguagens de programação, as quais permitem ao programador manifestar as relações entre as entradas e saídas do CLP por meio de comandos, blocos, símbolos ou figuras.

OBSERVAÇÕES:

A sigla PLC também não é mais ideal para o equipamento em questão. Por quê?

Porque já faz tempo que eles deixaram de ser apenas controladores digitais. Hoje, esses equipamentos são capazes de processar e gerar sinais analógicos, realizar controle PID, controle de motor de passo e servo motores, além da infinidade de operações aritméticas que fazem parte da ação de controle. Por isso, a sigla mais recomendada seria apenas PC (*Programmable Controller*) ou CP (controlador programável). Mas é claro que, assim como qualquer palha de aço é chamada de Bombril, os PC's/CP's sempre serão chamados de PLC's/CLP's.

Na atual geração de CLP, são empregadas linguagens de alto nível, as quais possuem uma série de instruções de programação predefinidas. Isto aproxima as linguagens de alto nível da linguagem humana, facilitando o trabalho do programador. As chamadas linguagens de programação de baixo nível ou linguagens de máquina exigem maior habilidade do programador, o qual necessita de boa compreensão do *hardware* do equipamento, porém demandam um menor tempo de processamento.

A seguir são apresentados detalhes e exemplos de três linguagens de programação comumente utilizadas em CLP's: lista de instruções, diagrama de blocos e diagrama de contatos (Ladder).

- **Lista de instruções** – esta é uma linguagem de programação do tipo textual e não utiliza símbolos gráficos. É muito potente, mas não se tem a visão rápida do funcionamento do programa e requer muito tempo do programador para a pesquisa de falhas no programa. É praticamente a linguagem de máquina, ou seja, usa diretamente as instruções do microcomputador.

A Figura 50 mostra um exemplo da linguagem escrita na forma de mnemônicos booleanos, contendo linhas de instruções alfanuméricas.

```

.....
0001 STR      I0
0002 OR       I1
0003 AND      I2
0004 ANDN     I3
0005 OUT      Q1
.....
.....

```

Figura 50: Exemplo da linguagem por lista de instruções.

- **Diagrama de blocos** – esta é uma linguagem composta de uma série de símbolos gráficos clássicos da lógica combinatória. É a mais usada pelos técnicos com experiência em eletrônica digital. A representação gráfica feita através de portas lógicas. A figura acima mostra um exemplo da linguagem o qual desempenha a mesma função do exemplo da Figura 51.

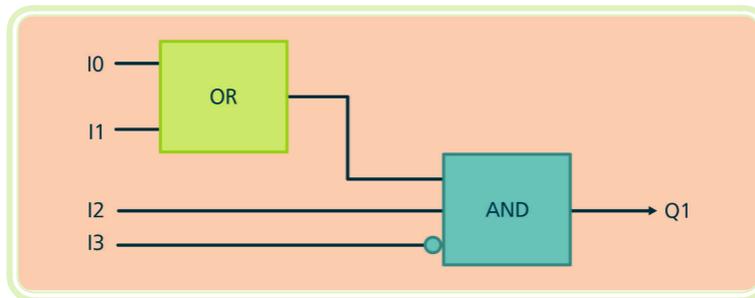


Figura 51: Exemplo da linguagem por diagrama de blocos.

- **Diagrama de contatos (ladder)** – esta é a linguagem de programação mais utilizada em CLP's, sendo semelhante a um diagrama elétrico. Também é conhecida como diagrama de relés, diagrama escada ou diagrama Ladder. A figura abaixo mostra um exemplo da linguagem, o qual desempenha a mesma função dos exemplos de blocos.

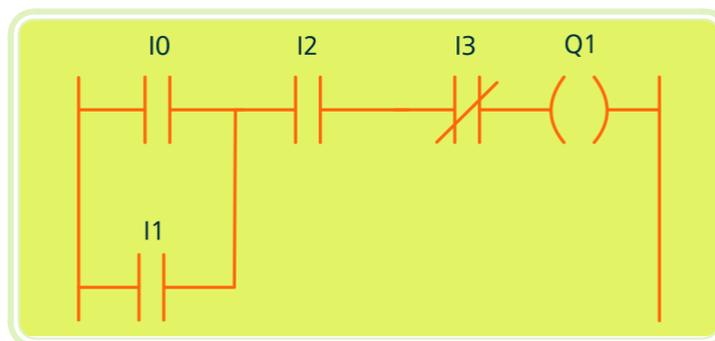


Figura 52: Exemplo da linguagem por diagrama de contatos.

Os Diagramas de contato

Na Figura 52, para que a saída Q1 seja acionada, pelo menos uma das entradas I0 e I1 deve estar acionada e, além disso, a entrada I2 deve estar acionada e a entrada I3 deve estar desacionada.

Os diagramas de contatos são uma forma de programação de CLPs por meio de símbolos gráficos, representando contatos e bobinas. Os diagramas são compostos estruturalmente de duas linhas verticais e de linhas horizontais (escada), sob as quais são colocadas as instruções a serem executadas.

O programa deve ser construído partindo do pressuposto de que as instruções devem ser “energizadas” a partir de um “caminho de corrente” entre as duas barras, sendo que o fluxo simulado de “corrente elétrica” em uma lógica flui no sentido da barra da esquerda para a barra da direita. A barra da direita pode ser omitida da representação.

Cada uma das linhas horizontais é uma sentença lógica onde os contatos são as entradas das sentenças, as bobinas (localizadas na extremidade direita) são as saídas e a associação dos contatos é a lógica. As ligações são os “fios” de interconexão entre as células da lógica ladder (contatos, bobinas e blocos de funções). Podem-se ter ligações na horizontal e na vertical.

A Figura 53 mostra os três principais elementos dos diagramas de contatos, sua simbologia e elemento elétrico equivalente.

| Principais elementos dos diagramas de contatos | | |
|--|---|--|
| Tipo | Símbolo | Elemento elétrico |
| Contato aberto |  |  |
| Contato fechado |  |  |
| Saída (bobina) |  |  |

Figura 53: Principais elementos dos diagramas de contatos.



VOCÊ SABIA?

Inevitavelmente, estes três sistemas/aplicações trarão para você um discernimento de aplicações do CLP de maneira a entender a importância e aplicação deste dispositivo.

Controle de nível.

Controle de vazão/dosagem.

Automação de esteira (transporte).

Controle de nível

Quando falamos de controle de nível podemos observar que em diversas aplicações industriais se faz necessário a intervenção da automação para eficiência no processo. Imagine que um sistema de armazenamento através de silos se faz necessário para um

processo produtivo, porque controlar a entrada e saída de produtos neles é a parte estratégica para não faltar ou sobrar produtos. Como é feito este processo de maneira organizada e estratégica? Isso mesmo, através de uma automação e com o CLP.

Controle de vazão / dosagem

É claro que você deve estar pensando, se existe um controle de nível, o controle de vazão será na verdade parte do processo automatizado. Você está certo ao pensar desta forma, mas.... O que eu quero que você se atente é que quando você olha para estes cenários separadamente, deixa de ser tão complexo. E também, nem sempre o um processo de automação de controle de nível dependa exatamente de um controle automatizado de vazão.

Imagine o seguinte, uma empresa que possui um processo de envase de garrafas precisa ter alguns feedbacks como:

Quantidade de líquidos.

Peso do produto (talvez sim talvez não).

Quantidade de garrafas produzidas por minuto.

Estes são apenas 3 das dezenas de retornos esperados para esta aplicação, no entanto, são 3 que definem a eficiência do processo.

Se for possível controlar quantas garrafas estão sendo produzidas, se o líquido está na quantidade certa e se o peso está obedecendo as especificações, então temos um processo eficiente.

Automação de esteira (Transporte)

Bom, agora, para finalizar vamos falar um pouco sobre automação de sistemas de transporte, esteiras e etc.

Quando a questão é transporte de produtos o “jogo” é bem complexo, vamos falar de coisas relativamente simples, mas que faz uma diferença bem grande.

Em um processo de automação sistemas de transporte (esteiras) existem variáveis simples e outras complexas que precisam estar em nosso radar.

Por exemplo:

Neste processo imagina-se que seja realizado a pesagem dos produtos, além de realizar o controle de velocidade da esteira, até aí tudo certo.

No entanto, imagine que estes produtos serão transportados e o peso é apenas um

um fator a ser considerado, outro fator é o volume destas peças.

Quem será o responsável por realizar a medição (através de sensores) e realizar o cálculo de volume versus peso para saber exatamente como e por quem será transportado estes produtos?

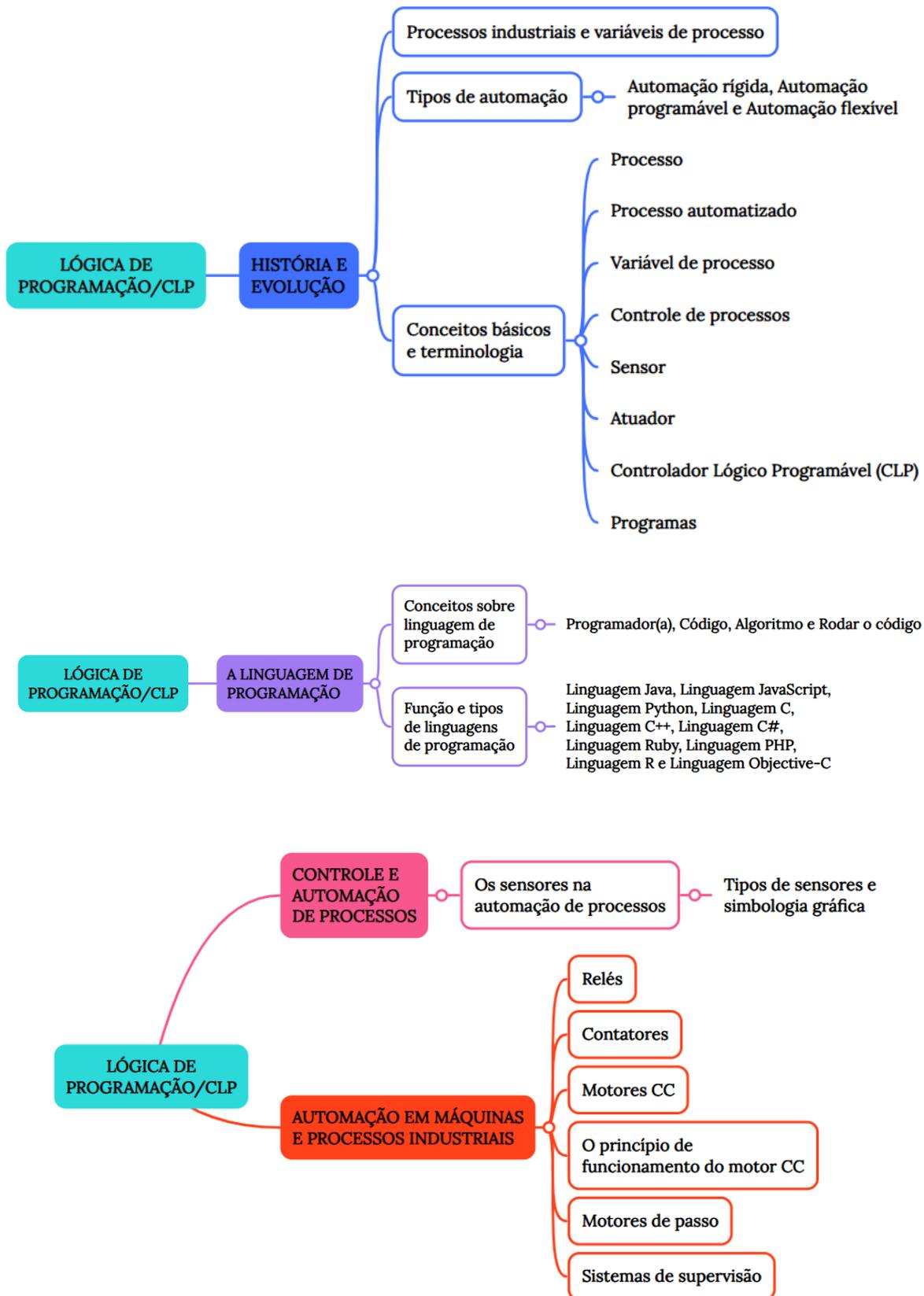
Isso aí, o CLP será novamente nossa fonte de inteligência para as tomadas de decisões e controle.

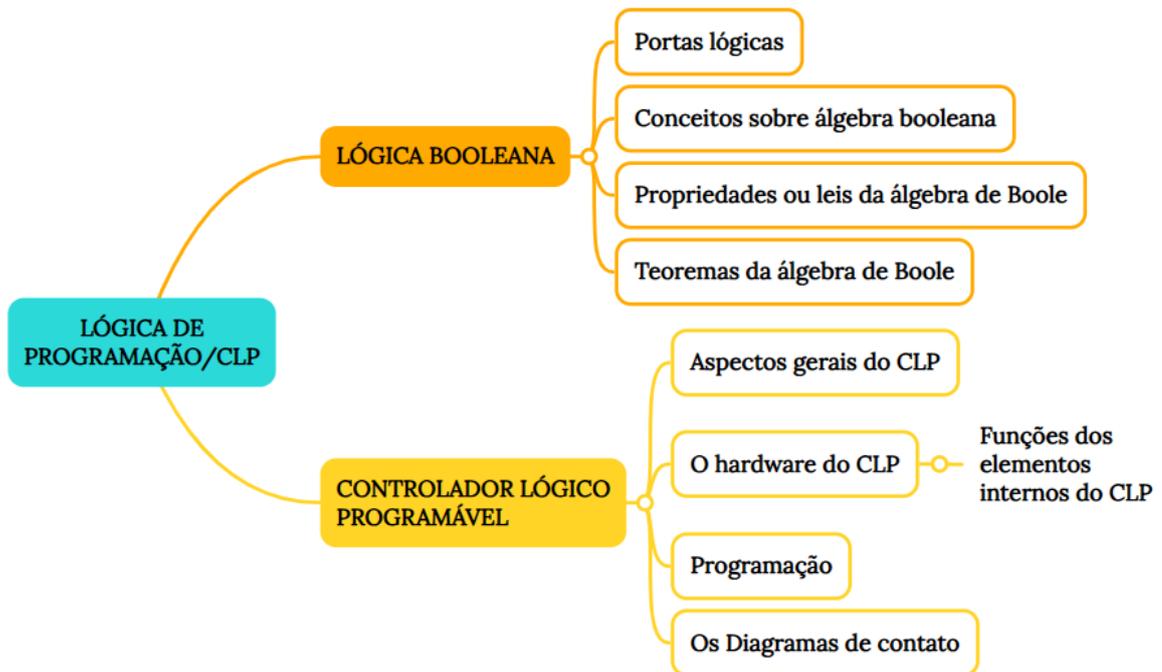
Estes três exemplos de aplicação do CLP, são na verdade três sistemas simples, mas que você irá encontrar sempre por onde vai passar.

Atente-se que o mais importante é você estar atento a como funciona, qual a lógica e como o CLP recebe, trata e realiza a tomada de decisões.

Sessões Especiais

MAPA DE ESTUDO





SÍNTESE DIRETA

1. INTRODUÇÃO

- A automação industrial evoluiu ao longo do tempo para melhorar a eficiência e reduzir a necessidade de intervenção humana.
- Diferença entre **mecanização** (uso de máquinas para substituir esforço físico) e **automação** (máquinas controladas automaticamente).
- Importância da **programação** no controle de processos industriais, incluindo a linguagem de programação para CLP.

2. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO

- Desde a **Revolução Industrial**, a tecnologia tem avançado para otimizar a produção.
- O primeiro controlador automático foi o **regulador de Watt (1769)** para motores a vapor.
- No **século XX**, surgiram os computadores e os **controladores lógicos programáveis (CLP)**, que revolucionaram a automação industrial.

3. PROCESSOS INDUSTRIAIS E TIPOS DE AUTOMAÇÃO

- **Tipos de Processos Industriais**
 - ✓ **Processos de manufatura:** Envolve movimentação mecânica (exemplo: indústria automobilística).

- ✓ **Processos contínuos:** Operações fluidas com pouca movimentação mecânica (exemplo: refinarias e tratamento de água).
- ✓ Muitas indústrias combinam ambos os processos.
- **Tipos de Automação**
 - ✓ **Automação rígida:** Projetada para um único tipo de produto (alta eficiência, baixa flexibilidade).
 - ✓ **Automação programável:** Adapta-se a diferentes produtos com modificação de programação.
 - ✓ **Automação flexível:** Combina características dos dois tipos anteriores, permitindo variações limitadas na produção.

4. CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM AUTOMAÇÃO

- **Processo:** Conjunto de atividades para atingir um objetivo.
- **Variável de processo:** Grandeza mensurável que influencia o processo (exemplo: temperatura, pressão).
- **Controle de processos:** Mantém variáveis dentro de um limite predefinido.
- **Sensores:** Dispositivos que medem alterações no ambiente.
- **Atuadores:** Elementos que modificam fisicamente um processo (exemplo: motores, válvulas).
- **Controlador Lógico Programável (CLP):** Dispositivo eletrônico programável usado para automação de processos.

5. LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

- **Conceitos Fundamentais**
 - ✓ Programação é a escrita de instruções para um computador interpretar e executar.
 - ✓ Um **programador** utiliza uma **linguagem de programação** para criar programas.
 - ✓ Os programas são compostos por **algoritmos**, que representam sequências lógicas de ações.
- **Tipos de Linguagens**
 - ✓ **Linguagens de baixo nível:** Próximas do código de máquina, difíceis de entender (exemplo: Assembly).
 - ✓ **Linguagens de alto nível:** Mais fáceis de programar, próximas da linguagem humana (exemplo: Python, Java, C).

- ✓ **Linguagens específicas para CLP:** Exemplo: Ladder (Diagrama de Contatos), utilizada para programação de CLPs industriais.

6. CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

- **Sensores**

- ✓ Sensores são responsáveis por captar informações do ambiente.

- ✓ **Tipos de sensores:**

- **Indutivos:** Detectam materiais metálicos.
- **Capacitivos:** Identificam diferentes tipos de materiais.
- **Ópticos:** Funcionam com luz para detecção de objetos.
- **Ultrassônicos:** Utilizados para medir distância e detectar obstáculos.
- **Potenciométricos:** Medem deslocamento angular e linear.
- **Sensores de pressão:** Monitoram variações de pressão em processos industriais.
- **Sensores de temperatura:** Incluem **termopares** e **termistores**.

- **Atuadores**

- ✓ Transformam energia em movimento para modificar um processo.

- ✓ **Principais tipos:**

- Motores elétricos (corrente contínua e alternada).
- Válvulas para controle de fluidos.
- Solenóides e relés eletromecânicos.

7. AUTOMAÇÃO EM MÁQUINAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS

- **Relés:** Dispositivos que acionam circuitos elétricos por meio de um campo magnético.
- **Contatores:** Interruptores de alta potência usados para controle de motores.
- **Motores de corrente contínua (CC):** Primeiros motores usados na indústria.
- **Motores de passo:** Usados em aplicações que exigem movimentação precisa.

8. SISTEMAS DE SUPERVISÃO E CONTROLE

- **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition):** Sistemas que monitoram e controlam processos industriais.
- Benefícios do SCADA:
 - ✓ Monitoramento remoto e centralizado.
 - ✓ Detecção rápida de falhas.

- ✓ Redução de custos e aumento da eficiência.

9. LÓGICA BOOLEANA

- **Portas Lógicas**

- ✓ **AND (E)**: Saída 1 somente se ambas as entradas forem 1.
- ✓ **OR (OU)**: Saída 1 se pelo menos uma entrada for 1.
- ✓ **NOT (NÃO)**: Inverte o sinal de entrada.
- ✓ **NAND, NOR, XOR, XNOR**: Combinações das portas básicas.

- **Álgebra Booleana**

- ✓ Utilizada para simplificação de circuitos lógicos.
- ✓ **Teoremas de De Morgan**: Importantes para simplificação e otimização de circuitos digitais.

10. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

- **O que é um CLP?**

- ✓ Dispositivo eletrônico programável utilizado na automação industrial.
- ✓ Substitui painéis de relés convencionais, tornando os processos mais flexíveis.

- **Estrutura do CLP**

- ✓ **Fonte de alimentação**: Converte tensão para alimentar circuitos internos.
- ✓ **CPU**: Processa as informações e executa o programa de controle.
- ✓ **Memória**: Armazena o programa do usuário e dados temporários.
- ✓ **Módulos de entrada/saída**: Interface entre sensores e atuadores.

- **Funcionamento do CLP**

- ✓ O CLP executa um **ciclo de varredura**, onde:
 1. Lê os sinais de entrada.
 2. Processa o programa de controle.
 3. Atualiza as saídas para acionar dispositivos.
 4. Reinicia o ciclo continuamente.

- **Programação do CLP**

- ✓ O CLP pode ser programado em diversas linguagens, como:
 - **Diagrama Ladder (Ladder Diagram – LD)**: Representação gráfica baseada em contatos elétricos.

- **Lista de Instruções (Instruction List – IL):** Código de programação mais textual e próximo da linguagem Assembly.
- **Blocos Funcionais (Function Block Diagram – FBD):** Representação em blocos conectados.
- **Texto Estruturado (Structured Text – ST):** Linguagem baseada em lógica algorítmica.
- **Diagrama de Blocos Sequenciais (Sequential Function Chart – SFC):** Representação em etapas sequenciais.

MOMENTO QUIZ

2. A automação industrial pode ser classificada em três tipos principais. Qual das opções abaixo não representa um dos tipos de automação?

- a) automação rígida.
- b) automação programável.
- c) automação virtual.
- d) automação flexível.

3. Os sensores são dispositivos essenciais na automação industrial, pois captam variáveis do ambiente e enviam sinais para o sistema de controle. Qual dos sensores abaixo é utilizado para detectar objetos metálicos sem contato físico?

- a) sensor óptico.
- b) sensor indutivo.
- c) sensor capacitivo.
- d) sensor ultrassônico.

4. Na lógica booleana, as portas lógicas são fundamentais para a construção de circuitos digitais. Qual porta lógica apresenta saída igual a 1 apenas quando todas as entradas forem 1?

- a) porta OR.
- b) porta AND.
- c) porta NOT.
- d) porta XOR.

5. O Controlador Lógico Programável (CLP) revolucionou a automação industrial ao substituir os sistemas baseados em relés. Qual das opções abaixo não é uma vantagem do CLP em relação aos sistemas convencionais?

- a) menor consumo de energia.
- b) maior flexibilidade e reprogramação.
- c) necessidade de troca constante de peças mecânicas.
- d) maior confiabilidade no controle de processos.

1. O CLP pode ser programado utilizando diferentes linguagens padronizadas. Qual das linguagens abaixo é a mais comum para programação de CLPs, utilizando representação gráfica baseada em contatos elétricos?

- a) texto estruturado (ST).
- b) lista de instruções (IL).
- c) diagrama Ladder (LD).
- d) diagrama de blocos sequenciais (SFC).

Gabarito

| QUESTÃO | ALTERNATIVA |
|---------|-------------|
| 1 | C |
| 2 | B |
| 3 | B |
| 4 | C |
| 5 | C |

Referências

SILVEIRA, P.R. Automação e controle discreto. Editora Érica, 1998.

FRANCHI, C.M. Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos. Editora Érica, 2008.

MIYAGI, P.E. Controle Programável - fundamentos do controle de sistemas e eventos discretos. 1a Edição - São Paulo: Edgar Bluncher, 1996.

CORETTI, J.A. Manual de Treinamento Básico de Controlador Programável - Sertãozinho, Centro de Treinamento SMAR, 1998.

PRUDENTE, F. Automação Industrial. PLC. Teoria e Aplicações. Editora LTC, 2013.

MORAES. CASTRUCCI. Engenharia de Automação Industrial. Editora LTC, São Paulo, 2007.

HALANG, W.A. Real-Time Systems, World Scientific, Singapore, 1992.

NATALE, Ferdinando. Automação Industrial. São Paulo, SP, Editora Érica. 2003.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.



Ineprotec